

ŘADA B
PRO KONSTRUKTÉRY
ČASOPIŠ
PRO ELEKTRONIKU
A AMATÉRSKÉ VYSÍLÁNÍ
ROČNÍK XXVII/1978 ČÍSLO 3

V TOMTO SEŠITĚ

Vstříc VI. sjezdu Svazarmu	81
Zajímavá a praktická zapojení 11	
Stabilizované zdroje, napáječe, regulátory, měniče,	
Indikátory stavu baterií	82
Stabilizovaný zdroj 0 až 38 V	82
Stabilizátor malých napětí	84
Řízení stejnosměrných motorů	85
Nf technika, doplňky elektronických	
hudebních nástrojů	86
Indikátory přebuzení	87
Trikové obvody pro elektronickou	
kytaru	89
Nf generátory	91, 93
Elektronické hry	93
Elektronické „tahání sirek“	93
Kolotoč	94
Číslicová technika	95
Jednoduchý generátor časových	
značek	95
Konvertor analogových veličin	96
Různé aplikované elektronika	96
Regulace motorů u modelů řízených	
radiem	96
Přístroj ke kontrole nastavené	
teploty	97
Zajímavé integrované obvody	97
Časovač 555 (556)	97
Nf zesilovač TDA2002	99
Nf zesilovač TDA2020	100
Dekodér 1310	101
Operační zesilovače	
μA739 a μA749	103
Operační zesilovače ZN424,	
LM3900	104
Napěťový regulátor SG1501A	106
TCA440	107
Konstrukční část	
Předzesilovač pro přenosku	107
Otáčkoměry	111
Úpravy zesilovače TEXAN	115

AMATÉRSKÉ RADIO ŘADA B

Vydává ÚV Svazarmu ve vydavatelství Magnet, Vladislavova 26, PSČ 113 66 Praha 1, telefon 26 06 51-7. Šéfredaktor ing. F. Smolík, zástupce Luboš Kaloušek. Redakční rada: K. Bartoš, V. Brzák, K. Donát, A. Glanc, I. Harmcin, L. Hlinský, P. Horák, Z. Hradský, ing. J. T. Hyan, ing. J. Jaros, doc. ing. Dr. M. Joachim, ing. Jan Klábal, RNDr. L. Kryška, PhDr. E. Křížek, ing. I. Lubomírský, K. Novák, ing. O. Petráček, ing. J. Vackář, CSc., laureát st. ceny KG, ing. J. Zima, J. Ženíšek, laureát st. ceny KG. Redakce Jungmannova 24, PSČ 113 66 Praha 1, telefon 26 06 51-7, šéfred. linka 354, redaktor I. 353. Roční vydje 6 čísel. Cena výtisku 5 Kčs, celoroční předplatné 30 Kčs. Rozšiřuje PNS, v jednotkách ozbrojených sil vydavatelství Magnet, administrace Vladislavova 26, Praha 1. Objednávky přijímá každá pošta i doručovatel. Dohledací pošta Praha 07. Objednávky do zahraničí využívá PNS, vývoz tisku, Jindřišská 14, Praha 1. Tiskne Naše vojsko. n. p. závod 08, 162 00 Praha 6-Liboc, Vlastina 710. Inzerce přijímá vydavatelství Magnet, Vladislavova 26, PSČ 113 66 Praha 1, telefon 26 06 51-7, linka 294. Za původnost a správnost příspěvku ručí autor. Návštěvy v redakci a telefonické dotazy pouze po 14. hodině. Číslo indexu 46044.

Toto číslo mělo vyjít podle plánu 17. 5. 1978.

© Vydavatelství MAGNET, Praha

VSTŘÍČ VI. SJEZDU SVAZARMU

Pod vedením KSČ za další úspěchy Svazarmu při budování a obraně socialistické vlasti

Jak jsme si uvedli v minulém čísle, sjezd každé organizace je určitým mezníkem v jejím vývoji, v celé její činnosti, neboť na sjezdu se přijímá program organizace na příští údobí. Proto předsjezdová doba by měla být pro všechny členy organizace, jejíž sjezd je oznámen, údobím zvýšené aktivity, údobím, v němž vyvrcholí činnost mezi dvěma sjezdy, údobím, v němž se jednak završují úkoly dané minulým sjezdem a jednak „přidává něco navrch“ – v našem případě, před sjezdem Svazarmu, je třeba dosáhnout vyšší kvality činnosti, lepších než předpokládaných výsledků, patřičné komplexnosti v obsahu i formách naplňování funkce Svazarmu.

To vše závisí především na iniciativě členů organizace – členů Svazarmu. Již sám socialismus ve kterém lidé vědí, že pracují sami pro sebe a nikoli pro vykořisťovatele, že plány, které uskutečňují, jsou současně plány zabezpečující jejich zájmy a potřeby, podněcuje iniciativu lidí a probouzí jejich pracovní i občanskou aktivitu. To však vůbec neznamená, že jde o nějaký samočinný, automatický proces či o živelnost. Vždyť hovoříme-li o iniciativě jako o jednom z významných zdrojů bohatství, pak je třeba s tímto zdrojem cílevědomě, uvážlivě a pečlivě nakládat, neboť právě tento zdroj se dotýká lidí, jejich vztahu ke společnosti, k práci a k životu.

Proto předsednictvo ÚV Svazarmu v souladu s úkoly vyplývajících ze závěrů XV. sjezdu KSČ pro naši brannou organizaci doporučuje zaměřit rozvoj iniciativy a aktivity členů a organizací Svazarmu před nastávajícím VI. sjezdem Svazarmu, který se koná v prosinci tohoto roku, především k těmto hlavním úkolům:

1. Pod vedením KSČ zvyšovat společenské poslání Svazarmu a prohlubovat spolupráci s ostatními organizacemi Národní fronty.

Společenské poslání Svazu pro spolupráci s armádou jako branné vlastenecké organizace pracujícího lidu spočívá v aktivní pomoci při upevňování obranyschopnosti země a v branné výchově občanů v souladu s programem vojenské politiky KSČ, usnesením orgánů strany a směrnicemi vlády. Aby se tedy dále upevňovalo společenské postavení Svazarmu a aby se zvýšil jeho vliv na široké vrstvy obyvatelstva včetně mládeže, doporučuje předsednictvo ÚV Svazarmu zaměřit pozornost v předsjezdové kampani k těmto požadavkům:

– ve veškeré činnosti důsledně vycházet z úkolů a požadavků politiky KSČ a rozpracovávat je do podmínek činnosti Svazarmu; sjednocovat členy organizace kolem KSČ a získávat je k aktivní účasti na realizaci jejího programu; pravidelně informovat stranické orgány o stavu svazarmovské činnosti a opírat se o jejich pomoc; zvyšovat účast a angažovanost svazarmovců na rozvoji společenského života v mís-

tech působení. Ve spolupráci se složkami Národní fronty se podílet na plnění volebních programů, zapojovat členy Svazarmu do veřejné činnosti, pomáhat poslancům zastupitelských orgánů při výkonu jejich funkcí a využívat spolupráce s nimi k dalšímu rozvoji branné výchovy ve Svazarmu. Aktivně se účastnit oslav významných jubileí (1. máj, Den osvobození apod.) a dalších významných ideově politických akcí;

– zlepšovat a rozvíjet spolupráci s útvary ČSLA, ministerstva vnitra a Lidových milic s cílem zesílit společenské úsilí v oblasti branné přípravy, v přípravě branců a záloh, v přípravě obyvatelstva k civilní obraně apod. Objasňovat především mladým lidem úlohu a místo ČSLA v rámci naší společnosti i v rámci armád států Varšavské smlouvy;

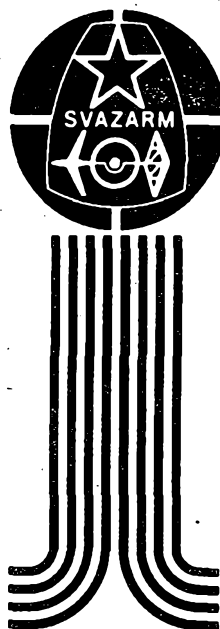
– zesílit a zkvalitnit metodickou pomoc v branné výchově školám, národním výborům, podnikům a společenským organizacím. Mimořádnou pozornost věnovat spolupráci s orgány a organizacemi SSM a PO SSM a rozšiřovat vliv i na neorganizovanou mládež. Věnovat větší péči školení instruktorů, cvičitelů, rozhodčích a organizátorů pro potřeby organizací SSM a PO SSM a podle možností těmto organizacím poskytovat i materiální pomoc;

– na počest VI. sjezdu Svazarmu získávat za kolektivní členy organizace školy, závody, JZD, případně i společenské organizace;

– k propagaci branné sportovních a technických činností Svazarmu organizovat v obcích, městech a na závodech „Dny Svazarmu“ a spojit je s výstavkami a ukázkami činnosti jednotlivých odborností Svazarmu.

Při plnění tohoto prvního hlavního úkolu pro rozvoj iniciativy a aktivity před VI. sjezdem Svazarmu by měl pro radioamatéry být nejsnáze splnitelný poslední bod – seznámit veřejnost s obsahem

i formami radioamatérské činnosti, s radioamatérskými sporty a s vysíláním. Tyto činnosti jsou totiž samy o sobě velmi atraktivní, i když náročné na čas a většinou i na materiální zabezpečení. A právě tady by se daly využít i další podněty z ostatních bodů tohoto prvního hlavního úkolu pro rozvoj předsjezdové iniciativy a aktivity – spolupráce s ostatními organizacemi Národní fronty při zabezpečování hladkého průběhu významných ideově politických akcí, při plnění volebních programů, při výcviku cvičitelů, rozhodčích apod., především spolupráce se SSM a jeho Pionýrskou organizací a s ČSLA. Při propagačních akcích a při přípravě výsta-



VI. SJEZD
SVAZARMU
1978

vek a ukázek činnosti nezapomínat též na Hi-Fi kluby Svazarmu, které pěstují velmi populární a široce oblíbenou činnost, která si získává stále další a další zájemce; přitom lze ukázat a dokázat, jaké výhody má právě organizovaná činnost v organizacích Svazarmu.

Je nepochybné, že mnoho dalších konkrétních námětů při plnění tohoto a nejen tohoto hlavního úkolu předsjezdové iniciativy a aktivity může poskytnout plán rozvoje radistické činnosti ve Svazarmu, o němž jsme podrobně referovali v úvodních v minulém ročníku AR řady B a k nimž komentář vycházel i v AR řady A.

Druhým hlavním úkolem předsjezdové iniciativy a aktivity je:

2. *Prohlubovat kvalitu a účinnost politicko-výchovné práce s důrazem na výchovu mladé generace.*

V souladu se závěry XV. sjezdu je úkolem politicko-výchovné práce ve Svazarmu rozvíjet angažovanou výchovu členů v duchu socialistických idejí naší společnosti, dosáhnout, aby požadavky XV. sjezdu a dalších usnesení UV KSČ pronikaly do celkové branně výchovné činnosti Svazarmu, vést členy organizace k tomu, aby se stali skutečnými socialistickými občany, připravenými budovateli i obránci socialistické vlasti.

Je třeba dbát, aby politicko-výchovné působení bylo uplatněno v celém komplexu mnohostranné činnosti základních organizací, aby působilo také vně a napomáhalo k vytváření kladného vztahu občanů k branné výchově a přispívalo k jejich získávání k aktivní branné a sportovní činnosti; aby pomáhalo objasňovat společenskou úlohu naší organizace.

Cílevědoměji bude nutno rozvíjet socialistické soutěžení jako jednu z forem výchovného působení, které zvyšuje angažovaný vztah a odpovědnost jednotlivce ke kolektivu a ke společnosti a pomáhá vytvářet a upevňovat jednotu mezi individuálními a celospolečenskými zájmy.

V předsjezdovém období zaměříme rozvoj iniciativy a aktivity v politicko-výchovné práci především na plnění těchto úkolů:

- cílevědoměji pokračovat v dalším provádění přitažlivých a zajímavých forem ideově výchovné a masové politické práce, ve zvyšování jejich kvality a účinnosti;
- uskutečnit v každé ZO nebo v klubu besedy se zasloužilými svazarmovci, vynikajícími svazarmovskými sportovci, podobné besedy organizovat i s mládeží na školách, v závodech apod. Kromě toho využívat všech příležitostí k besedám a k přátelským setkáním s důstojníky

a vojáky Sovětské armády, zasloužilými členy KSČ a s příslušníky LM;

- uskutečnit v ZO nebo v klubech branné závody a soutěže jako propagační akce k VI. sjezdu Svazarmu;
- získávat a zapojovat další členy do plnění úkolů v masové politické práci (přednášky a besedy, setkání, exkurse);
- rozvíjet názornou agitaci k významným politickým událostem, především pak k systematické propagaci dosažených úspěchů Svazarmu od jeho V. sjezdu, zřizovat propagační skřínky nebo tabule k popularizaci činnosti ZO;
- soutěžit ve svazarmovských základních a okresních organizacích v oděru a využití svazarmovského tisku, získávat dopisovatele a propagovat svazarmovskou činnost v místním, okresním a krajském rozhlasovém vysílání. Nezapomínat (a propagovat) na novinářskou soutěž k VI. sjezdu Svazarmu;
- organizovat výstavky nebo krajské fotografické soutěže a pořádat přehlídky těchto prací u příležitosti výročních členských schůzí a konferencí nebo při jiných vhodných příležitostech;
- získávat závazky na dokončení výstavby síní bojových tradic a branných kabinetů. Zbývající úkoly předsjezdové aktivity si probereme příště.

—ou—

ZAJÍMAVÁ A PRAKTICKÁ ZAPOJENÍ 11

František Michálek

Úvod

Na základě dopisů čtenářů jsem pro letošní Zajímavá a praktická zapojení vybral převážně jednodušší obvody a zapojení, která by bylo možno realizovat s našimi součástkami. I když se zapojení tohoto druhu s diskretními součástkami objevují v zahraničních časopisech stále řidčeji, domnívám se, že z předkládaných zapojení si může vybrat přístroj k realizaci podle svých zájmů převážná většina čtenářů tohoto časopisu. Při popisu zapojení jsem se snažil postupovat tak, aby (především u jednodušších zapojení, která budou předmětem zájmu těch méně zkušených) byla vysvětlena činnost obvodů a součástek co možno nejpodrobněji, aby se při uvádění do chodu a při případných úpravách vyskytlo co nejméně obtíží. I tak ovšem nebude škodit, budou-li se zapojení realizovat nejen rukama, ale i hlavou, ba právě naopak.

Na rozdíl od minulých Zajímavých a praktických zapojení jsou letos též na přání čtenářů doplněny informace o zahraničních nepoužívanějších integrovaných obvodech. Kromě jiného také proto, aby bylo zřejmé, jak používání integrovaných obvodů ovlivňuje činnost konstruktérů, z nichž se pomalu ale jistě místo návrhářů obvodů stávají návrháři systémů, což vyžaduje určitý základní přesun ve způsobu myšlení a nazírání na celou elektroniku. Nejvýrazněji je to vidět na

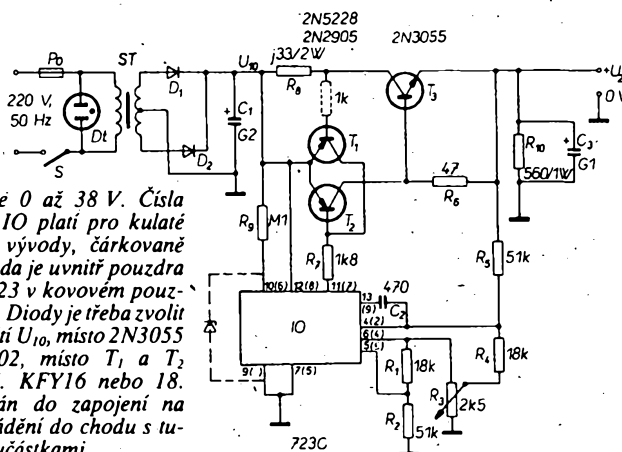
mikroprocesorech a problematice s nimi spojené – vždyť již dnes v průmyslově vyspělých státech se sdružují dospívající i dospělí zájemci o tuto oblast elektroniky v klubech stejně tak, jako u nás např. zájemci o Hi-Fi a elektroakustiku. Ale o tom snad až v některém z příštích čísel Zajímavých praktických zapojení.

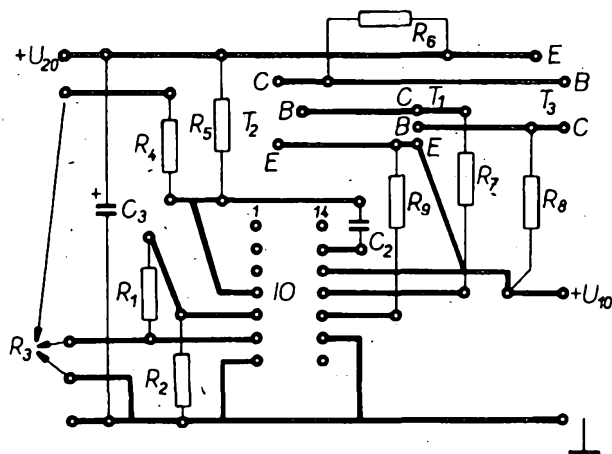
Stabilizované zdroje, napáječe, regulátory, měniče, indikátory stavu baterií

Stabilizovaný zdroj s nastavitelným výstupním napětím od 0 do 38 V

I když se potřeba malých stabilizovaných napětí (menších než 1,5 V) vyskytuje velmi zřídka, přece jen občas taková napětí v laboratorii potřebujeme. Přitom s běžně používaným stabilizátorem MAA723 v běžně používaných zapojeních nelze výstupní napětí regulovat od nuly. Použijeme-li ve stabilizovaném zdroji diskretní prvky, je pro regulaci výstupního napětí od nuly třeba obvykle používat síťový transformátor se dvěma vinutími nebo dva síťové transformátory (jeden pro vlastní zdroj a druhý pro zdroj referenčního napětí). Článek ve Funktechnik (který byl v principu převzat z časopisu Electronics,

Obr. 1 Zapojení zdroje 0 až 38 V. Číslo v závorkách u vývodů IO platí pro kulaté kovové pouzdro s 10 vývody, čárkované zakreslená Zenerova dioda je uvnitř pouzdra DIL, při použití MAA723 v kovovém pouzdrě je ji třeba zapojit vně. Diody je třeba zvolit podle maximálního napětí U_{IO} , místo 2N3055 lze použít např. KD602, místo T_1 a T_2 tuzemské KF517, popř. KFY16 nebo 18. Odpor 1 kΩ byl přidán do zapojení na základě zkušeností z uvádění do chodu s tuzemskými součástkami





Obr. 2. Návrh desky s plošnými spoji pro integrovaný stabilizátor v pouzdru DIL. Úprava pro kulaté kovové pouzdro je minimální. Pohled ze strany součástek

únor 1975) však ukazuje, jak lze postavit stabilizovaný zdroj, regulovatelný od nuly do 38 V (horní mez napětí, povolená výrobcem integrovaného obvodu) s monolitickým stabilizátorem napětí $\mu A723$ (MAA723).

Volba součástek zapojení (obr. 1) se řídí těmito základními vztahy

$$U_{20\max} = (R_2/R_1)U_{ref}$$

(U_{ref} je typický 7,15 V),

$$R_2 = (U_{20\max}/U_{ref})R_1$$

$$R_1 = (U_{10}/10 - 0,62) \text{ [k}\Omega\text{]}$$

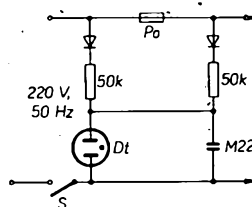
Výstupní napětí U_{20} lze volit v rozmezí 0 až napětí U_{10} za usměrňovačem (maximálně 38 V) zmenšené o úbytek napětí na přechodu řízeného výkonového tranzistoru.

Autor původního článku použil jako síťový transformátor typ se dvěma vinutími po 15 V pro 2,5 A. Odpor R_{10} byl do zapojení přidán na základě zkušenosti s nastavováním malých výstupních napětí (jde o tzv. předzátěž).

Zapojení je jinak velmi jednoduché, autor původního článku ho realizoval na desce s plošnými spoji, jejichž základní uspořádání je zřejmé z obr. 2. K obrázkům je jen třeba připomenout, že $\mu A723$ se vyrábí ve dvou provedeních – v pouzdře DIL se čtrnácti vývody a v kulatém kovovém pouzdře s deseti vývody (naš ekvivalent obvodu $\mu A723$, tj. MAA723; se vyrábí pouze v kovovém pouzdře s deseti vývody). Návrh desky s plošnými spoji je pro obvod v pouzdře DIL, není ovšem problém upravit desku pro obvod s deseti vývody, změny na desce budou minimální, stačí porovnat číslování vývodů u DIL a kovového pouzdra (obr. 1).

Na výstup zdroje lze připojit ampérmetr i voltmetr, ampérmetr s rozsahem do 2 A, voltmetr podle zvoleného maximálního výstupního napětí.

Zajímavým doplňkem zapojení stabilizovaného zdroje je obvod na obr. 3. Obvod



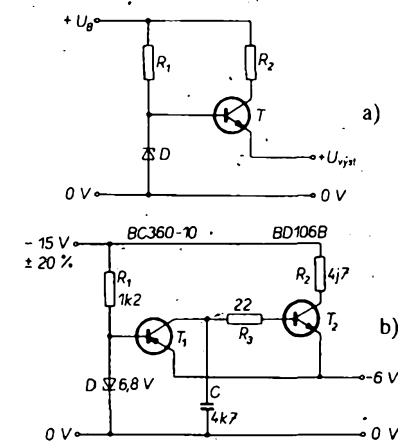
Obr. 3. Indikace přerušení tavné pojistky

pracuje tak, že při přerušení tavné pojistky začne blikat síťová doutnavka Dt, neboť přes odpor 3 M Ω se nabíjí kondenzátor 0,22 μF na její zápalné napětí. Odpor 50 k Ω omezuje proud doutnavkou za běžného provozu. Funk-technik č. 1/1977

Jednoduchý sériový stabilizátor

Pro průměrné nároky na stabilitu výstupního stabilizovaného napětí a při požadavku

na minimální množství součástek stabilizátoru je nejvhodnější sériový stabilizátor dnes již klasické konstrukce. Zapojení takového stabilizátoru, vhodného např. k úpravě palubního napětí motorových vozidel pro napájení nejrůznějších zařízení spotřební elektroniky; je na obr. 4.



Obr. 4. Jednoduchý sériový stabilizátor napětí s jedním tranzistorem (a) a se dvěma tranzistory (b). Jako T_1 lze použít tuzemský typ KF517 a jako T_2 podle odebraného proudu některý z typů řady KU nebo KD. Zenerova dioda je typu 1 nebo 2N270 (podle zvoleného výstupního napětí, viz text)

Stabilizačního účinku se dosahuje tím, že se na bázi regulačního tranzistoru vytvoří stálé napětí, dané Zenerovým napětím diody D (obr. 4a). Nejvhodnější pracovní režim diody se volí volbou odporu R_1 . Činitel stabilizace tohoto typu stabilizátoru je dán poměrem R_1/r_2 , kde r_2 je diferenciální odpor Zenerovy diody. Odpor R_2 pouze zmenšuje výkonovou ztrátu tranzistoru. Velikost výstupního napětí (stabilizovaného) se u stabilizátoru s tímto uspořádáním rovná napětí Zenerovy diody, zmenšenému o napětí báze-emitor regulačního tranzistoru. Diferenciální výstupní odpor celého zapojení se přibližně rovná ($r_2 - h_{11e}$) krát stejnosměrný zesilovací činitel tranzistoru.

Výstupní odpor stabilizátoru lze zmenšit tzv. zapojením Lin (Lin-Schaltung), které je jako praktický příklad aplikace sériového stabilizátoru uvedeno na obr. 4b. V zapojení jsou použity tranzistory p-n-p a n-p-n tak, že se vně chovají jako jeden tranzistor s proudovým zesílením, daným součinem proudových zesílení jednotlivých tranzistorů, avšak se vstupním odporem rovným h_{11e} tranzistoru T_1 . Tímto uspořádáním se velmi podstatně zmenší výstupní odpor stabilizátoru vzhledem k zapojení na obr. 4a. Odpor R_3 chrání tranzistor T_1 před přetížením, kondenzátor potlačuje náchylnost obvodu k rozkmitání.

Změněný výstupní odpor stabilizátoru podle obr. 4b je závislý na výstupním proudu a je asi

2 Ω v rozsahu výstupních proudů 0 až 50 mA,

0,1 Ω v rozsahu výstupních proudů 50 až 500 mA,

0,02 Ω v rozsahu výstupních proudů 0,5 až 1 A.

Činitel stabilizace je lepší než 50 pro výstupní proud 0,5 A.

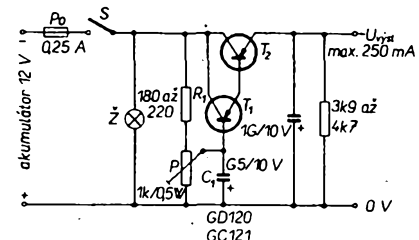
Je-li požadavek odebrat ze stabilizátoru kladné napětí, bude 0 V na kolektoru T_2 . Nebude-li se ze stabilizátoru odebrat proud větší než 0,6 A, lze změnit odpor R_2 na 8,2 Ω , čímž se zapojení stane zkratuvzdorným. Při zkratu na výstupu se pak ovšem spotřebuje na odporu R_2 asi 40 W, které se přemění na teplo.

Schaltbeispiele mit diskreten Halbleiterbauelementen ITT

Zdroj napájecího napětí pro výrobky spotřební elektroniky v motorovém vozidle

Stále častěji se v motorových vozidlech používají nejrůznější výrobky spotřební elektroniky – kazetové magnetofony, rozhlasové přijímače apod. Pokud tyto spotřebiče nejsou určeny pro provoz z palubní sítě 12 V, je třeba napájet je buď z vnitřních baterií (což není právě ekonomické; neboť při provozu v autě je třeba vždy „hrát nahlas“, aby se přehlušil hluk motoru a další hluky, což má za následek větší odběr proudu ze zdroje a tím i častější výměnu baterií), nebo použít k napájení stabilizovaný zdroj, který upravuje napětí palubní sítě na potřebnou velikost (6, 7,5, popř. 9 V).

Zdroj napájecího napětí, který je na obr. 5, lze používat k napájení prakticky všech



Obr. 5. Regulator napětí pro spotřebiče v motorových vozidlech. Výstupní napětí lze nastavit v rozsahu 6 až 10 V

běžně používaných přijímačů nebo kazetových magnetofonů, neboť jeho výstupní napětí lze na požadovanou velikost snadno nastavit změnou nastavení běžce odporového trimru v bázi tranzistoru T_1 .

Aby byl zdroj co nejlevnější, byly ke konstrukci použity germaniové tranzistory, které pro daný účel bezpečně vyhoví.

Po sepnutí spínače S se dostane napájecí napětí přes odpor R_1 na odporový trimr, který je zapojen jako potenciometr, z jehož běžce se odebrá napětí, určující činnost obou tranzistorů, tj. určující velikost výstupního napětí. Kondenzátor C_1 slouží k filtraci regulačního napětí a současně omezuje rychlost odezvy regulátoru na okamžité změny výstupního napětí. Žárovka Z signalizuje přítomnost napájecího napětí (a tím i neporušenost pojistky Po). Kondenzátor 1000 μF vyhlazuje výstupní napětí a zmenšuje současně dynamický vnitřní odpor regulátoru. Odpor 3,9 až 4,7 k Ω je tzv. předzátěž.

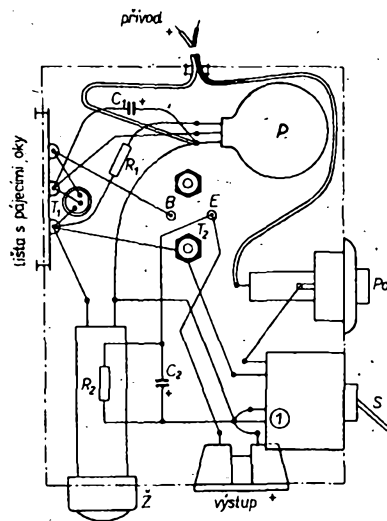
Obvykle používaná Zenerova dioda (paralelně k P_1) byla ze zapojení vypuštěna, neboť napětí palubní sítě je relativně konstantní a jeho změny ovlivňují výstupní napětí regulátoru pouze v té míře, která je pro napájení uvažovaných spotřebičů přípustná.

Rozdíl mezi nastaveným výstupním napětím a napětím palubní sítě násobený odebraným proudem udává výkonovou ztrátu, podle níž je třeba volit typ tranzistoru T_2 . Jako T_2 je třeba ve většině případů používat výkonové typy, z našich tranzistorů jsou vhodné typy z řady NU72, NU73 nebo NU74. Kolektorová ztráta T_1 je minimální, proto lze na tomto místě použít libovolný germaniový tranzistor p-n-p malého výkonu.

Autor konstrukce uvádí v původním pramenu, že ve vzorku přístroje byly použity tranzistory GC121 (T_1) a GD120 (T_2), druhý tranzistor byl přitom umístěn na chladiči, který byl současně využit jako šasi celého regulátoru (tlustší hliníkový plech).

Technické údaje

Rozsah výstupního napětí: 6 až 10 V.
Maximální výstupní proud (pro T_1 a T_2 podle obr. 5): 250 mA.
Hmotnost: asi 150 g.
Rozměry: 8 × 4,8 × 3 cm.



Obr. 6. Příklad uspořádání součástek v pouzdře o rozměrech, uvedených v technických údajích přístroje

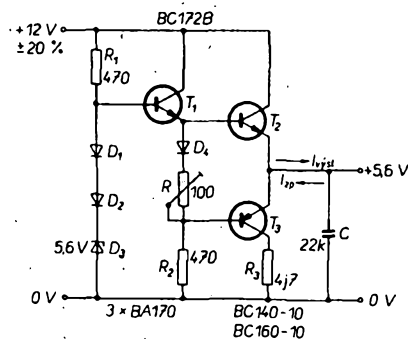
Příklad vnitřního uspořádání je na obr. 6. Všechny kovové části regulátoru je třeba izolovat od kostry vozu, tj. je třeba umístit regulátor do pouzdra z izolační hmoty.
Funkamateu č. 12/1977

Kombinovaný sériově-paralelní stabilizátor

Běžné sériové stabilizátory jsou konstruovány tak, že nemohou kompenzovat „zpětné“ proudy, popř. napětí z připojených spotřebičů. Je-li jako výstupní svorka sériového stabilizátoru použit emitor regulačního tranzistoru (viz např. obr. 4 nebo obr. 5), bude regulační tranzistor ohrožen vždy, bude-li zpětné napětí (tj. napětí na vstupu spotřebiče) větší, než je jmenovité výstupní napětí stabilizovaného zdroje. Přesněji řečeno: regulační tranzistor bude ohrožen vždy, bude-li na jeho emitoru napětí větší než asi o 5 až 7 V, než je napětí na jeho kolektoru

(bázi). Vnitřní odpor sériového stabilizátoru je pro proudy ve zpětném směru totiž velmi velký. Paralelní stabilizátory tuto vlastnost nemají, proto jimi může protékat klidový proud stejné velikosti, jako je výstupní proud.

Zapojení stabilizátoru na obr. 7 spojuje přednosti obou typů stabilizátorů. V principu se toto zapojení podobá známým zapojením nf tranzistorových zesilovačů bez transformátorů.



Obr. 7. Sériově-paralelní stabilizátor pro malá výstupní napětí a pro výstupní proud až 200 mA s doplňkovými tranzistory

Obvod se skládá z Darlingtonova zapojení tranzistorů T_1 a T_2 , přičemž báze T_1 je napájena napětím stabilizovaným Zenerovou diodou D_3 . V sérii zapojené diody D_1 a D_2 kompenzují úbytky napětí na přechodech T_1 a T_2 (báze-emitor), takže výstupní napětí je téměř přesně shodné se Zenerovým napětím diody D_3 a má přitom velmi malou teplotní závislost (nemění se s teplotou).

Zapojení je doplněno paralelním tranzistorem p-n-p (T_3).

Celkový pracovní režim doplňkové dvojice tranzistorů T_2 a T_3 se nastavuje proměnným odporem R , jímž se upravuje velikost úbytku napětí na diodě D_4 , který slouží jako předpětí báze T_2 i T_3 . Klidový proud dvojice doplňkových tranzistorů se nastavuje asi na 10 mA, tj. na úbytek napětí asi 50 mV na emitorovém odporu R_3 .

Za běžných pracovních podmínek pracuje zapojení jako sériový stabilizátor s předzátěží asi 10 mA. Objeví-li se na výstupu „zpětné“ napětí, bude na emitoru tranzistoru kladné napětí, tranzistor se více otevře a proud I_{xp} teče přes tranzistor T_3 a odpor R_3 k zemi.

Referenční napětí se dodatečně vyhlazuje kondenzátorem, kondenzátor C potlačuje sklon obvodu ke kmitání.

Technické údaje

Vstupní napětí: 12 V ± 20 %.
Výstupní napětí: podle napětí Zenerovy diody D_3 .
Maximální výstupní proud: 200 mA.
Činitel stabilizace: lepší než 50.
Výstupní odpor: 200 mA.
Odpor výstupu pro I_{xp} : asi 1 Ω.

Jako T_1 by při náhradě polovodičových prvků bylo možno použít typ KC508, jako T_2 a T_3 doplňkovou dvojici KF507 a KF517. Podle odebíraného proudu by bylo třeba koncové tranzistory chladit. Diody mohou být libovolné křemíkové typy, např. KA501.
Schaltbeispiele mit diskreten Halbleiterbauelementen ITT

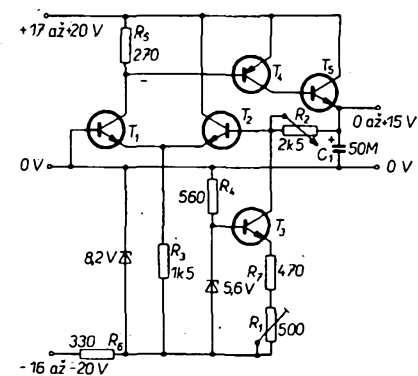
Jednoduchý sériový stabilizátor s regulovatelným výstupním napětím 0 až 15 V

Má-li být možno u sériového stabilizátoru regulovat výstupní napětí od nuly do určité

velikosti, používá se kromě vlastního stabilizátoru ještě zdroj konstantního proudu. V zapojení na obr. 8 je zdroj konstantního proudu napájen z pomocného zdroje napětí +17 až +20 V. Konstantní referenční proud lze nastavit odporovým trimrem 500 Ω a pro zapojení na obr. 8 má být asi 7 mA.

Konstantní proud protéká i potenciometrem, zapojeným jako proměnný odpor, a vyvolává na něm (podle polohy běžce na odporové dráze potenciometru) úbytek napětí od nuly do maximálního výstupního napětí.

Rídicí zesilovač je zapojen jako symetrický diferenční stupeň. Napětím z tohoto zesilovače se pak ovládá vlastní regulační stupeň stabilizátoru – budič T_4 a výkonový regulátor T_5 . Oba tranzistory jsou zapojeny v tzv. zapojení Lin. a jsou rozdílných vodivostních typů (budič p-n-p, výkonový stupeň n-p-n).



Obr. 8. Jednoduchý sériový stabilizátor s regulovatelným výstupním napětím od 0 do 15 V pro větší výstupní proudy

Technické údaje

Vstupní napětí: 17 až 20 V.
Výstupní napětí: 0 až 15 V.
Maximální výstupní proud: 1,5 A.
Činitel stabilizace: lepší než 100.
Výstupní odpor: 30 až 40 mΩ.

Při náhradě našimi součástkami lze jako T_1 a T_2 použít např. KC507 (popř. dvojici těchto tranzistorů v jednom pouzdře), jako T_3 např. KC507, jako T_4 typ KF517 s chladičem, jako T_5 některý z tranzistorů řady KD (podle odebíraného proudu). Zenerovy diody mohou být jednak z řady NZ70, jednak z řady KZ700 či KZZ.

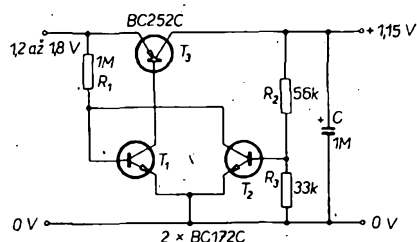
Schaltbeispiele mit diskreten Halbleiterbauelementen ITT

Stabilizátor malých napětí

Napětí velkých kulatých baterií (které se obvykle nazývají monočlánky) je, podle stavu jejich vybití, v mezích asi 1,2 až 1,7 V. Je-li třeba těmito bateriemi napájet nějaký přístroj, který vyžaduje, aby napájecí napětí bylo po celou dobu života baterií konstantní (např. některé typy ohmmetrů), pak vykoná dobré služby stabilizátor, který je na obr. 9.

Odpor v bázi tranzistoru T_1 , 1 MΩ, je navržen se zřetelem na celkové zesílení tranzistorů T_1 a T_2 tak, že při zavřeném tranzistoru T_2 („stabilizační“ tranzistor) je sériový regulační tranzistor zcela otevřen. Dosáhne-li výstupní napětí jmenovité velikosti, teče stabilizačním tranzistorem kolektorový proud do báze T_1 tak, aby se výstupní napětí ustálilo na jmenovité velikosti 1,15 V.

Jako referenční napětí slouží v tomto zapojení napětí báze-emitor tranzistoru T_2 , tj. při zvoleném kolektorovém proudu asi 1 μA přibližně 420 mV. Výstupní napětí



Obr. 9. Stabilizátor malých napětí pro malé výstupní proudy. Jako tranzistory T_1 a T_2 lze použít tuzemské typy z řady KC (např. KC508 nebo KC148; popř. dvojici těchto tranzistorů v jednom pouzdře), jako T_3 tranzistor KF517

odpovídá poměru odporů děliče R_2 , R_3 a lze ho určit ze vztahu

$$U_{\text{výst}} = \frac{R_2 + R_3}{R_3} U_{\text{BE } T_2}$$

Pro součástky podle obr. 9 je tedy

$$U_{\text{výst}} = \frac{(56 + 33) \cdot 10^3}{33 \cdot 10^3} \cdot 0,42 = 1,14 \text{ V.}$$

Technické údaje

Vstupní napětí: 1,2 až 1,8 V.

Výstupní napětí: asi 1,14 až 1,15 V.

Max. výstupní proud: 5 mA.

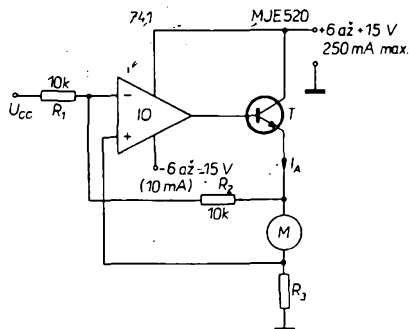
Vnitřní odpor: 1 až 2 Ω .

Větší odběr proudu je možný při zmenšení odporu R_1 . Změna vstupního napětí v mezích uvedených v technických údajích vyvolá změnu výstupního napětí asi o 70 mV.

Schaltbeispiele mit diskreten Halbleiterbauelementen ITT

Regulační obvod k řízení rychlosti otáčení stejnosměrných motorů

Rychlost otáčení stejnosměrných motorů lze regulovat zapojením na obr. 10.



Obr. 10. Obvod k řízení rychlosti otáčení malých stejnosměrných motorů. R_3 je náhradní odpor k určení proudu kotvou motoru

Vyloučíme-li různé vlivy indukčnosti vinutí motoru, lze pro stejnosměrný motor napsat vztah pro napětí na jeho přívodech $U_m = I_A R_A + U_{zp}$, kde U_m je napětí na motoru, I_A a R_A jsou označeny ve schématu na obr. 10, U_{zp} je „zpětná“ elektromotorická síla. Lze tedy předpokládat, že U_{zp} je přímo úměrná rychlosti.

K určení odporu kotvy a proudu kotvy (tj. k určení součinu $R_A I_A$) je použit odpor R_3 . Operační zesilovač a regulační tranzistor generují napětí

$$2(I_A R_A) - U_{cc}$$

Proto napětí na motoru je

$$U_m = I_A R_A - U_{cc}$$

Kontrolní napětí je potom co do velikosti stejné jako „zpětná“ elektromotorická síla a je přitom proporcionální rychlosti otáčení motoru.

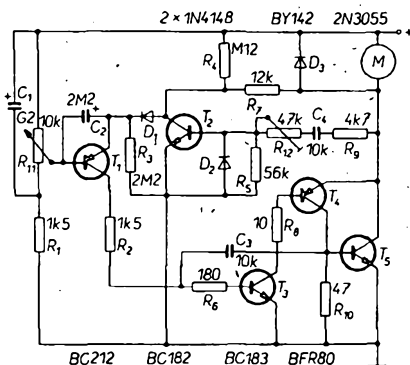
Rozsah kontrolního napětí v mezích od -0,1 do -5 V umožní regulovat rychlost otáčení motoru v mezích asi od 40 do 2000 ot/min., a to nezávisle (do jisté míry) na napájecím napětí a na změnách zatížení.

Zapojení je vhodné pro stejnosměrné motorky s odběrem proudu asi až do 200 mA, při napájecím napětí do 12 V. Tranzistor je možné nahradit tuzemským typem z řady KU nebo KD podle odebraného proudu (podle typu motoru), operační zesilovač je typu 741.

Practical Electronics, duben 1977

Jiný regulační obvod k řízení rychlosti otáčení stejnosměrných motorů

Podle autora původního článku umožňuje obvod na obr. 11 řídit rychlost otáčení většiny stejnosměrných motorů a umožňuje dosáhnout maximálního točivého momentu těchto motorů při každé nastavení (zvolené) rychlosti až do spodní meze 100 ot/min.



odporový trimr 2,2 k Ω v sérii s odporem 10 k Ω (nebo za jinou vhodnou kombinací trimru a pevného odporu).

Zmenší-li se napětí napájecích niklo-kadmiových akumulátorů na 10 V, zmenší se výstupní napětí integrovaného operačního zesilovače a dioda D_2 přestane svítit. Po připojení nabíječe se dioda opět rozsvítí, až se napětí niklo-kadmiových akumulátorů zvětší opět na 12 V. Při cenách součástek v zahraničí je uvedený obvod mnohem levnější, než běžné používané měřidlo.

Jedinou relativní nevýhodou zapojení je nutnost použít přesné odpory. Zapojení však lze snadno využít k indikaci jiných vstupních napětí v různém rozsahu – k tomu stačí vhodně zvolit velikost referenčního napětí (Zenerova diody) a odpory děličů.

Variantou obvodu podle obr. 12a by se dal nazvat obvod na obr. 12b. V tomto zapojení se operační zesilovač používá jako napěťový komparátor a budič indikační diody. Na invertující vstup operačního zesilovače se přivádí část napětí, jehož velikost se má indikovat. Toto napětí (podle nastavení potenciometru) se porovnává s referenčním napětím na invertujícím vstupu. V tomto případě se svítivá dioda rozsvítí, zmenší-li se vstupní napětí pod určitou mez (danou nastavením potenciometru). Autor zapojení tvrdí, že takto lze indikovat změnu úrovně napětí i několik milivoltů. K indikaci vstupních napětí do 12 V je třeba obvod napájet napětím 12 V, pro indikaci napětí do 13,8 V musí být napájecí napětí 15 V. Jako operační zesilovač lze použít libovolný univerzální typ, např. 741.

Practical Electronics, prosinec 1977
Popular Electronics, září 1977

Zdvojevač stejnosměrného napětí bez transformátoru

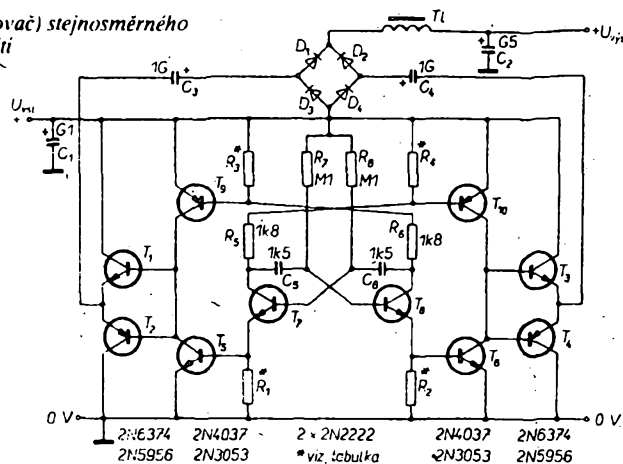
Ještě před několika lety bylo třeba k přeměně poměrně malého stejnosměrného napětí na větší stejnosměrné napětí používat elektromechanické měniče, které pracovaly s malou účinností, nebo oscilátory s transformátorem, které také nevynikaly dobrými vlastnostmi, kromě toho byl návrh měniče relativně složitý, nebo byla složitá jeho mechanická část.

