

Vít Záhlava

# **NÁVRH A KONSTRUKCE DESEK PLOŠNÝCH SPOJŮ**

**PRINCIPY A PRAVIDLA  
PRAKTICKÉHO NÁVRHU**

Praha 2010



---

Vít Záhlava

## **NÁVRH A KONSTRUKCE DESEK PLOŠNÝCH SPOJŮ – PRINCIPY A PRAVIDLA PRAKTICKÉHO NÁVRHU**

Bez předchozího písemného svolení nakladatelství nesmí být kterákoli část kopírována nebo rozmnožována jakoukoli formou (tisk, fotokopie, mikrofilm nebo jiný postup), zadána do informačního systému nebo přenášena v jiné formě či jinými prostředky.

Autor a nakladatelství nepřijímají záruku za správnost tištěných materiálů. Předkládané informace jsou zveřejněny bez ohledu na případné patenty třetích osob. Nároky na odškodnění na základě změn, chyb nebo vynechání jsou zásadně vyloučeny.

Všechny registrované nebo jiné obchodní známky použité v této knize jsou majetkem jejich vlastníků. Uvedením nejsou zpochybněna z toho vyplývající vlastnická práva.

Veškerá práva vyhrazena

© Vít Záhlava 2010

© Nakladatelství BEN – technická literatura, Věšínova 5, Praha 10

Vít Záhlava: Návrh a konstrukce desek plošných spojů – principy a pravidla praktického návrhu  
BEN – technická literatura, Praha 2010

1. vydání

**ISBN 978-80-7300-266-4**

# Obsah

## **1 POČÍTAČOVÝ NÁVRH DESEK PLOŠNÝCH SPOJŮ (DPS) ..... 7**

### **1.1 Schematický návrh ..... 9**

1.1.1 Tvorba schematických značek ..... 10

1.1.2 Návrh elektronického schématu ..... 10

1.1.3 Definice vlastností součástek a spojů ..... 11

1.1.4 Kontrola návrhových pravidel ..... 11

1.1.5 Analogová a číslicová simulace ..... 11

1.1.6 Výstupy schematického návrhu ..... 12

### **1.2 Návrh desek plošných spojů (DPS) ..... 12**

1.2.1 Princip vrstev a jejich využití ..... 13

1.2.2 Knihovny pouzder ..... 13

1.2.3 Načtení netlistu ..... 14

1.2.4 Nastavení technologických podmínek ..... 15

1.2.5 Obrisy DPS, výřezy a montážní otvory ..... 17

1.2.6 Rozmístění součástek ..... 17

1.2.7 Vedení spojů ..... 17

1.2.8 Finální úpravy ..... 18

1.2.8.1 Podklady pro formátování na výsledný rozměr ..... 18

1.2.8.2 Sesazovací a náměrné značky ..... 19

1.2.8.3 Popisy desky plošného spoje ..... 20

1.2.8.4 Zlacené konektory ..... 21

1.2.9 Kontrola návrhových pravidel ..... 21

1.2.10 Generování technologických dat ..... 22

1.2.10.1 Podklady pro výrobu vícevrstevných DPS ..... 22

1.2.10.2 Podklady pro osazování ..... 24

## **2 TECHNOLOGIE VÝROBY DESEK PLOŠNÝCH SPOJŮ (DPS) ..... 27**

### **2.1 Semiaditivní metoda výroby DPS ..... 29**

2.1.1 Výroba dvoustranných DPS ..... 29

2.1.2	Výroba vícevrstvých DPS .....	35
<b>2.2</b>	<b>Třídy přesnosti .....</b>	<b>37</b>
<b>3</b>	<b>POVRCHOVÁ MONTÁŽ .....</b>	<b>39</b>
<b>3.1</b>	<b>Součástky pro povrchovou montáž .....</b>	<b>43</b>
3.1.1	Pouzdra s metalizovanými ploškami .....	44
3.1.2	Pouzdra s páskovými vývody .....	45
3.1.3	Pouzdra BGA .....	46
<b>3.2</b>	<b>Pájení SMD .....</b>	<b>46</b>
3.2.1	Princip vlny .....	46
3.2.2	Pájení přetavením .....	48
3.2.3	Ruční pájení a opravy SMD .....	49
3.2.4	Bezolovnaté pájení .....	49
<b>4</b>	<b>VLASTNOSTI PLOŠNÝCH SPOJŮ .....</b>	<b>51</b>
<b>4.1</b>	<b>Odpor .....</b>	<b>53</b>
4.1.1	Skin efekt .....	54
<b>4.2</b>	<b>Kapacita .....</b>	<b>54</b>
<b>4.3</b>	<b>Indukčnost .....</b>	<b>57</b>
<b>4.4</b>	<b>Impedance .....</b>	<b>59</b>
<b>4.5</b>	<b>Rychlost šíření signálu .....</b>	<b>61</b>
<b>4.6</b>	<b>Vliv kapacitní zátěže .....</b>	<b>62</b>
<b>4.7</b>	<b>Přeslechy .....</b>	<b>62</b>
4.7.1	Kapacitní vazba .....	63
4.7.2	Induktivní vazba .....	63
<b>4.8</b>	<b>Zatížení vodičů na DPS .....</b>	<b>64</b>
4.8.1	Proudové zatížení .....	65
4.8.2	Napěťové zatížení .....	66

