

V TOMTO SEŠITĚ

Z dějin vědy a techniky 1

ELEKTRONIKA V AUTOMOBILU

Elektronika v moderním automobilu	3
Snímače neelektrických veličin	4
Vnější autodiagnostika	12
Konstrukční návody	14
Generátor signálu λ sondy	15
Tester λ sondy	15
Tester vstřikovacích ventilů	17
Měřič doby vstřiku	18
Měřič kapacity autobaterie	19
Indikátor napětí autobaterie	22
Nabíječ akumulátorové baterie	24
Indikátor vybití autobaterie	25
Zkoušečka pro autoelektrikáře	26
Elektronický přerušovač	28
Otáčkoměr	28
Závěr, kontakt na autora	30

UŽITKOVÁ ELEKTRONIKA

Čelovka pro náročné	30
Stroboskop s bílými LED	32
Regulátor nabíjení akumulčních kamen ..	34

ZAJÍMAVÁ A PRAKTICKÁ ZAPOJENÍ

Měřicí technika	36
-----------------------	----

KONSTRUKČNÍ ELEKTRONIKA A RADIO

Vydavatel: AMARO spol. s r. o.

Redakce: Zborovská 27, 150 00 Praha 5,
tel.: 2 57 31 73 11, tel./fax: 2 57 31 73 10.

Séfredaktor ing. Josef Kellner, sekretářka redakce Eva Kelárková, tel. 2 57 31 73 14.

Roční vychází 6 čísel. Cena výtisku 36 Kč.

Rozšiřuje PNS a. s., Transpress spol. s r. o., Mediaprint & Kapa a soukromí distributori.

Předplatné v ČR zajišťuje Amaro spol. s r. o. - Michaela Jiráčková, Hana Merglová (Zborovská 27, 150 00 Praha 5, tel./fax: 2 57 31 73 13, 2 57 31 73 12. Distribuci pro předplatitele také provádí v zastoupení vydavatele společnost Media-servis s. r. o., Abocentrum, Moravské náměstí 12D, P. O. BOX 351, 659 51 Brno; tel: 5 4123 3232; fax: 5 4161 6160; abocentrum@mediaservis.cz; reklama - tel.: 800 800 890.

Objednávky a předplatné v Slovenskej republike vybavuje MAGNET-PRESS Slovakia s. r. o., Šustekova 8, 851 04 Bratislava, tel.: 00421 2 / 6720 1931 - 33

email: predplatne@press.sk; www.press.sk
Podávání novinových zásilek povoleno Českou poštou - ředitelstvím OZ Praha (č.j. nov 6005/96 ze dne 9. 1. 1996).

Inzerce v ČR přijímá redakce, Zborovská 27, 150 00 Praha 5, tel.: 2 57 31 73 11, tel./fax: 2 57 31 73 10.

Inzerce v SR vyřizuje MAGNET-PRESS Slovakia s. r. o., Šustekova 8, 851 04 Bratislava, tel.: 00421 2 / 6720 1931 - 33; www.press.sk

Za původnost a správnost příspěvků odpovídá autor (platí i pro inzerci). Nevyžádané rukopisy nevracíme.
<http://www.aradio.cz>; E-mail: pe@aradio.cz

ISSN 1211-3557, MK ČR E 7443

© AMARO spol. s r. o.

Z dějin vědy a techniky

Historie elektřiny a magnetizmu

Charles Proteus Steinmetz

Narodil se 9. dubna 1865 ve Vrat-slavi (Wroclaw, Breslau tehdy v Německu, dnes Polsko) a jméno, které je uvedeno v nadpise, užíval až v Americe. Narodil se s poškozením páteře jako hrbáč, takže byl velmi malého vzrůstu; jeho otec byl litografem a měl stejnou vadu. Byl pokřtěn jmény Karl August Rudolf Steinmetz.

S výtečným prospěchem absolvoval gymnázium v Breslau, v roce 1883 tam také začal studovat na univerzitě, kde pročetl všechny dostupné knihy z oblasti matematiky, ekonomie a medicíny. Měl úžasnou paměť, takže se např. naučil logaritmické tabulky a běžné výpočty zvládal z paměti během několika sekund.

Fascinovala ho elektrotechnika, ale při studiu neměl mnoho příležitosti se s ní seznámit. První transformátor např. uviděl až po svém příjezdu do Ameriky.

Za studií se seznámil s některými idealistickými socialistickými tezími, v roce 1888 začal vydávat časopis „Hlas Lidu“, napsal několik pojednání a také veřejně začal vystupovat proti tehdejší státní moci. To pochopitelně neuniklo pozornosti úřadů, a když bylo zatčeno několik jeho přátel, byl nucen uprchnout z Německa - napřed do švýcarského Zurichu a později, 1. července 1889, připlul do Spojených států.

Tam se seznámil s vynálezcem a elektrotechnickým inženýrem Rudolfem Eickemeyerem, který založil továrnu na výrobu klobouků v Yonkers. Ten se v té době začal zajímat o elektrické motory a chtěl je začít vyrábět, Steinmetzovi pak dal prostor k experimentům. Eickemeyer také vynalezl magnetický můstek. Steinmetz při spolupráci s ním velmi rychle vstřebal všechny potřebné poznatky o elektrotechnice, kterých se mu do té doby nedostávalo.

Roku 1890 Steinmetzovi zřídili v továrně malou laboratoř, ve které konal pokusy s magnetickými materiály a zkoumal ztráty vznikající hysterezí. Své poznatky zpracoval také matematicky - do té doby se totiž hysterezní ztráty zjišťovaly až dodatečně, když byl elektrický motor postaven. Za pomoci jeho výpočtů bylo možné předem ztráty omezit.

V prosinci 1891 svou teorii hystereze zveřejnil a zakrátko byl pozván, aby

své poznatky přednesl v Americkém institutu elektrotechnických inženýrů v New Yorku. Tři roky po svém příjezdu do Ameriky, ve svých 27 letech, se stal mezi odbornou veřejností známým jako geniální inženýr.

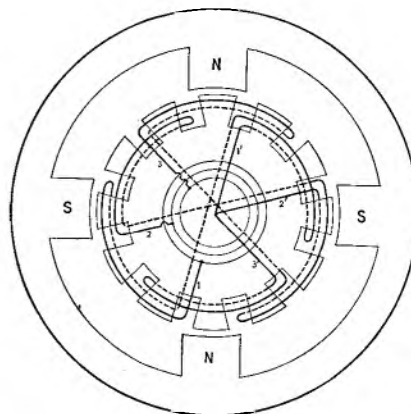
V roce 1893 se dostal k nově vznikající společnosti General Electric, kam jej „přetáhl“ samotný Edison, a tam pracoval prakticky až do své smrti jako odborný poradce.

Dále se pak věnoval studiu střídavých proudů obecně a svými poznatky přispěl k podstatnému zmenšení ztrát v motorech na střídavý proud. V té době vlastně žádná teorie z oblasti střídavých proudů nebyla a řada vědců dokonce prosazovala stejnosměrný proud jako nejvhodnější elektrickou energii.

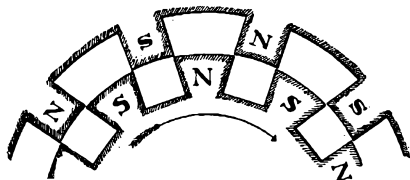
Steinmetz tyto myšlenky soustavně potíral a vydal bezpočet prací, které obhajovaly, prosazovaly a také po teoretické stránce zdůvodňovaly využití střídavého proudu. Také ukázal, jak jednoduše lze počítat se střídavými proudy s využitím komplexních čísel.

Svou metodu výpočtů pak přednesl na mezinárodním elektrotechnickém kongresu v roce 1893 a spolu s Ernstem J. Bergem v roce 1897 vydal knihu „Theory and Calculation of Alternating Current Phenomena“. Později se věnoval matematice a v roce 1911 vydal knihu „Inženýrská matematika“.

Ale pracoval i na projektech veskrze praktických - např. při výstavbě velké elektrárny na Niagarských vodopádech měl velký podíl na návrhu generátoru, který byl pro elektrárnu nakonec použit. A nebyl to generátor ledajaký, jeho vý-



Nákres třífázového alternátoru, zapojeného do hvězdy



Nákres funkce synchronního motoru
(rotor a stator)

kon byl více než milion HP (tehdy se udával výkon v koňských silách) a byl schopen dodávat napětí přes 100 000 V při proudu 10 000 A. Také spočítal parametry výkonového vedení z této elektrárny.

Zajímal se však také o přírodu, měl ve svém domě velký skleník, ve kterém experimentoval s umělými hnojivými a s vlivem světla na růst rostlin. Pěstoval tam také orchideje a kaktusy. Na řece Mohawk si postavil letní sídlo a často jezdil po řece na kánoji. Nikdy si ale nezapomněl vzít sebou tužku a blok se svými poznámkami, poněvadž při projíždkách krásnou přírodou přemýšlel a počítal.

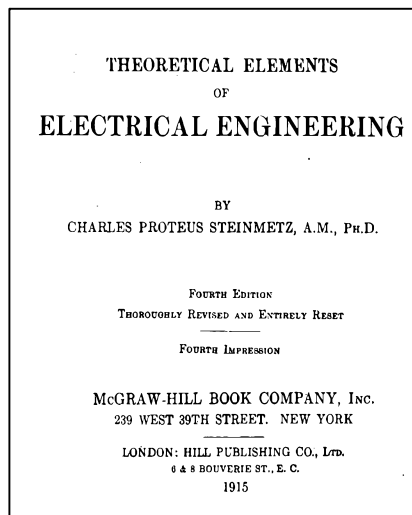
Když jeho chata shořela po úderu blesku, věnoval se ve svých dalších pracích bleskům a ochraně proti nim.

Věnoval se také ochraně venkovních vedení před účinky blesků, neboť tato vedení byla při bouřích několikrát zničena.

I v této oblasti nakonec podal základy teorie, která je v principu platná dodnes.

Během života získal asi dvě stě patentů na nejrůznější elektrická zařízení. Získal čestné uznání Harvardské univerzity a doktorát filozofie.

Nikdy se neoženil, poněvadž se obával, že by jeho děti byly stejně postiženy jako on sám. Ale přijal za vlastního mladého inženýra L. Haydena, který se později oženil a žil v domě, který pro něj Charles postavil, s celou rodinou. Jeho tři děti Steinmetz velmi miloval a byl pro ně pravým dědečkem.



Titulní list Steinmetzovy knihy
„Theoretical elements of electrical
engineering“ z roku 1915

V roce 1920 založil společnost ke stavbě elektrických automobilů, kde jich plánoval vyrobit 300 ročně. Společnost však brzy po jeho smrti zanikla. Přesto však několik prototypů vyjelo a budilo pozornost při jízdách v Brooklynu.

Zemřel ve spánku na selhání srdce 26. října 1923 ve Schenectady, USA.

Na jeho počest byla vysána cena za úspěchy v oblasti elektroniky a elektrotechniky a v roce 1983 byla vydána poštovní známka s jeho portrétem.

Franz Ernst Neumann

Narodil se 11. září 1798 v Joachimsthalu (dnešní Jáchymov).

Jeho otec, Ernst Neumann, byl farmářem, ale později zanechal farmaření a stal se obchodníkem s pozemky. Matka byla hraběnka a její rodina nedovolila, aby se provdala za prostého člověka, a bylo také nemožné, aby se prozradilo, že je matkou France. Proto Franc žil až do deseti let v rodině Neumannových, aniž by věděl, kdo je jeho matka.

Franz Neumann vystudoval v Berlíně gymnázium a již tam se projevilo jeho velké nadání pro matematiku. Studia však nemohl dokončit, poněvadž vypukla válka mezi Prusky a Francouzi a Franz se v šestnácti letech stal vojákem pruské armády. Zpočátku Prusové vítězili a v květnu 1814 dobili Paříž a Napoleon musel do exilu. Za rok se však situace obrátila a Francouzi pruská vojska zahnali do Belgie a Neumann byl v bitvě u Ligny zraněn. Nakonec se ocitl v nemocnici v Düsseldorfu.

Po vyléčení se vrátil dokončit gymnázium a v roce 1817 se zapsal na berlínskou univerzitu. Měl sice velký zájem o vědu, ale jeho otec si přál, aby studoval teologii.

V roce 1818 přešel na studia do Jeny, tam se opět začal zajímat o vědu - hlavně mineralogii a krystalografii. Sprátelil se s jedním z profesorů na universitě, Christianem Weissem, který jej začal podporovat a zařídil mu cestu do Slezska, aby tam mohl studovat geologii. Byl tam v roce 1820 a plánoval další cesty v roce 1822 a 1823, jenže mu zemřel otec a Franz se musel vrátit domů, aby se staral o matčino hospodářství. Ale nevydržel tam dlouho, věda jej již pevně držela.

Ještě doma napsal své první pojednání o krystalografii, které bylo publikováno v roce 1823.

Vrátil se na univerzitu do Berlína a pracoval tam jako kurátor kabinetu minerálů, přičemž sbíral materiál ke své diplomové práci. Doktorát obhájil v listopadu 1825 a následujícího května byl spolu s Jacobim (viz KE 1/2000) jmenován privátním docentem na univerzitě v Königsbergu, který tehdy patřil Německu. V roce 1828 začal přednášet mineralogii a fyziku a navštěvoval vědecké kurzy Karla Hagena.

V roce 1830 se oženil s Hagenovou dcerou, která mu porodila pět dětí, ale

v roce 1838 zemřela. Pět let poté se Neumann oženil podruhé, se sestřenicí své první ženy.

V roce 1833 začali spolu s Jacobim pořádat matematicko-fyzikální semináře, které měly naučit jejich studenty vědecké práci. Jedním z těchto studentů byl také Kirchhoff, který navštěvoval jejich semináře v letech 1843 až 1846.

V roce 1847 Neumann přišel k větším penězům, díky dědictví po rodičích své druhé ženy. To mu umožnilo vybudovat fyzikální laboratoř. Jenže na druhé straně to vyvolalo nevoli vedení univerzity, která vyžadovala, aby se staral o jejich Fyzikální institut. Ten byl proto dokončen až po Neumannově penzionování, ale stejně byl využíván jeho studenty k pokusům.

Neumann se především zajímal o krystalografii. Používal nejnovější prostorové metody k vymezení chyb přístrojů používaných při analýzách, což mu umožňovalo zvětšit přesnost dosahovaných výsledků. Byl silně ovlivňován pracemi Bessela a Jacobiho a nakonec se vrhnul na studium fyzikálních aplikací matematiky.

V roce 1831 formuloval zákon o molekulové váze: váha molekul slítiny odpovídá součtu atomových vah jednotlivých prvků, ze kterých je slatina tvořena. Dále ukázal, proč při mísení dvou stejných množství studené a teplé vody směs nemá teplotu, která by se rovnala průměru obou teplot.

O rok později se začal věnovat světlu a došel ke stejným závěrům jako Cauchy a Fresnel. Pak v roce 1845 a 1847 publikoval svou teorii o elektrické indukčnosti. Odvodil rovnice pro indukci v závislosti na procházejícím proudu a vzdálenosti. Poté se zabýval teorií kovových meteoritů.

Je zajímavé, že publikoval jen nepatrné procento svých vědeckých poznatků. Jeho syn, Carl Neumann, se snažil obhájit prvenství některých jeho prací, které později se stejným výsledkem publikovali jiní. Měl k dispozici všechny jeho poznámky k přednáškám a připravil je v roce 1895 k vydání tiskem, to se však ale nikdy neuskutečnilo.

Franz Ernst Neumann zemřel 23. května 1895 v Königsbergu (dnes Kaliningrad).

QX

Literatura

- [1] Steinmetz, C. P.: Transient electric phenomena and oscillations. McGraw-Hill book company, New York 1911.
- [2] Steinmetz, C. P.: Electric discharges, waves and impulses, and other transitions. McGraw-Hill book company, New York 1914.
- [3] Steinmetz, C. P.: Theoretical elements of electrical engineering. McGraw-Hill book company, New York 1915.
- [4] Steinmetz, C. P.: Theory and calculation of alternating current phenomena. McGraw-Hill book company, New York 1916.

ELEKTRONIKA V AUTOMOBILU

Ing. Jiří Vlček

Cílem tohoto příspěvku je stručně seznámit čtenáře s funkcí nejdůležitějších elektronických obvodů v osobním automobilu. Pro většinu řidičů, kteří zvládli opravovat starší typy automobilů, je tato problematika často velkou neznámou. Vyhledávání a opravy závad jsou nyní převážně záležitostmi servisů vybavených diagnostickými počítači.

Pochopit funkci moderního automobilu ale může každý, kdo se o elektroniku trochu zajímá. Ne všechny závady se podaří správně vyčíst z paměti závad v řídicí jednotce. Stává se, že i po výměně „vadného“ dílu se závada opakuje. Diagnostický počítač je velmi drahý, k jeho ceně je nutné připočítat i software, který musí být průběžně aktualizován. Někdy ale k nalezení závady stačí multimetr nebo osciloskop. Uvádím zde jednoduché konstrukční návody na testery, které tuto činnost usnadní. Náklady na jejich konstrukci jsou jen zlomkem pořizovací ceny ekvivalentních originálních přípravků.

Celou tuto problematiku se zde zabývám pouze obecně. Funkce všech typů automobilů bez ohledu na výrobce je velmi podobná. Zabývat se jejich odlišnostmi by nemělo smysl a přesáhlo by rozsah tohoto článku.

Věřím, že tento článek zaujme i ty, kteří se o problematiku oprav automobilů nezajímají. Automobil je typickým příkladem původně čistě strojírenského výrobku, ve kterém elektronika postupně ovládla většinu funkcí. Rozvoj snímačů neelektrických veličin pro automobilový průmysl, který umožňuje velké výrobní série, má příznivý vliv i na další obory. Propojování strojírenství a elektroniky se dnes týká většiny původně strojírenských výrobků.

Chci zde poděkovat svým kolegům ze SPŠ dopravní, Plzeňská 102, Praha 5, za konzultace a za pomoc při testování dále uvedených přípravků.

Elektronika v moderním automobilu

V moderním automobilu jsou všechny základní funkce (tvorba palivové směsi, zapalování) řešeny elektronicky. K tomu přistupují další funkce zvěšující bezpečnost a komfort používání (ABS, airbag, centrální zamykání, klimatizace, větrání, automatická převodovka, atd.).

Nejdůležitější části automobilu je řídicí jednotka, která na základě údajů ze snímačů řídí akční členy.

Nejčastěji používané snímače u benzinových motorů jsou: snímač polohy akceleračního pedálu, snímač hmotnosti nasávaného vzduchu, snímač polohy klikové hřídele, snímač teploty chladicí kapaliny, λ sonda (většinou před i za katalyzátorem), snímač teploty nasávaného vzduchu, snímač klepání, snímač polohy škrticí klapky, snímač tlaku paliva.

Nejdůležitější akční členy jsou: zapalovací cívka, vstřikovací ventily, palivové čerpadlo, škrticí klapka, vyhřívání λ sondy, odvzdušňovací ventil, ovladač chodu naprázdno, kontrolky, snímač tlaku paliva.

Pro ekonomický provoz automobilu je zapotřebí vytvořit optimální směs benzínu a vzduchu. Ideální směs, ve

které se spálí veškerý benzin a ve výfukových plynech nebude žádný kyslík, je 1 : 14,8 (stechiometrická směs, $\lambda = 1$).

Číslo λ je součinitel přebytku vzduchu a rovná se poměru množství přiváděného vzduchu ku teoretické potřebě vzduchu.

Pro dosažení minimální spotřeby je zapotřebí chudší směs, $\lambda = 1,1$. Naopak pro dosažení maximálního výkonu při akceleraci musí být směs bohatší, $\lambda = 0,9$. Při startu, kdy je motor studený a kdy v palivovém potrubí benzinové páry kondenzují, musí být palivová směs výrazně bohatší, $\lambda = 0,3$.

K vytvoření správné směsi musí být k dispozici dostatek vzduchu (viz dále snímač hmotnosti nasávaného vzduchu), ke kterému přidáme potřebné množství paliva.

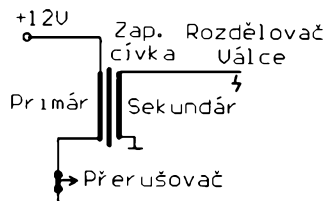
Z palivové nádrže přichází palivo pomocí palivového čerpadla přes filtr, který jej zbaví vody a nečistot, ke vstřikovací ventilům. Většinou bývají čerpadla dvě. Jedno nízkotlaké (200 až 300 kPa) pro transport paliva, druhé vysokotlaké pro dosažení potřebného tlaku na vstřikovacích ventilech (5 MPa).

Vstřikovací ventil obsahuje cívku. Průchodem proudu (zhruba 1 A, odpor cívky asi 15 Ω) vzniká magnetické pole, které působí silou na jehlu a otevírá vstřikovací trysku. Na jeden konec cívky je přivedeno kladné napětí, druhý konec je přes řídicí jednotku připojován na zem (viz dále konstrukce testeru vstřikovacích ventilů). Bohatost směsi je určena dobou otevření vstřikovacích ventilů - nejčastěji 2 až 3 ms. Je řízena řídicí jednotkou.

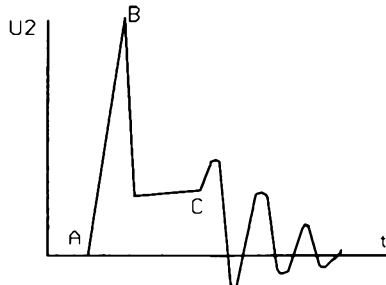
Předpokladem správné činnosti je dosažení potřebného tlaku paliva, který se reguluje regulátorem tlaku paliva. Dosažení správné směsi vyhodnocuje λ sonda, která měří obsah kyslíku ve výfukových plynech. Většinou bývají λ sondy dvě, jedna před a druhá za katalyzátorem.

Na základě údajů ze snímače otáček motoru a ze snímače hmotnosti nasávaného vzduchu (nebo z měřiče absolutního tlaku nasávaného vzduchu - MAP senzoru, popř. ze snímače polohy škrticí klapky) určuje řídicí jednotka dobu vstřiku. K tomu navíc přepočítává hodnoty z dalších snímačů a provádí korekce (přidání plynu, teplota motoru, teplota okolního vzduchu, palubní napětí sítě - má vliv na skutečnou dobu otevření vstřikovacího ventilu).

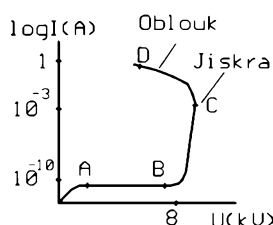
Bohatost směsi musí být regulována s přesností 3 %. Příliš chudá směs působí problémy při startu a akceleraci,



Obr. 1a. Zapojení zapalovací cívky s mechanickým přerušovačem



Obr. 1b. Průběh napětí na zapalovací cívce (A vypnutí přerušovače, B vznik jiskry, C ukončení výboje)



Obr. 1c. Vedení elektrického proudu v plynech (AB je nasycený proud, BC je lavinová ionizace, CD je výboj)

příliš bohatá směs zvětšuje kromě spotřeby i obsah CO a nespálených uhlovodíků ve výfukových plynech. To může být příčinou nesplnění emisních limitů.

Druhým důležitým úkolem řídicí jednotky je řízení předstihu. Jiskra se zážehu v průběhu fáze komprese dřívě, než píst dosáhne horní úvrati. Okamžik zážehu musí být vypočítán s maximální přesností.

Příliš veliký předstih způsobuje detonační spalování a klepání motoru, příliš malý předstih zmenšuje výkon a tím zvětšuje spotřebu.

Základními zdroji informací pro určení správného okamžiku zážehu jsou snímač otáček motoru, snímač polohy plynového pedálu a snímač klepání.

Zapalovací cívka je ve své podstatě transformátor, jehož primární vinutí má odpor jednotek nebo desítek ohmů a sekundární vinutí několik kiloohmů.

Proud v obvodu primárního vinutí spíná řídicí jednotka (dříve se používal mechanický přerušovač, viz obr. 1a).

Nejčastěji bývá jedna dvojité zapalovací cívka pro všechny čtyři válce. Snímač polohy vačkové hřídele určuje, které její vinutí bude sepnuto. Jiskra přichází vždy současně na 2. a 3. nebo na 1. a 4. válec. V jednom z nich zapálí směs, ve druhém přijde jiskra ve fázi výfuku. Při tomto řešení tak není potřebný mechanický rozdělovač.

Měřit napětí na primárním vinutí zapalovací cívky můžeme osciloskopem.

Na sekundárním vinutí, na kterém je napětí 8 až 24 kV, můžeme měřit pouze přes indukční snímače, které jsou od tohoto napětí galvanicky odděleny, jinak by se zničily měřicí přístroje. Typický průběh napětí na sekundárním vinutí zapalovací cívky je na obr. 1b. Pro ilustraci je na obr. 1c uvedena voltampérová charakteristika výboje v plynu.

Odpor kabelů k zapalovacím svíčkám musí být řádu kiloohmů, jinak by kabely vyzařovaly značné elektromagnetické rušení.

Řídicí jednotka je velmi drahá. V případě závady je ve většině případů neopravitelná. Výrobci o její konstrukci nezveřejňují žádné informace, které by její případnou opravu usnadnily. Pouze pokud je v řídicí jednotce zničený koncový výkonový tranzistor (nejčastěji N-MOS), je možné jej úspěšně nahradit jiným typem (např. IRF 540, který spíná kladné napětí proti kostře).

Snímače neelektrických veličin v automobilu

Snímače jsou smyslovými orgány vozidla pro dráhu, úhel, otáčky, rychlost, zrychlení, vibrace, tlak, průtok, koncentraci plynů a další veličiny. Jejich signály jsou nezbytné pro ovládání různých systémů pro řízení motoru, podvozku, bezpečnosti a komfortu. Blokové schéma propojení snímačů s řídicí jednotkou ve vozidle je na obr. 2.

V této kapitole je vysvětlen princip činnosti snímačů.

Snímače převádí neelektrické vstupní veličiny x na elektrické signály s , které jsou dále upraveny přizpůsobovacím obvodem. Tyto signály potom zpracovává řídicí jednotka. K řídicí jednotce jsou připojeny akční členy, které zajišťují regulaci dané veličiny. Typické pře-

vodní charakteristiky snímačů jsou na obr. 3a až obr. 3d.

Na snímače mohou působit rušivé veličiny, které nesouvisí s měřenou veličinou a které zmenšují přesnost měření (např. teplota okolí, kolísání napájecího napětí apod.).

Přizpůsobovací obvod upravuje signál snímače do normovaného tvaru (analogové napětí v intervalu 0 až 5 V, proudová smyčka 4 až 20 mA, digitální signál), aby jej bylo možné bez ovlivnění rušením přivést do řídicí jednotky. Tento obvod je často integrován do snímače a tvoří s ním jeden mechanický celek.

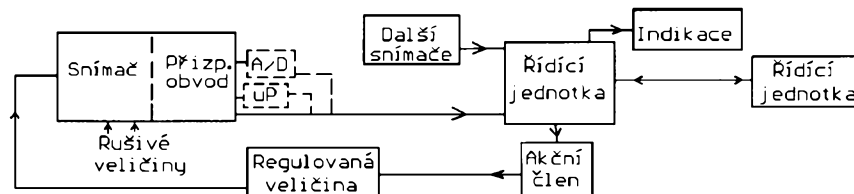
Hlavními požadavky na snímače jsou spolehlivost (robustní provedení, minimum rozbitelných spojů), nízká cena (daná velkými výrobními sériemi), malé rozměry (miniaturizace elektrických obvodů), velká přesnost (malé výrobní tolerance). V současnosti se ke snímačům s přizpůsobovacím obvodem přidává i **A/D převodník**. Vzniká tak tzv. **inteligentní snímač**.

Digitalizovaný signál je odolný proti zarušení, nejsou problémy s jeho přenosem. Na rozdíl od analogového signálu není při přenosu rušen.

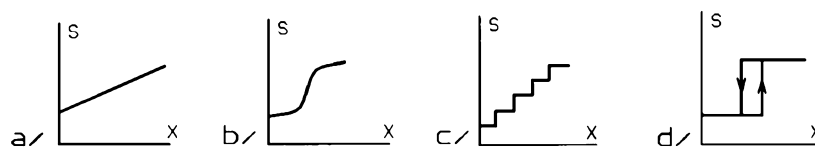
Digitální signál se většinou přenáší v sériovém tvaru. Paralelní přenos dat (např. osmi bitů) by vyžadoval velký počet vodičů a kontaktů v konektorech, zmenšila by se spolehlivost.

Snímač je možné navíc doplnit jednočipovým **mikroprocesorem**, který automaticky koriguje naměřené hodnoty (korekční koeficienty se určí při výrobě a uloží do paměti PROM procesoru). Mikroprocesor může provádět různé operace s měřenou veličinou (např. určit její minimální, střední nebo maximální hodnotu) a je schopen korigovat měřenou veličinu s ohledem na stárnutí snímače. Pomocí výpočtů se dá zlepšit přesnost měření. Elektroniku integrovanou v místě měření vyžadují také vícesnímačové struktury.

Výkonovými spínači a zesilovači jsou výstupní signály z mikropočítače řídicí jednotky (které mají rozkmit napětí



Obr. 2. Zapojení snímačů ve vozidle



Obr. 3. Převodní charakteristiky snímačů (x je měřená veličina, s je výstupní signál).
a) spojitá lineární - vhodné pro měření a řízení v širokém rozsahu (např. teploty),
b) spojitá nelineární - slouží k regulaci měřené veličiny v úzkém rozsahu (λ sonda),
c) nespojitá dvouúrovňová (sledování mezních hodnot),
d) nespojitá dvoúrovňová (sledování mezních hodnot)

0 až 5 V a proud jen několik mA) zesíleny na výkonovou úroveň, vyžadovanou akčními členy (tj. rozkmit napětí rovný napětí akumulátoru a proud několik ampérů).

Řídicí jednotka spolupracuje s větším počtem různých snímačů a s dalšími řídicími jednotkami. Zároveň podle potřeby informuje řidiče o stavu regulačních procesů a případně zapisuje mimořádné události do paměti závad, jejíž obsah můžeme přečíst přes diagnostickou zásuvku.

Tato koncepce znamená rozdělení celkového elektrického systému vozidla do několika podsystémů přehledné velikosti. Jednotky, které jsou funkčně úzce propojeny (jednotky s velkou vzájemnou výměnou dat), jsou sdruženy do dílčí sítě. Přenos dat mezi jednotlivými řídicími jednotkami a inteligentními snímači probíhá v sériovém tvaru (sběrnice CAN).

Všechny známé komunikační systémy vyvinuté pro motorová vozidla jsou logicky založeny na jediném sériovém propojení řídicích jednotek. Z fyzikálního pohledu lze toto propojení realizovat jako jednodrátové nebo diferenční dvoudrátové rozhraní, které formou sběrnice vzájemně spojuje odpovídající řídicí jednotky (přenosová rychlost 10 kbit/s až 1 Mbit/s).

Druhy snímačů

Pohon - snímač tlaku (převodovka, vstřikování), snímač hmotnosti vzduchu, snímač klepání, tlaku okolního vzduchu, lambda sonda, snímač otáček, tlaku v nádrži, pedálu akceleračního, brzd, snímač úhlu a polohy.

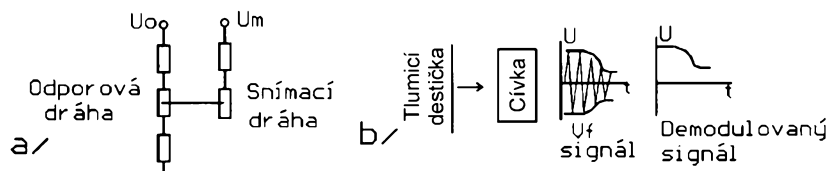
Bezpečnost - radar odstupu vozidel (ACC, Precash), snímač naklonění (pro nastavení světlometů), vysokotlaký snímač (ESP), snímač točivého momentu (posilovač řízení), snímač úhlu natočení volantu (ESP), snímač zrychlení (airbag), snímač rychlosti otáčení (ESP), snímač zrychlení (ABS), snímač naklonění (bezpečnostní systémy, snímač převrácení), snímač otáček (ABS).

Komfort - snímač rychlosti otáčení (navigace), snímač kvality vzduchu (regulace klimatizace), snímač vlhkosti a teploty (regulace klimatizace a topení), snímač tlaku (centrální zamykání), deště (řízení stěračů), ultrazvukový snímač vzdálenosti (sledování zadního prostoru).

Potenciometrové snímače polohy

Jsou to nejjednodušší a nejlevnější snímače polohy (obr. 4a).

Pohyb plynového pedálu (akcelerace), vzdouvající klapky (KE-Jetronic a L Jetronic), snímače úhlu škrticí klapky (M-Mototronic) nebo plováku v palivové nádrži se převádí na pohyb jezdce potenciometru po odporové dráze. Ta je



Obr. 4. a) Potenciometrový snímač (U_0 je napájecí napětí, U_m je výstupní napětí), b) Magnetický indukční snímač (změna polohy tlumič destičky vyvolá změnu amplitudy VF napětí v cívce, které je dále demodulováno)

připojena přes další odpory k napájecímu napětí. Na jezdcí potenciometru je napětí úměrné k jeho poloze.

Odporová dráha musí být zatěžována pouze malým proudem (1 mA), aby se neohřívala. Nevýhodou je mechanické opotřebení a nadzvednutí běžce při velkém zrychlení a vibracích.

Často má potenciometr dvě odporové dráhy, jednu měřící s velkým odporem a jednu snímací z vodivého materiálu.

Potenciometrový snímač se používá např. u pedálu akcelerace.

U starších motorů zadává řidič svůj požadavek např. na zrychlení, konstantní nebo zmenšující se rychlost jízdy apod. tím, že pedálem akcelerace ovládá mechanicky přes lanovod nebo táhlo škrticí klapku zážehového motoru popř. vstřikovací čerpadlo vznětového motoru.

U elektronických systémů řízení motoru přebírá snímač pedálu akcelerace funkci mechanického propojení. Snímá dráhu popř. úhel natočení pedálu a tuto informaci předává ve formě elektrického signálu řídicí jednotce.

Hlavní součástí je potenciometr, na kterém se v závislosti na poloze pedálu akcelerace nastavuje napětí. Pomocí charakteristiky snímače, uložené v paměti, přepočítává řídicí jednotka toto napětí na relativní dráhu pedálu, popř. úhlovou polohu jeho hřídele.

Potenciometrovým snímačem se též zjišťuje výška hladiny paliva v nádrži. Snímač dodává odpovídající signál řídicí jednotce nebo ukazateli na přístrojové desce vozidla. Spolu s elektrickým palivovým čerpadlem, palivovým filtrem, atd. je součástí vestavných modulů, které jsou umístěny v palivových nádržích na benzin nebo naftu a zajišťují bezporuchové zásobování motoru palivem.

Snímač hladiny se skládá ze **zapouzdřeného, proti vniknutí paliva utěsněného potenciometru**, zapojeného jako **proměnný odpor**. Potenciometr je opatřen ramenem běžce (pružina běžce), odporovými drahami (dvojitý kontakt), deskou s rezistory a elektrickými přípojkami.

Dále lze použít potenciometrový snímač ke snímání úhlu natočení škrticí klapky zážehového motoru.

K ověření, zda škrticí klapka zaujímá vypočtenou polohu, se pomocí snímače vyhodnocuje poloha škrticí klapky (regulace polohy). K jistění funkce ob-

sahuje tento snímač dva paralelně pracující (redundantní) potenciometry s oddělenými referenčními napětími.

U potenciometrových snímačů musíme ve vypnutém stavu a při rozpojeném obvodu ohmmetrem naměřit odpor - nejčastěji řádu jednotek nebo desítek kΩ. Velikost tohoto odporu se při změně měřené veličiny (např. při sešlápnutí pedálu) musí měnit. Při provozu musí být na výstupu potenciometrového snímače stejnosměrné napětí - nejčastěji 0 až 5 V.

Magnetické indukční snímače polohy

Ze všech druhů bezkontaktních a bezdotykových snímačů polohy jsou magnetické snímače nejrobustnější a nejméně citlivé vůči rušení.

To platí zvláště pro principy měření založené na střídavém proudu a na vyhodnocování změny indukčnosti cívky.

Potřebné cívky však v porovnání s mikromechanickými snímači zabírají více místa.

Z mnoha známých principů tohoto druhu nacházejí v motorových vozidlech použití především následující tři, jejichž způsob činnosti je velmi podobný:

Snímače využívající vířivé proudy (obr. 4b). Bližší-li se elektricky vodivá rovná nebo zakřivená destička (např. z hliníku nebo mědi) k cívce (většinou bez železného jádra), kterou protéká střídavý proud, mění se ztrátový odpor a indukčnost cívky. Příčinou jsou vířivé proudy vznikající v tlumič destičce v blízkosti cívky. Poloha tlumič destičky představuje měřenou dráhu s.

Ačkoliv snímače pracující na tomto principu dobře fungují již při kmitočtu proudu cívky v oblasti kHz, doporučuje se ke snímání rychlých pohybů spíše vyšší pracovní frekvence v oblasti MHz. Obecně to zase vyžaduje, aby elektronika byla umístěna přímo u snímače (v signálu je obtížné vést na větší vzdálenosti). K převodu měřícího efektu na elektrické výstupní napětí je možné použít jak změnu činného odporu, tak změnu indukčnosti.

Snímače polohy se zkratovacím kroužkem (obr. 5). Na rozdíl od snímače využívajícího vířivé proudy má cívka snímače se zkratovacím kroužkem vždy magneticky měkké jádro obvykle z plechů rovného nebo zakřiveného tvaru U nebo E. Pohyblivý tlumič díl má podobu zkratovacího kroužku z dobře



Obr. 5. Snímače se zkratovacím kroužkem.
a) jednoduchý snímač, b) diferenční snímač

vodivého materiálu (např. z mědi nebo hliníku), který je pohyblivě umístěn na jednom nebo na všech sloupcích jádra.

Díky železnému jádru mají tyto snímače mnohem větší indukčnost než snímače využívající vířivé proudy. Mohou proto dobře pracovat i na nižším kmitočtu (5 až 50 kHz) a elektronika pro zpracování signálu nemusí být přímo umístěna v místě snímače. Poloha zkratovacího kroužku ovlivňuje indukčnost téměř lineárně.

Diferenční nebo polodiferenční uspořádání (obrázky 5b) zlepšuje linearitu měření a zvětšuje odolnost proti rušení.

