

Výukový modul pro předmět mikropočítače : řízení a měření otáček stejnosměrného motoru

Educational module for microcontrollers course: DC motor control
and RPM measurement

Petr Korčák

Bakalářská práce
2007



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta aplikované informatiky

Ústav aplikované informatiky

akademický rok: 2006/2007

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Petr KORČÁK**

Studijní program: **B 3902 Inženýrská informatika**

Studijní obor: **Informační technologie**

Téma práce: **Výukový modul pro předmět mikropočítače: řízení
a měření otáček stejnosměrného motoru**

Zásady pro vypracování:

- Seznamte se s vývojovým kitem M68EVB908GB60, který se používá pro výuku programování mikropočítačů na naší fakultě.
- Navrhněte strukturu a zapojení modulu, který bude ilustrovat řízení a měření otáček stejnosměrného motoru a bude připojitelný na uvedený vývojový kit.
- Realizujte funkční prototyp navrženého modulu a ověřte jeho funkci na vývojovém kitu.
- Vytvořte podpůrné programové vybavení pro obsluhu modulu v jazyce symbolických adres.

Rozsah práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. MC9S08GB/GT Data Sheet, Rev.2.3. Freescale Semiconductor, 2004
2. HCS08 Family Reference Manual, Rev.1. Freescale Semiconductor, 2003
3. CPU08 Central Processor Unit Reference manual. Motorola, 2001
4. VAŠEK V., VAŠEK L.: Programování mikropočítačů. FT VUT v Brně, Zlín 1989
5. VÁŇA V.: Začínáme s mikrokontroléry Motorola HC08 Nitron. BEN -- technická literatura, Praha 2003
6. LADMAN J.: Elektronické konstrukce pro začátečníky. BEN - technická literatura 2002.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Jan Dolinay

Ústav automatizace a řídicí techniky

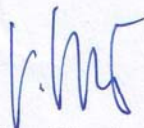
Datum zadání bakalářské práce:

13. února 2007

Termín odevzdání bakalářské práce:

24. května 2007

Ve Zlíně dne 13. února 2007



prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.

děkan



doc. Ing. Ivan Zelinka, Ph.D.

ředitel ústavu

ABSTRAKT

Cílem práce bylo vytvořit modul pro připojení k vývojovému kitu M68EVB908GB60, který bude sloužit při výuce programování mikropočítače HCS08. Modul umožňuje řízení otáček stejnosměrného elektromotoru a současně snímání otáček pomocí mikropočítače.

Teoretická část seznamuje se čtyřmi tématy pro vyřešení práce, jako jsou základní pojmy, mikropočítač, programování a řízení stejnosměrného elektromotoru. Praktická část popisuje realizaci zapojení modulu a softwarového vybavení pro komunikaci mezi hardwarem a uživatelským programem.

Klíčová slova: mikropočítač, mikroprocesor, vývojový kit, assembler

ABSTRACT

The aim of this work is to create a module for connecting development kit M68EVB908GB60, which shall be used in education of programming microcontrollers HCS08. Module will make it possible to control speed of a DC motor and at the same time measuring the rotation speed with the microcontroller.

The theoretic part explains four topics for a solution of this work, as are some basic concepts, a microcomputer, the programming and a drive equable electric motor. Practical part describes the realization wiring modulus and a software equipment for communication between hardware and user's programme.

Keywords: microcontroller, microprocessor, development kit, assembler

Děkuji vedoucímu diplomové práce ing. Janu Dolinayovi za obětavou pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady v průběhu řešení diplomové práce. Dále bych rád poděkoval ing. Petru Dostálkovi za odborné připomínky k řešenému tématu.

Prohlašuji, že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků, je-li to uvolněno na základě licenční smlouvy, budu uveden jako spoluautor.

