

# Digitální měřič kapacity

Pro měření kapacity lze použít několik měřicích metod. Profesionální měřiče kapacit mimo vlastní kapacitu obvykle měří i některé další vlastnosti, jako je například ztrátový činitel apod. Jednodušší měřiče používají integrační metodu, kdy se měří čas nabíjení kondenzátoru přes odpor. Tento způsob je využit také u následující konstrukce.

## Popis

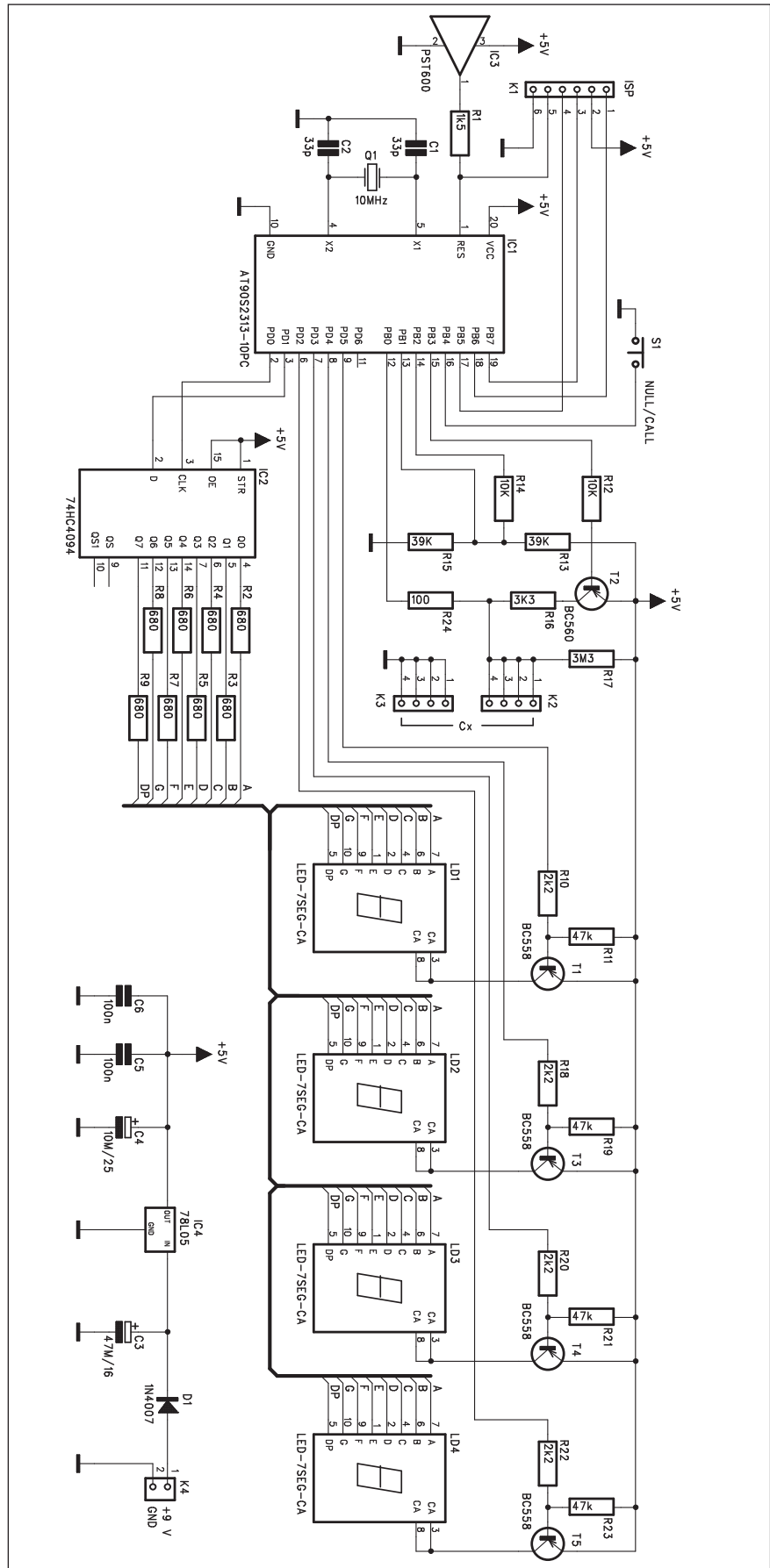
Schéma zapojení digitálního měřiče kapacity je na obr. 1. Pokud použijeme výše zmíněný princip měření doby nabíjení, vystačíme pouze s napěťovým komparátorem, čítačem a jednoduchou logikou. V zapojení je použit mikroprocesor AT90S2313-10Pc. Při vybíjení kondenzátoru se obtížně dosahuje nulového napětí - potřebná doba je značně dlouhá. U některých procesorů může nastat problém se zpožděním mezi začátkem nabíjení a spuštěním čítače. U procesorů AVR to je však pouze 1 hodinový cyklus, takže to nehraje prakticky žádnou roli. Posledním zdrojem chyb je vyšší klidový proud do vstupů mikroprocesoru v okolí nulového napětí. Proto je měření časové konstanty zúženo mezi napětí  $V_{c1}$  (0,17 Vcc) a  $V_{c2}$  (0,5 Vcc). Rozdíl  $V_{c2} - V_{c1}$  odpovídá  $0,5 RC$ .

