

HANSER



Leseprobe

zu

„Leiterplatten, 2.A.“

von Gerald Zickert

ISBN (Buch): 978-3-446-44865-0

ISBN (E-Book): 978-3-446-45422-4

Weitere Informationen und Bestellungen unter
<http://www.hanser-fachbuch.de/978-3-446-44865-0>

sowie im Buchhandel

© Carl Hanser Verlag, München

Inhalt

■	Vorwort	5
1	Grundlagen der Konstruktion	11
	1.1 Technische Zeichnungen	11
	1.2 Ablauf und Methoden der Konstruktion	13
	1.2.1 Entwurfsprozess	13
	1.2.2 Konstruktionsprozess	14
	1.2.3 Elektrokonstruktion	14
	1.3 Normung	16
	1.3.1 Begriff und Inhalt technischer Normen	16
	1.3.2 Rechtliche Stellung der Normen	17
	1.3.3 Normungsgremien	18
	1.4 Rechnerunterstützte Konstruktion	19
	1.4.1 Computer Integrated Manufacturing (CIM)	20
	1.4.2 Inhalte der rechnerunterstützten Konstruktion	21
	1.4.3 Rechnerunterstützte Konstruktion in der Elektrotechnik	23
2	Regeln für das Anfertigen von Stromlaufplänen	27
	2.1 Grundlegende Gestaltungshinweise	27
	2.1.1 Formatsystem und Faltungsregeln	27
	2.1.2 Standardschriftfeld	29
	2.1.3 Linienarten	30
	2.2 Grafische Symbole für Schaltunterlagen	31
	2.2.1 Grundsätze der Symbolik	31
	2.2.2 Binäre Elemente	32
	2.2.3 Analoge Elemente	37
	2.2.4 Bibliotheken im CAD-System	38
	2.3 Stromlaufplan	41
	2.3.1 Gestaltung und Inhalt	43

2.3.2	Anordnung der Stromkreise	44
2.3.3	Verteilte Darstellung	46
2.3.4	Referenzkennzeichen	47
2.3.5	Anschlusskennzeichnung	51
2.3.6	Angaben an Verbindungen	52
2.4	Stückliste	53
3	Aufbauprinzipien	58
3.1	Leiterplatten	58
3.1.1	Materialien für Leiterplatten	59
3.1.2	Lagenzahl	60
3.2	Weitere Schaltungsträger	61
3.2.1	Hybrid-Schaltkreise	61
3.2.2	Multi Chip Modul (MCM)	63
3.2.3	Dreidimensionale Schaltungsträger	64
3.3	Bauelemente	65
3.3.1	Bauelemente für Durchsteckmontage	65
3.3.2	Bauelemente für Oberflächenmontage	66
3.3.3	Chip on Board	71
3.3.4	Footprintbibliothek im CAD-System	72
3.4	Wärmeabführung	77
3.4.1	Physikalische Grundlagen	78
3.4.2	Dimensionierung eines Kühlkörpers	82
4	Leiterbildentwurf	85
4.1	Ausgangspunkt	86
4.2	Vorbereitung	87
4.2.1	Kontrolle und Vervollständigung der Footprintbibliothek	88
4.2.2	Optionen einstellen	88
4.3	Bauelemente platzieren	91
4.3.1	Floorplanning	91
4.3.2	Manuelles Platzieren	92
4.3.3	Automatisches Platzieren (Autoplacer)	94
4.3.4	Optimieren von Platzierung und Packaging	94
4.4	Leiter legen (interaktives Routing)	96
4.4.1	Werkzeuge	97
4.4.2	Reihenfolge	98
4.4.3	Routinghinweise	100
4.4.4	Abschließende Arbeiten	102

4.5	Autorouter	103
4.6	Multilayer	103
4.6.1	Durchkontaktierungen	104
4.6.2	Multilayeraufbau	104
4.7	Eigenstörsicherheit	106
4.7.1	Kopplungen und Gegenmaßnahmen	107
4.7.2	Hinweise zur Layoutgestaltung	109
4.7.3	Impedanzdefinierte Leiterplatte	110
4.8	Abgeleitete Unterlagen	117
4.8.1	Bohrplan	119
4.8.2	Bestückungsplan	120
4.8.3	Beschriftungszeichnung	120
4.8.4	Lötmaskenzeichnung	121
4.8.5	Lotpastenzeichnung	122
4.9	Übungsaufgaben zum Layout	124
5	Produktionsdaten	129
5.1	Leiterbild	130
5.1.1	Gerber-Datenformat	131
5.1.2	Extended-Gerber-Datenformat	133
5.2	Ergänzende Produktionsdaten	134
5.2.1	Bohrdaten	135
5.2.2	Bestückungsdaten	136
5.2.3	Daten für Serviceaufdruck	137
5.2.4	Daten für den Lötmaskendruck	138
5.2.5	Daten für den Lotpastendruck mit Schablone	139
6	Leiterplattenfertigung	142
6.1	Ablauf der Leiterplattenfertigung	142
6.2	Subtraktive Leiterbildstrukturierung	144
6.2.1	Leiterbildstrukturierung mit dem Siebdruckverfahren	145
6.2.2	Leiterbildstrukturierung mit Fotodruck	146
6.2.3	Unterätzung	148
6.3	Fräs-Bohr-Plotter	148
6.4	Multilayer	149
6.5	Bohrungen und Durchkontaktierungen	151
6.6	Oberflächen	153
6.6.1	Metallische Oberflächen	153

