

# Měřič teploty s PT100

Stanislav Kubín

**Výhodou popsané konstrukce je vysoký teplotní rozsah měření a v celém rozsahu nastavitelná velikost teploty pro regulaci.**

## **Základní technické parametry:**

Napájecí napětí:	+ 9 až 24 V.
Proudový odběr:	max. 100 mA.
Rozsah měření teploty:	-230 °C až 1529 °C.
Rozsah měření teploty s čidlem PT100:	-50 °C až 800 °C. (Čidlo CRZ-1632.)
Chyba měření:	±3 °C.
Regulace teploty nastavitelná v rozsahu:	-230 °C až 1529 °C.

## **Popis zapojení**

Řídícím prvkem otáčkoměru je mikrokontrolér IO1 PIC16C57C-04/P. Obslužný program S 223 má délku 639 B. Pro taktování mikrokontroléru byla zvolena frekvence 3,2768 Mhz. V konstrukci je použit čtyřmístný zobrazovač, který má pouze dvanáct vývodů a musí být řízen dynamicky. Katody zobrazovače jsou napájeny přes odpory R5 až R11 které omezují maximální proud z výstupu mikrokontroléru na 10 mA. Anody zobrazovače jsou napájeny z proudových zesilovačů z tranzistorů T1 až T4. Otáčkoměr může být napájen napětím +9 až 24 V. Zapojení se zobrazovačem LD1 je stejné jako u otáčkoměru [1].

V konstrukci jsou použity dva proudové zdroje s tepelnou kompenzací. První z nich s tranzistorem T10 a T7 napájí čidlo R25 (PT100). V konstrukci je použito čidlo CRZ-1632 Japonské firmy Hayashi Denko. Trimrem P2 seřizujeme proud čidla. Druhý proudový zdroj s tranzistorem T8 a T6 nabíjí kondenzátor C6. Komparátor porovnává napětí na čidle R25 s velikostí napětí na kondenzátoru C6. Mikrokontrolér měří dobu nabíjení kondenzátoru a čas přepočítá na teplotu.

Jelikož komparátor IO3 nepracuje od nulového vstupního napětí, je napětí zvýšeno zařazením sériového odporu R22. V následující tabulce jsou výsledky měření, které ukazují od jaké velikosti vstupního napětí pracuje komparátor již spolehlivě.

Chyba komparátoru LM311 (nesymetrické napájení +5 V).

Napětí na vstupu – (pin2)	Napětí na vstupu + (pin3) potřebné pro změnu úrovně na výstupu	Chyba
50 mV	77 mV	54 %
100 mV	104 mV	4 %
150 mV	150 mV	0 %
200 mV	200 mV	0 %
500 mV	500 mV	0 %

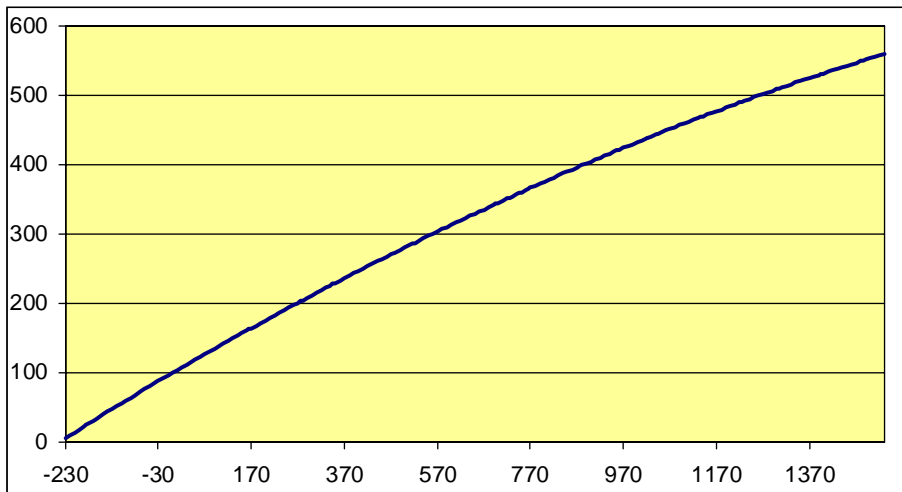
Pro tepelnou kompenzaci proudových zdrojů se obvykle používají na místě tranzistorů T8 a T10 diody. Když jsem však zkusil kvalitu kompenzace v závislosti na teplotě okolí bylo potřebné umístit tranzistor a diodu co nejbližší. To je nejsnadnější když tranzistory čepičkami k sobě přilepíme.

