



ROČNÍK VI/2000. ČÍSLO 1

Amatérské RADIO

ŘADA B - PRO KONSTRUKTÉRY

ROČNÍK XLIX/2000. ČÍSLO 1

V TOMTO SEŠITĚ

Ročník 1999 na CD ROM 1

Dějiny přenosu zpráv na dálku 2

ZAJÍMAVÉ OBVODY A PRAKTICKÁ ZAPOJENÍ

Měřicí technika 3

Obvody pro kódové ovládání 8

Obvody pro napájecí zdroje 23

Další zajímavé obvody a zapojení 37

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, l. 268.

Ročně vychází 6 čísel. Cena výtisku 30 Kč. Celoroční předplatné 180 Kč.

Rozšiřuje PNS a. s. (viz str. 40), Transpress s. r. o., Mediaprint a Kapa, soukromí distributoři, informace o předplatném podá a objednávkou přijímá Amaro 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) 44454559 - předplatné, (07) 44454628 - administrativa. Předplatné na rok 222,- SK.

Podávání novinových zásilek povolila 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) 44450693.

Za původnost a správnost příspěvků odpovídá autor. Nevyžádané rukopisy nevracíme.

E-mail: a-radio@login.cz

Internet: http://www.spinnet.cz/aradio

ISSN 1211-3557, MKČR 7443

© AMARO spol. s r. o.



Ročník 1999 na CD ROM

Vážení čtenáři, nyní vychází ročník 1999. Věříme, že mírně zvýšená cena je vykompenzována podstatně rozšířeným obsahem.

CD ROM 1999 zahrnuje kompletní obsah časopisů Praktická elektronika A Radio, Konstruktivní elektronika A Radio, Electus 99 a nově také Amatérské radio a Stavebnice a Konstrukce za rok 1999 (inzerce je vynechána).

Vše je zpracováno ve formátu pro elektronické publikování **Adobe PDF**.

Na disku je nahrán nejnovější prohlížeč **Adobe Acrobat Reader 4.05**. Nelze použít starší verzi 3.0, proto si musíte vždy starý prohlížeč přeinstalovat.

Po nainstalování prohlížeče programu Acrobat jsou tři možnosti otevření požadovaného časopisu. První možností je otevřít přímo soubor např. PE299.pdf a ukáže se první strana čísla 2 Praktické

elektroniky A Radia. V ní můžeme listovat pomocí šipek v liště nástrojů nebo stačí kliknout na číslo stránky v obsahu a ta se sama zobrazí.

Druhou možností je otevřít soubor AMARO99.pdf. Objeví se dvě stránky se všemi obrázky jednotlivých časopisů. Stačí kliknout na jeden z nich, otevře se žádaný časopis na první straně a dále pokračujeme jako v předchozím odstavci.

Třetí možnost je **NOVINKA**. Otevřete-li soubor OBSAH99.pdf, objeví se známý obsah z PE 12/99 (neobsahuje Amatérské radio) a kliknutím na číslo stránky se otevře přímo požadovaný článek.

Na zbytek místa na CD ROM jsme nahráli:

- Programy k některým konstrukcím uveřejněným v Praktické elektronice.
- Úplný katalog nabídky elektronických součástek firmy **Spezial Electronic** (např. IO **Maxim**).
- Katalog nabídky měřicích přístrojů firmy **Micronix**.
- Katalog nabídky elektronických součástek, konektorů a osvětlení firmy **FK technics**.
- Úplný katalog nabídky profesionálního nářadí firmy **Bernstein**.
- Katalog knih a CD ROM nakladatelství **BEN** - technická literatura.
- Úplný katalog nabídky elektronických součástek a výrobků firmy **GM electronic**.

Slíbený první ročník PE a KE z roku 1996 připravujeme na květen 2000. Na tento CD ROM se snažíme získat databázi článků posledních 20 let (zatím bez záruky).

Na podzim by měl vyjít první ze série naskenovaných starších ročníků AR z let 1987 až 1989.

Redakce

Popsaný CD ROM si lze objednat telefonicky (02/57 31 73 12 a 57 31 73 13) nebo poštou na dobírku, případně osobně na adrese:

AMARO spol. s r. o., Radlická 2, 150 00 Praha 5.
CD ROM si také bude možné zakoupit v některých prodejnách knih a součástek.

Cena CD ROM je 350 Kč + poštovné + balné.
Předplatitelé časopisů u firmy AMARO mají výraznou slevu. Pouze pro ně bude CD ROM v ceně 220 Kč + poštovné + balné.

Zájemci na Slovensku si mohou CD ROM objednat u firmy MAGNET-PRESS Slovakia s. r. o.,
P. O. BOX 169, 830 00 Bratislava,
tel./fax (07) 444 545 59.

Dějiny přenosu zpráv na dálku

Moritz Hermann von Jacobi

Mezi petrohradskými občany zavládlo zděšení, když se na Něvě objevila loď obsazená 14 osobami, bez vel, bez plachet a bez parního stroje, který by poháněl lodní šroub. Plula tiše, zdánlivě bez jakékoliv síly, potřebné k jejímu pohonu.

Bylo to poprvé, kdy byl použit k pohonu lodního šroubu elektromotor, napájený z baterie obsahující zinkové a měděné elektrody.

Jako kuriozitu můžeme uvést, že jak v poválečné ruské technické literatuře, tak i u nás byl Jacobi uváděn bez křestních jmen a jako „ruský vědec“.

Moritz Hermann byl jedním ze dvou synů směnárny a představitele židovské obce v Potsdamu a narodil se 21. 9. 1801 v pruském městě s velkou vojenskou posádkou. I jeho bratr Carl Jacobi (1804 - 1851) se proslavil, ovšem v oblasti matematických věd.

Moritz Hermann po absolvování gymnasia v Potsdamu studoval v Lipsku a Göttingenu stavebnictví a přírodní vědy. Od roku 1827 byl zaměstnán jako úředník v Královci (Königsberg). V roce 1835 se stal profesorem civilních staveb v Estonsku a velice se věnoval elektrickým strojům, které jej zajímaly již jako studenta.

V roce 1837 byl odvolán do Petrohradu a v roce 1839 tam byl jmenován adjunktem (pomocníkem na úřadě). To byla pro něj výhra, neboť se konečně mohl věnovat elektrotechnickým pokusům. Měl v nich takové úspěchy, že v roce 1842 změnil zaměstnání a stal se členem petrohradské akademie věd a později i členem městské rady.

Již od roku 1837 se věnoval elektrolitickému poměďování, objevil tajemství galvanoplastiky a se státní podporou zřídil továrnu na galvanizaci. Spolu s ruským fysikem Fridrichem Emilem Lenzem (1804 - 1865) prakticky současně zahájil i stavbu elektrických strojů. Výsledkem této spolupráce byla již v úvodu zmíněná loď, poháněná elektrickou energií.

Od roku 1842 začal Jacobi stavět telegrafní linky s použitím vlastních telegrafních přístrojů na elektromagnetickém principu.

Vyvinul také různé měřicí přístroje k měření elektrických veličin, objevil vztah mezi magnetickými a chemickými účinky elektrického proudu. Prosažoval myšlenku jednotného systému měření fyzikálních veličin a zasadil se v roce 1867 jako ruský delegát o přijetí mezinárodního metrického systému.

Zemřel v Petrohradě 10. 3. 1875 a byl prvním fyzikem a elektrotechnikem, který dokázal své teoretické znalosti také uvádět do praxe.

Francois Alphons Desiré von Chauvin

V polovině 19. století, když byly vyrobeny první kabely se zdálo, že nadzemním vedením je konec. Díky svodům na telegrafních linkách, které se měnily doslova s každou změnou počasí, byly delší telegrafní trasy nespolehlivé.

Jejich další rozmach umožnil pruský telegrafní inženýr Francois Alphons Desiré von Chauvin objevem dvojitého porcelánového izolátoru ve tvaru zvonu.

Narodil se 16. 5. 1812 v Lüttichu a dal se do služeb armády. Pracoval v oblasti tehdy zaváděné telegrafie a v roce 1856 byl již v hodnosti majora přefázen do funkce ředitele pruských telegrafů. Svě znalosti uplatnil během války Německa s Dánskem a za zásluhy byl povýšen do šlechtického stavu.

Byl jmenován pruským zástupcem do tehdy vznikající Mezinárodní telekomunikační unie (ITU), založené 17. května 1865 v Paříži. Z jeho popudu byla na druhé konferenci ITU roku 1868 ve Vídni definována a mezinárodně přijata jednotka odporu siemens (teprve později definovaná pomocí souvislosti s napětím a proudem a pojmenovaná ohm).

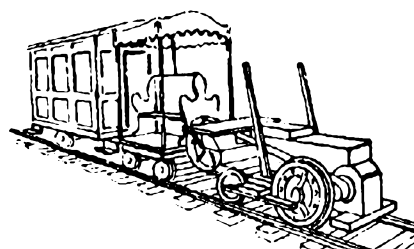
V roce 1871 byl dokonce jmenován generálním telegrafním ředitelem tehdejšího říšského Německa.

Zemřel 17. 5. 1898 v Settignano, blízko Florencie.

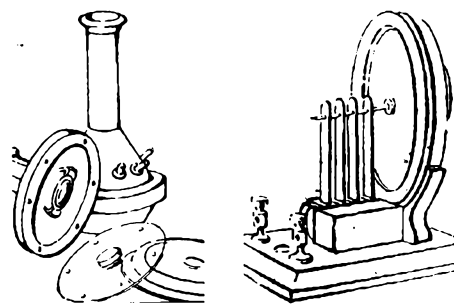
Thomas Alva Edison

Americký technik, který v 21 letech získal svůj první patent - a pak ještě 1300 dalších!!! U nás je znám více jako objevitel žárovky, ale skutečnost je poněkud jiná.

Edisonovi rodiče žili ve velmi nuzných poměrech. Jejich syn, který později získal světový věhlas, se narodil



Edisonův elektrický vlak



Edisonův dynamický reproduktor (vlevo) a mikrofon (vpravo)

11. 2. 1847 ve městě Milan ve státě Ohio. Do školy chodil pouhé tři měsíce! Všechny základní vědomosti jinak získal od své matky. Měl nesmírný pozorovací talent a detaily a veškeré vědomosti měl z vlastního poznání.

Od dvanácti let se živil prodejem novin v dálkových vlacích, které jezdily na trasách mezi Kanadou a Michiganem. Aby si přilepšil, zřídil si v zavazadlovém vagoně malou tiskárnu a prodával pak také vlastnoručně tištěné noviny.

Patnáctiletému „majiteli tiskárny“ se podařilo zachránit před jistou smrtí dítě telegrafního úředníka, které vběhlo na koleje před příjezdem vlaku. Za odměnu jej tento úředník zavedl do tajů telegrafie a postaral se o to, aby byl Edison přijat do služeb newyorského telegrafního úřadu.

Nějakou dobu tam skutečně pracoval jako telegrafista, ale jakmile si našel nějaké peníze, začal si zařizovat v Menlo Parku poblíž New Yorku laboratoř. Tam pak experimentoval s nejrůznějšími elektrickými a telegrafními přístroji.

V roce 1868 získal první patent - na hlasovací zařízení do parlamentu. Ve stejném roce ještě objevil způsob, jak ve stejném okamžiku využívat jedno vedení pro přenos telegrafních signálů oběma směry (duplexní provoz). Podle jeho zapojení mohly být dokonce předávány čtyři telegramy současně. Při té příležitosti objevil telegrafní relé a svůj „autografický telegraf“, což byl předchůdce pozdějších obrazových telegrafních přístrojů.

Prakticky současně s Davidem Edwardem Hughesem (1831 - 1900), který pracoval v Anglii, přišel na princip uhlíkového mikrofonu pro telefonní přístroje. Vylepšil také telefonní přístroj, který sestavil Alexander Graham Bell (1847 - 1922).

Jak Edison sám prohlásil, pro objev je nutné jedno procento inspirace a 99 procent vlastního přemýšlení. Na tom založil svůj věhlas.

(Dokončení na str. 40)

ZAJÍMAVÉ OBVODY A PRAKTICKÁ ZAPOJENÍ

Karel Bartoň

Vážení čtenáři, toto první číslo dalšího ročníku časopisu Konstrukční elektronika A Radio je věnováno popisu zajímavých obvodů a zapojení, určených pro použití v různých oblastech elektroniky. Popis uvedených obvodů a zapojení se může někomu zdát možná příliš stručný, jinému naopak zbytečně obsáhlý. Vše závisí na znalostech, zkušenostech a praxi toho kterého čtenáře - jinak by se mu jistě vše jevilo dříve a jinak se mu to bude jevit o nějaký čas později.

Obsah časopisu je rozdělen do čtyř částí. První část zahrnuje obvody a zapojení pro oblast měřicí techniky, ve druhé části je popsáno několik zajímavých obvodů určených pro dálkové a kódové ovládání, třetí část sestává ze zapojení zajímavých napájecích zdrojů a jejich pomocných obvodů a doplňků a konečně čtvrtá část obsahuje popis zajímavých obvodů a užitečných zapojení z různých dalších oblastí elektroniky. Naprosto přesné a dokonalé rozřídění není zcela možné, některé obvody a zapojení se do žádné škatulky prostě nevejdou, jiné je možno zařadit do několika kategorií současně. Hodně takových obvodů a zapojení je z toho důvodu zařazeno na konci ve čtvrté části, i když by je bylo samozřejmě možné zařadit i do některé z částí předcházejících.

Některé popisované a v zapojeních použité obvody byly v době psaní tohoto čísla novinkou na trhu, jiné jsou již starší a na ústupu z výsluní své slávy. Obvody, jejichž výroba byla ukončena, bývají ještě po dlouhou dobu dostupné v prodejní síti a k tomu většinou za velmi příjemnou cenu (viz inzerce mnoha zásilkových služeb na více než deset let staré součástky nejen z produkce bývalých zemí RVHP). Jejich aplikace sice není zrovna nejvhodnějším řešením pro zahájení sériové výroby, ale pro amatérskou či kusovou stavbu jsou docela dobře použitelné. Navíc téměř každý takový populární integrovaný obvod je zpravidla následován modernějším ekvivalentem. Pak většinou stačí nepatrná úprava zapojení, a pokud ne, může zajímavé schéma či princip sloužit alespoň jako inspirace.

Věřím a budu rád, když čtenáře dále popisovaná zapojení zaujmou a přinesou jim též nějaký užitek.

Nejen v elektronice, ale i v osobním životě přeji všem čtenářům do posledního roku druhého tisíciletí mnoho pracovních a ještě více životních úspěchů.

Měřicí technika

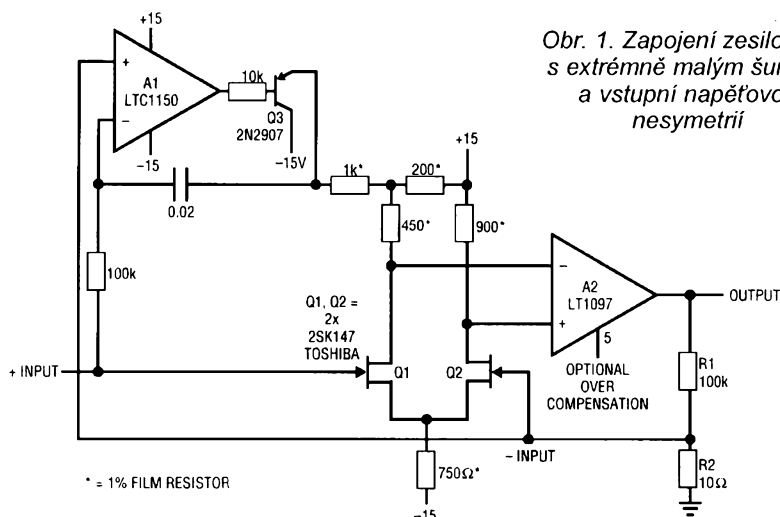
Měřicí zesilovač s extrémně malým šumem a vstupní napětovou nesymetrií

Zapojení zesilovače na obr. 1 v sobě kombinuje výhodu extrémně malé vstupní napětové nesymetrie operačního zesilovače s automatickým nulováním a velmi malý šum páru tranzistorů MOSFET na vstupu.

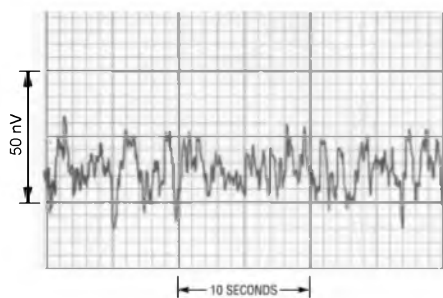
Výsledkem je zesilovač s vynikajícími vlastnostmi - se vstupní napětovou nesymetrií do 5 μV , s teplotním součinitelem vstupní napětové nesymetrie 0,05 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$, se vstupním zbytkovým proudem 100 pA a se šumovým napětím 50 nV v pásmu 0,1 Hz až 10 Hz. Zvláště pozoruhodné je malé šumové napětí, které je téměř 35x menší než u monolitického operačního zesilovače s automatickým nulováním.

Diferenční stupeň se dvěma tranzistory MOSFET a přesný operační zesilovač LT1097 (A2) tvoří dohromady jednoduchý operační zesilovač s malým šumem. Pomocí rezistorů R1 a R2 ve smyčce zpětné vazby je pevně nastaveno zesílení celého zesilovače, které je v tomto případě 10000 (dáno poměrem $R1/R2$). Ačkoli tranzistory Q1 a Q2 mají neobyčejně malý šum, jejich vstupní napětová nesymetrie a její teplotní závislost je naproti tomu značná a jen těžko kontrolovatelná. Tyto nedostatky koriguje operační zesilovač LTC1150 (A1) s automatickým nulováním. A1 snímá rozdíl napětí mezi elektrodami gate tranzistorů Q1 a Q2 a pooteviráním nebo přivíráním tranzistoru Q3 nastavuje kolektorový proud tranzistoru Q1. Operační zesilovač A1 tak změnou kolektorového proudu tranzistoru Q1 vyrovnává vstupní napětovou nesymetrii vstupní části. A1 a Q3 dodávají vždy takový proud, aby vstupní napětová nesymetrie nepřesáhla za žád-

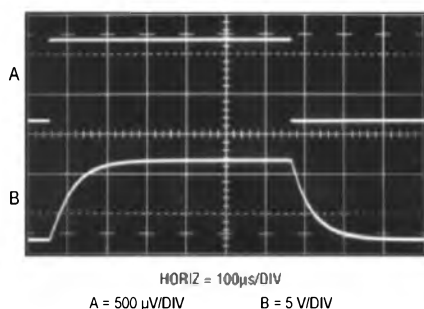
elná. Tyto nedostatky koriguje operační zesilovač LTC1150 (A1) s automatickým nulováním. A1 snímá rozdíl napětí mezi elektrodami gate tranzistorů Q1 a Q2 a pooteviráním nebo přivíráním tranzistoru Q3 nastavuje kolektorový proud tranzistoru Q1. Operační zesilovač A1 tak změnou kolektorového proudu tranzistoru Q1 vyrovnává vstupní napětovou nesymetrii vstupní části. A1 a Q3 dodávají vždy takový proud, aby vstupní napětová nesymetrie nepřesáhla za žád-



Obr. 1. Zapojení zesilovače s extrémně malým šumem a vstupní napětovou nesymetrií



Obr. 2. Graf průběhu naměřeného šumového napětí zesilovače



Obr. 3. Odezva výstupu zesilovače na skokové vstupní napětí

ných okolností 5 μV . Malý zbytkový proud vstupů operačního zesilovače LTC1150, který je typicky $\pm 10 \text{ pA}$, neovlivní citelněji celkový vstupní zbytkový proud celého zesilovače.

Napětí U_{GS} použitých tranzistorů MOSFET má obvykle velkou toleranci a může se u jednotlivých kusů lišit v poměru až 4 : 1. Proto je nutné použité tranzistory vybrat z většího počtu kusů a párovat je podle napětí U_{GS} s tolerancí 10 %. Tímto párováním umožníme operačnímu zesilovači A1 udržet vstupní napětíovou nesymetrii v uvedených mezích bez problémů.

V grafu na obr. 2 je průběh naměřeného šumového napětí zesilovače.

Na obr. 3 je odezva (stopa B dole) výstupu zesilovače na skokovou změnu napětí 1 mV, přivedeného na vstup (stopa A nahoře). Jak je vidět, výstupní průběh je čistý, bez zámkitů či jiných rušivých jevů.

Odezvu je v případě potřeby možno ještě zrychlit náhradou A2 rychlejším operačním zesilovačem, například typem LT1055. Při malých zesíleních optimalizujeme chování operačního zesilovače přidávnou kmitočtovou kompenzací na vstupu 5.

Sledovač napětí s „nekonečnou“ vstupní impedancí

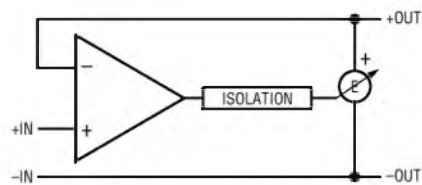
Někdy - zvláště při měření větších napětí - zdaleka nestačí velikost vstupní impedance běžných měřicích přístrojů, která bývá standardně 10 $\text{M}\Omega$. Pokud měříme napětí na součástce či obvodu, jehož impedance je větší, je měřený obvod značně zatížen připoje-

ným vstupním děličem voltmetru a výsledek měření je velice zkreslený a zdaleka neodpovídá skutečnosti. Již při měření napětí na impedanci 1 $\text{M}\Omega$ tak vzniká chyba téměř 10 %, při měření na impedanci 10 $\text{M}\Omega$ je vlivem zatížení obvodu chyba 50 %.

Obvodem, jehož schéma je na obr. 5, je možno snímat měřené napětí bez toho, aby byl znatelně zatížen měřený obvod. Jedná se vlastně o čtyřsvorkový sledovač napětí s jednotkovým zesílením, který je funkčně zakreslen na obr. 4.

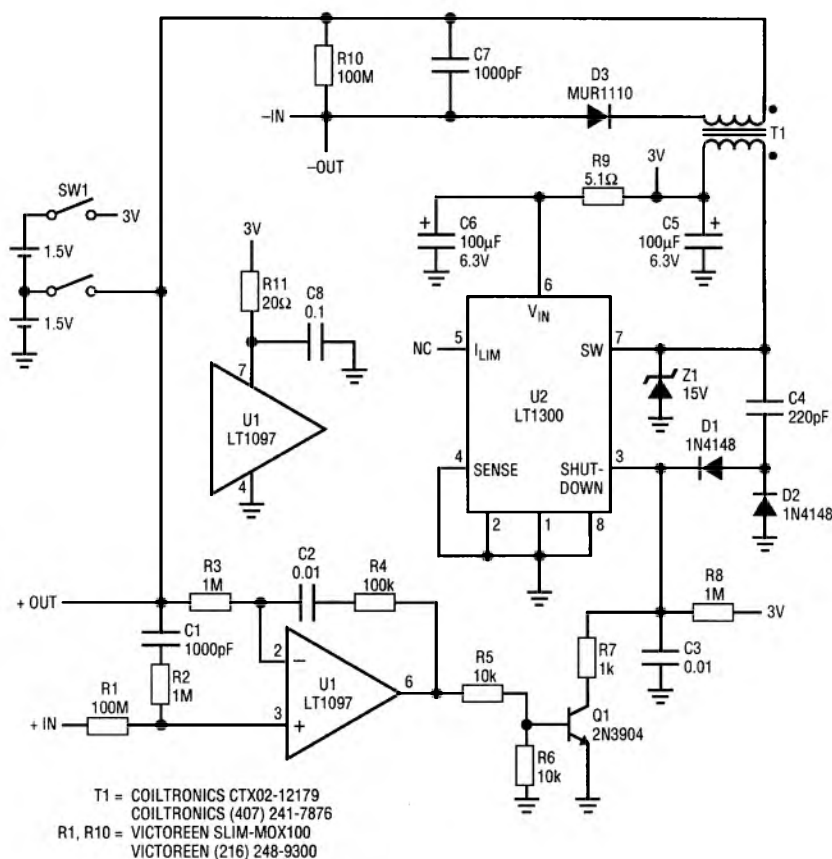
Vstupní impedance uvedeného zapojení je v podstatě nekonečná, vstupní zbytkový proud je zanedbatelný a vstupní napětíová nesymetrie je kolem 0,05 V. Výstupní napětí sleduje velikost vstupního napětí v rozsahu od 0 do 520 V. Z důvodu zvětšení bezpečnosti a také pro oddělení vstupní kapacity je do vstupu sériově zařazen rezistor o odporu 100 $\text{M}\Omega$. Tím vzniká vzhledem k velikosti vstupního zbytkového proudu operačního zesilovače $\pm 570 \text{ pA}$ v celém pásmu pracovních teplot přidavná chyba pouze $\pm 57 \text{ mV}$. V rozsahu měřených vstupních napětí od 100 do 400 V je vstupní impedance sledovače asi 4 $\text{T}\Omega$.

Operační zesilovač LT1097 (U1) sleduje napětěový rozdíl mezi neinverujícím vstupem obvodu a výstupem a vyrovnává jej na nulovou velikost. Jestliže je napětí na neinverujícím vstupu +IN menší než napětí na neinverujícím výstupu +OUT, napětí na výstupu integrovaného obvodu



Obr. 4. Zjednodušené zapojení sledovače napětí

LT1097 se zvětší a způsobí tak pootevření tranzistoru Q1. Tranzistor Q1 se chová jako proudový zdroj a vybíjí kondenzátor C3. Když se napětí na kondenzátoru C3 zmenší pod 0,6 V, aktivuje se vstupem SHUTDOWN obvod LT1300 (U2). Integrovaný obvod LT1300 je spínaný mikropříkonový zvyšující měnič DC/DC s velkou účinností. Jeho spínač s výstupem na vývodu 7 (SW) sepne a na primárním vinutí transformátoru T1 se objeví napětí napájecího zdroje 3 V. Proud primárním vinutím transformátoru se vzhledem k magnetické indukci stále zvětšuje. Ve stejné době je přes diodu D2 nabíjen kondenzátor C4. Když proud spínačem, a tedy i primárním vinutím, dosáhne velikosti 1 A, spínač v obvodu LT1300 vypne. Magnetickou indukci je poté přenesena energie z primárního do sekundárního vinutí a poměru počtu závitů obou vinutí odpovídá i velikost sekundárního napětí. Podstatná část energie je uložena do kondenzátoru C7 přes diodu D3. Zbytkovou energii primárního vinutí rozptýluje Zenerova dioda Z1. Během doby,



Obr. 5. Schéma sledovače napětí s nekonečnou vstupní impedancí

kdy je otevřena Z1, je přes diodu D1 nabíjen z kondenzátoru C4 kondenzátor C3. Když napětí na kondenzátoru C3 překročí hranici 0,6 V, uvede se obvod LT1300 do klidového stavu. V klidovém stavu setrvá až do doby, kdy tranzistor Q1 začne opět vybíjet kondenzátor C3. Tím se znovu spustí děj, popsáný v předchozích řádcích.

Když je napětí na výstupu +OUT větší než na vstupu +IN, výstup obvodu LT1097 je na nízké úrovni, tranzistor Q1 je zavřen, rezistor R8 udržuje kondenzátor C3 nabitý na napětí větší než 0,6 V a obvod LT1300 je v klidovém stavu. Paralelní kombinací rezistoru R10 a zatěžovacího rezistoru (např. vstupního děliče o odporu 10 MΩ v připojeném přenosném voltmetru) je vybíjen kondenzátor C7 a napětí na výstupu +OUT se zmenšuje, až se vyrovná na velikost identickou s velikostí napětí na vstupu +IN.

Výstupní proud obvodu je omezen na bezpečnou velikost i při vstupním napětí +500 V (1 mA při 50 V, 0,1 mA při 500 V). Proto není doporučeno dále zvětšovat kapacitu kondenzátoru C7, aby byla vyloučena možnost úrazu. Při zatěžovacím odporu 10 MΩ a výstupním napětí 500 V je při napájení ze dvou alkalických baterií typu AA jejich doba života 40 hodin.

Regulovatelná elektronická zátěž

Testování a nastavování napájecích zdrojů nebo nabíječek baterií je s použitím nastavitelné elektronické zátěže mnohem snadnější a rychlejší.

Zatěžovací proud může být regulovatelnou elektronickou zátěží nastaven v rozsahu od nuly až do velikosti, odpovídající plnému jmenovitému zatížení výstupu testovaného zařízení.

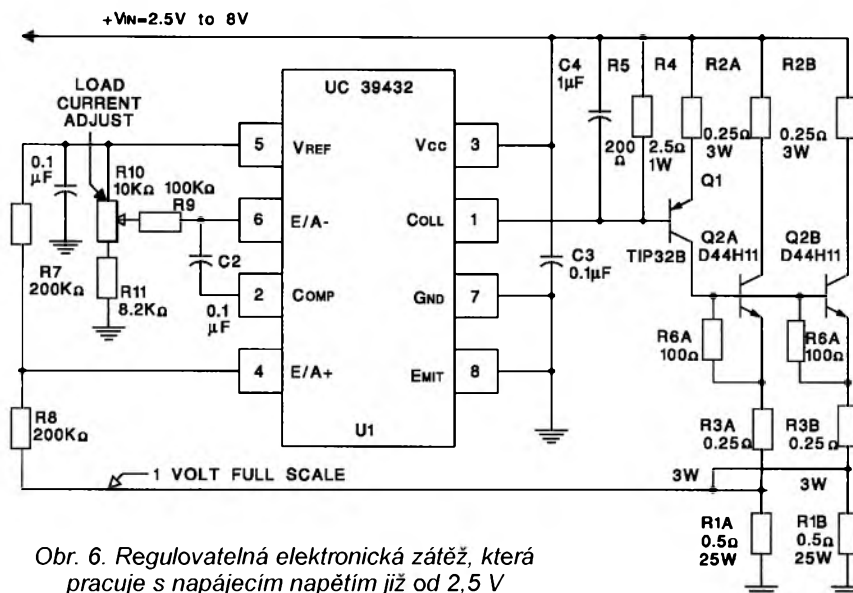
Zapojení na obr. 6 představuje umělou elektronickou zátěž s konstantním proudem, jehož velikost je nastavitelná pomocí potenciometru. Výhodou uvedeného zapojení je, že pracuje již od napájecího napětí 2,5 V.

Ve většině případů jsou řídicí a budič obvodu elektronické zátěže napájeny napětím z výstupu testovaného zařízení.

Dokud bylo napětí na výstupech zdrojů 5 V nebo více, bylo relativně jednoduché zabezpečit dostatečné napájecí napětí pro řídicí integrované obvody elektronické zátěže, které většinou při této úrovni již spolehlivě pracují.

Ale při současném trendu, který směřuje ke stále menším napájecím napětím (například 3,3 V, 3 V, 2,7 V a dnes již dokonce 2,5 V pro číslicové obvody), je použití mnoha jinak populárních řídicích obvodů a obvodových technik v elektronické zátěži vyloučeno.

Integrovaný obvod UC39432 je precizní analogový řídicí obvod, který



Obr. 6. Regulovatelná elektronická zátěž, která pracuje s napájecím napětím již od 2,5 V

plně a spolehlivě pracuje již při velikosti napájecího napětí od 2,2 V (maximální velikost napájecího napětí je 36 V). Proto je použitelný nejen pro řízení popisované elektronické zátěže, ale uplatní se i v jiných aplikacích, určených pro napájení malým napětím.

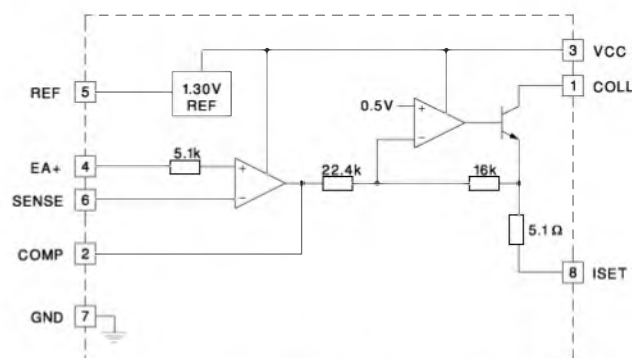
Jak je vidět z vnitřního blokového schématu na obr. 7, obvod UC39432 obsahuje kvalitní zdroj referenčního napětí 1,3 V, dva operační zesilovače a výstupní obvod v zapojení s otevřeným kolektorem s tranzistorem NPN. Maximální proud výstupu je typicky 130 mA. UC39432 je firmou Unitrode vyráběn v pouzdech DIP a SO s osmi vývody.

V zapojení na obr. 6 je neinvertující vstup chybového zesilovače (vývod 4 obvodu UC39432) monitorován úbytkem napětí, úměrný procházejícímu proudu. Úbytek napětí je snímán rezistorem, tvořeným paralelně spojenými rezistory R1A a R1B. Úroveň snímaného napětí je posunuta rezistory R7 a R8 vůči vnitřnímu referenčnímu napětí, aby tak bylo dosaženo co nejširšího rozsahu regulace. Invertující vstup zesilovače (vývod 6) je připojen k běžícímu potenciometru, kterým je v závislosti na úhlu natočení určen zatěžovací proud. Rezistorem R11, připojeným ke spodnímu konci potenciometru, je zavedeno malé počáteční napětí, které zamezuje „mrtvému“ chodu a umožňuje lépe využít odporu

vou dráhu a následně dosáhnout větší rozlišení a přesnosti. S kompenzačním kondenzátorem C2 o kapacitě 0,1 μF pracuje operační zesilovač v řídicím obvodu jako integrátor s dobrou stabilitou při stejnosměrné zátěži.

Napájecí napětí pro integrovaný obvod UC39432 (vývod 3) i referenční napětí 1,3 V na vývodu 5 jsou blokována kondenzátory C1 a C4, které potlačují rušivé složky.

Výstupní výkonová část elektronické zátěže je v Darlingtonově zapojení a je tvořena budičem s tranzistorem PNP (Q1) a dvěma paralelně zapojenými výkonovými tranzistory NPN (Q2A, Q2B). Výkonové tranzistory jsou v pouzdru TO220, jejich závěrné napětí je 80 V a kolektorový proud 10 A. To umožňuje použít regulovatelnou elektronickou zátěž jak při měření na zdrojích s větším výstupním napětím, tak i při poměrně velkých zatěžovacích proudech. Výkonové tranzistory musí být samozřejmě upevněny na odpovídajícím chladičím profilu, který je schopen vyzářit vzniklou tepelnou energii. V emitorech výkonových tranzistorů jsou zapojeny rezistory R3A a R3B, které rovnoměrně rozdělují zatěžovací proud mezi oba tranzistory. Výkonové tranzistory jsou drženy v nevodivém stavu dvěma rezistory o odporu 100 Ω (R6A a R6B), které jsou zapojeny mezi báze a emitory. Rezistory R2A a R2B, zapojené v kolektorových obvodech,



Obr. 7. Vnitřní blokové schéma analogového kontroléru UC39432

zmenšují výkonové zatížení tranzistorů. Odpory rezistorů R2A a R2B jsou zvoleny s přihlédnutím k zachování plné funkce obvodu při napájecím napětí 2,5 V.

