



ROČNÍK III/1998. ČÍSLO 3

RADIO

ŘADA B - PRO KONSTRUKTÉRY

ROČNÍK XLVII/1998. ČÍSLO 3

V TOMTO SEŠITĚ

Ampér '98	83
ELEKTRONIKA (NEJEN) PRO MODELÁŘE	
RC soupravy	88
Vysílače a přijímače, servozesilovače, servomechanismy	88
Přídavná zařízení RC souprav	92
Indikace a kontrola napětí zdrojů	92
Mixery funkcí	96
Expandéry funkcí	97
Invertor signálu	98
Stabilizátory letu	100
Fail save	100
Elektronické spínače a přepínače zdrojů	102
Elektropohon a jeho řízení	103
Modelářské elektromotory	103
RC spínače	106
Regulátory pohonu	109
Regulátory s neobvyklými funkcemi	112
Odrušování motorů	112
Pomůcky, přípravky	114
Cyklistické komputery, Servotestery, Měřiče intenzity pole a kontrolní přijímače, Testery krystalů, Měření napětí a proudu, Otáčkoměry	
Literatura	120

KONSTRUKČNÍ ELEKTRONIKA A RADIO

Vydavatel: AMARO spol. s r. o.
Redakce: Radlická 2, 150 00 Praha 5, tel.: (02) 57 31 73 11, tel./fax: (02) 57 31 73 10.
Šéfredaktor ing. Josef Kellner, sekretářka redakce Eva Kelárková, tel. 543 825, I. 268.
Ročně vychází 6 čísel. Cena výtisku 25 Kč. Pololetní předplatné 75 Kč, celoroční předplatné 150 Kč.
Rozšiřuje PNS a. s., Transpress s. s. r. o., Mediaprint a Kapa, soukromí distributoři, informace o předplatném podá a objednávky přijímá Amaro s. s. r. o., Radlická 2, 150 00 Praha 5, tel./fax (02) 57 31 73 13, PNS, pošta, doručovatel.
Objednávky a předplatné v Slovenskej republice vybavuje MAGNET-PRESS Slovakia s. r. o., P. O. BOX 169, 830 00 Bratislava, tel./fax (07) 5254559 - předplatné, (07) 5254628 - administrativa. Předplatné na rok 165,- SK. Podávání novinových zásilek povolila jak Česká pošta s. p., OZ Praha (č. nov 6028/96 ze dne 1. 2. 1996).
Inzerce přijímá redakce ARadio, Radlická 2, 150 00 Praha 5, tel.: (02) 57 31 73 11, tel./fax: 57 31 73 10.
Inzerce v SR vyřizuje MAGNET-PRESS Slovakia s. r. o., Teslova 12, 821 02 Bratislava, tel./fax (07) 5254628.
Za původnost a správnost příspěvků odpovídá autor. Nevýžádané rukopisy nevracíme.
E-mail: a-radio@login.cz
Internet: http://www.spinnet.cz/aradio
ISSN 1211-3557
© AMARO spol. s r. o.

Výstava AMPER '98

(ke 2. straně obálky)

Úplný oficiální název této výstavy byl: 6. mezinárodní veletrh elektrotechniky a elektroniky, osvětlení, měřiči, signalizační, regulační a zabezpečovací techniky AMPER '98. Krédem výstavy je být včas v centru dění a správně se orientovat ve výše vyjmenovaných oborech. Veletrh AMPER má v odborných kruzích svou stabilní pozici i tradici a je největším veletrhem svého oboru v ČR.

Na výstavní ploše 13 500 m² se po čtyři dny návštěvníkům představilo 650 vystavovatelů. Zajímavé expozice měly jednak nejvýznamnější firmy svého oboru jako Schrack, Felten Guillaume, ABB elektro Praga, Kablo Kladno, Etezet, Enika, Philips Lighting, Osram, Siemens, jednak nové firmy, které se začínají prosazovat na našem trhu a vystavovaly poprvé (Semi-Tech, Plu-mettaz...). Letos se kromě českých a slovenských firem představily firmy z Velké Británie, Německa, Rakouska, Polska, Švýcarska, Francie a Belgie.

Veletrh AMPER '98 shlédlo 45 000 návštěvníků a v průběhu veletrhu se v tiskovém středisku akreditovalo 150 novinářů z denního tisku i odborných periodik a médií.

Snahou a cílem pořadatelů je zprostředkovat výměnu informací odborného i obchodního charakteru. Možnosti prezentovat se, hledat nové kontakty a uzavírat obchodní smlouvy doplňovala i nabídka veletrhu AMPER '98 tematických přednášek a seminářů. Pro odborníky z České republiky i ze zahraničí nově působilo informační centrum pro exportéry a obchodníky, které poskytovalo informace a služby všem zájemcům, kteří chtějí zvýšit exportní, obchodní a výrobní možnosti svých firem. Na činnosti tohoto centra se podílely Českomoravská elektrotechnická asociace, Ministerstvo průmyslu a obchodu, EGAP, Česká exportní banka a Czech Trade.

U příležitosti 6. mezinárodního veletrhu AMPER '98 udělila komise odborníků tradiční ocenění „Zlatý Amper“. Komisi tvořili zástupci elektrotechnické fakulty ČVUT, státních zkušeben, odborného Visk a Českomoravské elektrotechnické asociace.

Do této odborné soutěže bylo přihlášeno 52 exponátů, z nichž komise ocenila deset. Posuzovala se technická a technologická úroveň k odpovídajícím současným progresivním trendům, novost v řešení, bezpečnost výrobku a obchodně technické parametry.

Vítězné exponáty oceněných firem:

1. **ABB E.J.F. a. s., Brno** - Vzduchový jistič EMAX E2N;
2. **Energostrojírny Pardubice a. s.** - Zkoušečka s kombinovanou signalizací pro jmenovité napětí do 420 kV;
3. **EXIMET-TRAFO s. r. o., Jevišovice** - Výkonový transformátor 100 kVA;
4. **HAKEL s. r. o. Hradec Králové** - Hlídač izolačního stavu;
5. **HEWLETT-PACKARD s. r. o.** - osciloskop INFINIUM HP 548-A;

6. **NAM-TOMČALA Havířov** - Rádiová datová síť NAM RADAS;

7. **OSRAM s. r. o.** - Bezelektrodová zářivka OSRAM ENDURA;

8. **SIEMENS s. r. o. Praha** - Logický modul LOGO;

9. **Semi-Tech s. r. o. Tachov** - Trojfázový usměrňovací diodový blok;

10. **SPAUN electronic Praha** - Kaskádový systém řady 9900.

S některými z oceněných i neoceňovaných firem a jejich nabídkou vás seznámíme blíže:

Firma HEWLETT PACKARD (viz obr. na obálce) představila mnoho svých produktů od napájecích zdrojů přes generátory, multimetry, spektrální analyzátoři až po speciální software ke svým výrobkům. Zlatým Amperem byl oceněn digitální osciloskop typu INFINIUM HP 548. Jedná se o špičkový osciloskop s novou koncepcí ovládání s využitím grafického rozhraní vestavěného PC (Windows 95) s jednoduchým designem a obrazovkou na předním panelu „analog - like“. Osciloskop se vyrábí ve čtyřech řadách, dvou- nebo čtyřkanalový s šířkou pásma do 500 MHz nebo 1,5 GHz, se vzorkováním od 1 do 8 GSa/s. Ceny osciloskopů INFINIUM se pohybují podle typu od 400 000 Kč do jednoho a čtvrt miliónu Kč.

NAM RADAS je systém pro dálkový sběr dat z průmyslových měřičů prostřednictvím rádiové datové sítě. Vyvinula jej firma NAM TOMČALA z Havířova (viz obr.) a porota jej rovněž ocenila Zlatým Amperem. Systém umožňuje spolupráci až 500 stanic typu RADAS 4.8 v jedné síti; přijímače a vysílače pracují v pásmu 300 MHz výkonem do 1 W. Stanice se chová nejen jako koncový uzel sítě, který snímá data (k jedné stanici lze připojit až 100 standardních měřičů MBUS), ale také jako retranslátor pro ostatní stanice v síti. Provozní dispečink je vybaven rovněž rádiovou stanicí typu RADAS, avšak liší se provedením (pro běžné drsné venkovní klimatické podmínky) a softwarovým vybavením, neboť k ní lze připojit PC, umožňující monitorovat havarijní stavy, sbírat data, konfiguraci měřidel, sítě atd. K těmto účelům je vyvinut program Prodis (Windows 95). Stanice a software pro centrální dispečink pak umožňuje propojit několik provozních dispečinků a pokrýt tak rozsáhlé území.

Asi nejstarší naší domácí firmou působící v oboru rádiových datových sítí je RACOM z Nového Města na Moravě (viz obr.), která byla založena v roce 1989. Od počátku vyvíjela a vyráběla vlastní zařízení. Dnes jsou hlavním produktem firmy technologie rádiových datových sítí včetně komplexního softwarového vybavení. Modulární systém MORSE může být aplikován na pevné i mobilní rádiové sítě. Kromě modemu MR25 (viz obr.) s mikroprocesorem typu MC68302 pro pásmo 160, 330 a 450 MHz s přenosovou rychlostí 21,68 kbit/s (kanalová rozteč 25 kHz) firma



RACOM vyvinula a vyrábí zařízení pro sběr dat a řízení technologií typu MTS074, sloužící k snímání a nastavování analogových i digitálních veličin v sítích MORSE, a záznamník pohybu vozidel typu MDR k přijímačům GPS.

Produkty firmy RACOM má vkomp-
novány do svých rádiových sítí další
z vystavovatelů veletrhu AMPER '98, a
sice firma CONEL z Ústí nad Orlicí (viz
obr.). Od roku 1992 se zabývá proble-
matikou datových přenosů, telemetric-
kých systémů, komponentů pro ně a
dalšími obory, souvisejícími s datovou
komunikací a průmyslovou automatiza-
cí. CONEL nabízí služby od návrhu
technického řešení problematiky až po
hotovou a fungující rádiovou datovou
sít'. Firma realizovala např. připojení da-
tových terminálů CCS, propojení stanic
Českého hydrometeorologického ústa-

vu pro sledování čistoty ovzduší, komplexní telemetrický systém pro Povodí Odry a podílela se na výstavbě desítek dalších rádiových sítí na území celé ČR.

Oceněna Zlatým Amperem byla rovněž firma HAKEL z Hradce Králové za konstrukci přístroje, nazvaného hldač izolačního stavu (HIS - obr. 1). Ten je určen zejména pro monitorování izolačního stavu zdravotnických izolovaných soustav (o napětí od 180 V do 250 V, podle požadavků ČSN). Přístroj trvale sleduje stav izolované soustavy proti zemi a při zmenšení izolačního odporu pod nastavenou mez (50 nebo 80 k Ω) přepne relé na výstupu a současně opticky informuje o tomto stavu diodami LED. Je napájen z monitorované soustavy a nachází široké využití i mimo zdravotnictví v izolovaných elektronických systémech, napájených ze sítě. Přístroj je v malé krabičce (hmotnost 350 g) a montuje se na lištu DIN 35.

Další Zlatý Amper byl udělen firmě OSRAM za novou bezelektrodovou velmi výkonnou zářivku typu ENDURA první svého druhu s poměrně nízkofrekvenční technologií magnetické indukce (asi 250 kHz). ENDURA má příkon 150 W, extrémně dlouhou životnost (podle údaje výrobce 60 000 hodin nebo 7 let nepřetržitého provozu), světelný tok 12 000 lm, vynikající měrný výkon 80 lm/W; libovolná četnost spínání neomezuje její životnost a je stupňovitě stmívatelná až na 30 %. Je vhodná hlavně pro všechny aplikace, kde je složité a nákladná výměna světelných zdrojů.

Ve stánku firmy Semi-Tech Tachov byl vystaven diodový usměrňovací blok, vyrobený ve spolupráci firmy Semi-Tech a firmy ECIA Lanškroun. Také tento přístroj v třířázkovém provedení typu 05A získal ocenění Zlatý Amper. O tomto výrobku i o firmě ECIA jsme podrobně informovali v časopise Praktická elektronika A Radio č. 6/98 na straně 1 a 2.

Obr. 4. Pohled na čelní panel mikroprocesorového regulátoru řady MAX 660, výrobek firmy MAT

Na výstavě AMPER '98 navázala redakce časopisu A-radio řadu nových kontaktů, které využijeme také v zájmu našich čtenářů. Např. firma MAT z Ostravy předvedla celou řadu přístrojů pro automatizaci technologických procesů a jiné průmyslové aplikace, jako např. programovatelné automaty řady PA, regulátory TEMco, regulátor čtvrtidínnových maxim RM 64 aj. Autoři těchto přístrojů navrhli také jejich aplikace pro využití v radioamatérské praxi a naše redakce již připravuje dokumentaci těchto modifikací pro tisk.

Použitá literatura

- [1] AMPER '98, oficiální katalog. Veletržní správa Terinvest, Praha 1998.
- [2] Závěrečná tisková zpráva k 6. mezinárodnímu veletrhu AMPER '98. Veletržní správa Terinvest, Praha 1998.
- [3] Firemní literatura firem CONEL, HAKEL, HEWLETT-PACKARD, MAT, NAM-TOMČALA, OSRAM, RACOM, SIEMENS.

OK1DVA, OK1PFM

V posledních třech číslech tohoto ročníku Konstruční elektroniky budou uveřejněny tyto tituly: Zajímavá a praktická zapojení, dále budou dokončeny tituly, vycházející na pokračování - jednak Napájecí zdroje od Karla Bartoně (poslední, třetí pokračování) a Elektronika (nejen) pro modeláře od ing. Michala Černého (vyjde jako číslo 6).

Jednotlivá čísla vyjdou 6. srpna, 8. října a 4. prosince

ELEKTRONIKA (nejen) PRO MODELÁŘE

Ing. Michal Černý

Konstrukce z oblasti modelářské elektroniky jsou jedním z oblíbených a žádaných témat, které se po mnoho let objevuje nejen v časopisech elektronických a modelářských. Přesto tomuto tématu nebylo zatím věnováno samostatné číslo ani Praktické elektroniky, ani Amatérského rádia řady B.

Když jsem byl požádán, abych se ujal sestavení specializovaného čísla Konstrukční elektroniky, v prvním okamžiku jsem uvažoval, jak jeho obsah navrhnout. Vytvořit ucelený průřez modelářskou elektronikou v celé její šíři na ploše, kterou poskytuje jedno nebo dvě čísla časopisu, považuji za úkol neuskutečnitelný. Takové práce by se navíc musel ujmout kolektiv autorů s praxí v mnoha modelářských oblastech. Časopis, který nyní držíte v ruce, se snaží o sondy do mnoha oblastí modelářské elektroniky, nečiní si však ambice pokrýt všechny. Protože jsem si následně ověřil, že návody na stavbu zařízení pro modeláře jsou v dostupné literatuře značně roztroušeny, rozhodl jsem se v možná až nezvykle velkém množství uvádět odkazy na literaturu, které snad pomohou zájemcům o stavbu konkrétního zařízení rychleji vyhledat potřebné informace.

Poté, co jsem se obrátil na některé své známé elektroniky a modeláře se žádostí o spolupráci, vícekrát jsem slyšel otázky, proč vlastně v dnešní době modelářskou elektroniku amatérsky stavět, když lze koupit úplně všechno, a jestli je vůbec někdo, kdo si něco ještě dělá sám. Je pravda, že za posledních necelých deset let se toho hodně změnilo. Už rozhodně není nutné kupovat v bazaru miniaturní „tranzistorák“ jen proto, abychom po „vykuchání“ získali jinak nesehnatelné sedmimilimetrové mezifrekvenční civky do přijímače, není nutné vyrábět serva nebo regulátory.

Osobně však vnímám také jiný rozdíl, a to mnohem intenzivněji. Modelářim od dětství a RC modely se zabývám asi dvacet let. Když někdy vyjedu s modelem, ať už si zalétat nebo s lodí k vodě, často to přiláká pozornost zejména dětí, někdy i jejich rodičů. Ještě kolem roku 1992 byla nejčastější dětská otázka, jestli jsem „tohle“ dělal, nebo jestli a jak „to“ funguje, málokdy se někdo z dospělých nesměle zeptal, na kolik model nebo RC souprava přijde. Za poslední tři až čtyři roky se otázky změnilly. Děti se s naprostou samozřejmostí stejně jako dospělí ptají jen na to, kolik tisíc ta která věc stojí a v kterém obchodě se dá koupit. Úplně se vytratila z myšlení možnost, že něco nemusí být kupované, že leccos se dá vyrobit nebo

snad dokonce že by i oni sami mohli něco podobného chtít udělat. Nechci tento přístup odsuzovat, je mi zcela jasné, z čeho pramení, ale osobně je mi z něj smutno.

Doba se změnila. Organizovaných modelářů je méně, ale nemyslím si, že by modelářství mělo méně příznivců. Určitě jsou izolovanější a mají méně času než kdysi, mají mnohem větší možnosti koupit v obchodě to, co chtějí a pro mnohé se problém „kde a jak“ koupit změnil na „za co“ koupit. Po uveřejnění několika článků v Amatérském rádiu, Praktické elektronice a časopise RC modely se mi však seslala taková dopisová odezva, že se odvažuji tvrdit: *Zájem o amatérskou stavbu modelářské elektroniky je a to mnohem větší, než by se na první pohled zdálo.*

Důvodů je asi několik. Prvním je rostoucí chuť vyrobit něco vlastníma rukama a neomezovat se na sestavení zakoupených dílů podle návodu, touha něco tvořit, vyvíjet a zkoušet. Možná je to i reakce na silící konzumní přístup k životu. Druhým důvodem je nepravdivost tvrzení, že všechno lze dnes koupit. Když si prohlédnete katalogy renomovaných firem se stovkami druhů zboží, máte dojem, že už nic jiného nelze vymyslet. Zkuste však pro svůj konkrétní model najít elektroniku přesně podle svých požadavků a lesk krásných katalogů začne rychle

blednout. Je to pochopitelné, velcí výrobci musí vyrábět velké série a uspokojit průměrného zákazníka; nejsou-li vaše požadavky průměrné, musíte vynaložit mnohem větší úsilí k nalezení malého výrobce specializovaného zboží (a odpovídajícím způsobem ho zaplatit), nebo se pustit do práce sami. Třetím, podle dopisů velmi podstatným důvodem k amatérské stavbě, je cena prodávaných zařízení. Ne každý vždy potřebuje zařízení špičkové úrovně co do rozměrů, hmotnosti, účinnosti a komfortu obsluhy či funkcí současně. Často na některých parametrech vůbec nezáleží a to otevírá možnosti pro působení malých firem nebo amatérskou stavbu a pro velmi podstatné snížení ceny.

Jak už jsem výše naznačil, připravuje se ještě jedno číslo o modelářské elektronice, které by mělo vyjít před koncem roku 1998. Modelářská elektronika je téma živé, kterým se zabývá značný počet amatérů - elektroniků, každý trochu jinak podle své odbornosti, profese i modelářské kategorie. Byl bych rád, kdyby se druhé připravované číslo od tohoto prvního lišilo a obsahovalo mnohem více konstrukcí, jednodušších i složitějších, zejména však co nejvíce originálních. Přednost mají samozřejmě nejen zapojení s moderními, dnes běžně dosažitelnými součástkami, ale také právě naopak zapojení stará, historická, vhodná pro stále oblíbenější repliky modelů. Je hodně modelářů, kteří takové konstrukce mají a byli by je i ochotni zveřejnit, považují však za příliš pracné články napsat. Pokud mezi ně patříte, kontaktujte mě, prosím, určité najdeme řešení, jak společně zařídit, aby Vaše zařízení po zveřejnění mohlo posloužit i ostatním.

Elektronika pro modeláře

Modelářství je činnost velmi rozmanitá a stejně rozmanité jsou i požadavky na elektronická zařízení, která modeláři používají. Srovnáme např. podmínky, v nichž pracuje elektronika na domácím či klubovém železničním kolejišti - prakticky konstantní teplota, mírně kolísající vlhkost a minimum vibrací - s podmínkami, kterým je vystavena výbava v modelu letadla - okolní teplota od -10 do 70°C, vibrace od motoru, možnost výskytu mastných spalin a pokud jde třeba o hydroplán,

i stříkající vody. Tyto podmínky snesou spíše připodobnění k požadavkům kladeným na armádní zařízení.

Obvyklá je snaha o co nejmenší rozměry a hmotnost, někdy však tyto parametry nemusí být vůbec kritické – třeba u maket lodí. Jeden požadavek je však pravděpodobně společný pro všechny modelářské odbornosti – je to snaha o stabilitu a spolehlivost. Porucha být jen části elektronické výbavy u létajícího modelu vede zpravidla k jeho zničení a několikatisícovým škodám, v lepším případě k dobrodružnému sledování, hledání a vyprošťování. V nejlepším případě bude poškozen soutěžní výsledek nebo třeba jen předčasně skončí rekreační létání, plavání či ježdění – i to hodně mrzí.

Obecné zásady stavby modelářských elektronických zařízení se neliší od těch, které byly mnohokrát publikovány, a které musí zvládat každý konstruktér – elektronik, jejich dodržování je však většinou praxí podstatně tvrdším způsobem prověřováno než třeba u měřicích zařízení. Přesto si dovoluji některé ze zásad, jejichž porušování jsem často viděl, zopakovat.

K práci není většinou třeba speciální vybavení dílny. Je důležitější používat kvalitní a třeba jednodušší nástroje v dobrém stavu a držet si pracoviště v čistotě, než vybavovat dílnu na pohled moderními a efektními vymoženostmi, které z cenových důvodů pořídíme od levných neznámých a většinou dálněvychodních firem. Co je platná mikropáječka s číselným měřením teploty, která zobrazuje co „ji zrovna napadne“, když ještě navíc používáme pájku („cin“) z úsporných důvodů „staženou“ z různých starých desek – ta má proto v každém kousku jinou tavnou teplotu. Myslíte si, že tohle je jen vymyšlený příklad? Pak je to jen dobře.

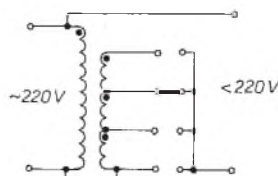
Pokud používáte pistolovou transformátorovou páječku, nevádí, na silové spoje je stejně nutná. Nelitujte však trochu času a pořídte si na ní nástavec z mosazných vnitřků „lustrsvorek“ pro snadnější a rychlejší výměnu pájecích smyček. Sežeňte si na výrobu smyček v prodejních elektřinových sadu nejméně čtyř druhů měděných neizolovaných drátů odstupňovaného průměru. Jako nejtenčí se hodí tenký zvonkový drát (asi $0,3 \text{ mm}^2$), jako druhý tlustší zvonkový drát (asi $0,8 \text{ mm}^2$), jako třetí instalační drát $1,5 \text{ mm}^2$ a jako čtvrtý také instalační drát kolem $2,5 \text{ mm}^2$. Z těchto drátů, pochopitelně bez izolace, budeme vyrábět pájecí smyčky potřebných velikostí. V transformátorové páječce bez regulace můžeme používat jen smyčky ze dvou nejtlustších drátů. Tenčí by příliš hřály a velmi rychle by se přepálily. Proto je nutné zmenšit výkon páječky a to nejlépe regulovaně. Používání delších (asi 4 cm) smyček z tenkého drátu dává v případě, kdy kolem pájeného spoje je velmi málo místa, lepší výsledky, než práce s regulovanou mik-

ropáječkou, u níž bývá problém s manipulací s relativně tlustým kónickým nástavcem. Pokud nasadíme tenký a dlouhý nástavec, začnou potíže s přenosem dostatečného množství tepla od topného tělíska až na hrot. Nevýhodou tenkých drátových smyček je jejich rychlé rozpouštění v pájce a tedy krátká doba života.

Metod zmenšení výkonu transformátorové páječky je několik. Asi nejelegantnější je vestavět tyristorový či triakový fázový regulátor nebo regulátor se spináním v nule do páječky, případně takový regulátor vřadit do síťového přívodu. Nevýhodou je nutnost čelit značnému rušení a pokud se i to podaří zvládnout, transformátor páječky stejně nepříjemně a intenzivně bručí.

Nejjednodušším řešením je vřadit výkonový rezistor, popř. přepínané sady rezistorů do přívodu páječky. Protože ztracený výkon není zrovna malý, budeme muset na rezistor udělat nejlépe celokovovou uzemněnou krabíčku a zajistit přiměřené chlazení. Analogii je vřadit kondenzátory do přívodu. Potřebné kapacity jsou však velké a kondenzátory musí být na napětí nejméně 630 V, takže ve výsledku bude sestavená sada kondenzátorů větší a těžší než sada výkonových rezistorů.

Máte-li v zásobách starší a větší síťový transformátor s několika odbočkami na sekundární straně, můžete ho zapojit jako autotransformátor a přepínačem nastavovat v několika stupních výstupní napětí (obr. 1). V zakreslené orientaci vinutí autotransformátor



Obr. 1.

zmenšuje napájecí napětí. Z funkčního hlediska se mi nejlépe osvědčil starý nastavitelný autotransformátor s otočným jezdcem, opatřeným přímo napěťovou stupnicí. V současné době se už asi nikde taková věc nedostane, pokud však k němu náhodou přijdete, nelikvidujte ho, funguje skvěle.

Při návrhu plošných spojů zejména pro stěsnanější konstrukce často konstruktér podlehne přílišné snaze o miniaturizaci a přestane soudně uvažovat o nutném dimenzování šířky spojů. Na signálové cesty pochopitelně stačí spoje šířky třeba $0,3 \text{ mm}$, viděl jsem však pokus o vedení proudu v třicetiampérovém regulátoru pohonu spojem šířky 1 mm . Nevýdržel. Sam jsem nedávno udělal podobnou chybu také a snažil jsem se „protlačit“ proud kolem 40 A pětimilimetrovým spojem, který jsem zapomněl „posílit“ připájeným drátem. Dařilo se mi to skoro pět vteřin, pak se spoj v délce asi pěti centimetrů pod dýmovou páchnoucí clonou zvedl od laminátové desky,

bleskově se rozsvítil a přepálil současně na několika místech. Pokud nechcete, aby se vaše zařízení měnilo v topení, počítejte na 1 A proudu se šířkou spoje 1 mm . Je-li to nutné, opatrně připájejte po celé délce spoje na jeho povrch neizolovaný měděný drát na posílení. Nejlepším řešením je však větší proudy po desce s plošnými spoji vůbec nést a snažit se o její návrh tak, aby silové přívody i výstupy byly co nejblíže u sebe i za cenu, že budeme muset připojovat vodiče uprostřed plochy desky ze strany spojů.

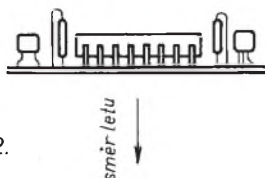
Příbuzným problémem je dostatečné dimenzování použitých součástek. Jako příklad použiji volbu výkonového tranzistoru FET. Podle katalogových údajů si vybereme např. tranzistor typu IRLI2203G v pouzdře TO-220FP (pouzdro z nevodivého plastu). Podle katalogových údajů je schopen pracovat při napětí až 30 V , maximálním proudu 100 A a ztrátovém výkonu 130 W . Protože v modelu asi nebude tranzistoru poskytnout dostatečný chladič, budeme se muset spokojit s vyzářeným výkonem samotného pouzdra, což je asi 2 W . Z odporu tranzistoru v sepnutém stavu $0,007 \Omega$ lze spočítat maximální trvalý proud tranzistorem na 16 A . Potud je vše v pořádku. Zamyslete se však nad tím, jak se projeví proud kolem 16 A na dlouhých přívodních nožičkách tranzistoru, které mají průřez $0,5 \text{ mm}^2$, zkuste na nich změřit při tomto proudu úbytek napětí a spočítejte si ztrátový výkon, který se přidává k výkonu na polovodičové součástce. Kdo nechce počítat, ať si představí srovnání. Napadlo by vás udělat síťový přívod k elektrickému topení o výkonu 3500 W (tj. $220 \text{ V}/16 \text{ A}$) ze středně tlustého zvonkového drátu ($0,5 \text{ mm}^2$)?

Některá elektronická zařízení mohou být za provozu i přes uložení do měkkého pružného materiálu vystavena vibracím. Ty způsobí tím méně vad, čím tužší bude uchycení součástek na desce s plošnými spoji a čím budou tyto součástky lehčí. Ne náhodou po zavedení plošné montáže (SMT) do výroby přijímačů a servozesilovačů RC souprav se velmi praxeově zmenšila jejich poruchovost. Pro modely vystavené vibracím, tedy zejména pro modely se spalovacími motory středních objemů od $3,5$ do 10 cm^3 je technologie SMT velmi potřebná ani ne tak pro miniaturní rozměry, jako pro odolnost proti vibracím. Podrobný a velmi pěkný popis průmyslového i amatérského zvládnutí technologie SMT najdete v [1].

Vyrábíme-li přesto zařízení ze součástek v klasickém provedení, zkracujeme drátové vývody na minimum a součástky pokud možno přimkneme k desce. Při montáži „nastojato“ musíme předpokládat, že se součástky budou vlivem vibrací snažit pohnout. Delší drátové vývody izolujeme tenkou silikonovou bužírkou a nikdy ne-

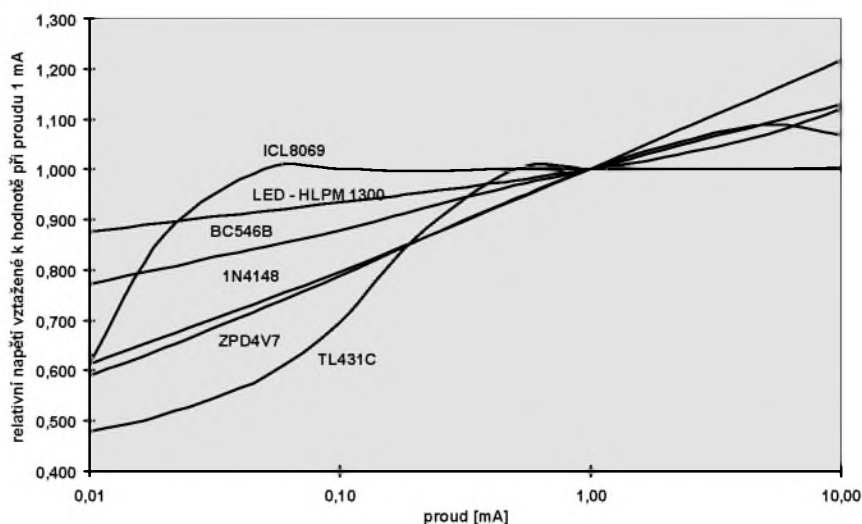
spoléháme na to, že lak na povrchu rezistorů bude tvořit dokonalou a hlavně trvalou izolaci. Už při návrhu plošných spojů si je třeba uvědomit, že měděná fólie desky neslouží pouze k elektrickému propojení, ale i k mechanickému připevnění osazených součástek. Zejména u těžších součástek (jako jsou odporové trimry a elektrolytické kondenzátory) je třeba přiměřeně zvětšit pájecí plošky. Osvědčilo se součástky montované nastojato po dokončení a oživení celého zařízení vzájemně zafixovat pomocí pružného silikonového lepicího tmelu. Tím se podstatně zvětší odolnost proti vibracím i nárazu.

Při tvrdším přistání nebo dokonce havárii létajícího modelu je palubní elektronika vystavena značnému, byť mžikovému přetížení. Samozřejmě tedy je nutnost uložit ji v modelu měkce a pružně, pokud je to jen trochu možné. Při montáži dbáme na to, aby elektronika byla orientována deskou s plošnými spoji v předpokládaném směru nárazu. Podstatně se tím zvětší její šance na přežití při havárii (obr. 2).



Obr. 2.

Samostatnou problematikou je zajištění napěťové, časové a zejména teplotní stability konstrukcí pro modeláře. Jsem přesvědčen, že právě v tomto ohledu mají mnozí autoři publikovaných zapojení velké dluhy vůči široké veřejnosti. Údaje o teplotní stabilitě, případně o velikosti teplotního driftu nebývají obvykle uvedeny ani v návodech ke konstrukci, ani v testech profesionálních výrobků. Stejně tak i údaje o změnách vyvolaných poklesem napájecího napětí. Přitom modelářská zařízení (snad kromě železničních modelů) jsou provozována v širokém teplotním rozmezí minimálně od -10 °C (létání na sněhu) do +55 °C (uvnitř modelu položeného na sluníčku v létě bývá i podstatně více). I pokud se smíme s tím, že s měnícím se ročním obdobím je třeba elektroniku v modelu znovu seřadit, během jediného dne v létě je model vystaven rozdílu teplot kolem 30 °C. Je velmi nepříjemné, pokud se například regulátor pohonu v poledne sám rozbíhá při plně staženém ovladači a naopak ve večerním chladku už nejde vůbec nastavit plný výkon. Takové věci jsem pozoroval i u některých u nás prodávaných výrobků. Na teplotní nestabilitě se podepisují zejména dva činitele - teplotně závislé referenční zdroje napětí v zařízeních a použití teplotně nestabilních kondenzátorů. Někdy je řešením důsledné používání kvalitních součástek, jindy je třeba doplnit do zařízení kompenzační součástky, jako např. u vysílače Modela T6 AM27 (viz [2]).



Obr. 3. Relativní závislost napětí referenčního zdroje na proudu

Pokusil jsem se orientačně změřit a srovnat typické součástky používané jako zdroje referenčního napětí - polovodičový přechod signálové diody (1N4148), LED (HLMP1300), malou Zenerovu diodu (ZPD4V7), přechod B-E tranzistoru (BC546B) a dva specializované integrované obvody, TL431C

(podrobnosti viz [3] a [4]) a ICL8069. Přiznám se, že výsledky mě samotného dost překvapily. Získané údaje závislosti napětí na procházejícím proudu jsou v tab. 1.

Protože každý z referenčních zdrojů poskytuje jiné napětí, tab. 2 ukazuje stejné naměřené údaje, ale vztažené

Tab. 1. Závislost napětí [V] referenčního zdroje na proudu

Proud [mA]	1N4148	HLMP1300	ZPD4V7	BC546B	TL431C	ICL8069
0,01	0,392	1,465	2,585	0,548	1,186	0,748
0,02	0,427	1,492	2,829	0,571	1,269	1,063
0,05	0,474	1,528	3,176	0,602	1,454	1,221
0,10	0,510	1,560	3,455	0,625	1,721	1,221
0,20	0,549	1,591	3,750	0,652	2,137	1,218
0,50	0,602	1,633	4,130	0,689	2,478	1,221
1,00	0,641	1,670	4,384	0,711	2,478	1,221
2,00	0,683	1,711	4,587	0,740	2,478	1,221
5,00	0,737	1,784	4,772	0,776	2,478	1,223
10,00	0,780	1,871	4,683	0,803	2,480	1,226
Cena [Kč]	0,60	3,00	3,00	2,50	14,00	65,00

Tab. 2. Relativní závislost napětí [V] referenčního zdroje na proudu

Proud [mA]	1N4148	LED	ZPD4V7	BC546B	TL431C	ICL8069
0,01	0,612	0,877	0,590	0,771	0,479	0,612
0,02	0,667	0,894	0,645	0,804	0,512	0,870
0,05	0,740	0,915	0,724	0,847	0,587	1,000
0,10	0,796	0,934	0,788	0,879	0,695	1,000
0,20	0,856	0,953	0,855	0,917	0,862	0,998
0,50	0,940	0,978	0,942	0,969	1,000	1,000
1,00	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
2,00	1,067	1,025	1,046	1,041	1,000	1,000
5,00	1,151	1,068	1,089	1,091	1,000	1,001
10,00	1,217	1,121	1,068	1,130	1,001	1,004

Tab. 3. Závislost napětí [V] referenčního zdroje na teplotě

t [°C]	1N4148	LED	ZPD4V7	BC546B	TL431C	ICL8069
-4,4	0,7124	1,7245	4,4300	0,7674	2,4780	1,2209
26,0	0,6388	1,6657	4,3810	0,7143	2,4790	1,2194
55,0	0,5676	1,6102	4,3330	0,6501	2,4770	1,2123

Tab. 4. Relativní závislost napětí [V] referenčního zdroje na teplotě

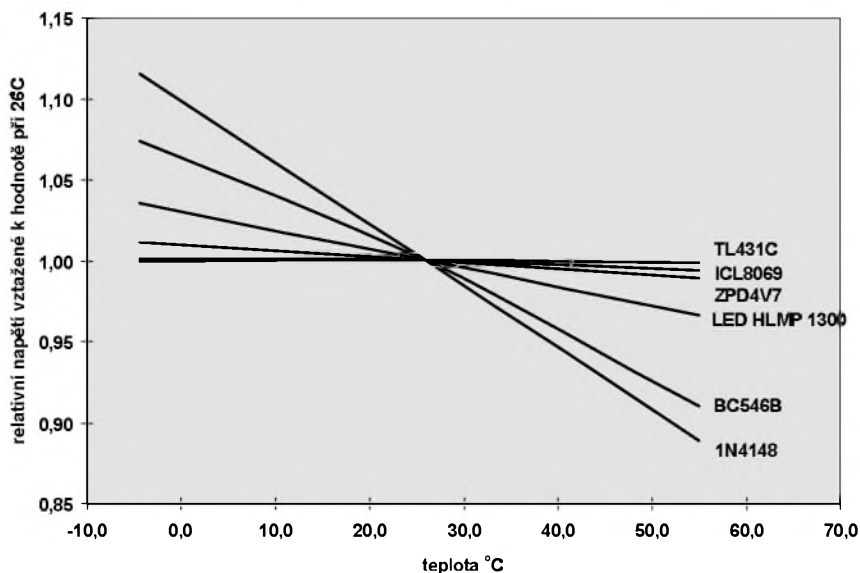
t [°C]	1N4148	LED	ZPD4V7	BC546B	TL431C	ICL8069
-4,4	1,1152	1,0353	1,0112	1,0743	0,9996	1,0012
26,0	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
55,0	0,8885	0,9667	0,9890	0,9101	0,9992	0,9942

relativně k napětí při procházejícím proudu 1 mA. Protože ve většině modelářských zařízení se snažíme minimalizovat odběr proudu, zajímají nás především právě referenční zdroje fungující kolem proudu 1 mA a menším. Graf na obr. 3 už jen představuje údaje z tab. 2 v názornější podobě.

