

IRC čítač

Ivo Stražil

Článek se zabývá konstrukcí obousměrného čítače pro vyhodnocení měření polohy IRC snímačem. Pomocí IRC snímače ve spojení s popisovaným zařízením je možné rozšířit různé stroje (soustruhy, frézky, ale např. i optická zařízení) o digitální měření polohy nástroje.

Technické parametry

Napájení ss: 8 až 15 V.
Odběr proudu: 180 mA.
Rozhraní pro IRC snímač:
TTL úrovně (signály A, B);
výstup napájení 5 V/50 mA max.
Maximální vstupní frekvence:
40 až 150 kHz, viz text.
Maximální chod jedním směrem:
100 minut nebo 2^{27} impulsů.
Hmotnost: 130 g
Vnější rozměry: 125 x 74 x 50 mm.

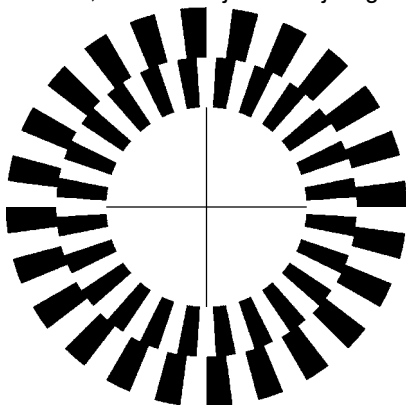
Metoda měření

Samotný IRC senzor (Incremental rotary encoder) je rotační snímač, určený k relativnímu odměřování úhlu nebo vzdálenosti, kterou je možné na rotační pohyb převést (např. pohyb posuvového šroubu na soustruhu).

Vlastní snímač se skládá z kotouče s řádově stovkami až tisíci po obvodu rovnoměrně rozmístěných štěrbin (obr. 1), které přerušují paprsek světla ke dvojici fototranzistorů. Počet štěrbin určuje rozlišení snímače a udává se jako počet impulsů za otáčku (např. 1024 imp/ot).

Fototranzistory jsou navzájem posunuty o polovinu úhlového rozlišení snímače, takže z postupu zastínění a odkrytí fototranzistorů je možné tzv. kvadraturním enkodérem určit směr pohybu a dokonce zvýšit rozlišení snímače až na čtyřnásobek základního rozlišení, určeného počtem otvorů v kotouči (průběh „Pulsy 4x“ na obr. 2).

Snímače se vyrábí v průmyslovém provedení s integrovanou elektronikou, která zesílí a tvaruje signál



Obr. 1. Kotouč IRC snímače

od fototranzistoru obvykle do úrovně TTL nebo diferenciální linky. Dvojice výstupních signálů se označuje A, B.

Některé typy snímačů jsou vybaveny i třetím výstupem, který je aktivní jen jednou za otáčku („nulový“ impuls). Tento výstup se při odměřování vzdálenosti IRC snímačem obvykle nepoužívá, je určen ke kalibraci nulové polohy při měření úhlu.

Další informace o IRC snímačích je možné načerpat z internetových stránek jejich výrobců a dodavatelů.

Popis zapojení

Schéma zapojení IRC čítače je na obr. 3.

Aby bylo možné dosáhnout co nejvyšší rychlost zpracování signálu z IRC čidla, je kvadraturní enkodér - stavový automat, který dekoduje signály A, B IRC čidla na impulsy „čítej nahoru“ a „čítej dolů“, implementován v rychlém hradlovém poli CPLD Xilinx XC9536XL (IC4; je možné použít i variantu XC9572XL). Další zpracování (vlastní čítání, přepočítání na milimetry atd.) uskutečňuje mikrokontrolér ATmega48 (IC3), taktovaný interním oscilátorem RC na frekvenci 8 MHz.

