

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta textilní

Fakulta mechatroniky a mezioborových inženýrských studií

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Liberec 2006

Darina Jašíková

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA TEXTILNÍ

POČÍTAČEM ŘÍZENÝ POSUN VZORKU
TEXTILNÍHO MATERIÁLU

COMPUTER AIDED AUTOMATIC CARRIAGE
OF TEXTILE SAMPLE

Liberec 2006

Darina Jašíková

Prohlášení

Prohlašuji, že předložená diplomová práce je původní a zpracovala jsem ji samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná, že jsem v práci neporušila autorská práva (ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb. O právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

Souhlasím s umístěním diplomové práce v Univerzitní knihovně TUL.
Byla jsem seznámena s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo).

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé diplomové práce a prohlašuji, že **s o u h l a s í m** s případným užitím mé diplomové práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědom toho, že užít své diplomové práce či poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

Beru na vědomí, že si svou diplomovou práci mohu vyzvednout v Univerzitní knihovně TUL po uplynutí pěti let po obhajobě.

V Liberci, dne 15. května 2006

.....
Podpis

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych chtěla poděkovat Ing. Lence Kretschmerové a Ing. Jakubu Wienerovi, PhD. za odborné vedení a pomoc při zpracování této práce.

ANOTACE

V rámci této práce byla konstruována a testována aparatura určená k měření kontaktního úhlu mezi jednotlivými vlákny (resp. jinými pevnými materiály) a kapalinou na základě sledování sil v soustavě, které vznikají při definovaném kontaktu vláken s kapalinou. S měnění se polohou vlákna vůči povrchu kapaliny se mění i sledované síly. Z řízeného pohybu vlákna a současně zaznamenávaných dat lze získat velikost kontaktního úhlu.

Řízení posuvu vlákna a záznam potřebných dat byl proveden pomocí programu, který byl sestaven v rámci této práce.

Klíčová slova: smáčení vláken, měření kontaktního úhlu, konstrukce, Delphi, řízený posuv, sériová komunikace.

ANOTATION

The subject of this work is to construct and test the plant for dihedral angle measurement between single filament (or other solid substances) and liquid, based on monitoring forces in system, which occur on defined contact fibrils and liquid. Along with changing fibre position towards liquid surface are changing monitoring forces as well. From controlled fibre motion and chronicled data you can get a dihedral angle size .

For controlled motion and data writing was made a program, which was compiled as a subject of this work as well.

Key words: fibre wetting, dihedral angle measurement, construction, Delphi, controlled motion, serial communication.

Obsah

Seznam použitých symbolů	8
1. Úvod	9
2. Měření kontaktního úhlu	10
2.1 Povrchové napětí a energie kapaliny	10
2.2 Kontaktní úhel	12
2.2.1 Měření úhlu smáčení z rozměrů kapky	14
2.2.2 Analýza profilu kapky	15
2.3 Měření kontaktního úhlu na vláknech a vlascích	15
2.3.1 Wilhelmyho vyvažovací metoda	15
2.3.1.1 Měření úhlu smáčení vyvažování Wilhelmyho destičky	16
2.3.2 Wilhelmyho princip rovnováhy	17
2.3.3 Přímé měření kontaktního úhlu na desce	19
3. Měřicí systém	22
3.1 Popis měřicího systému	22
3.1.1 Použitý krokový motor	24
3.2 Návrh konstrukčního řešení zařízení	26
3.2.1 Software použitý při návrhu konstrukce	27
3.2.2 Návrh nosné konstrukce	28
3.2.3 Návrh realizace mikroposuvu	29
3.2.4 Návrh upínacího zařízení	33
3.3 Měření momentu	34
4. Čidlo hmotnosti	36
4.1 Použité čidlo	37
4.1.1 Technická specifikace vah	39
5. Krokový motor	40
5.1 Popis funkce krokového motoru	41
5.1.1 Závislost momentu na napětí	42
5.1.2 Základní rozdělení krokových motorů	43
5.1.3 Výkonové buzení krokového motoru	45
5.1.4 Momentová rezerva	45

5.1.5	Mikrokrokování	47
5.1.6	Napájení krokového motoru	48
6.	Elektronický komutátor	49
6.1	Mikrokontroler	50
6.2	Připojení motoru	51
6.3	Připojení napájení	51
7	Sériová linka RS232	53
7.1	Přenos dat	53
7.2	Jednotka rychlosti přenosu dat	53
7.3	Parametry datového přenosu	54
7.4	Synchronní a asynchronní přenos dat	55
7.5	Synchronizace sériové linky RS232	56
7.6	Realizace propojení nadřazeného počítače s deskou mikrokontroleru	57
7.6.1	Kabel RS232	58
7.6.2	Rozhraní USB	59
7.6.3	Převod RS232/USB	60
8.	Programová podpora	61
8.1	Vývojové prostředí Delphi 7	61
8.2	Základní program na vyhodnocování výsledků	63
8.2.1	Knihovna VaAsyncs 32	63
8.3	Nezávislá programová simulace automatizovaného procesu	66
8.3.1	Program řídící běh motoru	67
8.3.2	Koordinace programu motoru a měřených dat	67
8.4	Práce programu	70
9.	Závěr	73
	Seznam použité literatury	74
	Seznam příloh	75

Seznam použitých symbolů

α	... velikost kroku [°]
AB	... mezifázové rozhraní mezi látkou A a B
F	... síla [N], síla potřebná k vyvážení destičky [N]
F'	... reakce působící síly F [N]
F_B	... vztlaková síla [N]
f_k	... kmitočet kroků [Hz]
f_s	... kmitočet řídicího signálu [Hz]
F_w	... Wilhelmyho síla [N]
g	... gravitační zrychlení [ms^{-2}]
KM	... krokový motor
J_z	... moment setrvačnosti zátěže [kgm^2]
l	... délka přičky [m]
L_s	... smáčená délka [m]
L	... indukčnost [H]
m	... hmotnost kapky [g]
M_s	... statický moment [Nm]
M_z	... zátěžový moment [Nm]
N	... počet otáček [min^{-1}]
s	... posun přičky působením síly F [m]
R	... odpor [Ω]
$RS232$	... sériová linka RS232
τ	... časová konstanta [s]
v	... rychlost vlákna pohybujícího se vertikálně směrem do kapaliny [ms^{-2}]
γ	... povrchové napětí kapaliny [Nm^{-1}], povrchová energie [Jm^{-2}]
γ_g	... povrchové napětí kapaliny [Nm^{-1}]
γ_s	... celková povrchová energie [Jm^{-2}]
γ_{sg}	... povrchová energie pevné látky [Jm^{-2}]
γ_{sl}	... mezipovrchové napětí na rozhraní pevná látka – kapalina [Nm^{-1}]
π	... Ludolfovo číslo
θ	... úhel smáčení (kontaktní úhel) [°]

1. Úvod

Řada významných fyzikálních a fyzikálně-chemických procesů je založena na kapilaritě, tedy samovolném pronikání kapaliny do porézních materiálů.

Principu kapilarity se využívá v řadě oborů. Samovolné pronikání kapaliny do porézních struktur je podmíněno smáčením jejich povrchu použitou kapalinou. Intenzitu smáčení můžeme kvantifikovat pomocí kontaktního úhlu, který vzniká na styku tří fází (např. kapalina, vzduch, pevná látka). Měření kontaktního úhlu je obtížné na běžných površích a problematičnost měření ještě roste při stanovování kontaktních úhlů na textilních vláknech.

Kapilárním jevům mezi vlákny textilií je věnována v posledních desetiletích značná pozornost, která stále nabývá na intenzitě. Smáčení textilních vláken není jen syntetickým problémem. Pro potřeby vývoje nových textilních materiálů se studují zejména dynamické kapilární procesy, které jsou úzce spojeny s komfortem uživatele oděvní textilie. Na dynamice vztlínání závisí, jak rychle bude kapalina odváděna z povrchu těla do textilie a jak rychle bude odpařována. Z technických problémů je intenzivně řešen průnik barevné kapaliny do textilie a jiných porézních materiálů při tisku inkoustovými tiskárnami.

2 Měření kontaktního úhlu

2.1 Povrchové napětí a energie kapaliny

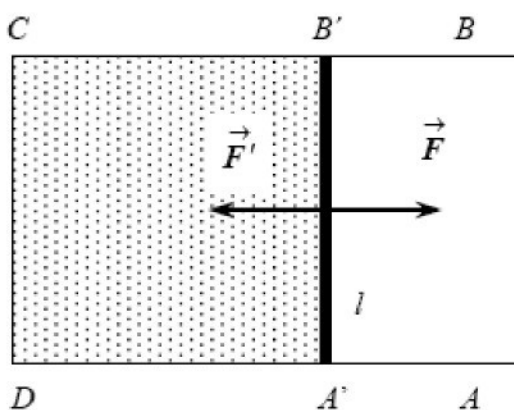
Jednou z význačných vlastností kapalin je, že se snaží, aby za daných podmínek byl jejich povrch co nejmenší. Například kapka deště nebo mýdlová bublina mají snahu zaujmout tvar koule, což je tvar, který pro daný objem má co nejmenší povrch.

Pro kvantitativní zachycení tohoto jevu uvažujme uspořádání znázorněné na obr. 1.

V rámečku ABCD je příčka A'B', která se může pohybovat po rovnoběžných stranách AD a BC. Ponořením do kapaliny a opatrným vyjmutím lze docílit toho, že se v části ohraničené rámečkem a příčkou (A'B'CD) vytvoří kapalinový film. Kapalina se snaží o to, aby její povrch byl co nejmenší, proto působí na příčku ve směru kolmém k A'B' síla $\vec{F}'$, která musí být vyrovnána stejně velkou silou opačného směru k síle $\vec{F}$, nemá-li se příčka A'B' pohybovat. Experimentálně bylo zjištěno, že velikost této síly je pro určitou kapalinu za dané teploty a tlaku závislá jen na délce l příčky A'B' (např. na velikosti plochy A'B'CD).

Na jednotku délky působí tedy ve směru povrchu síla:

$$\gamma = \frac{F}{2l} \quad (1)$$



Obr. 1: Schéma znázorňující princip povrchového napětí kapalin.

K tomu, aby se přička A'B' posunula doprava o s cm, je nutno vynaložit práci $L = Fs$.

Při tomto posunu se zvětší povrch kapalinového filmu o $2ls$. Odtud plyne, že práce potřebná k zvětšení povrchu o plošnou jednotku má číselně i rozměrově stejnou hodnotu jako povrchové napětí, které určíme podle následující rovnice:

$$\frac{Fs}{2ls} = \frac{F}{2l} = \gamma \quad (2)$$

Povrch kapaliny nebo pevné látky je ve skutečnosti rozhraním v rovnováze s další fází, kterou je pevná látka, kapalina nebo plyn. Řada fyzikálních a chemických procesů probíhá na rozhraní mezi sousedícími fázemi. Fáze je část objemu zkoumaného systému, ve které jsou vlastnosti konstantní nebo se spojitě mění v prostoru. Z makroskopického hlediska fázovým rozhraním rozumíme plochu, na které se jedna nebo více vlastností mění skokem. Z mikroskopického, resp. molekulárního, hlediska mají fázová rozhraní určitou tloušťku i objem. Vlastnosti fázového rozhraní jsou ovlivňovány vlastnostmi obou stýkajících se fází.

Tab. 1: Fázová rozhraní bývají klasifikována podle skupenského stavu stýkajících se objemových fází.

Rozhraní	Značení	Mezipovrchová energie (povrchové napětí)
kapalina - plyn	lg	γ_{lg}
pevná látka - plyn	sg	γ_{sg}
kapalina - kapalina	ll	γ_{ll}
kapalina - pevná látka	ls	γ_{ls}
pevná látka - pevná látka	ss	γ_{ss}

Termodynamickou podmínku potřebnou k udržení stálého povrchu představuje kladná hodnota γ_{lg} nebo γ_{ll} . Pokud se povrchová energie zmenšuje k nule nebo se stává zápornou, neexistuje odpor k neomezené expanzi povrchu. Tato situace odpovídá např. kontaktu dvou vzájemně mísitelných kapalin.

Pro čistou kapalinu v rovnováze s její čistou párou platí podmínka $\gamma_{lg} = 0$ při kritické teplotě (T_c), kdy se staly tyto dvě fáze od sebe nerozeznatelné a tím zaniká povrchová vrstva mezi nimi.

Povrch kapaliny lze charakterizovat povrchovým napětím, které udává jakou silou musíme působit, abychom zvětšili povrch kapaliny. Povrchová vrstva molekul má tedy specifické vlastnosti - povrch kapaliny se snaží zaujmout vždy co nejmenší plochu. Pokud na kapalinu nepůsobí vnější síly, zaujímá kapalina kulový tvar. Téměř kruhový povrch se vytváří i

v případě, jsou-li vnější síly velmi malé proti silám povrchovým. Povrchová vrstva se snaží stáhnout na nejmenší velikost, je v ní tedy napětí, které nazýváme **povrchové napětí** γ . Je definováno jako síla v rovině povrchu, kterou působí jednotková délka mezifází proti snahám o zvětšení mezifází.

Pokud je povrchové napětí kladné, je požadována kladná práce k rozšíření povrchu. Následkem toho kapičky kapaliny spontánně inklinují k tvorbě kulovitých tvarů, které poskytují minimální plochu povrchu.

Povrchová energie je definována jako energie, kterou je třeba dodat k zvětšení mezifází o jednotkovou plochu. Povrchové napětí i povrchová energie popisují stejný jev a mají i stejný rozměr ($\text{Nm}^{-1} = \text{Jm}^{-2} = \text{kgs}^{-2}$). Termín „povrchové napětí“ se používá častěji pro kapalinová mezifází (ll, lg). „Povrchová energie“ se používá zejména při popisu mezifází tvořícího povrch pevné látky (ss, sl, sg). Oba termíny jsou z fyzikálního hlediska zaměnitelné.

2.2 Kontaktní úhel

V této práci uvažujeme s měřením v systému o třech fázích: plynu, kapaliny a tuhé látky. Uspořádání tohoto třífázového systému závisí na hodnotách mezifázových energií.

Mezifázová energie (mezifázové napětí) je vlastnost, která charakterizuje rozhraní mezi dvěma objemovými fázemi. Rozhraní tří fází – průsečnice tří dvoufázových rozhraní – je charakterizováno smáčecím (kontaktním) úhlem.

Hodnoty mezifázových energií a smáčecího úhlu umožňují porozumět takovým jevům jako jsou smáčení a rozestírání, které jsou důležité v řadě prakticky významných pochodů, jako např. detergence, příprava vodovzdorných povrchů, příprava ochranných povrchových vrstev.

Jak mezifázové energie, tak kontaktní úhel jsou veličiny, které mají původ v mezimolekulárních interakcích v objemových fázích. Jejich vzájemný vztah lze ukázat na příkladu třífázového systému: kapka kapaliny umístěná na rovný povrch tuhé fáze.

V uvažovaném systému existují tři mezifázová rozhraní: mezi pevnou (*s*) a kapalnou (*l*) fází, mezi pevnou (*s*) a plynnou (*g*) fází a mezi fází kapalnou (*l*) a plynnou (*g*). Vycházíme-li z obecného termodynamického kritéria rovnováhy, můžeme tedy z Youngovy rovnice

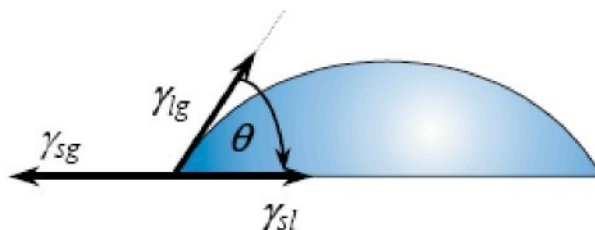
$$\gamma_{sg} = \gamma_{sl} + \gamma_{lg} \cos \theta \quad (3)$$

odvodit jednoduchý vztah mezi mezipovrchovými energiemi γ_{sl} , γ_{sg} , γ_{lg} a smáčecím úhlem θ :

$$\cos \theta = \frac{\gamma_{sg} - \gamma_{sl}}{\gamma_{lg}} \quad (4)$$

Mohou nastat tři případy:

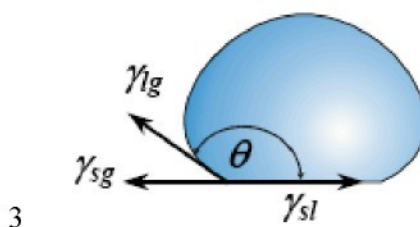
1a) pro $0 < \cos \theta < 1$ a kontaktní úhel $0^\circ < \theta < 90^\circ$... jedná se o **smáčení** viz obr. 2.



Obr. 2: Smáčení

1

2b) pro $-1 < \cos \theta < 0$ a kontaktní úhel $90^\circ < \theta < 180^\circ$... jedná se o **špatné smáčení až nesmáčení** viz obr. 3.



Obr. 3: Špatné smáčení až nesmáčení

0

1c) pro $\cos \theta = 1$ a kontaktní úhel je nulový ... jedná se o **rozestírání** viz obr. 4.



Obr. 4: Rozestírání

Tab. 2: Rovnováha na rozhraní tří fází.

$\theta = 0^\circ$	dokonalé smáčení	tuhý povrch je lyofilní (např. křemen, sklo, oxidy a hydroxidy)
$0 < \theta < 90^\circ$	kapalina tuhou látku dobře smáčí	tuhý povrch je lyofobní (např. pevné uhlovodíky a jejich fluorované deriváty, polymery, listy rostlin, kůže živočichů, chitinová pokrývka hmyzu)
$90^\circ < \theta < 180^\circ$	kapalina tuhou látku špatně smáčí (nesmáčí)	

2.2.1 Měření úhlu smáčení z rozměrů kapky

Pro sférickou kapku byly mezi úhlem smáčení θ výškou kapky h , a průměrem její základny D , popř. jejím objemem V , odvozeny vztahy

$$\frac{2h}{D} = \operatorname{tg} \frac{\theta}{2}, \quad (5)$$

popř.

$$\frac{D^3}{V} = \frac{24 \sin^3 \theta}{\pi (2 - 3 \cos \theta + \cos^3 \theta)} \quad (6)$$

Průměr kapky může být zjištěn v podobném uspořádání jako při přímém odečítání úhlu z profilu kapky. Kapka je zde však pozorována mikroskopem shora, snímána videokamerou, obraz digitalizován a vyhodnocen střední průměr základny kapky.

2.2.2 Analýza profilu kapky

Analýza profilu kapky je založena na porovnání skutečného profilu kapky s teoretickým tvarem daným Laplaceovou rovnicí

$$\Delta p = \gamma \cdot \left[\frac{1}{R_1(x, y, z)} + \frac{1}{R_2(x, y, z)} \right] \quad (7)$$

kde kapilární tlak, Δp , i hlavní poloměry křivosti R_1 a R_2 jsou funkcemi polohy bodu povrchu kapky v prostoru. Obecné analytické řešení této rovnice je však značně obtížné.

2.3 Měření kontaktního úhlu na vláknech a vlascích

K měření kontaktního úhlu na vláknech a vlascích se využívá Wilhelmyho principu rovnováhy, který se zabývá systémem smáčení jako podílu síly působící na vlákno a parametru vlákna. Měření kontaktního úhlu na vláknech je založeno na stejných principech jako měření kontaktního úhlu na desce.

Pro správnost měření kontaktního úhlu musíme brát v úvahu i kontaminaci povrchu vláken, která může stanovení kontaktního úhlu velmi ovlivnit.

2.3.1 Wilhelmyho vyvažovací metoda

Potřebný obvod vlákna se zjistí měřením s kapalinou o známém povrchovém napětí, která měřené vlákno dokonale smáčí. Průměr kapky je nepatrně větší než průměr vlákna a při pomalém otáčení vlákna podél jeho osy je možno zjistit rostoucí a ustupující úhel. Přímým měřením rostoucího i ustupujícího úhlu při protahování svislého vlákna středem kapky umístěné na prstenci malého průměru je možno principiálně stanovit úhel smáčení i z kapilární deprese způsobené vláknem plovoucím na hladině kapaliny; prakticky však

není hloubka ponoření vlákna dostatečně velká na to, aby bylo dosaženo potřebné přesnosti.

2.3.1.1 Měření úhlu smáčení vyvažováním Wilhelmyho destičky

Měření úhlu smáčení vyvažováním Wilhelmyho destičky je statická metoda, založená na měření síly potřebné k vyvážení rovné svislé destičky vnořené do kapaliny. Síla je měřena váhami vysoké citlivosti. Metoda může být použita k měření kontaktního úhlu mezi tuhou, kapalnou a plynnou fází i mezi tuhou a dvěma kapalnými fázemi, je-li známo příslušné

mezifázové napětí i pro stanovení povrchového, popř. mezifázového napětí, je-li úhel smáčení nulový nebo je-li jeho hodnota známa.

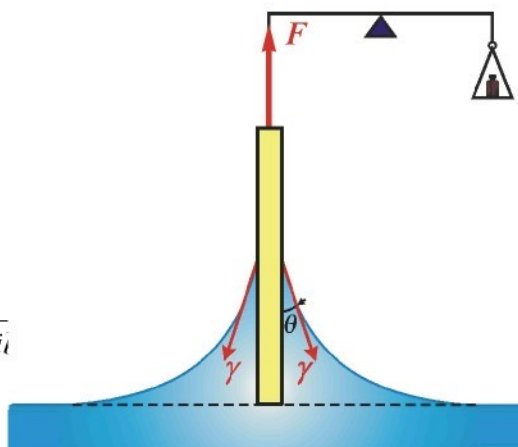
Pro destičku ponořenou do úrovně klidového rozhraní (obr. 5) mezi silou F a úhlem smáčení θ platí

$$F = L \cdot \gamma \cdot \cos \theta \quad (8)$$

kde L je obvod destičky. Při ponoření destičky do větší hloubky je třeba počítat s objemem kapaliny vytlačeným ponořenou částí destičky V , a pak platí

$$F = L \cdot \gamma \cdot \cos \theta - V \cdot \Delta \rho \cdot g \quad (9)$$

kde $\Delta \rho$ je rozdíl hustot obou tekutin a g je tíhové zrychlení.



Obr. 5: Destička ponořená do úrovně klidového rozhraní

Při stanovení *postupujícího* úhlu smáčení se hladina kapaliny pomalu zvedá do takové výšky, aby nastal kontakt hladiny se spodním okrajem destičky.

Při stanovení *ustupujícího* úhlu smáčení se destička nejprve ponoří do určité hloubky a pak opět zvedne do počáteční polohy.

Statická Wilhelmyho metoda je zdánlivě jednoduchá, má však řadu omezení. Vysoká citlivost použitých vah může být využita pouze za předpokladu, že obvod destičky je konstantní po celé její výšce. Povrch destičky musí být homogenní jak po stránce složení, tak po stránce

morfologické. Tato podmínka je někdy obtížně splnitelná. Problémy může působit také botnání materiálu destičky při déle trvajících měřeních (mění se objem vytlačené kapaliny V) a adsorpce par kapaliny na různé části gravimetrického systému, což se může projevit při měření teplotní závislosti.

2.3.2 Wilhelmyho princip rovnováhy

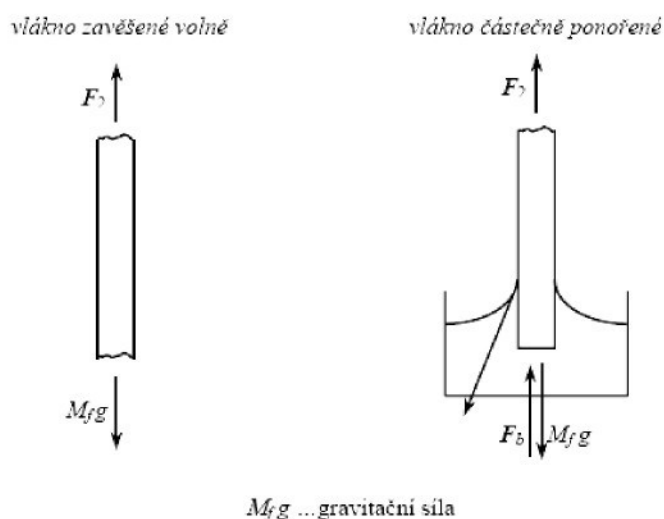
Při váhové metodě je využíván Wilhelmyho princip rovnováhy. Podle Wilhelmyho principu má síla působící na pevný vlasec ponořený do kapaliny velikost:

$$F = P\gamma_{lg} \cos\theta \quad (10)$$

V případě smáčení textilního vlákna je smáčivost systému definována jako podíl síly působící na vlákno a parametrů vlákna. Tento podíl byl nazván adhezni napětí, který se v literatuře často vyskytuje pod názvem **specifická smáčivost**. Je-li vztlaková síla F_b zanedbatelná, pak platí

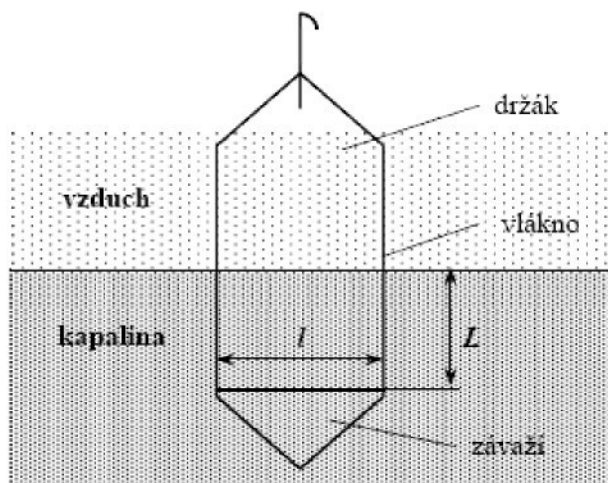
$$F_2 - F_b = P\gamma_{lg} \cos\theta \quad (11)$$

Metoda je jednoduchá, ale nelze ji aplikovat na vlákna s malými průměry řádově desítek mikrometrů. Problémem zůstává velikost síly působící na vlákno, která vzlíná na vlákno a je u takto malých průměrů příliš nízká; dále zůstává problémem experimentální uspořádání a příprava vzorku. Situace je znázorněna na obr. 6.



