

Obsah

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 vícevrstvých desek plošných spojů	16
1.4 Povrchová úprava vodivých spojů	17
TECHNOLOGIE MONTÁŽE A PÁJENÍ DESEK PLOŠNÝCH SPOJŮ	19
2.1 Používané technologie montáže	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
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	35
3.5 Pouzdra pro diody a tranzistory	36
3.5.1 Pouzdra SOT	36
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	40

3.6.2	Konstrukce válcových rezistorů	41
3.7	Čipové pasivní součástky	41
3.7.1	Konstrukce čipových rezistorů	43
3.7.2	Rezistorová pole RA	43
3.7.3	Proměnné rezistory (trimry)	44
3.7.4	Značení rezistorů	45
3.8	Kondenzátory pro povrchovou montáž	47
3.8.1	Keramické kondenzátory pro SMT	47
3.8.2	Vícevrstvé foliové kondenzátory	49
3.8.3	Polyesterové kondenzátory MKT	49
3.8.4	Značení kondenzátorů	50
3.8.5	Elektrolytické kondenzátory	50
3.8.6	Tantalové kondenzátory	51
3.8.7	Hliníkové kondenzátory	52
3.8.8	Značení elektrolytických kondenzátorů	53
3.9	Induktory pro SMT	54
3.9.1	Značení indukčností	55
3.10	Ostatní součástky SMD	55
3.11	Elektromechanické součástky pro SMT	56
3.12	Balení, skladování a pájitelnost součástek SMD	57
3.12.1	Balení součástek SMD	58
3.12.2	Skladování součástek SMD	59
3.13	Poruchy SMD součástek	60
3.13.1	Prasknutí součástky	61
3.13.2	Ostatní poruchy	62
3.14	Speciální pouzdra	62
3.14.1	Pouzdra BGA	62
3.14.2	Pouzdra P-BGA (Plastic Ball Grid Array)	64
3.14.3	Pouzdra C-BGA (Ceramic Ball Grid Array)	64
3.14.4	Pouzdra M-BGA (Metall Ball Grid Array)	65
3.14.5	Pouzdra T-BGA (Tape Ball Grid Array)	66
3.14.6	Pouzdra CSP (Chip Scale Package)	66
3.14.7	Srovnání pouzder BGA	68
3.15	Pouzdra typu VSPATM (Very Small Peripheral Array)	69

3.16	Používané technologie a trendy při pouzdření integrovaných obvodů	69
3.16.1	Technologie TAB	69
3.16.2	Technologie FLIP-CHIP	70
3.17	Multičipové pouzdření	70
3.17.1	Technologie MCM-L	71
3.17.2	Technologie MCM-C	72
3.17.3	Technologie MCM-D	72
3.18	Pouzdra pro nastavení technologického procesu a pro tréninkové účely	73
VLASTNOSTI A KONSTRUKCE DESEK PLOŠNÝCH SPOJŮ		75
4.1	Materiály pro plošné spoje	77
4.1.1	Materiály na základě fenolických pryskyřic	77
4.1.2	Materiály s epoxidovou pryskyřicí	78
4.1.3	Ostatní materiály pro konstrukci plošných spojů	79
4.1.4	Anorganické materiály pro konstrukci plošných spojů	79
4.1.5	Ohebné plošné spoje	80
4.2	Elektrické vlastnosti dielektrických materiálů pro plošné spoje	80
4.2.1	Izolační odpor	80
4.2.2	Elektrická pevnost, elektrický průraz	81
4.2.3	Vlastnosti ve střídavém elektrickém poli	82
4.3	Mechanické a tepelné vlastnosti	82
4.3.1	Tepelná roztažnost a teplota skelného přechodu	82
4.3.2	Měděná fólie – tloušťka a pevnost v loupání	83
4.4	Speciální konstrukce desek plošných spojů	84
NÁVRH PLOŠNÉHO SPOJE A PŘÍPRAVA PODKLADŮ PRO VÝROBU		89
5.1	Metodika návrhu	91
5.1.1	Výroba filmové předlohy a matrice	94
5.1.2	Technologické okolí	95