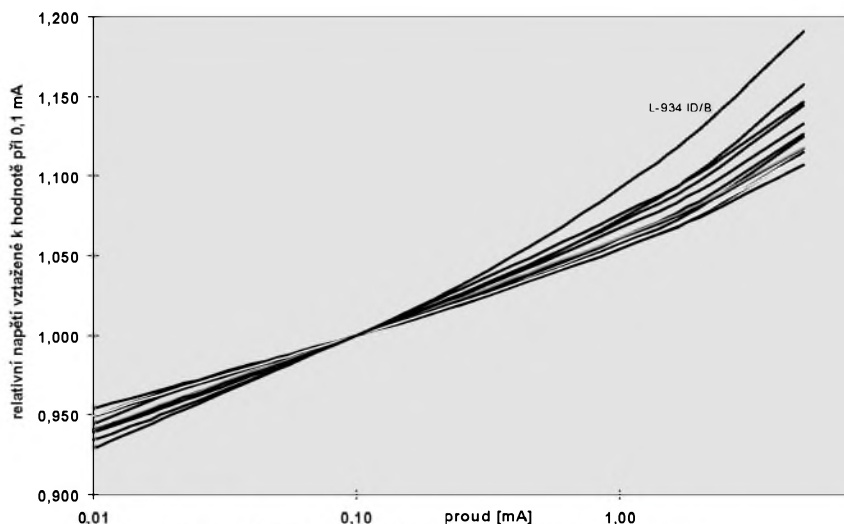
Z naměřených údajů vyplývá, že specializované IO poskytují sice téměř dokonale stabilní napětí, ale až od určitého proudu. TL431C je výborný a vcelku levný referenční zdroj, pracuje však až od 1 mA. Stejně tak ICL8069 dává výborné výsledky při proudu 0,1 mA a větším. Mimo svůj zaručovaný rozsah proudů jsou oba IO nepoužitelné. Z ostatních součástek měla nejmenší závislost napětí na proudu svítivá dioda HLMP1300 a navíc je schopna funkce od 0,01 mA. Stejně tak i přechod B-E tranzistoru BC546B a běžnou diodu 1N4148 lze použít od 0,01 mA, ale závislost napětí na procházejícím proudu je mnohem větší. Zenerova dioda je v uvažovaném rozsahu proudů nepoužitelná, přestože se jednalo o nejmenší dostupný typ, její stabilizační účinky se začínají projevovat až kolem 3 mA.

Obdobně byla změřena i teplotní závislost napětí při proudu 1 mA. Měření proběhlo sice jen pro tři teploty a to $-4,4^{\circ}\text{C}$, 26°C a 55°C , ale naměřené závislosti jsou podle předpokladu téměř ideálně lineární, takže měření při více teplotách není nezbytné. Zjištěné velikosti napětí shrnuje tab. 3 a opět v další tabulce, tab. 4, jsou vztaženy k údajům naměřeným při teplotě 26°C a vyneseny do grafu na obr. 4.

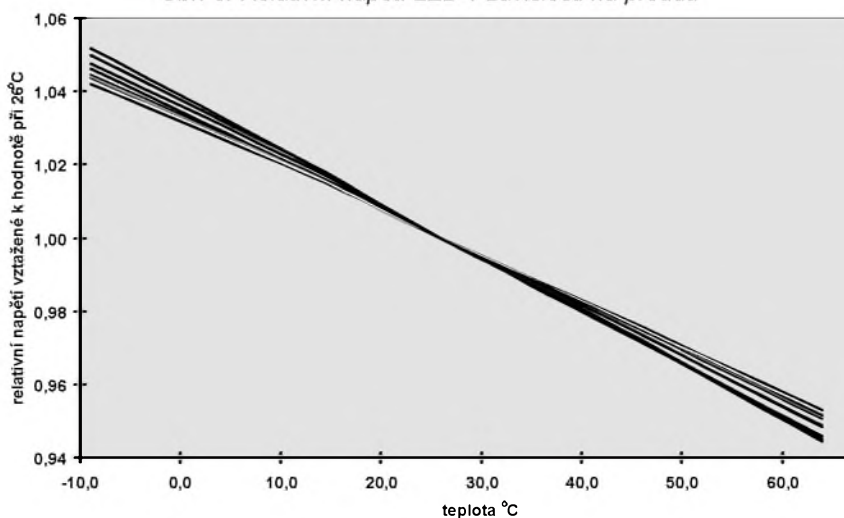
Oba měřené IO jsou (opět podle očekávání) prakticky teplotně nezávislé, z ostatních součástek má nejmenší závislost Zenerova dioda, ta však při proudu 1 mA ještě fakticky nefunguje jako stabilizátor, takže tento výsledek nelze brát příliš vážně. Velmi malou závislost má LED, se značným odstupem za ní se umístila dioda 1N4148 a tranzistor BC546B.



Obr. 4. Relativní napětí referenčního zdroje v závislosti na teplotě



Obr. 5. Relativní napětí LED v závislosti na proudu



Obr. 6. Relativní napětí LED v závislosti na teplotě

Co z těchto závislostí prakticky vyplývá? Uděláme-li například detektor zmenšení napětí ve vysílači, který jako referenční zdroj používá přechod B-E tranzistoru a celek nastavíme při pokojové teplotě na indikaci napětí 8 V, potom za mrazu -5°C bude indikované napětí o 0,6 V větší a při postavení vysílače na sluníčko v létě (55°C) o 0,7 V menší. Rozdíl napětí

je tedy asi 1,3 V, což je srovnatelné s napětím jednoho článku NiCd! V tomto konkrétním příkladě teplotní závislost nezpůsobí žádnou havárii. Podíváme-li se současně na změny napětí NiCd v závislosti na teplotě (např. [5]), zjistíme, že se ve sledovaném rozmezí teplot mění o 0,1 V/článek (se zvyšující se teplotou se zvětšuje), tj. 0,8 V na 8článekovou baterii vysílače. Tyto dva vlivy se vzájemně sečtou a tak indikátor při 20°C správně detekující vyčerpání asi 90 % využitelné kapacity akumulátoru bude za mrazu neustále ukazovat vyčerpané baterie a v horku zareaguje na vyčerpání zdrojů citelně později, než by měl. Na příklady takových teplotně citlivých zapojení upozorním v dalším textu.

Protože se při předchozích měřeních ukázala svítivá dioda jako velmi slušný a přitom levný zdroj referenčního napětí a katalogy LED se soustřeďují zejména na jejich světelné vlastnosti, zajímalo mne porovnání různých typů LED z hlediska jejich závislosti napětí na proudu a teplotních změn. Porovnávalo bylo dvanáct LED výrobců Ledtech, Kingbright a Hewlett Packard, diody „běžné“, určené pro proud 20 mA i s malým příkonem na 2 mA, od každého výrobce i typu barvy červená, zelená i žlutá. Naměřené údaje

Tab. 5. Závislost napětí [V] referenčního zdroje na proudu

I [mA]	Běžné - Ledtech			2 mA - Kingbright			Běžné - Hewlett Packard			2 mA - Hewlett Packard		
	červená	zelená	žlutá	červená	zelená	žlutá	červená	zelená	žlutá	červená	zelená	žlutá
	L - 934 ID/B	L - 934 GD/B	L - 934 YD/B	L - 934 LID	L - 934 LGD	L - 934 LYD	HMLP 1300	HLMP 1503	HLMP 1400	HLMP 1700	HLMP 1790	HLMP 1719
0,01	1,438	1,651	1,583	1,469	1,634	1,592	1,460	1,673	1,579	1,442	1,647	1,575
0,02	1,468	1,678	1,614	1,498	1,669	1,621	1,487	1,696	1,611	1,475	1,674	1,606
0,05	1,508	1,712	1,654	1,534	1,704	1,654	1,525	1,729	1,651	1,518	1,709	1,646
0,10	1,540	1,740	1,684	1,562	1,731	1,677	1,555	1,754	1,680	1,552	1,735	1,677
0,20	1,576	1,766	1,712	1,591	1,759	1,702	1,586	1,779	1,709	1,586	1,762	1,708
0,50	1,632	1,805	1,753	1,635	1,801	1,738	1,629	1,817	1,751	1,632	1,800	1,753
1,00	1,683	1,839	1,785	1,676	1,836	1,768	1,665	1,849	1,783	1,669	1,832	1,789
2,00	1,739	1,879	1,820	1,723	1,876	1,801	1,705	1,886	1,818	1,709	1,868	1,829
5,00	1,835	1,956	1,881	1,808	1,950	1,858	1,780	1,955	1,879	1,780	1,932	1,900

Tab. 6. Relativní závislost napětí [V] referenčního zdroje na proudu

I [mA]	Běžné - Ledtech			2 mA - Kingbright			Běžné - Hewlett Packard			2 mA - Hewlett Packard		
	červená	zelená	žlutá	červená	zelená	žlutá	červená	zelená	žlutá	červená	zelená	žlutá
	L - 934 ID/B	L - 934 GD/B	L - 934 YD/B	L - 934 LID	L - 934 LGD	L - 934 LYD	HMLP 1300	HLMP 1503	HLMP 1400	HLMP 1700	HLMP 1790	HLMP 1719
0,01	0,934	0,949	0,940	0,940	0,944	0,949	0,939	0,954	0,940	0,929	0,949	0,939
0,02	0,953	0,964	0,959	0,959	0,964	0,966	0,956	0,967	0,959	0,950	0,965	0,958
0,05	0,979	0,984	0,982	0,982	0,984	0,986	0,981	0,986	0,983	0,978	0,985	0,982
0,10	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
0,20	1,023	1,015	1,017	1,019	1,016	1,015	1,020	1,014	1,017	1,022	1,015	1,019
0,50	1,059	1,038	1,041	1,047	1,040	1,036	1,048	1,036	1,042	1,052	1,038	1,045
1,00	1,093	1,057	1,060	1,073	1,061	1,054	1,071	1,054	1,062	1,076	1,056	1,067
2,00	1,129	1,080	1,081	1,103	1,084	1,074	1,097	1,075	1,082	1,101	1,076	1,091
5,00	1,191	1,124	1,117	1,158	1,127	1,108	1,144	1,115	1,118	1,147	1,113	1,133

Tab. 7. Závislost napětí [V] referenčního zdroje na teplotě

t [°C]	Běžné - Ledtech			2 mA - Kingbright			Běžné - Hewlett Packard			2 mA - Hewlett Packard		
	červená	zelená	žlutá	červená	zelená	žlutá	červená	zelená	žlutá	červená	zelená	žlutá
	L - 934 ID/B	L - 934 GD/B	L - 934 YD/B	L - 934 LID	L - 934 LGD	L - 934 LYD	HMLP 1300	HLMP 1503	HLMP 1400	HLMP 1700	HLMP 1790	HLMP 1719
-9,0	1,616	1,811	1,757	1,635	1,802	1,747	1,627	1,821	1,754	1,623	1,807	1,750
12,5	1,568	1,766	1,712	1,589	1,757	1,705	1,583	1,778	1,711	1,580	1,764	1,707
26,0	1,536	1,735	1,681	1,558	1,726	1,674	1,556	1,747	1,680	1,550	1,733	1,676
41,0	1,505	1,703	1,650	1,525	1,694	1,641	1,522	1,716	1,649	1,519	1,701	1,645
64,0	1,452	1,651	1,597	1,471	1,643	1,589	1,471	1,665	1,598	1,469	1,650	1,593

Tab. 8. Relativní závislost napětí [V] referenčního zdroje na teplotě

t [°C]	Běžné - Ledtech			2 mA - Kingbright			Běžné - Hewlett Packard			2 mA - Hewlett Packard		
	červená	zelená	žlutá	červená	zelená	žlutá	červená	zelená	žlutá	červená	zelená	žlutá
	L - 934 ID/B	L - 934 GD/B	L - 934 YD/B	L - 934 LID	L - 934 LGD	L - 934 LYD	HMLP 1300	HLMP 1503	HLMP 1400	HLMP 1700	HLMP 1790	HLMP 1719
-9,0	1,052	1,044	1,045	1,050	1,044	1,044	1,046	1,042	1,044	1,047	1,043	1,044
12,5	1,021	1,018	1,018	1,020	1,018	1,018	1,018	1,017	1,018	1,019	1,018	1,018
26,0	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
41,0	0,979	0,981	0,982	0,979	0,982	0,980	0,978	0,982	0,981	0,980	0,982	0,981
64,0	0,945	0,951	0,950	0,944	0,952	0,949	0,946	0,953	0,951	0,948	0,952	0,951

shrnují obdobným způsobem jako v předchozích případech tab. 5, tab. 6, tab. 7, tab. 8 (viz předchozí stranu) a grafy na obr. 5 a obr. 6. S ohledem na to, že byl v tomto případě měřen vždy jen jeden vzorek, nelze výsledky považovat za reprezentativní, přesto z nich však vyplývá, že mezi LED různých výrobců, barev (tj. technologií) ani typů nejsou podstatné rozdíly v závislostech na proudu ani na teplotě.

Jako kondenzátory s malým teplotním koeficientem se používají zejména fóliové typy FKC (žluté), MKS (červené) a FKS (modré). Barevné značení odpovídá výrobkům firmy WIMA. Teplotní koeficienty shrnuje následující tabulka. Bližší údaje najdete v [6] nebo v katalogu výrobce.

Značení	Materiál	Teplotní koeficient [$10^{-6}/K$]
FKC (KC, MKC)	polykarbonát, makrofol	+150
MKS (FKS, KS)	polystyrol, styroflex	-150
MKP (KP)	polypropylen	-200
MP (metalizovaný papír)	MP	+2500

RC soupravy

Vysílače a přijímače

Amatérská konstrukce modelářských RC souprav má v našich zemích dlouhou a bohatou tradici a v určitém smyslu byla a někdy dosud je ztotožňována s pojmem modelářské elektroniky. Důkazem velké obliby stavby RC souprav je i značné množství článků a návodů, které na toto téma byly zveřejněny. Asi nejrozsáhlejším z nich byl seriál „Soupravy RC s kmitočtovou modulací“ pana Jaromíra Mynaříka, který vycházel v AR od konce roku 1980 po celý rok 1981. I když věřím, že popularita stavby RC souprav nebyla vyvolána pouze jejich nedostupností či lépe řečeno velmi omezeným sortimentem na tuzemském trhu, přece jen současně s otevřením hranic a masivním dovozem zahraničních zařízení publikované návody prakticky vymizely.

I v současné době by měla amatérská stavba jistě své zastánce, jedná se však v podstatě o činnost nezákonnou. S účinností od 1. srpna 1994 vstoupilo v platnost generální povolení Českého telekomunikačního úřadu GP-04/1994 ke zřízení a provozování vysílačů rádiových stanic pro řízení hraček a pro dálkové ovládání modelů. Toto povolení opravňuje fyzické i právnické osoby zřizovat, provozovat ale i jen přechovávat modelářské stanice bez dalšího povolení a poplatků, ovšem jen za předpokladu, že budou splněny určité podmínky.

Základní podmínkou je schválení příslušné stanice odborem certifikace ČTÚ a jejich označení schvalovací značkou (obr. 7). Každá prodávaná

stanice by měla být označena nesnímatelnou nálepkou (nálepkami) a doplněna o kopii rozhodnutí o schválení zařízení k provozování v ČR. Kopie musí být opatřena originálem razítka držitele povolení uvedeného v záhlaví a dále razítkem a podpisem prodejce.

Starší modelářské stanice, na které bylo vydáno individuální povolení pro zřízení a provozování před 1. srpnem 1994, se mohou provozovat pouze do 31. prosince 2000, přičemž jako doklad dále slouží staré individuální povolení, i když má prošlé datum platnosti. Tyto soupravy už však nelze převést na jinou osobu, změnou majitele automaticky ztrácí povolení platnost. Modeláři, který drží ve vlastnictví nebo provozuje stanici bez povolení,

může kontrolní orgán ČTÚ vyměřit pokutu až do výše 3000 Kč.

Certifikační řízení pro dovozce souprav je nejen časově náročné, ale i zatížené poplatky. Za certifikaci se platí 5000 Kč, za měření soupravy 30 000 až 35 000 Kč. Podle vyjádření odchodníků si náklady na certifikaci jednoho typu zařízení vyžádají náklady nejméně 50 000 Kč.

Předchozí řádky jsou stručným souhrnem faktů, s nimiž sice nemusíme souhlasit, ale na jejichž platnost rozčilování nemá vliv. Protože se jedná opravdu jen o stručný výťah, doporučuji všem, kterých by se tyto řádky významně týkaly, aby si sehnali úplné znění uvedeného generálního povolení nebo se informovali přímo na ČTÚ.

Jedna věc je litera zákona, druhá výklad zákona a třetí praxe. Mým osobním názorem je, že v situaci, kdy jsou hračkářské obchody a trhy plné dálkově ovládaných hraček, jejichž vysílače mají v nejlepším případě krystal (většinou však ani ten ne; viděl jsem i vysílač, který pouštěl do antény signál téměř pravoúhlého průběhu z multivibrátoru), ale o čistotě kmitočtového spektra si mohou nechat jen zdát, je nesmyslné stíhat modeláře s nesrovnatelně kvalitnějším vybavením. Jsem schopen pochopit, že každé zařízení stárne a s časem mění své parametry a není tedy žádoucí ho tolerovat neomezeně dlouho, ale doba od vydání generálního povolení do konce roku 2000 se mi zdá dost krátká. Známe výrobce Grapner Varioprop 12S s rokem výroby 1971, na kterém 26 let provozu poznáte jen podle „oběhaných“ mechanik kniplů a poškrábané skříňky. Je to sice už výjimka, ale přesto by měla být zákonná alespoň omezená možnost držet starší RC soupravy pro sběratele. Nepřipadá vám celá věc jako nařazení, aby se k danému datu sešrotovaly všechny autovereráry?

Na našem trhu už je markantně znát, jak legislativa dusí podnikání ani ne tak nutnou administrativou, ale poplatky. Už na výstavě Model hobby 97 jsem mluvil s několika výrobci a dovozci, kteří tuto oblast opustili, protože pokud certifikaci nezískají, jednají v rozporu s platnou legislativou, pokud nechají zboží projít certifikací a poplatky zaplatí, musí je „rozpustit“ v ceně a jejich zboží se stane naprosto neprodejné. Ukázkovým případem je dovoz opravdu špičkových RC souprav v ceně kolem 80 000 Kč za kus. Takových souprav se na našem trhu prodá jen pár kusů ročně (třeba opravdu jen ten pár) a přestože výrobce absolvoval náročné testy a zkoušky ve své zemi a má certifikaci platnou v EU, u nás mu to není nic platné a legální možnost zakoupit si na tuzemském trhu toto kvalitní zařízení tedy není.

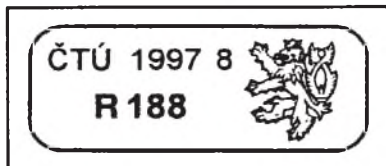
Seriózní prodejci trh vyklízejí, neseriózní jsou si vědomi toho, že se jim těžko něco stane a prodávají hromadně soupravy bez certifikace. Stačí, když se rozhlédnete téměř v kterémkoli modelářském obchodě. Pokud si soupravu zákazník (začátečník) koupí, ani většinou neví, že jedná v rozporu se zákony. Když to po čase zjistí, může se už domáhat nápravy jen reklamčním řízením nebo u soudu. Má to však v našich podmínkách smysl?

Ještě dovolu poslední poznámku. Chápu nedůvěru ČTÚ k amatérsky postaveným soupravám a individuálním dovozům ze zahraničí. Co ale nechápu je fakt, že souprava od renomovaného výrobce zakoupená v tuzemském obchodě krátce před tím, než ČTÚ přišel s označováním souprav certifikačními značkami, má být koncem roku 2000 sešrotována, zatímco stejný typ soupravy stejného výrobce koupený o několik měsíců později s vyznačenou certifikací lze používat bez časového omezení. Doufám, že kontrolní orgány ČTÚ budou v praxi uplatňovat kromě litery předpisu i zdravý rozum.

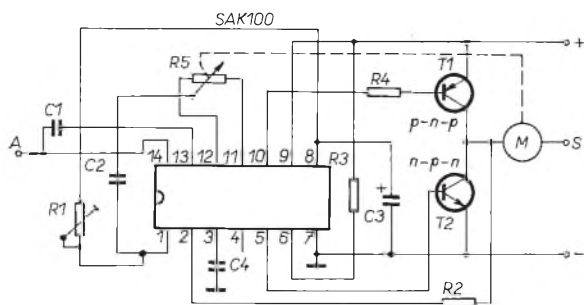
Předpokládám, že předchozí řádky poskytl jasné vysvětlení, proč v této kapitole nenajdete ani jediné schéma či konstrukční návod a to ani na stavbu příjimače. I přijímače jsou totiž součástí RC souprav a vztahují se na ně podmínky generálního povolení (nebo snad generálního zákazu?).

Servozesilovače, servomechanismy

Servozesilovače převádějí vstupní šířkově modulované pulsy na elektrické řízení servomotoru. Starší typy servozesilovačů byly konstruovány tak, že využívaly dělení napájecího zdroje na polovinu - obvykle dva plus dva články NiCd, tedy 2,4 a 4,8 V. Pokud by bylo třeba z nějakého důvodu postavit takový servozesilovač, lze použít starší stavební návody. V [7] nebo [8] jsou uvedeny konstrukce s diskretními stavebními prvky. Zajímavý, vtip-



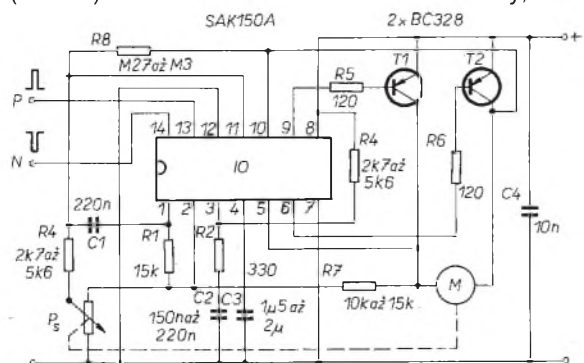
Obr. 7.



Obr. 8. Servozesilovač s IO SAK100

ný a jednoduchý, avšak značně nestandardní servozesilovač s běžnými integrovanými obvody najdete v [9]. Lze ho spojit pouze s přijímačem, ke kterému byl vyvinut, protože jinak by při výpadku signálu přejala všechna serva do krajní polohy. Zřejmě prvním specializovaným integrovaným obvodem pro servozesilovače staršího typu byl SAK100 firmy Valvo, jehož popis zapojení je v [10] (obr. 8).

V současnosti používaná můstková zapojení pracují jen s jedním napájecím napětím. Představitelem novějších integrovaných obvodů je WE3141, známý také pod označením NE543. Umožňuje sestavit kompletní servozesilovač bez jakékoli další aktivní součástky (obr. 9). Zapojení bylo převzato z [16]. Obdobný obvod SAK150A (podrobnosti v [11]) obsahuje dva tranzistory z výkonového můstku, dva tranzistory p-n-p je třeba doplnit externě (obr. 10).



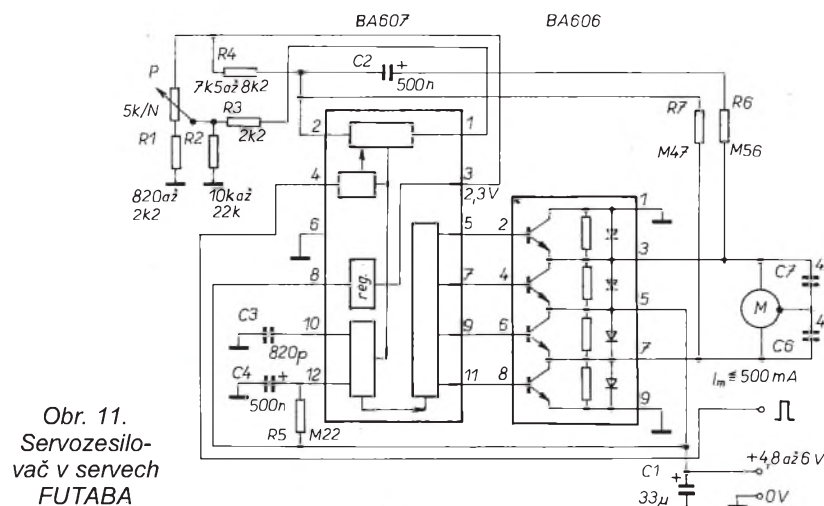
Obr. 10. Servozesilovač s obvodem SAK150A

V servech Futaba se lze setkat s jinou dvojicí IO, BA607 a k němu čtveřicí výkonových tranzistorů BA606 (obr.

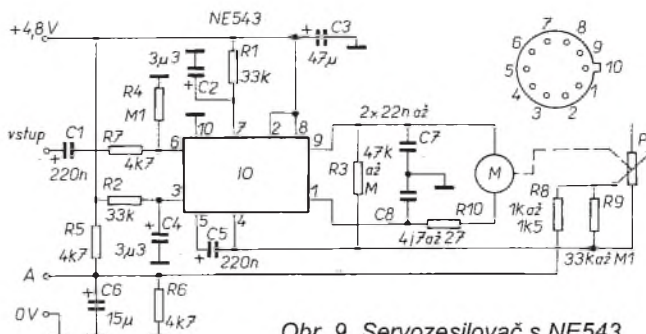
11). Podrobnější informace najdete v [12] a v [13].

V servech, vyráběných v bývalé NDR, bylo možné najít obvod B654D, což byl přibližný ekvivalent jiného obvodu, SN28654 firmy Texas Instruments. Popis obvodu vyšel v [14], schéma doporučeného zapojení servozesilovače je na obr. 12. Poněkud odlišné zapojení a konkrétní návod včetně návrhu desky s plošnými spoji na stavbu náhradního servozesilovače pro serva Futaba FP-S7 je uveden v [15]. Pokud se ještě podaří tento obvod někde sehnat, nebude pravděpodobně příliš drahý a servozesilovač s ním postavený má velmi solidní parametry.

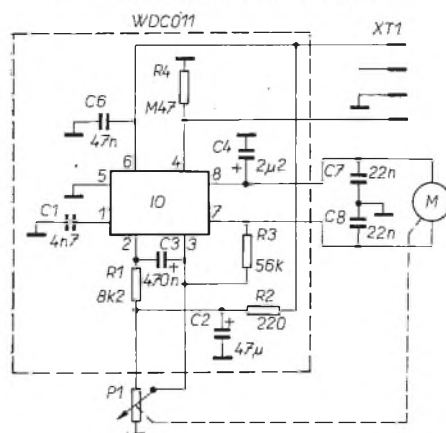
U nás v minulosti hojně používaná a dosud vyprodávaná serva TESLA ST-1 obsahují obvod WDC011, který vyžaduje opravdu jen velmi málo externích součástek (obr. 13). Součástí obvodu jsou i všechny výkonové tranzistory, což samozřejmě šetří prostor i



Obr. 11. Servozesilovač v servech FUTABA

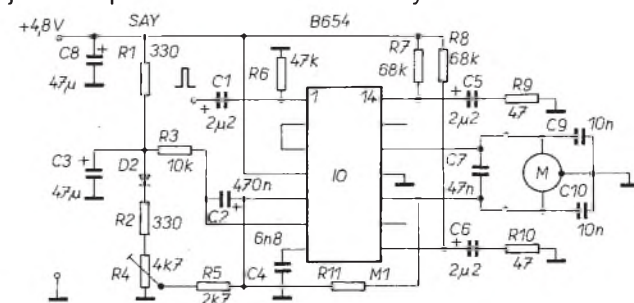


Obr. 9. Servozesilovač s NE543



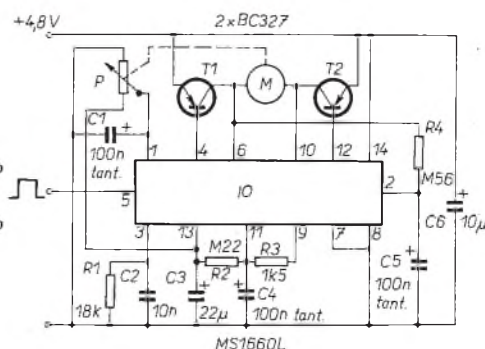
Obr. 13. Tuzemský servozesilovač s hybridním obvodem WDC011

strannými vývody není obvod příliš odolný vůči nárazu. Známá je také jeho náchylnost ke zničení nadproudem, o který není nouze při najetí serva na mechanický doraz.



Obr. 12. Servozesilovač s B654D

Jedním ze současných integrovaných obvodů pro servozesilovače je M51660L. Zapojení servozesilovače s tímto obvodem převzaté z [10] (obr. 14) lze použít při náhradě spáleného servozesilovače serva běžné velikosti, nikoli v mikro provedení. Na rozdíl od předchozích obvodů, které najdeme spíše ve starších zásobách nebo výprodeji, tento obvod je běžně dostup-



Obr. 14. Servozesilovač s IO M51660L

ný například u firmy Conrad electronics. Je jen otázkou, zda jeho cena kolem 8 DM neodradí některé tuzemské zájemce. U stejné firmy lze zakoupit i stavebnici servozesilovače nebo oživený modul ovšem v ceně asi 25 DM. Je jistě zajímavé, že nové servo stojí méně.

Budeme-li se snažit nahradit poškozený servozesilovač a dosáhnout stejných nebo podobných rozměrů i funkčních parametrů jako měl originál, asi nám nezbude, než sáhnout po některém ze specializovaných integrovaných obvodů. Může se však stát, že na rozměrech až tak moc nezáleží a též nároky na funkci nejsou příliš vysoké, zato chceme v první řadě velmi levné a jednoduché řešení. Potom přijde ke slovu například následující konstrukce.

Jednoduchý servozesilovač

Hlavním cílem při konstrukci tohoto servozesilovače se stalo dosáhnout jednoduché stavby z běžně dostupných součástek, velmi nízké ceny a uspokojivé funkce. Schéma zapojení je na obr. 15. Vstupní signál z přijímače je oddělen kondenzátorem C1 a tvarován invertorem se Schmittovým klopným obvodem na vstupu. Rezistor R1 zajišťuje, že se při odpojení vstupního signálu nebo ve stavu libovolné logické úrovně bez impulsů motor nerozbehne.

Od přední hrany impulsu je odvozeno spuštění MKO, který vytváří „normálový“ impuls. Časová i teplotní stabilita MKO je závislá zejména na kvalitě kondenzátoru C2, proto na jeho místo volíme fóliový typ. Kdo by chtěl dosáhnout ještě menší teplotní závislosti, může složit paralelně dva fóliové kondenzátory 100 nF s opačným teplotním koeficientem (typy MKS, resp. KS a MKC, resp. KC). Snažit se dále zlepšit teplotní parametry například párováním kondenzátorů nemá praktický význam, s IO běžné řady ideální klopný obvod stejně nepostavíme. Na místě rezistoru R3 je zapojen potenciometr serva. Protože různá serva používají potenciometry s různým odporem odporových drah, je uvedeno pouze orientační rozpětí 1 až 10 kΩ.

Správné C2, R2 musíme k danému potenciometru najít měřením nebo zkusmo tak, aby při nastavení serva do neutrálu byla časová konstanta MKO právě 1,5 ms (pro některé vysílače 1,3 ms). To však nestačí. Pro krajní využívané polohy páky serva (ponechte rezervu asi 20° od mechanického dorazu serva!) se musí časová konstanta dostat na 1,0, popř. 2,0 ms. Jen tak zaručíme, že servo bude využívat podstatnou část svého mechanického rozsahu a zároveň nikdy nenarazí na doraz. Obecně platí, že menší odpor potenciometru si vyžaduje větší kapacitu kondenzátoru C2. Stejně platí, že rozšíření pásma funkce serva dosáhneme zvětšením R2 se současným úměrným zmenšením kapacity kondenzátoru C2. Pro servo TESLA ST-1 vychází C2 200 nF, R2 je nahrazen drátovou propojkou, R3 je součástí serva a má odpor 8,2 kΩ. Nastavení si asi vyžádá chvíli laborování.

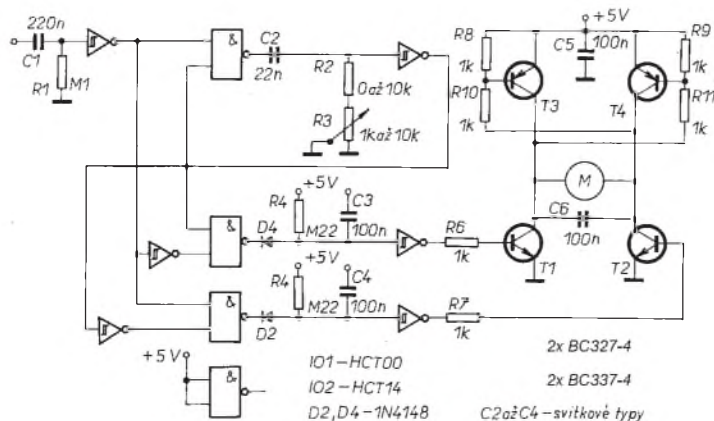
Dvě hradla typu NAND spolu se dvěma inventory porovnávají délku vstupních a „normálových“ impulsů. Pokud je vstupní impuls delší, objeví se na D1 logická nula po dobu rozdílu obou impulsů. Pokud je vstupní impuls kratší, objeví se rozdílový impuls na D2. Rezistory R4, R5 a kondenzátory C3, C4 tvoří spolu s následujícími inventory další MKO, které prodlužují rozdílové impulsy na svých vstupech. Nastavení jejich časových konstant je též velmi důležité a závisí na mechanických vlastnostech daného serva (viz dále). Uvedené součástky vyhověly pro servo TESLA ST-1. Výstupy invertorů, tvořících MKO, přímo spínají tranzistory T1 nebo T2 ve výstupním můstkovém výkonovém členu servozesilovače. Tranzistory T3 a T4 jsou v klidu zavřeny. Sepnutím jednoho z výkonových tranzistorů vodivosti n se okamžitě otevře i příslušný tranzistor vodivosti p v můstku. Tranzistory „snesou“ v běžném provozu až 800 mA a mají proudové zesílení kolem 300 a více.

Ze zapojení je zřejmé, že pokud by byly at' již z jakýchkoli důvodů oba tranzistory T1 a T2 byt' jen na okamžik

v sepnutém stavu současně, zkratuje se napájecí zdroj přes tranzistory můstku a ty se okamžitě zničí. Volba součástek R4 a C3, popř. R5 a C4 musí především zajistit, aby rozdílový impuls nemohl být prodloužen na více než asi 20 ms, přesněji řečeno, aby byl vždy kratší než opakovací perioda vstupních impulsů z přijímače. Protože je zaručeno, že na D1 a D2 se nikdy neobjeví rozdílové impulsy současně, zajistíme tím bezpečnou funkci můstku bez zkratu. Pokud budete nastavovat časovou konstantu podle osciloskopu, využijte pro začátek asi 80 % délky opakovací periody. Takové nastavení zajistí dostatečný výkon na motoru serva při jeho přejezdech a tedy jeho rychlou reakci. Celý servozesilovač má však jen jedinou zpětnou vazbu zahrnující všechna zpoždění serva, a to mechanickou, která vede přes motor a potenciometr. To přináší zvětšenou náchylnost ke kmitání serva kolem nastavené polohy. Právě volbou R4, C3, R5 a C4 nastavíme tyto dynamické parametry serva. Příliš malé odpory a kapacity vedou k nedostatečnému prodloužení rozdílových impulsů, servo „nemá sílu jet“, jen bručí, v lepším případě pomalu jede do požadované polohy. Na páce servo není schopno poskytnout dostatečný moment, cílovou polohu však nepřekmitne, spíše se zastaví těsně před ní a bručí. Příliš velké odpory a kapacity vedou naopak k rychlému pohybu serva s velkým momentem. Servo se však v cílové poloze samo nezastaví a kmitá kolem ní nebo se zastaví až náhodně v pásmu necitlivosti kolem požadované polohy. Při optimálním nastavení tohoto servozesilovače servo jede dostatečně rychle, jednou mírně překmitne cílovou polohu a bez dalšího překmitu se k ní vrátí. I když pohyb s překmitem není obecně žádoucí a serva jsou většinou více tlumena, v našem případě jde o nejlepší dosažitelné nastavení při odlehčeném servu. Po jeho zatížení se překmity viditelně zmenší nebo případně zmizí úplně.

Při nastavování tohoto servozesilovače se ukázala zajímavá věc. Pokud vstupní signál byl z digitálního servotesteru a požadavky na změny polohy byly víceméně skokové, překmity vypadaly dost hrozně až nepoužitelně. Jakmile však byl připojen k přijímači a ovládán vysílačem, ani rychlý pohyb ovladačem už takové překmity nezvolal. Test mikroprocesorovým testerem serv je podstatně „tvrdší“ než praxe.