Napěťový zdvojevač s kondenzátory přináší v tomto ohledu mnoho nejvýhodnějších výhod. Nemá žádné mechanické části, jeho účinnost je dobrá a dobře vyhoví pro dnešní zařízení s tranzistory, která bývají napájena ze zdrojů s relativně malým výstupním napětím.

Měnič podle obr. 13 může být zdrojem napájecího napětí např. pro výrobky spotřební elektroniky, používané v motorových vozidlech, které mají odběr proudu až řádu jednotek ampérů. Pro úplnost je na obr. 14 graficky znázorněna účinnost měniče pro nejběžnější napětí akumulátorů ve vozidlech v závislosti na odběru proudu. Z křivek je zřejmé, že např. při nejrozšířenějších akumulátorech 12 V je účinnost v celém rozsahu odebraných proudů až do 3 A lepší než 80 %, což v praxi plně vyhoví všem požadavkům.

Měnič je konstruován jako rychlý elektronický spínač, který střídavě nabíjí kondenzátory C_1 a C_2 na vstupní napětí a pak je připojuje v sérii s napájecím napětím k zátěži. Výstupní napětí se tak vzhledem k napájecímu napětí zvětší na dvojnásobek vstupního napětí. Protože se kondenzátory C_1 a C_2 nabíjejí se vzájemným fázovým posuvem 180°, pracuje obvod jako „pravý“ celovlnný napěťový zdvojevač.

Obr. 13. Měnič (zdvojevač) stejnosměrného napětí



Tranzistory T_1 a T_2 a součástky v jejich obvodu tvoří multivibrátor, který pracuje při napájecím napětí 12 V na kmitočtu asi 5000 Hz. Tento oscilátor generuje dvě stejné napětí pravouhlého průběhu, která mají fázi vzájemně posunutou o 180°. Tyto dva fázové posunuté signály ovládají činnost tranzistorů T_1 , T_2 , T_3 , T_4 . Odpory R_1 až R_4 jsou vybrány tak, aby byl proud báze uvedených tranzistorů 3 mA.

Dvojice tranzistorů T_3/T_4 a T_6/T_{10} produkuje stejné a opačné polarizované napětí pravouhlého průběhu s extrémně strmými náběžnými (čelními) a sestupnými tylovými hranami a jsou schopny poskytovat proud až 100 mA k buzení dvojic výstupních tranzistorů (T_1/T_2 a T_3/T_4).

Vede-li T_7 , jsou tranzistory T_2 , T_3 , T_5 a T_{10} otevřeny do saturace (v nasyceném stavu). Kondenzátor C_1 se nabíjí přes T_2 a D_3 , zatímco kondenzátor C_2 se vybíjí přes T_3 , D_2 na výstupu. Vede-li T_8 , celý jev se opakuje pouze v obráceném smyslu, nabíjí se C_2 a vybíjí se C_1 .

Kondenzátor C_1 potlačuje šíření vln impulsů na vstupu měniče, kondenzátor C_2 a tlumivka TL vyhlazují výstupní napětí.

K největším ztrátám, pokud jde o účinnost měniče těchto typů, dochází úbytky napětí na přechodech tranzistorů a diod. Z těchto důvodů nelze počítat s tím, že by výstupní napětí bylo přesným dvojnásobkem vstupního napětí. Z těchto důvodů se také výstupní napětí mění v závislosti na zátěži – v daném případě je výstupní napětí naprázdno menší asi o 1,4 V, než by odpovídalo dvojnásobku vstupního napětí a při odběru proudu 3 A se zmenší až o 4,8 V. Protože jsou tyto ztráty napětí lineární funkcí výstupního proudu, celková účinnost zapojení pro výstupní proudy do 3 A se značně zvětšuje v závislosti na velikosti vstupního napájecího napětí – čím větší je vstupní napětí, tím lepší je účinnost (viz obr. 14).

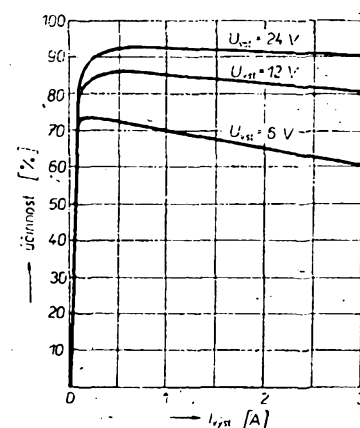
Účinnost dále zmenšuje i odběr proudu multivibrátorem a budičnými tranzistory. Tyto ztráty jsou při napájecím napětí 12 V asi kolem 150 mW.

Měnič je osazen křemikovými polovodičovými prvky. Jeho účinnost lze zvětšit, použijí-li se jako T_1 až T_4 germaniové tranzistory a jako D_1 až D_2 germaniové diody.

Při výstupních prouděch do 100 mA lze ze zapojení vypustit tranzistory T_1 až T_4 , současně lze zmenšit kapacitu elektrolytických kondenzátorů C_1 až C_2 na 50 μ F.

Ztrojevač napětí by bylo možno konstruovat tak, že by se přidaly usměrňovací můstky mezi zem a spojené emitory výstupních tranzistorů – u ztrojevačů napětí je však třeba počítat s mnohem menší účinností a s menším možným odběrem proudu.

Odpory R_1 až R_4 jsou, jak již bylo napsáno, voleny tak, aby proud bázemi tranzistorů T_5 , T_6 , T_9 a T_{10} byl 3 mA. Proto se pro různá napájecí napětí volí takto:



Obr. 14. Závislost účinnosti měniče z obr. 13 na vstupním napětí při různém odběru proudu

pro napájecí napětí 6 V – odpory se vypustí,
10 V – R_1 až R_4 = 1000 Ω ,
12 V – R_1 až R_4 = 330 Ω ,
15 V – R_1 až R_4 = 180 Ω ,
18 V – R_1 až R_4 = 120 Ω ,
21 V – R_1 až R_4 = 100 Ω ,
24 V – R_1 až R_4 = 82 Ω .

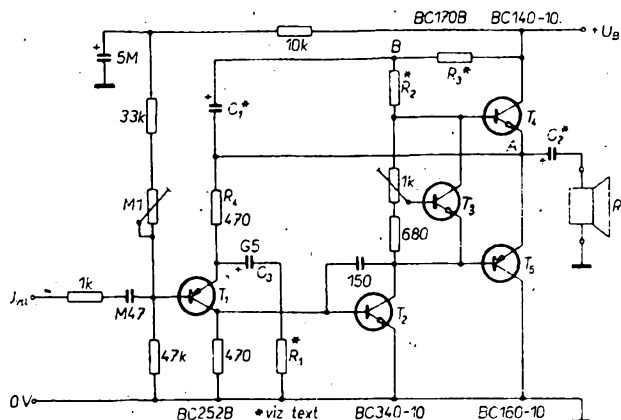
Pokud jde o náhradu zahraničních součástek našimi výrobky, lze jako T_1 a T_2 použít např. KS500, KC508, KC148 apod. Ostatní tranzistory je třeba volit podle požadovaného výstupního proudu, mohou být jak germaniové, tak křemikové. Stejně podle požadovaného výstupního proudu je třeba volit i diody v můstku. Tlumivka TL má indukčnost 100 μ H při proudu 4 A (stejněsměrný odpor vinutí asi 0,1 Ω nebo méně). Podle požadovaného výstupního proudu bude také třeba opatřit koncové tranzistory příslušnými chladiči.

Popular Electronics, září 1977

Nf technika, doplňky elektronických hudebních nástrojů

Dvojčinný nf koncový zesilovač s komplementárními tranzistory malého výkonu

Svého času byly velmi oblíbeny návody na stavbu nf zesilovačů pro výkony kolem 100 mW – v nf zesilovačích se ovšem používaly převážně germaniové tranzistory, protože jiné nebyly k dispozici. Zesilovač podobné koncepce s křemikovými tranzistory s malým šumem, jimž by bylo možno staré zesilovače



např. v rozhlasových přijímačích nahradit, je na obr. 15.

Zesilovač na obr. 15 je dvojitý nř zesilovač s doplňkovými tranzistory středního výkonu, z našich tranzistorů by jako koncová dvojice byly vhodné tranzistory KF507 a KF517. Všechny stupně nř zesilovače jsou přimovázány, bez elektrolytických kondenzátorů, proto je možné stabilizovat pracovní režim zesilovače stejnosměrnou zápornou zpětnou vazbou přes všechny stupně a to z výstupu přes odpor R_4 do emitoru vstupního tranzistoru. „Strídavě“ lze tuto zpětnou vazbu omezit na vhodnou velikost volbou kapacity kondenzátoru C_3 a odporu R_1 .

Tak zvaným zapojením bootstrap (kondenzátor C_1 z výstupu před kondenzátorem C_3 ke společnému bodu B odporů R_2 , R_3) se dosáhlo toho, že vybuzení kladnými špičkami signálu je určeno pouze saturačním napětím tranzistoru T_4 . Tranzistor T_3 spolu s odporovým trimrem $1\text{ k}\Omega$ určují klidový proud dvojice koncových tranzistorů. Při nastavování je třeba běžec odporového trimru nastavit nejprve na ten kraj odporové dráhy, který je spojen s kolektorem T_3 , a pak jeho postupným otáčením nastavit klidový proud asi 15 až 20 mA. Tranzistor T_3 stabilizuje klidový proud při změnách teploty okolí a napájecího napětí.

Proměnným odporem $100\text{ k}\Omega$ se nastavuje souměrnost omezování sinusového signálu; souměrnost omezování se obvykle dosáhne při stavu, kdy je napětí na emitorech koncových tranzistorů rovno polovině napájecího napětí.

Kondenzátor 150 pF i odpor $1\text{ k}\Omega$ na vstupu zesilovače zamezují rozkmitání zesilovače na vysokých kmitočtech.

Při daném zatěžovacím odporu (impedance reproduktoru) a saturačním napětí koncových tranzistorů $0,7\text{ V}$ závisí dosažitelný výstupní výkon na napájecím napětí podle vztahu

$$P_{\text{vysl}} = \frac{(U_B - 1,4)^2}{8 R_L}$$

Přitom ovšem nesmí být překročen špičkový kolektorový proud dvojice koncových tranzistorů, z čehož vyplývá, že

$$P_{\text{vysl}} = 0,5 I_{C_{\text{max}}}^2 R_L$$

Menší z výstupních výkonů, který po dosazení do rovnic vyjde, je použitelným výstupním výkonem pro použité tranzistory, určité napájecí napětí a danou zátěž. Při výpočtu je vhodné volit jako $I_{C_{\text{max}}}$ pouze 80 % kolektorového špičkového proudu vzhledem ke katalogovým údajům, neboť jinak by byl potřebný budící výkon příliš velký.

Velikost zpětnovazebního napětí je volena tak, aby plného výkonu bylo dosaženo při vstupním napětí asi 100 mV . Vstupní odpor je přitom větší než $20\text{ k}\Omega$ a činitel zkruslení je i při plném výkonu menší než 1 %.

Pro různé zátěže a různá napájecí napětí jsou v tabulkách jednak údaje R_1 a R_2 , R_3 , popř. C_1 a C_2 a jednak dosažitelné výstupní výkony.

Tab. 1. Údaje součástek zesilovače podle obr. 15, které se mění při změně napájecího napětí nebo zatěžovacího odporu

U_B	$R_2 [\Omega] = 4$	8	16	4	8	16	4	8	16	4	8	16
	$R_1 [\Omega]$			$R_2 = R_3 [\Omega]$			$C_1 [\mu F]$			$C_2 [\mu F]$		
6 V	27	27	—	47	100	—	100	50	—	1G	500	—
9 V	15	15	15	47	100	220	100	50	25	1G	500	250
12 V	—	10	10	—	100	—	—	50	25	—	500	250

Tab. 2. Dosažitelné výstupní výkony zesilovače v závislosti na napájecím napětí a odporu zátěže

$R_L =$	4 Ω	8 Ω	16 Ω
U_B	$P_{\text{vysl}} [\text{W}]$	$P_{\text{vysl}} [\text{W}]$	$P_{\text{vysl}} [\text{W}]$
6 V	0,6	0,36	—
9 V	1,5	0,95	0,48
12 V	—	1,7	0,87

Údaje v tabulkách platí samozřejmě pro osazení původními polovodičovými prvky. Lze však s dobrou přesností odhadnout, že se nebudou příliš mnoho lišit, použijí-li se součástky tuzemské výroby podle následujícího přehledu: T_1 – p-n-p křemíkový tranzistor BC178 (na skladě v pardubické prodejně TESLA), T_2 , T_3 KC509 a KC508, T_4 , T_5 KF507, KF517. Jako T_3 by bylo možno použít i typ KF508, ja T_1 KF517. Koncové tranzistory je pro větší výkony třeba chladit. *Schaltbeispiele mit diskreten Halbleiterbauelementen ITT*

Indikátor pro přebuzení nř zesilovačů

Před časem bylo popisováno v AR řady A zapojení indikátoru, reagujícího na modulační špičky (při záznamu na pásek), které nemůže registrovat ručka měřidla díky své setrvačnosti vzhledem k době jejich trvání. Přitom zkruslení, které nutně reprodukcí záznamu takových špiček doprovází, může znehodnotit celou nahrávku.

Proto bylo v poslední době v různých časopisech uveřejněno několik podobných indikátorů, jeden z nich je na obr. 16a. Jde o indikátor špiček pro zesilovač, napájený napětím 24 V. Napětové špičky jsou indikovány svítivou diodou. Svítivá dioda se při součástkách uvedených ve schématu rozsvítí při napětové špičce, odpovídající úrovni sinusového napětí o efektivní hodnotě 5 V; při napětí asi o 3 dB menším, než odpovídá maximálnímu rozkmitu napětí na zesilovacím stupni, pracujícím s napájecím napětím 24 V.

Obvod indikuje jak kladné, tak záporné napětové impulsy. Aby byla indikace stoprocentní, použila se při návrhu obvodu metoda „roztahování“ impulsů, takže jsou bezpečně indikovány i velmi krátké a úzké špičky.

Integrovaný operační zesilovač pracuje jako komparátor, který detektuje impulsy obou polarit. Obě odporové děliče na vstupech operačního zesilovače A jsou navrženy,

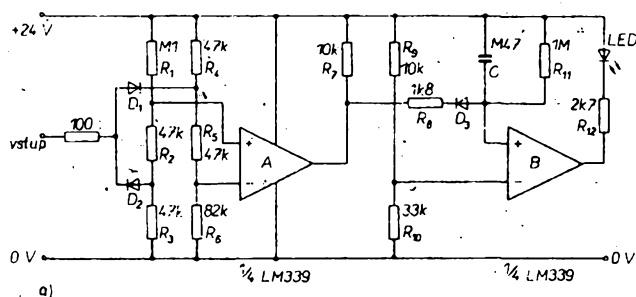
tak, aby napětí na invertujícím vstupu bylo asi o 400 mV menší, než je napětí na neinvertujícím vstupu. Bude-li mít špička přiváděného nř signálu kladnou úroveň, povede dioda D_1 napětí na invertujícím vstupu se zvětší a komparátor změní svůj stav. Stejně tak se změní stav komparátoru, přijde-li přes diodu D_2 záporná špička nř signálu, neboť neinvertující vstup pak bude „zápornější“ než při rovnovážném stavu.

V obou případech se bude napětí na výstupu komparátoru zmenšovat, „paměťový“ kondenzátor C se bude rychle nabíjet přes diodu D_1 a odpor R_8 . Skončí-li špička nř napětí, kondenzátor zůstane nabitý na určité napětí, které vyvolá na výstupu komparátoru B malé výstupní napětí. Svítivá dioda se proto rozsvítí a svítí po celou dobu vybíjení kondenzátoru. Vybije-li se paměťový kondenzátor C přes odpor R_{11} , svítivá dioda zhasne, neboť na výstupu komparátoru se pak změní úroveň napětí z malé na velkou.

Autor v závěru článku upozorňuje, že indikační obvod špiček je třeba napájet z místa zesilovače s malou výstupní impedancí, neboť v opačném případě by diody na vstupu mohly zkruslovat zesilovaný signál.

Jako operační zesilovač bylo v původním návrhu použito pouzdro LM339, v němž jsou sdruženy čtyři jednotlivé operační zesilovače, takže pro konstrukci stereofonního indikátoru pak vystačí jeden integrovaný obvod. Z tuzemských operačních zesilovačů by bylo možno použít např. MAA741, pravděpodobně bez podstatných úprav. Diody jsou univerzální křemíkové typy.

Wireless World, listopad 1977



Obr. 16a. Indikátor modulačních špiček pro nř zesilovač s operačními zesilovači

Detektor špiček pro kazetový magnetofon

Mnohé z jakostních kazetových magnetofonů bývají vybaveny tzv. VU-metrem, což je ručkový přístroj, který by měl indikovat i špičky signálu – tj. ty části nf zaznamenaného signálu, které jsou obvykle při nesprávném nastavení úrovně vybuzení pásku při reprodukci zkresleny. Jak píše autor původního článku, podle jeho zkušeností však tato měřidla indikují špičky různě – u magnetofonů, které zkušel, nebyla indikace špiček uspokojivá – beze zbytku ani v jednom případě.

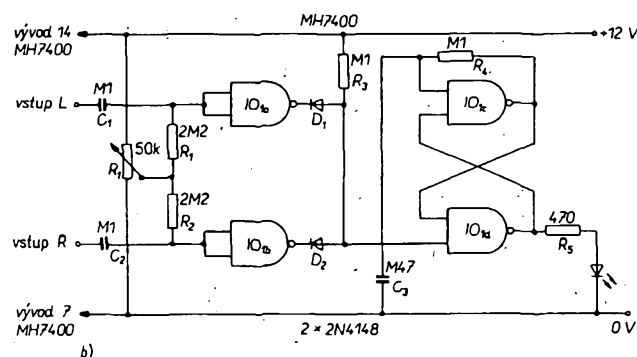
Proto vyvinul jednoduchý přídavný obvod, který bezpečně indikuje špičky v zaznamenaném signálu – navíc lze podle použitého záznamového materiálu a podle druhu zaznamenaného pořadu nastavit indikaci tak, aby byly indikovány skutečně jen ty špičky, které jsou pak při reprodukci slyšitelně zkresleny.

Vstupní signál z pravého a levého kanálu je veden na hradla, která tvoří Schmittův klopný obvod (obr. 16b). Hradla mají určité

počátečního útlumu 2, dobu trvalého stavu (sustain) 3 a dobu doznění (konečného útlumu) 4 po rozpojení kontaktu (klávesy) elektronického hudebního nástroje.

Ke své činnosti vyžaduje obvod na obr. 17 vstupní napětí, odpovídající úrovni logických signálů TTL, tj. po stisknutí klávesy (sepnutí kontaktu) musí být na vstupu úroveň log. 1, po uvolnění klávesy (rozpojení kontaktu) log. 0. Hradla NAND IO_{1c} a IO_{1d} tvoří blokovací obvod, spouštěný hranou impulsu. Do jednoho stavu se obvod uvádí signálem přes C₁ nebo tranzistor T₁. Je-li klávesa stisknuta, je na výstupu IO_{1c} úroveň log. 1. Tranzistory T₂ a T₃ jsou otevřeny, kondenzátor C₃ se nabíjí přes R₆ a odporový trimr R₈ – nastavením trimru R₈ se volí doba náběhu I podle obr. 18. Napětí na kondenzátoru ovládá činnost emitorového sledovače T₄, který zabezpečuje malou výstupní impedanci obvodu. Napětí na výstupu se tedy zvětšuje s pokračujícím nabíjením kondenzátoru. Toto zvětšující se napětí se vede z výstupu i na tranzistor T₁ (přes odpor R₃) a bude-li jeho mezivrcholová velikost asi

du. Tím je ukončen průběh I impulsu podle obr. 18, na výstupu hradla IO_{1b} se změní úroveň na log. 0. Tranzistor T₆ se užavře, T₅ se otevře a kondenzátor C₃ se vybíjí přes R₉ a odporový trimr R_c. Odporovým trimrem R_c lze měnit délku počátečního útlumu impulsu – tj. délku části 2 na obr. 18. Kondenzátor C₃ se bude vybíjet tak dlouho, dokud na něm nebude stejné napětí, jako je na běžce odporového trimru R₀. Nastavením běžce tohoto trimru lze tedy řídit dobu trvání trvalého stavu (sustain), tj. délku části 3 impulsu podle obr. 18. V popsaném stavu setrvá obvod až do té doby, než je přerušen



Obr. 16b. Detektor špiček pro kazetový magnetofon

stejněsměrné předpětí, jímž lze nastavit úroveň, od které jsou špičky signálu indikovány. Výstupy hradel jsou vedeny na vstupy monostabilního obvodu, jehož výstup ovládá rozsvěcení a zhasínání svítivé diody, která slouží jako indikační prvek. Diody jsou buzeny při špičce na vstupu obvodu krátkým impulsem.

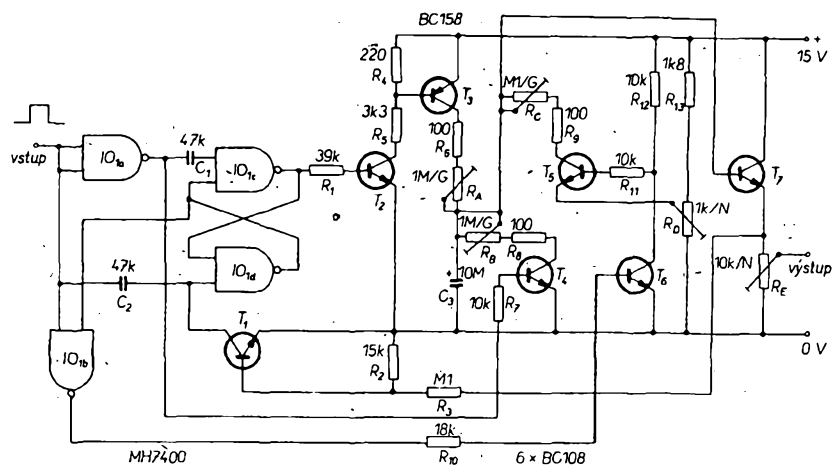
Jako aktivní prvek je v zapojení použito pouzdro SN7400, které obsahuje čtyři hradla NAND. Ekvivalentním tuzemským obvodem je obvod MH7400. Diody jsou běžné univerzální křemíkové typy (např. z řady KA500 nebo KA200 apod.).

Practical Electronics, leden 1978

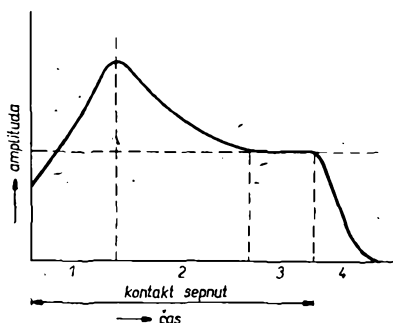
Přechodný (přechodový) generátor

Tento podivný a nezvyklý název je přesným překladem titulu originálního článku v zahraničním časopisu – transient generator. Jde o zajímavý obvod, kterého lze využít např. v elektronických hudebních nástrojích, syntezátorech apod. V podstatě jde o to, že obvod elektronicky napodobuje úpravou impulsů tónových kmitočtů stav, který nastává u klasických hudebních nástrojů – u těch totiž tón po zahrání (tj. např. po stisku klávesy) samočinně doznívá. Přístroj podle obr. 17 upravuje vstupní impulsy pravoúhlého tvaru podle požadavků na výsledný zvuk tak, jak je to zřejmé z obr. 18. Na svislé ose je vynesena amplituda impulsu, na vodorovné ose doba, po níž je kontakt (klávesa) elektronického hudebního nástroje sepnuta a současně i doba doznění impulsu. Všechny čtyři díly impulsu podle obr. 18 lze zařízením upravovat a volit – tj. lze volit dobu náběhu impulsu I, dobu

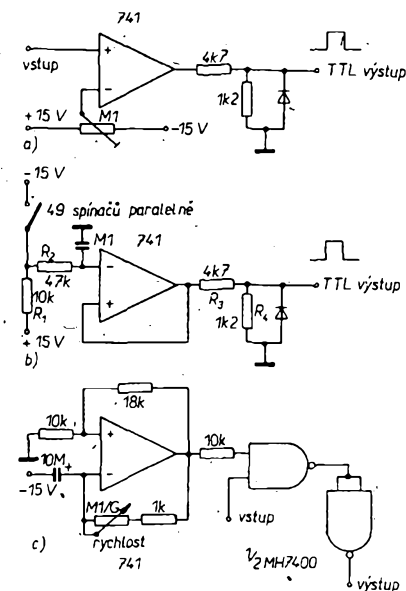
5 V, poteče tranzistorem tak velký proud, že se změní stav na výstupu blokovacího obvodu.



Obr. 17. „Přechodný“ (přechodový) generátor



Obr. 18. Části průběhu impulsu, jejichž dobu lze generátorem měnit



Obr. 19. Interface s výstupem TTL – (a), doplněk k mechanickým spínačům (b) a jednoduchý generátor signálu nízkého opakovacího kmitočtu (c)

kontakt (uvolněna klávesa nástroje). Na výstupu IO_{1a} se objeví úroveň log. 1, která uvede do vodivého stavu tranzistor T₄. Pak se zcela vybije náboj kondenzátoru přes R₈ a odporový trimr R₈. Změnou nastavení odporového trimru R₈ lze nastavit dobu trvání konečného útlumu impulsu, tj. části 4 na obr. 18.

Stiskneme-li klávesu před uplynutím doby náběhu nebo počátečního útlumu, signálem přes C₁ se uvede generátor do takového stavu, který odpovídá počátku konečného útlumu (části 4 na obr. 18) impulsu.

Bude-li se tento generátor používat ve spojení se stávajícím syntezátorem, je k získání potřebného vstupního napětí pro generátor třeba „interface“, tj. meziobvod, který

upraví výstupní signál syntezátoru na signál o úrovních TTL. Příslušný obvod je na obr. 19a. Je upraven pro stav, kdy stisku klávesy odpovídá napětí větší, než je napětí po uvolnění klávesy. V opačném případě je třeba zaměnit vstupy komparátoru.

Spínání mechanických spínačů nese s sebou různé problémy (záškrt, kliky). Úprava odstraňující tyto problémy je na obr. 19b. Odpor R_2 a kondenzátor $0,1 \mu F$ tvoří dolní propust, která redukuje nežádoucí záškrt. Výstupní signál z propusti se vede na integrovaný obvod, který je zapojen jako Schmittův klopný obvod s hysteresí 28 V. Obvod podle obr. 19b lze např. použít k přímému ovládání „přechodného“ generátoru spínači.

Digitalní obvod z obvodů na obr. 19a nebo 19b není třeba zavádět přímo do generátoru. Je-li totiž přiveden na jeden ze vstupů hradla NAND, zatímco na druhý vstup je přiveden signál z oscilátoru, dosáhneme opakovaného efektu, vhodného např. k imitaci hry na mandolinu. V tomto konkrétním případě je kmitočet oscilátoru 5 Hz, na generátoru se nastaví co nejkratší úsek podle obr. 18 a zvolí se vhodně trvalá úroveň (sustain). Vhodný oscilátor opakovacího kmitočtu je na obr. 19c.

Autor zařízení doporučuje pro první pokus použít popsaný generátor s filtrem a se dvěma oscilátory, což odpovídá sestavě jednoduchého syntezátoru.

V každém případě bude asi možno získat díky tomuto přístroji různé zajímavé zvukové efekty – a to celkem jednoduše a poměrně levně.

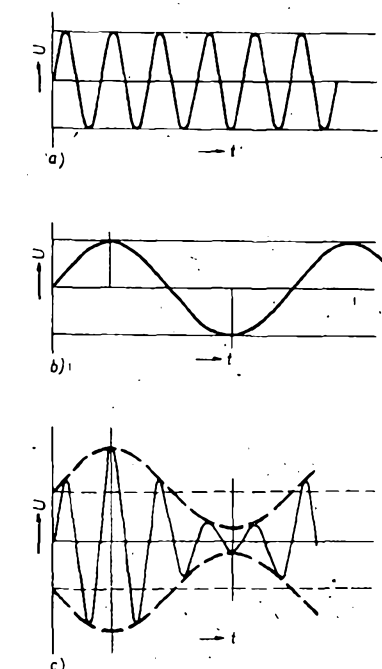
Jako IO₁ poslouží z tuzemské výroby pouzdro MH7400. Všechny tranzistory kromě T_2 lze beze změny součástek nahradit našimi výrobky KC508 nebo KC148. Jako T_2 lze použít buď BC177 nebo KF517, popř. KFY18. Odporové trimry lze nahradit potenciometry a vyvést na panel přístroje, pak lze upravit výsledný zvuk i za hry nástroje. *Practical Electronics, duben 1977*

Trikové obvody pro elektronickou kytaru

Kytarové tremolo

Moderní hudba je poznamenána používáním nejrůznějších elektronicky „vytvořených“ efektů, k nimž nesporně patří i tremolo – rychlá, periodická změna hlasitosti hraného tónu, která dodává hrané skladbě určité hudební „napětí“. Tremolo lze samozřejmě používat nejen u kytary, je vhodné i pro elektronické varhany apod.

Popisovaný obvod – elektronické tremolo – se používá jako meziklánek mezi vývodem



Obr. 20. Vznik tremola; a – vstupní nf signál, b – modulační signál, c – výstupní signál tremola

z kytary a vstupem do zesilovače. Schematicky lze funkci tremola znázornit průběhem základního signálu a modulačního signálu, kterým je základní signál pravidelně „potlačován“ a „zduřazňován“. Na obr. 20 je nf signál z kytary na obr. a, na obr. b je modulační signál a výsledný modulovaný signál – tremolo – je na obr. 20c. Při technické realizaci se signál na obr. 20a získává z kytary (ze snímače nebo z mikrofonu), signál na obr. 20b z multivibrátoru a na obr. 20c z modulatoru.

Zapojení tremolové jednotky je na obr. 21. Tranzistory T_1 a T_2 tvoří astabilní multivibrátor, tranzistory T_3 a T_4 pracují jako modulator. Amplituda tremolového signálu se mění v rytmu kmitočtu multivibrátoru.

Přístroj se napájí napětím, stabilizovaným Zenerovou diodou a odporem R_1 , aby bylo možno napájet jednotku napětími, jaká obvykle bývají k dispozici – tj. od 9 do 30 V. Zenerova dioda má mít Zenerova napětí asi 7,5 V, z našich výrobků je tedy vhodná např. dioda 2N270. Podle skutečného napájecího napětí ze zdroje je pak pouze třeba volit zatížení odporu R_1 tak, aby proud diodou násobený úbytkem napětí na odporu (tj. ztrátový výkon odporu) nepřekročil povolené zatížení odporu.

Ve výchozím stavu je vždy jeden z tranzistorů multivibrátoru otevřen a druhý uzavřen:

Po uplynutí určité doby, dané volbou odporů R_2 až R_5 a kapacitou kondenzátorů C_1 a C_2 (a bázevým předpětím tranzistorů), se multivibrátor „překlopí“; původně otevřený tranzistor se uzavře a uzavřený povede proud. Protože se tyto dva stavy neustále opakují, bude na kolektorovém odporu R_3 tranzistoru T_2 napětí pravoúhlého průběhu: povede-li tranzistor T_2 , bude na jeho kolektoru napětí asi 7 V, bude-li uzavřen, bude jeho kolektoru nulové napětí.

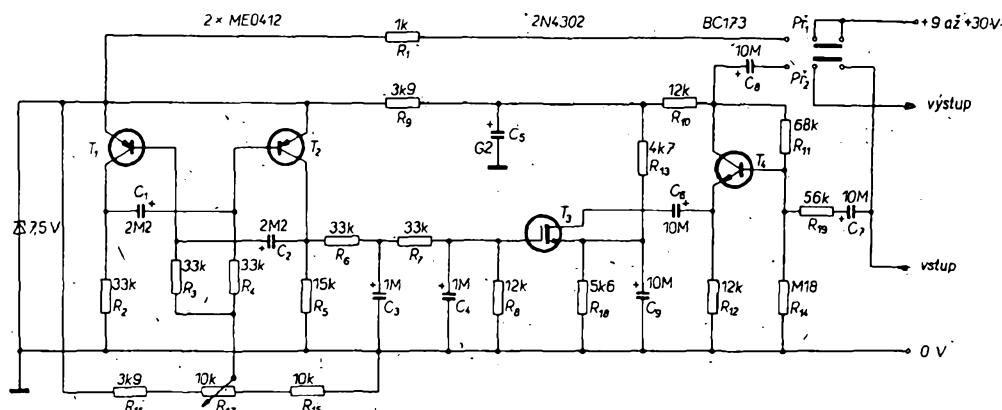
Dobu překlacení multivibrátoru a tím i kmitočet výstupního signálu lze měnit potenciometrem R_{17} . Potenciometr je součástí odporového děliče napětí pro báze tranzistorů multivibrátorů a v daném uspořádání dovoluje měnit kmitočet tremola v mezích od 0,2 do 10 Hz.

Kdyby se nf signál moduloval napětím pravoúhlého průběhu, byl by výsledný efekt poněkud „tvrdý“, tóny by byly jakoby hranařské. Proto je na výstup multivibrátoru připojena dvoustupňová dolní propust z odporů R_6 , R_7 a z kondenzátorů C_3 a C_4 . Propust „oproštuje“ výstupní signál z multivibrátoru od harmonických kmitočtů, takže na výstupu tohoto dvojitého článku RC – tedy na elektrodě G tranzistoru řízeného polem – je signál blízký sinusovému signálu. Odpory R_8 , R_7 a R_6 tvoří napěťový dělič, který upravuje amplitudu signálu z multivibrátoru na úroveň, vhodnou pro další zpracování v modulatoru.

Nf signál se do zařízení vede přes kondenzátor C_1 a odpor R_{10} a to na bázi tranzistoru T_4 . Na kolektoru tohoto tranzistoru, který pracuje jako zesilovač s kolektorovým odporem R_{10} , je zesílený nf signál. V tomto stupni se používají velmi silné zpětné vazby, a to jednak přes mezi kolektorem a zemí zapojený napěťový dělič R_{11} a R_{14} (dělič báze) a jednak přes emitorový neblokovatelný odpor R_{12} . Stupeň má zesílení asi 1.

Paralelně k emitorovému odporu je však vzhledem ke střídavému napětí zapojen kondenzátor C_6 a přechod elektroda D – elektroda S tranzistoru řízeného polem. V takto zapojeném obvodu se tranzistor řízený polem chová jako lineární odpor, jehož hodnota závisí na napětí mezi elektrodami D a S. Protože se napětí na elektrodě G mění v rytmu signálu z multivibrátoru, mění se odpovídajícím způsobem i emitorový odpor R_{12} změnou odporu přechodu S–D, který je k němu, jak jsme uvedli, zapojen paralelně. Tím se mění i velikost zpětné vazby a tím i zesílení tranzistoru T_4 v rytmu signálu multivibrátoru (D – kolektor, S – emitor).

Bude-li tedy např. na okamžik na elektrodě G tranzistoru T_3 signál z multivibrátoru, bude odpor přechodu S–D velmi malý a zmenší se i stupeň zpětné vazby; zesílení T_4 bude velké. Tak se dosáhlo požadované modulace nf signálu napětím multivibrátoru; výstupní signál na kolektoru T_4 bude mít tvar podle obr. 20c.



Obr. 21. Zapojení doplňku ke kytarě – tremolo

Člen RC , R_0 , C_2 omezuje vliv kolísání napájecího napětí pro T_1 v závislosti na činnosti multivibrátoru. Odpor R_{13} spolu s kondenzátorem C_2 a odporem R_{14} tvoří dělič napětí, kterým se upravuje pracovní bod tranzistoru T_3 v závislosti na výstupním napětí multivibrátoru.

Přepínač $Př_1$ připojuje napájecí napětí, $Př_2$ slouží k volbě tremola – bez tremola.

Vstupní odpor zařízení je $56\text{ k}\Omega$, vstupní napětí do 300 mV jsou zpracována se zkreslením menším než 2% . Výstupní odpor je $4,7\text{ k}\Omega$.

Byl-li by požadavek měnit nejen kmitočet, ale i velikost (výraznost) tremola, lze mezi elektrody D a S tranzistoru T_3 zapojit proměnný odpor asi $47\text{ k}\Omega$. Čím bude tento odpor menší, tím menší bude i hloubka modulace, tím méně výrazné tedy tremolo bude.

Pokud jde o náhradu součástek, lze jako T_1 a T_2 použít libovolné $n\text{-p-n}$ tranzistory, křemíkové nebo germaniové. Jako T_3 by bylo třeba vyzkoušet $KF520$ nebo 521 , jako T_4 lze bez změny zapojení použít např. $KC508$ ($KC148$). Na ostatní součástky nejsou kladeny žádné zvláštní nároky. V originálu jsou sice použity kapkové tantalové kondenzátory, pro správnou činnost zařízení to však není podmínkou.

ELO, červen 1976

Fuzz pro elektronickou kytaru

Tento článek má v originálu titul, který přesně přeložen, by zněl „Žádá se zkreslení – s fuzzem pro kytary“. Autor tím chtěl naznačit skutečnost, že v podstatě všechny elektronické doplňky tohoto typu pro hudební nástroje, jako je elektronická kytara, se konstruuji jako „zkreslovače“ signálu, který poskytuje snímač kytary nebo mikrofon. Elektronické doplňky pak mění nejen charakter výsledného zvuku, ale i jeho barvu – ke zcela zvláštním efektům lze pak použít např. několik snímačů, jejich signály různě upravovat a po úpravě směřovat – tím lze získat „přehráli“ nejrůznějších zvuků a současně i zábavu pro volné chvíle, v níž je vhodné spojena tvořivá technická činnost s činností hudební.

Fuzz sám o sobě je zařízení, které z původně sinusových nebo téměř sinusových signálů vytváří signály pravouhlého tvaru s velkým obsahem harmonických kmitočtů. Fuzz se obvykle konstruuje tak, že se v něm signál ze snímače zesiluje na takovou úroveň, aby byl zesilovač fuzzu přebuzen. V popisovaném zařízení je pak za přebuzený zesilovač zařazen ještě Schmittův klopný obvod, který upravuje omezený sinusový signál (vznikl přebuzením zesilovače) na signál přesně pravouhlého tvaru.

Zesilovač fuzzu je na obr. 22 – skládá se z tranzistorů T_1 a T_2 . Díky přímé vazbě mezi stupni zesilovače a zpětné vazbě z emitoru T_2

na bázi T_1 pracuje zesilovač dobře i při širokých mezích napájecího napětí (5 až 12 V). Jsou-li použity součástky podle obr. 22, má zesilovač zisk asi 40 dB , tj. zesílení 100 . Vstupní odpor je asi $200\text{ k}\Omega$. Zesilovač lze snadno upravit – chceme-li získat zesílení v závislosti na kmitočtu přiváděného signálu, stačí zaměnit odporový dělič ve zpětné vazbě za články RC .

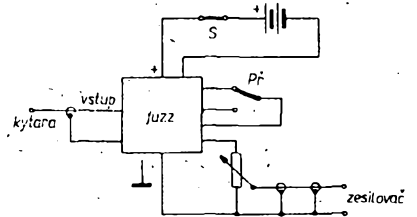
Odhěr proudu zesilovače je asi 2 mA .

Aby se získalo více druhů signálů, je výstupní signál zesilovače, kromě toho, že se vede na následující tvarovací obvod, přiveden i na kontakt 2 přepínače, takže připojeným výkonovým zesilovačem lze zesilovat nejen signál za tvarovačem, ale i výstupní signál ze zesilovače.

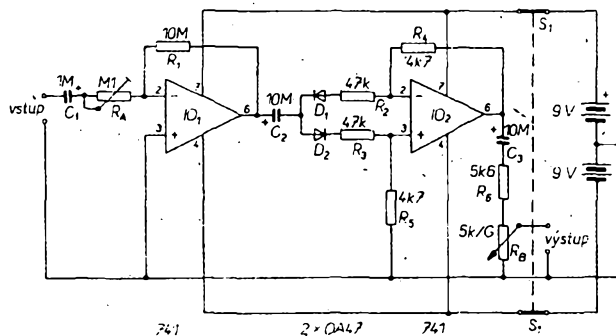
Tvarovací obvod (Schmittův klopný obvod) je osazen tranzistory T_3 a T_4 . Je-li vstupní napětí pro tvarovač malé, bude uzavřen tranzistor T_3 a povede tranzistor T_4 . Zvětšuje-li se vstupní napětí tak, že bude větší než určitá úroveň, daná mezi překlopení tvarovacího obvodu, povede T_3 a uzavře se T_4 . Přitom napětí potřebné k překlopení klopného obvodu do původního klidového stavu je menší, než napětí, potřebné k překlopení klopného obvodu z klidového stavu – tomuto rozdílu obou napětí se říká hystereze. V našem případě je hystereze určena prahovým napětím tranzistoru T_3 a odporem $330\text{ k}\Omega$ v bázi T_3 – bude-li tento odpor nahrazen větším odporem, lze měnit činnost celého zapojení, místo klopného obvodu dostaneme zesilovač.

Výstupní signál z tvarovacího klopného obvodu se vede na kontakt 1 přepínače $Př_1$.

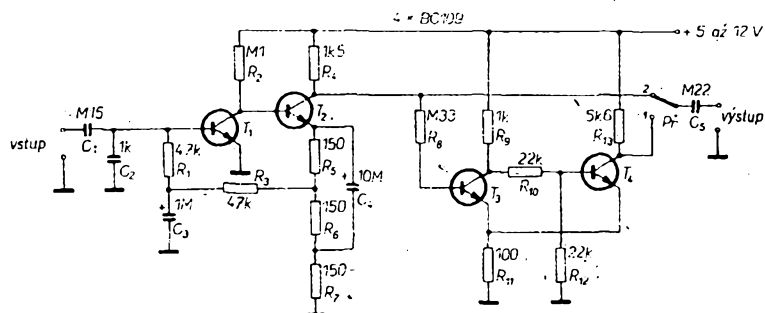
Vhodné mechanické uspořádání fuzzu je na obr. 23. Autor původního článku vestavěl



Obr. 23. Příklad možného uspořádání fuzzu a ovládacích prvků



Obr. 24. Zdobovač kmitočtu pro kytaru s operačními zesilovači



Obr. 22. Zapojení fuzzu pro kytaru; tranzistory T_1 a T_2 tvoří přebuzený zesilovač a tranzistory T_3 a T_4 tvarovač (Schmittův klopný obvod) výstupních signálů.

fuzz na desce s plošnými spoji do podlouhlé skříňky, u níž se velikost výstupního signálu reguluje nožním pedálem, umístěným na jedné straně skříňky, přepínač je na druhé straně skříňky a ovládá se též nohou.

Vstupní a výstupní signál je třeba vést stíněnými kabely, jinak by mohl být užitečný signál narušen brumem.

Jako tranzistory byly v originálu použity univerzální křemíkové typy $n\text{-p-n}$ $BC173B$, $BC109$ atd. Lze je beze změny zapojení nahradit našimi typy $KC509$ v kovovém, nebo $KC149$ v plastickém pouzdře.

Vzhledem k tomu, že zapojení je velmi jednoduché a umožňuje navíc různé experimenty, při nichž lze jednak ověřovat činnost obou základních obvodů při změně jednotlivých součástek a jednak i „dělat hudbu“, lze ho doporučit k realizaci i těm méně zkušeným.

ELO č. 4/1977

Zdobovač kmitočtu pro kytaru

Dalším ze zajímavých obvodů pro elektronické kytary je zařízení, jímž lze získat ze vstupního signálu o určitém kmitočtu výstupní signál o dvojnásobku tohoto kmitočtu. Zdobování kmitočtu výstupního signálu se dosahuje jednoduchým způsobem: celovlnným usměrněním zesíleného vstupního signálu. Přitom se vstupní signál pochoptelně značně zkresluje, což výrazně mění i jeho barvu vzhledem ke vstupnímu signálu.

V zapojení na obr. 24 pracuje IO_1 jako zesilovač signálu z kytarového snímače, signál se upravuje na velikost, vhodnou ke zpracování v usměrňovači s diodami D_1 a D_2 . Odporový trimr R_A je třeba nastavit tak, aby na společném bodu obou diod a elektrolytického kondenzátoru C_2 bylo efektivní napětí asi 4 V – to odpovídá vstupnímu napětí kolem 50 mV . Při tomto napětí na diodách je na výstupu druhého operačního zesilovače efektivní napětí asi 180 mV , které lze upravit napětovým děličem R_6 a R_8 tak, že dostaneme výstupní napětí v rozsahu 0 až asi 80 mV .

