



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta strojní

**Návrh a realizace rozhraní pro řízení stejnosměrného
motoru s proměnnou zátěží z PC**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vedoucí práce : ing. Jan Klobuček

Kontrola : ing. Jaroslav Buchta

Počet stran : 49

Počet obrázků : 22

Počet tabulek a grafů : 8

Počet příloh : 6

1996

Vladimír Radba

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta strojní

Katedra technické kybernetiky

Obor : 23-40-8

Zaměření : automatizace inženýrských prací

**Návrh a realizace rozhraní pro řízení stejnosměrného
motoru s proměnnou zátěží z PC**

Vladimír Radba

Vedoucí práce : ing. Jan Klobouček

Konzultant : ing. Jaroslav Buchta

Počet stran : 49

Počet obrázků : 22

Počet tabulek a grafů: 8

Počet příloh : 6

Fakulta strojní

Katedra technické kybernetiky

Školní rok: 1995/96

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

pro Vladimíra RADBU

obor 23-40-8 Automatizované systémy řízení ve strojírenství

Vedoucí katedry Vám ve smyslu zákona č. 172/1990 Sb. o vysokých školách určuje tuto diplomovou práci:

Název tématu:

NÁVRH A REALIZACE ROZHRAŇÍ PŘI ŘÍZENÍ STEJNOSMĚRNÉHO
MOTORKU S PROMĚNNOU ZÁTĚŽÍ Z PC (LABORATORNÍ ÚLOHA)

Zásady pro vypracování:

1. Seznamte se se stávajícími technickými prostředky, jimiž se realizuje rozhraní mezi PC a řízeným objektem (V/V karty) a jejich součástkovou základnou. Diskutujte vhodnost užití profesionálně vyráběných karet pro předmět zadání.
2. Navrhněte konstrukční řešení soustavy ss motorek (pohon), ss motorek (brzda) a jejich pružného propojení pro užití v laboratorní úloze.
Navrhněte a realizujte funkční vzorek karty do PC umožňující měřit otáčky a měnit příkon jak hnacího, tak brzdícího ss motorku galvanicky oddělených od PC, včetně programu umožňujícího změny příkonu řídit.
3. Funkčnost řešení ověřte.

KKY/ASR

49.1. 8.1. příl., 1.1.1. příl.

DISKETA

V 113/965

+ DISKETA

OBSAH

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ	7
1. ÚVOD	8
2. REGULOVANÁ SOUSTAVA	9
2.1 VÝVOJ REGULOVANÉ SOUSTAVY	9
2.2 STEJNOSMĚRNÉ MOTORY	11
2.2.1 Stejnoseměrný motor buzený permanentními magnety	11
2.2.2 Způsoby řízení stejnosměrných motorů	12
2.2.3 Způsoby ovládání napětí kotvy	12
2.2.4 Pulsně šířková modulace (PWM)	13
2.3 SNÍMAČ OTÁČEK	15
3. ROZHRANÍ ŘÍZENÝ OBJEKT A PC	18
3.1 TECHNICKÉ PROSTŘEDKY REALIZUJÍCÍ ROZHRANÍ MEZI PC A ŘÍZENÝM OBJEKTEM	18
3.1.1 Měřicí systémy na bázi zásuvných měřicích desek do PC	18
3.1.2 Příklad multifunkčních desek	20
3.1.3 Řídící počítače měřicích systémů	22
3.1.4 Osobní počítače třídy IBM PC XT/AT	22
3.1.5 Sběrnice počítače PC XT	23
3.2 PROTOTYPOVÁ DESKA	27
3.2.1 Programovatelný čítač 8253	29
3.2.2 Adresový dekodér	32
3.2.3 Galvanické oddělení	32
3.2.4 Napájení obvodů prototypové desky	33
3.2.5 Tvarovač signálu	33
3.2.6 Snímání otáček	34
3.2.7 Generování pulsně šířkové modulace	36

4. PROGRAMOVÉ VYBAVENÍ	37
4.1 POPIS ČINNOSTI A NASTAVENÍ KONSTANT ČÍTAČE 8253 (IO6), SLOUŽÍCÍHO PRO GENEROVÁNÍ PWM	39
4.2 POPIS ČINNOSTI A NASTAVENÍ KONSTANT ČÍTAČE 8253 (IO7), SLOUŽÍCÍHO PRO MĚŘENÍ PERIODY	41
5. DISKUZE NAMĚŘENÝCH HODNOT A POZNATKŮ	44
5.1 CHYBA MĚŘENÍ	44
5.2 CITLIVOST MĚŘENÍ V NÍZKÝCH OTÁČKÁCH	45
5.3 VZÁJEMNÝ VZTAH VÝKONŮ MOTORŮ	45
5.4 DOPLNĚNÍ K VYTVOŘENÉ PROTOTYPOVÉ DESCE	45
6. ZÁVĚR	47
POUŽITÁ LITERATURA	48
SEZNAM PŘÍLOH	49

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

A	AMPLITUDA [V]
A/D	ANALOGOVĚ-DIGITÁLNÍ
D/A	DIGITÁLNĚ-ANALOGOVÝ
DTL.	OBVODY DIODOVÉ LOGIKY
f	FREKVENCE [Hz]
H	ÚROVEŇ LOGICKÁ JEDNA TTL
I/O	INPUT/OUTPUT (VSTUPNĚ/VÝSTUPNÍ)
L	ÚROVEŇ LOGICKÁ NULA TTL
LOG.0	ÚROVEŇ LOGICKÁ NULA TTL
LOG.1	ÚROVEŇ LOGICKÁ JEDNA TTL
LS.	LOGICKÝ SIGNÁL
MAX.	MAXIMÁLNÍ
MIN.	MINIMÁLNÍ
MKO	MONOSTABILNÍ KLOPNÝ OBVOD
MUX	MULTIPLEXOR
PC	PERSONAL COMPUTER (OSOBNÍ POČÍTAČ)
PWM	PULSE WIDTH MODULATION (PULZNĚ ŠÍŘKOVÁ MODULACE)
SS.	STEJNOSMĚRNÝ
T	PERIODA [s]
TTL	OBVODY TRANZISTOROVÉ LOGIKY
U_{NAP}	NAPÁJECÍ NAPĚTÍ MOTORU [V]
V/V	VSTUPNĚ-VÝSTUPNÍ

1. ÚVOD

Úkolem této práce bylo navrhnout a realizovat rozhraní mezi řízeným objektem a osobním počítačem. Řízený objekt (regulovaná soustava) se dle zadání skládá ze dvou stejnosměrných motorů, navzájem propojených pružným mechanismem.

Navrhované rozhraní mělo umožňovat měřit otáčky a měnit příkon obou motorů.

Součástí této práce bylo též vytvoření demonstračního programu, který by umožňoval ověřit funkčnost navrženého rozhraní.

Celý produkt této diplomové práce by měl sloužit jako základ laboratorní úlohy.

2. REGULOVANÁ SOUSTAVA

2.1 VÝVOJ REGULOVANÉ SOUSTAVY

Jednou z částí této úlohy bylo vytvoření regulované soustavy. Tato soustava by se měla skládat ze dvou stejnosměrných motorků, jeden sloužící jako pohon a druhý jako brzda. Cílem bylo vytvořit mezi těmito motory pružnou mechanickou vazbu tak, aby bylo možné na této regulované soustavě sledovat dynamické děje. K těmto účelům byly k dispozici dva ss motory, různého tvaru, demontované z bývalého kopírovacího stroje.

Jedná se o motory:

•motor sloužící jako **pohon**

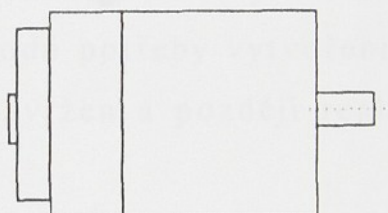
D.C. SERVO MOTOR

TYPE DMES86-03

DC 24V 2,2A

P/N 127B61508

No 6227A Japan SERVO



•motor sloužící jako **brzda**

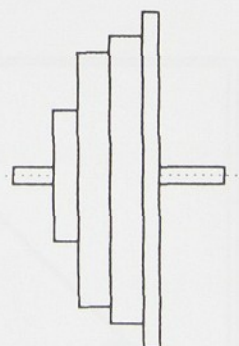
D.C. SERVO MOTOR

DF10BT13-5 D.C. 24V.

JRM 45-20201

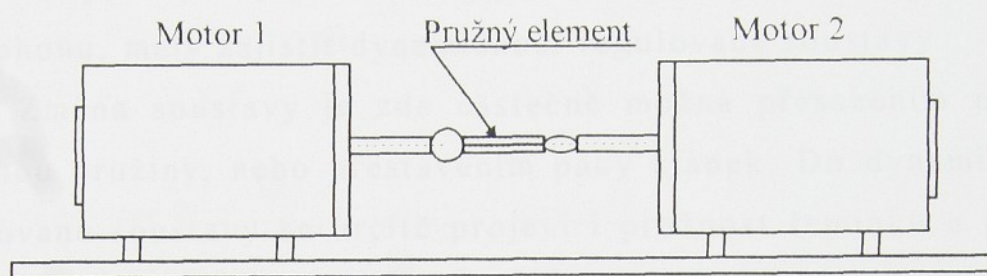
NO6Z26

JAPAN SERVO CO.LTD.



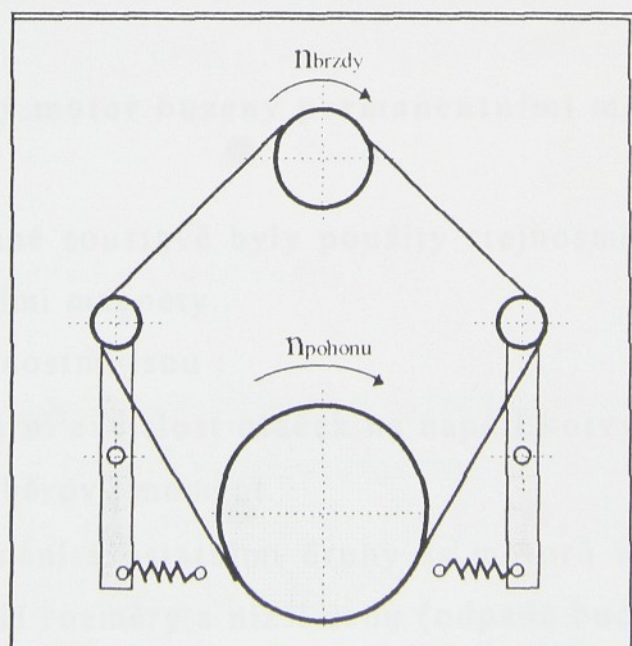
K vytvoření pružné mechanické vazby mezi motory byl jako první navržen způsob použití pružného gumového elementu, připojeného přímo mezi osy motorů. Schematické znázornění tohoto propojení je na obr.2.1.

Obr.2.1. První návrh pružného spojení motorů



Tento model by umožňoval při snadné výměně gumového elementu změnu dynamických vlastností reg. soustavy, což by bylo pro výuku vhodné. Tento způsob byl však již na této škole realizován a je výuce k dispozici, jako podobná laboratorní úloha (Řízení je zde realizováno prostřednictvím multifunkční karty PC-LabCard PCL-812PG). Z těchto důvodů a z důvodů potřeby vytvoření většího sortimentu laboratorních úloh, byl navržen a později realizován druhý způsob řešení. Viz obr.2.2.

Obr.2.2. Konečné řešení pružného propojení motorů



Pružnou vazbu mezi motory zde zajišťují pružně uložené napí-
nací kladky, které by při změně výkonu jednoho z motorů, ať brzdy,
tak pohonu, měly zajistit dynamičnost regulované soustavy.

Změna soustavy je zde částečně možná přesazením pružiny,
výměnou pružiny, nebo přestavením páky kladek. Do dynamiky této
regulované soustavy se určitě projeví i pružnost řemínku a pravdě-
podobně i jeho prokluz.

2.2 STEJNOSMĚRNÉ MOTORY

Stejnosemřné motory byly historicky první zařízení, přeměňu-
jící navzájem elektrickou a mechanickou energii. Dělí se podle způ-
sobu, kterým se v nich vytváří magnetické pole na:

- motory s vlastním buzením
 - sériové
 - derivační (paralelní)
- motory s cizím buzením
- kompaudní motory
- motory buzené permanentními magnety

2.2.1 Stejnosemřný motor buzený permanentními magnety

V regulované soustavě byly použity stejnosemřné motory bu-
zené permanentními magnety.

Jejich přednostmi jsou :

- čistě lineární závislost otáček na napětí kotvy
- vysoký záběrový moment
- při porovnání s ostatními druhy ss motorů mají nižší hmot-
nost, menší rozměry a nižší cenu (odpadá budicí vynutí)

- možnost zlepšení charakteristiky motoru pomocí nových materiálů (Baryum ferity, Stroncium ferity)

2.2.2 Způsoby řízení stejnosměrných motorů

Obecně se stejnosměrné motory dají řídit více způsoby:

Řízení změnou budícího magnetického toku

Nevýhodou tohoto řízení je omezený rozsah regulace a nelineární charakteristika budícího obvodu.

Výhodou tohoto způsobu řízení je dosažení poměrně velkého efektu už při malé změně budícího proudu.

Řízení proměnným odporem v kotvě

Tento způsob řízení je energeticky velice nevýhodný, protože se velká část energie v odporu mění na teplo. Proto se tento způsob používá pouze vyjmečně k řízení rozběhu, při brzdění a nebo při regulaci otáček malých elektromotorů a to zejména jen pro jeho jednoduchost.

Řízení změnou napětí kotvy

Umožňuje plynulou a lineární regulaci teoreticky v celém pracovním rozsahu motoru a proto je prakticky nejpoužívanějším způsobem řízení. Tento způsob však vyžaduje zdroj s možností regulace výstupního napětí .

2.2.3 Způsoby ovládání napětí kotvy

Nejčastěji používané způsoby ovládání napětí kotvy stejnosměrných motorů a jejich zhodnocení je znázorněno v tabulce 2.1.

Z uvedených typů je pro náš případ neoptimálnější použít tranzistorový zdroj v pulsním režimu.

Hlavní předností tohoto řízení jsou nízké energetické ztráty a při použití PC je i složitost řízení zanedbatelná.

Pro tento pulsní režim jsem volil řízení pulsně šířkovou modulací.

