

ŘADA B
PRO KONSTRUKTÉRYČASOPIS
PRO ELEKTRONIKU
A AMATÉRSKÉ VYSÍLÁNÍ

ROČNÍK XXXI/1982 ČÍSLO 2

V TOMTO SEŠITĚ

Elektronika a energetické
úspory 41ZAJÍMAVÁ A PRAKTICKÁ
ZAPOJENÍ

Měřicí a indikační přístroje

Univerzální měřicí přístroj s OZ	42
Ss a st milivoltmetr	43
Ss, st a nf voltmetr s velkou vstupní impedancí	43
Zkoušeč f_T tranzistorů	44
Zkoušeč průrazného napětí	45
Zkoušeč šumového čísla	45
Nf měřicí impedance	46
Měření malých odporů	46
Indikátory plynů	47
Měření spotřeby benzínu	48
Digitální otáčkoměr pro auta	50
Anemometry	51
Měření indukčnosti na měřicí kmitočtu	52
Digitální expozimetr pro zvětšování	54
Expozimetr pro „blesk“	55
Charakteristiky na osciloskopu	57
Voltmetr z kalkulátoru	58
Otáčkoměr a měřicí uhlí sepnutí kontaktů	59
Číslicový fotometr	60
Generátory signálů	
Přesný síťový kmitočt. pro hodiny	62
Výkonový ultrazvukový generátor	64
Generátory funkcí	65 až 67
Různé aplikovaná elektronika	
Přesné usměrňovače	67
Akustické spínače	70
Monitor srdečního rytmu	72

AMATÉRSKÉ RADIO ŘADA B

Vydává ÚV Svazarmu ve vydavatelství NAŠE VOJSKO, Vladislavova 26, 133 66 Praha 1, tel. 26 06 51-7. Šéfredaktor ing. Jan Klábal, redaktor Luboš Kalousek, OK1FAC. Redakční rada: RNDr. V. Brunnhofer, K. Donát, V. Gazda, A. Glanc, I. Harminec, M. Haša, Z. Hradský, P. Horák, J. Hudec, ing. J. T. Hyán, ing. J. Jaroš, doc. ing. dr. M. Joachim, ing. F. Králík, RNDr. L. Kryška, J. Kroupa, ing. E. Měc, V. Němec, RNDr. L. Ondříš, CSs., J. Ponický, ing. E. Smutný, V. Teska, doc. ing. J. Vackář, laureát st. ceny KG, J. Vorlíček, ing. J. Zima.

Redakce Jungmannova 24, 113 66 Praha 1, tel. 26 06 51-7. Šéfredaktor linka 354, redaktor linka 353, sekretářka linka 355. Ročně vyjde 6 čísel. Cena výtisku 5 Kčs, pololetní předplatné 15 Kčs. Rozšiřuje PNS, v jednotkách ozbrojených sil vydavatelství NAŠE VOJSKO, administrace Vladislavova 26, Praha 1. Objednávky přijímá každá pošta i doručovatel. Objednávky do zahraničí vyřizuje PNS, ústřední expedice a dovoz tisku, závod 01, Kalkova 9, 160 00 Praha 6. Tiskne NAŠE VOJSKO, n. p., závod 08, 162 00 Praha 6, Vlastina 710.

Za původnost a správnost příspěvku odpovídá autor. Návštěvy v redakci a telefonické dotazy pouze po 14. hodině. Číslo indexu 46 044.

Toto číslo má vyjít podle plánu 16. března 1982.

© Vydavatelství NAŠE VOJSKO

ELEKTRONIKA A ENERGETICKÉ ÚSPORY

Stěžejním cílem sedmého pětiletého plánu, který vychází z hospodářské a sociální politiky KSC, je i při podstatně obtížnějších vnějších a vnitřních ekonomických podmínkách udržovat a zkvalitňovat dosaženou vysokou životní úroveň obyvatelstva a jeho sociální jistoty. K jejich zajištění je třeba vytvořit podmínky vedoucí k výraznému zvýšení hospodárnosti na všech úsecích národního hospodářství.

Je tedy třeba, abychom ještě lépe využívali všech činitelů vedoucích k ekonomickému rozvoji. Znamená to tedy, že z daného množství surovin, paliv, energie a materiálů musíme napříště vyrábět více než doposud, že musíme dosáhnout výraznější produktivity práce. Tímto směrem je třeba orientovat veškerou pracovní iniciativu, socialistické soutěžení, k tomu musí směřovat realizace programů komplexní socialistické racionalizace, novátorské a zlepšovatelé hnutí, prostě soustředěné úsilí celé naší společnosti. Přechod na intenzifikaci rozvoje celého národního hospodářství vyžaduje dosáhnout výrazného obrátu na těch úsecích, které jsou pro celkový růst výkonnosti podniků a celého národního hospodářství rozhodující. Jde zejména o to důsledně se orientovat na snižování materiálové a energetické náročnosti výroby, opírající se o strukturální i technologické změny ve výrobě, a na výrazné zrychlení a zvýšení účinnosti vědeckotechnického rozvoje. V „Usnesení ÚV KSČ k návrhu státního plánu hospodářského a sociálního rozvoje ČSSR na rok 1982 a k návrhu zákona o 7. pětiletém plánu ČSSR“, které bylo přijato na 5. zasedání ÚV KSČ, se říká, že:

„Hlavní cestou ke snižování materiálové a energetické náročnosti ve výrobě a technologické inovace. Vyžaduje podstatné zvýšení účinnosti práce konstrukčních, technických a technologických pracovišť. Ústřední výbor se obrací na konstruktéry, projektanty a techniky, na přední dělníky, zlepšovatele a novátory, aby spojili své síly, zkušenosti, znalosti a schopnosti k realizaci opatření, která přinesou vyšší zhodnocování surovin a energie, urychlení technického pokroku, lepší využití základních fondů, zvýšení kvality a hospodárnosti výroby. Na všech stupních řízení je třeba rozhodněji přistupovat k uplatnění výsledků vědy a techniky ve výrobě s vědomím, že je to rozhodující prostředek k růstu produktivity práce v průmyslu, stavebnictví, dopravě i zemědělství.“

Jednou z oblastí, kde lze velmi výrazně realizovat opatření ke snižování materiálové a energetické náročnosti, je právě důsledné uplatnění a využití mikroelektroniky a jejích aplikací tam, kde dosud byly uplatňovány zejména tradiční mechanické a elektromechanické systémy a servomechanismy. V tvorbě elektrické energie je třeba se zaměřit na netradiční formy jejího získávání, jako třeba využíváním vodních elektráren na menších tocích, ale zejména budováním jaderné energetiky, kde máme doposud značný dluh oproti jiným vyspělým státům. Tak např. v USA se jaderné elektrárny podílejí zhruba 13 % na výrobě elektrické energie, v NSR je uvažováno 17 % pokrytí takto získanou elektrickou energií a v SSSR má podíl jaderných elektráren v 11. pětiletce vzrůst z dnešních 6 % na 14 %.

Abyste mohlo dosáhnout již v blízké budoucnosti výrazného uplatnění elektroniky v různých odvětvích národního hospodářství, bude se rozvíjet elektrotechnický průmysl v ČSSR zaměřovat zejména na rozvoj součástkové základny, na zkvalitnění a modernizaci spotřební elektroniky, na výpočetní a automatizační techniku a na zdravotnickou techniku. Tempo rozvoje i růstu v hlavních oblastech bude mít diferencovaný průběh. Priorita patří naprosto jednoznačně rozvoji progresivní

součástkové základny, zejména mikroelektroniky, která má ve výrobě zboží dosáhnout v r. 1985 až 180,5 % (v poměru k r. 1980). Za ní pak následuje spotřební elektronika (155,1 %), výpočetní a automatizační technika v jedné rovině se zdravotnickou technikou (148 %), měřicí a laboratorní přístroje (145,1 %) a investiční elektronika (143,1 %).

Výrazný průnik polovodičové a integrované elektroniky do spotřební a administrativní techniky umožňuje řešit ji jako přenosnou, což ovšem bude klást značné zvýšené nároky na elektrochemické zdroje proudu (baterie). V této oblasti však zatím není v nejbližším období výhled na vyřešení problému jak co do sortimentu a kvality, tak i výroby v požadovaném množství. Urychlené nasazení mikroelektronických zařízení v masovém měřičku do běžné spotřebitelské sítě a celé administrativy výrazně sníží materiálovou i energetickou náročnost jak při výrobě, tak i při využívání této nové techniky.

Typickým příkladem neekonomičnosti je teprve nedávno zastavená výroba elektromechanické počítací „Nisa“, kterou mnohonásobně předčí i ta nejjednodušší elektrická kalkulačka. A přesto se tato „monstra“ ještě objevují v prodejní síti, i když se všeobecně ví, že jsou již neprodejná. U televizorů a rozhlasových přijímačů provozovaných v domácnostech je stále ještě vysoké procento elektronkových přístrojů, které mají tři až čtyřnásobnou spotřebu elektrického proudu proti přístrojům osazeným polovodiči. U výroby hodin, budíků, nástěnných hodin apod. je rovněž doposud zavedena energeticky i materiálově náročná výroba mechanických typů (opět hlavně na sklad), zatímco všude jinde (soc. státy nevyjímaje) se již několik let vyrábějí elektronické hodiny a hodinky.

V řadě průmyslových odvětví lze zase zavedením moderních automatizovaných zařízení, jako jsou elektronická řízení příkonu podle zatížení, náhrada odporových reostatů tyristorovým řízením atd., zajistit výraznější úspory energie. Také inovací strojírenských a textilních zařízení, jako je uplatnění číslicového řízení obráběcích strojů apod., se výrazněji sníží pracnost a tím i spotřeba elektriny. Zavedením elektronického příslušenství do motorových vozidel se může snížit spotřeba pohonných hmot o 15 až 30 procent, přičemž se zároveň zvýší životnost motoru asi o 30 procent a sníží se škodlivé exhalace. V sousední NSR se například důsledným zaváděním elektronicky řízených regulátorů spotřeby paliva u velkých kotlů a spalovacích motorů dosáhlo snížení měrné spotřeby paliva ze 408 mil. tun v r. 1979 na 370 mil. tun v r. 1980.

Pokud se nám podaří zajistit komplexní elektronizaci v čs. národním hospodářství, může to do r. 1990 přinést, jak uvedl ing. Fr. Haman, náměstek federálního ministra elektrotechnického průmyslu, úsporu přes 300 tisíc pracovních sil a 15 % úspory elektrické energie.

Je proto nanejvýš žádoucí, abychom měli neustále na paměti, že nejlevnějším zdrojem energie je její hospodárné a co nejdokonalější využití a to jak při její tvorbě a přeměně, tak zejména při jejím využití ve všech odvětvích národního hospodářství včetně domácností. Cesta vedoucí k vyšším úsporám elektrické energie je tedy známa, je jen třeba skoncovat se zjetými, avšak zastaralými způsoby výroby i provozu a nastoupit cestu jejich inovace zejména důsledným uplatňováním prvků automatizace a mikroelektroniky.

JaK

ZAJÍMAVÁ A PRAKTICKÁ ZAPOJENÍ

Ing. Zdeněk Medek

Jaksi úvodem

Myslím, že vynalézat již vynalezené není právě neefektivnější činnost. Proto není nikdy na škodu podívat se „kolem sebe“, např. do článků uveřejněných v různých zahraničních odborných časopisech, v nichž mnohdy nalezneme i to, co právě potřebujeme, nebo co již dokonce vyvíjíme v „potu tváře“.

Celá záležitost však přece jen není tak jednoduchá. Budoucnost amatéra-elektronika nevidím v různých barvách, a to z několika důvodů. Je to jednak otázka nedostatečných kusů a často ne právě nejčerstvějších informací o nových výrobcích, což má „na svědomí“ velmi rychlý rozvoj elektroniky. Včera ještě byly např. obvody TTL vrcholem technického pokroku, dnes, podle slov jednoho francouzského časopisu, patří do muzea. I když tomu tak jistě doslova není, světový trend je jednoznačný: málokdy již najdeme v časopisech zapojení jen s klasickými obvody TTL, a když se objeví, jsou to už jen typy S nebo LS, funkce „klasických“ obvodů plně převzaly obvody CMOS, o jejichž přednostech se není třeba šířit. Co má však dělat náš amatér, který obvody CMOS většinou zná jen z doslechu a nemá je k dispozici? To však není zdaleka vše. Funkce jednotlivých obvodů (hradel, děličů apod.) převzaly komplexní funkční celky, jako předtím funkce diskrétních součástek převzaly IO. V průmyslově vyspělých zemích obvykle nikoho ani nenapadne, aby kupř. převodník A/D nebo čítač apod. „smolil“ z klasických obvodů TTL i CMOS, může-li celý funkční blok získat za přijatelnou cenu ve formě příslušného integrovaného obvodu.

Přes uvedené skutečnosti jsme se pokusili vybrat ze zahraničních časopisů takové články, v nichž se popisují přístroje, konstruované bez speciálních obvodů, tj. takové přístroje, které lze z větší části realizovat z dostupných součástek.

Výběr článků nebyl lehký, museli jsme probrat „haldy“ časopisů a podívat se i do starších ročníků – z již uvedených důvodů.

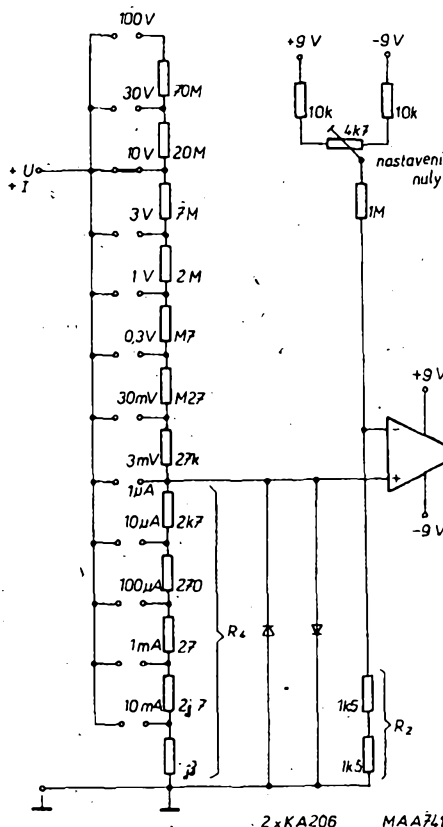
Pochopitelně, že převážná část zapojení nemohla být ověřena, spoléháme na serióznost odborných časopisů, a doufá-

me, že každý čtenář najde v našem výběru i „něco pro sebe“.
Léto – podzim 1981

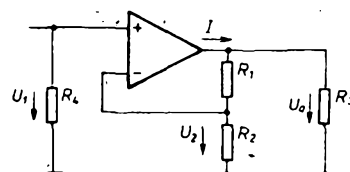
Měřicí a indikační přístroje

Univerzální měřicí přístroj s operačním zesilovačem

Univerzální měřicí přístroj s velkým vstupním odporem a dostatečnou citlivostí je téměř nepostradatelný pro kon-



strukci přístrojů s polovodičovými prvky. S použitím operačního zesilovače je možné i v jednoduchém zapojení dosáhnout velmi dobrých vlastností. Použitelná základní zapojení operačních zesilovačů



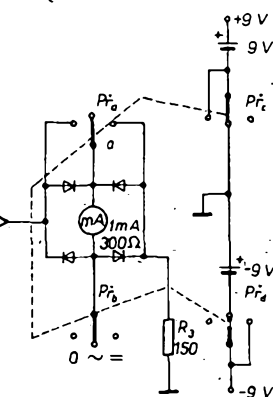
Obr. 1. Zjednodušené schéma zapojení univerzálního měřicího přístroje s OZ

a potřebné vztahy pro výpočet jsou známy z literatury. Pro dále popsaný univerzální měřicí přístroj bylo použito zapojení podle zjednodušeného schématu na obr. 1.

Pro přibližně ideální zesilovač, pro který platí rovnice

$$U_0 = A_0 (U_1 - U_2) \quad (1)$$

kde A_0 je zesílení při otevřené smyčce, platí v tomto zapojení



Obr. 2. Skutečné schéma zapojení univerzálního měřicího přístroje

$$U_2 = U_0 \frac{R_2}{R_1 + R_2} \quad (2)$$

Odtud s použitím rovnice (1)

$$U_0 = U_1 \frac{A_0 (R_1 + R_2)}{R_1 + R_2 + A_0 R_2} \quad (3)$$

Určíme výstupní proud

$$I = \frac{U_0}{R_3} + \frac{U_0}{R_1 + R_2} \quad (4)$$

Odtud s použitím rovnice (3)

$$I = U_1 \frac{A_0 (R_1 + R_2 + R_3)}{(R_1 + R_2 + A_0 R_2) R_3} \approx U_1 \frac{R_1 + R_2}{R_2 + R_3} + \frac{U_1}{R_2} \quad (5)$$

Přibližný výraz v rovnici (5) platí pro $R_1 + R_2 \ll A_0 R_2$. Pro kompenzaci vlivu klidového vstupního proudu je třeba, aby vstupy operačního zesilovače byly zatíženy přibližně stejnými odpory. V zapojení podle obr. 2 by odpory R_1 , R_2 a R_3 z obr. 1 měly být co nejstejnější, aby se nenarušovala dosažená teplotní stabilita. Protože

Soubor opatření ke zdokonalení soustavy plánovitého řízení národního hospodářství přináší mnohé, co bude při důsledném uplatňování znamenat podstatné zlepšení proti současnému stavu. V tomto čísle jsme vybrali ze „Souboru“ myšlenky směřující k energetickým i materiálovým úsporám.

– Soubor opatření má vytvořit podmínky k tomu, abychom využili velké vnitřní síly a rezervy i abychom rozvinuli novou inicia-

tivu lidí, uplatnili jejich dobré nápady a získali je pro aktivní účast na řešení problémů a plnění daných úkolů. Ujasněné úkoly, dobře organizovaný a rytmický výrobní proces, účinná hmotná zainteresovanost, to jsou faktory, které nepochybně budou příznivě působit na vztah k práci, budou podněcovat pracovní morálku a iniciativu a působit proti formálním závazkům v soutěžení. Máme za to, že rozvoj aktivity pracujících bude možné mnohem lépe než dosud zaměřovat na kvalitativní ukazatele plánu, na zvyšování kvality výrobků, exportní schopnosti, na úspory a vyšší zhodnocování surovin, energie a materiálů.

proud / závisí prakticky jen na vnějších odporech IO, je možné pro přístroj použít různě citlivá měřidla. Při výběru měřidla je však třeba dbát, aby proud pro plnou výchylku ručky měřidla byl $I_{max} \leq 100 \mu A$. V praxi se osvědčilo měřidlo 1 mA s vnitřním odporem $R \approx 2 k\Omega$. Univerzální voltampérmetr (přesněji milivolt-mikroampérmetr) má vstupní odpor 1 M Ω /V. Při měření proudu vzniká na všech rozsazích přístroje napěťový úbytek 3 mV pro plnou výchylku ručky.

Přístrojem je možné měřit i střídavá napětí. Při použití germaniových diod v detektoru má přístroj na rozsahu 3 mV počátek stupnice do 30 μV nelineární vlivem charakteristiky diod, což je možné zanedbat – pak lze pro stejnosměrná i střídavá napětí použít lineární stupnice. Na střídavých rozsazích přístroj ukazuje aritmetickou střední hodnotu vstupní veličiny při dvoucestném usměrnění. Pro sinusové vstupní signály platí, že U_m je $1,11 U_0$ na stejnosměrné stupnici.

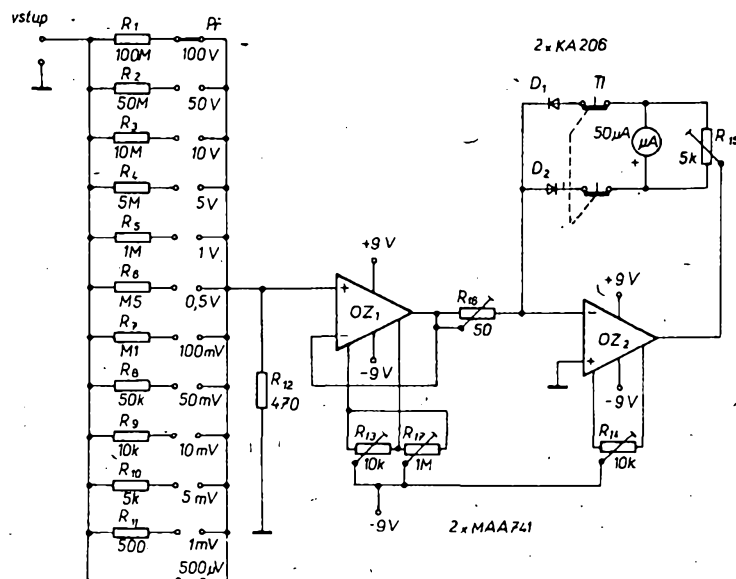
Přesnost a kalibrace přístroje jsou prakticky nezávislé na teplotě a napájecím napětí. Případný vliv změny napájecího napětí je možné snadno korigovat. Výhodou zapojení je možnost libovolné změny nulového bodu (např. nulu může mít ve středu stupnice). Dělení stupnice zůstává lineární, dosažitelná přesnost je 1 % při použití odporů s tolerancí 2 %. Teplotní drift je 0,2 %/°C.

Konstrukce přístroje je tak jednoduchá, že není ani nutné použít desku s plošnými spoji. Skříňka přístroje by měla být stíněná. Přístroj je možné doplnit jednoduchým zdrojem konstantního proudu pro měření odporů.

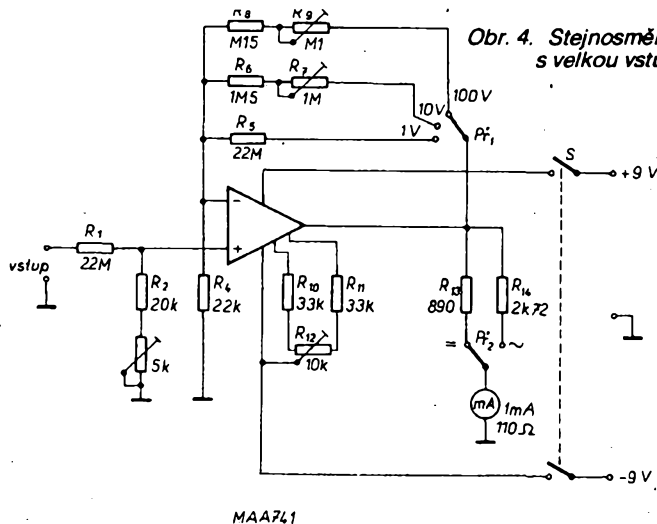
Funkschau č. 17/1973

Stejnoscemný a střídavý milivoltmetr

Přístroj má dvanáct rozsahů (500 μV až 100 V) pro plnou výchylku ručky měřidla. Vstupní odpor je 1 M Ω /V, na střídavých rozsazích se používá násobitel 1,2. Ze schématu na obr. 3 je zřejmé, že operační zesilovač OZ₁ se používá jako napěťový zesilovač, OZ₂ jako lineární detektor. Napětí přivedené na invertující vstup OZ₂ se zesílí a invertuje. Rozdíl mezi vstupním a výstupním napětím je dostatečně veliký, takže pevný napěťový úbytek na diodách D₁ a D₂ lze zanedbat v porovnání s napětím na sériově zapojené části R₁₅. Úbytek na



Obr. 3. Stejnoscemný a střídavý milivoltmetr



Obr. 4. Stejnoscemný, nf a vf voltmetr s velkou vstupní impedancí

diodách kolem 0,7 V také neomezuje měřené údaje. Při kladném vstupním napětí OZ₂ protéká proud diodou D₂, kontakty tlačítka T1, měřidlem a částí R₁₅, při záporném vstupním napětí proud protéká z kladného výstupu přes diodu D₁ na vstup. Tím se zmenšuje vstupní impedance OZ₂ na rozsahu 500 μV na řádově jednotky ohmů. Proto je před lineární usměrňovač zapojen napěťový sledovač, zajišťující velkou vstupní impedanci voltmetru a malou výstupní impedanci, nezbytnou pro správnou funkci lineárního usměrňovače.

K dosažení optimální funkce přístroje je třeba dodržet správný postup kalibrace. V originální konstrukci se používají několikaotáčkové potenciometry, umožňující přesné nastavení. Na vstup milivoltmetru se připojí potenciometr 10 k Ω , nastavený na minimum. Potenciometry R₁₃, R₁₄ a R₁₇ se nastaví do střední polohy, R₁₆ na maximum. Pak se zapne napájení milivoltmetru, postupně se otáčí hřídelem potenciometru na vstupu a současně se nastavuje R₁₃ a R₁₄ tak, aby výchylka ručky měřidla byla minimální. Pomocný potenciometr se odpojí. Pak se přepínačem nastaví rozsah pro měření známého referenčního napětí a nastaví se R₁₈ tak, aby ručka měřidla měla odpovídající výchylku. Po odpojení referenčního napětí se přístroj opět vynuluje pomocí R₁₃ a R₁₄. Potenciometrem R₁₅ se nastavuje symetrie měření kladných a záporných napětí. Teplotní drift, který může dosáhnout 1/50 rozsahu

stupnice, se projeví jako výchylka po zapnutí přístroje, která by se měla po několika minutách vyrovnat. Pokud k tomu nedojde, použije se pro vyrovnání R₁₇ na rozsahu 100 V.

Milivoltmetr je možné použít v řadě aplikací, jako je

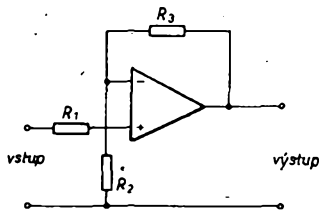
- měření termoelektrického napětí termočlánků, případně fotoelektrického napětí polovodičových diod ve skleněném pouzdru,
- měření úbytků napětí na pájených spojích nebo konektorech při provozním proudu,
- zjišťování rozptylových magnetických polí síťových transformátorů, síťového vedení ve zdívu atd. s připojenou smyčkou na vstupu milivoltmetru,
- měření odporů až do 0,02 Ω při proudu 1 mA,
- na rozsahu 500 μV lze milivoltmetr použít jako mikroampérmetr o rozsahu 1 μA a vnitřním odporu 500 Ω , s možností měřit proudy až do 10 nA,
- indikace vysokofrekvenčních napětí.

Popular Electronics, duben 1975

Ss, nf a vf voltmetr s velkou vstupní impedancí

Pro poněkud odlišné požadavky je konstruován voltmetr, zapojený podle obr. 4. Návrh vychází z požadavku jednoduchosti, používá podobnou součástkovou základnu, jako předcházející měřicí přístroj, má však větší vstupní odpor – 22 M Ω na stejnosměrných rozsazích, pro nízkofrekvenční a vysokofrekvenční měření má vstupní odpor přibližně 5 M Ω (používají se dvě sondy), stejnosměrné rozsahy jsou 1, 10, 100 V, střídavé rozsahy 1 a 10 V, kmitočtové pásmo 20 Hz až 50 MHz. Má ovšem proti předchozímu přístroji menší citlivost a nepočítá se s měřením proudu.

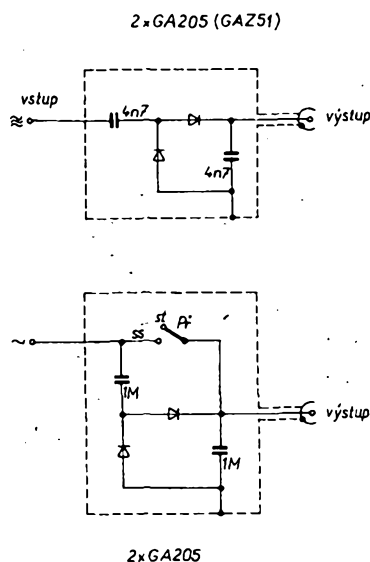
Jak ukazuje zjednodušené zapojení na obr. 5, je vstupní odpor R₁ zapojen do série se vstupem operačního zesilovače. Rozsahy se mění změnou zesílení operačního zesilovače (přepínáním odporů – R₃ – ve zpětnovazební větvi). V podrobném zapojení na obr. 4 je třeba vysvětlit volbu odporů R₁₃ a R₁₄. Souvisí s parametry použitého měřidla, které má pro plnou výchylku ručky citlivost 1 mA a odpor R₁₃ doplňuje jeho vnitřní odpor na 1000 Ω (110 Ω + 890 Ω), odpor R₁₄ doplňuje vnitřní odpor měřidla na 2830 Ω při měře-



Obr. 5. Zjednodušené zapojení přístroje z obr. 4 k výkladu činnosti

ní střídavých napětí, aby bylo možné používat pro stejnosměrné a střídavé rozsahy stejnou stupnici (čte se efektivní hodnota střídavých napětí).

Pro měření na střídavých rozsazích se používají dvě sondy, i když by se mohlo zdát, že by stačila jen jedna. Vede k tomu rozdílnost požadavků v nízkofrekvenční a vysokofrekvenční oblasti na kapacitu kompenzačních kondenzátorů. Schéma zapojení sond je uvedeno na obr. 6, sonda pro měření v nízkofrekvenční oblasti je opatřena přepínačem P1 pro měření stej-



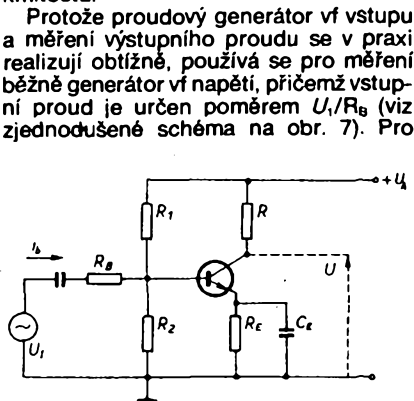
Obr. 6. Vf (a) a nf (b) sonda

nosměrných napětí. Pro usměrnění střídavých signálů se používají germaniové hrotové diody, umožňující lepší linearity stupnice, než jaká by byla s diodami křemíkovými. Určitá nelinearita se projevuje v dolní třetině rozsahu 1 V. Přesnost přístroje určuje přesnost použitých odporů. Je třeba také věnovat pozornost výběru kondenzátorů pro sondy.

Electronics Australia, listopad 1974

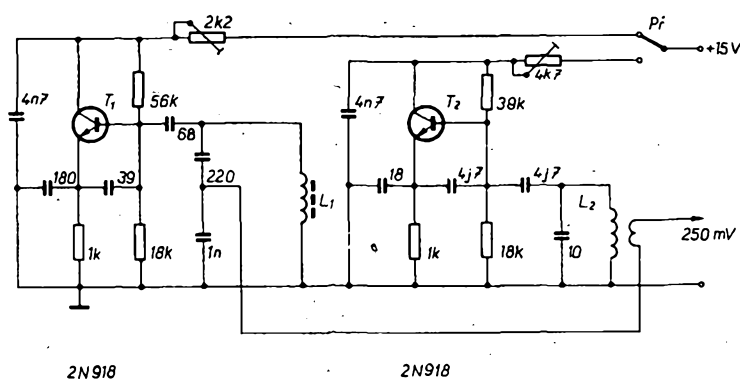
Zkoušeč mezního kmitočtu tranzistorů v pásmu 30 MHz až 2 GHz

Měření mezního kmitočtu tranzistorů v této kmitočtové oblasti se považuje za obtížné a proto se, zvláště v amatérské praxi, běžně nepoužívá. Popsaný přístroj umožňuje měřit f_T poměrně jednoduchými prostředky a s dostatečnou přesností. Princip měření vychází z definice mezního kmitočtu tranzistoru jako součinu proudového zesilovacího činitele β a kmitočtu měření f , který se volí tak, aby β byl značně menší než proudový zesilo-

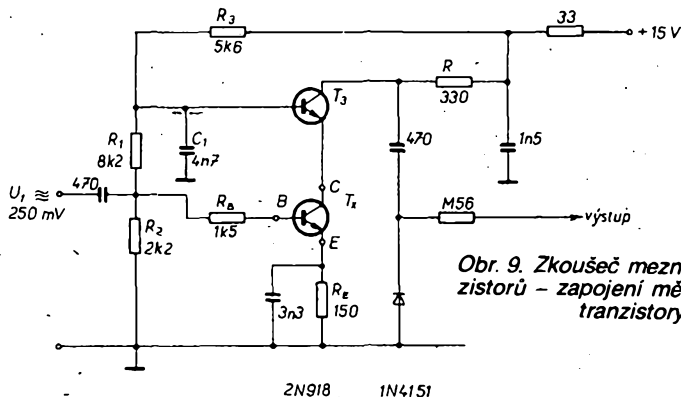


Obr. 7. Zkoušeč mezniho kmitočtu tranzistorů – zjednodušené schéma

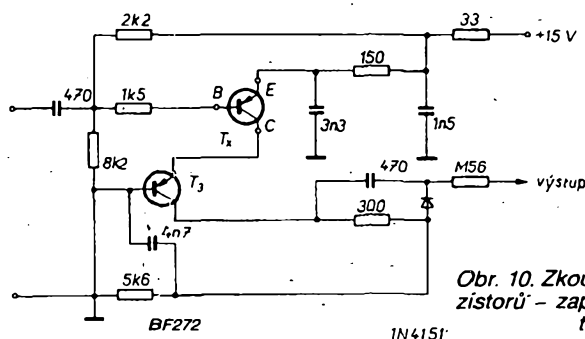
dostatečnou přesnost je třeba, aby $R_B \equiv 10 r_b$, kde r_b je vnitřní vstupní odpor tranzistoru. Výstupní proud se zjišťuje měřením napětí na zatěžovacím odporu R jako poměr U/R , přičemž pokud se při měření používá pouze jeden kmitočt, je možné měřidlo ocejchovat přímo v údajích mezního kmitočtu f_r . Pro dosažení dobré přesnosti musí být R co nejmenší, řádu jednotek ohmů.



Obr. 8. Zkoušeč mezniho kmitočtu tranzistorů – zapojení oscilátorů



Obr. 9. Zkoušeč mezniho kmitočtu tranzistorů – zapojení měřicího obvodu pro tranzistory n-p-n



Obr. 10. Zkoušeč mezniho kmitočtu tranzistorů – zapojení měřicího obvodu pro tranzistory p-n-p

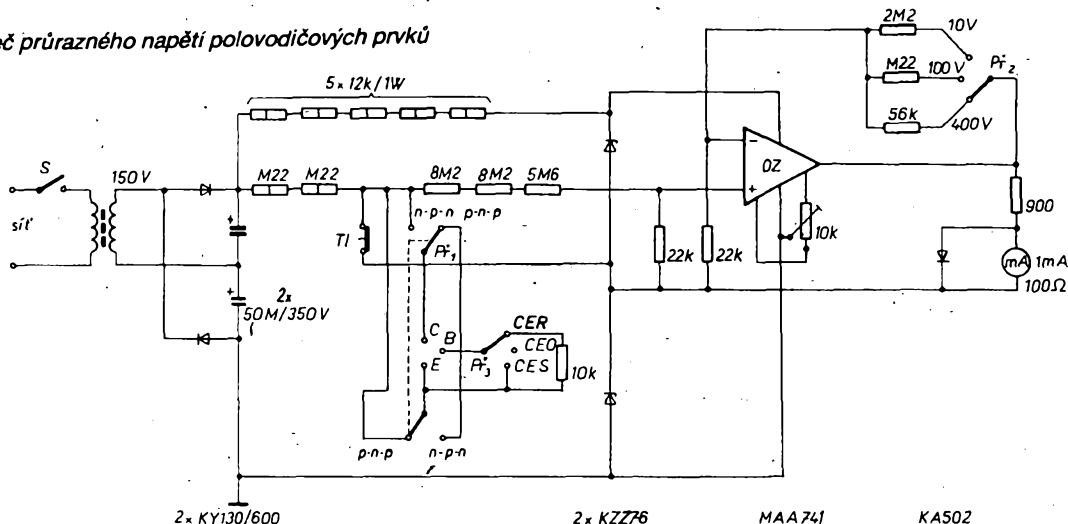
ných v uvedeném pramenu. Pro napájení je možné použít libovolný stabilizovaný zdroj o napětí 15 V.
Toute l'électronique, leden 1972

Zkoušeč průrazného napětí polovodičových prvků

Při častější potřebě vybírat tranzistory s co největším průrazným napětím, případně zjišťovat v tomto směru rezervy polovodičových prvků v kritických zapojeních, se vyplatí místo improvizací používat jedinoucelový přístroj. Popsané zařízení umožňuje nedestruktivně měřit průrazné napětí bipolárních tranzistorů, tranzistorů FET, diod, Zenerových diod a dalších polovodičových součástek.

Zkoušeč se v podstatě skládá ze zdroje „vysokého“ napětí, které se přivádí přes omezovací odpor na měřenou součástku, a voltmetru s velkým vstupním odporem, připojeného paralelně k měřenému objektu. Při návrhu zapojení podle obr. 11 bylo jako základní měřicí napětí zvoleno napětí 400 V, které se přes odpor 440 kΩ (při měření) přivádí na měřený prvek. Při přípravě měření je tento odpor uzemněn, aby nebyla obsluha ohrožena úrazem elektrickým proudem. Maximální výkon, kterým se zatěžuje měřená součástka, je kolem 100 mW.

Obr. 11. Zkoušeč průrazného napětí polovodičových prvků

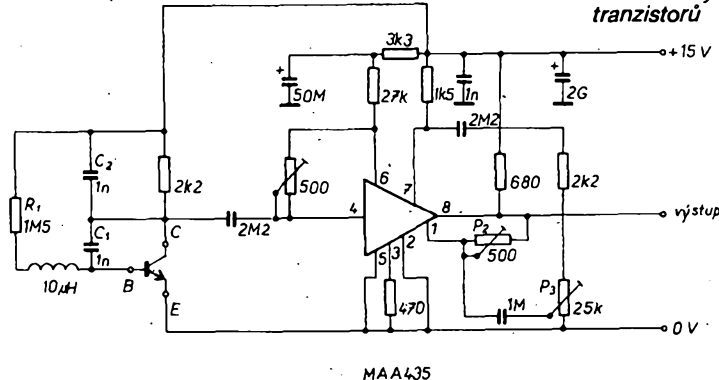


Voltmetr s velkým vstupním odporem má rozsahy 10 V, 100 V a 400 V. Jeho zapojení bylo odvozeno zjednodušením zapojení jednoho z dříve popsaných voltmetrů a doplněním ochranou měřidla před přetížením při nevhodné volbě rozsahu. Použitý způsob napájení OZ napětím ± 12 V lze upravit pro napájení z nesouměrného napájecího zdroje.

Zkoušeč šumového čísla tranzistorů

Pro dosažení dobrých výsledků např. při stavbě ní zesilovačů je velmi důležitá možnost vybírat tranzistory s malým šumem, zvláště pro předzesilovače. Zkoušeč šumového čísla tranzistorů podle

Obr. 12. Zkoušeč šumových vlastností tranzistorů



Funkce přístroje je zřejmá ze schématu, konstrukce ani kalibrace není náročná. Při používání se přístroj nastaví na požadovanou polaritu (p-n-p nebo n-p-n), zvolí se režim měření – báze uzemněná, nepřipojena, nebo připojena přes odpor 10 kΩ. Součástka se připojí buď zasunutím do objímky, nebo k paralelně připojeným zdičkám. Před stisknutím tlačítka T1 „měření“ je třeba přepnout rozsah voltmetru na 400 V, pokud je výchylka ručky malá, přepíná se přístroj na citlivější rozsah.

Elektronics Australia, leden 1975

schématu na obr. 12 umožňuje porovnávat šum tranzistorů p-n-p i n-p-n v nízkofrekvenční oblasti. Měření se vyhodnocuje elektronickým voltmetrem nebo osciloskopem.

Vstupní obvod s měřeným tranzistorem používá pevně nastavený proud báze (10 μA). Při měření Si tranzistorů nemá totiž měření při nulovém proudu báze vzhledem k velmi malým bytovým proudům praktický význam. Bylo by samozřejmě možné používat jako R₁ různé odpory, pro běžné měření to však není

– Rozhodně nemůžeme nadále opomíjet takové obory, na nichž je závislá vyšší technická úroveň dalších oblastí a odvětví národního hospodářství. Jde především o materiální základnu pro elektronizaci, automatizaci, používání robotů a chemizaci. Úroveň našeho tvůrčího a technického potenciálu je pro řešení těchto úkolů dostatečná. Když spojíme své síly s vědeckotechnickým potenciálem SSSR, tak by se věci měly rychle hnout dopředu.

