

**Jan Humlhans**

# **ZAJÍMAVÁ ZAPOJENÍ**

**INSPIRACE KONSTRUKTÉRŮM**

**Senzory a měření neelektrických  
veličin, usměrňovače a filtry,  
elektronické potenciometry,  
aktivní filtry, komparátory**

---

## **3. díl**

Praha 2005



---

Jan Humlhans

## **ZAJÍMAVÁ ZAPOJENÍ – 3. 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 – 3. díl

BEN – technická literatura, Praha 2005

1. vydání

**ISBN 80-7300-152-7**

# 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>7</b> |
| <b>6</b> | <b>SENZORY A MĚŘENÍ NEELEKTRICKÝCH VELIČIN .....</b>               | <b>9</b> |
| 6.1      | Zesilovač pro termočláanky .....                                   | 10       |
| 6.2      | Termočláankový zesilovač .....                                     | 11       |
| 6.3      | Zesilovač pro termočláanek .....                                   | 13       |
| 6.4      | Číslicové měření teploty s termoelektrickým senzorem .....         | 15       |
| 6.5      | Kompenzace chyby srovnávacího konce termoelektrického článku ..... | 17       |
| 6.6      | Třívodičové připojení odporového teploměru .....                   | 18       |
| 6.7      | Převodník signálu pro platinový odporový teploměr .....            | 19       |
| 6.8      | Jednoduchý převodník pro platinový měřicí odpor Pt100 .....        | 21       |
| 6.9      | Linearizovaný převodník pro platinový teploměr .....               | 23       |
| 6.10     | Tříbodová linearizace charakteristiky čidla .....                  | 25       |
| 6.11     | Dálkové měření teploty .....                                       | 28       |
| 6.12     | Dálkové měření teploty s LM35 .....                                | 29       |
| 6.13     | Senzor teploty LM35 .....  | 30       |
| 6.14     | Hlídač teploty .....   | 33       |
| 6.15     | Diodový teploměr .....   | 34       |
| 6.16     | Tranzistorový teploměr s dvojitým tranzistorem .....               | 36       |
| 6.17     | Digitální anemometr s tranzistorovým senzorem teploty .....        | 37       |
| 6.18     | Levný a přesný dvoukanálový teploměr .....                         | 39       |
| 6.19     | Zajímavý senzor teploty a jeho aplikace .....                      | 41       |
| 6.20     | Integrovaný obvod pro termostat .....                              | 43       |
| 6.21     | Několik aplikací integrovaného regulátoru teploty TMP01 .....      | 44       |
| 6.22     | Proporcionální teplotní regulátor na bázi TMP01 .....              | 54       |
| 6.23     | Termostat programovatelný jediným rezistorem .....                 | 56       |
| 6.24     | Digitální měřič zrychlení .....                                    | 58       |
| 6.25     | Monitorování vibrací monolitickým akcelerometrem .....             | 61       |