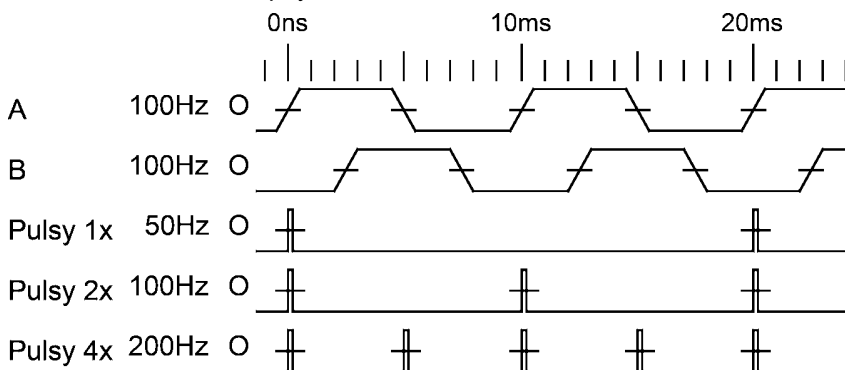
Hodinový signál mikrokontroléru je vyveden jeho vývodem PBO k hradlovému poli, kde taktuje IRC enkodér, který je navržen jako striktně synchronní. Ekvivalentní schéma enkodéru, implementovaného v hradlovém poli, je uvedeno na obr. 4. Obvod vzorkuje vstupní signály A, B klopnými obvody D (FD1, FD2) a vyhodnocuje jejich změny oproti předchozímu stavu, uloženém v klopných obvo-



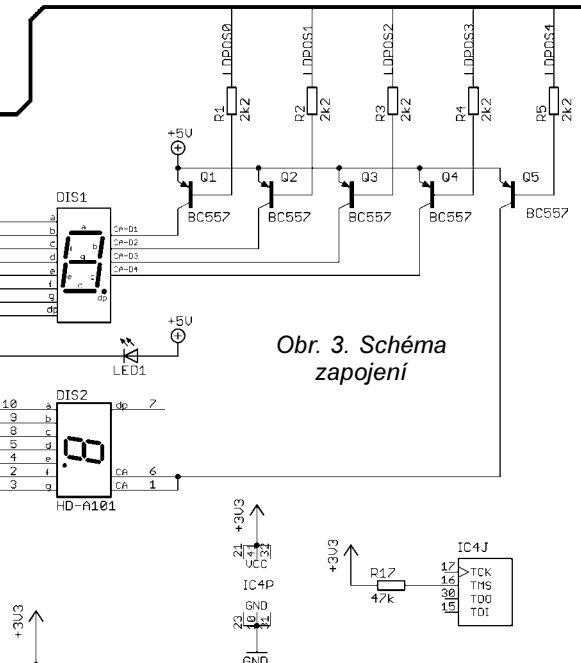
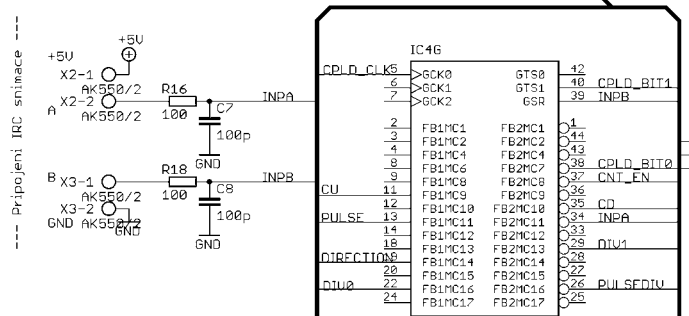
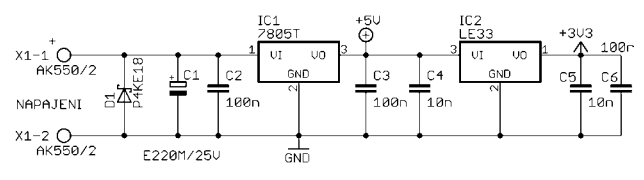
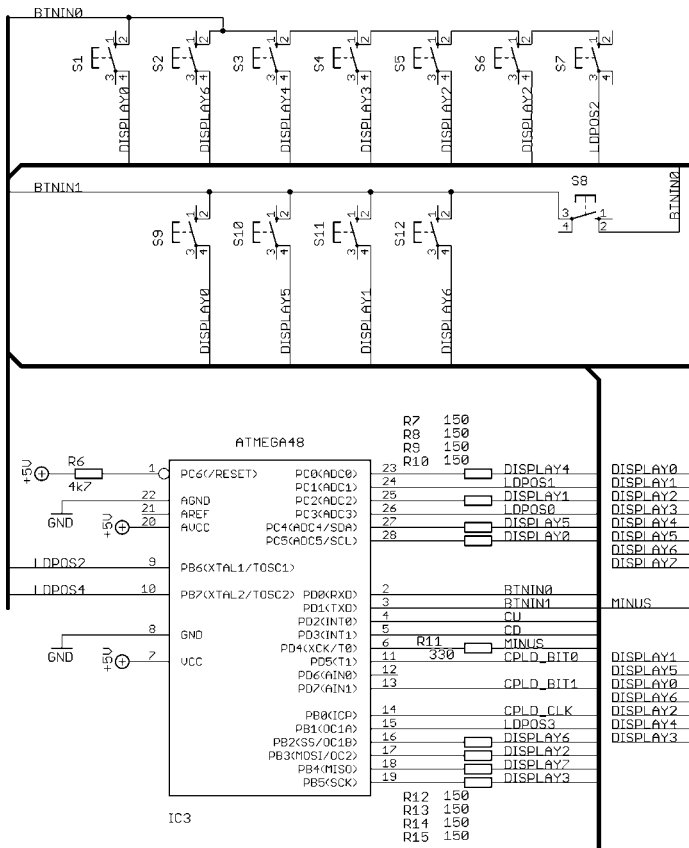
dech D (FD3, FD4). Pokud se změní stav jednoho ze signálů, vydá dekodér impuls o šířce jedné periody hodinového signálu na vodiči PULSE. Logická úroveň na vodiči DIRECT-ION určuje směr pohybu. Tyto signály odpovídají rozlišení 4x (IRC snímač s 1000 impulsy na otáčku bude mít rozlišení 4000 poloh na otáčku).