6.6.2	Lötmaske	154
6.6.3	Serviceaufdruck	154
7	Baugruppenfertigung	156
7.1	Bauteile (SMD) bestücken	156
7.1.1	Bestückungsautomat	156
7.1.2	Bauteile kleben	157
7.2	Lötverfahren	159
7.2.1	Lot, Flussmittel und Lotpaste	160
7.2.2	Wellenlöten	164
7.2.3	Reflowlöten	169
7.3	Leitkleben	176
7.4	Gehäuse	177
7.4.1	Aufgaben des Gehäuses	177
7.4.2	Gehäuse aus dem 19-Zoll-Aufbausystem	178
8	Lösungen	186
■	Formelzeichen	197
■	Glossar	199
■	Literatur und Normen	207
■	Index	211

2

Regeln für das Anfertigen von Stromlaufplänen

Als erster Schritt des Leiterplattenentwurfes muss in das Layoutsystem eingegeben werden, welche Bauelemente benutzt werden sollen und wie deren Anschlüsse miteinander zu verbinden sind. Am gebräuchlichsten für diese Aufgabe ist der Stromlaufplan, da er genau diese Angaben enthält und zusätzlich die Schaltung funktional dokumentiert. Für die Erfassung des Stromlaufplanes enthält jedes Layoutsystem ein passendes Modul, welches häufig „CAPTURE“ genannt wird.



Der Stromlaufplan dokumentiert die Schaltung funktional und ist der Ausgangspunkt für den Leiterplattenentwurf.

Im Mittelpunkt dieses Kapitels steht deshalb der Stromlaufplan als die zentrale planerische Unterlage der Elektrotechnik. Weitere Unterlagen der Elektrokonstruktion sind in [ZICK15] beschrieben.

■ 2.1 Grundlegende Gestaltungshinweise

Die folgenden Hinweise für die Gestaltung von Stromlaufplänen sind allgemeingültig und damit auch für weitere technische Unterlagen zutreffend.

2.1.1 Formatsystem und Faltungsregeln

Formatsystem (DIN EN ISO 216)

Die Blattgrößen werden nach einfachen Regeln, den *Grundsätzen des Formatsystems* gebildet:

- Die Fläche des Ausgangsformates (A0) beträgt 1 m^2 .
- Die Ableitung weiterer Formate erfolgt durch Halbieren.
- Die Formate sind geometrisch ähnlich, sie haben das gleiche Seitenverhältnis.
- Das Seitenverhältnis beträgt eins zu Wurzel aus zwei.

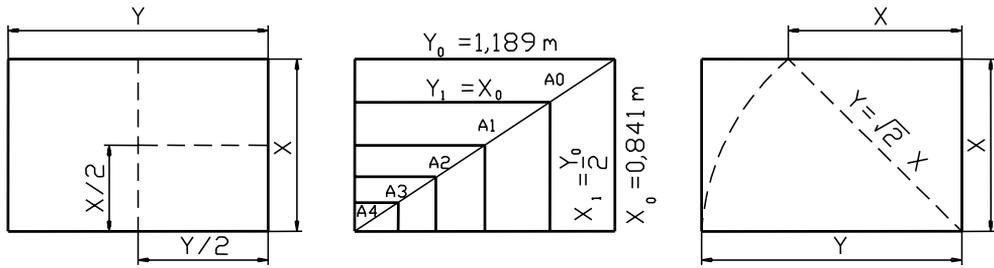


Bild 2.1 Grundsätze des Formatsystems

Daraus ergeben sich folgende Abmessungen für das beschnittene Blatt (Fertigblatt). Zusätzlich sind die Maße der Zeichenfläche (ohne Zeichnungsrand) und die Abmessungen des unbeschnittenen Blattes (mit zusätzlichem Rand) angegeben.

Tabelle 2.1 Papier-Endformate der A-Reihe [DIN EN ISO 5457]

Blattgrößen Reihe A	Beschnittenes Blatt (Maße in mm)	Zeichenfläche (Maße in mm)	Unbeschnittenes Blatt (Maße in mm)
A 0	841 × 1189	821 × 1159	880 × 1230
A 1	594 × 841	574 × 811	625 × 880
A 2	420 × 594	400 × 564	450 × 625
A 3	297 × 420	277 × 390	330 × 450
A 4	210 × 297	180 × 277	240 × 330

Anwendung in der Elektrotechnik

Das Format ist so auszuwählen, dass die Schaltung in ihrem Umfang unter Berücksichtigung von Verständlichkeit und Lesbarkeit auf dem Blatt platziert werden kann. Hierbei hat sich jedoch zunehmend die Aufteilung umfangreicher Schaltungen auf mehrere Seiten durchgesetzt. Diese Seiten können in gleicher Wertigkeit „nebeneinander“ liegen oder Bestandteil einer Projekthierarchie sein.

