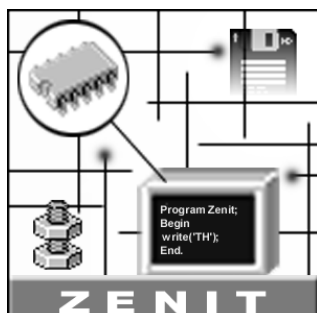


KÓD SÚŤAŽIACEHO : _____

DÁTUM : _____



Merač kapacity a ESR elektrolytických kondenzátorov

Úloha:

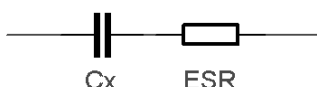
1. Podľa predloženej schémy zapojenia navrhnete plošný spoj
2. Navrhnutý plošný spoj prekreslite alebo preneste na dosku plošného spoja
3. Plošný spoj sa vyrobí leptaním v chloride železitom
4. Osadíte súčiastky a oživíte zariadenie

Úvodom

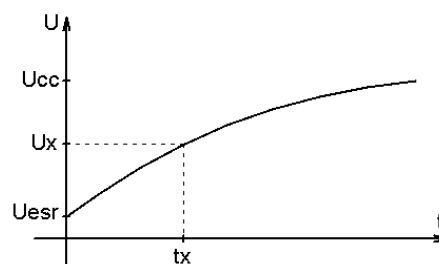
Vadné elektrolytické kondenzátory sú jednou z hlavných príčin porúch spotrebnej elektroniky. Ich identifikácia je mnohokrát nemožná s bežnými meracími prístrojmi. Týmto meracím prístrojom je možné merať kapacitu a vnútorný sériový odpor kondenzátora priamo v zapojení, čo výrazne urýchľuje identifikáciu problému. Rozsah merania ESR je 0,01 až 100 ohmov, a kapacity od cca 1 μ F až po teoreticky 200mF.

Princíp merania

Zjednodušený model elektrolytického kondenzátora si môžeme predstaviť ako ideálny kondenzátor sériovo zapojený s rezistorom:



Napätie na vybitom kondenzátore C_x sa rovná nule, a teda takýto kondenzátor predstavuje skrat. Po pripojení kondenzátora na zdroj prúdu, sa napätie na kondenzátore v prvom momente rovná úbytku napätia na jeho ESR vplyvom pretekajúceho prúdu (viď obrázok vpravo), a až potom začne stúpať vplyvom nabíjania. Princíp merania použitý v tomto zapojení je založený na meraní úbytku napätia na kondenzátore vo veľmi krátkom čase po pripojení zdroja prúdu.



Meranie kapacity je riešené bežným spôsobom počítania nabíjacieho času:

$$t_x = -R \cdot C \cdot \ln\left(1 - \frac{U_x}{U_{cc}}\right)$$

Popis zapojenia

Napájacie napätie je stabilizované na 5V pomocou stabilizátora IC5. Nábojová pumpa C1, C2, D3, D4, ktorú budí obdĺžnikový signál z mikrokontroléra na frekvencii niekoľkých kilohertzov vytvára záporné napätie -4V pre operačný zosilňovač. Napätová referencia IC4 tvorí referenčné napätie 2,495V pre interný A/D prevodník. Displej je riadený v multiplexnom režime, a jednotlivé segmenty sú budené sériovo-paralelným posuvným registrom IC3. Pripojenie meracích hrotov je realizované 4-vodičovo, pričom kontakty Signal+ a Sense+ sú spojené v mieste meracieho hrotu. Obdobne Signal- a Sense-. Vstup je pre prípad náhodného pripojenia nabitého kondenzátora chránený diódami D1, D2, avšak pri bežnej prevádzke by sa mali pripájané kondenzátory dopredu vybiť ručne.

Meranie ESR

Tranzistor T4 svojim zopnutím zabezpečí vybitie meraného kondenzátora, a následne sa podľa aktuálneho rozsahu zopne jeden z tranzistorov T1-T3, a cez príslušný rezistor začne tiecť meraným kondenzátorom prúd po dobu približne 10us. Počas tohto času sa nasampluje hodnota napätia na kondenzátore jednoduchým sample-and-hold obvodom tvoreným z T5 a C1. Uložená hodnota je zosilnená neinvertujúcim zapojením IC1 približne 34x a privedená na vstup interného A/D prevodníka na mikrokontroléri IC2. O následné výpočty a korigovanie chýb sa stará softvér.