|          |  |            |
|----------|--|------------|
| 6.26     | Převod zrychlení na kmitočety .....                                  | 63         |
| 6.27     | Jak snížit spotřebu monolitických akcelerometrů Analog Devices ..... | 66         |
| 6.28     | Měření malých zrychlení pomocí akcelerometru ADXL50 a ADXL05 .....   | 68         |
| 6.29     | Mikromechanický akcelerometr s rozsahem do $\pm 5$ g .....           | 72         |
| 6.30     | Elektronická vodováha .....  | 77         |
| 6.31     | Zesilovač pro piezoelektrické akcelerometry .....                    | 79         |
| 6.32     | Integrované optosenzory TI .....                                     | 81         |
| 6.33     | Měření osvětlení digitálním multimetrem .....                        | 85         |
| 6.34     | Digitální měřič osvětlení .....                                      | 87         |
| 6.35     | Předzesilovač pro fotodiodu a některé zdroje chyb .....              | 89         |
| 6.36     | Kompenzace vlivu okolí na snímací fotodiodu .....                    | 91         |
| 6.37     | Detektor vodivých kapalin LM1830 a jeho použití .....                | 92         |
| 6.38     | Akustický indikátor hladiny .....                                    | 95         |
| 6.39     | System pro regulaci hladiny s LM1830 .....                           | 96         |
| 6.40     | Indikátor stavu vody v nádrži .....                                  | 98         |
| 6.41     | Jednoduchý úrovnňový senzor hladiny .....                            | 100        |
| 6.42     | Kapacitní senzor polohy .....  | 101        |
| 6.43     | Ultrazvukový detektor přiblížení .....                               | 102        |
| 6.44     | MiniCap2 – miniaturní kapacitní senzor vlhkosti .....                | 104        |
| 6.45     | Dva analogové signály v jediném TTL .....                            | 106        |
| 6.46     | Elektronický barometr .....  | 107        |
| 6.47     | Tlakem řízený odpor .....  | 109        |
| 6.48     | Převodník pro sondu pH s teplotní kompenzací .....                   | 110        |
| 6.49     | Kompenzace chyby při proudovém napájení můstku .....                 | 112        |
| 6.50     | Univerzální kompenzátor teplotní závislosti .....                    | 114        |
| 6.51     | Převod A/D zmenšuje teplotní závislost senzoru .....                 | 115        |
| 6.52     | Stejnoseměrný měřicí zesilovač pro tenzometry .....                  | 117        |
| 6.53     | LTC1392 – minisystem pro sběr dat .....                              | 120        |
| 6.54     | Senzor tlaku .....   | 122        |
| <b>7</b> | <b>AKTIVNÍ USMĚRŇOVAČE .....</b>                                     | <b>123</b> |
| 7.1      | Dioda s úbytkem v propustném směru 0,04 V .....                      | 124        |
| 7.2      | Nízkoztrátová aktivní dioda .....                                    | 125        |

|           |  |            |
|-----------|--|------------|
| 7.3       | Aktivní dvoucestný usměřovač .....   | 126        |
| 7.4       | Přesný dvoucestný usměřovač .....  | 127        |
| 7.5       | Rychlý a přesný usměřovač .....  | 128        |
| 7.6       | Aktivní usměřovač s nízkou spotřebou .....                                     | 129        |
| 7.7       | Aktivní dvoucestný usměřovač<br>a průměrující filtr .....                      | 130        |
| 7.8       | Přesná absolutní hodnota signálu .....   | 131        |
| <b>8</b>  | <b>ELEKTRONICKÉ POTENCIOMETRY .....</b>  | <b>133</b> |
| 8.1       | Elektronické trimry ovládané tlačítky .....                                    | 134        |
| 8.2       | Ovládání digitálního potenciometru .....                                       | 136        |
| 8.3       | Jednoduché řízení pro elektronický potenciometr .....                          | 137        |
| 8.4       | Řízení hlasitosti, vyvážení výšek<br>a basů elektronickými potenciometry ..... | 138        |
| 8.5       | Napětím řízený elektronický potenciometr .....                                 | 140        |
| 8.6       | Číslicový potenciometr<br>z běžných součástek .....                            | 142        |
| <b>9</b>  | <b>AKTIVNÍ FILTRY .....</b>  | <b>145</b> |
| 9.1       | Monolitická spínaná dolní propust 5. řádu .....                                | 146        |
| 9.2       | Monolitické filtry 8. řádu v pouzdře SO8 .....                                 | 147        |
| 9.3       | Aktivní pásmová propust 2. řádu .....  | 150        |
| 9.4       | Úzkopásmová zádrž s vysokým Q .....  | 151        |
| <b>10</b> | <b>KOMPARÁTORY .....</b>   | <b>153</b> |
| 10.1      | Řízený komparátor s hysterezí .....  | 154        |
| 10.2      | Okénkový komparátor se snadnou konfigurací .....                               | 156        |
| 10.3      | Okénkový detektor s jedním komparátorem .....                                  | 157        |
| 10.4      | Synchronizovaný okénkový komparátor .....                                      | 159        |
| 10.5      | Rozdílový komparátor .....   | 160        |
| 10.6      | Několik zapojení s TCA965 .....  | 161        |
|           | <b>Knihy BEN – technická literatura .....</b>                                  | <b>168</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.

