



ROČNÍK III/1998. ČÍSLO 2



ŘADA B - PRO KONSTRUKTÉRY

ROČNÍK XLVII/1998. ČÍSLO 2

## V TOMTO SEŠITĚ

Zajímavosti a novinky ..... 41

### OBVODY PRO NAPÁJECÍ ZDROJE II

Integrované obvody s malým úbytkem napětí (Low Dropout) pro kladná výstupní napětí ..... 43

Integrované obvody s malým úbytkem napětí (Low Dropout) pro záporná výstupní napětí ..... 43

Obvody pro řízení nabíjení baterií ..58

Stavíme přijímače VKV  
(dokončení z č. 1/1998) ..... 75

### KONSTRUKČNÍ ELEKTRONIKA A RADIO

**Vydavatel:** AMARO, spol. s r. o.  
**Redakce:** Radlická 2, 150 00 Praha 5,  
tel./fax: (02) 57 31 73 10.

Šéfredaktor ing. Josef Kellner, sekretariát  
redakce Eva Kelárková, tel. 57321109-17,  
l. 268.

**Ročně vychází** 6 čísel. Cena výtisku 25 Kč.  
Pololetní předplatné 75 Kč, celoroční před-  
platné 150 Kč.

**Rozšiřuje** PNS a. s., Transpress s. s. r. o.,  
Mediaprint a Kapa, soukromí distributoři, in-  
formace o předplatném podá a objednávky  
přijímá Amaro s. s. r. o., M. Jiráčková, H.  
Merglová, Radlická 2, 150 00 Praha 5,  
tel./fax (02) 57 31 73 13, PNS.

**Objednávky a předplatné** v Slovenskej re-  
publike vybavuje MAGNET-PRESS Slovakia  
s. r. o., P. O. BOX 169, 830 00 Bratislava,  
tel./fax (07) 5254559 - předplatné, (07) 5254628 -  
administrativa. Předplatné na rok 165,- SK.

Podávání novinových zásilek povolila Česká  
pošta s. p., OZ Praha (čj. nov 6028/96 ze dne  
1. 2. 1996).

**Inzerce** přijímá redakce ARadio, Radlická 5,  
150 00 Praha 5, tel./fax: (02) 57 31 73 11.

**Inzerce v SR** vyřizuje MAGNET-PRESS Slo-  
vakia s. r. o., Teslova 12, 821 02 Bratislava,  
tel./fax (07) 5254628.

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**

© AMARO spol. s r. o.

## ZAJÍMAVOSTI A NOVINKY

### Antivirová technologie

Společnost Computer Associates při-  
chází na trh s dvěma novými prostředky  
na ochranu integrity kritických dat na  
serverech sítě Web a v systémech elek-  
tronické pošty. Dvojice produktů Pro-  
tection Suite for Microsoft Internet Infor-  
mation Server (IIS) a Protection Suite for  
Microsoft Exchange Server využívá vý-  
hod kombinace antivirové technologie  
InocuLAN s automatickým zálohováním  
ARCserve k tomu, aby zabránila ztrátě  
nebo porušení dat. Zálohování za provo-  
zu a antivirové služby obou složek Pro-  
tection Suite jsou výsledkem kombinace  
pokrokové antivirové technologie pro-  
duktu InocuLAN for Windows NT a spe-  
cializovaného produktu Backup Agent  
pro aplikace. ARCserve v kombinaci  
s Agentem je schopen zálohovat server  
web nebo server elektronické pošty se  
zárukou stoprocentní integrity souborů  
dokonce v době, kdy jsou soubory ote-  
vřeny a uživatelé s nimi pracují. Tímto  
způsobem je vyloučena nutnost server  
po dobu zálohování zastavovat. Antiviro-  
vá technologie InocuLAN zabraňuje ší-  
ření virů prostřednictvím elektronické  
pošty, z databází dokumentů nebo ze  
souborů „stažených“ z Internetu. Pro-  
gram detekuje viry v reálném čase plá-  
novaným způsobem (certifikováno sto  
procent podle NCSA) a může automatic-  
ky „vyléčit“ infikované soubory na serveru.

x x x

Pronájem informačních systémů APP  
Group, a. s. odráží prudký vývoj infor-  
mačních technologií, kterými společnost  
prošla za poslední léta. APP Group a. s.  
přichází s novou a v České republice za-  
tím ojedinělou službou, zvanou „outsour-  
cing“. Jde o to, že klient si nemusí infor-  
mační systém kupovat a následně jej  
provozovat a spravovat, ale může si jej  
de facto pronajmout. APP Group a. s.  
pak takový systém provozuje a přebírá  
plnou odpovědnost za jeho výkon, spo-  
lehlivost a bezpečnost. Výrazně se tak  
snižují náklady na implementaci infor-  
mačního systému v podniku, odpadají ji-  
nak obvyklé nároky na kvalifikovaný ob-  
sluhující personál a navíc veškerá  
odpovědnost za provozování systému  
leží na bedrech poskytovatele.

Společnost APP byla založena v roce  
1990 českými subjekty. Prostřednictvím  
svých dceřiných společností realizuje zá-  
kázky nejenom v ČR a SR, ale také v ji-  
ných zemích, např. Německu a Anglii.  
K jejím nejvýznamnějším zákazníkům  
v ČR mj. patří ČNB, SPT Telecom a Ze-  
tor Brno. Předpokládá se, že obrat spo-  
lečnosti se bude v roce 1997 pohybovat  
kolem jedné miliardy korun. Nedávno  
byla uzavřena předběžná smlouva o ka-  
pitálovém vstupu amerického investiční-  
ho fondu Warburg Pincus do společnosti  
APP, což by mělo posílit její postavení  
doma i v zahraničí.

x x x

Informační systém BAAN IV Společ-  
nost Expert Partner engineering nabízí  
implementaci informačního systému  
BAAN IV. Jedná se o produkt, který jako  
první v kategorii ERP systémů získal

certifikaci „Design for BackOffice“. Tento  
produkt má zachovanou stejnou funkč-  
nost jako jeho unixová verze. Ve spojení  
s výhodami prostředí Windows NT (jed-  
nodušší instalace, správa a provoz sys-  
tému) se stává přístupnějším pro malé a  
střední výrobní podniky. Systém se sklá-  
dá z pěti základních částí: BAAN Orgwa-  
re (soubor služeb a sw nástrojů pro rychlou  
a efektivní implementaci a rekonfiguraci  
systémů), BAAN Desktop (pro výběr a  
generování optimálního uživatelského  
rozhraní), BAAN Internet (podpora ko-  
munikace prostřednictvím Internetu a  
EDI), BAAN Tools (sada 4GL vývojových  
prostředků pro modifikaci a vývoj systé-  
mů) a BAAN Aplikace (Obchod, Výroba,  
Proces, Finance, Servis, Doprava, Pro-  
jekt a Podnik). V rámci Orgware systém  
obsahuje Dynamický podnikový modelér  
(DEM), který umožňuje rychle a efektiv-  
ně modelovat, konfigurovat, implemento-  
vat a spravovat celý tento systém.

**Spojení:** Hewlett Packard, Novodvor-  
ská 82/803, 142 00 Praha 4.

x x x

### Novinka v technologii UPS

American Power Conversion (APC),  
společnost působící v oblasti vývoje, vý-  
roby a prodeji prostředků k zabezpečení  
napájení elektronických systémů, přichá-  
zí s technologií nepřerušitelného zdroje  
napájení (UPS), kterou je systém Sym-  
metra Power Array. Hlavními výhodami  
tohoto systému je široké rozmezí od-  
stupňování výkonu, redundance, snadná  
správa a údržba. Napájecí pole, podob-  
ně jako disková pole u systému ukládání  
dat, jsou sestavena z řady malých, mo-  
dulárních jednotek. U Symmetra Power  
Array jsou těmito jednotkami napájecí  
moduly 4 kVA a bateriové moduly. Od-  
stupňovaný výkon soustavy jednotek  
omezuje zásah správce na jejich připoje-  
ní nebo vyřazení a konfiguraci systému.  
Symmetra Power Array je novou kate-  
gorií systémů nepřerušitelného napájení.  
Servery používají technologie klastrová-  
ní a zrcadlení disků a u systémů ukládá-  
ní dat se uplatňuje technologie RAID  
(Redundant Array of Independent Drives  
- Pole redundantních nezávislých disko-  
vých jednotek), aby byly vytvořeny zálož-  
ní cesty zabraňující stavu, kdy se před-  
mětem poruchy stane nezálohovaný  
procesor nebo disk. Symmetra Power  
Array vytváří redundanci na úrovni N+1,  
která zcela vylučuje riziko zastavení sys-  
tému. V případě vyřazení jednoho modu-  
lu pole při úrovni redundance N+1 nebo  
vyšší přebírají zatížení ostatní moduly.  
Při použití této konfigurace jsou všechny  
napájecí cesty zálohovány, což zajišťuje  
nejvyšší stupeň pohotovosti a trvalé sta-  
bility systému. Výsledkem požadavků na  
vysoký stupeň pohotovosti v běžných  
provozních podmínkách je decentraliza-  
ce kritických aplikací a databázových  
serverů. Společnosti se snaží snižovat  
náklady spojené se správou systémů  
shromážděných souborových a tisko-  
vých serverů z jednotlivých oddělení  
do výpočetního střediska nebo do ob-  
sluhných středisek kanceláří (back offi-  
ces). Konzolidované servery vyžadují  
vysoký stupeň dostupnosti a centralizo-

vanou správu systémů, které zabezpečují jejich napájení. Jak se stále více uplatňují servery, zpracovávající transakce on-line služeb, stane se potřeba zajištění nepřerušitelného napájení těchto zařízení velmi naléhavou. Tradiční osvědčené UPS v rozmezí výkonu 6 až 20 kVA však nemají možnost poskytnout dostatečný stupeň redundance, rozšiřitelnost a ovladatelnost. Dnešní datová střediska používají technologie klastrování, zrcadlení disků a RAID k vytvoření redundantních cest, zabraňujících stavu, kdy se předmětem poruchy stane nezálohovaný procesor nebo disk. Pole Symmetra Power Array vytváří redundanci na úrovni N+1, která zcela vylučuje riziko zastavení systému. V případě vyřazení jednoho modulu pole při úrovni redundance N+1 nebo vyšší přebírají zatížení ostatní moduly. Při použití této konfigurace jsou všechny cesty, včetně cest napájení, zálohovány, což zajišťuje nejvyšší stupeň pohotovosti a trvalé stability systému.

K zajištění nejvyšší úrovně ovladatelnosti systému napájení nabízí Symmetra Power Array čtyři SmartSlots. Ty umožňují správci vybrat libovolné příslušenství APC pro monitorování a správu napájení, nechat je zobrazit a ovládat napájecí pole prostřednictvím sítě, SNMP, web nebo komunikací pomocí modemu. Díky možnosti dálkové správy je Symmetra Power Array prvním ze systémů zabezpečení nepřerušitelného napájení střední třídy, které je navrženo speciálně pro průmysl informační techniky a současná datová centra.

Systém Symmetra Power Array je dodáván ve velikostech 4, 8, 12 a 16 kVA. Správce může výběrem příslušného rámu zvolit výkon v kVA a rezervu podle výhledu doplňování a přemísťování zařízení.

#### Internet v Rusku

Ruská firma Relcom JSC začala nabízet službu EUnetTraveller, která umožňuje mobilní přístup na Internet. Internetové připojení prostřednictvím této služby je nyní dostupné v Moskvě a St. Petersburgu. Celkový počet uzlů pro EUnetTraveller tak překročil ve světě čtyři stovky. Firma Relcom byla založena v roce 1990. Zpočátku pomáhala spojit s jinými vědeckými ústavy ty, kteří vyvíjeli a používali počítačový systém v ruském vědeckém středisku Kurčatovův institut. Ve stejném roce se stal Relcom součástí sítě EUnet International. Přístup na síť EUnet/Relcom v Rusku a zemích bývalého Sovětského svazu nabízí 150 organizací, provozujících síťové služby prostřednictvím regionálních uzlů Relcomu.

#### Hudba na Internetu

Poté, co město Curych ocenilo skupinu YELLO svou výroční uměleckou cenou, vyvinula Webfactory společnosti EUnet International v Curychu unikátní javovou hudební stanici na webu. Sami uživatelé Internetu se mohou stát internetovými diskžokeji. Po velmi náročném programování přišel pracovní tým Webfactory, který úzce spolupracoval s Dieterem Meierem a Borisem Blankem, s něčím, co je v současné době unikátní. Hudební soubory ze studií YELLO byly zdigitalizovány, upraveny pro rychlostí Internetu a sestříhány. Java je použita k přenosu zvukových souborů v os-

mibitové kvalitě, pro plné využití nabízených možností tohoto www-serveru a kvalitní poslech je doporučeno použít minimálně standardní PC 486 nebo Pentium s 60 MB RAM, Netscape 3.1 a zvukovou aparaturu. Hudební „stanice“ má celkem osm, popř. sedm ovladačů ze skutečného mixážního pultu. Připojený internetový diskžokej si může zvolit ze tří smyček či vzorků. Poslední ovladač, hudební kompozér LC8, umožňuje samplovat vlastní rytmy a používat archivy zvukových souborů skupiny YELLO. Nejjednodušším způsobem, jak získat více informací o této hudební stanici, je navštívit www-stránku. Internetová adresa je <http://www.yello.ch/soundstation>.

#### „Lékař“ vašeho počítače

Americká společnost Symantec Ltd. připravila novou verzi programového vybavení pro vnitřní údržbu a organizaci osobních počítačů, Norton Utilities 2.0 pro Windows 95, jež je k dispozici i v českém jazyce. Od roku 1982, kdy byla představena první verze Norton Utilities, získal si tento programový soubor uznání. Udrží optimální funkci pevného disku počítače a napravuje malé problémy dříve, než přerostou ve velké. Verze 2.0 tohoto programu poskytuje uživateli ve srovnání s předchozím verzemi lepší možnosti softwarové údržby, s jejíž pomocí se práce s osobním počítačem stává mnohem produktivnější. Nová verze se vyznačuje četnými špičkovými vylepšeními a doplňky.

#### Norton System Genie

System Genie velmi snadno umožňuje nastavit si parametry počítače s Windows 95 podle vlastních požadavků. Namísto složité editace registrů nabízí grafické rozhraní typu „point-and-click“ a s ním více než šest desítek možností, jak si podle potřeby nastavit Windows 95. Například je možné: přejmenovávat či odstraňovat položky z pracovní plochy („desktop“), jakou je Schránka („Inbox“) apod., přidávat další aplikace do kontextových nabídek určitých souborů, popřípadě ke všem souborům, zobrazovat položky v nabídce Můj počítač („My Computer“) způsobem, jakým je zobrazuje funkce Průzkumník („Windows Explorer“), nastavit rychlost kaskádovitěho otevírání nabídkových menu, přidat takové položky do kontextové nabídky Zkratky, které ukazují cílovou položku.

Vyhledávání virů Norton Utilities 2.0 využívá technologie Norton AntiVirus, jež provádí transparentní vyhledávání virů na pozadí. Tak zvaný System Doctor (viz níže) zahrnuje kontrolní funkce, které odhalují výskyt virů v uživatelském systému a též uživatele upozorní, když je nutno oběrstvit zastarávající databázi známých virů.

#### Funkce LiveUpdate

Aby bylo možno předcházet zastarávání aplikací a doplňovat je nejnovější vylepšení, společnost Symantec vytvořila funkci LiveUpdate. Tato funkce umožňuje spojení s kmenovou stránkou či informačním systémem BBS společnosti Symantec a získat nejnovější verzi a doplňky programů tohoto výrobce, které má uživatel nainstalovány. Nástroje k práci s Registry Norton Utilities 2.0 také nabízí soubor nástrojů pro práci s registry. Tyto nástroje jsou rozděleny do dvou kategorií: 1. System Genie, který je pro uživatele, kteří nejsou na přímou práci s Registry zvyklí, nebo chtějí nalézt snazší způsob, jak proniknout do jejich

tajů, 2. Registr Editor, který je pro uživatele, kteří chtějí do Registrů vstoupit přímo a dovědět se o nich více. Součástí Editoru je řada funkcí jako vyhledávání a nahrazování, označování míst umístěním „záložek“ („bookmarks“), mnohoúrovňové anulování předchozích úkonů („undo“) a podpora pro práci se soubory INI z téhož rozhraní. Registr Tracer navíc periodicky „snímkuje“ konfigurační soubory. Integrovanou součástí Editoru je též tzv. Registry Advisor, který poskytuje podrobnou dokumentaci ke všem běžným klíčům/klávesovým kombinacím pro rychlou editaci. Aplikace Advisor také registruje ty klíče/klávesové kombinace, které by neměly být měněny, aby nedošlo k poškození systému.

#### System Doctor

System Doctor je jádrem Norton Utilities. Sleduje činnost systému a automaticky reaguje na jakýkoli problém. K doplňkům aplikace System Doctor patří: Internet Speedometer - funkce, která sleduje vaše oblíbené adresy v síti Internet a informuje, zda je právě vhodná doba k jejich návštěvě, SMART Sensor - funkce, která varuje před tím, než dojde k selhání diskové jednotky, Memory Sensor - zajišťuje dostatečné množství volné paměti a vede uživatele k řešení vzniklých situací.

#### Testy na měření výkonu

Norton Utilities má dlouhou tradici v poskytování objektivních srovnávacích testů k měření výkonu celého systému. Vedle funkce System Benchmark, která měří výkon centrálního procesoru a paměti tak přesně, že byla vybrána firmou Intel jako část jejího výkonového indexu iCOMP 2.0, nabízí Norton Utilities 2.0 dvě nové funkce. Zatímco Disk Benchmark měří výkon subsystému pevného disku, Multimedia Benchmark měří výkon systému při spuštěných hrách či zábavních titulech včetně testování přenosové rychlosti CD-ROM, reprodukčních schopností AVI a MPEG, zpracování a manipulace obrazu a funkce systému Direct 3D.

#### Antivirový software

Společnost Computer Associates oznámila, že IT Group společnosti Microsoft Corporation vybrala antivirový software Inoculan k ochraně své globální sítě. Mezi podmínkami, které rozhodly ve prospěch produktu Inoculan, byla vynikající schopnost detekce a ošetření makrovirů, možnost správy typu end-to-end, automatizovaná distribuce software a aktualizací datových souborů. Inoculan slouží k ochraně všech platform Microsoftu včetně Windows NT Server a Workstation, Windows 95, Microsoft Exchange Server a Client, Office 97 (včetně aplikace Outlook) a Windows Messaging, stejně jako pro budoucí verzi Windows s pracovním názvem Memphis. Inoculan rovněž poskytuje podporu hardwarových platform Alpha a Intel. Inoculan je prvním řešením antivirové ochrany, které obdrželo certifikát „Designed for Microsoft BackOffice“. Produkt byl sdružením National Computer Security Association (NCSA) certifikován jako schopný detekce a neutralizace ještě předtím, než viry mohou způsobit škody na kritických zdrojích výpočetní techniky, a to u 100 % virů, vyskytujících se v „terénu“, včetně více než 1000 makrovirů.

Alexandra Zemanová

# OBVODY PRO NAPÁJECÍ ZDROJE

Karel Bartoň

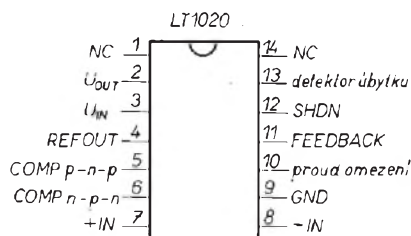
Pokračování z Konstrukční elektroniky č. 5/1997

## LT1020

Další z řady zajímavých „mikro-přikonových“ regulátorů firmy Linear Technology je obvod LT1020. Tento obvod v sobě sdružuje stabilizátor kladného napětí a komparátor s výstupem s otevřeným kolektorem, vhodný pro realizaci mnoha různých užitečných pomocných funkcí - viz dále. Navíc má LT1020 vyveden vstup pro možnost externího nastavení velikosti proudového omezení, což patří k nesporným výhodám popisovaného obvodu. Připojením tohoto vývodu (vývod 10 - Current Limit) ke společné svorce (GND) přes rezistor odpovídající odporu dosáhneme požadované velikosti proudového omezení. Při přímém spojení tohoto vývodu se společnou svorkou je výstupní proud max. 3 mA. Pokud naopak funkci obvodu proudového omezení nevyžadujeme, necháme vývod 10 nezapojený.

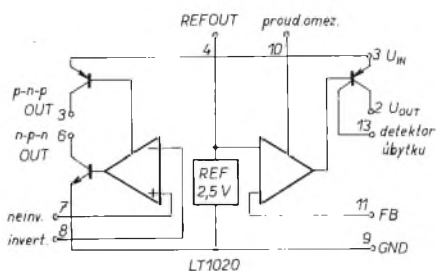
LT1020 může do zátěže dodat proud až 125 mA při vlastní spotřebě pouhých 40  $\mu$ A a při maximálním napětovém úbytku 0,6 V. Vstupní napětí může být v rozsahu 4,5 až 36 V.

Obvod LT1020 je vyráběn ve čtrnáctivývodovém pouzdru DIP, jehož zapojení vývodů je na obr. 176. Existuje ještě modifikace s označením LT1020 CS v 16vývodovém pouzdru SOL, určeném pro povrchovou montáž SMT, která se liší tím, že má na vývodu 14 navíc přímý vstup pro ovládání elektronického odpojení (Shutdown).

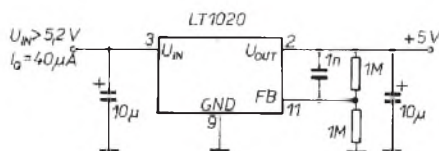


Obr. 176. Zapojení vývodů obvodu LT1020

Na obr. 177 je vnitřní blokové (skupinové) zapojení integrovaného obvodu LT1020, na obr. 178 je jeho základní zapojení jako stabilizátoru s výstupním napětím 5 V.

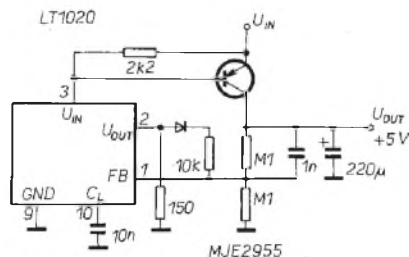


Obr. 177. Vnitřní blokové zapojení obvodu LT1020



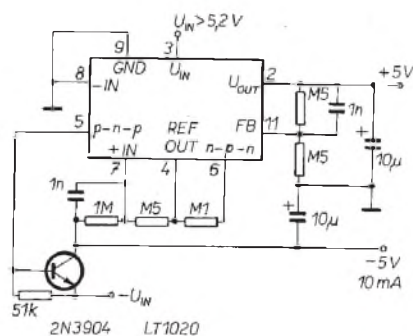
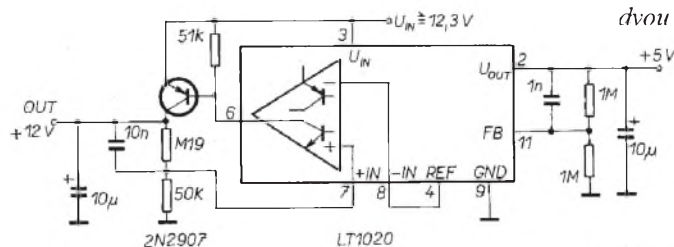
Obr. 178. Základní zapojení LT1020 - stabilizátor 5 V

LT1020 byl speciálně navržen pro použití v mikropřikonových aplikacích. Pokud je potřeba většího výstupního proudu, je možno výstup „posílit“ externím výkonovým tranzistorem podle obr. 179.

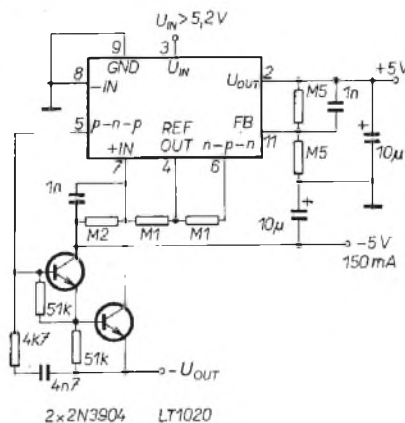


Obr. 179. Zapojení regulátoru s LT1020 a výstupním proudem 1 A

Vnitřní komparátor může být použit k různým účelům a pomocným funkcím: Na obr. 180 je např. zapojení regulátoru se dvěma výstupy, jedním hlavním a druhým se záporným stabilizovaným výstupním napětím



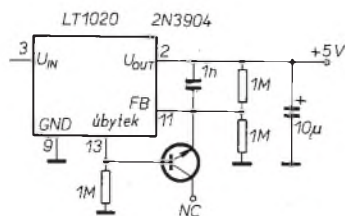
Obr. 180. Regulátor se stabilizovaným kladným a záporným napětím



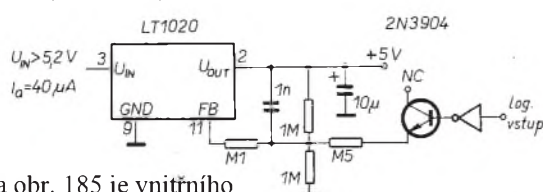
Obr. 181. Zapojení z obr. 180 pro větší výstupní proud

-5 V. K regulaci tohoto druhého napětí je právě využit vnitřní komparátor, obsažený v obvodu LT1020. Odběr ze zdroje záporného napětí může být max. 10 mA. Při požadavku na větší výstupní proud může být po úpravě zapojení podle obr. 181 odebrán výstupní proud ze zdroje záporného napětí až 150 mA. Potřebujeme-li, aby bylo pomocné výstupní napětí rovněž kladné polarity, využijeme zapojení z obr. 182, kde je pomocné výstupní napětí +12 V.

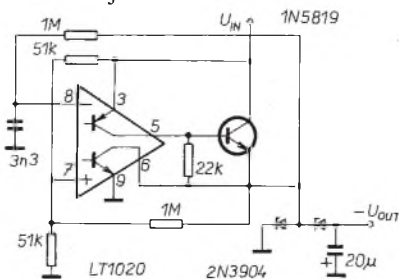
Obr. 182. Regulátor dvou kladných napětí



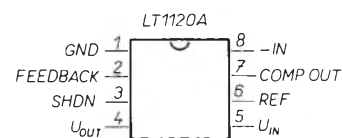
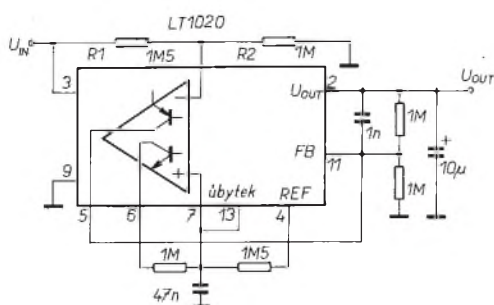
Upravené základní zapojení s cílem dosáhnout co nejmenšího klidového proudu při minimálním rozdílu mezi vstupním nestabilizovaným a výstupním stabilizovaným napětím (Dropout), je na obr. 183.



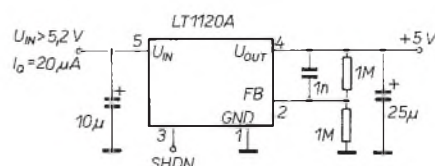
V zapojení na obr. 185 je vnitřního komparátoru využito k odpojení výstupu regulátoru při nedostatečném vstupním napětí, aby se mohlo předejít stavu, kdy stabilizátor již nemůže stoprocentně plnit svoji funkci. Zpětná vazba komparátoru je navržena s hysterezí, aby se zabránilo oscilacím a opětovnému připojování a odpojování baterie. Funkce regulátoru se obnoví až za podmínky zvětšení vstupního napětí o určitou velikost, která je dána rovnicí:



Obr. 187. Zdvojovač napětí s kompa-  
rátořem

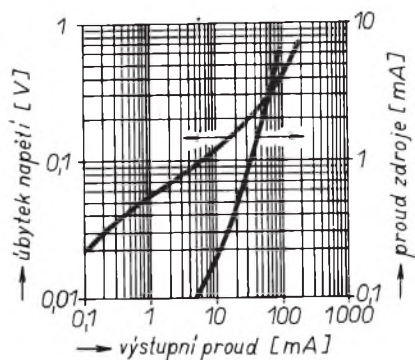


vých pouzder DIP a SOIC, jejichž zapojení vývodů je na obr. 190.



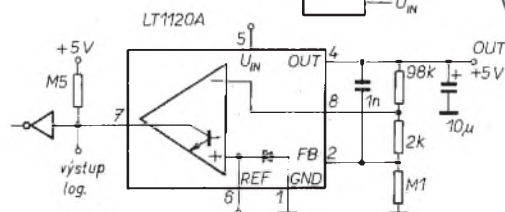
Graf úbytku napětí a proudového odběru v závislosti na velikosti proudu do zátěže je na obr. 192.

Zajímavé zapojení obvodu LT1120A s využitím vnitřního komparátoru je na obr. 193. Jedná se o stabilizátor s monitorováním poklesu výstupního

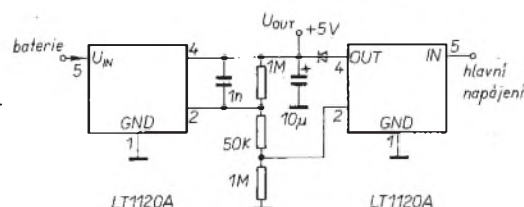


Obr. 192. Úbytek napětí a proudový odběr v závislosti na velikosti proudu do zátěže pro obvod LT1120A

Obr. 193. Stabilizátor s monitorováním poklesu výstupního napětí



*Obr. 194. Stabilizátor s bateriovým zálohováním výstupního napětí*



napětí - při zmenšení výstupního napětí o 100 mV je přes invertující vstup aktivován vnitřní komparátor a jeho výstup se překlopí.

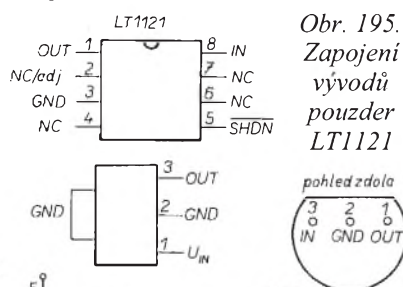
Zapojení na obr. 194 je stabilizátor s bateriovým zálohováním výstupního napětí. Jsou v něm použity dva obvody LT1120A, jeden ke stabilizaci hlavního napájecího napětí ze zdroje, druhý stabilizuje napětí zálohovací baterie. Toto zapojení zaručuje, že pokud je na vstupu hlavní napájecí napětí, obvod se zálohovací baterií je odpojen a baterie se zbytečně nevybíjí. Při odpojení hlavního napájecího napětí je napájené zařízení bez přerušení dodávky proudu napájeno z druhého zdroje se zálohovací baterií.

**LT1121**

Obvod LT1121 firmy Linear Technology je mikropříkonový stabilizátor, vybavený vstupem pro elektronické odpojení (Shutdown). Je schopen dodat proud až 150 mA při úbytku napětí na regulačním prvku menším než 400 mV. Je navržen pro bateriově napájené systémy a malý klidový proud, 30  $\mu$ A, popř. 16  $\mu$ A při režimu elektronického odpojení, jej činí pro tento účel ideální součástkou.

LT1121 je vyráběn ve verzích s nastavitelným výstupním napětím (LT1121) a s pevným výstupním napětím 3,3 V (LT1121-3,3) popř. 5 V (LT1121-5). Dodává se v osmivý-

vodových pouzdech DIP pro klasickou montáž a SO pro montáž technikou SMT (všechny verze) a ve třívývodových pouzdech TO-92 a SOT-223 (pouze verze s pevným výstupním napětím a bez vstupu Shutdown). Napojení vývodů všech pouzder je na obr. 195.



Obr. 195.  
Zapojení  
vývodů  
pouzder  
LT1121

napětím je na obr. 196, s nastavite-  
lným výstupním napětím na obr. 197.

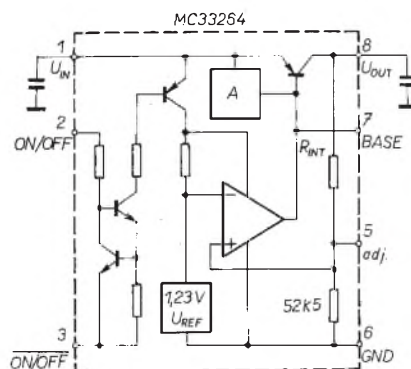
Jak je ze schémat patrné, další velkou výhodou LT1121 je, že jeho výstup stačí blokovat kondenzátorem s malou kapacitou (v rozsahu 0,33 až 1 µF), oproti obvykle nutným daleko větším kapacitám řádu desítek až stovek µF, což má příznivý vliv jak na rozměry, tak i na cenu zařízení.

Vstup obvodu LT1121 může být připojen ke společné svorce (GND), nebo na něj může být připojeno i napětí opačné polaroty bez rizika následného poškození obvodu či napájeného zařízení - to je výhodné ve zdrojích se zálohovaným napájením, kdy je na výstupu regulátoru větší napětí než na vstupu. Zpětný - reverzní - proud protékající z výstupu do vstupu je u obvodu LT1121 v tomto případě pouze 16  $\mu$ A.

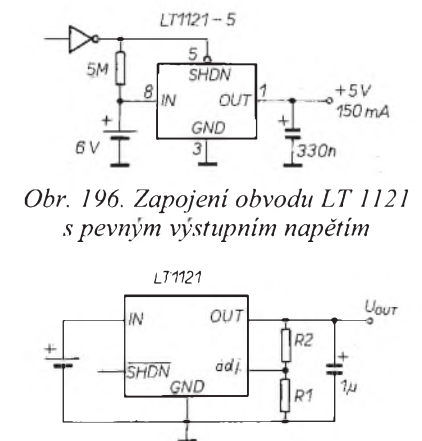
Praktické zapojení s obvodem LT1121 je na obr. 198. Jedná se o spínač a regulátor napájecího napětí pro kartu PCMCIA, u níž je stav výstupu řízen v závislosti na logických úrovních na vstupech EN0 a EN1 a výstupní napětí může být 0 V / 5 V / 12 V, nebo výstup může být ve stavu s velkou impedancí. Hradla řady HC126, použitá v zapojení, mají třístavové výstupy a měla by být umístěna v blízkosti rezistorů R3, R4 a obvodu LT1121.