Tab.2.1. Zhodnocení používaných způsobů ovládání napětí kotvy [6]

	Tyristorový řízený usměrňo- vač	Tranzistorový zdroj v pulsním režimu	Tranzistorový zdroj spojitě ří- zený
Zpětné vlivy na síť	nevýhodné	výhodné	výhodné
Ztráty energie při regulaci	výhodné	výhodné	nevýhodné
Možnost vzniku vibrací	nevýhodné	nevýhodné	výhodné
Složitost řízení	nevýhodné	nevýhodné	výhodné

2.2.4 Pulsně šířková modulace (PWM)

Při řízení ss motorů pulsně šířkovou modulací je velikost výkonu motoru úměrná střídě PWM signálu. Tato střída je dána dobou

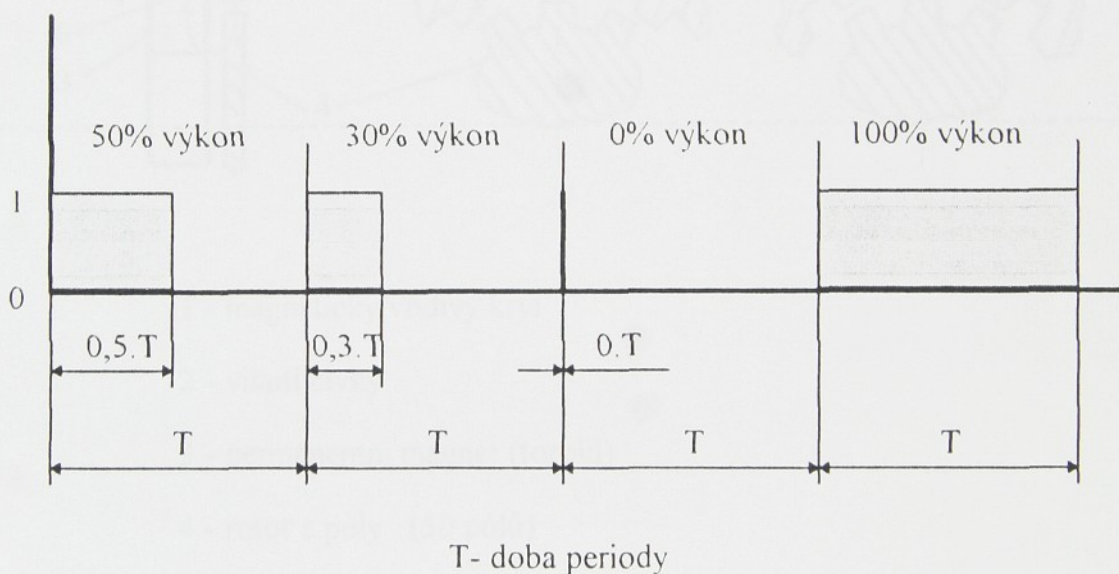
trvání určité logické úrovně log.1 signálu během jedné periody. Zbytek periody je signál na úrovni log.0 . Viz obr.2.3.

Například, je-li 30% času periody T na výstupu log .1, je tím určeno i 30% úrovně z maximální hodnoty výstupu.

Na výstupu ze zařízení generujícího signál PWM se tedy objevují pouze dva stavy (sepnuto, nesepnuto) s rozdílnou dobou trvání.

Řízená soustava, v našem případě ss motor, má nesrovnatelně větší časovou konstantu než je frekvence PWM signálu, a tak se chová, jako by byla řízena spojitě. Frekvence PWM signálu je řádově desítky KHz.

Obr.2.3. Princip pulsně šířkové modulace

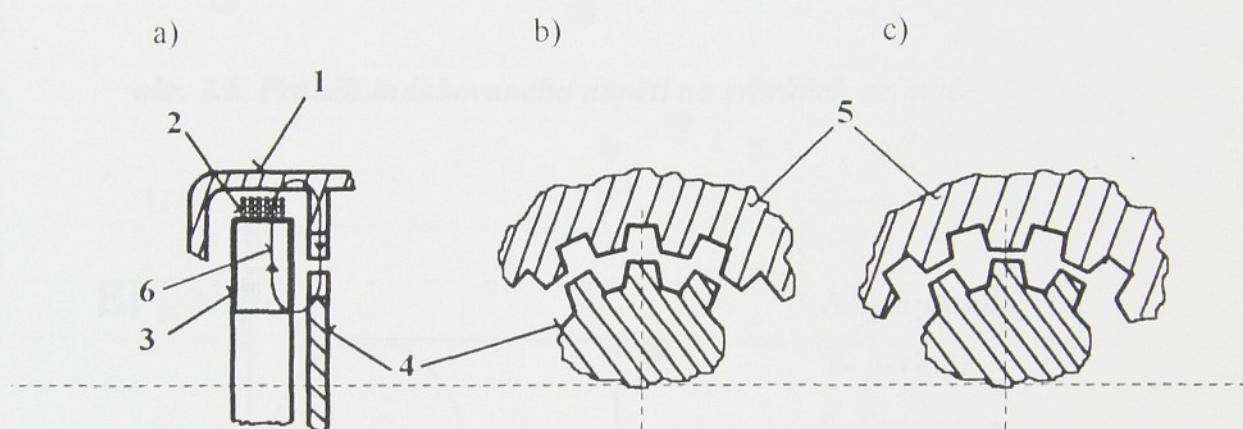


2.3 SNÍMAČ OTÁČEK

Aby bylo možné sledovat chování regulované soustavy při změně zatížení, to znamená při změně výkonu jednoho z motorů, je třeba snímat otáčky. Ke snímání otáček je v našem případě u obou motorů pevně vestavěn magneticko-indukční snímač.

Princip tohoto snímače je znázorněn na obr.2.4.

Obr.2.4. Princip snímače



- 1 - magneticky vodivý kryt
- 2 - vinutí cívky
- 3 - permanentní magnet (toroid)
- 4 - rotor s póly (50 pólů)
- 5 - stator s póly (50 pólů)
- 6 - magnetické siločáry

Permanentní magnet (toroid) vytváří kolem sebe magnetické pole. Toto magnetické pole prochází pólovými nástavci mající tvar ozubení (obr.2.4.). Otáčením rotoru snímače dochází ke změně magnetického odporu. V momentě, kdy jsou zuby proti sobě (obr. 2.4.c), je magnetický odpor minimální, a když je mezi zuby největší mezera (obr.2.4.b), je magnetický odpor maximální.

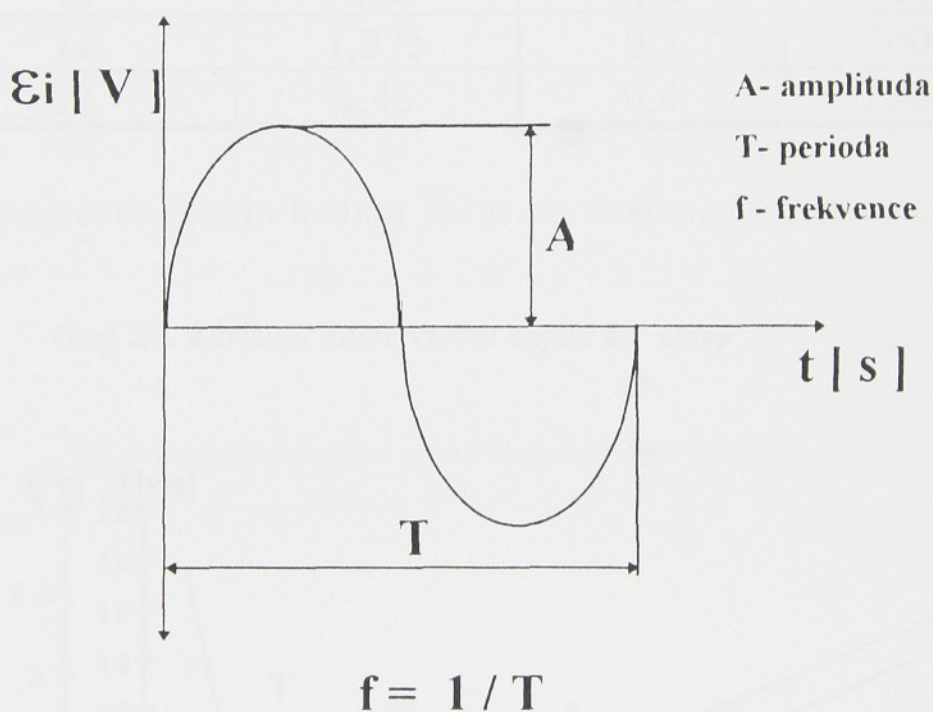
Tyto změny způsobí, že v cívice dochází ke změně magnetického toku ($d\Phi/dt$) a tím dochází ke vzniku indukovaného napětí. Toto indukované napětí je rovno záporně vzaté časové změně magnetického indukčního toku, který cívkou prochází.

Platí tedy vztah $\mathcal{E}_i = - d\Phi / dt$

Znaménko mínus vyjadřuje, že indukované napětí působí proti změně, která ho vyvolala.

Toto indukované napětí můžeme naměřit na svorkách snímače. Jeho průběh je znázorněn na obr.2.5.

obr. 2.5. Průběh indukovaného napětí na svorkách snímače



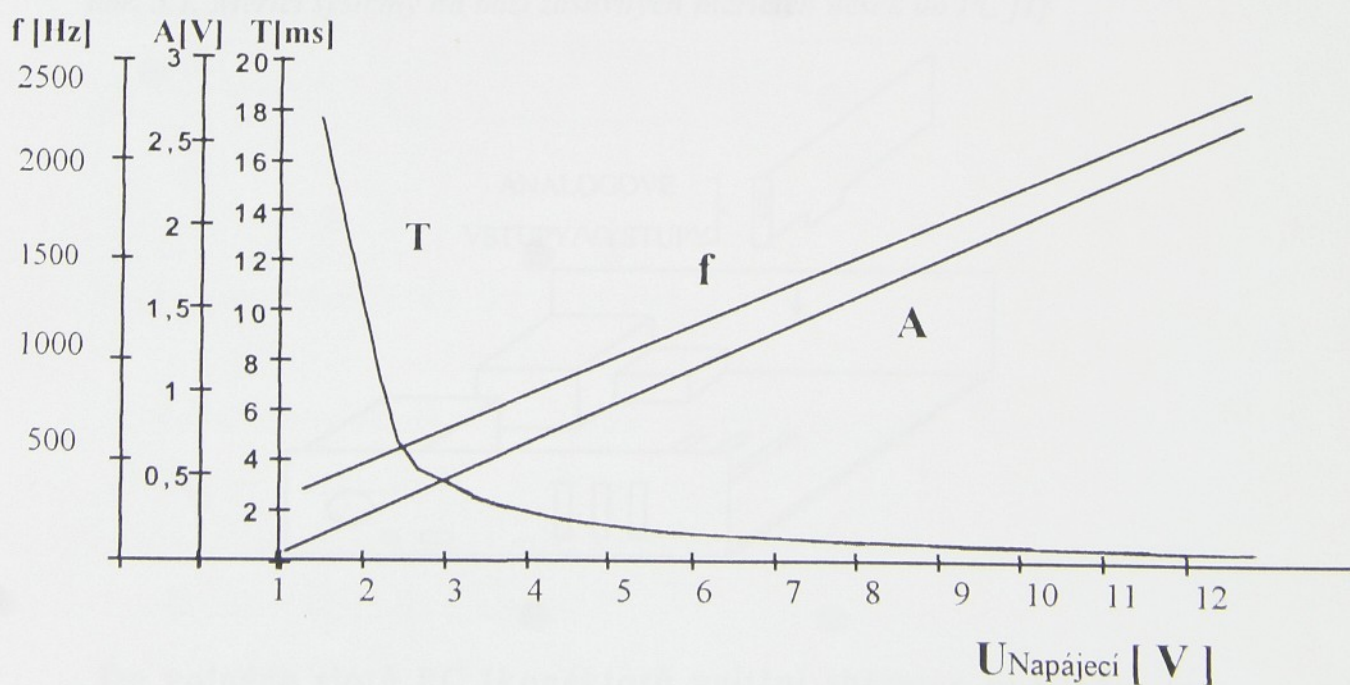
Při změně napájecího napětí motoru U_{nap} se lineárně mění otáčky motoru n a tím se mění i průběh indukovaného napětí generovaného magneticko-indukčním snímačem. Tato závislost je znázorněna v tabulce 2.2.

Tab.2.2. Průběh indukovaného napětí při změně napájecího napětí motoru (otáčkách motoru)

$U_{\text{napájecí}} [\text{V}]$	$A [\text{V}]$	$T [\text{ms}]$	$f [\text{Hz}]$
1	0,2	20	50
2	0,3	4	250
3	0,4	2,5	400
4	0,5	1,6	625
5	0,7	1,2	833,3
6	0,75	1	1000
7	0,875	0,8	1250
8	1	0,7	1428,6
9	1,125	0,6	1666,7
10	1,2	0,55	1818,2
11	1,375	0,5	2000
12	1,45	0,4	2500

Vynesení těchto hodnot do grafu dostaneme graf 2.1.

Graf 2.1. Závislost naměřeného napětí na U_{nap}



3. ROZHRANÍ ŘÍZENÝ OBJEKT A PC

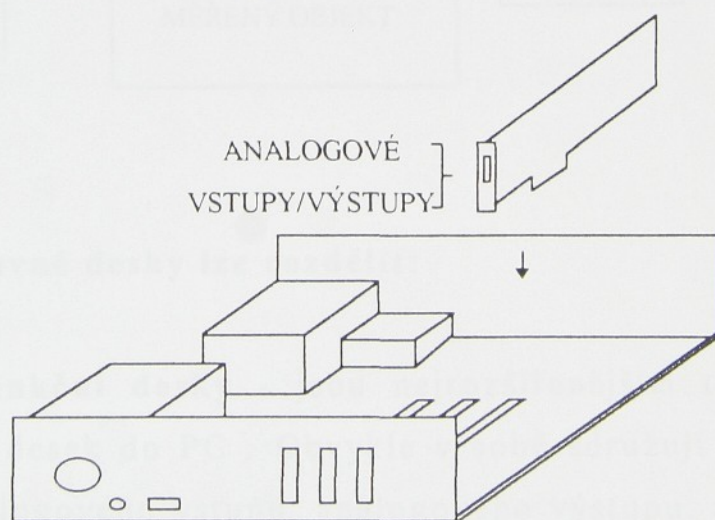
3.1. TECHNICKÉ PROSTŘEDKY REALIZUJÍCÍ ROZHRANÍ MEZI PC A ŘÍZENÝM OBJEKTEM

3.1.1. Měřicí systém na bázi zásuvných měřících desek do PC

Sestava přístrojů a zařízení, která umožňuje komplexní řešení měřicí úlohy a její automatické provedení se nazývá číslicový měřicí systém.

Typickým laboratorním měřicím systémem je systém složený ze samostatných funkčních jednotek (číslicových měřicích přístrojů, zdrojů signálů, přepínačů apod.) a řídicí jednotky, propojených navzájem sběrnici. Tato sběrnice pro propojení jednotlivých funkčních jednotek může být v některých případech vnitřní sběrnici řídicího počítače. Tímto způsobem lze realizovat jeden z nejjednodušších měřicích systémů na bázi zásuvných měřících desek do osobních počítačů.