Procesor je po zapnutí napájení resetován obvodem PST600C. Jedná se o obvod, zajišťující korektní reset procesoru po připojení napájecího napětí nebo při dočasném poklesu napájení. Blokové zapojení obvodu je na obr. 2 a závislost výstupního napětí na napájecím je na obr. 4 Základní elektrické vlastnosti obvodů PST600 jsou uvedeny v tab. 1.

Měřený kondenzátor je připojen ke svorkovnici K2 a K3 (precizní jednořadové objímky), což umožňuje snadné vložení kondenzátorů s různou roztečí vývodů. Kondenzátor se nabíjí ve dvou rozsazích buď přes odpor 3,3 Mohmu R17 nebo 3,3 kohmu R16. Výsledek je zobrazován na čtyřmístném sedmissegmentovém zobrazovači LD1 až LD4.

Obvod je napájen z externího zdroje +9 V a napájecí napětí je stabilizováno obvodem IC4 na +5 V.

Obr. 1. Schéma zapojení digitálního měřiče kapacity



## Stavba

Digitální měřič kapacity je zhotoven na dvoustranné desce s plošnými spoji o rozměrech 76 x 56 mm. Rozložení součástek na desce s plošnými spoji je na obr. 5, obrazec desky spojů ze strany součástek (TOP) je na obr. 6 a ze strany spojů (BOTTOM) je na obr. 7. Po pravé straně je konektor pro připojení testovaného kondenzátoru.

## Kalibrace

Při prvním zapnutí napájení se nejprve rozsvítí všechny segmenty, pak "E4" a následně několik pF. To je nevynulovaná kapacita obvodu. Ke kalibraci potřebujeme dva přesné kondenzátory s kapacitou 1 nF a 100 nF. Přístroj nemá žádný trimr pro nastavení hodnoty, je navržen pro změření pouze uvedených dvou kondenzátorů a kalibrace pak proběhne automaticky.

### Seznam součástek

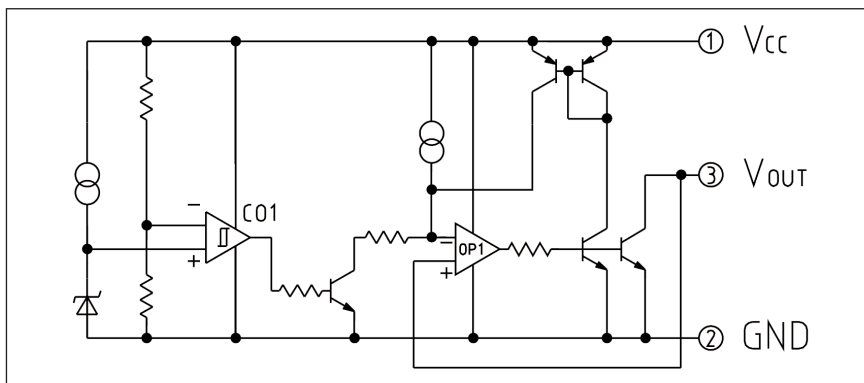
#### A991239

R1..... 1,5 kΩ  
 R2-9 ..... 680 Ω  
 R10, R18, R20, R22..... 2,2 kΩ  
 R14, R12 ..... 10 kΩ  
 R16..... 3,3 kΩ  
 R17 ..... 3,3 MΩ  
 R11, R19, R21, R23 ..... 47 kΩ  
 R13, R15 ..... 39 kΩ  
 R24 ..... 100 Ω










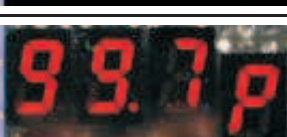








C3..... 47 μF/16 V  
 C4..... 10 μF/25 V  
 C1-2 ..... 33 pF  
 C5-6 ..... 100 nF