V obvodu CPLD je dále naprogramována nastavitelná dělička dvěma nebo čtyřmi (na obr. 4 jde o blok synchronního obousměrného čítače CT1 a multiplexerů MUL1, MUL2, přepínajících dělicí poměr), která umožňuje snížit rozlišení dekodéru na 2x nebo 1x a tím zvýšit dostupnou maximální vstupní frekvenci, tzn. i nejvyšší možnou rychlost pohybu snímače. Dělicí poměr se přepíná vývody DIV0, DIV1 IC4 pomocí DIP spínačů S13 (viz tab. 1). Tabulka shrnuje i maximální vstupní frekvenci z enkodéru, kterou je zařízení při různých volbách schopno zpracovat. Samotný obvod CPLD zpracovává vstupní signál ze snímače do frekvence 2 MHz, omezení je dané rychlostí mikrokontroléru.

Za děličkou je v CPLD umístěn dvoubitový obousměrný čítač (CT2), který nahrazuje dva nejnižší bity čítače v mikrokontroléru a tím dále zvětšuje dostupnou maximální rychlost. Výstupní signály Q0, Q1 z čítače jsou vyvedeny na vývodech CPLD_BIT0 a CPLD_BIT1 IC4. Tento blok je možné deaktivovat multiplexerem MUL3