Celý proces měření teploty probíhá asi takto: Přes odpor R24 se vybíjí kondenzátor C6. Ten by měl být co nejkvalitnější. Čas vybíjení je programově nastaven asi na 500 ms. Stačilo by i několik milisekund. Čas 500 ms je zároveň i periodou jednotlivých měření. Po vybití kondenzátoru C6 se vstup PC7 odpojí a začne se přes proudový zdroj s T8 a T6 kondenzátor nabíjet. Ve chvíli kdy je kondenzátor C6 nabit na velikost, která odpovídá napětí na čidle R25 dojde k překlopení komparátoru. Během této doby, což je asi 100 až 200 ms je zobrazovač zhasnutý.

V mikrokontroléru se během této doby načítá 16 b registr řízen vnitřním časovačem TMR0. Údaj z 16 b registru se porovná s devatenácti úrovněmi rozsahu -230 °C až 1529 °C. Podle přiřazené úrovně se vypočítá teplota.

Vlivem teplotní nestability dochází u měřiče k chybě ±3 °C. To je způsobeno jednak vlastní chybou měřiče a jednak chybou v důsledku špatného nastavení programu výpočtu. (Chyba programu vycházející z chyby přístroje během programování.) Při měření teploty 1000 °C je to ale pouze 0,3 %.

V následující tabulce vidíme závislost odporu čidla CRZ-1632 Japonské firmy Hayashi Denko na teplotě. Na ose X je teplota na ose Y odpor čidla. Pracovní oblast testovaného čidla je -50 °C až 800 °C. Podle tabulky mohou některé typy pracovat v rozsahu -200 °C až 850 °C. Rozsah -230 °C až 1529 °C byl dopočítán.

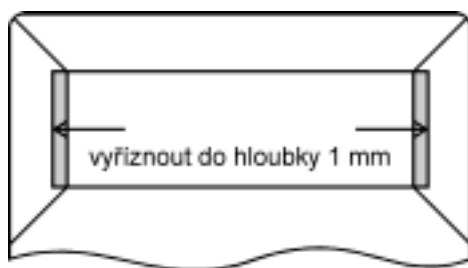


Konstrukce je určena pro trvalý provoz bez častého zapínání a vypínání a v prostorách bez větších teplotních výkyvů. Po zapnutí měřiče je potřebné čekat asi 20 až 30 minut než dojde k tepelné stabilizaci pracovních bodů. Také nastavená teplota pro regulaci není po vypnutí uložena a zůstává v přístroji pouze po dobu zapnutí.

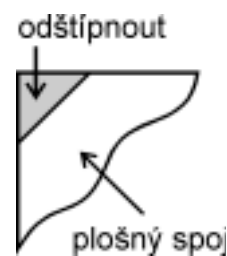
### Osazení plošného spoje a mechanická montáž

Součástky osazujeme od nejnižších po nejvyšší. Pod mikrokontrolér zaletujeme objímku SOKL 18. Pod zobrazovač zaletujeme zkrácenou a rozpůlenou objímku SIL15PZ. Mezi plošný spoj a stabilizátor přimontujeme chladič DO1. Trimry před přiletováním do plošného spoje nastavíme na středy odporové dráhy. Tranzistory T8 s T6 a T10 s T7 slepíme před přiletováním k sobě sekundovým lepidlem. U krabičky U-KM33C upravíme podle obr. 1 otvor pro zobrazovač. U plošného spoje odštípíme podle obr. 2 kraje plošného spoje aby ho bylo možné lehce zasunout do krabičky. U tlačítek S1 až S3 prodloužíme hmatníky.

Obr.1



Obr.2



Také tlačítka můžeme přiletovat na kousek univerzálního plošného spoje. Plošný spoj tlačítek přiletujeme za kousky tvrdých vodičů nad plošný spoj měřiče do takové výšky aby hmatníky procházely skrz otvory ve vrchním díle krabičky.

### Oživení a nastavení

Místo R25 přiletujeme odpor 100  $\Omega$  ze sériově zapojeným miliampérmetrem. Připojíme napájecí napětí +12 V. Odběr za zdroje by měl být maximálně 100 mA (záleží na množství rozsvícených segmentů zobrazovače). Trimrem P2 nastavíme proud 1,00 mA. Počkáme asi 30 minut až se údaj na zobrazovači ustálí. Trimrem P1 nastavíme na zobrazovači údaj 0 (0 °C). Místo odporu 100  $\Omega$  připojíme čidlo teploty PT100. Správnou teplotu dostavíme trimrem P3. V případě, že později při instalaci umístíme čidlo dále od měřiče, kompenzujeme odpor vodičů nastavením trimru P3.