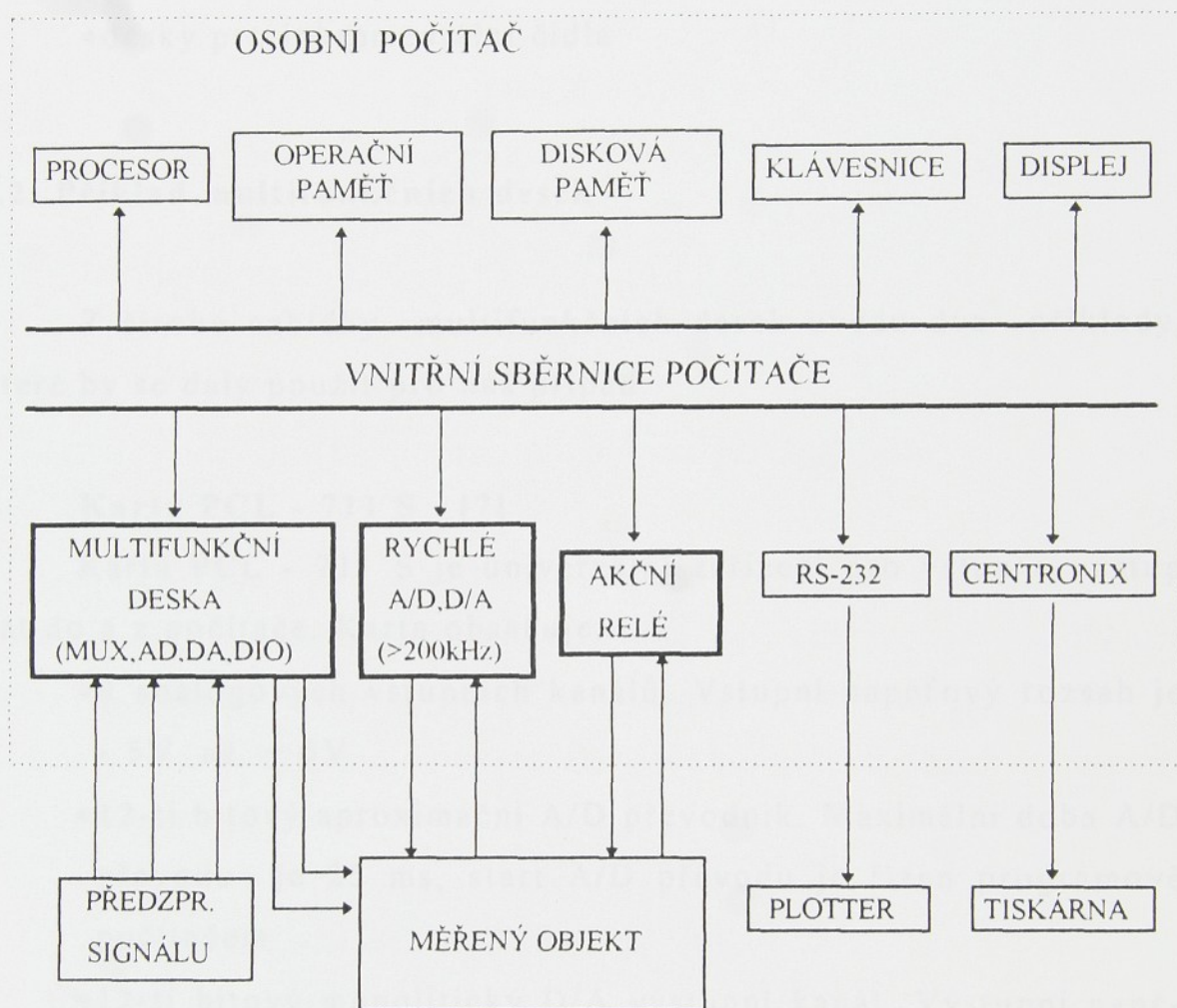
obr. 3.1. Měřicí systémy na bázi zásuvných měřících desek do PC [1]



Do volných slotů PC (konektorů vnitřní sběrnice počítače) lze zasunout desky obsahující např. analogo-číslicové či číslico-

analogové převodníky, čítače, filtry apod. s příslušnými obvody rozhraní a tak vytvořit jednoduchý měřicí systém.

obr. 3.2 . Blokové schéma měř. systému na bázi zásuvných měř. desek do PC [1]



Tyto zásuvné desky lze rozdělit:

1. **Multifunkční desky** - jsou nejrozšířenějším typem zásuvných měřicích desek do PC. Obvykle v sobě sdružují funkce vícekanálového analogového vstupu, analogového výstupu, čítače impulsů TTL úrovně a číslicové vstupy.

2. **Jednouúčelové desky**

- desky pro vysoké vzorkovací rychlosti

- desky s galvanicky oddělenými čísl. vstupy a výkonovými čísl. výstupy
- desky čítačů a časovačů
- desky s analogovými filtry
- desky pro řízení krokových motorů
- desky pro inkrementální čidla

3.1.2. Příklad multifunkčních desek

Z široké nabídky multifunkčních desek uvedu dva příklady, které by se daly použít pro náš případ.

Karta PCL - 711 S [7]

Karta PCL - 711 S je univerzální zařízení pro vstup a výstup dat do a z počítače. Karta obsahuje:

- 8 analogových vstupních kanálů. Vstupní napěťový rozsah je - 5V až + 5V
- 12-ti bitový aproximační A/D převodník. Maximální doba A/D převodu je 25 ms, start A/D převodu je řízen programově počítačem
- 12-ti bitový monolitický D/A výstupní kanál. Výstupní napěťový rozsah je buď 0 až 5V nebo 0 až 10V

Analogový vstup:

Přetížení ... trvale max. 30V

Přesnost ... 0,015%

Linearita ... ± 1 bit

Převodník ... AD574 nebo ekvivalent

Analogový výstup:

Referenční napětí ... vnitřní -5V nebo -10V ($\pm 0,05$ V)

Linearita ... $\pm 1/2$ bitu

Výstupní proud ... max. 5mA

Zpoždění ... 30 mikrosekund

Převodník ... AD 7541 AKN nebo ekvivalent

Digitální vstup:

Úroveň ... kompatibilní s TTL

Vst. napětí ... log.1 - 0,8V max.

log.0 - 2,0V min.

Vst. příkon ... log.1 - 0,4 mA max. při 0,5V

log.0 - 0,05 mA max. při 2,7V

Digitální výstup:

Úroveň ... kompatibilní s TTL

Výstup. napětí ... log.1 - 8mA max. při 0,5V max.

log.0 - 0,4 mA při 2,4V min.

Karta PCL - 711 S je konstruována pro připojení do standardního expanzního slotu počítače. Bázovou I/O adresu karty je možno nastavit pomocí mikropřepínačů v rozsahu 000 až 3F0. Dále je možné nastavit výstupní rozsah D/A převodníku 0 až +5V nebo 0 až +10V pomocí propojky .

Karta PC-LabCard PCL-812PG [8]

Karta obsahuje:

-16 analogových vstupních kanálů, převodník je 12-ti bitový s maximální vzorkovací periodou 30kHz

-programovatelně volitelný rozsah analogových hodnot: $\pm 5V$, $\pm 2,5V$, $\pm 1,25V$, $\pm 0,625V$

-tři volitelné mody převodu: přímo programové

s programovatelným časovačem

s externím pulsem

-možnost přenosu hodnot A/D převodu programem, přerušovacím podprogramem nebo DMA přenosem (přímým přístupem do paměti)

- karta obsahuje vlastní programovatelný časovač s generováním pulsů s frekvencí od 0,5MHz do jednoho pulsu za 35 min. Jeden 16-ti bitový čítač je k dispozici uživateli.
- dva 12-ti bitové D/A výstupní kanály s rozsahem od 0 do +5V, od 0 do + 10V.
- Reference je odvozena od A/D převodníku nebo od interního napětí -5V(-10V)
- 16 TTL/DTL číslicových (jednobitových) vstupů
- 16 TTL/DTL číslicových (jednobitových) výstupů

Hodnoty lze programově číst na volitelných adresách, od výrobce nastavených na adresu 220H-22FH, přerušení (IRQ - Interrupt Request) od čítače lze zvolit od 2 do 7 , přímý přístup do paměti (DMA- Direct Memory Access) lze nastavit pouze na kanál 1, nebo 3 dle konfigurace jiných karet v paměti.

3.1.3. Řídící počítače měřicích systémů

Jako řídící počítače měřicích systémů jsou využívány osobní počítače třídy IBM PC/XT/AT (sběrnice ISA pro PC/AT), IBM PS/2 (sběrnice MCA), Apple Macintosh II (sběrnice Nubus) a počítače se sběrnici EISA či pracovní sběrnice. Tak jako v jiných oborech se i v aplikacích pro měřicí techniku staly počítače firmy IBM - PC/XT (8 bitů sběrnice) a zejména PC/AT (16 bitů) faktickým standardem.

3.1.4. Osobní počítače třídy IBM PC XT/AT

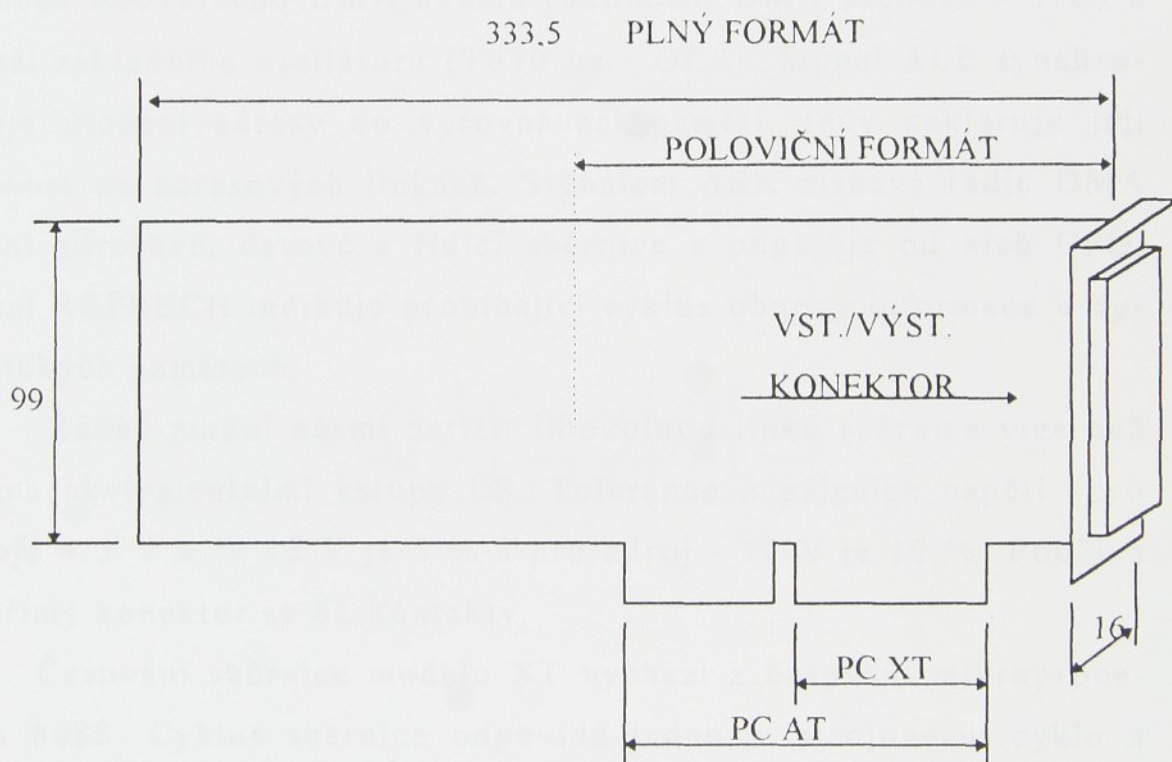
Osobní počítače třídy IBM PC mají tzv. otevřenou architekturu, to znamená, že jejich technické vybavení lze rozšiřovat dalšími obvody (bloky) na zásuvných deskách (adaptérech) zasunutých v

konektorech expansních slotů. Sloty jsou na základní desce PC situovány tak, že panel zásuvné desky kryje otvor v zadní stěně skříně počítače. Mechanická konstrukce desky je na obr. 3.3.

Uvedené rozměry jsou maximální (deska může být menší). Vstupy a výstupy desky jsou obvykle vyvedeny na konektor umístěný na panelu.

PC/XT slot obsahuje přímý konektor 2 x 31 kontaktů, slot PC AT, (ISA) konektor PC XT slotu a navíc druhý kratší přímý konektor 2 x 18 kontaktů.

obr. 3.3. Mechanická konstrukce zásuvné desky



3.1.5. Sběrnice počítače PC XT

Sběrnice IBM PC modelu XT (obr. 3.5.) je osmibitová paralelní synchronní, centrálně řízená, obousměrná a nesdílená sběrnice. Má tři linky žádostí (DRQ1 až 3). Souhlas s přidělením sběrnice

(DACKn) představují tři linky žádosti a REFRESH indukuje periodické (15ms) obnovování obsahu dynamické paměti. Přerušovací systém je také centralizovaný, k dispozici je pět linek žádosti (IRQ2 až 7). Žádost zůstává aktivní až do ukončení obslužného programu a její zrušení provádí uživatel v rámci tohoto programu. Šířka adresové sběrnice je 20 bitů.

Řídící část sběrnice obsahuje systémové hodiny (CLK, $T = 210$ ns), signály typu přenosového cyklu (IOW, IOR, MEMR, MEMW) a typický signál pseudosynchronní sběrnice I/O CHRDY, kterým mohou pomalejší moduly vyžadovat zpoždění až o 10 period hodin. Dále obsahuje ještě signál centrálního nulování (RESET), diagnostický signál chyby přenosu (I/O CHCK), signalizaci přetečení čítače přenosů libovolného DMA kanálu (ukončení DMA přenosu - T/C) a signál základního oscilátoru ($T = 70 \mu s$ - OCS). Signál ALE synchronizuje uložení adresy do vyrovnávací paměti, tedy deklaruje její platnost na adresových linkách. Signálem AEN získává řadič DMA řízení adresové, datové a řídící sběrnice a odpojuje od nich CPU, signál REFRECH indikuje probíhající cyklus obnovy informace v dynamických pamětech.

Žádný modul nesmí zatížit libovolnou linku sběrnice více než dvěma ekvivalentními vstupy LS. Tolerance napájecích napětí pro zdroje + 5 V a + 12 V je 5 % a pro zdroj - 12 V je 10 %. Používá se přímý konektor se 62 kontakty.

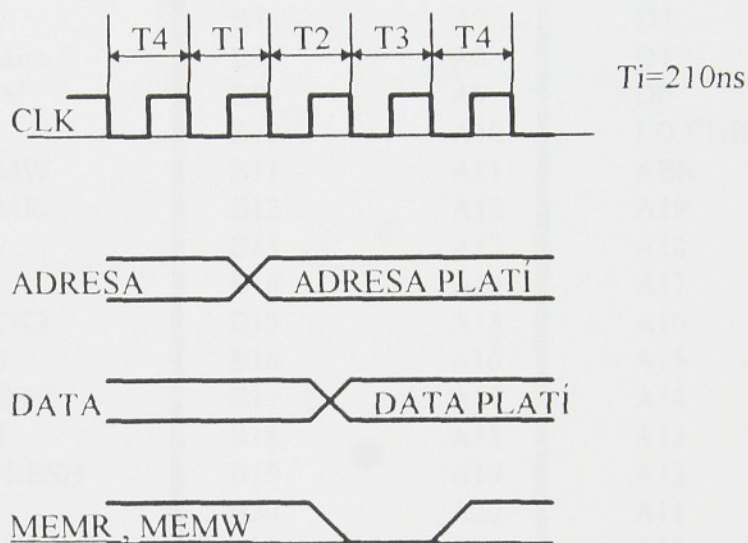
Časování sběrnice modelu XT vychází z časování mikroprocesoru 8088. Cyklus sběrnice odpovídá jednomu strojovému cyklu a má minimálně čtyři takty (periody systémových hodin). Ty stačí jen pro komunikaci s pamětí; při komunikaci s pomalejšími obvody v adaptérech (V/V adresy) se musí procesor pozastavovat a sběrnicový cyklus se tím prodlouží. Děje se tak vložением jednoho čekacího taktu TW mezi takty T2 a T3 daného sběrnicového cyklu. O vkládání čekacích taktů se stará generátor čekacích-taktů, který je součástí systémové desky.

