

Inhalt

1	Einleitung	11
1.1	Lernziele.....	11
1.2	Einteilung elektrischer Systeme.....	11
1.3	Vorgehensweise bei der Entwicklung	14
2	Aufbau elektronischer Schaltungen.....	17
2.1	Freitragende Verdrahtung	17
2.2	Aufbau von Versuchsschaltungen	18
2.2.1	Lötleisten	18
2.2.2	Laborkarten.....	19
2.2.2.1	Lochrasterplatine.....	19
2.2.2.2	Punktrasterplatine.....	20
2.2.2.3	Streifenleiterplatine	23
2.2.2.4	Spezielle Verdrahtungsmethoden	25
2.2.3	Steckbrett	27
2.2.4	Übergang zur Leiterplatte	29
2.3	Bauformen elektronischer Bauteile.....	29
2.3.1	Bedrahtete und SMD-Bauteile.....	29
2.3.2	Gehäuseformen von SMD-Bauelementen.....	32
2.3.2.1	Diskrete Bauelemente (passive und Halbleiter)	32
2.3.2.2	Integrierte Schaltungen.....	33
2.4	Leiterplatte.....	39
2.4.1	Basismaterial	39
2.4.1.1	Arten des Basismaterials	39
2.4.1.2	Fertigung des Basismaterials	40
2.4.1.3	Beispiele für Einsatzgebiete der Basismaterialien	40
2.4.1.4	Aufbringen des Kupfers.....	41
2.4.2	Vom Schaltplan zum Layout	41
2.4.2.1	Schaltplan.....	41
2.4.2.2	Simulation	42
2.4.2.3	Layout.....	43
2.4.2.4	Leiterplattenherstellung	45
2.4.2.5	Begriffe der Leiterplattentechnik.....	48
2.5	Lötprozess	50
2.5.1	Schwall-Löten.....	50
2.5.2	Reflowlöten	51
2.6	Fertigung von Baugruppen	55
2.6.1	Mechanische Beanspruchung von bedrahteten Einzelhalbleitern.....	55
2.6.2	Fertigungsschritte der SMD-Verarbeitung	55
2.6.3	Lotauftrag	59
2.6.4	Klebstoffauftrag	63

2.6.5	Bestücken.....	64
2.6.6	Löten.....	65
2.6.6.1	Grundlagen des Lötens	65
2.6.6.2	Der Lötvorgang	67
2.6.6.3	Werkstoffe beim Löten.....	69
2.6.7	Bleifrei Löten	71
2.6.7.1	Gesetzeslage	71
2.6.7.2	Anforderungen an die Leiterplatte	72
2.6.7.3	Bleifreie Lote	74
2.6.7.4	Weitere Aspekte des bleifreien Lötens.....	75
2.6.8	Lötverfahren.....	76
2.6.8.1	Doppelwellenlöten	76
2.6.8.2	Infrarot-Reflowlöten	78
2.6.8.3	Konvektionslöten	79
2.6.8.4	Vapor-Phase-Löten (VP-Löten)	81
2.6.8.5	Bügellöten.....	84
2.6.8.6	Reflowlöten mit Laserstrahl	85
2.6.8.7	Selektives Löten	85
2.6.9	Weitere Verarbeitungsbedingungen.....	85
2.6.9.1	Lötbarkeit der Bauelemente	85
2.6.9.2	Löten von bedrahteten Bauelementen	86
2.6.9.3	Verarbeitung feuchteempfindlicher Bauelemente.....	87
2.6.9.4	ESD-Schutzmaßnahmen	87
3	Bestückung von Baugruppen	89
3.1	Maschinenkonzepte zur SMD-Bestückung	89
3.1.1	Manuelle Bestückung (Handbestückung).....	89
3.1.2	Automatische sequenzielle Einzelbestückung.....	90
3.1.3	Automatische Sequenziell-/Simultanbestückung.....	91
3.1.4	Automatische Simultanbestückung.....	92
3.1.5	Zusammenfassung	93
3.2	Bestückungsverfahren.....	93
3.2.1	Pick & Place.....	93
3.2.2	Chip Shooter.....	94
3.2.2.1	Bestückungskarussell mit feststehender Bauelementezuführung.....	95
3.2.2.2	Revolverkopf mit verfahrbarer Bauelemente-Zuführung	96
3.2.2.3	Revolverkopf an zweiachsigem Portalsystem (Collect & Place).....	96
3.2.2.4	Zwei Revolverköpfe an zweiachsigem Doppelportalsystem	97
3.2.2.5	Revolverkopf und Fine Pitch Kopf kombiniert	98
3.3	Vision-Systeme	99
3.3.1	Grundlagen von Vision-Systemen	99
3.3.2	Leiterplatten-Vision-System	100
3.3.3	Bauelemente-Vision-System	100
3.4	Weitere Automatisierungsfunktionen	100
3.4.1	Kleber auftragen	100

3.4.2	Leiterplattentransport	101
3.4.3	Bauteilzentrierung	101
3.4.4	Maschinendatenerfassung.....	102
3.5	Verpackungsarten von Bauelementen	103
3.5.1	Verpackung im Gurt	103
3.5.2	Bezug als Schüttgut.....	103
3.5.3	Verpackung im Magazin	104
3.6	Technik der Bauelemente-Bereitstellung.....	104
3.6.1	Grundlegende Technik	104
3.6.2	Bauelemente-Zuführmodule (Feeder).....	105
3.6.2.1	Gegurtete Bauelemente, Gurtfeeder.....	105
3.6.2.2	Schüttgut, Bulk Case Feeder.....	106
3.6.2.3	Stangenmagazine, Stangenmagazin-Feeder.....	106
3.6.2.4	Flächenmagazine, Waffle Pack-Wechsler.....	107
3.6.3	Bauelemente-Wechseltisch	108
4	Fehlerarten und Fehlerquellen.....	111
4.1	Bauteilefehler	111
4.2	Leiterplattenfehler	111
4.3	Fehler durch Lotpasten-, Kleberdruck.....	112
4.4	Bestückungsfehler	113
4.5	Fehler durch Bestückungsautomat.....	113
4.6	Fehler durch Lötprozess	113
5	Test von Baugruppen.....	115
5.1	Elektrische Tests	115
5.1.1	Incircuit-Test (ICT).....	115
5.1.1.1	Verfahren und Adaptierung	115
5.1.1.2	Prüfungen beim Incircuit-Test.....	116
5.1.2	Boundary-Scan-Test (BST)	121
5.1.2.1	Allgemeines zum Boundary-Scan-Test.....	121
5.1.2.2	Testverfahren, geeignete Hardware	122
5.1.3	Flying Probe Test (FPT)	126
5.1.4	Funktionstest (FKT).....	127
5.1.5	Voralternde Prüfverfahren (Run-In, Burn-In)	129
5.2	Optische Tests	130
5.2.1	Automatische optische Inspektion (AOI).....	130
5.2.2	Automatische Röntgeninspektion (AXI)	132
5.3	Weitere Tests.....	132
5.4	Umwelttests	132
5.5	EMV-Tests	133
5.6	Selbsttest.....	134
6	Integration von Schaltungen.....	137
6.1	Monolithische Integration	137

6.2	Hybride Integration	137
6.3	Multi Chip Module	142
Literaturverzeichnis.....		143
Sachwortverzeichnis.....		145