Tlačítkem S1 přepínáme mezi režimem měření teploty a nastavení teploty. V režimu měření teploty zobrazovač asi 500 ms zobrazuje změřenou teplotu, poté asi na 100 až 200 ms zhasne. V tuto chvíli probíhá měření teploty. V režimu nastavení teploty je na zobrazovači zobrazena nastavená teplota. Pokud je měřená teplota nižší než nastavená, rozsvítí se LED zapojená sériově s LED optočlenu. K tranzistoru optočlenu můžeme připojit napětí o maximální velikosti 45 V. Maximální proud tranzistoru je 500 mA. Tlačítka S2 a S3 nastavíme velikost regulované teploty.

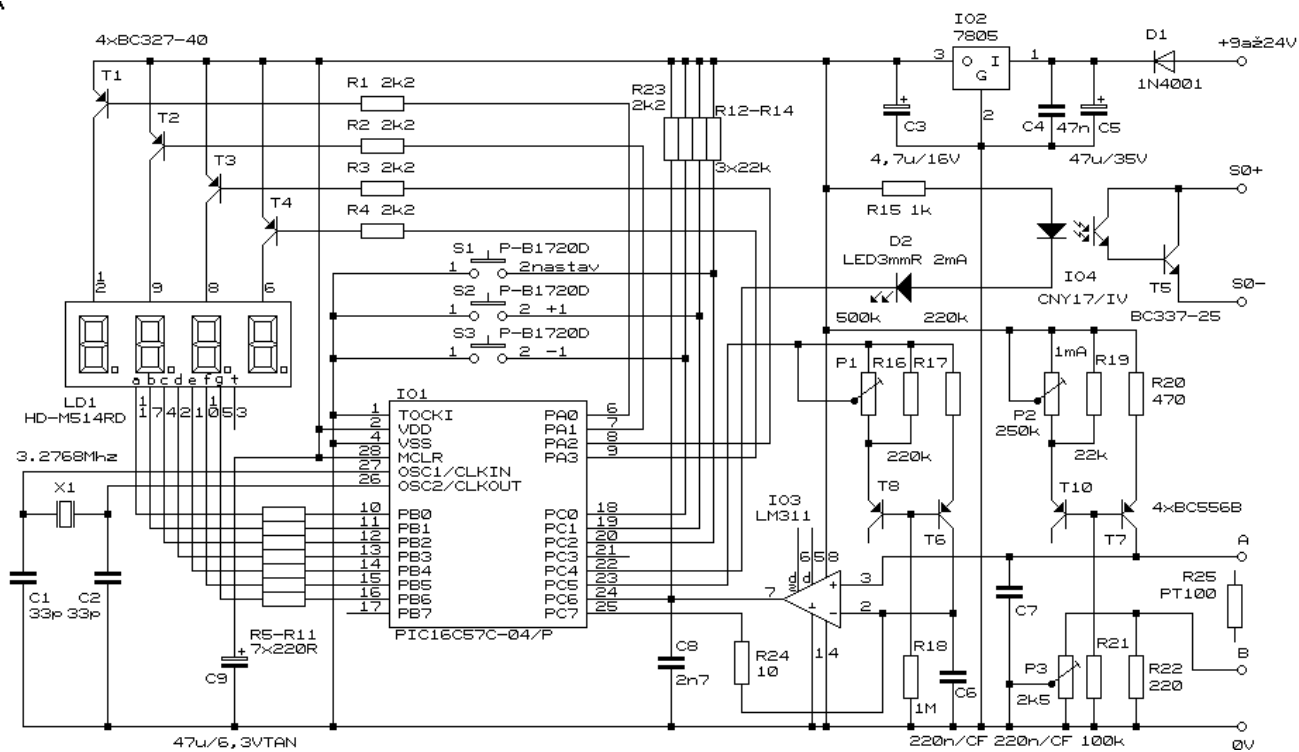
Ještě jednou upozorňuji, že se nejedná o žádný laboratorní přístroj. Měření teploty má v celém rozsahu přesnost asi  $\pm 3$  °C za předpokladu, že přístroj pracuje v prostředí s konstantní teplotou.