Druhý operační zesilovač pracuje tak, že záporné půlvlny vstupního sinusového napětí za D_1 jsou vedeny na invertující vstup, takže se na výstupu objeví v kladné polaritě.

Kladné půlvlny za diodou D_2 přejdou na výstup IO beze změny. V důsledku toho bude mít signál na výstupu druhého operačního zesilovače vzhledem k signálu na vstupu dvojnásobný kmitočet.

Požaduje-li uživatel zařízení menší obsah harmonických kmitočtů ve výstupním signálu, lze paralelně k potenciometru R_8 připojit kondenzátor s kapacitou kolem 22 nF .

Použité operační zesilovače jsou typy 741 , lze je nahradit tuzemskými ekvivalentními výrobky $MAA741$, popř. operačními zesilovači řady $MAA500$, u nichž se udělá kmitočtová kompenzace, odpovídající přenesenému kmitočtovému pásmu (nf).

Practical Electronics, srpen 1977

Elektronická sířena

Jako varovný signál je nejvhodnější signál, u něhož se mění jak hlasitost, tak i výška tónu (zdánlivě nebo i ve skutečnosti). Jedno z nejjednodušších zapojení zdroje takového signálu je na obr. 25 – jde o elektronickou sířenu, k jejímuž výstupu lze přímo připojit reproduktor. V původním článku je sířena určena jako součást hlídacích zařízení pro motorová vozidla, napájí se tedy ze zdroje 12 V (z akumulátoru) a doplňuje se čidlem, které ji spouští.

Tranzistory T_1 a T_2 tvoří multivibrátor, tranzistory T_3 a T_4 pracují jako nf zesilovač. Protože multivibrátor dodává tón určité amplitudy a hlasitost sířeny musí kolísat (tón musí být modulován), musí se tranzistory T_1 a T_2 vybrat tak (důvod vyplývá z dalšího výkladu), aby jejich zesilovací činitel byl větší než 250 (malá změna předpětí bázi musí vyvolat velkou změnu proudu kolektoru).

Multivibrátor pracuje s časovými konstantami, danými články $RC - C_3, R_3$ a C_4, R_4 . Těmi je dán výstupní signál určitého konstantního kmitočtu (a konstantní amplitudy). Tento střídavý signál se dále zpracovává zdvojovačem napětí s kondenzátory C_5 a C_6 a diodami D_1 a D_2 . Tím se získá zaporné napětí, které přes proměnný odpor R_A mění napětí na kladné elektrodě elektrolytického kondenzátoru C_1 (asi o 1 V). V důsledku toho bude i na bázích tranzistorů T_1 a T_2 „méně kladné“ předpětí. Tím se změní jak amplituda, tak i kmitočet výstupního signálu.

Při zmenšujícím se výstupním napětí se bude i nadále usměrněné napětí (diodou D_1) na kondenzátoru C_5 stále zmenšovat, což bude mít za následek, že se kmitočet i ampli-

tuda výstupního signálu opět zvýší na původní velikost. Nastavení odporových trimrů R_A a R_B určuje velikost změny kmitočtu a amplitudy. Odporovým trimrem R_B se mění pracovní bod tranzistorů T_1 a T_2 – v základním zapojení by na jeho běh mělo být napětí asi 4,8 V. Pak by na anodě diody D_1 mělo být napětí asi -4 V a na kladné elektrodě elektrolytického kondenzátoru C_1 asi +0,5 V. Pro uvádění do chodu poslouží i napětí na kolektorech T_1 (asi +7 V) a T_2 (asi 6,5 V). To vše za předpokladu, že Zenerova dioda má Zenerovo napětí 7,5 V (za odporem R_7).

Amplituda výstupního napětí na R_2 je asi 7 V (mezivrcholová velikost), signál má nesymetrický pravouhlý průběh. Tento výstupní signál je na nf zesilovač navázán odporem R_5 .

Sířenu lze napájet z libovolného zdroje napětí od 10 do 15 V, zmenší-li se odpor R_7 asi na 150 Ω lze k napájení použít i zdroj 9 V.

Po uvedení do chodu se součástkami podle schématu lze sířenu „prověřit“ i s jinými součástkami článků RC : změnou C_3 v mezích 5 μF až 50 μF lze ovládat rychlost změny amplitudy tónu, změnou C_4 a C_2 v mezích 47 nF až 0,15 μF citlivost a „polohu“ tónu, změnou C_1 a C_5 v mezích 2,2 nF až 5,6 nF změnu kmitočtu základního tónu multivibrátoru.

Při náhradě polovodičových součástek použijeme jako T_1 a T_2 tuzemské tranzistory KC509 nebo KC149 bez změny v zapojení – současně je zaručeno, že tranzistory mají požadovaný zesilovací činitel (větší než 250). Jako T_3 lze použít KF506 až KF508 (KFY34, KFY46), popř. opět KC509 nebo KC508,

jako koncový tranzistor bude pravděpodobně nejvhodnější KD602, popř. jiný z řady KD600 nebo KD500, nebo i z řady KU.

Diody jsou univerzální křemíkové typy, nahradit je lze diodami buď z řady KA500 nebo KA200.

ELO č. 10/1977

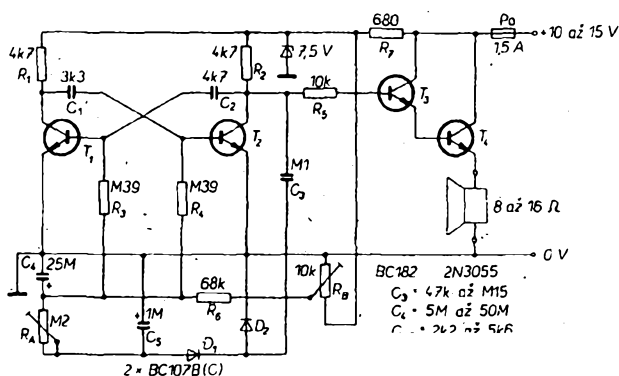
Nf generátor signálu sinusového a pravouhlého průběhu

Jedním z nejpoužívanějších přístrojů v dílně i v laboratorii je generátor nf signálu, jímž lze zkoušet, měřit a cejchovat nf, číslicová a mnoho dalších zařízení (např. otáčkoměry pro motorová vozidla apod.).

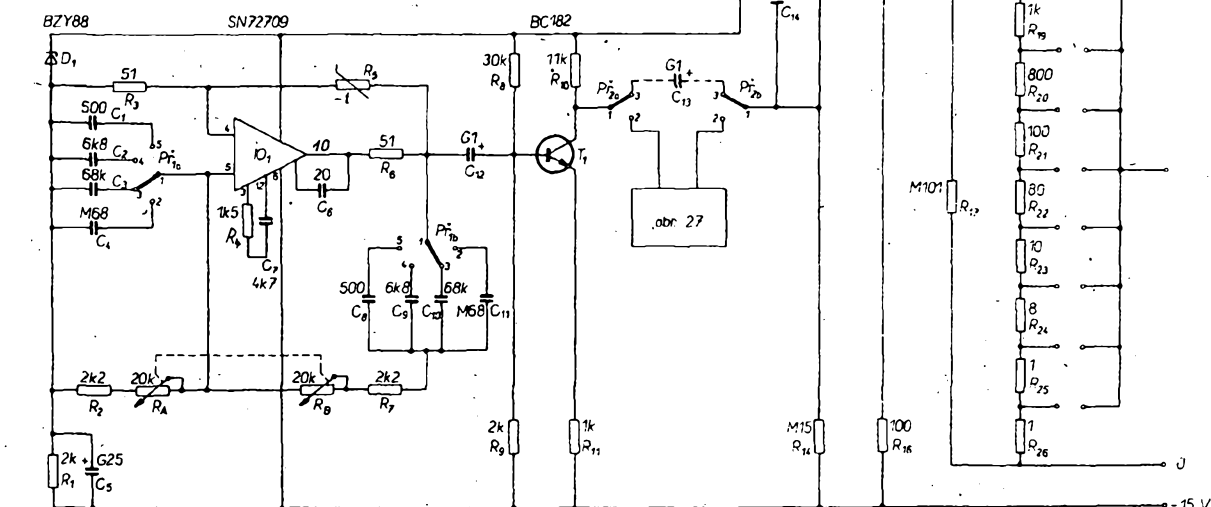
Jednoduchý nf generátor, který je vhodný pro běžné použití, je na obr. 26. Kmitočet výstupního signálu lze plynule měnit od 10 Hz do 100 kHz, maximální mezivrcholová hodnota výstupního signálu je 10 V a lze ji měnit po stupních až do 1 mV. Z výstupu lze napájet všechny zátěže až do 600 Ω (do výstupního napětí 10 mV) a přes 100 k Ω na rozsazích nad 20 mV.

Základem nf generátoru je oscilátor. V tomto zapojení je jako oscilátor s Wienovým můstkem použit integrovaný operační zesilovač typu SN72709 (ekvivalentem tuzemské výroby je MAA501, 502, 503 nebo 504). Jako zpětnovazební odpor, na němž závisí zesílení zesilovače, je použit termistor – teplotně závislý odpor. Základní zesílení je určeno poměrem odporů R_3 a R_4 a je asi 3. Obvod dále obsahuje kmitočtové kompenzační prvky C_3 , C_6 a R_6 , které zabezpečují stabilitu oscilátoru ve zvoleném kmitočtovém rozsahu.

Velikost výstupního napětí je tedy kontrolována termistorem – zvětší-li se napětí, termistorem protéká větší proud, tj. více se ohřívá, jeho odpor se zmenšuje; proto se zmenšuje i zesílení operačního zesilovače a výstupní napětí se tedy zmenší na požadovanou velikost. A stejně obráceně: zmenší-li se výstupní napětí, termistorem protéká menší proud, jeho odpor se zvětší a tím se



Obr. 25. Zapojení elektrické sířeny s jednoduchým nf zesilovačem



Obr. 26. Zapojení nf generátoru s operačním zesilovačem pro kmitočty od 10 Hz do 100 kHz a s výstupním napětím až 10 V. Generátor má čtyři základní rozsahy, volené přepínačem Pf_1 : údaj na stupnici krát 10, krát 100, krát 1000 a krát 10 000

zmenší i zpětná vazba, což má za následek větší výstupní napětí. Toto uspořádání dovo-luje dosáhnout konstantního výstupního na-pětí na vývodu 10 operačního zesilovače (číslování platí pro obvod v pouzdře DIL, tj. pro MAA503, u kulatého kovového pouzdra typů MAA501, 502, 504 je jako výstup zapojen vývod 6).

Oscilátor je v tomto zapojení vytvořen z operačního zesilovače kladnou zpětnou vazbou z výstupu přes kmitočtové selektivní články RC (C_8 až C_{11} a R_8) na neinvertující vstup.

Kmitočet oscilátoru je určen vztahem

$$f = \frac{1}{2\pi RC}$$

Protože R_8 má v sérii ještě pevný odpor, bude v rovnici pro výpočet kmitočtu osciláto-ru odpor R reprezentován součtem odporu potenciometru R_8 (zapojeného jako pro-měnný odpor) a odporu R_7 , 2,2 k Ω . Jako C se do vztahu dosazuje kapacita kondenzá-toru, zvoleného přepínačem Pf_1 .

Protože je charakteristickým jevem pro operační zesilovač typu 749, že je jeho výstupní signál, překročí-li určitou velikost (na vysokých kmitočtech), dosti zkreslen, je výstupní signál omezen na několik voltů. Zenerova dioda zajišťuje spolu s odporem R_{11} , že je výstupní signál souměrný vzhledem k „zemi“, tj. k 0 V.

Výstupní signál z operačního zesilovače se vede na zesilovací tranzistor T_1 přes oddělo-vací kondenzátor 100 μF . Zesílený signál se snímá z odporu v kolektoru T_1 , vede se na přepínač Pf_2 a z něho buď do tvarovacího obvodu (viz obr. 27), nebo přímo na koncový zesilovač s tranzistorem T_2 a T_3 . Na výstupu generátoru je zapojen dělič s odpory R_{18} až R_{26} , z jednotlivých odporů lze snímat napětí 1 mV až 10 V. Zátěže do 600 Ω na rozsazích 1 až 10 mV a nad 100 k Ω (na ostatních rozsazích) nemají vliv na velikost výstupního napětí jednotlivých rozsahů generátoru.

Přepne-li se přepínač Pf_2 do polohy 2, vede se signál do tvarovače, který upravuje sinusové napětí na napětí pravoúhlého prů-běhu. Tranzistory T_1 a T_2 (obráz. 27) tvoří Schmittův klopný obvod; je-li např. T_1 uzav-řen, je T_2 otevřen, neboť jeho báze je napájena přes odpory R_4 a R_6 ze zdroje -15 V. V tomto stavu obvod setrvá tak dlouho, dokud bude na bázi T_1 kladná půlvlna sinusového signálu (přes R_{11}). V okamžiku, kdy sinusovka vstupního signá-lu bude procházet vodorovnou osou a začne se měnit její úroveň na zápornou (napětí se rovná nule), na bázi T_1 se začne zvětšovat záporné napětí (záporná část sinusovky), první tranzistor povede a napětí na jeho kolektoru se začne zmenšovat. Tato změna se přenesle přes emitor T_2 i na emitor T_1 a „donutí“ tento tranzistor, že se „vypne“

mnohem rychleji, než při běžném zapojení. Podobný pochod proběhne i při změně zá-porné části sinusovky na kladnou. Výsled-kem bude napětí pravoúhlého průběhu na kolektorech T_1 a T_2 – signál z T_2 se pro další zpracování zesílí na ± 10 V tranzistorem T_3 a vede na vývod 2 přepínače Pf_2 a z něho opět na koncový zesilovač a na výstupní dělič.

Vhodný napájecí zdroj pro generátor je na obr. 28. Síťový transformátor má sekundární napětí 40 V.

Stejnoseměrné napětí na C_1 má být asi 55 V.

A ještě k součástkám generátoru: číslování vývodů operačního zesilovače SN72749 odpovídá našemu typu MAA503, jako T_1 lze použít KF508, jako T_2 a T_3 doplňkovou dvojici KF507/KF517, popř. KFY46/ /KFY18. Dvojici T_1 a T_2 Schmittova klopného obvodu lze nahradit tranzistorem KF517, jako T_3 lze použít opět KF508.

Pro správnou činnost je třeba mít dvojtypi potenciometr (R_8 + R_9) s co nejlepším sou-během a linearitou odporových drah a kon-denzátory C_1 až C_8 a C_9 až C_{11} s tolerancí 1 %. Pak pro nejčastěji se vyskytující maximální úhel otočení hřídele dvojitého potenciometru R_8 + R_9 (většinou 285°) platí při cejcho-vání následující tabulka (tab. 3).

Practical Electronics, červen 1975

Tab. 3. Údaje ke kalibraci generátoru

Kmitočet [kHz]	Odpor potencie- metru R_8 (R_9) [k Ω]	Násobič ¹⁾	Typický úhel natočení [°]
1,05	20,10	1,000	285
1,5	13,40	0,652	190
2	9,50	0,475	135
2,5	7,16	0,358	102
3	5,60	0,280	78,8
3,5	4,49	0,224	64
4	3,65	0,182	52
4,5	3,00	0,150	43
5	2,48	0,124	35
5,5	2,05	0,100	28,5
6	1,70	0,085	24
6,5	1,40	0,07	20
7	1,14	0,057	16
7,5	0,92	0,046	12,8
8	0,72	0,036	10,2
8,5	0,55	0,028	7,9
9	0,40	0,020	5,7
9,5	0,26	0,013	3,7
10	0,14	0,007	1,9
10,6	0,01	0,000	0

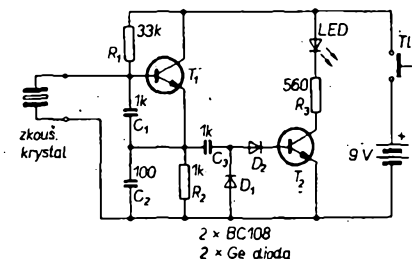
¹⁾ Násobič slouží k získání potřebného údaje o vzdá-lenosti nebo o úhlu mezi dvěma sousedními body stupnice.

²⁾ Tento údaj slouží k nakreslení stupnice, použije-li se např. přesný úhlověr, přičemž 0° odpovídá kmitočtu 10,6 ve zvoleném rozsahu, 285° kmitočtu 1 ve zvoleném rozsahu (např. 10,6 až 1 kHz).

Jednoduchý zkoušeč krystalů

Často je třeba zjistit, nekmitá-li krystalový oscilátor „díky“ krystalu, nebo je-li chyba v zapojení. V takovém případě poslouží jednoduchý zkoušeč, jehož schéma je na obr. 29.

Zkoušeč pracuje aperiodicky, tzn. že ho není třeba nijak nastavovat. Zkoušený krys-tal je zapojen spolu s tranzistorem T_1 a se součástkami R_1 , C_1 , R_2 , C_2 jako Colpittsův oscilátor, který kmitá na kmitočtu krystalu. V napětí z oscilátoru se usměrňuje v napěto-vém zdvojovači s diodami D_1 a D_2 a s kon-denzátorem C_3 a otvírá tranzistor T_2 . V ko-lektoru tranzistoru je zapojena svítivá dioda (LED), která bude svítit více či méně v závis-



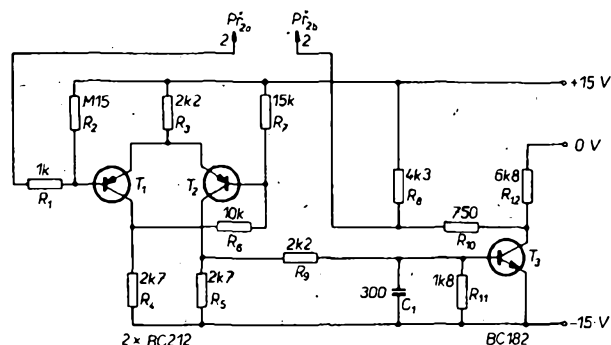
Obr. 29. Jednoduchý zkoušeč krystalů s indi-kací svítivou diodou. Zkoušeč je zapojen jako Colpittsův oscilátor.

losti na velikosti usměrňovaného a zdvojova-ného vř. napětí, z čehož lze částečně usuzovat i na jakost použitého (zkoušeného) krystalu. Vadné krystaly pochopitelně diodu neroz-svítlí.

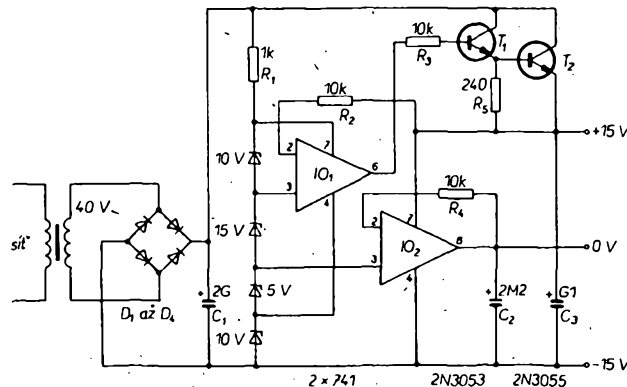
Na výstup oscilátoru by bylo pochopitelně možno připojit i nějaký měřič kmitočtu, pak by zkoušeč mohl být použit i k identifikaci kmitočtu, na němž krystal kmitá.

Pro zkoušení krystalů do souprav pro dálkové řízení modelů, do hodin, do občan-ských radiostanic apod. lze jako T_1 a T_2 použít libovolné tzv. nf křemíkové tranzisto-ry jako např. KC508, KC148 apod., lze samozřejmě použít i tranzistory vř. např. KF525 apod. Diody jsou univerzální, germa-niové, např. z řady GA. Svítivá dioda je univerzální typ. Kondenzátory jsou keramí-ké, tlačítko slouží jako spínač napájecího napětí, protože ke kontrole neporušenosti krystalu stačí přivést napájecí napětí pouze na okamžik.

Bude-li zkoušeč používán např. v mode-lářském kroužku nebo v radioklubu, tj. častěji, je výhodné opatřit ho objímkou pro zkoušené krystaly, v opačném případě lze krystal připojovat i např. krokosvorkami. ELO č. 12/1977



Obr. 27. Tvarovací obvod, v němž se upra-vuje vstupní sinusové napětí na napětí pra-vouhlého průběhu



Obr. 28. Zapojení zdroje, vhodného k napájení generátoru na obr. 26. Protože zdroj je navržen na souměrnou zátěž představovanou generátorem nf signálu na obr. 26, bude pracovat pouze s ním – nelze ho proto použít jako univerzální zdroj pro jiné účely!

Nf generátor jako stavebnice

V zahraničí jsou velmi oblíbeny jednoduše-
lové stavebnice nejrůznějších přístrojů, od
jednoduchých až po značně složité – typic-
kým příkladem byla např. stavebnice kalku-
lačky, popsána v AR před několika lety.
Stavebnice bývají obvykle velmi dobře pro-
pracované a bezpečně splňují technické úda-
je, uvedené v jejich příloze.

Jednou ze zajímavých stavebnic, které
vyvinula a uvedla na trh firma ITT, jeden
z největších světových výrobců polovodičo-
vých součástek, je stavebnice nf generátoru.
Generátor dodává sinusový signál o kmitočtu
20 až 200 000 Hz ve čtyřech základních
rozsazích 20 až 200 Hz, 200 až 2000 Hz, 2 až
20 kHz, 20 až 200 kHz. Při správném nastave-
ní má výstupní signál zkreslení menší než
1 %. Výstupní impedance je 10 až 70 Ω a je
závislá na nastavení potenciometru, jímž se
reguluje úroveň výstupního signálu. Maxi-
mální úroveň výstupního napětí je 1 V.

Schéma generátoru je na obr. 30. Generá-

a napětově závislý odpor – žárovku 6 V/
50 mA. Žárovka představuje napětově zá-
vislý odpor s kladným teplotním součinitelem
– její odpor se se zvyšující se teplotou
zmenšuje. Zvětší-li se výstupní napětí nad
zvolenou velikost, vlákno žárovky se ohřeje,
jeho odpor se zmenší a zpětnovazební napětí
se zvětší. Proto se zmenší i zesílení tranzistoru
T₁, neboť se napětí báze přiblíží napětí
emitoru.

Stejný jev v opačném smyslu nastává při
zmenšení napětí na výstupu.

Základní úroveň zpětné vazby lze nastavit
proměnným odporem R₁₃ (trimr 220 Ω).
Trimr se nastavuje tak, aby při běžci regula-
toru úroveň výstupního napětí v horní poloze
bylo výstupní efektivní napětí asi 1 V.

Aby byly pracovní podmínky generátoru
co nejstálší, je přístroj napájen ze síťového
zdroje stejnosměrným napětím 24 V. V ori-
ginálním zapojení se toto napětí získává
zdvojovacím napětím; při praktické realizaci
by však postačilo použít transformátor se
sekundárním napětím asi 18 až 20 V a to

usměrnit buď dvojcestně nebo můstkově.
Jako vyhlázkovací kondenzátor by pravděpo-
dobně stačil jeden kondenzátor o kapacitě
1000 až 2000 μF. Pro vyšší nároky by bylo
vhodné stabilizovat napájecí napětí Zenero-
vou diodou (7 nebo 8NZ70).

Použité polovodičové prvky lze nahradit
tuzemskými součástkami takto: T₁ – křemi-
kový tranzistor n-p-n, např. KC508
(KC148), T₂ – křemíkový tranzistor p-n-p,
např. GC520 nebo GC521. Žárovka je
běžná, typ pro kapesní svítilny (nebo tzv.
telefonní) pro napětí 6 V a proud 50 mA.
Stavební návody ITT

Elektronické hry

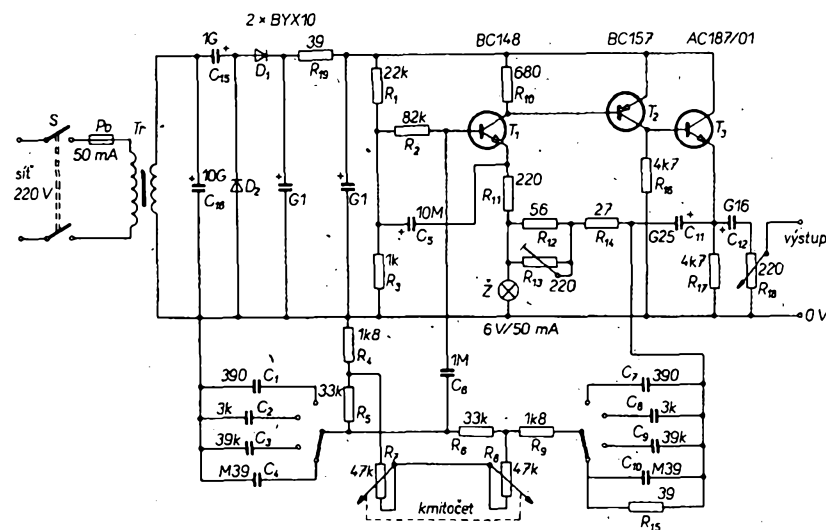
Velmi vhodnými předměty amatérských
konstrukcí, při nichž lze snadno vníkat nená-
silně do tajů např. číslicové techniky, jsou
nejrůznější „transformace“ původně mecha-
nických her a hraček. V tomto časopisu bylo
popsáno již několik náhrad různých spo-
lečenských her elektronickými přístroji, napo-
sledy to byla např. ruleta, několikrát byla
popsána elektronická kostka, přístroj pro
náhodnou volbu čísel Sportky apod.

Dnes si popíšeme několik dalších elektro-
nických náhrad původně mechanických her.

Elektronické „tahání slrek“

V originálu se tento druh her nazývá
Knobelspiel, v češtině není přesný ekvivalent
tohoto slova, který by dokonale popsal tuto
hru. Jde vlastně o druh elektronické hry,
která u nás byla již popsána a která se nazývá
NIM. Hra vznikla pravděpodobně tak, že se
hledal způsob, jak demonstrovat „inteligenci“
počítače např. při exkurzi většího počtu
zájemců ve výpočetním středisku. Jeden
z návštěvníků pak hrál tuto hru s počítačem
jako protihráčem – a ve valné většině případů
prohrál.

Zapojení hry je na obr. 31. Pravidla hry
jsou velmi jednoduchá: dva hráči přidávají



Obr. 30. Nf generátor s výstupním napětím 0 až 1 V, kmitočtový rozsah 20 Hz až 200 kHz, zkreslení max. 1 %

tor má tři přímovězané stupně. Kmitočt
určující články RC se skládají z kondenzáto-
rů C₁ až C₁₀ a odporů R₁ až R₉. Celá tato
odporově kondenzátorová „sít“ není nic
jiného, než kombinace dvou filtrů – dolní
a horní propusti. Signály vysokých kmitočtů
jsou ve Wienově můstku zkratovány konden-
zátozem C₂, signály nízkých kmitočtů zesla-
beny kondenzátorem C₁. Přitom však existu-
je signál jednoho kmitočtu, jehož úroveň je
značná – jde o kmitočt f_r, rezonanční kmito-
čet článku RC, jehož velikost je určena
vztahem

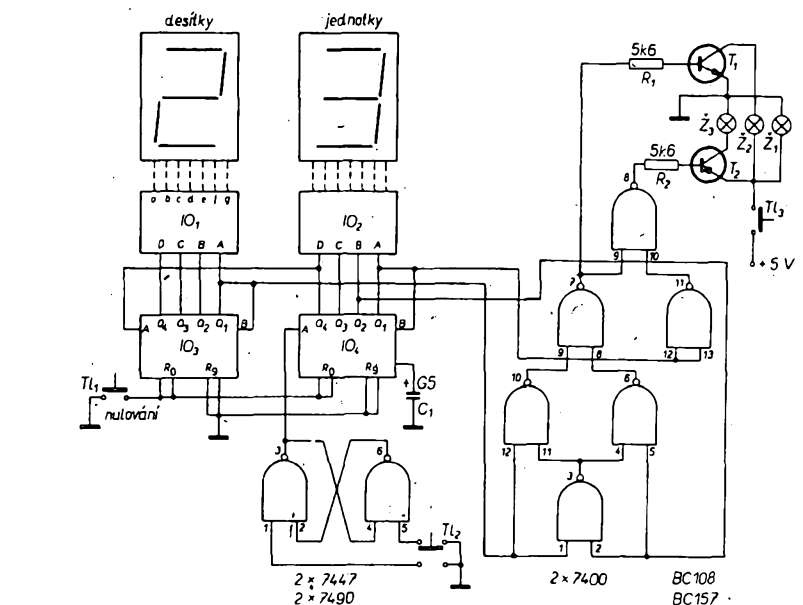
$$f_r = \frac{1}{2\pi RC}$$

Rezananční kmitočt lze měnit potenciomet-
ry (proměnnými odpory) R₇ a R₈.

Tranzistor T₁ zesiluje střídavý signál mezi
svou bází a kolektorem a otáčí současně jeho
fázi o 180°. Stejně pracuje i T₂. Tranzistor T₃
je zapojen jako emitorový sledovač, měnič
impedance. Emitorový sledovač fázi signálu
neotáčí, proto má signál na jeho bázi i emito-
ru fázový posuv 360° (2 × 180°). Vstupní
a výstupní signál jsou tedy ve fázi.

Větev kladné zpětné vazby, která zabez-
pečuje rozkmitání oscilátoru, je tvořena ces-
tou C₁₁ – zvolené prvky článků RC. Touto
cestou se dostává část výstupního napětí zpět
na vstup (přes C₆ na bázi T₁).

Aby byla amplituda výstupního signálu
v celém kmitočtovém rozsahu generátoru co
nejstálší, je použita další, tentokrát zápor-
ná zpětná vazba, a to přes C₁₁, R₁₄, R₁₃,



Obr. 31 Zapojení elektronické hry (varianta
hry NIM) se sedmisedimentovými miniirono-
vými displeji. Čísla u vývodů hradel NAND
odpovídají vývodům pouzdra integrovaného
obvodu MH7400 (jsou třeba dvě pouzdra).
Doplňkovou dvojici tranzistorů lze nahradit
tuzemskými typy KF507 a KF517. Žárovky
jsou tzv. telefonní pro napětí 6 V a proud

50 mA. Při použití jiných dekodérů-budičů
(MH74141) by k indikaci bylo možno použít
i běžné dostupné digitrony

střídavě jednotlivá čísla od 1 do 3 včetně základu, začínajícím nulou. Ten hráč, který jako první dosáhne určitého celkového počtu (např. 25, 45, 65 nebo 85), je vítězem hry. Jednoho z hráčů reprezentoval v uvedeném příkladu počítač, v našem případě je počítač velmi zjednodušen na „elektronického“ hráče, jehož schéma zapojení je částí celkového zapojení hry na obr. 31. Skutečný hráč v našem případě tedy přidává k základu střídavě jednak to číslo, které si zvolil sám, a jednak číslo podle volby přístroje.

Aby přístroj byl co nejjednodušší, vkládají se čísla do přístroje (čili přičítají se k základu) tlačítkem T_1 , jak při hře přístroje, tak při hře (tahu) skutečného hráče.

Na začátku každé hry se tlačítkem T_1 nastaví na minitronovém ukazovateli stav 00, tj. 0 desítek, 0 jednotek. Pak se tlačítkem T_1 (obě hradla NAND v sérii s tlačítkem tvoří tzv. bezzámitový spínač, je použita jedna polovina obvodu 7400) zvolí číslo 1, 2 nebo 3, tj. tlačítko se stiskne jednou, dvakrát nebo třikrát. Vzniklé impulsy se čítají desítkovými čítači 7490 a přes dekodéry – budiče typu BCD 7447 se pak rozsvítí odpovídající číslo na minitronovém displeji (sedmissegmentová indikace). Minitrony tedy indikují po každém herním kroku celkový stav hry (součet všech impulsů, tj. stisků T_1 od zahájení hry).

Stav čítačů se dále přenáší přes obvod logiky ze šesti hradel NAND a tranzistor (p-n-p nebo n-p-n) na jeden pól žárovek Z_1 a Z_2 . Stiskne-li hráč tlačítko T_1 , ukáže přístroj počtem rozsvícených žárovek, jaké číslo do hry volil, tj. jaké číslo od 1 do 3 musí hráč v zastoupení přístroje k původnímu stavu, indikovanému minitrony, přičíst, tj. kolikrát musí hráč stisknout tlačítko T_1 za přístroj.

Kdo hru začíná, je zcela lhostejné. Má-li hru zahájit přístroj, je třeba nejprve stisknout tlačítko T_1 , zjistit počet svítících žárovek a podle jejich počtu stisknout tlačítko T_1 . Pak hráč stiskne tlačítko T_1 podle své volby.

V zapojení je velmi důležitý kondenzátor C_1 , který by měl být umístěn co nejbližší k IO₁ mezi příklady napájecího napětí. V opačném případě mohou impulsy, vznikající ve větvi napájecího napětí při spínání tranzistorů a žárovek mít za následek falešné spouštění čítačů a tím i chybnou indikaci na minitronu.

Kdo nezná logiku této hry, bude velmi překvapen tím, že „přístroj“ téměř vždy vyhrává. Teprve po odhalení zákonitosti hry nemá přístroj žádnou šanci na vítězství.

Přístroj byl v originále zkonstruován na dvou deskách s plošnými spoji. Na jedné desce byly umístěny minitrony a integrované obvody IO₁ a IO₂, ostatní součásti byly na druhé desce.

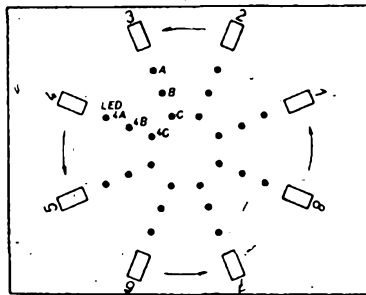
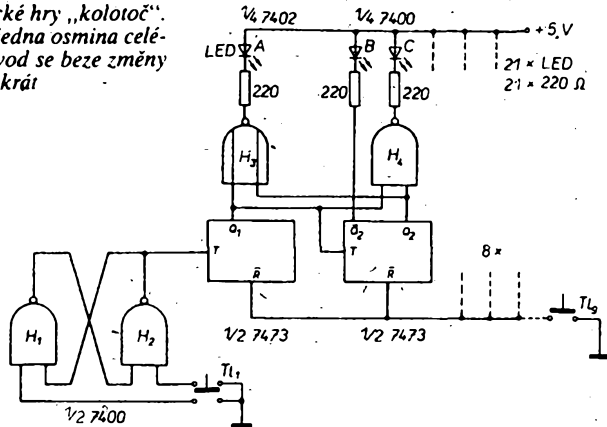
Přístroj lze napájet ze čtyř článků 1,5 V nebo ze stabilizovaného síťového zdroje s výstupním napětím 5 V.

Funkschau č. 25/1974

Kolotoč

Pod tímto názvem byla uveřejněna společenská hra, jejímž charakteristickým rysem je důležitost zvolit určitou strategii „boje“. Ke hře je třeba běžná hrací kostka, hru mohou hrát dva hráči. Hráči střídavě házejí kostkou a příslušný počet „ok“ kostky vkládají pak do přístroje (stisknutím příslušného tlačítka) – obr. 32. Přitom platí toto pravidlo: každému hráči „patří“ polovina hracího pole (obr. 33) se čtyřmi tlačítky s dvanácti svítivými diodami. Podle počtu ok na kostce stiskne hráč odpovídající počet tlačítek (ve směru

Obr. 32. Zapojení strategické hry „kolotoč“. Na obrázku je nakreslena jedna osmina celého zapojení – uvedený obvod se beze změny opakuje osmkrát



Obr. 33. Uspořádání hracího pole. Tlačítka se tisknou pouze ve směru šipek, každému z hráčů patří jedna polovina hracího pole. Tlačítka jsou umístěna po obvodu hracího pole, ke každému z nich patří tři svítivé diody v řadě

šipky) za sebou, nesmí žádné vynechat. Místo startu (tj. číslo tlačítka, které stiskne jako první) si každý hráč volí libovolně po každém hodu kostkou s tím omezením, že startovat musí na své polovině hřiště.

(Např.: hráč A hodil kostkou, na kostce se objevilo pět ok. Jako startovací místo zvolí tlačítko 1 a stiskne tedy tato tlačítka: 1, 2, 3, 4 a 5. Hráč B hodí tři oka, jako startovací zvolí tlačítko 6 a stiskne tedy tlačítka: 6, 7 a 8).

Po každém stisknutí tlačítka se pak rozsvítí jedna ze svítivých diod, které jsou s ním v řadě, a zůstane rozsvícena. Stiskne-li se tedy během hry totéž tlačítko, budou svítit všechny tři diody v řadě. Po čtvrtém stisknutí tlačítka všechny tři diody zhasnou. Tento jev vede ke strategii hry, neboť celou hru vyhrává ten hráč, na jehož hracím poli jsou rozsvíceny všechny diody. Vhodnou volbou startu (prvního tlačítka) lze totiž zničit soupeřovy šance na výhru tím, že mu „pozhasínáme“ co největší počet rozsvícených trojic diod.

K pravidlům hry je třeba dodat, že je zcela lhostejno, zvítězí-li hráč svým vlastním přičiněním, nebo chybou (nevhodnou strategií, špatnou volbou startu) soupeře. Je tedy jedno, rozsvítí-li se všechny diody po našem vlastním tahu, nebo po tahu soupeře.

Pokud jde o elektrické zapojení, je základní část hracího „strojek“ na obr. 32. V přístroji se opakuje osmkrát. Jedno oko kostky se vkládá do přístroje stisknutím jednoho z tlačítek T_1 až T_8 (na obrázku je pouze

jedno T_1). Tlačítko je pro bezzámitové sepnutí doplněno dvěma hradly NAND. Záporná hrana stisknutím tlačítka vzniklého impulsu budi oba do série zapojené klopné obvody J-K (jedno pouzdro 7473). Výstupy těchto klopných obvodů budi přes logiku z hradla NOR a hradla NAND svítivé diody. Způsob dekódování je zřejmý z tabulky.

Tab. 4. Způsob dekódování pro zapojení z obr. 32

Takt	Výstupy.	LED (obr. 33)
0	$\bar{Q}_1 \bar{Q}_2 \bar{Q}_3 \bar{Q}_4$	–
1	H L H L	A
2	H L L H	AB
3	L H L H	ABC
4	H L H L	–

Z tabulky pro LED A platí

$$A = Q_1 Q_2 + \bar{Q}_1 Q_2 + Q_1 \bar{Q}_2$$

Po použití minimalizační metody (Karnaugh, Quine-McCluskey) lze odvodit vztah ve zjednodušené formě

$$A = Q_1 + Q_2$$

Použije-li se hradlo NOR, platí vztah

$$\bar{A} = Q_1 + Q_2$$

Z tabulky dále platí pro LED B

$$B = \bar{Q}_1 Q_2 + Q_1 Q_2$$

Po minimalizaci odvodíme vztah

$$B = Q_2$$

Aby bylo možno budit i tento LED signálem o úrovni L, musí být připojen k výstupu $\bar{Q}_1$.

Pro LED C lze z tabulky ihned zjistit, že

$$C = \bar{Q}_1 Q_2$$

Hradlo NAND bude mít i v tomto případě na výstupu úroveň L.

Všechny nulovací vývody klopných obvodů jsou spojeny a vyvedeny na tlačítko T_9 . Před zahájením hry zhasnou po stisknutí tohoto tlačítka všechny rozsvícené svítivé diody.

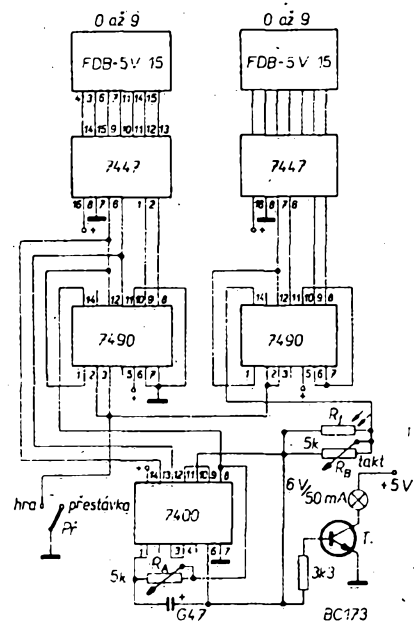
K napájení přístroje je třeba zdroj napětí 4,7 až 5 V. Odběr proudu je max. 400 mA. ELO č. 2/1977

Kaliber – elektronický terč

Před několika lety bylo v AR popsáno zařízení, určené k nácviku střelby v místnosti – maketa pušky byla opatřena zdrojem světla a optikou, soustřeďující světelné paprsky do svazku co nejmenších rozměrů a jako terč sloužilo zařízení, vyhodnocující zásahy touto „světelnou puškou“.

Přesnou náhradou onoho elektronického terče, ovšem mnohem jednodušší a dokonalejší, je zařízení podle obr. 34. Zařízení je vestavěno ve skřínce, jejíž přední část je tvořena běžným papírovým terčem, který má





Obr. 34. Elektronický terč s indikací počtu pokusů (výstřelů) a zásahů číslicovkami LED

Základným prvkom elektronického terče je generátor hodinových impulsov, realizovaný tromi hradlami NAND pouzdra 7400. Kmitočet generátoru je určen kapacitou kondenzátora (470 μF) a polohou bežce potenciometru – promenného odporu R_A . Hodinové impulzy sa vedú priamo na vstup prvého z čítačov (tj. na vývod 14 pouzdra 7490). Ten číta impulzy od 0 do 9 tak dlhého, dokud je spojenie nulovací vstup přes Př se zemí. Dosáhne-li čítač 9, je na vývodech 11 a 12 signál o úrovni H. Oba tyto signály se vedou na čtvrté z hradel pouzdra 7400. Na jeho výstup je tedy signál o úrovni L, generátor hodinových impulsov přestane pracovat. Tento stav zůstane zachován do té doby, dokud nebude Př v opačné poloze; přitom se oba čítače (činnost druhého je popsána dále) vynulují.

Druhý čítač má na vstupe fotoodpor. Paralelné k fotoodporu je zapojen potenciometer jako proměnný odpor (R_B). Potenciometrem lze nastavit citlivost zapojení tak, aby čítač reagoval pouze na intenzivní světelný signál a nikoli třeba na běžné denní světlo. Navíc má zapojení tu zvláštnost, že registruje zášah pouze tehdy, přijde-li světelný impuls na fotoodpor v době kladného hodinového impulsu, tj. tehdy, rozsvítí-li se signální žárovka. V opačném případě (v době mezi dvěma rozsvíceními žárovky) se zášah neregistruje, stejně jako se neregistruje po skončení střeleckého cyklu (tj. indikuje-li displej, registrující taktovací impulsy, nulu).

Elektronický terč se napájí ze zdroje 5 V.
Odběr proudu je asi 250 mA.
ELO č. 5/1976 "

Pro zájemce uvádím ještě seznam článků s tematikou elektronických her, které jsem do této kapitoly nezahrnul především z důvodu velké složitosti zapojení nebo nedostupnosti většího množství součástek (obvykle integrovaných obvodů). Seznam není pochopitelně vyčerpávající.

Elektronisches Murmelspiel (elektronická obdoba hry s kuličkami, popř. hry, která se nazývá „blechy“). Elektor, leden 1977.

Electronic wheel of fortune (obdoba rulety).
Popular Electronics, June 1975.

Superhirn (hra, cvičící logické, kombinatorní myšlení). Elektor, leden 1977.

Build electronic roulette (postavte si elektro-
nickou ruletu). Radio-Electronics, prosin-
ec 1976.

Formel-(simulované závody aut). ELQ č. 6/1976.

