

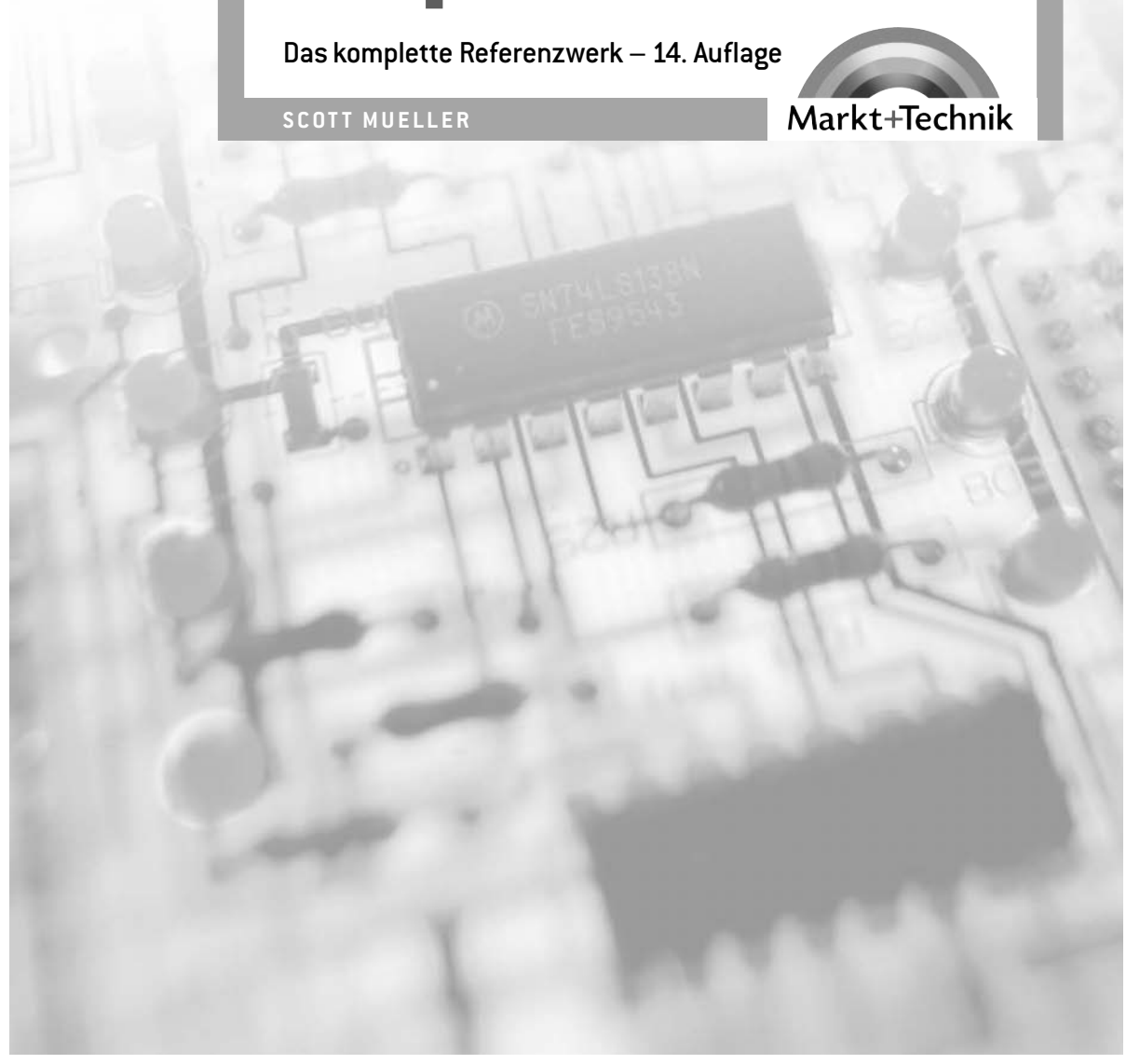
PC-Hardware Superbibel

Das komplette Referenzwerk – 14. Auflage

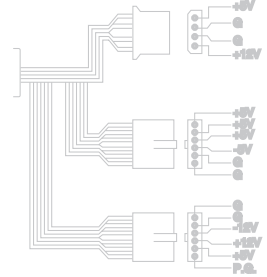
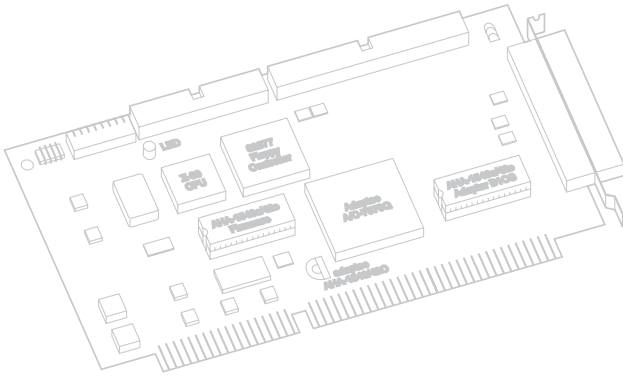
SCOTT MUELLER



Markt+Technik



Kapitel 3



Prozessoren und ihre Spezifikationen

Das Gehirn bzw. der Motor des PCs ist der Prozessor, der auch als *Zentraleinheit* (CPU, Central Processing Unit) bezeichnet wird. Die CPU ist für Rechenoperationen und die Datenverarbeitung im System zuständig. Der Prozessor ist die weitaus teuerste Komponente eines Computersystems, obwohl die Preise für Grafikkarten die von Prozessoren inzwischen manchmal überschreiten. Für ihn bezahlt man mindestens viermal mehr als für die Hauptplatine, auf der er installiert ist. Intel wird allgemein die Erfindung des Mikroprozessors im Jahre 1971 mit der Vorstellung des 4004-Chips zugeschrieben. Auch heute beherrscht Intel nahezu den gesamten Markt, zumindest den der PCs. PC-kompatible Systeme können aber auch mit Prozessoren anderer Firmen (AMD, VIA/Cyrix) ausgestattet sein, was bedeutet, dass alle IBM-kompatiblen PCs über Prozessoren verfügen, die zu den Prozessorchips von Intel kompatibel sind.

In den folgenden Abschnitten geht es um die unterschiedlichen Typen von Prozessorchips, die in Personalcomputern verwendet wurden, seit der erste PC vor nahezu zwei Jahrzehnten auf den Markt kam. Es werden viele technische Details über diese Chips angegeben, und es wird erklärt, warum manche Prozessorchips leistungsfähiger sind als andere.

3.1 Prozessorspezifikationen

Im Zusammenhang mit Prozessoren werden sehr viele verwirrende Angaben gemacht. Um eben diese Angaben geht es in den folgenden Abschnitten. Dabei werden Themen behandelt wie beispielsweise der Datenbus, der Adressbus und die Geschwindigkeit bzw. Taktfrequenz. Im folgenden Abschnitt gibt eine Tabelle die Spezifikationen praktisch aller am Markt erhältlichen PCs wieder.

Prozessoren lassen sich aufgrund von zwei wichtigen Parametern kennzeichnen, nämlich aufgrund dessen, wie *breit* sie sind, und aufgrund dessen, wie *schnell* sie sind. Die Geschwindigkeit eines Prozessors lässt sich einfach festlegen. Die Geschwindigkeit wird in MHz bzw. Megahertz und GHz bzw. Gigahertz angegeben, was soviel bedeutet wie Millionen oder Milliarden Takte pro Sekunde, und je mehr, desto besser! Die Breite eines Prozessors ist etwas schwieriger zu erklären,

denn es gibt drei Hauptspezifikationen eines Prozessors, die hiermit beschrieben werden können, und dabei handelt es sich um

- Daten-E/A-Bus (E/A: Ein- und Ausgabe)
- Adressbus
- Interne Register

Der Datenbus des Prozessors wird als *Front Side Bus* (FSB), als *Processor Side Bus* (PSB) oder auch als CPU-Bus bezeichnet. Alle diese Begriffe beschreiben denjenigen Bus, der zwischen der CPU und der Hauptkomponente eines Chipsatzes, der Northbridge bzw. dem Memory Controller Hub, verläuft.

Auch die Angabe der Bitanzahl einer CPU kann etwas verwirrend sein. Alle modernen Prozessoren verfügen über einen 64 Bit Datenbus, was aber nicht bedeutet, dass sie als 64-Bit-Prozessoren zu qualifizieren sind. Auch CPUs wie der Pentium 4 oder der Athlon XP sind 32-Bit-Prozessoren, weil ihre internen Register eine Breite von 32 Bit aufweisen, obwohl der Adressbus eine Breite von 36 Bit besitzt. Die Itanium-Serie sowie der AMD Opteron und der Athlon 64 sind 64-Bit-Prozessoren, weil ihre internen Register eben 64-Bit-breit sind.

Zunächst finden Sie einige Tabellen, in denen die Unterschiede zwischen den Spezifikationen der verschiedenen PC-Prozessoren beschrieben werden. Anschließend werden die Spezifikationen ausführlich erklärt. In der Tabelle 3.1 sind technische Angaben über die Prozessoren von Intel, von AMD und einige alternative Typen von anderen Herstellern angegeben.

Prozessor	Prozess in μm	Takt-Faktor	Spannung	Interne Registerbreite	Datenbusbreite	Maximaler Speicher	L1-Cache-Größe
8088	3.0	1x	5 V	16 Bit	8 Bit	1 MB	—
8086	3.0	1x	5 V	16 Bit	16 Bit	1 MB	—
286	1.5	1x	5 V	16 Bit	16 Bit	16 MB	—
386SX	1.5, 1.0	1x	5 V	32 Bit	16 Bit	16 MB	—
386SL	1.0	1x	3.3 V	32 Bit	16 Bit	16 MB	0 KB ¹
386DX	1.5, 1.0	1x	5 V	32 Bit	32 Bit	4 GB	—
486SX	1.0, 0.8	1x	5 V	32 Bit	32 Bit	4 GB	8 KB
486SX2	0.8	2x	5 V	32 Bit	32 Bit	4 GB	8 KB
487SX	1.0	1x	5 V	32 Bit	32 Bit	4 GB	8 KB
486DX	1.0, 0.8	1x	5 V	32 Bit	32 Bit	4 GB	8 KB
486SL ²	0.8	1x	3.3 V	32 Bit	32 Bit	4 GB	8 KB
486DX2	0.8	2x	5 V	32 Bit	32 Bit	4 GB	8 KB
486DX4	0.6	2x+	3.3 V	32 Bit	32 Bit	4 GB	16 KB
486 Pentium OD	0.6	2.5x	5 V	32 Bit	32 Bit	4 GB	2x 16 KB
Pentium 60/66	0.8	1x	5 V	32 Bit	64 Bit	4 GB	2x 8 KB
Pentium 75-200	0.6, 0.35	1.5x+	3.3 V–3.5 V	32 Bit	64 Bit	4 GB	2x 8 KB
Pentium MMX	0.35, 0.25	1.5x+	1.8 V–2.8 V	32 Bit	64 Bit	4 GB	2x 16 KB
Pentium Pro	0.35	2x+	3.3 V	32 Bit	64 Bit	64 GB	2x 8 KB

Tabelle 3.1 Spezifikationen der Prozessoren von Intel

Prozessor	Prozess in μm	Takt-Faktor	Spannung	Interne Registerbreite	Datenbusbreite	Maximaler Speicher	L1-Cache-Größe
Pentium II (Klamath)	0.35	3.5x+	2.8 V	32 Bit	64 Bit	64 GB	2x 16 KB
Pentium II (Deschutes)	0.35	3.5x+	2.0 V	32 Bit	64 Bit	64 GB	2x 16 KB
Pentium II PE (Dixon)	0.25	3.5x+	1.6 V	32 Bit	64 Bit	64 GB	2x 16 KB
Celeron (Covington)	0.25	3.5x+	1.8 V–2.8V	32 Bit	64 Bit	64 GB	2x 16 KB
Celeron A (Mendocino)	0.25	3.5x+	1.5 V–2 V	32 Bit	64 Bit	64 GB	2x 16 KB
Celeron III (Coppermine)	0.18	4.5x+	1.5–1.75 V	32 Bit	64 Bit	64 GB	2x 16 KB
Celeron III (Tualatin)	0.13	9x+	1.5 V	32 Bit	64 Bit	64 GB	2x 16 KB
Pentium III (Katmai)	0.25	4x+	2.0–2.05 V	32 Bit	64 Bit	64 GB	2x 16 KB
Pentium III (Coppermine)	0.18	4x+	1.6–1.75 V	32 Bit	64 Bit	64 GB	2x 16 KB
Pentium III (Tualatin)	0.13	8.5x+	1.45 V	32 Bit	64 Bit	64 GB	2x 16 KB
Celeron 4 (Willamette)	0.18	4.25x+	1.6 V	32 Bit	64 Bit	64 GB	2x 16 KB
Pentium 4 (Willamette)	0.18	3x+	1.7 V	32 Bit	64 Bit	64 GB	12 + 8 KB
Pentium 4A (Northwood)	0.13	4x+	1.3 V	32 Bit	64 Bit	64 GB	12 + 8 KB
Pentium 4EE (Prestonia)	0.13	8x+	1.5 V	32 Bit	64 Bit	64 GB	12 + 8 KB
Pentium 4E (Prescott)	0.09	8x+	1.3 V	32 Bit	64 Bit	64 GB	12 + 16 KB
Pentium M (Banias)	0.13	2.25x+	0.8–1.5 V	32 Bit	64 Bit	64 GB	2x 32 KB
Pentium M (Dothan)	0.13	4.25x+	1–1.3 V	32 Bit	64 Bit	64 GB	2x 32 KB

Prozessor	L2- Cache-Größe	L3-Cache-Größe	L2/L3-Cache-Takt	Multimedia-Befehle	Transistoranzahl	Einführung
8088	—	—	—	—	29000	Juni '79
8086	—	—	—	—	29000	Juni '78
286	—	—	—	—	134000	Feb. '82
386SX	—	—	Bus	—	275000	Juni '88
386SL	—	—	Bus	—	855000	Okt. '90

Tabelle 3.1 Spezifikationen der Prozessoren von Intel (Forts.)

Prozessor	L2- Cache- Größe	L3-Cache- Größe	L2/L3-Cache- Takt	Multimedia- Befehle	Transistor- anzahl	Einführung
386DX	—	—	Bus	—	275000	Okt. '85
486SX	—	—	Bus	—	1.185 M	Apr. '91
486SX2	—	—	Bus	—	1.185 M	Apr. '94
487SX	—	—	Bus	—	1.2 M	Apr. '91
486DX	—	—	Bus	—	1.2 M	Apr. '89
486SL ²	—	—	Bus	—	1.4 M	Nov. '92
486DX2	—	—	Bus	—	1.2 M	März '92
486DX4	—	—	Bus	—	1.6 M	Feb. '94
486 Pentium OD	—	—	Bus	—	3.1 M	Jan. '95
Pentium 60/66	—	—	Bus	—	3.1 M	März '93
Pentium 75-200	—	—	Bus	—	3.3 M	März '94
Pentium MMX	—	—	Bus	MMX	4.5 M	Jan. '97
Pentium Pro	256 KB, 512 KB, 1 MB	—	Core ³	—	5.5 M	Nov. '95
Pentium II (Klamath)	512 KB	—	1/2 Core	MMX	7.5 M	Mai '97
Pentium II (Deschutes)	512 KB	—	1/2 Core	MMX	7.5 M	Mai '97
Pentium II PE (Dixon)	256 KB	—	Core	MMX	27.4 M	Jan. '99
Celeron (Covington)	0 KB	—	—	MMX	7.5 M	Apr. '98
Celeron A (Mendocino)	128 KB	—	Core	MMX	19 M	Aug. '98
Celeron III (Coppermine)	128 KB	—	Core	SSE	28.1 M ⁴	Feb. '00
Celeron III (Tualatin)	256 KB	—	Core	SSE	44 M ⁵	Okt. '01
Pentium III (Katmai)	512 KB	—	1/2 Core	SSE	9.5 M	Feb. '99
Pentium III (Coppermine)	256 KB	—	Core	SSE	28.1 M	Okt. '99
Pentium III (Tualatin)	512 KB	—	Core	SSE	44 M	Juni '01
Celeron 4 (Willamette)	128 KB	—	Core	SSE2	42 M ⁶	Mai '02
Pentium 4 (Willamette)	256 KB	—	Core	SSE2	42 M	Nov. '00
Pentium 4A (Northwood)	512 KB	—	Core	SSE2	55 M	Jan. '02

Tabelle 3.1 Spezifikationen der Prozessoren von Intel (Forts.)

Prozessor	L2- Cache- Größe	L3-Cache- Größe	L2/L3-Cache- Takt	Multimedia- Befehle	Transistor- anzahl	Einführung
Pentium 4EE (Prestonia)	512 KB	2 GB	Core	SSE2	178 M	Nov. '03
Pentium 4E (Prescott)	1 MB	—	Core	SSE3	125 M	Feb. '04
Pentium M (Banias)	1 MB	—	Core	SSE2	77 M	März '03
Pentium M (Dothan)	2 MB	—	Core	SSE2	144 M	Mai '04

Tabelle 3.1 Spezifikationen der Prozessoren von Intel (Forts.)

Bus = Prozessor-externer Bustakt

Core = Interner Prozessortakt

MMX = Multimedia-Erweiterungen; 57 zusätzliche Anweisungen für die Grafik- und Soundverarbeitung

3DNow! = MMX plus 21 zusätzliche Anweisungen für die Grafik- und Soundverarbeitung

Enh. 3DNow! = 3DNow! plus 24 zusätzliche Anweisungen für die Grafik- und Soundverarbeitung

3DNow! Pro = Enh. 3DNow! SSE-Anweisungen für die Grafik- und Soundverarbeitung

SSE = Streaming SIMD Extensions (SIMD – Single Instruction Multiple Data); MMX plus 70 zusätzliche Anweisungen für Grafik- und Soundverarbeitung

SSE2 = Streaming SIMD Extensions 2; SSE plus 144 zusätzliche Anweisungen für Grafik- und Soundverarbeitung

¹ Der 386SL verfügt über einen internen Cachecontroller, der Cache-Speicher muss jedoch außerhalb des Prozessors untergebracht sein.

² Intel vermarktete später die Weiterentwicklungen der SL-Ausführung des SX-, DW- und DX2-Prozessors. Diese Prozessoren gab es sowohl als 5-V- als auch als 3,3-V-Ausführungen mit Power-Management-Funktion

³ L2-Cache wird mit voller Prozessorgeschwindigkeit ausgeführt, ist jedoch in einem statischen RAM auf der Hauptplatine enthalten.

⁴ 128 KByte funktionaler L2-Cache (256 KByte insgesamt, 128 KByte deaktiviert) nutzt denselben Chip wie Pentium IIIE.

⁵ 256 KByte funktionaler L2-Cache (512 KByte insgesamt, 256 KByte deaktiviert) nutzt denselben Chip wie Pentium IIIB.

⁶ 128 KByte funktionaler L2-Cache (256 KByte insgesamt, 128 KByte deaktiviert) nutzt denselben Chip wie Pentium 4.

Prozessor	Prozess in µm	Takt-Faktor	Spannung	Interne Registerbreite	Datenbusbreite	Maximaler Speicher	L1-Cache-Größe
AMD K5	0.35	1.5x+	3.5 V	32 Bit	64 Bit	4 GB	16 + 8 KB
AMD K6	0.35	2.5x+	2.2–3.2 V	32 Bit	64 Bit	4 GB	2x 32 KB
AMD K6-2	0.25	2.5x+	1.9–2.4 V	32 Bit	64 Bit	4 GB	2x 32 KB
AMD K6-3	0.25	3.5x+	1.8–2.4 V	32 Bit	64 Bit	4 GB	2x 32 KB
AMD Athlon	0.25	5x+	1.6–1.8 V	32 Bit	64 Bit	4 GB	2x 64 KB
AMD Duron	0.18	5x+	1.5–1.8 V	32 Bit	64 Bit	4 GB	2x 64 KB

Tabelle 3.2 Spezifikationen der Prozessoren von AMD

Prozessor	Prozess in μm	Takt-Faktor	Spannung	Interne Registerbreite	Datenbusbreite	Maximaler Speicher	L1-Cache-Größe
AMD Athlon (Thunderbird)	0.18	5x+	1.5–1.8 V	32 Bit	64 Bit	4 GB	2x 64 KB
AMD Athlon XP (Palomino)	0.18	5x+	1.5–1.8 V	32 Bit	64 Bit	4 GB	2x 64 KB
AMD Athlon XP (Thoroughbred)	0.13	5x+	1.5–1.8 V	32 Bit	64 Bit	4 GB	2x 64 KB
AMD Athlon XP (Barton)	0.13	5.5x+	1.65 V	32 Bit	64 Bit	4 GB	2x 64 KB
AMD 64 (ClawHammer)	0.13	5.5x+	1.5 V	64 Bit	64 Bit	1 TB	2x 64 KB
AMD 64 FX (SledgeHammer)	0.13	5.5x+	1.5 V	64 Bit	128 Bit	1 TB	2x 64 KB

Prozessor	L2-Cache-Größe	L2-Cache-Takt	Multimedia-Befehle	Transistoranzahl	Einführung
AMD K5	—	Bus	—	4.3 M	März '96
AMD K6	—	Bus	MMX	8.8 M	April '97
AMD K6-2	—	Bus	3DNow!	9.3 M	Mai '98
AMD K6-3	256 KB	Core	3DNow!	21.3 M	Feb. '99
AMD Athlon	512 KB	1/2–1/3 Core	Enh. 3DNow!	22 M	Juni '99
AMD Duron	64 KB	Core Core ³	Enh. 3DNow!	25 M	Juni '00
AMD Athlon (Thunderbird)	256 KB	Core	Enh. 3DNow!	37 M	Juni '00
AMD Athlon XP (Palomino)	256 KB	Core	3DNow! Pro	37.5 M	Okt. '01
AMD Athlon XP (Thoroughbred)	256 KB	Core	3DNow! Pro	37.2 M	Juni '02
AMD Athlon XP (Barton)	512 KB	Core	3DNow! Pro	54.3 M	Feb. '03
AMD 64 (ClawHammer)	1 MB	Core	3DNow! Pro	105.9 M	Sept. '03
AMD 64 FX (SledgeHammer)	1 MB	Core	3DNow! Pro	105.9 M	Sept. '03

Tabelle 3.2 Spezifikationen der Prozessoren von AMD (Forts.)

Prozessor	Prozess in µm	Takt-Faktor	Spannung	Interne Registerbreite	Datenbusbreite	Maximaler Speicher	L1-Cache-Größe
Pentium II Xeon (Deschutes)	0,25	4x+	2,8 V	32 Bit	64 Bit	64 GB	2 x 16 KB
Pentium III Xeon (Tanner)	0,25	5x+	2,0 V	32 Bit	64 Bit	64 GB	2 x 16 KB
Pentium III E Xeon (Cascades)	0,18	4,5x+	1,65 V	32 Bit	64 Bit	64 GB	2 x 16 KB
Xeon (Foster)	0,18	3,5x+	1,75 V	32 Bit	64 Bit	64 GB	12 + 8 KB
Xeon (Prestonia)	0,13	4,5x+	1,5 V	32 Bit	64 Bit	64 GB	12 + 8 KB
Itanium (Merced)	0,18	3x+	1,6 V	64 Bit	64 Bit	16 TB	2 x 16 KB
Itanium 2 (McKinley)	0,18	3x+	1,6 V	64 Bit	128 Bit	16 TB	2 x 16 KB
Itanium 2 (Madison)	0,13	3x+	1,6 V	64 Bit	128 Bit	16 TB	2 x 16 KB
AMD Athlon MP (Palomino)	0,18	5x+	1,5–1,8 V	32 Bit	64 Bit	4 GB	2 x 64 KB
AMD Athlon MP (Thoroughbred)	0,13	5x+	1,5–1,8 V	32 Bit	64 Bit	4 GB	2 x 64 KB
AMD Athlon MP (Barton)	0,13	5,5x+	1,65 V	32 Bit	64 Bit	4 GB	2 x 64 KB
AMD Opteron (Sledgehammer)	0,13	3,5x+	1,55 V	64 Bit	128 Bit	1 TB	2 x 64 KB

Prozessor	L2-Cache-Größe	L3-Cache-Größe	L2/L3-Cache-Takt	Multimedia-Befehle	Transistoranzahl	Einführung
Pentium II Xeon (Deschutes)	512 KB, 1 MB, 2 MB	—	Core ¹	MMX	7.5 M	Juni '98
Pentium III Xeon (Tanner)	512 KB, 1 MB, 2 MB	—	Core ¹	SSE	9.5 M	März '99
Pentium III E Xeon (Cascades)	256 KB, 1 MB, 2 MB	—	Core	SSE	28.1 M, 84 M,	Okt. '99
Xeon (Foster)	256 KB	—	Core	SSE2	42 M	Mai '01

Tabelle 3.3 Spezifikationen der Server- und Workstation-Prozessoren von Intel und AMD

Prozessor	L2-Cache-Größe	L3-Cache-Größe	L2/L3-Cache-Takt	Multimedia-Befehle	Transistoranzahl	Einführung
Xeon (Prestonia)	512 KB	0 MB, 1 MB, 2 MB	Core	SSE2	169 M	Jan. '02
Itanium (Merced)	96 KB ¹	2 MB, 4 MB	Core	MMX	25 M	Mai '01
Itanium 2 (McKinley)	256 KB	1.5 MB, 3 MB	Core	MMX	221 M	Juli '02
Itanium 2 (Madison)	256 KB	1.5 MB, 6 MB	Core	MMX	410 M	Juni '03
AMD Athlon MP (Palomino)	256 KB	—	Core	3DNow! Pro	37.5 M	Juni '01
AMD Athlon MP (Thoroughbred)	256 KB	—	Core	3DNow! Pro	37.2 M	Aug. '02
AMD Athlon MP (Barton)	512 KB	—	Core	3DNow! Pro	54.3 M	Mai '03
AMD Opteron (Sledgehammer)	1 MB	—	Core	3DNow! Pro	105.9 M	Apr. '03

Tabelle 3.3 Spezifikationen der Server- und Workstation-Prozessoren von Intel und AMD (Forts.)

¹ Der Itanium enthält zusätzlich 2 MByte (150.000.000 Transistoren) oder 4 MByte (300.000.000 Transistoren) integrierten L3-Cache, der mit voller Prozessorgeschwindigkeit arbeitet.

Prozessor	Takt-Faktor	Spannung	Interne Registerbreite	Datenbusbreite	Maximaler Speicher	L1- Cache-Größe
Cyrix 6x86	2x+	2,5–3,5 V	32 Bit	64 Bit	4 GB	16 KB
Cyrix 6x86MX/MII	2x+	2,2–2,9 V	32 Bit	64 Bit	4 GB	64 KB
Cyrix III	2,5x+	2,2 V	32 Bit	64 Bit	4 GB	64 KB
NexGen Nx586	2x	4 V	32 Bit	64 Bit	4 GB	2x 16 KB
IDT Winchip	3x+	3,3–3,5 V	32 Bit	64 Bit	4 GB	2x 32 KB
IDT Winchip2/2A	2,33x+	3,3–3,5 V	32 Bit	64 Bit	4 GB	2x 32 KB
Rise mP6	2x+	2,8 V	32 Bit	64 Bit	4 GB	2x 8 KB
VIA C3 ³	6x+	1,6 V	32 Bit	64 Bit	4 GB	64 KB
VIA C3 ⁴	6x+	1,35 V	32 Bit	64 Bit	4 GB	64 KB
VIA C3 ⁵	5,5x+	1,35 V	32 Bit	64 Bit	4 GB	64 KB
VIA C3 ⁶	7,5x+	1,4 V	32 Bit	64 Bit	4 GB	64 KB

Prozessor	L2-Cache-Größe	L2-Cache-Takt	Multimedia-Befehle	Transistoranzahl	Einführung
Cyrix 6x86	—	Bus	—	3 M	Feb. '96
Cyrix 6x86MX/MII	—	Bus	MMX	6.5 M	Mai '97

Tabelle 3.4 Spezifikationen der Prozessoren von Cyrix, NexGen, IDT, Rise und VIA

Prozessor	L2-Cache-Größe	L2-Cache-Takt	Multimedia-Befehle	Transistoranzahl	Einführung
Cyrix III (Samuel)	256 KB	Core ¹	3DNow!	22 M	Feb. '00
NexGen Nx586	—	Bus	—	3.5 M	März '94
IDT Winchip	—	Bus	MMX	5.4 M	Okt. '97
IDT Winchip2/2A	—	Bus	3DNow!	5.9 M	Sept. '98
Rise mP6	—	Bus	MMX	3.6 M	Okt. '98
VIA C3 (Samuel 2)	128 KB	Bus	MMX, 3DNow!	15.2 M	März '01
VIA C3 (Ezra)	128 KB	Bus	MMX, 3DNow!	15.4 M	März '01
VIA C3 (Ezra-T)	128 KB	Bus	MMX, 3DNow!	15.5 M	Sept. '01
VIA C3 (Nehemiah)	128 KB	Bus	MMX, 3DNow!	20.5 M	Jan. '02

Tabelle 3.4 Spezifikationen der Prozessoren von Cyrix, NexGen, IDT, Rise und VIA (Forts.)

¹ Der L2-Cache arbeitet mit dem vollen CPU-Takt, er ist in einem separaten Die untergebracht.

3.1.1 Der Datenbus

Die wahrscheinlich wichtigsten Merkmale eines Prozessors sind seine Geschwindigkeit und die Breite des externen Datenbus. Sie definieren die Raten, mit denen Daten zum Prozessor und zurück transportiert werden können.

Der Prozessorbus ist der externe Datenbus, d.h. die Leitungen, mit dem Daten gesendet und empfangen werden. Je mehr Signale gleichzeitig gesendet werden können, desto mehr Daten können in einem bestimmten Zeitintervall übermittelt werden. Entsprechend schneller (und breiter) ist der Bus. Ein breiterer Datenbus gewährleistet wie die breitere Autobahn einen höheren Durchsatz.

Computerdaten werden als digitale Informationen gesendet, wobei innerhalb eines bestimmten Zeitintervalls 3,3 V oder 5 V über die Verbindung gesendet werden, um ein 1-Datenbit zu signalisieren oder 0 V, um ein 0-Datenbit zu signalisieren. Je mehr Leitungen es gibt, desto mehr Bits können innerhalb eines Intervalls übermittelt werden. Alle modernen Prozessoren vom ursprünglichen Pentium bis zum neuesten Pentium 4, dem Athlon und sogar dem Itanium haben einen 64 Bit (8 Byte) breiten Datenbus und können deshalb 64 Datenbits gleichzeitig von und zum Motherboard-Chipsatz oder Systemspeicher übertragen.

Die Art des Informationsflusses lässt sich sehr leicht am Beispiel der Autobahn erklären. Auf einer einspurigen Autobahn kann jeweils nur ein Auto innerhalb eines bestimmten Zeitraums fahren. Dies entspricht der Leistung eines 8-Bit-Chips, auf dem immer nur ein Byte (1 Byte = 8 Bit) befördert werden kann. Auf der zweispurigen Autobahn können bereits doppelt so viele Autos fahren. Das gleiche gilt für den 16-Bit-Chip, auf dem 2 Byte gleichzeitig übertragen werden können. Der vierspurigen Autobahn entspricht der 32-Bit-Datenbus mit einer Kapazität von 4 Byte, und die achtspurige Autobahn entspricht schließlich einem 64 Bit-Datenbus, auf dem 8 Byte gleichzeitig übertragen werden können.

Die Breite des Datenbus legt jedoch nicht nur die übertragene Datenmenge fest, sondern auch die Größe einer Speicherbank. Ein Prozessor mit einem 32-Bit-Datenbus, wie z.B. der 486, liest und schreibt 32 Datenbit in den Speicher. Pentium-kompatible Prozessoren wie der Pentium III, Celeron, Pentium 4, Athlon und Duron lesen und schreiben 64 Datenbit in den Speicher.

Ab 486-Systemen werden 72-polige Speichermodule (PS/2-SIMM) in einer Breite von 32 Bit verwendet, so dass dann mit einem Modul auch eine Speicherbank belegt ist. Ein Pentium-kompatib-

ler Prozessor benötigt demnach zwei dieser Module gleichzeitig. DIM-Module sind 64 Bit breit und werden normalerweise bei Pentium- oder neueren Systemen einzeln installiert. Jedes DIM-Modul entspricht dabei auch einer kompletten Speicherbank auf einem 64-Bit-Datenbus. Dies erleichtert die Installation und Konfiguration, weil sie einzeln installiert und entfernt werden können. RIM-Module unterscheiden sich hiervon, weil sie nur 16 oder 32 Bit breit sind. Je nach Modultyp und Chipsatz werden sie einzeln oder in Paaren verwendet.

3.1.2 Der Adressbus

Der Adressbus dient zur Übertragung von Adressinformationen, die den Speicherbereich angeben, an den Daten gesendet oder von dem Daten abgerufen werden. Wie beim Datenbus überträgt jede Leitung des Adressbus eine Ziffer der Adresse. Je mehr Leitungen (Ziffern) zur Berechnung dieser Adressen verwendet werden, desto mehr Stellen kann eine Adresse haben und desto mehr RAM kann ein Chip adressieren.

So wie die Anzahl der Stellen bei Hausnummern oder Postleitzahlen bestimmt, wie viele Häuser oder Bezirke adressiert werden können, gibt auch die Breite des Adressbus die Größe des adressierbaren Bereichs an. Wohnen Sie beispielsweise in einer Straße, in der die Adresse auf zweistellige Hausnummern beschränkt ist, können maximal 100 Hausnummern (00-99) vergeben werden (10^2). Bei einer dreistelligen Hausnummer erhöht sich die Anzahl der verfügbaren Nummern auf 1.000 (000-999) oder 10^3 .

Computer nutzen das Binärsystem mit der Basis 2. Bei zweistelligen Binärzahlen ist die Anzahl der eindeutigen Adressen auf 2^2 , also vier beschränkt (00, 01, 10 und 11). Bei dreistelligen Binärzahlen gibt es nur acht, also 2^3 , eindeutige Adressen (000–111). Der 8086 und der 8088-Prozessor nutzen beispielsweise einen 20-Bit-Adressbus, was maximal 2^{20} eindeutigen Adressen oder 1.048.576 Byte (1 MByte) adressierbarem Speicher entspricht. Die folgende Tabelle zeigt, welche Speicherbreite die einzelnen Prozessoren adressieren können.

Prozessorfamilie	Adressbus	Byte	KByte	MByte	GByte	TByte
8088/8086	20 Bit	1.048.576	1.024	1	–	–
286/386SX	24 Bit	16.777.216	16.384	16	–	–
386DX/486/ Pentium K6, Duron, Athlon, Athlon XP	32 Bit	4.294.967.296	4.194.304	4.096	4	–
Celeron, Pentium Pro, Pentium II, Pentium III, Pentium 4	36 Bit	68.719.476.736	67.108.864	65.536	64	–
Athlon 64, Athlon 64 FX, Opteron	40 Bit	1.099.511.627.776	1.073.741.824	1.048.576	1024	1
Itanium, Itanium 2	44 Bit	17.592.186.044.416	17.179.869.184	16.777.216	16.384	16

Tabelle 3.5 Adressierbare Speicherkapazität bei den verschiedenen Prozessorfamilien

Der Daten- und der Adressbus sind unabhängig voneinander, und die Chiphersteller können für jeden Bus eine Breite ihrer Wahl verwenden. Chips mit einem breiteren Datenbus besitzen jedoch

auch einen breiteren Adressbus. Die Busgrößen können also Aufschluss über die Leistung eines Chips geben. Die Breite des Datenbus kennzeichnet die Datenübertragungsrate, und die Größe des Adressbus gibt an, wieviel Speicher der Chip adressieren kann.

3.1.3 Interne Register

Die Größe der internen Register gibt an, wie viele Daten der Prozessor gleichzeitig verarbeiten kann und wie die Daten im Chip intern bewegt werden. Deshalb werden die internen Register auch als *interner Datenbus* bezeichnet. Ein *Register* ist eine Speicherzelle im Prozessor. Der Prozessor kann beispielsweise zwei Zahlen in zwei verschiedenen Registern addieren und das Ergebnis in einem dritten Register speichern. Die Registergröße legt die Größe der Daten fest, die der Prozessor verarbeiten kann, und auch die Art von Software oder von Befehlen und Anweisungen, die ein Chip ausführen kann.

Prozessoren mit internen 32-Bit-Registern können 32-Bit-Anweisungen ausführen, die 32-Bit große Datenstücke verarbeiten. 16-Bit-Register können Daten dieser Größe hingegen nicht verarbeiten. Die meisten fortschrittlichen Prozessoren, d.h. Chips vom 386 bis zum Pentium 4, nutzen interne 32-Bit-Register und können deshalb 32-Bit-Betriebssysteme und -Software ausführen. Der neue Itanium-Prozessor nutzt hingegen interne 64-Bit-Register, deren Leistung nur mit neuen Betriebssystemen und der passenden Software ausgenutzt werden kann.

Einige Prozessoren sind mit einem internen Datenbus (der aus Datenpfaden und Speichereinheiten namens *Register* besteht) ausgestattet, der größer als der externe Datenbus ist. Die Prozessoren 8088 und 386SX sind Beispiele für diese Struktur. Jeder Chip besitzt einen internen Datenbus, der doppelt so breit ist wie der externe Bus. Dieses Design, das manchmal auch als *hybrides Design* bezeichnet wird, ist in der Regel bei preisgünstigeren Varianten des »reinen« Chips zu finden. Der 386SX beispielsweise kann Daten intern mit voller 32-Bit-Registergröße übertragen. Bei der Kommunikation mit der Außenwelt ist der Chip jedoch auf einen 16 Bit breiten Datenpfad beschränkt. Auf diese Weise können preisgünstigere Hauptplatinen mit einem 16 Bit-Busdesign hergestellt werden, die trotzdem 32-Bit-Software und 32-Bit-Anweisungen ausführen können.

Interne Register sind häufig größer als der Datenbus. Dies bedeutet, dass der Chip zunächst in zwei Zyklen gefüllt werden müsste, bevor er benutzt werden kann. Der 386SX- und der 386DX-Prozessor sind beispielsweise beide mit internen 32-Bit-Registern ausgestattet. Der 386SX muss jedoch zwei Mal »inhalieren«, um sie zu füllen, wohingegen die Register beim 386DX sozusagen in einem Atemzug gefüllt werden können. Das gleiche gilt, wenn Daten von den Registern an den Systembus übergeben werden.

Der Pentium ist ein Beispiel für diese Art von Design. Alle Pentium-Prozessoren sind mit einem 64-Bit-Datenbus und 32-Bit-Registern ausgestattet. Diese Struktur mag vielleicht etwas problematisch erscheinen, wenn Sie nicht wissen, dass der Pentium mit zwei internen 32-Bit-Pipelines für die Verarbeitung von Informationen ausgestattet ist. Der Pentium entspricht in vielerlei Hinsicht zwei 32-Bit-Chips in einem. Der 64-Bit-Datenbus sorgt für die effiziente Füllung dieser multiplen Register. Die Art von Architektur, die ab dem Pentium eingesetzt wird, wird auch als *Superskalar-Architektur* bezeichnet.

Prozessoren der sechsten Generation wie der Pentium III und der Pentium 4 sind mit sechs internen Pipelines für die Verarbeitung von Anweisungen ausgestattet. Obwohl einige der internen Pipelines für spezielle Funktionen reserviert sind, können die Prozessoren bis zu drei Anweisungen pro Taktzyklus ausführen.

3.2 Prozessorbetriebsarten

Alle 32-Bit-Prozessoren (ab dem 386) können in mehreren Prozessormodi arbeiten. Diese *Prozessorbetriebsarten* beziehen sich auf die unterschiedlichen Betriebsumgebungen und beeinflussen die Anweisungen und Kapazitäten des Chips. Der Prozessormodus legt fest, wie der Prozessor den Systemspeicher sieht und verwaltet.

Insgesamt gibt es drei Prozessormodi:

- Real Mode (16-Bit-Software)
- IA-32-Mode:
 - Protected Mode (32-Bit-Software)
 - Virtueller Real Mode (16-Bit-Programme in einer 32-Bit-Umgebung)
- IA32e 64-Bit-Extension Mode (AMD64, x86-64, EM64T)
 - 64-Bit-Mode (64-Bit-Software)
 - Kompatibler Mode (32-Bit-Software)

Die Tabelle 3.6 zeigt die Prozessorbetriebsarten auf einen Blick.

Mode	Submode	Betriebs-system	Software	Speicher-größe	Operanden-größe	Register-breite
Real	-	16 Bit	16 Bit	24 Bit	16 Bit	16 Bit
IA-32	Protected	32 Bit	32 Bit	32 Bit	32 Bit	32/16 Bit
	Virtual Real	32 Bit	16 Bit	24 Bit	16 Bit	16 Bit
IA-32e	64 Bit	64 Bit	64 Bit	64 Bit	32 Bit	64 Bit
	Compatibility	64 Bit	32 Bit	32 Bit	32 Bit	32/16 Bit

Tabelle 3.6 Die Prozessorbetriebsarten

3.2.1 Real Mode

Der Real Mode wird mitunter als 8086-Mode bezeichnet, weil er auf den 8086- und 8088-Prozessoren basiert. Der Original-IBM-PC beinhaltete einen 8088-Prozessor, der 16-Bit-Anweisungen mit internen 16-Bit-Registern ausführen und einen Adressbereich von 1 MByte mit 20 Adresszeilen adressieren konnte. Die ursprüngliche PC-Software war auf die Zusammenarbeit mit diesem Prozessor, d.h. auf 16-Bit-Anweisungen und auf das 1 MByte-Speichermodell, ausgerichtet. DOS und alle DOS-Programme, Windows 1.x bis 3.x sowie alle Windows 1.x- bis 3.x-Anwendungen waren also alle für 16-Bit-Anweisungen ausgelegt.

Prozessoren wie der 286, die danach kamen, konnten die gleichen 16-Bit-Anweisungen ausführen, wie der 8088-Prozessor, jedoch mit erheblich höherer Geschwindigkeit. Das heißt, der 286 war vollständig mit dem 8088er kompatibel und konnte alle 16-Bit-Programme ausführen, war jedoch schneller. Der Modus der 16-Bit-Anweisungen des 8088- und des 80286-Prozessors wird als *Real Mode* bezeichnet. Software, die im Real Mode ausgeführt wird, darf nur 16-Bit-Anweisungen verwenden und lebt in der 20-Bit-Speicherarchitektur (1 MByte), die sie lediglich unterstützt. Diese Art von Software wird in der Regel als Single-Task-Software bezeichnet, d.h., es kann immer nur ein Programm ausgeführt werden. Anwendungen werden nicht daran gehindert, andere Programme oder sogar das Betriebssystem, das sich gerade im Arbeitsspeicher befindet, zu überschreiben. Wenn also mehr als ein Programm ausgeführt wird, kann durch einen solchen Überschreibvorgang das gesamte System zum Absturz gebracht werden.

3.2.2 IA-32 Mode (32 Bit)

Dann kam der 386, der erste 32-Bit-Prozessor der PC-Industrie. Dieser Prozessor konnte 32-Bit-Anweisungen ausführen. Dazu wurden jedoch ein 32-Bit-Betriebssystem und 32-Bit-Anweisungen benötigt. Der neue 32-Bit-Modus wurde als *Protected Mode* bezeichnet, was auf die Tatsache verweist, dass die Programme, die in diesem Modus ausgeführt werden, vor dem Überschreiben durch andere Programme geschützt werden. Ein solcher Schutz macht das System absturzsicherer, weil ein fehlerhaftes Programm nicht so leicht andere Programme oder das Betriebssystem beschädigen kann. Außerdem kann ein abgestürztes Programm beendet werden, während der Rest des Systems unbeeinflusst weiterarbeitet.

Da Intel wusste, dass es eine Weile dauern würde, bis Betriebssysteme und Anwendungen fertig sind, die die Vorteile des 32-Bit-Protected Mode nutzen können, wurde ein abwärtskompatibler Real Mode in den 386 integriert. Deshalb können unverändert 16-Bit-Betriebssysteme und Anwendungen vom Prozessor ausgeführt werden – und zwar schneller, als mit den älteren Prozessoren. Für die meisten Anwender aus reichte das aus. Sie wollten nicht unbedingt eine neue 32-Bit-Software, sondern ihre vorhandene 16-Bit-Software sollte nur schneller ausgeführt werden. Leider bedeutet dies auch, dass der Prozessor nie im 32-Bit Protected Mode ausgeführt wurde und dass alle Funktionen dieses Modus ignoriert wurden.

Wird ein hochleistungsfähiger Prozessor wie ein Pentium 4 unter DOS betrieben, also im Real Mode, agiert er wie ein »Turbo-8088-Prozessor«. *Turbo 8088* bedeutet, dass der Prozessor die Geschwindigkeitsvorteile bei der Ausführung von 16-Bit-Programmen nutzt, jedoch nur 16-Bit-Anweisungen ausführen und nur auf einen Speicherbereich von 1 MByte zugreifen kann. Wird also ein 256 MByte-Pentium 4- oder ein Athlon-System unter Windows 3.x oder DOS betrieben, wird nur das erste Megabyte des Speichers genutzt. Die restlichen 255 MByte bleiben weitgehend ungenutzt.

Echte 32-Bit-Betriebssysteme wie Unix und Unix-Varianten (wie Linux), OS/2 und sogar Windows NT/2000 konnten sich nur langsam durchsetzen. Windows XP ist das erste echte 32-Bit-Betriebssystem, das zum Mainstream-Produkt wurde. Und das liegt hauptsächlich daran, dass Microsoft diese Richtung mit der Einführung von Windows 95, 98 und Me (ein hybrides 16-/32-Bit-System) erzwungen hat. Windows 3.x war das letzte 16-Bit-Betriebssystem, das von Microsoft unterstützt wurde. Tatsächlich wurde Windows 3.x nicht einmal als vollständiges Betriebssystem betrachtet, weil es auf DOS aufsetzte.

Hinweis

Der Intel Itanium und der AMD Athlon64/Opteron verwenden unterschiedliche 64-Bit-Architekturen. 64-Bit-Software arbeitet nur dann auf beiden Systemen, wenn die Software-Hersteller eine Neukompilierung der Software für die jeweilige Plattform vornehmen. Dies bedeutet, dass Software, die speziell für die Intel-64-Bit-Architektur entwickelt wurde, nicht mit einem AMD 64-Bit-Prozessor funktioniert, was auch umgekehrt gilt.

Der neue Itanium-Prozessor und der AMD Opteron bringen nun die 64-Bit-Funktionalität ins Spiel. Beide können zwar auch die vorhandene 32-Bit-Software ausführen, um die Prozessorleistung jedoch voll ausnutzen zu können, werden ein 64-Bit-Betriebssystem und 64-Bit-Anwendungen benötigt. Microsoft hat 64-Bit-Versionen von Windows XP freigegeben, und einige Firmen bieten 64-Bit-Anwendungen für den Einsatz im Netzwerk und auf Workstations an.

3.2.3 Virtual Real Mode

Den Schlüssel zur Abwärtskompatibilität von 32-Bit-Windows-Umgebungen bietet der dritte Prozessormodus, der *virtuelle Real Mode*. Dabei handelt es sich eigentlich um eine 16-Bit-Umgebung, die im 32-Bit-Protected Mode ausgeführt wird. Öffnen Sie eine DOS-Anwendung unter Windows, haben Sie eine virtuelle Real Mode-Sitzung erzeugt. Weil der Protected Mode echtes Multitasking ermöglicht, können sogar mehrere Real Mode-Sitzungen gleichzeitig ausgeführt werden – jede mit eigener Software, die auf einem virtuellen PC ausgeführt wird. Alle Sitzungen können gleichzeitig und auch, während andere 32-Bit-Anwendungen aktiv sind, ausgeführt werden.

Wird ein Programm im virtuellen Real Mode ausgeführt, kann es nur auf maximal 1 MByte Arbeitsspeicher zugreifen. Das Programm selbst hält diesen Speicher für den einzig verfügbaren Arbeitsspeicher im System. Führen Sie also eine DOS-Anwendung in einem Windows-Fenster aus, gilt die Beschränkung der Speichernutzung auf 640 KByte. Das liegt daran, dass in einer 16-Bit-Umgebung nur 1 MByte an Arbeitsspeicher zur Verfügung stehen und die oberen 384 KByte für Systemzwecke reserviert sind. Die virtuelle Real Mode-Fenster emuliert eine vollständige 8088-Umgebung, sodass die Software, abgesehen von der Geschwindigkeit, so wie auf einem Original-Real-Mode-PC ausgeführt wird. Jede virtuelle Maschine erhält ihren eigenen 1-MByte-Adressraum, eine Abbildung der echten BIOS-Routinen, und emuliert dann alle anderen Register und Funktionen, die im Real Mode zum Einsatz kommen.

Interessant ist übrigens, dass alle Prozessoren zunächst im Real Mode gestartet werden. Wird daraufhin ein 32-Bit-Betriebssystem geladen, wechselt der Prozessor automatisch in den 32-Bit-Modus. Beachten Sie, dass sich einige 16-Bit-Anwendungen in einer 32-Bit-Umgebung fehlerhaft verhalten, d.h., dass sie Dinge tun, die nicht vom virtuellen Real Mode unterstützt werden, wie etwa die Ausführung direkter Hardware-Zugriffe. Diagnose-Software ist ein gutes Beispiel hierfür. Derartige Software funktioniert nur im echten Real Mode und nicht im virtuellen Real Mode unter Windows. Arbeiten Sie mit Windows 9x (nicht mit Me), können Sie den Startvorgang des Computers auch unterbrechen, indem Sie die **[F8]**-Taste drücken und die Option wählen, mit DOS zu booten. Anschließend können Sie die Diagnose-Software im DOS-Modus ausführen. Bei späteren Windows-Versionen ist dies nicht mehr möglich, da diese nicht mehr auf DOS basieren. Hierfür ist dann z.B. ein Pentium 4 mit DOS (von einer Diskette) zu starten, um daraufhin die Diagnose-Software auszuführen.

3.2.4 IA-32e Extension Mode (64 Bit)

Die 64-Bit-Erweiterung (extension) ist eine Ergänzung der IA-32-Architektur, die ursprünglich von AMD stammt und später auch von Intel übernommen wurde. Bezeichnungen hierfür sind AMD64, x86-64 und EM64T. Prozessoren, die diese Technologie unterstützen, können im Real Mode- (8086), im IA-32- oder auch im IA-32e-Mode arbeiten. Der IA-32-Mode ermöglicht den Protected Mode und den Virtual Real Mode, IA-32e den 64-Bit-Mode und den kompatiblen Mode (Compatibility Mode), was bedeutet, dass sowohl 64-Bit- als auch 32-Bit-Anwendungen gleichzeitig ablaufen können. IA-32e enthält zwei *Submodes*:

- 64-Bit-Mode: Ermöglicht ein 64-Bit-Betriebssystem und 64-Bit-Anwendungen
- Kompatibler Mode: Ermöglicht ein 64-Bit-Betriebssystem und die Verwendung der meisten 32-Bit-Anwendungen.

Die IA-32e-Betriebsart wird durch das Laden eines 64-Bit-Betriebssystems aktiviert und kann daraufhin von 64-Bit-Anwendungen genutzt werden. Für den 64-Bit-Submode gibt es die folgenden Neuerungen:

- Eine lineare 64-Bit-Speicheradressierung
- Eine physikalische Speicherunterstützung über 4 GByte (limitiert durch den jeweiligen Prozessor)
- Acht neue General Purpose Register (GPRs)
- Acht neue Register für Streaming SIMD-Befehle (MMX, SSE, SSE2, SSE3)
- 64-Bit-breite GRPs und Befehlszeiger (Instruction Pointer)

Der IE-32e-Kompatibilitätsmodus erlaubt die Verarbeitung von 32- und 16-Bit-Applikationen mit einem 64-Bit-Betriebssystem. 16-Bit- und DOS-Programme, die prinzipiell im Virtual Real Mode arbeiten können, funktionieren hiermit jedoch nicht. 64-Bit-Applikationen können natürlich nur mit einem 64-Bit-Betriebssystem arbeiten, und es werden hierfür auch 64-Bit-Gerätetreiber (Device Drivers) benötigt. Es existiert bereits ein 64-Bit-Betriebssystem in zwei Versionen:

- Windows XP 64 Bit Edition für Itanium
- Windows XP 64 Bit Edition für 64-Bit-Erweiterte Systeme

Das erste System ist für IA-64-Prozessoren bestimmt, wie für die Typen Itanium und Itanium 2 von Intel, welches bereits seit dem Jahre 2001 erhältlich ist. Das zweite – vorgestellt im Jahre 2004 – ist für IA-32-Prozessoren mit der 64-Bit-Erweiterung vorgesehen, wie für den Athlon 64, den Opteron und auch zukünftige XEON- und Pentium-Prozessoren, die diese Erweiterung unterstützen.

Adressbereich	Windows XP-32 Bit	Windows XP-64 Bit
Physikalischer Speicher	4 GB	32 TB
Virtueller Speicher	4 GB	16 TB
Auslagerungsspeicher	16 TB	512 TB
Auslagerungsspeicherseite	470 MB	128 GB
System Cache	1 GB	1 TB

Tabelle 3.7 Unterschiede zwischen Windows XP-32 Bit und Windows XP-64 Bit

Der wesentliche Unterschied zwischen Windows XP-32 Bit und Windows XP-64 Bit besteht in der Speicherunterstützung, speziell der Überschreitung der 4 GByte-Grenze, die es bei Windows XP 32 Bit gibt. Dieses Betriebssystem unterstützt 4 GByte physikalischen und virtuellen Speicher, wobei ein einzelner Prozess maximal 2 GByte belegen darf. Windows XP-64 Bit unterstützt demgegenüber bis zu 32 GByte physikalischen und maximal 16 TByte virtuellen Speicher. Eine höhere Speicherkapazität bedeutet für die Applikationen, dass ihnen mehr Speicher zur Verfügung steht, sodass der Prozessor dann schneller darauf zugreifen kann. Falls mehr als 4 GByte-Speicher benötigt wird, ist also Windows XP-64 Bit notwendig. Hiermit arbeiten auch 32-Bit-Applikationen ohne Probleme, nicht jedoch DOS-Programme und andere Programme, die im Virtual Real Mode funktionieren.

Ein weiteres Problem sind die Treiber. 32-Bit-Prozesse können keine 64 Bit-DLLs (Dynamic Link Libraries) laden, und 64 Bit-Prozesse können keine 32 Bit-DLLs laden. Dies bedeutet, dass für alle Einheiten des Systems sowohl 32 Bit- als auch 64 Bit-Treiber benötigt werden. Letztere wird es für ältere Einheiten nicht geben, und für neuere wird es sicherlich noch eine Zeit dauern, bis sie standardmäßig verfügbar sind. Diesen Umstand sollte man sich vergegenwärtigen, falls der Schritt von der 32 Bit- hin zur 64 Bit-Technologie beabsichtigt wird. Bis der Übergang zur 32-Bit-Hardware zum Standard geworden war, hat schließlich 16 Jahre gedauert. Dies wird beim Übergang auf 64 Bit wohl nicht so lange dauern, ein paar Jahre werden es aber wohl werden.

3.3 Die Taktfrequenzen der Prozessoren

Die unterschiedlichen Taktfrequenzen der Prozessoren führen häufig zu Missverständnissen. In diesem Abschnitt geht es ganz allgemein um Taktfrequenzen von Prozessoren und konkret um Prozessoren von Intel, AMD und VIA/Cyrix.

Die Geschwindigkeit eines Computersystems wird als Taktfrequenz, d.h. als Anzahl von Takten bzw. Zyklen pro Sekunde ausgedrückt. Diese Frequenz wird durch einen Oszillator, bestehend aus einem Quarz, vorgegeben. Wird an diesen Quarz eine Spannung angelegt, beginnt dieser mit einer gleichmäßigen Frequenz zu schwingen (zu oszillieren). Diese Frequenz hängt von der Größe und Form des Quarzstücks ab. Die Schwingungen werden vom Quarz als Strom weitergeleitet, der dieselbe gleichmäßige Frequenz aufweist wie die Schwingungen des Quarzes. Dieser Wechselstrom bestimmt die Taktfrequenz des Computers.

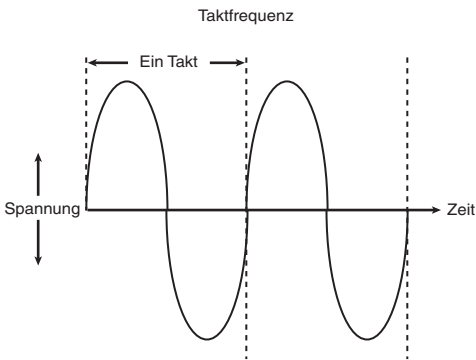


Abbildung 3.1 Die Taktfrequenz eines alternierenden Signals

Ein Computersystem hat üblicherweise eine Taktfrequenz von mehreren Millionen dieser Takte pro Sekunde. Die Geschwindigkeit bzw. Taktfrequenz wird in Megahertz (MHz) angegeben, wobei ein Hertz einem Takt pro Sekunde entspricht. Ein alternierendes Signal entspricht einer Sinuskurve, bei der die Zeit, die zwischen den Spitzen der Kurven verstreicht, die Frequenz definiert (siehe Abbildung 3.1).

Hinweis

Die Einheit Hertz wurde nach dem deutschen Physiker Heinrich Rudolf Hertz benannt. 1885 bestätigte Hertz durch Experimente die Theorie des Elektromagnetismus, die besagt, dass Licht eine Form von elektromagnetischer Strahlung ist und in Wellen ausgesendet wird.

Ein einzelner Takt bzw. Zyklus ist die kleinste Zeiteinheit für einen Prozessor. Jede Operation benötigt mindestens einen, in der Regel jedoch mehrere Takte. Um beispielsweise Daten in den Speicher oder aus dem Speicher zu übertragen, benötigt ein moderner Prozessor wie z.B. der Pentium 4 mindestens drei Takte für die erste Übertragung aus dem Speicher und danach für die darauf folgenden drei bis sechs Übertragungen jeweils einen einzigen Takt. Die zusätzlichen Takte bei der ersten Übertragung werden als *Waitstate* bezeichnet. Ein *Waitstate* ist ein Wartetakt, in dem nichts passiert, der lediglich dazu dient, die Taktfrequenzen der einzelnen Komponenten aufeinander abzustimmen.

Die Zeit, die zur Ausführung von Befehlen benötigt wird, ist ebenfalls unterschiedlich. Die 8086- und 8088-Prozessoren benötigten durchschnittlich zwölf Takte, um einen Befehl auszuführen. Die 286er- und 386er-Prozessoren benötigen zur Ausführung eines Befehls noch 4,5 Takte, und der 486er-Prozessor und die meisten anderen Intel-kompatiblen Prozessoren der vierten Generation, wie z.B. der AMD 5x86, nur noch zwei Takte.

Der Pentium-Prozessor und andere Prozessoren der fünften Generation von Intel-kompatiblen Prozessoren verfügen über zwei Befehlsleitungen und andere Verbesserungen, sodass pro Takt ein bzw. zwei Befehle ausgeführt werden können. Pentium Pro, Pentium II/III/4/Celeron und Athlon/Duron, also die Prozessoren der sechsten und siebten Generation, können drei oder mehr Befehle pro Takt ausführen.

Aufgrund der unterschiedlichen Geschwindigkeiten, mit denen Befehle ausgeführt werden, ist es schwierig, Computersysteme nur in Bezug auf ihre Taktfrequenz oder Anzahl der Takte pro Sekunde zu vergleichen. Wie ist es möglich, dass zwei Prozessoren mit derselben Taktfrequenz unterschiedlich schnell sind? Die Antwort ist einfach: Es liegt an ihrer unterschiedlichen Leistungsfähigkeit.

Der Hauptgrund dafür, weshalb der 486 im Vergleich zu einem 386 schnell ist, besteht darin, dass er während derselben Anzahl von Takten doppelt so viele Befehle ausführt. Ebenso verhält es sich beim Pentium. Er führt während einer bestimmten Anzahl von Takten etwa doppelt so viele Befehle aus wie ein 486er-Prozessor. Somit ist ein 486er mit 133 MHz (wie beispielsweise der AMD 5x86-133) nicht annähernd so schnell wie ein Pentium mit 75 MHz! Das kommt daher, weil »Pentium-Megahertz« fast doppelt so viel wert sind wie »486er-Megahertz«. Pentium II und Pentium III sind bei einer bestimmten Taktfrequenz etwa 50% schneller als ein entsprechender Pentium, weil diese während derselben Anzahl von Takten etwa doppelt so viele Befehle ausführen können.

Wenn Sie die relative Leistung der Prozessoren miteinander vergleichen, werden Sie sehen, dass ein 1-GHz-Pentium III (theoretisch) einem 1,5-GHz-Pentium, einem 6-GHz-386er oder –einem 12-GHz-286er gleicht. Der Prozessor 8088 des Original-PCs war nur mit 4,77 MHz getaktet. Verglichen damit sind die Systeme von heute mehr als 2500 Mal schneller. Sie sehen also, beim Vergleichen der Systeme miteinander dürfen nicht nur die reinen MHz einander gegenüber gestellt werden. Es gibt viele andere Faktoren, die die Leistung eines Systems ebenso beeinflussen.

Die Leistung der CPU zu beurteilen, kann recht schwierig sein. CPUs mit unterschiedlichem internen Aufbau führen Aufgaben auf unterschiedliche Art und Weise aus und können bei einigen Aufgaben schneller, dafür bei anderen Aufgaben aber langsamer sein. Um unterschiedliche CPUs mit unterschiedlichen Taktfrequenzen in etwa vergleichen zu können, hat sich Intel eine Reihe von Benchmarks ausgedacht, mit deren Hilfe die Leistung von Intel-Prozessoren gemessen werden kann. Diese Benchmarks werden als iCOMP-Index (Intel COmparative Microprocessor Performance) bezeichnet, die es mittlerweile in verschiedenen Auslegungen (iCOMP, iCOMP 2.0, iCOMP 3.0) gibt. In der Tabelle 3.8 ist die relative Leistung bzw. der iCOMP-2.0-Index für einige Prozessoren aufgeführt. Beachten Sie, dass es sich hierbei um den aktuellsten iCOMP-Index handelt. Für den Pentium 4 werden andere Benchmarks eingesetzt.

Prozessor	iCOMP-2.0-Index	Prozessor	iCOMP-2.0-Index
Pentium 75	67	Pentium Pro 200	220
Pentium 100	90	Celeron 300	226
Pentium 120	100	Pentium II 233	267
Pentium 133	111	Celeron 300A	296

Tabelle 3.8 Prozessordaten laut iCOMP-2.0-Index

Prozessor	iCOMP-2.0-Index	Prozessor	iCOMP-2.0-Index
Pentium 150	114	Pentium II 266	303
Pentium 166	127	Celeron 333	318
Pentium 200	142	Pentium II 300	332
Pentium MMX 166	160	Pentium II OverDrive 300	351
Pentium Pro 150	168	Pentium II 333	366
Pentium MMX 200	182	Pentium II 350	386
Pentium Pro 180	197	Pentium II OverDrive 333	387
Pentium MMX 233	203	Pentium II 400	440
Celeron 266	213	Pentium II 450	483

Tabelle 3.8 Prozessordaten laut iCOMP-2.0-Index (Forts.)

Der iCOMP-2.0-Index ist von verschiedenen unabhängigen Benchmarks hergeleitet und ein konstanter Kennwert der relativen Prozessorleistung. Die Benchmarks beurteilen Ganzzahlen-, Gleitkomma- und Multimedialeistung.

