

Tester kondenzátorů – – měřič ESR

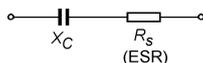


Miloš Zajíc

Každý opravář potvrdí, že jednou z nejčastějších závad spotřební elektroniky jsou vadné elektrolytické kondenzátory. Měřičem ESR je lze snadno a rychle najít bez vypájení.

Co je ESR ?

ESR – ekvivalentní sériový odpor je součet všech vnitřních odporů kondenzátoru změřený v ohmech. Hodnota ESR závisí na konstrukci kondenzátoru, kvalitě dielektrika, kmitočtu a teplotě. Lze si jej představit jako sériové spojení ideálního kondenzátoru se sériovým rezistorem R_s o odporu odpovídající hodnotě ESR.



$$X_C = \frac{1}{2\pi f C}$$

Obr. 1. Ekvivalentní sériový odpor kondenzátoru

Pro nás je zajímavé hlavně to, že změna vlastností kondenzátoru způsobená stárnutím a vysycháním se nejdříve projeví na hodnotě ESR. Životnost elektrolytických kondenzátorů se totiž velmi výrazně zkracuje se zvyšující teplotou. Ta se nezvyšuje jen ohřevem od okolí, ale i ztrátami při průchodu velkého střídavého proudu.

ESR se musí měřit střídavým proudem s vyšším kmitočtem, většinou kolem 100 KHz. Běžnými přístroji pro měření kapacity kondenzátorů se nedá změřit, a málokdy lze ESR měřit přímo v zapojení. Pouhé změřením kapacity nemusí dávat dobré výsledky, protože velmi záleží na použité měřicí metodě.

Základní technické parametry

Rozsah měření: 0,1 až 300 Ω ,
tj. 0,1 až 10 000 μF .
Max. měřicí napětí: 150 mV.
Měřicí kmitočet: 100 kHz.
Zobrazení: 8 + 1 LED.
Napájení: baterie 9 V.
Spotřeba: asi 6 mA.
Rozměry: 67 x 115 x 28 mm.

Požadavky

Při konstrukci přístroje jsem si stanovil základní požadavky, které by měl přístroj splňovat:

Jednoduchá a přehledná indikace naměřeného údaje – u některých publikovaných konstrukcí byla použita indikace pouze jednou LED. Pro velký rozsah měřených kapacit a správné posouzení stupně jejich poškození je jednoúrovňová indikace nedostatečná. V této aplikaci není nutná velká přesnost měření, ale spíše jednoduchá přehledná indikace údaje v dosti velkém rozsahu bez přepínání rozsahů. Proto bylo zvoleno řešení se stupnicí LED. Ručkový měřič s logaritmicou stupnicí by také vyhověl, ale z důvodů malé mechanické odolnosti je nevhodný.

Indikace zkratu – aby nedocházelo k omylu při měření, měl by tester dokázat rozlišit malý stejnosměrný odpor (zkrat, vodič) od kondenzátoru.

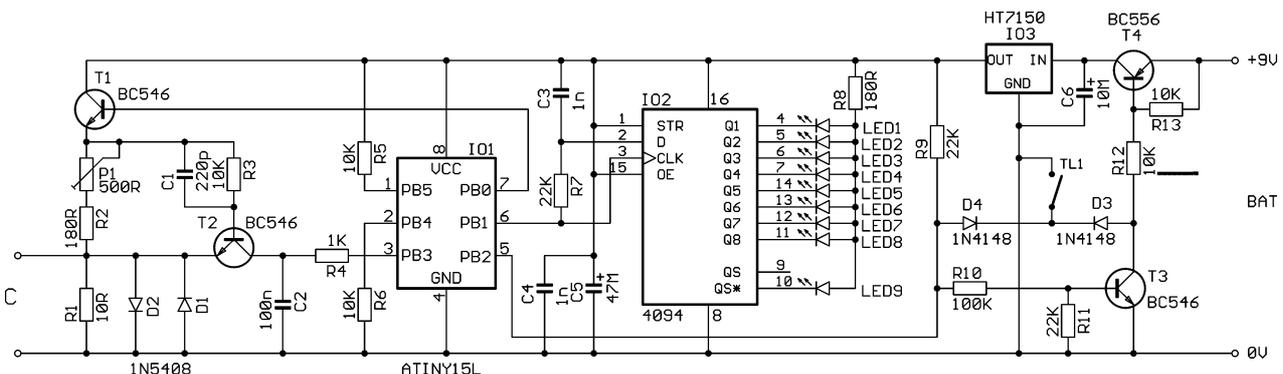
Automatické vypnutí při nečinnosti – z vlastní zkušenosti při používání jiných přístrojů např. multimetrů je tato funkce velmi důležitá.



