

V této kapitole jsou uvedena zapojení z oblasti měřicí techniky a napájecích zdrojů. Konstrukce doplněné deskami s plošnými spoji byly realizovány a prakticky ověřeny. Popsaná zapojení je vhodné brát především jako podnět a inspiraci k další tvůrčí činnosti a je možné s nimi dále laborovat.

Měřicí technika

Tester stavu elektrolytických kondenzátorů zapojených v obvodu

Elektrolytické kondenzátory jsou hojně používané součástky, naneštěstí jsou značně nespolehlivé, zvláště pracují-li při vyšších teplotách a přenášejí-li větší střídavý proud (tj. především ve zdrojích).

Nejčastější závadou elektrolytických kondenzátorů je zmenšení jejich kapacity a zvětšení jejich ekvivalentního sériového odporu (*ESR*), což je způsobené vyschnutím elektrolytu (buď vlivem vysoké provozní teploty nebo při poruše těsnosti pouzdra). Méně častými závadami jsou úplná ztráta kapacity (způsobená tím, že vlivem koroze nebo proudového přetížení se přeruší vnitřní spoje v kondenzátoru) nebo zkrat mezi elektrodami.

Všechny uvedené závady elektrolytických kondenzátorů (až na zkrat) se projeví zřetelným zvětšením jejich impedance. Zkrat je pak charakteristický tím, že kondenzátor má nulový odpor i pro stejnosměrný proud.

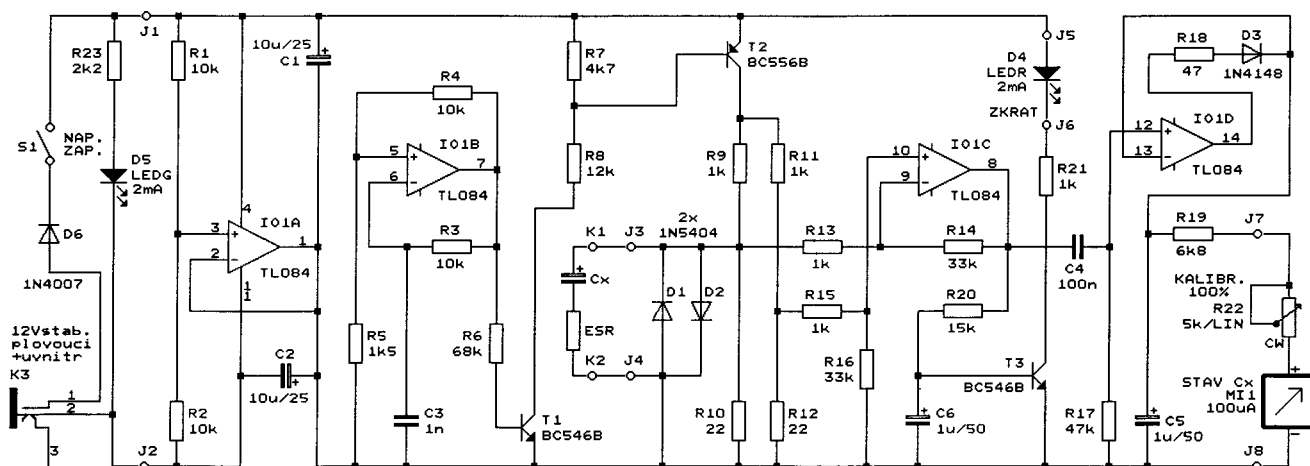
Popisovaný tester umožňuje posoudit stav elektrolytických kondenzátorů na základě měření jejich impedance.

Tester stavu je vlastně měřič absolutní hodnoty impedance (dále budeme pro stručnost psát jen impedance) s ručkovým měřidlem. Impedance se měří na kmitočtu 100 kHz. Výchylka ručky měřidla v závislosti na měřené impedanci je nelineární. Nulové impedance odpovídá plná výchylka (100 %), impedance asi 20 Ω odpovídá poloviční výchylka (50 %), při nekonečné impedanci je výchylka ručky nulová. Při přímém zkratu vstupních svorek měřiče se rozsvítí indikační LED označená ZKRAT.