Tranzistor Q1 (TIP32B), který budi báze obou výkonových tranzistorů, má závěrné napětí 80 V a kolektorový proud 3 A. Rezistorem R4, zapojeným v jeho emitoru, je určeno zesílení systému. Rezistorem R5, zapojeným mezi emitor a bázi, je tranzistor Q1 držen v nevodivém stavu, pokud není buzen proudem báze. Kondenzátor C4 s kapacitou 1 μ F, připojený k bázi, přispívá k větší stabilitě a omezuje přechodové jevy, vznikající při připojení zátěže nebo při zapnutí napájecího napětí.

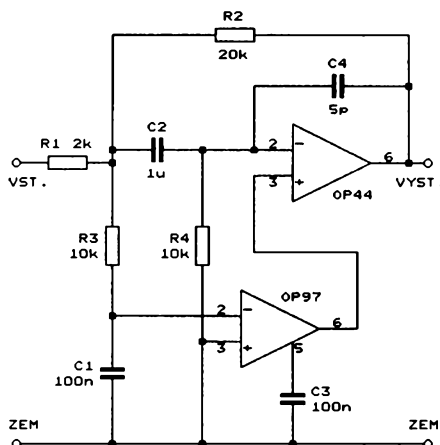
Toto zapojení elektronické zátěže s konstantním proudem může být jen s několika málo změnami snadno modifikováno pro aplikace s větším napětím nebo proudem. Stačí použít výkonové tranzistory s odpovídajícími parametry a případně připojit další paralelní stupně. Rezistory R1A a R1B, které snímají velikost zatěžovacího proudu, musí mít takovou velikost, aby na nich při průchodu maximálního proudu vznikl úbytek napětí právě 1 V.

Rychlý zesilovač s malou vstupní napětovou nesymetrií

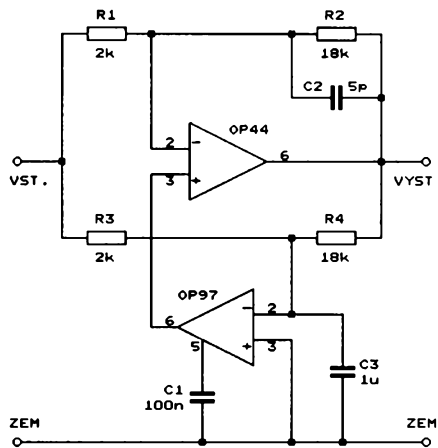
Nedostatkem rychlých operačních zesilovačů bývají poměrně špatné vlastnosti v oblasti zpracování malých stejnosměrných signálů. Mívají poměrně velkou vstupní napětovou nesymetrii i její teplotní součinitel.

Naproti tomu operační zesilovače s dobrými parametry ve stejnosměrné oblasti nedosahují velkých hodnot rychlosti přeběhu SR (Slew Rate) a nehodí se tedy ke zpracování rychle se měnících signálů.

Na obr. 8a a obr. 8b jsou dvě zapojení, v nichž se kombinují vlastnosti přesného operačního zesilovače OP97 (velmi malá a teplotně stabilní



Obr. 8a. První varianta rychlého zesilovače s malou vstupní napětovou nesymetrií



Obr. 8b. Druhá varianta rychlého zesilovače s malou vstupní napětovou nesymetrií

vstupní napětová nesymetrie) s vlastnostmi velmi rychlého operačního zesilovače OP44. Zatímco operační zesilovač OP97 reaguje pouze na signály o nízkém kmitočtu a koriguje vstupní napětovou nesymetrii, operační zesilovač OP44 zesiluje signály vyšších kmitočtů. Výsledkem této kombinace je zesilovač vynikajících vlastností, zpracovávající signály v širokém rozsahu kmitočtů - od stejnosměrných až po vysokofrekvenční. Horní kmitočtová hranice je určena vlastnostmi OP44, který má šířku pásma minimálně 15 MHz, typicky 23 MHz. Vysoké kmitočty přiváděné na vstup OP97 jsou omezeny jednak vstupním článkem RC, jednak překompenzací zavedenou kondenzátorem 0,1 μ F, připojeným na vstup 5. Teplotní součinitel vstupní napětové nesymetrie je přitom menší než 0,6 μ V/°C. Proudový odběr je dán především spotřebou obvodu OP44, protože OP97 je typ s malým příkonem a jeho odběr je maximálně 600 μ A.

Obě zapojení z obr. 8a a obr. 8b byla úspěšně vyzkoušena s OP42 (menší šířka pásma než OP44) ve spojení s OP77 (vylepšený populární OP07 - označován jako „Next Generation OP07“). Uvedené obvody jsou levnější než obvody, uvedené na obrázcích, a právě díky vynikajícím vlastnostem precizního operačního zesilovače OP77 bylo dosaženo ještě menšího teplotního součinitele vstupní napětové nesymetrie. Pro případnou kompenzaci počáteční vstupní napětové nesymetrie můžeme k tomuto operačnímu zesilovači připojit mezi vývody 1 a 8 odporový trimr.

Na závěr jsou pro srovnání uvedeny typické hodnoty některých parametrů výše zmíněných operačních zesilovačů.

OP77 má vstupní napětovou nesymetrii 10 μ V, teplotní součinitel vstupní napětové nesymetrie 0,1 μ V/°C, potlačení vstupních souhlasných signálů (CMRR) 140 dB a rychlost přeběhu (SR) 0,3 V/ μ s.

OP97 má vstupní napětovou nesymetrii 10 μ V, teplotní součinitel vstupní napětové nesymetrie 0,2 μ V/°C, potlačení vstupních souhlasných signálů (CMRR) 132 dB a rychlost přeběhu (SR) 0,2 V/ μ s.

OP42 má vstupní napětovou nesymetrii 300 μ V, teplotní součinitel vstupní napětové nesymetrie 4 μ V/°C, rychlost přeběhu (SR) 52 V/ μ s a šířku pásma 10 MHz.

OP44 má vstupní napětovou nesymetrii 300 μ V, teplotní součinitel vstupní napětové nesymetrie 4 μ V/°C, rychlost přeběhu (SR) 120 V/ μ s a šířku pásma 23 MHz.

V případě menších nároků na vlastnosti zesilovače je možno s úspěchem využít levnější a běžně dostupné typy operačních zesilovačů, např. kombinaci OP07 a LF357.

Obvod pro rychlé přerušení proudu

Na obr. 9 je schéma zapojení jednoduchého obvodu, který velmi rychle odpojí proud do zátěže, když tento proud přesáhne přednastavenou velikost. Proud se přeruší během pouhých 18 ns. Uvedené zapojení je velice užitečné a jistě se uplatní při měření a ochraně integrovaných obvodů i při testování a vývoji elektronických zařízení, která obsahují drahé součástky. K univerzálnosti obvodu přispívá skutečnost, že zátěž může být spojena se zemí.

Za normálních podmínek je tranzistor Q1 sepnut a přes sepnutý tranzistor je dodáván proud do zátěže. Proud prochází snímacím rezistorem o odporu 10 Ω . Úbytek napětí na tomto rezistoru je přiveden na vstupy diferenčního zesilovače LT1193 (A1). Odporové děliče (9 k Ω , 1 k Ω) na vstupech operačního zesilovače zaručují, že se vstupní napětí nedostane mimo povolený rozsah.

Když napětí na výstupu A1 překročí velikost napětí na invertujícím vstupu komparátoru A2, tj., když je překročen nastavený mezní proud, překlápí se výstup komparátoru, tranzistor Q2 sepne a tranzistor Q1 vypne. (A1 je velmi rychlý přesný komparátor typu LT1016.)

Zátěž zůstává odpojena od zdroje i po odeznění proudového přetížení, protože je výstup komparátoru držen v přelopeném stavu kladnou zpětnou vazbou. Vazba je zavedena rezistorem 1 k Ω , který je zapojen mezi výstup a vstup L (LATCH) komparátoru. Proud do zátěže lze zapnout pouze ručně - stlačením k tomu určeného tlačítka RESET.

Mezní proud může být nastaven v rozsahu od 0 do 250 mA. Při seřizování obvodu spojíme bázi tranzistoru Q2 se zemí, přivedeme proud 250 mA do zátěže a trimrem 200 Ω (označeným CALIBRATE) nastavíme napětí

vstupním měřeném napětí 199,9 mV nebo 1,999 V. Při přepínání mezi rozsahy 200 mV a 2 V je nutné přepínat i rezistory na místě R_1 . Pro rozsah 200 mV je $R_1 = 27 \text{ k}\Omega$, pro rozsah 2 V je $R_1 = 470 \text{ k}\Omega$.

Při použití rezistoru R_C s odporem 300 k Ω je hodinový kmitočet systému asi 66 kHz. Tomu odpovídá doba převodu A/D přibližně 250 ms. Voltmetr tedy měří s četností 4 měření za sekundu. Při překročení rozsahu vstupního napětí začne blikat displej. Perio-

da blikání je dvojnásobkem doby převodu, displej tedy bliká dvakrát za sekundu. Perioda blikání je dána vydělením signálu EOC (End Of Conversion), hlásícího konec převodu, dvěma. K vydělení je použit bistabilní klopný obvod, který je realizován jednou polovinou integrovaného obvodu MC14013. Signálem z výstupu Q klopného obvodu je přes ovládací vstup 7 obvodu MC14543, plnicího zde funkci dekodéru kódu BCD, ovládáno zhášení a rozsvícení displeje. Obvod

MC1413 obsahuje 7 budičů s tranzistory v Darlingtonově zapojení a přes omezovací rezistory o odporu 150 Ω budi jednotlivé segmenty displeje. Velikosti odporu omezovacích rezistorů je určen proud segmenty a tedy i jas displeje.

Anody jednotlivých čísel jsou spínány čtyřmi tranzistory MPS-A12 v Darlingtonově zapojení, které zde pracují jako emitorové sledovače. Použitý sedmissegmentový 3,5místný displej je typu LED se společnou anodou.

Obvody pro kódové ovládání

V následující tab. 1 je pro přehlednost uveden seznam některých integrovaných obvodů, použitelných pro dálkové nebo místní kódové ovládání. Některé z nich budou dále podrobněji popsány včetně jejich praktických aplikací.

Z toho vyplývá i rozdíl v počtu potřebných kódovacích vstupů a zapojení vývodů v pouzdech.

Obvod MM53C200 je vyráběn v pouzdech DIP pro klasickou montáž a SOIC pro povrchovou montáž technologií SMT. Obě pouzdra mají po dvaceti vývodech. Obvod MM53C201 je vyráběn ve stejném typu pouzder, avšak s dvacetičtyřmi vývody. Zapojení vývodů obvodů MM53C200 a MM53C201 je na obr. 12 a na obr. 13. Následující popis funkce je shodný pro oba tyto obvody.

Napětím na vstupu Mode Select se přepíná obvod do režimu vysílání nebo příjmu kódu. Je-li vstup Mode Select připojen ke kladnému pólu napájecího napětí, pracuje obvod v režimu vysílání kódu (enkodér), je-li vstup Mode Select spojen se zemí, pracu-

je obvod v režimu příjmu kódu (dekodér).

V režimu vysílání kódu je postupně snímán logický stav na jednotlivých kódovacích vstupech, označených DATA SELECT LINE. Tím je vytvořen signál výstupního kódového slova, jehož průběh je na obr. 14. Tento výstupní kód je při dvanáctibitovém kódování generován rychlostí 1,042 bit/ms. Celé dvanáctibitové slovo tedy trvá 11,52 ms. Mezi jednotlivými slovy jsou synchronizační mezery o délce dalších 11,52 ms.

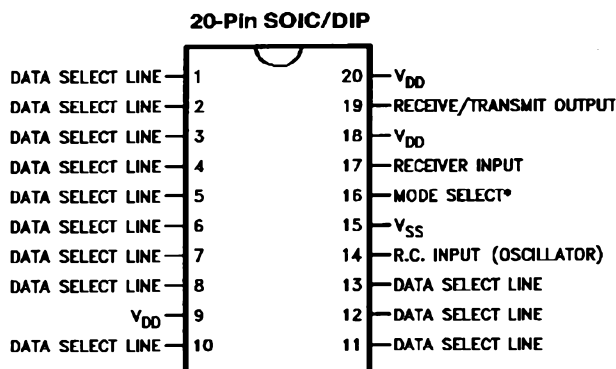
Přijímá-li obvod kód, tedy pracuje-li jako dekodér, je signál přicházející na vstup Receiver Input postupně porovnáván s lokálně nastaveným kódem. Jestliže nenastane shoda, je celý obvod vynulován a porovnávání přijímaného a nastaveného kódu začne zno-

Enkodéry a dekodéry MM53C200, MM53C201

Obvody MM53C200 a MM53C201 mohou být každý jeden konfigurovány jako enkodér i dekodér - liší se od sebe pouze délkou kódového slova a tedy maximálním počtem kódových kombinací.

Obvod MM53C200 poskytuje celkem 4096 kódových kombinací, obvod MM53C201 poskytuje celkem 65536 kódových kombinací.

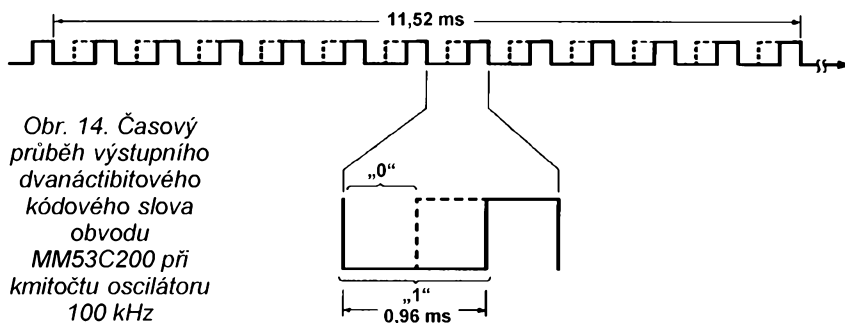
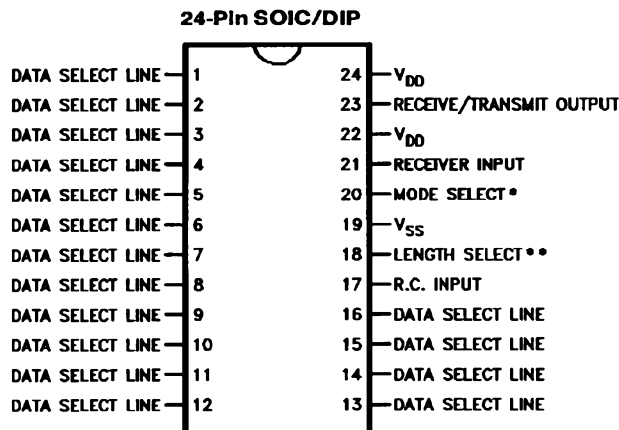
Obr. 12.
Zapojení
vývodů
obvodu
MM53C200



Tab. 1. Seznam některých integrovaných obvodů, použitelných pro dálkové nebo místní kódové ovládání

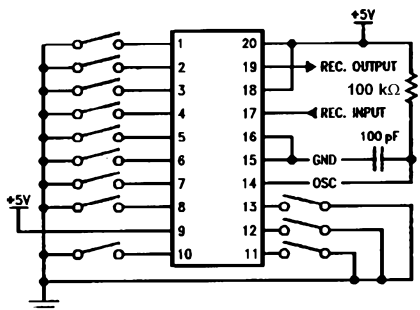
Typ	Výrobce	Konfigurace	Kódování	Počet kombinací	Rozsah napájecího napětí
MM53C200	National Semiconductor	enkodér/dekodér	12 bitů	$2^{12} = 4096$	2,8 až 7 V
MM53C201	National Semiconductor	enkodér/dekodér	16 bitů	$2^{16} = 65536$	2,8 až 7 V
SN77701	Texas Instruments	dekodér	10 bitů	$3^9 = 19683$	5,5 až 12 V
SN77702	Texas Instruments	enkodér	10 bitů	$3^9 = 19683$	7,2 až 12 V
MC145026	Motorola	enkodér	9 bitů	$3^9 = 19683$	2,5 až 18 V
MC145027	Motorola	dekodér	viz text	viz text	2,5 až 18 V
MC145028	Motorola	dekodér	9 bitů	$3^9 = 19683$	4,5 až 15 V
TMC3637	Texas Instruments	enkodér/dekodér	22 bitů	$2^{22} = 4194304$	3,0 až 6 V
TRC1300	Texas Instruments	enkodér/dekodér	40 bitů	$2^{40} = >1 \text{ trilion}$	2,7 až 6 V
TRC1315	Texas Instruments	enkodér/dekodér	40 bitů	$2^{40} = >1 \text{ trilion}$	2,7 až 15 V
DS1651	Dallas	dekodér	64 bitů	2^{64}	2,7 až 5,5 V
DS1652	Dallas	enkodér	64 bitů	2^{64}	2,7 až 5,5 V
DS1653	Dallas	dekodér	64 bitů	2^{64}	2,7 až 5,5 V
RS7275	RS Components	kódový zámek	-	-	4 až 18 V

Obr. 13.
Zapojení
vývodů
obvodu
MM53C201

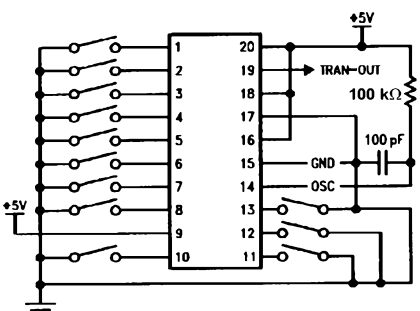


vu po prodlevě delší než 1,5 bitu. Jestliže je všech dvanáct (u obvodu MM53C200), nebo šestnáct (u obvodu MM53C201) přijatých bitů vyhodnoceno jako správně přijaté, je tímto uvnitř obvodu generován impuls, potvrzující platnost dat („data valid“). Tento impuls je přiveden na třístupňový čítač.

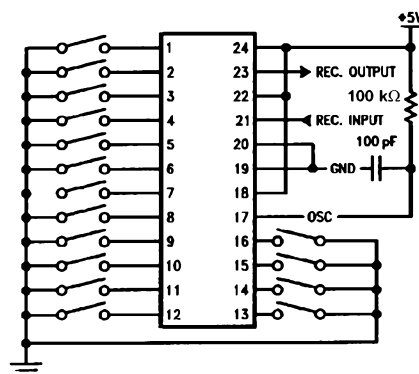
Pokud čítač během 72 ms načítá další tři impulsy „data valid“ (tedy celkem čtyři), přepoklopí se výstup označe-



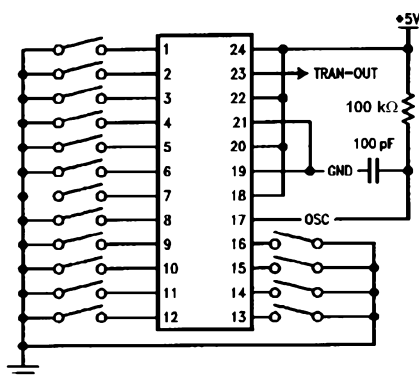
Obr. 15. Zapojení obvodu MM53C200 jako přijímače kódového signálu (jako dekodeř). Spínači kódu musí být nastavena stejná kombinace jako ve vysílači



Obr. 16. Zapojení obvodu MM53C200 jako vysílače kódového signálu (jako enkodér). Spínači kódu musí být nastavena stejná kombinace jako v přijímači



Obr. 17. Zapojení obvodu MM53C201 jako přijímače kódového signálu (jako dekodeř). Spínači kódu musí být nastavena stejná kombinace jako ve vysílači



Obr. 18. Zapojení obvodu MM53C201 jako vysílače kódového signálu (jako enkodér). Spínači kódu musí být nastavena stejná kombinace jako v přijímači

ný Receive/Transmit Output do aktivní nízké úrovně L („log. 0“). Po aktivaci výstupu musí být během dalších 144 ms vygenerován ještě jeden impuls „data valid“, aby výstup setval v úrovni L.

Výrobce doporučuje zapojení obvodu MM53C200 jako přijímače či vysílače kódového signálu je na obr. 15 a na obr. 16. Stejná aplikace obvodu MM53C201 je na obr. 17 a obr. 18.

U obvodu MM53C201 je možno v závislosti na zapojení vstupu Length Select zvolit provoz s dvanáctibitovým nebo se šestnáctibitovým slovem. Při propojení vstupu Length Select s kladným pólem napájecího napětí je přijímán nebo vysílán šestnáctibitový kód, při propojení vstupu Length Select se zemí je kód zkrácen na dvanáct bitů.

Výhodou obvodů MM53C200 a MM53C201 je jejich flexibilita a potřeba pouze dvou vnějších součástek - jednoho kondenzátoru a jednoho rezistoru pro oscilátor, přičemž stabilita kmitočtu není kritická, takže stačí použít součástky s tolerancí 5 %. Vstup pro příjem kódového signálu je navíc vybaven filtrem, který potlačuje rušivé složky.

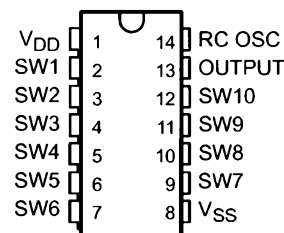
Trinární enkodér SN77702 a dekodér SN77701

Obvody SN77701 a SN77702 tvoří komplementární dvojici enkodéru (SN77702) a dekodeřu (SN77701). Obvody jsou zhotoveny technologií CMOS a jsou vyráběny v pouzdech DIL.

Zapojení vývodů enkodéru SN77702 v pouzdře DIL se čtrnácti vývody je na obr. 19, vnitřní blokové schéma obvodu je na obr. 20.

Enkodér SN77702 generuje výstupní kódový signál, který má délku 80 bitů. Typický časový průběh výstupního signálu enkodéru je na obr. 22.

První bit výstupního kódového signálu je synchronizační a má úroveň H, za synchronizačním bitem následuje 10 čtyřbitových kódových slov (Word 1 až Word 10) a na konci kódu je synchronizační mezera, která obsahuje 39 bitů úrovně L. Popsaná posloupnost bitů se neustále periodicky opakuje.



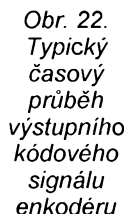
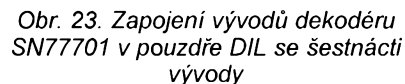
Obr. 19. Zapojení vývodů enkodéru SN77702 v pouzdře DIL se čtrnácti vývody

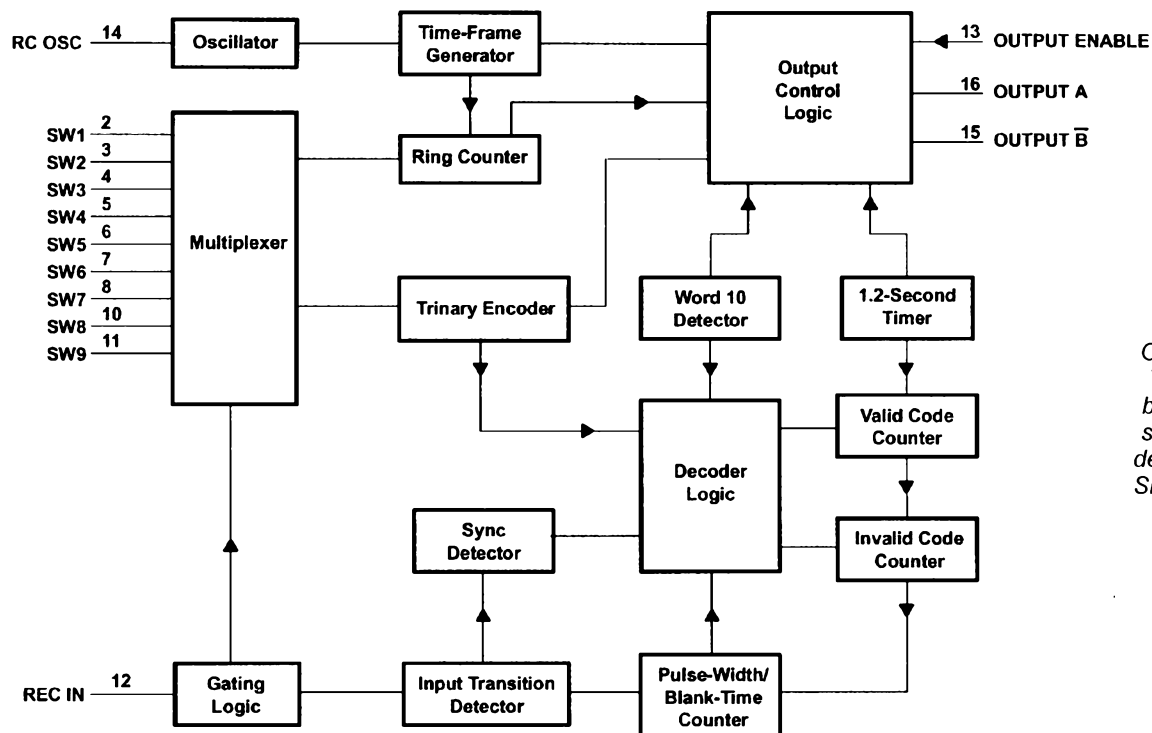


Když je na n -tý vstup SW přivedeno přepínačem napájecí napětí V_{DD} (SW High), má první bit n -tého kódového slova úroveň L a následující tři bity úroveň H. Když je přepínačem vstup SW uzemněn (SW Low), mají první a druhý bit kódového slova úro-

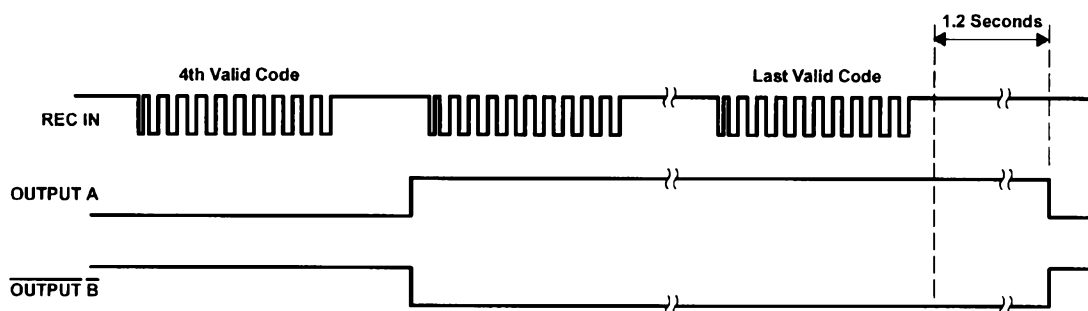
Vstupy SW1 až SW10 enkodéru je také možno budit třístavovými výstupy řídicí logiky.

Jestliže je výstup aktivován, zůstává v aktivním stavu tak dlouho, dokud je platný kód přijímán. Po přijetí posledního platného kódu (Last Valid





Obr. 24.
Vnitřní
blokové
schéma
dekodéru
SN77701



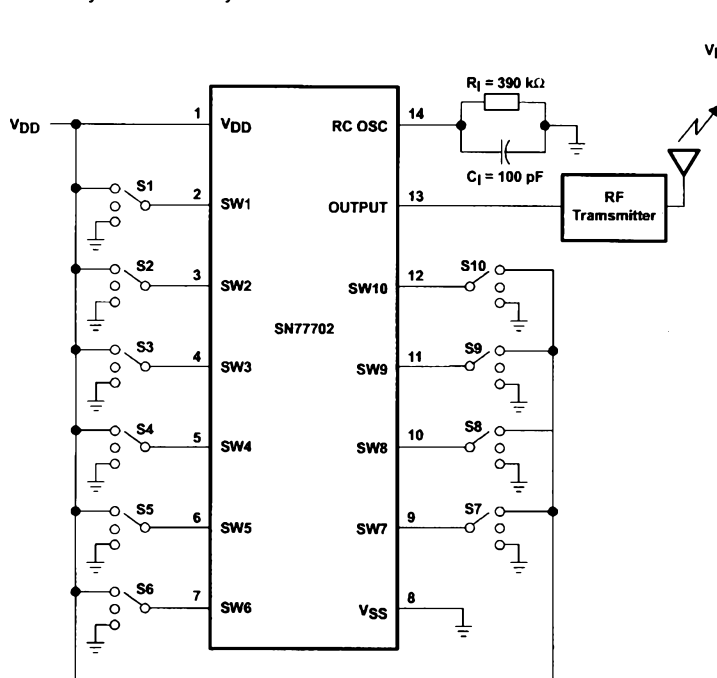
Obr. 25.
Stav
výstupů
dekodéru
v závislosti
na příjmu
platného
kódu

Code) zůstává výstup v aktivním stavu ještě po dobu 1,2 s.

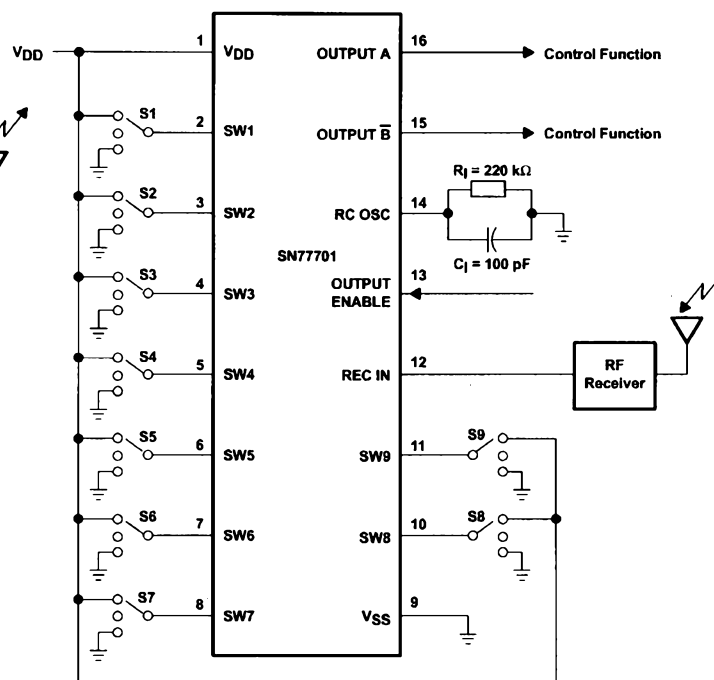
Integrovaný obvod má vyvedeny dva komplementární výstupy (OUTPUT A a OUTPUT B), které mohou být aktivovány v závislosti na obsa-

hu posledního, tedy desátého kódového slova. Tyto výstupy mohou být též nastaveny do definovaného stavu přivedením úrovně L na vstup OUTPUT ENABLE.

Úrovně obou výstupů OUTPUT A a OUTPUT B v závislosti na dekódovaném stavu desátého kódového slova a v závislosti na úrovni vstupu OUTPUT ENABLE je v tab. 2.



Obr. 26. Zapojení enkodéru s obvodem SN77702



Obr. 27. Zapojení dekodéru s obvodem SN77701

Tab. 2. Úrovně výstupů dekodéru SN77701

Stav desátého kódového slova	OUTPUT ENABLE	Úroveň po přijetí čtyř platných kódů	
		OUTPUT A	OUTPUT B
„log. 1“ (H po dobu 3 ms)	H	H	L
„log. 0“ (H po dobu 2 ms)	H	H	H
„Z“ (H po dobu 1 ms)	H	L	L
X	L	L	H

Na obr. 27 je typické zapojení dekodéru s obvodem SN77701. Stejně jako v předchozím zapojení s enkodérem SN77702 na obr. 26 mohou být i v tomto případě třípolohové mechanické přepínače S1 až S9 při konkrétní realizaci dekodéru vypuštěny a vstupy SW1 až SW9 mohou být propojeny se zemí nebo s napájecím napětím V_{DD} (nebo mohou zůstat nezapojeny) přímo.

Přepínače též mohou být nahrazeny připojením vstupů SW1 až SW9 k třístavovým výstupům řídicí logiky.

Oba popisované obvody - enkodér SN77702 i dekodér SN77701 - potřebují ke své vlastní činnosti pouze po dvou vnějších součástkách (jeden rezistor a jeden kondenzátor), které jsou zapojeny v obvodu oscilátoru.

Obvody SN77702 i SN77701 mohou pracovat v širokém rozsahu okolních teplot, a to v rozmezí od -35 až do +65 °C.

Trinární enkodér MC145026 a dekodéry MC145027 a MC145028

Tato řada univerzálních obvodů v technologii CMOS, vyvinutá firmou Motorola, byla určena pro široké nasazení v aplikacích dálkově ovládaných zařízení.

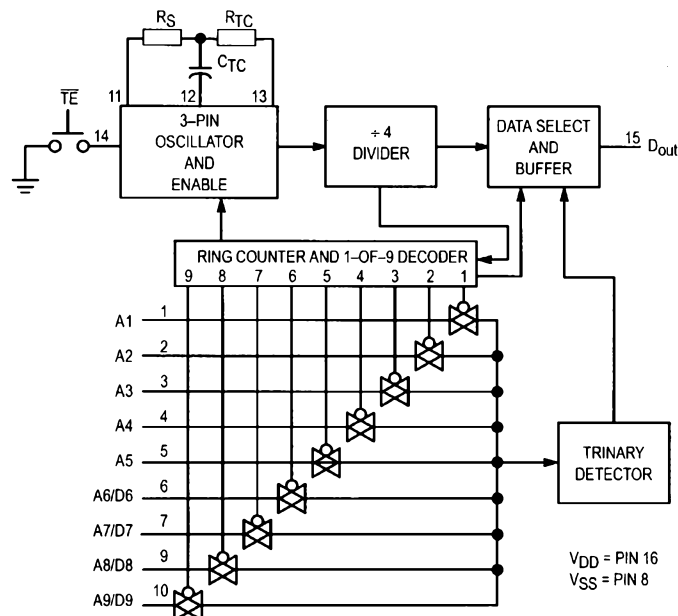
Obvod MC145026, který pracuje jako enkodér, převádí informaci o stavu na svých devíti logických vstupech na sériovou sekvenci, která je nazývána kódové slovo.