Cívka snímače většinou tvoří součást oscilačního obvodu. Změna indukčnosti způsobuje změnu kmitočtu, kterou může vyhodnotit čítač nebo mikroprocesor v řídicí jednotce. Signál přenášený do řídicí jednotky je odolný proti rušení.

Použití: snímače regulační dráhy pro řadová čerpadla (vestavěný snímač zatížení, snímač EDC)

Snímače s ponornou kotvou využívají změny indukčnosti cívky při změně polohy pohyblivého jádra. Jádro je vyrobeno z plného železa (z drátu), válcovaného železného plechu nebo z feritu. Cívky jsou často dvě, snímač je diferenční, což zlepšuje přesnost měření a zvětšuje odolnost proti rušení. Tento snímač se někdy používá ke zjišťování polohy pedálu akcelerace.

Indukční snímače otáček

Tyto snímače se skládají obecně ze tří hlavních magnetických součástí: z nehybné cívky a jejího jádra, které je tvořeno částečně magneticky měkkým železem a částečně permanentním magnetem. **Změna magnetického toku potřebná k vytváření výstupního napětí je způsobována otáčením ozubeného kola, které je součástí magnetického obvodu cívky.**

V cívce se změnou magnetického toku Φ indukuje střídavé napětí U_L přibližně sinusového průběhu (obrázky 6a). Indukované napětí je úměrné rychlosti změny magnetického toku. Velikost signálu je proto přímo úměrná otáčkám ozubeného kola. Z toho důvodu se prahové hodnoty vstupních obvodů v řídicí jednotce dynamicky přizpůsobují otáčkám.

Výstupní napětí snímače také může být tvarováno Schmittovým klopným obvodem (SKO) na pravoúhlý průběh. SKO se používá pro digitalizaci pomalých analogových signálů nebo signálů s rušivými složkami. SKO má hysterezi (obrázky 6b), kterou vytváří kladná zpětná vazba vedená z výstupu na vstup. SKO odstraňuje nejednoznačné úrovně

napětí, na jeho výstupu je vždy napětí s pravoúhlým průběhem.

Amplituda signálu z indukčního snímače otáček závisí výrazně na vzduchové mezeře mezi zuby kola a jádrem cívky a na velikosti zubů.

U obvyklých ozubených kol klikových hřídelů a ABS jsou nastaveny vzduchové mezery asi 0,8 až 1,5 mm, přesné nastavení mezery mezi cívkou a impulsním kolem je velmi důležité.

Chceme-li měřit pouze rychlost otáček (snímače otáček kol pro ABS), měříme kmitočet výstupního signálu.

Pro určení polohy klikového hřídele (určení okamžiku vstříknutí paliva) musí být na ozubeném kole značky (mezera mezi zuby), které zvětší amplitudu signálu (obrázky 6c). Elektronika musí tuto změnu správně vyhodnotit.

Počet zubů impulsního ozubeného kola závisí na daném použití. U systémů s elektromagnetickými vstřikovacími ventily má kolo 60 - 2 = 58 zubů. Velká mezera mezi zuby (obrázky 5c) představuje vztažnou značku polohy klikového hřídele.

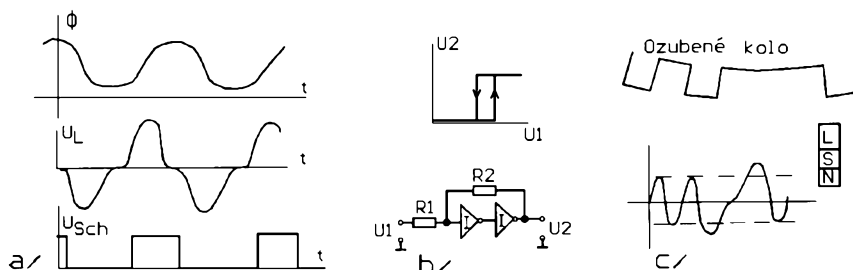
Jiné provedení impulsního kola má pro každý válec jeden zub. U čtyřválcového motoru připadají potom na jednu otáčku 4 impulsy (4 zuby).

Výhodou indukčních snímačů jsou malé výrobní náklady, odolnost proti rušení, žádná elektronika ve snímači, žádné problémy s posuvem stejnosměrného napětí a velký teplotní rozsah.

Nevýhodou je závislost výstupního napětí na otáčkách a citlivost na změny velikosti vzduchové mezery.

Princip indukce napětí v cívce při změně magnetického toku cívkou se využívá ve snímači otáček klikového hřídele, ve snímači otáček kol, ve snímači otáček vačkového hřídele (tranzistorové zapalování) a ve snímači pohybu jehly.

Indukční snímač otáček má dva vývody. Při podezření na závadu změříme odpor cívky snímače ohmmetrem.



Obr. 6. Měření otáček indukčním snímačem umístěným v blízkosti točícího se ozubeného kola.

a) časové průběhy magnetického toku Φ , napětí na cívce snímače U_L a napětí na výstupu Schmittova klopného obvodu (dole),

b) převodní charakteristika Schmittova klopného obvodu a jeho realizace invertory, c) průběh napětí na výstupu indukčního snímače, je-li mezi zuby mezera (značka)

Je-li v pořádku, musíme naměřit velmi malý odpor. Výstupní napětí indukčního snímače měříme za provozu osciloskopem. Při zvětšení otáček motoru roste amplituda i kmitočet signálu.

Indukční snímač pohybu jehly

Počátek vstříku je důležitou veličinou pro optimální provoz vznětových motorů. Snímání počátku vstříku umožňuje přestavovat okamžik vstříku v závislosti na otáčkách a zatížení motoru.

Pohyb jehly trysky indukuje změnou magnetického toku ve snímací cívce napětí úměrné rychlosti pohybu jehly. Toto napětí přímo zpracovává řídicí jednotka. Překročení určité prahové velikosti napětí je vyhodnocováno jako počátek vstříku.

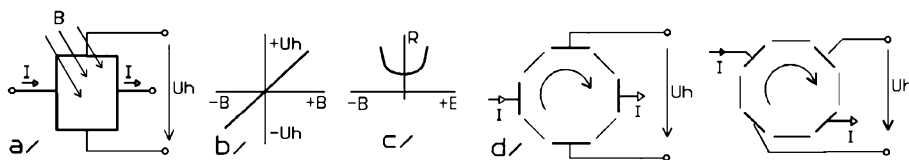
Magnetostatické snímače

Magnetostatické snímače měří stejnosměrné magnetické pole. Na rozdíl od magnetických indukčních (cívkových) snímačů se daleko lépe hodí pro miniaturizaci a lze je levně vyrábět metodami mikrosystémové techniky. Používají se především galvanomagnetické jevy (Hallův jev a Gaussův jev).

Hallův jev se vyhodnocuje pomocí tenkých polovodičových destiček, kterými protéká elektrický proud a zároveň prochází magnetické pole (obrázky 7a). Jsou-li proud a magnetická indukce na sebe kolmé, lze přičně ke směru proudu naměřit Hallovo napětí U_H , které je úměrné velikosti magnetického pole (obrázky 7b). Zároveň se zvětšuje odpor destičky podle parabolické charakteristiky (obrázky 7c - Gaussův jev, magnetorezistor). Příčinou těchto jevů je působení magnetického pole na elektrony, které jsou nositeli elektrického proudu.

Při použití křemíku je možné tento snímač kombinovat s integrovaným obvodem, který Hallovo napětí zesiluje a vyhodnocuje. V nejjednodušším případě detekujeme překročení prahové hodnoty elektromagnetické indukce pomocí Schmittova klopného obvodu. Výstupem je dvoustavový logický signál, vzniká tak Hallův spínač.

Nevýhodou jednoduchého Hallova snímače je značná teplotní závislost,



Obr. 7. a) princip Hallova snímače (vektor B měřeného magnetického pole je kolmý na destičku),

b) závislost Hallova napětí U_H na intenzitě B magnetického pole,

c) závislost odporu R magnetorezistoru na intenzitě B magnetického pole,

d) princip rotujících proudů

způsobená mechanickým pnutím materiálu. Díky **principu rotujících proudů** (spinning current - obr. 7d) se jí podařilo odstranit. Proud a měřicí obvod jsou elektronicky přepínány. Změřené napětí je elektronicky průměrováno. Vzniká tak integrovaný Hallův obvod, který je vhodný např. pro snímače zrychlení.

Magnetorezistory se mohou podobně jako Hallovy snímače používat ke snímání otáček ozubeného kola. Jsou značně teplotně závislé, musíme je proto používat v diferenčním provedení. Dvojice magnetorezistorů je zapojena jako dělič napětí. Jeho výstupní napětí se s teplotou mění minimálně.

Odpor magnetorezistorů se mění v závislosti na intenzitě magnetického pole. Vhodného pracovního bodu dosáhneme pomocí permanentního magnetu, který vytváří magnetické předpětí.

Magnetorezistory jsou pasivní součástky odolné proti rušení. Jejich výstupní napětí je řádu jednotek voltů a není zapotřebí jej dále zesilovat.

Diferenční Hallovy snímače

Již několik let existují také dvojité Hallovy snímače (diferenční uspořádání Hallova snímače) v plně integrovaném provedení. U těchto snímačů jsou dva úplné Hallovy systémy umístěny v definované vzdálenosti na jednom čipu a příslušná elektronika (operační zesilovač) vyhodnocuje rozdíl obou Hallových napětí. Tyto snímače mají výhodu, že jejich výstupní signál je značně nezávislý na absolutní velikosti intenzity magnetického pole a jeho diferenční snímače snímají pouze prostorovou změnu magnetické indukce.

Tyto snímače se většinou používají k **měření otáček** (obr. 8a). Rotorem je ozubené kolo z kovového materiálu. Přiblížení a oddálení jednotlivých zubů způsobuje změny magnetického pole v blízkosti permanentního magnetu. Velikost výstupního signálu snímače do značné míry nezávisí na vzduchové mezeře mezi rotorem a snímačem. K dosažení maximálního výstupního signálu by se měla vzdálenost obou Hallových snímačů (umístěných většinou na okrajích podélného čipu) přibližně rovnat polovině rozestupu zubů.

Oproti indukčním snímačům má Hallův snímač otáček výhodu v tom, že jeho výstupní napětí není závislé na rychlosti otáček a dá se tak snadno elektronicky zpracovat. Má malé rozměry, ale vyžaduje elektronické před-

zpracování signálu. Rozsah provozních teplot je však omezen křemíkovou vyhodnocovací elektronikou (na max. 155 °C). Nevýhodou je, že ke své činnosti potřebuje značný stejnosměrný proud, jehož odběrem zatěžuje palubní síť vozidla.

Ve snímači otáček se často používají Hallovy závory (obr. 8c). Téměř uzavřeným magnetickým obvodem rotuje clonka, která při svém průchodu odvádí magnetický tok od snímače. Spolehlivá funkce je zajištěna, i když clonka proniká různě hluboko do závory.

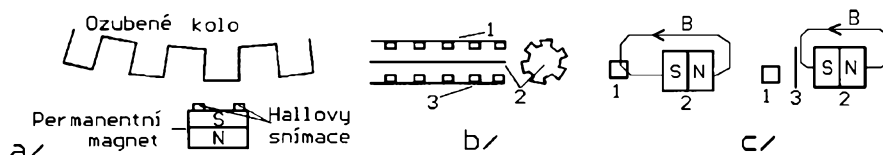
Hallův snímač má 3 vývody (napájení, výstup, kostra). Výstupní signál měříme osciloskopem. Při zvýšení otáček roste kmitočet, amplituda se nemění.

Aktivní snímače otáček

Funkci zubů impulsního kola přebírají permanentní magnety. Jsou např. umístěny v těsnícím kroužku ložiska kola. Jako snímače se používají Hallovy snímače nebo magnetorezistory. Napětí je nezávislé na otáčkách kola. Napětí ze snímače je digitalizováno a přenášeno dvou vodičovým vedením. Informace o otáčkách se přenáší modulováním napájecího proudu, které vyhodnocuje snímací rezistor v řídicí jednotce (viz obr. 11g). Digitalizace signálu dále umožňuje přenášet informace o směru otáčení kol (funkce hillholder - brání sjetí vozidla dozadu při jízdě do kopce, používá se při navigaci) a přenášet informaci o kvalitě signálu snímače (pro upozornění řidiče na nutnost opravy).

Snímač otáček v převodovce

Obsahuje diferenční Hallův snímač, který detekuje feromagnetický otáčkový signál ozubených kol. Velikost mezeře je 0,1 až 2,5 mm, snímač je ponořen v oleji. Snímač má dvoudrátový výstup s proudovou modulací (14 / 7 mA).



Obr. 8. Použití Hallových snímačů.

a) snímání otáček diferenčním Hallovým snímačem,

b) snímač polohy volantu: 1 - kryt s permanentními magnety, 2 - kódovací kotouč, 3 - deska s plošnými spoji s Hallovými snímači,

c) Hallova závora: 1 - Hallův integrovaný obvod, 2 - permanentní magnet, 3 - pohyblivá clona

Snímače úhlu natočení volantu

Systém elektronického řízení jízdní stability (elektronický stabilizační program ESP) má za úkol udržovat řídicím zvolený směr jízdy pomocí cíleného ovládání brzd. K tomu se v řídicí jednotce porovnávají nastavený úhel natočení volantu a požadovaný brzdící tlak se skutečným otáčivým pohybem a rychlostí vozidla a v případě potřeby jsou jednotlivá kola přibrždována. Tím je „plovoucí úhel“ (odchylka mezi osou vozidla a pohybem vozidla) udržován malý a je zabráňováno vybočení vozidla z jeho dráhy.

Ke snímání úhlu natočení jsou principálně vhodné všechny druhy snímačů úhlu. K zajištění bezpečnosti jsou nutná takové druhy, u kterých lze jednoduchým způsobem kontrolovat věrohodnost údaje nebo které se v ideálním případě mohou kontrolovat samy. Používají se potenciometry, optické snímání kódu a magnetické principy. U většiny používaných snímačů je však potřebná stálá registrace a ukládání aktuálního natočení volantu, protože běžné snímače mohou měřit maximální úhel 360 °, volant osobního automobilu má však rozsah úhlu ±720 ° (celkem čtyři otáčky).

Hallův snímač úhlu natočení volantu

Snímač úhlu natočení volantu snímá polohu volantu čtrnácti Hallovými závory. Používají se v něm **Hallovy spínače**, na které působí **permanentní magnety**. Mezi spínače a magnety se pohybuje kovový **kódovací kotouč**, který je spojen s hřídelí volantu a který je střídavě odkrývá a zakrývá. Signály ze spínačů vyhodnocuje elektronika.

Tímto způsobem se pomocí devíti Hallových IO vytváří digitální informace o úhlu natočení volantu. Zbývajících pět Hallových snímačů registruje otáčku, která je pomocí převodu do pomalu s poměrem 4 : 1 převedena do jednoznačného rozsahu 360 °.

Na obrázku snímače úhlu natočení volantu (obr. 8b) jsou nahoře magnety, které mohou být v závislosti na poloze volantu jednotlivě odstíněny magneticky měkkým kódovacím kotoučem, umístěným pod nimi. Na desce s plošnými spoji přímo pod kódovacím kotoučem se nacházejí Hallovy spínače (v podobě

integrovaných obvodů) a mikroprocesor, který provádí testy věrohodnosti a rovněž dekóduje informace.

Snímače náprav

Pomocí automatické regulace dosvitu světlometů, ALWR, se automaticky koriguje dosvit (vzdálenost, do které dosvítí) světlometů vozidla. Při zapnutí potkávacích světlech se vyrovnává náklon vozidla tak, aby byla zajištěna dostatečná dohledná vzdálenost, aniž by byla oslňována protijedoucí vozidla. Statická ALWR koriguje náklon karoserie způsobený nákladem. Dynamická AWLR koriguje navíc dynamicky podmíněné naklání vozidla, vyvolané brzděním a zrychlováním. Snímače náprav přitom přesně snímají náklon karoserie.

Náklon vozidla se měří snímači náprav (snímače úhlu natočení), které jsou namontovány vpředu a vzadu na karoserii. Pomocí otočného ramene, které je táhlem spojeno s příslušnou nápravou vozidla (popř. se závěsem kola) se měří vznikající pružení. Náklon vozidla se pak vypočítá z rozdílu napětí mezi snímačem přední a zadní nápravy.

Snímač nápravy funguje na principu Hallova jevu. Ve statoru je integrován Hallův IO, který se nachází v homogením magnetickém poli. Magnetické pole v něm vyvolává napětí, které je úměrné magnetické indukci. Při otáčení kruhového magnetu hřídelem se mění magnetické pole působící na Hallův IO.

Řídící jednotka přijímá signály snímačů náprav, vytváří rozdíl mezi přední a zadní nápravou a vypočítá při zohlednění rychlosti jízdy požadovanou hodnotu pro polohu servopohonu. Při ustálené jízdě zůstává ustálená regulace dosvitu světlometu v režimu s velkým tlumením. Krokové motory se náklonu vozidla přizpůsobují jen pomalu, aby nerovnosti a výmoly na vozovce nezpůsobovaly stále korekce dosvitu světlometů. Při zrychlování nebo brzdění je okamžitě zapnut dynamický režim. Ten během několika milisekund přizpůsobí dosvit světlometů. Pak se systém automaticky přepne opět do pomalého režimu.

Hallův snímač polohy vačkového hřídele

Převodový poměr mezi vačkovým a klikovým hřídelem je 1 : 2. Poloha vačkového hřídele udává, zda se píst pohybuje v horní nebo dolní úvratí, zda se nachází ve fázi komprese nebo výfuku. Snímač polohy vačkového hřídele, který pracuje na stejném principu jako snímač otáček, předává tuto informaci řídící jednotce.

Akustické snímače

Obdobně jako u ozvěnového hloubkoměru (echolot) vysílají akustické snímače ultrazvukové impulsy o frekvenci asi 40 kHz a detekují čas, který uplyne

do návratu impulsu odraženého od překážky. Vzdálenost d k nejbližší překážce se vypočítá z doby t_e uplynulé do příchodu odraženého impulsu a z rychlosti c šíření zvuku ve vzduchu (která je asi 340 m/s) podle vztahu:

$$d = 0,5 \cdot t_e \cdot c \quad [\text{m}; \text{s}, \text{m/s}].$$

Elektromagnetické snímače (radar)

Systémy ACC (Adaptive Cruise Control) s radarem dlouhého dosahu představují **regulátory rychlosti jízdy s automatickým rozpoznáním vozidel**, jedoucích v jízdní stopě před daným vozidlem, a případně požadují přibrzdění. Pracovní frekvence 76 GHz (vlnová délka asi 3,8 mm) umožňuje kompaktní konstrukci potřebnou pro montáž ve vozidlech. Gunnův oscilátor (Gunnova dioda v dutinovém rezonátoru) napájí paralelně tři vedle sebe umístěné antény, které současně slouží k příjmu odražených signálů. Představená plastová čočka (Fresnelova) tvaruje vysílaný paprsek horizontálně do úhlu $\pm 5^\circ$ a vertikálně do úhlu $\pm 1,5^\circ$ (vztaženo k ose vozidla). Kromě vzdálenosti a rychlosti vozidel jedoucích vpředu může být zjišťován i směr, v němž jsou detekovány.

Vysílaný signál je kmitočtově modulován. Než se signál odrazí od překážky a vrátí se, změní se poněkud vysílaný kmitočet. Měří se kmitočet přijímaného signálu. Rozdíl frekvence vysílaného a přijímaného signálu je přímo úměrný vzdálenosti od překážky.

Jednou ze základních funkcí je především obvyklá regulace rychlosti jízdy, při které se nastavená rychlost udržuje konstantní. Tato funkce je aktivní vždy, když není detekováno žádné vozidlo jedoucí vpředu, které jede menší rychlostí, než je požadovaná rychlost nastavená řidičem. Je-li však v detekčním rozsahu radaru (přibližně 100 až 150 m) zjištěno vozidlo, které brání pokračovat v jízdě požadovanou rychlostí, je rychlost přizpůsobena rychlosti vozidla jedoucího vpředu. Při malých rozdílech v rychlosti je to možné provést pouhým ubráním plynu, při větších rozdílech je potřebný zásah brzd.

Po přizpůsobení rychlosti jede vozidlo, vybavené ACC, za vpředu jedoucím vozidlem s téměř konstantní časovou mezerou. Odstup při vyšších rychlostech roste.

Největší problém představuje volba správného cílového vozidla. Z mnoha

odrazů je třeba rozpoznat ty, které patří vozidlům jedoucím vpředu. Je potřeba odhadnout, zda jedou ve stejném jízdním pruhu.

Piezelektrické snímače zrychlení a vibrací

Používají se k regulaci klepání u spalovacích motorů, pro airbag, předepínáče bezpečnostních pásů, detekce převrácení (vypnutí zapalování, uzavření přívodu paliva), ke snímání zrychlení v zatáčkách, v protiblokovacím systému (ABS) nebo při elektronickém řízení stability (ESP) a regulaci podvozku.

Zrychlení se označuje písmenem a a často se udává jako násobek gravitačního zrychlení g ($g = 9,81 \text{ m/s}^2$).

Všechny snímače měří sílu F , která působí na setrvačnou hmotu m . Platí vztah:

$$F = m \cdot a \quad [\text{N}; \text{kg}, \text{m/s}^2].$$

Setrvačná hmoty je pružně spojena s tělesem, jehož zrychlení máme měřit.

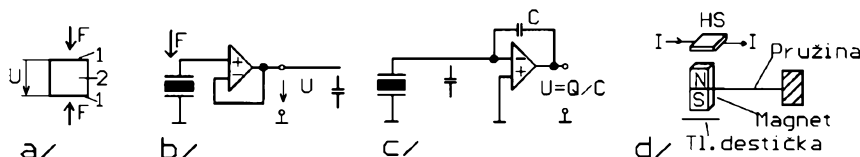
Síla F se měří **piezelektrickým snímačem**, což je součástka z materiálu, na jehož povrchu vzniká působením síly elektrický náboj. Náboj se snímá dvěma elektrodami, mezi nimiž se vytváří napětí U (obr. 9a). Některé materiály (křemenný krystal) vykazují tuto vlastnost přirozeně, jiné (např. piezokeramika) musí být nejdříve polarizovány vysokým napětím.

Protože piezelektrické snímače mají velký vnitřní odpor, doporučuje se při snímání výstupního napětí U umístit první oddělovací zesilovač (obr. 9b) co nejbližší ke snímači (pokud možno do společného, hermetického pouzdra). Delší přívodní vodiče zkreslují signál jak svou parazitní kapacitou (dělič napětí), tak i svým parazitním svodem.

Výhodnější je použít u piezelektrického snímače zesilovač náboje, který ukládá snímačem vytvářený náboj do kvalitního měřicího kondenzátoru C , zapojeného ve zpětné vazbě operačního zesilovače (obr. 9c). Tím se udržuje samotný snímač bez náboje a napětí. Při tomto typu vyhodnocení je možné škodlivé parazitní vlivy přívodního vedení téměř potlačit, takže operační zesilovač nemusí být bezpodmínečně v blízkosti snímače.

Hallovy snímače zrychlení

Vozidla s protiblokovacím systémem ABS, regulací prokluzu ASR, pohonem všech kol nebo také progra-



Obr. 9. Snímače zrychlení.

- a) piezelektrický jev: 1 - elektrody, 2 - piezelektrický materiál,
b) oddělovač náboje (sledovač signálu), c) snímač náboje,
d) Hallův snímač zrychlení

mem elektronického řízení stability ESP mají kromě snímačů kol Hallův snímač zrychlení k měření podélného a příčného zrychlení vozidla (v závislosti na montáži, ve vztahu ke směru jízdy).

V Hallově snímači zrychlení se používá elasticky upevněný systém pružina - hmota (obr. 9d).

Skládá se z páskové pružiny umístěné nastojato, která je na jednom konci pevně upnuta. Na jejím volném konci je nasazen trvalý magnet jako seizmická hmota. Nad trvalým magnetem se nachází vlastní Hallův snímač s vyhodnocovací elektronikou. Pod magnetem je malá tlumicí destička z mědi.

Působí-li na snímač příčně k jeho pružině zrychlení, mění systém pružina - hmota svou klidovou polohu. Vychýlení je měřítkem pro zrychlení. Magnetický tok Φ vycházející z pohybujícího se magnetu vytváří v Hallově snímači Hallovo napětí U_h . Vyhodnocovací elektronikou z něj odvozené výstupní napětí U_A je úměrné velikosti zrychlení (měřicí rozsah je asi do 1 g).

Snímač je navržen pro malou šířku pásma několika Hz a je elektrodynamický tlumen (vířivými proudy v měděné tlumicí destičce).

Mikromechanické křemíkové snímače zrychlení

Mikromechanické křemíkové snímače zrychlení pro zádržné systémy pro cestující snímají hodnoty při čelním nebo bočním nárazu a řídí iniciaci předepínačů bezpečnostních pásů, airbagů a ochranného oblouku.

Nezbytný systém pružina - hmota je vyroben technikou leptání z plného křemíkového plátku. K obzvláště přesnému měření vychýlení této hmotnosti se osvědčilo kapacitní snímání. To vyžaduje nad a pod hmotností upevněné na pružině přidat další křemíkovou nebo skleněnou destičku. Destičky s protielektrodami současně slouží jako ochrana proti přetížení. Toto uspořádání destiček odpovídá sériovému zapojení dvou diferenčních kondenzátorů s kapacitou asi 10 až 20 pF.

Při působení zrychlení ve směru snímání se křemíkové střední destička jako seizmická hmota vychyluje. To způsobuje změnu vzdálenosti k horní popř. dolní destičce a tím také změnu kapacity kondenzátorů. Ta vede ke změně elektrického signálu, který se ve vyhodnocovací elektronice (CMOS) zesiluje, filtruje a digitalizuje pro další zpracování v řídicí jednotce airbagu.

Piezoelektrické snímače klepání ventilů

Snímače klepání jsou svým funkčním principem snímači vibrací a používají se ke snímání kmitů šířících se tělesy. Ty se v motorových vozidlech vyskytují např. v motorech jako klepání při nekontrolovatelném spalování (při špatně nastaveném předstihu). Sníma-

če převádějí mechanické kmity na elektrické signály, které předávají do řídicí jednotky. Zpravidla se motory vybavují jedním, dvěma nebo více snímači klepání. Ty se pak přepínají podle pořadí zapalování.

Hmotnost působí na základě své setrvačnosti tlačnými silami v rytmu budících kmitů na kruhový piezokeramický prvek. Tyto síly způsobují v keramice posuv náboje. Na piezokeramice vniká elektrické napětí, které se snímá kontaktními kruhovými ploškami a přes střídavý zesilovač napětí s velkým vstupním odporem se zavádí do řídicí jednotky nebo do systému řízení motoru Monotronic.

Citlivost snímače se udává jako velikost změny výstupního napětí při jednotkové změně zrychlení.

Snímače klepání se na motoru umísťují tak, aby mohlo být rozpoznáváno klepání ventilů jednotlivých válců.

Upevňovací šroub musí být utažen definovaným utahovacím momentem.

Upevňovací plocha a závitový otvor v motoru musí mít předepsanou kvalitu, k zajištění se nesmí používat žádné vymezovací nebo pružné podložky.

Snímače tlaku

Tlak se měří přímo, pomocí deformace membrány nebo snímačem síly.

Snímače tlaku mají v automobilu následující aplikace:

- Tlak v sacím potrubí, popř. tlak přeplňování (1 až 5 barů) u vstřikování benzínu.
- Brzdící tlak (10 barů) u elektropneumatických brzd.
- Tlak vzduchového odpružení (16 barů) u vzduchem odpružených vozidel.
- Tlak v pneumatikách (5 barů absolutně) u kontroly nebo regulace tlaku v pneumatikách.
- Tlak v hydraulickém zásobníku (asi 200 barů) u ABS a servořízení.
- Tlak chladiva (35 barů) u klimatizačních systémů.
- Modulační tlak (35 barů) u automatických převodovek.
- Brzdící tlak v hlavním brzdovém válci a brzdových válcích kol (200 barů) a automatická kompenzace stáčívého momentu při elektronicky řízených brzdách.
- Přetlak nebo podtlak v nádrži (0,5 barů).
- Tlak ve spalovacím prostoru (100 barů, dynamicky) pro rozpoznání vynechávání zapalování a klepání.
- Tlak elementu vstřikovacího čerpadla nafty (1000 barů, dynamicky) u elektronického řízení vznětového motoru.
- Tlak paliva v tlakovém zásobníku (Common Rail) nafty (1500 popř. 1800 barů).
- Tlak paliva v tlakovém zásobníku (Common Rail) benzínu (100 barů).

Přímé snímače tlaku

Zvláště k měření velmi vysokých tlaků ($>10^4$ bar) by mělo stačit jednoduše vystavit rezistor tlakovému médiu, ne-

boť všechny známé rezistory vykazují menší nebo větší závislost na tlaku (objemový efekt). Obtížnější se však přitom realizuje potlačení jejich současné závislosti na teplotě a utěsnění jejich vývodů z tlakového média.

Příznivější vlastnosti než rezistory mají snadno výrobitelné kapacitní měřicí členy (kapsle).

Membránové snímače tlaku

Nejvíce rozšířená (i v automobilech) metoda snímání tlaku používá k získání signálu nejprve jako mechanický mezi stupeň tenkou membránu, která je jednou stranou vystavena měřenému tlaku a jeho působením se méně nebo více prohýbá.

Tloušťka a průměr membrány mohou být v širokém rozmezí přizpůsobeny danému rozsahu tlaku. Malé rozsahy měřeného tlaku vedou k relativně velikým membránám s průhyby, které se mohou pohybovat v oblasti 1 až 0,1 mm. Velké taky vyžadují tlustší membrány menšího průměru, které se prohýbají jen o několik μ m.

Snímače síly a točivého momentu

Použitelnost snímačů síly a točivého momentu v motorovém vozidle je velmi mnohostranná, jak ukazuje následující seznam:

- Měření spojovací síly mezi tažným vozidlem a přívěsem popř. návěsem u užitkových vozidel pro regulované brzdění.
- Měření síly tlumičů pro elektronickou regulaci podvozku.
- Měření zatížení nápravy u užitkových vozidel pro elektronicky řízené rozdělení brzdící síly.
- Měření síly pedálu u elektronicky regulovaných brzdových soustav.
- Měření brzdící síly u elektricky ovládaných a elektronicky regulovaných brzdových soustav.
- Bezdotykové měření hnacího momentu a brzdného momentu.
- Bezdotykové měření momentu řízení, popř. momentu servořízení.
- Ochrana před přiskřípnutím u elektricky ovládaných spouštěčů oken a posuvných střeš.
- Snímače síly integrované do ložisek.
- Měření hmotnosti osádky vozidla.

Piezorezistivní snímače síly

Použití roztažných rezistorů k měření síly je nejrozšířenější a současně nejspolehlivější a nejpresnější metodou měření síly a točivého momentu.

Metoda je založena na tom, že mezi mechanickým napětím σ v roztaženém tělese (způsobeným zavedením síly) a protažením ε existuje přinejmenším v „Hookově oblasti“ přímo úměrná závislost.

Podle Hookova zákona platí v tomto případě:

$$\varepsilon = \Delta l / l = \sigma / E,$$

kde konstanta úměrnosti E je známa jako modul pružnosti.

Tato metoda je proto nepřímá metoda měření, protože neměří přímo napětí podmíněná silami, ale roztažení jimi způsobené.

Roztažné rezistory jsou s povrchem zvoleného roztaženého tělesa spojeny tak těsně, že sledují bez zkreslení jeho povrchové roztažování.

Změna odporu způsobená roztažením rezistoru je určena vztahem:

$$\Delta R / R = \text{materiálová konstanta} \cdot \varepsilon.$$

Přetrvávající zbytky teplotní závislosti jsou eliminovány tím, že rezistory jsou na roztažném tělese zapojeny jako poloviční nebo úplný můstek (podobně jako na obr. 11a).

Snímač obsazení sedadla (OC/AKSE)

Po zavedení airbagu spolujezdce bylo z bezpečnostně-technických důvodů nutné rozpoznat, zda je sedadlo spolujezdce obsazeno nebo ne. Protože při nehodě a neobsazeném sedadle spolujezdce není potřeba žádného pasážera chránit, vznikaly by aktivací airbagu zbytečné náklady na opravu.

S vyvinutím smartbags („chytrých airbagů“) požadavky na rozpoznání obsazení sedadla řidiče a spolujezdce ještě stouply. Smartbag se vyznačuje proměnlivou reakcí při nafukování v závislosti na dané osobě a situaci. Iniciaci airbagu musí být zabráněno, když by jeho aktivace v určitých situacích působila v neprospěch cestujících (např. když na sedadle spolujezdce sedí dítě nebo je tam dětská sedačka). Proto bylo „jednoduché“ rozpoznání obsazení sedadla rozšířeno na „inteligentní“ určování cestujících OC (Occupant Classification). Jako další senzorka je integrován systém AKSE - automatické rozpoznání dětské sedačky vybavené transpondéry.

Snímací rohož s řídicí jednotkou umístěná do předních sedadel vozidla snímá informace o osobách sedících na sedadlech a předává data řídicí jednotce airbagu. Tato data se pak používají k přizpůsobení iniciaci zádržných systémů.

Princip měření je založen na klasifikaci osob podle jejich tělesných vlastností (hmotnost, výška apod.) a iniciace airbagů je optimalizována pro tyto osoby. Místo přímého měření hmotnosti cestujících používá systém OC přednostně souvislost mezi antropometrickými vlastnostmi (např. „vzdálenost pánevní kosti“) a hmotností. Snímací rohož systému OC k tomuto účelu měří rozložení tlaku na sedací ploše. Vyhodnocení v první řadě ukáže, zda je sedadlo obsazeno nebo ne. Další analýzou je možné danou osobu zařadit do definované třídy. Snímací rohož se skládá z odporových prvků závislých na tlaku.

Měření průtoku vzduchu

Často používaný pojem „množství vzduchu“ nechává otevřenou otázku, zda se jedná o objem nebo hmotnost. Protože se však u chemického procesu spalování paliva používají jednoznačné hmotnostní poměry, je cílem měření zcela jasně hmotnost nasávaného nebo také přepřehovaného vzduchu.

Hmotnostní tok vzduchu je přinejmenším u zážehových motorů nejdůležitější veličinou pro zatížení.

Snímače měřící množství vzduchu nebo obecně proudění plynů se nazývají také **anemometry**. Maximální měřený hmotnostní tok vzduchu se v (časovém) průměru podle výkonu motoru pohybuje v rozsahu 400 až 1200 kg/h. Díky malé spotřebě moderních motorů při volnoběhu činí poměr mezi minimálním a maximálním průtokem 1 : 90 až 1 : 100. Kvůli přísným požadavkům na spaliny a spotřebu musí být dosaženo přesnosti 1 až 2 % měřené hodnoty. Vztaženo na měřicí rozsah to může znamenat (pro motorová vozidla neobvykle vysokou) přesnost měření 10^{-4} . Motor však neodebírá vzduch jako kontinuální proud, ale v taktu otevírání sacích ventilů. To způsobuje, že hmotnostní proud vzduchu (obzvláště při široce otevřené škrtkové klapce) ještě silně pulsuje i v místě měření, které leží vždy v sacím potrubí mezi čističem vzduchu a škrtkou klapkou. Následkem **rezonancí** v sacím potrubí je pulsace občas tak silná, že nastává dokonce krátkodobé zpětné proudění. To platí především pro čtyřválcové motory, u kterých přesný průtokoměr musí toto zpětné proudění snímat se správným znaménkem.

Anemometr s vyhříváním drátem

Prochází-li tenkým drátem nebo tenkou destičkou proud, drát nebo destička se ohřívá. Proudící okolo současně vzduch, který teplo odvádí, nastaví se rovnováha mezi přiváděným a odváděným výkonem (teplem).

Tento drátek (R_m) nebo destičku zapojíme do můstku společně s druhým drátkem nebo destičkou (R_{ref}) - viz obr. 11a. Tím potlačíme vliv kolísání teploty vzduchu na přesnost měření.

Regulační obvod řídí vyhřívací proud tak, aby vyhřívání drát byl vždy o 130 až 160 °C teplejší než okolní vzduch. Řídicí jednotka měří vyhřívací proud, který je úměrný hmotnosti vzduchu.

Aby se zabránilo posouvání výsledků měření kvůli usazeninám na platinovém drátku, je po každém vypnutí motoru drátek zahřát na teplotu 1000 °C. Při této teplotě se usazeniny vypálí a odloupnou, drát je tak vyčištěn.

Tato metoda zajišťuje měření hmotnosti vzduchu nezávisle na jeho tlaku, který se mění s nadmořskou výškou.

Snímače kvality vzduchu

Snímají trvale kvalitu vzduchu ve vstupní oblasti větrání. Reagují přede-

vším na škodlivé součásti výfukových plynů CO (především u zážehových motorů) a NOx (primárně u vznětových motorů). Další úkol spočívá v tom, aby se zabránilo rosení skel. K tomu snímá snímač vlhkosti obsah vodní páry ve vzduchu.

Tyto snímače vestavěné do řídicích jednotek kvality vzduchu se skládají z tlustovrstvových rezistorů, které obsahují oxid cínu. Když se na rezistory usazují měřené látky, mění v širokém rozsahu prudce svůj odpor (např. od 1 do 100 kΩ). Rezistory sondy jsou umístěny na společném keramickém substrátu, který je vyhřívacím vodičem na zadní straně ohříván na provozní teplotu 330 °C. Substrát je kvůli vysoké teplotě upevněn samostatně.

Sonda CO měří koncentrace v rozsahu 10 až 100 ppm (parts per million, resp. 10^{-6}) a **sonda NO_x** v rozsahu 0,5 až 5 ppm. Jakmile je koncentrace škodlivých plynů příliš vysoká (někdy téměř stokrát větší než v čerstvém vzduchu), uzavře řídicí jednotka kvality vzduchu klapky pro přívod čerstvého vzduchu. Tím zabrání tomu, aby řidič tyto plyny vdechoval a předčasně se unavil. Ochranou před škodlivými látkami se prodlužuje životnost použitého filtru s aktivním uhlím.

Kyslík uhelnatý CO je velmi škodlivý pro lidský organismus. Vzniká při nedokonalém spalování. V lidské krvi reaguje s hemoglobinem. Při vyšších koncentracích může způsobit i udušení.

Novější řídicí jednotky kvality vzduchu mají také **snímač vlhkosti vzduchu**. Jeho signál slouží společně se signálem teploty prostoru kabiny, měřené snímačem teploty NTC, k výpočtu rosného bodu, který má vliv na rosení skel vozidla.