Ve Zlíně

.....
Podpis diplomanta

OBSAH

ÚVOD	7
I TEORETICKÁ ČÁST	8
1 ZÁKLADNÍ POJMY	9
2 MIKROPOČÍTAČE	11
2.1 VON NEUMANNOVA ARCHITEKTURA.....	11
2.1.1 Princip činnosti počítače podle von Neumannova schématu.....	12
2.1.2 Základní odlišnosti dnešní počítačů od von Neumannova schématu.....	12
2.2 PŘEHLED POUŽITÍ MIKROPOČÍTAČŮ	13
2.3 VÝVOJOVÝ KIT FREESCALE M68EVB908GB60	14
2.4 MIKROPOČÍTAČ MC9S08GB60	16
2.5 PAMĚŤOVÁ MAPA	17
3 PROGRAMOVÁNÍ	19
3.1 ZÁKLADNÍ PRINCIPY PROGRAMOVÁNÍ	19
3.2 JAZYK SYMBOLICKÝCH ADRES (ASSEMBLER)	19
4 ŘÍZENÍ STEJNOSMĚRNÉHO ELEKTROMOTORU	24
4.1 SNÍMAČE OTÁČEK.....	24
4.2 OVLÁDÁNÍ STEJNOSMĚRNÝCH MOTORŮ	26
II PRAKTICKÁ ČÁST	28
5 HARDWARE	29
5.1 POPIS POUŽITÝCH SOUČÁSTEK.....	29
5.2 POPIS ZAPOJENÍ	40
6 SOFTWARE	44
6.1 PRINCIP ŘEŠENÍ	44
6.2 MANUÁL (PŘEHLED A POPIS UŽIVATELSKÝCH FUNKCÍ)	48
ZÁVĚR	50
ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ	51
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	52
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	53
SEZNAM OBRÁZKŮ	54
SEZNAM TABULEK	56

ÚVOD

Na naší fakultě se výukové plány neustále vyvíjejí a proto také předmět Mikropočítače nezůstává pozadu. Tento předmět má za úkol naučit studenty základním znalostem z oblasti mikropočítačových systémů, aplikovaných do oblasti řízení technologických procesů. Mikropočítače jsou probírány jak z hlediska software, tak i hardware. Studenti při výuce používají vývojový kit s procesorem od firmy Motorola. Další náplní je zajistit aby student dovedl připojit reálnou soustavu k řídicímu počítači a dále ji aplikovat na komerční monitorovací a řídicí systémy. Studenti se učí programovat jednoduché aplikace, které provádějí jednoduché operace.

Programování mikropočítačů je určitě důležitou věcí, která má svoji budoucnost. V dnešním světě jsou automatické systémy na každém kroku. Jsou používány například v letecké dopravě nebo v lékařství, kde je nutné aby systémy pracovaly dokonale a proto je důležité učit studenty programování mikropočítačů.

Výukový modul slouží k výuce předmětu mikropočítače. Hardwarovou část tvoří deska plošných spojů na které je umístěn elektromotorek. Dále pak relé, které přepíná směr otáček a elektronický obvod, který snímá otáčky elektromotorku. Tato deska odpovídá rozměrům, potřebným k přesnému umístění na vývojový kit.

Softwarová část pak řeší základní obsluhu modulu, jako je vyhodnocení otáček, změna směru a rychlosti otáček elektromotorku. Algoritmus řešení je implementován v jazyce symbolických adres (assembler).

Je vytvořena knihovna programů, která definuje již zmíněné vlastnosti. Knihovna umožňuje ovládat elektromotorek pomocí uživatelských funkcí. Studenti mohou využívat knihovnu ke tvorbě vlastních programů, jako například změnu rychlosti nebo směru otáček elektromotoru po uplynutí nějakého času. V této práci je vysvětleno, jak použít jednotlivé uživatelské funkce, takže práce slouží i jako manuál knihovny.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 ZÁKLADNÍ POJMY

Ke správnému pochopení následujících textů je nutné znát základní pojmy z oblasti mikropočítačové techniky, které jsou v této kapitole stručně popsány.

bit – nejmenší jednotka reprezentující dva stavy: True (1) a False (0)

byte – posloupnost 8 bitů, jedním bytem lze zapsat největší číslo v desítkové soustavě 255 (2^8).