## MC33264

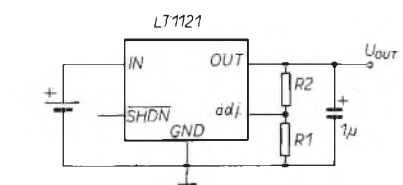
Obvod MC33264, vyráběný firmou Motorola, je mikropříkonový re-



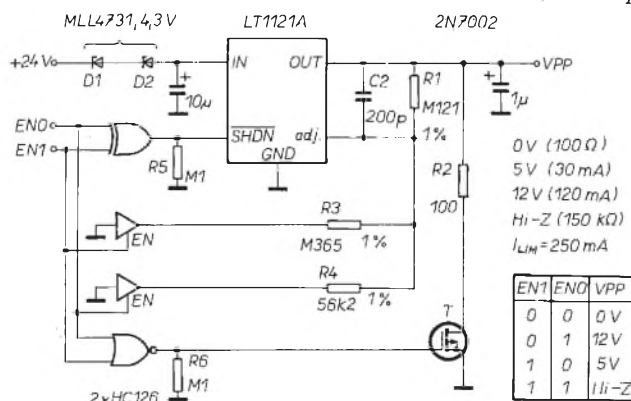
Obr.199. Vnitřní blokové zapojení  
obvodu MC33264, A - tepl. ochrana



Obr. 196. Zapojení obvodu LT 1121 s pevným výstupním napětím



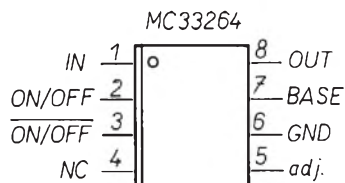
Obr. 197. Zapojení LT1121 s nastavitelným výstupním napětím



Obr. 198. Programovateľný zdroj s obvodom LT1121

gulátor, vybavený dvěma vstupy (vstup ON/OFF a vstup ON/OFF), určenými pro elektronické ovládání zapnutí a vypnutí regulátoru - jedním aktivním při logické úrovni H a druhým aktivním při logické úrovni L.

Vnitřní blokové zapojení tohoto obvodu je na obr. 199. Je dodáván pouze v provedení pro povrchovou montáž technikou SMT v běžném pouzdru SO-8 a v pouzdru Micro-8, které má poloviční rozteč vývodů oproti pouzdru SO-8 (0,65 mm). Zapojení vývodů je pro oba typy pouzder shodné a je na obr. 200.

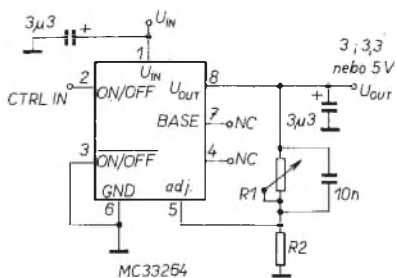


Obr. 200. Zapojení vývodů obvodu MC33264

Obvod MC33264 je vyráběn v sedmi verzích s pevnými výstupními napětími, odstupňovanými od 2,8 do 5 V. Pokud potřebujeme velikost nastaveného výstupního napětí změnit, je to možné v mezích  $\pm 15\%$  přednastavené velikosti výstupního napětí zařazením napěťového děliče R1, R2 a připojením jeho středu ke vstupu pro nastavení (adj.) podle zapojení na obr. 201. Velikost výstupního napětí je pak dána rovnici:

$$U_{out} = U_{ref} (1 + R1/R2) + I R1,$$

kde  $U_{ref}$  je vnitřní referenční napětí 1,235 V a  $I$  proud vstupu adj., obvykle -20 nA. Blokovací kondenzátor, zapojený paralelně k R1, zmenšuje výstupní šum stabilizátoru tím, že zajistí

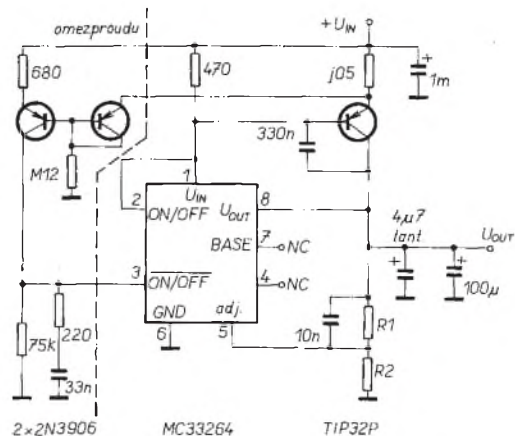


Obr. 201. Zapojení pro jemné nastavení výstupního napětí

jeho jednotkové zesílení pro signály vyšších frekvencí.

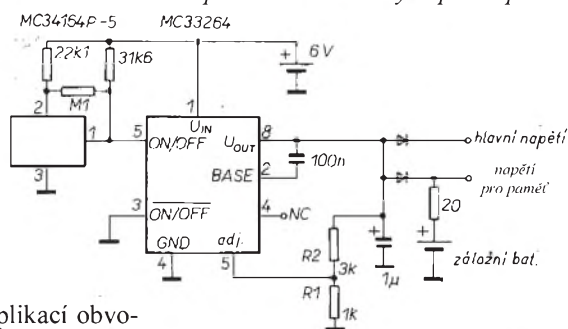
Maximální výstupní proud stabilizátoru MC33264 je 100 mA. Při požadavku na větší výstupní proud použijeme zapojení na obr. 202, z něhož je možno odebírat výstupní proud až 2 A. Zapojení navíc obsahuje obvod proudového omezení, tvořený snímacím rezistorem 0,05  $\Omega$  a dvěma tranzistory v levé části obrázku.

Obr. 202. Regulátor s výstupním proudem až 2 A



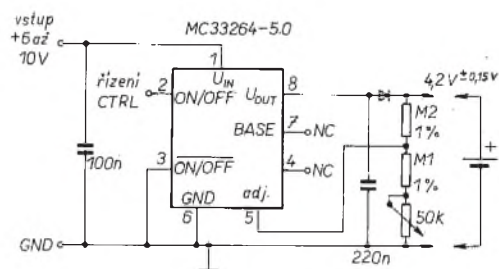
V zapojení na obr. 203 je hlavní napájecí olověná baterie při poklesu napětí pod určenou minimální velikost odpojena a paměťové obvody, u nichž by jinak došlo ke ztrátě dat, jsou v zařízení nadále napájeny ze zálohovací niklokadmiové baterie.

Obr. 203. Odpojení napájecí baterie při nedostatečném napětí



Poslední zajímavou aplikací obvodu MC33264 je nabíječka lithiových nabíjecích článků, jejíž schéma zapojení je na obr. 204. V zapojení je použita metoda s konstantním výstupním napětím.

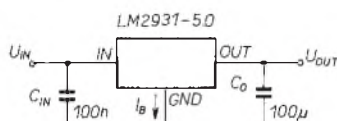
Obr. 204 Nabíječka lithiových článků s MC33264



## LM2931

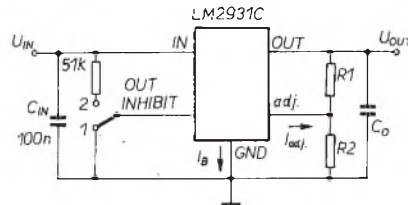
Obvody řady LM2931 jsou firmami National Semiconductor i Motorola vyráběny ve verzích s pevným i nastavitelným výstupním napětím snad ve všech typech běžných pouzder.

Základní zapojení regulátoru pro pevné výstupní napětí je na obr. 205,



Obr. 205. Základní zapojení LM2931 pro pevné výstupní napětí

pro nastavitelné výstupní napětí na obr. 206, kde je patrné, že tato verze je navíc vybavena vstupem pro elek-

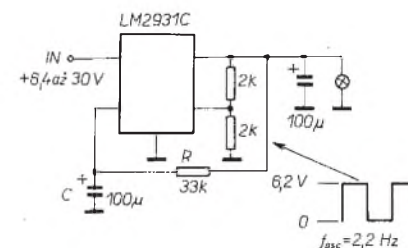


Obr. 206. Základní zapojení LM2931 pro nastavitelné výstupní napětí

tronické ovládání odpojení výstupu (Output Inhibit).

Zajímavé zapojení integrovaného obvodu LM2931 je na obr. 207, kde je

schéma jednoduchého blikáče. Frekvence blikání je určena časovou konstantou, danou odporem rezistoru R a kapacitou kondenzátoru C. Průběh napětí na tomto článku RC ovládá přes vstup „Output Inhibit“ odpojení a opětné připojení výstupu stabilizátoru.



Obr. 207. Blikáč s obvodem LM2931

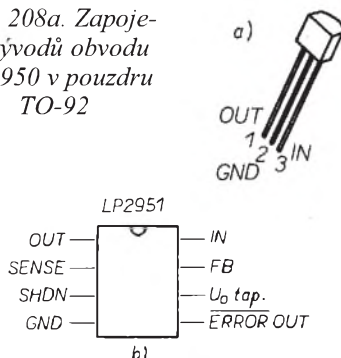
## LP2950 a LP2951

Obvody LP2950 a LP2951, vyráběné firmami National Semiconductor a Motorola, jsou mikropříkonové napěťové regulátory, speciálně navržené pro zachování všech stabilizačních vlastností i při velmi malých rozdílech mezi vstupním a výstupním napětím. Tento rozdíl může být při malých zatěžovacích proudech typicky pouhých 40 mV, při proudu do zátěže 100 mA je to kolem 380 mV. Spolu s velmi malým vlastním klidovým proudem, který je pouze 75  $\mu$ A, se tyto vlastnosti velice příznivě projeví zejména v bateriově napájených zařízeních prodloužením života napájecí baterie.

Obvod LP2950 se vyrábí v provedení jako jednoduchý, třísvorkový stabilizátor v pouzdru TO-92 a pro montáž technikou SMT v pouzdru DPAK. Na obr. 208a je zapojení vývodů obvodu LP2950 v pouzdru TO-92, které je stejné, jako u většiny standardních typů stabilizátorů kladného napětí, a ty lze tedy snadno při modernizaci stávajících zařízení (či návrhu zařízení nových) integrovaným obvodem LP2950 nahradit.

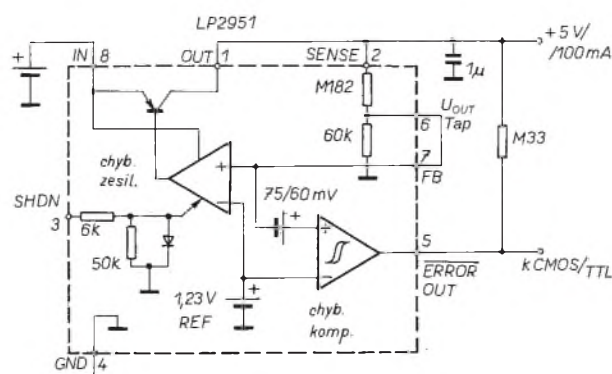
Zapojení vývodů obvodu LP2951 je na obr. 208b. LP2951 je oproti obvodu LP2950 navíc vybaven vstupem pro elektronické odpojení (Shutdown), výstupem chybového hlášení při ztrátě regulace (ERROR OUTPUT) a vstupem pro možnost nastavit výstupní napětí (Feedback, FB). Z tohoto důvodu je dodáván v osmivývodových pouzdrech DIP a SO-8.

Obr. 208a. Zapojení vývodů obvodu LP2950 v pouzdru TO-92



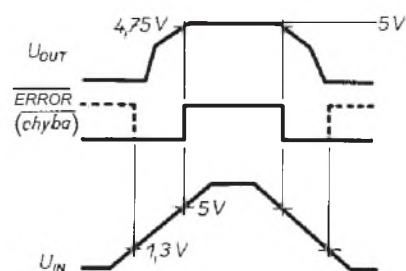
Obr. 208b. Zapojení vývodů obvodu LP2951

Obr. 209. Blokové schéma vnitřního zapojení a základní zapojení obvodu LP2951



Blokové schéma vnitřního zapojení a základní zapojení integrovaného obvodu LP2951 je na obr. 209. Vstup Shutdown je kompatibilní s logikou TTL i CMOS a je aktivní při přivedení logické úrovně H.

Výstup ERROR OUTPUT je výstupem komparátoru a je rovněž kompatibilní s logikou CMOS i TTL. Tento výstup přejde do úrovně H vždy, když se výstupní napětí stabilizátoru z nějakého důvodu (obvykle nedostatečné vstupní napětí) zmenší o 5 % pod jmenovitou velikost výstupního napětí. Na obr. 210 je příslušný časový diagram, z něhož je funkce výstupu ERROR OUTPUT v závislosti na velikosti vstupního a výstupního napětí dobře patrna.



Obr. 210. Časový diagram výstupu ERROR OUTPUT

Výstupní napětí je možno zvolit buď přednastavené podle verze obvodu na 3 V, nebo 3,3 V, nebo 5 V propojením vývodu 1 (Output) s vývodem 2 (Sense) a vývodem 7 (Feedback, FB) s vývodem 6 ( $U_{OUT}$  Tap) s využitím vnitřního napěťového děliče, anebo je možné výstupní napětí uživatelsky nastavit v rozmezí od 1,23 V do 29 V dvěma externími rezistory R1, R2 v zapojení podle obr. 211. Velikost výstupního napětí je přitom dána vztahem:

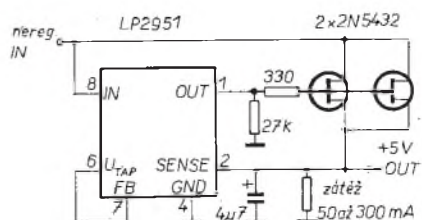
$$U_{OUT} = U_{REF} (1 + R1/R2) + I_{FB} R1$$

kde  $U_{REF}$  je vnitřní referenční napětí 1,235 V a  $I_{FB}$  je klidový proud -20 nA vstupu FB.

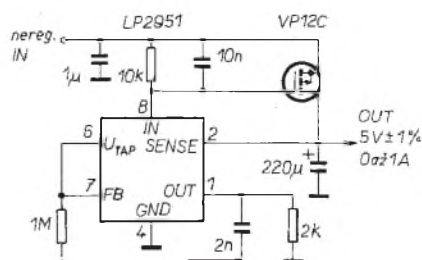
Maximální odpor rezistoru R2 by neměl být větší než 1,2 M $\Omega$  z důvodu potřeby dodržet minimální zatěžovací proud výstupu obvodu LP2951, který je 1  $\mu$ A.

Šumovou složku výstupního napětí lze v aplikacích, kde je to potřebné, zmenšit u obvodu LP2950 zvětšením kapacity výstupního blokovacího kondenzátoru z 1  $\mu$ F na 220  $\mu$ F ze 430  $\mu$ V na 160  $\mu$ V (efekt. hodnota) při širší pásma 100 kHz a výstupním napětí 5 V. Ze 430  $\mu$ V na 100  $\mu$ V za stejných podmínek lze u obvodu LP2951 zmenšit šumovou složku výstupního napětí připojením blokovacího kondenzátoru o kapacitě 10 nF paralelně k rezistoru R1. Se zvětšováním výstupního napětí se již velikost šumové složky nezvětšuje, takže je tato úprava více znatelná při větších výstupních napětích.

Maximální výstupní proud, který je možno z regulátoru odebírat, je možno zvětšit v zapojení podle obr. 212 na 300 mA, případně na 1 A podle obr. 213, přidáním externích výkonových tranzistorů.

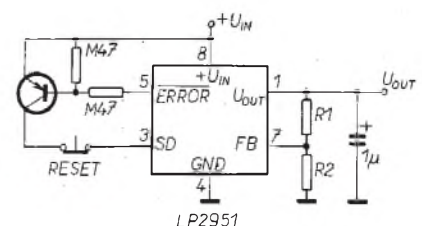


Obr. 212. Regulátor s LP2951 s výstupním proudem 300 mA



Obr. 213. ... a 1 A

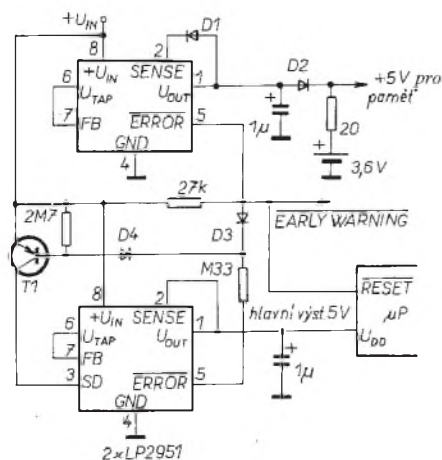
Na obr. 214 je zapojení, které při chybovém hlášení na výstupu



Obr. 214. Regulátor vypínající při chybovém hlášení

ERROR OUT sepnutím tranzistoru a následnou aktivací vstupu SD (Shutdown) zablokuje regulátor. Odblokování lze dosáhnout tlačítkem RESET.

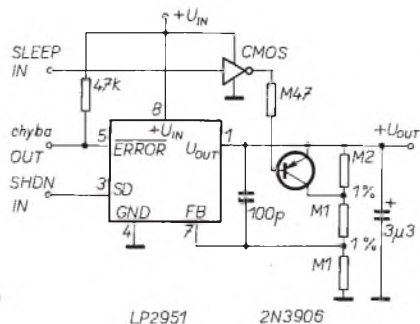
Zapojení zdroje pro napájení desky mikropočítače s využitím dvou obvodů LP2951 je na obr. 215. Dolní ob-



Obr. 215. Dvojitý zdroj pro napájení desky mikropočítače

vod stabilizuje hlavní napájecí napětí, horní obvod slouží k napájení paměťových obvodů a dobíjení zálohovací niklo-kadmiové baterie, která tyto obvody napájí v případě odpojení, či nedostatečného vstupního napětí  $+U_{IN}$ . Chybové hlášení z výstupu ERROR OUT je zde využito k resetování mikroprocesoru.

Funkce je následující: Výstupní napětí horního obvodu je zapojením diody D1 naprogramováno na 5,6 V, čímž je kompenzován úbytek napětí na diodě D2, která zajišťuje, aby se po vypnutí hlavního napájecího napětí zpětně nevybíjela zálohovací niklo-kadmiová baterie do výstupu  $U_{OUT}$  horního regulátoru. Při zmenšení hlavního napájecího napětí pod úroveň 5,7 V se objeví chybové hlášení na výstupu ERROR OUT horního regulátoru. Při jeho dalším zmenšení pod hranici 5,3 V se zaktivuje i výstup ERROR OUT dolního regulátoru a přes tranzistor T1 se pomocí vstupu SD (Shutdown) odpojí dolní regulátor, který je zdrojem hlavního stabilizovaného napětí +5 V pro mikroprocesor. Tento regulátor je znovu připojen teprve až tehdy, když vstupní napětí přesáhne velikost 5,7 V. Horní

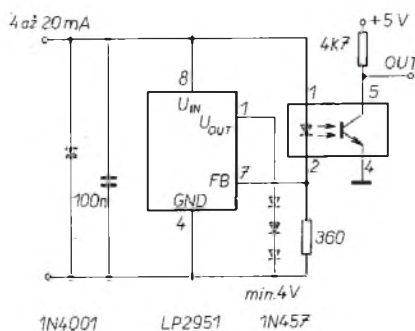


Obr. 216. Regulátor s výstupním napětím 2,5 V při funkci „Sleep“

regulátor obnoví svoji funkci a změna stavu na výstupu chybového hlášení ERROR OUT odblokuje přes diodu D3 dolní regulátor.

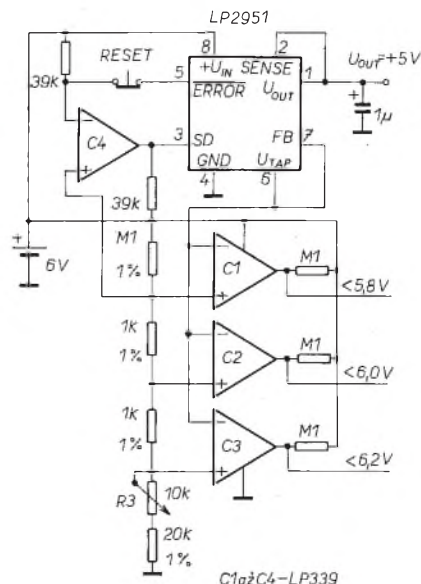
Regulátor na obr. 216 obsahuje navíc vstup „Sleep Input“, jehož aktivací signálem s logickou úrovní H je výstupem hradla CMOS sepnut tranzistor, který tak přemostí část napěťového děliče, určujícího velikost výstupního napětí, v důsledku čehož se výstupní napětí zmenší na 2,5 V. Toto zapojení je vhodné, pokud nechceme napájení zcela odpojit a takto zmenšené „udržovací“ napájecí napětí postačí pro napájení paměťových obvodů nebo logiky.

Obvod pro detekci rozpojení proudové smyčky 4 až 20 mA je na obr. 217. Při proudu smyčkou menším než 3,5 mA přejde výstup do stavu logické úrovně H.



Obr. 217. Obvod pro detekci rozpojení proudové smyčky 4 až 20 mA

Zapojení na obr. 218 představuje regulátor s indikací stavu nabití napájecího olověného akumulátoru. Invertující vstupy komparátorů C1 až C3 jsou připojeny na střed vnitřního napěťového děliče obvodu LP2951 a na-

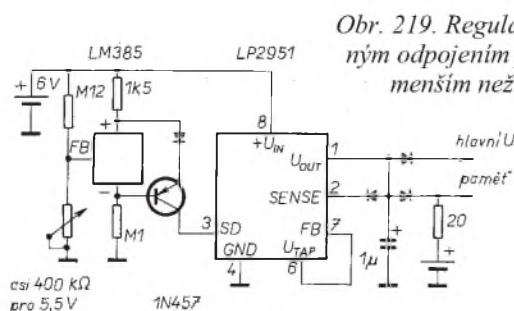


Obr. 218. Regulátor s indikací stavu nabití napájecího akumulátoru

pětí na tomto děliči slouží pro komparátory tedy jako referenční. Velikost napětí na neinvertujících vstupech komparátoru je odstupňována pomocí děliče, připojeného ke svorkám napájecího olověného akumulátoru. Zmenší-li se napětí akumulátoru pod prahovou úroveň, uvedená na obrázku, tak se postupně překlápějí výstupy jednotlivých komparátorů na logickou úroveň L. Na tyto výstupy mohou být např. připojeny barevně odlišené LED, indikující tak stav nabití olověného akumulátoru.

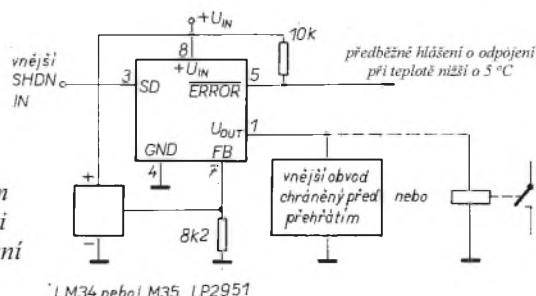
Pro jemné nastavení je určen rezistor R3, kterým lze přesně nastavit práh překlacení komparátoru C2 při vstupním napětí, zmenšujícím se těsně pod hranici 6 V. Komparátor C4 slouží k vypnutí regulátoru při nedostatečném vstupním napětí, kdy by již nemohlo být zajištěno výstupní napětí požadované velikosti. Všechny čtyři komparátory jsou v jednom pouzdře obvodu LP339 (LM339).

Na obr. 219 je stabilizátor s odpojením při nedostatečném napětí hlavní napájecí olověné baterie a zálohováním paměťových obvodů niklo-kadmiovou baterií. Odpojení při vstupním napětí pod hranici 5,5 V zajišťuje zapojení s nastavitelným přesným napěťovým referenčním obvodem LM385 a tranzistorem, který ovládá vstup SD



Obr. 219. Regulátor s přesným odpojením při napětí menším než 5,5 V

Obr. 220. Systém s ochranou proti tepelnému přetížení obvodu



(Shutdown). Přesná velikost napětí, při kterém se regulátor odpojí, se nastaví odporovým trimrem. Zpět se regulátor připojí při vstupním napětí 6 V. Hystereze obvodu je nastavena rezistorem 1,5 kΩ.

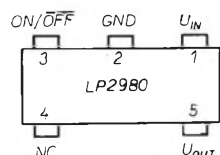
Posledním aplikačním zapojením obvodu LP2951 je na obr. 220 systém s obvodem ochrany proti tepelnému přetížení. Jako teplotní čidlo je použit teplotní senzor typu LM34 nebo LM35, který přes vstup FB ovládá výstup regulátoru LP2951. K odpojení výstupu dochází při teplotě 125 °F při použití teplotního senzoru typu LM34 nebo při teplotě 125 °C s teplotním senzorem typu LM35. Zátěž může být při zvýšení teploty nad uvedené meze odpojena buď přímo, nebo přes relé.

### LP2980, LP2981

Regulátory LP2980 a LP2981 od výrobce National Semiconductor jsou dodávány pouze v pětivývodovém pouzdru SOT-23, určeném pro povrchovou montáž technikou SMT.

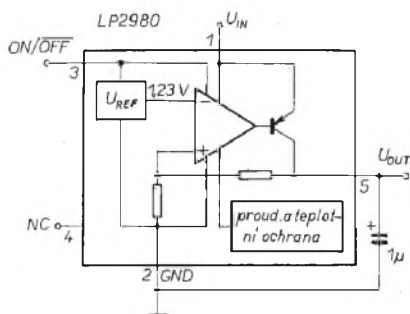
Obvod LP2980 je v současnosti vyráběn ve verzích s nastavitelným výstupním napětím a s pevnými výstupními napětími 2,7 V / 2,8 V / 3 V / 3,1 V / 3,2 V / 3,3 V / 3,8 V / 4,7 V a 5 V.

Zapojení vývodů je na obr. 221, základní zapojení včetně vnitřního



Obr. 221. Zapojení vývodu obvodu LP2980, LP2981

blokového zapojení na obr. 222. Obvod LP2981 je vyráběn pouze s pevnými výstupními napětími 3 V / 3,1 V / 3,2 V / 3,3 V / 3,8 V a 5 V. Jeho zapojení vývodů je stejné jako u typu

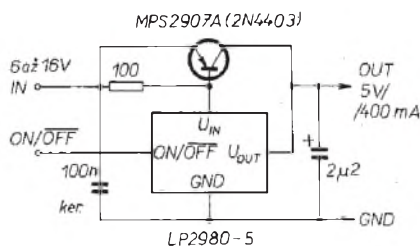


Obr. 222. Základní zapojení obvodu LP2980

LP2980. Oba obvody mají vstup ON/OFF pro funkci elektronického odpojení výstupu, kdy obvod přejde do klidového stavu (Sleep) a vlastní spotřeba se v tomto režimu zmenší na méně než 1 μA. Vstup ON/OFF je aktivní při logické úrovni L a pokud není pou-

žíván, měl by být spojen se vstupní svorkou  $U_{IN}$  regulátoru.

Obvod LP2980 je určen pro výstupní proud do 50 mA, výstupní proud obvodu LP2981 je do 100 mA. Zapojení s LP2980 pro větší výstupní proud je na obr. 223. Obvod LP2981

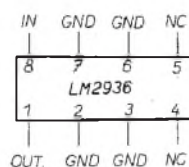


Obr. 223. Zapojení regulátoru s LP2980 pro výstupní proud 400 mA

má navíc velmi malou úroveň šumového napětí na výstupu (40 μV).

### LM2936

Obvod LM2936 firmy National Semiconductor je jednoduchý třisvorkový stabilizátor s malým příkonem, dodáváný v běžném plastovém pouzdru TO-92 pro klasickou montáž a v osmivývodovém pouzdru SO pro povrchovou montáž. Zapojení vývodů pouzdra TO-92 je stejné jako u obvodu LP2951 a lze jím tedy rovněž bez problému nahradit i starší typy standardních stabilizátorů, zapojení vývodů pro pouzdro SO je na obr. 224.



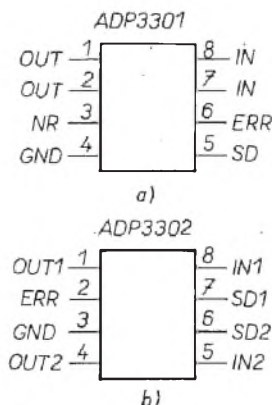
Obr. 224. Zapojení vývodů obvodu LM2936 v pouzdru SO

LM 2936 je schopen dodat proud 50 mA při rozdílu napětí mezi vstupem a výstupem pouhých 200 mV. Jeho základní zapojení je stejné jako u již výše popisovaných třisvorkových stabilizátorů a maximální výstupní proud lze v případě potřeby zvětšit přidáním jednoho externího tranzistoru. Typický klidový proud obvodu LM2936 je menší než 9 μA a rozsah pracovních teplot od -40 °C do +125 °C, což jej předurčuje zejména pro nasazení v bateriově napájených přenosných přístrojích.

### ADP3301, ADP3302

Obvody řady ADP3301, ADP 3302 amerického výrobce Analog Devices jsou velice moderní mikropříkonové precizní regulátory s přesností výstupního napětí ±0,5 %. Oba typy jsou vyráběny pouze v pouzdru SO-8, určeném pro povrchovou montáž, zapojení

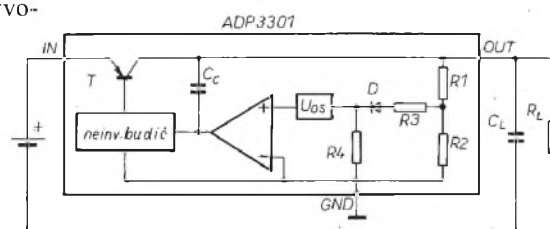
vývodů pro ADP3301 je na obr. 225a, zapojení vývodů pro ADP3302 je na obr. 225b.



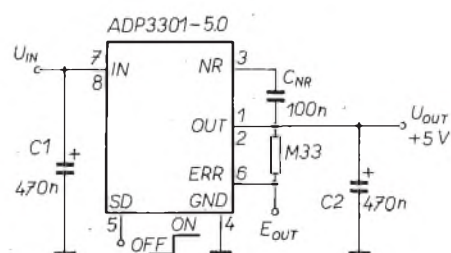
Obr. 225. Zapojení vývodů obvodu ADP3301(a) a zapojení vývodů obvodu ADP3302 (b)

Vnitřní blokové zapojení obvodu ADP3301 je na obr. 226, základní aplikační zapojení na obr. 227.

ADP3301 má vstup pro elektronické odpojení SD (Shutdown), aktivní při logické úrovni L. Jeho propojením se společnou svorkou regulátoru (GND) se odpojí výstup. V tomto režimu se zmenší klidový proud obvodu na přibližně 1 μA. Pokud tento vstup nebude využíván, měl by být propojen se vstupní svorkou (IN) regulátoru.



Obr. 226. Vnitřní blokové zapojení obvodu ADP3301

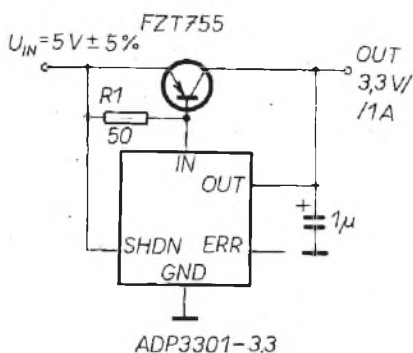


Obr. 227. Základní aplikační zapojení obvodu ADP3301

Výstup ERR je výstupem chybového hlášení s otevřeným kolektorem. Přechodem z logické úrovně H na úroveň L indikuje tento výstup stav, kdy regulátor z nějakého důvodu nemůže uspokojivě plnit svou funkci a výstupní napětí se zmenší pod zaručovanou mez. Vstupní napětí musí být alespoň o 100 mV větší, než je jmenovitá (nominální) velikost napětí výstupního.

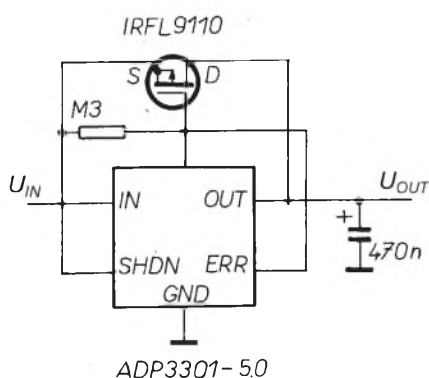
Vstup NR (Noise Reduction) slouží pro připojení externího kondenzátoru pro zmenšení úrovně šumové složky výstupního napětí. Připojením tohoto kondenzátoru mezi vstup NR a výstup OUT regulátoru se zmenší velikost šumové složky, je však nutno počítat, zejména při větších kapacitách kondenzátoru, s pomalejší odezvou výstupu regulátoru při rychlých změnách zátěže. Vhodné je používat keramické několikavrstvové kondenzátory s malým svodovým proudem. Bez připojeného kondenzátoru je šum výstupního napětí typicky 200  $\mu\text{V}$  (ef), s připojeným kondenzátorem s kapacitou 10 nF se úroveň šumové složky zmenší na 50  $\mu\text{V}$  (ef) (měřeno v kmitočtovém pásmu 10 Hz až 1 MHz).

Obvod ADP3301 může do zátěže dodávat proud do velikosti 100 mA bez potřeby chladiče či přídavného výkonového tranzistoru. Na obr. 228 je zapojení pro výstupní proud až 1 A s jedním externím bipolárním výkonovým tranzistorem vodivosti p-n-p. Odpor rezistoru R1 by měl být zvolen s ohledem na maximální proud do báze výkonového tranzistoru, aby byla zajištěna funkce proudového omezení.



