

**Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích**

**Pedagogická fakulta – Katedra fyziky**

**Bakalářská práce**

**České Budějovice 2011**

**Zdeněk Jůza**

**Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích**

**Pedagogická fakulta – Katedra fyziky**

**Použití jednočipových mikroprocesorů AVR ATMEL pro měření  
vzdálenosti**

**Bakalářská práce**

**Vedoucí práce: Ing. Michal Šerý**

**Autor: Zdeněk Jůza**

## Anotace

Práce se zabývá konstrukcí měřidla, které by mělo sloužit k nahrazení nonia na manuálně ovládaných obráběcích strojích a využitím obvodu AVR ATMEL pro tyto aplikace. Snímač použitý pro odměřování vzdálenosti je magnetický lineární kodér AS5311. V práci je uveden rozbor návrhu prototypu s mikrokontrolérem ATmega32 a snímačem AS5311. Výstup měřidla je zobrazován na LCD Zobrazovači.

## Abstract

The bachelor's thesis deals with the construction of a measuring tool that will probably enable substitution of the vernier scale in manually controlled machine tools. It also treats a possible use of the AVR ATMEL circuit for these applications. The sensor used for measuring the distance is the magnetic linear encoder AS5311. The thesis also presents the analysis of a prototype design using an ATmega32 microcontroller and a AS5311 sensor. The output of the measuring device is displayed on a LCD display.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě Pedagogickou fakultou elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

Datum 25.4.2011    Podpis studenta

## **Poděkování**

Touto formou děkuji svému konzultantovi Ing. Michalu Šerému za cenné rady a připomínky při zpracování mé práce.

## Obsah:

Obsah: .....	6
1 Úvod a cíle .....	7
1.1 Cíle .....	8
2 Teoretický rozbor .....	9
2.1 Metody měření vzdálenosti .....	9
2.1.1 Laserová interferometrie .....	9
2.1.2 Měření vzdálenosti pomocí optického rotačního inkrementálního snímače .....	10
2.1.3 Měření vzdálenosti pomocí Lineárního magnetického snímače .....	11
2.2 Výběr vhodných komponentů .....	13
2.2.1 Výběr snímače .....	13
2.2.2 Výběr mikroprocesoru .....	15
2.2.3 Výběr Zobrazovače .....	17
3 Elektrický návrh a realizace měřicího přípravku .....	20
3.1 Blokové schéma zařízení .....	20
3.1.1 Elektromechanická konstrukce napájecího zdroje .....	20
3.1.2 Elektromechanická konstrukce snímače AS5311 .....	21
3.1.3 Redukce TSSOP-20 na DIL20 .....	22
3.1.4 Elektromechanická konstrukce zobrazovače .....	23
3.1.5 Universální konektor .....	24
3.1.6 Elektromechanická konstrukce ATmega32 .....	25
3.1.7 Tlačítka .....	26
3.1.8 LED zobrazovač pro ATmega32 .....	26
3.2 Motorové lože .....	27
3.3 Výroba desek plošných spojů .....	28
3.4 Přenos dat z obvodu AS5311 .....	29
3.4.1 Odlaďování software .....	30
4 Sestavení, testování a kalibrace .....	32
4.1 Sestavení .....	32
4.2 Kalibrace na interferometru .....	33
4.3 Testování měřicího přístroje na universálním soustruhu. ....	36
5 Závěr a zhodnocení cílů .....	37
6 Použitá literatura .....	38
7 Seznam Příloh .....	40
Příloha 1. program použitý v obvodu ATmega32 .....	40

## 1 Úvod a cíle

Za cíl této práce bylo stanoveno sestavit přístroj, který by byl schopen odměřovat vzdálenost na manuálně ovládaných obráběcích strojích, při čemž byl kladen důraz na vysokou přesnost a snadnou montáž. Dále bylo pamatováno na rozšíření uživatelského rozhraní o prvky, které obyčejné mechanické odměřovače neposkytují. Tento měřič vzdálenosti je řešen s využitím procesoru AVR ATMEL, který poskytuje relativně obvodově jednoduché a velmi efektivní řešení.

V úvahu musí být brán fakt, že odměřovač polohy bude pracovat v podmínkách, které znesnadňují měření, jako jsou např. mechanické vibrace způsobené obráběním, pohybem rotujících hmot v převodovce, vibrace způsobené asynchronním motorem, dále elektromagnetické rušení, které je způsobeno při rozběhu a provozu asynchronního motoru, prach a kovové piliny, agresivní kapaliny a velké teplotní rozdíly.

Projekt je rozdělen do sedmi částí. V části první bude čtenář seznámen s cílem projektu a v následujících částech mu budou nabídnuty odkazy na řešení problému. Část druhá, se zabývá teoretickou částí průmyslového řešení optomechanických a magnetických senzorů polohy, a zvoleným postupem technického řešení. Třetí část pojednává o výrobě celého zařízení včetně software. Čtvrtá část je věnována sestavení a vyzkoušení celého měřidla. Pátá část obsahuje závěr této práce. Šestá pak použitou literaturu, za kterou následuje seznam příloh v sedmé části.

## 1.1 Cíle

Cílem projektu je vytvořit měřicí systém odolný nepříznivým vlivům s minimálními požadavky přesnosti 0,005 mm, tedy 200 pulzů na 1 mm s rychlostí měření maximálně do 50 mm/s, dále tento měřicí přístroj musí obsahovat tlačítko NULOVÁNÍ.

Za tímto účelem je nutno splnit dílčí cíle:

Teoretická příprava

- Nastudovat fyzikální principy a průmyslové systémy měření vzdálenosti

Elektrické řešení přístroje

- Výběr vhodných komponent
- Návrh obvodů a jejich realizace

Mechanické řešení přístroje

- Mechanické konstrukční řešení snímače
- Mechanické uspořádání celého přístroje

Návrh software

- Návrh a realizace programu pro mikropočítač
- Odladování a funkční zkoušky programu

Testování a kalibrace

- Zpracovat metodiku testování a kalibrace měřidla
- Otestovat správnou funkci měřidla
- Provést kalibraci



## 2 Teoretický rozbor

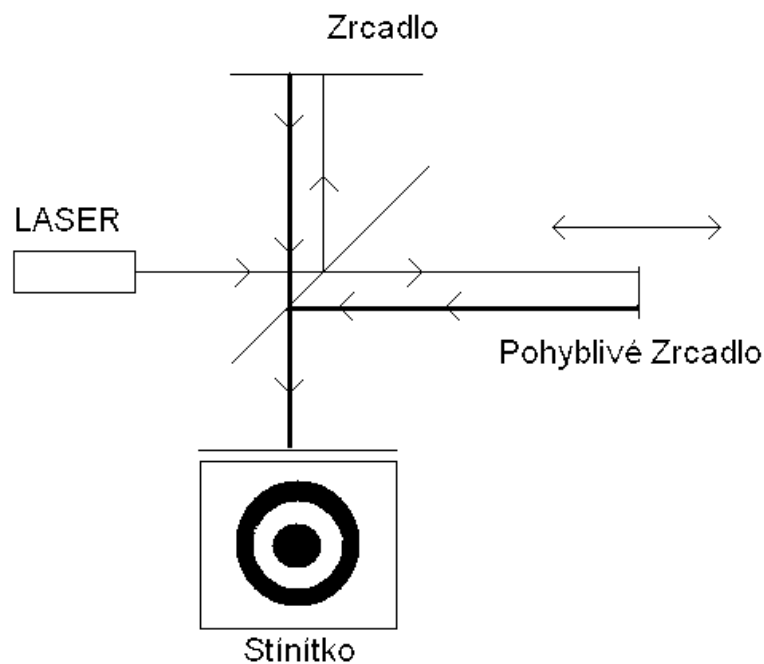
### 2.1 Metody měření vzdálenosti

Měření vzdálenosti se v průmyslu provádí mnoha metodami využívajícími nejrůznější fyzikální principy, které jsem byl nucen prostudovat, abych byl schopen objektivně zhodnotit, které jsou nejvhodnější pro použití v této aplikaci. Tři z nich, byly vybrány a podrobněji rozebrány pro své specifické vlastnosti.

#### 2.1.1 Laserová interferometrie [1, 2]

Laserová interferometrie vychází z vlnových vlastností světla. Koherentní světelný paprsek o konstantní vlnové délce se rozdělí na dva paprsky pomocí polopropustného zrcadla, jeden nechme svítit přímo na stínítko a druhý přes pohyblivé zrcadlo na totéž stínítko. Na stínítku začnou obě vlny interferovat. Pokud budeme zrcadlem pohybovat, bude bod měnit svůj jas. Pokud budeme měnit vzdálenost zrcátka mezi po sobě následujícími minimálními intenzitami bodu na stínítku a tuto vzdálenost změříme, vyjde nám vlnová délka koherentního světelného paprsku. Interferometr není schopen měřit absolutní vzdálenost, kterou urazil paprsek, je schopen měřit jen rozdílovou vzdálenost. Na obr. č. 1 je znázorněno zjednodušené schéma interferometru [1].

V průmyslu se při interferometrických měřeních využívá toho, že paprsky interferují na citlivém CCD snímači a obraz je dále zpracováván výpočetní jednotkou, která pomocí informací o jasu jednotlivých bodů maticového CCD snímače dokáže ještě zvýšit přesnost měření a určit směr pohybu zrcadlem.

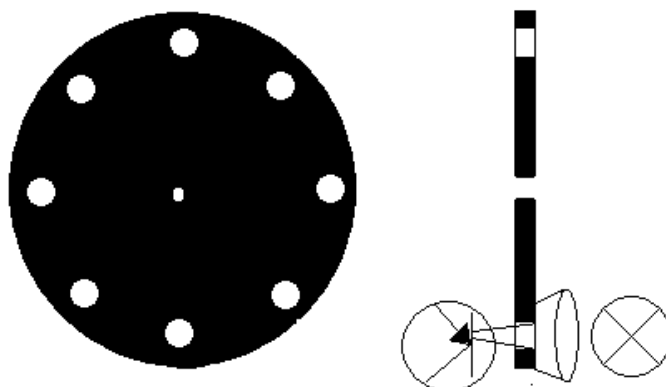


Obr. č. 1 Schéma interferometru [1]

Tato metoda podává velmi dobré výsledky. Ovšem je náročná na čistotu prostředí, a také velice náročná na vibrace. Tedy na obráběcích stroji je v našich podmínkách těžko použitelná. Rozlišení této metody, tedy nejkratší měřitelná vzdálenost, je při použití červeného helium neon laseru  $\lambda=633$  nm, což odpovídá 3159,6 pulzům na 1 mm.

### 2.1.2 Měření vzdálenosti pomocí optického rotačního inkrementálního snímače [3]

Zařízení pracuje na principu průsvitu otvorů děrného kotouče, kdy základní vlastností tohoto kotouče je, aby otvory byly stejně daleko od středu, a aby byly stejně daleko od sebe. Kotouč musí být neprůsvitný, na jedné straně kotouče jsou umístěny dvě fotodiody a na druhé straně zdroj světla nejčastěji LED dioda. Princip funkce objasní obr. č. 2 [3].



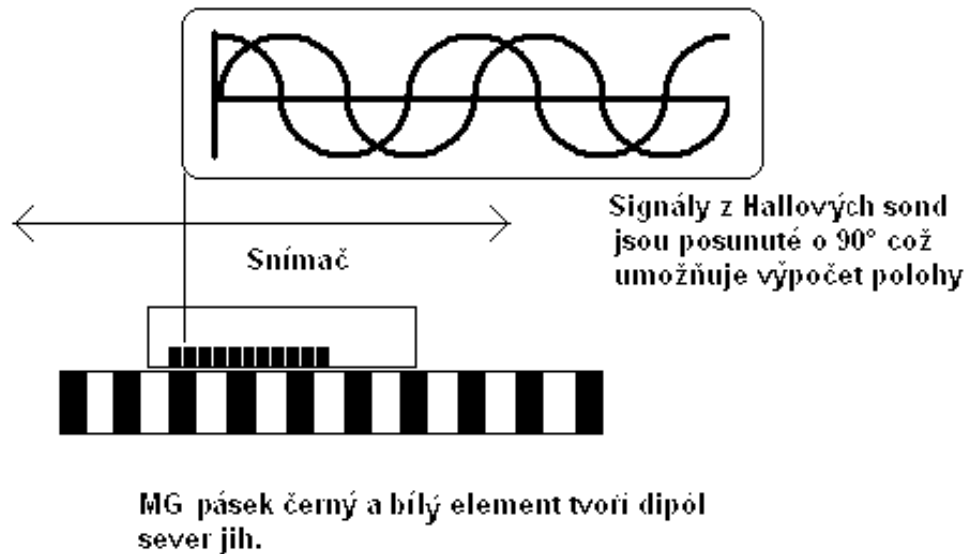
*Obr. č. 2 Inkrementální snímač polohy s děrným kolečkem [3]*

Světlo střídavě dopadá na fotodiody, pomocí nichž vyhodnocovací elektronika dokáže rozlišit, kolikrát se osa děrného kola otočila a jakým směrem. Běžná přesnost těchto snímačů je 500 otvorů na otáčku, ale i řádově více. Často bývá tento snímač doplněn mechanickým zesilovačem, což sebou nese mnohé nežádoucí vlastnosti, jako například vůle v převodech. Ovšem vyznačují se velkou odolností vůči nepříznivým vlivům. Jeho přesnost při 10 mm na otáčku je 0,02 mm, tedy 50 impulzů na 1 mm. To je však pro nás nedostačující. Existují i snímače s vyhovující přesností, jejich cena je však značně vysoká.

