

---

<b>1.</b>	<b>Wprowadzenie</b> .....	<b>7</b>
<b>2.</b>	<b>Charakterystyka konstrukcyjna urządzeń elektronicznych</b> .....	<b>11</b>
2.1.	Poziomy montaż .....	12
2.2.	Moduł podstawowy .....	14
2.3.	Blok .....	16
2.4.	Zespół bloków, system .....	17
2.5.	Unifikacja i normalizacja konstrukcji nośnych .....	17
<b>3.</b>	<b>Połączenia elektryczne w urządzeniach elektronicznych</b> .....	<b>19</b>
3.1.	Przewody, właściwości i podstawowe rodzaje .....	21
3.2.	Okablowanie i jego rozwiązania konstrukcyjne .....	24
3.2.1.	Wiązki przewodów, listwy i belki wielowarstwowe .....	25
3.2.2.	Pojedyncze przewody, kable cylindryczne i taśmowe .....	26
3.2.3.	Płytki z przewodami drukowanymi i giętkie kable drukowane .....	27
3.2.4.	Kable koncentryczne, linie paskowe i falowody .....	28
3.3.	Systematyka połączeń elektrycznych w sprzęcie elektronicznym .....	30
3.3.1.	Tworzenie połączeń elektrycznych .....	31
3.3.2.	Połączenia lutowane .....	33
3.3.2.1.	Właściwości mechaniczne .....	36
3.3.3.	Połączenia owijane .....	37
3.3.4.	Połączenia zaciskane .....	38
3.3.5.	Połączenia zakleszczane .....	40
3.3.6.	Połączenia rozłączalne, złącza .....	41
3.4.	Kryteria wyboru połączeń .....	44
<b>4.</b>	<b>Konstrukcja i sposoby montażu modułów podstawowych</b> .....	<b>45</b>
4.1.	Czynniki decydujące o wymiarach modułu .....	46
4.2.	Konstrukcja modułu podstawowego .....	47
4.3.	Zarys chłodzenia modułów podstawowych .....	50
4.4.	Odporność na wibracje a wymiary płytki .....	51
4.5.	Sposoby montażu modułów podstawowych .....	53
4.5.1.	Montaż przewlekany .....	55
4.5.2.	Montaż powierzchniowy .....	56
4.5.3.	Montaż mieszany .....	59
<b>5.</b>	<b>Elementy elektroniczne i elektryczne wchodzące w skład modułu podstawowego</b> .....	<b>63</b>
5.1.	Podzespoły do montażu przewlekane .....	64
5.1.1.	Podzespoły osiowe .....	65

5.1.2.	Podzespoły o wyprowadzeniach jednostronnych tzw. promieniowe .....	66
5.1.3.	Podzespoły wielowyprowadzeniowe .....	66
5.2.	Podzespoły do montażu powierzchniowego .....	68
5.2.1.	Podzespoły typu <i>chip</i> .....	68
5.2.2.	Podzespoły cylindryczne typu MELF.....	71
5.2.3.	Sieci rezystywne w obudowach do montażu powierzchniowego .....	71
5.2.4.	Obudowy podzespołów czynnych .....	71
5.2.4.1.	Obudowy diod i tranzystorów do montażu powierzchniowego .....	71
5.2.4.2.	Obudowy układów scalonych do montażu powierzchniowego .....	72
5.2.5.	Obudowy elementów optoelektronicznych.....	74
<b>6.</b>	<b>Projektowanie obwodów drukowanych.....</b>	<b>75</b>
6.1.	Rodzaje obwodów drukowanych .....	76
6.1.1.	Obwody jednowarstwowe .....	80
6.1.2.	Obwody dwuwarstwowe .....	80
6.1.3.	Obwody wielowarstwowe .....	80
6.1.4.	Elastyczne obwody drukowane.....	81
6.2.	Zasady projektowania płytek obwodów drukowanych .....	82
6.2.1.	Raster w projektowaniu obwodów drukowanych.....	83
6.2.2.	Pole lutownicze .....	84
6.2.3.	Ścieżka drukowana.....	86
6.2.4.	Kontakty drukowane .....	90
6.3.	Zasady rozmieszczania podzespołów elektronicznych.....	90
6.3.1.	Rozprowadzanie ścieżek .....	91
6.3.2.	Wpływ technologii lutowania na rozmieszczanie podzespołów .....	92
6.3.2.1.	Rozmieszczanie podzespołów do lutowania ręcznego .....	95
6.3.2.2.	Rozmieszczanie podzespołów przewlekanych do lutowania na fali.....	96
6.3.2.3.	Rozmieszczanie podzespołów powierzchniowych do lutowania na fali.....	100
6.3.2.4.	Rozmieszczanie podzespołów powierzchniowych do lutowania rozpliwowego .....	104
6.3.3.	Montaż dużych elementów elektronicznych i elektromechanicznych .....	108
<b>7.</b>	<b>Montaż podzespołów, typy urządzeń do montażu powierzchniowego .....</b>	<b>109</b>
7.1.	Podajniki podzespołów .....	110
7.2.	Pobieranie podzespołów.....	112
7.3.	Urządzenia do ręcznego układania .....	114
7.4.	Urządzenia do zautomatyzowanego układania podzespołów.....	114
7.5.	Ogólne wymagania na urządzenia montażowe.....	115
7.6.	Proste konfiguracje montażowe urządzeń .....	116
<b>8.</b>	<b>Połączenia lutowane w montażu płytek drukowanych.....</b>	<b>117</b>
8.1.	Luty.....	118
8.1.1.	Luty SnPb.....	120