Vlastní stavba servozesilovače by neměla činit problémy, ani nastavení není příliš složité, je však pracné. Mezi vývody určené k motoru serva v začátku ožívání a seřizování zapojíme žárovku 6 V/0,3 A. Při seřizování postupujeme po krocích ve stejném pořadí, jak bylo výše popsáno. Nejlepší je, máme-li k dispozici osciloskop, postačí však i logická sonda.



Jako zdroj signálu výborně poslouží tester serv; kdo chce brát signál přímo z přijímače, bude se muset smířit s dosti dlouhou dobou vysílání v průběhu seřizování. K napájení použijeme regulovaný zdroj napětí s proudovou ochranou, nastavenou asi na 0,5 A, aby v případě sepnutí obou větví výkonového můstku nebyly tranzistory zničeny. Jakmile najdeme výchozí bezpečné nastavení, zapojíme motor, požadovanou výchylku nastavíme na střed a zesilovač zapneme. Pokud se rozjede a narazí na doraz, okamžitě přerušíme napájení a prohodíme vývody na motoru. Pak už by mělo být vše v pořádku a zbývá doladit překmity serva.

Někoho možná překvapí, že na desce s plošnými spoji (obr. 16, 17) najde místo pro osazení trimru R3, který by přece měl být součástí mechaniky serva, je součástí zpětné vazby a měl by být nastavován spolu s pohybem výstupního kotouče serva. Při stavbě servozesilovače tento trimr neosazujeme a vývod k potenciometru v servu připájíme na volný konec rezistoru R2, popř. na uvolněnou pájecí plošku po trimru. Celé zapojení lze však využít ještě zcela jinak - jako obousměrný spínač pohonu pro velmi malé elektromotorky s odběrem do 0,5 A. V tom případě zvolíme jako C2 220 nF, R2 2,2 kΩ a R3 5 kΩ. Trimrem nastavíme klidovou polohu motoru při ovladači v neutrálu. Nastavení klidové polohy může činit potíže, protože šířka pásma necitlivosti je velmi malá. Pokud to vadí, přidáme na desku ze strany spojů dva keramické kondenzátory a to mezi IO2, vývod 10 a

zem a také mezi vývod 4 a zem. Kapacita kondenzátorů by měla být asi 1 až 10 nF, čím větší kapacita, tím širší pásmo necitlivosti.

Od tohoto servozesilovače nečekejte zázraky, na řízení směru lodě pro rekreační ježdění nebo i pro jednoduchý a jinak „hodný“ školní model letadla ho však lze použít. Cena součástek vychází (podle relací v říjnu 1997) do 50 Kč.

Seznam součástek

IO1	74HCT00
IO2	74HCT14
T1, T2	BC337-4
T3, T4	BC327-4
D1, D2	1N4148
R1	100 kΩ
R2, R31	10 kΩ, podle nastavení
R4, R5	220 kΩ
R6 až R11	1 kΩ
C1	220 nF, keramický
C2	22 nF, fóliový
C3, C4	100 nF, fóliový
C5	100 nF, keram.
C6	10 μF/25 V, elektr. mini

Před nutnost stavět servozesilovač se můžeme dostat i v případě, že na něj máme nějaké velmi speciální požadavky. Takovým požadavkem může být například velký proud a galvanické oddělení motoru, pokud jako motor ve svém servu musíme použít silný elektromotor. Z principiálního hlediska v tom nebude rozdíl, můžeme použít některý ze specializovaných obvodů, jen místo tranzistorů na jeho výstupu budou zapojeny optočleny a za nimi dostatečně výkonné tranzistory řízené polem, FET. Zapojení bude jednoduché, i když asi s ohledem na cenu součástek (zejména FET s vodičností p) dost nákladné.

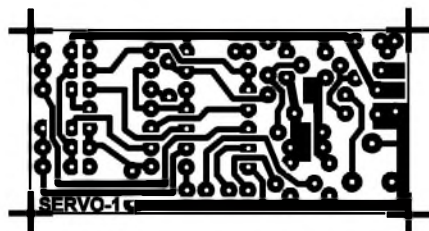
Další typickou možností je snaha o výrobu navijáku pro plachetnici. V literatuře vyšlo několik možných úprav serv, všechny však jen na mechanickém základě buď delší pákou na kotouči serva zajistily potřebnou dráhu pohybu nebo rotační pohyb kotouče ozubenými koly zpřevodovaly na několik otáček navijáku. Tyto úpravy mají společnou nevýhodu. Dosahují

delší dráhy pohybu na úkor použitelné síly a navíc dodatečné převody zatěžují servo ztrátami energie. Řešení může být velmi prosté, i když mechanicky náročnější. Servo rozebereme a přesvědčíme se, že je schopné protočit se kolem dokola. Servozesilovač přepojíme na delší přívody a umístíme ho stranou tak, aby byl snadný přístup k potenciometru. Potenciometr vyjme a nahradíme víceotáčkovým potenciometrem nebo trimrem o stejném nebo co nejbližším odporu. Celá přestavba je víceméně mechanickou záležitostí, kterou může provést i člověk bez znalosti funkce elektroniky serva. K dosažení cílové polohy bude muset upravené servo udělat několik otáček, síla resp. moment bude však odpovídat neupravenému servu.

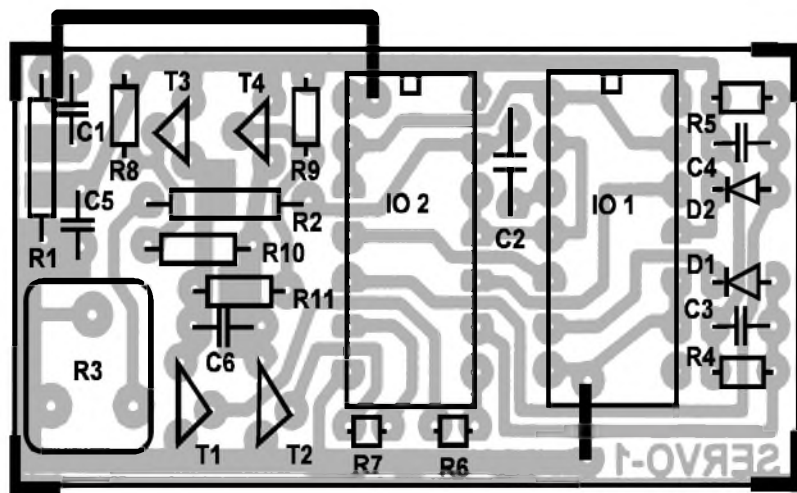
Potřebujeme-li vyvinout opravdu velkou sílu (až stovky N) na nezvykle dlouhé dráze (třeba i jeden metr) a přitom nemůžeme servu poskytnout nijak extrémní napětí a proud, lze obětovat jedině rychlost pohybu serva. Podobné požadavky jsou kladeny třeba na serva pro zatahování větších podvozků letadel (nechceme-li použít pneumatické zařízení) nebo změny geometrie křídla za letu, otáčení věže tanku nebo vyklápění korby u nákladního automobilu. Sami jistě přijdete na další příklady. V řešení tohoto problému specializované IO pro servozesilovače nepomohou, je třeba změnit princip funkce serva. Protože každé takové zařízení je vysoce individuální stejně jako daný model, není následující popis konstrukčním návodem, ale spíše námětem řešení.

Motor serva může mít různou velikost, od motorky používaných v mikroserech až třeba po motor řady 700. Hřídel motoru je přes pružný člen (kardan, spojení pryžovými kroužky „O“ apod.) spojen s pohybovým šroubem potřebné délky, který je na koncích uložen do kuličkových ložisek, aby se mohl volně otáčet. Na šroubu je umístěn jezdec, jehož základ tvoří jedna nebo dvě matice příslušného rozměru, na něj připevníme táhlo ovládaného zařízení. Otáčení jezdce spolu se šroubem brání páka na jezdcí a její třecí uložení na tyči nebo mezdi koležnicemi po celé délce šroubu. Motor zatočí šroub, jezdec se však s ním otáčet nemůže a je závit posouván na jednu nebo druhou stranu. Pohybový šroub vytváří velký převodový poměr mezi rotací motoru a posuvným pohybem jezdce a navíc i při velkém namáhání výstupu serva je prakticky vyloučen přenos síly zpětně z jezdce na motor. Na tomto principu pracují třeba pohony přesných kreslicích plotterů. Přestože popis navozuje dojem, že celá mechanika musí být nutně velmi masivní a těžká, není to pravda.

Použití tohoto systému není ani v modelářství novinkou, zatím jsem však slyšel pouze o aplikacích, v nichž byly v koncových polohách šroubu umístěny spínače, resp. rozpojovače



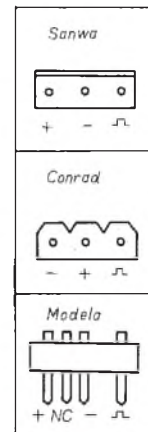
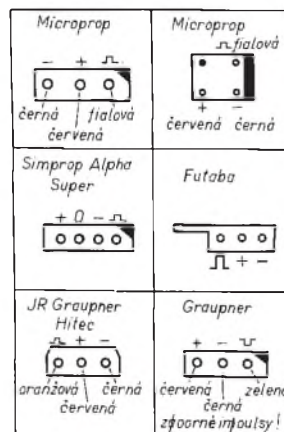
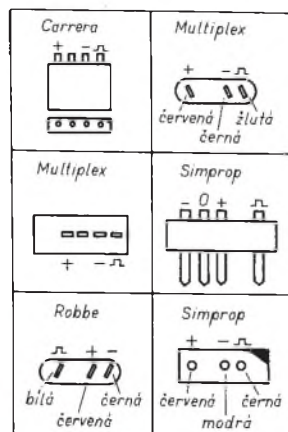
Obr. 16. Deska s plošnými spoji servozesilovače z obr. 15



Obr. 17. Osazená deska s plošnými spoji

a pohyb byl řízen pouze dvojitým obousměrným spínačem s možností zastavit v jakékoli poloze jezdce, nebo dokonce jako pouze dvoupolohové ovládání.

Zbývá vyřešit snímání polohy jezdce na šroubu. Na počátku šroubu, většinou těsně u motoru, je připevněno snímací kolečko s clonkami a dvě fotoelektrická čidla. Další fotoelektrické čidlo je na jednom konci pohybového šroubu a detekuje přítomnost jezdce v krajní poloze na „dorazu“. Mechanika i použitý princip snímání polohy umožňuje získat nejen velkou sílu, ale i přesnost nastavení na zlomky milimetru a činnost téměř bez vůlí. Postavit servozsilovač pro toto servo by bylo bez jednočipového mikroprocesoru velmi komplikované. Naopak s ním jde o počtem součástek jednoduchou konstrukci, kde všechna „chytrost“ je ukryta v programu procesoru. Ilustrativní příklad zapojení je na obr. 18. Jedinou nevýhodou je, že servo musí po zapnutí napájení přejít do krajní polohy, aby se pomocí fotoelektrického čidla „zorientovalo“. Uvedené zapojení je použitelné pouze pro malé rychlosti otáčení, kdy mikroprocesor spolehlivě stihne veškeré vyhodnocování vstupních dat. Pro větší rychlosti otáčení je nutné doplnit hardware pro detekci pohybu a alespoň čtyřbitový obousměrný čítač polohy, ze kterého si mikroprocesor informace o poloze odebírá podle potřeby. Spodní část obr. 18 obsahuje právě takové zapojení, na jehož vstupy se připojí výstupy z fotoelektrických čidel, upravené tvary inventory se Schmittovými



Obr. 19. Zapojení vývodů serv různých výrobců

klopnými obvody. Výstupy čítače jsou zapojeny na popsané vývody procesoru. Třetí možností je využít vnitřního analogového komparátoru v procesoru (vývody P1.0 a P1.1) k přizpůsobení zapojení pro snímání polohy jezdce běžným způsobem, tj. potenciometrem. Je to sice možné, ale ztrácí se tím většina výhod mikroprocesorově řízeného servozsilovače, zejména linearity a přesnosti.

Pro kontrast se v tomto okamžiku hodí příklad jednoho z opravdu malých vyráběných serv od firmy CETO, které má včetně elektroniky rozměry 21,6×20,4×13,6 mm, hmotnost 6,5 g (!) a jeho posuvná páka přejede dráhu 6,5 mm za 0,3 s.

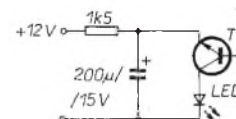
Nakonec si ještě uvedeme zapojení vývodů na konektorech různých serv (obr. 19), které bylo převzato ze [17] a doplněno.

Přídavná zařízení RC souprav

Indikace a kontrola napětí zdroje

Přílišné vybití napájecích zdrojů vysílače nebo palubního systému v modelu už bylo příčinou nesčetných havárií. Nedostatečné napětí zdrojů není třeba hlídat pouze v modelářské praxi, je to problém obecný. Snad i proto bylo publikováno tolik nejrůznějších zapojení pro měření a indikaci napětí zdrojů.

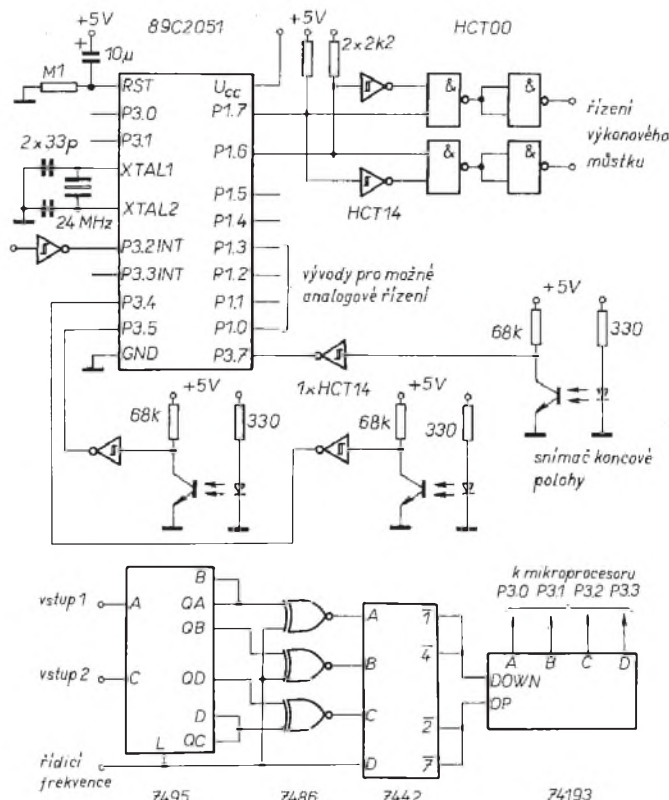
Na součástky asi nejjednodušší zapojení je na obr. 20 a pochází z [18]. Využívá lavinového průrazu opačně



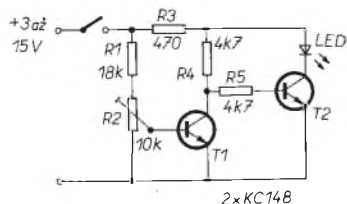
Obr. 20. Jednoduchý indikátor zmenšení napájecího napětí

pólovaného tranzistoru. Je-li vstupní napětí malé a nestačí k lavinovému průrazu, zůstane LED zhasnutá. Zvětšuje-li se napětí, dojde k průrazu a kondenzátor se vybije přes LED, která krátce a intenzivně blikne. V okamžiku záblesku prochází LED podstatně větší proud, než je její jmenovitý. Není to na závadu, v impulsním režimu LED vydrží bez problémů nejméně desetinásobné proudové přetížení. Někdy je vhodné sériově s tranzistorem a LED zapojit rezistor řádu desítek ohmů. Světelné impulsy se tím prodlouží. Frekvence záblesků při plném napětí zdrojů je asi 4 Hz, při menším napětí se snižuje. Výhodou je velmi malá tepelná závislost a malý střední proud, nevýhodou naopak použitelnost jen na zdroje s napětím kolem 10 V a větším. Práhové napětí se musí nastavovat při stavbě výběrem vhodného kusu tranzistoru, což jistě není ideální.

Typické zapojení je na obr. 21 [19]. K nastavení v poměrně širokých mezích se používá trimr. Překročí-li napětí na jeho běžci práhové napětí přechodu BE tranzistoru, otevře se T1, T2 se uzavře a LED zhasne. Základními nevýhodami jsou citelný odběr i v do-



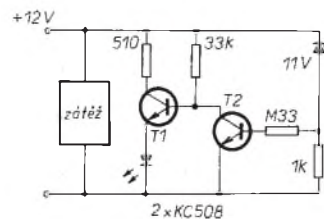
Obr. 18. Servozsilovač pro extrémní serva - nahoře část pro vyhodnocení polohy, dole část pro detekci směru pohybu a čítač polohy



Obr. 21. Možný způsob indikace zmenšení napájecího napětí

bě, kdy LED nesvítí a výrazná teplotní závislost meze napětí.

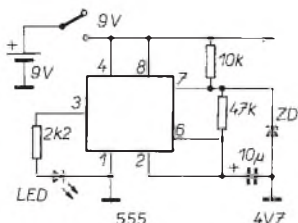
Další z používaných zapojení pro napětí větší než 8 V je na obr. 22. Mezní napětí pro rozsvícení nebo zhasnutí LED je učeno výběrem Zenerovy



Obr. 22. Další možný způsob indikace zmenšení napájecího napětí

diody. Teplotní závislost indikace je přijatelná, pro správnou činnost však Zenerova dioda potřebuje proud několika mA, což je nepříjemně mnoho.

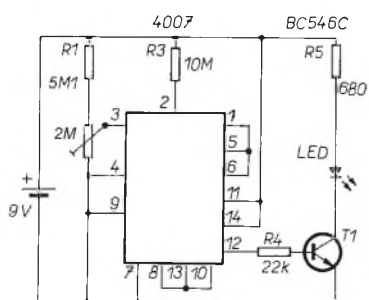
Ke kontrole napětí lze využít i stále velmi populární obvod 555. Jedna z možných variant je na obr. 23 [20]. Uvedené hodnoty součástek platí pro mezní napětí 7,5 V. Pokud je napětí dostatečné, LED svítí a funguje jako



Obr. 23. Indikátor zmenšení napájecího napětí s IO 555

kontrolka zapnutí. Při zmenšení napětí začne LED blikat. Zapojení lze jednoduše modifikovat tak, aby při plném napětí LED nesvítla, postačuje otočit polaritu LED a místo na zem ji spojit s kladnou napájecí větví obvodu.

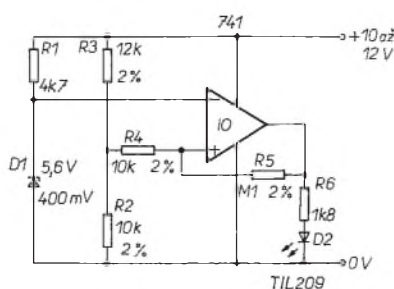
Indikátory zmenšení napětí s extrémně malou klidovou spotřebou lze sestavit s logickými obvody CMOS. Příkladem může být schéma na obr. 24, převzaté z [21] a upravené. Prou-



Obr. 24. Indikátor s obvodem CMOS

dová spotřeba v klidu, tj. při dostatečném napětí je pouze 2 μ A, při signalizaci se zvětší podle požadovaného svitu LED (s LED s malým příkonem je též kolem 2 mA). Teplotní stabilita prahového napětí závisí zejména na vlastnostech vstupů IO a není nejideálnější, pro běžnou praxi však postačuje.

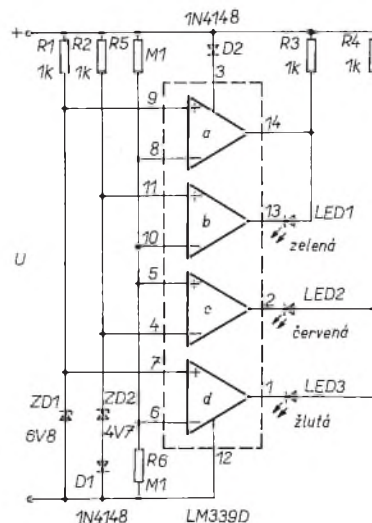
Jednoduché a dobře fungující indikátory mohou být postaveny s operačními zesilovači ve funkci komparátoru nebo komparátoru s hysterezí (obr. 25). Na typu operačního zesilovače téměř nezáleží, je pouze třeba vybrat takové, které jsou s rezervou schopny pracovat i při nejmenším z detekovaných napětí. Zapojení není v podstatě ničím zajímavým kromě použití referenčního zdroje napětí. Zakreslená Zenerova dioda pracuje při proudu kolem 1 mA, což je příliš malý proud na



Obr. 25. Indikátor stavu baterie s operačním zesilovačem

to, aby dioda kvalitně stabilizovala. S ohledem na velký vstupní odpor operačního zesilovače je možné zvětšit odpor rezistorů R1, R2 a R3 až desetkrát a Zenerovu diodu nahradit sériovou kombinací dvou nebo tří LED. Dalšího zmenšení spotřeby dosáhneme volbou operačního zesilovače v provedení CMOS. Ideální stabilitu obvodu může zajistit např. IO ICL8069 na místě Zenerovy diody. Ač schéma zapojení zůstává stejné, různou volbou typu a hodnot součástek se mohou pronikavě měnit parametry a samozřejmě i cena - od asi deseti korun do nejméně dvou set.

Samostatnou pozornost si zaslouží několikáúrovňové indikátory napětí, osazované někdy do nejlevnějších vysílačů. Pro tři napětěová pásma indikovaná většinou zelenou, žlutou a čer-

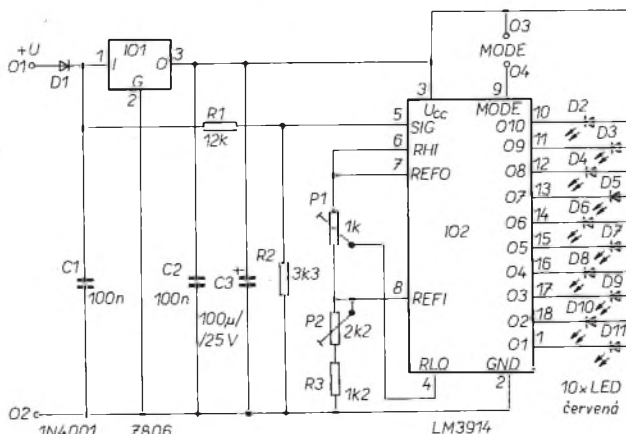


Obr. 26. Několikaúrovňový indikátor stavu baterie

venou LED je asi nejvýhodnější a nejlevnější použít čtyřnásobný operační zesilovač, jak bylo například uvedeno v [22] (obr. 26). O referenčním zdroji platí totéž, co v předchozím případě.

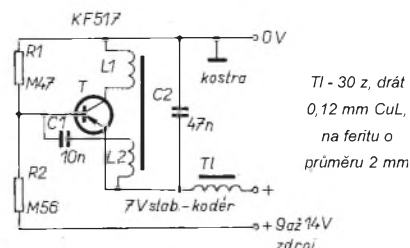
Pro víceúrovňové indikátory je jednoznačně výhodné zvolit některý ze specializovaných integrovaných obvodů. Jako zástupce uvedu LM3914 v jednoduchém zapojení převzatém z [23] (obr. 27). Tento indikátor umožňuje provoz v páskovém režimu (kdy svítí současně několik LED) i v režimu bodovém, který asi bude pro menší spotřebu pro nás vhodnější. Volbou konkrétního provedení IO lze dosáhnout lineárního nebo logaritmického průběhu zobrazení. Podobný indikátor s deseti LED pro indikaci napětí 4,2 až 5,1 V vyrábí i firma Robbe, jeho cena kolem 1000 Kč je však asi desetnásobná oproti nákladům na amatérskou stavbu.

Nejčastěji se pro měření úrovně nabití zdrojů ve vysílačích používají ručkové přístroje v zapojení s potlačnou nulou. Předpokládáme, že k napájení slouží osm článků NiCd. Při plném nabití na 1,3 V/článek to znamená horní mez rozsahu ručkového měřidla 10,4 V, při dolní mezi bezpečného vybití 1,1 V/článek, tj. 8,8 V na spodním okraji rozsahu měřidla. K potlačení nuly lze za cenu nelinearity

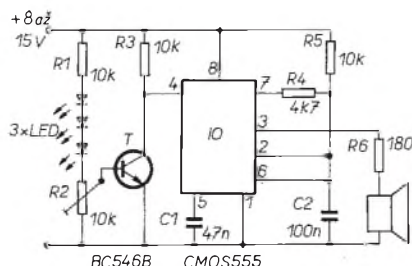


Obr. 27. Indikátor s IO LM3914

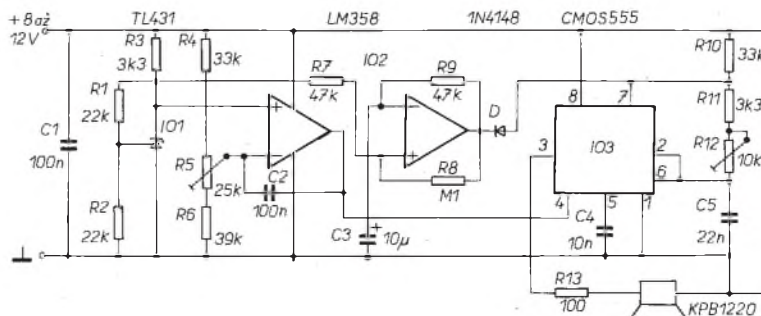
Jedno ze starších zapojení indikátoru s akustickou indikací pochází z [25] a je na obr. 29. Při dostatečném napětí je tranzistor v klidu, nekmitá, a celé zařízení má nepatrný odběr. Zmenší-li se napětí, obvod se rozkmitá na nízkém kmitočtu, který se dalším zmenšením napětí postupně zvyšuje.



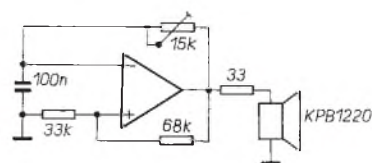
Jednoduchá akustická signalizace s obvodem 555 je na obr. 30. Při dostatečném napětí je tranzistor otevřen a blokuje činnost bistabilního klopné-



Samostatným problémom je voľba vhodného akustického meniče. Reprodukory klasické konštrukcie, teda s membránou, sú i v miniatúrnom



provedení příliš velké a těžké, telefonní sluchátkové vložky také a navíc nejsou už dnes běžně dostupné. Osvědčil se mi magnetodynamický měnič KPB1220 s impedancí 16 Ω . Možné zapojení jeho buzení při symetrickém napájení operačního zesilovače je na obr. 31, úprava pro nesymetrické napájení na obr. 32. V každém případě



Zapojení, které sice není právě jednoduché, které se mi však velmi osvědčilo jako kontrola napětí zdrojů ve vysílači, je na obr. 33. Referenčním zdrojem napětí je zde IO1 TL431, jehož popis i vnitřní zapojení můžete

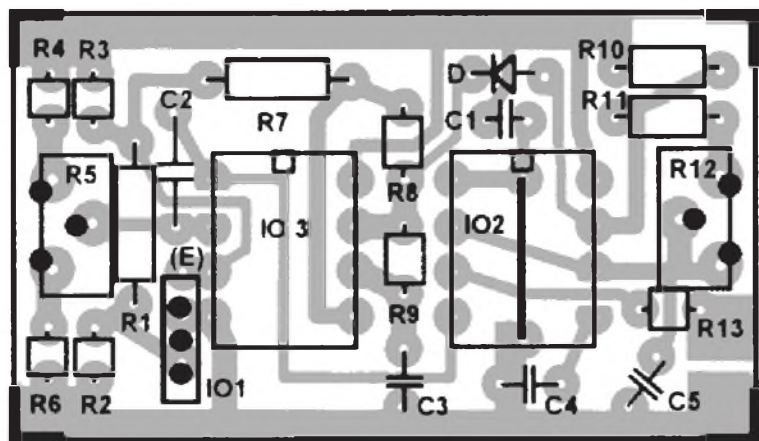
nalézt v [27]. Jeho napětí se bez přidavných rezistorů může pohybovat podle katalogových údajů v mezích 2,44 až 2,55 V, naprostá většina kusů, které jsem měl k dispozici, „se vešla“ do tolerance 2,47 až 2,51 V. Se zapojenými rezistory R1 a R2 se napětí zvětší na 5 V. První z operačních zesilovačů je zapojen jako komparátor, kondenzátor C2 mu jednak dává integrační charakter a jednak zajišťuje, že po zapnutí napájení se ozve velmi krátké pípnutí. Druhý operační zesilovač pracuje jako multivibrátor s kmitočtem kolem 1 Hz. Výstražný tón je generován obvodem 555 v běžném zapojení astabilního klopného obvodu, jeho činnost je však při dostatečném napětí na vstupu blokována výstupem prvního operačního zesilovače a modulována výstupem druhého OZ. Trimrem R12 nastavíme při ožiování rezonanční kmitočet měniče. Deska s plošnými spoji je na obr. 34 a poloha součástek na obr. 35.

Toto zapojení vyniká teplotní i časovou stabilitou, má výrazný i když ne zbytečně silný přerušovaný tón dobře rozeznatelný i na pozadí intenzivního hluku spalovacího motoru. Nasazení tónu je ostré, s nepatrnou hystezí. Po zapnutí při plně nabitých zdrojích obvod téměř neznatelně krátce pípe, při menším napětí se pípnutí stává delším a výraznějším, čímž už před startem dává částečně najevo stav zdrojů.

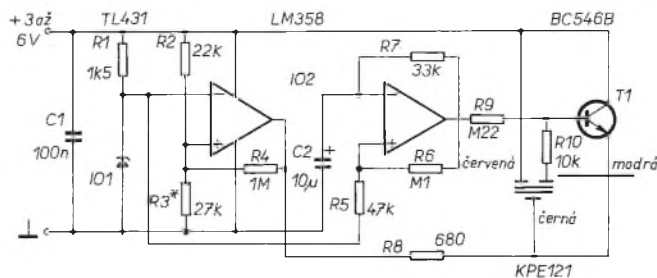
Seznam součástek

IO1	TL431
IO2	LM358
IO3	555 (CMOS)
D	1N4148
R1, R2	22 kΩ
R3, R11	3,3 kΩ
R4, R10	33 kΩ
R5	25 kΩ, trimr PT10H

Obr. 34. Deska s plošnými spoji zapojení z obr. 33



Obr. 35. Deska se spoji, osazená součástkami

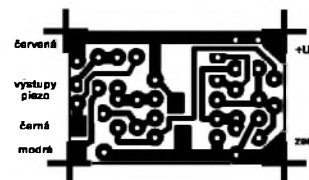


Obr. 36. Akustická kontrola napětí pro přijímač

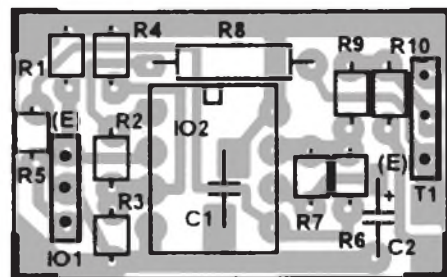
R6	39 kΩ
R7, R9	47 kΩ
R8	100 kΩ
R12	10 kΩ, trimr PT10H
R13	100 Ω
C1, C2	100 nF, keram.
C3	10 μF/25 V, elektr. mini
C4	10 nF, keram.
C5	22 nF, svitkový měnič
	KPB1220

Akustická kontrola napětí pro přijímač (4,8 V)

Další konstrukce je určena pro hlídání napětí čtveřice článků NiCd v modelu, tedy nejběžnějšího zdroje pro přijímač a serva ve větroních. Důležitým požadavkem bylo dosáhnout malých rozměrů a hmotnosti a také malé spotřeby proudu při výstražném tónu. I v tomto zapojení (obr. 36) je referenčním zdrojem napětí IO TL431. První operační zesilovač stejně jako v předchozím případě působí jako komparátor, zde má však zavedenou hystezí. Bude-li třeba přesně nastavit meze pro nasazení tónu, upravíme odpor rezistoru R3 (uvedený 27 kΩ platí pro mez 4,1 V, tedy asi 1,02 V /článek). Druhý OZ opět kmitá na frekvenci asi 1 Hz. K vytváření tónu slouží samovybuzovací piezoelektrický měnič KPE121, barevné značení jeho vývodů je uvedeno ve schématu. Spo-



Obr. 37. Deska s plošnými spoji z obr. 36



Obr. 38. Osazená deska s plošnými spoji

třeba zapojení v klidu je asi 2 mA, při signalizaci o další 2 mA větší. Nákras plošných spojů a rozložení součástek je na obr. 37 a 38.

Montáž: Všechny součástky jsou umístěny „nastojato“, pouze kondenzátor C1 je připájen ze strany spojů na připravené plošky a přisedá k desce.

Intenzita tónu KPE121 velmi silně závisí na jeho poloze v modelu a na uchycení. Má-li být tón slyšitelný na velkou vzdálenost, je třeba využít konstrukce trupu modelu jako rezonanční skříně. Šrouby uchycení měniče příliš neutahujeme, celý plastový kryt měniče by se prohnul a intenzita zvuku by se silně zmenšila. Vyzařování zvuku je citelně směrové, nejsilnější je kolmo k ploše měniče ve směru jeho otvoru. Pokud to okolnosti dovolí, instalujte ho na model letadla tak, aby tato osa mířila dolů nebo stranou. U lodě je nejlepší poloha na nástavby co nejvýše nad hladinou s osou souběžně s hladinou. Poměrně vysoký tón je za letu věttroně ve výšce slyšitelný na vzdálenost mnoha desítek metrů, zvuk spalovacího motoru jeho signál však spolehlivě překryje.

Velmi podobný hotový výrobek od slovenského výrobce se občas objevuje i v modelářských prodejnách. Je postaven technologií SMT a má přednastavené prahové napětí. Intenzitu jeho zvuku jsem bohužel neměl příležitost porovnat.

Seznam součástek

IO1	TL431
IO2	LM358
T1	BC546B
C1	100 nF, keramický

C2 10 μ F/25 V, elektrolyt. miniat.
R1 1,5 k Ω
R2 22 k Ω
R3 27 k Ω - pro přesné nastavení
napětí
R4 1 M Ω
R5 47 k Ω
R6 100 k Ω
R7 33 k Ω
R8 680 Ω
R9 220 k Ω
R10 10 k Ω
měnič KPE121

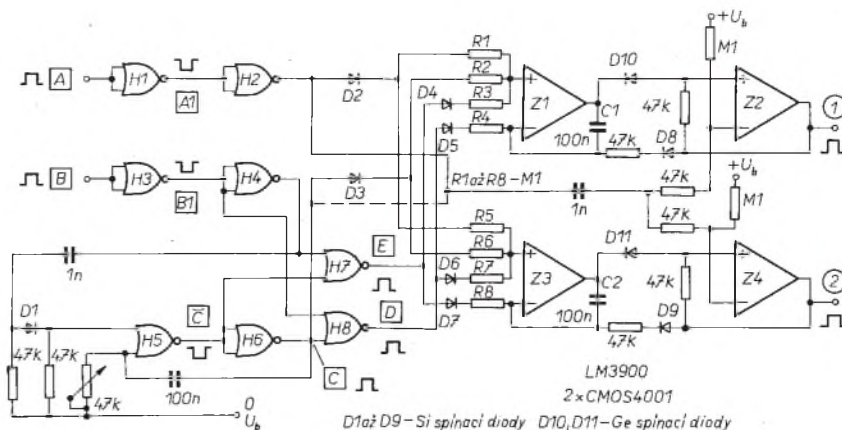
Mixery funkce

Převod dvou vstupních veličin na jednu výstupní, případně několika vstupních na několik výstupních je podstatou zařízení zvaných sčítací mechanismy nebo jednoduše mixery. Jejich pomoc je potřebná u leteckých modelů typu delta, modelů s motýlkovými ocasními plochami, nebo třeba tam, kde chceme sloučit funkci vztlakových klapek a křídlek na jediné pohyblivé klapce po celé délce křídla. Značně netradiční model využívající tzv. Pitcheron control, tedy natáčení celých nosných ploch, který se také bez mixeru neobejde, byl stručně popsán v [28].

Nejen u leteckých modelů najdou mixery své uplatnění. Řídit pásová vozidla lze dvěma nezávislými ovladači, určujícími směr a rychlost pohybu jednotlivých pásů (úlohu mixeru vlastně zastane ten, kdo řídí), nebo jedním ovladačem pro rychlost a jedním pro směr, jejichž povely po průchodu mixerem řídí dva regulátory pro pohony pásů. Analogicky bočňákové lodě nemají při řízení jen kormidlem odpovídající manévrovatelnost zejména při menších rychlostech a potřebují mixer na oba pohony.

Historicky jsou mixážní mechanismy, založené na různých systémech pák, dosti staré. Principiálně je z hlediska ovládání jedno, zda je mixer součástí vysílače, nebo zda se zapojuje mezi přijímač a serva. Z hlediska úspor prostoru a hmotnosti modelu je výhodnější řešení s mixerem ve vysílači. Zejména v současnosti, kdy jsou kóдеры RC vysílačů osazeny často jednočipovými mikroprocesory nebo velmi příbuznými specializovanými obvody, je mixer jako součást vysílače naprosto převažujícím řešením. Protože univerzální konstrukce mixeru určeného pro přestavbu jednodušších vysílačů by byla jednak dost obtížná, jednak by jistě byla podstatným zásahem do vysílačového zařízení se všemi z toho plynoucími právními důsledky, soustředíme se na mixery, určené k zapojení do modelu. Ty jsou použitelné pro všechny majitele RC souprav, aniž by vznikala nutnost výměny RC soupravy za modernější a podstatně dražší zařízení.

