

Obsah

ČÁST 1.

Úvod do SMT	13
Úvod do SMT	14
Aplikace COB a TAB	15
Využití plochy desky plošných spojů se SMD	15
Elektrické vlastnosti SMD	16
Tepelné nepřizpůsobení SMD a desky plošných spojů	16
Výhody a nevýhody povrchově montovaných pouzder	17
Postup při zpracování desek plošných spojů v SMT	17
Jednotlivé operace v SMT	19
Příprava desek plošných spojů - nanášení lepidla nebo pájecí pasty	19
Osazování součástek	21
Pájení v SMT	23
Pájení vlnou	23
Pájení v parách	25
IČ přetavení	25
Přetavení laserem	26
Testování osazené desky plošných spojů	26
Přístup k testování z hlediska konstrukce desky plošných spojů	27
Plný uzlový přístup	27
Omezený uzlový přístup	28
Nulový uzlový přístup	28
Čištění	28
Opravy a předělávky	29
Výrobní linka	29
Termíny a definice	30

ČÁST 2.

POUZDRA SMD	35
Pouzdra SMD	36
Základní požadavky na pouzdra SMD	36
Odolnost vůči čisticím postupům	36
Odolnost vůči pájení	36
Odolnost vývodů proti rozpouštění	36
Formy balení součástek	37
Balení v pásech	37
Balení v tyčích	41
Balení v paletách	41
Balení v kazetách	42
Pasivní SMD	42
Pravoúhlé čipy	42
SMD - rezistory	42
Základní konstrukce	43

<i>Materiály koncových kontaktů</i>	44
<i>Značení</i>	44
<i>Způsob balení</i>	44
<i>Odolnost k pájení</i>	45
<i>Rozměry pájecích plošek pro rezistory pájené vlnou a přetavením</i>	45
SMD - keramické a plastové kondenzátory	46
<i>Základní konstrukce</i>	46
<i>Materiály koncových kontaktů</i>	47
<i>Značení</i>	48
<i>Způsob balení</i>	48
<i>Odolnost k pájení</i>	48
<i>Rozměry pájecích plošek pro kondenzátory pájené vlnou a přetavením</i>	48
Elektrolytické tantalové a hliníkové kondenzátory	49
<i>Základní konstrukce</i>	50
<i>Materiály koncových kontaktů</i>	51
<i>Značení</i>	51
<i>Způsob balení</i>	51
<i>Odolnost k pájení</i>	51
<i>Rozměry pájecích plošek pro tantalový a Al kondenzátor pájené vlnou a přetavením</i>	51
Indukčnosti	53
<i>Základní konstrukce</i>	53
<i>Materiály koncových kontaktů</i>	53
<i>Značení</i>	54
<i>Způsob balení</i>	54
<i>Odolnost k pájení</i>	54
<i>Rozměry pájecích plošek pro indukčnosti</i>	54
MELF - válcové tvary	54
<i>Základní konstrukce</i>	54
<i>Materiály koncových kontaktů</i>	55
<i>Značení</i>	55
<i>Způsob balení</i>	55
<i>Odolnost k pájení</i>	55
<i>Rozměry pájecích plošek pájené vlnou a přetavením</i>	56
Vývodová SMD pouzdra pro diskrétní součástky	57
Pouzdra SOT	57
SOT-23	57
<i>Základní konstrukce</i>	57
<i>Značení</i>	58
<i>Způsob balení</i>	58
<i>Materiály vývodů</i>	58
<i>Odolnost k pájení</i>	58
<i>Pájecí plošky pro pouzdro SOT-23 pájené vlnou a přetavením</i>	58
SOT-89	60
<i>Základní konstrukce</i>	60
<i>Značení</i>	60
<i>Způsob balení</i>	60
<i>Materiály vývodů</i>	60