Obr. 228. Zapojení pro výstupní proud až 1 A

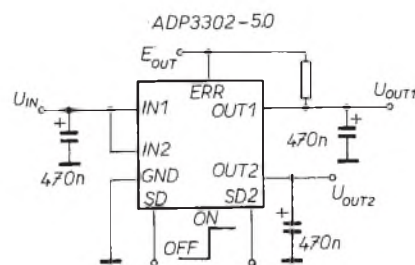
Zapojení regulátoru, pracujícího ve dvou režimech, který je na obr. 229, může být využito v bateriově napájených zařízeních. Při zmenšení vstupního napětí pod hranici, kdy již stabilizuje



Obr. 229. Zapojení regulátoru pracujícího ve dvou režimech

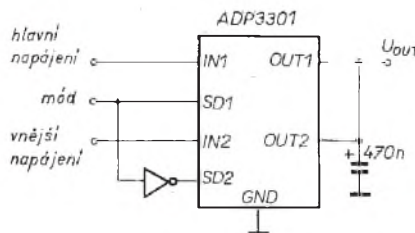
zátor ADP3301 nemůže plnit svou funkci, objeví se na výstupu ERR chybové hlášení. Tímto signálem je sepnut tranzistor IRFL9110, který propojí baterii přímo s výstupem stabilizátoru, a tedy i vstupní napájecí svorkou zařízení. Tak je možno prodloužit dobu života baterie v zařízeních, která mohou uspokojivě pracovat i při menším napájecím napětí, než je jmenovité výstupní napětí regulátoru.

Obvod ADP3302 je zdvojenou verzí obvodu ADP3301. Jeho základní aplikační zapojení je na obr. 230.



Obr. 230. Základní aplikační zapojení obvodu ADP3302

ADP3302 obsahuje dva identické stabilizátory se samostatnými vstupy, výstupy i s možností nezávislého ovládání vypnutí a zapnutí. Toho je využito v zapojení na obr. 231, které představuje



Obr. 231. Křížový přepínač dvou zdrojů vstupního napájecího napětí

uje křížový přepínač dvou zdrojů vstupního napájecího napětí a v závislosti na konkrétním typu obvodu z řady ADP3302 i křížový přepínač výstupního napětí. Volba zdroje vstupního napětí i velikosti napětí výstupního je ovládána pomocí digitálního vstupu a invertoru.

Obvod ADP3302 je dodáván se dvěma výstupními napětími v těchto kombinacích: 2,7 V + 5 V / 3 V + 5 V / 3,2 V + 3,2 V / 2,7 V + 3,3 V a 3,3 V + 5 V.

### MAX663 / MAX666 / ICL7663A

Obvody MAX663 a MAX666 od firmy Maxim jsou obdobou dříve popsaných obvodů ADM663A a ADM666A amerického výrobce Analog Devices. Jsou s těmito obvody „pinově“ kompatibilní (mají stejné

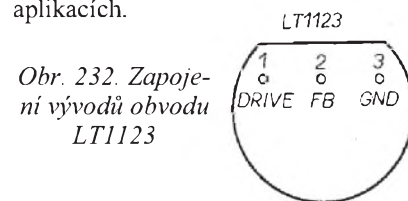
zapojené vývody) a je tedy možno je v dříve uvedených zapojeních vzájemně nahradit. V některých elektrických parametrech se však liší - mají menší výstupní proud, nemají pevné výstupní napětí 3,3 V atd. - a je tedy při jejich aplikaci v případech potřeby vhodné podrobně prostudovat katalogové údaje k uvedeným obvodům.

Obvod ICL7663A, vyráběný dříve firmou Intersil a nyní firmou Maxim, byl vyvinut jako komplementární regulátor kladného napětí k typu ICL7664, který je určen k regulaci záporného napětí. Pro použití obvodu ICL7663 platí stejné zásady jako pro obvod MAX663.

### LT1123

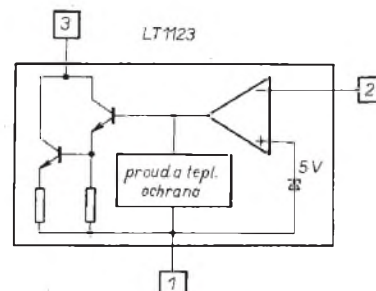
Obvod LT1123 od firmy Linear Technology je řídicí a referenční integrovaný obvod, určený speciálně pro aplikaci v lineárních regulátorech, v nichž je vyžadován velmi malý úbytek napětí mezi vstupem a výstupem (dropout). Uplatnění nalezne zejména v postregulátorech spínaných zdrojů a v bateriově napájených přístrojích, v nichž je doba využitelnosti napájecích článků velmi závislá na minimálním rozdílu napětí mezi vstupem a výstupem stabilizátoru.

LT1123 je vyráběn v plastovém třívývodovém pouzdře TO-92, jehož zapojení vývodů je na obr. 232 a jeho plné označení je LT1123CZ. Použití tohoto standardního velice levného pouzdra zaručuje nízkou výrobní a tím i prodejní cenu obvodu a jeho cenově efektivní nasazení ve dříve zmíněných aplikacích.



Obr. 232. Zapojení vývodů obvodu LT1123

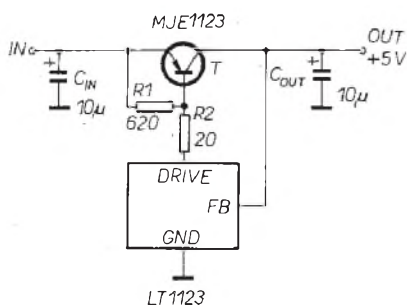
Integrovaný obvod LT1123 obsahuje referenční obvod 5 V typu band-gap, chybový zesilovač 2, buď 2 se dvěma tranzistory n-p-n v Darlingtonově zapojení 3 a obvody ochrany proti proudovému a tepelnému přetížení 1. Vnitřní blokové zapojení obvodu je na obr. 233.



Obr. 233. Vnitřní blokové zapojení obvodu LT1123

Obvod LT1123 je navržen pro použití ve spojení s externím bipolárním tranzistorem vodivosti p-n-p. Celkové elektrické parametry stabilizátoru využívajícího obvodu LT1123 a externího tranzistoru p-n-p budou tedy velkou měrou závislé právě na vlastnostech použitého tranzistoru. Zatímco lze obecně použít širokou škálu mnoha světovými výrobci vyráběných tranzistorů p-n-p, při bližším pohledu do katalogových údajů těchto tranzistorů se vzhledem k dosažení co nejoptimálnějších parametrů stabilizátoru tento výběr podstatně zužuje. Pro ulehčení práce a starosti konstruktérům vyřešila firma Linear Technology tento problém spoluprací s firmou Motorola společným vývojem tranzistoru s typovým označením MJE1123. Tento tranzistor je speciálně navržen pro práci s obvodem LT1123 jako výkonový regulační člen ve stabilizátoru s malým napěťovým úbytkem. Tento napěťový úbytek je specifikován na méně než 0,75 V při kolektorovém proudu 4 A.

Základní zapojení stabilizátoru s výstupním napětím +5 V s malým úbytkem napětí, využívající obvodu LT1123 a tranzistoru MJE1123, je na obr. 234. Obvod LT1123 snímá velikost výstupního napětí přes zpětnovazební vstup FB (Feedback) a porovnává jej s vnitřním referenčním napětím 5 V. V závislosti na odchylce mezi těmito dvěma napětími je buzena báze externího tranzistoru p-n-p (MJE1123) z výstupu DRIVE obvodu LT1123. Jelikož proud do vstupu Drive teče, je nutný externí rezistor (v tomto zapojení R1), na kterém se vlivem průchodu proudu vytváří úbytek napětí, potřebný pro získání předpětí báze tranzistoru p-n-p. Odpor rezistoru R1 musí být zvolen tak, aby

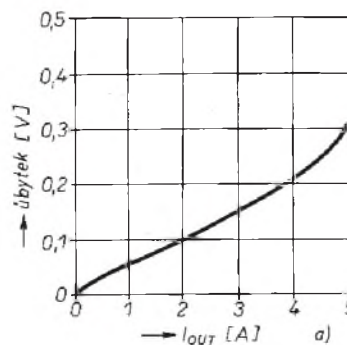


Obr. 234. Základní zapojení stabilizátoru +5 V / 4 A

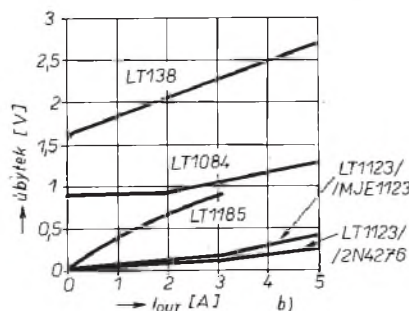
úbytek napětí, způsobený průchodem minimální velikosti proudu do výstupu DRIVE, byl menší než napětí báze-emitor tranzistoru p-n-p při malém proudu do zátěže. Doporučený odpor rezistoru R1 je 620 Ω. Pokud se předpokládá, že tranzistor bude pracovat při teplotě přechodu přesahující

100 °C, kdy se otevírací napětí přechodu B - E tranzistoru podstatně zmenšuje, je doporučeno zmenšit odpor rezistoru R1 na 300 Ω.

Na obr. 235a je graf závislosti napěťového úbytku (dropout) regulátoru v zapojení podle obr. 234 na velikosti proudu do zátěže a z grafu na obr. 235b jsou dobře vidět výhodné vlastnosti takto zapojeného regulátoru v porovnání s několika dalšími typy diskretních monolitických stabilizátorů.



Obr. 235a. Graf závislosti napěťového úbytku (dropout) zapojení z obr. 234 na velikosti proudu do zátěže



Obr. 235b. Graf závislosti napěťového úbytku (Dropout) zapojení z obr. 234 v porovnání s jinými typy stabilizátorů

Minimální velikost napěťového úbytku (Dropout) regulátoru je v tomto zapojení určena velikostí saturačního napětí přechodu kolektor-emitor výkonového regulačního tranzistoru p-n-p, který je buzen bazovým proudem, odpovídajícím dosažitelnému proudu do výstupu DRIVE. Tento proud je typicky 150 mA, minimálně 125 mA při výstupním napětí blízkém se bodu regulace (5 V). Maximální velikost tohoto proudu může být omezena přidáním dalšího externího rezistoru (R2 na obr. 234) do série s výstupem DRIVE, což bude popsáno dále.

Tranzistor MJE1123 je speciálně navržen tak, aby měl co nejmenší saturační napětí v širokém rozsahu kolektorových proudů při proudu báze do 120 mA. Následující tabulka přináší přehled několika pracovních bodů, které jsou zaručeny kombinací elektrických parametrů tranzistoru

MJE1123 a integrovaného obvodu LT1123 :

| Budicí proud | Výstupní proud | Úbytek napětí typ. max. |
|--------------|----------------|-------------------------|
| 20 mA        | 1 A            | 0,16 V 0,3 V            |
| 50 mA        | 1 A            | 0,13 V 0,25 V           |
| 50 mA        | 2 A            | 0,25 V 0,4 V            |
| 120 mA       | 1 A            | 0,2 V 0,35 V            |
| 4 A          | 4 A            | 0,45 V 0,75 V           |

Ještě více je možno zmenšit velikost úbytku napětí na regulátoru použitím výkonového germaniového tranzistoru p-n-p, jak je dobře patrné z obr. 235b, v němž je na spodní křivce vynesena závislost napěťového úbytku při použití germaniového tranzistoru typu 2N4276, který má ještě menší saturační napětí než tranzistor MJE1123. Použití germaniového tranzistoru však kromě této výhody přináší též jistá omezení, se kterými je nutno počítat.

Jak již bylo dříve uvedeno, maximální proud do výstupu DRIVE může být omezen přidáním dalšího externího rezistoru (R2 na obr. 234) do série s výstupem DRIVE, čímž je zároveň možno určit též maximální velikost výstupního proudu stabilizátoru. Odpor externího rezistoru R2 je možno určit výpočtem z následujícího vztahu

$$R2 = \frac{(U_{IN} - U_{BE} - U_{DRIVE})}{I_{DRIVE} + 1 \text{ mA}}$$

kde  $U_{IN}$  je minimální vstupní napětí stabilizátoru,

$U_{BE}$  maximální napětí přechodu báze - emitor tranzistoru p-n-p,

$U_{DRIVE}$  maximální napětí výstupu DRIVE obvodu LT1123,

$I_{DRIVE}$  minimální požadovaný budicí proud, přičemž předpokládáný proud rezistorem R1 je 1 mA.

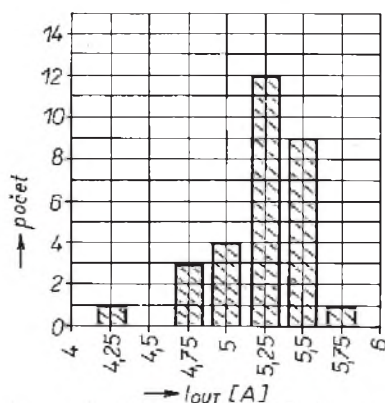
Pro široký rozsah vstupních napětí a požadovaných velikostí výstupních proudů je možno zvolit odpor rezistoru R2 z tabulky na další straně nahore.

Za jistých podmínek může být rezistor R2 vynechán a nahrazen přímým propojením. To je možné v konstrukcích, v nichž je možnost přetížení velmi málo pravděpodobná a vstupní napětí stabilizátoru je malé.

Velikost proudového omezení při použití obvodu LT1123 v součinnosti s výkonovým externím tranzistorem p-n-p je dána funkcí bazového proudu dodávaného obvodem LT1123 a proudového zesilovacího činitele  $\beta$  tranzistoru p-n-p. Ve většině případů nebývá způsob proudového omezení, založený na velikosti proudového zesilovacího činitele tranzistoru, praktický a

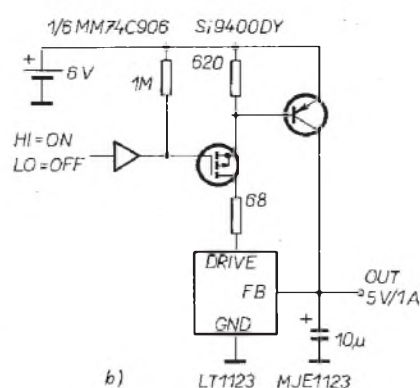
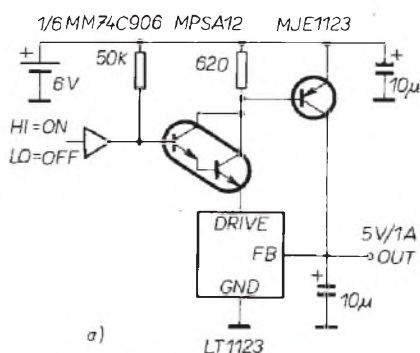
| Vstupní napětí | Výstupní proud            | 0 až 1 A | 0 až 2 A | 0 až 4 A |
|----------------|---------------------------|----------|----------|----------|
|                | Úbytek napětí             | 0,3 V    | 0,4 V    | 0,75 V   |
| 5,5 V          | R2                        | 120 ohmů | 43 ohmů  |          |
|                | výkonová ztráta na LT1123 | 0,05 W   | 0,14 W   |          |
|                | výkonová ztráta na R2     | 0,12 W   | 0,32 W   |          |
| 6,0 V          | R2                        | 150 ohmů | 51 ohmů  | 12 ohmů  |
|                | výkonová ztráta na LT1123 | 0,05 W   | 0,15 W   | 0,37 W   |
|                | výkonová ztráta na R2     | 0,13 W   | 0,35 W   | 0,76 W   |
| 7,0 V          | R2                        | 180 ohmů | 75 ohmů  | 27 ohmů  |
|                | výkonová ztráta na LT1123 | 0,06 W   | 0,14 W   | 0,38 W   |
|                | výkonová ztráta na R2     | 0,16 W   | 0,36 W   | 0,89 W   |
| 8,0 V          | R2                        | 240 ohmů | 91 ohmů  | 36 ohmů  |
|                | výkonová ztráta na LT1123 | 0,06 W   | 0,15 W   | 0,38 W   |
|                | výkonová ztráta na R2     | 0,17 W   | 0,42 W   | 0,97 W   |
| 9,0 V          | R2                        | 270 ohmů | 110 ohmů | 43 ohmů  |
|                | výkonová ztráta na LT1123 | 0,07 W   | 0,16 W   | 0,41 W   |
|                | výkonová ztráta na R2     | 0,2 W    | 0,47 W   | 1,11 W   |
| 10,0 V         | R2                        | 330 ohmů | 130 ohmů | 51 ohmů  |
|                | výkonová ztráta na LT1123 | 0,07 W   | 0,17 W   | 0,43 W   |
|                | výkonová ztráta na R2     | 0,22 W   | 0,52 W   | 1,25 W   |

spolehlivý. Zde však vzhledem ke spojení výstupní charakteristiky obvodu LT1123 a převodních charakteristik tranzistoru MJE1123 je dosaženo velké spolehlivosti proudového omezení, což dokládá graf na obr. 236, na němž je rozložení maximálního zkratového proudu u třiceti kusů náhodně vybraných tranzistorů MJE1123. Rozptyl velikosti proudového omezení u jednotlivých kusů je velmi přijatelný.



Obr. 236. Zkratový proud 30 kusů náhodně vybraných tranzistorů MJE1123

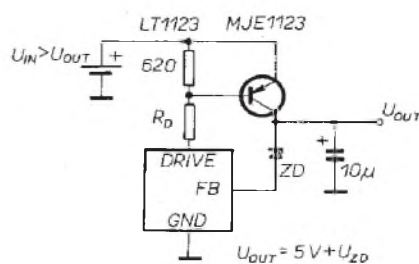
Obr. 237a, b ukazují dvě různá zapojení, kterými je možno zavést přídavnou funkci elektronického odpojení obvodu (Shutdown). V prvním případě je invertorem či hradlem CMOS buzen běžný bipolární tranzistor v Darlingtonově zapojení. Pokud do jeho báze teče bázevý proud, tranzistor je sepnut a zpětnovazební smyčka celého regulátoru pracuje normálně. Je-li proud do báze tranzistoru přerušen, regulátor přejde do klidového stavu a na výstupu nedodává žádný



Obr. 237. Regulátory s přídavnou funkcí elektronického odpojení - Shutdown

proud. V druhém případě je funkce stejná, avšak na místě bipolárního tranzistoru je použit spínací tranzistor FET. Výhodou tohoto druhého zapojení je mnohem menší spotřeba regulátoru v klidovém stavu.

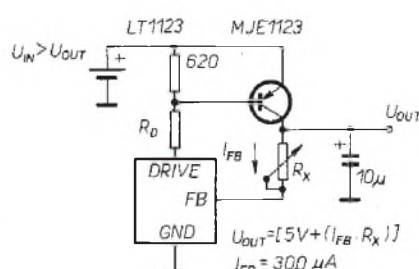
Jak již bylo uvedeno, obvod LT1123 má pevně nastavené výstupní napětí 5 V, což je určeno vnitřním referenčním obvodem. Pokud bychom požadovali větší výstupní napětí, můžeme použít zapojení z obr. 238, kde



Obr. 238. Zapojení s LT1123 pro větší pevné výstupní napětí

je výsledná velikost výstupního napětí dána součtem výstupního napětí LT1123 (5 V) a napětí Zenerovy diody. Pro jemné nastavení výstupního napětí je možno do série se Zenerovou diodou zapojit obyčejnou křemíkovou diodu, která navíc kompenzuje teplotní drift Zenerova napětí, nebo rezistor. Toto zapojení je vhodné pro pevná výstupní napětí.

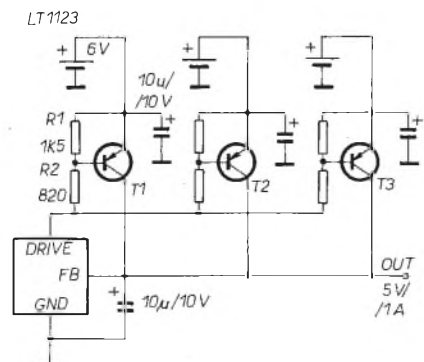
Pro plynule nastavitelné výstupní napětí použijeme zapojení na obr. 239, u něhož je výstupní napětí regulátoru dáno součtem výstupního napětí LT1123 (5 V) a úbytku napětí na rezistoru  $R_X$ , určeného součinem jeho odporu a velikosti proudu do zpětno-



Obr. 239. Zapojení s LT1123 pro větší nastavitelná výstupní napětí

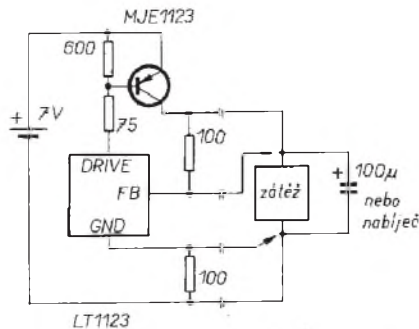
vazebního vstupu FB. Na místě  $R_x$  je možné použít buď odporový trimr, nebo potenciometr pro plynulou regulaci.

Na obr. 240 je zapojení regulátoru s LT1123 při napájení z několika akumulátorů, přičemž se celkový proud, odebíraný ze stabilizátoru, rozdělí mezi jednotlivé akumulátory a ty jsou tedy jednotlivě zatěžovány menším proudem.



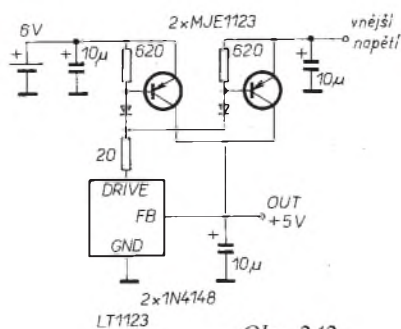
Obr. 240. Zapojení regulátoru s LT1123 při napájení z několika akumulátorů

Pokud je zátěž - a to zejména při větších proudech - připojena delšími vodiči, je vhodné regulátor zapojit podle upraveného zapojení, obr. 241, v němž je napětí pro zpětnovazební obvody snímáno „na dálku“ přímo na zátěži dvěma dalšími vodiči (obdoba čtyřdrátové metody při měření malých odporů pomocí velkých proudů). Tím jsou vyloučeny nepřesnosti, vzniklé úbytkem napětí na dlouhých přívodních vodičích.



Obr. 241. Regulátor se vzdáleným snímáním napětí na zátěži

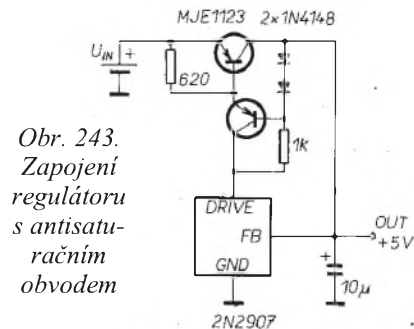
Na obr. 242 je zapojení regulátoru 5 V s obvodem LT1123 a bateriovým



Obr. 242.

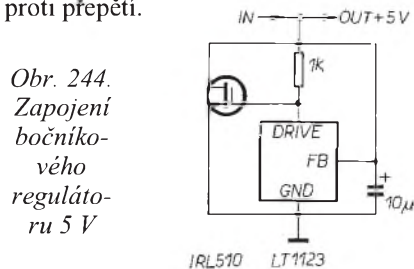
zálohováním. Při odpojení externího zdroje je regulátor napájen z vnitřní záložní baterie a nadále dodává proud do napájeného zařízení.

Jestliže se regulační článek dostává do saturace, zvětšuje se též neúměrně vlastní proudová spotřeba obvodu. Zapojení antisaturačního obvodu, který tento jev minimalizuje, je na obr. 243.



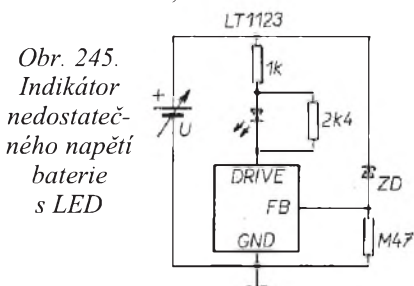
Obr. 243. Zapojení regulátoru s antisaturačním obvodem

Mezi další zajímavá zapojení univerzálního obvodu LT1123 patří zapojení na obr. 244, kde je schéma bočnickového (paralelního) regulátoru 5 V s tranzistorem FET, který též může sloužit jako ochranný obvod proti přepětí.



Obr. 244. Zapojení bočnickového regulátoru 5 V

Na obr. 245 je zapojení indikátoru malého (nedostatečného) napětí napájecí baterie. Tento stav je indikován svítivou diodou, LED.



Obr. 245. Indikátor nedostatečného napětí baterie s LED

## Obvody s malým úbytkem napětí (Low Dropout) pro záporná výstupní napětí

V prvním sloupci tabulky je uvedeno základní označení obvodu, následuje přehled vyráběných variant s udanou velikostí výstupního napětí pro pevné verze; pokud se vyrábějí i s nastavitelným výstupním napětím (označeno adj.) je v závorce uveden rozsah nastavení výstupního napětí. Tolerance uvádí možnou maximální odchylku výstupního napětí od jmenovité velikosti. Dále je uvedena typická velikost úbytku napětí (Dropout Voltage) na regulační součástce, obvykle při výstupním proudu, jehož ve-

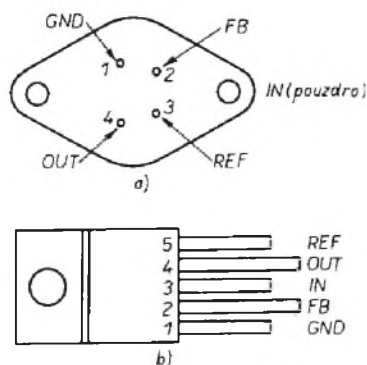
likost je uvedena v dalším sloupci. Následuje údaj o maximální velikosti vstupního napětí, resp. o maximální velikosti diferenčního napětí mezi vstupem a výstupem. Poté je uvedena typická velikost klidového proudu (při aktivním vstupu Shutdown, pokud je jím obvod vybaven) a údaj o vybavení obvodu vstupem pro funkci elektronického odpojení (Shutdown). V posledním sloupci je výrobce, z jehož katalogových listů bylo při popisu daného obvodu čerpáno, přičemž obvod může vyrábět i několik různých firem.

| Typ      | Výstupní napětí<br>[V]      | Tolerance<br>[%] | Dropout typ.<br>[V] | Max. výst. proud<br>[A] | Vst. napětí max.<br>[V] | Klid. proud<br>[mA] | Funkce Shut-down | Výrobce |
|----------|-----------------------------|------------------|---------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------|------------------|---------|
| LT1185   | adj., (-2,5 až -25 V)       | ±1               | 0,75                | 3                       | -35                     | 2,5                 | ano              | LT      |
| LM2990   | -5 V, -5,2 V, -12 V, -15 V  | ±2               | 0,6                 | 1                       | -26                     | 1                   | ne               | NSC     |
| LM2991   | adj., (-2 až -25 V)         | ±0,5             | 0,5                 | 1                       | -26                     | 0,7                 | ano              | NSC     |
| LT1175   | -5 V, adj.                  | ±0,5             | 0,5                 | 0,5                     | -25                     | 0,01                | ano              | LT      |
| ICL7664A | adj., (-1,3 až -15 V)       | ±1               | 0,4                 | 0,05                    | -16                     | 0,0035              | ano              | MAX     |
| ICL7664  | adj., (-1,3 až -15 V)       | ±5               | 0,4                 | 0,05                    | -16                     | 0,0035              | ano              | MAX     |
| MAX664   | -5 V, adj., (-1,3 až -15 V) | ±5               | 0,35                | 0,04                    | -16,5                   | 0,006               | ano              | MAX     |

Přehled základních parametrů stabilizátorů, určených pro regulaci napětí záporné polaritě s malým úbytkem napětí je v tabulce na předchozí straně. Obvody jsou seřazeny sestupně a to podle maximální velikosti výstupního proudu do zátěže. Jak je na první pohled vidět, nabídka je podstatně skromnější než u typů pro regulaci napětí kladné polaritě.

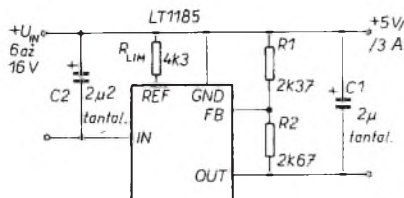
## LT1185

Obvod LT1185 firmy Linear Technology je monolitický stabilizátor záporného napětí s malým napětovým úbytkem mezi vstupem a výstupem, schopný dodat proud do zátěže až 3 A. Má vstup pro snímání velikosti stabilizovaného napětí „na dálku“ a je u něj možno nastavit velikost proudového omezení. Může být použit také jako regulátor kladného napětí v zapojení s plovoucím vstupem. Obvod je vyráběn ve výkonovém kovovém pouzdru TO-3 a v plastovém pěťvývodovém pouzdru TO-220, jejichž zapojení je na obr. 246.



Obr. 246. Zapojení vývodů LT1185

Základní zapojení obvodu LT1185 jako regulátoru s výstupním napětím 5 V a výstupním proudem 3 A při vstupním napětí v rozsahu -6 až -16 V je na obr. 247. Velikost výstupního napětí je dána poměrem odporů rezistorů R1, R2 v napětovém děliči, k jehož středu je připojen vstup FB vnitřní zpětné vazby (Feedback). V dále uve-



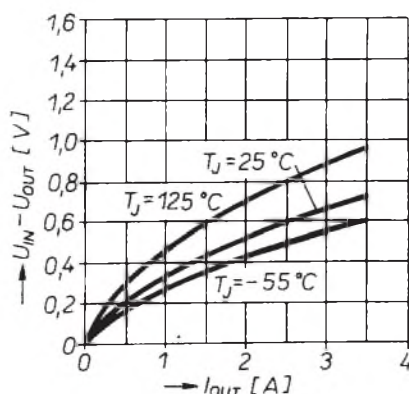
Obr. 247. Základní zapojení obvodu LT1185

dené tabulce jsou doporučené odpory rezistorů R1, R2 pro některá výstupní napětí. Zlepšit potlačení vysokofrekvenční složky zvlnění výstupního napětí lze připojením kondenzátoru s kapacitou 47 nF paralelně k R2.

Odpory rezistorů z obr. 247 pro žádané výstupní napětí

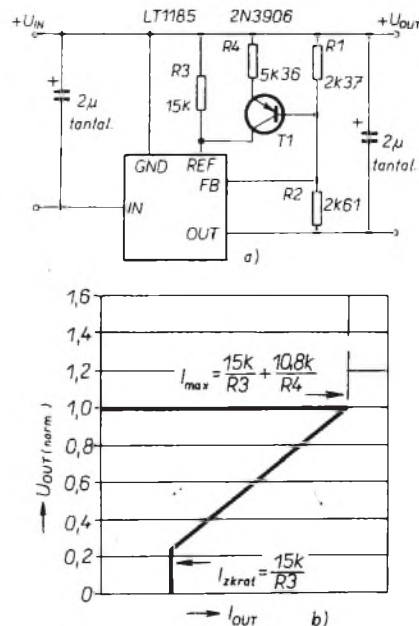
| Výstupní napětí | Odpor rezistorů |         |
|-----------------|-----------------|---------|
|                 | R1              | R2      |
| 5 V             | 2,37 kΩ         | 2,67 kΩ |
| 5,2 V           | 2,37 kΩ         | 2,87 kΩ |
| 6 V             | 2,37 kΩ         | 3,65 kΩ |
| 12 V            | 2,37 kΩ         | 9,76 kΩ |
| 15 V            | 2,37 kΩ         | 12,7 kΩ |

Pro dosažení malého úbytku napětí na regulačním výkonovém členu je na tomto místě v obvodu LT1185 použito speciální zapojení se třemi tranzistory n-p-n. Oproti použití tranzistoru FET má zapojení s bipolárními tranzistory výhodu ve spotřebě menší plochy na čipu a tím i nižší ceny. Velká účinnost je přitom zachována, jak je vidět z obr. 248, kde je graf závislosti úbytku napětí (Dropout Voltage) na zatěžovacím proudu (Load Current). Typický odpor při saturaci výkonového regulačního tranzistoru je 0,25 Ω.



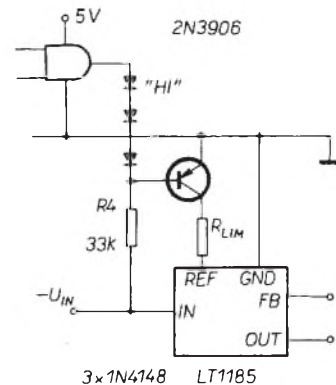
Obr. 248. Graf závislosti úbytku napětí na zatěžovacím proudu pro LT1185

Přesně lze proudové omezení nastavit použitím jednoho externího rezistoru (rezistor R<sub>LIM</sub> na obr. 247) v rozsahu od nuly až do 3 A. Vnitřní (pevně nastavený) obvod proudového omezení zabráňuje zničení obvodu, jestliže je velikost nastaveného proudu náhodně překročena. Omezení nastává přibližně při proudu 3,6 A a má charakteristiku se zpětným ohybem, která je závislá na napětí mezi vstupem a výstupem obvodu, nikoliv však na výstupním napětí. Zapojení přídatného obvodu pro proudové omezení se zpětným ohybem omezovací charakteristiky (Foldback Current Limiting) v závislosti na výstupním napětí je na obr. 249. Je na něm znázorněn i průběh proudového omezení, z kterého je dobře vidět, že velikost proudu pro nasazení proudové limitace je nastavena odporem rezistorů R3, R4, zatímco velikost zkratového proudu je určena pouze odporem rezistoru R3.



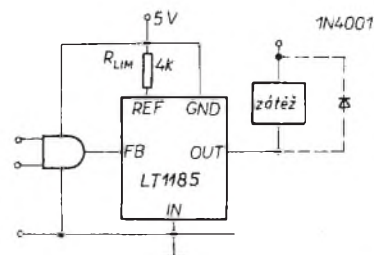
Obr. 249. Proudové omezení se zpětným ohybem omezovací charakteristiky

Odpojení výstupu regulátoru (funkce Shutdown) je zaručeno, pokud je nastavena velikost výstupního proudu menší než 1 mA, přičemž je možné dálkově řídit odpojení a připojení výstupního napětí signálem logické úrovně tak, jak je to znázorněno na obr. 250. Při úrovni H na výstupu logického členu je výstup regulátoru odpojen.