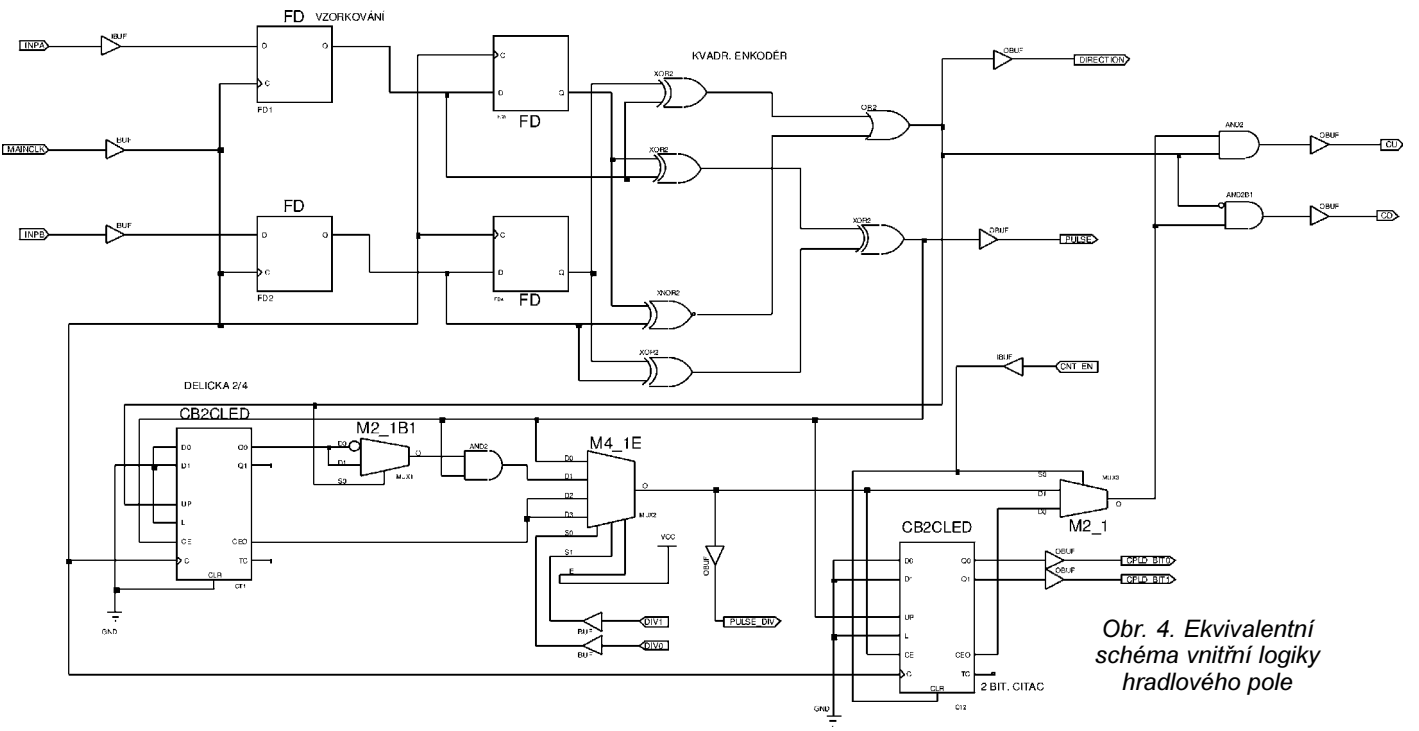
Obr. 2. Průběhy signálů z IRC snímače (A, B) a pulsy na výstupu kvadraturního enkodéru v různých režimech při otáčení stálou rychlostí jedním směrem