Der iCOMP-2.0-Index wird seit dem Erscheinen des Pentium III nicht mehr weiter gepflegt, und es gibt inzwischen den iCOMP-3.0-Index. Dieser ist an die steigende Nutzung von 3D-Grafiken, von Multimedia, von Internet-Technologie und -Software sowie an die großen Datenströme und computerintensiven Anwendungen angepasst. iCOMP 3.0 beinhaltet sechs Benchmarks: WinTune 98 Advanced CPU Integer-Test, CPUmark 99, 3D WinBench 99-3D Lighting und Transformation Test, MultimediaMark 99, Jmark 2.0 Processor Test und WinBench 99-FPU WinMark. Diese neueren Benchmarks nutzen SSE (Streaming SIMD Extensions), d.h. zusätzliche Grafik- und Sound-Anweisungen, die im PIII integriert sind. Ohne diese neueren Anweisungen würde der PIII beim Benchmark die gleiche Geschwindigkeit und Taktfrequenz zeigen wie die eines PII. Die Tabelle 3.9 zeigt die iCOMP-Index-3.0-Ratings für Pentium II- und Pentium III-Prozessoren.

Prozessor	iCOMP-3.0-Index	Prozessor	iCOMP-3.0-Index
Pentium II 350	1000	Pentium III 650	2270
Pentium II 450	1240	Pentium III 700	2420
Pentium III 450	1500	Pentium III 750	2540
Pentium III 500	1650	Pentium III 800	2690
Pentium III 550	1780	Pentium III 866	2890
Pentium III 600	1930	Pentium III 1000	3280
Pentium III 600E	2110		

Tabelle 3.9 Prozessordaten laut Intel-iCOMP 3.0-Rating

Intel und AMD bewerten ihre aktuellen CPUs mit dem kommerziellen Produkt BAPCo SYSmark 2002 und SYSmark 2004. Die Ratings für die verschiedenen Prozessorversionen sind in den Tabellen 3.10 und 3.11 angegeben.

CPU	Takt	SYSmark 2002	CPU	Takt	SYSmark 2002
Pentium 4 Extreme Edition	3.2 GHz	362	AMD Athlon XP	1.72 GHz	195
Pentium 4	3.2 GHz	344	Pentium 4	1.9 GHz	192
Pentium 4	3.0 GHz	328	Pentium 4	1.8 GHz	187
Pentium 4	3.06 GHz	324	Pentium 4	1.7 GHz	178
Pentium 4	2.8 GHz	312	Pentium 4	1.6 GHz	171
Pentium 4	2.6 GHz	295	AMD Athlon XP	1.67 GHz	171
Pentium 4	2.67 GHz	285	Pentium 4	1.5 GHz	162
Pentium 4	2.53 GHz	273	AMD Athlon XP	1.53 GHz	149
Pentium 4	2.4 GHz	264	Pentium III	1.2 GHz	108
Pentium 4	2.26 GHz	252	Pentium III	1.3 GHz	104
Pentium 4	2.2 GHz	238	Pentium III	1.13 GHz	100
Pentium 4	2.0 GHz	222	Pentium III	1.0 GHz	92

Tabelle 3.10 SYSmark 2002-Ratings für unterschiedliche Prozessoren

CPU	Takt	SYSmark 2004	CPU	Takt	SYSmark 2004
Intel Pentium 4EE	3.4 GHz	225	AMD Athlon XP 3200+	2.2 GHz	163
Intel Pentium 4E	3.4 GHz	218	Intel Pentium 4C	2.4 GHz	153
Intel Pentium 4EE	3.2 GHz	215	AMD Athlon XP 2800+	2.25 GHz	151
AMD Athlon FX-53	2.4 GHz	213	AMD Athlon XP 2700+	2.18 GHz	148
Intel Pentium 4C	3.4 GHz	212	Intel Pentium 4B	2.8 GHz	144
Intel Pentium 4E	3.2 GHz	204	AMD Athlon XP 2600+	2.08 GHz	144
AMD Athlon FX-51	2,2 GHz	200	AMD Athlon XP 2400+	2,0 GHz	133
AMD Athlon 64 3400+	2,2 GHz	195	Intel Pentium 4B	2,4 GHz	130
AMD Athlon 64 3200+	2,2 GHz	194	Intel Celeron	2,8 GHz	117
Intel Pentium 4C	3,0 GHz	193	Intel Celeron	2,7 GHz	115
Intel Pentium 4E	2,8 GHz	182	AMD Athlon XP 1800+	1,53 GHz	111
AMD Athlon 64 3200+	2,0 GHz	180	Intel Celeron	2,5 GHz	110
AMD Athlon 64 3000+	2,0 GHz	178	Intel Celeron	2,4 GHz	104
Intel Pentium 4C	2,8 GHz	174	Intel Pentium 4A	2,0 GHz	104
AMD Athlon 64 2800+	1,8 GHz	164	Intel Pentium III	1,0 GHz	64

Tabelle 3.11 SYSmark 2004-Ratings für unterschiedliche Prozessoren

SYSmark 2002 und 2004 sind kommerzielle Benchmark-Programme, die den normalen Einsatz innerhalb einer Geschäftsumgebung mit Nutzung von Internet- und Office-Anwendungen simuliert. SYSmark 2002 beinhaltet die folgenden Anwendungen, die zu Testzwecken eingesetzt werden:

- *Erstellung von Internet-Inhalten.* Beinhaltet Adobe Photoshop 6.01, Premiere 6.0, Microsoft Windows Media Encoder 7.1, Macromedia Dreamweaver 4 und Flash 5

- *Office-Produktivität.* Beinhaltet Microsoft Word 2002, Excel 2002, PowerPoint 2002, Outlook 2002, Access 2002, Netscape Communicator 6.0, Dragon NaturallySpeaking Version 5, WinZip 8.0 und McAfee VirusScan 5.13

SYSmark 2004 beinhaltet die folgenden Anwendungen:

- *Erstellung von Internet-Inhalten.* Beinhaltet Adobe After Effects 5.5, Adobe Photoshop 7.01, Adobe Premiere 6.5, Discreet 3ds max 5.1, Macromedia Dreamweaver MX, Macromedia Flash MX, Microsoft Windows Media Encoder 9 Series, Network Associates McAfee VirusScan 7.0, and WinZip Computing WinZip 8.1
- *Office-Produktivität.* Beinhaltet Adobe Acrobat 5.0.5, Microsoft Access 2002, Microsoft Excel 2002, Microsoft Internet Explorer 6, Microsoft Outlook 2002, Microsoft PowerPoint 2002, Microsoft Word 2002, Network Associates McAfee VirusScan 7.0, ScanSoft Dragon NaturallySpeaking 6 Preferred, and WinZip Computing WinZip 8.1

SYSmark wird von vielen Unternehmen eingesetzt, um PC-Systeme und -Komponenten zu testen und zu vergleichen. Der Test ist erheblich moderner und besser an die tatsächlichen Anforderungen in der Praxis angepasst als der iCOMP, der von Intel zuvor eingesetzt wurde. Da der Test jedermann zur Verfügung steht, können die Ergebnisse unabhängig überprüft werden. SYSmark ist erhältlich bei BAPCo unter www.bapco.com.

3.3.1 Taktfrequenzen für Prozessoren und Hauptplatinen

Zusätzlich verwirrend ist die Tatsache, dass nahezu alle modernen Prozessoren seit dem 486DX2 mit einem Mehrfachen der Taktfrequenz der Hauptplatine (FSB) arbeiten. Ein Pentium 4 mit 2.53 GHz wird beispielsweise mit dem 4,75-fachen der Geschwindigkeit einer 533-MHz-Hauptplatine getaktet, während ein AMD Athlon XP 2800+-Prozessor (2,083 GHz) mit der 6,25-fachen Taktfrequenz der 333-MHz-Hauptplatine arbeitet. Bis Anfang 1998 sind die meisten Hauptplatinen mit 66 MHz oder weniger getaktet worden, da die Prozessoren von Intel zu diesem Zeitpunkt nur Hauptplatinen bis zu dieser Taktfrequenz unterstützten. Ab April 1998 begann Intel Prozessoren und Chipsätze auf den Markt zu bringen, die mit 100-MHz-Hauptplatinen arbeiten können.

Ende 1999 gab es Chipsätze und Hauptplatinen auf dem Markt, die mit einer Taktfrequenz von 133 MHz arbeiteten und somit auch die neueren Pentium-III-Prozessoren unterstützten. Zu dieser Zeit brachte AMD Athlon-Hauptplatinen und -Chipsätze auf den Markt, die auf eine Taktfrequenz von 100 MHz ausgelegt waren. Diese arbeiteten dafür mit einer Technik, mit der die Datenübertragungsrate zwischen dem Athlon-Prozessor und der North-Bridge auf 200 MHz (DDR) verdoppelt wurde, was effektiven 100 MHz entspricht, weil hier das Double Data Rate-Prinzip zur Anwendung kommt.

2000 und 2001 erhöhten sich die Prozessorbusgeschwindigkeiten auf 266 MHz für den AMD Athlon und den Itanium und auf 400 MHz bis 533 MHz für den Pentium 4. Im Jahre 2002 begann AMD mit der Herstellung von Prozessoren, die 333 MHz als Bustakt unterstützen, und Intel stellte ein Jahr später einen Pentium 4 her, der einen Bustakt von 800 MHz benötigt.

Die Geschwindigkeit des CPU-Bus wird in der Regel in Abhängigkeit von den Speichertypen gewählt, die Intel und AMD unterstützen wollen. Die meisten modernen CPU-Bus-Geschwindigkeiten basieren auf den Geschwindigkeiten der CPU und dem verfügbaren SDRAM-, DDR SDRAM- und RDRAM-Speicher.

Hinweis

Zu beachten ist, dass der Bustakt nicht direkt dem Speichertakt entspricht. 800 MHz-Bustakt bedeutet beim Pentium 4 einen Takt von 200 MHz (Quad Data Rate), und AMD-Prozessoren arbeiten – wegen DDR – effektiv mit der Hälfte, was für einen Bustakt von 333 MHz also 166 MHz bedeutet.

In der Regel kann die Taktfrequenz der Hauptplatine und der Taktungsfaktor durch Jumper oder andere Konfigurationsmechanismen (wie beispielsweise BIOS-Setup) auf der Hauptplatine eingestellt werden. Neuere Computersysteme verfügen über einen variablen Taktgeber, der meist im Chipsatz der Hauptplatinen enthalten ist und zur Steuerung der Hauptplatinengeschwindigkeit und der Geschwindigkeit der CPU dient. Die meisten Pentium-Hauptplatinen können auf drei oder vier verschiedene Taktfrequenzen eingestellt werden. Die heute gebräuchlichen Prozessoren sind in verschiedenen Ausführungen erhältlich, die, je nach Geschwindigkeit der Hauptplatine, unterschiedliche Taktfrequenzen aufweisen. Die meisten Pentium-Chips haben z.B. eine Taktfrequenz, die ein Vielfaches der eigentlichen Hauptplatinengeschwindigkeit ist. Beispiele für die Taktfrequenzen von Pentium-Prozessoren und Hauptplatinen sind in der Tabelle 3.12 angegeben.

CPU-Typ	CPU-Taktfrequenz (MHz)	Takt-Faktor	Taktfrequenz der Hauptplatine (MHz)
Pentium	75	1,5x	50
Pentium	60	1x	60
Pentium	90	1,5x	60
Pentium	120	2x	60
Pentium	150	2,5x	60
Pentium/Pentium Pro	180	3x	60
Pentium	66	1x	66
Pentium	100	1,5x	66
Pentium	133	2x	66
Pentium/Pentium Pro	166	2,5x	66
Pentium/Pentium Pro	200	3x	66
Pentium/Pentium II	233	3,5x	66
Pentium Mobile/Pentium II/ Celeron	266	4x	66
Pentium II/Celeron	300	4,5x	66
Pentium II/Celeron	333	5x	66
Pentium II/Celeron	366	5,5x	66
Celeron	400	6x	66
Celeron	433	6,5x	66
Celeron	466	7x	66
Celeron	500	7,5x	66
Celeron	533	8x	66
Celeron	566	8,5x	66
Celeron	600	9x	66
Celeron	633	9,5x	66

Tabelle 3.12 Taktfrequenzen von Prozessoren und Hauptplatinen

CPU-Typ	CPU-Taktfrequenz (MHz)	Takt-Faktor	Taktfrequenz der Hauptplatine (MHz)
Celeron	667	10x	66
Celeron	700	10,5x	66
Celeron	733	11x	66
Celeron	766	11,5x	66
Pentium II	350	3,5x	100
Pentium II	400	4x	100
Pentium II/III	450	4,5x	100
Pentium III	500	5x	100
Pentium III	550	5,5x	100
Pentium III	600	6x	100
Pentium III	650	6,5x	100
Pentium III	700	7x	100
Pentium III	750	7,5x	100
Pentium III/Celeron	800	8x	100
Pentium III/Celeron	850	8,5x	100
Pentium III/Celeron	900	9x	100
Pentium III/Celeron	950	9,5x	100
Pentium III/Celeron	1000	10x	100
Pentium III/Celeron	1100	11x	100
Pentium III/Celeron	1200	12x	100
Pentium III/Celeron	1300	13x	100
Pentium III/Celeron	1400	14x	100
Pentium III	533	4x	133
Pentium III	600	4,5x	133
Pentium III	667	5x	133
Pentium III	733	5,5x	133
Pentium III	800	6x	133
Pentium III	866	6,5x	133
Pentium III	933	7x	133
Pentium III	1000	7,5x	133
Pentium III	1066	8x	133
Pentium III	1133	8,5x	133
Pentium III	1200	9x	133
Pentium III	1266	9,5x	133
Pentium III	1333	10x	133
Pentium III	1400	10,5x	133
Pentium 4	1300	3,25x	400
Pentium 4	1400	3,5x	400
Pentium 4	1500	3,75x	400
Pentium 4	1600	4x	400

Tabelle 3.12 Taktfrequenzen von Prozessoren und Hauptplatinen (Forts.)

CPU-Typ	CPU-Taktfrequenz (MHz)	Takt-Faktor	Taktfrequenz der Hauptplatine (MHz)
Pentium 4/Celeron	1700	4,25x	400
Pentium 4	1800	4,5x	400
Pentium 4	1900	4,75x	400
Pentium 4	2000	5x	400
Pentium 4	2200	5,5x	400
Pentium 4	2400	6x	400
Pentium 4	2266	4,25x	533
Pentium 4	2400	4,5x	533
Pentium 4	2500	6,25x	400
Pentium 4	2533	4,75x	533
Pentium 4	2600	6,5x	400
Pentium 4	2660	5x	533
Pentium 4	2800	5,25x	533
Pentium 4	3060	5,75x	533
Pentium 4	3200	4x	800
Pentium 4	3400	4,25x	800
Itanium	733	2,75x	266
Itanium	800	3x	266
Itanium 2	1000	2,5x	400

Tabelle 3.12 Taktfrequenzen von Prozessoren und Hauptplatinen (Forts.)

Sind alle anderen Faktoren, d.h. Prozessortyp, Anzahl der Waitstates und die Breite des Datenbus, identisch, können Sie zwei Systeme bezüglich ihrer jeweiligen Taktfrequenzen vergleichen. Der Aufbau des Speichers kann allerdings enorme Auswirkungen auf die Geschwindigkeit eines Computersystems haben.

Bei der Fertigung testet der Hersteller einen Prozessor bei unterschiedlichen Taktfrequenzen, Temperaturen und Luftdruckverhältnissen. Nach diesen Tests wird der Prozessor mit der maximal zulässigen Betriebsgeschwindigkeit bei Temperaturen und Druckverhältnissen, die im normalen Betrieb auftreten können, gekennzeichnet. Die Kennzeichnung befindet sich auf der Verpackung.

3.3.2 Der Takt von Cyrix-Prozessoren

Bei 6x86-Prozessoren von Cyrix/VIA und auch IBM wurde eine Geschwindigkeitseinschätzung (PR, Performance Rating) angesetzt, die mit der tatsächlichen Taktfrequenz in MHz nicht übereinstimmt. Der Cyrix/IBM 6x86MX/MII-PR366 arbeitet tatsächlich nur mit einer Taktfrequenz von 250 MHz (2,5x100 MHz). Das ist etwas irreführend, da die Hauptplatine so eingestellt werden muss, als wäre ein 250-MHz-Prozessor installiert, und nicht der 266-MHz-Prozessor, wie die Produktkennzeichnung vermuten lässt.

In der Tabelle 3.13 ist die Beziehung zwischen den P-Ratings des Cyrix 6x86, 6x86MX und M-II und den tatsächlichen Chipgeschwindigkeiten in MHz angegeben.

CPU-Typ	P-Rating	CPU-Taktfrequenz (MHz)	Takt-Faktor	Taktfrequenz der Hauptplatine (MHz)
6x86	PR90	80	2x	40
6x86	PR120	100	2x	50
6x86	PR133	110	2x	55
6x86	PR150	120	2x	60
6x86	PR166	133	2x	66
6x86	PR200	150	2x	75
6x86MX	PR133	100	2x	50
6x86MX	PR133	110	2x	55
6x86MX	PR150	120	2x	60
6x86MX	PR150	125	2,5x	50
6x86MX	PR166	133	2x	66
6x86MX	PR166	137,5	2,5x	55
6x86MX	PR166	150	3x	50
6x86MX	PR166	150	2,5x	60
6x86MX	PR200	150	2x	75
6x86MX	PR200	165	3x	55
6x86MX	PR200	166	2,5x	66
6x86MX	PR200	180	3x	60
6x86MX	PR233	166	2x	83
6x86MX	PR233	187,5	2,5x	75
6x86MX	PR233	200	3x	66
6x86MX	PR266	207,5	2,5x	83
6x86MX	PR266	225	3x	75
6x86MX	PR266	233	3,5x	66
M-II	PR300	225	3x	75
M-II	PR300	233	3,5x	66
M-II	PR333	250	3x	83
M-II	PR366	250	2,5x	100
M-II	PR400	285	3x	95
M-II	PR433	300	3x	100
Cyrix III	PR433	350	3,5x	100
Cyrix III	PR466	366	3x	122
Cyrix III	PR500	400	3x	133
Cyrix III	PR533	433	3,5x	124
Cyrix III	PR533	450	4,5x	100

Tabelle 3.13 P-Ratings für Cyrix-CPU's im Vergleich zu den tatsächlichen Chipgeschwindigkeiten in MHz

Beachten Sie, dass die angegebenen P-Ratings mehrere verschiedene tatsächliche CPU-Geschwindigkeiten bedeuten können. So kann beispielsweise ein Cyrix 6x86MX-PR200 tatsächlich mit 150 MHz, 165 MHz, 166 MHz oder 180 MHz, aber *nicht* mit 200 MHz arbeiten.

Mit den P-Ratings sollte die Geschwindigkeit im Vergleich zu einem Pentium-Prozessor von Intel angegeben werden. Aber der Prozessor, mit dem verglichen wird, ist der Originalchip ohne MMX, mit kleinem L1-Cache auf einer älteren Hauptplattenplattform mit einem älteren Chipsatz und langsamerem Speicher. Die Angaben des P-Ratings harmonisieren beim Vergleich mit den Prozessoren Celeron, Pentium II oder Pentium III eher schlecht. Diese Chips lassen sich besser anhand ihrer tatsächlichen Geschwindigkeiten vergleichen. Anders ausgedrückt: Weil der MII-PR366 tatsächlich mit einer Taktfrequenz von 250 MHz arbeitet, schneidet er im Vergleich zu den Intel-Prozessoren mit ähnlichen Taktfrequenzen sogar besser ab.

3.3.3 Der Takt von AMD-Prozessoren

Die Athlon XP-Typen von AMD sind exzellente Prozessoren mit bemerkenswerten Eigenschaften, allerdings wird mit ihnen wieder das unpassend erscheinende Cyrix/AMD Performance Rating bedeutsam. Diese simulierte MHz-Nummer gibt eben nicht die tatsächliche Taktrate an, sondern sie bezieht sich auf einen Vergleichswert zum Pentium 4 der ersten Generation. In Tabelle 3.14 sind die P-Ratings und die wirklichen Taktfrequenzen der Prozessoren K5, K6, Athlon, Athlon XP und Duron von AMD angegeben.

CPU-Typ	P-Rating	CPU-Taktfrequenz (MHz)	Takt-Faktor	Taktfrequenz der Hauptplatine (MHz)
K5	75	75	1,5x	50
K5	90	90	1,5x	60
K5	100	100	1,5x	66
K5	120	90	1,5x	60
K5	133	100	1,5x	66
K5	166	116	1,75x	66
K6	166	166	2,5x	66
K6	200	200	3x	66
K6	233	233	3,5x	66
K6	266	266	4x	66
K6	300	300	4,5x	66
K6-2	233	233	3,5x	66
K6-2	266	266	4x	66
K6-2	300	300	4,5x	66
K6-2	300	300	3x	100
K6-2	333	333	5x	66
K6-2	333	333	3,5x	95
K6-2	350	350	3,5x	100
K6-2	366	366	5,5x	66
K6-2	380	380	4x	95
K6-2	400	400	6x	66
K6-2	400	400	4x	100
K6-2	450	450	4,5x	100

Tabelle 3.14 P-Ratings für AMD-Prozessoren im Vergleich zu den tatsächlichen Chipgeschwindigkeiten in MHz

CPU-Typ	P-Rating	CPU-Taktfrequenz (MHz)	Takt-Faktor	Taktfrequenz der Hauptplatine (MHz)
K6-2	475	475	5x	95
K6-2	500	500	5x	100
K6-2	533	533	5,5x	97
K6-2	550	550	5,5x	100
K6-3	400	400	4x	100
K6-3	450	450	4,5x	100
Athlon	500	500	2,5x	200
Athlon	550	550	2,75x	200
Athlon/Duron	600	600	3x	200
Athlon/Duron	650	650	3,25x	200
Athlon/Duron	700	700	3,5x	200
Athlon/Duron	750	750	3,75x	200
Athlon/Duron	800	800	4x	200
Athlon/Duron	850	850	4,25x	200
Athlon/Duron	900	900	4,5x	200
Athlon/Duron	950	950	4,75x	200
Athlon/Duron	1000	1000	5x	200
Athlon/Duron	1100	1100	5,5x	200
Athlon/Duron	1200	1200	6x	200
Athlon/Duron	1300	1300	6,5x	200
Athlon/Duron	1400	1400	7x	200
Athlon	1000	1000	3,75x	266
Athlon	1133	1133	4,25x	266
Athlon	1200	1200	4,5x	266
Athlon	1333	1333	5x	266
Athlon	1400	1400	5,25x	266
Athlon XP	1500+	1333	5x	266
Athlon XP	1600+	1400	5,25x	266
Athlon XP	1700+	1466	5,5x	266
Athlon XP	1800+	1533	5,75x	266
Athlon XP	1900+	1600	6x	266
Athlon XP	2000+	1666	6,25x	266
Athlon XP	2100+	1733	6,5x	266
Athlon XP	2200+	1800	6,75x	266
Athlon XP	2400+	2000	7,5x	266
Athlon XP	2500+*	1833	5,5x	333
Athlon XP	2600+	2083	6,25x	333
Athlon XP	2600+	2133	8x	266
Athlon XP	2700+	2167	6,5x	333

Tabelle 3.14 P-Ratings für AMD-Prozessoren im Vergleich zu den tatsächlichen Chipgeschwindigkeiten in MHz (Forts.)

CPU-Typ	P-Rating	CPU-Taktfrequenz (MHz)	Takt-Faktor	Taktfrequenz der Hauptplatine (MHz)
Athlon XP	2800+*	2083	6,25x	333
Athlon XP	2800+	2250	6,75x	333
Athlon XP	3000+*	2167	6,5x	333
Athlon XP	3200+*	2333	7x	333

Tabelle 3.14 P-Ratings für AMD-Prozessoren im Vergleich zu den tatsächlichen Chipgeschwindigkeiten in MHz (Forts.)

* Diese Prozessoren verwenden den Barton-Kern, der über einen L2-Cache von 512KB statt 256KB verfügt.

Beachten Sie, dass die Athlon/Duron-Prozessoren mit Busgeschwindigkeiten von 200 MHz und 266 MHz tatsächlich Taktfrequenzen von 100 MHz und von 133 MHz verwenden und zwei Übertragungen pro Takt ausführen, um somit die Effektivität zu verdoppeln. Einige Motherboards beziehen sich auf den halben CPU-Takt (100 MHz, 133 MHz), sodass der doppelte Taktfaktor als der, der in der Tabelle 3.14 angegeben ist, zur Anwendung kommt.

Die Prozessortests von AMD zeigen, dass der 1,8 GHz-Athlon dieselbe Leistung bietet wie ein 2,2 GHz Pentium 4-Prozessor. Um diese Leistung relativ zum Pentium 4 deutlich zu machen, heißt der Prozessor Athlon XP 2200+. Diese Marketing-Strategie, bei der dem Prozessor eine relative, statt einer tatsächlichen Geschwindigkeit zugewiesen wird, wurde ja bereits früher mit beschränktem Erfolg angewandt. In einigen Fällen blieb bei den Kunden ein negativer Eindruck zurück, die sich betrogen fühlten, als sie die tatsächliche Taktfrequenz des Prozessors erfuhren.

AMDs Marketing-Problem ist jedoch ein echtes Problem: Wie lässt sich ein Prozessor vermarkten, der schneller ist als sein Rivale, wenn beide dieselbe Taktfrequenz nutzen? Der AMD Athlon XP mit der Taktfrequenz von 2 GHz ist erheblich schneller als ein Pentium 4-Prozessor mit einer Taktfrequenz von 2 GHz. Er bietet dieselbe Leistung wie ein Pentium 4-Prozessor mit einer Taktfrequenz von 2,4 GHz, und deswegen bezeichnet AMD diesen Typ als Athlon XP 2400+. Diese Unterschiede werden dadurch verursacht, dass der P4 eine neuere und etwas andersartige Architektur mit einer 20-Stufen-Pipeline nutzt, der Athlon hingegen nur eine 11- und der Pentium III/Celeron-Prozessor eine 10-Stufen-Pipeline.

Prozessor	Pipeline-Stufen	Prozessor	Pipeline-Stufen
Pentium III	10	Athlon 64/64 FX	12
Pentium M	10	Pentium 4	20
Athlon, Athlon XP	10	Pentium 4 Prescott	31

Tabelle 3.15 Die Anzahl der Pipelines bei verschiedenen Prozessoren

Eine Pipeline mit mehr Stufen unterteilt die Anweisungen in kleinere Mikro-Schritte, was wiederum eine höhere Taktfrequenz mit der gleichen Silizium-Technologie möglich macht. Gleichzeitig bedeutet dies jedoch auch, dass möglicherweise aber weniger Anweisungen pro Takt ausgeführt werden können. Das liegt daran, weil die gesamte Pipeline geleert und neu gefüllt werden muss, wenn eine Vorhersage (Branch Prediction) oder eine spekulative Ausführung fehlschlägt, was relativ häufig vorkommt, weil die CPU versucht, die Anweisungen im Voraus zu laden. Werden also ein Athlon- oder Pentium III-Prozessor bei einer bestimmten Taktfrequenz mit einem Pentium 4 verglichen, schneiden sie besser ab, weil sie mehr Anweisungen innerhalb eines Taktzyklus ausführen.

Das wirkt zwar schlecht für den Pentium 4, ist aber Bestandteil des Designs. Intel geht davon aus, dass die Pipeline zwar eine um 30% geringere Effizienz hat, dass dieser Verlust jedoch durch die mindestens 50% höheren Taktfrequenzen wieder ausgeglichen werden kann, die gegenüber dem Athlon oder dem Pentium III mit kleineren Pipelines erreicht werden.

Die 20- oder 31-stufige Pipeline der P4-Architektur erlaubt höhere Taktraten bei vergleichbarer Silizium-Technologie anderer CPUs. Beispielsweise sind der Athlon XP und der Pentium 4 zunächst mit dem gleichen 0,18 µm-Prozess hergestellt worden. Die 20-stufige Pentium 4-Pipeline (mit 0,18 µm-Prozess) erlaubt einen Takt von bis zu 2 GHz, während der gleiche Prozess nur 1,73 GHz beim 10-stufigen Athlon XP und nur 1,13 GHz beim Pentium III/Celeron erlaubt. Mit dem neueren 0,13 µm-Prozess schafft der Pentium 4 bis zu 3,4 GHz und der Athlon XP bis zu 2,2 GHz (3200+). Der Pentium 4 führt zwar pro Takt weniger Anweisungen aus; dieser Rückstand wird jedoch durch die höhere Taktfrequenz wieder aufgeholt.

Viele PC zeigen den CPU-Takt während des Boot-Vorganges an, und mit Windows XP ist dieser Wert über SYSTEMSTEUERUNG-SYSTEM-ALLGEMEIN-SYSTEMEIGENSCHAFTEN zugänglich. AMD bevorzugt allerdings, dass der CPU-Takt nicht direkt angezeigt werden kann, sodass hierfür zusätzliche Test-Software (z.B. SiSoft Sandra) notwendig ist.

Es sollte deutlich geworden sein, dass der reine Vergleich von MHz- und GHz-Zahlen nicht immer Aufschluss über die tatsächliche Leistung eines Prozessors gibt, und MHz-Vergleichswerte (P-Rating) machen die ganze Angelegenheit noch unübersichtlicher. Intel weicht mittlerweile von der alleinigen Taktfrequenzangabe bei den Prozessoren (Pentium 4, Celeron) ab und verwendet neuerdings spezielle Modellnummern, um die jeweilige CPU- Leistungsfähigkeit zu kennzeichnen.

3.3.4 Übertaktung

Bei einigen Systemen kann die angegebene Prozessorgeschwindigkeit durch die so genannte *Übertaktung* erhöht werden. Häufig ist ein gewisses Maß an Übertaktung sogar üblich, weil Intel, AMD und andere Prozessorhersteller Sicherheitsgrenzen in ihre Angaben einfließen lassen. Ein 800-MHz-Prozessor kann beispielsweise eventuell mit einer Taktfrequenz von 900 MHz ausgeführt werden. Die Leistung wird jedoch nach unten korrigiert, um die Zuverlässigkeit der spezifizierten Angabe zu erhöhen. Durch eine Übertaktung wird dieser Spielraum ausgenutzt, und der Prozessor kommt damit näher an seine tatsächliche Maximalgeschwindigkeit heran. Einsteiger sollten keine Übertaktung vornehmen. Wenn Sie sich jedoch sehr gut mit PC auskennen und bereit sind, die möglichen Konsequenzen zu tragen, können Sie die Geschwindigkeit des Prozessors durch Übertaktung um 10 – 20% steigern.

Fallen bei der Übertaktung

Falls Sie die Übertaktung Ihres Prozessors beabsichtigen, sollten Sie einige Punkte berücksichtigen. Bei den meisten Intel-Prozessoren ab dem Pentium III ist beispielsweise der Multiplikator (Taktfaktor) gesperrt. Deshalb ignoriert der Prozessor alle Änderungen, die am Multiplikator auf der Hauptplatine vorgenommen werden. Für die meisten neueren Prozessoren von AMD gilt dies zwar auch, AMD setzt jedoch Lötbrücken ein, die von mechanisch versierten Leuten bearbeitet werden können. Mit diesen Lötbrücken sollten die Prozessoren ursprünglich fälschungssicher gemacht werden. PC-Enthusiasten bieten diese Lötbrücken jedoch die Möglichkeit, den CPU-Takt und den Multiplikator zu verändern, um somit höhere Taktfrequenzen zu erhalten.

Dabei können ebenfalls Probleme auftreten. Intel-Hauptplatinen unterstützen beispielsweise nur die Standardtaktfrequenzen von 66 MHz, 100 MHz, 133 MHz, 400 MHz und 533 MHz. Außerdem lesen alle Intel-Hauptplatinen, bei denen die Geschwindigkeitseinstellungen über Software vor-

genommen werden (BIOS-Setup), die passenden Einstellungen aus dem installierten Prozessor aus und lassen gar keine anderen Einstellungen zu. Bei den meisten anderen Herstellern können jedoch Änderungen am Systemtakt vorgenommen werden.

Selbst wenn der Prozessor so ausgetrickst werden könnte, dass er andere Taktmultiplikatoreinstellungen akzeptiert, ist der Schritt von 66 MHz zu 100 MHz oder von 100 MHz zu 133 MHz ziemlich groß, und viele Prozessoren schaffen das nicht. Ein Pentium III 800E ist beispielsweise für einen Takt von 100 MHz und für einen 8x-Multiplikator ausgelegt. Erhöht sich der Takt der Hauptplatine auf 133 MHz, versucht der Prozessor, eine Taktfrequenz von 8×133 oder 1066 MHz zu realisieren. Es ist nicht sicher, ob die CPU bei dieser Frequenz zuverlässig arbeitet.

Für eine erfolgreiche Übertaktung werden Hauptplatinen benötigt, deren Einstellungen in kleineren Schritten verändert werden können. Je kleiner die Schritte, in denen die Einstellungen verändert werden können, desto höher ist die Wahrscheinlichkeit, dass die maximale Geschwindigkeit des Chips erreicht werden kann, ohne dass der Prozessor überlastet wird. Die Hauptplatine Asus P3V4X unterstützt beispielsweise FSB-Frequenzen von 83 MHz, 90 MHz, 95 MHz, 100 MHz, 103 MHz, 105 MHz, 110 MHz, 112 MHz, 115 MHz, 120 MHz, 124 MHz, 133 MHz, 140 MHz und 150 MHz. Wird der 800 MHz Pentium IIIE-Prozessor mit mehr als 100 MHz übertaktet, ergibt sich folgendes Bild:

Multiplikator (fest)	Bus-Takt	Prozessortakt
8x	100 MHz	800 MHz
8x	103 MHz	824 MHz
8x	105 MHz	840 MHz
8x	110 MHz	880 MHz
8x	112 MHz	896 MHz
8x	115 MHz	920 MHz
8x	120 MHz	960 MHz
8x	124 MHz	992 MHz
8x	133 MHz	1066 MHz

In ähnlicher Weise könnten Sie bei dieser Hauptplatine und einem Celeron 600-Prozessor die folgenden Einstellungen ausprobieren:

Multiplikator (fest)	Bus-Takt	Prozessortakt
9x	66 MHz	600 MHz
9x	75 MHz	675 MHz
9x	83 MHz	747 MHz
9x	90 MHz	810 MHz
9x	95 MHz	855 MHz
9x	100 MHz	900 MHz

Eine Übertaktung von 10% – 20% lässt sich bei dieser Hauptplatine erfolgreich durchführen, und die Taktfrequenz des Prozessors erhöht sich dadurch um 100 MHz.

Ein Problem, das bei der Übertaktung berücksichtigt werden sollte, besteht darin, dass die anderen Bussysteme durch die Übertaktung ebenfalls beeinflusst werden. Wird die CPU-Busgeschwindigkeit um 10% erhöht, erhöht sich in entsprechender Weise auch die Geschwindigkeit des PCI-

Bus oder des AGPorts, und die Grafikkarte, die Netzwerkkarte und andere Karten schaffen es möglicherweise, diese Geschwindigkeit zu halten. Da das Gelingen von der jeweiligen Hauptplatine abhängt, sollten Sie die genannten Beispiele nur als mögliche Einzelfälle betrachten.

Sockel A-Prozessoren übertakten

AMDs Athlon- und Duron-Prozessoren im FC-PGA-Layout (Flip-Chip Pin Grid Array), die in Sockel A eingesteckt werden, besitzen auf der Oberseite Lötbrücken, die bearbeitet werden können, um die Sperre des internen Multiplikators aufzuheben. Auf diese Weise lässt sich die Prozessorgeschwindigkeit erhöhen, ohne dass der Takt der Hauptplatine verändert werden muss.

Der Multiplikator wird mit sehr kleinen Lötverbindungen auf der Oberseite des Prozessors eingerichtet oder gesperrt. Der Prozessor lässt sich komplett entsperren, indem die entsprechenden Lötunkte überbrückt werden oder die Verbindung aufgehoben wird. Leider ist es nicht ganz so einfach, Brücken zu entfernen oder hinzuzufügen. Dazu müssen die Brücken maskiert werden, und die Brücke darf nicht mit Lötzinn gelötet werden, sondern sie muss buchstäblich mit Silber oder Kupfer aufgezeichnet werden. Da die Kontakte jedoch so klein sind, kann es leicht passieren, dass nebeneinander- statt gegenüberliegende Kontakte überbrückt werden. Und damit kann der Prozessor beschädigt oder zumindest funktionsunfähig gemacht werden. Falls Sie dies vermeiden wollen, sollten Sie sich lieber für die Bus-Übertaktung entscheiden, da diese über das BIOS Setup vorgenommen wird und sehr leicht ohne mechanische Eingriffe rückgängig gemacht werden kann.

Veränderung der Prozessorspannung

Ein weiterer Trick, der beim Übertakten eingesetzt wird, ist die Veränderung der Spannungseinstellungen des Prozessors. Alle modernen CPU-Sockel und -Slots inklusive Slot 1, Slot A, Sockel 8, Sockel 370, Sockel 423, Sockel 478 und Sockel A können die Spannung automatisch erkennen, indem bestimmte Pins des Prozessors gelesen werden. Einige Hauptplatinen, wie die von Intel, lassen keine manuellen Spannungsveränderungen zu. Bei anderen Hauptplatinen hingegen, wie z.B. der bereits erwähnten Platine Asus P3V4X, können die Spannungseinstellungen, die automatisch ermittelt wurden, manuell in Zehntelschritten eines Volts angepasst werden. Experimentierfreudige Computerbenutzer haben festgestellt, dass sich die Übertaktung durch eine geringfügige Änderung der Standardspannung erhöhen lässt, wobei das System gleichzeitig stabil bleibt.

Mit Spannungen sollten Sie jedoch nicht unbedingt herumspielen, weil der Prozessor durch eine Überspannung sehr leicht beschädigt werden kann. Die Anhebung des Taktes einer entsprechend geeigneten Hauptplatine ist ganz einfach und lohnt sich, wenn Ihr Computer mit einer qualitativ hochwertigen Hauptplatine, gutem Arbeitsspeicher und insbesondere auch einem guten Gehäuse mit zusätzlichen Lüfter und einem leistungsfähigen Netzteil ausgestattet ist. Bei der Übertaktung ist es sehr wichtig, dass die Systemkomponenten und insbesondere auch der Prozessor ausreichend gekühlt werden. Zusätzliche Lüfter können nie schaden und sind sehr hilfreich, wenn PCs wie beschrieben frisiert werden.

Eine gute Quelle für Informationen über die Übertaktung finden Sie unter <http://www.tomshardware.com>. Hier sind unter anderem FAQs (häufig gestellte Fragen) zur Übertaktung sowie eine Übersicht von Benutzern, die ihre CPUs erfolgreich und manchmal auch nicht erfolgreich übertakten haben, zu finden.

Als sich die Prozessorkerngeschwindigkeiten erhöhten, konnte der Arbeitsspeicher nicht mithalten. Aber wie kann ein Prozessor erheblich schneller arbeiten als der Speicher, aus dem er »gefütert« wird, ohne dass die Leistung erheblich leidet? Der *Cache-Speicher* bietet die Antwort. Einfach ausgedrückt ist der *Cache-Speicher* ein Pufferspeicher, der Daten, die der Prozessor benötigt, vorü-

bergehend zwischenspeichert. Der Prozessor kann die Daten aus dem Cache-Speicher schneller abrufen als aus dem Hauptspeicher. Der Cache-Speicher zeichnet sich jedoch gegenüber einem einfachen Pufferspeicher durch seine Intelligenz aus. Ein Cache-Speicher ist also ein Pufferspeicher mit Hirn.

In den Pufferspeicher gelangen die Daten in der Regel nach dem First In, First Out- oder nach dem Last In, Last Out-Prinzip. Der Cache-Speicher hingegen enthält nur die Daten, die der Prozessor sehr wahrscheinlich benötigen wird. Der Prozessor kann dadurch die Bearbeitung entweder mit voller Geschwindigkeit fortsetzen oder beenden, ohne warten zu müssen, bis die Daten aus dem langsameren Hauptspeicher abgerufen wurden. Der Cache-Speicher besteht normalerweise aus SRAM-Chips (Static RAM), die auf der Hauptplatine installiert oder in den Prozessor integriert sind, wie es bei allen aktuellen Prozessoren der Fall ist.

In modernen PCs werden mindestens zwei Ebenen von Cache-Speichern eingesetzt, der so genannte *Level 1*- (L1) und der *Level 2*-Cache (L2). Die Itanium-Serie von Intel bietet sogar noch einen *Level 3*-Cache (L3). In den nachfolgenden Abschnitten erfahren Sie, wie diese Cache-Speicher funktionieren.

3.3.5 Der interne L1-Cache

Alle Prozessoren ab der 486er-Familie enthalten standardmäßig einen internen L1-Cache, der mit dem vollen Prozessortakt arbeitet sowie auch den dazugehörigen Cache-Controller. Die Kapazität dieses Speichers reicht von acht KByte beim 486DX, bis hin zu 64 KByte bei aktuellen Prozessoren.

Um die Bedeutung des Cache-Speichers besser verstehen zu können, müssen Sie über die relativen Geschwindigkeiten von Prozessor und Hauptspeicher Bescheid wissen. Das Problem ist, dass die Prozessorgeschwindigkeit in der Regel in MHz oder GHz ausgedrückt wird, wohingegen die Speichergeschwindigkeit in Nanosekunden angegeben wird. Die meisten neueren Speichertypen enthalten jedoch auch Angaben in MHz, oder es wird der Datendurchsatz in MByte/s (MBps) angegeben.

Hinweis

Das Maß »Geschwindigkeit« ist im physikalischen Sinne für Taktbetrachtungen (Datendurchsatz, Frequenz, Timing) zwar nicht korrekt, allerdings vermittelt dieser Ausdruck – wie SPEED im englischen Sprachgebrauch – auch dem Laien eher ein Gefühl dafür, was damit gemeint ist.

Aus der Praxis kann man feststellen, dass ein 233 MHz-Prozessor einem 4,3 Nanosekunden-Timing entspricht, was bedeutet, dass ein 4 ns-Speicher benötigt wird, um mit einem 200 MHz-Prozessor Schritt halten zu können. Beachten Sie außerdem, dass die Hauptplatine eines 233-MHz-Systems üblicherweise mit 66 MHz getaktet ist, was der Geschwindigkeit eines 15-ns-Takts entspricht. Hier wird also ein 15-ns-Speicher benötigt. Ein 60-ns-Speicher, der üblicherweise bei Pentium-Systemen eingesetzt wird, entspricht einer Taktfrequenz von ca. 16 MHz. Bei einem typischen Pentium 233-System wird also der Prozessor mit einer Taktfrequenz von 233 MHz (4,3 ns pro Takt), die Hauptplatine mit einer Taktfrequenz von 66 MHz (15 ns pro Takt) und der Hauptspeicher mit 16 MHz (60 ns pro Takt) ausgeführt.

Der L1-Cache zeichnet sich dadurch aus, dass er in den Prozessorkern integriert ist, weshalb er mit voller Prozessorgeschwindigkeit arbeiten kann. Es ist quasi ein eigener Speicherbereich im Prozessor, in dem momentan zu verarbeitende Daten und Befehle gespeichert werden. Auf den Cache-Speicher kann ohne Waitstates zugegriffen werden.

Mit einem Cache-Speicher wird der Stau vermieden, der beim Zugriff auf den Speicher üblicherweise entsteht, da der Arbeitsspeicher eines Systems wesentlich langsamer arbeitet als die CPU. Daher muss ein Prozessor in einem System mit einem L1-Cache nicht mehr auf Daten und Befehle vom langsameren Arbeitsspeicher warten.

Der Level-1-Cache ist besonders bei modernen Prozessoren von Bedeutung, da der Cache-Speicher häufig der einzige Speicher im gesamten System ist, der tatsächlich so schnell arbeitet wie der Prozessor selbst. Die meisten modernen Prozessoren arbeiten mit einer Taktvervielfachung. Das bedeutet, dass sie mit einer Taktfrequenz arbeiten, die ein Vielfaches der Taktfrequenz der Hauptplatine beträgt, auf der die Chips installiert sind. Der Pentium 4 mit 2,8 GHz arbeitet beispielsweise mit der 5,25-fachen Taktfrequenz der Hauptplatine, die mit 533 MHz getaktet ist. Da der Arbeitsspeicher an die Hauptplatine angeschlossen ist, kann er maximal nur mit der Hälfte dieses Taktes (266 MHz) arbeiten, weil der Pentium 4 ein Quad Pumped-Speicherinterface besitzt. Der einzige Speicher, der in einem solchen System mit 2,8 GHz getaktet werden kann, ist der im Prozessor integrierte L1-Cache und möglicherweise auch der L2-Cache. Der Pentium 4 mit 2,8 GHz verfügt über einen integrierten L1-Cache von 20 KByte: 8 KByte für Daten und 12 KByte für Befehle (Execution Trace Cache) sowie über 512 KByte an L2-Cache, die beide mit der vollen Prozessorgeschwindigkeit ausgeführt werden.

Befinden sich die vom Prozessor benötigten Daten schon im internen Cache-Speicher, muss die CPU nicht warten. Befinden sich die Daten nicht im Cache-Speicher, muss sie die CPU vom Level-2-Cache oder, in weniger anspruchsvollen Systemen, über den Systembus, d.h. direkt aus dem Arbeitsspeicher, holen.

Problematisch wird das Ganze im Falle, wenn keine Treffer im Cache enthalten sind (*Cache-Miss*), also wenn der Cache-Controller den Cache-Speicher mit den falschen Daten gefüllt hat und die benötigten Daten aus dem langsameren Hauptspeicher abgerufen werden müssen. Laut Intel bietet der L1-Cache der meisten Intel-Prozessoren eine Trefferrate von 90%. Bei einigen Prozessoren, wie z.B. dem Pentium 4, ist die Trefferrate sogar etwas höher. Dies bedeutet, dass der Cache-Speicher in 90% aller Fälle die richtigen Daten bereit hält und der Prozessor die Daten mit voller Geschwindigkeit ausführen kann. In 10% der Zeit irrt sich der Cache-Controller jedoch. Während die Daten aus dem erheblich langsameren Hauptspeicher abgerufen werden müssen, wird der Prozessor auf die Geschwindigkeit des RAM-Speichers gedrosselt.

Als Beispiel kann gelten, dass ein 233-MHz-Prozessor bei einem Cache Miss auf das Niveau des DRAMs von 16 MHz (60 ns) zurückfällt. Der Prozessor ist demnach 14mal schneller als der DRAM-Speicher. Obwohl der Speichertakt mittlerweile von 16 MHz bis auf 333 MHz (3 ns) angestiegen ist, ist auch der CPU-Takt auf 3 GHz und mehr angewachsen, sodass der Speicher in diesem Fall immer noch 7,5-mal langsamer ist als der Prozessor. Dieser Unterschied kann nur durch den Cache-Speicher ausgeglichen werden.

3.3.6 Der L2-Cache

Um die dramatische Verlangsamung des Prozessors zu verhindern, die jedes Mal auftritt, wenn der L1-Cache keine Treffer enthält, wird ein zweiter Cache-Speicher, der so genannte L2-Cache, eingesetzt. Bei einem Pentium-System der Klasse 2 (Sockel 7) wird der L2-Cache auf der Hauptplatine bereitgestellt. Dies bedeutet, dass er mit der Geschwindigkeit der Hauptplatine, im Beispiel 66 MHz oder 15 ns, ausgeführt wird. Der Prozessor wird also nicht von 233 MHz auf die 16 MHz (60 ns) des Hauptspeichers gedrosselt, sondern er kann die Daten aus dem L2-Cache abrufen, der mit 66 MHz (15 ns) getaktet ist.

Neuere Prozessoren sind mit einem integrierten L2-Cache ausgestattet, der mit Prozessorkerntakt ausgeführt wird, also genauso wie der L1-Cache. Enthält der L1-Cache bei einem solchen System keine Treffer, können die Daten also blitzschnell aus dem benachbarten L2-Cache abgerufen werden.

3.3.7 Leistung und Architektur des Cache-Speichers

Wie beim L1-Cache weisen auch die meisten L2-Cache-Speicher eine Trefferrate von 90% auf. Das System läuft also in 90% der Zeit mit voller Datenrate (im Beispiel 233 MHz), weil es die Daten aus dem L1-Cache abrufen kann. In den verbleibenden zehn Prozent der Zeit werden die Daten aus dem L2-Cache abgerufen. In 90% dieser Zeit sind die Daten tatsächlich im L2-Cache enthalten, in den hier verbleibenden 10% der Zeit müssen die Daten aus dem langsamen Hauptspeicher abgerufen werden, was letztendlich 1% der Gesamtzeit entspricht. Die Bedeutung von L1- und L2-Cache wird hier deutlich, ohne die das System den Hauptspeicher wesentlich häufiger in Anspruch nehmen müsste und dadurch erheblich langsamer wäre.

Ein interessanter Gesichtspunkt mag sein, wenn eine Steigerung der Leistung durch das Verdoppeln des Hauptspeichers (DRAM) oder aber des L2-Cache angedacht wird, was wäre dann wohl effektiver? Wie erläutert, wird der DRAM-Speicher typischerweise nur zu ca. 1% der »CPU-Arbeitszeit« verwendet und eine Verdoppelung des DRAMs würde auch nur eine Steigerung um 1% zur Folge haben. Dies erscheint schon aus Kostengründen nicht effektiv zu sein. Eine Verdoppelung des L2-Cache würde jedoch eine Steigerung um 9% bedeuten, was demnach die bessere Lösung zu sein scheint.

Intel und AMD haben deshalb Methoden zur Verbesserung der Leistung des L2-Cache entwickelt. In Pentium-Systemen befand sich der L2-Cache in der Regel auf der Hauptplatine und musste deshalb mit deren Geschwindigkeit ausgeführt werden. Intel integrierte den L2-Cache als erster direkt in den Prozessor und ermöglichte so die Ausführung mit Prozessorgeschwindigkeit. Die Speicherchips wurden ebenfalls von Intel hergestellt und neben dem Hauptprozessor in ein Gehäuse montiert. Dies stellte sich jedoch als zu teuer heraus. Beim Pentium II begann Intel deshalb, Speicherchips von Drittanbietern wie Sony, Toshiba, NEC und Samsung einzusetzen. Die Speicherchips wurden neben dem Prozessor auf eine Platine montiert. Deshalb sieht der Pentium II eher wie ein Kästchen als wie ein Chip aus.

Die Cache-Chips der Drittanbieter waren jedoch nicht besonders schnell und erreichten maximale Geschwindigkeiten von 333 MHz. Da die Prozessoren mit einer wesentlich höheren Frequenz getaktet waren, müssen sie beim Zugriff auf den L2-Cache auf die halbe Prozessorgeschwindigkeit gedrosselt werden, beim ersten Athlon-Prozessor von AMD sogar auf ein Drittel der CPU-Geschwindigkeit.

Der Durchbruch kam mit dem Celeron-Prozessor 300A und höher. Dieser war mit 128 KByte L2-Cache ausgestattet. Es wurden jedoch keine externen Speicherchips eingesetzt, sondern der L2-Cache war direkt wie der L1-Cache in den Prozessorkern (Die) integriert und konnte daher mit dem Prozessortakt arbeiten. Und was noch wichtiger ist: Es bestand die Möglichkeit der Anpassung an die steigenden Prozessorgeschwindigkeiten. Im Pentium III und den Xeon- und Celeron-Prozessoren wird der L2-Cache mit voller Prozessorgeschwindigkeit ausgeführt, und die Systemgeschwindigkeit wird nicht gedrosselt, wenn im L1-Cache keine Treffer enthalten sind. AMD erreicht dieses Ziel bei späteren Athlon- und Duron-Prozessoren. Mit dem so genannten *On-Die-Cache* lässt sich die Leistung erheblich steigern, weil das System nicht mehr in 9% der Zeit auf die halbe Prozessorgeschwindigkeit oder sogar weniger gedrosselt wird. Der On-Die-L2-Cache bietet außerdem erhebliche Kostenvorteile, weil wesentlich weniger Einzelteile involviert sind.

3.3.8 Organisation des Cache-Speichers

Der Cache-Speicher enthält eine Kopie von Daten, die sich an unterschiedlichen Speicheradressen im DRAM befinden. Weil der Cache-Controller diese Kopien von Daten verwaltet, die ja ebenfalls im DRAM hinterlegt sind, ist ein Mechanismus notwendig, der kennzeichnet, ob sich die benötigten Daten nun im Cache oder aber im DRAM befinden. Diese Funktion wird mithilfe eines *Tag RAM* ausgeführt, was ein zusätzlicher Speicher im Cache ist, der quasi das Inhaltsverzeichnis der in den Cache-Speicher kopierten Adressen enthält.

Jeder Bereich (Cache Set oder Cache Line) vom Cache-Speicher verfügt über einen korrespondierenden Address Tag-Eintrag der jeweiligen Hauptspeicheradresse, von der die Daten in eine bestimmte Cache Line kopiert worden sind. Falls Daten von einer bestimmten Hauptspeicheradresse benötigt werden, kann der Cache-Controller schnell die Address Tag-Einträge durchsuchen, um festzustellen, ob die Daten der jeweiligen Adresse bereits im Cache-Speicher vorliegen (hit) oder nicht (miss). Liegen sie im Cache vor, werden sie von hier aus gelesen, andernfalls aus dem langsameren DRAM.

Es gibt unterschiedliche Arten, wie ein Cache-Speicher arbeitet und organisiert ist: *Direct Mapped*, *Set Associative* oder *Fully Associative*.

Ein *Direct Mapped-Cache* stellt die einfachste Form eines Cache dar, wo es gewissermaßen nur einen einzigen »Weg« zwischen Hauptspeicher und Cache gibt. Dabei sind ausgewählte Hauptspeicheradressen für bestimmte Cache-Lines vorbestimmt. Weil immer nur eine einzige Tag-Adresse notwendig ist, resultiert dies einerseits in einer verhältnismäßig schnellen Funktionsweise. Andererseits tritt hiermit im Vergleich zu einem Assoziativ-Cache eine hohe Anzahl vom »Cache Misses« auf.

Hinweis

Associative Cache: Ein inhaltsadressierbarer Speicher, bei dem die Information nicht über eine Adresse, sondern über einen Abschnitt der Information selbst – also der Daten – adressiert wird.

Ein *Set Associative Cache* ist eine Modifizierung des Direct Mapped Cache. Hiermit gibt es die Möglichkeit, gleichzeitig verschiedene »Wege« zu realisieren. Beispielsweise kann bei einem *Two Way Set Associative Cache* eine bestimmte Hauptspeicheradresse mit zwei verschiedenen Cache-Bereichen (Cache Lines) assoziiert – also verknüpft – sein. Bei einem *Four Way Set Associative Cache* sind es demnach vier Cache-Bereiche. Je mehr »Wege« es gibt, desto wahrscheinlicher ist zwar, dass die benötigten Daten bereits im Cache vorzufinden sind, allerdings müssen dann mehrere Tag-Adressen durchsucht werden, was daher auch mehr Zeit in Anspruch nimmt.

Bei einem *Fully Associative* wird prinzipiell davon ausgegangen, dass die Hauptspeicherdaten »voll« mit dem Cache verknüpft sind. Die Hit-Rate ist demnach sehr hoch, die Verarbeitungsgeschwindigkeit jedoch niedrig, weil hier eben zahlreiche Tag-Adressen abzufragen sind.

Aus den Abwägungen zwischen hoher Hit-Rate und zugleich möglichst hoher Verarbeitungsgeschwindigkeit scheint deswegen ein Kompromiss die beste Lösung zu sein, was zu einem so genannten n-Way-Cache führt, wo die Anzahl der »Wege« (n) unter den gewünschten Leistungs- und den hierfür notwendigen Hardware-Aspekten als Architektur-Merkmal ausgearbeitet wird. Die jeweilige CPU, der Speichertyp und der Chipsatz sowie auch Kostenbetrachtungen spielen hierfür eine Rolle, und die Tabelle 3.16 zeigt hierfür einige Beispiele.

Prozessor	L1-Cache-Assoziativität	L2-Cache-Assoziativität
486	4-Way	Externer Cache, On-Board
Pentium	2-Way	Externer Cache, On-Board
Pentium MMX	4-Way	Externer Cache, On-Board
Pentium Pro, Pentium II, Pentium III	4-Way	4-Way, Off-Die
Pentium III, Pentium 4	4-Way	8-Way, On-Die

Tabelle 3.16 Cache-Realisierungen

Die Organisation des Cache-Speichers (L1) in der 486er- und in der Pentium-Familie ist als 4-Bereiche-Assoziativ-Cache realisiert. Das bedeutet, dass der Cache-Speicher in vier Bereiche aufgeteilt ist. Jeder dieser Bereiche ist in 128 bzw. 256 Zeilen mit jeweils 16 Byte unterteilt.

Hier ein einfaches Beispiel, das die Funktionsweise eines 4-Bereiche-Assoziativcaches noch etwas veranschaulichen soll. Beim einfachsten Cache-Aufbau besteht der Cache-Speicher aus einem einzigen Bereich. In diesen Bereich kann der Inhalt eines entsprechenden Abschnitts des Arbeitsspeichers geladen werden. Das ist so ähnlich, als wenn man mit einem Lesezeichen in einem Buch die Seite markiert, die man gerade liest. Entspricht der Arbeitsspeicherbereich allen Seiten eines Buches, zeigt das Lesezeichen alle Seiten an, die im Cache-Speicher gespeichert werden. Das funktioniert natürlich nur dann, wenn die benötigten Daten in den mit dem Lesezeichen markierten Seiten enthalten sind. Werden Daten benötigt, die sich auf den Seiten davor befinden, funktioniert das ganze natürlich nicht. In diesem Fall ist das Lesezeichen nutzlos.

Eine andere Möglichkeit besteht darin, mehrere Lesezeichen zu verwenden, um verschiedene Stellen des Buches gleichzeitig markieren zu können. Man muss sich dann die Zeit nehmen, alle Lesezeichen zu prüfen, um zu sehen, welches der Lesezeichen diejenigen Seiten markiert, auf der sich die benötigten Daten befinden. Jedes zusätzliche Lesezeichen erhöht die Chance, die gesuchten Seiten zu finden.

Wenn Sie nun beispielsweise vier Bereiche im Buch markieren, haben Sie damit einen 4-Bereiche-Assoziativcache gebildet. Mit dieser Technik wird der verfügbare Cache-Speicher in vier Bereiche unterteilt. Jeder der Bereiche enthält einen anderen Bereich des Arbeitsspeichers. Multitasking-Umgebungen wie Windows sind gute Beispiele für Umgebungen, in denen der Prozessor mit verschiedenen Speicherbereichen gleichzeitig arbeiten muss. Hier wird die Leistung durch einen 4-Bereiche-Assoziativcache wesentlich gesteigert.

Die Inhalte des Cache-Speichers müssen stets mit den Inhalten des Arbeitsspeichers übereinstimmen. Nur so kann der Prozessor immer mit den aktuellen Daten arbeiten. Daher ist der interne Cache-Speicher der 486er-Familie ein *Write-Through-Cache*. Write-Through bedeutet, dass Informationen, die der Prozessor in den Cache-Speicher schreibt, automatisch auch in den Arbeitsspeicher (durch)geschrieben werden.

Im Vergleich dazu: Die Chips ab dem Pentium verfügen über einen internen *Write-Back-Cache*. Das bedeutet, dass sowohl Lese- als auch Schreiboperationen in den Cache-Speicher übernommen werden und dadurch die Leistung gesteigert wird. Obwohl der interne 486er-Cache ein Write-Through-Cache ist, kann trotzdem ein externer Write-Back-Cache zur Leistungssteigerung eingesetzt werden. Außerdem kann ein 486er-Cache bis zu vier Byte puffern, bevor die Daten schließlich im Arbeitsspeicher gespeichert werden. Dadurch wird die Leistungsfähigkeit gesteigert, wenn der Speicherbus gerade besetzt ist.

Der im Prozessor integrierte Cache-Controller ist für die Überwachung des Speicher-Bus verantwortlich, wenn unterschiedliche Prozessoren das System im Wechsel steuern. Dieser Vorgang der

Bus-Überwachung wird *Bus-Snooping* (»Schnüffeln«) genannt. Schreibt ein Bus-Master-Gerät in einen Speicherbereich, der zu dem Zeitpunkt auch im Prozessor-Cache gespeichert ist, stimmen die Inhalte zwischen dem Cache-Speicher und dem Arbeitsspeicher nicht mehr überein. Der Cache-controller markiert diese Daten als ungültig und lädt den Cache-Speicher während des nächsten Speicherzugriffs neu. Somit wird die Datenintegrität erhalten.

Sämtliche PC-Prozessoren, die einen Cache-Speicher unterstützen, beinhalten eine Einheit mit der Bezeichnung *Translation Lookaside Buffer* (TLB), die für eine verbesserte Wiederaufnahme der Funktion nach einem Cache-Miss sorgen kann. Der TLB ist eine Tabelle im Prozessor, die den Ort der kürzlich verwendeten Speicheradressen enthält. Der TLB erhöht hiermit die Geschwindigkeit beim Übersetzen der virtuellen Adressen in physikalische Adressen. Um die Leistung weiter zu steigern, wird die Anzahl der möglichen TLB-Einträge erhöht, wie es etwa AMD beim Übergang vom Athlon Thunderbird- zum Palomino-Kern praktiziert hat. Pentium 4-Prozessoren, die Hyper Threading (HT) unterstützen, bieten separate Instruction TLBs (iTLB) für jeden virtuellen Prozessor-Thread.

Mit zunehmender Taktfrequenz verkürzt sich auch die Taktzeit. Bei neueren Systemen befindet sich der Cache-Speicher nicht mehr auf der Hauptplatine, weil die DDR-SDRAM- oder RDRAM-Bausteine, die in modernen Pentium 4/Celeron- oder Athlon-Systemen zum Einsatz kommen, mit der gleichen Geschwindigkeit wie die Hauptplatine arbeiten können.

Bei modernen Pentium-Systemen ist der L2-Cache mit im Prozessor integriert und kann entsprechend mit der Geschwindigkeit des Prozessors betrieben werden. Die Cache-Geschwindigkeit ist immer wichtiger als die Größe. Ein kleinerer und schnellerer Cache-Speicher ist also immer besser als ein größerer, aber langsamerer Cache-Speicher. Die Tabelle 3.17 veranschaulicht die Funktion von L1- und L2-Cache-Speicher in modernen Computersystemen.