---

8.1.2.	Luty bezołowiowe .....	123
8.1.2.1.	Uwarunkowania prawne i techniczne wdrażania materiałów bezołowiowych..	123
8.1.2.2.	Kryteria wyboru lutów bezołowiowych do aplikacji .....	124
8.1.2.3.	Właściwości lutów bezołowiowych.....	125
8.1.3.	Topniki i ich rola we współpracy z lutami .....	127
8.1.4.	Pasty lutownicze.....	129
8.1.4.1.	Uwagi do stosowania past lutowniczych.....	131
8.1.4.2.	Przechowywanie pasty lutowniczej .....	131
8.1.4.3.	Przygotowanie pasty do użycia po przechowywaniu .....	132
8.1.4.4.	Nakładanie pasty na szablony.....	133
8.1.4.5.	Przechowywanie rozszczelnionych pojemników z pastą .....	133
8.1.4.6.	Zalecenia BHP przy kontakcie z pastą .....	133
8.2.	Pokrycia płytek drukowanych.....	133
8.3.	Pokrycia wyprowadzeń podzespołów .....	135
8.4.	Budowa i właściwości złącza lutowanego.....	136
8.4.1.	Mechaniczne i elektryczne funkcje połączenia lutowanego.....	138
<b>9.</b>	<b>Operacje lutowania w montażu płytek .....</b>	<b>139</b>
9.1.	Lutowanie lutownicą .....	140
9.1.1.	Najczęstsze powody braku zwilżalności przy lutowaniu lutownicą .....	140
9.1.2.	Narzędzia do lutowania ręcznego .....	141
9.1.3.	Wpływ operatora na jakość połączeń .....	142
9.2.	Lutowanie na fali.....	143
9.2.1.	Operacje przygotowawcze, naniesienie kleju adhezyjnego.....	143
9.2.1.1.	Kryteria doboru wysokości kleju .....	144
9.2.1.2.	Przechowywanie klejów.....	145
9.2.2.	Metody nanoszenia topników .....	145
9.2.3.	Przebieg procesu lutowania na fali .....	147
9.3.	Lutowanie rozpliwowe .....	151
9.3.1.	Sposoby nanoszenia pasty lutowniczej.....	151
9.3.2.	Przebieg procesu lutowania rozpliwowego.....	156
9.3.2.1.	Lutowanie lutami ołowiovymi .....	157
9.3.2.2.	Lutowanie lutami bezołowiowymi.....	159
9.3.3.	Typowe wady lutowania rozpliwowego .....	160
<b>10.</b>	<b>Operacje kontrolno-pomiarowe w montażu płytek drukowanych.....</b>	<b>163</b>
10.1.	Strategie testowania.....	164
10.1.1.	Test wewnątrzobwodowy (ICT).....	166
10.1.2.	Test X-ray .....	167
10.1.3.	Testowanie funkcjonalne.....	168
10.2.	Zapewnienie testowalności na etapie projektu .....	168
10.3.	Wybór strategii testowania i napraw w zależności od złożoności wyrobu.....	169

---

<b>11. Mycie płytek drukowanych.....</b>	<b>173</b>
11.1. Podstawowe zasady mycia płytek.....	175
11.2. Techniczna realizacja mycia.....	177
11.3. Sposoby oceny czystości zmontowanych płytek drukowanych.....	178
<b>12. Operacje naprawcze w montażu .....</b>	<b>179</b>
12.1. Niedogodności związane z nanoszeniem pasty lutowniczej .....	181
12.2. Dokładność ułożenia podzespołów .....	182
12.3. Wizualna kontrola jakości połączeń lutowanych.....	183
12.4. Kilka praktycznych uwag o naprawach.....	184
<b>Dodatek .....</b>	<b>185</b>
Obudowy typu <i>chip</i> .....	186
Wymiary pól lutowniczych podzespołów typu <i>chip</i> .....	188
Podzespoły typu MELF .....	189
Kondensatory.....	190
Diody .....	192
Tranzystory .....	193
Układy scalone .....	194
<b>Literatura.....</b>	<b>203</b>