Damit werden in der Elektrotechnik das Format A3 (oft auf A4 verkleinert gedruckt) und das Format A4 am häufigsten genutzt.

Faltung auf Ablageformat (DIN 824)

Je nach Art der Zeichnungsablage stehen drei *Faltungssysteme* zur Verfügung:

- Form A mit herausgefaltetem Heftrand,
- Form B mit angeklebtem Heftrand,
- Form C ohne Hefrand für die Aufbewahrung, z. B. in Klarsichthüllen.

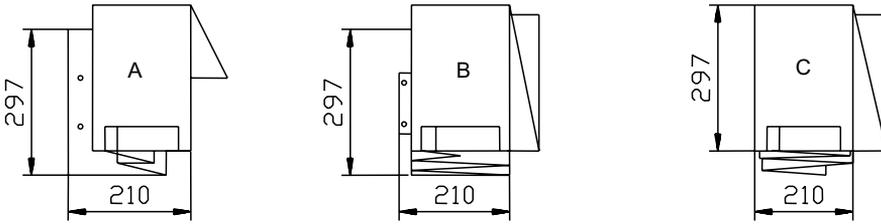


Bild 2.2 Varianten der Faltung

Die *Faltungsregeln* ergeben sich aus einfachen und sinnvollen Grundsätzen:

- Das Schriftfeld ist ohne Entfalten sichtbar (liegt oben).
- Das Entfalten ist ohne Ausheften möglich (Formen A und B).
- Es wird auf das Format A4 gefaltet, evtl. mit Heftrand.
- Die Faltung wird erst längs, dann quer ausgeführt.

In der Elektrotechnik wird neben dem Format A4 vorzugsweise das Format A3 mit der Faltung nach Bild 2.3 angewendet.

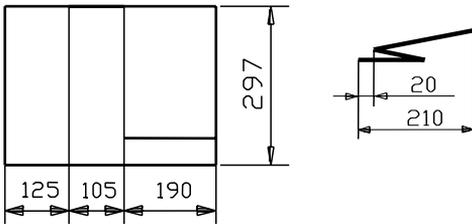


Bild 2.3 Faltung für A3 nach Form A

2.1.2 Standardschriftfeld

In DIN EN ISO 7200 werden beispielhaft zwei Schriftfeldvarianten zur Anwendung in allen Arten von Dokumenten auf allen Gebieten der Ingenieurwissenschaften angegeben. Neben diesen Beispielen werden nur wenige und sinnvolle Vorgaben gemacht, was einen großen Gestaltungspielraum ermöglicht.

Verantwortl. Abt.	Techn. Referenz	Dokumentenart		Dokumentenstatus	
	Erstellt durch:	Titel			
	Genehmigt von:				
		Änd.	Ausgabedatum	Spr.	Blatt

Firma (Eigentümer)
Benennung
Sachnummer

Bild 2.4 Schriftfeld nach DIN EN ISO 7200 in Kompaktform

Dieses Standardschriftfeld ist auch für den Bereich des Leiterplattenentwurfes anwendbar, berücksichtigt jedoch nicht dessen spezifische Anforderungen. Hierzu zählt, dass es sich häufig um eine Dienstleistung handelt, womit zwei Unternehmen (Auftraggeber und Auftragnehmer) im Schriftfeld mit Firmennamen und unterschiedlichen Zeichnungsnummern eingetragen werden. Der vorhandene Spielraum ermöglicht aber passende Schriftfelder zu gestalten.

2.1.3 Linienarten

Grundsätzlich werden die Pläne der Elektrotechnik in *schwarzer Farbe* auf weißem Hintergrund und mit überwiegend *einheitlicher Linienbreite* angefertigt. Die Linienbreite ist in Abhängigkeit von Größe und Inhalt der Zeichnung aus der Reihe (... /0,25/0,35/0,5/0,7/1,0/1,4/2,0/ ...) auszuwählen, wobei schmale, breite und sehr breite Linien zueinander im Breitenverhältnis 1 : 2 : 4 liegen sollen. Zusätzlich wird zwischen Volllinie, Strichlinie und Strich-Punkt-Linie unterschieden.