CPU	Pentium	Pentium Pro	Pentium II	AMD K6-2
Taktfrequenz der CPU	233 MHz	200 MHz	450 MHz	550 MHz
Zugriffszeit des L1-Cache	4,3 ns (233 MHz)	5,0 ns (200 MHz)	2,2 ns (450 MHz)	1,8 ns (550 MHz)
Größe des L1-Cache	16 KB	32 KB	32 KB	64 KB
Typ des L2-Cache	On-Board	On-Die	On-Die	On-Board
L2-Zugriffsrate	–	1/1	1/2	–
Zugriffszeit des L2-Cache	15 ns (66 MHz)	5 ns (200 MHz)	4,4 ns (225 MHz)	10 ns (100 MHz)
Größe des L2-Cache	variiert ¹	256 KB ²	512 KB	variiert ¹
Systemtakt	66 MHz	66 MHz	100 MHz	100 MHz
Speichertakt	60 ns (16 MHz)	60 ns (16 MHz)	10 ns (100 MHz)	10 ns (100 MHz)

CPU	AMD K6-3	Duron	Athlon	Athlon XP
Taktfrequenz der CPU	450 MHz	1,3 GHz	1,4 GHz	2,2 GHz
Zugriffszeit des L1-Cache	2,2 ns (450 MHz)	0,77 ns (1,3 GHz)	0,71 ns (1,4 GHz)	0,45 ns (2,2 GHz)
Größe des L1-Cache	64 KB	128 KB	128 KB	128 KB
Typ des L2-Cache	On-Die	On-Die	On-Die	On-Die

Tabelle 3.17 Taktfrequenzen von Prozessoren im Verhältnis zu Cache-, Speicher- und Systemtakt

CPU	AMD K6-3	Duron	Athlon	Athlon XP
L2-Zugriffsrate	1/1	1/1	1/1	1/1
Zugriffszeit des L2-Cache	2,2 ns (450 MHz)	0,77 ns (1,3 GHz)	0,71 ns (1,4 GHz)	0,45 ns (2,2 GHz)
Größe des L2-Cache	256 KB	64 KB	256 KB	512 KB
Systemtakt	100 MHz	200 MHz	266 MHz	400 MHz
Speichertakt	10 ns (100 MHz)	5 ns (200 MHz)	3,8 ns (266 MHz)	2,5 ns (400 MHz)

CPU	Pentium III	Celeron/370	Athlon 64	Pentium 4
Taktfrequenz der CPU	1,4 GHz	1,4 GHz	2,4 GHz	4 GHz
Zugriffszeit des L1-Cache	0,71 ns (1,4 GHz)	0,71 ns (1,4 GHz)	0,42 ns (2,4 GHz)	0,25 ns (4 GHz)
Größe des L1-Cache	32 KB	32 KB	128 KB	28 KB
Typ des L2-Cache	On-Die	On-Die	On-Die	On-Die
L2-Zugriffsrate	1/1	1/1	1/1	1/1
Zugriffszeit des L2-Cache	0,71 ns (1,4 GHz)	0,71 ns (1,4 GHz)	0,42 ns (2,4 GHz)	0,25 ns (4 GHz)
Größe des L2-Cache	512 KB	256 KB	1024 KB	1024 KB
Systemtakt	133 MHz	100 MHz	400 MHz	800 MHz
Speichertakt	7,5 ns (133 MHz)	10 ns (100 MHz)	2,5 ns (400 MHz) ³	2,5 ns (400 MHz) ³

Tabelle 3.17 Taktfrequenzen von Prozessoren im Verhältnis zu Cache-, Speicher- und Systemtakt (Forts.)

¹ Der L2-Cache befindet sich auf der Hauptplatine, und die Kapazität hängt vom Typ der Hauptplatine ab.

² Den Pentium Pro gab es auch mit 512 KByte und 1024 KByte an L2-Cache.

³ Systeme mit Dual-Channel-SDRAM verwenden zwei Speicherbänke, was den Datendurchsatz verdoppelt.

Wie Sie sehen, lassen sich die Wait-States des Prozessors durch die zwei Ebenen von Cache-Speicher erheblich reduzieren. Dadurch kommt der Prozessor näher an seine mögliche Transferrate heran.

3.4 Prozessoreigenschaften

Mit den neuen Prozessoren wurden auch neue Funktionen eingeführt, die die Prozessorleistung für bestimmte Arten von Anwendungen und auch die Zuverlässigkeit des Prozessors verbessern sollen. Die folgenden Abschnitte bieten einen Überblick über neue Technologien wie Energieverwaltung (SMM), superskalare Architektur, MMX, SSE, 3DNow! und HT- Technologie.

3.4.1 SMM (Energieverwaltung)

Vor allem durch die Zielsetzung angespornt, Laptops mit schnelleren und leistungsfähigeren Prozessoren auszustatten, entwickelte Intel eine Stromsparschaltung, sodass die Prozessoren weniger Energie verbrauchen und damit die Lebensdauer des Akkus verlängert wird. Diese Schaltungen wurden zum ersten Mal beim 486SL-Prozessor von Intel eingesetzt, einer verbesserten Version des

486DX-Prozessors. Ab diesem Zeitpunkt wurden sämtliche Prozessoren mit den Stromsparfunktionen ausgestattet. Diese Eigenschaft wird als SMM (*System Management Mode*) bezeichnet.

Die SMM-Schaltung ist im Chip integriert, arbeitet jedoch unabhängig, um den Energiebedarf des Prozessors abhängig von dessen Aktivitätszustand zu steuern. Aufgrund dieser Schaltung kann der Benutzer die Zeitintervalle selbst bestimmen, nach denen die CPU teilweise oder ganz heruntergefahren wird. Diese Schaltung unterstützt außerdem die Standby-/Wiederaufnahmefunktion, wodurch das unmittelbare Ein- und Ausschalten ermöglicht wird, was vorwiegend bei Laptops zum Einsatz kommt. Diese Einstellungen werden üblicherweise über die BIOS-Einstellungen des Systems gesteuert.

3.4.2 Superskalare Architektur

Die Prozessoren ab der fünften Pentium-Generation sind mit mehreren internen Befehlspipelines ausgestattet. Damit können die Prozessoren mehrere Befehle gleichzeitig ausführen. Der 486er-Prozessor und alle vorhergehenden Chips können nur jeweils einen Befehl pro Takt ausführen. Intel bezeichnet die Fähigkeit, mehrere Befehle gleichzeitig ausführen zu können, als *Superskalar-Technologie*. Aufgrund dieser Technologie sind die Prozessoren im Vergleich zum 486er noch leistungsfähiger.

Die Superskalar-Architektur wird meist mit den sehr leistungsfähigen RISC-Chips (Reduced Instruction Set Computer) in Verbindung gebracht. Der Pentium ist jedoch einer der ersten superskalaren CISC-Chips (Complex Instruction Set Computer). Diese Funktion wird inzwischen als Standard bei allen Prozessoren ab der fünften Generation angesehen.

Generell werden mehr RISC-Befehle für bestimmte Aufgaben benötigt, weil es hier – im Gegensatz zu einem CISC-Prozessor – weniger und nur einfacher strukturierte Befehle gibt. Dafür können RISC-Befehle aber sehr viel schneller ausgeführt werden, was bei einigen Aufgaben somit auch zu einer schnelleren Verarbeitung führt. Die Diskussion für und wider RISC oder CISC ist mittlerweile müßig, zumal es in der Realität keinen RISC- oder CISC-Prozessor in »Reinkultur« gibt, und es letztendlich auch eine Definitionsfrage ist, so dass die Grenzen hier gewissermaßen »verschwimmen«.

Traditionell sind die PC-kompatiblen Prozessoren den CISC-Typen zuzuordnen. Ab der fünften Generation verfügen die CPUs jedoch über viele RISC-Befehle, und CISC-Befehle werden außerdem intern in RISC-Befehle zerlegt.

3.4.3 MMX-Technologie

MMX steht ursprünglich für MultiMedia eXtensions bzw. Matrix Math eXtensions, je nach dem, wen Sie fragen. Intel behauptet, dass es sich hierbei nicht um eine Abkürzung handelt und dass die drei Buchstaben nicht für irgendetwas Bestimmtes stehen. Intern war jedoch mit Sicherheit eine der genannten Bezeichnungen der Ursprung für MMX. Die MMX-Technologie wurde mit den Pentium-Prozessoren der späteren fünften Generation als eine Art Zusatz eingeführt, der die Grafikkomprimierung bzw. Grafikdekomprimierung, die Bildbearbeitung, die Verschlüsselung sowie die Ein- und Ausgabeverarbeitung, also sämtliche Funktionen der Programme von heute, optimiert.

Die MMX-Technologie bringt für die Prozessoren zwei wichtige Verbesserungen mit sich. Die erste ist eine sehr grundlegende: Sämtliche MMX-Chips verfügen über einen größeren internen L1-Cache als ihre Pendanten ohne MMX-Technologie. Dadurch wird die Leistungsfähigkeit jedes einzel-

nen Programms, das mit diesem Chip läuft, gesteigert, gleichgültig, ob das jeweilige Programm die MMX-spezifischen Befehle verwendet oder nicht.

Die andere Verbesserung aufgrund der MMX-Technologie ist die, dass der Befehlssatz des Prozessors um 57 neue Befehle und um eine neue Befehlsfunktion, die so genannte SIMD (Single Instruction, Multiple Data), erweitert wird.

Moderne Multimedia- und Kommunikationsanwendungen arbeiten häufig mit Wiederholungsschleifen, die bis zu 90% der Ausführungszeit beanspruchen, dabei jedoch nur 10% oder weniger des gesamten Anwendungscodes nutzen. Mit SIMD (Single Instruction, Multiple Data) kann ein Befehl wie ein Lehrer, der einer ganzen Klasse und nicht jedem einzelnen Schüler sagt, die Schüler sollen sich setzen, dieselbe Funktion an mehreren Daten ausführen. Mit SIMD werden die prozessorintensiven Schleifen, wie sie für Video-, Audio- und Grafikanwendungen sowie für Animationen üblich sind, deutlich reduziert.

Intel erweiterte den Befehlssatz außerdem um 57 neue Befehle, die entwickelt wurden, um die Bearbeitung und Verarbeitung von Video-, Audio- und Grafikdaten effizienter zu gestalten. Diese Befehle beziehen sich auf die parallelen und häufig wiederholt ablaufenden Sequenzen, wie sie vor allem in multimedialen Operationen vorkommen. *Parallel* bedeutet, dass derselbe Verarbeitungsprozess bei vielen unterschiedlichen Daten erfolgt, wie beispielsweise beim Ändern einer grafischen Darstellung.

Ein wesentlicher Gesichtspunkt ist bei MMX, dass es lediglich mit Ganzzahlen (Integer) arbeitet und für Berechnungen daher auch die übliche Gleitkommaeinheit verwenden muss, was zusätzliche Zeit für die Umschaltung der Einheiten kostet.

Intel hat die Lizenz für die MMX-Technologie an Konkurrenten wie AMD und Cyrix vergeben, die dann ihre eigenen Intel-kompatiblen Prozessoren mit der MMX-Technologie ausstatten konnten.

3.4.4 SSE, SSE2 und SSE3

Mit dem Pentium III-Prozessor führte Intel den SSE-Befehlssatz (SSE – Streaming SIMD Extensions) als Erweiterung des MMX-Befehlssatzes ein. Der Celeron 533A und schnellere Celeron-Prozessoren, die auf dem Pentium-III-Kern basieren, unterstützen SSE-Anweisungen ebenfalls, nicht jedoch der Pentium II, der Celeron 533 und frühere Celeron-Prozessoren, die auf dem Pentium-II-Kern basieren.

Der SSE-Befehlssatz bietet gegenüber MMX 70 neue Anweisungen für die Grafik- und die Soundverarbeitung, erlaubt jedoch auch Gleitkommaberechnungen in einer vom Prozessor getrennten Einheit und muss nicht wie MMX die Standardberechnungseinheit für Gleitkommazahlen gemeinsam mit dem Prozessor nutzen.

SSE2 wurde im November 2000 zusammen mit dem Pentium 4-Prozessor eingeführt und bietet 144 zusätzliche SIMD-Anweisungen. Der SSE2-Befehlssatz beinhaltet außerdem alle bisherigen MMX- und SSE-Anweisungen.

SSE3 wurde erstmalig mit dem Prescott-Kern des Pentium 4 eingesetzt und liefert noch einmal 13 neue SIMD-Befehle für die Verbesserung von komplexen mathematischen Berechnungen, wie für Grafik und Video sowie für die Thread-Synchronisation. Des Weiteren enthält SSE3 auch alle bisherigen Erweiterungen (MMX, SSE, SSE2).

Von der SSE-Technologie können beispielsweise die fortgeschrittene Bildbearbeitung, 3D-Grafiksoftware, Streaming Audio und Video (DVD-Playback) und Spracherkennungsanwendungen wie folgt profitieren:

- Höhere Auflösung und höhere Bildqualität bei der Betrachtung und Bearbeitung von Bildern in Grafikprogrammen.
- Qualitativ hochwertige Audio-, MPEG2-Video- und simultane MPEG2-Kodierung und -Dekodierung bei Multimedia-Anwendungen.
- Reduzierung der Prozessorauslastung und größere Genauigkeit und schnellere Reaktionszeiten bei Spracherkennungssoftware.

Die SSE-Anweisungen sind insbesondere bei der MPEG2-Dekodierung nützlich, die bei DVD-Videos als Standardschema eingesetzt wird. Prozessoren, die SSE unterstützen, sollten deshalb die MPEG2-Dekodierung in der Software mit voller Geschwindigkeit ausführen können und benötigen keine zusätzliche MPEG2-Decoder-Karte. Prozessoren mit SSE-Unterstützung können gegenüber früheren Prozessoren auch für die Spracherkennung weit besser ausgenutzt werden.

Gegenüber MMX bietet SSE hauptsächlich den Vorteil, dass Gleitkommaberechnungen mit einfacher Genauigkeit unterstützt werden, die bisher bei der Verarbeitung von 3D-Grafiken einen Engpass darstellte. Wie MMX gestattet auch SIMD die Ausführung mehrerer Operationen pro Prozessoranweisung. SSE unterstützt dabei bis zu vier Gleitkommaoperationen pro Takt. Dies bedeutet, dass eine Anweisung vier Datenteile gleichzeitig bearbeiten kann. SSE-Gleitkommaberechnungen können mit MMX-Anweisungen kombiniert werden, ohne dass sich dadurch Leistungseinbußen ergeben. SSE unterstützt auch das so genannte *Prefetching*, einen Mechanismus, bei dem bereits der nächste Befehl gelesen wird, während der aktuelle Befehl noch ausgeführt wird.

Beachten Sie, dass SSE-Anweisungen nur im Zusammenhang mit Software genutzt werden können, die diese Anweisungen unterstützt. Die meisten Hersteller von Grafik-Software und von Software im Bereich Sound statten ihre Anwendungen inzwischen mit SSE-Unterstützung aus. Professionelle Grafikanwendungen wie Adobe Photoshop unterstützen beispielsweise SSE-Anweisungen und können auf Prozessoren mit SSE-Support schneller ausgeführt werden. Microsoft hat SSE in DirectX 6.1 und in spätere Grafik- und Soundkartentreiber integriert, die im Lieferumfang von Windows ab Windows 98 SE, Windows Me, Windows NT 4.0 (mit dem Service Pack 5 oder später) und Windows 2000 integriert sind.

3.4.5 3DNow!-Versionen

Die 3DNow!-Technologie ist AMDs Alternative zum SSE-Befehlssatz der Intel-Prozessoren und wurde im Mai 1998 zusammen mit den K6-Prozessoren eingeführt, bevor Intel den SSE-Befehlssatz mit dem Pentium III auf den Markt brachte. Anschließend stattete AMD die Athlon- und Duron-Prozessoren mit Enhanced 3DNow! aus. AMD erwarb zusätzlich die Lizenz für den MMX-Befehlssatz von Intel. Die K6-, Athlon-, Duron- und die späteren Prozessoren unterstützen alle den MMX-Befehlssatz.

3DNow! und Enhanced 3DNow! sind Befehlssätze, die die Multimedia-Funktionen von MMX weit übertreffen und bieten bei 3D-Grafik-, Multimedia- und berechnungsintensiven PC-Anwendungen einen enormen Leistungszuwachs.

Die 3DNow!-Technologie besteht zunächst aus 21 Anweisungen, die auf der Basis der SIMD-Technik Datenfelder statt einzelner Datenelemente bearbeiten. Es können bis zu vier Gleitkommaoperationen pro Takt ausgeführt werden, und 3DNow!-Gleitkommaanweisungen können mit MMX-Anweisungen ohne Leistungseinbußen gemischt werden.

Enhanced 3DNow! stellt 24 weitere Anweisungen zur Verfügung, was in insgesamt 45 neuen Anweisungen resultiert. Laut AMD bietet 3DNow! ungefähr den gleichen Grad an Verbesserungen gegenüber MMX wie SSE, jedoch mit weniger Anweisungen und einer geringeren Komplexität. Die Anweisungen sind jedoch nicht mit den SSE-Anweisungen kompatibel, und Software, die speziell für SSE entwickelt wurden, bietet keine Unterstützung für 3DNow! und umgekehrt.

Die letzte Version ist 3DNow! Professional, welches 51 neue Instruktionen hinzufügt. Damit werden alle SSE-Kommandos unterstützt, sodass die AMD-Prozessoren nunmehr eine SSE-Kompatibilität zu den Intel-CPU's bieten. SSE2 wird allerdings erst mit dem Athlon 64, dem Athlon 64 und dem Opteron zur Verfügung gestellt.

Wie SSE wird 3DNow! von den Betriebssystemen Windows 9x, Windows NT 4.0 und allen neueren Microsoft-Betriebssystemen unterstützt. 3DNow! hat allerdings keine große Bedeutung mehr, wenn ein Athlon XP oder ein Athlon 64 zum Einsatz kommt, weil diese CPU's eine volle SSE-Unterstützung bieten, die Bestandteil von 3DNow! Professional ist.

3.4.6 Dynamische Ausführung

Die dynamische Ausführung wurde erstmals bei Prozessoren der sechsten Generation eingesetzt und ermöglicht es dem Prozessor, mehrere Anweisungen parallel auszuführen. Dadurch können Daten effizienter verarbeitet werden. Zur dynamischen Ausführung gehören folgende Funktionen:

- *Erweiterte Sprungvorhersage*: Sagt den Fluss des Programms über mehrere Verzweigungen vorher.
- *Datenflussanalyse*: Plant die Ausführung von Befehlen zeitlich ein, sodass sie unabhängig von ihrer ursprünglichen Reihenfolge im Programm ausgeführt werden können.
- *Spekulative Ausführung*: Erhöht die Leistungsfähigkeit, indem der Prozessor Anweisungen ausführt, die sehr wahrscheinlich benötigt werden.

Erweiterte Sprungvorhersage

Die *erweiterte Sprungvorhersage* (Branch Prediction) ist eine Funktion, die in der Vergangenheit nur bei Mainframe-Prozessoren zur Verfügung stand. Sie ermöglicht es dem Prozessor, die Pipeline mit Anweisungen gefüllt zu halten, damit nicht die hohe Ausführungsgeschwindigkeit gedrosselt werden muss. Eine spezielle Einheit im Prozessor nutzt einen optimierten Verzweigungsvorhersage-Algorithmus (Fetch/Decode), um die Richtung und das Ergebnis von Anweisungen vorherzusagen, die auf den verschiedenen Verzweigungsebenen ausgeführt werden. Dies entspricht der Vorgehensweise eines Schachspielers, der mehrere Strategien im Voraus ausarbeitet, um die Strategie des Gegners und damit mehrere seiner Züge vorherzusagen zu können. Dadurch können Anweisungen ohne Wartezeiten ausgeführt werden.

Datenflussanalyse

Die *Datenflussanalyse* (Dataflow Analysis) verfolgt den Datenfluss durch den Prozessor und sucht nach Möglichkeiten, Anweisungen außerhalb der vorgegebenen Reihenfolge auszuführen. Eine spezielle Einheit im Prozessor (Dispatch/Execute) überwacht die Anweisungen und kann sie in derjenigen Reihenfolge ausführen, die die Auslastung der superskalaren Ausführungseinheiten optimiert. Die Ausführungseinheit kann damit beschäftigt gehalten werden, wenn der Cache-Speicher keine Treffer enthält oder andere datenabhängige Anweisungen möglicherweise den Ablauf aufhalten würden.

Spekulative Ausführung

Die *Spekulative Ausführung* (Speculative Execution) bezeichnet die Fähigkeit des Prozessors, Anweisungen bereits auszuführen, bevor sie im Befehlszähler an der Reihe wären. Die Ausführungseinheit des Prozessors nutzt die Datenflussanalyse, um alle Anweisungen auszuführen, die in einem Anweisungs-Pool enthalten sind, und um die Ergebnisse dann in temporären Registern zu speichern. Eine weitere Einheit (Retirement Unit) sucht dann im Anweisungs-Pool nach den ausgeführten Anweisungen, die nicht mehr von den Daten abhängen, die von anderen Anweisungen berechnet werden, oder die nicht aufgelöste Verzweigungsvorhersagen beinhalten. Können solche Anweisungen gefunden werden, werden die Ergebnisse in der Reihenfolge an den Hauptspeicher übergeben, in der sie ursprünglich ausgeführt werden sollten.

Die dynamische Ausführung hebt den Zwang auf, Anweisungen in einer linearen Reihenfolge auszuführen. Obwohl die Anweisungen jedoch nicht in der ursprünglich geplanten Reihenfolge ausgeführt werden, werden die Ergebnisse in der Originalreihenfolge in den Hauptspeicher geschrieben, damit der Programmfluss nicht verändert oder gestört wird. Dadurch kann der P5 Software erheblich schneller ausführen als der P5- und vorherige Prozessormodelle.

3.4.7 DIB-Architektur

Die DIB-Architektur (Dual Independent Bus) wurde zum ersten Mal bei den Prozessoren der sechsten Generation (P6) eingesetzt. Die DIB-Architektur wurde entwickelt, um die Bandbreite und die Leistungsfähigkeit des Prozessor-Bus zu verbessern. Dabei verfügt der Prozessor über zwei (dual) unabhängige Datenwege und kann auf jeden gleichzeitig und parallel zugreifen, statt einzeln und der Reihe nach wie bei einem System mit einem einzigen Bus.

Der Hauptprozessor-Bus (Front Side Bus) stellt die Schnittstelle zwischen dem Prozessor und der Hauptplatine oder dem Chipsatz dar. Der zweite Bus (Back Side Bus) in einem Prozessor mit DIB-Architektur wird für den L2-Cache verwendet. Dadurch erfolgt ein Zugriff auf den L2-Cache wesentlich schneller, als wenn der Hauptprozessor-Bus noch wie bei den alten Designs genutzt werden müsste.

Die P6-Prozessoren ab dem Pentium Pro können beide Bus-Systeme gleichzeitig nutzen und verhindern dadurch Engpässe an dieser Stelle. Mit Hilfe der DIB-Architektur kann der L2-Cache eines neueren Prozessors beispielsweise mit voller Prozessorkerngeschwindigkeit ausgeführt werden. Er nutzt jedoch einen unabhängigen Bus, und der Prozessorbus bleibt frei für den normalen Datenfluss. Die beiden Bus-Systeme arbeiten mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten. Die Geschwindigkeit des FSB ist an die der Hauptplatine gekoppelt, wohingegen die Geschwindigkeit des L2-Cache-Bus an die des Prozessors gekoppelt ist. Mit zunehmender Taktfrequenz des Prozessors erhöht sich also auch die Geschwindigkeit des L2-Cache-Speichers.

Der Clou bei der Implementierung der DIB-Architektur ist der, den L2-Cache von der Hauptplatine zu nehmen und im Prozessor zu integrieren. Damit kann der L2-Cache mit Geschwindigkeiten arbeiten, die an die des L1-Cache herankommen und deutlich höher sind als die des Hauptspeichers.

Mit Hilfe der DIB-Architektur ist es außerdem möglich, dass der FSB statt einer Transaktion nach der anderen gleich mehrere Transaktionen gleichzeitig ausführt. Dadurch wird der Informationsfluss innerhalb des Systems beschleunigt und die Leistungsfähigkeit enorm gesteigert. Ein Prozessor mit DIB-Architektur weist gegenüber einem Prozessor mit Einzelbusarchitektur eine dreimal höhere Bandbreite und damit höhere Leistung auf.

3.4.8 Hyper Threading-Technologie

Computer mit mehr als einem Prozessor haben gegenüber einem Single-CPU-System einen klaren Leistungsvorteil. Allerdings nur dann, wenn das Betriebssystem auch mehrere Prozessoren unterstützt wie Windows NT 4.0, 2000, XP Professional und Linux. Dual-Prozessor-Systeme sind teurer als vergleichbare Single-CPU-Systeme, und das nachträgliche Erweitern eines Dual-Systems, welches bisher nur mit einer CPU arbeitet, mit einem zweitem Prozessor gestaltet sich mitunter schwierig, weil die beiden Prozessoren in ihren Spezifikationen exakt übereinstimmen müssen.

Die Hyper Threading-Technologie von Intel erlaubt es, dass ein einziger Prozessor zwei unabhängige Befehlssätze zur gleichen Zeit ausführen kann. Hyper Threading (HT) setzt eine CPU quasi in zwei virtuelle Prozessoren um. Ursprünglich wurde HT mit den XEON-Prozessoren im Mai 2002 für Server eingeführt, die einen 533 MHz-Systembus verwenden. Hiermit ist es in Multiprozessor-serversystemen möglich, dass sie so arbeiten können, als wenn die doppelte Anzahl – als installiert – an Prozessoren zur Verfügung stünde. Im November 2002 wurde HT dann im Pentium 4 mit 3,06 GHz integriert, und es ist ebenfalls bei allen Pentium 4-CPU mit einem 800 MHz-Systembus (2,4 GHz-3,4 GHz) vorhanden.

Wie Hyper Threading arbeitet

Intern arbeitet ein HT-tauglicher Prozessor mit jeweils zwei Einheiten von General Purpose- und Control-Registern sowie anderen doppelt ausgeführten Architekturkomponenten; aber beide der logischen CPUs teilen sich den gleichen Cache-Speicher, die Ausführungseinheit (Execution Unit) und auch die Bussysteme. Jeder logische Prozessor kann einen separaten Thread (Ausführungsprozess) verarbeiten.

Weil einige Einheiten des Prozessors gemeinsam genutzt werden, ist die Gesamtleistung eines HT-Prozessors zwar geringer als die eines tatsächlichen Dual-Prozessor-Systems, gleichwohl sind mit Hyper Threading durchaus Leistungssteigerungen um 25% und mehr möglich.

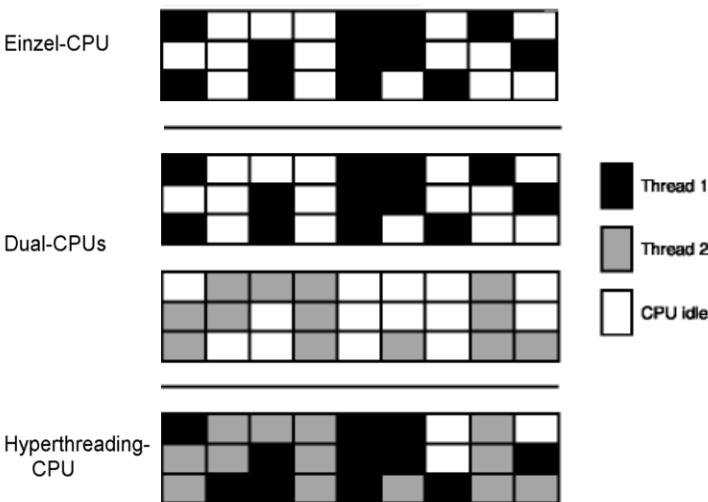


Abbildung 3.2 Ein Prozessor mit HT kann einen zweiten Prozess verarbeiten, während ein Prozessor ohne HT stattdessen nichts zu tun hat (CPU idle).

HT-Anforderungen

Alle Pentium 4-Prozessoren mit 3,06 GHz und schneller sowie Prozessoren mit mindestens 2,4 GHz und 800 MHz-Systembus verfügen über die integrierte Hyper Threading-Technologie. Die Vorteile von HT stellen sich jedoch nicht automatisch ein, sondern ein PC-System muss hierfür noch die folgenden Voraussetzungen erfüllen:

- Eine kompatible Hauptplatine mit HT-tauglichem Chipsatz. Möglicherweise ist ein BIOS-Update notwendig.
- Ein BIOS mit der Option HT Enable/Disable im Setup. Falls das Betriebssystem keine HT-Unterstützung bietet, ist diese Option zu deaktivieren (Disable).
- Ein HT-kompatibles Betriebssystem wie Windows XP Professional. Bei aktiviertem HT erscheinen bei dem Gerätemanager zwei Prozessoren.

Alle neuen Intel-Chipsätze für den Pentium 4 bieten eine HT-Unterstützung. Falls die Hauptplatine vor der Einführung von Hyper Threading hergestellt worden ist, wird ein BIOS-Upgrade vom Hersteller des Motherboards benötigt. Windows NT 4.0 und Windows 2000 sind grundsätzlich für Multiprozessor-Systeme geeignet. HT erfordert jedoch spezielle Erweiterungen für das Betriebssystem, um korrekt funktionieren zu können. Linux-Distributionen mit Kernel 2.4.18 und höher bieten ebenfalls die Hyper Threading-Technologie.

3.5 Prozessorherstellung

Prozessoren werden überwiegend aus Silizium hergestellt; dies ist das auf der Erde am zweithäufigsten vorkommende Element (nur Sauerstoff kommt häufiger vor). Silizium ist der Hauptbestandteil von Sand (Siliziumdioxid). In dieser Form ist es jedoch nicht rein genug, um damit Chips herstellen zu können.

Zunächst wird das Rohmaterial gereinigt, dann geschmolzen und zu großen Kristallstäben geformt, was ursprünglich mit einem Ziehprozess (nach Czochralski) erfolgte, heutzutage jedoch meist nach dem CVD-Verfahren (Chemical Vapour Deposition) durchgeführt wird. Beim CVD-Verfahren werden Stäbe aus fast reinem, aber polykristallinem Silizium aus der Gasphase abgeschieden. Anschließend durchlaufen diese Stäbe eine Zonenschmelzphase, in der sie nicht nur gereinigt, sondern auch monokristallin werden.

Jeder Stab hat dann einen Durchmesser von etwa 20 cm und eine Länge von ca. 130 cm. Die Stäbe werden dann zu einem exakten Zylinder mit einem Durchmesser von genau 200 mm (8 Zoll) oder auch 300 mm (12 Zoll) geschliffen, häufig mit einem flachen Schnitt an einer Seite aus Gründen der exakteren Positionierung und Handhabung. Jeder Stab wird dann mit einer Präzisionsdiamantsäge in über Tausend runde Wafer mit einer Dicke von weniger als einem Millimeter zersägt. Jeder Wafer wird abschließend hochglanzpoliert und kann daraufhin beschichtet werden.

Chips werden mit Hilfe der so genannten Fotolithografie hergestellt. Transistoren sowie Schaltungs- und Signalleitungen werden mittels dieses fotografischen Verfahrens auf die Halbleiter aufgebracht, indem unterschiedliche Schichten verschiedener Materialien nach und nach auf den Chip aufgetragen werden. Das fotolithografische Verfahren beginnt zunächst mit der Beschichtung des Wafers mit einem speziell dotierten Halbleitermaterial. Diese Schicht wird mit Fotolack überzogen. Anschließend wird das Abbild des Chips auf die nun lichtempfindliche Oberfläche projiziert.

Dotieren ist die Bezeichnung, die verwendet wird, um die chemischen Verunreinigungen zu beschreiben, die dem Silizium zugefügt werden. Dadurch wird ein Material mit Halbleiterfähigkeiten erzeugt. Der Projektor verwendet eine speziell hergestellte Maske, die im Prinzip ein Abbild dieser einen Schicht des Chips darstellt. Moderne Prozessoren können aus 20 oder mehr Schichten aufgebaut sein. Für jeden Prozessor wird pro Schicht eine Maske für die Herstellung des Chips benötigt.

Das Licht dringt durch die erste Maske auf die Oberfläche des Wafers und lichtet dabei das Abbild dieser Schicht des Chips auf der Oberfläche des Wafers ab. Jedes Abbild eines Chips wird als Schaltkreis bezeichnet. Ein Gerät mit einem Schrittmotor befördert den Wafer ein kleines Stück weiter, und dieselbe Maske wird wieder verwendet, um den nächsten Schaltkreis direkt neben den ersten auf den Wafer aufzubringen. Wenn der gesamte Wafer mit Schaltkreisen bedruckt ist, wird der unbelichtete Fotolack mit einer ätzenden Lösung abgewaschen. Dabei bleibt der Abdruck der Maske mit den Schaltkreisen und den Verbindungen zwischen den Schichten zurück.

Danach wird eine weitere Schicht des Halbleitermaterials auf den Wafer aufgetragen, auf die ebenfalls wieder eine Schicht Fotolack aufgebracht wird. Dann wird die nächste Maske zur Herstellung der nächsten Schicht des Schaltkreises verwendet. Auf diese Weise werden die Schichten jedes Chips übereinander aufgebracht, bis die Chips fertig sind.

Hinweis

Bei den Pentium III- und den Celeron-Prozessoren, die den Codenamen »Coppermine« (deutsch *Kupfermine*) tragen, werden keine Kupfer-, sondern Aluminiumverbindungen eingesetzt. Der Codename hat auch nichts mit dem Metall zu tun, sondern wurde von einem gleichnamigen kanadischen Fluss entlehnt.

Einige der Masken dienen dazu, Metallschichten zu integrieren, mit denen die Transistoren und die anderen Komponenten elektrisch verbunden werden. Bisher wurde bei den meisten Chips Aluminium eingesetzt; im Jahre 2002 gab es jedoch einen Wechsel zu Kupfer. Der erste kommerziell verfügbare PC-Prozessor, bei dem Kupfer verwendet wurde, war der 0,18- μm -Athlon, hergestellt in der AMD-Fabrik in Dresden. Auch Intel ist bei der 0,13- μm -Northwood-Version des Pentium 4 auf Kupfer umgestiegen. Kupfer leitet besser als Aluminium. Dadurch können kleinere Verbindungen mit einem geringeren Widerstand verwendet werden, was in kleineren und schnelleren Chips resultiert. Bisher konnte Kupfer jedoch wegen der Korrosionsprobleme beim Prozess nicht eingesetzt werden. Da dieses Problem nun gelöst wurde, werden zukünftig immer mehr Chips mit Kupferverbindungen zu sehen sein.

Auf einem Wafer werden so viele Chips wie möglich untergebracht. Da die Chips normalerweise quadratisch bzw. rechteckig sind, bleiben dennoch einige Stellen am Rand des Wafers ungenutzt. Es wird jedoch alles getan, um möglichst jeden Quadratmillimeter der Fläche auszunutzen.

Der Trend geht in der Industrie hin zu größeren Wafers und kleineren Chips, d.h. kleineren Schaltkreisen sowie kleineren Transistoren. Ende 2001 und Anfang 2002 begannen die Chiphersteller, vom 0,18- μm - auf den 0,13- μm -Prozess umzusteigen und statt der Aluminium- lieber Kupferverbindungen zu nutzen. Bei den Wafers zeichnet sich ein Trend weg von den aktuellen 200 mm (8") hin zu einem Durchmesser von 300 mm (12") ab. Mit den größeren 300 mm-Wafers können im Vergleich zu den 200 mm-Wafers mehr als doppelt so viele Chips hergestellt werden. Der 0,13- μm -Prozess ermöglicht die Aufnahme von erheblich mehr Transistoren, was bedeutet, dass immer mehr Cache-Speicher On-Die zur Verfügung steht und die Anzahl der Transistoren auf 1 Milliarde pro Chip anwachsen wird.

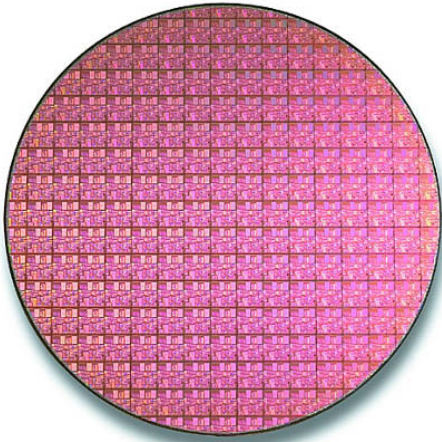


Abbildung 3.3 Ein 200-mm-Wafer in 0,13-µm-Technologie mit Pentium 4-Prozessoren

Um zu demonstrieren, wie ein bestimmter Chip dadurch beeinflusst werden kann, soll nun der Pentium 4 betrachtet werden. Die Standardgröße für Wafer betrug viele Jahre lang 200 mm oder 8". Damit ergab sich ein Bereich von 31.416 mm². Bei der ersten Version des Pentium 4 mit dem Willamette-Kern wurde ein 0,18-µm-Prozess mit Aluminiumverbindungen auf einen Bereich von 217 mm² angewendet, der 42 Millionen Transistoren beinhaltet und aus 200 mm-Wafers bestand. Deshalb passten 145 dieser Chips auf ein 200 mm- oder 8"-Wafer.

Die neueren Pentium 4-Prozessoren mit Northwood-Kern nutzen einen kleineren 0,13-µm-Prozess mit auf einem 131 mm² großen Chip, der 55 Millionen Transistoren beinhaltet. Der L2-Cache wurde beim Northwood gegenüber dem Willamette-Kern auf 512 KByte verdoppelt, weshalb auch die Anzahl der Transistoren erheblich höher ist. Trotz der höheren Anzahl an Transistoren ergibt sich durch den 0,13-µm-Prozess ein um 60% kleinerer Chip, sodass 240 Chips auf einen 200-mm-Wafer passen. Beim Willamette-Chip passen hingegen nur 145 Chips auf den 200-mm-Wafer.

Anfang 2002 begann Intel den Northwood auf den größeren 300-mm-Wafers zu produzieren, die eine Oberfläche von 70.686 mm² aufweisen. Diese Wafers besitzen also eine 2,25 Mal größere Oberfläche als die kleineren 200-mm-Wafers. Entsprechend können doppelt so viele Chips pro Wafer hergestellt werden. Im Falle des Pentium 4-Northwood-Prozessors passen bis zu 540-Chips auf einen 300-mm-Wafer. Dadurch hat sich die Pentium 4-Produktion seit seiner Einführung auf mehr als das 3,7-fache erhöht. Dies ist einer der Gründe, warum der neuere Chip häufig preisgünstiger angeboten wird als ältere Prozessoren.

Im Jahre 2004 begann die Industrie, einen 0,09-µm-Prozess einzusetzen. 2007 erfolgt dann der Wechsel zum 0,065-µm-Prozess und 2010 der zum 0,045-µm-Prozess. Damit ist 2010 mit 1 Milliarde Transistoren pro Chip zu rechnen. Für die Fertigung werden 300-mm-Wafers eingesetzt. Mit dem Wechsel zum nächsten Wafer, einem 450-mm-Wafer, ist erst 2013 zu rechnen. Die Tabelle 3.18 fasst diese Übergänge bei der Prozessorherstellung noch einmal zusammen.

Datum:	1989	1991	1993	1995	1997	1999	2001	2004	2007	2010	2013	2016
Prozess (µm):	1,0	0,8	0,5	0,35	0,25	0,18	0,13	0,09	0,065	0,045	0,032	0,022

Tabelle 3.18 Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft der Prozessorfertigung

Auf einem Wafer sind jedoch nie alle Chips brauchbar, besonders wenn eine neue Produktionslinie angelaufen ist. Je stärker der Prozess für einen bestimmten Chip bzw. die Produktionslinie perfektioniert ist, umso mehr Chips sind brauchbar. Das Verhältnis zwischen Ausschuss und brauchbaren Chips wird als *Ausbeute* bezeichnet. Eine Ausbeute von unter 50% ist üblich, wenn mit der Produktion eines neuen Chips begonnen wird. Am Ende eines Chiplebens befindet sich die Ausbeute üblicherweise in einem Bereich von 90%. Die meisten Chiphersteller hüten die Zahlen über ihre Ausbeute und gehen sehr geheimnistuerisch damit um. Denn wenn Probleme mit der Ausbeute bekannt werden, bedeutet das für die Konkurrenz einen Vorsprung. Eine geringe Ausbeute bedeutet höhere Kosten pro Chip und Verzögerungen bei der Auslieferung der Chips an die Kunden. Wenn eine Firma genaue Informationen über den Fortschritt bei der Verbesserung der Ausbeute bei einem Konkurrenten hat, kann diese Firma die Preise entsprechend gestalten bzw. die Produktion entsprechend planen, sodass sie zu einem bestimmten Zeitpunkt höhere Marktanteile verbuchen kann.

Wenn ein Wafer fertig gestellt ist, werden die Chips auf dem Wafer mit einer speziellen Vorrichtung geprüft, und der Ausschuss wird entsprechend gekennzeichnet, sodass diese Chips später aussortiert werden können. Anschließend wird der Wafer mit einem Hochleistungslaser oder einer Diamantsäge in einzelne Chips geschnitten.

Wenn die Chips aus dem Wafer geschnitten sind, werden die einzelnen Chips wieder geprüft, dann in einem Gehäuse untergebracht und noch einmal geprüft. Das Gehäuse ist der Behälter für den Chip und dient im Wesentlichen als Schutz vor der Umgebung. Der Chip oder genauer der *Die* wird danach mit den Pins des Gehäuses verbunden, was auch als *Bonding* bezeichnet wird. Eine Maschine (automatischer Bonder) stellt die Verbindungen mittels feiner Golddrähtchen her.

Nachdem die Chips im Gehäuse untergebracht und gebonded sind, erfolgt die Endprüfung. Dabei wird geprüft, ob die Chips richtig funktionieren und mit der angegebenen Taktfrequenz arbeiten. Verschiedene Chips aus derselben Charge arbeiten häufig mit unterschiedlichen Taktfrequenzen. Mit speziellen Prüfvorrichtungen wird jeder Chip bei unterschiedlichen Temperaturen und Taktfrequenzen betrieben, bis zu dem Punkt, an dem der Chip aufhört zu arbeiten. Die maximal erfolgreiche Taktfrequenz wird dann notiert, und die Chips werden mit anderen Chips in Behältern sortiert, die bei einer ähnlichen Taktfrequenz geprüft wurden. Bei Pentium 4-Prozessoren mit einer Taktung von 2,0 GHz bis zu 2,53 GHz handelt es sich beispielsweise um dieselben Chips, die von einem Wafer hergestellt wurden. Sie werden am Ende des Herstellungsprozesses nach ihrer Taktfrequenz sortiert.

Dabei ist interessant zu wissen, dass die Ausbeute der Versionen mit höherer Taktfrequenz mit zunehmender Erfahrung bei der Herstellung und mit wachsender Perfektionierung der Produktionslinie eines Chips zunimmt. Von allen Chips, die mit einem Wafer hergestellt werden, besitzen ca. 75% die maximale Taktfrequenz und nur 25% eine geringere Taktfrequenz. Das Paradoxe daran ist, dass Intel viel mehr preisgünstige Chips mit einer geringeren Taktfrequenz verkauft und dafür die Chips mit der höheren Taktfrequenz einfach anders beschriftet. Es dauerte natürlich nicht lange, bis die Leute herausfanden, dass viele der angeblich langsameren Chips mit einer Taktfrequenz arbeiteten, die höher war als die angegebene. Damit war das Geschäft mit der Übertaktung geboren. Skrupellose Händler begannen damit, langsamere Chips umzubeschriften und als schnellere Typen zu verkaufen.

Intel und AMD haben diesem Treiben inzwischen einen Riegel vorgeschoben. Die meisten der neueren Chips sind mit einem Übertaktungsschutz versehen. Dieser Schutz wird in der Regel während des Bondens angebracht. Die Chips werden absichtlich so geändert, dass sie nur noch mit der angegebenen Taktfrequenz arbeiten. Dazu müssen die BF-Pins (Bus Frequency) am Chip geändert werden, die die internen Vervielfacher der Chips steuern. Dennoch haben einzelne

Abenteuerer Wege gefunden, um ihre Hauptplatinen mit Busfrequenzen zu betreiben, die über den angegebenen Taktfrequenzen liegen. Also, auch wenn der Chip keinen höheren Vervielfacher zulässt, können Sie ihn mit einer Taktfrequenz betreiben, die höher als die angegebene ist.

Um sich jedoch vor einem derartigen Betrug zu schützen, können Sie die Spezifikations- und die Seriennummer von Intel oder AMD überprüfen, bevor Sie sich für den Kauf entscheiden. Sie sollten außerdem nur Originalversionen in Originalverpackung von Intel- und AMD-Prozessoren kaufen. Denn damit schützen Sie sich nicht nur vor gefälschten Prozessoren, sondern Sie haben auch drei Jahre Garantie.

3.5.1 PGA-Gehäuse

Das PGA-Gehäuse (Pin Grid Array) ist das am häufigsten verwendete Chipgehäuse. Dieses Gehäuse wurde seit dem 286er-Prozessor, also seit den 80er-Jahren, eingesetzt und wird auch heute noch für Pentium- und Pentium-Pro-Prozessoren verwendet. Der Name dieses Gehäuses rührt von der gitterähnlichen Anordnung (Grid Array) der Pins an der Unterseite des Gehäuses. PGA-Chips werden in Sockel, meist ZIF-Sockel (Zero Insertion Force), gesteckt. Ein ZIF-Sockel ist mit einem Hebel ausgestattet, der eine einfache Installation und ein leichtes Herausnehmen des Chips erlaubt.

Bei den meisten Pentium-Prozessoren wird eine Abwandlung des üblichen PGA-Gehäuses, das so genannte SPGA-Gehäuse (Staggered Pin Grid Array), verwendet. Hier sind die Pins unterhalb des Chips versetzt statt in Reihen und Spalten angeordnet. Dadurch ist der Abstand zwischen den Pins geringer, wodurch der Chip angesichts der hohen Anzahl der erforderlichen Pins verhältnismäßig klein gehalten werden kann. In der Abbildung ist ein Pentium Pro in einem SPGA-Gehäuse und rechts daneben ein älterer Pentium 66 in einem üblichen PGA-Gehäuse dargestellt. Die rechte Hälfte des hier abgebildeten Pentium Pro verfügt über zusätzliche Pins, die zwischen den anderen Reihen und Spalten versetzt angeordnet sind.

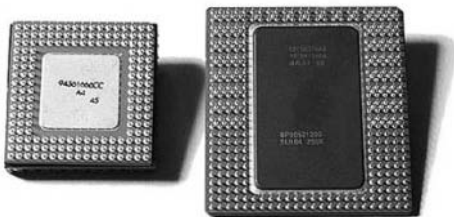


Abbildung 3.4 Ein Pentium Pro in einem SPGA-Gehäuse (rechts) und ein Pentium 66 in einem PGA-Gehäuse (links)

Bei älteren PGA-Gehäusen befand sich der Prozessor in einem Hohlraum unter dem Substrat, wobei die Oberfläche nach unten zeigte, weil der Chip auf den Kopf gestellt wurde. Der Chip war mit hunderten von goldenen Kabeln mit dem Gehäuse verbunden. Nach dem Bonden wurde der Chip mit einem Metalldeckel verschlossen. Diese Methode der Chipherstellung war sehr kostspielig und zeitaufwändig. Deshalb wurden effektivere Verpackungsmethoden entwickelt.

Die meisten modernen Prozessoren befinden sich in einem FC-PGA-Gehäuse. Die Prozessoren sind noch immer auf einen PGA-Sockel aufgesetzt, das Gehäuse wurde jedoch stark vereinfacht. Der Silizium-Die wird mit der Oberseite nach unten auf den Chip-Träger aufgesetzt und nicht mehr mit Drähten verbunden. Die Verbindungen werden stattdessen über kleine Lötungen hergestellt. Der Rand wird dann mit Epoxidharz versiegelt.

Leider gab es mit der Montage des Kühlkörpers oftmals Probleme, weil er direkt auf dem Die zu sitzen kommen muss. Wenn beim Montagevorgang nur eine Seite des Kühlkörpers schief heruntergedrückt wurde, konnte der Die brechen und der Chip war damit zerstört. Die Gefahr bestand umso mehr, als die Kühlkörper immer größer und schwerer wurden.

AMD verringerte dieses Risiko mittels Gummi-Abstandshaltern, die an jede Ecke des Chip-Trägers angebracht wurden. Damit konnte der Kühlkörper bei der Montage zwar nicht mehr kippen, allerdings konnte durchaus eine Ecke des Prozessors abbrechen. Der Athlon 64 verwendet ein anderes Prinzip für die Kühlkörperbefestigung mit einer Klammer, die mit der Hauptplatine verschraubt wird.

Intel ersetzte das alte FC-PGA-Gehäuse durch das FC-PGA2-Gehäuse, das bei neueren Pentium III- und Pentium 4-Prozessoren eingesetzt wird. Dieses Gehäuse ist mit einer Schutzabdeckung (Heat Spreader) aus Metall versehen. Damit können größere und schwerere Kühlkörper verwendet werden, ohne dass dadurch der Prozessor beschädigt wird. Ironischerweise hat AMD als erste Firma einen Heat Spreader verwendet, und zwar bereits beim K6.

Das Gehäuse der Zukunft heißt BBUL (Bumpless Build-Up Layer). Der Chip ist dabei vollständig in das Gehäuse integriert, und die Kühlung kann auf eine flache Oberfläche aufgesetzt werden.

3.5.2 SECC und SEPP

Intel und AMD verwendeten für ihre Prozessoren in den Jahren 1997 bis 2000 SECC- oder SEPP-Gehäuse (SECC – Single Edge Contact Cartridge, SEPP – Single Edge Processor Package). Hier wurde der Prozessor zusammen mit mehreren L2-Cache-Chips auf einer kleinen Leiterplatte montiert, die in einem geschlossenen Gehäuse aus Metall und Kunststoff untergebracht war. Die Kassette wurde auf die Hauptplatine über eine Kontakteleiste in den so genannten Slot 1 eingesteckt, der dem Steckplatz einer Steckkarte ähnelt.

Das SEC-Gehäuse ist ein innovatives, wenngleich auch etwas sperriges Gehäuse, das den Back-Side-Bus und den L2-Cache integriert. Es wurde als kostengünstige Methode zur Integration des L2-Cache in den Prozessor eingesetzt, bevor sich herausstellte, dass der L2-Cache auch direkt in den Prozessorchip mit aufgenommen werden kann.

Eine preisgünstigere Variante des SEC-Gehäuses ist das SEP-Gehäuse. Es unterscheidet sich vom SEC-Gehäuse im Wesentlichen durch eine Plastikabdeckung und wurde hauptsächlich bei den früheren Celeron-Prozessoren eingesetzt. Das SEP-Gehäuse wird direkt in den Slot 1-Connector eingesteckt, der auch vom Pentium II oder vom Pentium III verwendet wird. Vier Löcher im Gehäuse bei der Wärmeableitplatte dienen zur Montage des Kühlkörpers.

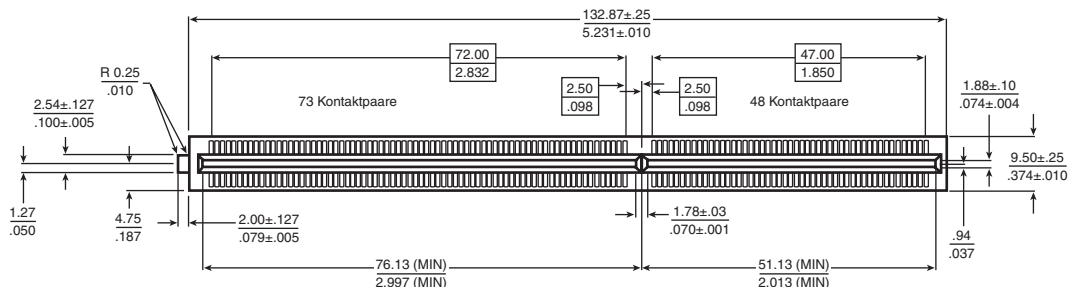


Abbildung 3.5 Abmessungen des Slots 1 für den Pentium II (mm/Zoll)

Der Slot 1 stellt die Verbindung zur Hauptplatine her und besitzt 242 Pins, wie es in der Abbildung 3.5 gezeigt ist. AMD verwendete – mechanisch betrachtet – den gleichen Slot, drehte ihn jedoch um 180 ° und nannte ihn Slot A. Das SEC- oder SEP-Gehäuse wird in den Slot eingesteckt und mit einer Prozessor-Halterung gesichert, die aus einer Klammer besteht. Eventuell gibt es auch eine Halterung für die Prozessorkühlung.

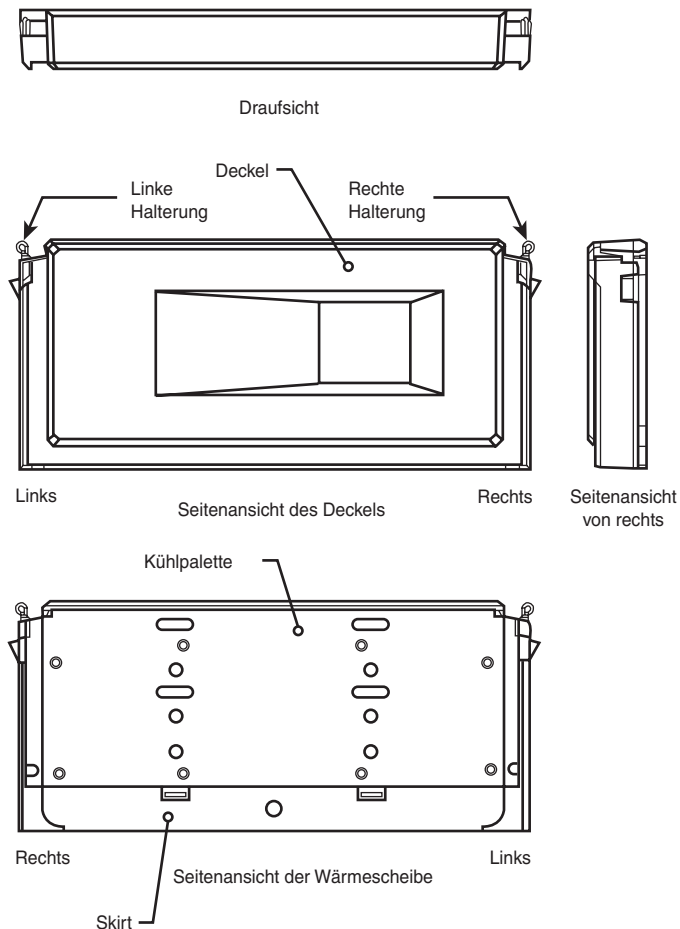


Abbildung 3.6 Bestandteile des SEC-Gehäuses für einen Pentium II-Prozessor.

Die Abbildung 3.6 zeigt die Bestandteile des SEC-Gehäuses. Gut zu erkennen ist die große Kühlplatte, die zur Ableitung der Wärme vom Prozessor dient. Das SEP-Gehäuse sehen Sie in der Abbildung 3.7.

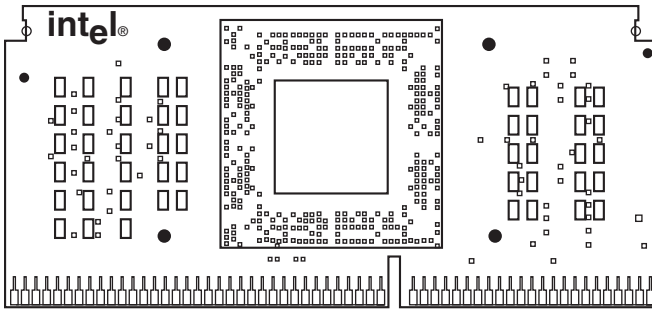


Abbildung 3.7 SEP-Gehäuse des Celeron-Prozessors in der Frontansicht

Mit dem Pentium III führte Intel eine Variante des SEC-Gehäuses namens SECC2 (Single Edge Contact Cartridge Version 2) ein. Dieses neue Gehäuse deckt nur eine Seite des Prozessors mit Plastik ab, und die Kühlung ist direkt an die andere Seite angehängt. Diese direktere Verbindung gestattet eine bessere Kühlung, und die Herstellung des insgesamt leichteren Gehäuses ist billiger.

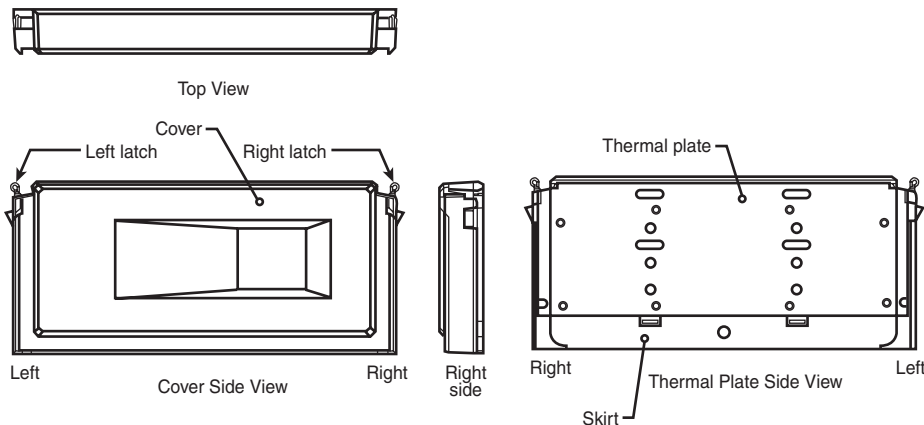


Abbildung 3.8 SECC2-Gehäuse, das bei Pentium II- und Pentium III-Prozessoren verwendet wird

Ein neuer Halterungsmechanismus wurde benötigt, um den in ein SECC2-Gehäuse verpackten Prozessor auf der Hauptplatine zu halten. Der Halterungsmechanismus namens *Universal Retention System* konnte auch für die älteren SEC-Gehäuse verwendet werden, das für die meisten Pentium II-Prozessoren benutzt wurde. Außerdem eignete er sich auch für das SEP-Gehäuse, das für Slot-basierte Celeron-Prozessoren benutzt wurde. Es handelt sich also um einen idealen Halterungsmechanismus für Slot 1-basierte Prozessoren. Beim AMD Athlon Slot A-Prozessor kam der gleiche Halterungsmechanismus wie bei Intel zum Einsatz. Die Abbildung 3.8 zeigt das SECC2-Gehäuse.

Der wichtigste Grund dafür, dieses Gehäuse zu verwenden, besteht darin, dass der L2-Cache von der Hauptplatine genommen und direkt beim Prozessor untergebracht werden kann. Das war erforderlich, weil es keine Möglichkeit gab, den Cache direkt in den Prozessorkern zu integrieren. Nachdem eine Verfahrensweise zur Integration des L2-Cache in die CPU gefunden wurde, waren das SEC- und das SEP-Gehäuse überflüssig. Da alle modernen Prozessoren den L2-Cache in den Prozessor integriert haben, hat das Gehäuse wieder die ursprüngliche Form des PGA-Gehäuses angenommen.

3.6 Prozessorsockel und -Slots

Intel und AMD haben eine ganze Reihe von Sockeln entwickelt. Jeder Sockel unterstützt unterschiedliche Original- und Upgrade-Prozessoren. In der Tabelle 3.19 sind die Spezifikationen dieser Sockel angegeben.

CPU-Klasse	Sockel	Pins	Gehäuse	Spannung	Unterstützte CPUs	Einführung
Intel/AMD 486	Sockel 1	169	17x17 PGA	5 V	486 SX/SX2, DX/DX2 ¹ , DX4 OverDrive	April 89
	Sockel 2	238	19x19 PGA	5 V	486 SX/SX2, DX/DX2 ¹ , DX4 OverDrive, 486 Pentium OverDrive	März 92
	Sockel 3	237	19x19 PGA	5 V/3,3V	486 SX/SX2, DX/DX2, DX4, 486 Pentium OverDrive, AMD 5x86	Feb. 94
	Sockel 6 ²	235	19x19 PGA	3,3 V	486 DX4, 486 Pentium OverDrive	Feb. 94
Intel/AMD Pentium	Sockel 4	273	21x21 PGA	5 V	Pentium 60/66, OverDrive	März 93
	Sockel 5	320	37x37 SPGA	3,3/3,5 V	Pentium 75-133, OverDrive	Okt. 94
	Sockel 7	321	37x37 SPGA	VRM	Pentium 75-233+, MMX, OverDrive, AMD K5/K6, Cyrix M1/II	Jan. 97
Intel 686 Pentium II/III	Sockel 8	387	DP-SPGA	Auto VRM	Pentium Pro, OverDrive	Nov. 95
	Slot 1	242	Slot, SC242	Auto VRM	Pentium II/III, Celeron SECC	Mai 97
	Sockel 370	370	37x37 SPGA	Auto VRM	Celeron/Pentium III PPGA/FC-PGA	Aug. 98
Intel Pentium 4	Sockel 423	423	39x39 SPGA	Auto VRM	Pentium 4 FC-PGA2	Nov. 00
	Sockel 478	478	26x26 mPGA	Auto VRM	Pentium 4/Celeron FC-PGA2	Okt. 01
	Sockel T	775	30x33 LGA	Auto VRM	Pentium 4/Celeron LGA 775	Juni 04
AMD K7	Slot A	242	Slot	Auto VRM	AMD Athlon SECC	Juni 99
	Sockel A	462	37x37 SPGA	Auto VRM	Athlon/AthlonXP/Duron PGA/FC-PGA	Juni 00
AMD K8	Sockel 754	754	29x29 mPGA	Auto VRM	Athlon 64	Sept. 03

Tabelle 3.19 Spezifikationen für die verschiedenen Arten von CPU-Sockel und -Slots

CPU-Klasse	Socket	Pins	Gehäuse	Spannung	Unterstützte CPUs	Einführung
	Socket 939	939	31x31 mPGA	Auto VRM	Athlon 64 V.2	Juni 04
	Socket 940	940	31x31 mPGA	Auto VRM	Athlon 64 FX, Opteron	April 03
Intel/AMD Server & Workstation	Slot 2	330	Slot, SC330	Auto VRM	Pentium II/III Xeon SECC	April 98
	Socket 603	603	31x25 mPGA	Auto VRM	Xeon (P4)	Mai 01
	Socket 604	604	31x25 mPGA	Auto VRM	Xeon (P4)	Okt. 03
	Socket PAC418	418	38x22 S-SPGA	Auto VRM	Itanium	Mai 00
	Socket PAC611	611	25x28 mPGA	Auto VRM	Itanium 2	Juli 02
	Socket 940	940	31x31 mPGA	Auto VRM	Athlon 64 FX, Opteron	April 03

Tabelle 3.19 Spezifikationen für die verschiedenen Arten von CPU-Socket und -Slots

¹ DX4 oder AMD 5x86 kann auch mit einem externen 3,3-V-Adapter unterstützt werden.

² Socket 6 gab es nur auf dem Papier; dieser Socket wurde nie in ein System eingebaut.

FC-PGA = Flip-chip PGA

FC-PGA2 = Second-generation flip-chip PGA

mPGA = Micro PGA

PAC = Pin Array Cartridge

PGA = Pin Grid Array

PPGA = Plastic PGA

S-SPGA = Split Staggered PGA

SECC = Single Edge Contact Cartridge

SPGA = Staggered PGA

VRM = Voltage Regulator Module

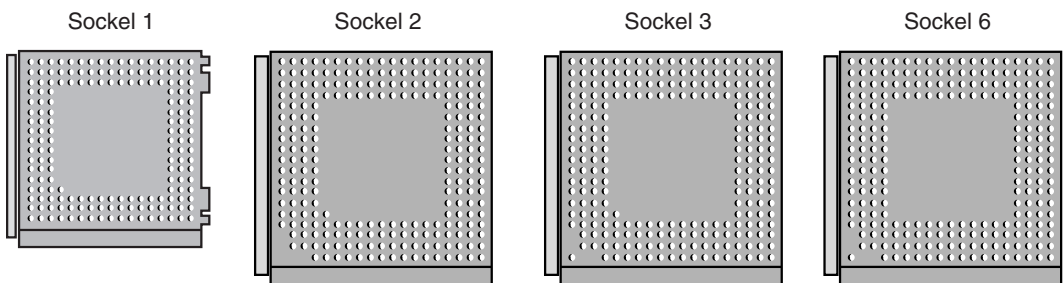


Abbildung 3.9 Socket für 486er-Prozessoren

Die Socket 1, 2, 3 und 6 sind Socket für den 486er-Prozessor. Sie sind in Abbildung 3.9 dargestellt, sodass Sie die unterschiedlichen Größen der Socket sowie die unterschiedlichen Anordnungen der Pins erkennen können. Die Socket 4, 5, 7 und 8 sind Socket für den Pentium und den Pentium Pro. Diese sind zusammen in Abbildung 3.10 abgebildet. Genauere Darstellungen jedes einzelnen Sockels sowie entsprechende Beschreibungen finden Sie in den folgenden Abschnitten.