– Jedním z racionalizačních nástrojů rozvoje soustavy plánovitého řízení a zvyšování efektivity národního hospodářství se stává využívání výpočetní techniky a ekonomickomatematických metod. Základním cílem uplatňování těchto nástrojů a budování automatizovaných systémů řízení je zabezpečit podstatné zvýšení efektivity a snížení administrativní náročnosti řízení, což musí být základním kritériem uplatňování automatizace v řízení.

nutné. Ke vstupním svorkám je možno připojit tranzistory n-p-n i p-n-p pro měření s proudem báze 10 μA, případně s nulovým budičím proudem.

Měřicí zesilovač s integrovaným obvodem MAA435 má celkový zisk větší než 72 dB, velikost zisku lze nastavit potenciometrem P₃. Šumové napětí dodávané měřeným tranzistorem se tedy zesílí nejméně 1000×, a měří se na výstupu buď elektronickým voltmetrem nebo osciloskopem. Přístroj lze vhodnou metodou oceňovat v dB, např. pomocí šumového generátoru, nebo bez tohoto cejchování používat pro srovnávací měření a výběr tranzistorů.

Funkamateur č. 4/1981

referenčního napětí 7,15 V odvozuje, cermetovým několikaotáčkovým potenciometrem konstantní referenční napětí 4 V. Použijeme-li pro měření úbytku na měřeném odporu digitální voltmetr na rozsahu 200 mV, dosáhneme při přepnutí na $R = 4 \Omega$ konstantního proudu 1 A a rozlišovací schopnost měření bude 0,1 m Ω . Při 3 1/2 místném číslicovém voltmetru pak přepínáním na další rozsahy získáme tyto rozsahy měření:

Rozsah voltmetru [V]	Rozlišovací schopnost [m Ω]	Rozsah měření odporů [Ω]
0,2	0,1	0 až 0,2
2	1	0 až 2
20	10	0 až 20

Měření napětí je přímo úměrné hodnotě měřeného odporu.

Funkschau č. 10/1981

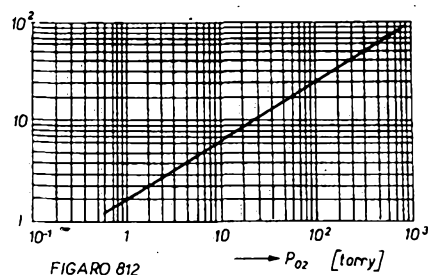
Indikátory plynu

Před lety (AR B1/1976, str. 14) byl uveřejněn v AR krátký článek na stejné téma. Protože se jedná o námět, který může být atraktivní nejen pro amatéry, ale i pro průmysl (a to především), hornictví i pro jiné obory, opatřil jsem si podrobné informace o čidlech pro tyto indikátory přímo od výrobce. Firma MXE Engineering B. V. Postbus 116, 3840 AC Harderwijk, Holandsko je výrobcem detektorů plynu pro nejrůznější použití, o kterých se u nás pohříchu ví velmi málo. Tato čidla (TGS) pracují takto: nahromadění plynné látky na povrchu polovodičového materiálu způsobí přechod elektronů, vyvolaný rozdílem energetických úrovní molekul plynu a povrchu polovodiče. Na povrchu polovodičového materiálu typu n se hromadí kyslík, který může přijímat elektrony. Přechod elektronů z polovodičového materiálu do vrstvy „nahromaděného“ plynu vyvolává zmenšení vodivosti polovodičového materiálu.

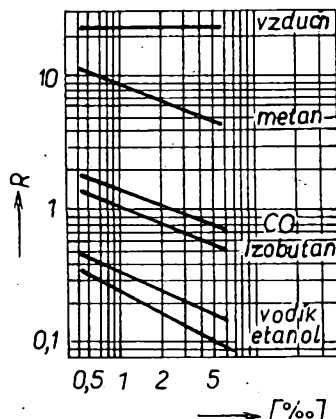
TGS je objemový polovodivý materiál získaný sintrováním práškového kyslíčnicku ciničitého SnO_2 . Mezi jeho jednotlivými krystaly je velmi mnoho míst, na nichž nahromaděný kyslík vytváří „bariéry“, což vede ke značnému zmenšení vodivosti polovodičového materiálu.

Na obr. 16 je znázorněn vztah mezi tlakem kyslíku v atmosféře a vodivostí TGS. Při zmenšování tlaku kyslíku se zvětšuje vodivost čidla. Protože „tlak“ kyslíku ve vzduchu je konstantní, rychlost a rozsah změn parametrů TGS závisí na teplotě čidla. Proto vodivost čidla TGS udržovaného na konstantní teplotě ve vzduchu bude konstantní.

Dostane-li se takové čidlo TGS do styku s redukujícími nebo topnými plyny (kyslíčnick uhlíkatý, uhlovodíky atd.), přechod



Obr. 16. Vztah mezi tlakem kyslíku v atmosféře a vodivostí čidla TGS



Obr. 17. Vodivost čidla TGS v závislosti na koncentraci plynů

elektronů probíhá opačným směrem než při reakci s kyslíkem, což zvětší hustotu elektronů ve vrstvě prostorového náboje polovodiče a zmenší bariéry na rozhraních.

Zvětšená vodivost (zmenšený odpor) čidla TGS odpovídající koncentraci plynu je na obr. 17. Adsorpce plynu na povrchu čidla je reversibilním procesem, to znamená, že může dojít také k desorpci. Rychlé odezvy se při tom dosahuje ohřevem na teploty v rozsahu 200 až 400 °C.

Čidlo umístěné v objemové koncentraci plynu 2 až 30 % si udržuje po dlouhou dobu stálý odpor a není patrná ani nevratná desoxidace čidla. Nahradi-li se např. topný plyn čistým vzduchem, změní se odpor čidla na původní velikost.

Hlavní přednosti čidel TGS

1. Dlouhá doba života a dobrá spolehlivost. Za běžných okolností není nutné opakovat kalibraci, ani vyměňovat čidla po dobu pěti let nebo déle.
2. Čidla TGS nepodléhají trvalému poškození jedovatými plyny.
3. Některé jedovaté plyny, jako kyslíčnick uhlíkatý, čpavek apod. je možné zjistit již při nízkých koncentracích (před dosažením nebezpečné koncentrace).
4. Ani při vysokých koncentracích plynu, při nichž je kyslík (vzduch) z prostředí zcela vytlačen, se citlivost čidla nezmenšuje.
5. Čidlo je odolné proti vibracím a mechanickým nárazům.
6. Výstupní signál čidla je dostatečně velký, takže detektory plynu mohou být navrženy s minimálním počtem součástí. Proto je možno vyrábět detektory plynu spolehlivé a levné.

Použití čidel TGS

Čidla TGS nacházejí řadu vhodných aplikací v oblasti detekce plynu, každá aplikace však vyžaduje pečlivou analýzu z hlediska plynu a jeho koncentrace, která

se má detekovat. Na příklad při detekci potenciálně výbušných koncentrací hořlavých plynů se vyžaduje, aby mez poplachu byla funkcí dolní meze výbušnosti těchto plynů. U netoxických hořlavých plynů se obvykle doporučuje mez poplachu na úrovni 10 % dolní meze výbušnosti. Vzhledem k tomu, že odezva TGS je nespecifická, je při volbě příliš nízké meze poplachu možné, že dojde k falešným poplachům způsobeným výfukovými plyny, kouřem, výparů alkoholů atd.

Při detekci jedovatých plynů je třeba vycházet z mezních úrovní, stanovených zdravotnickými orgány. Protože se čidla TGS používají k ochraně lidských životů a majetku, je důležité, aby byly charakteristiky čidel plně pochopeny, aby se zajistil správný výpočet poplachových úrovní a přesná kalibrace.

Detektory úniku plynu se obvykle používají pro detekci nebezpečných koncentrací svítiplynu, zemního plynu, metanu atd. Tyto plyny mají různé dolní meze výbušnosti a hustotu, což je třeba respektovat při kalibraci a umístění detektorů.

Použití čidel TGS pro systém automatické ventilace v kuchyních, garážích, laboratořích, provozech, dolech atd. umožňuje automaticky zapínat ventilátory při zjištění určité koncentrace plynu.

Pro protipožární poplachová zařízení je možné využít citlivosti TGS na kyslíčnick uhlíkatý, který je jedním ze základních plynů vznikajících v počátku požáru. Instalací detektorů TGS kalibrovaných na kyslíčnick uhlíkatý, typicky pro rozsah 0,2 až 1 % O_2 , je tedy možné dosáhnout doplňující ochrany proti požáru (doplňek obvyklých ionizačních fotoelektrických a tepelných detektorů). Ke vhodným aplikacím patří detekce požáru ve výpočetních střediscích, televizních a elektrických zařízeních zjištěním doutnajícího kabelu atd.

Čidla TGS je možné také použít pro konstrukci bateriových přenosných přístrojů pro kontrolu míst úniku plynu, nebo míst plynem zamořených.

Pro detekci kyslíčnicku uhlíkatého (CO), který je velmi toxický a je častou příčinou úmrtí, je žádoucí přístroj nastavit tak, aby poplach byl vyvolán již při jeho nejmenší koncentraci, to však může být znemožněno tam, kde se běžně vyskytuje tabákový nebo jiný kouř. Úroveň poplachu nemá být nižší než 1 % CO .

Čidla TGS je také možné používat v průmyslových aplikacích pro detekci průmyslových plynů, jako CO , čpavku, výparů rozpustitelů, uhlovodíkových plynů atd. V případech, kdy se požaduje indikace koncentrace plynu na příklad měřidlem nebo registračním přístrojem, je třeba, aby čidlo bylo v provozu dva až tři týdny před kalibrací, aby byla zajištěna stabilita přístroje.

V současné době jsou podle firemních podkladů vyráběny tyto typy čidel:

Typ	Skup.	Žhav. napětí [V]	Citlivost	Cena [hol. zl.]
109	A	1	propan, butan, metan a ostat. výbušné plyny	220,-
711	B	5	CO	220,-
712	E	2,5	CO - nízká citlivost pro vodík	220,-
812	C	neuv.	alkohol, benzen, tox. plyny, CO, amoniak, kyslíčnick siřičitý atd.	40,80
813	D	5	výbuš. plyny, propan, butan, metan	220,-
813C	D	5	stejný jako 813 (určený pro domácnost)	44,25
814D	F	5	čpavek	220,-
816	D	5	výbušné plyny	220,-
817	C	5	alkohol, benzen, tox. plyny, CO, amoniak	220,-
911	D	1,2	pro korozivní prostředí: metan a výbušné plyny	220,-

Charakteristika čidel podle skupin

Skupina A

Tato skupina má některé specifické charakteristiky, odlišné od všech ostatních prvků, kterých se dosahuje přímým ohřevem, použitím podstatně většího napětí a ztrátového výkonu prvku. Má dobrou citlivost pro většinu plynů, které je možné detekovat polovodičovými detektory. Vzhledem k velkému výstupnímu napětí je možné tyto prvky použít často bez dalšího zesílení výstupního signálu. Prvek má dobrou stabilitu a jeho aplikace zahrnují širokou oblast od jednoduchých poplachových zařízení až po složité měřicí systémy.

Skupina B

Tento prvek byl speciálně vyvinut pro detekci kyslíčnicku uhelnatého tak, aby měl menší citlivost k ostatním druhům plynů. Na běžné úrovni zůstala pouze citlivost na vodík a etanol. Selektivita pro kyslíčnicku uhelnatý byla zlepšena jak speciální přísadou do materiálu prvku, tak podstatným zmenšením topného příkonu.

Skupina C

Tento prvek je nejběžněji používaným typem. Vykazuje dobrou citlivost prakticky pro všechny plyny, které je možno polovodičím detektovat, a má dobrou stabilitu. Systém ohřevu prvku nevyžaduje žádné speciální úpravy. Vyhovující je i doba potřebná pro ohřev prvku a v určitém rozsahu je možné měnit citlivost pro určitý plyn změnou žhavicího napětí. Použitím aktivního uhlíku jako filtru lze dosáhnout toho, že prvek detekuje prakticky jen kyslíčnicku uhelnatý.

Skupina D

Prvky této skupiny pracují s dosti velkým příkonem a mají vynikající citlivost pro většinu topných plynů. Pozoruhodná je dobrá citlivost na metan (zemní plyn) a právě v této aplikaci se prvek nejčastěji používá. Není to však jediná oblast jeho použití zvláště proto, že jde o prvek velmi stabilní. S tímto prvkem je možné velmi dobře řešit i ostatní kritické aplikace, je citlivý i na některé další plyny, pozoruhodná je malá citlivost na kyslíčnicku uhelnatý a etanol.

Skupina E

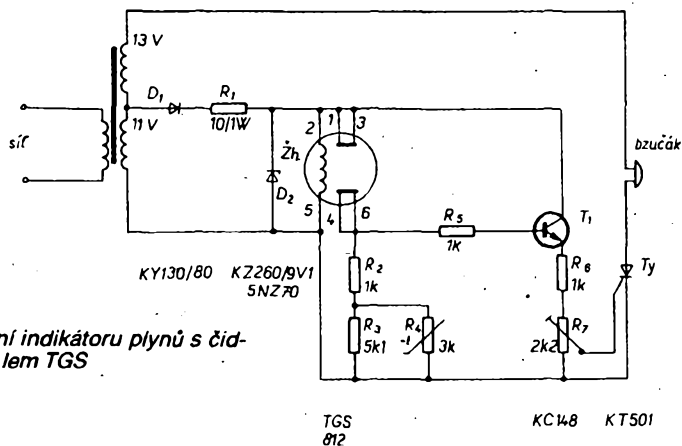
Prvky této skupiny mají prakticky stejné vlastnosti jako prvky B, citlivost na vodík je však menší. Všechny ostatní charakteristiky jsou stejné jako u prvků typu B.

Skupina F

Prvky skupiny F mají charakteristiky podobné jako prvky skupiny C, zvětšena je citlivost na plyný čpavek. Podrobnější informace o chování tohoto prvku nejsou v současné době zatím k dispozici.

Zkušenosti s TGS.

Pro zkoušku s indikátorem byl postaven přístroj podle obr. 18. Zapojení je velmi jednoduché. Detektor je zapojen vlastně v můstku a změna odporu čidla má za následek otevření tranzistoru, který spíná tyristor se žatěží. Termistor R_4 kompenzuje změny okolní teploty. Indikace je zvuková s bzučákem. Citlivost se nastaví trimrem R_7 , tak, že na jednu sekundu otevřeme plynový hořák na vařiči bez zapálení a potom přiblížíme detektor. Za několik sekund má zaznít signál. Můžeme použít i bombičku propanbutanu, plynový zapalovač, páry alkoholu, acetonu apod.



Obr. 18. Zapojení indikátoru plynů s čidlem TGS

– podle předpokládaného použití přístroje.

Místo zvukové indikace nebo kromě ní je možné automaticky zapínat ventilátor (pomocí relé, příp. triaku). Přesnější indikace lze dosáhnout zapojením operačního zesilovače (místo spínacího tranzistoru) jako komparátoru.

Senzor má vývody, které lze zasunout do objímky pro heptalové elektronky a delším třípramenným vodičem připojit k přístroji. Senzor (čidlo) se vyrábí ve třech provedeních jako váleček o $\varnothing 17$ až 20 mm a výšce 16 až 23 mm a je kryt dvojíou jemnou kovovou sítkou z nerezavějícího materiálu.

Senzor FIGARO 812, který byl použit v přístroji, je univerzální a skutečně má obdivuhodnou citlivost „na všechno možné“. Otevření plynového hořáku na zlozmech sekundy indikuje na vzdálenost jednoho metru, výpary z kapky lihu indikuje v těsné blízkosti. Rovněž „ucítí“ vodík, unikající přes otvor v zátku při nabíjení akumulátoru, čpavkové páry, výpary petroleje, acetonu, propan-butan, kouř cigarety i s prominutím lidské plyny atd. Naprosto nereaguje na výpary kyseliny solné, dusičné, sírové, na hydroxid sodný. Doba reakce – podle stupně koncentrace – je několik málo sekund.

Myslím, že aplikace tohoto senzoru v nejrůznějších oborech národního hospodářství by mohla značnou měrou přispět k ochraně zdraví a k bezpečnosti práce.

Podle firemní literatury MXE Engineering

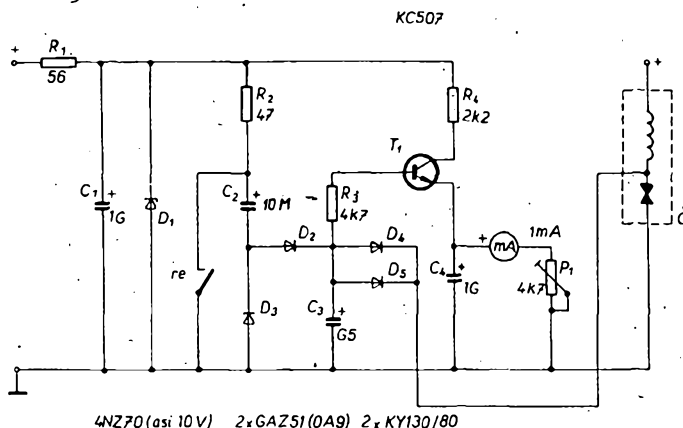
Měření spotřeby benzínu

Spotřeba benzínu se stává „ostře sledovaným“ provozním parametrem motorových vozidel. Možnost měřit spotřebu benzínu během jízdy by usnadnila volbu

nejvhodnějšího způsobu a rychlosti jízdy s ohledem na minimální spotřebu. Popisované jednoduché zapojení (obr. 19) toto měření umožňuje za předpokladu, že motorové vozidlo je vybaveno elektrickým čerpadlem pohonné hmoty, případně že se tímto čerpadlem vybaví dodatečně. Princip zapojení využívá čítání otáček zadního kola na jeden čerpací cyklus elektrického čerpadla. Rychlost otáčení zadního příp. předního kola se snímá jazyčkovým relé a dvěma trvalými magnety, umístěnými na zadním kole, získaný signál ovládá analogový čítač.

Schéma zapojení přístroje je na obr. 19. Kondenzátor C_2 se nabíjí přes R_2 , D_2 a C_3 . Při sepnutí kontaktů jazyčkového relé re magnetem se C_2 vybije přes D_3 , náboj na C_3 však zůstává. Po rozpojení kontaktů re se C_2 opět nabíjí a napětí na C_3 se zvětší skokem o téměř 100 %. Napětí na C_3 se tedy zvětšuje o stejnou velikost vždy při sepnutí re a tak dlouho, dokud se neuvede v činnost palivové čerpadlo, což způsobí okamžité vybití C_3 přes D_4 a D_5 . Maximální napětí na C_3 je měřítkem pro počet kilometrů, ujetých na jeden litr pohonné hmoty.

Tranzistor T_1 je zapojen jako emitorový sledovač, napětí přiváděné na měřidlo se rovná napětí na C_3 . Křemíkové diody D_4 a D_5 „zkratují“ C_3 na úroveň propustného napětí diod kolem 0,7 V, což kompenzuje napětí mezi emitorem a bází tranzistoru T_1 . Diody D_4 a D_5 jsou zapojeny paralelně proto, aby byl jejich odpor v propustném směru malý. Kondenzátor C_4 se nabíjí na úroveň C_3 , aby údaj měřidla nekolísá při nabíjení a vybití C_3 ; kondenzátor musí však mít dostatečně malou kapacitu, aby přístroj mohl sledovat změny spotřeby.



Obr. 19. Přípravek k měření spotřeby benzínu (re... jazyčkové relé, Č... elektrické palivové čerpadlo)

Zapojení na obr. 19 je určeno pro vozy se záporným pólem baterie na kostře. Při úpravě zapojení pro vozy s kladným pólem baterie na kostře je třeba obrátit polaritu kondenzátorů a diod a použít tranzistor p-n-p.

Konstrukce vlastního přístroje je nenáročná. Úprava zadního kola spočívá v upevnění jazýčkového relé na přírubě (nesoucí brzdový systém) pomocí vhodného můstku a v montáži dvou trvalých magnetů o průměru kolem 12 mm do brzdového bubnu zadního kola. Při těchto úpravách je třeba počítat s tepelným a mechanickým namáháním, kterému budou součástky vystaveny.

Funkci zapojení lze ověřit paralelním připojením spínačů ke kontaktům relé a čerpadla, kterými budeme simulovat funkci čerpadla a jazýčkového relé během zkoušek a nastavování. Po připojení příslušného napájecího napětí (při odporovém trimru nastaveném na 4,7 kΩ) sepne několikrát spínač, nahrazující jazýčkové relé, ručka měřidla by se přitom měla vychýlit a vrátit se rychle k nule. Kontakt nahrazující jazýčkové relé spínáme dále, dokud přístroj neukáže polovinu plné výchylky ručky. Při stisknutí spínače simulujícího čerpadlo se ručka musí vrátit na nulu.

Další postup kalibrace vychází z výpočtu počtu kilometrů ujetých na 1 litr pohonné hmoty, indikovaného každým krokem čítače. Tento počet se rovná počtu cyklu čerpadla na litr, dělenému násobkem

počtu otáček kola na kilometr a počtu magnetů. Počet cyklů čerpadla na litr paliva lze změřit po připojení čerpadla k baterii při omezení výtoku tak, aby bylo možné cykly počítat. Pro zjištění počtu otáček kola na kilometr je třeba použít reálný valivý obvod kola, ne tedy měřit obvod pneumatiky, který je i při stejném průměru kola jiný pro diagonální a jiný pro radiální pneumatiky. Pro zjištění potřebného údaje, pokud se nepodaří získat tuto informaci od výrobce nebo z literatury, je možné po montáži spínače v zadním kole využít počítání impulsů na známé vzdálenosti, případně podle tachometru (při správně nahuštěných pneumatikách).

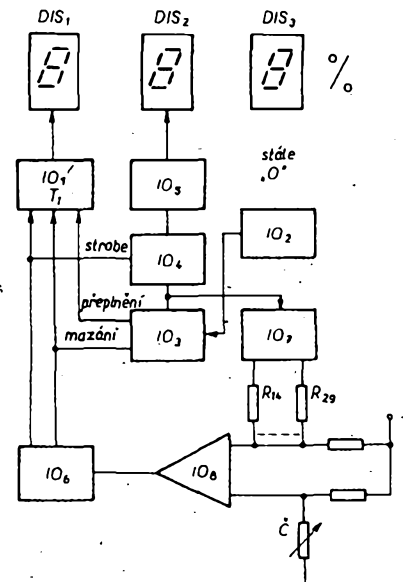
Po dokončení výpočtu je pak snadné nastavit odporový trimr P_1 , aby požadovaný počet „kroků“ dal požadovanou plnou výchylku ručky měřidla, například 20 km/litr. Stupnice se pak cejchuje pro poloviční počet kroků pro 10, 5 atd. km/l. Stupnice nebude lineární a je možné ji také cejchovat v hodnotách l/100 km, což je v našich podmínkách obvyklejší.

Pozn. Místo popsaného řešení s magnety na zadním kole je možné spínat relé magnety, umístěnými na pohonu tachometru.

Practical Electronics, červen 1974

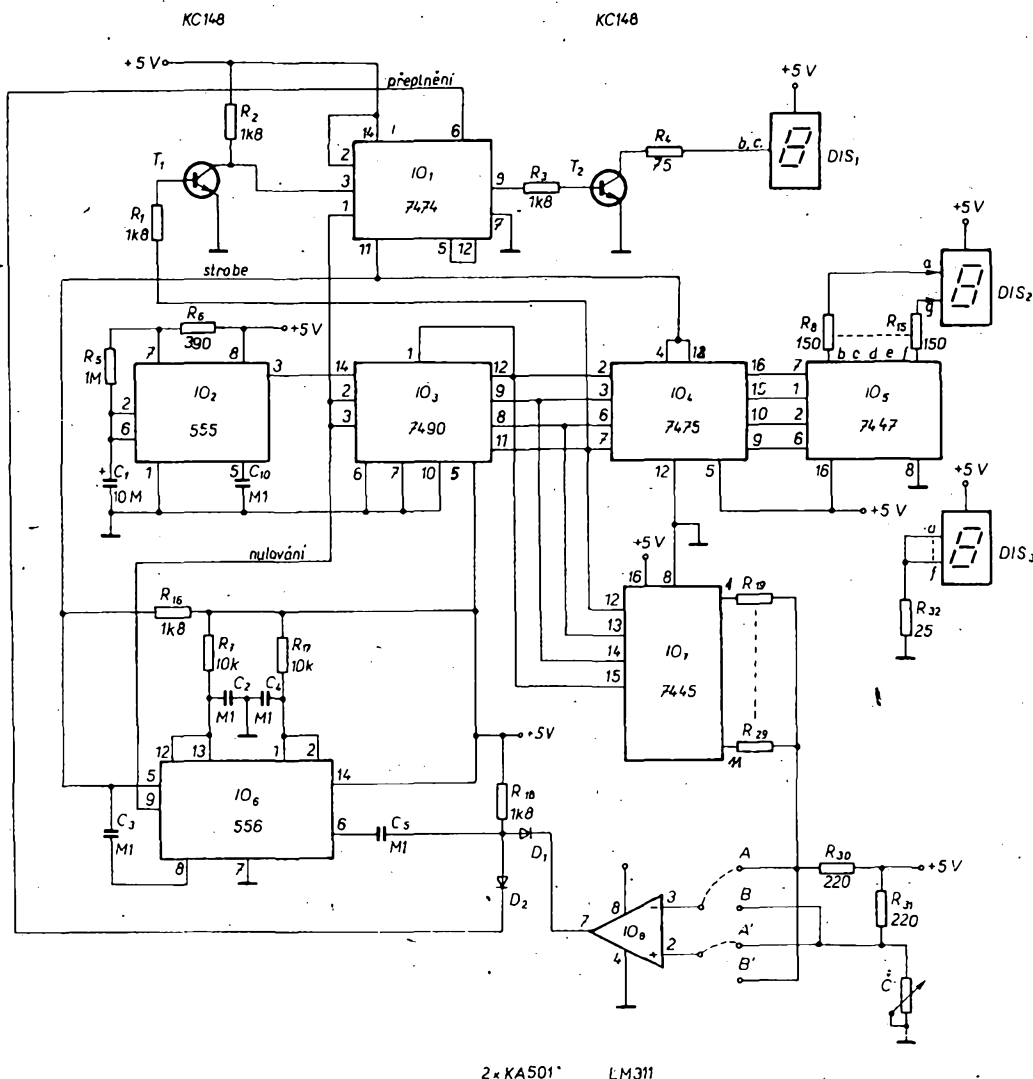
Digitální indikátor stavu benzínu v nádrži

Pro indikaci stavu benzínu v nádrži se u většiny motorových vozidel používají



Obr. 20. Digitální indikátor stavu paliva v nádrži (IO₁ – přepnutí, IO₂ – generátor hodin, IO₃ – čítač, IO₄ – paměť, IO₅ – dekodér, IO₆ – kontrola, IO₇ – převodník BCD-dek., IO₈ – komparátor, Č – čidlo v nádrži)

ručková měřidla, jednoduše indikující údaj snímače, umístěného v palivové nádrži. Úpravu tohoto systému pro použití digitálního displeje je možné realizovat



2 x KA501 LM311

Obr. 21. Schéma zapojení digitálního indikátoru stavu paliva v nádrži

poměrně snadno. Digitální indikace vylučuje nejistotu při čtení a interpretaci údaje měřidla, kromě toho je čtení digitálního údaje snadnější a rychlejší, což přispívá k větší bezpečnosti jízdy. Popsané zařízení ukazuje množství paliva, zbývajícího v nádrži, po desítkách procent. K jeho realizaci lze použít relativně dostupné logické obvody TTL a lineární obvody a dostatečně velké indikační sedmisegmentové číslicovky. LED se společnou anodou.

Blokové schéma zapojení obvodu je na obr. 20. I když je systém navržen pro indikaci třemi číslicemi, je jednotkový indikační prvek vždy ve stavu 0 a není řízen logikou (jako prvky desítkový a stovkový). Přesto, že systém ukazuje jedenáct údajů, stačí pro zobrazení 1 číslice. Stovková číslice může být 1 nebo 0.

Integrovaný obvod IO₂ se používá jako generátor hodinových impulsů, pracující na kmitočtu kolem 1 Hz. Ovládá běžný systém dekadického čítače, který se skládá z čítače IO₃, paměti IO₄, dekodéru a budiče IO₅ a zobrazovacího prvku DIS 2. Za běžných podmínek tento obvod prostě čítá taktovací impulsy od 0 do 9 a generuje impuls přepnutí. BCD výstupy IO₃ se převádějí také na převodník BCD údajů na dekadické (IO₇). Výstupy 0 až 9 integrovaného obvodu IO₇ a odpory R₁₉ až R₂₉ generují napětí, úměrné stavu čítače. Toto napětí se v napěťovém komparátoru IO₈ porovnává s napětím, určeným množstvím benzínu v nádrži. Výstup IO₈ je buď ve stavu 1 nebo 0, podle rozdílu obou vstupních napětí.

Váhové odpory R₁₉ až R₂₉ se vybírají tak, aby odpovídaly desetiprocentním změnám stavu zobrazení. Je-li např. nádrž plná z 50 %, IO₃ přes IO₇ zajistí údaj 5, IO₈ změní stav a aktivuje řídicí obvod IO₆. Dvojitý monostabilní multivibrátor IO₆ generuje vzorkovací impuls pro zobrazení číslice 5 na desítkovém displeji. Krátce na to generuje IO₆ nulovací impuls, aby se zahájil nový cyklus měření. Systém indikuje „100“ pouze při plné nádrži. Přitom IO₃ přechází ze stavu 9 do nuly a generuje impuls přenosu. Tento impuls prochází logikou a při příchodu vzorkova-

cího impulsu se na displeji stovek indikuje číslice 1. Nulovací impuls vrací systém do nulového stavu, takže se cyklus může opakovat. Tímto postupem se údaj displeje obnovuje vždy po jedné sekundě. Zobrazení neblíká, protože mezi vzorkovacími impulsy jsou číslice napájeny z paměti.

Bylo by samozřejmě možné navrhnout zařízení s lepší rozlišovací schopností, z praktických důvodů však bylo použito pouze 11 kroků. Větší rozlišovací schopnost by totiž vedla k nežádoucí změně údajů jednotkového čítače působené vlivem pohybu vozidla.

Úplné zapojení přístroje je na obr. 21. Konstrukce odpovídá běžným zvyklostem obvodů číslicové techniky. Doporučuje se použít dvě desky s plošnými spoji, jednu pro displej, druhou pro zbývající obvody. Odpory R₁₉ až R₂₉ nejsou ve schématu specifikovány. Jejich výběr závisí na parametrech použitého čidla. Určují se měřním odporem čidla při plnění nádrže po 10 % obsahu nádrže. Počáteční stav paliva v nádrži je přitom potřebnou rezervou při nulové indikaci. Pro kalibraci je také možné využít značek na vestavěném ručkovém ukazateli, je to však méně přesné. Odpor R₁₉ je odpor při prázdné nádrži, R₂₉ odpovídá plné nádrži.

Zvětšuje-li se odpor čidla upravovaného motorového vozidla při úbytku pohonné hmoty, propojte vstup IO₈ propojkami s body A a A'. Je-li tomu naopak, propojte vstup s body B a B'.

Popular Electronics, prosinec 1976

Digitální otáčkoměr pro motorová vozidla

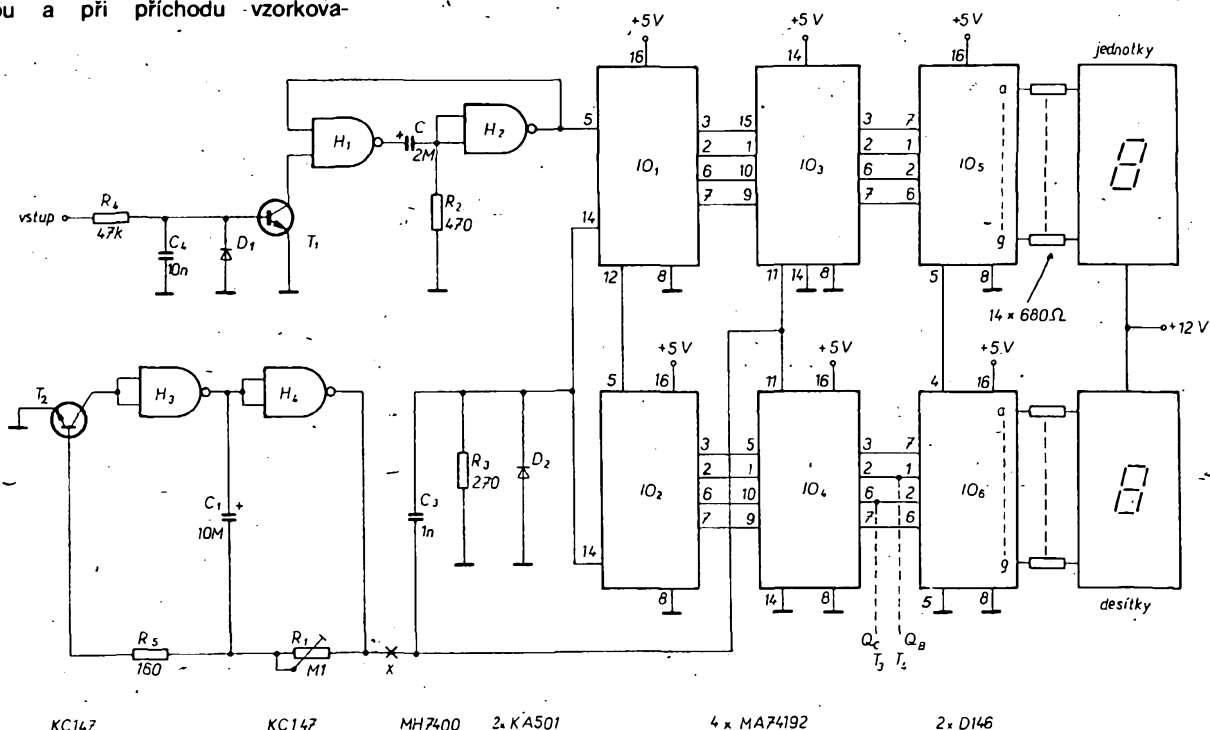
Dosud se v motorových vozidlech používají běžné otáčkoměry s ručkovými měřidly. Současný stav techniky však umožňuje nahradit je digitálním otáčkoměrem s indikací číslicovkami LED. Proti běžnému přístroji s ručkou je tato indikace výraznější a čitelnější a přístroj je téměř dokonale otřesuvzdorný. Přesnost popi-

sovaného přístroje je dána přesností použité časové základny a její teplotní závislostí. V nejjednodušší verzi (obr. 22) lze dosáhnout přesnosti měření otáček $\pm 10\%$ v teplotním rozsahu $+10$ až $+60^\circ\text{C}$, což pro praktický provoz vyhovuje. Přesnější varianta přístroje, používající integrovaný obvod NE555 (obr. 23), umožňuje dosáhnout maximální chyby měření $\pm 3\%$ v rozsahu -10 až $+70^\circ\text{C}$.

Základní variantu přístroje (obr. 22) je možné doplnit i o regulaci jasu displeje. Dále je možné také přístroj doplnit orientační indikací rozsahu rychlosti otáčení dvěma svítivými diodami. V rozsahu od 0 do 2000 ot/min nesvíti žádná z těchto diod, od 2000 do 3900 ot/min svítí zelená dioda, od 4000 do 5999 ot/min svítí červená dioda, od 6000 ot/min svítí obě diody (obr. 24, 25).

Celkové zapojení otáčkoměru v nejjednodušší verzi je na obr. 22. Vstup přístroje se připojí paralelně ke kontaktům přerušovače. Přístroj je konstruován pro vozidla s baterií 12 V se záporným pólem na kostře. Na vstupu se omezí vstupní impuls pomocí R₄, C₄ a D₁. Transistor T₁ při každém rozpojení kontaktu přerušovače uzemní vstup hradla H₁. Hradla H₁ a H₂ spolu s C₂R₂ tvoří monostabilní klopný obvod, který kromě potřebného tvarování impulsu vyloučí zákmity na kontaktech přerušovače.

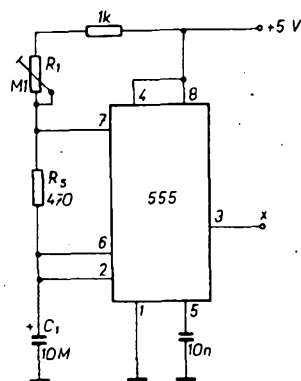
Časová základna přerušovače je nastavitelná pro přizpůsobení různým druhům motorů a také pro kalibraci. Kapacita kondenzátoru C₁, uvedená ve schématu, platí pro čtyřválcové čtyřtaktní motory, doba měření je v tomto případě 0,3 sekundy. Během této doby měření se čítají impulsy, přiváděné z výstupu monostabilního obvodu H₂ dvěma dekadickými čítači IO₁ a IO₂. Po skončení doby měření generuje generátor hodinových impulsů (T₂, H₃, H₄) záznamový impuls pro paměť IO₃ a IO₄, které zaznamenají okamžitý stav čítačů a udržují ho do konce následující periody měření. Těsně po uložení do paměti se závěrnou hranou záznamového impulsu nulují oba čítače, takže měření



kmitočtu impulsů z hradla H_2 , odpovídající rychlosti otáčení motoru, může pokračovat.

Stav čítačů uložený v pamětech IO_3 a IO_4 se dekoduje známým způsobem dekodéry IO_5 a IO_6 z BCD na sedmisegmentový kód. Zapojením dekodérů se zajišťuje, aby se na prvním místě neindikovaly nuly, to znamená, že např. rychlosti otáčení 2000 ot/min odpovídá indikace 2. K omezení zátěže stabilizátoru napájecího napětí pro obvody TTL se displej napájí přímo z autobaterie 12 V.

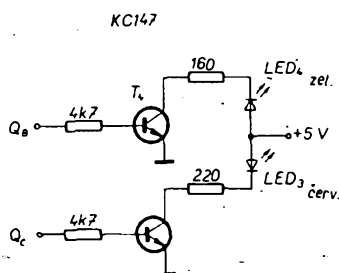
V nejjednodušší verzi se používá jednoduchý generátor T_2, H_3, H_4 . Jeho kmitočtová stabilita určuje přesnost celého přístroje, a proto jeho teplotní závislost značně ovlivňuje přesnost měření. Proto je třeba destičku s obvody ve vozidle umístit v místě s nejmenšími změnami teploty.



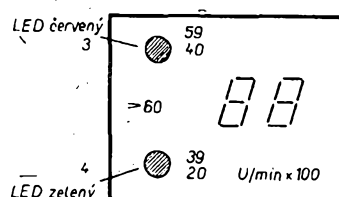
Obr. 23. Generátor s NE555

Zapojení podle obr. 23 s integrovaným obvodem NE555 má podstatně lepší stabilitu a přesnost otáčkoměru s tímto generátorem časové základny je i při extrémním kolísání teplot větší, než přesnost nejlepších komerčně vyráběných otáčkoměrů s indikací ručkovým měřidlem.

Pro indikaci určitých rozsahů rychlosti otáčení je možné zařízení doplnit o jednoduché zapojení podle obr. 24, které se připojí k výstupům Q_B a Q_C obvodu IO_3 , těmi se pak ovládají spínací tranzistory T_3 a T_4 , spínající svítivé diody LED_3 a LED_4 .

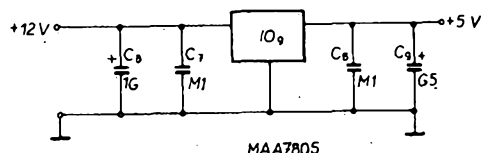


Obr. 24. Orientační indikace rychlosti otáčení s LED



Obr. 25. Uspořádání panelu indikátoru

Obr. 25a



Napájecí napětí integrovaných obvodů TTL je třeba dostatečně stabilizovat.

Otáčkoměr se uvádí do provozu nastavením odporového trimru R_1 na správnou hodnotu indikace porovnáním s přesným otáčkoměrem při rychlostech otáčení motoru nad 1000 ot/min.