Popis zapojení

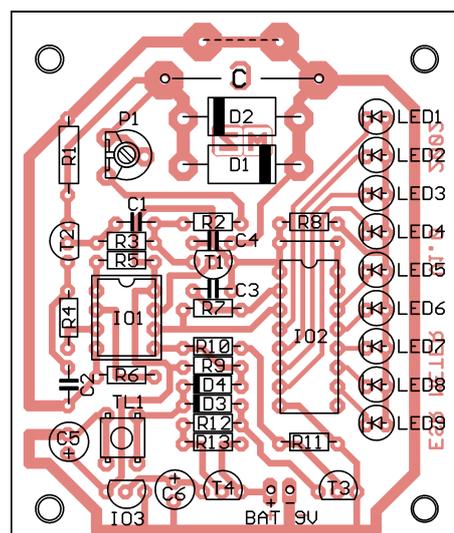
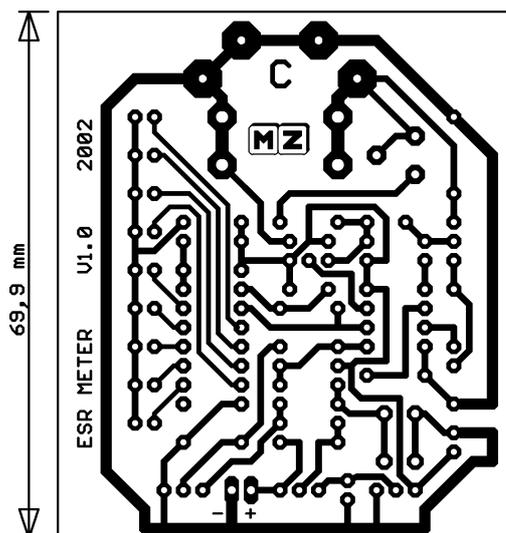
Na první pohled by se mohlo zdát, že by přístroj mohl být zkonstruován z běžných analogových součástek. Přesto byl k jeho realizaci použit mikroprocesor. Jedná se o typ Atmel Atiny15, který obsahuje vše potřebné pro realizaci přístroje včetně převodníku AD. Zejména část detekce zkratu a automatické vypnutí by běžnou konstrukcí dosti komplikovala.

Program v procesoru IO1 nejprve vygeneruje impuls na tranzistoru T1. Ten je proudově zesílen tranzistorem T2. Přesná velikost proudu (kalibrace) se nastavuje trimrem P1. Velikost impulsu je zapamatována obvodem „sample and hold“ tvořeném diskretními součástkami T2 a C2. Při vývoji vzor-



Obr. 2. Schéma zapojení měřiče ESR

Obr. 3.
Deska s plošnými
spoji a rozmístění
součástek



ku se ukázalo, že na místě spínače lépe vyhoví běžný bipolární tranzistor v inverzním režimu než MOSFET. Předpokladem jsou vhodné budicí obvody (R3, C1). Napětí na C2 je změřeno AD převodníkem v procesoru, jsou provedeny korekce, filtrace a výsledek je zobrazen na displeji z LED. U malých odporů ($<0,5 \Omega$) se provádí ještě test na zkrat. Kondenzátor se nabíjí konstantním proudem a sleduje se, zda se napětí na kondenzátoru zvětšuje. Pokud je stále stejné, nejde o kondenzátor a je indikován zkrat. Vzhledem k tomu, že použitý procesor nemá vývodů nazbyt, bylo použito pro řízení LED budiče IO2. Informace o stavu výstupů se z procesoru přenáší sériově. Šířkou impulsu se určí, zda se zapisuje logická „0“ nebo „1“. Takto připojení LED zabírá pouze jeden vývod procesoru. Výstupy IO2 přímo budí LED s malou spotřebou a jejich proud je omezen rezistorem R8.