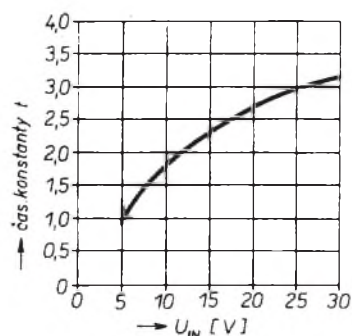
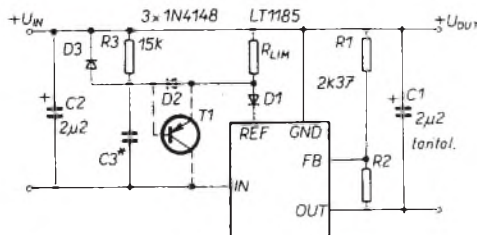
Obr. 250. Řízení provozu regulátoru LT1185 logickým signálem

Na obr. 251 je zapojení, kde je obvod LT1185 využit jako spínač zátěže proti zemi, ovládaný signálem z výstupu logiky, přivedeným na vstup FB.



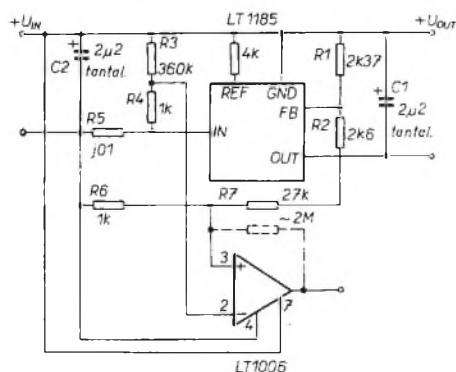
Obr. 251. LT1185 jako spínač zátěže (diody je vhodné připojit při zátěži indukčního charakteru)

Na obr. 252 je zapojení pro zpožděný náběh výstupního napětí obvodu LT1185 po připojení napájecího napětí. Časová konstanta je určena odporem rezistorů  $R_3$ ,  $R_{LIM}$  a kapacitou kondenzátoru  $C_3$ , který se po zapnutí přes ně nabíjí. Pro delší časy zpoždění je vhodné nahradit diodu  $D_2$  tranzistorem p-n-p - zakreslen čárkovaně. Dioda  $D_3$  zajišťuje rychlé vybití kondenzátoru  $C_3$  po vypnutí zdroje. Všechny diody jsou typu 1N4148.



Obr. 252. Zapojení pro zpožděný  
náběh výstupního napětí obvodu  
LT1185

Další praktické zapojení obvodu LT1185 je na obr. 253. Základní zapojení LT1185 bylo doplněno komparátorem, který monitoruje velikost vstupního napětí ve vztahu k minimálnímu napětí mezi vstupem a výstupem, potřebnému k řádné činnosti stabilizátoru LT1185. Tato velikost je závislá na zatěžovacím proudu a zapojení sleduje její proměnnou charakteristiku. Velikost vstupního napětí je snímána napěťovým děličem R3, R4, na jehož střed je připojen invertující

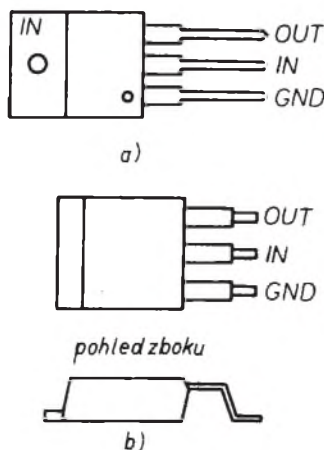


Obr. 253. Indikace malého vstupního napětí

Rezistor R4 určuje minimální rozdíl napětí mezi vstupem a výstupem, potřebný pro činnost stabilizátoru při minimálním zatěžovacím proudu (v tomto případě 0,37 V) a rezistor R6 při maximálním proudu do zátěže 3 A (v tomto případě 1,18 V). Proměnná složka se vytváří na snímacím rezistoru R5, na kterém se snímá úbytek napětí, závislý na odebíraném proudu. Rezistor s odporem 0,01  $\Omega$  může být zhotoven z měděného drátu o průměru 0,4 mm délky 7,5 cm.

## LM2990

Obvod LM2990 firmy National Semiconductor je jednoduchý třísvorkový regulátor, dodávaný pouze ve verzích s pevnými výstupními napětími -5 V, -5,2 V, -12 V a -15 V, schopný dodat do zátěže trvalý proud až 1 A. Vyrábí se ve výkonovém plastovém pouzdru TO-220 a pro povrchovou montáž v pouzdru TO-263. Zapojení vývodů je na obr. 254. Obvod je



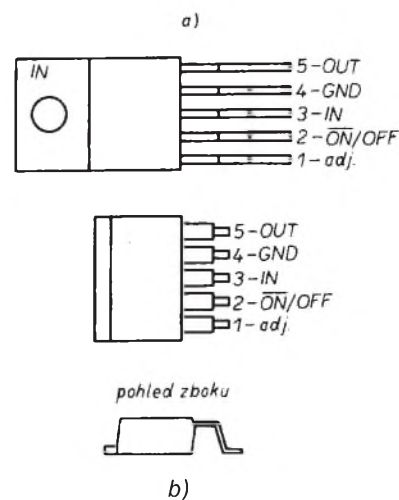
Obr. 254. Zapojení vývodů LM2990

zkratuvzdorný, obsahuje ochranu proti tepelnému přetížení a je odolný proti přivedení napětí opačné (kladné) polarity na jeho výstup, pokud velikost

Zapojení LM2990 jako postregulátoru záporného napětí v izolovaném spínaném zdroji s obvodem LM2577 je na obr. 255.

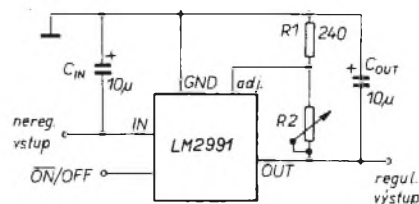
## LM2991

LM2991 je navíc vybaven vstupem  $\overline{\text{ON/OFF}}$  pro možnost dálkového elektronického odpojení. Tento vstup je přitom kompatibilní s logikou TTL i

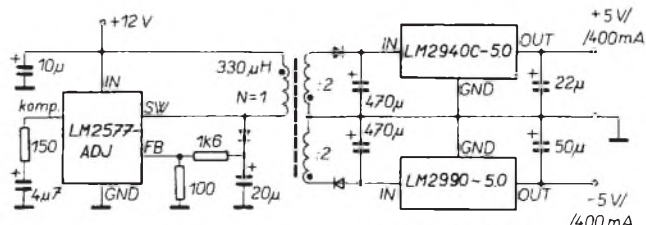


Obr. 256. Zapojení vývodů LM2991  
(a - pouzdro TO-220, pohled zepředu,  
b - pouzdro TO-263)

CMOS. Přivedením ovládacího signálu s logickou úrovní H na vstup ON/OFF se odpojí výstup integrovaného obvodu LM2991.



Obr. 257. Základní aplikační zapojení LM2991



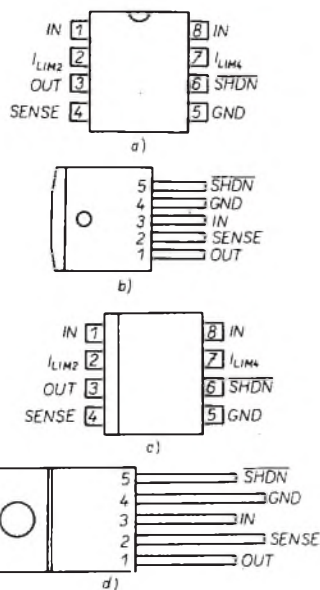
Obr. 255.  
LM2990 jako  
postregulátor ve  
spínaném zdroji

Obvod obsahuje též všechny druhy ochrany popsané u typu LM2990. Základní aplikační zapojení obvodu LM2991 je na obr. 257.

## LT1175

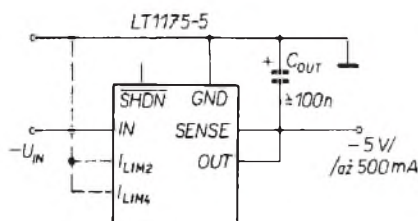
Obvod LT1175 od firmy Linear Technology je mikropříkonový regulátor záporného napětí s malým úbytkem napětí a klidovým proudem pouze 45  $\mu\text{A}$ , který lze ještě dále zmenšit na typicky 10  $\mu\text{A}$  přepnutím obvodu do klidového pohotovostního režimu využitím vstupu SHDN (Shutdown) s touto funkcí.

Obvod je vyráběn ve verzi s pevně nastaveným výstupním napětím 5 V a ve verzi s uživatelsky nastavitelným výstupním napětím. Je dodáván v osmivývodovém pouzdru DIP a pětivývodovém pouzdru TO-220 pro klasickou montáž (obr. 258a, d) a v osmivývodovém pouzdru SO a pětivývodovém pouzdru DD-Pak pro povrchovou montáž technikou SMT (obr. 258b, c).

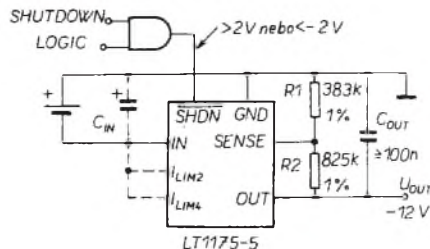


Obr. 258. Zapojení vývodů LT1175

Základní zapojení obvodu LT1175 s pevným výstupním napětím -5 V je na obr. 259, zapojení LT1175 s nastavitelným výstupním napětím a připojením vstupu ovládací logiky je na obr. 260. U regulovatelné verze LT1175 je velikost výstupního napětí



Obr. 259. Základní zapojení obvodu LT1175 s pevným výstupním napětím -5 V

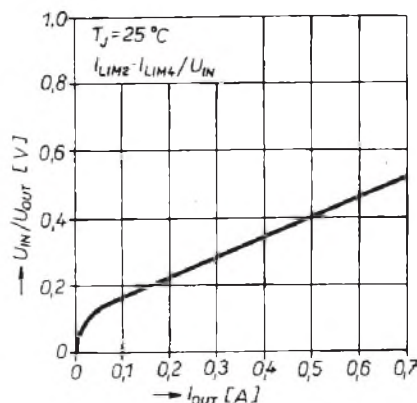


Obr. 260. Zapojení LT1175 s nastavitelným výstupním napětím a elektro-nickým ovládním

nastavena poměrem odporů rezistorů R1, R2 napěťového děliče zapojeného mezi výstupem (OUT) a zemí (GND) obvodu, k jehož středu je připojen zpětnovazební vstup SENSE. Napětí na tomto vstupu je porovnáváno s vnitřním referenčním napětím 3,8 V. Klidový proud vstupu SENSE je přibližně 75 nA. K vyloučení přídavných chyb, způsobených vlivem tohoto zbytkového proudu, je vhodné volit proud napěťovým děličem R1, R2 několiknásobně větší. Při proudu 25 mA je odchylka výstupního napětí 0,4 %, při proudu děličem 10 mA je odchylka výstupního napětí kolem 1 %. V tabulce jsou vypočítané odpory rezistorů R1, R2 pro obě uvedené velikosti proudu děličem a pro nejčastěji používané velikosti výstupního napětí.

| Výstupní napětí | R1   R2                        |                 | R1   R2                        |                 |
|-----------------|--------------------------------|-----------------|--------------------------------|-----------------|
|                 | Proud děličem 25 $\mu\text{A}$ |                 | Proud děličem 10 $\mu\text{A}$ |                 |
| 5 V             | 150 k $\Omega$                 | 47,5 k $\Omega$ | 383 k $\Omega$                 | 121 k $\Omega$  |
| 6 V             | 150 k $\Omega$                 | 86,6 k $\Omega$ | 383 k $\Omega$                 | 221 k $\Omega$  |
| 8 V             | 150 k $\Omega$                 | 165 k $\Omega$  | 383 k $\Omega$                 | 422 k $\Omega$  |
| 10 V            | 150 k $\Omega$                 | 243 k $\Omega$  | 383 k $\Omega$                 | 619 k $\Omega$  |
| 12 V            | 150 k $\Omega$                 | 324 k $\Omega$  | 383 k $\Omega$                 | 825 k $\Omega$  |
| 14 V            | 150 k $\Omega$                 | 442 k $\Omega$  | 383 k $\Omega$                 | 1,13 M $\Omega$ |

Minimální rozdíl napětí mezi vstupem a výstupem, potřebný ke správné funkci stabilizátoru LT1175 v závislosti na velikosti výstupního proudu, je zřejmý z grafu na obr. 261.



Obr. 261. Graf minimálního potřebného rozdílu napětí mezi vstupem a výstupem pro správnou činnost obvodu LT1175

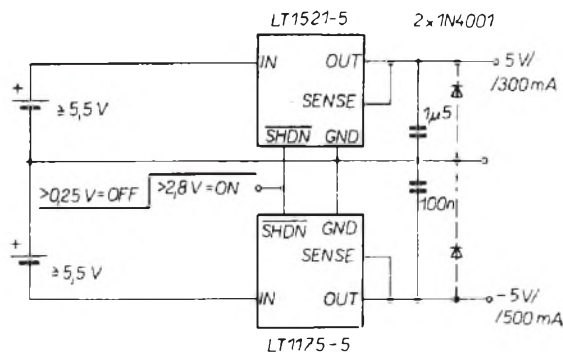
Obvod LT1175 je vybaven dvěma vstupy pro nastavení proudového omezení. V závislosti na jejich zapojení je možno stupňovitě volit proudové omezení při výstupních proudech typicky 200 mA, 400 mA, 600 mA nebo 800 mA (minimální zaručené proudy jsou 130 mA, 260 mA, 390 mA a 520 mA). Při připojení ke vstupní svorce stabilizátoru (INPUT) vstupu  $I_{\text{LIM}2}$  se zmenší velikost proudového omezení na 200 mA, připojením vstupu  $I_{\text{LIM}4}$  na 400 mA a připojením obou vstupů na 600 mA. Toto rozšíření možností umožňuje uživateli přizpůsobit velikost proudového omezení jeho specifickým požadavkům, daným aplikací obvodu v zařízení a předejít tak situacím, kdy zkratový proud obvodu je mnohokrát větší než proud odebíraný zátěží. Zabraňuje se tak rovněž zbytečně velkému proudovému odběru z napájecí baterie (zdroje) při zkratu na výstupu a nadměrnému výkonovému zatížení obvodu. LT1175 obsahuje obvody výkonového omezení kombinované spolu s obvody ochrany proti tepelnému přetížení.

Další výhodou obvodu LT1175 je vnitřní zapojení obvodu pro vybavení funkce elektronického odpojení (Shutdown). Vstup SHDN může být totiž

díky použité obvodové technice připojen přímo bez jakýchkoliv úprav k výstupu logického členu napájeného kladným nebo záporným napájecím napětím. Vstup SHDN je aktivní při vstupní úrovni L, která může být max. 0,8 V, vztaženo ke společné svorce (GND) regulátoru, přičemž vzhledem k této svorce nezáleží na polaritě. Stejně tak polarita vstupního napětí pro úroveň H, kdy velikost napětí pro tuto úroveň musí být větší než 2 V, je libovolná. Při této úrovni, nebo pokud je vstup SHDN nezapojen, pracuje regulátor běžným způsobem. Maximální velikost ovládacího napětí, přivedeného na vstup SHDN, může být +15 V a -20 V vzhledem ke společné svorce (GND), nebo +35 V a -5 V vzhledem ke vstupní záporné svorce (INPUT) regulátoru.

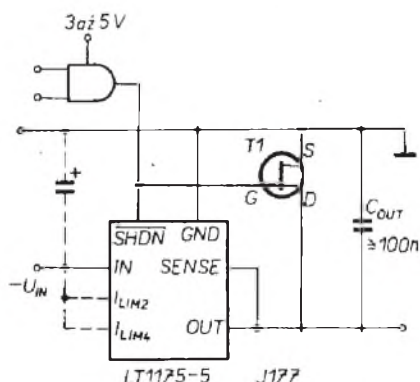
Uvedené vlastnosti je s výhodou využito v zapojení na obr. 262. Díky možnosti ovládní vstupu SHDN u

Obr. 262. Spojení vstupů SHDN ve zdroji se symetrickým výstupním napětím s obvody LT1175 a LT1521



obvodu LT1175 ovládacím napětím libovolné polarity, může být tento vstup, při aplikaci ve zdroji se stabilizovaným symetrickým výstupním napětím, přímo spojen se vstupem SHDN stabilizátoru kladného napětí - obvodu LT1521.

Při aktivaci vstupu SHDN se u obvodu LT1175 odpojí výstup a obvod se uvede do klidového pohotovostního stavu v úsporném režimu s minimální proudovou spotřebou. Výstupní obvod však není v zapojení, které by během trvání tohoto stavu zkratovalo výstup (OUT) se zemí (GND). To znamená, že velikost výstupního napětí se zmenšuje pomaleji, s rychlostí danou proudem zátěže plus proudem přibližně 12 mA samotného integrovaného obvodu a v závislosti na velikosti kapacity použitého výstupního kondenzátoru  $C_{OUT}$ . Pokud je z nějakého důvodu nutné okamžité odpojení výstupního napětí, je možno pro tento účel regulátor doplnit připojením externího tranzistoru podle zapojení na obr. 263. Tranzistor je typu pFET s označením J177 od firmy Motorola a má při nulovém napětí řídicí elektro-



Obr. 263. Zapojení pro okamžité odpojení výstupního napětí

dy ( $U_{GS}$ ) v sepnutém stavu odpor 300  $\Omega$ . Při aktivaci vstupu SHDN tento tranzistor současně zkratuje výstupní obvod.

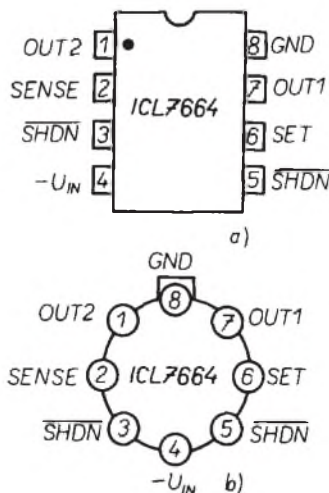
### ICL7664 / ICL7664A

Obvod ICL7664 je regulátor záporného napětí s velkou účinností. Díky použité technologii CMOS se vyznačuje velice malým klidovým

proudem, menším než 10  $\mu$ A. Výstupní napětí je možno nastavit dvěma externími rezistory na libovolnou velikost v rozmezí od -1,3 V do -16 V při vstupním napětí v pásmu od -2 V do -16 V.

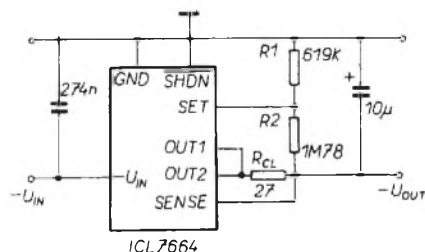
ICL7664 má dva závislé výstupy schopné dodat výstupní proud 25 mA. Oba výstupy je možno navzájem propojit a dosáhnout tak výstupního proudu až 50 mA. Obvod je dále vybaven vstupem SHDN pro funkci elektronického odpojení (Shutdown). Vstup je aktivní při připojení k zápornému pólu vstupního napájecího napětí. Pokud není vstup SHDN využíván, měl by být spojen se společnou svorkou obvodu (GND).

Obvod ICL7664A je vylepšenou verzí ICL7664. Jeho referenční napětí je nastaveno s přesností 1 % na 1,29 V, což v mnoha aplikacích odstraňuje potřebu dodatečného nastavování výstupního napětí. Obvod se vyrábí v osmivývodovém pouzdru DIP a kovovém pouzdru TO-99. Zapojení vývodů ICL7664 je na obr. 264.



Obr. 264. Zapojení vývodů ICL7664

Základní zapojení stabilizátoru s ICL7664 s proudovým omezením je na obr. 265. Velikost výstupního napětí je určena poměrem odporů rezistorů R1, R2. Proud, při kterém nastává proudové omezení, je určen odporem snímacího rezistoru  $R_{CL}$ , připojeného mezi vstup SENSE a oba výstupy, kte-



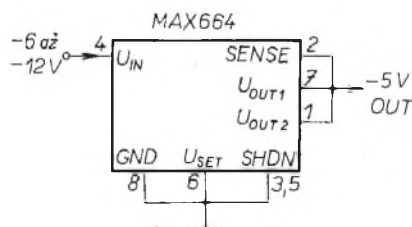
Obr. 265. Základní zapojení stabilizátoru ICL7664 s proudovým omezením

ré jsou navzájem propojené. Jestliže proudové omezení není využito, je vstup SENSE s oběma výstupy  $U_{OUT1}$  a  $U_{OUT2}$  propojen.

### MAX664

Obvod MAX664 firmy Maxim je vylepšenou verzí v předchozí části popisovaných obvodů ICL7664/ICL7664A. Vyrábí se v osmivývodových pouzdrech DIP a SO a má stejné zapojení vývodů. Pokud je obvod MAX664 použit jako stabilizátor s výstupním napětím 5 V, není potřeba oproti obvodům ICL7664 žádných externích nastavovacích rezistorů. Je však možno nastavit výstupní napětí v rozmezí od -1,3 V do 16 V stejným způsobem jako u ICL7664. Maximální klidový proud obvodu je 12  $\mu$ A.

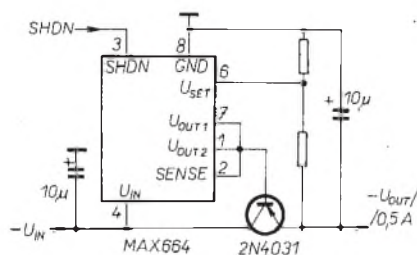
Základní zapojení MAX664 pro výstupní napětí -5 V je na obr. 266.



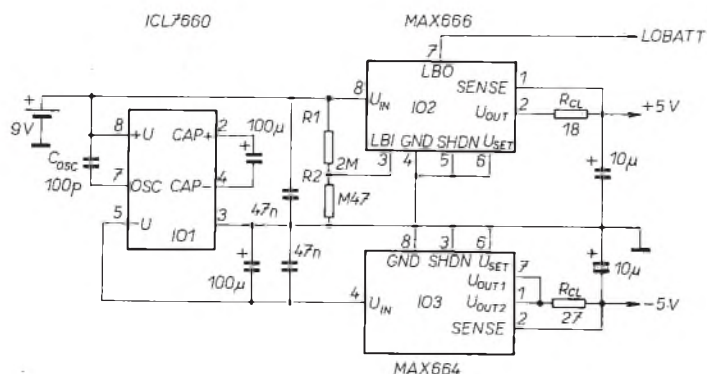
Obr. 266. Základní zapojení obvodu MAX664 pro výstupní napětí -5 V

Pro regulovatelné výstupní napětí je zapojení stejné jako u obvodu ICL7664 na obr. 265. Při požadavku většího výstupního proudu je možno výstup stabilizátoru jednoduše posílit přidáním jednoho externího bipolárního tranzistoru vodivosti p-n-p v zapojení podle obr. 267.

Na obr. 268 je zapojení zdroje symetrického napětí  $\pm 5$  V, napájeného



Obr. 267. Zapojení pro zvětšení výstupního proudu obvodu MAX664



Obr. 268. Zdroj symetrického napětí  $\pm 5\text{ V}$ , napájený z jedné baterie  $9\text{ V}$

z jedné destičkové baterie  $9\text{ V}$ . Kromě obvodu MAX664 pro stabilizaci napětí v záporné větvi zdroje a obvodu MAX666 v kladné větvi s výstupem indikace nedostatečného napětí baterie, který byl popsán v předchozí části u regulátorů pro kladná výstupní napětí, je tu ještě obvod ICL7660, který zde slouží k získání napětí opačné polaritě pro stabilizátor MAX664.

## Obvody pro řízení nabíjení baterií

Současný trend a nenasytná poptávka po stále menších a lehčích přenosných elektronických přístrojích značně navýšily požadavky na výkonost napájecích baterií. Od baterií je očekávána co největší energetická hustota, dlouhá doba života, spolehlivá funkce, odolnost a nezávadnost vůči prostředí.

Vzhledem k výše uvedeným požadavkům investovalo mnoho světových výrobců baterií převážnou část svých prostředků do vývoje nabíjitelných článků.

Nabíjitelné články potřebují mít zejména při rychlém nabíjení stanovené přesné hranice pro odpojení při nabíjení, ale to platí i při vybíjení, a to jak pro napětí na článku, tak i pro nabíjecí či vybíjecí proud. Jen takovým správným ošetřením článku je možno dosáhnout jeho maximální kapacity, doby života, spolehlivosti a chránit tak koncového uživatele před případnými škodami.

Při vývoji samostatných, popř. vestavěných nabíječek baterií pro přenosné přístroje je vhodné při návrhu zapojení pečlivě uvážit, jak jednotlivé části systému, tedy baterie, nabíječka, řídicí kontrolér a vlastní zátěž zároveň pracují.

Ke správnému návrhu spolehlivé a flexibilní nabíječky je nezbytné znát nejen nabíjecí charakteristiku použité baterie, ale i požadavky napájeného systému. Pro rychlé nabíjení v co nejkratším možném čase jsou určeny rychlé, výkonné nabíječky, které však při tomto procesu musí obsahovat obvody, zabráňující poškození baterie přebíjením. Je známo, že při opakovaném přebíjení se zmenšuje užitečný počet nabíjecích cyklů, zaručovaný výrobcem. Podobně i nadměrné, hluboké vybíjení může některé typy baterií poškodit.

K úspěšnému návrhu co nejoptimálnější nabíječky pro daný požadavek bychom měli znát odpověď na následující otázky a přitom postupovat podle několika následujících bodů:

- Vybrat vhodný typ baterie se zřetelem k požadavkům napájeného zařízení
- Znat nabíjecí charakteristiku, vlastnosti a konstrukci zvoleného typu baterie.
- Nabíjecí proud.
- Velikost napětí při plném nabití.
- Vhodnou základní metodu pro ukončení nabíjení.
- Doplnkovou (bezpečnostní) metodu pro ukončení nabíjení.
- Obsahuje baterie ve svém pouzdře teplotní senzor?
- Vliv teploty článku na charakteristiku nabíjení.
- Doporučenou metodu nabíjení s ohledem na dosažení co nejdelší doby života baterie.
- Konstruovat nabíječku jako samostatný přístroj, nebo jako vestavný celek?
- Jaký je k dispozici napájecí zdroj?
- Budeme napájet jednu, nebo současně několik baterií?
- Podmínky práce vzhledem k okolnímu prostředí.
- Rychlost nabíjení:
  - Standardní (overnight).
  - Rychlé (fast)  $< 4$  hodiny.
- Bude zařízení odebírat proud i během nabíjení baterie?
- Jaký typ kontroly, nadřazený nabíječce (funkce elektronického odpojení – Shutdown, chybová hlášení, ukončení nabíjení), budeme potřebovat?
- Jak se bude nabíječka chovat, když odpojíme nabíjenou baterii?
- Co se stane při vložení plně nabitě baterie?
- Požadujeme schopnost měřit množství dodaného náboje (sledovat stav nabití)?

### Základní typy nabíjitelných baterií

V současnosti jsou nejvíce rozšířené a snadno dostupné čtyři hlavní typy nabíjitelných baterií. Jsou to niklo – kadmiové (Nickel – Cadmium, **NiCd**), niklo – metal – hydridové (Nickel –

Metal – Hydride, **NiMH**), olověné (Sealed Lead – Acid, **SLA**) a lithium – iontové (Lithium – Ion, **Li-ion**) baterie.

Všechny tyto typy baterií plní v zařízení sice jeden stejný hlavní úkol, a to dodávku obnovitelné elektrické energie pro napájení elektronických obvodů, avšak ne každý typ je pro danou konkrétní konečnou aplikaci vždy vhodný. Baterie rozdílných technologií mají odlišné vlastnosti, které určují míru jejich vhodnosti pro konkrétní použití.

Mezi tyto vlastnosti patří energetická hustota v poměru k váze nebo objemu, napětí na jeden článek, profil vybíjení, počet nabíjecích a vybíjecích cyklů, rychlost samovybíjení, vnitřní odpor baterie a maximální rychlost vybíjení. Pro snazší orientaci a posouzení vlastností jednotlivých základních typů baterií slouží tab. 1 na další straně. Kapacita baterie je popsána velkým stojatým písmenem **C**, které udává kapacitu v ampérhodinách. Běžně mohou být baterie vybíjeny proudem, který je až několiknásobkem velikosti kapacity **C** baterie.

Rozdílnosti v chemickém složení různých typů baterií mají za následek rozdílné požadavky na proces nabíjení. Nabíjecí charakteristiky jak pro standardní, tak i pro rychlý způsob nabíjení jsou uvedeny v tab. 2 na další straně. V následujícím popisu nejsou zahrnuty úplně všechny metody nabíjení, jako např. pulsní nabíjení. Ke spolehlivosti nabíjecího systému je požadováno použít základní i doplňkové metody pro ukončení nabíjení, aby se vyloučila možnost přebíjení. To je například proto, že zkratovaný článek v baterii může způsobit selhání základní metody pro odpojení nabíjení, založené na dosažení plného nabití baterie.

Protože baterie nemají při převodu dodané energie na energii akumulovanou účinnost  $100\%$ , nedosáhneme při nabíjení proudem velikosti **C** po dobu

Tab. 1. Charakteristika jednotlivých typů baterií

| Charakteristika baterie         | SLA               | NiCd           | NiMH          | Li-Ion        |
|---------------------------------|-------------------|----------------|---------------|---------------|
| Energetická hustota [Wh/kg]     | 30                | 40             | 60            | 90            |
| Energetická hustota [Wh/l]      | 60                | 100            | 140           | 210           |
| Pracovní napětí na 1 článek [V] | 2                 | 1,2            | 1,2           | 3,6           |
| Profil vybíjení                 | pomalou klesající | plochý         | plochý        | klesající     |
| Počet nabíjecích cyklů          | 500               | 1000           | 800           | 1000          |
| Samovybíjení [%/měsíc]          | 3                 | 15             | 20            | 6             |
| Vnitřní odpor                   | malý              | nejmenší       | střední       | největší      |
| Maximální rychlost vybíjení     | menší než 5 C     | větší než 10 C | menší než 3 C | menší než 2 C |

Tab. 2. Nabíjecí charakteristiky jednotlivých typů baterií při standardním a rychlém způsobu nabíjení

| Typ baterie                                       | SLA                  | NiCd           | NiMH           | Li-Ion         |
|---------------------------------------------------|----------------------|----------------|----------------|----------------|
| standardní nabíjení                               |                      |                |                |                |
| Nabíjecí proud                                    | 0,25 C               | 0,1 C          | 0,1 C          | 0,1 C          |
| Napětí na článku [V]                              | 2,27                 | 1,5            | 1,5            | 4,1 nebo 4,2   |
| Doba nabíjení [hodin]                             | 24                   | 16             | 16             | 16             |
| Rozsah teplot [°C]                                | 0/45                 | 5/45           | 5/45           | 5/45           |
| Ukončení nabíjení                                 | žádné                | žádné          | časovač        | žádné          |
| rychlé nabíjení                                   |                      |                |                |                |
| Nabíjecí proud [C]                                | $\geq 1,5$           | $\geq 1$       | $\geq 1$       | 1              |
| Napětí na článku [V]                              | 2,45                 | 1,5            | 1,5            | 4,1 nebo 4,2   |
| Doba nabíjení [hodin]                             | $\leq 1,5$           | $\leq 3$       | $\leq 3$       | 2,5            |
| Rozsah teplot [°C]                                | 0/30                 | 15/40          | 15/40          | 10/40          |
| Základní metody pro ukončení nabíjení (viz pozn.) | A                    | B              | C              | D              |
| Doplňkové metody pro ukončení nabíjení            | časovač<br>delta TCO | TCO<br>časovač | TCO<br>časovač | TCO<br>časovač |

Pozn.: A =  $I_{\text{MIN}}$ , delta ( $\Delta$ ) TCO, B =  $dT/dt$ , -  $\Delta V$ , C =  $0 \text{ dV/dt}$ ,  $\Delta TCO$ , D =  $I_{\text{MIN}}$  + časovač,  $dT/dt$ ,  $\Delta TCO$

jedné hodiny úplného nabití, ale baterie je nabita pouze ze 75 až 95 % plné kapacity. Proto je k dosažení plného nabití baterie nutno čas nabíjení prodloužit a zvolit vhodnou metodu nabíjení, nejlépe na základě bližší technické specifikace výrobce dané baterie.

**Niklo – kadmiové** - baterie NiCd jsou nabíjeny proudem konstantní velikosti. Mohou být nepřetržitě nabíjeny standardně proudem 0,1C bez nebezpečí nadměrného zahřívání nebo poškození.

Rychlé nabíjení těchto baterií však již vyžaduje použití opatření pro kontrolu přerušení nabíjení. Základní me-

toda může být založena na sledování zvyšování teploty  $T$  během určitého časového úseku ( $\Delta T / \Delta t$ ), nebo na detekci zmenšení napětí baterie -  $\Delta V$ , které nastává po dosažení špičkového napětí a baterie začíná být přebíjena, jak je ostatně zřejmé ze známého grafu průběhu napětí na baterii v závislosti na délce doby nabíjení. Doplnková kontrola je doporučena sledováním zvyšování teploty baterie oproti teplotě okolí ( $\Delta TCO$ ). Baterie NiCd mnoha výrobců mohou být nabíjeny proudem mnohem větším než 1C při omezení nabíjecího času na 15 minut či méně.

**Niklo – metal – hydridové** – baterie NiMH jsou nabíjeny proudem konstantní velikosti. Standardní velikost C/10 je vyhovující při nabíjení baterie během doby, kdy přístroj nevyužíváme, zpravidla přes noc (odtud název „Overnight Chargers”). Baterie NiMH jsou mnohem choulostivější na poškození při přebíjení než baterie NiCd. Z tohoto důvodu je vyžadováno po 16 hodinách redukovat nabíjecí proud na velikost C/40, nebo po této době baterii dobíjet „kapkově”. To může být jednoduše zabezpečeno časovým spínačem. Při rychlém nabíjení baterií NiMH je však třeba kontrola pro pře-

rušení nabíjení. U článků NiMH se napětí během doby nabíjení zvětšuje pomaleji než u článků NiCd a články NiMH nemají oproti těmto článkům tak výraznou špičku napětí na článku.