### **2.1.3 Měření vzdálenosti pomocí Lineárního magnetického snímače [4]**

Lineární magnetický snímač je zařízení, které je schopno detekovat svou inkrementální polohu vůči magnetickému pásku. Pásek je tvořen vzájemně se přitahujícími póly magnetů sever jih. Celá přesnost tohoto snímače je přímo závislá na přesné vzdálenosti těchto dipólů. Magnetický lineární snímač polohy je integrovaný obvod, který pracuje v principu se dvěma páry Hallových sond, kdy signál z jednotlivých Hallových sond je vůči sobě fázově posunut. Díky posuvu signálu je počítač uvnitř čipu schopen vyhodnotit polohu čipu vůči pásku s magnetickými dipóly přesné délky. Pásek je zhotoven z pružného feromagnetika naneseného na nerezový plech. Celý snímač je tedy tvořen jen páskem a integrovaným obvodem.

Pásek se nalepí na lože obráběcího stroje, integrovaný obvod se osadí na support a je připojen k vyhodnocovací jednotce. Obr. č. 3 [5] zobrazuje průběh signálů na prvních dvou Hallových sondách v lineárním magnetickém kodéru. Tato metoda dává vysokou přesnost, výrobce [6] udává 2048 pulzů na 1 mm, což je 0,00048828125 mm .



Obr. č. 3 Signály na Hallových sondách při posunu snímače vůči magnetické pásce [5]

V této kapitole byly zmíněny tři možnosti, které lze použít. Nebyl zde kladen důraz na uvedení všech systémů, ale snaha ukázat běžně nejpřesnější, nejodolnější a ten, který bude použit v naší aplikaci. Magnetický lineární kodér je rozumným kompromisem mezi odolností a přesností.

## 2.2 Výběr vhodných komponentů

### 2.2.1 Výběr snímače

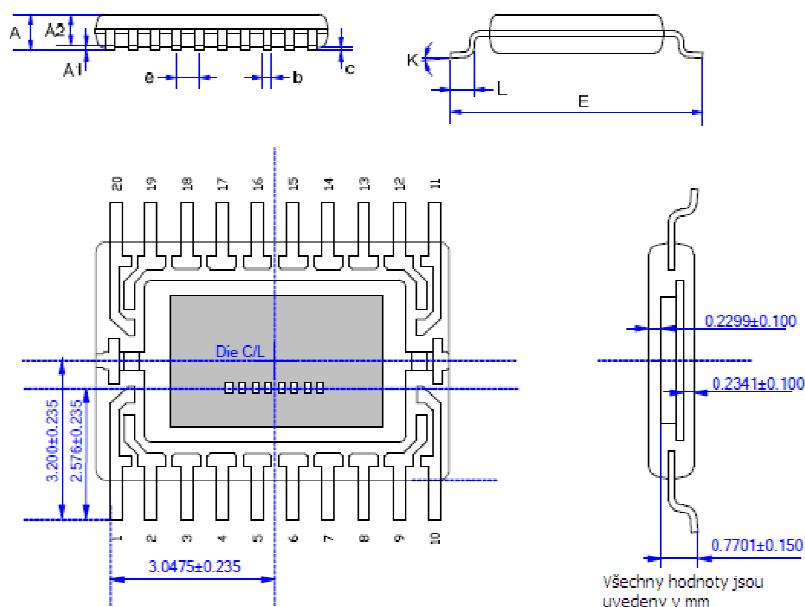
Na snímač byly kladeny tyto požadavky:

Snadná montáž nevyžadující zásah do konstrukce obráběcího stroje. Snímač musí být dostatečně rychlý min – 50 mm/s a přesný min - 0,005 mm a 50 mm/s. Snímač nesmí trpět vibracemi, nesmí být ovlivnitelný magnetickým polem a elektrickým rušením. Dále musí být odolný vůči prachu, agresivním kapalinám, kovovým třískám, teplotním vlivům a mechanickým vlivům.

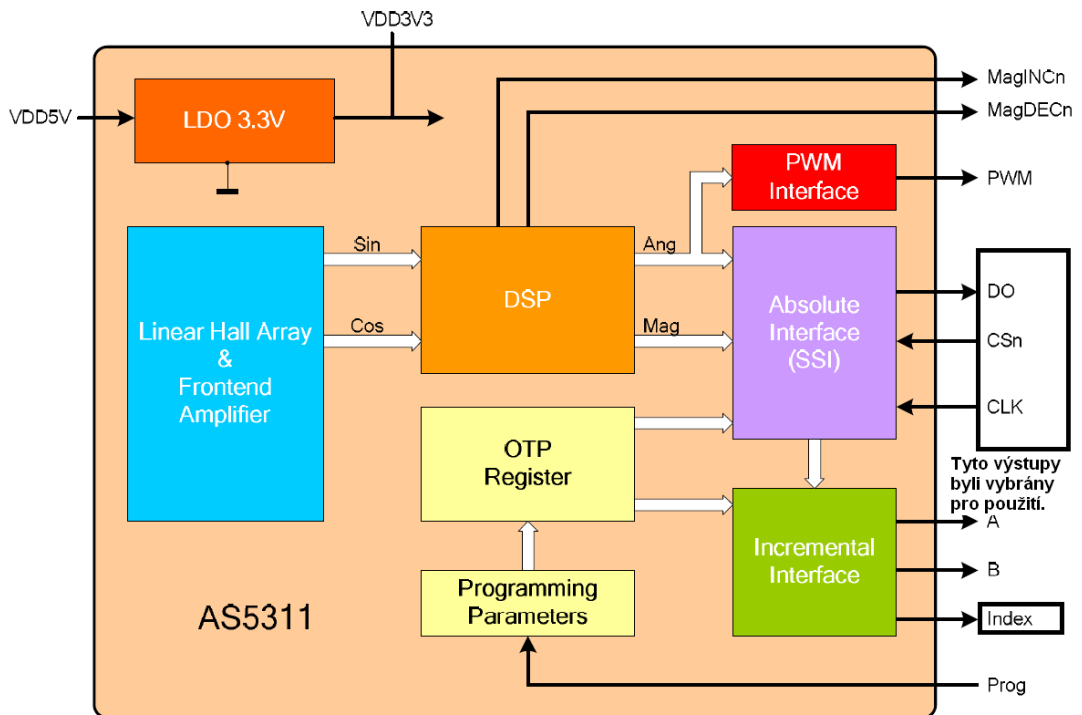
Ze všech dostupných snímačů polohy byl po prostudování mnoha materiálů např.: [2, 3, 6, 7] a po zvážení všech faktorů vybrán lineární magnetický kodér AS5311 [6, 8], protože vyhovuje více méně ve všech požadavcích.

Přehled některých mechanických vlastností, technologických a klimatických požadavků obvodu AS5311.

Obvod je zapouzdřen do TSSOP-20 mechanické řešení pouzdra [6] na obr. č. 4. Obvod lze skladovat v teplotách od -55 °C do +125 °C. Provozovat lze v teplotách od -40 °C do +125 °C. Teplota pájení je +260 °C. Relativní vlhkost vzduchu 5 – 85 %.



Obr. č. 4 Rozměry pouzdra snímače AS5311 a číslování vývodů, upraveno dle [6]



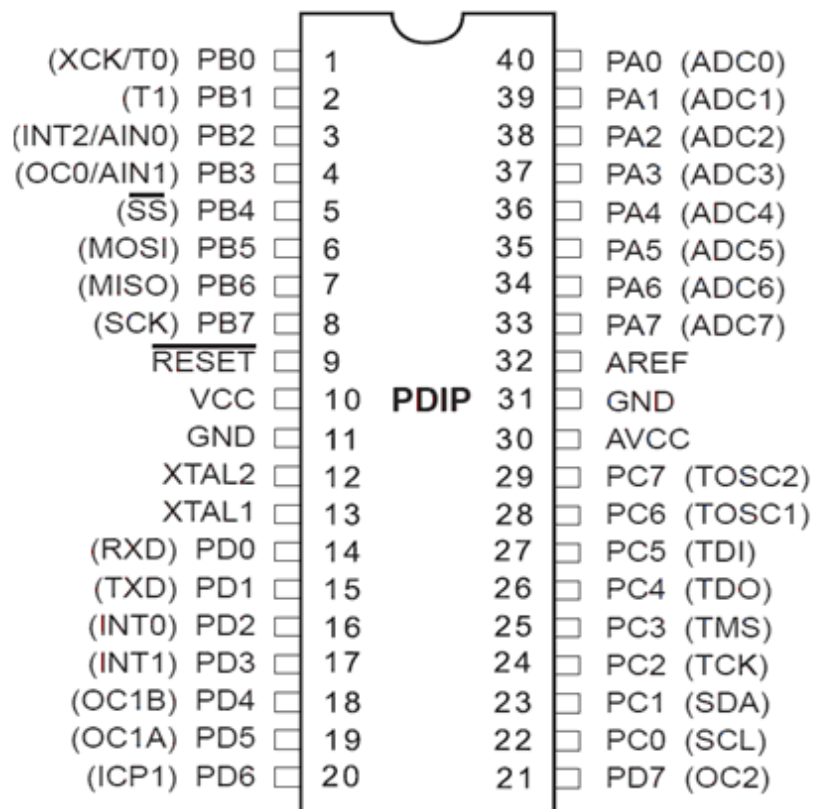
Obr. č. 5 Blokové zapojení vnitřní struktury čidla AS5311, upraveno dle [8]