Číslicová technika

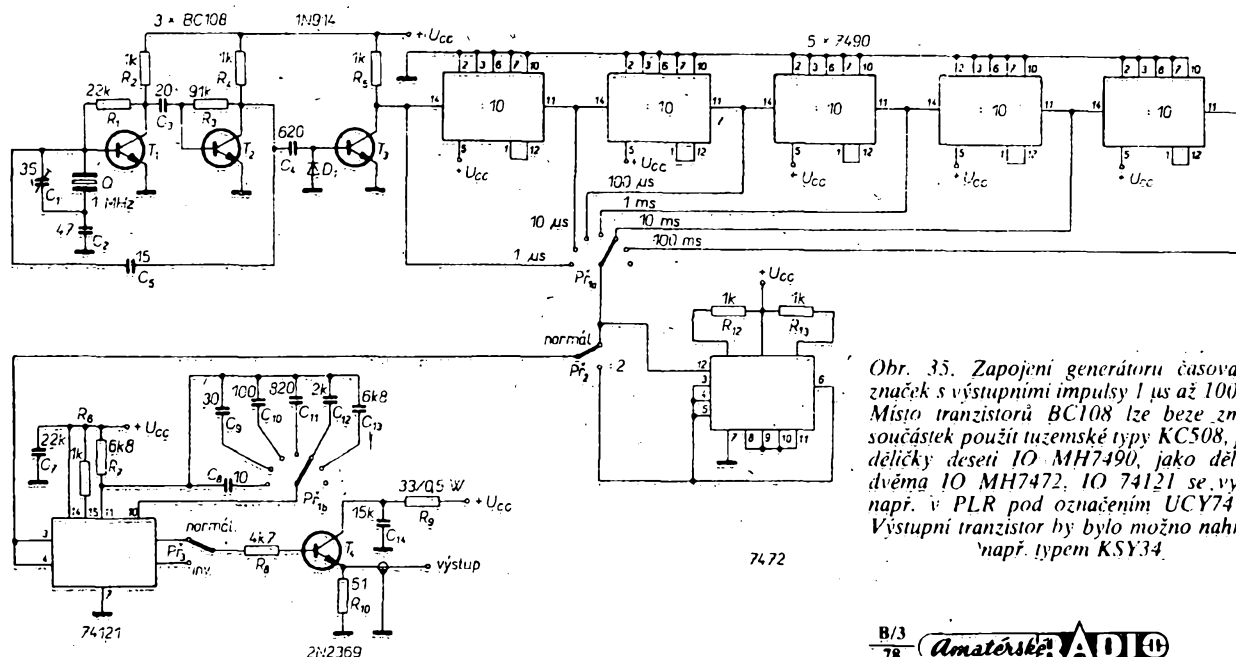
Ekonomický generátor časových značek (jednoduchý časový a kmitočtový kom- parátor)

Při všech měřeních, při nichž se používá osciloskop, je velmi vhodným doplňkovým přístrojem generátor časových značek, kontrolující přesnost časové základny. Popsaný přístroj vhodně spojuje snadnou konstrukci a malý počet potřebných součástek s co největší dosažitelnou přesností. I když je v původním článku přístroj popisován jako ucelená stavební jednotka, lze ho použít i jako součást např. čítačů kmitočtu, popř. jako součást kalibrátoru osciloskopů apod.

Generátor časových značek (marker) je v podstatě generátorem impulsů, u něhož je interval mezi impulsy přesně definován. Přitom je šířka impulsů vzhledem k mezere mezi nimi velmi malá, takže na obrazovce se jednotlivé impulsy jeví jako svíslé čárky. To umožňuje např. nastavit časovou základnu osciloskopu tak, aby se jednotlivé impulsy kryly s linkami měřicí mřížky na obrazovce osciloskopu.

Generátor časových značek je na obr. 35. Základem přístroje je krystalový oscilátor, tvořený tranzistory T_1 , T_2 a krystalem 1 MHz. Tranzistor T_3 pracuje jako oddělovací zesilovač. Na jeho kolektoru jsou impulsy 1 MHz, jejichž amplituda se střídavě mění z nuly na 5 V. Výstupní signál z kolektoru třetího tranzistoru je přiveden přímo na vstup prvního z pěti desítkových děličů typu 7490. Na výstupech jednotlivých děličů jsou pak signály o kmitočtech 100 kHz, 10 kHz, 1 kHz, 100 Hz a 10 Hz. Požadovaný kmitočet výstupního signálu a tím i interval impulzů se volí přepínačem Pf_{10} . Signál se pak vede na integrovaný obvod 74121 buď přímo, nebo přes integrovaný obvod 7472 (v závislosti na poloze přepínače Pf_2). Integrovaný obvod 7472 je zapojen jako dělička dvěma, takže kmitočet signálu na sběrači přepínače Pf_{10} je po průchodu tímto integrovaným obvodem poloviční.

Protože se při vývoji přístroje přišlo na to, že je při různých kmitočtech výstupního signálu třeba impulzů různé šířky, aby byla zachována jejich čitelnost na obrazovce osciloskopu, jsou upravovány šířky impulzů v závislosti na kmitočtu obvodem s IO MH74121. Optimální šířka impulzů stanoví



Obr. 35. Zapojení generátoru časovacích značek s výstupními impulsy 1 μ s až 100 ms. Místo tranzistorů BC108 lze beze změny součástek použít tuzemské typy KC508, jako děličky deseti IO MH7490, jako děličku dvěma IO MH7472, IO 74121 se vyrábí např. v PLR pod označením UCY74121. Výstupní tranzistor by bylo možno nahradit např. typem KSY34

vená experimentálně v rozmezí od 50 ns do 35 μ s, je v tabulce:

Tab. 5. Šířka impulsu v závislosti na poloze přepínačů P_{r1} a P_{r2}

Rozsah	Kmitočet	Šířka impulsu
1 μ s	1 MHz	50 ns
2 μ s	500 kHz	
10 μ s	100 kHz	
20 μ s	50 kHz	150 ns
100 μ s	10 kHz	
200 μ s	5 kHz	
1 ms	1 kHz	4 μ s
2 ms	500 Hz	
10 ms	100 Hz	
20 ms	50 Hz	10 μ s
100 ms	10 Hz	
200 ms	5 Hz	

Integrovaný obvod 74121 pracuje jako monostabilní multivibrátor. Výstup Q na vývodu 6 má signál H, mění-li se úroveň vstupního signálu (vývody 3, 4) z H na L. Čas, po který bude na výstupu úroveň H, je dán časovacím článkem RC (odpor R_7 a kondenzátor, zvolený přepínačem P_{r1b}).

Kapacity časovacích kondenzátorů jsou vypočítány podle vztahu

$t_{vyst} = C_T R_7 \ln 2$,
kde t_{vyst} je šířka výstupního impulsu v ms,
 C_T kapacita časovacího kondenzátoru v μ F,
 R_7 časovací odpor v k Ω (v obr. 35 6,8 k Ω),
 $\ln 2 = 0,7$.

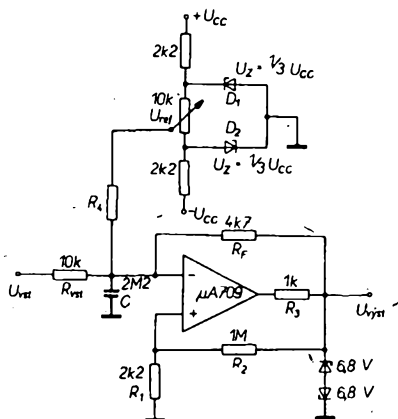
Vývod 1 pouzdra 74121 je výstupem $\bar{Q}$ – je na něm signál inverzní k signálu na výstupu Q. Přepínačem P_{r2} se volí jako výstupní signál buď signál Q nebo $\bar{Q}$. Tranzistor T_4 slouží jako oddělovací zesilovač a představuje zdroj o malé impedanci.

Generátor se napájí ze zdroje 5 V. Odběr proudu je asi 500 mA.

Wireless World, listopad 1977

Konvertor analogových veličin na impulsy proměnné šířky

Zapojení s operačním zesilovačem $\mu A 709$ (MAA501 až 4) na obr. 36 může sloužit jako konvertor analogových signálů ze senzorů a jiných snímačů a čidel na širokově modulované pravouhlé impulsy, které se dají výhodně přenášet i na velké vzdálenosti například v průmyslových řídicích procesech apod.



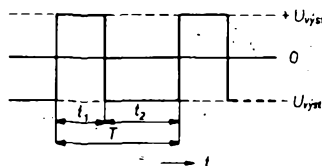
Obr. 36. Základní zapojení konvertoru analogových signálů na impulsy proměnné šířky

Základní obvod-konvertor je na obr. 36. Vstupní analogový napěťový signál U_{vst} se přivádí na invertující vstup operačního zesilovače (vývod „-“) přes odpor R_{vst} . Kondenzátor C, který je připojen ze stejného vstupu na zem, bude se nabíjet a vybíjet přes odpor R_{vst} a R_f (zpětnovazební odpor). Výstupní signál, omezený Zenerovými diodami se Zenerovým napětím 6,8 V, se přivádí na neinvertující vstup (vývod „+“) přes dělič z odporů R_1 a R_2 . Odpor R_3 , zapojený ve výstupu operačního zesilovače, omezuje výstupní proud na zvolenou velikost. Celé zapojení je ještě doplněno nulovacím obvodem se dvěma Zenerovými diodami a potenciometrem, na jehož běžci se získává referenční napětí, které se přivádí na invertující vstup operačního zesilovače.

Princip činnosti

Předpokládáme že je na vstup konvertoru přiložen kladný analogový signál a že výstupní signál konvertoru je též kladný. (Jak si ukážeme, napětí na výstupu může dosahovat pouze dvou úrovní – jedné kladné a jedné záporné). Za těchto podmínek se bude nabíjet kondenzátor C kladným napětím vzhledem k zemi, a to jednak kladným signálem ze vstupu přes odpor R_{vst} a jednak kladným signálem z výstupu přes odpor R_f . Pro tuto úvahu zanedbáváme proud z nulovacího obvodu se Zenerovými diodami. Napětí na kondenzátoru se zvětšuje až do té doby, až je poněkud větší než napětí na neinvertujícím vstupu. Pak bude výstupní napětí operačního zesilovače záporné a toto záporné napětí se okamžitě přenesou zpět na vstup (neinvertující) a „zpomaluje“ rychlost změny polarity výstupního napětí. Dosáhne-li výstupní napětí U_{vyst} maximální záporné úrovně, náboj na kondenzátoru C se vybije přes odpor R_f rychleji, než se stačí kondenzátor nabíjet přes odpor R_{vst} vstupním signálem. Zmenší-li se napětí na kondenzátoru C na velikost, která je poněkud menší než současně se vyskytující napětí na neinvertujícím vstupu operačního zesilovače, změní se výstupní napětí U_{vyst} na kladné a zůstane kladné až do počátku dalšího pracovního cyklu.

Nulovací obvod umožňuje nastavit šířku výstupních impulsů. S nulovým vstupním signálem lze nastavit potenciometr 10 k Ω tak, aby i výstupní napětí bylo nulové (jeho střední hodnota). Pro tento vyvážený stav platí, že t_1 (doba trvání kladného výstupního napětí) se rovná t_2 (doba trvání záporného výstupního napětí), viz obr. 37.



Obr. 37. Typický průběh výstupního napětí

Dobu t_1 lze určit ze vztahu

$$\left(\frac{U_{vst}}{R_{vst}} + \frac{U_{vyst}}{R_f} + \frac{U_{ref}}{R_4} \right) t_1 = 2 C U_{vyst} \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

Dobu t_2 lze určit ze vztahu

$$\left(\frac{U_{vst}}{R_{vst}} - \frac{U_{vyst}}{R_f} + \frac{U_{ref}}{R_4} \right) t_2 = 2 C U_{vyst} \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

Poměr doby t_1 k periodě T napětí pravouhlého průběhu je dán vztahem

$$\frac{t_1}{t_1 + t_2} = \frac{1}{2} - \frac{\frac{U_{vst}}{R_{vst}} + \frac{U_{ref}}{R_4}}{2 \left(\frac{U_{vst}}{R_{vst}} / R_f \right)}$$

Zajímavé je, že se v uvedených vztazích nevyskytuje kapacita kondenzátoru C. Změ-

ny kapacity kondenzátoru tedy nemají vliv na přesnost vztahu t_1 a t_2 , poměr obou časů je pouze lineární funkcí vstupního napětí.

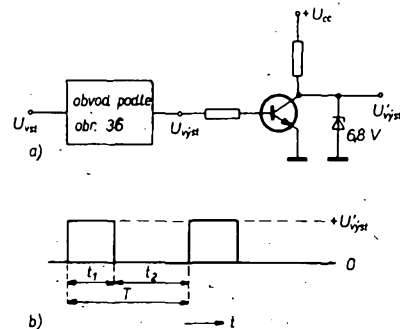
Přesnost konvertoru závisí tedy pouze na přesnosti, s jakou je udržována konstantnost výstupního a referenčního napětí s teplotou.

Kmitočet výstupního napětí pravouhlého průběhu je dán vztahem

$$f = \frac{1}{t_1 + t_2} = \frac{1 - \left(\frac{U_{vst}}{R_{vst}} + \frac{U_{ref}}{R_4} \right) \left(\frac{R_f}{U_{vyst}} \right)^2}{4 \frac{R_1}{R_1 + R_2} R_f C}$$

Z rovnice vyplývá, že vhodnou volbou rozsahu výstupního signálu lze dosáhnout toho, že kmitočet výstupního signálu bude téměř konstantní, což se při některých aplikacích vyžaduje.

Jednoduchou úpravou obvodu lze pak dosáhnout i výstupního napětí jedné polarity, což je též při některých aplikacích potřebné (obrázky 38).



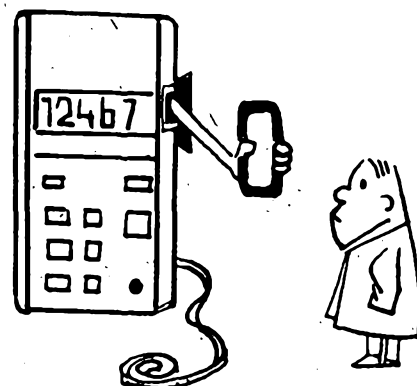
Obr. 38. Doplněk obvodu z obr. 36 k získání výstupního napětí jedné polarity

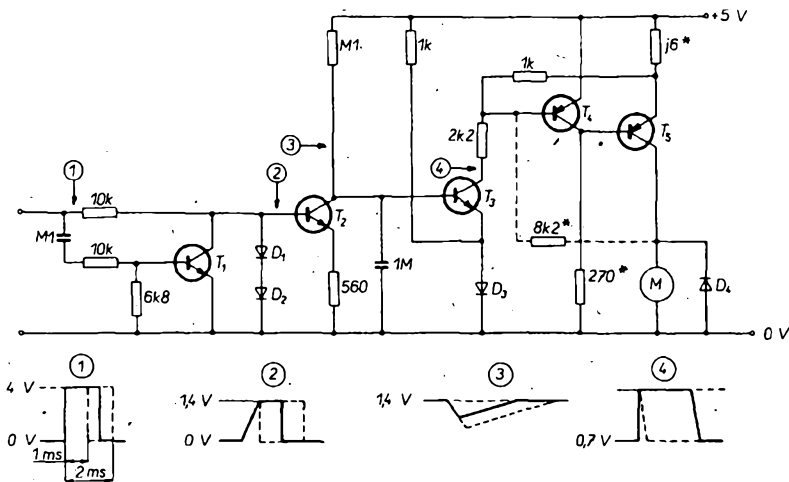
Obvod lze aplikovat všude tam, kde analogové výstupní napětí z různých teplotních, tlakových a jiných čidel je třeba převést na tvar, vhodný k digitálnímu zpracování. *The complete linear book. Firemní literatura Fairchild*

Různě aplikovaná elektronika

Regulace rychlosti otáčení motoru u modelů řízených radiem

Proporcionální soupravy k dálkovému ovládání modelů produkují každých 20 ms kontrolní impulsy délky 1 až 2 ms. Zapojení na obr. 39 vytváří z těchto impulsů impulsy 0 až 20 ms, jimiž se budí motor. Vzhledem k době života napájecích článků je takové zařízení





Obr. 39. Regulátor rychlosti otáčení motorků pro modely např. lodí, řízené radiem

(napájení) rychlosti otáčení motoru mnohem ekonomičtější, než řízení změnou sériového odporu, především při malých rychlostech otáčení.

Náběžná hrana přicházejícího impulsu otevře přes kondenzátor $0,1 \mu\text{F}$ tranzistor T_1 . To má za následek, že T_2 je pro první ms impulsu uzavřen. Zbytek impulsu však otevře tranzistor T_3 , ten pak pracuje jako zdroj proudu a hlídá velikost náboje kondenzátoru $1 \mu\text{F}$. Tranzistory T_2 a T_4 budou v nevodivém stavu a přes tranzistor T_5 se budí motor do té doby, než se nabije kondenzátor $1 \mu\text{F}$ přes odpor $100 \text{ k}\Omega$ tak, aby byl tranzistor T_3 v saturaci. To má za následek, že motor přestane být buzen po dobu, úměrnou šířce vstupního impulsu. Po uplynutí této doby je obvod schopen zpracovat další vstupní impuls.

Výstupní obvod je jistěn volbou příslušných odporů proti zpětnému proudu a přepětí – je však třeba podle druhu použitého motorku vhodně vybrat součástky ve schématu, označené hvězdičkou.

Použité typy tranzistorů nejsou kritické – podle údaje autora lze použít libovolné tranzistory příslušného typu vodivosti, přitom je třeba výstupní tranzistor volit podle maximálního proudu použitého motorku.

Wireless World, únor 1978

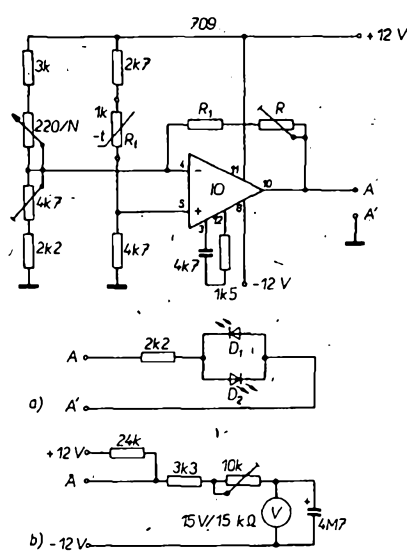
Přístroj ke kontrole nastavené teploty v rozmezí 0 až 70°C

Při nejrůznějších příležitostech je třeba hlídat teplotu v určitém rozmezí. Např. ve fotolaboratoriu se požaduje, aby teplota lázni byla konstantní v mezích $\pm 0,5^\circ\text{C}$. Změnil-li se jmenovitá teplota více, než je uvedena mez, je třeba, aby nějaké indikační zařízení na tuto skutečnost upozornilo.

Přístroj, který splňuje uvedené požadavky, je na obr. 40. Napájí se ze sítě a lze ho umístit do malé krabičky – podle rozměrů indikačního měřidla – nebo, použijí-li se k indikaci svítivé diody, podle rozměrů desky s plošnými spoji, síťového transformátoru a dalších použitých součástí.

K měření teploty se používá odpor se záporným teplotním součinitelem – termistor. Termistor je zapojen jako součást měřícího můstku, v jehož úhlopříčce jsou zapojeny vstupy operačního zesilovače typu 709 (čs. ekvivalentem je jakýkoli typ z řady MAA500). Paralelně k termistoru je zapojen pevný odpor, který slouží k tomu, aby se alespoň poněkud linearizovalo vstupní napětí operačního zesilovače v závislosti na teplotě.

Jmenovitou teplotu, jejíž velikost má zařízení hlídat, lze nastavit v rozmezí od 0 do

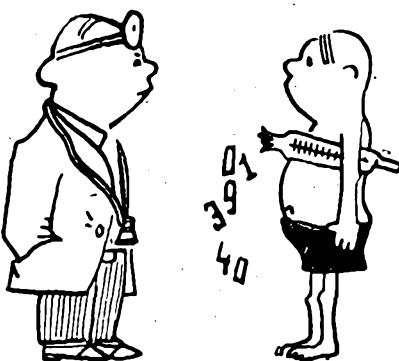


Obr. 40. „Hlídač“ teploty s operačním zesilovačem typu 709. Pro verzi s diodami je $R_1 = 1,5 \text{ M}\Omega$, $P_1 = 4,7 \text{ M}\Omega$, pro verzi s měřidlem je $R_1 = 0,75 \text{ M}\Omega$, $P_1 = 1 \text{ M}\Omega$

(Číslování vývodů IO odpovídá typu MAA503)

70°C potenciometrem v jedné z větví můstku. Při cejchování doporučuje autor použít potenciometr s lineárním průběhem odporové dráhy, pak je i stupnice téměř lineární.

Změnil-li se teplota termistoru, můstek se rozváží a na vstupech operačního zesilovače se objeví napětí (u součástek podle schématu je teplotní součinitel $3,5 \text{ mV}/^\circ\text{C}$). Výstupní napětí z operačního zesilovače lze indikovat buď měřidlem – voltmetrem, nebo, což např. temné komoře vyhoví mnohem lépe, svítivými diodami. Obě varianty jsou na obr. 40



uvedeny. Výstupní napětí operačního zesilovače je pro teplotní rozdíl $0,5^\circ\text{C}$ od jmenovité teploty asi 4 V . Jsou-li zapojeny na výstupu diody, svítí při poklesu teploty jedna dioda, při zvětšení teploty druhá dioda; přitom čím je rozdíl od jmenovité teploty větší, tím větší jas mají diody.

K napájení obvodu stačí síťový transformátor se sekundárním vinutím asi $25 \text{ V}/50 \text{ mA}$. Střed napájecího napětí („zem“) lze vytvořit Zenerovými diodami, které současně stabilizují napájecí napětí $\pm 12 \text{ V}$.

Elektronik č. 5/1976

Zajímavé integrované obvody

Do této kapitoly jsem vybral některé z nejvíce používaných zahraničních integrovaných obvodů, jak lineárních (převážně), tak i číslicových, neboť právě integrované obvody jsou jasně přesvědčivým důkazem, jak daleko a rychle pokročila technická revoluce. Navíc bych chtěl ozřejmit, že není možno, jak se někteří čtenáři domnívají (a to vysvitá z jejich dopisů), nahrazovat integrované obvody jednotlivými (diskrétními) součástkami. Někdy je možno nahradit integrovaný obvod (především číslicový) několika jinými integrovanými obvody – náhrada je však vždy náročná na počet součástí (tj. i na stavební prostor) a po technické stránce je vždy jen východiskem z nouze.

Začneme nejdříve s lineárními integrovanými obvody. U každého uvedeného typu bude vždy především zapojení patice (a to všech druhů patic, s nimiž se obvod vyrábí), příp. blokové schéma, z něhož vysvitá princip činnosti a někdy i ekvivalentní schéma s diskretními součástkami (pokud není příliš složitě), aby si každý mohl udělat představu o složitosti toho či onoho obvodu. Dále si uvedeme nejdůležitější mezní a pracovní technické údaje a nakonec typická nebo doporučená zapojení, příp. i grafy nejdůležitějších závislostí hlavních parametrů.

Časovač (timer) typu 555 (556)

Časovač 555 vyrábí většina předních světových výrobců polovodičových součástek. Podle výrobce je před číslicový znak předřazeno jedno nebo několik písmen nebo opět číslice (např. fy Signetics vyrábí tento časovač pod označením NE555 nebo SE555, které se liší pouze rozsahem pracovních teplot, NE555 může pracovat v rozmezí 0 až $+70^\circ\text{C}$, SE555 v rozsahu od -55 do $+125^\circ\text{C}$; druhý typ má i některé ostatní parametry kvalitativně lepší, např. horní mezní napájecí napětí je 18 V , zatímco NE555 pouze 16 V apod.).

Monolitický obvod typu 555 je velmi stabilní časovač, který může produkovat přesně časově zpožděné signály nebo může pracovat jako oscilátor. Obvod má vstupy pro spouštěcí a mazací signál. Pracuje-li obvod jako časovač zpožďující signál, lze dobu zpoždění přesně nastavit vnějším odporem a kondenzátorem. Pracuje-li jako oscilátor, lze kmitočet a pracovní cyklus přesně řídit dvěma vnějšími odpory a jedním kondenzátorem. Činnost obvodu lze ovládat (tj. lze ho spouštět a mazat, nulovat) sestupnou hranou ovládacího signálu. Výstupní proud obvodu je až 200 mA ; z výstupu lze řídit obvody TTL.

Obvod lze použít jako velmi přesný časovač, může pracovat jak v astabilním, tak monostabilním režimu, může sloužit ke generování impulsů, sekvencímu časování, ke generování časových prodlev, k šířkové impulsové modulaci, k modulaci polohou impulsu, k detekci chybějících impulsů atd.

Ekvivalentní zapojení obvodu 555 je na obr. 1, na obr. 2 je blokové schéma; na obr. 3 zapojení vývodů. K tomu jen poznámku: obvod 556 je časovač, který je složen ze dvou obvodů 555 v jednom pouzdře, údaje pro 555 platí samozřejmě i pro 556.

Mezní údaje

Napájecí napětí: + 18V.

Výkonová ztráta: 600 mW.

Teplota vývodu

(pájení po dobu 60 s): 300 °C.

Pracovní údaje

Napájecí napětí: 4,5 až 16 V.

Odběr proudu při $U_{cc} = 5$ V, $R_1 = \infty$: 3 až 6 mA.

při $U_{cc} = 15$ V, $R_1 = \infty$: 10 až 15 mA.

Teplotní stabilita: 0,005 %/°C.

Doba náběhu výstupu: 100 ns.

Doba doběhu výstupu: 100 ns.

Časovací chyba v závislosti na napájecím

napětí: 0,05 až 0,2 %/V.

Prahové napětí: $2/3 U_{cc}$.

Astabilní režim

Spouštěcí proud: 0,5 μ A.

Nulovací napětí: 0,4 až 1 V.

Nulovací proud: 0,1 mA.

Napěťová kontrola: $U_{cc} = 5$ V, 2,6 až 4 V,

$U_{cc} = 15$ V, 9 až 11 V.

Prahový proud: 0,1 až 0,25 μ A.

Výstupní napětí: $U_{cc} = 15$ V, 0,1 až 2,5 V.

Úbytek výstupního napětí:

při $U_{cc} = 5$ V asi 2,75 až 3,3 V,

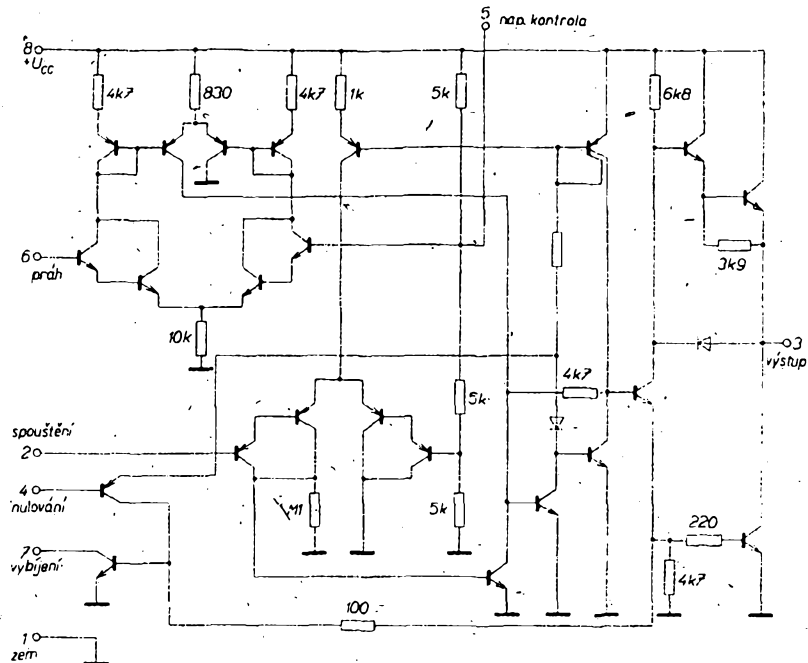
při $U_{cc} = 15$ V asi 12,5 až 13,3 V.

(Pro informaci. Měli zájemce zahraniční katalog, jsou jednotlivé parametry v originálu označeny takto: práh – threshold, nulování – reset, spouštění – trigger, napěťová kontrola – control voltage, vybíjení – discharge).

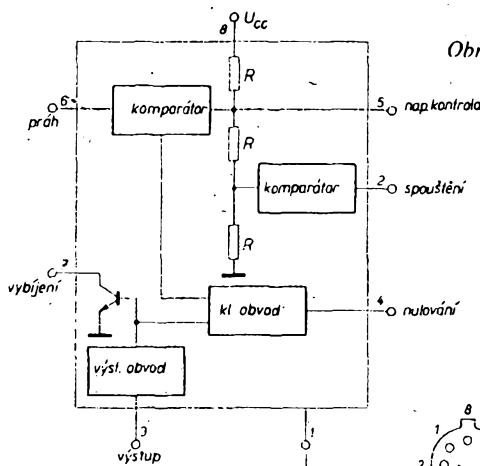
Základní zapojení

Časovač může být zapojen především jako monostabilní nebo astabilní. Pracuje-li v monostabilním režimu, je zapojen podle obr. 4 (čísla v závorkách u vývodů označují čísla vývodů u typu 555). Kondenzátor C je v počátku udržován ve vybitém stavu díky tranzistoru v monolitické struktuře obvodu. Přiloží-li se na vývod 6 (2) záporný spouštěcí impuls, překlápí se klopný obvod (obr. 2), zruší se zkrat na vnějším kondenzátoru a na výstupu se objeví napětí. Napětí na kondenzátoru C se začne zvětšovat exponenciálně s časovou konstantou $R_A C$. Dosáhne-li napětí na kondenzátoru $2/3 U_{cc}$, komparátor překlápí klopný obvod do původního stavu, napětí na kondenzátoru se zkratuje na zem (přes tranzistor u vývodu 7), na výstupu bude velmi malé napětí. Činnost je zřejmá i z průběhů křivek v grafu na obr. 5.

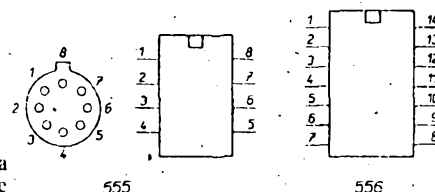
Obvod je spouštěn záporným vstupním signálem, dosáhne-li jeho úroveň $1/3 U_{cc}$. Je-li jednou spouštěn, setrvává v tomto stavu po celou zvolenou dobu, i když je přiveden další spouštěcí signál. Doba, po níž je na výstupu velké napětí, je dána vztahem $1,1 R_A C$ (tj. doba, po níž je zavřen tranzistor u vývodu 7). Tato doba může být snadno zvolena volbou R_A a C podle grafu na obr. 6. Pozoruhodné je, že i když jsou doba nabíjení kondenzátoru a prahové napětí komparátoru proporcionální napájecímu napětí, časovací interval je na napájecím napětí zcela nezávislý.



Obr. 1. Ekvivalentní zapojení časovače 555 (1/2 556)



Obr. 2. Blokové schéma 555 (1/2 556)



Obr. 3. Zapojení vývodů 555 a 556: 1 – zem, 2 – spouštění, 3 – výstup, 4 – nulování, 5 – napěťová kontrola, 6 – práh (prahová úroveň), 7 – vybíjení, 8 – napájení; pro 556: 1, 13 – vybíjení, 2, 12 – práh, 3, 11 – napětí kontrola, 4, 10 – nulování, 5, 9 – výstup, 6, 8 – spouštění, 14 – napájení, 7 – zem

Přivede-li se záporný impuls současně na spouštěcí i nulovací vstup, vybíjí se a nabíjí se kondenzátor C během časovacího cyklu a časovací cyklus začíná vždy znovu; jeho začátek pak závisí na kladné hraně nulovacího impulsu. Během doby, po níž trvá nulovací impuls, je na výstupu obvodu napětí malé úrovně. Nepoužívá-li se nulovací vstup, doporučuje se spojit ho s přívodem kladného napájecího napětí, aby se vyloučilo chybné spouštění obvodu.

Pracuje-li obvod v astabilním režimu, je jeho základní zapojení podle obr. 7. V tomto případě se obvod spouští samočinně a kmitá „volně“ jako multivibrátor. Vnější kondenzátor C se nabíjí přes R_A a R_B a vybíjí přes odpor R_B . Proto lze pracovní cyklus velmi přesně nastavit volbou těchto odporů. V astabilním režimu se kondenzátor nabíjí a vybíjí od napětí $1/3 U_{cc}$ do napětí $2/3 U_{cc}$. Stejně jako při monostabilním režimu nezávisí vybíjecí a nabíjecí doba a tedy ani kmitočet na napájecím napětí. Charakteristické průběhy pro toto zapojení jsou na obr. 8.

Nabíjecí doba kondenzátoru (tzn. doba, po níž je na výstupu signál velké úrovně) je dána vztahem

$$t_1 = 0,693 (R_A + R_B) C,$$

vybíjecí doba (tj. doba, po níž je na výstupu signál malé úrovně) je určena vztahem

$$t_2 = 0,693 R_B C.$$

Celá pracovní perioda je tedy

$$T = t_1 + t_2 = 0,693 (R_A + 2R_B) C.$$

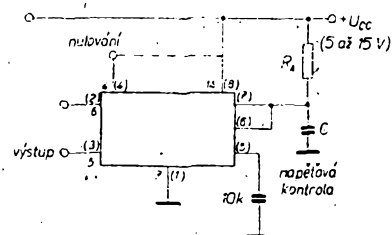
Kmitočet oscilací je

$$f = 1/T = 1,44 / (R_A + 2R_B) C$$

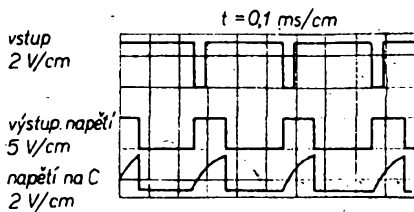
a lze ho snadno určit z grafu na obr. 9.

Pracovní cyklus D je určen vztahem

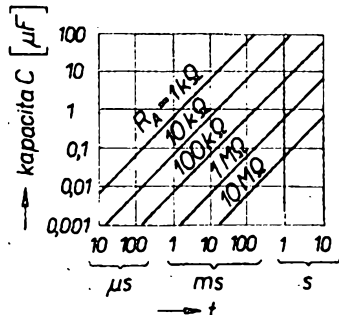
$$D = R_B / (R_A + 2R_B).$$



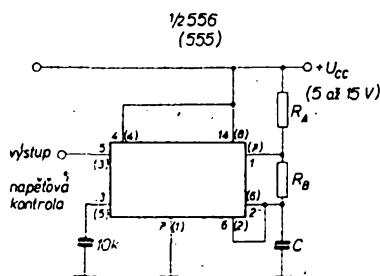
Obr. 4. Monostabilní zapojení časovače 1/2 556 (555)



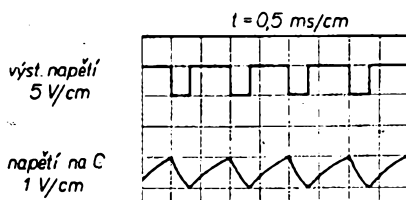
Obr. 5. Průběhy v zapojení podle obr. 4.
 $R_A = 9,1 \text{ k}\Omega$, $C = 10 \text{ nF}$, $R_C = 1 \text{ k}\Omega$



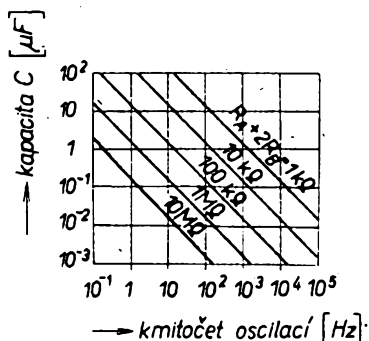
Obr. 6. Trvání výstupního napětí velké úrovně v závislosti na R_A a C



Obr. 7. Astabilní zapojení časovače 555 (1/2 556)

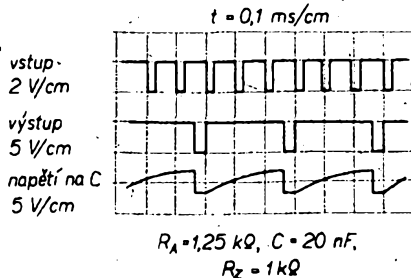


Obr. 8. Průběhy v zapojení podle obr. 7



Obr. 9. Závislost kmitočtu na R_A , R_B a C

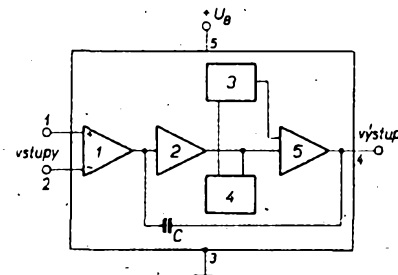
Je-li znám kmitočet vstupních impulsů, lze použít časovač 555 volbou délky časovacího cyklu jako dělič kmitočtu. Na obr. 10 jsou průběhy napětí na obvodu, je-li časovač podle obr. 1 zapojen jako dělič třemi. Při této aplikaci časovače se využívá faktu, že obvod nemůže být znovu spuštěn v době časovacího cyklu.



Obr. 10. Průběhy při zapojení časovače 555 podle obr. 1 jako děliče kmitočtu

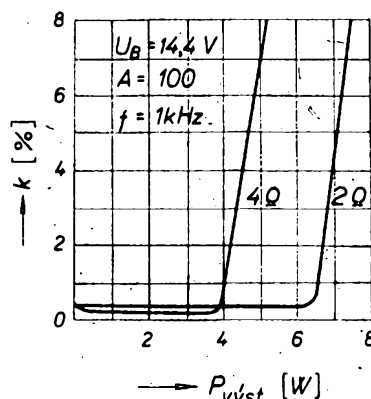
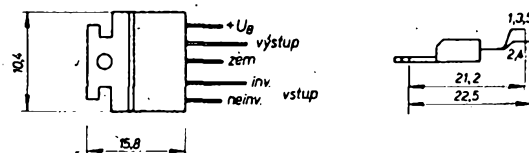
Nizkofrekvenční zesilovač TDA 2002, zesilovač s velkým výstupním napětím při malých napájecích napětích

Integrovaný nf zesilovač TDA2002 je jedním z posledních výrobků výrobce, který se specializoval i na výrobu integrovaných nf zesilovačů – z jeho vývoje a výroby je i u nás známý zesilovač TBA810 (u nás MBA810). O zesilovači TDA2002 by bylo možno říci, že je vylepšeným typem zesilovače MBA810. Blokové schéma zesilovače je na obr. 11. Jeho typickými parametry jsou kmitočtový přenos prakticky od 0 Hz (v můstkovém



Obr. 11. Blokové schéma nf integrovaného zesilovače TDA2002. 1 – diferenciální vstupní zesilovač, 2 – předzesilovač, 3 – přepětová ochrana, 4 – teplotní ochrana, 5 – koncový stupeň, pracující ve třídě B, C – vnitřní kompenzační kondenzátor (zesílení obvodu závisí na kmitočtu, do 1000 Hz je zisk konstantní, a to 80 dB, pak se zmenšuje na 60 dB na kmitočtu 10 000 Hz a na 40 000 Hz je asi 50 dB)

Obr. 12. Zapojení vývodů obvodu TDA2002 a tvar i rozměry pouzdra (tzv. pouzdro Pentawatt)



Obr. 13. Závislost zkreslení a výstupního výkonu na impedanci zátěže pro $U_B = 14,4 \text{ V}$, zesílení 100 a kmitočet 1 kHz

zapojení bez elektrolytických kondenzátorů na výstupu), výstupní výkon 7 W na impedanci 2 Ω , 15 W v můstkovém zapojení a velký rozsah možných napájecích napětí.

Zesilovač se vyrábí v tzv. pouzdru Pentawatt, jehož tvar je zřejmý z obr. 12, na němž je i zapojení vývodů integrovaného obvodu. Výrobce, SGS ATES, vyrábí kromě základního typu i odvozené typy TDA2002H a TDA2002V, které se vyznačují zlepšenou ochranou proti přetížení a přehřátí. Ochrana proti přetížení pracuje tak, že se při teplotě čipu větší než 150 °C samočinně omezi výstupní výkon. Další ochranný obvod chrání integrovaný zesilovač proti trvalému zkratu na výstupu a proti přepólování napájecího napětí. Kromě toho je integrovaný zesilovač chráněn i proti přepětí až 28 V a proti napěťovým špičkám až 40 V.

Výborné jsou vlastnosti integrovaného obvodu i pokud jde o zkreslení – na obr. 13 je závislost zkreslení a výstupního výkonu na impedanci reproduktoru. Je zřejmé, že se nabízí příležitost zapojit paralelně dva reproduktory 4 Ω (výsledná impedance je pak 2 Ω), neboť pak se využijí výborné vlastnosti zesilovače (velký výstupní výkon a malé zkreslení).

Technické údaje

Mezní údaje

Špičky napájecího napětí: 28 V.

Provozní napájecí napětí: 18 V.

Výstupní špičkový proud: 4,5 A.

Ztráta při teplotě pouzdra 90 °C: 15 W.

Provozní údaje

Rozsah napájecích napětí: 8 až 18 V.

Klidový proud: 45 mA.

Výstupní výkon

při $U_B = 16 \text{ V}$: 6,5 W na 4 Ω

při $U_B = 16 \text{ V}$: 10 W na 2 Ω .

Kmitočtový rozsah: 40 až 15 000 Hz, –3 dB.

Zisk naprázdno: 80 dB.

Vstupní citlivost pro zesílení 100, $R_L = 4 \Omega$:

pro 0,5 W 15 mV,

pro 5,2 W 55 mV.

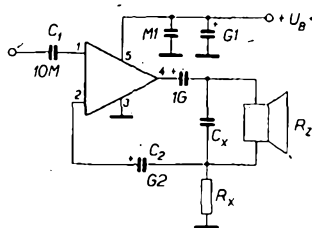
Základní zapojení integrovaného zesilovače je na obr. 14. Odpor R_L je v praktickém provedení zesilovače pro běžnou potřebu zhotoven na desce s plošnými spoji jako spoj šířky asi 1 mm a délky asi 10 cm. Podle požadavků na zesilovač (pokud jde o kmitočtový rozsah přenášeného signálu) je třeba volit kapacitu kondenzátoru C_L vzhledem k zatěžovacímu odporu – impedanci repro-

duktoru. Vztah k určení R_L a C_L je uveden v textu pod obrázkem.

Nejnižší přenášený kmitočet je v podobných zapojeních určen kapacitou výstupního kondenzátoru – pro zapojení, u nichž se požaduje co nejnižší přenášený kmitočet, u nichž by byla kapacita výstupního elektrolytického kondenzátoru příliš velká, tj. u nichž by byl kondenzátor příliš rozměrný, lze volit můstkové zapojení integrovaných zesilovačů bez výstupního kondenzátoru podle obr. 15. V tomto zapojení je výstupní výkon pro napájecí napětí v mezích 12 až 14 V asi 15 W – zesilovač je proto vhodný i pro provoz v motorových vozidlech.

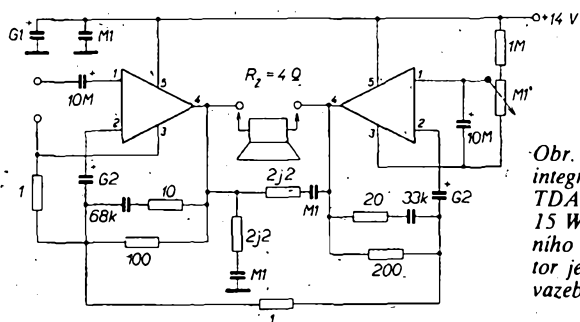
V praktickém provedení můstkového zesilovače upozorňuje výrobce na nutnost dob-

TDA2002



Obr. 14. Jednoduché zapojení nf zesilovače podle doporučení výrobce (s minimem vnějších součástek). Kapacitu kondenzátoru C_x lze určit podle požadavků na zesilovač a podle zatěžovacího odporu ze vztahu $C_x = 1/2\pi BR_z$, kde B je požadovaný kmitočtový rozsah. R_z se určí ze vztahu $R_z = R_i/(A-1)$, kde A je zesílení. Pro běžné požadavky se R_z realizuje jako spoj na desce s plošnými spoji, viz text

2 x TDA2002



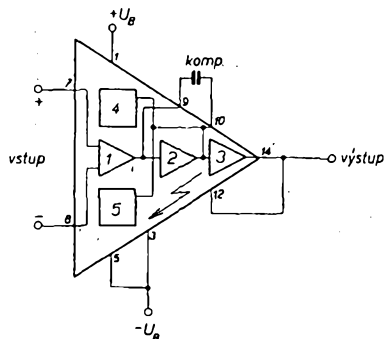
Obr. 15. Můstkové zapojení dvou integrovaných nf zesilovačů TDA2002 s výstupním výkonem 15 W k získání co nejnižšího dolního mezního kmitočtu. Reprodukční je k výstupům IO připojen bez vazebních elektrolytických kondenzátorů

rého zemního spoje obou integrovaných obvodů (musí být co nejkratší a dimenzován na příslušný proud).