Obr. 6: Vertikální síly působící na zavěšené vlákno.

Lepší techniku představuje postup, při kterém je naopak využíváno vztlakové síly k určení adhezniho napětí. Problémy s experimentálním uspořádáním však přetrvávají i u této metody viz obr.7.



Obr. 7: Příklad uchycení pro nepoddajné materiály.

2.3.3 Přímé měření kontaktního úhlu na desce

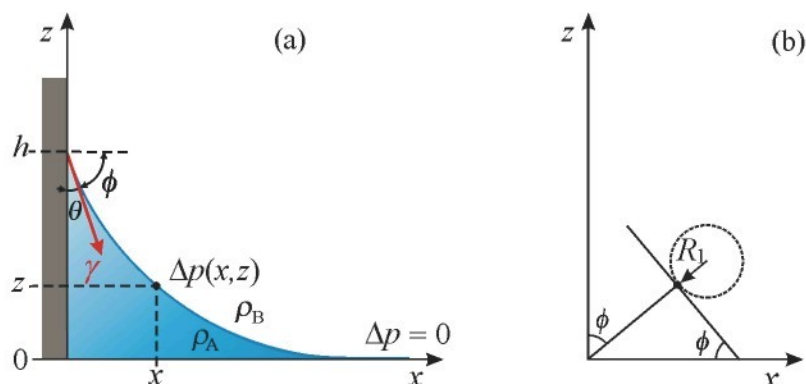
Metoda je založena na měření výšky h , do níž vystoupí meniskus na svislém povrchu destičky, ponořené do kapaliny. Metoda může být použita ke stanovení hodnoty kontaktního úhlu mezi kapalinou (dvěma kapalinami) a tuhou fází, z které je možno připravit destičku, jejíž povrch je hladký, homogenní chemicky i morfologicky. K vyhodnocení úhlu smáčení musí být známa hodnota povrchového (mezifázového) napětí pro stejné fázové rozhraní.

Pro desku dostatečné šířky platí vztah (12), získaný integrací Laplaceovy-Youngovy rovnice

$$\sin \theta = 1 - \frac{\Delta \rho \cdot g \cdot h^2}{2 \gamma} \quad (12)$$

kde $\Delta \rho$ je rozdíl hustot kapaliny A a vrchní plynné nebo druhé kapalně fáze B, θ úhel smáčení, h výška, do níž vystoupí meniskus a γ povrchové, popř. mezifázové napětí.

Význam použitých proměnných je patrný z následujícího schématu



Obr. 8: Popis menisku vytvořeného kapalinou A u svislé stěny pomocí souřadnic (a) x a z , (b) R_1 a

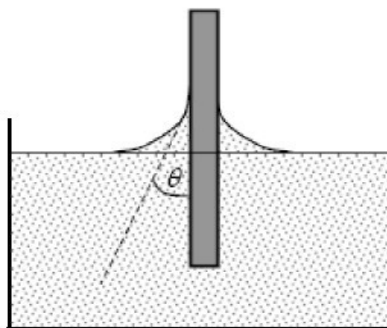
ϕ

Přesnost metody závisí především na přesnosti určení výšky menisku. K tomu je používáno katetometru, který dovoluje stanovit rozdíl výšek s přesností asi 0,003.

Metoda je zvlášť vhodná pro měření kontaktního úhlu jako funkce rychlosti postupu nebo ústupu rozhraní a pro měření teplotní závislosti kontaktního úhlu.

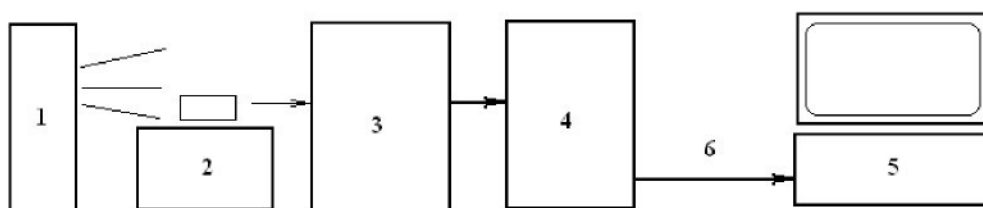
Přímé měření úhlu smáčení na kapce kapaliny umístěné na rovinném povrchu tuhé látky, osvětlené svazkem paprsků rovnoběžných s povrchem viz obr. 9.

Kontaktní úhel θ je pak měřen buď přímo mikroskopem, opatřeným goniometrickou stupnicí, na fotografii kapky, nebo lze snímat profil kapky kamerou a úhel smáčení vyhodnotit počítačem.



Obr. 9: Přímé měření kontaktního úhlu na desce.

Pro přímé měření úhlu byl dříve používán teleskop vybavený goniometrickým okulárem nebo byl úhel měřen z fotografie kapky. V obou případech však přesnost metody nebyla vysoká a značně závisela na zkušenostech experimentátora. V současnosti lze tuto metodu používat ve spojení s počítačem. Přesnost metody se díky počítačovému zpracování zvyšuje a lze očekávat stanovení θ s přesností okolo 1° viz obr. 10.



Obr. 10: Schéma řazení prvků měřicí soustavy, kde

- 1 - je zdroj světla a difuzer, 2 - pozorovaný objekt, 3 - mikroskop, 4 - videokamera, 5 - nadřazený počítač, 6 - zpracování dat a jejich přenos po komunikačním kanálu.

Při stanovení úhlu smáčení je třeba brát v úvahu hysterezi. Je proto nutné uvádět, zda měříme úhel postupující nebo ustupující [1], [5], [11].

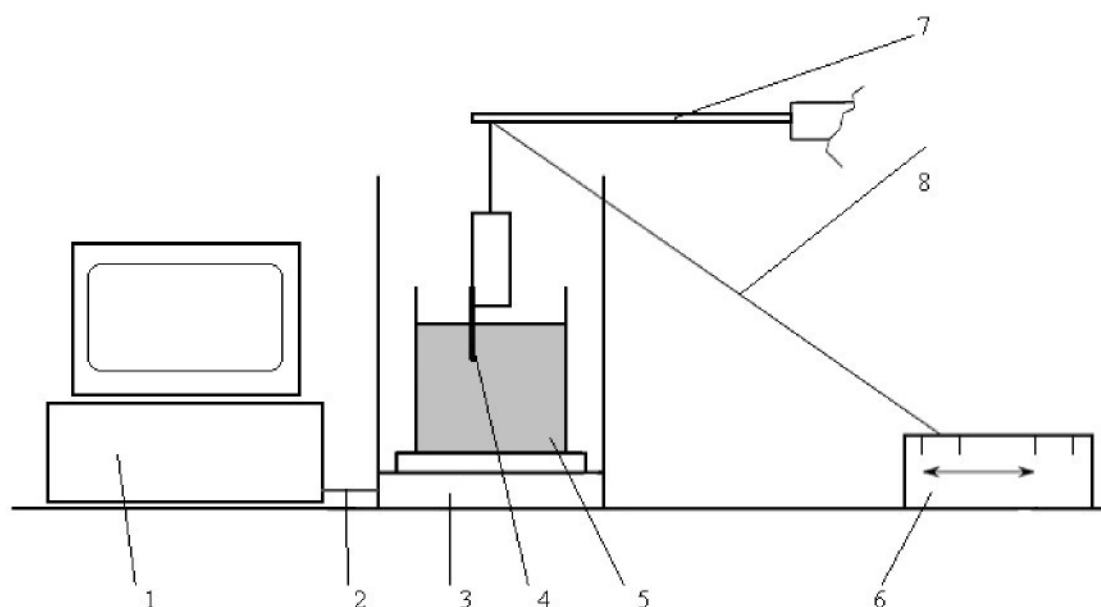
3. Měřicí systém

3.1 Popis měřicího systému

Metoda měření kontaktního úhlu využívá Wilhelmyho principu rovnováhy (podrobně popsán v kapitole 2). Posuv vlákna do kapaliny a opět nad hladinu kapaliny je zde řízen krokovým servomotorem, který má v paměti uloženou konstantní hloubku ponoru.

Váha je propojena s počítačovým programem, který byl pro tuto metodu vytvořen na FM TUL.

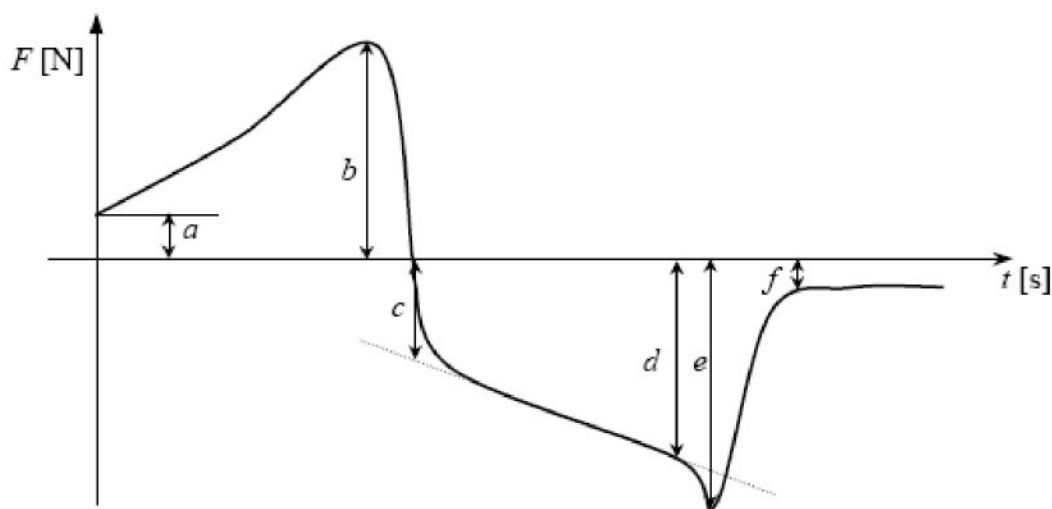
Celá situace je popsána na obr. 11.



Obr. 11: Schéma systému pro měření kontaktního úhlu řízenou váhovou metodou krokovým servomotorem, kde

- 1 - počítač, 2 - komunikační sběrnice RS232, 3 - analytické váhy, 4 - měřené vlákno, 5 - kapalina v kádince, 6 - krokový servomotor, 7 - vodící tyč, 8 - vodící příže.

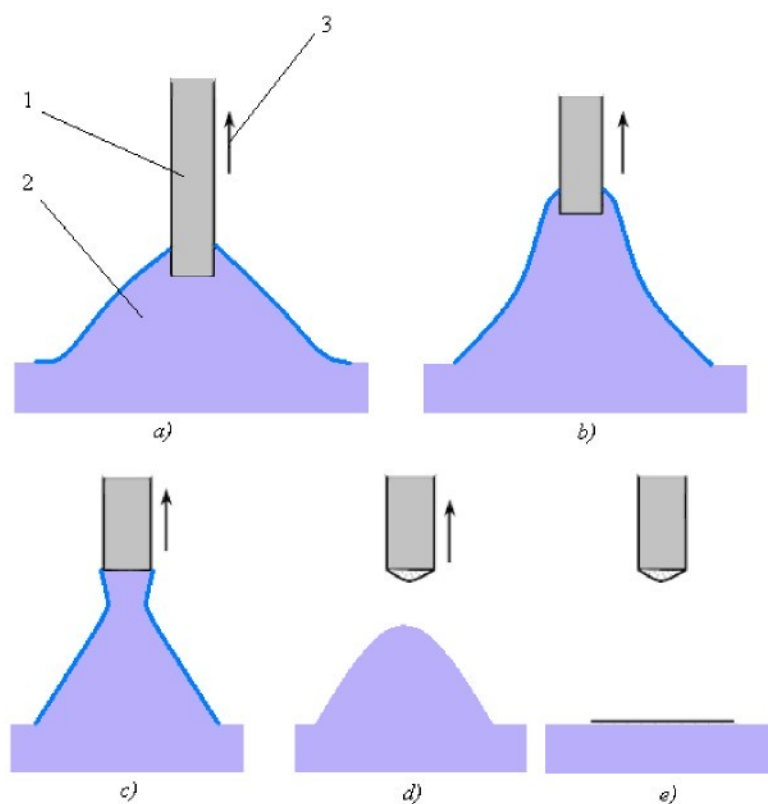
Ideální průběh cyklu měření řízenou váhovou metodou krokovým servomotorem znázorňuje graf nakreslený na obr. 12.



Obr. 12: Ideální průběh cyklu měření řízenou váhovou metodou krokovým servomotorem, kde

a - síla odpovídající postupujícímu (vnořovacímu) kontaktnímu úhlu, b - síla odpovídající postupujícímu (vnořovacímu) kontaktnímu úhlu a maximálnímu vztlaku kapaliny, c - síla odpovídající ustupujícímu (vynořovacímu) kontaktnímu úhlu a maximálnímu vztlaku kapaliny, d - síla odpovídající ustupujícímu (vynořovacímu) kontaktnímu úhlu, e - maximální síla; odpovídá nulovému kontaktnímu úhlu, f - síla odpovídající množství kapaliny zadržené na vlasci a odpařené kapaliny.

Jednotlivé fáze grafu (viz obr. 12) znázorňují postupný posun vlákna z kapaliny, tvorbu menisku kapaliny s vláknem a následné odtržení kapaliny od vlákna v nejužším místě menisku až po závěrečné zklidnění hladiny. Takto vždy na vlákně ulpí kapka kapaliny použité při pokusu.



Obr. 13: Tvorba menisku kapaliny s vláknem (a, b) a následné odtržení kapaliny od vlákna (c, d, e), kde **1** – vlákno, **2** – kapalina, **3** - směr pohybu

Výhodou systému zobrazeného na obr. 11 byla dostupnost všech komponentů, naopak nevýhodou se stala nemožnost softwarového řízení krokového motoru, který pohyboval soustavou stále stejnou rychlostí. Tato rychlost (příliš vysoká) nebyla vyhovující pro úspěšné provedení experimentu. Také soustava kladek, vodící tyče a vodící příze nebyla optimální, vedla k řadě nepřesností, proto vznikla potřeba nalézt jiné, vhodnější řešení celé konstrukce tak, aby byly splněny podmínky realizovatelnosti experimentů.

3.1.1 Použitý krokový motor

Ke krokovému motoru, který byl součástí systému (obr. 11), nebyly k dispozici žádné katalogové listy, ani podrobnější popis. Na základě identifikačních čísel, které byly na motoru vyraženy, jeho rozměrů a hmotnosti bylo možno usuzovat, že se patrně jednalo o dvoufázový

hybridní krokový motor značky Microcon řada SX typ SX16-0301 s předpokládaným statickým momentem 0,11Nm. Motor bylo možno zapojit pouze sériově viz kap. 5.

Deska s mikrokontrolerem, která ovládala krokový motor však byla neopatrnou manipulací již dříve poškozena, čímž nebyla zaručena její funkčnost při připojení k nadřazenému počítači.

Komunikace mezi nadřazeným počítačem a ovládací deskou měla probíhat po komunikační sběrnici RS232. Právě tento připojovací port na ovládací desce nefungoval, resp. celé propojení bylo značně poškozeno a i při důkladném proměření všech součástí se nepodařilo odhalit pravou příčinu poruchy.

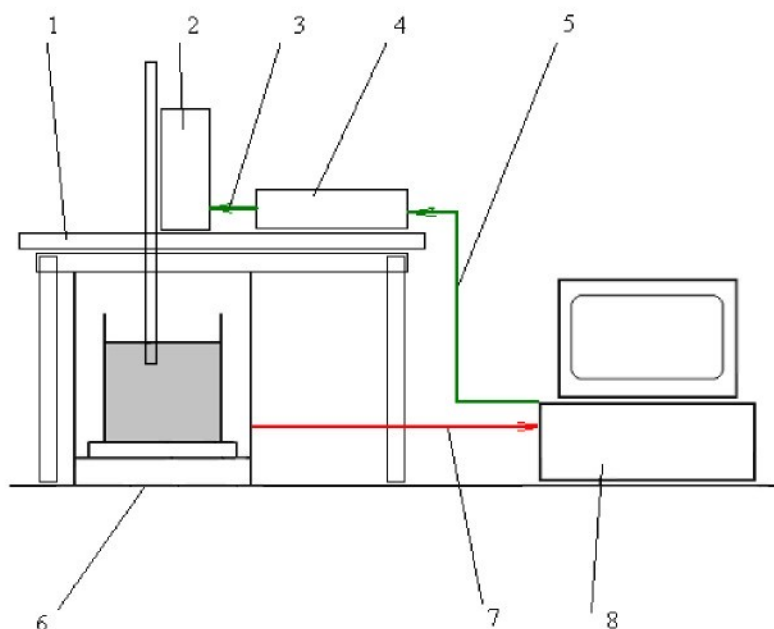
Výše zjištěné informace vedly k návrhu nového konstrukčního řešení soustavy a tudíž i k výměně motoru i ovládací desky [15], [16].

3.2 Návrh konstrukčního řešení zařízení

Návrh systému byl pečlivě konzultován s laboranty, kteří na zařízení budou provádět měření a jeho realizace byla podřízena maximálnímu splnění všech jejich požadavků. Důraz byl kladen zejména na stabilitu celého systému a omezení nežádoucích vibrací, které vznikají při běhu krokového motoru.

Před samotnou realizací sestavy pro automatizaci zařízení pro smáčení vláken bylo nutné si celou situaci nejprve nasimulovat. Simulace prostorového rozmístění odhalila případné nedostatky návrhu, slabá místa konstrukčního řešení i samotný stupeň realizovatelnosti v praxi.

První bod návrhu řešení spočíval v novém rozmístění jednotlivých objektů a jejich vzájemného propojení. Novým prvkem soustavy se stalo řízení krokového motoru počítačem. Bylo nutno uvažovat s přidavnými zařízeními i novými vazbami mezi nimi.



Obr. 14: Schéma rozmístění jednotlivých zařízení, kde

1- je nosná konstrukce se skleněnou deskou, 2 - zařízení pro mikroposuv s krokovým motorem a vodící tyčí, 3 - propojení řídicí desky a krokového motoru, 4 - řídicí deska s mikrokontrolerem, 5 - komunikační kanál RS232 – signál ovládající pohyb krokového motoru přes mikrokontroler, 6 - váhy, 7 - komunikační kanál RS232 – signál vstupující do počítače, 8 - nadřazený počítač

3.2.1 Software použitý pro návrh konstrukce

Pro návrh konstrukce zařízení bylo použito konstrukční prostředí Autodesk Inventor.

Autodesk Inventor je postaven na zcela nové technologii pro strojařský CAD, pokračovatelle parametrického a variačního modelování, která je označována jako **adaptivní modelování**. Program není řešen jako nadstavba AutoCADu, ale umí pracovat se soubory DWG. Aplikace Autodesk Inventor je vhodný software pro 3D strojírenské navrhování. Nabízí správný nástroj pro každý úkol a urychluje cyklus návrhu, řešení pro výrobu.

Řada nových technologií pomáhá ve snadném vytváření sestav. Odbourání složitých dialogů a proměnných - modelujete tak, jak přemýšlíte. Inventor obsahuje knihovnu standardních spojovacích prvků dle norem DIN, ISO, ANSI, BS. Konstrukční prostředí nabízí velmi rychlé zobrazení i rozsáhlých sestav (automatické načítání na vyžádání, grafická data ukládána stranou od matematických definic) Po načtení lze s celou sestavou rotovat v reálném čase.

Knihovna je kolekce souvisejících datových souborů, které odkazujete, ale obvykle neupravujete, například zveřejněná datová množina, množina běžně používaných komponentů, součástí rodiny *iSoučástí* nebo normalizované součásti.

Knihovny jsou umístěny ve složce s jedinečným názvem odděleně od ostatních datových souborů. Jednu knihovnu lze použít v řadě projektů. Použít lze některé nebo všechny soubory v knihovně. Každý soubor Autodesk Inventoru obsahuje množinu vlastností nazývanou *iVlastnosti*. Pomocí *iVlastností* lze sledovat a spravovat soubory, tvořit zprávy či automaticky aktualizovat rozpisky materiálu, kusovníky výkresu, rohová razítka a ostatní informace.

Při vytvoření nového modelu nebo výkresu se automaticky nastaví autor a *iVlastnosti* čísla součástí. Je možné se rozhodnout, které *iVlastnosti* chcete nastavit a použít v Autodesk Inventoru. *iPrvky* jsou odvozené geometrické prvky, které lze využít při modelování nových součástí. Může se jednat například o odvozenou drážku z jednoho hřídele, u které

jsou zobecněny rozměry a je přenesena na hřídel jiný. Na rozdíl od *iSoučásti*, se tedy nejedná o komplexní součást, ale pouze o efektivní nástroj pro její konstrukci.

3.2.2 Návrh nosné konstrukce

Soustava se skládá ze samostatného nosného ocelového stolku robustní konstrukce, na který je položena skleněná deska. Stolek má nastavitelnou výšku nohou tak, aby bylo možno docílit kontaktu všech čtyř opor s podložkou a zároveň uvést horní plochu do vodorovné polohy. Tím je umožněno jeho použití i v náročnějších podmínkách na nedokonale rovném podkladovém povrchu (např. poškozená deska stolu).

Celá soustava přesto musí být umístěna na pevné, nevratké podložce.

Na samonosné konstrukci je připevněna skleněná deska. Materiál sklo byl zvolen pro vynikající vlastnosti, jakými jsou vysoká pevnost a průhlednost tohoto prvku, zároveň odolnost vůči poškrábání a chemickým látkám, zajišťující dobrou pozorovatelnost experimentu i při pohledu shora. Zároveň bezpečně odděluje citlivé elektronické zařízení a chrání jej před stykem s nebezpečnými výpary (nejdůležitější konstrukční vlastnosti použité skleněné desky jsou uvedeny v tab. 5).

Posouvající se vzorek je uchycen pomocí vodící tyče, která prochází otvorem vyříznutým ve skleněné desce. Vzhledem ke křehkosti skla musí být všechny hrany zaobleny, zejména vrub uvnitř díry (blízko které je největší zatížení plochy) by mohl způsobit křehký lom.



Obr. 15: Konstrukce ocelového stolku se skleněnou deskou

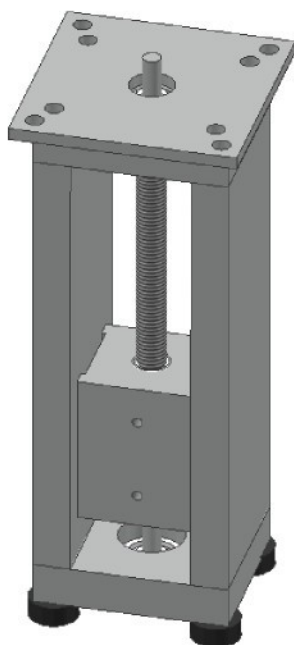
Přesné rozměry desky jsou uvedeny na výrobním výkresu, který je součástí přílohy **Výrobní dokumentace**.

Tab. 5: Základní fyzikální vlastnosti skleněné desky

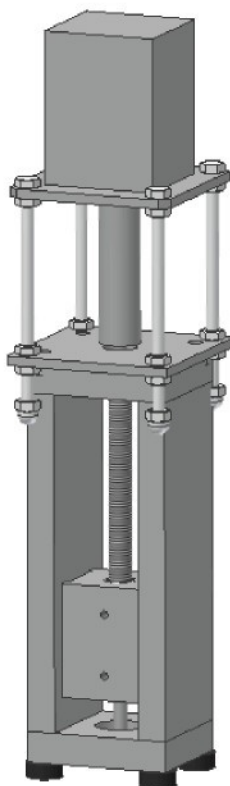
Modul elasticity (Youngův)	10.4 x 10 ⁶ psi (72 GPa)
Poissonův poměr	0.23
Hustota	2530 kg/m ³
Tvrdost (Mohova stupnice)	5 - 6

3.2.3 Návrh realizace mikroposuvu

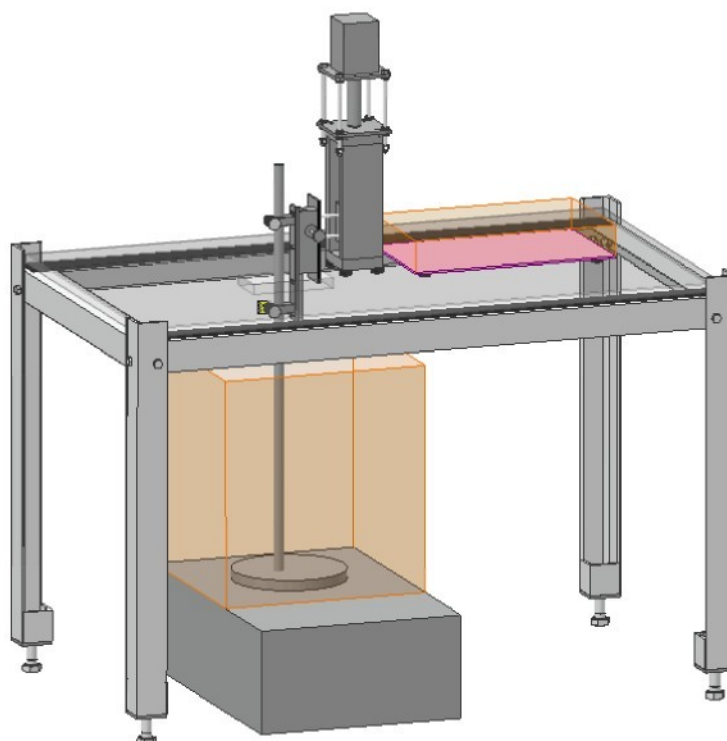
Na nosnou skleněnou desku je připevněna komora pro realizaci mikroposuvu s pohonnou jednotkou krokového motoru, dále deska s elektronickými obvody a mikrokontrolerem pro řízení pohonné jednotky a také ochranné krytování celého zařízení plexisklovými deskami.