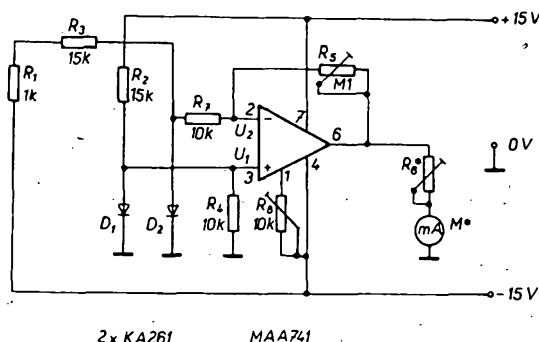
Radio, Fernsehen, Elektronik č. 2/1979

Elektronický anemometr s diodovým čidlem

Elektronický anemometr umožňuje měřit rychlosti větru elektronickými prostředky. Přístroj pracuje jako diferenciální teploměr. Rychlost větru se určuje z rozdílu napětí na dvou diodách, polarizovaných v protupném směru. Jedna z těchto diod se udržuje na stálé teplotě okolí, druhá je vystavena vlivu větru, který ji ochlazuje. Čím větší je rychlost větru, tím větší je měřený rozdíl napětí na obou diodách. Díky použití čistě elektronického principu měření je možné se vyhnout potížím, spojeným s mechanickou konstrukcí anemometru.

Schéma zapojení elektronického anemometru je na obr. 26. Dioda D_1 a odpor

Obr. 26. Anemometr s diodovým čidlem



R_2 v jejím anodovém obvodu jsou společně umístěny v malém hliníkovém pouzdru, a podle rozptýleného výkonu a okolní teploty se oteplí na určitou teplotu, jejíž absolutní velikost není třeba přesně znát. Dioda D_2 je stejného typu jako D_1 , a používá se jako čidlo proměnné teploty. D_2 je umístěna v hliníkovém pouzdru analogického provedení jako u diody D_1 , aby se zvětšením tepelné časové konstanty omezily prudké teplotní změny, působené nárazy větru. Doba potřebná pro dosažení teplotně ustáleného stavu je asi 2 minuty. V tomto zapojení je výkon rozptýlený diodou a odporem velmi malý, řádu jednotek mW, a změny teploty „diodové jednotky“ určují pouze vnější vlivy, působící na pouzdro.

Jak je zřejmé ze schématu, napětí na anodě diody pro snímání teploty okolí (D_1) se přivádí na neinvertující vstup operačního zesilovače MAA741. Na invertující vstup se přivádí napětí U_2 z diody D_2 . V použitém zapojení operačního zesilovače je napětí na jeho výstupu

$$U_{\text{vst}} = k(U_1 - U_2) \quad (1),$$

kde k je konstanta a U_1 a U_2 jsou napětí, která jsou funkcí teplot. Na rychlosti větru závisí tedy i U_{vst} .

Napětí na diodách se zmenšuje přibližně o 2,5 mV na každý $^{\circ}\text{C}$, což lze přibližně formulovat

$$U_{D1} = 0,7 - (2,5 \cdot 10^{-3} T_k) \quad (2),$$

kde teplota T_k odpovídá napětí U_1 a

$U_{D2} = 0,7 - (2,5 \cdot 10^{-3} T_v) \quad (3),$ kde teplota T_v odpovídá napětí U_2 .

Kombinací rovnic (1), (2) a (3) získáme rovnici pro výstupní napětí

$U_{\text{vst}} = k(-2,5 \cdot 10^{-3})(T_k - T_v)$ ukazující, že výstupní napětí operačního zesilovače je úměrné rozdílu teplot T_k a T_v . Z toho je zřejmé, že proud, protékající miliampérmetrem M , se mění lineárně s teplotou.

Vztah mezi ochlazovacím činitelem, vyjadřujícím vliv rychlosti větru na teplotu diody, a výstupním napětím nemá lineární průběh. V praxi je třeba každý přístroj kalibrovat zvlášť a respektovat přitom proud protékající měřidlem při nulové rychlosti větru, a závislost tohoto proudu na teplotách hliníkových pouzder čidel. Je třeba si také uvědomit, že diody D_1 a D_2 nejsou pro jednoduchost zapojení napájeny ze zdroje konstantního proudu.

Ideálním zařízením pro kalibraci by byl aerodynamický tunel, v němž se vzduch pohybuje proměnnou a známou rychlostí. V praxi snad bude snadnější použít pro kalibraci motorové vozidlo za bezvětřného dne. Snímač rychlosti větru se upevní např. na anténu. Odporový trimr R_5 se nastaví tak, aby měřidlo M ukazovalo při

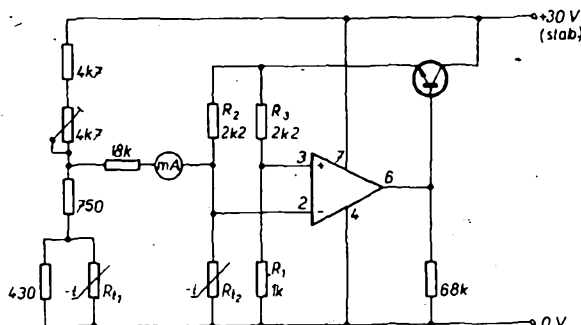
nulové rychlosti větru, to jest při stojícím vozidle, maximum. Odporovým trimrem R_5 je pak možné nastavit požadovaný rozsah měření, odporový trimr R_5 se nastaví podle vnitřního odporu měřidla na přiměřený vstupní proud. Pak se ocejchuje stupnice měřidla při různých rychlostech jízdy, odpovídajících požadovanému rozsahu měření rychlosti větru. Revista Española de Electrónica, únor 1981

Elektronický anemometr s termistorovým čidlem

V tomto zapojení elektronického anemometru se používá jako čidlo pro měření rychlosti proudění vzduchu termistor ohříváný průtokem proudu. Termistor v tomto režimu mění svůj odpor a tím i spotřebu ze zdroje konstantního napětí v závislosti na odvodu tepla proudícím vzduchem. Změny elektrických parametrů lze použít jako měřítka rychlosti větru. Na rozdíl od předcházejícího zapojení je zřejmé možné u tohoto přístroje dosáhnout větší citlivosti.

Na obr. 27 je zapojení elektronického anemometru pro přesné měření rychlosti

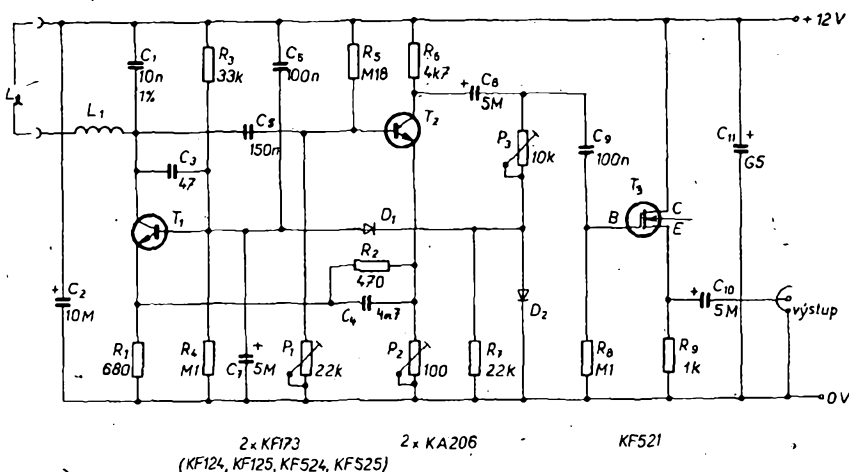
MAA741 KC507



Měření indukčností na digitálním měřiči kmitočtů

Princip měření vychází z principu GDO (grid-dip oscilátor), kterým zjišťujeme rezonanční kmitočet. V poněkud pozměněné formě použití pracuje přípravek podle

Celý přípravek je na desce s plošnými spoji podle obr. 29. Součástky jsou rozmístěny dosti volně, aby vzájemné kapacity byly co nejmenší. Pro některé součástky – především pro kondenzátory – je v desce několik pájících bodů, aby bylo možné použít různé typy. Bylo by třeba použít kondenzátory s co nejmenší indukčností, např. typů TC 215 až 218. Zvláštní pozornost je třeba věnovat C₁, který musí být navíc co nejpresněji 10 nF, protože určuje rezonanční kmitočet. Můžete ho i složit z několika kondenzátorů, místa na desce s plošnými spoji je dostatek. Cívka L₁ na vstupu má jediný závit drátu o Ø0,6 až 1 mm na průměru asi 10 mm, hodnoty nejsou kritické.



Obr. 28. Zapojení přípravku k digitálnímu měřiči kmitočtu (pro měření indukčnosti),
C₂ – keramický kondenzátor

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

Přípravek na obr. 28 pracuje takto: tranzistory T_1 a T_2 pracují jako oscilátor, článek R_3C_4 představuje kmitočtově nezávislou vazbu, C_3 pomáhá snadnějšímu nasazování kmitů při vyšších kmitočtech, tj. při malých měřených indukčnostech. Z kolektoru T_2 odebíráme střídavé napětí oscilátoru přes P_3 , toto napětí usměrníme a diodami D_1 , D_2 zdvojujeme. Tranzistor T_3 pracuje jako emitorový sledovač. Výstupní signál 2 až 3 V se vede souosým kabelem na digitální čítač, na kterém čteme kmitočet oscilátoru.

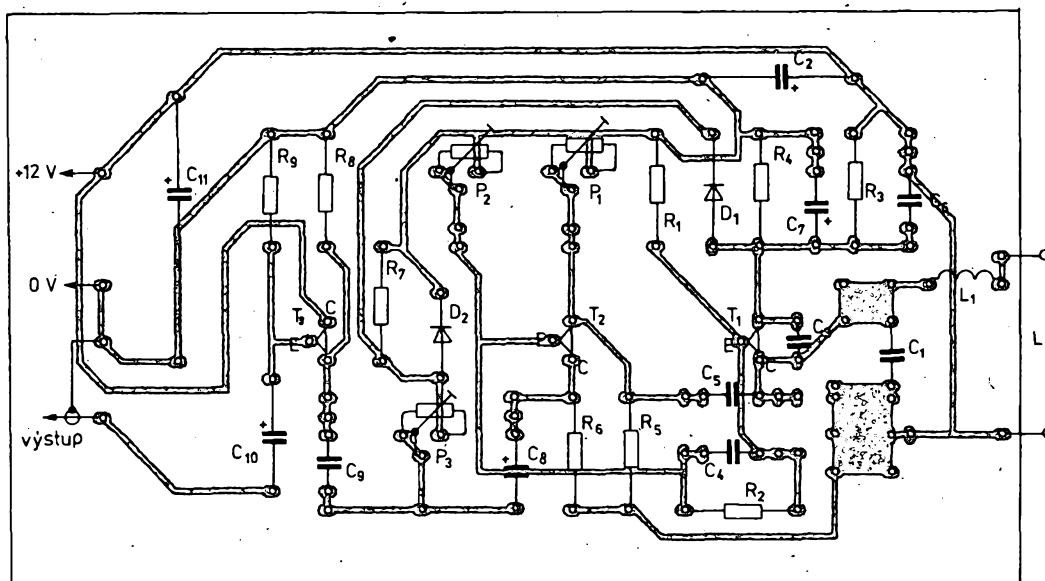
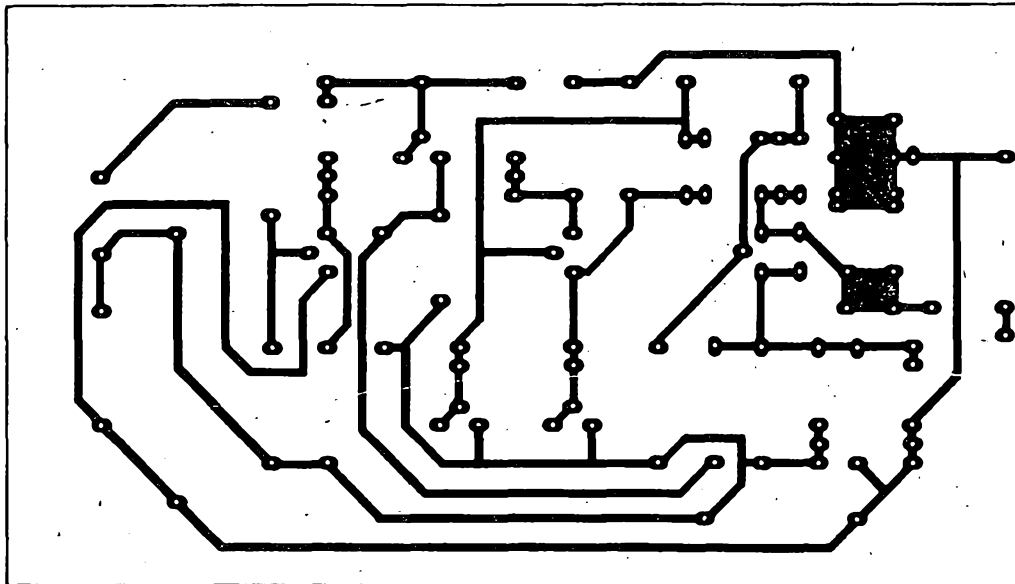
Po připojení přípravku k čítači (bez cívky L , na vstupu) by měl měřič kmitočtu ukázat asi 5 MHz, ukáže-li méně, znamená to, že kondenzátory nejsou bezindukční – důsledkem je nemožnost měřit menší indukčnosti než 1 μH . Měřič kmitočtu po připojení přípravku bez L ukazuje kmitočet, odpovídající vlastní indukčnosti přípravku, tu odečítáme od výsledku měření s L .

Přípravek vestavíme do krabice z plastické hmoty, všude použijeme nejkratší spoje (k napájení, k připojení měřené cívky, k výstupu). Grafy k rychlému určení indukčnosti (obr. 30 a 31) přeskreslíme nebo vystříháme a přilepíme na krabičku, příp. i se vzorky. Na výstup použijeme souosý konektor (BNC).

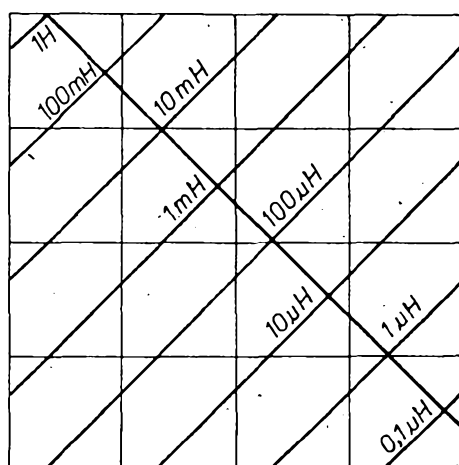
Chceme-li určit indukčnost přesně, pak budeme muset počítat:

Chceme-li, aby se elektronický průmysl stal jedním z hlavních intenzifikačních faktorů rozvoje celého národního hospodářství, musíme velice pečlivě zvažovat každý příští krok a vyvarovat se alespoň těch nejhorších chyb z minulosti.

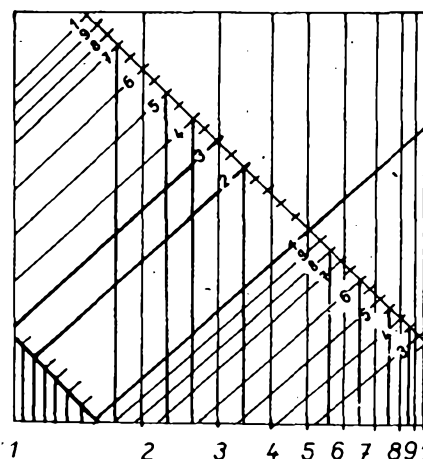
u vyšších kmitočtů $L = \frac{2,533 \cdot 10^4}{f_0^2 C} [\mu\text{H}; \text{MHz}, \text{pF}]$
($C = 10\,000$)



Obr. 29a. Deska s plošnými spoji Q201
přípravku z obr. 28



1 kHz 10 kHz 100 kHz 1 MHz 10 MHz



Obr. 30. obr. 31. Grafy k rychlému určení indukčnosti

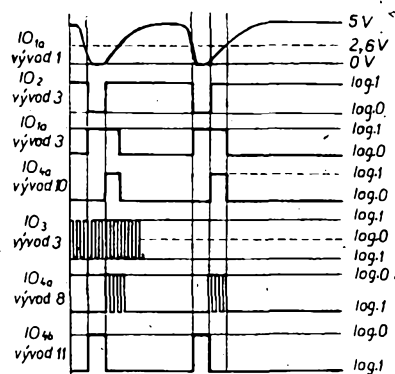
u nižších kmitočtů
($C = 0,01$) $L = \frac{2,533 \cdot 10^4}{f_0^2 C} [H; Hz; \mu F]$

Zjistíme-li indukčnost cívek z odstavce
Příklady použití podle těchto vzorců, zjis-
tíme, že v prvním případě je správná

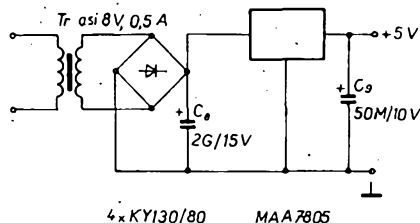
indukčnost $1,6 \mu H$, ve druhém případě
 $204 mH$; vidíme tedy, že ve většině přípa-
dů postačí číst údaje z grafů.

Může se stát, že se po připojení příprav-
ku k digitálnímu měřiči kmitočtu neobjeví
žádné „reálné“ číslo, to však nevadí, po

připojení libovolné cívky bude přístroj
měřit správně.



Obr. 34. Časový průběh signálů



Obr. 35. Jedna z možných variant napájecího zdroje digitálního expozimetru

výstupu T_1 rovna 8 ms, a je-li perioda signálu generovaného obvodem IO_3 0,01 ms, pak hradlo propustí počet impulsů, který je roven $8/0,01 = 800$; tento počet pak bude indikován na výstupu čítače do skončení dalšího cyklu. Údaj indikovaný displejem je tedy možné při stejné době trvání nabíjení C_1 měnit změnou kmitočtu obvodu IO_3 . S uvedenými součástkami lze dosáhnout změny od 1,5 až do 110 kHz. Kondenzátor C_5 má mít kapacitu desetkrát větší než C_4 .

Časový diagram průběhu signálu na obr. 34 ukazuje signály v některých bodech zapojení a umožňuje lépe pochopit jeho funkci. Na obr. 33 je schéma zapojení čítače, které je běžné. Kaskáda tří dekadických čítačů typu 7490 řídí tři dekodéry typu 7447 nebo 7446, ovládací segmenty číslicovek LED. Vývody 4 a 5 obvodu 7447 jsou propojeny, takže zbytečné nuly nesvíti. Nulovací signál se přivádí z výstupu hradla IO_{10} na vývody 2 a 3 dekadických čítačů. Desetinná tečka při rozsahu 0 až 99 sekund se rozsvítí připojením příslušného segmentu přes odpor R_9 na zem.

Pro úplnost je na obr. 35 zapojení síťového zdroje přístroje. Jde o jednoduchý stabilizovaný zdroj, používající pro stabilizaci výstupního napětí 5 V integrovaný obvod. Samozřejmě je možné použít i jiné řešení, vycházející z jiné součástkové základny. V průvodním prameni je také dosti podrobně popsána konstrukce, včetně desek s plošnými spoji. To však konstruktér s jistotou zkusí zvládnout. Lze však doporučit, aby bylo dodrženo rozdělení obvodů přístroje na dvě desky s plošnými spoji, desku s čítačem a displejem by bylo možné používat i pro jiné aplikace.

Při uvádění zapojeného přístroje do provozu je třeba na vstupní svorky místo fotoodporu připojit odpor 1 M Ω , přepnout na rozsah 0 až 100 sekund a připojit voltmetr mezi 0 a +5 V. Po zapnutí přístroje má voltmetr ukazovat +5 V $\pm$ 2 %. Pokud tomu tak není, je třeba přístroj okamžitě vypnout a zjistit a odstranit závadu. Je-li napětí správné, pak by měl displej ukazovat číslo mezi 85 až 99 při průměrném odporu P_1 nastaveném do polohy minimálního odporu. Při otáčení hřídele P_1 by se mělo indikované číslo

zmenšovat, indikátor přitom každou sekundu na krátký okamžik zhasne. Pokud údaj není stabilní (1 až 2 %), je třeba zvětšit kapacitu kondenzátoru C_8 na 5000 μ F. Pokud displej ukazuje jiné údaje, kmitá, nebo neukazuje vůbec, je třeba podrobně kontrolovat všechny obvody. Při tom je třeba kontrolovat průběhy v jednotlivých bodech podle časového diagramu na obr. 34. Jsou-li průběhy v pořádku a displej nesvíti, půjde zřejmě o chybu v kabeláži, vadný pájený spoj, nebo vadnou součástku. I když vážnější potíže nejsou při pečlivé práci, použití dobrých součástek a opatrném pájení běžné, je možné uvést několik údajů, které mohou oživování usnadnit. Perioda signálu na výstupu IO_2 je asi 900 ms, z čehož po dobu asi 830 ms má signál úroveň log. 1. Při odporu 1 M Ω na svorkách pro fotoodpor je doba trvání kladného impulsu na kolektoru T_1 7,5 μ s a výstupní kmitočet IO_3 je na rozsahu 0 až 100 sekund a při nastavení P_1 na minimální odpor kolem 110 kHz, což odpovídá délce cyklu 9 μ s. Při těchto hodnotách má displej ukazovat asi 83,3.

Prakticky jediným nastavením, které přístroj vyžaduje, je určit správnou kapacitu C_4 tak, aby poměr číselných údajů na obou rozsazích byl roven přesně 10. Pro toto nastavení připojíme místo R_1 odpor 4,7 M Ω , přepínač rozsahů přepneme do polohy 0 až 100 sekund a otáčením hřídele P_1 nastavíme na displeji údaj mezi 95 a 98. Pak se přepínač rozsahů přepne do polohy 0 až 100 sekund a vybere se kondenzátor 2,2 nF tak, aby indikátor ukazoval stejný údaj, jako na rozsahu 0 až 100 sekund. Stejněho výsledku je možné dosáhnout paralelním připojováním kondenzátorů menších kapacit. Tím je prakticky přístroj oživen a nastaven, zbývá jen připojit sondu a zjistit, jak přístroj reaguje na různou intenzitu osvětlení.

Při používání přístroje je si třeba uvědomit, že ideální expozice závisí na řadě činitelů: druhu papíru, vlastnostech negativu, světelném výkonu zvětšovacího přístroje, použité cloně, druhu a stavu vývojky, její teplotě, měřtku zvětšení – proto určit správnou expozici při zvětšování není jednoduché. Popisovaný přístroj většinu těchto činitelů respektuje (mimo parametry vývojky). Pro určitý druh papíru stačí tedy vybrat středně krytý negativ se širokou škálou polotónů (jako je např. portrét) a metodou zkušební proužky zjistit optimální expozici. Je-li například tato expozice 15 sekund při cloně 11 pro formát 8 $\times$ 13, nemění se nastavení zvětšovacího přístroje a sonda

se umístí do oblasti snímku s polotóny (pokožka obličeje). Po zhasnutí světla ve fotokomůře (i červeného) se P_1 nastaví tak, aby displej ukázal 15. Poloha hřídele P_1 se označí značkou, která pak bude platit pro použitý druh papíru. Pak již bude expozimetr při změně zvětšení, clony i při jiných negativních ukazovat ideální expozici. Pokud nebude stačit regulační rozsah P_1 , je možné použít kondenzátoru C_1 jiné kapacity. Nesmí se také zapomenout, že fotoodpor má určitou setrvačnost, takže se čtením expozice je třeba vždy chvíli počkat, až se odpor fotoodporu ustálí. Tento efekt je výraznější při slabém osvětlení.

Pro výběr fotoodporů R_1 platí zásady, které byly uveřejněny v AR č. 12/81, str. 22.

Le Haut-Parleur, č. 1652

Přesný expozimetr pro fotografii se zábleskovým zařízením

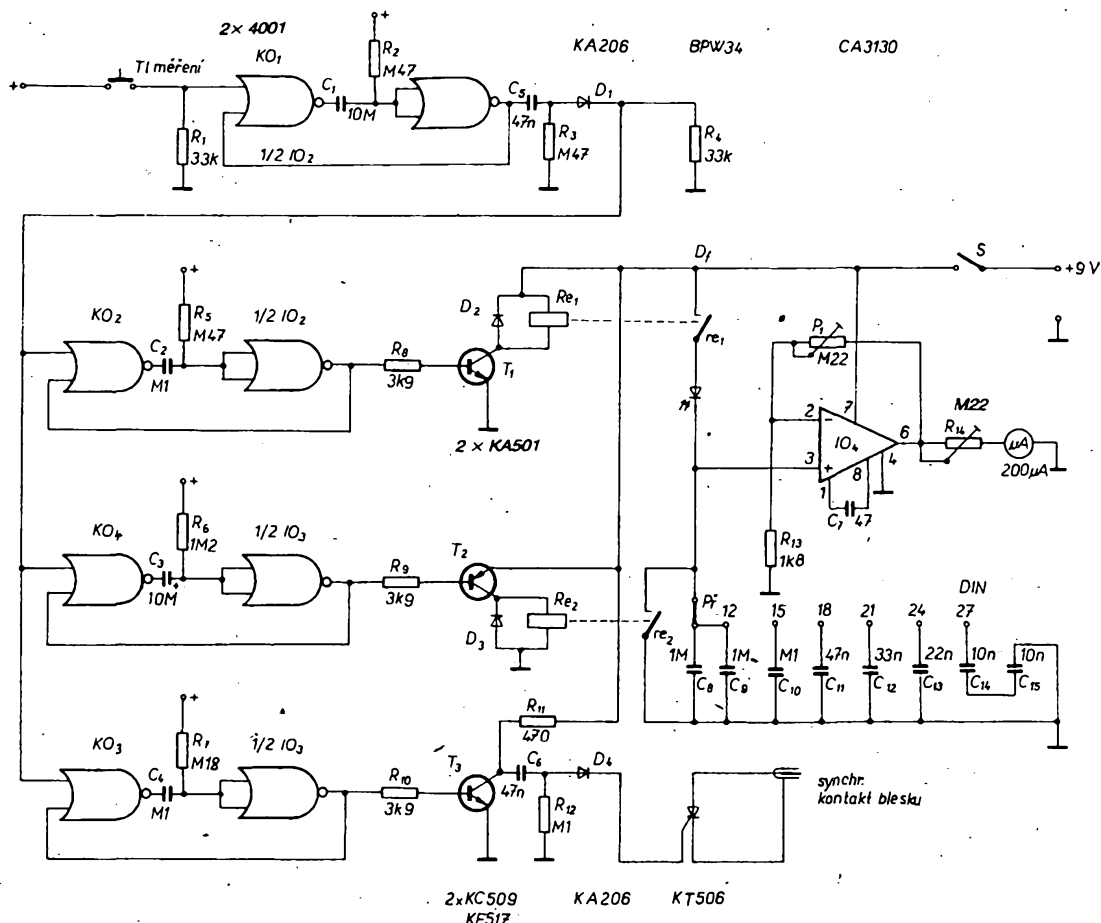
Popisovaný zábleskový expozimetr je určen pro měření expozice při fotografování s použitím zábleskového zařízení. Přesto, že při většině snímků se zábleskovým zařízením stačí pro určení expozice používat směrné číslo, případně vestavnou expoziční automatiku zábleskového zařízení, při snímcích, které se nepořizují v „klasických“ podmínkách, nelze tyto metody určení expozice spolehlivě použít. Zvláště to platí pro makrofotografii, reprodukci diapositivů a ateliérové snímky s použitím několika „deštníkových“ reflektorů. Popisovaný přístroj měří světlo na matnici jednoboké zrcadlovky okulárem hledáčku. Přístroj změří záblesk a indikuje, je-li nastavená clona správná, a respektuje přitom i okolní osvětlení předmětu snímku. Dosahuje přesnosti 1/4 clonového čísla.

Princip měření je poměrně složitý. Je nezbytné, aby fotografický přístroj byl upevněn nastavivě, a to je také předpokladem pro použití popisovaného přístroje. Po nastavení záběru a zaostření se objektiv fotografického přístroje nastaví do polohy „manuální ovládání“, čímž se clona uzavře na nastavenou hodnotu, například f:11. Zábleskové zařízení je v nabitěm stavu, jeho synchronizační kablík se po dobu měření připojí k expozimetru. Vstupní otvor expozimetru se přiloží k okuláru hledáčku fotografického přístroje. Po stisknutí tlačítka „měření“ se odpálí záblesk a ručka měřicího přístroje ukáže výchylku.

Když se ručka vychýlí do střední polohy, bude expozice správná, je-li výchylka příliš velká, postup se zopakuje buď s menší clonou nebo s větší vzdáleností zábleskového zařízení a naopak. Údaj měřidla zůstává asi po deset sekund konstantní, pak se ručka vrací automaticky na nulu.

Co se vlastně během měření děje? Při stisknutí tlačítka „měření“ se překlápely čtyři monostabilní klopné obvody, z nichž první o časové konstantě 2 sekundy „kompenzuje“ kmitání kontaktů tlačítka. Druhý klopný obvod aktivizuje na 1/60 sekundy fotoelektrické měření, při němž se nabíjí kondenzátor, na kterém se pak náboj udržuje. Třetí klopný obvod spouští se zpožděním 1/200 sekundy zábleskové zařízení tak, aby blesk „hořel“ v průběhu 1/60 sekundy fotoelektrického měření. Volba 1/60 sekundy vychází z toho, že je

– Podstatně větší pozornost musíme věnovat práci výzkumné a vývojové základny. Není toho málo, s čím nejsme spokojeni a co potřebujeme zlepšit. Před výzkumnou základnou musíme stavět jednoznačné a náročnější úkoly, které mají napomáhat rozvoji a zvyšování efektivnosti výroby. Nemůžeme pasivně přihlížet, že máme ještě výzkumné ústavy a pracoviště, které řeší nejrůznější problémy, ale v některých případech jenom v malé míře takové, které mají pro výrobu praktický význam. Přitom máme 9/10 potenciálu výzkumných ústavů v průmyslu přímo podřízených výrobním hospodářským jednotkám.



Obr. 36. Přesný expozimetr pro fotografii s elektronickým bleskem

to u většiny zrcadlovek nejkratší synchronizační čas, u přístrojů s odlišnou synchronizační rychlostí stačí změnit jeden odpor. Čtvrtý klopný obvod po deseti sekundách vybije kondenzátor, tím se ručka měřicího přístroje vrací na nulu.

Kondenzátory C_8 až C_{15} jsou základem celého měření; integruje se na nich světlo, dopadající na fotočlánek během 1/60 s, a to světlo záblesku i okolní světlo. Dopadá-li na citlivou vrstvu filmu při správné expozici vždy stejné množství světla, nabije se kondenzátor (zapojený v sérii s fotočlánekem) vždy na stejné napětí. Při přesném měření se používá řada prvků, které nejsou přesně definovány, jako citlivost fotočlánku, kapacita a nabíjecí napětí kondenzátoru, citlivost měřidla a průměrný úhel jeho výchylky. To vše se kalibruje nastavením zesílení napěťového zesilovače s velmi velkým vstupním odporem.

Schéma zapojení přístroje je na obr. 36. Čtyři monostabilní klopné obvody používají logická hradla NOR v technologii MOS, ovládaná kladným impulsem. Hradla dodávají napětí kolem 9 V po dobu 0,38 RC při napájení 9 V. Přesnost těchto časových konstant není pro přístroj podstatná.

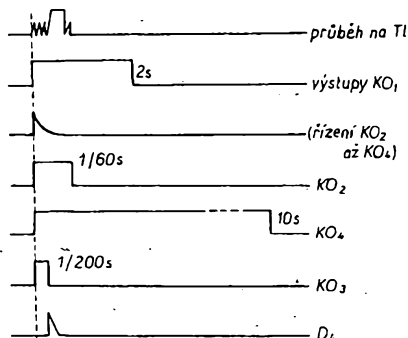
První monostabilní obvod s dobou překlenu dvé sekundy generuje na C_5 a D_1 krátký kladný impuls, kterým se ovládají zbývající tři klopné obvody (viz časový diagram na obr. 37).

Kvalita použitých součástek do značné míry rozhoduje o užitečných vlastnostech přístroje. Platí to i pro křemikovou foto-

diodu D_1 typu PIN, použitou v originální konstrukci. Její poměrně velký povrch umožňuje dosáhnout velké citlivosti při téměř nulovém proudu (2 nA) bez osvětlení, rychlé odezvy (50 ns) a dokonalé linearity. Její proud v průběhu měření nabíjí kondenzátory C_8 až C_{15} (volí se přepínačem volby citlivosti filmu).

Protože je třeba měřit napětí na kondenzátoru (12 až 200 nF), aniž by se při měření jeho náboj měnil, není možné použít pro napěťový zesilovač integrovaný operační zesilovač typu 741, ale typ se vstupem s FET, jehož vstupní odpor je kolem milionů megaohmů. Pro připojení fotodiody na 1/60 sekundy a pro obvod vybíjení kondenzátoru byla použita jazýčková relé, protože i nejlepší tranzistory mají příliš velký svod. Vinutí relé napájí běžné tranzistory T_1 a T_2 , řízené klopnými obvody KO_2 a KO_4 .

Vstupní napětí IO_4 se mění mezi 0 a 8,7 V, zatěžovací odpor je nastaven tak, aby ručka měřidla měla při maximálním napětí maximální výchylku. Měřidlem je



Obr. 37. Průběhy signálů v zapojení

také možné ověřovat napětí napájecí baterie. K tomu stačí zamilit fotodiodu k dostatečně silnému zdroji světla a stisknout tlačítko „měření“.

Synchronizace zábleskového zařízení je řízena klopným obvodem KO_3 , ze vstupní hrany jeho výstupního impulsu se obvodem T_3 , C_6 a D_4 odvozuje kladný impuls, otevírající tyristor, který zkratuje elektrody synchronizačního kabelu zábleskového zařízení. V této souvislosti je třeba upozornit, že synchronizační kabel je v zábleskovém zařízení připojen ke kondenzátoru, který se nabíjí na napětí asi 150 až 250 V, podle typu zábleskového zařízení.

Konstrukci přístroje je třeba věnovat potřebnou péči. Platí to nejen pro návrh desky s plošnými spoji, který musí vycházet z použitých součástí a není zvlášť kritický, ale i pro mechanickou konstrukci přístroje. Doporučuje se použít kovové pouzdro, propojené se záporným pólem napájecího napětí, které lze nasunout na okulár fotografického přístroje, s nímž se expozimetr bude používat. Zvláštní pozornost vyžaduje výběr přesných a stabilních kondenzátorů C_8 až C_{15} . Spotřeba přístroje je asi 12 mA, takže k jeho napájení lze použít i destičkovou baterii 9 V.

Oživení a nastavení přístroje je jednoduché. Svůj fotografický přístroj umístěte na stativ ve vzdálenosti 2 až 3 metry od zdi. Určete běžným postupem clonu, kterou je třeba použít při daném blesku a dané citlivosti filmu (např. 21°). Tuto hodnotu nastavte na objektivu. Přepněte expozimetr do polohy 21 a připojte synchronizační kabel. Nasaďte expozimetr na okulár fotografického přístroje a stiskněte tlačítko „měření“. Tím se spustí zábleskové zařízení, ručka měřidla se vychýlí a po přibližně 10 sekundách se opět vrací na

nulu. Je-li výchylka ručky menší než do středu stupnice, je třeba nastavit proměnný odpor P_1 ve směru proti hodinovým ručkám (a opačně). V tomto postupu se pokračuje, dokud ručka neukazuje do středu stupnice. Toto nastavení je konečné a platí i pro filmy jiné citlivosti, při makrofotografii, pro jiné objektivy a jiná záblesková zařízení. Naproti tomu se může vyskytnout potřeba opravit nastavení při výměně matrice, nebo při použití jiného fotografického přístroje, protože je známo, že jas hledáčku se u jednotlivých značek fotografických přístrojů liší.

Závěrem uvádíme informaci o realizovaných zkouškách, zvláště pro ty, kteří nebudou mít možnost přístroj porovnávat s dostatečně kvalitním zařízením. Bylo použito zábleskové zařízení METZ 402, vybavené expoziční automatikou pro pět clonových čísel. Bylo zjištěno, že nastavení expozimetru při cloně f:11 zůstalo přesné i pro clony f:4, f:5,6 a f:16 pro citlivosti filmů 15 a 27 DIN. Praktické zkoušky při makrosnímku s měchovým zařízením na film 18 DIN byly provedeny nejprve se zábleskovým zařízením s plným výkonem (doba záblesku 1/250 sekundy) při nepřímém osvětlení a zjištěna clona f:8. Pak byly zvoleny dvě expozice s přímým osvětlením při clonách f:4 a f:11 (při této cloně je doba trvání záblesku 1/40 000 sekundy). Po vyvolání negativu bylo zjištěno, že všechny tři snímky byly exponovány perfektně se stejnou hustotou.

Le Haut Parleur, nouvelle série č. 21

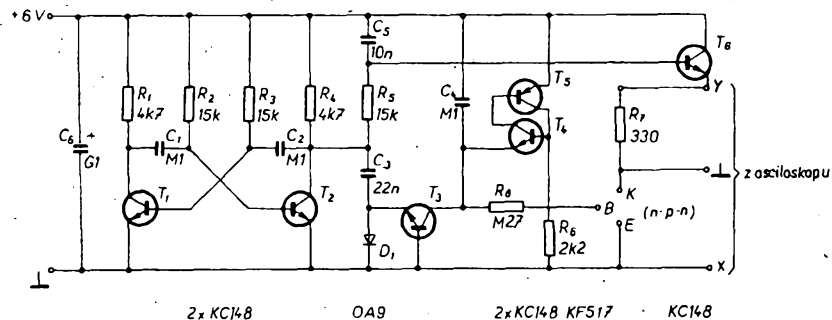
Zobrazení charakteristik tranzistorů na osciloskopu

Popisované zařízení (obr. 38) patří mezi jednoduchá zapojení, která nejsou nákladná a jsou přitom velmi vítaná v amatérské praxi. Rozšiřuje možnosti využití osciloskopu, a mimo rozlišení stavu dobrý špatný umožňuje také usuzovat na kvalitu zkoušených polovodičových součástek. Je také možné porovnávat různé tranzistory a vybírat pro dané použití ty nejvhodnější.

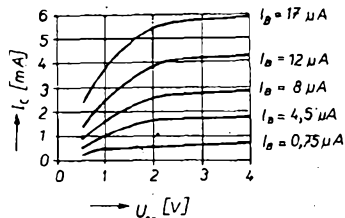
Pro měření je nezbytné použít osciloskop s možností zobrazení X – Y. Na stínítku tohoto osciloskopu je možné zobrazit závislost kolektorového proudu tranzistoru na napětí mezi kolektorem a emitorem při různých proudových bázích. Na obr. 39 je typický průběh této funkce (včetně proudů báze, se kterými přístroj pracuje). Z tohoto zobrazení je možné číst proudové zesílení tranzistoru a zjistit výstupní odpor tranzistoru. Platí zjednodušené pravidlo, že čím je plošší pravá část křivky, tím je odpor mezi kolektorem a emitorem větší.

Zapojení přístroje je na obr. 38. Mezi bodem Y (pro připojení ke vstupu Y osciloskopu) a bodem X (pro připojení ke kostře osciloskopu) je zapojen pracovní odpor R_7 zkoušeného tranzistoru. Úbytek napětí na tomto odporu je podle Ohmova zákona úměrný kolektorovému proudu tranzistoru. Na vertikální ose stínítka obrazovky se tedy zobrazuje kolektorový proud. Emitor zkoušeného tranzistoru je spojen se vstupem X osciloskopu. V horizontální ose stínítka obrazovky se tedy zobrazuje napětí mezi kolektorem a emitorem.

Zobrazení křivek na stínítku obrazovky se dosahuje tím, že se na zkoušený tranzistor přivádějí dvě napětí: jedno z nich je napětí schodovitěho průběhu o pěti stupních, které se přivádí na bázi, druhé je napětí pilovitého průběhu, přiváděné současně na kolektor. Kolektorové napětí



Obr. 38. Zobrazení charakteristik tranzistorů na osciloskopu



Obr. 39. Kolektorové charakteristiky pro různé báze proudy

se mění tak rychle, že se na stínítku osciloskopu zobrazí pět různých charakteristik pro pět různých proudů báze.