Principiální časové diagramy paměťových a V/V sběrnice cyklů uvádí obr. 3.4., výkres konektoru je na obr. 3.5.

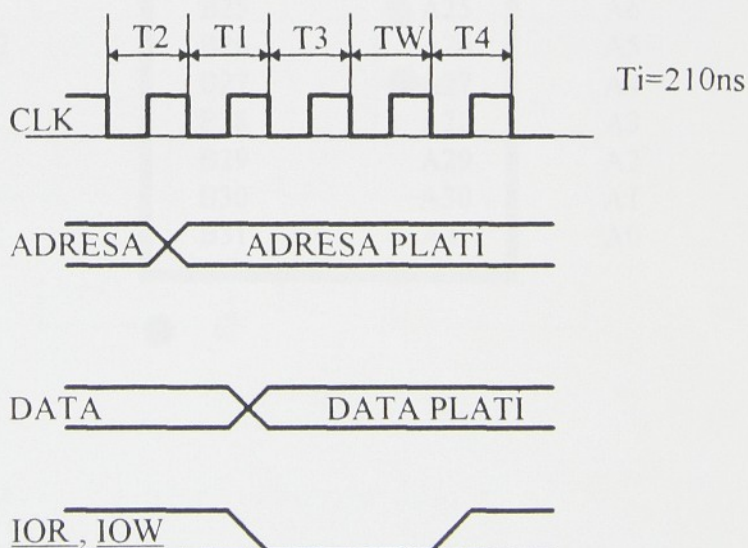
Obr. 3.4. Časový diagram sběrnice při

a) paměťové operaci b) V/V operaci

a)



b)



Obr. 3.5 . Rozložení vývodů signálů sběrnice PC/XT

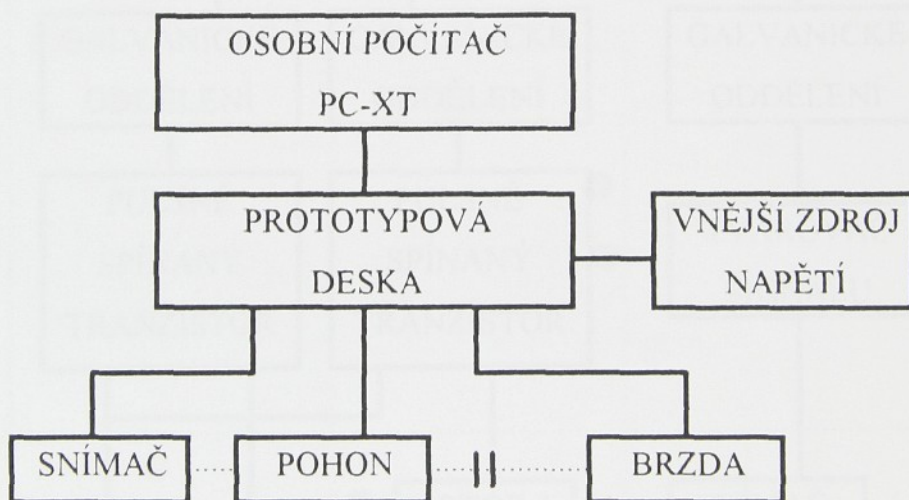
GND	B1	A1	- I/O CHCK
+Reset DRV	B2	A2	D7
+5 V	B3	A3	D6
IRQ2	B4	A4	D5
- 5 V	B5	A5	D4
DRQ2	B6	A6	D3
- 12 V	B7	A7	D2
nevyužito	B8	A8	D1
+ 12 V	B9	A9	D0
GND	B10	A10	I/O CHRDZ
- MEMW	B11	A11	AEN
- MEMR	B12	A12	A19
- IOW	B13	A13	A18
- IOR	B14	A14	A17
- DACK3	B15	A15	A16
DRQ3	B16	A16	A15
- DACK1	B17	A17	A14
DRQ1	B18	A18	A13
- REFRESH	B19	A19	A12
CLK	B20	A20	A11
IRQ7	B21	A21	A10
IRQ6	B22	A22	A9
IRQ5	B23	A23	A8
IRQ4	B24	A24	A7
IRQ3	B25	A25	A6
-DACK2	B26	A26	A5
T/C	B27	A27	A4
ALE	B28	A28	A3
+ 5V	B29	A29	A2
OSC	B30	A30	A1
GND	B31	A31	A0

3.2. PROTOTYPOVÁ DESKA

V předchozí kapitole byly popsány některé způsoby realizace rozhraní mezi řízeným objektem a PC. K řízení naší soustavy by bylo možné použít například některou z multifunkčních desek, které jsou uvedeny v kapitole 3.1.2. Tyto desky jsou však příliš drahé, jsou velmi universální a pro náš případ bychom využili pouze část jejich možností. Proto hlavně z ekonomických důvodů je neoptimálnější realizovat vlastní prototypovou desku.

Celé situační schéma bude tedy vypadat :

obr. 3.6. Situační schéma zařízení

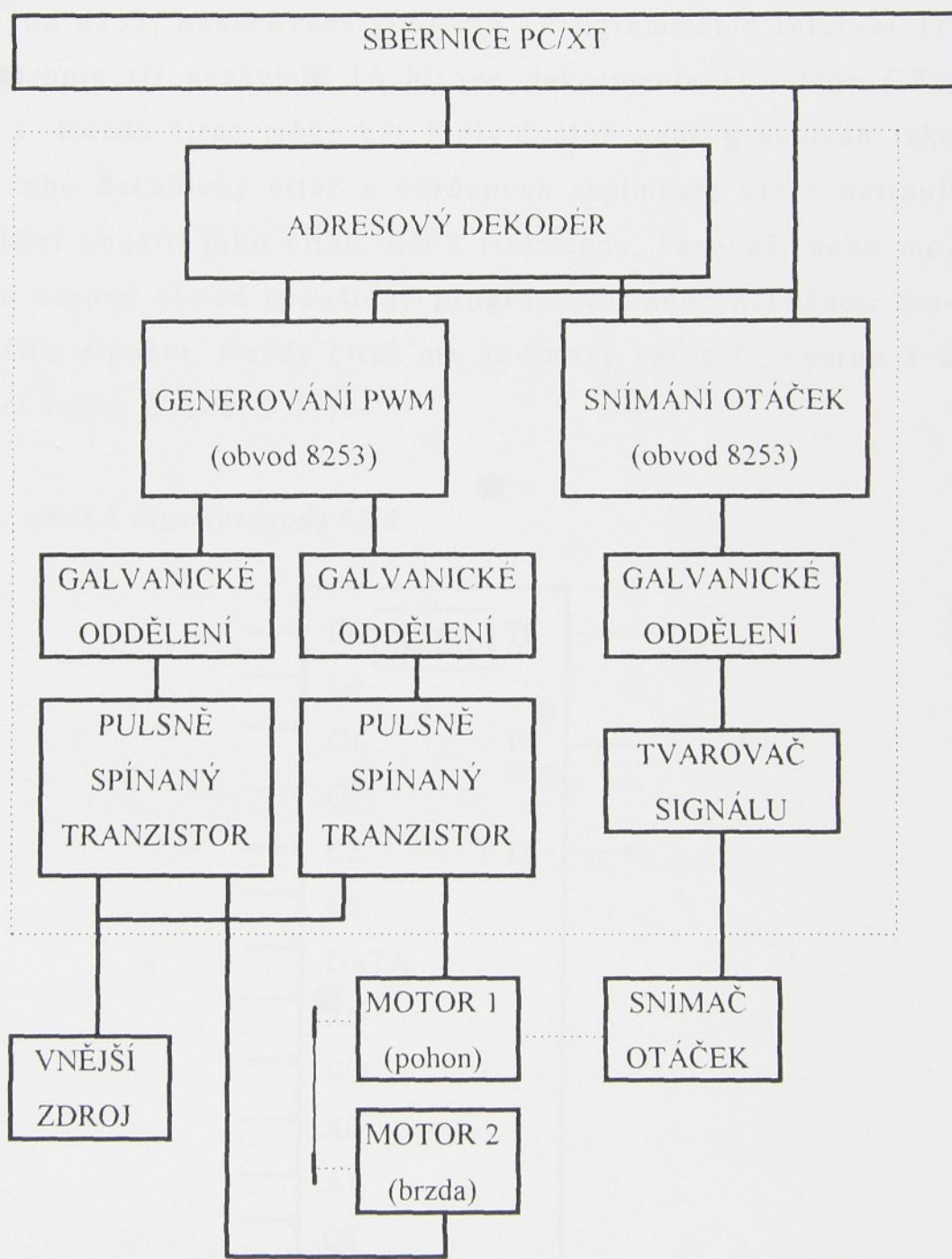


Základní požadavky na prototypovou desku:

Tato deska by měla umožňovat měnit příkon dvou ss motorů a vyhodnocovat otáčky ze signálu generovaného magneticko-indukčním snímačem. Výkonové části by měly být galvanicky odděleny.

Na základě těchto požadavků jsem navrhl následující blokové schéma prototypové desky. Viz obr.3.7.

obr.3.7. Blokové schéma prototypové desky

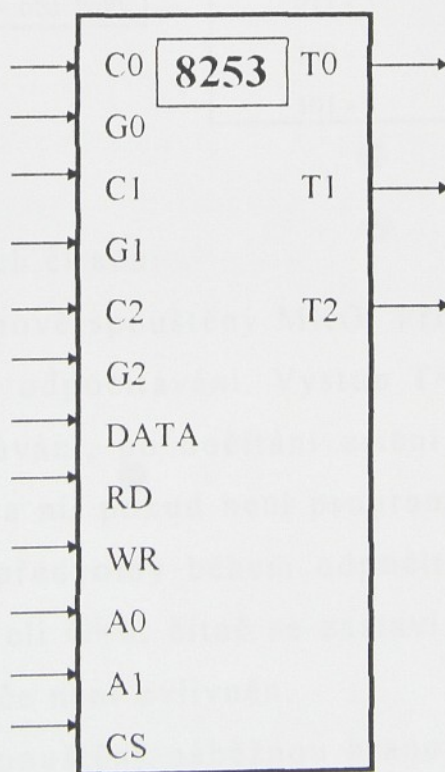


Ke generování pulsně šířkové modulace a k vyhodnocení otáček je použit programovatelný čítač 8253.

3.2.1. Programovatelný čítač 8253

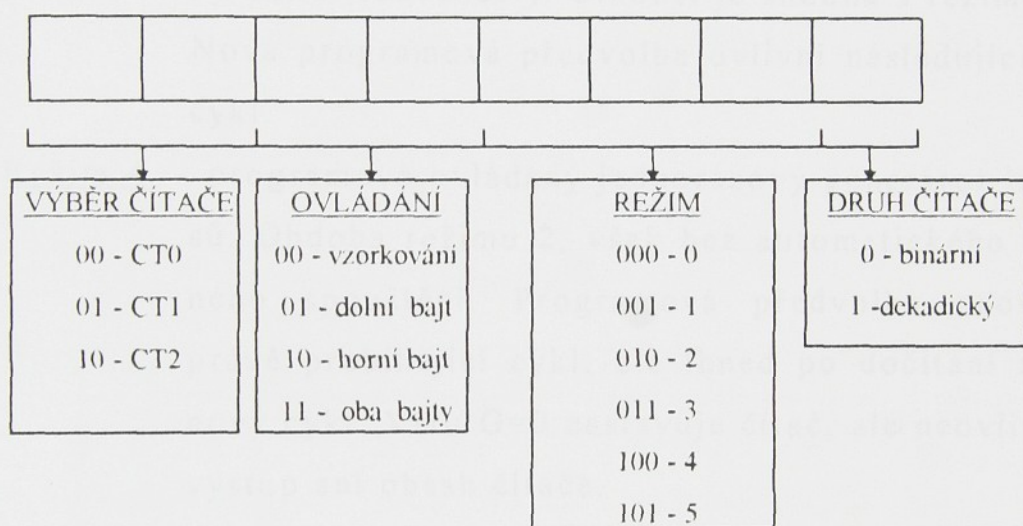
Obvod 8253, označovaný jako PIT (Programmable Interval Timer), obsahuje tři nezávislé 16 bitové dekrementační čítače CT0, CT1, CT2. Každý čítač může být individuálně naprogramován jako binární, nebo dekadický čítač v 6 různých režimech, které definují jeho funkční použití jako čítač, dělič frekvence, časovač, nebo monostabilní klopný obvod spouštěný programově, nebo náběžnou hranou vnějšího signálu. Každý čítač má hodinový vstup C, výstup T a hradlovací vstup G (obr.3.8.)

obr.3.8. Signály obvodu 8253



Hodnota 1 vstupu G zpravidla povoluje čítání a hodnota 0 jej zastavuje. Jednotlivé režimy se od sebe liší reakcí na vstup G a chováním výstupu T. Aktivací vstupu CS je PII vybrán ke komunikaci s CPU, která probíhá po datové sběrnici. Kombinace bitů A1 a A0 určuje čítač (00-CT0, 01-CT1, 10- CT2), nebo řídicí slova CW (11), které definují režim jednotlivých čítačů (obr.3.9.)

obr.3.9. Formát řídicího slova obvodu 8253



Režimy jednotlivých čítačů:

Režim 0 - programově spouštěný MKO. Programová předvolba zahajuje odpočítávání. Výstup T=0 je po celou dobu odpočítávání, po dočítání změni hodnotu na T=1 a setrvá na ní, pokud není programově znovu spuštěn. Změna předvolby během odpočítávání způsobí nové čítání. Jeli G=0, čítač se zastaví, ale výstup ani obsah čítače není ovlivněn.

Režim 1 - MKO spouštěný náběžnou hranou vstupu G. Reakce výstupu je shodná s režimem 0. Náběžná hrana G během odpočítávání způsobí nové spuštění. Progra-

mová předvolba během odpočítávání ovlivní délku výstupního impulsu až po další náběžné hraně G.

Režim 2 - časovač. Po odpočítávání bude $G=0$ po dobu jedné periody hodinového signálu C a automaticky se zahajuje nový cyklus čítače od předvolené hodnoty. Vstup $G=0$ zastavuje čítání a jeho náběžná hrana startuje odpočítávání od předvolené hodnoty. Nová programová předvolba ovlivní až následující cyklus.

Režim 3 - cyklický čítač se symetrickým výstupem (symetrický dělič frekvence). Činnost je shodná s režimem 2. Nová programová předvolba ovlivní následující půlcykl.

Režim 4 - programově ovládaný jednorázový generátor impulsů. Obdoba režimu 2, však bez automatického opětového spouštění. Programová předvolba neovlivní právě probíhající cykl, ale ihned po dočítání začne nový cykl. Vstup $G=0$ zastavuje čítač, ale neovlivňuje výstup ani obsah čítače.

