
Elektronik und Mechanik

Herbert Bernstein

Elektronik und Mechanik

Multisim™ und EAGLE

5. Auflage

Herbert Bernstein
München, Deutschland

ISBN 978-3-658-42397-1 ISBN 978-3-658-42398-8 (eBook)
<https://doi.org/10.1007/978-3-658-42398-8>

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Die 1. Aufl. 1999, 2. Aufl. 2001, 3. Aufl. 2008 erschienen bei Franzis Verlag unter dem Titel „Das EAGLE-PCB-Designer-Handbuch“.

© Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, ein Teil von Springer Nature 1999, 2001, 2008, 2020, 2023

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von allgemein beschreibenden Bezeichnungen, Marken, Unternehmensnamen etc. in diesem Werk bedeutet nicht, dass diese frei durch jedermann benutzt werden dürfen. Die Berechtigung zur Benutzung unterliegt, auch ohne gesonderten Hinweis hierzu, den Regeln des Markenrechts. Die Rechte des jeweiligen Zeicheninhabers sind zu beachten.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Planung/Lektorat: Reinhard Dapper

Springer Vieweg ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH und ist ein Teil von Springer Nature.

Die Anschrift der Gesellschaft ist: Abraham-Lincoln-Str. 46, 65189 Wiesbaden, Germany

Das Papier dieses Produkts ist recyclebar.

Vorwort

Die Arbeitsmittel des Technikers, Meisters und Ingenieurs wurden zwar in den letzten 100 Jahren verbessert, die Arbeitstechniken veränderten sich erst vor zehn Jahren erheblich. Reißbrett, Rapidograph, Lineal, Schablone, Zirkel, Messer und Klebstreifen wurden durch leistungsfähige PCs mit hochauflösendem Bildschirm und Drucker bzw. Plotter abgelöst. Bei den Zeichengeräten dominiert nach wie vor der Bleistift wegen seiner einfachen Handhabung zur Erstellung von Skizzen, aber dann greift man doch zur Maus und gibt seine Zeichnungen interaktiv ein.

Die Begriffe wie CAD und die anderen CAX-Technologien kennt man seit 1960 durch die Veröffentlichung von D.T. Ross vom MIT (Projekt 8436). Seit dieser Zeit wurden diese Begriffe mehrmals neu definiert, aber unter „Computer Aided Design“ versteht man heute die Computerunterstützung beim Entwerfen von elektrischen/elektronischen Schaltungen, bei der Gestaltung von Platinenlayouts, beim Berechnen der Luftlinien und optimalen Verlegung der Leiterbahnverbindungen, Erstellen von Stücklisten und bei der Beschreibung der Werkstückgeometrien für den gesamten Bereich der Zeichnungserstellung.

Dieses Fachbuch auf zwei bekannte CAD-Programme:

- Arbeiten mit MultiSIM (Simulation von elektronischen Schaltungen) von National Instruments
- Arbeiten mit EAGLE (Erstellung von Layout für Platinen) von Cadsoft

Den Schluss dieses Buchs geometrischen Kontruktionen, das Zeichnen von Ansichten und die perspektivische Darstellung von Körpern und die isometrische und dimetrische Darstellung.

Dieses Buch ermöglicht durch Inhalt, Aufbau und Darstellung einen vielseitigen Einsatz für ein modernes, rationelles und effektives Lernen, Üben und Testen. Durch die CAD-Programme erhalten die Studierenden der Berufsaufbau- und Fachoberschulen, berufliche Fachakademien, Fachhochschulen, der Technischen Universitäten, sowie auch die Teilnehmer von Lehrgängen zum technischen Zeichner (Elektrotechnik/Elektronik) oder Meister- und Umschulungskursen eine ideale Lernbasis, da zahlreiche praxisnahe

Beispiele und fertige Platinenlayouts aus den verschiedenen Bereichen der Technik beschrieben sind, die sich komplett nachvollziehen lassen.

Der Autor unterrichtete an einer Technikerschule in München, führte bei der Industrie- und Handelskammer in München berufsbegleitende Lehrgänge für den Industriemeister/Elektrotechnik durch und war früher an der Elektroinnung für die Elektronikurse nebenberuflich tätig. Seit 1996 wurden EAGLE-Seminare bei über 200 Firmen erfolgreich durchgeführt.

Meiner Frau Brigitte danke ich für die Erstellung der Zeichnungen und der Ausarbeitung des Manuskripts.

Bei Fragen können Sie mich kontaktieren unter „Bernstein-Herbert@t-online.de“.

München

Herbert Bernstein

Inhaltsverzeichnis

1 Grundlagen für die Entwicklung elektronischer Systeme	1
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
2 Erstellung von einseitigen Leiterplatten	55
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
3	Arbeiten mit dem Leiterplattensystem EAGLE	159
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	Erstellung von Symbolen für neue Bauelemente	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	Von der elektronischen Schaltung zur fertigen Platine	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

6	Verarbeitungen von SMD-Bauelementen	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	Klebertechnik 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
7	Mechanik und mechanische Baugruppen in der Elektronik	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	Klebertechniken	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 Dünoblechbereich von 0,6 mm bis 2,5 mm	638
	Stichwortverzeichnis	641