Základní metoda pro přerušení nabíjení může být založena buď na podmínce nulového zvětšení napětí na článku během času (Zero (0)  $dV/dt$ , Zero Delta V), kdy se napětí baterie již dále nezvětšuje (dosáhne maximální špičkové velikosti), nebo na sledování zvyšování teploty baterie oproti teplotě okolí ( $\Delta TCO$ ). Následně poté by měl nabíjecí obvod zmenšit nabíjecí proud na C/40 nebo přepnout na kapkové dobíjení, aby byl eliminován vliv samovolného vybíjení. Doplňková metoda může být odvozena od měření teploty nebo času nabíjení.

**Olověné** – Sealed Lead-Acid (SLA) baterie mohou být nabíjeny ze zdroje s konstantním napětím a proudovým omezením, nebo konstantním proudem. Nabíjení s konstantním napětím je běžně používáno v aplikacích, v nichž je olověná baterie používána jako záložní zdroj napětí a je tak po tuto dobu udržována v nabitěm stavu. Nabíjecí proud je do baterie dodáván až do doby, než napětí na baterii dosáhne požadované velikosti, která je držena na konstantní úrovni, zatímco proud do baterie se přirozeně zmenšuje, úměrně tomu, jak se baterie blíží plnému nabití. Napětí na článku je přibližně 2,25 V a může být udržováno po neomezeně dlouhou dobu.

Rychlé nabíjení s použitím metody s konstantním napětím je prováděno při zvětšení napětí nabitěho článku na 2,45 V na článek, čímž se prodlouží čas nabíjení při režimu proudového omezení a zkrátí se tím celková doba potřebná pro úplné nabití. Když napětí baterie dosáhne nastavené velikosti konstantního napětí, nabíjecí proud se zmenšuje úměrně vzhledem k tomu, jak se baterie blíží plnému nabití. Při zmenšení velikosti nabíjecího proudu pod určitou minimální hranici je nabíjecí napětí buď omezeno na jmenovitou velikost, nebo je celý nabíjecí cyklus přerušen. Napětí na jednom článku baterie má teplotní závislost v rozmezí od -1 mV do -5 mV na  $^{\circ}C$  a je nutno s touto závislostí počítat z důvodu ochrany proti přebíjení.

Rychlé nabíjení konstantním proudem vyžaduje sledovat napětí baterie a detekovat výrazné zvětšení tohoto napětí, které se projeví při nabití baterie přibližně na 75 %. Po uplynutí určitého času by pomocí časového spínače mělo následovat odpojení. Pro

detailní určení charakteristiky baterie je nutno znát technické údaje od jejího výrobce.

**Lithium – iontové** – baterie Li-Ion jsou nabíjeny ze zdroje konstantního napětí s proudovým omezením. Tyto baterie vyžadují speciální péči vzhledem k jejich citlivosti na poškození přebíjením, hlubokým vybitím, nebo při zkratu. Při nabíjení je dodáván konstantní proud do doby, než napětí na baterii dosáhne velikosti 4,1 nebo 4,2 V (v závislosti na výrobci) na článek. Následuje nabíjení s konstantním napětím s tolerancí  $\pm 50$  mV. Nabíjecí proud se při tom přirozeně zmenšuje. Aby byla zachována co nejdelší doba života baterie, měl by být nabíjecí cyklus ukončen během 30 až 90 minut poté, co se nabíjecí proud zmenší pod 50 až 100 mA.

Někteří výrobci umísťují přímo do pouzder těchto baterií integrované obvody, zajišťující některé ochranné funkce. Je kontrolováno překročení napětí na článku, vybíjecí proud, teplota a minimální napětí na článku během vybíjení. Při překročení nastavených parametrů je pomocí polovodičového spínače, zapojeného do série s výstupní svorkou baterie odpojena. Příkladem takových ochranných obvodů jsou integrované obvody MC 33347 a MC33348 od firmy Motorola, které jsou podrobně popsány na str. 74 a 75. Baterie s již vestavěnými ochrannými obvody jsou velice vhodnou volbou pro použití v konstrukcích nových, spolehlivých zařízení.

### Techniky pro přerušení rychlého nabíjení

Aby se při rychlém nabíjení předšlo poškození baterie a zachovala její co nejdelší doba života, je nezbytné po dosažení plného nabití nabíjení přerušit pomocí některé základní metody pro ukončení nabíjení. Z praxe je pro zvětšení bezpečnosti doporučeno ještě použít některé další doplňkové metody.

K detekci stavu plného nabití baterie je možné použít mnoho metod, z nichž některé, a poměrně spolehlivé, jsou založeny na uvolňování tepelné energie v době, kdy baterie dosahuje plného nabití, nebo je využito charakteristiky napětí na baterii během nabíjení jako indikátoru elektrochemického procesu nabíjeného článku. Výčet použitelných metod pro přerušení nabíjení je uveden dále.

- $I_{MIN}$  – detekce zmenšení nabíjecího proudu pod nastavenou hranici + časovač.

- $\Delta T/\Delta t$  – detekce zvýšení teploty během určitého časového úseku. Nabíjení se přeruší při dosažení maxima  $\Delta T/\Delta t$ , například 1  $^{\circ}C$  za minutu.

- $\Delta TCO$  (Delta Temperature Cutoff) – detekce zvýšení teploty baterie nad určitou velikost oproti teplotě okolí. Odpojení při zvýšení teploty, přesahujícím nastavený povolený rozdíl mezi teplotou nabíjené baterie a teplotou okolí.

- TCO – (Temperature Cutoff) – představuje absolutní teplotu baterie, při jejímž dosažení se nabíjení přeruší.

- $-\Delta V$  – (Negative Delta V) – detekce zmenšení napětí baterie, které nastává po dosažení špičkového napětí a baterie začíná být přebíjena.

- $dV/dt$  – (slope of voltage-time curve) – detekce rychlosti změny velikosti napětí baterie během daného časového úseku.

- Zero (0)  $dV/dt$  – (Zero Delta V) – detekce aktuálního maximálního napětí baterie. K přerušení nabíjení dojde tehdy, když se napětí baterie již dále nezvětšuje (dosáhne maximální špičkové velikosti).

- Threshold Voltage Detection – přerušení nabíjení nebo podstatné omezení nabíjecího proudu, když napětí baterie dosáhne jisté velikosti.

- Timer – (časovač) – časové omezení maximální doby nabíjení.

Výrobci baterií mohou k danému typu baterie doporučit nejvhodnější metodu pro vlastní nabíjení i pro přerušení nabíjení, ale nikoli konkrétní obvod a jeho zapojení. Na následujících stránkách je uveden popis několika zajímavých integrovaných obvodů, určených speciálně pro aplikaci ve více či méně složitých zapojeních nabíječek všech běžných typů baterií.

---

## Integrované obvody pro konstrukci nabíječek baterií

Dále bude popsáno několik typů integrovaných obvodů, vyvinutých speciálně pro konstrukci nabíječek galvanických článků. Byly přitom z větší části vybrány moderní obvody, které nebyly v naší literatuře blíže popsány či nebyly úpopsány vůbec. Jejich přehled, včetně stručné charakteristiky, je uveden v tabulce na další straně.

| <i>Typ</i>                        | <i>Charakteristika</i>                                                                                                                                                                                               | <i>Výrobce</i>         |
|-----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| <b>LM3420</b>                     | Monolitický integrovaný kontrolér, určený k řízení procesu nabíjení jednoho, dvou, nebo tří lithium – iontových článků                                                                                               | National Semiconductor |
| <b>LT1239</b>                     | Obvod s lineárním regulátorem, určený pro nabíjení a přepínání Lithium – iontové zálohovací baterie (Backup Battery Management Circuit)                                                                              | Linear Technology      |
| <b>LT1510</b>                     | Obvod pro rychlé nabíjení konstantním proudem / konstantním napětím. Proud ss zátěže max. 1,5 A. Proudová zpětná vazba, spínaný PWM regulátor s kmitočtem 200 kHz                                                    | Linear Technology      |
| <b>LT1511</b>                     | Obvod pro rychlé nabíjení konstantním proudem / konstantním napětím s omezením a rozdělením proudu odebíraného ze zdroje. Proud do zátěže max. 3 A. Proudová zpětná vazba, spínaný PWM regulátor s kmitočtem 200 kHz | Linear Technology      |
| <b>LT1512</b>                     | SEPIC obvod pro rychlé nabíjení konstantním proudem / konstantním napětím. Proud do zátěže max. 0,75 A. Spínaný regulátor s kmitočtem 500 kHz                                                                        | Linear Technology      |
| <b>LT1513</b>                     | SEPIC obvod pro rychlé nabíjení konstantním proudem / konstantním napětím. Proud do zátěže max. 2 A. Spínaný regulátor s kmitočtem 500 kHz                                                                           | Linear Technology      |
| <b>LTC1325</b>                    | Mikroprocesorem ovládaný systém pro řízení nabíjení baterií (Microprocessor – Controlled Battery Management System)                                                                                                  | Linear Technology      |
| <b>MAX2003</b><br><b>MAX2003A</b> | Inteligentní obvody pro řízení rychlého nabíjení článků NiCd a NiMH                                                                                                                                                  | MAXIM                  |
| <b>MAX846A</b>                    | Levný obvod, určený pro konstrukci nabíječky, umožňující nabíjet jak články Li – Ion, tak i NiMH a NiCd, tedy články několika rozdílných chemických složení (multichemistry battery–charger system)                  | MAXIM                  |
| <b>MC33340</b>                    | Univerzální kontrolér rychlého nabíjení článků NiCd a NiMH                                                                                                                                                           | Motorola               |
| <b>MC33344</b><br><b>MC33345</b>  | Obvody pro řízení bezpečného nabíjení i vybíjení lithiových baterií, složených z 1 až 4 článků                                                                                                                       | Motorola               |
| <b>MC33346</b>                    | Obvod pro řízení bezpečného nabíjení a vybíjení lithiové baterie, složené ze 3 nebo 4 článků, s možností připojení k řídicímu mikrokontroléru                                                                        | Motorola               |
| <b>MC33347</b><br><b>MC33348</b>  | Obvody, určené pro ochranu lithiové baterie, navržené pro prodloužení užitečné doby využití napájecích článků                                                                                                        | Motorola               |
| <b>TSM101</b>                     | Obvod pro precizní řízení napětí a proudu, snadno aplikovatelný ve spojení s lineárními i spínanými regulátory                                                                                                       | SGS Thomson            |
| <b>U240x B*</b>                   | Řada obvodů pro řízení nabíjení baterií NiCd a NiMH                                                                                                                                                                  | Temec                  |
| <b>UCC3905</b>                    | Inteligentní kontrolér pro řízení rychlého a bezpečného nabíjení baterií                                                                                                                                             | Unitrode               |
| <b>UCC3906</b>                    | Obvod pro řízení nabíjení olověných baterií s kontrolou výstupního napětí i proudu                                                                                                                                   | Unitrode               |
| <b>UCC3909</b>                    | Spínaný obvod pro přesné řízení nabíjení olověných baterií, s velkou účinností                                                                                                                                       | Unitrode               |

Popis řady obvodů U240xB, uvede-  
ných v přehledu jsem vynechal, protože  
tyto obvody již byly před krátkým ča-  
sem velice podrobně popsány na strán-  
kách časopisu Praktická elektronika A  
Radio v číslech 10 až 12/97 a 1/98.

## MC33340

Obvod MC33340 vyráběný firmou  
Motorola obsahuje většinu funkčních  
prvků a ochranných funkcí, které jsou  
potřeba pro konstrukci moderní, vý-  
konné nabíječky niklo-kadmiových  
(NiCd) či niklo-metal-hydridových  
(NiMH) baterií. Obvod je navržen tak,  
aby mohl spolupracovat a být jedno-  
duše propojen s jakýmkoli typem li-  
neárního i spínaného regulátoru pro  
snadnou realizaci kompletního nabíje-  
cího systému.

Typické aplikační zapojení, včetně  
vnitřního blokového zapojení obvodu  
MC 33340 je na obr. 1. Napětí na ba-  
terii je monitorováno vstupem  $U_{sen}$ ,  
který je vnitřně propojen se vstupem  
převodníku napětí/kmitočet a se vstu-  
py komparátorů pro detekci negativní-  
ho (záporného) přírůstku napětí na ba-  
terii.

Jako přídavná funkce pro zvětšení  
spolehlivosti a bezpečnosti nabíjení  
může být nabíjecí cyklus přerušen též  
po uplynutí doby, nastavené pomocí  
programovatelných vstupů ( $t1/T_{ref}$  High,  
 $t2/T_{sen}$  a  $t3/T_{ref}$  Low), nebo tyto vstupy  
mohou sloužit k nastavení mezních  
teplot nabíjené baterie, při jejichž pře-  
kročení se nabíjení přeruší též.

Dva výstupy s otevřeným kolekto-  
rem ( $U_{sen}$  Gate a Fast/Trickle), aktivní  
při nízké úrovni, slouží k propojení

kontroléru MC33340 s řízeným exter-  
ním regulátorem. První výstup ( $U_{sen}$   
Gate) dodává hradlovací impulsy, kte-  
ré krátce přerušují nabíjecí proud. To  
umožňuje přesnou metodu vzorkování  
napětí baterie s vyloučením napětí o-  
vých úbytků, způsobených velkými na-  
bíjecími proudy a odporem propojova-  
cích vodičů. Také jsou tím vyloučena  
všechna rušivá napětí, přítomná na vý-  
stupu regulátoru.

Druhý výstup (Fast/Trickle) je ur-  
čen k přepínání nabíjecího systému  
mezi režimem rychlého nabíjení a re-  
žimem kapkového dobíjení, v závislosti  
na vyhodnocení napětí nabíjené bate-  
rie, její teplotě a uplynutém nabíjecím  
čase. Běžně jsou oba tyto výstupy při-  
pojeny přímo k řídicím vstupům regu-  
látoru, ale v aplikacích, vyžadujících  
galvanické oddělení, mohou být oba po-  
užity k buzení izolačních optočlánků.

Po připojení napájecího napětí pra-  
cuje MC33340 v režimu rychlého na-

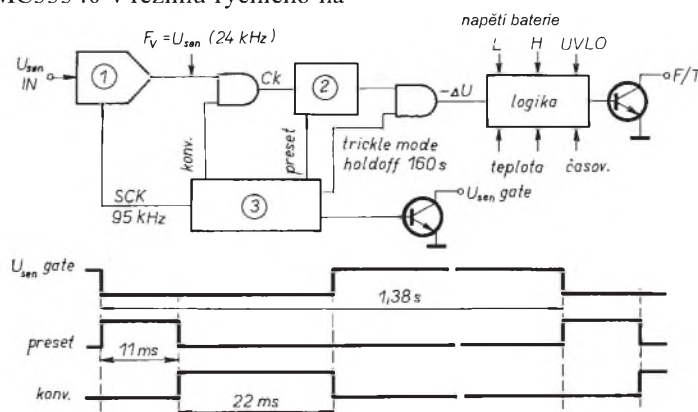
bíjení. Přepnutí do režimu kapkového  
dobíjení je závislé na třech možných  
stavech:

1. Napětí na vstupu  $U_{sen}$  je větší  
než 2 V, nebo menší než 1 V. Napětí  
větší než 2 V znamená, že baterie  
není vůbec vložena či připojena, nebo  
spojení mezi články v baterii je pře-  
rušeno. Napětí menší než 1 V signali-  
zuje možnost zkratovaného, nebo ji-  
nak poškozeného článku.

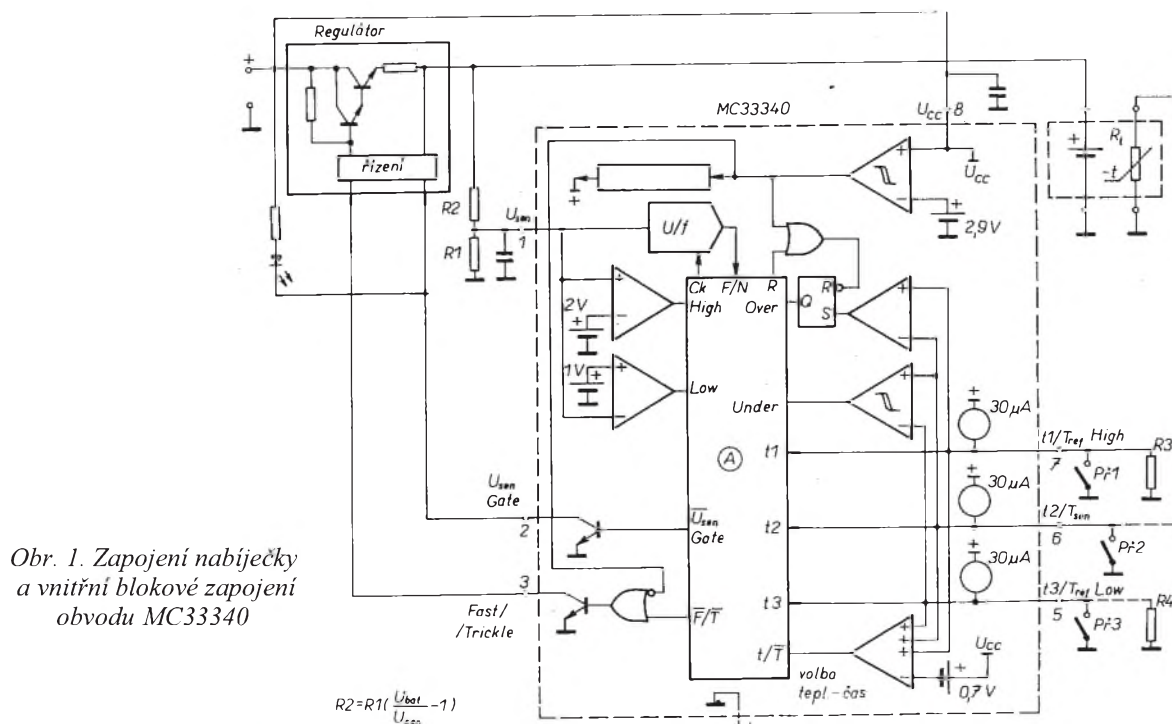
2. Při rychlém nabíjení je po dobu  
minimálně 177 sekund detekován zá-  
porný přírůstek napětí – pokles napětí  
na baterii. To znamená, že baterie je  
plně nabitá.

3. Teplota baterie je mimo zvolený  
pracovní rozsah, nebo již uplynula  
nastavená doba pro nabíjení.

Dále existují tři stavy, které mo-  
hou způsobit zpětné přepnutí z re-  
žimu kapkového dobíjení do režimu  
rychlého nabíjení. První je, že se na-



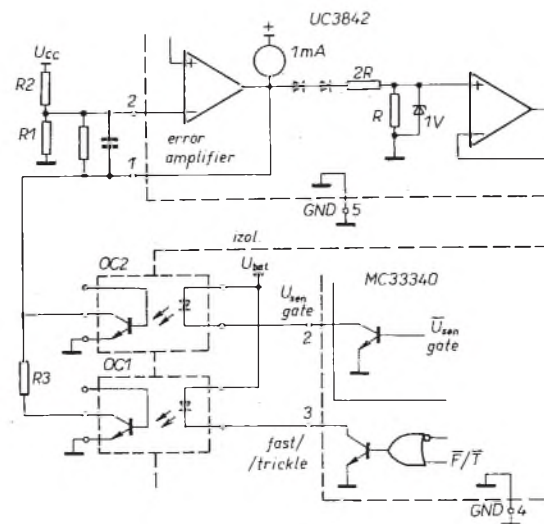
Obr. 2. Blokové zapojení detektoru záporného napětového přírůstku v obvodu MC33340; 1 - synchronní převodník napětí-kmitočet, 2 - čítač, 3 - vzorkovací časovač



Obr. 1. Zapojení nabíječky  
a vnitřní blokové zapojení  
obvodu MC33340



Obr. 7. Nabíječka se spínaným zdrojem a optoelektronickou vazbou

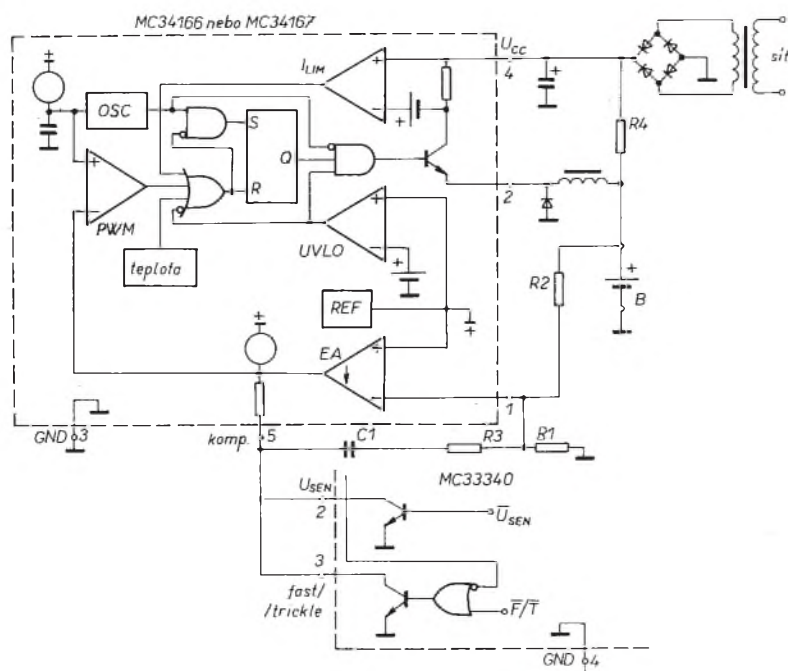


Obvod MC33340 může spolupracovat s kterýmkoli obvodem řady UC384x, což jsou řídicí obvody pro spínané regulátory, s výstupem s pulsně-šířkovou modulací (PWM), pracující s proudovou zpětnou vazbou. Jelikož tyto obvody regulují napětí na primární straně a jsou navrženy pro práci v obvodech přímo spojených se síťovým napětím (Off-line), je nutno pro izolované připojení řídicích signálů použít optoelektronickou vazbu. Zapojení takové nabíječky se spínaným zdrojem a optoelektronickou vazbou je na obr. 7. Během monitorování napětí baterie je výstupem optoelektronického článku OC2 krátkodobě spojen se zemí výstup zesilovače odchylky v obvodu UC384x, což účinně zablokuje spínaný zdroj. Při ukončení rychlého nabíjení se otevře tranzistor v optoelektronickém článku OC1 a připojí spodní konec rezistoru R3 na

zem. Tím se zmenší výstupní proud na požadovanou úroveň, potřebnou pro kapkové dobíjení.

Zapojení rychlé nabíječky se spínaným zdrojem je na obr. 8. Obvod MC33340 zde řídí spínaný výkonový regulátor typu MC34166 nebo MC34167, což vede stejně jako v předchozím případě u zapojení na obr. 7 ke zlepšení účinnosti a ekonomičtějšímu provozu nabíječky.

Obvody MC34166/MC34167 jsou schopné nepřetržitě pracovat v režimu s proudovým omezením v rozsahu vstupních napětí od 7,5 V do 40 V. Typická velikost nabíjecího proudu pro MC34166 je 4,3 A, pro MC34167 je 6,5 A. Rezistory R2 a R1 jsou použity k přesnému nastavení napětí baterie pro rychlé nabíjení. Není-li vyžadována velká přesnost, součástky R1, R2, R3 a C1 mohou být vynechány a vývod 1 musí být spojen se zemí.



Obr. 8. Rychlá nabíječka se spínaným zdrojem

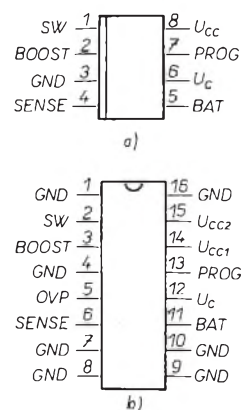
Velikost proudu při kapkovém dobíjení je dána odporem rezistoru R4. U tohoto zapojení je z bezpečnostních důvodů doporučeno použít ještě nějakou doplňkovou metodu pro odpojení při plném nabití, což platí všeobecně pro všechny typy rychlonabíjecích systémů.

## LT1510

Integrovaný obvod LT1510 firmy Linear Technology je určen pro konstrukci velice jednoduchých nabíječek především lithium-iontových (Li-Ion), ale i niklo-metal-hydridových (NiMH) a niklo-kadmiových (NiCd) nabíjecích článků, které vyžadují nabíjení konstantním proudem a/nebo konstantním napětím.

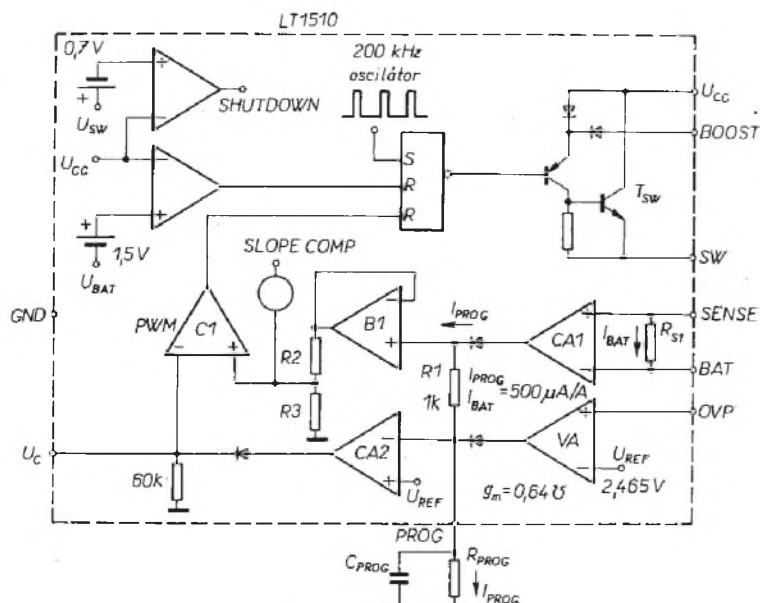
LT1510 obsahuje spínaný regulátor s pulsně-šířkovou modulací (PWM) a s proudovou zpětnou vazbou, interní výkonový spínač je schopen dodat stejnosměrný proud 1,5 A (špičkově až 2 A).

Obvod LT1510 je vyráběn v osmivývodovém pouzdru SO a v šestnáctivývodových pouzdrech DIP a SO, jejichž zapojení vývodů je na obr. 9a, b.



Obr. 9. Zapojení vývodů LT1510 pro a) osmivývodové a b) šestnáctivývodové pouzdro

Schéma vnitřního blokového zapojení obvodu LT1510 je na obr. 10 (nahore na další straně). Nabíjecí stejnosměrný proud je nastaven odporem rezistoru  $R_{PROG}$ , zapojeným na vstup PROG, nebo sem může být zaveden proud z výstupu převodníku D/A v případě řízení mikrokontrolérem. Operační zesilovač CA1 převádí velikost nabíjecího proudu, snímaného vnitřně integrovaným rezistorem  $R_{S1}$  na mnohem menší proud  $I_{PROG}$  (500  $\mu A/A$ ) který je zaveden do vstupu PROG. Operační zesilovač CA2 porovnává proud z výstupu operačního zesilovače CA1 s nastaveným proudem na vstupu PROG a řídí zpětnovazební smyčku pulsně-šířkového modulatoru (PWM) tak, aby se oba tyto proudy vyrovnaly. Kondenzátor



Obr. 10. Schéma vnitřního blokového zapojení obvodu LT1510

$C_{\text{PROG}}$  zlepšuje ss přesnost, protože je nutno vzít v úvahu, že proud  $I_{\text{PROG}}$  obsahuje jak stejnosměrnou, tak i střídavou složku. Proud  $I_{\text{PROG}}$ , vedený přes rezistor R1, generuje průběh, který je přes buffer B1 a odporový dělič R2/R3 veden na vstup komparátoru C1, řídicího činnosti pulsně–širokového modulatoru, a realizuje tak vnitřní proudovou zpětnovazební smyčku. Vstup BOOST slouží k vybuzení výkonového spínacího tranzistoru n-p-n až do plné saturace, což zmenší výkonovou ztrátu. Při nabíjení lithium-iontových baterií, které vyžadují nabíjení konstantním proudem i konstantním napětím, zmenšuje referenční obvod s napětím 2,465 V o přesnosti 0,5 % a operační zesilovač VA nabíjecí proud, když napětí na baterii dosáhne nastavené velikosti.

Pro články NiMH a NiCd může být tento obvod využit jako ochrana proti napětíovému přetížení (přepětí). Při odpojení vstupního napájecího napětí se obvod LT1510 přepne do klidového stavu s malou proudovou spotřebou, která je typicky 3  $\mu\text{A}$ .

Zapojení nabíječky lithium-iontových baterií konstantním proudem 1,3 A s účinností 86 % je na obr. 11.

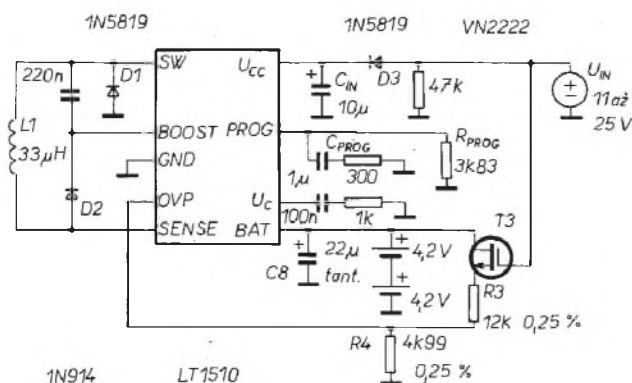
Baterie je tímto proudem nabíjena do doby, dokud její napětí nedosáhne velikosti 8,4 V, nastavené děličem R3, R4. Poté nabíječka automaticky přejde do režimu s konstantním napětím a nabíjecí proud se zmenšuje až k nule, tak jak se baterie blíží stavu plného nabití - to je běžný způsob nabíjení lithiurní-iontových baterií a není již potřeba žádného dalšího obvodu k detekci plného nabití baterie.

Velikost nabíjecího proudu je dána odporem rezistoru  $R_{\text{PROG}}$  podle následujícího výpočtu:

$$\begin{aligned} I_{\text{BAT}} &= I_{\text{PROG}} \times 2000 = \\ &= (2,465/R_{\text{PROG}}) \times 2000 = \\ &= (2,465/3,83 \text{ k}\Omega) \times 2000 = 1,3 \text{ A} \end{aligned}$$

Pro zajištění správné funkce regulátoru i v případech, kdy je baterie odpojena, je volen proud děličem R3/R4 0,5 mA – minimální doporučená zátěž regulátoru. Tranzistor T3 se při odpojení zdroje vstupního napájecího napětí uzavře a odpojí tak dělič R3/R4 od baterie, aby nebyla proudem děliče zbytečně vybíjena.

Při proudu děličem 0,5 mA,  
 $R_4 = 2,465 / 0,5 \text{ mA} = 4,93 \text{ k}\Omega$   
 (zaokrouhleno na 4,99 k $\Omega$ ),

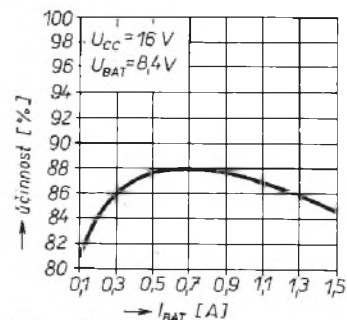


*Obr. 11. Nabíječka  
lithium-iontových  
baterií konstantním  
proudem 1,3 A  
s účinností 86 %*

je R3:

$$\begin{aligned} R3 &= R4 \left( \frac{U_{\text{BAT}}}{2.465} - 1 \right) = \\ &= 4.99 \text{ k}\Omega \left( \frac{8.4}{2.465} - 1 \right) = 12 \text{ k}\Omega. \end{aligned}$$

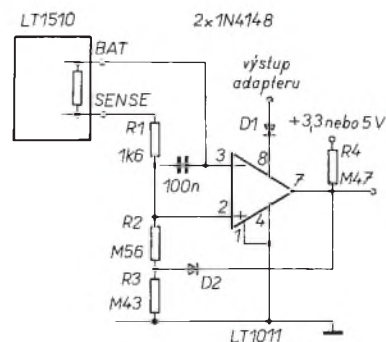
Vstupní napětí  $U_{IN}$  by mělo být o 3 V větší než napětí baterie, minimálně však 8,5 V, maximálně 25 V. Graf účinnosti tohoto zapojení v závislosti na proudu do zátěže je na obr. 12.



Obr. 12. Graf účinnosti zapojení z obr. 11 v závislosti na proudu do zátěže

Někteří výrobci lithium-iontových baterií doporučují nabíjení v režimu s konstantním napětím přerušit 30 až 90 minut poté, co se nabíjecí proud zmenší pod specifikovanou velikost (obvykle 50 až 100 mA).