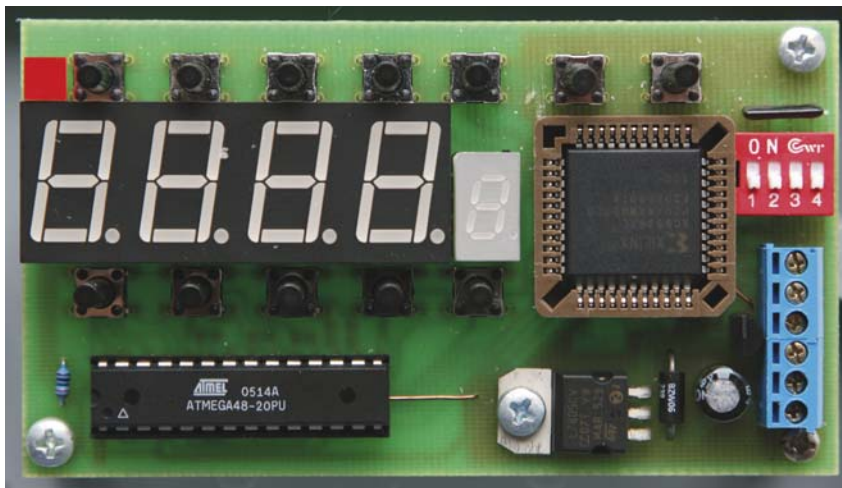
Obr. 3. Schéma zapojení

Tab. 1

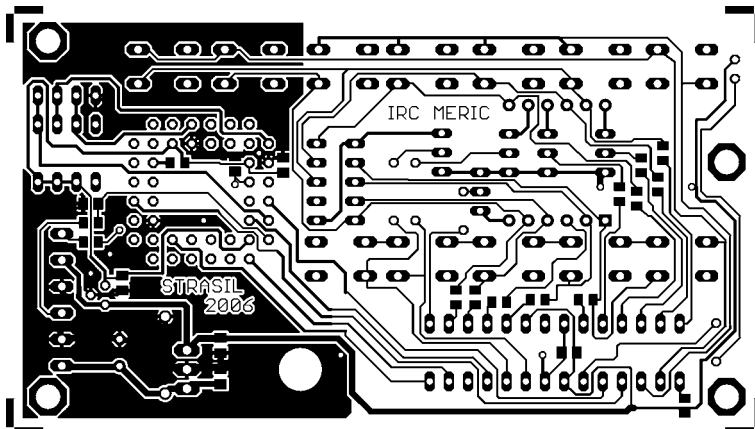
Stav spínače		Režim enkodéru	Max. vstupní frekvence [imp/s]
S13/2	S13/3	Spínač S13/1 vypnut	
zap	zap	1x	150 000
zap	vyp	2x	80 000
vyp	vyp	4x	40 000



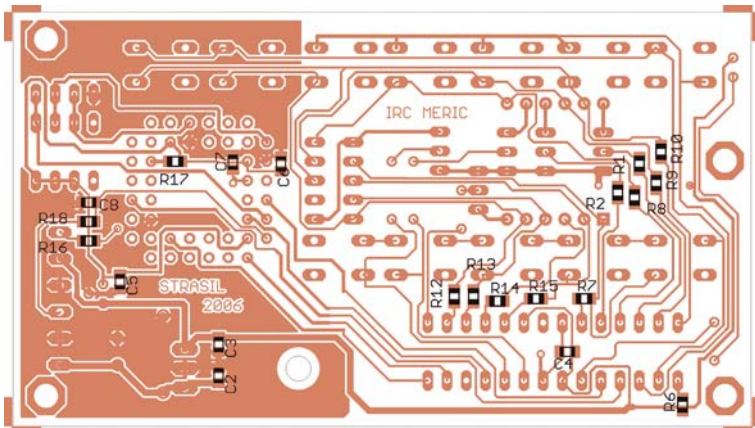
Obr. 4. Ekvivalentní schéma vnitřní logiky hradlového pole



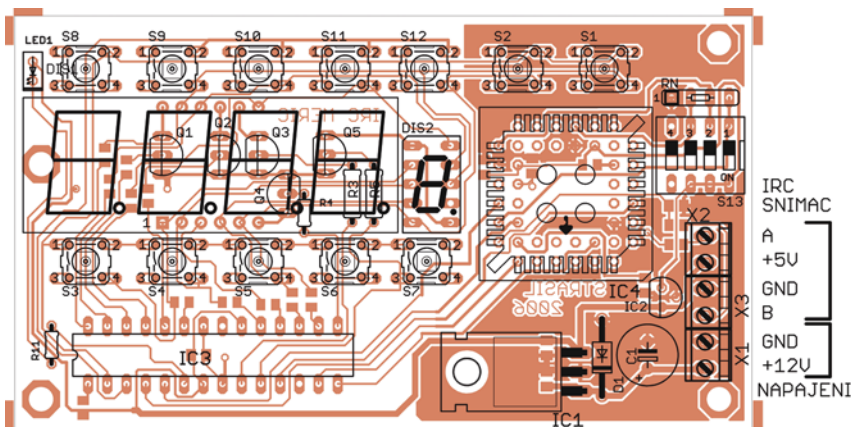
Obr. 5. Vnitřní provedení přístroje



Obr. 6. Deska s plošnými spoji



Obr. 7. Rozmístění součástek (strana spojů)