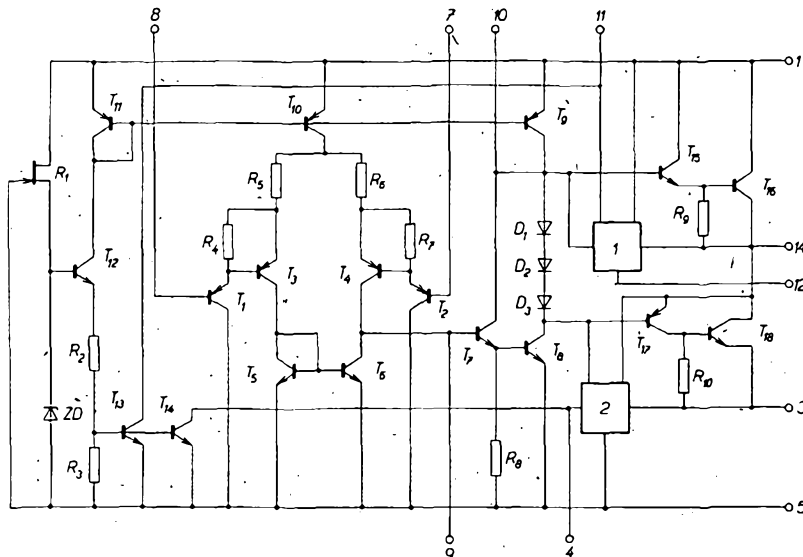
Podobné můstkové zapojení lze aplikovat i na řízení stejnosměrného motoru se špičkovým proudem až 3,5 A. Motor je zapojen místo reproduktoru, ze zapojení jsou vypuštěny všechny korekční prvky a kompenzační kondenzátory. Otáčení motoru lze pak řídit výstupním signálem integrovaných obvodů s prvky logiky TTL nebo MOS, neboť k řízení postačí pravouhlé napětí od 1 do 5 V.

Integrovaný monolitický nf zesilovač s velkým výkonem, TDA2020

Mohutnějším a výkonnějším „bratrem“ předchozího integrovaného obvodu – mono-



Obr. 16. Blokové schéma výkonového integrovaného zesilovače TDA2020. 1, 2 – zesilovací stupně, 3 – výkonový zesilovač, 4 – omezení proudu a výkonu, 5 – teplotní pojistka



Obr. 17. Ekvivalentní schéma integrovaného výkonového zesilovače TDA2020 z diskretních součástek. 1, 2 – obvod k omezení proudu a výkonu

Jako výstupní obvod je použit koncový zesilovač kvazikomplementárního typu, pracující ve třídě AB.

Všechny stupně zesilovače mají předpětí určené tranzistory T_1 až T_{12} a jejich obvody, k předpětí obvodů patří dále i odpor R_1 (který je realizován tranzistorem FET, u něhož se využívá tunelového jevu) a Zenerova dioda ZD.

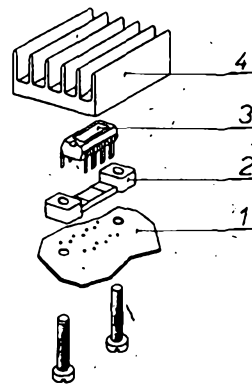
Protože předpětí proud je efektivně konstantní i při změnách teploty a napájecího napětí, je činnost integrovaného obvodu zaručena při napájecím napětí v mezích od ± 5 do ± 20 V a to při teplotách v mezích -25 až $+150$ °C.

Teplotní ochrana proti přetížení

Obvod se Zenerovou diodou a s děličem z odporů R_2 a R_3 zabezpečuje referenční napětí asi 340 mV, které se vede na báze tranzistorů teplotního „čidla“ (tranzistory T_{13} a T_{14}). Toto napětí ovládá činnost tranzistorů T_{13} a T_{14} tak, že je otevřen pouze tehdy, dosáhne-li teplota IO asi 150 °C. Otevřené tranzistory pak zmenšují předpětí proud budičů, čímž omezují i výstupní výkon. V praxi je nemožné, aby došlo ke stejnému jevu, k němuž dochází u diskretních prvků – ke zničení prvku teplotním přetížením.

Obvod omezující výstupní výkon

Některé nf zesilovače, napájené malým napětím, používají popsanou teplotní pojistku současně i jako ochranu proti zkratu na výstupu. Taková ochrana pracuje ovšem



Obr. 18. Pouzdro obvodu TDA2020 a jeho upevnění. 1 – deska s plošnými spoji, 2 – podložka, 3 – kontaktní plocha ($R_t = 0,5$ °C/W), 4 – chladič (2 až 8 °C/W)

litického nf zesilovače typu TDA2002 – je monolitický zesilovač typu TDA2020, který si popíšeme poněkud podrobněji, neboť se jeho výroba připravuje i v n. p. TESLA Rožnov. Zesilovač je určen pro zátěž 4 a 8 Ω , je napájen souměrným napětím a jeho výstupní výkon může být až 20 W pro celkové harmonické zkreslení menší než 1 %. Zesilovač má originálně řešenou pojistku proti zkratu na výstupu, dále obsahuje obvod, samočinně omezující výkonovou ztrátu tak, aby nebyl překročen ani proud, ani napětí pracovního bodu koncových tranzistorů, a konečně má i vnitřní teplotní ochranu proti přetížení. Při konstrukci obvodu byla použita i nová technologie při výrobě pouzdra – tak se podařilo zmenšit teplotní odpor na velikost menší než 3 °C/W.

Integrovaný obvod je zesilovačem třídy Hi-Fi, k němuž se zátěž (reprodukční soustava) připojuje přímo, bez vazebních elektrolytických kondenzátorů.

Blokové schéma zesilovače je na obr. 16. Zesilovač může být považován za klasický operační zesilovač, který má dva vstupy a jeden výstup, dále pak i dva vývody k připojení externího kmitočtově kompenzačního členu.

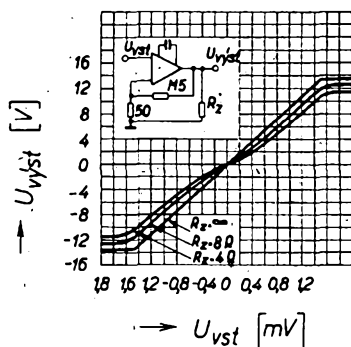
Ekvivalentní elektrické schéma z diskretních součástek je na obr. 17. V zesilovači se používá diferenciální Darlingtonovo uspořádání tranzistorů, které se skládá z „vertikálního“ páru tranzistorů p-n-p, na který je navázán „boční“ pár tranzistorů p-n-p. Díky velké aktivní kolektorové zátěži (zdroje proudu s tranzistory T_5 a T_6) a velké vstupní impedanci následujícího stupně (T_7 , T_8) je celkový napěťový zisk prvních stupňů 40 dB.

Stupeň budič s tranzistorem T_8 a jeho zdroj proudu (tranzistor T_9) určuje úroveň stejnosměrného napětí na předpětí diodách tak, že základní proud koncového stupně je stálý za všech pracovních podmínek (t_j za libovolné okolní teploty a při napájecím napětí v širokém rozsahu), a to asi 30 mA.

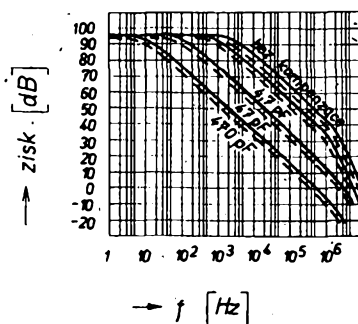
uspokojivě pouze tehdy, budou-li výstupní tranzistory pracovat v oblasti, která se nazývá bezpečná pracovní oblast (safe operating area), tzn. v oblasti, v níž nehrozí tzv. druhý průraz. U zesilovačů, které pracují s napětím až 40 V a s velkými výstupními výkony jsou však rozměry čipu, které by bylo nutno dodržet, aby se vyloučila možnost druhého průrazu, zcela nerealistické. Proto výrobce SGS-ATES používá v IO svůj patent. Podstatou ochranného obvodu je, že se při činnosti zesilovače neustále monitorují jak výstupní proud, tak i napětí U_{CE} koncových tranzistorů a porovnávají se s referenčními zdroji uvnitř IO – odchylky od stanovené meze se pak samočinně upravují. Tím je za všech podmínek dodržován výstupní výkon na bezpečné úrovni, která nemůže ohrozit výstupní tranzistory. Přitom všem mají tranzistory koncového stupně vynikající vlastnosti – i při svých zmenšených rozměrech (vzhledem k diskretnímu provedení) mají bezpečnou pracovní oblast v mezích proudů 0 až 2,5 A při 20 V a 0 až 1,5 A při 30 V napájecím napětí. Jejich typický zesilovací činitel je asi 150, proudové zesílení 30 při 3,5 A. Přitom je možno jako zajímavost uvést, že aktivní plocha emitoru je mnohem menší než 1 mm²! Teplotní zpětná vazba z výstupu na vstup je též velmi silně redukována a to na asi 100 $\mu V/W$ (u $\mu A741$ je tato zpětná vazba např. 8 mV/W).

Pro obvod bylo též vyvinuto zvláštní pouzdro a způsob jeho upevnění. Pouzdro je na obr. 18, jde o typ pouzdra DIL se dvěma řadami vývodů. Potřebné montážní součásti jsou též na obr. 18.

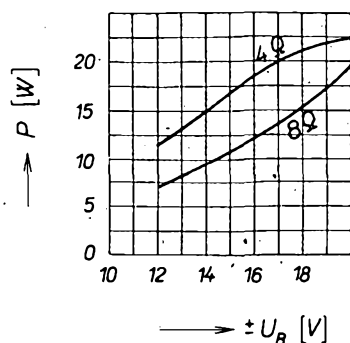
Typické pracovní údaje
 Maximální napájecí napětí: ± 20 V.
 Max. výstupní proud (omezen uvnitř IO): 3,5 A.
 Teplotní odpor $R_{\theta j}$: 3 $^{\circ}C/W$.
 Zisk s otevřenou smyčkou zpětné vazby: 90 dB.
 Výstupní odpor (s otevřenou smyčkou): 1 Ω .
 Vstupní předpětový proud: 0,2 μA .



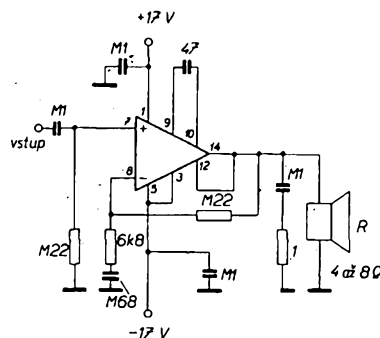
Obr. 19. Přenosová funkce pro zátěž $R_L = 4 \Omega$, $R_L = 8 \Omega$ a nekonečnou zátěž



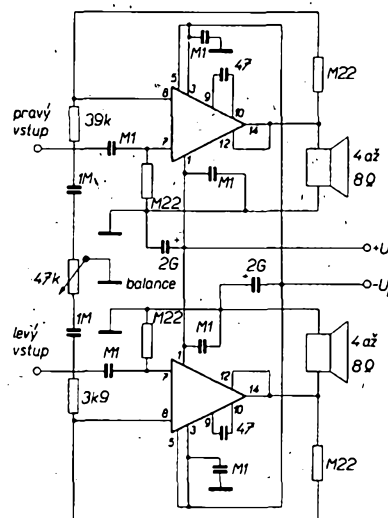
Obr. 20. Kmitočtová charakteristika pro různé kapacity kompenzačního kondenzátoru (čárkované $R_L = 4 \Omega$, plná čára nekonečná zátěž)



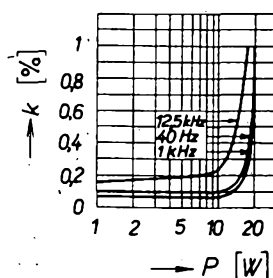
Obr. 21. Závislost výstupního výkonu na napájecím napětí (zkreslení 1 %, $f = 1$ kHz, zesílení 50)



Obr. 22. Základní zapojení integrovaného výkonového zesilovače TDA2020 pro zátěž 4 a 8 Ω (pro 4 Ω musí mít chladič $R_{\theta j} = 2^{\circ}C/W$, pro 8 Ω $R_{\theta j} = 8^{\circ}C/W$)



Obr. 23. Aplikace TDA2020 jako stereofonního zesilovače se stereofonním vyvážením, balancí



Obr. 24. Typická závislost celkového harmonického zkreslení na výstupním výkonu (pro $R_L = 4 \Omega$, $U_B = \pm 17$ V, zesílení 50)

Vstupní napětový offset: 5 mV.
 Potlačení souhlasných signálů: 90 dB.
 Vstupní efektivní šumové napětí (20 Hz až 20 kHz): 4 μV .
 Přenosová charakteristika: viz obr. 19.
 Kmitočtová charakteristika: viz obr. 20.
 Závislost výstupního výkonu na napájecím napětí: viz obr. 21.

Aplikace

Typické zapojení monolitického nf výkonového zesilovače jako zesilovače Hi-Fi je na obr. 22. Dosažitelný výstupní výkon závisí na napájecím napětí a na impedanci zátěže. Při napájecím napětí (stabilizovaném) ± 17 V a při zátěži 4 Ω je maximální výstupní výkon 20 W pro zkreslení 1 %, pro zátěž 8 Ω je výstupní výkon 13 W při stejném zkreslení.

Základní zapojení monolitického obvodu TDA2020 jako stereofonního zesilovače, napájeného nestabilizovaným napětím, je na obr. 23. Zmenší-li se při zatížení napájecí napětí nestabilizovaného zdroje např. na ± 14 V, lze na zátěži 4 Ω dosáhnout výstupního výkonu asi 13 W (sinus) a na zátěži 8 Ω výkonu asi 10 W. Pro zátěž 4 Ω je třeba umístit integrovaný obvod na chladič s teplotním odporem 5 $^{\circ}C/W$, u stereofonního zesilovače (budou-li oba obvody na jednom chladiči) musí mít chladič teplotní odpor 13 $^{\circ}C/W$ (popř. 7 $^{\circ}C/W$).

Typická závislost celkového harmonického zkreslení na výstupním výkonu je na obr. 24.

Použije-li se zesilovač v můstkovém uspořádání, lze jím napájet zátěž 8 Ω a dosáhnout výstupního výkonu až 36 W.

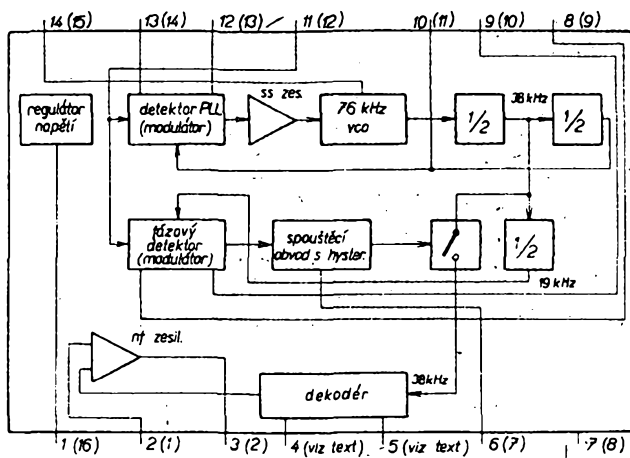
První zpráva o tomto monolitickém obvodu byla uveřejněna v listopadu 1974 v Transaction BTR.

Integrovaný stereofonní dekodér MC1310

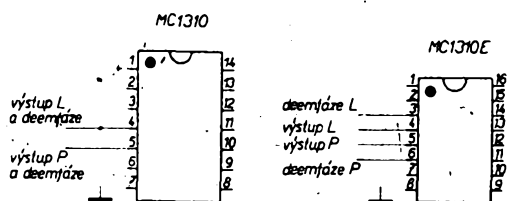
Jedním z nejrozšířenějších integrovaných obvodů ve spotřební elektronice je stereofonní demodulátor FM, využívající techniky fázového závěsu (PLL, phase locked loop) k obnově subnosné 38 kHz. Obvod se vyznačuje mnoha výhodnými vlastnostmi (např. možností použít napájecí napětí v širokém rozsahu, malé množství externích součástí apod.). Původním výrobcem je fa Motorola pod označením CA1310E, dále ho vyrábějí i další firmy, např. Signetics (MC1310 a MC1310E) apod.

Blokové schéma obvodu 1310 je na obr. 25. Ekvivalentní schéma z diskretních součástek neuvádím, neboť je velmi složité a k pochopení funkce není nutné, ta dobře vyplývá z blokového schématu. Obvod obsahuje 76 tranzistorů, téměř 90 odporů, Zenerovu diodu a několik dalších diod a jeden kondenzátor – to vše na jednom čipu.

Základním prvkem integrovaného obvodu je část k obnově nosné 38 kHz. Vnitřní oscilátor generuje signál o kmitočtu 76 kHz, jeho výstup se vede do dvou děličů dvěma, zapojených v sérii, na výstupu druhého děliče je tedy signál 19 kHz, který se vede na první modulátor – detektor PLL. Tento „zpětnovazební“ signál se se vstupním signálem násobí tak, že vždy vznikne stejnosměrná složka, přivede-li se na vstup obvodu signál s pilotním kmitočtem 19 kHz. Tato stejnosměrná složka prochází dolní propustí na ss zesilovač a řídí pak činnost vnitřního oscilátoru tak, že je fázově „odolný“ proti přítomnosti pilotního signálu. Proto má signál 38 kHz (za prvním děličem dvěma) správnou fázi, která umožňuje dekodovat stereofonní signál.



Obr. 25. Blokové schéma lineárního integrovaného obvodu – FM stereofonního dekodéru typu 1310. 1 – napájení (+), 2 – sdružený vstup, 3 – nf výstup, 4 – levý výstup a deemfáze, 5 – pravý výstup a deemfáze, 6 – indikace stereo, 7 – zem, 8, 9 – prahový filtr, 10 – výstup signálu 19 kHz, 11 – vstup fázového detektoru (modulátoru), 12, 13 – smyčka PLL, 14 – řízení VCO (napěťově řízeného oscilátoru). V závorce jsou čísla vývodů obvodu 1310E se šestnácti vývody. Oba typy obvodů se liší tím, že u typu 1310E nejsou výstupy z dekodéru dva, ale čtyři, a to na vývodu 3 je připojen článek deemfáze pro levý kanál, na vývodu 4 výstup levého kanálu, na vývodu 5 výstup pravého kanálu a na vývodu 6 článek deemfáze pro pravý kanál (viz též obr. 27 a 28 s praktickým zapojením)



Obr. 26. Pouzdra obvodů 1310 a číslování vývodů

Dekódovací část obvodu se skládá s modulator-fázového detektoru, v němž se násobí přicházející signál signálem 38 kHz. Do dekodéru se signál 38 kHz přivádí přes elektronický spínač, který se sepne vždy při přítomnosti dostatečně silného pilotního signálu. Součástí obvodu je i spouštěcí obvod ke spínání indikačního prvku přítomnosti stereofonního signálu.

Použitá technika zapojení umožňuje velmi dobré oddělení obou stereofonních kanálů, a to 40 dB.

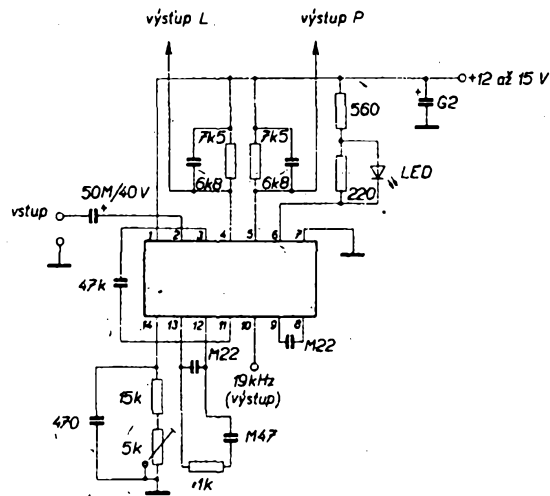
Zapojení vývodů obou typů obvodů (v pouzdře se šestnácti nebo čtrnácti vývody) je na obr. 26. Na obr. 27 a 28 je pak typické zapojení dekodéru v přijímači VKV-FM.

Mezní údaje

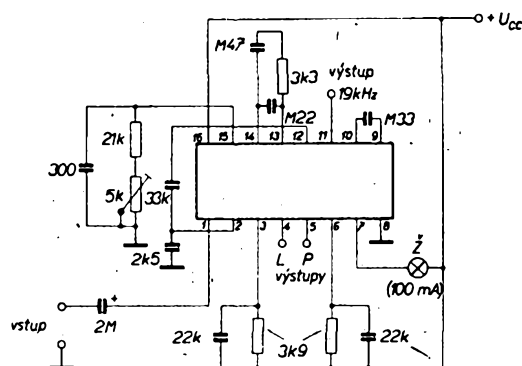
Napájecí napětí: 16 V.
Proud indikační žárovky: 75 mA.
Výkonová ztráta: 625 mW.
Rozsah provozních teplot: -30 až +85 °C.
Teplota při pájení (10 s): 300 °C.

Charakteristické údaje

Odběr proudu (indikační žárovka nesvítí): typ. 20, max. 30 mA.
Úroveň pilotního signálu pro rozsvícení indikační žárovky: 15 mV.
Indikační žárovka zhasne při úrovni pilotního signálu: 7 mV.
Oddělení kanálů: 40 dB.
Činitel zkreslení: 0,3 %.
Vstupní odpor: 20 kΩ.



Obr. 27. Zapojení stereofonního dekodéru s obvodem 1310P (1310) podle údajů firmy Motorola



Obr. 28. Zapojení stereofonního dekodéru s obvodem 1310E podle údajů fy Signetics

Vstupní impedance: 50 kΩ.

Výstupní nf napětí (efekt.): asi 480 mV.

Napájecí napětí: 8 až 16 V.

Tvarovače impulsů pro otáčkoměr – Integrované obvody řady SAK

Monolitické integrované obvody řady SAK (vyrábí je Intermetall, ITT) jsou určeny pro použití v otáčkoměrech motorových vozidel. Zatím se vyráběly nebo vyrábějí ve třech provedeních, a to jako SAK110, SAK115 a SAK215.

Všechny tři typy jsou určeny spolu s několika málo vnějšími součástkami ke konstrukci měřičů rychlosti otáčení motorů se dvěma až osmi válci a to pro vozy s palubním napětím 12 V nebo více.

SAK110 a SAK115 obsahují v podstatě monostabilní klopný obvod, který přetváří vstupní signál (např. přímo z kontaktů přerušovače) na pravouhlé impulsy o konstantním napětí a konstantní délce (pro určitou rychlost otáčení). Oba dva tyto typy se používají s měřidlem o citlivosti 8 mA (pro maximální výchylku ručky).

SAK215 může navíc sloužit ještě pro všechny aplikace, u nichž se vyskytuje potřeba převodníku kmitočet-proud, jako měřič rychlosti otáčení vyžaduje měřidlo o citlivosti 10 mA pro plnou výchylku.

Všechny obvody jsou navrženy tak, aby bylo s vhodným měřidlem dosaženo teplotně nezávislé indikace rychlosti otáčení, výstupní obvod s koncovými doplňkovými tranzistory umožňuje použití i při vysokých kmitočtech měřidlo s velkou indukčností cívky. Aby zapojení nebylo ovlivňováno zápornými im-

pulsy na vstupních přívodech (vývody 2 a 3), je paralelně k těmto přívodům uvnitř integrovaného obvodu dioda, která svádí záporné impulsy na zem.

Integrované obvody SAK110 a SAK115 lze „spouštět“ impulsy o napětí do 8 V. Tyto impulsy lze získat např. z děliče, na nějž se přivádí signál přímo z kontaktů přerušovače.

Základní údaje všech tří typů obvodů jsou uvedeny dále.

SAK110

Základní zapojení tohoto integrovaného obvodu jako měřiče rychlosti otáčení (spolu s hlavními rozměry pouzdra a s číslováním vývodů) je na obr. 29a, b.

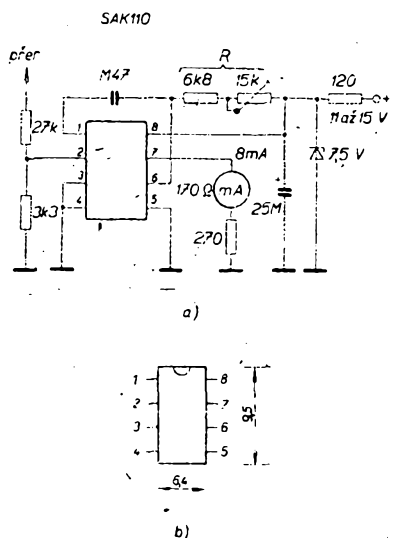
Všechna napětí a proudy, uvedené v následujících údajích, jsou vztaženy ke společnému bodu – vývody 3, 4 a 5.

Mezní údaje

Napájecí napětí: 9 V.
Proudy: $I_1 = -20$ mA,
střední proud $I_2 = 2$ mA,
 I_2 při délce impulsu do 0,5 ms je 20 mA,
 I_2 při délce impulsu do 0,5 ms je 75 mA,
 I_1 při délce impulsu do 0,5 ms je -75 mA.

Doporučené provozní údaje

Napájecí napětí: 7,5 až 8 V.
Kmitočet vstupního signálu: do 10 kHz.
Odpor R_{B1} : 3 až 20 kΩ.
Trvání výstupních impulsů: 2,7 až 3,1 ms.
Napětí výstupních impulsů: 5 až 5,8 V.

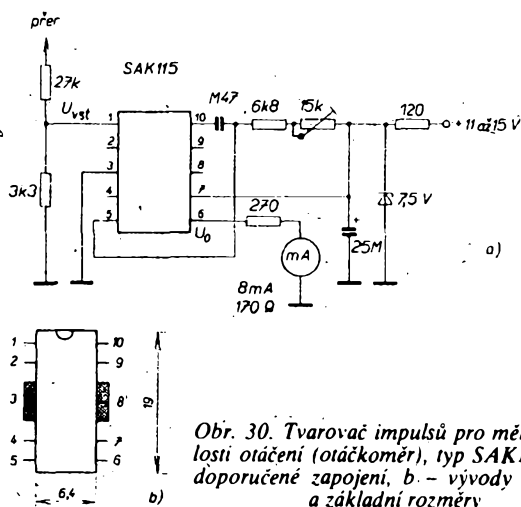


Obr. 29. Tvarovač impulsů pro měřič rychlosti otáčení (otáčkoměr), typ SAK110; a – doporučené zapojení, b – vývody pouzdra a základní rozměry

Střední hodnota výstupního napětí: 3,3 až 4,5 V.
Zbytkové výstupní napětí: menší než 30 mV.
Chyba linearity: menší než 0,3 %.

SAK115

Základní zapojení tohoto obvodu jako měřiče rychlosti otáčení (spolu s hlavními rozměry pouzdra a s číslováním vývodů) je na obr. 30a, b.



Obr. 30. Tvarovač impulsů pro měřič rychlosti otáčení (otáčkoměr), typ SAK115; a – doporučené zapojení, b – vývody pouzdra a základní rozměry

Všechna napětí a proudy, uvedené v následujících údajích, jsou vztaheny ke společnému bodu – vývodu 3, 8.

Mezní údaje

Napájecí napětí: 9 V.
Výstupní proud: –20 mA.

Doporučené provozní údaje

Odběr proudu při $U_{in} = 0$: 12 až 22 mA.
Vstupní napětí U_{in} : 6,5 až 8 V.
Trvání výstupního impulsu: 2,7 až 3,1 ms.
Napětí výstupních impulsů: 5 až 5,8 V.
Střední hodnota výstupního napětí: 3,3 až 4,5 V.

SAK215

Základní zapojení tohoto nejnovějšího typu uvedené řady integrovaných obvodů je na

obr. 31a, b (spolu s hlavními rozměry pouzdra a číslováním vývodů). Zapojení je navrženo pro plnou výchylku ručky měřidla při rychlosti otáčení 6000 ot/min a to pro čtyřválcový, čtyřdobý motor a pro palubní síť 12 V.

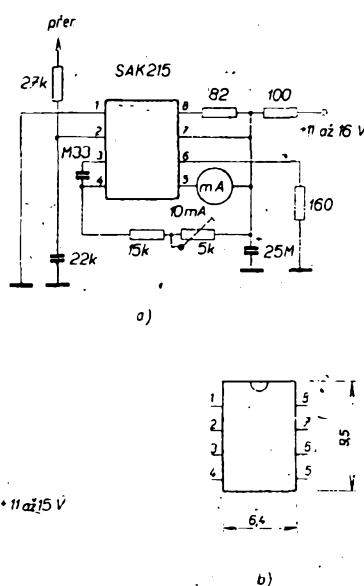
Všechny dále uvedené údaje napětí a proudů jsou vztaheny ke společnému bodu – vývod 1 integrovaného obvodu.

Mezní údaje

Vstupní napětí $U_i = \pm 20$ V.
Měřicí pracovní proud: $I_s = -I_o = 40$ mA.
Rozsah pracovních teplot okolí: –25 až +65 °C.

Doporučené provozní údaje

Napájecí napětí: 7,4 až 8,2 V.
Odběr proudu: I_s je menší než 12 mA.
Vstupní napětí: 1,5 až 20 V.
Při vstupním napětí od –20 do +0,5 V obvod nepracuje, od –0,5 V do 1,5 V obvod nepracuje definovaně (jako vstupní napětí se uvažuje napětí na vývodu 2).
Vstupní odpor: $R_{i1} = 7$ kΩ.



Obr. 31. Tvarovač impulsů pro měřič rychlosti otáčení (otáčkoměr), typ SAK215; a – doporučené zapojení, b – základní rozměry

Amplituda impulsu na vývodu 6: 2 až 2,5 V.
Trvání výstupního impulsu: $0,64 R_{i1} C_{i1}$.
Výstupní proud: $I_s = -I_o$.
Odpor k nastavení proudu měřidlem: R_{i1} je větší než 100 Ω.
Úbytek napětí na bočnickovém odporu: U_{i1x} je menší než 7 V.

Podle základního zapojení na obr. 31 byl zkonstruován měřič rychlosti otáčení jednak pro vůz Škoda 110L a jednak pro vůz Wartburg. Při konstrukci obou otáčkoměrů bylo největším problémem obstarat si vhodné měřidlo – pro otáčkoměr je totiž třeba vzhledem ke snadnému čtení údajů měřidlo s co největší výchylkou ručky, např. 270°.

Při konstrukci otáčkoměru pro Š 110L bylo zachováno téměř přesně doporučené zapojení, pro Wartburg bylo zapojení poněkud pozměněno, a doplněno, neboť se měřící rozsah rozdělil do dvou rozsahů – pro malé

a velké rychlosti otáčení (od 0 do 1500 ot/min a od 0 do 6000 ot/min), viz konstrukční část.

Dvojitě operační zesilovače s malým šumem $\mu A739$ a $\mu A749$

Dvojitě operační zesilovače $\mu A739$ a $\mu A749$ jsou složeny ze dvou identických operačních zesilovačů na jednom křemíkovém čipu. Operační zesilovače se vyznačují malým šumem a stabilními parametry i při velkých rozdílech teplot a různých napájecích napětích. Oba dva zesilovače mohou pracovat se souměrným nebo nesouměrným napájecím napětím, mají zkratu odolný výstupní obvod a velké zesílení. Ekvivalentními obvody k $\mu A739$ jsou SN76131 (TI) a TBA231 (SGS-ATES).

Zapojení vnitřní struktury je na obr. 32. Na obr. 33 je zapojení vývodů jak pro obvody v pouzdru DIL se čtrnácti vývody, tak i pro obvody v kulatém kovovém pouzdru s osmi vývody. V kulatém pouzdru s osmi vývody se převážně dělá pouze obvod $\mu A749$, označuje se pak jako $\mu A749D$. Prvním výrobcem obvodů byla fa Fairchild.

Technické údaje

Maximální údaje

Napájecí napětí: ± 18 V.
Výkonová ztráta: 500 mW.
Diferenční vstupní napětí: ± 5 V.
Vstupní napětí: ± 15 V.
Rozsah pracovních teplot: 0 až 70 °C.
Doba zkratu na výstupu: max. 30 s.
Zkratem na výstupu se rozumí krátké spojení mezi výstupem a zemí nebo výstupem a napájecími větvemi.

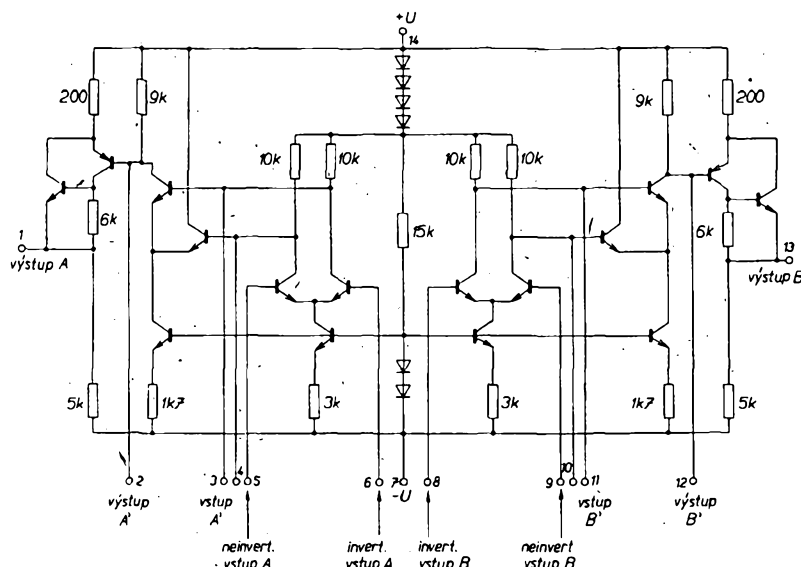
Provozní údaje

Vstupní napěťový offset: typ. 1, max. 6 mV.
Vstupní proudový drift: typ. 50, max. 1000 nA.
Vstupní odpor: min. 37, typ. 150 kΩ.
Napěťové zesílení ($U_{in} = \pm 5$ V): min. 6500, typ. 20 000.
Výstupní odpor ($f = 1$ kHz): 5 kΩ.
Potlačení souhlasných signálů: min. 70, typ. 90 dB.
Odběr proudu naprázdno: 9 až 14 mA.
Sumové číslo (10 Hz až 10 kHz): 2 dB.
Oddělení kanálů (10 kHz): 140 dB.

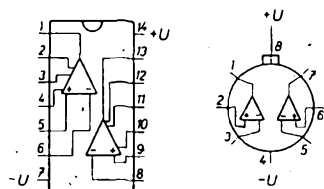
Údaje pro napájecí napětí ± 4 V, 25 °C
Vstupní napěťový offset: 1 až 6 mV.
Vstupní proudový offset: typ. 50, max. 1000 nA.
Vstupní předpětový proud: 300 nA.
Odběr proudu ($U_{in} = 0$): 2,5 mA.
Napěťové zesílení ($U_{in} = \pm 1$ V): min. 2500, typ. 15 000.
Kladné výstupní napětí: +2,8 V.
Záporné výstupní napětí: –4 V.

Operační zesilovače lze použít v těchto typických aplikacích: všude, kde se vyžadují dva shodné operační zesilovače, jako předzesilovače pro magnetickou vložku do přenosky, jako předzesilovače pro magnetofonovou hlavu, k dálkovému ovládání televizních přijímačů, jako dvojitě komparátory, jako zesilovač k senzorům a jiným čidlům, jako oscilátory, jako aktivní filtry apod.

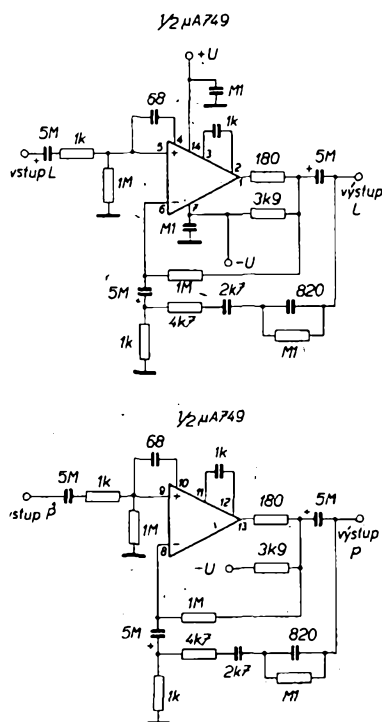
Ve spotřební elektronice je jejich typickým použitím oblast předzesilovačů. Jako příklad je na obr. 35 uveden předzesilovač pro magnetickou vložku do přenosky při napájení zesilovače nesymetrickým napětím, na obr. 34 předzesilovač pro magnetickou vložku do přenosky při napájení souměrným napětím. Z uvedených zapojení je též zřej-



Obr. 32. Ekvivalentní obvod s diskretními součástkami pro operační zesilovače typu $\mu A739$ a $\mu A749$ (u $\mu A749$ jsou vynechány odpory $5\text{ k}\Omega$ a $6\text{ k}\Omega$ v kolektorech výstupních tranzistorů a výstupní tranzistory n-p-n; jako výstupy A a B slouží přímo kolektory výstupních tranzistorů p-n-p)

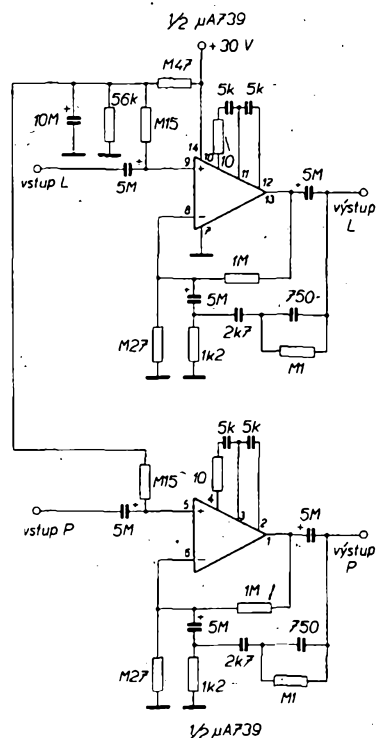


Obr. 33. Zapojení vývodů operačních zesilovačů $\mu A739$ a $\mu A749$ – pohled shora. V kulatém pouzdru s osmi vývody se dělá převážně jen obvod $\mu A749$, označuje se pak jako $\mu A749D$



Obr. 34. Zapojení předzesilovače pro magnetickou vložku do přenosky obvodem $\mu A749$, napájeného symetrickým napětím $\pm 15\text{ V}$

mé, jak je třeba postupovat při návrhu zapojení, není-li k dispozici zdroj souměrného napájecího napětí, které se k napájení operačních zesilovačů běžně používá. Zesilovače na obr. 34 a obr. 35 mají zisk typicky 40 dB na kmitočtu 1 kHz a jejich kmitočtově korekce odpovídají normě RIAA. Vstupní napětí bez přebuzení může



Obr. 35. Zapojení předzesilovače pro magnetickou vložku do přenosky obvodem $\mu A739$, napájeného nesymetrickým napětím $+30\text{ V}$. Při napájení ze symetrického zdroje napětí (např. $\pm 15\text{ V}$) odpadne dělič napětí z odporů $0,47\text{ M}\Omega$, $0,15\text{ M}\Omega$, $56\text{ k}\Omega$ a kondenzátor $10\text{ }\mu\text{F}$, dále odpory $0,27\text{ M}\Omega$ u invertujících vstupů, naopak přibudou odpory $1\text{ M}\Omega$ z neinvertujících vstupů na zem a blokovací kondenzátory $0,1\text{ }\mu\text{F}$ v přívozech napájecích napětí, navíc se změní polarita vstupních elektrolytických kondenzátorů a elektrolytických kondenzátorů ve větvi zpětné vazby ($5\text{ }\mu\text{F}$)

dosáhnout až 80 mV. Úroveň šumu je 2 μV , vztážno ke vstupu. Odstup signál/šum je 74 dB pro vstupní signály menší než 10 mV. Oddělení kanálů na kmitočtu 1 kHz je lepší než 80 dB. Zkreslení je do výstupního napětí 9 V menší než 0,1 %.

Univerzální operační zesilovač ZN424

Operační zesilovač ZN424 firmy Ferranti je univerzální operační zesilovač s typickým ziskem 86 dB, malým šumem a s výstupním zesilovačem třídy A. Velmi zajímavou vlastností je jeho přímá slučitelnost s obvodem TTL. Operační zesilovač ZN424 lze navíc ovládat i signálem, priváděným na jeho zvláštní vstup, což značně rozšiřuje možnosti jeho použití. Zesilovač lze kompenzovat kmitočtově vně připojeným kondenzátorem nebo členem RC.

Ekvivalentní zapojení operačního zesilovače ZN424 z diskretních součástek je na obr. 36. Vhodnou kmitočtovou kompenzací lze realizovat sériovým zapojením kondenzátoru 10 nF a odporu $68\text{ }\Omega$ mezi vývody „kompenzace“ a $+U_B$. Ofset lze nastavit odporovým trimrem $1\text{ M}\Omega$ mezi vývody „vyvážení“ (balance) a „kompenzace“, běžec trimru je připojen přes odpor asi $50\text{ k}\Omega$ na kladný přívod napájecího napětí.

Přivede-li se na vstup „hradlování“ (gate) záporný signál, přeruší se činnost operačního zesilovače.

Zapojení vývodů z pouzder, v nichž se operační zesilovač vyrábí, je na obr. 37.

Některá ze základních doporučených zapojení operačního zesilovače jsou na obr. 38 až 40. Na obr. 38 je zapojení OZ jako druhého multiplexeru. Hradlovací přívozy jednotlivých operačních zesilovačů se v tomto případě připojují na výstupy kruhového čítače, a to buď jednotlivě za sebou, nebo ve zvolených kombinacích. Na výstupu jsou pak signály právě pracujícího operačního zesilovače. Tento druh zapojení lze použít např. jako několikakanálový nř spínač, který může být ovládán po dlouhém kabelu nebo číslicovými obvody apod.

Vhodnou aplikací tohoto operačního zesilovače je i předzesilovač pro magnetickou vložku do gramofonové přenosky. Předzesilovač je korigován podle křivky RIAA kmitočtově závislým členem RC (R_1 , C_1 , R_2 , C_2), člen R_3 , C_3 slouží jako hlukový filtr. Typické zesílení OZ naprázdno je asi 86 dB, celkové harmonické zkreslení je při výstupním napětí (mezivrcholovém) 2 V asi 1,5 %. Je-li tedy u předzesilovače nastaveno zesílení asi na 34 dB, je zkreslení maximálně řádu tisícín procenta a předzesilovač bude mít při vstupním napětí 5 mV a při napájecím napětí 30 V odstup rušivých napětí lepší než 70 dB.

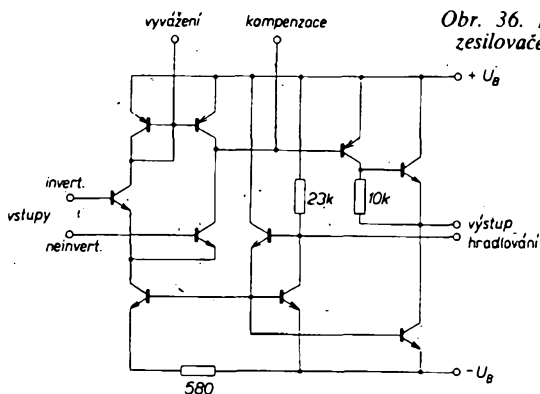
Z dalších možných aplikací (optoelektronický spínač, přesný generátor schodovitého napětí – ve spolupráci s osmibitovým převodníkem A/D/D-A typu ZN425E atd.) si uvedeme ještě zapojení na obr. 40, nazývané sample-and-hold. Výstupní napětí OZ pak závisí na volbě „zpětnovazebního“ tranzistoru. Bude-li mít přívod k hradlovacímu vstupu záporné napětí, pak výstupní signál bude udržován po určitou dobu na konstantní velikosti. Tato doba závisí na kapacitě kondenzátoru C_1 svodových proudech tranzistoru a IO.

Mezní údaje

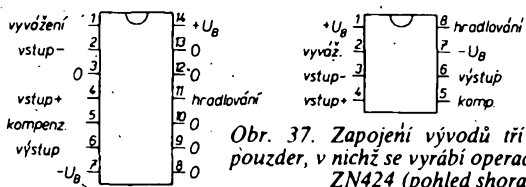
Napájecí napětí: $\pm 18\text{ V}$.
Ztráta pro pouzdro TO: 300 mW.
Vstupní diferenční napětí: 5 V.

Charakteristické údaje

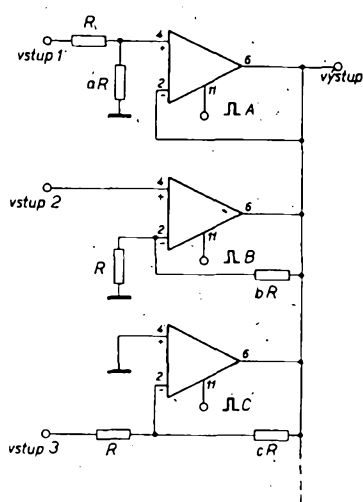
Napájecí napětí: ± 2 až $\pm 18\text{ V}$.
Pracovní rozsah teplot: 0 až $\pm 70^\circ\text{C}$.
Odběr proudu: 5,5 mA.
Vstupní proud: 0,5 μA .
Drift: 5 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$.
Vstupní odpor: 200 k Ω .