Prakticky ojedinělý materiál, který u nás na toto téma vyšel před více než dvaceti lety, najdete v [29]. Nejedná se o stavební návod, ale jen o principiální

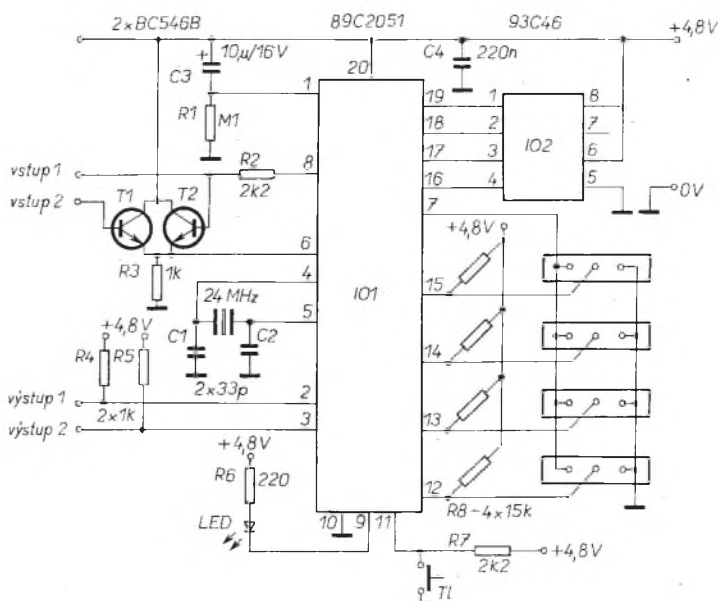


Obr. 39. Elektronický mixer

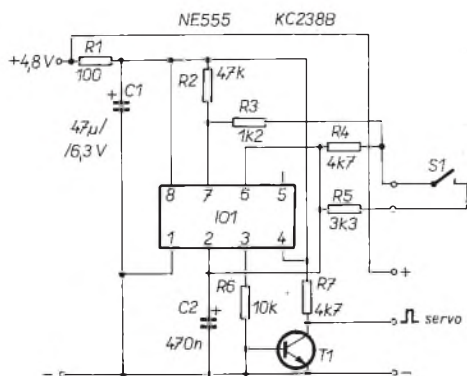
popis zapojení, převzatého ze zahraničního časopisu a pro ilustraci uvedeného na obr. 39. Funkce zařízení využívá převodu dvou vstupních impulsů na analogové signály, jejich sečtení a odečtení operačními zesilovači a zpětný převod na digitální impulsy. Zapojení vystačí se třemi integrovanými obvody, které byly tehdy v našich zemích velmi obtížně dostupné, dnes však patří mezi základní a velmi levné součástky. Ve své době se jednalo určitě o velmi zajímavé a přínosné řešení, dnes bych ho již rozhodně nedoporučoval. Parametry převodu se nastavují volbou rezistorů v průběhu stavby. Zapojení obsahuje také příliš mnoho součástek, na jejichž teplotní a časové stabilitě závisí přesnost převodu. Použité klopné obvody jsou navíc nutně i závislé na napájecím napětí, takže k uspokojivé funkci by bylo třeba toto napětí stabilizovat. Pokud by někomu tyto skutečnosti nevadily a dal si práci s návrhem plošných spojů, lze postavit funkční mixer s náklady na materiál do 100 Kč.

Technicky zcela odlišné řešení, jehož zapojení je na obr. 40, jsem publikoval v [30]. Zapojení je z hlediska počtu součástek i stavby velmi jedno-

duché, všechny funkce řídí jednočipový mikroprocesor. Ačkoli se u značné části modelářů projevuje averze vůči všemu, co nějak souvisí s počítači a mikroprocesory, těžko někdo vyvrátí fakt, že právě masivnímu nasazení mikroprocesorů nejen v RC soupravách, ale i v regulátorech, servech, nabíječích a ostatní modelářské i ne-modelářské elektronice patří budoucnost. Typickým příkladem může být právě uvedené zapojení. Umožňuje nejen základní mixování dvou signálů v nastavitelném poměru, ale přizpůsobí se impulsům konkrétního vysílače, zavede charakteristiku ovládání „S” nebo inverzní „S” a současně i zajistí funkci fail safe, tedy nastavení serva do předem zvolené polohy při výpadku signálu. Mixer je absolutně teplotně i časově stabilní, všechny jeho činnosti jsou odvozeny od krystalového oscilátoru. Jedná se vlastně o univerzální zařízení, schopné vyhodnocovat dva impulsní signály pro serva, zpracovat je téměř libovolným způsobem a na výstupu poskytnout opět dva impulsní signály. Tento jediný modul se může výměnou programů v mikroprocesoru stát mixerem pro motýlkové ocasní plochy, mixerem pro vztlakové klapky



Obr. 40. Mixer s jednočipovým mikroprocesorem



Obr. 41. Modernější řešení expandéru funkcí

a křídélka, inteligentním obvodem fail safe pro dva kanály, logickou jednotkou regulátoru atd. Je pravdou, že má i své nevýhody. Především sám fakt, že se mixer zapojuje do modelu mezi přijímač a serva, je v rozporu se snahou mít modely stále menší a lehčí. V současných podmínkách, kdy je kvalitní počítačová RC souprava s možností mixáže na vysílači pro značnou část modelářů finančně nedostupná, má však i toto zapojení fungující s jakýmkoli stávajícím vybavením právo na život. Svědčí o tom i nevelký, ale vytrvalý a rostoucí zájem zákazníků. Oproti původnímu článku se dnes už mixer dočkal modernizace, zmenšení a převodu do technologie SMT.

Velmi neobvyklé zařízení, nesporně příbuzné mixeru, bylo zhruba popsáno v [31] podle původního pramene v RCM. Předpokládá zapojení do vysílače mezi potenciometry ovladačů a multiplexer a je určeno ke kompenzaci vlastností modelu při nožovém letu. Ze signálu pro směrovku odvozuje korekční signál výškovky a křidélek. Článek pouze uvádí, že k výrobě je třeba osmi operačních zesilovačů, blokové schéma ani konkrétní zapojení neobsahuje.

Expandéry funkcí

Snaha o realistickou činnost zejména maket naráží dnes stejně jako před lety na nedostatečný počet funkcí, ovladatelných přímo RC soupravou. Už v dobách, kdy nejen u nás byly modelářské vysílače neproporcionální a kanály se počítaly tak, že pro ovládání směru vpravo a vlevo byly potřeba dva, vedla snaha o zvětšení počtu funkcí k vývoji jednodušších i složitějších systémů s rohatkou ovládanou elektromagnetem. I když dnes tato řešení patří do muzea modelářství, někdy si jejich složitost a přitom spolehlivost, spojená s velmi precizním provedením, zaslouhuje úctu a pozornost, kterou jim jen málokdo v naší době věnuje.

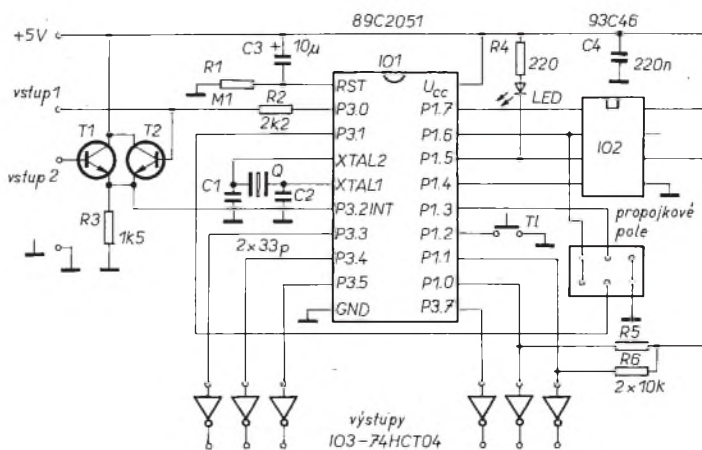
Typicky českým a téměř geniálním bylo řešení s motorkem, na jehož hřídel se namotávala nit, přetahující se o směrové kormidlo s pružinou - dříve velmi populární „špag-o-matic“. Při dostatečně rychlém a pravidelném tlučá-

ní do tlačítka na vysílači bylo možno dosáhnout nejen rovného letu nebo jízdy, ale citlivou změnou délky stisku i v podstatě proporcionálního ovládání. V téže době začala vznikat i první zapojení ryze elektronická, většinou na principu monostabilních klopných obvodů. Typická řešení můžete najít v [32], [33], [34] nebo [35].

Modernější řešení, i když jen s omezenou použitelností, vyšlo v [36] a je na obr. 41. Servo ovládání motoru v poloze, kdy je plyn skoro stažen, malými pohyby pouze trimem sepne nebo rozpojí kontakt mikrosplínáče. Ten je součástí obvodu, který generuje impulsní signál pro další přidavné servo a po stisku splínáče ho přestaví do jiné polohy. Elektronicky se jedná o dvupolohový fail safe. Podle popisu slouží k vytažení vztlakových klappek při ubrání plynu na minimum a ještě přestavení trimu na minimum. Velmi svérázné.

Skutečné řešení, jak zvětšit počet ovládaných funkcí, by bylo bez použití jednočipových počítačů velmi komplikované, ostatně nevím o tom, že by ho bez nich někdo vyráběl. Konstrukce expandéru, rozšiřujícího dva proporcionální kanály na šest proporcionálních nebo jeden na šest spínacích, vyšla v [10]. Při vývoji byl mezi základní podmínky zahrnut požadavek na funkci s jakýmkoli typem vysílače a přijímače, s kterým mohou fungovat běžná serva a na funkci s neupraveným vysílačem nebo s neelektrickou úpravou jen na úrovni vymezení poloh na ovladači. Tento požadavek beze zbytku zařízení plní a i když nepoužívá technologii SMT, svými rozměry 50×35×15 mm a hmotností 16 g nezaostává za výrobky renomovaných firem. Schéma zapojení je na obr. 42, deska s plošnými spoji a výpis jednodušší verze programu je v uvedeném článku.

Pozornost si zaslouží způsob ovládání tohoto expandéru. Ve spínacové verzi definujeme na ovladači osm poloh. Postačí jejich vyznačení ryskami, i když pohodlnější pro ovládání je použít osmipolohový přepínač a zapojit ho s odporovou sítí místo potenciometru ovladače. Šest poloh je určeno



Obr. 42. Expandér se zvětšeným počtem ovládacích funkcí

pro výběr ovládané funkce, dvě polohy (nejlépe krajní) jako povel zapnout a vypnout. Po zapnutí expandéru se na jeho šesti výstupech objeví stavy, které jsme sami předdefinovali. Chceme-li některý z výstupů přestavit, navolíme polohou ovladače nejprve požadovaný výstup, pak jistou nastavitelnou dobu počkáme (třeba 1 s) a rychle přesuneme ovladač do polohy zapnout nebo vypnout - podle toho, co chceme. Výstupy expandéru nejsou výkonové, pouze v úrovních TTL, na ně navazující výkonové polovodičové nebo releové členy jsou však jednoduché a levné. Je zřejmé, že nelze zapnout nebo vypnout všechny výstupy najednou, pro ovládání světel, jeřábů, klaksonů, navijáků apod. je však uvedené ovládání naprosto vyhovující.

Druhá verze pro řízení šesti serv má dva proporcionální vstupy a řídí se jednodušeji. Jeden ze vstupů má opět na svém ovladači definované polohy, tentokrát šest. I zde je výhodné na jeho místě použít vícepolohový přepínač, ale postačí i rysky vedle páky ovladače. Tímto ovladačem se vybírá jeden ze šesti výstupů, který je pak přímo proporcionálně řízen druhým ovladačem. I zde není možné řídit všech šest serv současně, ale jen postupně (procesor u neovládaných serv dodržuje jejich poslední polohu). To vylučuje možnost použít expandér třeba pro řízení kormidel letadel, ale pro mnoho doplňkových funkcí je toto řešení opět plně postačující.

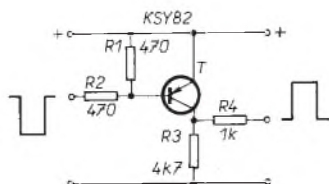
Komplikovanější obsluha a nemožnost řídit v jediném okamžiku několik funkcí jsou sice ve srovnání s výrobky renomovaných firem zjevné nevýhody, naopak velkou výhodou je použitelnost s libovolnou RC proporcionální soupravou bez nutnosti zásahu do její elektroniky a v neposlední řadě i cena.

Firma Robbe má ve své nabídce širokou škálu expandérů funkcí pod označením Multi-Switch a Multi-Prop, které jsou však určeny pouze pro RC soupravy touto firmou vyráběné. Funkční zařízení se vždy skládá z desky kodéru se spínači nebo potenciometry, která se ve vysílači připojí na jeden z proporcionálních kanálů

a dekodéru. Ten se v modelu zapojí místo jednoho serva do přijímače a na jeho výstup je opět možné připojit příslušný počet serv nebo polovodičových či releových spínačů. Kodér a dekodér se prodávají samostatně, ale k činnosti jsou nutné oba. K dispozici jsou expandéry na 8 spínacích kanálů, 16 spínacích, 4 spínací a 4 proporcionální, 8 proporcionálních nebo 12 spínacích a 2 proporcionální kanály. Jde o zařízení nesporně užitečná a perfektně zpracovaná, ale nikoli levná. Cena poslední uvedené kombinace za kodér i dekodér dohromady vychází v přepočtu asi na 6800 Kč, což je přibližně desetinásobek ceny zařízení popsaného v [37], jeden releový výkonový člen od Robbe pro spínací kanál vyjde asi na 820 Kč.

Invertor signálu

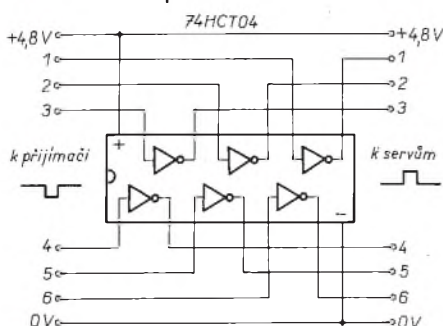
Pod pojmem invertor signálu nebo také invertor pro servo se můžeme setkat se dvěma zcela různými zařízeními. První z nich je na obr. 43 a jeho



Obr. 43. Invertor polarity impulsů

úkolem je otočit polaritu impulsů, tj. změnit záporné impulsy na kladné nebo naopak.

V současné době, kdy se už téměř výhradně používají k ovládání impulsy kladné, se hodí jen v součinnosti s částí staršího zařízení, zejména se servy. Je-li třeba upravit impulsy z několika kanálů současně, nemá smysl vyrábět několikrát zapojení s tranzistorem, na šest kanálů postačí jediný IO 74HCT04 podle obr. 44.



Obr. 44. Invertor polarity impulsů pro šest kanálů

Druhé zařízení mění délku impulsu tak, aby se otočil směr pohybu serva. To je nutné například tehdy, když není možné pro nedostatek místa vestavět

serva do modelu ve správné orientaci. S rostoucím počtem vysílačů, vybavených možností reverzace výchylek, postupně ztrácí i toto zařízení na aktuálnosti. Kdo však používá větší počet modelů a často je střídá, může ho ocenit i dnes. Při častém přepínání polaritu výchylek se zvětšuje pravděpodobnost, že přes veškerou pečlivost jednou přepnout zapomenete; poslední kontrolou před startem model projde, protože se serva hýbou a to, že reakce modelu na pohyb ovladače je opačná, zjistíte až po startu. U letadel to obvykle znamená totéž, co výraz „po havárii“. Proto osobně dávám přednost při konstrukci svých modelů jakémukoli jinému řešení, než reverzaci výchylky na vysílači, kterou ponechávám jako nouzové řešení při řízení modelu zapůjčeného.

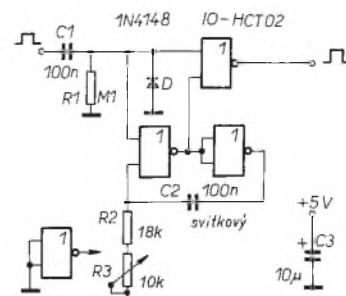
Konkrétní řešení hned dvěma způsoby, s klasickým časovačem 555 a s IO 7400, můžete nalézt v [38] a následně [39], volba součástek je však poplatná době jejich vzniku. Další zapojení bylo zveřejněno v [40] (ve schématu v uvedeném článku je však chyba, obvod 4011 má být správně 4001). Jeho obdobou je následující konstrukce.

Invertor pro servo

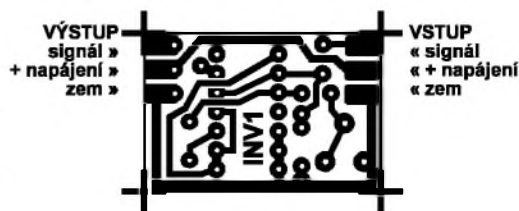
Vstupní signál (obr. 45) je oddělen kondenzátorem C1 s rezistorem R1 a přiveden na hradlo NOR. Současně je vstupním signálem spuštěn monostabilní klopný obvod z dalších dvou hradel. Délka jeho kyvu se nastavuje trimrem R3 na asi 3 ms. Na výstupu se objeví impuls nikoli ihned po náběžné hraně vstupního impulsu, ale až po jeho sestupné hraně a jeho trvání je ukončeno sestupnou hranou MKO. Tím se odečtou délky impulsů MKO - vstup = výstup a obrátí se výchylka serva. Oživení nemá žádné zásludnosti, uspokojivě funkce však lze dosáhnout pouze při stabilizovaném napájecím napětí (s BEC), protože časová konstanta MKO je silně závislá na napětí. Použijeme-li jako C2 kvalitní svitkový kondenzátor, teplotní drift není významný. Deska s plošnými spoji je na obr. 46 a poloha součástek na obr. 47.

Seznam součástek

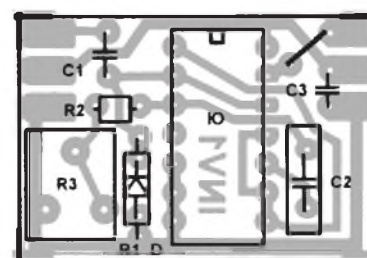
IO	74HCT02
D	1N4148
C1	100 nF, keramický
C2	100 nF, fóliový
C3	10 µF, elektrolyt. mini
R1	100 kΩ
R2	18 kΩ
R3	10 kΩ, trimr PT6V



Obr. 45. Invertor pro servo



Obr. 46. Deska s plošnými spoji invertoru INV1



Obr. 47. Osazená deska s plošnými spoji

Velmi jednoduché doplňky, k jejichž stavbě postačí jeden či dva logické IO, se v literatuře objevují s obvody různého provedení, nabízí se tedy otázka, proč tomu tak je a jaké výhody či nevýhody z toho plynou.

Základní vlastnosti různých typů IO shrnuje stručně tabulka v dolní části této stránky.

Z hlediska rychlosti a mezní frekvence vyhovují všechny obvody s velkou rezervou. Z hlediska odběru proudu je jistě výhodnější volit obvody HC, HCT nebo CMOS, jejichž spotřeba je nejméně 10000krát menší než ostatních. Stejně vychází i volba podle rozsahu napájecího napětí, je vždy lepší mít zaručenu činnost obvodu od napětí alespoň 3 V, než muset stabilizovat napájení v okolí 5 V.

Zda je lepší pracovat s úrovněmi CMOS, které překlápějí přibližně v polovině napájecího napětí, nebo s úrovněmi TTL s překlápěním v „zakázaném pásmu“ 0,8 až 2,0 V, to už je problém značně složitější. Výstupní signál pro serva z přijímače má téměř pravoúhlý průběh, stejnosměrně může být však různě posunut a jeho amplituda také není u všech přijímačů stejná. Předpokládáme, že budeme přijí-

Tabulka základních vlastností různých typů IO

Typ	74..	74LS..	74HC..	74HCT..	74S..	4...
Napětí [V]	4,75 až 5,25	4,75 až 5,25	2 až 7	2 až 7	4,75 až 5,25	3 až 15
Výkon [mW]*	10000	2000	0,025	0,025	20000	0,01
Log. úrovně	TTL	TTL	CMOS TTL	TTL	CMOS	

* výkon na jedno logické hradlo

mač i své zařízení napájet obvodem BEC napětím 5 V. Pokud přijímač generuje impulsy o amplitudě alespoň 3,5 V, lze použít jakékoli obvody a jejich vstup přímo připojit na přijímač. Často se však stává, že signál z přijímače má úroveň L kolem 0,5 V a amplitudu pod 2 V, pak se impulsy z přijímače nedostanou přes mez, při které překlápějí hradla CMOS, přidavné zařízení bude bez signálu a tedy nefunkční, zatímco stejné zapojení s obvodem HCT bude pracovat bez problémů (nefunkčnost při malé amplitudě vstupních impulsů a špatná spolupráce s některými přijímači se projevuje i u podstatně složitějších a dražších zařízení, např. u regulátoru firmy ASTRO, i když má v tomto případě odlišnou příčinu). Někteří konstruktéři proto na vstupu používají jeden až dva tranzistory s dalšími součástkami pro posuv stejnosměrné úrovně a zaručení určité úrovně amplitudy impulsů. Je to samozřejmě výborně funkční, počet součástek celého zařízení (třeba servospínače) se tím však zdvojnásobí a obdobně dopadne i velikost (viz [46]).

Naopak jiné přijímače generují sice impulsy o amplitudě i přes 2,5 V, ale úroveň L mají při 2 V. Tato možnost se vyskytuje sice jen velmi zřídka, ale existuje. Jsou možná schopny pracovat s navazujícími obvody CMOS, pokud za ně však připojíte obvod s úrovní TTL, bude výstup integrovaného obvodu vyhodnocen jako trvalá úroveň H. Můžeme najít konstrukce, jejichž tvůrce o tomto problému věděl a proto na vstup (s tranzistorem nebo obvodem TTL) přidal odporový dělič napětí s poměrem 0,5 až 0,3. Pochopitelně se tak potíží v konkrétním případě sice vyřeší, ale převede se na předchozí případ a tak se všemi přijímači zase nebude činnost zaručena.

Myslím, že stejnosměrnou úroveň signálu nelze zaručit a to jediné, na čem můžeme spolehlivě stavět, je amplituda impulsů větší než 1,5 V. Potom stačí použít oddělovací kondenzátor o kapacitě 100 až 200 nF, obvod s úrovní TTL, avšak s velkým vstupním odporem (tj. HCT) a s vstupem „přitáhnout“ k zemi rezistorem (viz. obr. 45). Nechci tvrdit, že je toto zapojení vstupu naprosto univerzální, zatím však invertor pracoval bez problémů se všemi mně dostupnými přijímači.

Další potíží, na kterou narazíme při konstrukci jednoduchých doplňků, je výrazná napěťová závislost funkce astabilních a monostabilních klopných obvodů, vytvořených z hradel. Z tohoto hlediska se naopak osvědčují více obvody s úrovní CMOS nebo specializované časovací obvody (555, 4538), kterými se ovšem zapojení vět-

Relativní závislost frekvence na napětí

Typ	7400	74LS00	74S00	74HC00	74HCT00	4011	555	HC4538B
5,2 V	92	93	92	99,6	98,9	98,3	100,04	100
5,0 V	100	100	100	100	100	100	100	100
4,8 V	111	108	112	100,5	100,8	101,9	99,98	100
4,0 V	247	193	249	103,1	105,9	113,7	99,81	99,93
3,2 V	xxx	xxx	xxx	107,4	112,8	141,7	99,44	99,55

šinou rozšíří alespoň o jedno pouzdro IO. Pro představu jsem změřil relativní závislost frekvence na napětí u multivibrátoru, tvořeného z hradel, obvodu 555 a MKO 74HC4538B - viz tabulka. Za normálový údaj je brána frekvence (nebo převrácená doba kyvu) při napětí 5,00 V. Volebná napětí 5,2 a 4,8 V jsou na okraji obvyklých mezí stabilizátorů 5 V, napětí 4,0 V odpovídá čtyřem vybitým článkům NiCd a 3,2 V je napětí, při kterém ještě pracují moderní přijímače.

Tolerance 1 %, tj. od 99 do 101, pro představu vyvolá úhlovou výchylku serva přibližně 2°, tedy snadno vytrimovatelnou výchylku, tolerance 10 % vyvolá výchylku kolem 20°, která se už většinou vytrimovat nedá a vyvolá ostrou reakci modelu. Tabulka jasně ukazuje, jak propastně se liší napěťová závislost AKO, popř. MKO z klasických logických obvodů, z obvodů vyrobených technologií CMOS a specializovaných IO. Při měření se zejména projevily vynikající vlastnosti časovače 4538, u nějž se změny v rozsahu napájení 4,8 až 5,2 V projevily až na šestém platném místě čítače.

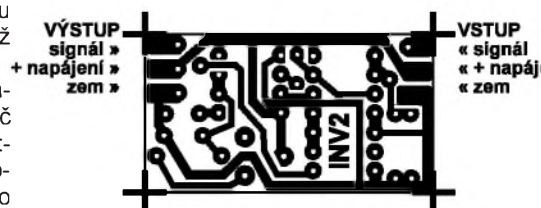
Osobně dávám vždy přednost stabilizaci napájecího napětí pro přijímač a serva, zbavují se tím i posuvu neutrální výchylky u serv atd. a použití obvodů HCT s úrovní TTL. Není to samozřejmě jediná možnost. Chtěl bych však apelovat na autory a výrobce modelářské elektroniky, aby se změnami vlivem změn napájecího napětí zabývali a ve svých návodech jasně uváděli, jak se projeví. Konstatování, že obvod pracuje i při napětí 3 V sice odpovídá pravdě, ale zamlčení faktu, že se po seřízení při 5 V serva při napětí 3 V „odstěhují“ o 30° a kormidla jsou skoro na dorazu, vede k mnoha zklamáním i haváriím modelů začátečníků, kteří se dali lákat nízkou cenou součástek a jednoduchostí zapojení.

Invertor pro servo s obvodem 555

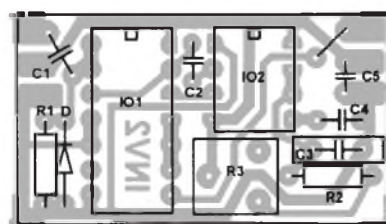
Výraznou napěťovou závislost předchozí konstrukce odstraňuje zapojení na obr. 48. Vstupní obvod je stejně jako v předchozím případě od-

dělen kondenzátorem C1 s rezistorem R1 a ochrannou diodou D. Impuls je invertován a kondenzátor C2 vytvoří krátké záporné spouštěcí impulsy pro MKO s časovačem 555 v základním zapojení. Na výstupu MKO se objeví kladný impuls, jehož délku nastavíme trimrem na 3 ms (nebo mírně odlišnou podle neutrálu serva). Odečtením vstupního invertovaného impulsu od impulsu z MKO a jeho invertováním získáme signál, který vyvolá obrácené výchylky serva než impulsy vstupní. Rozsah trimru by měl právě umožnit při vstupním impulsu 1,5 ms (neutrál) přejet pákou serva od dorazu k dorazu, není to však nutné. Postačuje, když lze nastavit neutrál. Deska s plošnými spoji je na obr. 49, poloha součástek na obr. 50.

I toto zapojení má jistou velmi malou závislost funkce na napětí. V rozsahu 3,5 až 6,0 V se servo natočí o 2 až 3°. Je-li na místě C3 použit kvalitní fóliový kondenzátor, teplotní změny jsou nepatrné.



Obr. 49. Deska s plošnými spoji invertoru s 555

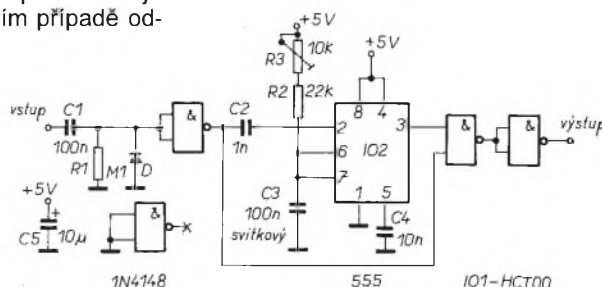


Obr. 50. Deska invertoru, osazená součástkami

Seznam součástek

IO1	74HCT00
IO2	555 CMOS
D	1N4148
C1	100 nF, keramický

Obr. 48. Invertor pro servo s obvodem 555



C2	1 nF, keramický
C3	100 nF, fóliový
C4	10 nF, keramický
R1	100 Ω
R2	22 k Ω
R3	10 k Ω , trimr PT6V

Stabilizátory letu

Pokusy o automatickou stabilizaci směru pohybu modelu nejsou novou záležitostí. Např. v knize Amatérské elektronické modely od J. Wojciechovského z roku 1966, která byla před mnoha lety velmi oblíbená, se uvádí automatické řízení lodě pomocí čidla s dvojicí fotoelektrických článků nasměrovaných na slunce nebo jinak, opticky snímanou buzolou. Současné výrobky pracují pochopitelně na zcela jiné úrovni, i když základní myšlenky jsou zachovány. Tehdejší zařízení byla míněna jako alternativa k počínajícímu dálkovému ovládání, dnes se jedná o doplňky k němu.

Prostředky pro stabilizaci letu modelu letadla mohou pracovat na několika principech. Jednak jsou to gyrostabilizátory používané i ve skutečných lodích a letadlech, stabilizátory pracující na optickém principu, magnetickém principu a je sem možné zařadit i stabilizaci otáček u modelů vrtulníků.

Princip gyrostabilizátoru je velmi jednoduchý. Čidlo se setrvačnickem roztočeným na velmi velké otáčky je spojeno s modelem. Při vychýlení modelu se setrvačnick snaží zachovat svoji původní polohu a jeho pohyb, resp. vyvozený moment je snímán magneticky Hallovými sondami nebo piezoelektrickými snímači. Gyro se zapojuje mezi přijímač a serva. Svou činností ovlivňuje servo tak, aby při konstantním signálu z přijímače byla orientace modelu stabilizovaná. Jde o zařízení, která mají vždy svou nezanedbatelnou hmotnost, počítanou v desítkách gramů. Přesto gyrostabilizátory našly své uplatnění zejména v modelech vrtulníků, kde výrazně usnadňují jejich pilotáž.

Aby byl stabilizační účinek dostatečný, musí být odchylka modelu nejen citlivě a včas detekována, ale

musí být i rychlý zásah do řízení modelu. Proto se gyro spojují s velmi rychlými servomechanismy. Pro porovnání např. servo S9203 firmy Robbe, určené právě pro spolupráci s gyrem ve vrtulnicích, se do úhlu 45° vychýlí za 0,08 s s momentem 55 Ncm, standardní servo S148 za 0,16 s s momentem 30 Ncm.

Gyrostabilizátory jsou mechanicky i elektronicky velmi precizní zařízení, jejichž amatérská stavba je nepřiměřeně náročná. Bylo by jistě zajímavé popsat takové řešení, ale o žádné zřejmě konstruktivní ani existujícím amatérském výrobku nevíme.

Princip optické stabilizace spočívá ve vyhodnocení rozdílného jasu na horizontu - světlé oblohy a tmavé země. Při vychýlení modelu z roviny se světlo dopadající na čidla v určitém směru zeslabí, v opačném směru zesílí. Mikroprocesor vyhodnotí změny jasu a zasáhne do řízení tak, aby vrátil model do roviny letu. I když na první pohled nebude tento systém přílišnou důvěru a vnučuje se otázka, jak se na jeho činnosti projeví tmavé mraky nebo hory na horizontu, náhodné osvětlení modelu odleskem slunce od hladiny apod., v praxi pracují zařízení dodávaná na trh až neuvěřitelně dobře.

U nás asi nejznámějším výrobkem tohoto druhu je HAL2100 britské firmy Ripmax. Zařízení se skládá ze dvou částí, optické sondy ve tvaru houby, která se připevňuje zespodu na model „nohou houby nahoru“, a krabičky 60×37×20 mm, obsahující elektroniku. Hmotnost celku je 60 g a jeho spotřeba podle katalogových údajů kolem 12 mA. Elektronika se připojuje k přijímači místo serv pro ovládání křidélek a výškovky. Třetí proporcionální kanál na vysílači může sloužit k nastavení účinnosti stabilizace za letu v plném rozsahu, tj. od 0 do 100 %. Tento kanál nemusí být použit a míru stabilizace je možné nastavit i na elektronice, ovšem jen na 30 nebo 80 %. Je však výhodné zapojit dálkové proporcionální řízení vlivu stabilizace, protože při startu z ruky může systém právě na přítomnost ruky nesprávně zareagovat a také proto, že je výhodné mít možnost nastavit maximální úroveň stabilizace pro daný model těsně pod hranici, kdy se dostane do kmitů. Na výstup zařízení se připojí serva.

Stabilizační účinky jsou velmi výrazné, model se bez řízení udržuje v rovině, jako by ani neletěl ve větru a turbulencích. Je prakticky ověřené, že i model, jehož uspořádání nemá předpoklady ke klidnému a stabilnímu letu, vybavený tímto zařízením, může řídit úplný začátečník a to včetně přistání, které HAL také zvládne. Postupem času se získanými zkušenostmi pak může pilot omezovat účinky stabilizace a více se s modelem „vyřádit“, kdykoli se však lze vrátit k původnímu, „hodnému“ nastavení.

Firma Robbe volila jen trochu jinou cestu a prodává čtyřkanalový přijímač pro pásmo 35 MHz přímo kombinovaný s optickým stabilizátorem. To dovolilo zmenšit hmotnost (46+18 g) celého zařízení (včetně přijímače) a omezit počet propojovacích kabelů. Vzhled a předpokládané umístění sondy na modelu je prakticky shodné jako u HAL2100 nebo podobného zařízení firmy Graupner, které se vyrábí pod označením AP-2300.

Amatérské řešení optického stabilizátoru je po stránce mechanické i elektrické snadno zvládnutelné a jednoduché, předpokládá však nasazení výkonného jednočipového mikropočítače, v jehož programu jsou možnosti stabilizátoru ukryty, a dlouhou řadu zkoušek. Nepochybují, že se dříve nebo později taková konstrukce objeví, ostatně vím, že se na tom již pracuje.

Zařízení pracující na magnetickém principu využívají mnoho let „magnetářů“ se svými větroni, které jsou v letu podél svahu udržovány směrovým kormidlem, přímo spojeným s magnetem, nejedná se tedy o řešení elektronické. Jakmile se v modelu vyskytnou serva a případně silný pohonný elektromotor, rušivé magnetické pole od těchto zdrojů možnost využití magnetického pole Země pro stabilizaci směru značně zkomplikuje. Komerčně vyráběné zařízení na tomto principu jsem neobjevil.

Stabilizátory otáček motoru pro modely vrtulníků bych přičítal do této skupiny proto, že se na rozdíl od jiných modelů se změnou nastavení rotorových listů velmi výrazně mění zatížení motoru v různých režimech letu a to je třeba kompenzovat. Kompletní zařízení je ve výrobním programu velkých modelářských firem.

Fail safe

Úlohou fail safe je při ztrátě spojení nebo při rušení nastavit serva do předem definované polohy. Někdy je příslušný obvod vestavěn přímo do přijímačů, zejména do přijímačů PCM, do mixérů, regulátorů, servozesilovačů atd. - pak mluvíme o *funkci fail safe*. V případě, že v modelu tuto funkci potřebujeme a není k dispozici, lze mezi přijímač a servo doplnit obvod, který ji vykonává. V tomto případě budu používat termín *obvod fail safe*. V literatuře se někdy v této souvislosti setkáte s termínem autopilot, což z hlediska funkce neodpovídá skutečnosti a mnohé zájemce to mate. Je to zčásti i vina neseriózní reklamy, která názvem autopilot navozuje dojem, že obvod usnadní nebo dokonce převezme řízení místo pilota. Rád bych použil název zcela nebo alespoň více český, je-li to však na závadu věcné správnosti, musí jazykové hledisko stranou.

Realizace obvodu fail safe jsou si většinou dost podobné a liší se jen použitím konkrétních součástek. Vždy



Příklad profesionálně vyráběných gyrostabilizátorů

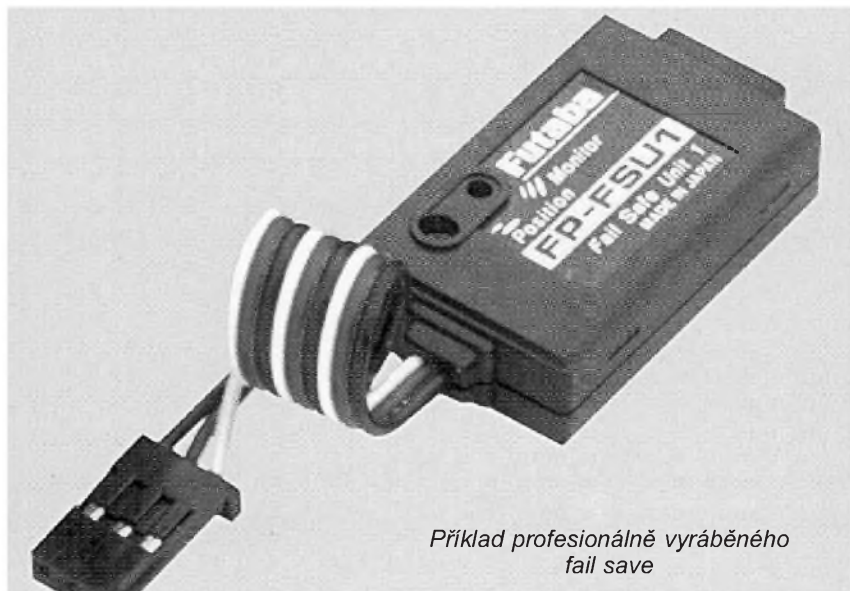
obsahují jeden astabilní klopný obvod, který generuje signál imitující impulsy z přijímače a šířka těchto impulsů je nastavitelná v mezích, potřebných pro řízení serva. Monostabilní klopný obvod kontroluje přítomnost impulsů přicházejících z přijímače. Při správné funkci procházejí impulsy z přijímače bez úpravy obvodem fail safe - pokud dojde ke ztrátě spojení, MKO překlopí a na výstup obvodu propustí impulsy z AKO.