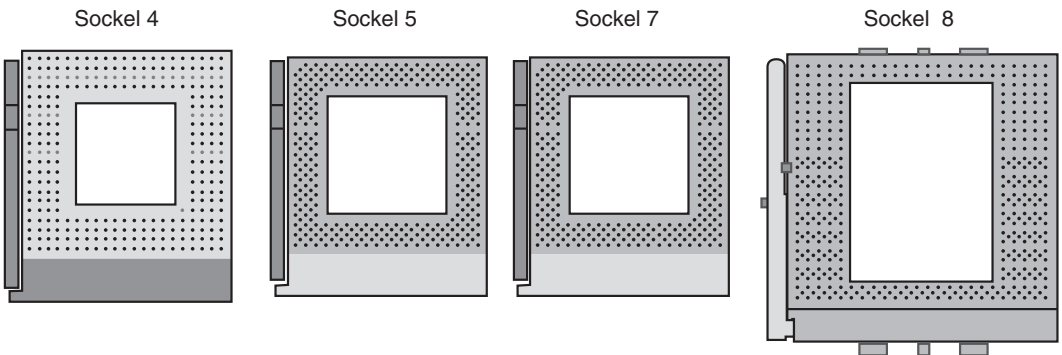


Abbildung 3.10 Sockel für den Pentium und den Pentium Pro

3.6.1 ZIF-Sockel

Bei der Entwicklung der Spezifikationen für den Sockel 1 stellte Intel fest, dass der Austausch von Prozessoren erleichtert werden musste, damit die Benutzer ihre Systeme mit neuen Prozessoren problemloser aufrüsten konnten. Dabei kann es natürlich leicht passieren, dass beim Aus- oder Einbauen eines Prozessors der Chip bzw. der Sockel beschädigt wird. Deshalb begannen einige Hersteller von Hauptplatinen, so genannte LIF-Sockel (Low Insertion Force) zu verwenden. Bei herkömmlichen oder LIF-Sockeln ist es ratsam, die Hauptplatine auszubauen, um diese bei der Installation einer CPU von unten zu stützen, sodass sie nicht zerbrechen kann. Zum Ausbau der Chips aus diesen Sockeln ist spezielles Werkzeug im Handel erhältlich. Daher wurde nach einer besseren Lösung gesucht, mit der jeder Benutzer eine CPU austauschen kann.

Bei den späteren Sockel-1-Hauptplatinen begannen die Hersteller, spezielle ZIF-Sockel (Zero Insertion Force) auf der Hauptplatine zu installieren. Seit diesem Zeitpunkt sind nahezu alle Prozessorsockel als ZIF-Sockel ausgeführt. Die Sockelspezifikation definiert aber lediglich die Anordnung der Pins. Mit diesen Sockeln besteht keine Gefahr mehr, den Sockel oder den Prozessor beim Ein- oder Ausbauen zu beschädigen oder gar die Hauptplatine zu zerbrechen, da hier keine Kraft mehr erforderlich ist. Die meisten ZIF-Sockel sind mit einem Hebel versehen. Dieser Hebel wird einfach hochgedrückt, die CPU wird in den Sockel eingesetzt und der Hebel dann wieder heruntergedrückt. Damit wird der Austausch von Prozessoren ein Kinderspiel.

3.6.2 Sockel 1

Der erste Overdrive-Sockel, später offiziell Sockel 1 genannt, ist ein PGA-Sockel mit 169 Pins. Hauptplatinen mit diesem Sockel können 486SX-, 486DX- und 486DX2-Prozessoren sowie den DX2/Overdrive-Prozessor aufnehmen. Diesen Sockeltyp findet man in den meisten 486er-Systemen, die zum Aufrüsten mit Overdrive-Chips vorgesehen sind. In Abbildung 3.11 ist die Pinbelegung des Sockels 1 dargestellt.

Der DX-Originalprozessor benötigt bei 33 MHz und einer Betriebsspannung von 5 V maximal 0,9 A und hat somit eine Leistungsaufnahme von 4,5 W. Bei 50 MHz benötigt er maximal 1 A und hat somit eine Leistungsaufnahme von 5 W. Der DX2- bzw. Overdrive-Prozessor benötigt bei 66 MHz 1,2 A und hat eine Leistungsaufnahme von 6 W. Für diese geringe Leistungssteigerung ist ein passiver Kühler, bestehend aus Aluminiumkühlrippen, die mit Wärme leitendem Epoxidkleber auf den Prozessor aufgeklebt werden, ausreichend. Overdrive-Prozessoren mit bis zu 40 MHz und weniger haben gar keine Kühler.

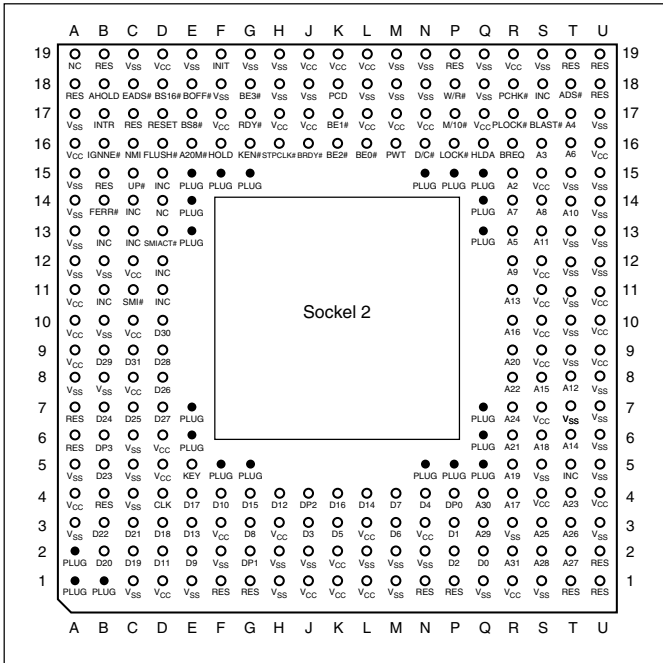


Abbildung 3.12 Pinbelegung des Sockel 2 von Intel mit 238 Pins

Dieses aktive Kühlelement benötigt allerdings etwas mehr Platz. Über dem Sockel müssen 3,6 cm (1,4 Zoll) Platz für das Kühlelement frei bleiben. Das ist bei Computersystemen, die nicht für diesen Prozessor mit Kühlelement entwickelt wurden, ein Problem oder auch gar nicht möglich.

Ein weiteres Problem dieses Overdrive-Prozessors ist sein Energieverbrauch. Der Pentium Overdrive benötigt bei 5 V Betriebsspannung bis zu 2,5 A und hat somit zusammen mit dem Lüfter eine Leistungsaufnahme von 12,5 W. Das ist doppelt so viel wie beim DX2-66-Prozessor, der 1,2 A und somit nur 6 W benötigt. Als Intel den Sockel auf den Markt brachte, war davon nicht die Rede.

3.6.4 Sockel 3

Aufgrund der Probleme mit den Spezifikationen des Sockels 2 und der enormen Wärme, die der Pentium Overdrive in der 5-V-Ausführung erzeugt, brachte Intel eine verbesserte Version des Prozessors auf den Markt. Der neue Prozessor, unter der Bezeichnung DX4 Overdrive bekannt, ist im Prinzip ein Pentium Overdrive. Was die beiden Prozessoren voneinander unterscheidet, ist, dass der DX4 Overdrive mit einer Spannung von 3,3 V auskommt, nur maximal 3,0 A benötigt und somit nur eine Leistungsaufnahme von 9,9 W hat. Der Lüfter benötigt nach wie vor eine Spannung von 5 V. Bei einem Stromverbrauch von 0,2 A hat er eine Leistungsaufnahme von 1 W. Insgesamt ergibt sich daraus eine Leistungsaufnahme für den Prozessor mit Lüfter von 10,9 W. Damit liegt er unter dem Energieverbrauch der 5-V-Version. Der Lüfter kann auch hier leicht ausgetauscht werden.

Für den neuen DX4-Prozessor und den DX4-Overdrive, die beide mit einer Betriebsspannung von 3,3 V arbeiten, musste Intel einen neuen Sockel entwickeln. Außer den neuen 3,3-V-Chips kann dieser Sockel auch die älteren 5-V-Chips der SX-, DX- und DX2-Prozessoren und sogar den des 5-V-Pentium-Overdrive aufnehmen. Dieser Sockel, Sockel 3 genannt, ist der flexibelste unter den 486er Upgrade-Sockeln. In der Abbildung 3.13 ist die Pinbelegung des Sockels 3 dargestellt.

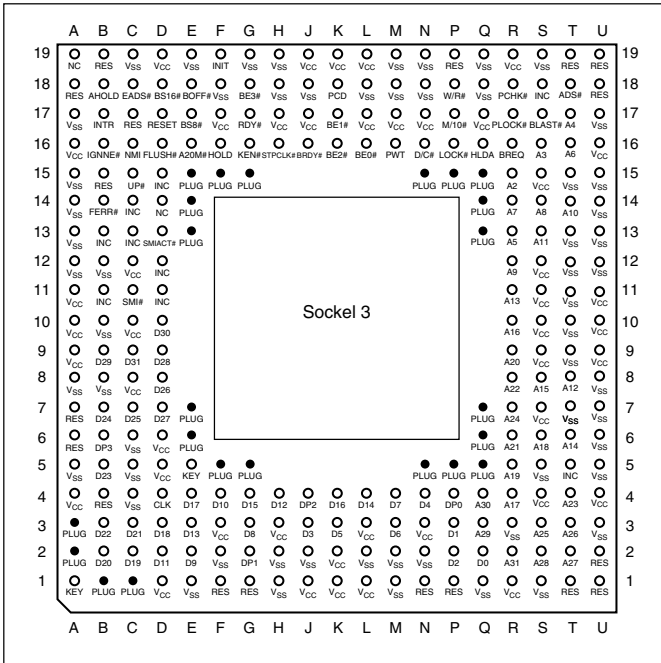


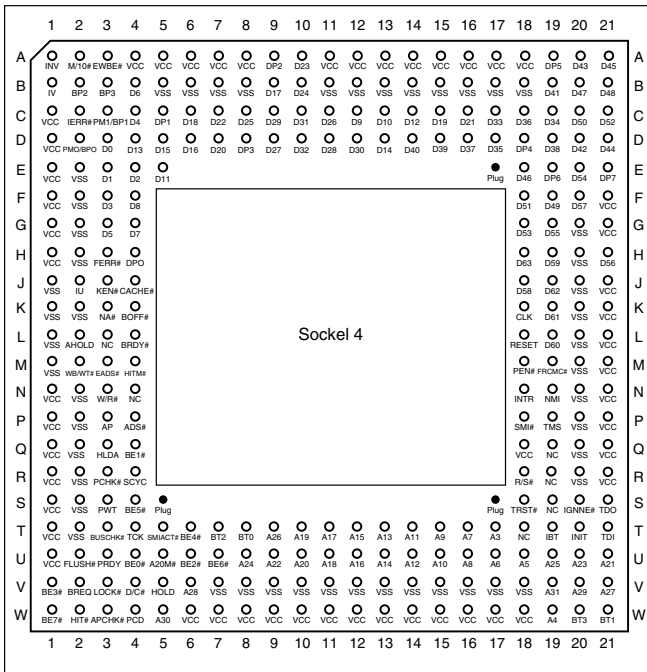
Abbildung 3.13 Pinbelegung des Sockels 3 von Intel mit 237 Pins

Der Sockel 3 verfügt über einen zusätzlichen Pin und teilweise über eine andere Pinbelegung. Durch einen verbesserten Verpolschutz kann es nicht mehr passieren, dass der Endverbraucher den Prozessor versehentlich verkehrt montiert. Es gibt jedoch immer noch ein Problem: Dieser Sockel kann nicht automatisch feststellen, welche Betriebsspannung der eingesetzte Prozessor benötigt. Dazu muss auf der Hauptplatine am Sockel ein Jumper eingesetzt werden, damit der Benutzer die Betriebsspannung (5 V bzw. 3,3 V) selbst einstellen kann.

Da dieser Jumper von Hand eingestellt werden muss, kann es passieren, dass ein 3,3-V-Prozessor installiert wird, der Sockel aber auf 5 V eingestellt ist. Damit wird beim Einschalten des Systems der Prozessor sofort zerstört. Hier muss also der Endverbraucher darauf achten, dass je nach Prozessor die richtige Betriebsspannung eingestellt ist. Ist der Jumper auf 3,3 V eingestellt und wird ein 5-V-Prozessor installiert, geschieht dem Prozessor nichts. Er arbeitet lediglich nicht so wie er eigentlich sollte.

3.6.5 Sockel 4

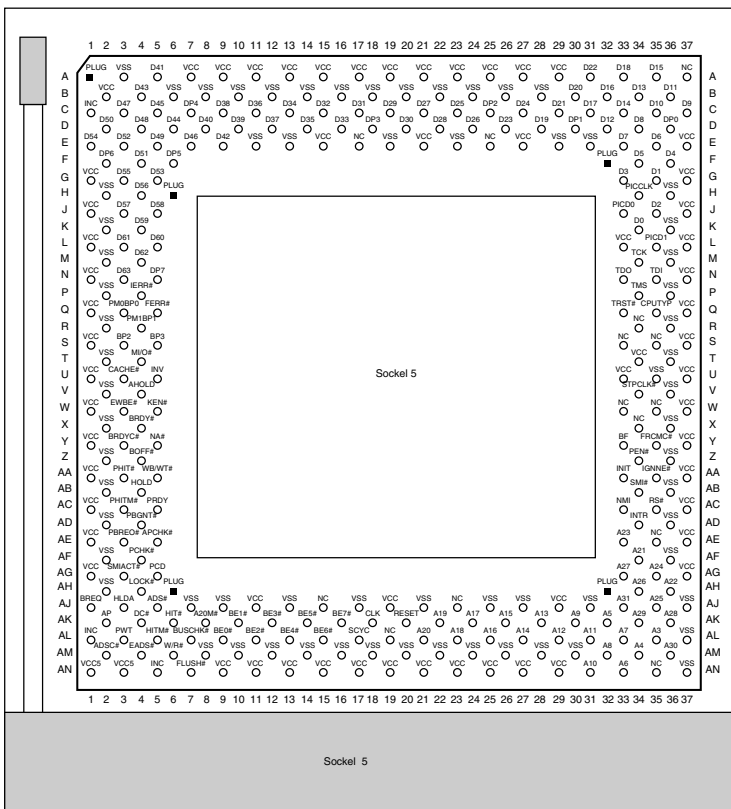
Sockel 4 ist ein 273-Pin-Sockel, der für den Pentium-Originalprozessor entwickelt wurde. Die ursprünglichen 60-MHz- und 66-MHz-Ausführungen des Pentium verfügten über 273 Pins und passten entsprechend in den 273-Pin-Sockel. Diesen gibt es nur als 5-V-Sockel, da alle Pentium-Originalprozessoren mit 5 V arbeiten. Dieser Sockel nimmt auch den Pentium-Prozessor mit 60 MHz bzw. 66 MHz sowie die Overdrive-Version auf. In Abbildung 3.14 ist die Pinbelegung des Sockels 4 dargestellt.



der 100-MHz-Pentium weitaus weniger Energie als die 60-MHz-Originalversion. Die neuesten Pentium-, Pentium-Pro- und Pentium-II-Chips ab 120 MHz wurden mit einer 0,35- μm -Schaltung entwickelt. Das Ergebnis ist ein noch geringerer Energieverbrauch mit wesentlich höheren Taktfrequenzen ohne Überhitzungsgefahr.

Die Pentium-Prozessoren ab 75 MHz sind in einem Gehäuse mit 296 Pins untergebracht, obwohl sie für den Sockel 5 vorgesehen sind, der eigentlich 320 Pins aufnehmen kann. Diese zusätzlichen Pins sind für den Pentium Overdrive vorgesehen. Bei dem Gehäuse handelt es sich um ein SPGA-Gehäuse (Staggered Pin Grid Array), bei dem die 320 Pins, um Platz zu sparen, versetzt zueinander angeordnet sind.

Es gab mehrere Overdrive-Prozessoren für den Pentium. Dabei handelte es sich um ältere Prozessoren mit integrierten Spannungsregulatoren, um den Betrieb bei den hohen Voltwerten zu ermöglichen, die ältere Prozessoren benötigen. Diese Prozessoren werden nicht mehr verkauft. Firmen wie Evergreen und Kingston bieten jedoch noch Upgrade-Chips für ältere Systeme an. Abbildung 3.15 zeigt die Standard-Pinbelegung für den Sockel 5.



liegt er unter dem Verbrauch des Original-66-MHz-Pentium und ist dabei viermal so schnell wie der Original-Pentium!

3.6.7 Sockel 6

Der letzte 486er Sockel wurde speziell für den DX4- und den DX4-Overdrive-Prozessor entwickelt. Der Sockel 6 ist im Wesentlichen eine Neuauflage des Sockels 3 mit zwei zusätzlichen Pins, die als Verpolungsschutz dienen. Der Sockel 6 hat 235 Pins und kann nur 486er- oder Overdrive-Prozessoren mit 3,3 V aufnehmen. Dieser Sockel wurde nie gebaut oder in ein System integriert. Die Hauptplattenhersteller benutzten weiterhin den Sockel 3.

3.6.8 Sockel 7 und Super Sockel 7

Der Sockel 7, der im Wesentlichen dem Sockel 5 gleicht, ist mit einem zusätzlichen Verpolungsschutzpin versehen, der sich diagonal zum schon vorhandenen Verpolungsschutzpin befindet. Der Sockel 7 hat somit insgesamt 321 Pins in einer 21x21 SPGA-Anordnung. Der eigentliche Unterschied zwischen Sockel 5 und Sockel 7 besteht in dem im Sockel 7 integrierten VRM (Voltage Regulator Module für Spannungsreglermodul).

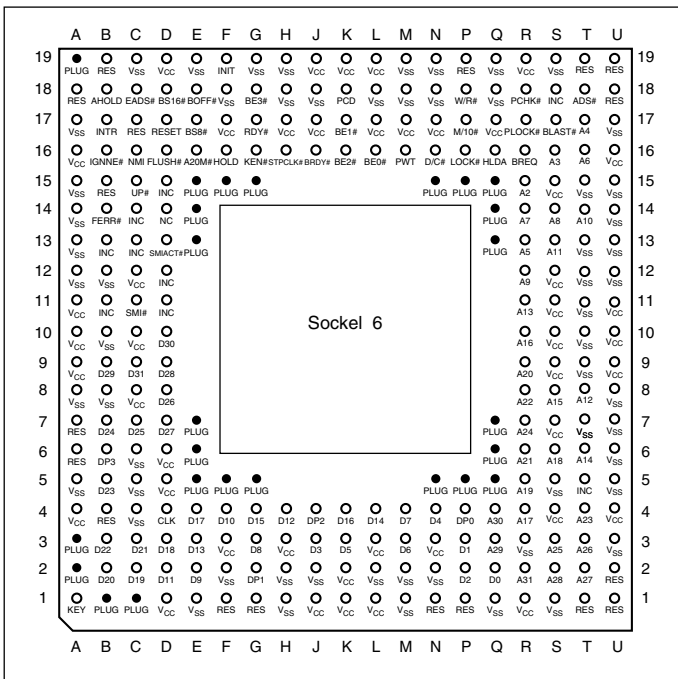


Abbildung 3.16 Pinbelegung des Sockels 7 für den Pentium

Das VRM ist eine kleine IC-Karte, die die Schaltung enthält, um die Signalspannung des Netzteils von 5 V auf die für den Prozessor geeignete Betriebsspannung von 3,3 V herunterzusetzen. Das VRM wurde aus mehreren Gründen eingeführt. Einer der Gründe ist, dass die Spannungsregler leicht warmlaufen und dadurch häufig ausfallen. Sind diese ICs wie beispielsweise beim Pentium-Sockel 5 auf die Hauptplatte gelötet, muss beim Ausfall des Spannungsreglers meist gleich die ganze Hauptplatte ausgetauscht werden. Obwohl es technisch vielleicht möglich wäre, nur den Regler

auszutauschen, sind die meisten Spannungsregler doch oberflächenmontiert, was einen Austausch sehr zeitaufwändig und teuer machen würde. Wenn man über ein austauschbares VRM in einem Sockel verfügt, kann man den Regler, wenn er einmal ausfällt, natürlich mühelos austauschen.

Es ist natürlich sehr angenehm, wenn man einen Spannungsregler so leicht austauschen kann. Der Hauptgrund, weshalb Intel das VRM entwickelt hat, ist ein anderer. Von Intel gibt es mehrere unterschiedliche Versionen der Pentium-, Pentium-MMX-, Pentium-Pro- und Pentium-II-Prozessoren, die mit unterschiedlichen Betriebsspannungen arbeiten. So gibt es die Pentium-Prozessoren, die eine Betriebsspannung von 3,3 V (*VR* genannt), 3,465 V (*VRE* genannt) sowie 3,1 V, 2,8 V und 2,45 V benötigen. Daher verfügen die meisten Hauptplatinen entweder über VRM-Sockel, oder VRMs sind direkt in die Hauptplatine integriert. In Abbildung 3.16 ist die Pinbelegung des Sockels 7 abgebildet.

AMD und Cyrix sowie verschiedene Chipset-Hersteller (VIA, SiS, Ali) haben eine Erweiterung zum Sockel 7 von Intel entwickelt, die die Bezeichnung *Super Sockel 7* oder auch nur *Super 7* trägt. Der Takt der CPU kann hiermit nicht nur die ursprünglichen 66 MHz betragen, sondern auch 95 MHz und 100 MHz. Deshalb sind mit Super 7 leistungsfähigere Systeme mit einem maximalen CPU-Takt von bis zu 500 MHz möglich, was fast an die Leistung der Slot-1- und Sockel-370-Systeme herankommt, die ausschließlich mit Intel-Prozessoren bestückt werden können. Ausstattungsmerkmale wie AGP, UDMA für Festplatten sowie erweitertes Power Management bieten Super-7-Systeme ebenfalls.

3.6.9 Sockel 8

Der Sockel 8 ist ein spezieller SPGA-Sockel (Staggered Pin Grid Array) mit 387 Pins, die versetzt zueinander angeordnet sind. Dieser Sockel wurde speziell für den Pentium Pro mit dem integrierten L2-Cache entwickelt. Mit Hilfe der zusätzlichen Pins steuert der Chipsatz den L2-Cache, der zusammen mit dem Prozessor im gleichen Gehäuse untergebracht ist. In der Abbildung 3.17 ist die Pinbelegung des Sockels 8 dargestellt.

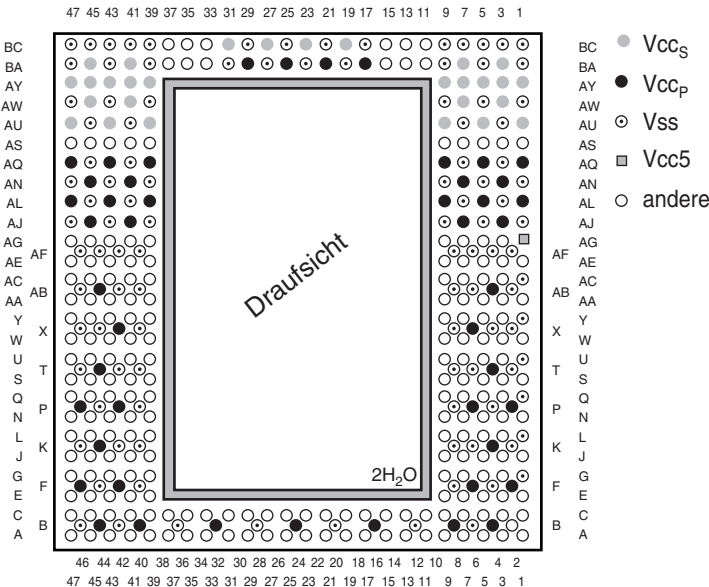


Abbildung 3.17 Pinbelegung des Sockels 8 für den Pentium Pro

3.6.10 Sockel 370

Im November 1998 führte Intel den neuen Sockel für Prozessoren der Klasse P6 ein. Er heißt Sockel 370 oder PGA-370, weil er 370 Pins besitzt und ursprünglich für die preisgünstigere PGA-Versionen der Celeron- und Pentium III-Prozessoren entwickelt wurde. Der Sockel 370 ist gegen die Super Sockel 7-Plattform positioniert, die von AMD und Cyrix unterstützt wird. Die Pinbelegung des Sockels 370 (PGA-370) ist in Abbildung 3.18 gezeigt.

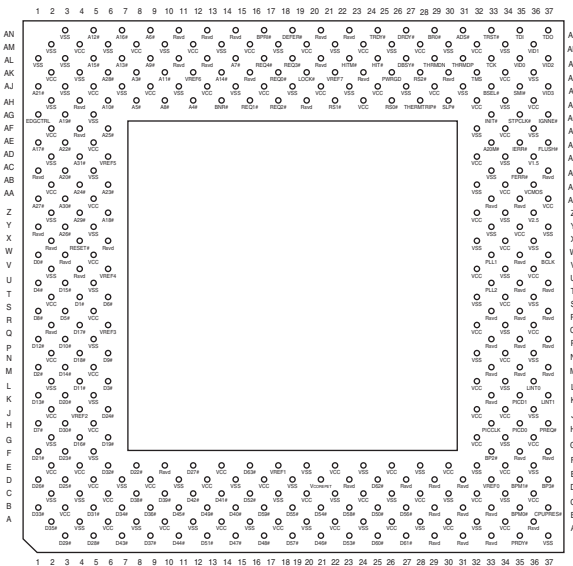


Abbildung 3.18 Die Pinbelegung beim Sockel 370 (PGA-370) für Pentium III und Celeron

Celeron-Prozessoren mit 333 MHz und geringerem Takt gibt es nur mit der Slot 1-Version, Celeron-Prozessoren mit Taktfrequenzen von 366 MHz bis hin zu 433 MHz stehen in Slot 1- und Sockel 370-Versionen zur Verfügung, und alle Celeron-Prozessoren mit einer Taktfrequenz ab 466 MHz gibt es nur in der Sockel 370-Version.

Im Oktober 1999 führte Intel Pentium III-Prozessoren mit integriertem L2-Cache an, die in den Sockel 370 gesteckt werden. Sie werden im FC-PGA-Gehäuse ausgeliefert. Die Slot-Version des Pentium III war teuer und nun auch nicht mehr erforderlich, weil der L2-Cache in den Prozessor integriert werden konnte.

Beachten Sie, dass aufgrund einiger Spannungs- und einer Pin-Änderung viele Sockel 370-Hauptplatinen nicht mit den später eingeführten FC-PGA-Sockel 370-Versionen des Pentium III und des Celeron zusammenarbeiten. Pentium III-Prozessoren im FC-PGA-Gehäuse sind mit zwei RESET-Pins ausgestattet und setzen VRM 8.4-Spezifikationen voraus. Wird ein Pentium III-Prozessor im FC-PGA-Gehäuse auf einer älteren Hauptplatine installiert, wird die Platine dabei nicht gleich beschädigt. Beim Prozessor besteht diese Gefahr jedoch schon. Pentium III-Prozessoren, die im 0,18- μm -Prozess hergestellt wurden, arbeiten mit einer Spannung von 1,60 V oder von 1,65 V, wohingegen Intel Celeron-Prozessoren mit einer Betriebsspannung von 2,00 V arbeiten. Die Hauptplatine könnte beschädigt werden, wenn das BIOS die Spannungskennung des Prozessors nicht erkennt. Nehmen Sie Kontakt mit Ihrem PC- oder Hauptplatinenhersteller auf, um die Kompatibilität sicherzustellen.

Eine Hauptplatine mit Slot 1 kann so gestaltet sein, dass sie fast alle Celeron-, Pentium II- oder Pentium III-Prozessoren unterstützt. Um die Celeron- und Pentium III-Prozessoren mit Socket nutzen zu können, bieten einige Hersteller Slot-zu-Socket-Adapter an, die manchmal auch als *Slot-Ket* bezeichnet werden.

3.6.11 Socket 423

Der Socket 423 ist ein Socket des Typs ZIF und wurde im November 2000 für den Pentium 4-Prozessor eingeführt. Die Abbildung 3.19 zeigt den Socket 423.

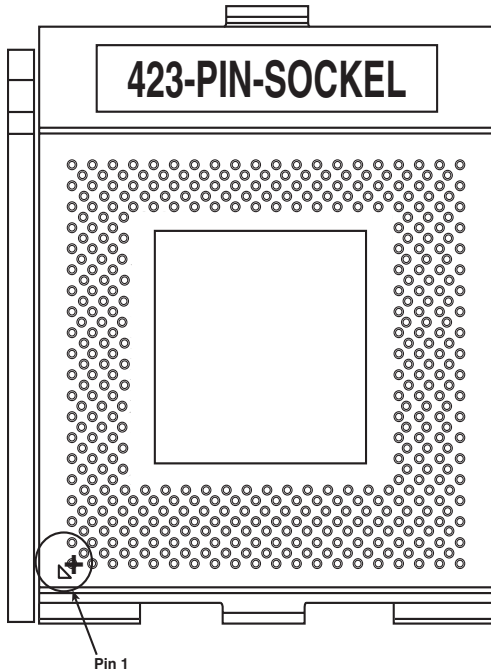


Abbildung 3.19 Pinbelegung des Sockels 423 (Pentium 4) mit Angabe der Lage von Pin 1

Der Socket 423 unterstützt einen 400 MHz-Prozessorbus, der den Prozessor mit dem MCH (Memory Controller Hub) verbindet, dem Hauptbestandteil des Chipsatzes auf der Hauptplatine. Pentium 4-Prozessoren mit bis zu 2 GHz Taktfrequenz sind mit Socket 423 versehen, alle späteren Versionen hingegen benötigen den Socket 478.

Der Socket 423 benutzt eine einzigartige Befestigungsmethode für den Kühler, die ein spezielles Gehäuse für die Hauptplatine erforderlich macht. Glücklicherweise ist dies beim neueren Socket 478 für Pentium 4-Prozessoren nicht mehr der Fall. Der Socket 423 wird von Intel nicht mehr unterstützt.

3.6.12 Socket 478

Der Socket 478 ist ein Socket des Typs ZIF für den Pentium 4 und wurde im Oktober 2001 eingeführt. Er unterstützt zusätzliche Pins für zukünftige Pentium 4-Prozessoren und ist für Geschwindigkeiten von mehr als 2 GHz ausgelegt. Die Installation des Kühlers unterscheidet sich vom Vorgänger, dem Socket 423. Größere Kühler können direkt an der CPU befestigt werden. Die Abbildung 3.20 zeigt den Socket 478.

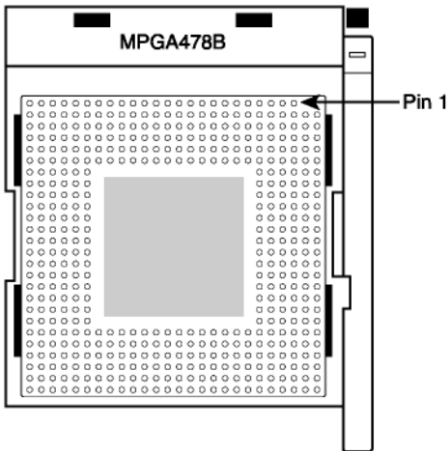


Abbildung 3.20 Der Sockel 478 (Pentium 4) mit Angabe der Lage von Pin 1

Der Sockel 478 unterstützt einen 400 MHz-, einen 533 MHz- und einen 800 MHz-Prozessorbus, der den Prozessor mit dem MCH (Memory Controller Hub), dem wichtigsten Teil des Hauptplatten-Chipsatzes, verbindet. Der Sockel 478 nutzt im Vergleich zum Vorgänger, dem Sockel 423, eine neue Methode zur Befestigung des Kühlers, bei der der Kühler direkt an die CPU und nicht an den CPU-Sockel oder an das Gehäuse angehängt wird. Deshalb kann die Hauptplatine in ein Standardgehäuse gesetzt werden.

Sockel 478-Prozessoren nutzen fünf VID-Pins, um dem VRM, der in die Hauptplatine integriert ist, zu signalisieren, dass es die korrekte Spannung für die CPU bereitstellen soll, die Sie einsetzen wollen. Die Spannungsauswahl erfolgt damit automatisch, und es können keine Fehler auftreten. Ein kleines Dreieck kennzeichnet die Lage von Pin 1.

3.6.13 Sockel A (Sockel 462)

AMD führte im Juni 2000 den Sockel A ein, der auch als *Sockel 462* bezeichnet wird. Dieser Sockel unterstützt die PGA-Versionen der Athlon- und Duron-Prozessoren und hat den Slot A ersetzt, der für den ursprünglichen Athlon-Prozessor entwickelt wurde. Weil der Athlon nun den L2-Cache On-Die nutzt und der neue Duron nur in einer On-Die-Version zur Verfügung steht, wurden die teuren Cartridge-Gehäuse auch nicht mehr benötigt, die beim ursprünglichen Athlon eingesetzt wurden.

Der Sockel A ist mit 462 Pins und 11 Steckschutzkontakten ausgestattet, die in einer SPGA-Form angeordnet sind (siehe Abbildung 3.21). Der Sockel A besitzt die gleichen Abmessungen und das gleiche Layout wie der Sockel 370. Sockel 370-Prozessoren können jedoch wegen der Lage der Steckschutzkontakte nicht eingefügt werden. Der Sockel A unterstützt 32 Spannungen von 1,100 V bis 1,850 V, die sich 0,025-V-Schritten voneinander unterscheiden. Das Spannungsreglermodul befindet sich in der Regel auf der Hauptplatine. Die Pinbelegung des Sockel A finden Sie in der Abbildung 3.22 angegeben.

AMD hat angekündigt, dass zukünftig alle Athlon- und Duron-Prozessoren mit dem Sockel A ausgestattet werden und dass die Slot-A-Versionen des Athlon-Prozessors auslaufen werden.

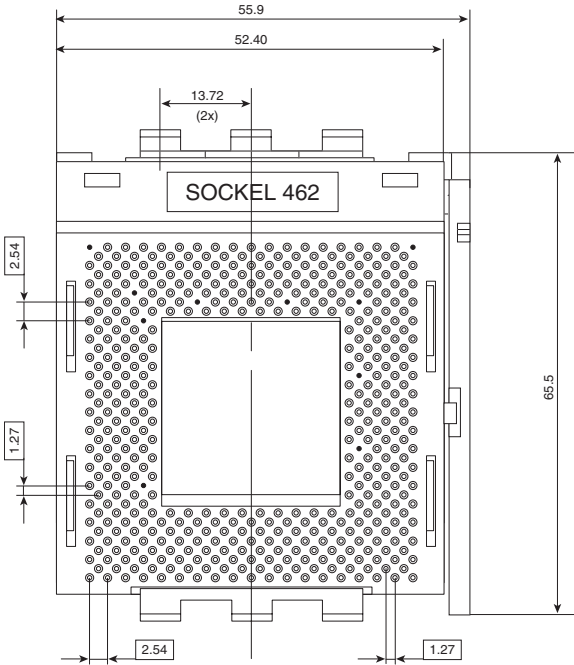


Abbildung 3.21 Das Layout von Sockel A (Sockel 462)

Hinweis

Nur weil sich ein Prozessor in einen Sockel einsetzen lässt, heißt das noch lange nicht, dass er auch funktioniert. Die neueren Athlon XP-Prozessoren benötigen andere Spannungen und eine andere BIOS-Unterstützung. Wie immer sollten Sie vor der Installation sicherstellen, ob Ihre Hauptplatine den gewünschten Prozessor überhaupt unterstützt.

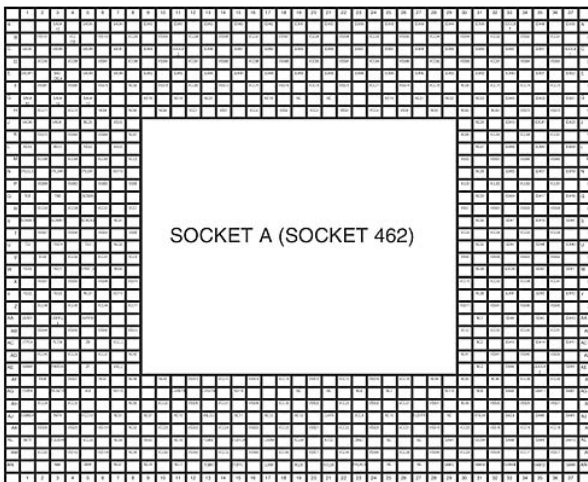


Abbildung 3.22 Pinbelegung des Sockels A (Sockel 462) für Athlon/Duron-Prozessoren

3.6.14 Sockel 603

Der Sockel 603 wird beim Intel Xeon-Prozessor in Zwei- und Mehrprozessorkonfigurationen eingesetzt. Üblicherweise kommen dabei Hauptplatinen zum Einsatz, die für Server in Netzwerken vorgesehen sind. Die Abbildung 3.23 zeigt den Sockel 603.

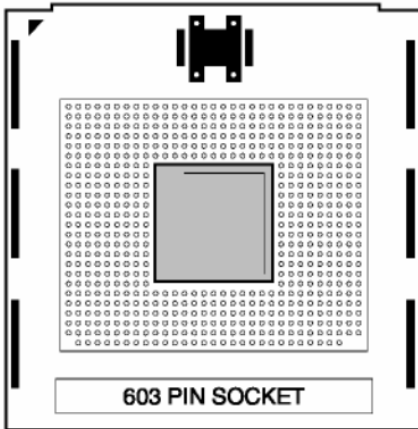


Abbildung 3.23 Der Sockel 603 für Intels XEON-Prozessor

3.6.15 Sockel 939 und Sockel 940

Der Sockel 939 wird für die 939-poligen Versionen des AMD Athlon 64 und des Athlon 64 FX verwendet. Hauptplatinen mit diesem Sockel unterstützen ungepufferte DDR-SDRAM-Module (unbuffered) sowohl für Single- als auch für Dual-Channel-Speichersysteme. Im Gegensatz dazu werden für Sockel 940-Hauptplatinen die teureren Registered DDR-SDRAM-Module benötigt. Beide Sockeltypen verfügen über eine unterschiedliche Pinanordnung und sind demnach auch für unterschiedliche Prozessoren vorgesehen.

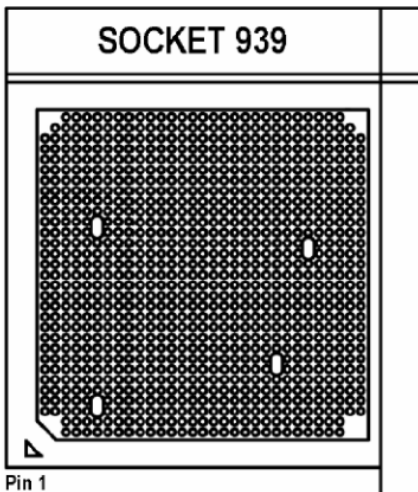


Abbildung 3.24 Der Sockel 939. In der linken Ecke befindet sich der Pin 1.

Der Socket 940 wird für den Athlon FX und auch für den AMD Opteron eingesetzt. Hauptplatinen mit diesem Socket unterstützen ausschließlich Registered DDR-SDRAM-Module im Dual-Channel-Mode.

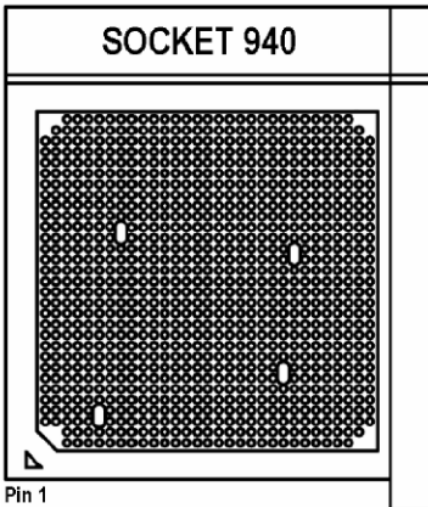


Abbildung 3.25 Der Socket 940. In der linken Ecke befindet sich der Pin 1.

3.6.16 Socket 754

Der Socket 754 kommt beim Athlon 64 in der 754-poligen Version zum Einsatz. Dies ist der erste 64-Bit-Prozessor der Firma AMD für übliche Desktop-PC. Dieser Socket unterstützt Single-Channel DDR-SDRAM-Systeme mit Modulen vom Typ *unbuffered*. Die Abbildung 3.26 zeigt den Socket 754 von oben.

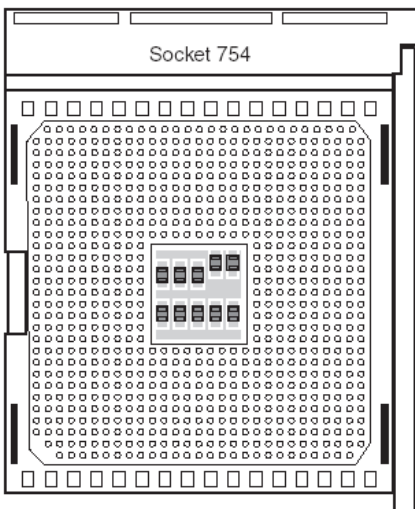


Abbildung 3.26 Der Socket 754 für den Athlon 64

3.6.17 Sockel T

Der Sockel T (LGA 775) wird von den neueren Versionen des Pentium 4 mit Prescott-Kern verwendet. Die erste Prescott-Generation ist für den Sockel 478 ausgelegt. Der Sockel T ist eine Besonderheit, denn hier wird ein so genanntes *Land Grid Array* (LGA) eingesetzt, was bedeutet, dass hier nicht der Prozessor, sondern der Sockel über Kontaktstifte verfügt. Die ersten LGA-Prozessoren sind der Pentium II und der Celeron aus dem Jahre 1997, wo das LGA-Prinzip in der Slot-1-Cartridge angewendet wird.

LGA benutzt Goldkontakte (Lands) an der Unterseite des Substrats als Ersatz für übliche Pins, wie sie bei PGA-Gehäusen verwendet werden. LGA erlaubt eine höhere Kraft beim Klemmen und ist demnach eine stabile Verbindung, die außerdem für eine bessere Wärmeableitung, also für eine gute Kühlung, geeignet ist. LGA ist prinzipiell eine Weiterentwicklung von LCC (Leadless Chip Carrier), was bereits 1984 beim 286-Prozessor zum Einsatz kam, wo goldene Kontaktflächen am Rand des Gehäuses verwendet wurden. LGA ist gewissermaßen auch eine einfachere Version vom Ball Grid Array-Gehäuse (BGA), wobei hier statt Kontaktkugeln eben Goldflächen angebracht sind. Die Kontaktkugeln sind eher für Löt- und nicht für Klemmverbindungen geeignet.

Die ersten LCC-Gehäuse waren aus Keramik, während die ersten Pentium II-LGA-Gehäuse aus Plastik bestehen, die in der Cartridge montiert sind. Heutzutage sind LGA-Gehäuse aus organischem Material und werden direkt gesockelt. Die Pentium 4-LGA-Gehäuse sind demnach eine Kombination unterschiedlicher Gehäusetechnologien, die bereits in der Vergangenheit ihre Anwendung gefunden haben, wie Organic Land Grid Array (OLGA) für das Substrat und wie das Flip-Chip-Prinzip (Controlled Collapse Chip Connection, C4) der direkten Chipverbindung für den Die.

3.6.18 Prozessorslots

Nach der Einführung des Pentium Pro mit integriertem L2-Cache entdeckte Intel, dass das gewählte Gehäuse in der Herstellung sehr teuer war. Deshalb suchte Intel nach einer Möglichkeit, den Cache und möglicherweise auch andere Komponenten einfach und preisgünstig in das Prozessorgehäuse zu integrieren. Intel entwickelte dafür eine neue Technik, bei der der Prozessor im Gehäuse in einen Steckplatz auf der Hauptplatine eingesteckt wird sowie zwei Arten von Steckplätzen für die Hauptplatine.

Der Slot 1 ist ein Steckplatz mit 242 Kontaktpunkten, welcher Pentium II-, Pentium III- und die meisten Celeron-Prozessoren aufnehmen kann. Der Slot 2 ist eine abgewandelte Form vom Slot 1 mit insgesamt 330 Kontakten, der für die Pentium Xeon-Prozessorlinie entwickelt wurde und auch Pentium III-Xeon-Prozessoren aufnehmen kann. Während beim Slot 1 ein SECC-Gehäuse verwendet wird, wurde für den Slot 2 ein neues Gehäuse entwickelt, das wesentlich größer ist als das bisherige. Neben den zusätzlichen Pins besteht der größte Unterschied zwischen dem Slot 1 und dem Slot 2 darin, dass der Slot 2 die Möglichkeit bietet, mehrere Prozessoren auf der Hauptplatine zu koppeln. Der Slot 1 ist hingegen nur auf einen oder maximal zwei Prozessoren ausgelegt. Der Slot 2 wird manchmal auch als SC330 bezeichnet (Slot Connector mit 330 Pins).

Slot 1 (SC242)

Der Slot 1 wird auch SC242 (Slot Connector mit 242 Pins) genannt und dient als Steckplatz für Pentium II/III- und Celeron-Prozessoren mit SEC-Gehäuse.

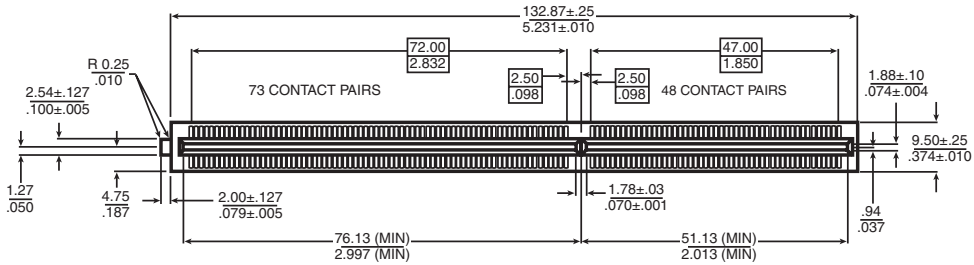


Abbildung 3.27 Abmessungen des Slots 1 und Anordnung der Pins (mm/Zoll)

Slot 2 (SC330)

Slot 2, der auch als SC330 (Slot Connector mit 330 Pins) bezeichnet wird, wird auf High-End-Hauptplatinen verwendet, die die Prozessoren Pentium II und III Xeon unterstützen. In der Abbildung 3.28 ist der Slot 2 zu sehen.

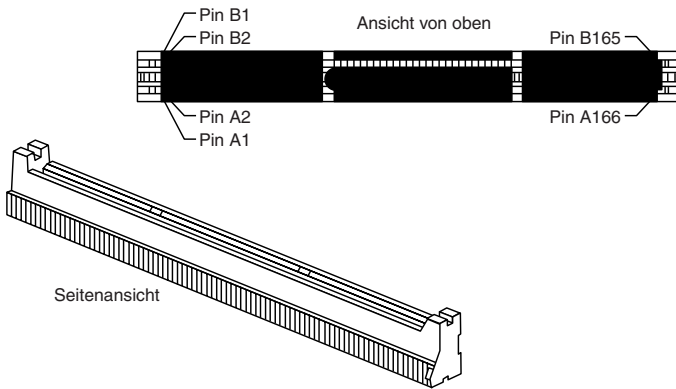


Abbildung 3.28 Abmessungen des Slots 2 und Anordnung der Pins

Die Xeon-Prozessoren und Pentium III-Xeon-Prozessoren sind in einem normalen Gehäuse untergebracht, das ähnlich, aber größer als das ist, das für den normalen Pentium II/III verwendet wird. In der Abbildung 3.29 ist der Aufbau des Xeon-Gehäuses dargestellt.

Hauptplatinen, die mit einem Slot 2 ausgestattet sind, werden in erster Linie in Systemen der oberen Leistungsklasse wie Arbeitsplatzrechnern oder Servern verwendet, die mit dem Xeon-Prozessor ausgerüstet sind. Hierbei handelt es sich um die High-End-Chips von Intel, die sich vom herkömmlichen Pentium II/III hauptsächlich dadurch unterscheiden, dass der L2-Cache mit derselben Geschwindigkeit wie der Prozessorkern arbeitet. Durch die zusätzlichen Kontakte können mehrere Prozessoren auf einer Hauptplatine gekoppelt werden.

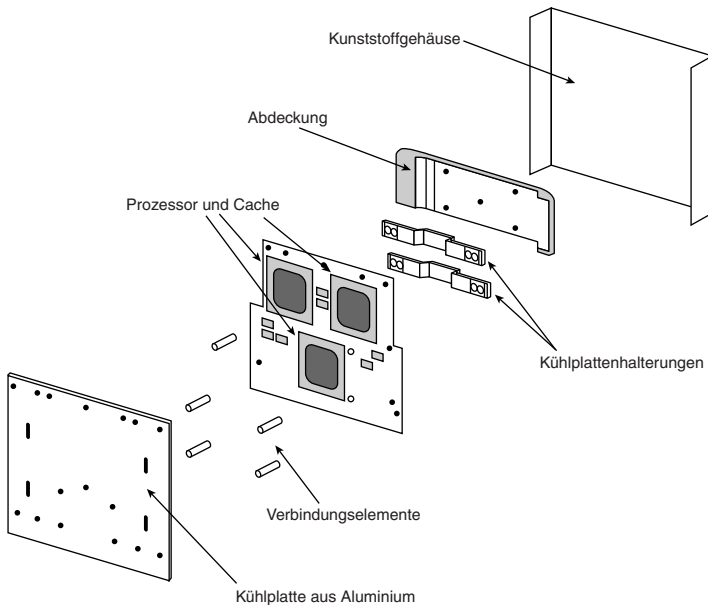


Abbildung 3.29 Das Gehäuse des Pentium II/III Xeon

3.7 CPU-Betriebsspannungen

Ein Trend ist für jeden klar, der die Entwicklung von Prozessoren mitverfolgt hat, nämlich der, dass die Betriebsspannungen immer niedriger wurden. Das bringt drei Vorteile mit sich: Der offensichtlichste ist der, dass bei niedrigen Betriebsspannungen die gesamte Leistungsaufnahme sinkt. Dadurch wird der Betrieb eines Systems preisgünstiger, und – was für tragbare Geräte wichtig ist – ein System kann mit der gegenwärtigen Akkutechnologie länger betrieben werden. Die Tatsache, dass viele Geräte mit Akkus betrieben werden, hat die Entwicklung hin zu einer geringeren Leistungsaufnahme stark vorangetrieben, da diese große Auswirkungen auf die Lebensdauer eines Akkus hat.

Der zweite große Vorteil besteht darin, dass bei einer geringeren Betriebsspannung die Leistungsaufnahme sinkt und somit weniger Wärme erzeugt wird. Prozessoren, die nicht so warm werden, benötigen weniger Platz und halten länger. Der dritte Vorteil ist der, dass ein Prozessor, der mit einer geringeren Leistungsaufnahme nicht so warm wird, schneller getaktet werden kann. Das Reduzieren der Betriebsspannung war einer der wichtigsten Faktoren, die es ermöglichten, die Taktfrequenzen immer weiter erhöhen zu können.

Bis zur Markteinführung des *Pentium Mobile* und des Desktop-Pentium MMX wurden die meisten Prozessoren mit nur einer Betriebsspannung sowohl für den Kern als auch für die I/O-Schaltungen betrieben. Diese betrug ursprünglich 5 V, wurde dann aber auf 3,5 bzw. 3,3 V reduziert. Dieses Verfahren wurde als *VRT* (Voltage Reduction Technology) bezeichnet und erstmals 1996 in mobilen Pentium-Prozessoren eingesetzt. Wenn sowohl für den internen Prozessorkern als auch für den externen Prozessorbus und die I/O-Signale dieselbe Spannung angelegt wird, spricht man von einem Unified Power Plane Design.

Als Intel die erste Version des Pentium-Prozessors für mobile bzw. tragbare Computer entwickelte, wollte man die Leistungsaufnahme deutlich reduzieren und gleichzeitig mit den vorhandenen, auf 3,3 V ausgelegten Chipsätzen, Buslogiken, Speicher und anderen Komponenten kompatibel

bleiben. Dies führte zu einem Dual- bzw. Split-Plane-Powerdesign, bei dem der Prozessorkern mit einer geringeren Spannung betrieben wird, während die I/O-Schaltungen nach wie vor mit 3,3 V versorgt werden. Dies wurde als *Voltage Reduction Technology* (VRT) bezeichnet und zum ersten Mal 1996 bei den Mobile Pentium-Prozessoren implementiert. Danach wurde dieses *Dual Power Plane Design* auch auf Desktop-Prozessoren wie z.B. den Pentium MMX übertragen, bei dem der Kern mit 2,8 V versorgt wurde, während den I/O-Schaltungen 3,3 V zur Verfügung standen. Die meisten neueren Prozessoren weisen inzwischen ein *Dual Power Plane Design* auf, gleichgültig, ob sie für mobile oder für Desktop-Systeme verwendet werden. Einige der neuesten Mobile Pentium II-Prozessoren kommen mit nur 1,6 V für den Prozessorkern aus, während die I/O-Komponenten nach wie vor mit 3,3 V versorgt werden.

Die Spannung genau zu kennen, die ein Prozessor benötigt, ist bei Sockel-8-, Sockel-370-, Sockel-A- oder Pentium-II- (Slot 1 oder Slot 2) Prozessoren sehr wichtig, da diese Steckplätze über spezielle VID-Pins (Voltage ID = Spannungserkennung) verfügen, über die der Prozessor der Hauptplatine die genauen Spannungsanforderungen signalisiert. Damit ist es möglich, die in der Hauptplatine integrierten Spannungsregler allein durch die Installation des Prozessors automatisch auf die richtigen Spannungspegel einzustellen.

Diese Funktion zur automatischen Einstellung der Spannungspegel gibt es erst für Hauptplatinen und Prozessoren nach den Sockel-7-Versionen. Das bedeutet, dass die Hauptplatine mittels Jumper o.ä. auf den Spannungspegel eingestellt werden muss, der für den zu installierenden Prozessor erforderlich ist. Für Pentium-Prozessoren (Sockel 4, 5 bzw. 7) hat es eine Reihe von unterschiedlichen Spannungen gegeben.

Die letzten MMX-Versionen arbeiten, mit Ausnahme der Pentium-Prozessoren für tragbare Systeme, die nur 1,8 V benötigen, alle mit 2,8 V. In der Tabelle 3.20 sind die Betriebsspannungen der Pentium-Sockel-7-Prozessoren von Intel, AMD und Cyrix aufgeführt, die mit zwei Spannungen (Dual Voltage) oder aber nur mit einer Spannung (Single Voltage) arbeiten, d.h., dass dann sowohl der CPU-Kern als auch die I/O-Pins (E/A-Interface) mit derselben Spannung versorgt werden.

Spannung	Prozessor	Prozessor-kern	E/A-Inter-face	Single oder Dual Voltage
VRE (3,5 V)	Intel Pentium	3,5 V	3,5 V	Single
STD (3,3 V)	Intel Pentium	3,3 V	3,3 V	Single
MMX (2,8 V)	Intel MMX Pentium	2,8 V	3,3 V	Dual
VRE (3,5 V)	AMD K5	3,5 V	3,5 V	Single
3,2 V	AMD-K6	3,2 V	3,3 V	Dual
2,9 V	AMD-K6	2,9 V	3,3 V	Dual
2,4 V	AMD-K6-2/K6-3	2,4 V	3,3 V	Dual
2,2 V	AMD-K6/K6-2	2,2 V	3,3 V	Dual
VRE (3,5 V)	Cyrix 6x86	3,5 V	3,5 V	Single
2,9 V	Cyrix 6x86MX/M-II	2,9 V	3,3 V	Dual
MMX (2,8 V)	Cyrix 6x86L	2,8 V	3,3 V	Dual
2,45 V	Cyrix 6x86LV	2,45 V	3,3 V	Dual

Tabelle 3.20 Betriebsspannungen für Single- und Dual-Voltage-Prozessoren

Die meisten Sockel-7- und späteren Pentium-Hauptplatinen stellen aus Gründen der Kompatibilität mehrere Betriebsspannungen (2,5 V, 2,7 V, 2,8 V, 2,9 V) zur Verfügung. Ein auf der Hauptplatine befindlicher Spannungsregler wandelt die Versorgungsspannung (5 V und 12 V) in die jewei-

lige Betriebsspannung für den Prozessor um. In den Unterlagen zu Ihrer Hauptplatine und Ihrem Prozessor können Sie nachlesen, welches die geeigneten Spannungen für Ihr System sind.

Seit dem Pentium-Pro können alle aktuellen Prozessoren ihre benötigten Spannungen automatisch festlegen, indem sie den Spannungsregler der Hauptplatine über integrierte VID-Pins (Voltage ID für Spannungserkennung) steuern.

3.8 Mathematische Coprozessoren

In den folgenden Abschnitten geht es um die im Prozessor integrierte FPU (Floating Point Unit), die noch beim 386er und älteren Chips eine eigenständige externe Komponente war. Als Intel den 486DX auf den Markt brachte, war dieser mit einem integrierten mathematischen Coprozessor ausgestattet. Seither enthalten alle Prozessoren von Intel und anderen Herstellern einen mathematischen Coprozessor.

Die Coprozessoren übernehmen die Gleitkommaoperationen, mit denen die CPU einfach überfordert wäre. Mathematische Coprozessoren beschleunigen ein System nur dann, wenn sie von der Software entsprechend unterstützt werden.

Mathematische Coprozessoren können komplexere mathematische Operationen wie z.B. lange Divisionen, trigonometrische Funktionen, Wurzelberechnungen, Logarithmen usw. zehnhundertmal schneller als der Hauptprozessor ausführen. Die Operationen, die der Coprozessor ausführt, sind allesamt Operationen mit gebrochenen Zahlen, d.h. mit Zahlen mit Stellen nach dem Dezimalkomma. Die Verarbeitung von Zahlen, bei denen die Dezimalstelle nicht immer die letzte Stelle ist, führt zu dem Begriff »Gleitkomma« bzw. »Fließkomma«, da das Dezimalkomma je nach Operation um eine oder mehrere Stellen nach links oder rechts »fließt« bzw. »gleitet«. Die Ganzzahleinheiten der CPU arbeiten mit Ganzzahlen. Sie führen Additionen, Subtraktionen und Multiplikationen aus. Diese Rechenoperationen erfolgen in der CPU und werden nicht auf den mathematischen Coprozessor ausgelagert.

Der Befehlssatz des mathematischen Coprozessors unterscheidet sich von dem des Hauptprozessors. Ein Programm muss erkennen, ob ein Coprozessor vorhanden ist und dann die speziell für diesen Coprozessor geschriebenen Befehle ausführen. Geschieht dies nicht, geschieht nichts, außer dass der Coprozessor Energie verbraucht. Die meisten der heute gebräuchlichen Programme erkennen und nutzen den Coprozessor. Dabei handelt es sich in der Regel um rechenintensive Programme wie Tabellenkalkulationen, Datenbanken, Statistiken und einige Grafikprogramme wie CAD (Computer Aided Design). Textverarbeitungsprogramme profitieren von einem mathematischen Coprozessor nicht und können somit den Coprozessor weder erkennen noch nutzen. In der Tabelle 3.21 sind die für die Prozessoren von Intel erhältlichen Coprozessoren zusammengefasst.

Prozessor	Coprozessor	Prozessor	Coprozessor
8086	8087	486DX2	Integrierte FPU
8088	8087	486DX4/5x86	Integrierte FPU
286	287	Intel Pentium/Pentium MMX	Integrierte FPU
386SX	387SX	Cyrix 6x86/MI/MII	Integrierte FPU
386DX	387DX	AMD K5/K6/Athlon/Duron	Integrierte FPU
486SX	487SX, DX2/OverDrive ¹	Pentium II/III/Celeron/Xeon	Integrierte FPU

Tabelle 3.21 Mathematische Coprozessoren

Prozessor	Coprozessor	Prozessor	Coprozessor
487SX ¹	Integrierte FPU	Pentium 4	Integrierte FPU
486SX2	DX2/OverDrive ²	Athlon 64	Integrierte FPU
486DX	Integrierte FPU	Itanium/Itanium 2	Integrierte FPU

Tabelle 3.21 Mathematische Coprozessoren (Forts.)

FPU = Floating-Point Unit = mathematischer Coprozessor

¹ Der 487SX-Chip ist ein 486DX-Chip mit geänderter Pinbelegung und einem aktivierten mathematischen Coprozessor. Beim Einstecken des 487SX-Chips wird der 486SX-Hauptprozessor deaktiviert und der Coprozessor übernimmt die gesamte Verarbeitung.

² Der DX2/Overdrive entspricht dem SX2 mit einer zusätzlichen FPU.

Die 8087-Coprozessoren sind für unterschiedliche maximale Taktfrequenzen ausgelegt. Eine zusätzliche Ziffer nach der Bezeichnung des Coprozessors gibt die maximale Taktfrequenz an, mit der ein System einen mathematischen Coprozessor betreiben kann (siehe dazu Tabelle 3.22).

Coprozessor	Taktfrequenz	Coprozessor	Taktfrequenz
8087	5 MHz	287	6 MHz
8087-3	5 MHz	287-6	6 MHz
8087-2	8 MHz	287-8	8 MHz
8087-1	10 MHz	287-10	10 MHz

Tabelle 3.22 Maximale Taktfrequenzen der mathematischen Coprozessoren

Bei den 387er mathematischen Coprozessoren sowie bei den 486er- bzw. 487er- und den Pentium-Prozessoren wird die maximale Taktfrequenz in MHz als Endung der eigentlichen Angabe spezifiziert. Ein 486DX2-66 wird beispielsweise mit 66 MHz getaktet. Einige Prozessoren enthalten Taktvervielfacher. Dadurch können sie mit einer anderen Taktfrequenz als das restliche System arbeiten.

Einige Systeme verfügten früher aus Kosten- und Platzspargründen nicht einmal über einen Sockel für einen Coprozessor. Dabei handelt es sich in der Regel um preisgünstige bzw. tragbare Computersysteme wie beispielsweise ältere Laptops, der IBM PS/1 und den PCJunior. Detailliertere Angaben dazu finden Sie in den Abschnitten über die Prozessoren und die entsprechenden Coprozessoren. In der Tabelle 3.23 sind einige Spezifikationen der unterschiedlichen mathematischen Coprozessoren angegeben.

Name	Energieverbrauch	Minimale Gehäuse-Temperatur	Maximale Gehäuse-Temperatur	Anzahl der Transistoren	Erschienen
8087	3 W	0 °C, 32 °F	85 °C, 185 °F	45.000	1980
287	3 W	0 °C, 32 °F	85 °C, 185 °F	45.000	1982
287XL	1,5 W	0 °C, 32 °F	85 °C, 185 °F	40.000	1990
387SX	1,5 W	0 °C, 32 °F	85 °C, 185 °F	120.000	1988
387DX	1,5 W	0 °C, 32 °F	85 °C, 185 °F	120.000	1987

Tabelle 3.23 Spezifikationen der mathematischen Coprozessoren von Intel

Meistens ist der Kennzeichnung auf dem Chip zu entnehmen, um welche CPU und welchen mathematischen Prozessor es sich bei einem bestimmten System handelt.

3.9 Prozessorfehler

Hersteller von Prozessoren verwenden spezielle Ausrüstungen, um ihre eigenen Prozessoren zu überprüfen, die Ihnen so nicht zur Verfügung stehen. Die beste Möglichkeit für Sie, Prozessoren zu überprüfen, ist ein zweites funktionierendes System. Außerdem können Sie Diagnoseprogramme von unterschiedlichen Herstellern oder von Ihrem Systemhersteller verwenden, um die Funktionen der Hauptplatine und des Prozessors zu überprüfen.