Poslední částí jsou obvody napájení. Tranzistor T4 slouží jako hlavní spínač napájení. Následuje stabilizátor IO3. Jde o typ s malou vlastní spotřebou a malým úbytkem. Běžný 78L05 má klidovou spotřebu asi 3 mA, což je více jak polovina spotřeby celého přístroje. Malý úbytek na stabilizátoru zajišťuje, že přístroj pracuje beze změn až do poklesu napětí baterie na 5,3 V. Přístroj se zapíná tlačítkem TL1. Jeho stiskem se přes D3 sepne hlavní spínač T4 a potom si již sám procesor drží zapnuté napájení pomocí T3. Pokud se neměří, přístroj se sám asi po 1 minutě vypne.

Součástky D1, D2, R4 slouží jako ochranné. Přesto raději kondenzátor před měřením vybijeme.

Stavba

Osazování začneme jednou drátovou propojkou na desce. Potom postupně osazujeme součástky od nejnižší po nejvyšší. Procesor IO2 je

osazen v objímce. Zatím neosazujeme LED a TL1. Svitivé diody nasadíme do desky a desku vložíme do vyvrtané krabičky. Po usazení LED do děr v krabičce je zapájíme. Obdobně i tlačítko. Tím zajistíme, že vše bude perfektně pasovat.

Připájíme konektor pro baterii 9 V a nakonec připojíme dvěma krátkými vodiči vstupní zdičky. Zdičky lze také vynechat a vodiče od měřicích hrotů zapájet přímo do desky. Smyčkou drátu je přichytíme na kraji desky proti vytržení. Konečnou montáž provedeme až po oživení. Měřicí vodiče by měly mít dostatečný průřez a délku nejvýše 1 m. Stejnoseměrný odpor obou vodičů by měl být menší jak $0,1 \Omega$. Je nutno si uvědomit, že měříme dosti malé odpory.

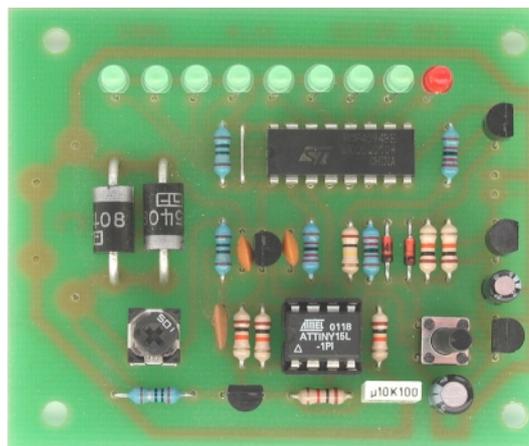
Mechanická konstrukce

Přístroj je umístěn v krabičce KP20. Pokud nemáme krabičku již hotovou, je nutné provést tyto úpravy. Nejprve musíme z vrchního dílu odstranit čtyři nízké náličky. Jde to dobře štípacími kleštěmi s ostřím kolmo k rukověti. Přes štítek si jehlou označíme na čelním panelu středu děr a vyvrtáme je – $9 \times \varnothing 3 \text{ mm}$ pro LED a

$1 \times \varnothing 3,3 \text{ mm}$ pro tlačítko. V horním boku vyvrtáme díry pro dvě zdičky ($2 \times 8 \text{ mm}$). Pokud nepoužijeme zdičky, bude zde pouze jeden otvor s průměrem gumové průchodky, kterou použijeme pro průchod měřicích vodičů. Ve spodním dílu krabičky je nutno snížit spojovací sloupky o tloušťku desky s plošnými spoji, tj. asi o 1,5 mm. Nakonec přilepíme čelní štítek.