ALU – aritmeticko – logická jednotka, jednotka provádějící veškeré aritmetické výpočty a logické operace, obsahuje sčítačky, násobičky (pro aritmetické výpočty) a komparátory (pro porovnání)

Řadič – řídicí jednotka, která řídí činnost všech částí počítače, toto řízení je prováděno pomocí *řídících signálů*, které jsou zasílány jednotlivým modulům, reakce na řídicí signály, stavy jednotlivých modulů jsou naopak zasílány zpět řadiči pomocí *stavových hlášení*.

Vstupní zařízení – zařízení určená pro vstup programu a dat.

Výstupní zařízení – zařízení určen pro výstup výsledků, které program zpracoval.

Operační paměť – slouží k uchování zpracovávaného programu, zpracovávaných dat a výsledků výpočtu.

Mikroprocesor – integrovaný obvod obsahující polovodičové součástky (tranzistory ...), centrální řídicí jednotka (CPU) všech počítačů a složitějších elektronických systémů, obsahuje aritmeticko – logickou jednotku (ALU), pracovní registry vyrovnávací paměti a řídicí obvody – řadič.

Registr – logický obvod pro dočasné uložení informace, registr má malou kapacitu (jednotky bitů) a je velmi rychlý (řádově nanosekundy), slouží k uložení mezivýsledků a informace nutné pro řízení činnosti procesoru, také dále slouží jako vyrovnávací paměť pro ALU, přečíst nebo zapsat informaci do registru trvá procesoru během jednoho strojového cyklu, některé registry jsou přístupné programátorovi (programem může měnit jejich obsah) a jiné ne.

Mikropočítač – mikroprocesor, operační paměť, obvody zajišťující komunikaci s okolím (V/V zařízení).

Mikropočítačový systém – skládá se z technického a programového vybavení.

Instrukce – specifikace jednoduché akce, kterou provádí procesor, délka instrukce bývá 1 - 3 byty, instrukci lze rozložit na tři části : 1.instrukční kód, který udává, jaká operace se má provést, 2. určení způsobu adresování, 3. adresa operandu v hlavní paměti, se kterým instrukce pracuje – pokud je zapotřebí.

Program – posloupnost instrukcí, které říkají procesoru, co má dělat.

Algoritmus – je přesný návod či postup, kterým lze vyřešit daný typ úlohy (problém).

Vývojový diagram – grafické znázornění algoritmu.

Programovací jazyk – prostředek pro zápis algoritmů, které mohou být provedeny na počítači.

Programování – zápis programu v nějakém programovacím jazyce.

Zdrojový kód – posloupnost instrukcí procesoru, zapsané v libovolném editoru, podle pravidel programovacího jazyka.

Strojový kód – posloupnost instrukcí procesoru vyjádřená čísly.

Assembler – programovací jazyk blízký strojovému kódu, též se nazývá jazyk symbolických adres, název assembler se používá i pro překladač, který tento jazyk překládá do strojového kódu.

Operační systém – program, který zajišťuje komunikaci mezi uživatelem a hardwarovým zařízením

Překladač – program, který přeloží zdrojový kód (textový soubor) ve kterém je pomocí programovacího jazyku zapsán algoritmus na strojový kód a podle něj vytvoří program spustitelný na určitém počítači, takový překlad je pak závislý na výběru vhodného programovacího jazyka, procesoru (hardwaru), operačního systému, ...

Port – fyzické zařízení mikropočítače umožňující komunikaci s vnějšími jednotkami (displeje, klávesnice, převodníky,...