NÁVRH PLOŠNÉHO SPOJE POČÍTAČEM.....	97
6.1	Struktura návrhového systému 99
6.1.1	Editor pro kreslení schémat 101
6.1.2	Editor pro kreslení spojů 102
6.1.3	Autorouter 102
6.1.4	Knihovny pouzder, symbolů a součástek 102
6.1.5	Konstrukční podklady pro výrobu desky 103
6.2	Postup při návrhu DPS počítačem 104
6.2.1	Zadání a odzkoušení návrhu 104
6.2.2	Kreslení schématu a návrh propojení 104
6.3	Princip práce fotoploteru 107
6.4	Datový soubor GERBER 107
6.5	Výrobní podklady pro sériovou výrobu 110
6.5.1	Data pro výrobu šablony (síta) 110
ELEKTRICKÉ VLASTNOSTI KRESBY PLOŠNÉHO SPOJE	113
7.1	Elektrický odpor plošných vodičů a prokoveného otvoru 115
7.2	Proudová zatížitelnost plošného spoje 116
7.3	Nárazový proud 118
7.4	Izolační odpor kresby plošného spoje 119
7.5	Povolené napětí mezi plošnými vodiči 120
7.6	Parazitní kapacita, indukčnosti, plošné cívky 120
NELEKTRICKÉ ZÁSADY NÁVRHU S OHLEDEM	
NA ELEKTROMAGNETICKOU KOMPATIBILITU	123
8.1	Rozmístění součástek 126
8.2	Stínění proti elektromagnetickému a elektrostatickému poli 126
8.3	Zásady pro zemnění a blokování napájení 128
8.4	Řazení vrstev plošného spoje 129
8.4.1	Zpětné proudy a jejich vliv na EMC 130
8.4.2	Řazení vrstev plošného spoje 131
8.5	Zásady návrhu jednotlivých bloků 134
8.5.1	Napájecí zdroje 134
8.5.2	Číslicové obvody 136

8.5.3	Hodinové a časovací obvody	137
8.5.4	A/D převodníky	138
8.5.5	Výkonové spínací obvody	139

MECHANICKÉ A TOPOLOGICKÉ ZÁSADY NÁVRHU PLOŠNÝCH SPOJŮ 141

9.1	Tvar a provedení desky plošných spojů	143
9.1.1	Tloušťka a velikost desky	143
9.1.2	Volba tloušťky měděné fólie	145
9.1.3	Vzdálenost mezi součástkami a jejich vzájemné umístění	145
9.2	Kresba plošného spoje	148
9.2.1	Pájecí plošky, vodivé cesty a jejich propojování	148
9.2.2	Rozměry otvorů a jejich umístění	151
9.2.3	Návrh přímých konektorů	152
9.2.4	Zásady návrhu a umístování testovacích bodů	153
9.3	Pájecí plošky pro SMT a jejich propojení	153
9.3.1	Pájecí plošky pro pájení vlnou	154
9.3.2	Pájecí plošky pro pájení přetavením	156
9.3.3	Ostatní zásady návrhu a propojení pájecích plošek pro SMD ...	158
9.4	Návrh nepájecí masky	159
9.5	Návrh propojení pro BGA a CSP	160
9.5.1	Tvar pájecích plošek pro BGA	161
9.5.2	Kontaktní pole pro BGA	161
9.5.3	Propojení pájecích plošek pro BGA a CSP	162
9.5.4	Kresba zkušebních desek pro BGA	165
9.6	Zkušební deska pro SMD	166
9.7	Zvláštnosti návrhu desek plošných spojů pro funkční vzorek nebo prototyp	167

VLIV NÁVRHU NA SPOLEHLIVOST DESEK

PLOŠNÝCH SPOJŮ VYROBENÝCH TECHNOLOGIÍ SMT 169

VLIV NÁVRHU NA SPOLEHLIVOST DESEK

PLOŠNÝCH SPOJŮ VYROBENÝCH TECHNOLOGIÍ SMT 169

10.1	Termomechanické namáhání v případě konstrukce SMT	172
10.2	Zkoušky spolehlivosti DPS	173

10.3	Vliv návrhu na spolehlivost desky plošného spoje	174
10.3.1	Závady vyvolané teplotními změnami	174
10.4	Návrhová pravidla pro zvýšení termomechanické spolehlivosti desky	176

NÁVRH PRO SNADNOU A LEVNOU VÝROBU (DFM)..... 179

11.1	Výběr součástí	181
11.2	Výroba a provedení desky plošného spoje	181
11.3	Způsob montáže a provedení osazené DPS	182
11.4	Způsob návrhu kresby plošného spoje	183

