

Obsah

1	TECHNOLOGIE VÝROBY PLOŠNÝCH SPOJŮ, POVRCHOVÁ ÚPRAVA	13
1.1	Subtraktivní technologie výroby	15
1.2	Aditivní technologie výroby plošných spojů	16
1.3	Výroba a konstrukce vícevrstevných desek plošných spojů	16
1.4	Povrchová úprava vodivých spojů	17
2	TECHNIKY MONTÁŽE A TECHNOLOGIE	
	PÁJENÍ DESEK PLOŠNÝCH SPOJŮ	19
2.1	Používané montážní techniky	21
2.2	Technologie pájení vlnou	23
2.3	Technologie pájení přetavením	24
2.4	Ostatní technologie pájení	24
2.5	Technologie ručního pájení	25
3	KONSTRUKCE A POUZDRA SOUČÁSTEK	
	PRO POVRCHOVOU MONTÁŽ	27
3.1	Charakteristika součástek SMD	29
3.2	Typy přívodů používaných pro SMD, materiály a povrchová úprava	29
3.2.1	Provedení SMD součástek pro bezolovnaté pájení (LF)	31
3.3	Standardizace pouzder	31
3.4	Pouzdra pro integrované obvody	31
3.4.1	Pouzdra SOIC (Small Outline Integrated Circuit)	32
3.4.2	Pouzdra PLCC (Plastic Leaded Chip Carrier)	34
3.4.3	Pouzdra LCCC (Leadless Ceramic Chip Carrier)	35
3.4.4	Pouzdra typu FLAT-PACK	36
3.5	Pouzdra pro diody a tranzistory	37
3.5.1	Pouzdra SOT	37
3.5.2	Pouzdra typu SOD (Small Outline Diode)	39
3.6	Principy a pouzdra pasivních součástek pro povrchovou montáž	40

3.6.1	Válcová pouzdra pro rezistory	41
3.6.2	Konstrukce válcových rezistorů	41
3.7	Čipové pasivní součástky	42
3.7.1	Konstrukce čipových rezistorů	44
3.7.2	Rezistorová pole RA (Resistor Array)	44
3.7.3	Proměnné rezistory (trimry)	45
3.7.4	Značení rezistorů	46
3.8	Kondenzátory pro povrchovou montáž	48
3.8.1	Keramické kondenzátory pro SMT	48
3.8.2	Vícevrstvé foliové kondenzátory	50
3.8.3	Polyesterové kondenzátory MKT	50
3.8.4	Značení kondenzátorů	51
3.8.5	Elektrolytické kondenzátory	51
3.8.6	Tantalové kondenzátory	52
3.8.7	Hliníkové kondenzátory	53
3.8.8	Značení elektrolytických kondenzátorů	55
3.9	Induktory pro SMT	55
3.9.1	Značení induktorů	56
3.10	Ostatní součástky SMD	56
3.11	Elektromechanické součástky pro SMT	57
3.12	Balení, skladování a pájitelnost součástek SMD	59
3.12.1	Balení součástek SMD	59
3.12.2	Skladování součástek SMD	60
3.13	Poruchy SMD součástek	62
3.13.1	Prasknutí součástky	62
3.13.2	Ostatní poruchy	63
3.14	Speciální pouzdra	63
3.14.1	Pouzdra BGA	64
3.14.2	Pouzdra P-BGA (Plastic Ball Grid Array)	65
3.14.3	Pouzdra C-BGA (Ceramic Ball Grid Array)	66
3.14.4	Pouzdra M-BGA (Metall Ball Grid Array)	67
3.14.5	Pouzdra T-BGA (Tape Ball Grid Array)	67
3.14.6	Pouzdra CSP (Chip Scale Package)	68
3.14.7	Porovnání pouzder BGA	69
3.15	Pouzdra typu VSPATM (Very Small Peripheral Array)	70

3.16	Používané technologie a trendy při pouzdření integrovaných obvodů	71
3.16.1	Technologie TAB	71
3.16.2	Technologie FLIP-CHIP	71
3.17	Multičipové pouzdření	72
3.17.1	Technologie MCM-L (Laminate)	73
3.17.2	Technologie MCM-C (Ceramic)	73
3.17.3	Technologie MCM-D (Dielectric)	73
3.18	Pouzdra pro nastavení technologického procesu a pro tréninkové účely	74
4	VLASTNOSTI A KONSTRUKCE DESEK PLOŠNÝCH SPOJŮ	77
4.1	Materiály pro plošné spoje	79
4.1.1	Materiály na základě fenolických pryskyřic	79
4.1.2	Materiály s epoxidovou pryskyřicí	80
4.1.3	Ostatní materiály pro konstrukci plošných spojů	81
4.1.4	Anorganické materiály pro konstrukci plošných spojů	81
4.1.5	Ohebné plošné spoje	82
4.2	Elektrické vlastnosti dielektrických materiálů pro plošné spoje	82
4.2.1	Izolační odpor	82
4.2.2	Elektrická pevnost, elektrický průraz	83
4.2.3	Vlastnosti ve střídavém elektrickém poli	84
4.3	Mechanické a tepelné vlastnosti	84
4.3.1	Tepelná roztažnost a teplota skelného přechodu	84
4.3.2	Měděná fólie – tloušťka a pevnost v loupání	85
4.4	Speciální konstrukce desek plošných spojů	86
5	NÁVRH PLOŠNÉHO SPOJE A PŘÍPRAVA PODKLADŮ PRO VÝROBU	91
5.1	Metodika návrhu	93
5.1.1	Výroba filmové předlohy a matrice	96
5.1.2	Technologické okolí	97