Obr. 16: Komora se závitovou tyčí a jezdcem umožňující mikroposuv vzorku a nadstavbovou podložkou pro připevnění krokového motoru



Obr. 17: Připevnění motoru ke komoře mikroposuvu a jeho spojení se závitovou tyčí prostřednictvím pružné spojky

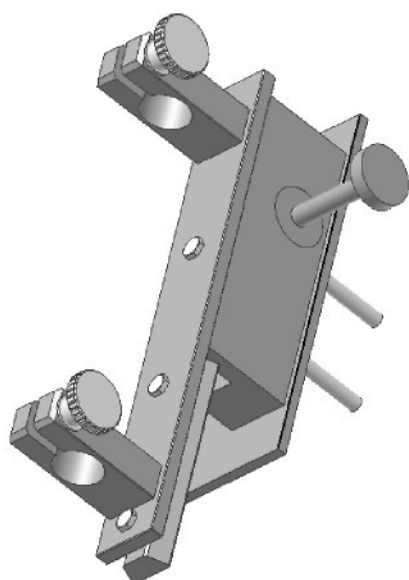
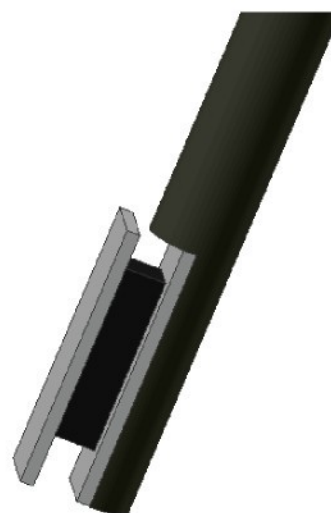


Obr. 18: Zařízení simulované v CAD prostředí bez propojení mezi ovládacími prvky a s nadřazeným počítačem

Mikroposuv (obr. 16) je realizován komorou se závitovou tyčí M6 se stoupáním závitu 1mm na otáčku (M6x1) a jezdcem, který je rozeprěn mezi boky komory. Boky komory jsou provedeny z šestimilimetrového ocelového plechu. Konce závitové tyče jsou uloženy v jednořadých kuličkových ložiskách. Propojení s hřídelí krokového motoru je zajištěno pomocí pružné spojky.

Makroposuv (obr. 19) je zajištěn pomocí dvou upínek umožňujících hrubé, ale i jemnější **ruční** nastavení polohy vodící tyče (o průměru 10mm), na jejímž konci je upnut vzorek (přes upínací zařízení popsané v kapitole 3.2.4). Soustava tyče s upínkami je jemněji posouvána stavěcím šroubem. Stavěcí šroub byl vymontován z mikroskopu.

Tento způsob uchycení a posuvu umožňuje velice flexibilně a přesně reagovat na druh vzorku, popř. upínacího výměnného zařízení, ale i na druh kádinky a výšku hladiny roztoku.

**Obr. 19 :** Makroposuv**Obr. 20:** Detail konce tyče s uchycovacím magnetem

Vodící tyč

Hlavní nosná část vodící tyče je vyrobena z duralu. Její průměr je 10mm. Upínací zařízení se vzorkem je k této tyči uchyceno pomocí magnetu. Magnetické vlastnosti prvku magnet jsou zesíleny užitím dvou kovových desek z feromagnetika, které jsou umístěny po stranách magnetu a celá sestava je zapasovaná do konce nemagnetické tyče. Pro dokonalé **odrušení a**

odizolování magnetických účinků a tím zamezení nežádoucím účinkům celou kovovou konstrukci tj. komoru závitové tyče nebo krokový motor je spodní část tyče vyrobena z **PVC**. Horní duralová část je uchycena do posuvného zařízení. Dural je tvrdý, pevný, umožňuje snadnou manipulaci. PVC je naopak měkké, tvárné, což umožnilo snadné zapasování magnetu při výrobě. Obě části jsou lehké, spojené šroubovým spojem. Toto spojení opět přispívá k maximální přizpůsobivosti celého zařízení. V případě potřeby je možná výměna spodní části tyče s celou koncovkou [2], [5].

3.2.4 Návrh upínacího zařízení

Upínací zařízení je navrženo podle kritérií pro měření vztlínivosti a nasákavosti kapalin, která jsou popsána v kapitole 2.1.

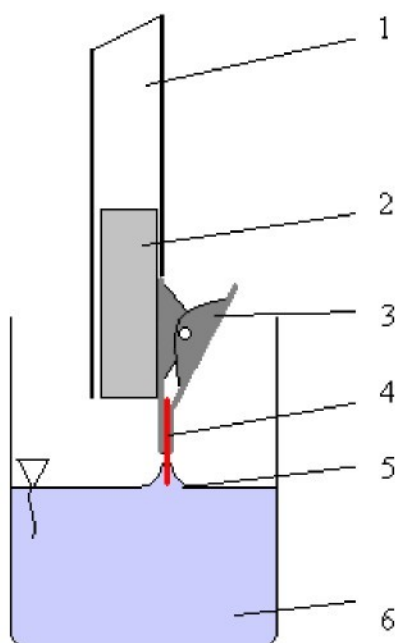
Samotné upínací zařízení je jednoduše a rychle vyměnitelné. K posuvné nastavitelné dural/PVC tyči se uchycuje pomocí magnetu.

Vzorek (vlákno) je při měření kontaktního úhlu upevněn v mechanických čelistech, které byly získány upravením běžně dostupné svorky.

Úprava spočívala v přilepení pryžových nástavců na kontaktní plochy tak, aby bylo vlákno dostatečně pevně a stabilně uchyceno.

Dále byla svorka uzpůsobena k přichycení k posuvné tyči konstruovaného zařízení.

Toto upínací zařízení zajišťuje pevnou fixaci jednoho konce vzorku při pokusu, druhý (měřený) konec je volný a vstupuje do kontaktu s kapalinou.



Obr. 21: Schéma upínacího zařízení, kde
1 - je upínací vodící tyč, 2 - magnet, 3 - upínací svorka, 4 - vlákno, 5 - označení
vzlínivosti, 6 - laboratorní kádinka s roztokem.

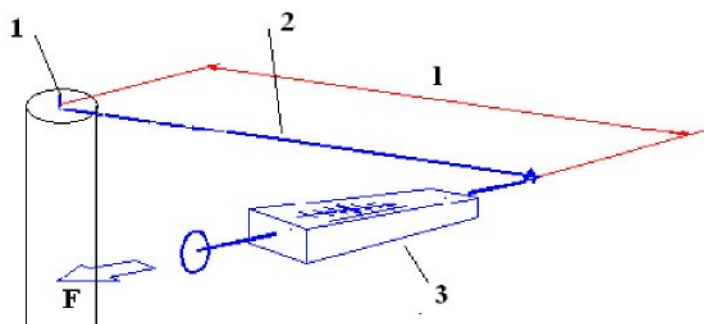
3.3 Měření momentu

Měření kroutícího momentu

Pro výběr vhodného motoru je třeba znát zátěžový moment, a proto bylo provedeno měření na soustavě komory mikroposuvu s přídavným zařízením (makroposuv) včetně zatížení vodící tyčí. Cílem bylo zjistit minimální zátěžný moment na závitové tyči, který je způsoben jak zatížením (převod přes závit), tak odpory v závitu a ve vedení.

Kroutící moment lze měřit mnoha různými metodami i za použití nejmodernějších přístrojů, jakými jsou například indukční, reakční nebo rotační snímač.

Bohužel tyto přístroje nebyly k dispozici, a proto bylo měření provedeno pomocí páky a pružinové váhy.



Obr. 22: Schéma měřicího zapojení pomocí páky a pružinové váhy, kde
1 - osa měřené závitové tyče, 2 – páka, 3 - pružinová váha

Měření je založeno na vztahu:

$$M_k = Fl \quad (14)$$

Naměřené hodnoty:

Tab. 5: Naměřené hodnoty síly a spočítaný krouticí moment

Rameno l [m]	Naměřená síla F [N]					Průměrná hodnota	Mk [Nm]
0,055	0,181	0,182	0,180	0,181	0,180	0,1808	0,009944
0,03	0,433	0,434	0,435	0,435	0,433	0,434	0,01302
0,01	1,210	1,200	1,230	1,220	1,210	1,214	0,01214

Krouticí moment: $(0,0128 \pm 0,0021)$ Nm

4. Čidlo hmotnosti

Hmotnost je tíha, kterou působí vážené těleso na podložku, tato síla se měří vyvážením závažím známé hmotnosti (u vah vahadlových) nebo změnou fyzikálních veličin, kterou tato síla v měrném tělese vyvolává (délky, tlaku, elektrického odporu, elektrického napětí).

Měřená hmotnost je funkcí hmotnosti v závislosti na tíhovém zrychlení g :

Základní SI jednotkou je kilogram (kg). Zařízení pro měření hmotnosti jsou váhy.

Váhy můžeme rozdělit do dvou hlavních a základních skupin na:

- a) váhy vahadlové (pákové) se obvykle skládají z dvojramenné páky (soustavy pák),
- b) váhy využívající změnu fyzikální veličiny.

Váhy využívající změnu fyzikální veličiny dále dělíme na:

- a) pružinové - vážené těleso je zavěšeno na pružině, jejíž deformace ukazuje na stupnici tíhu váženého tělesa. Údaje pružinových vah závisí na velikosti zemské tíhy, a proto na různých místech neudávají stejné hodnoty,
- b) elektromechanické - tíha břemene se přeměňuje na elektrickou veličinu (napětí, proud) principem magnetostrikčním (Wiedemannův jev) nebo změnou odporu měrného tělíska vlivem jeho deformace působené tíhou břemene,
- c) hydraulické a pneumatické - zatížení způsobené váženým tělesem mění tlak kapaliny nebo plynu uzavřeného v měrné krabici.

Konstrukčně jsou dnes laboratorně využívány dva základní typy: váhy mechanické a elektronické, přičemž mechanické váhy jsou postupně nahrazovány elektronickými.

Váhy **tenzometrické**, nazývané též elektronické, jsou nejmodernějším druhem vah. Jsou založeny podobně jako váhy pružinové na **deformaci** způsobené tíhou váženého objektu. V tomto případě je však deformace měřena elektronickou cestou, většinou na základě

piezoelektrického jevu. Tyto váhy mají značnou přesnost a podle konstrukce, která může zahrnovat i mechanické převody, snižující velikost deformační síly, mají i velmi velký měřicí rozsah od mikrogramů po desítky tun.

Elektronické váhy jsou obvykle jednomiskové využívající elektromagnetickou sílu místo závaží.

Výhodou elektronických vah kromě rychlosti měření je také možnost využívat řadu funkcí vah (automatické vynulování, on-line propojení s dalším zařízením, statistické vyhodnocení opakovaných měření, automatická kalibrace).

Charakterizace typu vah ve srovnání s jejich rozsahem měření

Tab. 6: Obecné hodnoty citlivosti a přesnosti vah – konkrétní hodnoty se mohou u jednotlivých výrobců lišit

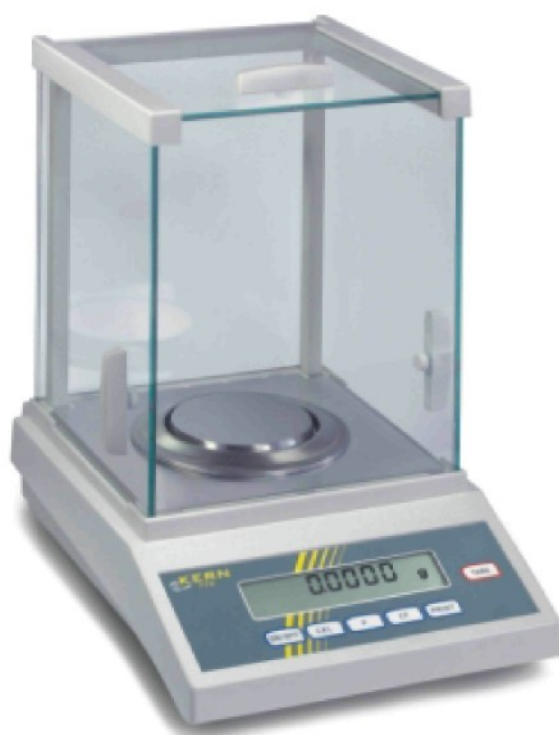
Typ vah	max. hmotnost (g)	citlivost	přesnost
analytické váhy			
elektronické	210	0,1 mg	± 0,1 mg
	205	0,01 mg	± 0,03 mg
	50	0,1 mg	± 0,1 mg
	20	0,002 mg	± 0,003 mg
mechanické	160	0,1 mg	± 0,05 mg
	160	0,01 mg	± 0,01 mg
mikrováhy			
elektronické	5,1	1 mg	± 0,9 mg
	2,1	0,1 mg	± 0,25 mg
mechanické	20	0,001 mg	± 0,001 mg

4.1 Použité čidlo

Projekt návrhu automatizace systému je založen na spolupráci s měřicím zařízením, které v tomto případě funguje i jako senzor. V celé sestavě se uvažuje se zapojením digitálních vah značky Kern a jejich propojením s osobním počítačem.

KERN 770 GJ jsou velmi přesné digitální váhy určené k provozu v laboratorních podmínkách. Umožňují velké množství funkcí, jako je volba použitých jednotek

hmotnosti, automatickou kalibraci a připojení k externím zařízením pomocí RS232. Pro lepší izolaci měřeného vzorku od prostředí jsou vybaveny snímatelným skleněným rámem, pro přístup ke vzorku lze dvě stěny a vršek krytu odsunout. Vlastní vážení, kalibrace a nastavování jednotek se provádí pomocí šesti tlačítek na předním panelu přístroje, naměřená data a hlášení vah se zobrazují na osmimístném LCD displeji. Váhy jsou napájeny stejnosměrným proudem o napětí 12V. Pro komunikaci s PC nebo pro tisk naměřených hodnot na tiskárně je váha vzadu opatřena standardním „devítipinovým“ sériovým portem.



Obr. 23: Digitální váhy KERN 770 GJ

4.1.1 Technická specifikace vah

Tab. 7.: Technická specifikace vah

Technická specifikace vah	
Rozsah	120 g
Rozlišení	0,1 mg
Linearita	0,2 mg
Doba ustálení	3 s
Přenosová rychlost	9600 Baudů

Nastavování vah a kalibrace se provádí pomocí jednoduchého menu přístupného pomocí tlačítek *CAL*, *PRINT* a *TARE*. Tento postup není příliš uživatelsky přístupný, protože uživatel musí při nastavování hledat příslušné kódy menu v manuálu. S pomocí menu se dají nastavit různé vlastnosti, jako jsou podmínky okolního prostředí (úroveň vibrací), zobrazování dat na displeji, použité jednotky hmotnosti, spouštění aplikačních programů a také nastavení sériové linky a formátu výstupních dat.

Váhy mají dále aplikační programy pro speciální vážení, které usnadňují některé častěji se opakující úkony během vážení [15].

5. Krokový motor

Krokový motor (KM) je točivý stroj, využívající elektromagnetické indukce a magnetismu.

Jedná se o impulsně napájený motor, jehož funkční pohyb je nespojitý a děje se po jednotlivých úsecích (krocích). K řízení krokového motoru slouží ovladač krokového motoru. Ovladač krokového motoru řídí funkční pohyb a režimy chodu krokového motoru. Řídí jej tak, že budí fáze vinutí krokového motoru v jisté časové posloupnosti. Ovladač musí splnit dva požadavky. Jednak musí zajistit výkonové buzení fází motoru a dále vytvořit předepsanou časovou posloupnost buzení fází motoru. Krok je mechanická odezva rotoru krokového motoru na jeden řídicí impuls, při němž rotor vykoná pohyb z výchozí magnetické klidové polohy do nejbližší magnetické klidové polohy. Velikost kroku α je úhel, daný konstrukcí a způsobem ovládání motoru, který odpovídá změně polohy rotoru po zpracování jednoho řídicího impulsu. Statický moment M_s je moment, který je v rovnováze s kroutícím momentem působícím na hřídel stojícího nabuzeného krokového motoru. Otáčky rotoru jsou určeny kmitočtem kroků f_k tj. počtem kroků za sekundu, které vykoná rotor krokového motoru. Kmitočet kroků f_k je stejný jako řídicí kmitočet řídicího signálu f_s v případě, když se rotor otáčí bez ztráty kroku.

$$N = \frac{60 \cdot f_k \cdot \alpha}{360} \quad (13)$$

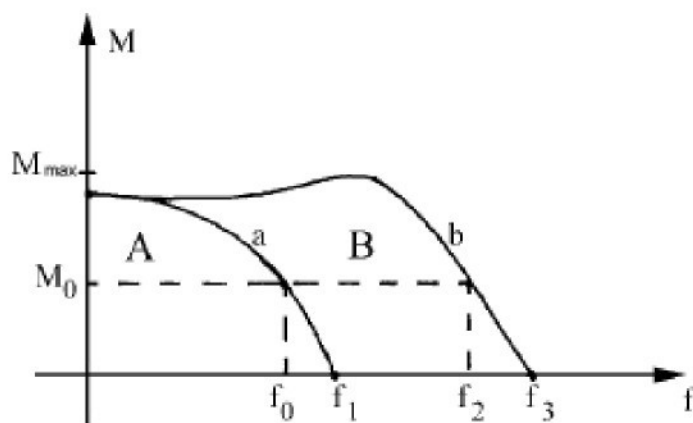
Výpočet otáček rotoru N , kde N je počet otáček za minutu, f_k je kmitočet kroků v Hz a α je velikost kroku ve stupních.

Momentová charakteristika krokového motoru je závislost momentu M_z na kmitočtu kroků f_k nabuzeného krokového motoru, který se otáčí a je zatěžován. Křivka b je provozní charakteristika motoru pro moment setrvačnosti zátěže J_z .

Pro momentové charakteristiky krokového motoru je charakteristické rozdělení na dvě oblasti.

Oblast I označovaná start/stop nebo rozběhová zahrnuje stavy do kterých se může krokový motor dostat z klidu bez ztráty jediného kroku.

Oblast II je oblast řízeného zrychlování krokového motoru někdy označovaná jako oblast omezené říditelnosti. V této oblasti je nutno plynule (nikoli skokově) zvyšovat řídicí kmitočet, aby nedocházelo ke ztrátě kroku.



Obr. 24: Momentová charakteristika krokového motoru

5.1 Popis funkce krokových motorů

Krokové motory dělíme na dvě základní skupiny podle konstrukčního uspořádání:

- a) krokové motory s pasivním rotorem, který je z feromagnetického materiálu,
- a) krokové motory s aktivním rotorem, obsahuje permanentní magnet.

Krokové motory s aktivním rotorem můžeme podle uspořádání pólů magnetu rozdělit do skupiny:

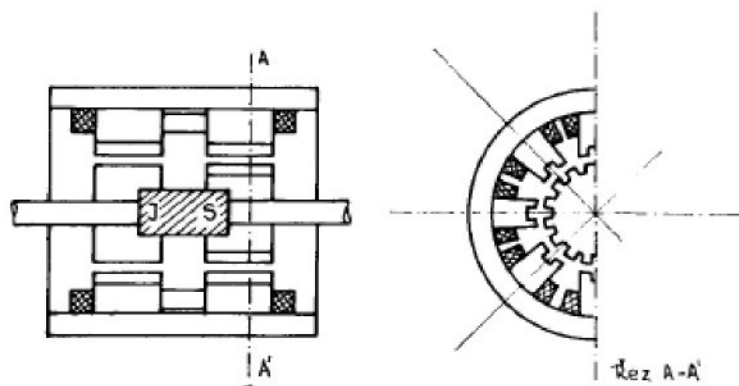
- a) s radiálně polarizovaným permanentním magnetem,
- b) s axiálně polarizovaným permanentním magnetem, někdy též označovaným jako hybridní.

KM s axiálně polarizovaným permanentním magnetem

Rotor motoru je tvořen hřídelí z nemagnetického materiálu na které jsou nalisovány dva pólové nástavce složené z plechu. Mezi pólovými nástavci je uložen permanentní magnet axiálně polarizovaný. Magnet je uložen tak, aby každý pólový nástavec měl jinou

magnetickou polaritu. Rotorové pólové nástavce mají po obvodu zuby, jejichž počet určuje velikost kroku. Pro počet rotorových zubů vychází velikost kroku $1,8^\circ$.

Rotorové pólové nástavce jsou proti sobě v osové směru natočeny o polovinu rotorové zubové rozteče. Na statoru je 8 pólů, na kterých je dvoufázové čtyřpólové vinutí a které jsou opatřeny drážkováním. Počty zubů statoru a rotoru nejsou stejné a obvykle se volí počet rotorových zubů větší. Fáze vinutí jsou v rytmu řídicích impulsů buzeny v předepsaném pořadí a to podle zadaného způsobu řízení. Vzniká točivé statorové magnetické pole. Rotor sleduje toto magnetické pole tak, že se vždy nejbližší zuby rotoru nastaví do magnetické klidové polohy.



Obr. 25: Konstrukční uspořádání KM s axiálně polarizovaným magnetem

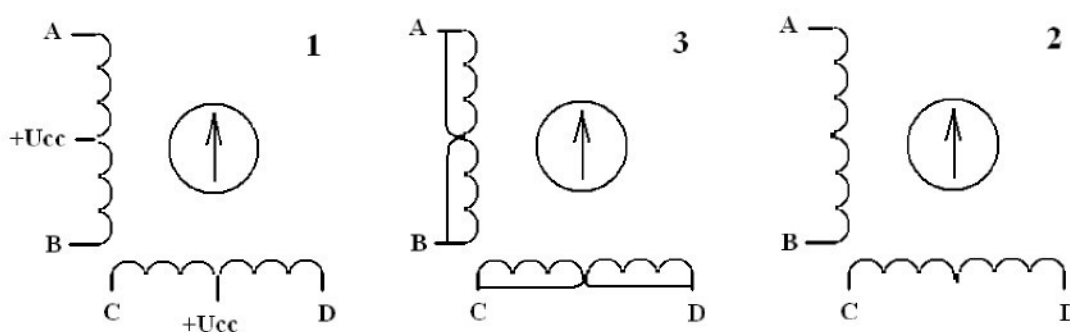
5.1.1 Závislost momentu na napětí

Při nízkých rychlostech není moment motoru významněji závislý na napájecím napětí, neboť čas připadající na jeden krok je dostatečný na nabití indukčnosti vinutí motoru na plnou hodnotu proudu i při nízkém napětí. Proto při nízkých rychlostech momentová charakteristika příliš neklesá. Od rychlosti, na které začíná moment klesat, začíná pro danou kombinaci napájecího napětí a indukčnosti vinutí oblast vysokých rychlostí. V této oblasti je možné pro návrh aplikace a odhad dimenzování motoru předpokládat pokles momentu úměrný poklesu napájecího napětí. Při snížení napětí ovšem dojde i ke snížení rychlosti, na které začne moment klesat, např. cca na polovinu při použití stejnosměrného napájecího napětí 12V namísto 24V.

Při vyšším napájecím napětí dochází k větším tepelným ztrátám v motoru a je tedy nutné více sledovat jeho teplotu, aby byl dodržen základní požadavek nepřekročení teploty vinutí 130°C.

5.1.2 Základní rozdělení krokových motorů z hlediska jejich zapojení

Základní rozdělení krokových motorů lze provést podle způsobu jejich zapojení. Na obr. 26 je znázorněno zapojení unipolárních a bipolárních krokových motorů



Obr. 26: Zapojení unipolárních (1) a bipolárních krokových motorů (2,3)

Klady a zápory bipolárního a unipolárního napájení:

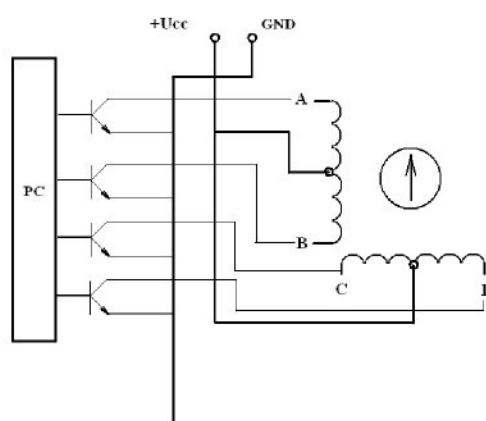
Bipolární zapojení má o **40% vyšší moment** než u unipolárního zapojení, lze jej ovládat 4takovým i 8takovým způsobem ovládání, což je náročné na ovládání a logiku.

Unipolární zapojení je jednoduché na ovládání, umožňuje 4takové i 8takové ovládání, má ale nižší moment.