Obr. 8. Rozmístění součástek (strana součástek)

přivedením log. 1 na vývod CNT_EN IC4 přepnutím spínače S13/1 do polohy zapnuto.

Výstupní signál dekodéru po průchodu děličkou a čítačem (je-li aktivní) je rozdělen na dva výstupy CU („čítej nahoru“) a CD („čítej dolů“), které jsou spojeny s vstupy externích přerušení mikrokontroléru. Firmware mikrokontroléru na základě těchto vstupních signálů obsluhuje softwarový 32bitový čítač (další dva „nižší“ bity čítače jsou nahrazovány dvoubitovým čítačem v CPLD, o jehož stavu dostává IC3 informaci na vývodech 11 a 13).

Mikrokontrolér dále řídí pětimístný displej LED v multiplexním zapojení. První čtyři místa jsou tvořena čtyřmístným červeným displejem typu HD-M514 s velikostí znaku 14 mm, číslicovka nejnižšího řádu displeje je typu HD-A101 s velikostí znaku 7 mm. Číslicovky jsou v provedení se společnou anodou; jejich anody jsou spínány tranzistory PNP Q1 až Q5.

Pro nastavování hodnoty na displeji je nad a pod každou cifrou displeje osazeno tlačítko (S3 až S12). Další dvě tlačítka (S2 - Ruš/řád, S1 - Stav/OK) jsou vedle displeje.

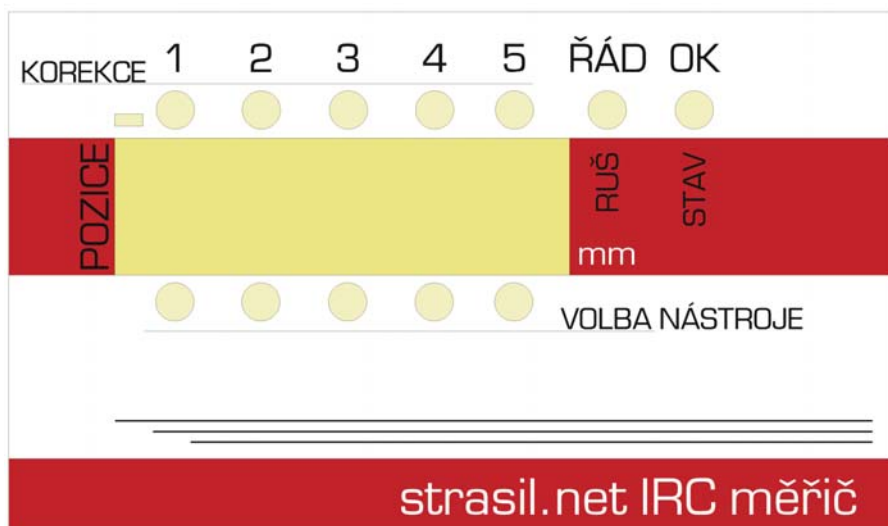
Znaménko „minus“ před zobrazenou hodnotou je tvořeno diodou LED1, umístěnou z prostorových důvodů vlevo nad displejem.

V zájmu co nejjednoduššího provedení DPS a možnosti použít co nejnižší mikrokontrolér s nejmenším počtem vývodů je obsluha tlačítek poněkud komplikovanější: stav tlačítek se zjišťuje po každém cyklu multiplexu na vodičích BTNIN0 a BTNIN1, v klidu uváděných do log. 1 vnitřními „pull-up“ rezistory mikrokontroléru, při postupném přivádění logické nuly na jednotlivé vodiče k displeji. Tlačítka jsou řazena až za omezovací rezistory jednotlivých segmentů displeje, aby se při současném stisku více tlačítek nemohly poškodit brány mikrokontroléru (při čtení stavu tlačítek jsou tranzistory Q1 až Q5 uzavřené a na rezistorech je zanedbatelný úbytek napětí).