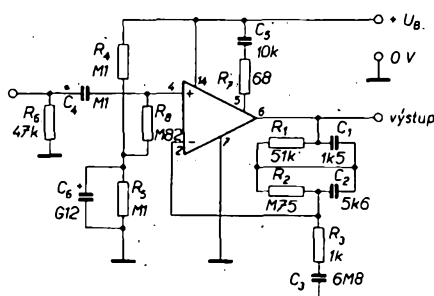
Obr. 36. Ekvivalentní schéma operačního zesilovače ZN424 z diskretních součástek



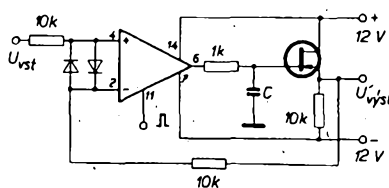
Obr. 37. Zapojení vývodů tří základních pouzder, v nichž se vyrábí operační zesilovač ZN424 (pohled shora)



Obr. 38. Zapojení multiplexeru s libovolným počtem integrovaných operačních zesilovačů typu ZN424



Obr. 39. Korekční předzesilovač pro magnetickou vložku do přenosky gramofonu. Korekce podle RIAA, zisk 34 dB



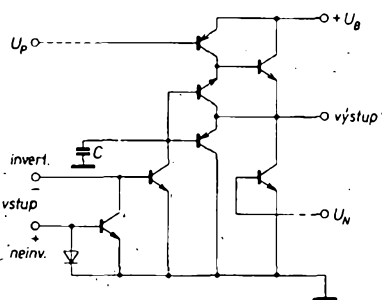
Obr. 40. Zapojení „sample-and-hold“ s operačním zesilovačem ZN424

Mezní kmitočet: 4 MHz.
Výstupní odpor: 4 kΩ.
Maximální rozkmit výstupního napětí: ±11 V.
Doba náběhu: 100 V/μs.
Doba doběhu: 12 V/μs.

Čtveřice operačních zesilovačů v jednom pouzdře, typ LM3900

Integrovaný obvod LM3900, výrobek fy National Semiconductor, obsahuje čtyři univerzální operační zesilovače. Operační zesilovače není třeba vně kompenzovat. Všeobecně lze říci, že čtyři operační zesilovače LM3900 umožňují realizovat velké množství nejrozumnějších zapojení, z nichž si některé také ukážeme.

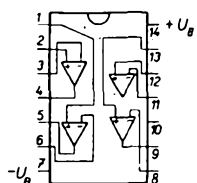
Ekvivalentní zapojení každého ze čtyř operačních zesilovačů v pouzdře LM3900 je na obr. 41. Napětí pro bázi tranzistoru zcela



Obr. 41. Ekvivalentní zapojení jednoho ze čtyř operačních zesilovačů z pouzdra LM3900 z diskretních součástek

nahoru ve schématu a pro bázi pravého spodního tranzistoru se „vyrábějí“ uvnitř struktury pouzdra LM3900.

Zapojení vývodů pouzdra LM3900 je na obr. 42. Pouzdro je běžného typu dual-in-

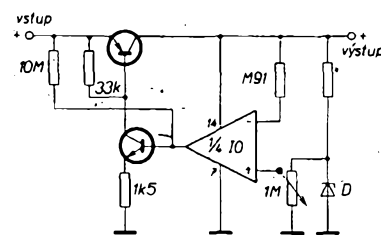


Obr. 42. Zapojení vývodů pouzdra LM3900

line (DIL) se čtrnácti vývody. Napájecí napětí pro všechny čtyři operační zesilovače se přivádí na vývody 14 a 7.

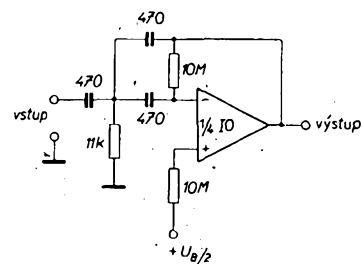
Zajímavé a velmi praktické je zapojení jednoho pouzdra LM3900 jako zdroje čtyř různých stabilizovaných napětí. Zapojení jednoho z takových zdrojů je na obr. 43. Výkonový díl (především tranzistory) je třeba navrhovat podle požadavků na zdroj (vstupní a výstupní napětí; výstupní proud). Zenerovu diodu je třeba vybrat tak, aby bylo možno s použitým typem nastavit požadované výstupní napětí. Odpor v sérii se Zenerovou diodou se má zvolit tak, aby diodou tekla proud asi 1 mA.

Aktivní horní propust z jedné čtvrtiny LM3900 je na obr. 44. V zapojení podle obr. 44 má propust zesílení 1 na kmitočtu 1 kHz. Její jakost je asi 10. Kmitočtová charakteristika má sklon 12 dB/okt., popř. 40 dB na dekádu směrem k horním kmitočtům.



LM3900

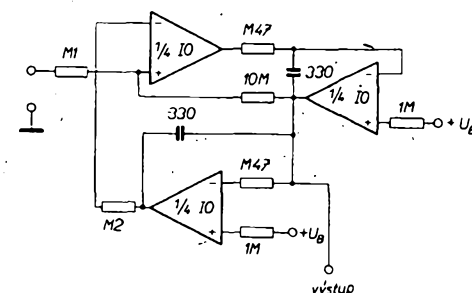
Obr. 43. Říditelný zdroj stabilizovaného napětí z 1/4 pouzdra LM3900



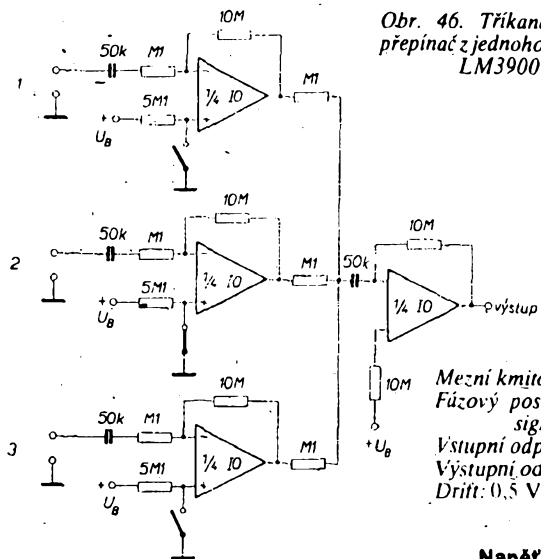
Obr. 44. Aktivní horní propust z 1/4 pouzdra LM3900

Jako další příklad zapojení pouzdra LM3900 je aktivní pásmová propust v uspořádání zvaném „doppel-quad“. U propusti se dosahuje jakosti až 50. Propust je navržena také pro kmitočet 1 kHz, tento kmitočet je však tentokrát kmitočtem rezonančním. Zisk obvodu je na kmitočtu 1 kHz asi 40 dB (zesílení 100). Zapojení se vzhledem k výstupům operačních zesilovačů jeví v podstatě jako horní a dolní pásmová propust – obě se stejnou jakostí (obr. 45).

Velmi zajímavé zapojení pro všechny ty techniky a zájemce o stavbu směšovačích



Obr. 45. Aktivní pásmová propust LM3900



Obr. 46. Tříkanálový nf
přepínač z jednoho pouzdra
LM3900

Mezní kmitočet: 2,5 MHz.
Fázový posuv mezi vstupním a výstupním
signálem: 40°.
Vstupní odpor: 1 MΩ.
Výstupní odpor: 8 kΩ.
Drift: 0,5 V/μs.

Napěťový regulátor pro kladná a záporná výstupní napětí, SG1501A

pultu a dalších nf zařízení je na obr. 46. Jedná se o tříkanálový nf přepínač, jehož jednotlivé vstupní signály z libovolných zdrojů lze přepínat jednoduchými přepínači (vlastně spínači s jedním spínacím kontaktem), které spojí neinvertující vstup jednoho ze tří operačních zesilovačů se zemí. Předností tohoto způsobu přepínání kanálu je možnost ovládat přepínání z libovolné vzdálenosti od vlastního zesilovače, aniž by se zhoršovaly brumové poměry (odstup signál/brum), neboť k přepínání se používá stejnosměrné napětí.

K nejrůznějším účelům v profesionální elektronice slouží generátory schodovitého napětí. Takový generátor konstruovaný z jednoho pouzdra LM3900 je na obr. 47. Výstupní napětí schodovitého průběhu se zvětšuje od nuly po „schodech“ až do 80 % napájecího napětí. Po dosažení uvedené úrovně výstupního napětí se pak výstupní napětí vrací zpět k nule (viz diagram na obr. 47 u výstupní svorky).

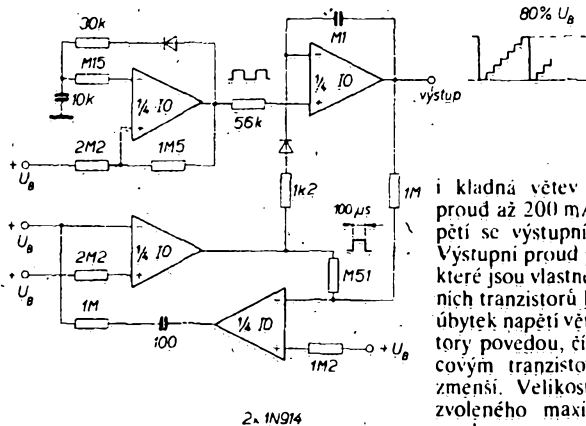
Tyto generátory začínají v poslední době pronikat i do spotřební elektroniky – používají se např. v rozhlasových přijímačích do auta spíkové jakosti, které mají elektronické ladění a elektronický výběr přijímaných programů. Jinak se tyto generátory běžně používají ke grafickému znázornění charakteristiky na obrazovce osciloskopu.

Technické údaje

Napájecí napětí: +4 až +36 V, nebo ± 2 až ± 18 V.

Klídivý proud: 1,3 mA.

Napěťový zisk při zatěžovacím odporu 10 kΩ: 70 dB.

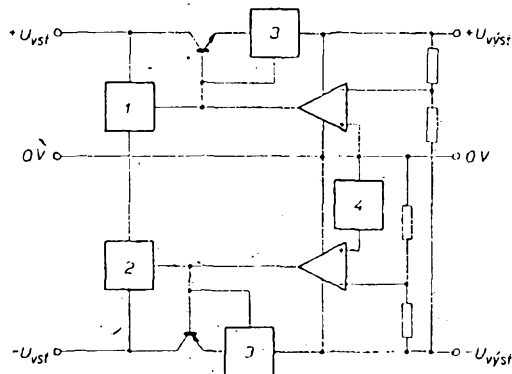


Obr. 47. Generátor napětí schodovitého průběhu z jednoho pouzdra (čtyřice integrovaných operačních zesilovačů) LM3900

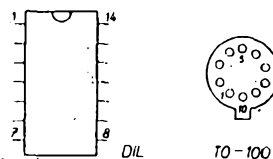
i kladná větve regulátoru může dodávat proud až 200 mA. Při změnách zátěže a napětí se výstupní napětí mění asi o 2 mV. Výstupní proud protéká z vývodu 5 odpory, které jsou vlastně emitterovými odpory vnitřních tranzistorů IO. Je-li na těchto odporech úbytek napětí větší než 0,6 V, vnitřní tranzistory povedou, čímž „odehrají“ proud koncovým tranzistorům a výstupní proud se zmenší. Velikost těchto odporů lze podle zvoleného maximálního proudu určit ze vztahu

$$R_s \approx \frac{0,6 \text{ V}}{I_{\text{max}}}$$

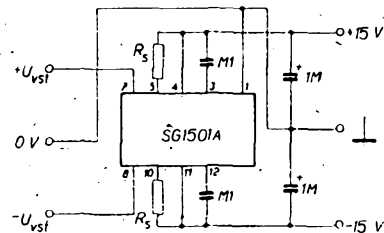
kde I_{max} je maximální proud při zkratu na výstupu.



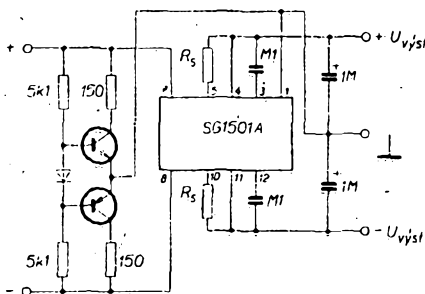
Obr. 48. Blokové schéma dvojitého integrovaného stabilizátoru napětí typu SG1501A. 1 – zdroj kladného napětí, 2 – zdroj záporného napětí, 3 – omezení proudu, 4 – zdroj referenčního napětí



Obr. 49. Dvě základní provedení pouzder, v nichž se obvod SG1501A vyrábí. Vývody pouzder sobě odpovídají takto: (první číslo – vývod pouzdra DIL, druhé číslo – vývod pouzdra TO-100) 1 = 10, 2 = -, 3 = 1, 4 = 2, 5 = 3, 6 = -, 7 = 4, 8 = 5, 9 = -, 10 = 6, 11 = 7, 12 = 8, 13 = -, 14 = 9



Obr. 50. Základní zapojení SG1501A pro výstupní proudy do 200 mA

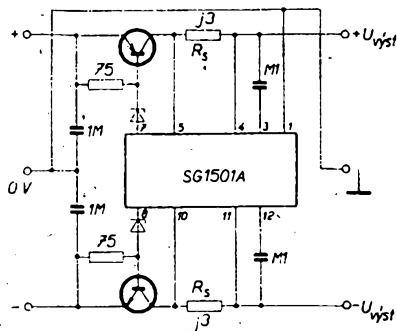


Obr. 51. Zapojení SG1501A, vytvářející umělý střed souměrného výstupního napětí (umělou zem)

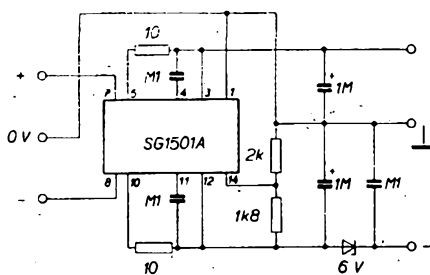
Požaduje-li se souměrné výstupní napětí a je-li vstupní napětí nesouměrné, lze využít pomocného zapojení podle obr. 51, které vytváří tzv. umělou zem.

Výstupní proudy větší než 200 mA lze získat při zapojení SG1501A podle obr. 52. Má-li zapojení sklon ke kmitání, použijí se ve vstupních elektrolytické kondenzátory 1 μF. Tranzistory lze volit podle požadovaného výstupního proudu a podle vstupního napětí.

Díky celkem jednoduchému „figlu“ lze monolitický regulátor SG1501A použít i k získání různých napětí obou polarit; zapojení pro +12 V a -6 V je na obr. 53. Dělicí napětí 2 kΩ, 1,8 kΩ umožňuje nastavit výstupní napětí ± 12 V, záporná větve regu-



Obr. 52. Zapojení SG1501A s externími tranzistory pro větší výstupní proudy. Zenerovy diody v bázích tranzistorů je třeba použít pouze při vstupních napětích na horní mezi povolené tolerance



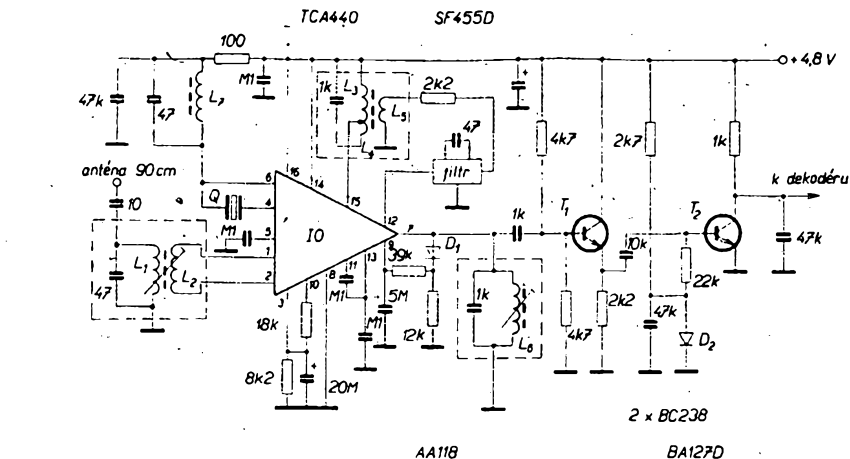
Obr. 53. Zapojení k získání nesymetrického výstupního napětí obou polarit (kladné a záporné).

látoru je však doplněna ještě Zenerovou diodou se Zenerovým napětím podle požadovaného záporného výstupního napětí, podle příkladu na obr. 53 Zenerovou diodou se Zenerovým napětím 6 V.

Při zvlášť velkých vstupních napětích lze obvod regulátoru podle obr. 52 doplnit ještě Zenerovými diodami v bázích výkonových tranzistorů, v kladné větvi katodou k bázi, v záporné anodou k bázi; diody pak chrání vstupy regulátoru před zničením.

Monolitický obvod pro přijímače AM TCA440

Monolitický integrovaný obvod TCA440 byl vyvinut pro přijímače AM do kmitočtu 30 MHz. Obvod obsahuje řízený vf předzesilovač, multiplikativní protitaktní směšovač s odděleným oscilátorem a řízený mf zesilovač. Zpětnovazební řídicí obvody mají pět stupňů. Řídicí rozsah je 100 dB. Díky vnitřnímu stabilizátoru jsou všechny vlastnosti monolitického obvodu nezávislé na napájecím na-



Obr. 55. Zapojení TCA440 jako výkonného přijímače soupravy dálkového ovládání v pásmu 27 MHz. L_1 má 11 z drátu o $\varnothing$ 0,15 mm, L_2 5 z stejného drátu na kostře Vogt typu D71-2499.1, L_3 má 27 z, L_4 68 z, L_5 28 z, L_6 95 z, všechny drátem o $\varnothing$ 0,05 mm na kostře Vogt typu D71-2498.1, L_7 má 6 z drátu o $\varnothing$ 0,2 mm na jádře B62110-K123, 5 x 1,6 x 6 mm

pět. Obvod má též zesilovač pro připojení měřidla jako ukazatele vyladění.

Z blokového schématu na obr. 54 je patrné, že integrovaný obvod obsahuje dva nezávislé řídicí okruhy zpětnovazebního signálu – jeden řídí předzesilovač a druhý mf zesilovač. Řízením vstupního vf předzesilovače se získala velká odolnost proti přebuzení vstupních obvodů – mezivrcholový vstupní signál 2,6 V je zpracováván ještě bez jakéhokoli zesílení.

Díky multiplikativnímu protitaktnímu směšovači vzniká při směšování velmi málo vyšších harmonických. Oddělený oscilátor je vhodný i pro rozsah krátkých vln. Z řídicího napětí pro mf zesilovač je odvozeno i napětí pro měřidlo ukazatele vyladění. Pro plnou výchylku ručky měřidla platí následující údaje měřidla:

R_i	citlivost
1,5 k Ω	100 μ A
1 k Ω	170 μ A
500 Ω	200 μ A
250 Ω	500 μ A

Blokové schéma integrovaného obvodu na obr. 57 je doplněno o základní součástky, s nimiž obvod slouží jako přijímač AM.

Velmi zajímavé je zapojení monolitického obvodu TCA440 jako přijímače soupravy dálkového ovládání v pásmu 27 MHz. Přijímač obsahuje minimum vně připojovaných součástek, proto ho lze konstruovat na velmi malé desce s plošnými spoji. K zapojení je třeba uvést, že cívky jsou zhotoveny na stavebnicových přípravcích firmy Vogt

(NSR); L_1 , L_2 , L_3 a L_4 spolu s doladovacími kondenzátory (1 nF) lze však bez problémů nahradit běžnými mf miniaturními transformátory z tranzistorových přijímačů AM. Jako mf filtr se používá v zapojení keramický filtr Murata (nebo Stettner) typu SF455D.

Přijímač je velmi citlivý – pro stále výstupní napětí na vývodu k dekodéru potřebuje na vstupu napětí asi 3 μ V.

Odběr proudu při napájecím napětí 4,5 V: 7 mA.

při napájecím napětí 9 V: 10,5 mA,

při napájecím napětí 15 V: 12 mA.

Citlivost (60 Ω , f = MHz, 30 % modulace)

při odstupu signál/šum = 6 dB: 1 μ V,

při odstupu signál/šum = 26 dB: 7 μ V,

při odstupu signál/šum = 57 dB: 1 mV.

Vf díl

Rozsah pracovních kmitočtů: 0 až 50 MHz.

Rozsah řízení: 38 dB.

Vstupní napětí pro začátek omezování: 2,6 V

(mezivrcholové).

Potlačení mf signálu: 20 dB.

Mf díl

Vstupní signál: 0 až 2 MHz.

Rozsah řízení při 460 kHz: 62 dB.

Obvod začíná omezovat při (f = 460 kHz,

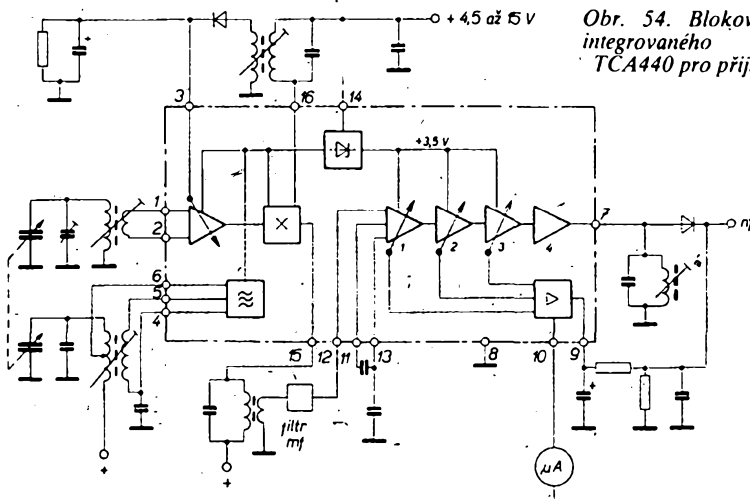
hloubka modulace

80 % a modulační kmitočet 1 kHz): 200 mV.

Konstrukční část

Předzesilovač pro magnetodynamickou vložku do přenosky

Záznam zvuku na gramofonové desce je přes velkou oblibu a jakost magnetického záznamu a reprodukce trvale nejrozšířenějším druhem záznamu. Jeho základní předností je levná a bez potíží velkosériová výroba gramofonových desek a také skutečnost, že ani pokud jde o jakost reprodukováného signálu, nejsou parametry mechanického (gramofonového) záznamu slyšitelně horší, než parametry záznamu magnetického (jsou-li dodržovány určité předpoklady). Jen pro zajímavost si lze zde uvést několik údajů – nejvyšší snímání kmitočtů na desce s úzkou drážkou (dnešní typ dlouhohrajících desek) je teoreticky při průměru desky 30 cm a pro rychlost otáčení 33 ot/min (při snímání



Obr. 54. Blokové zapojení integrovaného obvodu TCA440 pro přijímače AM

hrotu o poloměru kulovitého vrchlíku hrotu 25 μm) asi 25 kHz, v praxi lze dosáhnout kmitočtu kolem 20 kHz. Nejvyšší kmitočet ovšem velmi rychle klesá s opotřebením hrotu (obroušením hrotu kulovitého vrchlíku hrotu) i s opotřebením desky. Tak asi po 30 hodinách provozu hrotu v drážce nové desky je kulovitý vrchlík obroušen u běžných vložek tak, že na obvodu ještě nepřehrávané desky je možno snímat kmitočet maximálně asi 8 kHz (podrobnější údaje viz Radiotechnická příručka II, Práce 1972, kapitola Elektrokustické měniče).

Pro další výklad je třeba ještě upozornit na pojem výstupního napětí vložky do přenosky, který je často špatně chápán. Citlivost vložky do přenosky je číslo, které udává napětí odevzdávané vložkou při záznamové rychlosti 1 cm/s při 1 kHz. Při reprodukci běžné hudební skladby jsou záznamové rychlosti podstatně větší, tak např. maximální záznamová rychlost pro stereofonní drážku je 8 cm/s. Vložka může tedy odevzdávat při reprodukci stereofonní desky napětí asi 8× větší než je její citlivost; toto maximální napětí musí nezkráceně zpracovat vstupy zesilovačů (předzesilovačů), proto vstupní obvody nelze navrhovat pouze vzhledem k citlivosti vložky.

Sledujeme-li naproti tomu potřebné vstupní citlivosti zesilovačů, nemusí být navrženy podle uváděné citlivosti vložek do přenosky, protože střední hodnota záznamové rychlosti u průměrné hudební skladby je 3,5 až 5 cm/s (pro stereofonní desky). Pro vybuzení zesilovače na jmenovitý výkon tedy stačí, je-li jeho vstupní citlivost asi čtyřnásobkem udávané citlivosti vložky do přenosky pro stereofonní záznam.

K lepší orientaci ještě jedno upozornění: má-li vložka do přenosky tři vývody, odlišně barevně značené, bývá obvykle červeně označen vývod pravého kanálu, bíle vývod levého kanálu a společný vývod bývá černý (vložka však může mít až 4 i 5 vývodů, ty pak bývají označeny různými barvami).

Aby bylo možno maximálním způsobem využít možnosti mechanického záznamu, jsou nezbytné nutně určité korekce kmitočtové charakteristiky již při výrobě matrice. Kdybychom do mechanického záznamového rydla, pracujícího vesměs na elektromagne-

tickém principu, přiváděli pro všechny kmitočty nahrávaného signálu stejné vstupní napětí, pak by se podle indukčního zákona zvětšoval proud směrem k nízkým kmitočtům a naopak zmenšoval směrem k vysokým kmitočtům. Protože výchylka ryčního hrotu je přibližně úměrná protékajícímu proudu, byla by do matrice zapisována při vysokých kmitočtech zaznamenávaného signálu drážka s velmi malou amplitudou (velmi úzká) a naopak při nízkých kmitočtech nahrávaného signálu drážka s amplitudou nadměrně (neúměrně) velkou.

To by jednak mělo za následek, že by signály vysokých kmitočtů byly nahrávány s úrovní blízkou úrovni šumu a naopak signály nízkých kmitočtů by byly nahrány s takovou amplitudou, že by je nebylo možno běžnými snímacími systémy zpracovat, a jednak by bylo nutno podstatně zvětšit rozteč drážek, čímž by se neúměrně zmenšovala kapacita desek.

Proto byl mezinárodně stanoven průběh záznamové charakteristiky, aby byla gramofonová deska z hlediska výše uvedených požadavků využita optimálně. Při záznamu signálu sinusového průběhu sleduje hrot rydla v drážce dráhu ve směru kolmém k drážce. Tato dráha, vyjádřená v cm/s, se nazývá stranovou rychlostí. Její efektivní hodnota je vyjádřena vztahem

$$v = 4,44fA,$$

kde v je efektivní stranová rychlost, f kmitočet, A amplituda.

Na obr. 1 je průběh závislosti stranové rychlosti na kmitočtu podle RIAA. Vidíme, že rychlost záznamu (stranová rychlost) se téměř přímo úměrně zvětšuje s kmitočtem. Ve skutečnosti není tento průběh zcela přímo úměrný a je vyjádřen třemi časovými konstantami $\tau_1 = 3180 \mu\text{s}$, $\tau_2 = 318 \mu\text{s}$, a $\tau_3 = 75 \mu\text{s}$. Díky této výrazné kmitočtové úpravě se dosáhlo velmi dobrého odstupu rušivých napětí i u signálů nejvyšších zaznamenávaných kmitočtů a současně i přijatelné maximální výchylky hrotu i při záznamu signálů nejnižších kmitočtů. To vše umožňuje zajistit dostatečně dlouhou dobu hrani gramofonové desky, protože lze drážky uklá-

dat relativně blízko vedle sebe. Tento způsob záznamu se nazývá, nikoli ovšem zcela přesně, záznamem s konstantní amplitudou.

Při reprodukci gramofonových desek je třeba zajistit, aby na výstupu snímacího systému byla velikost napětí nezávislá na kmitočtu, tj. aby výstupní napětí bylo v celém přenášeném kmitočtovém rozsahu pokud možno co nejstálější (konstantní) pro signály všech kmitočtů.

Použije-li se jako snímač krystalový nebo keramický systém, pak jsou uvedené požadavky splnitelné relativně velmi jednoduše, neboť tyto systémy mají tu vlastnost, že jejich výstupní napětí je úměrné výchylce hrotu (tedy amplitudě záznamu). Protože záznam na deskách je pořizován s přibližně konstantní amplitudou, dostaneme na výstupu těchto snímačů požadovaný lineární průběh výstupního napětí bez velkých problémů.

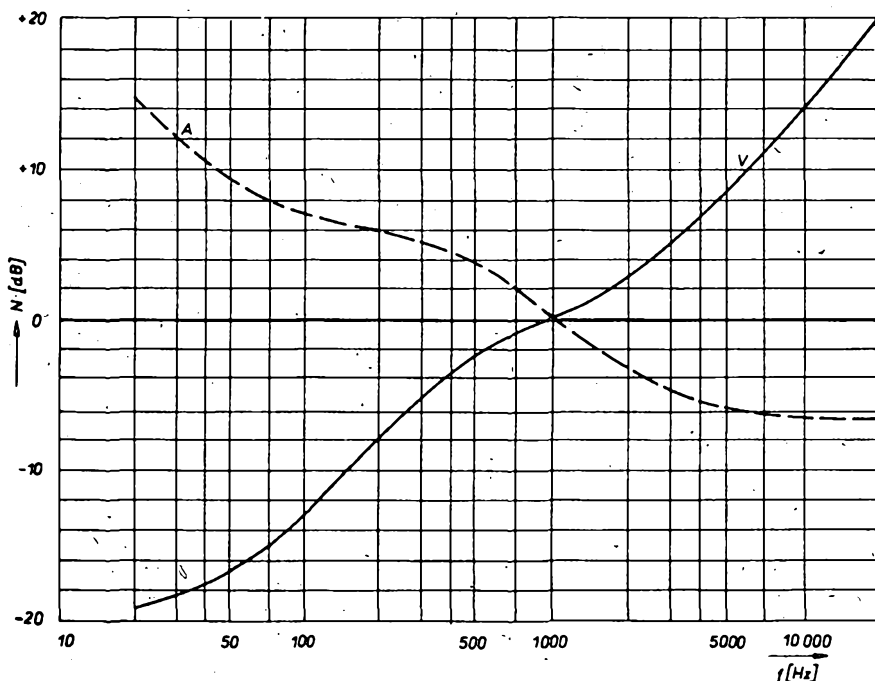
V této souvislosti je nutno připomenout, že krystalové a keramické snímače, tedy snímače, jejichž výstupní napětí je úměrné „výchylce“ drážky, by měly být rovněž opatřeny korekčními obvody, protože ani charakteristika průběhu výchylky drážky v závislosti na kmitočtu není lineární. Všechny moderní snímací systémy tohoto typu jsou však již výrobou upravovány vhodnou volbou mechanických transformací v systému tak, že jejich výstupní napětí je přibližně lineární v závislosti na kmitočtu při snímání záznamu na gramofonové desce, nahané podle záznamové charakteristiky RIAA.

Na druhé straně ovšem nepatří krystalové a keramické snímače k těm nejvýhodnějším typům snímačů, a to především proto, že jejich snímací prvek je velmi tuhý. I když je jeho spojení se snímacím hrotem mechanicky poddajné, je boční tuhost těchto systémů značná. Proto musí být pro uspokojivé snímání záznamu z drážek desky značná i svislá síla na hrot (nesprávně tlak na hrot) – a to vede nutně k většímu opotřebení přehrávaných gramofonových desek. Proto jsou uvedené systémy používány – především pro snadnou výrobu a tím i pro nízkou cenu – u zařízení, u nichž nejsou vyžadovány špičkové parametry.

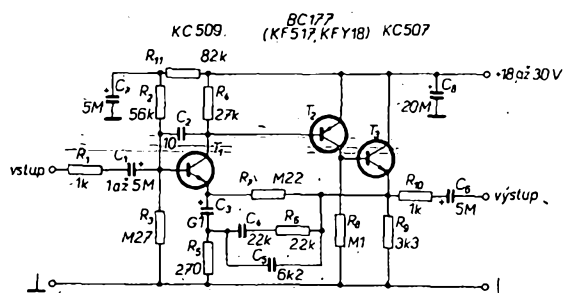
V posledních letech se podstatným způsobem rozšířily velmi jakostní snímací systémy, pracující na magnetodynamickém principu. Tyto systémy mají podstatně větší poddajnost hrotu jak ve vodorovném, tak i ve svislém směru a umožňují proto používat je s mimořádně malými svislými silami. Určitou nezanedbatelnou nevýhodou však je skutečnost, že jejich výstupní napětí je úměrné nikoli amplitudě, ale rychlosti snímacího hrotu. Podíváme-li se na obr. 1 vidíme, že se tedy bude výstupní napětí magnetodynamických snímacích systémů úměrně zvětšovat se zvyšujícím se kmitočtem snímaného signálu. Tyto snímací systémy nelze proto připojit na vstup běžného nf zesilovače přímo – jejich výstupní signál je třeba nejprve upravit korekčním předzesilovačem. Jeho úkolem je jednak zesílit relativně malé výstupní napětí magnetodynamického snímače (přibližně 50× menší než u vložek krystalových snímačů) a jednak upravit výstupní napětí tak, aby byla vykompenzována jeho kmitočtová závislost.

Korekční předzesilovač pro magnetodynamické snímací systémy musí mít proto průběh kmitočtové charakteristiky zrcadlový ke křivce v na obr. 1 (korekce RIAA).

Jak z tohoto obrázku vyplývá, je zisk předzesilovače v oblasti nízkých kmitočtů velmi velký – proto se u předzesilovačů kladou zvětšené nároky na dokonalou filtraci napájecího napětí a případně i na ochranu předzesilovače proti indukovaným napětím nízkých kmitočtů (např. z pohonu gramofonu). Z téhož důvodu je velmi výhodné řešit předzesilovač se speciálními integrovanými obvody – operačními zesilovači, neboť ty zesilují společně signály na svých vstupech



Obr. 1. Záznamová charakteristika, používaná pro záznam signálů v současné době (RIAA); v je průběh záznamové rychlosti a A jsou odpovídající výchylky (amplituda)



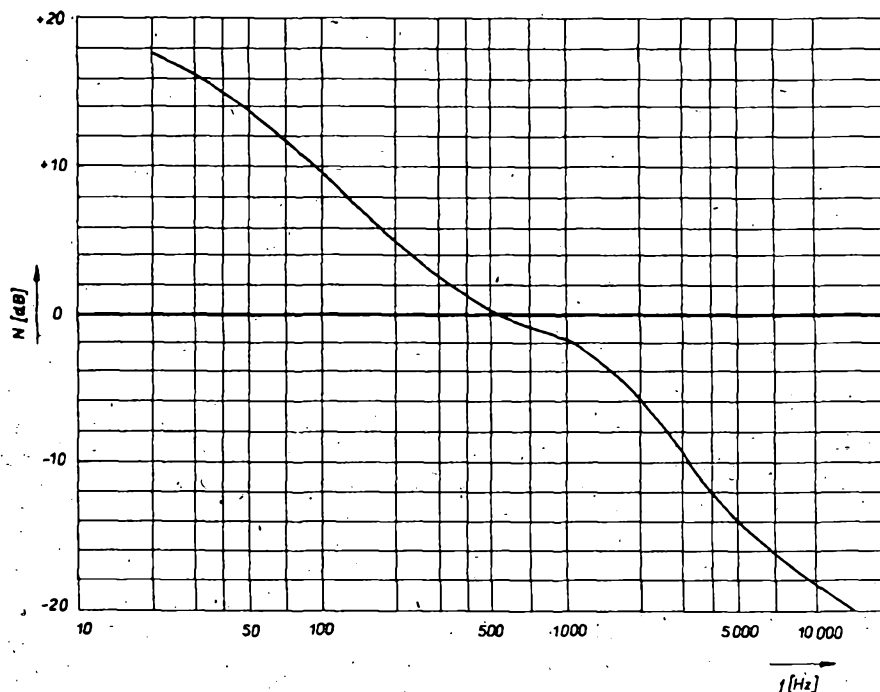
Obr. 2. Předzesilovač pro magnetodynamickou přenosku („magnetickou“) vložku gramofonové přenosky

Kmitočtová charakteristika gramofonového záznamu 3180 μ s, 318 μ s a 75 μ s (v je stranová rychlost, A amplituda)

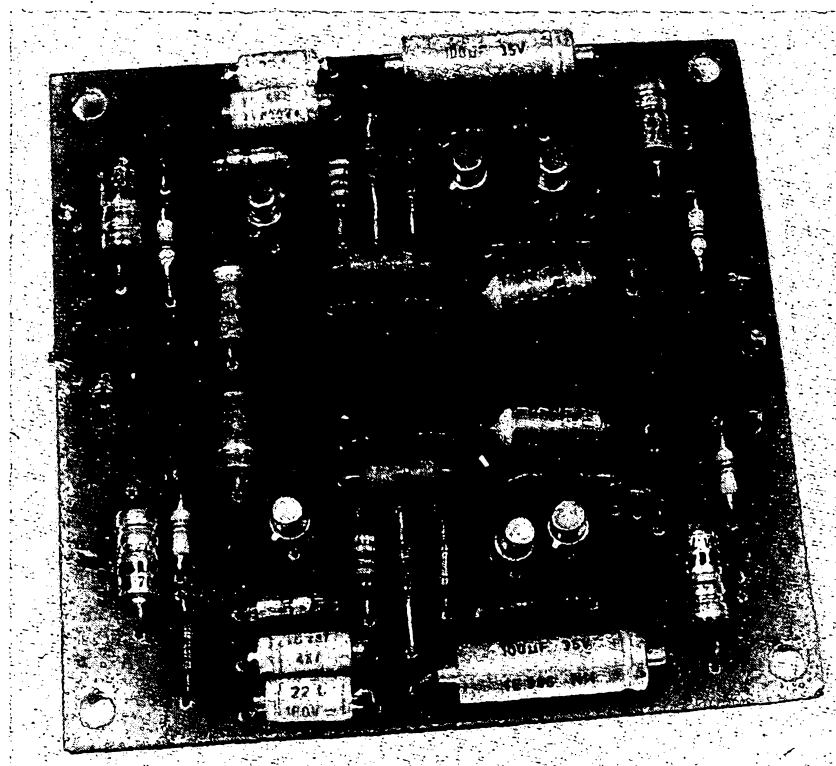
Kmitočet f	Stranová rychlost v [dB]	Amplituda A [dB]
20 Hz	-19,3	+14,7
30	-18,6	+11,7
40	-17,8	+10,2
50	-16,9	+9,1
60	-16,1	+8,3
70	-15,3	+7,8
80	-14,5	+7,4
100	-13,1	+6,9
120	-11,8	+6,6
150	-10,3	+6,2
200	-8,2	+5,8
250	-6,7	+5,4
300	-5,5	+5
400	-3,8	+4,2
500	-2,6	+3,4
600	-1,8	+2,6
700	-1,2	+1,9
800	-0,8	+1,2
1 kHz	0	0
1,5	+1,4	-2,1
2	+2,6	-3,4
3	+4,7	-4,8
4	+6,6	-5,4
5	+8,2	-5,8
6	+9,6	-6
7	+10,8	-6,1
8	+11,9	-6,2
10	+13,7	-6,3
12	+15,3	-6,3
14	+16,6	-6,4
15	+17,2	-6,4
16	+17,7	-6,4
18	+18,7	-6,4
20	+19,6	-6,4

jen velmi málo a rozdílové se získá kolem 30 až 50 dB (i více) podle zapojení; viz kapitola zajímavé integrované obvody, operační monolitické obvody μ A739 a μ A749.

Pro úplnost a jako doplněk k obr. 1 jsou v následující tabulce údaje ke konstrukci záznamové charakteristiky RIAA (podle ČSN 36 8411, 8412 a 8413).



Obr. 3. Kmitočtová charakteristika předzesilovače ($U_{vst.} = 2,5$ mV, $U_B = 30$ V)



Osazená deska s plošnými spoji předzesilovače podle obr. 2

Dále si ukážeme dvě praktické konstrukce předzesilovačů pro magnetodynamické snímání systémy, jeden s běžně dostupnými tranzistory a druhý s integrovaným monolitickým operačním zesilovačem, který se na našem trhu nevyskytuje, občas je však nabízen v inzerci AR řady A. Jde o dvojité operační zesilovač s malým šumem typu μ A749. Tento předzesilovač je vhodný pro všechny zesilovače, napájené symetrickým napětím, neboť vyžaduje symetrické napětí kolem ± 15 V.

Předzesilovač s diskrétními prvky je na obr. 2. Jako napájecí napětí je vhodné použít co největší napětí až do 30 V, neboť je třeba dosáhnout co největšího zesílení. Zesilovač pracuje ovšem uspokojivě již od napájecího napětí asi 18 V – čím menší bude napájecí napětí, tím větší činitel zesílení by měl mít především vstupní tranzistor.

Aby byl zesilovač stabilní i při velkém zesílení, používá se v něm proudová zpětná vazba, která stabilizuje pracovní režim zesilovače tak, aby se kompenzovaly výrobní rozptyly parametrů použitých tranzistorů.

Z emitoru třetího stupně předzesilovače, který slouží jako měnič impedance, je vedena kmitočtově závislá zpětná vazba přes členy RC na emitor prvního stupně. Zpětná vazba je volena tak, aby zesílení na nízkých kmitočtech bylo větší než na vysokých kmitočtech. Aby byl dodržen průběh reprodukční charakteristiky zrcadlový k záznamové charakteristice, je třeba, aby součástky R_7 , R_8 a C_4 , C_5 měly tolerance lepší než 5 %. Kapacita kondenzátoru C_5 , 6,2 nF, se získá paralelním spojením kondenzátorů s kapacitou 4,7 nF a 1,5 nF.

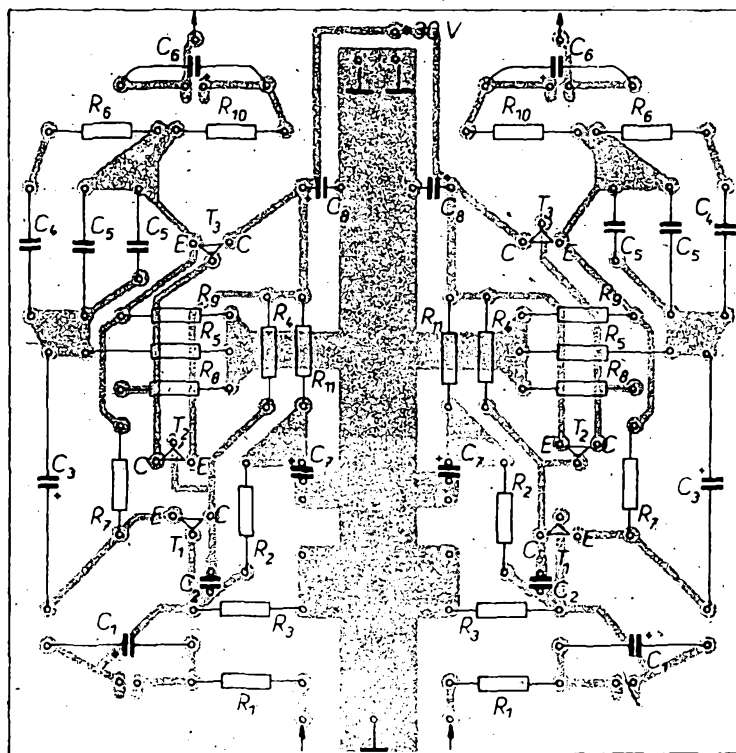
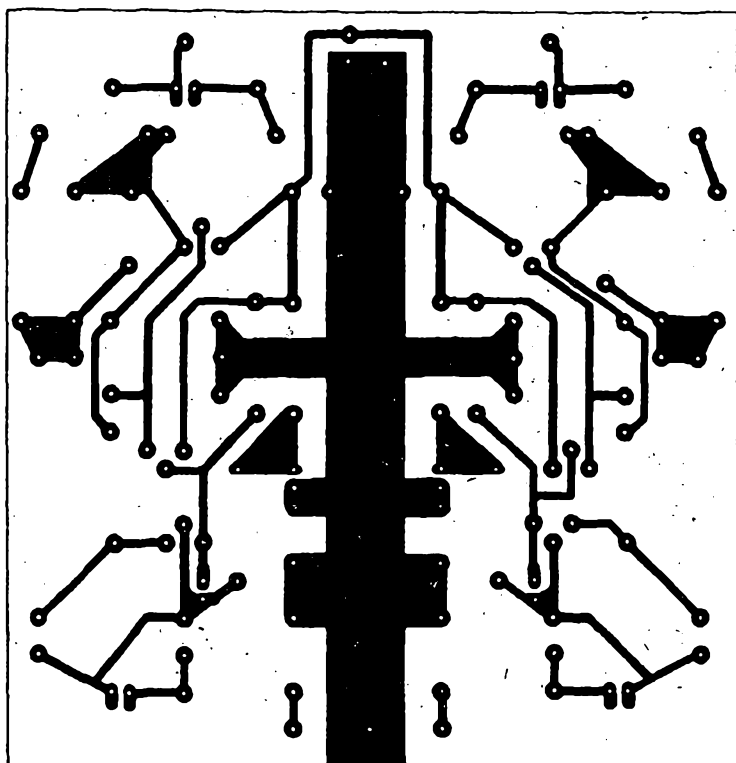
Elektrolytický kondenzátor má při přenášeném signálu o kmitočtu kolem 30 Hz a nižších kmitočtech impedanci rovnou odporu R_s , proto bude zpětnovazební napětí při těchto kmitočtech větší a zesílení předzesilovače se bude zmenšovat, takže budou potlačeny i hluky vznikající činností mechanických dílů gramofonového šasi.