Obvod, jehož schéma zapojení je na obr. 13, signalizuje zmenšení nabíjecího proudu pod 75 mA. Logický signál z výstupu komparátoru LT1011 je použit ke spuštění časovacího obvodu. Po uplynutí nastavené doby je vý-



Obr. 13. Obvod pro signalizaci zmenšení nabíjecího proudu pod stanovenou velikost

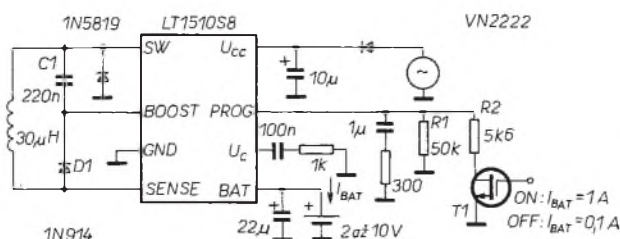
stupem časovače připojen vstup  $U_C$  obvodu LT1510 na nízkou úroveň a obvod bude proto uveden do klidového stavu. Mohou být použity další externí obvody pro indikaci potřeby dobíjení baterie, nebo může být nabíječka zapínána periodicky. Velikost proudu, při které bude obvod aktivován, je dána napětím baterie, odporem rezistorů  $R_1$  až  $R_3$  a odporem snímacího rezistoru  $R_{S1}$ , který je uvnitř obvodu LT1510 (viz vnitřní blokové zapojení obvodu LT1510 na obr. 10) a

jeho odpor je 0,18 Ω. Dioda D2 zavádí hysterezi, aby nezakmitával komparátor. Celkový odpor rezistorů R2 a R3 je zvolen 1 MΩ (z důvodu minimálního odběru proudu z baterie). Odpor rezistoru R1 je tedy dán následující rovnicí:

$$R1 = \frac{I_{TRIP} \times (R2 + R3) \times 0,18 \Omega}{U_{BAT}} = \frac{75 \text{ mA} \times (560 \text{ k}\Omega + 430 \text{ k}\Omega) \times 0,18}{8,4 \text{ V}} = 1,6 \text{ k}\Omega$$

Na obr. 14 je zapojení s obvodem LT1510 pro nabíjení článků NiCd nebo NiMH v počtu do celkového napětí až 20 V s nabíjecím proudem 1 A

Obr. 14. Zapojení s obvodem LT1510 pro nabíjení článků NiCd nebo NiMH



při rychlém nabíjení (tranzistor T1 je otevřen) a 100 mA při kapkovém dobíjení (tranzistor T1 je uzavřen). Pokud je vyžadována ještě třetí úroveň nabíjecího proudu, lze jednoduše přidat jeden rezistor a spínací součástku. Nabíjecí proud je dán:

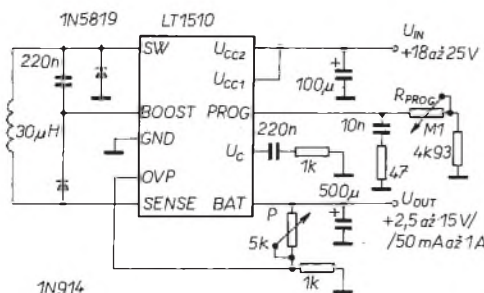
$$2,465/R1/R2 \times 2000 \quad (\text{když je tranzistor T1 uzavřen})$$

$$2,465/R1 \times 2000 \quad (\text{když je tranzistor T1 otevřen})$$

Pulsní kapkové dobíjení, které je vhodné pro baterie NiMH, může být snadno realizováno spínací součástkou, zapojenou do série s rezistorem R1, spínající v požadované střídě. Jestliže je použit k řízení nabíjení mikrokontrolér, připojíme výstup převodníku D/A ke vstupu PROG.

Zapojení na obr. 14 neobsahuje vlastní řídicí obvod pro ukončení rychlého nabíjení, který je při nabíjení článků NiCd a NiMH nutný. Pro tento účel může být použit vhodný jednoduchý mikrokontrolér.

Poslední zajímavou aplikací obvodu LT1510 je zapojení na obr. 15, kde



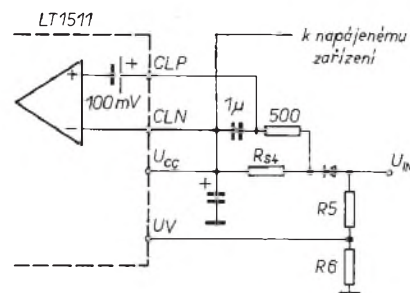
Obr. 15. Regulovatelný zdroj s precizním nastavením proudového omezení

je LT1510 využit jako zdroj s regulovatelným výstupním napětím v rozmezí od 2 do 15 V, přičemž velikost proudového omezení lze velice přesně nastavit v rozmezí od 50 mA do 1 A.

## LT1511

Obvod LT1511 je funkčně velmi podobný výše popisovanému obvodu LT1510, je však jeho vylepšenou variantou. Může dodat větší nabíjecí proud (až 3 A) při výstupním napětí v rozsahu 1 až 20 V a je dodáván pouze v širokém pouzdře SO pro povrchovou montáž.

Zapojení nabíječky lithium-iontových baterií konstantním proudem 3 A je na obr. 16. Baterie je nabíjena kon-



Obr. 17. Obvod hlídající maximální odebraný proud ze zdroje

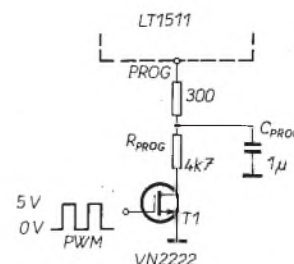
překročí 100 mV, operační zesilovač omezí nabíjecí proud do baterie, aby byla zachována maximální velikost proudu odebraného z napájecího zdroje, která je dána vztahem

$$100 \text{ mV}/R_{S4}$$

Filtr složený z rezistoru 500 Ω a kondenzátoru 1 μF tvoří dolní propust, filtrující rušivé napětí vznikající při činnosti spínacího regulátoru.

Velikost nabíjecího proudu je dána následující rovnicí:

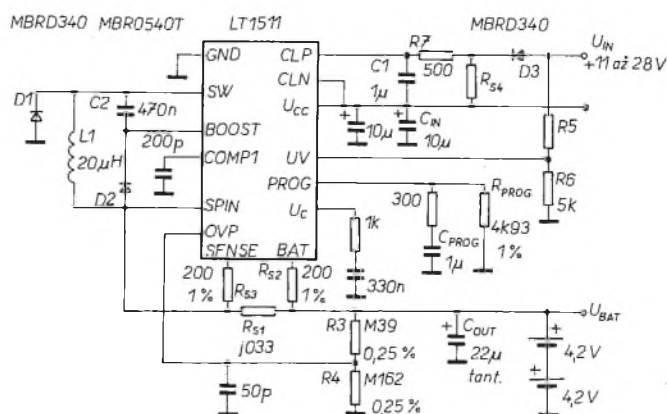
$$I_{BAT} = I_{PROG} \left( \frac{R_{S2}}{R_{S1}} \right) = \left( \frac{2,465 \text{ V}}{R_{PROG}} \right) \times \left( \frac{R_{S2}}{R_{S1}} \right)$$



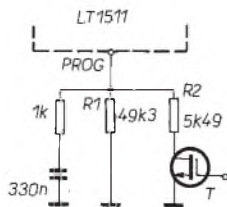
Obr. 18. Regulace nabíjecího proudu signálem s pulsně-šířkovou modulací

Velikost nabíjecího proudu může být také regulována signálem s pulsně-šířkovou modulací s kmitočtem vyšším než několik kHz, tak jak je to znázorněno na obr. 18. Nabíjecí proud bude proporcionální střídě řídicího signálu.

Zapojení na obr. 16 může být modifikováno pro nabíjení baterií NiCd



Obr. 16. Nabíječka lithium-iontových baterií konstantním proudem 3 A



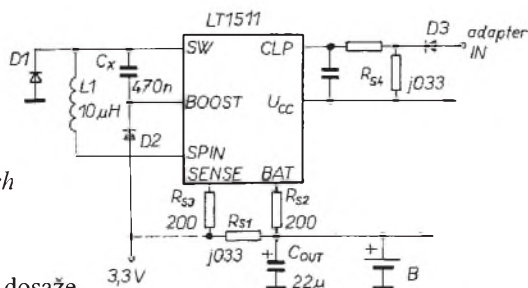
Obr. 19. Dvouúrovňové nabíjení

nebo NiMH změnou zapojení podle obr. 19. S uvedenými součástkami je první úroveň nabíjecího proudu 2 A při sepnutém tranzistoru T1 a druhá úroveň 200 mA pokud je tranzistor T1 uzavřen. Pro výstupní proud 2 A je nutno zvětšit odpor snímacího rezistoru na 0,05 Ω. Odpor rezistorů R1 a R2 pro jiné velikosti proudu vypočítáme z následujících rovnic:

$$R1 = (2,465 \times 4000) / I_{LOW}$$

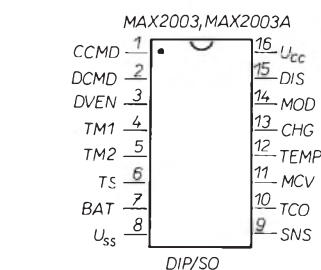
$$R2 = (2,465 \times 4000) / (I_{HI} - I_{LOW})$$

Na obr. 20 je zapojení nabíječky olověných baterií s obvodem LT1511. Anoda diody D2, která spolu s kondenzátorem C<sub>x</sub> slouží k získání většího napětí než je napětí vstupní (tím se budí výkonový spínací tranzistor), čímž je dosaženo minimálního saturačního napětí a menších spínacích ztrát, je v tomto zapojení připojena na

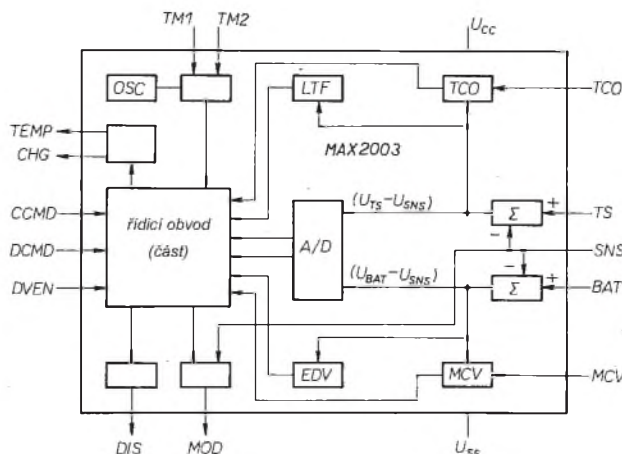


Obr. 20. Nabíječka olověných baterií s obvodem LT1511

napětí 3,3 V nebo 5 V. Tím je dosaženo menší výkonové ztráty, vznikající nadměrným budícím proudem spínací sozučástky, který se jinak zbytečně zvětšuje se zvětšováním vstupního napětí.



Obr. 21. Zapojení vývodů pro obvody MAX2003/MAX2003A



Obr. 22. Vnitřní blokové zapojení MAX2003/ /MAX2003A

## MAX2003 / MAX2003A

Obvody MAX2003/MAX2003A jsou určeny pro konstrukci nabíječek

vodem MAX2003, je však navíc schopen pracovat v režimu s pulsním kapkovým dobíjením oproti lineárnímu u obvodu MAX2003. MAX2003 je ekvivalentem obvodu BQ2003 firmy Benchmarq Mikroelectronics. Obvody jsou dodávány v šestnáctivývodových pouzdech DIP a SO. Zapojení vývodů pro oba obvody je na obr. 21, vnitřní blokové zapojení je na obr. 22.

Obvody MAX2003/MAX2003A pomocí několika přednastavených algoritmů jsou schopny sledovat a průběžně vyhodnocovat veškeré změny na nabíjeném článku a na základě tohoto ukončit cyklus rychlého nabíjení podle následujících pěti používaných metod:

1. Při dosažení maximálního napětí článku

Velikost maximálního napětí článku je nastavena odporovým děličem, připojeným ke vstupu MCV (Maximum Cell Voltage Input). Napětí na nabíjeném článku je snímáno vstupem BAT a při překročení velikosti nastavené na vstupu MCV je rychlé nabíjení ukončeno. Pokud se toto napětí

umožňujících rychlé nabíjení článků jak NiCd (niklo-kadmiových), tak i NiMH (niklo-metal-hydridových). MAX2003A je funkčně totožný s ob-

| Vstup TM1<br>připojen na | Vstup TM2<br>připojen na | Nabíjecí<br>proud | Čas rychlého<br>nabíjení<br>(minut) | Přidrzná<br>doba<br>(sekund) | Režim<br>plného dobí<br>tí | Kapkové dobíjení<br>- obvod MAX2003A -<br>(sekund)<br>zapnuto/vypnuto |     |
|--------------------------|--------------------------|-------------------|-------------------------------------|------------------------------|----------------------------|-----------------------------------------------------------------------|-----|
| GND                      | GND                      | C/4               | 360                                 | 140                          | nefunkční                  | nefunkční                                                             |     |
| nezapojen                | GND                      | C/2               | 180                                 | 820                          | nefunkční                  | 1                                                                     | 16  |
| Ucc                      | GND                      | C                 | 90                                  | 410                          | nefunkční                  | 1                                                                     | 32  |
| GND                      | nezapojen                | 2C                | 45                                  | 200                          | nefunkční                  | 1                                                                     | 64  |
| nezapojen                | nezapojen                | 4C                | 23                                  | 100                          | nefunkční                  | 1                                                                     | 128 |
| Ucc                      | nezapojen                | C/2               | 180                                 | 820                          | *zapojen                   | 0,5                                                                   | 16  |
| GND                      | Ucc                      | C                 | 90                                  | 410                          | *zapojen                   | 0,5                                                                   | 32  |
| nezapojen                | Ucc                      | 2C                | 45                                  | 200                          | *zapojen                   | 0,5                                                                   | 64  |
| Ucc                      | Ucc                      | 4C                | 23                                  | 100                          | *zapojen                   | 0,5                                                                   | 128 |

zvětší během přídržné doby, jejíž trvání je dáno nastavením programovacích vstupů TM1 a TM2 podle tabulky na předchozí straně dole, rychlé nabíjení je ukončeno až po jejím uplynutí. Údaj s hvězdičkou znamená, že režim plného dobítí u obvodu MAX2003 je zapnut po dobu 3 sekund a vypnut po dobu 30 sekund, u obvodu MAX2003A zapnut po dobu 0,5 sekundy a vypnut po dobu 3,5 sekundy.

## 2. Při zmenšení napětí na článku v daném čase ( $\Delta U/\Delta t$ )

Metoda odpojení při záporném přírůstku napětí – tedy zmenšení napětí na článku – využívá jevu, který je nejvíce patrný u baterií typu NiCd, u nichž po dosažení maximálního napětí článku se poměrně značně toto napětí při dalším nabíjení zmenšuje. Tato metoda není příliš vhodná pro baterie typu NiMH.

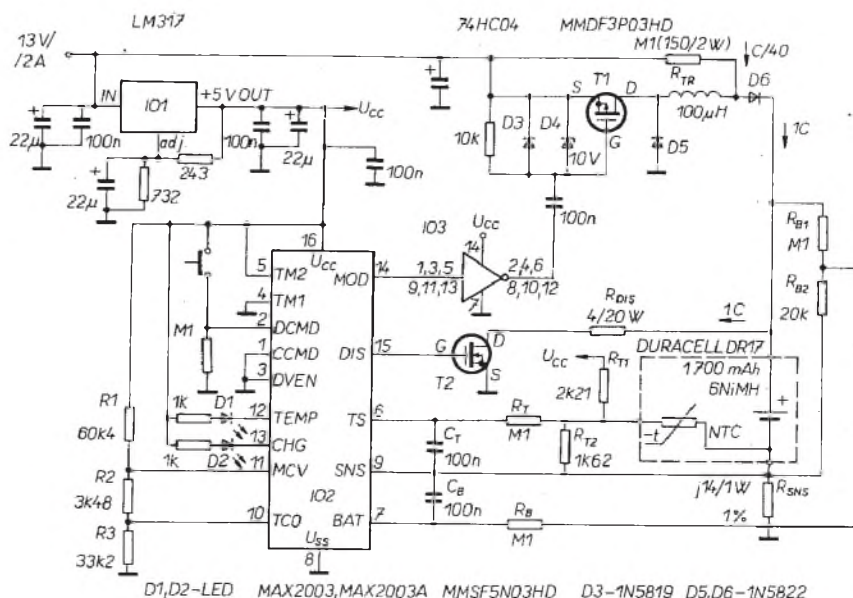
Vstupem BAT je každých 34 sekund vzorkováno napětí na článku a to je porovnáváno s předchozím údajem. Pokud je poslední naměřené napětí menší o více než 12 mV, rychlé nabíjení se ukončí.

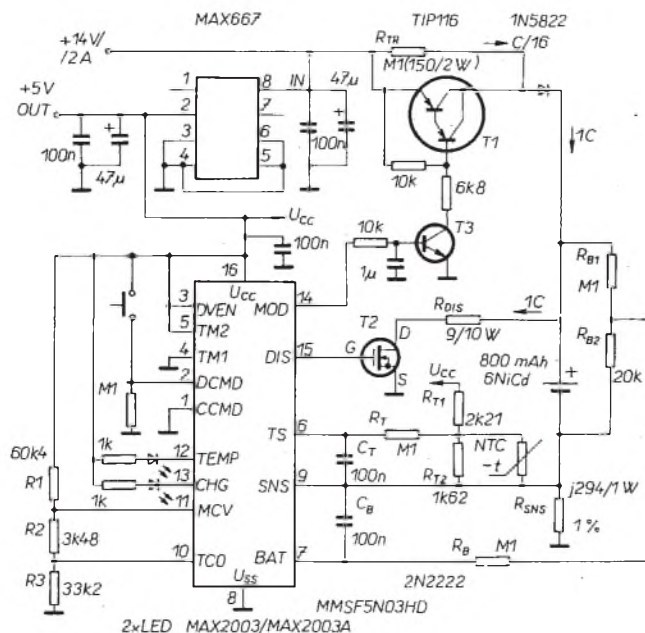
## 3. Při dosažení maximální teploty nabíjeného článku

Tato metoda je pouze bezpečnostní a při řádném průběhu nabíjení k odpojení za těchto podmínek nedojde. Nabíjená baterie může být odpojena jak při vysoké, tak i při extrémně nízké teplotě článku. Teplota je snímána termistorem, připojeným ke vstupu TS (Temperature Sense) a napětí na tomto vstupu je porovnáváno s napětím nastaveným odporovým děličem připojeným ke vstupu TCO (Temperature Cutoff), určujícím maximální teplotu, při jejímž překročení se rychlé nabíjení přeruší. Minimální teplota je nastavena vnitřně.

## 4. Při překročení doporučené teploty v daném časovém rozmezí ( $\Delta T/\Delta t$ )

Pokud rychlost zvyšování teploty snímané termistorem na vstupu TS přesáhne určenou maximální velikost, přeruší se proces rychlého nabíjení. Oteplení nabíjeného článku se zpočátku zvětšuje poměrně jen mírně a s dosažením plné kapacity se zvětší výrazně. Napětí na termistoru, odpovídající změně teploty, je vzorkováno každých 34 sekund a porovnáváno s předchozí velikostí, sejmoutou o 68 sekund dříve. Nabíjený článek bude odpojen, jestliže se napětí na termistoru zmenší (u termistoru typu NTC se odpor zmenšuje se zvyšující se teplotou) o více než 16 mV ( $0,0032 \times$  napájecí napětí, při 5 V) proti předchozí zjištěné velikosti. Tento i předchozí stav je indikován svitem LED, připojené k výstupu TEMP (Temperature Status Output).





Obr. 24. Nabíječka šestičlávkové baterie NiCd, pracující v lineárním režimu, s přerušením rychlého nabíjení při zmenšení napětí na článku v daném čase ( $\Delta U / \Delta t$ )

Nabíječka šestičlávkové baterie NiCd, pracující v lineárním režimu a s přerušením rychlého nabíjení při zmenšení napětí na článku v daném čase ( $\Delta U / \Delta t$ ) je na obr. 24. Jako výkonový regulační prvek je použit tranzistor TIP115 v Darlingtonově zapojení. Velikost nabíjecího proudu do baterie závisí na odporu rezistoru  $R_{SNS}$ , zapojeného mezi vstup SNS (vývod 9) a společnou svorku zapojení a jeho střední hodnota je dána následující rovnicí:

$$I_{SNS(AVG)} = U_{SNS(AVG)} / R_{SNS} = 0,235 / 0,28 = 0,84 \text{ A.}$$

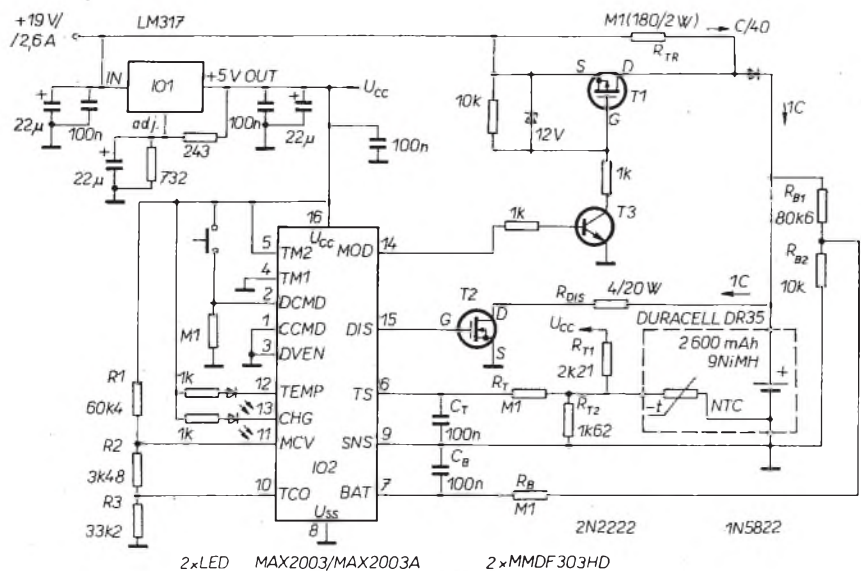
Maximální počet nabíjených článků je 7 a je omezen maximálním povoleným vstupním napětím obvodu MAX667, které je 16 V. Po záměně

tohoto obvodu je možno nabíjet i větší počet článků. Vstupní napětí by mělo být dvojnásobkem počtu nabíjených článků + 2 V.

Zapojení na obr. 25 představuje nabíječku baterie NiMH s proudovým omezením a odpojením při překročení nárůstu teploty v daném časovém rozmezí ( $\Delta T / \Delta t$ ). Baterie NiMH je složena z celkem devíti článků o kapacitě 2,6 Ah a je nabíjena proudem

$$I_C = 2,6 \text{ A,}$$

jehož velikost je dána použitým napájecím zdrojem, rezistor  $R_{SNS}$  je vynechán a vstup SNS je tedy spojen se zemí. Dokud není splněna některá z podmínek pro ukončení rychlého nabíjení, výkonový tranzistor typu MOSFET je sepnut a baterie je nabí-

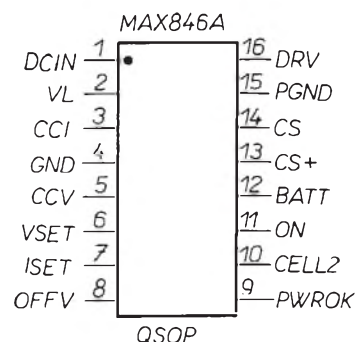


Obr. 25. Nabíječka baterie NiMH s proudovým omezením

jena konstantním proudem. Toto zapojení je podobné zapojení na obr. 23, pracuje však spojitě - v lineárním režimu.

## MAX846A

Obvod MAX846A amerického výrobce Maxim je levný systém, určený pro konstrukci nabíječky umožňující nabíjet jak články Li-Ion, tak i NiMH a NiCd, tedy články několika rozdílných chemických složení (multichemistry battery - charger system). Je dodáván v šestnáctivývodovém pouzdře QSOP, určeném pro povrchovou montáž, jehož zapojení vývodů je na obr. 26.

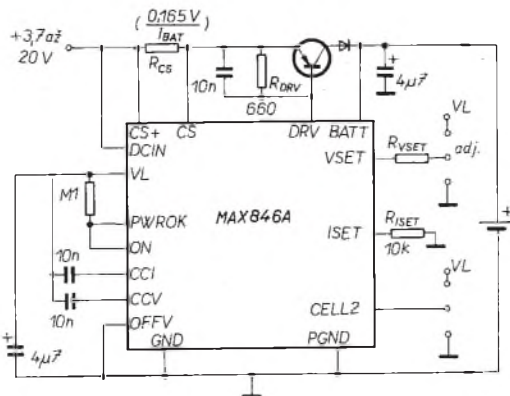


Obr. 26. Zapojení vývodů obvodu MAX846A

V nejjednodušším zapojení může být MAX846A využit jako samostatný zdroj s proudovým omezením pro nabíjení článků Li-Ion. Vnitřní referenční zdroj s přesností 0,5 % zajišťuje bezpečné nabíjení těchto článků, které pro plné nabití a dlouhou dobu života vyžadují velkou přesnost výstupního napětí. Napěťová a proudová regulační smyčka je nezávislá, což dává výhodu flexibility nabíjecích algoritmů a vyžaduje k řízení pouze jeden levný externí bipolární tranzistor vodivosti p-n-p, nebo tranzistor MOSFET s kanálem p.

Ve spojení s levným mikrokontrolérem ( $\mu C$ ) je možné získat univerzální nabíječku, schopnou nabíjet články Li-Ion, NiMH i NiCd. Obvod MAX846A má pro tento účel vestavěn lineární regulátor s malým úbytkem napětí s výstupním napětím 3,3 V s přesností 1 %, schopný dodat proud až 20 mA pro napájení mikrokontroléru. Ten vzhledem k přesnosti může současně sloužit i jako zdroj referenčního napětí pro analogové - digitální převodník. Použitý mikrokontrolér může být velice jednoduchý, protože pouze monitoruje napětí a proud a mění algoritmy nabíjení. MAX846A má výstup PWROK, který je zdrojem signálu Reset pro mikrokontrolér v případě zapnutí nebo jakéhokoli výpadku napájecího napětí.

Obr. 27. Jednoduchá nabíječka článků Li-Ion s obvodem MAX846A



Na obr. 27 je zapojení samostatné, jednoduché nabíječky článků Li-Ion s obvodem MAX846A. Připojením vstupu CELL2 je určen počet nabíjených článků – při jeho připojení ke společné svorce je to jeden článek, při spojení s výstupem VL články dva. Velikost výstupního napětí je určena odporem rezistoru  $R_{VSET}$ , připojeným ke vstupu  $VSET$ . Jeho připojením ke společné svorce (GND) se výstupní napětí zmenší, připojením k VL se výstupní napětí zvětší.

Pokud je vstup  $VSET$  nepřipojen, mělo by být výstupní napětí 4,2 V na článek. Pro přesné nastavení výstupního napětí  $V_L$  a výpočet odporu rezistoru  $R_{VSET}$  platí následující rovnice:

$$R_{VSET} = 20 \text{ k}\Omega \left( \frac{4.2}{1.65} \times V_x - V_L \right)$$

kde  $V_x$  je buď GND nebo  $V_L$  a  $V_L$  je napětí na jeden článek.

Odpor snímacího rezistoru pro proudové omezení  $R_{CS}$  a rezistoru  $R_{ISET}$  je dán vztahy:

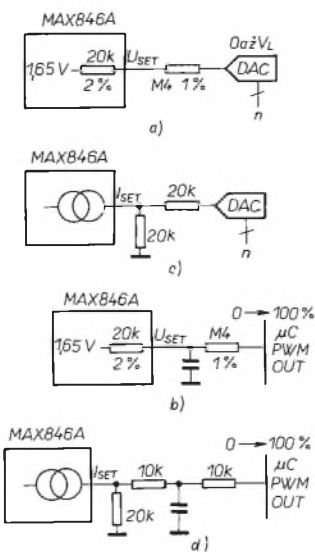
$$R_{CS} = V_{CS} / I_{BATT},$$

$$R_{ISET} [\text{k}\Omega] = 1.65 \text{ V} / V_{CS},$$

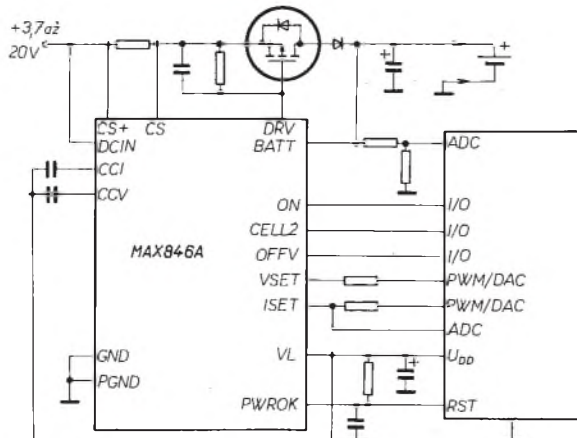
kde doporučené napětí  $V_{CS}$  je 165 mV.

Je vhodné minimalizovat ztrátový výkon na externím výkonovém tranzistoru tím, že vstupní napětí volíme s ohledem na správnou funkci obvodu co nejmenší.

Na obr. 28 je zapojení univerzální nabíječky s řízením pomocí mikroprocesoru, schopné nabíjet články NiCd, NiMH i Li-Ion, využívající jediného aplikačního zapojení. Hodnoty součástek jsou podobné jako u předcházejícího zapojení. Výstupní napětí i nabíjecí proud jsou v tomto případě řízeny pomocí mikrokontroléru. Napětí baterie je snímáno odporovým děličem, k jehož středu je připojen vstup převodníku A/D, velikost nabíjecího proudu je snímána ze vstupu  $I_{SET}$ . Na obr. 29 jsou různé způsoby propojení vstupů pro nastavení s řídicími výstu-



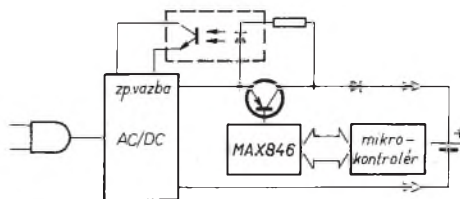
Obr. 29. Propojení vstupů MAX846A a výstupů mikrokontroléru



Obr. 28. Univerzální nabíječka článků NiCd, NiMH, Li-Ion, řízená mikroprocesorem

py mikrokontroléru v závislosti na připojení k lineárnímu výstupu digitálně – analogového převodníku nebo k výstupu s pulsně-šířkovou modulací.

Koncept obvodového zapojení, kdy je výrazně minimalizována výkonová ztráta na regulačním tranzistoru, je na obr. 30. Zde je toho dosaženo zavedením optické zpětné vazby k regulaci výstupního napětí napájecího zdroje. Velikost výstupního napětí zdroje a tedy i vstupního napětí pro nabíječku je regulována tak, aby na výkonovém regulačním tranzistoru p-n-p byl udržován úbytek napětí přibližně 1,2 V. To dovoluje pracovat s mnohem většími nabíjecími proudy při zachování velké účinnosti.

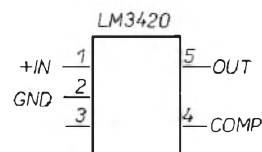


Obr. 30. Koncept nabíječky pro větší výstupní proud s velkou účinností, které je dosaženo zavedením optické zpětné vazby k regulaci výstupního napětí napájecího zdroje

## LM3420

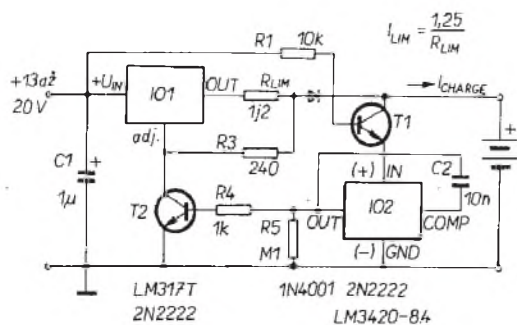
Obvod LM3420 od firmy National Semiconductor je monolitický integrovaný kontrolér, určený k řízení procesu nabíjení a ukončení nabíjení lithium-iontových článků. LM3420 je dostupný ve třech verzích pro nabíjení baterií složených z jednoho, dvou, nebo tří článků, s tomu odpovídajícím pevným výstupním napětím 4,2 V a 8,4 V, popř. 12,6 V.

V pětivývodovém pouzdře SOT23, určeném pro povrchovou montáž, je obsažen vnitřně kompenzovaný operační zesilovač, referenční obvod typu Bandgap, výstupní tranzistor n-p-n a odporový dělič, kterým je nastavena velikost výstupního napětí. Zapojení vývodů obvodu LM3420 je na obr. 31.



Obr. 31. Zapojení vývodů obvodu LM3420

IO má precizní referenční obvod, který je teplotně kompenzován v celém pásmu pracovních teplot, což zaručuje přesné ukončení nabíjení článků lithium-ion. Klidový proud obvodu



Obr. 32. Nabíječka s konstantním proudem / konstantním napětím

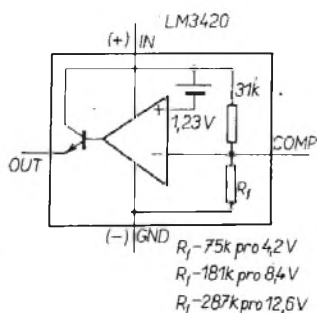
LM3420 je typicky 85  $\mu$ A. Výhodou rovněž je, že může spolupracovat jak s lineárními, tak i spínanými regulátory.

Zapojení na obr. 32 představuje nabíječku s konstantním proudem a konstantním napětím (na počátku nabíjecího cyklu pracuje jako zdroj konstantního proudu a před ukončením nabíjení se přepne do režimu s konstantním výstupním napětím) pro dva články Li-Ion. Na začátku nabíjecího cyklu, kdy je napětí baterie menší než 8,4 V, obvod LM3420 neposkytuje na výstupu OUT žádný proud, tranzistor T2 nevede, což dovoluje regulátoru LM317 pracovat jako zdroj konstantního proudu. Obvod LM317 může dodat výstupní proud až 1,5 A, pro větší výstupní proudy mohou být použity regulátory LM350 a LM338. Výstupní proud  $I_{LIM}$  je v tomto případě dán:

$$I_{LIM} = 1,25 \text{ V} / R_{LIM}$$

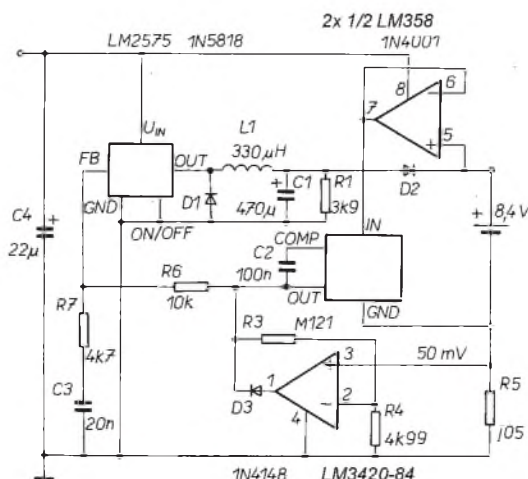
Tranzistor T1 odpojuje obvod LM3420 od baterie při nepřipojeném vstupním napětí. To zamezuje vybíjení baterie klidovým proudem obvodu LM3420. K podobnému účelu slouží dioda D1, která zamezuje vybíjení baterie přes výstup obvodu LM317. Tranzistor T1 má v tomto zapojení velmi malé saturační napětí, které je přibližně 5 mV.