#### 2.2.1.1 Přehled některých elektrických vlastností čidla AS5311 [6]:

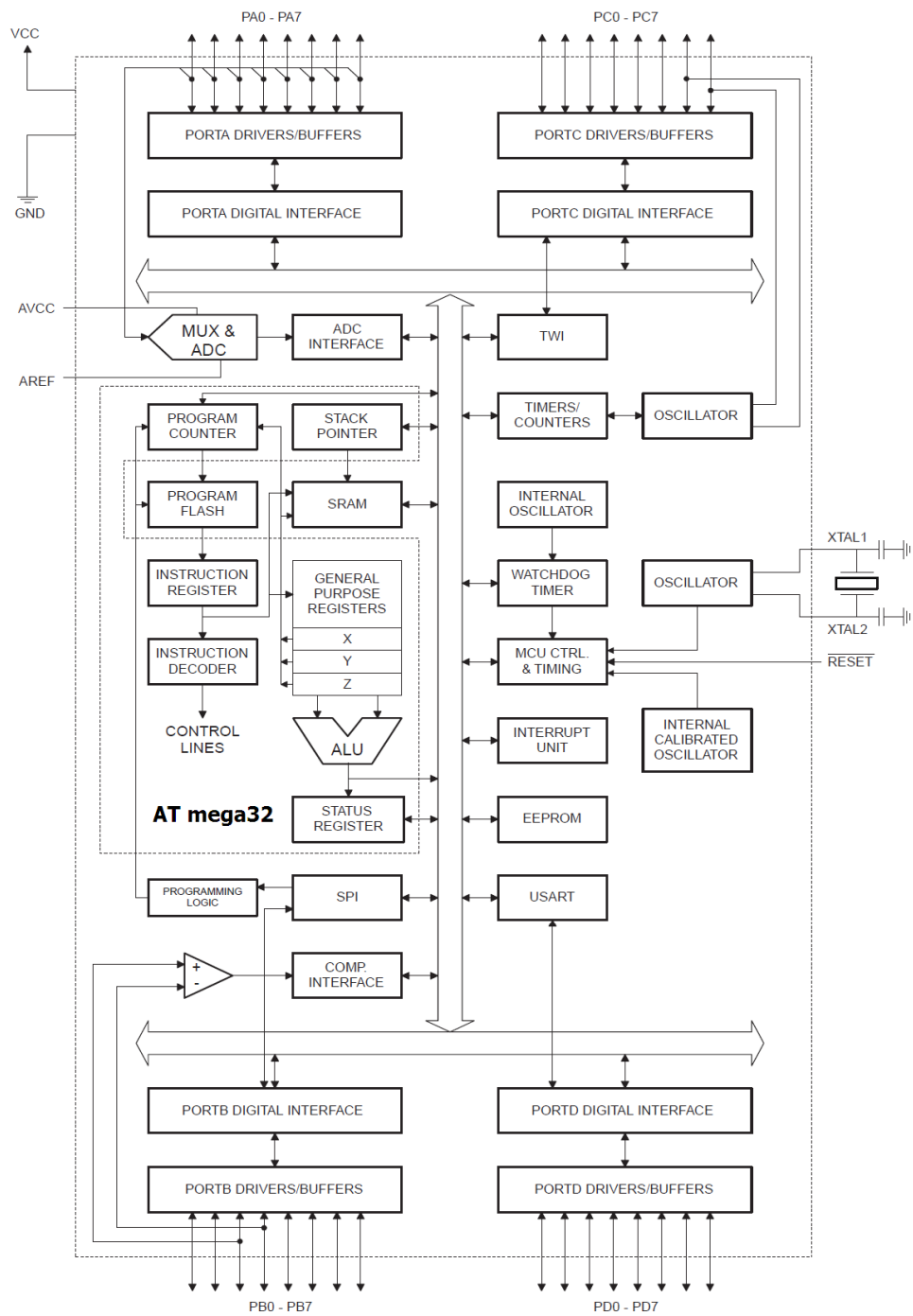
Napájecí napětí DC (stejnoseměrné) pro pin VDD5V minimum -0,3 V, maximum 7 V (při překročení těchto hodnot hrozí destrukce součástky). Napájecí napětí DC pro pin VDD3.3V (při překročení této hodnoty hrozí destrukce součástky) maximální napětí 5 V. Proudový odběr minimum -100 mA, maximum 100 mA. Rozlišení absolutního výstupu na jeden dipól je 12 bit. Rozlišení inkrementálního výstupu na jeden dipól je 10 bit. Integrální nelinearita při teplotě 25 °C je +5,6 um;-5,6 um. Integrální nelinearita vázaná na teplotu je +10 um; -10 um. Diferenciální nelinearita +0,97 um;-0,97 um. Maximální frekvence hodin sériového výstupu je 1 MHz.

### 2.2.2 Výběr mikroprocesoru

Mikroprocesor musí být z produkce AVR ATMEL. Po konzultacích s vedoucím práce jsme se přiklonili k modelu ATmega32 [9, 10], na obr. č. 6 zapojení vývodů obvodu a blokové schéma obvodu znázorňuje obr. č. 7, pro velkou paměť, dostatečný počet vstupů, a dobré zkušenosti z předešlých použití. Potřeby prototypu jsou trochu jiné než při výrobě finálního výrobku. Pro potreby prototypu budeme raději používat jeden pomalejší čip než komplikovat konstrukci několika čipy, které by způsobovaly problémy při testování nesouvisející se snímačem.



Obr. č. 6 Zapojení obvodu ATmega32, upraveno dle [10]



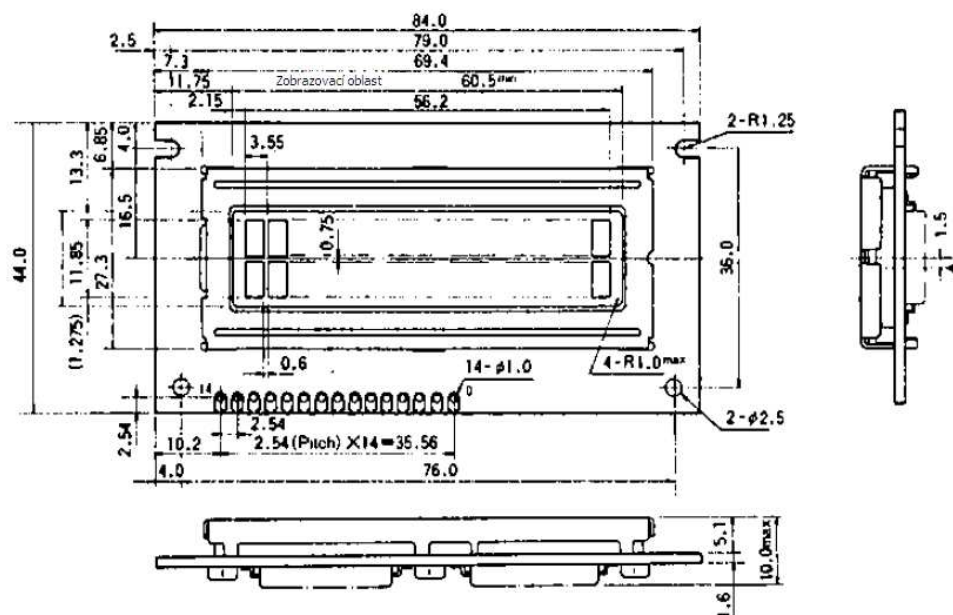
Obr. č. 7 Blokové schéma ATmega32, upraveno dle [10]



### 2.2.3 Výběr Zobrazovače

Pro potřeby prototypu bylo nutné vybrat jednoduchý Zobrazovač, který bude možné připojit k obvodu ATmega32, a který bude komunikovat s obvodem pokud možno s nízkými nároky na výpočetní výkon. A bylo ověřeno, že v jiných aplikacích spolehlivě funguje. Informace o zapojení jednotlivých vývodů LCD modulu jsou zaznamenány do tab. č. 1 [11]. Při výběru bylo přihlédnuto k literatuře [9, 11]. V tabulce tab. č. 2 [11] je výpis základních Elektrických a optických vlastností LCD Zobrazovače. Tab. č. 3 [11] informuje o podporovaných znacích a binárních adresách těchto znaků.

Po zhodnocení vlastností byl vybrán Znakový Zobrazovač využívající řadič HD44780. Rozměry LCD modulu s HD44780 [11] jsou znázorněny na obr. č. 8.



Obr. č. 8 Zobrazovací jednotka, upraveno dle [11]

Tab. č. 1 Zapojení jednotlivých vývodů LCD zobrazovače, upraveno dle [11]

PIN	NAME	FCE
1	Vss	GND
2	Vcc	+5 V
3	Vee, VO	kontrast
4	RS	0 - instrukce, 1 - data
5	R/W	0 - zápis, 1 - čtení
6	E	Clock
7	DB0	data 0
8	DB1	data 1
9	DB2	data 2
10	DB3	data 3
11	DB4	data 4
12	DB5	data 5
13	DB6	data 6
14	DB7	data 7
15	LED+	anoda podsvícení
16	LED-	katoda posvícení

Tab. č. 2 Elektrické a optické vlastností Zobrazovače, upraveno dle [11]

Electro Optical Characteristics at $V_{DD} - V_{SS} = 5.0V, T_a = 25^\circ C$ unless otherwise specified					
		min	typ	max	unit
Vstupní úroveň HIGH	$V_{IH}$	2.2		$V_{DD}$	V
Vstupní úroveň LO	$V_{IL}$	0		0.5	V
Výstupní úroveň HIGH	$V_{OH}$	2.4			V
Výstupní úroveň LO	$V_{OL}$			0.4	V
Vstupní proud	$I_p$	50	125	250	$\mu A$
Current Dissipation	$I_{DD}$		1.5	3.0	mA
Fregvence oscilátoru	$F_{OSC}$	190	270	350	kHz
Pozorovací úhel	$\phi_2 - \phi_1$	K = 1.4			degree
Pozorovací úhel	K	$\phi = 20^\circ$			
Doba náběhu	$t_r$	$\phi = 20^\circ$		150	ms
Doba zhasnutí	$t_f$	$\phi = 20^\circ$		150	ms
Napájecí napětí	$V_{DD} - V_O$	$T_a = 0^\circ C, \phi = 20^\circ, \theta = 0^\circ, K \geq 3$	4.4	4.5	V
(Recommended Value)		$T_a = 25^\circ C, \phi = 20^\circ, \theta = 0^\circ, K \geq 3$	4.0	4.1	V
1/16 Duty		$T_a = 50^\circ C, \phi = 20^\circ, \theta = 0^\circ, K \geq 3$	3.4	3.5	V

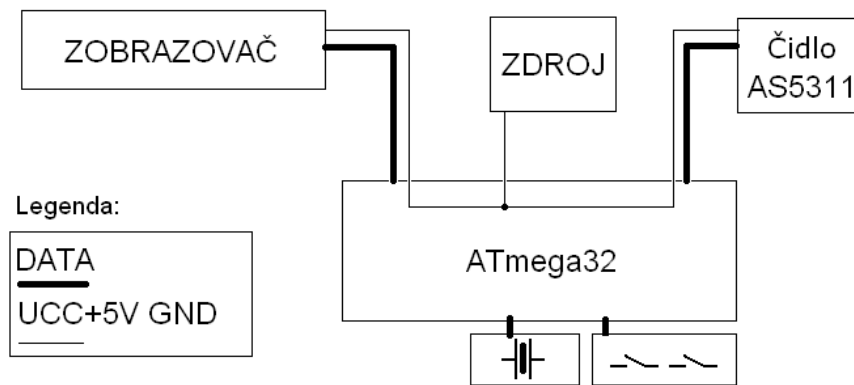
Tab. č. 3 Seznam podporovaných znaků a binárních adres znaků, upraveno dle [11]

Low-order 4 bits \ Hi-order 4bit	0000	0010	0011	0100	0101	0110	0111	1010	1011	1100	1101	1110	1111
xxxx0000	CG RAM (1)		0	a	P	`	P	-	9	E		ø	p
xxxx0001	(2)	!	1	A	Q	a	q	.	7	7	4	ä	q
xxxx0010	(3)	"	2	B	R	b	r	´	ı	ı	ı	p	ø
xxxx0011	(4)	#	3	C	S	c	s	¸	9	7	E	ε	ø
xxxx0100	(5)	\$	4	D	T	d	t	¸	ı	ı	ı	μ	ø
xxxx0101	(6)	%	5	E	U	e	u	.	¸	¸	ı	ε	ü
xxxx0110	(7)	&	6	F	V	f	v	9	ı	ı	ı	p	Σ
xxxx0111	(8)	'	7	G	W	g	w	7	7	7	ı	g	π
xxxx1000	(1)	(	8	H	X	h	x	ı	ı	ı	ı	ı	ı
xxxx1001	(2)	)	9	I	Y	i	y	ı	ı	ı	ı	ı	ı
xxxx1010	(3)	*	:	J	Z	j	z	ı	ı	ı	ı	j	7
xxxx1011	(4)	+	;	K	C	k	c	ı	ı	ı	ı	ı	ı
xxxx1100	(5)	,	<	L	*	ı	ı	ı	ı	ı	ı	ı	ı
xxxx1101	(6)	-	=	M	I	m	)	ı	ı	ı	ı	ı	ı
xxxx1110	(7)	.	>	N	^	n	ı	ı	ı	ı	ı	ı	ı
xxxx1111	(8)	/	?	0	_	o	ı	ı	ı	ı	ı	ı	ı

### 3 Elektrický návrh a realizace měřicího přípravku

#### 3.1 Blokové schéma zařízení

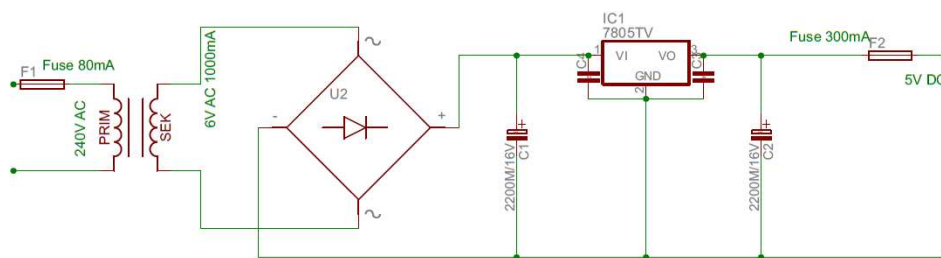
Pro potřeby prototypu bylo nutné vyrobit komponenty a propojit je dle blokového schématu na obr. č. 9. Schéma a desky plošných spojů byly navrhovány v programu EAGLE® ve verzi 5.11 light [13], která je zdarma dostupná pro studijní účely.