Dass Prozessoren schon Fehler enthalten, wenn sie das Werk verlassen, ist zwar selten, lässt sich dennoch nicht ganz vermeiden. Wenn Sie diese Fehler erkennen, können Sie sich unter Umständen einige unnötige Reparaturen bzw. den Austausch des Prozessors sparen. In den folgenden Abschnitten werden einige der typischen Fehler von Prozessoren der jeweiligen Generation näher beschrieben. Wenn Sie mehr über diese Fehler wissen möchten, wenden Sie sich bitte an den Hersteller des Prozessors.

3.9.1 Update-Funktion des Prozessors

Jeder Prozessor kann einen Design- oder sonstigen Fehler aufweisen. Häufig können Auswirkungen eines Fehlers durch die Implementierung von Hardware- oder Software-»Umgehungen« vermieden werden. Intel hat die Fehler, und wie diese umgangen werden können, in den *Specification Update Manuals* zu den Prozessoren gut dokumentiert. Diese Manuals können von der Webseite von Intel geladen werden. Andere Hersteller von Prozessoren geben auf ihren Webseiten ebenfalls Tipps und Hinweise zu Problemen mit Prozessoren und deren Behebung an.

Bisher bestand die einzige Möglichkeit, einen Prozessorfehler zu beheben, darin, den Fehler zu umgehen oder den defekten Prozessor durch einen fehlerfreien zu ersetzen. Mit einer neuen Funktion, die ab dem Pentium Pro integriert wurde, können viele Fehler durch die Änderung des Mikrocodes im Prozessor behoben werden. Diese Prozessoren verfügen über eine neue Funktion, den »reprogrammable Microcode«, also wiederprogrammierbarer Mikrocode. Mit dieser Funktion können bestimmte Fehler mittels Aktualisierung des Mikrocodes behoben werden. Die Mikrocode-Updates sind im ROM-BIOS des Systems gespeichert und werden vom System-BIOS während des POST in den Prozessor geladen. Bei jedem Neustart des Systems wird der Reparaturcode neu geladen. Damit wird sichergestellt, dass die Fehlerbehebungsfunktion immer geladen ist, wenn der Prozessor arbeitet.

Den aktualisierten Mikrocode für einen Prozessor stellt Intel den Hauptplatinenherstellern bereit, die ihn dann in das ROM-BIOS der Platine integrieren können. Dies ist einer der Gründe, warum Sie unbedingt das aktuellste BIOS installieren sollten, wenn Sie den Prozessor gegen ein neueres Modell austauschen. Denn ist Ihr Prozessor neuer als das ROM-BIOS auf der Hauptplatine, enthält das ROM-BIOS sehr wahrscheinlich nicht den aktualisierten Mikrocode, der Ihren Prozessor unterstützt. Besuchen Sie die Website des Hauptplatinenherstellers, um sich das neueste BIOS-Update für Ihre Hauptplatine zu besorgen.

3.10 Codenamen von Prozessoren

Intel, AMD und Cyrix haben immer Codenamen für künftige Prozessoren verwendet. Eigentlich ist es nicht beabsichtigt, dass diese Codenamen öffentlich bekannt werden. Dennoch geschieht dies häufig. Oft sind diese Bezeichnungen in Magazinen in Artikeln über Prozessoren künftiger Generationen zu lesen. Gelegentlich sind diese Bezeichnungen sogar in den Handbüchern zu den Hauptplatinen erwähnt. In der Tabelle 3.24 sind einige wichtige Codenamen für Prozessoren von AMD, Cyrix und Intel aufgeführt.

AMD-Codename	Beschreibung
X5	5x86-133 für Sockel 3
SSA5	K5, PR75-PR100 für Sockel 5 und 7
5k86	K5, PR120-PR200 für Sockel 7
K6	Original K6-Kern für Sockel 7
NX686	NexGen K6-Kern, wurde zum K6
Little Foot	0,25 µm-K6 für Sockel 7
Chompers	K6-2 für Sockel 7 und Super 7
Sharptooth	K6-3 für Super 7
Argon	Ehemals K7
K7	Athlon für Slot A
K75	0,18 µm Athlon für Slot A
K76	0,18 µm Athlon mit Kupferverbindungen für Slot A
K8	Athlon 64
Thunderbird	Athlon, Slot A und Sockel A
Mustang	Athlon mit größerem L2-Cache
Corvette	Ehemals Athlon Mobile, jetzt Palomino
Palomino	0,18 µm Athlon XP/MP/Mobile für Sockel A
Thoroughbred	0,13 µm Athlon XP/MP mit 512 KB-L2-Cache für Sockel A
Spitfire	Duron für Sockel A
Camaro	Ehemals Morgan
Appaloosa	0,13 µm Morgan für Sockel A
ClawHammer	Athlon 64 für Sockel 754
ClawHammer DP	Ältere Bezeichnung für Opteron DP für Sockel 940
San Diego	0,09 µm Athlon 64
Odessa	0,09 µm Mobile Athlon 64
SledgeHammer	Opteron für Sockel 940
VIA/Cyrix-Codename	Beschreibung
M6	486DX für Sockel 1, 2 und 3
M7	486DX2/DX4 für Sockel
M9	5x86 für Sockel 3
M1sc	5x86 für Sockel 3
Chili	5x86-Projekt
M1	6x86 (3,3 V/3,52 V) für Sockel 7
M1L	6x86 (2,8 V) für Sockel 7
M1R	6x86 im IBM-Prozess
M2	6x86MX/MII für Sockel 7 und Super 7
Cayenne	MXi und Gobi
Jedi	Ehemals Joshua, vor Gobi
Gobi	Ehemals Joshua

Tabelle 3.24 Codennamen von Prozessoren

VIA/Cyrix-Codename	Beschreibung
Joshua	Ehemals Cyrix III
MXi	Spezielle integrierte CPU
Jalapeno	Ehemals Mojave
Mojave	M3 für Sockel 370
Serrano	M4
C5	Samuel, Winchip 4
C5B	0,15 µm Samuel 2
C5C	0,13 µm Ezra
C5M	Ezra-T
C5N	Ezra-T mit Kupferverbindungen
Samuel	C3 für Sockel 370
Samuel 2	0,15 µm C3 für Sockel 370
Ezra	0,13 µm C3 für Sockel 370
Ezra-T	Ezra 1,25 V für Sockel 370
C5X	Nehemiah
C5XL	Nehemiah Low Power mit kleinem L2-Cache
C5YI	Esther
Nehemiah	C3 für Sockel 370
Esther	C4 für Sockel 370
CZA	0,10 µm für Sockel 478
Matthew	Spezielle integrierte CPU

Intel-Codename	Beschreibung
P24S	486DX2-SL für Sockel 1, 2 und 3
P24D	486DX2 Write-Back-Cache für Sockel 3
P24C	486DX4 für Sockel 3
P23T	486DXODP, 486-OverDrive für Sockel 3
P4T	486DXODPR, 486-OverDrive für Sockel 1, 2, und 3
P24T	PODP 5 V, Pentium-OverDrive für Sockel 2 und 3
P24CT	Pentium-Overdrive 3.3 V für Sockel 2 und 3
P5	Pentium 60/66 MHz für Sockel 4
P5T	Pentium-OverDrive 120/133 MHz für Sockel 4
P54C	Pentium 75 MHz - 120 MHz für Sockel 5 und 7
P54CQS	Pentium 120 MHz – 133 MHz für Sockel 5 und 7
P54CS	Pentium 120 MHz – 200 MHz für Sockel 7
P54CT(A)	Pentium-OverDrive für Sockel 5 und 7
P55C	Pentium-MMX für Sockel 7
P54CTB	Pentium-OverDrive-MMX für Sockel 5 und 7
Tillamook	Mobile Pentium MMX

Tabelle 3.24 Codenamen von Prozessoren (Forts.)

Intel-Codename	Beschreibung
P6	Pentium Pro für Sockel 8
P6T	Pentium II OverDrive für Sockel 8
Klamath	0,35 µm Pentium II für Slot 1
Deschutes	0,25 µm Pentium II für Slot 1
Drake	0,25 µm Pentium II Xeon für Slot 2
Tonga	Mobile Pentium II
Covington	Celeron ohne L2-Cache für Slot 1
Mendocino	0,25 µm Celeron, 128 KByte On-Die L2-Cache für Slot 1 und Sockel 370
Dixon	Mobiler Pentium II, 256 KByte On-Die L2-Cache
Katmai	0,25 µm Pentium III, SSE für Slot 1
Tanner	0,25 µm Pentium III Xeon, SSE für Slot 2
Coppermine	0,18 µm Pentium III, On-Die L2-Cache für Slot 1 und Sockel 370
Tualatin	0,13 µm Pentium III für Sockel 370
Coppermine-T	0,18 µm Pentium III, geringere Core-Spannung für Sockel 370
Cascades	0,18 µm Pentium III Xeon für Slot 2
Coppermine-128	0,18 µm Celeron, 128 KByte L2-Cache für Sockel 370
Timna	Mobile Celeron mit DRAM-Controller
P68	Willamette
Willamette	0,18 µm Pentium 4 für Sockel 423 und Sockel 478
Northwood	Pentium 4 für Sockel 478
Prescott	0,09 µm Pentium 4, Hyperthreading für Sockel 478
Banias	0,13 µm Pentium M, 1024 KByte L2-Cache
Foster	Xeon DP für Sockel 603
Foster MP	Xeon MP für Sockel 603
Prestonia	0,13 µm Xeon DP für Sockel 603
Gallatin	0,13 µm Xeon MP für Sockel 603
Nocona	0,09 µm Xeon für Sockel 603
Dothan	0,09 µm Pentium M, 2048 KByte L2-Cache
P7	Ehemals Merced (Itanium)
Merced	Itanium, PAC 418
McKinley	Itanium 2, 3072 KByte On-Die L3-Cache, PAC 418
Madison	0,13 µm Itanium 2
Deerfield	Low-cost Madison
Montecito	0,09 µm Madison
Shavano	Zukünftige CPU der Itanium-Familie

Tabelle 3.24 Codennamen von Prozessoren (Forts.)

Beachten Sie, dass es sich bei den Angaben in der Tabelle nicht um offizielle Bezeichnungen handelt. Nach Einführung eines Chips wird in der Regel ein Marketing-Name benutzt. Einige der Prozessoren sind noch nicht erhältlich, und ihre Namen können sich deshalb auch noch ändern.

3.11 Prozessoren der fünften Generation

Dieser Abschnitt beschreibt die Prozessoren der fünften Generation. Die vorherigen Generationen – vom 8088- bis hin zum 486-Prozessor – werden in diesem Buch nicht mehr weiter behandelt.

3.11.1 Pentium-Prozessoren

Am 19. Oktober 1992 gab Intel bekannt, dass die fünfte Generation ihrer kompatiblen Mikroprozessoren mit dem Codenamen P5 nicht, wie alle erwartet hatten, 586 heißen soll, sondern *Pentium*. Intel entschloss sich zu diesem Schritt, weil der Name 586 nicht als Warenzeichen geschützt werden konnte. Intel wollte jedoch verhindern, dass andere Hersteller irgendwelche Nachbauten unter derselben Bezeichnung verkauften. Der Pentium-Chip kam am 22. März 1993 auf den Markt. Und wenige Monate später gab es die ersten Computersysteme mit einem Pentium-Chip.

Der Pentium ist voll kompatibel zu den älteren Prozessoren von Intel, unterscheidet sich von diesen jedoch in vielen Bereichen. Zumindest einer der Unterschiede ist revolutionär: Der Pentium verfügt über zwei Pipelines, mit deren Hilfe zwei Befehle gleichzeitig ausgeführt werden können. Der 486er- und alle älteren Chips können immer nur einen Befehl pro Zeiteinheit ausführen. Intel bezeichnet diese Fähigkeit, zwei Befehle gleichzeitig ausführen zu können, als *Superskalar-Technologie*. Die Superskalar-Architektur wird meist mit den sehr leistungsfähigen RISC-Chips in Verbindung gebracht. Der Pentium ist jedoch einer der ersten superskalaren CISC-Chips. Damit ist der Pentium nahezu wie zwei 486er-Prozessoren in einem. In der Tabelle 13.25 sind die Spezifikationen des Pentium-Prozessors angegeben.

Eigenschaften	Daten
Erschienen:	22. März 1993 (erste Generation) 7. März 1994 (zweite Generation)
Maximale Taktfrequenzen:	60, 66 MHz (erste Generation) 75, 90, 100, 120, 133, 150, 166, 200 MHz (zweite Generation)
Taktvervielfachung der CPU:	1x (erste Generation) 1,5x bis 3x (zweite Generation)
Registergröße:	32 Bit
Größe des internen Cache:	8 KByte für Befehle, 8 KByte für Daten
Cache-Typ:	2-Bereiche-Assoziativ-Cache, Write-Back
Burst-Mode-Übertragungen:	Ja
Anzahl der Transistoren:	3,1 Millionen
IC-Größe:	0,8 μm (60/66 MHz) 0,6 μm (75-100 MHz) 0,35 μm (ab 120 MHz)
Mathematischer Coprozessor:	Integrierte FPU
Gehäuse:	PGA mit 273 Pins, SPGA mit 296 Pins
Power-Management:	SMM, in der zweiten Generation erweitert
Betriebsspannung:	5 V (erste Generation), 3,465 V, 3,3 V, 3,1 V, 2,9 V (zweite Generation)

Tabelle 3.25 Spezifikationen des Pentium-Prozessors

PGA = Pin Grid Array

SQFP = Small Quad Flat Pack

Spätere Pentium- und Pentium-II-Systeme sind mit DIMMs ausgestattet, die ebenso wie der externe Datenbus des Prozessors 64 Bit umfassen, sodass nur ein DIM-Modul pro Bank erforderlich ist. Dadurch wird das Installieren bzw. Aufrüsten von Speicher deutlich einfacher, da die DIM-Module stückweise und nicht paarweise installiert werden müssen.

Obwohl der Pentium Informationen mit einem 64-Bit-breiten Datenbus überträgt, verfügt er nur über 32-Bit-breite interne Register. Da Befehle intern verarbeitet werden, werden sie in 32 Bit große Befehle und Datenelemente zerlegt und praktisch genauso verarbeitet wie beim 486er-Prozessor. Somit findet zwar tatsächlich ein 64-Bit-Datentransfer statt, die interne Verarbeitung der Daten erfolgt jedoch nach wie vor mit 32 Bit. Die 32-Bit-Register des Pentium sind voll kompatibel zu denen des 486er-Prozessors.

Der Pentium verfügt über zwei unabhängige Cache-Speicher mit je acht KByte. Der 486er-Prozessor ist im Vergleich dazu mit einem 8-KByte- oder 16-KByte-Cache ausgestattet. Der Cachecontroller und der Cache-Speicher sind beide mit im CPU-Chip untergebracht. Der Cache-Speicher speichert die Informationen des normalen Arbeitsspeichers, indem er eine Kopie der Daten und Befehle der unterschiedlichen Speicheradressen aufbewahrt. Der Pentium-Cache kann auch Informationen speichern, die dann in den Arbeitsspeicher übertragen werden, wenn die CPU und andere Systemeinheiten gerade nicht so beschäftigt sind. Beim 486er-Prozessor werden Einträge in den Arbeitsspeicher immer sofort erledigt.

Die unabhängigen Befehls- und Daten-Caches sind Zwei-Fach-Assoziativ-Caches mit je 32 Byte pro Bereich. Jeder Cache verfügt über einen ihm zugeordneten TLB (Translation Lookaside Buffer), der die linearen Adressen in physikalische Adressen umsetzt. Der Daten-Cache kann als Write-Back- oder als Write-Through-Cache konfiguriert werden.

Im Write-Back-Cache können sowohl Schreib- als auch Leseoperationen gespeichert werden. Dadurch wird die Leistung gegenüber einem Nur-Lese-Write-Through-Cache weiter gesteigert. Das ist eine wichtige Errungenschaft, da der Zugriff der CPU auf den Arbeitsspeicher immer einen Engpass darstellt. Der Befehls-Cache ist von Natur aus ein schreibgeschützter Cache-Speicher, da er nur Befehle enthält und keine Daten, die aktualisiert werden müssten. Da dieser Cache-Speicher im Burst-Mode arbeitet, ist er sehr schnell.

Systeme mit einem Pentium-Prozessor profitieren besonders vom L2-Cache, der im Allgemeinen aus über 512 KByte extrem schnellen (weniger als 15 ns) SRAM-Chips besteht. Wenn die CPU Daten holt, die noch nicht im internen L1-Cache des Prozessors zur Verfügung stehen, wird die CPU aufgrund der notwendigen Waitstates langsamer. Befinden sich die Daten dagegen schon im L2-Cache, kann die CPU ohne Waitstates weiterarbeiten.

Der Pentium arbeitet mit der BiCMOS-Technologie (bipolar CMOS). Durch die BiCMOS-Technologie wird der Chip zwar um etwa 10% komplexer, aber die Leistung wird um etwa 30-35% gesteigert, ohne dass der Chip dadurch größer wird oder mehr Energie verbraucht.

Alle Pentium-Prozessoren sind SL-Enhanced-Prozessoren. Das bedeutet, dass sie ein SMM (System Management Module) enthalten, das die Power-Management-Funktionen steuert. Dadurch wird der Energieverbrauch der Systeme gesenkt. Die Pentium-Prozessoren der zweiten Generation (75 MHz und schneller) enthalten ein verbessertes SMM, das eine Prozessor-Taktsteuerung enthält. Mit Hilfe dieser Taktsteuerung kann der Prozessor herauf- und heruntergefahren und somit der Energieverbrauch gesteuert werden. Bei diesen verbesserten Pentium-Prozessoren können Sie den Taktgeber sogar ganz ausschalten und versetzen den Prozessor dadurch in einen vorübergehenden Ruhezustand, in dem er nur noch sehr wenig Energie verbraucht. Die Pentium-Prozessoren der zweiten Generation benötigen eine Betriebsspannung von 3,3 V (statt 5 V) und reduzieren dadurch ihre Leistungsaufnahme und werden folglich nicht mehr so heiß.

Viele Pentium-Hauptplatinen stellen eine Betriebsspannung von 3,465 V oder 3,3 V zur Verfügung. Die Einstellung mit 3,465 V wird von Intel mit VRE (Voltage Reduced Extended) bezeichnet. Einige Pentium-Prozessoren, insbesondere der 100-MHz-Prozessor, erfordern diese Einstellung. Die Standardeinstellung mit 3,3 V wird von Intel mit STD (Standard) bezeichnet und ist für die meisten Pentium-Prozessoren der zweiten Generation vorgesehen. Dabei liegt die STD-Spannung in einem Bereich von 3,135 V und 3,465 V, mit einem Nennwert von 3,3 V.

Überdies gibt es eine spezielle 3,3-V-Einstellung, VR (Voltage Reduced) genannt, die den Spannungsbereich auf 3,300 bis 3,654 V mit einem Nennwert von 3,38 V eingrenzt. Einige Prozessoren erfordern diesen engeren Spannungsbereich, der von den meisten Hauptplatinen zur Verfügung gestellt wird. Die Tabelle 3.26 zeigt eine Zusammenfassung.

Spannung	Nennwert	Toleranz	Minimum	Maximum
STD (Standard)	3,30 V	$\pm 0,165$	3,135 V	3,465 V
VR (Voltage Reduced)	3,38 V	$\pm 0,083$	3,300 V	3,465 V
VRE (VR Extended)	3,50 V	0,100	3,400 V	3,600 V

Tabelle 3.26 Spannungsspezifikationen

Um den Energieverbrauch noch weiter zu senken, hat Intel die speziellen Mobile-Pentium-Prozessoren mit 75 bis 200 MHz auf den Markt gebracht. Bei diesen Modellen ist der Prozessor nicht in einem herkömmlichen Chipgehäuse, sondern auf dem neuen so genannten TCP (Tape Carrier Packaging) untergebracht. In diesem TCP ist der Chip nicht wie in einem herkömmlichen Gehäuse aus Keramik oder Kunststoff untergebracht, sondern das Siliziumplättchen, das die ganzen Schaltungen enthält, wird nur durch eine dünne Kunststoffschicht geschützt. Der komplette Prozessor ist damit nur 1 mm dick und wiegt weniger als ein Gramm. Diese Prozessoren werden an Hersteller von Computersystemen in Rollen verkauft, die wie ein Filmstreifen aussehen. Der TCP-Prozessor wird mit einer speziellen Maschine direkt auf der Hauptplatine befestigt. Das Ergebnis ist ein kleineres Gehäuse, ein geringeres Gewicht, eine bessere Wärmeabführung und ein geringerer Energieverbrauch. Spezielle Pins, die sich auf der Platine direkt unter dem Prozessor befinden, leiten die Wärme ab. Somit ist eine bessere Kühlung auch in engen Notebooks und Laptops gewährleistet und es wird kein zusätzlicher Lüfter benötigt.

Der Pentium ist wie der 486er-Prozessor mit einem internen mathematischen Coprozessor (FPU) ausgestattet. Die FPU des Pentium wurde überarbeitet und ist jetzt bedeutend besser als die FPU im 486er-Prozessor. Trotzdem ist die FPU des Pentium voll kompatibel zu der 486- und 387-FPU. Die Pentium-FPU ist schätzungsweise zwei- bis zehnmal schneller als die FPU im 486er-Prozessor.

Zusätzlich sind durch die beiden Befehls-Pipelines des Pentium zwei Einheiten gegeben, die die üblichen Ganzzahlberechnungen übernehmen; der mathematische Coprozessor übernimmt nur die komplexeren Berechnungen. Andere Prozessoren, wie der 486er, verfügen nur über eine Befehls-Pipeline und eine Ganzzahl-Berechnungs-Einheit. Die Pentium-FPU enthält interessanterweise einen Fehler, der sehr bekannt wurde. Lesen Sie dazu den Abschnitt über die Fehler beim Pentium weiter hinten in diesem Kapitel.

Pentium-Prozessor der ersten Generation

Der Pentium ist in drei Grundmodellen erhältlich, wobei es von jedem Modell unterschiedliche Ausführungen gibt. Den Pentium der ersten Generation gab es mit den Taktfrequenzen 60 und 66 MHz. Diese Versionen sind inzwischen nicht mehr erhältlich. Hier war der Prozessor in einem PGA-Gehäuse mit 273 Pins untergebracht und benötigte eine Betriebsspannung von 5 V. Bei diesem Modell waren die Taktfrequenzen des Prozessors und der Hauptplatine gleich.

Der Pentium der ersten Generation wurde in einem 0,8- μm -BiCMOS-Prozess hergestellt. Mit den insgesamt 3,1 Millionen Transistoren war die Schaltung sehr umfangreich und daher kompliziert herzustellen. Ein Problem war die geringere Verarbeitungsleistung, die daraus resultierte; Intel schaffte es nicht, den Prozessor in dieser Technologie schnell genug zu machen. Der 0,8- μm -Prozess wurde auch von anderen Herstellern wie Motorola und IBM kritisiert, die für ihre damaligen Chips bereits die 0,6- μm -Technologie verwendeten. Aufgrund der Größe des Chips und der 5 V Betriebsspannung benötigten die 66-MHz-Prozessoren bis zu 3,2 A und hatten somit eine Leistungsaufnahme von 16 W. Damit erzeugte der Chip eine ganze Menge Wärme und Computersysteme benötigten häufig einen zusätzlichen Lüfter, um den Prozessor zu kühlen. Mit einem zusätzlichen Lüfter konnte dieses Problem glücklicherweise behoben werden, zumindest solange der Lüfter funktionierte.

Die meisten Kritikpunkte, die Intel gegenüber geäußert wurden, waren gerechtfertigt. Einige haben den Pentium der ersten Generation als noch nicht »fertigen« Chip angesehen und auf die zweite Generation mit einer verbesserten Technologie gewartet. Viele, so auch der Autor dieses Buches, haben davon abgeraten, ein Computersystem mit einem Pentium der ersten Generation zu kaufen. Besser ist es, auf den Pentium der zweiten Generation zu warten.

Tipp

Das ist überhaupt eine der wichtigsten Regeln: Nie einen Prozessor der ersten Generation kaufen. Das heißt nicht, dass man unendlich lange warten soll, weil es immer einen noch besseren Prozessor geben wird, aber in manchen Fällen ist es doch sehr ratsam, ein bisschen Geduld zu haben.

Für diejenigen, die sich einen Pentium der ersten Generation gekauft hatten, gab es aber noch einen Ausweg. Wie bei den 486er-Systemen bot Intel OverDrive-Chips an, mit denen Sie die Taktfrequenz Ihres Pentium-60- bzw. -66-Prozessors praktisch verdoppeln konnten. Dabei handelt es sich um einzelne Chips, die Sie gegen Ihre vorhandene CPU austauschen. Da die nachfolgenden Pentium-Chips zum Sockel 4 des Pentium 60 bzw. 66 nicht kompatibel sind, sind diese Overdrive-Chips die einzige Möglichkeit, ein bestehendes System mit einem Pentium der ersten Generation aufzurüsten, ohne die Hauptplatine austauschen zu müssen.

Allgemein, war es jedoch sinnvoller, sich zu überlegen, ob Sie nicht lieber doch gleich die Hauptplatine austauschen wollten und damit einen Prozessor erwarten, der um ein Vielfaches schneller war, als der alte, anstatt einen OverDrive-Prozessor zu nutzen, der lediglich doppelt so schnell war.

Pentium-Prozessor der zweiten Generation

Am 7. März 1994 kündigte Intel den Pentium der zweiten Generation mit dem Codenamen P54C an. Dieser neue Prozessor wurde als Ausführung mit 90 MHz bzw. 100 MHz eingeführt. Kurz darauf folgte eine Version mit 75 MHz. Später wurden noch Ausführungen mit 120 MHz, 133 MHz, 150 MHz, 166 MHz und 200 MHz auf den Markt gebracht. Bei den Pentium-Prozessoren der zweiten Generation (75/90/100 MHz) wurde die 0,6- μm -BiCMOS-Technologie verwendet. Dadurch wurde die Schaltung kleiner und der Energieverbrauch sank. Bei den neueren und schnelleren Prozessoren der zweiten Generation ab 120 MHz wurde die Schaltung durch die 0,35- μm -BiCMOS-Technologie noch kleiner. Diese kleineren Schaltungen wurden nicht aus der 0,6- μm -Schaltung entwickelt, sondern sind im Prinzip eine fotografische Verkleinerung der P54C-Schaltung. Der Chip für den Pentium ist in Abbildung 3.31 dargestellt.

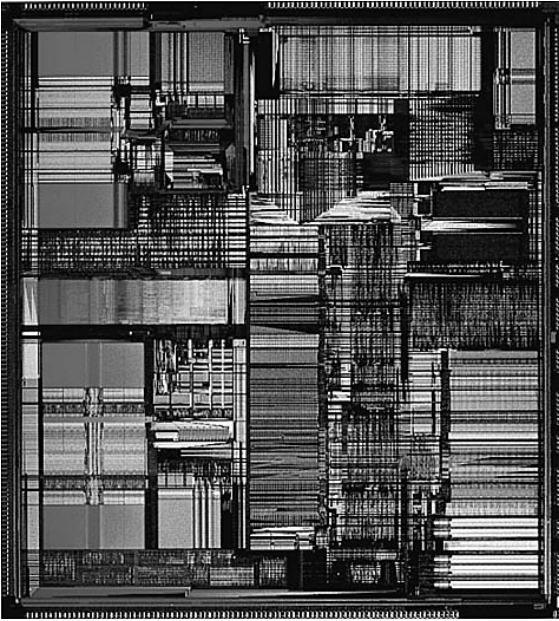


Abbildung 3.31 Der Pentium-Die

Diese Prozessoren arbeiten außerdem bei einer Betriebsspannung von 3,3 V oder noch weniger. Der 100-MHz-Prozessor benötigt maximal 3,25 A und hat somit bei 3,3 V eine Leistungsaufnahme von 10,725 W. Der 150-MHz-Chip braucht 3,5 A und eine Spannung von 3,3 V (11,6 W); der 166-MHz-Chip zieht 4,4 A (14,5 W); und der 200-MHz-Chip verbraucht 4,7 A (15,5 W).

Die Pentium-Prozessoren der zweiten Generation sind in einem SPGA-Gehäuse (Staggered Pin Grid Array) mit 296 Pins untergebracht und damit physikalisch zu den Prozessoren der ersten Generation nicht kompatibel. Die einzige Möglichkeit, ein System von der ersten Generation auf die zweite aufzurüsten, besteht darin, die gesamte Hauptplatine auszutauschen. Die Pentium-Prozessoren der zweiten Generation verfügen mit 3,3 Millionen Transistoren auch über mehr Transistoren als alle bisherigen Prozessoren. Diese zusätzlichen Transistoren sind für weitere Verbesserungen der Taktsteuerung und für den integrierten APIC (Advanced Programmable Interrupt Controller) und die Doppelprozessorschnittstelle (Dual Processor Interface) verantwortlich.

Mit Hilfe des APIC und dem Dual Processor Interface können auf einer Hauptplatine zwei Pentium-Chips der zweiten Generation gleichzeitig arbeiten. Viele der Hauptplatinen sind mit Doppelsokkel 5 bzw. 7 ausgestattet, die den Multiprozessorbetrieb dieser Chips voll unterstützen. Die entsprechende Software, unter der Bezeichnung SMP (Symmetric Multi-Processing) bekannt, wurde schon in Betriebssystemen wie Windows und OS/2 integriert.

Die Pentium-Prozessoren der zweiten Generation sind mit einem Taktvervielfacher ausgestattet, mit dessen Hilfe der Prozessor schneller ist als der Bus. Der 150-MHz-Prozessor hat die zweieinhalbfache Taktfrequenz vom Bus, die üblicherweise bei 60 MHz liegt. Der 200-MHz-Prozessor kann mit dreifacher Taktfrequenz mit einem 66-MHz-Bus arbeiten.

Praktisch alle Pentium-Hauptplatinen können auf drei Taktfrequenzen eingestellt werden: 50, 60 und 66 MHz. Pentium-Chips sind mit unterschiedlichen internen Taktvervielfachern erhältlich, mit deren Hilfe der Prozessor mit unterschiedlichen Vielfachen der Hauptplatinen-Taktfrequenz arbeiten kann.

Das Verhältnis der Prozessortaktfrequenzen zu den Bustaktfrequenzen der Hauptplatine bzw. der Taktvervielfacher wird in einem Pentium-Prozessor von den beiden auf dem Chip mit BF1 und BF2 gekennzeichneten Pins gesteuert. In der Tabelle 3.27 ist dargestellt, wie die BF-Pins (Bus-Frequenz-Pins) die Taktvervielfachung in einem Pentium-Prozessor beeinflussen.

BF1	BF2	Taktvervielfacher	Bustakt in MHz	CPU-Takt in MHz
0	1	3x	66	200
0	1	3x	60	180
0	1	3x	50	150
0	0	2,5x	66	166
0	0	2,5x	60	150
0	0	2,5x	50	125
1	0	2x/4x	66	133/266 ¹
1	0	2x	60	120
1	0	2x	50	100
1	1	1,5x/3,5x	66	100/233 ¹
1	1	1,5x	60	90
1	1	1,5x	50	75

Tabelle 3.27 Pentium-BF_x-Pins für die Taktvervielfachung

¹ Bei den Prozessoren mit 233 MHz bzw. mit 266 MHz wurden die Taktvervielfacher von 2x auf 4x bzw. von 1,5x auf 3,5x geändert.

Nicht alle Chips unterstützen diese BF-Pins (Bus-Frequenz-Pins). D.h. einige Pentium-Prozessoren arbeiten nur mit einer bestimmten Kombination von Einstellungen oder sogar nur mit einer fest eingestellten Taktfrequenz. Viele der Hauptplatinen sind mit Jumpern oder Schaltern ausgestattet, mit deren Hilfe die BF-Pins angesteuert und womit in diesem Chip unterschiedliche Taktfrequenzen eingestellt werden können.

So kann man beispielsweise mit 75 MHz getaktete Pentium-Chips mit 133 MHz arbeiten lassen, indem man den Takt des Prozessors verdoppelt und die Taktfrequenz des Hauptplatine durch Ändern einiger Jumper auf 66 MHz heraufsetzt. Man spricht hier von *Übertaktung*. Dieses Thema wird im gleichnamigen Abschnitt in diesem Kapitel besprochen. Was Intel bei den neuesten Pentium-Prozessoren unternommen hat, um die Leute davon abzuhalten, ihre Prozessoren zu übertakten, wird am Ende des Abschnitts über die Herstellung der Prozessoren beschrieben.

Intel bot auch einen OverDrive-Chip für die Aufrüstung der Pentium-Prozessoren der zweiten Generation an. Diese OverDrive-Chips verfügen über einen Taktverdreifacher, ersetzen die vorhandene CPU in Sockel 5 bzw. 7 und erhöhen die Taktfrequenz des Prozessors auf bis zu 200 MHz (mit einer Hauptplatinentaktfrequenz von 66 MHz). Außerdem kommt mit diesen Chips noch die MMX-Funktionalität hinzu. Einfach ausgedrückt bedeutet das, dass ein Pentium-System mit 100 MHz, 133 MHz oder 166 MHz, das mit dem OverDrive-Chip ausgerüstet ist, auf eine Prozessortaktfrequenz von 200 MHz kommt. Die wohl beste Eigenschaft dieser Pentium-OverDrive-Chips ist die, dass mit ihnen die MMX-Technologie integriert wird. Mit Hilfe dieser Technologie ist bei der Ausführung von Multimedia-Anwendungen eine deutliche Leistungssteigerung zu verzeichnen.

Wenn Sie über eine Sockel-7-Hauptplatine verfügen, benötigen Sie die speziellen OverDrive-Versionen des Pentium-Prozessors mit integrierten Spannungsreglern wahrscheinlich nicht. Stattdessen können Sie einen gewöhnlichen Pentium- oder Pentium-kompatiblen Chip kaufen und

einfach gegen den vorhandenen Prozessor austauschen. Sie müssen allerdings bei der Taktvervielfachung und insbesondere bei der Spannung die für den neuen Prozessor richtigen Einstellungen vornehmen.

3.11.2 Pentium-MMX-Prozessoren

Eine dritte Generation von Pentium-Prozessoren mit dem Codenamen P55C kam im Januar 1997 auf den Markt. Bei diesen Prozessoren ist die von Intel so genannte MMX-Technologie der zweiten Generation integriert. Diese Pentium-MMX-Prozessoren sind mit Taktfrequenzen von 66/166 MHz, 66/200 MHz und 66/233 MHz sowie als Version ausschließlich für tragbare Computer mit 66/266 MHz erhältlich.

Die MMX-Prozessoren haben mit den Pentium-Prozessoren der zweiten Generation sehr vieles wie beispielsweise die superskalare Architektur, die Unterstützung mehrerer Prozessoren, den integrierten APIC-Controller und die Stromsparfunktionen gemeinsam. Zu den neuen Funktionen zählen eine MMX-Pipeline, 16-KByte-Code-Write-Back-Cache (im Vergleich zu acht KByte bei früheren Pentium-Prozessoren) und 4,5 Millionen Transistoren.

Pentium-MMX-Chips werden in einem 0,35- μ m-CMOS-Siliziumprozess hergestellt, womit geringere Spannungen von nur 2,8 V möglich sind. Die entsprechenden Prozessoren für tragbare Computer mit 233 MHz und 266 MHz werden in einem 0,25- μ m-Prozess hergestellt und benötigen lediglich 1,8 V. Mit dieser neueren Technologie benötigt der 266-MHz-Prozessor weniger Energie als ein 133-MHz-Prozessor ohne MMX-Technologie.

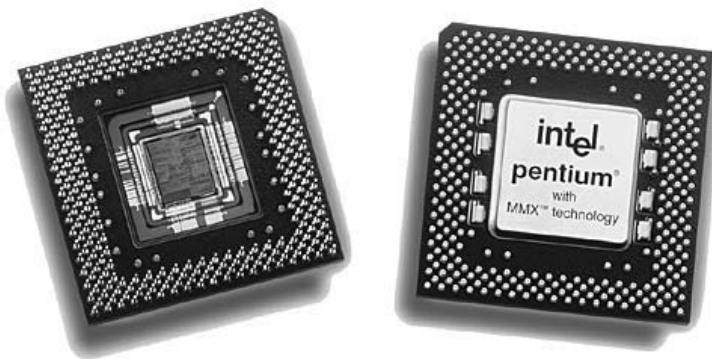


Abbildung 3.32 Der Pentium MMX. Links von der Unterseite her mit entfernter Abdeckung.

Für die Pentium-MMX-Prozessoren muss die Hauptplatine geringere Spannungen (2,8 V und weniger) zur Verfügung stellen können. Damit die Hauptplatinen universeller einzusetzen sind, hat Intel Hauptplatinen, die über einen Sockel 7 verfügen, mit einem VRM (Spannungsreglermodul) ausgestattet. Das VRM wird direkt neben dem Prozessor eingesteckt. Es versorgt den Prozessor mit der erforderlichen Spannung. Da dieses Modul leicht ausgetauscht werden kann, ist es einfach, eine Hauptplatine für neuere Pentium-Prozessoren neu zu konfigurieren und damit andere Spannungen einzustellen.

Natürlich sind geringere Spannungen eine feine Sache. Daher stellt MMX eine Funktion zur Verfügung, von Intel SIMD (Single Instruction Multiple Data) genannt, mit dessen Hilfe ein Befehl auf mehrere Daten angewendet werden kann. Außerdem wurden 57 neue Befehle speziell für die Verarbeitung von Video-, Audio- und Grafikdaten aufgenommen.

Für die Pentium-MMX-Prozessoren muss die Hauptplatine über einen 321-Pin-Sockel verfügen, der den Spezifikationen des Sockels 7 von Intel entspricht, womit dann auch ein VRM (Voltage Regulator Module) integriert ist.

3.11.3 Pentium-Fehler

Der wahrscheinlich berühmteste Prozessorfehler in der Geschichte ist der heute legendäre Fehler der FPU (Floating Point Unit) des Pentium-Prozessors. Dieser Fehler betrifft in erster Linie die Division mit Gleitkommazahlen, aber auch andere Divisionsoperationen sind davon betroffen. Das Problem tritt bei den Revisionen ab D1 der 60/66-MHz-Pentium-Prozessoren sowie ab den Revisionen B5 der 75/90/100-MHz-Pentium-Prozessoren nicht mehr auf. Die Prozessoren ab 120 MHz wurden nach den jüngeren Revisionen gefertigt und enthalten somit den Fehler auch nicht mehr. In diesem Kapitel finden Sie Tabellen, in denen die unterschiedlichen Variationen der Pentium-Prozessoren und -Revisionen sowie deren Erkennungsmerkmale aufgeführt sind.

Es wurde ein ziemlicher Wirbel ausgelöst, als ein Mathematiker am 30. Oktober 1994 im Internet über diesen Fehler zum ersten Mal berichtete. Innerhalb weniger Tage hatte sich die Nachricht überall verbreitet und sogar Menschen, die nichts mit Computern zu tun hatten, wussten Bescheid! Mit bestimmten Zahlenkombinationen führt der Pentium Divisionen mit Fließkommazahlen ungenau aus. Das Ergebnis stimmt ab der dritten Stelle nicht mehr.

Als der Fehler bekannt wurde, hatte Intel den Fehler in den neuen Revisionen sowohl der 60/66-MHz- als auch der 75/90/100-MHz-Pentium-Prozessoren schon beseitigt und auch einige andere Verbesserungen angebracht.

Nachdem der Fehler bekannt gemacht wurde und Intel außerdem zugab, den Fehler schon zu kennen, ging ein Aufschrei der Empörung durch die Computerwelt. Viele Benutzer überprüften ihre Tabellenkalkulationsprogramme und andere mathematische Berechnungsprogramme und viele fanden heraus, dass ihr Pentium ebenfalls fehlerhaft war, ohne dass sie bisher davon wussten. Andere, die zwar den Fehler nicht fanden, hatten ihr Vertrauen in den Prozessor verloren. Viele Anwender konnten einfach nicht fassen, dass ihr PC womöglich nicht in der Lage war, mathematische Berechnungen korrekt auszuführen!

Der ganze Wirbel um diesen Fehler führte interessanterweise dazu, dass die Leute ihrem PC nicht mehr einfach blind vertrauen und wichtige Ergebnisse häufiger noch mal prüfen. In jedem Fall sollten Sie ein Programm zur Prüfung Ihrer Ergebnisse implementieren, wenn Ihre Informationen und Berechnungen entsprechend wichtig sind. Inzwischen hat sich herausgestellt, dass einige Programme Probleme mit der Mathematik haben. So wurde beispielsweise ein Fehler in einer Funktion von Excel 5.0 gefunden, der dem Pentium-Prozessor zugeschrieben worden war. In diesem Fall stellte sich heraus, dass es sich um einen Fehler des Programms handelte, der in späteren Versionen (ab 5.0c) behoben wurde.

Intel hat schließlich entschieden, dass es im Interesse der Kunden und auch für das eigene Image das Beste ist, für die betroffenen Prozessoren eine lebenslange Garantie zu übernehmen. Wenn man also einen Pentium mit dem Fehler 23 entdeckt, wird dieser von Intel gegen einen entsprechenden, aber fehlerfreien Pentium ausgetauscht. Sie bekommen einen neuen Prozessor mit derselben Taktfrequenz innerhalb eines Tages. Dieser Austausch ist für Sie kostenlos, die Versandkosten sind enthalten. Sie bauen einfach Ihren alten Prozessor aus, ersetzen ihn durch den neuen und schicken den alten zurück. Intel fragt beim ersten Anruf nach Ihrer Kreditkartennummer, um sicher zu gehen, dass der defekte Originalchip tatsächlich zurückgeschickt wird. Bekommt Intel die Original-CPU in einem bestimmten Zeitraum zurück, fallen für Sie keine Kosten an. Laut Intel werden diese defekten Prozessoren zerstört und nicht in einer anderen Form wieder verkauft.

Suche nach dem FPU-Fehler

Ein Pentium kann auf diesen Fehler relativ einfach überprüft werden. Sie müssen nur eine der hier genannten Testdivisionen ausführen und das Ergebnis vergleichen.

Die Division kann in einer Tabellenkalkulation (wie Lotus 1-2-3, Microsoft Excel oder einem anderen entsprechenden Programm), in dem in Windows integrierten Rechner oder einem anderen Rechenprogramm, das mit der FPU arbeitet, durchgeführt werden. Die FPU darf dabei natürlich nicht ausgeschaltet sein. Dazu wäre ein spezieller Befehl oder eine spezielle Einstellung der Anwendung erforderlich. Das Ergebnis wäre dann in jedem Fall richtig, ob die FPU defekt ist oder nicht.

Die Fließkommafehler des Pentium treten schon an der dritten Stelle eines Ergebnisses auf. Hier ist ein Beispiel für eine der deutlichsten Folgen des Fehlers:

$$962.306.957.033 / 11.010.046 = 87.402,6282027341 \text{ (richtige Lösung)}$$

$$962.306.957.033 / 11.010.046 = 87.399,5805831329 \text{ (defekter Pentium)}$$

Es kann sein, dass Ihr Rechenprogramm nicht alle hier dargestellten Stellen der Zahl anzeigt. Die meisten Tabellenkalkulationsprogramme zeigen nur 13- bzw. 15-stellige Ergebnisse an.

Wie Sie an diesem Beispiel sehen, tritt der Fehler bereits an der dritten Stelle des Ergebnisses auf. Bei einer Untersuchung mit mehr als 5.000 fünf- bis 15-stelligen Ganzzahlpaaren traten die Rechenfehler bei Fließkommadivisionen ab der sechsten Stelle am häufigsten auf. Rechenfehler können jedoch überall ab der dritten Stelle auftreten.

Es gibt mehrere Möglichkeiten, diesen Fehler zu umgehen. Da Intel jeden Pentium-Prozessor mit diesem Fehler gegen einen fehlerfreien Pentium-Prozessor austauscht, ist die beste Möglichkeit, diesen Fehler zu umgehen, den defekten Pentium bei Intel kostenlos gegen einen intakten auszutauschen!

Fehler im Power-Management

Die zweite Generation der Pentium-Prozessoren stattete Intel mit einer Reihe von Funktionen aus, mit deren Hilfe die CPUs in Energie sparende Systeme installiert werden können. Diese Systeme werden häufig Energy-Star-Systeme genannt, da sie mit den Spezifikationen des Energy-Star-Programms übereinstimmen.

In Bezug auf diese Stromsparfunktionen gab es leider einige Probleme, wodurch diese Funktionen nicht richtig funktionierten oder völlig ausfielen. Diese Fehler werden in einigen Funktionen im Power-Management über den SMM (System Management Mode) hervorgerufen. Diese Fehler treten allerdings nur bei den 75/90/100-MHz-Prozessoren der zweiten Generation auf, da die 60/66-MHz-Prozessoren der ersten Generation über keine Stromsparfunktionen verfügen und dieser Defekt bei den schnelleren Prozessoren (ab 120 MHz aufwärts) behoben wurde.

Die meisten dieser Probleme stehen im Zusammenhang mit dem STPCLK#-Pin und dem HALT-Befehl. Wird dieser Befehl durch den Chipsatz ausgelöst, stürzt das System ab. Bei den meisten Systemen besteht die einzige Möglichkeit, dieses Problem zu umgehen, darin, den Energiesparmodus auszuschalten. Die beste Möglichkeit, dieses Problem zu beheben, ist daher, den Prozessor gegen eine spätere Auflage, die diesen Fehler nicht mehr hat, auszutauschen. Die Pentium-Prozessoren der Auflage B1 mit 75/90/100 MHz sind defekte Prozessoren, während der Fehler bei den Auflagen ab B3 nicht mehr auftritt.

Modelle und Revisionen

Wir wissen, dass es ebenso wie bei der Software eigentlich keinen perfekten Prozessor gibt. Von Zeit zu Zeit sammeln die Hersteller alle Probleme, die aufgetreten sind, und stellen eine *Revision* her, die aus einem neuen, verbesserten Maskensatz besteht. Jede neue Revision ist besser als die vorhergehende Revision. Obwohl kein Mikroprozessor jemals wirklich perfekt sein wird, kommen die Hersteller so mit jeder neuen Revision näher an die Perfektion heran. Im Leben eines typischen Mikroprozessors fertigt ein Hersteller mindestens ein halbes Dutzend von Revisionen, die auch als *Steppings* bezeichnet werden.

Interessant zu wissen ist, dass die unterschiedlichen Pentium-Prozessoren leicht unterschiedliche Spannungsbereiche benötigen. In der Tabelle 3.28 sind die unterschiedlichen Prozessoren mit den von ihnen benötigten Spannungsbereichen aufgelistet.

Modell	Auflage	Spannungsspezifikationen	Spannungsbereich
1	-	Standard	4,75 – 5,25 V
1	-	5 V 1	4,90 – 5,25 V
1	-	5 V 2	4,90 – 5,40 V
1	-	5 V 3	5,15 – 5,40 V
ab 2	B1 – B5	Standard	3,135 – 3,465 V
ab 2	ab C2	Standard	3,135 – 3,600 V
ab 2	-	VR	3,300 – 3,465 V
ab 2	B1 – B5	VRE	3,45 – 3,60 V
ab 2	ab C2	VRE	3,40 – 3,60 V
ab 4	-	MMX	2,70 – 2,90 V
4	3	Mobil	2,285 – 2,665 V
4	3	Mobil	2,10 – 2,34 V
8	1	Mobil	1,850 – 2,150 V
8	1	Mobil	1,665 – 1,935 V

Tabelle 3.28 Spannungsbereiche der Pentium-Prozessoren

Viele der neueren Pentium-Hauptplatinen sind mit Jumpfern ausgestattet, mit deren Hilfe die unterschiedlichen Spannungsbereiche eingestellt werden können. Haben Sie mit einem einzelnen Prozessor Probleme, kann es daran liegen, dass er nicht richtig auf den Spannungsbereich der Hauptplatine abgestimmt ist.

3.11.4 AMD-K5

Der AMD-K5 ist ein von AMD entwickelter Pentium-kompatibler Prozessor, der als PR75, PR90, PR120, PR133 und PR166 hergestellt worden ist. Da er so entwickelt wurde, dass er sowohl physikalisch als auch funktional kompatibel ist, unterstützt jede Hauptplatine, die den Pentium von Intel unterstützt, auch den AMD-K5. Es kann jedoch eine Aktualisierung des BIOS erforderlich sein, damit der AMD-K5 richtig erkannt wird. Der K5 weist die folgenden neuen Leistungsmerkmale auf:

- 16 KByte Befehls-Cache, acht KByte Write-Back-Daten-Cache
- Dynamische Ausführung – Sprungvorhersage mit spekulativer Ausführung
- Fünffache RISC-Pipeline mit sechs parallelen Ausführungseinheiten

- Hochleistungs-Gleitkommaeinheit (FPU)
- Über Pins wählbare Taktvervielfachung (1,5x, 1,75x und 2x)

Der K5 wird unter dem P-Rating-System verkauft, was bedeutet, dass die auf dem Chip angegebene Nummer nicht die tatsächliche Taktfrequenz, sondern die Taktfrequenz bei der Ausführung bestimmter Anwendungen angibt.

Einige dieser Prozessoren arbeiten nicht mit der angegebenen Taktfrequenz. Die Version PR-166 arbeitet beispielsweise tatsächlich nur mit 117 MHz. Das sorgt gelegentlich für Verwirrung beim System-BIOS, das unter Umständen statt der PR-Frequenz die echte Taktfrequenz meldet. AMD behauptet, dass aufgrund der im Vergleich zum Pentium besseren Architektur nicht so hohe Taktfrequenzen erforderlich sind, um dieselbe Leistung zu erreichen. Doch auch mit diesen Verbesserungen vermarktete AMD den K5 als einen Prozessor der fünften Generation, genauso wie der Pentium.

Der AMD-K5 arbeitet mit einer Betriebsspannung von 3,52 V (VRE). Einige ältere Hauptplatinen liefern standardmäßig nur 3,3 V, was unterhalb der Spezifikationen für den K5 liegt und zu fehlerhaftem Betrieb führen kann. AMD hat den K5 durch den K6 ersetzt.

3.12 Intel-Prozessoren der sechsten Generation

Die P6- oder 686-Prozessoren stellten eine völlig neue Prozessorgeneration dar. Der erste Prozessor der P6-Familie war der Pentium Pro, der im November 1995 auf den Markt kam. Seither hat Intel viele andere P6-Prozessoren entwickelt, die jedoch alle den gleichen P6-Kernprozessor nutzen, wie es in der Tabelle 3.29 gezeigt ist.

Typ	Merkmale
Pentium Pro	Original P6-Prozessor mit 256 KB, 512 KB oder 1 MB L2-Cache, der mit dem CPU-Takt arbeitet
Pentium II	P6 mit 512 KB L2-Cache, der mit dem halben CPU-Takt arbeitet
Pentium II Xeon	P6 mit 512 KB, 1 MB oder 2 MB L2-Cache, der mit dem CPU-Takt arbeitet
Celeron	P6 ohne L2-Cache
Celeron-A	P6 mit 128 KB L2-Cache (On Die), der mit dem CPU-Takt arbeitet
Pentium III	P6 mit SSE (MMX2) und 512 KB L2-Cache, der mit dem halben CPU-Takt arbeitet
Pentium IIPE	P6 mit 256 KB L2-Cache, der mit dem CPU-Takt arbeitet
Pentium IIIE	P6 mit SSE (MMX2) und 256 KB oder 512 KB L2-Cache, der mit dem CPU-Takt arbeitet
Pentium III Xeon	P6 mit SSE (MMX2) und 512 KB oder 1 MB oder 2 MB L2-Cache, der mit dem CPU-Takt arbeitet

Tabelle 3.29 Die Intel-P6-Prozessoren

Das wichtigste neue Leistungsmerkmal der Pentium-Prozessoren der fünften Generation war die superskalare Architektur, mit der zwei Befehle gleichzeitig ausgeführt werden konnten. Spätere Chips der fünften Generation verfügten außerdem über die MMX-Technologie. Was änderte nun also Intel an den neuen Prozessoren, das es rechtfertigte, von einer völlig neuen Generation zu sprechen? Neben vielen geringfügigen Verbesserungen zählen zu den wirklich wichtigen Neuerungen sämtlicher Prozessoren der sechsten Generation die dynamische Ausführung (Dynamic

Execution) und die DIB-Architektur (Dual Independent Bus). Diese Eigenschaften sind im Kapitel 3.5 bereits ausführlich erläutert.

Daneben gibt es noch weitere Verbesserungen bei der P6-Generation. Schließlich stellt die P6-Architektur auch noch ein Upgrade für die superskalare Architektur der P5-Prozessoren durch zusätzliche Befehlsausführungseinheiten dar, die die Befehle in spezielle Mikrooperationen zerlegen.

In diesen Einheiten werden CISC-Befehle (Complex Instruction Set Computer) in mehrere RISC-Befehle (Reduced Instruction Set Computer) zerlegt. Die RISC-Befehle sind kleiner und lassen sich von den parallelen Ausführungseinheiten einfacher und effizienter verarbeiten. Mit diesem Design hat Intel die Vorzüge eines RISC-Prozessors, nämlich die sehr schnelle Ausführung von Befehlen, in die CISC-Welt gebracht. Der P5-Prozessor verfügte im Gegensatz zum P6-Prozessor, der mindestens mit sechs unabhängigen Ausführungseinheiten ausgestattet ist, lediglich über zwei dieser Ausführungseinheiten. Man bezeichnet diesen Prozessor auch als einen *dreifach superskalaren Prozessor*, da die Ausführungseinheiten bis zu drei Befehle pro Takt ausführen können.

Die P6-Architektur bringt noch weitere Verbesserungen in der Effizienz mit sich. Diese resultieren aus der integrierten Unterstützung mehrerer Prozessoren, einer erweiterten Fehlererkennungs- und -behebungslogik sowie der Optimierung für 32-Bit-Programme. Verglichen mit einem Pentium mit derselben Taktfrequenz sind die P6-Prozessoren schneller, vorausgesetzt sie führen ein 32-Bit-Programm aus. Die dynamische Ausführung des P6 ist speziell auf die Ausführung von 32-Bit-Programmen wie Windows NT ausgelegt. Wenn Sie 16-Bit-Programme wie Windows 95 oder 98 (die teilweise in einer 16-Bit-Umgebung arbeiten) und die meisten älteren Anwendungen verwenden, ist der P6-Prozessor nicht wesentlich schneller als gleich getaktete Pentium- oder Pentium-MMX-Prozessoren, da die Funktion der dynamischen Ausführung nicht voll ausgeschöpft werden kann. Aus diesem Grund wird Windows NT/2000/XP in der Regel als das Betriebssystem angesehen, das mit Pentium-Pro- bzw. Pentium-II-Prozessoren verwendet werden sollte. Dies ist allerdings nicht die ganze Wahrheit (ein Pentium Pro bzw. Pentium II läuft unter Windows 95 bzw. 98 hervorragend). Windows NT/2000/XP nutzt die Funktionen der P6-Prozessoren jedoch am besten aus.

Es kommt nicht so sehr darauf an, mit welchem Betriebssystem, sondern vielmehr mit welchen Anwendungen Sie arbeiten. Software-Entwickler können Programme so entwickeln, dass die Anwendungen die Vorzüge der Prozessoren der sechsten Generation voll ausschöpfen. Dazu müssen moderne Compiler eingesetzt werden, die die Leistungsfähigkeit aller aktuellen Prozessoren von Intel verbessern können. Außerdem sollten möglichst 32-Bit-Befehle verwendet werden und die Befehle sollten so gut wie möglich vorhersehbar sein, um die dynamische Ausführung so gut wie möglich nutzen zu können.

3.12.1 Pentium Pro

Der Nachfolger des Pentium ist der *Pentium Pro*. Der Pentium Pro war der erste Chip der Familie der P6-Prozessoren bzw. der Prozessoren der sechsten Generation. Er wurde im September 1995 eingeführt und ist seit 1996 erhältlich. Der Chip ist eine Einheit mit 387 Pins, die in einem Sockel 8 installiert wird, d.h. er ist zu den früheren Pentium-Chips nicht Pin-kompatibel.

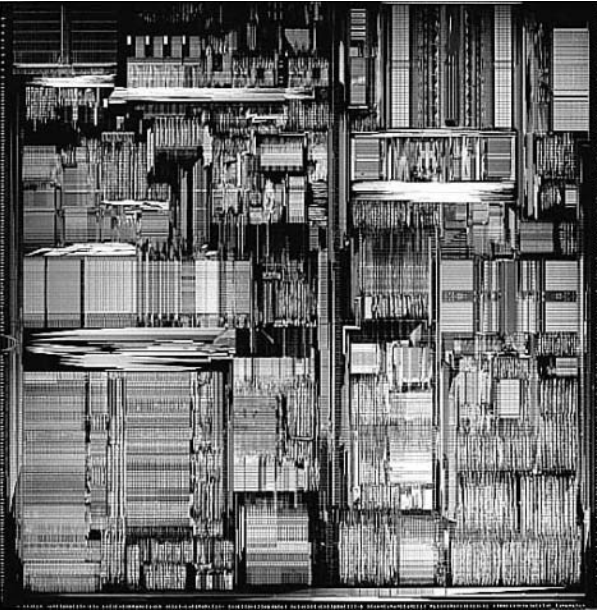


Abbildung 3.33 Der »Die« des Pentium Pro-Prozessors

Dieser neue Chip war bisher einzigartig unter den Prozessoren. Er ist in einem Multichip-Modul (MCM) untergebracht, das von Intel als *DCPGA-Gehäuse* (Dual Cavity Pin Grid Array) bezeichnet wird. In diesem Chipgehäuse mit 387 Pins sind eigentlich zwei Chips enthalten: ein Chip, der den eigentlichen Pentium-Pro-Prozessor enthält, und ein Chip, der einen L2-Cache mit 256 KByte, 512 KByte oder auch 1 MByte enthält. Der Prozessorchip selbst besteht aus 5,5 Millionen Transistoren, während der Cache-Speicher mit 256 KByte aus 15,5 Millionen und der mit 512-KByte-Cache-Speicher aus jeweils 31 Millionen Transistoren besteht. Ein solches Modul besteht somit bei einem Pentium Pro mit 1 MByte Cache aus insgesamt fast 86 Millionen Transistoren! Die Version mit 1-MByte-Cache besteht aus zwei unabhängigen 512-KByte-Caches (Abbildung 3.35) und dem üblichen P6-Prozessor-Die.

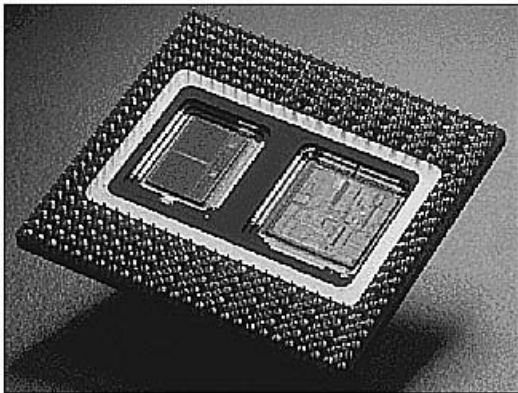


Abbildung 3.34 Pentium-Pro-Prozessor mit 256-KByte-L2-Cache (links)

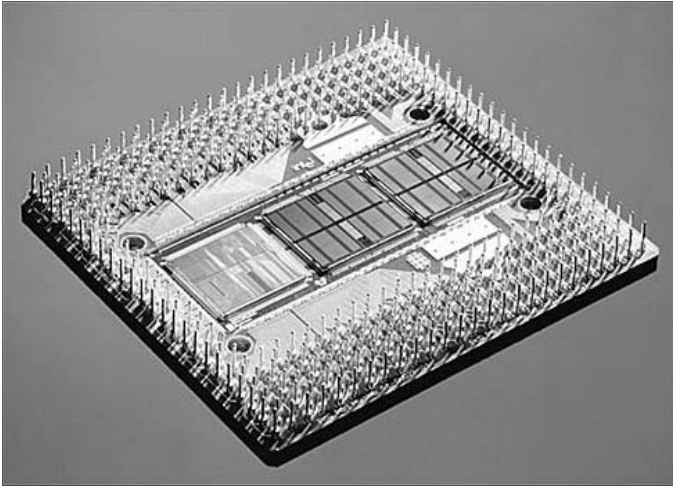


Abbildung 3.35 Pentium-Pro-Prozessor mit 1-MByte-L2-Cache (mitte und rechts)

Der eigentliche Prozessorchip enthält einen geteilten L1-Cache mit 16 KByte, bestehend aus einem 2-Bereiche-Assoziativ-Cache mit 8 KByte für Befehle und einem 4-Bereiche-Assoziativ-Cache für Daten.

In Tabelle 3.30 sind die Spezifikationen des Pentium-Pro-Prozessors aufgeführt. In Tabelle 3.31 finden Sie die Spezifikationen für jedes Modell der Pentium-Pro-Familie. Die einzelnen Modelle unterscheiden sich teilweise erheblich voneinander.

Eigenschaften	Daten
Erschienen:	September 1995
Maximale Taktfrequenzen:	150, 166, 180, 200 MHz
Taktvervielfachung der CPU:	2,5x, 3x
Registergröße:	32 Bit
Externer Datenbus:	64 Bit
Speicheradressbus:	36 Bit
Adressierbarer Speicher:	64 GByte
Virtueller Speicher:	64 TByte
Größe des internen L1-Cache:	8 KByte für Befehle, 8 KByte für Daten
Größe des integrierten L2-Cache:	64 KByte mit CPU-Takt
Sockel:	Socket 8
Gehäuse:	DCPGA mit 387 Pins (Dual Cavity Pin Grid Array)
Abmessungen des Gehäuses:	6,25 cm x 6,76 cm
Mathematischer Coprozessor:	Integrierte FPU (Floating-Point Unit)
Power-Management:	SMM (System Management Mode)
Betriebsspannung:	3,1 V oder 3,3 V

Tabelle 3.30 Spezifikationen des Pentium-Pro-Prozessors

Pentium-Pro-Prozessor (200 MHz) mit 1 MByte integriertem L2-Cache	
Erschienen:	18. August 1997
Taktfrequenzen:	200 MHz (66 MHz x 3)
Anzahl der Transistoren:	5,5 Millionen (0,35-µm-Prozess), plus 62 Millionen im 1-MByte-L2-Cache (0,35-µm-Prozess)
Cache-Speicher:	8 KByte x zwei (16 KByte) L1-Cache, 1-MByte-L2-Cache mit CPU-Takt
IC-Größe:	14,0 mm Seitenlänge
Pentium-Pro-Prozessor (166/180/200 MHz)	
Erschienen:	1. November 1995
Taktfrequenzen:	166 MHz (66 MHz x 2,5), 180 MHz (60 MHz x 3), 200 MHz (66 MHz x 3)
Anzahl der Transistoren:	5,5 Millionen (0,35-µm-Prozess), plus 15,5 Millionen im 256-KByte-L2-Cache (0,6-µm-Prozess) bzw. 31 Millionen im 512-KByte-L2-Cache (0,35-µm-Prozess)
Cache-Speicher:	8 KByte x zwei (16 KByte) L1-Cache, 256-KByte- oder 512-KByte-L2-Cache mit CPU-Takt
IC-Größe:	14,0 mm Seitenlänge
Pentium-Pro-Prozessor (150 MHz)	
Erschienen:	1. November 1995
Taktfrequenzen:	150 MHz (60 MHz x 2,5)
Anzahl der Transistoren:	5,5 Millionen (0,35-µm-Prozess), plus 15,5 Millionen im 256-KByte-L2-Cache (0,6-µm-Prozess)
Cache-Speicher:	8 KByte x zwei (16 KByte) L1-Cache, 256-KByte-L2-Cache mit CPU-Takt
IC-Größe:	17,6 mm Seitenlänge

Tabelle 3.31 Spezifikationen des Pentium-Pro-Prozessors nach Modellen

Wie bereits erwähnt, wird ein klassischer Pentium mit 200 MHz entsprechend dem iCOMP-2.0-Index auf 142 eingestuft, während ein Pentium Pro mit 200 MHz beeindruckende 220 Punkte erzielt. Ein Pentium MMX mit 200 MHz liegt mit 182 etwa im Mittelfeld. Vergessen Sie jedoch nicht, dass der Leistungsgewinn, der durch den iCOMP-2.0-Index dargestellt wird, durch den Einsatz von 16-Bit-Anwendungen zunichte gemacht wird.

