

Inhaltsverzeichnis

1. Einführung	1
1.1 Motivation für die analoge Schaltungstechnik	1
1.2 Wichtige Grundbegriffe	3
2. Entwicklungs- und Analysemethodik	9
2.1 Methodik zur Elektroniksystementwicklung	9
2.1.1 Prozessablauf bei der Elektroniksystementwicklung	9
2.1.2 Beispiele für Anwendungen der analogen Schaltungstechnik	15
2.1.3 Realisierungsmöglichkeiten von Schaltungen.	20
2.1.4 Strukturierung der Schaltungstechnik	21
2.1.5 Prozessablauf bei der Schaltungsentwicklung	32
2.1.6 Prozessablauf bei der Schaltkreissimulation	36
2.2 Vorgehensweise bei der Schaltungsanalyse.	42
2.2.1 Beschreibung und Analyse einer Testanordnung	42
2.2.2 Die Hardwarebeschreibungssprache VHDL-AMS	53
2.2.3 Modellbeschreibungen einer Diode.	68
2.2.4 DC/AC/TR-Analyse dargestellt an einer Beispielschaltung	80
2.2.5 Analyse einer nichtlinearen Schaltung im Arbeitspunkt.	91
2.2.6 Detektorschaltung mit Arbeitspunkteinstellung	95
2.2.7 Frequenzbereichsanalyse – Bodediagramm	97
2.3 Wärmeflussanalyse	111
3. Grundlegende Funktionsprimitive	117
3.1 Passive Funktionsgrundsaltungen	117
3.1.1 Passiver Integrator und Differenziator	117
3.1.2 Kapazitiver Spannungsteiler	119
3.1.3 Frequenzkompensierter Spannungsteiler	120
3.1.4 Übertrager	123
3.1.5 RC-Resonator	124
3.1.6 LC-Resonatoren.	126
3.1.7 Angepasster Tiefpass/Hochpass	132
3.2 Funktionsgrundsaltungen mit Dioden	134

3.2.1	Gleichrichterschaltungen und Spannungsvervielfacher	134
3.2.2	Anwendungen der Diode als Spannungsquelle	142
3.2.3	Signaldetektorschaltungen	143
3.2.4	Begrenzer-, Klemm- und Schutzschaltungen	152
3.2.5	Wirkprinzip von Schaltnetzteilen	156
4.	Linearverstärker	161
4.1	Eigenschaften von Linearverstärkern und Makromodelle	161
4.1.1	Grundmodell eines Linearverstärkers	161
4.1.2	Schnittstellenverhalten	168
4.1.3	Aussteuergrenzen eines Linearverstärkers	170
4.1.4	Rauschen	173
4.2	Rückgekoppelte Linearverstärker	187
4.2.1	Rückkopplung allgemein und Schwingbedingung	188
4.2.2	Frequenzgang des rückgekoppelten Systems	194
4.2.3	Seriengegekoppelte LV mit gesteuerter Spannungsquelle	197
4.2.4	Seriengegekoppelte LV mit gesteuerter Stromquelle	199
4.2.5	Parallelgegekoppelte LV mit gesteuerter Spannungsquelle	202
4.2.6	Parallelgegekoppelte LV mit gesteuerter Stromquelle	206
4.3	Stabilität und Frequenzgangkorrektur von LV	208
4.3.1	Analyse der Schleifenverstärkung	209
4.3.2	Frequenzgangkorrektur des Geradeausverstärkers	210
4.3.3	Frequenzgangkorrektur am Rückkopplungsnetzwerk	216
4.4	Operationsverstärker	223
4.4.1	Erweiterung des Makromodells	223
4.4.2	Gleichtaktunterdrückung und Aussteuergrenzen von OPs	229
4.4.3	Einflüsse der DC-Parameter auf die Ausgangsoffsetspannung	233
4.4.4	Rauschen von OP-Verstärkern	236
4.4.5	Slew-Rate Verhalten eines OP-Verstärkers	238
4.5	OP-Verstärkeranwendungen	242
4.5.1	Instrumentenverstärker	242
4.5.2	Sensorverstärker	243
4.5.3	Treppengenerator	244
4.5.4	Kompressor/Expander-Verstärker	245
4.5.5	Aktive Signaldetektoren	247
4.5.6	Tachometerschaltung zur analogen Frequenzbestimmung	248
4.5.7	Analoge Filterschaltungen	249
4.5.8	Virtuelle Induktivität	253
4.5.9	Schmitt-Trigger	255