Kódové slovo se vysílá na výstupu D_{OUT} za podmínky, že je na vstup TE přivedena nízká úroveň. Je-li vstup TE v nízké úrovni trvale, je kódové slovo vysíláno opakovaně nepřetržitě, pokud je vstup TE uveden do nízké úrovně pouze na krátký okamžik, vyšlou se pro větší spolehlivost přijetí kódu minimálně dvě kódová slova za sebou.

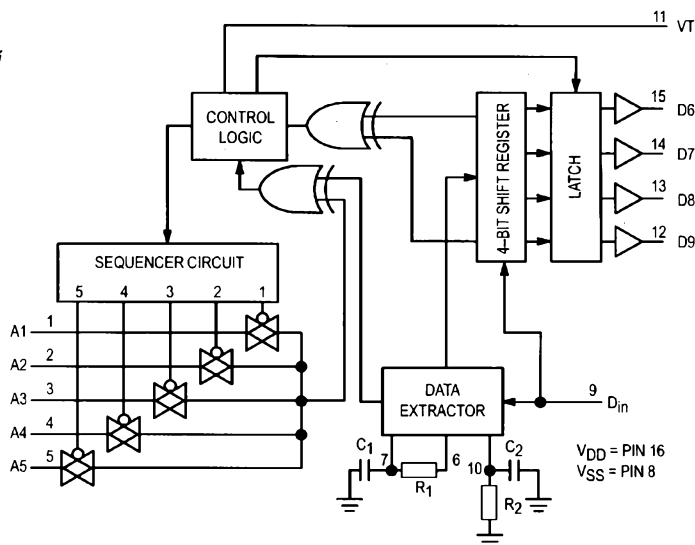
Pro snadnou představu o funkci a vnitřní struktuře obvodu MC145026 je na obr. 28 zakresleno jeho vnitřní funkční blokové schéma. Vstupy pro definici kódového slova jsou tvořeny adresovými a datovými vstupy, které jsou označeny A1 až A5 a A6/D6 až A9/D9. Protože jsou tyto vstupy třístavové (mohou být připojeny na zem - „log. 0“, ke kladnému pólu napájecího napětí - „log. 1“, nebo mohou zůstat nezapojeny - stav „Z“), dosáhneme tak celkového počtu 19683 možných

odlišných kombinací kódů. Logická úroveň na každém vstupu je převedena na impuls s příslušnou délkou trvání. „Log. 0“ je reprezentována dvěma po sobě následujícími krátkými impulsy, „log. 1“ je naopak reprezentována dvěma po sobě následujícími dlouhými impulsy. Nezapojený vstup (stav „Z“) je reprezentován kombinací jednoho dlouhého impulsu, následova-

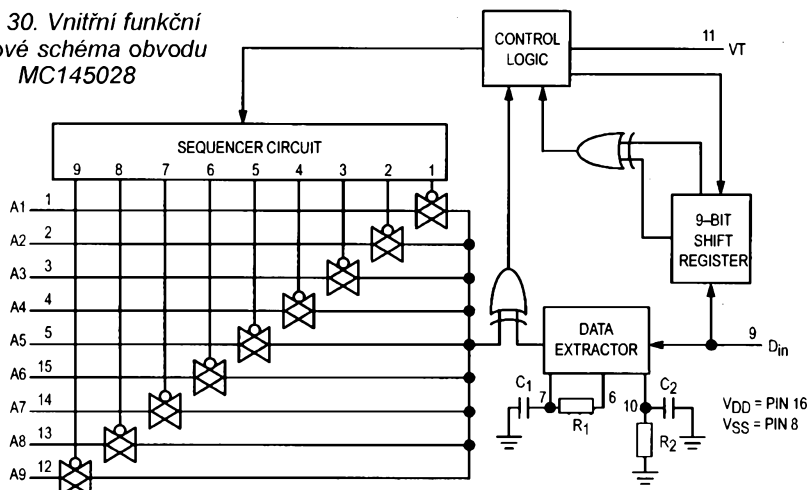
Obr. 28.
Vnitřní funkční
blokové
schéma
obvodu
MC145026

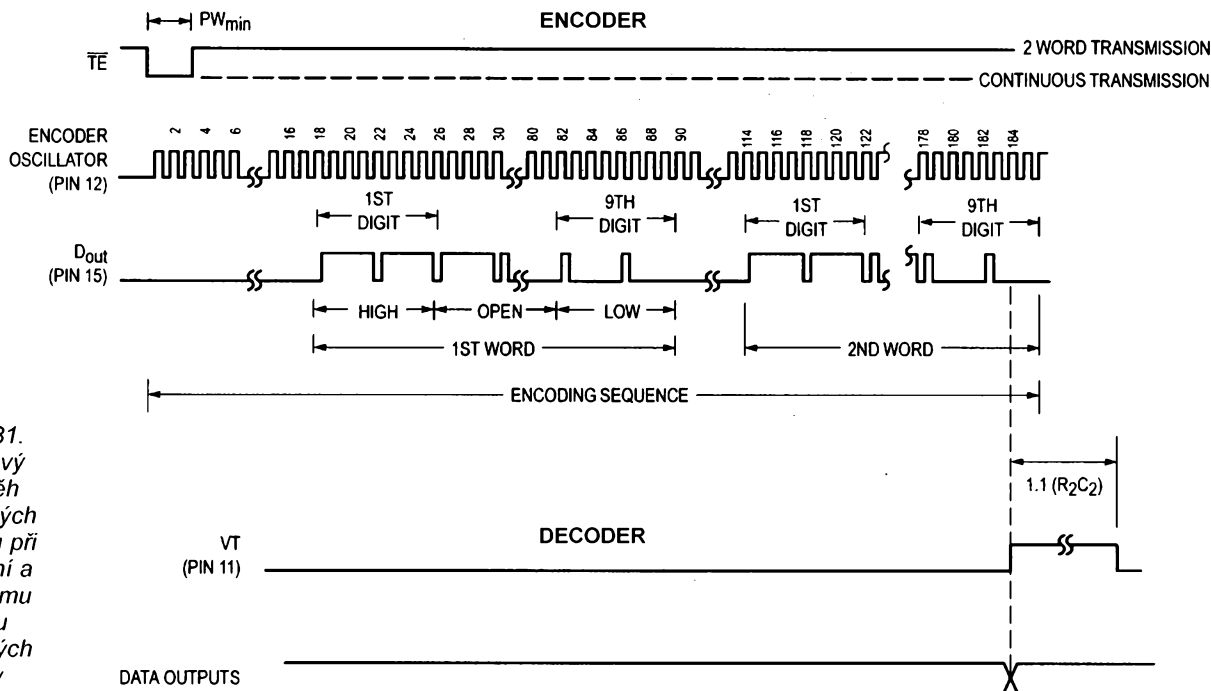


Obr. 29.
Vnitřní funkční
blokové
schéma
obvodu
MC145027



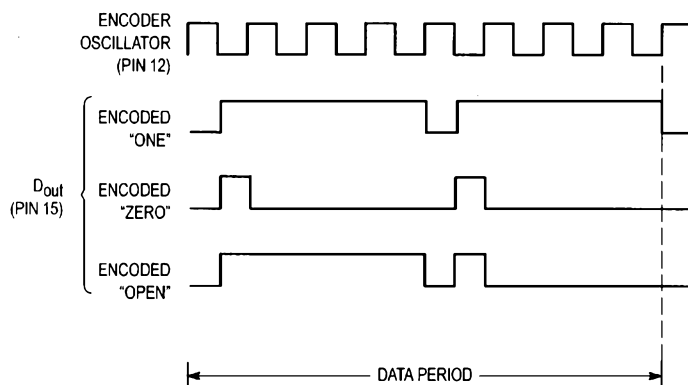
Obr. 30. Vnitřní funkční
blokové schéma obvodu
MC145028





Obr. 31. Celkový průběh vybraných signálů při vysílání a při příjmu dvou kódových slov

Obr. 32. Průběh výstupního impulsu v závislosti na logické úrovni vstupu



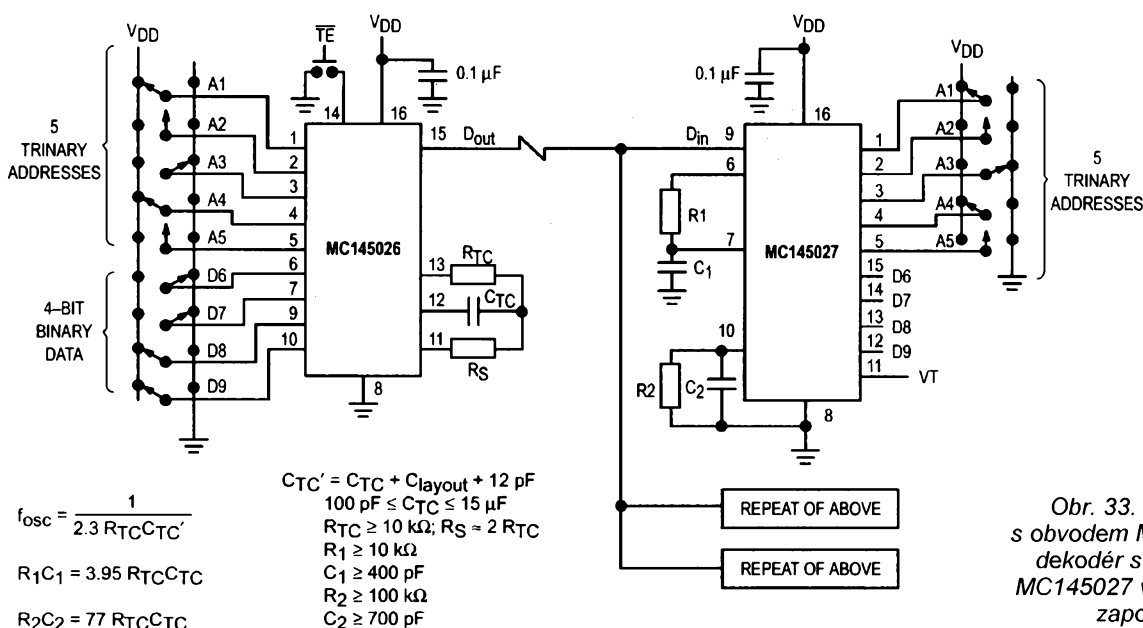
ného krátkým impulsem. To je ostatně vidět z diagramu průběhu výstupních impulsů na obr. 32. Trvání impulsů je odvozeno od kmitočtu hodinového oscilátoru enkodéru. Průběh vybraných signálů při vysílání a při příjmu dvou kódových slov je vidět z diagramu na

obr. 31. Pokud není vstup TE aktivován, přejde obvod MC14526 do klidového stavu s malým odběrem proudu.

Obvod MC145028, jehož vnitřní funkční blokové schéma je na obr. 30, je konfigurován jako dekodér přijatých sériových dat, vyslaných z enko-

déru MC145026. Přenášená data, tvořená minimálně dvěma identickými kódovými slovy jsou přiváděna na vstup D_{in} a bit po bitu jsou porovnávána s informací, nastavenou na vstupech A1 až A9. Při správném přijetí alespoň dvou kódových slov přejde výstup VT (Valid Transmission Output - vývod 11) z úrovně „log. 0“ do úrovně „log. 1“ a setrvá v této úrovni až do doby, kdy přestanou být správná data přijímána.

Obvod MC145027, jehož vnitřní funkční blokové zapojení je na obr. 29, pracuje podobně jako enkodér MC145028, avšak s tím rozdílem, že je vybaven pouze pěti adresovými vstupy, označenými A1 až A5. Zbývající čtyři vývody jsou využity jako datové výstupy D6 až D9. Při binárním zapojení adresových vstupů je k dispozici celkem 32 adres, při trinárním zapojení je to již 243 adres. Logická úroveň



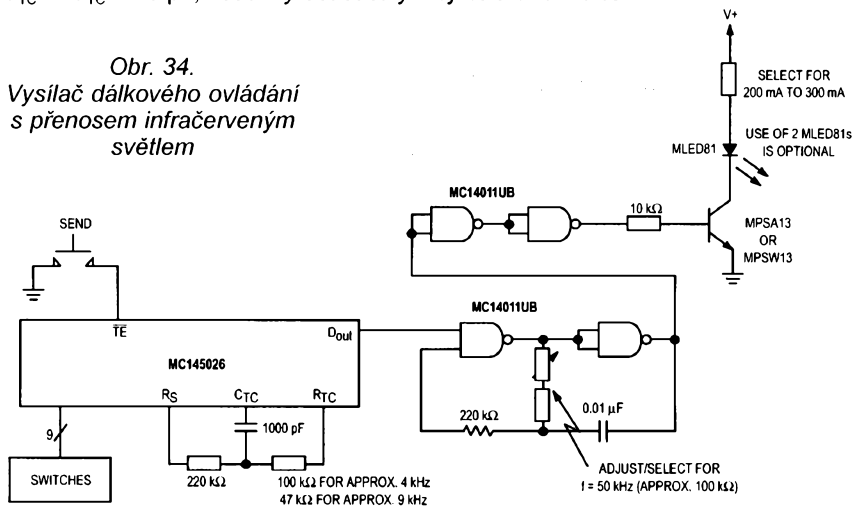
Obr. 33. Enkodér s obvodem MC145026 a dekodér s obvodem MC145027 v základním zapojení

Tab. 3. Hodnoty součástek pro různé kmitočty oscilátoru v enkodéru MC145026 a dekodéru MC145027

f_{osc} [kHz]	R_{TC}	C_{TC}	R_S	R_1	C_1	R_2	C_2
362	10 k Ω	120 pF	20 k Ω	10 k Ω	470 pF	100 k Ω	910 pF
181	10 k Ω	240 pF	20 k Ω	10 k Ω	910 pF	100 k Ω	1800 pF
88,7	10 k Ω	490 pF	20 k	10 k Ω	2000 pF	100 k Ω	3900 pF
42,6	10 k Ω	1020 pF	20 k Ω	10 k Ω	3900 pF	100 k Ω	7500 pF
21,5	10 k Ω	2020 pF	20 k Ω	10 k Ω	8200 pF	100 k Ω	15 nF
8,53	10 k Ω	5100 pF	20 k Ω	10 k Ω	20 nF	200 k Ω	20 nF
1,71	50 k Ω	5100 pF	100 k Ω	50 k Ω	20 nF	200 k Ω	100 nF

$C_{TC} = C_{TC} + 20$ pF, všechny součástky mají toleranci $\pm 5\%$

Obr. 34.
Vysílač dálkového ovládání
s přenosem infračerveným
světlem



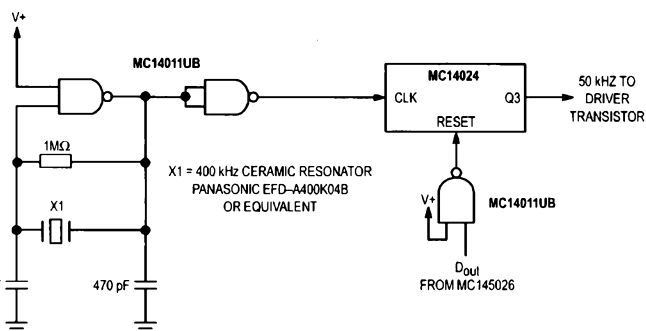
nosný kmitočet, potřebný pro přenos signálu infračerveným světlem. „Infračervená“ LED MLED81 je buzena pravoúhlými impulsy proudu o velikosti 200 až 300 mA s kmitočtem 50 kHz, které jsou klíčovány signálem datového slova z výstupu enkodéru.

Pokud to dovoluje velikost dostupného napájecího napětí z použité baterie, je možné pro zvětšení dosahu vysílače zapojit dvě „infračervené“ LED do série. Jinak je nutno „infračervené“ LED zapojit paralelně a zvětšit budicí proud.

V aplikacích, kdy je vyžadována větší stabilita nosného kmitočtu, je možné místo članku RC použít oscilátor s keramickým rezonátorem podle obr. 35.

Další praktické zapojení s obvodem MC145026 a MC145028 bude uveřejněno v některém z letošních sešitů Praktické elektroniky A Radio - bude to konstrukce dálkově ovládané síťové zásuvky z konkursu PE-AR 1999.

Obr. 35.
Zapojení
generátoru
přesného
nosného
kmitočtu
400 kHz
s keramickým
rezonátorem



na datových výstupech D6 až D9 se po přijetí správné adresy změni v závislosti na posledních čtyřech bitech přijatého datového slova. Tyto poslední čtyři bity mají být zakódovány pouze v binárním kódu. Jestliže je v kodéru použit třetí stav (otevřený vstup), je dekodérem dekódován jako „log. 1“.

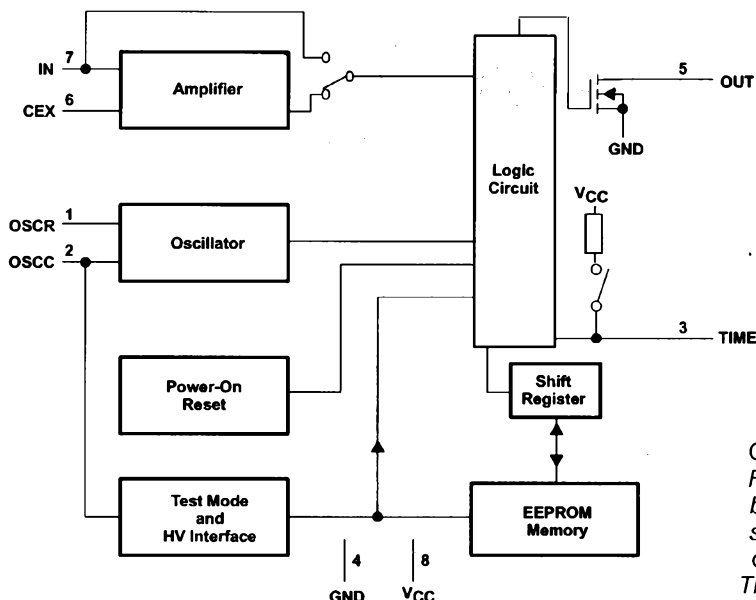
Obvod MC145027 umožňuje z datových výstupů vybavovat 4 nezávislé funkce, při dekódování dat je možno vybavovat 16 funkcí (např. spínat selektivně až 15 přístrojů).

Na obr. 33 je základní zapojení enkodéru s obvodem MC145026 a dekodéru s obvodem MC145027 včetně informací pro výpočet hodnot jednotlivých součástek, které určují časové konstanty. V tab. 3 jsou příklady vypočítaných a doporučených hodnot těchto součástek pro určité hodinové kmitočty f_{osc} oscilátoru.

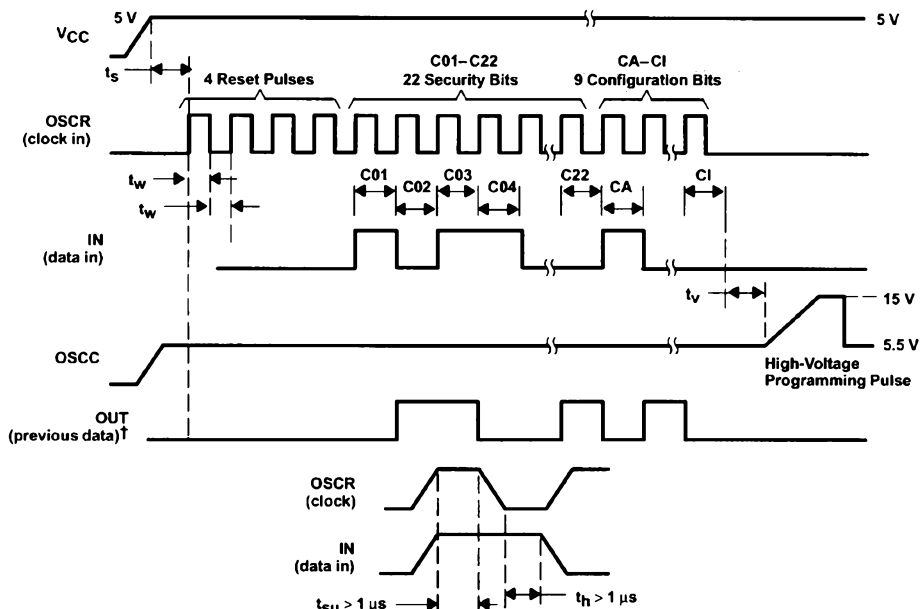
Praktické zapojení vysílače kódového dálkového ovládání s přenosem infračerveným světlem je na obr. 34. Enkoder MC145026 zde pracuje s kmitočtem oscilátoru 4 nebo 9 kHz, takže čas potřebný pro přenos

dvou kódových slov je asi 20 až 40 ms. Výstupem D_out enkodéru je klíčováno hradlo jednoduchého oscilátoru RC, který pracuje na kmitočtu přibližně 50 kHz. Oscilátor zde generuje

Integrovaný obvod TMC3637, jehož funkční blokové schéma je na obr. 36, byl firmou Texas Instruments vyvinut jako univerzální programovatelný enkoder/dekoder.



Obr. 36.
Funkční
blokové
schéma
obvodu
TMC3637



Obr. 37. Průběh signálů při zápisu do paměti EEPROM obvodu TMC3637

Obvod je vybaven vnitřní pamětí EEPROM, v níž je uloženo celkem 31 bitů kódového slova. Prvních 22 bitů tvoří vlastní bezpečnostní kód, zbylých 9 bitů je použito pro účely konfigurace obvodu. Z toho vyplývá nejen velká bezpečnost dat (4194304 kombinací kódů), ale i široké možnosti konfigurace - jako enkodér (vysílač kódu) může obvod TMC3637 pracovat celkem ve 14 různých režimech a jako dekodér (přijímač kódu) může obvod TMC3637 pracovat dokonce v celkem 48 možných režimech!

V diagramu průběhu signálů při zápisu do paměti EEPROM na obr. 37 je 22 bitů bezpečnostního kódu označeno jako C01 až C22 a za nimi následují konfigurační bity, označené jako CA až CI.

Možnost volby čtrnácti pracovních režimů u enkodéru (vysílače) v závislosti na logické hodnotě těchto konfiguračních bitů znázorňuje diagram na obr. 38.

Možnost volby čtyřiceti osmi pracovních režimů pro dekodér (přijímač) v závislosti na logické hodnotě bitů CA až CI je znázorněna v diagramu na obr. 39.

TMC3637 jako enkodér (vysílač)

Pokud nastavením bitů CA, CF, CG a CH zvolíme funkci vysílače, musíme dále pomocí ostatních konfiguračních bitů určit způsob vysílání nastaveného kódu.

První možností je nastavením bitů CC a CI vysílat naprogramovaný kód nepřetržitě (Continuous Transmitter) po celou dobu držení tlačítka, připojeného ke vstupu TIME.

Druhou možností je po stisknutí tlačítka vysílat kód pouze jednorázově (Triggered Transmitter).

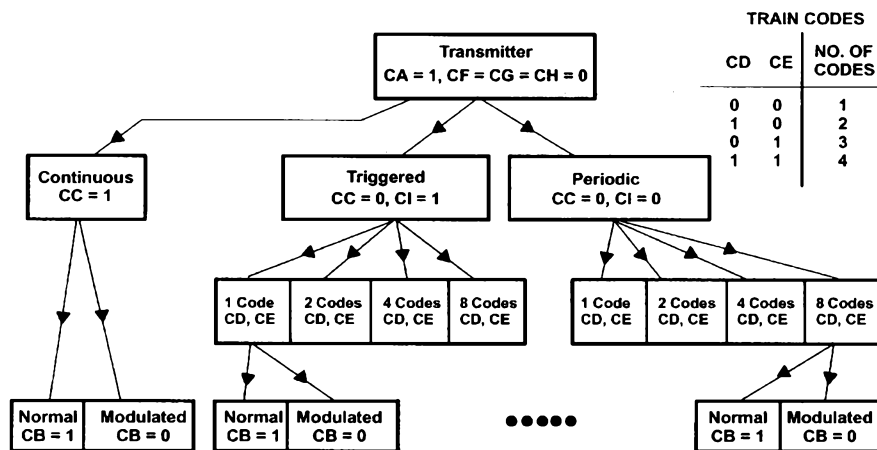
Třetí možností je po stisknutí tlačítka vysílat kód periodicky (Periodic Transmitter) v intervalu, určeném čas-

ovou konstantou článku RC, který je připojen ke vstupu TIME.

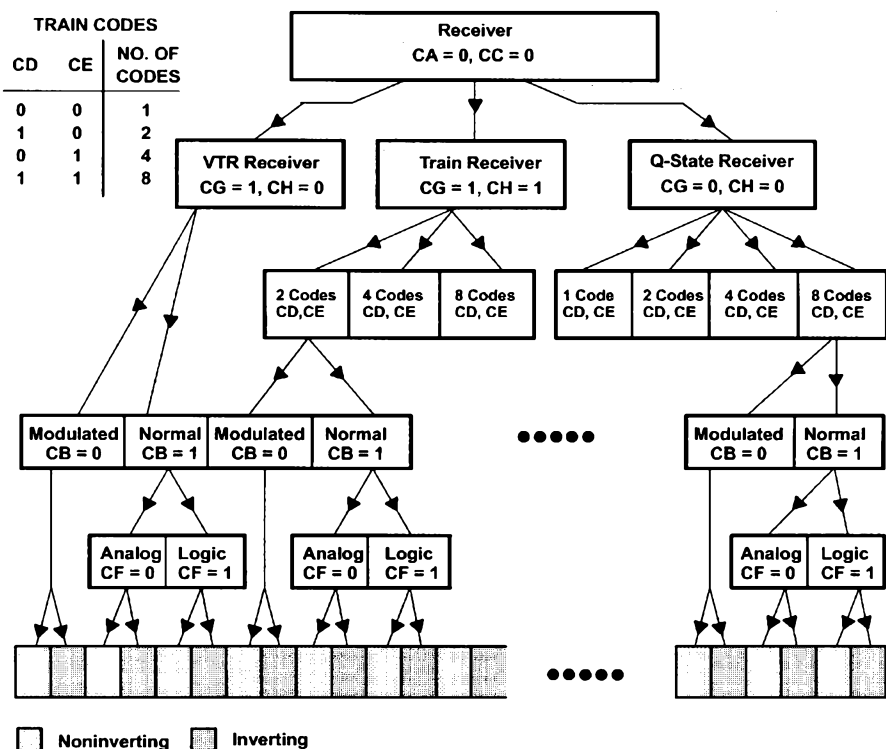
Při jednorázovém a periodickém režimu musíme v druhém kroku určit počet opakovaných vyslaných kódů. Můžeme si naprogramováním bitů CD a CE vybrat z počtu jednoho, dvou, čtyř a osmi stejných kódů, obsažených v jedné sekvenci. Při vícenásobném opakování se zvětšuje spolehlivost přenosu i přijetí vyslaného kódu.

Nakonec nastavením bitu CB zvolíme modulaci výstupních dat. Je-li bit CB v úrovni „log. 1“, je výstupní datový signál bez modulace (Normal Transmission) - viz obr. 40. Je-li bit CB v úrovni „log. 0“, je výstupní datový signál modulován (Modulated Transmission) - viz obr. 41.

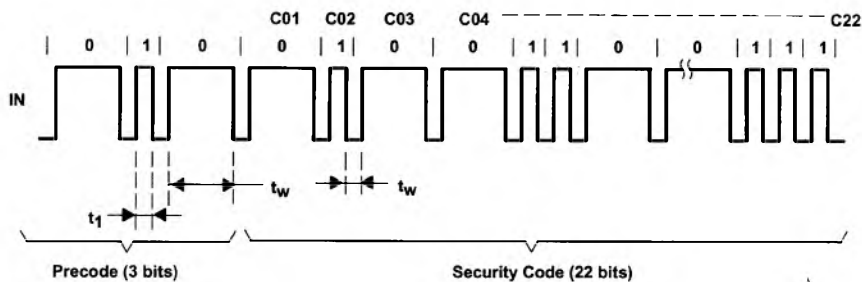
Jak je patrné z obr. 41, v režimu s modulací je výstupními datovými impulsy kličována nosná vlna o kmitočtu 40 kHz.



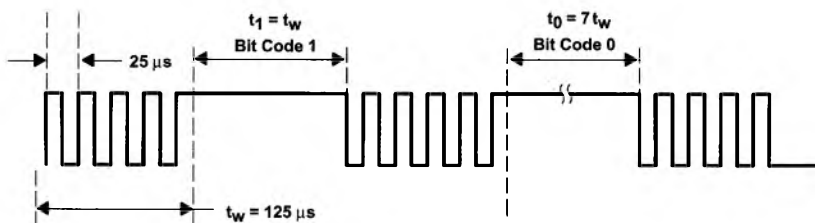
Obr. 38. Diagram možností konfigurace enkodéru (vysílače)



Obr. 39. Diagram možností konfigurace dekodéru (přijímače)

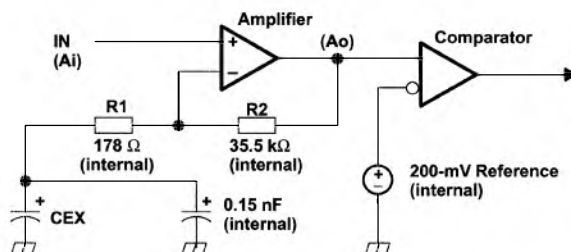


Obr. 40. Nemodulovaný výstupní datový signál



Obr. 41. Modulovaný výstupní datový signál

Obr. 42. Zapojení vnitřního operačního zesilovače a komparátoru v obvodu TMC3637



TMC3637 jako dekodér (přijímač)

Funkce přijímače se zvolí tím, že se bity CA a CC nastaví do úrovně „log. 0“. Poté se nám nabízí již výše zmíněných 48 možností, jak dále tento přijímač nakonfigurovat (viz názorný diagram na obr. 39).

Nastavením bitů CG a CH určíme, jak se bude po správném přijetí kódu chovat výstup obvodu OUT. Existují celkem tři režimy provozu.

V prvním režimu je po přijetí správného kódu na výstupu OUT vygenerován impuls VTR (Valid Transmission Receiver), jehož délka je v případě potřeby možno prodloužit připojením článku RC mezi vstup TIME a kladný pól napájecího napětí.

Ve druhém režimu, nazvaném Train Receiver, musí být během určitého časového úseku přijat příslušný počet (řetězec) stejných správných kódů. Počet stejných správných kódů může být 2, 4 nebo 8 a nastavuje se kombinací logických úrovní bitů CD a CE. Délka časového úseku se nastavuje časovou konstantou článku RC, který je zapojen stejně, jako v předchozím případě (v prvním režimu).

Ve třetím režimu (Q-State Receiver) reaguje výstup OUT na přijetí jednoho správného kódu nebo jejich řetězce obdobně, jako v režimu předchozím, avšak s tou výjimkou, že po každém potvrzení správného přijetí kódu se výstup OUT překlápí - změní logickou úroveň. Po zapnutí (připojení) napájecího napětí je výstup OUT ve třetím stavu - ve stavu „Z“ (vysoká impedance).

V dalším kroku se prostřednictvím bitu CB zvolí příjem normálního (ne-

modulovaného) nebo modulovaného signálu. Nastavení bitu CB v přijímači odpovídá nastavení téhož bitu CB na straně vysílače - viz výše.

Nakonec logickou úrovní bitu CF zvolíme konfiguraci vstupu pro příjem analogového nebo logického kódového signálu.

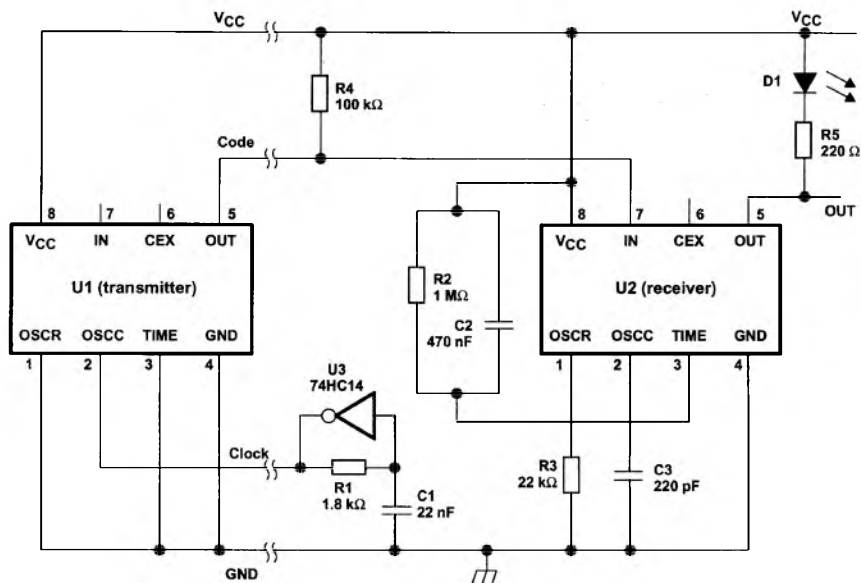
Aby mohl být zpracován i slabý analogový signál, je integrovaný obvod TMC3637 vybaven operačním zesilovačem a komparátorem - viz obr. 42.

Zesilovačem a komparátorem se analogový signál převede na signál logický, jaký požadují další stupně. Operační zesilovač zesiluje maximálně 200x za předpokladu, že spojíme rezistor R1 (výstup CEX) se zemí.

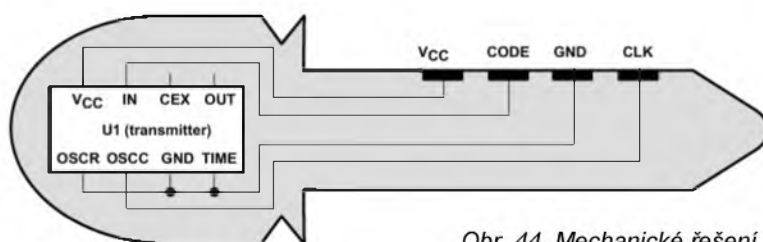
Základní zapojení vysílače a přijímače kódového signálu s obvody TMC3637 je na obr. 43. Přijímač je s vysílačem propojen čtyřmi vodiči. Toto zapojení může být použito jako kombinace zámek/klíč pro zabezpečený přístup do objektu. Elektronický klíč je možno mechanicky řešit podle obr. 44.

Upravené zapojení, ve kterém jsou vysílač a přijímač propojeny dvěma vodiči, je na obr. 45.

Zapojení vysílače pro bezdrátový přenos kódového signálu infračerveným světlem, které lze použít v praxi, je na obr. 46. Jak je vidět z obrázku, je zapojení díky použitému obvodu TMC3637 velmi jednoduché. Podle



Obr. 43. Základní zapojení vysílače a přijímače kódového signálu s obvody TMC3637. Přijímač je s vysílačem propojen čtyřmi vodiči.



