

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Grundlagen für die Entwicklung elektronischer Systeme</b>	<b>1</b>
1.1	Strategien zur optimalen Entwicklung . . . . .	1
1.1.1	Qualitätssicherung und Kontrolle . . . . .	4
1.1.2	Planung und Sicherung der Qualität . . . . .	7
1.1.3	Qualitätssicherung durch Stichproben . . . . .	12
1.1.4	Zuverlässigkeit elektronischer Systeme . . . . .	16
1.1.5	Qualitätssicherung in elektronischen Systemen . . . . .	18
1.1.6	Lebensdauerkurven . . . . .	22
1.1.7	Nutzen und Grenzen statistischer Methoden . . . . .	25
1.2	Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) . . . . .	28
1.2.1	EMV-Rahmenrichtlinie . . . . .	28
1.2.2	Konsequenzen . . . . .	29
1.2.3	EMV-Gesetz . . . . .	30
1.2.4	EMV-Beeinflussungsmodell . . . . .	32
1.2.5	Weg zur CE-Kennzeichnung nach dem EMVG . . . . .	35
1.2.6	EMV-Maßnahmen . . . . .	36
1.2.7	Prinzipien und Möglichkeiten zu EMV . . . . .	39
1.2.8	Messungen zur EMV . . . . .	41
1.2.9	Praktische EMV-Messungen und deren Auswertung . . . . .	46
<b>2</b>	<b>Erstellung von einseitigen Leiterplatten</b>	<b>55</b>
2.1	Realisierung eines Schmitt-Triggers . . . . .	57
2.1.1	Simulation eines Schmitt-Triggers . . . . .	59
2.1.2	Realisierung der Hardware eines Schmitt-Triggers . . . . .	62
2.1.3	Realisierung eines Vorverstärkers . . . . .	64
2.2	Löttechnik und Werkstoffe . . . . .	66
2.2.1	Lötverfahren . . . . .	67
2.2.2	Lötstoffe zum Weichlöten . . . . .	70
2.2.3	Lötstoffe zum Hartlöten . . . . .	73
2.2.4	Grundlagen zu Lötverfahren . . . . .	77

2.2.5	Löttechnische Behandlung von Kupfer und Kupferlegierungen . . . . .	80
2.2.6	Löttechnische Behandlung von niedriglegierten Kupferwerkstoffen . . . . .	83
2.2.7	Löttechnische Behandlung von Kupfer-Zink-Legierungen . . . . .	87
2.2.8	Löttechnische Behandlung von Kupfer-Zinn-Legierungen . . . . .	88
2.2.9	Löttechnische Behandlung von Kupfer-Nickel-Zink-Legierungen . . . . .	89
2.2.10	Löttechnische Behandlung von Kupfer-Nickel-Legierungen . . . . .	89
2.2.11	Löttechnische Behandlung von Kupfer-Aluminium-Legierungen . . . . .	90
2.2.12	Löttechnische Behandlung von Kupfer-Zinn-Zink-Legierungen . . . . .	91
2.2.13	Weichlöten und Lötstellen . . . . .	91
2.2.14	Lötanlagen für gedruckte Schaltungen . . . . .	95
2.2.15	Ätzen und Umweltverträglichkeit . . . . .	99
2.3	Herstellung von einfachen gedruckten Schaltungen . . . . .	109
2.3.1	Photo- und Siebdruck . . . . .	109
2.4	Verarbeitungen von SMD-Bauelementen . . . . .	113
2.4.1	SMD-Technik in der Praxis . . . . .	114
2.4.2	Gedruckte Schaltungen in einseitiger Technik . . . . .	115
2.4.3	Elektrische und mechanische Eigenschaften von Leiterplatten . . . . .	121
2.4.4	Herstellung von Multilayer-Platinen . . . . .	123
2.4.5	Leiterplatine für einen Wiengenerator . . . . .	129
2.4.6	Herstellung einer einfachen Platine . . . . .	135
2.4.7	Stromloses Zinnverfahren . . . . .	143
2.4.8	Fehlermöglichkeiten beim Löten gedruckter Schaltungen . . . . .	146
<b>3</b>	<b>Arbeiten mit dem Leiterplattensystem EAGLE . . . . .</b>	<b>159</b>
3.1	Control Panel . . . . .	162
3.1.1	Befehlsmenü im Schaltplan-Editor . . . . .	167
3.1.2	Menüleiste . . . . .	178
3.1.3	Zeichnen der Schaltung eines RC-Phasenschiebergenerators . . . . .	185
3.1.4	Arbeiten mit dem Schaltplan-Editor . . . . .	187
3.1.5	Elektrische Verbindungen der Bauteile . . . . .	195
3.1.6	Schaltung überprüfen und korrigieren . . . . .	197
3.2	Erstellen einer Platine . . . . .	200
3.2.1	Anordnung der Bauteile . . . . .	202
3.2.2	Arbeiten mit dem Autorouter . . . . .	204
3.2.3	Beispiel mit dem Autorouter . . . . .	209
3.2.4	Festlegung der Design-Regeln . . . . .	212