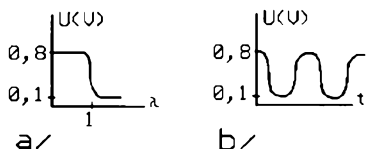
Dvoubodová lambda sonda

Dvoubodové λ sondy se používají u zážehových motorů s dvoubodovou regulací λ . Zasahují do výfukového potrubí a snímají rovnoměrný proud spalin ze všech válců.

Dvoubodové sondy dávají signál, zda se ve spalinách vyskytuje bohatá ($\lambda < 1$) nebo chudá směs ($\lambda > 1$). Skoková charakteristika těchto sond umožňuje regulaci směsi kolem $\lambda = 1$ ($\pm 3\%$).

Pevný elektrolyt sondy se skládá z jednostranně uzavřeného, pro plyn neprostupného keramického tělesa z oxidu zirkoničitého, který je stabilizován oxidem yttritým. Povrch je oboustranně opatřen elektrodami z porézní tenké vrstvy platiny. Kromě toho je na straně spalin porézní keramická vrstva (o tloušťce pavučiny) k ochraně před nečistotami. Kovová trubička s více otvory chrání keramické těleso před mechanickým poškozením (nárazy) a tepelnými šoky. Ve vnitřním otevřeném prostoru (na opačné straně výfukových plynů) slouží okolní vzduch jako referenční plyn.

Aby byla keramika sondy chráněna před zbytky spalování obsaženými ve spalinách, je na pouzdrů sondy (na stra-



Obr. 10. Lambda sonda.

a/ závislost výstupního napětí na koeficientu λ ,

b/ průběh výstupního napětí v závislosti na čase během regulace

ně spalín) upevněna ochranná trubka speciálního tvaru. Štěrbiny v ochranné trubce jsou uspořádány tak, aby obzvláště účinně chránily před velkým termickým a chemickým zatížením.

Vyhřívání lambda sonda

Vyhřívání tyčová sonda obsahuje navíc vyhřívací prvek. U této sondy je teplota keramického tělesa při malém zatížení motoru (tj. při nízké teplotě spalín) určována elektrickým vyhříváním, při velkém zatížení teplotou spalín.

Vyhřívání tyčová sonda může být umístěna ve větší vzdálenosti od motoru, takže i dlouhodobá jízda při plném zatížení již není problematická. Externí vyhřívání způsobí rychle ohřátí, takže během 20 až 30 s po nastartování motoru je dosaženo provozní teploty a regulace λ může pracovat. Protože má vyhřívání λ sonda stále optimální provozní teplotu, je dosaženo malých a stabilních emisí škodlivin.

Napětí dodávané sondou, které je tedy závislé na obsahu kyslíku ve výfukových plynech, dosahuje při bohaté směsi ($\lambda < 1$) 800 až 900 mV, při chudé směsi ($\lambda > 1$) pouze 100 mV. Při přechodu z bohaté k chudé směsi je skok napětí přibližně 450 až 500 mV (obr. 10a). Také teplota keramického tělíska ovlivňuje vodivost iontů kyslíku a tím průběh napětí sondy v závislosti na součiniteli přebytku vzduchu λ . Kromě toho je doba odezvy napěťové změny složení směsi silně závislá na teplotě.

Jestliže leží doby odezvy při teplotě keramiky do 350 °C v oblasti sekund, pak při optimální provozní teplotě asi 600 °C reaguje sonda v čase kratším než 50 ms. Po nastartování motoru je proto až do dosažení minimální provozní teploty asi 350 °C regulace λ vypnuta. Motor přitom pracuje v řízeném provozu. Příliš vysoké teploty zkracují životnost. Proto musí být λ sonda umístěna tak, aby při déletrvajícím plném zatížení nepřesáhla její teplota 850 °C. Po kratší dobu je přípustná teplota 930 °C.

Průběh napětí na λ sondě se mění velmi rychle mezi úrovněmi 100 a 800 mV. Měříme jej osciloskopem. Kmitočet změn je asi 1 až 2 Hz (obr. 10b). Tento kmitočet při stárnutí sondy klesá. Při správné regulaci má být střední (průměrný) rozkmit napětí asi 400 až 500 mV.

Odporové snímače teploty

Elektrické rezistory, jejichž odpor je závislý na teplotě, jsou jako dvoupólové součástky obzvláště vhodné k měření

teploty - ať už ve formě vinutých drátových rezistorů, spěkané keramiky, fóliových rezistorů, tenkovrstvových nebo tlustovrstvových rezistorů nebo rezistorů v monokrystalické formě. Obvykle jsou pro převod teploty na napěťový analogový signál doplněny pevným rezistorem (měřicí můstek - obr. 11a) nebo jsou napájeny přiváděným konstantním proudem.

Snímače teploty s rezistory NTC

Vyrábějí se z oxidů těžkých kovů. Nazývají se termistory, jejich odpor klesá nelineárně s teplotou (obr. 11b). Zvětšením teploty o 20 °C se zmenší odpor na polovinu. Aby nevznikaly velké chyby měření, nesmí měřicí proud termistor příliš zahřívát. Pro větší napětí a proudy není VA charakteristika termistoru lineární (obr. 11c).

Snímače teploty s rezistory PTC

Oproti rezistorům NTC vykazují menší závislost změny odporu na teplotě. Jejich výhodou je ale téměř lineární závislost odporu na teplotě a velká přesnost odporu (tolerance řádově 1 %), což zjednodušuje a usnadňuje vyhodnocování měření (obr. 11d). Často se používají platinové odpory (označení PT 100 znamená platinový odpor 100 Ω).

Polovodičové rezistory PTC mají dvakrát větší citlivost než platinové. Na čipu je možné integrovat další součástky. Tyto snímače jsou velmi dobře reprodukovatelné. Mohou však pracovat pouze do teploty 150 °C, ve zvláštním provedení až do 300 °C. Firma GM Electronic tato čidla prodává pod označením KTY...

Při podezření na závadu odpojíme snímač a změříme ohmmetrem jeho odpor. Naměřený odpor musí přibližně souhlasit s údajem výrobce. Pokud není uvedeno jinak, udává se odpor při teplotě 20 °C. Dále se obvykle udává při teplotě 80 °C. Ověříme platnost těchto hodnot. Zkrat nebo nekonečný odpor vždy znamenají vadné čidlo.

Snímače teploty s termočlánsky

Využívají toho, že na koncích kovového vodiče (na přechodech s jiným kovem) vzniká elektrické napětí, pokud tyto konce mají odlišné teploty. Termoelektrické napětí výhradně závisí na rozdílu těchto teplot a na materiálu vo-

dičů, nemá žádné výrobní tolerance. Má velikost řádu jednotek mV.

Termočlánsky se používají pro měření teplot až do 1000 °C. Pro dosažení většího výstupního napětí se často zapojují do série.

Snímače teploty s polovodičovými přechody

Napětí na diodě nebo na přechodu BE u tranzistoru má v propustném směru při proudu 100 μ A typickou velikost 0,6 V. Toto napětí se zmenšuje celkem přesně o 2 mV při zvětšení teploty o 1 °C, čehož se dá využít pro měření teploty.

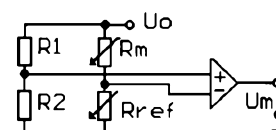
Snímače teploty s číslicovým výstupem

Tyto snímače mají v sobě integrovaný převodník odpor/kmitočet (kmitočet astabilního multivibrátoru je dán odporem termistoru). Výstupem je signál odolný proti rušení. Kmitočet multivibrátoru měří a zpracovává řídicí jednotka (obr. 11f). Chceme-li, aby takový snímač bylo možné připojit pomocí dvou drátů, musí výstup snímače modulovat napájecí proud (obr. 10g). Řídicí jednotka měří změny napájecího proudu.

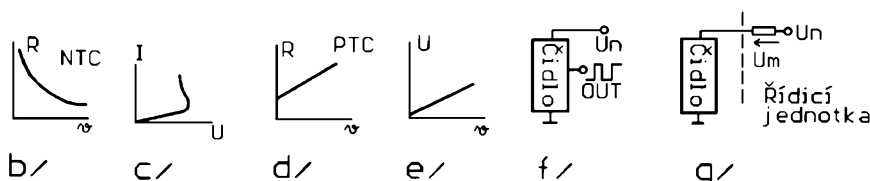
Optický snímač deště

Snímač deště rozpozná vodní kapky na čelním skle a umožňuje automaticky zapnout stěrač. Řidič je tak osvozen od mnoha pohybů rukou, které byly u konvenčních řízení stěračů potřebné. O to více se může soustředit na řízení. Manuální ovládání mu však zůstává vyhrazeno jako doplňující funkce. Řidič musí po startu vozidla automatiku (pokud si to přeje) nejprve aktivovat.

Snímač deště se skládá z optické dráhy mezi vysílačem a přijímačem světla (podobně jako snímač nečistot). Svítivá dioda (LED) emituje světlo. Toto světlo dopadá na čelní sklo, pod určitým úhlem se odráží od suchého vnějšího povrchu skla (totální odraz) a dopa-



Obr. 11a. Měření teploty měřicím můstkem, princip kompenzace odporových snímačů



Obr. 11b až obr. 11g. Měření teploty.

- b) závislost odporu na teplotě u termistoru se záporným teplotním součinitelem (NTC),
- c) voltampérová charakteristika termistoru NTC,
- d) závislost odporu na teplotě u PTC,
- e) závislost napětí na teplotě u termočlánsku,
- f) čidlo měření teploty s digitálním výstupem (3 vývody),
- g) inteligentní čidlo teploty se dvěma vývody

dá do přijímače s fotodiodou, který je rovněž natočen pod určitým úhlem. Jsou-li na vnějším povrchu skla kapky vody, odráží se značná část světla mimo přijímač a tím se přijímaný signál zeslabuje. Od určitého stupně se stěrač automaticky zapne i při znečištění skla. U novějších provedení snímače se místo dříve běžného viditelného světla používá světlo infračervené.

V závislosti na naměřené hustotě deště řídí snímač rychlost stěračů. Společně s elektricky regulovaným pohonem stěračů se v režimu cyklovače mohou rychlost stírání řídit stupňovitě. Dopadá-li např. při předjíždění nákladního automobilu na čelní sklo stříkající voda, přepne systém ihned na nejvyšší rychlost stírání.

Snímač deště se může využívat také např. k automatickému zavírání oken a posuvné střechy. Vybaven doplňujícím snímačem světla může dokonce řídit potkávací světla: ta jsou při setmění nebo při vjezdu do tunelu zapnuta bez přičinění řidiče.

Snímač znečištění

Rozpozná stupeň znečištění rozptylových skel světlometů a umožní jejich automatické čištění. Skládá se z LED a fototranzistoru. Při čistém nebo dešťovými kapkami pokrytém skle je světlo LED vyzařováno do volného prostoru. Nečistoty světlo rozptýlí, to se pak vrací k fototranzistoru.

Vnější autodiagnostika

Moderní automobily jsou vybaveny diagnostikou zásuvkou, která zajišťuje propojení diagnostického počítače s řídicí jednotkou automobilu. Zjišťování závad tímto způsobem se nazývá **vnitřní diagnostika**.

Řídicí jednotka ukládá do své paměti všechny zjištěné závady a mimořádné provozní stavy. Zjistí-li nějakou závadu, která neznemožní provoz automobilu (např. některý z méně důležitých snímačů přestane fungovat), přepne automobil do **nouzového režimu**. Ten umožní dojet do servisu. Na tuto skutečnost upozorní řidiče blikající kontrolka. Řídicí jednotka rovněž upozorňuje na nutnost vyměnit po určitém počtu najetých kilometrů palivový filtr, filtr vzduchu nebo olej. V servisu je možné připojit **diagnostický počítač** a závady na něm z paměti řídicí jednotky přečíst.

Do diagnostických přístrojů se nahrává software pro příslušné značky vozidel a k němu se dodávají potřebné propojovací kabely podle příslušných značek a druhů diagnostických zásuvek (BC, ISO, SAE a OBD).

U 80 až 90 % poruch je nalezení závady pomocí vnitřní diagnostiky velmi jednoduché. Jsou ale závady, jejichž příčinu takto nenajdeme. Jedná se především o závady, které se projevují jen

při určitých provozních stavech (akcelerace, start), často „náhodně“. Vyčítání paměti závad z řídicí jednotky je totiž nejpomalejší přenos dat. Je to přenos dat opožděný a pomalý tak, že se některé závady svým drobným přesahem hodnot nebo drobnou nepravidelností a díky své rychlosti ani neprojeví.

Jedná se zejména o snížení výkonu motoru, zvýšení spotřeby, zhoršení emisí, špatné startování, nepravidelný chod motorů. Paměť závad je často prázdná. Někdy se stane, že označená závada nezmizí ani po výměně označeného „vadného“ dílu nebo se v krátké době opakuje. Hledat takovou závadu metodou pokus-omyl postupnou výměnou podezřelých dílů je velmi nákladné a náročné na trpělivost a finanční prostředky zákazníka. Ceny většiny náhradních dílů se u moderních automobilů pohybují v tisících korun. Proto je důležité důkladně rozumět činnosti jednotlivých obvodů v automobilu, znát základní elektrotechnické zákony a souvislosti mezi jednotlivými systémy automobilu (palivový okruh, zapalování, vstřikování, snímače) a přesně najít vadný díl. Ten vyměníme, až když je jeho závada mimo veškerou pochybnost.

K vyhledávání složitějších závad se používá tzv. **vnější diagnostika**. Jedná se o postupné proměňování palivové soustavy, napájecí soustavy a všech snímačů. K tomuto měření používáme multimetr, osciloskop nebo také diagnostický počítač.

Diagnostický počítač v sobě obsahuje mimo jiné **digitální osciloskop**, který umožňuje měřit napěťové průběhy (např. na vstřikovací ventilech, zapalovací cívce, snímačích a napájecím napětí). Naměřené průběhy můžeme porovnat s ideálními průběhy, které jsou uloženy v jeho paměti. Na rozdíl od klasických osciloskopů tento osciloskop umožňuje zobrazit i velmi pomalé děje trvající až 10 minut (např. ohřev motoru). Digitální osciloskop zároveň umožňuje přesně měřit napětí a periodu (kmitočet). Pracuje rovněž jako ohmmetr. Nahrazuje tak multimetr s možností uložit naměřené hodnoty do paměti.

Závady palivové soustavy

Při složitějších závadách se doporučuje začít kontrolou palivové soustavy.

Při startu začíná pracovat palivové čerpadlo. Pokud při startu není λ sonda ve vysoké úrovni napětí (viz dále), je závada v palivové soustavě. K palivovému potrubí připojíme snímač tlaku a

osciloskopem sledujeme po nastartování závislost tlaku na čase. Provozní (systémový) tlak je regulován regulátorem tlaku. Měří se s přesností na setiny baru ($1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$). Náběh správně trvá zhruba 1 až 1,2 s (obr. 12a až obr. 12c). Pokud je výrazně delší, je pravděpodobně příčinou vadné palivové čerpadlo (např. mezizávitový zkrat). V takovém případě motor špatně startuje a má krátce po startu nepravidelný chod. Při startu tlak poklesne (pokles nesmí být větší než polovina předepsané hodnoty). Dále provedeme test těsnosti palivové soustavy.

Po nastartování motor vypneme a po dobu 10 minut by se tlak neměl výrazně snížit. Tlak čerpadla by měl být vyšší než tlak na redukčním ventilu.

Závady v palivové soustavě (nízký tlak) může rovněž způsobit ucpané potrubí nebo filtr. Výrobci udávají, že se tento filtr má většinou po najetí 50 000 km vyměnit, často je ale nutné filtr vyměnit dříve.

K přesné lokalizaci závady v palivové soustavě je vhodné stisknout v určitých místech kleštěmi hadičku pro přívod paliva a současně měřit tlak v systému.

K měření náběhu tlaku paliva je nejvhodnější osciloskop. Jednoduchý digitální multimetr příliš vhodný není, čísla přeskakují příliš rychle a měření je nepřehledné. Kvalitnější digitální multimetry mají na svém displeji ještě analogovou stupnici, která umožňuje názornější zobrazení takovýto průběhu.

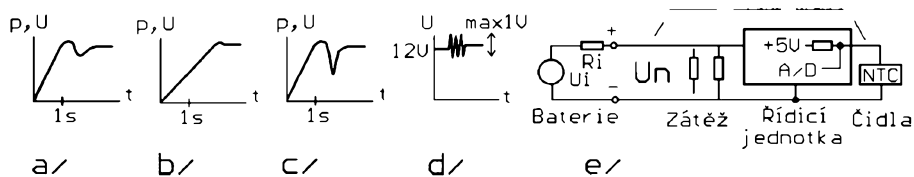
Závady palivové soustavy úzce součastí se zapalováním a projevují se podobně. Proto před případnou výměnou zapalovacích svíček nejprve důkladně zkontrolujeme palivovou soustavu.

Je-li směs paliva bohatá, přeskokové napětí na zapalovací svíčke je nízké.

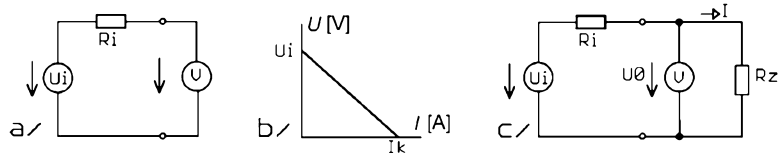
Je-li směs paliva chudá, přeskokové napětí na zapalovací svíčke je vysoké. Dlouhá jiskra může být proto způsobena příliš chudou směsí následkem nízkého tlaku paliva.

U vozidel se vstřikováním měníme zásadně celou řadu zapalovacích svíček (ne pouze jednu) a celou řadu zapalovacích kabelů (ne pouze jeden).

Množství vstřiknutého paliva do válců musí být přesně odměřené ($\pm 3 \%$). Je úměrné součinu doby otevření vstřikovacího ventilu a tlaku paliva. Nízký tlak paliva nebo ucpaný vstřikovací ventil tak vytváří příliš chudou směs. To zjistí λ sonda, která podá zprávu řídicí jednotce. Ta potom prodlouží dobu vstřiku.



Obr. 12. a) správný průběh napětí na snímači tlaku paliva, b) průběh napětí na snímači tlaku paliva při závadě palivového čerpadla, c) průběh napětí na snímači tlaku paliva při vadném palivovém filtru, d) průběh napětí v palubní síti, e) blokové schéma napájecí soustavy



Obr. 13. a) náhradní schéma autobaterie, b) její zatěžovací charakteristika a c) měření vnitřního odporu

Závady dobíjecí soustavy a palubní sítě

Po kontrole palivové soustavy se doporučuje zkontrolovat napájecí soustavu - alternátor a autobaterii. Je nutné voltmetrem zkontrolovat dobíjení - výstupní napětí alternátoru má být 14,4 V.

Přípustné napětí autobaterie se pohybuje v rozsahu 10,5 až 14,4 V. Jedná se o klidové napětí. Při startu, kdy motorem spouštěče teče proud až 150 A, toto napětí klesá. Příčinou je určitý vnitřní odpor baterie. Při startu nesmí napětí palubní sítě klesnout pod 9,5 V.

U některých automobilů při poklesu napětí palubní sítě pod tuto velikost řídicí jednotka vypne zapalování a znemožní další provoz automobilu. To má za účel chránit autobaterii před úplným vybitím a poškozením (sulfatace kontaktů).

Každou autobaterii můžeme nahradit ideálním zdrojem napětí U_i (jeho velikost se rovná napětí naprázdno) a vnitřním odporem R_i (obr. 13a). Zatěžovací charakteristika baterie je naznačena na obr. 13b.

Vnitřní odpor změříme zatížením baterie. K tomu můžeme použít zatěžovací rezistor R_z (obr. 13c).

Příklad: baterie má naprázdno $U_i = 13$ V. Zatížíme-li ji odporem $R_z = 1,2 \Omega$, klesne její napětí na 12,5 V. Určete její vnitřní odpor. Jaké by bylo svorkové napětí baterie při proudu 120 A?

Řešení: proud při zatížení je $I = 12,5 / 1,2 = 10,4$ A. Tento proud vyvolá na vnitřním odporu baterie úbytek napětí $13 - 12,5 = 0,5$ V. Vnitřní odpor baterie je $0,5 / 10,4 = 0,048 \Omega$. Při proudu 120 A bude tento úbytek 5,8 V. Na baterii bude potom $13 - 5,8 = 7,2$ V.

Vnitřní odpor baterie je příliš velký, baterii je nutné vyměnit.

Ke správné funkci všech elektrických zařízení nesmí být napětí palubní

sítě příliš zvlněné. Rozkmit zvlnění nesmí být větší než 1 V.

Napětí alternátoru, který baterii dobíjí, je ale zvlněné (usměrněný třífázový průběh, zvlnění je rovněž vzniká regulací budicího proudu rotoru alternátoru).

Také spotřebiče, které odebírají proud (spouštěč, palivové čerpadlo, vstřikovací ventily), jej často odebírají v pulsním provozu.

Autobaterie slouží jako zásobník elektrické energie a potlačuje zvlnění. Je-li baterie starší, funguje sice na první pohled normálně a umožňuje nastartovat motor (při startu se odebírá maximální proud), funkci filtru střídavého napětí však plní špatně. Vzárustá pak zvlnění napětí palubní sítě.

Průběh palubního napětí můžeme měřit osciloskopem. Při větším zvlnění se doporučuje výměna autobaterie. Je třeba si uvědomit, že z napětí autobaterie se v řídicí jednotce vytváří stabilizované napětí +5 V, které slouží k napájení všech čidel.

Výrobci často uvádějí pro řídicí jednotky větší toleranci napájecího napětí, než odpovídá skutečnosti. Pokud změny napětí palubní sítě začnou ovlivňovat napětí +5 V, bude řídicí jednotka špatně vyhodnocovat napětí ze všech snímačů. Řídicí jednotka se bude domnívat, že se jedná o změny způsobené měřnými veličinami (polohou pedálu akcelerace, hmotností nasávaného vzduchu apod.) a bude podle nich řídit činnost motoru. Výsledkem bude nepravidelný chod motoru.

V každém případě se před zahájením opravy doporučuje dobít baterii z nabíječky. Dobíjení z alternátoru není vždy dokonalé.

Při hledání závad se vyplatí zkontrolovat správné ukostření výfuku, převodovky a motoru. Napětí na kostře nesmí ani při startu přesáhnout 800 mV. Případné napětí na kostře má negativní vliv na činnost snímačů k ní připojených.

Měření na snímačích

Snímače teploty většinou tvoří čidlo NTC, jehož odpor s teplotou klesá. Toto čidlo je připojeno k řídicí jednotce. V jednotce je zdroj stabilizovaného napětí +5 V, rezistor, který s čidlem NTC tvoří dělič napětí a převodník A/D, který toto napětí měří (viz obr. 11g).

Řídicí jednotka vyhodnotí překročení mezních hodnot (napětí blízké nule nebo +5 V) jako závadu. Částečný zkrat (obr. 14a), špatný kontakt nebo změna napájecího napětí jsou však vyhodnoceny jako změna teploty motoru nebo množství nasávaného vzduchu.

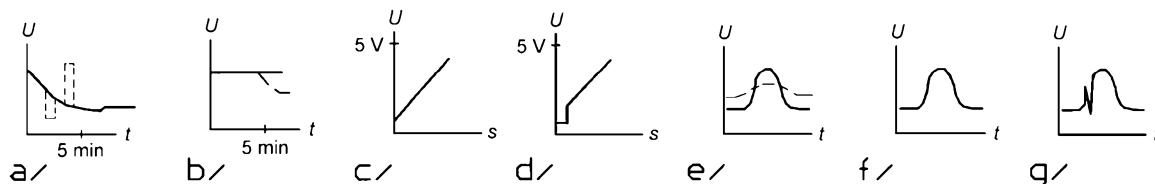
Změřit odpor snímače ohmmetrem někdy nestačí. Ohmmetrem se musí odpor měřit ve vypnutém stavu, zatímco k nalezení závady je nutné měřit napětí na čidlech za provozu. K tomu je nejpohodlnější použít digitální osciloskop s časovou základnou nastavenou na jednotky minut. Lze také samozřejmě použít digitální multimetr.

Snímač teploty motoru. Teplota motoru musí po zapnutí růst, napětí na NTC snímači klesá. Po zahřátí motoru na provozní teplotu se zapne ventilátor chlazení a teplota motoru již zůstane konstantní nebo se trochu sníží. Pokud se vlivem poruchy sepne ventilátor dřív, nebude mít motor správnou provozní teplotu. Teplota motoru zase úzce souvisí s přípravou palivové směsi. Při studeném motoru musí být směs bohatší, na λ sondě je napětí 800 mV.

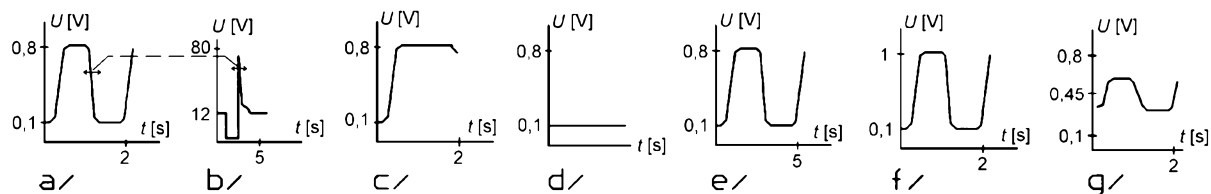
Je-li směs příliš chudá, motor špatně startuje. Je-li naopak směs příliš bohatá (když se řídicí jednotka mylně domnívá, že je motor studený), je příliš velká spotřeba a nejsou dodrženy emisní limity.

Na snímači teploty nasávaného vzduchu správně musí být po zapnutí konstantní napětí, protože teplota vzduchu se prakticky nemění. Pokud krátce po zapnutí poklesne, je chyba v obvodu nasávání vzduchu (obr. 14b). Musí být nasáván studený vzduch, nikoliv teplý vzduch od motoru. Bude-li motor nasávat studený vzduch z venku, bude napětí větší. Bude-li motor nasávat teplý vzduch v dílně, bude napětí menší.

Sportovní motory mají někdy umístěny vzduchové filtry nad hadicí chlazení od termostatu a sají horký vzduch,



Obr. 14. a) Průběh napětí na snímači teploty motoru (čárkovaně se závadou - s částečným zkratem na kostru nebo na + pól napájení), b) průběh napětí na snímači teploty vzduchu (čárkovaně - vzduch je zahříván motorem), c) průběh napětí na snímači akceleračního pedálu - správný průběh, d) průběh napětí na snímači akceleračního pedálu - vadný potenciometr, e) průběh napětí na snímači množství nasávaného vzduchu při akceleraci (čárkovaně - vzduch je nasáván částečně až za snímačem), f) průběh napětí na snímači polohy škrtní klapky, správný průběh při akceleraci, g) průběh napětí na snímači polohy škrtní klapky při akceleraci - vadný potenciometr



Obr. 15. a) správný průběh napětí na λ sondě, b) správný průběh napětí na vstřikovacím ventilu (měřeno proti kostře, čárkovaně souvislost s napětím na λ sondě), c) průběh napětí na λ sondě, je-li směs příliš bohatá, d) průběh napětí na λ sondě, je-li směs příliš chudá, e), f), g) průběhy napětí na opotřebované nebo poškozené λ sondě

motor potom má velkou spotřebu a malý výkon.

Nové typy potenciometru škrtící klapky mají jmenovité napětí 4,5 V.

Měřič hmotnosti nasávaného vzduchu obsahuje vyhřívanou platinovou destičku, jejíž teplota je o 130 až 160 °C vyšší než teplota nasávaného vzduchu (to zajišťuje řídicí jednotka).

Proto můžeme měřit napětí z řídicí jednotky, které toto zajišťuje a které je úměrné vyhřívacímu proudu (odpor platiny se s teplotou mění minimálně) a tudíž hmotnosti nasávaného vzduchu. Při akceleraci se musí zvětšit množství nasávaného vzduchu a toto napětí. Pokud tomu tak není, je pravděpodobně netěsnost v přívodu vzduchu, který je do motoru nasáván až za tímto měřičem (obr. 14e).

Znečištění platinové destičky např. solí, zbytky listů apod. zmenšuje potřebný vyhřívací proud k dosažení konstantní teploty. Klesá napětí na snímači. Řídicí jednotka se domnívá, že je nasáváno menší množství vzduchu a více otevírá škrtící klapku. Výsledkem je chudá směs a zmenšený výkon motoru.

Vstřikovací ventily obsahují cívky připojené jedním vývodem na kladný pól napájecího napětí (viz obr. 23 v konstrukčním návodu na tester vstřikovacích ventilů). Při vstřikování paliva se přes řídicí jednotku spojuje s kostrou druhý vývod cívky. Po ukončení vstřiku vznikne na tomto vývodu napěťová špička o amplitudě asi 80 V (zánikem magnetického pole v cívce). Je-li ventil v pořádku, vzniká (dosednutím jehly) na sestupné části napěťové špičky charakteristický „schod“ (obr. 15b).

Ucpaný nebo částečně ucpaný ventil způsobuje, že motor pracuje na tři válce. Na sondě se to projeví roztřepáním průběhu, protože obsah kyslíku ve výfukových plynech silně kolísá.

U některých automobilů jsou v sérii se vstřikovacími ventily zapojeny v řídicí jednotce rezistory. Při vypnutí potom na ventilech vzniká úbytek napětí 8 V.

Snímače akceleračního pedálu a polohy škrtící klapky jsou v podstatě potenciometry. Kontrola ohmmetrem nemusí odhalit všechny závady. Osciloskopem můžeme změřit průběh napětí při akceleraci. Není-li průběh napětí plynulý, je buď špatný kontakt odporové

dráhy nebo zadřené lanko (obr. 14c, obr. 14d). Závady tohoto typu je projevují nepravidelným chodem motoru.

Staré typy potenciometru škrtící klapky poskytovaly max. napětí 4,8 až 4,85 V, což často vedlo ke zbytečnému chybovému hlášení „zkrat na plus“. U novějších typů snímačů je proto maximální výstupní napětí 4,5 V. Správný a chybný průběh signálu ze snímače škrtící klapky je na obr. 14f a obr. 14g.

Lambda sonda produkuje charakteristický signál, který při příliš bohaté směsi má úroveň 800 mV (obr. 15c) a při chudé směsi úroveň 100 mV (obr. 15d). Signál osciluje mezi těmito úrovněmi s kmitočtem 0,5 Hz, tj. s periodou 4 až 6 kmitů za 10 s (obr. 15a). Signál z λ sondy slouží řídicí jednotce k přesnému nastavení doby vstřiku. Průběhy napětí na λ sondě a na vstřikovacím ventilu spolu úzce souvisejí. Je-li směs bohatá (napětí na λ sondě 800 mV), zkracuje se doba vstřiku. Je-li směs chudá, tato doba se prodlužuje. To je nejlépe vidět dvoukanálovým osciloskopem.

Pokud tomu tak není, pracuje motor v nouzovém provozu. Přejít mezi nízkou a vysokou úrovní napětí probíhá rychle, během 50 ms. Pro správnou činnost sondy musí být ukostřený výfuk.

Pokud je výfuk před sondou proděravělý, nasává se do výfuku čerstvý vzduch. Tuto skutečnost vyhodnotí λ sonda jako chudou směs. Prodlouží se doba vstřiku, zvýší se spotřeba a vzroste obsah CO a nespálených uhlovodíků ve výfukových plynech.

Vadnou λ sondu poznáme podle změněného průběhu napětí, snížení

kmitočtu, zmenšení amplitudy nebo naopak podle jejího zvětšení na 1 V (obr. 15e až obr. 15g). To signalizuje stárnutí sondy nebo její poškození. Její výměna je v takovém případě nezbytná. Poškození sondy může např. způsobit chladicí kapalina (Fridex).

Diagnostika závad λ sond

Při rozkmitu signálu z λ sondy mezi úrovněmi 300 a 600 mV je podle některých školicích středisek λ sonda dobrá, ve skutečnosti je špatná (obr. 15g).

Při rozkmitu mezi úrovněmi 100 a 800 mV je λ sonda v pořádku.

Při rozkmitu mezi úrovněmi 50 a 900 mV je λ sonda špatná a je nutná výměna.

Při měření musí být motor prohrátý na provozní teplotu a především λ sonda musí být prohrátá na provozní teplotu asi 600 °C.

Je-li motor ve volnoběhu, λ sonda má 4 až 6 kmitů za 10 sekund, sonda reguluje v čase kratším než 50 ms.

Lambda sonda může mít následující závady:

- λ sonda je otrávená - signál má úroveň v dolní polovině správného rozpětí. Závada může vzniknout vinou úniku chladicí směsi (glykolu) např. po propálení těsnění pod hlavou.
- Doběžná hrana signálu λ sondy je roztřepená. Je to způsobeno vynecháváním zapalování.
- Po prudkém přidání plynu (akceleraci) jde signál λ sondy místo nahoru dolů. Může za to malý tlak v palivové soustavě, směs je příliš chudá.

Konstrukční návody

Zařízení potřebná k diagnostice závad nejsou levná. Cena diagnostického počítače (PC v průmyslovém provedení, který zároveň plní funkci paměťového osciloskopu) je řádu 100 000 Kč. Ani ceny dalších potřebných přípravků a přístrojů nejsou zanedbatelné.

Těm, kteří tyto prostředky nechtějí investovat a mají o tuto problematiku zájem, jsou určeny následující konstrukční návody. Některé přípravky můžeme velmi snadno

zhotovit s minimálními pořizovacími náklady. K mnohým měřením stačí běžný multimetr nebo osciloskop.

Popisované konstrukce jsou rovněž vhodným námětem pro činnost v elektrotechnických dílnách pro učební obory Autoelektrikář a Autotronik. Při zhotovování poslouží k praktickému seznámení žáků s elektrickými obvody. Po dokončení je žáci mohou používat a zkoušet při servisní činnosti v další odborné praxi.

Generátor signálu lambda sondy

Při zjišťování závad v oblasti vstřikování paliva, při pochybnostech o funkčnosti λ sondy nebo při výuce v dílnách je výhodné její signál nahradit správným signálem z popisovaného přípravku. Jedná se o signál podobný obdélníkovému. V nízké úrovni má signál napětí 0,1 V, ve vysoké úrovni 0,8 V.

Popis funkce

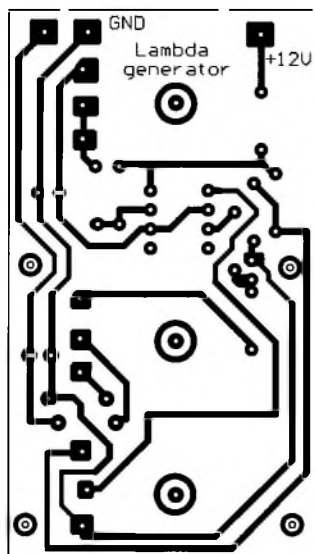
Schéma generátoru je na obr. 16. Požadovaný signál je generován obvodem NE555 v běžném zapojení astabilního multivibrátoru.

Kmitočet nastavíme potenciometrem P1 a kontrolujeme jej pomocí LED D2. Je-li sonda v pořádku, má být kmitočet generovaného signálu 4 až 6 kmitů za 10 s. Se stárnutím sondy se počet kmitů snižuje, znečištěná sonda je „liná“. Vysokou úroveň H stabilizujeme žlutou nebo zelenou LED D2 (která zároveň indikuje činnost obvodu) na 2 V, nízkou úroveň L drží na stále úrovni křemíková dioda D1, která je předeprnutá přes rezistor R4. Výstupní napětí úrovně H je na požadovanou úroveň zmenšováno děličem R6, R7 a potenciometrem P3. Výstupní úroveň L nastavujeme potenciometrem P2. Pravoúhlý tvar generovaného signálu je poněkud zaoblován kondenzátorem C2.

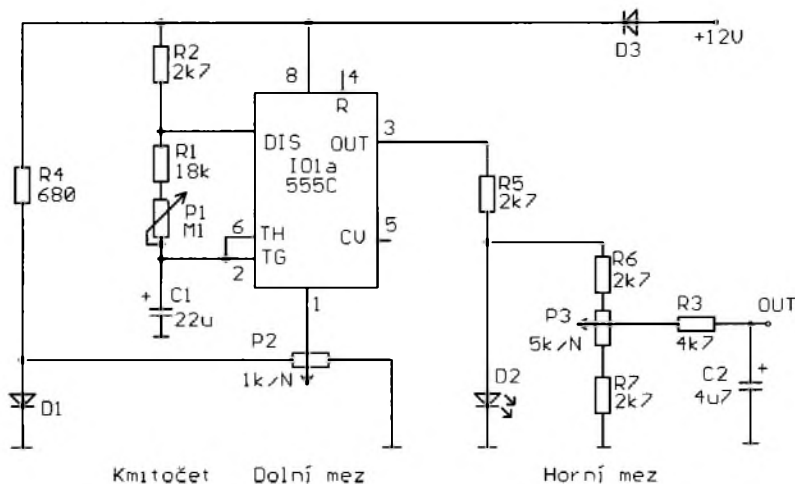
Průběh generovaného signálu a vliv jednotlivých potenciometrů na jeho parametry je znázorněn na obr. 17.

Tvar výstupního signálu není příliš důležitý, s kapacitou kondenzátoru C2 není třeba experimentovat. Skutečný signál z λ sondy je zaoblený, zatímco signál z tohoto generátoru je téměř pravoúhlý. Řídící jednotka však oba signály vyhodnocuje stejným způsobem. Tvar signálu není potřeba měnit a dělat zapojení zbytečně složitější.

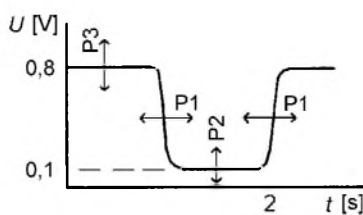
Generátor je napájen vnějším napětím 12 V odebíraným např. z autobaterie.



Obr. 18. Obrazec spojů generátoru signálu λ sondy (měř.: 1 : 1)



Obr. 16. Generátor signálu λ sondy



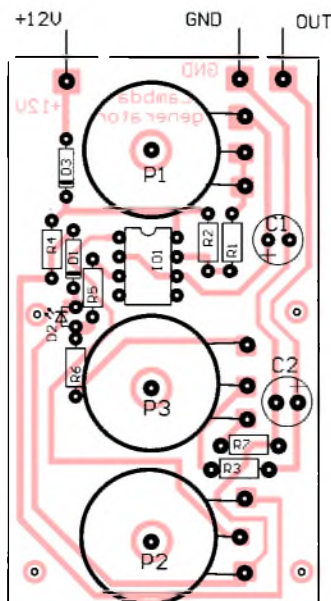
Obr. 17. Vliv potenciometrů P1 až P3 na parametry generovaného signálu

terie. Aby napájecí proud IO1 byl minimální, použijeme IO1 v provedení CMOS. Dioda D3 chrání obvod při přepólování napájecího napětí.