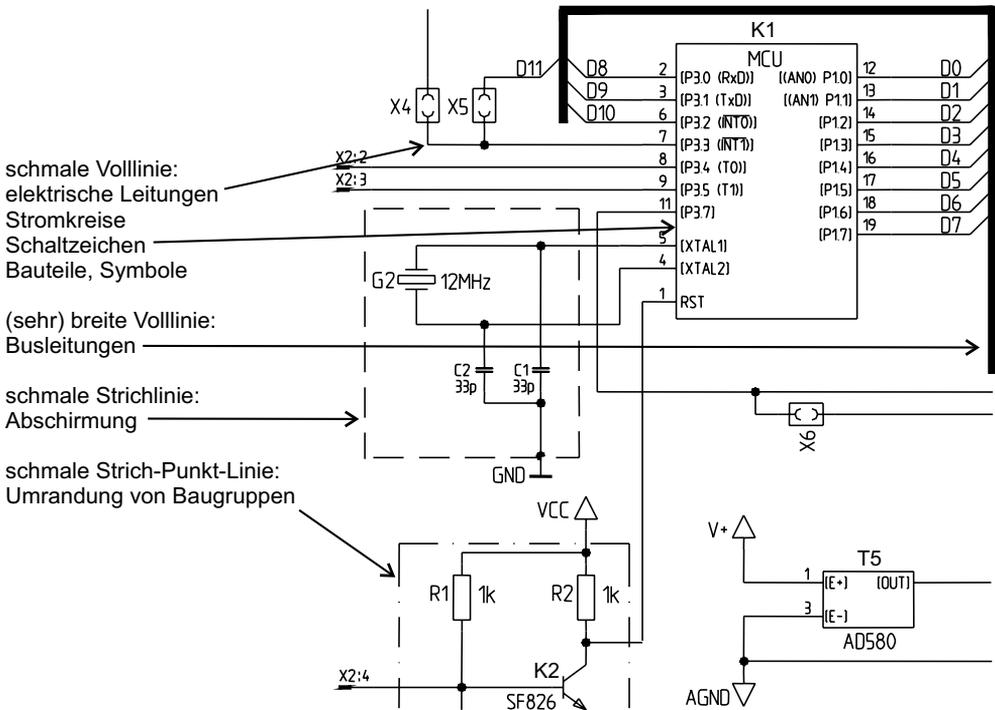


Bild 2.5 Anwendung der Linienarten

2.2 Grafische Symbole für Schaltunterlagen



Schaltzeichen sind Symbole, Grafiken o. Ä. zur Darstellung elektrischer oder elektronischer Bauelemente und Einrichtungen.

2.2.1 Grundsätze der Symbolik

Die Symbolik stellt dabei die elektrische Eigenschaft ohne Berücksichtigung der Geometrie oder des mechanischen Aufbaus dar. Die wichtigsten Symbole sind in DIN EN 60617 enthalten. Zusätzlich ist es möglich, mit Elementen der genormten Symbole neue Schaltzeichen zu bilden.

Sind für eine *Anwendung* mehrere Symbole angegeben, werden bei der Auswahl nachstehende Regeln beachtet:

- Es wird die einfachste Form gewählt, die für die beabsichtigte Aufgabe ausreichend ist.
- Soweit angegeben, wird die bevorzugte Form genutzt.
- Die Symbolverwendung muss im gesamten Zeichnungssatz einheitlich sein.

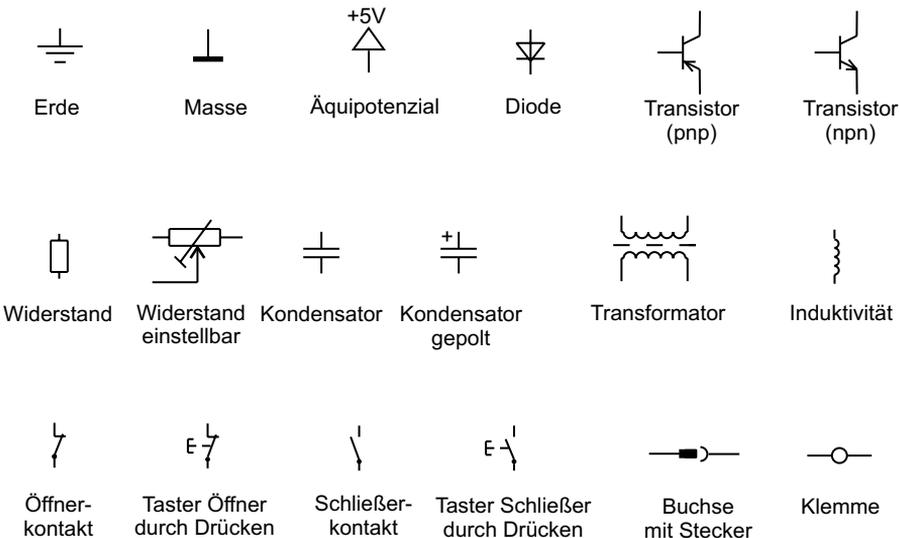


Bild 2.6 Beispiele für Symbole

Hinsichtlich der *Ausführung* ist das Folgende zu beachten:

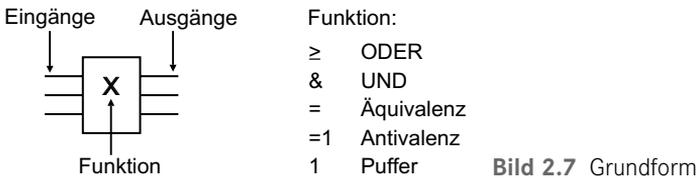
- Die Darstellung erfolgt im ausgeschalteten bzw. stromlosen Zustand.
- Die Symbole werden im gesamten Zeichnungssatz in gleicher Größe dargestellt. Hiervon abweichend, ist es möglich, durch Vergrößerung auf besonders wichtige Symbole hinzuweisen oder durch Verkleinerung das Symbol als nachrangig darzustellen.