4.5.10 Astabiler Multivibrator	256
--------------------------------------	-----

5. Funktionsschaltungen mit Bipolartransistoren 259

5.1 Eigenschaften und Kennlinien von Bip.-Transistoren 259

5.1.1 Wichtige Kennlinien eines Bipolartransistors	259
--	-----

5.1.2 Physikalischer Aufbau und Grundmodell	264
---	-----

5.1.3 DC-Modellvarianten	271
--------------------------------	-----

5.1.4 AC-Modellvarianten	274
--------------------------------	-----

5.1.5 Rauschen eines BJT-Verstärkers	277
--	-----

5.1.6 Simulationsmodell in VHDL-AMS	278
---	-----

5.1.7 Seriengegengekoppelter Transistor	282
---	-----

5.1.8 Parallelgegengekoppelter Transistor	285
---	-----

5.2 Arbeitspunkteinstellung und Stabilität 286

5.2.1 Schaltungsvarianten zur Arbeitspunkteinstellung	287
---	-----

5.2.2 Arbeitspunktbestimmung und Arbeitspunktstabilität	293
---	-----

5.3 Wichtige Funktionsprimitive mit BJTs 301

5.3.1 RC-Verstärker in Emittergrundschtaltung	301
---	-----

5.3.2 RC-Verstärker in Basisgrundschtaltung	310
---	-----

5.3.3 Emitterfolger	316
---------------------------	-----

5.3.4 Der Bipolartransistor als Spannungsquelle	320
---	-----

5.3.5 Der Bipolartransistor als Stromquelle	322
---	-----

5.3.6 Darlingtonstufen	325
------------------------------	-----

5.3.7 Kaskode-Schaltung	330
-------------------------------	-----

5.3.8 Verstärker mit Stromquelle als Last	333
---	-----

5.4 Schalteranwendungen des Bipolartransistors 336

5.4.1 Spannungsgesteuerter Schalter	336
---	-----

5.4.2 Gegentaktschalter	342
-------------------------------	-----

5.5 Beispiele von Funktionsschaltungen 346

5.5.1 Logarithmischer Verstärker	346
--	-----

5.5.2 Optischer Empfänger	348
---------------------------------	-----

5.5.3 AM/FM-modulierbarer Oszillator	350
--	-----

6. Funktionsschaltungen mit FETs 359

6.1 Eigenschaften von Feldeffekttransistoren 359

6.1.1 Eigenschaften von Sperrschicht-Feldeffekttransistoren	360
---	-----

6.1.2 Eigenschaften von Isolierschicht-Feldeffekttransistoren	368
---	-----

6.2 Arbeitspunkteinstellung und Arbeitspunktstabilität 377

6.3 Anwendungsschaltungen mit Feldeffekttransistoren 386

6.3.1 Verstärkerschaltungen mit Feldeffekttransistoren	386
--	-----

6.3.2 Anwendung des Linearbetriebs von Feldeffekttransistoren	399
---	-----

6.4	Digitale Anwendungsschaltungen mit MOSFETs	403
6.4.1	NMOS-Inverter	403
6.4.2	CMOS-Inverter	413
6.4.3	Schalter-Kondensator-Technik	423
6.5	Beispiele von Funktionsschaltungen	428
6.5.1	Spannungsgesteuerter Oszillator	428
6.5.2	Phasenvergleich	430
6.5.3	Induktiver Abstandssensor	433
7	Gemischte Funktionsprimitive und Funktionsschaltungen	437
7.1	Differenzstufen	437
7.1.1	Emittergekoppelte Differenzstufen	437
7.1.2	Basisgekoppelte Differenzstufen	451
7.1.3	Differenzstufen in Kaskodeschaltung	463
7.1.4	Differenzstufen mit Feldeffekttransistoren	466
7.2	Konstantstrom- und Konstantspannungsquellen	471
7.2.1	Konstantstromquellen	471
7.2.2	Konstantspannungsquellen	478
7.3	Schaltungsbeispiele zur Potenzialverschiebung	481
7.4	Schaltungsbeispiele für Treiberstufen	484
7.4.1	Treiberstufen im A-Betrieb	485
7.4.2	Komplementäre Emitterfolger im AB-Betrieb	497
7.5	Beispiele von Funktionsschaltungen	503
7.5.1	OP-Verstärker uA741 – Abschätzanalyse	503
7.5.2	Zweistufiger Linearverstärker mit BJTs	506
7.5.3	Regelverstärker mit BJTs	514
7.5.4	Doppelgegentakt-Mischer	516
7.6	PLL-Schaltkreis	519
7.6.1	Aufbau und Wirkungsprinzip	519
7.6.2	Funktionsbausteine einer PLL	522
7.6.3	Systemverhalten	528
7.6.4	Anwendungen	533
8	Analog/Digitale Schnittstelle	537
8.1	Zur Charakterisierung einer Logikfunktion	537
8.1.1	Modellbeschreibung einer Logikfunktion	538
8.1.2	Ereignissteuerung	545
8.1.3	Entsprechungen zwischen Schematic- und VHDL-Beschreibung	549
8.2	Digital/Analog Wandlung	549
8.3	Abtasthalteschaltungen	554

8.4 Analog/Digital Wandlung	556
Übungen	565
Übung 1 PSpice-Übung	565
Übung 2 Frequenzbereichsanalyse und Bodediagramm	568
Übung 3 Rauschen, Rauschzahl von Verstärkern	571
Übung 4 Linearverstärker – DC-Analyse	573
Übung 5 Rückgekoppelte Linearverstärker – AC-Analyse	576
Übung 6 Rückgekoppelte LV – Stabilitätsanalyse	580
Übung 7 Bipolartransistorschaltungen	585
Übung 8 Feldeffekttransistorschaltungen	593
Übung 9 Differenzstufen	599
Formelzeichen	611
Empfohlene Literatur	616
Stichwortverzeichnis	618