

**Jan Humlhans**

# **ZAJÍMAVÁ ZAPOJENÍ**

**INSPIRACE KONSTRUKTÉRŮM**

**Generátory, přístrojové zesilovače,  
měřicí přípravky a testery**

---

**2. díl**

Praha 2005



---

Jan Humlhans

## **ZAJÍMAVÁ ZAPOJENÍ – 2. díl**

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. Předkládaná zapojení a informace jsou zveřejněny bez ohledu na případné patenty třetích osob. Nároky na odškodnění na základě změn, chyb nebo vynechání jsou zásadně vyloučeny.

Veškerá práva vyhrazena.

© Ing. Jan Humlhans, 2005

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

Jan Humlhans: Zajímavá zapojení – 2. díl

BEN – technická literatura, Praha 2005

1. vydání

**ISBN 80-7300-151-9**

# STRUČNÝ OBSAH

## obsah 1. dílu

- 1 ZDROJE A MĚNIČE**
- 2 NABÍJENÍ A BATERIE**

## obsah 2. dílu

- 3 GENERÁTORY**
- 4 PŘÍSTROJOVÉ ZESILOVAČE**
- 5 MĚŘICÍ PŘÍPRAVKY A TESTERY**

## obsah 3. dílu

- 6 SENZORY A MĚŘENÍ NEELEKTRICKÝCH VELIČIN**
- 7 AKTIVNÍ USMĚRŇOVAČE**
- 8 ELEKTRONICKÉ POTENCIOMETRY**
- 9 AKTIVNÍ FILTRY**
- 10 KOMPARÁTORY**

## obsah 4. dílu

- 11 ZAPOJENÍ S DIODAMI LED**
- 12 ZAPOJENÍ S OPTOČLENY**
- 13 RŮZNÉ**
- 14 REJSTŘÍK + doprovodný CD ROM s datasheety**

# PODROBNÝ OBSAH

<b>ÚVOD .....</b>	<b>8</b>
<b>3 GENERÁTORY .....</b>	<b>9</b>
3.1 Střída 1 : 1 u oscilátoru, řízeného krystalem .....	10
3.2 Jak pomoci multivibrátoru s 555 k nižším kmitočtům .....	11
3.3 Impulzní generátor s nezávislým nastavením kmitočtu a střidy .....	12
3.4 Generátor trojúhelníkového signálu .....	14
3.5 Generátor trojúhelníkového průběhu .....	16
3.6 Generátor s nezávislým nastavením kmitočtu a šířky pulzu .....	17
3.7 Generátor impulzů s proměnným kmitočtem a pracovním činitelem .....	18
3.8 Nízkopříkonový oscilátor 32 kHz .....	19
3.9 Impulzní generátor s programovatelnými úrovněmi výstupu ....	21
3.10 Krystalem řízený generátor 1 Hz .....	22
3.11 MKO s přesnou dobou kyvu .....	23
3.12 Zdroj pravouhlého signálu s malou spotřebou .....	25
3.13 Sinusový generátor s přesným kmitočtem .....	26
3.14 Přesný generátor pilovitého průběhu .....	28
3.15 RC oscilátor s velmi nízkou spotřebou .....	29
3.16 Wienův oscilátor s jediným napájecím napětím .....	30
3.17 Násobič odporu eliminuje chyby analogových spínačů .....	32
3.18 Teplotně stabilní generátor sinusového signálu .....	34
3.19 Oscilátor 1 kHz s velmi malým zkreslením .....	36
3.20 Zlepšené zapojení oscilátoru start/stop .....	38
3.21 Digitální třífázový generátor .....	40

<b>4</b>	<b>ZESILOVAČE .....</b>	<b>41</b>
4.1	Oboustranně omezující zesilovač .....	42
4.2	Omezující zesilovač .....	43
4.3	Přesný souměrný omezovač s jedinou Zenerovou diodou .....	44
4.4	Aktivní oboustranný omezovač .....	45
4.5	Neinvertující zesilovač s proměnnou strmostí přenosu .....	46
4.6	Rychlý operační zesilovač LM6218 .....	48
4.7	Řízený přístrojový zesilovač .....	49
4.8	Číslicové řízení zisku zesilovače v rozsahu $\pm 40$ dB .....	50
4.9	Zesilovač s programovatelným zesílením .....	53
4.10	Digitálně řízené zesílení .....	55
4.11	Digitálně řízený zesilovač .....	57
4.12	Přesný zesilovač s číslicově programovatelným zesílením .....	59
4.13	Dálkové nastavení zesílení .....	60
4.14	Zesilovač se zesílením $-1$ až $+1$ .....	61
4.15	Zesilovač s volitelným znaménkem přenosu .....	62
4.16	Tlačítkové ovládání zesílení nf předzesilovače .....	63
4.17	Sčítání dvou analogových signálů při jediném napájení .....	64
4.18	Invertující zesilovač jinak .....	66
4.19	Velké zesílení i při vysokém souhlasném vstupním napětí .....	67
4.20	Zesilovače s přenosem po lineárních úsecích .....	69
4.21	Přístrojový zesilovač s nízkou spotřebou .....	71
4.22	Přístrojový zesilovač s následným fitrem .....	72
4.23	Digitální nulování přesných OZ .....	75
4.24	Logaritmický poměrový zesilovač .....	76
4.25	Zesilování střídavých signálů přístrojovými zesilovači .....	78
4.26	Tři zapojení s operačním zesilovačem .....	79
4.27	Operační zesilovač stabilizuje své vlastní napájení .....	81
4.28	Zesilovač pro 12V stejnosměrný servomotor .....	82
4.29	Dvojnásobný proud do zátěže s pomocí dalšího OZ .....	83
4.30	Zvýšení zatížitelnosti zesilovače .....	84
4.31	Výkonový operační zesilovač pro velká napětí .....	86