Napětí schodovitěho a pilovitého průběhu se vyrábí s využitím astabilního multivibrátoru. Ten je sestaven z tranzistorů T_1 a T_2 a generuje pravouhlé napětí o kmitočtu přibližně 1 kHz. Pilovitý průběh se z tohoto pravouhlého získává jednoduše integrací přes R_5 a C_5 . Potřebné napětí schodovitěho průběhu vzniká poněkud složitěji. Během náběžné hrany pravouhlého impulsu se C_3 nabíjí přes diodu D_1 , až na provozní napětí. Během sestupné hrany téhož impulsu řídí vybíjecí se kondenzátor C_3 krátkodobě tranzistor T_3 . Tím se poněkud zmenší emitorové napětí C_4 . Každý následující impuls pravouhlého tvaru pak vede ke stupňovitému zmenšování emitorového napětí tranzistoru T_4 . Tento pochod probíhá tak dlouho, dokud se T_4 nedostane do plně vodivého stavu, tím se otevře T_5 . Pak se C_5 velmi rychle vybije a začíná nový cyklus. Napětí schodovitěho průběhu se přivádí přes odpor R_6 na bázi zkoušeného tranzistoru.

Počet stupňů napětí schodovitěho průběhu závisí na poměru kapacit C_3 k C_4 . Při kapacitách uvedených ve schématu je to přesně 5. Počet stupňů je sice možné změnit použitím kondenzátoru C_4 jiné kapacity, volba pěti stupňů však představuje kompromis mezi možností číst zajímavé parametry (zvláště proudové zesílení) a velikostí využitelné plochy obrazovky.

Při praktickém používání přístroje je třeba počítat s tím, že křivky zobrazované na stínítku osciloskopu mají proti dosud uvedenému popisu v ose X opačný průběh. Je to malá „chyba na kráse“, zato však je zapojení velmi jednoduché. Závažnější závadou patrně bude to, že v uvedeném zapojení je možné měřit pouze tranzistory n–p–n. Tento problém je možné vyřešit stavbou druhé podobné destičky pro zkoušení tranzistorů p–n–p. Použité součástky jsou totiž poměrně levné a úprava zapojení je snadná: pro T_1 a T_4 a T_6 se použijí tranzistory p–n–p, pro T_5 tranzistor n–p–n, dále je třeba obrátit polaritu C_6 , D_1 a napájecího napětí. Přitom se sice dosáhne zobrazení křivek zleva doprava, zobrazení v ose Y je však „převrácené“. Na způsob čtení je však možné si snadno zvyknout.

Tímto zařízením je samozřejmě také možné zkoušet diody. Zkoušená dioda se

připojí anodou na bod R_7 (bod K) a katodou na nulový bod napájení (bod X). V tomto případě se na stínítku obrazovky zobrazí charakteristika diody v propustném směru.

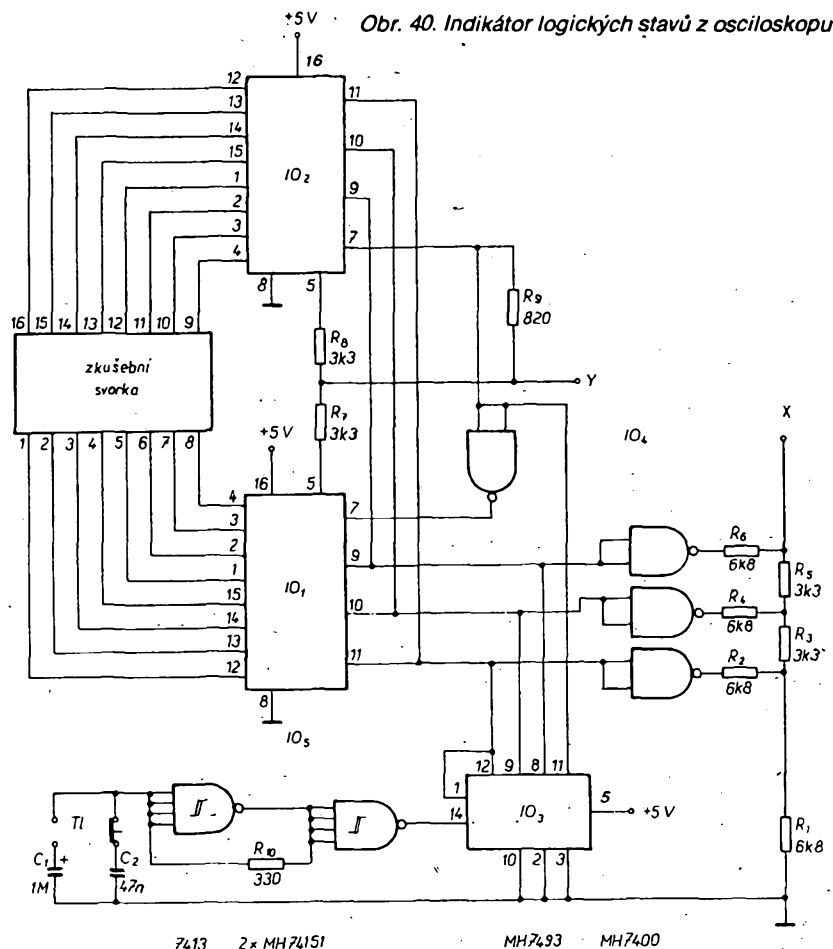
Závěrem je třeba poznamenat, že přes malou spotřebu přístroje je třeba použít pro napájení dobře stabilizované napětí. *Elektr, červen 1980*

Indikátor logických stavů IO z osciloskopu

Při zkoušení obvodů s digitálními integrovanými obvody se používají logické sondy a to pro jednotlivé body, nebo pro současnou indikaci stavu na všech vývodech IO. V tomto případě jde o speciální svorky, na kterých se po nasunutí na vývody IO (podle stavu na jednotlivých vývodech) rozsvítí diody LED. Stejnou funkci však může splnit jeden z nejuniverzálnějších elektronických měřicích přístrojů – osciloskop, použijeme-li ve spojení s ním popisované zařízení.

Indikátor (obr. 40) určený pro obvody v provedení DIL je vhodný ke zkoušení obvodů TTL, pokud se pro jeho konstrukci použijí obvody tohoto druhu. Logické signály se z vývodů šestnáctipólového pouzdra DIL snímají pomocí šestnáctipólové zkušební svorky. V zapojení indikátoru se ze 16 přiváděných signálů odvozuji dva nové signály: signál X a signál Y. Tyto signály pak řídí vodorovný a svislý vychylovací systém osciloskopu. Logické signály se na stínítku obrazovky zobrazují tak, že pokud mají všechny signály úroveň log. 0, je na stínítku obrazovky zobrazeno 16 bodů ve dvou řadách, rozmístěných podobně, jako vývody u obvodu DIL. Dosáhne-li signál v určitém bodě úrovně log. 1, pak se odpovídající světelný bod posune směrem nahoru. Podle vzájemné polohy bodů je tedy možné zjistit, která snímaná napětí mají úroveň log. 0 a která log. 1.

Šestnáct logických signálů se postupně snímá dvěma obvody multiplexeru pro funkci výběru dat, přičemž otevřené vstupy znamenají úroveň log. 1. Oba obvody pro výběr dat jsou řízeny čtyřbitovým binárním čítačem. Taktovací signál pro řízení tohoto čítače se získává z astabilního multivibrátoru. Čítač současně řídí digitálně analogový převodník, na jehož výstupu je k dispozici napětí schodovitěho průběhu o osmi stupních. Toto napětí se používá k řízení horizontálního vychylování a určuje horizontální polohu indikovaných bodů. Vertikální poloha bodů se řídí jednak jedním z výstupů čítače (nejnižší bit), jednak logickým stavem vstupních signálů. Součtem těchto signálů vzniká signál Y.



V zapojení na obr. 40 se používají obvody TTL, 16 vstupních signálů musí tedy odpovídat požadavkům logiky TTL. Kmitočet pravouhlého napětí astabilního multivibrátoru je v běžném provozu 70 kHz. Při stisknutí tlačítka T1 se kmitočet snižuje na asi 3 kHz. Kdyby totiž kmitočet snímání byl ke kmitočtu vstupního signálu v poměru celého čísla, mohl by se zobrazený signál v rozporu se skutečností jevit jako statický a neproměnný. Stisknutím tlačítka je možné rychle zjistit, jestli k této situaci došlo. Součtový obvod je realizován odpory R_7 , R_8 a R_9 . Také převodník D/A je velmi jednoduchý a používá tři hradla, zapojená jako invertory, a odpory R_1 , až R_6 .

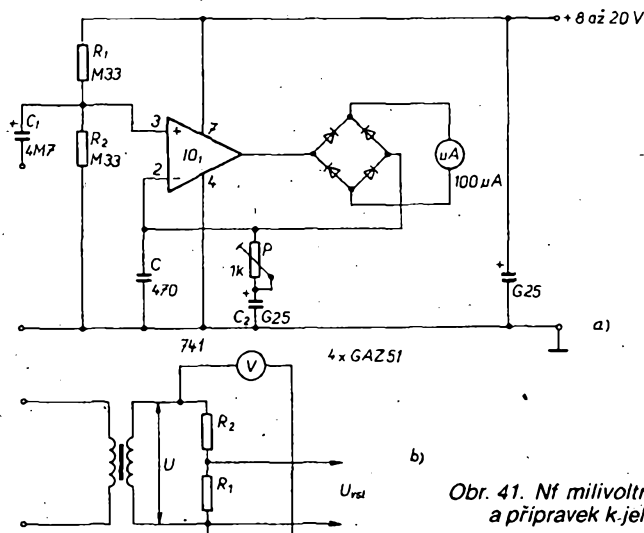
Pokud by se přístroj měl používat výlučně pro měření v přístrojích s obvody typu CMOS, pak je možné indikátor osadit ekvivalentními obvody typu CMOS. I když by to v podstatě bylo možné, nedoporučuje se použít osazení obvody typu CMOS, mají-li být zkoušena zapojení s obvody TTL. V provedení podle obr. 40 je spotřeba indikátoru asi 125 mA ze stabilizovaného zdroje 5 V.

Elektr., leden 1979

Nízkofrekvenční milivoltmetr 0 až 100 mV

Velmi jednoduchý a nenákladný milivoltmetr pro kmitočtové pásmo 20 Hz až 100 kHz, umožňující měřit střídavé napětí v rozsahu 0 až 100 mV, je zapojen podle schématu na obr. 41a. Jednoduchý vstup-

ní obvod není možné použít pro napětí větší než 100 mV – větší napětí se proto na vstup přivádí přes C_1 na neinvertující vstup 3 integrovaného obvodu IO1. Tento vstup je polarizován napětovým děličem z R_1 a R_2 . Na invertující vstup operačního zesilovače se přivádí zpětnovazební napětí ze „střídavé svorky“ usměrňovacího můstku. Stupeň zpětné vazby určuje proměnný odpor P , zapojený v sérii s C_2 . Tato kombinace je zapojena paralelně ke kondenzátoru C , jehož kapacita je 470 pF při použití operačního zesilovače typu 741. Při použití jiných operačních zesilovačů je možné při experimentálně vybraných kondenzátorech C dosáhnout lepšího kmitočtového průběhu. Použité zapojení



nevyžaduje pro napájení symetrický zdroj. Pro napájení lze použít napětí v rozmezí 8 až 20 V a to z baterie nebo ze síťového zdroje. Použitý mikroampérmetr měl citlivost 100 µA a vnitřní odpor $R_i = 2000 \Omega$ (pokud je u toho či onoho měřidla odpor R_i menší, lze jej doplnit vnějším sériovým odporem).

Citlivost přístroje se nastavuje proměnným odporem při vstupním signálu z generátoru o úrovni 100 mV na plnou výchylku ručky měřidla. Při tom je možné také zkontrolovat linearitu stupnice a kmitočtový průběh. Doba odezvy na skokové vstupní napětí je při operačním zesilovači typu 741 0,5 V/µs.

Pro méně vybavené a méně zkušené pracovníky je na obr. 41b uvedeno schéma nastavení citlivosti velmi jednoduchým způsobem. Používá se napětí o kmitočtu 50 Hz ze sekundárního vinutí síťového transformátoru. Děliče R_1 a R_2 přivádí na vstupní svorky milivoltmetru napětí

$$U_{\text{vst}} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} U.$$

U popisovaného přístroje potřebujeme získat napětí 0,1 V. Předpokládejme, že $U = 10 \text{ V}$ a zvolíme $R_1 = 100 \Omega$. Dosadíme do rovnice U_{vst}, U a R_1 :

$$0,1 = \frac{100 \times 10}{100 + R_2} = \frac{1000}{100 + R_2}, \text{ a odtud}$$

$R_2 = 10\,000 - 100 = 9900 \Omega$, použijeme zaokrouhlenou hodnotu $R_2 = 10\,000 \Omega$. V tomto případě, budou-li všechny odpory přesné, bude $U_{\text{vst}} = 99 \text{ mV}$. Napětí na sekundárním vinutí transformátoru přitom měříme přesným střídavým voltmetrem.

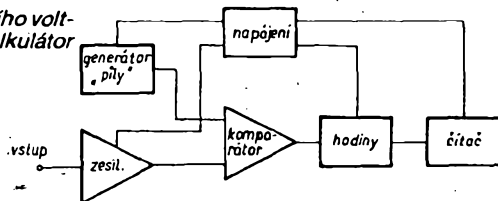
Le Haut-Parleur č. 1625

Digitální voltmetr používající kapesní kalkulač

Měřicí přístroje s digitální indikací měřené veličiny, jako multimetry, voltmetry a měřiče kmitočtu se s ohledem na velkou přesnost a jednoduchost používání prosazují ve stále větším rozsahu. V některých případech však jejich cena brání použití v amatérské praxi. Proto může být zajímavý popisovaný přístroj, který využívá běžného kapesního kalkulač pro funkci čítače a displeje. Přesto, že nedosahuje parametrů profesionálních přístrojů, může pro běžné použití vyhovět.

Použitý princip převodu analogové veličiny na digitální je jednoduchý. Spočívá v generování impulsu, jehož délka je úměrná měřenému napětí, a ve změření této délky. Blokové schéma měření je na

Obr. 42. Blokové schéma digitálního voltmetru, používajícího k indikaci kalkulátor



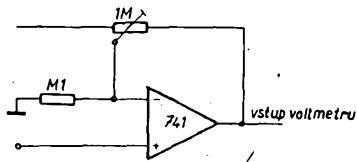
obr. 42. Napětí z generátoru pilovitého průběhu se porovnává s měřeným napětím. Dokud je měřené napětí větší než napětí pilovitého průběhu, hodinový generátor přivádí signál do čítače. Když je napětí pilovitého průběhu větší než měřené napětí, čítání se zastaví.

Schéma zapojení měřícího doplňku je na obr. 43. Vstupní obvod s IO_1 tvoří operační zesilovač, zapojený jako sledovač napětí. Potenciometrem P_2 je možné délit vstupní napětí pěti, je-li větší než 10 V. Jeho odpor $1\text{ M}\Omega$ je možné bez potíží zvětšit až na $10\text{ M}\Omega$, pokud je třeba, aby voltmetr měl velký vstupní odpor. Generátor napětí pilovitého průběhu (P_1 , R_1 , T_1 , C_1) je založen na nabíjení kondenzátoru C_1 konstantním proudem. Pro dosažení „rychlosti pily“ 1 V/s je při kapacitě $C_1 = 250\text{ }\mu\text{F}$ třeba použít potenciometr $P_1 = 1\text{ M}\Omega$. Kondenzátor C_1 je možné vybit přepínačem, který současně přerušuje čítání. Tento „návrat do nuly“ je třeba realizovat mezi dvěma měřeními, současně se nuluje displej kalkulátoru. Pro funkci komparátoru se používá operační zesilovač IO_2 , zapojený jako diferenciální zesilovač s velkým ziskem. Jeho výstupní napětí je kladné, je-li vstupní napětí menší než napětí pilovitého průběhu. Generátorem taktovacího kmitočtu je astabilní multivibrator sestavený z hradel typu CMOS. Stav logické nuly na vývodu 6 nebo 13 integrovaného obvodu IO_3 zastavuje čítání.

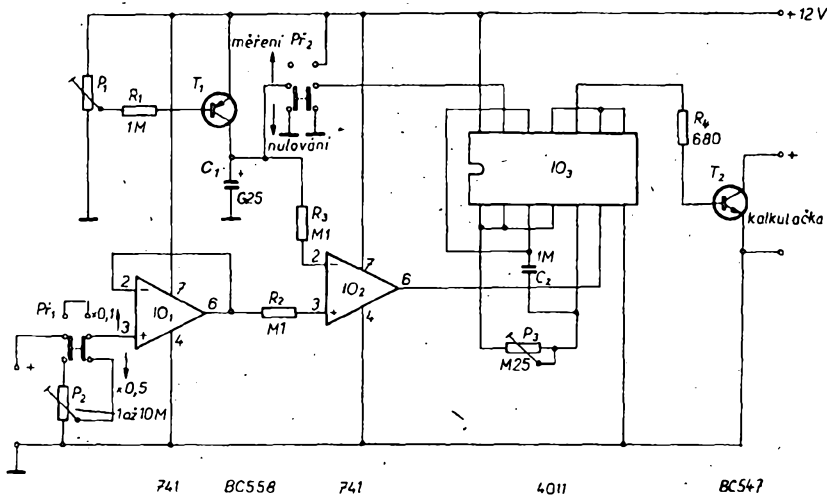
Jako vlastní čítač se používá kapesní kalkulátor. Stačí kalkulátor nejjednoduššího typu pro čtyři základní početní úkony, který je třeba upravit připojením vývodů z bodů, ke kterým je připojeno tlačítko „ = “. Tyto dva vývody je nejlépe připojit na konektor, který se v kalkulátoru upevní. S připojeným měřicím doplňkem se tyto vývody při každém taktovacím impulzu zkratují tranzistorem T₂. Konstrukce přístroje je jednoduchá, většina součástek byla umístěna na desce s plošnými spoji. Pro napájení se používá síťový zdroj 12 V.

Přístroj se nastavuje po připojení napájecího napětí, při přepínači P_2 v poloze „nulování“, při přepínači P_1 v poloze „x0,1“ takto: na vstup voltmetru se připojí napětí kolem 10 V a stiskne se tlačítko „+“. Pak se přepínač P_2 přepne do polohy „měření“. Kalkulátor po určitou dobu čítá a pak se zastaví. Potenciometr se nastaví tak, aby doba čítání byla asi 10 sekund. Pro další měření se přepínač P_2 musí přepnout do polohy „nulování“, tím se kalkulator vynuluje, před dalším měřením se stiskne tlačítko „+“ a přepínač P_2 se přepne do polohy „měření“. V dalším postupu nastavování se na vstup přivede stejnosměrné napětí 4 až 9 V. Přepínač P_2 se přepne do polohy „nulování“, stiskne se tlačítko „+“ a přepínač P_2 se přepne do polohy „měření“. Proměnný odpor P_3 se nastaví tak, aby údaj měřeného napětí byl co nej přesnější. Při dalším měření se tento postup opakuje opět od nulování. Pak se přepne přepínač rozsahu do polohy „x0,5“, na vstup se přivede známé napětí mezi 20 až 50 V. Na displeji kalkulatoru se objeví 0,5 místo 0,1 měřeného napětí. Potenciometr P_2 se nastaví tak, aby se dosáhlo co nej přesnější shody údaje s velikostí měřeného napětí.

Na rozsahu „0,1“ se přístroj používá pro měření v rozsahu 2 až 10 V, na rozsahu „0,5“ se měří napětí mezi 10 a 50 V. Rozsah měření je možné podle potřeby rozšířit použitím děličů (bez potíží až do 1000 V), případně vstupního zesilovače (viz obr. 44) s různými rozsahy (5× : 400 mV až 2 V, 10× : 200 mV až 1 V,



Obr. 44. Vstupní zesilovač



Obr. 43. Schéma zapojení přípravku ke kalkulátoru

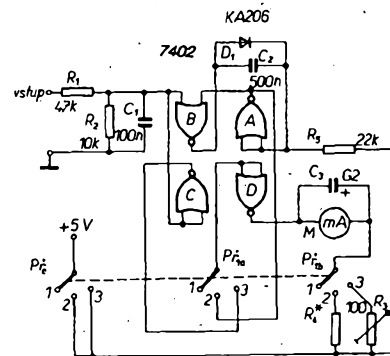
50× : 40 mV až 200 mV, 100× : 20 mV až 100 mV).

Revista Española de Electrónica, červenec 1981

Otáčkoměr a měřič úhlu sepnutí kontaktů přerušovače

Jednoduchý kompaktní přístroj používá pouze jeden integrovaný obvod pro dvě funkce: pro měření rychlosti otáčení a pro měření úhlu sepnutí kontaktů přerušovače spalovacího motoru v motorových vozidlech.

V zapojení na obr. 45 jsou hradla A a B zapojena jako monostabilní multivibrátory, používající R_3 a C_3 jako časovací prvky. Při chodu motoru spouští splnění a rozpinání kontaktu přerušovače monostabilní multivibrátor, který generuje impulsy o konstantní amplitudě a šířce a s takovým opakovacím kmitočtem, který je funkcí rychlosti otáčení motoru. Je-li přepínač funkcí v poloze 2 (otáčkoměr), jsou impulsy přiváděny na hradlo D („budíč“ měřidla). Na velké kapacitě kondenzátoru C_3 se pulsuující napětí integruje tak, že výchylka ručky měřidla odpovídá rychlosti otáčení.



Obr. 45. Otáčkoměr a měřič úhlu sepnutí kontaktů

Je-li přepínač funkci v poloze 3 (měření úhlu sepnutí kontaktů přerušovače), používá se hradlo C jako inverter, jehož impulsy se přes P_{r10} přivádějí na hradlo D. Impulsy se integrují na kondenzátoru C_3 a výsledné ss napětí se měří měřidlem M. V tomto režimu činnosti přístroje se monostabilní klopný obvod z hradel A a B nepoužívá.

V režimu „měření úhlu sepnutí kontaktů přerušovače“ se přístroj kalibruje s přepínačem funkcí v poloze 3tak. Že při zkratovaných vstupních přívodech se nastaví R_3 na plnou výchylku ručky měřidla – ta pak odpovídá úhlu mezi výstupy vačkového hřídele rozdělovače – pro čtyřválcový motor je to 90°.

Stupnice otáčkoměru se cejchuje po určení požadovaného maximálního počtu otáček, který bude odpovídat maximální výchylce ručky měřidla. Vynásobením rychlosti otáčení v otáčkách za minutu počtem válců a vydělením výsledku 120 lze zjistit odpovídající nízkofrekvenční kmitočet. Např. rychlosti otáčení 6000 ot/min pro čtyřválec odpovídá kmitočet 200 Hz. Odpor R_L je třeba nastavit (nebo zvolit) tak, aby se při kmitočtu 200 Hz na vstupu dosáhlo plné výchylky ručky měřidla. Z uvedeného vztahu je možné zjistit i další kmitočty, odpovídající různým

rychlostem otáčení, pro které se bude cejchovat stupnice.

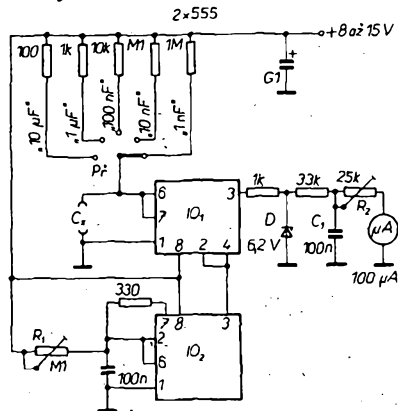
Realizace i instalace jsou jednoduché. Přístroj se spojí příslušným přívodem s kostrovou vozou, vstup se připojí na vývod kontaktu přerušovače. Tento vodič je třeba vést mimo dosah pohyblivých částí motoru a části s vysokou provozní teplotou. Přístroj zapojený podle schématu je určen pro motorová vozidla se záporným pólem baterie na kostře. Vlastní přístroj musí být umístěn v zorném poli řidiče, ale tak, aby nerušil výhled řidiče. Pro trvalou instalaci ve vozidle je třeba dodržet příslušná ustanovení a předpisy pro vybavení motorových vozidel, jinak je přístroj možné také používat jako doplněk při nastavování chodu motoru.

Popular Electronics, listopad 1972

Jednoduchý měřič kapacity

Popisovaný přístroj umožňuje měřit kapacity kondenzátorů od desítek pF do desítek μF s dostatečnou přesností. K indikaci naměřených kapacit se používá libovolné měřidlo o citlivosti 100 μA na plnou výchylku ručky.

Zapojení přístroje je na obr. 46. Skládá se v podstatě ze dvou časovacích obvodů typu 555, z nichž jeden pracuje jako astabilní a druhý jako monostabilní klopný



Obr. 46. Jednoduchý měřič kapacit (IO_1 – monostabilní klopný obvod, IO_2 – astabilní klopný obvod, $f = 900 \text{ Hz}$)

ný obvod. Protože je výstupní napětí monostabilního klopného obvodu omezeno Zenerovou diodou na konstantní velikost, je indikace lineárně závislá na poměru obou časových konstant, to znamená, že přístroj má pro měření kapacit lineární průběh stupnice.

Časové konstanty se vypočítají ze vztahů

$T = 0,69RC$ (pro astabilní klopný obvod) a

$T = 1,1RC$ (pro monostabilní klopný obvod).

Indikace je lineární samozřejmě jen pokud, pokud je časová konstanta astabilního klopného obvodu menší než časová konstanta monostabilního klopného obvodu.

Když se dělič kapacity přepne na nejmenší rozsah, ručka měřidla se ani bez připojeného kondenzátoru nevrátí na nulu. Způsobují to nevyhnutelné vstupní kapacity a částečně také zbytkové napětí časovacího obvodu. Tuto výchylku je však

možné poměrně snadno kompenzovat příslušnou korekci mechanické nuly měřidla.

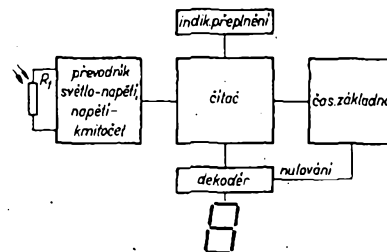
Funkschau č. 2/1979

Univerzální číslicový fotometr

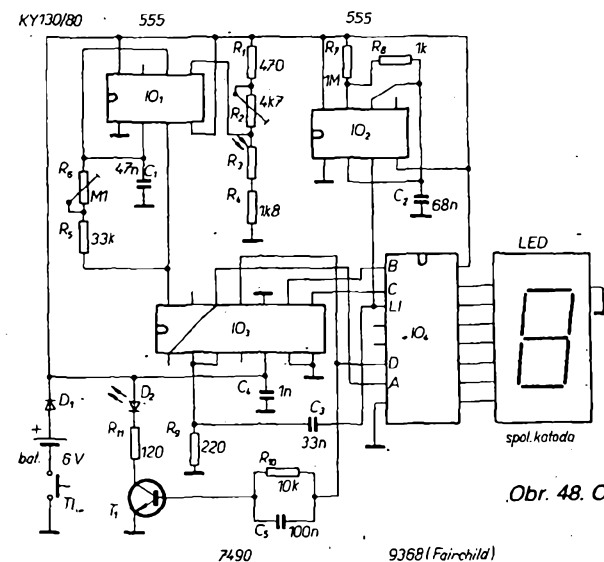
Většina komerčních fotometrů využívá dosud analogového principu měření. Popisovaný přístroj používá digitální měření a změřenou úroveň osvětlení indikuje na číslicovém displeji. Podobná jednocelová zařízení se používají v moderních fotografických přístrojích pro expoziční automatiku, která má zajišťovat negativy s rovnoměrnou hustotou a vhodným kontrastem.

Fotometr je ovšem možné použít i v řadě jiných aplikací, například v chemických laboratořích (průběh některých reakcí závisí na úrovni a rovnoměrnosti osvětlení apod.). Fotometr je také nepostradatelným měřicím přístrojem v oboru osvětlovací techniky. Je také možná jeho aplikace jako čidla v zabezpečovací technice. S malými změnami lze zařízení použít jako světelné relé, spínající při předem určené úrovni osvětlení. Binární informace, dodávaná číslicovým fotometrem, je také použitelná v systémech řízených mikroprocesorem, určených pro automatické řízení určitých operací, atd. Rozsah možných aplikací je tedy velmi široký.

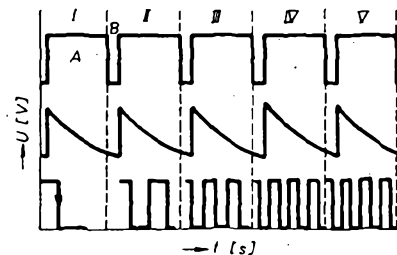
Blokové schéma zapojení přístroje je na obr. 47. Pro převodník světla na napětí se využívá lineárního fotoodporu (AR 12/1981, str. 22), jehož odpor se, jak známo, mění podle intenzity osvětlení (jeho odpor se se zvětšující se intenzitou osvětlení zmenšuje). Napětí, úměrné osvětlení, se pak převádí na kmitočet, který se přivádí do obvodů čítače a displeje, kde se běžným způsobem zpracovává. Protože přístroj s ohledem na složitost a náklady používá pouze jednomístný displej, je



Obr. 47. Blokové schéma přístroje



Obr. 48. Celkové schéma zapojení



Obr. 49. Průběhy signálů ($A = 47 \text{ ms}$, $B = 47 \mu\text{s}$, kmitočet odpovídající osvětlení dělen počtem obdélníků = číslo na displeji)

vybaven indikátorem překročení měřicího rozsahu.

Podrobné schéma zapojení je na obr. 48. Převodník napětí na kmitočet je tvořen integrovaným obvodem IO_1 spolu s připojenými součástkami R_1 , R_2 , fotoodporem R_3 , dále R_4 , R_5 , R_6 a C_1 . Integrovaný obvod typu 555, který je zapojen jako astabilní klopný obvod, má důležitou vlastnost: kmitočet generovaného signálu je nepřímo úměrný řídicímu napětí, přivedenému na vývod 5. Řídicí napětí se získává na sériové kombinaci fotoodporu a pevného odporu R_4 . Tak se získává signál o kmitočtu, úměrném intenzitě osvětlení, detekované fotoodporem.

„Indikační“ část přístroje je tvořena obvodem IO_2 (s přidruženými součástkami), který společně s obvody IO_3 , IO_4 a LED vytváří čítač, dekodér, budič a digitální displej. Obvod pracuje jako jednomístný měřič kmitočtu a počítá impulsy přicházející z obvodu IO_1 za určitý časový interval. Vždy při zahájení dalšího cyklu čítání je čítač nulován.

Obvod C_5 , R_{10} , R_{11} , T_1 a D_2 indikuje blikáním svítivé diody, že byla překročena horní mez měření.

Pro napájení přístroje se používají čtyři tužkové články 1,5 V, zapojené v sérii, což umožňuje konstrukci v přenosném provedení. Dioda D_1 má dvojitou funkci: kromě toho, že zmenšuje napájecí napětí na potřebnou úroveň $5 \text{ V} \pm 5 \%$, používá se i jako ochrana před zničením obvodů při případném obrácení polaritě napájecího napětí.

Při popisu funkce předpokládáme, že přístroj je již správně nastaven (minimální a maximální úroveň osvětlení). Chceme-li určit podíl, který má měřený světelný zdroj na osvětlení (v procentech), které bylo zvoleno za referenční, ponecháme světlo měřeného zdroje dopadat na foto-

odpor. Při stisknutí tlačítka T1 dopadající světlo zmenší odpor fotoodporu R_3 a napětí na vývodu 5 obvodu IO₁ se úměrně zmenší. To způsobí změnu vnitřního referenčního napětí obvodu IO₁ a změnu kmitočtu generovaného signálu. Jako řídicí napětí je možné uvažovat maximálně 4,37 V a minimálně 2,68 V. Změnou odporu R_2 se nastavuje nula, tedy bod vysazení oscilací IO₁, změnou odporu R_6 se nastavuje kmitočet, který bude základem stupnice.

Obvod IO₁ generuje signál nejvyššího kmitočtu při řídicím napětí 2,68 V a odporu R_6 nastaveném na minimum. Signál nejnižšího kmitočtu se získává při řídicím napětí 4,37 V a odporu R_6 nastaveném na maximum.

Při běžci R_6 v poloze minimálního odporu je kmitočet obvodu IO₁ asi 460 Hz, což je možné určit ze vztahu:

$$f = \frac{1}{1,4(R_5 + R_6)C_1}$$

Základní kmitočet, vypočítaný pro $R_6 = 0$, je 115 Hz (dosadíme do stejného vztahu). Základní kmitočet má výstupní signál tehdy, nepřivádí-li se na vývod 5 obvodu IO₁ žádné řídicí napětí. Řídicí napětí ovlivňuje vnitřní komparátory integrovaného obvodu a tím se generovaný kmitočet mění.

Signál se z obvodu IO₁ odebírá z vývodu 3 a přivádí se na vstup 14 čítače IO₃. Jde o čítač TTL typu 7490, který je dostatečně známý.

Obvod IO₂ je zapojen jako astabilní klopný obvod, dodávající asymetrický pravouhlý signál (aktivní cyklus je delší než cyklus nulování). Nulovací impuls trvá kolem 47 μ s. Signál z výstupu IO₃ (číslíce v binárním tvaru) se přenáší do dekodéru a jeho paměti a zobrazuje se na číslícovém displeji.

Na obr. 49 je časový diagram, ukazující souvislost řídicích signálů (aktivace, uložení v paměti, cyklování) se signálem, jehož kmitočet je úměrný měřenému zdroji světla.

Při skončení nulovacího impulsu z IO₂ podrží dekodér poslední informaci na výstupech čítače, dokud se údaje nevynulují a není zahájen nový cyklus čítání.

Dekodér snímá a dekóduje binární signály na vstupech, je-li na vývodu 3 úroveň log. 0. Přivede-li se na vývod 3 úroveň log. 1, dekodér podrží tuto informaci po celou dobu, kdy se na vývodu 3 udržuje úroveň log. 1, bez ohledu na to, jaké binární signály se přivádějí na vstupy obvodu. Popsaný pochod probíhá asi jednadvačetkrát za sekundu, takže změny světelné intenzity jsou registrovány dostatečně rychle.

Pro snadné nastavení odporu R_6 při kalibraci přístroje byl v zapojení použit jednoduchý obvod překročení rozsahu měření, který pracuje takto: přivede-li se na čítač větší počet impulsů, než jaká je jeho kapacita, generuje se na jeho výstupu „přenosový“ impuls, který se přivádí ve složitějších zapojeních do další dekády čítače. V tomto případě se zmíněný impuls přivádí do báze tranzistoru T₁, který se otvírá. R_{10} a C_5 slouží pro filtraci signálů, které není možné vyhodnotit jako signály přenosu.

Konstrukce přístroje je jednoduchá a nepotřebuje zvláštní komentář. Pokud jde o zkoušení, doporučuje se každý stupeň fotometru po dokončení oživit samostatně, zjistit a odstranit případné závady. Když se zdá, že je vše v pořádku, je možné přejít ke kalibraci.

Nejprve je třeba nastavit „nulu“. Přitom se čidlo přístroje vystaví minimálnímu

osvětlení. Po stisknutí tlačítka se na displeji zobrazí libovolné číslo. Zmenšováním odporu R_2 se dosáhne zobrazení nuly na displeji. Pak se opět odpor R_2 zvětšuje až do okamžiku, kdy nula z displeje mizí. Tento postup se několikrát opakuje.

Poté se čidlo vystaví osvětlení maximální intenzity, kterou budeme pokládat za referenční, protože bude maximálním měřeným osvětlením. Nesmí přitom blikat svítivá dioda, indikující překročení rozsahu. Když je přitom na displeji zobrazen údaj menší než 9, pomalu zmenšujeme odpor R_6 , dokud nedosáhneme zobrazení číslíce 9 a začátku blikání svítivé diody. Bliká-li svítivá dioda a displej ukazuje číslíce menší než 9, zvětšuje se odpor R_6 , dokud se nedosáhne indikace číslíce 9 při blikající diodě. Tím je přístroj připraven pro použití k rozlišování úrovně osvětlení.

Pro použití jako měřicí přístroj je vhodné zařízení kalibrovat pomocí komerčního cejchovacího fotometru. Tím se získá definovaný stav mezi údaji obou přístrojů a digitální fotometr pak vyhoví pro většinu aplikací, kde není na závalu jeho rozlišovací schopnost, omezená použitím jednodílného displeje.

Přístroj je možné využívat i v systémech, používajících mikroprocesorové řízení. Binární informace o úrovni osvětlení je k dispozici na výstupech čítače ve tvaru čtyřbitového slova. Tuto informaci je možné uložit ve čtyřbitové paměti a pak předat na sběrnici mikroprocesoru.

Závěrem lze konstatovat, že tento digitální fotometr přes jednoduchou koncepci (zvolenou s ohledem na dosažení minimálních nákladů) vyhoví pro většinu použití. Nedoporučuje se však použít pro montáž integrovaných obvodů typu 555 objímky, protože výměna nebo záměna těchto obvodů by mohla ovlivnit správnost již udělané kalibrace. IO₁ by bylo možné nahradit obvodem MH7475 a D146 (pak lze použít displej se společnou anodou).

Antenna, květen 1980

Hlukoměr

Přístroje pro měření úrovně hluku, případně zvuku nacházejí v současné době další aplikace, jako je například kontrola hlasitosti hudebních produkcí nebo diskoték. Popisovaný přístroj je poměrně jednoduchý, má však pro běžné použití vhodné parametry. Měří úroveň hluku v pěti rozsazích po 10 dB, celkový rozsah měření je 70 až 120 dB, s přesností měření 1/2 dB. Prototyp popisovaného přístroje měl chybu měření ± 1 dB. Zapojení hlukoměru je uvedeno na obr. 50. Akustický signál se snímá mikrofonem M, za kterým je zapojen obvod C₁, C₂, R₁ a R₂. Tyto součástky spolu s kapacitou mikrofonu a vstupní impedancí připojeného zesilovače tvoří filtr, zajišťující pro zapojení kmitočtový průběh podle mezinárodních

zvyklostí. Signál se pak přivádí na operační zesilovač IO₁, jehož citlivost se přepíná přepínačem P₁ v pěti měřicích rozsazích.

Diody D₁ až D₄ usměrňují střídavé napětí na výstupu operačního zesilovače a přes odpor R_5 se usměrněné napětí přivádí na měřidlo. Protože usměrňovač je zapojen ve zpětnovazební větvi zesilovače, je indikace v celém rozsahu lineární. Pro ochranu použitého měřidla proti příliš velkému výstupnímu napětím je použita dioda D₅, omezující výstupní napětí usměrňovače, je-li hlukoměr přepnut na příliš citlivý rozsah měření a je-li měřený hluk příliš velký. Kondenzátory C₅ a C₆ a odpor R₇ se používají pro fázovou a kmitočtovou kompenzaci zesilovače.

Odběr přístroje je za běžného provozu kolem 2 mA, proto je pro jeho napájení možné použít dvě destičkové baterie 9 V. Tlačítko T1, kterým se přístroj zapíná, nemá aretaci, čímž je zajištěno vypnutí přístroje ihned po skončení měření. Stupnice by měla mít logaritmické dělení s konečnou hodnotou + 10 pro měření v decibelech. Přístroj je možné kalibrovat porovnáním s komerčně vyráběným typem hlukoměru.

Elektor, červenec/srpen 1979

Nízkofrekvenční wattmetr

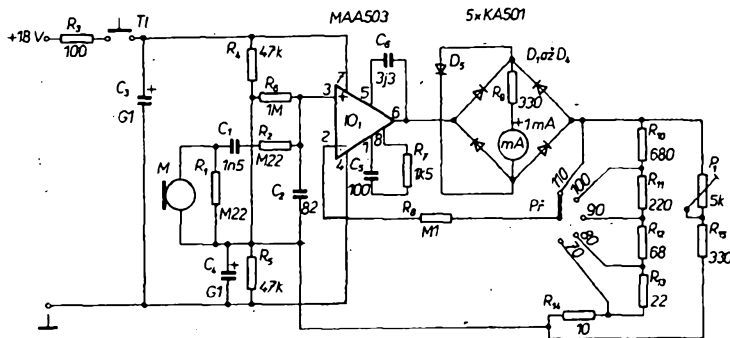
V době, kdy se pro ozvučování veřejných sálů, ale i bytových prostorů používají nízkofrekvenční zesilovače o výkonu desítek, nezdídky a stovek wattů, může být pro řadu uživatelů zajímavý doplněk zesilovače pro indikaci nízkofrekvenčního výkonu. Princip měření je možné použít pro libovolný zesilovač. Velmi jednoduchým přístrojem je možné měřit úroveň napětí na výstupu zesilovače, takže při používání reproduktorů o impedanci, pro kterou je přístroj navržen (4 Ω) lze měřit výkon na dvou rozsazích – 50 a 200 W. Pro indikaci výkonu se používá běžné ručkové měřidlo o citlivosti 1 mA.