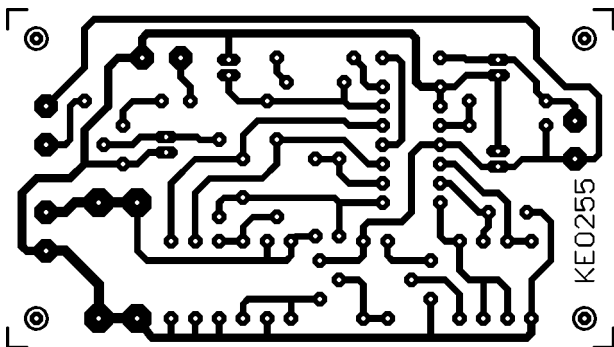
Významnou vlastností popisovaného testeru je to, že umožňuje měřit impedance kondenzátorů zapojených v obvodu (např. připájených oběma vývody do desky s plošnými spoji). Toho je dosaženo tím, že kondenzátor je při měření impedance buzen vř signálem (o kmitočtu 100 kHz) s mezivrcholovým rozkmitem pouhých asi 120 mV, který nestačí otevřít PN přechody polovodičových součástek připojených ke kondenzátoru. Při testování se neuplatní ani rušivý vliv připojených rezistorů, protože impedance dobrého elektrolytického kondenzátoru je velmi malá (menší než asi 5 Ω). Bez vypájení však nelze testovat jednotlivé kondenzátory ze skupiny několika paralelně zapojených kondenzátorů, protože tester měří impedance celé skupiny.

Pro svoji užitečnost v laboratoři i opravářské dílně byl tester realizován. Celkové provedení je zřejmé z obr. 1.

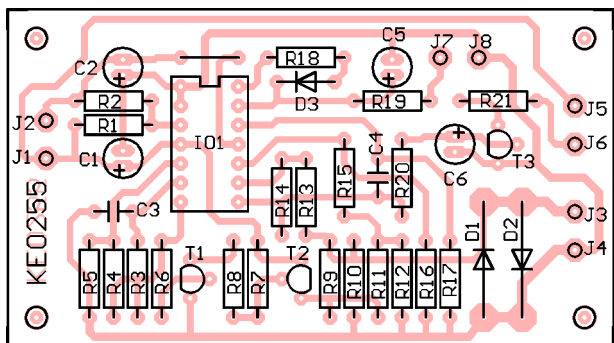
Připojíme-li ke vstupním zdírkám *CELLYT*x testeru dobrý elektrolytický kondenzátor, bude v závislosti na jeho jmenovité kapacitě výchylka ručky měřidla 85 až 100 % a LED ZKRAT bude zhasnutá. Pokud bude měřidlo ukazovat méně než 85 %, je kondenzátor méně kvalitní a při výchylce ručky menší než 50 % je kondenzátor vysloveně