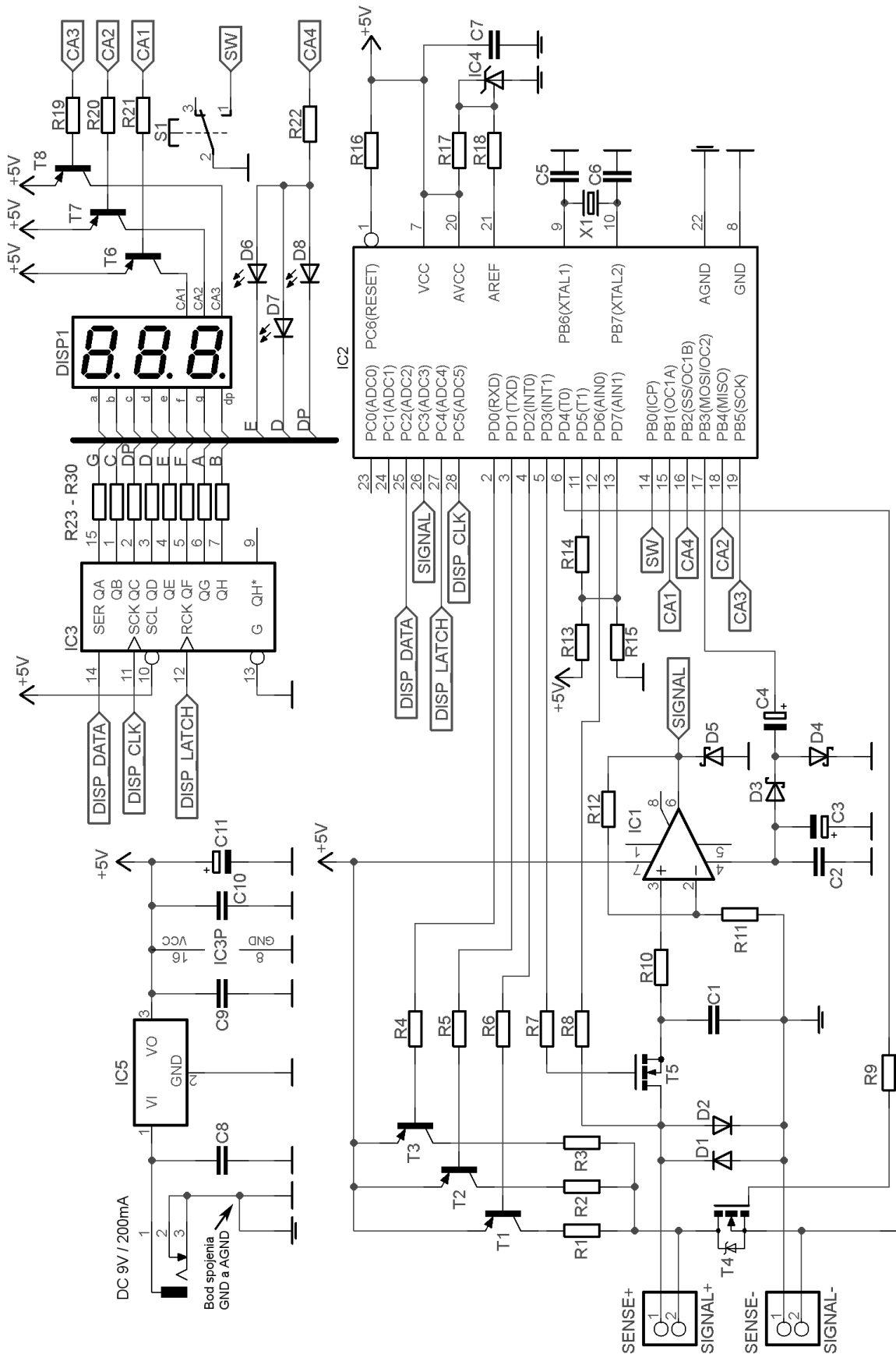
Meranie kapacity

Meraný kondenzátor sa vybije pomocou T4 a následne sa podľa aktuálneho rozsahu začne nabíjať cez jeden z rezistorov R1-R3. Napätie na kondenzátore je privedené na neinvertujúci vstup interného komparátora IC2. Na jeho invertujúci vstup je privedené referenčné napätie približne 150mV (rezistory R13, R15), a po dosiahnutí tohto napätia sa začne rátať čas na internom časovači. Zároveň sa privedením log. 1 na R14 zvýši napätie na invertujúcom vstupe na približne 250mV. Po nabití kondenzátora na toto napätie sa podľa nameraného času vypočíta kapacita, a pristúpi sa k vybíjaniu.