- Symbole werden vorzugsweise senkrecht oder waagrecht angeordnet. Für Brückenschaltungen ist auch die Drehung in 45°-Schritten möglich. Jedes Symbol kann gespiegelt werden.
- Die Linien, Texte und Flächen werden schwarz dargestellt. Die Linien haben überwiegend die gleiche Linienbreite.

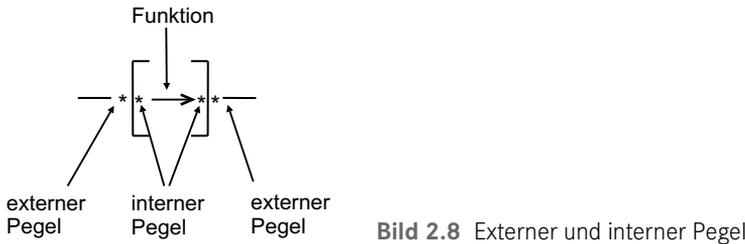
2.2.2 Binäre Elemente

Durch die Anwendung einfacher Bildungsregeln nach DIN EN 60617-12 ist es möglich, binäre Elemente selbst zu gestalten bzw. vorgegebene Darstellungen korrekt zu interpretieren.

Die *grundlegende Form* des Symbols für ein binäres Element ist ein Rechteck. Im Rechteck wird die logische Funktion angegeben, links sind die Eingänge, rechts sind die Ausgänge.



Es werden *grafische Anschlusskennzeichnungen* verwendet, wenn es eine Signalwandlung zwischen externem und internem Pegel gibt.



Für die Anschlusskennzeichnung stehen mehrere Möglichkeiten zur Verfügung.

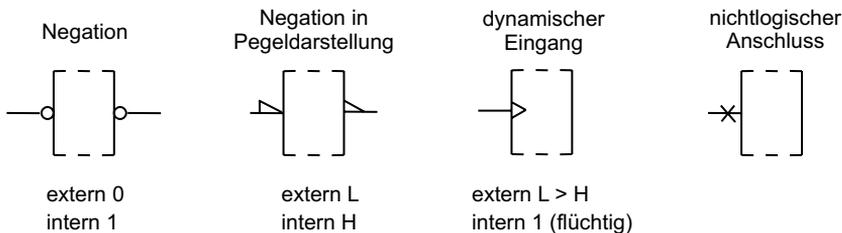


Bild 2.9 Beispiele für grafische Anschlusskennzeichnungen

Zusätzlich zu diesen grafischen Anschlusskennzeichnungen wird die Funktion des jeweiligen Anschlusses durch eine Buchstabenkennzeichnung, das *Funktionsanschlusskennzeichen*, angegeben.

Tabelle 2.2 Beispiele für Funktionsanschlusskennzeichnungen

Buchstabenkennzeichnung	Beschreibung	Buchstabenkennzeichnung	Beschreibung
R, S	Rücksetz-, Setzeingang	EN	Freigabe-Eingang (Enable)
J, K	Eingänge am J-K-Trigger	→, ←	Schiebeeingang (re., li.)
D	Eingang am D-Trigger	+, -	Zähleingang (vor, zurück)

Zusätzlich können Abhängigkeiten zwischen den Anschlüssen gekennzeichnet werden.

Kombination von Elementen

Unter bestimmten Bedingungen können zur Platzersparnis oder zur besseren Übersichtlichkeit die Darstellungen binärer Elemente miteinander und ineinander kombiniert werden. Diese Kombination ist jedoch nicht für alle binären Schaltungen, sondern nur für komplexe und in dieser Kombination handelsübliche Schaltkreise möglich.

Wenn zwischen den Elementen *keine Logikverbindung* besteht und sie nebeneinander im Signalfluss liegen, können sie „vertikal“ aneinandergesetzt werden. Haben die Elemente die gleiche Funktion, muss diese nur im ersten Element angegeben werden.