IC1 ..... AT90S2313-10PC  
 IC2 ..... 74HC4094  
 IC3..... PST600  
 IC4 ..... 78L05  
 T1, T3-5 ..... BC558  
 T2 ..... BC560  
 D1 ..... 1N4007  
 LD1-4..... LED-7SEGE-14MM  
 Q1 ..... 10 MHz

S1..... JUMP2  
 K1 ..... PHDR-6  
 K2-3 ..... PHDR4W  
 K4 ..... PSH02-VERT



Obr. 2. Blokové zapojení obvodu PST600C.

		Elyt 100 μF
		470 nF
		16 nF/1%
		330 pF/5%
		100 pF/5%
		1 pF
		5 pF (dlouhé vývody)
		5 pF (zkrácené vývody)
		1S1588 v závěrném směru

Obr. 3. Ukázky výsledků různých typů kondenzátorů

Item	Symbol	Measurement circuit	Measurement conditions	Min.	Typ.	Max.	Units	
Detection voltage	Vs	1	R <sub>I</sub> =470 V <sub>OL</sub> ≤ 0.4V V <sub>CC</sub> =H→L	PST600C	4.3	4.5	4.7	V
				PST600D	4.0	4.2	4.4	
				PST600E	3.7	3.9	4.1	
				PST600F	3.4	3.6	3.8	
				PST600G	3.1	3.3	3.5	
				PST600H	2.9	3.1	3.3	
				PST600I	2.75	2.90	3.05	
				PST600J	2.55	2.70	2.85	
				PST600K	2.35	2.50	2.65	
PST600L	2.15	2.30	2.45					
Hysteresis voltage	ΔVs	1	R <sub>I</sub> =470, V <sub>CC</sub> =L→H→L	30	50	100	mV	
Detection voltage temperature coefficient	Vs/ΔT	1	R <sub>I</sub> =470, Ta=-20°C~+75°C		±0.01		%/°C	
Low level output voltage	V <sub>OL</sub>	1	V <sub>CC</sub> =Vs min. -0.05V, R <sub>I</sub> =470		0.3	0.4	V	
Output leak current	I <sub>OH</sub>	1	V <sub>CC</sub> =10V			±0.1	μA	
Circuit current for ON	I <sub>CC1</sub>	1	V <sub>CC</sub> =Vs min. -0.05V	I <sub>OL</sub> =0mA		7	14	μA
				I <sub>OL</sub> =8mA		50	130	
Circuit current for OFF	I <sub>CCH</sub>	1	V <sub>CC</sub> =Vs typ./0.85V, R <sub>I</sub> =∞		5	10	μA	
H transmission delay time	t <sub>PLH</sub>	2	R <sub>I</sub> =4.7k, C <sub>I</sub> =100pF *1	20	40	80	μs	
L transmission delay time	t <sub>PHL</sub>	2	R <sub>I</sub> =4.7k, C <sub>I</sub> =100pF *1	10	20	40	μs	
Operating limit voltage	V <sub>opL</sub>	1	R <sub>I</sub> =4.7k, V <sub>OL</sub> ≤ 0.4V		0.65	0.85	V	
Output current 1 for ON	I <sub>OL 1</sub>	1	V <sub>CC</sub> =Vs min. -0.05V, R <sub>I</sub> =0	8			mA	
Output current 2 for ON	I <sub>OL 2</sub>	1	Ta=-20°C~+75°C, R <sub>I</sub> =0 *2	6			mA	

Tab. 1. Základní vlastnosti obvodů PST600x

1. Vynulujeme displej stisknutím tlačítka S1. Propojíme vývody 1 a 3 na konektoru K1, připojíme kondenzátor 1 nF a stiskneme tlačítko S1.

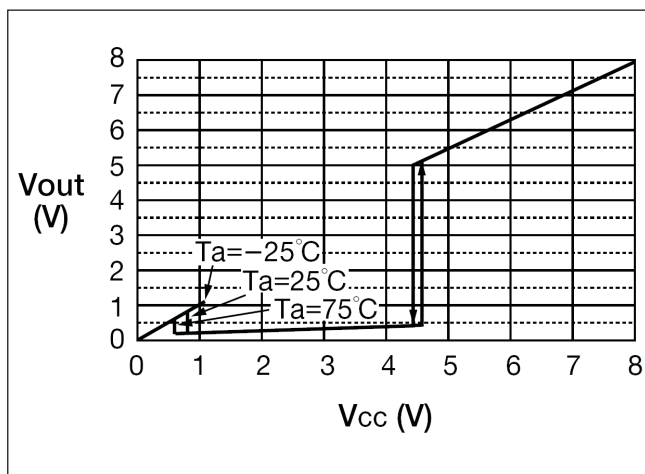
2. Propojíme vývody 4 a 6 na konektoru K1, vložíme kondenzátor 100 nF

a stiskneme tlačítko S1.