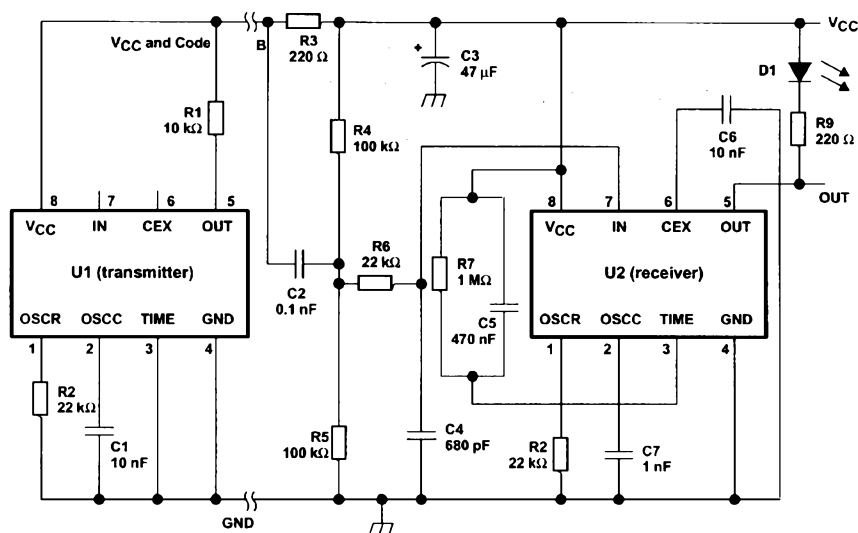
Obr. 44. Mechanické řešení elektronického klíče

konfigurace obvodu může vysílač přenášet kódový signál modulovaným i nemodulovaným světlem.

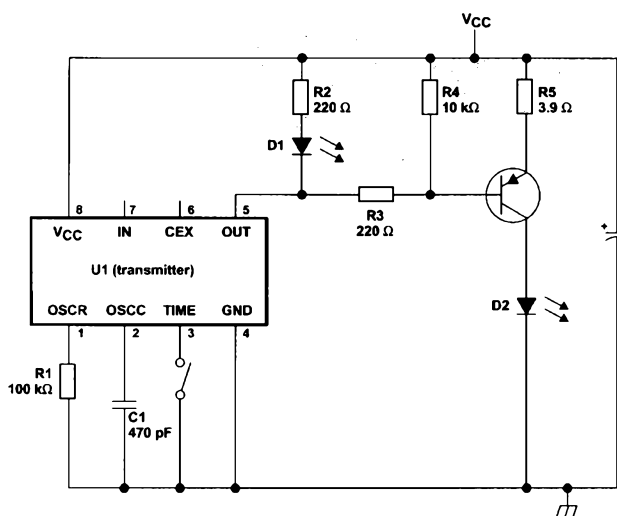
Vhodný přijímač kódového signálu, přenášeného nemodulovaným infračerveným světlem, je na obr. 47. Kódový signál, přijatý fototranzistorem Q1, je zesílen dvoustupňovým tranzistorovým zesilovačem. Zesílený signál je zaveden do obvodu TMC3637, který je konfigurován jako přijímač nemodulovaného signálu.

Pro příjem kódového signálu, přenášeného modulovaným infračerveným světlem, slouží zapojení s předřazeným demodulátorem s obvodem TDA3048 podle obr. 48. Výstupní signál z obvodu TDA3048 je zpracováván obvodem TMC3637, který je konfigurován jako přijímač modulovaného signálu.

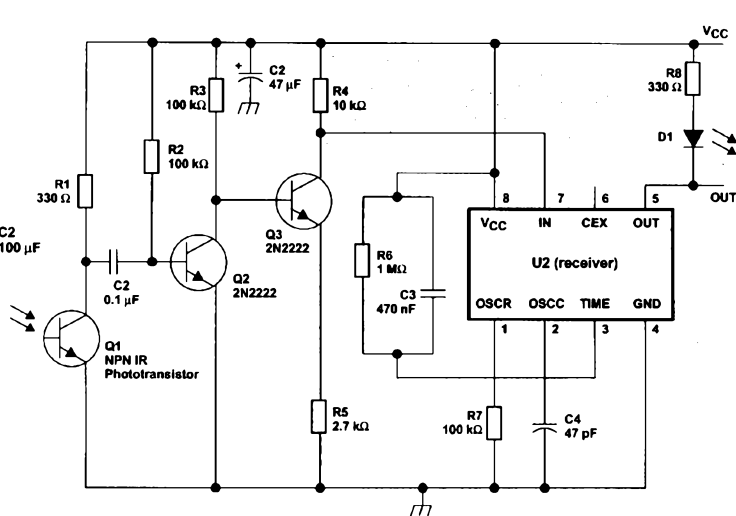
Pokud je v nějaké aplikaci z určitého důvodu přenos kódového signálu



Obr. 45. Upravené zapojení, ve kterém jsou vysílač a přijímač (TMC3637) kódového signálu propojeny dvěma vodiči



Obr. 46. Vysílač s TMC3637 pro bezdrátový přenos kódového signálu infračerveným světlem

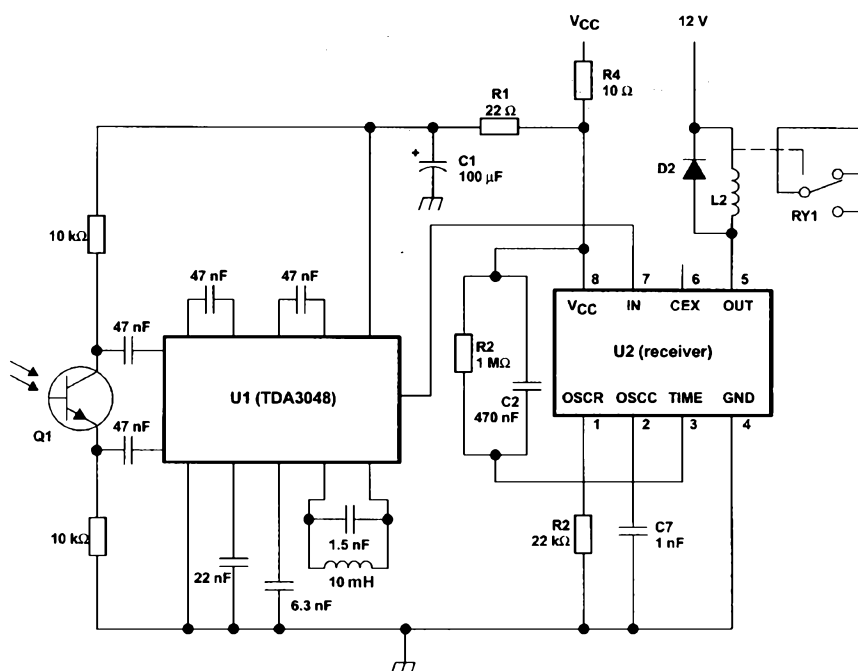


Obr. 47. Přijímač s TMC3637 pro bezdrátový přenos kódového signálu nemodulovaným infračerveným světlem

infračerveným světlem nevhodný, můžeme použít k přenosu vysokofrekvenční rádiový signál. Je však nutno mít na zřeteli, že zařízení tohoto druhu musí splňovat určitá kritéria a jejich provoz podléhá schválení příslušných úřadů.

Zapojení rádiového vysílače kódového signálu je na obr. 50. K přenosu kódového signálu je použita modulace ASK (modulace změnou amplitudy v signálu). Vysílač obsahuje oscilátor LC, který je klíčován nemodulovaným datovým signálem z výstupu enkóderu. Kmitočet vysílače lze kondenzátorem C2 přeladit v pásmu 200 až 430 MHz. Oscilátor vysílače je osazen tranzistorem BF199, BF959 apod. Cívka L1 je tvořena vodivou cestou na desce s plošnými spoji. Cesta má šířku 1,5 mm a je dlouhá 35 mm. Vysílač je napájen z baterie napětím 3 až 6 V.

Zapojení jednoduchého superreakčního přijímače, který je vhodný pro příjem rádiového signálu z výše uvedeného vysílače, je na obr. 51. Tranzistor Q1 je opět typu BF199, BF959 apod. Cívka L1 má takovou induk-



Obr. 48. Přijímač s TMC3637 pro bezdrátový přenos kódového signálu modulovaným infračerveným světlem s demodulátorem s obvodem TDA3048



čnost, aby bylo možné naladit rezonanční obvod $L1$, $C4$ na kmitočet nosné vlny vysílače. Např. pro kmitočet 434 MHz má $L1$ indukčnost asi 13 nH. $L2$ má indukčnost 2 až 20 μH . Jako anténa je použit drát o délce asi 30 cm. Napájecí napětí V_{CC} přijímače je 3 až 6 V.

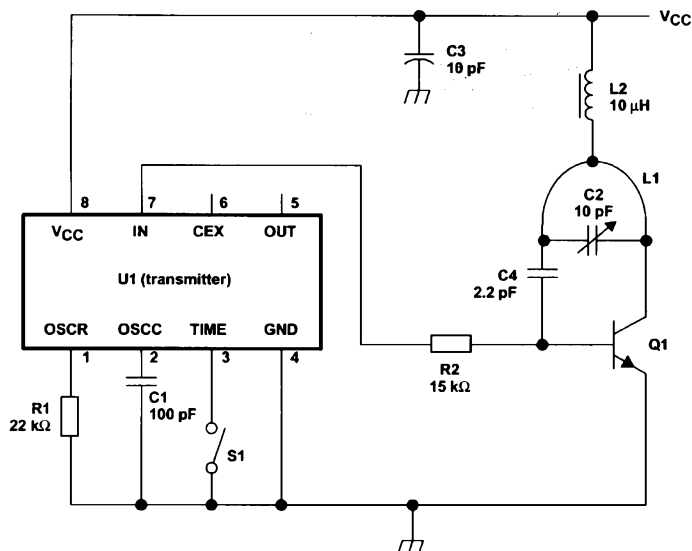
Pracovní režim obvodu TMC3637 se nastavují a data do paměti EEPROM obvodu se zapisují vnějším programovacím zařízením přes hodinový vstup OSCR. Přitom musí být na vstup OSCC přiváděno napětí o 0,5 V větší, než je napětí napájecí, čímž se nastaví režim zápisu do paměti. Hodinovým impulsem musí při zápisu dat do paměti vždy předcházet přesně čtyři nulovací impulsy (Reset Pulses) - viz průběh na obr. 37.

Vyzkoušené zapojení jednoduché programovací stanice pro TMC3637, které je sestaveno z běžně dostupných a levných obvodů CMOS, je na obr. 49.

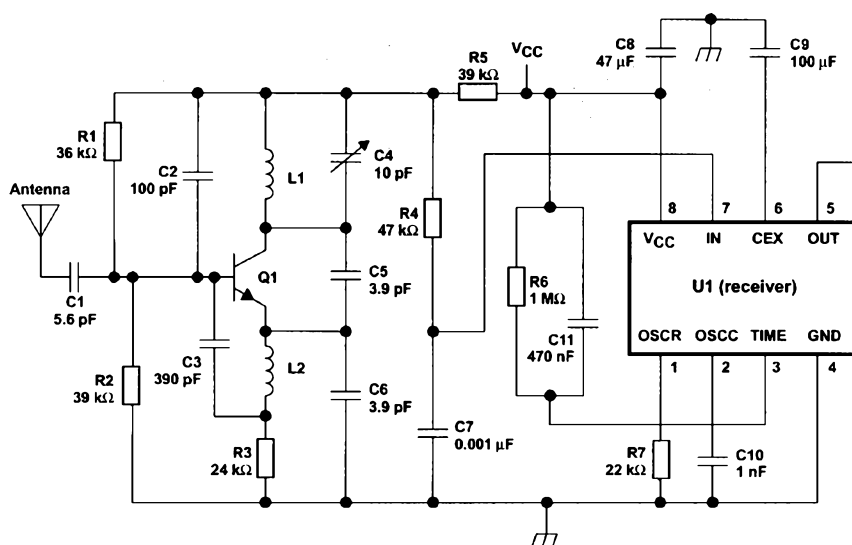
Obvod TMC3637 by si zasloužil obsáhlejší popis, ale z prostorových důvodů to není možné. Proto odkazují případné zájemce na podrobnou firemní dokumentaci [16], čítající přibližně 50 stran.

Obvody řady MARCSTAR - enkodér/dekodér TRC1300 a TRC1315

Obvody TRC1300 a TRC1315 od firmy Texas Instruments byly navrženy zejména pro použití ve vícekanálovém dálkovém ovládání - odtud zkratka MARCSTAR (Multichannel Advanced Remote Control Serial Transmitter And Receiver). Pomocí čtyř nezávislých vstupů u enkoderu, respektive čtyř výstupů u dekodéru je tak možno realizovat až 15 funkcí.



Obr. 50. Vysílač s TMC3637 pro bezdrátový přenos kódového signálu rádiovým signálem

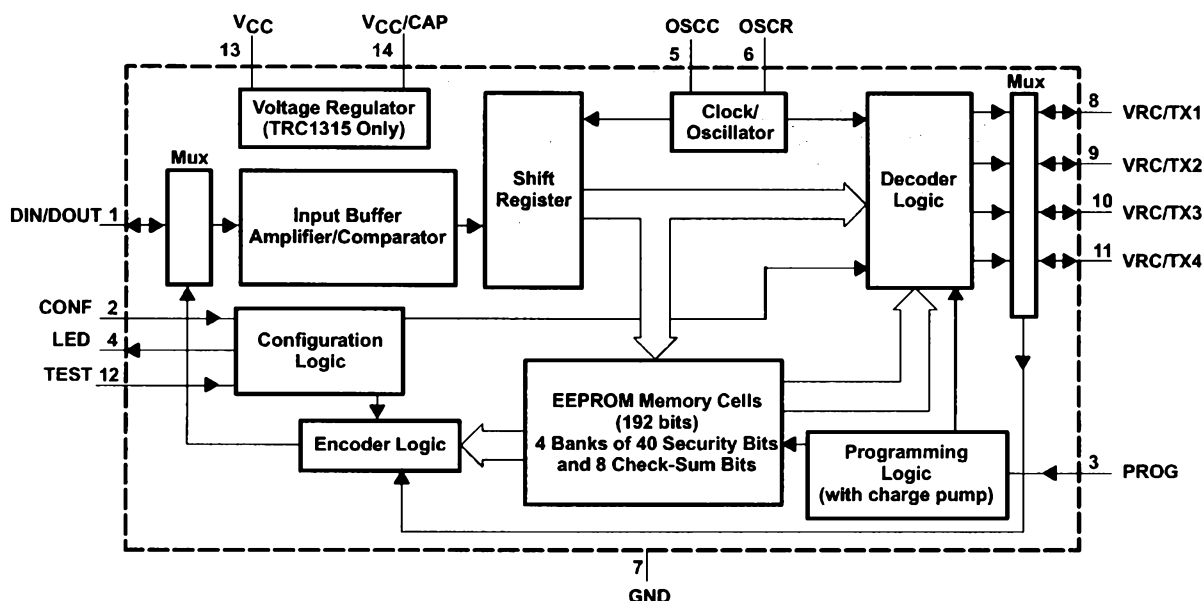


Obr. 51. Přijímač rádiového signálu s TMC3637

Oba obvody TRC1300 i TRC1315 jsou funkčně zcela shodné, liší se pouze napájecím napětím. Maximální povolené napájecí napětí obvodu TRC1300 je 6 V, zatímco obvod

TRC1315 má maximální povolené napájecí napětí 15 V.

Funkční blokové schéma obvodů TRC1300 a TRC1315 je na obr. 52, pracovní vývojový diagram je na



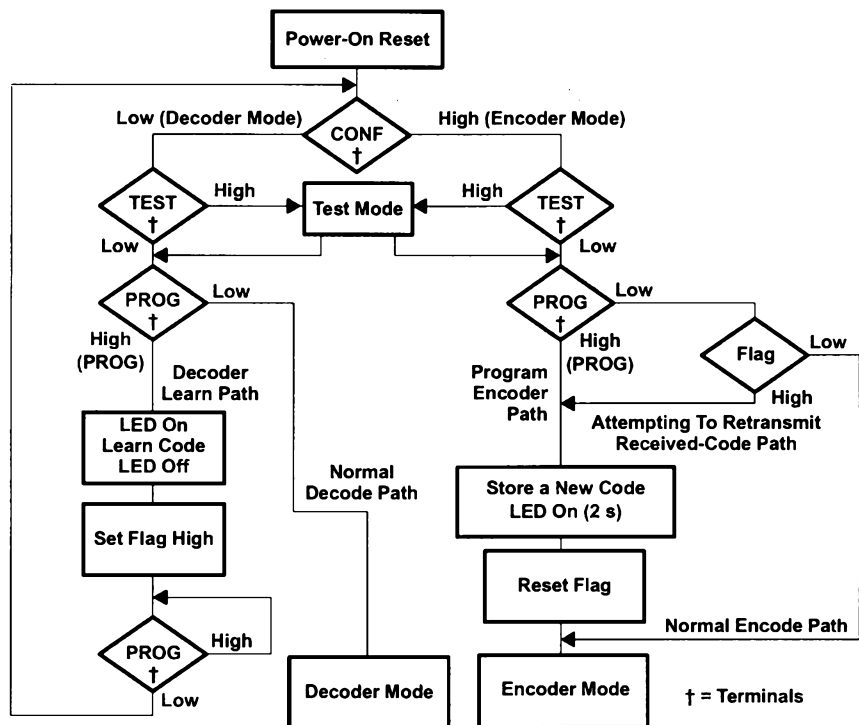
Obr. 52. Funkční blokové schéma obvodů TRC1300 a TRC1315

Oba obvody mohou v závislosti na nakonfigurování (konfigurace se volí připojením konfiguračního vstupu CONF na úroveň „log. 0“ nebo „log. 1“) pracovat jako enkodér i dekodér, což jsou zároveň dva primární pracovní módy. Další módy umožňují obvody programovat, učit se, samotestovat se a generovat bezpečnostní kód a hodinový kmitočet.

Při stavbě systému dálkového ovládání zvolíme u prvního obvodu funkci enkodéru a tuto funkci nakonfigurujeme tím, že připojíme vstup CONF na úroveň „log. 1“ (resp. vstup CONF ani nemusíme nikam připojovat, protože je přes oddělovací rezistor s úrovní „log. 1“ vnitřně spojen).

Pak vezmeme druhý obvod, který chceme použít jako dekodér a nakonfigurujeme jej jako dekodér tím, že spojíme jeho vstup CONF se zemí („log. 0“). Sériový datový vstup dekodéru propojíme s datovým výstupem enkodéru (u obou obvodů to jsou vývody 1 - DIN / DOUT), přepneme dekodér do učícího se módu (tím, že připojíme programovací vstup PROG na úroveň „log. 1“) a poté do vnitřní EEPROM dekodéru „nahrajeme“ čtyřicetibitový bezpečnostní kód z enkodéru.

Data z výstupů mohou být vnějšími obvody dále dekódována, čímž získá-

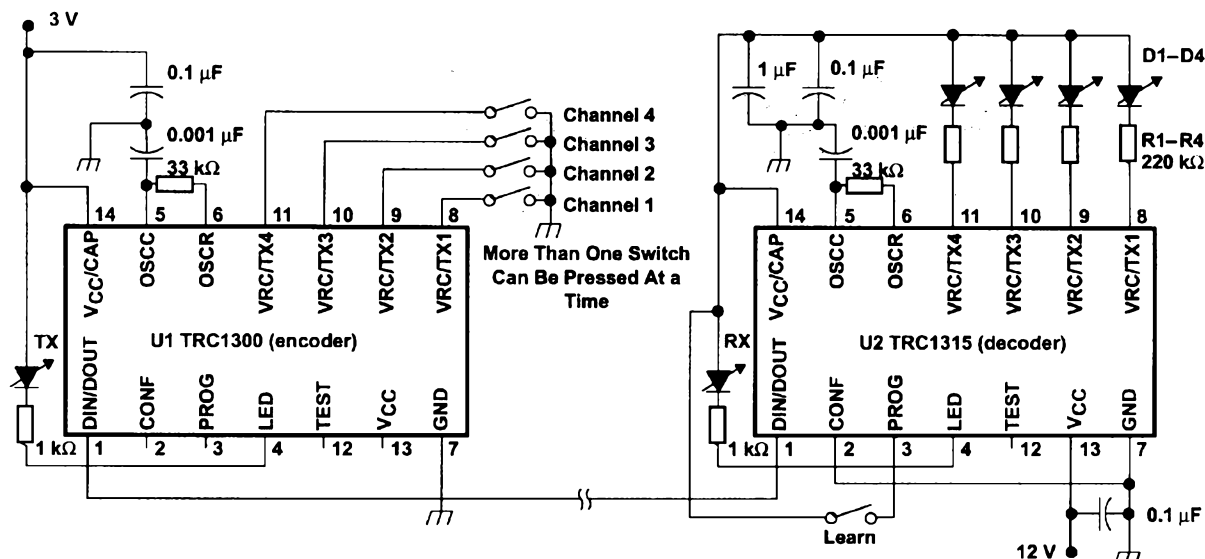


Timing diagram for the 74VHC163 4-bit counter. The diagram shows three signals: SCLK (Serial Clock), DCLK (Data Clock), and DOUT (Data Output). SCLK is a high-frequency clock. DCLK is a lower-frequency clock derived from SCLK, with a duty cycle of 50% ($DCLK = SCLK / 2$). DOUT is the output of the counter, which is a square wave. The diagram illustrates the relationship between the clock signals and the output data, showing the setup and hold times for the output data relative to the clock signals.

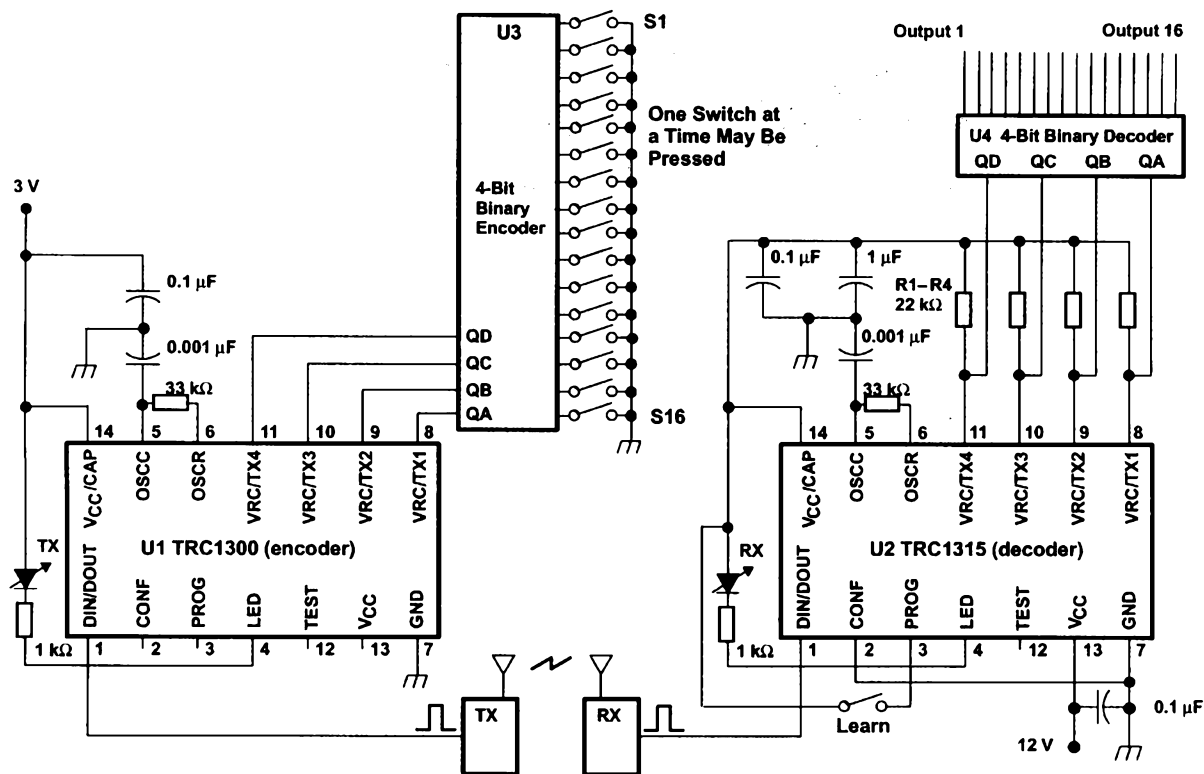
Obr. 54. Časový průběh hodinových, datových a výstupních impulsů

Čtyřicet bitů bezpečnostního kódu, který je navíc plovoucí a mění se po každém odeslání a přijetí podle zvláštního algoritmu, zaručuje extrémně vysokou bezpečnostní úroveň s více než jedním trilionem možností kombinací. Proto se během doby provozu a životnosti zařízení žádná kombinace bez-

Na obr. 55 je základní zapojení čtyřpovelového dálkového ovládání. Ve funkci enkodéru je použit obvod TRC1300, jako dekodér je použit obvod TRC1315. Ze schématu je dobře patrné, že obvody potřebují jen minimální počet vnějších součástek. Logické stavy na čtyřech výstupech de-



Obr. 55. Čtyřpovelový systém dálkového ovládání



Obr. 56. Šestnáctipovelový systém dálkového ovládání

kodeři jsou indikovány svítivými diodami D1 až D4. Další svítivé diody, připojené k výstupům LED a označené TX a RX, indikují vysílání nebo příjem kódu.

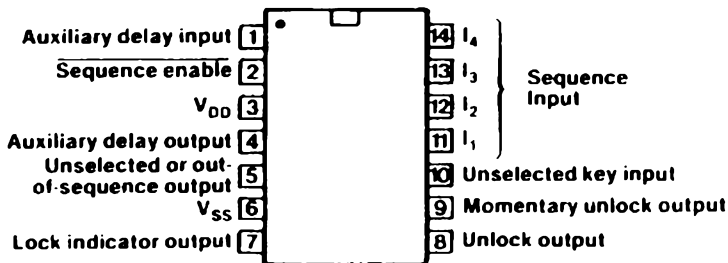
Zapojení rozšířeného, šestnáctipovelového systému dálkového ovládání je na obr. 56.

Obvodové řešení kódových zámek podstatně zjednodušuje integrovaný obvod RS7225, který je pro tento účel zvláště vyvinut. Obvod RS7225 je dodáván firmou RS Components.

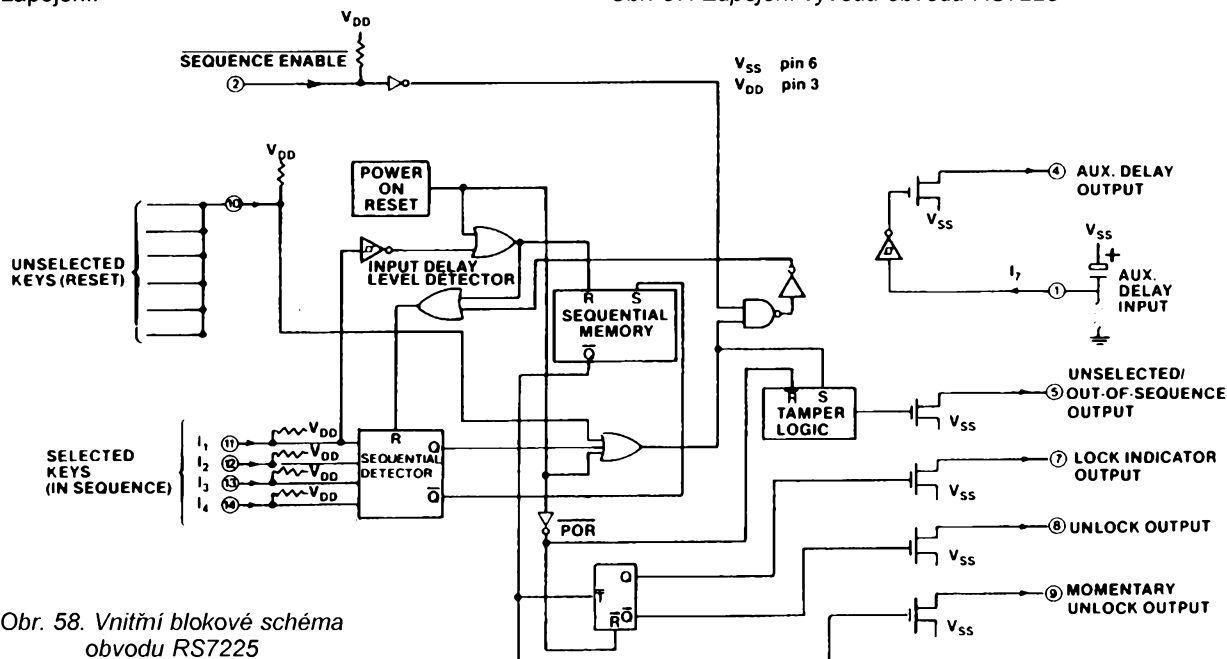
Zapojení vývodů obvodu RS7225 je na obr. 57, vnitřní blokové schéma je na obr. 58. Obvod je vybaven sekvenční logikou, která vyhodnocuje aktivaci vstupů I_1 , I_2 , I_3 a I_4 ve správné

Kódový elektronický zámek s RS7225

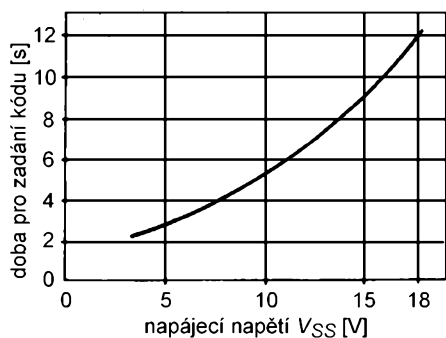
Již bylo vymyšleno mnoho variant kódovaných elektronických zámek, které se od sebe liší různým stupněm zabezpečení a hlavně složitostí celého zapojení.



Obr. 57. Zapojení vývodů obvodu RS7225



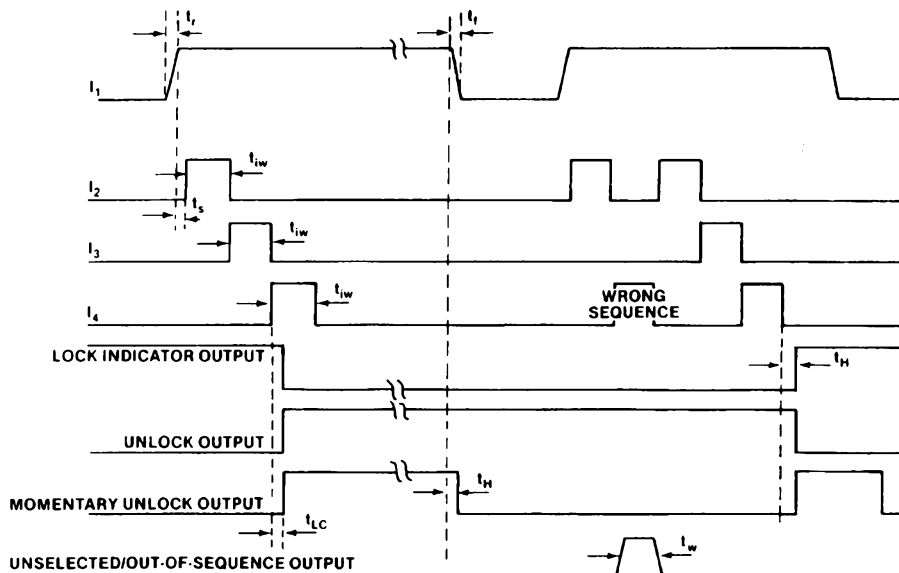
Obr. 58. Vnitřní blokové schéma obvodu RS7225



Obr. 59. Závislost doby pro zadání kódu na velikosti napájecího napětí při kapacitě 1 μ F kondenzátoru C2

ném pořadí. Při zadávání kódu se na těchto vstupech musí postupně objevit úroveň „log. 1“. Teprve poté, kdy je na vstup I_1 přivedena úroveň „log. 1“, přijímá logika otevírací sekvenci I_2, I_3, I_4 . Po správném zadání bezpečnostního kódu je výstupem sekvenční paměti (Sequential Memory) aktivován výstup krátkodobého otevření (Momentary Unlock Output), který přejde do stavu s vysokou úrovní. Současně se vypne výstup pro indikaci uzamčení (Lock Indicator Output) a indikační LED zhasne.

Relé, připojená k výstupům pro odbavení odmykání, by měla mít, vzhledem k maximálnímu povolenému proudu těchto výstupů, odpor cívky alespoň 1 k Ω . Při použití relé s větší



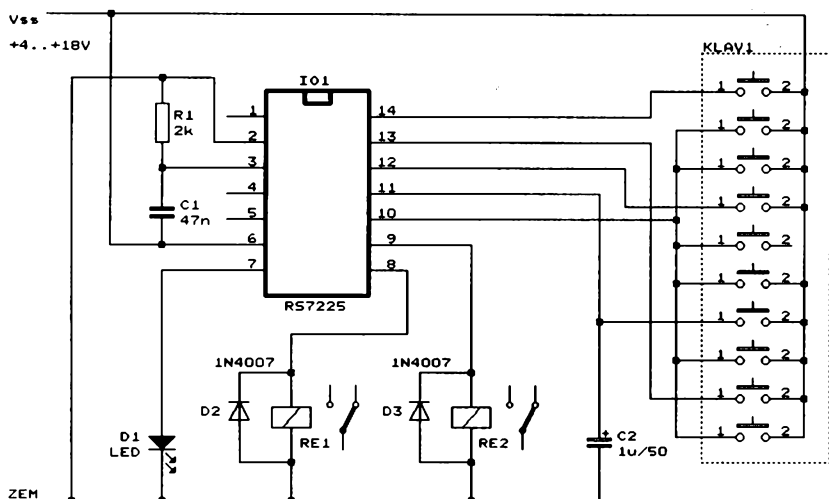
Obr.60. Časový sled stavů na jednotlivých vstupech a výstupech obvodu RS7225

spotřebou je vhodné zajistit jejich připojení přes spínací tranzistor.