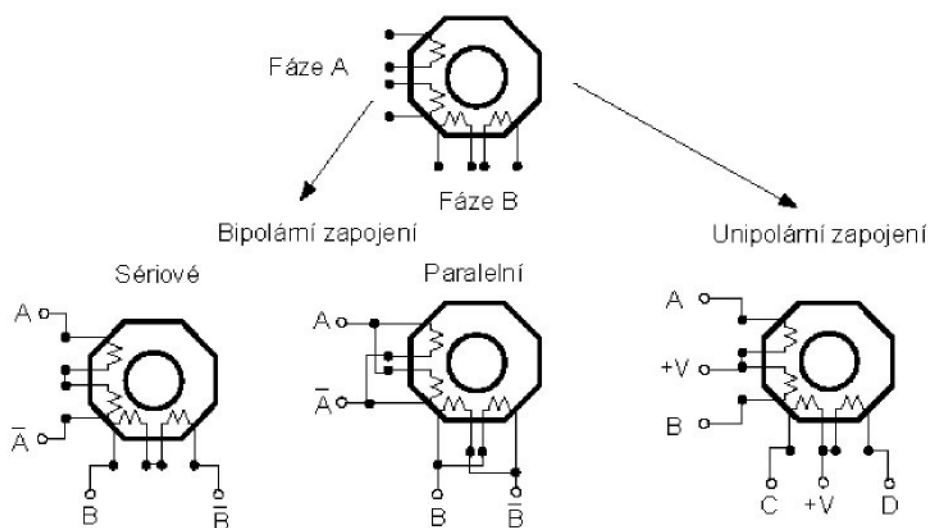
Pro pohon celého zařízení byl zvolen krokový motor. Krokové motory jsou vhodné pro aplikace, kde je požadováno přesné řízení polohy při nízkých i středních rychlostech, předností jsou i nízké ceny a minimální náklady na údržbu. Hybridní dvoufázové krokové motory Microcon se vyznačují vysokými točivými momenty při malých rozměrech, vysokou účinností, malými momenty setrvačnosti rotoru a vysokou přesností kroku. K zátěži se

připojují prostřednictvím pružné spojky typu Oldham s nylonovým středem pro zamezení přenosu vibrací ze stroje na motor a naopak.

Pro precizní řízení rychlosti nepotřebujeme naprogramovat komplexní PID kontrolér a pokud motory nepřetěžujeme, lze se obejít bez zpětné vazby o změně natočení – stačí počítat kroky.



Obr. 27: Schematické zapojení unipolárního motoru s tranzistory



Obr. 28: Zapojení vinutí krokových motorů firmy Microcon



Obr. 29: Motory řady SX23 s přírubou NEMA23

5.1.3 Výkonové buzení krokového motoru

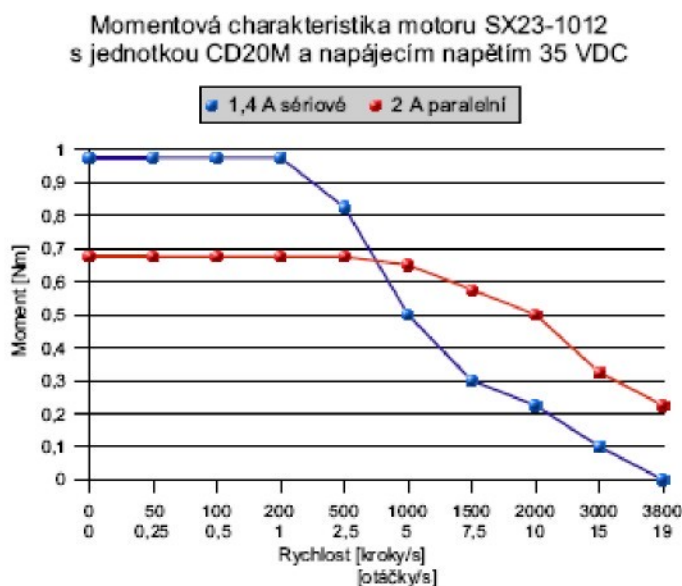
Vliv na vlastnosti pohonu s krokovým motorem má do značné míry kvalita budících výkonových obvodů. Základní funkcí budících obvodů je konverze vstupních napěťových impulsů odpovídajících jednotlivým krokům na vhodný průběh proudu v jednotlivých fázích vinutí KM. Vinutí KM představuje indukčnost L s činným odporem R zapojeným do série. Při zapnutí a vypnutí proudu do fáze KM proběhne přechodový děj, jehož doba je určena časovou konstantou $\tau = L/R$. Při nízkých kmitočtech krokování bude doba přechodového děje zanedbatelná vzhledem k době ustáleného stavu ve vinutí, kdy vinutím teče jmenovitý (stejnoseměrný) proud. S rostoucím kmitočtem se doba přechodového děje bude stále více uplatňovat. Od určitého kmitočtu bude tvar proudového impulsu při sepnutí fáze určen pouze přechodovým dějem a střední hodnota proudu ve vinutí s kmitočtem bude klesat. Důsledek je pokles momentu krokového motoru.

5.1.4 Momentová rezerva

V aplikacích s krokovými motory se obecně doporučuje momentová rezerva (50–100)%, aby byl pohon dostatečně předimenzován a překonal bez potíží případné nestandardní situace, např. chvilkově zvýšený mechanický odpor v aplikaci. Pokud není potřebný moment významně závislý na rychlosti, provádí se ověření dimenzování pohonu na nejvyšší předpokládané rychlosti v aplikaci.

Volba konkrétního motoru byla odvislá od naměřeného krouticího momentu celé sestavy, kterou bude krokový motor otáčet a to nejen při běhu (tab. 5), ale také musí být uvažováno s momentem rozběhu celé soustavy. Tento moment se často pohyboval v rozmezí hodnot (0,1 – 0,3) Nm. Rozběhové hodnoty ale nebylo možné tímto jednoduchým měřicím nástrojem přesně určit, proto nejsou uvedeny ve výsledcích měření. Dále musel motor splňovat požadavky rychlostní, které je do jisté míry možno ovlivnit zapojením vhodného zdroje. Bylo samozřejmě uvažováno i s nutným předimenzováním krouticího momentu. Na základě informací o možnostech krokových motorů, jejich druzích, variant zapojení a hodnot krouticích momentů byl vybrán krokový motor značky **Microcon serie SX23 – 1012**.

Krokové motory řady SX jsou dodávány v přírubách NEMA17, NEMA23 a NEMA34. S využitím moderní technologie se vyznačují vysokými momenty při zachování malých rozměrů. Standardní délka kroku je $1,8^\circ$ s možností dalšího elektronického zmenšení. Statický moment krokového motoru řady SX23-1020 je 2 Nm.



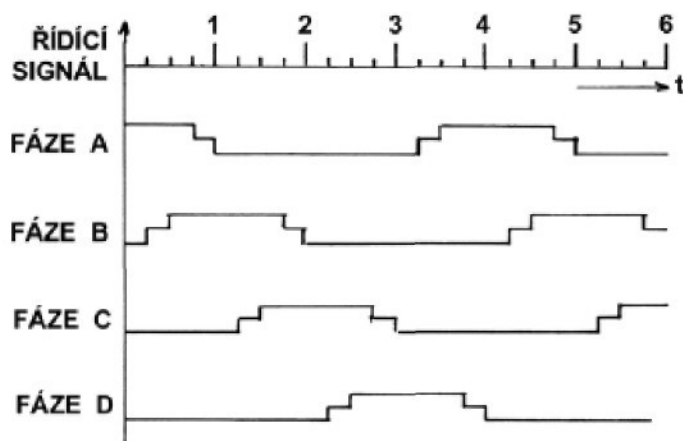
Obr. 30: Momentová charakteristika motoru SX23 – 1012, převzato z dokumentace firmy Microcon

Technické parametry motoru jsou uvedeny v příloze P10, momentové charakteristiky v P9.

5.1.5 Mikrokrokování

Při některých aplikacích je požadováno velice jemné krokování. Úhel kroku je dán konstrukcí krokového motoru a bývá v rozmezí 0,36 až 15 stupňů. Další zmenšení kroku umožňuje metoda nazývaná „mikrokrokování“ při které je možno každý krok rozdělit na určitý počet mikrokroků stejné délky. V praxi je možno krok rozdělit do maximálního počtu 64 až 128 mikrokroků. Při klasickém buzení krokového motoru teče jednotlivými fázemi proud vždy stejné velikosti. Vhodnou volbou velikostí proudů v jednotlivých fázích můžeme dosáhnout libovolné rovnovážné polohy mikrokroku mezi dvěma sousedními normálními kroky. Na obr. 40 je znázorněn průběh budících proudů při čtyřtaktním způsobu ovládání po jedné fázi umožňující dosáhnout 4 mikrokroků na jeden normální krok. Pro buzení je nutno použít dvouhladinový napájecí zdroj a zajistit potřebné řídicí impulsy pro řízení tohoto zdroje.

V případě většího počtu mikrokroků rostou požadavky na napájecí a spínací obvody. V současné době se vyrábějí speciální integrované obvody určené k buzení krokových motorů, které zajišťují i mikrokrokování až do 128 mikrokroků.

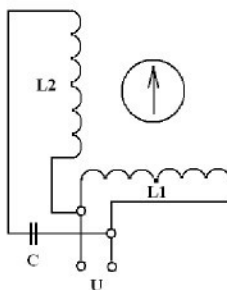


Obr. 31: Průběh proudů fázemi KM při čtyřfázovém způsobu ovládání po jedné fázi při mikrokrokování

Krokový motor SX23 – 1012 Microcon umožňuje nastavitelné mikrokrokování po 4,16 až 64 mikrokrocích na jeden celokrok.

5.1.6 Napájení krokového motoru

Motor je napájen stejnosměrným proudem (krokový motor můžete připojit i na střídavé napájení a to podle obrázku (obr. 32). Rychlost je dána změnou buzení fází (u napájení ze střídavého zdroje je pak rychlost dána frekvencí sítě 50Hz ($T = 0,02s * 200 \text{ kroků} = 4s/1 \text{ otáčka}$, tj. rychlost 15 *ot/min*)[3],[6], [7], [16].



Obr. 32: Připojení krokového motoru na střídavé napětí

6 Elektronický komutátor

Výkonové spínací prvky jsou ovládány z elektronického komutátoru jehož úkolem je vytvořit několik posloupností periodicky se opakujících napěťových signálů, a to podle počtu fází KM. Na vstup komutátoru je přiváděn řídicí kmitočet a několik ovládacích logických signálů, které určují pracovní režim komutátoru (umožňují například reverzaci, synchronní chod několika motorů, krokování atd.). Komutátor na základě vstupních informací řídí spínání výkonových spínacích prvků tak, aby každému řídicímu impulsu odpovídalo natočení KM o jeden krok

V současné době je dostupná celá řada integrovaných obvodů určených pro ovládání KM od jednoduchých, které umožňují pouze spínání proudu, přes regulátory proudu až po složité programovatelné kontrolery (řadiče). Typickým představitelem programovatelného kontroleru je obvod **M1486** fy **MICROCON**. Tento kontroler integruje v jednom obvodu plně programovatelné řízení KM včetně univerzálních řídicích funkcí (I/O) a umožňuje tak realizovat kompletní řízení pohonu s KM. K dispozici je široká nabídka 50 povelů, aby bylo možno realizovat požadavky kladené na řízení KM pro různé aplikace a to souborem povelů, který je zaveden do paměti kontroleru. Zavedení povelového souboru je možno z PC počítače pomocí sériové linky RS232. Vnitřní paměť kontroleru umožňuje, aby předprogramované povelové sekvence byly prováděny samostatně i při odpojení počítače. Všechny povely kontroleru M1486 jsou ASCII znaky. Realizace požadavku aplikace povelovým souborem je oproti hardwarovému řešení jednodušší, rychlejší a umožňuje snadné přizpůsobení v případě změny požadavků, což je v průběhu vývoje běžné.

Kontroler M1486 umožňuje dělení kroku (mikrokrokování), které výrazně omezuje oscilace jednotlivých kroků a rezonance při nízkých kmitočtech. Počet mikrokroků na normální krok může být nastaven od 1 do 64. Dále umožňuje dosáhnout délku dráhy až 16 milionů mikrokroků a rychlost až do 40 000 kroků/sec. Kontroler obsahuje 21 univerzálních vstupů a výstupů, které je možno používat pro monitorování, nebo ovládání kontroleru. Kontroler dále umožňuje optimalizaci využití momentu motoru. Propojení kontroleru s výkonovým zesilovačem, napájející krokový motor je možný dvěma způsoby. Pomocí signálů „pulsy a směr“, nebo pomocí výstupů ze dvou D/A převodníků [7].

6.1 Mikrokontroler

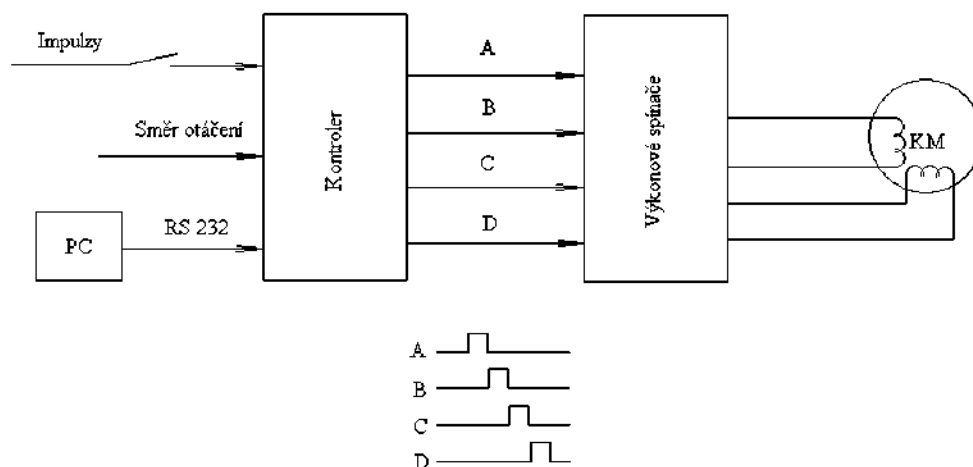
Mikrokontroler pro řízení chodu krokového motoru je součástí desky pro řízení krokových motorů CD20M (dodávané v sadě s aplikovaným krokovým motorem řady SX23 -1012).

Deska CD20M obsahuje všechny komponenty pro pohon krokového motoru, jak řídicí část realizovanou kontrolerem **M1486B**, tak i výkonový zesilovač s pulsní regulací proudu a s možností mikrokrokování. Ke kompletnímu pohonu je třeba kromě desky CD20M už pouze krokový motor. Amplitudu výstupního proudu je možné nastavit na desce pomocí spínačů DIP od 0,4A až do hodnoty 2A na fázi v osmi stupních. Při poloze spínačů rozepnuto je možné ovládat výstupní proud logickými úrovněmi, například z výstupů kontroleru M1486. Je tedy možné nastavit pro různé pohyby či prodlevy různé hodnoty proudu. Deska může být přímo spojena s počítačem kompatibilním s IBM PC nebo jiným nadřazeným systémem vybaveným seriovým rozhraním RS232. Deska je programovatelná, tj. vykonává činnost dle nahraného povelového souboru. Desku je možno provozovat samostatně, tzn. k počítači se připojí pouze jednou, za účelem nahrání povelového souboru a pak pracuje samostatně řízena stavy uživatelských vstupů. V případě potřeby je však možné změnit povelový soubor, desku znovu připojit k počítači a přeprogramovat.

Jednotka s kontrolerem **M1486B** je vhodná pro aplikace **on-line**, kdy řídicí jednotka je trvale připojena k nadřazenému systému, který po zapnutí průběžně vysílá bloky povelů po sériové lince a je potřebná rychlá komunikace, nikoli zálohování. Po nahrání povelového souboru je možné použít i samostatný chod s řízením stavem vstupů, ovšem pouze do vypnutí napájení.

Na desce je také k dispozici univerzální prototypová plocha umožňující realizaci případného specifického hardware pro danou aplikaci přímo na desce. Deska umožňuje velmi rychlou realizaci prototypu poháněného stroje či zařízení s možností pružného přizpůsobení případným změnám požadavků pouhou změnou povelového souboru.

Deska CD20M má pouze jedno neregulované napájení v rozsahu od 12 do 35 V (kapacita 4000 μ F na desce) a obsahuje interní spínaný zdroj pro napájení řídicích obvodů.



Obr. 33: Obecné schéma programování krokového motoru, kde A, B, C, D jsou jednotlivé budící impulzy

6.2 Připojení motoru

Deska M20 je určena pro **bipolární krokový motor**. Vývody motoru se připojují zasouvací svorkovnicí. Lze je zasunout dvěma způsoby (sériové a paralelní zapojení KM). Je třeba zasunout je tak, aby šroubky svorkovnice byly rovnoběžně s nasouvacími kolíky a plastová lišta mezi kolíky zapadla do zářezu ve svorkovnici. Při vypnutém napájení není možné otáčet připojeným krokovým motorem (např. manuálním posuvem), neboť může dojít ke generování napětí na napájecích přívodech mimo povolený rozsah napájecího napětí. Před případným odpojením vývodů od desky je třeba vypnout napájení desky, aby proud vinutí (protéká i když motor stojí) klesl na nulu. Teprve pak je možné motor odpojit, neboť již nevznikne napěťová špička v důsledku přerušení proudu v obvodu s velkou indukčností (vinutí motoru).

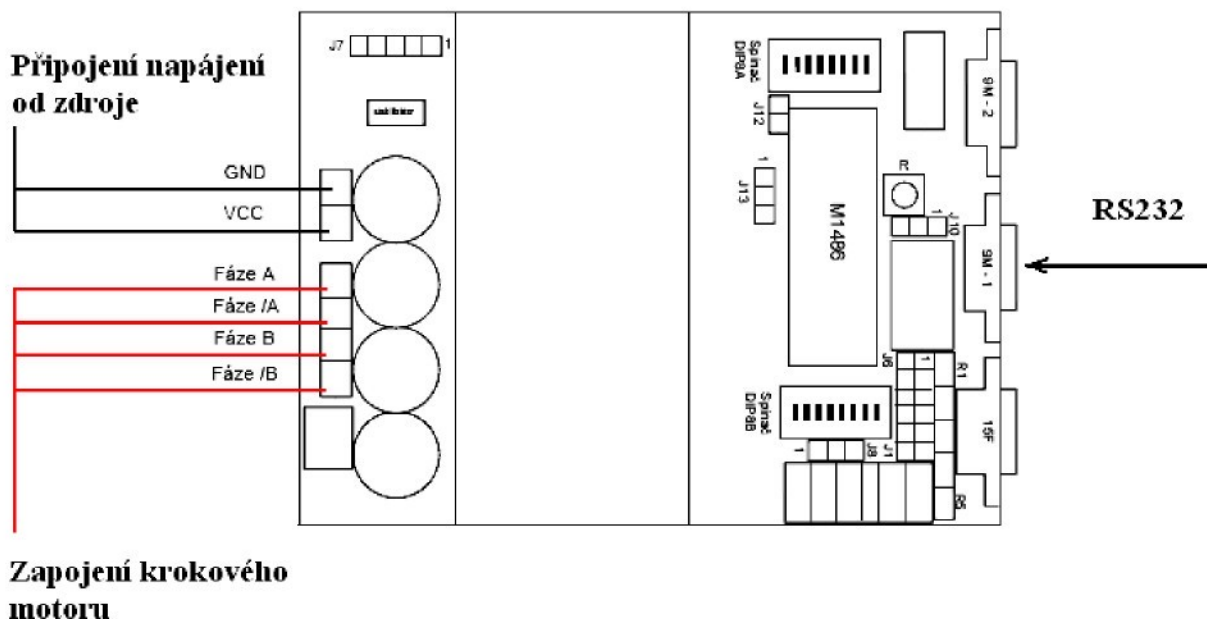
Bližší dokumentace k desce CD20M je popsána v příloze P5.

6.3 Připojení napájení

Stejnoseměrné napájecí napětí je možné volit v rozsahu 12 až 35 V. Nejvyšší přípustné překročení max. napětí ve špičkách je 4%. Maximální celkový odběr z interního zdroje 5 V

je 100 mA. Součástí desky je stabilizátor 4G pro stabilizaci napětí. Napájení se připojuje také přes zasouvací svorkovnici viz obr. 34.

S ohledem na požadované nízké rychlosti byl pro napájení motoru zvolen stejnosměrný napájecí zdroj o napětí 12V. Pokud by vznikly nároky na velmi vysoké rychlosti – otáčky závitové tyče a tím i rychlost zasunutí nebo vysunutí vzorku, připojení jiného napájecí zdroje se opět snadno realizuje přes zasouvací svorkovnici. Z těchto důvodů je také ponechán otevřený přístup k celé desce, který je částečně chráněn plexisklovými deskami, snadno odnímatelnými [16].



Obr. 34: Schéma desky CD20M s naznačenými vstupy a výstupy, které bylo nutno zapojit

7 Sériová linka RS232

7.1 Přenos dat po linkách RS232

Pro přenos dat mezi zařízeními se často používá sériová komunikace. Zatímco snaha po zrychlení toku dat (například mezi jednotlivými obvody v jednom přístroji) vede k užívání synchronního přenosu (data, synchronizační impulsy, rámec), pro malé objemy dat a větší vzdálenosti je naopak výhodná asynchronní komunikace. Pojem „malý objem dat“ je zde myšlena rychlost v řádech 1 až 100 kbitů za sekundu. Asynchronní komunikace minimalizuje počet vodičů potřebných k přenosu, čímž se zlevňuje komunikační vedení. Komunikace po lince RS232 je nejběžnější, protože rozhraní RS232 má vyveden každý běžný počítač. Používá se pro připojení zařízení komunikujících maximální rychlostí 115.2 kBd na vzdálenost maximálně 15m. Kromě vodičů pro přenos dat - RxD a TxD obsahuje ještě další vodiče pro řízení toku dat. Jejich bližší popis naleznete v příloze P11.

Nevýhodou linky RS232 je omezená komunikační vzdálenost a nemožnost jejího větvení. Navíc obvykle nebývá od zařízení galvanicky oddělena, což přináší problémy se zemními smyčkami, které v průmyslovém prostředí celou komunikaci znemožní. Proto tam, kde nelze použít jinou linku, lze doporučit alespoň galvanicky oddělit všechny používané signály. Linka RS232 pracuje s úrovněmi typicky -12V a $+12\text{V}$.

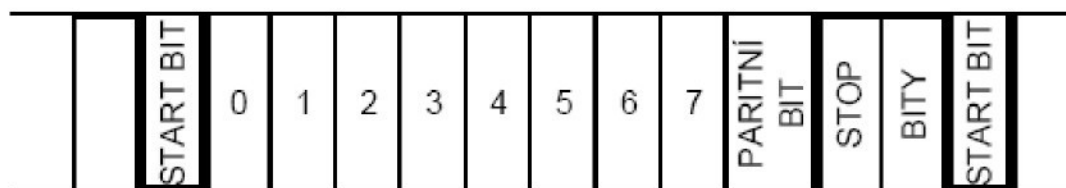
7.2 Jednotka rychlosti přenosu dat

Baud je jednotka používaná pro měření rychlosti přenosu dat. Přenosová rychlost definuje rychlost přenosu dat z datového média na jiné datové médium. Baud rate udává počet změn signálu za sekundu. Počet změn se pak vyjadřuje v baudech. Jako základní jednotka informace v moderních počítačových systémech se bere jeden bit (nabývá hodnoty 0 nebo 1). Do jedné signálové změny lze zakódovat i více než jeden bit. A proto nelze slučovat pojem bps (bits per second = bity za sekundu) s pojmem baud.

Jednotka baud je pojmenována po Jean-Maurice-Émile Baudotovi (*1845 - †1903).

7.3 Parametry datového přenosu.

Kompletní přenosová skupina = přenášená DATA (7/8 bitová) doplněná o START BIT, STOP BIT a PARITU. **Přenosový rámec** je tedy minimální přenášená skupina dat.



Obr. 35: Formát přenosu dat

Parita je nejjednodušší způsob jak bez nároků na výpočetní výkon zabezpečit přenos dat. Ve vysílacím zařízení se sečte počet jedničkových bitů a doplní se paritním bitem tak, aby byla zachována předem dohodnutá podmínka sudého nebo lichého počtu jedničkových bitů.

Sudá parita je počet jedničkových bitů + paritní bit = sudé číslo

Lichá parita je počet jedničkových bitů + paritní bit = liché číslo

Space parity - tzv. nulová parita – paritní bit je vždy v logické 0, používá se například při komunikaci s 7 bitového zařízení s 8 bitovým, kdy paritní bit nahrazuje tvrdou logickou 0 poslední bit v byte, tím je zachována kompatibilita s 8 bitovým přenosem.

Mark parity - paritní bit je nastaven tvrdě na logickou 1, při kompenzaci 7 bitového provozu je třeba jej na přijímací straně nulovat, jinak není kompatibilní s ASCII.

Stop bit definuje ukončení rámce. Zároveň zajišťuje určitou prodlevu pro přijímač. Právě v době příjmu STOP bitu většina zařízení zpracovává přijatý BYTE.

Řízení toku dat (handshaking)

Řízení toku dat (handshaking) představuje potvrzení příjmu dat či připravenost k přenosu a jeho zahájení na úrovni hardwarového nebo softwarového rozhraní.

Hardwarový handshaking znamená přenos od vysílače k přijímači tak, že vysílač má připravena platná data k odeslání. Přenos od přijímače k vysílači tak, že přijímač je schopen data zpracovávat.

Softwarový handshaking probíhá na úrovni komunikačních protokolů. Pomocí běžného datového kanálu přijímač vysílači sdělí, zda je schopen data přijímat a zpracovávat. Dos/BIOS v počítačích PC používá pro SW handshaking znaky v Ascii tabulce XON/XOF. Je-li však potřeba v toku dat znaky XON/XOF vyslat, je nutné vyslat speciální sekvenci znaků, což samozřejmě přenos dat obsahujících převážně tyto znaky značně zpomalí.

7.4 Synchronní a asynchronní přenos dat

Synchronní přenos informací znamená, že na nějakém vodiči nebo vodičích se nastaví určitá úroveň, která přenáší informaci a validita informace se potvrdí impulzem, nebo změnou úrovně synchronizačního signálu. Synchronizačním signálem se tedy informace kvantují.

Základní vlastnosti **synchronního** přenosu :

- Výhodné pro velké objemy dat, přenášené po více vodičích.
- Nutno jednoznačně určit, kdo vysílá synchronizační impulzy.
- Možno použít spojitě proměnnou rychlost přenosu, například podle poměru chybovosti.
- Nutnost synchronizačního vodiče „navíc“ – v podstatě „nepřenáší žádnou informaci“.