Zapojení nízkofrekvenčního wattmetru je na obr. 51. Závislost mezi výstupním výkonem P a výstupním napětím zesilovače má kvadratický průběh, což je zřejmé z definice rovnici

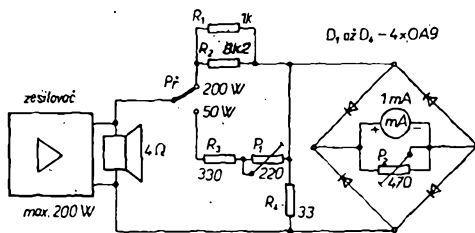
$$P = \frac{U_{\text{ef}}^2}{R_z}$$

kde R_z je zatěžovací odpor.

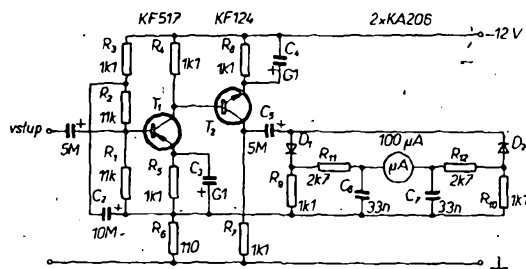
Protože však kvadratický průběh stupnice může ztěžít čtení měřených údajů, přivádí se výstupní napětí zesilovače přes odporový dělič na můstkový usměrňovač. Pro převod kvadratické závislosti na lineární se využívá typického průběhu charakteristiky germaniových diod. Pokud napětí



Obr. 50. Zapojení hlukoměru



Obr. 51. Nizkofrekvenční wattmetr



Obr. 52. Milivoltmetr s lineární indikací pro kmitočty do oblasti MHz

na můstkovém usměrňovači nepřekročí 1,4 V, zajišťuje charakteristika diod kvadratický průběh závislosti proudu na napětí. Prakticky to znamená, že proud diodami je úměrný čtverci výstupního napětí (U_{out}^2). Použijeme-li pro měření tohoto proudu měřidlo s otočnou cívkou, dosáhneme – samozřejmě po nastavení – u nízkofrekvenčního wattmetru přibližně lineární stupnice.

Aby bylo možno měřit i menší výkony, byly u popisovaného přístroje použity dva rozsahy, které se přepínají – P1 – odporový. Není třeba používat zvlášť přesné odpory – nastavení umožňuje potenciometry P1 a P2. Je zřejmé, že po malé úpravě lze přístroj použít i pro jiné zatěžovací impedance, případně navrhnout pro jiné rozsahy měření. Přitom je však důležité, aby vnitřní odpor použitého měřidla nebyl příliš velký, měl by být 100 až 180 Ω.

Po zapojení je třeba přístroj nastavit, nejlépe společně se zesilovačem. Na vstup zesilovače se připojí tónový generátor, nastavený na 1 kHz. Na výstup zesilovače se připojí popisovaný nízkofrekvenční wattmetr. Při měření se doporučuje s ohledem na sluch odpojit reproduktory a použít odporovou zátěž. Paralelně k nízkofrekvenčnímu wattmetru se připojí univerzální měřicí přístroj, přepnutý na měření střídavých napětí. V poloze přepínače P1 „200 W“ se regulátorem hlasitosti postupně zvětšuje i výkon zesilovače. Než ručka wattmetru dosáhne konce stupnice, je třeba nastavit P2 tak, aby tímto proměnným odporem protékal větší proud. Když univerzální voltmetr ukazuje napětí 28,3 V, pak to při zátěži 4 Ω odpovídá výkonu 200 W; proměnným odporem P2 se nastaví plná výchylka ručky měřidla wattmetru. Pak se regulátor hlasitosti „stáhne“ tak, až univerzální voltmetr ukazuje výstupní napětí 14,1 V. To odpovídá výstupnímu výkonu 50 W. Pak se přepínač přepne do polohy „50 W“ a trimrem P3 se nastaví ručka měřidla na plnou výchylku. Tím je nastavení wattmetru skončeno.

Elektr. č. 2/1981

Nízkofrekvenční milivoltmetr s lineární indikací pro kmitočty až do oblasti MHz

Silné zakřivení charakteristiky diod v propustném směru způsobuje při usměrňování malých napětí, že proud protékající měřidlem není úměrný přiváděnému napětí. Tím dochází ke zhoršení vlastností milivoltmetru – nelinearitě je možné omezit mimo jiné také použitím proudové záporné zpětné vazby z výstupního usměrňovače na vstup zesilovače.

Pro účinnou linearizaci pomocí proudové zpětné vazby je třeba, aby zpětnova-

zební proud byl úměrný vstupnímu napětí. Zapojení na obr. 52 ukazuje realizaci popsaného řešení.

Zesilovač má dobré vlastnosti (širokopásmovost) a dostatečnou rezervu zesílení. Proud detektorem vyvolá na odporu R_6 úbytek napětí. Toto napětí se používá jako zpětnovazební signál. Jednoduchým způsobem tak získáme zesilovač se silnou zápornou zpětnou vazbou. Proudová zpětná vazba linearizuje poměr vstupního napětí k výstupnímu proudu. Dosažený linearizační účinek je značný. Experimentálně nebylo možné zjistit podstatné odchylky od lineárního vztahu mezi vstupním napětím a výstupním proudem v rozsahu od 5 μ A do 100 mA v pásmu 20 Hz až 1 MHz. Výstupní proud 100 μ A přitom odpovídal vstupnímu napětí 100 mV.

Pro porovnání byly změněny vlastnosti zapojení bez zpětné vazby (odpor R_6 zkratován). Při výstupním proudu 30 μ A byla zjištěna nelinearita 25 %, a při výstupním proudu 10 μ A nelinearita 100 %. Velikost záporné zpětné vazby a tím i citlivost je možné nastavit změnou odporu R_6 . V tabulce jsou uvedeny charakteristické parametry zesilovače v závislosti na odporu R_6 .

R_6	Napěťové zesílení	Do ní mezní kmitočet	Horní mezní kmitočet	Vstupní impedance
[Ω]		[Hz]	[MHz]	[kΩ]
0	2000	100	0,65	
11	100	30	9	20
111	10	10	24	100

Funkamateur č. 5/1981

Generátory signálů

Levný generátor přesného síťového kmitočtu pro hodiny

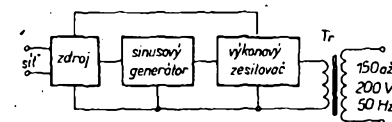
Je všeobecně známo, že signálem síťového kmitočtu u nás nemůžeme řídit ani digitální hodiny, ani hodiny se synchronním motorem, protože síťový kmitočet je vždy nižší než 50 Hz. Denní zpoždění hodin je proto 10 až 20 minut.

Bylo již popsáno několik způsobů, jak vytvořit časový normál 50 Hz, ale krystalový generátor, dělič kmitočtu, zesilovač z diskretních součástí a transformace impulsů – to vše je dosti složité a navíc – výstupní signál má jakýsi tvar, který sinusovku připomíná jen vzdáleně. Kromě toho, impulsy měly po zesílení sklon k rušení „všeho“ a některé druhy synchronních motorů se nenechaly ošidit – při napájení rádo by sinusovým signálem prostě odmítaly vyvíjet jakoukoli činnost. Zařízení potřebovalo krystal, hodně používaný IO, stabilizovaný zdroj.

Proto jsem si zvolil jinou cestu. Popisovaný přístroj není řízen krystalem a přitom jím napájené hodiny budou přesnější, než běžné hodiny. Při pečlivém nastavení nemusí být odchylka hodin od správného času větší než ± 20 s denně (i méně).

Generátor nebo celé zařízení můžeme použít k pohonu synchronních motorků hodin, i jako zdroj 50 Hz pro digitální hodiny, případně vestavěné do rozhlasového přijímače.

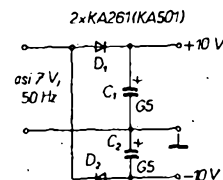
Blokové schéma celého zařízení je na obr. 53. Skládá se ze čtyř částí: ze zdroje, sinusového generátoru, výkonového zesilovače a převodního transformátoru.



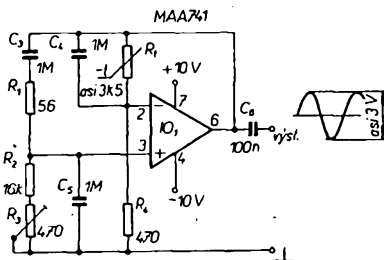
Obr. 53. Blokové schéma generátoru

Zdrojová část je rozdělena, společným dílem je jen napájecí transformátor, který je typu EI20 s výškou svazku 20 mm. Primární vinutí (síťové) má 3000 závitů o $\varnothing$ 0,11 mm, sekundární I (pro napájení sinusového generátoru, obr. 54) má 100 závitů drátu o $\varnothing$ 0,1 mm (asi 7 V), sekundární II pro napájení výkonového zesilovače má 200 závitů drátu o $\varnothing$ 0,4 mm (asi 14 V). Nebylo by na škodu, kdybychom použili i větší transformátor. Usměrňovače a filtrační kondenzátory jsou umístěny na deskách s plošnými spoji jednotlivých funkčních celků. Napájecí napětí nepotřebuje žádnou stabilizaci.

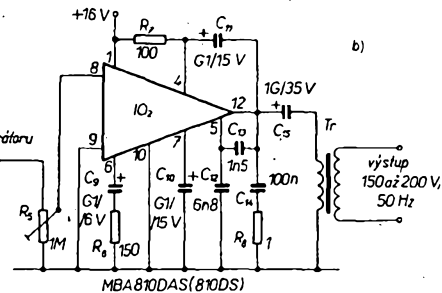
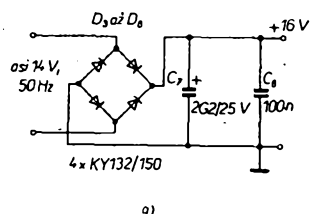
Generátor sinusových kmitů je na obr. 55. Jedná se o Wienův můstek s operačním zesilovačem (ve zjednodušené formě), na výstupu OZ dostaneme napětí sinusového průběhu s malým zkreslením a amplitudou asi 3 V. Termistor R_1 zaručuje amplitudovou stabilizaci i tvar výstupního napětí a musíme použít perličkový typ (některý z těchto typů: 12NR08, 12NR15, 12NR10, 12NR17). Odpory generátoru by měly být stabilní, kondenzátory také (ve vzorku byly použity obyčejné miniaturní odpory, kromě R_1 a R_2 , a kondenzátory papírové zalisované válcové, přitom přístroj pracuje uspokojivě). Odporovým trimrem R_3 nastavíme měřičem periody kmitočet výstupního napětí 50 Hz



Obr. 54. Zdroj napájecího napětí generátoru sinusového signálu



Obr. 55. Generátor sinusového signálu

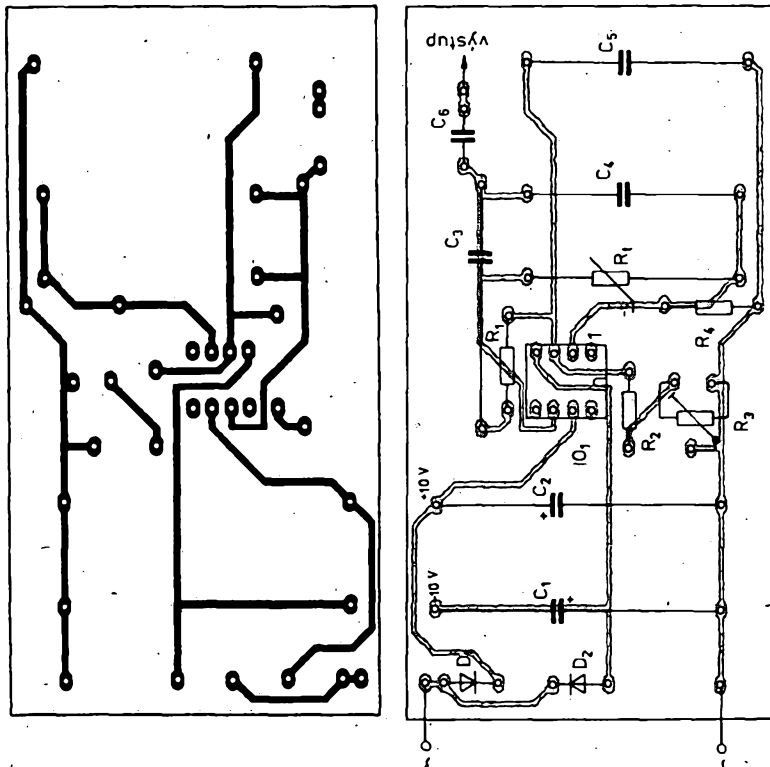


Obr. 56. Výkonový zesilovač. (b) a jeho napájecí zdroj (a)

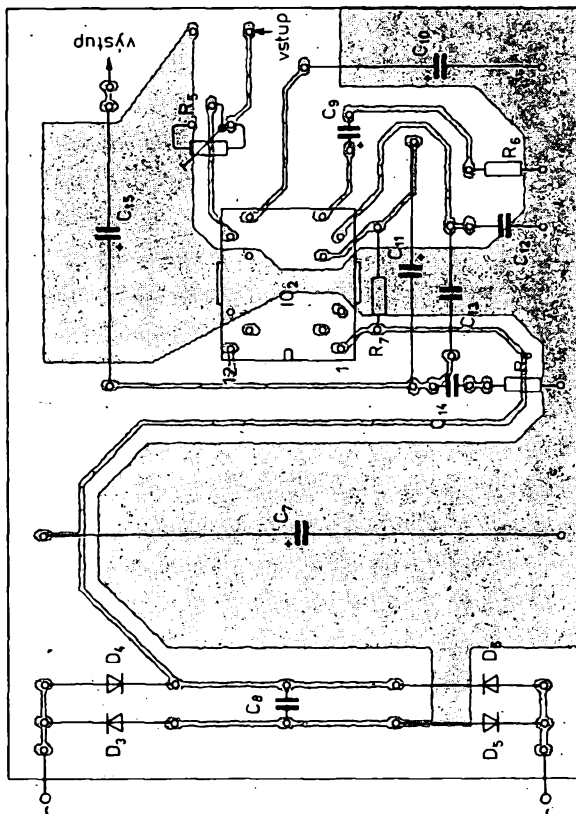
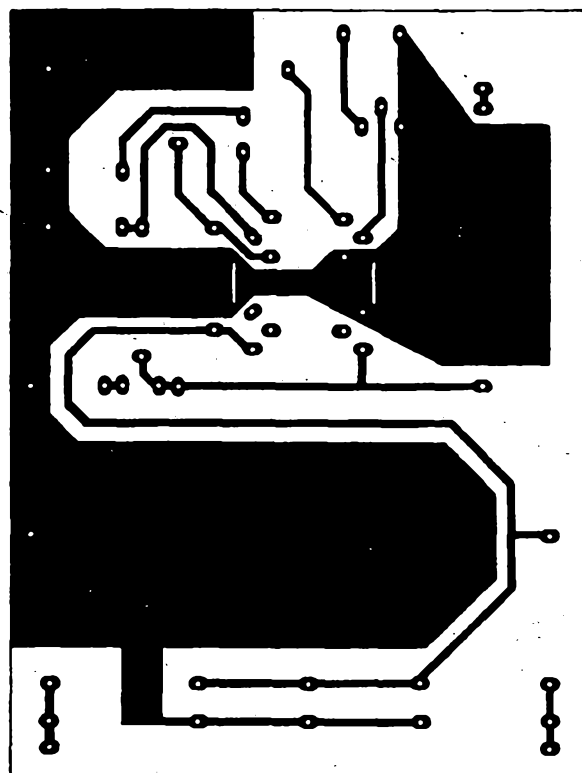
(20 000 μ s). Potom bude výhodné, změřit R_2 a R_3 a použít jiné odpory tak, aby R_3 tvořil jen malou část celkového odporu kombinace $R_2 + R_3 = 16,250$ k Ω . Použijeme pevný odpor (vybíráme, nebo složíme) $R_2 = 16$ k Ω a trimr 470 Ω . Na výstupu musíme dostat sinusové napětí. Nebude-li tvar sinusovky pravidelný, pak je nesprávný termistor, nebo se liší kapacity kondenzátorů od uvedených více, než je únosné.

Dalším dílem přístroje je výkonový zesilovač podle obr. 56a, b. Využijeme výhody monolitického zesilovače MBA810DS (nebo DAS), s vestavenou tepelnou ochranou, z něhož můžeme odebírat výkon 4 až 5 W. Obvykle ani tolik nebudeme potřebovat, ale každopádně obvod opatříme chladičem s co největší plochou. Napájecí napětí nemá překročit 16 V.

Na vstup zesilovače přivedeme sinusový signál a na osciloskopu kontrolujeme tvar výstupního signálu. Výstup zesilovače je zatížen transformátorem. Odporovým trimrem R_5 zmenšujeme úroveň vstupního signálu tak, by vrcholky sinusovky na výstupu nebyly omezeny (oříznuty). Výstupní amplituda na primárním vinutí bude asi 3 V, proto podle toho stanovíme i poměr převodního transformátoru. Použil jsem transformátor s jádrem M17 (M55), primární vinutí má 40 závitů drátu o $\varnothing 0,4$ mm, sekundární vinutí 3000 závitů drátu o $\varnothing 0,15$ mm. Na zátěži na sekundárním vinutí dostaneme 150 až



Obr. 57. Deska s plošnými spoji Q202 generátoru sinusového signálu se zdrojem napájecího napětí



Obr. 58. Deska s plošnými spoji Q203 výkonového zesilovače se zdrojem napájecího napětí

200 V, signál má sinusový tvar a kmitočet přesně 50 Hz.

Synchronní motorky v hodinách mají obvykle odběr 15 až 20 mA, při napájení z popisovaného zdroje pracuje tedy výkonový zesilovač s rezervou, potřebují-li větší proud, pak výkonový zesilovač zatěžujeme až „na doraz“.

Oba transformátory a obě desky s plošnými spoji (obr. 57 a 58) byly upevněny na jednu nosnou desku a přikryty bakelitovou krabicí 120 × 170 × 60 mm bez větracích děr (viz fotografie na obálce). V takovém případě se uvnitř krabice vytvoří „mikroklima“ s poměrně stálou teplotou kolem 35 °C (zesilovač MBA810 má na pouzdře asi 60 °C, napájecí transformátor přibližně také). Po uplynutí delšího času (několik hodin po dosažení teplotní rovnováhy) nastavíme definitivně kmitočet výstupního signálu pomocí R_3 .

Potřebujeme-li větší výkon, než můžeme odebrat z MBA810, pak lze použít výkonové zesilovače MDA2010, příp. 2020 na 18, popř. 25 W, kterými již můžeme napájet nejen synchronní motor, ale i větší přijímač s magnetofonem a vestavenými digitálními hodinami. Zapojení zůstane celkem zachováno, bude třeba pouze zaměnit napájecí a výstupní transformátor za výkonnější typy. Výkonový zesilovač lze zapojit podle některého z návodů, které již byly v AR otištěny.

Výkonový ultrazvukový generátor

Oblast aplikací ultrazvuku je velmi rozsáhlá. Od čištění neprůzračnějších předmětů (brýlí, hodinek, šperků atd.) přes lékařskou elektroniku, zabezpečovací zařízení, pomůcky pro nevidomé, pájení hliníku, odpuzování komárů, dálkové ovládání, až po speciální aplikace (jako ultrazvuková holografie a vojenská technika) – všude se můžeme setkat s využitím ultrazvuku. Ve všech vyjmenovaných aplikacích se používají jednak generátory ultrazvukového kmitočtu, jednak potřebné ultrazvukové měniče, převádějící střídavé elektrické napětí na akustický signál. V dalším textu je popsán univerzální výkonový ultrazvukový generátor, který je možné používat pro experimenty v různých aplikacích.

V praxi se používají dva druhy měničů – magnetostrikční a piezoelektrické. Protože výroba magnetostrikčního měniče je poměrně náročná a nákladná, pro amatérské použití přicházejí v úvahu měniče na základě piezoelektrické keramiky, které se vyrábějí průmyslově. Popisovaný

generátor je možné používat pro všechny typy piezokeramických ultrazvukových měničů. Dodává napětí pravoúhlého průběhu a to nemodulované s modulací jiným pravoúhlým napětím nebo s modulací kmitočtovou. Výstupní signál v kmitočtovém pásmu 3 až 60 kHz má výkon podle potřeby, popř. podle použitého napájecího zdroje (60 až 240 W). Takový generátor je základním přístrojem pro všechny výkonové experimenty s ultrazvukem, ať již jde např. o ultrazvukovou čističku, nebo zabezpečovací zařízení apod.

Schéma zapojení generátoru je na obr. 59 a dělí se na čtyři části: výkonový zesilovač ve třídě B, modulovaný nebo nemodulovaný oscilátor, sestavený z invertorů v technologii CMOS, výkonový napájecí část a zdroj napájení oscilátoru.

Výkonový zesilovač, pracující ve třídě B, který tvoří tranzistory T_3 , T_4 a dvojice tranzistorů T_1 a T_2 , by mohl při odporové zátěži dodávat proud 5 A. Paralelní spojení tranzistorů pro T_1 a T_2 se může zdát poněkud „barbarské“, ovšem v režimu plného otevření a plného zavření lze toto zapojení použít. Je však nutné zajistit dostatečný budicí proud pro báze (ten dodávají tranzistory T_3 a T_4), aby bylo zaručeno, že se oba tranzistory dvojice dostanou spolehlivě do saturace. V zapojení koncových stupňů stabilizovaných zdrojů, nebo nízkofrekvenčních zesilovačů se běžně v emitorech tranzistorů používají odpory, zajišťující rovnoměrné rozdělení proudu ve dvou nebo třech paralelních tranzistorech, tvořících koncový tranzistor. Rovnoměrnému rozdělení proudu pak odpovídá i rovnoměrné rozdělení zatížení jednotlivých tranzistorů – tyto úpravy zapojení není třeba u tohoto generátoru používat.

V pracovním režimu tranzistorů T_1 a T_2 , které jsou buď v saturovaném, nebo blokováném stavu, odpovídá tepelná ztráta jednotlivých tranzistorů ztrátě na diodě při obdobném zatížení. Dosažený výkon koncového stupně závisí na použitém napájecím napětí. Pro napětí 60 V je možné dosáhnout přibližně výkonu

$$P_{\max} = 60 \text{ V} \times 4 \text{ A} = 240 \text{ W}.$$

Tranzistory T_3 a T_4 tvoří Darlingtonův zesilovač n-p-n, tranzistory T_1 a T_2 tvoří Darlingtonův zesilovač polarity p-n-p. Koncový stupeň je tedy komplementární.

Ridicí oscilátor, kterým se budí koncový stupeň generátoru, používá integrovaný obvod CMOS, obsahující šest invertorů. Jde vlastně o dva oscilátory, označené ve schématu jako oscilátor 1 a oscilátor 2. Kombinace kondenzátoru C_6 a proměnného odporu P_2 určuje kmitočet osciláto-

ru 1. Tento oscilátor se používá pro modulaci signálu z oscilátoru 2 pomocí tranzistoru T_5 . Základní kmitočet oscilátoru 2 určuje kombinace R_3 , C_5 a P_1 . První oscilátor tedy může pracovat v nízkofrekvenční oblasti, a modulovat ultrazvukový oscilátor 2.

Kmitočet obou oscilátorů je možné nezávisle řídit, takže generátor je skutečně univerzální a může se použít například jako generátor pro sirénu poplašného zařízení s kmitočtovou modulací nebo pro provoz ultrazvukové čističky. Pro přibližné určení kmitočtu oscilátoru je možné použít vztah

$$T = 2,25RC,$$

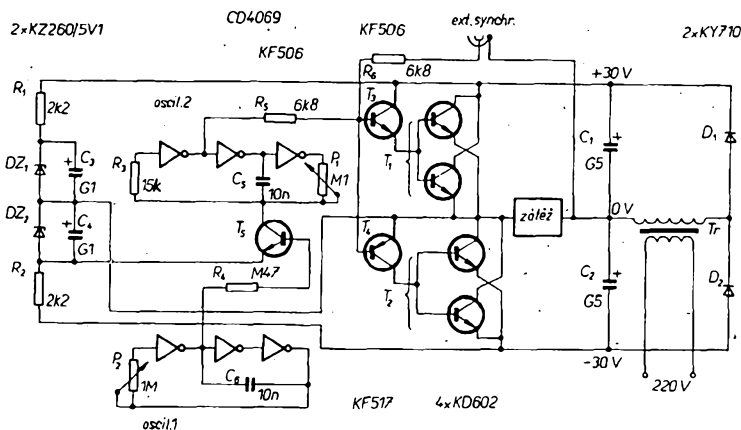
kde T je doba trvání cyklu oscilací, R je odpor proměnného odporu P_2 , C se rovná C_6 . Použití odporu R_3 v oscilátoru 2 není nezbytné, zlepšuje však stabilitu kmitočtu v závislosti na napájecím napětí. V oscilátoru 2, který je kmitočtově modulován, to však nemá zvláštní význam.

Napájecí část je třeba dimenzovat podle požadovaného maximálního výkonu. Výstupní napětí a maximální proud zdroje musí odpovídat předpokládané potřebě. Předpokládá-li se použití jen pro čištění ultrazvukem, je možné s napájecím napětím „jít“ až k mezímu napětí použitých tranzistorů.

Oscilátory mají přesto, že byl použit obvod v technologii CMOS, který má výrazně menší spotřebu než obvody v technologii TTL, poměrně značnou spotřebu. Je to způsobeno tím, že k nabíjení a vybíjení použitých kondenzátorů je při vysokém kmitočtu třeba určitá energie. Ke správnému napájení oscilátoru je proto třeba zajistit proud minimálně 10 mA při napětí 5 V. Použití obvodu se Zenerovými diodami R_1 , R_2 , DZ_1 a DZ_2 zajišťuje poměrně stabilní napětí 6 až 10 V pro napájení integrovaného obvodu. K napájení oscilátoru je samozřejmě také možné použít usměrněné napětí z odděleného sekundárního vinutí síťového transformátoru (3 až 4 V/100 mA).

Konstrukční provedení generátoru není náročné, součástky jsou umístěny na desce s plošnými spoji, výkonové tranzistory jsou opatřeny přiměřenými chladiči. Před uváděním do provozu se běžce proměnných odporů nastaví do střední polohy. Výstup generátoru se zatíží odporem 1 k Ω (pro zatížení minimálně 10 W). Po zapnutí přístroje se buď střídavým voltmetrem, nebo osciloskopem ověří, odpovídá-li výstupní napětí omezení napájecím napětím, tj. dosahuje-li se saturace. Při nízkých kmitočtech (8 až 10 kHz) je oteplení výkonových tranzistorů nepatrné. Náběžné hrany impulsů jsou poměrně velmi strmé, proto je malý i rozptýlený výkon. Při zvyšování kmitočtu (nastavením proměnného odporu) do pásma 80 až 100 kHz je však situace jiná. Zde již představují náběžné a sestupné hrany impulsů až třetinu doby trvání cyklu, což vysvětluje i větší oteplení koncových tranzistorů. Rychlost (strmost) náběžných a sestupných hran výstupního napětí je omezena koncovými tranzistory, protože doba trvání náběžné hrany pro obvod CMOS je kolem 150 ns.

Pro použití generátoru budou stručně popsány dvě aplikace. První z nich je poplašná siréna. Využívá piezokeramického měniče o rozměrech $\varnothing 10 \times 0,2$ mm, umístěného ve středu kruhové membrány z hliníkové fólie o tloušťce 0,1 mm. Je třeba si uvědomit, že mechanické tlumení mění značně účinnost i rezonanční kmitočet celé soustavy. Piezokeramický ultrazvukový měnič („zátěž“ na obr. 56) je opatřen na obou čelních plochách postříbřenou vrstvou, ke které je třeba přivést napájecí napětí.



Obr. 59. Výkonový ultrazvukový generátor

Provedení vývodů je třeba věnovat zvýšenou pozornost. Je možné použít kontakt, přitlačovaný pružinou. Autor původní konstrukce použil opatrně připájený tenký drát (0,05 až 0,1 mm), který nezavádí prakticky žádné přidavné tlumení. Nejlépe je v tomto případě řídit se doporučením výrobce. Po připojení dokončeného měniče ke generátoru se změnou nastavení P_1 a P_2 vyhledá rezonance, která v popisovaném příkladu byla kolem 3 kHz. Dosahovaná úroveň hlasitosti je přitom velmi vysoká, proto pozor na citlivé sluchové orgány. V porovnání s tradičními sirénami má toto provedení větší výkon i lepší akustickou účinnost – uvádí se, že je navíc asi pětikrát levnější.

Druhou aplikací je ultrazvuková čistička. Bohužel nelze realizovat nádobu tak velkou, aby její rezonance odpovídala rezonančnímu kmitočtu měniče. Bylo vyzkoušeno originální improvizované provedení: používá plechovku konzervy, na jejíž dno se upevní piezokeramický měnič. Upevnění disku měniče s postříbenými čely není jednoduché a vyžaduje pečlivou práci, zvláště s ohledem na dosažení potřebného elektrického kontaktu. Pokud není k dispozici vodivý tmel, lze použít běžnou epoxidovou pryskyřici po zdrsnění dna plechovky tak, aby vzniklé výstupy pronikly vrstvou lepidla a zajistily spolehlivý kontakt. Mezi měnič a dno plechovky je také možno pro dosažení kontaktu vložit jemnou měděnou sítku. Po připojení kontaktu ke druhé postříbené ploše se plechovka naplní kapalinou (podle účelu je možné použít vodu, případně s detergentem, často se používají rozpustidla, freon) je možné připojit generátor a zjistit v voltmetrem nebo osciloskopem při otáčení proměnným odporem oscilátoru rezonanci. Před vlastním čištěním je třeba získat určité zkušenosti, je totiž možné se setkat s některými nežádoucími účinky ultrazvuku (oxidační nebo katalytické), které mohou ovlivnit výsledky čištění.

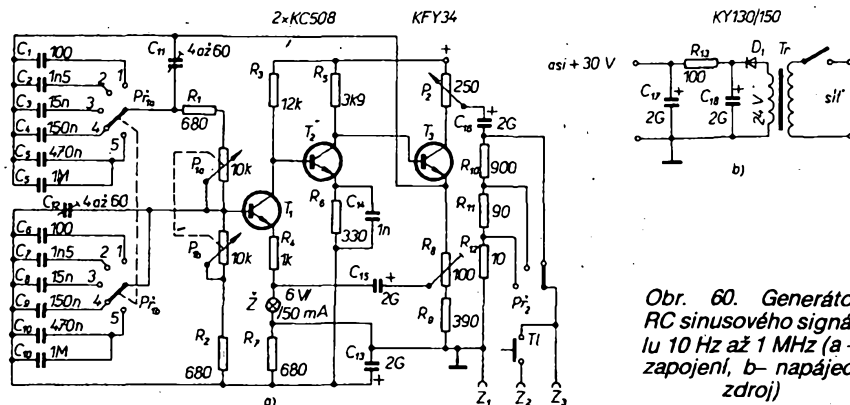
Le Haut Parleur, č. 1583

Generátor RC sinusového signálu 10 Hz až 1 MHz

Přístroj tohoto typu se v amatérské praxi používá velmi často k měření nízkofrekvenčních zesilovačů, filtrů, zařízení pro dálkové ovládání s tónovými kmitočty atd. Koncepce jeho řešení s tranzistory má i v dnešní době speciálních integrovaných obvodů pro generátory funkcí své oprávnění. Je to nejlépe vidět z parametrů přístroje: kmitočtový rozsah 10 až 1 MHz je rozdělen do pěti rozsahů 10 až 100 Hz, 100 až 1000 Hz, 1 kHz až 10 kHz, 10 kHz až 100 kHz, 100 kHz až 1 MHz; vestavěný obvod stabilizace výstupního napětí udržuje na výstupu konstantní úroveň 2 V, kterou je možné přepínatelným zesilovačem zmenšit na 200 mV a 20 mV. Plynulá regulace výstupního napětí umožňuje nastavovat libovolné napětí od maximálního až do nuly. Výstupní napětí je sinusové s činitelem zkreslení menším než 0,3 %.

Zapojení přístroje je na obr. 60. Obvod určující kmitočet používá Wienova-Robinsonova můstku, jehož výstupní napětí zesiluje stejnoměrně vázaný zesilovač. Vstup zesilovače je připojen k úhlopříčce můstku, který je napájen výstupním zesilovačem. Vstupní i výstupní napětí má stejnou fázi.

Všechny tři stupně zesilovače s T_1 , T_2 a T_3 používají stejnosměrnou vazbu. Stupně s tranzistory T_1 a T_2 pracují v emitorovém zapojení. Tranzistor T_3 pracuje s rozdělenou zátěží, takže zesílený signál se odebírá jak z emitoru, tak i z kolektoru.



Obr. 60. Generátor RC sinusového signálu 10 Hz až 1 MHz (a – zapojení, b – napájecí zdroj)

Napětí odebírané z emitoru T_3 má stejnou fázi jako vstupní napětí a přivádí se na můstek. V kolektoru T_3 je zapojen potenciometr P_2 , z něhož se odebírá výstupní napětí. Zpětnovazební napětí a výstupní napětí je tedy od sebe odděleno, takže zatížení na výstupu neovlivňuje amplitudovou stabilizaci, ani kmitočet, ani zkreslení.

Pro dosažení stabilních pracovních bodů je přes všechny tři stupně zesilovače zavedena silná stejnosměrná záporná zpětná vazba. Emitorové odpory, které nejsou přemostěny kondenzátory, zavádějí současně také přidavnou střídavou zápornou zpětnou vazbu. Z odbočky odporového trimru R_8 , zapojeného v emitoru T_3 , se zavádí silná střídavá záporná zpětná vazba do emitoru T_1 . Zárovka Z_1 , zapojená v emitoru T_1 , slouží pro stabilizaci amplitudy signálu. Úroveň výstupního napětí se nastavuje pomocí R_8 na 2 V. Výstupní napětí se přivádí přes C_{18} na třípolohový přepínač, kterým se nastavuje jeho úroveň skokově na 2 V, 200 mV, 20 mV. Jemně lze úroveň výstupního napětí nastavit potenciometrem P_2 .

Kondenzátory C_1 až C_{12} se používají jako prvky, určující „hrubě“ kmitočet. „Jemně“ se kmitočet v nastaveném rozsahu mění tandemovým potenciometrem P_{10} , P_{15} .

Přístroj se napájí ze síťového transformátoru 220/24 V přes usměňovací diodu D_1 a filtrační kondenzátory C_{17} a C_{18} . Samozřejmě je možné použít i dvoucepné usměrňování. Výstupní napětí se odebírá na zdílkách Z_1 , Z_2 , Z_3 . Mezi zdílkami Z_1 a Z_3 je signál vyveden přímo, na zdílkou Z_2 je signál přiveden přes tlačítko, což je výhodné při nastavování zařízení pro dálkové ovládání s tónovou volbou.

Konstrukci a mechanickému provedení včetně stupnice je třeba věnovat péči odpovídající stavbě měřicího přístroje. Součástky jsou na desce s plošnými spoji, přístroj je umístěn v kovové skřínce.

Uvedení do provozu a kalibrace přístroje začíná kontrolou funkce přístroje na všech rozsazích, pokud jde o amplitudu signálu a jeho tvar. Je třeba k tomu použít nV voltmetr a osciloskop. Ke kalibraci je nutno použít druhý, kalibrační generátor a osciloskop. Přesná shoda kmitočtu se kontroluje Lissajousovými obrazy. Kalibrační generátor se připojí na vstup X, kalibrovaný generátor na vstup Y. Přepínač časové základny osciloskopu se uvede do polohy „Externí“. Kalibrace začíná na rozsahu 10 až 100 Hz, na kmitočtu 20 Hz. Na tento kmitočet se nastaví kalibrační generátor a po dosažení příslušného obrazce na obrazovce se na stupnici kalibrovaného generátoru označí poloha značkou. Pak se pokračuje na dalších kmitočtech podle požadované přesnosti dělení stupnice. Podobně se zkalibrují další rozsahy. Pro kalibraci je

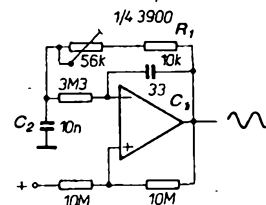
samozřejmě možné použít modernější postup s využitím číslicového měřicího kmitočtu.

Funktechnik č. 15/1973

Jednoduchý generátor funkcí pro jeden kmitočet

Funkční generátor pro univerzální použití s minimálním počtem součástek lze realizovat se čtyřmi Nortonových zesilovačů v jednom pouzdře LM3900.

Pro zapojení sinusového generátoru stačí jen jeden Nortonův zesilovač podle zapojení v obr. 61. Když se v tomto zapojení vynechá odpor R_1 a kondenzátor C_1 , dojdeme k standardnímu zapojení generátoru pravouhlého napětí s Nortonovým zesilovačem.



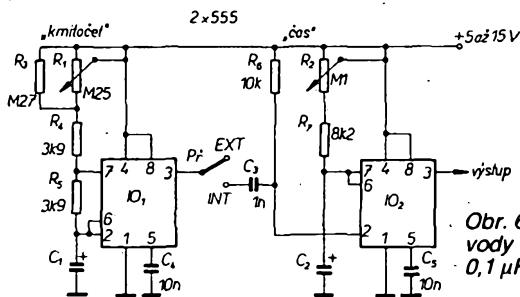
Obr. 61. Jednoduchý generátor funkcí s Nortonovým zesilovačem – generátor sinusového signálu

novým zesilovačem, ve kterém časovací proud protéká kondenzátorem C_2 . Umístili se do tohoto zapojení integrační kondenzátor C_1 , vzniká z generátoru pravouhlého napětí generátor sinusového napětí s poměrně dobrým sinusovým průběhem na výstupu. Odpor R_1 pomáhá přizpůsobit časové konstanty obvodu a lze jím nastavit minimální zkreslení výstupního sinusového napětí.

Podobný obvod je možné doplnit ke standardnímu zapojení generátoru pravouhlého a trojúhelníkovitého napětí se dvěma Nortonovými zesilovači. Ze zapojení na obr. 62 je zřejmé, že výstup trojúhelníkovitého napětí se používá jako vstup pro zesilovač sinusového stupně.

Pro součástky uvedené v obrázku je pracovní kmitočet zapojení kolem 700 Hz. Odpor R_1 se používá k nastavení minimálního zkreslení sinusového průběhu, odpor R_2 k nastavení symetrie trojúhelníkovitého a obdélníkovitého napětí. V provedení s původním typem operačního zesilovače je možné použít čtvrtý zesilovač integrovaného obvodu jako koncový výstupní zesilovač.

Náhrada použitého typu IO běžnými operačními zesilovači předpokládá úpra-



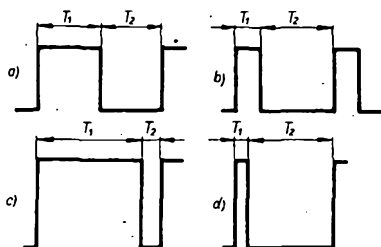
Obr. 66. Generátor impulsů s dvěma obvody typu 555 ($C_1 = 100 \mu\text{F}$, $10 \mu\text{F}$, $1 \mu\text{F}$, $0,1 \mu\text{F}$, 10nF , $C_2 = 10 \text{nF}$, $0,1 \mu\text{F}$, $1 \mu\text{F}$, $10 \mu\text{F}$, $100 \mu\text{F}$)

pro žhavicí napětí 6,3 V a ke stabilizaci výstupního napětí použit integrovaný obvod typu MA7805.