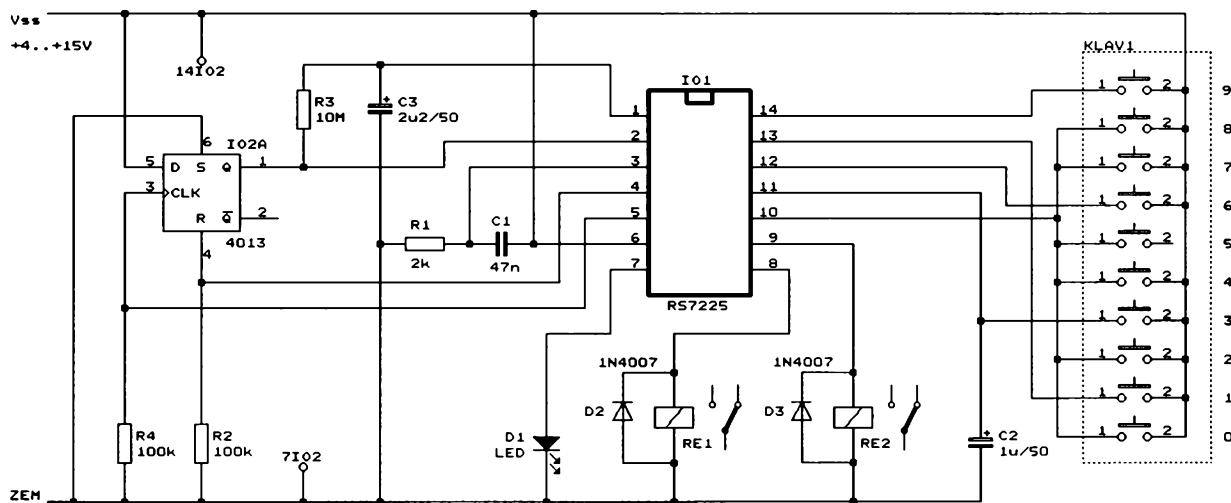
Kapacitou kondenzátoru C2, připojeného na vstup I_1 , je určen časový interval, během kterého je nutno správně zadat všechna čtyři čísla kódu. Tato doba pro zadání kódu je dána jednak kapacitou kondenzátoru, ale je také závislá na velikosti napájecího napětí. Graf závislosti doby pro zadání kódu na velikosti napájecího napětí V_{SS} při kapacitě 1 μ F kondenzátoru C2 je na obr. 59.

Ostatní nepoužitá tlačítka klávesnice jsou vzájemně propojena a jejich společný výstup je připojen ke vstupu Unselected (vývod 10) obvodu RS7225. Při stisknutí kteréhokoli z těchto tlačítek (při chybné volbě kódu) se přivede úroveň „log. 1“ na vstup Unselected a tím se vynuluje vstupní sekvenční detektor a zruší se provedená volba.

Chybná volba je rovněž indikována kladným impulsem (z „log. 0“ do „log. 1“) o délce max. 15 μ s na výstupu Unselected/Out-Of-Sequence Out-



Obr. 61. Jednoduchý kódový elektronický zámek s obvodem RS7225



Obr. 62. Kódový elektronický zámek, který se při nesprávné volbě zablokuje

put. Tento impuls může být použit k zablokování dalších pokusů nebo se jím může spustit poplašné zařízení při opakované chybné volbě.

Výstup pro indikaci zamknutí (Lock Indikator Output) na vývodu 7 obvodu RS7225 budi přímo indikační diodu LED a je komplementární k výstupu indukujícímu stav odemčení (Unlock Output). Při úrovni „log. 1“ na výstupu

pro indikaci zamknutí je signalizován stav „uzamčeno“ (Locked). Časový sled výše popisovaných událostí je zřejmý z diagramu na obr. 60.

Na obr. 61 je typická aplikace obvodu RS7225 jako jednoduchého kódového elektronického zámku. Ze schématu je dobře patrné, že obvod vyžaduje jen minimální počet vnějších součástek.

Zapojení na obr. 62 využívá impulsu, který na výstupu Unselected/Out-Of-Sequence Output (vývod 5 obvodu RS7225) indikuje chybnou volbu, k zablokování sekvenčního detektoru.

Při nesprávné volbě se kódový zámek zablokuje na dobu přibližně 20 s a teprve po uplynutí této doby je možné se pokusit o opakovanou volbu.

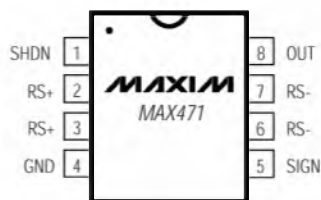
Obvody pro napájecí zdroje

Obvody MAX471 a MAX472 pro snímání a monitorování proudu

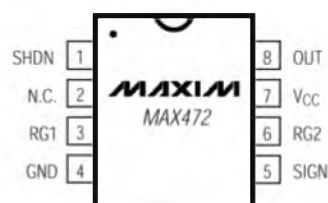
Obvody MAX471 a MAX472 byly americkým výrobcem Maxim vyvinuty pro jednoduché snímání a následné měření velikosti protékajícího proudu. Unikátní topologie těchto proudových snímačů velmi usnadňuje návrh obvodů, které monitorují velikosti protékajícího proudu zejména v bateriově napájených zařízeních, kde je vhodné měřit nejen velikost proudu odebíraného z baterie dodávaného při nabíjení.

Obvod MAX471 má vývody zapojeny podle obr. 63 a obvod MAX472 podle obr. 64.

Zjednodušené funkční blokové schéma obvodu MAX471 je na obr. 65,



Obr. 63. Zapojení vývodů obvodu MAX471



Obr. 64. Zapojení vývodů obvodu MAX472

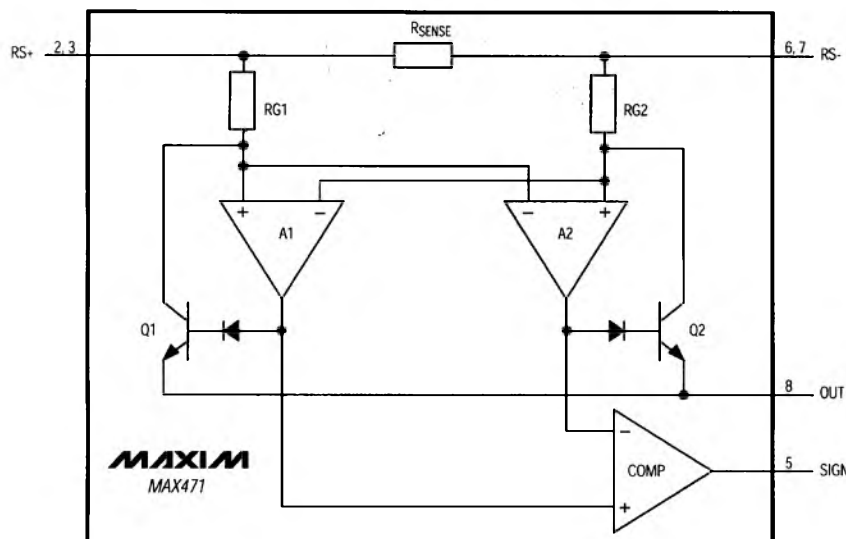
zjednodušené funkční blokové schéma obvodu MAX472 je na obr. 66.

Základní aplikační zapojení obvodu MAX471 je na obr. 67. Obvod MAX471 má přímo na svém čipu integrovaný rezistor R_{SENSE} pro snímání protékajícího proudu v obou směrech až do velikosti ± 3 A.

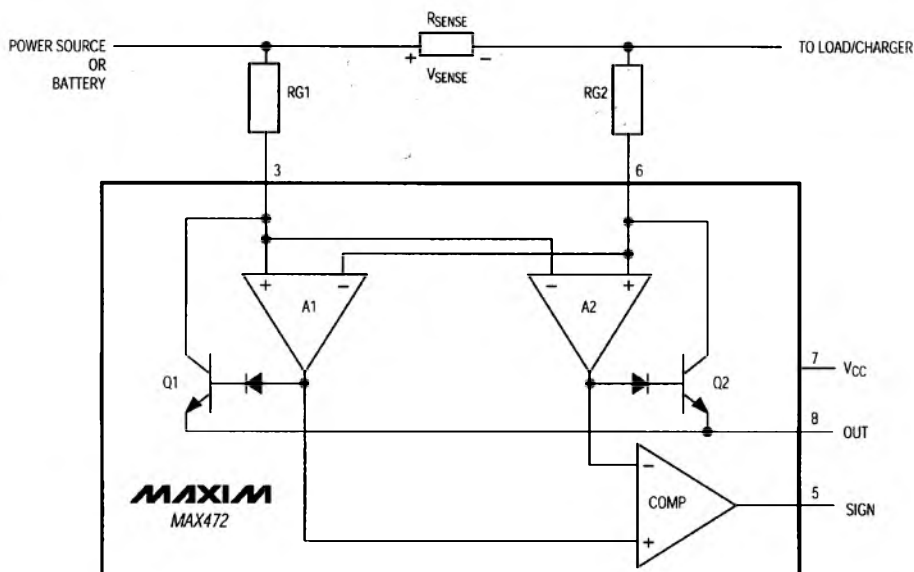
V aplikacích, kde je snímán větší proud nebo je požadována větší flexibilita, je možno použít obvod MAX472 s vnějším snímacím rezistorem R_{SENSE} . Použití vnějšího snímacího rezistoru

také dovoluje nastavit zisk proudového zesilovače vnějšími rezistory RG1 a RG2. Dále se oba uvedené obvody od sebe ještě liší tím, že obvod MAX471 je napájen ze vstupu RS- (k měřenému proudu se přidává i vlastní spotřeba obvodu - typ. 50 μ A), zatímco obvod MAX472 je vybaven zvláštním napájecím vstupem V_{CC} , který může být připojen jak na stranu zdroje, tak i na stranu zátěže.

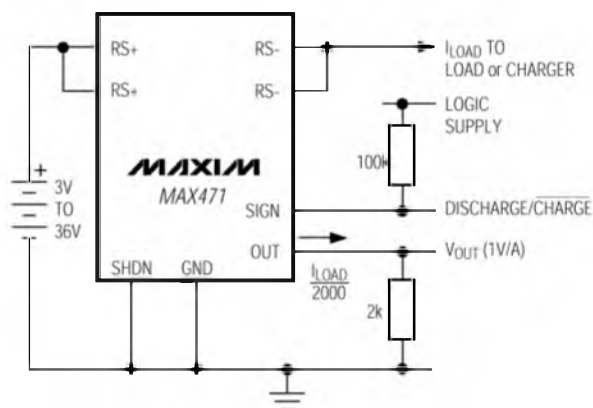
Podíváme-li se znovu na blokové schéma obvodu MAX471 na obr. 65 a



Obr. 65. Zjednodušené funkční blokové schéma obvodu MAX471



Obr. 66. Zjednodušené funkční blokové schéma obvodu MAX472



Obr. 67. Základní aplikační zapojení obvodu MAX471

předpokládáme-li, že měřený proud I_{LOAD} protéká přes rezistor R_{SENSE} od svorky RS+ ke svorce RS- a výstup OUT je přes zatěžovací rezistor R_{OUT} spojen se zemí GND, je v tomto případě operační zesilovač A1 aktivní, tranzistor Q1 je otevřen a jeho emitorem protéká výstupní proud I_{OUT} . Druhým operačním zesilovačem A2 je uzavřen tranzistor Q2 a rezistorem RG2 neteče žádný proud. Napětí U_{IN1} na invertujícím vstupu operačního zesilovače A1 je dáno rozdílem vstupního napětí U_{SOURCE} na vstupu RS+ a úbytku napětí na snímacím rezistoru R_{SENSE} podle vzorce:

$$U_{IN1} = U_{SOURCE} - (I_{LOAD} \cdot R_{SENSE}).$$

Zpětnovazební smyčkou operačního zesilovače A1 je na jeho neinvertujícím vstupu udržováno stejné velké napětí, jako je napětí na jeho invertujícím vstupu. Proto je úbytek napětí na rezistoru RG1 roven součinu $I_{LOAD} \cdot R_{SENSE}$. Protože všechny proudy (zanedbáme-li proud báze tranzistoru Q1, který je velmi malý) teče tranzistorem Q1 a rezistorem RG1, platí pro velikost proudu I_{OUT} na výstupu OUT vztahy:

$$I_{OUT} \cdot RG1 = I_{LOAD} \cdot R_{SENSE},$$

nebo:

$$I_{OUT} = (I_{LOAD} \cdot R_{SENSE}) / RG1.$$

Proudový zisk výstupu obvodu MAX471 má velikost 500 $\mu A/A$ (při $I_{LOAD} = 1 A$ je $I_{OUT} = 500 \mu A$). Na zatěžovacím rezistoru R_{OUT} o odporu 2 k Ω proto vzniká při měřeném proudu $I_{LOAD} = 1 A$ průtokem proudu I_{OUT} úbytek napětí 1 V. Při plném rozsahu měřeného proudu ($\pm 3 A$) tedy vzniká na zatěžovacím rezistoru úbytek napětí +3 V. Jinou velikost úbytku napětí na R_{OUT} pro plný rozsah proudu I_{OUT} je

možno snadno získat změnou odporu rezistoru R_{OUT} . Přitom je nutno respektovat, že maximální výstupní napětí U_{OUT} nemůže být větší než $U_{RS+} - 1,5 V$ pro obvod MAX471 nebo $U_{RG} - 1,5 V$ pro MAX472. Požadované výstupní napětí U_{OUT} je tedy dáno jako:

$$U_{OUT} = (R_{SENSE} \cdot R_{OUT} \cdot I_{LOAD}) / RG,$$

z čehož lze odvodit velikost odporu R_{OUT} pro konkrétní plný rozsah proudu:

$$R_{OUT} = (U_{OUT} \cdot RG) / (I_{LOAD} \cdot R_{SENSE}).$$

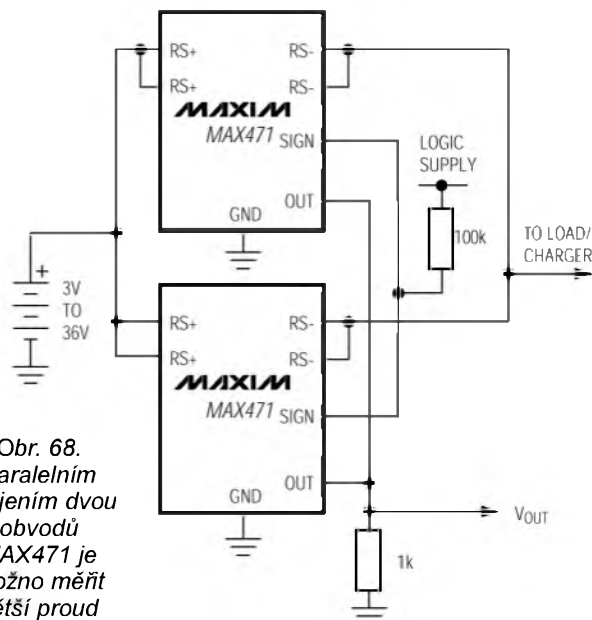
Pro obvod MAX471 platí zjednodušeně:

$$R_{OUT} = U_{OUT} / (I_{LOAD} \cdot 500 \mu A/A)$$

Výstup OUT se chová jako zdroj proudu s „nekonečně“ velkou impedancí a proto může být spojeno několik těchto výstupů dohromady a výstupní proudy se mohou počítat na jediném rezistoru, tak jak je to zakresleno ve schématu na obr. 68. Tím, že jsou paralelně spojeny dva obvody MAX471, je umožněno monitorovat proud do velikosti až $\pm 6 A$.

Zatímco proud I_{OUT} z výstupu OUT udává velikost měřeného proudu I_{LOAD} a je vždy stejné polarity - nezávisle na směru toku měřeného proudu, výstup SIGN poskytuje informaci o směru toku měřeného proudu. Na výstup SIGN je vyveden výstup komparátoru COMP (obr. 65, obr. 66), jehož vstupy jsou připojeny k výstupům operačních zesilovačů A1, A2. Jestliže tranzistor Q1 vede, je na výstupu operačního

Obr. 68. Paralelním spojením dvou obvodů MAX471 je možno měřit větší proud

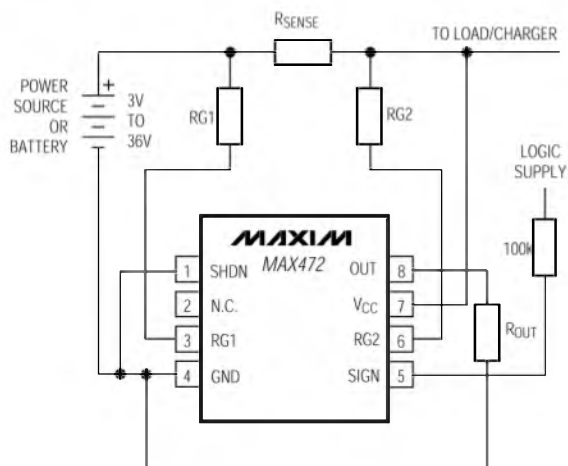


zesilovače A1 napětí kladné polarity, zatímco na výstupu operačního zesilovače A2 je napětí nulové. Za této situace je výstup SIGN ve vysoké úrovni a indikuje tak svým stavem kladnou polaritu měřeného proudu (měřený proud teče od svorky RS+ ke svorce RS-). Signál z výstupu SIGN je užitečný v bateriově napájených zařízeních k rozpoznání stavu, zda je baterie nabíjena nebo vybita. Ke spolehlivé funkci je zapotřebí, aby byl proud I_{OUT} větší než 3,5 μA , což odpovídá měřenému proudu I_{LOAD} nad 7 mA. Výstup SIGN je proveden s otevřeným kolektorem, což umožňuje snadno navázat vstupy logických obvodů, které mohou být napájeny libovolným napětím. Mezi výstup SIGN a kladný pól napájecího napětí logických obvodů musí být připojen rezistor s doporučeným odporem 100 k Ω . K výstupu je možné připojit rovněž indikační LED k jednoduché signalizaci vybíjení nebo nabíjení baterie. Když je baterie vybita, do výstupu SIGN neteče žádný proud. Pokud informace o směru toku měřeného proudu není vyžadována, má výstup SIGN zůstat nezapojen.

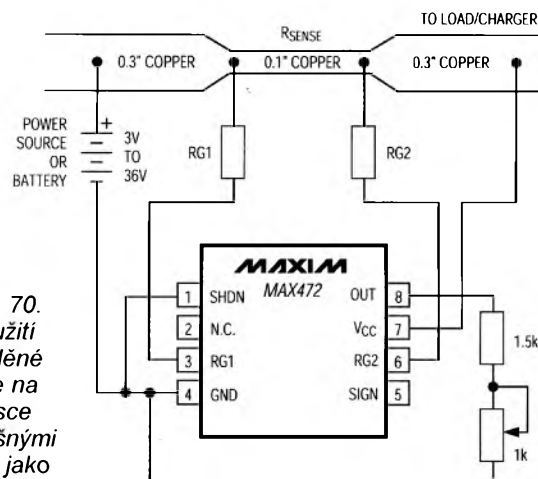
Na vývodu 1 obvodů MAX471 a MAX472 je vstup SHDN. Přivedením vysoké logické úrovně („log. 1“) na vstup SHDN se obvod uvede do klidového stavu s odběrem napájecího proudu menším než 5 μA . Za této situace je výstup OUT odpojen a výstup SIGN je ve stavu s vysokou impedancí.

Tab. 4. Doporučené odpory rezistorů R_{SENSE} , RG1 a RG2 v zapojení s MAX472 pro proud I_{LOAD} v mezích od 0,1 do 10 A

Proud I_{LOAD} pro plný rozsah [A]	Rezistor R_{SENSE} [m Ω]	RG1 RG2 [Ω]	Zatěžovací rezistor R_{OUT} [k Ω]	Výstupní napětí [V] (pro plný rozsah)	Poměr U_{OUT} / I_{SENSE} [V/A]	Typická chyba v % při zátěži		
						1 %	10 %	100 %
0,1	500	200	10	2,5	25	14	2,5	0,9
1	50	200	10	2,5	2,5	14	2,5	0,9
5	10	100	5	2,5	0,5	13	2	1,1
10	5	50	2	2	0,2	12	2	1,6



Obr. 69. Základní zapojení obvodu MAX472



Obr. 70. Využití měděné fólie na desce s plošnými spoji jako proudového bočníku

Jak již bylo uvedeno, pro měření zejména větších proudů (nad ± 3 A), ale též i pro měření malých proudů (v případech, kdy je požadovaný proud pro plný rozsah menší než ± 3 A) byl vyvinut obvod MAX472, který neobsahuje snímací rezistor R_{SENSE} a rezistory RG1, RG2 pro nastavení zisku.

V tab. 4 jsou doporučené odpory vnějších rezistorů R_{SENSE} , RG1 a RG2 v zapojení s obvodem MAX472 podle obr. 69 pro různé aplikace, které vyžadují snímat proud I_{LOAD} v mezích od 100 mA až do 10 A.

Jako snímacím rezistorem R_{SENSE} lze s výhodou snímat velikost protékajícího proudu I_{LOAD} krátkým úsekem měděné fólie v napájecí cestě na desce s plošnými spoji nebo části přívodního vodiče, na němž průchodem měřeného proudu vzniká malý úbytek napětí (obr. 70).

Oba integrované obvody MAX471 i MAX472 mohou pracovat s napájecím napětím v rozsahu od 3 do 36 V.

ciho kontroléru v plastovém pouzdře DIP s osmi vývody a z jednoho triaku v běžném výkonovém pouzdře TO220AB.

Obvody svou funkci zajišťují automatickou volbu vstupního síťového napětí 115 V nebo 230 V (automatic voltage switch, automatic main selector). Zapojení vývodů a vnitřní funkční blokové schéma kontroléru řady AVS je na obr. 71.

Řadu tvoří soupravy AVS08, AVS10 a AVS12. Jednotlivé soupravy se od sebe liší spínaným výkonem, pro který jsou určeny (tedy parametry použitého triaku), jak je patrné z přehledu v tab. 5.

Řídicí kontrolér je optimalizován pro malou spotřebu a zároveň velmi bezpečné zapínání triaku (výstupní proud až ± 40 mA). Rovněž triak je zvláště navržen pro tuto aplikaci. Má dobrou citlivost i dynamické vlastnosti

řídící elektrody (hradla), čímž jsou minimalizovány ztráty a zvětšena odolnost proti rušivým napětím.

Základní zapojení automatického voliče vstupního síťového napětí je na obr. 72 a je pro všechny soupravy obvodů řady AVSxx stejné, včetně hodnot několika použitých nutných vnějších součástek.

Zapojení na obr. 72 pracuje tak, že signálem z výstupu V_G (na vývodu 5 kontroléru AVSxx) je řízen triak, který přepíná funkci celého obvodu. Při vstupním napětí sítě 230 V pracuje obvod jako celovlnný můstkový usměrňovač (triak je vypnut) a při vstupním napětí sítě 115 V jako celovlnný zdvojnásobč napětí (triak zapnut).

Tento obvod tedy může být využit jako vstupní část spínaného zdroje, který pracuje v širokém rozsahu vstupního síťového střídavého napětí.

Vstupem V_M na vývodu 8 je snímána špičková velikost kladných půlvln

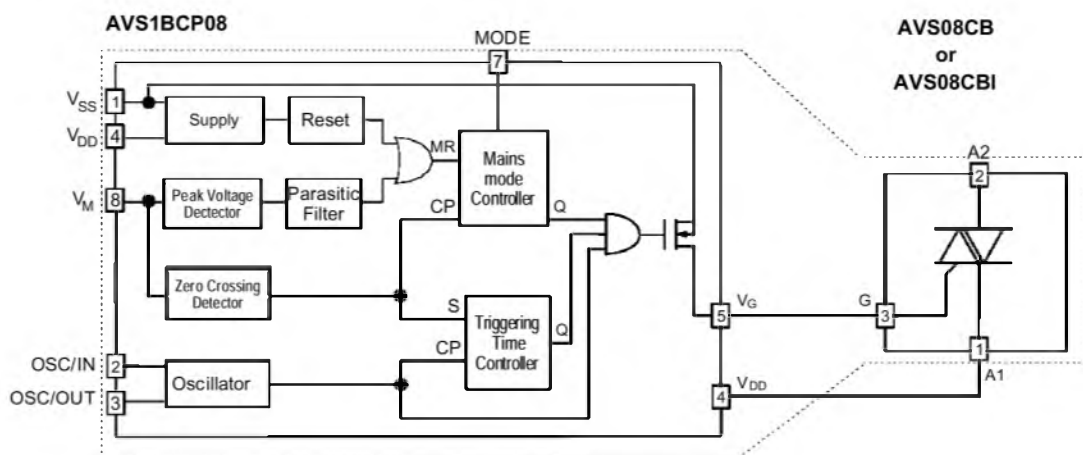
Automatická volba síťového napětí s obvodu AVS08 až AVS12

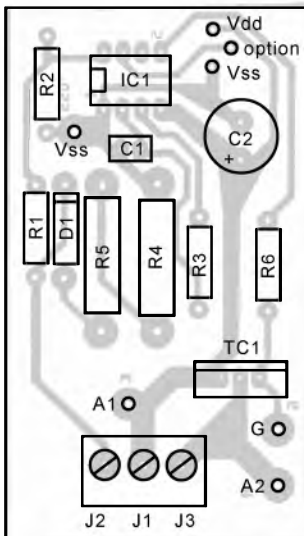
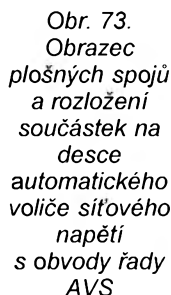
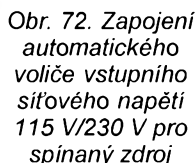
Obvody řady AVS08 až AVS12 od firmy SGS-Thomson jsou vlastně soupravy, které se skládají z jednoho řídí-

Tab. 5. Základní technické údaje řady obvodů AVS08 až AVS12

Typ	Max. spínaný výkon	Opakovatelné špičkové závěrné napětí U_{DRM}	Závěrný spínaný proud $I_{T(RMS)}$	Neopakovatelný špičkový spínaný proud I_{TSM} ($t = 8,3$ ms)
AVS08	200 W	± 500 V	5 A	70 A
AVS10	300 W	± 600 V	8 A	85 A
AVS12	500 W	± 600 V	12 A	105 A

Obr. 71. Zjednodušené blokové schéma a zapojení vývodů obvodu AVS08





Praktická realizace automatického voliče síťového napětí s obvody řady AVS na desce s plošnými spoji o rozměrech 70 x 40 mm je na obr. 73.

Funkci odpojování zátěže mají v sobě integrovanou některé modernější typy jak lineárních, tak i spínacích stabilizátorů. Většina typů stabilizátorů však tuto funkci neumožňuje, a to zejména, má-li se spínat nebo vypínat zátěž s větším proudovým odběrem. V takovém případě je nutno použít samostatný elektronický spínač.

Obvod je vyráběn v pouzdře SO s osmi vývody, které je určeno pro povrchovou montáž. Zapojení vývodů obvodu LTC1477 je na obr. 74, blokové schéma obvodu LTC1477 je na obr. 75.

V závislosti na počtu propojených kolektorů je možné dosáhnout tři rozdílných velikostí proudů I_{LIMIT} proudového omezení.

Když jsou vzájemně propojeny vstupy V_{IN1} a V_{IN2} , je $R_{DS(ON)} = 0,09 \, \Omega$ a $I_{LIMIT} = 1,5 \, A$.

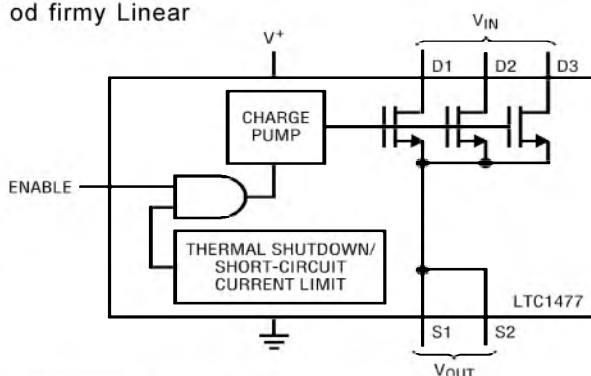
Z grafu na obr. 76 je dobře vidět závislost velikosti výstupního napětí (na výstupu V_{OUT}) na spínaném proudu při vstupním napětí 5 V a při propojených vstupech V_{IN1} , V_{IN2} a V_{IN3} . Díky velmi malému odporu $R_{DS(ON)}$ je napěťový úbytek na spínači jen minimální.

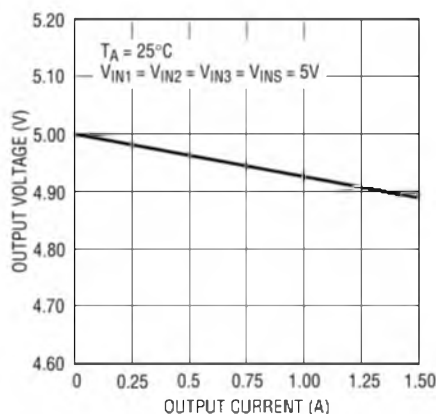
Pinout diagram of the ADXL345 module:

- Pin 1: V_{OUT}
- Pin 2: V_{IN1}
- Pin 3: V_{INS}
- Pin 4: EN
- Pin 5: GND
- Pin 6: V_{IN3}
- Pin 7: V_{IN2}
- Pin 8: V_{OUT}

Elektronický spínač zátěže s ochranou proti přetížení s LTC1477 a LTC1478

Obr. 75. Blokové schéma obvodu LTC1477





Obr. 76. Závislost velikosti výstupního napětí (OUTPUT VOLTAGE) na proudu spínačem (OUTPUT CURRENT)

dlech bylo větší, než je napájecí napětí na jejich elektrodách drain).

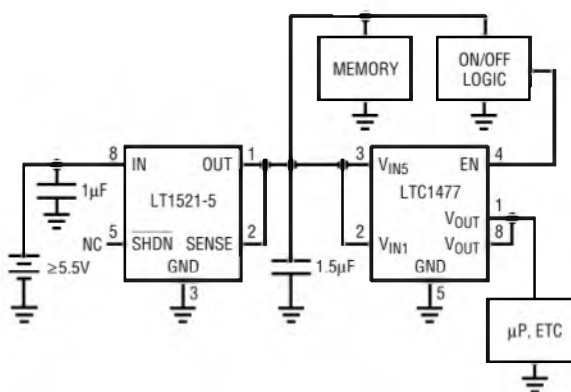
Kromě ochranného obvodu, který omezuje proud na volitelnou velikost má LTC1477 vestavěn ochranný obvod, který zabráňuje poškození tepelným přetížením. Teplotní ochrana se aktivuje, když teplota čipu dosáhne přibližně 130 °C.

Pokud je obvod LTC1477 aktivován (spínací tranzistory jsou sepnuty), je jeho proudový odběr typicky kolem 100 μA . V klidovém stavu (spínací tranzistory jsou vypnuty) se zmenší proudová spotřeba na pouhých 10 nA.

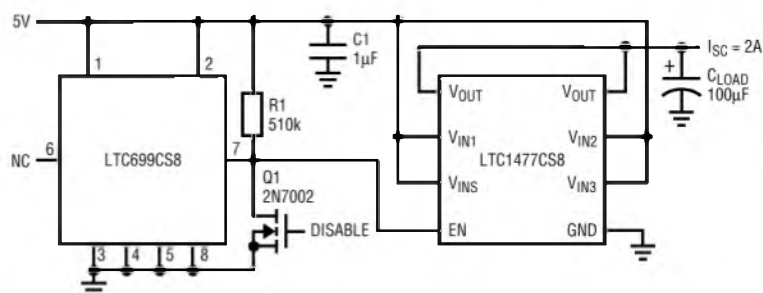
Nepatrné proudové spotřeby obvodu LTC1477 v klidovém stavu je využito v zapojení na obr. 77, které řeší trvalé napájení paměti z hlavní napájecí baterie bez použití zálohovací baterie. V zapojení je dále využito malé proudové spotřeby stabilizátoru LT1521, která je pouze 12 μA . Když vnitřní spínač obvodu LTC1477 vypne (po přivedení signálu na ovládací vstup EN) napájený přístroj (μP , ETC), zůstává ze zdroje napájená jen paměť a logické obvody pro zapnutí a vypnutí (ON/OFF). Díky malé spotřebě použitých obvodů je prodloužena doba života napájecí baterie a ušetří se za zvláštní zálohovací baterii pro paměť.

Dalším příkladem využití obvodu LTC1477 je zapojení na obr. 78. Toto zapojení ošetřuje zejména napájení zásuvných karet, které jsou připojovány k zařízení za jeho plného provozu.

Při zasunutí karty a jejím připojení k napájecí sběrnici „natvrdo“ se stane hned několik věcí, které mohou poškodit jak kartu samotnou, tak i napájecí zdroj.



Obr. 77.
Zapojení
s malým
proudovým
odběrem
bez potřeby
zálohovací
baterie
pro paměť



Obr. 78. Napájecí obvod zásuvné karty s proudovým omezením a vypnutím při malém napájecím napětí

Za prvé se začne poměrně velkým proudem nabíjet vybitý blokovací či filtrační kondenzátor, umístěný na kartě. To má za následek krátkodobý pokles napětí na napájecí sběrnici a tedy i rušivý impuls. Nabíjecí proud kondenzátoru je omezen jen přechodovým odporem kontaktů zásuvky a zástrčky, odporem spojů a ekvivalentním sériovým odporem ESR samotného kondenzátoru. Vzniklý krátkodobý pokles napětí na napájecí sběrnici může u ostatních obvodů zcela reálně vyvolat zmatek, pokud je systém vybaven funkcí RESET, odvozenou od připojení napájecího napětí a prahové napětí je nastaveno například na 4,65 V.

Za druhé může být karta sama poškozena velkým proudovým impulsem. Vzniklou indukci se mohou poškodit některé citlivé a drahé obvody.

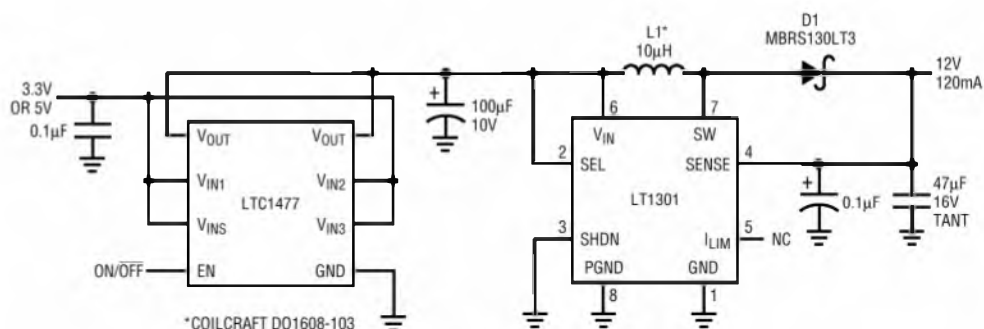
Za třetí, jestliže je karta odpojena a poté opět připojena v průběhu několika milisekund (to se může stát nejen skutečným mechanickým přerušením obvodu, ale i vlivem zvětšeného přechodového odporu a nespolehlivosti kontaktů zásuvky a zástrčky) mohou vzniklé změny velikosti napájecího napětí „zmást“ mikroprocesor nebo periferní integrované obvody na kartě tak,

že jsou generována chybná data do paměti nebo se úplně zablokuje funkce karty.