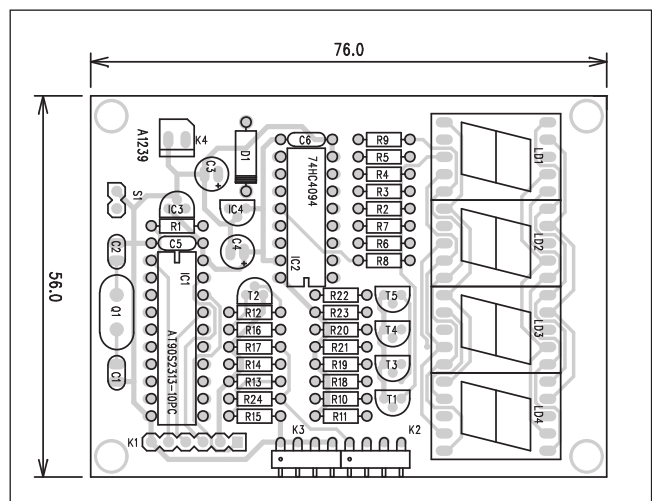
Znamení "E4" na displeji značí, že je porušena kalibrace v paměti EEPROM. Po první kalibraci je údaj uložen do paměti a nadále se již neobjevuje. Vynulování displeje tlačít-

kem S1 se do paměti neukládá a je třeba po každém zapnutí napájení displej tlačítkem vynulovat.

Při měření je kondenzátor nejprve vynulován a měření začíná nabíjením přes odpor 3,3 Mohmu. Pokud nedo-