Obsluha prístroja

Merané kondenzátory pred pripojením vybijeme! Kondenzátory môžeme väčšinou merať priamo v zapojení vďaka nízkemu napätiu max 250mV, ktoré neotvorí P-N priedchody polovodičov. Ovládacím tlačidlom prepíname zobrazovaný údaj ESR / kapacita. Jednotka zobrazovaného údaju je indikovaná ledkami D6-D8 (postupne: mF, uF, ohm). Hodnota mimo rozsah je indikovaná znakmi „- - -“. Pre rozlíšenie skratu od veľmi nízkej hodnoty ESR je v režime ESR skrat indikovaný blikaním ledky „ohm“. Po zapnutí prístroja je potrebné vykonať nulovanie offsetu. To sa vykoná skratovaním meracích hrotov, a stlačením tlačidla na cca 1 sekundu.

Schéma zapojenia



Oživenie zapojenia

Po pripojení napájania by sa pri rozpojených meracích svorkách malo na displeji zobrazit' „- -“ indikujúce veľký ESR mimo rozsah. Skontrolujeme napätie na stabilizátore IC5 (5V), IC4 (cca 2,5V), a záporné napätie pre IC1 na jeho pine 4 (cca -4V). Po spojení meracích hrotov by sa na displeji mala zobrazit' nejaká hodnota. Po stlačení ovládacieho tlačidla by sa mal zmenit' mód zobrazovania indikovaný svitom inej LED ako v predchádzajúcom prípade (D6-D8). Ak sa zapojenie správa tak, ako bolo popísané, pristúpime ku kalibrácii.

Kalibrácia

Pre vykonanie kalibrácie budeme potrebovať 3 presné rezistory 1, 10 a 100 ohmov. Zapojenie vypneme (odpojením napájania), držíme stlačené ovládacie tlačidlo a zapojenie zapneme. Tlačidlo stále držíme stlačené. Po cca 2-3 sekundách nabehne prístroj do režimu kalibrácie. Po uvoľnení tlačidla svieti na displeji číslo kroku **C-0**. Skratujeme meracie hroty (dobré pritlačíme pre čo najmenší odpor) a stlačíme tlačidlo. V ďalších krokoch **C-1** až **C-3** pripájame postupne rezistory 1, 10, a 100 ohmov, a potvrdzujeme stlačením tlačidla. Po kroku C-3 nabehne merací prístroj do režimu merania ESR. Kalibračné konštanty sa ukladajú do pamäte EEPROM, takže ostávajú nastavené aj po vypnutí a zapnutí prístroja. Pokiaľ sa počas kalibrácie zobrazí chybové hlásenie „Err“, znamená to, že pripojený rezistor bol mimo tolerovaný rozsah. Príčinou môže byť zlý kontakt s pripojeným rezistorom, zlá hodnota rezistoru, alebo chyba v zapojení. Odporúčam skontrolovať správne hodnoty R1-R3, R11, R12, atď.

Zoznam súčiastok

R1	68	D1, D2	BY399
R2	680	D3-D5	BAT43
R3	6k8	D6-D8	LED 2mA
R4-R6	2k2		
R7, R8, R10, R11, R15, R18-R21	1k	T1-T3	BC557
R9	22	T4	IRL540
R12, R13	33k	T5	BS170
R14	39k	T6-T8	BC327
R16	10k		
R17	390	IC1	OP07
R22	100	IC2	ATmega8A-16PU (firmware ESRmeter-ZENIT)
R23-R30	150	IC3	74HC595
		IC4	TL431
C1, C2, C7-C10	100nF	IC5	7805
C3, C4	10uF		
C5, C6	22pF	X1	kryštál 12MHz
C11	470uF	S1	tlačidlo bez aretácie
		DISP1	BA56-12SRWA

Autor: Tomáš Pavlíček, SSE
xpavlicek@gmail.com