Le Haut Parleur, nouvelle serie, č. 4

Generátor impulsů se dvěma obvody 555

Schéma zapojení generátoru je na obr. 66. Obvod IO₁ je zapojen jako astabilní klopný obvod. Tento obvod dodává signály pravouhloho tvaru, které jsou symetrické.



Obr. 67. Průběhy výstupních impulsů

ké, viz obr. 67, průběh a) to jest $T_1 = T_2 = T/2$. V použitém zapojení odpovídá rozsah 1 při kapacitě $C_1 = 100 \mu\text{F}$ kmitočtovému rozsahu 0,1 až 1 Hz, rozsah 2 je při kapacitě $10 \mu\text{F}$ 1 až 10 Hz, rozsah 3 je při kapacitě $1 \mu\text{F}$ 10 až 100 Hz, rozsah 4 je při kapacitě $0,1 \mu\text{F}$ 100 až 1000 Hz a rozsah 5 při kapacitě 10nF obsáhne kmitočty 1000 až 10 000 Hz. Řídící signál se z výstupu obvodu IO₁ přivádí přes přepínač P₁ v poloze INT na obvod IO₂, který je zapojen jako monostabilní klopný obvod. Když je přepínač přepnut do polohy EXT., je možné pro spouštění obvodu IO₂ použít vnější impulsní signál. Doba trvání vstupních impulsů závisí na časové konstantě $C_2 R_2$, a je nastavitelná také v pěti rozsazích (jemně potenciometrem R_2). Na rozsahu 1 je doba trvání impulsu 100 μs až 1 ms a další rozsahy jsou: 1 ms až 10 ms, 10 ms až 100 ms, 100 ms až 1 s a 1 s až 100 s.

Pro výstupní impulsní signál tedy platí, že jeho opakovací kmitočet určuje nastavená kombinace $R_2 C_2$. Tvar výstupního signálu má obecně různé doby trvání T_1 a T_2 , viz průběh b) na obr. 67. Je-li například $T_2 = 5T_1$, pak je poměr $T_1/T_2 = 1/5$, $T_1/T_2 = 1/6 = 16,66\%$. U průběhu c) v obr. 67 je $T_1 = 5T_2$ a tomu odpovídá impulsní poměr $T_1/T_2 = 5T_2/T_2 = 5/6 = 83\%$. V praxi se nejvíce používá průběh d) podle obr. 67, u kterého je doba trvání T_1 proti T_2 tak krátká, že se poměr T_1/T_2 blíží k nule, protože T_2 a T jsou téměř shodné. V tom případě se používá označení „kladné impulsy“; je-li T_2 proti T_1 malé (průběh c), poměr T_1/T_2 se blíží k 1 a tyto impulsy se označují jako záporné.

Méně zkušené je třeba upozornit na to, že pochopitelně není možné volit kombi-

nace opakovacího kmitočtu a doby trvání impulsu zcela libovolně. Doba trvání impulsu musí být zvolena vždy kratší, než doba trvání cyklu pro zvolený kmitočet. Podle nastavení opakovacího kmitočtu a doby trvání impulsu se také může měnit charakter impulsu od kladného impulsu až po záporný.

Sestavení přístroje je velmi jednoduché. Pro napájení lze použít napětí v rozmezí 5 až 15 V.

Le Haut Parleur, nouvelle serie, č. 4

Různě aplikovaná elektronika

Přesné usměrňovače

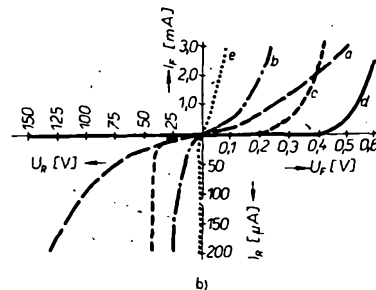
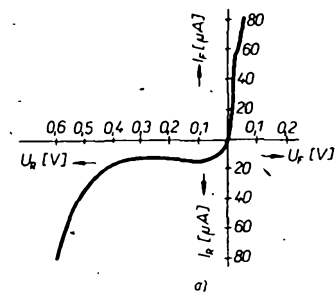
Jedním z prvních v praxi využitých nelineárních elektronických jevů bylo usměrňování, detekce signálů, a dosud se v moderním analogovém zpracování signálů často tato v principu jednoduchá funkce používá. Historicky vzato, prvním typem diody byla dioda elektronková v roce 1904, ale již v roce 1906 byl patentován galenitový hrotový detektor, který kraloval v období krystalek. Ve dvacátých letech následoval kuproxidový usměrňovač, ve třicátých letech pak selenové usměrňovače. Potom byla zavedena germaniová hrotová dioda a dále celá plejáda typů diod, vyvinutých průmyslem výroby polovodičů.

U diod, používaných v přesných usměrňovačích, jsou dva základní problémy – úbytek napětí v propustném směru a zbytkový proud ve zpětném směru – ideální dioda by měla mít oba tyto parametry nulové.

Na obr. 68 jsou zobrazeny charakteristiky v propustném i v závěrném směru pro několik základních typů diod, používaných pro usměrňování malých signálů. Povšimněte si různého měřítka napětí v propustném a závěrném směru.

Stručná charakteristika vlastností jednotlivých typů diod:

- germaniová hrotová dioda má poměrně malý úbytek napětí v propustném směru, má však špatné vlastnosti, pokud jde o proud ve zpětném, nepropustném, závěrném směru. Malá plocha přechodu umožňuje dosáhnout velkých rychlostí, tj. např. detekovat signály vysokých kmitočtů;
- kuproxidový usměrňovač byl používán v přístrojových usměrňovačích. Velmi špatná charakteristika v závěrném směru však přispěla kromě jiného k tomu, že tento typ usměrňovače z praxe téměř beze zbytku vymizel;
- malý úbytek napětí v propustném směru i při velkých proudech a extrémní rychlost vede k rostoucí popularitě Schottkyho diod jako výkonných usměrňovačů. Přes značné zlep-



Obr. 68. Charakteristiky vybraných typů usměrňovačů

- šení charakteristik ve zpětném směru v důsledku technologických zlepšení jsou však tyto typy diod pro zpracování malých signálů dosud nevhodné:
- křemíkové planární diody mohou mít extrémně malé proudy v závěrném směru, mají však největší úbytek napětí v propustném směru ze všech uvažovaných typů diod;
 - „inverzní“ dioda (backward) je vlastně poněkud méně dotovanou verzí tunelové diody – druhem Zenerovy diody s nulovým Zenerovým napětím. Při „inverzní“ polarizaci tento typ diody tedy vede díky tzv. tunelovému jevu při téměř nulovém úbytku napětí v propustném směru. Při přední polarizaci se dioda backward chová jako křemíková dioda s dosti velkým svodem do napětí asi 0,5 V. Proto je možné diody tohoto typu používat jen pro velmi malá napětí, a to v zapojení, které je inverzní vzhledem k běžnému zapojení – proto název „inverzní“ dioda. Dokonce i při napětí menším než 0,5 V má dioda dosti velký zpětný proud (viz obr. 68a).

Přesné usměrňovače v praxi

Pro usměrňování signálů v rozsahu 0 až 100 mV je jediným typem přímo použitelné diody jen inverzní dioda, avšak špatná charakteristika v nepropustném směru a další omezení umožňuje používat tento typ diody jen ve speciálních aplikacích.

Moderní výrobní technologie dnes umožňuje vyrábět diody se zpětným proudem až 1 pA při 25° C, pro některé aplikace však zůstává problémem úbytek napětí na diodě v propustném směru. Při malých proudech je tento napěťový úbytek přibližně dán vztahem:

$$U_i = \frac{2kT}{q} \ln \frac{I_f}{I_s}$$

kde U_i je úbytek napětí v propustném směru,

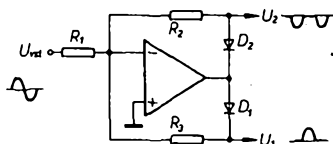
I_f proud v propustném směru,
 I_s teoretický zpětný saturační proud,
 k Boltzmanova konstanta
 $(1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K})$,
 q náboj elektronu $(1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C})$,
 T absolutní teplota.

Tento napěťový úbytek je asi 0,6 V při proudu v propustném směru 1 mA, a při $T = 500 \text{ K}$. Pro silnou teplotní závislost (I_s je také funkcí teploty) a protože se úbytek napětí na diodě mění s proudem v propustném směru, je kompenzace U_i velmi obtížná – proto se v současné době výrazně prosazuje tendence používat v přesných usměrňovačích operační zesilovače.

Je možné použít dvě základní zapojení – s paralelní a sériovou zpětnou vazbou. Zapojením diody do obvodu sériové zpětné vazby lze dosáhnout usměrňovací funkce, při které je výstupní napětí rovno kladné nebo záporné vstupní půlvině (jednoduchý usměrňovač), nebo absolutní hodnotě (dvoucestný usměrňovač). Zapojení se sériovou zpětnou vazbou umožňuje realizovat obvody, které se s určitým omezením blíží modelu ideální diody.

Základní paralelní usměrňovače

Na obr. 69 je základní zapojení usměrňovače s paralelní zpětnou vazbou. Kladné napětí na vstupu operačního zesilovače vyvolá na výstupu záporné napětí, přičemž je dioda D_1 uzavřena a D_2 vede.



Obr. 69. Základní zapojení přesného usměrňovače s paralelní zpětnou vazbou

Obvod se ustálí ve stavu, kdy je vstupní a zpětnovazební proud stejný. Za předpokladu ideálního operačního zesilovače bude tedy napětí U_2

$$U_2 = -U_{in} \frac{R_2}{R_1}$$

Z tohoto vztahu je zřejmé, že úbytek napětí na diodě v propustném směru se v rovnici neuplatňuje, kromě toho, že fakticky omezuje možný rozkmit výstupního napětí operačního zesilovače.

Při záporném vstupním napětí je výstupní napětí zesilovače kladné, dioda D_2 přestává vést; D_1 a R_3 udržují napětí na invertujícím vstupu na potenciálu virtuální země, takže napětí U_2 bude nulové. Tím je výstupní napětí U_1 ideálně usměrněno (výstupní napětí získáme jen pro kladná vstupní napětí). Je zřejmé, že výstupní napětí U_1 bude přítomno jen při záporných vstupních napětích. To ovšem platí jen pro zátěže, vztažené k zemi, v řadě aplikací bude třeba použít oddělovací zesilovač. Vstupní impedance je konstantní a rovná se odporu R_1 .

V praxi má ovšem operační zesilovač konečné zesílení, a lze odvodit, že úbytek napětí na diodě v propustném směru způsobuje chybu, která je rovna okamžité hodnotě úbytku napětí na diodě, dělené činitelem zpětné vazby. Například, u křemíkových diod je úbytek napětí kolem 0,6 V, při zesílení operačního zesilovače 100 000 a zapojení s jednotkovým zesílením ($R_1 = R_2$) bude způsobena chyba

$$\frac{0,6 \text{ V} \times 2}{100\,000} = 12 \mu\text{V}.$$

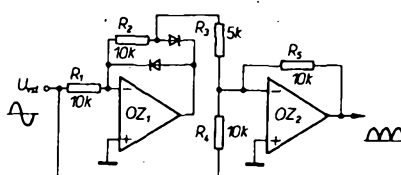
Tato chyba je dostatečně menší než chyba, kterou mohou způsobit ostatní zdroje chyb.

Proud diody v závěrném směru způsobí chybový proud do invertujícího vstupu, ovšem u vhodných diod jsou zpětné proudy menší, než jsou vstupní proudy běžných operačních zesilovačů.

Dvoucestné usměrňovače

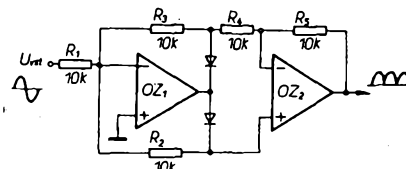
Bylo by samozřejmě možné diferenciálně zesílit výstupy v obr. 69 a získat tak „ideální“ dvoucestný usměrňovač. Bohužel však jednoduchá diferenciální zapojení operačního zesilovače jsou k tomu účelu nevhodující, protože napětí na neinvertujícím vstupu by narušilo usměrňování, a bylo by proto nutné použít pravý přístrojový zesilovač. To však vede k nákladnému zapojení a proto bylo vyvinuto několik jednodušších zapojení.

Na obr. 70 je zapojení, používající vlastní fázové inverze pro dosažení diferenciální funkce. Zesilovač OZ_1 tvoří jednoduchý usměrňovač, v tomto případě s negativním výstupem. OZ_2 je součtový zesilovač, sečítá výstupní napětí usměrňovače s půlvinami vstupního napětí v závislosti na poměru R_3 a R_4 .



Obr. 70. Zapojení usměrňovače s vlastní fázovou inverzí

Pro negativní vstupní napětí je výstupní napětí usměrňovače nulové a OZ_2 spolu s R_4 a R_5 tvoří invertující zesilovač se zesílením 1, jehož výstupní napětí je kladné. Při kladném vstupním napětí je výstupní napětí usměrňovače dvojnásobkem vstupního napětí, ale opačné polaritě, takže výstupní napětí součtového zesilovače je také kladné (negativního výstupního napětí je možné dosáhnout obrácením diod). Jednou z předností tohoto obvodu je možnost řídit zesílení od nuly vhodnou volbou odporu R_5 (na obr. 70 je verze s jednotkovým zesílením), a invertující vstup zesilovače OZ_2 se přitom může používat jako společný součtový bod. Je také možné dosáhnout nelineárního zesílení, nebo různé filtrace vhodnou volbou součástek v obvodu zpětné vazby OZ_2 . Chyba symetrie závisí na přizpůsobení R_1 , R_2 a R_3 , R_4 , přičemž druhý pár odporů nemá stejné hodnoty. Hlavní nevýhodou však je napěťová nesymetrie, která jak bude dále ukázáno, může být až sedmkrát větší, než je napěťová nesymetrie jednotlivých zesilovačů. Vstupní odpor zapojení



Obr. 71. Zlepšené zapojení z obr. 69

se rovná $\frac{R_1 R_4}{R_1 + R_4}$ a je konstantní.

Obvod podle obr. 71 má lepší vlastnosti, pokud jde o napěťovou nesymetrii. Je to v podstatě diferenciální zesilovač, zapojený za obvodem podle obr. 69 tak, aby se nenarušila funkce zesilovače OZ_2 . Pro dosažení symetrie je však nutné vybrat odpory R_2 až R_5 , což je hlavní nevýhodou tohoto řešení. Napěťová nesymetrie je maximálně dvojnásobkem napěťové nesymetrie jednotlivých zesilovačů. Celkové zesílení je možné měnit nastavením odporu R_1 (zesílení je jednotkové pro $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R_5$) a vstupní odpor je roven odporu R_1 .

Výhodou zapojení podle obr. 72 je to, že symetrie závisí pouze na výběru dvou odporů R_3 a R_4 . Pro kladné vstupní napětí je na výstupu OZ_1 záporný signál, a dioda D_2 je polarizována obráceně. Odpor R_2 přivádí vstupní signál přímo na OZ_2 , který

má zesílení $\frac{R_1 + R_4}{R_4}$. Při záporném vstupním

napětí dioda D_2 vede a způsobí, že OZ_1 pracuje jako invertující zesilovač s OZ_2 ve zpětnovazebním obvodu. Celkové zesílení v tomto případě je $\frac{R_1 + R_4}{R_3}$.

Celkové zesílení (od jedné) je tedy možné řídit nastavením odporu R_1 . Vstupní odpor zapojení je roven odporu R_3 . Toto zapojení může být někdy nestabilní vzhledem k zahrnutí OZ_2 do zpětnovazebního obvodu OZ_1 . V tomto případě je třeba paralelně k diodě D_1 připojit kondenzátor malé kapacity (až 200 pF).

Jednodušší verze tohoto zapojení je uvedena na obr. 73, její možnosti použití však mají výrazná omezení. Pro záporná vstupní napětí pracuje OZ_1 jako invertující zesilovač s jednotkovým zesílením, při kladných vstupních napětích D_1 odpojuje výstup OZ_1 a vstupní napětí se přivádí na výstup přímo přes R_1 a R_2 . Výstupní impedance je pro záporná vstupní napětí malá, pro kladná vstupní napětí se rovná $R_1 + R_2 + R_3$. Při $R_2 = \infty$, $R_3 = 0$ a $R_1 = R_2$ bude tedy zesílení jednotkové. Při konečných a známých impedancích vstupní a výstupní je možné dosáhnout symetrie nastavením určitého poměru R_1 k R_2 , ovšem pouze na úkor zesílení. V tabulce jsou shrnuty výhody a nevýhody jednotlivých popsaných dvoucestných usměrňovačů.

Zapojení	obr. 70	obr. 71	obr. 72	obr. 73
Symetrie	vyžaduje dobře vybrané odpory	vyžaduje vybrané odpory	vyžaduje pouze dva vybrané odpory	závisí na impedanci zdroje (zátěže)
Zesílení	nastavitelné (0) jediným odporem	nastavitelné (0) jediným odporem	nastavitelné (1) jediným odporem	menší než jedna, nelze snadno nastavit
Napěťová nesymetrie	špatná	dobrá	dobrá	dobrá
Vstupní odpor	konstantní	konstantní	konstantní	asymetrický
Výstupní odpor	velmi malý	velmi malý	velmi malý	asymetrický
Počet OZ	2	2	2	1
Univerzálnost	vynikající	dost dobrá	dost dobrá	špatná
Rychlost	dobrá	dost dobrá	špatná	špatná

Sériová zpětná vazba

Obr. 74 ukazuje základní sériové zapojení „ideální“ diody. Pro kladná vstupní napětí dioda D_1 vede a operační zesilovač pracuje jako napěťový sledovač. Při záporném vstupním napětí přechází operační zesilovač do záporné saturace, D_1 nepropouští proud do zátěže. Sériové zapojení je výhodné v případech, kdy je třeba jednocestný usměrňovač s jednotkovým zesílením; má velmi velkou vstupní impedanci, což u paralelního zapojení neplatí. Zvlášť výhodné je využívat sériového zapojení jako špičkového detektoru, přičemž zátěž tvoří kondenzátor. K němu se často zapojuje paralelní velký odpor, zajišťující pomalé vybíjení kondenzátoru (jako v nízkofrekvenčních měřicích úrovně) nebo tranzistor FET s malým zbytkovým proudem, používaný jako nulovací spínač. Doba náběhu je v typickém případě omezena výstupním proudem operačního zesilovače: pro nabití kondenzátoru $10\ \mu\text{F}$ na $10\ \text{V}$ za jednu milisekundu je třeba proud $10\ \text{mA}$. Zapojí-li se na výstup operačního zesilovače tranzistor, je možné dosáhnout většího proudu, může se však uplatnit zbytkový proud diody při větším proudovém zatížení. Také vliv saturace operačního zesilovače může zpomalit odezvu.

Zapojení, které odstraňuje oba tyto nedostatky, je na obr. 75. Výstupní zesilovač OZ_2 přes odpor R_1 udržuje potenciál na diodě D_1 na téměř nulové úrovni, a tím se téměř vylučuje vliv zbytkového proudu. Kromě toho zahrnutí OZ_2 do zpětnovazební smyčky umožňuje použít D_1 k prevenci saturace operačního zesilovače OZ_1 .

Plovoucí zátěž

Jako plovoucí zátěž se obvykle používá ručkové měřidlo. Příkladem může být jednoduchý nízkofrekvenční milivoltmetr s dvoucestným usměrněním podle obr. 76. Paralelní zapojení měřidla a příslušného nulovacího můstku zajišťuje, že proud měřidla je vždy

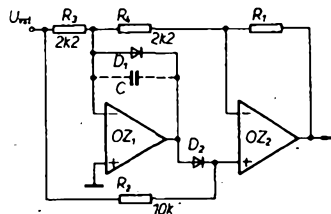
$$I = \frac{U_{\text{vst}}}{R_{\text{vst}}}$$

Dva usměrňovače v sériovém zapojení je možné použít pro měření mezivrcholové hodnoty napětí (obr. 77). Použitým hodnotám součástí odpovídá rychlost poklesu $9\ \text{dB/s}$ a citlivost na plnou výchylku je $1\ \text{V}$ (mezivrcholové napětí). Náběhová rychlost je kolem $150\ \text{mV/s}$ při výstupním proudu zesilovačů OZ_1 a OZ_2 $15\ \text{mA}$.

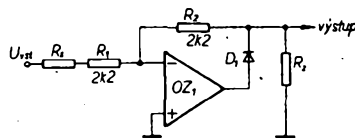
Výběr součástek

Nepřesnosti zesílení a jeho symetrie závisí téměř výlučně na výběru a tolerancích odporů. Je výhodné použít přesné odpory z kovovou vrstvou. Při výběru diod nezbude než vybírat z typů, které jsou k dispozici, na nejmenší proud ve zpětném směru. V případech, kdy je kladen důraz na velkou rychlost, je možné obrátit pozornost na Schottkyho diody nebo hrotové diody, přičemž proud ve zpětném směru bude nezbytně větší. Proud ve zpětném směru má obecně větší vliv v sériových zapojeních, než u paralelních usměrňovačů, je však třeba si uvědomit, že zbytkový proud $10\ \text{nA}$ na odporu $10\ \text{k}\Omega$ způsobí přidavnou napěťovou nesymetrii $100\ \mu\text{V}$, což je více, než se udává pro většinu přesných operačních zesilovačů.

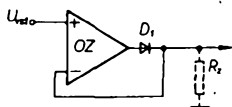
Při výběru operačních zesilovačů jsou nejdůležitějšími parametry napěťová nesymetrie a vstupní proud. Při vysokých nárocích na přesnost usměrňovače je nejlépe použít speciální operační zesilovače, jichž se vyrábí řada typů s malou napěťovou nesymetrií (až do $25\ \mu\text{V}$) s ma-



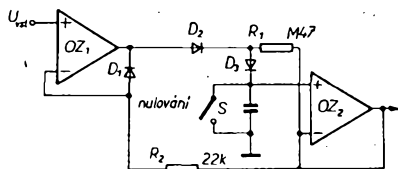
Obr. 72. Přesný usměrňovač, jehož symetrie závisí pouze na odporech R_3 a R_4



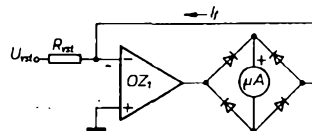
Obr. 73. Jednodušší verze zapojení z obr. 73



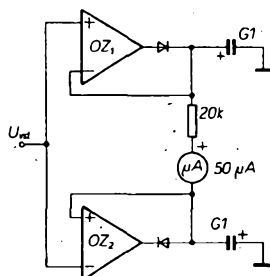
Obr. 74. Základní zapojení sériového usměrňovače



Obr. 75. Zlepšení zapojení z obr. 74



Obr. 76. Jednoduchý nf milivoltmetr s dvoucestným usměrněním



Obr. 77. Zapojení k měření mezivrcholové hodnoty střídavého napětí

lími vstupními proudy až do $1\ \text{nA}$. Pokud to není možné, nezbyvá než volit kompromis a vybrat zesilovače s nulovacími obvody.

Složitá situace také vzniká při rozhodování o výběru součástek s ohledem na jejich dynamické vlastnosti. Je známo, že např. přesné operační zesilovače jsou pomalejší, než zesilovače pro univerzální použití (zesilovače typu 725 mají rychlost pouze $30\ \text{mV}/\mu\text{s}$ při jednotkovém zesílení). Byly proto porovnány výsledky dosažené se zapojením podle obr. 69 jednak při důrazu na přesnost, jednak při výběru součástek s ohledem na dosažení maxi-

mální rychlosti. V prvním případě bylo dosaženo při mezivrcholovém sinusovém vstupním signálu $400\ \text{mV}$ dobrého tvaru výstupního napětí bez zkreslení do $300\ \text{Hz}$. Verze zapojení pro velkou rychlost pracovala do $6\ \text{kHz}$ (při použití Schottkyho diod do $12\ \text{kHz}$). V amatérské praxi je však možnost výběru součástek omezena, takže volba kompromisu je jednodušší.

Electronic Engineering, červen 1980

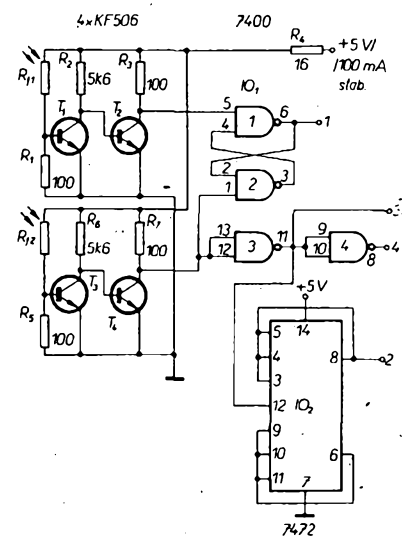
Fotoelektrické řízení digitálních měřiců času

Funkce většiny digitálních měřiců kmitočtu je kombinována s funkcí měřiců času. Pro plné využití této funkce je však třeba mít možnost ovládat měření času podle požadované funkce a aplikace. Popsané zařízení (schéma viz obr. 78) pro fotoelektrické řízení plní tyto funkce:

1. Start digitálního měřice času při osvětlení fotoodporu R_{12} . Stop při skončení osvětlení fotoodporu R_{12} (výstup 3).
2. Start digitálního měřice času na konci osvětlení fotoodporu R_{12} . Stop při začátku osvětlení fotoodporu R_{12} (výstup 4).
3. Start digitálního měřice času při prvním zatemňovacím impulsu na fotoodporu R_{12} (další následující zatemňovací nebo jasové impulsy nemají na funkci „start“ žádný vliv). Stop při prvním zatemňovacím impulsu na fotoodporu R_{11} (nemají žádný vliv na funkci „stop“). Opakování „startu“ při dalším zatemňovacím impulsu na fotoodporu R_{12} (výstup 1).
4. Start při prvním jasovém impulsu na fotoodporu R_{12} . Stop při druhém jasovém impulsu na fotoodporu R_{12} (výstup 2).

Všechny výstupy obvodu fotoelektrického řízení jsou dimenzovány tak, aby bylo možné používat pro přímé řízení integrovaných obvodů TTL.

Ulohou řídicích částí obvodu s fotoodporem R_{11} , tranzistory T_1 , T_2 a odporu R_{12} s tranzistory T_3 a T_4 je dodávat ze svých výstupů ovládací impulsy pro buzení bistabilního klopného obvodu, sestaveného z hradel integrovaného obvodu 10_1 , a pro kmitočtový dělič s obvodem 10_2 .



Obr. 78. Fotoelektrické řízení digitálních měřiců času

Odpory R_1 a R_5 přizpůsobují fotoodpory vstupu řídicích částí tak, že jsou-li fotoodpory osvětleny, jsou tranzistory T_1 a T_3 otevřeny, zatímco tranzistory T_2 a T_4 jsou uzavřeny. Když jsou fotoodpory zatemněny, vzniká situace opačná.

Na výstupu řídicích částí je možné odebrat impulsy o úrovni H (4 V) a L (0,6 V). Strmost hran impulsů je dostatečná pro přímé ovládání hradel integrovaného obvodu IO_1 , nestačí však pro ovládání integrovaného obvodu IO_2 . Hradlo H_4 obvodu IO_1 se používá jako tvarovač impulsů.

Stejnoseměrná vazba tranzistorů T_1 a T_2 (případně T_3 a T_4) zajišťuje velké celkové zesílení, takže stačí použít tranzistory se stejnoseměrným zesilovacím činitelem 60 až 80. Při větších zesilovacích činitelích vzniká nebezpečí sklonu k oscilacím. Pro obě řídicí části je třeba počítat se spotřebou max. 70 mA.

Realizace funkce 1

Pro realizaci funkce 1 se mezi řídicí část a digitální měřič času zařazuje hradlo 4 integrovaného obvodu IO_1 . Toto hradlo neguje výstupní signál z kolektoru T_4 , který současně tvaruje, a pracuje také jako oddělovací stupeň mezi řídicí částí a digitálním měřičem času. Na výstupech hradla 4 obvodu IO_1 jsou pro řízení digitálního měřiče času k dispozici impulsy o úrovních $H = 2,8$ V a $L = 80$ mV se strmými hranami.

Realizace funkce 2

Funkce 2 se dosahuje invertováním impulsů na výstupu hradla 4 obvodu IO_1 hradlem 3. Úroveň napětí na výstupu hradla 3 obvodu IO_1 jsou 3 V a 40 mV.

Realizace funkce 3

K dosažení funkce „start – stop“ s fotoodpory R_1 a R_2 je třeba použít bistabilní klopný obvod. K tomu se využívá hradel 1 a 2 obvodu IO_1 . První zatemňovací impuls na fotoodporu R_2 překlápí obvod do jednoho ze stabilních stavů. Na výstupu hradla 2 obvodu IO_1 je k dispozici signál L o amplitudě 40 mV pro start digitálního měřiče času. Další následující zatemňovací ani jasové impulsy na fotoodporu R_2 nemají na změnu stavu bistabilního klopného obvodu žádný vliv.

Teprve při následujícím zatemňovacím impulsu na fotoodporu R_1 se bistabilní klopný obvod překlápí do druhé stabilní polohy. Na výstupu hradla 2 obvodu IO_1 je tak k dispozici signál H o úrovni 2,6 V, který způsobí zastavení digitálního měřiče času. Ani zde nemohou mít další následující impulsy osvětlení nebo zatemnění na fotoodporu R_1 žádný vliv na změnu stavu klopného obvodu a tím na funkci „start – stop“. Nový start digitálního měřiče času musí začít opět impulsem z fotoodporu R_2 .

Realizace funkce 4

Pro funkci 4 přejímá řízení funkce „start – stop“ digitálního měřiče času

jeden fotoodpor. Při začátku prvního jasového impulsu na fotoodporu R_2 se odstartuje digitální měřič času, při začátku druhého jasového impulsu na fotoodporu R_2 se měřič času zastavuje. K dosažení této funkce je třeba použít dělič kmitočtu 2:1, realizovaný integrovaným obvodem IO_2 . Potřebné řídicí impulsy se odebírají z výstupu hradla 4 obvodu IO_1 , protože impulsy na výstupu tranzistoru T_4 nemají potřebnou strmost. Použitý klopný obvod J-K umožnil dosáhnout větší spolehlivosti přepínání, než sice levnější, ale méně spolehlivé zapojení s obvodem typu 7400. Na výstupu obvodu IO_2 má signál L pro start digitálního měřiče času úroveň 70 mV, signál H , který měření zastavuje, má úroveň 2,7 V.

Pro napájení zařízení byl použit jednoduchý stabilizovaný napájecí zdroj napětí 5 V, který je možné sestavit z běžných součástek.

Funkamateur č. 11/2979

Akustické spínače

Akusticky ovládané spínače je možné použít v řadě oblastí od fotografie až po zapínání magnetofonu, lze jimi kontrolovat hluk v dětském pokoji, použít je ke zhotovení zabezpečovacího zařízení atd. Všechna zařízení tohoto typu běžně používají vstupní elektroakustický měnič, střídavý zesilovač, detektor, stejnosměrný koncový zesilovač a spínací prvek. V podrobném návrhu se však vyskytují určité odlišnosti, které umožňují lepší přizpůsobení nebo předpokládané použití.

Zapojení na obr. 79 používá pět tranzistorů. Tranzistor T_1 je zapojen jako předzesilovač se společným emitorem. Signál z piezoelektrického mikrofonu se přivádí přes C_1 na bázi T_1 , jehož pracovní bod určují odpory R_1 a R_2 . V emitrovém obvodu se proměnnou zápornou zpětnou vazbou nastavuje úroveň zesílení. Po zesílení v obvodu T_2 se signál přivádí na detektor se dvěma diodami D_1 a D_2 . Kladná stejnosměrná složka pak ovládá Schmittův klopný obvod, sestavený z T_3 a T_4 . V nepřítomnosti signálu je T_3 uzavřen. Tranzistor T_4 přitom vede, protože napětí na jeho bázi je kladné. Tranzistor T_5 je tedy blokován. Akustický signál zachycený mikrofonem vyvolá změnu stavu T_3 (přechází do vodivého stavu). Tranzistor T_4 se uzavírá, na bázi T_5 je kladné napětí – rozsvítí se žárovka, případně sepne relé. Dioda D_3 zapojená v sérii se žárovkou omezuje proud tranzistorem T_5 a přispívá ke stabilitě klopného obvodu. Místo žárovky je možné podle předpokládané aplikace zapojit relé o odporu vinutí 100 až 200 Ω pro napětí 9 V.

Zapojení na obr. 80 je poněkud odlišné. Jako elektroakustický měnič se používá reproduktor o impedanci 16 Ω (nebo větší). Odpor R_1 zabraňuje nadměrnému za-

tlumení reproduktoru. Zapojení se od obr. 79 liší v zásadě tím, že se v koncovém stupni nepoužívá klopný obvod, je však počítáno se zavedením nastavitelné časové konstanty pomocí R_6 a C_5 v kolektorovém obvodu T_3 . Toho lze využít podle charakteru aplikace k potlačení spínání při velmi krátkých akustických signálech. Koncový stejnosměrný zesilovač pracuje s komplementárními tranzistory a může pomocí relé spínat požadovanou zátěž.

Prvky použité v obou zapojeních je možné kombinovat podle požadovaného a předpokládaného použití.

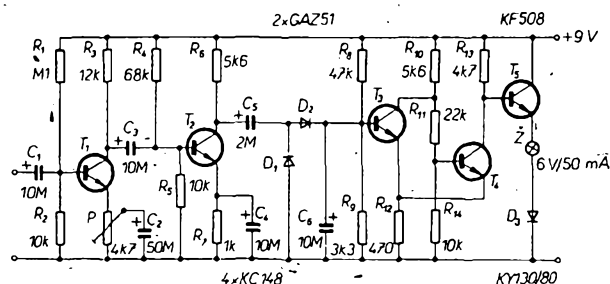
Le Haut Parleur č. 1412, Le Haut Parleur č. 1471

Ovládání diaprojektoru magnetofonem

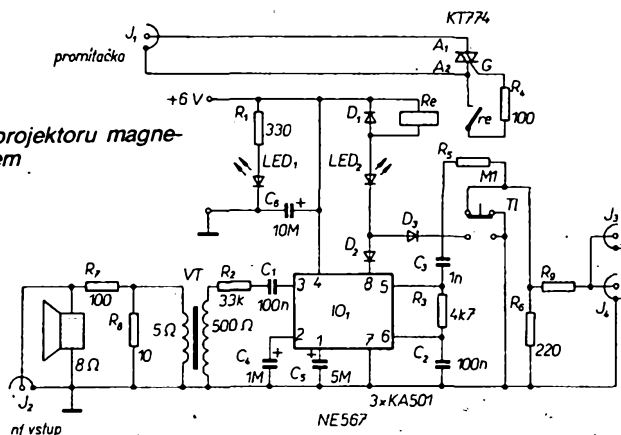
Běžně užívané systémy audiovizuálních programů používají jednu stopu magnetofonu pro záznam komentáře nebo hudebního doprovodu a druhou stopu pro záznam signálu, který řídí výměnu diazitivů. Popisované zařízení používá naproti tomu společný záznam na jednu stopu, je tedy možné využít i jednostopých magnetofonů. Přístroj má vestavěný reproduktor, přispívající ke zlepšení reprodukce při použití malých kazetových magnetofonů. Napájení přístroje je bateriové.

Zapojení přístroje podle obr. 81 používá integrovaný obvod IO_1 typu 567, určený pro dekodéry s fázovým závěsem (PLL). Tento obvod obsahuje řídicí oscilátor, obvod fázového závěsu a koncový stupeň pro spínání stejnosměrného proudu do 100 mA. Pro ovládání integrovaného obvodu 567 se běžně používá externí oscilátor, který pro správnou funkci IO musí mít kmitočet dostatečně blízky kmitočtu dekodéru. U obvodu 567 je však možné použít přímo vnitřní signál obvodu na vývodu 5 a přivést tento signál na mikrofonní vstup magnetofonu; ten je pak zaznamenán na stejné stopě, jako doprovodné slovo. Kmitočet signálu na vývodu 5, určený kombinací R_3 , C_2 , přesně odpovídá kmitočtu, potřebnému pro ovládání fázové smyčky. Při stisknutí tlačítka se tón z vývodu 5 přivádí na živý mikrofonní přívod (J3 a J4) přes C_2 a přizpůsobovací člen R_5 , R_6 a R_9 . Tento tlačítkový přepínač také spíná jazýčkové relé Re přes LED D_3 . Sepnutím kontaktů jazýčkového relé se získá proud pro řídicí elektrodu triaku, který spíná krokovací mechanismus diaprojektoru, ovládaný ve většině přístrojů střídavým proudem.

Pro záznam programu není připojení projektoru nutné. Záznam tónu o 10 dB nižší, než je úroveň doprovodného slova, je indikován rozsvícením diody LED D_3 . Při reprodukci se nízkofrekvenční signál magnetofonu odebrá z konektoru pro vnější reproduktor a přivádí se přes ko-



Obr. 81. Ovládání diaprojektoru magnetofonem



nektor J_2 na vestavěný reproduktor popísaného prístroje a transformátor VT (miniaturní výstupní transformátor). Odporový dělič R_7 a R_8 zeslabuje nízkofrekvenční signál na úroveň, kterou může IO_1 zpracovat. Budicí signál fázové smyčky se odeberá ze sekundárního vinutí VT přes R_2 a C_1 . Když se na vstup 3 přivede tónový signál, který byl z vývodu 5 zaznamenan na magnetofonový pásek, vývod 8 se uzemní a proud prochází cívkou Re jazýčkového relé, svítivou diodou LED_2 a diodou D_2 . Obvod 567 je v nevodivém stavu, pokud na vstupu 3 není trvalý signál o správném kmitočtu, takže hovorový ani hudební signál nezpůsobí „krokování“ projektoru k dalšímu diapozitivu.

Spotřeba přístroje pro synchronizaci diaprojektoru je při +6 V kolem 25 mA (klidový proud), při stisknutí tlačítka T_1 se proud zvětší na 47 mA. Proto bylo použito bateriové napájení čtyřmi tužkovými bateriemi.

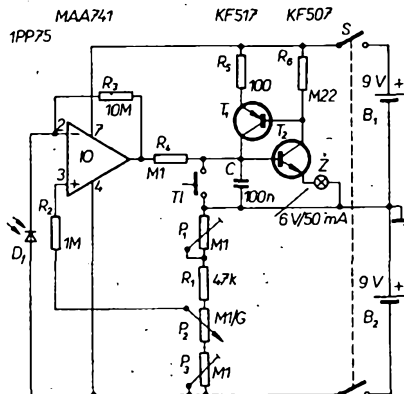
Popular Electronics, listopad 1976

Jednoduchý světelný komparátor

Přístroj je konstruován jako jednoduchá pomůcka pro zvětšování v amatérské fotografii v rozsahu expozičních časů 1:32, to je pět stupňů clonových čísel. Využívá běžných součástek. Není, jako některé nákladné a složité expozimetry, jechován v absolutních hodnotách osvětlení, protože pro praktickou amatérskou potřebu to ani není nutné. Je dostatečně citlivý, aby s ním bylo možné registrovat i slabé osvětlení na hustých negativu.

Při běžném používání tohoto přístroje se provádí „kalibrace“ v průměrné hodnotě expozice za dané clony a průměrných podmínek, to jest průměrného zvětšení s negativy o průměrné hustotě a kontrastu. Malé rozměry fotočlánku sondy umožňují určit kontrast libovolného negativu. Fotograf se pak může rozhodnout, jsou-li pro jeho záměr důležitější tmavé, nebo světlé partie snímku; popř. jejich průměrná hodnota. Při vhodné „standardní“ cloně a vhodném stupni zvětšení je možné porovnávat hustoty negativů. Změny zvětšení je pak možné respektovat jednoduchým výpočtem, jak většina fotografických amatérů dobře ví. Malá spotřeba přístroje umožňuje použít destičkovou baterii 9 V, která má v přístroji dobu života odpovídající době skladovatelnosti.