6	NÁVRH PLOŠNÉHO SPOJE POČÍTAČEM	99
6.1	Struktura návrhového systému	101
6.1.1	Editor pro kreslení schémat	103
6.1.2	Editor pro kreslení spojů	103
6.1.3	Autorouter	104
6.1.4	Knihovny pouzder, symbolů a součástek	104
6.1.5	Konstrukční podklady pro výrobu desky	105
6.2	Postup při návrhu DPS počítačem	106
6.2.1	Zadání a odzkoušení návrhu	106
6.2.2	Kreslení schématu a návrh propojení	106
6.3	Princip práce fotoplotru	109
6.4	Datový soubor GERBER	109
6.5	Výrobní podklady pro sériovou výrobu	112
6.5.1	Data pro výrobu šablony (síta)	112
7	ELEKTRICKÉ VLASTNOSTI KRESBY PLOŠNÉHO SPOJE	115
7.1	Elektrický odpor plošných vodičů a prokoveného otvoru	117
7.2	Proudová zatížitelnost plošného spoje	118
7.3	Nárazový proud	121
7.4	Izolační odpor kresby plošného spoje	121
7.5	Povolené napětí mezi plošnými vodiči	122
7.6	Parazitní kapacita, indukčnosti, plošné cívky	122
8	ELEKTRICKÉ ZÁSADY NÁVRHU S OHLEDEM NA ELEKTROMAGNETICKOU KOMPATIBILITU	129
8.1	Rozmístění součástek	132
8.2	Stínění proti elektromagnetickému a elektrostatickému poli	132
8.3	Zásady pro zemnění a blokování napájení	134
8.4	Řazení vrstev plošného spoje	136
8.4.1	Zpětné proudy a jejich vliv na EMC	136
8.4.2	Řazení vrstev plošného spoje	137
8.5	Zásady návrhu jednotlivých bloků	140
8.5.1	Napájecí zdroje	140
8.5.2	Číslicové obvody	142
8.5.3	Taktovací a časovací obvody	143

8.5.4	A/D převodníky	144
8.5.5	Výkonové spínací obvody	145

9 MECHANICKÉ A TOPOLOGICKÉ

	ZÁSADY NÁVRHU PLOŠNÝCH SPOJŮ	147
9.1	Tvar a provedení desky plošných spojů	149
9.1.1	Tloušťka a velikost desky	149
9.1.2	Volba tloušťky měděné fólie	151
9.1.3	Vzdálenost mezi součástkami a jejich vzájemné umístění	151
9.2	Kresba plošného spoje	153
9.2.1	Pájecí plošky, vodivé cesty a jejich propojování	153
9.2.2	Rozměry otvorů a jejich umístění	156
9.2.3	Návrh přímých konektorů	157
9.2.4	Zásady návrhu a umístování testovacích bodů	158
9.3	Pájecí plošky pro SMT a jejich propojení	159
9.3.1	Pájecí plošky pro pájení vlnou	160
9.3.2	Pájecí plošky pro pájení přetavením	161
9.3.3	Ostatní zásady návrhu a propojení pájecích plošek pro SMD ...	163
9.4	Návrh nepájivé masky	164
9.5	Návrh propojení pro BGA a CSP	165
9.5.1	Tvar pájecích plošek pro BGA	165
9.5.2	Kontaktní pole pro BGA	166
9.5.3	Propojení pájecích plošek pro BGA a CSP	167
9.5.4	Kresba zkušebních desek pro BGA	169
9.6	Zkušební deska pro SMD	170
9.7	Zvláštnosti návrhu desek plošných spojů pro funkční vzorek nebo prototyp	171

10 VLIV NÁVRHU NA SPOLEHLIVOST DESEK PLOŠNÝCH SPOJŮ

	VYROBENÝCH TECHNOLOGIÍ SMT	173
10.1	Termomechanické namáhání v případě konstrukce SMT	176
10.2	Zkoušky spolehlivosti DPS	177
10.3	Vliv návrhu na spolehlivost desky plošného spoje	178
10.3.1	Závady vyvolané teplotními změnami	178
10.4	Návrhová pravidla pro zvýšení termomechanické spolehlivosti desky	180