Za čtvrté může být karta „zkratována“ či poškozena a zkratovým proudem může být poškozen napájecí zdroj nebo další obvody. Vzniklým teplem může být způsobeno i další mechanické poškození.

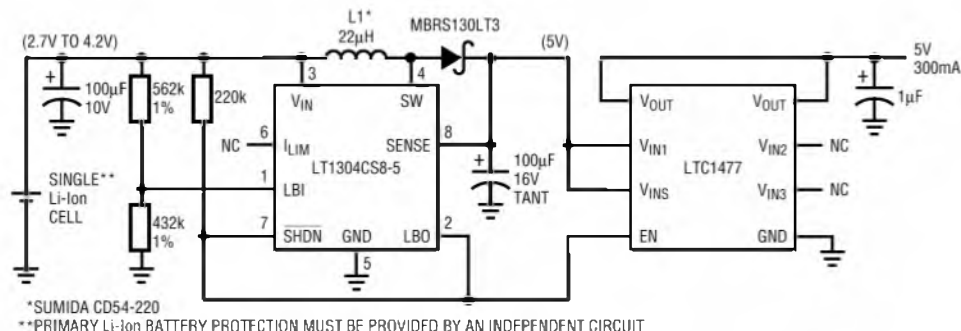
Konečně - za páte - se velkým nabíjecím proudem blokovacího či filtračního kondenzátoru opalují vlivem přechodového odporu kontakty propojovací zásuvky a zástrčky. Mohou se též poškodit a „přepálit“ tenké vodivé cesty na desce s plošnými spoji.

Zapojení na obr. 78 vylučuje všechny výše uvedené chyby a stavy, které mohou nastat při vložení zásuvné karty. Spínač LTC1477 zde spolupracuje s dohledovým (Supervisor) obvodem LTC699. Po připojení k napájecímu napětí generuje integrovaný obvod LTC699 na svém výstupu signál „power on RESET“, který má po dobu prvních přibližně 200 ms nízkou úroveň a ovládá prostřednictvím vstupu EN elektronický spínač v LTC1477. Elektronický spínač je nízkou úrovní vypnut. Poté se změně logická úroveň signálu „power on RESET“ a elektro-



Obr. 79.
Zapojení, ve kterém se úplně odpojuje zátěž od napájecího zdroje. Zapojení má také ochranu proti přetížení při zkratu

Obr. 80. Zapojení s ochranou proti zkratu a s odpojením zátěže při nedostatečném napětí napájecí baterie



*SUMIDA CD54-220

**PRIMARY Li-Ion BATTERY PROTECTION MUST BE PROVIDED BY AN INDEPENDENT CIRCUIT

nický spínač sepne. Výstupní napětí za spínačem se plynule zvětšuje po dobu přibližně 1 ms (doba vypnutí je mnohem kratší, typicky 20 µs). I v případě, že je použit blokovací kondenzátor s velkou kapacitou, je nabíjecí proud omezen na maximální velikost 2 A a kondenzátor je tedy nabíjen pomaleji. Navíc je vzhledem k proudovému omezení systém chráněn proti zkratu.

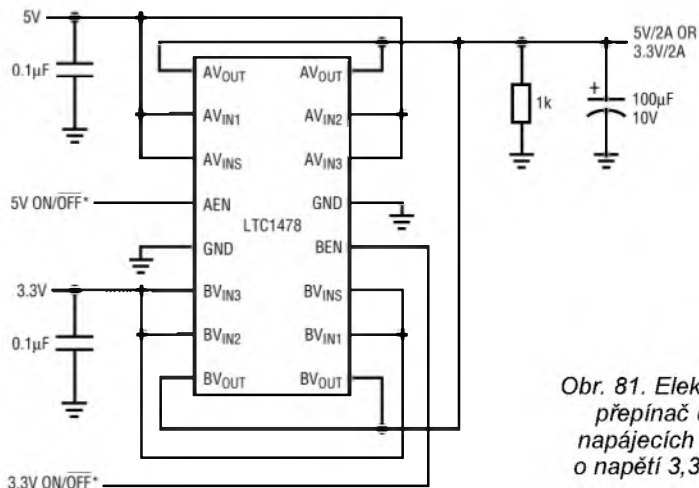
Při poklesu vstupního napájecího napětí pod 4,65 V se na základě signálu z dohledového obvodu LTC699 odpojí napájené zařízení.

Napájené zařízení se může též odpojit signálem DISABLE, tj. tím, že se na hradlo tranzistoru T1 přivede vysoká logická úroveň.

Další užitečnou aplikací obvodu LTC1477 je zapojení na obr. 79. Spínaný regulátor LT1301 je zapojen jako zvyšovací (Step-up, Boost) a poskytuje napětí 12 V pro programování paměti Flash z napájecího zdroje o napětí 3,3 V nebo 5 V. Přestože integrovaný obvod LT1301 umožňuje elektronicky odpojit (Shutdown) svůj výstup, může tlumivkou L1 a diodou D1 dále protékat proud do výstupního vývodu. Do připojené zátěže tak může téci poměrně značný proud, pokud je zátěž zkrat, může se zařízení dokonce i poškodit. Přidáním obvodu LTC1477 je zaručeno úplné odpojení zátěže od napájecího zdroje a navíc ochrana proti přetížení při zkratu.

Poslední aplikací obvodu LTC1477 je zapojení na obr. 80. V bateriově napájených zařízeních je nutné při nedostatečném napětí baterie odpojit zátěž, aby se zabránilo hlubokému vybíjení baterie a jejímu následnému poškození. Mikropříkonový zvyšující spínaný regulátor LT1304 obsahuje detektor nedostatečného napětí baterie, který je aktivní i tehdy, když je samotný regulátor LT1304 v klidovém stavu. Výstupem LBO tohoto detektoru je řízen jak regulátor 5 V v obvodu LT1304, tak i spínač LTC1477. V tomto zapojení poskytuje obvod LTC1477 ochranu proti zkratu (je nastaven mezní proud 850 mA) a úplně odpojuje zátěž od napájení v případě, kdy se napětí napájecí baterie zmenší natolik, že by regulátor nemohl bezpečně plnit svou funkci.

Obvod LTC1478 je dvojitou verzí integrovaného obvodu LTC1477. LTC1478 obsahuje dva nezávislé



Obr. 81. Elektronický přepínač dvou napájecích zdrojů o napětí 3,3 a 5 V

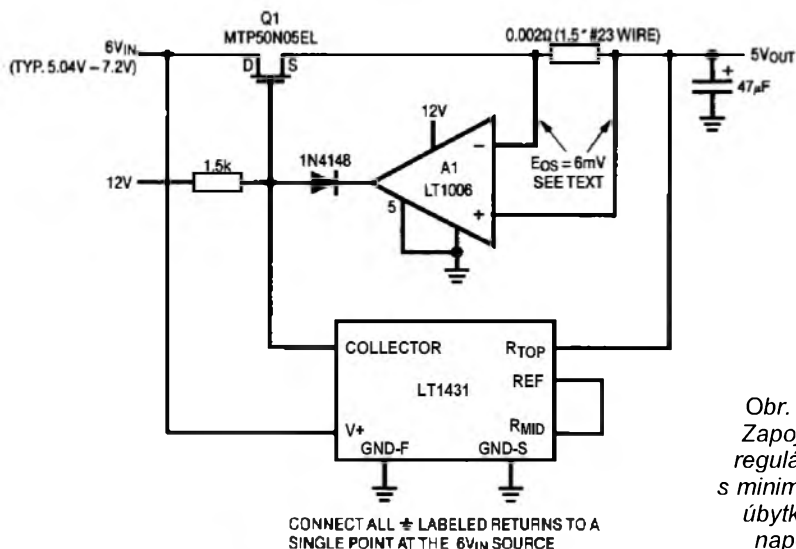
elektronické spínače s ochranou, které jsou identické se spínačem v obvodu LTC1477. Napětí, přivedená na vstupy LTC1478, mohou být ze dvou oddělených zdrojů, nicméně zemní svorka je společná, a proto musí být oba zdroje napětí připojeny na stejný potenciál.

Na obr. 81 je praktická aplikace obvodu LTC1478. Zapojení pracuje jako elektronický přepínač dvou napájecích zdrojů o napětí 3,3 a 5 V a omezuje výstupní proud na 2 A. Mezi signály na vstupech AEN a BEN by měla být prodleva asi 100 ms, která je potřebná pro vybití elektrolytického kondenzátoru na výstupu. Ovládací vstupy AEN a BEN pracují s hysterezí, která zaručuje jednoznačnost přepnutí napájecích zdrojů. Proudová spotřeba

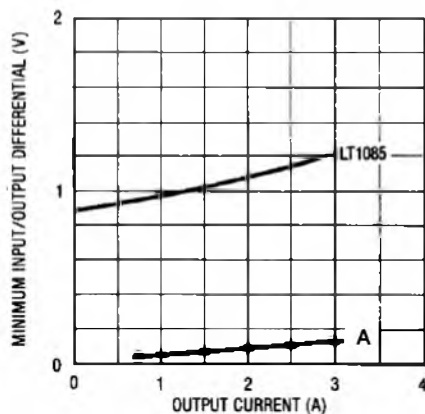
elektronického přepínače je v klidovém stavu pouze 0,01 µA.

Lineární regulátor s minimálním úbytkem napětí

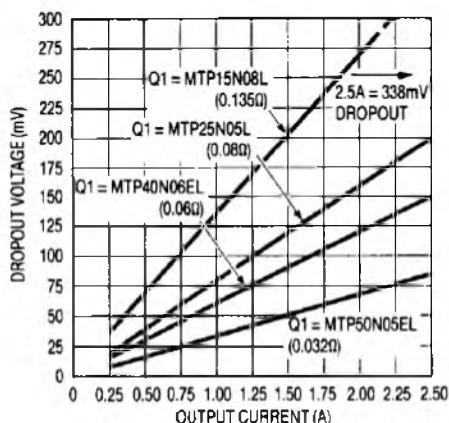
Lineární regulátory s co nejmenším úbytkem napětí na regulačním členu jsou stále více vyžadovány, a to zejména v bateriově napájených přístrojích. Malý rozdíl vstupního a výstupního napětí, potřebný k zachování regulačních schopností regulátoru, umožňuje využívání napájecí baterie po delší dobu až do okamžiku, kdy je téměř zcela vyčerpána. Doba životnosti baterie je přímo úměrná velikosti



Obr. 82. Zapojení regulátoru s minimálním úbytkem napětí



Obr. 83. Srovnání úbytků napětí na popisovaném regulátoru (křivka A) a na monolitickém regulátoru LT1085



Obr. 84. Graf úbytku napětí v závislosti na velikosti výstupního proudu při použití jiných typů tranzistorů

úbytku napětí na regulátoru a proto je snahou konstruktérů jeho velikost minimalizovat.

Na obr. 82 je zapojení jednoduchého lineárního regulátoru, jehož úbytek napětí je pouze 0,085 V při výstupním proudu 2,5 A. Jak je vidět z grafu (křivka A) na obr. 83, odpovídá to při stejném výstupním proudu třináctinásobnému zlepšení oproti monolitickému třísvorkovému regulátoru s malým úbytkem napětí typu LT1085. Při menších výstupních proudech se tento úbytek napětí zmenšuje na mizivou velikost.

Velikost výstupního napětí regulátoru je řízena přesným bočnickovým napěťovým regulátorem LT1431. Topologie tohoto obvodu eliminuje potřebu použít jinak obvyklé zpětnovazební rezistory a trimr pro nastavení výstupního napětí 5 V. Integrovaný obvod LT1431 od firmy Linear Technology byl nedávno podrobně popsán včetně několika jeho dalších praktických aplikací v seriálu o lineárních obvodech pro napájecí zdroje v [17]. Výstupem (Collector) obvodu LT1431 je řízen výkonový regulační tranzistor MTP50N05EL (výrobce Motorola), který zde pracuje jako napěťový emitorový (Source) sledovač. K buzení hradla tranzistoru je potřeba vnější napětí +12 V, které je možné získat

buď z jiného zdroje v zařízení (při víceúrovňovém napájení), nebo jednoduchým spínaným zvyšujícím regulátorem z napájecí baterie.

Pozornost vyžaduje návrh ochrany proti proudovému přetížení či zkratu. Aby se předešlo významnému zvětšení úbytku napětí na snímacím rezistoru, je použit rezistor s odporem 0,002 Ω. Takový rezistor je možné realizovat kouskem měděného drátu nebo definovanou měděnou plochou přímo na desce s plošnými spoji. Při maximálním výstupním proudu 3 A vzniká na snímacím rezistoru přídavný úbytek napětí pouhých 6 mV. Napětí ze snímacího rezistoru je přiváděno mezi invertující a neinvertující vstup operačního zesilovače LT1006. Když dosáhne výstupní proud regulátoru mezní velikosti, přejde výstup operačního zesilovače LT1006 do nízké úrovně. Tím se přes diodu 1N4148 zkratuje budící napětí hradla výkonového tranzistoru a výstup regulátoru se tím odpojí.

Přesný operační zesilovač LT1006 je konstruován pro nesymetrické napájení z jednoho zdroje (v našem případě je napájen napětím +12 V). Operační zesilovač má zavedenou vstupní napětovou nesymetrii přesně 6 mV tím, že má uzemněn vstup 5 pro kompenzaci vstupní napětové nesymetrie.

Použitý obvod pro omezení proudu, který se skládá z jednoho operačního zesilovače a tranzistoru, představuje dobře řízenou proudovou zpětnovazební smyčku s hladkým nasazením činnosti.

Úbytek napětí na tranzistoru MOSFET typu MTP50N05EL, který je při proudu 2,5 A již zmíněných 85 mV, se ještě dále zmenší při menším výstupním proudu, např. na pouhých 8 mV při proudu 0,25 A. Na obr. 84 je pro srovnání graf úbytku napětí v závislosti na velikosti výstupního proudu při použití jiných tranzistorů s větším odporem v sepnutém stavu ($R_{DS(ON)}$).

Uvedené zapojení regulátoru nabízí jednoduché řešení v případech, kdy je vyžadován extrémně malý úbytek

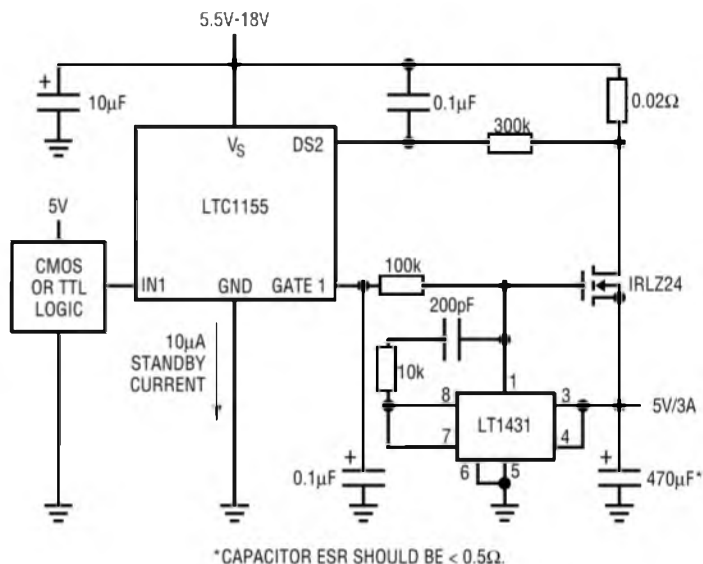
napětí na regulátoru v širokém rozsahu výstupních proudů. Elektrické parametry popsaného regulátoru, malý počet použitých součástek a přesnost regulace výstupního napětí mohou být zajímavou alternativou k jiným způsobům řešení regulátorů v napájecích zdrojích, u kterých je požadován co nejmenší úbytek napětí.

Regulátor 5 V/3 A s velmi malým úbytkem napětí

Lineární regulátor s velmi malým úbytkem napětí (Low - Drop) je možno postavit s použitím integrovaného obvodu LTC1155 a výkonového tranzistoru MOSFET s malým odporem $R_{DS(ON)}$ v sepnutém stavu. Obvod LTC1155 od firmy Linear Technology je dvojnásobný mikropříkonový budič tranzistorů MOSFET. LTC1155 obsahuje zdroj, pracující na principu nábojové pumpy, který je schopen dodávat napětí větší, než je napětí napájecí. Větší napětí je nutné k buzení hradla výkonového tranzistoru MOSFET, aby mohl být tento typ tranzistoru dokonale sepnut.

K regulaci a stabilizaci výstupního napětí regulátoru 5 V/3 A na obr. 85 slouží integrovaný obvod LT1431, což je přesný bočnickový napěťový regulátor. Topologie tohoto obvodu vylučuje potřebu použít jinak obvyklé zpětnovazební rezistory a trimr pro nastavení výstupního napětí 5 V. Integrovaný obvod LT1431 od firmy Linear Technology byl podrobně popsán v [17].

Výstup GATE1 obvodu LTC1155 nabíjí větším napětím akumulární kondenzátor 0,1 μF a toto napětí je přes rezistor 100 kΩ přiváděno na hradlo tranzistoru MOSFET IRLZ24. Obvod LT1431 monitoruje výstupní napětí a v závislosti na jeho okamžité velikosti řídí svým výstupem hradlo tranzistoru MOSFET tak, aby bylo výstupní napětí stále 5 V.



Obr. 85. Regulátor 5 V/3 A s velmi malým úbytkem napětí

Rezistorem o odporu $0,02\ \Omega$ je snímána velikost výstupního proudu do zátěže. Pokud je úbytek napětí na tomto rezistoru větší než 100 mV , přeruší se budicí napětí pro výkonový tranzistor. Tím je regulátor chráněn proti proudovému přetížení.

Kondenzátor $0,1\ \mu\text{F}$, zapojený mezi kladný pól napájecího napětí a vstup DS1 obvodu LTC1155, zpožďuje náběh zdroje při zapnutí a vylučuje tak velký nárazový proud do zátěže, která obsahuje filtrační nebo blokovací kondenzátory o velké kapacitě.

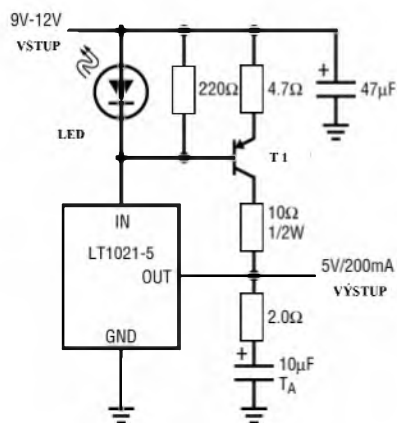
Regulátor může být prostřednictvím vstupu IN1 obvodu LTC1155 zapínán i vypínán řídicí logikou nebo mikroprocesorem. Tím se sníží spotřeba v klidovém stavu, která je pro samotný obvod LTC1155 pouhých $10\ \mu\text{A}$, zatímco celý regulátor má spotřebu menší než 1 mA .

Napájecí zdroj s velmi malým výstupním šumem

Některé obvody - to se týká zejména komunikačních zařízení - se musí kvůli své bezchybné činnosti napájet stejnosměrným napětím s co nejmenším obsahem šumové složky.

Regulátor na obr. 86 byl navržen pro napájení oscilátoru v kmitočtovém syntezátoru, kde rušivé napětí, superponované na napětí napájecí, způsobovalo nepříjemný fázový šum oscilátoru. Tento jednoduchý napájecí zdroj dodává při výstupním stabilizovaném napětí 5 V proud do zátěže až 200 mA . Efektivní šumové napětí na výstupu je přitom pouze $7\ \mu\text{V}$ v kmitočtovém pásmu 10 Hz až 10 kHz , přičemž běžně používané standardní třísvorkové regulátory mají úroveň tohoto šumu většinou bez záruky a jeho velikost je přibližně $100\times$ větší. To znamená, že popsané zapojení zlepší odstup šumu asi o 40 dB .

Jako regulátor je použit přesný referenční obvod LT1021-5 od firmy Linear Technology. LT1021-5 je zdro-



Obr. 86. Napájecí zdroj s velmi malým výstupním šumem

jem referenčního napětí $+5\text{ V}$. Použitá technologie s podpovrchovou Zenerovou diodou (buried-Zener diode structure) vylučuje problémy se šumem a stabilitou. Podpovrchová Zenerova dioda je umístěna pod povrchem polovodičového čipu, na kterém jsou současně integrovány obvody pro teplotní kompenzaci a operační zesilovač. Těsnou vazbou je tak vyloučena potřeba termostatu, který by měl poměrně velkou proudovou spotřebu. Blíže byl obvod LT1021 popsán včetně asi deseti dalších jeho praktických aplikací v seriálu o lineárních obvodech pro napájecí zdroje v [18].

Velikost výstupního šumového napětí $7\ \mu\text{V}$ je možno ještě dále zmenšit zařazením výstupního filtru LC, který je tvořen malou tlumivkou s indukčností $100\ \mu\text{H}$ a kondenzátorem s kapacitou $1000\ \mu\text{F}$. Výsledné efektivní šumové napětí na výstupu stabilizátoru je potom $2,5\ \mu\text{V}$ v celém sledovaném kmitočtovém pásmu při plném zatížení.

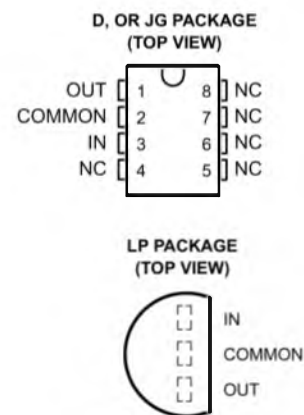
Vnější tranzistor zesiluje proud, dodávaný do výstupu regulátoru. Omezením proudu báze je realizováno celkové proudové omezení regulátoru. Změnou odporu rezistoru, zapojeného v emitoru tranzistoru je možno zvětšit maximální výstupní proud až na 1 A . Maximální velikost výstupního proudu vypočítáme tak, že rozdíl napětí na diodě LED a napětí přechodu báze-emitor tranzistoru dělíme odporem rezistoru v emitoru tranzistoru. LED svým svitem indikuje stav omezení proudu.

Obvody TLE2425 a TLE2426 pro virtuální střed napájení

V zařízeních, která zpracovávají analogový signál a jsou napájena z jednoduchého napájecího zdroje je často zapotřebí získat symetrické napájecí napětí, k jehož středu by mohla být vztažena zem všech signálových napětí. Střed symetrického napájení (virtuální zem) bývá většinou vytvořen s použitím rezistorových děličů, zdrojů referenčního napětí a operačních zesilovačů.

Firma Texas Instruments přišla s mnohem elegantnějším řešením, které minimalizuje celkový počet potřebných součástek na jedinou a šetří tím potřebný prostor na desce s plošnými spoji. Pro získání přesné virtuální země (precision virtual ground) vyvinula dva integrované obvody, které se vyrábějí pod označením TLE2425 a TLE2426.

Použití obvodů TLE2425 a TLE2426 na místě starších technik zapojení pro vytvoření virtuálního středu napájecího napětí přináší konstruktérovi výhodu nejen v již zmíněné jednoduchosti zapojení a úspoře místa na desce s plošnými spoji, ale v první řadě jsou



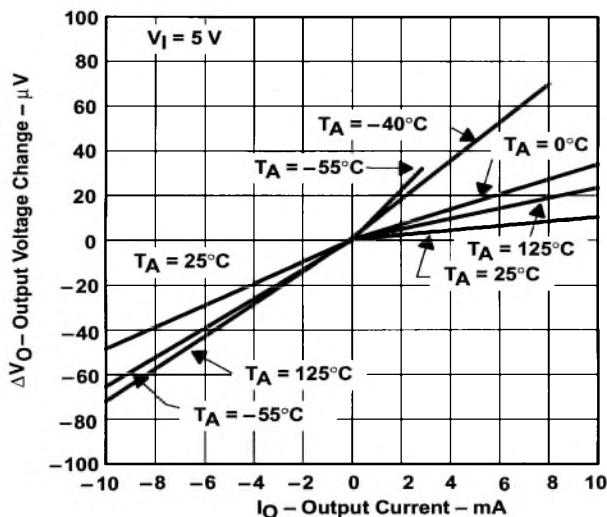
Obr. 87. Zapojení vývodů obvodů TLE2425 a TLE2426 pro pouzdra DIP/ISO a TO-226

to lepší elektrické parametry, jako rozšířené dynamické pásmo zpracovávaného analogového signálu, zlepšený poměr signál/šum, menší zkreslení, zvětšená přesnost a snadnější propojení s A/D a D/A převodníky. Mezi další přednosti patří zmenšený vliv změn vstupního napětí na napětí na výstupu, velmi malá výstupní impedance (typicky $0,0075\ \Omega$) a menší výkonové ztráty obvodu. Tyto výhodné vlastnosti jsou výsledkem kombinace přesného mikropřikonového zdroje referenčního napětí a kvalitního operačního zesilovače na jednom společném křemíkovém čipu.

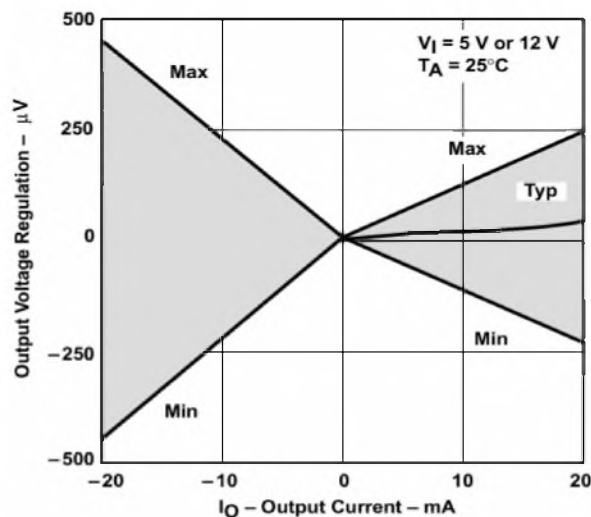
Obvody TLE2425 a TLE2426 jsou vyráběny v pouzdru DIP pro klasickou montáž a v pouzdru SO pro povrchovou montáž (obě pouzdra s osmi vývody) a v levném plastovém pouzdru TO-226 se třemi vývody. Zapojení vývodů těchto pouzder je na obr. 87.

Integrovaný obvod TLE2425 má výstupní napětí $2,5\text{ V}$ a je tedy určen pro získání virtuálního středu napájecího napětí v zařízeních, napájených jednoduchým zdrojem napětí $+5\text{ V}$. Maximální vstupní napětí je přitom 40 V . Výstupní proud může být až 20 mA a změna výstupního napětí je při změnách zátěže $\pm 10\text{ mA}$ zaručována v rozsahu -45 mV až $+15\text{ mV}$, jak je vidět z grafu na obr. 88. Vliv změny vstupního napětí na změnu napětí na výstupu je typicky $1,5\text{ mV/V}$. Proudová spotřeba je malá a pohybuje se kolem $170\ \mu\text{A}$.

Integrovaný obvod TLE2426 má, na rozdíl od obvodu TLE2425, na výstupu napětí, které se přesně rovná vždy jedné polovině napětí vstupního (TLE2426 pracuje jako tzv. „rail splitter“). Vstupní napětí se může pohybovat v rozsahu od 4 do 40 V . Tolerance výstupního napětí při vstupním napětí 5 V nebo 12 V je lepší než 1% , v celém rozsahu do 40 V je $3,6\%$. Teplotní součinitel výstupního napětí je $25\text{ ppm}/^\circ\text{C}$. Výstupní proud může být, stejně, jako u obvodu TLE2425, až 20 mA . Vliv výstupního proudu na změnu výstupního napětí je v grafu na obr. 89.



Obr. 88. Vliv zatěžovacího proudu na změnu výstupního napětí pro obvod TLE2425

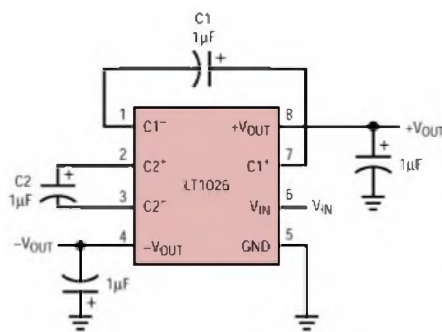


Obr. 89. Vliv zatěžovacího proudu na změnu výstupního napětí pro obvod TLE2426

Navíc má obvod TLE2426 vyveden na vývodu 8 (u pouzdra DIP nebo SO) vstup pro připojení vnějšího kondenzátoru C_{NR} , kterým lze dodatečně zmenšit šumové složky výstupního napětí. Při kapacitě $C_{NR} = 1 \mu\text{F}$ se velikost efektivního napětí šumových složek zmenší z původních $120 \mu\text{V}$ na $30 \mu\text{V}$ (v kmitočtovém pásmu 10 Hz až 100 kHz).

Spínané zdroje bez cívek

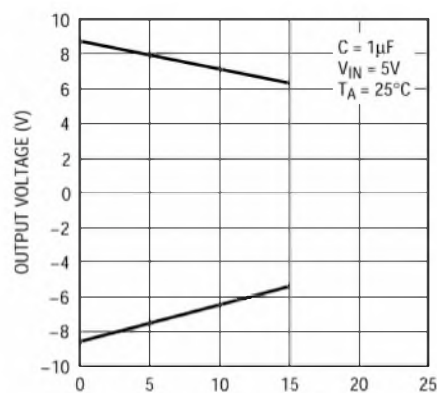
Všechna dále uvedená zapojení využívají vlastností integrovaného obvodu LT1026 od firmy Linear Technology, který obsahuje na jednom čipu spínaný zdvojovač napětí a napěťový invertor. Tento obvod je při vstupním napětí v rozsahu 4 až 10 V schopen na svých výstupech dodat symetrické výstupní napětí v rozmezí ± 7 až $\pm 18 \text{ V}$. Ke své funkci přitom obvod LT1026 potřebuje pouze čtyři vnější součástky - čtyři malé kondenzátory se shodnou kapacitou $1 \mu\text{F}$. LT1026 tak umožňuje snadno vytvořit zdroj dalších napětí při minimálních nákladech, rozměrech



Obr. 90. Zdvojovač napětí a invertor

a s vyloučením potřeby použít indukčnosti.

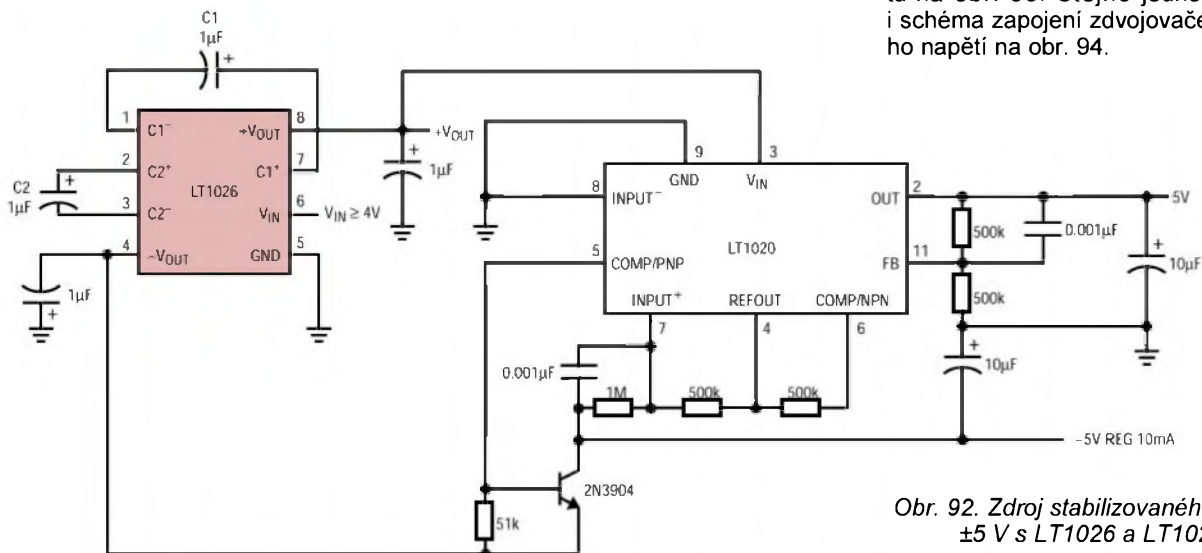
Základní zapojení obvodu LT1026 jako zdvojovače napětí a invertoru je na obr. 90. Pomocí dvou obvodů s nábojově vázanou pumpou (Charge Pump) je vstupní napětí nejprve zdvojeno a poté je zdvojené napětí ještě invertováno. Výstupní proud do zátěže může být větší než 10 mA. Protože výstupní napětí není stabilizováno, mění se jeho maximální velikost v závislosti na zatěžovacím proudu. V grafu na obr. 91 je závislost výstupního napětí na zatěžovacím proudu při vstupním napětí 5 V.



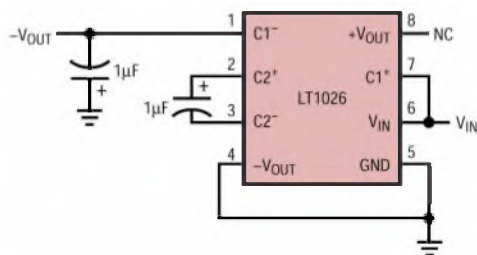
Obr. 91. Graf závislosti výstupního napětí na zatěžovacím proudu (zatěžovací proud v [mA] je vyneseno na vodorovné ose)

Jestliže potřebujeme, aby bylo výstupní napětí stabilizováno, můžeme použít zapojení na obr. 92 s mikropřikonovým regulátorem LT1020. Integrovaný obvod LT1020 byl podrobně popsán včetně jeho mnoha dalších aplikací v [15].

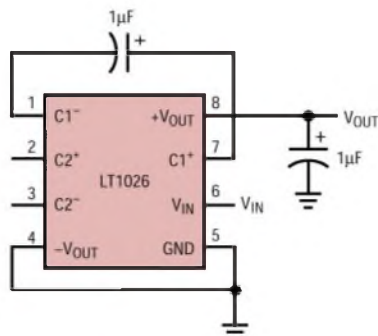
Pokud potřebujeme pouze zdroj záporného napětí, zapojíme obvod LT1026 jednoduše podle schématu na obr. 93. Stejně jednoduché je i schéma zapojení zdvojovače kladného napětí na obr. 94.



