

■	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