Schéma zapojení přístroje je na obr. 82. Pro malé vstupní napětí použité fotodiody je nutné dosáhnout velkého zesílení vstupního signálu. Proto se používá operační zesilovač typu MAA741. K dosažení poměrně lineární stupnice se používá jako P_2 potenciometr s logaritmickým průběhem, zapojený obráceně, to jest s velkým odporem na začátku. Proměnné

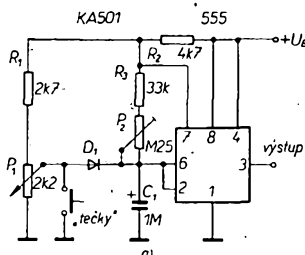


Obr. 82. Jednoduchý světelný komparátor

odpory P_1 a P_3 se nastavují tak, aby se získala jak optimální linearita, tak i vhodný rozsah měření. Transistory T_1 a T_2 s odpory R_5 a R_6 tvoří klopný obvod, který při napětí asi 150 mV na bázi T_2 rozsvítí žárovku Z . Používá se žárovka 6 V/50 mA, která je podžhavana, aby se zmenšil odběr z baterie. Při běžném provozu žárovka svítí jen velmi krátkou dobu.

Konstrukce přístroje není náročná. Potenciometr P_2 je třeba opatřit dostatečně velkou stupnicí, která se při kalibraci ocechuje. Fotodioda je umístěna na vhodném držadle, aby ji bylo možno používat jako dostatečně robustní sondu.

Pro dobré výsledky je třeba věnovat pozornost kalibraci přístroje. Přístroj se kalibruje v temné komoře. Na objektivu zvětšovacího přístroje se nastaví maximální clona, zapne se žárovka zvětšovacího přístroje, ostatní světla jsou zhasnuta. Odporové trimry se nastaví do střední polohy, potenciometr P_2 (se stupnicí) na doraz ve směru otočení hodinových ručiček. Přístroj se zapne spínačem S , rozsvítí se žárovka. Po stisknutí nulovacího tlačítka T_1 má žárovka zhasnout. Pokud se tak nestane, zmenšujeme úroveň osvětlení fotodiody v sondě zvedáním hlavy zvětšovacího přístroje, dokud žárovka nezhasne. Při mírném pootočení potenciometrem proti směru hodinových ručiček by se



Obr. 83. Základní část elektronického telegrafního klíče

při pečlivém nastavení výšky hlavy zvětšovacího přístroje měla žárovka opět rozsvítit. Polohu potenciometru označíme na stupnici. Zacloníme objektiv na nejbližší menší clonu. Opakujeme popsaný postup a označíme na stupnici polohy postupně pro dalších 5 clon. Tak získáme na stupnici 6 značek. Pokud první a poslední značka nejsou poblíž konce, případně začátku stupnice, změníme polohu běžců odporových trimrů P_1 a P_3 a opakujeme výše popsaný postup.

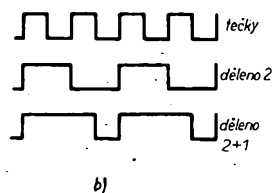
Stupnici je možné také opatřit časovým dělením. Vzdálenost mezi značkami jednotlivých clon odpovídá časovému poměru 2:1. Stupnici časového dělení se doporučuje v intervalu jednotlivých clonových čísel opatřit podrobnějším časovým dělením v poměru 1:1,2, 1:1,4, 1:1,6, 1:1,8, a 1:2.

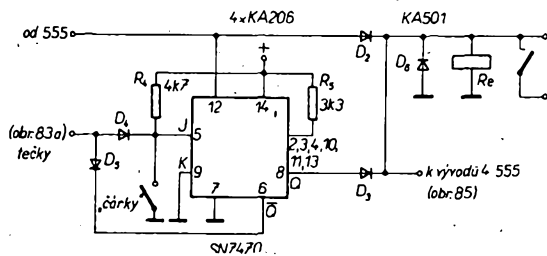
Používání přístroje je možné nejlépe vysvětlit na příkladu. Vychází se z negativu, ze kterého byla pořízena zcela vyhovující zvětšenina metodou zkušebního proužku. Tento negativ se použije jako „standard“ pro určitý druh papíru. Změříme osvětlení v nejsvětlejším, případně nejtmavším místě snímku, případně ve středně tmavém místě. Zjištěné údaje si poznamenejme (např. 2,2 při době expozice 10 s). Při použití stejného druhu papíru, ale za změněných podmínek (jako je větší nebo menší zvětšení, tmavší nebo světlejší negativ) pak realizujeme sondou porovnávací měření osvětlení. Dojdeme např. k hodnotě 3,4. To je o 1,2 víc, než byl standard 2,2. Součinitel, kterým je třeba násobit dobu expozice, je v tomto případě 2,4, což odpovídá dvojnásobku za jedno clonové číslo rozdílu, vynásobenému 1,2 za rozdílu časového dílku 0,2. Je tedy možné ponechat clonu a exponovat 24 sekund, nebo zvětšit světelnost (otevřít clonu) o jeden stupeň a exponovat 12 sekund. Při naměřené hodnotě např. 1,6 je rozdílu jedno clonové číslo plus 0,4 dílku časového dělení ($1,6 = 2,2 - 1 + 0,4$), násobitel je tedy roven 1/2, což vede k expozici 5 sekund (to odpovídá respektování clonového čísla), násobené 1,4 za 0,4 dílku časové stupnice, tedy konečný výsledek je 7 sekund. I když se tento výpočet zdá složitý, je to nejjednodušší způsob, jak zabránit omylům, a také důvod, proč je třeba podrobněji dělit jen časovou stupnici. „Standardní“ hodnoty je samozřejmě třeba zjistit a respektovat pro každý druh používaného papíru.

Practical Electronis č. 11/1975

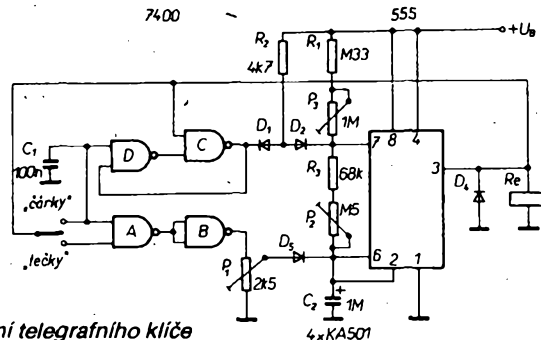
Elektronický telegrafní klíč

Jako základní prvek elektronického telegrafního klíče je možné použít astabilní multivibrátor s obvodem typu 555. V běžném zapojení se však při blokování funkce multivibrátoru vyskytnou potíže, související s tím, že ve stavu oscilací se napětí na časovacím kondenzátoru mění od 1/3 do 2/3 U_B . Zkratuje-li se k blokování funkce astabilního multivibrátoru tento časovací kondenzátor, je první polovina cyklu po nasazení oscilací téměř dvakrát





Obr. 84. Dělička dvěma a součet 2 + 1 pro telegrafní klíč z obr. 83



Obr. 86. Jiné zapojení telegrafního klíče

delší, než následující. Tyto obtíže lze snadno odstranit, když se v blokováném stavu přivádí na časovací kondenzátor napětí o hodnotě $1/3 U_b$. Na obr. 83a je schéma zapojení astabilního multivibrátoru s jednoduchou úpravou, zajišťující, že první polovina cyklu po přerušení blokování je stejně dlouhá, jako následující. Potenciometrem P₁ se nastaví napětí na diodě D₁, tak aby na C₁ bylo napětí rovné $1/3 U_b$, nebo mírně větší. Pro P₁ lze doporučit několikaotáčkový potenciometr, který umožní přesnější nastavení. Typ použité diody není kritický, dioda však musí mít malý zpětný proud. Tento oscilátor je možné použít jako základ elektro-nického klíče, je však třeba vyřešit dosažení poměru délky teček a čárek 1:3. V popisovaném zapojení byl použit základní oscilátor, u něhož délka poloviny cyklu výstupního signálu se rovná době trvání tečky. Délka čárek se odvodí z cyklu teček podle obr. 83b součtem jednoho a půl cyklu teček, přičemž mezera mezi čárkami se rovná délce tečky. Jde o dělení základního kmitočtu dvěma obvody bistabilního klopného obvodu a součet obou signálů. Příslušné schéma je na obr. 84. Kmitočet signálu se dělí klopným obvodem J-K, pro součet se používá hradlo OR, sestavené z diod D₂ a D₃.

Při sepnutí klíče „čárky“ se napětí kondenzátoru C₁ připojí přes diodu D₄ k zemi, což umožní generování tečky. Současně se vstup J klopného obvodu J-K přivádí na úroveň log. 0, což umožní přechod výstupu Q do stavu log. 1, když má signál oscilátoru úroveň log. 1.

Je nezbytné, aby na vstupu J byla úroveň log. 0 dříve, než signál oscilátoru dosáhne úrovně log. 1, protože jinak by místo čárky vznikla nejprve tečka, následovaná čárkou. Vliv na to může mít nastavení potenciometru P₁. Proto při nesprávné funkci je třeba znovu nastavit potenciometr P₁, tak, aby před první čárkou nevznikala tečka.

V okamžiku, kdy výstup oscilátoru přechází do stavu log. 1, přechází do stavu log. 1 i výstup klopného obvodu Q, relé na výstupu spíná. Když se výstup oscilátoru vrací na úroveň log. 0, klopný obvod svůj stav nemění, a relé zůstává přitaženo

napětím z výstupu Q přes diodu D₃. Když výstup oscilátoru přechází opět do stavu log. 1 a klopný obvod se překlápí, takže výstup Q přechází na úroveň log. 0, je relé přidržováno přes D₂. Teprve když se výstup oscilátoru vrací na úroveň log. 0, relé odpadne, a pokud je dále stisknut klíč „čárky“, začíná nový cyklus při návratu výstupu oscilátoru do stavu log. 1.

Obvod klíče je doplněn nízkofrekvenčním oscilátorem, používaným pro kontrolu klíčování. Schéma zapojení je na obr. 85, používá se integrovaný obvod typu 555, zapojený jako astabilní multivibrátor, jehož výstupní signál se přivádí přes kondenzátor C₂ na malý reproduktor o impedanci 8 Ω. Pro spínání tohoto obvodu se používá vývod 4; připojený ke společnému bodu diod D₂ a D₃ v zapojení na obr. 84.

Elektronický telegrafní klíč je možné také realizovat v dalším zapojení, které používá kromě obvodu typu 555 integrovaný obvod typu MH7400, čtyři dvou-vstupová hradla NAND. Ze zapojení na obr. 86 je zřejmé, že když je klíč ve střední poloze, jsou oba vstupy hradla A nezapojeny, tedy jeho výstup bude ve stavu log. 0. Na výstupu hradla B, zapojeného jako invertor, bude úroveň log. 1 a kondenzátor C₂ bude polarizován napětím, jehož velikost určuje poloha běžce potenciometru P₁. Oscilátor je blokován, na jeho výstupu je úroveň log. 0, a tedy nejméně na jednom ze vstupů hradla C je úroveň log. 0, což způsobí, že na jeho výstupu bude úroveň log. 1. Jsou tedy oba vstupy hradla D ve stavu log. 1 a na jeho výstupu je log. 0.

Při nastavení klíče do polohy „tečky“ se přivádí jeden ze vstupů hradla A do stavu log. 0 (z výstupu oscilátoru), jeho výstup přechází do stavu log. 1 a na výstupu hradla D se objeví log. 0, rušící polarizaci kondenzátoru C₂. Ten se vybije až na $1/3 U_b$, obvod se překlápí a výstup oscilátoru 3 přechází do stavu log. 1. Hradla A a B změní znovu svůj stav, na oscilátor to však nepůsobí, protože na C₂ je napětí větší, než je polarizační napětí. Výstup hradla C je ve stavu log. 1, na vývodu 7 oscilátoru je napětí U_b , rychlost nabíjení kondenzátoru C₂ závisí na R₃ a P₂.

Dosáhne-li napětí na C₂ $2/3 U_b$, oscilátor změní stav a C₂ se začíná vybíjet přes R₃ a P₂. Udrží-li se klíč v poloze „tečky“, na výstupu hradla B je úroveň log. 0, kondenzátor se vybije až do úrovně $1/3 U_b$ a začíná nový cyklus. Když je klíč rozpojen, kondenzátor C₂ se vybije až na polarizační napětí, které je menší než $1/3 U_b$, a oscilátor se zablokuje.

Když je na výstupu 3 oscilátoru úroveň log. 0 a sepně-li se klíč do polohy „čárky“, je výsledek stejný, jako by byl v poloze „tečky“ – potlačí se polarizační napětí na C₂ a výstup oscilátoru přechází do stavu log. 1. Na vstupu hradla D se to projeví s malým zpožděním vzhledem k C₁, což umožní překlápění hradla do stavu log. 0. Odpor R₂ je tedy připojen k potenciálu země. Kondenzátor C₃ se pak musí nabíjet přes obvod R₁, P₃, R₃ a P₂. Dosáhne-li

napětí na kondenzátoru $2/3 U_b$, oscilátor se překlápí a C₂ se vybije přes R₃ a P₂. To umožní snadno volit dobu trvání čárek při délce mezery rovné délce teček.

Pro kontrolu klíčování je možné použít stejný nízkofrekvenční oscilátor podle obr. 85. Pro napájení popsaných zapojení se používá stabilizované napětí 5 V. S výhodou je k tomuto účelu možné použít např. obvod MAA723.

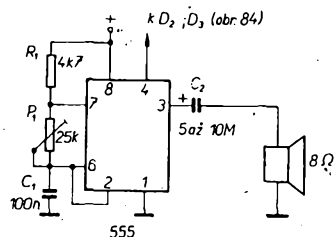
Le Haut Parleur č. 1420

Monitor srdečního rytmu

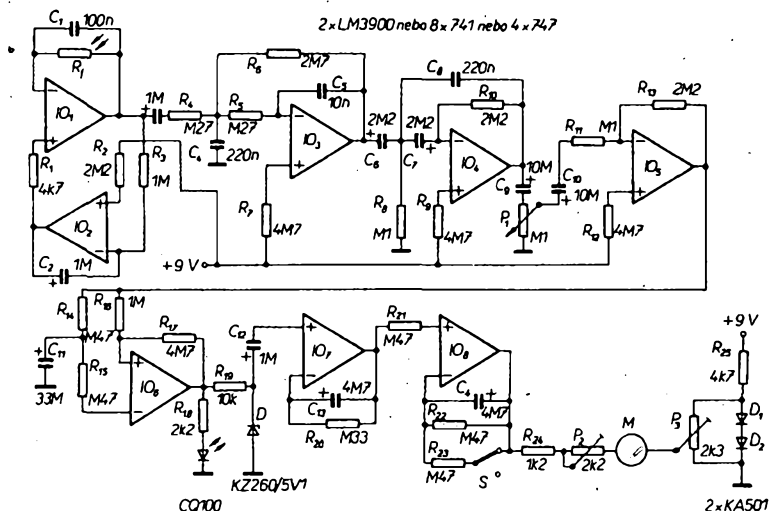
Popisovaný přístroj není určen pro diagnostické účely, byl navržen pro použití ve sportovních střediscích a pro experimenty s biologickou zpětnou vazbou. Tomu odpovídá i koncepce řešení – pro snímání tepu se používá jednoduché prostředkové čidlo, k indikaci se užívá obyčejné ručkové měřidlo. Pro metodu měření byly i při použití analogové indikace dvě možnosti: buď měřit dobu mezi dvěma údery srdce, nebo zkusit aplikovat princip integračního měření kmitočtu. Protože první z obou metod vyžaduje složitější zapojení a vede k nelineárnímu „obrácení“ stupnice, bylo pro realizaci přístroje využito druhé metody – integrační.

Schéma zapojení přístroje je na obr. 87. Vstupní čidlo tvoří žárovka a fotoodpor, vestavěné do kuličky na prádlo tak, aby se mezi ně „vešla“ malá část tkáně, například ušního boltce nebo prstu. Srdce při jednotlivých tepech zásobuje krevní řečiště celého těla, čímž se cyklicky mění propustnost tkáně pro světlo. Cyklicky se tedy mění osvětlení fotoodporu a tím i jeho odpor. Protože skutečné množství propouštěného světla je v určitém rozsahu individuální, u jednotlivých osob se liší, a kromě toho závisí i na tloušťce tkáně mezi prvky čidla, je třeba na vstupu použít obvod pro stabilizaci pracovního bodu.

Stabilizační funkci zajišťují obvody IO₁ a IO₂. Pracovní režim obvodu IO₁ zajišťuje, že proud fotoodporem bude vždy roven proudem fotoodporem R₁. Proud obvodu R₁ je automaticky nastavován obvodem IO₂ tak, že výstupní napětí je asi 4 V (protože proud odporem R₂ musí být stejný, jako proud odporem R₃). Kondenzátor C₂ zabraňuje rychlým změnám proudů odporem R₁ a tak jsou indikovány i poměrně rychlé změny osvětlení tkáně, způsobené srdečním tepem, vyvolávající změnu odporu R₁. Protože výstupní napětí IO₁ je velmi malé, je ho třeba zesílit zesilovači IO₃ a IO₄ o 40 dB. Obvod IO₃ současně tvoří dolní propust, omezující maximální rychlost detekce na 250 pulsů za minutu. Obvod IO₄ kromě zesilovací funkce plní také funkci dolní zadržky, ořezává signály pod 30 pulsů za minutu. Tyto filtry vylučují brumové napětí 50 Hz a další rušivé signály, které mohou vznikat při pomalých pohybech těla a mohly by rušit při měření. Protože úroveň dodávaného vstupního signálu se může u jednotlivých osob lišit až o 20 dB, je za IO₄ zařazen regulátor



Obr. 85. Nf oscilátor ke kontrole klíčování



Obr. 87. Monitor srdečního rytmu

citlivosti, jehož výstupní signál zesiluje obvod IO₅.

Výstupní signál obvodu IO₅ je třeba před dalším zpracováním tvarovat na pravoúhlý průběh. Tuto funkci plní obvod IO₆, u něhož potřebnou kladnou zpětnou vazbu zajišťuje odpor R₁₇. Oba vstupy obvodu IO₆ jsou připojeny k výstupu obvodu IO₅, na invertující vstup se však střídavý signál nedostává, což zajišťuje kondenzátor C₁₁. Na výstup obvodu IO₆ je připojena dioda LED, indikující vizuálně detekovaný srdeční puls.

Dále je třeba převést napětí pravoúhlého průběhu na výstupu obvodu IO₆ na napětí, jehož úroveň bude úměrná rychlosti srdečního pulsu – to zajišťuje obvod IO₇. Pokaždé, když výstup IO₆ přechází do stavu H, nabíjí se přes odpor R₁₈ a neinvertující vstup obvodu IO₇ kondenzátor C₁₂. Tento obvod je vyrovnáván odpovídajícím proudem (do invertujícího vstupu), který dodává výstup obvodu, přecházející do stavu H (přes C₁₃). Tím se kondenzátor C₁₃ částečně nabíjí. Při sestupné hraně impulsu výstupního napětí IO₆ se kondenzátor C₁₂ vybíjí přes ochrannou diodu na vstupu obvodu IO₇. Kdyby nebyl použit odpor R₂₀, kondenzátor C₁₃ by byl dále nabíjen při každém vstupním impulsu. Odpor R₂₀ však C₁₃ částečně vybíjí, a nabíjení se zastaví při dosažení napětí, při kterém se vzájemně rovnají nabíjecí a vybíjecí proud. Toto napětí je úměrné rychlosti srdečního tepu, jehož zvlnění určuje časová konstanta R₂₀, C₁₃, která byla zvolena jako kompromis mezi požadavky na rychlost odezvy a malé zvlnění. Použitá Zenerova dioda zajišťuje stabilizaci výstupního napětí IO₆ při změnách napájecího napětí.

Obvod IO₈ se používá jako koncový zesilovač, zajišťující požadované dva rozsahy měření a další stupeň filtrace. Výstupní signál z obvodu IO₈ se měří měřidlem, které indikuje přímo rychlost tepu srdce. Odpor a odporový trimr, zapojené v sérii s měřidlem, umožňuje kalibrovat přístroj, potenciometr P₃ je určen k nastavení nuly (protože výstupní napětí obvodu IO₈ není nulové, ale asi 0,8 V). Diody D₁ a D₂ slouží ke stabilizaci nuly při změnách napájecího napětí.

Pro napájení bylo použito dvou oddělených baterií, jedné pro žárovku a druhé pro elektrickou část. (Při společné baterii docházelo po určité době provozu k paralelní modulaci žárovky, způsobené kolísáním napětí asi o 10 mV, vyvolaným funkcí Schmittova klopného obvodu.)

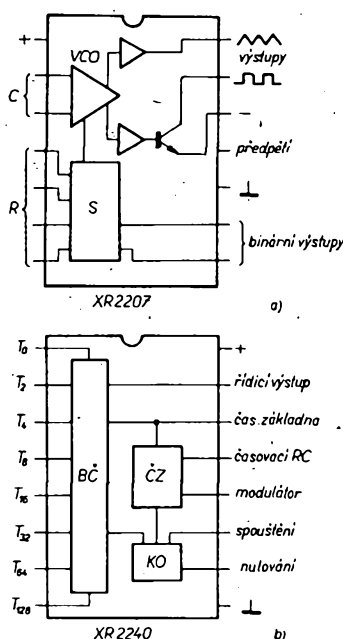
Konstrukční provedení není náročné. Pro zhotovení čidla byl použit kuliček na

prádlo, ve kterém byly provrtány díry v obou přiléhajících kondích. K těmto děrám byla epoxidovým lepidlem přilepena jak žárovka, tak fotoodpor a to tak, aby světlo žárovky dopadalo těmito děrami na fotoodpor. Fotoodpor je třeba zajistit proti dopadu falešného světla ze zadní strany. Při použití se čidlo nasadí např. na lalůček ušního boltce a citlivost přístroje se nastavuje tak, aby dioda LED pravidelně blikala v rytmu snímaného tepu. Údaj měřidla se postupně zvětšuje a za 25 sekund se ustálí. Pak již poloha ručky měřidla odpovídá měřenému srdečnímu tepu.

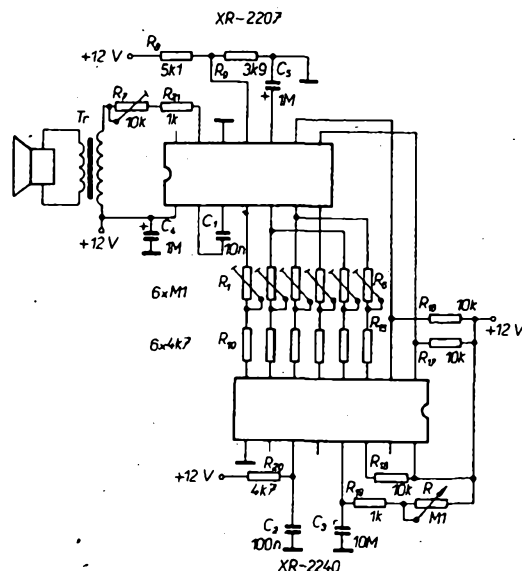
Electronics Today International, prosinec 1976

Melodický zvonek třetí generace

Jednoduché zapojení, využívající dvou integrovaných obvodů a minima vnějších součástek, pracuje jako prostý hudební syntezátor. Složitější než zkonstruovat zapojení je jistě opatřit si potřebné integrované obvody, které zatím nepatří na



Obr. 88. Vývody IO XR2207 a 2240 (C, R – časovací členy, KO – klopný obvod, ČZ – časová základna, BČ – binární čítač)



Obr. 89. Melodický zvonek třetí generace

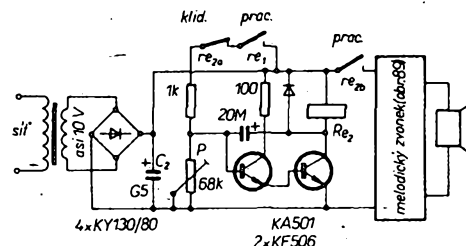
našem trhu k nejběžnějším. Jde o XR-2207, programovatelný tónový oscilátor, který je řízen pseudonáhodnou binární posloupností impulsů, generovanou integrovaným obvodem čítače/časovače XR-2240.

Nejprve popíšeme blokové funkce integrovaných obvodů. Na obr. 98a je funkční schéma oscilátoru XR-2207. Tento monolitický integrovaný obvod obsahuje čtyři funkční celky: oscilátor o proměnném kmitočtu, který je zdrojem signálů základních průběhů, čtyři proudové spínače, ovládané binárními klíčovými vstupy, koncový stupeň pro výstupní napětí trojúhelníkovitého průběhu a koncový stupeň pro napětí pravoúhlého průběhu. Vestavěné proudové spínače přepínají proud oscilátoru na libovolný ze čtyř vnějších časovacích odporů, čímž se volí jeden ze čtyř diskretních kmitočtů (podle binárních logických úrovní na klíčovacích vstupech).

Programovatelný čítač/časovač XR-2240 se skládá z oscilátoru časové základny, řídicího klopného obvodu a programovatelného osmibitového čítače. Jeho funkční schéma je na obr. 82b. Osm výstupů je v provedení s otevřeným kolektorem, mohou se tedy používat buď odděleně, nebo v paralelním zapojení v konfiguraci „wired-or“.

Na obr. 89 je celkové zapojení elektronického melodického zvonku. Obvod XR-2207 je zdrojem posloupnosti tónů, nastavených vnějším kondenzátorem C₁ a odpory R₁ až R₆, připojenými mezi vývody 4–7 obvodu. Těmito odpory se nastavuje kmitočet, tedy výška tónu. Obvod čítače/časovače generuje pseudonáhodný sled impulsů, odvozený čítáním kmitočtů časové základny. Výstupy čítače XR-2240 (vývody 1 a 8) pak aktivují časovací odpory R₁ až R₆ oscilátoru, který převádí binární impulsy na tóny. Kmitočet časové základny čítače/časovače určuje tempo melodie. Nastaví se pomocí C₂ a proměnného odporu R.

Sled impulsů na výstupu obvodu čítače/časovače je možné programovat volbou výstupů čítače (vývody 1 až 8 obvodu XR-2240), připojených k programovacím vstupům obvodu oscilátoru XR-2207 (vývod 4 až 7). Doporučuje se použít zapojení



Obr. 90. Zapojení zvonku (TI_1 , TI_2 – domovní a dveřní tlačítko, Tr – domovní zvonkový transformátor)

podle obrázku, protože v tomto zapojení se na výstupu dosahuje zvláště melodické posloupnosti tónů.

Pseudonáhodná posloupnost impulsů čítače/časovače se opakuje ve osmito-
vých intervalech (256 kroků) časové zá-
kladny. Melodie tedy trvá, podle kmitočtu
časové základny, 1 až 2 minuty a pak se
opakuje. Protože obvod časovače/čítače
se při zapnutí vždy nuluje, začíná při
zapnutí syntezátoru melodie vždy ve stej-
ném místě.

A nyní ke konkrétní stavbě zvonku. Elektronickou část montujeme na jednu desku s plošnými spoji. Jako transformátor Tr (na obr. 89) použijeme výstupní miniaturní transformátor, pokud možno s co největší impedancí primárního vinutí. Reproduktor použijeme většího průměru. Hlasitost lze regulovat trimrem R₁ „Melo-dii“ nastavíme podle libosti odporovými trimry R₁ až R₆. Rychlost rytmu lze regulovat od několika sekund do několika minut proměnným odporem R. Zařízení nepotřebuje stabilizované napětí.

Na obr. 90 je konečná úprava zvonku. Domovní tlačítka ponecháme beze změn, požadíme jen telefonní nebo jiný přepínač (Př), v jehož poloze A ponecháme i původní domovní zvonek. Přepnutím do polohy B se při zazvonění usměrní střídavé napětí z domovního zvonkovévo transformátoru a místo zvonění na chvíli sepne relé Re_1 . Jeho pracovní kontakty re , spustí časový spínač, který sepne relé Re_2 . Jeho pracovní kontakty re_{2b} spínají napájení melodického zvonku, klidové kontakty re_{2a} rozpojí časové relé, aby během melodie bylo zvonkové tlačítko vyřazeno. Teprve po odeznění melodie, kdy časový spínač odpadne, je možné znovu „zazvonit“. Délku sepnutí časového spínače nastavíme trimrem P (obr. 90) tak, aby zvonek odehrál celý svůj „program“ jednou nebo vícekrát (podle přání). Melodický zvonek můžeme použít i pro buzení apod.

Indikátor rychlosti otáčení

Většina motoristů si uvědomuje potřebu šetřit pohonné hmoty. Je známo, že na spotřebu má vliv i styl jízdy. K dosažení malé spotřeby je potřeba udržívat motor v režimu poměrně malých rychlostí otáče-

ni a přidávat „plyn“ až do oblasti rychlosti otáčení, odpovídající maximálnímu točivému momentu motoru. Pro kontrolu není vždy nutný otáčkoměr s analogovou nebo digitální indikací. Užitečnou pomůckou může být i jednoduchý přístroj, indikující pět rozsahů rychlosti otáčení pomocí dvou diod LED.

Zapojení přístroje je na obr. 91. Vstupní signál pro indikaci se získává buď přímo z primárního vývodu zapalovací cívky, nebo indukci (z několika závitů drátu ovinutého kolem vysokonapěťového kabelu mezi zapalovací cívkou a rozdělovačem). Pro připojení se doporučuje použít ohebný stíněný vodič. Vstupní signál se upravuje monostabilním multivibrátorem, sestaveným ze dvou hradel NAND obvodu IO₁, za kterým je zapojen integrační člen (R_1 , C_1). Jeho výstupní napětí se přivádí na čtyři napěťové komparátory, pro které byla použita hradla NAND v originální konstrukci technologie CMOS). Dva z těchto komparátorů (1 a 2) se používají pro primé řízení spínacích tranzistorů při příliš malých nebo příliš velkých rychlostech otáčení motoru.

Další dva komparátory (3 a 4) pro oblast optimálního točivého momentu zapínají případně vypínají astabilní multivibrátory (1/2 IO₁), čímž se indikuje také přechodová oblast při překročení optimálního rozsahu rychlosti otáčení motoru, nebo její zmenšení pod tento rozsah. Transistory T₂ a T₃ spínají diody LED, zelenou a červenou.

Aby se dosáhlo přesné indikace na všech rozsazích, je třeba použít stabilizované napájecí napětí. Pro nastavení se používají nízkofrekvenční signály 50 až 200 Hz, odpovídají u čtyřválcového čtyřtákního motoru rychlostem 1500 až 6000 otáček za minutu. Pokud je k dispozici otáčkoměr, je možné přístroj nastavit přímo v motorovém vozidle. Při nastavení je třeba dodržet určitý postup. Nejprve se připojí stabilizované napájecí napětí. Na vstup se připojí měřený signál ze zapalovací cívky nebo z nízkofrekvenčního generátoru. Pak se nastaví běžce potenciometru P_1 a P_3 do polohy nejbližší k zemi, běžce potenciometru P_2 a P_4 do polohy nejbližší vstupnímu napětí. V oblasti mezi 1500 až 6000 otáček za minutu musí svítit

zelená dioda LED. Když se rychlost otáčení zmenší pod 1500 ot/min, nastaví se potenciometer P_2 tak, aby se rozsvítila červená dioda LED. Současně zhasíná zelená dioda. Podobně se nastaví potenciometer P_1 , tak aby se při nadměrných rychlostech otáčení (přes 6000 ot/min) rozsvítila červená dioda LED při vstupním kmitočtu 200 Hz, odpovídajícím 6000 ot/min. Když je pro určitý typ motorového vozidla rozsah rychlosti otáčení pro optimální točivý moment například 2700 až 4000 ot/min, tak se nejprve nastaví potenciometer P_4 při překročení 2700 ot/min (svítí zelená dioda) a pak se nastaví potenciometrem P_3 při rychlosti otáčení asi 4000 ot/min.

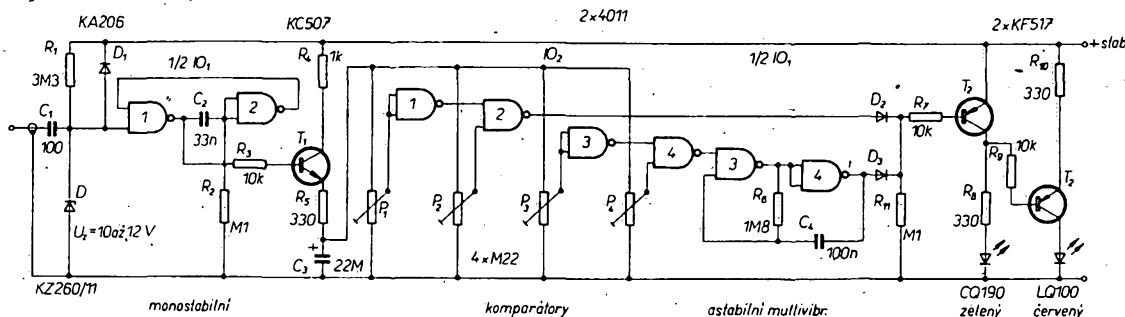
Na závěr je třeba přezkoušet funkci zařízení v celém rozsahu rychlosti otáčení. Pokud by byl dodržen postup nastavení, pak v oblasti příliš malých rychlostí otáčení motoru svítí červená dioda, v přechodové oblasti bliká zelená-červená, v optimální oblasti svítí zelená, v následující přechodové oblasti bliká červená-zelená a v oblasti nadměrných rychlostí svítí červená dioda.

Funkschau č. 20/1981

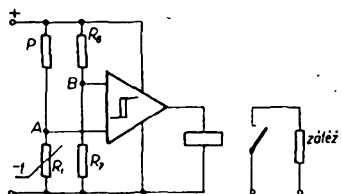
Elektronický termostat

Popisovaný přístroj je určen pro udržování konstantní teploty vody v akváriu (přesněji řečeno v určitém teplotním rozmezí), může však najít použití i v jiných aplikacích. Protože se pro regulaci teploty vody používá topné tělísko, je použití omezeno na regulaci teploty vody na teplotu vyšší, než je teplota okolního prostředí.

Přístroj používá princip nespojitě regulace teploty. Blokové schéma je uvedeno na obr. 92. K termistorovému můstku R_1 , R_2 , R_6 a R_7 je připojen Schmittův klopný obvod, ovládací relé, které se používá pro spínání topného tělíska. Odpor termistorového čidla se mění v závislosti na teplotě, průběh této změny je nelineární, má exponenciální charakter. To však v poměrně malém rozsahu regulovaných teplot od 15 do 30 °C nevadí. Předpokládáme, že při určité teplotě je pomocí P můstek vyrovnaný. Při zvýšení regulova-



Obr. 91. Indikátor otáček



Obr. 92. Elektronický termostat pro akvárium – základní zapojení

né teploty se změni odpor. termistoru, rovnováha můstku se poruší a mezi body A a B vzniká chybové napětí. Uvedené body jsou spojeny se vstupem klopného obvodu. Dosáhne-li chybové napětí určité velikosti, překlapi se klopný obvod. Klopný obvod se do původního stavu vrátí při zmenšení vstupního napětí. Když se relé, ovládané výstupem klopného obvodu, a spínající topné tělísko, zapojí tak, aby v klidovém stavu klopného obvodu bylo sepnuto, pak je zapnuto topné tělísko a teplota se zvyšuje, dokud vstupní napětí klopného obvodu nedosáhne velikosti nutné k jeho překlopení. Překlapi-li se obvod, relé vypne topení, voda se vlivem okolní teploty ochlazuje, dokud se chybové napětí můstku nezmenší. Klopný obvod se pak vrací do klidového stavu, topení se opět zapíná a celý cyklus se opakuje. Jde vlastně o oscilace složitějšího elektronického a termodynamického systému, jehož cyklus se skládá ze dvou částí, t_1 a t_2 , přičemž t_2 odpovídá době topení. Na délku má vliv celá řada parametrů, jako teplotní setrvačnost systému, výkon topného tělíska, nastavení hystereze klopného obvodu, rozdíl mezi nastavenou teplotou a teplotou okolí atd. Čím užší je požadované rozmezí teplot, tím vyšší musí být opakovací kmitočet spínání relé. Z hlediska doby života používaného relé je vhodné, aby cyklus spínání trval řádově jednotky minut. Podle velikosti regulované nádrže je také třeba volit výkon topného tělíska.

Schéma zapojení přístroje je na obr. 93. V přístroji se používají tři tranzistory. Dva z nich jsou nízkofrekvenční n-p-n malého výkonu, koncový tranzistor p-n-p musí dodat výkon, potřebný pro sepnutí relé. K napájení přístroje se používá síťový zdroj o napětí 9 V. Tomu musí odpovídat i použité relé.

Termistorový můstek je sestaven z R_1 , P_1 , R_2 , R_3 , R_4 , R_5 , R_6 , R_7 , R_8 . Hodnota odporu R_5 není ve schématu uvedena, jde o odpor, kterým se nastavuje hystereze Schmittova klopného obvodu. Diody D_1 slouží pro omezení špiček vznikajících při odpojování relé, současně zabráňují oscilacím regulačního systému v blízkosti nastavené teploty.

Konstrukce přístroje neklade žádné zvláštní nároky. Při realizaci je však třeba

dbát na bezpečnou izolaci a ochranu vodní nádrže s ohledem na používané elektrické napětí. Doporučuje se použít topná tělíska prodávána odbornými prodejny pro tyto účely. Teplotní čidlo je možné umístit na vnější stěnu akvária, nebo přímo do vody (v izolační vrstvě). Pro dosažení dobré regulace je vhodné, aby čidlo mělo malou setrvačnost. Postup nastavení přístroje je jednoduchý. Teplotu vody měříme teploměrem a stupnici proměnného odporu P_1 ocejchujeme ve $^{\circ}\text{C}$. Zařízení je nejvhodnější zkusit v akváriu bez rybiček. Popsané zařízení vyhovělo dobře v dlouhodobém provozu při teplotě vody $26 \pm 1^{\circ}\text{C}$.
Le Haut Parleur č. 1621

Logická zapojení s fototranzistory

Zdroje světelného záření je možné kontrolovat fototranzistory, které se dají sestavovat do logických zapojení. Na obr. 94a až 94d jsou uvedeny čtyři základní logická zapojení. Pro hradlo AND a hradlo NAND (obr. 94a a 94b) se fototranzistory zapojují do série. Pro hradlo OR (obr. 94c) a hradlo NOR (obr. 94d) jsou tranzistory zapojeny paralelně. Výstup hradla má úroveň log. 0, když jsou oba tranzistory osvětleny. Diody v emitorovém obvodu společně se svodovým obvodem baze zabraňují tomu, aby se tranzistor otvíral zbytkovým proudem fototranzistoru.

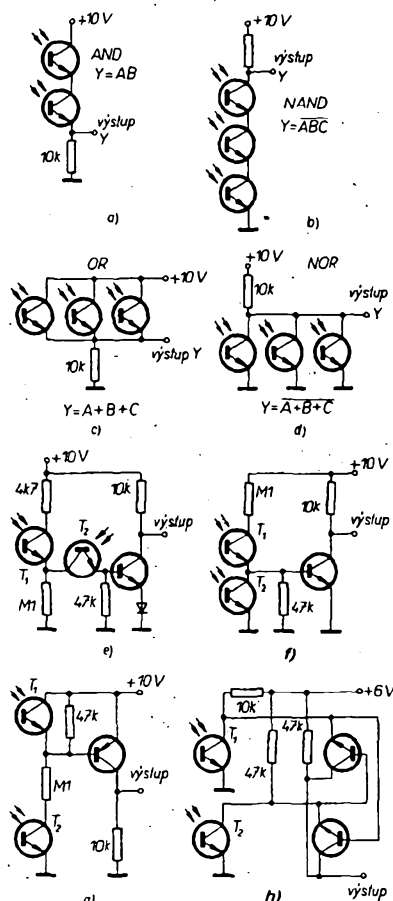
Zapojení podle obr. 94f má na výstupu úroveň log. 1, když je fototranzistor T_1 neosvětlen, T_2 osvětlen. Zapojení podle obr. 94g přechází do stavu log. 1, když je fototranzistor T_1 osvětlen, zatímco T_2 je neosvětlen.

Na obr. 94h je zapojení exkluzivního hradla OR s fototranzistory. Když jsou oba fototranzistory neosvětleny, pak jsou tranzistory zavřeny, protože jejich báze a emitory jsou přibližně na potenciálu napájecího napětí. Dopadne-li na fototranzistor T_1 světlo, pak vede také příslušný tranzistor, protože napětí na jeho emitoru se zmenší téměř na nulu a přes kolektorový odpor T_2 protéká proud báze. Dopadne-li pak světlo také na druhý fototranzistor, zavrou se opět oba tranzistory, protože jejich báze i emitory jsou přes fototranzistory připojeny na zemní potenciál.

