

## IRC čítač

*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:	8 - 15 V stejnosměrné
Odběr proudu:	180 mA
Rozhraní pro IRC snímač:	TTL úrovně (signály A, B); výstup napájení 5 V / 50 mA max.
Maximální vstupní frekvence:	40 - 150 kHz, viz text
Maximální chod jedním směrem:	100 m 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 (př. 1024 imp/ot).

Fototranzistory jsou navzájem posunuty o polovinu úhlového rozlišení snímače, takže z postupu zastínění a odkrytí fototranzistorů je možné tzv. kvadrurním 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 zesiluje a tvaruje signál 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 WWW stránek jejich výrobců a dodavatelů.

### Popis zapojení

Schéma zapojení IRC čítače je uvedeno na obr. 3.

Aby bylo možné docílit co nejvyšší rychlosti zpracování signálu z IRC čidla, je kvadrurní 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.) provádí mikrokontrolér ATmega48 (IC3), taktovaný interním RC oscilátorem na frekvenci 8 MHz.

Hodinový signál mikrokontroléru je vyveden jeho pinem PB0 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, uloženému v klopných obvodech 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 DIRECTION 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 multiplexorů 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 piny DIV0, DIV1 IC4 pomocí DIP spínačů S13 (viz tabulka). 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.

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

Za děličkou je v CPLD umístěn dvoubitový obousměrný čítač (CT2), který nahrazuje dva nejnižší bity čítače v mikrokontroléru a tím dále zvyšuje dostupnou maximální rychlost. Výstupní signály Q0, Q1 z čítače jsou vyvedeny na pinech CPLD\_BIT0 a CPLD\_BIT1 IC4. Tento blok je možné deaktivovat pomocí multiplexoru MUL3 přivedením log. 1 na pin 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 32-bitový čítač (další dva nižší bity čítače jsou nahrazovány dvoubitovým čítačem v CPLD, o jehož stavu dostává IC3 informaci na pinech 11 a 13).

Mikrokontrolér dále řídí pětímístný LED displej 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 - Q5.

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

Znaménko "mínus" před zobrazovanou hodnotou je tvořeno LED diodou LED1, umístěnou z prostorových důvodů vlevo nad displejem.

V zájmu co nejjednoduššího provedení DPS a možnosti použít co nejlevnější mikrokontrolér s nejnižším 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 při současném stisku více tlačítek nemohlo dojít k poškození bran 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. pinu 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 - 15 V, přivedeného na svorkovnici X1. Obvod CPLD je napájen napětím 3,3 V z pomocného stabilizátoru LE 33 (IC2). Transil D1 spolu s předřazenou pojistkou chrání přístroj před poškozením při přepětí nebo přepólování.

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 IRC snímače. Vstupy A, B od IRC snímače jsou jen ošetřeny proti vf rušení RC členy R16/C7 resp. R18/C8.

## Mechanická konstrukce

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

Na panelu krabičky je umístěn štítek (obr. 5), vytištěný na samolepící papír a přelepený průhlednou fólií; v místě LED displeje je vlepeno červené plexisklo, prodávané jako čelo k plastové krabičce KP5.

Plošný spoj je uchycen na dlouhých distančních sloupcích ke dnu krabičky.

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

Vzhled hotového přístroje zachycuje obr. 6.

DPS přístroje (obr. 7 - 9) je jednostranná, osazená částečně součástkami SMD. Pokud bude užitý IRC snímač napájen z 5 V výstupu přístroje, je vhodné opatřit stabilizátor IC1 malých chladícím křídélkem.

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

Plošný spoj pečlivě osadíme (nezapomeňte na několik drátových propojek), před vložením mikrokontroléru a CPLD do patic 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 ciframi je možné modifikovat zobrazenou hodnotu (displej po dobu změn bliká). Dlouhý stisk tlačítka nad nejvýznamnější číslicí 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 obdobně jako při krátkém stisku přejde do režimu modifikace hodnoty. Nastavená hodnota se po potvrzení tl. *OK* uloží jako vzdálenost v režimu kompenzace 1 – 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 – 5.

V režimech kompenzace 1 – 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 přidržíte tlačítko *Stav*. Na chvíli se zobrazí výzva „*PrePO*“ a čítač přejde do režimu nastavení přepočtu na milimetry. Běžným způsobem jako při změně zobrazené hodnoty nastavte na displeji konstantu mikrometrů/krok (pokud je zvolen režim 2x/4x, vydělte konstantu dvěma, resp. 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

C1	220 µF / 25 V	R1, R2	2,2 kΩ SMD 0805
C2, C3, C6	100 nF SMD 0805 (X7R)	R3 – R5	2,2 kΩ 0204
C4, C5	10 nF SMD 0805	R6	4,7 kΩ SMD

			0805
C7, C8	100 pF SMD 0805	R7 – R10, R12 – R15	150 $\Omega$ SMD 0805
D1	P4KE18	R11	330 $\Omega$ 0204
DIS1	HD-M514RD	R16, R18	100 $\Omega$ SMD 0805
DIS2	HD-A101	R17	47 k $\Omega$ SMD 0805
IC1	7805	RN	R síť 3 x 4,7 k $\Omega$
IC2	LE33	S1 – S12	Tlačítko P-B1720E
IC3	ATMega48	S13	DIP switch 3x
IC4	XC9536XL-44PC	X1 – X3	Svorkovnice ARK 550/2
LED1	LED 2x5 mm červ.	krabička U-KPZ5 šedá	
Q1 – Q5	BC557C	průchodka	

## **Závěr**

Popisovaná konstrukce umožňuje s nízkými 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](http://www.asix.cz)), jsou běžně dostupné. IRC snímače u nás vyrábí a prodává například LARM Netolice, [www.larm.cz](http://www.larm.cz)

Pro některé aplikace může být výhodné využít jen naprogramované hradlové pole CPLD s kvadrurním 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](mailto: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

### ***Texty pod obrázky:***

- obr. 1: Kotouč IRC snímače
- obr. 2: Průběhy signálů z IRC snímače (A, B) a pulsy na výstupu kvadrurního enkodéru v různých režimech při otáčení stálou rychlostí jedním směrem
- obr. 3: Schéma zapojení
- obr. 4: Ekvivalentní schéma vnitřní logiky hradlového pole
- obr. 5: Štítek přístroje
- obr. 6: Vnitřní provedení přístroje
- obr. 7: Motiv DPS
- obr. 8: Osazení DPS (strana spojů)
- obr. 9: Osazení DPS (strana součástek)
  
- obr. xx: další fotografie? (dle uvážení redakce)

**Obrázky jsou v souborech Obrazek xx v PNG, PDF nebo bitmapě, schémata a desky jsou navíc v Eaglu 4.11 (jde otevřít a editovat i freeware verzí Eagla). Případná silová schémata (.sxe) jsou v Qcadu (Proficad).**

**Motivy DPS a osazovací plánky mají rozlišení 1200dpi.**