Režim 5 - jednorázový generátor impulsů spouštěný náběžnou hranou vstupu 0. Obdoba režimu 1, ale výstup je nastavován jako v režimu 4.

Předvolba lze podle CW zapsat jako dolní bajt, horní bajt, nebo oba bajty. Při zápisu 1 bajtu je druhá část čítače nulována. Zápis obou bajtů se provádí v pořadí nejprve dolní a potom horní bajt.

Průběžnou hodnotu čítače lze zjišťovat adresováním příslušného čítače rovněž ve dvou fázích (nejprve dolní bajt a pak horní bajt). V době mezi oběma fázemi čtení se může obsah čítače změnit na tolik, že získaná hodnota je chybná. Proto je vhodné zapsat hodnotu čítače do vyrovnávacího registru (vzorkování).

3.2.2. Adresový dekodér

Adresový dekodér je tvořen odvodem 74LS138 a hradly NAND a OR. (Viz příloha 1. obvody IO1, IO2, IO3)

Pro adresování obvodů prototypové desky jsem použil signály A0 až A9 a signál AEN na V/V konektoru sběrnice PC/XT. Příslušný obvod prototypové desky je vybrán, pokud je nastavena požadovaná kombinace bitů A0 až A9 (adresa) a signál AEN je v úrovni L.

Pro prototypové desky jsou vyhrazeny adresy 300H až 31FH.

Adresy jsou v tomto adresovém dekodéru nastaveny napevno a jejich hodnoty jsou znázorněny v tabulce 3.1.

tab.3.1. Nastavení adres adresového dekodéru

ADRESA	VYBRANÝ OBVOD
300H-303H	IO6 progr. čítač 8253 pro generování PWM
304H-307H	IO7 progr. čítač 8253 pro snímání otáček

3.2.3. Galvanické oddělení

Z důvodů ochrany je třeba oddělit výkonovou část od řídicí části galvanickým oddělením. Toto galvanické oddělení chrání řídicí část před případným vznikem přepětí a zároveň částečně tlumí šumy.

K těmto účelům jsem nejprve používal optrony typu 4N136, které však nebyly schopné přenášet frekvenci PWM signálu, která je řádově desítky kHz. Z těchto důvodů jsem použil optrony 6N137, které signál o požadované frekvenci přenesou.

3.2.4. Napájení obvodů prototypové desky

Obvody řídicí části (před galvanickým oddělením) prototypové desky jsou napájeny z V/V sběrnice počítače PC/XT a to napětím +5V a 0V (GND).

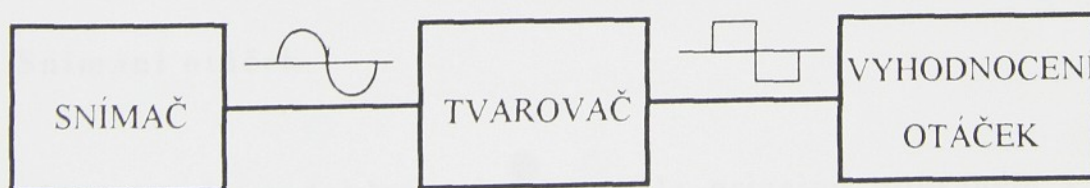
Pro napájení motorů je použit vnější zdroj napětí +12V.

Aby byla zachována funkčnost galvanického oddělení, musí být obvody ve výkonové části (za galvanickým oddělením), napájeny z jiného zdroje než jsou napájeny obvody v řídicí části. K tomuto účelu používám stabilizátor napětí 7805, na jehož vstupu je +12V z vnějšího zdroje a na výstupu je stabilizované napětí +5V (U_{cc}).

3.2.5. Tvarovač signálu

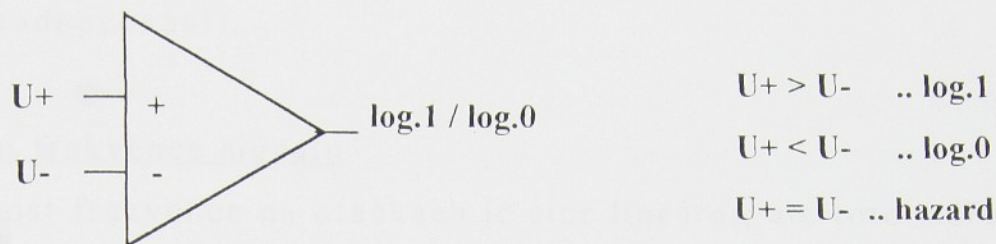
Abychom mohli vyhodnotit ze signálu generovaného magneto-indukčním snímačem otáčky, je třeba tento signál natvarovat.

obr.3.10. Tvarování signálu

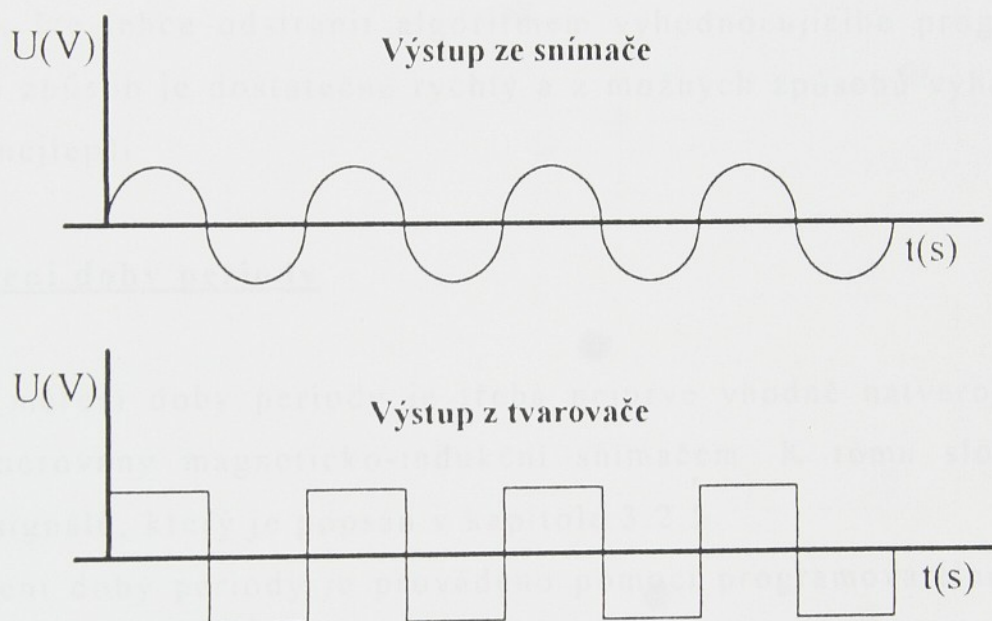


K tvarování signálu používám vhodné zapojení komparátoru LM311. (Schéma zapojení viz. příloha č.1. IO11).

Princip komparátoru:



obr.3.11. Úprava signálu tvarovačem



3.2.6. Snímání otáček

Magneticko-indukční snímač, podle principu popsaném v kapitole 2.3., generuje harmonický, téměř sinusový signál. K získání informace o otáčkách, je třeba tento signál vyhodnotit.

Vyhodnocení je možné provést třemi způsoby:

Měření amplitudy signálu

Výhodou tohoto způsobu je lineární závislost amplitudy na otáčkách (Viz graf.2.1.). Avšak měření amplitudy signálu, kde se s

amplitudou mění i frekvence, je složité (při porovnání s ostatními způsoby vyhodnocování).

Měření frekvence signálu

Závislost frekvence na otáčkách je sice lineární, ale toto měření by bylo při měření malých otáček pomalé.

Měření doby periody

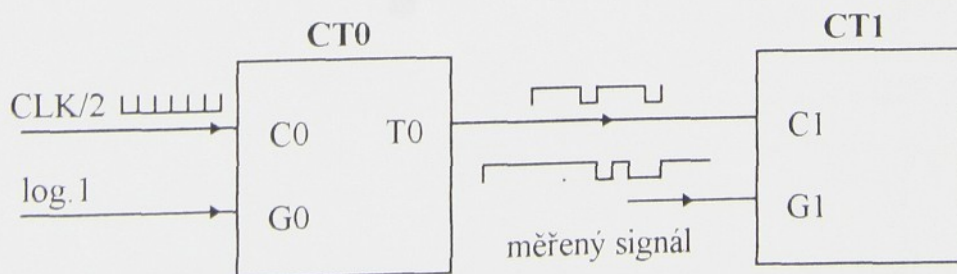
Závislost doby periody na otáčkách není lineární, avšak tento nedostatek lze lehce odstranit algoritmem vyhodnocujícího programu. Tento způsob je dostatečně rychlý a z možných způsobů vyhodnocení je nejlepší.

Měření doby periody

Pro měření doby periody je třeba nejprve vhodně natvarovat signál generovaný magneticko-indukční snímačem. K tomu slouží tvarovač signálu, který je popsán v kapitole 3.2.5.

Měření doby periody je prováděno pomocí programovatelného čítače 8253 (IO5). Blokové znázornění zapojení tohoto čítače je na obr.3.10.

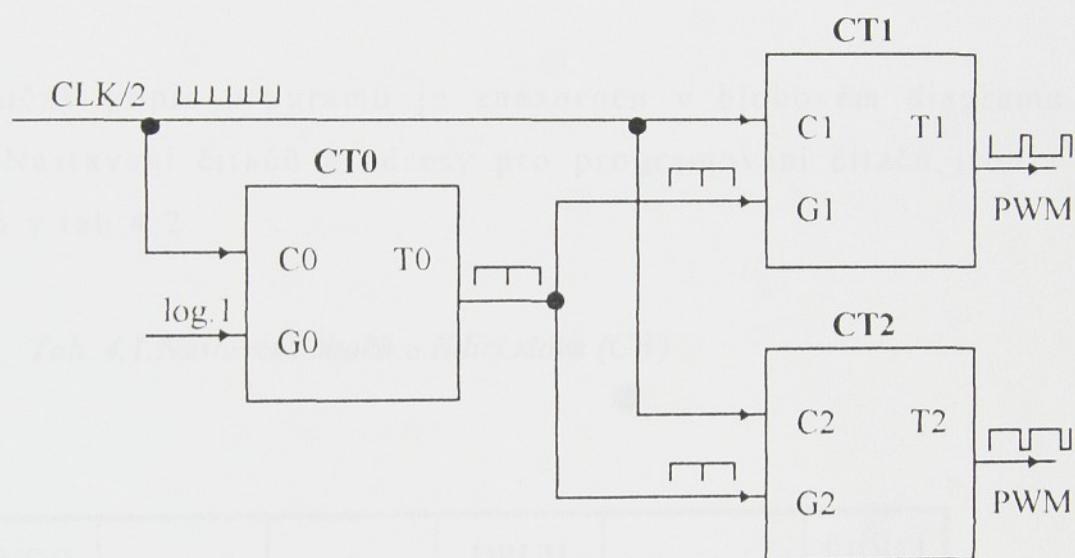
Obr.3.10. Blokové zapojení čítače 8253 používaného pro měření doby periody



3.2.7. Generování pulsně šířkové modulace

Jak již bylo řečeno používám ke generování PWM programovatelný čítač 8253. Popis tohoto obvodu je v kapitole 3.2.1.

Obr.3.11. Blokové zapojení čítače 8253 používaného pro generování PWM



Podrobný popis činnosti jednotlivých čítačů je popsán v kapitole 4.2.

4. PROGRAMOVÉ VYBAVENÍ

Posledním úkolem této práce bylo vytvoření programu, který by ověřil funkčnost prototypové desky. Ověřením funkčnosti se rozumí možnost měnit příkon obou motorů a snímat otáčky.

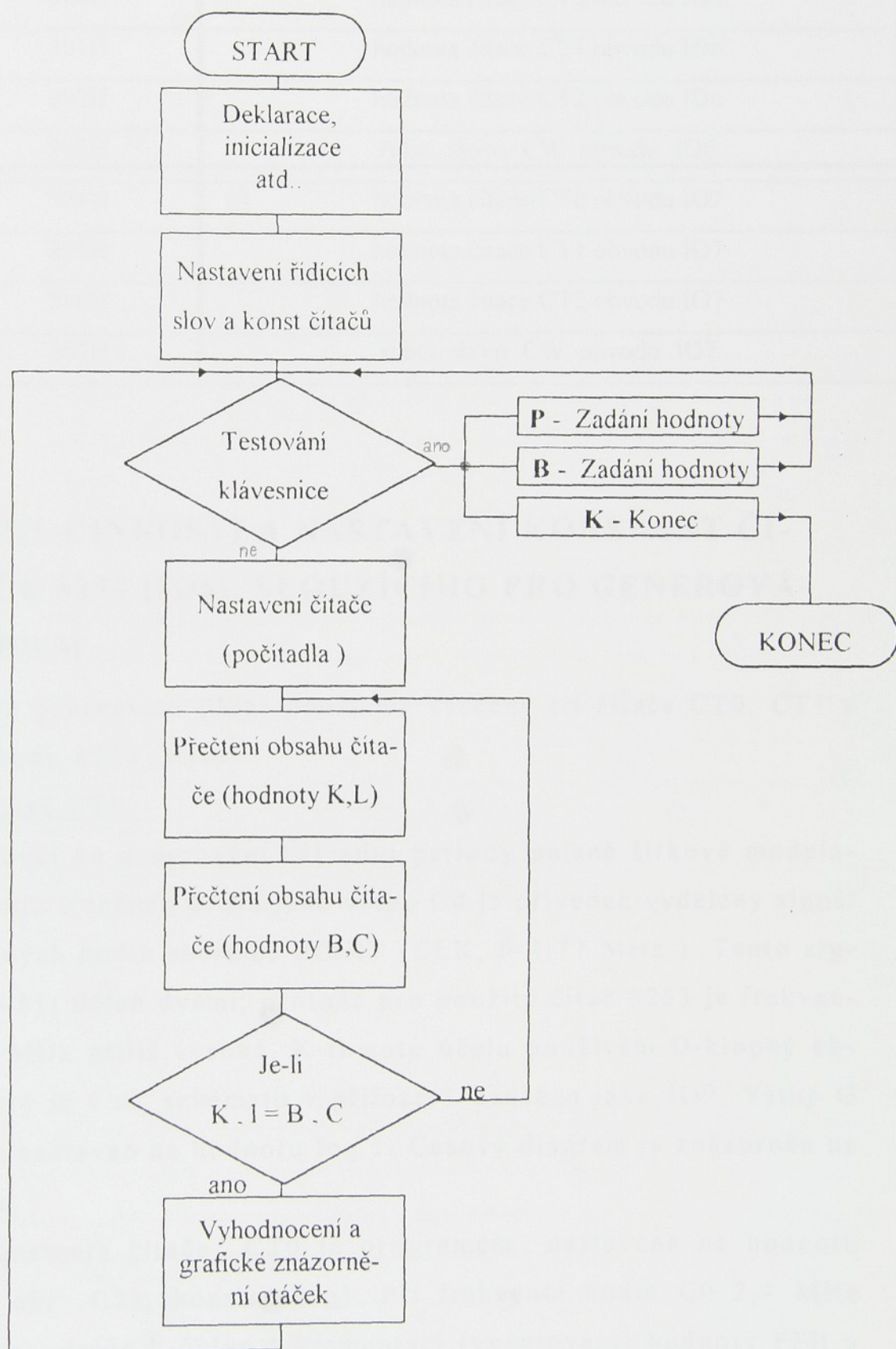
Program jsem realizoval na počítači PC 386/33MHz. Protože k tomuto počítači nebyla k dispozici myš, je ovládání programu prováděno pouze z klávesnice. Program byl napsán, zkompilován a odladen v integrovaném prostředí Turbo Pascal 6 a jeho výpis je v příloze 5.