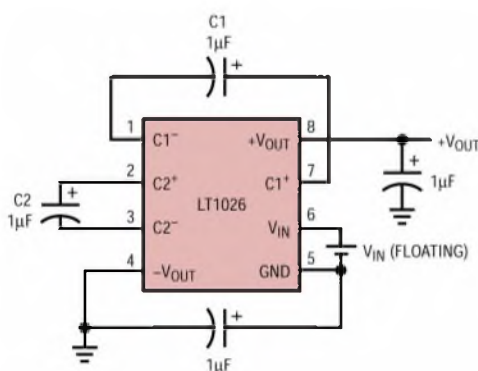
Obr. 92. Zdroj stabilizovaného napětí $\pm 5 \text{ V}$ s LT1026 a LT1020



Obr. 93. Invertor napětí z kladného na záporné



Obr. 94. Zapojení zdvojiwače kladného napětí



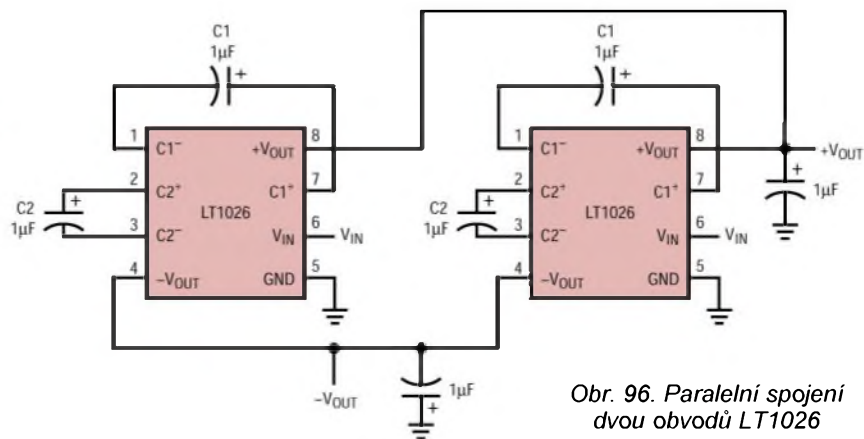
Obr. 95. Násobič čtyřmi - výstupní napětí je až 36 V

Zapojení zdroje většího kladného napětí, na jehož výstupu je možné získat napětí až 36 V, je na obr. 95. Obvod LT1026 je zapojen jako násobič čtyřmi.

V některých aplikacích může být maximální výstupní proud dodávaný obvodem LT1026 nedostatečný. V takovém případě je možné výstupy dvou obvodů LT1026 spojit paralelně podle obr. 96 a dosáhnout tak až dvojnásobného výstupního proudu. Takto lze také, pokud je to zapotřebí, zmenšit výstupní impedanci.

Spínané zdroje s univerzálním obvodem MC34163

Díky jednoduchosti a všestrannosti integrovaného obvodu MC34163, vyvinutého firmou Motorola, je možno snadno zkonstruovat spínaný zdroj (konvertor DC/DC), který pracuje na základě všech tří hlavních topologií.



Obr. 96. Paralelní spojení dvou obvodů LT1026

Jen s malými úpravami obvodového zapojení a s minimálním počtem vnějších součástek lze obvod zapojit jako zvyšující měnič (Step-Up), snižující měnič (Step-Down) nebo invertor s výstupním napětím opačné polaroty oproti napětí vstupnímu.

Jak je vidět ze zjednodušeného funkčního zapojení na obr. 97, obsahuje obvod MC34163 všechny základní části, potřebné pro funkci výkonového spínaného zdroje. Obsahuje dva komparátory s velkým zesílením a napěťovou zpětnou vazbou, teplotně kompenzovaný zdroj referenčního napětí, řízený oscilátor s proměnnou střídou, budič, který je možno zapojit s kladnou zpětnou vazbou (Bootstrap), aby se dosáhla větší účinnosti, a konečně výstupní spínací tranzistor s velkým povoleným pracovním proudem.

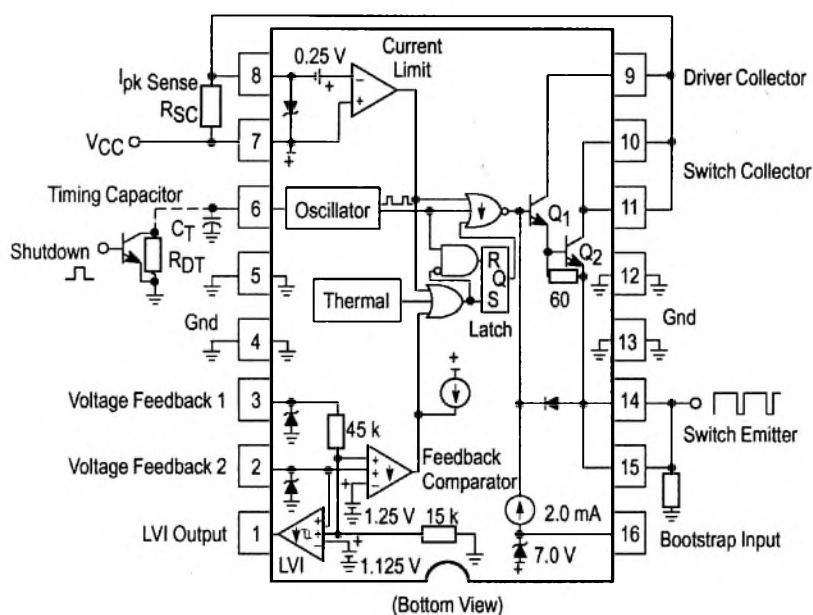
Nezbytnou součástí jsou rovněž ochranné obvody, skládající se z obvodů proudového omezení a vnitřní ochrany proti tepelnému přetížení. Je zde také zahrnut indikátor nedostatečného napětí, který je potřebný při spolupráci se systémy s mikroprocesory.

Obvod MC34163 pracuje jako regulátor, který řídí spínací tranzistor

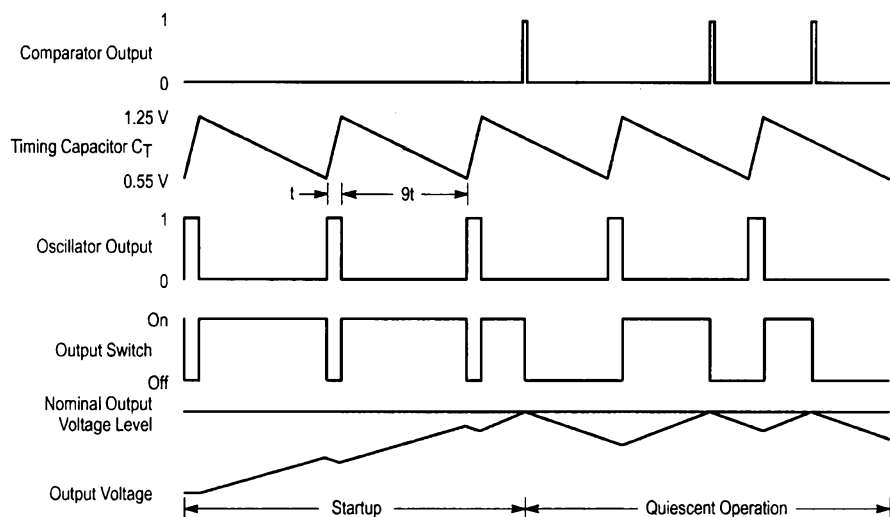
signálem s konstantním kmitočtem a s proměnnou střídou impulsů. Tento pracovní režim je podobný principu nábojově vázané pumpy (Capacitor Charge Pump) a jeho výhodou je snadná kompenzace celé řídicí smyčky k dosažení její dobré stability.

Typický průběh řídicích signálů v závislosti na okamžité velikosti výstupního napětí je na obr. 98. Zvlnění výstupního stabilizovaného napětí je na obrázku pro názornost samozřejmě zvětšeno a platí pro snižující regulátor.

Po zapnutí spínaného zdroje snímá zpětnovazební komparátor (Feedback Comparator) výstupní napětí a porovnává je se jmenovitou hodnotou, která je v té době větší. Za této situace výstupní spínací tranzistor spíná s kmitočtem a střídou, která je určena taktem vnitřního oscilátoru. Takto se nabíjí filtrační kondenzátor na výstupu spínaného zdroje. Když výstupní napětí na filtračním kondenzátoru dosáhne jmenovité velikosti, výstup zpětnovazební komparátor se překlápí. Tím se vypne spínací tranzistor a přeruší se nabíjení filtračního kondenzátoru. Zpětnovazebním komparátorem je výstupní spínač blokován a



Obr. 97. Zjednodušené funkční zapojení obvodu MC34163



Obr. 98. Typický průběh řídicích signálů v závislosti na okamžité velikosti výstupního napětí

držen ve vypnutém stavu až do doby, kdy proud do zátěže způsobí pokles výstupního napětí pod jmenovitou velikost. Poté se spínací tranzistor opět

zapne a celý výše zmíněný cyklus se znovu opakuje.

Z toho vyplývá, že spínací tranzistor může být vypnut po dobu části cyk-

lu oscilátoru nebo po dobu části a několika celých cyklů oscilátoru.

Kmitočet oscilátoru a maximální doba sepnutí (on-time) spínacího tranzistoru jsou určeny velikostí kapacity časovacího kondenzátoru C_T . Kondenzátor C_T je vybíjen a nabíjen proudy, jejichž poměr je 9 : 1. Na vývodu 6 je tak generován pilovitý průběh. Během nabíjení kondenzátoru C_T je oscilátorem generován vnitřní impuls, který je přiveden na vstupy řídicích logických obvodů. Během tohoto impulsu je spínací tranzistor vždy vypnut. Tím je zajištěno, že výstupní tranzistor nebude sepnut po více než 90 % periody oscilátoru. Pro potřeby některých aplikací lze dobu sepnutí dále omezit tím, že se paralelně ke kondenzátoru C_T připojí rezistor R_{DT} . Úplným spojením kondenzátoru C_T se zemí (např. vnějším tranzistorem NPN) lze spínaný zdroj vyřadit z činnosti - funkce „Shutdown“.

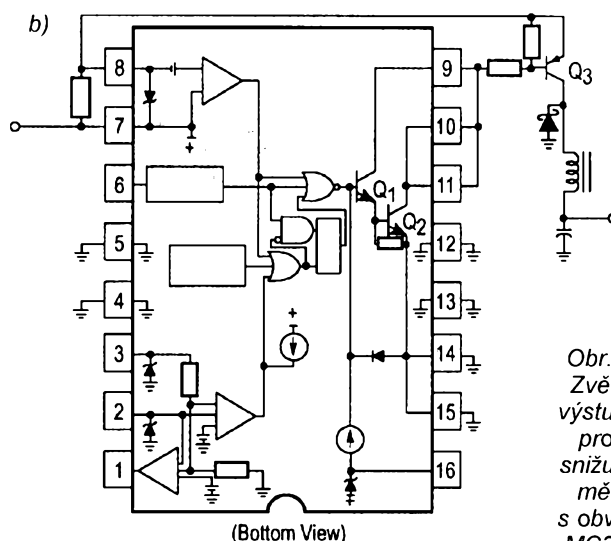
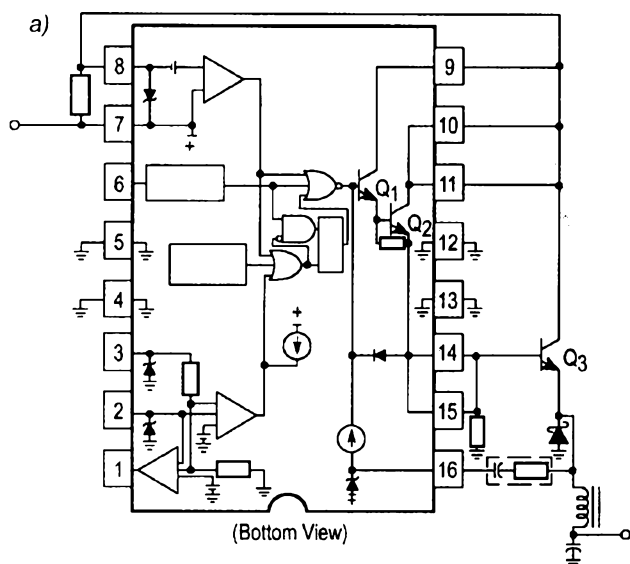
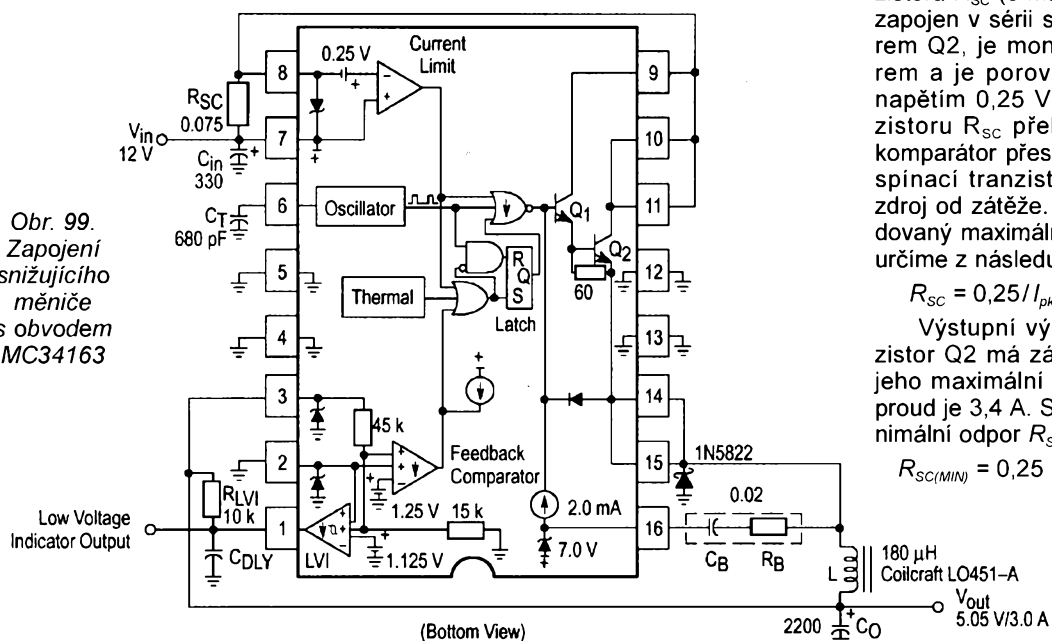
Výkonový spínač je proti přetížení nadměrným proudem zátěže chráněn obvodem proudového omezení. Úbytek napětí na snímácím rezistoru R_{SC} (o malém odporu), který je zapojen v sérii se spínacím tranzistorem Q2, je monitorován komparátorem a je porovnáván s pomocným napětím 0,25 V. Když úbytek na rezistoru R_{SC} překročí 0,25 V, vypne komparátor přes řídicí logické obvody spínací tranzistor a odpojí spínaný zdroj od zátěže. Odpor R_{SC} pro požadovaný maximální proud I_{pk} spínačem určíme z následující rovnice:

$$R_{SC} = 0,25 / I_{pk} \quad [\Omega, A].$$

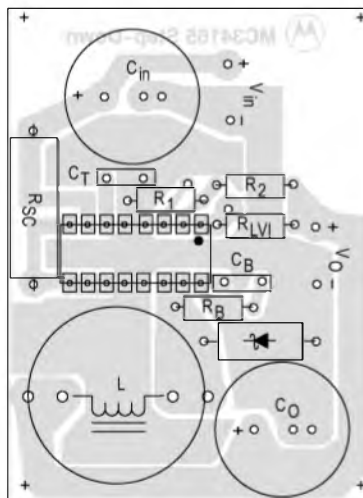
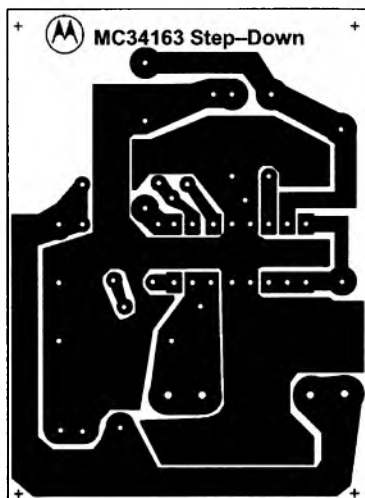
Výstupní výkonový spínací tranzistor Q2 má závěrné napětí 40 V a jeho maximální špičkový kolektorový proud je 3,4 A. S ohledem na to je minimální odpor $R_{SC(MIN)}$:

$$R_{SC(MIN)} = 0,25 V / 3,4 A = 0,0735 \Omega.$$

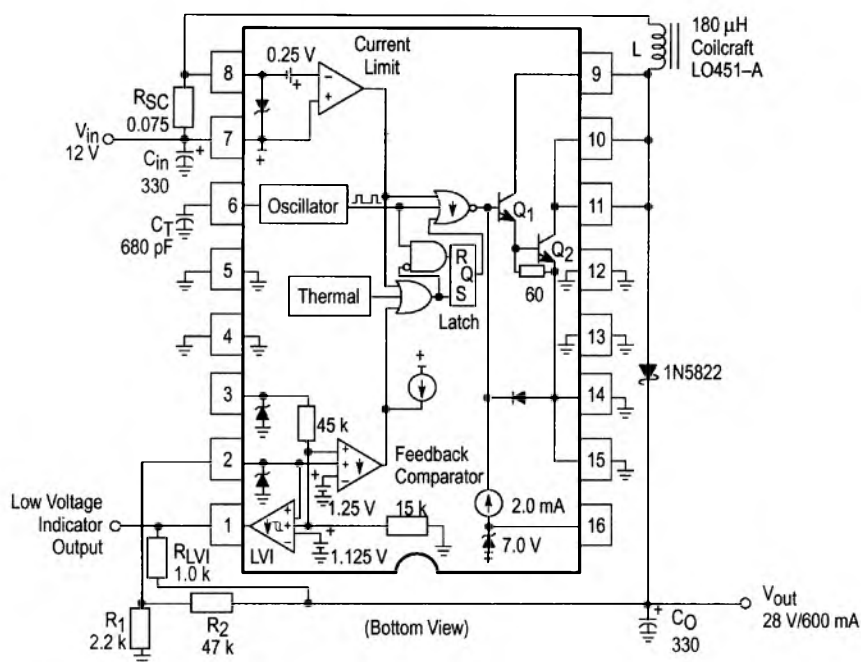
Obr. 99. Zapojení snižujícího měniče s obvodem MC34163



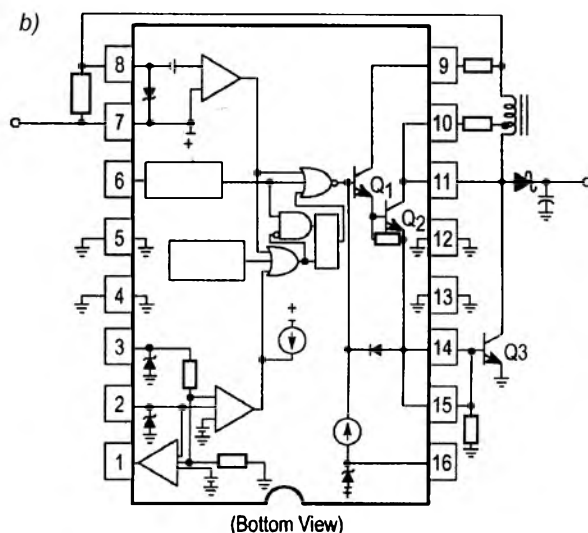
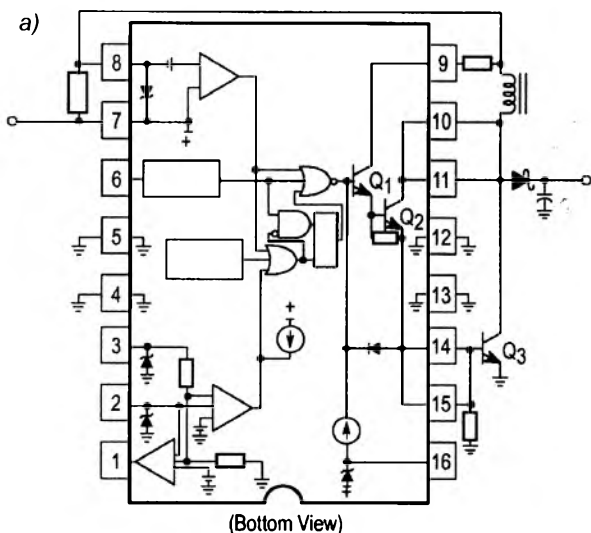
Obr. 100. Zvětšení výstupního proudu snižujícího měniče s obvodem MC34163



Obr. 101. Obrazec plošných spojů a rozložení součástek na desce snižujícího měniče



Obr. 102. Zapojení zvyšujícího měniče s obvodem MC34163



Obr. 103. Zvětšení výstupního proudu zvyšujícího měniče s obvodem MC34163

Jako rekuperační dioda je výrobcem doporučena Schottkyho dioda 1N5822, při použití běžné usměrňovací diody vzniknou na této diodě větší ztráty a zmenší se celková účinnost spínaného zdroje.

Na vstup Bootstrap (vývod 16) lze přes sériovou kombinaci rezistoru R_B a kondenzátoru C_B přivést napětí z emitoru výstupního spínacího tranzistoru. Tím se zvětší napětí na výstupu budiče spínacího tranzistoru a tak se zmenší saturační napětí spínacího tranzistoru v případech, kdy je obvod MC34163 zapojen jako snižující měnič nebo invertor napětí.

Napětí na vstupu Bootstrap je omezeno vnitřní Zenerovou diodou na velikost o 7 V větší, než je napájecí napětí. Aby se nemohl překročit povolený proud Zenerovou diodou, který je maximálně 100 mA, je nutno zejména při použití kondenzátoru C_B s malým ESR zapojit do série s kondenzátorem C_B rezistor R_B .

Dále následují tři příklady použití integrovaného obvodu MC34163.

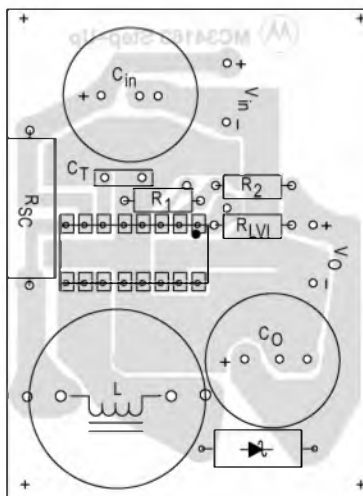
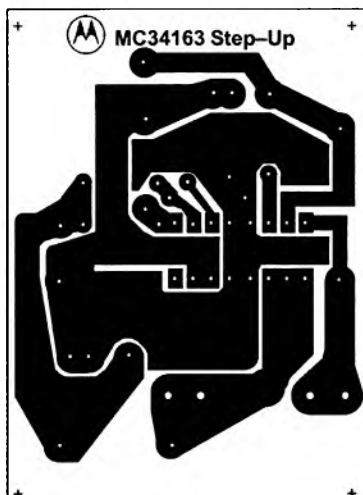
Na obr. 99 je zapojení snižujícího spínaného měniče napětí.

Pro ověření funkce byl snižující měnič zkonstruován na desce s plošnými spoji. Obrazec plošných spojů a rozložení součástek na desce je na obr. 101. Základní parametry, naměřené na realizovaném měniči jsou uvedeny v tab. 6.

Požadujeme-li větší výstupní proud měniče než 3,4 A, připojíme k obvodu MC34163 vnější spínací tranzistor podle obr. 100. Na Obr. 100a je varianta s vnějším výkonovým tranzistorem NPN, na obr. 100b je varianta se saturem vnějším výkonovým tranzistorem PNP.

Na obr. 102 je zapojení zvyšujícího spínaného měniče napětí.

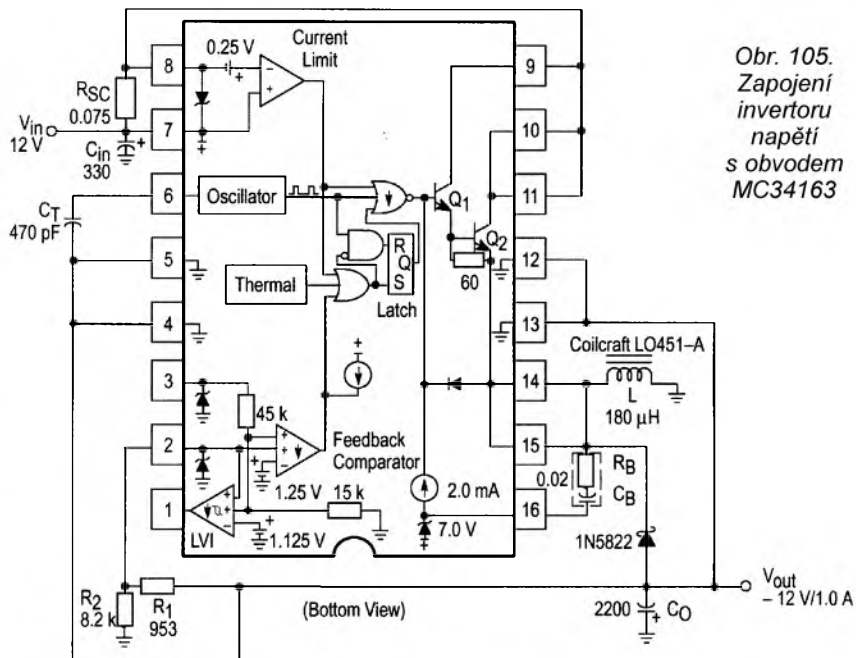
Pro ověření funkce byl zvyšující měnič zkonstruován na desce s plošnými spoji. Obrazec plošných spojů a rozložení součástek na desce je na



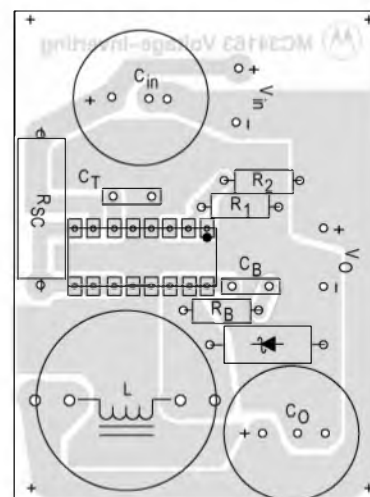
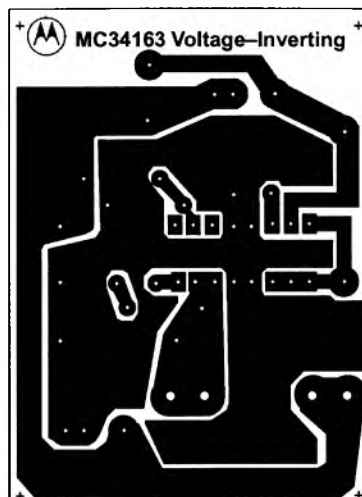
Obr. 104. Obrazec plošných spojů a rozložení součástek na desce zvyšujícího měniče

obr. 104. Základní parametry, naměřené na realizovaném vzorku měniče jsou uvedeny v tab. 7.

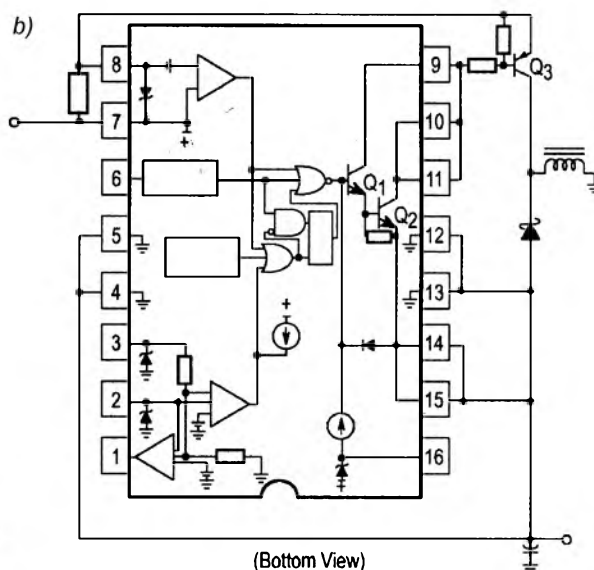
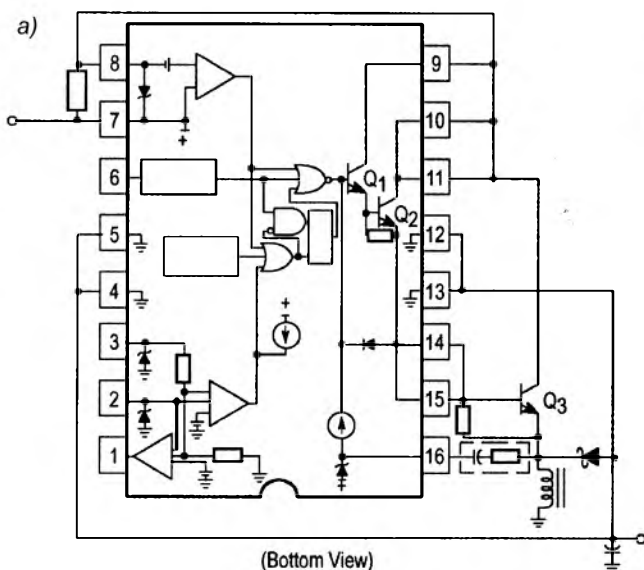
Aby bylo možno z měniče odebírat větší výstupní proud než 3,4 A, je



Obr. 105. Zapojení invertoru napětí s obvodem MC34163



Obr. 106. Obrazec plošných spojů a rozložení součástek na desce invertoru napětí



Obr. 107. Zvětšení výstupního proudu invertoru napětí s obvodem MC34163

Tab. 6. Základní parametry snižujícího měniče (Step-Down Converter)

Parametr	Podmínka	Naměřená hodnota
Výstupní napětí	-	5,05 V
Výstupní proud I_o	-	3 A
Vliv kolísání vstupního napáj. napětí	$V_{IN} = 8 \text{ až } 24 \text{ V}$, $I_o = 3 \text{ A}$	6 mV ($\pm 0,06 \%$)
Vliv změny zátěže	$V_{IN} = 12 \text{ V}$, $I_o = 0,6 \text{ až } 3 \text{ A}$	2 mV ($\pm 0,02 \%$)
Zvlnění výstupního napětí	$V_{IN} = 12 \text{ V}$, $I_o = 3 \text{ A}$	36 mV (mezivrchol.napětí)
Zkratový proud	$V_{IN} = 12 \text{ V}$, $R_L = 0,1 \Omega$	3,3 A
Účinnost	$V_{IN} = 12 \text{ V}$, $I_o = 3 \text{ A}$	76,7 %
Účinnost - zapojení Bootstrap	$V_{IN} = 12 \text{ V}$, $I_o = 3 \text{ A}$	81,2 %

Tab. 7. Základní parametry zvyšujícího měniče (Step-Up Converter)

Parametr	Podmínka	Naměřená hodnota
Výstupní napětí	-	28 V
Výstupní proud I_o	-	0,6 A
Vliv kolísání vstupního napáj. napětí	$V_{IN} = 9 \text{ až } 16 \text{ V}$, $I_o = 0,6 \text{ A}$	30 mV ($\pm 0,05 \%$)
Vliv změny zátěže	$V_{IN} = 12 \text{ V}$, $I_o = 0,1 \text{ až } 0,6 \text{ A}$	50 mV ($\pm 0,09 \%$)
Zvlnění výstupního napětí	$V_{IN} = 12 \text{ V}$, $I_o = 0,6 \text{ A}$	140 mV (mezivrchol.napětí)
Účinnost	$V_{IN} = 12 \text{ V}$, $I_o = 0,6 \text{ A}$	88,1 %

Tab. 8. Základní parametry zdroje napětí záporné polaritě (Voltage-Inverting Converter)

Parametr	Podmínka	Naměřená hodnota
Výstupní napětí	-	12 V
Výstupní proud I_o	-	1 A
Vliv kolísání vstupního napáj. napětí	$V_{IN} = 9 \text{ až } 16 \text{ V}$, $I_o = 1 \text{ A}$	5 mV ($\pm 0,02 \%$)
Vliv změny zátěže	$V_{IN} = 12 \text{ V}$, $I_o = 0,6 \text{ až } 1 \text{ A}$	2 mV ($\pm 0,01 \%$)
Zvlnění výstupního napětí	$V_{IN} = 12 \text{ V}$, $I_o = 1 \text{ A}$	130 mV (mezivrchol.napětí)
Zkratový proud	$V_{IN} = 12 \text{ V}$, $R_L = 0,1 \Omega$	3,2 A
Účinnost	$V_{IN} = 12 \text{ V}$, $I_o = 1 \text{ A}$	73,1 %
Účinnost - zapojení Bootstrap	$V_{IN} = 12 \text{ V}$, $I_o = 1 \text{ A}$	77,5 %

možné měnič doplnit výkonovými tranzistory NPN podle obr. 103.

Na obr. 105 je zapojení invertoru napětí, kterým se získá z kladného vstupního napětí záporné výstupní napětí.

Pro ověření funkce byl invertor napětí zkonstruován na desce s plošnými spoji. Obrazec plošných spojů a rozložení součástek na desce je na obr. 106. Základní parametry, naměřené na realizovaném invertoru jsou uvedeny v tab. 8.

Výstupní proud invertoru napětí lze zvětšit nad 3,4 A tím, že se k obvodu MC34163 připojí vnější spínací tranzistor podle obr. 107. Na obr. 107a je varianta s vnějším výkonovým tranzistorem NPN, na obr. 107b je varianta s vnějším výkonovým tranzistorem PNP.

Měnič se stmívačem pro napájení zářivky

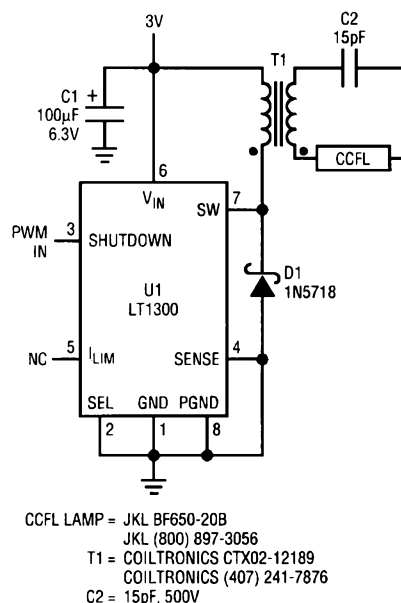
Spínaný zdroj na obr. 108 slouží jako měnič napětí pro napájení malé zářivky bez žhavené katody (typ CCFL - Cold Cathode Fluorescent Lamp).