Příkladem zapojení může být schéma uvedené v [40]. Je velmi podobné první z dále uvedených konstrukcí a využívá jednoho obvodu CMOS 4011, je jednoduché, miniaturní, funkce AKO je však závislá na napájecím napětí, takže i při použití kvalitních stabilních kondenzátorů se při změně napájení od 4 do 6 V servo „odstěhuje“ o více než 20° úhlové výchylky, což je více, než se běžně používá k řízení. Citelně menší napěťové závislosti dosáhneme použitím obvodu 555 na místě AKO, naopak MKO může být zjednodušen (viz druhá z konstrukcí).

Názory na správné nastavení fail safe v modelu jsou často zcela protichůdné. Někdo preferuje nastavení do neutrálu, aby model při poruše ovládání byl schopen vyrovnat vlastní stabilitou let a pokračovat v něm (plyn samozřejmě musí ubrat na minimum) a argumentuje tím, že i po mnohasekundovém výpadku způsobeném rušením nebo vysazením vysílače lze znovu převzít kontrolu a bezpečně přistát. Na tom něco je. Pokud se však nepodaří spojení obnovit, může stabilní model letět ještě mnoho desítek minut a zkuste ho potom dosáhnout. Ztráta kompletního modelu je velmi drahou záležitostí, mnohem dražší, než havárie. (Mimochodem, nenašel někdo před dvěma lety nový tmavě modrý model motorového větroně? Vzal to od kopce Cukrák směrem na Beroun a když se „osamostatnil“, měl palivo ještě na dvacet minut motorového letu. Byl vidět ještě skoro patnáct minut a z vlastní zkušenosti potvrzuji, že bezmocnost pilota na zemi je velmi nepřijemná).

Druhá skupina modelářů nastavuje fail safe tak, aby byl model po ztrátě spojení spolehlivě „sestřelen“, třeba plným natažením výškovky. I to má své důvody. Spočítáme-li cenu jednotlivých částí modelu letadla, pak cena výbavy rozhodně převyšuje cenu draku. Někdy dokonce drak tvoří jen 5 až 10 % ceny celku. Při řízené havárii (tj. nikoli po rovném střemhlavém letu) má palubní elektronika a často i motor velkou šanci na přežití. Drak bude sice spolehlivě zničen, ale drahé části modelu se s velkou pravděpodobností zachrání.

Třetí skupina modelářů nemůže funkci fail safe přijít na jméno a vypíná ji, pokud může. Jde zejména o vlastníky drahších RC souprav s FM PCM, kterým fail safe zbytečně zlikvidoval model. Přijímače PCM jsou totiž velmi



Příklad profesionálně vyráběného fail save

dobře odolné vůči rušení v tom smyslu, že pokud je kód povelu poškozen rušením, považuje se za neplatný a není nepropuštěn do serva. Je-li po sobě neplatných povelů několik, aktivuje se fail safe a srovná servo do dané polohy.

Je to vlastně stejné jako s mobilními telefony. Ty, které pracují s analogovým signálem (NMT), mají přenos více zamořený rušením, ale k úplné ztrátě spojení hned tak nedojde. Plně digitální telefony (GSM) mají podstatně lepší nerušený přenos, ale k přerušení spojení dojde snáze. Prolétá-li tedy model mezi dráty vysokého napětí (doufáme, že jen teoreticky), pak je vystaven silnému rušení a s běžnou soupravou serva kmitají, ale částečná řiditelnost zůstává zachována. Po okamžiku urputného boje se „splašený“ model z rušení vymaní a je vše v pořádku. Ve stejné situaci s PCM a fail safe rušení nepozorujeme, nejdřív vše funguje, pak nefunguje nic (aktivuje se fail safe) a pak je zase vše v pořádku. Pokud se však jedná o model, který nemá přemíru stability a musí se stále řídit (třeba akrobat), obnovení spojení se asi nedožije.

Jsem přesvědčen, že univerzální a ideální nastavení fail safe neexistuje. Jako nejpopulárnější se mi jeví fail safe vytvořený se stejným zapojením jako mikroprocesorový mixer, popsáný v [30] (obr. 40). Změna je pouze v řídicím programu procesoru. Fail safe obsluhuje současně dva servo-signály, ale zcela na sobě nezávisle. Výhodou je i naprostá teplotní a časová stabilita funkce. Objeví-li se na vstupu signál kratší nebo delší než je schopen generovat vlastní vysílač, je impuls nahrazen kopií posledního platného signálu. Servo se nepohne. Už samo o sobě precizní kontrolování délek impulsů omezuje možnost, že by rušení bylo vyhodnoceno obvodem fail safe také jako platný signál a obvod se neaktivoval, jak se to může stát u jednoduchých zapojení. Stejně tak se za neplatný považuje signál,

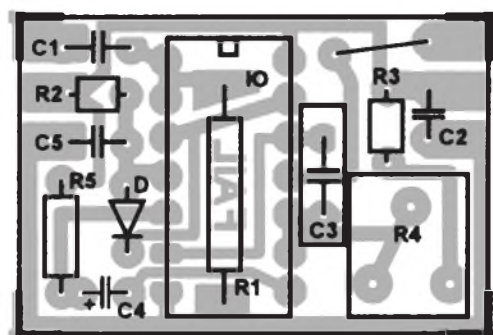
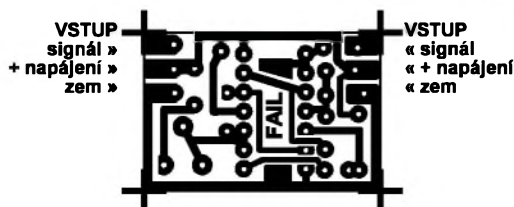
který by se od předchozího lišil o více než o 25 % výchylky serva. Tato kontrola se při správném řízení projeví jen tehdy, když přesunete ovladač z dorazu na doraz za méně než 0,1 s - zkuste to stihnout. Při krátkém výpadku či rušení tedy serva zachovávají svoji polohu. Trvá-li porucha déle než předvolanou dobu (0,5 až 5 s), nastaví se serva do první polohy, která je volena tak, aby byl model schopen letu a pokud možno se stabilizoval. Trvá-li porucha stále dál ještě delší dobu (10 až 120 s), nastaví se druhá předvolaná poloha kormidel, která modelu zabrání v ulétnutí i za cenu úmyslné havárie - model je „sestřelen“.

Pro cenové srovnání použijeme profesionální výrobek Futaba. Jeho rozměry 35×20×8 mm nejsou právě malé, hmotnost má pouhých 6,6 g a cenu - necelé 2000 Kč. Funkčně shodné zařízení od firmy Hitec lze v našich obchodech získat za méně než polovinu této částky, materiál na amatérskou stavbu jednoduchého zapojení se určitě vejde do 100 Kč a uvedený (dvoukanálový) mikroprocesorový fail safe do 700 Kč.

Jednoduchý fail safe s obvodem HCT00

Zapojení uvedené na obr. 51 je funkčně velmi jednoduché. Pokud přicházejí kladné impulsy na vstup, jsou prvním hradlem invertovány a přes diodu D udržují kondenzátor C5 ve vybitém stavu. To blokuje činnost AKO sestaveného z hradel 3 a 4. Kondenzátory C3 a C4 spolu s rezistory R3, R4 a R5 určují kmitočet impulsů na výstupu hradla 4 asi 50 Hz. Trimrem R4 je aktivní část impulsu nastavitelná od asi 0,7 do 2,5 ms. Kondenzátor C3 by měl být kvalitní svítkový pro omezení teplotní závislosti funkce, u druhého kondenzátoru C4 teplotní závislost nevádí. Pokud na vstup zapojení impulsy nepřijdou, nabije se kondenzátor C5, spustí AKO a jeho impulsy se přes hradlo 2 objeví na výstupu.

Obr. 51. Zapojení jednoduchého fail save



Jak už bylo uvedeno, takto jednoduché řešení má silnou napětovou závislost, pro ho považuji za použitelné pouze v modelech, kde je napětí pro přijímač a serva stabilizováno obvodem BEC. Deska se spojí je na obr. 52 a 53.

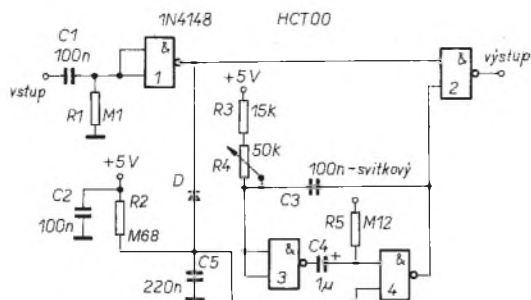
Seznam součástek

IO	74HCT00
D	1N4148
C1, C2	100 nF, keramický
C3	100 nF, fóliový
C4	1 µF, elektrolyt. mini
C5	220 nF, keramický
R1	100 kΩ
R2	680 kΩ
R3	15 kΩ
R4	50 kΩ, trimr PT6V
R5	120 kΩ

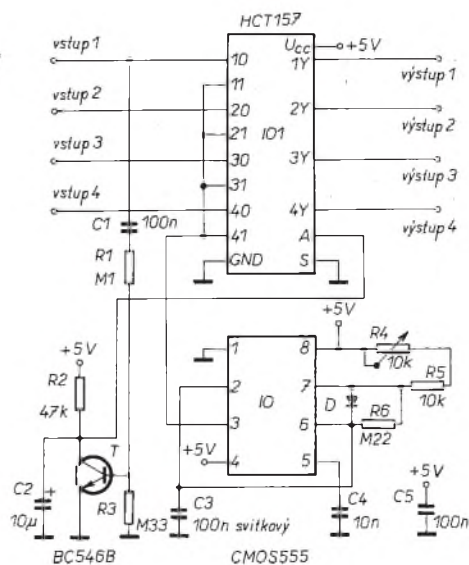
Čtyřnásobný fail safe s 555

Druhá z konstrukcí fail safe jednak silně omezuje (ale nikoli zcela odstraňuje) napětovou závislost funkce a jednak současně vychází z předpokladu, že budeme chtít při činnosti obvodu všechna serva nastavit buď do neutrálu (aby model letěl) nebo naopak všechna na výchylku (aby model havaroval). Obsahuje jeden AKO s obvodem CMOS 555 a čtyřnásobný dvouvstupový multiplexer HCT157, díky čemuž můžeme zapojení použít současně pro čtyři serva s tím omezením, že jejich výchylka není nastavitelná samostatně. Schéma zapojení je na obr. 54.

Přítomnost signálu z přijímače se vyhodnocuje pouze na vstupu 1, tento vstup tedy musí být vždy použit, ostatní



Obr. 52, 53. Deska s plošnými spoji zapojení z obr. 51 a její osazení součástkami



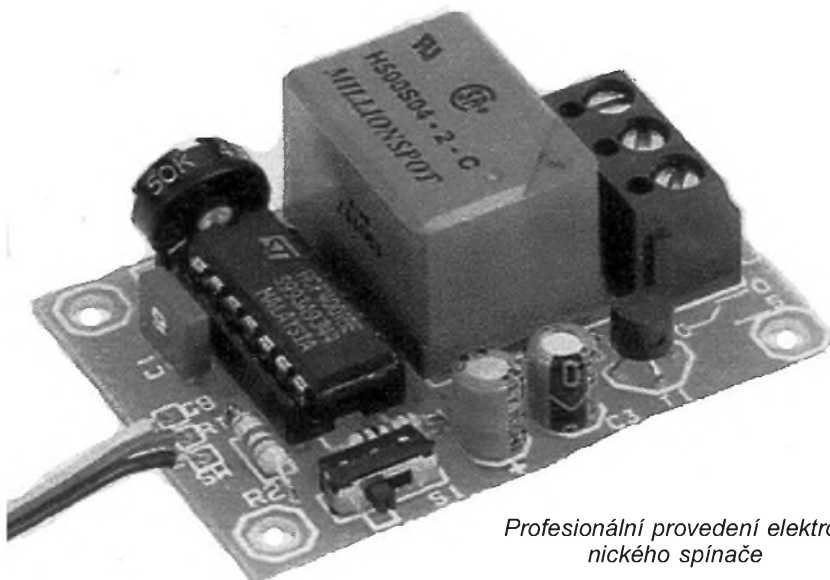
Obr. 54. Zapojení fail save s CMOS 555 a HCT157

Elektronické spínače a přepínače zdrojů

V elektrické instalaci jednoduchých i složitých modelů se vyskytuje obvykle mechanický spínač napětí zdrojů pro přijímač a serva. Tento spínač bývá umístěn tak, aby byl přístupný zvnějšku modelu a i když si dáme záležet a jeho umístěním omezíme možnost průniku nečistot na kontakty, jedná se pravděpodobně o nejméně spolehlivý prvek z celé elektrické instalace. Riziko poruchy dále zvětšuje fakt, že ve snaze o úsporu hmotnosti a prostoru je tento spínač často silně poddimenzován a pracuje v proudovém přetížení. Pokud jsou do modelu instalována čtyři serva a tato serva jsou současně v pohybu, protéká spínačem proud 1 až 2 A, přičemž nejčastěji používané typy jsou určeny pro proudy kolem 0,2 až 0,5 A.

Záludností patří poruchy spínačů mezi nejhorší. Znečištěním a opálením kontaktů, případně ztrátou přitlaku se zvětší přechodový odpor spínače a při zkouškách s přijímačem a se servy postupně vše funguje, protože úbytek napětí na vadných kontaktech se na činnosti serva projeví jen minimálně. Za provozu, kdy je procházející proud podstatně větší a navíc se mohou uplatnit vibrace od motoru, spínač selže. Nejsou vzácné případy, kdy po přistání a záchraně modelu vykazoval spínač odpor přes 100 Ω!

K nejjednodušším způsobům, jak omezit možnost havárie z tohoto důvodu, patří dostatečné dimenzování spínače a použití dvojpolového typu s paralelním spojením kontaktů. Spolu s RC soupravou bývá někdy dodáván kabel se spínačem zdrojů pro přijímač, který má dva spínací kontakty, přerušuje oba vodiče napájení a tím zdvojnásobuje pravděpodobnost poruchy. Je výhodnější propojit oba systémy kontaktů paralelně a přerušovat jen jeden vodič. Pozornost věnujeme i tomu, jak je vyřešena zábrana proti



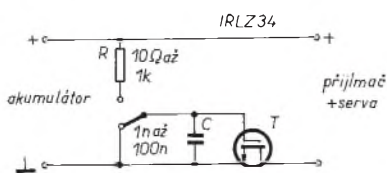
Profesionální provedení elektronického spínače

průniku nečistot dovnitř spínače. Pokud je spínač shora u posuvné páčky otevřený a lze se např. jehlou dostat dovnitř na jeho kontakty, je bezpodmínečně nutné doplnit jej kulisou z plastu nebo pryže, která ho uzavře.

Jiným řešením je možnost použít elektronický spínač, který sice bude také obsahovat mechanický páčkový spínač, ale tím bude procházet jen minimální proud a není ani nutné, aby měl stálý kontakt.

Elektronický spínač

Na obr. 55 je zapojení s výkonovým tranzistorem FET, který převezme proudové zatížení běžného spínače. Rezistor plní v zapojení pouze ochrannou funkci, aby v případě, že přepínač během překlápění na okamžik spojí všechny vývody, nevznikl přímý zkrat akumulátorů. Proud by pravdě-



Obr. 55. Elektronický spínač

podobně kontakty přepínače svařil. Kondenzátor v řídicí elektrodě tranzistoru funguje jako analogová paměť a je schopen udržet tranzistor otevřený i několik minut, pokud by kontakty přepínače byly rozpojeny. Použitý tranzistor musí být bezpodmínečně určen k ovládání signálem TTL (IRLZ34, IRLI224G, IRL3803 apod.). Tyto tranzistory mají prahové napětí 2,1 až 2,5 V, takže se spolehlivě otevrou i při silné vybitém akumulátoru.

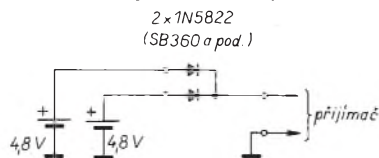
Elektronický přepínač má v sepnutém i rozpojeném stavu jistý odpor, ten je dán vlastnostmi tranzistoru. Při sepnutí se je asi 0,007 až 0,1 Ω , při vypnutí desítky až stovky M Ω . Úbytek napětí na tranzistoru odpovídá procházejícímu proudu. Rezistor nesmí mít příliš velký odpor, protože pak by

se kondenzátor nenabil dostatečně rychle; pomalé zvětšování napájecího napětí přijímače může vést k jeho nefunkčnosti. Obdobně se mohou chovat mikroprocesorová zařízení, která z náběhu napájení odvozuji svůj signál RESET.

Vzhledem k výkonové ztrátě kolem 50 mW není samozřejmě třeba tranzistor vybavovat chladičem. Celé zapojení může být na miniaturní desce s plošnými spoji, osobně však dávám přednost přilepení tranzistoru k bočníci trupu v těsné blízkosti přepínače a propojení pájením přímo v modelu. Řídicí elektroda tranzistoru nesnáší napětí větší než asi 15 V, její vodič je vhodné chránit bužirkou proti doteku, není však nutné přidávat další ochranné prvky.

Ve větších modelech a zejména maketách, které mají velmi značnou hodnotu, je třeba udělat vše pro to, aby se nemohly zničit. Často se tedy setkáváme se zdvojením životně důležitých systémů, například serv. Prvkem, jehož spolehlivost nemůžeme ovlivnit jinak než výběrem typu a zdvojením, jsou zdroje pro přijímač a serva. Přitom právě jejich porucha vede k havárii zcela neodvolatelně.

Nejjednodušší lze zdroje zdvojit jejich paralelním spojením přes Shottkyho diody podle obr. 56. Úbytek napětí na diodě je asi 0,2 V, proud dodá-



Obr. 56. Zdvojení zdrojů

vá zdroj, který má v daném okamžiku větší napětí. Při vybití zdrojů se jejich napětí zmenšuje a tak se ustaví rovnováha, při které se oba zdroje současně podílejí na proudu dodávaném do zátěže. Při poruše jednoho ze zdrojů druhý převezme celou funkci. Zapojení je nevýhodné v tom, že před-

pokládá dva zdroje o stejné kapacitě (velká hmotnost) a při létání počítat pro jistotu jen s kapacitou jednoho z nich. Tam, kde nevadí větší hmotnost, je výhodou jednoduchost a spolehlivost tohoto řešení. Krátký článek na toto téma byl zveřejněn v [41].

Lepší variantou je doplnit stávající palubní zdroj druhým, záložním, o podstatně menší kapacitě, která postačí na několik minut chodu a umožní bezpečné přistání. Zároveň však musí být pilot o poruše informován, ať už zvukovým signálem nebo ovlivněním serva plynu a jeho stažením tak, aby byl pilot přistát doslova donucen.

Elektropohon a jeho řízení

Modelářské elektromotory

Použití elektromotorů v modelářské praxi je velmi rozmanité a podle toho se i pronikavě liší jejich používané velikosti a parametry. Přitom nelze rozdělit motory ani podle představy některých začátečníků, že pohonné jednotky musí být výkonné a velké. Srovnajte si pohonné motory pro halové vzducholodě o průměru kolem osmi milimetrů, hmotnost v jednotkách gramů a spotřebu v desítkách mA s motorem serva pro změnu šipovitosti křidel za letu nebo motorem palivového čerpadla pro turbínu, které jsou nesrovnatelně větší - alespoň z řady 400.

Podrobný rozbor vlastností, používaných materiálů a typů elektromotorů by zabral nejméně jeden celý časopis a musel by ho napsat specialista na tuto problematiku. Proto se omezím zejména na běžné, nikoli špičkové motory a pokusím se shrnout základní pravidla pro jejich výběr a použití z hlediska jejich napájení a řízení. Výběr ze sortimentu motorů je uveden v tabulce na další straně.

Při výběru pohonného motoru je prvotním hlediskem potřebný výkon. Hledání údajů v tabulkách je ztěženo tím, že různí výrobci uvádějí různé údaje a navíc není zaručeno, že pokud se parametry motorů stejně nazývají, že byly také měřeny za stejných podmínek.

První orientační údaj o výkonu motoru spočteme jako násobek jeho jmenovitého napětí, proudu a účinnosti. Toto číslo pomůže porovnat mezi sebou dva motory, o reálném stavu v modelu však nevypovídá nic. Každý motor pracuje do mechanické zátěže, ať už je to letecká vrtule, lodní šroub



Standardní motor Speed 600, 7,2 V

Jmenovité napětí [V]	Typ motoru	Největší účinnost při proudu [A]	Blokovací proud [A]	Účinnost [%]	Hmotnost [g]
4,8	NAVY 4,8	0,2			42
4,8	SPEED 400 RACE	7,0	40	66	73
6,0	SPEED 280	1,6	7	58	42
6,0	SPEED 300	5,0	28	65	50
6,0	SPEED 400	4,0	25	70	73
7,0	ULTRA 920-4	39,0	437	80	235
7,0	ULTRA 920-5	37,0	350	80	235
7,2	SPEED 400	3,3	21	72	73
7,2	POWER 400/35	4,5		70	71
7,2	SPEED 500	9,0	59	66	162
7,2	POWER 500/21	14,0		76	160
7,2	SPEED 500 RACE	14,0	96	76	164
7,2	SPEED 500 RACE VS	17,0	112	82	166
7,2	SPEED 500 BB Buggy Race	18,0	190	78	174
7,2	SPEED RX 540 BB VZ	14,0	93	82	170
7,2	SPEED 600 ECO	7,5	50	72	220
7,2	SPEED 600	12,0	85	69	195
7,2	SPEED 600 BB	12,0	85	72	195
7,2	MEGA mini 6	22,0	450		230
8,0	ULTRA 930-6	20,0	200	78	290
8,4	SPEED 500	9,0	57	69	160
8,4	SPEED 500 BB Competition	13,0	102	89	196
8,4	SPEED 500 BB Comp. Expert	16,0	118	87	196
8,4	SPEED 500 BB RACE	20,0	150	78	225
8,4	SPEED 600	11,0	70	75	220
8,4	SPEED 600 BB	11,0	70	77	220
8,4	POWER 600/24	10,0		74	220
8,4	SPEED 700 BB Turbo	15,0	75	72	350
8,4	MEGA mini 7	20,0	330		230
9,6	SPEED 360 PT	8,0	64	77	192
9,6	SPEED 600	7,0	58	75	195
9,6	SPEED 600 BB	7,0	58	77	195
9,6	SPEED 650 BB RACE	12,0	89	77	258
9,6	SPEED 700 Turbo	12,5	65	75	320
9,6	SPEED 700 BB Turbo	15,0	77	75	350
9,6	SPEED 700 BB Turbo Neodym	15,9	117	77	353
10,0	ULTRA 930-7	20,0	200	82	290
10,0	ULTRA 1600-4	24,0	130	81	405
10,0	ULTRA 1800-3	47,0	416	84	525
12,0	SPEED 500 E	2,0	10	67	158
12,0	SPEED 600 BB Turbo	7,0	40	77	220
12,0	SPEED 700 BB Turbo	12,5	43	75	350
12,0	ULTRA 930-8	17,0	200	83	290
12,0	ULTRA 930-10	16,0	150	81	290
12,0	ULTRA 1600-5	20,0	150	81	400
12,0	POWER 1000 (pomaluběžný)	4		70	1200
12 - 16	POWER Plus 410/12	8		78	118
12 - 16	POWER Plus 710/12	16		79	360
14,4	SPEED 600 BB Turbo	5,0	33	74	220
16,0	ULTRA 1600-6	20,0	160	83	400
18,0	ULTRA 1600-8	14,0	144	84	400
18,0	ULTRA 1800-5 Neodym	21,0	180	83	525
20,0	ULTRA 2000-5	23,0	200	87	640
24,0	ULTRA 2000-7	17,0	220	87	640
28,0	ULTRA 3450-7	24,0	358	88	730
30,0	ULTRA 3500-8	22,0	280	87	795
24 - 36	PRO 744/4	49,0		75	675

nebo třeba naviják plachet. Zvolíme-li předem počet článků, tj. napětí, bude proud při činnosti motoru úměrný jeho zatížení.

Nezatížený elektromotor připojený na jmenovité napětí se roztočí velkou rychlostí a odebírá tzv. proud na-prázdko. Tento proud odpovídá třením a ztrátám uvnitř motoru. Odebíraný výkon je nulový, motor vlastně pracuje s nulovou účinností. Zatěžujeme-li postupně motor, jeho proud se zvětšuje pomaleji než výkon do zátěže a účinnost motoru se zvětšuje při současném zmenšení rychlosti otáčení, až při jistém proudu dosáhne účinnost maxima. Zvětšujeme-li dále zátěž, rychlost otáčení motoru se stále výrazněji zmenšuje („snižují se otáčky“), odebíraný proud se sice zvětšuje, ale výkon do zátěže stoupá již jen chvíli, pak se prudce zmenšuje. Motor naprostou většinu přijaté energie proměňuje na teplo, účinnost je mizivá. Proud se zvětšil tak, že magnetické pole uvnitř motoru poškodí (odmagnetuje) permanentní magnety statoru. I pokud na to intenzita magnetického pole nestačí, vyvíjené teplo způsobí prudké zvýšení teploty v motoru a ztrátu magnetických vlastností statoru při překročení Curieovy teploty, to vyvolá další zvětšení proudu a teploty a rozpad plastového tělíska komutátoru, spálení izolace vinutí a vnitřní zkrat. Destrukce byla dokončena.

Pokud se vám zdá líčení účinků nadproudu zbytečně barvité, mě přesvědčuje o opaku hromádka motorů (většinu z nich jsem dostal od známých), které tímto dějem prošly. Ke zničení motoru postačuje při dostatečně tvrdém zdroji napětí, jakým NiCd články nebo olověný akumulátor nepochybně jsou, čas kratší než 5 s.

Naprostá většina výrobců udává proud, při kterém motor dosahuje maximální účinnosti. Je samozřejmě ideální, je-li pohonný agregát sladěný tak, aby pracoval právě při tomto proudu. Tak se však nastavují jen agregáty vytrvalostních modelů, u nichž je účinnost prvořadá. Obvykle se snažíme „vyždímat“ z motoru větším proudem větší výkon, abychom dosáhli příznivějšího poměru výkonu a hmotnosti.

Někteří výrobci udávají maximální (bezpečný) proud, jindy najdeme v charakteristice proud tekoucí stojícím motorem (blokovací), který je určen víceméně jen odporem vinutí a je přibližně osm nebo vícekrát větší než proud při optimální účinnosti. Není-li uveden maximální provozní proud, považujte za něj dvojnásobek proudu při největší účinnosti.

Pohonný agregát nastavujeme většinou výměnou vrtule (lodního šroubu), tedy změnou jejího průměru a stoupání čili vlastně změnou zatížení. Testy probíhají s modelem v klidu, kdy je agregát namáhán více, než při provozu. Oproti statickému testu můžeme počítat při pohybu se zmenšením

proudu o 10 až 20 %, méně u pomalejších modelů, více u rychlých.

Doladit pohonný agregát můžeme i jinak. Při zvolené vrtuli můžeme zvětšit napájecí napětí, popř. počet článků akumulátoru až o polovinu, výjimečně na dvojnásobek. Vždy je však nutné hlídat odebíraný proud a při zvětšeném napětí nezkoušet motor bez zatížení, otáčky by se mohly zvětšit tak, že by se poškodil rotor nebo komutátor.

Zajímavé je sledovat děje v motoru při jeho rozběhu a zastavení. Je-li motor připojen skokem na plné napájecí napětí, v prvních milisekundách je proud omezen indukčností vinutí rotoru. Setrvačnost rotoru a zatížení vrtulí neumožňuje tak rychlé roztočení a motor začíná pracovat v režimu s velkým momentem, špatnou účinností a proudem výrazně překračujícím ustálený provozní stav. Mžikově proud dosahuje velikosti proudu blokovacího, pokud je ovšem zdroj schopen ho poskytnout. V této době jsou nejvíce namáhány převodovky a snadno se „strhnou“. Motor se roztáčí, proud se zmenšuje, motor se ustaluje do provozního stavu. Celý rozběh trvá většinou 0,2 až 2 s. Motory, pohánějící přímým náhonem lodní šrouby, jsou na tom při rozběhu lépe než motory s leteckou vrtulí, protože setrvačnost daná průměrem a hmotností lodních šroubů je podstatně menší.

Při skokovém odpojení napájení se roztočený motor, udržovaný v chodu setrvačností, přemění v dynamo. Není-li elektrický obvod uzavřen, zmenšují se otáčky při modelu v klidu až deset sekund u leteckých vrtulí a kolem dvou sekund u lodních šroubů. Za pohybu se přidá vliv proudícího vzduchu, který se snaží vrtuli udržet v otáčení. Tím nastane stav, kdy se motor nezastaví vůbec a je hnán rotující vrtulí s výrazným brzdícím účinkem na model. Proto se u leteckých spínačů a regulátorů zapojuje jeden tranzistor, který po odpojení napětí zkratuje vývody motoru - tím uzavře elektrický obvod a motor sám sebe generovanou energií brzdí. Brzdný účinek je tím větší, čím jsou vyšší otáčky. U lodních šroubů se tento jev zdaleka tak výrazně neprojevuje.

Z předchozího popisu vyplývá, že i u spínačů pohonných motorů je třeba zajistit pozvolný náběh proudu a tím plynulý rozběh neohrožující mechanicky převodovku, magneticky motor a proudovým nárazem pohonné zdroje. Spínání pomocí kontaktů relé těmto požadavkům nevyhovuje a nedoporučuji ho pro výkonnější pohonné motory používat. I když jistou dobu motor v provozu přežije, je cena za použití jednoduššího spínače nepřiměřeně vysoká.

Pro svou dobrou účinnost se dnes naprostá většina regulátorů pohonu konstruuje jako impulsní. Impulsní regulátor pracuje v podstatě tak, že na jistou, velmi krátkou dobu, připojí

k motoru plné napájecí napětí. Výkon motoru přibližně odpovídá činiteli plnění impulsů. V době sepnutí musí být proud omezen indukčností motoru. Pokud je impuls příliš dlouhý, proud motorem se po počátečním omezení prudce zvětšuje a může se až blížit proudu blokovacímu. Výkonový tranzistor regulátoru má v sepnutém stavu velmi malý odpor a proudové špičky se oteplením projeví jen málo. Motor pracuje v režimu s podstatně zmenšenou účinností. Vzniká dojem, že regulátor je perfektní, moc se neohřívá, regulace funguje, přitom však zmenšuje účinnost celého agregátu.

Popsaný děj se velmi markantně projevuje u regulátorů, pracujících s kmitočtem řídicích impulsů 50 Hz. Každý impuls je schopen rotorem pohnout, motor se snadno rozbíhá do nízkých otáček, ale naprázdno pracuje se škubáním a s malou účinností zejména ve středních otáčkách.

Pokud naopak pracuje regulátor s impulsy nadměrně vysoké frekvence (a tedy s mnoha velmi krátkými impulsy), omezuje indukčnost motoru proud příliš a motor se neochotně rozbíhá do malých otáček, nemá v nich potřebný moment a vlivem vysoké frekvence se podstatně zvětšují ztráty na spínacích součástkách regulátoru.

Optimální frekvenci pro impulsní regulátor nelze stanovit bez znalosti konkrétního motoru, především jeho impedance, ostatně není ani nijak ostře vymezena. Velmi názorným příkladem je regulátor s konstantním kmitočtem pro elektrolyty s motorem řady 500 (nebo větším), který je pro tento motor konstruován s frekvencí v rozmezí 1000 až 4000 Hz. Vyzkoušíte-li tentýž regulátor s modelem lokomotivy třeba velikosti TT, bude se její motor chovat zcela jinak. Při přidávání „plynu“ dlouho energie nestačí ani na pohyb motoru a ten bude jen pískat. Když se konečně roztočí, bude velmi „měkký“, bez potřebného momentu, v prvním kopečku se lokomotiva zastaví. Teprve v druhé polovině regulačního rozsahu se výkon motoru podstatně zvětší. Podstatně větší impedance motoru lokomotivy vyžaduje totiž k optimálnímu řízení motoru impulsy zcela jiného kmitočtu, obvykle v oblasti 50 až 200 Hz.

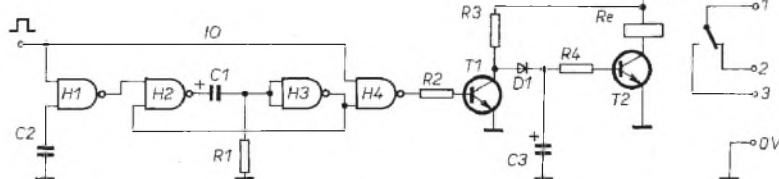
Impulsní regulace s konstantním kmitočtem a proměnlivou střídou impulsů je v současné době nejčastěji používaným principem v běžných regulátorech bez mikroprocesoru, protože jde o princip poměrně snadno realizovatelný. Chceme-li však spojit výhodu snadného rozběhu do malých otáček s velkou účinností v celém jejich rozsahu, je třeba plynule měnit jak frekvenci, tak střídu impulsů. Při rozběhu se začíná s impulsy pětinnové až desetinnové frekvence oproti maximu a s definovanou minimální šířkou aktivního impulsu, přidáváním plynu se frekvence zvyšuje a zvětšuje se poněkud i střída. Ve střední části regulace

dosahuje frekvence svého maxima a řízení je plně závislé na změně střidy. Dalším přidáváním plynu se dále zvětšuje střida (ale nikoli zkracováním doby vypnutí, snižuje se frekvence vypnutí). Nakonec vypínání motoru vymizí a ten běží na plný výkon. Přesný popis algoritmu řízení střidy a frekvence je věcí každého výrobce a nebývá zveřejněn.

RC spínače

Obvyklým principem funkce jednoduchého servospínače je spolupráce dvou klopných obvodů. Vstupní impuls nastartuje MKO, jehož délka kyvu určuje mezní délku vstupního impulsu pro vyhodnocení sepnutí, tj. asi 1,5 ms. Vstupní impuls a výstupní signál z MKO se porovnávají a pokud po skončení impulsu z MKO vstupní impuls ještě trvá, je jeho přesahující část propuštěna dál na vstup dalšího, tentokrát restartovatelného MKO s časovou konstantou přesahující 20 ms, který prodlouží přicházející krátké impulsy na stav trvalého sepnutí.

Jednoduché a dobře fungující zapojení RC spínače lze vytvořit s jedním pouzdrům logického IO. Starším příkladem může být obr. 57 podle [42]. IO zde zastává funkci pouze prvního klopného obvodu a vytváří rozdílový impuls. Druhý MKO je vytvořen tranzistorem, diodou D1 a kondenzátorem C3.



Obr. 57. Servospínač. IO - 7400, T1, T2 - KC509, D1 - KY130/80, R1 - při ožívování nahradit trimrem 470 Ω a nastavit vhodný bod sepnutí relé vzhledem k poloze řídicí páky, R2 - 5 k Ω , R3 - 470 Ω , R4 - 1 k Ω , C1 - 2 μ F, C2 - 33 nF, C3 - 50 μ F, tantal., Re - 230 Ω (MVVS)

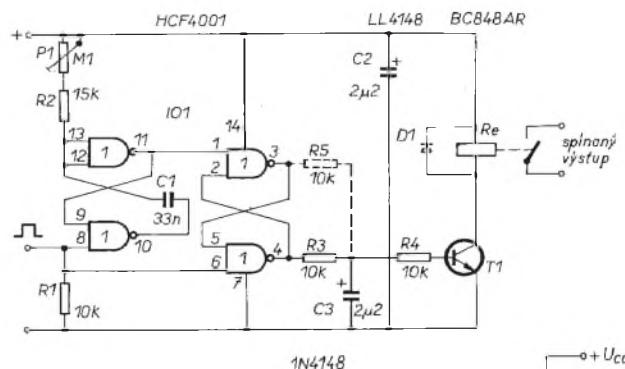
V novějších zapojeních se hradly obvykle realizují oba MKO, jako např. v zapojení na obr. 58 podle [43].

K sestavení spínače není potřeba ani hradel, postačí invertory.

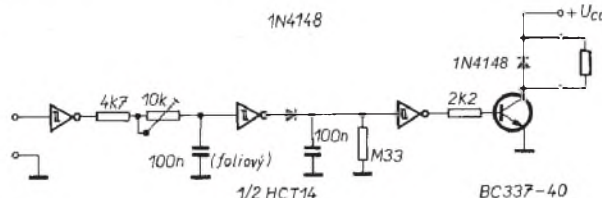
Na obr. 59 je řešení s obvodem HCT14, který obsahuje šest invertorů se Schmittovým klopným obvodem na vstupu, což podstatně zlepšuje funkci

spínače a odstraňuje možné zakmitávání. Z jednoho IO sestavíme dokonce spínač dvojité.

