

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