Wie sein Vorgänger, der Pentium, so läuft auch der Pentium Pro mit einer Taktvervielfachung auf einer 66-MHz-Hauptplatine. In der folgenden Tabelle sind die Taktfrequenzen für Pentium-Pro-Prozessoren und -Hauptplatinen aufgeführt.

CPU-Typ/Taktfrequenz	Taktvervielfacher	Hauptplatinen-Takt
Pentium Pro 150	2,5x	60
Pentium Pro 166	2,5x	66
Pentium Pro 180	3x	60
Pentium Pro 200	3x	66

Tabelle 3.32 Taktverhältnisse beim Pentium Pro

Der integrierte L2-Cache ist eine der bemerkenswertesten Eigenschaften des Pentium Pro. Da der L2-Cache in die CPU eingebaut und somit von der Hauptplatine genommen wurde, kann der Ca-

che-Speicher nun mit derselben Taktfrequenz arbeiten wie der Prozessor und ist nicht mehr auf die langsame Hauptplatine mit einer Taktfrequenz von 60 bzw. 66 MHz angewiesen.

Der L2-Cache verfügt sogar über seinen eigenen internen 64-Bit-Bus, der unabhängig vom 64-Bit-Bus der CPU arbeitet. Die internen Register und Datenleitungen sind jedoch nach wie vor lediglich 32 Bit breit. Da nun der L2-Cache in der CPU integriert ist, werden Hauptplatinen billiger, da sie keinen zusätzlichen Cache-Speicher mehr bereitstellen müssen. In einigen Hauptplatinen wird es dennoch einen Cache-Speicher (L3-Cache) geben. Es ist jedoch allgemeiner Konsens, dass ein L3-Cache beim Pentium Pro nicht wesentlich zur Steigerung der Leistung beiträgt.

Beim integrierten L2-Cache wurde der Multiprozessorbetrieb deutlich verbessert. Statt den Multiprozessorbetrieb mit der SMP-Software zu unterstützen, wie dies beim Pentium der Fall ist, unterstützt der Pentium Pro eine neue Art des Multiprozessorbetriebs mit der so genannten Multiprozessor-Spezifikation (MPS 1.1). Mit Hilfe der MPS können vier gleichzeitig betriebene Prozessoren konfiguriert werden. Im Gegensatz zu anderen Multiprozessorconfigurationen gibt es beim Pentium Pro keine Kohärenzprobleme mit den Cache-Speichern, da jeder Chip mit einem eigenen internen L1- und L2-Cache ausgestattet ist.

Pentium-Pro-Hauptplatinen beruhen fast ausschließlich auf PCI- und ISA-Bus-Architekturen und Intel hat eigene Chipsätze für diese Hauptplatinen hergestellt. Aufgrund des höheren Kühlungs- und Platzbedarfs entwickelte Intel den zur besseren Unterstützung des Pentium Pro und zukünftiger Prozessoren wie des Pentium II den ATX-Formfaktor für Hauptplatinen. Einige Hersteller von Pentium-Pro-Systemen blieben zunächst noch bei den Baby-AT-Hauptplatinen. Das größte Problem dabei ist es, die CPU ausreichend zu kühlen. Der Pentium Pro hat eine Leistungsaufnahme von 20 W und mehr und erzeugt damit eine ganz beachtliche Menge an Wärme.

Der Pentium-Pro-Prozessor verfügt über vier spezielle Pins zur Spannungserkennung, VID-Pins (Voltage Identification) genannt. Diese Pins können für eine automatische Auswahl der vom Netzteil gelieferten Spannung verwendet werden. Das bedeutet, dass im Gegensatz zu den meisten Pentium-Hauptplatinen bei einer Pentium-Pro-Hauptplatine keine Jumper am Spannungsregler mehr eingestellt werden müssen, wodurch das Setup und die Integration eines Pentium-Pro-Systems stark vereinfacht wird.

Die VID-Pins wurden nicht nur eingeführt, um die Spannung automatisch einstellen zu können, sondern auch im Hinblick auf die unterschiedlichen Spannungen der zukünftigen Pentium-Pro-Prozessoren. Die VID-Pins sind von VID0 bis VID3 durchnummeriert und die Definitionen dieser Pins sind in Tabelle 3.33 dargestellt. Eine »1« steht für einen Pin mit offenem Kontakt und eine »0« für einen mit der Masse kurzgeschlossenen Pin. Die Spannungsregler auf der Hauptplatine sollten die geforderte Spannung liefern.

VID[3:0]	Spannungseinstellung	VID[3:0]	Spannungseinstellung
0000	3,5	1000	2,7
0001	3,4	1001	2,6
0010	3,3	1010	2,5
0011	3,2	1011	2,4
0100	3,1	1100	2,3
0101	3,0	1101	2,2
0110	2,9	1110	2,1
0111	2,8	1111	Keine CPU vorhanden

Tabelle 3.33 Definition der Spannungserkennung beim Pentium Pro

Die meisten Pentium-Pro-Prozessoren arbeiten mit einer Betriebsspannung von 3,3 V, einige arbeiten auch mit 3,1 V. Die ID »1111« kann verwendet werden, um zu prüfen, ob sich in einem bestimmten Sockel überhaupt ein Prozessor befindet.

Der Pentium Pro hat sich bei den Desktops nie richtig durchgesetzt, hat jedoch in erster Linie aufgrund des großzügig dimensionierten L2-Cache, der mit voller Prozessorfrequenz getaktet ist, bei Daten-Server-Anwendungen eine Nische gefunden.

3.12.2 Pentium II

Im Mai 1997 brachte Intel den Pentium II als Prozessor der P6-Familie auf den Markt. Schon vor der offiziellen Enthüllung war der Pentium II unter seinem Codenamen »Klamath« bekannt und es wurde viel um diesen Prozessor spekuliert. Der Pentium II ist ebenso ein Prozessor der sechsten Generation wie der Pentium Pro mit MMX-Technologie (doppelter L1-Cache und 57 neue MMX-Befehle). Dennoch unterscheiden sich diese beiden Prozessoren in einigen Dingen. Der Chip des Pentium-II-Prozessors ist in Abbildung dargestellt.

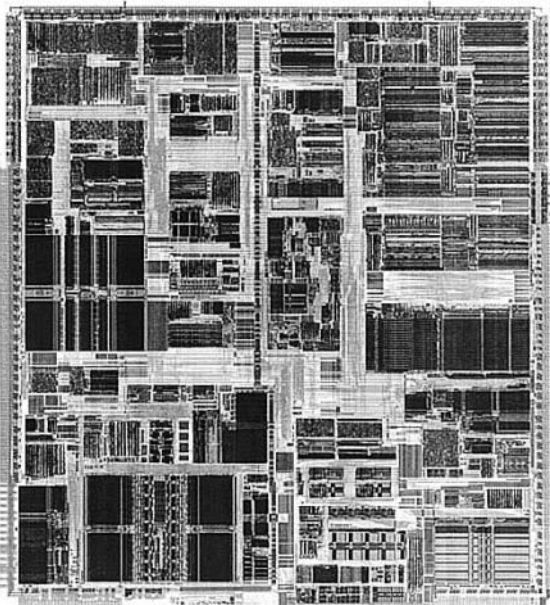


Abbildung 3.36 Pentium II-Prozessor-Die

Von seinem Aufbau her gesehen ist dieser Prozessor gegenüber den vorherigen Typen etwas völlig Neues. Bis zu diesem Zeitpunkt waren praktisch alle Prozessoren in einem Chip in einem Sockel auf der Hauptplatine untergebracht. Davon ist man beim Pentium II abgekommen. Der Pentium-II-Chip ist durch sein SEC-Gehäuse-Design gekennzeichnet. Dabei ist der Prozessor, wie in Abbildung 3.37 dargestellt, zusammen mit mehreren L2-Cache-Chips auf einer kleinen Leiterplatte montiert (ähnlich wie ein überdimensionales SIM-Modul), die dann in einem Gehäuse aus Metall und Kunststoff untergebracht ist. Dieses Gehäuse wird über eine Kontakteleiste, Slot 1 genannt, an die Hauptplatine angeschlossen. Dieser Steckplatz sieht so ähnlich aus wie ein Steckplatz für Erweiterungskarten.

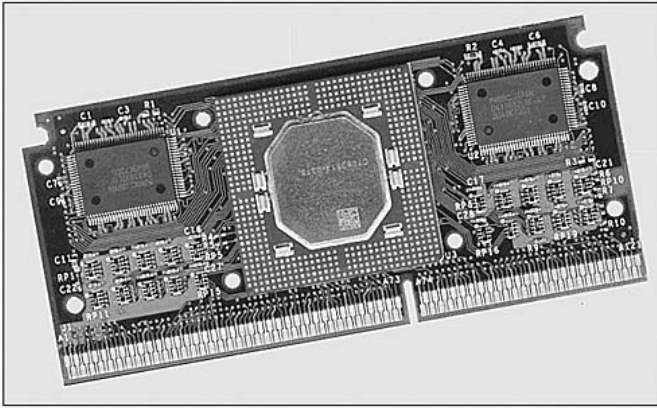


Abbildung 3.37 Leiterplatte des Pentium-II-Prozessors

Die beiden Gehäuseversionen nennen sich SECC (Single Edge Contact Cartridge) und SECC2, die in den beiden folgenden Abbildungen gezeigt sind.

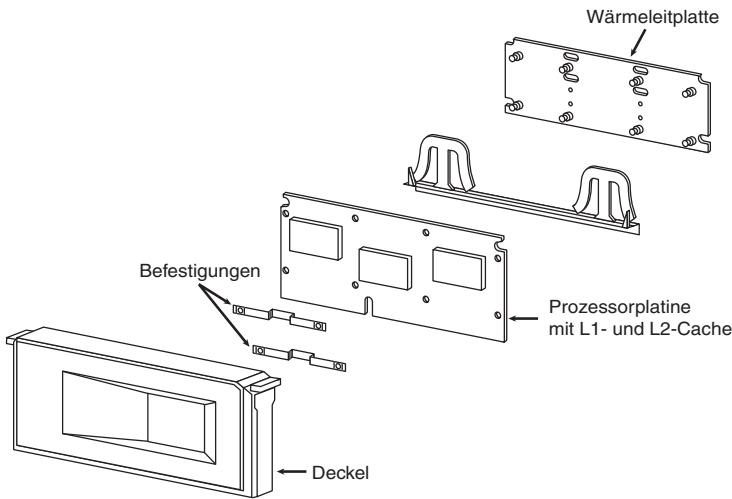


Abbildung 3.38 Der Aufbau der SECC-Gehäuses

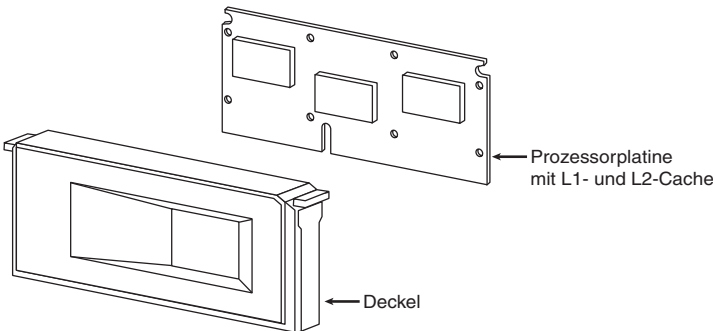


Abbildung 3.39 Der Aufbau der SECC2-Gehäuses

Intel kann den Pentium II wesentlich kostengünstiger herstellen als mit dem für den Pentium Pro verwendeten Gehäuse, weil die einzelnen Chips auf eine Leiterplatte montiert werden. Außerdem können Cache-Chips von anderen Herstellern eingesetzt und die Größe des Cache variiert werden. Pentium-II-Prozessoren gibt es mit den in der Tabelle angegebenen Taktfrequenzen.

CPU-Typ/Taktfrequenz	Taktvervielfacher	Hauptplatinen-Takt
Pentium II 233 MHz	3,5x	66 MHz
Pentium II 266 MHz	4x	66 MHz
Pentium II 300 MHz	4,5x	66 MHz
Pentium II 333 MHz	5x	66 MHz
Pentium II 350 MHz	3,5x	100 MHz
Pentium II 400 MHz	4x	100 MHz
Pentium II 450 MHz	4,5x	100 MHz

Tabelle 3.34 Die Pentium II-Prozessoren mit den notwendigen Takteinstellungen

Der Kern des Pentium-II-Prozessors besteht aus 7,5 Millionen Transistoren und basiert auf der erweiterten P6-Architektur von Intel. Der Pentium II wurde zunächst in einem 0,35- μm -Prozess hergestellt. Bei den Pentium-II-Prozessoren ab 333 MHz wird jedoch die 0,25- μm -Technologie angewandt. Dadurch werden die Chips kleiner, höhere Taktfrequenzen sind möglich und der Energieverbrauch wird gesenkt. Bei 333 MHz ist beim Pentium II im Vergleich zu einem Pentium-Prozessor mit 233 MHz in MMX-Technologie eine Leistungssteigerung von 75 bis 150 Prozent sowie eine Leistungssteigerung von etwa 50 Prozent bei Multimedia-Anwendungen zu verzeichnen.

Von der Verarbeitungsgeschwindigkeit einmal abgesehen, kann man sich den Pentium II als einen Pentium Pro mit MMX-Technologie und einem leicht abgeänderten Cache-Design vorstellen. Er verfügt über dieselbe Multiprozessorskalierbarkeit und den integrierten L2-Cache wie der Pentium Pro. Ebenso sind die 57 neuen Multimediabefehle enthalten. Außerdem verfügt der Prozessor über die Fähigkeit, Wiederholungsschleifen effizienter zu verarbeiten. Auch ein Teil der MMX-Technologie ist ein doppelt so großer interner L1-Cache wie im Pentium Pro (von insgesamt 16 KByte auf 32 KByte beim Pentium II). In der folgenden Tabelle ist die maximale Leistungsaufnahme der Pentium II-Versionen aufgeführt.

CPU-Takt	Leistungsbedarf	Prozess	Spannung
400 MHz	27,9 W	0,25 μm	2,0 V
350 MHz	24,5 W	0,25 μm	2,0 V
333 MHz	23,7 W	0,25 μm	2,0 V
300 MHz	43,0 W	0,35 μm	2,8 V
266 MHz	38,2 W	0,35 μm	2,8 V
233 MHz	34,8 W	0,35 μm	2,8 V

Tabelle 3.35 Die Pentium II-Versionen haben einen unterschiedlichen Leistungsbedarf

Der Tabelle 3.35 können Sie entnehmen, dass die neuere Version des Pentium II mit 400 MHz weniger Energie verbraucht als die erste Version mit 233 MHz! Dies wurde durch den Einsatz der 0,25- μm -Technologie und durch eine geringere Betriebsspannung von nur 2,0 V erreicht.

Zum Pentium II gehört die dynamische Ausführung von Befehlen, eine einmalige Entwicklung von Intel zur Steigerung der Prozessorleistung, zum ersten Mal im Pentium Pro realisiert. Zu den

wichtigsten Elementen der dynamischen Ausführung gehören die erweiterte Sprungvorhersage, mit deren Hilfe die Befehlsverarbeitung durch Vorhersage des Programmflusses über mehrere Verzweigungen hinweg beschleunigt wird; die Datenflussanalyse, mit deren Hilfe die Befehlsfolge analysiert und geändert wird, sodass Befehle ausgeführt werden, sobald sie verarbeitet sind; und die spekulative Verarbeitung, mit deren Hilfe durch Vorausblick auf den Programmzähler die Befehle ausgeführt werden, die am wahrscheinlichsten benötigt werden. Der Pentium II verfügt über all diese Fertigkeiten und kann deshalb eine stärkere Leistungssteigerung für sich verbuchen.

Wie der Pentium Pro weist auch der Pentium II eine DIB-Architektur (Dual Independent Bus) auf. Die Bezeichnung besagt, dass es im Pentium-II-Prozessor zwei unabhängige Busse gibt: den L2-Cache-Bus und den Systembus (vom Prozessor zum Arbeitsspeicher). Der Pentium-II-Prozessor kann beide Bussysteme gleichzeitig nutzen und somit doppelt so viele Daten vom und in den Prozessor übertragen wie ein Prozessor mit einer Einzel-Bus-Architektur.

Aufgrund der DIP-Architektur ist der L2-Cache eines Pentium-II-Prozessors mit 333 MHz zweieinhalb mal so schnell wie der L2-Cache eines Pentium-Prozessors. Auch der Systembus in Pipeline-technologie ermöglicht mehrere Transaktionen gleichzeitig statt einzelner sequentieller Transaktionen. Alles in allem ermöglichen die Verbesserungen durch die Dual-Independent-Bus-Architektur eine fast dreifach höhere Bandbreite gegenüber Prozessoren mit nur einem Bus.

In Tabelle 3.36 sind die allgemeinen Spezifikationen für den Pentium-II-Prozessor aufgeführt. In der Tabelle 3.37 finden Sie die für die einzelnen, eingeführten Modelle die unterschiedlichen Spezifikationen.

Eigenschaften	Daten
Bustakt:	66 MHz, 100 MHz
Taktvervielfachung:	3,5x, 4x, 4,5x, 5x
CPU-Takt:	233 MHz, 266 MHz, 300 MHz, 333 MHz, 350 MHz, 400 MHz, 450 MHz
Cache-Speicher:	16 KByte x zwei (32 KByte) L1-Cache, 512-KByte-L2-Cache mit halbem CPU-Takt
Interne Register:	32 Bit
Externer Datenbus:	64 Bit Systembus mit ECC; 64 Bit Cache-Bus mit optionalem ECC
Speicheradressbus:	36 Bit
Adressierbarer Speicher:	64 GByte
Virtueller Speicher:	64 TByte
Gehäuse:	SEC-Kassette mit 242 Pins (Single Edge Contact)
Abmessungen des Gehäuses:	13,98 cm x 6,28 cm x 1,64 cm
Mathematischer Coprozessor:	Integrierte FPU
Power-Management:	SMM

Tabelle 3.36 Allgemeine Spezifikationen des Pentium-II-Prozessors

Pentium-II-MMX-Prozessor (350, 400, 450 MHz)	
Erschienen:	15. April 1998
Taktfrequenzen:	350 MHz (100 MHz x 3,5), 400 MHz (100 MHz x 4), 450 MHz (100 MHz x 4,5)
Anzahl der Transistoren:	7,5 Millionen (0,25- μ m-Prozess), plus 31 Millionen im 512-KByte-L2-Cache
Cacheable RAM:	4 GByte
Betriebsspannung:	2,0 V
Steckplatz:	Slot 1
IC-Größe:	10,2 mm Seitenlänge
Mobile Pentium-II-Prozessor (266, 300, 333, 366 MHz)	
Erschienen:	25. Januar 1999
Taktfrequenzen:	266 MHz, 300 MHz, 333 MHz, 366 MHz
Anzahl der Transistoren:	27,4 Millionen (0,25- μ m-Prozess), 256-KByte-L2-Cache (On-Die)
Ball Grid Array (BGA)	615 Balls
Abmessungen:	31 x 35 mm
Betriebsspannung:	1,6 V
Leistungsaufnahme:	366 MHz = 9,5 W, 333 MHz = 8,6W, 300 MHz = 7,7 W, 266 MHz = 7 W
Pentium-II-MMX-Prozessor (333 MHz)	
Erschienen:	26 Januar 1998
Taktfrequenzen:	333 MHz (66 MHz x 5)
Anzahl der Transistoren:	7,5 Millionen (0,25- μ m-Prozess), plus 31 Millionen im 512-KByte-L2-Cache
Cacheable RAM:	512 MByte
Betriebsspannung:	2,0 V
Steckplatz:	Slot 1
IC-Größe:	10,2 mm Seitenlänge
Pentium-II-MMX-Prozessor (300 MHz)	
Erschienen:	7. Mai 1997
Taktfrequenzen:	300 MHz (66 MHz x 4,5)
Anzahl der Transistoren:	7,5 Millionen (0,35- μ m-Prozess), plus 31 Millionen im 512-KByte-L2-Cache
Cacheable RAM:	512 MByte
IC-Größe:	14,2 mm Seitenlänge
Pentium-II-MMX-Prozessor (266 MHz)	
Erschienen:	7. Mai 1997
Taktfrequenzen:	266 MHz (66 MHz x 4)
Anzahl der Transistoren:	7,5 Millionen (0,35- μ m-Prozess), plus 31 Millionen im 512-KByte-L2-Cache
Cacheable RAM:	512 MByte
IC-Größe:	14,2 mm Seitenlänge

Tabelle 3.37 Spezifikationen des Pentium-II-Prozessors nach Modellen

Pentium-II-MMX-Prozessor (233 MHz)	
Erschienen:	7. Mai 1997
Taktfrequenzen:	233 MHz (66 MHz x 3,5)
Anzahl der Transistoren:	7,5 Millionen (0,35-µm-Prozess), plus 31 Millionen im 512-KByte-L2-Cache
Cacheable RAM:	512 MByte
IC-Größe:	14,2 mm Seitenlänge

Tabelle 3.37 Spezifikationen des Pentium-II-Prozessors nach Modellen (Forts.)

Bei einem Pentium II mit 333 MHz läuft der L1-Cache mit dem vollen Prozessortakt von 333 MHz, während der L2-Cache lediglich mit 167 MHz getaktet ist. Der L2-Cache läuft zwar nicht wie beim Pentium Pro mit der vollen Taktfrequenz des Prozessorkerns, ist aber einem in den meisten Sockel-7-Pentium-Designs untergebrachten Cache-Speicher, der mit der Taktfrequenz einer mit 66 MHz getakteten Hauptplatine läuft, weit überlegen.

Beim Pentium II wurde der Cache aus dem internen Gehäuse des Prozessors genommen und auf einem eigenen Chip untergebracht. Die beiden separaten Chips werden auf ein Substrat aufgebracht, das wiederum von einer Kassette umgeben wird. Damit kann Intel kostengünstigere Cache-Chips verwenden und den Prozessor höher takten. Der Pentium Pro hatte bei 200 MHz seine Grenzen erreicht, was vor allem daran lag, dass keine schnelleren Cache-Chips gefunden wurden, die auch bezahlbar waren. Wird der Cache-Speicher mit der halben Frequenz des Prozessors getaktet, erreicht der Pentium II bis zu 450 MHz, wobei immer noch die mit 200 MHz getakteten Cache-Chips verwendet werden. Um die halbe Taktfrequenz beim Pentium II zu umgehen, verdoppelte Intel die Größe des integrierten L2-Cache von 256 KByte beim Pentium Pro auf 512 KByte beim Pentium II.

Der L2-Cache ermöglicht bei den Pentium-II-Prozessoren von 233 MHz bis 333 MHz die Speicherung von 512 MByte des Arbeitsspeichers, was als *Cacheable RAM* (vgl. Tabellen) ausgewiesen wird. Die Versionen mit 350 MHz, 400 MHz und mehr enthalten ein Tag-RAM, der die Speicherung von bis zu vier GByte des Arbeitsspeichers möglich macht. Das ist besonders dann wichtig, wenn Ihr System mit mehr als 512 MByte Speicher ausgestattet ist.

Der Systembus des Pentium II bietet eine Unterstützung von bis zu zwei Prozessoren. Damit ist ein kostengünstiges symmetrisches Dual-Processing ohne zusätzliche externe Chips möglich, was zu einer erheblichen Leistungssteigerung bei Multitasking-Betriebssystemen und Multithreading-Anwendungen führt.

Um den Pentium II in einem System installieren zu können, ist eine spezielle Halterung für den Prozessor erforderlich. Dabei handelt es sich um eine mechanische Halterung, mit der der Pentium-II-Prozessor in Slot 1 auf der Hauptplatine befestigt wird, um ihn vor mechanischer Beschädigung zu schützen. Die Halterungen sollten vom Hersteller der Hauptplatine geliefert werden.

Der Pentium II kann eine erhebliche Wärme produzieren, die entsprechend abgeleitet werden muss. Dies wird durch die Installation eines Kühlelements auf den Prozessor erreicht. Viele der Pentium-II-Prozessoren sind mit einem aktiven Kühlelement, das mit einem Lüfter versehen ist, ausgestattet. Im Gegensatz zu den Lüftern der bisherigen Intel-Prozessoren ziehen die Lüfter des Pentium II Strom von einem dreipoligen Sockel zur Stromversorgung auf der Hauptplatine. Die meisten Hauptplatinen verfügen über mehrere Anschlüsse für Lüfter.

Zur Befestigung des Lüfters sind spezielle Halterungen auf der Hauptplatine erforderlich. In der Regel wird eine Halterung aus Kunststoff neben der CPU in die Öffnungen für das Kühlelement in der Hauptplatine eingesetzt, bevor der CPU-Kühler installiert wird. Die meisten Kühlelemente bestehen aus einem Lüfter in einem Lüfterstutzen aus Kunststoff und aus einem Kühler aus Metall.

Der Kühler ist an der Kühlplatte des Prozessors befestigt und sollte nicht abgenommen werden. Der Lüfter kann gegebenenfalls abgenommen und ausgetauscht werden. In Abbildung 3.40 sind das SEC-Gehäuse mit Lüfter, die Anschlüsse zur Stromversorgung, die mechanischen Halterungen sowie die Öffnungen für die Halterungen auf der Hauptplatine dargestellt.

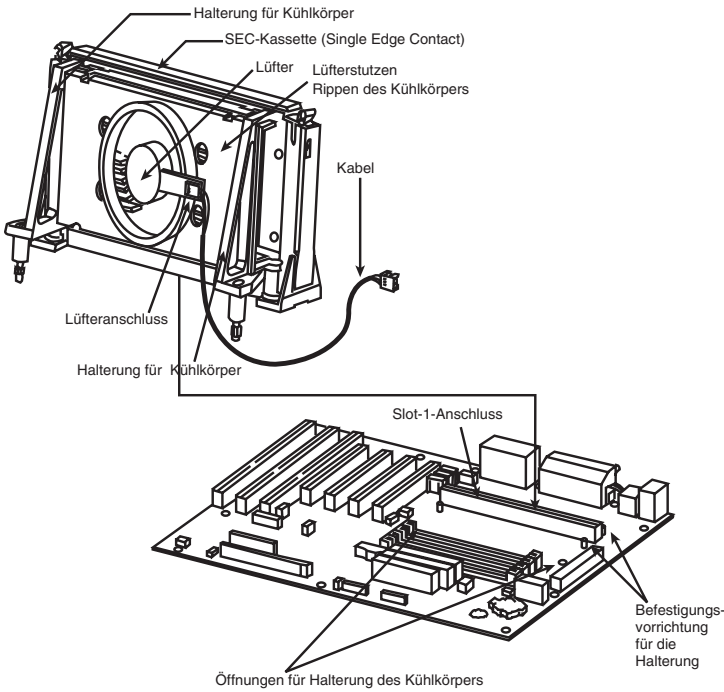


Abbildung 3.40 Pentium-II-Prozessor mit Kühlvorrichtung

In Abbildung 3.41 ist zu sehen, wo sich diese Kennzeichnung befindet. Die Spezifikationsnummer SL2KA kennzeichnet den Prozessor beispielsweise als Pentium II 333 MHz mit 66 MHz-Systembus und mit ECC-L2-Cache.

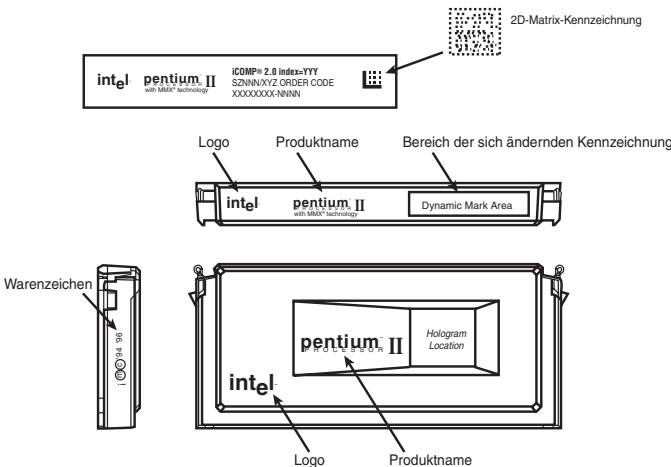


Abbildung 3.41 SEC-Gehäuse des Pentium-II/III-Prozessors

In den folgenden Tabellen sind die Spezifikationen der einzelnen Versionen des Pentium-II-Prozessors dargestellt. Sie können damit feststellen, welchen Pentium-II-Prozessor Sie haben und welche Leistungsmerkmale dieser aufweist, indem Sie nach der Spezifikationsnummer sehen, die auf der SEC-Kassette aufgedruckt ist. Die Spezifikationsnummer finden Sie oben auf dem Prozessormodul.

Spezifikationsnummer	Prozessorrevision	CPUID	CPU/FSB (MHz)	L2-Cache (MByte)	L2-Cache-Typ	CPU-Gehäuse	Anmerkung
SL264	C0	0633h	233/66	512	Ohne ECC	SECC 3.00	5
SL265	C0	0633h	266/66	512	Ohne ECC	SECC 3.00	5
SL268	C0	0633h	233/66	512	ECC	SECC 3.00	5
SL269	C0	0633h	266/66	512	ECC	SECC 3.00	5
SL28K	C0	0633h	233/66	512	Ohne ECC	SECC 3.00	1, 3, 5
SL28L	C0	0633h	266/66	512	Ohne ECC	SECC 3.00	1, 3, 5
SL28R	C0	0633h	300/66	512	ECC	SECC 3.00	5
SL2MZ	C0	0633h	300/66	512	ECC	SECC 3.00	1, 5
SL2HA	C1	0634h	300/66	512	ECC	SECC 3.00	5
SL2HC	C1	0634h	266/66	512	Ohne ECC	SECC 3.00	5
SL2HD	C1	0634h	233/66	512	Ohne ECC	SECC 3.00	5
SL2HE	C1	0634h	266/66	512	ECC	SECC 3.00	5
SL2HF	C1	0634h	233/66	512	ECC	SECC 3.00	5
SL2QA	C1	0634h	233/66	512	Ohne ECC	SECC 3.00	1, 3, 5
SL2QB	C1	0634h	266/66	512	Ohne ECC	SECC 3.00	1, 3, 5
SL2QC	C1	0634h	300/66	512	ECC	SECC 3.00	1, 5
SL2KA	dA0	0650h	333/66	512	ECC	SECC 3.00	5
SL2QF	dA0	0650h	333/66	512	ECC	SECC 3.00	1
SL2K9	dA0	0650h	266/66	512	ECC	SECC 3.00	
SL35V	dA1	0651h	300/66	512	ECC	SECC 3.00	1, 2
SL2QH	dA1	0651h	333/66	512	ECC	SECC 3.00	1, 2
SL2S5	dA1	0651h	333/66	512	ECC	SECC 3.00	2, 5
SL2ZP	dA1	0651h	333/66	512	ECC	SECC 3.00	2, 5
SL2ZQ	dA1	0651h	350/100	512	ECC	SECC 3.00	2, 5
SL2S6	dA1	0651h	350/100	512	ECC	SECC 3.00	2, 5
SL2S7	dA1	0651h	400/100	512	ECC	SECC 3.00	2, 5
SL2SF	dA1	0651h	350/100	512	ECC	SECC 3.00	1, 2
SL2SH	dA1	0651h	400/100	512	ECC	SECC 3.00	1, 2
SL2VY	dA1	0651h	300/66	512	ECC	SECC 3.00	1, 2
SL33D	dB0	0652h	266/66	512	ECC	SECC 3.00	1, 2, 5
SL2YK	dB0	0652h	300/66	512	ECC	SECC 3.00	1, 2, 5
SL2WZ	dB0	0652h	350/100	512	ECC	SECC 3.00	1, 2, 5
SL2YM	dB0	0652h	400/100	512	ECC	SECC 3.00	1, 2, 5
SL37G	dB0	0652h	400/100	512	ECC	SECC2 OLGA	1, 2, 4

Tabelle 3.38 Grundlegende Informationen über den Pentium II

Spezifikationsnummer	Prozessorrevision	CPUID	CPU/FSB (MHz)	L2-Cache (MByte)	L2-Cache-Typ	CPU-Gehäuse	Anmerkung
SL2WB	dB0	0652h	450/100	512	ECC	SECC 3.00	1, 2, 5
SL37H	dB0	0652h	450/100	512	ECC	SECC2 OLGA	1, 2
SL2W7	dB0	0652h	266/66	512	ECC	SECC 2.00	2, 5
SL2W8	dB0	0652h	300/66	512	ECC	SECC 3.00	2, 5
SL2TV	dB0	0652h	333/66	512	ECC	SECC 3.00	2, 5
SL2U3	dB0	0652h	350/100	512	ECC	SECC 3.00	2, 5
SL2U4	dB0	0652h	350/100	512	ECC	SECC 3.00	2, 5
SL2U5	dB0	0652h	400/100	512	ECC	SECC 3.00	2, 5
SL2U6	dB0	0652h	400/100	512	ECC	SECC 3.00	2, 5
SL2U7	dB0	0652h	450/100	512	ECC	SECC 3.00	2, 5
SL356	dB0	0652h	350/100	512	ECC	SECC2 PLGA	2, 5
SL357	dB0	0652h	400/100	512	ECC	SECC2 OLGA	2, 5
SL358	dB0	0652h	450/100	512	ECC	SECC2 OLGA	2, 5
SL37F	dB0	0652h	350/100	512	ECC	SECC2 PLGA	1, 2, 5
SL3FN	dB0	0652h	350/100	512	ECC	SECC2 OLGA	2, 5
SL3EE	dB0	0652h	400/100	512	ECC	SECC2 PLGA	2, 5
SL3F9	dB0	0652h	400/100	512	ECC	SECC2 PLGA	1, 2
SL38M	dB1	0653h	350/100	512	ECC	SECC 3.00	1, 2, 5
SL38N	dB1	0653h	400/100	512	ECC	SECC 3.00	1, 2, 5
SL36U	dB1	0653h	350/100	512	ECC	SECC 3.00	2, 5
SL38Z	dB1	0653h	400/100	512	ECC	SECC 3.00	2, 5
SL3D5	dB1	0653h	400/100	512	ECC	SECC2 OLGA	1, 2

Tabelle 3.38 Grundlegende Informationen über den Pentium II

CPUID = Die interne ID, die von der CPUID-Anweisung zurückgeliefert wird

ECC = Error Correcting Code

OLGA = Organic Land Grid Array

PLGA = Plastic Land Grid Array

SECC = Single Edge Contact Cartridge

SECC2 = Single Edge Contact Cartridge Revision 2

¹ *Boxed-Version des Pentium II-Prozessors mit integrierter Kühlung und Lüfter*

² *Diese Prozessoren sind mit Enhanced L2-Cache ausgestattet, der bis zu 4 GByte des Hauptspeichers zwischenspeichern kann. PII-Standardprozessoren können nur bis zu 512 KByte des Hauptspeichers zwischenspeichern*

³ *Diese Boxed-Versionen der Prozessoren weisen möglicherweise auf der Verpackung fälschlicherweise ECC-Unterstützung im L2-Cache aus*

⁴ *Boxed-Version des Prozessors Pentium II OverDrive mit Kühler als Upgrade für Pentium Pro-Systeme (Sockel 8)*

⁵ *Diese Typen arbeiten ausschließlich mit der angegebenen Taktfrequenz. Übertaktung ist nur durch Erhöhung des Bustaktes möglich.*

Die beiden Typen des SECC2-Gehäuses unterscheiden sich in der Abschirmung der Leiterbahnen auf der Platine. PLGA (Plastic Land Grid Array) ist die ältere Form der Abschirmung mittels Plastikschichten, die bei den SECC-Gehäusen eingesetzt wurde. OLGA (Organic Land Grid Array) (OLGA) ist ein mit Kupfer durchsetztes leitfähiges Substrat, das weniger Platz beansprucht, leich-

ter hergestellt werden kann und eine bessere Wärmeableitung zwischen Prozessor und Kühler ermöglicht. Abbildung 3.42 zeigt die offene Rückseite von SECC2-Prozessoren, an der der Kühler angebracht wurde, mit PLGA- und OLGA-Kern.

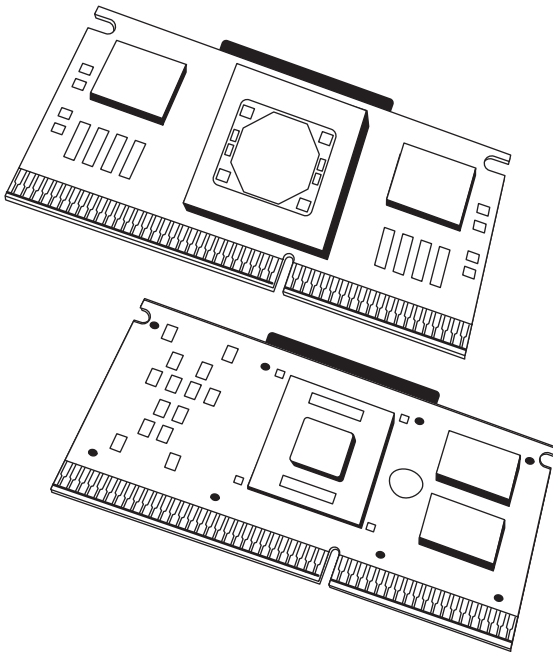


Abbildung 3.42 SECC2-Prozessoren mit PLGA- (oben) und OLGA-Kern (unten)

Die Hauptplatinen des Pentium II sind mit einem Spannungsregler für die Stromversorgung der CPU ausgestattet. Es gibt Pentium-II-Prozessoren, die mit unterschiedlichen Spannungen arbeiten, sodass der Regler für die richtige Spannung des jeweiligen Prozessors eingestellt werden muss. Wie beim Pentium Pro und anders als bei den älteren Pentium-Prozessoren gibt es beim Pentium II keine Jumper oder Schalter. Die Spannung wird automatisch über die VID-Pins (Voltage Identification) in der Prozessorkassette vorgenommen. In Tabelle 3.39 ist das Verhältnis zwischen den Pegeln der Pins und der gewählten Spannung dargestellt.

VID4	VID3	VID2	VID1	VID0	Spannung in V
0	1	1	1	1	1,30
0	1	1	1	0	1,35
0	1	1	0	1	1,40
0	1	1	0	0	1,45
0	1	0	1	1	1,50
0	1	0	1	0	1,55
0	1	0	0	1	1,60
0	1	0	0	0	1,65
0	0	1	1	1	1,70
0	0	1	1	0	1,75

Tabelle 3.39 Definition der VID-Pins beim Pentium II

VID4	VID3	VID2	VID1	VID0	Spannung in V
0	0	1	0	1	1,80
0	0	1	0	0	1,85
0	0	0	1	1	1,90
0	0	0	1	0	1,95
0	0	0	0	1	2,00
0	0	0	0	0	2,05
1	1	1	1	1	Keine CPU
1	1	1	1	0	2,1
1	1	1	0	1	2,2
1	1	1	0	0	2,3
1	1	0	1	1	2,4
1	1	0	1	0	2,5
1	1	0	0	1	2,6
1	1	0	0	0	2,7
1	0	1	1	1	2,8
1	0	1	1	0	2,9
1	0	1	0	1	3,0
1	0	1	0	0	3,1
1	0	0	1	1	3,2
1	0	0	1	0	3,3
1	0	0	0	1	3,4
1	0	0	0	0	3,5

Tabelle 3.39 Definition der VID-Pins beim Pentium II (Forts.)

0 = An Vss (Erde) angeschlossener Prozessorpin

1 = Offener Pin

VID0-VID3 werden beim Sockel 370 eingesetzt. Sockel 370 unterstützt nur Spannungen von 1,30 V – 2,05 V

VID0-VID4 werden bei Slot 1 eingesetzt

Slot 1 unterstützt Spannungen von 1,30 V – 3,5 V

Um sicher zu stellen, dass das System jeden Pentium-II-Prozessor aufnehmen kann, müssen die in **Fettdruck** dargestellten Werte unterstützt werden. Die meisten Pentium-II-Prozessoren arbeiten mit einer Spannung von 2,8 V, neuere Modelle mit 2,0 V.

Das Pentium II Mobile-Modul ist ein Pentium II für Notebooks mit der Northbridge des 440BX-Chipsatzes. Der 440BX-Chipsatz wurde zur gleichen Zeit wie die 350-MHz- und 400-MHz-Versionen des Pentium II auf den Markt gebracht.

3.12.3 Celeron

Ursprünglich handelte es sich bei dem Celeron um einen P6-Prozessor mit dem Prozessorkern des Pentium II, dann mit dem Kern des Pentium III und inzwischen verfügt ein Celeron sogar über einen Pentium 4-Kern. Er wurde vor allem für PCs der unteren Preisklassen entwickelt.

Die meisten Eigenschaften des Celeron stimmen mit denen des Pentium II bzw. III oder 4 überein, da sowohl für den Pentium als auch für den Celeron eben derselbe Prozessorkern verwendet wird. Die Hauptunterschiede liegen im Gehäuse und im Aufbau des L2-Cache.

Die erste Version des Celeron-Prozessoren war in einem so genannten SEPP- bzw. SEP-Gehäuse (Single Edge Processor Package) erhältlich. Das SEP-Gehäuse ist im Wesentlichen dasselbe Slot-1-Gehäuse wie die SEC-Kassette (Single Edge Contact), die für den Pentium II bzw. III verwendet wird, jedoch mit dem einen Unterschied, dass das SEC-Gehäuse über eine Kassettenabdeckung aus Kunststoff verfügt. Diese Abdeckung gibt es beim Celeron nicht mehr. Dadurch wird die Herstellung und damit der Verkaufspreis günstiger. Für den Celeron wird im Prinzip dieselbe Platine verwendet wie für den Pentium II.

Auch ohne Kunststoffabdeckung war das Slot-1-Gehäuse teurer als erforderlich. Dies war in erster Linie auf den Halterungsmechanismus des Prozessors zurückzuführen. Dieser war erforderlich, um den Prozessor in Slot 1 auf der Hauptplatine festzuhalten. Des Weiteren war auch der größere und komplexere Kühler für den höheren Preis mit verantwortlich. Dieser Umstand sowie die Konkurrenz der kostengünstigeren Sockel-7-Systeme, für die in erster Linie AMD-Prozessoren verwendet wurden, führte dazu, dass Intel den Celeron in einem Gehäuse unterbrachte, das in einen Sockel installiert werden kann.

Dieser Sockel wird als PGA-370 oder Sockel 370 bezeichnet, weil er mit 370 Pins versehen ist. Das für diesen Sockel entwickelte Prozessorgehäuse wird als PPGA-Gehäuse (Plastic Pin Grid Array) (siehe Abbildung 3.43) oder FCPGA-Gehäuse (Flip Chip PGA) bezeichnet. Sowohl das PPGA- als auch das FCPGA-Gehäuse werden im Sockel 370 installiert. Dadurch sind kostengünstigere und kleinere Systeme möglich, denn für den im Sockel installierten Prozessor sind keine teuren Prozessorhalterungen und Kühler erforderlich.

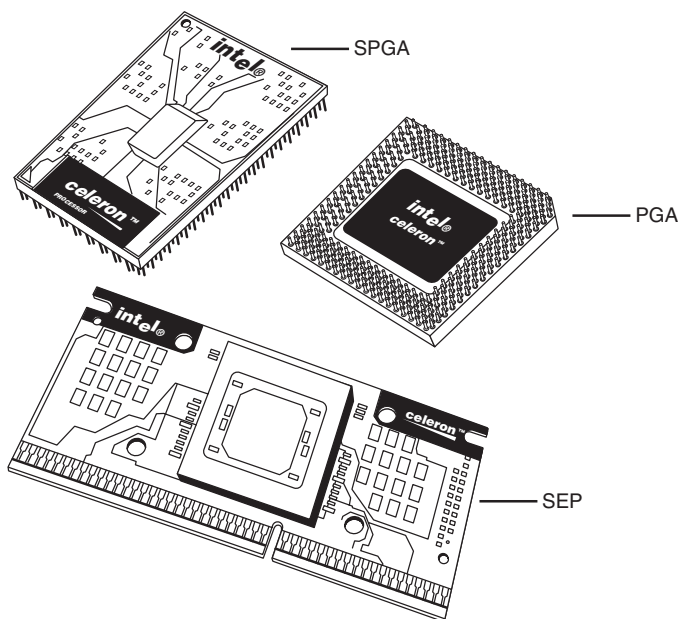


Abbildung 3.43 Celeron-Prozessoren im FCPGA-, PPGA- und SEPP-Gehäuse

Sämtliche Celeron-Prozessoren bis zu 433 MHz waren in SEPP-Gehäusen erhältlich, die in den Steckplatz mit 242 Pins eingesteckt werden. Die Versionen ab 300 MHz aufwärts sind ebenfalls im

PPGA-Gehäuse zu haben. Das bedeutet, dass die Prozessoren von 300 bis 433 MHz in beiden Gehäusen ausgeliefert wurden, während die Prozessoren ab 466 MHz nur noch in PPGA-Gehäusen zu bekommen sind.

Auf Hauptplatinen mit dem Sockel 370 können in der Regel die PGA-Versionen des Celeron und des Pentium III installiert werden. Wenn Sie eine Sockel-370-Version des Celeron für eine Slot-1-Hauptplatine verwenden möchten, müssen Sie einen speziellen Adapter, auch *Slotket* genannt, verwenden, der einen Sockel 370 enthält und in Slot 1 eingesteckt wird. In Abbildung 3.44 ist ein solcher Adapter dargestellt.

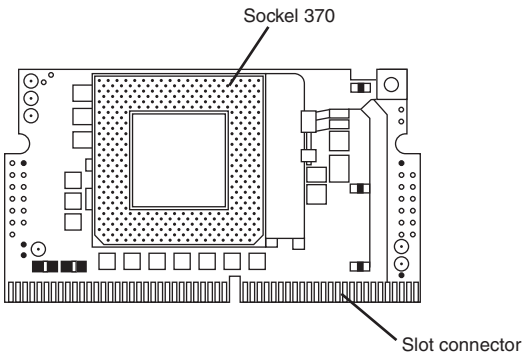


Abbildung 3.44 Slotket für die Installation eines PPGA-Prozessors in Slot-1-Hauptplatinen

Und das sind die Leistungsmerkmale des Celeron:

- Erhältlich mit Frequenzen ab 300 MHz (300A) aufwärts mit einem auf dem gleichen Siliziumplättchen untergebrachten 128-KByte-L2-Cache. Prozessoren mit 300 MHz und 266 MHz sind ohne L2-Cache.
- Der L2-Cache unterstützt einen Adressbereich von bis zu 4 GByte RAM sowie die ECC-Technologie (Error Correcting Code).
- Verwendet denselben P6-Kernprozessor wie der Pentium II (von 266 bis 533 MHz), der Pentium III (ab dem 533A) und der Pentium 4 (1,7 GHz und höher).
- Dynamische Befehlsausführung.
- Arbeitet je nach Version mit einem 66-MHz-, einem 100-MHz- oder einem 400-MHz-CPU-Bus.
- Wurde speziell für preisgünstigere PCs entwickelt. Ist mit MMX-Technologie ausgestattet. Der Celeron verfügt ab dem 533A über SSE, der Celeron 1,7 GHz und höher über SSE2.
- Kostengünstigere Gehäuse wie SEPP-, PPGA- und FCPGA-Gehäuse.
- Integrierter L1- und L2-Cache, wobei die Speicherkapazität und der Typ von der Prozessorversion abhängen. Der Celeron ist mit der halben L2-Cache-Kapazität ausgestattet, wie derjenige Prozessor von dem er abstammt (PII-P4).
- Integrierter Temperatursensor zur Temperaturüberwachung.

Die Celeron-Prozessoren ab dem 300A aufwärts verfügen über einen 128 KByte großen, integrierten L2-Cache. Der Prozessorkern der Versionen 300A bis 533 MHz, die auf dem Pentium-II-Kern basieren, enthalten aufgrund dieses integrierten L2-Caches 19 Millionen Transistoren. Die Versionen ab dem 533A basieren auf dem Pentium-III-Kern und umfassen 28,1 Millionen Transistoren. Der 1,7 GHz-Celeron und schnellere Versionen basieren auf dem Pentium 4-Kern und umfassen

42 Millionen Transistoren. Bei den auf dem Pentium III basierenden Versionen befindet sich eigentlich ein 256 KByte großer L2-Cache auf dem Chip. 128 KByte sind jedoch deaktiviert, sodass nur 128 KByte funktionierender Cache übrig bleiben.

Die 128 KByte Cache werden deshalb deaktiviert, weil es für Intel kostengünstiger ist, einfach denselben Chip zu verwenden und bei den Celeron-CPU's nur einen Teil zu deaktivieren, als für den Celeron eigene Chips herzustellen. Die auf dem Pentium III basierenden Celeron-Prozessoren unterstützen neben den MMX-Befehlen auch SSE (Streaming SIMD Extensions), wohingegen die auf dem Pentium 4 basierenden Versionen den SSE2-Befehlssatz unterstützen. Die älteren, auf dem Pentium II basierenden Celeron-Prozessoren unterstützten nur MMX.

Sämtliche Celeron-Prozessoren im SEPP- und PPGA-Gehäuse werden in der 0,25-Mikrometer-Technologie gefertigt, wohingegen die Prozessoren im FC-PGA- und dem PC-PGA2-Gehäuse mit dem besseren 0,18-Mikrometer-Prozess gefertigt werden. Der kleinere Prozess führt dazu, dass sich der Prozessor nicht so stark erwärmt und entsprechend schneller ausgeführt werden kann.

Mittlerweile gibt es zahlreiche Celeron-Versionen. Ganz generell weist der Name *Celeron* aber nicht anderes aus als eine leistungsschwächere aber dafür kostengünstigere Version eines aktuellen Intel-Prozessors. Die Tabelle 3.40 zeigt die Daten der verschiedenen Celeron-Typen.

Celeron-Typ	Basiert auf	Codename	Prozess (µm)	L2-Cache (KB)	Multimedia-Befehle
Celeron	Pentium II Deschutes	Covington	0.25	0	MMX
Celeron A	Pentium II Deschutes	Mendocino	0.25	128	MMX
Celeron A-PGA	Pentium II Deschutes	Mendocino	0.25	128	MMX
Celeron III	Pentium III Coppermine	Coppermine-128	0.18	128	SSE
Celeron IIIA	Pentium III Tualatin	Tualatin-256	0.13	256	SSE
Celeron 4	Pentium 4 Willamette	Willamette-128	0.18	128	SSE2
Celeron 4A	Pentium 4 Northwood	Northwood-128	0.13	128	SSE2
Celeron D	Pentium 4 Prescott	Prescott-256	0.09	256	SSE3

Celeron-Typ	Interface	Gehäuse-Typ	FSB-Takt (MHz)	Min. Takt (MHz)	Max. Takt (MHz)
Celeron	Slot -1	SEPP	66	266	300
Celeron A	Slot-1	SEPP	66	300	433
Celeron A-PGA	Socket 370	PPGA	66	300	533
Celeron III	Socket 370	FC-PGA	66, 100	533	1100
Celeron IIIA	Socket 370	FC-PGA2	100	900	1400
Celeron 4	Socket 478	FC-PGA2	400	1700	1800
Celeron 4A	Socket 478	FC-PGA2	400	2000	2800
Celeron D	Socket 478, Socket T	FC-PGA2	533	2530	3200

Tabelle 3.40 Die Daten der Celeron-Versionen

Wie zu erkennen ist, gibt es eine breite Palette von Celeron-Prozessoren, die aus unterschiedlichen CPU-Familien hervorgegangen sind und die es demnach auch in unterschiedlichen Gehäusen gibt. Die Abbildung 3.45 zeigt die Celerons in den verschiedenen Gehäusetypen.

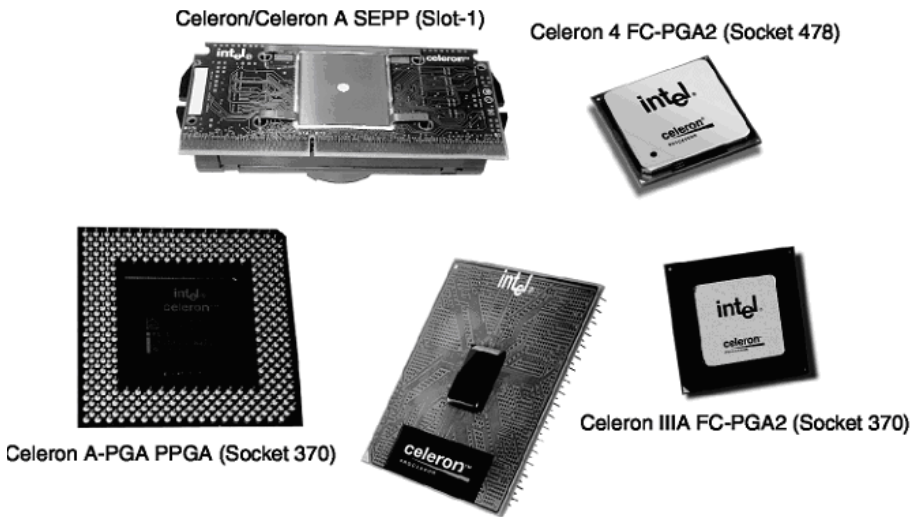


Abbildung 3.45 Prozessoren, die den Namen Celeron führen.

Obwohl es Celerons für den Sockel 370 und für den Sockel 478 gibt, existieren zwischen beiden Versionen erhebliche Unterschiede, was in erster Line davon abhängt, von welcher Pentium-Klasse der jeweilige Celeron abstammt.

Celerons für den Sockel 370 basieren auf der Architektur des Pentium II oder des Pentium III, während Celerons für den Sockel 478 auf der Pentium 4-Architektur basieren. Wichtig sind nur noch der Celeron IIIA, der Celeron 4 und der Celeron 4A, weil die vorherigen Typen von Intel abgekündigt worden sind.

Der Celeron IIIA ist für den neueren Sockel 370 mit einem Takt von 900 MHz bis hin zu 1,4 GHz ausgelegt. Die Celerons für Hauptplatinen mit einem Sockel 478 gibt es mit einem Takt von 1,7 GHz bis 1,8 GHz und die schnelleren Celeron 4A-Typen arbeiten mit einem Takt von 2 GHz bis hin zu 2,8 GHz. Außerdem sind Typen mit der Bezeichnung *Celeron D* erhältlich, die auf dem Prescott-Kern basieren und für den Sockel 478 und für den neueren Sockel T (LGA775) vorgesehen sind. Takte von 2,53 GHz bis 3,2 GHz sind bei diesen Versionen aktuell. Außerdem gibt es neben den unterschiedlichen Taktraten noch weitere Unterschiede:

- Alle Celeron IIIA-Typen arbeiten mit einem FSB von 100 MHz, während alle Celerons für den Sockel 478 mindestens einen FSB von 400 MHz verwenden.
- Die Celeron IIIA-Versionen basieren auf dem Pentium III-Tualatin-Kern mit einem L2-Cache von 256 KByte. Die älteren mit einem Pentium III-Coppermine-Kern oder Pentium II-Deschutes-Kern verfügen nur über einen L2-Cache mit 128 KByte. Alle Celerons für den Sockel 478, die auf dem Willamette- oder auch dem neueren Northwood-Kern vom Pentium 4 basieren, bieten (wieder) einen L2-Cache von 256 KByte.
- Die neueste Celeron-Generation (Celeron D) stellt bis auf einen reduzierten L2-Cache und einen FSB von 400 MHz oder auch 533 MHz ansonsten alle Pentium 4-typischen Architekturmerkmale (vgl. Pentium 4-Kapitel) zur Verfügung.

3.12.4 Pentium III

Der Pentium-III-Prozessor (siehe Abbildung 3.46) wurde im Februar 1999 auf den Markt gebracht und mit ihm wurden einige neue Features in die Familie der P6-Prozessoren eingeführt. Der Pentium III besitzt im Wesentlichen den gleichen Kern, wie der Pentium II, ist jedoch mit dem SSE-Befehlssatz und integriertem L2-Cache ausgestattet. Der SSE-Befehlssatz besteht aus 70 neuen Befehlen, die die Leistungsfähigkeit und Möglichkeiten im Bereich von Grafik-, 3D-, Audio-, Video- und Sprachanwendungen verbessern.



Abbildung 3.46 Pentium-III-Prozessor im SECC2- und FCPGA-Gehäuse

Ursprünglich basierte der Pentium III auf Intels 0,25- μm -CMOS-Fertigungstechnologie und bestand aus über 9,5 Millionen Transistoren. Ende 1999 wurde bei Intel auf den 0,18- μm -Fertigungsprozess mit dem Codenamen Coppermine umgestellt und ein 256 KByte großer L2-Cache im Chip integriert, wodurch sich die Anzahl der Transistoren auf 28,1 Millionen steigerte. Die aktuellste Version des Pentium III mit dem Codenamen Tualatin nutzt einen 0,13- μm -Prozess und ist mit 44 Millionen Transistoren ausgestattet. Der Pentium III ist auch mit Taktfrequenzen von 450 MHz bis 1,4 GHz erhältlich. Darüber hinaus gibt es von diesem Prozessor auch noch Server-Versionen mit größerem und schnellerem Cache. Diese Prozessoren sind unter der Bezeichnung Xeon bekannt.

Der Pentium III verfügt außerdem noch über einen 32 KByte großen L1-Cache und einen 512 KByte großen L2-Cache, der mit halber Prozessortaktfrequenz arbeitet und mit bis zu 4 GByte adressierbarem Speicherbereich. Der Pentium III kann darüber hinaus auch in Dual-Prozessorsystemen mit bis zu 64 GByte physikalischem Speicher eingesetzt werden. Eine spezielle Seriennummer bietet mit Sicherheits-, Authentifizierungs- und Systemverwaltungsanwendungen leistungsstarke Möglichkeiten für die Identifizierung einzelner Pentium III-Systeme.

Pentium-III-Prozessoren sind im SECC2-Gehäuse (Single Edge Contact Cartridge 2) erhältlich. Dieses ersetzt das ältere und teurere SEC-Gehäuse. Das SECC2-Gehäuse deckt nur eine Seite des Chips ab und der Kühler lässt sich deshalb hier besser anbringen.

Hinsichtlich der Architektur weist der Pentium-III-Prozessor folgende Eigenschaften auf:

- **Streaming SIMD Extensions.** Siebzig neue Befehle für eine deutlich schnellere Verarbeitung von Grafik-, 3D-, Audio- und Videodaten. Anwendungen für den Internetzugriff, die Spracherkennung, neue Benutzeroberflächen und andere Grafik- und Audioanwendungen werden hiermit effektiver unterstützt.

- *Seriennummer für Intel-Prozessoren.* Die Seriennummer des Prozessors dient als eine elektronische Seriennummer für den Prozessor und dessen System bzw. den Benutzer. Dieses Merkmal kann über das BIOS aktiviert werden. Die Seriennummer für Prozessoren kann in Anwendungen eingesetzt werden, die von den strengeren Anforderungen bei der System- und Benutzererkennung profitieren, als da wären:
- *Anwendungen, die Sicherheitsfunktionen verwenden.* Verwalteter Zugriff auf neue Internetinhalte und -dienste; elektronischer Dokumentenaustausch.
- *Anwendungen für die Systemverwaltung.* Ferngesteuertes (Remote) Laden und Konfigurieren des Systems.

Die ersten Pentium III-Prozessoren wurden zwar mit dem SECC2-Gehäuse ausgeliefert. Intel wechselte später jedoch zum FC-PGA-Gehäuse, das preisgünstiger hergestellt und bei dem der Kühler näher am Prozessorkern angebracht werden kann und diesen somit zu einer effektiveren Kühlung verhilft. Die FC-PGA-Version des Prozessors wird in einen Sockel 370 eingesteckt, kann jedoch unter Zuhilfenahme eines Slotkets auch in Slot 1 installiert werden.

Sämtliche Pentium-III-Prozessoren sind entweder mit einem 512 KByte oder mit einem 256 KByte großen L2-Cache ausgestattet, der entweder mit halbem oder mit vollem Prozessortakt arbeitet. Die Xeon-Versionen des Pentium-III-Prozessors verfügen über einen 512 KByte, ein MByte oder zwei MByte großen L2-Cache, der genauso schnell wie der Prozessor getaktet ist. Der Xeon ist eine etwas teurere Version des Pentium III, die für Serversysteme entwickelt worden ist. Der L2-Cache sämtlicher Pentium-III-Prozessoren kann bis zu 4 GByte adressierbaren Speicherbereich überdecken. Darüber hinaus verfügen diese Cache-Speicher über die Fehlerkorrekturfunktion durch ECC (Error Checking und Correction).

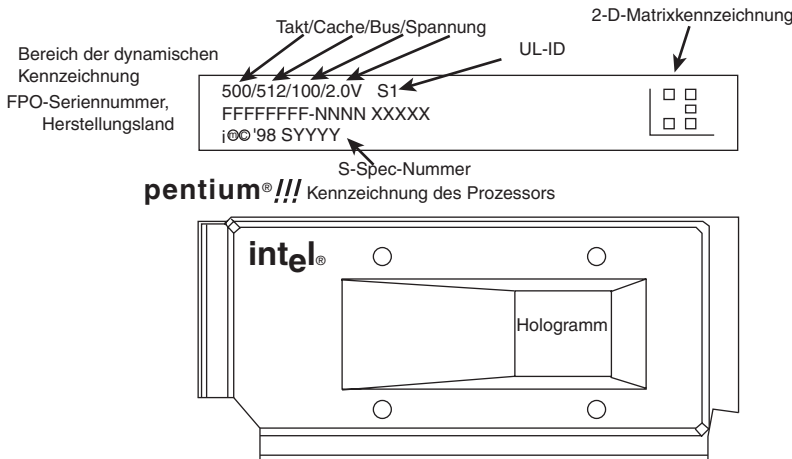


Abbildung 3.47 Kennzeichnungen beim Pentium-III-Prozessor

Pentium-III-Prozessoren sind anhand ihrer Kennzeichnung, die sich an der oberen Kante der Prozessorkassette befindet, zu identifizieren. In der Abbildung 3.47 sind das Format und die Bedeutung der Kennzeichnung dargestellt und in der Tabelle 3.41 sind sämtliche Variationen des Pentium-III-Prozessors mit den S-Spec-Nummern angegeben.