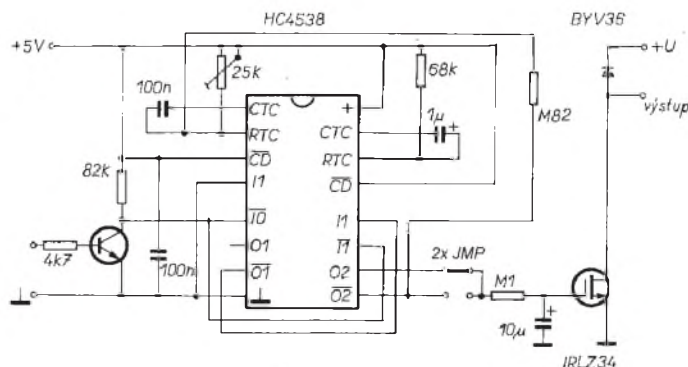
Všechna předchozí zapojení mají však společnou nevýhodu - výraznou



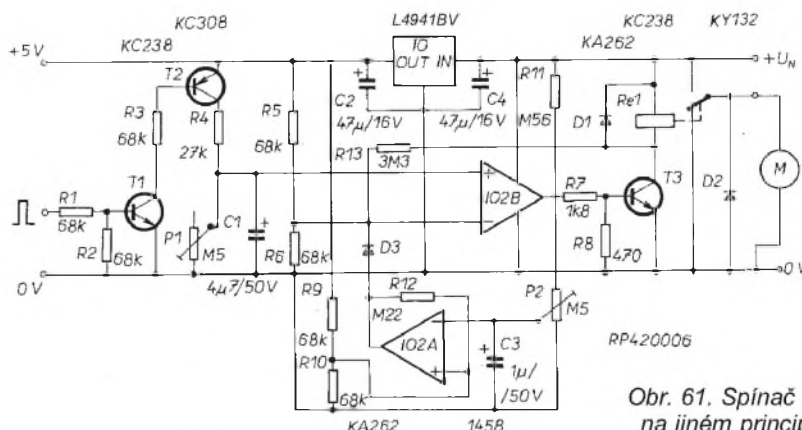
Obr. 58. Novější zapojení RC spínače



Obr. 59. RC spínač se šesti invertory



Obr. 60. Spínač s přesným monostabilním klopným obvodem



Obr. 61. Spínač RC na jiném principu

napětíovou a částečně i teplotní závislost funkce. Pokud to není na závadu, jsou výborně použitelná, jednoduchá a velmi levná.

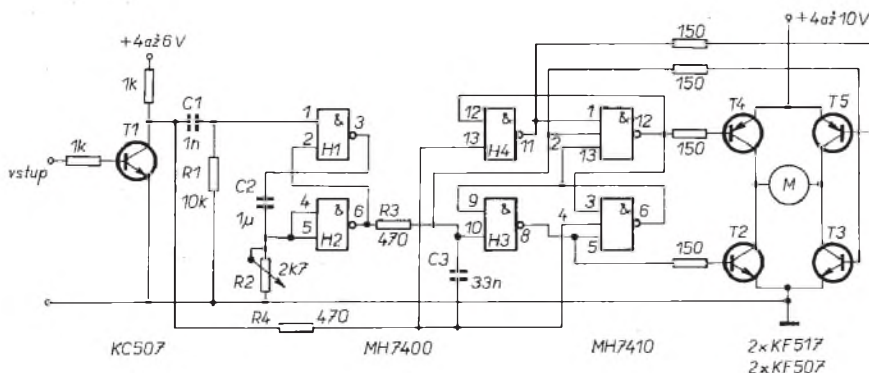
Podstatně lepší stability dosahuje spínač s dvojitým přesným MKO 74HC4538. Jeho schéma je na obr. 60, popis a desky s plošnými spoji můžete nalézt v [43]. Kromě dobré stability stojí za povšimnutí ještě proto, že použití FET s ovládáním logickými úrovněmi TTL zjednodušuje celou výkonovou část zapojení na jedinou součástku a přitom spíná proud do 10 A s malým úbytkem napětí a malým oteplením. Druhou výhodou použití FET je možnost RC článkem v jeho řídicí elektrodě nastavit pomalý náběh i dobách spínaného proudu, což je pro naprostou většinu elektromotorů mnohem příznivější, než spínání skokem. V době spínání (0,2 až 1 s) se zvětšuje napětí na řídicí elektrodě, FET se stává zdrojem proudu a pracuje v lineárním režimu. Spíná-li spotřebič s odběrem 10 A při napětí 10 V, je na něm uprostřed sepnutí velmi přibližně úbytek 5 V při proudu 5 A, tj. výkonová ztráta 25 W. Takové zatížení nemůže tranzistor bez chlazení nebo jen s malým chladičem vydržet příliš dlouho (nebo příliš často). Hodí se proto jen tam, kde ke spínání nedochází pravidelně a velmi často, pro pohonné motory zcela vyhovuje. Zapojení má přepínání smyslu výchylky ovladače pro sepnutí tranzistoru, neřeší však problém chybějících impulsů na vstupu (tranzistor může být trvale v jedné z poloh propojky sepnutí).

Zcela jinak pracuje představitel dalšího z možných řešení spínačů převzatý z konstrukčního návodu [44], jehož schéma je na obr. 61. Vstupní impulsy

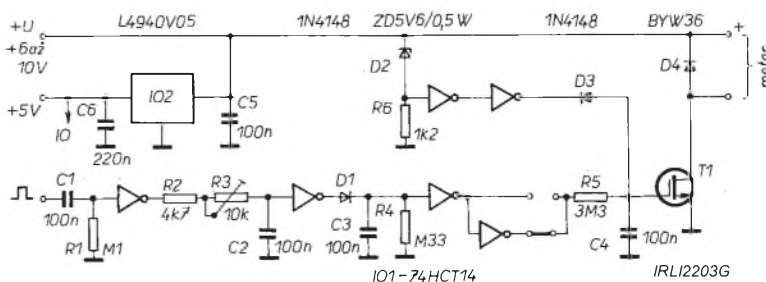
řídí tranzistor T1 a jeho prostřednictvím T2, který je součástí napěťového děliče R4, P1. Napětí na kondenzátoru C1 je úměrné nejen nastavení trimru, ale zejména délce přicházejících impulsů. Toto napětí se komparátorem z operačního zesilovače porovnává se stabilizovaným napětím, odvozeným z IO1 - je-li větší, tranzistor T3 sepne relé. Druhá polovina dvojitého operačního zesilovače hlídá kritickou mez vstupního napětí a při jeho zmenšení nedovolí relé sepnout. Rozpínací kontakt relé je použit tak, že při vypnutí relé zkratuje motor a tvoří jeho účinnou brzdu. Princip zapojení dovoluje jednoduchými prostředky dosáhnout všech funkcí, potřebných pro běžný provoz a slibuje i nevelkou napěťovou závislost.

Co však není dobré, je použití elektrolytického kondenzátoru na pozici C1, jehož teplotní závislost kapacity a svodového proudu činnost celého zapojení zhoršuje. Elektrolytické kondenzátory patří navíc mezi součástky, na nichž se výrazně projevuje stárnutí. Další nevhodnou věcí je poddimenzování relé a přímý zkrat motoru při jeho vypnutí. Pokud totiž opravdu použijete motor s trvalým odběrem 20 A, jak návod dovoluje, pak při sepnutí je proud alespoň minimálně omezován indukčností motoru, potom se prudce zvětší asi na trojnásobek ustáleného (tj. 60 A!) a teprve následně s roztočením motoru se zmenšuje na stálou velikost. Kontakty relé jsou však dimenzovány na spínání 20 A. Při vypnutí vyvolá zkrat motoru velmi silný proudový impuls, jeho velikost by bylo lepší omezit malým rezistorem asi 0,5 Ω . Rozměry 55×30×18 mm a hmotnost 31 g předurčují spínač spíše pro větší modely.

Netradiční zapojení spínače, určeného pro změnu směru otáčení pohonného motorku, umístěného v můstku, vyšlo v [45] a je na obr. 62. Zapojení velmi připomíná servo-zesilovač a při stejné složitosti lze bez problémů postavit i obousměrný regulátor; pokud je však požadována opravdu funkce přepínání směru chodu bez dobře definované možnosti zastavení, svou úlohu plní. Je uveden zejména pro ukázkou logiky ovládací tranzistorů můstku.



Obr. 62. Netradiční zapojení RC spínače



Obr. 63. Spínač s BEC

Svérázný dvojitý spínač „s pamětí“, určený pro dvoumotorové modely lodí, které ke změně směru nepoužívají kormidlo, ale právě rozběh či zastavení jednoho z motorů, najdete v [46]. Schéma nebudu uvádět, jde o dva spínače s obvody 4001, připojené na společný vstup, zajímavé jsou jen bistabilní klopné obvody (4015), umístěné na jejich výstupech. Za zmínku stojí způsob ovládání takového modelu. Vyjdeme ze stavu, že vše je v klidu. Vychýlením ovladače na jednu stranu se zapne jeden z motorů a loď začne zatáčet. Při návratu ovladače do neutrálu se nic nezmění, loď stále zatáčí (paměť). Vychýlením na opačnou stranu se zapne druhý motor, loď jede rychle přímo, vrácením do neutrálu se nic nezmění. Další výchylka na jednu stranu vyvolá vypnutí příslušného motoru (zatáčení) a na druhou stranu i vypnutí druhého motoru. Celá funkce mi asi nejvíce připomíná rohatkové systémy vybavovačů starých sovětských jednokanálových RC souprav před dvaceti lety. Je neobvyklé, že jediným proporcionálním kanálem lze opravdu ovládat jak oba směry zatáčení (i když neproporcionálně), tak i chod a zastavení motoru. Nepochybují o tom, že po zácviku se takovým zařízením lze model úspěšně řídit, jen se mi zdá tento způsob ovládání poněkud „šilený“.

Spínač s BEC pro malé elektrolyty

Uvedený spínač je určen pro malé elektrolyty s motorem řady 400 a přímým náhonem vrtule. Kromě spínací funkce musí ještě z napájecího napětí pro motor stabilizovat napětí 5 V pro přijímač a serva a zajistit, že při vybití akumulátoru nebude možné pohon sepnout. Rozměry spínače odpovídají při-

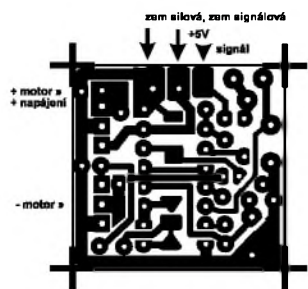
bližně průměru motoru (28×27×12 mm) a hmotnost bez kabelů je 12 g. Schéma je na obr. 63.

Stabilizaci napětí zajišťuje obvod L4940V05, jemuž stačí ke kvalitní funkci napětí na vstupu jen o 0,4 V větší než na výstupu. Pokud chcete ušetřit a budete model pohánět nejméně osmi články NiCd, lze ho nahradit podstatně levnějším 78S05. Spínač je celý sestaven z invertorů se Schmittovým klopným obvodem na vstupu, 74HCT14. Tyto invertory se při napájení 5 V překlápějí do stavu H při napětí na vstupu menším než 1,0 V a do stavu L při napětí kolem 1,5 V - hystereze je kolem 0,5 V.

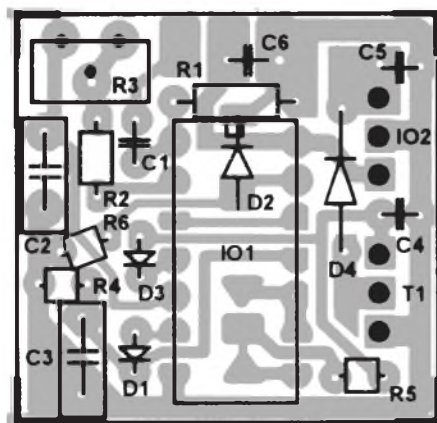
Kondenzátor C1 spolu s rezistorem R1 odděluje vstup a zajišťuje, že v jakémkoli jeho stabilním stavu nebude motor sepnut. Další stupeň (R2, R3, C2) definuje mezní délku impulsu, potřebnou pro sepnutí a na potřebnou velikost se nastaví trimrem. Je-li délka vstupních impulsů větší než mezní, nabije se přes diodu D1 kondenzátor C3 a prodlouží ovládací impulsy přes celou jejich periodu (20 ms). Na desce s plošnými spoji je ploškami vytvořen přepínač, který určuje, bude-li signál dále procházet jen jedním nebo dvěma invertory. Je nastaven tak, aby sepnutí odpovídalo prodloužení ovládacího impulsu. Chcete-li obrátit smysl funkce, stačí přeškrábnout slabý spoj mezi trojúhelníkovými ploškami a spojit druhé dvě. Nevýhodou ovšem je, že ve stavu bez signálu bude motor trvale sepnut.

Rezistor R5 spolu s kondenzátorem C4 zajišťují pomalý náběh i doběh napětí na řídicí elektrodě výkonového tranzistoru, takže v okamžiku spínání pracuje tranzistor jistou dobu v lineárním režimu a omezuje proud motorem. Výkonový tranzistor je dimenzován na proud kolem 100 A, avšak vzhledem k velmi omezeným možnostem chlazení ho lze provozovat trvale jen s proudem asi 15 A. Pokud ho chcete nahradit jiným typem, je naprosto nezbytné, aby byl určen k ovládání signálem TTL (mezní řídicí napětí kolem 3 V) a současně byl v pouzdře TO220FP, tj. s elektricky nevodivým „křídlem“. Dioda D4 plní ochrannou funkci.

Zenerova dioda D2 zmenšuje napětí na vstupu jednoho z hradel tak, aby při napětí akumulátoru kolem 1 V /článek bylo v oblasti 1,0 až 1,5 V. Tuto diodu volíme podle počtu článků



Obr. 64. Deska se spoji spínače s BEC

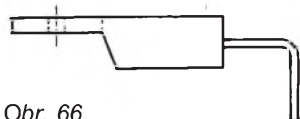


Obr. 65. Deska s plošnými spoji, osazená součástkami

v akumulátorové sadě. Je-li napětí dostatečné, je na výstupu dvojice hradel stav H a tranzistor není ovlivněn. Po zmenšení napětí hradla překlápí a znemožní sepnutí tranzistoru.

Jak je vidět, spínač není vybaven brzdou motoru. Pokud k pohonu používáte pevnou vrtuli, není to na závadu - vzhledem k vlastnímu odporu motoru se možná vrtule ani nebude při klouzavém letu protáčet. S malou lehkou sklopnou vrtulí (např. Graupner 150/80) většinou zastavení vrtule a její sklopení také nedělá potíže, s převodovkou a vrtulí velkého průměru se však absence brzdy projeví.

Spínač je sestaven na desce s plošnými spoji (obr. 64, 65). Je vhodné zvolit materiál o tloušťce 0,8 až 1,0 mm, zmenší se tím rozměr i hmotnost spínače. Všechny rezistory i kondenzátory jsou připojeny „na doraz“ k desce, vývody rezistorů montovaných na výšku jsou chráněny silikonovou bužirkou o světlosti 0,5 mm. Logický IO při pájení naopak zdvihnete asi o 0,5 až 0,7 mm nad jeho spodní doraz. Diody D2 je umístěna ze strany plošných spojů. U pouzder stabilizátoru i výkonového tranzistoru ohnete vývody do pravého úhlu přesně v místě, kde se vývody zužují (obr. 66). Když pak za-



Obr. 66.

sunete vývody obou pouzder do děr v plošných spoji, mělo by se podařit, aby se „těla“ pouzder opřela o obvod 74HCT14 a vrchní plochy jejich křidel byly rovnoběžné s deskou a současně vzhledem k sobě navzájem

naprosto v rovině a křídlo tranzistoru se opřelo o kondenzátor C3.

Pokud tomu tak není, je třeba přehýbáním vývodů a tenkými plastovými podložkami z fólie (lepenky) tohoto stavu dosáhnout, i když si to vyžádá trochu trpělivosti.

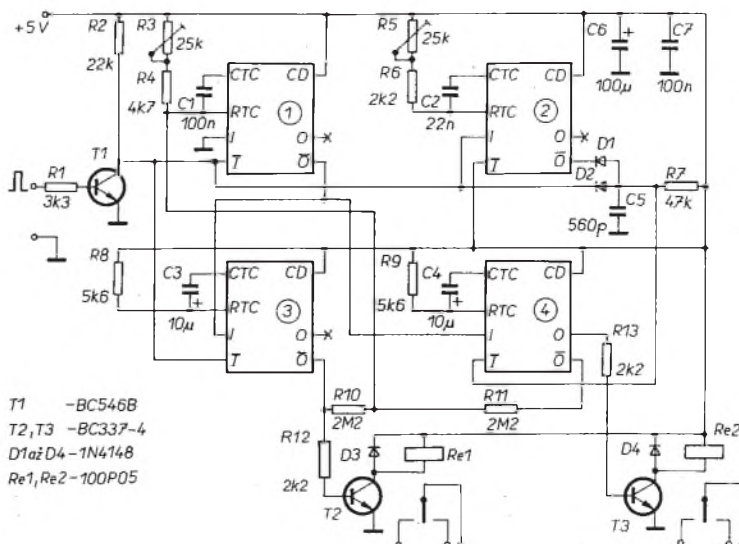
Potom pouzdra vyjmem, plochy jejich křidel obrousíme na jemném brusném papíru a opatrně, abychom plochy prstem nezamastili, je vrátíme do desky s plošnými spoji. Zkontrolujeme jejich přesnou polohu a zapájíme je. Potom vezmeme hliníkový chladič z rovného plechu tloušťky 1 až 1,5 mm o rozměru přesně 27×28 mm (stejně jako deska), jednu jeho stranu očistíme brusným papírem a přilepíme ho kyanoakrylátovým lepidlem po celé ploše ke křídům IO2 a T1. Ideální by bylo použít k lepení tepelně vodivé lepidlo, které je k tomuto účelu výslovně určeno, ale nikdo ho asi kvůli tomu nebude kupovat. Cena tuby s 10 ml lepidla stojí kolem 1000 Kč.

Servokabel se na desce připojuje na plošky u okraje, výkonové vodiče do popsaných bodů. Je vhodné vodič země na desce s plošnými spoji mezi výkonovým tranzistorem a přívodním vodičem posílit po celé délce připevněním odizolovaného zvonkového drátu.

Hotový oživený spínač můžeme chránit teplem smrštitelnou bužirkou za cenu mírného zhoršení jeho chlazení.

Seznam součástek

IO1	74HCT14
IO2	L4940V05
T1	IRL12203G
D1, D3	1N4148
D2	BZX83V005.6 (ZD 5,6 V/0,5 W)
D4	BYW36
C1, C4, C5	100 nF, keramický
C2, C3	100 nF, fóliový
C6	220 nF, keramický
R1	100 kΩ
R2	4,7 kΩ
R3	10 kΩ, trimr PT6V
R4	330 kΩ
R5	3,3 MΩ
R6	1,2 kΩ



Obr. 67. Dvojitý (obousměrný) spínač

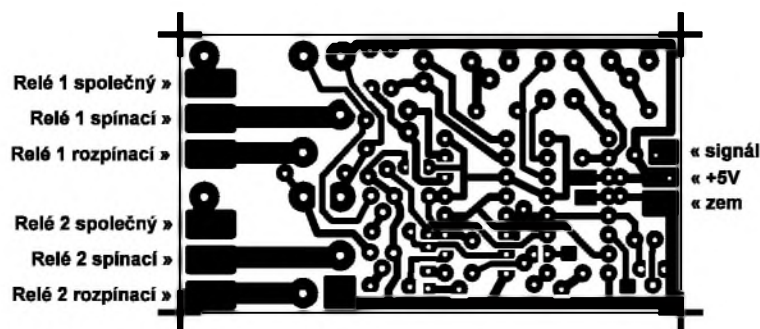
Dvojitý (obousměrný) spínač s 74HC4538B

Spínač je určen pro ovládání dvou nezávislých pomocných zařízení v modelu. Po propojení přepínacích kontaktů relé může sloužit pro řízení pohonného motoru do 6 A. Má vynikající napěťovou i teplotní stabilitu, nastavitelnou šířku pásma klidu motoru a malé hystereze všech spínání i rozpojování zabraňující zákrmitům. Obvody jsou napájeny prostřednictvím servokabelu ze zdrojů přijímače.

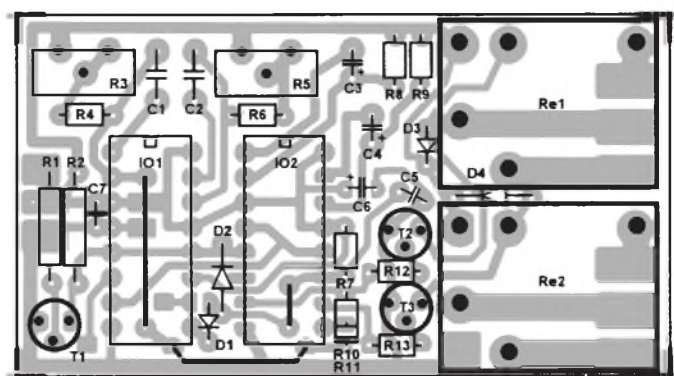
Vstupní signál (obr. 67) tentokrát vázán stejnosměrně přímo na bázi T1, takže by mohly nastat problémy s přijímači, které dávají při signálu L napětí větší než 0,5 V. Pokud by tato situace výjimečně nastala, osadte místo R1 sériovou kombinací keramického kondenzátoru 220 nF a rezistoru 5,6 kΩ. Detailní pochopení funkce vyžaduje seznámit se s činností časovacího obvodu podle konstrukčního katalogu, ne vše je patrné při prohlédnutí schématu.

První časovací obvod generuje normálovou délku impulsu pro sepnutí prvního relé. Pokud je vstupní impuls delší než normálový, prodlouží ho třetí časovací obvod na trvalé sepnutí a Re1 sepne. Sestupná hrana vstupního impulsu nastartuje druhý MKO2, který definuje šířku intervalu pro vypnutí obou relé. Jeho výstup je logicky sečten s invertovaným vstupním impulsem a sestupná hrana tohoto signálu nastartuje MKO4 v případě, že jsou krátké řídicí impulsy a Re2 sepne. Rezistory R10 a R11 zavádějí hysterezi obvodu ovlivňováním MKO1.

Přestože schéma vypadá dost složitě, ožívování nečiní problémy. Na vstup přivedeme z přijímače nebo servotesteru impulsy odpovídající požadovanému sepnutí Re1. Trimrem R3 nastavíme mez spínání. Pak změníme impulsy tak, aby odpovídaly požadovanému sepnutí Re2 a trimrem R5 opět nastavíme mez. Překontrolujeme znovu obě meze. Při dodatečné změně nastavení R3 se pohnou obě mez-



Obr. 68. Deska s plošnými spoji obousměrného spínače



Obr. 69. Osazená deska s plošnými spoji obousměrného spínače

ni délky impulsů, jejich odstup však zůstane zachován.

Vzhledem k tomu, že zařízení bylo konstruováno především pro lodní modely, není návrh desky s plošnými spoji příliš miniaturizován, rozměry jsou 66×37 mm a výška kolem 20 mm (obr. 68, 69).

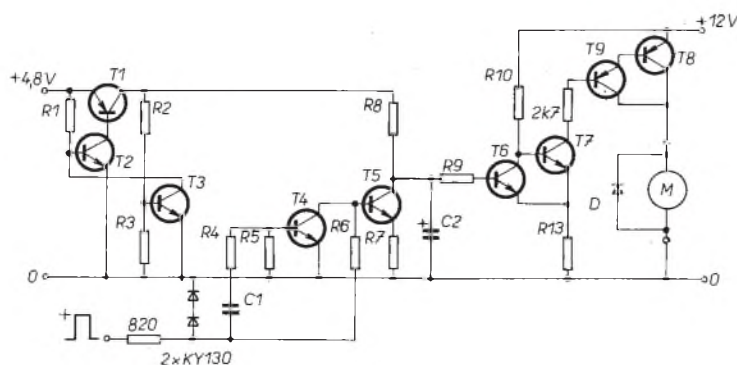
Seznam součástek

IO1, IO2	74HC4538B
T1	BC546B
T2, T3	BC337-4
D1, D2, D3, D4	1N4148
C1	100 nF, fóliový
C2	22 nF, fóliový
C3, C4	10 µF, elektrolyt. mini
C5	560 pF, keramický
C6	100 µF, elektrolyt.
C7	100 nF, keramický
R1	3,3 kΩ
R2	22 kΩ
R3, R5	25 kΩ, trimr PT10V
R4	4,7 kΩ
R6, R12, R13	2,2 kΩ
R7	47 kΩ
R8, R9	5,6 kΩ
R10, R11	2,2 MΩ
Re1, Re2	100F05

Regulátory pohonu

Nejjednodušší regulátor pohonu, který se dosud používá u modelů aut, není vlastně vůbec elektronickým zařízením, neobsahuje žádné aktivní prvky. Jedná se o vícepolohový páčkový přepínač (jehož pohyb zajišťuje jedno servo), který při přepínání zařazuje sériově k motoru výkonové rezistory. Obvykle jeho další kontakty ve střední poloze, kdy je motor vypnut, přepóluji napětí a tím změni směr jízdy. Toto zařízení je velmi jednoduché, musí být provedeno mechanicky přesně a jeho kontaktům, přepínajícím značné proudy, je třeba věnovat pozornost. Podobná konstrukce s masivním drátovým potenciometrem vyšla v [47]. I když se to nezdá, není to řešení nejlevnější. Tento „mechanický“ regulátor přijde při zakoupení v přepočtu na téměř 400 Kč a připočteme-li ještě cenu serva ...

V výhodnosti značně rozšířený jednosměrný regulátor, vyskytující se v mnoha obměnách, je na obr. 70 a byl publikován např. v [48], resp. v [49]. Na



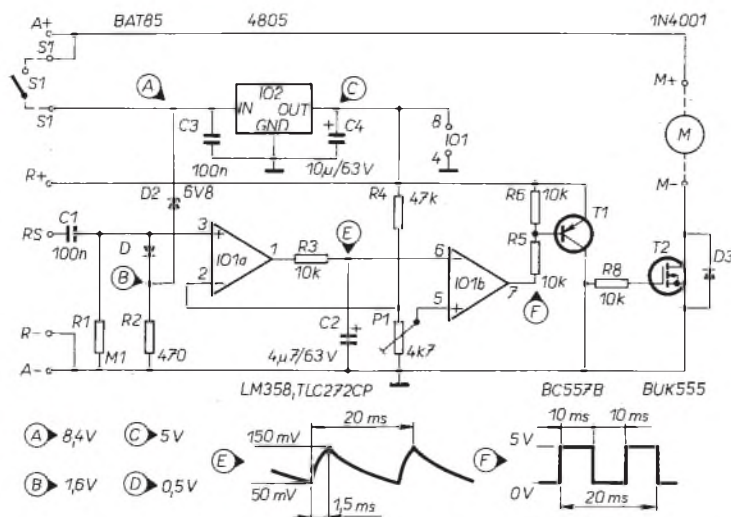
Obr. 70. Jednosměrný regulátor pohonu

obrázku záměrně nejsou údaje součástek, nepředpokládám, že by ho někdo ještě stavěl, poslouží však pro výklad činnosti.

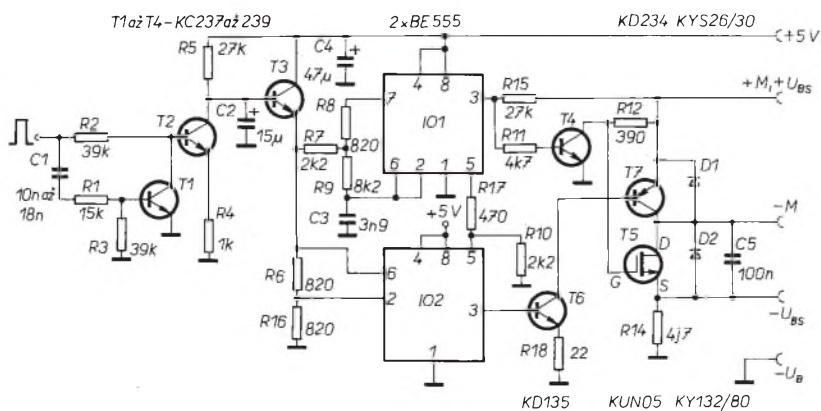
Vstupní impulsy jsou přivedeny na tranzistor T4 přes derivační člen, tvořený C1 a R4, tím se tranzistor otevře okamžitě po vzestupné hraně vstupního impulsu, ale uzavře se dříve, než vstupní impuls skončí. Časová konstanta musí být nastavena přibližně na 1,2 ms. V době, kdy byl T4 otevřen, blokoval sepnutí tranzistoru T5 uzemněním jeho báze. Jakmile se však uzavře, je trvajícím vstupním impulsem přes R6 otevřen T5 a začne vybíjet kondenzátor C2. Když se na C2 zmenší napětí pod danou mez, překlápí se dvojice tranzistorů T6 a T7, otevře se výkonový tranzistor T8 a motor dostane plné napájecí napětí. Ke spínání dochází na kmitočtu vstupních impulsů, tedy 50 Hz. I když je regulátor rozhodně úspornější než regulace rychlosti sériovými rezistory, má z principu značné nevýhody, jak již bylo uvedeno v předchozím textu. Všechny meze napětí jsou v něm navíc odvozeny od napětí polovodičových přechodů BE a tím podléhají jejich teplotní závislosti.

Regulátor pracující na naprosto stejném principu, ovšem s použitím moderních součástek, je na obr. 71 (na další straně). Jeho schéma převzaté z [50] obsahuje obvod BEC pro stabilizaci napětí 5 V pro regulátor, přijímač i serva z pohonného zdroje (IO2). Diody D2 plní funkci zablokování funkce regulátoru při zmenšení napájecího napětí. Zapojení má podstatně méně teplotně závislých prvků a v sepnutém stavu malý odpor, tedy i malé tepelné ztráty. V zapojení je však (asi omylem nebo tiskovou chybou) použita špatná ochranná dioda D3 výkonového tranzistoru. Jednak většina výkonových FETů má tuto diodu již vestavěnou ve svém pouzdře, jednak zejména proto, že uvedený typ diody (1N4001) je příliš pomalý na účinnou ochranu tranzistoru. Na jejím místě by měla být rychlá, nejlépe Schottkyho dioda, třeba 1N5820.

Další zapojení je příkladem regulace impulsy s vyšším kmitočtem a proměnnou střídou, jejich kmitočet však nelze označit jako zcela konstantní. Vyšlo v [51] a je na obr. 72. Impulsy na vstupu jsou zpracovávány dvojicí tranzistorů stejným způsobem jako v zapojení na obr. 70, za ní je však kondenzátor C2 s tak velkou kapacitou, že převede impulsy na stejnosměrné napětí, úměrné jejich šířce. Toto napětí se využívá dvíma obvody 555. První z nich (IO1) kmitá na frekvenci asi 2500 Hz, ale jeho střída je řízena od nuly (blokování kmitů s výstupem v H) až po 100 % (zablockované kmitů s výstupem v L). Druhý obvod má úlohu komparátoru a po stažení výkonu až do vypnutí zapne brzdu motoru - tranzistor T7. Pokud



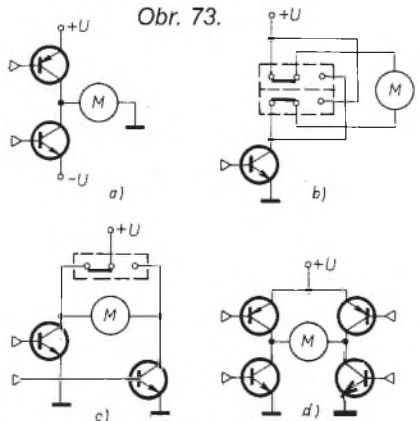
Obr. 71. Regulátor na stejném principu jako na obr. 70 s modernějšími součástkami



Obr. 72. Regulátor s impulsy s vyšším kmitočtem a proměnnou střídou

doplníte zapojení o obvod BEC a případně o blokování činnosti při zmenšení vstupního napětí stejným způsobem, jako v předchozím zapojení, získáte velmi dobře fungující regulátor. S několika kusy, které jsem v různých mutacích postavil, nebyly žádné problémy.

Všechny dosud uvažované regulátory byly pouze jednosměrné. Obousměrné regulátory fungují velmi podobně, musí však obsahovat obvod, který vstupní impulsy porovná s nastavenými normálovými a vytvoří impulsy rozdílové délky. Druhý rozdíl je v přepínání směru motoru a jeho konkrétním provedení. Vyskytují se čtyři základní způsoby, znázorněné na obr. 73.



Obr. 73.

První způsob (obr. 73a) vyžaduje dělený zdroj napájení, vystačí se dvěma spínacími tranzistory, ale potřebuje jeden vodič n a jeden vodič p. To není příliš výhodné, protože spínací tranzistory vodivosti p jsou k dispozici v mnohem užším sortimentu a jsou podstatně dražší. Zejména pro nutnost děleného zdroje napájení se dnes už nepoužívá.

Druhé zapojení (obr. 73b) vystačí s jedním spínacím tranzistorem vodivosti n a k přepínání motoru používá relé se dvěma přepínacími systémy kontaktů. Na rozdíl od spínačů s relé jsou zde kontakty spínány i rozpojovány v době, kdy jimi neteče proud, proto je možné zatěžovat je větším proudem bez nebezpečí zkrácení jejich doby života. Výrobci relé ve svých katalogových údajích přímo uvádějí proudovou zatížitelnost při spínání kontaktů pod proudem a trvalý proud v ustáleném stavu bez spínání. Někdy se vyplatí použít dvě relé, každé s jedním přepínacím systémem. Jednak to je často levnější než jedno relé se dvěma systémy, jednak lépe se shání relé s větší proudovou zatížitelností kontaktů a pokud jsou obě relé ovládána odděleně, lze sepnutím jen jednoho z nich snadno realizovat brzdu.

Třetí zapojení (obr. 73c) používá jedno relé s jedním přepínacím systé-

mem a dva tranzistory vodivosti n. Jde o kompromis, vyhýbající se tranzistorům vodivosti p za cenu zachování jednoho relé a často tvoří cenové i velikostní optimum.

Čtvrté řešení, s polovodičovým můstkem (obr. 73d), je nejelegantnější, mnoha firmami preferované, bez mechanických dílů a tedy dlouhodobě spolehlivější, ale dosud nejdražší.

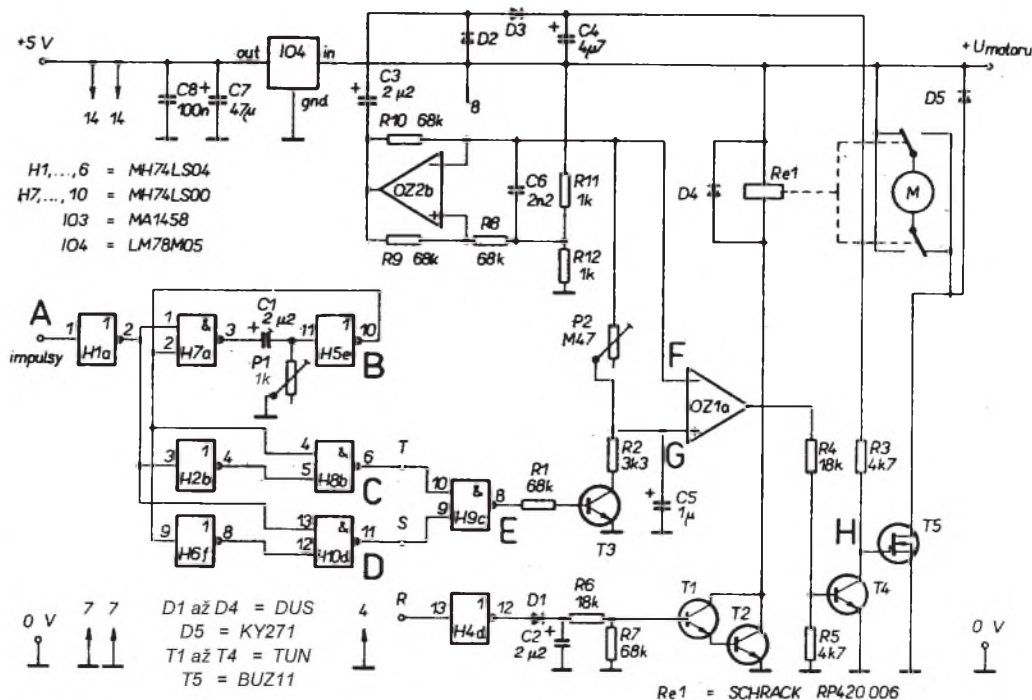
Jako jednoduchý regulátor pro motorky se spotřebou do asi 300 mA lze použít i servozesilovač z obr. 10, na jehož desce je počítáno i s místem pro trimr, nastavující klidovou polohu motoru. Ten, na rozdíl od použití ve funkci servozesilovače, neuzavírá zpětnou vazbu. Regulátor pracuje na frekvenci 50 Hz a nemá příliš dobré vlastnosti, je však malý, jednoduchý a velmi levný.

Dobře fungující obousměrný regulátor je na obr. 74 (podle [52]). Toto zapojení si zaslouží pozornost už jen pro svou přehlednost a oživitelnost doslova kousek po kousku. Přicházející impulsy spouštějí MKO (H7+H5) s nastavitelnou dobou kyvu. Navazující obvody (H2+H8), resp. (H6+H10) vytvářejí rozdílové impulsy při delším, popř. kratším vstupním signálu, než je nastavený normál. Na jeden z těchto signálů je napojen MKO (H4, D1, C2), ovládající relé pro přepínání směru chodu. Oba rozdílové impulsy jsou sloučeny na H9 a pomocí T3 vytvářejí na C5 napětí úměrné své šířce. Ope- rační zesilovač OZ2 generuje kmito- tu o konstantním kmitočtu asi 2500 Hz, používané hned dvakrát. Jednak se v násobiči C3, C4, D2, D3 získává zvětšené napětí pro spolehlivé vybu- zení řídicí elektrody výkonového FET, jednak se z kondenzátoru C6 snímá napětí pilovitého průběhu. Toto napětí je porovnáváno komparátorem OZ1 s napětím na C5, čímž na jeho výstu- pu vznikají impulsy proměnlivé střídy.