Oživení

Zapojení je velmi jednoduché a při pečlivé práci bude fungovat okamžitě. Přesto před prvním zapnutím vyjmeme procesor. Zdroj nastavíme na omezení asi 50 mA a postupně zvětšujeme napětí až asi na 7 V. Při zvětšování napětí stiskneme TL1. Odebíraný proud bude závislý podle toho, kolik bude svítit LED (nemusí svítit také žádná). Pokud je vše v pořádku i při napětí zdroje 7 V, změříme napětí na objímce procesoru mezi vývody 4 a 8. Zde by mělo být 4,9 až 5,25 V. Potom osadíme procesor. Po zapnutí tlačítkem se otestují diody. Nyní zkalibrujeme přístroj. Vstupní svorky jsou přítom volné. Trimrem P1 najdeme rozhraní, kdy nejvyšší LED přechází



Obr. 4.
Osazená deska měřiče
ve skutečné velikosti

z trvalého svitu do blikání. Kousek ještě přidáme, tak aby LED spolehlivě blikala. To signalizuje, že je přístroj zapnut a vstupní svorky jsou buď volné, nebo je měřená hodnota mimo rozsah. Tím je nastavení skončeno a můžeme vyzkoušet měření.

Měření v praxi

Přístrojem můžeme měřit v přímo v zapojení. Polaritu není nutno dodržovat. Vzhledem k malému měřicímu napětí se polovodičové přechody ještě neotevrou a proto diody a tranzistory měření neovlivňují. Je jen málo případů, kdy kondenzátor nelze změřit přímo v zapojení.

Tabulka hodnot na panelu přístroje platí pro běžné elektrolytické kondenzátory při pokojové teplotě! Mohou se zde samozřejmě vyskytovat odchylky. V případě, že si nejsme jisti, změříme si dobrý kondenzátor stejného typu, napětí a kapacity pro porovnání. Postupem času získáme již odhad, kdy není něco v pořádku. Obecně lze říci, že u běžného kondenzátoru s kapacitou větší jak asi 5 μF by měl být ESR vždy pod 10 Ω . Přístroj samozřejmě měří v pracovním rozsahu informativně i odpory.

Kde hlavně hledat podezřelé kondenzátory?

- Zejména v obvodech, kde kondenzátorem prochází velký impulsní proud. Pokud je kondenzátor v blízkosti chladiče nebo výkonového rezistoru, je pravděpodobnost závady mnohonásobně větší.
- Primární obvody spínaných zdrojů. Obzvláště záladné jsou některé zdroje levnějších TV, u nichž se postupně, jak kondenzátory „odcházejí“, zvětšuje výstupní napětí zdroje.
- Filtrační kondenzátory na sekundární straně.
- Vertikální rozklad v TV a monitorech.
- Zdrojová část ve videokamerech.
- V obvodech bezkomutátorových motorů v kamerách a videomagnetofonech.

Co nelze správně změřit?

- Ke kondenzátoru je připojen paralelně rezistor s malým odporem (menším jak asi 10 Ω , vadné polovodiče) nebo indukčnost (menší jak asi 50 μH). Zde je nutné obvod rozpojit.
- Pokud je paralelně spojeno více kondenzátorů, nelze určit který z nich je vadný. Opět je nutné rozpojit obvod a měřit je samostatně.

Pokud při zapnutí svítí trvale některá z horních LED i při volných vstupních svorkách, znamená to, že baterie je vybitá a je nutno ji vyměnit.

Upozornění – před měřením je nutné se přesvědčit, že je měřený kondenzátor vybit. Tester má sice na vstupech ochranu proti přetížení, ale ta nevydrží vše.