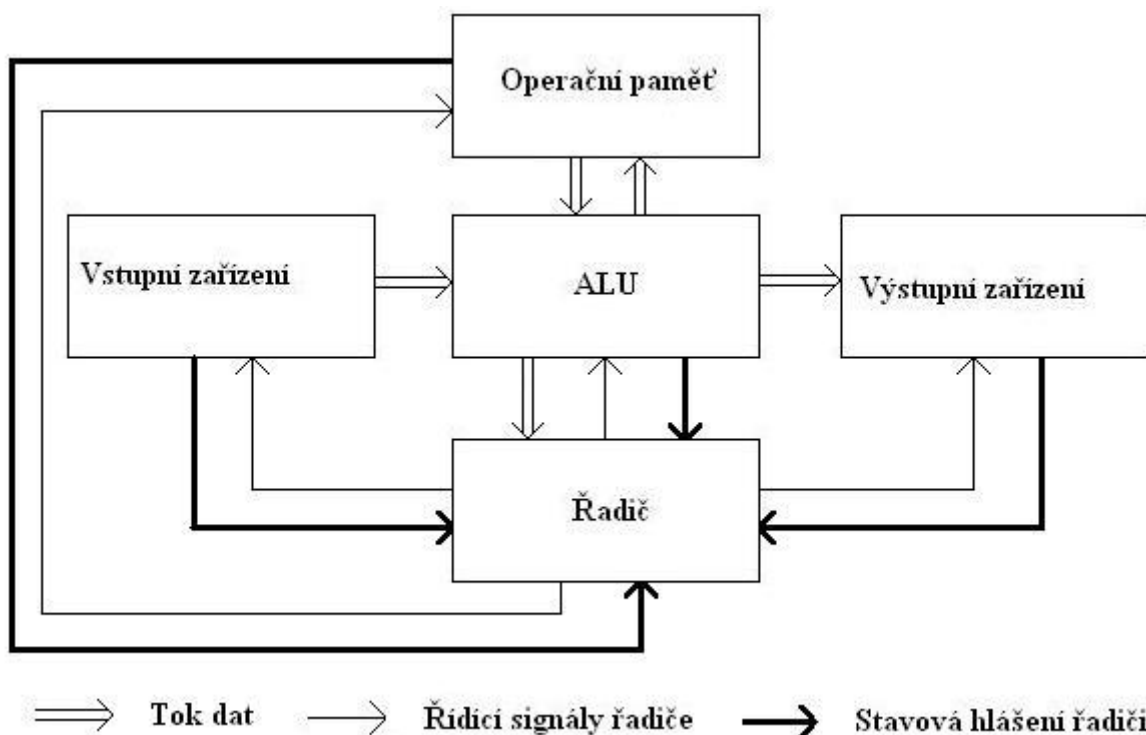
2 MIKROPOČÍTAČE

2.1 Von Neumannova architektura

Představ o tom, jak by měly počítače vypadat a jak by měly fungovat, existovalo a existuje více. Přesto drtivá většina dnešních počítačů vychází z jediné představy. Ta se zrodila v polovině padesátých let v USA. Šlo samozřejmě o kolektivní dílo, které však bylo pojmenováno jen po jednom z svých autorů – zřejmě po tom, který měl na utváření celé koncepce největší vliv.

Tím byl všestranný vědec, americký matematik maďarského původu John von Neumann (1903 – 1957). Tento vědec, kromě práce na vývoji počítačů, stihl ještě založit matematickou teorii her, významně přispěl fyzikům k jejich kvantové teorii a také se po určitou dobu podílel na vývoji první atomové bomby.

Von Neumannovo schéma je tedy ucelenou soustavou názorů a představ o tom, jak by měl počítač fungovat, z jakých hlavních částí by se měl skládat, co a jak by tyto části měly dělat, jak by měly vzájemně spolupracovat atd. Toto všechno je znázorněno na následujícím obrázku č.1.



Obr.1. von Neumannovo schéma

Von Neumannova architektura dále uvažovala, že vnitřní struktura počítače by se neměla nijak měnit v závislosti na zpracovávané úloze. Veškeré přizpůsobení konkrétním úkolům má být řešeno výhradně programem. Dalším předpokladem je, že program a data jsou uchovávány v téže operační paměti, což jiné koncepce neuvažovaly. Záleží totiž na správné interpretaci uložených dat, tj. jestli jsou vyhodnocena jako data nebo program. John von Neumann navrhl uložit program takovým způsobem, aby byl program trvale k dispozici (aby se nemusel postupně načítat) a aby bylo možné v něm libovolně (a hlavně okamžitě) skákat. Navrhl tedy uložení programu v paměti počítače a to v takové paměti, která nemá sekvenční charakter, ale chová se jako paměť s přímým přístupem.