3.2.5	Manuelles Verlegen von Leiterbahnen . . . . .	226
3.2.6	Arbeiten mit dem DISPLAY-Befehl . . . . .	231
3.2.7	Layout überprüfen und Fehler korrigieren . . . . .	233
3.2.8	Austausch von Bauteilen im Schaltplan und Platinen-Layout . . . . .	237
3.2.9	Definition von Sperrflächen . . . . .	239
3.2.10	Kontrolle der Platine . . . . .	240
3.3	Zweiseitig kaschierte Leiterplatte mit dem CMOS-A/D-Wandler ICL7106 . . . . .	242
3.3.1	Betriebsfunktionen ICL7106 und ICL7107 . . . . .	242
3.3.2	Arbeiten mit Flüssigkristall-Anzeigen . . . . .	245
3.3.3	Aufbau und Funktionen von Flüssigkristall-Anzeigen . . . . .	247
3.3.4	Forward&Back-Annotation . . . . .	250
3.3.5	Platinenlayout für den ICL7106 mit LCD-Anzeige . . . . .	251
3.3.6	Platinenlayout für den analogen Teil . . . . .	254
3.3.7	Platinenlayout für den digitalen Teil . . . . .	256
3.3.8	Funktionen des Autorouters . . . . .	262
3.3.9	Drucken der Platine in Originalgröße . . . . .	264
3.3.10	Netzklassen des Autorouters . . . . .	267
3.3.11	Multilayer-Leiterplatten . . . . .	269
3.3.12	EAGLE-User Language (ULP) . . . . .	281
3.3.13	Befestigungsbohrungen und Sperrflächen . . . . .	289
3.3.14	Ausführung einer mechanischen Bohrung . . . . .	296
3.3.15	Fertigstellung der Platine . . . . .	297
3.3.16	Platinenherstellung durch Fräsmaschine . . . . .	300
4	<b>Erstellung von Symbolen für neue Bauelemente</b> . . . . .	307
4.1	Erstellung eines Widerstands . . . . .	307
4.1.1	Anlegen eines Packages (Gehäuse) . . . . .	314
4.1.2	Anlegen eines Symbols . . . . .	319
4.1.3	Anlegen eines Widerstands-Device . . . . .	323
4.2	Zeitgeberbaustein 555 . . . . .	327
4.3	Schnittstellenbaustein MAX481 . . . . .	340
4.4	Vier UND-Gatter mit je zwei Eingängen in TTL-Technik . . . . .	349
5	<b>Von der elektronischen Schaltung zur fertigen Platine</b> . . . . .	361
5.1	3-Kanal-Akkuwächter . . . . .	361
5.2	Einstellbares Gleichspannungsnetzteil von 1,5 V bis 25 V und einen Ausgangsstrom von 1,5 A . . . . .	375
5.3	6-Kanal-Lauflicht . . . . .	386
5.4	Kojak-Sirene . . . . .	402
5.5	Klatschschalter . . . . .	416