Konstrukce

Všechny součástky včetně potenciometrů jsou na jedné desce s plošnými spoji (DPS), kterou můžeme umístit do krabičky KP20. Obrazec plošných spojů je na obr. 18, rozmístění součástek na desce je na obr. 19.

Potenciometry jsou umístěny pod DPS, ke které jsou přišroubovány a od které jsou izolovány podložkou z tvrdého papíru nebo plastu. Kondenzátory



Obr. 19. Rozmístění součástek na desce generátoru signálu λ sondy

C1 a C2 bude nutné zapájet naležato, pokud nechceme použít větší krabičku.

Seznam součástek

R1	18 k Ω , miniaturní
R2	2,7 k Ω , miniaturní
R3	4,7 k Ω , miniaturní
R4	680 Ω , miniaturní
R5, R6, R7	2,7 k Ω , miniaturní
P1	100 k Ω /N, TP160
P2	1 k Ω /N, TP160
P3	5 k Ω /N, TP160
C1	22 μ F/16 V, radiální
C2	4,7 μ F/16 V, radiální
D1	1N4148
D2	LED (žlutá)
D3	1N4148
IO1	NE555C

Tester lambda sondy

Průběh napětí na λ sondě se mění velmi rychle mezi úrovněmi 100 a 800 mV. Měříme jej nejčastěji osciloskopem nebo zvláštním testerem. Jak již bylo řečeno, kmitočet změn je asi 0,5 Hz (4 až 6 kmitů za 10 s) a při stárnutí sondy klesá. Při správné regulaci má být střední (průměrná) hodnota napětí asi 400 až 500 mV.

Podle údajů výrobců je životnost λ sondy přibližně 100 000 km.

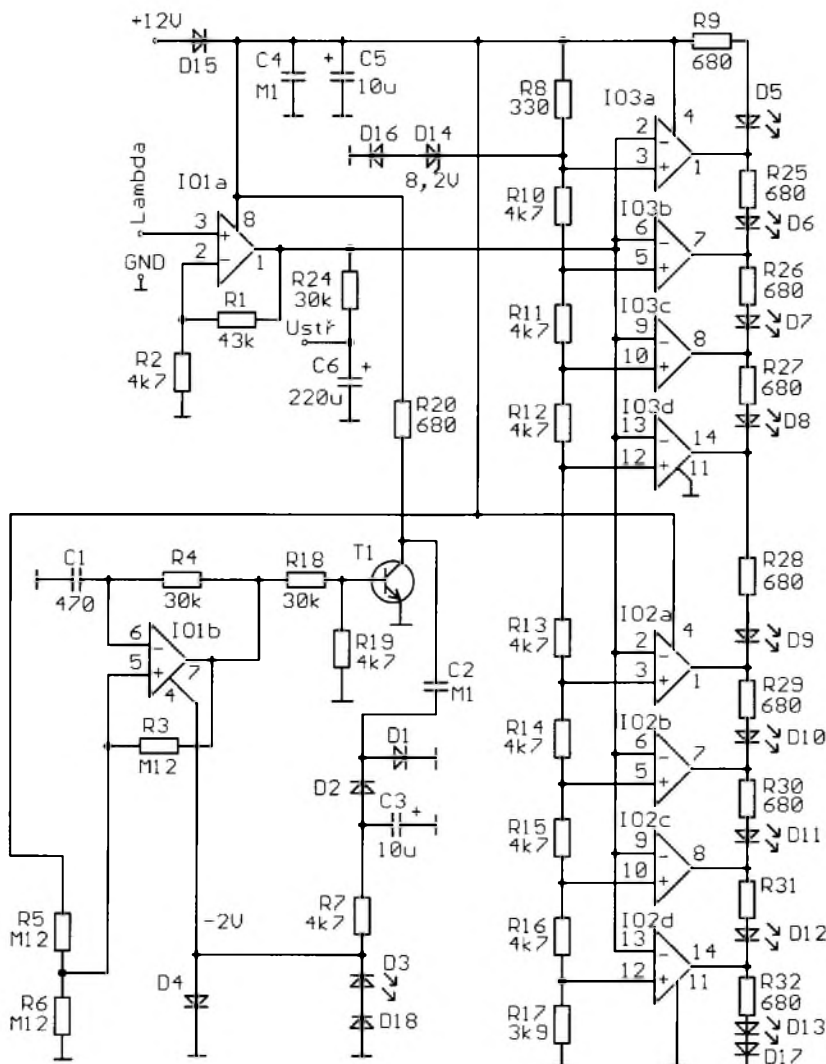
Protože testery λ sond jsou velmi drahé (tisíce Kč) a jedná se přitom o jednoduchá zařízení, domnívám se, že stavba testeru má svůj smysl.

Tento obvod slouží k diagnostice λ sondy a k detekování možných závad při regulaci λ . Používá se při zapojení λ sondy a při běžícím motoru. λ sonda je připojena k řídicí jednotce, popisovaný tester je k ní zapojen paralelně.

Popis funkce

Schéma testeru je na obr. 20. Napětí λ sondy je nutné nejprve 10x zesílit operačním zesilovačem (OZ) IO1a, aby jej bylo možné dále zpracovávat.

Při zesilování napětí, které se blíží nule, musí být OZ napájen záporným napětím alespoň 1,5 až 2 V. Proto dru-



Obr. 20. Tester λ sondy

há polovina IO1b tvoří astabilní multivibrátor o kmitočtu asi 20 kHz, který spolu s tranzistorem T1, diodami D1, D2 a kondenzátorem C2 slouží jako zdroj záporného napětí. Diody D1 a D2 musí mít krátkou zotavovací dobu, použijeme Schottkyho diody. Kondenzátor C3 záporné napětí filtruje, diody D3 a D18 jej stabilizují na velikost zhruba 2,3 V. Krátce po zapnutí (dříve než zdroj záporného napětí začne pracovat) se IO1 napájí přes diodu D4.

Zdroj záporného napětí je velmi měkký, lze z něj napájet pouze IO1,

což je dvojitý OZ s malou spotřebou (0,6 mA).

Zesílené napětí λ sondy, jehož velikost se má správně pohybovat v rozmezí 1 až 8 V, zpracovává osm komparátorů s devíti LED v zapojení okénkového diskriminátoru. Vzhledem k nízkému kmitočtu signálu z λ sondy je možné snadno zrakem sledovat změny napětí signálu a posoudit správnost regulace.

Komparátory indikují překročení mezi 8 V a 1 V, kmitání s malou amplitudou okolo střední hodnoty 4,5 V a

kmitání se střídou výrazně se lišící od poměru 1 : 1, při které je střední hodnota signálu výrazně odlišná od 4,5 V.

Střední hodnotu napětí můžeme v případě pochybností změřit vnějším multimetrem na integračním článku R24, C6. Proud LED určují rezistory R9 a R25 až R32. Při použití LED s větší účinností můžeme odpor těchto rezistorů zvětšit až na 2,7 k Ω .

Rychlost kmitání přímo vidíme a můžeme ji případně změřit stopkami (měříme dobu 10 kmitů). Proto nepovažujeme za nutné doplnit tento tester malým čítačem (viz čítač v dále popisovaném měřiči doby vstříku).

Na komparátoru IO3a je zesílené napětí λ sondy porovnáváno s referenčním napětím 8,8 V, které je stabilizováno diodami D14 a D16. Příliš velké napětí λ sondy je indikováno rozsvícením LED D5 jako závada. Stárnutím λ sondy se její výstupní napětí zvětšuje až na 1 V. Ostatní komparační úrovně jsou nastaveny přibližně po 1,1 V. Komparační úroveň pro IO2d je 0,9 V. Zmenšení napětí λ sondy pod 0,1 V indikuje červená LED D13. LED D6, D7, D11 a D12 jsou zelené, LED D8, D9 a D10 žluté.

Tester je napájen vnějším napětím 12 V např. z autobaterie. Dioda D15 chrání tester proti přepólování napájecího napětí, kondenzátory C7 a C8 jsou blokovací. Stabilizace napájecího napětí není nutná, Zenerova dioda D14 stabilizuje referenční napětí.

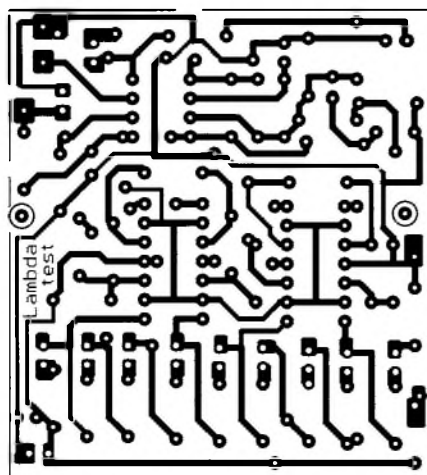
Konstrukce

Přístroj je umístěn do krabičky KM 33. Všechny součástky jsou na jedné desce s plošnými spoji. Obrazec spojů je na obr. 21, rozmístění součástek na desce je na obr. 22.

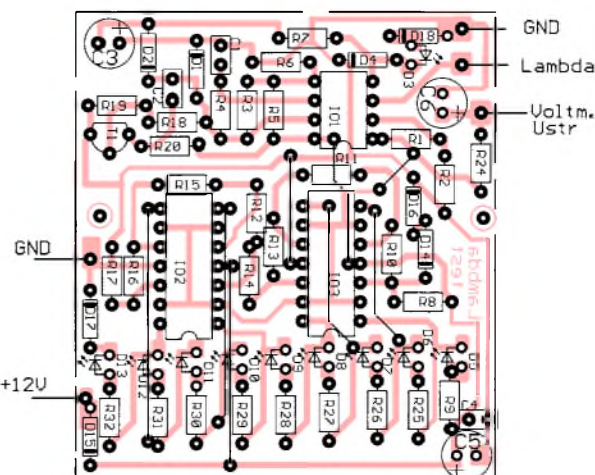
Z rozměrových důvodů, aby nebylo nutné použít zbytečně větší krabičku, jsou LED blízko sebe. Pokud použijeme LED o průměru 5 mm, bude nutné v krabičce pro ně vypilovat drážky. Pro LED o průměru 3 mm je možné opatrně vyvrtat díry.

Seznam součástek

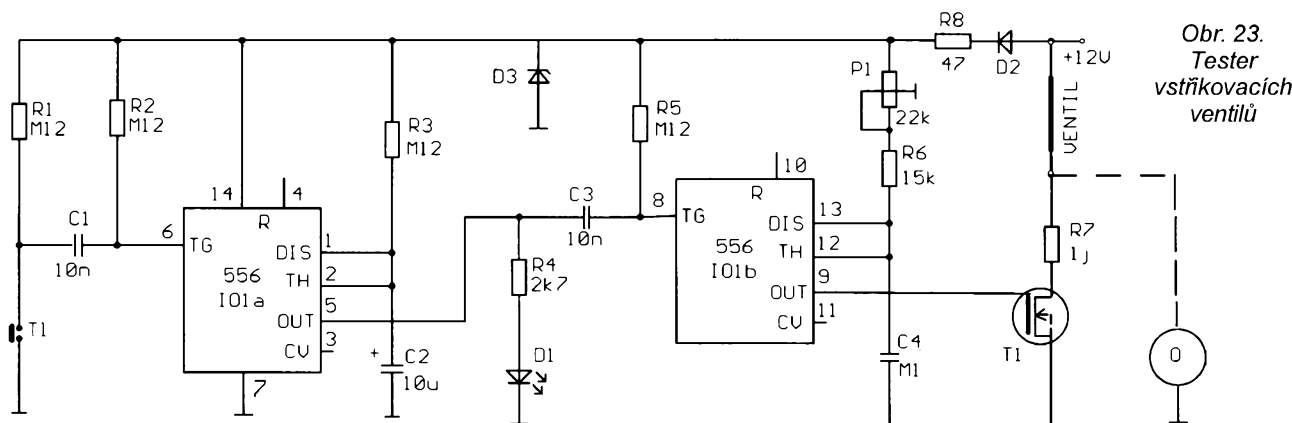
R1	43 k Ω , miniaturní
R2	4,7 k Ω , miniaturní



Obr. 21.
Obrazec spojů
testeru
 λ sondy
(měř.: 1 : 1)



Obr. 22.
Rozmístění
součástek
na desce
testeru
 λ sondy



Obr. 23.
Tester
vstřikovacích
ventilů

R3	120 kΩ, miniaturní
R4	30 kΩ, miniaturní
R5, R6	120 kΩ, miniaturní
R7	680 Ω, miniaturní
R8	330 Ω, miniaturní
R9	680 Ω, miniaturní
R10 až R16	4,7 kΩ, miniaturní
R17	3,9 kΩ, miniaturní
R18	30 kΩ, miniaturní
R19	4,7 kΩ, miniaturní
R20	680 Ω, miniaturní
R24	30 kΩ, miniaturní
R25 až R32	680 Ω, miniaturní
C1	470 pF, keramický
C2	100 nF, keramický
C3	10 μF/16 V, radiální
C4	100 nF, keramický
C5	10 μF/16 V, radiální
C6	220 μF/6,3 V, radiální
D1, D2	1N5818, Schottky
D3	LED (žlutá)
D4	1N4148
D5	LED (červená)
D6, D7	LED (zelená)
D8, D9, D10	LED (žlutá)
D11, D12	LED (zelená)
D13	LED (červená)
D14	BZX83V008.2, Zenerova dioda 8,2 V/0,5 W
D15, D16, D17, D18	1N4148
IO1	TL062
IO2, IO3	TL074
T1	BC547B

Tester vstřikovacích ventilů

Zkoušet funkci vstřikovacích ventilů u horkého motoru v autě není právě snadné. Následující přípravek umožňuje vyzkoušet vymontovaný vstřikovací ventil mimo automobil.

K tomu je potřeba po stisknutí tlačítka vytvořit jeden impuls o délce jednotek milisekund, který sepně MOS tranzistor a pustí na krátký okamžik do ventilu proud jednotek ampér.

Tato úloha není zase tak úplně jednoduchá. Je třeba si uvědomit, že při stisknutí tlačítka vznikají po dobu desítek milisekund rušivé impulsy (bouncing) a že každé stisknutí tlačítka trvá různou dobu.

Popis funkce

Schéma testeru je na obr. 23. Pro ošetření signálu z tlačítka jsou použity dva stejné monostabilní obvody, které se liší pouze svými časovými konstantami. Obvod IO1a vytvoří časové zpoždění zhruba 1,3 s. Do té doby bude již tlačítko uvolněno. Poté je sestupnou hranou z IO1a spuštěn obvod IO1b, který vytvoří požadovaný impuls.

Princip monostabilního obvodu s časovačem NE555 je následující (popíšeme si první časovač):

V klidovém stavu je vstup TG (trigger) připojen na kladný pól napájení. Vývod DIS (discharge = vybíjení) je spojen se zemí, kondenzátor C2 je vybíjen a výstup je v úrovni L. Záporným impulsem přivedeným na vstup TG se překlápí výstup do úrovně H. Kondenzátor C2 se začne nabíjet přes rezistor R3.

Za dobu $t_1 = 1,1 \cdot R3 \cdot C2$ se C2 nabije tak, že je na něm napětí o velikosti dvou třetin napájecího napětí. Poté se monostabilní obvod překlápí do klidového stavu a kondenzátor C2 se vybije přes vývod DIS.

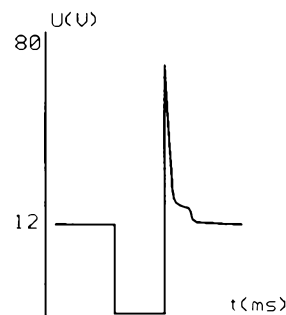
K překlacení monostabilního obvodu stačí krátký záporný impuls na vstupu TG.

Stejným způsobem pracuje i obvod IO1b. Sestupnou hranou z IO1b se obvod překlápí a kondenzátor C4 se začne nabíjet přes rezistor R6. Šířka impulsu je $1,1 \cdot C4 \cdot R6$ a představuje dobu vstřiku. Trimmer P1 umožňuje dobu vstřiku přesně nastavit. Většinou to však není nutné, optimální odpor rezistoru R6 při vynechání P1 je 27 kΩ.

Protože ventil je indukční zátěž, při vypínání proudu vzniká kladná napěťová špička o amplitudě 75 až 80 V (nedosahuje však 100 V). Tu potom vidíme na osciloskopu (obr. 24). Při doznívání špičky je vidět hrbolek (schod) na jejím průběhu, způsobený dosednutím vstřikovací jehly. Podle tohoto hrboleku se pozná, že je ventil v pořádku.

Vzhledem k tomu, že tranzistor T1 pracuje jen velmi krátce, není potřeba jej chladič. Musí být ale dimenzován na napětí minimálně 100 V. V tomto případě jsem použil tranzistor MOS, bipolární Darlingtonův tranzistor by měl v sepnutém stavu větší úbytek napětí.

Odpor ventilu je okolo 15 Ω (může se lišit podle typu), proud je pod 1 A. Kdyby ale byl ventil při měření omylem



Obr. 24. Průběh napětí na vstřikovacím ventilu

zkratován, přetížil by se tranzistor T1. Proto je použit ochranný rezistor R7, kterým je proud v takovém případě omezen. R7 nemusí být dimenzován na velký výkon, doba otevření ventilu je kolem 3 ms. Na ochranném rezistoru a na přívodních vodičích samozřejmě vzniká úbytek napětí přes 1 V, to však v praxi nevadí. Správná funkce ventilu je zaručena i při zmenšení napájecího napětí o více než 1 V.

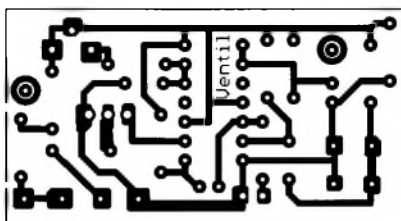
Tester je napájen vnějším napětím 12 V odebíraným např. z palubní sítě automobilu. Dioda D2 chrání vnitřní obvody testeru proti přepólování napájecího napětí. Zenerova dioda D3 a rezistor R8 chrání IO1 před napěťovými špičkami. Po připojení napájecího napětí se někdy rozsvítí LED a obvod vytvoří impuls.

Konstrukce

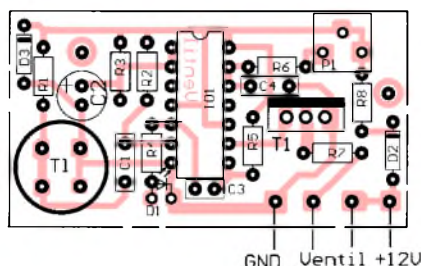
Všechny součástky včetně tlačítka a výkonového spínacího tranzistoru jsou umístěny na jedné desce s plošnými spoji. Obrazec spojů je na obr. 25, rozmístění součástek na desce je na obr. 26. Vzhledem k malým rozměrům desky jistě nebude problémem ji umístit do nějaké krabičky. Tranzistor T1 nevyžaduje chladič.

Seznam součástek

R1, R2, R3, R5	120 kΩ, miniaturní
R4	2,7 kΩ, miniaturní
R6	15 kΩ, miniaturní
R7	1 Ω, miniaturní
R8	47 Ω, miniaturní
P1	22 kΩ, TP096
C1, C3	10 nF
C2	10 μF/16 V, radiální



Obr. 25. Obrazec spojů testeru vstřikovacích ventilů (měř.: 1 : 1)



Obr. 26. Rozmístění součástek na desce testeru vstřikovacích ventilů

T1	IRE530
D1	LED
D2	1N4148
D3	BZX83V015, Zenerova dioda 15 V/0,5 W
TL	tlačítko DT6

Měřič doby vstřiku

Doba otevření vstřikovacího ventilu je nejčastěji okolo 2 až 3 ms. Je-li ventil částečně ucpaný, může se prodloužit až na 12 ms. Doba otevření vstřikovacích ventilů úzce souvisí s průběhem napětí na λ sondě.

Popis funkce

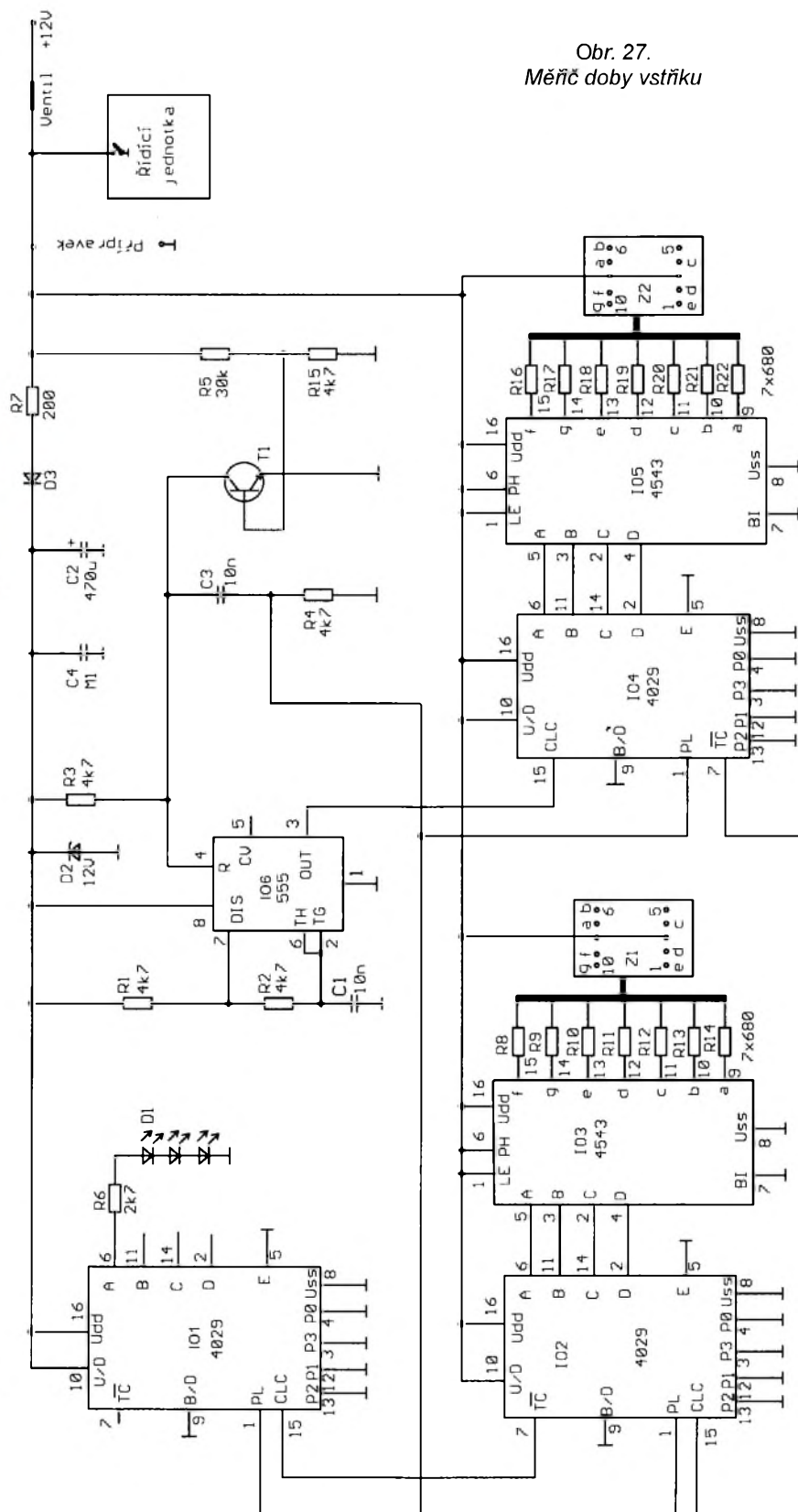
Schéma měřiče je na obr. 27. Přístroj měří dobu otevření vstřikovacího ventilu, přesněji řečeno dobu, po kterou je spínač vstřikovacího ventilu v řídicí jednotce sepnut a jeden konec cívky ventilu je uzemněn (a na cívce je plně napájecí napětí).

Změřená doba se zobrazuje na dvoumístném displeji. Jednotkou zobrazení je 0,1 ms. Při delším čase otevření ventilu než 10 ms (což je velmi málo pravděpodobné) přeteče čítač IO2, což je indikováno rozsvícením LED D1.

Při sepnutí spínače ventilu se zavře tranzistor T1. Je-li napětí na vývodu 4 IO1 větší než 0,8 V, začne IO6 kmitat a generuje taktovací impulsy o kmitočtu f_T . Při zavření tranzistoru T1 se zároveň vytvoří kladný impuls, kterým se přes kondenzátor C3 vynuluje čítač s IO4 a IO2. Pak čítač začne čítat impulsy z IO6.

Stav čítače indikují segmentovky Z2 a Z1, připojené k čítači přes budiče IO5 a IO3. Protože IO5 a IO3 mají vnitřní paměťové registry, zůstane po ukončení vstřiku údaj na displeji zachován až do dalšího vstřiku.

Měřič je napájen přes měřicí přívody přímo z cívky ventilu - je to jednodušší



Obr. 27. Měřič doby vstřiku

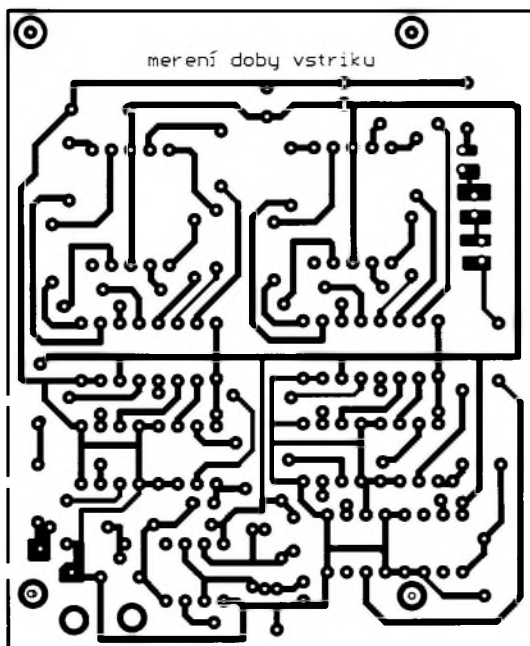
než napájení z vnějšího zdroje, k připojení testeru k automobilu tak stačí použít dva vodiče. Zenerova dioda D2 a rezistor R4 chrání tester před napětovou špičkou při vypínání ventilu, která je až 80 V. V době sepnutí ventilu není na tester přiváděno napájecí napětí, tester je napájen pouze z kondenzátoru C2. Dioda D3 brání vybití C2 přes řídicí jednotku, aby při delší době vstřiku napájecí napětí nekolísalo.

Při ožiování nejprve připojíme na vnitřní napájecí sběrnici testeru (ke kon-

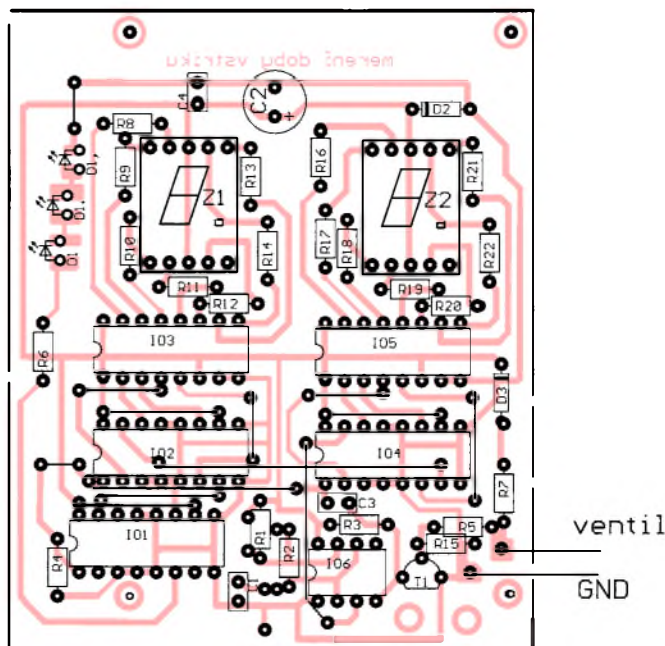
denzátoru C2) napětí +12 V z laboratorního zdroje. Paralelně ke kondenzátoru C1 připojíme kondenzátor o kapacitě 10 až 100 μ F, abychom snížili taktovací kmitočet na 10 až 1 Hz. Při nízkém taktovacím kmitočtu snadno zkontrolujeme funkci čítačů a displeje.

Po připojení kladného napájecího napětí k rezistoru R5 se čítání zastaví, po odpojení napájecího napětí se čítač vynuluje a čítání pokračuje.

Připojení napájecího napětí kusem drátu nebo přes tlačítko však neprobíhá



Obr. 28. Obrazec spojů měřiče doby vstřiku (měř.: 1 : 1)



Obr. 29. Rozmístění součástek na desce měřiče doby vstřiku

ideálně a bez záskmitů. Proto se někdy čítač nejprve vynuluje.

Taktovací kmitočet f_T má správně být 10 kHz, se součástkami uvedenými ve schématu vychází 10,2 kHz - viz následující vztah:

$$f = 1,44 / [(R1 + 2 \cdot R2) \cdot C1] \quad [\text{Hz}; \Omega, \text{F}].$$

Pokud použijeme dostatečně přesné součástky, obejdeme se bez ověřování kmitočtu čítačem, na uvedený vztah se můžeme spolehnout.

Časová konstanta $R4 \cdot C3$ je mnohem kratší než 0,1 s. Dělič napětí R5, R15 zajišťuje spolehlivé uzavření tranzistoru T1 při otevírání ventilu.

Při měření doby vstřiku není absolutní přesnost to nejdůležitější. Především nás zajímá, jak se doba vstřiku mění při akceleraci, při ohřátí motoru, apod. Jedná se tedy spíše o měření poměrné.

Tento přípravek, pokud chceme a máme možnost, můžeme zkalibrovat podle profesionálních přístrojů.

Pro případné přesné nastavení kmitočtu můžeme k C1, R1 nebo R2 připojit paralelně další součástky, při návrhu DPS je s tím počítáno.

Konečné odzkoušení přístroje je třeba provést až v automobilu (pokud nemáme k dispozici laboratorní impulsní generátor).

Konstrukce

Všechny součástky včetně displeje jsou na jedné desce s plošnými spoji (DPS), kterou můžeme umístit do krabičky KM33C (tato krabička má pro displej okénko).

Obrazec plošných spojů je na obr. 28, rozmístění součástek na desce je na obr. 29.

Třetí segmentovku pro zobrazení jedničky by bylo obtížné na DPS umístit. LED D1 je proto ztrojena, použije-

me-li tři LED o průměru 3 mm, budou vypadat jako číslice 1.

Při osazování DPS součástkami začínáme drátovými propojkami pod integrovanými obvody, potom přijdou na řadu rezistory, pak integrované obvody a nakonec zobrazovací jednotky. DPS má také díry, kterými můžeme protáhnout přívodní vodiče a chránit je tak proti vytržení.

Spodní a horní kryt krabičky jsou spolu spojeny čtyřmi šrouby, uvnitř krabičky jsou čtyři distanční sloupky. Dva z nich zachováme pro spojení krabičky a v DPS vyvrtáme díru o minimálním průměru 6 mm. Zbývající dva sloupky odvrtnutím zkrátíme o 5 mm a použijeme je k upevnění DPS k hornímu krytu. V DPS k tomu vyvrtáme díry o průměru 3 mm.

Seznam součástek

R1, R2,	
R3, R4	4,7 kΩ, miniaturní
R5	30 kΩ, miniaturní
R6	2,7 kΩ, miniaturní
R7	200 Ω, miniaturní
R8 až R14	2,7 kΩ, miniaturní
R15	4,7 kΩ, miniaturní
R16 až R22	2,7 kΩ, miniaturní
C1	10 nF, keramický
C2	470 μF/16 V, radiální
C3	10 nF, keramický
C4	100 nF, keramický
D1	3x LED červená, Ø 3 mm
D2	BZX83V012, Zenerova dioda 12 V/0,5 W
D3	1N4148
T1	BC547B
IO1, IO2, IO4	CMOS 4029
IO3, IO5	CMOS 4543
IO6	NE555
Z1, Z2	HD-A554RD, segmentovka LED, (14 mm, typ M)

Měřič kapacity autobaterie

Stav a tím i kapacitu baterie můžeme odhadnout z jejího napětí naprázdno a při zatížení. Ze změřených napětí naprázdno a při zatížení můžeme určit i vnitřní odpor baterie. Z napětí naprázdno a vnitřního odporu pak můžeme vypočítat, jaké bude napětí baterie třeba při startování, kdy se odběr proudu mnohonásobně zvětší. Měření napětí je velmi rychlé a ve většině případů dostačuje.

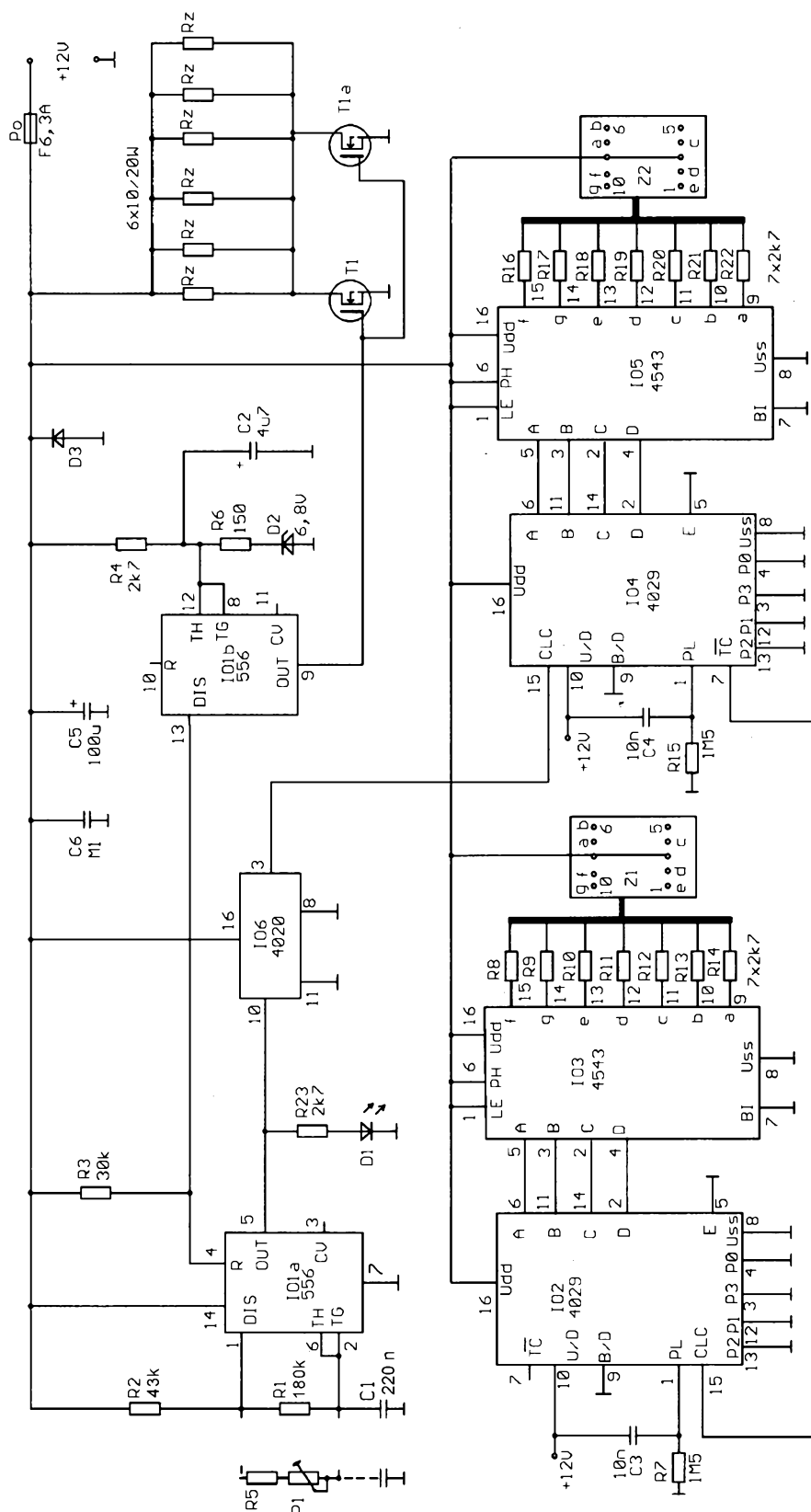
Někdy je však dobré vědět, jak dlouho může baterie dávat určitý proud, než se úplně vybijí a než její napětí klesne na minimální povolenou velikost (u oloveného akumulátoru o jmenovitém napětí 12 V je to 10,5 V).

Maximální dobu vybíjení při určitém proudu určuje veličina zvaná kapacita baterie, což je vlastně maximální elektrický náboj, který nabitá baterie může skladovat. Náboj je součin odebíraného proudu a času, po který se tento proud odebírá (pokud je vybíjecí proud konstantní). Rozměrem náboje jsou ampérhodiny [Ah].

U nové baterie udává kapacitu výrobce. U většiny osobních automobilů má baterie kapacitu 40 až 50 Ah, u některých typů s větším výkonem až 70 Ah.

Stářím a opotřebením kapacita baterie klesá. Velikost kapacity je však dobré alespoň přibližně znát, abychom baterii případně včas vyměnili a předešli tak zbytečným problémům. Při nahodilých závadách a nespolehlivé funkci motoru odborníci doporučují důkladnou kontrolu napájecí soustavy, tedy i baterie.

Měření kapacity baterie je sice časově náročné, ale čas od času má své opodstatnění.



Obr. 30. Měřič kapacity autobaterie

Abychom správně změřili kapacitu, musíme nejprve baterii úplně nabít. Poté ji vybijíme proudem, jehož velikost v ampérech má být jednou desetinou kapacity v ampérhodinách. Tuto velikost vybíjecího proudu není nutné dodržet úplně přesně, vybíjecí proud se u dále popisovaného přístroje nenastavuje. Během vybíjení měříme uplynulý čas. Vybíjení ukončíme po dosažení minimálního povoleného napětí (tzv. konečného napětí), které je např. 10,5 V

u baterie o jmenovitém napětí 12 V. Kapacitu baterie (v Ah) pak určíme jako součin zjištěného času vybíjení (v hodinách) a vybíjecího proudu (v A).