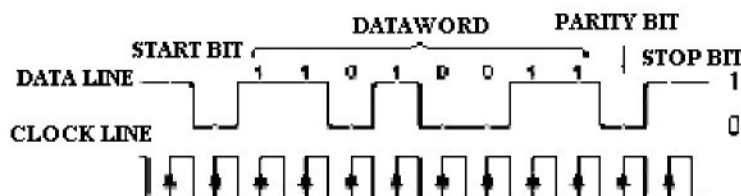
Asynchronní přenos dat přenáší data v určitých sekvencích. Data jsou přenášena přesně danou rychlostí a uvozena startovací sekvencí, na kterou se synchronizují všechna přijímací zařízení. Všechny strany obsahují vlastní přesný oscilátor, díky kterému odečítají data v přesně definovaných intervalech. Po ukončení sekvence je další příjem opět synchronizován startovní sekvencí.

Základní vlastnosti **asynchronního** přenosu :

- Nevýhodné pro velké objemy dat, ale vhodné pro dlouhá vedení, na nichž by synchronizační vodič činil nezanedbatelné finanční náklady.
- Lze použít pro komunikaci mezi mnoha zařízeními.
- Nutno definovat jednoznačně přenosové rychlosti, změnu rychlosti je třeba ošetřit softwarovou sekvencí, která přiměje počítač změnit hardwarově přenosovou rychlost.
- Celkem složitá a drahá elektronika, nutno použít krystalové oscilátory.
- Až o 20% menší přenosová rychlost užitečných dat při stejné rychlosti komunikace, vzhledem k nutnosti startovacích a paritních bitů.

7.5 Synchronizace RS 232

Sériová linka RS232 používá asynchronní přenos informací. Každý přenesený byte konstantní rychlostí je proto třeba synchronizovat. K synchronizaci se používá sestupná hrana tzv. start bitu. Za ní již následují posílaná data.



Obr. 36: Synchronizace pomocí sestupné hrany



Obr. 37: Detail synchronizační hrany v kontextu se zbývajícím přenášeným objemem dat

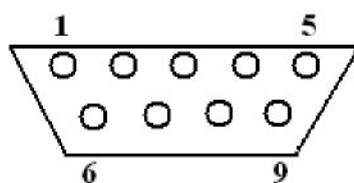
Dočasné zastavení datového přenosu

Pokud je třeba upozornit zařízení na dočasné zastavení vysílání, vygeneruje vysílač nepřetržitý impuls v log. 0 po dobu 100 – 600 ms (maximální doba linky v nepřerušené log. 0 je na nejnižší rychlosti, kdy se vysílá 8 x log. 0 je 66,6 ms).

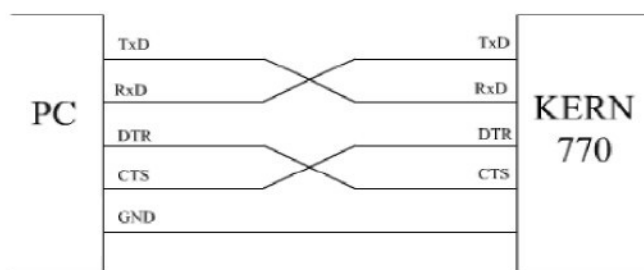
7.6 Realizace propojení nadřazeného počítače s mikrokontrolerem a váhami

Komunikace mezi nadřazeným počítačem a čidlem vah i zasílání příkazů mikrokontroleru probíhá po sériové lince RS232

Pro základní komunikaci s čidlem postačuje 5-ti vodičové zapojení RS232



Obr. 38: Schéma konektoru

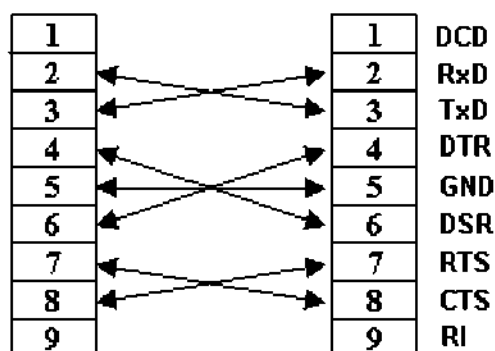


Obr. 39: 5ti vodičové zapojení RS232

Komunikace mezi nadřazeným počítačem a deskou M20 s mikrokontrolerem probíhá také po sériové lince, ale s 9ti kolíkovým konektorem.

7.6.1 Kabel RS232

Na straně PC je obvykle 9ti pinový konektor se špičkami a na straně periferie je konektor se špičkami nebo se zdičkami. Počet žil hraje roli v ceně konektoru a typu přenosu dat. Klasicky se používá hardwarové řízení toku dat a tedy minimálně 5 žil (vodičů) - TxD (vysílaná data), RxD (přijímaná data), GND (zem), RTS (výzva k vysílání) a CTS (pohotovost k vysílání). Může se ale také použít softwarové řízení toku dat, kde se používají jen 3 žíly (vodiče) - TxD (vysílaná data), RxD (přijímaná data) a GND (zem) nebo žádné řízení toku - zde také stačí 3 žíly. Důležité je správné propojení konektorů – spojení přijímaných dat s vysílanými, zem se zemí. Podle normy RS-232 je maximální délka kabelu 15 m - čím delší je kabel, tím je větší pravděpodobnost ztráty dat a menší přenosová rychlost.



Obr. 40: Devítižilové zapojení sériové linky RS232 s naznačeným překřížením drátů.

Na většině moderních kancelářských počítačů, které jsou využívány i při práci v laboratoři, nejsou dva přístupy k sériovým linkám. Ty jsou často v dnešní době nahrazovány USB kořenovými rozbočovači. Z těchto důvodů, bylo nutné použít redukci USB / RS232.

Redukce má svůj vlastní „převáděcí“ program (rozhraní), který je třeba nainstalovat zvlášť na každý počítač, který chceme takto připojit. Tento program je obsažen na samostatném instalačním CD – USB driver.

7.6.2 Rozhraní USB

Rozhraní USB ([Universal Serial Bus](#)) představuje nejnovější standard pro sériový přenos dat, který během posledních pár let pomalu vytěsňuje klasické sériové porty počítače založené na RS232 a v řadě případů nahrazuje také paralelní port a SCSI rozhraní pro připojení periférií.

Oproti RS232 má celou řadu výhod počínaje vyšší rychlostí (1,5 Mbit/s do 480 Mbit/s dle specifikace), možnost připojení až 127 zařízení na jediný kořenový rozbočovač a v neposlední řadě 5V napájení pro připojení zařízení umožňující odběr až 0,5 A. USB rovněž zajišťuje správné přidělení prostředků (IRQ, DMA).

V současné době se používají dvě verze USB rozhraní lišící se maximální přenosovou rychlostí:

- USB1.0, resp. 1.1 - 12 Mbit/s (Full Speed) a 1,5 Mbit/s (Low Speed)
- USB2.0 - 480 Mbit/s (High Speed)

Jednotlivé standardy jsou vzájemně kompatibilní, a lze tedy bez problémů připojovat zařízení s rozhraním USB1.1 k rozbočovači USB2.0 a naopak. Přenosová rychlost pochopitelně odpovídá pomalejšímu řadiči. Uvedené verze se od sebe liší jak provedením kabelu, tak elektrickými parametry rozhraní připojeného zařízení.

Rozhraní USB využívá čtyřvodičového připojení, přičemž dva vodiče slouží pro napájení spotřebiče a dva tvoří datový pár.

Pro využití maximální přenosové rychlosti (12 Mbps) může být kabel dlouhý max. 5 metrů, přičemž musí být stíněný a kroucený, pro nízkorychlostní přenosy (do 1,5 Mbps) může být použit nestíněný a nekroucený kabel s max. délkou 3 metry.

7.6.3 Převod RS232/USB

Hotové převodníky USB/RS-232 slouží k přidání rozhraní RS232 na počítačích s rozhraním USB. Jako součást dodávky jsou k dispozici ovladače VCP (Virtual Com Port) pro operační systémy Windows 98SE/ME/2K/XP, Mac OS8/OS9/OS X a Linux, po jejichž nainstalování

bude do operačního systému přidán nový COM port, na který již software může přistupovat standardním způsobem (např. ve Windows pomocí Win32 API funkcí). Mechanicky je proveden jako kabel o maximální délce 1 m zakončený na jedné straně konektorem USB typu A, který se zasune do příslušného portu v počítači, a na straně druhé krytkou, která obsahuje elektroniku a ze které je vyveden 9pinový konektor Sub-D.

Převodník USB/RS-232 s garantovanou rychlostí 120 kBaud je vybaven hardwarovým řízením toku dat RTS/CTS. Signály DTR/DSR/DCD na straně PC a DSR/DCD na straně aplikace RS232 jsou vzájemně propojeny tak, jak to vyžaduje většina aplikací.

Pokud jsou USB porty funkční (povoleny v „SetUp“ počítače a správně nainstalovány v operačním systému), systém automaticky okamžitě pozná přítomnost nového zařízení a požádá o nainstalování potřebných ovladačů. Nový port se nastaví automaticky jako nejbližší volný COM, avšak ve správci zařízení jej můžeme nastavit libovolně v rozmezí COM1 až COM256.

Instalaci ovladačů je třeba provést jen jednou při prvním připojení konvertoru. Při připojení dalších konvertorů nebo při opakovaném připojení již systém instalaci ovladačů nevyžaduje. Po instalaci je možné ihned využívat nového sériového portu bez nutnosti restartovat systém.

Konvertor se v systému chová stejně jako standardní sériový port. Lze tedy takovýto "virtuální" COM používat nejrůznějšími aplikacemi standardně přistupujícími na COM v rozsahu komunikačních rychlostí od 300bps po 115.2kbps.

Konvertor lze kdykoliv odpojit nebo připojit bez nutnosti restartovat systém [3], [4], [9], [17].

8. Programová podpora

8.1 Vývojové prostředí Delphi7

Delphi je integrované grafické vývojové prostředí firmy Borland, určené pro tvorbu aplikací na platformě MS Windows v jazyce Object Pascal (objektové nástavbě Pascal). Obsahuje systém RAD (Rapid Application Development), který umožňuje vizuální návrh grafického uživatelského rozhraní, na jehož základě je automaticky vytvářena kostra zdrojového kódu, což výrazně urychluje vývojový cyklus. Programování v Delphi je z velké části založeno na použití komponent. Komponenta je malý program, který vykonává určitou činnost (například zobrazuje text nebo obrázky, přehrává multimédia, komunikuje s databází). Velkou předností Delphi proti některým konkurenčním produktům jsou knihovny komponent, které jsou jejich součástí (např. VCL, CLX, Indy ...). Dodávané komponenty významně usnadňují tvorbu aplikací.

Vývojové prostředí, (často se používá zkratka **IDE** z anglického *Integrated development environment*) je software usnadňující práci programátorů, většinou zaměřený na jeden konkrétní programovací jazyk. Obsahuje editor zdrojového kódu, kompilátor, případně interpret a většinou také debugger. Některé obsahují systém pro rychlý vývoj aplikací (zvaný RAD), který slouží pro vizuální návrh grafického uživatelského rozhraní. Pokud se jedná o nástroj pro objektově orientované programování, může obsahovat také object browser.

Objektově orientované programování (zkracováno na *OOP*, z anglického **Object-oriented programming**) je metodika vývoje softwaru, založená na následujících myšlenkách:

- *Objekty* – jednotlivé prvky modelované reality (jak data, tak související funkčnost) jsou v programu seskupeny do entit, nazývaných objekty.
- *Abstrakce* – programátor, potažmo program, který vytváří, může abstrahovat od některých detailů práce jednotlivých objektů. Každý objekt pracuje jako černá

skříňka, která dokáže provádět určené činnosti a komunikovat s okolím, aniž by vyžadovala znalost způsobu, kterým vnitřně pracuje.

- *Zapouzdření* – zaručuje, že objekt nemůže přímo přistupovat k „vnitřnostem“ jiných objektů, což by mohlo vést k nekonzistenci. Každý objekt navenek zpřístupňuje *rozhraní*, pomocí kterého (a nijak jinak) se s objektem pracuje.
- *Dědičnost* – objekty jsou organizovány stromovým způsobem, kdy objekty nějakého druhu mohou *dědit* z jiného druhu objektů, čímž přebírají jejich schopnosti, ke kterým pouze přidávají svoje vlastní rozšíření. Tato myšlenka se obvykle implementuje pomocí rozdělení objektů do *tříd*, přičemž každý objekt je instancí nějaké třídy. Každá třída pak může dědit od jiné třídy (v některých programovacích jazycích i z několika jiných tříd).
- *Polymorfismus* – odkazovaný objekt se chová podle toho, jaký je jeho skutečný typ. Pokud několik objektů poskytuje stejné rozhraní, pracuje se s nimi stejným způsobem, ale jejich konkrétní chování se liší. V praxi se tato vlastnost projevuje např. tak, že na místo, kde je očekávána instance nějaké třídy, můžeme dosadit i instanci libovolné její podtřídy (třídy, která přímo či nepřímo z této třídy dědí), která se může chovat jinak, než by se chovala instance rodičovské třídy, ovšem v rámci mantinelů, daných popisem rozhraní.

Některé z těchto vlastností jsou pro OOP unikátní, jiné (např. abstrakce) jsou běžnou vlastností i jiných vývojových metodik. OOP je někdy označováno jako programátorské paradigma, neboť popisuje nejen způsob vývoje a zápisu programu, ale i způsob, jakým návrhář programu o problému přemýšlí.

Teorie objektů (object theory)

Kromě vlastních implementací *objektů* v nějakém programovacím jazyce, existuje i obecná teorie, jež se objekty a jejich vlastnostmi zajímá.

Základním pojmem je **objekt**. Objekt v sobě, kromě **dat** čili **atributů**, se kterými může pracovat, uchovává i výkonný kód, kterému se v OOP říká **metoda**.

Abstrakce objektu, která v architektuře programu podchycuje na obecné úrovni podstatu všech objektů podobného typu, se nazývá **třída**. Mohu tedy při modelování těchto dvou

objektů abstrahovat od nepodstatných dílčích odlišností a díky této abstrakci vytvořit obecnou třídu, která bude mít **atributy a metody**.

Při vytváření objektů pro chod programu, které budou odpovídat zmíněným dvěma reálným objektům, je třeba vytvořit dvě různé **instance třídy**, pro každý modelovaný reálný objekt jednu instanci.

Objekty si mezi sebou mohou posílat **zprávy**. Zpráva znamená, že jeden objekt spustí metodu jiného objektu a využije vrácenou hodnotu (druhá zpráva). Tomuto způsobu komunikace mezi objekty, která skrývá konkrétní implementaci a stará se jen o zprávy, se v objektově orientovaném programování říká **zapouzdření**.

Další důležitou vlastností objektů je **polymorfismus**. Stejná zpráva může být poslána různým nebo od různých objektů. Můžeme rozlišit, zda jde o polymorfismus nad dvěma různými objekty, nebo nad dvěma různými stavy téhož objektů a nebo zda zprávu posílají různé objekty.

Zapouzdření v objektech znamená, že k obsahu objektu se nedostane nikdo jiný, než sám vlastník.

A konečně **skládání objektů** je schopnost jednoho objektu udržovat v sobě objekty jiné.

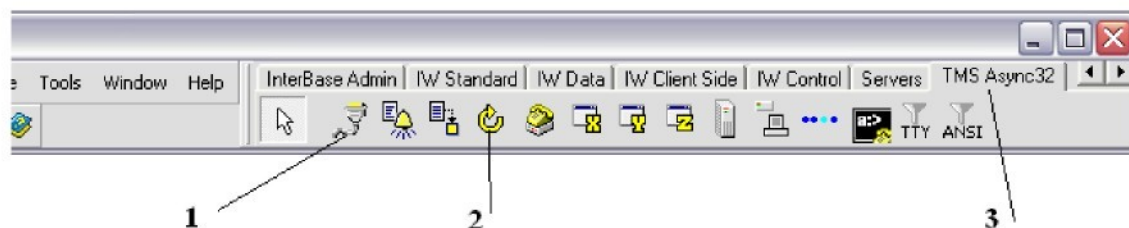
8.2 Základní program pro vyhodnocování výsledků

Program, který přistupuje jak k nastavení RS232 vah tak k RS232 resp. USB připojení motoru umožňuje uživatelské přístupy, nastavení posuvu a vyhodnocuje výsledky měření je vytvořen ve vývojovém prostředí Delphi 7.

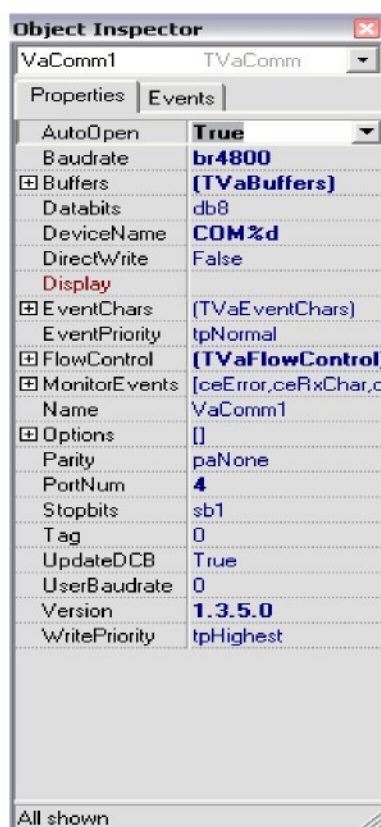
8.2.1 Knihovna VaAsyncs 32

K sériovému rozhraní lze přistupovat i bez pomocných komponent, přes API funkce. Je to však příliš složité. Po všech možných testech různých komponent přistupujících k

sériovému portu byl použit freewarový balíček Varian Async32. Pracuje pod 32-bitovými Delphi a C++ Buildrem 4.



Obr. 41: Knihovna VaAsyncs 32 v nástrojové liště Delphi7, kde **1** - VaComm utilita pro komunikaci po seriové lince, **2** – VaBuffer, **3** - samotná záložka Async32 na nástrojové liště.



Obr. 42: Možnosti nastavení komponenty VaComm zobrazené v Object Inspector Delphi7

Nastavení nejdůležitějších vlastností komponenty

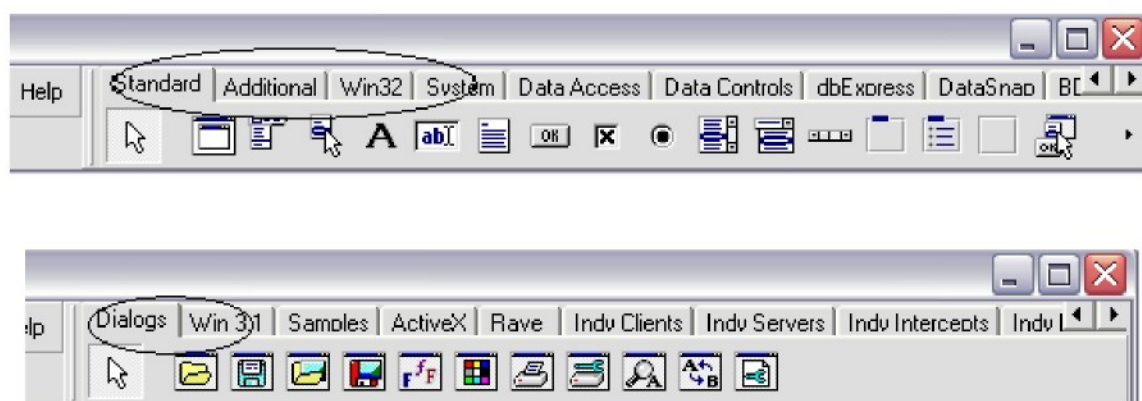
AutoOpen umožňuje otevření komunikačního kanálu pomocí komponenty VaComm, aniž bychom ji pokaždé museli otevírat např. pomocí procedury VaComm.Open.

Baudrate je nastavení přenosové rychlosti. Toto nastavení je stále. Pro váhy je doporučena Baudrate 1200 a pro nastavení komunikace s Mikrokontrolerem 4800. Nastavení rychlosti není doporučeno měnit, a proto se ani ve vlastním programu neuvažuje s možností, kdy uživatel může přenosovou rychlost ovládat.

Databits, Parity, Stopbits slouží k nastavení datového formátu, jejich funkce je blíže popsána v kap. 7. Paritu je nutné nastavit pouze na portu vah a to na lichou – anglicky „odd“.

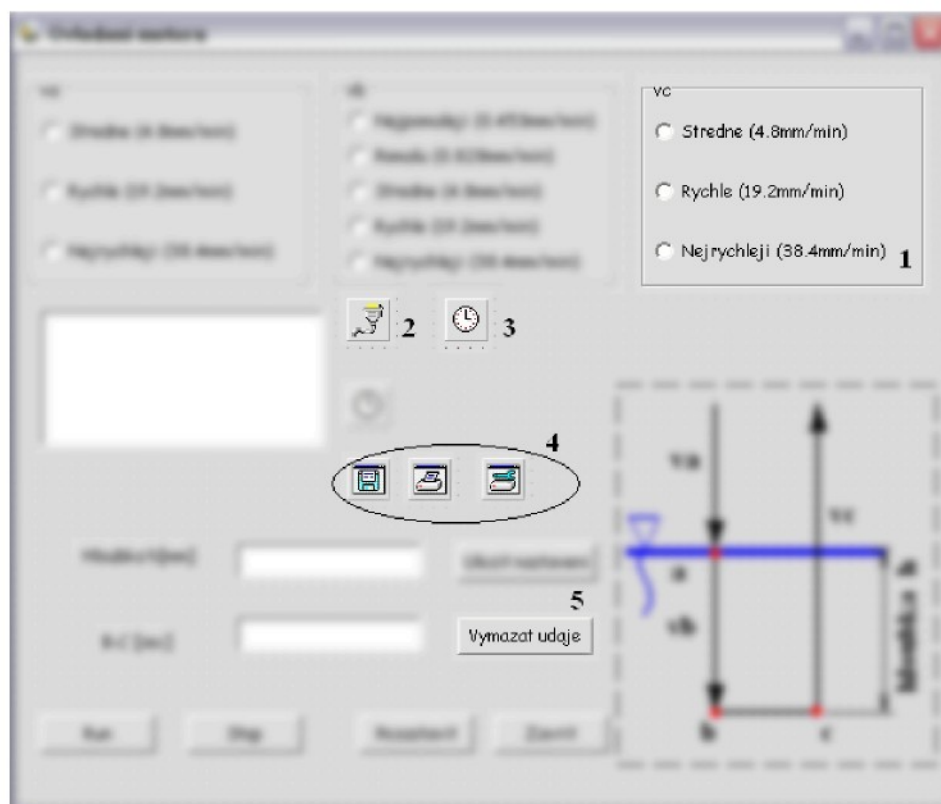
PortNum je důležitá vlastnost. Její nastavení vybírá připojení daného sériového portu (COM1..COMx). Nastavení vlastnosti PortNum bylo nutno uživatelům zpřístupnit, protože na ní závisí úspěch připojení, které může být v tomto směru velice proměnné.

Dalšími knihovnami Delphi7, které byly použity při tvorbě programu byly Standard, Additional, Win32 a System viz. obr. 52 nahoře nebo také Dialogs a Win3.1 na obr. 52 dole.



Obr. 43: Knihovny komponent na *Toolbar* Delphi7

Z těchto knihoven byla použita tlačítka, zaškrtačací pole, vkládání obrázků, editační pole, časovače a prvky, které vyvolávají dialogová okna pro ukládání, otevírání souborů, tisk, nebo nastavení tisku.



Obr. 44: Základní *Form*, vytvořený v Delphi7, kde **1** - *RadioGroup* skupina zaškrtačacích variant, **2** - komponenta *VaComm*, **3** - *Timer* – časovač, **4** - skupinka *Dialog* aktivující funkce ukládání, možnosti nastavení tiskárny a tisku, **5** - příklad tlačítka *Button*.

8.3 Nezávislá programová simulace automatizovaného procesu

Program, který zajišťuje samotný chod automatizovaného pracoviště na smáčení vláken, se skládá ze dvou hlavních částí. První část „ovládá“ motor pomocí programu vytvořeného do jisté míry uživatelem (nastavením rychlostí jednotlivých částí posuvu, doby čekání i samotné hloubky ponoru), druhá část vyhodnocuje výsledky měření a zaznamenává je do grafu a tabulky.

Aby bylo možno „doladit“ obě části programu, bylo jejich psaní i testování provedeno nejprve odděleně a poté se program optimalizoval jako celek.

8.3.1 Program řídící běh motoru

Program řídící běh motoru byl zpracován nejprve jako samostatný projekt. Komponenta VaComm otevírá komunikaci mezi počítačem a sériovým portem. Program převádí pokyny uživatele do formy ASCII řetězce, sady, které „rozumí“ mikrokontroler, ta je zapsána pomocí VaComm na sériovou sběrnici a zaslána k dalšímu zpracování právě mikrokontroleru.

Seznam znaků k ovládání mikrokontroleru je v příloze P8.

Příklad vytvoření znakového řetězce a jeho zapsání na sériovou linku:

```
t='k'+ #13+'\\'+#13 + x2+ '['+ #13+ rychlost+ cekat+ #13+ ']' + #13;  
VaComm1.WriteText(t);
```

kde *t* je proměnná typu *string*.