PŘÍLOHY

ROZMĚRY A PÁJECÍ PLOŠKY ČIPOVÝCH A VÁLCOVÝCH POUZDER..... 185

Čipové rezistory – rozměry pouzder	187
Čipové rezistory – pájecí plošky – footprint	188
Keramické vícevrstvé čipové kondenzátory – rozměry pouzder	189
Keramické vícevrstvé čipové kondenzátory – footprint	190
Tantalové čipové kondenzátory – rozměry pouzder	191
Tantalové čipové kondenzátory – footprint	192
Válcové čipové rezistory – rozměry pouzder	193
Válcové čipové rezistory – footprint	194
Hliníkové elektrolytické kondenzátory s kapalným elektrolytem (svislý typ) – rozměry pouzder	195
Hliníkové elektrolytické kondenzátory s kapalným elektrolytem (svislý typ) – footprint	196
Hliníkové elektrolytické čipové kondenzátory s kapalným elektrolytem (vodorovný typ) – rozměry pouzder	198
Hliníkové elektrolytické čipové kondenzátory s kapalným elektrolytem (vodorovný typ) – footprint	199
Čipové indukčnosti (vícevrstvé) – rozměry pouzder	200
Čipové indukčnosti (vícevrstvé) – footprint	201
Válcová pouzdra pro diody – rozměry pouzder	202
Pouzdro SOD80 – footprint pro pájení přetavením	202
Pouzdro SOD80 – footprint pro pájení vlnou	203
Pouzdro SOD87 – footprint pro pájení přetavením	203
Pouzdro SOD87 – footprint pro pájení vlnou	204

ROZMĚRY A PÁJECÍ PLOŠKY PRO POUZDRA SOT, D-PAK	205
Pouzdro SOT23 – rozměry pouzdra a pájecí plošky	207
Pouzdro SOT89 – rozměry pouzdra a pájecí plošky	208
Pouzdro SOT143 – rozměry pouzdra a pájecí plošky	210
SOT223 – rozměry pouzdra a pájecí plošky	211
SOT323 – rozměry pouzdra a pájecí plošky	213
D-PAK – rozměry pouzdra a pájecí plošky	215
SOT23-6 – rozměry pouzdra a pájecí plošky	216
ROZMĚRY A PÁJECÍ PLOŠKY PRO POUZDRA PLCC	219
Pouzdra PLCC čtvercová (QFJ–square) – rozměry pouzder	221
Pouzdra PLCC čtvercová (QFJ–square) – footprint	222
Pouzdra PLCC obdélníková (QFJ–rectangular) – rozměry pouzder	223
Pouzdra PLCC obdélníková (QFJ–rectangular) – footprint	224
ROZMĚRY A PÁJECÍ PLOŠKY POUZDER SO, TSSOP, VSO	225
Pouzdra SO – rozměry pouzder	227
Pouzdra SO – footprint pro pájení přetavením	228
Pouzdra SO – footprint pro pájení vlnou	229
Pouzdra TSSOP- rozměry pouzder	230
Pouzdra TSSOP – footprint pro pájení přetavením	231
Pouzdra TSSOP – footprint pro pájení vlnou	232
ROZMĚRY A PÁJECÍ PLOŠKY POUZDER FLAT-PACK	233
Pouzdra Flat-Pack – footprint pro pájení přetavením	236
Pouzdra Flat-Pack – footprint pro pájení vlnou	238
DOPORUČENÉ PÁJECÍ PLOCHY A ROZMĚRY PRO ŠABLONU	
PRO POUZDRA QFN	239
Doporučený footprint pro pouzdra QFN14	241
Doporučená kresba šablony pro pouzdra QFN14	242
Doporučený footprint pro pouzdra QFN16	243
Doporučená kresba šablony pro pouzdra QFN164	244
Doporučený footprint pro pouzdra QFN20	245
Doporučená kresba šablony pro pouzdra QFN20	246
Doporučený footprint pro pouzdra QFN24	247
Doporučená kresba šablony pro pouzdra QFN24	248

ROZMĚRY A PÁJECÍ PLOŠKY PRO POUZDRA BGA	249
Pouzdra BGA256 a BGA225 – rozměry pouzder	251
Pouzdro BGA156 – rozměry pouzdra	252
Pouzdro BGA208 – rozměry pouzdra	253
Pouzdro BGA217 – rozměry pouzdra	254
Pouzdra BGA – footprint pro pájení přetavením	255
SEZNAM LITERATURY	257
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK	259
REJSTRÍK	260
KNIHY NAKLADATELSTVÍ BEN – TECHNICKÁ LITERATURA:	271
KONTAKTY NA PRODEJNY TECHNICKÉ LITERATURY	271