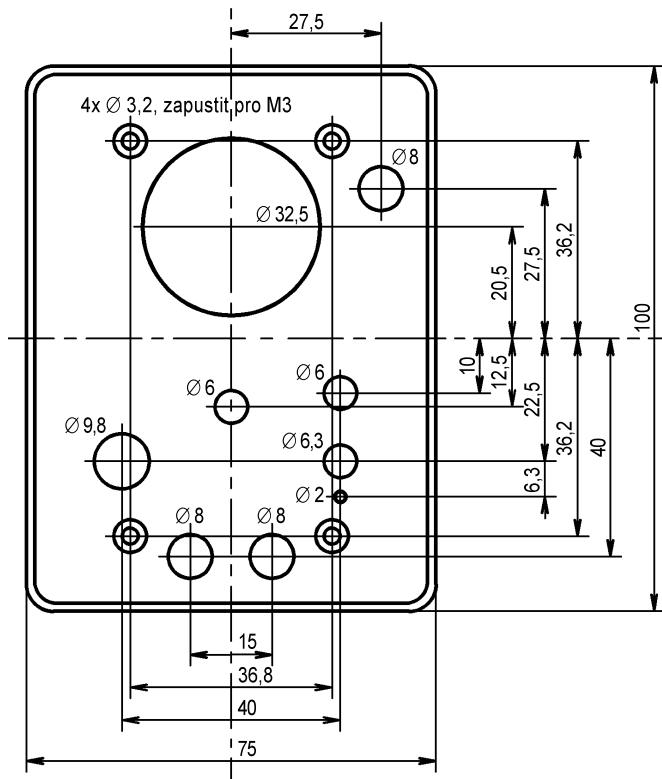
Obr. 2. Tester stavu elektrolytických kondenzátorů zapojených v obvodu



Obr. 3. Obrazec plošných spojů testeru stavu elektrolytických kondenzátorů (měř.: 1 : 1)



Obr. 4. Rozmístění součástek na desce testeru stavu elektrolytických kondenzátorů



Obr. 6. Vrtání homí stěny krabičky U-03-114C testeru (bez měřítka). Průměry a popř. rozmístění děr je nutné upravit podle rozměrů skutečně použitých součástek!

vadný. Při nulové výchylce ručky je kondenzátor přerušeny, při rozsvícení LED ZKRAT je zkratovaný. Při pochybnostech o kvalitě testovaného kondenzátoru změříme nejprve impedanci dobrého kondenzátoru stejného typu a s ní pak porovnáme změřenou impedanci testovaného kondenzátoru.

Popis funkce

Schéma zapojení testeru je na obr. 2. Impedance testovaného kondenzátoru se měří můstkovou metodou, která dovozuje odlišit „nulovou“ reaktanci kondenzátoru od jeho přímého zkratu.

Můstek je tvořen rezistory R9 až R12. Jeho svislá diagonála je buzena z tranzistoru T2 obdélníkovým signálem o kmitočtu asi 100 kHz se střídou přibližně 1 : 1. Signál má stejnosměrnou složku asi 2,8 V a mezivrcholový rozkmit asi 5,6 V. Budicí signál je generován multivibrátorem s operačním zesilovačem (OZ) IO1B a dále zpracováván tranzistory T1 a T2. Odpory rezistorů R6 až R8 jsou dosti kritické, protože vzhledem k vlastnostem tranzistorů T1 a T2 mohou značně ovlivnit střidu budicího signálu můstku (pokud by se střída výrazněji lišila od poměru

1 : 1, můžeme ji zkusit upravit změnou odporu některého z těchto rezistorů.

Testovaný kondenzátor se k můstku připojuje paralelně k rezistoru R10 prostřednictvím zdírek K1 a K2 (označených jako C_{ELLYT}X). Paralelně ke zdírkám K1 a K2 jsou připojeny ochranné diody D1 a D2, které vybijí případné stejnosměrné napětí na testovaném kondenzátoru a nedovolí mu zničit tester (tester „přežil“ i připojení kondenzátoru o kapacitě 470 µF nabitého na 150 V). Nedoporučuje se testovat kondenzátory v přístroji se zapnutým napájením, tester by mohl napájecí napětí zkratovat a přístroj zničit!

K vodorovné diagonále můstku je připojen diferenční stejnosměrný zesilovač se zesílením 33, osazený OZ IO1C. V klidu je můstek vyvážený a na výstupu 8 IO1C je proti zemi (svorce J8) nulové napětí.