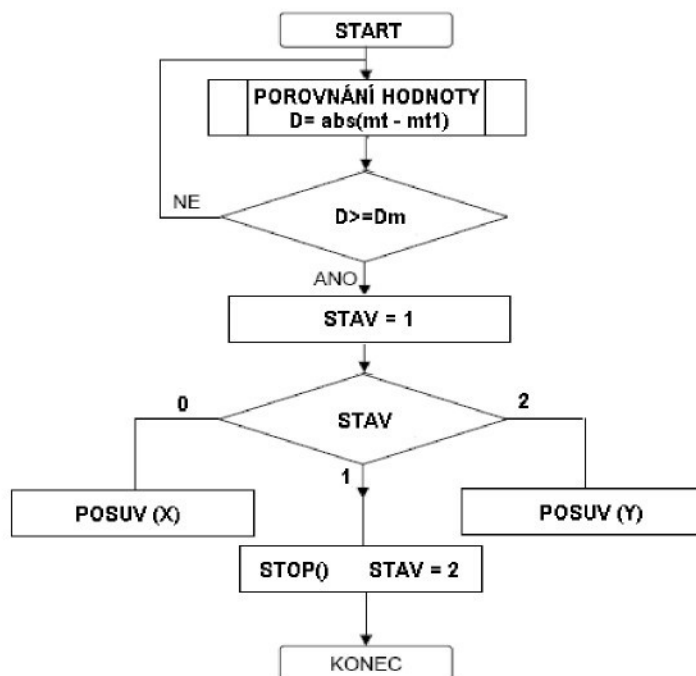
Každý příkaz musí být oddělen oddělovacím znakem. Tímto znakem je při programování v prostředí Inmotion, který je nadstandartním příslušenstvím – prostředím pro ovládání krokového motoru, vyráběného firmou Microcon, *Enter*. Při práci se znakovou sadou, jako řetězcem je tento znak nahrazován *#13*.

8.3.2 Koordinace programu motoru a měřených dat

Automatizovaná činnost celého zařízení je založena na principu, kdy uživatel nastaví požadované rychlosti posunu zařízení *va* (rychlost otáčení hřídele motoru, resp. specifikuje počet mikrokroků na celokrok a fázování příkazů). Tlačítkem pro spuštění posuvu současně odesílá po sériové lince řetězec znaků, které krokovému motoru „tlumočí“

mikrokontroler, tím se uvádí do chodu krokový motor. Zároveň dochází ke čtení dat přicházejících po sériovém rozhraní od vah vyhodnocování jednotlivých hodnot dle obr. 45.

Na začátku cyklu je hodnota *STAV* nastavena na 0 a hodnota $mt1 = mt$.

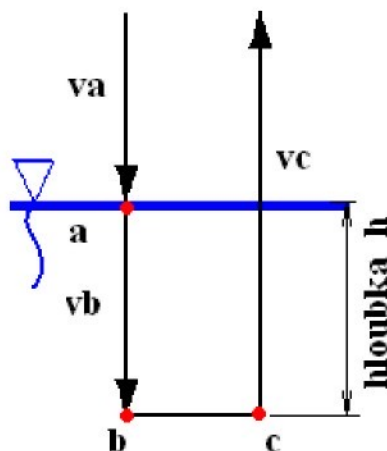


Obr. 45: Algoritmus vyhodnocovací části programu

Pakliže dojde ke skokové změně větší, než hodnota nastavitelná programem, tato skutečnost ovlivní chod krokového motoru. Program vyhodnocuje výsledky stejnou frekvencí, jakými jsou zasílány vahami, tedy po intervalu 100ms. Dojde-li ke skokové změně, program vyšle mikrokontroleru řetězec znaků, které ruší předchozí běh motoru a zároveň nastaví nový režim posuvu. Tento nový režim je určen jednak novou rychlostí posuvu, ale také definovanou hloubkou ponoru v jednotkách milimetru. Prakticky jsou jednotky milimetru převedeny na celočíselný počet otáček krokového motoru. Možnost zadávání i desítek či stovek milimetru vede k vytvoření složitějšího algoritmu, resp. výpočetního řešení převodu na úhel pootočení. Výpočet je odvozen od počtu celokroků na jednu otáčku, resp. 1mm posuvu. Při celokroku $1,8^\circ$ vychází 0,1mm na 20 celokroků.

Velikost hodnoty skokové změny je dána experimentálně. Na základě známé citlivosti vah a změn hodnot, které vyvolá vzorek při kontaktu s povrchem roztoku můžeme uvažovat s určitou nadsazenou hodnotou. Hodnotu je možné změnit a nastavit v menu programu *Nastavení citlivosti*, podle aktuálních parametrů vzorku i měřicího zařízení.

Dále uživatel ovlivňuje tuto fázi posuvu vzorku i nastavení časového intervalu, po který zůstane daný vzorek ponořený (úsek *bc*) a rychlostí, kterou bude vytažen *vc*. Při sestavování programu se předpokládalo s rychlostmi *va* a *vc* podstatně vyššími než rychlost *vb*, která je pro pokus směrodatnější. Rychlostní schéma je uvedeno na obr. 46.



Obr. 46: Schéma pohybu zařízení pro smáčení vláken

Úsek, který vyhodnocuje skokovou změnu, byl nejprve simulován pomocí generování náhodných čísel a jejich vyhodnocováním. Daná metoda odhalila možné nedostatky i komplikace, které mohly ovlivnit chod motoru nežádoucím způsobem, zejména v oblasti sestavování vhodného řetězce znaků mikrokontroleru.

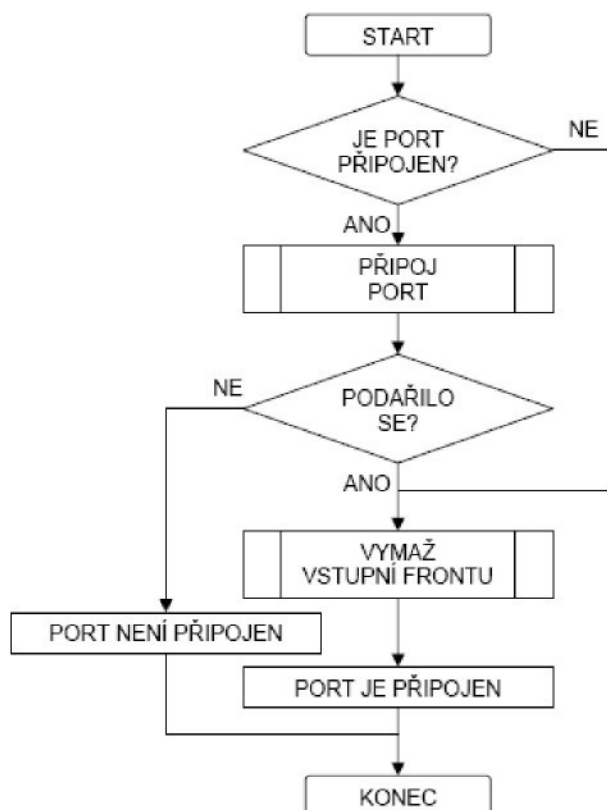
Generování čísel probíhalo ve stejném intervalu, jakým se načítají z vah. Tím také bylo možno testovat případný vliv softwarového zpoždění, než program zpracuje data apod. Toto zpoždění se projevilo jako zanedbatelné.

Příklad části zdrojového kódu, ve které dochází ke generování náhodných čísel a jejich vyhodnocování naleznete v příloze P1 .

Program upozorní uživatele o přechodu na druhou fázi posuvu pípnutím a vyskočením okna upozorňovací zprávy.

8.4 Práce programu

Po spuštění programu, je automaticky vytvořen fomulář *Form*. Pokud není nastaveno jinak, program se připomene nutnost nastavení komunikačních portů jak pro ovládání motoru, tak pro získávání dat z vah. Program upozorní uživatele v případě, že je již port obsazen, nebo není přístupný, či vůbec neexistuje viz obr. 47. Při zahájení komunikace systém nastaví parametry sériové linky na straně počítače podle přání uživatele tak, aby byl zabezpečen správný přenos dat. Poté bude ze sériového portu číst hmotnost naměřenou vahami, zkonvertuje ji do formátu s plovoucí desetinnou čárkou a bude ji průběžně zobrazovat na obrazovce. Program pro přímé získávání dat z vah umí i tzv. dynamické vážení dlouhotrvajících dějů. Dále uživatel nastaví požadované hodnoty posuvu a tlačítkem Run spustí běh programu i samotné měření, zaznamenávání hodnot do tabulek i grafu.



Obr. 47: Vývojový diagram připojení sériového portu

Program pracuje podle algoritmu, který je popsán v předchozí kapitole.

System je schopen automatického sběru dat z vah s nastavitelnou frekvencí měření. Je možno měření předčasně ukončit.

Naměřené hodnoty se průběžně zakreslují do grafu, čímž má mít uživatel podrobný přehled o právě probíhajícím ději.

Data, která reprezentují údaje o hmotnosti naměřená váhami se do souboru ukládají spolu s časem jejich příchodu na sériový port počítače, což umožňuje jejich pozdější zpracování i v jiných programech, jako jsou *Microsoft Excel* nebo *Matlab* od firmy *Mathworks*.

Minimální čas mezi dvěma uloženými hodnotami je dán frekvencí analogově číslicového převodníku vah, která je 10Hz, takže mezi dvěma sousedními uloženými hodnotami může být minimální časový interval desetina sekundy.

Frekvence ukládání dat do souboru a zobrazování v grafu je nastavitelná přímým nastavením časového intervalu.

Data přicházející po sériovém kanálu vah jsou dána ve tvaru popsaném na obr. 48 a konkrétní příklad na obr. 49.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
+										*	U U U			CR	LF
*	H O D N O T Y														
-															

Obr. 48.: Formát výstupních dat bez identifikátoru, kde * - mezera (ASCII 32),
1 – znaménko, **2-10** - naměřená hodnota (včetně desetinné čárky), **12-14** - použité jednotky
 (g, kg...), **15-16** - ASCII 10 a ASCII 13 - znaky pro konec řádku.

-			2	.	2	3	1	2			g			CR	LF
		2	3	.	0	0	2	2			g			CR	LF
		7	5	.	1	5	4	5			g			CR	LF

Obr. 49:: Příklady dat, poskytnutých váhami.

Z tohoto důvodu je nutné před zpracováním data nejprve převést do použitelného formátu.

Důležité části zdrojového kódu programu jsou v příloze P4.

9. Závěr

V rámci práce byla sestavena aparatura na měření kontaktního úhlu. Na tomto zařízení lze testovat nejen vlákna, pro která bylo zařízení především vyvíjeno, ale i pevné vzorky ve formě vlasců, destiček a např. tyčinek. Zkonstruované zařízení je univerzální – díky možnosti průběžného zaznamenávání polohy a sil v soustavě lze testovat i sorpci kapalin do porézních struktur, nebo i nepřímo měřit viskozitu testované kapaliny ze sil působících na element při pohybu.

Takto konstruované zařízení poskytuje více experimentálních možností při výzkumu smáčení než komerční systémy, protože lze snadněji a úplněji zasahovat do průběhu pokusu a experimentátor má k dispozici kompletní soubor informací.

Sestavení aparatury bylo relativně komplikované a představovalo značnou část provedené práce. Neméně náročné byla i příprava softwaru pro sběr dat a ovládání krokového motoru – pohonné jednotky posuvu.

Seznam literatury

- [1] Bartovská, L., Šišková, M.: *Fyzikální chemie povrchů a koloidních soustav*, VŠCHT, Praha 2002
- [2] Drastík, F. a kol.: *Strojnické tabulky pro konstrukci i dílnu*, ABB Montanex, 1999
- [3] Götz, S., Mende, R.: *Měření, řízení a regulace s Delphi*, BEN, Praha 2004
- [4] Haasz, V., Roztočil, J.: *Číslicové měřicí systémy*, ČVUT, 2000
- [5] Kříž, R., Vávra, P.: *Strojírenská příručka – 3. svazek*, Scientia, 1993
- [6] Novák, O. a kol.: *Elektronika*, TUL, Liberec 2001
- [7] Rydlo, P.: *Krokové motory a jejich řízení (studijní text)*, TUL, Liberec 2000
- [8] Ing. Jakub Wiener Ph.D: *Dynamika procesu vztlínání kapaliny* (průběžná zpráva), listopad 2002.

Internetové odkazy

- [9] Anonymous, 2006.: <http://tsoe.unas.cz/data/dokument/USB.htm>. Přečteno 11.2.2006
- [10] Anonymous, 2003.: <http://www.efg2.com/Lab/Library/Delphi/IO/PortIO.htm>. Přečteno 20.2.2006
- [11] Anonymous, 2003.: <http://www.vscht.cz/fch/cz/pomucky/prednasky.html>. Přečteno 5.3.2006
- [12] CommLinx Solutions , 2001.: http://www.commlinx.com.au/delphi_comms.htm. Přečteno 11.2.2006
- [13] Hanyes, 2005.: <http://delphi.chytrak.cz/>. Přečteno 21.2.2006
- [14] Kadlec, V., 2005.: <http://www.zive.cz/h/Programovani/AR.asp?ARI=126262>. Přečteno 10.2.2006
- [15] Kern & Sohn GmbH , 2005.: <http://www.kern-sohn.com/de/shop/katalog-15.html>. Přečteno 5.3.2006
- [16] Microcon, 2005.: <http://www.microcon.cz/>. Přečteno 10.11.2006
- [17] Vykopal, J., 2002 : <http://www.builder.cz/serial85.html>. Přečteno 10.2. 2006.

Seznam příloh

Ukázky zdrojových kódů programu

Generování náhodných čísel a přechod na definovanou rychlost v_b	P1
Připojení sériového portu	P2
Program s kartami pro nastavení	P3
Převod hodnot ze sériové linky	P4

Sestava s krokovým motorem

Deska pro řízení krokových motorů CD20M	P5
Doporučení pro instalaci	P6
Krokový motor SX23-1012 (D) – zapojení vinutí	P7
Kontroler M1486 – katalogový list	P8
Momentové charakteristiky řady SX 16–SX23	P9
Technické parametry krokových motorů řady SX23	P10

Sériová linka RS232

Nejdůležitější signály rozhraní RS232	P11
---------------------------------------	-----

Výrobní dokumentace

Názvy výkresů součástí:

Deska
Jezdec
Objímka
Plech
Rybina
Patka
Tyč

Názvy výkresů sestav:

Komora závitové tyče

Makroposuv

Stolek

Příložené CD1

Dokument diplomová práce

Uživatelská příručka

Aplikace

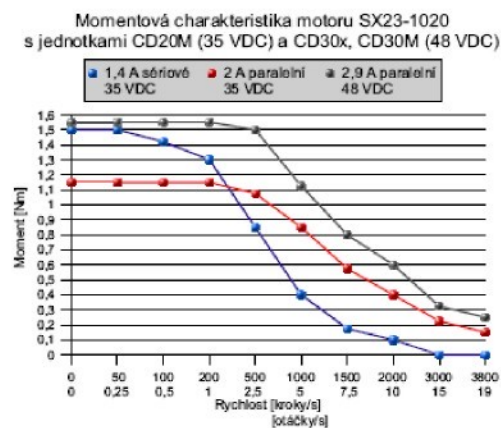
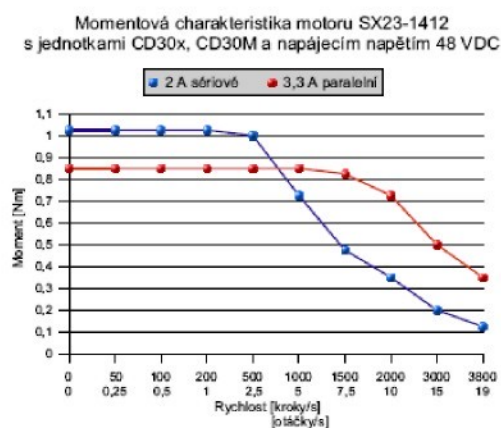
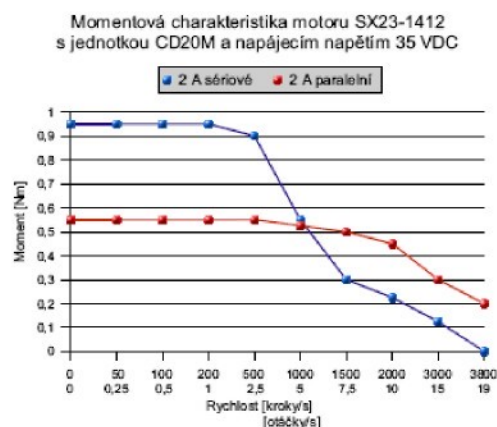
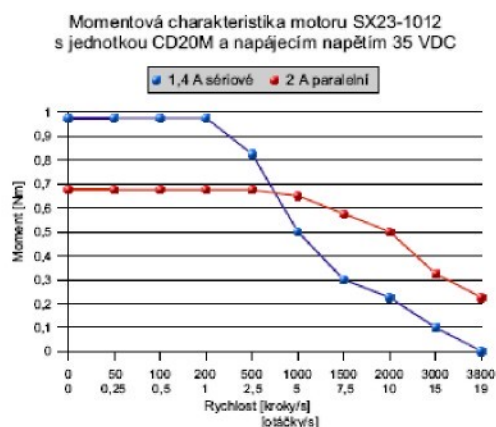
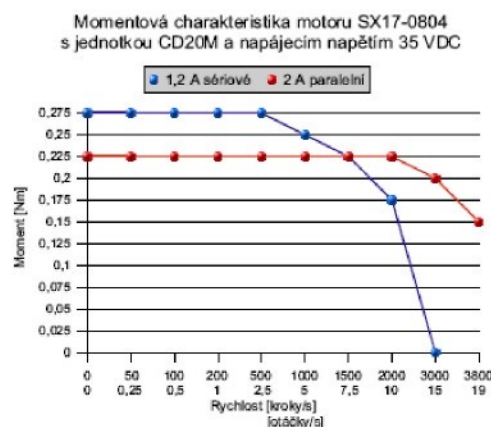
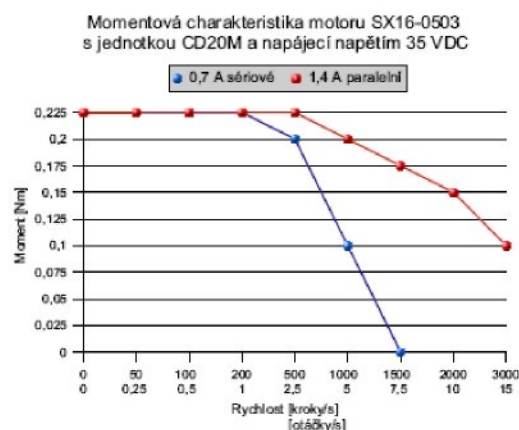
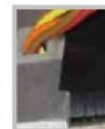
Zdrojový kód

Nejdůležitější signály rozhraní RS232

signál	číslo kontaktu konektoru			funkce
	symbol	25 kontaktů	9 kontaktů	
Protective Ground	-	1	-	ochranný zemní vodič
Transmitted Data	TxD	2	3	data vysílaná z DTE
Received Data	RxD	3	2	data přijímaná do DTE
Request To Send	RTS	4	7	signál vysílaný z DTE, sděluje DCE, že DTE je připraveno přijímat data
Clear To Send	CTS	5	8	signál vysílaný z DCE, sděluje DTE, že DCE je připraveno přijímat data DTE
Data Set Read	DSR	6	6	signál vysílaný z DCE, sděluje DTE, že DCE je připraveno komunikovat
Signal Ground	-	7	5	signálový zemní vodič
Data Carrier Detected	DCD	8	1	signál vyslaný z DCE, sděluje DTE, že byl detekován signál
Data Terminal Ready	DTR	20	4	signál vyslaný z DTE sděluje DCE, že DTE je funkční
Ring Indicator	RI	22	9	vyzváněcí signál

Momentové charakteristiky řady SX23

Momentové charakteristiky řady SX16, SX17, SX23



Amplituda proudu je uvedena v legendě.

Technické parametry krokových motorů řady SX23

Technické parametry krokových motorů řady SX23



Řada SX - příruba NEMA23

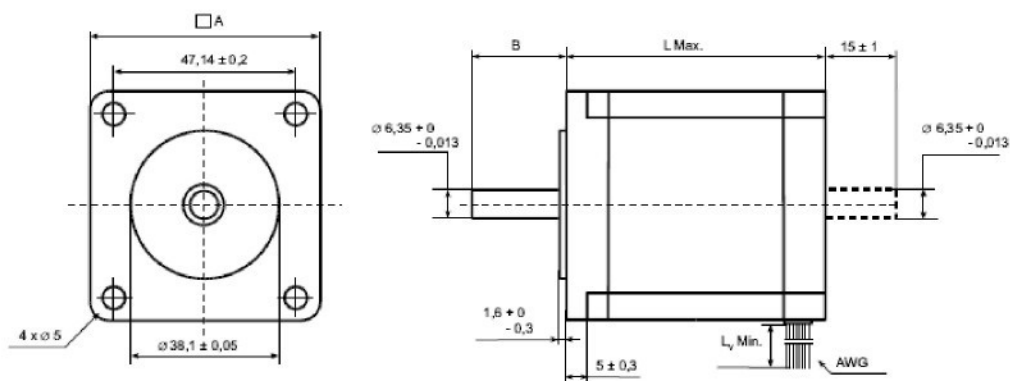
Typ	Statický moment (Nm) bipol. napájení, celokrok, jmen. proud v obou fázích	Jmenovitý proud (A) sériové / paralelní zapojení	Indukčnost (mH) sériové / paralelní zapojení	Odpor (Ω) sériové / paralelní zapojení	Moment setrvačnosti rotoru (kgm²x10⁻³)	Hmotnost (kg)
SX23-1012 / SX23-1012D	1,2	1 / 2	20 / 5	7,2 / 1,8	0,03	0,7
SX23-1412	1,2	1,4 / 2,8	10 / 2,5	3,6 / 0,9	0,03	0,7
SX23-1020	2	1,05 / 2,1	40 / 10	8,4 / 2,1	0,044	1,1
SX23-2520	2	2,5 / 5	8,4 / 2,1	2 / 0,5	0,044	1,1
SX23-2125	2,5	2,1 / 4,2	21,2 / 5,3	3,4 / 0,85	0,072	1,5

D - motor s hřídelí na obě strany

Délka kroku 1,8°
Tolerance kroku ± 0,1°
Izolační třída NEMA B (130°C)

Rozměry (mm)

Typ	Ø Hřídele	□ A	Délka	B	Vývody		
			L Max.		Délka vývodů L _v	Počet	AWG
SX23-1012 / SX23-1012D	6,35	56,4	56	20,6 ± 1	300	8	22
SX23-1412	6,35	56,4	56	20,6 ± 1	300	8	22
SX23-1020	6,35	57 Max.	76	20 ± 1	500	8	24
SX23-2520	6,35	57 Max.	76	20 ± 1	500	8	24
SX23-2125	6,35	56,4	103	20,6 ± 0,5	300	8	22



Deska pro řízení krokových motorů CD20M



Programovatelné jednotky typu CD

CD20M, CD30M, CD40M

- Jednotky s rozměry standardního malého euro-formátu
- Uživatelské vstupy a výstupy:
 - 5 galvanicky oddělených uživatelských vstupů**
Vstupní signály jsou galvanicky odděleny optočleny. Na konektor CANNON 15 Pin/F jsou vyvedeny anody i katody vstupních diod optočlenů. Uživatelé jsou standardně k dispozici 4 univerzální vstupy a vstup Limit pro přerušení běhu motoru také mimo rychlost start/stop nebo změnou polohy jumperu 5 univerzálních vstupů. Standardní úroveň vstupů 0; 24 V (7 mA), volitelně 0; 5 V.
 - 4 uživatelské výstupy**, přídavný výstup interního spínaného zdroje 24 V zatížitelný do 100 mA
Podle požadavků aplikace je možné volit standardní výstupy aktivní v log. 0 - otevřený kolektor (do 30 V) nebo aktivní v log. 1 (potřebné pro spolupráci s některými PLC). Výstupy aktivní v log. 0 mají zatížitelnost každého výstupu 100 mA, označení jednotek bez přípony. Výstupy aktivní v log. 1 (standardně 0; 24 V) mají celkovou zatížitelnost 150 mA (max. proud jednoho výstupu v log. 1 je 40 mA), označení jednotek s příponou A1 (např. CD30M-A1).
- Možnost mikrokrokování** - plné využití 4 bit D/A převodníku pro další zvýšení plynulosti chodu motoru, možnost dělení kroku také osmi a šestnácti
- Volitelná signalizace pohybu motoru pomocí uživatelského výstupu

Momentové charakteristiky jednotek s vybranými krokovými motory - viz str. 19, 20, 25.



Parametry výkonové části			
	CD20M	CD30M	CD40M
Napájecí napětí	12 - 35 VDC	12 - 48 VDC	12 - 48 VDC
Amplituda proudu	0,4 - 2 A	0,4 - 3,3 A	0,4 - 4 A
Nastavení proudu	v osmi stupních	v šestnácti stupních	v šestnácti stupních
Doporučený počet mikrokroků na celokrok	4, 8, 16	4, 8, 16	4, 8, 16
Automatické snížení proudu po zastavení motoru	ANO	ANO	ANO
Možnost programového vypnutí koncového stupně	ANO	ANO	ANO
Kapacita na jednotce	4 000 µF	5 000 µF	5 000 µF
Momenty vhodných krokových motorů	0,1 - 2 Nm	1,2 - 8,5 Nm	3 - 8,5 Nm
Rozměry, standardní malý euro-formát	160 x 100 x 30 mm	160 x 100 x 30 mm	160 x 100 x 45 mm
Doporučený napájecí zdroj	PS 20/30	PS 20/30	PS 20/30
Parametry řídicí části (podrobnější informace - viz str. 6, 7)			
Sériové rozhraní RS232	není galvanicky oddělená sériová linka	galvanicky oddělená sériová linka	galvanicky oddělená sériová linka
Počet jednotek připojitelných na jedno sériové rozhraní	až 16	až 16	až 16
Počet uživatelských vstupů / výstupů	5 / 4	5 / 4	5 / 4



Kontroler M1486

- PROGRAMOVATELNÝ INDEXER A SEQUENCER V JEDNOM OBVODU
- RYCHLOST AŽ DO 40 000 KROKŮ/S
- AŽ DO 64 MIKROKROKŮ NA CELÝ KROK
- OPTIMALIZACE VYUŽITÍ MOMENTU KROKOVÉHO MOTORU
- TŘI MOŽNOSTI PROPOJENÍ S VÝKONOVÝM ZESILOVAČEM: PULSY A SMĚR, DVOJITÝ D/A PŘEVODNÍK, DVA D/A PŘEVODNÍKY
- VÝKONNÝ SOUBOR VÍCE NEŽ 50TI POVELŮ
- DÉLKA DRÁHY AŽ 16 MILIONŮ KROKŮ
- VNITŘNÍ PAMĚŤ UMOŽŇUJE, ABY PŘEDPROGRAMOVANÉ POVELOVÉ SOUBORY BYLY PROVÁDĚNY OFF-LINE
- 21 UNIVERZÁLNÍCH VSTUPŮ/VÝSTUPŮ
- PROGRAMOVATELNÁ MAXIMÁLNÍ RYCHLOST, START/STOP RYCHLOST, ZRYCHLENÍ, TVAR PROUDU PŘI MIKROKROKOVÁNÍ
- PLYNULÉ ZRYCHLENÍ A BRZDĚNÍ
- SÉRIOVÝ VSTUP, AŽ 16 KONTROLERŮ MŮŽE BÝT PŘIPOJENO NA JEDEN PORT
- NÍZKOPŘÍKONOVÝ CMOS OBVOD, TTL KOMPATIBILNÍ
- POUZDRO 40PIN DIP NEBO 44PIN PLCC

Kontroler M1486 integruje v jednom obvodu plně programovatelné řízení krokového motoru i univerzální řídicí funkce (vstupy/ výstupy) a umožňuje tak realizovat kompletní řízení stroje či zařízení.