Jak se baterie nabíjí, její napětí se začíná zvětšovat. Jeho velikost je snímána vstupem IN obvodu LM3420. Když napětí baterie dosáhne velikosti 8,4 V, obvod LM3420 začne regulovat a dodávat proud do báze tranzisto-



Při připojení vybité baterie k nabíječce (napětí baterie je menší než 8,4 V), nabíječka zahájí cyklus nabíjení konstantním proudem, jehož velikost je 1 A a je nastavena odporem rezistoru R1. Smyčka proudového omezení je stabilizována kompenzací obvodu LM301 kondenzátory C1 a C2.

Napětí baterie je snímáno operačním zesilovačem obsaženým v obvodu LM10C, zapojeným jako napěťový sledovač, budící vstup IN obvodu



Obr. 34. Nabíječka se spínaným zdrojem

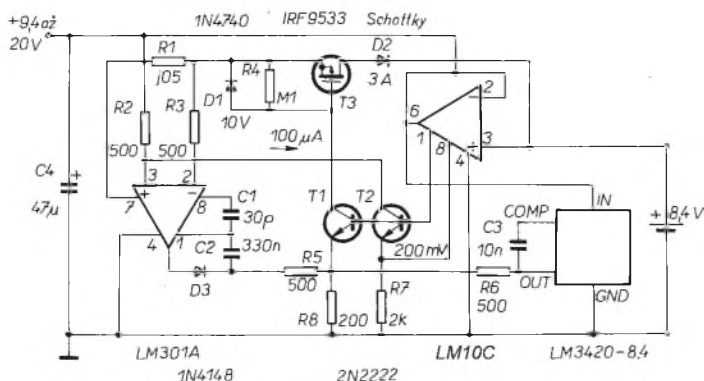
ru T2, který se začne přivírat a ovládá tak vstup adj. pro nastavení výstupního napětí stabilizátoru LM317, čímž nabíječka přejde do cyklu s konstantním výstupním napětím. Jakmile nabíječka přejde do tohoto režimu, napětí na baterii je udržováno na velikosti 8,4 V a velikost nabíjecího proudu je závislá na stavu nabití baterie. Jakmile se články plně nabíjí, nabíjecí proud se zmenší na velice malou velikost.

Obr. 33 ukazuje zapojení nabíječky s velmi malým úbytkem napětí na regulačním článku, které je v tomto případě méně než 1 V. Nabíječka pracuje stejně jako předchozí zapojení jako zdroj konstantního proudu a konstantního napětí. Obvod se skládá ze dvou základních zpětnovazebních smyček. První smyčka řídí konstantní nabíjecí proud dodávaný do baterie a druhá určuje konečnou velikost napětí na baterii.

LM3420. Když napětí na baterii dosáhne velikosti 8,4 V, obvod LM3420 začne dodávat proud do rezistoru R8 a ovládat tak kolektorový proud tranzistoru T2, který se začne uzavírat a tím se zmenší napětí hradla tranzistoru T3 a regulátor přejde do režimu s konstantním výstupním napětím.

Na obr. 34 je zapojení nabíječky s konstantním proudem / konstantním napětím, pracující se spínaným zdrojem. Toto řešení vykazuje mnohem větší energetickou účinnost v širokém rozsahu vstupních napětí než lineární topologie. Vzhledem k výstupnímu proudu 1 A je zde použit spínaný regulátor typu LM2575-ADJ, pro větší výstupní proudy je možno použít jiný regulátor řady „Simple Switcher” od firmy National Semiconductor.

Stejně jako v předchozích zapojeních je činnost taková, že po připojení vybité baterie obvod pracuje jako zdroj konstantního proudu. Velikost konstantního proudu je určena smyčkou, skládající se z operačního zesilovače, obsaženého v jedné polovině obvodu LM358, se získá nastavením rezistorů R3 a R4, rezistoru R5, snímajícího velikost nabíjecího proudu a zpětnovazebního referenčního napětí 1,23 V. Zpočátku je výstup operačního zesilovače na nízké úrovni, což umožní zvětšení nabíjecího proudu do baterie. Jakmile tento proud dosáhne velikosti 1 A, vyvolá na snímacím rezistoru R5 (50 m $\Omega$ ) úbytek napětí 50 mV. Toto napětí je operač-



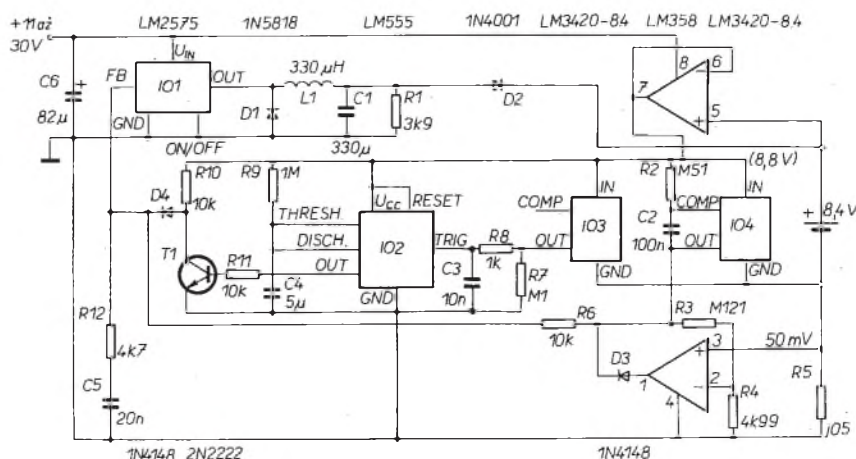
Obr. 33. Nabíječka s velmi malým úbytkem napětí na regulačním článku

ním zesilovačem zesíleno 25x na velikost 1,23 V a přivedeno na zpětnovazební vstup obvodu LM2575-ADJ, aby tak byla uzavřena smyčka zpětné vazby, určující velikost nabíjecího konstantního proudu.

Když napětí na baterii dosáhne velikosti 8,4 V, aktivuje se obvod LM3420 a svým výstupem (OUT) začne ovládat přes zpětnovazební vstup (FB) velikost výstupního napětí spínaného regulátoru LM2575-ADJ a tedy i napětí na nabíjené baterii. Nabíječka tedy přejde do režimu nabíjení s konstantním výstupním napětím. Kompenzační články R6, R7 a C3 zajišťuje stabilitu nabíječky při obou pracovních režimech. Jestliže je odpojeno vstupní napětí, dioda D2 a stupeň s tranzistory p-n-p na vstupu obvodu LM358 jsou opačně pólovány a baterie je tak odpojena od obvodu nabíječky a není tedy zpětně vybíjena.

Minimální napájecí napětí pro nabíječku je přibližně 11 V a maximální je kolem 30 V, což je dáno maximálním povoleným pracovním napětím obvodu LM358, které je 32 V. Rezistor R1 plní v zapojení úlohu minimální zátěže, která je nutná pro správnou činnost spínaného regulátoru při odpojení baterie.

Zapojení podobné předchozímu je na obr. 35 s tím rozdílem, že spínaný



Obr. 37. Rychlá nabíječka s impulsním nabíjením

tím se spínaným zdrojem je na obr. 36. Zpětnovazební smyčky jsou podobné jako v předchozích zapojeních, ale rezistor, určený pro snímání velikosti nabíjecího proudu, je zde zapojen na straně kladného pólu baterie. To umožňuje připojit společnou svorku zapojení k zápornému pólu baterie, což je v některých aplikacích nutné. Dioda D4 sice chrání při odpojení vstupním napájecím napětí baterii před vybíjením, i když je nutno brát do úvahy malý klidový proud obvodu LM3420 (85  $\mu$ A). Operační zesilovač LMC7101 je dostupný ve velmi malém pouzdru SOT23-5 a je tak možno

dosáhnout velmi kompaktní konstrukce.

Zapojení rychlé nabíječky baterií lithium – ion je na obr. 37. Toto zapojení využívá spínaného regulátoru k dodávání nabíjecího proudu v impulsích s konstantním proudem. Na začátku nabíjecího cyklu (v režimu s konstantním proudem), tento obvod pracuje identicky jako předchozí zapojení s LM2575 a nabíjí baterii konstantním proudem 1 A. Jakmile napětí na baterii dosáhne velikosti 8,4 V, obvod přepne na režim impulsního nabíjení proudem 1 A v pětisekundových impulsích. Tento rozdíl ve druhé fázi nabíjení oproti předchozím zapojením podstatně zkrátí dobu, potřebnou pro plné nabití baterie. Po nabití baterie proudem 1 A impulsem v délce 5 sekund je nabíjení ukončeno a napětí baterie se začíná zmenšovat. Pokud se jeho velikost zmenší pod 8,4 V, časovač LM555 znovu nastartuje časovací cyklus a baterie je nabíjena po dobu dalších 5 sekund, následovaných přestávkou, jejíž doba je dána stavem nabití baterie, to je časem, během kterého se opět zmenší napětí baterie pod hranici 8,4 V. Poté opět následuje pětisekundový impuls atd. Když napětí baterie dosáhne velikosti 8,4 V poprvé, je tato doba velice krátká (1 ms nebo méně), ale jak se stav baterie přibližuje plnému nabití, tento čas se postupně prodlužuje na desítky sekund, poté minuty a popřípadě i hodiny.

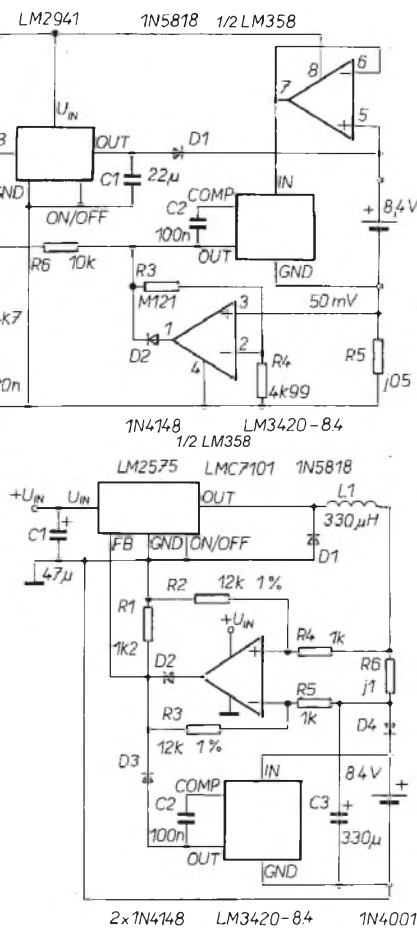
Druhý obvod LM3420, použitý v tomto zapojení, má pomocí rezistoru R2 zvětšeno vstupní napětí pro aktivaci o přibližně 400 mV a je použit k omezení výstupního napětí nabíječky na max. 8,8 V v případě špatného připojení baterie, nebo pokud by byla baterie odpojena nebo případně poškozena.

Časovač LM555 je zapojen jako monostabilní generátor pětisekundových nabíjecích impulsů. Po dobu, kdy je napětí baterie menší než 8,4 V, je výstup obvodu IO3 na nízké úrovni

Obr. 35. Nabíječka s malým úbytkem napětí

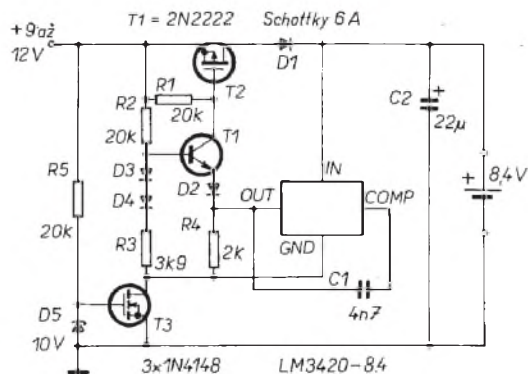
regulátor je nahrazen lineárním regulátorem s malým úbytkem napětí. Tato úprava umožňuje nabíječce pracovat již při vstupním napětí od 10 V. Řídicí smyčka konstantního proudu i konstantního napětí je stejná jako v předchozím zapojení. Dioda D2 je nahrazena Schottkyho diodou pro dosažení co nejmenšího napěťového úbytku. Je však nutno počítat s tím, že tento typ diod má poněkud větší zbytkový proud než standardní křemíková dioda. V případě, že je na delší dobu odpojeno vstupní napájecí napětí, musíme počítat s tím, že tento větší zbytkový proud bude vybíjet baterii.

Další varianta nabíječky s konstantním proudem / konstantním napě-



Obr. 36. Další nabíječka se spínaným zdrojem

Obr. 38. Nabíječka s tranzistorem MOSFET s konstantním napětím a malým napěťovým úbytkem

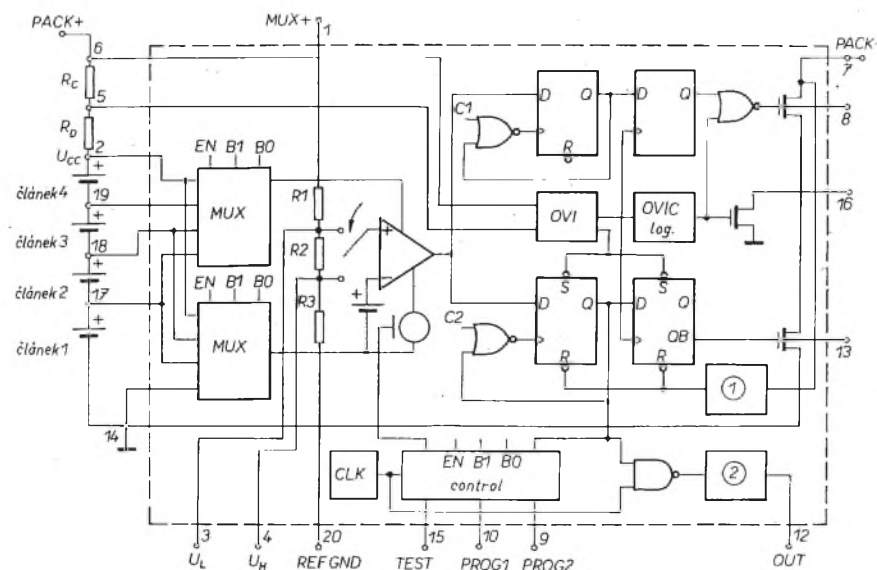


a výstup časovače LM555 je na vysoké úrovni a nemá tedy na funkci nabíječky vliv. Jakmile napětí baterie překročí 8,4 V, aktivuje se IO3 a na spouštěcí vstup (TRIG) časovače LM555 je přiveden signál vysoké úrovně, což má za následek překlopení výstupu (OUT) na dobu 5 s, určenou časovacím členem RC, R9, C4. Po tuto dobu je do baterie dodáván konstantní proud 1 A.

Na obr. 38 je zapojení nabíječky konstantním napětím pro dva lithium-iontové články. Díky použití tranzistoru MOSFET jako regulačního článku vyniká toto zapojení malým úbytkem napětí; nevýhodou je, že neobsahuje obvod proudového omezení. Tranzistor T3 a Schottkyho dioda D1 izolují baterii od obvodů nabíječky a zabránějí tak jejímu zbytečnému vybíjení v případě odpojení vstupního napájecího zdroje. Regulační tranzistor T2 by měl být výkonový typ pro větší proudy, s co nejmenším odporem  $R_{DS}$ , zatímco na místě T3 stačí běžný spínací typ pro malé pracovní proudy.

### MC 33344 / MC 33345

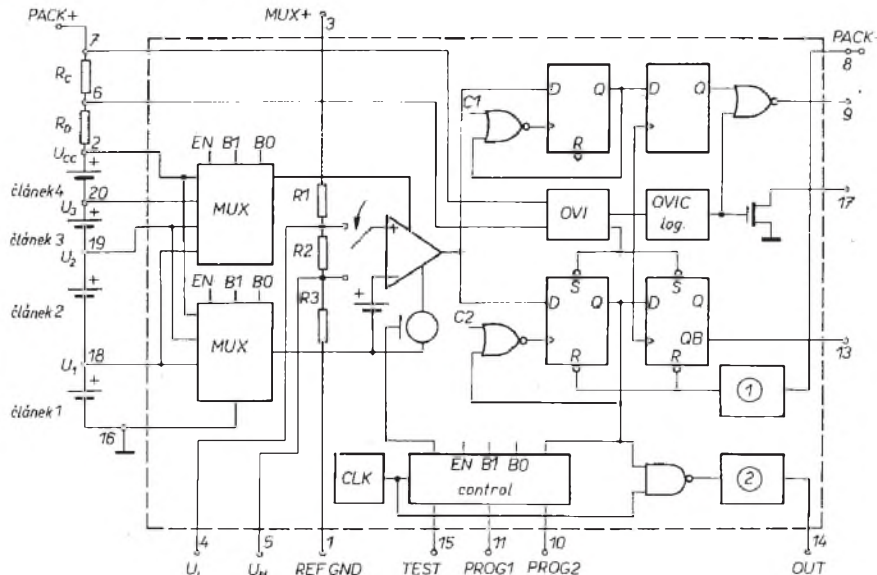
Integrované obvody MC33344/MC33345 jsou určeny k řízení bezpečného nabíjení i vybíjení lithiových



Obr. 39. Zjednodušené funkční zapojení obvodu MC33344

situaci přepnou do klidového (Sleep-mode) stavu, kdy z baterie není již odebírán žádný proud.

Oba obvody jsou dodávány ve dvacetivývodovém pouzdru pro povrchovou montáž. Zjednodušené funkční zapojení obvodu MC33344 je na obr. 39, zapojení obvodu MC33345 je na obr. 40. Oba obvody mají rozdílné zapojené vývody a obvod MC33344 se od obvodu MC33345 liší tím, že má na čipu navíc integrovány dva v sérii zapojené tranzistory FET s kanálem n,



Obr. 40. Zjednodušené funkční zapojení obvodu MC33345

baterií, složených z 1 až 4 článků. Jsou navrženy pro umístění uvnitř pouzdra baterie společně s jednotlivými články a dalšími externími součástkami, čímž získáme „inteligentní baterii“ (smart battery pack). Hlavním důvodem je zajištění bezpečného nabíjení a vybíjení baterie.

Obvody rovněž chrání lithium-iontové články před poškozením v případě úplného vybití tím, že se při takové

dimenzované pro zatěžovací proud až 1,5 A, pro přerušení nabíjecího nebo vybíjecího proudu baterie.

*Hlavní výhody těchto obvodů při nabíjení jsou:*

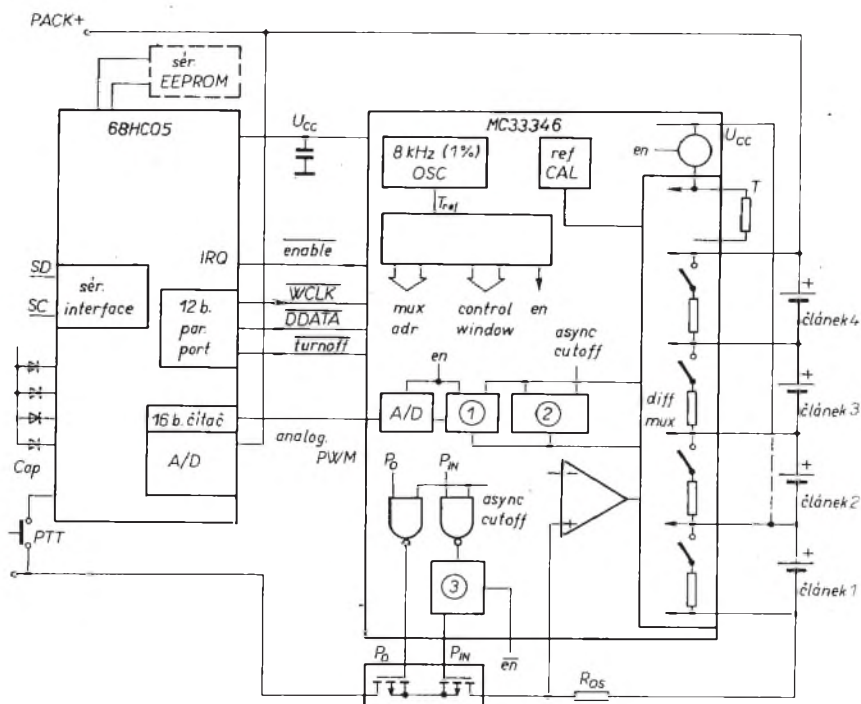
1. Programovatelný počet (1 až 4) lithium-iontových nebo lithium-polymerových nabíjecích článků.
2. Precizní měření napětí jednotlivých článků s přesností na 1 %.
3. Programovatelné napěťové a proudové omezení.
4. Automatické vyrovnání odlišností jednotlivých článků, sloužící k optimalizaci nabíjení každého jednotlivého článku.

*Ochranné funkce:*

- a) Ochrana baterie proti poškození úplným vybitím.
- b) Přepětová a podpětová ochrana článku.
- c) Ochrana proti proudovému přetížení během nabíjení i vybíjení.

### MC33346

Obvod MC33346 je určen pro řízení a kontrolu nabíjení i vybíjení lithiových baterií, složených ze 3 nebo 4 článků lithium-ion nebo lithium-polymer. Zajišťuje všechny nabíjecí i ochranné funkce jako obvody



Obr. 39. Vnitřní blokové zapojení obvodu MC33346 spolu s napojením na mikrokontrolér typu 68HC05

MC33344/MC33345. Oproti těmto obvodům je navíc vybaven iterefejsem pro propojení s řídicím mikrokontrolérem.

Zjednodušené vnitřní blokové zapojení obvodu MC33346 spolu s napojením na mikrokontrolér typu 68HC05 od firmy Motorola je na obr. 39.

### MC33347 / MC33348

MC33347/MC33348 jsou integrované obvody, určené pro ochranu lithiové baterie; obvody byly navrženy speciálně pro prodloužení užitečné doby využití napájecích článků. Ochrana článku zahrnuje vzájemně nezávisle nastavitelné nabíjecí i vybíjecí parametry pro napětí i proud se zpožděným odpojením zátěže, nepřetržitě automatické, vnitřně nebo externími vyrovnávacími rezistory nastavitelné vyrovnání všech odlišností jednotlivých článků, což slouží k optimalizaci využití každého jednotlivého článku, a přepnutí obvodu do klidového stavu (s téměř nulovým proudovým odběrem), pokud je baterie vybita.

Další důležitou výhodou je zapojení nábojové pumpy (Charge pump) obsažené přímo na čipu, kterým jsou zmenšeny ztráty na tranzistorech MOSFET během nabíjení nebo vybíjení baterie s malým napětím.

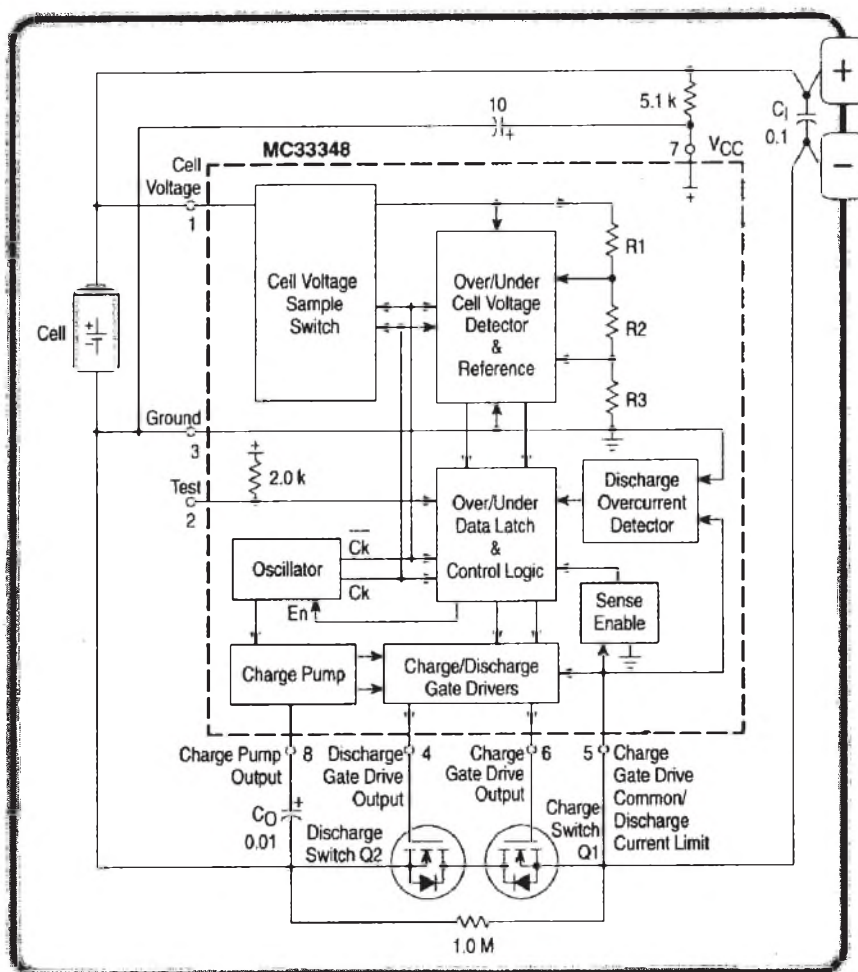
Ochranné obvody MC33347/MC33348 vyžadují ke své činnosti pouze minimální počet externích součástek a jsou předurčeny pro vložení spolu s těmito součástkami do společného pouzdra baterie.

MC33347 je navržen pro nasazení v „inteligentních“ bateriích (smart battery pack), složených z jednoho nebo dvou lithiových článků, obvod MC33348 pro baterie osazené pouze článkem jedním.

Typická konfigurace pouzdra pro jednočládkovou baterii a obvod MC33348 je na obr. 40, pro baterii složenou ze dvou článků s ochranným obvodem MC33347 je na obr. 41.

Obvody MC33347/MC33348 jsou dostupné v pouzdrech pro povrchovou montáž, a to jak ve standardním pouzdře SO, tak i v pouzdře se sníženým profilem (výška max. 1,2 mm).

Vzhledem k současným požadavkům na zdroje energie pro napájení malých přenosných zařízení investovalo mnoho světových výrobců baterií značné prostředky do vývoje nabíjitelných článků, založených na bázi lithia. Tak vznikly v dnešní době rozšířené lithium-iontové, lithium-polymerové a lithium-metalové články. Každý z těchto typů článků pro svoji bezvadnou a dlouhodobou činnost, zaručovanou ve specifikaci výrobce, vyžaduje elektronickou ochranu.



Obr. 40. Konfigurace pouzdra jednočládkové baterie s obvodem MC33348 cell - nabíjený článek, cell voltage - napětí článku, over/under cell voltage detector and reference - detektor přepětí či podpětí nabíjeného článku a reference, discharge overcurrent detector - detekce nadměrného vybíjecího proudu, discharge switch - spínač vybíjení, charge switch - spínač nabíjení, over/under data latch - střadač dat + řídicí logika, charge pump - nábojová pumpa, charge gate drive common/discharge current limit - přerušení buzení G spínacího tranzistoru /omezení vybíjecího proudu

# Staviame prijímače VKV

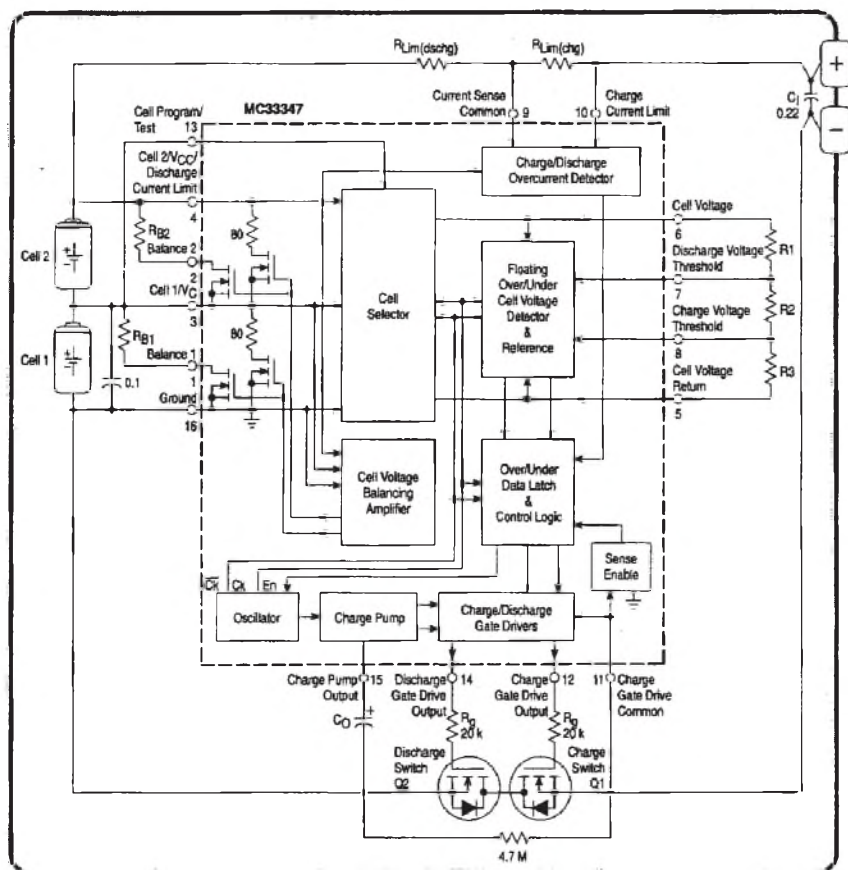
Miroslav Drozda

(Dokončení z Konstrukční elektroniky  
ARadio č. 1/1998)

Usmernené vf napätie sa používa na indikáciu sily poľa, riadenie AVC a automatické prepínanie mono/stereo. Trimrom P5 sa nastavuje prah nasadenia AVC - pri dostatočnom vstupnom signále sa otvorí tranzistor T2 a ten reguluje predpätie riadiacej elektródy G2 tranzistoru T1, čím sa dá zmenšiť zosilnenie asi o 20 dB. Za keramickým filtrom F2 potom nasleduje tretí stupeň mf zosilňovača, ktorý je osadený integrovaným obvodom IO2, A220D. Ten v sebe ukrýva sedemstupňový mf zosilňovač - omedzovač a koincidenčný detektor. Mf signál sa privádza na vstup IO1, vývod 14, vstupná impedancia je upravená rezistorom R32, kondenzátory C34, C35 sú blokovacie. Fázovací obvod detektoru je tvorený ladeným obvodom (cievka L12 a kondenzátor C38) a je pripojený medzi vývody 7 a 9 integrovaného obvodu. Demodulovaný nf signál je vyvedený na vý-

vod 8 a používa sa na riadenie obvodu ADK, automatického doladovania frekvencie. Z fázovacieho obvodu koincidenčného detektoru, zo sekundárneho vinutia, (cievka L13) sa potom signál vedie do demodulátoru PLL - s fázovo synchronizovaným napäťovo riadeným oscilátorom, osadeným integrovaným obvodom IO3, UL1042N. Vstupný signál sa privádza na vývody 7 a 8, signál z obvodu VCO (napäťovo riadený oscilátor) na vývody 10 až 13. Ladený obvod VCO tvorí cievka L14 a varikap D13 spolu s kondenzátormi C46 a C47. Na vývodoch 2 a 3 sa nachádza demodulovaný nf signál, signál z vývodu 3 sa používa na riadenie VCO. Z vývodu 2 sa vedie signál na emitorový sledovač, tranzistor T13. Z emitorového sledovača ďalej pokračuje nf signál na filter - dolnú priepusť, cievky L15 a L16, kondenzátory C50 až C52, rezistory R53 a R54. Úlohou

dolnej priepuste je potlačiť signál nad 67 kHz, zlepši sa tak potlačenie rušivého „cvrlikania“, ktoré je spôsobené hlavne tým, že fázový záves v stereodekóderi sa za určitých podmienok zasynchronizuje na niektorú harmonickú pilotného signálu 19 kHz. Stereofónny dekóder je osadený obvodom IO4, A290D. Ten pracuje na princípe fázového závesu a má v sebe integrované všetky potrebné obvody stereodekóderu. Nf signál obsahujúci stereofónnu informáciu sa privádza na vstup IO2, vývod 2, na vývodoch 4 a 5 je výstup už dekódovaného stereofónneho signálu. Na vývod 6 sa pripája indikačná LED, D14 (zapojená v sérii s rezistorom R59), ktorá signalizuje zasynchronizovanie obvodu - stereo. Na vývode 14 sú pripojené súčiastky vnútorného oscilátoru 76 kHz, kondenzátor C60, rezistor R64 a trimer P10 - tým sa nastavuje frekvencia vnútor-



Obr. 41. Konfigurace pouzdra baterie, složené ze dvou článků, s obvodem MC33347

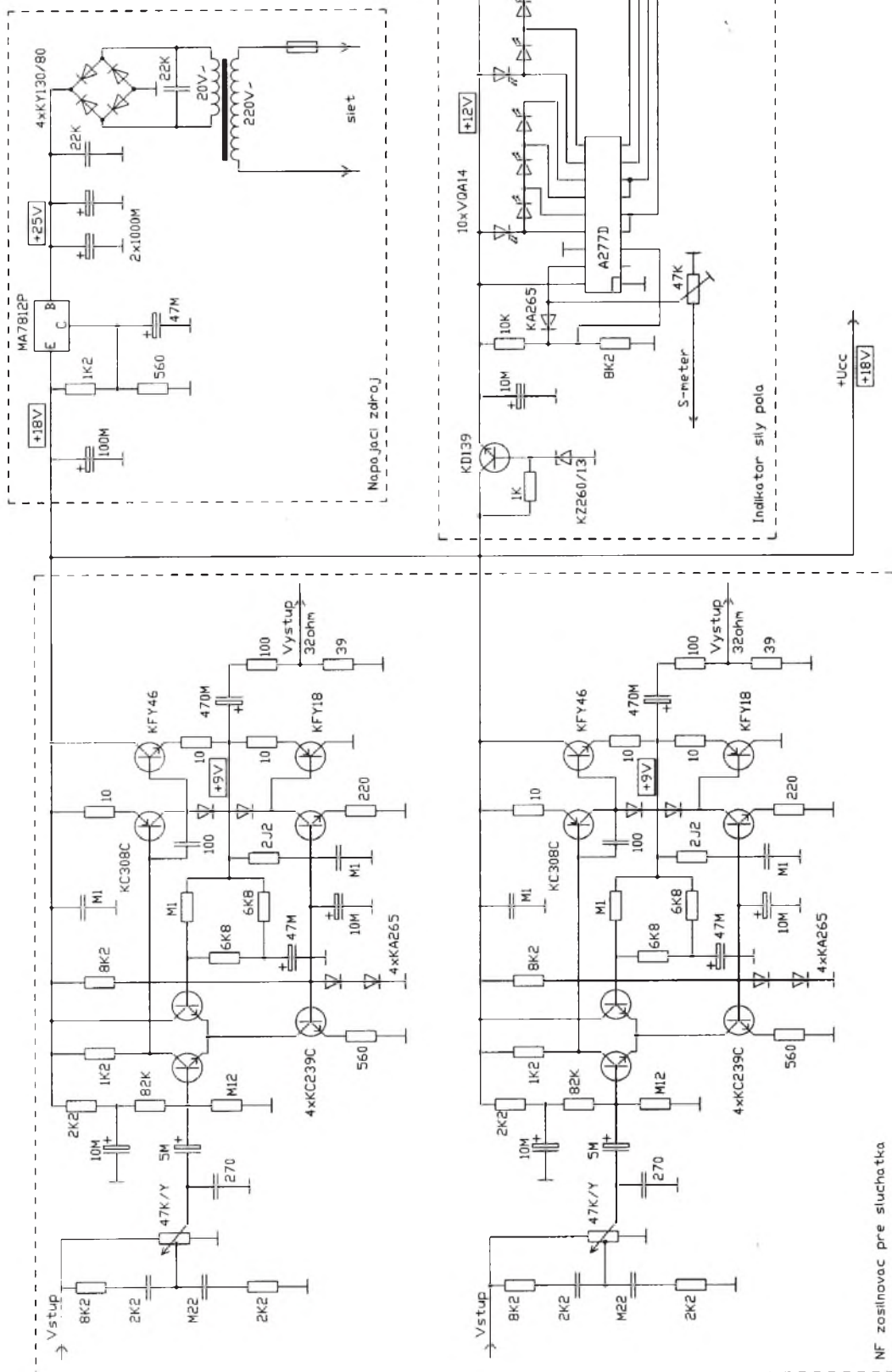
cell selector - přepínač článků, dell voltage balancing amplifier - zesilovač pro vyrovnání napětí článků,

ostatní termíny jsou přeloženy v textu pod obr. 40

Nabíjitelné články, založené na bázi lithia, potřebují mít stanovené přesné hranice pro odpojení při nabití i vybití a to jak pro napětí na článku, tak i pro nabíjecí či vybíjecí proud. Takovým správným ošetřením článku je možno dosáhnout jeho maximální kapacity, doby života, spolehlivosti a chránit tak koncového uživatele před případnými škodami. Navíc kritéria pro odpojení nejsou tak jasně výrazná jako u starších článků, založených na jiných chemických technologiích. Uvedené parametry jsou závislé na použité technologii jednotlivých výrobců, konstrukční technice a zamýšlené aplikaci. Výrobci bateriových sestav také mohou volit mezi zvětšením kapacity článku a dobou jeho života.