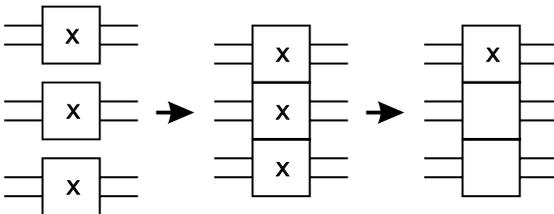


Bild 2.10 Kombination von Elementen (vertikal)

Wenn zwischen den Elementen *mindestens eine Logikverbindung* besteht und sie damit im Signalfluss hintereinander liegen, können sie „horizontal“ aneinandergesetzt werden und so einen gemeinsamen Block bilden.

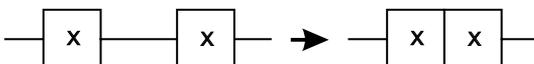


Bild 2.11 Kombination von Elementen (horizontal)

Haben die miteinander kombinierten Elemente ein gemeinsames Steuersignal, so wird dieses an einen zusätzlichen *Steuerblock* gelegt, der vorzugsweise am oberen Ende der Kombination platziert wird. Das Element, das dem Steuerblock am nächsten liegt, ist das niederwertigste Element¹ der Anordnung.

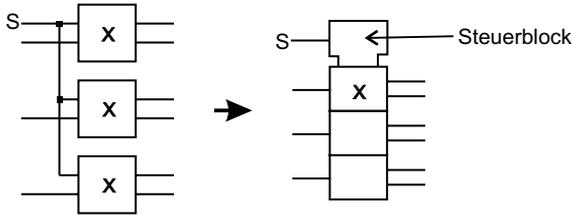


Bild 2.12 Steuerblock

Ist ein gemeinsamer, von allen Elementen der Kombination abhängiger Ausgang vorhanden, wird dieser am *Ausgangsblock* dargestellt. Der Ausgangsblock wird am Ende der Anordnung, gegenüber dem evtl. vorhandenen Steuerblock, angeordnet. Alternativ kann er auch im Steuerblock platziert werden.

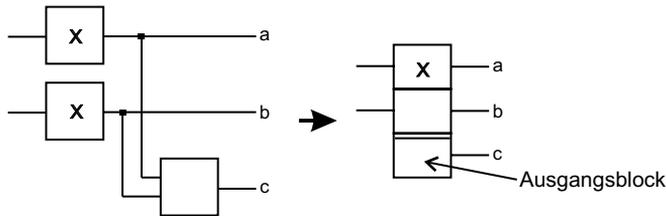


Bild 2.13 Ausgangsblock

Kennzeichnung von Abhängigkeiten

Diese Kennzeichnung erlaubt die Darstellung von Beziehungen zwischen Eingängen und zwischen Ausgängen ohne explizite Angabe der entsprechenden logischen Elemente und Verbindungen. Die Kennzeichnung von Abhängigkeiten wird nur bei komplexen und handelsüblichen Schaltkreisen angewendet.

Hierzu erfolgt die

- Kennzeichnung der *steuernden Anschlüsse* (Ein-, Ausgänge) mit einem Buchstaben für die Funktion und einer Kennzahl und die
- Kennzeichnung der *gesteuerten Anschlüsse* (Ein-, Ausgänge) mit der gleichen Kennzahl (mehrere durch Komma getrennt).

Die Abhängigkeiten werden zusätzlich zu eventuellen Funktionsanschlusskennzeichen angegeben.

¹⁾ Im binären Zahlensystem $2^0 = 1$

Index

3D-MID 64
3D-Molded Interconnect Devices 64
19-Zoll-Aufbausystem 178

A

Abbruchstelle 52
Abhängigkeit 34
Ablageformat 28
Aktivator 162
analoges Element 37
Analyse 13
anisotrop leitfähiger Klebstoff 177
Anschlussform 70
– Ball Grid Array 70
– BGA 70
– Gull-Wing 69
– J-Lead 69
– Land Grid Array 70
– LGA 70
Anschlusskennzeichnung 32, 51
– Funktions- 33
– Produkt- 51
ANSI 19, 199
Aspekt-Ratio 119
Aufgabenstellung 14
Aufkupfern 152
Aufschwimmen 173
Autoplacer 94
Autorouter 103

B

Ball Grid Array 70, 174
Bauelement 65, 66, 67, 69
– Chip Scale Package 70
– CSP 70
– Durchsteckmontage 65
– Flat Chip 67
– MCM 70
– MELF 67
– Metal Electrode Face Bonded 67
– Multi Chip Modul 70
– Oberflächenmontage 66
– Plastic Leaded Chip Carrier 69
– PLCC 69
– QFP 69
– Quad Flat Pack 69
– Small Outline Integrated Circuit 69
– Small Outline Transistor 68
– SO-IC 69
– SOT 68
– Surface Mounted Device 66
– Through Hole Technology 65
Baugruppe 180
Baugruppenträger 180
Bauteilliste 86
Bestückung
– automatisch 156
– halbautomatisch 156
– Hand- 156
Bestückungsautomat 156
Bestückungsdaten 136
BGA 70, 174