Popis funkce

Uvedeným způsobem měří kapacitu baterie popisovaný měřič, jehož schéma je na obr. 30.

Měřič vybijí baterii proudem asi 7,2 A a měří čas potřebný k jejímu úplnému vybití na konečné napětí 10,5 V. Po

dosažení konečného napětí se vybíjení ukončí. Čas se zobrazuje i během vybíjení. V průběhu vybíjení bliká LED D1, po jeho ukončení zhasne.

Čas se na displeji měřiče nezobrazuje v běžných jednotkách (sekundách, minutách apod.), ale v násobcích intervalu 500 s. Za 500 s se totiž při vybíjecím proudu 7,2 A odvede z baterie náboj 3 600 As = 1 Ah, takže údaj displeje představuje přímo velikost vybitého náboje v Ah. Po ukončení vybíjení pak údaj na displeji vyjadřuje celkový vybitý náboj v Ah, tj. kapacitu baterie. To samozřejmě neplatí přesně, napětí baterie a tím i vybíjecí proud tekoucí do odporové zátěže při vybíjení s časem klesá. Při vhodném nastavení taktovacího kmitočtu (viz dále) však bude naměřená kapacita baterie správná, i když na začátku je vybíjení rychlejší než na konci.

Časovač IO1a slouží jako zdroj taktovacího kmitočtu, jeho přesnost a stabilita pro daný účel bohatě stačí. Za ním následuje dělič kmitočtu IO6, což je čtrnáctistupňový binární čítač, který dělí kmitočty z IO1 číslem $8192 = 2^{13}$. Pomocí dekadických čítačů IO2 a IO4 a dekodérů IO3 a IO5 se zobrazuje čas vybíjení na displeji ze dvou segmentů LED (Z1 a Z2).

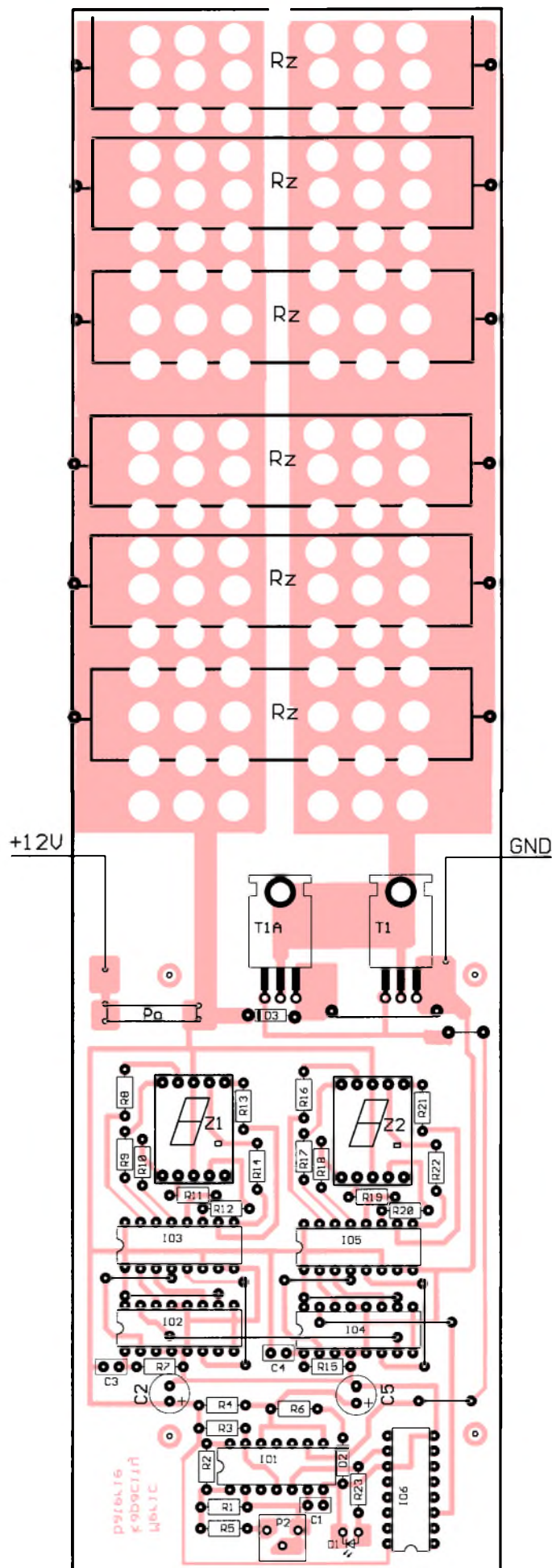
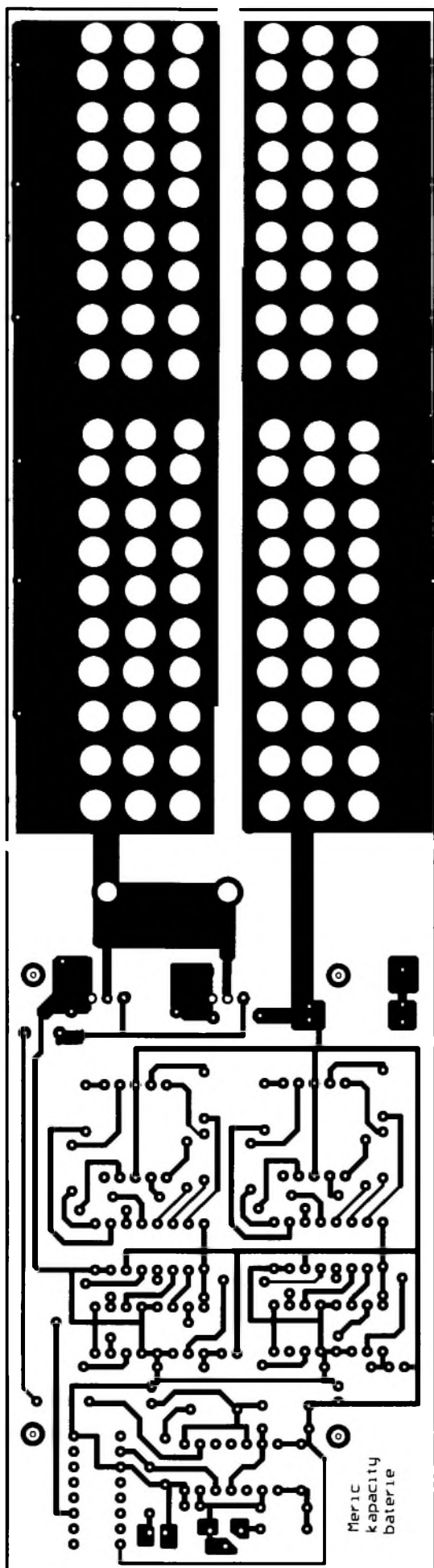
Autobaterie se vybijí přes výkonové rezistory Rz a tranzistor T1 typu MOS. Odpor T1 v sepnutém stavu udává výrobce 70 mΩ, při vybíjení jsem naměřil na T1 úbytek napětí 0,6 V. Výkonová ztráta tranzistoru T1 je maximálně 5 W, takže ho stačí umístit na malý chladič.

Ke zmenšení ztrát je možné k tranzistoru T1 zapojit paralelně další tranzistor T1a. Jejich výsledný odpor bude poloviční, celková tepelná ztráta rovněž, navíc se rozdělí mezi dva tranzistory. Tranzistory MOS můžeme řadit paralelně bez problémů, s rostoucí teplotou jejich odpor roste a proud se mezi ně rovnoměrně rozdělí.

Druhou polovinu IO1b jsem využil jako vypínací obvod. Pokud napětí na vývodu 8 a 12 IO1b bude menší než 2/3 napájecího napětí, na vývodu DIS a na výstupu OUT bude úroveň logické nuly. Tento případ nastane při poklesu napájecího napětí na 10,5 V, kdy bude na vývodech 8 a 12 IO1b napětí 7 V. Protože nejbližší jmenovité napětí Zenerovy diody D2 je 6,8 V, je D2 doplněna rezistorem R6. Místo něj bychom také mohli zapojit Schottkyho diodu, např. 1N5818.

Při poklesu napájecího napětí na 10,5 V přestane IO1 kmitat a tranzistor T1 se uzavře, takže vybíjení se ukončí. Údaj na displeji bude dále svítit, proud tekoucí displejem je vzhledem k vybíjecímu proudu baterie zanedbatelný. K novému nastartování měřiče je nutné vypnout a zapnout napájecí napětí.

Měřič je napájen napětím 12 V z měřeného akumulátoru. Dioda D3 a pojistka Po chrání měřič před přepólováním napájecího napětí. Po přepólování je nutné pojistku vyměnit. Zapojit ochrannou diodu v propustném směru do sé-



Obr. 31. Obrazec spojů měniče kapacity baterie (měř.: 1 : 1)

Obr. 32. Rozmístění součástek na desce měniče kapacity baterie

rie s měřičem by však vzhledem k velikosti proudu a k výkonovým ztrátám nebylo nejvhodnější.

Odběr napájecího proudu měřiče je dán hlavně odběrem displeje a tedy odporem rezistorů R8 až R14 a R16 až R22. Při použití běžného typu displeje volíme proud jednotlivými segmenty displeje 4 až 5 mA.

Kondenzátory C6 a C5 blokuji napájecí napětí, což je při delších přívozech důležité.

Kondenzátory C3 a C4 nulují čítače při zapnutí napájecího napětí.

Pokud se rozhodneme pro poloviční vybíjecí proud, použijeme jako R_z jenom 3 rezistory o odporu 10 Ω zapojené paralelně a odpovídajícím způsobem zkrátíme DPS. Hodinový kmitočet nastavíme poloviční zvětšením kapacity kondenzátoru C1 na C1 = 470 nF. Tranzistor T1 nebude v tom případě potřebovat žádný chladič.

Návrh měřiče

Volba velikosti vybíjecího proudu je kompromisem mezi rychlostí měření (rychlostí vybíjení baterie) a tepelnou ztrátou, která určuje velikost a pořizovací cenu přístroje. U této konstrukce byl požadavek, aby autobaterii o kapacitě 70 Ah bylo možné změřit za jednu pracovní směnu.

Jako R_z použijeme 6 rezistorů o výkonu 20 W zapojených paralelně. Abychom nepřekročili jejich maximální ztrátový výkon P_M (výrobce povoluje jeho překročení maximálně o 20 %), může jimi téct při maximálním napětí baterie U_M = 14,4 V maximální proud I_M:

$$I_M = P_M / U_M = 120 / 14,4 = 8,33 \text{ A.}$$

Odpor zatěžovacího rezistoru R_z bude:

$$R_z = U_M / I_M = 14,4 / 8,33 = 1,73 \Omega.$$

Zvolíme R_z jako kombinaci šesti paralelně zapojených rezistorů, z nichž každý má odpor 10 Ω.

Odhadneme střední napětí baterie U_s = 12,4 V a vypočítáme střední vybíjecí proud I_s:

$$I_s = U_s / R_z = 7,2 \text{ A.}$$

Tímto proudem se akumulátor vybije o 1 Ah za dobu:

$$1/I_s = 1/7,2 = 0,1388 \text{ hod} = 500 \text{ s.}$$

Perioda T_H taktovacího signálu bude:

$$T_H = 500/2^{13} = 500/8192 = 0,061 \text{ s.}$$

Taktovací kmitočet f_H bude:

$$f_H = 1/T_H = 1/0,061 = 16,39 \text{ Hz.}$$

Zvolíme kapacitu kondenzátoru C1 C1 = 220 nF a podle vzorce:

$$f_H = 1,44/[C1 \cdot (2 \cdot R1 + R2)] \quad [\text{Hz}; \text{F}, \Omega]$$

vypočítáme odpory rezistorů R1 a R2.

Je třeba si uvědomit, že především tolerance kapacity kondenzátoru C1 má vliv na přesnost taktovacího kmitočtu.

Konstrukce

Všechny součástky včetně výkonových zatěžovacích rezistorů jsou umístěny na jedné DPS.

Obrazec plošných spojů je na obr. 31, rozmístění součástek na desce je na obr. 32.

Desku se součástkami můžeme vestavět do plastové krabičky KM 33C. Ta má i okénko pro displej.

Zatěžovací rezistory však nemohou být v žádné plastové krabičce ani v kovové krabičce malých rozměrů. Proto je DPS větší než krabička, většina součástek je uvnitř, pouze R_z, T1 a pojistka jsou vně. V horní části krabičky proto musí být velký výřez, kterým DPS prochází.

Pod zatěžovacími rezistory R_z doporučuji do DPS vyvrtat větší počet děr (jako do cedníku) o průměru asi 5 mm. Rezistory R_z by neměly ležet přímo na DPS, ale měly by být asi 5 až 10 mm nad deskou, aby bylo umožněno proudění vzduchu. Odstup rezistorů od desky zajistíme maticemi nebo kovovými trubičkami navlečenými na jejich vývody. K odvodu tepla také přispívá měděná fólie plošných spojů.

Oživení a nastavení

Desku se zapájenými součástkami zkontrolujeme a místo měřeného akumulátoru k ní připojíme regulovatelný zdroj napětí s proudovou pojistkou.

K rezistoru R_z zapojíme do série rezistor s větším odporem, abychom zdroj nepřetížili. Za samozřejmé považuji, že napájecí napětí z regulovatelného zdroje zvětšujeme postupně a kontrolujeme odběr proudu.

Ožívování začneme tím, že na místo C1 provizorně zapojíme kondenzátor o kapacitě 470 pF. Tím se taktovací kmitočet zvětší 500x a kontrola funkce displeje je pak velmi rychlá.

Dále ověříme činnost vypínacího obvodu. Nastavíme proudovou pojistku zdroje tak, aby při sepnutém tranzistoru T1 nenastal pokles napájecího napětí. (Případně nastavíme proudovou pojistku s odpojeným tranzistorem T1.)

Nastavíme napájecí napětí 10,5 V nebo o něco větší. Připojíme nastavovaný měřič. Zkontrolujeme napětí na vývodech 8 a 12 IO1b. To musí být stejné jako napětí na vývodech 3 a 11 IO1b, tj. rovné dvěma třetinám napájecího napětí (7 V). Při poklesu napájecího napětí pod 10,5 V se výstup IO1b překlápí do nízké úrovně, přestane kmitat IO1a a vypne tranzistor T1. Pokud potom napětí zdroje zvětšíme, obvod už zůstane ve vypnutém stavu. K jeho dalšímu zapnutí potřebujeme vypnout a zapnout napájecí napětí, aby se klopný obvod R-S uvnitř IO1b překlápěl zpátky. Kondenzátor C2 zajišťuje správné zapnutí obvodu. Kdyby obvod správně nefungoval, zkontrolujte nejdříve, zda při jeho připojení ke zdroji vlivem proudového odběru nepoklesne napájecí napětí.

Zapojíme kondenzátor C1 o správné kapacitě (220 nF) a ověříme takto-

vací kmitočet 16,39 Hz. Kmitočet těžko přesně změříme čítačem, protože běžné čítače mají maximální rozlišení 0,1 Hz. Máme-li možnost, změříme přesně kapacitu C1 a spočítáme k ní odpory rezistorů R1 a R2. Jinak musíme porovnat kmitočet s reálným časem, což je poněkud zdlouhavé, nebo se spokojíme s menší přesností. Na desce je místo pro rezistor R5 a trimr P1, kterými můžeme kmitočet přesně nastavit.

Je-li vše v pořádku, zapojíme rezistor R_z o správném odporu a můžeme obvod připojit k autobaterii a vyzkoušet v provozu. Kontrolujeme úbytek napětí na T1 a zda se tento tranzistor příliš nezahřívá.

Seznam součástek

R1	180 kΩ/1 %, miniaturní
R2	43 kΩ/1 %, miniaturní
R3	30 kΩ, miniaturní
R4	2,7 kΩ, miniaturní
R5	viz text
R6	150 Ω, miniaturní
R7	1,5 MΩ, miniaturní
R8 až R14	2,7 kΩ, miniaturní
R15	1,5 MΩ, miniaturní
R16 až R22	2,7 kΩ, miniaturní
R23	2,7 kΩ, miniaturní
R _z	6 x 10 Ω/20 W
P1	viz text
C1	220 nF, fóliový
C2	4,7 μF/16 V, radiální
C3, C4	10 nF, keramický
C5	100 μF/16 V, radiální
C6	100 nF, keramický
D1	LED
D2	BZX83V006.8, Zenerova dioda 6,8 V/0,5 W
D3	1N5408
T1, T1a	IRF 540
IO1	NE555
IO2, IO4	CMOS 4029
IO3, IO5	CMOS 4543
IO6	CMOS 4020
Z1, Z2	HD-A554RD, segmentovka LED, (14 mm, typ M)

Indikátor napětí autobaterie

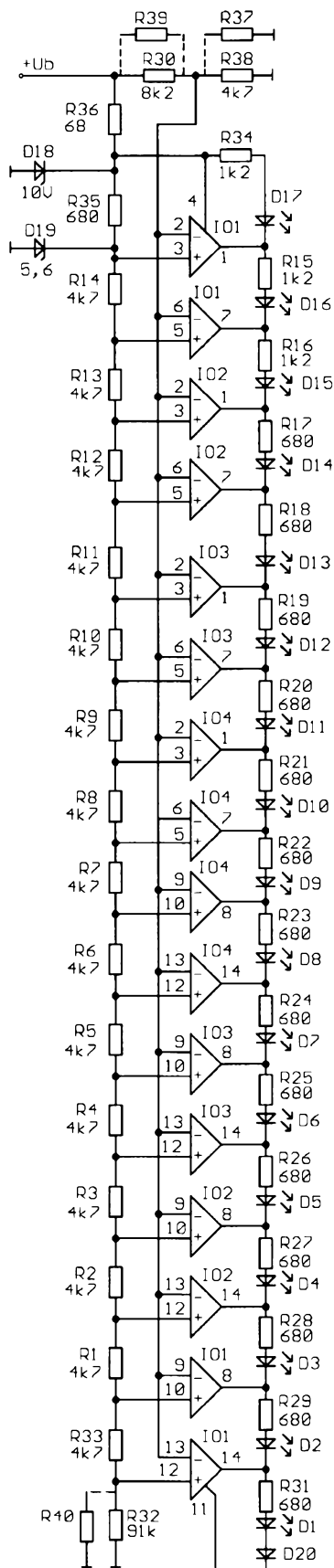
Měřit napětí autobaterie při různých provozních stavech můžeme analogovým nebo digitálním měřicím přístrojem. V obou případech je měření rychlých průběhů obtížné, protože uvedené přístroje jsou vhodné pouze pro měření statických hodnot. Používat osciloskop může být vzhledem k jeho rozměrům, ceně a složitějšímu nastavování méně praktické.

Následující indikátor s LED tyto problémy řeší. Jedná se o malý, jednoduchý a levný přípravek, který umožňuje přehledněji než ručkové a digitální přístroje zobrazit průběh napětí baterie v závislosti na čase.

Jedná se opět o velmi jednoduché a přitom zajímavé zapojení vhodné pro práci v elektrotechnických dílnách.

Popis funkce

Schéma indikátoru napětí autobaterie je na obr. 33. Použil jsem běžné zapojení okénkového diskriminátoru s šestnácti operačními zesilovači, které pracují jako komparátory a ovládají sedmáct LED.



Obr. 33. Indikátor napětí autobaterie

Při ustáleném napětí svítí vždy jen jedna LED. Pokud se měřené napětí periodicky mění (kmitá) rychleji, než je rozlišovací schopnost lidského oka (je-li kmitočet větší než 15 až 20 Hz), bude svítit zdánlivě současně větší počet LED.

Napětí $+U_b$ přiváděné z autobaterie je zmenšováno odporovým děličem R30, R38 a porovnává se s dílčími referenčními napětími odvozenými od hlavního referenčního napětí 5,6 V, které je stabilizováno Zenerovou diodou D19. Rozhodovací úroveň horního komparátoru s IO1a je přímo 5,6 V. Aby tento komparátor překloupil, musí být na děliči R30, R38 napětí 15,3 V, je však třeba počítat s určitou tolerancí Zenerova napětí diody D19.

Dílčí referenční napětí pro jednotlivé komparátory se odvozují od hlavního referenčního napětí děličem s rezistory R1 až R14, R33 a R32. Případnou změnou odporu rezistoru R32 nastavíme dílčí referenční úroveň komparátoru nejnižšího napětí (IO1d), která určuje dolní mez měření. S hodnotami součástek podle schématu to je 8,5 V. Krok měření, tj. rozdíl jednotlivých dílčích referenčních napětí, je asi 0,5 V.

Proud Zenerovou diodou D18 je dán odporem rezistoru R36 a volíme ho raději větší (vzhledem k velkému rozsahu měřených napětí). Maximální proud Zenerovou diodou D18 je 50 mA. D18 stabilizuje napájecí napětí pro OZ a zajišťuje konstantní svítivost LED bez ohledu na kolísání napájecího napětí. Rezistor R36 a dioda D18 se zahřívají, proto je plošný spoj pod nimi zesílen.

Referenční napětí musíme důkladně stabilizovat. Pro tyto účely postačí druhá Zenerova dioda D19, která má Zenerovo napětí 5,6 V. Při této velikosti napětí je teplotní součinitel Zenerova napětí nulový. Použít monolitický stabilizátor jako zdroj referenčního napětí v tomto případě není nutné.

Rezistory R34 a R15 až R31 určují proud jednotlivými LED. Pro napětí $U_{D18} = 10 \text{ V}$ bude např. proud I_{D16} diodou LED D16 přibližně:

$$I_{D16} = (U_{D18} - U_S) / R15 = \\ = (10 - 5) / 680 = 0,0074 \text{ A},$$

kde $U_S = 5 \text{ V}$ je přibližně úbytek napětí na LED a na dvou OZ v kladné a záporné saturaci.

Proud LED volíme pro lepší viditelnost kmitavých průběhů raději větší a LED použijeme nejlépe s větší svítivostí. Pokud horní LED (D17, D16 atd.) trochu prosvítají i ve vypnutém stavu, použijeme předřadné rezistory (R34, případně R15 a R16) s větším odporem. Při větších proudech totiž začíná pracovat proudové omezení operačních zesilovačů a roste jejich výstupní napětí pro zápornou saturaci a klesá jejich výstupní napětí pro kladnou saturaci.

Dioda D20 zabraňuje tomu, aby LED D1 neprosvítala i ve vypnutém stavu (prahové napětí LED může někdy

být menší než výstupní napětí OZ při záporné saturaci).

Úpravou odporu rezistorů R39, R37, a R40 můžeme přesně nastavit horní nebo dolní meze indikace.

Indikátor napětí můžeme používat při kontrole napětí autobaterie při startu, kdy nesmí klesnout pod 9,5 V. Indikátor se rovněž uplatní i při jiných provozních měřeních (třeba i za jízdy), např. pro měření zvlnění napětí palubní sítě, které nesmí být větší než 1 V.

Indikátor je vhodný i pro měření na alternátoru. Nevyhovující průběh napětí je indikován současným rozsvícením většího počtu LED.

Konstrukce

Všechny součástky včetně LED jsou umístěny na jedné DPS, kterou můžeme vestavět do univerzální krabičky KM 20.

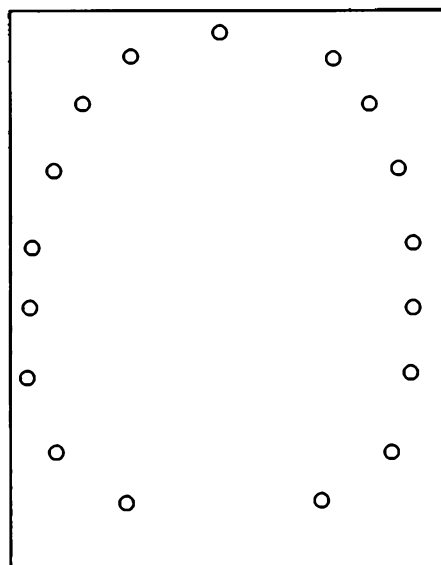
Obrazec plošných spojů je na obr. 35, rozmístění součástek na desce je na obr. 36.

Desku se součástkami přišroubuje k hornímu dílu krabičky čtyřmi krátkými vruty. V DPS také vyvrtáme čtyři díry o průměru 7 mm (nebo vypilujeme zářezy), kterými procházejí sloupky spojující horní a dolní díl krabičky.

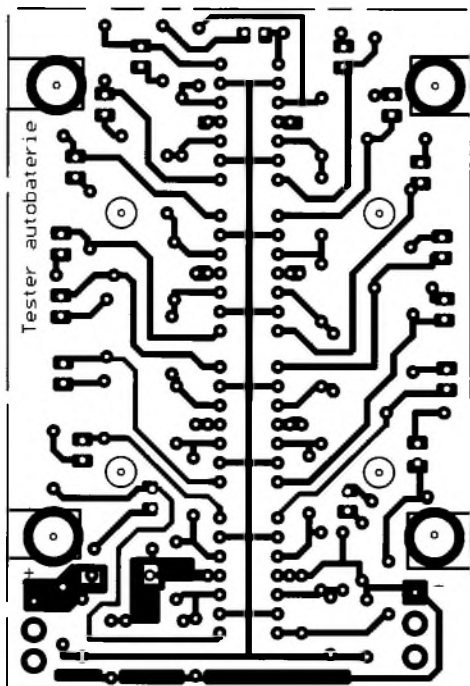
Do horního dílu krabičky vyvrtáme podle šablony na obr. 34 díry o průměru 3 nebo 5 mm podle velikosti použitých LED. LED D1, D2, D3, D16 a D17 jsou červené (zakázané napětí baterie), LED D4, D5, D6, D15 jsou žluté (mimořádný provozní stav), ostatní LED jsou zelené.

Seznam součástek

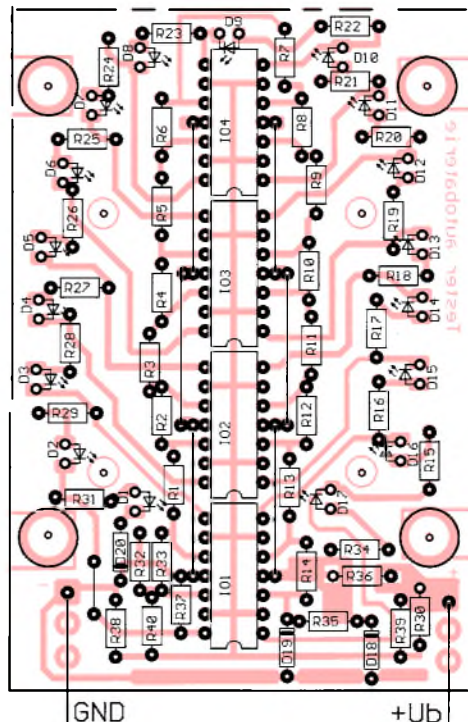
R1 až R14	4,7 kΩ, miniaturní
R15, R16	1,2 kΩ, miniaturní
R17 až R29,	
R31	680 Ω, miniaturní
R30	8,2 kΩ, miniaturní
R32	91 kΩ, miniaturní
R33	4,7 kΩ, miniaturní



Obr. 34. Šablona pro vrtání děr pro LED do horního dílu skřínky indikátoru napětí autobaterie (měř.: 1 : 1)



Obr. 35.
Obrazec spojů
indikátoru napětí
autobaterie
(měř.: 1 : 1)



Obr. 36.
Rozmístění
součástek
na desce
indikátoru napětí
autobaterie

R34	1,2 kΩ, miniaturní
R35	680 Ω, miniaturní
R36	68 Ω/0,6 W
R37, R39,	
R40	viz. text
R38	4,7 kΩ, miniaturní
D1 až D17	LED
D18	BZX85V010, Zenerova dioda 10 V/1,3 W
D19	BZX83V005,6, Zenerova dioda 5,6 V/0,5 W
D20	1N4148
IO1 až IO4	TL074

Nabíječ akumulátorové baterie

Na cestách bývá někdy nejdostupnějším zdrojem elektrické energie autobaterie, ze které je potřeba dobít akumulátory dalších spotřebičů (GPS, mobilního telefonu, kamery, digitálního fotoaparátu apod.).

Popisovaný nabíječ je určen k nabíjení baterie složené ze čtyř tužkových článků NiCd velikosti R6 = AA (pro GPS) s kapacitou 2000 mAh, které mají doporučený nabíjecí proud 200 mA.

DPS nabíječe je navržena tak, aby s držákem článků nabíjené baterie tvořila jeden celek. Upravit schéma zapojení pro jiné účely (pro jinou baterii) by

nemělo být problémem ani pro začátečníka.

Popis funkce

Schéma nabíječe je na obr. 37.

Nabíječ je napájen napětím o jmenovité velikosti 12 V z autobaterie. Dioda D1 chrání nabíječ proti přepólování napájecího napětí.

Přístroj pracuje jako zdroj přibližně konstantního proudu asi 200 mA. Po dosažení výstupního napětí 5,3 V (přes 1,3 V na článek) se nabíjení automaticky ukončí a probíhá tzv. kapkové dobíjení malým proudem, který nabíječkou baterii nemůže poškodit.

Nabíjení je řízeno monolitickým stabilizátorem 7805 (IO1). Výstupní napětí 5,0 V samotného stabilizátoru je zvětšeno rezistorem R4 na 5,3 V, aby maximální výstupní napětí nabíječe bylo rovno požadovanému maximálnímu napětí nabité baterie. Zvětšení napětí je dosaženo tím, že k výstupnímu napětí 5,0 V stabilizátoru se přičítá úbytek napětí 0,3 V, který vzniká na R4 průtokem konstantního napájecího proudu stabilizátoru. Změnou odporu rezistoru R4 můžeme změnit úbytek napětí na něm vytvořený a tím i maximální výstupní napětí nabíječe.

Ke zvětšení výstupního napětí stabilizátoru 7805 by bylo možné kromě rezistoru R4 použít i Schottkyho diodu

($U_{AK} = 0,3 \text{ V}$), křemíkovou diodu ($U_{AK} = 0,6 \text{ V}$) nebo LED ($U_{AK} = 1,5 \text{ až } 2 \text{ V}$), které by se zapojily mezi společný vývod stabilizátoru a zem. Výstupní napětí stabilizátoru by se v tom případě zvětšilo o přibližně konstantní úbytek napětí U_{AK} na diodě polarizované v propustném směru. V našem případě bychom místo rezistoru R4 mohli použít Schottkyho diodu.

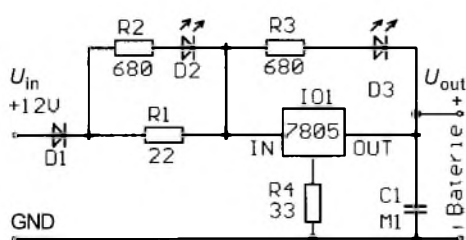
Pokud bychom chtěli nabíječ přizpůsobit pro jiné maximální napětí nabíjené baterie, můžeme aplikovat podobné stabilizátory s výstupním napětím 2, 6 nebo 8 V.

Připojí-li se k nabíječi vybitá baterie, jejíž napětí $U_{BAT} \approx 4,4 \text{ V}$ je menší než 5,3 V, chová se stabilizátor IO1 jako sepnutý spínač se saturačním napětím $U_S \approx 2 \text{ V}$.

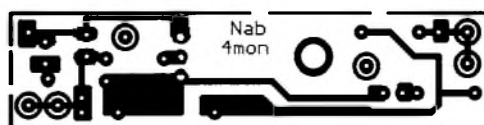
Do baterie teče plný nabíjecí proud I_{out} , který je podle Ohmova zákona určen odporem rezistoru R1 a napětím na rezistoru R1. Toto napětí je dáno rozdílem vstupního napětí nabíječe $U_{in} \approx 12 \text{ V}$ a součtu úbytku napětí $U_{AK D1} \approx 0,6 \text{ V}$ na diodě D1, saturačního napětí $U_S \approx 2 \text{ V}$ stabilizátoru IO1 a výstupního napětí nabíječe $U_{out} \approx 4,4 \text{ V}$ ($U_{out} = U_{BAT}$).

Plný nabíjecí proud je tedy:

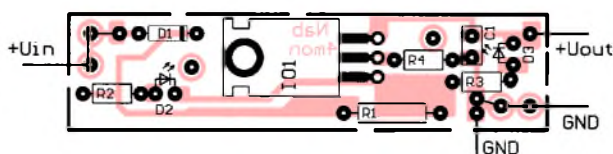
$$I_{out} = [U_{in} - (U_{AK D1} + U_S + U_{out})]/R1 = \\ = [12 - (0,6 + 2 + 4,4)]/22 = 5/22 = 0,23 \text{ A.}$$



Obr. 37. Nabíječ akumulátorové baterie



Obr. 38.
Obrazec spojů nabíječe akumulátorové baterie (měř.: 1 : 1)



Obr. 39.
Rozmístění součástek na desce nabíječe akumulátorové baterie

Protože napětí U_{in} autobaterie, ze které je nabíječ napájen, ani napětí U_{out} nabíjené baterie není konstantní, není konstantní ani plný nabíjecí proud. To však není nijak na závadu.

Paralelně k R1 je připojena červená LED D2. Při plném nabíjecím proudu je napětí na R1 natolik velké, že LED D2 svítí a indikuje tak stav „nabíjení“.

Když napětí nabíjené baterie dosáhne velikosti 5,3 V, začne se stabilizátor IO1 chovat jako zdroj napětí. Nabíjecí proud poklesne, zmenší se napětí na rezistoru R1 a LED D2 zhasne. Současně vzroste rozdíl napětí mezi vstupem a výstupem IO1 a rozsvítí se zelená LED D3, která indikuje stav „baterie je nabitá“. Přes LED D3 se pak nabíjená baterie pomalu dobíjí.

Chceme-li ověřit, že požadované výstupní napětí je správně nastavené, musíme místo akumulátoru zapojit rezistor o odporu asi 100 Ω . (Naprázdno je na výstupu nabíječe napětí větší než 5,3 V, protože je tam přes LED D3 přiváděno vstupní napětí).

Konstrukce

Součástky nabíječe jsou umístěny na DPS s jednostrannými plošnými spoji. Obrázec spojů je na obr. 38, rozmístění součástek na desce je na obr. 39.

Přívody k baterii auta jsou navrženy tak, aby přívodní vodiče bylo možné dvakrát protáhnout deskou a důkladně je tak zajistit proti vytržení. Plošný spoj pod rezistorem R1 je upraven pro odvod tepla.

Deska je připevněna k držáku nabíjených akumulátorů dvěma šrouby M2.

Seznam součástek

R1	22 Ω , 2 W
R2, R3	680 Ω , miniaturní
R4	33 Ω , miniaturní
D1	1N4007
D2	LED červená
D3	LED zelená
C1	100 nF, keramický
IO1	MA7805
Držák A306174 (pro čtyři tužkové články)	

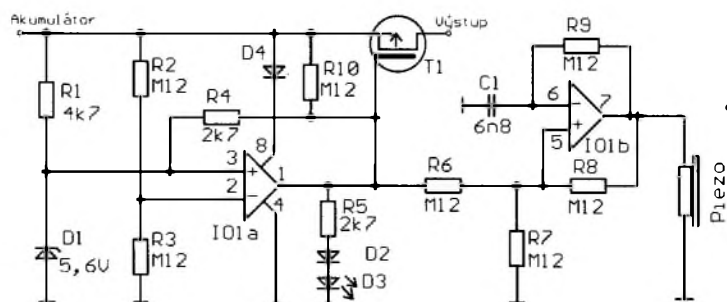
Indikátor vybití autobaterie

Tato konstrukce je určena všem, kteří akumulátor v autě používají ještě k jiným účelům (pro osvětlení na chatě, napájení TVP, rozhlasového přijímače nebo zesilovače apod.). Úplné vybití akumulátoru působí pak problémy s nastartováním, nehledě na to, že akumulátor škodí.

Dále popisovaný přístroj proto indikuje pokles napětí akumulátoru pod 11 V rozsvícením LED a pískáním a zároveň odpojí zátěž akumulátoru.

Popis funkce

Schéma indikátoru je na obr. 40. Operační zesilovač IO1a pracuje jako



Obr. 40.
Indikátor
vybití
autobaterie

komparátor s hysterezi a porovnává napětí autobaterie (zmenšené děličem R1, R3 na polovinu) s referenčním napětím.

Referenční napětí je stabilizováno Zenerovou diodou D1, která má Zenerovo napětí 5,6 V a díky tomu téměř nulový teplotní součinitel (referenční napětí je tak téměř nezávislé na teplotě).

Má-li autobaterie napětí větší než 11 V, je na výstupu komparátoru nízká úroveň napětí (asi 2 V) a tranzistor T1 (P-MOS), přes který je k autobaterii připojena zátěž, je otevřený.

Hystereze komparátoru, kterou zajišťuje kladná zpětná vazba přes rezistor R4, je zapotřebí k tomu, aby se obvod nerozkmital. To má význam především tehdy, když z akumulátoru odbíráme velký proud. Po odpojení zátěže by se napětí autobaterie zvětšilo a zátěž by se znovu připojila, což by se periodicky opakovalo.

Hystereze rovněž zajišťuje bistabilní charakter komparátoru a přesně definované dvě úrovně (nízkou a vysokou) jeho výstupního napětí. Pro spolehlivou funkci tranzistoru T1 je totiž nutné, aby byl buď sepnutý nebo vypnutý. Při částečném sepnutí by se přehřál a zničil.

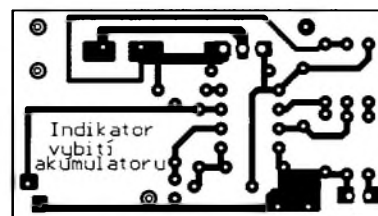
Při poklesu napětí autobaterie pod 11 V přejde výstup komparátoru IO1a do vysoké úrovně napětí (bude na něm napětí asi o 1 V menší než je kladné napájecí napětí komparátoru).

Vysokou úroveň z výstupu komparátoru se vypne T1 a odpojí se zátěž. Současně se rozsvítí červená LED D3, která indikuje vybitou baterii opticky. Také se uvede v činnost multivibrátor (IO1b) s piezoměničem připojeným k výstupu, který indikuje vybitou baterii akusticky. Multivibrátor kmitá v oblasti kmitočtů, na které je lidský sluch nejcitlivější (1 až 3 kHz).