## Seznam součástek

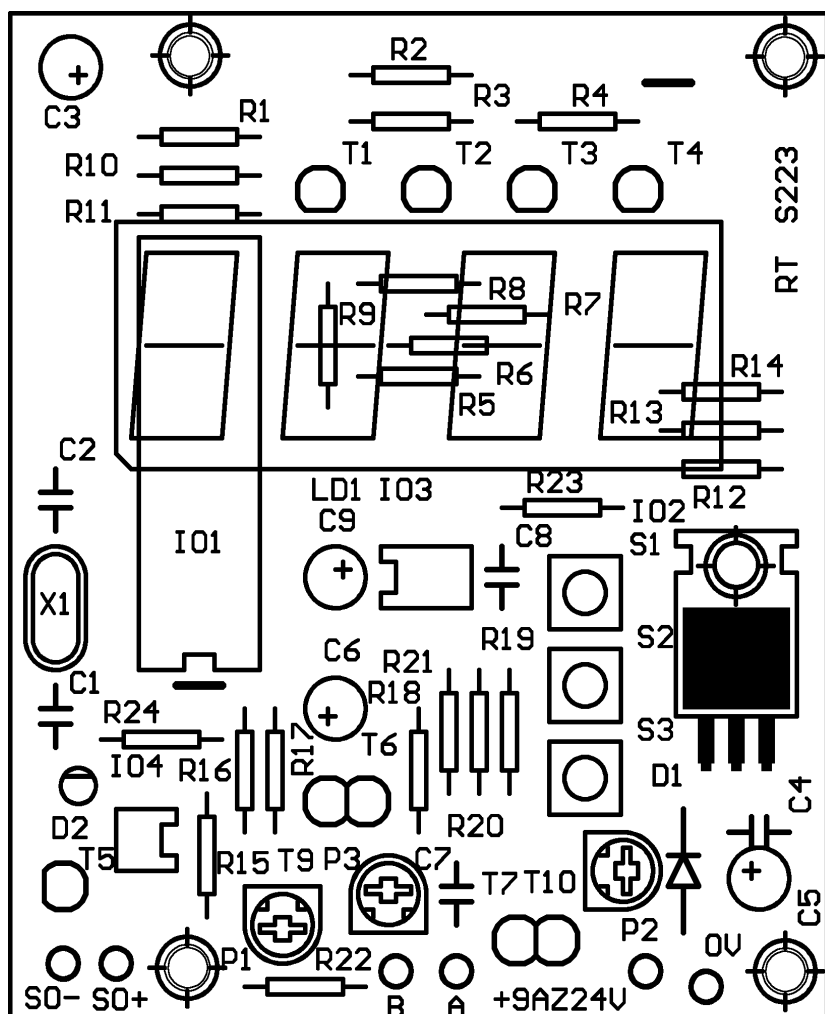
2	C1,C2	33 pF
1	C3	4,7 $\mu$ F/16 V
1	C4	47 nF
1	C5	47 $\mu$ F/35 V
2	C6,C7	220 nF/CF
1	C8	2,7 nF
1	C9	47 $\mu$ F /6,3 V Tantal
1	D1	1N4001
1	D2	LED 3mmR 2 mA
1	IO1	PIC16C57C-04/P + program S 223
1	IO2	7805
1	IO3	LM311
1	IO4	CNY17/IV
1	LD1	HD-M514RD
1	P1	PT6V 500 k $\Omega$
1	P2	PT6V 250 k $\Omega$
1	P3	PT6V 2,5 k $\Omega$
5	R1,R2,R3,R4,R23	2,2 k $\Omega$
8	R5,R6,R7,R8,R9,R10,R11,R22	220 $\Omega$
4	R12,R13,R14,R19	22 k $\Omega$
1	R15	1 k $\Omega$
2	R16,R17	220 k $\Omega$
1	R18	1 M $\Omega$
1	R20	470 $\Omega$
1	R21	100 k $\Omega$
1	R24	10 $\Omega$
1	R25	PT100 (CRZ-1632)
3	S1,S2,S3	P-B1720D
4	T1,T2,T3,T4	BC327-40
1	T5	BC337-25
4	T6,T7,T8,T10	BC556B
1	X1	3,2768Mhz
1	přístrojová skříňka	U-KM33C
1	objímka	SOKL 18
1	konektor	SIL15PZ
1	chladič	DO 1
1	plošný spoj	RT S223 (spoj@telecom.cz)

Program S 223 si můžete stáhnout na <http://web.iol.cz/sct>.