Připojíme-li k můstku ke zdírkám K1 a K2 kondenzátor, který nemá stejnosměrný svod, můstek se rozváží pouze střídavě a na výstupu 8 IO1C se objeví střídavé napětí (pilovitý průběh vzhledem k pomalosti OZ) s nulovou stejnosměrnou složkou. Rozkmit tohoto střídavého napětí je „nepřímě úměrný“ impedanci připojeného kondenzátoru (při nulové impedanci je největší a při nekonečné impedanci je nulový). Rozkmit střídavého napětí na výstupu 8 IO1C se vyhodnocuje špičkovým usměrňovačem s OZ IO1D a zobrazuje ručkovým měřidlem MI1. Trimrem R22 je nastavena taková citlivost měřidla, aby při nulové impedanci připojeného kondenzátoru byla výchylka ručky 100 %.

Když zdířky K1 a K2 přímo zkratujeme, můstek se rozváží střídavě i stej-

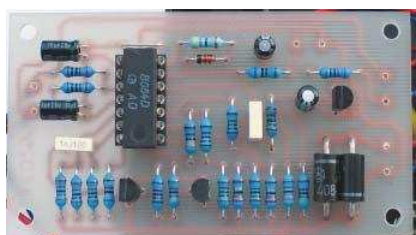
nosměrně a na výstupu 8 IO1C se objeví střídavé napětí se stejnosměrnou složkou. Stejnou měrou složkou (po vyfiltrování střídavé složky článkem R20, C6) se sepne tranzistor T3, který rozsvítí LED D4 označenou nápisem ZKRAT. Pochopitelně i v tomto případě se ručka měřidla MI1 vychýlí na 100 %. LED D4 se rozsvítí také tehdy, propojíme-li zdířky rezistorem, jehož maximální odpor může být asi 33 Ω. Výchylka ručky je pak ovšem menší.

Tester je napájen plovoucím stabilizovaným napětím 12 V z vnějšího zdroje (např. ze síťového adaptéru). Odběr napájecího proudu je asi 13 mA. Střed napájení („umělá zem“), k němuž jsou vztaženy všechny signály v testeru, je vytvořen operačním zesilovačem IO1A. LED D5 indikuje přítomnost napájecího napětí, D6 chrání tester při přepólování napájecího napětí.

Konstrukce a oživení

Většina součástek testeru je umístěna na desce s jednostrannými plošnými spoji. Obrazec spojů je na obr. 3, rozmístění součástek na desce je na obr. 4. Na desce je jedna drátová propojka zhotovená z odstříženého vývodu miniaturního rezistoru. Kondenzátory C1 a C2 jsou umístěny naležato, aby se zmenšila výška zástavby a deska se vešla do krabičky pod měřidlo. IO1 je umístěn v precizní objímce DIL14 (postačila by i běžná objímka, redaktor však má špatné zkušenosti s pájitelností jejich vývodů). Rezistor R19 zatím nezapojíme. Pohled na desku osazenou součástkami je na obr. 5.

Zapojenou desku oživíme. Připájíme provizorní LED D4, paralelně ke kon-



Obr. 5. Deska testeru



Obr. 7. Rozmístění a zapojení součástek uvnitř krabičky testeru

denzátoru C5 připojíme přes odporový trimr 25 k Ω (nastavený na maximální hodnotu) mikroampérmetr (měřidlo) MI1 a na desku zavedeme napájecí napětí 12 V z laboratorního zdroje.

Multimetrem ověříme, že na výstupu 1 IO1A je polovina napájecího napětí („umělá zem“). Osciloskopem (se zemí připojenou k J8) zkontrolujeme, že kmitá multivibrátor s IO1B (v realizovaném přístroji byl jeho kmitočet 110 kHz) a že na kolektoru T2 je signál s pravouhlým průběhem se střídou přibližně 1 : 1 a s rozkmitem rovným přibližně jedné polovině napájecího napětí.