Dalším rysem je pak samotné provádění programu. Ten se provádí sekvenčně, tedy instrukce po instrukci, které pracují s dostupnými daty (control-flow). Jiné koncepce pracují například tak, že se instrukce provedou v závislosti na připravenosti dat, se kterými má instrukce pracovat (data-flow), což vede k lepšímu paralelismu, než předpokládá koncepce von Neumanna.

Dnešní počítače tedy pracují v převážné většině na principu von Neumannovy architektury, která zaznamenala pouze pár menších změn. Vyřešila se například otázka problémů vyšších programovacích jazyků, které umožňují pracovat s vícerozměrnými poli, což von Neumannova architektura neumožňuje, nabízí totiž jen jednorozměrnou (lineární) operační paměť.

2.1.1 Princip činnosti počítače podle von Neumannova schématu

Do operační paměti se pomocí vstupních zařízení přes ALU umístí program, který bude provádět výpočty. Stejným způsobem se do operační paměti umístí data, která bude program zpracovávat. Proběhne vlastní výpočet, jehož jednotlivé kroky provádí ALU. Tato jednotka je v průběhu výpočtu spolu s ostatními moduly řízena řadičem počítače. Mezivýsledky výpočtu jsou ukládány do operační paměti. Po skončení výpočtu jsou výsledky poslány přes ALU na výstupní zařízení.

2.1.2 Základní odlišnosti dnešní počítačů od von Neumannova schématu

Podle von Neumannova schématu počítač pracuje vždy nad jedním programem. Toto vede k velmi špatnému využití strojového času. Je tedy obvyklé, že počítač zpracovává paralelně více programů zároveň (multitasking). Počítač může disponovat i více než

jedním procesorem. Počítač podle von Neumanna pracoval pouze v tzv. diskretním režimu. Dnes již existují vstupní / výstupní zařízení, která umožňují jak vstup, tak i výstup dat (programu). Program se do operační paměti nemusí zavádět celý, ale stačí zavést pouze jeho část a ostatní části zavádět až v případě potřeby.

[2]

2.2 Přehled použití mikropočítačů

V dnešní moderní době se setkáváme s různými elektronickými obvody, které dokáží téměř vše, co si člověk přeje. Lidé si odjakživa ulehčují práci různými stroji nebo nástroji, ale až s nástupem polovodičové techniky se naše šance ulehčit si práci značně zvýšily. Všimněme si, kolik věcí, dnes v našem okolí, má v sobě zabudovaný nějaký čip a paměť, tedy základ mikropočítače a kolik z těch věcí využíváme ke každodenním potřebám. Naše životy jsou do značné míry ovlivňovány právě těmito věcmi.

Mikropočítače slouží v systémech řízení jako centrální výkonné jednotky a zároveň vykonávají funkce řízení v reálném čase. Mikropočítač obvykle na jednom čipu obsahuje paměť, časovače a vstupní/výstupní obvody, čímž snižuje počet potřebných integrovaných obvodů v systému. Zvyšuje spolehlivost systému a snižuje nebezpečí rušivých signálů.