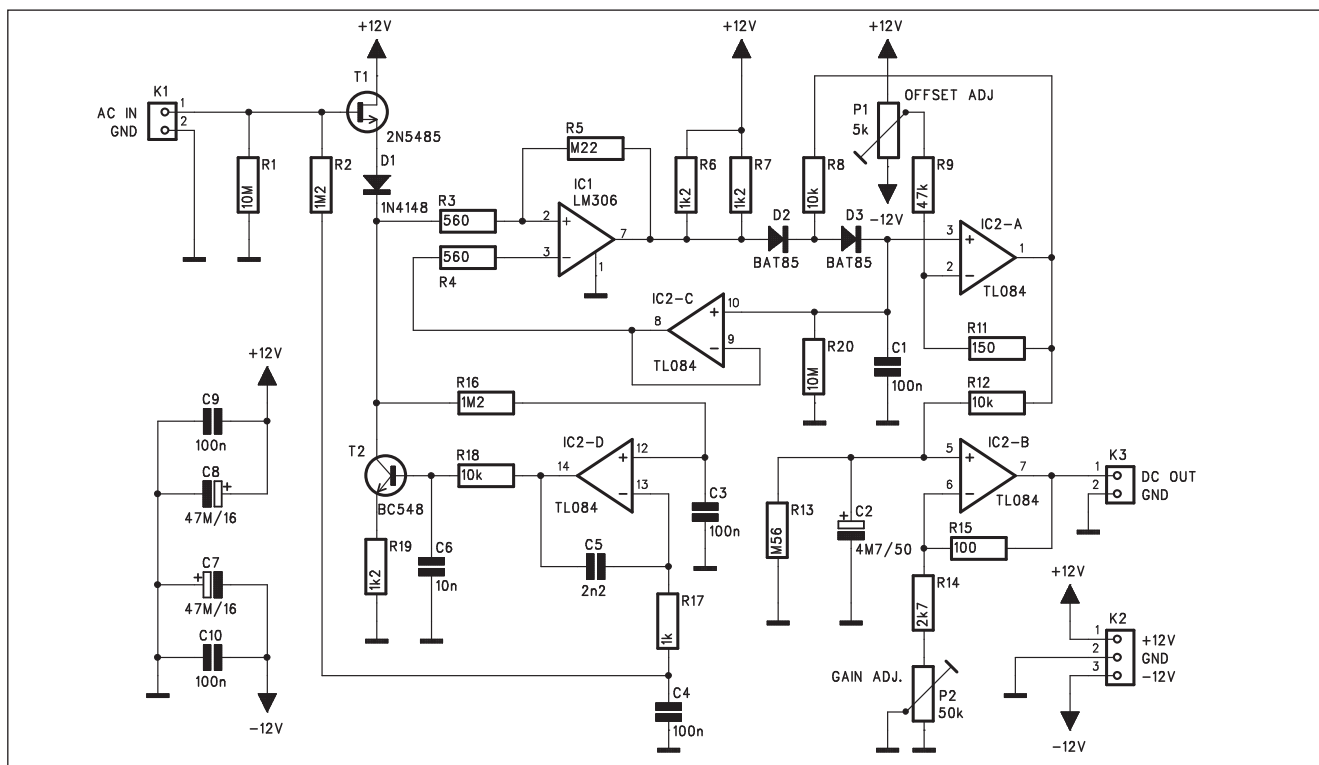


Obr. 4. Průběh výstupního napětí v závislosti na napájecím napětí



Obr. 5. Rozložení součástek na desce měřiče kapacity

# Precisní špičkový detektor



Obr. 1. Schéma zapojení špičkového detektoru

Při návrhu špičkového detektoru obvykle použijeme jeden až několik operačních zesilovačů a pár pasivních

součástek. Běžné operační zesilovače vyhovují pro detektory pracující s kmitočty řádu jednotek kHz. Pro vyšší

kmitočty potřebujeme rychlé operační zesilovače s mezním kmitočtem řádu desítek až stovek MHz.

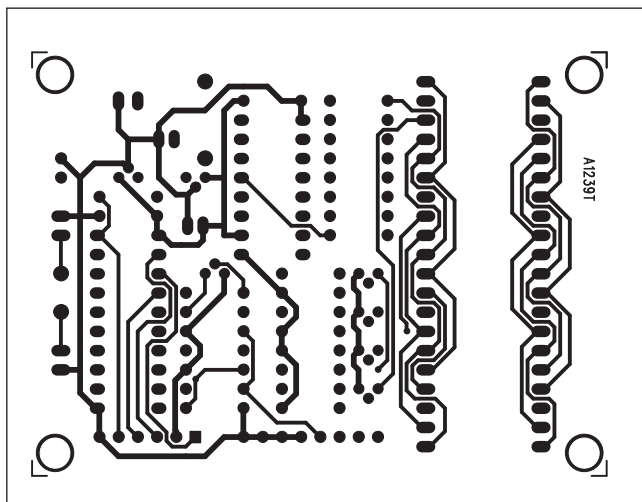
sáhne napětí 0,5 Vcc do 130 ms, je opět vynulován a nabíjení začne přes odpor 3,3 kohmu. Pokud je kapacita větší než 440  $\mu\text{F}$ , na displeji se zobrazí chybová hláška "E2".

## Závěr

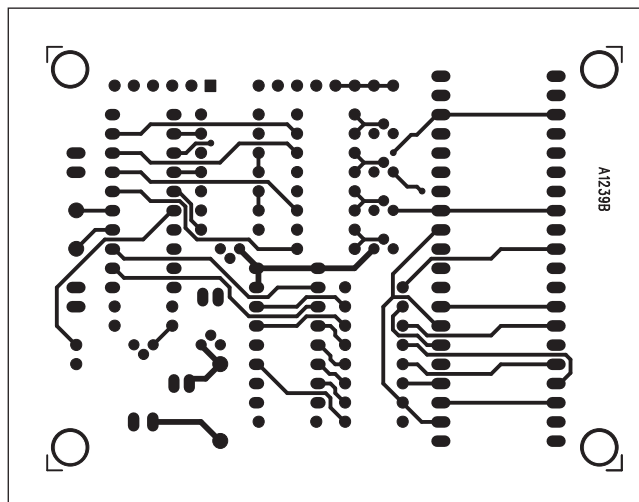
Popsaný měřič kapacity je díky použití mikroprocesoru konstrukčně velmi jednoduchý. Měřicí rozsah je od

0,1 pF do 440  $\mu\text{F}$ . SW pro mikroprocesor je volně dostupný na adrese:

<http://elm-chan.org/works/cmc/cmcsrc.zip>, případně na [www.stavebnice.net](http://www.stavebnice.net) (SW-A1239).



Obr. 6. Obrázek desky spojů měřiče (strana TOP)



Obr. 7. Obrázek desky spojů měřiče (strana BOTTOM)