Bibliothek 38
– Footprint- 72
– Symbol- 39
– Typ- 40
binäres Element 32
bleifreies Lot 161
Blendentabelle 132
Blind-Via 104
Bohrdaten 135
Bohrplan 119
Braunoxidieren 150
Buried-Via 104

C

CAD 19, 20
CAE 20
CAM 20
CAP 20
CAQ 20
CEN 18
CENELEC 18
Chemisch-Zinn 153
Chip on Board 71
Chip Scale Package 70
Chip & Wire 71
CIM 20
coated Microstrip 114
COB 71
Cofired Ceramic 63
Computer Aided Design 19, 20
Computer Aided Engineering 20
Computer Aided Manufacturing 20
Computer Aided Planning 20
Computer Aided Quality Assurance 20
Computer Integrated Manufacturing 20
coplanar Impedance 111
CSP 70

D

Darstellung
– verteilte 43, 44
Design Rule Check 103
Desmear 152

differential-coplanar Impedance 111
differential Impedance 111
digitales Element 32
DIN 18
Dispensen 159, 170
DKE 18
DRC 103
dual Stripline 116
Durchkontaktierung 104, 151
– blinde 104
– durchgehende 104
– verdeckte 104

E

Eigenstörssicherheit 107
Einbaubedingung 14
elektrische Konsistenzprüfung 103
Elektro-CAD 23
elektromagnetische Verträglichkeit 107
embedded Microstrip 113
EMV 107
Enterprise-Resource-Planning 20
Entwurfsprozess 13
ERP 20
Europakarte 182
eutektischer Punkt 161
Excellon-Format 135
Extended-Gerber-Datenformat 133

F

Faltung 28
Faltungsregel 29
FED 19
Fertigungsdaten 129
Flat Chip 67
Flip Chip 72
Floorplanning 91
Flussmittel 162
– Aktivator 162
– Flussmittelbasis 162
– Klassifizierung 162
Fluxer
– Schaum- 165
– Sprüh- 166

Footprint 73, 88
 Footprintbibliothek 72
 Format 28
 Formatsystem 27
 – A-Reihe 27
 Fotodruck 146
 Fotoresist 146
 Fräs-Bohr-Plotter 148
 FR-Klassifizierung 59
 Frontplatte 180
 Funktionsanschlusskennzeichen 33

G

galvanische Kopplung 107
 Gate-Swapping 94
 Gehäuse 177, 180
 GenCAD-Format 136
 geometrische Abstandsprüfung 103
 Gerber-Datenformat 131
 – Blendentabelle 132
 – Extended- 133
 – Formatparameter 132
 Gestaltung 15
 Grabsteineffekt 172
 Gull-Wing 69

H

HAL 153
 Handbestückung 156
 Höheneinheit 181
 Hot Air Leveling 153
 Hybrid-Schaltkreis 61
 – Cofired Ceramic 63
 – Dickschichttechnik 61
 – Dünnschichttechnik 62

I

IEC 18
 Impedance
 – coplanar 111
 – differential 111
 – differential-coplanar 111
 – single ended 111

impedanzdefinierte Leiterplatte 110
 Impedanzklasse 111
 Impedanztyp 112
 induktive Kopplung 108
 Infrarotlöten 171
 Inkjettechnologie 137, 170
 IPC 19
 ISO 18
 Isolationsfräsen 148
 Isolierstoffträger
 – flexibel 60
 – starr 59
 isotrop leitfähiger Klebstoff 176

J

J-Lead 69

K

kapazitive Kopplung 108
 Klebepunkt 157
 Klebstoff
 – anisotrop leitfähiger 177
 – isotrop leitfähiger 176
 Klebstoffauftrag 158
 Konstruktion 13
 – rechnerunterstützte 19
 Konstruktionsphasen 14
 Konstruktionsprozess 14
 Konvektion 78, 80
 Konvektionslöten 171
 Kopplung 106
 – galvanische 107
 – induktive 108
 – kapazitive 108
 – Strahlungs- 109
 Kühlkörper 82

L

Lage
 – Entwurfs- 89, 117
 – Leiterplatten- 77, 89
 – Signal- 61, 89
 – Versorgungs- 61, 89

Land Grid Array 70
Lastenheft 14, 186
Layoutsystem 24
Legierung 160
Leiter 59
Leiterabstand 90
Leiterbildstrukturierung 144
Leiterbreite 90
Leiter legen 96
– automatisch 103
– interaktiv 96
– Regeln 100
– Reihenfolge 98
– Werkzeuge 97
Leiterplatte 58, 180
– doppelseitig 60
– einseitig 60
– impedanzdefinierte 110
– Mehrlagen- 60, 104
Leiterplattenentwurf 24
Leiterplattenlage 77
Leitkleben 176
LGA 70
Linienart 30
Liquidustemperatur 161
Lot 160
– bleifrei 161
Lotbrücke 168
Löten 159
– BGA 174
– Dampfphasen- 172
– Infrarot- 171
– Konvektions- 171
– Reflow- 169
– Selektiv- 167
– Wellen- 164
Lotfänger 168
Lötfehler 168, 172, 173
– Aufschwimmen 173
– Grabsteineffekt 172
– Lotbrücke 168
– Reflowlöten 171
– Schatteneffekt 168
– Wellenlöten 166
Lötmaske 138, 154
Lötmaskenzeichnung 121