CPU-Takt (MHz)	FSB (MHz)	Faktor	S-Spec. Boxed-CPU	S-Spec. OEM-CPU	Stepping	CPU-ID	L2-Cache (KByte)	L2-Takt (MHz)	Max. Temp. (°C)	Spannung (V)	Max. Leist. (W)	Prozess (µm)	Transistoren	Gehäuse
450	100	4,5x	SL3CC	SL364	kB0	0672	512	225	90	2,00	25,3	0,25	9,5M	SECC2
450	100	4,5x	SL37C	SL35D	kC0	0673	512	225	90	2,00	25,3	0,25	9,5M	SECC2
500	100	5x	SL3CD	SL365	kB0	0672	512	250	90	2,00	28,0	0,25	9,5M	SECC2
500	100	5x	SL365	SL365	kB0	0672	512	250	90	2,00	28,0	0,25	9,5M	SECC2
500	100	5x	SL37D	SL35E	kC0	0673	512	250	90	2,00	28,0	0,25	9,5M	SECC2
500E	100	5x	SL3R2	SL3Q9	cA2	0681	256	500	85	1,60	13,2	0,18	28,1M	FC-PGA
500E	100	5x	SL45R	SL444	cB0	0683	256	500	85	1,60	13,2	0,18	28,1M	FC-PGA
533B	133	4x	SL3E9	SL3BN	kC0	0673	512	267	90	2,05	29,7	0,25	9,5M	SECC2
533EB	133	4x	SL3SX	SL3N6	cA2	0681	256	533	85	1,65	14,0	0,18	28,1M	SECC2
533EB	133	4x	SL3VA	SL3VF	cA2	0681	256	533	85	1,65	14,0	0,18	28,1M	FC-PGA
533EB	133	4x	SL44W	SL3XG	cB0	0683	256	533	85	1,65	14,0	0,18	28,1M	SECC2
533EB	133	4x	SL45S	SL3XS	cB0	0683	256	533	85	1,65	14,0	0,18	28,1M	FC-PGA
550	100	5,5x	SL3FJ	SL3F7	kC0	0673	512	275	80	2,00	30,8	0,25	9,5M	SECC2
550E	100	5,5x	SL3R3	SL3QA	cA2	0681	256	550	85	1,60	14,5	0,18	28,1M	FC-PGA
550E	100	5,5x	SL3V5	SL3N7	cA2	0681	256	550	85	1,60	14,5	0,18	28,1M	SECC2
550E	100	5,5x	SL44X	SL3XH	cB0	0683	256	550	85	1,60	14,5	0,18	28,1M	SECC2
550E	100	5,5x	SL45T	-	cB0	0683	256	550	85	1,60	14,5	0,18	28,1M	FC-PGA
600	100	6x	SL3JT	SL3JM	kC0	0673	512	300	85	2,00	34,5	0,25	9,5M	SECC2
600E	100	6x	SL3NA	SL3H6	cA2	0681	256	600	82	1,65	15,8	0,18	28,1M	SECC2
600E	100	6x	SL3NL	SL3VH	cA2	0681	256	600	82	1,65	15,8	0,18	28,1M	FC-PGA
600E	100	6x	SL44Y	SL43E	cB0	0683	256	600	82	1,65	15,8	0,18	28,1M	SECC2
600E	100	6x	SL45U	SL3XU	cB0	0683	256	600	82	1,65	15,8	0,18	28,1M	FC-PGA
600E	100	6x	-	SL4CM	cC0	0686	256	600	82	1,7	15,8	0,18	28,1M	FC-PGA
600E	100	6x	-	SL4C7	cC0	0686	256	600	82	1,7	15,8	0,18	28,1M	SECC2

Tabelle 3.41 Variationen und Spezifikationen des P-III-Prozessors von Intel

CPU-Takt (MHz)	FSB (MHz)	Faktor	S-Spec. Boxed-CPU	S-Spec. OEM-CPU	Step-ping	CPU-ID	L2-Cache (KByte)	L2-Takt (MHz)	Max. Temp. (°C)	Span-nung (V)	Max. Leist. (W)	Prozess (µm)	Transis-toren	Gehäuse
600B	133	4,5x	SL3JU	SL3JP	kC0	0673	512	300	85	2,05	34,5	0,25	9,5M	SECC2
600EB	133	4,5x	SL3NB	SL3H7	cA2	0681	256	600	82	1,65	15,8	0,18	28,1M	SECC2
600EB	133	4,5x	SL3VB	SL3VG	cA2	0681	256	600	82	1,65	15,8	0,18	28,1M	FC-PGA
600EB	133	4,5x	SL44Z	SL3XJ	cB0	0683	256	600	82	1,65	15,8	0,18	28,1M	SECC2
600EB	133	4,5x	SL45V	SL3XT	cB0	0683	256	600	82	1,65	15,8	0,18	28,1M	FC-PGA
600EB	133	4,5x	SL4CL	SL4CL	cC0	0686	256	600	82	1,7	15,8	0,18	28,1M	FC-PGA
600EB	133	4,5x	-	SL46C	cC0	0686	256	600	82	1,7	15,8	0,18	28,1M	SECC2
650	100	6,5x	SL3NR	SL3KV	cA2	0681	256	650	82	1,65	17,0	0,18	28,1M	SECC2
650	100	6,5x	SL3NM	SL3VJ	cA20	681	256	650	82	1,65	17,0	0,18	28,1M	FC-PGA
650	100	6,5x	SL452	SL3XK	cB0	0683	256	650	82	1,65	17,0	0,18	28,1M	SECC2
650	100	6,5x	SL45W	SL3XV	cB0	0683	256	650	82	1,65	17,0	0,18	28,1M	FC-PGA
650	100	6,5x	-	SL4CK	cC0	0686	256	650	82	1,7	17,0	0,18	28,1M	FC-PGA
650	100	6,5x	-	SL4C5	cC0	0686	256	650	82	1,7	17,0	0,18	28,1M	SECC2
667	133	5x	SL3ND	SL3KW	cA2	0681	256	667	82	1,65	17,5	0,18	28,1M	SECC2
667	133	5x	SL3T2	SL3VK	cA2	0681	256	667	82	1,65	17,5	0,18	28,1M	FC-PGA
667	133	5x	SL453	SL3XL	cB0	0683	256	667	82	1,65	17,5	0,18	28,1M	SECC2
667	133	5x	SL45X	SL3XW	cB0	0683	256	667	82	1,65	17,5	0,18	28,1M	FC-PGA
667	133	5x	-	SL4CJ	cC0	0686	256	667	82	1,7	17,5	0,18	28,1M	FC-PGA
667	133	5x	-	SL4C4	cC0	0686	256	667	82	1,7	17,5	0,18	28,1M	SECC2
700	100	7x	SL3SY	SL3S9	cA2	0681	256	700	80	1,65	18,3	0,18	28,1M	SECC2
700	100	7x	SL3T3	SL3VL	cA2	0681	256	700	80	1,65	18,3	0,18	28,1M	FC-PGA
700	100	7x	SL454	SL453	cB0	0683	256	700	80	1,65	18,3	0,18	28,1M	SECC2
700	100	7x	SL45Y	SL3XX	cB0	0683	256	700	80	1,65	18,3	0,18	28,1M	FC-PGA
700	100	7x	SL4M7	SL4CH	cC0	0686	256	700	80	1,7	18,3	0,18	28,1M	FC-PGA

Tabelle 3.41 Variationen und Spezifikationen des P-III-Prozessors von Intel (Fortsets.)

CPU-Takt (MHz)	FSB (MHz)	Faktor	S-Spec. Boxed-CPU	S-Spec. OEM-CPU	Stepping	CPU-ID	L2-Cache (KByte)	L2-Takt (MHz)	Max. Temp. (°C)	Spannung (V)	Max. Leist. (W)	Prozess (µm)	Transistoren	Gehäuse
700	100	7x	-	SL4C3	cC0	0686	256	700	80	1,7	18,3	0,18	28.1M	SECC2
733	133	5,5x	SL3SZ	SL3SB	cA2	0681	256	733	80	1,65	19,1	0,18	28.1M	SECC2
733	133	5,5x	SL3T4	SL3VM	cA2	0681	256	733	80	1,65	19,1	0,18	28.1M	FC-PGA
733	133	5,5x	SL455	SL3XN	cB0	0683	256	733	80	1,65	19,1	0,18	28.1M	SECC2
733	133	5,5x	SL45Z	SL3XY	cB0	0683	256	733	80	1,65	19,1	0,18	28.1M	FC-PGA
733	133	5,5x	SL4M8	SL4CG	cC0	0686	256	733	80	1,7	19,1	0,18	28.1M	FC-PGA
733	133	5,5x	SL4KD	SL4C2	cC0	0686	256	733	80	1,7	19,1	0,18	28.1M	SECC2
733	133	5,5x	SL4FQ	SL4CX	cC0	0686	256	733	80	1,7	19,1	0,18	28.1M	SECC2
750	100	7,5x	SL3V6	SL3WC	cA2	0681	256	750	80	1,65	19,5	0,18	28.1M	SECC2
750	100	7,5x	SL3VC	SL3VN	cA2	0681	256	750	80	1,65	19,5	0,18	28.1M	FC-PGA
750	100	7,5x	SL456	SL3XP	cB0	0683	256	750	80	1,65	19,5	0,18	28.1M	SECC2
750	100	7,5x	SL462	SL3XZ	cB0	0683	256	750	80	1,65	19,5	0,18	28.1M	FC-PGA
750	100	7,5x	SL4M9	SL4CF	cC0	0686	256	750	80	1,7	19,5	0,18	28.1M	FC-PGA
750	100	7,5x	SL4KE	SL4BZ	cC0	0686	256	750	80	1,7	19,5	0,18	28.1M	SECC2
800	100	8x	SL457	SL3XR	cB0	0683	256	800	80	1,65	20,8	0,18	28.1M	SECC2
800	100	8x	SL463	SL3Y3	cB0	0683	256	800	80	1,65	20,8	0,18	28.1M	FC-PGA
800	100	8x	SL4MA	SL4CE	cC0	0686	256	800	80	1,7	20,8	0,18	28.1M	FC-PGA
800	100	8x	SL4KF	SL4BY	cC0	0686	256	800	80	1,7	20,8	0,18	28.1M	SECC2
800EB	133	6x	SL458	SL3XQ	cB0	0683	256	800	80	1,65	20,8	0,18	28.1M	SECC2
800EB	133	6x	SL464	SL3Y2	cB0	0683	256	800	80	1,65	20,8	0,18	28.1M	FC-PGA
800EB	133	6x	SL4MB	SL4CD	cC0	0686	256	800	80	1,7	20,8	0,18	28.1M	FC-PGA
800EB	133	6x	SL4G7	SL4XQ	cC0	0686	256	800	80	1,7	20,8	0,18	28.1M	SECC2
800EB	133	6x	SL4KG	SL4BX	cC0	0686	256	800	80	1,7	20,8	0,18	28.1M	SECC2
850	100	8,5x	SL47M	SL43F	cB0	0683	256	850	80	1,65	22,5	0,18	28.1M	SECC2

Tabelle 3.41 Variationen und Spezifikationen des P-III-Prozessors von Intel (Forts.)

CPU-Takt (MHz)	FSB (MHz)	Faktor	S-Spec. Boxed-CPU	S-Spec. OEM-CPU	Step-ping	CPU-ID	L2-Cache (KByte)	L2-Takt (MHz)	Max. Temp. (°C)	Span-nung (V)	Max. Leist. (W)	Prozess (µm)	Transis-toren	Gehäuse
850	100	8,5x	SL49G	SL43H	cB0	0683	256	850	80	1,65	22,5	0,18	28.1M	FC-PGA
850	100	8,5x	SL4MC	SL4CC	cC0	0686	256	850	80	1,7	22,5	0,18	28.1M	FC-PGA
850	100	8,5x	SL4KH	SL4BW	cC0	0686	256	850	80	1,7	22,5	0,18	28.1M	SECC2
866	133	6,5x	SL47N	SL43G	cB0	0683	256	866	80	1,65	22,9	0,18	28.1M	SECC2
866	133	6,5x	SL49H	SL43J	cB0	0683	256	866	80	1,65	22,9	0,18	28.1M	FC-PGA
866	133	6,5x	SL4MD	SL4CB	cC0	0686	256	866	80	1,7	22,5	0,18	28.1M	FC-PGA
866	133	6,5x	SL4KJ	SL4BV	cC0	0686	256	866	80	1,7	22,5	0,18	28.1M	SECC2
866	133	6,5x	SL5B5	SL5QE	cD0	068A	256	866	80	1,75	26,1	0,18	28.1M	FC-PGA
900	100	9x	-	SL4SD	cC0	0686	256	900	75	1,7	23,2	0,18	28.1M	FC-PGA
933	133	7x	SL47Q	SL448	cB0	0683	256	933	75	1,7	25,5	0,18	28.1M	SECC2
933	133	7x	SL49J	SL44J	cB0	0683	256	933	75	1,7	24,5	0,18	28.1M	FC-PGA
933	133	7x	SL4ME	SL4C9	cC0	0686	256	933	75	1,7	24,5	0,18	28.1M	FC-PGA
933	133	7x	SL4KK	SL4BT	cC0	0686	256	933	75	1,7	25,5	0,18	28.1M	SECC2
933	133	7x	-	SL5QF	cD0	068A	256	933	77	1,75	27,3	0,18	28.1M	FC-PGA
1000B	133	7,5x	SL4FP	SL48S	cB0	0683	256	1000	70	1,7	26,1	0,18	28.1M	SECC2
1000B	133	7,5x	SL4C8	SL4C8	cC0	0686	256	1000	70	1,7	26,1	0,18	28.1M	FC-PGA
1000B	133	7,5x	SL4MF	-	cC0	0686	256	1000	70	1,7	26,1	0,18	28.1M	FC-PGA
1000	100	10x	SL4BR	SL4BR	cC0	0686	256	1000	70	1,7	26,1	0,18	28.1M	SECC2
1000	100	10x	SL4KL	-	cC0	0686	256	1000	70	1,7	26,1	0,18	28.1M	SECC2
1000B	133	7,5x	SL4BS	SL4BS	cC0	0686	256	1000	70	1,7	26,1	0,18	28.1M	SECC2
1000B	100	10x	-	SL5QV	cD0	068A	256	1000	75	1,75	29,0	0,18	28.1M	FC-PGA
1000B	133	7,5x	SL5DV	-	cD0	068A	256	1000	75	1,75	29,0	0,18	28.1M	FC-PGA
1000B	133	7,5x	SL5B3	SL5B3	cD0	068A	256	1000	75	1,75	29,0	0,18	28.1M	FC-PGA
1000B	133	7,5x	SL52R	SL52R	cD0	068A	256	1000	75	1,75	29,0	0,18	28.1M	FC-PGA

Tabelle 3.41 Variationen und Spezifikationen des P-III-Prozessors von Intel (Fortsetz.)

CPU-Takt (MHz)	FSB (MHz)	Faktor	S-Spec. Boxed-CPU	S-Spec. OEM-CPU	Step-ping	CPU-ID	L2-Cache (KByte)	L2-Takt (MHz)	Max. Temp. (°C)	Spannung (V)	Max. Leist. (W)	Prozess (µm)	Transistoren	Gehäuse
1000B	133	7,5x	SL5FQ	-	cD0	068A	256	1000	75	1,75	29,0	0,18	28.1M	FC-PGA
1100	100	11x	-	SL5QW	cD0	068A	256	1100	77	1,75	33,0	0,18	28.1M	FC-PGA
1133	133	8,5x	SL5LT	-	tA1	06B1	256	1133	69	1,475	29,1	0,13	44M	FC-PGA2
1133	133	8,5x	SL5GQ	SL5GQ	tA1	06B1	256	1133	69	1,475	29,1	0,13	44M	FC-PGA2
1133-S	133	8,5x	SL5LV	-	tA1	06B1	512	1133	69	1,45	27,9	0,13	44M	FC-PGA2
1133-S	133	8,5x	SL5PU	SL5PU	tA1	06B1	512	1133	69	1,45	27,9	0,13	44M	FC-PGA2
1200	133	9x	SL5GN	SL5GN	tA1	06B1	256	1200	69	1,475	29,9	0,13	44M	FC-PGA2
1200	133	9x	SL5PM	-	tA1	06B1	256	1200	69	1,475	29,9	0,13	44M	FC-PGA2
1266-S	133	9,5x	SL5LW	SL5QL	tA1	06B1	512	1266	69	1,45	29,5	0,13	44M	FC-PGA2
1333	133	10x	-	SL5VX	tA1	06B1	256	1333	69	1,475	29,9	0,13	44M	FC-PGA2
1400-S	133	10,5x	SL657	SL5XL	tA1	06B1	512	1400	69	1,45	29,9	0,13	44M	FC-PGA2
1200	133	9x	SL5PM	-	tA1	06B1	256	1200	69	1,475	29,9	0,13	44M	FC-PGA2

Tabelle 3.41 Variationen und Spezifikationen des P-III-Prozessors von Intel (Forts.)

CPUID = Die interne ID, die vom CPUID-Befehl zurückgeliefert wird

ECC = Error correcting code

FC-PGA = Flip-Chip Pin Grid Array

FC-PGA2 = Flip-Chip Pin Grid Array Revision 2

SECC = Single Edge Contact Cartridge

SECC2 = Single Edge Contact Cartridge Revision 2

Bei sämtlichen Pentium-III-Prozessoren ist der Taktvervielfacher (Faktor, Multiplikator) gesperrt. Damit soll verhindert werden, dass der Prozessor durch Einstellen einer bestimmten Taktfrequenz übertaktet werden kann. Diese Vorsichtsmaßnahme kann jedoch durch Manipulationen am Prozessor leider wieder umgangen werden, so dass skrupellose Individuen langsamere Prozessoren als schnellere verkaufen können. Es macht sich daher bezahlt, Computersysteme bzw. Prozessoren direkt von Intel-Anbietern oder von nicht ganz so billigen Händlern zu kaufen.

3.12.5 Pentium II/III Xeon

Die Pentium-II- und -III-Prozessoren sind als spezielle High-End-Versionen erhältlich und werden als Xeon-Prozessoren bezeichnet. Der erste Xeon basierte auf dem Pentium II und kam im Juni 1998 auf den Markt. Darauf folgte der auf dem Pentium III basierende Xeon im März 1999. Die Xeon-Prozessoren unterscheiden sich von den gewöhnlichen Pentium-Prozessoren hinsichtlich des Gehäuses, der Größe und der Geschwindigkeit des Cache. Das Gehäuse ist größer als das der Pentium-Prozessoren und die L2-Cache-Größe kann 512 KByte bis hin zu 2 MByte betragen. Der L2-Cache-Takt entspricht dabei stets dem CPU-Takt. Der per L2-Cache mit ECC-Funktion zu speichernde Hauptspeicherbereich kann 64 GByte überdecken.



Abbildung 3.48 Der Pentium III Xeon-Prozessor

Neuere Xeon-Versionen basieren auf einem Pentium 4-Kern und sind für den Sockel 603 oder den Sockel 604 ausgelegt.

3.13 AMD-Prozessoren

Neben Intel haben auch viele andere Hersteller P6-Prozessoren hergestellt, jedoch häufig mit etwas anderen Eigenschaften. Die meisten dieser Prozessoren sind auf Klasse 5-Hauptplatinen und auf den Massenmarkt ausgerichtet. AMD bietet mit den Athlon- und Duron-Prozessoren echte Prozessoren der sechsten Generation an, die mit einem eigenen Systeminterface ausgestattet sind.

3.13.1 K6-Serie

Der K6 von AMD ist ein leistungsstarker Prozessor der sechsten Generation, der in einer P5-Hauptplatine für einen Pentium installiert werden kann. Aufgrund seines einzigartigen hybriden Aufbaus bietet er eine Leistung, die sich irgendwo zwischen dem Pentium und dem Pentium II befindet. Der K6 wurde für die Installation in einen Sockel 7 entwickelt. Daher kann er nicht die Leistung eines echten P6-Chips erbringen, denn die Sockel-7-Architektur schränkt Cache- und Speicherleistung deutlich ein. Mit diesem Prozessor bot AMD Intel im Bereich der unteren und mittleren Marktsegmente ordentlich Paroli, in denen der Pentium immer noch erfolgreich ist. Der K6-2 und der K6-3 sind einer erweiterten MMX-Implementierung mit der Bezeichnung 3DNow! ausgestattet und sie bieten damit Multimedia-Performance auf hohem Niveau.

AMD entwickelte den K6-Prozessor speziell für die kostengünstige und leistungsstarke Sockel-7-Infrastruktur. Ursprünglich wurde der Prozessor mit AMDs 0,35- μm -Fertigungsprozess hergestellt, bei den aktuelleren Varianten wurde der 0,25- μm -Prozess eingesetzt, um die Produktionsmenge erhöhen und den Stromverbrauch verringern zu können. Der K6 von AMD zeichnet sich durch folgende Leistungsmerkmale aus:

- Interner Aufbau wie ein Prozessor der sechsten Generation, externer Aufbau wie ein Prozessor der fünften Generation
- Interner RISC-Kern übersetzt x86-Befehle in RISC-Befehle
- Sieben superskalare parallele Ausführungseinheiten
- Dynamische Ausführung
- Sprungvorhersage
- Spekulative Ausführung
- Groß dimensionierter L1-Cache (64 KByte insgesamt; 32 KByte Befehls-Cache plus 32 KByte Write-Back-Daten-Cache (Dual-Ported))
- Integrierte Gleitkommaeinheit (FPU)
- Unterstützung des MMX-Befehlssatzes
- SMM (System Management Mode)
- CPGA-Gehäuse (Ceramic Pin Grid Array) für Sockel-7-Design
- Im 0,35- und 0,25- μm -Prozess gefertigt, Fünf-Schichten-Design

Der Nachfolger – der K6-2 – weist darüber hinaus folgende Leistungsmerkmale auf:

- Höhere Taktfrequenzen
- Höhere Busgeschwindigkeiten, bis zu 100 MHz (Super-7-Hauptplatinen)
- 3DNow, 21 neue Befehle für die Verarbeitung von Grafik- und Audiodaten

Der K6-3 verfügt zusätzlich über folgende Eigenschaften:

- Integrierter, 256 KByte großer L2-Cache, der mit der gleichen Taktfrequenz wie der Prozessorkern arbeitet

Der mit voller Prozessorgeschwindigkeit betriebene L2-Cache im K6-3 ist von großer Bedeutung. Damit wird die K6-Serie auf eine Ebene gebracht, auf der sie mit den Intel-Prozessoren Celeron und Pentium II durchaus konkurrieren kann. Die Architektur des K6 ist zum x86-Binärkode kompatibel, d.h. der K6 verarbeitet sämtliche Software von Intel und demnach auch die MMX-Befehle.

Um beim Sockel-7-Design die geringere Leistung des L2-Cache wettzumachen, rüstete AMD den internen L1-Cache auf insgesamt 64 KByte auf, was doppelt so viel ist wie beim Pentium II oder III. Aufgrund der dynamischen Ausführung übertrifft der K6 bei gleicher Taktfrequenz die Leistung des Pentium und kommt nahe an die des Pentium II und III heran. Aufgrund des integrierten L2-Caches, der mit der gleichen Frequenz wie der Prozessor getaktet ist, ist der K6-3 sogar noch besser. Allerdings wurde er im Betrieb recht heiß und wurde daher nach relativ kurzer Zeit eingestellt.

Sowohl der AMD-K5 als auch der AMD-K6 sind zum Sockel-7-Bus kompatibel. Es kann jedoch erforderlich sein, dass gewisse Änderungen vorgenommen werden müssen, um die richtige Betriebsspannung und BIOS-Revisionen einzustellen. Um einen zuverlässigen Betrieb des AMD-K6 zu gewährleisten, muss die Hauptplatine bestimmte Anforderungen bezüglich der Betriebsspannungen erfüllen.

Der AMD-K6-166 bzw. -200 benötigt für den Prozessor eine Spannung von 2,9 V und für die Hauptplatine eine Spannung von 3,3 V, während der AMD-K6-233 für den Prozessor 3,2 V und für die Hauptplatine 3,3 V benötigt. Bei den meisten älteren Dual-Voltage-Hauptplatinen ist standardmäßig für den Prozessor eine Spannung von 2,8 V und für die Hauptplatine 3,3 V eingestellt, was unterhalb der Spezifikationen für den K6 liegt und zu ungleichmäßigem Betrieb führen kann. Damit der Prozessor richtig arbeiten kann, muss eine Sockel 7-Hauptplatine mit einem Spannungsregler arbeiten, der dem Prozessor eine Spannung von 2,9 V bzw. 3,2 V (233 MHz) (V_{cc2}) und der Hauptplatine eine Spannung 3,3 V (V_{cc3}) zur Verfügung stellt. Der Spannungsregler muss dem Prozessor bis zu 7,5 A (beim K6-233 9,5 A) liefern können. Der Spannungsregler sollte die Spannung außerdem für Prozessoren bis zu 200 MHz in einem Bereich von ± 145 mV (2,9 V ± 145 mV) und für den Prozessor mit 233 MHz in einem Bereich von ± 100 mV (3,2 V ± 145 mV) stabil halten können.

Wenn die Hauptplatine mit einem schlechten Spannungsregler ausgestattet ist, der diese Spannung nicht aufrechterhalten kann, kann dies zu unzuverlässigem Betrieb führen. Wenn die Spannung der CPU den Maximalwert übersteigt, kann der Prozessor dadurch dauerhaft geschädigt werden. Außerdem ist zu beachten, dass der K6 sehr warm werden kann. Vergewissern Sie sich daher, dass der Kühler gut am Prozessor befestigt und die Wärme leitende Paste richtig aufgetragen ist.

Die Hauptplatine muss über ein für den K6 geeignetes BIOS verfügen. Das BIOS vom 1. März 1997 sowie spätere BIOS-Versionen von Award unterstützen den K6. Ebenso bieten die BIOS-Versionen von AMI ab dem CPU-Modul 3.31 sowie von Phoenix ab der Version 4.0 vom 7. April 1997 eine K6-Unterstützung.

Da es ziemlich schwierig sein kann, herauszufinden, welche Hauptplatine sich nun für den K6 eignet, veröffentlicht AMD im Internet eine Liste mit Hauptplatinen, die nachgewiesenermaßen mit dem AMD-K6 arbeiten. Es empfiehlt sich daher, mit dem K6 nur die in dieser Liste genannten Hauptplatinen zu verwenden.

Der Taktungsfaktor, die Taktfrequenz für den Bus sowie die Einstellungen für die Betriebsspannung für den K6 sind in Tabelle 3.42 aufgeführt. Sie können anhand der Kennzeichnung auf dem Chip (wie in Abbildung 3.49 dargestellt) erkennen, um welchen AMD-K6 es sich bei Ihrem Prozessor handelt.

Prozessor	CPU-Takt	Faktor	Bus-Takt	CPU-Kern-Spannung	I/O-Spannung
K6-3	450 MHz	4,5x	100 MHz	2,4 V	3,3 V
K6-3	400 MHz	4x	100 MHz	2,4 V	3,3 V
K6-2	475 MHz	5x	95 MHz	2,4 V	3,3 V
K6-2	450 MHz	4,5x	100 MHz	2,4 V	3,3 V
K6-2	400 MHz	4x	100 MHz	2,2 V	3,3 V
K6-2	380 MHz	4x	95 MHz	2,2 V	3,3 V
K6-2	366 MHz	5,5x	66 MHz	2,2 V	3,3 V
K6-2	350 MHz	3,5x	100 MHz	2,2 V	3,3 V
K6-2	333 MHz	3,5x	95 MHz	2,2 V	3,3 V
K6-2	333 MHz	5,0x	66 MHz	2,2 V	3,3 V
K6-2	300 MHz	3x	100 MHz	2,2 V	3,3 V
K6-2	300 MHz	4,5x	66 MHz	2,2 V	3,3 V
K6-2	266 MHz	4x	66 MHz	2,2 V	3,3 V
K6	300 MHz	4,5x	66 MHz	2,2 V	3,45 V
K6	266 MHz	4x	66 MHz	2,2 V	3,3 V
K6	233 MHz	3,5x	66 MHz	3,2 V	3,3 V
K6	200 MHz	3x	66 MHz	2,9 V	3,3 V
K6	166 MHz	2,5x	66 MHz	2,9 V	3,3 V

Tabelle 3.42 Taktfrequenzen und Spannungen des AMD-K6

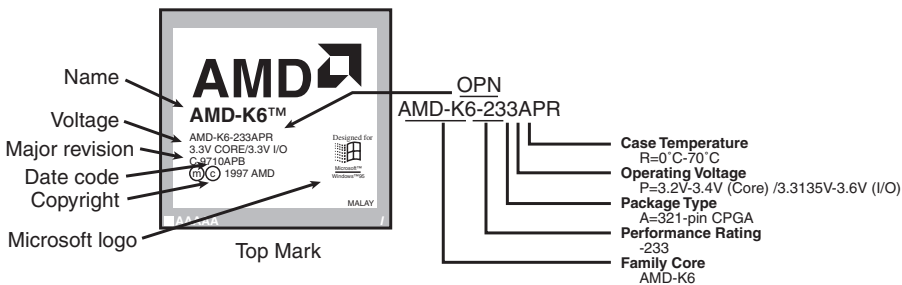


Abbildung 3.49 Kennzeichnung des AMD-K6

Bei älteren Hauptplatinen kann die 3,5x-Taktvervielfachung durch Einstellen der Jumper für 1,5x erreicht werden. Die 1,5x-Einstellung bei älteren Hauptplatinen entspricht der Einstellung 3,5x beim AMD-K6 und neueren Teilen von Intel. Um die 4x- oder höhere Einstellungen zu erreichen, ist eine Hauptplatine erforderlich, die drei BF-Pins (Bus-Frequenz-Pins), darunter BF2 steuert. Ältere Hauptplatinen können nur zwei BF-Pins steuern. Die Einstellungen für die Taktfaktoren sind in Tabelle 3.43 aufgeführt.

Taktungsfaktor	BF0	BF1	BF2
2,5x	0	0	1
3x	1	0	1
3,5x	1	1	1
4x	0	1	0
4,5x	0	0	0
5x	1	0	0
5,5x	1	1	0

Tabelle 3.43 Einstellungen für die Taktungsfaktoren des K6 von AMD

Diese Einstellungen werden in der Regel mittels Jumper an der Hauptplatine vorgenommen. Sehen Sie in der Dokumentation zu Ihrer Hauptplatine nach, wo diese sich befinden und wie Sie diese für den richtigen Taktungsfaktor und Bustakt einstellen müssen.

Im Gegensatz zu Cyrix und einigen anderen Konkurrenten von Intel ist AMD sowohl Entwickler als auch Hersteller. Das bedeutet, dass AMD seine Chips selbst entwickelt und in eigenen Fabriken fertigt. Wie Intel nutzt auch AMD inzwischen eine 0,25- μm -Fertigungstechnologie. Der K6 besteht aus 8,8 Millionen Transistoren und beruht auf der Basis der 0,35- μm -Technologie mit fünf Metallisierungsschichten. Der Chip hat eine Seitenlänge von 12,7 mm und somit eine Fläche von 162 mm². Der K6-3 nutzt einen 0,25- μm -Prozess und beinhaltet 21,3 Millionen Transistoren, hat jedoch eine Seitenlänge von nur 10,9 mm und eine Fläche von 118 mm².

Aufgrund ihrer Leistung und Kompatibilität zur Sockel-7-Schnittstelle wird die K6-Reihe als hervorragendes Prozessor-Upgrade für Hauptplatinen angesehen, die noch mit älteren Pentium- bzw. Pentium-MMX-Prozessoren ausgestattet sind. Obwohl die K6-Prozessoren von AMD in Sockel 7 installiert werden, arbeiten sie mit anderen Spannungen und Bustaktfrequenzen als die Prozessoren von Intel. Bevor Sie sich daran machen, Ihren Rechner aufzurüsten, sollten Sie in den Unterlagen der Hauptplatine nachsehen oder beim Hersteller der Hauptplatine nachfragen, ob Ihre Hauptplatine für diese Prozessoren überhaupt geeignet ist. Gelegentlich ist es erforderlich, das BIOS ebenfalls zu aktualisieren.

3.13.2 Athlon

Der Athlon von AMD ist der Nachfolger der K6-Reihe (siehe Abbildung 3.50). Der Athlon ist ein von Grund auf neuer Chip, der nicht wie seine Vorgänger einen Sockel 7 oder Super-7-Sockel benötigt. Für die ersten Versionen des Athlon verwendete AMD ein Gehäuse, die der des Pentium II und III von Intel fast aufs Haar glich. Das kam daher, weil die ersten Athlon-Prozessoren mit einem 512 KByte großen, externen L2-Cache ausgestattet waren, der auf der Platine in der Prozessorkassette angebracht war. Der externe Cache arbeitete je nach Taktfrequenz des Prozessors mit halbem, zwei Fünftel oder einem Drittel des Prozessortakts.



Abbildung 3.50 Der Athlon von AMD für den Slot A

Im Juni 2000 brachte AMD eine neue Version des Athlon (mit dem Codenamen Thunderbird) auf den Markt, bei dem ein 256 KByte großer L2-Cache direkt auf dem Prozessorchip untergebracht ist. Dieser auf dem Prozessor integrierte Cache wird mit vollem Prozessortakt betrieben und somit ist der Engpass der ersten Athlon-Systeme beseitigt. Beim neuen Athlon wurden jedoch nicht nur Änderungen hinsichtlich des Cache-Speichers vorgenommen. Auch wurde dieser Prozessor in einem neuen Gehäuse, nämlich in einem PGA-Gehäuse (Pin Grid Array) für die Sockel-A-Schnittstelle untergebracht. Dieses Gehäuse ersetzt die in Slot A passende Version. Die aktuellste Version des Athlon, der Athlon XP, bietet einige Verbesserungen, wie z.B. den Befehlssatz 3DNow!, der auch den Intel-SSE-Befehlssatz beinhaltet.

Obwohl der Slot A dem Slot 1 von Intel und der Sockel A dem Sockel 370 sehr ähnlich ist, sind deren Pinbelegungen völlig verschieden und die Chips von AMD können nicht auf denselben Hauptplatinen installiert werden wie die Chips von Intel. Das kommt daher, weil AMD nach Möglichkeiten suchte, die eigene Chiparchitektur zu verbessern und sich von Intel zu distanzieren. Spezielle Pins im Sockel bzw. im Slot verhindern, dass der Chip versehentlich verkehrt herum eingesteckt oder überhaupt im falschen Sockel installiert wird. In der Abbildung 3.50 ist der Athlon in einem in Slot A-Gehäuse dargestellt. In Abbildung 3.51 ist der Athlon in einem PGA-Gehäuse (für Sockel A) zu sehen.

Der Athlon ist mit unterschiedlichen Frequenzen von 550 MHz bis hin zu 1,4 GHz erhältlich und verfügt über einen mit 200 MHz oder 266 MHz getakteten Front-Side-Bus, EV6 genannt, der eine Verbindung zur Northbridge auf der Hauptplatine sowie zu anderen Prozessoren herstellt. Der von Digital Equipment lizenzierte EV6-Bus ist derselbe wie der, der für den Alpha 21264-Prozessor verwendet wurde und jetzt Compaq gehört.

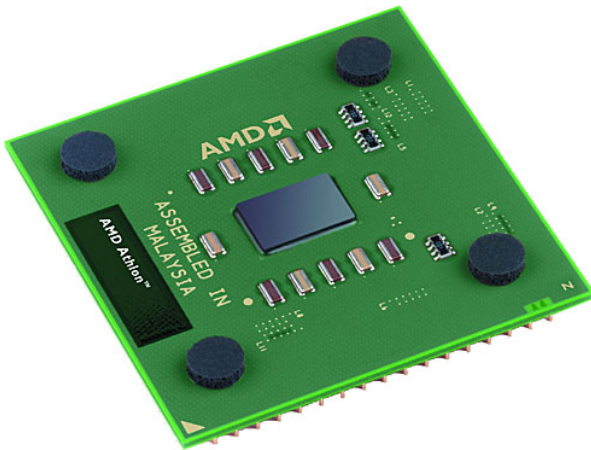


Abbildung 3.51 Der Athlon XP 0,13- μ m-Prozessor im PGA-Gehäuse für den Sockel A

Der EV6-Bus arbeitet mit einer Geschwindigkeit von 100 MHz oder 133 MHz, überträgt Daten jedoch doppelt so schnell, d.h. quasi mit einer Taktfrequenz von 200 MHz oder 266 MHz. Da der Bus acht Byte (64 Bit) breit ist, kann er mit einer Transferrate von acht Byte pro 200 MHz oder 266 MHz bzw. 1,6 GByte/s oder 2,1 GByte/s aufwarten. Mit Hilfe des Busdesigns von AMD wurde ein potentieller Engpass zwischen dem Chipsatz und dem Prozessor beseitigt und es sind im Vergleich zu anderen Prozessoren effizientere Datentransfers möglich. Der Einsatz des EV6-Busses ist einer der wichtigsten Gründe, warum die Athlon- und Duron-Chips so leistungsfähig sind.

Der Athlon hat einen sehr großen L1-Cache auf dem Prozessorchip und außerdem einen mit der halben, zwei Fünfteln bzw. einem Drittel der Kerngeschwindigkeit getakteten, 512 KByte großen L2-Cache im Gehäuse. Die neueren Versionen sind mit einem 256 KByte großen L2-Cache ausgestattet, der genauso schnell ist wie der Prozessor. Sämtliche Sockel-A-Versionen im PGA-Gehäuse werden mit vollem Prozessortakt betrieben. Der Athlon unterstützt darüber hinaus auch MMX- und Enhanced-3DNow-Befehle. Dabei handelt es sich um 45 neue Befehle, die für die Verarbeitung von Grafik- und Audiodaten entwickelt wurden. 3DNow ist der SSE-Technologie (Streaming SIMD Extensions) von Intel hinsichtlich Design und Intention sehr ähnlich, die einzelnen Befehle sind jedoch unterschiedlich und müssen von der Software unterstützt werden. Der Athlon XP unterstützt zusätzlich den SSE-Befehlssatz von Intel mit 3D Now! Professional.

Die ersten Athlon-Chips wurden in 0,25- μ m-Technologie gefertigt, während die neueren und schnelleren Versionen des Chips in einem 0,18- μ m-Prozess und einem 0,13- μ m-Prozess hergestellt werden. Bei den neuesten Versionen kommt jetzt sogar die Kupfertechnologie zur Anwendung, ein Novum in der Prozessorindustrie. Irgendwann werden alle anderen Prozessoren auch in Kupfertechnologie hergestellt werden, da bei Kupferverbindungen weniger Energie verbraucht wird und die Rechenoperationen dennoch schneller ablaufen. In Tabelle 3.44 finden Sie ausführliche Informationen über die Slot-A-Version des Athlon-Prozessors.

In Tabelle 3.45 finden Sie die Angaben zur PGA- bzw. Sockel-A-Version des Athlon-Prozessors.

Typ	Modell	CPU-Takt (MHz)	Bus-Takt (MHz)	Faktor	L2-Cache	L2-Takt (MHz)	Spannung	Max. Strom (A)	Max. Leistungsaufnahme (W)	Prozessoren (µm)	Transistoren	Erschienen
AMD-K7500MTR51B	Model 1	500	100x2	5x	512 KB	250	1,60 V	25 A	42 W	0,25	22 M	Jun. 99
AMD-K7550MTR51B	Model 1	550	100x2	5.5x	512 KB	275	1,60 V	30 A	46 W	0,25	22 M	Jun. 99
AMD-K7600MTR51B	Model 1	600	100x2	6x	512 KB	300	1,60 V	33 A	50 W	0,25	22 M	Jun. 99
AMD-K7650MTR51B	Model 1	650	100x2	6.5x	512 KB	325	1,60 V	36 A	54 W	0,25	22 M	Aug. 99
AMD-K7700MTR51B	Model 1	700	100x2	7x	512 KB	350	1,60 V	33 A	50 W	0,25	22 M	Okt. 99
AMD-K7550MTR51B	Model 2	550	100x2	5.5x	512 KB	275	1,60 V	20 A	31 W	0,18	22 M	Nov. 99
AMD-K7600MTR51B	Model 2	600	100x2	6x	512 KB	300	1,60 V	21 A	34 W	0,18	22 M	Nov. 99
AMD-K7650MTR51B	Model 2	650	100x2	6.5x	512 KB	325	1,60 V	22 A	36 W	0,18	22 M	Nov. 99
AMD-K7700MTR51B	Model 2	700	100x2	7x	512 KB	350	1,60 V	24 A	39 W	0,18	22 M	Nov. 99
AMD-K7750MTR52B	Model 2	750	100x2	7.5x	512 KB	300	1,60 V	25 A	40 W	0,18	22 M	Nov. 99
AMD-K7800MPR52B	Model 2	800	100x2	8x	512 KB	320	1,70 V	29 A	48 W	0,18	22 M	Jan. 00
AMD-K7850MPR52B	Model 2	850	100x2	8.5x	512 KB	340	1,70 V	30 A	50 W	0,18	22 M	Feb. 00
AMD-K7900MNR53B	Model 2	900	100x2	9x	512 KB	300	1,80 V	34 A	60 W	0,18	22 M	März 00
AMD-K7950MNR53B	Model 2	950	100x2	9.5x	512 KB	317	1,80 V	35 A	62 W	0,18	22 M	März 00

Tabelle 3.44 Informationen über die Slot-A-Version des Athlon-Prozessors

Typ	Modell	CPU-Takt (MHz)	Bus-Takt (MHz)	Faktor	L2-Cache	L2-Takt (MHz)	Spannung	Max. Strom (A)	Max. Leistungsaufnahme (W)	Prozess (µm)	Transistoren	Erschienen
AMD-K7100MNR53B	Model 2	1000	100x2	10x	512 KB	333	1,80 V	37 A	65 W	0,18	22 M	März 00
AMD-A0650MPR24B	Model 4	650	100x2	6.5x	256 KB	650	1,70 V	23,8 A	36,1 W	0,18	37 M	Jun. 00
AMD-A0700MPR24B	Model 4	700	100x2	7x	256 KB	700	1,70 V	25,2 A	38,3 W	0,18	37 M	Jun. 00
AMD-A0750MPR24B	Model 4	750	100x2	7.5x	256 KB	750	1,70 V	26,6 A	40,4 W	0,18	37 M	Jun. 00
AMD-A0800MPR24B	Model 4	800	100x2	8x	256 KB	800	1,70 V	28,0 A	42,6 W	0,18	37 M	Jun. 00
AMD-A0850MPR24B	Model 4	850	100x2	8.5x	256 KB	850	1,70 V	29,4 A	44,8 W	0,18	37 M	Jun. 00
AMD-A0900MMR24B	Model 4	900	100x2	9x	256 KB	900	1,75 V	31,7 A	49,7 W	0,18	37 M	Jun. 00
AMD-A0950MMR24B	Model 4	950	100x2	9.5x	256 KB	950	1,75 V	33,2 A	52,0 W	0,18	37 M	Jun. 00
AMD-A1000MMR24B	Model 4	1000	100x2	10x	256 KB	1000	1,75 V	34,6 A	54,3 W	0,18	37 M	Jun. 00

Tabelle 3.44 Informationen über die Slot-A-Version des Athlon-Prozessors (Forts.)

CPU-Takt (MHz)	Bus-Takt (MHz)	Faktor	L2-Cache	L2-Takt (MHz)	Spannung	Max. Strom (A)	Max. Leistungsaufnahme (W)	Prozess (µm)	Transistoren
650	200	3,25x	256 KB	650	1,75 V	22 A	38.5 W	0,18	37 M
700	200	3,5x	256 KB	700	1,75 V	23 A	40.3 W	0,18	37 M
750	200	3,25x	256 KB	750	1,75 V	25 A	43.8 W	0,18	37 M
800	200	4x	256 KB	800	1,75 V	26 A	45.5 W	0,18	37 M
850	200	4,25x	256 KB	850	1,75 V	27 A	47.3 W	0,18	37 M
900	200	4,5x	256 KB	900	1,75 V	29 A	50.8 W	0,18	37 M
950	200	4,75x	256 KB	950	1,75 V	30 A	52.5 W	0,18	37 M
1000	200	5x	256 KB	1000	1,75 V	31 A	54.3 W	0,18	37 M
1000	266	3,75x	256 KB	1000	1,75 V	31 A	54.3 W	0,18	37 M
1100	200	5,5x	256 KB	1100	1,75 V	34 A	59.5 W	0,18	37 M
1133	266	4,25x	256 KB	1133	1,75 V	36 A	63.0 W	0,18	37 M
1200	200	6x	256 KB	1200	1,75 V	38 A	66.5 W	0,18	37 M
1200	266	4,5x	256 KB	1200	1,75 V	38 A	66.5 W	0,18	37 M
1300	200	6,5x	256 KB	1300	1,75 V	39 A	68.3 W	0,18	37 M
1333	266	5x	256 KB	1333	1,75 V	40 A	70.0 W	0,18	37 M
1400	266	5,5x	256 KB	1400	1,75 V	41 A	72.0 W	0,18	37 M

Tabelle 3.45 Angaben zur PGA- bzw. Sockel-A-Version des Athlon-Prozessores von AMD

3.13.3 Duron

Der Duron von AMD (mit dem Codenamen Spitfire) wurde im Juni 2000 angekündigt und ist ebenso ein Abkömmling vom Athlon, wie der Celeron ein Abkömmling des Pentium II und III ist. Im Prinzip ist der Duron ein Athlon mit einem kleineren L2-Cache. Alle anderen Leistungsmerkmale sind mehr oder weniger dieselben. Er wurde als eine kostengünstigere Version mit einem kleineren Cache und einer etwas verminderten Leistung entwickelt. Dieser Prozessor hat einen 64 KByte großen L2-Cache auf dem Prozessorchip und passt in einen Sockel A, eine Sockelversion von Slot A. Der Duron ist ebenso als Konkurrent zum Celeron gedacht, wie der Athlon als Konkurrent zum Pentium III gedacht ist.

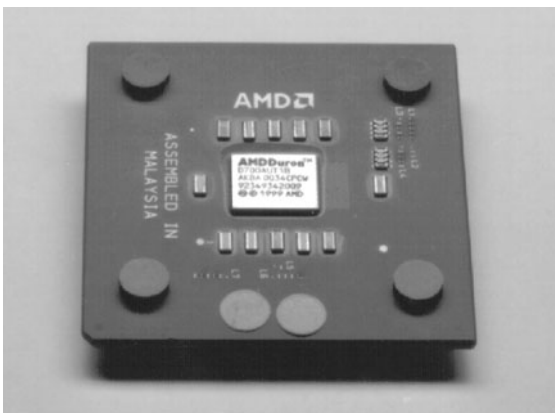


Abbildung 3.52 Der Duron-Prozessor

Da der Duron ein Abkömmling vom Athlon ist, verfügt er über denselben mit 200 MHz getakteten Front-Side-Bus (Schnittstelle zum Chipsatz) sowie über den erweiterten 3DNow!-Befehlssatz. In der Tabelle 3.46 finden Sie die Angaben zum Duron-Prozessor.

CPU-Takt (MHz)	Bus-Takt (MHz)	L2-Cache	Spannung	Max. Leistungsaufnahme	Prozess (μm)	Transistoren
550	200	64 KB	1,6 V	25,3 W	0,18	25 M
600	200	64 KB	1,6 V	27,4 W	0,18	25 M
650	200	64 KB	1,6 V	29,4 W	0,18	25 M
700	200	64 KB	1,6 V	31,4 W	0,18	25 M
750	200	64 KB	1,6 V	33,4 W	0,18	25 M
800	200	64 KB	1,6 V	35,4 W	0,18	25 M
850	200	64 KB	1,6 V	37,4 W	0,18	25 M
900	200	64 KB	1,6 V	39,5 W	0,18	25 M
900	200	64 KB	1,75 V	42,7 W	0,18	25,2 M
950	200	64 KB	1,6 V	41,5 W	0,18	25,2 M
1000	200	64 KB	1,75 V	46,1 W	0,18	25,2 M
1100	200	64 KB	1,75 V	50,3 W	0,18	25,2 M
1200	200	64 KB	1,75 V	54,7 W	0,18	25,2 M
1300	200	64 KB	1,75 V	60 W	0,18	25,2 M
1400	266	64 KB	1,5 V	45,5 W	0,13	37,2 M
1600	266	64 KB	1,5 V	48 W	0,13	37,2 M
1800	266	64 KB	1,5 V	53 W	0,13	37,2 M

Tabelle 3.46 Informationen über den AMD-Duron-Prozessor Version des Athlon-Prozessors

3.13.4 Athlon XP

Wie bereits im letzten Abschnitt erwähnt, heißt die aktuellste Athlon-Version *Athlon XP*. Diese Version ist im Wesentlichen ein bisheriger Athlon, sie bietet jedoch einige Verbesserungen beim Befehlssatz und kann nun auch Intel-SSE-Anweisungen ausführen. Außerdem ist die Vermarktung als Konkurrenz zum Pentium 4 aufgebaut.

AMD beschreibt die Architektur des Athlon XP mit dem Begriff *QuantiSpeed* (ein Marketing- und kein Fachbegriff). Der AMD Athlon XP weist folgende Eigenschaften auf:

- *Neunte Superskalar-Pipelined-Architektur*. Damit sehen mehr Datenpfade zur Verfügung, über die Befehle an die Ausführungsbereiche der CPU gesendet werden können. Außerdem gibt es drei Ausführungseinheiten für Fließkomma-Berechnungen, drei Ausführungseinheiten für Ganzzahlberechnungen und drei Ausführungseinheiten für Adressberechnungen.
- *Superskalare Fließkomma-Berechnungseinheit*. Damit können die Berechnungen pro Taktzyklus schneller durchgeführt werden und es fällt ein bisher vorhandenes Defizit gegenüber Intel-Prozessoren weg.
- *Hardware-Prefetch für Daten*. Diese Einheit sammelt die Daten, die aus dem Hauptspeicher benötigt werden und füllt sie in den Level 1-Cache des Prozessors, aus dem sie dann zeitsparend abgerufen werden können.
- *Verbesserte TLBs (Translation Look-Aside Buffers)*. Damit lassen sich die Daten so speichern, dass der Prozessor schnell darauf zugreifen kann und nicht auf neue Daten warten muss.

Dank dieser Verbesserungen kann der Prozessor pro Taktzyklus mehr Arbeit verrichten und so den eigentlich schnelleren Pentium 4-Prozessor schlagen.

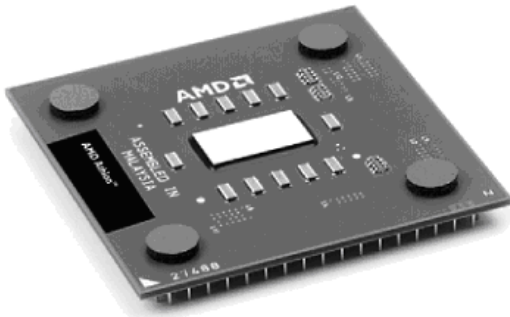


Abbildung 3.53 Der AMD Athlon XP mit 512 KByte L2-Cache für den Sockel A

Der erste Athlon XP ist mit dem Palomino-Kern ausgestattet, der auch beim Athlon 4 Mobile-Prozessor für Laptops eingesetzt wird. Spätere Modelle verwenden den Thoroughbred-Kern, der über bessere thermische Eigenschaften verfügt. Die verschiedenen Thoroughbred-Typen werden mitunter als Thoroughbred-A und als Thoroughbred-B ausgewiesen. Der letzte Athlon XP verwendet einen neuen Kern, bekannt als Barton, der über einen L2-Cache mit 512 KByte verfügt. Weitere Verbesserungen sind:

- 3DNow! Professional-Befehlssatz mit Unterstützung der 70 zusätzlichen SSE-Anweisungen des Pentium II, nicht jedoch der 144 Anweisungen des SSE2-Befehlssatzes für den Pentium 4.
- 266-MHz oder 333-MHz-FSB
- 128 KByte an L1- und 256 KByte oder auch 512 KByte an L2-Cache (On-Die), die beide mit voller Prozessorgeschwindigkeit ausgeführt werden.
- Leiterbahnen aus Kupfer, statt aus Aluminium, die mehr elektrische Effizienz bieten und weniger Wärme erzeugen.

Beim Athlon XP wird auch ein dünneres, leichteres Gehäuse (Organic Chip Package) verwendet, das auch bei den aktuellsten Intel-Prozessoren zum Einsatz kommt. Die aktuellsten Versionen des Athlon XP werden mit einem neuen 0,13- μ m-Fertigungsprozess hergestellt, was entsprechend in einem kleineren Prozessor resultiert, der weniger Energie verbraucht, weniger Wärme erzeugt und im Vergleich zu den Vorgängermodellen schneller läuft. Die neuesten 0,13- μ m-Versionen des Athlon XP werden mit CPU-Taktraten von 2 GHz und mehr ausgeführt.

P-Rating	CPU-Takt (MHz)	Bus-Takt (MHz)	Faktor	L2-Cache	Spannung	Max. Leistungsaufnahme (W)	Prozess (μ m)	Transistoren (Millionen)
1500+ ¹	1333	266	5x	256 KB	1,75 V	60,0 W	0,18	37,5
1600+ ¹	1400	266	5,25x	256 KB	1,75 V	62,8 W	0,18	37,5
1700+ ¹	1467	266	5,5x	256 KB	1,75 V	64,0 W	0,18	37,5
1800+ ¹	1533	266	5,75x	256 KB	1,75 V	66,0 W	0,18	37,5
1900+ ¹	1600	266	6x	256 KB	1,75 V	68,0 W	0,18	37,5
2000+ ¹	1667	266	6,25x	256 KB	1,75 V	70,0 W	0,18	37,5

Tabelle 3.47 Informationen über den AMD Athlon XP-Prozessor

P-Rating	CPU-Takt (MHz)	Bus-Takt (MHz)	Faktor	L2-Cache	Spannung	Max. Leistungsaufnahme (W)	Prozess (µm)	Transistoren (Millionen)
2100+ ¹	1733	266	6,5x	256 KB	1,75 V	72,0 W	0,18	37,5
1700+ ²	1467	266	5,5x	256 KB	1,5 V	49,4 W	0,13	37,2
1700+ ²	1467	266	5,5x	256 KB	1,6 V	59,8 W	0,13	37,2
1800+ ²	1533	266	5,75x	256 KB	1,5 V	51,0 W	0,13	37,2
1800+ ²	1533	266	5,75x	256 KB	1,6 V	59,8 W	0,13	37,2
1900+ ²	1600	266	6x	256 KB	1,5 V	52,5 W	0,13	37,2
2000+ ²	1667	266	6,25x	256 KB	1,6 V	60,3 W	0,13	37,2
2000+ ³	1667	266	6,25x	256 KB	1,6 V	61,3 W	0,13	37,2
2100+ ²	1733	266	6,5x	256 KB	1,6 V	62,1 W	0,13	37,2
2200+ ²	1800	266	6,75x	256 KB	1,65 V	67,9 W	0,13	37,2
2200+ ³	1800	266	6,75x	256 KB	1,6 V	62,8 W	0,13	37,2
2400+ ³	2000	266	7,5x	256 KB	1,65 V	68,3 W	0,13	37,2
2500+ ⁵	1833	333	5,5x	512 KB	1,65 V	68,3 W	0,13	54,3
2600+ ³	2133	266	8x	256 KB	1,65 V	68,3 W	0,13	37,2
2600+ ⁴	2083	333	6,25x	256 KB	1,65 V	68,3 W	0,13	37,2
2700+ ⁴	2167	333	6,5x	256 KB	1,65 V	68,3 W	0,13	37,2
2800+ ⁵	2083	333	5,25x	256 KB	1,65 V	68,3 W	0,13	54,3
3000+ ⁵	2167	333	6,5x	256 KB	1,65 V	74,3 W	0,13	54,3
3000+ ⁵	2100	400	5,25x	512 KB	1,65 V	68,3 W	0,13	54,3
3200+ ⁵	2200	400	5,5x	512 KB	1,65 V	76,8 W	0,13	54,3

Tabelle 3.47 Informationen über den AMD Athlon XP-Prozessor (Forts.)

¹ Modell 6 Athlon XP (Palomino)

² Modell 8 Athlon XP CPUID 680 (Thoroughbred)

³ Modell 8 Athlon XP CPUID 681 (Thoroughbred)

⁴ Modell 8 Athlon XP mit 333 MHz FSB (Thoroughbred)

⁵ Modell 10 Athlon XP (Barton)

3.13.5 Athlon MP

Der Athlon MP ist der erste AMD-Prozessor, der für Multiprozessorsysteme gedacht ist. Diesen Prozessor gibt es in drei Versionen, die prinzipiell mit den Athlon- und Athlon XP-Versionen vergleichbar sind.

- Modell 6 (1 GHz, 1,2 GHz). Ist mit dem Athlon Modell 4 vergleichbar.
- Modell 6 OPGA (1500+ bis 2100+). Ist mit dem Athlon XP Modell 6 vergleichbar.
- Modell 8 (2000+, 22200+ 2400+, 2600+). Ist mit dem Athlon Modell 8 vergleichbar.
- Modell 10 (2500+, 2800x, 3000+). Ist mit dem Athlon Modell 8 vergleichbar, verfügt jedoch über einen L2-Cache mit 512 KB.

3.14 Pentium 4-Prozessoren – die siebte Generation

Der Pentium 4 wurde im November 2000 am Markt eingeführt und repräsentiert eine neue Prozessorgeneration und somit die siebte. Wäre diese Prozessorklasse statt mit einem Namen mit einer Nummer benannt worden, hätte sie 786 heißen müssen, weil es sich um die Prozessorgeneration nach der Klasse der 686-Prozessoren handelt.

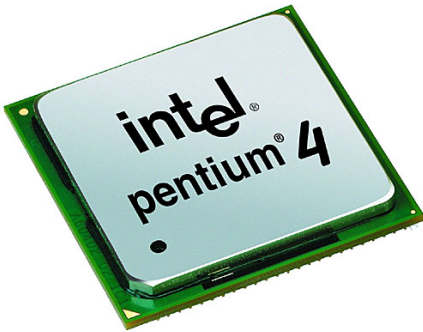


Abbildung 3.54 Der Prozessor Pentium 4 (FC-PGA2)

Es gibt drei Variationen des Pentium 4-Prozessors, die sich im CPU-Kern voneinander unterscheiden: Willamette, Northwood und Prescott (siehe Abbildung 3.55).



Abbildung 3.55 Die CPU-Dies des Pentium 4 (Willamette, Northwood, Prescott)

Der Pentium 4 zeichnet sich durch folgende technische Details aus:

- Geschwindigkeiten von 1,3 GHz bis 4 GHz.
- 42 Millionen Transistoren, 0,18- μm -Prozess, 217 mm^2 -Chip (Willamette).
- 55 Millionen Transistoren, 0,13- μm -Prozess, 131 mm^2 -Chip (Northwood).
- 125 Millionen Transistoren, 0,09- μm -Prozess, 112 mm^2 -Chip (Prescott).
- Software kompatibel mit allen früheren 32-Bit-Prozessoren von Intel.
- Prozessorbus (Frontside-Bus) wird mit 400 MHz, 533 MHz oder 800 MHz getaktet.
- Die ALUs (Arithmetic Logic Units) haben die doppelte Taktung gegenüber dem Prozessorkern.
- Hyper Pipelined-Technologie mit 20 oder 31 Stufen.
- Hyper-Threading-Technologie bei allen Typen mit mindestens 2,4 GHz, die mit einem FSB von 800 MHz arbeiten sowie bei allen Pentium 4-CPU ab 3,06 GHz mit FSB-533 MHz.
- Sehr tief geschachtelte Out-of-Order-Befehlsausführung.

- Erweiterte Sprungvorhersage (Branch Prediction).
- 8 KByte oder 16 KByte-L1-Cache plus 12000 μ OPs Execution Trace Cache (ETC).
- 256 KByte, 512 KByte oder 1 MByte L2-Cache (On-Die mit 256 Bit Breite).
- L2-Cache kann bis zu 4 GB RAM zwischenspeichern und unterstützt ECC.
- 2 MByte L3-Cache bei der Extreme Edition.
- SSE2 – 144 neue SSE2-Anweisungen für Grafik- und Sound-Verarbeitung.
- SSE3 – SSE2 plus 13 neue SSE3-Anweisungen für Grafik- und Sound-Verarbeitung (Prescott).

Intel hat bei der Nummerierung die römischen Ziffern durch arabische ersetzt. Intern bietet der Pentium 4 eine neue Architektur namens NetBurst-Mikroarchitektur, was einen Marketing- und keinen Fachbegriff darstellt. Diese Architektur bietet als Neuerungen die Hyper Pipelined-Technologie, den Trace Cache, die Rapid Execution Engine, die Advanced Dynamic Execution, SSE2 und einen 400- 533- oder 800-MHz-Systembus.

Die Hyper-Pipeline-Technologie ist mit 20 Stufen doppelt so lang wie beim Pentium III, d.h. es sind mehr und kleinere Schritte erforderlich, um Befehle auszuführen. Das scheint zwar weniger effizient zu sein, diese Technologie ermöglicht jedoch höhere Taktfrequenzen. Dank der *Rapid Execution Engine* können die ALUs (Arithmetic Logic Units) mit doppelter Prozessortaktfrequenz arbeiten, was bedeutet, dass die Befehle in einem halben Taktzyklus ausgeführt werden können.

Der *Execution Trace Cache* ist ein erweiterter L1-Cache, der ungefähr 12 KByte dekodierter Mikrooperationen speichert. Die Befehlskodierung erfolgt also nicht bei der Übergabe der Befehle an die Pipeline, was die Leistung erhöht.

Der Systembus mit 400 MHz, 533 MHz oder 800 MHz ist ein Quad Pumped Bus, der mit einem Takt von 100 MHz, 133 MHz oder 166 MHz arbeitet und in einem Taktzyklus vier Datenpakete (4x) übertragen kann. Weil der Systembus über eine Breite von 64 Bit verfügt, resultiert dies in Transferraten von 3200 MBps, 4266 MBps oder 6400 MBps. Die Tabelle 3.48 zeigt wie gut Dual-Channel RDRAM und DDR-SDRAM zu diesen Datenraten passen.

Bus-Takt	CPU-Transferrate (Bus-Takt x 8)	Dual-Channel RIMM- Transferrate	Dual-Channel-DDR-DIMM- Transferrate
400 MHz	3200 MBps	3200 MBps	3200 MBps
533 MHz	4266 MBps	4266 MBps	4266 MBps
800 MHz	6400 MBps	6400 MBps	6400 MBps

Tabelle 3.48 Pentium 4- und Speicherdatenraten

Wie es der Tabelle 3.48 zu entnehmen ist, gibt es mit dem Pentium 4-Systembus exakte Übereinstimmungen mit den entsprechenden Speicherauslegungen, wenn sie als Dual-Channel, also zweikanalig, ausgelegt sind. Zwei Speicherbänke mit PC1600, PC2100 oder PC3200 DDR-SDRAM sind weit preisgünstiger zu haben als vergleichbare RDRAM-Lösungen und daher unterstützen aktuelle Pentium 4-Chipsätze wie der i865 (Springdale) und der i875 (Canterwood) auch DDR-SDRAM und nicht mehr RDRAM.

Bei der neuen 20-stufigen Pipeline-Architektur werden die einzelnen Befehle in erheblich mehr Teilstufen zerlegt und der Prozessor arbeitet somit fast so, wie ein RISC-Prozessor. Leider kann damit die Anzahl der Zyklen zunehmen, die zur Ausführung von Befehlen erforderlich sind, falls diese nicht für den Prozessor optimiert sind. Frühere Benchmarks haben gezeigt, dass Pentium III- und auch AMD Athlon-Prozessoren bei bestimmten Aufgaben leicht mit dem Pentium 4 Schritt

halten oder diesen sogar übertreffen konnten. Sobald mehr Anwendungen zur Verfügung stehen, die für den Pentium 4 optimiert sind, wird sich dies jedoch ändern.

Ursprünglich wurde für den Pentium 4 ein Sockel 423 eingesetzt, später der Sockel 478 und aktuell der Sockel T (LGA775). Der Celeron ist nie für einen Sockel 423 vorgesehen gewesen, allerdings gibt es Celerons für den Sockel 478 und den Sockel T, was für kostengünstige Systeme, die zum Pentium 4 kompatibel sein sollen, vorgesehen ist.