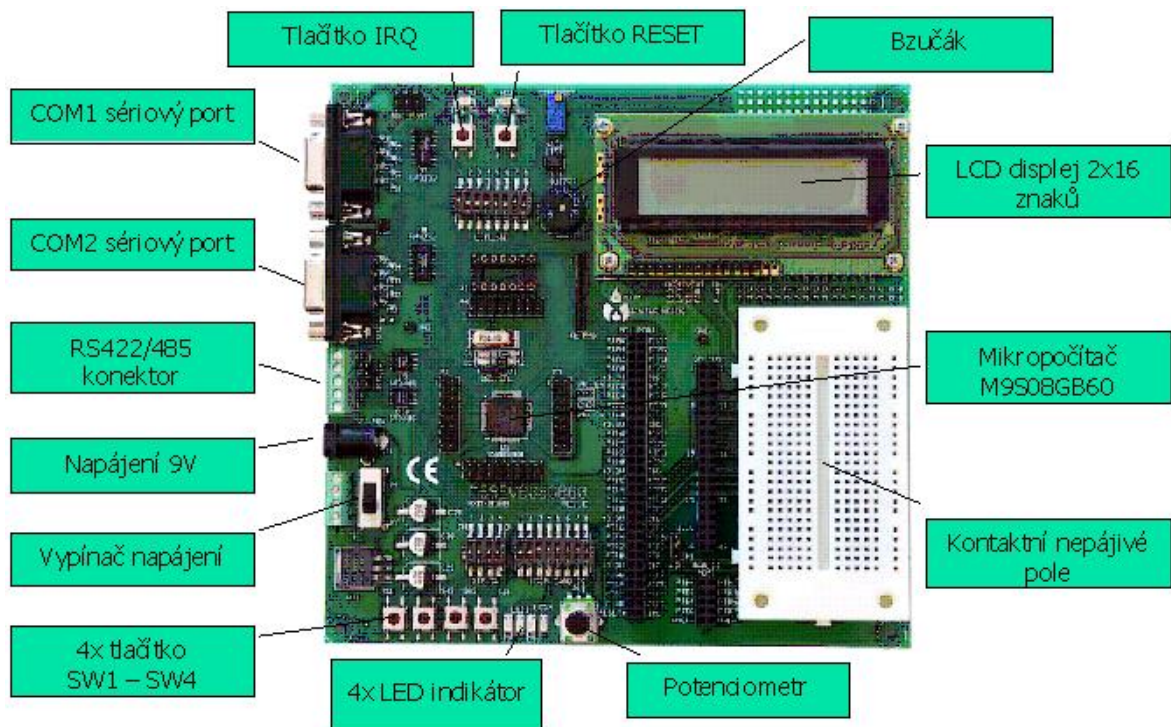
Technologie a možnosti využití elektronických obvodů se vyvíjí takovým tempem, že kompletní přehled použití mikropočítačů by přesáhl rámec kapacity této práce. Z těchto důvodů uvedu stručný přehled použití mikropočítačů z některých odvětví činností lidí.

- Měřicí a regulační technika – měřicí ústředny, regulátory, řídicí systémy, ...
- Výpočetní technika – osobní počítače, servery, notebooky, terminály, ...
- Registrační pokladny – digitální zobrazovače, mincové automaty, prodej jízdenek, systémy rezervace letenek, ...
- Číslicové řízení strojů – obráběcí stroje, vstřikovací systémy, dopravníky, vlastní výroba mikroelektronických součástek, ...
- Řízení robotů a manipulátorů – automatické jeřáby, lékařské přístroje, ...
- Automobily – řízení zapalování a dalších agregátů, signalizace, úspora energie, ...

- Domácnosti – pračky, video a DVD přehrávače, myčky, moderní osvětlovací systémy, ...
- Hračky – využití nedokonalých obvodů, modelářské systémy, ... [1]

2.3 Vývojový kit Freescale M68EVB908GB60

Vývojový kit M68EVB908GB60 slouží k výuce programování a pro testování a ladění aplikací. Je osazen základními periferiemi jako tlačítka, displej, sériové porty, indikační diody LED, bzučák atd. Vývojový kit je připojen přes sériový port (RS 232) k počítači, na kterém se program napíše a přeloží do strojového kódu. Program je poté přes sériový port uložen do FLASH paměti mikropočítače a spuštěn. Přes vývojové prostředí lze program krokovat stejně jako v režimu simulace.