11 NÁVRH PRO SNADNOU A LEVNOU VÝROBU (DFM)	181
11.1 Výběr součástek	183
11.2 Výroba a provedení desky plošného spoje	183
11.3 Způsob montáže a provedení osazené DPS	184
11.4 Způsob návrhu kresby plošného spoje	185
P1 ROZMĚRY A PÁJECÍ PLOŠKY ČIPOVÝCH	
A VÁLCOVÝCH POUZDER	187
Čipové rezistory – rozměry pouzder	189
Čipové rezistory – pájecí plošky – footprint	190
Keramické vícevrstvé čipové kondenzátory – rozměry pouzder	191
Keramické vícevrstvé čipové kondenzátory – footprint	192
Tantalové čipové kondenzátory – rozměry pouzder	193
Tantalové čipové kondenzátory – footprint	194
Válcové čipové rezistory – rozměry pouzder	195
Válcové čipové rezistory – footprint	196
Hliníkové elektrolytické kondenzátory	
s kapalným elektrolytem (svislý typ) – rozměry pouzder	197
Hliníkové elektrolytické kondenzátory	
s kapalným elektrolytem (svislý typ) – footprint	198
Hliníkové elektrolytické čipové kondenzátory	
s kapalným elektrolytem (vodorovný typ) – rozměry pouzder	200
Hliníkové elektrolytické čipové kondenzátory	
s kapalným elektrolytem (vodorovný typ) – footprint	201
Čipové indukory (vícevrstvé) – rozměry pouzder	202
Čipové indukory (vícevrstvé) – footprint	203
Válcová pouzdra pro diody – rozměry pouzder	204
Pouzdro SOD80 – footprint pro pájení přetavením	204
Pouzdro SOD80 – footprint pro pájení vlnou	205
Pouzdro SOD87 – footprint pro pájení přetavením	205
Pouzdro SOD87 – footprint pro pájení vlnou	206
P2 ROZMĚRY A PÁJECÍ PLOŠKY PRO POUZDRA SOT, D-PAK	207
Pouzdro SOT23 – rozměry pouzdra a pájecí plošky	209
Pouzdro SOT89 – rozměry pouzdra a pájecí plošky	210
Pouzdro SOT143 – rozměry pouzdra a pájecí plošky	212
SOT223 – rozměry pouzdra a pájecí plošky	213

SOT323 – rozměry pouzdra a pájecí plošky	215
D-PAK – rozměry pouzdra a pájecí plošky	217
SOT23-6 – rozměry pouzdra a pájecí plošky	218

P3 ROZMĚRY A PÁJECÍ PLOŠKY PRO POUZDRA PLCC 221

Pouzdra PLCC čtvercová (QFJ–square) – rozměry pouzder	223
Pouzdra PLCC čtvercová (QFJ–square) – footprint	224
Pouzdra PLCC obdélníková (QFJ–rectangular) – rozměry pouzder	225
Pouzdra PLCC obdélníková (QFJ–rectangular) – footprint	226

P4 ROZMĚRY A PÁJECÍ PLOŠKY POUZDER SO, TSSOP, VSO 227

Pouzdra SO – rozměry pouzder	229
Pouzdra SO – footprint pro pájení přetavením	230
Pouzdra SO – footprint pro pájení vlnou	231
Pouzdra TSSOP- rozměry pouzder	232
Pouzdra TSSOP – footprint pro pájení přetavením	233
Pouzdra TSSOP – footprint pro pájení vlnou	234

P5 ROZMĚRY A PÁJECÍ PLOŠKY POUZDER FLAT-PACK 235

Pouzdra Flat-Pack – footprint pro pájení přetavením	238
Pouzdra Flat-Pack – footprint pro pájení vlnou	240

P6 DOPORUČENÉ PÁJECÍ PLOCHY A ROZMĚRY

PRO ŠABLONU PRO POUZDRA QFN 241

Doporučený footprint pro pouzdra QFN14	243
Doporučená kresba šablony pro pouzdra QFN14	243
Doporučený fotprint pro pouzdra QFN16	244
Doporučená kresba šablony pro pouzdra QFN16	244
Doporučený fotprint pro pouzdra QFN20	245
Doporučená kresba šablony pro pouzdra QFN20	245
Doporučený fotprint pro pouzdra QFN24	246
Doporučená kresba šablony pro pouzdra QFN24	246

P7 ROZMĚRY A PÁJECÍ PLOŠKY PRO POUZDRA BGA 247

Pouzdra BGA256 a BGA225 – rozměry pouzder	249
Pouzdro BGA156 – rozměry pouzdra	250
Pouzdro BGA208 – rozměry pouzdra	251
Pouzdro BGA217 – rozměry pouzdra	252

Pouzdra BGA – footprint pro pájení přetavením	253
SEZNAM LITERATURY	255
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK	258
REJSTRÍK	260
KNIHY NAKLADATELSTVÍ BEN – TECHNICKÁ LITERATURA	271
KONTAKTY NA PRODEJNY TECHNICKÉ LITERATURY	271