Při výběru součástek je třeba zdůraznit, že do obvodu zpětné vazby nejsou vhodné keramické kondenzátory, neboť jejich kapa-

Napětí na elektrodách tranzistorů

Tranzistor	T_1	T_2	T_3
C	23 V	10.7 V	24 V
B	14.9 V	23.5 V	10.6 V
E	15.2 V	24 V	10.2 V

Napětí jsou měřena přístrojem DU 20, rozsah 30 V.
 $U_b = 24$ V, vstup zkratován na zem



Obr. 4. Deska s plošnými spoji předzesilovače podle obr. 2, deska osazená součástkami (M 214)

cita velmi závisí na teplotě a jejichž výrobní tolerance jsou obvykle velmi značné, takže by je k dodržení tolerance 5 % bylo nutno vybírat z velkého množství kusů. Ke kontrole zapojení jsou v tabulce napětí na elektrodách jednotlivých tranzistorů.

Technické údaje předzesilovače

Napájecí napětí: 30 V (18 až 30 V).

Odběr proudu při napájecím napětí 30 V: asi 10 mA.

Napětové zesílení na kmitočtu 1 kHz: asi 50 (tj. asi 34 dB).

Maximální vstupní napětí ($f = 1$ kHz): 110 mV.

Maximální nezkreslené výstupní napětí ($f = 20$ Hz až 50 kHz): 6,2 V.

Kmitočtový průběh: viz obr. 3 (tolerance R_7 , R_6 , C_1 a C_2 5 %)

Předzesilovač byl zkonstruován na desce s plošnými spoji podle obr. 4. Jako T_1 lze nejlépe použít tranzistor KC509 s co největším zesílením a s nejmenším šumem. Jako T_2 je výhodný jakýkoli křemíkový tranzistor p-n-p s velkým zesílením, např. BC177 (BC178, BC179), který má na skladě v současné době vzorová prodejna TESLA v Pardubicích. Lze však použít i typy KF517 nebo KFY18, které jsou běžně k dostání. Opět by bylo výhodné, kdyby měl tranzistor pokud možno co největší zesílení. Jako T_3 je vhodné, především při napájecím napětí kolem 30 V, použít typ KC507 nebo jeho ekvivalent v pouzdře z plastické hmoty (KC147). I jako T_1 lze použít tranzistor v pouzdře z plastické hmoty, ekvivalent KC509, tj. KC149. Kondenzátor C_2 omezuje přenos kmitočtů nad hranici slyšitelnosti, v některých případech (při menším činiteli zesílení T_1) ho lze vypustit. Jako C_1 lze použít elektrolytický kondenzátor s kapacitou od 1 μ F, popř. i papírový kondenzátor např. z řady TC 171 nebo TC 180, jako C_3 lze použít elektrolytický kondenzátor s libovolně větší kapacitou.

Seznam součástek (pro dva kanály)

Odporů (TR 151, TR 152, TR 161, TR 181)

R_1, R_{10}	1 k Ω , 4 ks
R_2	56 k Ω , 2 ks
R_3	0.27 M Ω , 2 ks
R_4	27 k Ω , 2 ks
R_5	270 Ω , 2 ks
R_6	22 k Ω , max. 5 %, 2 ks
R_7	0.22 M Ω , max. 5 %, 2 ks
R_8	0.1 M Ω , 2 ks
R_9	3.3 k Ω , 2 ks
R_{11}	82 k Ω , 2 ks

Kondenzátory

C_1	1 až 5 μ F, TE 158 (TE 984, TE 004, TC 180, TC 171) 2 ks
C_2	10 pF, keramický, 2 ks
C_3	100 μ F, TE 986
C_4	(TE 981, TE 984) 2 ks
C_5	22 nF, TC 235, max. tolerance 5 %, 2 ks
C_6	4.7 nF + 1.5 nF, TC 237 polyesterové (popř. TC 276, TC 237), 5 %, 2 ks
C_7	5 μ F, TE 158 (TE 984, TE 004), 2 ks
C_8	5 až 20 μ F, TE 004, 2 ks
C_9	20 μ F, TE 004, 2 ks

Tranzistory

T_1	KC509 (KC149)
T_2	BC177 až 9 (KF517, KFY18)
T_3	KC507 (KC147)

deska s plošnými spoji M 214

Na desce s plošnými spoji jsou pro C_1 a C_3 díry tak, aby bylo možno použít všechny typy, uvedené v rozpisce součástek.

Na obr. 5 je zapojení předzesilovače pro magnetodynamickou vložku do přenosky se zahraničním integrovaným operačním zesilovačem μ A739. Protože popis tohoto dvojitého operačního zesilovače v jednom pouzdře

je v kapitole Zajímavé integrované obvody, je zde uvedena jen deska s plošnými spoji (obr. 6) a seznam použitých součástek.

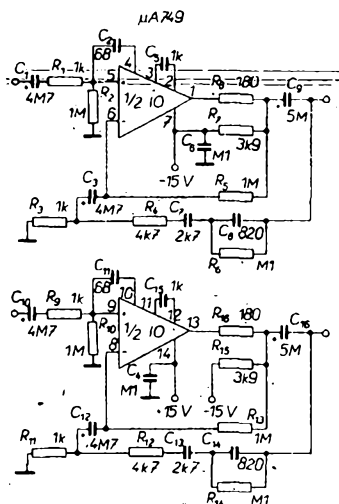
Seznam součástek předzesilovače podle obr. 5

Odpory (všechny TR 151)

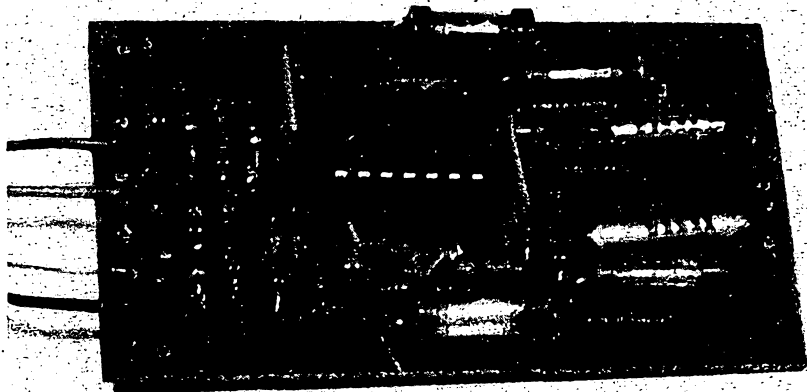
R_1	1 k Ω
R_2	1 M Ω
R_3	1 k Ω
R_4	4,7 k Ω , max. 5 %
R_5	1 M Ω , max. 5 %
R_6	100 k Ω , max. 5 %
R_7	3,9 k Ω
R_8	180 Ω
R_9	1 k Ω
R_{10}	1 M Ω
R_{11}	1 k Ω
R_{12}	4,7 k Ω , max. 5 %
R_{13}	1 M Ω , max. 5 %
R_{14}	100 k Ω , max. 5 %
R_{15}	3,9 k Ω
R_{16}	180 Ω

Kondenzátory

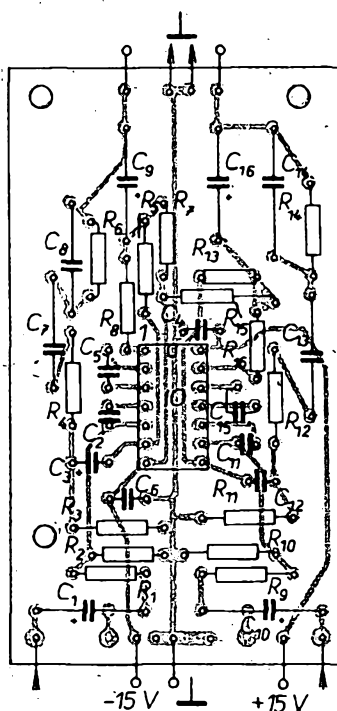
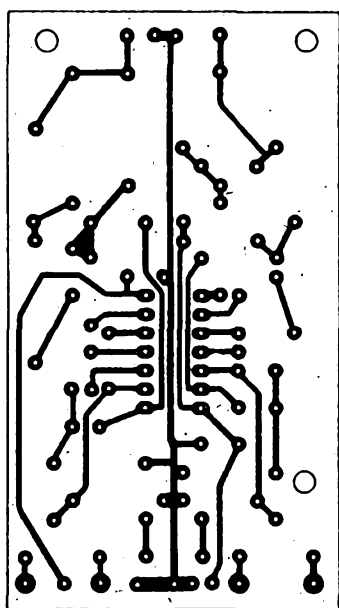
C_1, C_3	4,7 μ F, tantalový (kapkový na 25 V, TE 124) (C_1 a C_{10} popř.)
C_{10}, C_{12}	5 μ F/70 V, TE 158
C_2, C_{11}	68 pF, keramický (řbovolný polštářek)
C_4, C_6	0,1 μ F, TK 781 (keramický)
C_5, C_{15}	1000 pF, keramický miniaturní
C_7, C_{13}	2700 pF, viz pozn., max. 5 %
C_8, C_{14}	820 pF, viz pozn., max. 5 %
C_9, C_{16}	5 μ F, TE 158 (nebo tantalový kapkový), popř. TE 004, TE 984



Obr. 5. Předzesilovač pro magnetodynamickou vložku se zahraničním integrovaným obvodem – dvojitým operačním zesilovačem s malým šumem typu μ A749



Osazená deska s plošnými spoji podle obr. 6



Obr. 6. Deska s plošnými spoji předzesilovače z obr. 5 (M 215)

Integrovaný obvod
IO μ A 749
deska s plošnými spoji M 215

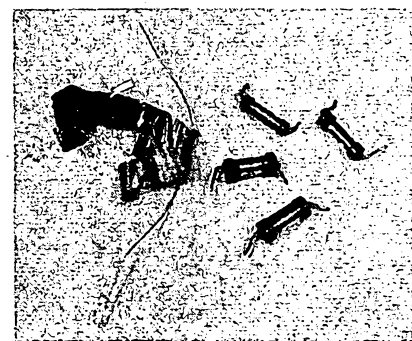
Pozn. Kondenzátory C_7 a C_{13} , popř. C_8 a C_{14} s uvedenými kapacitami se v u nás vyráběných typech nevyrábějí. Proto je třeba vybrat z dostupných typů kondenzátory s nejbližší větší kapacitami (např. TC 237, 3300 pF a popř. 1000 pF) a odvíjením kovových fólií za současného měření na můstku upravit kapacitu na požadovanou velikost. Takto lze nastavit kapacitu s přesností na 1 % i lepší. Po skončení práce je vhodné kondenzátor izolovat proti vlivům vnějšího prostředí buď ponořením do Epoxý 1200, nebo alespoň přelepením páskem Isolepy. Stejně lze upravovat i kondenzátory z řady TC 235 až 7, jejich úprava je však obtížnější, neboť fólie kondenzátoru je spolu s polystyrovou izolační fólií zalita v čelech kondenzátoru zalévací hmotou, z níž vyčnívají vývody kondenzátoru.

Při práci postupujeme takto: ostrou žiletkou nařízneme ochrannou fólii z plastické hmoty, fólii sejmeme a vyjmeme typový štítek s označením kapacity kondenzátoru. Po odvinutí několika dalších vrstev fólie z plastické hmoty se začnou odvíjet i kovové fólie, tvořící kondenzátor. Fólie opatrně odvíjíme (jsou dvě – dva „polepy“ kondenzátoru, mezi nimi je fólie z plastické hmoty), část po části odstříhujeme a měříme kapacitu. Po odstříhování fólií kondenzátoru musíme vždy jednu z fólií zkracovat o něco více, aby mezi ustrženými konci fólií nenastal zkrat.

Po dosažení správné kapacity kondenzátor obalíme Isolepou a znovu změříme jeho kapacitu. Pak ho již můžeme zapájet do desky s plošnými spoji.

Namáčíme-li po úpravě kondenzátory např. do Epoxý 1200 nebo do jiného ochranného prostředku (laku), musíme počítat s tím, že se při této operaci kapacita kondenzátoru opět poněkud zvětší. Podle mé praxe však zvětšení kapacity nepřesáhne 1 %.

Vzhled „rozebraného“ kondenzátoru je pro názornost zřejmý z fotografie.



Pro C_1 a C_{10} jsou na desce s plošnými spoji (obr. 6) dvojce díry tak, aby nebylo nutno dělat úpravy na desce při použití kondenzátorů s různou roztečí vývodů.

Měřiče rychlosti otáčení pro motorová vozidla (otáčkoměry)

Otáčkoměry jsou přístroje, které na rozdíl od jiných doplňkových přístrojů do auta mají své nesporné výhody a to jak pro řidiče-začátečníky, tak pro zkušené řidiče. Především lze podle jejich údajů jezdit ekonomicky, tj. při vhodném provozním režimu motoru tak, aby motor měl co největší výkon při co

nejmenší spotřebě pohonných hmot. To oceňují zkušební řidiči. (Pro vůz Škoda 110 L odpovídá maximální točivý moment při nejmenší spotřebě rychlosti otáčení 3500 ot/min). Pro začátečníky je pak otáčkoměr výhodný tím, že lze podle něj dobře odhadnout, kdy je třeba přerušit z jednoho rychlostního stupně na jiný, čímž se šetří motor a tím opět i spotřeba pohonných hmot.

V dalším textu budou popsány celkem tři různé konstrukce otáčkoměrů pro motorová vozidla – dva se zahraničním integrovaným obvodem SAK215 a jeden s diskretními součástkami, křemíkovými tranzistory, běžně dostupnými v maloobchodní síti.

Dosud byl při konstrukci otáčkoměru největším problémem nedostatek vhodných měřidel s výchylkou ručky 270°. V době, kdy jsem připravoval konstrukce pro toto číslo AR řady B, bylo však v prodeji Radioamatér v Žitné ulici v Praze 1 běžně k dostání měřidlo o citlivosti 1 mA s výchylkou ručky 270°, navíc ocechované již přímo v otáčkách za minutu, a to od 0 do 6000 ot/min, což vyhoví pro všechny vozy na našem trhu. Toto měřidlo bylo použito ve dvou případech, ve třetím případě byl otáčkoměr zkonstruován se starším inkurantním měřidlem, které mělo citlivost pro plnou výchylku ručky asi 0,5 mA (0,95 V na plnou výchylku).

Všechny otáčkoměry pracovaly na první zapojení, pouze u druhé varianty (otáčkoměr se dvěma rozsahy a s indikací zmenšení rychlosti otáčení pod určitou mez) je třeba nastavit příslušný odporový trimr tak, aby indikační dioda (LED) svítila v požadovaném rozsahu rychlosti otáčení.

Ještě než si popíšeme konstrukci otáčkoměrů, uvedeme si stručně několik údajů, potřebných k cejchování otáčkoměrů ať již s integrovanými obvody, nebo s diskretními součástkami. Otáčkoměr po dohovězení je nejvhodnější zkoušet a cejchovat na pracovním stole, a to běžným generátorem nf signálu. Kmitočet zkušebního signálu pro zvolenou rychlost otáčení lze vypočítat ze vztahu

$$f = \frac{kn}{120} \quad (\text{pro čtyřdobý motor}),$$

nebo

$$f = \frac{kn}{60} \quad (\text{pro dvoudobý motor}),$$

kde f je kmitočet zkušebního signálu v Hz,
 n rychlost otáčení v ot/min,
 k počet válců.

Aby byl výpočet kmitočtu zkušebního signálu naprosto jasný, uvedeme si jako příklad výpočet kmitočtu zkušebního signálu pro rychlost otáčení např. 6000 ot/min pro čtyřdobý čtyřválec:

$$f = \frac{4 \cdot 6000}{120} = 200 \text{ Hz}.$$

Privedeme-li tedy na vstup otáčkoměru signál o kmitočtu 200 Hz, musí ručka měřidla ukazovat rychlost otáčení 6000 ot/min. Z uvedeného vztahu lze snadno vypočítat kmitočet, odpovídající různým rychlostem otáčení, tedy např.

$$\text{pro } 1000 \text{ ot/min je } f = \frac{4 \cdot 1000}{120} = 33,3 \text{ Hz},$$

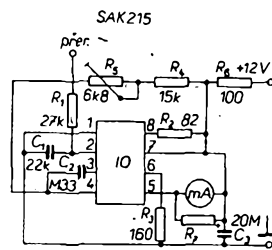
$$\begin{aligned} \text{pro } 1500 \text{ ot/min je } f &= 50 \text{ Hz}, \\ 2000 &66,7 \text{ Hz}, \\ 3000 &100 \text{ Hz}, \\ 4000 &133 \text{ Hz}, \\ 5000 &167 \text{ Hz atd.} \end{aligned}$$

Není-li pro cejchování k dispozici nf generátor, lze použít alespoň informativně síťový transformátor, který má 12 sekundární vinutí pro napětí asi 8 až 12 V – odpovídající výchylka ručky by měla být 1500 ot/min.

Otáčkoměr s integrovaným obvodem SAK215

Nejjednodušší provedení otáčkoměru je na obr. 7. V zapojení je použit integrovaný obvod zahraniční výroby, jehož parametry jsou uvedeny v kapitole Zajímavé integrované obvody v tomto čísle AR-B (str. 103). Kromě jiného zapojení dokumentuje i to, jak jednoduché jsou nejručnější elektronické obvody, používají-li se v nich integrované obvody – a nejde ovšem jen o jednoduchost, zlepšuje se především spolehlivost, neboť se i řádově zmenšuje počet použitých součástek. Navíc mívají zapojení s integrovanými obvody i lepší parametry.

Integrovaný obvod v obr. 7 vlastně pouze upravuje vstupní impulsy, které přicházejí z přerušovače na vývod 2IO přes dělič R_1 , C_1 , na tvar, vhodný k indikaci měřidlem. Napětí palubní sítě, přiváděné na otáčkoměr, se zmenšuje odporem R_4 a filtruje kondenzátorem C_2 . Kondenzátor též částečně zamezuje kmitání ručky měřidla při malých rychlostech otáčení motoru.



Obr. 7. Zapojení otáčkoměru integrovaným obvodem SAK215

Odpor R_7 slouží jako bočník k použitému měřidlu, neboť prodávané měřidlo má citlivost 1 mA a pro tento otáčkoměr se vyžaduje měřidlo s citlivostí 10 mA. Nejvhodnější je použít jako R_7 odporový trimr, který se po nastavení a ocechování přístroje změní a nahradí pevným odporem (nebo kombinací pevných odporů). Ostatní odpory omezují proudy jednotlivými vývody IO a je třeba dodržet (pro bezporuchový provoz). Stejně tak je třeba dodržet kapacitu kondenzátoru C_2 podle schématu.

Otáčkoměr byl postaven na desce s plošnými spoji podle obr. 8. Deska je upravena tak, aby ji bylo možno přišroubovat přímo pod upevňovací šrouby použitého měřidla.

Uvedení do chodu a ocechování

Při uvádění do chodu nastavíme trimr R_7 na polovinu odporu (běžec asi v polovině odporové dráhy), pak připojíme napájecí napětí. Ručka měřidla by měla mít nulovou výchylku. Odběr ze zdroje by měl být asi do 10 mA.

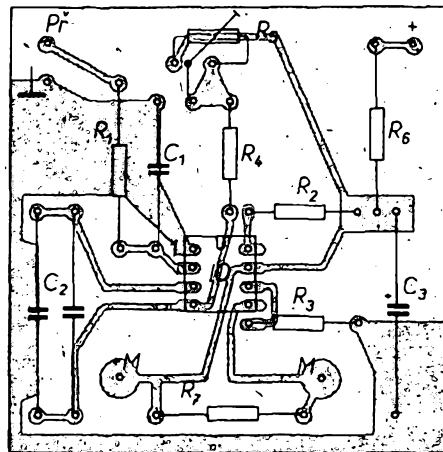
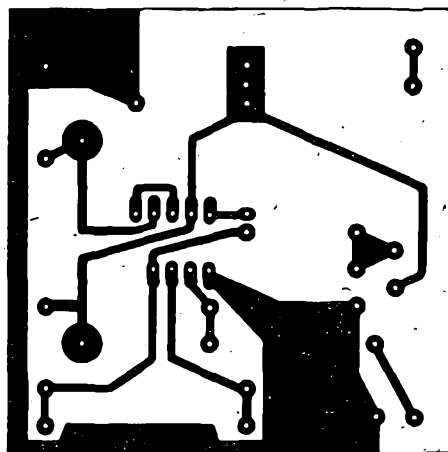
Je-li vše v pořádku, připojíme generátor zkušebního nf signálu. Na generátoru nastavíme kmitočet 200 Hz, výstupní napětí asi 3 až 10 V. Trimrem R_7 zvětšíme výchylku ručky na maximum, neboť tento kmitočet odpovídá rychlosti otáčení, kterou jsme zvolili za horní mezní údaj – 6000 ot/min. Není-li možno trimrem nastavit ručku na konec stupnice, změním odpor v sérii s trimrem (R_7), případně změním odpor R_7 .

Dále ověříme souhlas stupnice při dalších kmitočtech. Budou-li rozdíly mezi cejchováním stupnice a odpovídajícími rychlostmi otáčení příliš velké, stupnici bude třeba překreslit podle skutečných údajů ot/min (podle mých zkušeností to však není při použití měřidla Metra D 70cn třeba).

Po skončení práce umístíme měřidlo s desičkou s plošnými spoji někde na palubní desku do zorného pole řidiče, přivedeme signál od přerušovače, připojíme napájecí napětí a nezapomeneme zem přístroje spolehlivě propojit se šasi – kóstrou motorového vozidla.

Seznam součástek

Odpor	
R_1	27 kΩ, TR 152
R_2	82 Ω, TR 152
R_3	160 Ω, TR 152 (popř. vybrat ze 150 Ω/A)
R_4	15 kΩ, TR 152 nebo TR 151
R_5	odporový trimr 6,8 kΩ, TP 011 (TP 110)
R_6	100 Ω, TR 153



Obr. 8. Deska s plošnými spoji otáčkoměru z obr. 8 a deska osazená součástkami (M 216)

Kondenzátory

C_1	22 nF, např. TC 279 nebo pod.
C_2	0,33 μ F, TC 180 (popř. složit ze dvou 0,15 μ F nebo z 0,1 μ F + 0,22 μ F)
C_3	20 μ F, TE 154 (TE 984, TE 986, popř. TC 974)

Integrovaný obvod

SAK215 (ITT)

Měřidlo

D 70 cn, citlivost 1 mA
deska s plošnými spoji M 216

Hotový vzorek otáčkoměru je na fotografii na obálce.

Otáčkoměr se dvěma rozsahy a s indikací malých rychlostí otáčení

Variantou zapojení otáčkoměru s integrovaným obvodem SAK215 je otáčkoměr na obr. 9. Otáčkoměr byl postaven pro vůz Wartburg 353. Pro seřizování volnoběhu u tohoto vozu je výhodné, má-li otáčkoměr dva rozsahy, takže lze údaj ve zvoleném rozsahu číst velmi přesně, neboť výrobce doporučuje v technických údajích rychlost

otáčení pro volnoběh kolem 900 ot/min. Proto byl otáčkoměr podle obr. 7 doplněn o spínač, kterým lze do série s původními odpory R_4 a R_5 zapojit další dva odpory, opět jeden pevný a jeden proměnný. Spínač tyto odpory přemostuje při rozsahu 0 až 6000 ot/min, při prvním rozsahu (tj. 0 až 1000 ot/min) je spínač rozpojen.

Původní zapojení otáčkoměru však bylo doplněno ještě obvodem k indikaci malých rychlostí otáčení, a to z rýze praktických důvodů (jako novopečení šoféři zasedli za volant další členové rodiny). Začínající řidiči totiž někdy nedovedou odhadnout okamžik, v němž je třeba při jízdě do kopce přehadit na nižší rychlostní stupeň, aby byly zachovány optimální provozní podmínky („otáčky“) motoru. Aby nebylo nutno sledovat stále ručku otáčkoměru, byl přístroj doplněn optickým návěstím, signalizujícím zmenšení rychlosti otáčení motoru pod určitou mez.

Jak vyplývá ze zapojení na obr. 9, byl otáčkoměr doplněn o dva tranzistory a další pasivní součástky. Jako indikační prvek byla zvolena svítivá dioda (LED).

Tranzistor T_1 je úbytkem napětí na diodě D_1 udržován v uzavřeném stavu a tím je

uzavřen i tranzistor T_2 , takže svítivá dioda D_2 svítí. Zvětšuje-li se na výstupu IO (vývod 5) záporné napětí při zvětšování rychlosti otáčení, tranzistory se otevírají. Proud protékající tranzistorem T_2 zvětší úbytek napětí na kolektorovém odporu R_{14} , napětí na diodě D_2 se zmenšuje a dioda zhasíná.

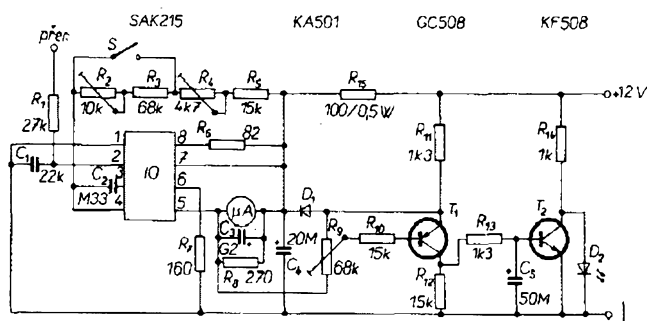
Kondenzátor C_3 filtruje napětí na bázi tranzistoru T_2 , aby dioda D_2 při indikaci neblíkala. Práh sepnutí tranzistorů (zhasnutí LED) lze měnit nastavením odporového trimru R_9 .

Na místě T_1 byl použit germaniový tranzistor p-n-p (bližze neidentifikovatelný). Jak jsem si ověřil, lze na jeho místě použít prakticky libovolný tranzistor p-n-p. Z hlediska teplotní stability indikace by bylo nejvýhodnější použít jako T_1 křemíkový tranzistor (např. KF517 nebo KSY18 apod.), což by si však patrně vyžádalo zapojit jako D_1 dvě diody v sérii.

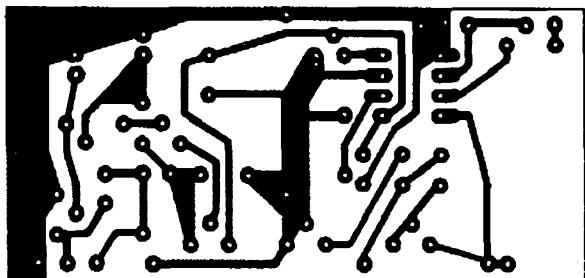
Jako T_2 lze použít libovolný křemíkový tranzistor n-p-n, vyhoví např. typy KF506 až 508, KFY36 nebo KFY46 apod.

Použije-li se místo spínače S přepínač s více polohami, lze měřidlo otáčkoměru použít po ochlazení i jako voltmetr, indikující napětí palubní sítě apod.

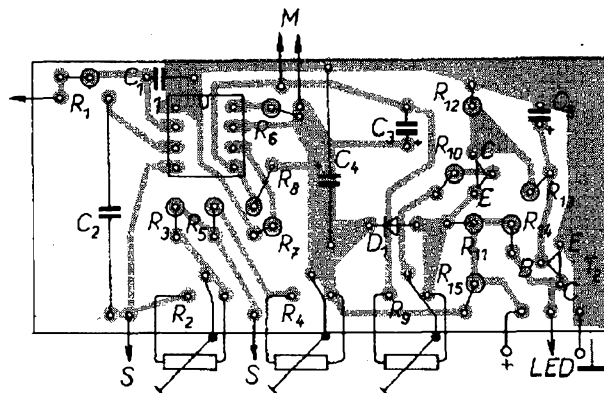
Otáčkoměr i s dodatkovými obvody byl zapojen na desce s plošnými spoji podle obr. 10. Všechny odpory podle rozpisky jsou poněkud předimenzovány pokud jde o jejich zatížení, pro náročný provoz do motorového vozidla je to však zárukou jejich spolehlivého provozu. Z tohoto hlediska lze místo TR 152 použít i typy TR 151 nebo TR 112, pouze odpor R_{14} , 100 Ω , musí být minimálně na zatížení 0,5 W. Jako odporové trimry je z důvodu stálosti a spolehlivosti vhodné použít typy s keramickým nosníkem odporové dráhy, vyhoví však i běžné typy do plošných spojů.



Obr. 9. Zapojení otáčkoměru se dvěma rozsahy a s indikací malých rychlostí otáčení se zahraničním integrovaným obvodem SAK215



Obr. 10. Deska s plošnými spoji otáčkoměru z obr. 9 a deska, osazená součástkami (M 217)



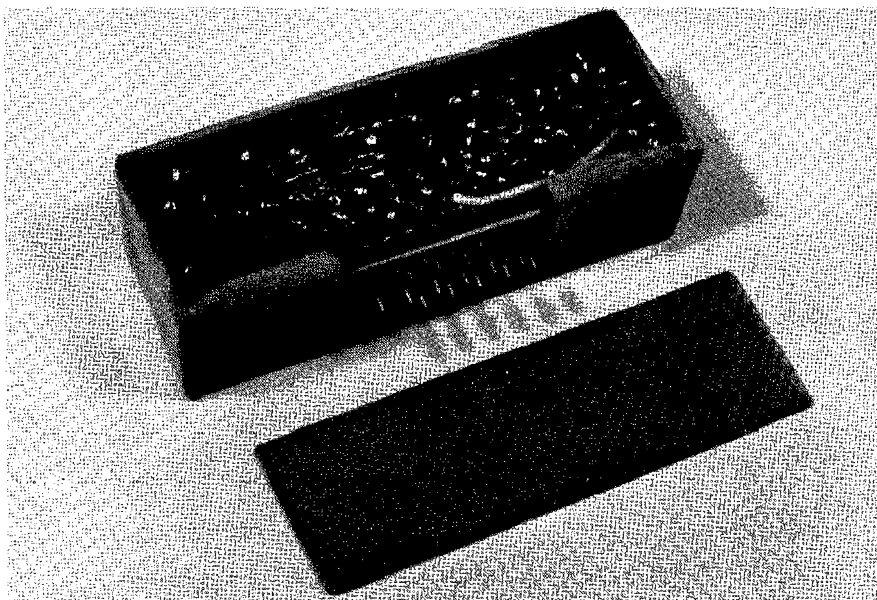
Seznam součástek

Odpory

R_1	27 k Ω , TR 151 (TR 152)
R_2	odporový trimr 10 k Ω , viz text
R_3	68 k Ω , TR 151 (TR 152)
R_4	odporový trimr 4,7 k Ω , viz text
R_5	15 k Ω , TR 151 (TR 152)
R_6	82 Ω , TR 152
R_7	160 Ω , TR 152
R_8	270 Ω , TR 151 (podle použitého měřidla)
R_9	odporový trimr 68 k Ω , viz text
R_{10}	15 k Ω , TR 151 (TR 152)
R_{11}	1,3 k Ω , TR 152
R_{12}	15 k Ω , TR 152 (TR 151)
R_{13}	1,3 k Ω , TR 152
R_{14}	1 k Ω , TR 152 (TR 151)
R_{15}	100 Ω , TR 153 (nebo jiný alespoň 0,5 W)

Kondenzátory

C_1	22 nF, keramický polštářek
C_2	0,33 μ F, TC 180
C_3	200 μ F, TE 002



Osazená deska s plošnými spoji podle obr. 10, připravená v pouzdře k montáži do palubní desky

C₁ 200 μF, TC 984
C₂ 50 μF, TE 002 (TE 004)

Polovodičové prvky

IO integrovaný obvod SAK215 (ITT)
T₁ tranzistor p-n-p (viz text)
T₂ tranzistor n-p-n (KF506
až 8 apod., viz text)
D₁ KA501 až 504
D₂ LED (libovolný typ)

Měřidlo

μA starší typ o citlivosti 0,5 mA
(0,95 V) pro pinou výchylku ručky

spínač S jednopólový nebo přepínač (viz text)
deska s plošnými spoji M 217

Otáčkoměr s diskretními prvky

Zapojení otáčkoměru s diskretními prvky využívá toho principu elektronického měření rychlosti otáčení, při němž se využívá setrvačnosti ručkového měřidla při měření proudových impulsů určitého konstantního tvaru s opakovacím kmitočtem, proporcionálním rychlosti otáčení.

Sled impulsů o kmitočtu, který je úměrný rychlosti otáčení, je v motorovém vozidle zpravidla například na kontaktech přerušovače nebo jednotlivých impulsů na kontaktech přerušovače není však konstantní, závisí na nastavení a na rychlosti otáčení. Proto je třeba před tím, než projdou impulsy měřidlem, upravit jejich tvar. Ve velké většině otáčkoměrů s diskretními prvky se k tomu účelu používá klopný obvod, v zapojení na obr. 11 je to monostabilní klopný obvod se dvěma tranzistory n-p-n.

V klidovém stavu je tranzistor T₂ otevřen. Při každém rozpojení kontaktu přerušovače se uvede do vodivého stavu i tranzistor T₁ a to kladným impulsem na bázi. Zapojení se přepne do metastabilního stavu. Měřidlo v kolektorovém obvodu tranzistoru T₁ ukáže výchylkou ručky střední proud tranzistorem T₁ při jeho otevření. Čím častěji přicházejí impulsy na bázi T₁ (tj. čím větší je rychlost otáčení), tím větší bude výchylka ručky měřidla. Údaj měřidla je nezávislý na tvaru budících impulsů a je úměrný rychlosti spínání kontaktu přerušovače (rychlosti otáčení motoru).

Doba, po níž je tranzistor T₁ ve vodivém stavu (doba jeho sepnutí) je asi 3,5 ms, což stačí ke spolehlivé činnosti, avšak vylučuje přitom ovlivňování činnosti tranzistoru vnějšími vlivy (k nimž lze počítat např. indukci rušivých impulsů při přeskoku jiskry na svíčke apod. do přívodů k otáčkoměru, které by mohlo uvést tranzistor T₁ do vodivého stavu i během jednoho pracovního cyklu vícekrát). Na druhé straně ovšem zvolená

doba překlpení tranzistoru umožňuje měřit impulsy o opakovacím kmitočtu asi 7500 ot/min (pro čtyřdobý čtyřválec). To však v praxi bohatě vyhoví, neboť převážná většina motorových vozidel na našem trhu má maximální rychlost otáčení kolem 6000 ot/min.

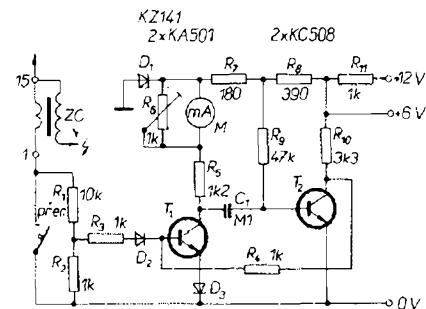
Abyste údaje měřidla v co nejširším rozsahu nezávisle na teplotě okolí, je do emitorového přívodu tranzistoru T₁ zapojena dioda D₂, která kompenzuje teplotní závislost prahového přepínacího napětí tranzistoru T₁. Bez této diody by se se zvyšující se teplotou snižovala mez přepnutí tranzistoru T₁ klopného obvodu a tím zkracovala vypínací doba tohoto tranzistoru. To by mělo za následek jinou výchylku ručky měřicího přístroje, než jaká by odpovídala měřené rychlosti otáčení.

Tímto způsobem kompenzovaná teplotní závislost přístroje umožnila zmenšit chybu údaje v závislosti na teplotě tak, že je pro teplotní rozdíl 50 °C menší než 1 %.

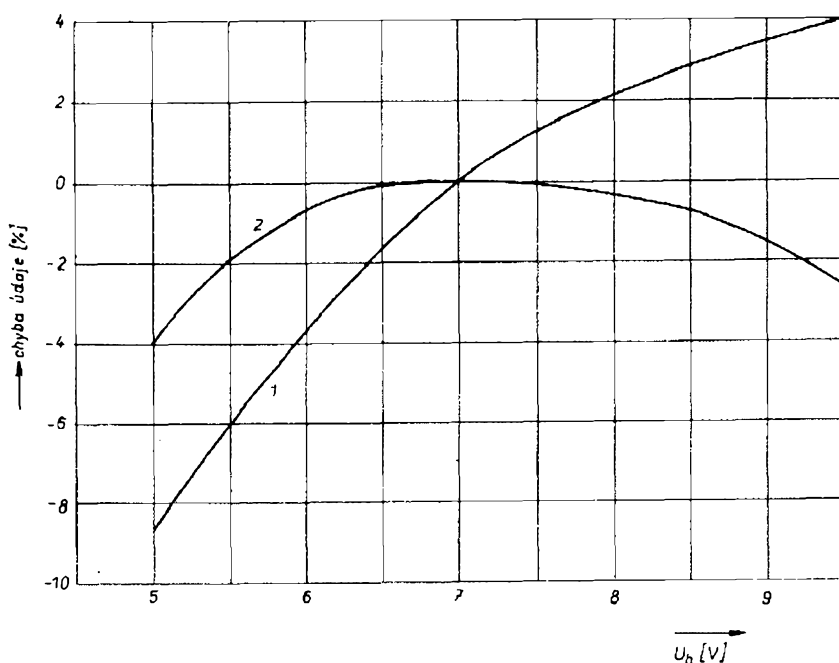
Při konstrukci otáčkoměrů je vždy zvláštní zřetel brán na nezávislost jejich údaje na napájecím napětí, neboť napětí palubní sítě při provozu značně kolísá v závislosti na stavu akumulátoru, nastavení a stavu regulátoru, počtu zapojených spotřebičů apod.

Abyste údaj měřidla na napájecím napětí nezávislý, je třeba napájecí napětí pro otáčkoměr vhodně stabilizovat. V nejjednoduš-

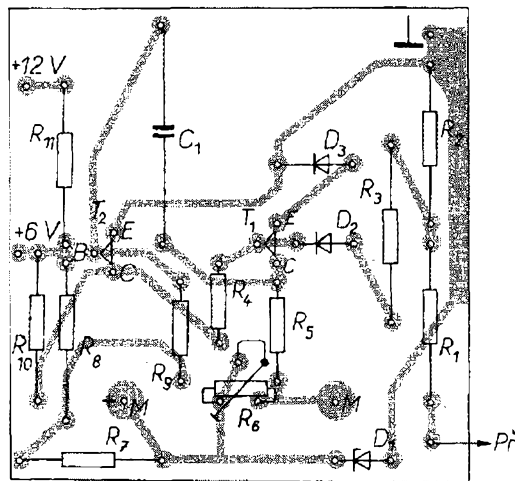
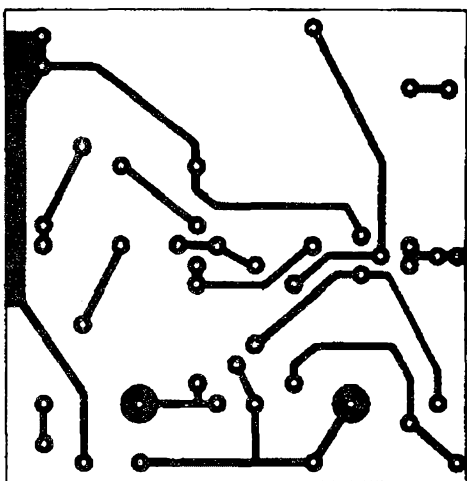
ším případě se to řeší tak, že se stabilizuje napájecí napětí pro celý otáčkoměr Zenerovou diodou. Při větších nárocích na přesnost měření rychlosti otáčení se však ukázal tento způsob stabilizace jako málo účinný, neboť Zenerovy diody s malým Zenerovým napětím mají relativně velký diferenciální odpor. Pro názornost je na obr. 12 závislost přesnosti údaje měřidla na napájecím napětí, použije-li se ke stabilizaci celkového napájecího napětí Zenerova dioda se Zenerovým napě-



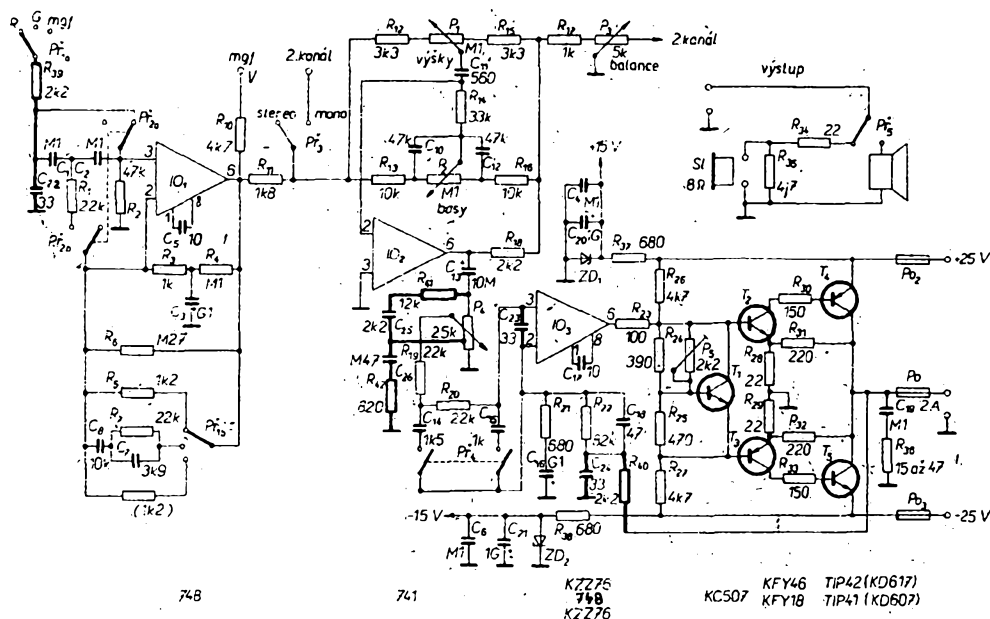
Obr. 11. Zapojení otáčkoměru s diskretními prvky. Otáčkoměr může být použit ve vozech s napětím palubní sítě 6 nebo 12 V, rozsah měření je 0 až 6000 ot/min



Obr. 12. Závislost chyby údaje měřidla na napájecím napětí. Křivka 1 odpovídá chybě při stabilizaci celkového napájecího napětí, křivka 2 při stabilizaci napětí pouze pro T₁ (obr. 11)



Obr. 13. Deska s plošnými spoji pro otáčkoměr z obr. 11 a deska, osazená součástkami (M 218)



Obr. 14. Upravené zapojení nf zesilovače z AR A12/76. Tučně zakreslené součásti byly do zapojení přidány na základě zkušenosti z provozu. Zesilovač má zakresleny jen tři vstupy – jejich počet lze však libovolně rozšířit, je pak třeba jen vhodně zvolit odpory, přepínané $Pf_{1,2}$

tím kolem 4 V (křivka 1, graf byl změřen při napájecím napětí 5 až 9,5 V, které bylo přiváděno na spoj odporů R_8 a R_{10} , tj. na přívod, určený pro napájecí napětí u motorových vozidel s napětím palubní sítě 6 V).