Obr. č. 9 Blokové schéma měřicího systému

##### 3.1.1 Elektromechanická konstrukce napájecího zdroje

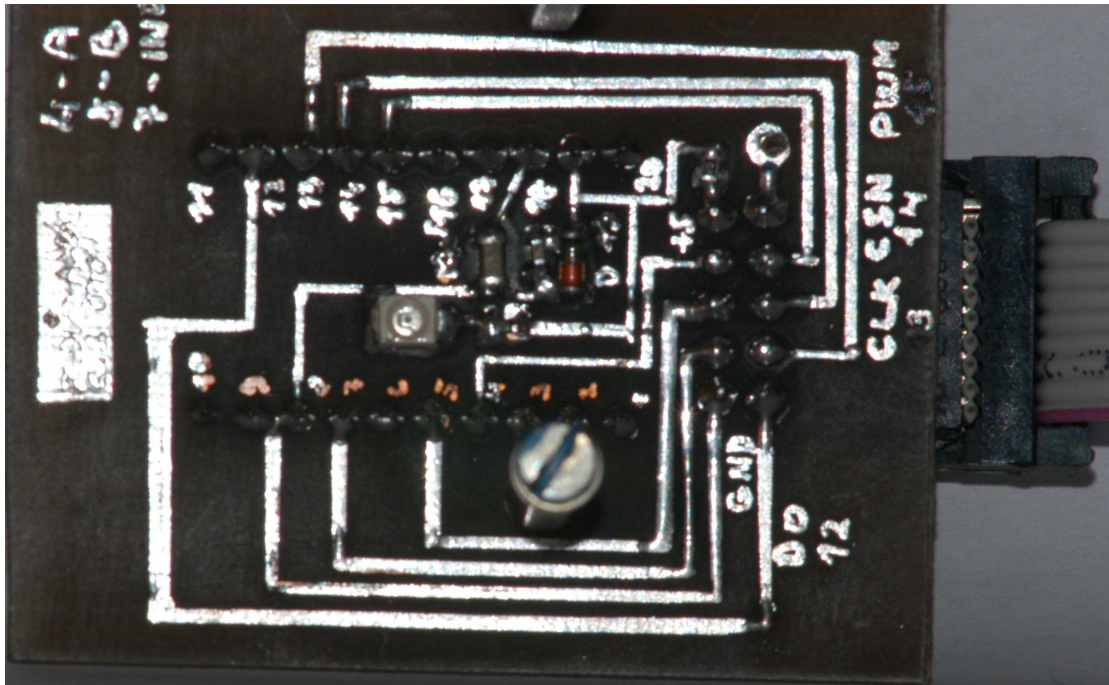
Pro potřeby prototypu, bylo nutné navrhnout zdroj napájecího napětí 5 V. Zdroj byl navržen s přihlédnutím na doporučení výrobce obvodu LM7805 a [16]. Parametry tohoto zdroje byly stanoveny dle potřeb prototypu. Jako akční člen regulátoru byl použit obvod LM7805 a byl zapojen dle schématu na obr. č. 10.



Obr. č. 10 Schéma napájecího zdroje [13]

Tento zdroj poslouží jako napáječ procesoru ATmega32, obvodu AS5311 a LCD Zobrazovače. Proud zdroje je stanoven maximálně na 300 mA a napětí na 5 V.

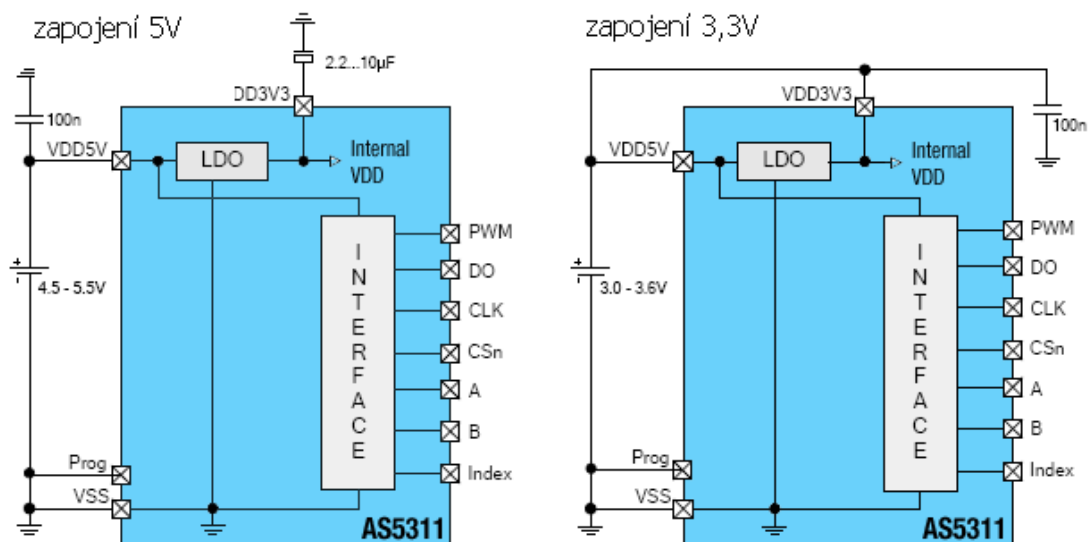
### 3.1.2 Elektromechanická konstrukce snímače AS5311



*Obr. č. 11 Deska napájecího adaptéru snímače AS5311.*

Na obr. č. 11 je znázorněna deska plošných spojů umožňující montáž redukce se snímačem AS5311 a připojení plochého vodiče.

Deska plošných spojů, je osazena LED diodou indikující správné zapojení napájecích vodičů a dále zenerovo diodou 5,5 V, která je zapojena tak, aby při záměně polarity napájecích vodičů nedošlo k destrukci obvodu a při překročení napájecího napětí došlo k vratnému průrazu přechodu, a tím se ochránil obvod před destrukcí přepětím. Dále byla deska osazena filtračními kondenzátory a součástkami dle doporučení výrobce [8], které se nachází na obr. č. 12. Na obr. č. 13 je zobrazena deska přizpůsobující pouzdro TSSOP – 20 rozměrům vývodů pouzdra DIL 20.



Obr. č. 12 Základní zapojení výrobce, upraveno dle: [8]

### 3.1.3 Redukce TSSOP-20 na DIL20

Redukce na obr. č. 13 je připojena k napájecí desce na obrázku obr. č. 11, pomocí níž je zajištěna komunikuje s mikroprocesorem ATmega32.



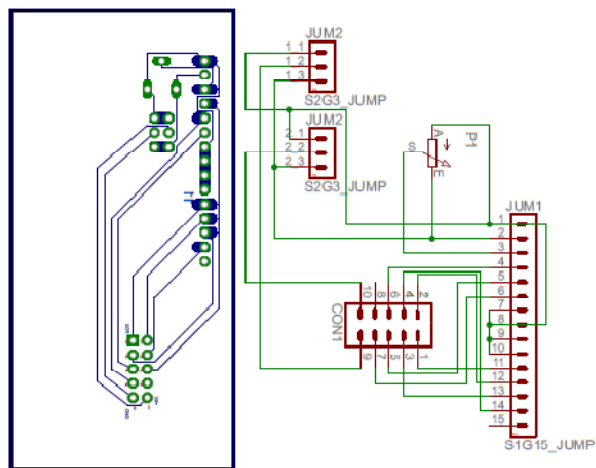
Obr. č. 13 Redukce TSSOP-20 na DIL20

### 3.1.4 Elektromechanická konstrukce zobrazovače

Na obr. č. 14 je znázorněna deska plošných spojů ze strany spojů zobrazovací jednotky používané při provozu prototypu.



Obr. č. 14 DPS Zobrazovače ze strany spojů.



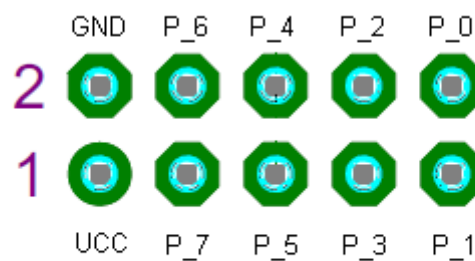
Obr. č. 15 Schéma a deska plošných spojů LCD Zobrazovače [13]



Tato deska [13] byla navržena tak, aby bylo možné montovat Zobrazovač nad ní a součástky bylo možné ukrýt v mezeře mezi deskou plošných spojů a Zobrazovačem včetně konektoru pro plochý vodič. Výstup z desky tvoří standardizovaný plochý vodič s deseti žilami, po kterém jsou vedeny jak data, tak vodič GND(zem nulový potenciál) a UCC+ 5 V (kladný vodič + 5 V).

### 3.1.5 Universální konektor

Takto jsou vyvedeny všechny porty ATmega32. Zapojení tohoto konektoru přiblíží obr. č. 16.

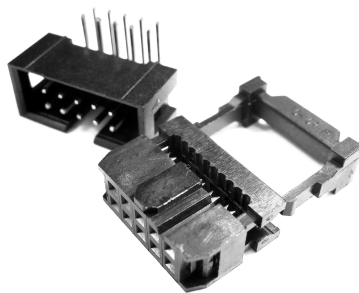


Pohled ze strany součástek

Obr. č. 16 Zapojení vývodů univerzálního konektoru [13]

Tento systém umožňuje připojení komponentů k jakémukoli portu ATmega32 a tím se velice zjednoduší práce při vytváření programu. Pro připojení komponent se užívá standardizovaný plochý kabel. Takto odpadne nepříjemné pájení vodičů přímo na desku plošných spojů, kdy hrozilo při opakované manipulaci ulomení vodiče. Výroba kabelu je velice jednoduchá, stačí zakoupit samořezný konektor a namáčknout na něj plochý kabel. Konektor je znázorněný obr. č. 17. Tento systém také umožňuje zjednodušit následnou montáž zařízení do přístrojové skříně. Dále je to velice výhodné, pokud dojde k poruše zařízení, neboť je možné poškozený modul jednoduše vyměnit za jiný.



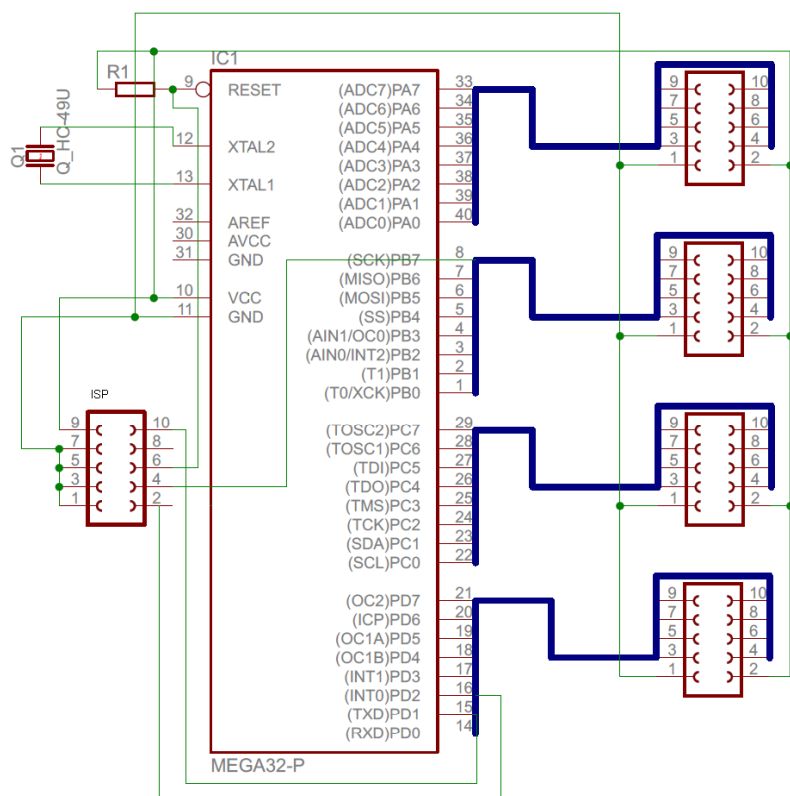


Obr. č. 17 Obrázek samořezného konektoru

Konektory se vyrábějí i úhlové s různým počtem pinů. Tento případ vyžaduje použití deseti pinové varianty.