Stručný popis programu je znázorněn v blokovém diagramu obr.4.1. Nastavení čítačů a adresy pro programování čítačů jsou v tab.4.1. a v tab.4.2.

Tab. 4.1.Nastavení čítačů a řídicí slova (CW)

OBVOD 8253	ČÍTAČ	REŽIM	DRUH ČÍTAČE	OVLÁDÁNÍ	ŘÍDÍCÍ SLOVO
IO6 (Generování PWM)	CT0	2	binární	dolní bajt	14
	CT1	1	binární	dolní baj	52
	CT2	1	binární	dolní baj	92
IO7 (Snímání otáček)	CT0	2	binární	oba bajty	34
	CT1	2	binární	oba bajty	74
	CT2	NENÍ POUŽIT			

obr.4.1. Blokový diagram programu



Tab.4.2.Adresy programování čítačů

ADRESA	NASTAVENÍ
300H	hodnota čítače CT0 obvodu IO6
301H	hodnota čítače CT1 obvodu IO6
302H	hodnota čítače CT2 obvodu IO6
303H	řídící slovo CW obvodu IO6
304H	hodnota čítače CT0 obvodu IO7
305H	hodnota čítače CT1 obvodu IO7
306H	hodnota čítače CT2 obvodu IO7
307H	řídící slovo CW obvodu IO7

4.1. POPIS ČINNOSTI A NASTAVENÍ KONSTANT ČÍTAČE 8253 (IO6), SLOUŽÍCÍHO PRO GENEROVÁNÍ PWM

Pro generování PWM používám všechny tři čítače CT0, CT1 a CT2 obvodu 8253 (IO6).

Čítač CT0:

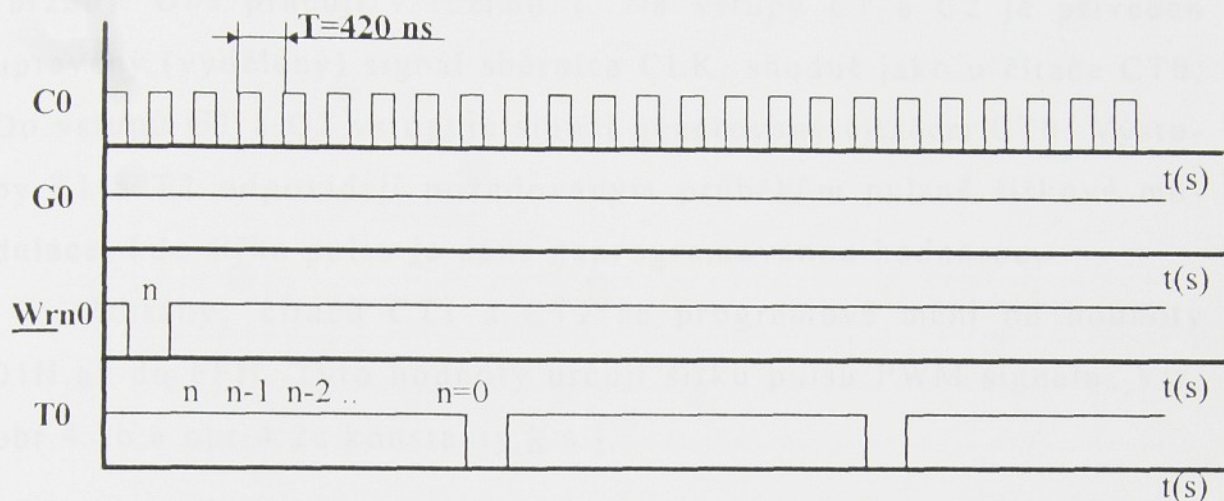
Slouží ke generování základní periody pulsně šířkové modulace. Pracuje v režimu 2. Na jeho vstup C0 je přiveden vydělený signál systémových hodin sběrnice PC/XT (CLK; $f=4,77$ MHz). Tento signál musí být dělen dvěma, protože pro použitý čítač 8253 je frekvence 4,77 MHz příliš vysoká. K tomuto účelu používám D-klopný obvod, který je v el. schématu v příloze 1 označen jako IO9. Vstup G je trvale nastaven na hodnotu log.1. Časový diagram je znázorněn na obr.4.2a.

Konstanta čítače CT0 je programem nastavena na hodnotu FFH (v obr. 4.2a, konstanta $\underline{n}$). Při frekvenci hodin C0 2,4 MHz ($T=420\text{ns}$), dojde k úplné dekrementaci (vynulování) hodnoty FFH a k následnému překlopení výstupu ze stavu log.1 na log.0 za 10,7

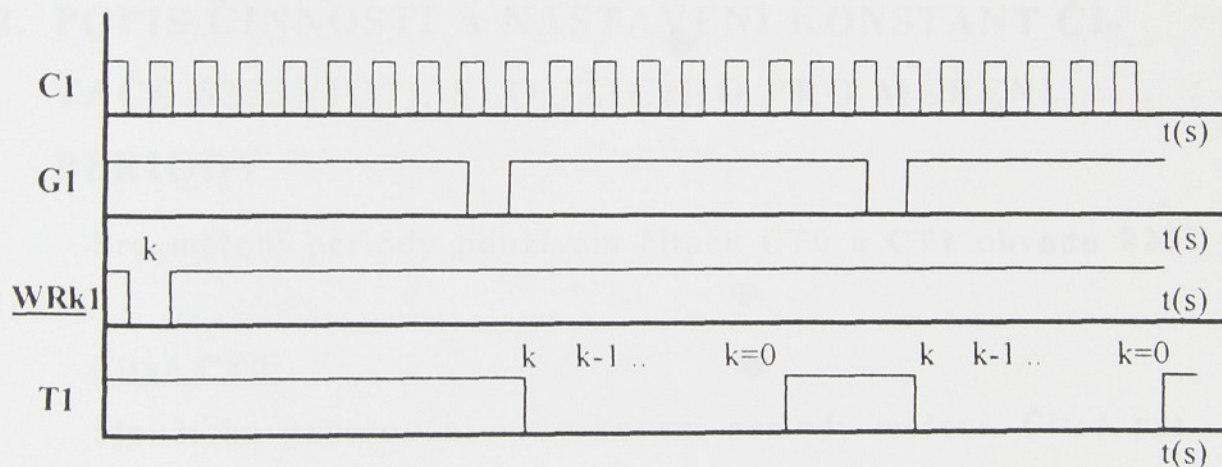
ms což je přibližně 9 kHz, a což odpovídá požadované frekvenci PWM.

obr.4.2 . Časování činnosti generování PWM

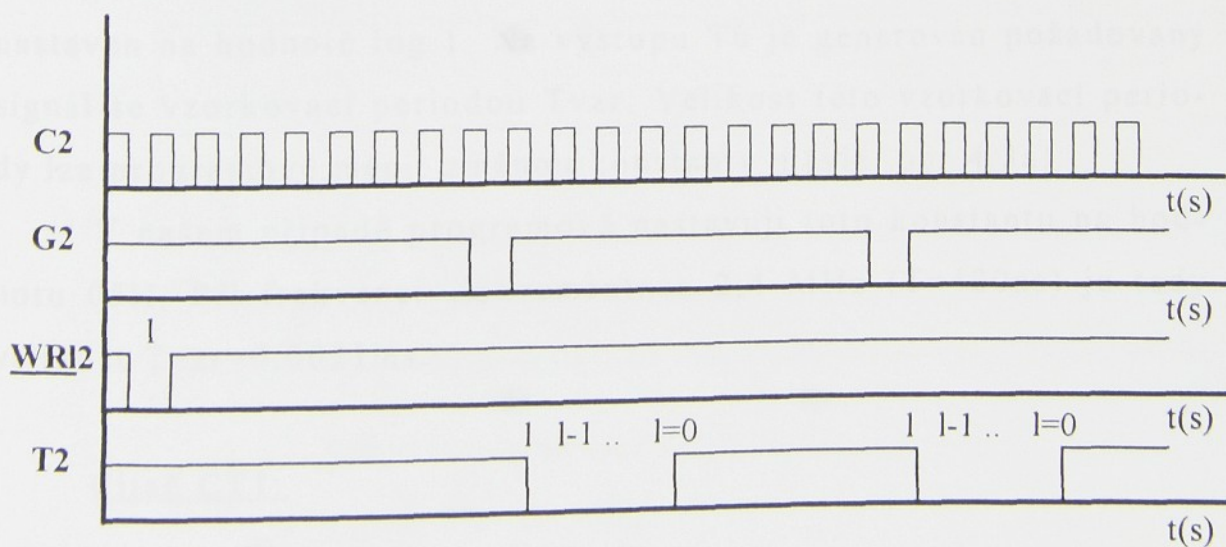
a) Čítač CT0



b) Čítač CT1



c) Čítač CT2



Čítač CT1 a CT2:

Funkce i zapojení obou čítačů jsou shodné. Čítač CT1 slouží pro generování PWM pro motor 1 (pohon) a CT2 pro motor 2 (brzdu). Oba pracují v režimu 1. Na vstupy C1 a C2 je přiveden upravený (vydělený) signál sběrnice CLK, shodně jako u čítače CT0. Do vstupů G1 a G2 vstupuje signál generovaný čítačem CT0. Výstupy T1 a T2 odpovídají požadovaným průběhům pulsně šířkové modulace, kde šířka pulsu je dána naprogramovanou hodnotou.

Obsahy čítačů CT1 a CT2 se programově mění od hodnoty 01H až do FFH. Tyto hodnoty určují šířku pulsu PWM signálu. Viz. obr.4.2b a obr.4.2c konstanty k a l .

4.2. POPIS ČINNOSTI A NASTAVENÍ KONSTANT ČÍTAČE 8253 (IO7), SLOUŽÍCÍHO PRO MĚŘENÍ PERIODY

Pro měření periody používám čítače CT0 a CT1 obvodu 8253 (IO7).

Čítač CT0:

Slouží ke generování vzorkovací periody měření. Čítač pracuje v režimu 2. Do vstupu C0 vstupuje upravený (vydělený) signál hodin sběrnice CLK (viz. čítač CT0 kap.4.1.). Vstup G0 je trvale nastaven na hodnotě log.1. Na výstupu T0 je generován požadovaný signál se vzorkovací periodou T_{vzr} . Velikost této vzorkovací periody lze programově měnit změnou konstanty n (viz. obr.4.3a).

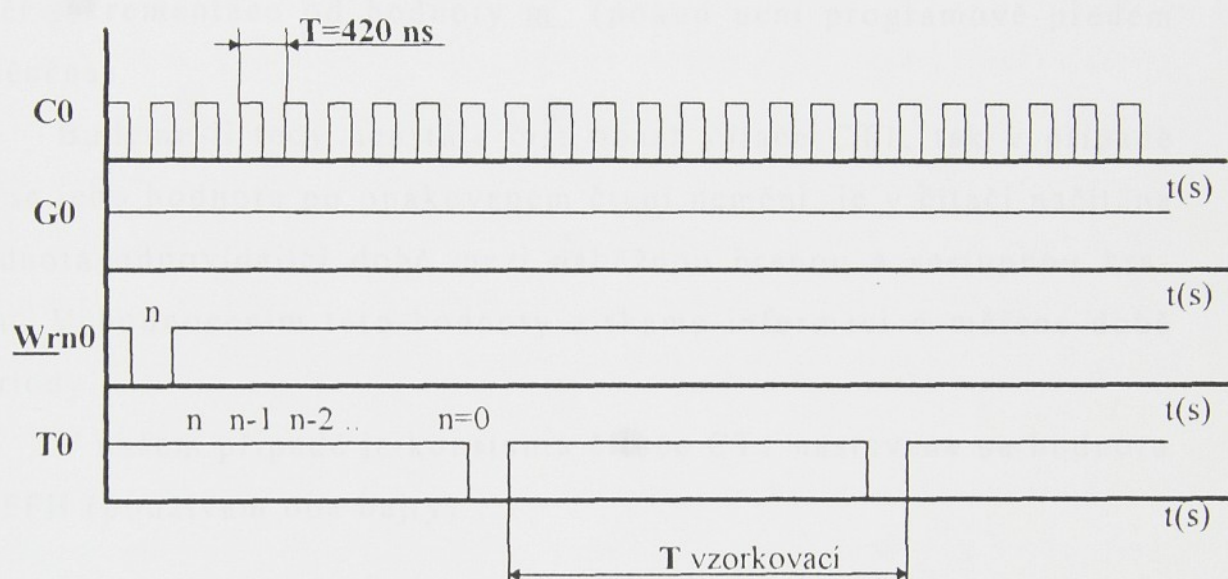
V našem případě programově nastavuji tuto konstantu na hodnotu 05H. Při frekvenci dekrementace 2,4 MHz ($T=420\text{ns}$) je tedy velikost $T_{vzr}=0,0021\text{ms}$.