Pak zkratujeme vstupní svorky (J3, J4) - přitom se musí rozsvítit LED D4 a MI1 se musí značně vychýlit. Trimrem zapojeným v sérii s MI1 nastavíme maximální výchylku ručky měřidla MI1 (na poslední dílek stupnice). Změříme odpor trimru a nahradíme jej sériovou kombinací rezistoru R19 a potenciometru R22. R19 musí mít takový odpor, aby sériová kombinace (při potenciometru „vytočeném“ přibližně do poloviny) měla stejný odpor jako trimr.

V realizovaném testeru bylo použito měřidlo MP40 s rozsahem 100 μ A, pro které při odporu potenciometru R22 = 5 k Ω vyšel odpor R19 = 6,8 k Ω (viz seznam součástek). Při použití méně citlivého měřidla bude odpor rezistoru R19 přiměřeně menší, přičemž musí-

Tab. 1. Závislost výchylky ručky měřidla testeru na měřené impedanci

Impedance [Ω]	0	1	2,2	3,3	4,7	10	22	100
Výchylka [%]	100	95	90	85	80	65	43	11

me zmenšit i odpor potenciometru R22, aby bylo nastavení maximální výchylky měřidla dostatečně jemné.

V realizovaném přístroji byla oživená deska s plošnými spoji vestavěna do plastové krabičky U-03-114C, na jejíž horní stěnu byly umístěny všechny ovládací a indikační prvky i konektory. Výkres vrtání skříňky je na obr. 6, pohled na uspořádání součástek a spojů ve skříňce je na obr. 7.

K dokončenému testeru si ještě zhotovíme dva testovací kablíky o délce asi 0,5 m z měděného lanka o průřezu asi 0,5 mm² s izolací PVC, opatřené na na jednom konci banánkem a na druhém ostrým měřicím hrotem.

Před měřením testovací hroty zkratujeme a potenciometrem R22 nastavíme výchylku ručky 100 %. Pak hroty připojíme k testovanému kondenzátoru, přečteme výchylku ručky a usoudíme na stav kondenzátoru. Přesnější vztah mezi výchylkou ručky a impedancí testovaného kondenzátoru je uveden v tab. 1.

Seznam součástek

R1, R2, R3, R4	10 k Ω /1 %, metal., 0207
R5	1,2 k Ω /1 %, metal., 0207
R6	68 k Ω /1 %, metal., 0207
R7	4,7 k Ω /1 %, metal., 0207
R8	12 k Ω /1 %, metal., 0207
R9, R11, R13, R15	1 k Ω /1 %, metal., 0207
R10, R12	22 Ω /1 %, metal., 0207
R14, R16	33 k Ω /1 %, metal., 0207
R17	47 k Ω /1 %, metal., 0207
R18	47 Ω /1 %, metal., 0207
R19	6,8 k Ω /1 %, metal., 0207
R20	15 k Ω /1 %, metal., 0207
R21	1 k Ω /1 %, metal., 0207
R22	5 k Ω /lin., potenciometr
R23	2,2 k Ω /1 %, metal., 0207
C1, C2	10 μ F/25 V, rad., miniat.

C3	1 nF/J/100 V, fóliový (CF2)
C4	100 nF/K/63 V, fóliový (CF1)
C5, C6	1 μ F/50 V, rad., miniat.
D1, D2	1N1N5404
D3	1N4148
D4	LED červ., 2 mA, 3 mm, v kov. objímce (L-R732R)
D5	LED zel., 2 mA, 3 mm, v kov. objímce (L-R732G)
D6	1N4007
T1, T3	BC546B
T2	BC556B
IO1	TL084
MI1	ručkové měřidlo 100 μ A
S1	P-B069B, páčkový prepínač ON-ON, jednopólový
K1, K2	zdiřka 4 mm izolovaná
K3	K3716A, napájecí konektor panelový, 2,1 mm
	objímka precizní pro DIL14 (1 kus)
	deska s plošnými spoji č.: KE0255
	krabička U-03-114C (GM Electronic)
	distanční sloupek DI5M3X30 (4 kusy)
	knoflík na potenciometr, šroubky atd.

Poptronics, červenec 2001