### 3.1.6 Elektromechanická konstrukce ATmega32

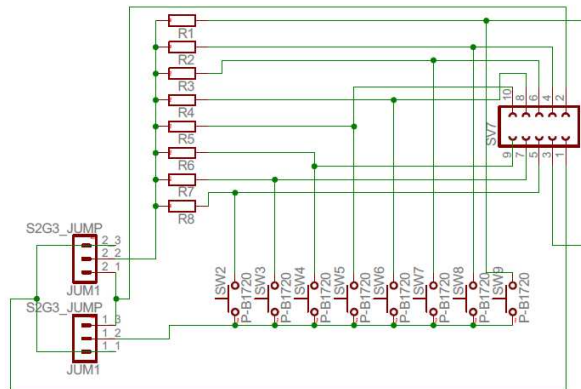
Pro potřeby prototypu byla zhotovena deska plošných spojů dle schématu na obr. č. 18.



Obr. č. 18 Schéma zapojení ATmega32 [13]

### 3.1.7 Tlačítka

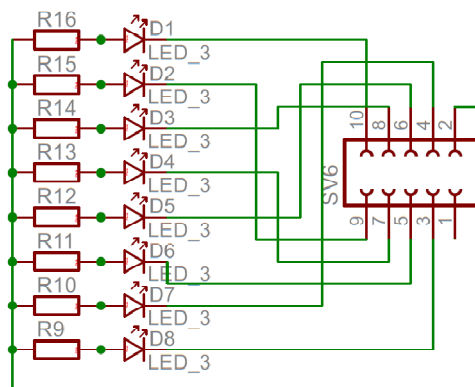
Pro potřeby prototypu byla zhotovena osmi tlačítková klávesnice. Schéma této klávesnice přiblíží obr. č. 19 [13]. U tohoto modulu klávesnice lze nastavit, zda se bude po stisknutí tlačítka vyskytovat logická 1 nebo 0 pomocí přepínačů „JUM1 a JUM2“



Obr. č. 19 Schéma zapojení jednoduché klávesnice k ATmega32 [13]

### 3.1.8 LED zobrazovač pro ATmega32

Přípravek na obr. č. 20 je neocenitelný pro odlaďování programu. Tento přípravek se připojí na libovolný port procesoru ATmega32 a rozsvěcením jednotlivých LED diod signalizuje stavy na odpovídajících pinech napojeného portu.



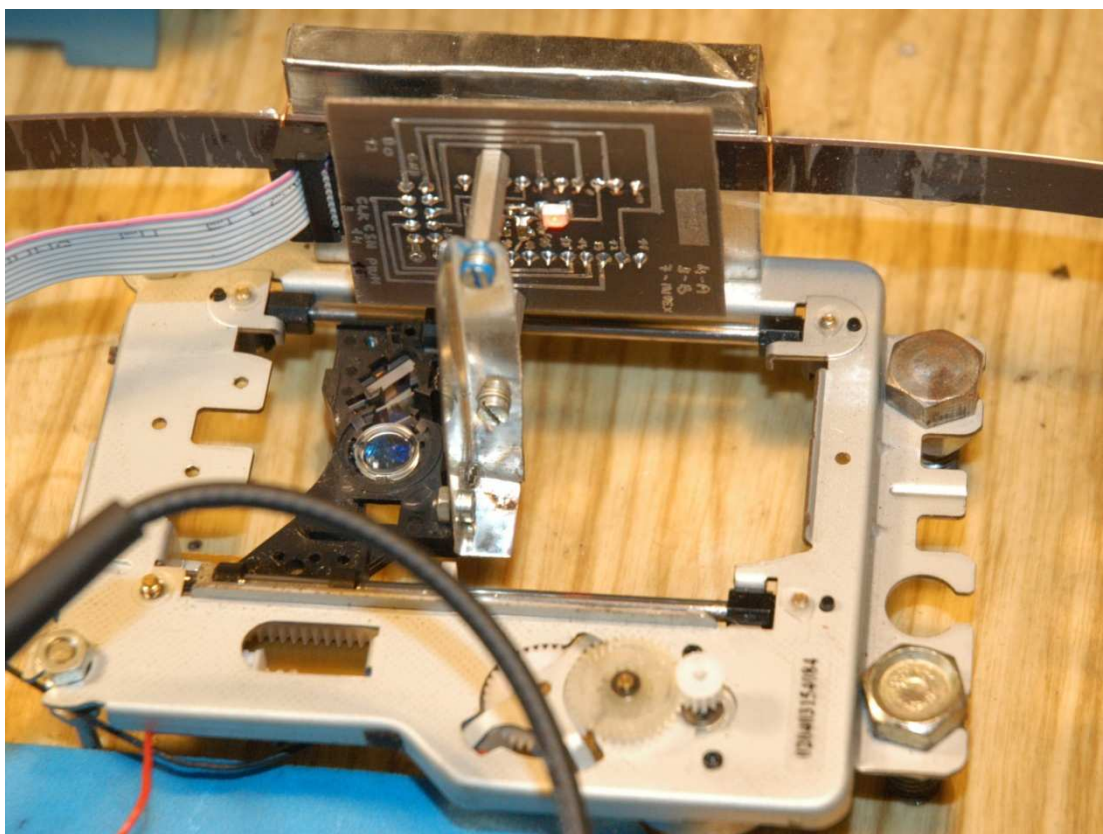
Obr. č. 20 LED zobrazovač pro ATmega32 [13]

### 3.2 Motorové lože

Pro potřeby prototypu bylo zapotřebí nejen pohybovat precizně obvodem AS5311, ale i rychle a pokud možno jak ručně, tak i pomocí servomechanismu.

Pro tento případ byla použita stará CD mechanika, která výborně vyhovovala všem požadavkům. Má vhodný poměr převodů v servomechanismu a lze ji ovládat i ručně.

Jelikož je lože velice krátké, jen asi 50 mm, muselo být zajištěno, aby hlava, na níž byl namontován obvod AS5311, se pohybovala od začátku do konce a zase zpět. K tomu posloužil tónový generátor. Na pohyblivou část lože byl umístěn snímač AS5311 a na pevnou část magnetická páska. Z lože byly vyvedeny patřičné vodiče. Hotové lože na obr. č. 21.



Obr. č. 21 Motorové lože pro snímač AS5311

### 3.3 Výroba desek plošných spojů

Níže zmíněný postup byl upraven dle internetové stránky [14].

Jedná se o postup, při kterém dojde k přenesení toneru z média potištěného laserovou tiskárnou na měděnou fólii desky plošných spojů.

Při výrobě plošných spojů bude nutné použít následující materiál a nástroje: barevný lepicí papír výrobce STEPA S.R.O, gumový váleček, topná deska s regulací teploty minimálně do 160 °C, nůž, cuprexitová deska plošných spojů, počítač s vhodným software, laserová tiskárna.

Obrazec plošných spojů vytvořený v některém z vhodných programů je exportován do tisku na laserovou tiskárnu. Do tiskárny je vložen barevný lepicí papír tak, aby se obrazec plošných spojů vytiskl ze strany lepidla. Potištěný papír je vystřížen na rozměr desky plošných spojů a přiložen potištěnou stranou, která musí přiléhat na měděnou fólii.

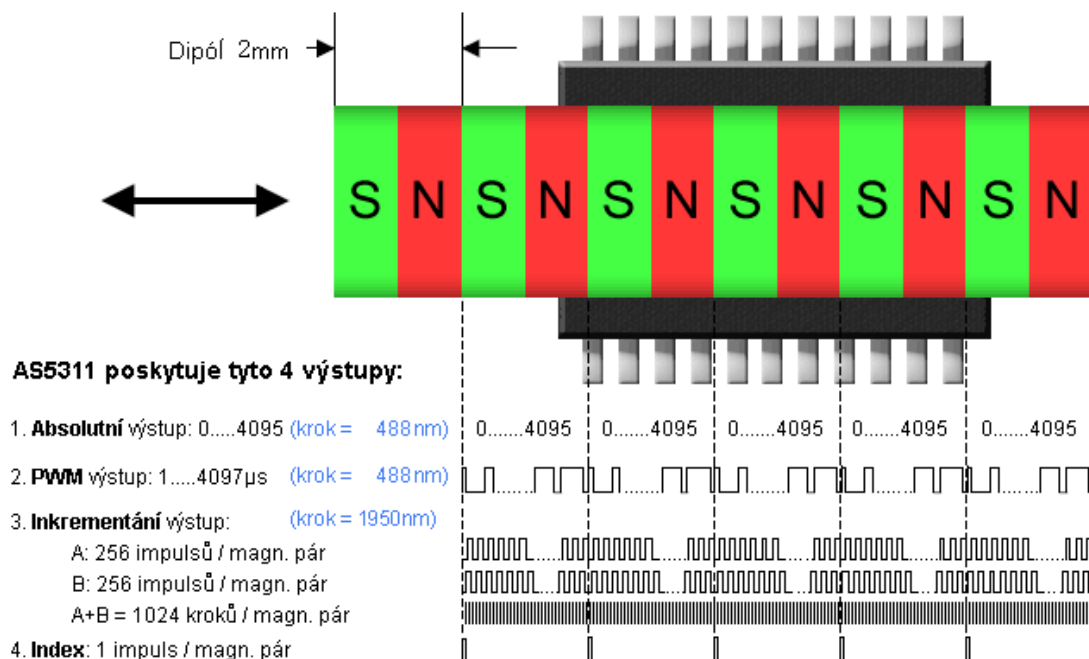
Deska plošných spojů je položena na topnou desku s teplotou nastavenou na 120 °C tak, aby byl potištěný papír navrch. Po důkladném prohřátí desky je nutné papír gumovým válečkem zaválcovat.

Po úplném vychladnutí desky je nutné prořezat svrchní lesklou vrstvu papíru. Následně je deska plošných spojů vložena do vody o teplotě zhruba 20 °C, dokud nedojde k samovolnému odpadnutí papíru.

Suchá deska plošných spojů je položena na topnou desku a přenesený obrazec je znovu převálcován gumovým válečkem. Takto připravená deska plošných spojů je zahlubována ve vhodném roztoku. Následně je neutralizována, očištěna od přeneseného toneru a vyvrtána. Na konec je ošetřena pájitelným lakem.

### 3.4 Přenos dat z obvodu AS5311

Obvod AS5311 [8] disponuje čtyřmi speciálními rozhraními, jimiž komunikuje s okolními obvody, které tento signál zpracovávají. Základní údaje o jednotlivých rozhraních lze vyčíst z obr. č. 22.



Obr. č. 22 Obraz znázorňující porty AS5311 a orientaci magnetické pásky, upraveno dle [8]

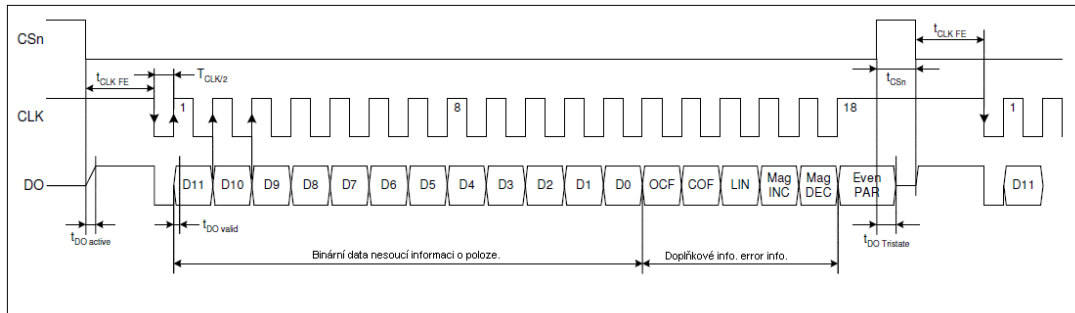
Vzhledem k dobré přesnosti jsme se rozhodli pro Absolutní výstup, který využívá tři vodiče, parametry přenosu objasní tab. č. 4.

Absolutní rozhraní SSI (Synchronní Sériové Rozhraní) má dva vstupy a jeden výstup, které zobrazuje diagram na obr. č. 23 .

DO-(Data OUT) je 18 bit sériový výstup z čidla AS5311, nese data o poloze a data, která informují obslužný počítač o stavu čtecího snímače například, jestli se nebezpečně vzdálil od magnetického pásku.

CLK-(Clock) hodinový kmitočet, slouží k synchronizaci sériového přenosu, je vstupním signálem.

CSn-(Cable select) zahajuje a ukončuje komunikaci, je vstupním signálem.



Obr. č. 23 SSI (Synchronní Sériové Rozhraní). Schéma sériové komunikace, upraveno dle [8]

Rozhraní SSI (Synchronní Sériové Rozhraní) má maximální hodnoty, které nesmí být překročeny. Ú údaje o nich jsou zaneseny do tab. č. 4.