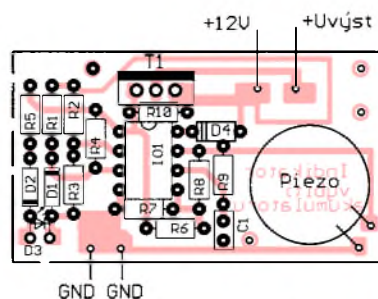
Konstrukce

Všechny součástky včetně výkonového tranzistoru a piezoměniče jsou na jedné DPS. Obrázec spojů je na obr. 41, rozmístění součástek na desce je na obr. 42. Piezoměnič je k desce přišroubován dvěma šroubky M2.

K tranzistoru T1 je případně možné přišroubovat malý chladič. Pravděpodobně to však nebude nutné, protože moderní tranzistory P-MOS mají v sepnutém stavu odpor menší než 0,1 Ω a ztrátový výkon T1 bude pravděpodobně menší než 1 W.



Obr. 41. Obrázec spojů indikátoru
vybití autobaterie (měř.: 1 : 1)



Obr. 42. Rozmístění součástek
na desce indikátoru vybití autobaterie

Popisovaný indikátor můžeme zapojit podle potřeby i bez tranzistoru T1 a můžeme vynechat i LED D3. Indikátor můžeme vestavět i do starších automobilů, které podobný kontrolní obvod nemají.

Na zhotoveném vzorku indikátoru bylo naměřeno, že s hodnotami součástek podle obr. 40 se indikace aktivuje při poklesu napětí autobaterie pod 11,4 V. Je to poněkud dříve, než se baterie úplně vybití, a je to zcela v pořádku.

Bylo také změřeno, že hystereze je pouze 20 až 30 mV. Pokud bychom ji chtěli zvětšit, bylo by nutné zmenšit odpor rezistoru R4, který tvoří s malým diferenčním odporem Zenerovy diody D1 dělič napětí v obvodu kladné zpětné vazby.

Seznam součástek

R1	4,7 k Ω , miniaturní
R2, R3	120 k Ω , miniaturní
R4, R5	2,7 k Ω , miniaturní
R6, R7, R8,	
R9, R10	120 k Ω , miniaturní
C1	6,8 nF, keramický
D1	BZX83V005.6, Zenerova dioda 5,6 V/0,5 W
D2, D4	1N4148
D3	LED (červená)
T1	IRF 9540
IO1	TL072
Piezo	KPT 1540W

Zkoušečka pro autoelektrikáře

Při vyhledávání jednoduchých závad (prasklá žárovka, přepálena pojistka apod.) není vždy nezbytné používat multimetr. Praktičtější je jednoduchá zkoušečka ve tvaru tužky, která se snadno vejde do kapsy a která indikuje rozsvícením LED přítomnost napětí.

Zkoušečku je také možné využít pro odečítání údajů z paměti závad, které řídící jednotka automobilu vysílá tzv. blikacím kódem.

V nejjednodušším případě jako taková zkoušečka poslouží obyčejná LED zapojená do série s rezistorem o odporu zhruba 1 k Ω .

Následující konstrukce je dokonalejší. Využívá dvoubarevné LED k rozlišení čtyř různých úrovní napětí, což zvětšuje použitelnost zkoušečky.

Jedná se o konstrukci vhodnou pro výrobu v elektrotechnických dílnách pro učební obory Automechanik a Autoelektrikář. Výrobky potom žáci mohou používat při dalším odborném výcviku a v praxi.

Popis funkce

Schéma zkoušečky je na obr. 43. LED D2 je dvoubarevná (červená a zelená) se společnou katodou.

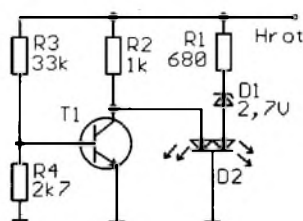
Při napájecím napětí (které je mezi měřicím hrotem a přívodem země) o velikosti 0 až 1,9 V LED D2 nesvítí.

Při zvětšení napětí nad 2 V se rozsvítí červená LED (D2 vlevo), s rostoucím napětím roste její svítivost.

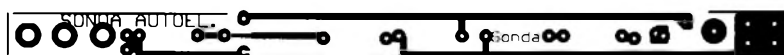
Při napětí nad 4,9 V začíná procházet proud i zelenou LED (D2 vpravo), takže LED D2 svítí při napětí větším než 5 V oranžově. Zelená LED se při zvětšování napětí rozsvěcí postupně, protože Zenerovy diody s malým Zenerovým napětím (což je případ diody D1) nemají v závěrném směru příliš ostré koleno voltampérové charakteristiky.

Při napájecím napětí okolo 9,5 V a větším je z děliče R3, R4 na bázi tranzistoru T1 napětí 0,6 V, takže tranzistor T1 se otvírá. Platí, že dělicí odpor děliče $R4/(R3+R4)$ by měl odpovídat poměru napětí 0,6 V/9,5 V. Prakticky vyzkoušený odpor rezistoru R3 je poněkud menší, než by vyplývalo z předchozího vztahu, protože proud báze T1 není oproti proudu tekoucím děličem R3, R4 úplně zanedbatelný.

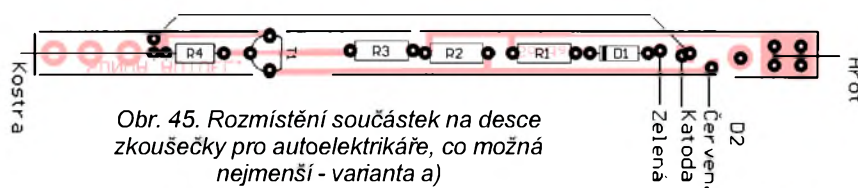
Tranzistor T1 zkratuje červenou LED, takže při napájecím napětí nad



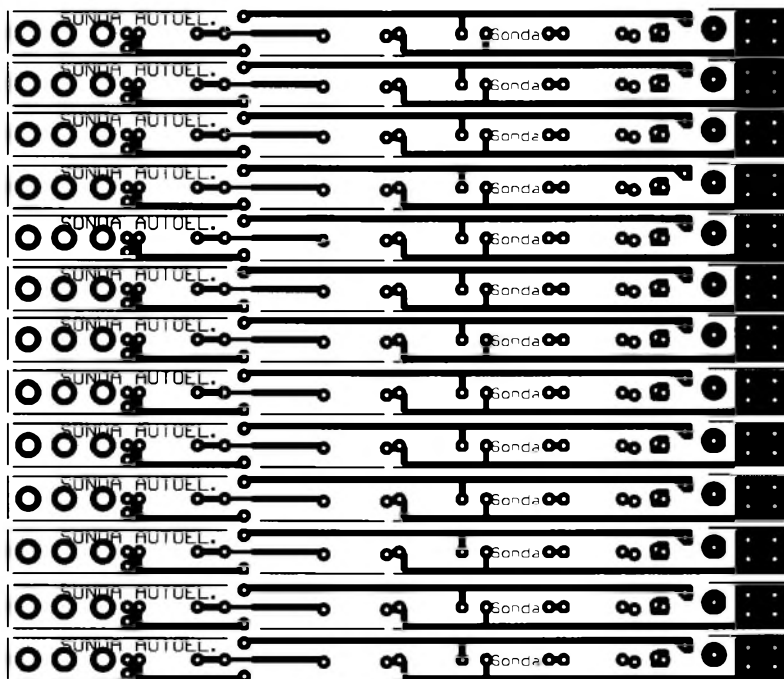
Obr. 43. Zkoušečka pro autoelektrikáře



Obr. 44. Obrázec spojů zkoušečky pro autoelektrikáře, co možná nejmenší - varianta a) (měř.: 1 : 1)



Obr. 45. Rozmístění součástek na desce zkoušečky pro autoelektrikáře, co možná nejmenší - varianta a)



Obr. 46. Kumul obrázců spojů zkoušečky pro autoelektrikáře, co možná nejmenší - varianta a) (měř.: 1 : 1)

9,5 V svítí dvoubarevná LED D2 zeleně. Hranice napětí 9,5 V je důležitá, při startování by nemělo napětí baterie poklesnout pod tuto velikost.

Upravit zkoušečku pro napájecí napětí 24 V není žádný problém. Stačí zdvojnásobit odpory rezistorů R1, R2 a R3 a použít Zenerovu diodu D1 se Zenerovým napětím 7,5 V. Velikosti rozhodovacích úrovní napětí se potom rovněž zdvojnásobí.

Konstrukce

Deska s plošnými spoji (DPS) zkoušečky je navržena velmi úzká, aby se vešla do trubičky s co možná nejmenším průměrem, kterou je možné pohodlně držet v ruce jako tužku.

Jako měřicí hrot můžeme použít např. hřebík, který k desce nejprve přichytíme dvěma tenkými drátky a potom připájíme. Blízko hrotu je i LED D2, aby byla dobře viditelná. Do desky je zapájená kolmo nebo poněkud našikmo.

Hrot a vývody LED D2 doporučuji k desce fixovat Lukoprénem nebo epoxidem, protože pájený spoj není příliš odolný proti dlouhodobému mechanickému namáhání.

Deska je k trubičce přišroubována na obou koncích dvěma šroubky M2.

Zemnicí vodič je protažen dvakrát skrz desku, aby byl zajištěn proti vytržení.

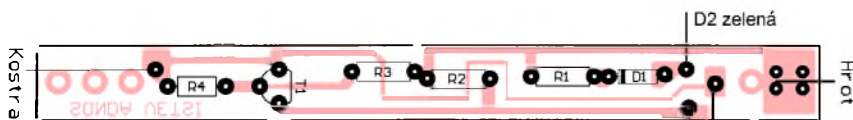
Mechanickou konstrukci uvádím ve třech variantách:

a) Zkoušečka s vývodovými součástkami, co možná nejmenší. Pokud chceme výrobek mít co nejmenší, umístíme jej do trubičky od běžných fixů s vnitřním průměrem 7 mm, kterou jistě máme k dispozici.

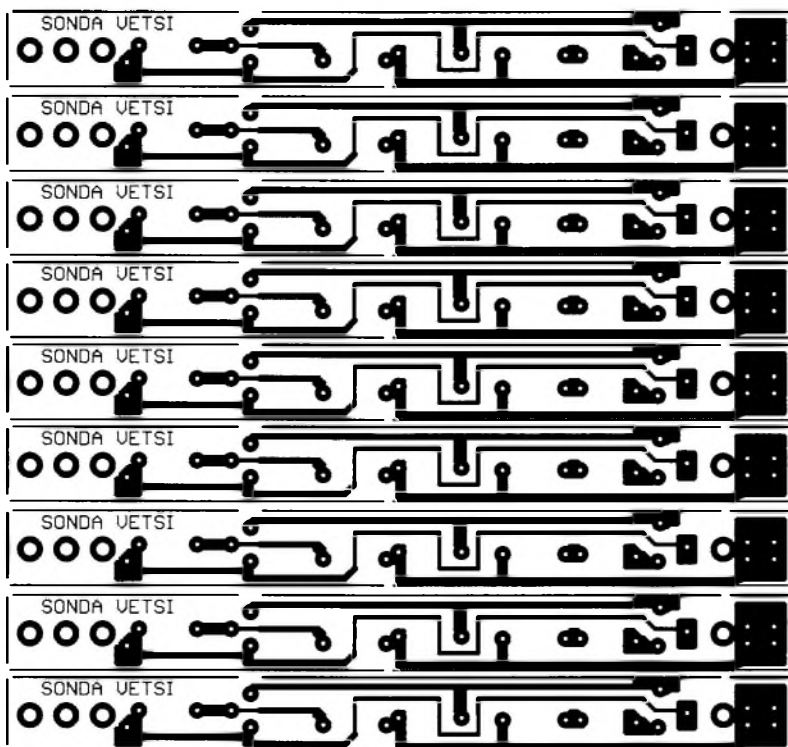
Obrázec spojů je na obr. 44, rozmístění součástek na desce je na obr. 45. Kumul obrázců spojů, podle kterého můžeme najednou zhotovit až 13 kusů DPS při hromadnější výrobě zkoušeček, je na obr. 46.



Obr. 47. Obrázec spojů zkoušečky pro autoelektrikáře s většími rozměry - verze b) (měř.: 1 : 1)



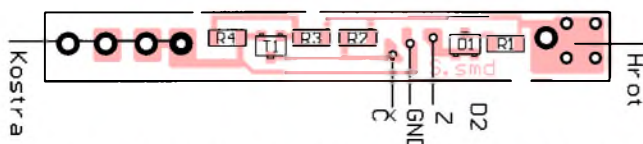
Obr. 48. Rozmístění součástek na desce zkoušečky pro autoelektrikáře s většími rozměry - varianta b)



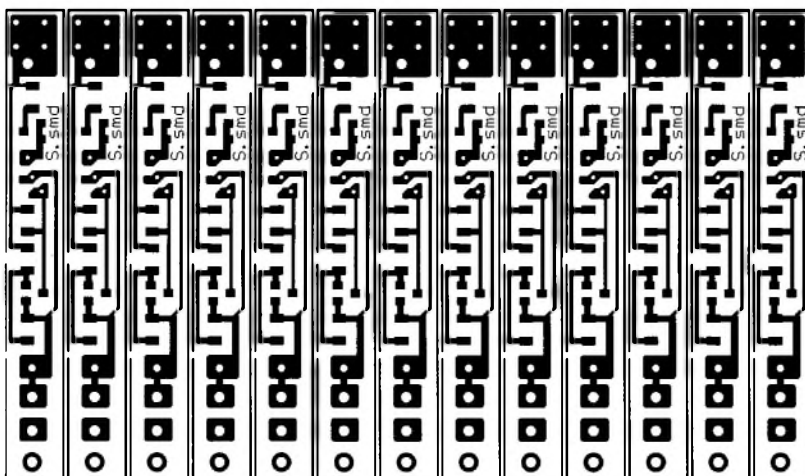
Obr. 49. Kumul obrazců spojů zkoušečky pro autoelektrikáře s většími rozměry - varianta b) (měř.: 1 : 1)



Obr. 50. Obrazec spojů zkoušečky pro autoelektrikáře se součástkami SMD - varianta c) (měř.: 1 : 1)



Obr. 51. Rozmístění součástek na desce zkoušečky pro autoelektrikáře se součástkami SMD - varianta c)



Obr. 52. Kumul obrazců spojů zkoušečky pro autoelektrikáře se součástkami SMD - varianta c) (měř.: 1 : 1)

Při stavbě této miniaturní varianty zkoušečky je třeba pracovat velmi pečlivě a dodržet následující pokyny :

- 1) Součástky musí ležet na DPS.
- 2) Pájené vývody musí být krátce uštipnuty.
- 3) DPS musíme zapilovat, aby byla co možná nejužší.
- 4) Vývody kolektoru a emitoru T1 a jeden krajní vývod D2 (červená) před zapájením ohneme k DPS, aby nevyčnívaly.
- 5) Tranzistor T1 před zapájením trochu opilujeme, aby se jeho rozměry zmenšily.
- 6) Tranzistor položíme na DPS, ohneme jeho vývody a zapájíme jej.
- 7) Vývody tranzistoru (stejně jako hrot a LED) fixujeme epoxidem, abychom je při zasouvání do trubičky neulomili.
- 8) V přední části trubičky vypilujeme drážku pro LED, kterou po zasunutí DPS a odzkoušení přelepíme lepicí páskou.

b) Zkoušečka s vývodovými součástkami, větší rozměry, snadná montáž. Pokud se spokojíme s většími rozměry a najdeme si vhodnou trubičku, bude mechanická konstrukce jednoduchá. Pro tyto účely jsem navrhl DPS větších rozměrů, na které odpadá i drátová propojka. Deska je navržena se širšími spoji a většími pájecími body, aby její konstrukci zvládl i úplný začátečník, který se právě učí pájet.

Obrazec spojů je na obr. 47, rozmístění součástek na desce je na obr. 48. Kumul obrazců spojů je na obr. 49.

c) Zkoušečka se součástkami SMD, miniaturní. Pokročilejším zájemcům, kteří chtějí mít zkoušečku miniaturní a chtějí si ušetřit problémy s mechanickou konstrukcí (zvláště s montáží tranzistoru), je určena zkoušečka v provedení SMD.

Obrazec spojů je na obr. 50, rozmístění součástek na desce je na obr. 51. Kumul obrazců spojů je na obr. 52.

Seznam součástek varianty a) a b)

R1	680 Ω , miniaturní
R2	1 k Ω , miniaturní
R3	33 k Ω , miniaturní
R4	2,7 k Ω , miniaturní
T1	BC547B
D1	BZX83V002.7, Zener. dioda 2,7 V/0,5 W
D2	dvoubarevná LED 3 mm, vývodová, (červená + + zelená, spol. katoda)

Seznam součástek varianta c)

R1	680 Ω , SMD 1206
R2	1 k Ω , SMD 1206
R3	33 k Ω , SMD 1206
R4	2,7 k Ω , SMD 1206
T1	BC847B
D1	BZX84C2,7V, Zener. dio- da 2,7 V/0,35 W, SOT23
D2	dvoubarevná LED 3 mm, vývodová, (červená + + zelená, spol. katoda)

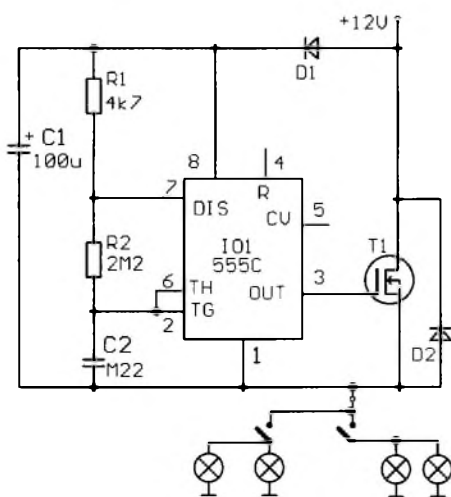
Elektronický přerušovač pro ukazatele směru

Tento přerušovač je u většiny starších automobilů realizován na termomechanickém principu. Proud procházející žárovkou zahřívá odporový drát, ten se prodlouží, obvod se přeruší, žárovka zhasne, drát vychladne a obvod se opět uzavře. Podobným způsobem pracují i bimetalové přerušovače. Kmitočet blikání je zhruba 1 až 1,5 Hz (60 až 90 kmitů/min) a je dán odebíraným proudem směrových světel. (Když jedna žárovka praskne, zvětší se kmitočet blikání).

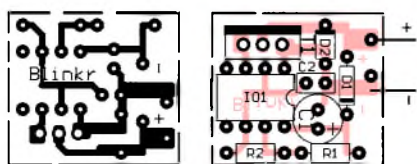
I když je zatím takových přerušovačů k dispozici zatím dost (ze starých vozů Škoda 120), chci zde přesto uvést modernější přerušovač s bezkontaktním elektronickým spínáním, který je menší a jednodušší.

Následující konstrukce umožní mechanický přerušovač nahradit a rozblíkat i žárovku (žárovky) s odběrem proudu v jednotkách ampér. Může být zajímavým výrobkem v elektrotechnických dílnách, který má praktické použití.

Elektrický spínač musí být do obvodu připojen pouze dvěma vodiči. Potřebujeme spínat proud s minimální ztrátou výkonu a tím i minimálním ohřevem. K tomu je nejvýhodnější použít tranzistor MOS, který má v sepnutém stavu odpor přibližně 0,1 Ω.



Obr. 53. Elektronický přerušovač pro ukazatele směru



Obr. 54. Obrazec spojů a rozmístění součástek na desce elektronického přerušovače (měř.: 1 : 1)

Popis funkce

Schéma přerušovače je na obr. 53. Jako multivibrátor jsem použil obvod NE555 (IO1) v provedení CMOS, který má odběr proudu naprázdno zhruba 100 μA. Vstup tranzistoru T1 jej nezatěžuje, tranzistory MOS mají téměř nekonečný vstupní odpor.

Kmitočet multivibrátoru je dán vzorcem:

$$f = 1,44 / [(R1+R2) \cdot C2] \quad [\text{Hz}; \Omega, \text{F}].$$

Protože odpor R1 je mnohem menší než R2, je střída blikání 1:1.

Je-li tranzistor T1 vypnut, přes diodu D1 se nabije kondenzátor C1. Ten je pro IO1 zdrojem napětí při sepnutém tranzistoru T1. Dioda D2 chrání obvod proti přepólování napájecího napětí.

Konstrukce

Přerušovač je zkonstruován z vývodových součástek umístěných na malé destičce s jednostrannými plošnými spoji. Obrazec spojů a rozmístění součástek na desce je na obr. 54.

Tranzistor T1 nepotřebuje chladič. Přípojné body jsou vyvedeny na svorkovnici s roztečí vývodů 5 mm.

Seznam součástek

R1	4,7 kΩ, miniaturní
R2	2,2 MΩ, miniaturní
C1	100 μF/16 V, radiální
C2	220 nF, keramický

D1	1N4148
D2	1N5408
T1	BUZ10
IO1	NE555CMOS

Otáčkoměr

Otáčkoměr je přístroj, který ve výbavě většiny malých motocyklů chybí. Kdo by si chtěl tento doplněk pořídit, může si ho zhotovit podle následujícího stavebního návodu.

Popis funkce

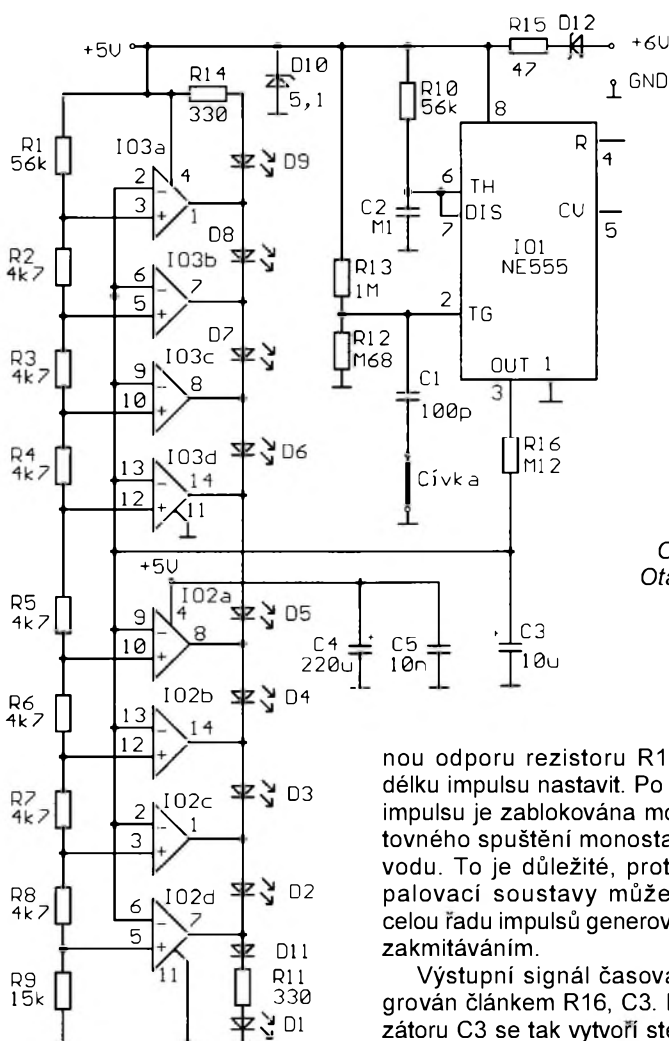
Schéma otáčkoměru je na obr. 55.

Vstupní signál získáme navinutím asi 25 závitů drátu okolo kabelu k zapalovací svíčke. Napěťové impulsy indukované v tomto snímači se přivedou na vstup otáčkoměru.

Přes kondenzátor C1 jsou impulsy ze snímače (na obr. 56 je tento snímač označen jako Cívka) přivedeny na spouštěcí vstup časovače NE555 (IO1). Odporový dělič s rezistory R12, R13 zajišťuje předpětí pro tento vstup, které má být poněkud větší než třetina napájecího napětí.

Časovač je zapojen jako monostabilní multivibrátor, který po každém zapalovacím impulsu generuje jeden impuls o definované šířce a amplitudě.

Délka impulsu z časovače je dána hodnotami součástek R10 a C2. Změ-



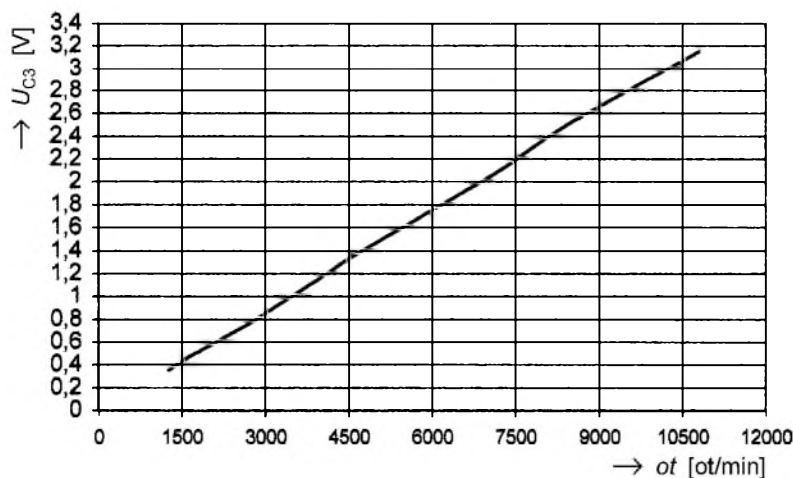
Obr. 55. Otáčkoměr

nou odporu rezistoru R10 můžeme délku impulsu nastavit. Po dobu trvání impulsu je zablokována možnost opětovného spuštění monostabilního obvodu. To je důležité, protože ze zapalovací soustavy můžeme dostat celou řadu impulsů generovaných jejím zakmitáváním.

Výstupní signál časovače je integrován článkem R16, C3. Na kondenzátoru C3 se tak vytvoří stejnosměrné

Tab. 1. Závislost napětí U_{C3} na kmitočtu f vstupního signálu otáčkoměru (resp. na otáčkách ot)

f [Hz]	21	27	44	63	66	77	95	110	122	140	180
ot [ot/min]	1 260	1 620	2 640	3 780	3 960	4 620	5 700	6 600	7 320	8 400	10 800
U_{C3} [V]	0,36	0,48	0,75	1,11	1,16	1,37	1,67	1,93	2,14	2,50	3,16



Obr. 56. Graf závislosti napětí U_{C3} na otáčkách

napětí, které potom zobrazujeme indikátorem napětí s devíti diodami LED.

Pro správnou funkci otáčkoměru se musí U_{C3} pohybovat v intervalu od 0,6 do 2,4 V. Pokud je napětí U_{C3} větší než 2,4 V, není již závislost tohoto napětí na otáčkách lineární a jednoznačná a obvod nepracuje správně. Napětí U_{C3} menší než 0,6 V by nemusel správně vyhodnotit následující indikátor napětí.

Změřená napětí U_{C3} v závislosti na kmitočtu f vstupního signálu otáčkoměru (resp. na otáčkách ot) při hodnotách součástek C2 a R10 podle obr. 56 jsou uvedena v tab. 1. Graf závislosti U_{C3} na otáčkách je na obr. 56.

Jako indikátor napětí, který zobrazuje počet otáček, jsem použil okénkový diskriminátor s osmi operačními zesilovači (OZ) s malou spotřebou (IO2, IO3) zapojenými jako komparátory. Z výstupů OZ je buzeno 9 LED. Barvu jednotlivých LED můžeme zvolit podle vlastností motoru vozidla.

Napěťový rozsah indikátoru určují odpory rezistorů R1 až R9. Tyto odpory byly na základě údajů z tab. 1 navrženy tak, aby popisovaný otáčkoměr měl rozsah 2500 až 7 800 ot/min.

Před LED D2 až D8 nejsou zapotřebí ochranné rezistory, proud LED je omezen vnitřní proudovou pojistkou OZ. U tohoto typu OZ je proud LED 5 až 10 mA. Toto zapojení může fungovat pouze při malém napájecím napětí OZ, jinak by před každou LED musel být obvyklý ochranný odpor. V tomto případě není možné, aby svítily dvě sousední LED současně (úbytek napětí na dvou LED v sérii, které svítí, je 3,2 až 3,6 V, úbytek napětí na dvou OZ, z nichž jeden je v kladné a druhý v záporné saturaci, je 2 až 2,5 V - to je dohromady více než napájecí napětí).

Ke správné činnosti otáčkoměru je nutná dobrá filtrace napájecího napětí. Malé motocykly nemají baterii, která napájecí napětí filtruje. Proto v otáč-

koměru máme filtrační kondenzátor C4 a stabilizační Zenerovu diodu D10.

Obvody otáčkoměru jsou navrženy tak, aby měly minimální spotřebu (OZ s malým příkonem, časovač 555 v provedení CMOS, svítí vždy pouze jedna LED), aby nebyl zapotřebí rozměrný filtrační kondenzátor C4 s velkou kapacitou. Dioda D12 brání zpětnému vybíjení kondenzátoru C4. Aby byl na D12 malý úbytek napětí, je použita Schottkyho dioda. D12 zároveň chrání otáčkoměr před přepólováním napájecího napětí.

Konstrukce a oživení

Otáčkoměr s LED je postaven na jednostranné desce s plošnými spoji. Deska má tvar kruhu o průměru 52 mm.

Obrazec spojů je na obr. 57, rozmístění součástek na desce je na obr. 58.

Při osazování DPS začneme nejdříve drátovými propojkami. Rezistory R3 a R7 mohou být buď v provedení SMD nebo je musíme zapájet shora přes integrované obvody.

Po zapájení všech součástek desku pečlivě prohlédneme a odstraníme případné závady.

Připojíme napájecí napětí a můžeme otáčkoměr otestovat.

Nejprve doporučuji důkladně vyzkoušet funkci indikátoru napětí s LED. Na vstup indikátoru (na kondenzátor C3) připojíme ss napětí z regulovatelného zdroje nebo z potenciometru. Ověříme, že při změně ss napětí na C3 od 0,6 do 2,4 V se postupně jednotlivě rozsvěcí všechny LED.

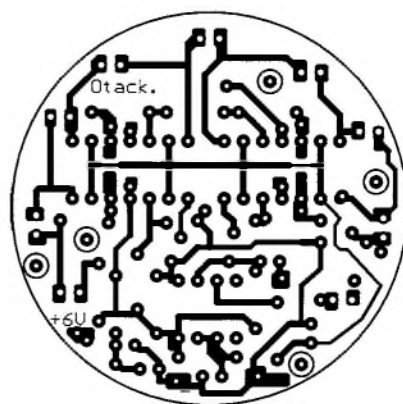
Pro nastavení rozsahu otáček připojíme na vstup otáčkoměru laboratorní impulsní generátor s výstupní úrovní TTL. Podle tab. 1 nastavujeme kmitočet impulsů z generátoru a kontrolujeme napětí na kondenzátoru C3 a sledujeme rozsvícení indikačních LED. Rozsah otáčkoměru případně upravíme změnou odporu rezistoru R10.

Pokud nemáme impulsní generátor, můžeme k vyzkoušení použít napětí ze síťového transformátoru (např. zvonkového), ze kterého diodou odstraníme záporné půlvlny a kladné půlvlny omezíme Zenerovou diodou na úroveň TTL (rozkmit 4 až 5 V). Síťovému kmitočtu 50 Hz odpovídá 3 000 ot/min (50 impulsů/s x 60 s) a napětí 0,8 V na C3.

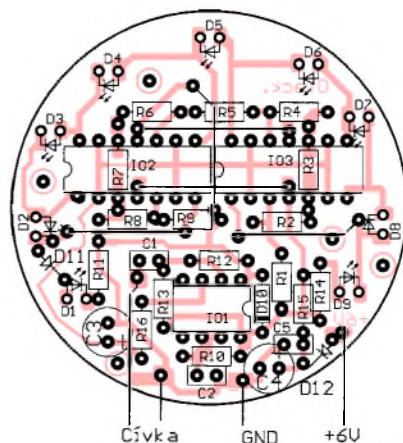
V žádném případě nesmíme na vstup otáčkoměru připojit tvrdé střídavé vstupní napětí větší než 5 V, aby se nepoškodil časovač IO1.

Napětí indukované z kabelu k zapalovací svíčke může být výrazně větší než 5 V, protože vazba kabel - cívka (25 závitů) je převážně kapacitního charakteru a má kapacitu pouze řádu pF, takže vnitřní ochrana vstupu časovače přepětí při nepatrném proudu bez problému zvládne.

Pokud chceme upravit rozsah otáčkoměru (velikost jeho maximálního údaje) podle použitého motoru, musíme změnit odpor rezistoru R10 (popř. kapacitu kondenzátoru C2) tak, aby při maximálních otáčkách bylo na kondenzátoru C3 napětí 2,4 V.



Obr. 57. Obrazec spojů otáčkoměru (měř.: 1 : 1)



Obr. 58. Rozmístění součástek na desce otáčkoměru

Otáčkoměr můžeme vestavět do starého palubního přístroje (na vrakoviš-
tích by neměl být problém vhodný kryt
najít) a namontovat na „přibližovadlo“.

Po vestavění do vozidla zbývá je-
nom vyzkoušet, jestli monostabilní mul-
tivrátor správně zpracovává vstupní
impulsy ze snímače.

Seznam součástek

R1	56 kΩ, miniaturní
R2 až R8	4,7 kΩ, miniaturní
R9	15 kΩ, miniaturní
R10	56 kΩ, miniaturní
R11	330 Ω, miniaturní
R12	680 kΩ, miniaturní
R13	1 MΩ, miniaturní
R14	330 kΩ, miniaturní
R15	47 Ω, miniaturní
R16	120 kΩ, miniaturní
C1	100 pF, keramický
C2	100 nF, keramický
C3	10 μF/6,3 V, radiální
C4	220 μF/6,3 V, radiální
C5	10 nF, keramický
D1 až D9	LED
D10	BZX83V005.1, Zenerova dioda 5,1 V/0,5 W
D11	1N4148
D12	1N5818
IO1	NE555 CMOS
IO2, IO3	TL064

Závěr

Zájemcům posílám na dobírku des-
ky s plošnými spoji (DPS), sady sou-
částek (všechny součástky uvedené
v rozpisce), svoje publikace a popř.
další publikace vydané v nakladatelství
BEN (sleva 15 %).

Případná změna hodnot a typů sou-
částek je vyhrazena, pokud nemůže
podstatným způsobem ovlivnit funkci
popsaného zapojení. Záruku na sou-
částky neposkytuji.

Poštovné je podle tarifů České poš-
ty. U objednávky nad 500 Kč sleva 5 %,
u objednávky nad 1 000 Kč sleva 10 %.
Slevy pro školy podle dohody.

Dále jsou uvedeny ceny v Kč kon-
strukcí z tohoto čísla KE (na prvním
místě je cena DPS, na druhém místě je
cena sady součástek):

Generátor signálu λ sondy: 32,- ,
149,- ; Tester λ sondy: 35,- , 179,- ;
Tester vstřikovacích ventilů: 19,- , 98,- ;
Měřič doby vstřiku: 58,- , 209,- ; Měřič
kapacity baterie: 156,- , 490,- ; Měřič
napětí baterie: 58,- , 174,- ; Nabíječ
akumulátorových článků: 15,- , 68,- ; In-
dikátor vybití akumulátoru: 19,- , 98,- ;
Přerušovač pro směrovky: 9,- , 78,- ;
Otáčkoměr: 29,- , 139,- ; Čelovka: 19,- ,
190,- ; Stroboskop: 15,- , 39,- (+ LED);
Regulátor kamen: 59,- + 29,- , 395,-
(bez transformátoru).

Objednávky a dotazy na adresu:

Ing. Jiří Vlček, Tehov 122, 251 01
Říčany u Prahy.
Tel.: 323 641 563 večer
Mobil: 723 799 875
E-mail: vlcek-j@seznam.cz
Internet: www.vlcek.aktualne.cz

UŽITKOVÁ ELEKTRONIKA

Ing. Jiří Vlček

V této kapitole je popsáno několik užitečných přístrojů pro volný čas a pro domácnost. Konstrukce jsou co možná nejjednodušší a nejlevnější. Přístroje jsou osazeny nejen běžnými vývodovými součástkami, ale i moderními součástkami SMD. Použité desky jsou však navrženy vždy jen s jednostrannými plošnými spoji a jsou takové, aby jejich výrobu i osazení zvládli i začátečníci.

Čelovka pro náročné

Úvod

Rychlý pokrok v oblasti LED, snadná dostupnost a rozumná cena bílých LED s velkou svítivostí umožňují reali-
zovat malou čelovou svítilnu.

Pro ty, kteří občas jezdí na náročné
turistické nebo horolezecké expedice,
při kterých si musí všechny potřebné
věci nosit na zádech, jsou váha a roz-
měry všech použitých věcí velmi důle-
žité. Při jejich výběru je nutná důsled-
nost, jinak váha zavazadel narůstá nad
únosnou mez.

Klasická čelovka s žárovkou a s vel-
kými záložními bateriemi o váze okolo
0,5 kg není praktická. Spotřebu zaříze-
ní je vhodné minimalizovat nejen pro
úsporu nákladů (cena baterií rozhodně
není zanedbatelná), ale především pro-
to, že jejich koupě je někdy nemožná.

Hlavním problémem při amatérské
realizaci čelovky je mechanické prove-
dení. Je třeba zajistit dostatečnou odol-
nost proti poškození, prachu, vlhkosti
apod. Robustní mechanický spínač by

byl možná větší než celé zařízení, mini-
aturní spínač by nemusel být spolehli-
vý. Proto jsem se rozhodl pro bezkon-
taktivní spínání dotekem ruky.

Intenzita osvětlení, kterou potřebuje-
me, závisí na naší činnosti. Největší je
zapotřebí při rychlém pohybu v obtíž-
ném a neznámém terénu (les, suťovis-
ko, ledovec), kdy dostatečné osvětlení
je nezbytné pro bezpečný pohyb. Při
přípravě jídla, odpočinku apod. se mů-
žeme spokojit s menší intenzitou světla
a šetřit tak baterii. To je výhodné, ne-
chceme-li rušit spícího kamaráda ve
stanu nebo nechceme-li být (např. při
táboření v přírodní rezervaci) příliš ná-
padní. Proto jsem se rozhodl pro dvou-
stupňovou regulaci intenzity osvětlení.
Z toho důvodu se přístroj skládá ze
dvou téměř stejných částí.

Intenzita světla LED roste zhruba li-
neárně s rostoucím proudem (do 10 až
15 mA). Lidské oko tento přírůstek in-
tenzity nevnímá lineárně. Subjektivně
vnímáme větší přírůstek osvětlení při
menších proudcích než při větších.