<i>Odolnost k pájení</i>	61
<i>Pájecí plošky pro pouzdro SOT-89 pájené vlnou a přetavením</i>	61
SOT-143	62
<i>Základní konstrukce</i>	62
<i>Značení</i>	62
<i>Způsob balení</i>	62
<i>Rozměry pájecích plošek pro pouzdro SOT-143 pájené vlnou a přetavením</i>	62
SOT-223	64
<i>Základní konstrukce</i>	64
<i>Značení</i>	64
<i>Způsob balení</i>	64
<i>Rozměry pájecích plošek pro pouzdro SOT-223 pájené vlnou a přetavením</i>	64
SMD - pouzdra integrovaných obvodů	66
<i>Konfigurace kontaktů</i>	66
<i>Konstrukce bez vývodů nebo s vývody</i>	66
<i>Tvar vývodu</i>	66
<i>Tvar „L“</i>	67
<i>Vývod „J“</i>	67
<i>Přehled pouzder s vývody mimo vlastní tělo pouzdra</i>	67
SOIC - osazovací integrované obvody	68
SOIC s vývody „L“	68
<i>Základní konstrukce</i>	68
<i>Materiály vývodů</i>	70
<i>Značení</i>	70
<i>Způsob balení</i>	70
<i>Odolnost k pájení</i>	70
<i>Rozměry pájecích plošek pro SO 8 - SO 32 pájené vlnou a přetavením</i>	71
SOIC s vývody „J“	73
<i>Základní konstrukce</i>	73
<i>Materiály vývodů</i>	75
<i>Značení</i>	75
<i>Způsob balení</i>	75
<i>Rozměry pájecích plošek pro SOJ pro pájení přetavením</i>	75
VSOP - osazovací pouzdra velmi malého obrysu	77
<i>Základní konstrukce</i>	77
<i>Pájecí plošky pro pájení přetavením a vlnou</i>	77
Flat Pack - dvouřadá plochá pouzdra	79
<i>Základní konstrukce</i>	79
QFP - čtyřřadá plochá pouzdra	80
<i>Názvosloví čtverhranných plochých pouzder</i>	80
<i>Základní konstrukce</i>	81
<i>Materiály vývodů</i>	82
<i>Značení</i>	82
<i>Způsob balení</i>	82
<i>Odolnost k pájení</i>	82
<i>Materiály vývodů</i>	86
<i>Značení</i>	86
<i>Způsob balení</i>	86
<i>Odolnost k pájení</i>	86

<i>Rozměry pájecích plošek pro pouzdro QFP-48 pájené vlnou a přetavením</i>	86
BQFP - čtverhranné ploché pouzdro s nálitky	89
Keramická pouzdra	89
LCCC - bezvývodové nosiče čipů	90
<i>Pouzdro JEDEC Standard typ A</i>	91
<i>Pouzdro JEDEC Standard typ B</i>	91
<i>Pouzdro JEDEC Standard typ C</i>	91
<i>Pouzdro JEDEC Standard typ D</i>	91
Keramické nosiče čipů předem opatřené vývody	92
Keramická pouzdra následně opatřená vývody	92
BGA	93
Popis BGA	93
<i>Základní konstrukce</i>	94
<i>Materiály koncových kontaktů</i>	96
<i>Značení</i>	97
<i>Způsob balení</i>	97
<i>Odolnost k pájení</i>	97
<i>Pájecí plošky pro BGA</i>	97
Technologické zpracování BGA	99
<i>Tisk pájecí pasty pro BGA</i>	99
<i>Osazování BGA</i>	99
<i>Přetavení</i>	99
Propojovací SMD prvky	100
Konektory	100
Namáhání konektoru a pájeného spoje	100
<i>Konstrukční faktory konektoru</i>	101
<i>Konfigurace vývodu</i>	101
<i>Materiál těla konektoru</i>	101
<i>Mechanická podpora</i>	102
<i>Povrchová úprava vývodů</i>	102
Typy konektorů	102
Patice	104
Konstrukce kontaktů	105
<i>Materiály kontaktů</i>	105
Balení	105
Odolnost k pájení	105
Rozměry pájecích plošek	105
Další prvky SMD	106
Potenciometry (trimry)	106
Odporové potenciometry	106
<i>Konstrukce utěsněného prvku</i>	106
<i>Konstrukce otevřeného prvku</i>	107
Kapacitní potenciometry	107
Keramické filtry	107
SMD krystaly	107

ČÁST 3.