Obr.2. Schéma vývojového kitu M68EVB908GB60

Napojení periférií na porty:

- LED indikátory – port F
 - LED1 – PTF0, LED2 – PTF1
 - LED3 – PTF2, LED4 – PTF3

- Tlačítka – port A
 - SW1 – PTA4, SW2 – PTA5
 - SW3 – PTA6, SW4 – PTA7
- Bzučák – port D
 - BUZZER – PTD0
- LCD modul – port G a port E
 - PTG3-7 a PTE6-7
- 4 pólový DIP spínač – port B
 - PTB4-7
- Potenciometr – port B
 - RV1 – PTB0/AD0

PTA6/KBD6	1	2	PTA7/KBD7
PTA4/KBD4	3	4	PTA5/KBD5
PTA2/KBD2	5	6	PTA3/KBD3
PTA0/KBD0	7	8	PTA1/KBD1
3.3V	9	10	GND
PTC6	11	12	PTC7
PTC4/CLKOUT	13	14	PTC5
PTC2/SDA	15	16	PTC3/SCL
PTC0/TXD2	17	18	PTC1/RXD2
3.3V	19	20	GND
PTD6/TPM2CH3	21	22	PTD7/TPM2CH4
PTD4/TPM2CH1	23	24	PTD5/TPM2CH2
PTD2/TPM1CH2	25	26	PTD3/TPM2CH0
PTD0/TPM1CH0	27	28	PTD1/TPM1CH1
3.3V	29	30	GND
PTE6	31	32	PTE7
PTE4/MOSI	33	34	PTE5/SPSCK
PTE2/SS*	35	36	PTE3/MISO
PTE0/TXD1	37	38	PTE1/RXD1
3.3V	39	40	GND
PTF6	41	42	PTF7
PTF4	43	44	PTF5
PTF2	45	46	PTF3
PTF0	47	48	PTF1
3.3V	49	50	GND
PTG6	51	52	PTG7
PTG4	53	54	PTG5
PTG2/EXTAL	55	56	PTG3
PTG0/BGND/MS	57	58	PTG1/XTAL
RESET*	59	60	IRQ

Obr.3. Zapojení konektorů na vývojovém kitu

2.4 Mikropočítač MC9S08GB60

Mikropočítač MC9S08GB60 je produktem firmy Freescale. Freescale má v této oblasti dlouhou tradici a široké portfolio s nabídkou od 8 - 32bitových systému. Patří sem rodiny HC05, HC08 a HCS08, 68HC11, 68HC12 (HCS12). K výuce se nyní používá typ HCS08 o kterém jsou následující informace.

Základní vlastnosti:

- 8 bitová centrální procesní jednotka HCS08, taktovací frekvence max. 40MHz
- 60KB FLASH paměti
- 4KB RAM paměti

- 56 vstupně/výstupních linek na 7 portech (porty A-G)
- 5 kanálový TPM2 časovač
- 3 kanálový TPM1 časovač
- 1x Synchronní sériové periferní rozhraní (SPI)
- 1x I2C rozhraní
- 2x Asynchronní sériové komunikační rozhraní (SCI)
- Interní generátor hodinového kmitočtu s FLL obvodem (32KHz – 20MHz frekvence sběrnice)
- 8 kanálový, 10 bitový A/D převodník
- COP watchdog systém s nastavitelnou časovou prodlevou na 218 nebo 213 cyklů sběrnice
- Systém kontroly napájecího napětí umožňující detekovat pokles napětí pod stanovenou mez
- Podpora režimů se sníženou spotřebou umožňující nasazení v bateriově napájených aplikacích
- BDM rozhraní pro pokročilé ladění a programování aplikací přímo v aplikaci

2.5 Paměťová mapa

Téměř každý počítač pracuje podle von Neumannovy koncepce. Je proto složen z procesoru, vstupně/výstupních periférií a operační paměti, která uchovává programy i data. Ukládání dat a programů se řídí určitými pravidly. Každý programátor by tedy měl znát, z jakých bloků je taková paměť složena a jaká data jsou v nich uložena. Přehledu složení bloků se nazývá „paměťová mapa“. Je v ní uvedeno, jaký typ dat se bude ukládat do konkrétního bloku. Následující paměťová mapa se týká mikro počítače MC9S08GB60.

