

---

<b>1. Wprowadzenie</b> .....	<b>7</b>
<b>2. 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. Połączenia elektryczne w urządzeniach elektronicznych</b> .....	<b>19</b>
3.1. Przewody, właściwości i podstawowe rodzaje.....	21
3.2. Okablowanie i jego rozwiązania konstrukcyjne.....	23
3.2.1. Wiązki przewodów, listwy i belki wielowarstwowe.....	24
3.2.2. Pojedyncze przewody, kable cylindryczne i taśmowe.....	26
3.2.3. Płytki obwodów drukowanych i giętkie kable drukowane.....	27
3.2.4. Kable koncentryczne, linie paskowe i falowody.....	28
3.3. Systematyka połączeń elektrycznych w sprzęcie elektronicznym.....	29
3.3.1. Tworzenie połączeń elektrycznych.....	30
3.3.2. Połączenia lutowane.....	33
3.3.2.1. Właściwości mechaniczne.....	35
3.3.3. Połączenia klejowe.....	36
3.3.4. Połączenia owijane.....	40
3.3.5. Połączenia zaciskane.....	41
3.3.6. Połączenia zakleszczane.....	43
3.3.7. Połączenia rozłączne, złącza.....	44
3.4. Kryteria wyboru połączeń.....	47
<b>4. Konstrukcja i sposoby montażu modułów podstawowych</b> .....	<b>49</b>
4.1. Czynniki decydujące o wymiarach modułu.....	50
4.2. Konstrukcja modułu podstawowego.....	51
4.3. Zarys chłodzenia modułów podstawowych.....	54
4.4. Odporność na wibracje a wymiary płytki.....	55
4.5. Sposoby montażu modułów podstawowych (obwodów drukowanych).....	56
4.5.1. Montaż przewlekany.....	59
4.5.2. Montaż powierzchniowy.....	60
4.5.3. Montaż mieszany.....	63
<b>5. Elementy elektroniczne i elektryczne wchodzące w skład modułu podstawowego</b> .....	<b>67</b>
5.1. Podzespoły do montażu przewlekanego.....	69
5.1.1. Podzespoły z wyprowadzeniami osiowymi.....	70
5.1.2. Podzespoły z wyprowadzeniami radialnymi.....	71
5.1.3. Podzespoły wielowyprowadzeniowe.....	71

5.2.	Podzespoły do montażu powierzchniowego.....	74
5.2.1.	Podzespoły typu <i>chip</i> .....	74
5.2.2.	Podzespoły cylindryczne typu MELF.....	77
5.2.3.	Sieci rezystywne w obudowach do montażu powierzchniowego.....	77
5.2.4.	Obudowy podzespołów czynnych.....	77
5.2.4.1.	Obudowy diod i tranzystorów do montażu powierzchniowego.....	77
5.2.4.2.	Obudowy układów scalonych do montażu powierzchniowego.....	78
5.2.5.	Obudowy elementów optoelektronicznych.....	81
<b>6.</b>	<b>Projektowanie płytek obwodów drukowanych.....</b>	<b>83</b>
6.1.	Rodzaje płytek obwodów drukowanych.....	84
6.1.1.	Jednowarstwowe płytki obwodu drukowanego.....	88
6.1.2.	Dwuwarstwowe płytki obwodu drukowanego.....	88
6.1.3.	Wielowarstwowe płytki obwodu drukowanego.....	88
6.1.4.	Elastyczne płytki obwodu drukowanego.....	89
6.2.	Zasady projektowania płytek obwodów drukowanych.....	89
6.2.1.	Raster w projektowaniu płytek obwodów drukowanych.....	91
6.2.2.	Pole lutownicze.....	92
6.2.3.	Ścieżka drukowana.....	94
6.2.4.	Kontakty drukowane.....	97
6.3.	Zasady rozmieszczania podzespołów elektronicznych.....	98
6.3.1.	Rozprowadzanie ścieżek.....	99
6.3.2.	Wpływ technologii lutowania na rozmieszczanie podzespołów.....	100
6.3.2.1.	Rozmieszczanie podzespołów do lutowania ręcznego.....	102
6.3.2.2.	Rozmieszczanie podzespołów przewlekanych do lutowania na fali.....	102
6.3.2.3.	Rozmieszczanie podzespołów powierzchniowych do lutowania na fali.....	108
6.3.2.4.	Rozmieszczanie podzespołów do lutowania rozplływowego.....	112
6.3.2.5.	Przygotowanie do montażu podzespołów przewlekanych poprzez lutowanie rozplływowe.....	116
6.3.3.	Montaż dużych elementów elektronicznych i elektromechanicznych.....	116
<b>7.</b>	<b>Montaż podzespołów, typy urządzeń do montażu powierzchniowego.....</b>	<b>117</b>
7.1.	Podajniki podzespołów.....	118
7.2.	Pobieranie podzespołów.....	120
7.3.	Urządzenia do ręcznego układania.....	122
7.4.	Urządzenia do zautomatyzowanego układania podzespołów.....	122
7.5.	Ogólne wymagania dotyczące urządzeń montażowych.....	123
7.6.	Proste konfiguracje montażowe urządzeń.....	124
<b>8.</b>	<b>Połączenia lutowane w montażu płytek obwodów drukowanych.....</b>	<b>125</b>
8.1.	Luty.....	126
8.1.1.	Luty SnPb.....	128
8.1.2.	Luty bezołowiowe.....	131
8.1.2.1.	Uwarunkowania prawne i techniczne wdrażania materiałów bezołowiowych.....	131
8.1.2.2.	Właściwości lutów bezołowiowych.....	132