Stav tlačítka S8, zapojeného mezi vodiče BTNIN0 a BTNIN1, se zjišťuje přepnutím vodiče BTNIN0 (tzn. vývodu PD0 IC3) do výstupního směru a jeho uvedením do log. 0. Stav tlačítka poté čteme na vodiči BTNIN1.

Mikrokontrolér a obvody displeje jsou napájeny napětím 5 V, stabilizovaným obvodem 7805 (IC1) z napájecího napětí 8 až 15 V, přivedeného na svorkovnici X1. Obvod CPLD je napájen napětím 3,3 V z pomocného stabilizátoru LE33 (IC2). Transil D1 spolu s předřazenou pojistkou chrání přístroj před poškozením při přepětí nebo prepólování.

Obvod CPLD je napájen napětím 3,3 V, ale vzhledem k tomu, že má 5 V tolerantní vstupy, není nutná žádná úprava vstupních úrovní TTL od



Obr. 9. Štítek přístroje 11,7 x 6,85 cm

IRC snímače. Vstupy A, B od IRC snímače jsou jen ošetřeny proti vřazení členy RC R16/C7 a R18/C8.

Mechanická konstrukce

Přístroj je vestavěn v plastové krabici typu KZP5 o rozměrech 125 x 74 x 50 mm.

Na panelu krabice je umístěn štítek (obr. 9), vytištěný na samolepící papír a přelepený průhlednou fólií; v místě displeje LED je vlepeno červené organické sklo, prodávané jako čelo k plastové krabici KP5.

Deska je uchycena na dlouhých distančních sloupcích ke dnu krabice.

Na boku krabice je osazena průchodka pro stíněný kabel k IRC snímači.

Vzhled hotového přístroje zachycuje obr. 5.

DPS přístroje (obr. 6 až 8) je jednostranná, osazena částečně součástkami SMD. Pokud bude užitý IRC snímač napájen z 5 V výstupu přístroje, je vhodné opatřit stabilizátor IC1 malých chladicím křídélkem.

IO IC3 a IC4 jsou osazeny v obějkách, stejně jako obě číslicovky. Pod displejem DIS1 jsou umístěny tranzistory Q1 až Q5, které musí být zapájené natěsno až k DPS.

Desku pečlivě osadíme (nezapomeňte na několik drátových propojek), před vložením mikrokontroléru a CPLD do objímek je vhodné ověřit funkci obou stabilizátorů. Po dokončení by měl přístroj pracovat na první zapojení.

Obsluha přístroje

Zařízení vždy zobrazuje naměřenou vzdálenost přepočtenou na milimetry. Desetinná čárka displeje se automaticky posouvá; nevýznamné nuly jsou skryty.

Pro zobrazení je možné zvolit *normální režim* nebo *režim kompenzace nástroje* pro pět různých nástrojů. V každém z režimů kompenzace nástroje může uživatel nezávisle na sobě

změnit zobrazenou hodnotu, která zůstává svázána s naměřenou vzdáleností - např. po výměnách nože na soustruhu si soustružník odměří poloměr obrobku a zadá jej do přístroje. Při další výměně nože za takový, který již má nastavenou svou kompenzaci, stačí jen přepnout na režim kompenzace, nastavený s tímto nástrojem - přístroj automaticky odečte z naměřené vzdálenosti jeho rozměr.

Tlačítkem *Zruš* je možné nulovat zobrazenou hodnotu; tlačítko *Stav* vyvolá zobrazení zvoleného režimu („*nor*“ v normálním režimu nebo „*Com 1*“ až „*Com 5*“ v režimech kompenzace) a při jeho delším podržení se zobrazení po dobu stisku posune o dvě místa doleva (odkryjí se další desetinná místa).