Výkonný povelový soubor

Všechny povelů obvodu M1486 jsou ASCII znaky (je možné použít jak velká, tak i malá písmena). Uživatel může použít běžné textové editory pro přípravu povelových ASCII souborů. Nové povelů jsou předávány prostřednictvím standardního sériového kanálu kompatibilního s rozhraním RS232. Až 16 kontrolerů může být zřetězeno při zadání adresy jednotlivých kontrolerů pro současně víceosé řízení. Přenosová rychlost může být vybrána ze čtyř rychlostí v rozmezí 1 200 až 9 600 bitů/s.

K dispozici je široká nabídka více než 50ti povelů, aby bylo možno realizovat požadavky kladené na řízení v různých aplikacích pouze povelovým souborem. Tyto požadavky často zasahují do oblasti programovatelných automatů - větvení povelového souboru podle stavu vstupů, čekání na zvolený stav vstupů, nastavování výstupů, opakování povelů ve smyčce, čekací doby. Proto je k dispozici i malý programovatelný automat, který je ovládán povelovým souborem a výše uvedené i další funkce realizuje. Realizace požadavků aplikace povelovým souborem je oproti hardwarovému řešení jednodušší, rychlejší a umožňuje snadné přizpůsobení v případě změny požadavků, což se v průběhu vývoje zařízení někdy stává.

Povelů jsou snadno zapamatovatelné, znak všech základních povelů je prvé písmeno anglického názvu povelu. Např. povel pro zadání rychlosti "Velocity" 500 kroků za vteřinu: V500. Uživatel se nemusí zabývat programováním, ale pouze jednoduchým zápisem povelů, které potřebuje, aby byly vykonány. Řízení s kontrolerem M1486 (např. jednotky typu CD) je proto vhodné i pro uživatele bez programátorských zkušeností.

Samostatný chod

Kontroler typu M1486E může být připojen k počítači či jinému nadřazenému systému vybavenému sériovým rozhraním pouze jednou za účelem nahrání povelového souboru. Pak může být trvale odpojen a pracovat v aplikaci zcela samostatně, řízení stavů uživatelských vstupů. Vnitřní paměť pro povelů EEPROM umožňuje uchovat povelů i po vypnutí napájení, bez potřeby zálohování. V případě nutnosti změny povelového souboru je možné kontroler znovu připojit k počítači a nahrát změněný povelový soubor.

Minimalizace dynamického zatížení motoru

Přesné a plynulé řízení rychlosti i v oblasti vysokých rychlostí využívá maximálně moment motoru a umožňuje tak použití menšího motoru a kompaktnějšího výkonového zesilovače. Z toho vyplývá nižší cena motoru a výkonového zesilovače či zvýšená momentová rezerva krokového pohonu v otevřené smyčce.

I když trojúhelníkový průběh rychlosti v závislosti na čase (konstantní zrychlení) je u dostupných řídicích jednotek pro krokové motory nejrozšířenější, tento průběh je velmi nevýhodný pro pásmo rychlostí, kde moment motoru klesá. Povel "Profile" umožňuje uživateli zadat zlom, ve kterém se lineární charakteristika mění na parabolickou při rozběhu a zpět při brzdění.

Mikrokrokování

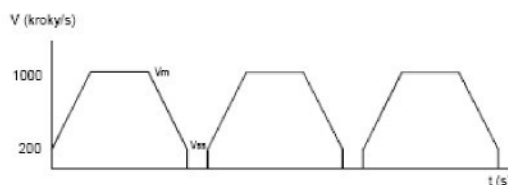
Kontroler umožňuje dělení kroku - mikrokrokování, které výrazně omezuje oscilace jednotlivých kroků a rezonance při nízkých rychlostech.

Počet mikrokroků na celokrok může být naprogramován od 1 do 64, zvláště pro oblast nízkých a zvláště pro oblast vysokých rychlostí, za účelem dosažení jak maximální rychlosti, tak i vysokého rozlišení při nízkých rychlostech.

Výstupem obvodu jsou digitální hodnoty proudu pro obě fáze krokového motoru. Standardní výstup Pulsy a Směr je také k dispozici.

Příklad uživatelského povelového souboru

S200..... "Start/stop" počáteční rychlost 200 kroků/s
V1000..... "Velocity" rychlost 1 000 kroků/s
A5000..... "Acceleration" zrychlení 5 000 kroků/s²
F39616..... "Forward" dráha dopředu 39 616 mikrokroků
L3..... "Loop" následující povelů až po povel "End of loop" budou provedeny třikrát
R..... "Run" vykonaj pohyb se zadanými parametry
W250..... "Wait" čekej 250 milisekund
E..... "End of loop" konec smyčky



Kontroler M1486



Numerická jednotka

Pro složitější aplikace je možné využít numerickou jednotku, která je součástí kontroleru M1486. Numerická jednotka je ovládána pomocí devíti povelů. Tyto povelů využívají interní proměnnou. Je možné zadat hodnotu interní proměnné buďto přímo povelom "Load" nebo pomocí univerzálních vstupů povelom "Query". Hodnotu interní proměnné je možné upravovat numerickými operacemi (součet, rozdíl, násobení, dělení). Je možné provést přesun z interní proměnné do registru a naopak. Hodnotu interní proměnné je možné použít jako parametr libovolného povelu. Pokud je zadána např. rychlost povelom "V" bez parametru, je jako parametr použita hodnota interní proměnné. Numerická jednotka tedy umožňuje zadání parametrů jednotlivých povelů (například rychlosti, dráhy, skoku na návěští apod.) i při samostatném chodu pomocí univerzálních vstupů (formát binární nebo BCD) bez sériové linky. Většinu aplikací je možné vyřešit pouze několika povelom. Nabídka povelů je však široká, aby v případě potřeby bylo možné snadné řešení povelovým souborem a nebylo nutné používat hardwarové či externí řešení.



ZÁKLADNÍ ŘADA OBVODŮ M1486

Kontrolery s pamětí povelového souboru RAM jsou vhodné pro aplikace on-line, kdy řídicí jednotka s tímto kontrolerem je připojena trvale k nadřazenému systému, který průběžně vysílá povelom po sériové lince a je potřebná rychlá komunikace, nikoliv zálohování.

M1486A

- vstupní paměť 96 bitů paměť pro povelom RAM 864 bitů, rychlost do 20 000 kroků/s (M1486A2x do 40 000 kroků/s)

M1486B

- plně kompatibilní s M1486A, 48 návěstí, vstupní paměť 256 bitů, paměť pro povelom RAM 2 032 bitů

M1486B-NV

- kontroler s funkcí "změna rychlosti za běhu motoru", plně kompatibilní s M1486B

Kontrolery s pamětí povelového souboru EEPROM

Jsou vhodné pro aplikace off-line, řídicí jednotka s tímto kontrolerem může být připojena k nadřazenému systému pouze jednou za účelem nahrání povelového souboru. Pak může být trvale odpojena a pracovat v aplikaci zcela samostatně, řízena stavy uživatelských vstupů.

M1486E1 - standardně používaná verze kontroleru

- kompatibilní s M1486A, 80 návěstí, vstupní paměť 256 bitů, paměť pro povelom EEPROM 2 000 bitů - povelom jsou uchovány v paměti i po vypnutí napájení, bez potřeby zálohování
- kontroler M1486E1 od verze 58 obsahuje ochranu zapsaných povelů do paměti před vlivem rušení

M1486E1-L4

- OTP verze obvodu M1486E1, povelový soubor v hranatých závorkách je možné nahrát pouze jednou
- maximální ochrana proti rušení

M1486E4

- kompatibilní s M1486E1, 120 návěstí, vstupní paměť 256 bitů, paměť pro povelom EEPROM 8 000 bitů - povelom jsou uchovány v paměti i po vypnutí napájení, bez potřeby zálohování

PŘEHLED POVELŮ KONTROLERU M1486

POVEL	POPIS
~	"Reset" uvedení kontroleru do výchozího stavu
@ (Num)	"Address" zadání čísla návěští se přiřadí této programové řádce
A (Num)	"Acceleration" zrychlení, rozsah = 1 až 65 000 kroků/s²
B (Num)	"Backward" zpět, zadání dráhy v negativním směru, rozsah = 1 až 16 000 000
C (Num 1 to 21)	"Clear" nastav zadání výstup do hodnoty logická nula, rozsah 1 až 21
C (Num 40 to 63)	"Clear" potlačení zadání přídavné funkce
C75	"Clear Kill" obnovení vykonávání programu
D	"Direction" směr, změna směru příštího pohybu
E	"End of loop" konec smyčky
F (Num)	"Forward" dopředu, zadání dráhy v pozitivním směru, rozsah = 1 až 16 000 000
G (Num)	"Go absolute" dráha zadána absolutní polohou
G+	"Go positive" trvalý pohyb v pozitivním směru až do externího přerušení
G-	"Go negative" trvalý pohyb v negativním směru až do externího přerušení
H	"Home" vykonaj pohyb do výchozí polohy
I (Num)(Value)(Num)	"If" jestliže na zadaném vstupu je zadaná hodnota skoč na zadané návěští ("H" High - logická jedna, "L" Low - logická nula)
J (Num)	"Jump" skok na zadané návěští
K	"Kill" okamžitý přechod do brzděného režimu, přerušení vykonávání programu
L (Num)	"Loop" smyčka, opakování provádění následujících instrukcí
M (Num)	"Microstepping" počet mikrokroků na celokrok v dolním pásmu rychlosti (až do 64)
N (Num)	"Number" výběr tvaru průběhu proudu při mikrokrokování
O (Num)	"One" čekej dokud zadaný vstup nebude mít hodnotu logická jedna
P (Num)	"Profile" rychlost, při které se lineární rozběhová charakteristika mění na parabolickou
Q (Num)	"Qualification" počet mikrokroků na celokrok v horním pásmu rychlosti (1, 2, 4)
R	"Run" vykonaj pohyb s aktuálními hodnotami parametrů
S (Num)	"Start/stop" rychlost start/stop; rozsah = 16 až 1950 kroků/s
T (Num 1 to 21)	"Turn on" nastav zadání výstup do hodnoty logická jedna, rozsah 1 až 21
T (Num 40 to 63)	"Turn on" zapnutí zadané přídavné funkce
U (Num)	"Upload" vyšli hodnotu čítače absolutní polohy či hodnotu interní proměnné
V (Num)	"Velocity" maximální rychlost
W (Num)	"Wait" čekej zadaný počet milisekund; rozsah = 1 až 16 000 000
X (Num)	"Index" volba kontroleru
Z (Num)	"Zero" čekej dokud zadaný vstup nebude mít hodnotu logická nula
[	"Disable" odklad provedení následujících povelů
]	"Enable" provedení předchozích povelů
(Num)	"Seek negative" jdi na limit v negativním směru
) (Num)	"Seek positive" jdi na limit v pozitivním směru
= (Num)	"Equal" přiřazení zadané hodnoty čítači absolutní polohy
: (Num)	"Load" ulož zadanou hodnotu do interní proměnné
? (Num)	"Query" načti data na specifikovaných vstupech a ulož do interní proměnné
! (Num)	"Order" zapiš hodnotu interní proměnné na specifikované výstupy
+ (Num)	"Add" přičti zadanou hodnotu k interní proměnné
- (Num)	"Subtract" odečti zadanou hodnotu od interní proměnné
/ (Num)	"Divide" dělení interní proměnné zadanou hodnotou
* (Num)	"Multiply" násobení interní proměnné zadanou hodnotou
> (Num)	"Move to register" přesun dat z interní proměnné do zadaného registru
< (Num)	"Move from register" přesun dat ze zadaného registru do interní proměnné
' (Num)	"Subroutine" podprogram
. (Num)	"End of subroutine" konec podprogramu

Všechny dodávané typy jsou ve verzi 2x s možností použití 24 MHz krystalu. Veškerá činnost kontroleru je tak zrychlena na dvojnásob. Pro spolehlivý zápis do EEPROM bez ohledu na verzi kontroleru s pamětí EEPROM je však vhodné použít 12 MHz krystal. Podrobný uživatelský manuál je součástí dodávky kontroleru M1486.

Generování náhodných čísel a přechod na definovanou rychlost vb

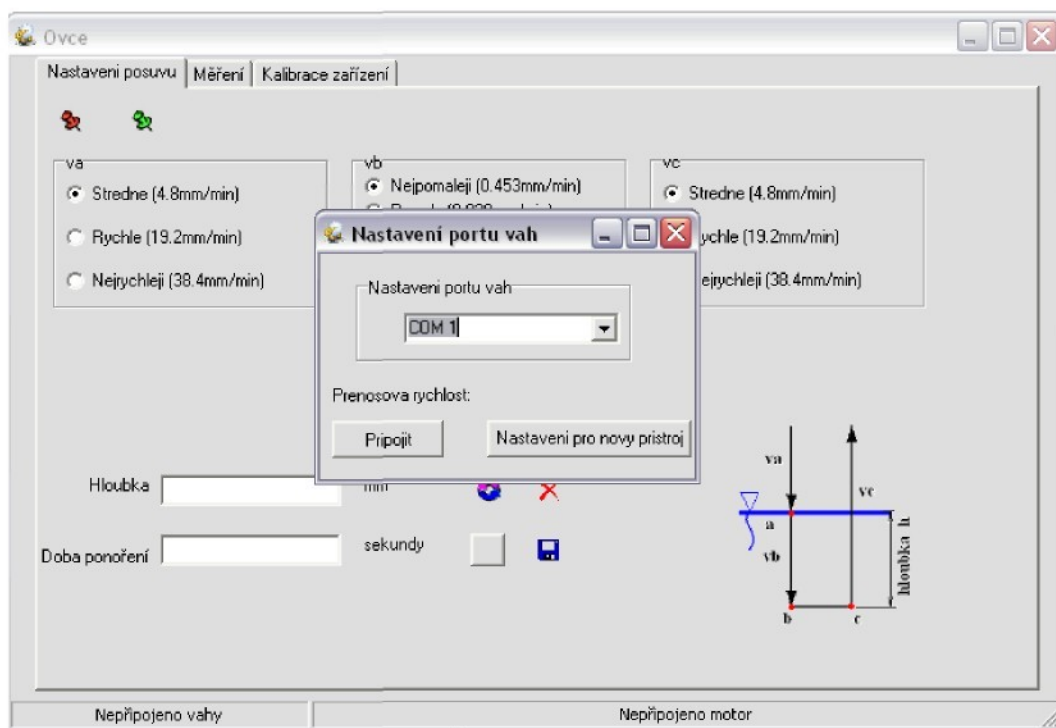
Příklad části zdrojového kódu, ve které dochází ke generování náhodných čísel a jejich vyhodnocování.

```
randomize;
cislo:=Random(1000);
if (2<=cislo)and(cislo<=3) then
begin
cekat:='w'+IntToStr(warten);
Timer2.Enabled:=true;
for i:=1 to hloubka do
  begin
    rychlost:=rychlost+ y2;
  end;
t:='k'+ #13+'\''+#13 + x2+ '['+#13+ rychlost+ cekat+ #13+ '']'+#13;
VaComm1.WriteText(t);
beep;
Timer1.Enabled:=false;
ShowMessage('Prechod na rychlost posuvu vb');
end
else
Timer1.Enabled:=true;
end;
```

Připojení sériového portu

Ošetření na straně hlavního programu:

```
procedure TForm1.HandleException(Sender: TObject; E: Exception);  
begin  
    if E is EVaCommError then  
        with E as EVaCommError do  
            ShowMessage('Nastavte jiné připojení');  
end;
```

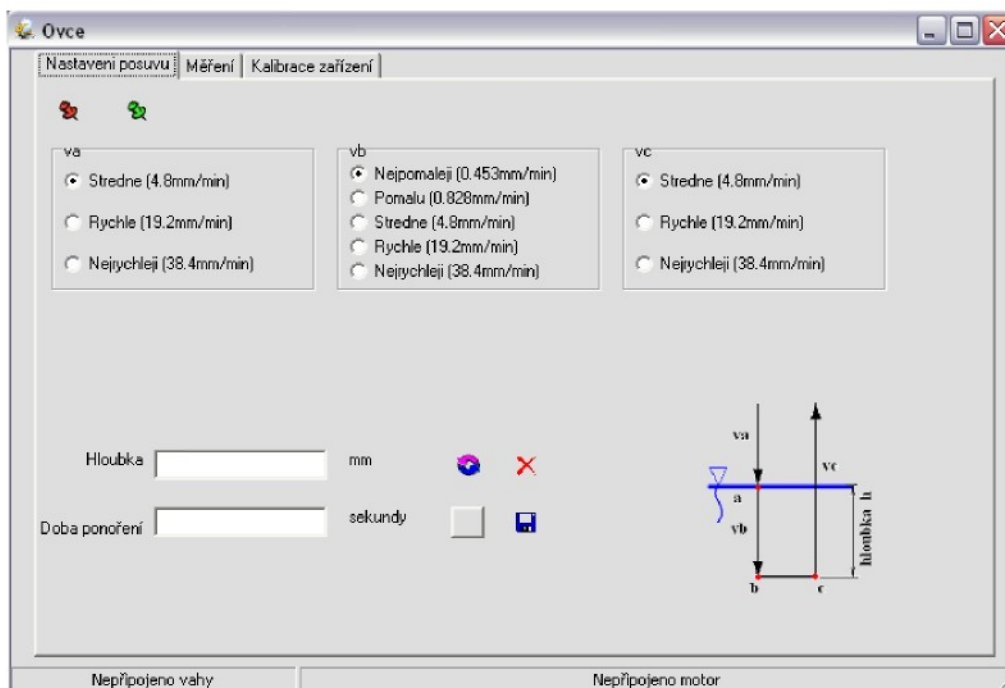


Průběh vlastního připojení na straně vedlejší větve např. Unit2:

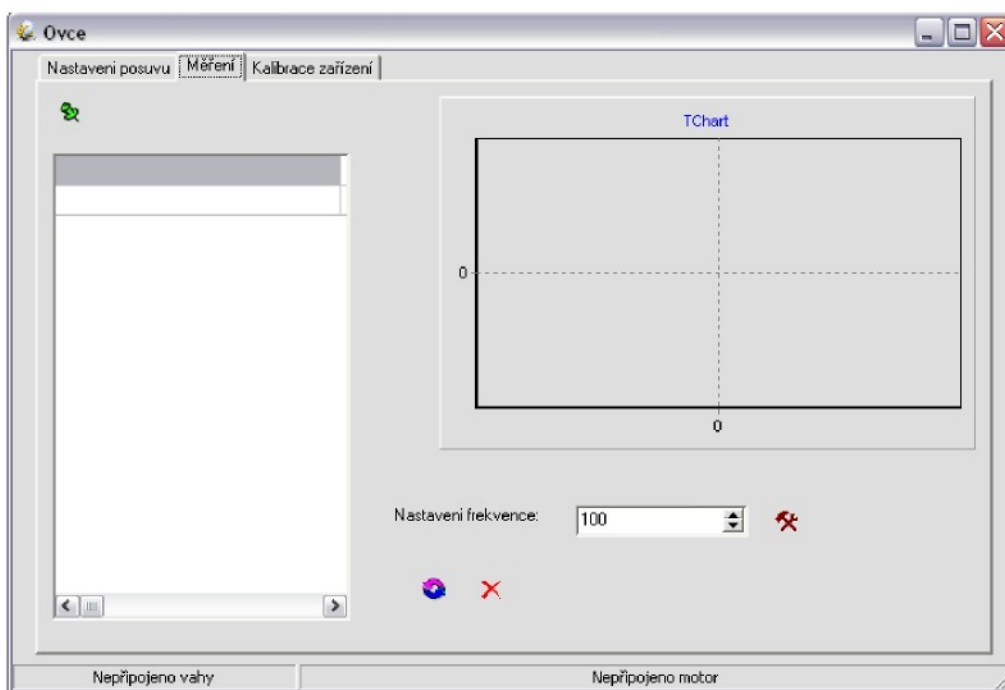
```
procedure TForm2.Button1Click(Sender: TObject);  
begin  
    Form1.VaComm1.Close;  
    Form1.VaComm1.PortNum:=ComboBox1.ItemIndex+1;  
    Form1.VaComm1.Open;  
  
    Form1.StatusBar1.Panels.Items[1].Text:='Připojeno motor';  
    Beep;  
    close;  
end;
```

Program s kartami pro nastavení

Karta nastavení posuvu:



Karta měření:



Převod dat

Funkce *chartoint* a *prevod4* převádí přečtený řetězec na číselnou hodnotu reprezentovanou *longint*.

```
function chartoint(znak:char):integer;
begin
  case znak of
    '1':chartoint:=1;
    '2':chartoint:=2;
    '3':chartoint:=3;
    '4':chartoint:=4;
    '5':chartoint:=5;
    '6':chartoint:=6;
    '7':chartoint:=7;
    '8':chartoint:=8;
    '9':chartoint:=9;
    '0':chartoint:=0;
    '+':chartoint:=1;
    '-':chartoint:=1;
    ' ':chartoint:=0;
  end;
end;

function prevod4(vstup:string):longint;
var i,delka,pom,vysledek,rad, nasobek,tecka:longint;
    jznak:char;

begin
  vysledek:=0;
  rad:=0;
  tecka:=0;
  delka:=length(vstup);
  for i:=1 to delka do
    begin

      jznak:=vstup[i];
      if tecka=0 then
        begin
          case jznak of
            '1':vysledek:=vysledek*10+1;
            '2':vysledek:=vysledek*10+2;
            '3':vysledek:=vysledek*10+3;
            '4':vysledek:=vysledek*10+4;
            '5':vysledek:=vysledek*10+5;
            '6':vysledek:=vysledek*10+6;
            '7':vysledek:=vysledek*10+7;
            '8':vysledek:=vysledek*10+8;
            '9':vysledek:=vysledek*10+9;
            '0':vysledek:=vysledek*10;
            'g':break;
            ' ':tecka:=1;
            ' ':vysledek:=vysledek;
          end;
        end
      else
        begin
```

```

case tecka of
  1:
    begin
      vysledek:=vysledek*10000;;
      vysledek:=vysledek+1000*chartoint(jznak);
    end;
    2:vysledek:=vysledek+100*chartoint(jznak);
    3:vysledek:=vysledek+10*chartoint(jznak);
    4:vysledek:=vysledek+1*chartoint(jznak);

    end;

    tecka:=tecka+1;

    end;
end;

  preved4:=vysledek;
end;

```

Pozn.: Počáteční znaménko je touto metodou ignorováno.

Krokový motor SX23-1012 (D) – zapojení vinutí

MICROCON, s.r.o.