DESKY PLOŠNÝCH SPOJŮ 109

Materiály pro desky plošných spojů	110
Měděná fólie desky plošných spojů	110
Mechanické vlastnosti	110
Pevnost v loupání měděné fólie	110
Tloušťka měděné fólie	111
Elektrické vlastnosti měděné fólie	111
Proudová zatížitelnost	111
Elektroizolační vlastnosti (šířka vodiče a izolační mezery)	112
Parazitní kapacita a indukčnosti	113
Základní vlastnosti materiálů desek plošných spojů	113
Elektrické vlastnosti	114
Vnitřní a povrchová rezistivita	114
Relativní permitivita	114
Ztrátový činitel	115
Průrazné napětí	115
Odpor kovových vrstev	115
Povrchový izolační odpor	115
Teplota skelného přechodu T _g (Glass Transition Temperature)	116
Tepelná odolnost při pájení	116
Trvalá tepelná odolnost	116
Tepelná vodivost	116
Hořlavost	116
Mechanické vlastnosti	117
Mez pevnosti v ohybu	117
Rovinnost, prohnutí, zkroucení	117
Rozměrová stabilita	117
Nasákavost vodou	117
Základní materiály desek plošných spojů	117
Materiály na organické bázi	117
Neohebné základní materiály	118
<i>Materiály na bázi fenolických pryskyřic</i>	<i>120</i>
<i>Epoxid - skleněné vlákno</i>	<i>120</i>
<i>Polyimid - skleněné vlákno</i>	<i>120</i>
<i>Epoxid - aramidové vlákno</i>	<i>120</i>
<i>Polyimid - aramidové vlákno</i>	<i>120</i>
<i>Polyimid - křemenné vlákno</i>	<i>120</i>
<i>Skelná tkanina - aramidové vlákno (kompozit)</i>	<i>121</i>
<i>Skelné vlákno - teflon</i>	<i>121</i>
<i>Struktury s pružným dielektrikem</i>	<i>121</i>
<i>Čip na desce plošných spojů</i>	<i>121</i>
Základní materiály pro flexibilní (ohebné) plošné spoje	122
Ohebné plošné spoje	122
Tvarované desky plošných spojů z termoplastické pryskyřice	123
Materiály na neorganické bázi	123
Korundový substrát	124

Beryliový substrát	124
Použití keramických materiálů	124
Typy neohebných desek plošných spojů	125
Neohebné desky plošných spojů z hlediska jejich konstrukce	125
Desky plošných spojů jednovrstvé, dvouvrstvé a vícevrstvé	125
Desky plošných spojů s nosnou deskou	125
Deska plošných spojů spojená s nosnou deskou (kovovou nebo nekovovou)	125
Postupně zpracovávané struktury s kovovou nosnou rovinou	126
Struktury s diskrétním drátem a kovovou nosnou plochou	126
Desky plošných spojů s omezujícím jádrem	127
Desky plošných spojů s omezujícím jádrem bez elektrické funkce	127
Desky plošných spojů s elektricky funkčním omezujícím jádrem	127
Desky plošných spojů připojené k omezujícímu laminátu	127
Struktury s pružnou vrstvou	128
Výroba desek plošných spojů	130
Příprava výrobní dokumentace	130
Výroba plošných spojů subtraktivní metodou	130
Jednotlivé kroky výroby desky plošných spojů	131
Dělení základního materiálu	131
Paketování přířezů	131
Vyvrtání otvorů	131
Čištění a broušení	132
Pokovení otvorů a zesílení mědi	132
Vytvoření obrazce	132
Nanášení fotocitlivé vstvy	135
Expozice fotocitlivé vrstvy (přenesení tvaru spojového obrazce)	135
Vyvolání	135
Retuš a mezioperační kontrola	135
Odstranění organického rezistu	135
Leptání	136
Stripování vrstvy kovového rezistu	137
Nanášení nepájivé masky	137
Závěrečná povrchová úprava	137
Konečné mechanické operace	138
Elektrické testování	138
Výroba vícevrstvých desek plošných spojů	138
Výroba plošných spojů semiaditivní metodou	141
Výroba plošných spojů aditivní metodou	141
Vícevrstvé desky plošných spojů s vysokou hustotou propojení	141
Nepájivá maska	143
Nepájivá maska při výrobě plošných spojů	144
Typy nepájivých masek	146
Tekutá nepájivá maska nanášená sítotiskem	146
Suchá fotocitlivá nepájivá maska	147
Tekutá fotocitlivá nepájivá maska nanášená clonovým polevem	148
Doplňkové operace	148
Servisní potisk	148

Vodivý inkoust	149
Stínící a odporové materiály	149
Ochranné povlaky	149
Přehled vhodných materiálů pro ochranné povlaky	149
Aplikace povlaků	150
Charakteristiky materiálu povlaku	150
Opravy desek s ochranným povlakem	151

ČÁST 4.