Krátkými stisky tlačítek nad a pod číslicemi je možné modifikovat zobrazenou hodnotu (displej po dobu změn bliká). Dlouhý stisk tlačítka nad nejvýznamnější číslici přepíná stav znaménka *minus*, krátký stisk tlačítka *Řád* posouvá desetinnou čárku; jeho dlouhý stisk nuluje zobrazenou hodnotu. Tlačítkem *OK* se nastavená hodnota potvrdí.

Dlouhým stiskem tlačítka nad číslicí se odbobně jako při krátkém stisku přejde do režimu modifikace hodnoty. Nastavená hodnota se po potvrzení tl. *OK* uloží jako vzdálenost v režimu kompenzace 1 až 5 (číslo režimu se určuje podle cifry displeje, nad kterou je tlačítko, zleva) a přístroj do tohoto režimu přejde.

Dlouhým stiskem tlačítka pod číslicí se přejde do již dříve nastaveného režimu kompenzace 1 až 5.

V režimech kompenzace 1 až 5 mění jas první až pátá číslicovka displeje podle zvoleného čísla režimu. Tlačítkem *Zruš* se přejde z režimu kompenzace do režimu normálního.

Nastavení přepočtu na milimetry

Při zapnutí napájení přidržte tlačítko *Stav*. Na chvíli se zobrazí výzva „*PrePO*“ a čítač přejde do režimu nastavení přepočtu na milimetry. Běž-

ným způsobem jako při změně zobrazené hodnoty nastavte na displeji konstantu mikrometrů/krok (pokud je zvolen režim 2x/4x, vydělte konstantu dvěma nebo čtyřmi) a potvrďte tlačítkem *Stav* (pozor: desetinná tečka zde určuje celé mikrometry, ne milimetry). Při následujícím zapnutí přístroje bude toto nové nastavení načteno.

Seznam součástek

R1, R2	2,2 kΩ, SMD 0805
R3 až R5	2,2 kΩ, 0204
R6	4,7 kΩ, SMD 0805
R7 až R10,	
R12 až R15	150 Ω, SMD 0805
R11	330 Ω, 0204
R16, R18	100 Ω, SMD 0805
R17	47 kΩ, SMD 0805
RN	3 x 4,7 kΩ, R síť
C1	220 μF/25 V
C2, C3, C6	100 nF, SMD 0805 (X7R)
C4, C5	10 nF, SMD 0805
C7, C8	100 pF, SMD 0805
D1	P4KE18
DIS1	HD-M514RD
DIS2	HD-A101
IC1	7805
IC2	LE33
IC3	ATMega48
IC4	XC9536XL-44PC
LED1	2x 5 mm červ.
Q1 až Q5	BC557C
S1 až S12	Tlačítko P-B1720E
S13	DIP switch 3x
X1 až X3	Svorkovnice ARK 550/2
Krabice U-KZP5	šedá
Průchodka	

Závěr

Popisovaná konstrukce umožňuje s malými náklady dovybavit zejména starší stroje o digitální odměřování polohy. Tři kusy zařízení jsou již několik měsíců úspěšně nasazeny v provozu.

Všechny použité součástky, kromě hradlového pole, které je možné zakoupit u firmy Asix (www.asix.cz), jsou běžně dostupné. IRC snímače u nás vyrábí a prodává například LARM Netolice, www.larm.cz

Pro některé aplikace může být výhodné využít jen naprogramované hradlové pole CPLD s kvadrantním enkodérem, neboť jeho cena je zanedbatelná ve srovnání s cenou zákaznických integrovaných obvodů se stejnou funkcí (např. LS7183/4).

Pokud máte jakékoliv náměty, dotazy nebo připomínky, kontaktujte mě prosím na e-mailu: ivo@strasil.net

Firmware do obou programovatelných obvodů a podklady pro výrobu DPS jsou dostupné na mém webu <http://www.strasil.net>

Literatura

[1] Martinek, R.: Senzory v průmyslové praxi. Praha, BEN 2004.