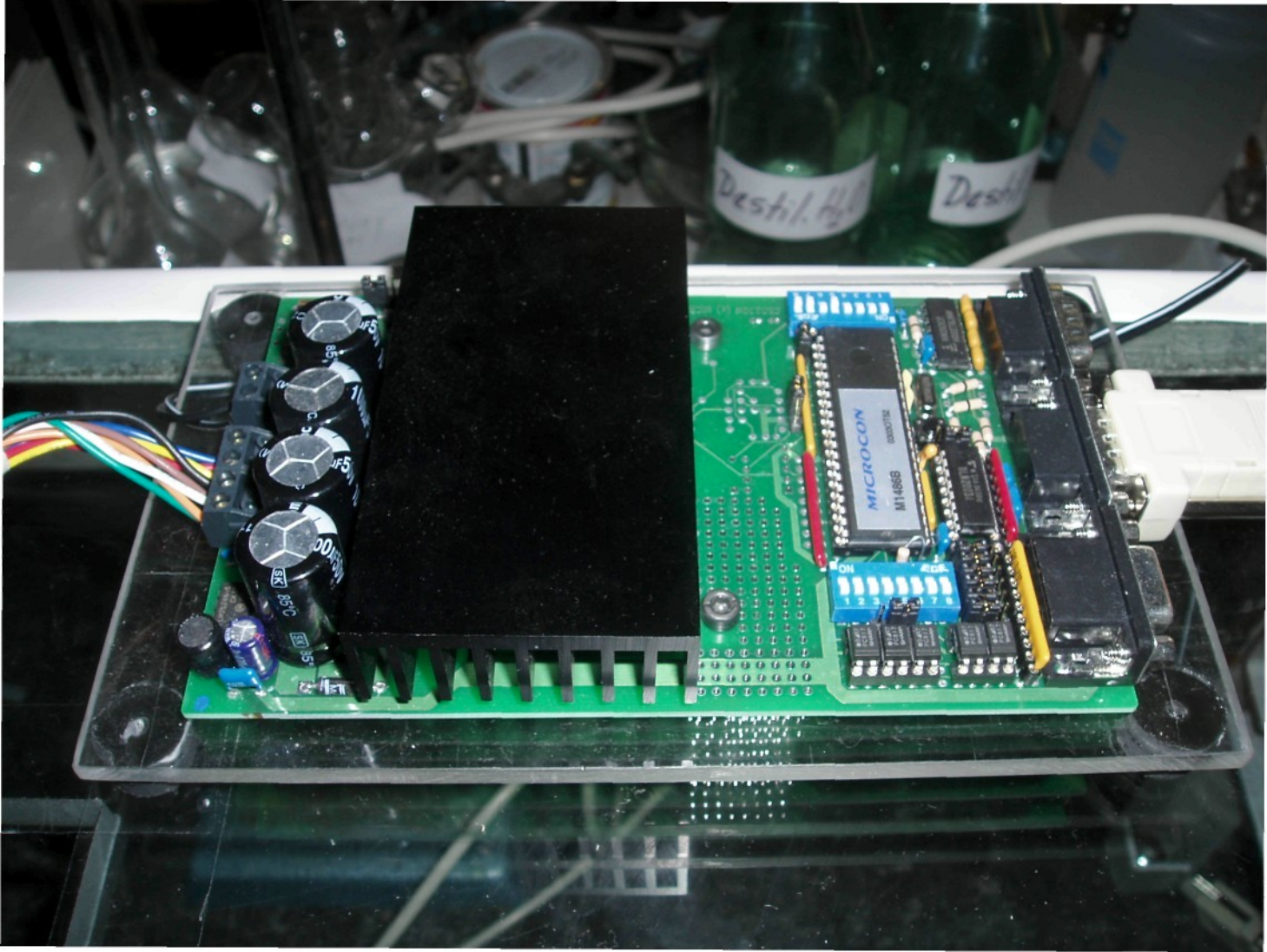
Areál VÚ Běchovice 547 190 11 Praha 9 ČR ☎ (420) 222729318, Fax (420) 222729305

KROKOVÝ MOTOR SX23-1012 (D)

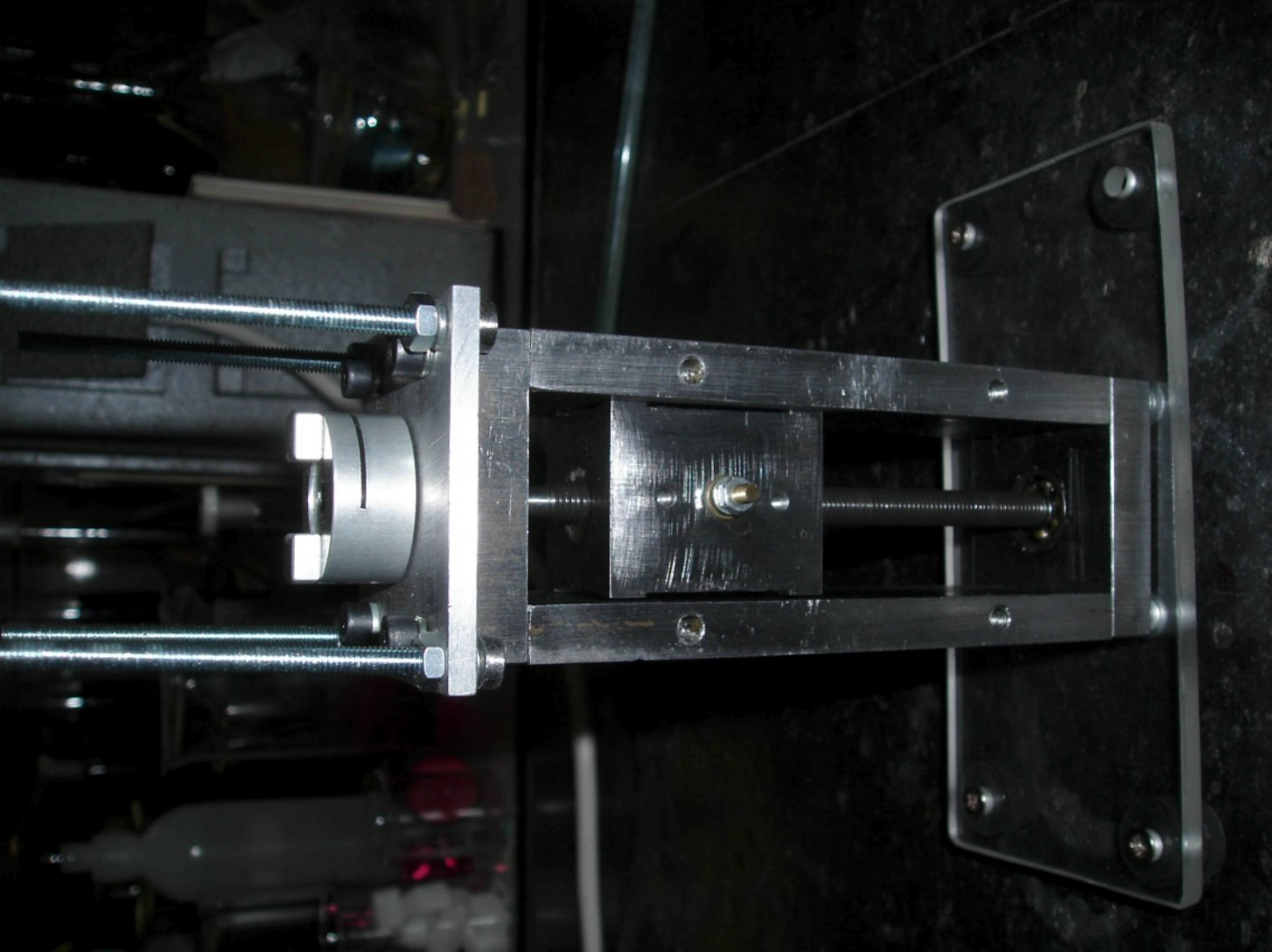
ZAPOJENÍ VINUTÍ

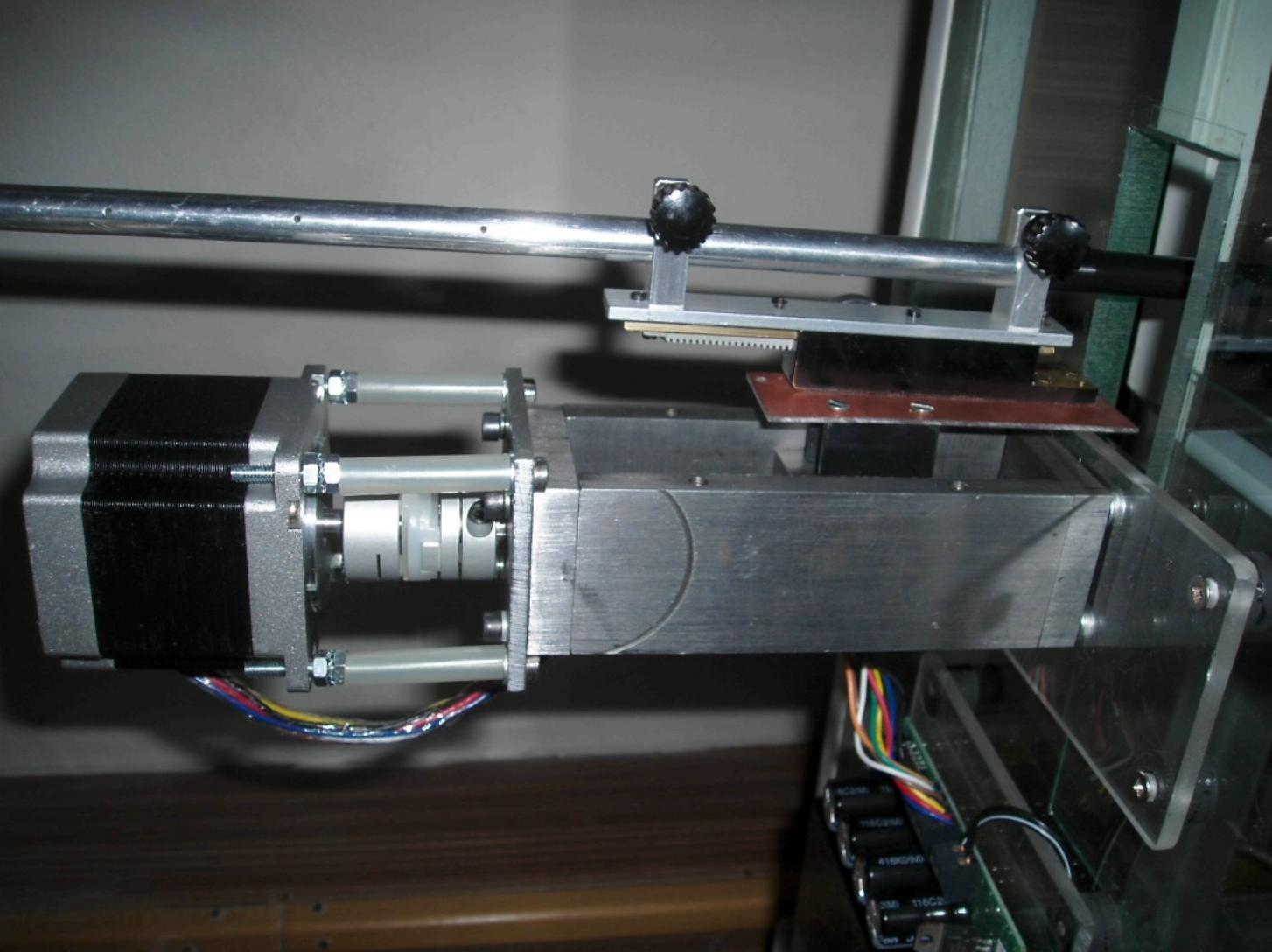
zapojení vinutí bipolární	sériové	paralelní
spojeno (nepřipojovat k výkonovému zesilovači)	žlutý s modrým	
spojeno (nepřipojovat k výkonovému zesilovači)	hnědý s oranžovým	
A (1. fáze)	červený	červený + modrý
$\bar{A}$ (1. fáze)	černý	žlutý + černý
B (2. fáze)	bílý	bílý + hnědý
$\bar{B}$ (2. fáze)	zelený	oranžový + zelený

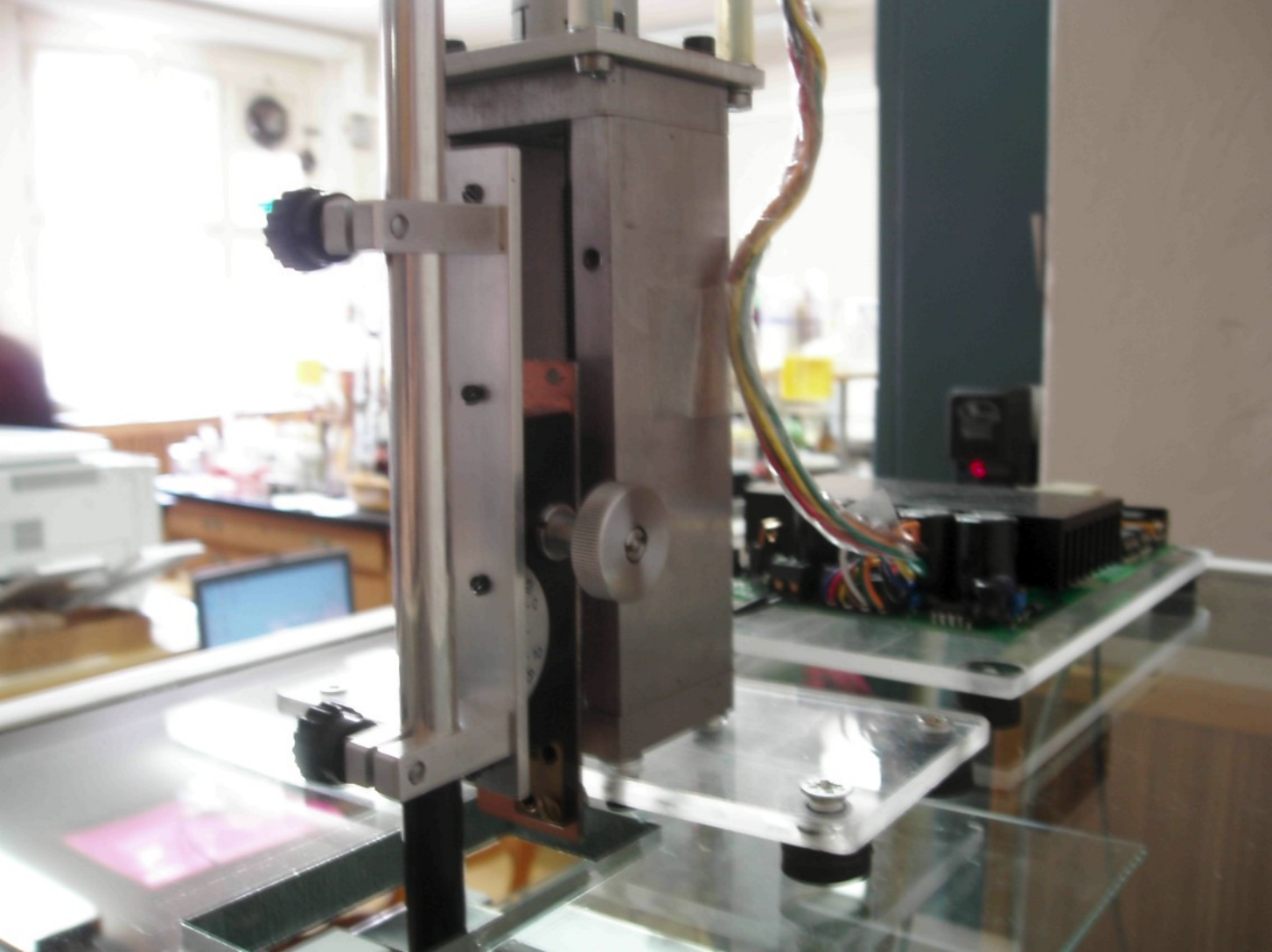
zapojení vinutí unipolární	proud 1,4 A, statický moment při dvoufázovém unipolárním napájení 0,85 Nm
+V	žlutý s modrým, oranžovým a hnědým
A	červený
B	černý
C	bílý
D	zelený











Jednotky typu CD jsou součástí vyráběné a určené pro zařazení do strojů a přístrojů profesionálního výroby.

Jednotky obsahují výkonné polovodičové součástky, které jsou spínány při vysokých kmitočtech za účelem dosažení malého ztrátového spínaného proudu.

Rychle se měnící napětí a proudy generují elektromagnetické emise. Je nezbytné zajistit odpovídající opatření ve stadiu návrhu i při instalaci.

Doporučujeme zejména použít efektivního filtru pro potlačení rušení na napájecích přívodech a dále oddělení unitistickým v kovovém krytu. Doporučujeme co nejkratší dráhu napájecích přívodů spojujících jednotku a napájecí zdroj - do 1m. Při zapojení více jednotek je vhodné zapojení napájení do hvězdy (ze společného bodu), nikoli do série.

Doporučení pro instalaci

jednotek typu CD obsahujících programovatelné řízení i výkonnou část pro napájení krokového motoru

desky CD20M, CD30M, CD40M, CD30x, CD40x
moduly CD34M, CD6410M, CDZMPMini
deska G1 (pouze řídicí část)

Před instalací jednotky doporučujeme přečtení technického popisu jednotky a dokumentace v tomto popisu uvedené - zejména manuálu kontroleru M1460. V rámci výstupní kontroly jsou do jednotek nahrazeny povely k provedení 5-1 odčtek. Jednotky s obvodem M1460Z1 a tyto povely označují, motor se tedy po připojení napájecího napětí k jednotce v okamžik roztočí a tím indikuje, že byl zapojen dle specifikace. K vymazání povely je možné použít softwarový nebo hardwarový reset.

A) Obecná zásady

Pro zvýšení oddělnosti proti rušení je vhodné po nabití povoleného souboru u jednotky CD20M rozpojit sériové spojení přes RS232. Pokud to není možné, je zapotřebí použít jednotku s galvanickým oddělením sériové linky nebo endemí galvanické oddělení sériové linky, tak aby neovládla zemní smyčka. Zvýšení je důležitá část obecné zásady návrhu elektronických zařízení, zejména nevynutění zemních smyček, co nejkratší délka spojů, galvanické oddělení signálů optočlany a příjmací střípně. Při vypnutí napájení není možné odčíst připojeným krokovým motorem (nežt. manuálním posuvem), neboť může dojít ke generování napětí na napájecích přívodech mlno povolený rozsah napájecího napětí.

Před zařazením oddělování vývodů od desky je třeba vypnout napájecí desku, aby proud vlnití (rozdělí) i bez motor strojů klesl na nulu. Tedy tak je možné motor odpojit, neboť let uzavřeme umístění desky v dřevěnou zaběhací průduku v obvodu a větší odolností robustu motoru.

B) Nahrazení povoleného souboru do kontrolova řady M1489E

Celková doba vydání jednotky povolí pro kontrolu řady M1489E (M1489E1, M1489E2 a M1489E4) je 0,5 vteřiny vzhledem k pomalému zápisu do EEPROM.

Pokud zákazník nesvázal vlastní software, je potřeba použít pouze program Immocon PC Utilities verze 2.0 pro DOS z června 1998 a novější nebo Immocon PC Utilities verze 1.3 pro Windows z dubna 2004 a novější. Nahrání povoleného souboru tak není zbytečné dlouho na starých typech počítačů a zároveň je zajištěno spolehlivé nahrání povoleného souboru na počítačích s rychlými procesory. Starší verze programu mají časovou prodávku zvláštní na rychlost počítače. Před použitím programu Immocon ve verzi pro DOS je nutné nastavení počítače přímo v DOSu, emulace DOSu pod Windows nezajistí spolehlivé bootování a funkční plnění po seřazení lince.

Zákazníci, kteří mají k dispozici pouze starší verzi programu Immocon, na vyžádání obdrží bezplatně aktualizaci verzi novou.

C) Doporučený postup při navazování senzorového spojení s kontrolerem M1489E1, M1489E2 nebo M1489E4, pokud by došlo k problému se spojením (standardně je na jednotlivých typu CD označen kontroler M1489E1)

- 1) Pokud je nainstalován počítač s jednotkou senzorovým kabelem a předřazenými vodiči signálů TDX a RDX (standardně součástí dodávky programu Immocon PC Utilities)
- 2) Nastavte na jednotce přenosovou rychlost 4800 Bd - počítač při nastavení z výroby
- 3) Nastavte na jednotce adresu 0 násladujícím způsobem dle typu jednotky:

CD30x, CD40x
sepnutím epinečů SJPA 1 až 4 do polohy ON

CD20M, CD30M, CD40M
sepnutím epinečů DIP8 1 až 4 do polohy ON

CD34M
obnovením přepínače ADDRESS do polohy 0

CD410M, C1, CDZMPM1H
sepnutím epinečů DIP4 1 až 4 do polohy ON

4) Zapnout počítač a až po nablhnutí počítače zapnout napájecí zdroj jednotky

5) Spojnou resetovací tlačítko na jednotce

6) V programu Immocon v nabídce Configuration zvolit Serial
Nastavit COM1 nebo COM2 podle použitého portu počítače, ponechat přednastavenou rychlost přenosu 4800 a otklepnout OK - zobrazí se modré okénko "Successful connection"

7) Zkontrolujte na jednotce na jímce na 0, aby po vypnutí a opětovném zapnutí nedošlo k vymazání uživatelského povoleného souboru

D) Senzorový kabel

Na jednotlivých typu CD jsou použity standardní RS232C konektory, pro spojení s nainstalovaným počítačem se tedy používá kabel s třídílnými vývody 2 a 3. Obsa vývody 4 (GND) jsou v kabelu zapojeny přímo.

Na jednotlivých je propojen vývod 4 a vývodem 6 a vývod 7 a vývodem 8.

Senzorový kabel je součástí dodávky programu Immocon PC Utilities a je také možné jej objednat samostatně.

Shodný kabel se používá i pro spojení s příslušným dalším kontrolerem M1489E přes RS232C.

E) Nastavení amplitudy proudu

Doporučujeme nastavit amplitudu proudu jednotky na hodnotu jmenovitého proudu motoru - 1,4, případně na nejbližší nižší hodnotu, kterou je možné na jednotce nastavit. Elektrická hodnota proudu koncového stupně pak odpovídá jmenovité hodnotě proudu motoru.

Příměr:

Při použití senzorové zapojení motoru SX23-2520 a jmenovitého hodnotou proudu při senzorovém zapojení 2,5 A je doporučené nastavení amplitudy proudu 3,3 A.

Upozornění: Při připojení motoru k jednotce vždy ověřte, zda je nastavena odpovídající hodnota proudu, zejména zda není přetřebená maximální hodnota. Vzhledem ke zdroji konstantního proudu ve výkonové části může dojít k narušení teploty při určitých podmínkách napájení. Pokud by se teplota vinutí motoru blížila k hodnotě specifikované výrobem (většinou 130° C), je nutné odpovídající snížení amplitudy proudu nebo odložení ventilátoru.

F) Volba napájecího napětí

Je třeba zajistit, aby napájecí napětí nemělo příliš nízké ani ve špičce maximálního povolené napájecí napětí jednotky.

Jednotky typu CD nepotřebují stabilizovaný napájecí zdroj a ve většině aplikací se používají napájecí zdroje nestabilizované.

Při volbě napětí nestabilizovaného napájecího zdroje je třeba zohlednit nejen zvyšování napájecího napětí při brzdění motoru ale i povolenou toleranci střevního napětí.

Doporučené maximální jmenovité střevní sekundární napětí pro běžné aplikace při použití sítě s tolerancí výstupu 10% je:

maximální stejnosměrné napájecí napětí jednotky : 1,5 (-1,5 pro CD410M)

MICROCON®

Doska pro řízení krokových motorů

CD20M

[illegible]

veřej. při volbě ze dvou stran je započítán jeden vstup v kg 0 - A0090, ostatní postupují v kg 1.
Nejde o oděvy 10 (F) jako tedy k. doplnění vzhledu 810-021, na oděva a oděva 10 (B) jsou k doplnění
vzhledu 810-021.

Jumpy J1 - M6

[illegible]

Naše redakce je v kontaktu s redakcemi všech zemských a místních tisků. Pokud chcete, aby vaše sdělení vyšlo v tomto časopise, obraťte se na redakci. Všechny příspěvky přijímáme s tím, že jejich uveřejnění není podmínkou. Přijímáme i příspěvky z jiných jazyků, které budou přeloženy. Přijímáme i příspěvky z jiných zemí, které budou přeloženy. Přijímáme i příspěvky z jiných zemí, které budou přeloženy.

Parametry funkcio skaidro

- včr uživateľ musí mať aspoň 18 rokov
• včr musí byť v súlade s miestnymi predpismi
• včr musí byť v súlade s miestnymi predpismi
• včr musí byť v súlade s miestnymi predpismi

Pravilno konceptno razumevanje

- ```

max. nspd.....38 VDC
max. ampload prodn.....A
with load.....2 mH
skidsteer legals

```

Nejvyšší dovedená rychlost činí 130 km/h. V závislosti na způsobu řazení a podmínkách nasazení může být poměr přístroje k tělesu až 1:10.

**Highly potent motor**

[illegible]

These findings indicate that the use of a single, standard, non-validated questionnaire to assess the prevalence of mental health problems in the community is likely to be unreliable. The use of a validated questionnaire, such as the GHQ-12, is recommended for future research.

## References

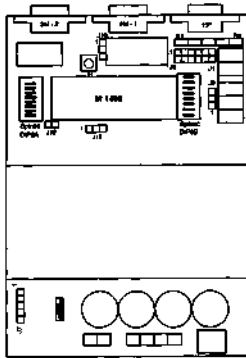
Strojovládami naplňujú kapky 12 až 35 V.  
Hlavnými celkovými výhodami sú: 5 V. gooda schválnosť plodiny je 100 mA.  
Napätí nemajú byť stabilizované, na drôty je potrebná kapacita 40.

**Param.** MCO 01-1B7 a vstup lineárního napětí na +5 V přes stabilizovaný resistor o hodnotě 100Ω.

Das Zentrum koordiniert und fördert die Aktivitäten der nationalen Netzwerke, organisiert die

Podobně to není rozumné, je samozřejmě možné, aby existovaly rozdíly mezi jednotlivými zeměmi, ale tyto rozdíly by neměly být způsobeny například rozdíly v úrovni rozvoje země. Pokud bychom chtěli, aby existovaly rozdíly, musíme je vytvořit, například tím, že budeme měnit pravidla, která se vztahují k tomu, jak se mění měna. Pokud bychom chtěli, aby existovaly rozdíly, musíme je vytvořit, například tím, že budeme měnit pravidla, která se vztahují k tomu, jak se mění měna.

**2023-2024**



Najdesce Cytosol u kombinaciji 160000000 mm jednovlačný kompozitný prepojený ľahkovážny materiál. Otvára obziahľu jeh. Hlavný zásl. realizovanou kombináciou M1495E, tak i výkonný základný: s celkovým regulovaním a možnosťou inštalácie. Ke kombinovanú podporu je šiesta tvorivá klasifikácia Cytosol uť povrch ľahkovážny materiál.

© 2002 Blackwell Science Ltd, *Journal of Clinical Pharmacy and Therapeutics*, 27, 111-116

[illegible]

Na otázku je také v dispozici univerzálního protokolu, který byl vypracován na základě doporučení vypracovaných pro danou aplikaci přímo ze strany. Česká zemědělská univerzita v Brně vypracovala protokoly pro danou aplikaci a poskytl je ministerstvu zemědělství. Ministerstvo zemědělství je pověřeno poskytnout protokoly pro danou aplikaci a poskytl je ministerstvu zemědělství. Ministerstvo zemědělství je pověřeno poskytnout protokoly pro danou aplikaci a poskytl je ministerstvu zemědělství.