Použití tohoto typu zářivek se těší stále větší oblibě díky jejich vlastnostem, kterými jsou vysoký jas, bílé svět-

lo, dlouhá životnost, malá velikost a malá hmotnost.

Budič zářivky na obr. 108 pracuje jako invertor v zapojení forward/flyback a je optimalizován s ohledem na minimální počet součástek.

Při aktivaci spínaný regulátor LT1300 nabíjí primární vinutí převod-



Obr. 108. Měnič napětí pro napájení malé zářivky

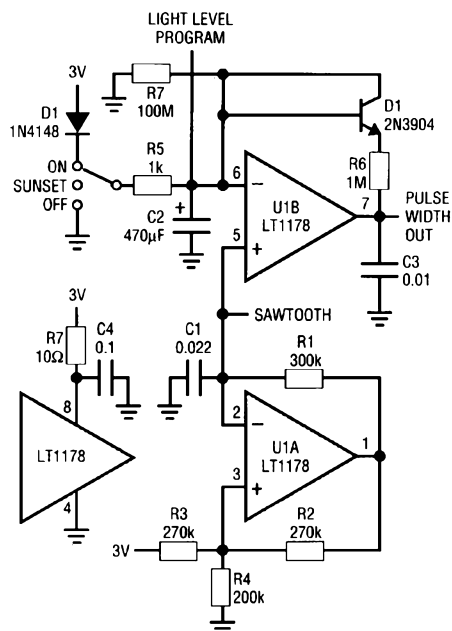
ního transformátoru T1 proudem až 1 A a vypne. Poté se přenesou energie z primárního do sekundárního vinutí transformátoru T1. Vzhledem k poměru počtu závitů obou vinutí se na sekundární straně indukuje napětí řádu několika set voltů. Takto velké napětí ionizuje plyn v zářivce CCFL a zářivka se rozsvítí. Protože je počáteční proud stejnosměrný, přebírá kondenzátor C2 stejnosměrný potenciál a nabíjí se napětím přibližně 100 V. Kondenzátor odstraňuje z proudu zářivky stejnosměrnou složku a prodlužuje tak dobu jejího života. Vzhledem k nelineární závislosti proudu na napětí zářivky a vzhledem ke kapacitní vazbě pracuje měnič v režimech forward i flyback současně.

Intenzita světla může být impulsně modulována přes vstup SHUTDOWN obvodu LT1300. Pokud je tento vstup připojen na vysokou úroveň („log. 1“), obvod LT1300 přejde do klidového stavu, ve kterém ze zdroje odebírá proud pouze 10 µA.

Celý měnič pro zářivku je napájen ze dvou akumulátorů o napětí 1,5 V, tedy napětím 3 V.

Když doplníme jednoduchý obvod podle obr. 109, získáme svítidlo s vysokou účinností a s možností automaticky stmívat (tj. simulovat soumrak).

Přepínačem na obr. 109 lze volit tři funkce.



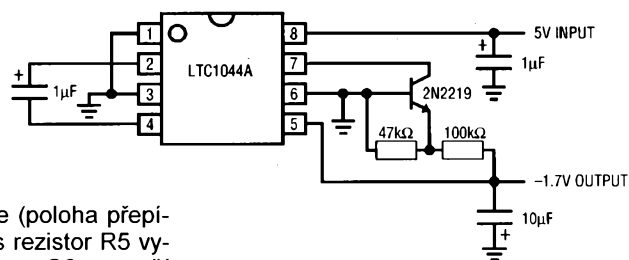
Obr. 109. Doplněk pro automatické stmívání

V poloze přepínače ON je světlo zapnuto a svítí trvale. V poloze OFF je světlo vypnuto. Po přepnutí z polohy ON do polohy SUNSET světlo postupně zhasne (simulace stmívání).

Výstupem označeným PULSE WIDTH OUT je přes vstup SHUT-DOWN řízen obvod LT1300 v měniči na obr. 108. Integrovaný obvod U1a, rezistory R1 až R4 a kondenzátor C1 na obr. 109 tvoří oscilátor, který je zdrojem pilovitých (sawtooth) kmitů pro impulsní modulaci světla. Obvod U1b pracuje jako komparátor, který porovnává pilovité kmitů na výstupu oscilátoru s programovacím napětím, které určuje intenzitu světla. Programovací napětí je na kladném pólu paměťového kondenzátoru C2.

Při zapnutí světla (poloha přepínače ON) se C2 nabíjí přes diodu D1 a rezistor R5. Pokud je napětí na C2 větší než 2,5 V, je intenzita světla 100 %.

Obr. 110. Stabilizovaný zdroj malého záporného napětí



Při vypnutí světla (poloha přepínače OFF) se C2 přes rezistor R5 vybije. Když se napětí na C2 zmenší pod 1 V, světlo se vypne.

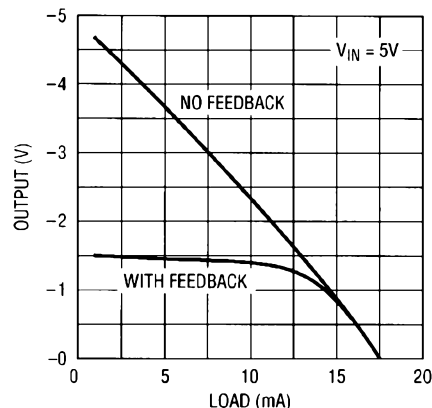
Při stmívání (poloha přepínače SUNSET) se kondenzátor C2 pomalu vybíjí. Jakmile napětí na kondenzátoru poklesne pod 2,5 V začne se vlivem impulsní modulace zmenšovat intenzita světla. Průběh simulace stmívání je přitom exponenciální, což je vzhledem k logaritmické odezvě lidského vnímání světla ideální.

Stabilizovaný zdroj malého záporného napětí

Zapojení na obr. 110 používá integrovaný obvod LTC1044A od firmy Linear Technology. Obvod pracuje jako měnič napětí na principu nábojové vázané pumpy a přeměňuje kladné napětí +5 V na záporné napětí -1,7 V.

Velikost výstupního napětí je stabilizována s využitím nové, neobvyklé zpětnovazební techniky. Jednoduchá smyčka zpětné vazby je tvořena pouze jedním tranzistorem a dvěma rezistory (47 kΩ a 100 kΩ).

Bez zavedené zpětné vazby dodává obvod LTC1044 na svém výstupu záporné napětí přibližně -5 V. Se zavedenou zpětnou vazbou je výstupní elektrolytický kondenzátor nabíjen záporným napětím takové velikosti, při které se napětím z děliče (na střed děliče je připojen emitor tranzistoru) tranzistor začne otevírat. Kolektorovým proudem tranzistoru je snižován kmitočet vnitřního oscilátoru obvodu



Obr. 111. Závislost výstupního napětí na zatěžovacím proudu se zpětnou vazbou (with feedback) a bez zpětné vazby (no feedback)

LTC1044A a tím je omezena maximální velikost výstupního proudu. Výstupní napětí je tímto udržováno přibližně konstantní.

Pokud je v konkrétní aplikaci proud do zátěže menší než 5 mA, je možné zmenšit kapacitu výstupního kondenzátoru z původních 10 µF na 1 µF.

Závislost výstupního napětí na zatěžovacím proudu při zavedené zpětné vazbě a bez zpětné vazby je znázorněna graficky na obr. 111. Ekvivalentní výstupní impedance se zavedením zpětné vazby zmenší z původních přibližně 100 Ω na 5 Ω.

Výstupní napětí jiné velikosti lze snadno získat změnou dělicího poměru odporového děliče.

Další zajímavé obvody a zapojení

Kapacitní detektor přiblížení

Zapojení jednoduchého, ale přitom citlivého a spolehlivého detektoru přiblížení [9], který se skládá pouze z jednoho obyčejného obvodu CMOS,

jednoho tranzistoru a několika pasivních součástek, je na obr. 112.

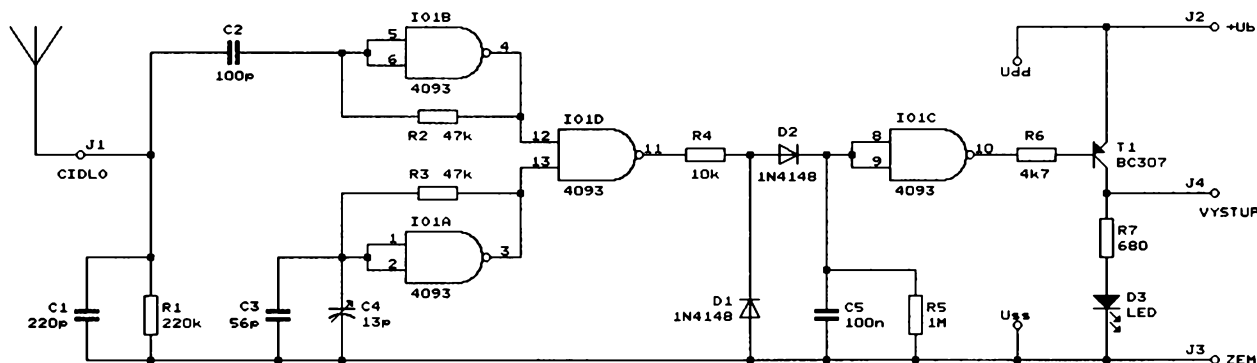
V detektoru je použita čtveřice dvouvstupových Schmittových klopných obvodů (SKO) s funkcí NAND typu CMOS 4093 (IO1). Jako kapacitní čidlo slouží krátká anténa, která je připojena na vstupní svorku J1.

Základem zapojení jsou dva oscilátory. Jeden oscilátor (IO1A) má pevný kmitočet asi 200 kHz, kmitočet druhého oscilátoru (IO1B) je také 200 kHz, je však rozladován změnou kapacity antény, způsobenou přiblížením cizího tělesa k anténě.

Hradlo IO1D směšuje signály obou oscilátorů a na jeho výstupu jsou signály o kmitočtech, které jsou rovny rozdílu a součtu kmitočtů obou oscilátorů. Oscilátory jsou naladěny na (pokud možno) stejný kmitočet tak, aby v klidu byl rozdílový kmitočet velmi

nízký (ideálně nulový). Při rozladění oscilátoru IO1B přiblížením cizího tělesa k anténě (aktivní stav) se rozdílový kmitočet zvětší na několik kHz.

Rozdílový kmitočet je vyhodnocován posledním hradlem IO1C. Výstupními impulsy ze směšovače IO1D je přes rezistor R4 a diodu D2 nabíjen kondenzátor C5. Současně je kondenzátor vybíjen rezistorem R5. Na C5 se ustálí takové napětí, aby nabíjecí a vybíjecí proudy byly v rovnováze. Protože je nabíjecí proud úměrný rozdílovému kmitočtu, je i napětí na kondenzátoru úměrné rozdílovému kmitočtu. Při nízkém klidovém rozdílovém kmitočtu nedosahuje napětí na C5 rozhodovací úrovně SKO IO1C a na výstupu IO1C je tedy vysoká úroveň („log. 1“). V aktivním stavu (po přiblížení cizího tělesa k anténě) se rozdílový kmitočet zvýší a tím se



Obr. 112. Kapacitní detektor přiblížení

zvětší napětí na C5. Když napětí na C5 překročí rozhodovací úroveň SKO IO1C, SKO překlápí a výstup IO1C přejde do nízké úrovně („log. 0“).

Výstupním napětím z IO1C je spínán tranzistor T1 (PNP), v jehož kolektoru je přes rezistor R7 zapojena indikační LED D3. Signál z kolektoru tranzistoru T1 je též veden na výstupní svorku J4 detektoru. V klidu je na výstupu J4 nízká úroveň (potenciál země) v aktivním stavu je na výstupu J4 vysoká úroveň (přibližně napětí $+U_B$). Výstupním signálem se může aktivovat poplašné nebo nějaké jiné zařízení.

Detektor přiblížení by měl být napájen stabilizovaným napětím U_B , které se může pohybovat v rozmezí 5 až 10 V.

Oživení detektoru spočívá v tom, že trimrem C4 nastavíme v klidovém stavu souhlasné kmitočty obou oscilátorů. Kontrolní čítač připojujeme na výstupy oscilátorů, tj. na vývody 3 a 4 IO1. Na výstupu 11 IO1 můžeme osciloskopem zkontrolovat rozdílový kmitočet.

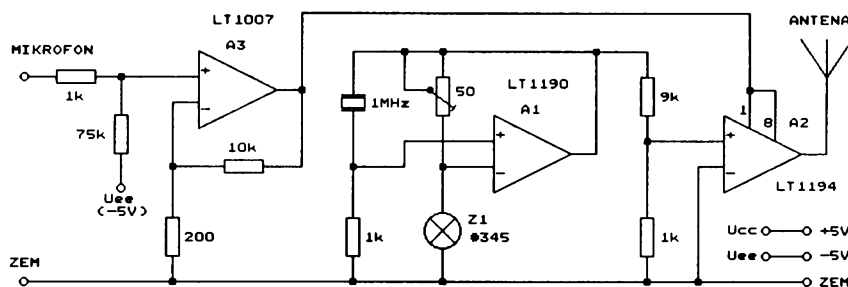
AM vysílač

Zapojení jednoduchého, ale přitom poměrně kvalitního a stabilního vysílače signálu s amplitudovou modulací (AM) je na obr. 113.

Nosný kmitočet 1 MHz je generován operačním zesilovačem LT1190 (A1), který je zapojen jako krystalem řízený oscilátor. Malá žárovka tepelnými vlastnostmi svého vlákna stabilizuje výstupní napětí. Obvod LT1190 je velmi rychlý operační zesilovač se šířkou pásma 50 MHz a s rychlostí přeběhu (Slew Rate) 450 V/μs.

Vysokofrekvenční signál je z výstupu A1 přiveden přes dělič napětí na neinvertující vstup operačního zesilovače LT1194 (A2), který zde zastává funkci modulovaného vysokofrekvenčního koncového stupně. Integrovaný obvod LT1194 od firmy Linear Technology je diferenční zesilovač, určený pro zpracování videosignálů. LT1194 má šířku pásma 35 MHz (-3 dB), rychlost přeběhu 500 V/μs a výstupní proud až ± 50 mA.

A3 (LT1007) slouží jako mikrofonní zesilovač se zesilením přibližně 50.



Obr. 113. Vysílač amplitudově modulovaného signálu

Signálem z jeho výstupu, který je připojen na vývody 1 a 8 (tyto vývody slouží pro kompenzaci vstupní napěťové nesymetrie) zesilovače A2, je řízeno zesílení zesilovače A2 a tím je amplitudově modulováno napětí z oscilátoru, které je přiváděno na neinvertující vstup A2. Díky stejnosměrné vazbě modulačního signálu má modulační charakteristika velice dobrou kvalitu.

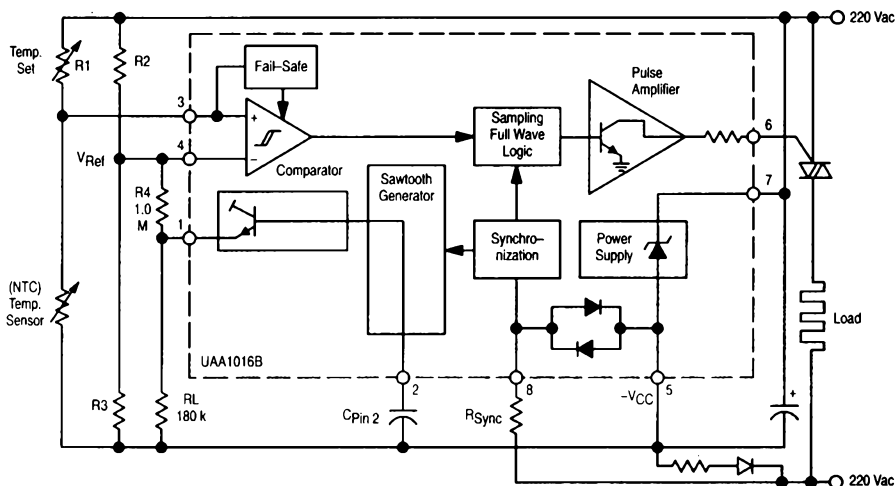
Při seřizování vysílače pouze nastavíme trimrem o odporu 50 Ω stabilní mezivrcholové napětí 1 V na výstupu oscilátoru A1. Kmitočet nosné vlny je určen krystalem a je tedy přesně 1 MHz. Vzhledem k velké šířce pásma použitých obvodů je možné v případě potřeby nosný kmitočet změnit výměnou krystalu.

Popsané zařízení je vysílač a nelze jej proto provozovat bez schválení a povolení příslušných úřadů.

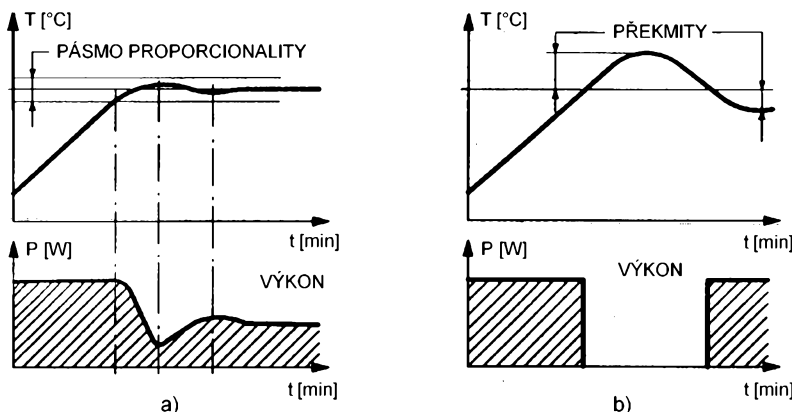
Řízení teploty s obvodem UAA1016B

Obvod UAA1016B je navržen pro řízení triaků tak, aby spínaly při průchodu střídavého napětí nulou (Zero Voltage technique). To umožňuje regulovat výkon na odporové zátěži bez vzniku nežádoucího rušení, jehož kmitočtové spektrum by bylo širokopásmové a zasahovalo by až do vysokofrekvenční oblasti. Obvod UAA1016B je vyráběn firmou Motorola v pouzdře DIP s osmi vývody pro rozsah pracovních teplot od -20°C až do $+100^\circ\text{C}$.

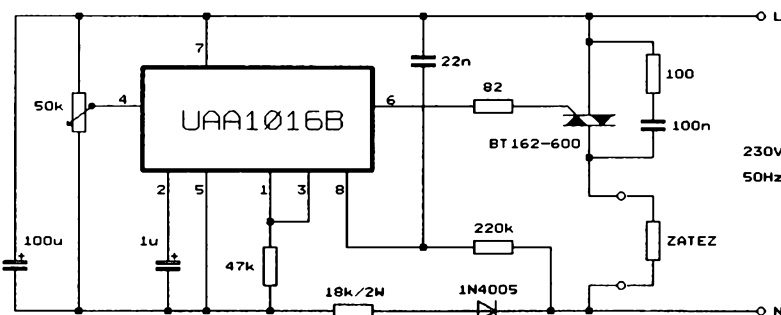
Základní zapojení integrovaného obvodu UAA1016B, ve kterém řídí spínání vyhřívacího tělesa v závislosti na okolní teplotě, je na obr. 114. Ve schématu je pro lepší pochopení funkce zakresleno i zjednodušené vnitřní blokové zapojení obvodu UAA1016B.



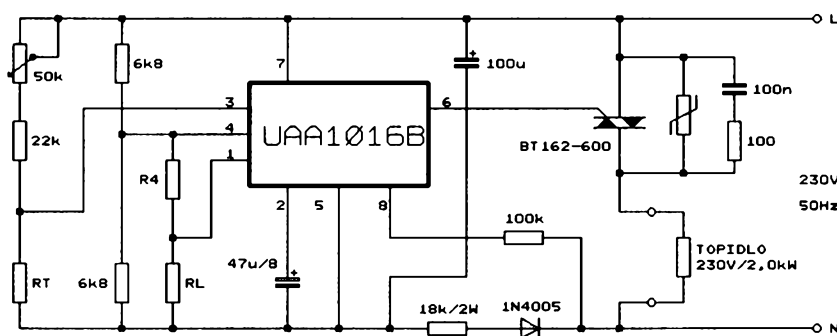
Obr. 114. Základní zapojení integrovaného obvodu UAA1016B, ve kterém řídí spínání vyhřívacího tělesa v závislosti na okolní teplotě



Obr. 115. a) Proporcionální řízení teploty bez velkých výkyvů, b) řízení teploty způsobem „zapnuto/vypnuto“, kdy jsou patrné značné překmity teploty



Obr. 116. Elektronický reostat s účinností téměř 100 %



Obr. 117. Termostat pro řízení elektrického vyhřívacího radiátoru

Impulsy pro řídicí elektrodu triaku dodává UAA1016B na výstupu 6, který je synchronizován vstupem 8 přes rezistor R_{SYNC} . R_{SYNC} je připojen k hlavní větvi střídavého napájecího napětí. Tím je zaručeno spínání při průchodu síťového napětí nulou. Vnitřní logikou je také zajištěno sepnutí triaku během

celé periody střídavého napětí, aby se tak předešlo vytváření stejnosměrné složky proudu v napájecí síti, což odporuje i některým normám.

Spouštěcí impulsy jsou generovány za stavu, kdy komparátor zjistí, že napětí na vstupu 3 pro snímání teploty je větší než napětí na referenčním

vstupu 4. Jako teplotní čidlo je použit termistor typu NTC se záporným teplotním součinitelem (Negative Temperature Coefficient), u kterého se odpor se vzrůstající teplotou zmenšuje. Když se snižuje okolní teplota, odpor termistoru se zvětšuje, až na něm vznikne větší úbytek napětí, než je nastavené referenční napětí. Pak je výstupem obvodu UAA1016B sepnut triak. Výstupní impulsy jsou dodávány po skupinách, ve formě paketů (Burst).

Použití vnitřního generátoru pilovitého napětí s nízkým kmitočtem (s výstupem na vývodu 1) umožňuje konstruktérovi zavést periodické lineární změny referenčního napětí na vstupu 4. Tyto změny určují teplotní rozmezí, ve kterém probíhá proporcionální regulace. Proti systému jednoduchých regulátorů typu „zapnuto/vypnuto“ má systém proporcionální regulace obvodem UAA1016B spojitější průběh bez větších výkyvů regulované teploty ve sledovaném prostoru, jak je vidět z porovnání průběhů na obr. 115 a) a b).

Dalším užitečným funkčním blokem je obvod ochrany, která působí v případě, když se odpojí nebo spojí nákrátko teplotní čidlo. Ochranný obvod (Fail-Safe) v tomto případě zablokuje komparátor, takže nemohou být generovány výstupní impulsy pro buzení triaku. Tím je zabráněno chybné funkci zařízení (například trvalému zapnutí) při poškození teplotního snímače.

Celé zapojení je napájeno přímo ze sítě. Napájecí napětí je jednoduše usměrněno a přes omezovací rezistor, jehož doporučená hodnota je 18 k Ω /2 W, je přivedeno na vývod 5 obvodu UAA1016B. Vnitřně je toto napětí jednoduše stabilizováno Zenerovou diodou na velikost 8,6 V. Proudová spotřeba vlastního integrovaného obvodu UAA1016B je menší než 1 mA.

Praktickou aplikací obvodu UAA1016B je elektronický reostat na obr. 116 s účinností téměř 100 %. Velikost výkonu dodávaného do zátěže je určena nastavením běžce regulačního potenciometru 50 k Ω . Kondenzátor 22 nF je potřebný pouze v případě, že zátěž má indukční složku.

Na obr. 117 je konkrétní zapojení termostatu pro řízení elektrického vyhřívacího radiátoru.

Literatura

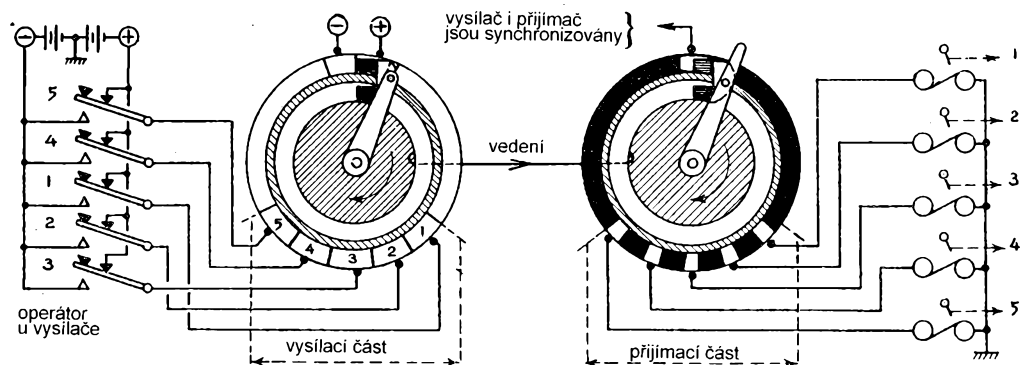
- [1] Williams, J.: Ultra-low Noise and Low Drift Chopped-FET Amplifier. Linear Technology Magazine, říjen 1991.
- [2] Lee, M.: A Tachless Motor-Speed Regulator. Linear Technology Magazine, říjen 1994.
- [3] The Motorola Analog/Interface ICs Device Data Vol. I: Triac Phase Angle Controller.
- [4] Chow, R.; Dwelley, D.: LTC1392 - Temperature and Voltage Measurement in a Single Chip. Linear Technology Design Note 106.
- [5] Chow, R.; Dwelley, D.: The LTC1392 - Temperature and Voltage Measurement in a Single Chip. Linear Technology Magazine, květen 1995.

- [6] Lee, M.; Skovmand, T.: 70 m Ω Protected Load Management Switch. Linear Technology Design Note 117.
- [7] Skovmand, T.: LTC1477 - 70 m Ω Protected High-Side Switch Eliminates „Hot Swap“ Glitching - Design Ideas. Linear Technology Magazine, srpen 1995, s. 32.
- [8] Lee, M.; Seago, J.: New Micropower, Low Dropout Regulators Ease Battery Supply Designs. Linear Technology Design Note 121.
- [9] Feichtinger, H.: Kapazitiver Annäherungs-Schalter. Funkschau 1/81, s. 97, 98.
- [10] Lee, M.; Vasconcelos, K.: Low-Noise Wireless-Communications Power Supply. Linear Technology Magazine, červen 1994.
- [11] Williams, J.: A Simple Ultra-Low Dropout Regulator. Linear Technology Design Note number 32, březen 1990.

- [12] Wu, T.: Regulated Charge Pump Power Supply. Linear Technology Magazine, červen 1994.
- [13] Skovmand, T.: The LTC1155 Dual, High-Side MOSFET Driver. Linear Technology Magazine, říjen 1991.
- [14] Andreycak, B.; Wiggernhorn, J.: Adjustable Electronic Load for Low Voltage DC Applications (Operates down to 2,5 V). Unitrode Design Note DN-52.
- [15] Bartoň, K.: Obvody pro napájecí zdroje. Konstrukční elektronika 2/1998, s. 43, 44.
- [16] Texas Instruments: TM3637 - Remote-Control Transmitter/Receiver.
- [17] Bartoň, K.: Obvody pro napájecí zdroje. Konstrukční elektronika 4/1998, s. 153, 154.
- [18] Bartoň, K.: Obvody pro napájecí zdroje. Konstrukční elektronika 4/1998, s. 151 až 153.

(Dokončení ze str. 2)

Nákres Baudotova systému. Každý přenášený znak je zakódován do pěti elementárních, stejně dlouhých prvků



V roce 1878 sestavil fonograf, přišel na myšlenku tavné pojistky, mnoho času též věnoval vylepšování přístrojů jiných vynálezců - můžeme jmenovat doutnavku, kterou vynalezl Heinrich Goebel (1818 - 1932), dynamo, které první popsal Werner von Siemens (1816 - 1892), projekční přístroje do kin, což byla původně konstrukce Ottomara Auschütze (1846 - 1907) nebo oceloniklový akumulátor na principu Johanna Wilhelma Rittera (1776 - 1810).

Edison nebyl inženýr, ale praktik. Škoda, že jeho neobyčejný pozorovací talent nebyl doplněn i teoretickými znalostmi, to by byly konečné výstupy prací jeho dílny pravděpodobně o mnoho preciznější a předběhly by patrně vývoj o 10 až 30 let.

Jeho jediným objevem vědeckého charakteru je jím popsán Edisonův efekt z roku 1883, k obdobným závěrům přišli svými pokusy prakticky ve stejnou dobu Němci Elster a Geitel.

Edison zpozoroval, že u jeho žárovek s uhlíkovými vlákny se na vlákních objevovaly jasně bílé skvrny, proti nim baňka zčernala a na místě bílé skvrny se posléze vlákno přerušilo. Edison ve snaze tento jev prozkoumat přidal mezi ramena podkovovitěho vlákna další elektrodu. Při spojení této elektrody s kladným koncem vlákna protékal vloženým galvanometrem proud, při spojení se záporným koncem nikoliv.

To byl vlastně první důkaz jevu, který dnes známe spíše pod názvem termionická emise, a který nakonec vedl k objevu elektronů. Edisonovi však tento jev nic neříkal.

Později zkoumali totéž Hittorf a v Anglii Preece, který však usoudil, že se jedná o odletování záporně nabitých molekul uhlíku z povrchu vlákna. Po nich přišel J. A. Fleming na myšlenku usměrňovat diodou střídavé vysokofrekvenční proudy. Patent na diodu však mu byl udělen až v roce 1904. Teprve J. J. Thomson roku 1897 dokázal, že se jedná o akce elektronů, nikoliv uhlíkových částic.

Edison jako neobyčejně produktivní vynálezce měl ale i vynikající organizační talent, který projevil např. při

stavbě elektráren a továren. V roce 1882 vybudoval v New Yorku tehdy největší elektrárnu na světě, o rok později v Berlíně založil Německou Edisonovu společnost pro užitou elektrotechniku, ze které později (1877) vznikla dodnes známá společnost AEG.

Celkem během posledních 25 let svého života obdržel 711 patentů. Zemřel 18. října 1931 ve městě West Orange, ve státě New Jersey.

Jean Maurice Emile Baudot

Vodiče jsou dodnes tím nejdražším prvkem na spojovací cestě, pokud uvažujeme i náklady na jejich pokládku a vše co s tímto souvisí. Proto se hned od počátku snažili technici „protlačit“ jedním vedením co nejvíce informací.

Jedním z těch, kterým se to úspěšně dařilo, byl francouzský telegrafní úředník Jean Maurice Emile Baudot. Narodil se 11. 9. 1845 v Magneux (departement Marne) a původně pracoval na hospodářství svého otce. Měl však velkou oblibu v technice a v roce 1869 byl přijat do služeb francouzské telegrafní společnosti.

Brzy zvládl principy tehdy používané přenosové techniky a snažil se

nějak vylepšit používaný systém. Zkrátil např. mezery mezi značkami a důmyslným způsobem kódované signály zpětně přetvářel do tištěného tvaru. Na svůj přístroj, který to dokázal, získal v roce 1874 patent.

V té době ovšem byly již používány přístroje na principu Hughesova telegrafu z roku 1855 (tyto přístroje byly na našich poštách používány ještě v poválečných letech!), které rovněž ze sledu signálů dokázaly dekodovat jednotlivé znaky a pak je tisknout na pásku.

Baudot však vyvinul principiálně nový systém, u kterého každý přenášený znak byl zakódován do pěti elementárních, stejně dlouhých prvků.

Další jeho vynález bylo vícenásobné využití linek - přes rozdělovač se zapojovalo více (obvykle čtyři) telegrafní přístroje, které postupně přijímaly vysílané znaky. Rozdělovače na vysílací i přijímací straně byly vzájemně synchronizovány.

V roce 1877 byla vybudována pokusná linka mezi Paříží a Bordeaux, která využívala jeho vynálezy. Poněvadž se osvědčila, Baudot byl jmenován inženýrem - inspektorem francouzské telegrafní společnosti. Jeho přístroj byl mj. vystavován i na pařížské světové výstavě v roce 1888 a později jeho přístroj využívaly i jiné telegrafní společnosti v dalších státech.

Baudot zemřel 23. 8. 1903 poblíž Paříže. Dodnes je znám především realizovanou myšlenkou telegrafní abecedy (dnes označovaná jako telegrafní abeceda č. 2) a na jeho počest byla v roce 1926 pojmenována jednotka telegrafní rychlosti baud (1 Bd = 1 krok/s).

Literatura

- [1] Antique Radio č. 31. Maser 1999.
- [2] Otto, J.: Ottův slovník naučný, Praha b. r.
- [3] Matthew, J.: Edison, A Biography. USA 1959.
- [4] Simonds, W. A.: Edison, his life, his work, his genius. London 1935.
- [5] Freebody, J. W.: Telegraphy. London 1958.

znak	1	2	3	4	5	znak	1	2	3	4	5
a 1	+	-	-	-	-	n -	-	+	+	+	+
b 8	-	-	+	+	-	o 5	+	+	+	-	-
c 9	+	-	+	+	-	p %	+	+	+	+	+
d 0	+	+	+	+	-	g /	+	-	+	+	+
e 2	-	+	-	-	-	r -	-	-	+	+	+
é &	+	+	-	-	-	s :	-	-	+	-	+
f	-	+	+	+	-	! 7	+	-	+	-	+
g 7	-	+	-	+	-	u 4	+	-	+	-	-
h -	+	+	-	+	-	v 1	+	+	+	-	+
i -	-	+	+	-	-	w ?	-	+	+	-	+
j 6	-	-	-	-	-	x 1	-	+	-	-	+
k (	+	-	-	+	+	r 3	-	-	+	-	-
l :	+	+	-	+	+	z :	+	+	-	-	+
m)	-	+	-	+	+	! 7	-	-	-	+	+

Baudotova telegrafní abeceda

Ing. Jiří Peček, OK2QX

Informace o předplatném podávají, objednávky předplatného přijímají a vyřizují regionální divize společnosti Předplatné tisku, s.r.o.: Divize Praha, tel. zelená linka: 0800/167234-6; Východočeská divize, tel. zelená linka: 0800/145862; Západočeská divize, tel. zelená linka: 0800/198584-5; Severočeská divize, tel. zelená linka: 0800/181324-5, 0800/127125; Jihočeská divize, tel. zelená linka: 0800/149388; Jihomoravská divize, tel. zelená linka: 0800/124029; Severomoravská divize, tel. zelená linka: 0800/196647. Objednávky do zahraničí vyřizuje Předplatné tisku, s.r.o., administrace vývozu tisku, Hvozdčanská 5-7, 148 31 Praha 4 Roztyly tel.: 00420 2 67903106, 00420 2 67903122, fax 00420 2 7934607