3.14.1 Pentium 4 Extreme Edition

Im November 2003 hat Intel den *Pentium 4 Extreme Edition* vorgestellt, der als erster Desktop-Prozessor auch einen L3-Cache bietet. Dieser Prozessor – auch als Pentium 4EE bezeichnet – ist ein Ableger vom Xeon mit Prestonia-Kern, der als Server-Prozessor mit L3-Cache seit November 2002 erhältlich ist. Der Pentium 4EE verfügt über einen L3-Cache mit 2 MByte, was zu 178 Millionen Transistoren führt und den Chip deshalb größer ausfallen lässt, als einen Standard-Pentium 4.

Wegen des großen Dies in 0,13µm-Technologie, ist dieser Chip nur recht teuer zu produzieren, was sich in einem hohen Preis niederschlägt. Die Extreme Edition zielt auf den Markt der Spieler, die bereit sind für zusätzliche Leistung auch zusätzliches Geld auszugeben. Der L3-Cache beschleunigt eher nur leistungshungrige 3D-Spiele und weniger die Standard-Applikationen.

3.14.2 Speicheranforderungen

Pentium 4-basierte Hauptplatinen nutzen je nach Chipsatz entweder RDRAM oder DDR SDRAM-Speicher. Bei RDRAM-Platinen werden Rambus RDRAM RIM-Module eingesetzt, die ursprünglich für Pentium III-Hauptplatinen entwickelt wurden. Weil der Pentium 4 jedoch zwei RDRAM-Kanäle nutzt, müssen Paare identischer Module, so genannter RIMMs, installiert werden. Pentium 4-Hauptplatinen, die mit RDRAM-Speicher ausgestattet sind, akzeptieren ein oder zwei Paar RIMMS. Beide Paare müssen dieselbe Geschwindigkeit besitzen, nicht jedoch dieselbe Größe.

Anfangs unterstützten Pentium 4-Hauptplatinen nur RDRAM-Speicher. Viele neuere Chipsätze unterstützen inzwischen jedoch Standardspeicher wie SDRAM oder DDR-SDRAM.

3.14.3 Neue Netzteile

Der Pentium 4 beansprucht enorm viel Strom. Deshalb kommt bei der Pentium 4-Hauptplatine ein völlig neuer Spannungsregler mit einer Betriebsspannung von 12 V statt wie bisher 3,3 V oder 5 V zum Einsatz. Zwar können die bisherigen Netzteile die benötigten 12 V bereitstellen, die ATX-Hauptplatine und das bisherige Netzteil verfügen jedoch nur über einen Pin auf dem Board-Stecker, der für 12 V ausgelegt ist. Es wurden also zusätzliche 12-V-Leitungen benötigt, um die Hauptplatine zu versorgen.

Um das Problem zu lösen, hat Intel ein neues Netzteil namens ATX12V entwickelt, das neben den herkömmlichen 20-Pin-ATX-Steckern und den Laufwerkanschlüssen (3,3 V/ 5 V) über einen zusätzlichen Stecker verfügt. Glücklicherweise reicht aber auch eigentlich ein herkömmliches Netzteil mit mindestens 300 W Leistung aus, um alle Komponenten zu versorgen. Es wird nur ein Adapter-Stecker für den Prozessor benötigt, der mit 12 V belegt ist. Bietet Ihr Netzteil eine geringere Leistung, als 300 W, müssen Sie es entweder durch ein ATX12V-Netzteil oder ein anderes Netzteil mit Adapter ersetzen.

Einen Überblick über die verschiedenen Pentium 4-Versionen inklusive der Wärme- und Leistungsspezifikationen finden Sie in der Tabelle 3.49.

CPU-Takt (GHz)	Bustakt (MHz)	Transferrate (GBps)	Boxed-CPU	OEM-CPU	Step-ping	CPUID	L2-Cache	Max. Temp.	Max. Leistungsaufnahme	Sockettyp	Prozess	Transistoren
1.30	400	3.2	SL4QD	SL4SF	B2	0F07h	256 KB	69°C	48.9W	423	180 nm	42 M
1.30	400	3.2	SL4SF	SL4SF	B2	0F07h	256 KB	69°C	48.9W	423	180 nm	42 M
1.30	400	3.2	SL5GC	SL5FW	C1	0F0Ah	256 KB	70°C	51.6W	423	180 nm	42 M
1.40	400	3.2	SL4SC	SL4SG	B2	0F07h	256 KB	70°C	51.8W	423	180 nm	42 M
1.40	400	3.2	SL4SG	SL4SG	B2	0F07h	256 KB	70°C	51.8W	423	180 nm	42 M
1.40	400	3.2	SL4X2	SL4WS	C1	0F0Ah	256 KB	72°C	54.7W	423	180 nm	42 M
1.40	400	3.2	SL5N7	SL59U	C1	0F0Ah	256 KB	72°C	55.3W	478	180 nm	42 M
1.40	400	3.2	SL59U	SL59U	C1	0F0Ah	256 KB	72°C	55.3W	478	180 nm	42 M
1.40	400	3.2	SL5UE	SL5TG	D0	0F12h	256 KB	72°C	55.3W	478	180 nm	42 M
1.40	400	3.2	SL5TG	SL5TG	D0	0F12h	256 KB	72°C	55.3W	478	180 nm	42 M
1.50	400	3.2	SL4TY	SL4SH	B2	0F07h	256 KB	72°C	54.7W	423	180 nm	42 M
1.50	400	3.2	SL4SH	SL4SH	B2	0F07h	256 KB	72°C	54.7W	423	180 nm	42 M
1.50	400	3.2	SL4X3	SL4WT	C1	0F0Ah	256 KB	73°C	57.8W	423	180 nm	42 M
1.50	400	3.2	SL4WT	SL4WT	C1	0F0Ah	256 KB	73°C	57.8W	423	180 nm	42 M
1.50	400	3.2	SL5TN	SL5SX	D0	0F12h	256 KB	73°C	57.8W	423	180 nm	42 M
1.50	400	3.2	SL5N8	SL59V	C1	0F0Ah	256 KB	73°C	57.9W	478	180 nm	42 M
1.50	400	3.2	SL5UF	SL5TJ	D0	0F12h	256 KB	73°C	57.9W	478	180 nm	42 M
1.50	400	3.2	SL5TJ	SL5TJ	D0	0F12h	256 KB	73°C	57.9W	478	180 nm	42 M
1.50	400	3.2	SL62Y	SL62Y	D0	0F12h	256 KB	71°C	62.9W	478	180 nm	42 M
1.60	400	3.2	SL4X4	SL4WU	C1	0F0Ah	256 KB	75°C	61.0W	423	180 nm	42 M
1.60	400	3.2	SL5UL	SL5VL	D0	0F12h	256 KB	75°C	61.0W	423	180 nm	42 M
1.60	400	3.2	SL5VL	SL5VL	D0	0F12h	256 KB	75°C	61.0W	423	180 nm	42 M
1.60	400	3.2	SL5UW	SL5US	C1	0F0Ah	256 KB	75°C	60.8W	478	180 nm	42 M
1.60	400	3.2	SL5UJ	SL5VH	D0	0F12h	256 KB	75°C	60.8W	478	180 nm	42 M
1.60	400	3.2	SL5VH	SL5VH	D0	0F12h	256 KB	75°C	60.8W	478	180 nm	42 M
1.60	400	3.2	SL6BC	SL679	E0	0F13h	256 KB	75°C	60.8W	478	180 nm	42 M

Tabelle 3.49 Informationen über den Pentium 4-Prozessor

CPU-Takt (GHz)	Bustakt (MHz)	Transferrate (GBps)	Boxed-CPU	OEM-CPU	Stepping	CPUID	L2-Cache	Max. Temp.	Max. Leistungsaufnahme	Sockettyp	Prozess	Transistoren
1.60	400	3.2	SL679	SL679	E0	0F13h	256 KB	75°C	60.8W	478	180 nm	42 M
1.60A	400	3.2	SL668	SL668	B0	0F24h	512 KB	66°C	46.8W	478	130 nm	55 M
1.70	400	3.2	SL57V	SL57W	C1	0F0Ah	256 KB	76°C	64.0W	423	180 nm	42 M
1.70	400	3.2	SL57W	SL57W	C1	0F0Ah	256 KB	76°C	64.0W	423	180 nm	42 M
1.70	400	3.2	SL5TP	SL5SY	D0	0F12h	256 KB	76°C	64.0W	423	180 nm	42 M
1.70	400	3.2	SL5N9	SL59X	C1	0F0Ah	256 KB	76°C	63.5W	478	180 nm	42 M
1.70	400	3.2	SL5UG	SL5TK	D0	0F12h	256 KB	76°C	63.5W	478	180 nm	42 M
1.70	400	3.2	SL5TK	SL5TK	D0	0F12h	256 KB	76°C	63.5W	478	180 nm	42 M
1.70	400	3.2	SL62Z	SL62Z	D0	0F12h	256 KB	73°C	67.7W	478	180 nm	42 M
1.70	400	3.2	SL68D	SL67A	E0	0F13h	256 KB	73°C	67.7W	478	180 nm	42 M
1.70	400	3.2	SL67A	SL67A	E0	0F13h	256 KB	73°C	67.7W	478	180 nm	42 M
1.80	400	3.2	SL4X5	SL4WV	C1	0F0Ah	256 KB	78°C	66.7W	423	180 nm	42 M
1.80	400	3.2	SL5UM	SL5VM	D0	0F12h	256 KB	78°C	66.7W	423	180 nm	42 M
1.80	400	3.2	SL5VM	SL5VM	D0	0F12h	256 KB	78°C	66.7W	423	180 nm	42 M
1.80	400	3.2	SL5UV	SL5UT	C1	0F0Ah	256 KB	77°C	66.1W	478	180 nm	42 M
1.80	400	3.2	SL5UK	SL5VJ	D0	0F12h	256 KB	77°C	66.1W	478	180 nm	42 M
1.80	400	3.2	SL5VJ	SL5VJ	D0	0F12h	256 KB	77°C	66.1W	478	180 nm	42 M
1.80	400	3.2	SL6BE	SL67B	E0	0F13h	256 KB	77°C	66.1W	478	180 nm	42 M
1.80	400	3.2	SL67B	SL67B	E0	0F13h	256 KB	77°C	66.1W	478	180 nm	42 M
1.80A	400	3.2	SL63X	SL62P	B0	0F24h	512 KB	67°C	49.6W	478	130 nm	55 M
1.80A	400	3.2	SL62P	SL62P	B0	0F24h	512 KB	67°C	49.6W	478	130 nm	55 M
1.80A	400	3.2	SL68Q	SL66Q	B0	0F24h	512 KB	67°C	49.6W	478	130 nm	55 M
1.80A	400	3.2	SL66Q	SL66Q	B0	0F24h	512 KB	67°C	49.6W	478	130 nm	55 M
1.90	400	3.2	SL5WH	SL5VN	D0	0F12h	256 KB	73°C	69.2W	423	180 nm	42 M
1.90	400	3.2	SL5VN	SL5VN	D0	0F12h	256 KB	73°C	69.2W	423	180 nm	42 M
1.90	400	3.2	SL5WG	SL5VK	D0	0F12h	256 KB	75°C	72.8W	478	180 nm	42 M

Tabelle 3.49 Informationen über den Pentium 4-Prozessor (Forts.)

CPU-Takt (GHz)	Bustakt (MHz)	Transferrate (GBps)	Boxed-CPU	OEM-CPU	Stepping	CPUID	L2-Cache	Max. Temp.	Max. Leistungsaufnahme	Sockettyp	Prozess	Transistoren
1.90	400	3.2	SL5VK	SL5VK	D0	0F12h	256 KB	75°C	72.8W	478	180 nm	42 M
1.90	400	3.2	SL6BF	SL67C	E0	0F13h	256 KB	75°C	72.8W	478	180 nm	42 M
1.90	400	3.2	SL67C	SL67C	E0	0F13h	256 KB	75°C	72.8W	478	180 nm	42 M
2.0	400	3.2	SL5TQ	SL5SZ	D0	0F12h	256 KB	74°C	71.8W	423	180 nm	42 M
2.0	400	3.2	SL5UH	SL5TL	D0	0F12h	256 KB	76°C	75.3W	478	180 nm	42 M
2.0	400	3.2	SL5TL	SL5TL	D0	0F12h	256 KB	76°C	75.3W	478	180 nm	42 M
2.0A	400	3.2	SL5ZT	SL5YR	B0	0F24h	512 KB	68°C	52.4W	478	130 nm	55 M
2.0A	400	3.2	SL5YR	SL5YR	B0	0F24h	512 KB	68°C	52.4W	478	130 nm	55 M
2.0A	400	3.2	SL68R	SL66R	B0	0F24h	512 KB	68°C	52.4W	478	130 nm	55 M
2.0A	400	3.2	SL66R	SL66R	B0	0F24h	512 KB	68°C	52.4W	478	130 nm	55 M
2.0A	400	3.2	SL6E7	SL6GQ	C1	0F27h	512 KB	69°C	54.3W	478	130 nm	55 M
2.0A	400	3.2	SL6GQ	SL6GQ	C1	0F27h	512 KB	69°C	54.3W	478	130 nm	55 M
2.0A	400	3.2	SL6QM	SL6PK	D1	0F29h	512 KB	74°C	54.3W	478	130 nm	55 M
2.20	400	3.2	SL5ZU	SL5YS	B0	0F24h	512 KB	69°C	55.1W	478	130 nm	55 M
2.20	400	3.2	SL5YS	SL5YS	B0	0F24h	512 KB	69°C	55.1W	478	130 nm	55 M
2.20	400	3.2	SL68S	SL66S	B0	0F24h	512 KB	69°C	55.1W	478	130 nm	55 M
2.20	400	3.2	SL66S	SL66S	B0	0F24h	512 KB	69°C	55.1W	478	130 nm	55 M
2.20	400	3.2	SL6E8	SL6GR	C1	0F27h	512 KB	70°C	57.1W	478	130 nm	55 M
2.20	400	3.2	SL6GR	SL6GR	C1	0F27h	512 KB	70°C	57.1W	478	130 nm	55 M
2.20	400	3.2	SL6QN	SL6PL	D1	0F29h	512 KB	70°C	57.1W	478	130 nm	55 M
2.26	533	4.3	SL683	SL67Y	B0	0F24h	512 KB	70°C	56.0W	478	130 nm	55 M
2.26	533	4.3	SL67Y	SL67Y	B0	0F24h	512 KB	70°C	56.0W	478	130 nm	55 M
2.26	533	4.3	SL6ET	SL6D6	B0	0F24h	512 KB	70°C	56.0W	478	130 nm	55 M
2.26	533	4.3	SL6EE	SL6DU	C1	0F27h	512 KB	70°C	58.0W	478	130 nm	55 M
2.26	533	4.3	SL6DU	SL6DU	C1	0F27h	512 KB	70°C	58.0W	478	130 nm	55 M
2.26	533	4.3	SL6Q7	SL6PB	D1	0F29h	512 KB	70°C	58.0W	478	130 nm	55 M

Tabelle 3.49 Informationen über den Pentium 4-Prozessor (Forts.)

CPU-Takt (GHz)	Bustakt (MHz)	Transferrate (GBps)	Boxed-CPU	OEM-CPU	Stepping	CPUID	L2-Cache	Max. Temp.	Max. Leistungsaufnahme	Sockeltyp	Prozess	Transistoren
2.40	400	3.2	SL67R	SL65R	B0	0F24h	512 KB	70°C	57.8W	478	130 nm	55 M
2.40	400	3.2	SL65R	SL65R	B0	0F24h	512 KB	70°C	57.8W	478	130 nm	55 M
2.40	400	3.2	SL68T	SL66T	B0	0F24h	512 KB	70°C	57.8W	478	130 nm	55 M
2.40	400	3.2	SL66T	SL66T	B0	0F24h	512 KB	70°C	57.8W	478	130 nm	55 M
2.40	400	3.2	SL6E9	SL6GS	C1	0F27h	512 KB	71°C	59.8W	478	130 nm	55 M
2.40	400	3.2	SL6GS	SL6GS	C1	0F27h	512 KB	71°C	59.8W	478	130 nm	55 M
2.40A	533	4.3	SL7E8	SL7E8	C0	0F33h	1 MB	69°C	89.0W	478	90 nm	125 M
2.40B	533	4.3	SL684	SL67Z	B0	0F24h	512 KB	70°C	57.8W	478	130 nm	55 M
2.40B	533	4.3	SL67Z	SL67Z	B0	0F24h	512 KB	70°C	57.8W	478	130 nm	55 M
2.40B	533	4.3	SL6EU	SL6D7	B0	0F24h	512 KB	70°C	57.8W	478	130 nm	55 M
2.40B	533	4.3	SL6EF	SL6DV	C1	0F27h	512 KB	71°C	59.8W	478	130 nm	55 M
2.40B	533	4.3	SL6DV	SL6DV	C1	0F27h	512 KB	71°C	59.8W	478	130 nm	55 M
2.40B	533	4.3	SL6QP	SL6PM	D1	0F29h	512 KB	74°C	66.2W	478	130 nm	55 M
2.40C	800	6.4	SL6WR	SL6WF	D1	0F29h	512 KB	74°C	66.2W	478	130 nm	55 M
2.40C	800	6.4	SL6Z3	SL6Z3	M0	0F25h	512 KB	72°C	74.5W	478	130 nm	55 M
2.50	400	3.2	SL6EB	SL6GT	C1	0F27h	512 KB	72°C	61.0W	478	130 nm	55 M
2.50	400	3.2	SL6GT	SL6GT	C1	0F27h	512 KB	72°C	61.0W	478	130 nm	55 M
2.50	400	3.2	SL6QQ	SL6QQ	D1	0F29h	512 KB	72°C	61.0W	478	130 nm	55 M
2.53	533	4.3	SL685	SL682	B0	0F24h	512 KB	71°C	59.3W	478	130 nm	55 M
2.53	533	4.3	SL682	SL682	B0	0F24h	512 KB	71°C	59.3W	478	130 nm	55 M
2.53	533	4.3	SL6EV	SL6D8	B0	0F24h	512 KB	71°C	59.3W	478	130 nm	55 M
2.53	533	4.3	SL6EG	SL6DW	C1	0F27h	512 KB	72°C	61.5W	478	130 nm	55 M
2.53	533	4.3	SL6DW	SL6DW	C1	0F27h	512 KB	72°C	61.5W	478	130 nm	55 M
2.53	533	4.3	SL6Q9	SL6PD	D1	0F29h	512 KB	72°C	61.5W	478	130 nm	55 M
2.60	400	3.2	SL6HB	SL6GU	C1	0F27h	512 KB	72°C	62.6W	478	130 nm	55 M
2.60	400	3.2	SL6GU	SL6GU	C1	0F27h	512 KB	72°C	62.6W	478	130 nm	55 M

Tabelle 3.49 Informationen über den Pentium 4-Prozessor (Forts.)

CPU-Takt (GHz)	Bustakt (MHz)	Transferrate (GBps)	Boxed-CPU	OEM-CPU	Step-ping	CPUID	L2-Cache	Max. Temp.	Max. Leistungsaufnahme	Sockettyp	Prozess	Transistoren
2.60	400	3.2	SL6QR	SL6QR	D1	0F29h	512 KB	75°C	69.0W	478	130 nm	55 M
2.60B	533	4.3	SL6S3	SL6S3	C1	0F27h	512 KB	74°C	66.1W	478	130 nm	55 M
2.60B	533	4.3	SL6QA	SL6PE	D1	0F29h	512 KB	74°C	66.1W	478	130 nm	55 M
2.60C ¹	800	6.4	SL6WS	SL6WH	D1	0F29h	512 KB	74°C	66.1W	478	130 nm	55 M
2.60C ¹	800	6.4	SL78X	N/A	D1	0F29h	512 KB	74°C	66.1W	478	130 nm	55 M
2.80	533	4.3	SL6K6	SL6HL	C1	0F27h	512 KB	75°C	68.4W	478	130 nm	55 M
2.80	533	4.3	SL6HL	SL6HL	C1	0F27h	512 KB	75°C	68.4W	478	130 nm	55 M
2.80	533	4.3	SL6SL	SL6S4	C1	0F27h	512 KB	75°C	68.4W	478	130 nm	55 M
2.80	533	4.3	SL6S4	SL6S4	C1	0F27h	512 KB	75°C	68.4W	478	130 nm	55 M
2.80	533	4.3	SL6QB	SL6PF	D1	0F29h	512 KB	75°C	69.7W	478	130 nm	55 M
2.80A	533	4.3	SL7D8	SL7D8	C0	0F33h	1 MB	69°C	89.0W	478	90 nm	125 M
2.80C ¹	800	6.4	SL6WT	SL6WJ	D1	0F29h	512 KB	75°C	69.7W	478	130 nm	55 M
2.80C ¹	800	6.4	SL78Y	N/A	D1	0F29h	512 KB	75°C	69.7W	478	130 nm	55 M
2.80C ¹	800	6.4	SL6Z5	N/A	M0	0F25h	512k	73°C	76.0W	478	130 nm	55 M
2.80E ¹	800	6.4	SL79K	SL79K	C0	0F33h	1 MB	69°C	89.0W	478	90 nm	125 M
3.0 ¹	800	6.4	SL6WU	SL6WK	D1	0F29h	512 KB	70°C	81.9W	478	130 nm	55 M
3.0 ¹	800	6.4	SL78Z	N/A	D1	0F29h	512 KB	70°C	81.9W	478	130 nm	55 M
3.0 ¹	800	6.4	SL7BK	N/A	M0	0F25h	512 KB	66°C	82.0W	478	130 nm	55 M
3.0E ¹	800	6.4	SL79L	SL79L	C0	0F33h	1 MB	69°C	89.0W	478	90 nm	125 M
3.06 ¹	533	4.3	SL6K7	SL6JJ	C1	0F27h	512 KB	69°C	81.8W	478	130 nm	55 M
3.06 ¹	533	4.3	SL6JJ	SL6JJ	C1	0F27h	512 KB	69°C	81.8W	478	130 nm	55 M
3.06 ¹	533	4.3	SL6SM	SL6S5	C1	0F27h	512 KB	69°C	81.8W	478	130 nm	55 M
3.06	533	4.3	SL6S5	SL6S5	C1	0F27h	512 KB	69°C	81.8W	478	130 nm	55 M
3.06 ¹	533	4.3	SL6QC	SL6PG	D1	0F29h	512 KB	69°C	81.8W	478	130 nm	55 M
3.20 ¹	800	6.4	SL6WE	SL6WG	D1	0F29h	512 KB	70°C	82.0W	478	130 nm	55 M
3.20 ¹	800	6.4	SL792	N/A	D1	0F29h	512 KB	70°C	82.0W	478	130 nm	55 M

Tabelle 3.49 Informationen über den Pentium 4-Prozessor (Forts.)

CPU-Takt (GHz)	Bustakt (MHz)	Transferrate (GBps)	Boxed-CPU	OEM-CPU	Stepping	CPUID	L2-Cache	Max. Temp.	Max. Leistungsaufnahme	Sockettyp	Prozess	Transistoren
3,2EE ¹	800	6.4	SL7AA	SL7AA	M0	0F25h	512 KB	64°C	92.1W	478	130 nm	178 M
3,20E ¹	800	6.4	SL7B8	SL7B8	C0	0F33h	1 MB	73°C	103.0W	478	90 nm	125 M
3,40 ¹	800	6.4	SL793	SL793	D1	0F29h	512 KB	70°C	89.0W	478	130 nm	55 M
3,4EE ¹	800	6.4	SL7CH	SL7CH	M0	0F25h	512 KB	68°C	102.9W	478	130 nm	178 M
3,40E ¹	800	6.4	SL7AJ	SL7AJ	C0	0F33h	1 MB	73°C	103.0W	478	90 nm	125 M

Tabelle 3.49 Informationen über den Pentium 4-Prozessor (Forts.)

¹ Hyper-Threading-Technologie

180 nm = Willamette-Kern

130 nm = Northwood-Kern

90 nm = Prescott-Kern

Für die Kühlung eines Prozessors mit der Watt-Leistung eines Pentium 4 werden sehr große aktive Kühlkörper benötigt. Solche großen Kühlkörper können die CPU oder die Hauptplatine beschädigen, wenn Vibrationen oder Stöße auftreten. Dies gilt insbesondere während des Versands. Um dies zu verhindern, enthält die Spezifikation für den Sockel 423 Bestimmungen über Abstandshalter für das ATX-Gehäuse, die die Halteklammern für den Kühler verstärken. Mit diesen Abstandshaltern kann das Gehäuse das Gewicht des Kühlers halten und das Gewicht des Kühlers lastet nicht mehr vollständig auf der Hauptplatine. Die einzelnen Hersteller nutzen auch andere Halte-mechanismen, um die CPU ohne direkte Befestigung am Gehäuse an ihrem Platz zu halten. Die P4T-Hauptplatine von Asus ist beispielsweise mit einer Verstärkungsplatte aus Metall ausgestattet, dank derer ATX-Gehäuse für die Hauptplatine eingesetzt werden können.

Sockel 478-Systeme benötigen keine speziellen Abstandshalter oder Verstärkungsplatten, weil hier der CPU-Kühler direkt auf die Hauptplatine aufgebracht und nicht mehr am CPU-Sockel oder -Gehäuse befestigt wird. Hauptplatinen mit Sockel 478 können in jedes beliebige ATX-Gehäuse integriert werden. Es sind keine speziellen Abstandshalter erforderlich.



Abbildung 3.56 Die Boxed-Version des Pentium 4

Für die Sockel 423- und die Sockel 478-Version des Pentium 4 wird ein spezieller Kühler benötigt. Falls Sie einen so genannten Boxed-Prozessor erwerben, erhalten Sie den Kühler zusammen mit dem Prozessor. Zusätzlich gewährt Intel 3 Jahre Garantie, weshalb die Boxed-Versionen sich insbesondere für das »Upgraden« und für PC-Integratoren eignen. Wegen des integrierten Kühlers und der Garantie sollten Sie besser nur Boxed-Prozessoren statt der OEM-Versionen benutzen.

3.14.4 Intel Prozessor-Nummern

Die meisten Leute assoziieren den CPU-Takt mit einer bestimmten CPU, was Intel bisher auch als Verkaufsargument genutzt hat. Dies impliziert, dass schnellere Prozessoren auch eine höhere Leistung erbringen, was aber nicht immer der Fall ist. Die jeweilige Architektur hat den größten Einfluss auf die Prozessorleistung und es ist durchaus möglich, dass CPU mit einem geringeren Takt eine höhere Leistung erbringt als eine schneller getaktete.

Die Firma AMD hat bereits seit längerem ihre Prozessoren mit Modell-Nummern ausgewiesen, die sich nur indirekt auf die Taktfrequenz beziehen. Intel hat sich nun ebenfalls dazu entschlossen

ihre Prozessoren mit Modellnummern zu kennzeichnen, wobei sich dieses Schema grundsätzlich von dem, wie es AMD benutzt, unterscheidet. AMDs Kennzeichnung bezieht sich auf ein *Pentium 4-Equivalent*, während Intel sich dazu entschlossen hat ein BMW-Schema zu verwenden. Demnach gibt es die leistungsstärkste Modellreihe 7xx, die 5xx-Reihe der Mittelklasse und eine 3xx-Reihe für das untere Ende.

Dabei wird nicht nur die jeweilige Taktfrequenz mit betrachtet, sondern auch die interne Architektur, die Cache-Größen, der Systembus und noch einige andere Dinge. Generell weisen hier höhere Nummern auch leistungsstärkere Prozessoren aus, was auch innerhalb der einzelnen Serien zutrifft. Die Tabelle 3.50 zeigt die Bedeutungen dieser Modellnummern.

Prozessor	Nummer Numero.	CPU-Takt	FSB	L2 Cache-Größe	Hyper-Threading
Pentium M	755	2,0 GHz	400 MHz	2 MB	Nein
	745	1,8 GHz	400 MHz	2 MB	Nein
	735	1,7 GHz	400 MHz	2 MB	Nein
Pentium 4	720	3,73 GHz	1066 MHz	2 MB	Ja
	580	4,0 GHz	800 MHz	1 MB	Ja
	570	3,8 GHz	800 MHz	1 MB	Ja
	560	3,6 GHz	800 MHz	1 MB	Ja
	550	3,4 GHz	800 MHz	1 MB	Ja
	540	3,2 GHz	800 MHz	1 MB	Ja
	530	3,0 GHz	800 MHz	1 MB	Ja
	520	2,8 GHz	800 MHz	1 MB	Ja
Celeron D	350	3,2 GHz	533 MHz	256 KB	Nein
	345	3,06 GHz	533 MHz	256 KB	Nein
	340	2,93GHz	533 MHz	256 KB	Nein
	335	2,80 GHz	533 MHz	256 KB	Nein
	330	2,66 GHz	533 MHz	256 KB	Nein
	325	2,53 GHz	533 MHz	256 KB	Nein

Tabelle 3.50 Die Bedeutungen der Intel-Prozessor-Nummern

Zu beachten ist, dass alle 7xx-Chips schneller sind als die 5xx-Chips, aber nicht alle 5xx-Chips sind schneller als die der 3xx-Serie. Die Modellnummern eignen sich demnach nicht für einen direkten Vergleich der Taktfrequenzen und es bleibt noch abzuwarten, ob sich diese Nummerierung auch am Markt durchsetzen wird.

3.15 Prozessoren der achten Generation – 64 Bit

Der Itanium wurde am 29. Mai 2001 am Markt eingeführt und der Nachfolger – Itanium 2 – bereits ein Jahr später. Der Itanium ist der erste Prozessor von Intels Produktfamilie IA-64 (Intel Architecture 64 Bit). Nach 15 Jahren in denen eine 32-Bit-Architektur (IA-32) vorherrschend war, wird nun der Übergang zu 64-Bit-Systemen eingeleitet.

Im Jahre 2003 hat AMD einen 64-Bit-Prozessor für Desktop-Systeme (Athlon 64) und einen für Server-Systeme (Opteron) eingeführt. Im Folgenden werden die grundlegenden Unterschiede der 64-Bit-Prozessoren von Intel und AMD näher betrachtet.

3.15.1 Itanium und Itanium 2

Der Itanium wurde hauptsächlich für den Server-Markt entwickelt. Würde Intel noch immer Zahlen zur Bezeichnung der Prozessoren verwenden, müsste der Itanium 886 heißen, weil er ein Prozessor der achten Generation der Intel-Familie ist. Die technischen Details der Itanium-Prozessoren zeigt die Tabelle 3.51. Wie auch frühere Prozessorneuentwicklungen sollen der Itanium und der Itanium 2 den Pentium 4 oder III nicht oder zumindest nicht sofort ersetzen. Das neue Design ist zunächst einmal teuer und wird deshalb nur bei High-End-Systemen eingesetzt.

Prozessor	Takt	L2-Cache	L3-Cache	FSB	Speicher-Bus-Breite	Bandbreite	Transistoren
Itanium	733 MHz 800 MHz	96 KB	2 MB ¹ oder 4 MB ¹	266 MHz	64 Bit	2,1 GBps	25 M (Kern) und 150 oder 300 M (Cache)
Itanium 2	900 MHz 1 GHz	256 KB	3 MB ²	400 MHz	128 Bit	6,4 GBps	221 M
Itanium 2	1,4 GHz 1,5 GHz	256 KB	6 MB ²	400 MHz	128 Bit	6.4 GBps	410 M

Tabelle 3.51 Technische Details der Itanium-Prozessoren

Die Itanium-CPU's sind die ersten Intel-Prozessoren mit einem integrierten L3-Cache. Bei einigen vorherigen Designs war der L3-Cache separat auf der Hauptplatine untergebracht und daher langsamer. Erst durch die Integration des L3-Cache in der Cartridge (Itanium) oder auch direkt mit auf dem Die (Itanium 2) ist es möglich, dass alle drei Caches mit dem vollen CPU-Takt arbeiten können.

Die Itaniums weisen die folgenden technische Eigenschaften auf:

- 16 TByte adressierbarer Hauptspeicher (44-Bit-Adressbus).
- Volle 32-Bit-Kompatibilität in Hardware.
- EPIC-Technologie (EPIC – Explicitly Parallel Instruction Computing) mit bis zu 20 Operationen pro Takt.
- Zwei Integer- und zwei Speichereinheiten, die vier Befehle pro Takt ausführen können.
- Zwei FMAC-Einheiten (FMAC – Floating Point Multiply Accumulate) mit 82-Bit-Operanden.
- Jede FMAC-Einheit kann zwei Gleitkommaoperationen pro Takt ausführen.
- Zwei zusätzliche MMX-Einheiten, die jeweils zwei Gleitkommaoperationen mit einfacher Genauigkeit ausführen können.
- Pro Takt können acht Gleitkommaoperationen mit einfacher Genauigkeit ausgeführt werden.
- 128 Integer-Register, 128 Gleitkomma-Register, 8 Sprungregister und 64 Vorhersage-Register.

Der Itanium 2 bietet außerdem:

- 400 MHz-CPU-Bus (266 MHz beim Itanium)
- 128 Bit-breiter CPU-Bus (64 Bit beim Itanium)

Intel und Hewlett-Packard starteten die Entwicklung des Itanium-Prozessor 1994 gemeinsam. Im Oktober 1997 gaben Intel und HP offiziell einige technische Details des neuen Prozessors bekannt.

Der Itanium ist der erste Mikroprozessor, der auf Intels IA-64-Spezifikation basiert. Die IA-64 beinhaltet ein Prozessordesign, das sich vom bisherigen stark unterscheidet und VLIW (Very Long

Instruction Words), Befehlsvorhersagen, Sprungeliminierung, spekulatives Laden und andere Techniken einsetzt, um die parallele Ausführung von Programmcode zu verbessern. Der neue Chip unterstützt Eigenschaften des CISC- und des RISC-Designs.

Der Itanium ist mit einer neuen Architektur ausgestattet, die von Intel als EPIC (Explicitly Parallel Instruction Computing) bezeichnet wird und mit der der Prozessor mehrere Befehle parallel ausführen kann. Beim Itanium und Itanium 2 können drei Befehle als ein 128-Bit-Wort kodiert werden. Somit stehen jedem Befehl mehr Bits zur Verfügung, als den aktuellen 32-Bit-Anweisungen. Dank der zusätzlichen Bits kann der Chip einen größeren Speicherraum adressieren und dem Prozessor mitteilen, welche Befehle parallel ausgeführt werden sollen. Dieser Ansatz vereinfacht das Prozessordesign und sollte dafür sorgen, dass der Prozessor höher getaktet werden kann. Das heißt also, dass der Itanium nicht nur mehrere Anweisungen parallel ausführen kann, sondern dass er auch mit anderen Itanium-Prozessoren zu einem Parallelverarbeitungssystem zusammengefasst werden kann.

Der Itanium ist vollständig abwärtskompatibel mit der aktuellen 32-Bit-Software von Intel und unterstützt 64-Bit-Anweisungen, während er gleichzeitig 32-Bit-Anweisungen ausführen kann. Da es sich beim 32-Bit-Modus nicht um den eigentlichen Prozessormodus handelt, ist die Leistung bei der Ausführung von 32-Bit-Anweisungen jedoch nicht so hoch, wie beim Pentium 4 oder bei früheren Prozessoren.

Um IA-64-Anweisungen nutzen zu können, müssen die Anwendungen für den neuen Befehlssatz neu kompiliert werden. Etwas Ähnliches war auch 1985 bei der Einführung des ersten 32-Bit-Prozessors, dem 386, erforderlich. Leider entwickelt sich Software erheblich langsamer, als Hardware. Microsoft hat 10 Jahre gebraucht, um Windows 95 einzuführen, das erste 32-Bit-Betriebssystem für Intel-Prozessoren, das eine große Akzeptanz fand.

Dies wird beim Itanium und Itanium 2 jedoch nicht geschehen, weil es bereits vier Betriebssysteme gibt, die die 64-Bit-Architektur unterstützen: Microsoft Windows (XP 64-Bit-Edition und 64-Bit-Windows Advanced Server Limited Edition 2002), Linux (in den vier Distributoren von Red Hat, SuSE, Caldera und Turbo Linux) und zwei Unix-Versionen (HP-UX von Hewlett-Packard und AIX von IBM).

Bis sich allerdings der Software-Markt auf die 64-Bit-Betriebssysteme und -Prozessoren eingestellt hat, wird es vermutlich einige Jahre dauern. Die installierte Basis an 32-Bit-Prozessoren ist einfach noch zu groß.

Der Itanium und der Itanium 2 basierten ursprünglich auf der 0,18- μm -Technologie. Aktuelle Versionen sind in der 0,13- μm -Technologie gefertigt, was zu höheren Geschwindigkeiten und größeren Cache-Speichern führt.

Die Itaniums sind mit einem neuen Gehäuse namens PAC (Pin Array Cartridge) ausgestattet. Die Cartridge enthält den L3-Cache und wird in einen PAC418- (Itanium) oder einen PAC611-Sockel (Itanium 2) eingesteckt und nicht in einen Slot. Das Modul (siehe Abbildung 3.57) wiegt ca. 170 g und ist auf der Rückseite mit Metall beschichtet, was für eine bessere Wärmeableitung sorgen soll. Der Itanium verfügt über vier Halteklammern damit das Modul auf der Hauptplatine zu befestigen ist.

Der erste Itanium 2 trägt den Codenamen McKinley und wurde offiziell im Juni 2002 eingeführt. Die aktuelle Version verwendet die 0,13- μm -Technologie mit Madison-Kern, der 410 Millionen Transistoren beinhaltet und bis zu 6 MByte L3-Cache (On-Die) zur Verfügung stellt. Weil der Itanium 2 eine wesentlich höhere CPU-Bandbreite (6,4 GByte/s), einen höheren CPU-Takt, größere Caches und einen doppelt so breiten FSB wie der Original-Itanium mit 128 Bit bietet, ist der Itanium 2 in allen Disziplinen wesentlich schneller.

Eigenschaften des Itanium-Gehäuses

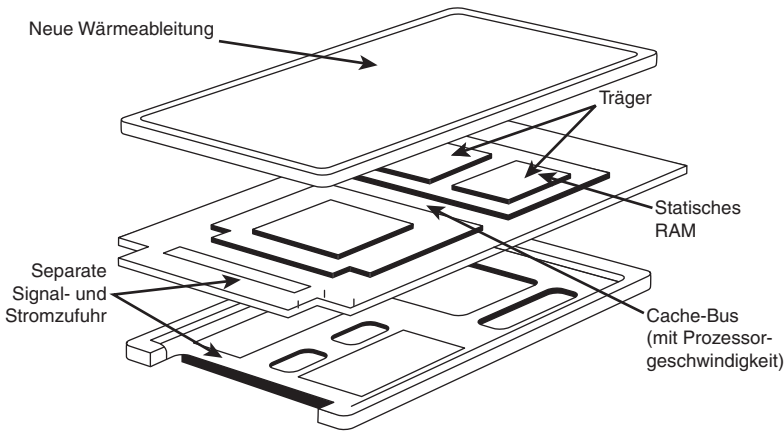


Abbildung 3.57 Die Itanium Pin Array Cartridge

Der Itanium 2 enthält alle Caches On-Die, so dass deshalb auch keine Cartridge (Abbildung 3.58) mehr nötig ist. Der Itanium und der Itanium 2 sind untereinander nicht austauschbar und werden von unterschiedlichen Chipsätzen und Sockeln unterstützt.



Abbildung 3.58 Der Itanium 2 verfügt über ein kompakteres Design als der Original-Itanium

3.15.2 Athlon 64 und Athlon FX

Die Firma AMD stellte den Athlon 64 und den Athlon FX im September 2003 vor. Die sind die beiden ersten 64-Bit-Prozessoren für Desktop- und nicht für Server-Systeme. Die ursprüngliche Bezeichnung lautet für diese beiden CPUs *Clawhammer*, während der 64-Bit-Prozessor (Opteron) für Server die Bezeichnung *Sledgehammer* trägt. Der Athlon 64 und der Athlon FX (Abbildung 3.59) sind prinzipiell ebenfalls Opteron-Chips, die aber für Single-Prozessor-Systeme vorgesehen sind und über einen reduzierten Cache sowie über eine geringere Bandbreite verfügen.

Neben der 64-Bit-Unterstützung ist der größte Unterschied der 64-Bit-AMD-Familie zu anderen Prozessoren, dass hier auch der Memory-Controller mit eingebaut ist, der üblicherweise Bestandteil des Chipsatzes ist. Er befindet sich dann in der Northbridge bzw. im Memory Controller Hub, was bedeutet, dass sich die CPU-Bus-Architektur gegenüber den bisherigen Designs unterscheidet und die 64-Bit-CPU von AMD direkt mit dem Speicher kommunizieren können. Es gibt hier demnach keine Speichertransfers per Northbridge, die auch für andere Einheiten (z.B. AGP) zur Verfügung steht, was sie somit von Transfers entlastet.



Abbildung 3.59 Der Athlon FX in der Version für den Sockel 940

Die wesentlichen Eigenschaften des Athlon 64 und des Athlon FX sind die folgenden:

- Taktraten von 1,8 GHz bis hin zu 2,4 GHz
- 105,9 Millionen Transistoren im 0,13µm-Prozess
- 12-stufige Pipeline
- In der CPU integriertes Single- oder Dual-Speicher-Interface (64 Bit plus ECC = 72 Bit)
- L1-Cache mit 128 KByte
- L2-Cache mit 512 KByte oder 1 MByte, On-Die mit CPU-Takt
- Unterstützung für IA-32e (AMD64, x86-64, EM64T), die 64-Bit-Erweiterung für IA-32
- Hypertransport-Link mit 3,2 GBps oder 4 GBps
- Adressierbarer Speicher bis zu 1 TByte, womit die bisherige 4 GByte-Grenze aufgehoben wird
- SSE2 (SSE plus 144 Multimedia-Befehle)
- Neue Stromsparfunktionen

Obwohl AMD des Öfteren wegen des verwirrenden Performance-Ratings bei der Athlon XP-Serie kritisiert worden ist, wird dieses Schema auch beim Athlon 64 angewendet. Demnach sollte man auch hier auf die tatsächliche Leistung in Abhängigkeit von den jeweils eingesetzten Applikationen achten, um selbst beurteilen zu können, welches Athlon 64-Modell das passende ist. Der integrierte Speicherbus erlaubt die direkte Speicherankopplung und macht das Chipsatz-Design einfacher. AMD bietet eigene Chipsätze für den Athlon 64 an, die meisten Systeme verwenden jedoch Chipsätze von VIA und anderen Herstellern.

Die unterschiedlichen Modelle und Eigenschaften der Athlon 64- und Athlon FX-CPU sind in den folgenden Tabellen angegeben.

Typ	Modell	CPU-Takt	GBps	CPUID	L2-Cache	Max. Temp	Spannung	Leistungsaufnahme	Prozess	Socket	Transistoren
	ADA2800AEP4AX	1,8 GHz	3,2	0FC0h	512 K	70 °C	1,5 V	89 W	130 nm	754130nm	105,9 M
	ADA3000AEP4AP	2,0 GHz	3,2	0F48h	512 K	70 °C	1,5 V	89 W	130 nm	754130nm	105,9 M
	ADA3000AEP4AR	2,0 GHz	3,2	0F4Ah	512 K	70 °C	1,5 V	89 W	130 nm	754130nm	105,9 M
	ADA3000AEP4AX	2,0 GHz	3,2	0FC0h	512 K	70 °C	1,5 V	89 W	130 nm	754130nm	105,9 M
	ADA3200AEP5AP	2,0 GHz	3,2	0F48h	1 M	70 °C	1,5 V	89 W	130 nm	754130nm	105,9 M
	ADA3200AEP5AR	2,0 GHz	3,2	0F4Ah	1 M	70 °C	1,5 V	89 W	130 nm	754130nm	105,9 M
	ADA3200AEP4AX	2,2 GHz	3,2	0FC0h	512 K	70 °C	1,5 V	89 W	130 nm	754130nm	105,9 M
	ADA3400AEP5AP	2,2 GHz	3,2	0F48h	1 M	70 °C	1,5 V	89 W	130 nm	754130nm	105,9 M
	ADA3400AEP5AR	2,2 GHz	3,2	0F4Ah	1 M	70 °C	1,5 V	89 W	130 nm	754130nm	105,9 M
	ADA3500DEP4AW	2,2 GHz	4,0	0FF0h	512 K	70 °C	1,5 V	89 W	130 nm	939130nm	105,9 M
	ADA3700AEP5AR	2,4 GHz	3,2	0F4Ah	1 M	70 °C	1,5 V	89 W	130 nm	754130nm	105,9 M
	ADA3800DEP4AW	2,4 GHz	4,0	0FF0h	512 K	70 °C	1,5 V	89 W	130 nm	939130nm	105,9 M

Tabelle 3.52 Athlon 64-Daten

Typ	Modell	CPU-Takt	GBps	CPUID	L2-Cache	Max. Temp	Spannung	Leistungsaufnahme	Prozess	Socket	Transistoren
	ADAFX51CEP5AK	2,2 GHz	3,2	0F58h	1 M	70 °C	1,5 V	89 W	130 nm	940	105,9 M
	ADAFX51CEP5AT	2,2 GHz	3,2	0F5Ah	1 M	70 °C	1,5 V	89 W	130 nm	940	105,9 M
	ADAFX53CEP5AT	2,4 GHz	3,2	0F5Ah	1 M	70 °C	1,5 V	89 W	130 nm	940	105,9 M
	ADAFX53DEP5AS	2,4 GHz	4,0	0F7Ah	1 M	70 °C	1,5 V	89 W	130 nm	939	105,9 M

Tabelle 3.53 Athlon FX-Daten

Der Athlon 64 und der Athlon FX ist in drei unterschiedlichen Sockelversionen erhältlich (siehe Tabelle 3.54). Den Athlon 64 gibt es für den Sockel 754 und für den Sockel 939, während der Athlon FX als Version für den Sockel 939 und für den Sockel 940 erhältlich ist. Der Sockel 754 unterstützt lediglich Single-Memory-Systeme; die Hauptplatinen mit 939- und mit 940-poligem Sockel unterstützen hingegen auch Dual-Channel-Memory-Systeme, was die Speicherdatentransferrate demgegenüber verdoppelt.

Systeme mit dem Sockel 939 können mit den preiswerteren *Unbuffered DDR SDRAM-DIMMs* bestückt werden. Für Sockel 940-Systeme sind die langsameren und teureren *Buffered DDR-DIMMs* notwendig. Aus diesem Grunde sollten Systeme mit dem 940-poligen Sockel nicht mehr für den Kauf in Betracht gezogen werden, weil sie mit den hierfür notwendigen *Buffered DIMMs* zu teuer werden und auch noch langsamer sind. Die Sockel 754-Versionen des Athlon 64 sind für *Unbuffered DIMMs* entwickelt, allerdings nur für Single-Memory-Systeme.

Auch der Athlon 64 FX ist in zwei Versionen erhältlich: für den Sockel 940 mit *Buffered DIMMs* (*Registered*) und für den neueren Sockel 939 mit den kostengünstigeren *Unbuffered DIMMs*. Bei den CPUs für den Sockel 939 handelt es sich prinzipiell um den gleichen Chip; sie unterscheiden sich lediglich in der Größe des L2-Cache. Beispielsweise arbeiten sowohl der Athlon 64 3800+ als auch der Athlon FX-53 beide mit 2,4 GHz und mit Dual-Channel-Speicher. Der einzige Unterschied besteht darin, dass der Athlon 64 3800+ über einen L2-Cache mit 512 KByte verfügt und der Athlon FX-53 bietet einen L2-Cache von 1 MByte. Demnach muss man die Unterschiede bei diesen Prozessoren genau beachten.

Sockel	Prozessor	Speicherkanäle	Speichertyp
754	Athlon 64	Single-Channel	Unbuffered
939	Athlon 64 Athlon 64 FX	Dual-Channel	Unbuffered
940	Athlon 64 FX	Dual-Channel	Registered (Buffered)

Tabelle 3.54 Sockel und Speicher für Athlon 64 und Athlon FX

Der Athlon 64 und der Athlon FX verbrauchen typischerweise 89 W, was zwar eine beachtliche Größe ist, allerdings ist dies weniger als bei den stromhungrigen Pentium 4-Prozessoren. Wie die Pentium 4-Systeme benötigen auch Hauptplatinen für den Athlon 64 und für den Athlon FX den ATX12-Anschluss für zusätzliche 12 V, damit der Spannungsregler (VRM) korrekt arbeiten kann.

Die erste Version des Athlon 64 ist im 0,13 µm-Prozess (130 nm) gefertigt (Abbildung 3.60). Die zweite Version San Diego ist für Desktop-Systeme und Odessa ist für Mobile-Systeme bestimmt, die beide im 0,08 µm-Prozess hergestellt werden.

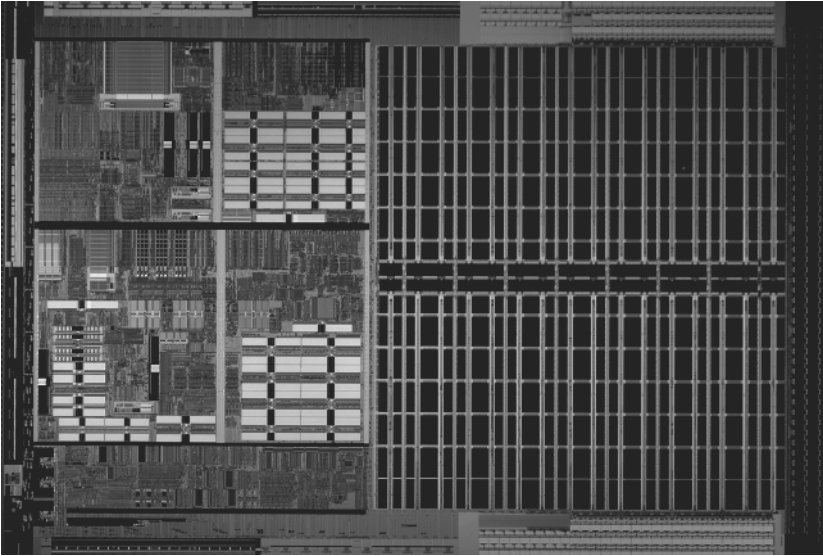


Abbildung 3.60 AMDs Athlon 64-Die mit 106 Millionen Transistoren

3.15.3 Opteron

Der AMD Opteron ist insbesondere für Server-Systeme und als leistungsfähigerer Gegenpart zum Athlon 64 für Desktop-Systeme gedacht. Der Opteron wurde im Frühling 2003 vorgestellt und verfügt über die folgenden Eigenschaften:

- 128 KByte L1-Cache
- 1 MByte L2-Cache
- Taktraten von 1,8 GHz bis 2 GHz
- Drei Hypertransport-Links zum Chipsatz mit 3,2 GBps
- Sockel 940
- Integrierter Memory-Controller
- 128 Bit plus ECC für Dual-Channel-Speichersysteme
- Maximaler adressierbarer Speicher von 1 Terrabyte (40 Bit physikalisch) und 256 Terrabyte (48 Bit virtuell)
- x86-64-Architektur

Im Gegensatz zur Itanium-Serie, die vorwiegend von Intel-Chipsätzen unterstützt wird, gibt es für den Opteron und auch für den Athlon 64 eine ganze Reihe von Chipsätzen von Firmen wie VIA, SiS, Ali, NVIDIA und ATI.

3.16 Aufrüsten und Testen von Prozessoren

Seit dem 486er ist es bei den meisten Systemen relativ einfach, den Prozessor aufzurüsten. Ab dem 486er-Prozessor integrierte Intel die Upgrade-Möglichkeit durch die Entwicklung von standardisierten Sockeln, in die eine Reihe von Prozessoren installiert werden können. Wenn Sie also eine Hauptplatine mit dem Sockel 3 haben, können Sie praktisch jeden 486er-Prozessor installieren, und in eine Hauptplatine mit dem Sockel 7 können Sie jede Pentium-CPU oder hierzu kompatiblen Prozessor installieren. Dieser Trend setzt sich bis heute mit den meisten Hauptplatinen fort, die jeweils für Prozessoren einer bestimmten Familie (Pentium III/Celeron III, Athlon/Duron/AthlonXP, Pentium 4/Celeron 4 usw.) ausgelegt sind.

Um Ihre Hauptplatine zu optimieren, können Sie fast immer auf den schnellsten Prozessor aufrüsten, den Ihre Hauptplatine unterstützt. Wegen der Vielzahl an Sockeln und Slots – ganz zu schweigen von den Spannungen, Takten und anderen Dingen von potentiellen Inkompatibilitäten – sollten Sie sich beim Hersteller Ihrer Hauptplatine erkundigen, ob der schnellere Prozessor eingesetzt werden kann. In der Regel kann dies anhand des auf der Hauptplatine verwendeten Sockels oder Slots festgestellt werden, wobei außerdem der Spannungsregler und das BIOS dabei mit zu beachten sind.

Nutzt Ihre Hauptplatine beispielsweise einen Sockel 370, können Sie theoretisch zu dem schnelleren 1,4 GHz-Pentium-III aufrüsten. Bevor Sie den Prozessor kaufen, sollten Sie jedoch sicher stellen, dass die Hauptplatine den benötigten Takt, die passende Spannungseinstellung und den korrekten ROM-BIOS-Support für den neuen Prozessor aufweist.

Falls es nicht möglich sein sollte einen schnelleren Prozessor einzusetzen, gibt es noch den Ausweg mithilfe spezieller Adapterlösungen, um etwa in einem Sockel 423-Pentium 4-System eine Pentium 4-CPU mit 478 Pins einzusetzen oder einen schnelleren Sockel 370-Prozessor in ein Slot 1-System. Statt Prozessor und Adapter dann einzeln zu kaufen, rate ich dazu, beide Komponenten als Modul von Firmen wie Evergreen oder PowerLeap zu erwerben.

Durch einen Prozessorupgrade lässt sich die Systemleistung in einigen Fällen verdoppeln. Besitzen Sie jedoch bereits den schnellsten Prozessor, der für einen bestimmten Sockel verfügbar ist, sollten Sie nach anderen Alternativen Ausschau halten. In diesem Fall bleibt nur der Austausch der kompletten Hauptplatine, der den Umstieg auf einen Pentium 4- oder einen Athlon XP- oder einen Athlon 64-Prozessor ermöglicht. Besitzen Sie kein proprietäres Gehäuse und ist der Computer mit einer ATX-Standardplatine ausgestattet, sollten Sie besser die Hauptplatine und den Prozessor austauschen, als zu versuchen, einen Prozessor zu finden, der bei Ihrem System genutzt werden kann.

3.16.1 Prozessor-Benchmarks

Die Leute möchten wissen, wie schnell (bzw. langsam) ihre Systeme sind. Wir haben uns schon immer für *Geschwindigkeit* interessiert, das liegt in der Natur des Menschen. Um dies herauszufinden, können unterschiedliche Benchmarks angewendet werden. Damit können unterschiedliche Aspekte der Prozessor- und/oder der Systemleistung bewertet werden. Keine der zahlreichen Möglichkeiten kann dabei die gesamte Leistung eines so komplexen Systems wie das eines Prozessors oder eines ganzen PCs beurteilen. Dennoch sind Benchmarks nützliche Werkzeuge zum Vergleichen unterschiedlicher Komponenten und Systeme.

Ein wirklich genaues Verfahren, die Leistung Ihres Systems zu ermitteln, besteht darin, das System mit den von Ihnen genutzten Anwendungen zu testen. Auch wenn Sie meinen, nur eine Komponente eines Systems zu testen, haben häufig auch andere Teile des Systems Auswirkungen auf die

getestete Komponente. Es ist nicht zulässig, Systeme mit unterschiedlichen Prozessoren miteinander zu vergleichen, wenn diese außerdem über unterschiedlich große Speicher, unterschiedliche Speicherarten, unterschiedliche Festplatten, Grafikkarten usw. verfügen. Dadurch würden die Testergebnisse verzerrt.

Benchmarks lassen sich in zwei Gruppen unterteilen: Komponententests und Systemtests. Komponenten-Benchmarks ermitteln die Leistung bestimmter Teile eines Computersystems wie beispielsweise des Prozessors, der Festplatte, der Grafikkarte, des CD-ROM-Laufwerks. System-Benchmarks ermitteln dagegen die Leistung des gesamten Computersystems mit einer bestimmten Anwendung bzw. mit einer Testreihe.

Benchmarks sollten höchstens ein Kriterium von vielen sein, das Sie beim Aufrüsten oder beim Neukauf zu beachten haben. Um ein möglichst reales Bild der Leistung einer Komponente oder eines Systems zu bekommen, sollten Sie am besten das System mit den Betriebssystemen und Anwendungen, mit denen Sie arbeiten, und mit der von Ihnen gewählten Konfiguration prüfen.

Es gibt eine Reihe von Firmen, die sich auf Benchmarktests und -Software spezialisiert haben. In der folgenden Tabelle sind die einzelnen Firmen mit ihren jeweiligen Benchmarks aufgeführt.

Anbieter	Benchmarks	Benchmark-Typ
Futuremark (ehemals MadOnion.com)	SysMark	System
	PCMark Pro	System
	3DMark	3D-Grafik
Lionbridge (Veritest)	Winstone	System
PC Magazine Benchmarks	WinBench	System
	CD WinBench	CD/DVD-Laufwerke
	NetBench	Netzwerk
	WebBench	Web-Server
	MobileMark	Notebook-Akku
Business Applications Performance Corporation (BAPCo)	BAPCo	Leistung bei Anwendungssoftware
Standard Performance	SPECint	Prozessor: Integer
Evaluation Corporation	SPECfp	Prozessor: Floating-Point
SiSoftware	Sandra	System, Speicher, Prozessor, Multimedia

Tabelle 3.55 Benchmarks für verschiedene Komponenten unterschiedlicher Hersteller

3.17 Techniken zur Fehlerbehebung bei Prozessoren

Prozessoren sind normalerweise sehr zuverlässig. Die meisten Probleme bei PCs haben mit anderen Komponenten zu tun. Wenn Sie jedoch vermuten, dass der Prozessor die Ursache eines Problems ist, gibt es einige Schritte, die Sie unternehmen können, um den Prozessor zu prüfen. Am einfachsten ist es, den Mikroprozessor gegen einen Ersatzprozessor auszutauschen, von dem Sie wissen, dass er richtig funktioniert. Wenn damit das Problem behoben ist, war tatsächlich der Prozessor defekt. Wenn das Problem weiterhin besteht, liegt die Ursache an einer anderen Stelle.

Die Tabelle 3.56 ist eine allgemeine Checkliste für die Fehlersuche bei Problemen mit dem Prozessor.

Problem	Mögliche Ursache	Lösung
System reagiert nicht, kein Cursor, keine akustischen Signale, kein Lüftergeräusch.	Stromkabel	Stecken Sie das Stromkabel ein oder tauschen Sie es aus. Es kann sein, dass das Stromkabel defekt ist, auch wenn es nicht so aussieht.
	Netzteil	Tauschen Sie das Netzteil gegen eines aus, von dem Sie wissen, dass es funktioniert.
	Hauptplatine	Tauschen Sie die Hauptplatine gegen eine aus, von der Sie wissen, dass sie funktioniert.
	Speicher	Deinstallieren Sie sämtliche Speichermodule bis auf eine Bank. Prüfen Sie den PC erneut. Wenn das System immer noch nicht startet, tauschen Sie diese Speicherbank aus.
System reagiert nicht, keine akustischen Signale, blockiert vor Beginn des POST.	Komponenten entweder nicht richtig oder überhaupt nicht installiert.	Prüfen Sie sämtliche Peripherie, insbesondere Speicher und Grafikkarte. Stecken Sie dann die Karten und gesockelten Komponenten erneut ein.
System gibt beim Start akustische Signale von sich, der Lüfter läuft, kein Cursor auf dem Bildschirm.	Nicht richtig installierte oder defekte Grafikkarte	Installieren Sie die Grafikkarte erneut oder tauschen Sie sie gegen eine andere für den Test aus, von der Sie wissen, dass sie funktioniert.
System blockiert während oder kurz nach dem POST.	Schlechte Wärmeableitung	Prüfen Sie den Kühler bzw. den Lüfter und tauschen Sie die Teile ggf. gegen andere mit höherer Leistung aus.
	Falsch eingestellte Betriebsspannung	Stellen Sie die Betriebsspannung für den Prozessor auf der Hauptplatine richtig ein.
	Falscher Bus-Takt	Stellen Sie den richtigen Takt ein.
CPU wird während des POST nicht richtig erkannt.	Falscher Taktungsfaktor	Stellen sie den richtigen Taktungsfaktor ein.
	Altes BIOS	Besorgen Sie sich vom Hersteller ein BIOS-Update.
Der PC startet nicht nach dem Einbau der neuen CPU.	Hauptplatine ist nicht richtig konfiguriert	Sehen Sie im Handbuch nach und nehmen Sie die entsprechenden Einstellungen für Bus und Taktungsfaktor vor
	Prozessor nicht richtig montiert	Nehmen Sie die CPU und den Kühler heraus und montieren Sie die Komponenten erneut.
	BIOS unterstützt die neue CPU nicht	Besorgen Sie sich vom Hersteller ein BIOS-Update.
	Hauptplatine kann die neue CPU nicht verwenden	Überprüfen Sie die Unterlagen zur Hauptplatine.

Tabelle 3.56 Fehlersuche bei Problemen mit dem Prozessor

Problem	Mögliche Ursache	Lösung
Das Betriebssystem startet nicht nach dem Einbau der neuen CPU.	Schlechte Wärmeableitung	Prüfen Sie den Kühler bzw. den Lüfter und tauschen Sie die Teile ggf. gegen andere mit höherer Leistung aus.
	Falsch eingestellte Betriebsspannung	Stellen Sie die Betriebsspannung für den Prozessor auf der Hauptplatine richtig ein.
	Falscher Takt für den System-Bus	Stellen Sie den richtigen Takt ein.
Anwendungen lassen sich nicht installieren oder funktionieren nicht.	Falscher Taktungsfaktor	Stellen sie den richtigen Taktungsfaktor ein.
	Falsche Treiber oder nicht kompatible Hardware	Aktualisieren Sie die Treiber und prüfen Sie die Hardware auf Kompatibilität.
Das System scheint zu funktionieren, aber auf dem Bildschirm ist nichts zu sehen.	Monitor ist ausgeschaltet oder defekt	Prüfen Sie den Monitor und schalten Sie ihn ein. Tauschen Sie ihn gegen einen aus, von dem Sie wissen, dass er funktioniert.

Tabelle 3.56 Fehlersuche bei Problemen mit dem Prozessor (Forts.)

lungen Ihrer Hauptplatine nicht stimmen, oder dass Ihr BIOS aktualisiert werden muss. Prüfen Sie, ob die Hauptplatine für den von Ihnen verwendeten Prozessor richtig eingestellt und konfiguriert ist, und sorgen Sie dafür, dass Sie das neueste BIOS für Ihre Hauptplatine einsetzen.

Wenn sich das System nach dem Hochlaufen eigenartig verhält, versuchen Sie, die Taktfrequenz des Prozessors herunterzusetzen. Wenn damit das Problem behoben ist, ist der Prozessor defekt oder übertaktet.

Viele Hardware-Probleme sind verdeckte Software-Probleme. Achten Sie darauf, dass Sie über das neueste BIOS für Ihre Hauptplatine und über die neuesten Treiber für all Ihre Peripheriegeräte verfügen. Darüber hinaus empfiehlt es sich auch, die neueste Version eines Betriebssystems zu verwenden, da diese in der Regel weniger Probleme bereitet.