Tab. č. 4 Tabulka extrémních hodnot, upraveno dle [8]

Parameter	Symbol	Min	Typ	Max	Unit	Note
Aktivace výstupu	t DO active			100	ns	Doba potřebná pro vybavení dat z DO po sestupné hraně CSn.
Aktivace hodin	tCLK FE	500			ns	Čas mezi sestupnou hranou CSn a první sestupnou hranou CLK.
Start vybavení dat z DO.	T CLK / 2	500			ns	Doba mezi sestupnou a vzestupnou hranou signálu CLK.
Čas podmiňující platnost dat	t DO valid			413	ns	Čas mezi náběžnou hranou CLK a přeběhem signálu DO.
Doba PARITY	t DO tristate			100	ns	Doba po kterou zůstane po vzestupné hraně CSn ještě platná úroveň parity.
Doba mezi CSn	t CSn	500			ns	Nejkratší doba mezi vzestupnou a sestupnou hranou CSn.
Frekvence rozhraní	fCLK	>0		1	MHz	Taktovací frekvence CLK sériového přenosu.

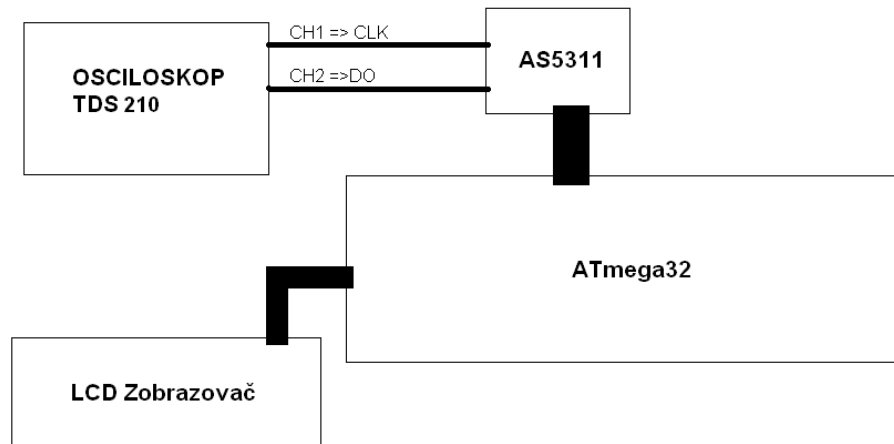
Z výše uvedených dat byl sestaven program pro obsluhu SSI (Synchronní Sériové Rozhraní) a druhá část programu aritmetická, která má za úkol vyhodnocovat směr pohybu a podle toho číselný údaj sejmутý obvodem AS5311 inkrementovat nebo dekrementovat. Na konec je tento číselný údaj odeslán k zobrazení na Zobrazovač, zhruba každých dvacet měření.

Obsah programu se nachází v Příloze č. 1 na konci této práce.

### 3.4.1 Odladování software

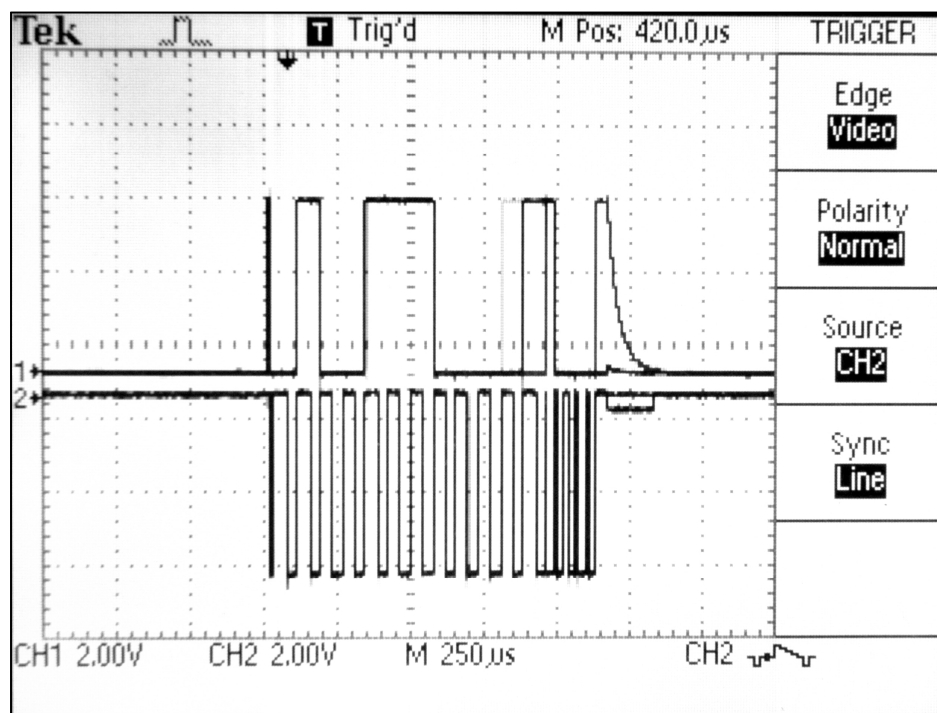
Komunikace čidla AS5311 a mikroprocesoru ATmega32 zajišťuje SSI (Synchronní Sériové Rozhraní). Toto rozhraní mikroprocesor ATmega32 hardwarově nepodporuje, bylo tedy nutné jej zajistit pomocí software, který bylo třeba odladit.

Pro tyto účely bylo prováděno měření na prototypu dle blokového schématu na obr. č. 24



Obr. č. 24 Blokové schéma propojení prototypu a osciloskopu

Na obr. č. 23 je znázorněn diagram komunikace, podle kterého byl napsán program pro ovládání SSI (Synchronní Sériové Rozhraní). Na obr. č. 25 se nachází záznam signálu DO - (Data Out) a signál Clk - (hodinový signál). Pomocí takto získaných informací byl program doladován.



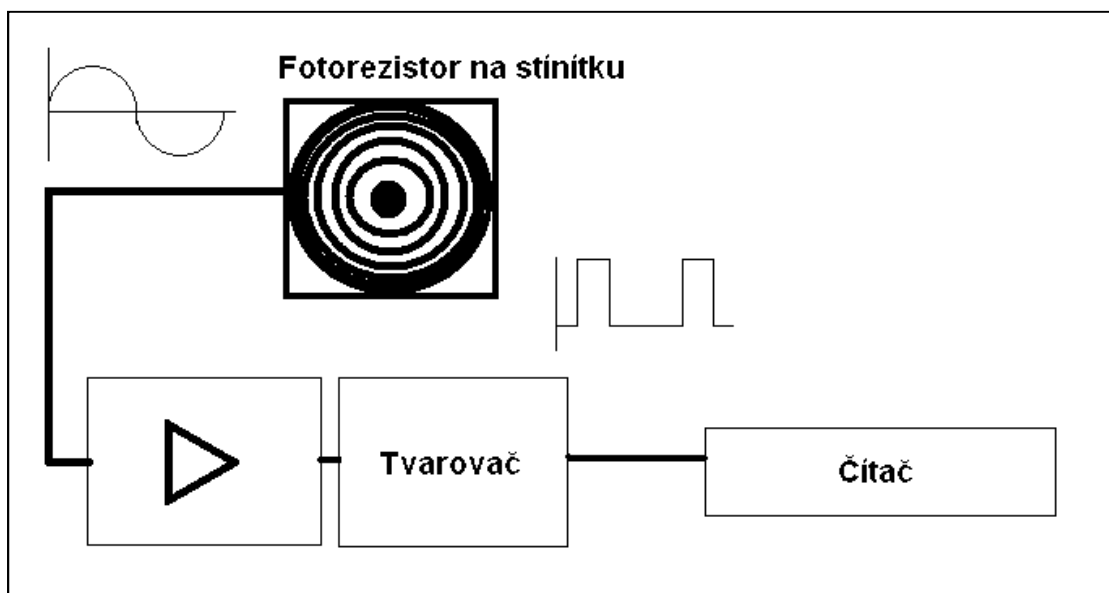
Obr. č. 25 Záznam logických úrovní z osciloskopu, průběh 1-DO, průběh 2-CLK

## 4 Sestavení, testování a kalibrace

### 4.1 Sestavení

Měřidlo bylo sestaveno z jednotlivých dílů dle blokového schématu na obr. č. 9. Byla otestována správná funkce měřidla a programu v motorovém lože a byl stanoven způsob testování a kalibrace měřidla.

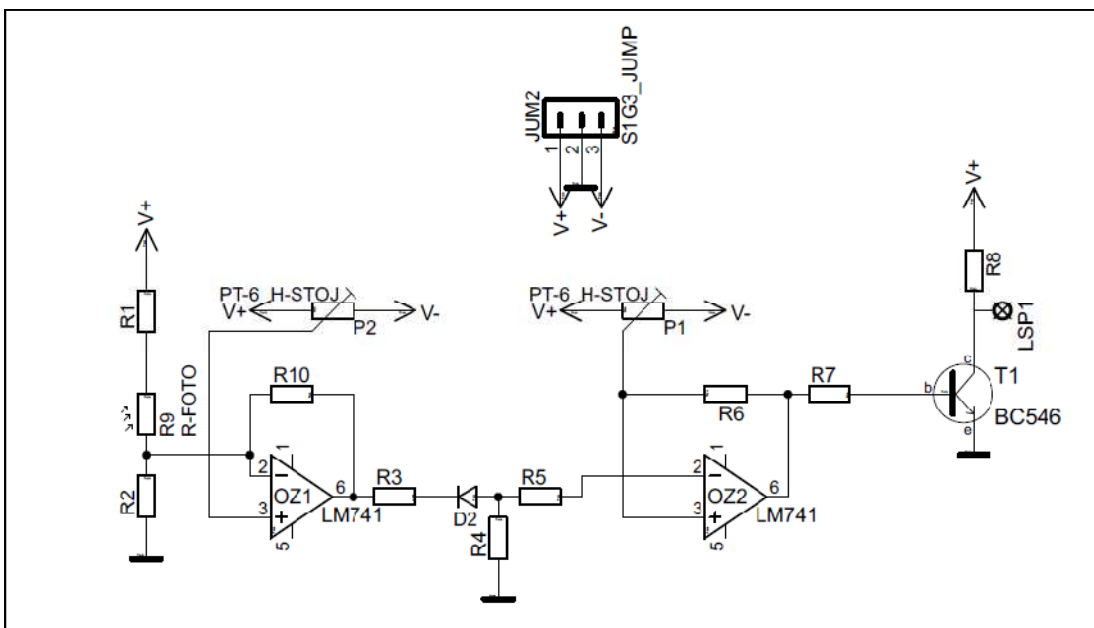
Způsob testování měřidla spočívá v tom, že snímač AS5311 bude namontován na pohyblivé zrcadlo Michelsonova interferometru [1]. Z počtu interferenčních obrazců bude snímána skutečná vzdálenost a bude porovnávána s hodnotami zobrazovanými na Zobrazovači. Aby bylo měření relevantní a data byla použitelná, bylo nutno počítat velké množství interferenčních obrazců. V našem případě byl stanoven počet průběhů na 2000. Byl tedy, za použití operačních zesilovačů a literatury [1, 15, 17, 18, 19, 20], zkonstruován přístroj snímající interferenční obrazce a signál z něj byl přiveden na čítač dle blokového schéma kalibračního přípravku na obr. č. 26.



Obr. č. 26 Blokové schéma počítadla interferenčních obrazců [3]



Zesilovač a tvarovač byl sestaven dle schéma na obr. č. 27



Obr. č. 27 Schéma zesilovače a tvarovače signálu [13]

Na pinu LSP1 ve schéma na obr. č. 27 se připojuje kladná svorka čítače, záporná na zem. Fotorezistor je umístěn do trubičky průměru 5 mm na konci opatřené štěrbinou o průměru 0,1 mm. Tato štěrbinu zajišťuje, že na fotorezistor nebude dopadat velké množství parazitního světla, a rozdíl vodivosti fotorezistoru při přechodu interferenčního proužku bude maximální.

## 4.2 Kalibrace na interferometru

Za pomoci pana PaedDr. Jiřího Tesaře, Ph.D., kterému tímto děkuji, byl sestaven Michelsonův interferometr [1], na nějž byl namontován kovový dílec se snímačem AS5311 a připevněn magnetický pásek. Následně bylo vyměněno stínítko za trubičku s fotorezistorem a byla provedena první kalibrační měření. Když bylo zjištěno, že měřidlo pracuje správně, bylo měřeno 3x po 2000 interferenčních obrazcích se záznamem po 200 interferenčních obrazcích. Naměřené údaje jsou zaznamenány v tabulce tab. č. 5. Za povšimnutí stojí porovnání hodnot ve sloupcích „vzdálenost [um]“, kde je vidět odchylka měřidla od etalonu. Dále bylo měřeno 2000 obrazců 10x, údaje z tohoto měření nese tab. č. 6. Údaje zaznamenané v tabulkách tab. č. 5 a tab. č. 6 jsou znázorněny pomocí grafů. Graf č. 1, který zobrazuje

kalibrační křivku a graf č. 2, na kterém jsou odchyšky čidla AS5311 od Michaelsonova interferometru.