<b>6 Verarbeitungen von SMD-Bauelementen</b>	429
6.1 SMD-Techniken in der Praxis	429
6.1.1 Wellenlötverfahren	432
6.1.2 Dampfphasenlöten	437
6.1.3 Löten mit dem Reflow-Verfahren	439
6.1.4 Bauelemente für die SMD-Technik	443
6.1.5 Reflowlöten für die SMD-Technik	446
6.1.6 Klebetechnik bei SMD-Bauteilen	448
6.1.7 Lotpasten und deren Verarbeitung	455
6.2 Gehäuseformen von SMD-Bauteilen	459
6.2.1 Beurteilen von Lötverbindungen	464
6.2.2 Kriterien für eine einwandfreie Lötverbindung	468
6.2.3 Richtlinien zur SMD-Bestückung	472
6.2.4 Entwurf von SMD-Leiterplatten	479
6.2.5 SMD-Bestückung	483
6.2.6 Testverfahren für SMD-Platinen	485
6.2.7 Einflussgrößen auf die SMD-Technik	486
6.2.8 Verarbeiten von SMD-Bauelementen	490
6.2.9 Lötverfahren bei SMD-Bauteilen und ihre Risiken	495
6.3 Entwicklungen digitaler Platinen	498
6.3.1 Entwickeln testbarer Platinen	502
6.3.2 In-Circuit-Tester für elektronische Baugruppen	507
6.3.3 Signalintegrität	513
6.3.4 Leitungsgebundene Übertragung	518
6.3.5 Komplexe und reale Widerstände	530
6.3.6 Messung der Dämpfung und Dämpfungskonstante	534
6.3.7 Drahtgebundene Wellenausbreitung	543
6.3.8 Störungen in der Übertragungsleitung	548
6.3.9 Anwendungen von Streifenleitungen (Stripline)	553
6.3.10 Drahtgebundene Wellenausbreitung	555
6.3.11 Störungen in der Übertragungsleitung	558
6.4 Anwendungen von Streifenleitungen (Strip-line)	569
<b>7 Mechanik und mechanische Baugruppen in der Elektronik</b>	573
7.1 Technische Zeichnungen	574
7.1.1 Bleistiftminen mit unterschiedlichen Härtegraden	575
7.1.2 Geometrische Konstruktionen	578
7.1.3 Darstellung von Körpern	578
7.1.4 Bemaßungsregel	585
7.1.5 Darstellung von Gewinden in technischen Zeichnungen	588
7.1.6 Innen- und Außengewinde	589

7.2	Mechanische Messgeräte . . . . .	593
7.2.1	Messschieber . . . . .	593
7.2.2	Mikrometerschraube . . . . .	595
7.3	Verarbeitungen von Werkstoffen . . . . .	596
7.4	Klebetechniken . . . . .	620
7.4.1	Oberflächenbehandlung . . . . .	621
7.4.2	Ein- und zweikomponentiger Kleber . . . . .	621
7.4.3	Spezielle Anwendungstechniken . . . . .	623
7.4.4	Arbeits- und Gesundheitsschutz . . . . .	627
7.5	Löttechniken in der Praxis . . . . .	627
7.5.1	Löten von Aluminium und Aluminiumlegierungen . . . . .	630
7.5.2	Weichlöten von Kupfer, Aluminium und Aluminiumlegierungen . . . . .	632
7.5.3	Gasschweißen . . . . .	634
7.5.4	MIG-Löten von verzinkten Stahlblechen im Dünnblechbereich von 0,6 mm bis 2,5 mm . . . . .	638
	<b>Stichwortverzeichnis . . . . .</b>	<b>641</b>