8.1.3.	Topniki i ich rola we współpracy z lutami.....	135
8.1.4.	Pasty lutownicze.....	137
8.1.4.1.	Uwagi do stosowania past lutowniczych.....	139
8.1.4.2.	Przechowywanie pasty lutowniczej.....	139
8.1.4.3.	Przygotowanie pasty do użycia po przechowywaniu.....	140
8.1.4.4.	Nakładanie pasty na szablon.....	140
8.1.4.5.	Przechowywanie rozszczelnionych pojemników z pastą.....	141
8.1.4.6.	Zalecenia BHP przy kontakcie z pastą.....	141
8.2.	Pokrycia płytek obwodów drukowanych.....	141
8.3.	Pokrycia wyprowadzeń podzespołów.....	145
8.4.	Budowa i właściwości złącza lutowanego.....	148
8.4.1.	Oddziaływanie ciekłego lutu z materiałem podłoża.....	149
8.4.2.	Rola faz międzymetalicznych w formowaniu połączeń lutowanych.....	151
8.4.3.	Mechaniczne i elektryczne funkcje połączenia lutowanego.....	152
<b>9.</b>	<b>Operacje lutowania w montażu płytek obwodów drukowanych.....</b>	<b>153</b>
9.1.	Lutowanie lutownicą.....	154
9.1.1.	Najczęstsze powody braku zwilżalności przy lutowaniu lutownicą.....	155
9.1.2.	Narzędzia do lutowania ręcznego.....	155
9.1.3.	Wpływ operatora na jakość połączeń.....	157
9.2.	Lutowanie na fali.....	157
9.2.1.	Operacje przygotowawcze, naniesienie kleju adhezyjnego.....	157
9.2.1.1.	Kryteria doboru wysokości kleju.....	158
9.2.1.2.	Przechowywanie klejów.....	160
9.2.2.	Metody nanoszenia topników.....	160
9.2.3.	Lutowanie na fali.....	162
9.3.	Lutowanie rozpliwowe.....	165
9.3.1.	Sposoby nanoszenia pasty lutowniczej.....	165
9.3.2.	Przebieg procesu lutowania rozpliwowego.....	171
9.3.2.1.	Lutowanie lutami ołowiovymi.....	171
9.3.2.2.	Lutowanie lutami bezołowiovymi.....	173
9.3.3.	Typowe wady lutowania rozpliwowego.....	174
9.4.	Lutowanie rozpliwowe podzespołów do montażu przewlekanego.....	177
9.4.1.	Określenie średnicy otworu metalizowanego dla technologii THR.....	178
9.4.2.	Obliczenie niezbędnej ilości pasty do wypełnienia otworu.....	178
<b>10.</b>	<b>Operacje kontrolno-pomiarowe w montażu płytek obwodów drukowanych.....</b>	<b>181</b>
10.1.	Strategie testowania.....	182
10.1.1.	Test wewnątrz obwodowy (ICT).....	184
10.1.2.	Test X-ray.....	185
10.1.3.	Testowanie funkcjonalne.....	186
10.2.	Zapewnienie testowalności na etapie projektu.....	186
10.3.	Wybór strategii testowania i napraw w zależności od złożoności wyrobu.....	187

<b>11. Mycie płytek obwodów drukowanych</b> .....	<b>191</b>
11.1. Podstawowe zasady mycia płytek .....	194
11.2. Techniczna realizacja mycia .....	195
11.3. Sposoby oceny czystości zmontowanych płytek drukowanych.....	196
<b>12. Naprawy płytek obwodów drukowanych</b> .....	<b>197</b>
12.1. Niedogodności związane z nanoszeniem pasty lutowniczej.....	199
12.2. Dokładność ułożenia podzespołów .....	200
12.3. Wizualna kontrola jakości połączeń lutowanych.....	201
12.4. Kilka praktycznych uwag o naprawach.....	202
<b>Dodatek</b> .....	<b>203</b>
D.1. Obudowy typu <i>chip</i> .....	204
D.1.1. Oznaczenia i zależności ogólne.....	204
D.1.2. Sposób zapisu wymiarów podzespołów biernych.....	205
D.2. Wymiary pól lutowniczych podzespołów typu <i>chip</i> .....	206
D.3. Podzespoły typu MELF.....	207
D.4. Kondensatory.....	208
D.4.1. Kondensatory tantalowe.....	208
D.4.2. Kondensatory elektrolityczne .....	209
D.4.3. Kondensator elektrolityczny aluminiowy typu kubeczkowego.....	209
D.5. Diody .....	210
D.5.1. Diody w obudowach .....	210
D.5.2. Diody w obudowach typu <i>chip</i> .....	210
D.6. Tranzystory.....	211
D.7. Układy scalone.....	212
D.7.1. Wymiary obudów i pola lutownicze układów scalonych, zależności ogólne.....	212
D.7.2. Obudowy i pola lutownicze układów scalonych typu SO.....	213
D.7.3. Obudowy typu SSOP i VSO .....	214
D.7.4. Obudowy typu SOJ.....	215
D.7.5. Obudowa typu PLCC .....	218
D.7.6. Obudowa typu BGA .....	219
D.7.7. Obudowy typu QFN .....	220
<b>Literatura</b> .....	<b>223</b>