Čítač CT1:

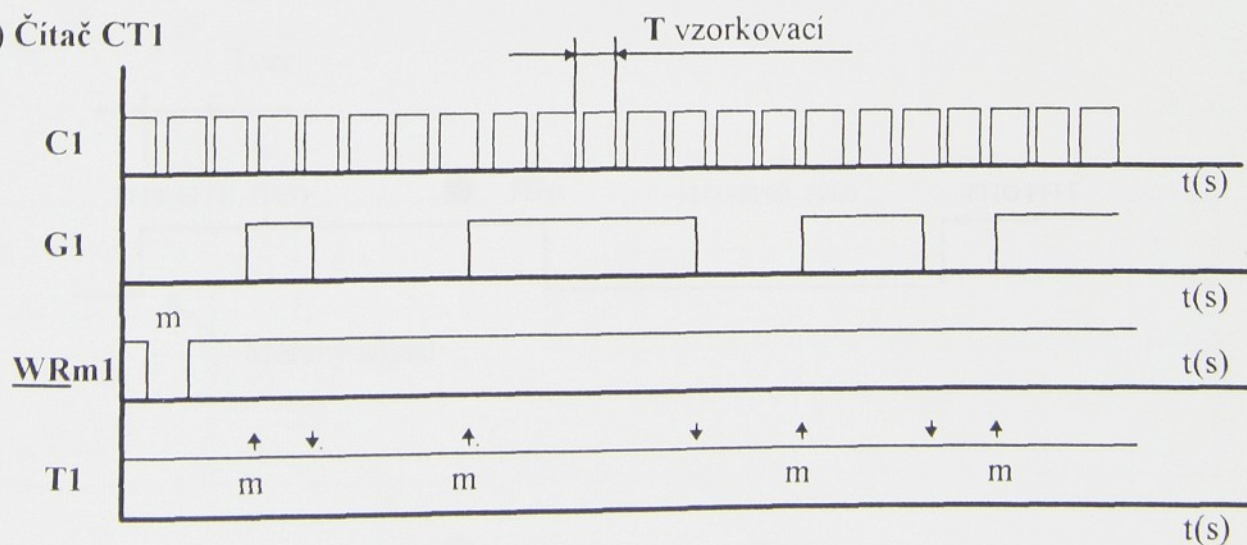
Slouží k měření doby periody natvarovaného měřeného signálu. Pracuje v režimu 2. Na vstup C1 je přiveden signál generovaný čítačem CT0 (vzorkovací perioda měření).

obr. 4.3 .Časování činnosti měření doby periody

a) Čítač CT0



b) Čítač CT1



↑ Zahájení dekrementace od hodnoty m

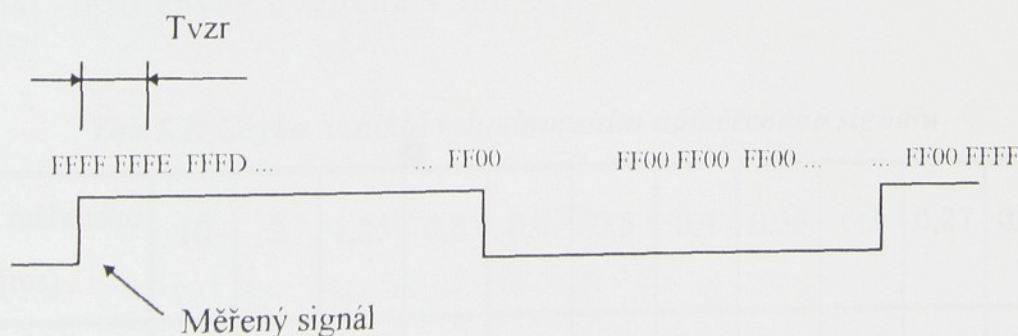
↓ Zastavení dekrementace

Tato vzorkovací perioda měření je taktem dekrementace čítače CT1. Měřený signál je přiveden na vstup G1. Náběžnou hodnotou tohoto signálu je odstartovaná dekrementace od hodnoty m (viz. obr.4.3b). Dekrementace probíhá až do změny hodnoty z log.1 na log.0. Obsah čítače zůstane naplněn načítanou hodnotou po celou dobu kdy je signál na hodnotě log.0. Další náběžnou hranou začne opět dekrementace od hodnoty m (pokud není programově předem změněna).

Budeme-li tedy neustále číst obsah čítače CT1, tak v případě že se jeho hodnota po opakovaném čtení nemění, je v čítači načítaná hodnota odpovídající době mezi náběžnou hranou a sestupnou hranou. Vyhodnocením této hodnoty získáme informaci o měřené době periody.

V našem případě je konstanta čítače CT1 nastavena na hodnotu FFFFH (používám oba bajty).

Obr.4.4. Příklad průběhu dekrementace při měření doby periody



5. DISKUZE ZÍSKANÝCH HODNOT A POZNATKŮ

5.1. CHYBA MĚŘENÍ

Při vyhodnocení a zobrazení naměřené hodnoty otáček motoru je vidět, že i při relativně konstantních otáčkách motoru naměřená hodnota otáček kolísá. Odpojíme-li snímač a nahradíme-li ho R-C generátorem, který generuje „ideální“ signál, tak toto kolísání zmizí. Z toho plyne, že hlavní příčina kolísání naměřené hodnoty otáček je způsobena chybou snímače. K chybě zřejmě dochází z důvodů geometrické nepřesnosti pólových nastavců snímače (viz. obr.2.4.). Motorek s tímto vestavěným snímačem byl demontován z kopírovacího stroje, kde pravděpodobně nebyly kladeny na přesnost snímání otáček velké nároky.

V případě, že bychom chtěli tuto chybu odstranit, museli bychom použít jiného typu snímače. Například tachodynamo, inkrementální čidlo, nebo jiné.

Dalším důvodem kolísání naměřené hodnoty otáček je chyba vzniklá vyhodnocením naměřeného signálu.

Pro velikost vzorkovací periody měření $T_{vzr} = 0,002$ ms je velikost této chyby uvedena v tab.5.1.

Tab.5.1. Chyba vzniklá vyhodnocením naměřeného signálu

Velikost měřeného signálu [ms]	10	2	1,25	0,8	0,6	0,5	0,4	0,35	0,3	0,27	0,25	0,2
Chyba [%]	0.02	0,1	0,16	0,25	0,33	0,4	0,5	0,57	0,67	0,72	0,8	1

5.2. CITLIVOST MĚŘENÍ V NÍZKÝCH OTÁČKÁCH

Při otáčkách motoru odpovídajících napájecímu napětí 0 až 1V, je signál generovaný snímačem nepravidelný a má malou amplitudu (0 - 0,2 V). Toto je způsobeno samotným principem snímače a z malé míry i kolísáním otáček motoru v rozběhové fázi.

Signál s takto malou amplitudou tvarovač nenatvaruje a proto jsou tyto nízké otáčky vyhodnoceny jako nulové.

Z tohoto důvodu je snímač citlivý až od 2% využívaného rozsahu.

5.3. VZÁJEMNÝ VZTAH VÝKONŮ MOTORŮ

Vytvořená soustava bude sloužit jako laboratorní úloha, kde se budou programovým regulátorem udržovat otáčky pohonu na žádané hodnotě při změně výkonu brzdy. Aby krouticí moment brzdy nebyl větší než krouticí moment pohonu, byla naměřena tabulka 5.2.

5.4. DOPLNĚNÍ K VYTVOŘENÉ PROTOTYPOVÉ DESCE

Pro osazení součástek jsem použil univerzální plošný spoj vyrobený firmou ELITRON (PC BASTL). Propojení součástek je zde provedeno pomocí samostatných vodičů. To je výhodné zejména pro náš případ, kde se do budoucna počítá s přidáním části pro snímání otáček druhého motoru (brzdy).

Tab.5.2. Vzájemný vztah výkonů motorů

Výkon brzdy pohonu [%]	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
0	0	0	3	4	5,2	6,8	8	10,2	12	15,3	17
10	0	0	1,2	3	3,8	6,1	6,8	8	10,3	12,8	14,2
20	2,8	1	0	2	1,3	4,2	5,5	6,8	7,7	9,9	12
30	5,9	4	2	0	0	2,1	2,2	3,7	5,9	8	9,2
40	8,1	6,5	5,5	3	2,2	0	0	2	2,3	5,8	6
50	12	10,2	8	6,5	5	2	2,5	0	0	2,3	4
60	16,1	14	12,2	10,2	8,2	5,5	5	2	0	0	1,9
70	19,9	18	15,2	13,1	12,4	9,8	8	Nelze změřit z důvodu prokluzu řemene			
80	25	21,8	19	17	15,1	11,9	10,2				
90	28	25,7	23,8	20,5	19	16,9	14,8				
100	32	30	27	25	23,2	21	17				

Hodnoty v tabulce jsou v [1/s].

6. ZÁVĚR

Po seznámení s dostupnými způsoby řešení rozhraní mezi řízeným objektem a osobním počítačem, jsem dospěl k závěru, že pro moje konkrétní zadání, je zejména z ekonomických důvodů neoptimálnější realizovat vlastní rozhraní.

Toto rozhraní jsem navrhl a realizoval formou zásuvné prototypové desky do PC. Rozhraní mělo umožňovat měnit příkon dvou stejnosměrných motorů a snímat otáčky jednoho z nich.

K řízení výkonů motorů jsem použil moderní metodu pulsně šířkové modulace, která je výhodná zejména pro její nízké energetické ztráty. Po odzkoušení tohoto rozhraní se ukázalo, že použitá metoda řízení výkonů motorů plně vyhovuje našim požadavkům.

K snímání otáček byl použit magneticko-indukční snímač, který je pevně vestavěn u obou motorů. Měření ukázalo, že tento magneticko-indukční snímač měří s poměrně velkou chybou a proto by bylo výhodnější použít jiného typu snímače. Například tachodynamo, inkrementální čidlo a jiné. A však i přes tuto chybu měření bude použitý magneticko-indukční snímač pro účely naší laboratorní úlohy stačit.

Diplomová práce mi přinesla mnoho teoretických a praktických zkušeností a rozšířila mi obzor v této oblasti.

POUŽITÁ LITERATURA

- [1] P. Kocourek, a kol.: Číslicové měřicí systémy. Praha, ČVÚT 1994
- [2] J. Čapoun, J. Pavelka, J. Ryant: Elektrické regulační pohony s tyristory. Praha, SNTL 1981
- [3] J. Wágner, A. Kopal: Fyzika II. Liberec, VŠST 1995
- [4] M. Šnorek: Standardní rozhraní PC. Praha, GRADA 1991
- [5] J. Grosman: Počítače a mikropočítače. Liberec, VŠST 1990
- [6] J. Smola: Diplomová práce. Liberec, VŠST - KTK 1991
- [7] M. Horák: Diplomová práce. Liberec, VŠST - KTK 1995
- [8] J. Opočenský: Diplomová práce. Liberec, VŠST - KTK 1995
- [9] J. Drašnar: Diplomová práce. Liberec, VŠST - KTK 1995
- [10] Advantech Co., Ltd., PC-LabCard - User's Manual
- [11] Ceník Advantech Co., Ltd., Advantech 1994
- [12] Katalog elektronických součástek, konstrukčních dílů, bloků a přístrojů 1. -Integrované obvody. Tesla Eltos 1986
- [13] Katalog elektronických součástek, konstrukčních dílů, bloků a přístrojů 2 - Diskrétní součástky. Tesla Eltos 1987
- [14] Katalog elektronických součástek, konstrukčních dílů, bloků a přístrojů 5 - Elektronické součástky. Tesla Eltos 1989
- [15] Katalog - Součástky pro elektroniku. Praha, GM Electronic
- [16] M. Kvoch: Programování v Turbo Pascalu 7.0 . Praha, KOPP 1995
- [17] J. Prchal: Signály a soustavy. Praha, SNTL/ALFA 1987

SEZNAM PŘÍLOH:

Příloha 1 - Schéma zapojení prototypové desky

Příloha 2 - Schéma rozmístění součástek na desce

Příloha 3 - Seznam použitých součástek

Příloha 4 - Rozložení dílů na laboratorní desce

Příloha 5 - Výpis zdrojového textu programu

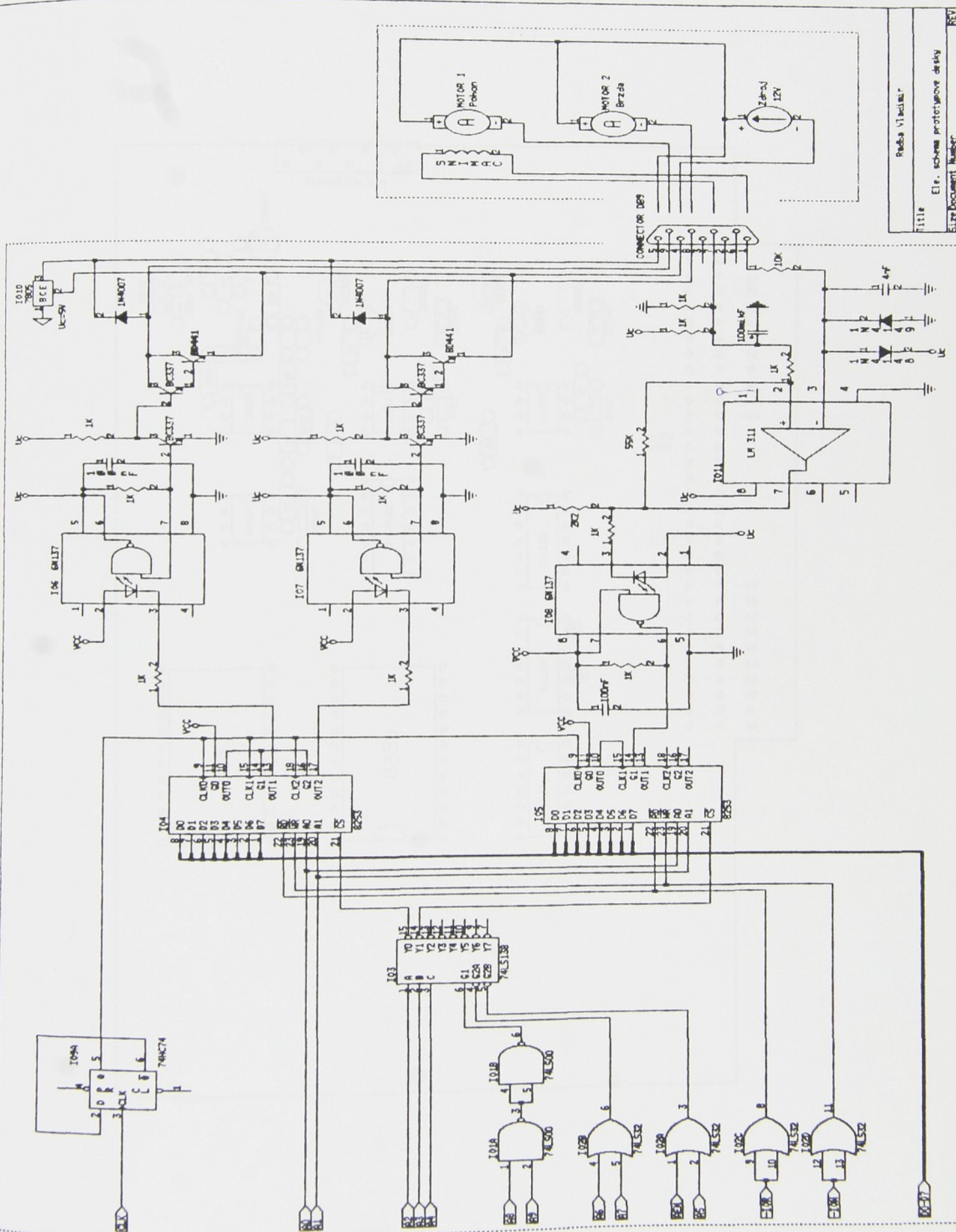
PROG. PAS

Příloha 6 - Disketa s programy PROG . PAS,

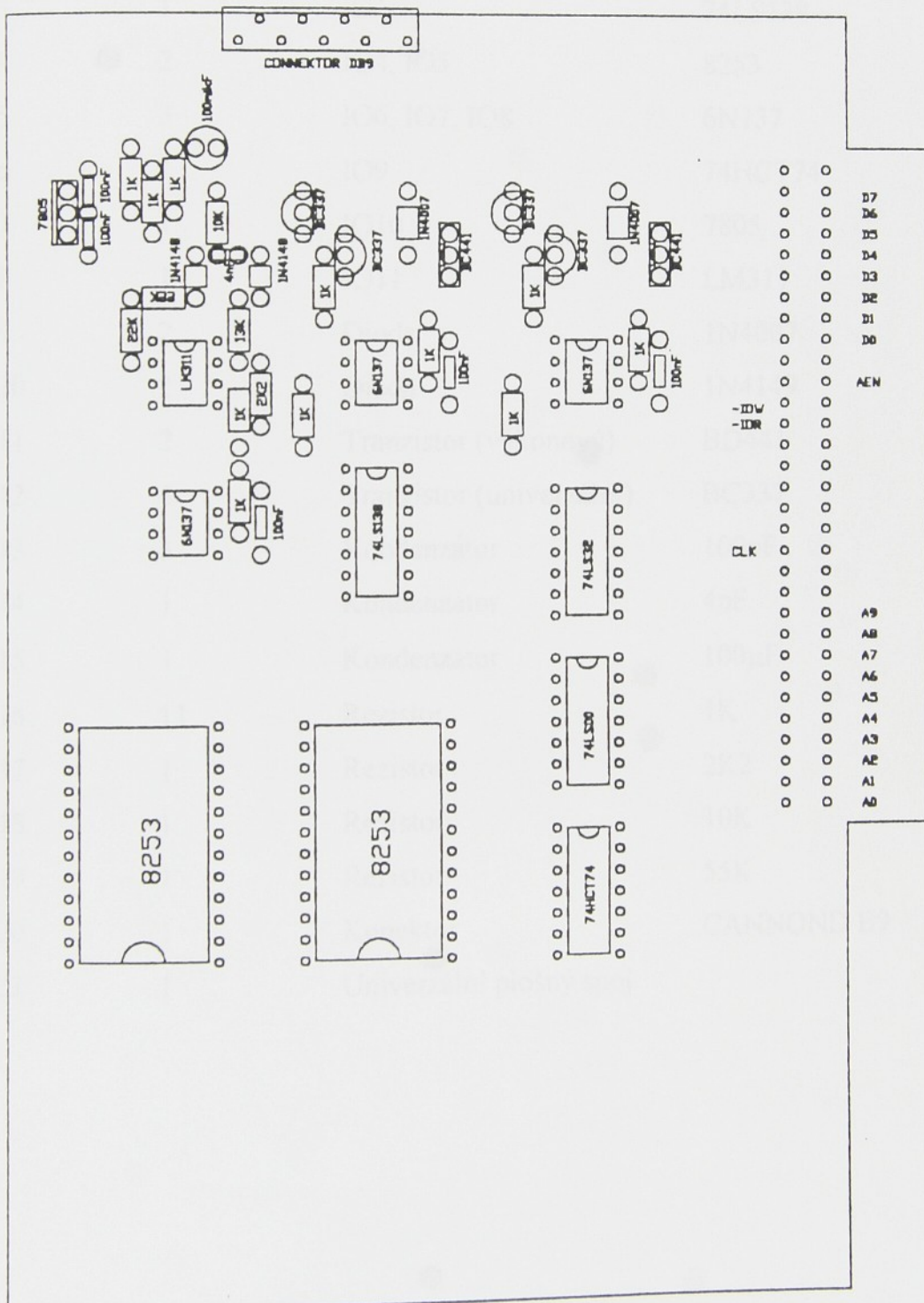
PROG. EXE

PŘÍLOHA 1

Schéma zapojení prototypové desky



PRELIMINARY



PŘÍLOHA 3

Seznam použitých součástek

Součást	Množství	Označení - název	Typ
1	1	IO1	74LS00
2	1	IO2	74LS32
3	1	IO3	74LS138
4	2	IO4, IO5	8253
5	3	IO6, IO7, IO8	6N137
6	1	IO9	74HCT74
7	1	IO10	7805
8	1	IO11	LM311
9	2	Dioda	1N4007
10	2	Dioda	1N4149
11	2	Tranzistor (výkonový)	BD441
12	4	Tranzistor (univerzální)	BC337
13	3	Kondenzátor	100nF
14	1	Kondenzátor	4nF
15	1	Kondenzátor	100μF
16	11	Rezistor	1K
17	1	Rezistor	2K2
18	1	Rezistor	10K
19	1	Rezistor	55K
20	1	Konektor	CANNOND B9
21	1	Univerzální plošný spoj	

WILORA 3

Výpis z návrhu

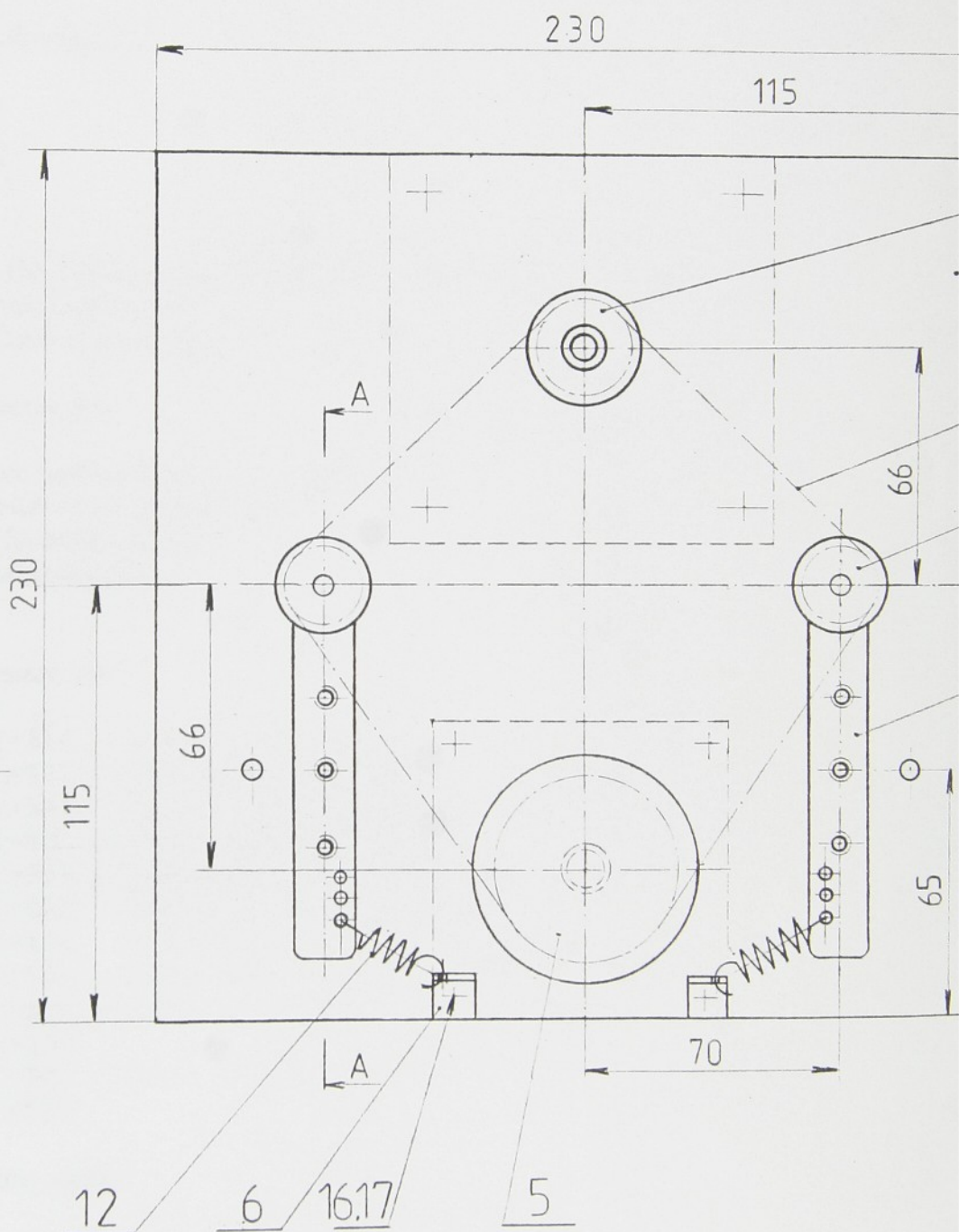
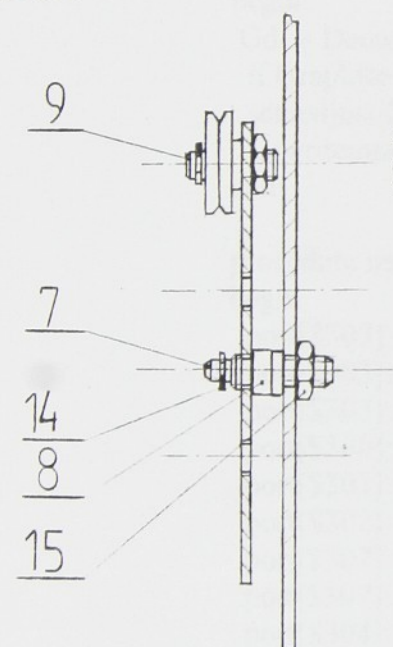
Číslo projektu

Číslo listu

Číslo kresby

Číslo verze

A-A



Výpis zdrojového textu programu PROG . PAS

```
{ Demonstracni program overujici funkcnost prototypove desky }
{ (TP) Radba Vladimir, 1996 }
{$A+,B-,D+,E+,F-,G-,I+,L+,N-,O-,R+,S+,V+,X-}
{$M 16384,0,655360}

uses
  Graph,dos,drivers,crt;
const
  xmin=180;
  ymin=450;
  ch:char='l';

var
  cas, spoz, Gd, Gm,x,y,xx,yy,p,kod,d,br,poc,posuv,s,b,c,k,l : Integer;
  ampl,a,ot,otac,t,konst:real;
  retez,retez2,retez3,str:string[3];

procedure nastav_PG;
begin
  Gd := Detect; InitGraph(Gd, Gm, 'd:\tp6\bgi');
  if GraphResult <> grOk then Halt(1);
  setttextjustify(lefttext,toptext);
  setwritemode(copyput);
end;

procedure nastav_cwr;
begin
  port[$303]:=$14; { citac 0 - mod 2 jen nizsi }
  port[$303]:=$52; { citac 1 - mod 1 jen nizsi }
  port[$303]:=$92; { citac 2 - mod 1 jen nizsi }
  port[$300]:=$ff; { citac 0 9kHz => c8 }
  port[$301]:=$01; { pohon stuj }
  port[$302]:=$01; { brzda stuj }
  port[$307]:=$34; { citac 0 snimac -mod 2 obe slabiky }
  port[$307]:=$74; { citac 1 snimac -mod 2 obe slabiky }
  port[$304]:=$05; { citac 0 snim. vzorkovaci perioda 0.002ms }
  port[$304]:=$00;
  port[$305]:=$ff; { citac 1 snim. pocitadlo 255,255 }
  port[$305]:=$ff;
end;

procedure citac_nastav;
begin
  port[$305]:=$ff;
  port[$305]:=$ff;
end;

procedure poh_nastav(p:integer);
begin
  setfillstyle(solidfill,1);
  bar(32,47,48,248);
```

```

setfillstyle(solidfill,4);
bar(32,248-p*2,48,248);
port[$301]:= round((p*2.5)+2); {zadani sirky PWM pro pohon }
end;

```

```

procedure brz_d_nastav(br:integer);
begin
setfillstyle(solidfill,1);
bar(92,47,108,248);
setfillstyle(solidfill,4);
bar(92,248-br*2,108,248);
port[$302]:= round((br*2.5)+2); {zadani sirky PWM pro brzdu }
end;

```

```

procedure zobraz ;
begin
setbkcolor(1);
setcolor(yellow);
rectangle(140,20,GetMaxX,GetMaxY);
rectangle(30,46,50,250); {30}
rectangle(90,46,110,250);
setcolor(10);
outtextxy(22,20,'POHON');
outtextxy(82,20,'BRZDA');
setcolor(white);
line(180,50,180,455);
outtextxy(157,55,'n');
outtextxy(142,70,'(1/s)');
line(175,450,620,450);
outtextxy(600,460,'t(s)');
setcolor(4);
bar(17,255,62,275);
outtextxy(53,262,'%');
rectangle(17,255,62,275);
bar(77,255,122,275);
outtextxy(113,262,'%');
rectangle(77,255,122,275);
end;

```

```

procedure pip ;
begin
sound(220);
delay(80);
nosound;
end;

```

```

{main}
begin
nastav_pg; {nastaveni grafiky}
nastav_cwr; {nastaveni ridicich slov}
zobraz; {vykresleni obrazovky}
x:=0; {osa x}
y:=0; {osa y}
retez:=""; {hodnota pro pohon}
retez2:=""; {hodnota pro brzdu}
repeat

```

```

if keypressed then begin
ch:=readkey;      {kdyz stisteno p - zadani hodnoty pohonu}
if ch= 'p' then begin
    s:=1;
    setfillstyle(solidfill,white);
    bar(25,256,52,274);
end;

if (ch in ['0','1'..'9',chr(13)]) and (s=1) then
begin
    if ord(ch)=13 then begin
        val(retez,p,kod);
        if p>100 then
            begin pip end
        else
            begin
                poh_nastav(p);
            end;
            retez:="";
            s:=0;
        end
    else begin
        retez:=retez+ch;
        bar(25,256,53,274);
        setcolor(4);
        outtextxy(29,262,retez);
    end;
end;

if ch= 'b' then begin {kdyz stisknuto b zadnani hodnoty brzdy}
    s:=2;
    setfillstyle(solidfill,white);
    bar(85,256,110,274);
end;

if (ch in ['0','1'..'9',chr(13)]) and (s=2) then
begin
    if ord(ch)=13 then begin
        val(retez2,br,kod);
        if br>100 then
            begin pip end
        else
            begin
                brzd_nastav(br);
            end;
            retez2:="";
            s:=0;
        end
    else begin
        retez2:=retez2+ch;
        bar(85,256,113,274);
        setcolor(4);
        outtextxy(89,262,retez2);
    end;
end;

end;
end;

```

```

spoz:=0;
poc:=0;
t:=1;
ot:=0;
y:=0;
repeat
    begin
        citac_nastav;
        repeat
            begin
                citac_nastav;
                port[$307]:=$40;
                b:=port[$305]; {precteni pocitadla}
                c:=port[$305];
                port[$307]:=$40;
                k:=port[$305]; {precteni pocitadla}
                l:=port[$305];
                citac_nastav;
            end;
            poc:=poc+1;
        until(((c=l) and (b=k)) or (poc>600));
        {dela dokud oba stavy stejne}
        if poc>600 then
            begin ot:=0 end
        else
            begin
                {vypocet otacek}
                ot:=(1/((256-k)+((255-l)*255))*1000000);
                if ot>=99976 then ot:=otac;
                end;
                if ot<0 then ot:=0;
            {filt}
                konst:=0; {0.6}
                otac:=konst*otac+(1-konst)*ot;
                spoz:=(256-k)+((255-l)*255);
                {ampl:=0.5;}
                ampl:=1.5;
                y:=round(otac*ampl); {0.5-ovlivnuje amplitudu}
                t:=t+poc;
            end;
            cas:=1200;
        until((t>cas)or( ot=0));
        t:=1;
        posuv:=1; { 1 ovlivnuje casovy posuv}
        x:=x+posuv;
        setcolor(black);
        line(x+1+xmin,ymin-1,x+1+xmin,22); {smaze bod pred}
        setcolor(30);
        putpixel(x+xmin+1,449-y,30); {vykresli bod}
        if x > 440 then x:=0;
        until (ch='k') ; {kdyz stisknuto k -konec}
        port[$301]:=$01; {zastaveni pohonu}
        port[$302]:=$01; {zastaveni brzdy}
        CloseGraph;
    end.

```