<b>5</b>	<b>ELEKTROMAGNETICKÁ KOMPATIBILITA (EMC)</b> .....	<b>69</b>
<b>5.1</b>	<b>Základní pojmy a definice</b> .....	<b>71</b>
<b>5.2</b>	<b>Legislativní rámec v České republice</b> .....	<b>72</b>
<b>5.3</b>	<b>Elektromagnetická kompatibilita a DPS</b> .....	<b>77</b>
5.3.1	Rušení .....	78
5.3.1.1	Elektromagnetické pole vyzařované proudovou smyčkou .....	78
5.3.1.2	Elektromagnetické pole vyzařované přímým vodičem .....	80
5.3.1.3	Kmitočtové spektrum lichoběžníkového průběhu .....	80
5.3.1.4	Souhlasné a nesouhlasné rušení .....	81
5.3.2	Návrh desek plošných spojů z hlediska EMC .....	82
5.3.3	Součástky a EMC .....	83
<b>6</b>	<b>NÁVRHOVÁ PRAVIDLA</b> .....	<b>85</b>
<b>6.1</b>	<b>Rozmístění součástek</b> .....	<b>87</b>
<b>6.2</b>	<b>Řazení vrstev DPS</b> .....	<b>88</b>
<b>6.3</b>	<b>Zemnění</b> .....	<b>89</b>
6.3.1	Jednobodové zemnění .....	89
6.3.2	Vícebodové zemnění .....	90
<b>6.4</b>	<b>Blokování napájení</b> .....	<b>91</b>
6.4.1	Reálný kondenzátor .....	93
6.4.2	DPS jako blokovací kondenzátor .....	94
6.4.3	Návrh lokálního blokovacího kondenzátoru .....	94
6.4.4	Návrh skupinového blokovacího kondenzátoru .....	95
6.4.5	Návrh filtračního kondenzátoru .....	96
6.4.6	Umístění blokovacích kondenzátorů na DPS .....	97
<b>6.5</b>	<b>Napájecí zdroje</b> .....	<b>98</b>
6.5.1	Analogové stabilizátory .....	99
6.5.2	Spínané zdroje .....	101
<b>6.6</b>	<b>Číslicové obvody</b> .....	<b>102</b>

6.6.1	Pravidla související s návrhem schématu .....	102
6.6.2	Pravidla související s návrhem rozmístění součástek a vedení spojů .....	103
<b>6.7</b>	<b>Obvody hodinových impulzů .....</b>	<b>104</b>
6.7.1	Ochranné paralelní spoje .....	105
6.7.2	Odrazy na vedení a jejich potlačení .....	106
<b>6.8</b>	<b>Analogové obvody .....</b>	<b>109</b>
<b>6.9</b>	<b>A/D převodníky .....</b>	<b>110</b>
<b>6.10</b>	<b>Výkonové spínací obvody .....</b>	<b>112</b>
<b>6.11</b>	<b>Vstupně/výstupní obvody .....</b>	<b>113</b>
6.11.1	Izolace a separace vstupně/výstupních obvodů .....	114
6.11.1.1	Filtrace vstupů a výstupů na DPS .....	114
6.11.1.2	Galvanické oddělení a přemostění .....	115
6.11.2	Ochrana před ESD .....	115
6.11.2.1	Ochrana I/O svorek .....	116
6.11.2.2	Ochrana DPS před dotykem .....	116
<b>6.12</b>	<b>Rychlé číslicové obvody .....</b>	<b>117</b>
	<i>Použité zkratky a symboly .....</i>	<i>120</i>
	<i>Literatura .....</i>	<i>121</i>
	<i>Rejstřík .....</i>	<i>123</i>
	<i>Kontakty na prodejny technické literatury .....</i>	<i>127</i>
	<i>Pár slov o nakladatelství .....</i>	<i>128</i>