NÁVRH MOTIVU PLOŠNÝCH SPOJŮ 153

Požadavky na konstrukci plošných spojů a návrh jejich motivu	154
Rozměry pájecích plošek pro SMD	154
Doporučení ke stanovení rozměrů pájecích plošek pro kvádrové čipy	154
Doporučení ke stanovení rozměrů pájecích plošek pro vícevývodové SMD	156
Doporučení pro návrh přímých konektorů	157
Konstrukční pravidla návrhu desek plošných spojů	157
Jakost desek a předlohy	158
Rozměry desky plošných spojů a konstrukce přířezu	158
Formát přířezu	159
Rozložení mědi	160
Požadavky na obrazec spojů z hlediska testování	161
Slepé plošky	162
Montážní odstupy	162
Orientace součástek	164
Plošné spoje a mezery	165
Plošný spoj	165
Mezery mezi plošnými spoji	166
Plošné spoje a průchozí otvory	168
Pokovené průchozí otvory	168
Pokovené otvory uvnitř pájecích plošek	169
Otvory pod součástkami	169
Otvory jako zkušební body	170
Vůle nepájivé masky	170
Aplikace pájecí pasty	171
Mechanické montážní odstupy	171
Návrh desek SMT z hlediska vyrobitelnosti (DFM)	172
Definice požadavků na návrh desky plošných spojů	172
Vypracování zásad DFM	172
Pravidla výběru součástek	172
Pravidla pro výrobu desky plošných spojů	173
Pravidla uspořádání desky plošných spojů pro její montáž	173
Použití DFM v praxi	174

ČÁST 5.

NÁVRH PLOŠNÝCH SPOJŮ POMOCÍ CAD / CAM SYSTÉMŮ 175

AUTOR ING. JIŘÍ ŠPOT

Úvod - čtverečkový papír a obrazovka - společné rysy a rozdíly	176
Konstruktér před patnácti lety a dnes	176
Historie - od čtverečkového papíru k obrazovce	176
Současné CAD systémy	176
Společné rysy a rozdíly u „ruční“ a „počítačové“ cesty	177
Třetí cesta: využití služeb konstrukční kanceláře	178
Obecné zásady práce konstruktéra	179
Výhody a nevýhody počítačové podpory práce konstruktéra	180
Úloha konstruktéra při návrhu pomocí CAD systému	181
Standardní postup práce konstruktéra - od schématu k prototypu ..	181
Kreslení elektrického schématu	181
Netlist - seznam symbolů a spojů	183
Kontrola elektrické správnosti schématu	184
Přiřazení pouzder ke schématickým symbolům	185
Rozmístění součástek	186
Zpětná anotace	186
Tahání spojů	187
Úplná grafika pinů	187
Kontrola elektrické a technologické správnosti	188
Tvorba prototypové dokumentace	188
Úpravy schématu a plošných spojů	189
Tvorba výrobních podkladů pro sériovou výrobu	189
Tvorba knihovních prvků	190
Schématické symboly	190
Konstrukční prvky a pouzdra součástek	191
Pájecí plošky	191
Úplná grafika pájecích plošek	192
Vztah konstrukčního pouzdra a pájecích plošek	192
Variabilita padstacků a proč?	192
Výrobní podklady	193
Panelizace	193
Technologické okolí	193
Archivace	194
Data pro výrobu desek s plošnými spoji	194
Data pro osvit filmových předloh	195
Data pro souřadnicové vrtačky	196
Frézovací data, dělení desek v přířezu	198
Kdy použít panelizaci?	198
Výrobní dokumentace	199
Tvorba výrobní dokumentace	199
Archivace	199

ČÁST 6.

PLOŠNÉ SPOJE SE SMD BEZ SLITIN S OLOVEM 201

Plošné spoje se SMD bez slitin s olovem	202
Přehled legislativy související se zákazem olova	202
Důsledky odstranění olova z elektroniky	203
Povrchová úprava elektronických součástek	203
Teplota při procesu pájení	203
Povrchové úpravy desek plošných spojů	203
Přechod elektrotechnického průmyslu na bezolovnaté pájky	204

PŘÍLOHA

ZNAČENÍ SMD DIOD A TRANZISTORŮ 205

SMD diody	206
SMD tranzistory	210

POUŽITÁ LITERATURA 219