*Tab. č. 5 Měřeno 3x 2000 interferenčních obrazců po 200 interferenčních obrazcích*

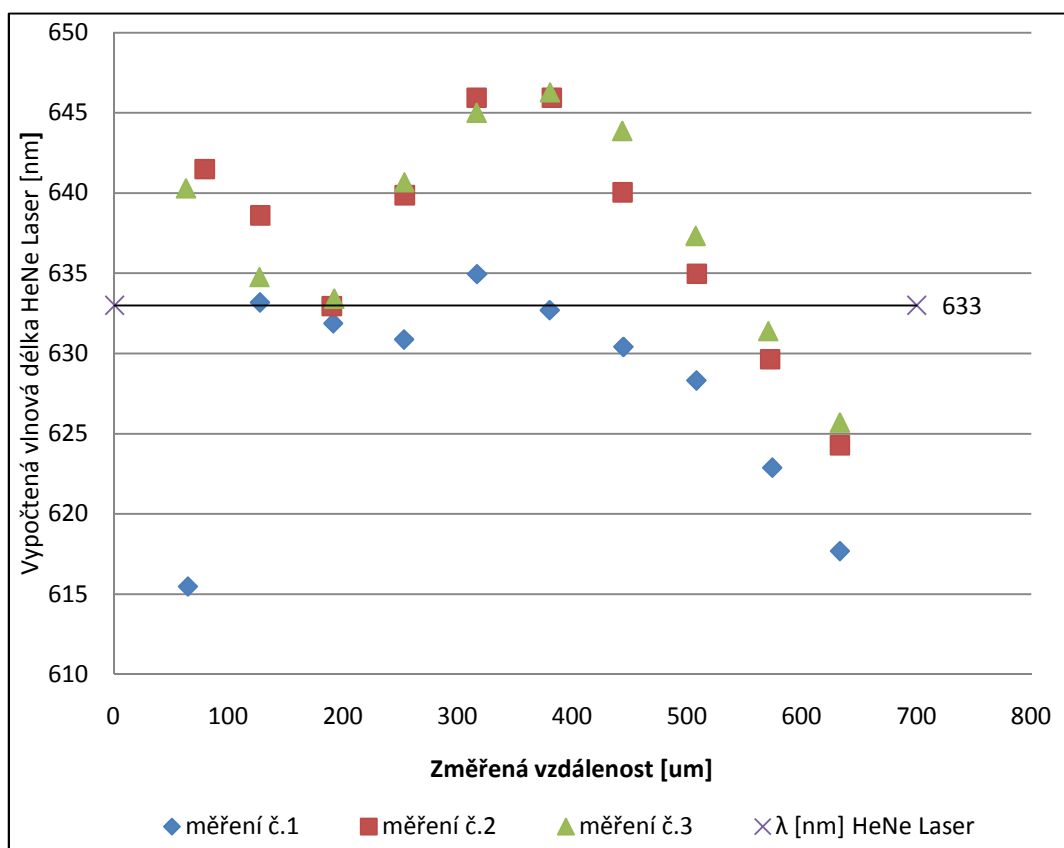
N	vzdálenost [um]	AS5311	vzdálenost [um]	$\lambda$ [um]
205	64	134	62,98	0,614
403	127	271	127,37	0,632
605	191	406	190,82	0,630
800	253	536	251,92	0,629
1001	316	675	317,25	0,633
1201	380	807	379,29	0,631
1404	444	940	441,8	0,629
1605	507	1071	503,37	0,627
1814	574	1200	564	0,621
2000	633	1312	616,64	0,616

N	vzdálenost [um]	AS5311	vzdálenost [um]	$\lambda$ [um]
251	79	171	80,37	0,640
404	127	274	128,78	0,637
601	190	404	189,88	0,631
802	253	545	256,15	0,638
1000	316	686	322,42	0,644
1207	382	828	389,16	0,644
1402	443	953	447,91	0,638
1606	508	1083	509,01	0,633
1808	572	1209	568,23	0,628
2000	633	1326	623,22	0,623

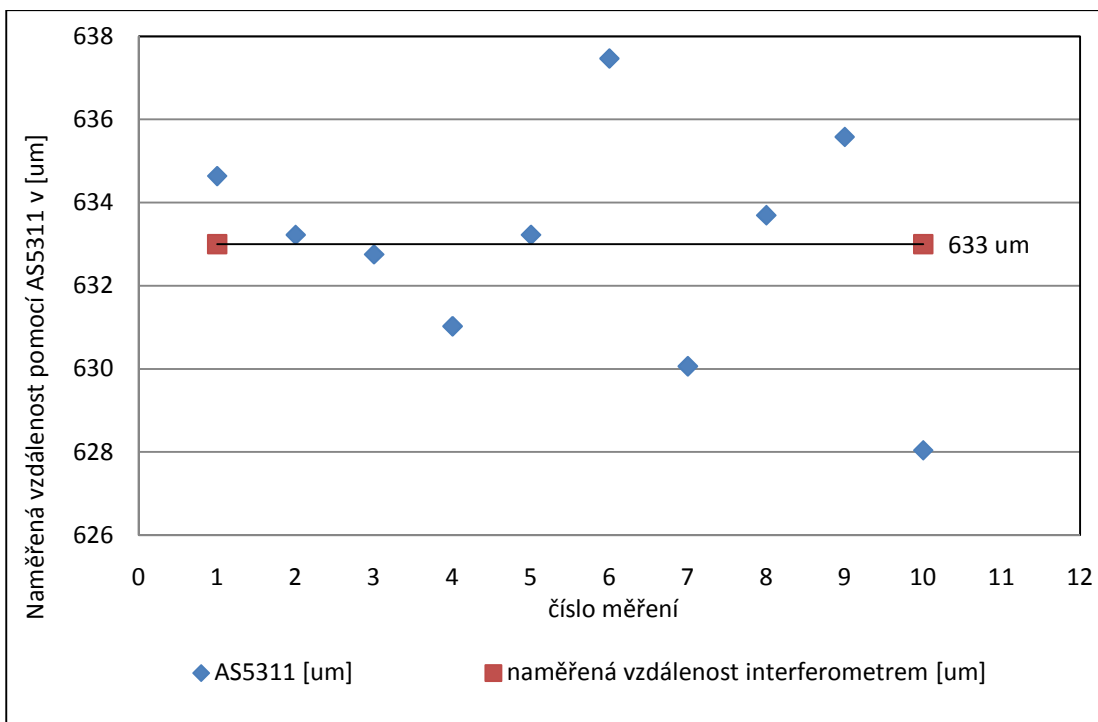
N	vzdálenost [um]	AS5311	vzdálenost [um]	$\lambda$ [um]
200	63	136	63,92	0,639
402	127	271	127,37	0,633
608	192	409	192,23	0,632
801	253	545	256,15	0,639
1000	316	685	321,95	0,643
1202	380	825	387,75	0,645
1401	443	958	450,26	0,642
1603	507	1085	509,95	0,636
1803	570	1209	568,23	0,630
2000	633	1329	624,63	0,624

Tab. č. 6 Měřeno 10x 2000 interferenčních obrazců

N	vzdálenost [um]	AS5311	vzdálenost [um]	$\lambda$ [um]	šroub [um]	$\lambda$ [um]
2000	633,00	1348	634,64	0,634	630	0,630
2000	633,00	1345	633,23	0,633	633	0,633
2000	633,00	1344	632,76	0,632	631	0,632
2001	633,31	1341	631,34	0,631	630	0,630
2000	633,00	1345	633,23	0,633	630	0,630
2000	633,00	1354	637,46	0,637	633	0,633
2019	639,01	1351	636,05	0,630	636	0,630
2000	633,00	1346	633,70	0,633	634	0,634
2000	633,00	1350	635,58	0,635	628	0,628
2000	633,00	1334	628,05	0,628	636	0,636



Graf č. 1 Kalibrační křivka snímače AS5311 sestavená z tab. č.5



Graf č. 2 Odchylky AS5311 od interferometru na vzdálenosti 633 um

Měřením bylo zjištěno, že senzor polohy AS5311, jenž má od výrobce udávaný krok 488,28125 nm, má krok ve skutečnosti přibližně 470 nm. Měřidlo bude tedy nutno kalibrovat, je možné jej po kalibraci dále otestovat na univerzálním soustruhu.

### 4.3 Testování měřicího přístroje na univerzálním soustruhu.

Měřidlo bylo namontováno na univerzální soustruh pomocí kovového dílce, který zaručuje přesné nesení snímače nad nalepeným magnetickým páskem. Při srovnávacím měření porovnávající původní nonius na soustruhu a snímač AS5311 bylo zjištěno, že měřicí systém spolehlivě vyhovuje běžnému používání a je dostatečně přesný. Měřidlo je natolik přesné, že lze pozorovat pružnost supportu. Měřidlo nevykazuje chyby při obrábění, které by mohlo způsobovat chvění.

## 5 Závěr a zhodnocení cílů

Měřicí přístroj byl navržen, sestaven, ověřen a dosáhl těchto parametrů:

Požadovaná přesnost měřidla byla stanovena na 0,005 mm. Náš systém dosahuje přesnosti 0,001 mm, což je 5x více než byl požadavek.

Minimální požadovaná rychlost pohybu snímače měřidla byla stanovena na 50 mm/s. Měřidlo námi zkonstruované umožňuje maximální rychlost pohybu snímače přibližně 50 mm/s, což vyhovuje požadavkům práce, ale není to maximum, kterého je možno dosáhnout. Rychlost měřidla je však zcela vyhovující.

Požadováno bylo, aby systém obsahoval tlačítko NULOVÁNÍ, které by nastavilo zobrazovaný údaj na nulu. Tento požadavek byl splněn.

Měřič byl otestován pomocí laserového interferometru, čímž byly uvedené údaje o přesnosti měřidla ověřeny.

Jako řídicí obvod byl použit mikroprocesor ATmega32, do něhož byl pomocí programátoru STK500 vložen strojový kód.

Zobrazení naměřené vzdálenosti je zajištěno LCD Zobrazovačem, využívající řadič HD44780.

Snímání polohy vůči magnetickému pásku zajišťuje obvod AS5311, který komunikuje s mikroprocesorem pomocí nestandardního rozhraní SSI.

Měřidlo bylo namontováno na universální soustruh pomocí kovového dílce, který zaručuje přesné nesení snímače nad nalepeným magnetickým páskem. Při srovnávacím měření porovnávající původní nonius na soustruhu a snímač AS5311 bylo zjištěno, že měřicí systém spolehlivě vyhovuje běžnému používání a je dostatečně přesný.

## 6 Použitá literatura

- [1]SLÁDKOVÁ, J. Interference světla. Praha : SNTL, 1967. 150 s.
- [2]RIPKA P., ĎAŘO S., KREIDL M., NOVÁK J. Senzory a převodníky. Vydavatelství ČVUT: Praha 2005
- [3]FISCHER J. Optoelektronické senzory a videometrie. Vydavatelství ČVUT: Praha 2002
- [4]Spezial Electronic [online]. 2009 [cit. 2010-11-01]. [Http://www.spezial.cz](http://www.spezial.cz). Dostupné z WWW: <[http://www.spezial.cz/pdf/magneticka\\_paska\\_datasheet.pdf](http://www.spezial.cz/pdf/magneticka_paska_datasheet.pdf)>.
- [5]Spezial Electronic [online]. 10.01.2011 [cit. 2011-04-14]. Lineární magnetické kodéry Spezial Electronic. Dostupné z WWW: <<http://www.spezial.cz/news/linearni-magneticke-ekodery-s-inkrementalnim-vystupem.html>>.
- [6]Austriamicrosystems [online]. 2010-9-24 [cit. 2010-10-26]. [Http://www.austriamicrosystems.com](http://www.austriamicrosystems.com). Dostupné z WWW: <[http://www.austriamicrosystems.com/eng/content/download/17954/325059/file/AS5311\\_Datasheet\\_v1\\_03.pdf/1814](http://www.austriamicrosystems.com/eng/content/download/17954/325059/file/AS5311_Datasheet_v1_03.pdf/1814)>.
- [7]BORSKÝ, V. Obráběcí stroje. Praha ISBN 80-214-0470-1
- [8] Spezial [online]. 2009 [cit. 2010-10-26]. <http://www.spezial.cz>. Dostupné z WWW: <<http://www.spezial.cz/news/as5311-linearni-magneticky-koder-s-vysokym-rozlisenim.html>>.
- [9]MATOUŠEK, David. Práce s mikrokontroléry ATMEL AVR - ATmega16. Praha : BEN - technická literatura, 2006. 320 s. ISBN 80-7300-174-8.
- [10]ATmega32 [online]. Tokyo,Japan : Atmel Corporation, 2010 [cit. 2010-11-21]. Dostupné z WWW: <[http://www.atmel.com/dyn/resources/prod\\_documents/doc2503.pdf](http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc2503.pdf)>.
- [11]Sanyo Semicon Device DM1621 : 16 characters x 2 line Liquid Crystal Dot Matrix Display Module [online]. Tokyo Japan : Tokyo Office, 1995 [cit. 2010-11-21]. Dostupné z WWW: <<http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/39688/SANYO/DM1621.html?>>.
- [12][Http://www.automatizace.tym.cz/](http://www.automatizace.tym.cz/) [online]. 19.11.1999 [cit. 2010-11-08]. Malá automatizace a ještě mnohem víc... Dostupné z WWW: <<http://www.automatizace.tym.cz/files/MC2004/LCD.pdf>>.