Ke splnění výše zmíněných požadavků byly vyvinuty právě obvody MC33347/MC33348. Velice potřebná je u obvodu MC33347 např. funkce pro vyrovnávání napětí na jednotlivých článcích. Při sériově zapojených článcích má na úspěšný cyklus nabíjení a vybíjení vždy významný vliv rozdíl napětí na jednotlivých článcích. Větší napěťový rozdíl degraduje kapacitu baterie.

Tento náš seriál o obvodech pro napájecí zdroje bude dokončen v některém ze závěrečných čísel ročníku 1998.



Zapojenie kvalitného prijímača VKV - nf zosilňovač, zdroj a S-meter

ného oscilátoru. Na vývode 10 je k dispozícii signál 19 kHz pre nastavenie frekvencie oscilátora stereodekóderu. Z výstupu stereodekóderu sa signály pravého a ľavého kanálu vedú ďalej na emitorové sledovače, tranzistory T14 a T15, za ktorými

nasledujú filtre pre potlačenie pilotného signálu 19 kHz (cievky L17 a L18, kondenzátory C69 až C72). Za nimi sa nachádzajú členy RC deefáze, rezistory R67, R68 a kondenzátory C73, C74. Stereodekódér je ďalej vybavený automatickým prepínaním

mono/stereo. Tranzistory T8 a T9 spolu s R37 až R41 a trimrom P6 tvoria komparátor - ak sa napätie z obvodu S--metra zmenší pod úroveň nastavenú odporovým trimrom P6, otvorí sa tranzistor T10 a prepne stereodekódér na monofónny režim.

Obvody prijímača sú napájané stabilizovaným napätím 14,4 V, stabilizátor je osadený integrovaným obvodom IO5, MA723CN, so zapojenou prúdovou ochranou, limitácia prúdu je daná odporom rezistoru R73 a je asi 95 mA. Výstupné stabilizované napätie sa nastavuje trimrom P11. Tranzistor T16 je regulačný.

Prijímač ďalej obsahuje obvod automatického doladovania frekvencie (ADK); jednosmerné napätie získané z koincidenčného demodulátora z integrovaného obvodu IO2 sa privádza do rozdielového zosilňovača (tranzistory T11 a T12, rezistory R42 až R45, trimer P7), kde sa porovnáva s referenčným napätím zo stabilizátoru napätia IO5. Rozdiel napätí vyvoláva zmenu prúdu tečúceho tranzistorom T11 a T12 a tá sa prejaví zmenou úbytku napätia na kolektorových rezistoroch R42 a R43, z ktorých sa odoberá ladiace napätie.

Nf signál sa z výstupov privádza do stereofónneho zosilňovača pre slúchadlá, ktorý tvorí spolu s napájacím zdrojom samostatný celok. Za reguláciou hlasitosti nasleduje nf zosilňovač, jeho vstupný obvod je riešený ako diferenčný (dva tranzistory KC239C), za ním nasleduje rozkmitový stupeň (dvojica KC308C a KC239C), ktorý budí koncovú dvojicu tranzistorov KFY46 a KFY16. Nf zosilňovač je napájaný stabilizovaným napätím 18 V. Toto napätie sa používa tiež pre napájanie samotného prijímača a indikátoru sily poľa. Striedavé napätie 20 V z transformátoru je usmernené diódovým mostíkom, diódy KY130/80, jednosmerné napätie je filtrované kondenzátormi 2x 1000 µF a stabilizované integrovaným obvodom MA7812P s upraveným výstupným napätím (odporový delič) na 18 V.

V obvode indikátoru sily poľa je IO A277D, ktorý budí 10 LED v páskovom režime, trimrom 47 kΩ sa nastaví jeho citlivosť.

### Konštrukcia prijímača

Prijímač je postavený na jednostrannej doske s plošnými spojmi 9x25 cm. Ak máme dosku vyrobenú, najprv urobíme krytovanie vstupnej jednotky a fázového detektoru podľa náčrtov, použijeme na to tenký pocínovaný plech. Vyrobíme aj krytovanie z vrchu i zo spodu s vyvrtanými otvormi na nastavovanie cievok. Je to nutné, pretože oscilátor demodulátora s fázovým závesom pracuje priamo na frekvencii mf zosilňovača 10,7 MHz a mohlo by dôjsť k jeho nežiadúcemu prenikaniu na vstup mf zosilňovača a následnému zamknutiu celého zapojenia. Preto je veľmi dôležité vf obvody dokonale tieniť.

Ďalej osadíme kostričky vo vstupnej jednotke do dosky (OMF z produkcie TESLA Orava) a na trn vhodného priemeru navinieme cievky L2 až L5 a L8, tie nastrečíme na kostričky. Nakoniec medzi závitmi cievky L2 navinieme cievku L1 a tak isto cievku L6 medzi závitmi L5 a cievku L7 medzi závitmi cievky L8. Potom navinieme cievky mf ladených obvodov L9 až L14 a pred osadením do dosky ich zakrytujeme hliníkovým krytom; to platí aj pre cievku fázového detektoru L14.

Ďalej navinieme cievky filtra pre stereofónny dekoder, L15 a L16, a cievky

výstupných filtrov 19 kHz, L17 a L18. Použijeme tie isté kostričky ako pri mf ladených obvodoch, len ich doplníme čelami, aby neskĺzlo vinutie pri navíjaní z kostričky.

Potom postupne osadíme ostatné súčiastky prijímača. Na tranzistor T16 môžeme nakoniec vyrobiť malé chladiace krídliko z hliníkového plechu hrúbky 0,5 mm, stačí 3x2 cm. Úplne nakoniec, keď už máme všetky súčiastky osadené, osadíme vrchné a spodné kryty na vstupnú jednotku a obvody demodulátora.

Mechanická stavba tohto prijímača vyžaduje už značné praktické skúsenosti zo stavbou obdobných zapojení a dôsledné dodržiavanie zásad platiacich pri konštrukciách zariadení na VKV.

### Nastavenie prijímača

Po vizuálnej kontrole osadenia dosky súčiastkami prikrúčíme najprv k oživeniu prijímacej časti. Po pripojení napájania (18 V) skontrolujeme najprv kľudový odber, ten by nemal byť väčší ako 40 až 50 mA. Nastavíme stabilizované napätie - voltmeter pripojíme paralelne ku kondenzátoru C75 a trimrom P11 nastavíme napätie 14,4 V, potom ešte zbežne skontrolujeme napätia v bodoch podľa schémy zapojenia.

Ako prvé zladíme obvody vstupného filtra stereodekódera. Nf generátor pripojíme na R53, kondenzátor C49 na tú chvíľu vypojíme, a nf milivoltmeter pripojíme paralelne ku R54. Frekvenciu nf generátora nastavíme na 67 kHz a doladením jadra cievky L16 nastavíme na výstupe minimálne napätie. Potom nf generátor nastavíme na 20 kHz a odmeráme výstupné napätie, ďalej generátor nastavíme na 53 kHz a jadrom doladíme cievku L15 tak, aby výstupné napätie nebolo o moc väčšie ako pri 20 kHz.

Potom môžeme ešte skontrolovať celkový priebeh charakteristiky filtra. Ďalej nastavíme výstupné filtre 19 kHz. Nf generátor nastavíme na 19 kHz, signál pripojíme na mínus pól kondenzátorov C67 a C68, kladný pól týchto kondenzátorov odpojme z emitorov tranzistorov T14 a T15, nf milivoltmeter pripojíme na kondenzátor C71 a jadrom cievky L17 nastavíme minimálne výstupné napätie. Potom nf milivoltmeter pripojíme na kondenzátor C72 a jadrom cievky L18 tak isto nastavíme minimálne výstupné napätie. Ďalej môžeme nastaviť stereodekoder, na vývod 10 integrovaného obvodu IO4 pripojíme čítač a trimrom P10 nastavíme frekvenciu na 19 kHz  $\pm$  10 Hz. Potom nastavíme ladené obvody mf zosilňovača, mf generátor 10,7 MHz pripojíme na sekundárnu stranu vinutia prvého mf ladeného obvodu, na cievku L10, a na kondenzátor C32 pripojíme voltmeter. Jadrami cievok L9, L10 a L11 doladíme ladené obvody na maximálnu výchylku ručky voltmetra. Výstupné napätie z mf generátora volíme také, aby sme mohli spoľahlivo čítať zmenu.

Ďalej zladíme koincidenčný detektor, mf generátor necháme pripojený na vstupe mf zosilňovača. Na nf výstup detektoru, vývod 8 integrovaného obvodu IO1, pripojíme nf milivoltmeter - paralelne ku

kondenzátoru C37, na mf generátore zapneme rozmiatanie frekvenciou 1 kHz so zdvihom do 40 kHz a jadrom doladíme cievku L12 na maximálnu úroveň nf signálu. Potom nf milivoltmeter pripojíme na emitor tranzistoru T13 a jadrom doladíme cievku L14 na maximálnu úroveň nf signálu. Správne naladenie demodulátora PLL skontrolujeme miernym rozladením mf generátora na jednu aj druhú stranu, úroveň nf signálu by sa nemala meniť. Na toto nastavovanie sa však lepšie hodí nf osciloskop, na ktorom vidíme tvar demodulovaného signálu a prípadné orezanie vzniknuté nezasyndronizovaním sa fázového závesu.

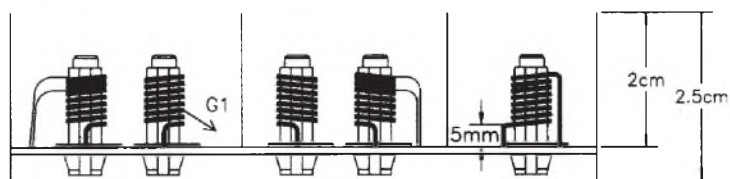
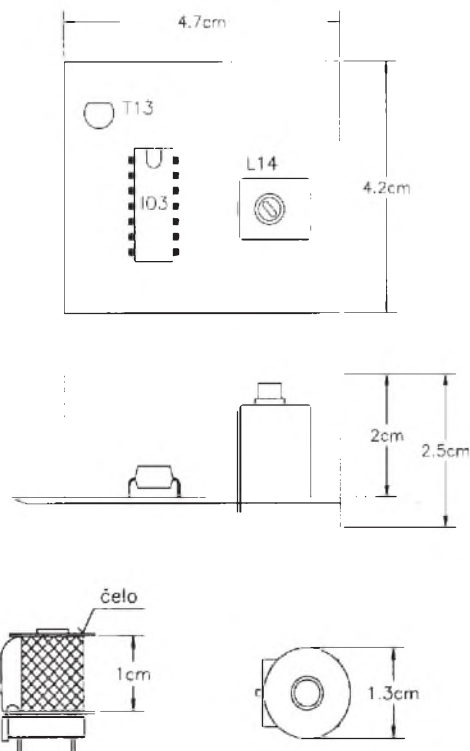
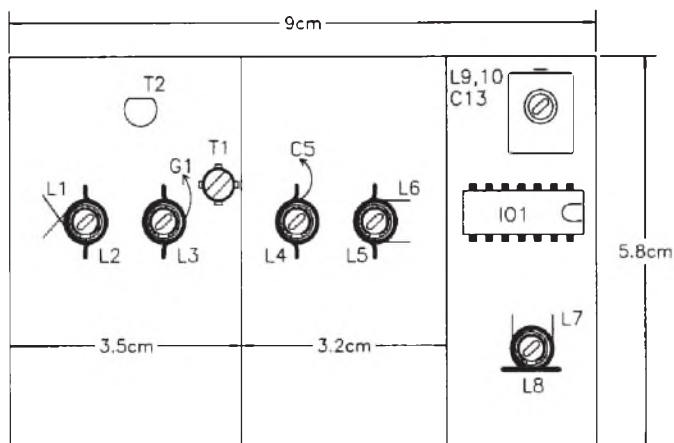
Tým by sme mali prakticky zladenú mf časť prijímača a ďalej sa môžeme pustiť do zladenia vstupnej jednotky. Čítačom pripojeným na vývod 10 alebo 12 integrovaného obvodu IO1 zistíme, kde kmitá oscilátor a jadrom cievky L8 ho doladíme tak, aby pri maximálnom ladiacom napätí kmital asi na 119 MHz. Ešte zkontrolujeme frekvenciu pri minimálnom ladiacom napätí, mala by byť asi 96 MHz. Potom pripojíme na anténny vstup vf generátor a do obvodu S-metra na kondenzátor C32 pripojíme voltmeter. Vf generátor naladíme na 102 MHz, pomalým preladvaním prijímača potenciometrom P8 sa pokúsime zachytiť jeho signál. Ak ho máme, tak potom trimrami P1 až P4 doladíme ladené obvody vo vstupnej jednotke na maximálnu výchylku ručky voltmetra. Potom vf generátor preladvíme na 94 MHz a jadrami cievok L1, L2 až L5 tak isto doladíme ladené obvody na maximálnu výchylku. Ladenie pri frekvenciách 102 a 94 MHz opakujeme aspoň 6krát.

Potom na nf výstupy pripojíme nf zosilňovač pre slúchadla, môžeme použiť uvedené zapojenie. Jeho ožiovovanie je jednoduché - po pripojení napájania skontrolujeme akurát kľudový odber (ten by nemal byť väčší ako 40 mA) a napätia podľa schémy a pokiaľ sa nevykytla chyba, mal by pracovať na prvé zapojenie.

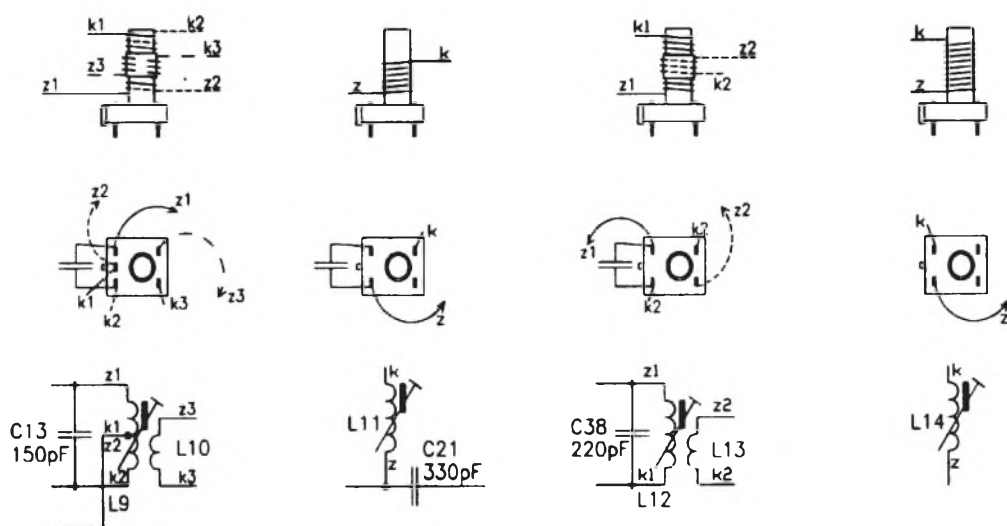
Na výstup S-metru pripojíme obvod indikátoru sily poľa a na vstup prijímača anténu a môžeme prijímač prakticky preveriť. Najprv však prijímač naladíme na silnú miestnu stanicu, na R12 pripojíme voltmeter a trimer P5 nastavíme tak, aby sa napätie na R8 zmenšilo na minimum, tj. asi 0,3 V. Pri preladvaní prijímača na slabšiu stanicu sa však musí napätie na R12 vrátiť na pôvodnú veľkosť, tj. 4 V, tým máme zaistenú správnu funkciu AVC.

Automatické prepínania mono/stereo sa nastavuje tak ako aj v predchádzajúcom zapojení prijímača v podstate subjektívne, pri citelnom náraste šumu v reprodukcii nastavíme prepnutie prijímača do monofónneho režimu, čím dosiahneme zmenšenie šumu, prepínanie nastavujeme trimrom P6. Trimrom P9 sa nastavuje separácia pravého a ľavého kanálu a správne nastavenie sa dá dosiahnuť najskôr len pri vysielaní stereofónneho testu alebo za použitia stereofónneho generátora (kóderu).

Nakoniec len asi tolko: o postupe nastavovania prijímača sa píše pomere ľahko, ale vlastné prevedenie je omnoho obtiažnejšie a preto do stavby podobných zariadení by sa mal púšťať len zdatný amatér.



Prevedenie cievok prijímača a krytovanie vf obvodov



### Rozpiska použitých súčiastok

Rezistory (všetky TR296 alebo TR191)

R1, R2, R3, R4, R5 100 k $\Omega$

R6, R7 0,22 M $\Omega$

R8 33 k $\Omega$

R9, R10 82  $\Omega$

R11 0,22 M $\Omega$

R12 47 k $\Omega$

R13 82 k $\Omega$

R14, R15 470  $\Omega$

R16 2,2 k $\Omega$

R17 470  $\Omega$

R18 10  $\Omega$

R19 100 k $\Omega$

R20 3,3 k $\Omega$

R21 330  $\Omega$

R22 5,6 k $\Omega$

R23 82  $\Omega$

R24 330  $\Omega$

R25 470  $\Omega$

R26 10  $\Omega$

R27 100 k $\Omega$

R28 3,3 k $\Omega$

R29 330  $\Omega$

R30 5,6 k $\Omega$

R31 82  $\Omega$

R32 330  $\Omega$

R33 47 k $\Omega$

R34 180 k $\Omega$

R35 470  $\Omega$

R36 1 k $\Omega$

R37 47 k $\Omega$

R39 33 k $\Omega$

R40 68 k $\Omega$

R42 82  $\Omega$

R43 82  $\Omega$

R44 2,7 k $\Omega$

R45 47 k $\Omega$

R46 6,8 k $\Omega$

R47 6,8 k $\Omega$

R48 6,8 k $\Omega$

R49 12 k $\Omega$

R50 15 k $\Omega$

R51 5,6 k $\Omega$

R52 2,7 k $\Omega$

R53 100  $\Omega$

R54 1 k $\Omega$

R55 5,6 k $\Omega$

R56 5,6 k $\Omega$

R57 33 k $\Omega$

R58 33 k $\Omega$

R59 1 k $\Omega$

R60 4,7 k $\Omega$

R61 4,7 k $\Omega$

R62 10  $\Omega$

R63 1 k $\Omega$

R64 15 k $\Omega$

R65 1,2 k $\Omega$

R66 1,2 k $\Omega$

R67 2,2 k $\Omega$

R68 2,2 k $\Omega$

R71 5,6 k $\Omega$

R72 4,7 k $\Omega$

R73 4,7  $\Omega$ , TR 193

R74 3,3 k $\Omega$

R75 22  $\Omega$ , TR 193

### Keramické filtry

F1 10,7 MHz, B = 220 kHz

F2 10,7 MHz, B = 220 kHz

### Potenciometre a trimre

P1 0,47 M $\Omega$ , TP 112

P2 0,47 M $\Omega$ , TP 112

P3 0,47 M $\Omega$ , TP 112

P4 0,47 M $\Omega$ , TP 112

P5 47 k $\Omega$ , TP 112

P6 47 k $\Omega$ , TP 112

P7 1 k $\Omega$ , TP 112

P8 50 k $\Omega$ /N, TP 280

P9 10 k $\Omega$ , TP 112

P10 4,7 k $\Omega$ , TP 112

P11 4,7 k $\Omega$ , TP 112

### Kondenzátory

C1 1 nF, TK 666

C2 2,2 nF, TK 744

C3 2,2 nF, TK 744

C4 2,2 nF, TK 744

C5 3,3 pF, TK 754

C6 2,2 nF, TK 744

C7 6,8 pF, TK 656

C8 10 pF, TK 656

C9 10 pF, TK 656

C10 33 pF, TK 754

C11 100 pF, TK 754

C12 2,2 nF, TK 744

C13 150 pF, TK 754

C14 10 nF, TK 744

C15 1 nF, TK 724

C16 1 nF, TK 724

C17 1 nF, TK 724

C18 1 nF, TK 724

C19 10 nF, TK 744

C20 10 nF, TK 744

C21 330 pF, TGL5155

C22 330 pF, TGL5155

C23 10 nF, TK 744

C24 47 nF, TK 783

C25 4,7 nF, TK 744

C26 10 nF, TK 744

C27 47 nF, TK 783

C28 47 nF, TK 783

C29 15 pF, TK 656

C30 4,7 nF, TK 744

C31 47 nF, TK 783

C32 10 nF, TK 744

C33 10  $\mu$ F/40 V, ISKRA

C34 22 nF, TK 744

C35 22 nF, TK 744

C36 47 nF, TK 783

C37 10 nF, TK 744

C38 220 pF, TGL5155

C39 100 nF, TK 783

C40 100 nF, TK 783

C41 47 nF, TK 783

C42 470 pF, TGL5155

C43 150 pF, TGL5155

C44 150 pF, TGL5155

C45 680 pF, TGL5155

C46 220 pF, TGL5155

C47 220 pF, TGL5155

C48 4,7  $\mu$ F/40 V, ISKRA

C49 22  $\mu$ F/10 V, TE 132

C50 100 pF, TGL5155

C51 3,6 nF, TGL5155

C52 1 nF, TGL5155

C53 2,2  $\mu$ F/16 V, TE 133

C54 4,7  $\mu$ F/40 V, ISKRA

C55 47  $\mu$ F/16 V, ISKRA

C56 47 nF, TK 783

C57 1,8 nF, TGL5155

C58 1,8 nF, TGL5155

C59 100 nF, TK 783

C60 470 pF, TGL5155

C61 47 nF, TGL38159

C62 680 pF, TGL5155

C63 10  $\mu$ F/40 V, ISKRA

C64 220 nF, TC 205

C65 220 nF, TC 205

C66 470 nF, TC 205

C67 22  $\mu$ F, TE 132

C68 22  $\mu$ F, TE 132

C69 4,7 nF, TGL5155

C70 4,7 nF, TGL5155

C71 4,7 nF, TGL5155

C72 4,7 nF, TGL5155

C73 33 nF, TGL38159

C74 33 nF, TGL38159

C75 100  $\mu$ F/25 V, TF 009

C76 100 nF, TK 783

C77 100 pF, TGL5155

C78 4,7  $\mu$ F/40 V, ISKRA

C79 100 nF, TK 783

C80 470  $\mu$ F/40 V, TF 010

C81 470 nF/100 V, ISK-

RA

C82 10 nF, TK 744

### Polovodičové součástky

T1 KF982

T2 KC238B

T3 BF479,  $\beta=60$

T4 KF254

T5 BF479,  $\beta=60$

T6 KF254

T7 KF254

T8 KC308B

T9 KC308B

T10 KC238B

T11 KC238B

T12 KC238B

T13 KC239B

T14 KC239B

T15 KC239B

T16 KD135

IO1 UL1042N; S042P

IO2 A220D; TBA120S

IO3 UL1042N; S042P

IO4 A290D; MC1310P

IO5 MA723CN

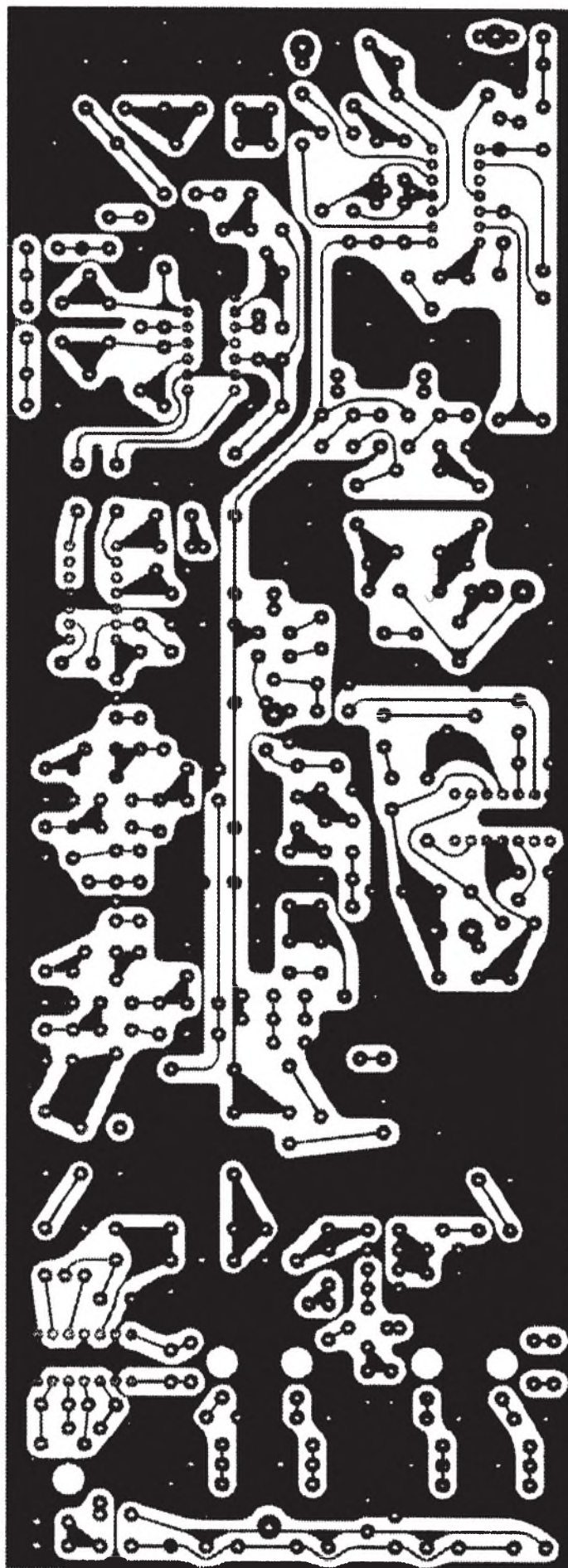
D1 až D10 2x 5KB205B,

D11 GA203

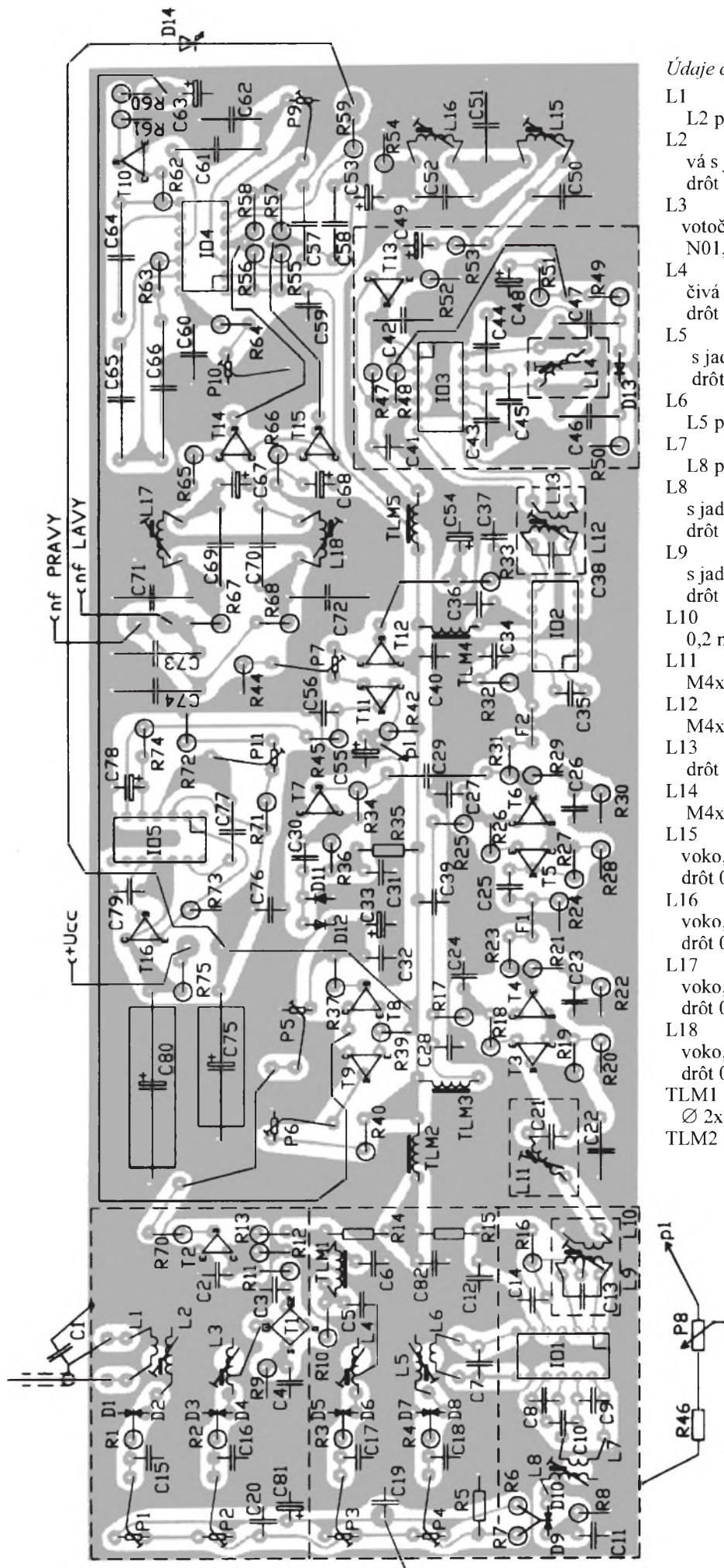
D12 GA203

D13 KB109G

D14 VQA14



Doska s plošnými spoji přijímače



# Údaje cievok

- L1 2 závitů navinuté mezi závit
- L2 pri studenom konci, drôt 0,3 mm
- L2 7 1/2 z na kostričke, pravotočivá s jadrom M4x8, hmota N01, drôt 0,7 mm
- L3 1 1/4+6 1/4 z na kostričke, pravotočivá s jadrom M4x8, hmota N01, drôt 0,7 mm
- L4 1 1/2+6 z na kostričke, lavotočivá s jadrom M4x8, hmota N01, drôt 0,7mm
- L5 7 z na kostričke, lavotočivá s jadrom M4x8, hmota N01, drôt 0,7 mm
- L6 2 1/2 z navinuté medzi závit
- L5 pri studenom konci, drôt 0,3 mm
- L7 4 1/2 z navinuté medzi závit
- L8 pri studenom konci, drôt 0,3 mm
- L8 6 z na kostričke, pravotočivá s jadrom M4x8, hmota N01, drôt 0,7 mm
- L9 2x 8 z bifilárne na kostričke s jadrom M4x12, hmota N02, drôt 0,2 mm
- L10 2 z navinuté na vinutie L9, drôt 0,2 mm
- L11 14 z na kostričke s jadrom M4x12, hmota N02, drôt 0,2 mm
- L12 13 z na kostričke s jadrom M4x12, hmota N02, drôt 0,2 mm
- L13 4 1/2 z navinuté na vinutie L12, drôt 0,2 mm
- L14 24 z na kostričke s jadrom M4x12, hmota N02, drôt 0,2 mm
- L15 400 z na kostričke, vinuté nadi-voko, s jadrom M4x12, hmota H22, drôt 0,1 mm
- L16 500 z na kostričke, vinuté nadi-voko, s jadrom M4x12, hmota H22, drôt 0,1 mm
- L17 900 z na kostričke, vinuté nadi-voko, s jadrom M4x12, hmota H22, drôt 0,1 mm
- L18 900 z na kostričke, vinuté nadi-voko, s jadrom M4x12, hmota H22, drôt 0,1 mm
- TLM1 20 z na feritovej tyčinke Ø 2x15 mm, drôt 0,2 mm
- TLM2 až TLM5 90 µH

Osadená doska s plošnými spojmi