# Schéma zapojení



# Osazovací plánek



**Program S 223 v HEX tvaru (oscilátor XT).**

:10000000E201C008F908A408B0089908920882081B  
:10001000F808800890083F08FE08F7080C071E0A39  
:10002000EF02130A1D0A2707000807070008470701  
:100030000008320C2F000C040008AF020C05270743  
:1000400001080707020847070308320C2F000C04B9  
:1000500000086C048C072E0A3F0C350A1302430774  
:10006000330AFF0C350A6C050009260005045C09FB  
:10007000050512026C06410A12024307410AFF0CF1  
:10008000430A6C050009260025045C0925051102B8  
:100090006C064F0A110243074F0AFF0C510A6C0508  
:1000A0000009260045045C094505100200092600E8  
:1000B00065045C09650500080400040C280029009B  
:1000C000E902600AE802600A0008AC07690A0B0C42  
:1000D000A70ACC076D0A0C0CA70A0D0234000E0209  
:1000E0003500C0097000710072007300030C390004  
:1000F000E80C3800BB09B3020B0C93004306A60AB8  
:10010000C009AC092800E8027B0ABB09F300000C17  
:100110003900640C3800BB09B202C009AC092800E0  
:10012000E8028C0ABB09F200000C39000A0C380006  
:10013000BB09B102C009AC092800E802990ABB0951  
:10014000F100160230007400750000080A0C30003F  
:10015000310032003300000808051802B40003061D  
:10016000B40A010CB50068031902B50008070108BC  
:1001700003060008010816023400170235000008C3  
:1001800014023600150237000008010C020064005A  
:100190000F0C2500FF0C2600100C2700000C05009A  
:1001A000000C0600470C07006C00080C3000310002  
:1001B000320033007400750061007A007B002B0C64  
:1001C0003D00320C2F00A405640C30007100A40423  
:1001D0002909FD02180B1E0C2A0004005C09EA0222  
:1001E000ED0A6100A705C70C0700C706060BE1076B  
:1001F000F50AC706000BE106F90A0400BB02F50A7E  
:1002000001023A00FA06080BBB02080B01023A0091  
:100210000000A3056809CC09A30465092B0C3D0067  
:100220007B007A00A704470C07008C042C068C0581  
:1002300000000E092800030C88004307E80AAC04FC  
:10024000CC04A4051002280011022900A40408020D  
:100250002D00009022E0065098C044C068C05290925  
:100260000E092800030C88004307410B0D022800EB  
:100270000E022900A4050802300009023100A4047E  
:10028000E80A4C065F0B010C880043074F0B060C75  
:100290008E0043067F0BED037B0BAE027B0B020C43  
:1002A000880043077F0B0D020E0143065D0BED0036  
:1002B000FF0C8D004306EE007B0B4C05630B020C1C  
:1002C000880043076B0BE60C8D0043067F0BED03A4  
:1002D0007B0BAE027B0B010C880043077F0B0D02EA  
:1002E0000E014306790BED00FF0C8D004306EE0076  
:1002F0007B0B4C04470B65098C044C068C052F0BBB  
:10040000E201EF08ED08E608DF08D708CF08C608C4  
:10041000BD08B408AA08A00896088B087F087408CD  
:1004200068085C08500843083E08E201B408A008C8  
:10043000780878085A0855088708500816085008A0  
:1004400048080A081E08F5082508BA08B9080D0862  
:100450000508F308E201110812081208150814082B  
:1004600016081808180819081A081A081C081D0880  
:100470001E081D081F08200821082308E201FA08A9  
:10048000DC0878081408B0084C08E808840820083C  
:10049000BC085808F40890082C08C808640800082C  
:1004A0006408C808E608E20105080508050805080B  
:1004B00004080408030803080308020802080108E6  
:1004C00001080108000800080008000800080008EA  
:1004D00004006D006E00AC04CC04130C00099B00FA  
:1004E0000307780A43077A0A130C15099A000307D1  
:1004F000CC050008000C00099B004306820A030794  
:10050000890A870A000C15099A000307890AAC05B5

:100510000008130C2800080200099B004306950AF6  
:1005200003079A0AE8028B0A9A0A080215099A0038  
:100530000306E800000008022A092B0008023E0911  
:100540002D00080253092E00080215093400080284  
:10055000000935006900A9020B02FA010306BB027B  
:1005600015029B004306B70A0307AB0ABC0A140234  
:100570009A000306BC0AAB0A100C88000306C60AE0  
:100580000902AD000307EE002C0400080902ED018A  
:100590000306AE022C050008A40510022800110273  
:1005A0002900A40408023800090239002C07DB0ADC  
:1005B0004C07FC0AEC0A4C07DE0AFA0A19028E0004  
:1005C0004306E50A0307FC0AFA0A18028D004306EF  
:1005D000FA0A0307FC0AFA0A0E0299004306F30A14  
:1005E0000307FC0AFA0A0D0298004306FA0A0307F9  
:0C05F000FC0AFA0A8705000887040008CE  
:020FFE00C50A22  
:00000001FF

### **Literatura**

[1] Časopis Praktická elektronika 7/2001, Univerzální otáčkoměr str.10 a 11.