Jak se pokusy ukázalo, lze mnohem lepších výsledků dosáhnout stabilizováním napájecího napětí podle zapojení na obr. 11, tj. pouze pro tranzistor T_1 . Tranzistor T_2 je sice v tomto případě napájen napětím, kolísajícím v závislosti na kolísání napětí palubní sítě, díky stabilizaci napájecího napětí pro první tranzistor je však vliv většího napájecího napětí na proud měřidlem zcela nepatrný, současně se však i rychleji vybíjí kondenzátor C_1 přes odpor 47 k Ω (R_9), na jehož horním konci je nyní větší napětí. Protože kondenzátor C_1 určuje spínací dobu tranzistoru T_1 , bude mít popsáný jev za následek, že se bude se zvětšujícím se napájecím napětím spínací doba tranzistoru zkracovat. Údaj měřidla, který je proporcionální jednak kolektorovému proudu T_1 , a jednak jeho spínací době, bude proto v určitém rozsahu do jisté míry nezávislý na napájecím napětí. Pro porovnání je na obr. 12 křivka 2, charakterizující nezávislost údaje přístroje na velikosti napájecího napětí pro tento druhý případ – stabilizaci napájecího napětí pouze prvního tranzistoru. Jak vysvitá z průběhu křivky, je vliv relativního přírůstku proudu při zvětšování napájecího napětí zprvu ještě větší než vliv zkracování spínací doby tranzistoru. Tento druhý činitel se však začne výrazně uplatňovat při větších napájecích napětích a výsledkem je chyba údaje měřidla menší než asi 0,5 % při napájecím napětí v rozsahu 6 až 8 V. Tato přesnost vynikne obzvláště ve srovnání s případem, kdy bylo stabilizováno napájecí napětí pro celý otáčkoměr – u něho je ve stejném rozsahu napájecího napětí chyba údaje větší než 5 %.

Pro vozy s palubním napětím 12 V, tj. pro napájecí napětí 11 až 17 V je údaj měřidla správný s tolerancí 0,5 %, a to v celém rozsahu měřených rychlostí otáčení.

Otáčkoměr, byl zkonstruován na desce s plošnými spoji, která byla navržena k připevnění přímo pod šrouby vývodů měřidla. Měřidlo má již stupnici ocejchovanou od 0 do 6000 ot/min, takže po osazení desky součástkami a po jejím připojení (přisroubování) k měřidlu třeba podle kmitočtu vstupního signálu pouze nastavit odporový trimr R_4 ,

aby údaj měřidla v ot/min odpovídal kmitočtu zkušebního signálu.

Seznam součástek

Odpory (vesměš TR 152)	
R_1	10 k Ω
R_2, R_3, R_4	1 k Ω
R_5	1,2 k Ω
R_6	odporový trimr 1 k Ω , TP011 (TP 110)
R_7	180 Ω
R_8	390 Ω
R_9	47 k Ω
R_{11}	3,3 k Ω
R_{12}	1 k Ω
Kondenzátory	
C_1	0,1 μ F, TC 180, popř. TC 279
Polovodičové prvky	
T_1, T_2	KC507 (KC508, KC147-KC148, KS500)
D_1, D_2	KA501 (KA504)
D_3	Zenerova dioda 4,7 V, KZ141
Měřidlo	
mA	typ D 70 cn Metra, citlivost 1 mA
deska s plošnými spoji M 218	

Úpravy zesilovače TEXAN z AR A12/76

Jednou z neúspěšnějších konstrukcí posledních let, která byla uveřejněna v AR, je bezesporu zesilovač, jehož schéma bylo uveřejněno v AR A12/76 (deska s plošnými spoji v AR A1/77 a poznámky redakce ke stavbě v AR A2/77). Byl jsem též jedním z těch, kteří si zesilovač postavili a byl jsem s ním velmi spokojen.

Při stavbě zesilovače jsem realizoval již úpravy, popsané v poznámkách redakce ke stavbě. Během doby mi však začaly vadit dvě základní konstrukční „vady“ zesilovače – jednak to, že se při přepínání vstupů ozývaly (byl-li potenciometr hlasitosti nastaven na určitou, byť i malou hlasitost) z reproduktorů rázy, silné lupání, a jednak to, že díky kmitočtové závislosti sluchu bylo třeba při tichém poslechu nastavovat regulátory hloubek a výšek téměř na maximum, při silnějším poslechu pak znovu korekce příslušné upravovat, aby v reprodukci nebyly okrajové kmitočty příliš zdůrazněny.

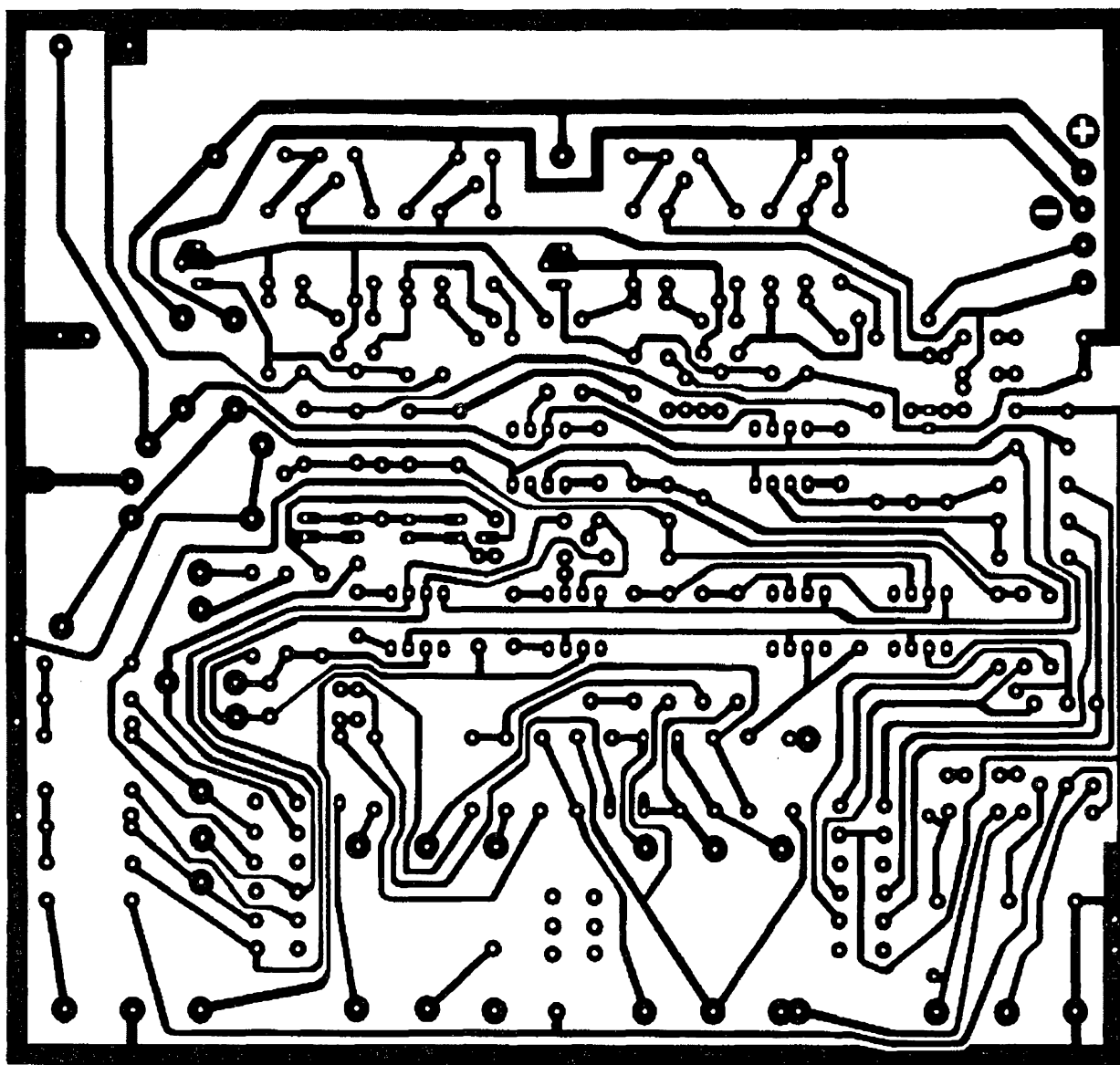
Zesilovač jsem proto upravil. První nedostatek, vznikající proto, že se při rozpojení

kontaktů přepínače vstupů na okamžik rozpojila větev zpětné vazby, omezující zesílení vstupního operačního zesilovače, takže byly zesíleny a přeneseny do koncového zesilovače všechny rušivé signály ze vstupu, se mi podařilo do značné míry odstranit tím, že jsem odpor R_4 (součást korekčního členu RC pro magnetodynamickou vložku do přenosky) připojil napevno z běžce přepínače na společný bod, tj. na vývod 2 prvního operačního zesilovače (obráz. 14). Odpor je sice v tomto případě zapojen paralelně k předřadným odporům všech vstupů, ty jsou však 1,2 k Ω , takže výsledný odpor této kombinace, 1,194 k Ω , nijak charakter vstupů nezmění. Přitom je vhodné použít k přepínání vstupů takový přepínač, u něhož přechází při přepínání běžec z jednoho kontaktu na druhý tak, aby ještě než opustí jeden kontakt, byl již sepnut další kontakt, tedy tak, aby nebyl běžec při přepínání „ve vzduchu“. Tím lze rušivé rázy při přepínání zcela odstranit.

Pokud jde o druhý nedostatek, je zřejmé, že by pomohla fyziologická regulace hlasitosti. Lidský sluch má totiž základní nedostatek v tom, že se jeho relativní citlivost k signálům různých kmitočtů mění v závislosti na hlasitosti těchto signálů. V praxi to znamená, že při maximálních hlasitostech zvukových signálů vnímá ucho hlasitost signálů nízkých, středních i vysokých kmitočtů celkem rovnoměrně, zatímco při zmenšující se hlasitosti se zmenšuje i sluchový výjem relativní hlasitosti nízkých a nejvyšších tónů. V praxi to znamená, že se při malých hlasitostech reprodukce „zploštuje“, zdá se, jakoby v ní chyběly nízké a vysoké tóny.

Tento nedostatek lze odstranit relativně snadno, použije-li se jako potenciometr k regulaci hlasitosti potenciometr s odbočkou na odporové dráze, k níž se připojí doplňkový elektrický obvod, který při zmenšování hlasitosti regulátorem (tedy v dolní části dráhy jeho běžce, vztaheno k zemi) zdůrazní oblasti nízkých a nejvyšších kmitočtů přeneseného signálu tak, aby byla popsána závislost ucha kompenzována.

Celá věc má však jeden háček – při řešení korekčních obvodů regulátorů hlasitosti musí



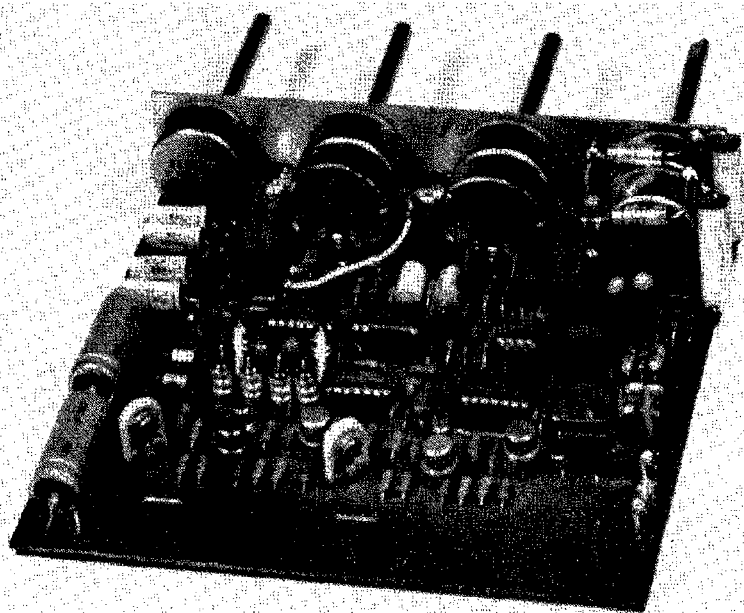
Obr. 15. Deska s plošnými spoji M 219 zesilovače z obr. 14. Prázdné díry v plošných spojích jsou určeny pro připojení součástek fyziologického regulátoru hlasitosti (jde o díry po obou stranách P_4)

být v tomto případě dodržena podmínka optimálního napětí signálu. Kdyby bylo totiž signálové napětí příliš velké, pak bychom museli nastavovat potenciometr hlasitosti tak, že by byl jeho běžec na počátku odporové dráhy, „fyziologie“ by pracovala a tím by se nepříznivě ovlivňoval kmitočtový průběh zesilovače – zdůrazňovaly by se nežádoucím způsobem signály nízkých i nejvyšších kmitočtů. Kdyby naopak bylo signálové napětí příliš malé, pak bychom museli nastavovat běžec potenciometru na horní konec odporové dráhy, čímž by se fyziologická regulace přestávala uplatňovat.

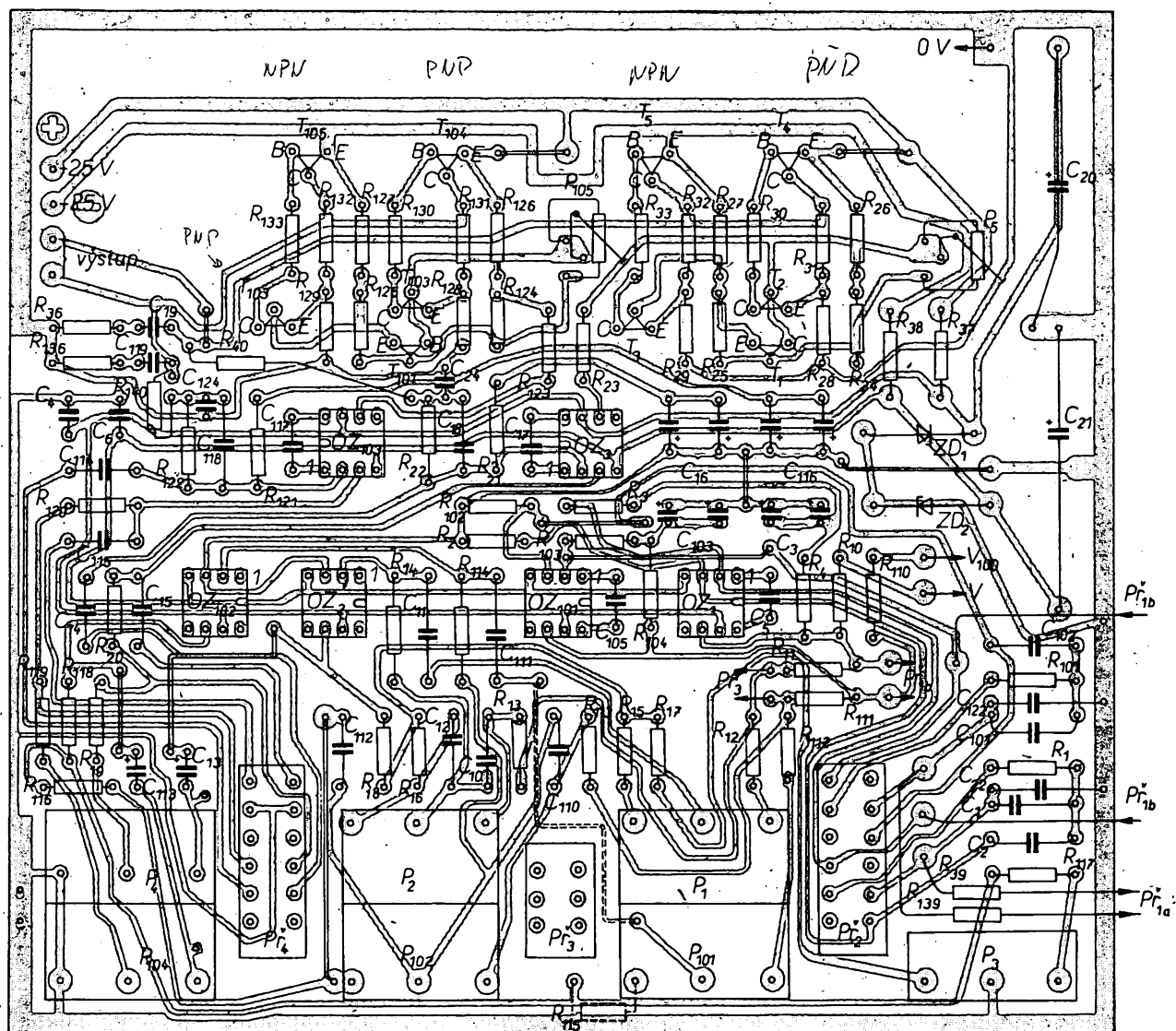
Proto je třeba podle konkrétních zdrojů signálu upravit při použití fyziologické regulace zesílení operačního zesilovače tak, aby pro výsledný vjem stejné hlasitosti reprodukce byl při jednotlivých zdrojích signálu běžec regulátor hlasitosti přibližně ve stejné poloze. Vzhledem k tomu, že výstupní napětí kanálu pro magnetodynamickou přenosku nemůžeme jednoduše ovlivňovat, přizpůsobíme výstupní napětí ostatních zdrojů signálu podle signálu z vložky přenosky. V praxi to znamená, že podle výstupního napětí tuneru (popř. mikrofonu, kazetového magnetofonu apod.) upravíme odpor zpětné vazby, zařazovaný přepínačem P_{1B} .

Proti původnímu zapojení je tedy jako potenciometr hlasitosti v upraveném zapojení použit tandemový potenciometr 25 k Ω

s odbočkou, na níž jsou připojeny R_{41} , C_{25} , C_{26} a R_{42} . Vzhledem k tomu, že by bylo složité upravovat celou desku s plošnými



Osazená deska M219 upravené verze původního zapojení zesilovače



Deska M219, osazená součástkami

spoji, jsou součástky fyziologické regulace zapojeny tak, jak je zřejmé z fotografie – v desce s plošnými spoji (obr. 15) jsou pro ně příslušné díry po stranách potenciometru hlasitosti P_4 .

K mechanickému uspořádání ještě několik slov – dodatkové odpory filtrů proti vř. rušení (a příslušné kondenzátory) jsou zapojeny v desce s plošnými spoji kromě odporů R_{39} a R_{139} (součástky druhého kanálu jsou značeny stejným číslem jako součástky prvního kanálu, jejich pořadové číslo je však o 100 větší), které jsou na přepínači P_{1a} .

Protože je vhodné spojit všechny kostry potenciometrů a spoj připojit na zem, byla k jejich propojení použita „kulisa“ z kuprexitu, která současně slouží ke zlepšení mechanického upevnění potenciometrů, především

pak potenciometru vyvážení kanálů P_3 . Kulisa je zřejmá z fotografie osazené desky s plošnými spoji.

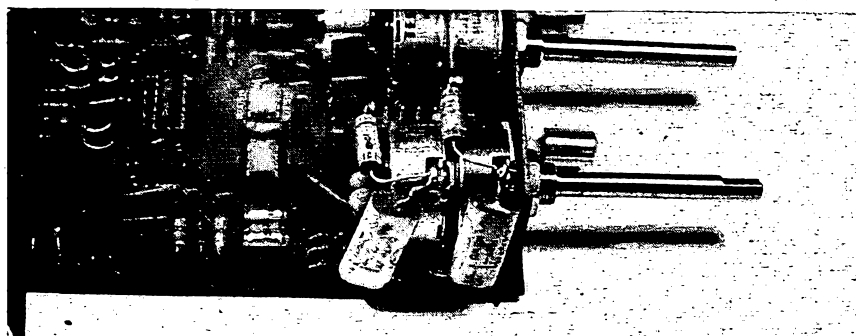
Protože byl k přepínání vstupů použit otočný přepínač (a nikoli jako v původním provedení tlačítková souprava), bylo do středu mezi potenciometry hloubek a výšek umístěno tlačítko mono-stereo. Díry pro vývody tlačítka jsou na desce s plošnými spoji, přívody k tlačítku jsou vedeny dráty z bodů na desce s plošnými spoji, označenými P_{13} a šipkami.

Kdo by chtěl upravit podle zapojení na obr. 14 již hotový zesilovač, může se snadno orientovat ve schématu, kde jsou všechny přidávané součástky zakresleny tučněji.

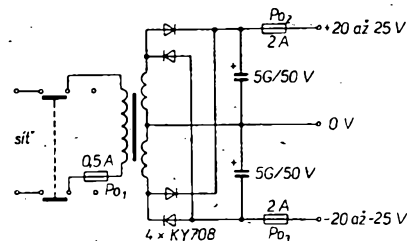
Jen pro úplnost je na obr. 16 síťový zdroj pro zesilovač. Pokud jde o síťový transformá-

tor, stačí typ se sekundárním napětím v mezích 14 až 18 V pro proud asi 1,5 A – výstupní výkon zesilovače bude pak asi kolem 20 W.

Ještě několik slov k součástkám. Doposud bylo největším problémem sehnat operační zesilovače a doplňkovou dvojici koncových tranzistorů. V současné době má prodejna TESLA v Pardubicích na skladě všechny polovodičové součástky, potřebné ke stavbě. Jako koncová dvojice tranzistorů byla použita dvojice KD606 + KD616, která se velmi osvědčila, stejně jako operační zesilovače tuzemské výroby. Kromě toho všem zájemcům o stavbu výšle vstříc prodejna TESLA v Pardubicích tím, že pro ně připravila jednak kompletní sadu součástek podle „Seznamu součástek“, který je uveden na závěr tohoto



Umístění součástek obvodu pro fyziologickou regulaci hlasitosti u potenciometru hlasitosti



Obr. 16: Zapojení zdroje pro zesilovač z obr. 14

článku, a jednak kompletní sadu polovodičových součástek k osazení zesilovače.

Ke konstrukci zesilovače platí ovšem vše, co bylo již uveřejněno v AR A12/76, A1/77 a A2/77. Protože starší čísla AR však nejsou obvykle k dispozici, a protože zesilovač může při pečlivé práci postavit i méně zkušený zájemce, zopakují stručně alespoň postup při ožiování.

Ožiování a seřizování

Pro ožiování a seřizování je vhodné, máme-li na pracovním stole (pod izolační podložkou) kus plechu, který připojíme na zem zesilovače (zabráníme tak indukci brumu do nestíněných obvodů zesilovače). Výborně se osvědčuje např. i větší kus jednostranně plátovaného kuprexitu, položený měděnou fólií dolů. Sestavený zesilovač propojíme s napájecím zdrojem (zdroj odpojen od sítě, filtrační elektrolytické kondenzátory vybity). Do jedné z větví napájecího napětí zapojíme miliampérmetr; trimr P_3 je nastaven tak, aby měl minimální odpor. Provizorně připojíme zpětnovazební odpory vstupního předzesilovače, odpovídající připojení tuneru (odpory 1,2 k Ω). Výstupy zesilovače zatížíme odpory asi 10 Ω . Do napájecích větví vložíme pojistky nejprve asi 250 mA (0,25 A), regulátor hlasitosti nastavíme na minimum, ostatní potenciometry dáme asi do střední polohy. Máme-li možnost, připojíme paralelně k zatěžovacím odporům osciloskop. Vstupy zesilovače zůstanou „otevřeny“.

Připojíme napájecí zdroj k síti. Kontrolujeme odběr proudu – měl by být asi 10 až 30 mA. Jediný nastavovací prvek – trimr P_3 – pak nastavíme tak, aby nejen na 1 kHz, ale i na 10 kHz bylo přechodové zkreslení nezatelné. Bez osciloskopu většinou stačí nastavit klidový proud koncových tranzistorů asi na 20 mA a – zesilovač je nastaven. Změříme stejnosměrné napětí na výstupech pro připojení reproduktorů, mělo by být maximálně 10, spíše však 1 až 3 mV. Protáčením ovládacích prvků provedeme stabilitu za všech podmínek provozu.

Takto oživený zesilovač můžeme vestavět do skříně a po propojení všech obvodů a přepínačů seřadit definitivně: nastavíme klidový proud koncových zesilovačů na velikost, při níž zmizí přechodové zkreslení (trimrem P_3).

Při jakékoli manipulaci se zesilovačem při uvádění do chodu a při nastavování je třeba mít vždy připojenou zátěž a pro jistotu navíc vždy po odpojení zesilovače od napájecího napětí vybijeme elektrolytické kondenzátory 5000 μ F ve zdroji – v opačném případě by při opětovném zapnutí mohly proniknout do zesilovače napěťové špičky, které by mohly poškodit tranzistory, popř. i OZ.

K indikaci zapnutí přijímače jsem ve vzorku použil dvě diody LED, napájené z větví napájecího napětí – pak je i optická kontrola neporušenosti pojistek za usměrňovačem. Místo svitivých diod lze použít i telefonní žárovky na 24 V/50 mA, především je-li dostatečně dimenzován síťový transformátor.

A nakonec ještě jedna poznámka. Dělič pro připojení sluchátek je navržen tak, aby hlasitost reprodukce z reproduktorových soustav odpovídala hlasitosti reprodukce ze sluchátek. Je ovšem třeba použít sluchátka s malou impedancí, 4 až 16 Ω .

Seznam součástek

Odpor	
R_1	22 k Ω , TR 151, 2 ks
R_2	47 k Ω , TR 151, 2 ks

R_3	1 k Ω , TR 151, 2 ks
R_4	0,1 M Ω , TR 151, 2 ks
R_5	1,2 k Ω , TR 151, 2 ks
R_6	0,27 M Ω , TR 151, 2 ks, 5 %
R_7	22 k Ω , TR 151, 2 ks, 5 %
R_8	–
R_9	–
R_{10}	4,7 k Ω , TR 151, 2 ks
R_{11}	1,8 k Ω , TR 151, 2 ks
R_{12}	3,3 k Ω , TR 151, 2 ks
R_{13}	10 k Ω , TR 151, 2 ks
R_{14}	33 k Ω , TR 151, 2 ks
R_{15}	3,3 k Ω , TR 151, 2 ks
R_{16}	10 k Ω , TR 151, 2 ks
R_{17}	1 k Ω , TR 151, 2 ks
R_{18}	2,2 k Ω , TR 151, 2 ks
R_{19}	22 k Ω , TR 151, 2 ks
R_{20}	22 k Ω , TR 151, 2 ks
R_{21}	680 Ω , TR 151, 2 ks
R_{22}	82 k Ω , TR 151, 2 ks
R_{23}	100 Ω , TR 151, 2 ks
R_{24}	390 Ω , TR 151, 2 ks
R_{25}	470 Ω , TR 151, 2 ks
R_{26}, R_{27}	4,7 k Ω , TR 151, 4 ks
R_{28}, R_{29}	22 Ω , TR 152, 4 ks
R_{30}	150 Ω , TR 151, 2 ks
R_{31}, R_{32}	220 Ω , TR 151, 4 ks
R_{33}	150 Ω , TR 151, 2 ks
R_{34}	22 Ω , TR 510, 2 ks
R_{35}	4,7 Ω , TR 144, 2 ks
R_{36}	15 Ω , TR 152, 2 ks
R_{37}, R_{38}	680 Ω , TR 152, 2 ks
R_{39}, R_{40}	2,2 k Ω , TR 151, 4 ks
R_{41}	12 k Ω , TR 151, 2 ks
R_{42}	820 Ω , TR 151, 2 ks

Kondenzátory

C_1, C_3, C_4, C_6	0,1 μ F, TK 782 nebo 3, 6 ks
C_2	2 $\times$ 47 μ F, TE 121, nebo
	2 $\times$ 50 μ F, TE 156, 4 ks
C_5	10 pF, TK 650, 2 ks
C_7	3,9 nF, TC 235, 2 ks, 5 %
C_8	10 nF, TC 235, 2 ks, 5 %
C_9	–
C_{10}, C_{12}	47 nF, TK 783 nebo
	TC 235, 5 %, 4 ks
C_{11}	560 pF, TK 754, 2 ks
C_{13}	10 μ F, TE 152, 2 ks
C_{14}	1,5 nF, styroflex, 2 ks
C_{15}	1 nF, styroflex, 2 ks
C_{16}	2 $\times$ 47 μ F, TE 121, nebo
	2 $\times$ 50 μ F, TE 156, 4 ks
C_{17}	10 pF, TK 650, 2 ks
C_{18}	47 pF, TK 754, 2 ks
C_{19}	0,1 μ F, TK 783, 2 ks
C_{20}, C_{21}	1000 μ F, TE 984, 2 ks
C_{22}, C_{23}, C_{24}	33 pF, TK 650, 6 ks
C_{25}	2,2 nF, TC 237, 2 ks, 5 %
C_{26}	0,47 μ F, TC 180, 2 ks, 5 %

Potenciometry

P_1, P_2	2 $\times$ 0,1 M Ω , lin., TP 283, 2 ks
P_3	5 k Ω , lin., TP 280, 1 ks
P_4	2 $\times$ 25 k Ω , TP 289/Y, 1 ks
P_5	2,2 k Ω , odporový trimr, TP 011, 2 ks

Polovodičové prvky

IO $_1$, IO $_3$	MAA748, 4 ks
IO $_2$	MAA741, 2 ks
T $_1$	KC507, 2 ks
T $_2$	KFY46, 2 ks
T $_3$	KFY18, 2 ks
T $_4$	KD617, 2 ks (KD616)
T $_5$	KD607, 2 ks (KD606)
ZD $_1$, ZD $_2$	KZZ76, 2 ks

Přepínače

Pf_1, Pf_2	Isostat 4 $\times$ 2 polohy, s arelací, 2 ks
Pf_3	otočný přepínač 4 $\times$ 3 polohy, 1 ks
Pf_4	Isostat, 2 $\times$ 2 polohy, 1 ks
Pf_5	Isostat, 4 $\times$ 2 polohy, 1 ks

síťové tlačítko Isostat nebo páčkový síťový spínač pojistková pouzdra 5 ks
síťový transformátor 2 $\times$ 16 V až 18 V, 1 až 2 A
elektrolytické kondenzátory 5000 μ F, TC 937a, 2 ks
diody KY708, 4 ks
pětikolíkové konektorové zásuvky 3 ks
tříkolíkové konektorové zásuvky 1 ks (pro sluchátka)
reproduktorové konektorové zásuvky 2 ks
deska s plošnými spoji M219

Postup kontroly průběhu funkce fyziologického regulátoru hlasitosti

Na vstup zesilovače připojíme tónový generátor, na výstup pak nízkofrekvenční mili-

voltmetr. Na tónovém generátoru nastavíme napětí asi 7 mV při kmitočtu 1 kHz. Regulátor hlasitosti nastavíme naplno a přechteme napětí, které nám ukáže milivoltmetr připojený na výstupu. Připomínáme, že v tomto případě není nutná náhradní zátěž, protože vzhledem k zcela zanedbatelnému vnitřnímu odporu zesilovače se výstupní napětí se zátěží a bez zátěže prakticky nezmění.

Napětí přechteme na milivoltmetru budeme považovat za výstupní úroveň 0 dB a k této úrovni budeme vztahovat všechna další na výstupu zjištěná napětí.

Na tónovém generátoru postupně nastavíme různé kmitočty signálu, aniž bychom však nadále měnili jeho výstupní napětí. Budou to kmitočty 50, 100, 200, 500, 1000 a 10 000 Hz. Pro signál každého kmitočtu přechteme napětí na výstupu zesilovače a odchylky vyjádříme v decibelech.

Pak při signálu o kmitočtu 1 kHz zmenšíme výstupní napětí zesilovače o 10 dB pootočením regulátoru hlasitosti. Připomínáme, že napětí tónového generátoru musí zůstat nezměněno. Znovu nastavujeme postupně řadu kmitočtů a kontrolujeme výstupní napětí zesilovače. Tak postupujeme po skocích – 10 dB a naměřené výsledky zkontrolujeme s následující tabulkou podle měření na vzorku zesilovače.

50 Hz	100 Hz	200 Hz	500 Hz	1000 Hz	10 000 Hz
0	0	0	0	0	0
-9	-10	-10	-10,5	-10	-8
-16,5	-18	-19	-20	-20	-16
-21	-23	-26,5	-30	-30	-20,5
-31	-33	-36	-40	-40	-30,5
-41	-43	-46,5	-50	-50	-40

Pokud by se naměřené kmitočtové průběhy podstatněji lišily, pak by bylo vhodné překontrolovat součástky v obvodu fyziologické regulace. Autor si je plně vědom, že zdůraznění signálů nízkých kmitočtů při větším zeslabení hlasitosti reprodukce není takové, jaké by vyžadovaly příslušné křivky subjektivního vnímání. Na našem trhu se však nevyskytuje potenciometr se dvěma odbočkami a tak i dosažený průběh můžeme považovat za přijatelné kompromisní řešení, které se již uspokojivě projeví při reprodukci.

OVĚŘENO V REDAKCI

V redakci jsme tentokrát ověřili kromě úprav zesilovače TEXAN všechny popisované konstrukce, s tuzemskými i zahraničními součástkami.

K předzesilovači pro magnetickou vložku do přenosky nemáme žádné připomínky, stejně jako ke všem typům otáčkoměrů. Pokud jde o otáčkoměr s diskrétními prvky, který je jako stavebnice dodáván prodejnou Radioamatér v Praze (viz str. 120), upozorňujeme pouze, že nepracuje ve spojení s kondenzátorovým zapalováním (tyristorovým zapalováním). Při zkouškách vzorků se také stalo, že zřejmě podle tolerance použitých součástek bylo nutno u jednoho ze vzorků změnit odpor R_2 , 1 k Ω , ve vstupním děliči za menší, bezpečně vyhověl odpor 470 Ω , neboť u tohoto otáčkoměru nebyla indikace rychlosti otáčení nad 4000 ot/min jednoznačná, ručka měřidla kmitala a otáčkoměr ukazoval všeobecně větší rychlost otáčení, než jaká byla ve skutečnosti. Po zmenšení odporu je vše v pořádku.

Pokud jde o nastavování otáčkoměru s diskrétními prvky, stačí přivést napětí síťového kmitočtu (asi 10 až 15 V) do středu vstupního děliče a nastavit odporový trimr tak, aby ručka otáčkoměru ukazovala 1500 ot/min. Linearita stupnice je velmi uspokojivá, takže otáčkoměr stačí oceňovat pro jediný kmitočet (jednu rychlost otáčení).

Vybrané rádioamatérom

Vám, ktorí si chcete prehľbiť vedomosti oblasti rádiotechniky, televízie, elektroniky a oznamovacej techniky, sme pripravili malý výber kníh. Upozorňujeme, že knihy vyjdú do konca tohto a v budúcom roku a objednávateľom ich budeme posilať postupne, ako budú vychádzať. Uvedené ceny sú približné.

Svoje požiadavky posielajte na adresu:
SLOVENSKÁ KNIHA, n. p., ODBYT, 010 91 ŽILINA, Rajecká cesta 7

ednávam(e)	Plán. cena Kčs	KNIHY, KTORÉ MÔŽEME ZASLAŤ OBRATOM:
výtl. Arendáš-Ručka: Nabíječe a nabíjení. (Vlastnosti akumulátorov, ich meranie, kontrola, opravy a údržba, návody na stavbu nabíjačov akumulátorov)	... 16,-	... výtl. Aisberg: Farebná televízia? Nič jednoduchšie! (Súčasný stav farebnej televízie, najmä tri základné normy: NTC – americká, PAL – nemecká, SECAM – francúzska.) ... 18,-
výtl. Český: Stavba malé společné antény. (Návody a pokyny pre vlastnú výrobu a montáž malej spoločnej antény, vrátane hlavných častí rozvodov, ako sú zlučovače, odbočovače, predzosilovače apod.)	... 15,-	... výtl. Dvořáček: Kurs radiotechniky (Základné vlastnosti rádiotechnických súčiastok a obvodov, návrhy elektronických a polovodičových prístrojov.) ... 46,-
výtl. Jurkovič-Zadl: Průručka nf obvodové techniky. (Súbor elektrotechnických vzorcov, pasívnych a aktívnych súčiastok, rozbor základných obvodov a zariadení nf techniky – praktické údaje, spôsob návrhu nf zariadení)	... 36,-	... výtl. Fortušenko: Družicové spoje II. (Základy technického projektovania systému družicových spojení, organizačnotechnické princípy výstavby sústav.) ... 28,-
výtl. Krejčí-Krejčí: Elektrické měřící přístroje. (Stručný prehľad, princíp funkcie, vhodnosť použitia a spôsob zachádzania a údržby)	... 26,-	... výtl. Fortušenko: Družicové spoje I (Základy technického projektovania systému družicových spojov.) ... 27,-
výtl. Kroupa-Lab-Šimeček: Zesilovače T 74/78 (Stavba zaujímavých a kvalitných moduluvo koncipovaných elektroakustických zariadení a prístrojov, princíp, obsluha, optimálne využitie.)	... 20,-	... výtl. Jezierski: Transformátory (Zhrňuje základné teoretické poznatky účinnosti transformátorov, ich konštrukciu a javy, ktoré v nich prebiehajú.) ... 86,-
výtl. Kubát: Výkonová polovodičová technika (Výklad fyzikálnych základov, funkcií, technológií a konštrukcie silnoproudových polovodičových súčiastok, prehľad základných výkonových obvodov.)	... 26,-	... výtl. Mihálka: Moderné polovodičové součástky (Polovodičové súčiastky, ich fyzikálne funkcie, závislosti ich elektrických veličín, použitie, praktické zapojenia.) ... 36,-
výtl. Kubát: Zvukaf – amatér (Informácie a poznatky dôležité k dosiahnutiu najlepších výsledkov pri zázname a reprodukcii zvuku, návody k stavbe niektorých doplnkov pre elektroakustickú prax.)	... 28,-	... výtl. Rádiotechnická příručka 1. (Najnovšie zapojenia základných prvkov – elektróniek a tranzistorov v oblasti vysokofrekvenčnej rádiotechniky.) ... 29,-
výtl. Moerder-Henke: Praktické výpočty v tranzistorové technice (Kniha vysvetľuje princípy jednoduchých polovodičových obvodov, pokyny pre samostatný návrh základných elektrotechnických obvodov.)	... 17,-	... výtl. Rádiotechnická příručka 2. (Poznatky o vývoji tranzistorových zariadení z oblasti oznamovacej techniky, elektroniky a elektroakustiky.) ... 29,-
výtl. Möschwitzer: Polovodičová elektronika (Systematické usporiadanie najdôležitejších faktov a súvislostí polovodičovej techniky, tabuľky, obrázky, charakteristiky polovodičových prvkov a integrovaných obvodov.)	... 31,-	... výtl. Rádiotechnická příručka 3. (Stručné teoretické úvahy a vzorce, praktické poznatky z oblasti polovodičovej techniky.) ... 26,-
výtl. Petrov: Elektrické stroje I – Transformátory (Trojdielna kniha sov. autora je súborným dieľom a teórii všetkých elektrických strojov podľa posledného stavu. Preklad je upravený na čs. pomery. Tematikou I. dielu sú transformátory, II. – všeobecné otázky teórie striedavých strojov, III. – teória jednosmerných strojov. II. a III. diel vyjdú neskôr.)	... 39,-	... výtl. Rádiotechnická příručka 4. (Obsahuje údaje o princípoch farebného videnia; spôsoby rozkladania a skladania farebných signálov.) ... 26,-
výtl. Štöfa: Otázky a odpovědi z elektrotechnických materiálův (Problematica elektrotechnických materiálův, spracovaná moderným spôsobom, otázky o vodivých materiáloch, polovodičoch, izolantoch apod.)	... 15,-	... výtl. Rádiotechnická příručka 5. (Obsahuje vyskúšané zapojenia z elektrotechniky, rádiotechniky a elektroakustiky.) ... 29,-
výtl. Tříška: Zkoušky a jednoduchá měření v praxi elektromontéra (Prehľad o skúškach a meraciach prístrojoch, návody na zhotovovanie jednoduchých skúšacích a prípravkov uľahčujúcich meranie v prevádzke.)	... 18,-	... výtl. Sdělovací technika – Oborové encyklopédie SNTL (V 3600 heslách a 1700 odkazoch preberá jednotlivé oblasti oznamovacej techniky, vykladá fyzikálne javy, na ktorých je založená moderná oznamovacia technika.) ... 98,-
výtl. Wojciechowsky: Dálkové ovládání elektrických modelův (Prehľad ovládacích modelův aut, lodí a systémův generátorův riadiacich signálov, antén, zosilovacích zdrojův, prijímačov, vysielacův, zoznam výrobcův.)	... 34,-	

Vyznačené knihy pošlite dobierkou na adresu:

Meno a priezvisko:

Bydlisko:

PSČ a pošta:

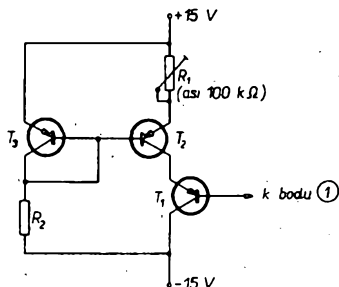
Okres:

Dátum:

Podpis:

Dodatek ke konstrukci voltohmmetru z AR B6/77

V AR B6/77 byla uveřejněna konstrukce měřicího přístroje. V návodu ke stavbě a ožiování chybí informace o kompenzaci vstupního proudu neinvertujícího vstupu OŽ₁. Jako nejvhodnější bylo při konstrukci přístroje shledáno zapojení, použité již dříve v zapojení číslicového multimetru DMM1000. Zapojení kompenzačního obvodu je na obrázku.



Nejvhodnější tranzistory k jeho osazení jsou BC178, které nabízí prodejna TESLA v Pardubicích. Jejich předností jsou nejen nižší cena oproti např. KF517, KFY16 nebo KFY18, ale i větší zesilovací činitel při malých proudech, což je důležité především u T₁. Protože obvody kompenzace jsem řešil v přístroji až nakonec, není pro ně místo na desce s plošnými spoji, je je třeba zapojit improvizovaně, např. na volné kontakty přepínačů předřazeného děliče.

Vstupní proud se kompenzuje seřízením R₁. Přístroj je přepnut na nejcitlivější rozsah, na vstupních svorkách je připojen odpor 1 až 10 MΩ. Odpor R₁, potřebný k nastavení nulové výchylky ručky měřidla, bude záviset

na velikosti vstupních proudů a na zesilovacím činiteli T₁. Aby bylo možno nastavit kompenzaci dostatečně jemně, je vhodné rozdělit R₁ na pevný odpor a odporový trimr.

Podrobnější informace o činnosti obvodu pro kompenzaci vstupního proudu operačních zesilovačů jsou v [1] na str. 172.

Autör se omlouvá za opomenutí, které mohlo přivodit nesnáze při konstrukci přístroje především méně zkušeným konstruktörům. Bylo způsobeno tím, že, jak již uvedl, řešil kompenzaci až po dohotovení celého přístroje.

[1] AR B5/76

POZOR!

V rámci socialistických závazků a spolupráce s redakcí AR připravily dvě prodejny sady součástek ke konstrukci zařízení, popisovaných v tomto čísle AR pro konstruktéry.

Prodejna TESLA, Pardubice, Palackého 580, PSČ 530 00, připravila jednak stavebnici předzesilovače pro magnetickou přenosku včetně desky s plošnými spoji (cena přibližně 200 Kčs) a jednak stavebnici zesilovače Texan. Stavebnice zesilovače Texan se dodává kompletní podle „Seznamu součástek“, tj. včetně síťového transformátoru, všech polovodičových součástek apod. Cena celého kompletu včetně desky s plošnými spoji je asi 3390,- Kčs. Kromě toho připravila prodejna TESLA sadu polovodičových prvků k osazení ze-

silovače, cena sady s polovodičovými prvky jakosti A je 2378,- Kčs, jakosti B (k osazení zcela vyhovuje) 1474,- Kčs. Jen pro úplnost uvádíme, že jako koncový pár tranzistorů budou dodávány tuzemské typy KD606 a KD616.

Uvedené stavebnice lze zakoupit přímo v prodejně nebo objednat na dobírku.

Pražská prodejna **Radioamatér v Žitné ulici 7, Praha 1**, připravila stavebnici otáčkoměru s diskretními prvky. Součástí stavebnice je i měřidlo Metra, použité ke konstrukci autorem tohoto čísla AR B. Cena stavebnice včetně desky s plošnými spoji je asi 350,- Kčs. I v této prodejně lze stavebnici zakoupit přímo, nebo objednat na dobírku.

mimořádná NABÍDKA

mimořádná NABÍDKA

**polarizovaných relé
pro výrobu
elektronických
zařízení**

HL 100 11, 15, 16, 18, 21, 26, 35, 39, 41

HL 110 01/1, 03/1, 04/1

VC 121 až 127 Kčs.

Výrobce:

VEB
ELEKTRO-SCHALT-
GERÄTE AUERBACH,
NDR

**Během roku
můžeme dodat
celý sortiment
dalších
dovážených
typů:**

HL 100 02, 03, 04, 05, 06, 07 ALU,
08, 09, 10, 11, 13, 15, 16,
18, 20, 23, 24, 25, 29, 30, 31,
33, 34, 38, 39, 41, 43, 44, 45,
51, 52, 54

HL 110 01/1

RLS 0373 002 = 10165

HL 110 03/1, 04/1

**Blíže informace podá
a objednávky vyřizuje**

TESLA

Obchodní podnik

Oblastní středisko služeb

Umanského 141

688 19 UHERSKÝ BROD