Hlavním problémem je u LED smě-
rovost. Proto je lepší použít větší počet
LED a napájet je poměrně malým prou-
dem. Jejich cena není již tak vysoká.

Literatura

- [1] Snímače v motorových vozidlech. Bosch, 2001.
- [2] Jan, Kubát, Ždánský: Elektronika v motorových vozidlech - 1. a 2. díl. Avid s.r.o., Brno.
- [3] Vlček, J.: Jednoduchá elektronika. BEN, Praha 2005.
- [4] Vlček, J.: Základy elektrotechniky. BEN, Praha 2003.
- [5] Vlček, J.: Moderní elektronika. BEN, Praha 2003.
- [6] Vlček, J.: Elektronické konstrukce. BEN, Praha 2003.

- [7] Vlček, J.: Středoškolská fyzika. BEN, Praha 2003.
- [8] Vlček, J.: Základy středoškolské che-
mie. BEN, Praha 2003.
- [9] Vlček, J.; Vacek, V.; Havlík, J.: Elek-
tronické přístroje. BEN, Praha 2002.
- [10] Vlček, J.; Vomáčka J.: Zajímavé inte-
grované obvody. BEN, Praha 2002.
- [11] Vlček, J.: Elektronické konstrukce
pro pokročilé. BEN, Praha 2002.
- [12] Vlček, J.: Modulace a přenos signá-
lu. BEN, Praha 2002.
- [13] Vlček, J.; Vacek, V.: Praktické pou-
žití procesoru PIC. BEN, Praha 2002.
- [15] Vlček, J.; Vacek, V.: Programujeme
PIC. BEN, Praha.

Popis funkce

Schéma čelovky pro náročné je na obr. 1. Pracujeme-li s malým odběrem proudu, můžeme si dovolit použít k napájení LED malou baterii, nejlépe destičkovou 9 V. Tomuto napětí odpovídá sériově zapojení dvou bílých LED (D6, D5) a oranžové LED (D4).

Uvedené LED jsou napájeny z proudového zdroje s tranzistorem T2. Na bázi T2 je referenční napětí $U_{ref} = 1,2$ V stabilizované diodami D8 a D9. Proud $I_{K T2}$ kolektoru T2 je dán vztahem:

$$I_{K T2} = (U_{ref} - U_{BE T2})/R_7 \quad [A; V, \Omega].$$

S hodnotami součástek podle obr. 1 je proud $I_{K T2} = 5$ mA. Při poklesu napájecího napětí baterie na 8,6 V je již T2 v saturaci ($U_{CE} < 0,2$ V) a proud $I_{K T2}$ začíná klesat.

Při napětí baterie asi 7,6 V by se proud LED zmenšil asi na 1 mA a čelovka by svítila špatně. Proto se při tomto napětí otevře tranzistor T5 a zkratuje oranžovou LED D4. Proud pak teče pouze přes bílé LED, které svítí dostatečně silně, a přes R14 a sepnuté tranzistory T5 a T3. Tranzistor T5 je ovládán tranzistorem T4, který porovnává napětí baterie (zmenšené děličem R11, R12) se svým napětím $U_{BE T4}$. Při poklesu napětí baterie pod 7,6 V tranzistor T4 vypne a sepne T5. Rozhodovací úroveň, pod kterou musí napětí baterie poklesnout, aby vypnul T4 a sepnul T5, můžeme podle potřeby změnit úpravou děličního poměru děliče s R11, R12. Při dalším poklesu napájecího napětí se bude proud bílými LED zmenšovat a intenzita osvětlení bude postupně slábnout.

Při napětí těsně nad 6 V se intenzita světla značně zmenšuje a měli bychom baterii vyměnit. Pokles napětí je potom už velmi rychlý, při napětí baterie 5,8 V zhasnou LED úplně.

Čelovka obsahuje ještě druhou trojici LED - dvě bílé LED D1, D2 a oranžovou LED D3. Tyto LED jsou napájeny zdrojem proudu s tranzistorem T1. Podobně jako u první trojice LED, při poklesu napětí baterie se oranžová LED D3 vyřadí z provozu (obvodem s tranzistory T6 až T8). LED D1 až D3 jsou určeny pro intenzivější hlavní osvětlení prostoru, proto jimi protéká téměř 2x větší proud než diodami LED D4 až D6 (dáno odpory rezistorů R9 a R19).

Čelovka se ovládá senzorem tak, že se prstem dotýkáme kontaktních plošek (na obr. 1 je u nich nakreslen rezistor označený jako RUKA).

Při krátkém přiložení prstu ke kontaktním ploškám přejde výstup hradla IO1a do úrovně H, přes rezistor R2 se nabije kondenzátor C1 a přes další hradla IO1b a IO1c se přepne klopný obvod D (IO2a). Klopný obvod IO2a je zapojen jako dělička dvěma (výstup Qnon má spojen se vstupem D), takže každou vzestupnou hranou impulsu na jeho taktovacím vstupu CL se jeho stav změní ve stav opačný. Byly-li LED D4 až D6 zhasnuty, pak po prvním krát-

kém přiložení prstu přejde výstup Q IO2a do úrovně H, zapnou se zdroj proudu T2 a pomocný T3 a LED D4 až D6 se rozsvítí. Po druhém krátkém přiložení prstu tyto LED zhasnou atd.

Přiložíme-li prst na kontakty po delší dobu, stačí se přes rezistor R3 nabít C2 a díky tomu se vygeneruje vzestupná hrana impulsu i na vstupu CL druhého klopného obvodu D s IO2b. Obvod IO2b je zapojen podobně jako IO2a. Při překlopení IO2b se rozsvítí (zhasnou) LED D1 až D3. Pokud tyto LED svítí, budou svítit i D4 až D6, protože se přes diodu D7 nastaví do úrovně H i výstup Q IO2a. Rezistor R5 je použit kvůli tomu, aby při úrovni L na výstupu Q IO2b nebyl vstup S IO2a v neurčitěm stavu.

Hodnoty součástek R2, C1 a R3, C2 jsem zvolil tak, aby časová konstanta R3·C2 byla podstatně větší než R2·C1 a dlouhý dotyk tak musel být více než třikrát delší než krátký dotyk.

Vstup volného hradla IO1f nesmí zůstat nezapojen, proto je ošetřen připojením k výstupu hradla IO1e.

Svítl-li obě trojice LED, můžeme je vypnout pouze dlouhým dotykem, kdy se vypnou D1 až D3, a potom krátkým dotykem, kdy se vypnou D4 až D6.

Podmínkou správné funkce je, aby kondenzátory C1 a C2 byly vybité (nevypínat ihned po zapnutí). Abych zrychlil vybíjení C2, zkoušel jsem k rezistoru R3 zapojit paralelně diodu. Vzhledem k velikosti odporu rezistoru R3 se to však neosvědčilo.

Pokud svítí LED D4 až D6 a chceme rozsvítit i LED D1 až D3, zhasnou nejprve LED D4 až D6 a ihned poté se rozsvítí všechny LED.

Po zapnutí napájecího napětí (po připojení baterie) se vždy rozsvítí LED D4 až D6. To by nemělo vadit, proto nepovažuji za nutné tento stav nějak ošetřit.

I přes to se domnívám, že ovládání obou trojic LED jedním kontaktem je dostatečně jednoduché a má zde své opodstatnění.

Důležitým parametrem obvodu je kromě velikosti pracovního proudu LED při svícení (který nastavíme podle uvedených vztahů volbou odporů rezistorů R7, R9, R14 a R19 tak, aby nám vyhovoval - stačí i poměrně malý proud) i velikost klidového proudu při zhasnutí LED.

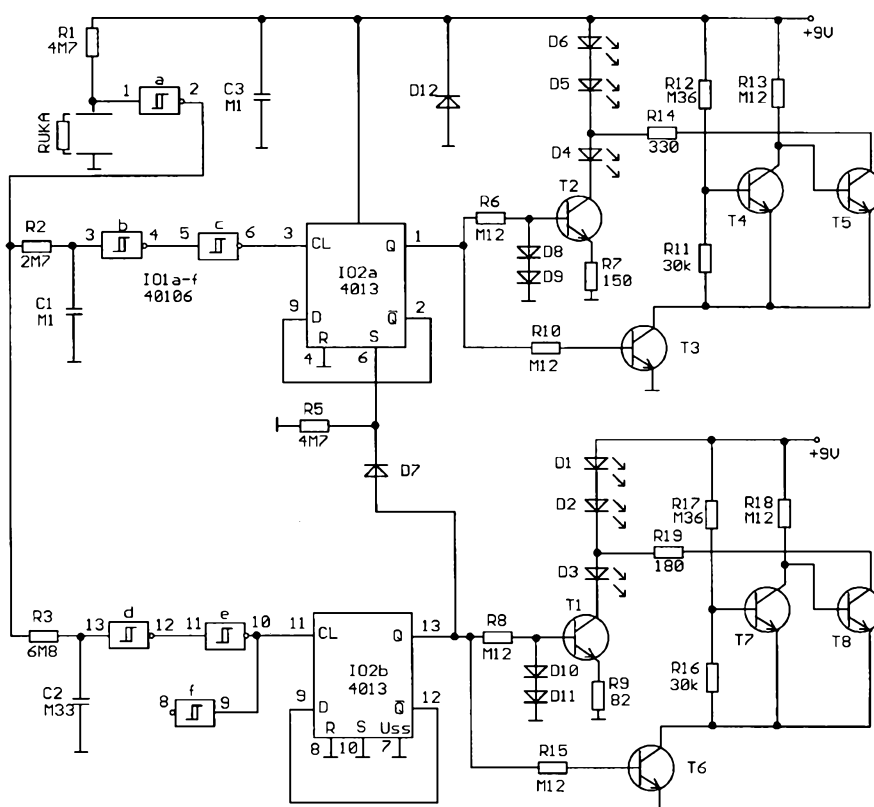
Klidový proud je dán pouze vlastní spotřebou IO1 a IO2 (zbytkový proud tranzistorů T1 až T6 je zanedbatelný). Klidový proud je menší než 1 μ A (s měřicím přístrojem se mi na rozsahu 100 μ A žádný proud nepodařilo naměřit).

Pokud necháme čelovku po celou dobu expedice (např. 3 týdny) zapnutou, baterie se klidovým proudem nijak podstatně nevybíje. Kapacita kvalitní baterie 9 V je asi 55 mAh. Pokud čelovku nepoužijeme delší dobu, baterii pochopitelně odpojíme.

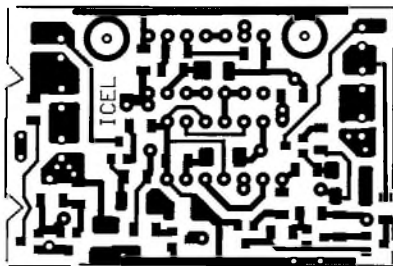
Konstrukce

Mechanická konstrukce má zajistit minimální rozměry čelovky. Použití obvodů IO1 a IO2 v provedení SMD by rozměry desky s plošnými spoji (DPS) sice ještě více zmenšilo, ale zase by zkomplikovalo osazení a hodně zájemců odradilo.

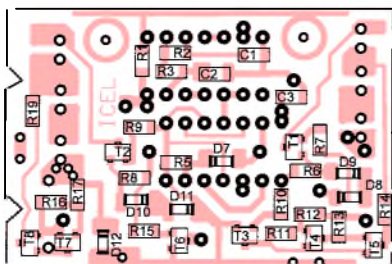
DPS je s jednostrannými plošnými spoji, vývodové součástky jsou na ní



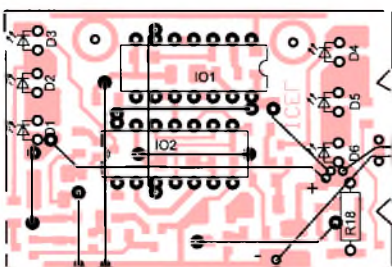
Obr. 1. Čelovka pro náročné se senzorem ovládáním



Obr. 2. Obrazec spojů
čelovky pro náročné (měř.: 1 : 1)



Obr. 3. Rozmístění součástek SMD
na straně spojů na desce
čelovky pro náročné



Obr. 4. Rozmístění vývodových
součástek na straně součástek
na desce čelovky pro náročné
(vpravo jsou vývody k baterii)

umístěny shora (na straně součástek), součástky SMD zespodu (na straně spojů).

Obrazec spojů je na obr. 2, umístění součástek na obou stranách desky je na obr. 3 a obr. 4.

Nejprve osazujeme součástky SMD. Pájecí plošky pro ně předem pocinujeme velmi tenkou vrstvou cinu, přiložíme součástku, kterou držíme špičatou pinzetou, a připájíme ji postupně z obou stran. Pinzetou současně součástku tlačíme do desky. Potom zapájíme drátové propojky, které jsou pod integrovanými obvody. Propojku, která prochází mezi nožičkami IO, zapájíme raději ze strany spojů. LED pájíme současně s mechanickou montáží tak, aby prošly horním krytem.

Osazenou DPS je možné přímo připevnit (na výšku, LED D4 až D6 jsou dole) k vhodné pásce, která ji bude držet na hlavě. Jako ochranu součástek použijeme např. Lukopren.

Lepší je ale chránit DPS proti mechanickému poškození, prachu a vlhkosti horním a spodním krytem, které jsou s DPS sešroubovány. Ke spodní-

mu krytu přichytíme destičkovou baterii 9 V a pásku na hlavu.

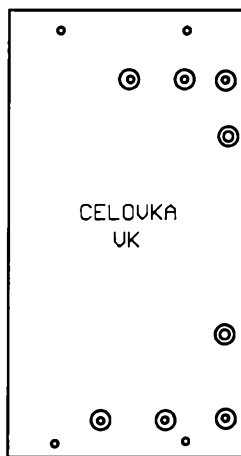
Výkres horního a dolního krytu je na obr. 5. Jako vhodný materiál pro horní a spodní kryt doporučuji cuprexitit.

Spodní kryt leží těsně u DPS. Horní kryt je 10 mm nad DPS. V horním krytu jsou díry, které jsou umístěny tak, aby LED D4, D5 a D6 směřovaly dolů pod úhlem zhruba 45°. Je to proto, abychom při pohybu dobře viděli především pod nohy (pokud by LED D4 až D6 nebyly směřovány dolů, mohla by být vzdálenost horního krytu od DPS mnohem menší - na výšku integrovaného obvodu). Podélné osy všech LED se poněkud rozbíhají, abychom měli širší úhel pohledu.

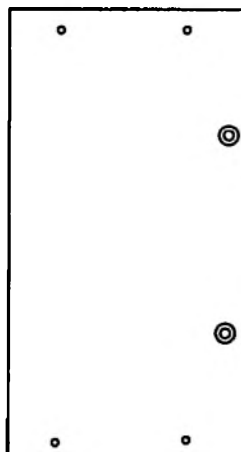
Napájecí vývody od baterie přitáhneme k DPS drátkem a zajistíme je tak proti vytržení. Napájecí kablík potom pomáhá držet baterii, pásku a čelovku pohromadě. Boční strany zaplníme vhodným těsněním (pryž, molitan). Horní a spodní kryt přesahují DPS, aby ji chránily. Kontaktní plošky pro ovládání pocinujeme a připájíme k nim tlustší drát, který přečnává DPS.

Horní kryt je k DPS připevněn dvěma distančními sloupky o délce 10 mm. Spodní kryt je s horním krytem spojen čtyřmi distančními sloupky délky 15 mm. Čtyři šrouby M2, které spojují horní a spodní kryt, zároveň pomáhají ke spodnímu krytu přidržit baterii. K jejímu přichycení můžeme použít drát nebo nějakou pásku.

Obr. 5a.
Horní kryt
čelovky
pro náročné
(měř.: 1 : 1)



Obr. 5b.
Dolní kryt
čelovky
pro náročné
(měř.: 1 : 1)



Seznam součástek

R1	4,7 MΩ, SMD 1206
R2	2,7 MΩ, SMD 1206
R3	6,8 MΩ, SMD 1206
R5	4,7 MΩ, SMD 1206
R6	120 kΩ, SMD 1206
R7	150 Ω, SMD 1206
R8	120 kΩ, SMD 1206
R9	82 Ω, SMD 1206
R10	120 kΩ, SMD 1206
R11	30 kΩ, SMD 1206
R12	360 kΩ, SMD 1206
R13	120 kΩ, SMD 1206
R14	330 Ω, SMD 1206
R15	120 kΩ, SMD 1206
R16	30 kΩ, SMD 1206
R17	360 kΩ, SMD 1206
R18	120 kΩ, miniaturní
R19	180 Ω, SMD 1206
C1, C3	100 nF, SMD 1206
C2	330 nF, SMD 1206
D1, D2, D5, D6	LED bílá, 5 mm, 8 000 mcd, vývodová LED L-HLMP-EJ08, oranžová, vývodová
D3, D4	
D7, D8, D9, D10, D11, D12	1N4007, SMD MINI MELF
T1 až T8	BC847B, SOT23
IO1	CMOS 40106, DIL14
IO2	CMOS 4013, DIL14
Klips na destičkovou baterii 9 V	

Stroboskop s bílými LED

Jedná se o diskotékový efekt, při kterém v krátkých intervalech následují za sebou silné záblesky bílého světla. Pohyby lidí jsou při nich jakoby trhavé.

Dříve k realizaci tohoto efektu byla třeba speciální výbojka (se zápalným napětím okolo 600 V) a k ní transformátor. S nástupem bílých LED o velkém světelném výkonu je možné tento efekt realizovat mnohem snadněji.

Následující článek by k tomu měl pomoci zejména začátečníkům.

Popis funkce

Schéma stroboskopu je na obr. 6. Záblesky vydává skupina bílých LED, které jsou buzeny zdrojem proudu s tranzistorem T1. Zdroj proudu je periodicky spínán impulsy generovanými astabilním multivibrátorem s časovačem NE555.

Doba, po kterou LED svítí, je dána vztahem:

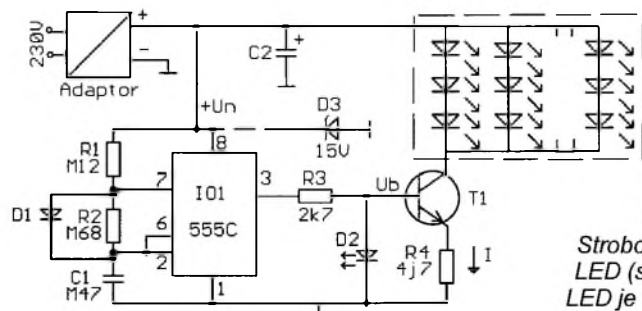
$$t_1 = 0,693 \cdot R1 \cdot C1 \quad [s; \Omega, F]$$

(kondenzátor C1 se nabíjí přes R1 a D1 na 2/3 napájecího napětí). Doba t_1 volíme řádu setin sekundy, max. 0,1 s.

Doba, po kterou LED nesvítí, je dána vztahem:

$$t_2 = 0,693 \cdot R2 \cdot C1 \quad [s; \Omega, F]$$

(kondenzátor C1 se vybíjí přes R2 a vývod 7 IO1 na 1/3 napájecího napětí). Doba t_2 volíme zhruba 0,2 až 0,3 s.



Obr. 6.
Stroboskop s bílými
LED (skupina bílých
LED je vpravo nahoře)

Doba, po kterou LED nesvítí, může být zvolena buď napevno nebo ji můžeme za provozu měnit potenciometrem (např. typu TP 160), který zapojíme paralelně k R2 nebo místo R2.

Odpory rezistorů R1 a R2 můžeme zvolit zcela libovolně (1 kΩ až 5 MΩ) a podle předchozích vztahů k nim spočítat vhodnou kapacitu kondenzátoru C1.

Proud I_K tekoucí bílými LED (a kolektorem tranzistoru T1) vypočítáme podle vzorce:

$$I_K = (U_B - 0,6)/R4 \quad [A; V, \Omega] \quad (1),$$

kde U_B je napětí mezi bází tranzistoru T1 a zemí při úrovni H na výstupu IO1 (podle typu LED D2 je U_B asi 1,6 až 1,8 V).

LED D2 pouze stabilizuje napětí na bázi T1. R3 omezuje její proud na jednotky mA, jeho odpor není kritický. Je pouze třeba zajistit, aby platilo:

$$I_B \cdot h_{21e} > I_K \quad [A, -, A],$$

kde $I_B = (U_n - 1,7)/R3$ je přibližně maximální proud, který může téci do báze T1 (U_n je minimální provozní napájecí napětí IO1) a h_{21e} je proudový zesilovací činitel tranzistoru T1 (h_{21e} je asi 160 až 400).

U použitých bílých LED si musíme zjistit maximální povolený proud (typicky 20 až 50 mA). Jedná se o trvalý proud, který v impulsním provozu můžeme ještě 1,5x až 2x překročit.

Dále zvolíme počet bílých LED, které chceme použít (především podle toho, kolik peněz do tohoto efektu chceme investovat a jak velkou místnost chceme osvětlit). Minimální vhodné množství je 6 až 9 kusů. Vybíráme pochopitelně takové typy LED, u kterých je nejlepší poměr svítivosti/cena. Ceny bílých LED v poslední době velmi rychle klesají a zvětšuje se jejich svítivost. Nyní je v prodejně GM Electronic k dispozici bílá LED o průměru 5 mm se svítivostí 8 cd, s vyzařovacím úhlem 20° a úbytkem napětí 3,5 V při proudu 20 mA za 20 KΩ.

Bílé LED budeme zapojovat do skupin v sérii tak, aby byl výkon zdroje co možná nejlépe využit. Předpokládáme úbytek napětí na jedné LED za plného vybuzení 3,5 až 3,6 V a úbytek napětí na zdroji proudu s tranzistorem T1 (mezi kolektorem T1 a zemí) minimálně 1,5 V.

Vypočítáme proud celé skupiny bílých LED (zvolený proud jedné trojice LED krát počet trojic) a podle vzorce (1) určíme potřebný odpor rezistoru

R4. Bereme v úvahu, že použitý tranzistor T1 má maximální povolený kolektorový proud 0,8 A.

Zvolíme vhodný napájecí zdroj, nejlépe nějaký síťový adaptér, který má naprázdno 15 až 16 V a dává proud okolo 200 mA. Při tomto proudu napětí z adaptéru zpravidla klesne na 12 V. V takovém případě budeme zapojovat LED vždy do trojic v sérii.

Zatížíme připravený zdroj vypočteným proudem bílých LED a změříme na něm napětí. Pokud naměřené napětí bude menší než 12 V, není nezbytně nutné použít „silnější“ zdroj. Stačí síťový adaptér doplnit filtračním kondenzátorem C2 s velkou kapacitou.

Pro výpočet kapacity C2 můžeme zjednodušeně předpokládat (za podmínky, že se C2 vybíjí konstantním proudem a doba vybíjení je podstatně kratší než je doba nabíjení), že se v době, kdy LED nesvítí, kondenzátor nabije a je na něm napětí adaptéru naprázdno.

Pro vybíjení C2 pak platí vztah:

$$I_{C2} \cdot t_1 = C2 \cdot \Delta U \quad [A, s; F, V] \quad (2),$$

kde ΔU je rozdíl napětí zdroje naprázdno a při jmenovitém zatížení (např. 15 - 12 = 3 V), t_1 je doba záblesku (0,05 až 0,1 s) a I_{C2} je proud dodávaný kondenzátorem C2. I_{C2} je roven rozdílu proudu svítících LED a jmenovitého proudu zdroje.

Ze vzorce (2) vypočítáme potřebnou kapacitu kondenzátoru C2. Pokud vychází rozumná velikost (tisíce μF), můžeme vystačit i se „slabším“ zdrojem, který se v impulsním provozu lépe využije. Většina síťových adaptérů obsahuje filtrační kondenzátor o kapacitě 470 až 1000 μF, která se přičítá ke kapacitě C2.

Pokud by hrozilo, že by napájecí napětí mohlo mírně překračovat velikost 15 V, doporučuji IO1 chránit Zenerovou diodou D3 (s maximálním povoleným Zenerovým proudem 100 mA), kterou zapájíme přímo k vývodům IO1.

Konstrukce

Stroboskop je zkonstruován na desce s jednostrannými plošnými spoji ve dvou variantách - ve variantě a) s vývodovými součástkami a ve variantě b) se součástkami SMD.

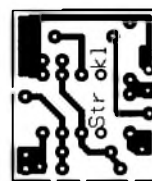
Pro variantu a) je obrazec spojů na obr. 7 a rozmístění vývodových součástek na desce na obr. 8.

Pro variantu b) je obrazec spojů na obr. 9 a rozmístění součástek na obou stranách desky na obr. 10 a obr. 11.

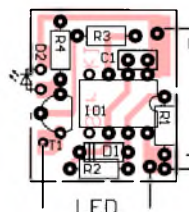
Hodnoty součástek na obr. 6 a v seznamech součástek jsou typické a je nutné je upravit podle konkrétních podmínek (viz předchozí text).

Desku stroboskopu, zvláště variantu b) se součástkami SMD a s velmi malými rozměry, můžeme umístit přímo do krabičky síťového adaptéru, ze kterého je stroboskop napájen (z adaptéru můžeme odstranit přepínač výstupního napětí). Potom nepotřebujeme pro stroboskop žádnou krabičku navíc, což je praktické při častém přenášení aparatury.

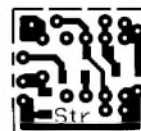
Případně je možné stroboskop vestavět do krabičky U-KM1 (s vnitřními rozměry 37 x 28 x 18 mm), která bude umístěna těsně u síťového adaptéru a bude s ním spojena přívodní šňůrou. Do této krabičky se vejde případně i potenciometr TP 160 pro ovládání kmitočtu záblesků stroboskopu.



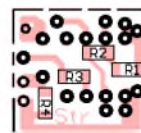
Obr. 7. Obrazec spojů stroboskopu - varianta a) s vývodovými součástkami (měř.: 1 : 1)



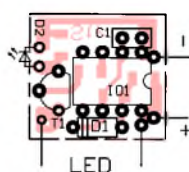
Obr. 8. Rozmístění součástek na desce stroboskopu - varianta a) s vývodovými součástkami



Obr. 9. Obrazec spojů stroboskopu - varianta b) se součástkami SMD (měř.: 1 : 1)



Obr. 10. Rozmístění součástek SMD na straně spojů na desce stroboskopu - varianta b) se součástkami SMD



Obr. 11. Rozmístění vývodových součástek na straně součástek na desce stroboskopu - varianta b) se součástkami SMD

Co se týká mechanického uspořádání osvětlovacího tělesa, je nejlepší, aby bílé LED byly umístěny někde u stropu. K jejich vzájemnému propojení není deska s plošnými spoji nezbytně nutná. Protože LED jsou většinou úzce směrové, měl by jich být větší počet a měly by být směřovány do různých stran.

Seznam součástek

varianta a) s vývodovými součástkami

R1	120 kΩ, miniaturní
R2	680 kΩ, miniaturní
R3	2,7 kΩ, miniaturní
R4	4,7 Ω, miniaturní
	(viz text)
D1	1N 4148, vývodová
D2	LED, červená, 3 mm, vývodová
D3	BZY015 (viz text)
T1	BC337-25
IO1	NE555 CMOS
C1	470 nF, keram., vývodový
C2	viz text
bílé LED	viz text

Seznam součástek

varianta b) se součástkami SMD

R1	120 kΩ, SMD 1206
R2	680 kΩ, SMD 1206
R3	2,7 kΩ, SMD 1206
R4	4,7 Ω, SMD 1206
	(viz text)
D1	1N 4148, vývodová
D2	LED, červená, 3 mm, vývodová
D3	BZY015 (viz text)
T1	BC337-25
IO1	NE555 CMOS
C1	470 nF, keram., vývodový
C2	viz text
bílé LED	viz text

Regulátor nabíjení akumulárních kamen

Akumulační kamna jsou stále často používaným zdrojem tepla. Levným nočním proudem se ohřívají magnezitové cihly. Jedná se o přímý ohřev nejčastěji pomocí šesti topných článků, které jsou po dvou zapojeny paralelně a které jsou napájeny ze tří fází. Tyto cihly jsou obloženy vrstvou skelné vaty, aby udržely teplo.

Pokojeový termostat (nejčastěji na mechanickém principu) v závislosti na teplotě v místnosti spíná ventilátor. Vytváří se tak nucené proudění vzduchu.

Další termostat na mechanickém principu (membránový) hlídá maximální teplotu, na kterou se kamna ohřejí. Tu si uživatel nastavuje knoflíkem. Musí ji odhadnout v závislosti na své potřebě tepla a na venkovní teplotě. Při náhlých změnách teploty (např. v průběhu noci) se pak kamna nabíjí málo nebo naopak příliš. Naakumulované teplo se i přes vrstvu skelné vaty časem zbytečně vyžáří do místnosti.

Následující konstrukce tento problém řeší. Jedná se o obvod, který **porovnáva teplotu uvnitř akumulárních kamen s venkovní teplotou**. Při dosažení potřebné teploty uvnitř kamen se jejich nabíjení ukončí.

Popis funkce

Schéma regulátoru je na obr. 12. Venkovní teplotu snímá polovodičový odporový snímač KTY81-210. Oproti běžným termistorům je jeho hlavní výhodou **lineární závislost odporu na teplotě**. Výrobce udává při teplotě 25 °C odpor snímače 2 000 Ω s přesností 1 % (1980 až 2020 Ω). Při teplotě -20 °C bude jeho odpor v rozmezí 1338 až 1396 Ω (viz katalog GM Electronic z roku 2003). Jedná se o moderní a přitom lacinou součástku (stojí 20 Kč), která umožňuje realizovat převod teplota/napětí jen na základě výpočtu bez časově náročného a obtížného kalibrování. Samozřejmě pouze tehdy, když nepotřebujeme extrémní přesnost. Tímto čidlem má protékat proud 1 mA, což zajišťuje rezistor R1. Teplotní koeficient uvedeného čidla se udává 0,79 %/K.

Napětí z odporového snímače zesiluje operační zesilovač (OZ) IO1a.

Při teplotě -20 °C bude na výstupu IO1a napětí 1,37 V (odpor převodníku bude 1,37 kΩ a na obou vstupech IO1a bude napětí 1,37 V).

Dále budeme chtít, aby při teplotě +20 °C bylo na výstupu IO1a napětí 8,5 V. Odpor čidla bude 1,922 kΩ, na neinvertujícím vstupu IO1a bude napětí 1,81 V a na děliči R2, R3 napětí 1,37 V. Zesílení OZ vypočítáme jako poměr přírůstků výstupního a vstupního napětí OZ ($\Delta U_2/\Delta U_1$), což bude $(8,5 - 1,3)/(1,81 - 1,37) = 16,36$.

Samozřejmě, že tento výpočet není absolutně přesný. Existuje již zmiňovaná tolerance odporu teplotních čidel, tolerance odporů použitých rezistorů, tolerance napájecího napětí atd.

Pokud nepožadujeme příliš velkou přesnost a nemáme čas ani chuť ob-

vod přesně nastavovat, můžeme v pohodě vystačit se zesílením nastaveným hodnotami součástek podle obr. 12.

Teplota uvnitř akumulárních kamen se zjišťuje snímačem KTY84-130. Tento typ může pracovat až do teploty 300 °C. Při teplotě 100 °C je jeho odpor 1 kΩ (tolerance 3 %), teplotní koeficient je 0,62 %/K. To znamená, že při teplotě 200 °C bude jeho odpor 1620 Ω a při teplotě 20 °C bude 510 Ω. Potenciometrem P1 (viz dále) nastavíme zesílení OZ IO1b tak, aby při teplotě 200 °C bylo na jeho výstupu napětí 1 V.

Pokud by měla teplota 200 °C uvnitř kamen odpovídat venkovní teplotě -20 °C, měla by mít paralelní kombinace R10 a P1 odpor 19,92 kΩ. Pokud by měla teplota 200 °C odpovídat venkovní teplotě -14 °C, měla by mít kombinace R10 a P1 odpor 16,44 kΩ.

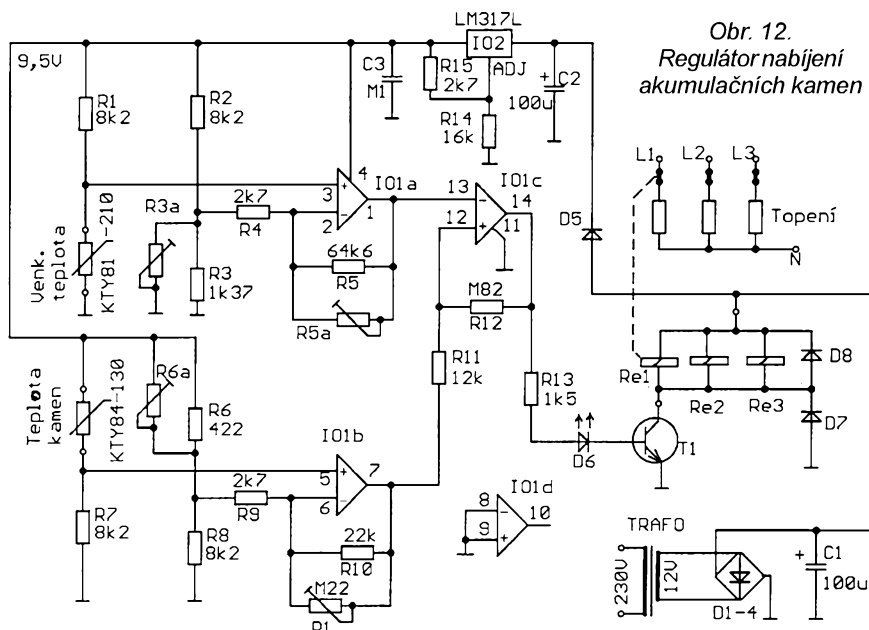
Celý obvod je navržen tak, aby fungoval na první zapojení a nemuselo se na něm zbytečně nic nastavovat. Kdo by chtěl, může uvedené hodnoty nastavit přesněji přidáním trimrů R3a, R5a a R6a. Jediný ovládací prvek, který má skutečný smysl, je potenciometr P1, který určuje náklon převodní charakteristiky (obr. 13). V našem případě je to vztah mezi venkovní teplotou a vnitřní teplotou kamen. To znamená, že si potenciometrem P1 uživatel nastaví individuální potřebu tepla. Ta se většinou nemění, závisí na velikosti místnosti a otužilosti jejího obyvatele. Proto jsem jako P1 použil trimr, který oproti potenciometru zabraňuje nežádoucí náhodné manipulaci.

Napětí z výstupů OZ IO1a a IO1b jsou porovnávána operačním zesilovačem IO1c, který je zapojen jako komparátor s hysterezí.

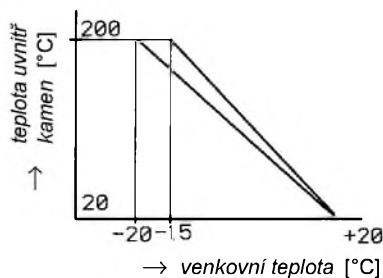
Hystereze U_{hyst} je tím větší, čím menší je poměr R12/R11. Platí:

$$U_{hyst} = \Delta U_{výst IO1c} \cdot R11/(R11 + R12),$$

kde $\Delta U_{výst IO1c}$ je změna napětí na výstupu komparátoru IO1c při jeho překlape-



Obr. 12.
Regulátor nabíjení
akumulačních kamen



Obr. 13. Převodní charakteristiky regulátoru v závislosti na odporu trimru P1

ni (asi 8 V), která se přes napěťový dělič R11, R12 přenáší na vstup komparátoru.

Hystereze je v tomto regulátoru velmi důležitá. Brání častému a zbytečnému zapínání a vypínání, když se kamna nabíjejí a uvnitř vzrůstá jejich teplota.

V regulátoru je použit čtyřnásobný OZ s malou spotřebou. Zbývající čtvrtý OZ je sice nevyužit, je to ale jednodušší a levnější, než použít jednoduchý a dvojnásobný OZ.

Konstrukce

Není vhodné, aby k desce s regulátorem, ke které musí být dobrý přístup, byly připojeny tlusté a neohebné dráty propojující síť s topnými články kamen, kterými protékají velké proudy a na kterých je napětí 230 V. Proto jsem silovou část regulátoru (relé a síťový transformátor) umístil na samostatnou desku.

Obrazec plošných spojů řídicí části regulátoru je na obr. 14, rozmístění součástek na desce je na obr. 15.

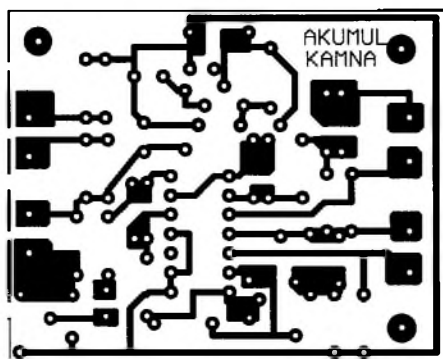
Obrazec plošných spojů silové části regulátoru je na obr. 16, rozmístění součástek na desce je na obr. 17.

Maximální proud tekoucí plošným spojem (při standardní tloušťce 35 μm) je 1 A na každý milimetr šířky. Proto spoje mezi kontakty relé a svorkovnicí pro jistotu dobře pocínujete.

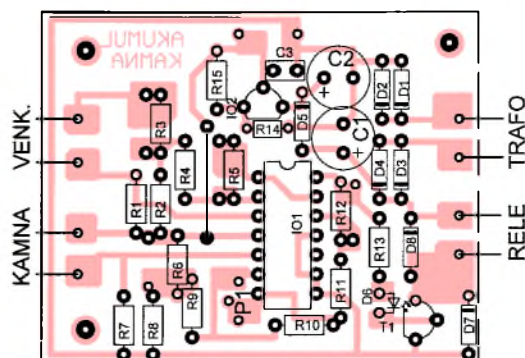
Za námět a za odzkoušení regulátoru děkuji Mgr. Šlehobrovi.