K zapojení mám jen jednu připomínku. Použitím FET s řídicím napětím v úrovních TTL a záměnou inver- tujícího a neinvertuujícího vstupu OZ1 lze zapojení zjednodušit a vypustit celý násobič plus T4 a R3.

Další konstrukční popis regulátoru na který bych chtěl upozornit, vyšel v [53]. Jeho schéma je dosti komplikované a rozměrné, proto ho zde neu- vádím. Zajímavostí je napájení motoru nikoli přímo z pohonného zdroje im- pulsů vytvořenými spínací součást- kou, ale prostřednictvím blokuujícího měniče s transformátorem, pracující- ho na kmitočtu 50 kHz. Motor je napá- jen stejnosměrným a téměř vyhlazeným napětím, úměrným šířce vstupních impul- sů. Jde o zapojení nesporně zajímavé a netradiční a doporučuji ho k prohléd- nutí, i když jsem přesvědčen, že v pro- vedení, jak bylo publikováno, se na- chází ve slepé uličce. Vstupní napětí 3,5 až 5 V (plochá baterie), výstupní napětí 1 až 4,5 V při proudu maximál- ně 4 A ho předurčují pro použití v ma- lých a jednoduchých modelech, če-

Obr. 74. Dobře pracující obousměrný regulátor



muž však vůbec neodpovídá rozměr a hmotnost celého zařízení a už vůbec ne jeho cena.

Následující regulátor, který uvedu, jsem publikoval v [54] a jeho schéma je na obr. 75 (v originále je ve schématu chyba v oblasti kontroly napětí). Je určen zejména pro lodní modely, případně pro auta. Základem regulátoru je jednočipový mikroprocesor AT89C2051 a sériová paměť 89C46 (93C46) pro ukládání provozních dat. Zapojení je určeno pro napětí 6 až 9 V (po výměně relé na 9 až 12 V) a proudy do 10 A (po výměně relé za jiný typ a s výkonnějším FET do 35 A).

Výjimečnost regulátoru je však v jeho funkčních možnostech. Jako první jmenujme to, že si při nastavování regulátor změní délku impulsů, přicházejících od konkrétního vysílače v mezních polohách ovladače, a umožní řídit rychlost podstatně citlivěji v celé délce pohybu ovladače, nejen pouze v jeho části, jak je obvyklé u regulátorů bez procesoru. Tato vlastnost

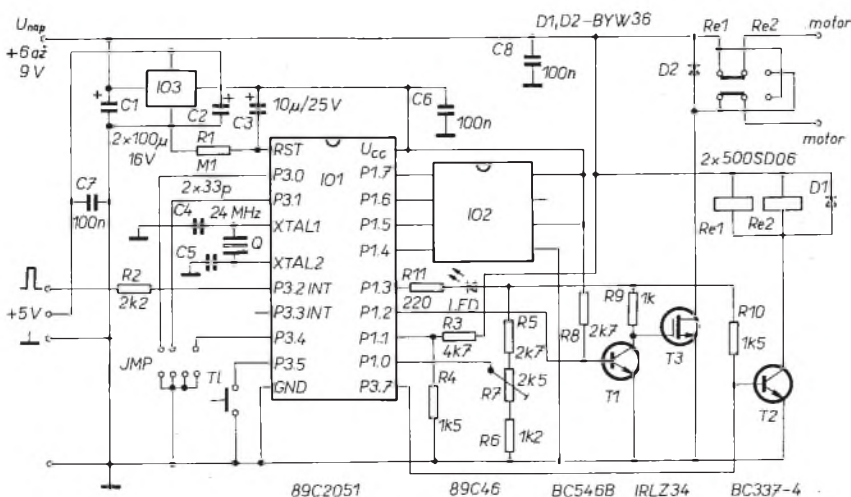
prakticky všech běžných prodáváných regulátorů je vynucena tím, že výrobce musí zajistit, aby regulátor fungoval i s RC soupravami, rozsah jejichž impulsů je menší. Jediným nastavovacím prvkem se pak určuje nasazení regulace, resp. klidová poloha pro obousměrné regulátory. Přesné nastavení tahu motoru je však v situaci, kdy se celý regulační rozsah vejde do jedné třetiny dráhy ovladače osazeného třicetizubovou krokovací kulisou, prostě nemožné.

Regulátor dále umožňuje nastavit maximální rychlost (přesněji řečeno střidu impulsů) a zrychlení i zpomalení motoru a to odděleně pro směr vpřed a vzad. To omezuje proudové rázy na motor při skokovém rozjezdu a pomáhá k realistickému chování modelu simulováním setrvačnosti. Obvod BEC napájí přijímač a serva stabilizovaným napětím, je hlídáno podpětí pohonného akumulátoru. K řízení motoru je využita proměnná střída impulsů i frekvence obdobným způsobem, jak bylo uvede-

no na počátku kapitoly. Regulátor je doslova absolutně teplotně i časově stabilní, všechny podstatné funkce jsou odvozeny od jeho krystalového řízení. Přitom cena regulátoru nevychází vyšší, než u mnohem jednodušších výrobků.

Regulátor má však samozřejmě i své nevýhody. Je navržen s klasickými součástkami, nikoli SMD, mohl by být tudíž menší. Je to proto, že se jedná o konstrukci určenou k individuální stavbě a zatím jen málo amatérů pracuje s technologií SMT. Jediné potíže, s kterými se na mne obrátili jeho majitelé, se vyskytly při spojení s motory řady 500 (případně většími), provozovanými bez odrušení. Rušivé impulsy, které u klasického regulátoru způsobí pošukování při chodu, mohou zablokovat procesor a tím zavinit naprostou nefunkčnost tohoto regulátoru. Pokud je však motor odrušen filtrem LC, problémy nenastávají.

Posledními regulátory, o kterých není možné se nezmínit, je typová řada tuzemské firmy MGM compo, která se pod názvem TMM xx objevila na výstavě Model hobby 97. Je to bezpochyby nejpromyšlenější mikroprocesorový regulátor, který jsem měl možnost poznat, konstruovaný především s ohledem na ochranu motoru, zdrojů i sám sebe. Při nastavování si regulátor změní potřebný proud motoru a za provozu dovolí jeho překročení jen o 100 % na dobu nejvýše 1 s (rozběh), pokud trvá nadproud déle, je to vyhodnoceno jako chyba a motor je odstaven. Obvyklá teplotní kontrola regulátoru je doplněna navíc o teplotní kontrolu motoru. Nastavení regulace v celé výchylce ovladače a odfiltrování neregulérních impulsů je víceméně samozřejmostí. Regulátor při zmenšení napájecího napětí vypíná motor, ale minimální mez napětí není jako ob-



Obr. 75. Regulátor, určený zejména pro lodní modely a auta

vykle nastavena stabilně, ale při každém startu vypočtena podle okamžitého stavu akumulátorů tak, aby se nadměrně nevybijely. Schéma regulátoru zatím firma ze snadno pochopitelných důvodů odmítá zveřejnit. Cena výrobku je závislá na jeho maximální proudové zatížitelnosti (verzi), pohybuje se od 1400 do 1800 Kč a s ohledem na jeho možnosti se mi jeví neobvykle příznivá.

Regulátory patří mezi výrobky modelářské elektroniky nabízené všemi velkými firmami v tak širokém sortimentu, že může být největším problémem vybrat si ten pravý.

Regulátory s neobvyklými funkcemi

První z neobvyklých regulátorů se vlastně svou funkcí od běžných vůbec neliší. Přesto si myslím, že výrobek firmy CETO mezi neobvyklé patří. Při rozměrech 20×15×5 mm a hmotnosti bez kabelů 1,2 g (to není chyba!) zvládne motor s odběrem 15 A po dobu 5 s, 7 A po dobu 30 s nebo 4,5 A trvale.

Jednou z funkcí regulátoru pohonu, která se může velmi hodit při ovládání modelu, je současně řízení dvou motorů s rozdělením jejich tahu podle požadavku na změnu směru pohybu. V principu se jedná o sjednocení funkce mixeru povelu pro rychlost a směr a dvou navazujících „obyčejných“ obousměrných regulátorů. Takovýto regulátor může řídit pásová vozidla, bočněkolesové modely lodí (ty jsou jinak v malých rychlostech velmi špatně kormidlem ovladatelné), nebo podstatně zlepšit manévrovací schopnosti dvoumotorových elektroletů. Podobný regulátor prý dodává jakási firma z Velké Británie, žádné podrobnosti se mi však zjistit nepodařilo. Paradoxně se s těmito regulátory v jednoduché podobě (někdy jen fungujícími jako mixer s dvojicí spínačů pohonu) můžeme dost často setkat v dálkově ovládaných hračkách. Je to vcelku logické, uvědomíme-li si, že výroba elektroniky na Dálném východě je velmi levná a tak je pro výrobce hraček levnější osadit trochu složitější elektronické zapojení, než nutnost použít mechanické servo řídicí kormidlo. Z hlediska spolehlivosti vychází také elektronika lépe.

Schéma řešení neuvádím, mohlo by vypadat téměř shodně jako na obr. 75, jen s dvěma vstupy a dvěma výkovými členy. Mohlo by, ale ve skutečnosti nemůže. Precizní čtení dvou vstupů a současně přesné ovládání dvou nesynchronních výstupů už je totiž za hranicí možnosti procesoru AT89C2051. Bud' je nutné nasadit výkonnější procesor, nebo ulehčit jeho činnost přesunutím části funkce z programu do hardware. Přesto není vytvoření popsaného regulátoru závažnějším problémem a projeví-li o něj někdo zájem, zveřejním ho.

Další specialitou může být regulátor, který měří skutečné otáčky ovládaného motoru a stabilizuje je. Pro jeho činnost je rozhodující princip snímání otáček. Vyskytují se regulátory, které napájí motor vyhlazeným napětím proměnlivé velikosti a z tohoto (výstupního) napětí snímají zvlnění způsobené otáčkami motoru, resp. přepínáním jeho komutátoru. Frekvence zvlnění odpovídá otáčkám motoru, násobeným počtem pólů motoru. Princip je sice velmi elegantní, nevyžaduje speciální čidla otáček, ale na provedení je poměrně složitý a vždy citlivý na rušení, skokové změny zatížení apod. S jednoduchou impulsní regulací je tento princip neslučitelný a tak ho najdeme jen výjimečně a tam, kde není nutné brát ohled na účinnost hnacího agregátu - u modelové železnice, případně na autodráze.

Druhý způsob snímání otáček je aplikace tachodynamy, jehož výstupní napětí je otáčkám úměrné. Tachodynamo není pro svou nezanedbatelnou hmotnost a rozměr vhodné pro letecké modely, u lodí se však použít dá. Schéma regulátoru by bylo vcelku jednoduché a výhodou tachodynamy je možnost snímat otáčky ve velmi širokých mezích. Nevýhodou je naopak zvlnění jeho napětí a ne zcela ideální funkce při nejnižších otáčkách, tj. pod 100 ot/min. Právě možnost nastavit a stabilizovat velmi nízké otáčky nezávisle na napětí zdrojů a zatížení bývá důvodem, proč takový regulátor potřebují lodní modeláři. V malých rychlostech totiž výrazně zlepši ovladatelnost modelu a manévrování při přistání k molu nebo do doku.

Třetí metodou je snímání otáček sondou, umístěnou na hřídeli motoru. Je vcelku jedno, pracuje-li sonda na optickém, magnetickém nebo jiném základě. Místo schématu zapojení se opět odvolám na obr. 75. Výměnou programu v mikroprocesoru a připojením optického infračerveného čidla, prosvěcujícího šestnáctilamelovou clonku na hřídeli motoru, na vývod interrupt (P3.3) získáme regulátor stabilizující nízké otáčky. V existující verzi otáčky motoru naprázdno nejsou naostro pravidelné, protože regulátor pracuje většinou s motorem, který se dokáže velmi rychle roztočit, ale vlastní setrvačnost mu nedovolí rychle zastavit a regulátor ho nebrzdí. Se zatížením motoru (s lodním šroubem ve vodě) však nepravidelnosti rychle mizí.

Další modifikace regulátorů mohou vycházet z jejich specifického použití. Například pro řízení „plynu“ u modelářského proudového motoru (mám na mysli skutečný spalovací proudový motor, nikoli turbínu s elektromotorem) je třeba palivové čerpadlo, ovládané kromě povelu z přijímače i stavem několika čidel v modelu - příliš nízké a příliš vysoké teploty turbíny, podpětím palubní sítě, stavu paliva v nádrži apod. Přitom tyto měřené

údaje nemohou způsobit jednoduše vypnutí přívodu paliva, ale přesně stanovenou reakci motoru. Relativně těžký a rychlý model, poháněný turbínou, by totiž při vysazení motoru téměř jistě havaroval. Řešení tohoto regulátoru je samozřejmě možné i bez mikroprocesoru, nicméně varianta odvozená ze zapojení na obr. 75 se právě v době, kdy tento text vzniká, zkouší s amatérskou turbínou.

Zdá-li se vám, že tato kapitola vlastně jen popisuje tři existující mutace jednoho procesorového regulátoru a to ještě dost obecně, máte naprostou pravdu. Nepochybuji o tom, že různá zajímavá řešení mezi modeláři existují, ale právě to, že jsou vytvořena pro zcela konkrétní podmínky, způsobuje, že nejsou publikována. Firmy vyrábějící modelářskou elektroniku se touto oblastí také víceméně nezabývají, protože náklady na vývoj se nemohou vrátit na několika vyrobených kusech. Víte-li tedy o něčem, co za zveřejnění stojí, napište.

Odrušování motorů

Naprostou většinu elektromotorů používaných v modelářství tvoří komutátorové motorky s permanentními magnety, v nichž se při činnosti motoru vždy mechanicky přerušuje proud, protékající jednotlivými částmi vinutí rotoru. O přenos energie na komutátor se starají v jednodušším případě a u malých motorků kovové kontakty, častěji uhlíky. Na každém mechanickém kontaktu nutně vzniká větší či menší rušení a to ve velmi širokém spektru frekvencí. Nás bude toto rušení zajímat v praktickém případě ze dvou hledisek.

Prvním hlediskem je mechanismus šíření rušení do okolí motoru. Přímě z místa vzniku jiskření se rušení může šířit přímým vyzařováním, pokud se mu do cesty nepostaví kovový kryt motoru nebo jiný odrušovací kryt. Válcový obal motoru je elektricky i magneticky vodivý a je součástí magnetického obvodu, tvoří tedy pro průnik rušení překážku. Jinou věcí jsou čela motoru, která již lze technologicky vyrobit i z plastů. Obě plastová čela a kovové kontakty na komutátoru se vyskytují jen u nevykonných a levných motorů, jsou však tou nejlepší cestou pro přímé šíření rušení z motoru. Stačí vzpomenout na funkci kdysi oblíbených a dosud dostupných motorků IGLA. Ještě výraznější možnost přímého vyzařování je u miniaturních plochých elektromotorků, u nichž je válcový obal nahrazen plochým rámečkem a rotor je ze dvou stran zcela odkrytý. Takové motorky se používají také, ale najdete je asi jen u železničních modelů.

Moderní motory jsou opatřeny předním i zadním kovovým čelem, které velmi mechanicky zpevní konstrukci motoru a navíc výborně uzavře cestu pro přímé vyzařování elektromagnetického

rušení. Zdálo by se tedy, že omezení přímého vyzařování je snadné a prakticky vyřešené výrobcem. Při prouděch, pohybujících se v oblasti jednotek až mnoha desítek ampérů, vzniká na přívodech, na komutátoru a ve vinutí rotoru značné množství tepla, které se musí někam odvést. A právě požadavek na dostatečné chlazení běžícího motoru proudem vzduchu je v rozporu se snahou uzavřít motor do kompaktního kovového krytu. U miniaturních motorků s odběrem do 1 A se ještě setkáme s celistvým krytem dokonce bez větracích otvorů, u malých a některých středních motorků s odběrem do asi 10 A (např. řada 400, 500) jsou větrací otvory v předním čele motoru a vzadu u komutátoru na bocích. Velké a velmi výkonné motory mají výrazné otvory v předním čele a zadní čelo je nahrazeno nástavcem z tuhého plastu, který nese zadní ložisko hřídele a současně dává dostatek volného prostoru k proudění vzduchu kolem komutátoru.

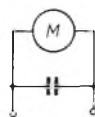
Jinou cestou rušení ven z motoru do okolí jsou jeho napájecí vodiče. Ty fungují jako širokopásmová vysílací anténa a touto cestou se dostává z motoru obvykle podstatně více rušivé energie, než přímým vyzařováním. Oba způsoby se však vždy vyskytují spolu a leckdy je boj proti rušení ztížen právě tím, že se obtížně určuje, jakou cestou se rušení šíří. Pro potlačení rušení po vedení vybavujeme motor odrušovacími součástkami a filtry, které je bezpodmínečně nutné umístit co nejblíže zdroji rušení, tedy motoru, nejlépe na jeho vývody. Sebelepší filtr umístěný třeba dvacet centimetrů od motoru skoro u zdroje je k ničemu!

Druhým hlediskem je kmitočtové spektrum rušení a jeho intenzita. Samozřejmě z našeho hlediska je neškodlivější rušení funkce RC soupravy. Nezapomínejme však ani na rušení zejména v pásmech rozhlasu a televize. Malý, tichý a nenápadný elektrolet může snadno vyvolat bouři hněvu chatařů, v jejichž blízkosti létáte. Model nad povrchem země ve výšce pár desítek metrů je právě v zorném poli antén na domech a ruší podstatně více, než třeba model lodi na vodní hladině ve stejné vzdálenosti. Pokud vás navíc chataři či jiní místní obyvatelé jako zdroj rušení „vyhmátnou“, budou zdroj rušení ve většině případů spatřovat ve vašem vysilači, který je viditelným vysílacím zařízením. Těžko se vysvětluje, že odrušit model můžete během jediného večera a pak už nikomu vadit nebude. Jakmile vám někdo „přilepi“ cejch rušiče, svede se na vás i to, co způsobuje sousedova stará cirkulárka.

Způsoby odrušování jsou podrobněji popsány např. v [55], [56] nebo [57].

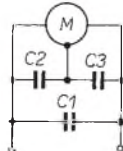
Nejjednodušší metodou, jak omezit rušení, je připojit kondenzátor o ka-

Obr. 76. Nejjednodušší odrušení motoru



pacitě kolem 47 až 100 nF paralelně k vývodům motoru (obr. 76). Musíme vybrat kondenzátor s minimální parazitní indukčností, tedy nejlépe keramický na napětí alespoň 60 V. Vývody kondenzátoru zkracujeme na minimum. Je účelné vodivý kryt motoru spojit se zemí zdroje nebo přes kon-

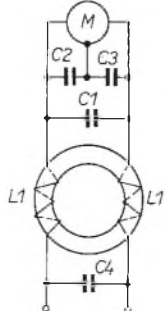
Obr. 77. Vylepšené odrušení motoru



denzátorů 10 až 22 nF spojit s oběma vývody motoru (obr. 77). Taková dvojice kondenzátorů se montuje do některých motorů při výrobě, ale osobně se na to raději nespolehám.

Lepších výsledků dosáhneme pomocí filtru LC (obr. 78). Cívky jsou na-

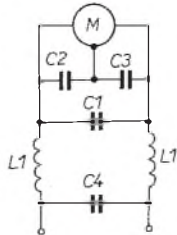
Obr. 78. Dokonalejší odrušení motoru



vinuty na společném, nejlépe toroidním feritovém nebo železoprachovém jádře, smysl vinutí ukazuje náčrt. Počet závitů bývá 5 až 10. Drát na tlumivku volíme podle požadovaného proudu asi tak, aby připadlo nejvýš 5 až 8 A na 1 mm² průřezu.

Pro větší proudy (20 A a více) volíme dvě nezávislé, v opačném smyslu vinuté tlumivky s asi sedmi závity,

Obr. 79. Odrušení motorků pro větší proudy



navinuté na feritové tyčince o průměru kolem 5 mm (obr. 79). Lze použít i doladovací feritová jádérka M5 nebo M6 nejlépe z hmoty N1, před ovinutím drátem je však nejdříve obtočte dvakrát izolepou nebo samolepicí fólií, jinak ostré hrany závitů poškodí lak na drátu! Po navinutí je vhodné mezi závity drátu vetřít lepicí silikonový kaučuk, který po vyschnutí pružně a nevodivě uchytlí závity, znemožní jejich pohyb při vibracích motoru a tím zamezí poškození izolace. Cívky umístěte tak, aby jejich osy byly rovnoběžné. Kondenzátory po obou

stranách cívek by měly mít stejnou kapacitu, mezi 47 a 100 nF. Cívky je možné navinout i jen na trn a po jeho vyjmutí je ponechat jako vzduchové, musíme pak ovšem zvětšit počet závitů alespoň třikrát, cívka vychází delší a mechanicky podstatně méně pevná. Hmotnost prakticky neušetříme, místo feritového jádra je více drátu.

Účinností odrušení značně zvětší nebo naopak zmenší dodržování obecných a známých zásad rozmístění jednotlivých zařízení v modelu: např. nevést anténu přijímače rovnoběžně se silovými vodiči nebo těsně u serv, při křížení antény a silového vedení zachovat co největší vzdálenost, atd.

Změřit úroveň odrušení je činnost vyžadující specializované a velmi nákladné přístroje, budeme se tedy muset spokojit s jednoduchými testy. Zapojíme přijímač a serva, ale vysílač necháme vypnutý. Připojená serva jsou v klidu, pokud nepůsobí nějaký jiný zdroj rušení. Zapneme motor. Serva sebou nesmí v žádném případě škubat, to by bylo projevem nedostatečného odrušení. Smí se nejvýš lehce pohnout v okamžiku, kdy motor zapínáme nebo vypínáme. Připomínám, má-li mít model společný zdroj pro pohon i přijímač, musíme zkusky dělat s tímto společným zdrojem.

Pokud model obtočí v této jednoduché zkoušce, přineseme radio-přijímač a pokusíme se laděním jak na rozsahu VKV, tak na středních vlnách najít rušení. Přijímač by měl být asi tři metry od modelu. Rušení smí být patrné v prostoru mezi vysílacími stanicemi, ale ne výrazné. Obdobně postupujeme i při kontrole pomocí TV přijímače, jen asi budeme muset model dopravit k televizi, nemáme-li ovšem přijímač přenosný. Model, který projde těmito testy, by neměl za provozu způsobovat potíže.

Obecně platí, že RC přijímače s amplitudovou modulací jsou na rušení náchylnější než přijímače FM nebo FM PCM. Odrušení budeme tedy muset věnovat větší pozornost. Stejně tak si dávejte větší pozor, pokud máte v modelu jakékoli mikroprocesorové zařízení. Klasické přijímače, mixery, servozesilovače, obvody fail safe atd. se i z intenzivního rušení „vzpamatují“ samy a velmi rychle, u mikroprocesoru se však může „zadřít“ program, což vede k nefunkčnosti, která sama nezmizí ani po skončení rušení. K vypnutí a opětovnému zapnutí napájení či jinak provedenému „resetu“ už pak možná nebudete mít příležitost.

Náklady na stavbu filtru nemusí přesáhnout deset korun. Pro srovnání firma Conrad elektronik nabízí modul dvacetiampérového filtru za téměř stejnou částku v DM.

Pomůcky, přípravky

Cyklistické computery a co s nimi

Možná, že po přečtení předchozího titulku máte pocit, že sem zabloudil nějakým nedopatřením. Co mají, respektive mohou mít cyklistické počítače společného s modelářstvím? Neočekávané mnoho. Tato zařízení jsou dnes běžně dostupná v obchodech za přijatelnou cenu a mohou se stát součástí některých jednoduchých měřících přístrojů pro modeláře. Protože zdaleka ne každý přišel s cyklistickými počítači do styku, dva z prodávaných levnějších typů představím na ukázkou podrobněji.

První je „Sigma sport baseline 300“, nejjednodušší model z řady Sigma (viz foto na obálce). Hlavní části zařízení jsou dvě. Vlastní počítač s poměrně velkým čtyřmístným číslicovým displejem má dvě ovládací tlačítka. Kryt o rozměrech 42×45 mm je vyroben z černé plastické hmoty s lesklým povrchem a působí celkově velmi dobrým solidním dojmem, jedno tlačítko je žluté, druhé modré. Právě z nich slouží k cyklickému přepínání tří zobrazovaných funkcí - okamžité rychlosti v km/h, denní ujeté vzdálenosti s přesností na 100 m a celkové ujeté vzdálenosti s přesností na kilometry. Právě zobrazovaná funkce je indikována malým nápisem pod číslicovým displejem. Levé tlačítko při stisku a podržení po dobu asi pěti sekund vynuluje údaj o denní ujeté vzdálenosti. Ze spodní strany pouzdra najdeme dvě kovové pružné uložené kuličky, které slouží k elektrickému propojení počítače s jeho ložem. Počítač je napájen napětím 1,5 V z jedné baterie typu SR44 (G13), která by měla vydržet asi dva roky provozu. Její ochranné víko je též na spodní straně krytu. Na spodní straně ještě najdeme nenápadné malé zapuštěné tlačítko, určené k přechodu do módu zadání průměru kola. Tento údaj umožňuje poměrně rychle překalibrovat celý počítač při umístění na bicykl s jiným průměrem kol.

Druhou částí je lože počítače určené k připoutání na řídítka. Lože nejen mechanicky počítač uchytlí, ale má připojenou sondu, která se pryžovými kroužky přichytí na vidlici v blízkosti drátů. Na jeden z drátů se pak nasune miniaturní nástavec tak, aby při otáčení kola prošel kolem sondy ve vzdálenosti do 5 mm. Elektrické propojení sondy a počítače zajistí dvě kovové lyžiny na loži v místech, kde jsou na pouzdře umístěny kontaktní kuličky. Celý počítač lze koupit za cenu necelých pěti set korun v obchodech s cyklistickým příslušenstvím. Zemi původu se mi z obalu ani návodu nepodařilo zjistit.

Druhý typ počítače nese označení „Top speed“. Ani v jeho případě se mi nepodařilo odhalit zemi původu, dodá-

ván je zásilkovou službou Conrad elektronik za velmi zajímavou cenu nepatrně přes 250 Kč. Tentokrát se zařízení skládá z vlastního oválného počítače (55×33×18 mm) a lože se sondou, provedení je v modrém plastu se svítivě žlutými tlačítky. Celkový dojem mnohem více odpovídá hračce, sortiment funkcí je však podstatně širší než u předchozího zařízení. Především, že jsem u tohoto počítače neobjevil žádnou konstrukční ani funkční vadu a tak zmíněný dojem je pouze výsledkem vzhledu krytu a zejména jeho barevného provedení, přičemž musím ještě uznat, že v šeru je výrazné barevné odlišení tlačítek velmi praktické. Displej počítače umožňuje současně zobrazit dva údaje v několika módech:

- okamžitou rychlost s přesností na desetiny km/h a čas včetně sekund (počítač obsahuje hodinky, schopné pracovat v dvanácti i dvacetičtyřhodinovém režimu),
- okamžitou rychlost a stav počítadla otáček kola (jednoduchý pětimístný čítač, schopný registrovat vstupní údaje do kmitočtu 50 Hz),
- ujetou vzdálenost s přesností na 100 m a stopky s přesností na setiny sekundy, schopné zobrazit čas do 24 hodin (pak se údaj „protočí“); stopky lze zastavit a znovu rozběhnout nebo vynulovat,
- maximální dosaženou rychlost během dne s přesností na desetiny km/h a čas,
- okamžitou rychlost a dobu jízdy s přesností na sekundy,
- okamžitou rychlost a denní ujetou vzdálenost s přesností na 100 m,
- průměrnou rychlost jízdy a celkový počet ujetých kilometrů s přesností 100 m.

I tento počítač samozřejmě umožňuje nastavit průměr kola (kalibrování). Provedení sondy je poněkud jiné než v předchozím případě, to však není podstatné.

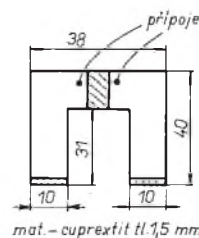
Za cenu menší než 300 Kč můžeme mít tedy miniaturní čítač, měřič frekvence, hodinky a stopky v jednom včetně napájení. S tímto základem je možné po vytvoření příslušných adaptérů postavit mnoho užitečných a levných jednoduchých měřících přístrojů, přičemž podmínkou je jen to, aby měřenou veličinu bylo možno převést na počet impulsů, frekvenci nebo časový interval.

Poté, co jsem vyzkoušel několik jednoduchých zařízení s cyklokomputery, jsem se dozvěděl o firmě, která již asi dva roky na jejich základě vyrábí jednoduché aviatické přístroje pro UL. Je to zkrátka důkaz, že když uzraje situace a doba, určitý nápad přijít musí.

Na první pohled nebylo zřejmé, co se ukrývá v sondě na kabelu. Nejprve jsem zkoušel počítač „sigma“. Při přiblížení nástavce sondy k sondě jsem naměřil odpor v sepnutém stavu 1 Ω

(s ohledem na tenoučké a dlouhé kabely to tak jako tak byl spíše jejich odpor), při oddálení nástavce se odpor skokem zvětšil na více než 20 MΩ. Na přívodech sondy bylo v klidu napětí 1,45 V, při zkratu tekla proud 25 μA. Jsem přesvědčen, že sonda je prostě jen miniaturní kontakt jazýčkového relé zastříknutý do plastového krytu. Pokud není, rozhodně se tak chová.

Vytvořil jsem si z kuprexitu tloušťky 1,5 mm snímáči „sáně“, v nichž počítač drží stejně jako v originálním loži, které zajišťují jeho připojení k jiným snímačům. Rozměry jsou na obr. 80. V místě šrafování je měď přebrou-



Obr. 80.

šena a po stranách drážky jsou připájeny vodiče k sondě. Hrany, na které nájíždí při zasouvání kontaktní kuličky, je třeba zkosit do úhlu asi 45°, aby kuličky vůbec byly schopny na měď najet. Při pohledu shora na displej je vlevo kulička s + pólem sondy, vpravo zem. Je-li třeba připojit místo sondy zařízení s číslicovými IO, postačí zapojení podle obr. 81. Jako nejjedno-

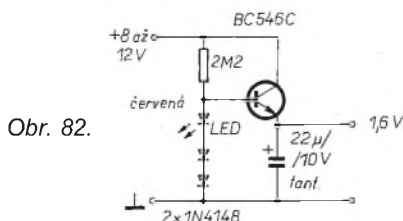


Obr. 81.

dušší příklad jsem pouštěl do počítače impulsy se střídou 1:1, registrovaly se až do frekvence 100 Hz. Výhodou počítače je, že se dá volbou kalibrační konstanty nastavit tak, aby přímo zobrazoval měřenou veličinu.

Prvním pokusem bylo vytvořit měřič kmitočtu do 100 Hz s přesností 1 Hz. Celá práce spočívá v nastavení kalibrační konstanty na údaj 272 a zobrazení aktuální rychlosti. Chceme-li přeměnit displej v režimu denní ujeté vzdálenosti na stopky, počítající v sekundách, nastavíme konstantu na 999 a přivedeme na vstup signál 10 Hz. Počítač přitom může sloužit původnímu účelu, postačí jej vyndat z lože na řídítkách (to se stejně dělá při parkování kvůli pobertům) a zasunout do sání v příslušném přístroji. Při návratu nesmíme zapomenout nastavit zpět kalibrační konstantu, platnou pro provoz kola.

Pochopitelně je lepší, měřili-li počítač sám přesněji, tj. rychlost na desetiny km/h. Tomu lépe vyhovuje druhý z popsaných typů. Vlastnosti jeho sondy jsou téměř shodné, funkční možnosti podstatně větší. Nevýhodou je, že jeho mechanická konstrukce podstatně komplikuje možnost vytvořit



k němu „sáně“ stejně jako k prvnímu typu. Protože je však cena počítače vcelku nízká a stejně bych ho používal častěji s RC soupravou, rozebral jsem nakonec jeho kryt, počítač vestavěl do vysílače napravo a všechna potřebná připojení udělal pájením. Pomocí jednoduchého stabilizátoru (obr. 82) je počítač napájen ze zdroje vysílače, jeho odběr při 1,5 V je kolem 10 μ A, ovšem při přepínání režimů se mžikově zvětší až na 1 mA. Stabilizátor dává naprázdno napětí kolem 1,6 V, při zatížení 0,5 mA se napětí zmenší na 1,4 V. Ke konektoru na vysílači je možné připojit různá externí zařízení, která navíc mohou využívat i napájení z jeho akumulátorů.

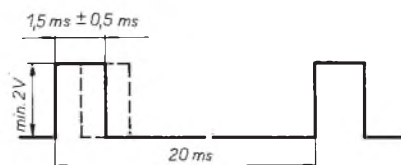
Při provozu jsem zjistil jednu nepřijemnou vlastnost. Pokud se rukou při zapnutém vysílači dotknu antény a současně počítáče, jeho displej zhasne nebo se naopak rozsvítí všechny segmenty a počítáč se kompletně vynuluje. Jeho nepatrná spotřeba a tedy velké vnitřní odpory umožňují, aby se v silném vf poli, přeneseném na počítač dotekem ruky, uvnitř něj indukovalo napětí několikanásobně větší, než je jeho napájecí napětí. Tento stav spolehlivě vede k vymazání paměti. Pokud se rukou současně nedotknu počítače i antény, je vše v pořádku.

Možnosti stavby různých měřicích zařízení s cyklokomputery jsou velké a pravděpodobně nikdo nebude potřebovat všechny. Zařízení může posloužit například jako otáčkoměr, měřič vzdáleností (vytyčování bází pro trénink přistání), hodinky, stopky pro měření letu nebo jen provozu soupravy, jednoduchý digitální voltmetr, registrační zařízení pro záznam maximálního odebraného proudu, měření času vybíjení akumulátoru (měření kapacity), anemometr, teploměr atd. V následujícím textu se s ukázkami několika takových konstrukcí setkáte.

Servotestery

Základem funkce všech servotes-
terů je vytváření impulsního signálu,
který slouží k ovládání serv, tedy sig-
nálu totožného se signálem na výstu-
pu přijímače. Protože však tento sig-
nál je také vstupním signálem pro
ovládání regulátorů pohonu, spínačů
atd., lze servotestery obecně použít
k vývoji a zkoušení všech zařízení při-
pojitelných k přijímači.

Nejobyklejší tvar impulsů na výstupu přijímače je na obr. 83. Perioda opakování impulsů 20 ms není pro činnost servozesilovačů ani regulátorů kritická, její zkrácení na polovinu nebo

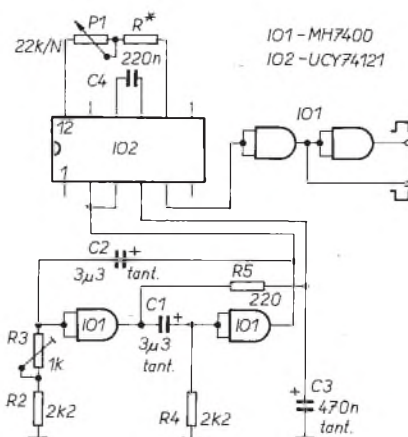


Obr. 83. Nejobvyklejší tvar impulsů na výstupu přijímače

prodloužení na dvojnásobek se většinou na funkci servu projeví jen nepatrně, může však mít zásadní vliv na činnost některých druhů regulátorů. Informace o požadované poloze serva je nesena délkou kladného impulsu. Většinou se používá interval $1,5 \pm 0,5$ ms, některé vysílače jsou však nastaveny na užší rozpětí impulsů se středem na 1,3 ms. Serva jsou obvykle vyráběna tak, že svým mechanickým rozsahem i schopnostmi servozesilovače pokryjí tyto impulsy s velkou rezervou. Jako příklad uvedu běžné „spotřební“ servo HS300 (Hitec), které bývá schopné zpracovat impulsy o délce 0,76 až 2,5 ms nebo S100 (Futaba) 0,35 až 2,32 ms.

Zapojení testerů serv bylo zveřejněno několik a liší se v podstatě použitými součástkami. Konstrukce uvedená v [58] je postavena s MKO 74121 a jedním obvodem 7400, zapojeném jako multivibrátor opakovací frekvence 50 Hz. Zapojení (obr. 84) je velmi rozumně doplněno o ampérmetr k měření odběru serva. Obdobné zařízení vyráběl pro modeláře před lety pod označením „TEST-1“ podnik TES-LA Kolín.