Lotpaste 164
Lotpastenauftrag 170
Lotpastendruck 139
Lotpastenzeichnung 122
Lötprofil
– Reflowlöten 171
– Wellenlöten 166
Lötwellen 166

M

Mapping 40, 45
MCM 63, 202
MELF 67
Metal Electrode Face Bonded 67
Microstrip 112
mil
– 1/1000" 59
Multi Chip Modul 63, 202
Multilayer 60, 104, 149
Multilayer-Bauplan 106, 150

N

Negativ-Verfahren 145, 147
NEMA 19
Netzliste 86
Norm 16
Normung 16
Normungsarbeit 16
Normungsgremien 18

O

Oberfläche 153
– Chemisch-Zinn 153
– Heißverzinnung 153
Originalzeichnung 12

P

Pad 76
Padstack 76, 88
Pastenauftrag
– Klebstoff- 158
– Lot- 170

PCB 58
 PDM 20
 Pflichtenheft 14, 186
 Pin-Swapping 94
 Plan 12
 Plastic Leaded Chip Carrier 69
 Platzieren 91
 – automatisches 94
 Platzierungsraster 89
 PLCC 69
 PLM 20
 Positiv-Verfahren 145, 146
 PPS 20
 Prepreg 104
 Printed Circuit Board 58
 Printed Wiring Board 58
 Product-Lifecycle-Management 20
 Produktanschlusskennzeichen 51
 Produktdatenmanagement 20
 Produktionsdaten 129
 Produktionsplanung und -steuerung 20
 Projektmanagement 14
 PWB 58

Q

QFP 69
 Quad Flat Pack 69

R

Raster
 – Platzierungs- 89
 – Routing- 89
 Rechnerunterstützte Konstruktion 19
 Referenzkennzeichnung 47
 – Kennbuchstabe 48
 – Produktaspekt 48
 – Zählnummer 50
 Reflowlöten 169
 Resist 146
 – Negativ- 146
 – Positiv- 146
 RoHS 161
 RoHS-2 161

Routing 96
 – Auto- 103
 – interaktiv 96
 – Regeln 100
 – Reihenfolge 98
 – Werkzeuge 97
 Routingraster 89

S

Schablonendruck 158, 170
 Schaltschrank 180
 Schaltzeichen 31, 39
 Schatteneffekt 168
 Schaumfluxer 165
 Schriftfeld 29
 Schutzgas
 – Reflowlöten 171
 – Wellenlöten 167
 Selektivlöten 167
 Serviceaufdruck 137, 154
 Siebdruck 145, 158, 170
 Sieb&Meyer-Format 135
 single ended Impedance 111
 single Stripline 114
 Skizze 12
 Small Outline Integrated Circuit 69
 Small Outline Transistor 68
 SMD 66
 SO-IC 69
 Solidustemperatur 161
 SOT 68
 Spannungsversorgung 45
 – Schaltkreise 45
 – Zweileitersystem 45
 Sprühfluxer 166
 Steckplatte 180
 Steckverbinder 180
 Stempelverfahren 159
 Strahlungsaustauschkonstante 82
 Strahlungskopplung 109
 Stripline 112
 Stromlaufplan 24, 43
 – Anordnung der Stromkreise 44
 – Inhalt 44

Strukturierung

- Fotodruck- 146
- Leiterbild- 142
- Siebdruck- 146

Stückliste 53

Surface Microstrip 112

Surface Mounted Device 66

Symbol 31, 39

- analoges Element 37
- Anwendung 31
- Ausführung 31
- Ausgangsblock 34
- binäres Element 32
- Steuerblock 34

Symbolbibliothek 39

Synthese 13

T

technische Zeichnung 11

Teilungseinheit 181

Temperatur

- Liquidus- 161
- Solidus- 161

thermischer Widerstand 79

Through Hole Technology 65

THT 65

Typbibliothek 40

U

Umgebungsbedingung 14

Unterätzung 148

Unterlagen der Elektrotechnik 12

V

Verbindung

- Abbruchstelle 52

Verfahren

- Negativ- 145
- Positiv- 145

verteilte Darstellung 43, 46

Via 104

- Blind- 104
- Buried- 104
- Through-Hole- 104

Vorheizung

- Reflowlöten 167
- Wellenlöten 167

W

Wärmeabführung 77

Wärmeleitung 78, 79

Wärmestrahlung 78, 81

Wärmestrom 78

Wärmeübergangskoeffizient 81, 82

Wellenlöten 164

Widerstand

- thermischer 79

Z

Zeichenregel 12

Zeichnung

- technische 11

Zustandsdiagramm 160