Radio Fernsehen Elektronik č. 3/1978

Fotoelektrický vratný čítač s indikací

Toto zařízení má univerzální použití, protože umožňuje indikovat okamžitý počet osob, automobilů, atd. ve sledovaném prostoru. Mezi možnosti aplikace patří sledování počtu zákazníků v samoobslu-

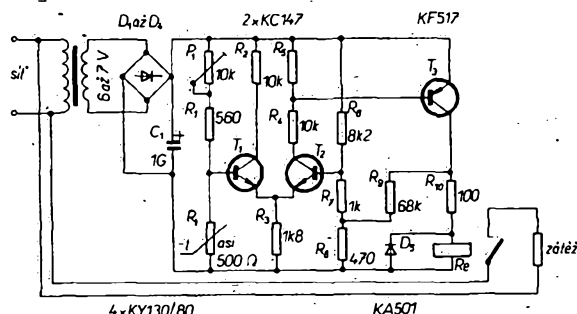


Obr. 94. Logická zapojení s fototranzistory

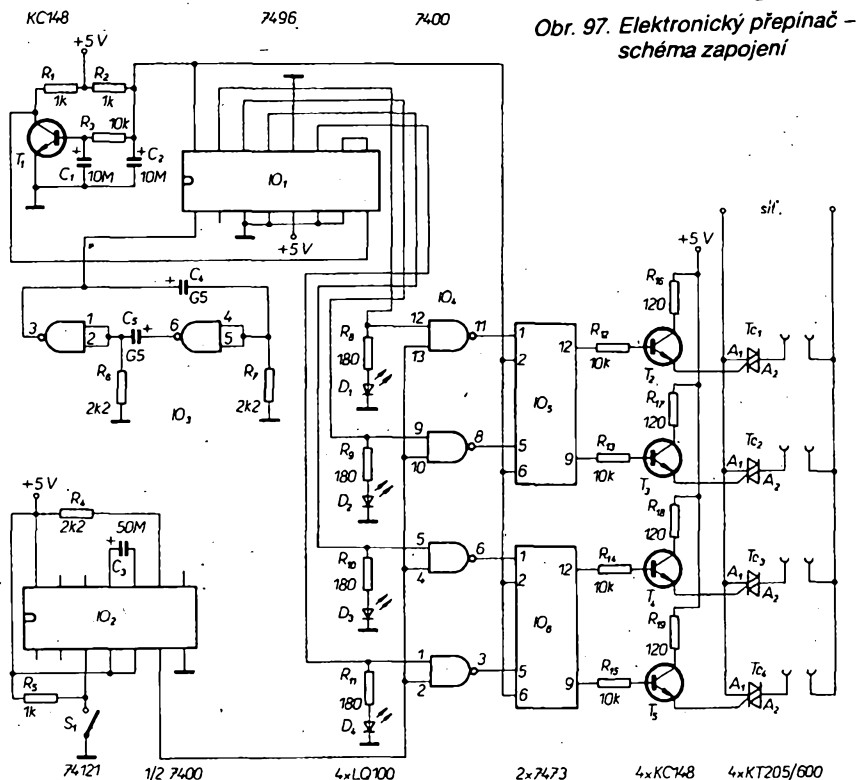
hách, obchodních domech, návštěvníků v galériích, automobilů v parkovacích garážích, návštěvníků sportovišť atd.

Schéma zapojení je na obr. 95. Jako čidla se používají fotoodpory R_{12} a R_{14} , které tvoří část odporového děliče napětí. Při dopadu světla mají odpor asi 100 Ω . V tomto případě je na odporu R_2 napětí asi 0,4 V. Při přerušení světelného paprsku jsou použity Schmittovy klopné obvody (IO_1), které dodávají signály pro ovládání první dekadý čítače IO_4 , která dále obsahuje dekodér IO_2 a jednotkový displej V_1 . Druhou dekadou tvoří obvod IO_3 , připojený k dekodéru IO_3 a desítkovému displeji V_2 . Integrované obvody IO_6 , IO_7 a IO_8 realizují potřebné pomocné logické funkce, související s požadovanou dekadickou funkcí čítačů při použití hexadecimálních obvodů. Funkce použitých binárních čítačů odpovídá katalogovým údajům a časovému diagramu, nebudeme ji proto zvlášť popisovat. Určitý komentář však vyžadují pomocné logické obvody, zajišťující, aby čítače a displej při čítání směrem nahoru do dosažení stavu 9 přecházely do stavu 10 a naopak. Je samozřejmě možné zapojení také upravit pro použití vratných čítačů typu 74192, které mají příslušnou řídicí logiku vestavěnou, a pak potřeba pomocných logických obvodů odpadá. Někdy však, zvláště v amatérské praxi, není možné použít ideální obvody, a pak je možné se na uvedeném zapojení seznámit s řešením zapojení binárních nebo dekadických čítačů.

Činnost přídavných logických obvodů zajišťuje generování nulovacího impulsu



Obr. 93. Elektronický termostat pro akvárium



Obr. 97. Elektronický přepínač – schéma zapojení

cím impulsu je výstup A (vývod 15) ve stavu log. 1 a tato informace se posouvá při příchodu každého dalšího taktovacího impulsu doprava, tedy na další výstupy.

Funkce nastavení a nulování plní obvod s tranzistorem T_1 , který po zapnutí přístroje přivádí na nulovací vstup (vývod 16) úroveň log. 0 a na vývod nastavení (vývod 8) úroveň log. 1. Taktovací impulsy produkuje generátor sestavený ze dvou hradel NAND obvodu IO_3 , zapojených jako inventory. Jejich kmitočet je nastaven asi na 0,5 Hz.

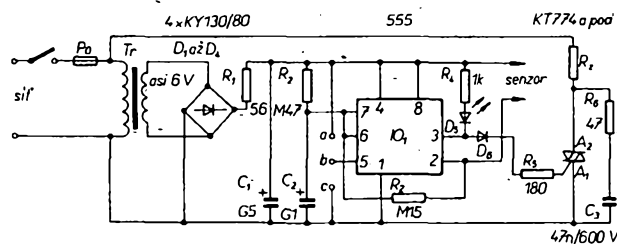
K výstupům posuvného registru jsou připojeny svítivé diody (D_1 až D_4), ukazující, který z výstupů je ve stavu log. 1. Kromě toho se jednotlivé výstupní signály posuvného registru přivádějí vždy na jeden ze vstupů příslušného hradla NAND obvodu IO_4 . Druhý vstup všech těchto hradel je připojen k výstupu monostabilního klopného obvodu IO_2 , ovládaného spínačem S_1 (pneumatikou ovládaný kontakt). Tento monostabilní klopný obvod zajišťuje, že bez ohledu na přechodové překmity pneumatického kontaktu a dobu jeho sepnutí je na výstupu obvodu generován jen jeden impuls o délce kolem 100 ms. Tento impuls společně s výstupním napětím posuvného registru způsobí, že výstup hradla, které má na obou vstupech úroveň log. 1, přechází do stavu log. 0. Výstupní signály těchto hradel se přivádějí na vstupy řadiče, sestaveného z klopných obvodů IO_5 a IO_6 . Když je na výstupu některého z hradel úroveň log. 0, mění se stav příslušného klopného obvodu. Výstup klopného obvodu ovládá triaky TC_1 a TC_2 , prostřednictvím budících tranzistorů T_2 až T_5 . Když je výstup klopného obvodu ve stavu log. 0, je tranzistor uzavřen a nepropouští budící proud triaku. V tomto stavu je zátěž vypnuta. Přechází-li výstup klopného obvodu do stavu log. 1, přechází tranzistor do saturace, triak se otevírá a zátěž je připojena k síti. Kolektorové odpory tranzistorů T_2 až T_5 omezují budící proud asi na 35 mA. Triaky je třeba volit podle předpokládaného odběru proudu zátěží.

K napájení přístroje je možné použít jakýkoli stabilizovaný napájecí zdroj s vý-

stupním napětím 5 V. Při konstrukčním řešení podle běžných zásad byl přístroj rozdělen na čtyři desky – na jedné byly digitální obvody, na druhé obvody s diodami LED, na třetí zdroj a na čtvrté výkonové stupně. Všechny desky byly umístěny ve společné přístrojové skříni. Při konstrukci je třeba věnovat pozornost návrhu a provedení pneumatického spínače, jehož spolehlivá funkce je pochopitelně podmínkou spolehlivého provozu zařízení a jeho přizpůsobení možnostem obsluhující osoby. Je možné použít trubku z plastické hmoty o průměru asi 5 cm, ve které je vestavěna pryžová membrána, nesoucí pohyblivý kontakt. Tato trubka je na jedné straně vzduchotěsně spojena s hadičkou z plastické hmoty, která vede k obsluhujícímu, na druhé straně je dvoulinkou vyveden pohyblivý a pevný kontakt, tvořící spínač, na vstup přepínacího zařízení. Při konstrukci je třeba přihlížet k možnostem uživatele zařízení, a to například při nastavení základního kmitočtu, určujícího dobu pro vydání ovládacího impulsu, ale také při konstrukci ovládacího kontaktu, který může být zkonstruován i na zcela odlišném principu (například snímač senzorového typu). *Antenna, červen 1980*

Automatizace zalévání skleníku

Při pěstování rostlin je důležité nejen dodržovat teplotní režim, ale i potřebnou



Obr. 98. Automatizované zalévání

vlhkost. Popisované zařízení používá k regulaci vlhkosti čidlo, které je zhotoveno zalitím dvou uhlíkových tyčinek do epoxidové pryskyřice. Tyčinky jsou k zařízení připojeny dvoulinkou, a jsou za provozu umístěny tak, že jejich horní konce jsou v rovině s plochou odlitku, na kterou dopadá při zalévání voda (případně na které se usazuje kondenzovaná voda). Přístroj tedy neřídí zalévání podle vlhkosti země.

Zapojení přístroje je na obr. 98. Čidlo je připojeno mezi kladný pól napájení a vývod 2 časovacího obvodu IO_1 typu 555. Je-li povrch čidla pro snímání vlhkosti suchý, bude na vývodu 3 obvodu IO_1 kladné napětí po dobu, která závisí na volbě R_2 a C_2 . Tím se otevře triak, ovládající elektrický ventil přívodu vody, napájený síťovým napětím. Na tomto místě je třeba důrazně upozornit na nutnost dodržet bezpečnostní normy při zapojování a používání tohoto zařízení.

Stříkající voda dopadá na vhodně umístěné čidlo a po dokončení cyklu časovacího obvodu je napětí na vývodu 2 IO_1 již tak kladné, že zabrání startu nového cyklu časovacího zařízení, a to dokud se voda na povrch čidla neodpaří. Během doby, po níž je přívod vody zamezen, je na vývodu 3 záporné napětí a LED₁ je rozsvícena.

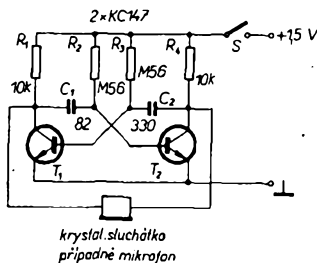
Když je třeba změnit dobu trvání průtoku vody, je možné využít dvou řešení. Při prvním z nich se pomocí přepínače připojuje odpor 500 Ω z bodu „b“ do bodu „a“, nebo do bodu „c“. Druhou, dokonalejší možností je nahradit odpor R_2 deseti odporů v sérii tak, aby jejich celkový odpor byl kolem 500 k Ω . Pro přepínání jednotlivých odporů je možné použít jedenáctipolový přepínač, je však třeba zajistit, aby při přepínání byl odpor R_2 minimálně 10 k Ω .

Zapojení je napájeno z nestabilizovaného síťového zdroje napětím asi 9 V. Je samozřejmě možné použít stabilizovaný zdroj a při kolísání síťového napětí bude pak dokonalejší. Při zapojování přístroje nezapomínejte na odpor R_1 . Oživovat a zkoušet přístroj je pak možné pouze s napájecím napětím z baterie 9 V, připojené provizorně ke kondenzátoru C_1 . Kousek navlhčeného papíru, přiloženého na snímač vyvolá průběh jednoho cyklu a dioda LED₁ zůstane rozsvícena, dokud se navlhčený papír ze snímače neodstraní. Při jeho dalším přiložení začíná vždy nový cyklus. Umístění čidla při praktickém použití a nevhodnější dobu otevření vodního ventilu je třeba vyzkoušet v konkrétních podmínkách.

Practical Electronics, říjen 1976

Elektronický odpuzovač komárů?

V literatuře je možné se setkat s rozpornými názory na otázku účinnosti zařízení tohoto druhu. Byla sice realizována řada měření, nepodařilo se však dojít k jednoznačnému výsledku a závěru. Přesto se přístroje pro odpuzování komárů



Obr. 99. Elektronický odpuzovač komárů

rů komerčně vyrábějí, prodávají a kupují, jsou předmětem patentů, měření, zkoušek, výzkumů a různých teorií. Zkoumá se chování komářích samiček a samečků, jejich reakce na různou výšku tónů atd. Většina vyráběných zařízení vydává vysoký tón, který má odpuzovat agresivní samičky komárů. Popisované zařízení je velmi jednoduché, a v tom případě, že jeho účinnost nebude dostatečná, nedojde k velké časové ani finanční újmě.

Schéma zapojení na obr. 99 ukazuje obyčejný astabilní multivibrátor, z jediného článku o napětí 1,5 V. Jako akustický měnič se používá výbrus z krystalového sluchátka. S hodnotami součástek, uvedenými ve schématu, je kmitočet generovaného tónu kolem 5 kHz. Tento kmitočet se v podobných zařízeních používá nejčastěji. Změnit kmitočet je jednoduché: stačí změnit C_1 , C_2 , R_2 a R_3 . Poměr kapacit kondenzátorů C_1 a C_2 je 1:4. Tento poměr byl zvolen záměrně, protože při klíčovacím poměru 25 % má výstupní signál větší obsah harmonických, než při symetrickém průběhu.

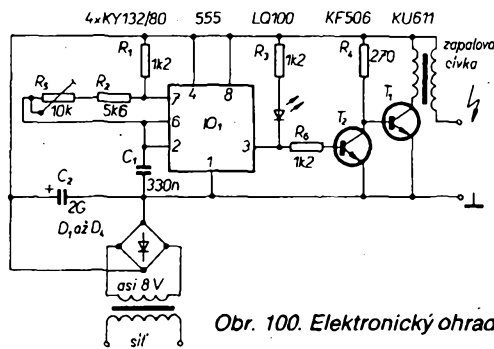
Elector, červen 1980

Elektronický ohradník

Popisované zařízení je obdobou známých elektrických ohradníků, které byly původně konstruovány pro vymezení prostoru k pasení dobytka a využívaly drátů, umístěných kolem hlídaného prostoru, napájených vysokého napětí. V popisovaném zařízení se používá elektronický generátor budících impulsů. Zařízení má jinak v použití stejné vlastnosti a jako již používané typy.

Přesto, že se v původním prameni uvádí, že zařízení používá napětí, která nemohou způsobit poškození lidského organismu a doporučují se i různé aplikace pro zabezpečení proti vniknutí nepovolaných osob (jako např. elektronický plot) atd., nelze s tímto stanoviskem v našich podmínkách souhlasit. Nebezpečí pro lidský organismus totiž závisí na řadě konkrétních podmínek, ovlivňujících protékající proud, a ty mohou být značně odlišné. Kromě toho může dojít k trvalému poškození zdraví i pouhým šokem z elektrického proudu – i minimální riziko je v těchto případech příliš velké.

Technické řešení elektrického ohradníku je zřejmé ze zapojení na obr. 100. Základním prvkem přístroje je integrovaný obvod IO, typu 555, zapojený jako astabilní klopný obvod. Generuje napětí pravouhlého průběhu, jehož kmitočet je možné odporovým trimrem R_5 nastavit v rozmezí asi 200 až 400 Hz. Impulsy se z výstupu 3 obvodu IO, přivádějí přes odpor R_6 do báze tranzistoru T_2 , a tento tranzistor přechází do saturace, když má výstupní signál IO, úroveň H. Tím se zavírá



Obr. 100. Elektronický ohradník

tranzistor T_1 , a primárním vinutím vn transformátoru (automobilová zapalovací cívka) proud neprochází. Přestane-li vést tranzistor T_2 vzhledem k malé úrovni výstupního napětí IO₁, tranzistor T_1 se otevírá a primárním vinutím vn transformátoru prochází proud. Tyto proudové změny v primárním vinutí transformátoru indukují do sekundárního vinutí napětí, úměrné poměru počtu závitů primárního a sekundárního vinutí. Protože je tento poměr značný, je na výstupu vn transformátoru napětí dosahující několika kV, výstupní proud je však nepatrný.

Bude-li výstupní napětí IO₁ malé, rozsvítí se dioda LED, jejíž proud je omezen odporem R_3 . Dioda indikuje činnost přístroje, při vyšších kmitočtech než asi 10 Hz se její svit objeví jako trvalý.

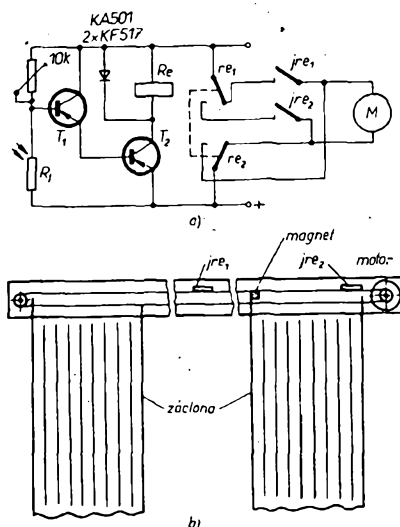
Obvod je možné napájet stejnosměrným napětím 6 až 12 V. Při 12 V se dosahuje většího výkonu přístroje. V místech, kde není k dispozici síť, je možno používat napájení z baterií. Ve schématu je však zakresleno napájení běžným síťovým zdrojem, což je s ohledem na odběr přístroje a předpokládaný dlouhodobý provoz vhodnější.

Electronica Popular, srpen 1980

Obvod pro automatické ovládání záclon

Popisované zařízení je navrženo pro automatické zatažení záclon při zmenšení osvětlení pod stanovenou úroveň. Může současně zapínat osvětlení místnosti. Jako čidlo úrovně osvětlení se používá fotoodpor zapojený na vstupu jednoduchého stejnosměrného vázaného zesilovače, který spíná relé.

Ze zapojení na obr. 101 je zřejmé, že fotoodpor tvoří spolu s potenciometrem



Obr. 101. Obvod pro automatické ovládání záclon

10 kΩ dělič, připojený k bázi tranzistoru T_1 . Při běžném denním osvětlení je odpor fotoodporu poměrně malý a tranzistor je tedy vybuzen jen málo, proto jím protéká jen velmi malý kolektorový proud. Při poklesu úrovně osvětlení se odpor fotoodporu zvětšuje, tím se zvětšují i napětí báze a kolektorový proud T_1 , který budi bázi T_2 . Bude-li kolektorový proud T_2 dostatečně velký, přitáhne relé Re (relé může být libovolného, dostatečně citlivého typu s dvěma přepínacími kontakty). Během dne jsou kontakty relé rozpojeny, při setmění na úroveň, určenou nastavením potenciometru 10 kΩ, kontakty sepnou a zapíná se motor. Použitý motor musí mít výkon potřebný pro spolehlivé ovládání záclon a musí umožňovat reverzaci otáčení při obrácení polarity napájecího napětí. Použité kontakty z jazyčkového relé (je) jsou rozpinacího typu, na rozdíl od běžných kontaktů spinacích. Spinací kontakt lze upravit na rozpinací umístěním magnetu (v blízkosti kontaktu) polarizovaného tak, že relé sepnou. Pohyblivým magnetem s opačnou polarizací se pak působení magnetu zruší, a kontakt se rozpojí.

Když tedy relé sepnou, motor zatahuje záclonu (viz obr. 101b). Dostane-li se záclona do středu okna, kde je umístěn kontakt jre_1 , magnet upevněný k zácloně kontakt rozpojí a záclona zůstává zatažena, motor se vypne. Po rozpojení kontaktu (při dosažení úrovně denního světla) se na motor přivádí napětí opačné polarity, záclona se otevírá, a magnet, upevněný k zácloně, rozpojí kontakt jre_2 na okraji okna, a záclony zůstávají roztaženy.

Popsané zařízení může ovládat i několik záclon na různých oknech, přičemž každé okno musí být opatřeno vlastní motorovou jednotkou. Je ho samozřejmě možné doplnit o další jazyčkové kontakty a spínat, případně vypínat vnitřní osvětlení současně s ovládáním záclon.

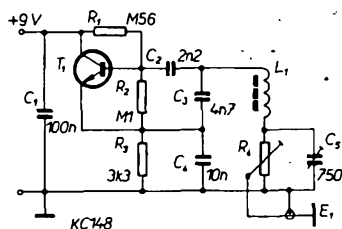
Fotoodpor je umístěn vně na okně tak, aby nebyl vystaven přímému slunečnímu svitu, případně vlivu pouličního osvětlení.

Prototyp zařízení byl použit pro zatahování záclon mikrobuse, používaném jako obytný automobil. Zařízení je možné napájet ze síťového zdroje, typ motoru musí odpovídat velikosti záclon. Motory pro ovládání se mohou napájet přímo ze sítě, je však třeba dodržet požadavek možnosti reverzace.

Electronics Australia, únor 1970

Detektor přiblížení

Popisovaný detektor používá princip změny elektromagnetického pole, vyvolané přítomností cizího předmětu (případně osoby) mezi dvěma elektrodami, nebo změnou vzdálenosti mezi těmito elektrodami. Použitý princip umožňuje používat přístroj univerzálně a přizpůsobit ho požadavkům všech běžných aplika-



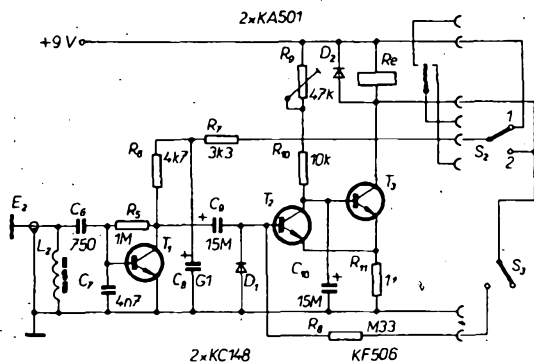
Obr. 102. Detektor přiblížení – vysílač

ci. Zařízení se skládá ze dvou částí – přijímače a vysílače s připojenými elektrodami, mezi nimiž se mění kapacita vlivem přiblížení detekovaného objektu. Na výstupu přijímače je relé, které registruje signály buď v impulsním, nebo paměťovém režimu.

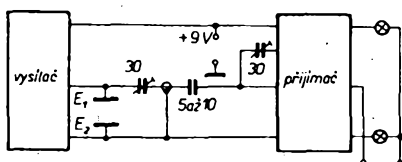
Vysílač používá Colpittsův oscilátor, který má dobrou kmitočtovou stabilitu. Zapojení je na obr. 102. Používá křemíkový tranzistor a pracuje v kmitočtovém pásmu 20 až 40 kHz. Volba tohoto kmitočtového pásma vycházela ze dvou hledisek: nerušit příjem rozhlasu na dlouhých vlnách, ale současně pracovat na dostatečně vysokém kmitočtu, aby se maximálně využilo „kapacitního efektu“. Kondenzátor C_5 s nastavitelnou kapacitou umožňuje nastavit kmitočet vysílače. Pomocí potenciometru R_4 , zapojeného paralelně k C_5 , se odebírá část výstupního napětí, které se přivádí soušným kabelem na elektrodu E_1 . Tato vazba méně tlumí oscilační obvod a příznivě ovlivňuje kmitočtovou stabilitu.

Při nastavení kmitočtu na 20 KHz pomocí C_3 je maximální odběr proudu 1,5 mA při napájecím napětí 9 V. Napětí na R_3 je přitom asi 5 V. Použité kapacity kondenzátorů v laděném obvodu oscilátoru, určujících kmitočet (C_3 , C_4 a C_2) odpovídají indukčnosti cívky L_1 asi 0,9 H. Těto indukčnosti je možné při použití vhodného feritového hrníčku dosáhnout poměrně snadno.

Přijímač používá podobný laděný obvod jako vysílač a pracuje na stejném kmitočtu (zapojení viz obr. 103). Část napětí na laděném obvodu se odebírá z kapacitního děliče z C_6 a C_7 , takže laděný obvod je vstupní impedanci tranzistoru T_1 tlumen minimálně. zesílené napětí se odebírá z kolektoru T_1 a kapacitní vazbou



Obr. 103. Detektor přiblížení – přijímač



Obr. 104. Detektor přiblížení – celkové zapojení

přes C_9 se přivádí na usměrňovací diodu D_1 a bázi T_2 . Stejnoseměrné napětí, které se tak dostává na bázi T_2 , udržuje klopný obvod (T_2 a T_3) ve stavu, kdy T_2 je saturován a T_3 je uzavřen. Relé Re tedy není přitaženo, když však napětí na bázi T_2 zmizí, pak T_3 vede a relé Re přitáhne.

Klopný obvod tvořený tranzistory T_2 a T_3 překlápá, když je na bázi T_2 „kladnější“ napětí než na emitorech, a vrací se do původní polohy, když se napětí na bázi T_2 opět zmenší.

V případě, kdy je v dané aplikaci vhodné uchovat informaci o přiblížení, je možné dosáhnout, aby relé neodpadlo po skončení vstupního impulsu, ale zůstalo přitaženo. Použije-li se zapojení, ve kterém přiblížení objektu způsobí přitažení relé, dosáhne se paměťové funkce přepnutím přepínače do polohy 2, v níž T_1 není napájen (a relé tedy zůstane sepnuto). V zapojení, v němž je v klidovém stavu relé přitaženo a přiblížení objektu způsobí odpadnutí jeho kotvy, lze paměťové funkce dosáhnout sepnutím dalšího spínače. Odpadne-li kotva relé, přivádí se na bázi T_2 kladné napětí (přes přepínač S_3). Přepínaní kontakty relé je možné využít pro indikaci stavu žárovkami, pro ovládání počítačů atd., podle podmínek a požadavků použití.

Univerzálnost použití detektoru lze ukázat na několika příkladech. Jde-li o detekci vodivých objektů spojených se společnou elektrickou kóstrou přijímače a vysílače, jde o potlačení elektromagnetického pole a relé spíná. Když je detekovaný objekt vodivý, ale není spojen s kóstrou, klidová kapacita mezi elektrodami se přiblížením tohoto předmětu zvětší. Toto zvětšení lze zaregistrovat odpadnutím relé. Mez odpadnutí relé se nastaví v přítomnosti objektu mezi elektrodami pomocí potenciometru R_x .

Když je detekovaný předmět z izolantu, pak při jeho permitivitě (dielektrické konstantě) větší než 1 (což platí pro většinu plastických hmot a izolantů) lze přístroj uvést v činnost na základě zvětšení kapa-

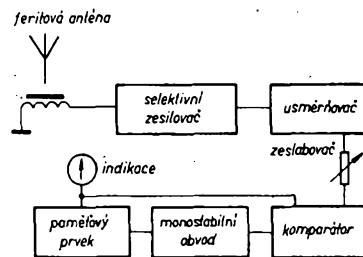
vysílač i přijímač naladěn přidavnými kondenzátory tak, aby se zavedením objektu mezi elektrody E_1 a E_2 zmenšilo napětí na vstupu přijímače, které se projeví sepnutím relé.

Přístroj je možné použít také při hřídání plamene. Když je plamen umístěn mezi elektrodami, jeho silná ionizace se podobá vlivu vodivého předmětu – „vazební kapacita“ mezi elektrodami je velká. Když plamen zhasne, dojde k podobnému jevu, jako při vzdálení vodivého předmětu z prostoru mezi elektrodami.

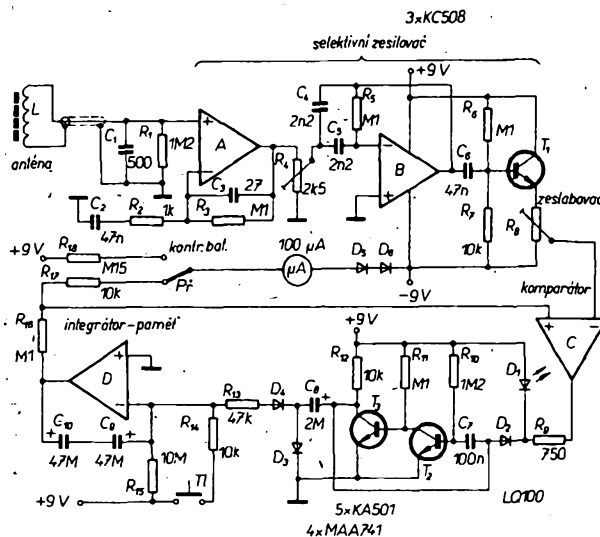
Pokud se pro funkci zařízení využívá změny vzdálenosti elektrod, je nezbytné použít pro připojení elektrod sousoy kabel. Pro dobrou funkci zařízení je také nutné zamezit přímé vazbě mezi vysílačem a přijímačem, která zmenšuje účinnost kapacitní vazby mezi spinacími elektrodami.

Le Haut Parleur č. 1392

Indikátor bouřkové činnosti



**Obr. 105. Indikátor bouřkové činnosti –
blokové schéma**



Obr. 106. Indikátor bouřkové činnosti – zapojení

city. Je však možné detekovat i opačnou změnu, k níž dochází, když předmět, který je v běžném stavu mezi elektrodami, tuto polohu opouští. Kromě nejpoužívanějšího uspořádání (rovnoběžné elektrody, umístěné proti sobě v určité vzdálenosti), je možné umístit elektrody v jedné rovině vedle sebe, a to pro detekci vodivých předmětů, které nejsou spojeny s kstrou.

Je také možné používat zajímavou variantu zapojení podle obr. 104, při níž je

lem, vznikajícím při každém bleskovém výboji. Toto charakteristické praskání, „atmosféricky“, umožňuje podle intenzity a četnosti poruch velmi přibližně odhadovat vzdálenost a intenzitu bouřky.

Popisovaný přístroj dovoluje určit

bouřkovou činnost přesněji, než jak je možné sledováním rozhlasového příjmu. Protožebleskové výboje v přírodě mají často délku několika tisíc metrů, jsou současně dobrými vysílači impulsních signálů v oblasti dlouhých a velmi dlouhých vln. Elektromagnetické pole, které při výboji vzniká, má velmi široké spektrum kmitočtů a šíří se na vzdálenosti stovek kilometrů (ve formě hvízdů i na vzdálenosti desítek tisíc kilometrů prostřednictvím magnetosféry) a pro jeho příjem jsou nevhodnější přijímače pro velmi dlouhé vlny. Největší intezita poruchových signálů je v kmitočtovém pásmu kolem 10 kHz, proto byl popisovaný přístroj navržen pro toto pásmo. Přístroj reaguje také na signály rušení, vznikající při jiskrových výbojích v domácích spotřebičích, nebo v automobilech. Použití přístroje tedy není omezeno jen na letní bouřkové období.

Na obr. 105 je blokové schéma zapojení přístroje. Feritová anténa se speciálním vinutím přijímá poruchové signály, které se zesílují dvoustupňovým selektivním zesilovačem (zesilovače A a B v pásmu 10 kHz). Pak se signál usměrňuje tranzistorovým detektorem T₁ (obr. 106). Usměrněný signál se přes zesilovač přivádí na komparátor (C), na němž se přiváděný signál porovnává s předcházejícím, již indikovaným signálem, uloženým v paměti integrátoru D.

Mezi komparátorem (C) a integrátorem (D) je zapojen monostabilní klopný obvod s pevně nastavenou šířkou impulsu. Ručka měřicího přístroje se tedy vychyluje skokově v digitálních krocích. Použití monostabilního klopného obvodu je pro funkci přístroje důležité, zajišťuje totiž, aby indikaci neovlivňovala doba trvání impulsu, protože ta nedává žádnou informaci o vzdálenosti.

Tak například ojedinělý blízký blesk spustí monostabilní klopný obvod jen jednou (rozsvítí se přitom dioda LED₁), ručka měřicího přístroje se vychylí o jeden krok doprava, tam zůstane stát a „čeká na další blesky“. K tomu, aby se dostala do středu stupnice, je tedy třeba vždy větší počet blesků. Zařízení ukazuje průměrný počet blesků v různých vzdálenostech od přístroje.

Při určité zkušenosti s používáním přístroje je pak možné podle polohy ovládacího prvku zesilovače R₈ odhadnout vzdálenost středové oblasti bouřky a opatřit R₈ stupnici (platnou pro dosažení výchylky ručky měřidla do středu stupnice), např. oblast 0 až 50 km, vzdálená oblast 100 až 200 km.

Přepínač P₁ se používá pro kontrolu stavu baterií. Odpor R₉ by měl být volen tak, aby při nových bateriích měla ručka měřidla plnou výchylku.

V bouřkovém počasí se nastavuje R₈ na maximální citlivost. Pokud se ručka přístroje nevychylí, pak může dojít jen k přehánce, nebo dešti bez elektrických výbojů. Když se však výchylka ručky skokově zvětšuje, pak se v atmosféře „něco děje“. Zesilovač je pak třeba nastavovat postupně tak, aby se ručka nevychylovala dále než do středu stupnice, abychom dosahovali porovnatelných údajů. Podle stupnice u R₈ je možné odhadnout relativní vzdálenost výskytu blesků. Pomocí mazacího tlačítka se dá uvolnit paměť, ručka měřidla přitom přechází současně do nulové výchylky pohybu.

Jak se postupně bouřka blíží, blíká dioda LED stále častěji a ručka se dostává do středu stupnice rychleji. Citlivost při-

stroje je třeba při měření měnit – pokud zjistíme, že R₈ je třeba nastavovat na větší citlivost přístroje, aby přístroj ukazoval, pak již zřejmě bouřka minula naši oblast a vzdaluje se.

Při používání přístroje se vzhledem k jeho velké citlivosti registrují i statické výboje mezi rukou operátora a přístrojem. To může zkreslit výsledky měření. V takových případech je třeba stisknout mazací tlačítko, a pak se již kovových částí přístroje krytu přístroje nedotýkat.

Feritová anténa, použitá v prototypu přístroje, měla průměr 8 mm a délku 140 mm. Bylo na ni navinuto 2000 závitů drátu o $\varnothing$ 0,3 mm CuL. Konce vinutí se zajistí lepicí páskou, pro ochranu vinutí lze použít „smršťovad“ izolační trubku podobného typu, jaký se používá pro izolaci elektrolytických kondenzátorů.

Přístroj je třeba před používáním nastavit. Nastavování se začíná při střední poloze běžce R₄. Na vstup přístroje se přivede z nízkofrekvenčního generátoru signál 10 kHz o amplitudě několika mV. Na výstupu zesilovače B se podle připojeného osciloskopu nastaví změnou polohy běžce R₄ maximální amplituda signálu. Je však třeba dbát na to, aby běžec R₄ byl nastaven zhruba do středu odporové dráhy, jinak by zesilovač B mohl zakmitávat. Případné kmitání by se projevilo trvalou výchylkou ručky měřidla. Přístroj je možné v nouzi nastavit i bez osciloskopu. Běžec R₄ se nastaví na maximální výchylku ručky měřidla. Přitom je však třeba používat jen velmi malý vstupní signál, protože jinak se může přebudit zesilovač B.

Zvětšením odporu R₃ je možné zvětšit citlivost přístroje, zvětší se tím však současně i úroveň rušení, takže ručka přístroje se vychylí již při pouhém doteku ruky.

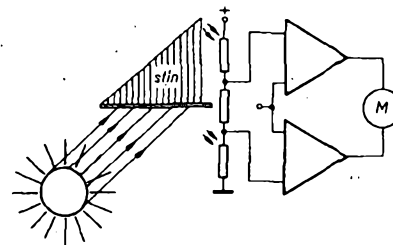
Pro napájení přístroje se používají dvě destičkové baterie 9 V, odběr je asi 5 mA. Celková šířka pásma zesilovačů A a B je 1 kHz, zesilovací činitel je přibližně 2700. ELO č. 4/1980

Zařízení pro sledování polohy Slunce

Sluneční energie zatím nemůže, zvláště v naší zeměpisné poloze, plně nahradit běžně používané zdroje energie. Menší množství energie je však již možné získat nejen pomocí tepelných výměníků, ale i využitím polovodičových slunečních článků. Pro plné využití sluneční energie je však třeba, aby na sluneční články (případně jiné převodníky energie) dopadalo sluneční záření kolmo. Protože se však slunce po obloze pohybuje (pánové Galilei a Kepler laskavě prominou), je pro dobrou účinnost zařízení třeba zajistit, aby použité panely s články sledovaly pohyb Slunce.

Zařízení pro sledování polohy Slunce se skládá z elektronické části a pohybového mechanismu, v popisovaném zařízení malého elektromotoru, ovládacího držáku slunečních článků. Jako měřicí čidlo se používá dvojice fotoodporů, zaměřených stejným směrem, které jsou však od sebe opticky odděleny. V rovnovážném stavu dopadá sluneční světlo na oba fotoodpory ve stejné intenzitě, motor pohonu je vypnut. Budou-li fotoodpory vlivem stínu optické oddělovací stěny vložené mezi oba fotoodpory osvětleny různě, přivádí se na elektromotor napětí, které způsobí změnu polohy panelů a obnovení rovnováhy. Schéma popsaného uspořádání je na obr. 107.

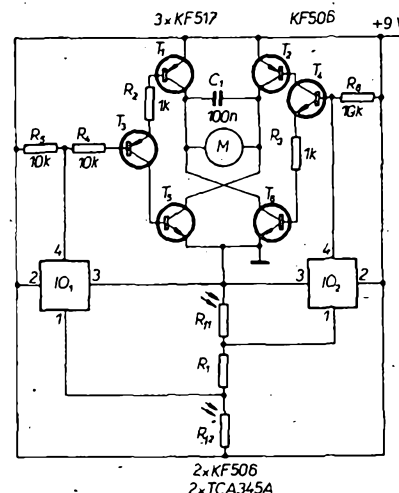
Schéma řídicího elektronického obvodu je na obr. 108. Obvod se skládá z tran-



Obr. 107. Schematické zapojení zařízení ke sledování polohy Slunce

zistorů T₁ až T₆, uspořádaných v můstkovém zapojení. Motor je zapojen v úhlopříčce můstku. Dále se v zapojení používají dva komparátory IO₁ a IO₂. Zařízení je napájeno ze slunečních článků. Komparátory použité v původním zapojení (pouze s jedním vstupem, protože referenční vstup je zapojen přímo v obvodu) pracují již od napájecího napětí 2 V při proudovém odběru několika mA.

Funkce zařízení je řízena výstupním napětím obou komparátorů. Když je na výstupech IO₁ a IO₂ úroveň L, vedou tranzistory T₁, T₃ a T₅. Tranzistory T₂, T₄ a T₆ jsou uzavřeny, motor se otáčí doprava. V opačném smyslu se bude motor otáčet, má-li výstup obou komparátorů úroveň H. Má-li výstupní napětí IO₁ úroveň H a výstupní napětí IO₂ úroveň L, pak



Obr. 108. Zapojení zařízení pro sledování polohy Slunce

je motor v klidu. Na malé odchylky intenzity osvětlení systém nereaguje, aby se zabránilo kmitání systému regulace kolem správné polohy, ke kterému by jinak vlivem setrvačnosti mohlo dojít.

Pro pohon panelu slunečních článků o malých rozměrech stačí motor pro kazetové magnetofony, doplněný potřebnými převody. Takové motory pracují již od 2 V. Je také možné použít servomotor s vestavěným převodem, určený pro dálkové ovládání modelů. Aby fotoodpory mohly plnit svou funkci i při plném slunečním svitu, doporučuje se chránit je clonou s přiměřeným otvorem. Hodnotu odporu R₁, který určuje hysterezi systému, je třeba prakticky vyzkoušet tak, aby nastavená hystereze odpovídala setrvačnosti pohonného systému. Velikost napájecího napětí je omezena maximálním napájecím napětím obvodu IO₁ a IO₂. Zařízení je třeba napájet z vhodné odbočky na sériové kombinaci slunečních článků. Popsaný princip je možné použít i pro konstrukci výkonnějšího pohonu pro ovládání výkonnějšího systému. Elektor, červenec/srpen 1979