Jiné řešení, a to s obvodem 4011 v provedení SMT, najdete v [40] (obr. 85). Nepochybuji o jeho funkčnosti,

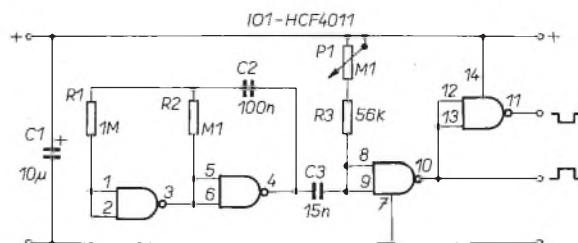


Obr. 84. Tester serv

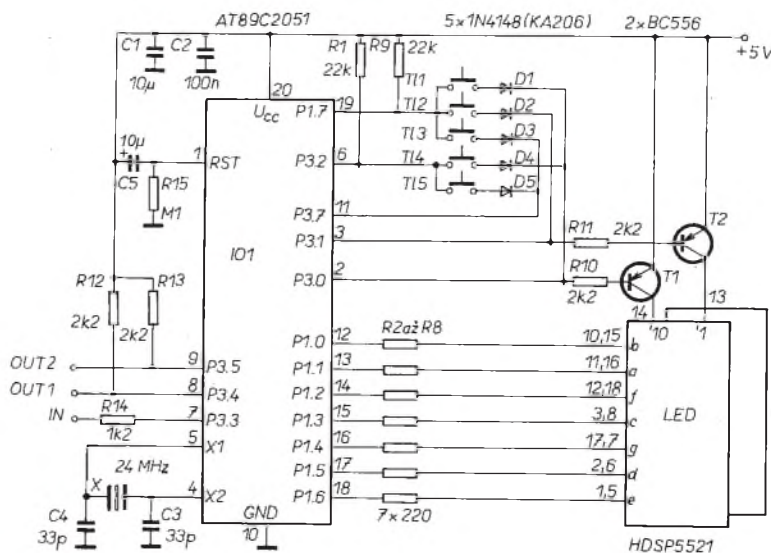
nejsem si však jist, zda je použití plošné montáže v tomto případě právě na místě. Jeden IO a sedm diskrétních součástek se na desce o rozměrech 49×38 mm („aby bylo vůbec co vzít do ruky“) cítí asi jako karavana v širé poušti.

Ve funkci testeru serv lze použít i obvody fail safe, pokud mají nastavení nouzové polohy serva trimrem a jsou vyrobeny jako samostatné zařízení, ne pouze jako doplňková funkce jiného zařízení.

Kvalitativně zcela jiné řešení s mikroprocesorem jsem zveřejnil v [59], jeho schéma je na obr. 86. Nemá smysl opakovat popis zapojení a funkce programu, to můžete nalézt v původním článku, chtěl bych se však chvíli věnovat obecně tomu, co lze a co má smysl testy serv zkoušet. Ne všechna uvedená měření jsou ovšem uskutečnitelná s testery, jejichž jediným



Obr. 85. Tester
serv s 4011



Obr. 86. Tester serv s mikroprocesorem

ovládacím prvkem je potenciometr s nakreslenou stupnicí délek impulsů.

Prvním důležitým údajem je zjištění mezí pohybu serva. Servo po připojení k testeru nastavíme do střední polohy a pak pomalu přejíždíme do jedné z krajních poloh. Na každý nepatrný pohyb musí servo okamžitě reagovat. Ve chvíli, kdy servo začne narážet na mechanický doraz, se prudce zvětší odebíraný proud a servo vrčí. Setrvání v této poloze by mělo za následek zničení servozesilovače, proto se okamžitě nepatrně vrátíme zpět a přečteme (na displeji testeru, čítačem nebo kalibrovaným osciloskopem) mezní délku impulsu. Stejně zjistíme i délku impulsu pro druhý doraz.

Vyplatí se změřit si na svém vysílači mezní délky impulsů včetně nastavení trimů na všech kanálech, tyto údaje si zapsat a třeba vlepít dovnitř pod kryt vysílače. Při kontrole alespoň jednou ročně před sezónou pak údaje porovnáme. Pokud se příliš neliší, je to dobré. Zjistíme-li postupně zkracování délek impulsů, ztrácí kapacitu časovací kondenzátor v modulátoru. Zejména u starších souprav, v nichž byl tento kondenzátor v elektrolytickém provedení, se může jeho kapacita porušením hermetičnosti a následným vyschnutím v krátké době dramaticky změnit.

Porovnáním délek impulsů, generovaných vysílačem, s mezními délkami impulsů jednotlivých serv zjistíme, zda jsou všechna serva schopna pracovat s naším vysílačem, aniž by mohla narazit na svůj mechanický doraz. Jiným problémem je pochopitelně po montáži serva do modelu zabezpečit volný chod táhel v celém rozsahu možného pohybu serva. To, že lze libovolně kombinovat serva a vysílače různých výrobců, nemusí vždy platit!

Další užitečnou zkouškou je zkouška citlivosti serva na změnu napájecího napětí. Servo napájíme z regulovatelného zdroje napětí, nastaveného na 4,8 V, nastavíme ho do střední polohy a pomalu měníme napětí v dovolených mezích - obvykle asi 3,5 až 5,5 V. Servo by mělo zůstat v klidu. Nesmíme zapomenout, že je nutné zajistit stabilitu vstupních impulsů, zavotesť jednoduché konstrukce s klopnými obvody musí být proto při této zkoušce napájen z jiného zdroje než servo, jinak může pohyb serva, vyvolaný napětíovou nestabilitou testeru, dosahovat klidně i 45° úhlové výchylky.

Rychlost přeběhu serva patří k důležitým údajům uváděným v katalogu. Servo napájíme jmenovitým napětím podle jeho technických údajů, zjistíme délky impulsů pro jeho výchylku v určitém úhlu (obvykle 60°) a tato nastavení periodicky se střídou 1:1 střídáme. Vyplatí se na kotouč serva přilepit lepicí páskou ručku třeba z párátka a vyznačit na podložku úhel výchylky. Frekvenci střídání mezních impulsů pomalu a postupně zvyšujeme (zkracujeme čekání v koncové poloze).

Servo rychle přejíždí z jedné do druhé polohy, až v jistém okamžiku v koncové poloze nezastaví a okamžitě se vrací. V tomto stavu zjistíme dobu přejezdu jako polovinu periody střídání impulsů, nebo přímo jako dobu čekání v koncové poloze. Při dalším zvětšení frekvence střídání už servo do vymezené koncové polohy nestihne dojet, což se dá na přilepené ručce velmi přesně pozorovat.

Přesnost a citlivost řízení je určena schopností serva reagovat i na nepatrné změny vstupních impulsů, čili šířkou pásma necitlivosti. Tato vlastnost je v rozhodující míře určena vlastnostmi servozesilovače, i když se v ní částečně projeví i vlivy mechanické. Nastavíme stejně jako v předchozím případě střídání obou délek vstupních impulsů, ale tak, aby servo spolehlivě stihlo zareagovat. Pak postupně přibližujeme délky mezních impulsů. Servo nejprve přejíždí, potom už je pohyb jen nepatrným škuhnutím, až v jistém okamžiku na změny vstupu nezareaguje. Pak zjistíme šířku pásma necitlivosti jako rozdíl obou střídaných impulsů. Kvalitní serva podle mých pokusů reagují ještě na změnu o 0,005 ms, spotřební serva spolehlivě na 0,010 ms. Viděl jsem však i (používaná!) serva s šířkou pásma necitlivosti 0,100 ms.

Další zkouškou může být test kvality mechaniky (na výsledku se částečně projeví i kvalita servozesilovače). Servo napájíme jmenovitým napětím a pomocí testeru přejíždíme téměř od dorazu k dorazu. Přejezdy musí být velmi pomalé (nejlépe asi jeden přejezd za 30 až 60 sekund) a naprosto plynulé (dodržení plynulosti změny impulsů je nejdůležitější). Tento test lze teoreticky udělat i s nejjednodušším testerem serv, v praxi se však nepodaří udržet rovnoměrnost tak pomalého pohybu už s ohledem na kvalitu mechanických potenciometrů. Servo držíme v ruce, posloucháme a rukou cítíme vibrace jeho pohybu - pravidelné tikání. Je-li změna impulsů dostatečně pomalá, každé servo začne krokovat. Velikost jednotlivých „poskočení“ serva (tiků) odpovídá šířce pásma necitlivosti a lze z ní tuto šířku odhadnout, pravidelnost tiků je velmi dobrým indikátorem mechanického stavu serva, jeho vůlí a lehkého chodu. Často zjistíte, že v jisté části dráhy jsou tiky větší a nepravidelné, jak převody drhnou nebo jsou znečištěny. Pomocí této velmi citlivé zkoušky odhalíte mechanické problémy serva mnohem dříve, než mají šanci se projevit za provozu v modelu. Viděl jsem serva s jedním vyloženým zubem v převodovce na kolečku blízko hnacího motoru, která bez problémů pracovala a majitel o této vadě vůbec nevěděl, dokud nebyla provedena podobná zkouška.

Vzpomínám si na relativně nedávný případ, kdy jsem byl v modelářské prodejně přítomen dosti vzrušenému rozhovoru prodávače a zákazníka.

Zákazník si předtím koupil (kvalitní a drahou) RC soupravu a chtěl s ní ovládat loutku při filmové animaci. Rozčiloval se, že serva sebou při ovládání škusou a nejezdí zcela plynule. Prodávač proti tomu argumentoval tím, že jde o analogové zařízení s naprosto plynulou funkcí. Každý z nich si nechal svou pravdu, zákazníkovi navíc zbyla RC souprava pro jeho účely nepoužitelná.

Odvozujeme-li napájení přijímače a serv z pohonného akumulátoru (BEC), je důležité mít představu o proudovém odběru serv při volném chodu i při zatížení. Testerem serv serva rozhýbeme do stálého přejíždění a proud změříme nejlépe ručkovým přístrojem (nebo digitálním ampérmetrem, který měří střední hodnotu proudu a registruje maximální měřený proud. Měření jednoduchými digitálními multimetry je nevhodné pro proměnlivost proudu a jeho impulsní charakter).

Testerem serv se zkoušejí i spínače, regulátory, mixery a další podobná zařízení, ovládaná impulsním signálem z přijímače. Pro ně se hodí možnost testeru generovat signál s periodickými výpadky impulsů a možnost periodicky zařadit do správných impulsů jeden nebo více impulsů, jejichž délka se výrazně liší od ostatních a může i vybočovat z intervalu definice šířky ovládacích impulsů. Jedná se vlastně o test odolnosti vůči rušení. Rušení samozřejmě nepřichází periodicky, ale periodičnost změn je potřebná k pozorování odezvy např. na běžném osciloskopu (ne paměťovém). Je-li perioda výpadků kolem 1 až 2 s, odezva zkoušeného zařízení není jejich pravidelným opakováním ovlivněna.

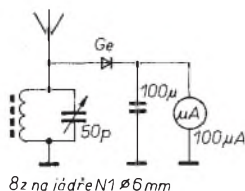
Pro srovnání - firma Robbe dodává mikroprocesorový tester serv s podstatně užším sortimentem funkcí a bez digitálního zobrazení za cenu kolem 2000 Kč, tedy skoro trojnásobnou vůči testeru z [59].

Testery serv jsou v jednodušší či složitější podobě velmi užitečnými pomocníky všech modelářů, provozujících RC soupravy a nepostradatelným vybavením těch, kteří modelářskou elektroniku vyvíjejí.

Měřiče intenzity v pole a kontrolní přijímače

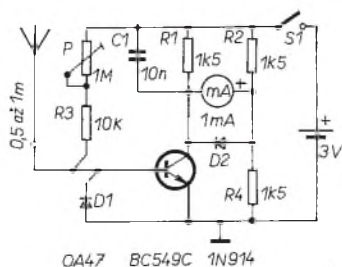
Měřič intenzity v pole může být velmi užitečným a jednoduchým pomocníkem pro kontrolu vyzářeného výkonu modelářských vysílačů i CB stanic. Býval nepostradatelný v dobách, kdy si amatéři museli stavět své RC soupravy sami, ale i dnes poslouží třeba k optimalizaci délky antény v modelu nebo kontrole činnosti v dílu vysílače.

Nejjednodušším pasivním (bez vlastního zdroje) indikátorem je zapojení z obr. 87. Drátová anténa o délce asi 1 m je připojena k paralelnímu re-



Obr. 87. Nejjednodušší pasivní indikátor intenzity pole

zonančnímu obvodu. Kapacitním trimrem přeladíme tento přípravek od 10 do 50 MHz. Detektor z hrotové germaniové diody (ta už se dnes špatně shání, ale funguje nejlépe) je navázán přímo na ručkový měřicí přístroj. Naladění je vcelku selektivní, citlivost je však dost malá.

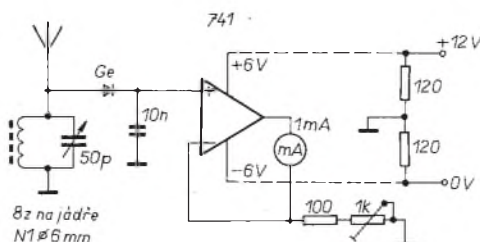


Obr. 88. Citlivý indikátor síly pole

Opakem je zapojení podle obr. 88 [60]. Má sice velkou citlivost, ale nemá žádný laděný obvod, takže reaguje od zvukových kmitočtů až po VHF.

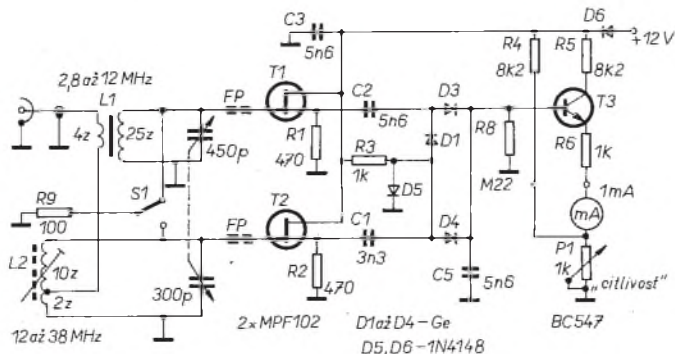
O trochu lepší zapojení je na obr. 89. Laděný obvod je shodný s obr. 87, ale velký vstupní odpor operačního zesilovače a jeho nastavitelné zesílení podstatně celé zapojení zcitliví. Nevýhodou je nutnost použít symetrické napájecí napětí (nebo si ho jednoduše vytvořit za cenu velkého odběru proudu).

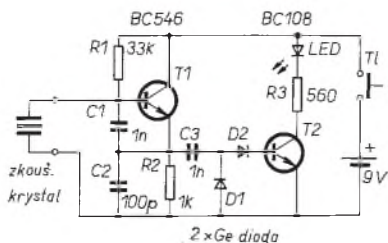
Obr. 89. Jiné řešení indikátoru intenzity pole



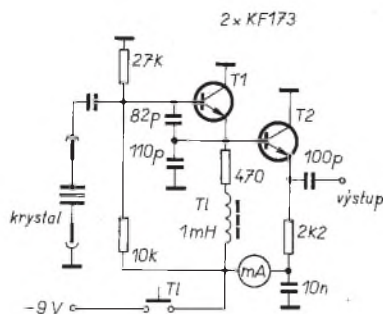
Velmi citlivé a současně selektivní zapojení bylo publikováno v [61]. Je na obr. 90; ve dvou rozsazích pokrývá frekvence od 2,8 do 39 MHz, citlivost na plnou výchylku měřidla se pohybuje od 50 do 100 mV.

na volnou dutinku servokonektoru detekovaný nf signál před jeho vstupem do logických obvodů. Taková úprava je principiálně možná u jakéhokoli přijímače, pokud máme k dispozici jeho dokumentaci. U moderních výrobků

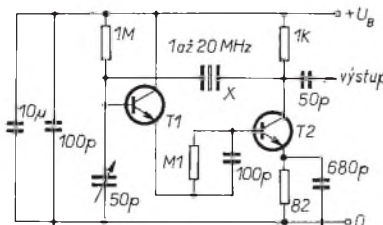




Obr. 92. Zkoušeč krystalů



Obr. 93. Zkoušeč krystalů



Obr. 94. Jiný zkoušeč krystalů

pracují jako detektor kmitů s indikací LED. Je možné je samozřejmě vynechat a výstup z oscilátoru (přes C3) připojit k čítači pro kontrolu frekvence.

Jiným řešením je použití Clappova oscilátoru podle obr. 93 [66], který kmitá na sériovém rezonančním kmitočtu krystalu. Výchylka ručky měřidla odpovídá amplitudě kmitů. Zapojení by mělo pracovat s krystaly od 10 kHz do 30 MHz.

Posledním z uvedených testovacích zapojení je Pierceův oscilátor, v němž krystal kmitá v paralelní rezonanci - obr. 94 [67].

Krystaly se však nevyskytují pouze ve vysílačích a přijímačích, jsou také používány ke generování hodinového kmitočtu pro mikroprocesory a spolu s nimi se nám mohou dostat do rukou jako součást mixerů, regulátorů, spínačů atd. Pokud se rozhodnete sami některou z mikroprocesorem řízených konstrukcí stavět, měli byste vědět ještě o jednom úskalí.

Krystaly se vyrábějí a dodávají na trh v pouzdrech, na nichž je uvedena jejich frekvence. Na tom, zda je krystal určen (a doladěn) pro kmitání v sériovém nebo paralelním zapojení, záleží víceméně jen u krystalů pro RC soupravy nebo čítače, mikroprocesoru záleží především na stabilitě a malé odchylky frekvencí nevadí. Frekvence, uvedená na pouzdru, může však odpovídat základní rezonanční frekvenci krystalu (kterou pak ukáží i výše uve-

dené zkušební oscilátory), nebo jeho třetí harmonické, výjimečně páté nebo vyšší harmonické. Jednočipové mikroprocesory obsahují vnitřní oscilátor, kmitající (pokud je mi známo tak vždy) na základním kmitočtu krystalu. Koupíte-li omylem krystal pro třetí harmonickou, bude reálný výsledný hodinový kmitočet mikroprocesoru přibližně třetinový než má být! Katastrofou je, že mikroprocesor bude klidně fungovat a mnohé jeho projevy budou odpovídat očekávání, nebude však při třetinovém kmitočtu „stíhat“ náročnější operace v reálném čase a tak výsledky budou zcela zcestné. V mixeru například je možné nastavit rozsah vstupních a výstupních impulsů, ale výstupní signály jsou třikrát pomalejší a připojená serva odjedou na doraz. Příčina takové vady se velmi špatně rozpoznává. Rozeznat při koupi, zda je krystal určen pro základní kmitočet nebo třetí harmonickou, není bohužel vůbec jednoduché, někdy je na pouzdru malé označení „3rd“ (třetí), někdy vůbec nic. Prodáváči často vůbec neví, že takovéto rozdělení krystalů existuje a netuší, jaké zboží právě prodává a ani maloobchodní katalogy součástek standardně tuto informaci vždy neposkytují. Stalo se mi, že v prodejně sesypali krystaly obou provedení a popsané stejným kmitočtem dohromady a pak už bylo jen na náhodu, zda vám prodáváč podal funkční nebo z našeho hlediska nefunkční kus.

Měření napětí a proudu

Požadavky na měření napětí a proudu při stavbě modelářské elektroniky nejsou příliš odlišné od jiných oborů. Pro běžné práce postačí starší ručkový měřicí přístroj nebo jednoduchý digitální multimetr. Komplikace přináší měření kolem pohonných motorů, zejména pokud jsou regulovány impulsně. Potom napětí zdrojů a zejména proud motorem není stejnoměrný a jeho impulsní charakter silně ovlivní výsledky. Problematika měření impulsních nesinusových průběhů byla předmětem mnohých článků a svým rozsahem i komplikovaností překračuje možnosti tohoto textu. Pokud omezíme měření elektromotoru na ustálený chod při napájení stejnosměrným napětím bez regulace, dají se běžné přístroje plně použít.

Pro optimalizaci celého pohonu je třeba často měřit proud odebíraný motorem při zatížení. Tato úloha může přinést značné problémy, protože univerzální měřicí přístroje mívají nejvyšší proudový rozsah 10 nebo 20 A a výkonné motory odebírají proudy i kolem 100 A. K měření tak velkých proudů se profesionálně používají klešťové ampérmetry, které obepnou svou sondou vodič a změří jím tekoucí proud.

Teplotní závislosti odporu materiálů

Materiál a [$10^{-3}K^{-1}$]	konstantan	kanthal	isotan	manganin	měď
	0,05	0,03 až 0,06	0,04	0,02	4,0

Takový přístroj má však jen málokdo k dispozici a jeho cena není zrovna zanedbatelná. Jinou, obvyklejší možností, je pokusit se získat odpovídající bočník a doplnit tak stávající měřicí přístroj o možnost měřit velké proudy.

Potřebný bočník nesmí při zařazení do obvodu svým odporem příliš změnit tekoucí proud, což je v případě, že měříme proud kolem 50 A při napětí jen asi 10 V dost obtížné splnitelný požadavek. Motor, který má tento odběr, se jeví jako odpor (pro jednoduchost vůbec neuvažujeme jeho indukční charakter) 0,2 Ω . Budeme-li chtít bočníkem snímat proud tak aby zvolený nejnižší napěťový rozsah multimetru 200 mV zobrazoval proud přímo v A, vychází odpor bočníku 0,001 Ω a rozlišení na tomto rozsahu bude u 3,5místního multimetru 0,1 A, což asi stačí. Pokuste se však takový bočník sehnat.

Materiálem na výrobu bočníku by měl být odporový drát. Jeho výhodou je zejména malá teplotní závislost odporu (viz tabulka dole na této stránce), nevýhodou potíže s elektrickým připojením těchto materiálů, které se prakticky nedají pájet a možnost bodově svařovat není každému dostupná. Jeden z mála použitelných tlustých odporových drátů jsem objevil v nabídce firmy GES, konstantan o průměru 2 mm a odporu 0,159 $\Omega/1$ m. Bočník z tohoto drátu by musel mít 6,3 mm (to asi nepůjde) nebo 31,4 mm při paralelním zapojení pěti drátů. Konstrukce bude mechanicky náročná, robustní, aby přechodové odpory byly co nejmenší.

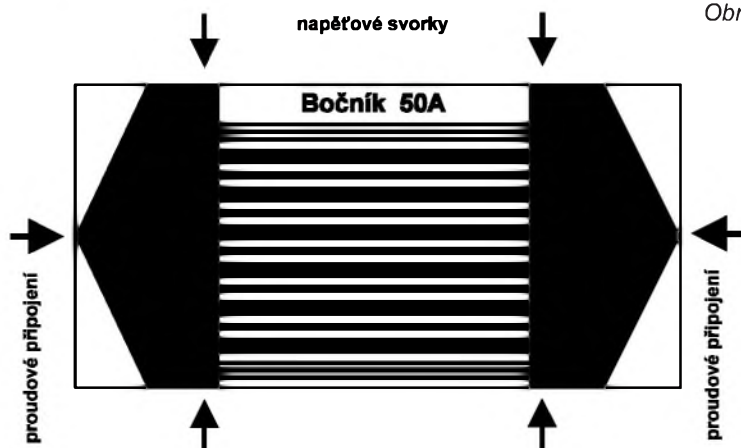
Kompletní bočníky zahraniční výroby lze získat v dost širokém sortimentu např. u zásilkové služby Conrad. V nabídce má bočníky 0,01 Ω (asi 5 DM), 0,001 Ω (asi 20 DM) a dokonce i 0,0001 Ω (asi 35 DM). Zaráží mě ovšem, že podle fotografií v katalogu nemají tyto bočníky vyvedeny napěťové svorky a jde vlastně o rezistory s malým odporem a velkou výkonovou ztrátou. Z cen po přepočtu je zřejmé, že nákup takového bočníku není lacinou záležitostí.

Pro nejširší použití bez valných nároků na přesnost jsem navrhl vytvořit potřebný bočník z materiálu obecně dostupného - kupředu na plošné spoje. Tato myšlenka, které se jistě zhrzoí každý odborník na měření, není tak nesmyslná, jak na první pohled vypadá. Měď má sice skoro stokrát větší teplotní závislost odporu než uvedené speciální slitiny, ale při proudu 50 A se na odporu 1m Ω ztrácí výkon jen 2,5 W a ten nezvládne měděný bočník příliš ohřát. Měření většinou trvá jen jednotky nebo desítky sekund a tenká měděná fólie na laminátu je velmi dobře chlazená. Zkouškami jsem si potvrdil, že se teplota nezvýší o více než 10°C

nad teplotu okolí. Bočník určený pro měření v dílně při teplotě 15 až 25 °C se tedy bude pohybovat v rozmezí teplot jen asi 20 °C, pro které je odchylka způsobená teplotní závislostí odporu 8 %. Když navíc připustíme, že není většinou zcela rozhodující absolutní přesnost změřeného údaje, ale porovnání změn proudu při zatížení motoru určitou vrtulí, lodním šroubem nebo po namazání převodů, jeví se ona 8% přesnost jako dostačující pro orientační měření. Zdůrazňuji zejména slovo orientační. Jinak řečeno, je to řešení špatné, ale pořád lepší než proudy tekoucí motorem jen odhadovat od oka.

Obrazec pro vytvoření bočníku na plošném spoji je na obr. 95. Podle potřeby může být zvětšen nebo zmenšen. V uvedeném měřítku je navržen tak, aby měl trochu menší než požadovaný odpor, byl připojitelný k jednoduchému 3,5místnímu digitálnímu multimetru s nejnižším napětovým rozsahem 200 mV a poskytoval napětí 2 mV na 1 A procházejícího proudu. Zatížitelnost je předpokládána do 50 A, nepoškodí se však ani proudem více než dvojnásobným. Poněkud netradiční je nutnost při čtení měřené velikosti proudu v A dělit údaj zobrazený na displeji dvěma. To sice komplikuje měření, ale na druhé straně ho to zpřesňuje při stále ještě přijatelně malém odporu bočníku. Kdo má k dispozici multimetr 4,5místný, může rozšířit pásky mědi na dvojnásobek a číst proud přímo v A.

Jednotlivé různé široké linky jsou určeny k přesnému nastavení bočníku ručním přerušením pomocí fréžky. Pokud potřebujete odpor naopak zmenšit, propojte přerušenou linku cínovým můstkem s linkou sousedící, změnou polohy můstku lze nastavit odpor s dostačující přesností. Vzhledem k teplotní závislosti stejně nemá smysl snažit se o naprosto přesné seřízení. Na obou stranách linek k nim kolmo jsou na desku ze strany mědi po celé šířce připájeny neizolované měděné dráty o průřezu kolem 2,5 mm², jejichž konce přesahují okraj desky asi o jeden centimetr a slouží jako napěťové svorky bočníku.



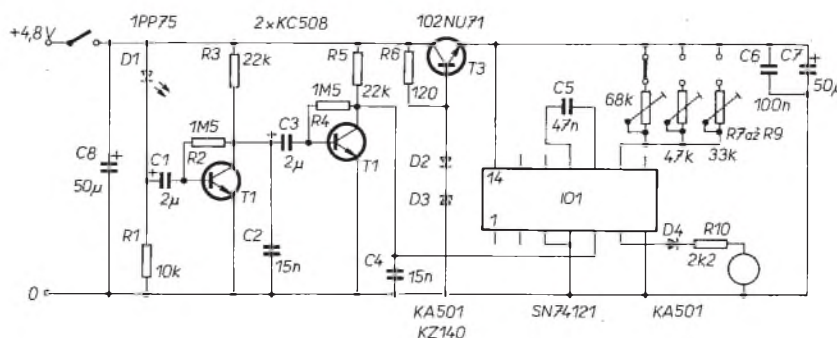
Obr. 95. Obrazec pro vytvoření bočníku na desce s plošnými spoji

Otáčkoměry

Otáčkoměry se v modelářské praxi ponejvíce využívají při snaze o optimální sladění pohonného motoru a letecké vrtule, ať už se jedná o agregát spalovací nebo elektrický. Protože tyto motory pracují s poměrně vysokými otáčkami běžně do 20 000 min⁻¹ (závodní i 30 000) a měřením nesmí být údaj podstatně ovlivněn, používá se téměř výhradně bezkontaktní snímání optickým čidlem. Jiné metody, například s použitím tachodynamu, byly sice i modelářském tisku uvedeny, ale v praxi je téměř nenajdete.

Základní principy fungování otáčkoměrů jsou dva. Pro přístroje s analogovým výstupem na ručkový měřicí přístroj nebo (i digitální) voltmetr se nejprve vstupní signál ze snímací fotodiody nebo fototranzistoru zesílí, ztvaruje, a pak přivede na vstup monostabilního klopného obvodu, který při každém impulsu ze clonky vygeneruje přesně definovaný krátký impuls. Tyto impulsy se pak integrují na kondenzátoru a měří se jeho napětí, které je přímo úměrné frekvenci, s jakou impulsy přicházejí.

Uvedený princip má své výhody i omezení, analogový údaj ručkového měřidla se rychleji čte (alespoň na úrovni klesá-stoupá), ručkové měřidlo je však citlivé na vibrace a nárazy, je problematické zajistit dobrou časovou a teplotní stabilitu a výstupní údaj není přesný (pokud ho ovšem přesný k něčemu potřebujeme). Příkladem zapojení může být obr. 96 podle [68], jiné řešení s obvodem 555 je na obr. 97 nebo



Obr. 96. Otáčkoměr

slunci. Nikdy jako světelného zdroje nepoužívejte zářivku nebo žárovku napájenou střídavým proudem, jejich světlo je silně pulsující a naměřili byste spíše frekvenci sítě, než otáčky motoru. V nouzi výborně funguje prosvícení bateriovou žárovkovou svítlnou nebo jakoukoli žárovkou, napájenou stejnosměrným vyhlazeným proudem. Má to navíc tu výhodu, že žárovka je zdrojem jak viditelného světla, tak (a zejména) IR záření, na které jsou fotodiody nejcitlivější.

Dokončení v Konstrukční elektronice č. 6/1998

Literatura

- [1] Ing. Josef Šandera, Ing. Jiří Starý: Technika povrchové montáže. AR-B 5/1995.
- [2] Vojtěch Voráček: Odstranění teplo-
tní závislosti vysílače Modela T6
AM27. Modelář 4/1984 str. 11.
- [3] Ing. Jiří Horský, CSc.: Polovodičové
referenční zdroje stejnosměrného
napětí. AR - konstrukční příloha 1989,
str. 43 - 48.
- [4] Ing. Jaroslav Belza: Napěťový re-
gulátor TL431C. AR-A 5/1993, str. 15.
- [5] Portable cells and batteries catalo-
gue SAFT. Ročník 1995, str. 31.
- [6] Karel Bartoň: Fóliové kondenzáto-
ry. PE-A 7/1996, str. 24.
- [7] Ing. Milan Veit: Fajtroprop 2. Mode-
lář 7/1976, str. 10.
- [8] Jan Kuneš: Miniaturní servozesilo-
vač. Modelář 2/1976, str. 10 - 11.
- [9] Ing. Václav Otýs: Souprava pro dál-
kové ovládání s IO. AR-A 2/1977, str.
64 - 66.
- [10] Pribin Votrubec: Nové stavební
prvky pro RC soupravy. Modelář 4/
1977, str. 6 - 7.
- [11] Pribin Votrubec: Integrovaný ser-
vozesilovač SAK150A. Modelář 6/
1978, str. 14.
- [12] Autor neuveden: Servozesilovač
serv FUTABA. Modelář 10/1978, str.
11.
- [13] Ing. Viliam Číž: Oprava zesilovača
serv Futaba. Modelář 8/1982, str. 11.
- [14] Ing. Jiří Souček: Nový integrovaný
zesilovač z NDR. Modelář 3/1983, str.
15.
- [15] Ing. Otto Blaschke: Servozesilo-
vač s B654D pre Futabu. Modelář 9/
1985, str. 22.
- [16] J. Kroufek: Servozesilovač. RC
modely 1/1996, str. 3.
- [17] JOM: Stavebnice SMT firmy
MIRA-9. PE-AR 4/1996, str. 22 - 23.
- [18] Vojtěch Voráček: Jednoduchý in-
dikátor poklesu napájecího napětí vy-
sílače. Modelář 8/1980, str. 13.
- [19] Autor neuveden: Indikátor poklesu
napětí baterie. AR-B 2/1977, str. 45.
- [20] Autor neuveden: Signalizace po-
klesu napětí. AR-B 3/1992, str. 102.
- [21] hhs: Indikátor stavu akumulátorové
baterie. ST 9/1990, str. 343.
- [22] JOM: Indikátor napětí baterie. AR-
A 4/1993, str. 22.
- [23] Autor neuveden: Indikátor napětí
akumulátoru. KTE 6/1993, str. 223.
- [24] OK2QX: Analogový voltmetr s po-
tlačenou nulou. AR-A 3/1994, str. 15.
- [25] Ing. Petr Berg: Akustický signalizá-
tor poklesu napětí. Modelář 5/1982,
str. 7.
- [26] Vladimír Payer: Zvuková signali-
zace poklesu napětí baterie vysílače.
Modelář 11/1985, str. 12.
- [27] Ing. Jaroslav Belza: Napěťový re-
gulátor TL431. AR-A 5/1993, str. 15.
- [28] Ing. Pavel Rajchart: Svahový kluzák
ORCA. Modelář 8/1990, str. 10 - 11.

- [29] Ivan Zelinka: Elektronický mixér.
Modelář 10/1976, str. 11.
- [30] MIC: Mixer pro modeláře. PE-AR
1/1997, str. 18 - 19.
- [31] JH: Nožový let bez problémů. Mo-
delář 4/1984, str. 11.
- [32] Karel Osolobě: Vpřed - vzad jed-
ním kanálem. Modelář 5/1974, str. 25.
- [33] Vlastimil Havelka: Více funkcí od
jednokanálu. Modelář 10/1974, str.
25.
- [34] Jar. a Jiří Potočkoví: Elektronická
zařízení pro RC modely. Modelář 1/
1979, str. 25.
- [35] RNDr. P. Svoboda, Ing. V. Malec:
Úprava soupravy Mars na dvoukaná-
lové řízení. Modelář 10/1984, str. 15.
- [36] Jaroslav Kroufek: Přídavná funk-
ce k RC soupravě. Modelář 3/1993,
str. 15.
- [37] MIC: RC expandér. PE-A 3/1997,
str. 14 - 15.
- [38] Vojtěch Voráček: Doplnky pro
serva. Modelář 5/1984, str. 15.
- [39] Vojtěch Voráček: Jednoduchý ob-
rabeč smyslu výchytky serva. Modelář
10/1986, str. 16.
- [40] JOM: Stavebnice SMT firmy MIRA
- 10. PE-AR 6/1996, str. 21 - 22.
- [41] - : Zvýšení bezpečnosti provozu
velkých RC modelů. Modelář 12/1987,
str. 12 - 13.
- [42] Petr Stejskal: Servospínač. Mo-
delář 5/1980, str. 12.
- [43] MIC: RC spínače pohonu i po-
mocných zařízení. RC modely 4/1997,
str. 2.
- [44] Ing. Zdeněk Budinský: Spínač
motoru pro RC elektrolet. AR-A 3/
1995, str. 18 - 19.
- [45] Autor neuveden: Jednoduchý pře-
pínač směru otáčení při proporcionál-
ním ovládání motorů. AR-B 1/1992,
str. 21.
- [46] Autor neuveden: Modelářský spí-
nač. KTE 2/1996, str. 70 - 72.
- [47] Vladislav Kania: Plynulý regulátor
otáček motoru. Modelář 2/1986, str.
24.
- [48] Autor neuveden: Proporcionální
impulzní jednosměrný regulátor otá-
ček elektromotorů pro RC automobily.
Modelář 8/1982, str. 253.
- [49] Autor neuveden: Proporcionální
impulzní jednosměrný regulátor otá-

- ček elektromotorů. Modelář 2/1983,
str. 24 - 25.
- [50] Autor neuveden: Motorregler.
Elektor 7-8/1996, str. 94.
- [51] Ing. Evžen Brunner: Impulzní re-
gulátor otáček. AR-A 12/1991, str. 489
- 491.
- [52] Ing. Zdeněk Budinský: Regulátor
otáček pro modelářské motorky. AR-A
3/1993, str. 10 - 12.
- [53] Peter Križan: Prevodník signálu
serva a regulátor otáček motoru. PE-A
8/1996, strany nečíslovány.
- [54] MIC: Obousměrný regulátor po-
honu. RC modely 5/1997, str. 2 - 3.
- [55] JaKr: Odrušení elektromotorů. RC
modely 8/1997, str. 49.
- [56] Ing. Vladimír Valenta: Jednokaná-
lová souprava pro dálkové ovládání
WS-11. Modelář 6/1978, str. 14.
- [57] P. Roztočil: Rušení RC soupravy
elektromotorem. Modelář 10/1977, str.
25.
- [58] Ondřej Slavík: Servotester. Mode-
lář 4/1982, str. 29.
- [59] MIC: Tester modelářských serv.
PE-AR 10/1996.
- [60] Autor neuveden: Citlivý měřič in-
tenzity pole. AR-B 4/1991, str. 141.
- [61] Autor neuveden: Jednoduchý a
citlivý měřič síly pole. AR-B 4/1985,
str. 126.
- [62] Karel Mlčoušek: Odposlech z při-
jímače. Modelář 5/1991, str. 140 -
141.
- [63] Jan Kukla: Úprava přijímačů R6
AM27, R4 AM27 pro monitorování
pásmo 27,120 MHz. Modelář 5/1991,
str. 16.
- [64] Jaroslav Kroufek: Kontrolní příjí-
mač pro 27 MHz. Modelář 11/1987,
str. 14 - 15.
- [65] Autor neuveden: Jednoduchý
zkoušeč krystalů. AR-B 3/1978, str.
92.
- [66] Autor neuveden: Zkoušeč krysta-
lů. AR-B 2/1977, str. 48.
- [67] Autor neuveden: Krystalový osci-
látor pro velký rozsah kmitočtů. AR-A
7/1976 str. 274
- [68] J. Kroufek: Otáčkoměr. Modelář
1/1982 str. 14
- [69] Jaroslav Kroufek: Otáčkoměr. RC
modely 8/1997 str. 48

Modelářská elektronika

- ☞ Prodej součástek a stavebnic pro konstrukce z tohoto čísla KE
- ☞ Výroba elektroniky na zakázku
- ☞ Mikroprocesorová technika
- ☞ Neobvyklá zařízení
- ☞ Podpora pro individuální zhotovení elektronických zařízení

Michal Černý
Ke stráni 144
Řitka 252 03
☎ 0603/801459

Katalog dodávaných výrobků a stavebnic za známku 8 Kč