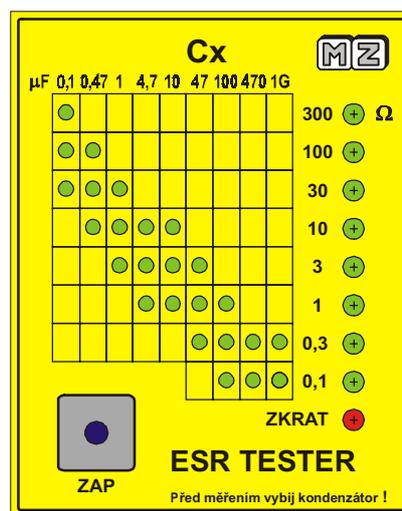
Závěr

Dnes si již nedokážu představit práci opraváře bez tohoto přístroje. Investice do stavby přístroje se nám vrátí již po několika málo opravách výraznou úsporou času.

Stavebnici je možno si objednat na adrese Miloš Zajíc, Hálkova 739, Pečky 289 11, www.zajic.cz, email: milos@zajic.cz, tel. 321 785 510. Cena za „eco“ verzi stavebnice (jen deska a součástky) je ,- Kč, komplet stavebnice s krabičkou a štítkem stojí ,- Kč. Za příplatek je možno dodat vyvrtanou krabičku a štítek s otvory případně celý hotový oživený přístroj.

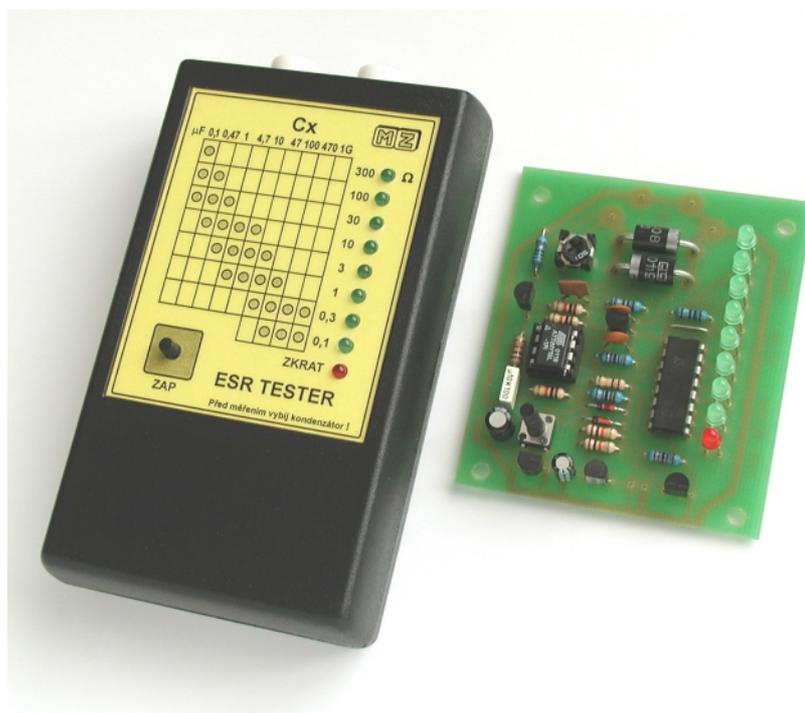
Seznam součástek

R1	10 Ω
R2, R8	180 Ω
R3, R5, R6, R12, R13	10 k Ω
R4	1 k Ω
R7, R9, R11	22 k Ω
R10	100 k Ω
P1	500 Ω



Obr. 5. Čelní štítek přístroje

C1	220 pF, keramický
C2	100 nF, svitkový
C3, C4	1 nF, keramický
C5	47 $\mu\text{F}/6\text{ V}$
C6	10 $\mu\text{F}/25\text{ V}$
D1, D2	1N5408
D3, D4	1N4148
T1, T2, T3	BC546
T4	BC556
LED1 až LED8	zelená (2 mA)
LED9	červená (2 mA)
IO1	ATiny15 (prog.)
IO2	4094
IO3	HT7150
Tlačítko, krabička	KP20, zdičky



Obr. 6. Hotový přístroj a osazená deska