Seznam součástek

R1, R2, R7, R8	8,2 k Ω /1 %, miniaturní
R3	1,37 k Ω /1 %, miniaturní
R4, R9, R15	2,7 k Ω /1 %, miniaturní
R5	64,6 k Ω /1 %, miniaturní
R6	422 Ω /1 %, miniaturní
R10	22 k Ω , miniaturní
R11	12 k Ω , miniaturní
R12	820 k Ω , miniaturní
R13	1,5 k Ω , miniaturní
R14	16 k Ω /1 %, miniaturní
P1	220 k Ω , trimr (TP 095)
C1, C2	100 μF /25 V, radiální
C3	100 nF, keramický
D1 až D5	1N4007
D6	LED
D7, D8	1N4007
IO1	TL064
IO2	LM317L
T1	BC547B
Re1 až Re3	relé MPZA 9112 (1 přepínací kontakt 16 A, cívka 12 V/270 Ω)
	svorkovnice ARK210/2 (10 kusů)



Obr. 14. Obrazec spojů řídicí části regulátoru (měř.: 1 : 1)



Obr. 15. Rozmístění součástek na desce řídicí části regulátoru. Vlevo jsou vývody ke snímačům teploty

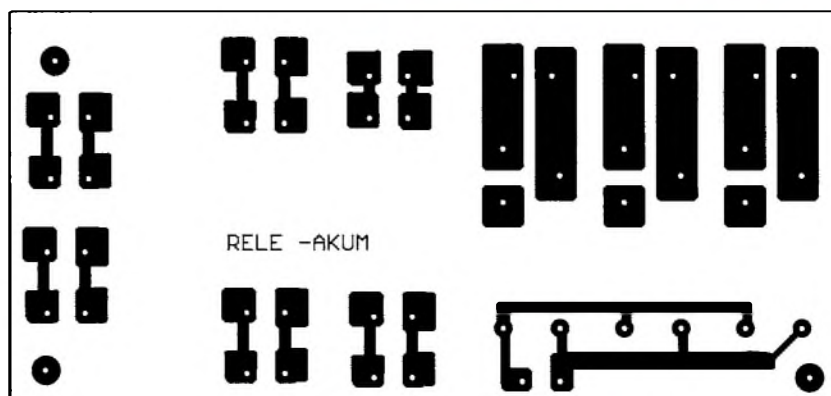
Stav výstupu komparátoru IO1c je vhodné zobrazit diodou LED D6, abychom viděli, zda jsou kamna nabitá. Proto je lepší, když bude regulátor trvale napájen. To znamená přivést k transformátoru síťové napětí ze zásuvky. Bylo by možné jej napájet také z jedné z přiváděných fází. V průběhu dne bychom však neměli nad regulátorem kontrolu.

Výstup komparátoru spíná přes tranzistor tři relé s cívkami 12 V/270 Ω . Jedná se v tuto chvíli o nejlevnější způsob zapínání topných článků.

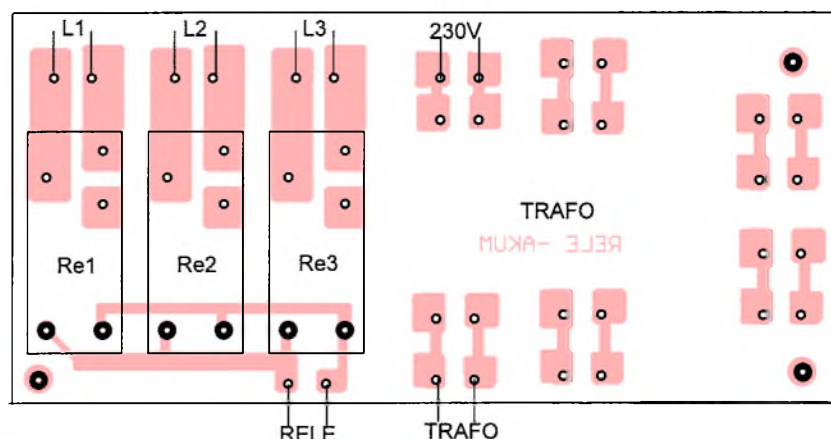
Použití polovodičového relé (SSR) by bylo modernější. Vystačili bychom s menším spínacím proudem než u relé. Vzhledem k tomu, že odběr vlastního regulátoru je menší než 10 mA, bylo by potom možné celý obvod napájet bez transformátoru pouze přes předřadný kondenzátor. Cena těchto polovodičových relé je ale zatím výrazně vyšší. Stykač zde použít nelze, je hlučný, což by v noci mohlo vadit.

Napájení cívek relé je nenáročné. Velikost napětí se může pohybovat v širokých mezích, jeho zvlnění nevadí. Převodníky teploty je ale nutné napájet stabilizovaným a dobře filtrovaným napětím. To obstarává stabilizátor IO2.

Aby kapacita kondenzátoru C2 nemusela být příliš velká, je připojen k vyhlazovacímu kondenzátoru C1 usměrňovače přes oddělovací diodu D5.



Obr. 16. Obrazec spojů silové části regulátoru (měř.: 1 : 1)



Obr. 17. Rozmístění součástek na desce silové části regulátoru

ZAJÍMAVÁ A PRAKTICKÁ ZAPOJENÍ

V této kapitole jsou uvedena zapojení z oblasti měřicí techniky. Popsané konstrukce je vhodné brát především jako podnět a inspiraci k další tvůrčí činnosti a k vlastnímu laborování.

Měřicí technika

Kalibrátor S-metru

Úvod

Ke konstrukci popisovaného kalibrátoru mě inspiroval článek v americkém časopise QST z dubna 2005, který seznámoval čtenáře s testovacím oscilátorem XG1 od firmy Elecraft.

Podle fotografie bylo možné určit, že XG1 obsahuje krystalový oscilátor s jedním tranzistorem, za kterým následují dva odporové útlumové články (druhý z nich s přepínačem útlumu). Dále XG1 obsahuje litiový napájecí článek, spínač napájení, jeden IO (který zřejmě hlídá napětí článku) a tři indikační LED (zelená - zapnuto, žlutá - malé napětí baterie, červená - do výstupu XG1 se omylem přivádí výkon větší než 100 mW z vysílače transceiveru). Napájecí proud XG1 je 2,5 mA.

XG1 generuje kmitočet 7,040 MHz (± 100 Hz) a poskytuje výstupní napětí 1 nebo 50 μ V (± 1 dB). Generovaný sinusový signál je dosti zkreslený, protože vyšší harmonické na pásmech 14 až 28 MHz mají úroveň -7 až -24 dB pod úrovní první harmonické.

XG1 je zkonstruován na desce o rozměrech 3,5x1,5 palce s oboustrannými plošnými spoji. Nemá žádnou skříňku, protože výstupní konektor (zásuvka BNC) a ovládací a indikační prvky „trčí“ z desky tak, že desku ani do skříňky umístit nelze. XG1 je určen ke kalibraci S-metru v amatérských krátkovlnných přijímačích a pro orientační ověřování citlivosti přijímačů. Cena XG1 v USA je 39 dolarů.

Řekl jsem si, že podobný přístroj by se mi mohl hodit. Protože se však u nás běžně nedostane koupit krystal s kmitočtem v pásmu 7 MHz, musel jsem použít krystal 14,000 MHz. Protože mám přijímač jen pro pásmo 3,5 MHz, rozhodl jsem se zkonstruovat kalibrátor se třemi kmitočtovými rozsahy (3,500, 7,000 a 14,000 MHz). Výstupní napětí kalibrátoru jsem zvolil podobná jako u XG1, a to 50 μ V (odpovídá S9 údaje S-metru) a 0,8 μ V (odpovídá S3 údaje S-metru). Protože na rozdíl od XG1 je popisovaný kalibrátor relativně složitý

(obsahuje binární děličku kmitočtu) a má spotřebu asi 15 mA, je vestavěn do klasické plastové přístrojové skříňky a je napájen napětím 12 V ze síťového adaptéru nebo akumulátoru. Celkový pohled na kalibrátor je na obr. 1.

Popis funkce

Schéma kalibrátoru je na obr. 2. Základem přístroje je krystalový oscilátor s hradlem IO1A (74HC00). Přesný kmitočet 14,0000 MHz se nastavuje trimrem C1.

Binární signál 14 MHz z výstupu IO1A se dělí 2x dvěma v děličkách IO2A a IO2B (74HC74).

Jednotlivé signály o kmitočtech 3,5, 7 nebo 14 MHz z výstupů děliček nebo oscilátoru se volí hradly IO1B až IO1D. Tato hradla jsou ovládána přepínačem kmitočtových rozsahů S1.

Přepínač S1 je páčkový dvoupólový třípólový typu ON-OFF-ON a zapojení obvodu pro ovládání hradel je přizpůsobeno jeho možnostem. Aby přívody od přepínače nevyzařovaly vf signál, jsou mezi vstupy hradel a kontakty přepínače zařazeny filtry (dolní propusti) RC.

Binární signály z výstupů hradel IO1B až IO1D se převádějí na sinusové dolními propustmi LC, které odfiltrují vyšší harmonické. Sinusový tvar výstupního signálu kalibrátoru byl zvolen proto, aby bylo možné jeho úroveň měřit běžným vf milivoltmetrem, který je

kalibrován právě pro sinusový průběh měřeného vf napětí.

Binární signály z hradel IO1B až IO1D mají střihu 1 : 1, a proto obsahují jen liché harmonické, které jsou relativně značně vzdáleny od základního kmitočtu. Přesto byly použity dolní propusti LC pátého řádu, aby i bez nastavování byl jejich útlum vyšších harmonických dostatečný.

Hodnoty součástek dolních propustí byly určeny podle tabulek pro Butterworthovy filtry a pak mírně upraveny tak, aby vyhověly indukčnosti cívek L1 až L6 z řady E12. Kmitočtové charakteristiky filtrů byly kontrolovány rozmitačem. Zvláštních hodnot kapacity kondenzátorů C14 až C22 je dosaženo paralelním zapojením běžných kondenzátorů.

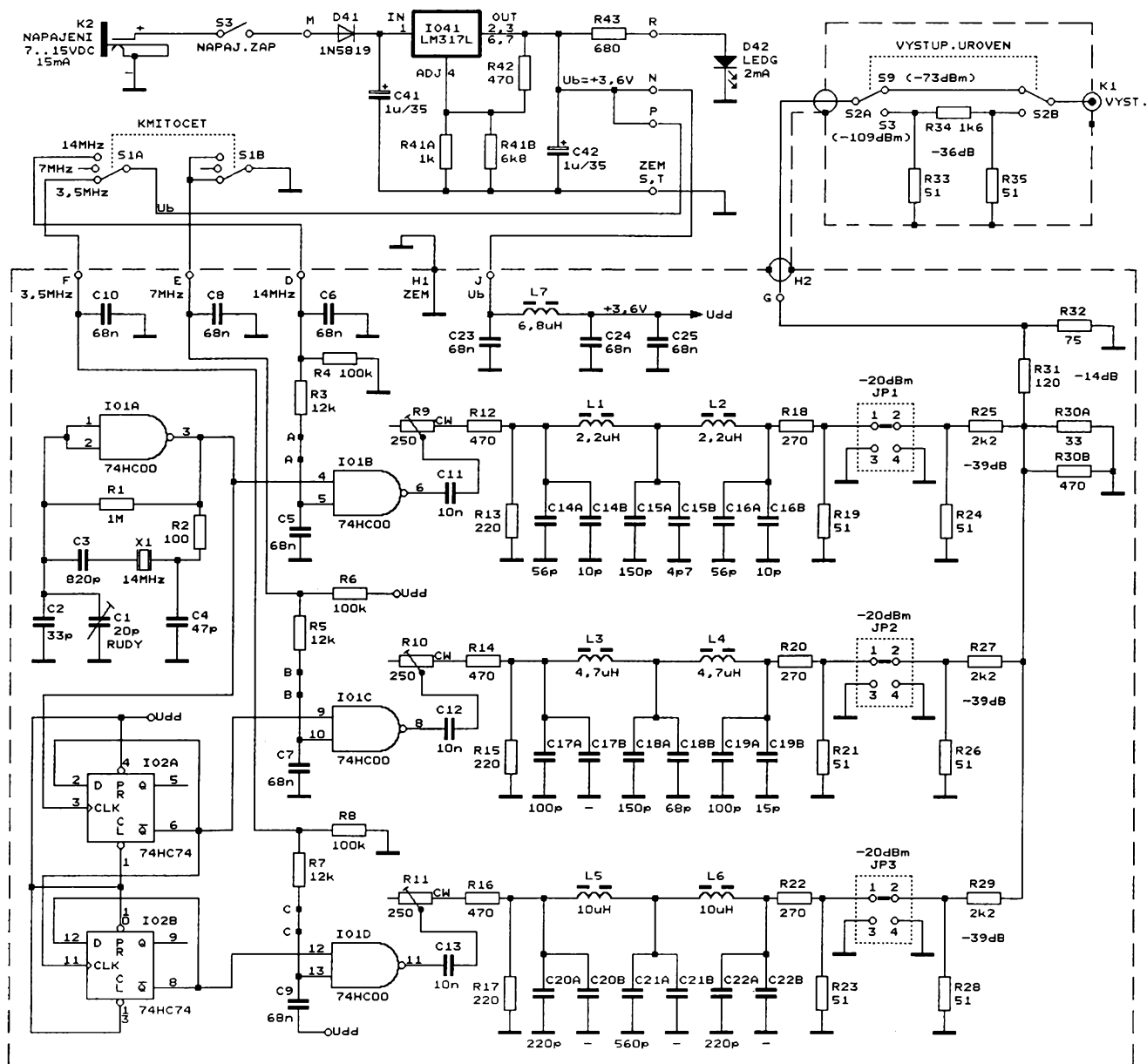
Na vstupech i na výstupech dolních propustí jsou zapojeny přízpusobovací odporové děliče, kterými jsou současně vhodně zeslabovány vf signály. Pomocí trimrů R9 až R11 lze s přesností 1 % (tj. $\pm 0,1$ dB) jemně nastavit úroveň signálu na výstupu kalibrátoru.

Na výstupech propustí jsou zařazeny diagnostické konektory JP1 až JP3. Po rozpojení jejich kontaktů 1 a 2 lze mezi kontakty 1 a 3 připojit vf milivoltmetr se vstupním odporem 50 Ω , kterým kontrolujeme úroveň -20 dBm vf signálů na výstupech filtrů.

Za konektory JP1 až JP3 následují odporové útlumové články tvaru Π (R24 až R30), které mají útlum 39 dB a slučují signály z výstupů propustí do jednoho bodu.



Obr. 1. Kalibrátor S-metru



Obr. 2. Kalibrátor S-metru

Na potřebnou velikost 50 μV (tj. na úroveň -73 dBm, S9) je výstupní vf signál kalibrátoru zeslabován dalším odporovým útlumovým článkem s rezistory R30 až R32. Neokrouhlé hodnoty útlumu článků byly zvoleny proto, aby většina rezistorů v článcích mohla mít odpory z řady E24. Výstupní odpor kalibrátoru je 50 Ω .

Na další volitelnou velikost 0,8 μV (tj. na úroveň -109 dBm, S3) je výstupní signál kalibrátoru zeslabován přídavným útlumovým článkem s rezistory R33 až R35, který je zařazován přepínačem výstupní úrovně S2.

Aby kalibrátor nevyžadoval vf energii, jsou všechny uvedené vf obvody umístěny ve stínicím krytu a v přívodu napájecího napětí k IO je vřazen filtr LC (C23 až C25, L7).

Vyzařování kalibrátoru je též omezeno minimalizací rozkmitu binárních vf signálů, čehož je dosaženo napájením IO napětím +3,6 V.

Napájecí napětí +3,6 V je získáváno ve stabilizátoru s obvodem LM317L (I041) v základním zapojení. LED D42 indikuje

přítomnost napájecího napětí, Schottkyho dioda D41 chrání stabilizátor při přepólování vnějšího napájecího zdroje.

Díky použití stabilizátoru se může vnější napájecí napětí pohybovat v širokém rozmezí od 7 do 15 V (popř. i širším). Odběr proudu z vnějšího napájecího zdroje je asi 15 mA.

Konstrukce a oživení

Kalibrátor je zkonstruován technologií povrchové montáže.

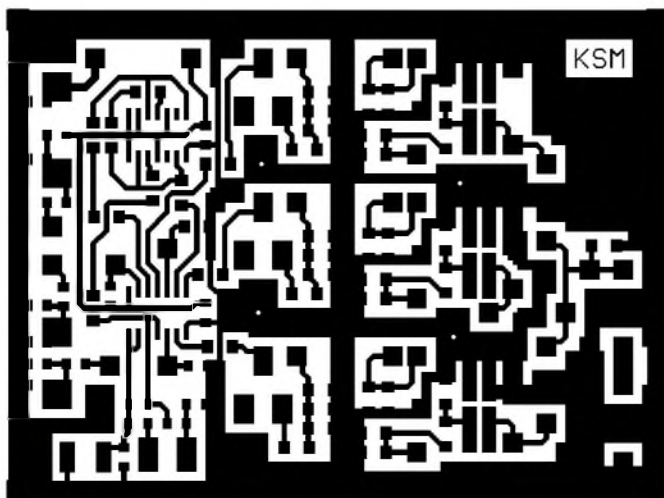
Většina součástek vf části kalibrátoru je umístěna na desce KSM s jednostrannými plošnými spoji. Obrázec spoju je na obr. 3, rozmístění součástek na desce je na obr. 4. V naznačených místech jsou do desky vyvrtány čtyři zemnící díry o průměru 2,5 mm.

Součástky stabilizátoru napájecího napětí +3,6 V jsou na desce KSMS (rovněž s jednostrannými plošnými spoji). Obrázec spoju je na obr. 5, rozmístění součástek na desce je na obr. 6.

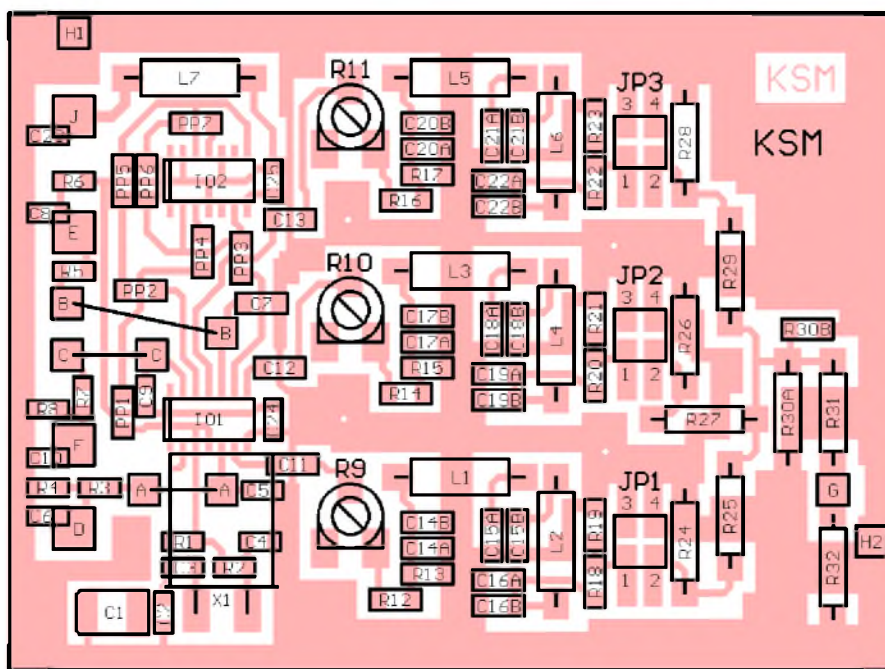
Většina součástek na deskách KSM a KSMS je v provedení SMD, některé jsou kvůli ceně a dostupnosti vývodové

a jejich vývody jsou zkráceny a vytvářeny tak, aby byly jako SMD (jsou to např. krystal X1, trimry C1 a R9 až R11, cívky L1 až L7, rezistory R24 až R35 atd.). Na desce KSM jsou též tři propojky (A-A až C-C) z izolovaného lanka. Pohled na desky osazené součástkami je na obr. 7.

Deska KSM je vestavěna do stínicího krytu zhotoveného z krabičky z pocínovaného plechu typu U-AH102, kterou prodává firma GM Electronic. Z krabičky je použit rámeček a jedno víčko. Rámeček vytváříme a znovu spájíme tak, aby byl skutečně obdélníkový. Asi 2,5 mm od dolního okraje vložíme do rámečku zemní desku o rozměrech přibližně 90x67x1,5 mm z laminátu oboustranně plátovaného mědi. Desku připájíme k rámečku souvisle po celém obvodu na obou jejích stranách. Pak do rámečku vyvrtáme díry pro vývody z desky KSM. Nakonec na zemní desku položíme desku KSM a po obvodu ji přichytíme několika kapkami pájky. Vyplněním čtyř zemních děr pájkou též propojíme zemní spoje na desce



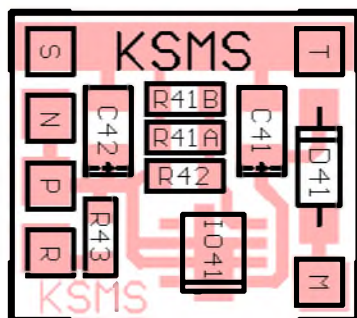
Obr. 3.
Obrazec
plošných spojů
na desce KSM
kalibrátoru
(měř.: 1 : 1,
deska má
rozměry
87x63,5 mm)



Obr. 4. Rozmístění součástek SMD na straně pájení na desce KSM kalibrátoru



Obr. 5. Obrazec plošných spojů
na desce KSMS kalibrátoru
(měř.: 1 : 1, deska má rozměry
22,9 x 20,3 mm)



Obr. 6. Rozmístění součástek SMD
na straně pájení na desce KSMS
kalibrátoru

KSM s měděnou fólií na zemní desce. Stínicí kryt se uzavírá víčkem z krabičky U-AH102.

Stínicí kryt s deskou KSM a deska KSMS jsou položeny a několika kapkami pájky upevněny na nosné desce o rozměrech 130x70x1,5 mm ze skelného laminátu oboustranně plátovaného mědi. Fólie na dolní a horní straně nosné desky musí být navzájem propojeny.

Osazená nosná deska je vestavěna do plastové skříňky U-KP6. Je připevněna dvěma šrouby k plastovým nálitkům na dolním dílu skříňky. Celkové uspořádání vnitřku skříňky je na obr. 7.

Přepínač velikosti výstupního napětí S2 s rezistory R33 až R35 a výstupní konektor K1 jsou umístěny v plechovém stínicí krytu na plastovém předním panelu skříňky kalibrátoru - viz obr. 7 a obr. 8. Na předním panelu jsou i přepínač rozsahů S3, spínač napájení S1 a indikační LED D42.

Napájecí konektor K2 je na zadním panelu skříňky - viz obr. 9.

Jednotlivé díly a součástky ve skřínce jsou navzájem propojeny tenkými barev-

nými lanky s izolací PVC. Všechny lanky jsou z desky KSM vedeny do výstupního útlumového článku tenkým koaxiálním kabelem.

Konstrukci ilustrují i fotografie na čtvrté straně obálky tohoto časopisu.

Všechny konektory a ovládací a indikační prvky jsou opatřeny papírovými štítky s popiskami. Štítky jsou vytisknuty na laserové tiskárně a jsou nalepeny na panely oboustranně lepicí páskou.

Zapojený přístroj oživíme. Přivedeme vnější napájecí napětí 12 V a zkontrolujeme napětí +3,6 V na výstupu stabilizátoru IO41.

Pak si osciloskopem prohlédneme binární signály na výstupu oscilátoru 3 IO1A, na výstupech děliček 6 IO2A a 8 IO2B a v jednotlivých polohách přepínače S1 na výstupech hradel 6 IO1B, 8 IO1C a 11 IO1D.

Pomocí čítače připojeného k výstupu oscilátoru nastavíme trimrem C1 přesný kmitočet 14,0000 MHz. Nelze-li požadovaný kmitočet nastavit, upravíme kapacity kondenzátorů C3 a C2.

Je-li vše v pořádku, zkontrolujeme osciloskopem přítomnost sinusových signálů na konektorech JP1 až JP3.

Chceme-li přesně seřídit výstupní napětí kalibrátoru, připojíme postupně na konektory JP1 až JP3 (s odstraněnými propojkami) vř. milivoltmetr se vstupním odporem 50 Ω a mezi kontakty 1 a 3 těchto konektorů nastavíme trimry R9 až R11 napětí 22,4 mV, tj. úroveň -20 dBm (0 dBm odpovídá výkonu 1 mW na odporu 50 Ω).

Nakonec přiklopíme stínicí víčka a kalibrátor vyzkoušíme s přijímačem.

Kalibrátor lze postavit a uvést do provozu i bez měřicích přístrojů, jako jsou osciloskop, čítač a vř. milivoltmetr. Jeho obvody jsou nezávadné, a když fungují, fungují dobře. Kmitočet krystalu není nutné nastavovat, i tak je dostatečně přesný. Proto trimr C1 můžeme nahradit kondenzátorem SMD s kapacitou 10 pF. Rovněž úroveň výstupního signálu bude v toleranci ± 1 dB (± 10 %), i když neseřídíme trimry R9 až R11. Stačí je proto nastavit do střední polohy nebo je nahradit rezistory SMD o odporu 120 Ω .

Po připojení kalibrátoru k přijímači se nesmíme divit, když S-metr bude zobrazovat jiný údaj než např. S9, protože, jak vyplývá z článku v již citovaném časopise QST, i u profesionálních přijímačů jsou S-metry značně nepřesné a jejich údaje se mohou lišit až o několik jednotek.

Pro osvěžení paměti: na krátkých vlnách odpovídá údaj S9 napětí 50 μ V (resp. úroveň -73 dBm) na odporu 50 Ω anténního vstupu přijímače a každému zmenšení S o jednotku odpovídá zmenšení napětí vř. signálu na polovinu (resp. snížení úrovně o 6 dB).

Všechny hodnoty údaje S-metru můžeme zkontrolovat tak, že mezi kalibrátor a přijímač zapojíme útlumové články přepínatelné po 6 dB.

Po přepnutí výstupní úrovně kalibrátoru na -109 dBm (S3) by měl být signál z kalibrátoru ještě vysoko nad vlastním šumem dobrého přijímače.

Popsaný kalibrátor poslouží nejen k ověřování funkce S-metru a citlivosti přijímačů, ale díky přesnému kmitočtu jím můžeme seřizovat i analogové stupnice starších přijímačů.

Seznam součástek

Deska KSM

R1	1 M Ω , SMD 0805
R2	100 Ω , SMD 0805
R3, R5, R7	12 k Ω , SMD 0805
R4, R6, R8	100 k Ω , SMD 0805
R9, R10,	
R11	250 Ω , trimr PT6V
R12, R14,	
R16	470 Ω /1 %, SMD 1206
R13, R15,	
R17	220 Ω /1 %, SMD 1206
R18, R20,	
R22	270 Ω /1 %, SMD 1206
R19, R21,	
R23	56 Ω /1 %, SMD 1206
R24, R26,	
R28	51 Ω /1 %, metal., 0207
R25, R27,	
R29	2,2 k Ω /1 %, metal., 0207
R30A	33 Ω /1 %, metal., 0207
R30B	470 Ω , SMD 1206
R31	120 Ω /1 %, metal., 0207
R32	75 Ω /1 %, metal., 0207
PP1 až PP7	0 Ω , SMD 1206
C1	20 pF, trimr SMD, červ.
C2	33 pF/NPO, SMD 0805
C3	820 pF/NPO, SMD 0805
C4	47 pF/NPO, SMD 0805
C5, C6, C8,	
C9, C10	
C23, C24,	
C25	68 nF/X7R, SMD 0805
C7	68 nF/X7R, SMD 1206
C11, C12,	
C13	10 nF/X7R, SMD 1206
C14A	56 pF/NPO, SMD 1206
C14B	10 pF/NPO, SMD 1206
C15A	150 pF/NPO, SMD 1206
C15B	4,7 pF/NPO, SMD 1206
C16A	56 pF/NPO, SMD 1206
C16B	10 pF/NPO, SMD 1206
C17A	100 pF/NPO, SMD 1206
C17B	vynechán
C18A	150 pF/NPO, SMD 1206
C18B	68 pF/NPO, SMD 1206
C19A	100 pF/NPO, SMD 1206
C19B	15 pF/NPO, SMD 1206
C20A	220 pF/NPO, SMD 1206
C20B	vynechán
C21A	560 pF/NPO, SMD 1206
C21B	vynechán
C22A	220 pF/NPO, SMD 1206
C22B	vynechán
L1, L2	2,2 μ H, tlumivka axiál., $\varnothing$ 4 x 9,5 mm
L3, L4	4,7 μ H, tlumivka axiál., $\varnothing$ 4 x 9,5 mm
L5, L6	10 μ H, tlumivka axiál., $\varnothing$ 4 x 9,5 mm
L7	6,8 μ H, tlumivka axiál., $\varnothing$ 4 x 9,5 mm
X1	14 MHz, krystal HC49-U
IO1	74HC00, SMD (SO14)
IO2	74HC74, SMD (SO14)
JP1 až JP3	konektorové kolíky, viz text
zkratovací propojka (JUMPER) (3 kusy)	



Obr. 7. Uspořádání součástek ve skřínce kalibrátoru



Obr. 8. Součástky na zadní straně předního panelu kalibrátoru



Obr. 9. Zadní panel kalibrátoru s napájecím konektorem

deska s plošnými spoji č. KSM
krabice z pocínovaného plechu o rozměrech 92x67x22 mm (U-AH102)

Deska KSMS

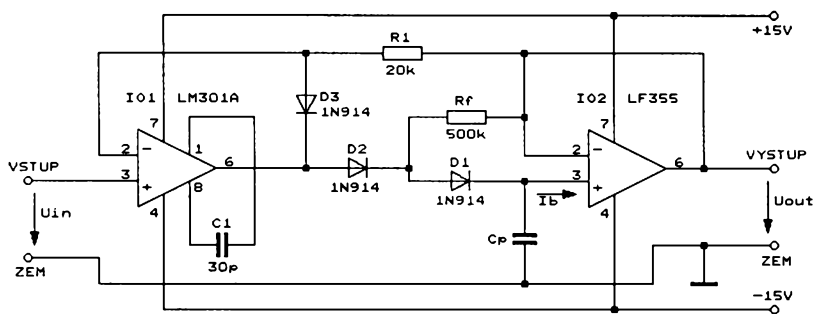
R41A	1 k Ω /1 %, SMD 1206
R41B	6,8 k Ω , SMD 1206
R42	470 Ω /1 %, SMD 1206
R43	680 Ω , SMD 1206
C41, C42	1 μ F/35 V, tantal., SMD rozměr B
D41	1N5819
IO41	LM317L, SMD (SO8)
deska s plošnými spoji č. KSMS	

Ostatní součástky

R33, R35	51 Ω /1 %, metal., 0207
----------	--------------------------------

R34	1,6 k Ω /1 %, metal., 0207
D42	LED zelená, 3 mm, 2 mA, v kovovém pouzdru (L-R732G)
S1	přepínač páčkový dvoupólový, třípolohový (ON-OFF-ON)
S2	přepínač páčkový dvoupólový, dvopolohový (ON-ON)
S3	přepínač páčkový jednopólový, dvopolohový (ON-ON)
K1	zásuvka BNC 50 Ω , panelová
K2	napájecí zásuvka 2,1 mm koax. kabel 50 Ω , $\varnothing$ 3 mm, délka 20 cm
plastová skříňka U-KP6 spojovací materiál, vodiče atd.	

Zbyněk Munzar



Obr. 10. Špičkový usměrňovač s malým driftem

Špičkový usměrňovač s malým driftem

V rubrice Jednoduchá zapojení v časopise PE 6/2004 byl otištěn popis přípravku pro měření špičkového proudu, ve kterém byl využit jednoduchý špičkový usměrňovač. Jak bylo zjištěno na realizovaném vzorku, paměťový kondenzátor špičkového usměrňovače se samovolně nabíjel a vybíjel různými parazitními svodovými proudy a výstupní napětí přípravku mělo takový drift (= posuv, unášení), že změřený údaj byl platný jen asi jednu minutu.

Shodou okolností bylo vzápětí nalezeno v katalogu National Semiconductor zapojení dokonalejšího špičkového usměrňovače s malým driftem, který samovolnou změnou napětí na paměťovém kondenzátoru tolik netrpí.

Schéma špičkového usměrňovače s malým driftem je na obr. 10. Paměťový kondenzátor Cp se nabíjí na velikost kladných špiček vstupního napětí U_{in} proudem tekoucím diodami D1 a D2. Napětí z kondenzátoru Cp je přiváděno na výstup přes převodník impedance s operačním zesilovačem IO2 typu MOSFET, který má jednotkové napěťové zesílení a nekonečný vstupní a nulový výstupní odpor. Na výstupu usměrňovače je ss napětí U_{out} , které má stejnou velikost jako napětí na kondenzátoru Cp. Aby se při nabíjení kondenzátoru Cp neuplatnil úbytek napětí na diodách D1 a D2, jsou tyto diody buzeny z výstupu operačního zesilovače IO1. Ten porovnává vstupní napětí U_{in} s výstupním napětím U_{out} , a pokud je špička U_{in} větší než U_{out} , zvětší se napětí na výstupu IO1 natolik, aby se diody D1 a D2 dostatečně otevřely a U_{out} dosáhlo velikosti špičky U_{in} .

Nutnou součástí špičkového usměrňovače je obvod pro vybíjení kondenzátoru Cp, který však není na obr. 10 nakreslen.

Oproti jednoduchému špičkovému usměrňovači obsahuje usměrňovač z obr. 10 navíc součástky D1, D3 a Rf.

Dioda D1 a pomocný rezistor Rf zabraňují vybíjení kondenzátoru Cp přes diodu D2 v době, kdy je okamžitá velikost napětí U_{in} menší než U_{out} . Tehdy je na diodě D1 nulové napětí a kondenzátor Cp se přes svod diody D1 nemůže vybíjet. Proud tekoucí svodem diody D2 teče rezistorem Rf a neovlivňuje napětí na kondenzátoru Cp. Kon-

denzátor Cp je proto vybíjen jen vlastním svodovým proudem a vstupním proudem I_b operačního zesilovače IO2, které jsou zanedbatelné.

Dioda D3 zabraňuje záporné saturaci operačního zesilovače IO1 tím, že upíná jeho výstupní napětí ke vstupnímu napětí U_{in} . Odstraněním stavu saturace se zvětšuje rychlost IO1 a zmenšuje svodový proud diody D2.

Aby popisovaný špičkový usměrňovač správně pracoval, musí být pro kmitočet f_{in} harmonických složek vstupního napětí splněna podmínka:

$$f_{in} \ll 1/(2 \cdot \pi \cdot R_f \cdot C_{D2}) \quad [\text{Hz}; \Omega, \text{F}],$$

kde C_{D2} je paralelní kapacita diody D2.

Kondenzátor Cp můžeme vybíjet např. paralelně připojeným tlačítkem. To však musí být vyrobeno z kvalitního materiálu se zanedbatelným svodem.

Aby měl usměrňovač dobré vlastnosti, musí být správně zkonstruován. Musí být použity dobré součástky a dobrý materiál na desku s plošnými spoji (značkový skelný laminát). Plošný spoj, který propojuje katodu diody D1 s horním vývodem kondenzátoru Cp a s vývodem 3 IO2, musí být obkroužen ochranným plošným spojem propojeným s vývodem 2 IO2, který má stejný potenciál jako vývod 3 IO2. Tento ochranný spoj zabraňuje vzniku svodových proudů vyvolávajících drift napětí na kondenzátoru Cp. Samozřejmě v okolí živého vývodu kondenzátoru Cp musí být deska s plošnými spoji dokonale čistá a ošetřená ochranným lakem proti navlhnutí.

Nejdokonalejší je ovšem propojit živý vývod kondenzátoru Cp s ostatními součástkami mimo desku s plošnými spoji - např. ve vzduchu nebo na podpůrném teflonovém izolátoru.

Při konstrukci usměrňovače můžeme použít i jiné typy součástek než podle obr. 10, vlastnosti součástek však vždy musí odpovídat principu funkce obvodu.

Katalog National Semiconductor: Aplikace obvodů řady LF155/6/7.

Nejjednodušší vf generátor

Zapojení velmi jednoduchého vf generátoru s kmitočtovým rozsahem 2,5 až 30 MHz je na obr. 11.

Základem generátoru je Clappův oscilátor s tranzistorem T1, který je přeladován otočným kondenzátorem C1.

Kmitočtové rozsahy se volí přepínáním cívek L1 až L5, které tvoří s kondenzátorem C1 paralelní rezonanční obvod. Paralelně k ladícímu kondenzátoru C1 je ještě připojen zpětnovazební kapacitní dělič s kondenzátory C2, C3 a C4, který omezuje poměr přeladění v každém kmitočtovém rozsahu na velikost asi 1 : 2.

Generovaný kmitočet f je určen indukčností L zvolené cívky a celkovou ladící kapacitou C a lze jej vypočítat podle známého Thomsonova vzorce:

$$f = 159,2/\sqrt{L \cdot C} \quad [\text{MHz}; \mu\text{H}, \text{pF}].$$

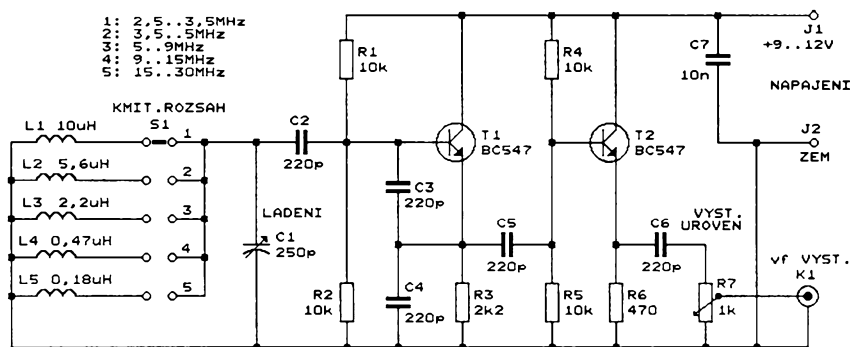
Vf signál z oscilátoru je veden do oddělovacího emitorového sledovače s tranzistorem T2.

Ze sledovače se vf signál vede na potenciometr R7 pro regulaci výstupní úrovně signálu, a z běžce R7 pak na výstupní konektor K1.

Aby byl generátor kmitočtově stabilní, musí být napájen stabilizovaným napětím. Velikost napájecího napětí však není kritická a může být 9 až 12 V. Napájecí proud není v původním prameni uveden, z pohledu na schéma ale vyplývá, že je maximálně 20 mA. Nejvhodnějším napájecím zdrojem je stabilizovaný síťový adaptér.

Pokud chceme úroveň výstupního vf signálu snížit více, než dovoluje potenciometr R7 (tj. o více než 30 až 50 dB), zařadíme za generátor vícestupňový útlumový článek, který byl popsán např. v PE 12/1999 na straně 28.

Świat Radio, prosinec 2004



Obr. 11. Nejjednodušší vf generátor