<b>5</b>	<b>ZAPOJENÍ PRO ELEKTRICKÁ MĚŘENÍ A ZKOUŠENÍ .....</b>	<b>87</b>
5.1	Zkoušeč operačních zesilovačů .....	88
5.2	Jednoduchý zkoušeč operačních zesilovačů .....	89
5.3	Zkoušeč tyristorů a triaků .....	90
5.4	Tester kondenzátorů s PLL .....	91
5.5	Přípravek pro výběr kondenzátorů podle kapacity .....	93
5.6	Párování kondenzátorů okénkovým komparátorem .....	94
5.7	Přípravek pro měření fáze .....	95
5.8	Měření fázového rozdílu .....	97
5.9	Měřič fázového rozdílu .....	98
5.10	Indikátor sledu fází .....	101
5.11	Přesný špičkový detektor pro záporný signál .....	103
5.12	Špičkový detektor bipolárního signálu napájený jediným zdrojem .....	104
5.13	Neobvyklý špičkový detektor .....	105
5.14	Zlepšené zapojení analogové paměti .....	106
5.15	Kalibrace střídavých voltmetrů napětím obdélníkového průběhu .....	108
5.16	Kalibrátor časové základny osciloskopu .....	110
5.17	Převodník proud/napětí s plovoucími vstupy a výbornou linearitou .....	112
5.18	MAX471 – integrovaný obvod pro měření proudu .....	114
5.19	Indikátor proudové meze s obvodem 555 .....	117
5.20	Jednoduchá číslicová indikace údaje v proudové smyčce .....	118
5.21	Vysílač pro proudovou smyčku 4 až 20 mA .....	120
5.22	Přijímač proudové smyčky s napěťovým výstupem .....	122
5.23	Kmitočtový komparátor 1 .....	124
5.24	Kmitočtový komparátor 2 .....	126
5.25	Měření kmitočtu číslicovým multimetrem .....	128
5.26	Třítónový oscilátor signalizuje stav dvou logických signálů ...	129
5.27	Jednoduchý převodník A/D a jeho připojení k PC .....	130
5.28	Jednoduchý a přesný převodník A/D s pulzní šířkovou modulací .....	132

5.29	Převodník napětí/pracovní činitel .....	134
5.30	Odstranění chyby programově řízeného převodníku I/U .....	136
5.31	Jednoduchý tester pro sériové rozhraní RS232 .....	138
5.32	Jednoduché napěťové detektory .....	139
5.33	Konvertor polarity .....	141
5.34	Napěťová lupa .....	142
5.35	Indikátor nulového napětí .....	144
5.36	Akustický indikátor zkratu .....	145
	<b>Knihy BEN – technická literatura .....</b>	<b>149</b>

# ÚVOD

Vtipná a jednoduchá zapojení řešící úlohy na které se v praxi často naráží, byla a stále jsou se zájmem sledována nejen elektroniky amatéry, ale i profesionály. Jejich zdrojem jsou jednak časopisy zabývající se elektronikou, kde jim bývá často věnována speciální rubrika, různé aplikační a návrhové listy či poznámky (Application Note, Design Note), katalogové listy (Data Sheet) v nich použitých součástek a publikace vydávané jejich výrobcí a nyní samozřejmě i Internet. Autor této publikace se jejich shromažďování a také občasnému využívání ve své praxi věnoval celá léta. A ta zapojení, která se mu jevila zvláště zajímavá, publikoval v českých časopisech, především Sdělovací technice, Amatérském rádiu posléze Praktické elektronice a KTE Rádio plus. Díky laskavosti jejich šéfredaktorů, kteří k tomu svolili, pak vznikl tento výběr z článků uveřejněných po roce 1990. V některých byly provedeny dílčí úpravy – byly opraveny chyby a nepřesnosti v textech i zapojeních a některé časově podmíněné informace. Jednotlivá zapojení byla uspořádána do bloků odpovídajících jejich zaměření, byť někdy nebylo rozhodnutí jednoznačné.

Některé obvody sice přestaly být aktuální, např. pro měření malých zrychlení není dnes třeba složitých zapojení s akcelerometrem, který byl určen pro rozsah 50 g, protože v současné době jsou k dispozici monolitické akcelerometry i s rozsahem  $\pm 1,5$  g, přesto však i taková aplikace může být inspirativní pro jejich obvodové následovníky a jiné problémy. I když některá ze zapojení autor sám vyzkoušel, nelze v žádném případě zaručit jejich funkčnost ani uváděné parametry uvedených obvodů a případný zájemce o využití se o nich musí přesvědčit a nezbytné úpravy provést sám.

I když díky pokroku elektroniky a nebývalým možnostem současné součástkové základny, např. jednočipových mikropočítačů, lze řadu z funkcí některých v knize uvedených obvodů řešit jednodušeji, případně s lepšími parametry, nalezne snad tato publikace své čtenáře a ti v ní inspiraci pro řešení svých problémů.