- [13]CadSoft Online: Home of the EAGLE Layout Editor [online]. Version 5.11. 10.01.2011 [cit. 2011-04-14]. Eagle. Dostupné z WWW: <<http://www.cadsoft.de/>>.
- [14][Http://hw.cz](http://hw.cz) [online]. 17.5.2005 [cit. 2010-11-02]. Výroba DPS nažehlením toneru. Dostupné z WWW: <<http://hw.cz/Teorie-a-praxe/Dokumentace/ART1286-Vyroba-DPS-nazehlenim-toneru.html>>.
- [15]PUNČOCHÁŘ, Josef. Operační zesilovače v elektronice. 4. Praha : BEN-technická literatura, 1999. 495 s. ISBN 80-86056-37-6.
- [16]KREJČÍ, Alexandr. Napájecí Zdroje I. 2. Praha : BEN-technická literatura, 1998. 351 s. ISBN 80-86056-02-3.
- [17]HLAMÍČEK, Vlastimil, et al. Analogové integrované obvody pro všeobecné použití. Rožnov pod Radhoštěm : K. p. Tesla Rožnov, 1987. 246 s. č. zb. 9990/494.
- [18]BIČÍK, Ivan, et al. Katalog elektronických součástek, konstrukčních dílů, bloků a přístrojů : Integrované obvody. Praha : Tesla Eltos, 1986. 760 s.
- [19]MOERDER, Curt; HENKE, Horst. Praktické výpočty v tranzistorové technice. 1. Praha : SNTL - Státní nakladatelství technické literatury, 1978. 174 s. L26-B2IV-41f/52385.
- [20]SIROVÁTKO, Milan; ČERNOCH, Boleslav. Zapojení s integrovanými obvody. 3. Praha : SNTL - Státní nakladatelství technické literatury, 1987. 416 s.

## 7 Seznam Příloh

### Příloha 1. program použitý v obvodu ATmega32

```
'---
' (c) 2009
'---

'AS5311

$regfile = "m32def.dat"
$crystal = 1000000
$baud = 19200

'$sim

' *****
'*          LCD nastavení          *
' *****

'$lib "LCD4.lbx" ' use the alternative library
'this is like always, define the kind of LCD
Config LCD = 16 * 2
Config LCDpin = Pin , Rs = Portb.5 , E = Portb.4 , Db4 = Portb.0 , _
                Db5 = Portb.1 , Db6 = Portb.2 , Db7 = Portb.3

Config Porta = Output
Config Portc = Input

Config Pina.0 = Input                'DO ... data out

Config Porta.1 = Output              'CS ... chip
select

Config Porta.2 = Output              'CLK ... clock

'data out
'Data_out Alias Pina.0
'Chip select
'Cs Alias Pina.1
'hodiny
'Clk Alias Pina.2

Declare Sub Poloha(byref P As Integer)
Declare Sub Determinuj_polohu(p_old As Integer , P_new As Integer , Sm As
Integer , Pp As Integer)
Declare Sub Cti_data(byref Pozice As Integer)
Declare Sub Ssi_init
Declare Sub Ssi_close

Dim Pozice As Integer

Dim Poloha As Long
Dim Vzd_pom As Long
Dim Vzdalenost As Long
Dim Mm2 As Integer
Dim Draha As String * 16
Dim Pom_str As String * 16
Dim Pom_s As Single
```



```

Dim Pozice_old As Integer
Dim Pozice_new As Integer
Dim Pozice_start As Integer

Dim Smer As Integer
Dim Priznak As Integer
Dim Fix_prechodu As Bit
Dim Pocitadlo As Integer

Dim Ocf As Byte
Dim Cof As Byte
Dim Lin As Byte
Dim Mag_inc As Byte
Dim Mag_dec As Byte
Dim Parita As Byte
Dim Poms As String * 16

'určení výchozí polohy při startu čipu
Pocitadlo = 0
Mm2 = 0
Call Poloha(pozice_start)
Pozice_old = Pozice_start
'main
'PINC.7 reset. tlačítko

Do
  'stisk reset tlačítka
  Incr Pocitadlo
  If Pinc.7 = 1 Then
    'určení výchozí polohy
    Mm2 = 0
    Call Poloha(pozice_start)
    Pozice_old = Pozice_start
  End If
  'Waitus 10
  Call Poloha(pozice_new)
  Call Determinuj_polohu(pozice_old , Pozice_new , Smer , Priznak)

  If Smer = 0 Then
    If Priznak = 0 Then
      'vzdálenost roste v rámci 2mm
      Vzd_pom = Mm2 * 4096 : Vzd_pom = Vzd_pom - Pozice_start
      Vzdalenost = Vzd_pom + Pozice_new
    Else
      'vzdálenost roste přes 2mm
      Incr Mm2
      Vzd_pom = Mm2 * 4096 : Vzd_pom = Vzd_pom - Pozice_start
      Vzdalenost = Vzd_pom + Pozice_new
    End If
  Else
    If Priznak = 0 Then
      'vzdálenost klesá v rámci 2mm
      Vzd_pom = Mm2 * 4096 : Vzd_pom = Vzd_pom - Pozice_start
      Vzdalenost = Vzd_pom + Pozice_new
    Else
      'vzdálenost klesá přes 2mm
      Decr Mm2
      Vzd_pom = Mm2 * 4096 : Vzd_pom = Vzd_pom - Pozice_start
      Vzdalenost = Vzd_pom + Pozice_new
    End If
  End If

  'Waitus 10
  'hodnota na display se zobrazí každý 20 cyklus

  If Pocitadlo > 50 Then

```

```

        Pocitadlo = 0
        Cls
        LCD Pozice_new
        Lowerline
        Pom_s = Vzdalenost / 2048

        LCD Fusing(pom_s , "#.###")

    End If

    Pozice_old = Pozice_new
Loop

End
' *****
' určí směr pohybu a překročení hranice 0 /-/ 4095
' *****
Sub Determinuj_polohu(p_old As Integer , P_new As Integer , Sm As Integer ,
Pp As Integer)
'Sm ... směr
'    0 = vzdaluji se od reference
'    1 = přibližuji se
'Pp ... příznak přechodu přes 4095
'    0 = nepřekročil jsem 4095
'    1 = překročil jsem přes 4095

Dim Delta As Single
Dim Sgn_delta As Single
Dim Abs_delta As Single

    Delta = P_new - P_old
    Abs_delta = Abs(delta)
    Sgn_delta = Sgn(delta)

    Select Case Delta
        'delta je kladné nebo nula
        Case Is >= 0
            If Abs_delta < 1000 Then
                'vzdálenost roste a jsem v rozsahu 2 mm
                Sm = 0 : Pp = 0
            Else
                'vzdálenost klesá a překročil jsem 2 mm
                Sm = 1 : Pp = 1
            End If
        'delta je záporné
        Case Else
            If Abs_delta < 1000 Then
                'vzdálenost klesá a jsem v rozsahu 2 mm
                Sm = 1 : Pp = 0
            Else
                'vzdálenost klesá a překročil jsem 2 mm
                Sm = 0 : Pp = 1
            End If
        End Select
    End Sub

' *****
' vyčte polohu z čipu
' *****
Sub Poloha(p As Integer)
'inicializace čipu
    Ssi_init
'čtení hodnoty
    Call Cti_data(p)
'ukončení komunikace s čipem
    Ssi_close

```

```

End Sub

' *****
'Přečte data z měřiče, bit po bitu
' *****
Sub Cti_data(byref Pozice As Integer)
Dim Pom As Byte
'Pin 2 portu A jsou hodiny
'Proměnná Pozice vrací hodnotu

    Pozice = 0

    'D11
    Reset Porta.2
    If Pinc.0 = 1 Then
        Pozice = Pozice + 1
    End If
    Set Porta.2
    'D10
    Pozice = Pozice * 2
    Reset Porta.2
    If Pinc.0 = 1 Then
        Pozice = Pozice + 1
    End If
    Set Porta.2
    'D9
    Pozice = Pozice * 2
    Reset Porta.2
    If Pinc.0 = 1 Then
        Pozice = Pozice + 1
    End If
    Set Porta.2
    'D8
    Pozice = Pozice * 2
    Reset Porta.2
    If Pinc.0 = 1 Then
        Pozice = Pozice + 1
    End If
    Set Porta.2
    'D7
    Pozice = Pozice * 2
    Reset Porta.2
    If Pinc.0 = 1 Then
        Pozice = Pozice + 1
    End If
    Set Porta.2
    'D6
    Pozice = Pozice * 2
    Reset Porta.2
    If Pinc.0 = 1 Then
        Pozice = Pozice + 1
    End If
    Set Porta.2
    'D5
    Pozice = Pozice * 2
    Reset Porta.2
    If Pinc.0 = 1 Then
        Pozice = Pozice + 1
    End If
    Set Porta.2
    'D4
    Pozice = Pozice * 2
    Reset Porta.2
    If Pinc.0 = 1 Then
        Pozice = Pozice + 1
    End If
    Set Porta.2
    'D3

```

```

Pozice = Pozice * 2
Reset Porta.2
  If Pinc.0 = 1 Then
    Pozice = Pozice + 1
  End If
Set Porta.2
'D2
Pozice = Pozice * 2
Reset Porta.2
  If Pinc.0 = 1 Then
    Pozice = Pozice + 1
  End If
Set Porta.2
'D1
Pozice = Pozice * 2
Reset Porta.2
  If Pinc.0 = 1 Then
    Pozice = Pozice + 1
  End If
Set Porta.2
'D0
Pozice = Pozice * 2
Reset Porta.2
  If Pinc.0 = 1 Then
    Pozice = Pozice + 1
  End If
Set Porta.2

```

```
' čtení stavových bitů
```

```
'OCF
```

```
'Waitus 10
```

```
Reset Porta.2
```

```
  Ocf = Pinc.0
```

```
Set Porta.2
```

```
'COF
```

```
'Waitus 10
```

```
Reset Porta.2
```

```
  Cof = Pinc.0
```

```
Set Porta.2
```

```
'LIN
```

```
'Waitus 10
```

```
Reset Porta.2
```

```
  Lin = Pinc.0
```

```
Set Porta.2
```

```
'Mag_INC
```

```
'Waitus 10
```

```
Reset Porta.2
```

```
  Mag_inc = Pinc.0
```

```
Set Porta.2
```

```
'Mag_DEC
```

```
'Waitus 10
```

```
Reset Porta.2
```

```
  Mag_dec = Pinc.0
```

```
End Sub
```

```
' *****
```

```
' *****
```

```
Sub Ssi_init
```

```
'A.1 CS " " " " " " " "
```

```
'A.2 CLK " " " " " " " "
```

```
'      us 2 1 1 1
```

```
'PortA.2 CLK ... clock
```

```
Set Porta.2
```

```
'PortA.1 CS ... chip select
```

```

Set Porta.1

Waitus 2

Reset Porta.1

Waitus 1

Reset Porta.2

Waitus 1

Set Porta.2

Waitus 1

End Sub
' *****

' *****

Sub Ssi_close
'A.1 CS   _____
'A.2 CLK  _"_____"
'        us  1 2

'čtu      ^

'PortA.2   CLK ... clock
'PortA.1   CS ... chip select

'Parita
Set Porta.2
Parita = Pinc.0
Waitus 1

Set Porta.1
Waitus 2

End Sub
' *****

```