NÁZEV	ADRESA	VELIKOST
Registry periferních obvodů	\$0000	
Interní paměť RAM	\$007F	} 4KB
	\$0080	
Flash paměť	\$107F	} 1920B
	\$1080	
	\$17FF	
Registry periferních obvodů	\$1800	
Uživatelská flash paměť	\$182B	} 57KB
	\$182C	
	\$FBCB	
Uživatelské vektory přerušeni	\$FBCC	
	\$FBFF	
Chráněná FLASH s programem „Monitor“	\$FC00	
	\$FFFF	

Obr.4. Paměťová mapa

3 PROGRAMOVÁNÍ

3.1 Základní principy programování

Aby člověk mohl začít programovat, je třeba znát některé informace týkající se počítačů, ale nejen jich. Než se dostaneme k samotnému programování, je vhodné upozornit, že problematika programování se netýká pouze samotného zápisu zdrojového kódu, jak se někteří lidé mohou domnívat.

K tomu, aby člověk mohl začít programovat, je třeba mít určitý vztah k matematice. Jak známo, tak matematika zlepšuje logické myšlení (nejen) a to je základ pro první problém každého programátora. Tento problém se vyskytne, jakmile programátor dostane určitý úkol. Nejdříve je nutné definovat problém a po sléze tento problém vyřešit. Řešení takového problému se nazývá algoritmus. Aby tento algoritmus byl přehledný, tak se přepíše do tzv. vývojového diagramu. Tím je prvotní problém vyřešen.

Dále je třeba si uvědomit, pro jaké hardwarové systémy by měl výsledný program být. Je třeba, aby programátor měl i určité znalosti o daném hardwaru. Důležité je také vybrat vhodný programovací jazyk. Nezmiňuji se o potřebné znalosti syntaktického zápisu tohoto programovacího jazyka, protože je to základní předpoklad pro profesionálního programátora. Pokud-li si programátor zvolí hardware a programovací jazyk, pak může efektivně využívat všechny funkce daného programovacího jazyku.

Pro řešení mého úkolu jsem měl hardware daný potřebou předmětu, pro který měl být vytvořen výukový modul. Tento hardware je vývojový kit Freescale M68EVB908GB60 s mikroprocesorem firmy Motorola s označením M9S08GB60. Vzhledem k tomu, že hlavním produktem práce má být knihovna programů pro již zmíněný modul, tak jsem se rozhodl využít variability jazyka symbolických adres (assembler).

3.2 Jazyk symbolických adres (assembler)

Assembler překládá (transformuje) data nebo adresy z různých číselných soustav (např. z desítkové, osmičkové, šestnáctkové) do dvojkové a překládá i znaky do odpovídajících kódů ASCII. Umožňuje programátorovi rezervovat a přidělovat paměť na dočasné uchování dat, uložit konstanty na určeném místě v paměti, přiřadit symbolická

jména paměťovým místům a vstupně-výstupním registrům, umí vykonat některé aritmetické operace jako součást procesu překladu, informuje programátora o formálních chybách v programu.

Zdrojové programy pro překladač (assembler) se zapisují v jazyce symbolických adres (instrukcí), který se také nazývá assembler. Jazyk symbolických adres je nejnižším programovacím jazykem prakticky používaným při programování počítačů a mikro počítačů. Z hlediska rozkladu úlohy odpovídá programování v tomto jazyku programování ve strojovém jazyku. Každé strojové instrukci je přiřazena instrukce jazyka symbolických adres. Jazyk symbolických adres je tedy strojově závislým jazykem, neboť programátor se musí seznámit se všemi vlastnostmi počítače na úrovni jeho strojových instrukcí.

Instrukce jsou však na rozdíl od strojového jazyka zapisovány symbolickou formou. Symboly jsou tvořeny většinou mnemotechnickými zkratkami slov anglického jazyka. Zápis programu je tak čitelnější a srozumitelnější než zápis ve strojovém jazyku. Překlad programu z jazyka symbolických adres do strojového jazyka obstarává překladač (tzv. assembler). Díky strojovému překladu lze změny programu, jeho přemístění v operační paměti počítače vyřešit podstatně jednodušeji než ve strojovém jazyku. Strojová závislost jazyka symbolických adres sebou nese výhody i nevýhody.

Výhodou je bezprostřední vztah k základní struktuře počítače, což způsobuje, že programy v jazyce symbolických adres mají obvykle menší nároky na rozsah operační paměti než programy zapsané ve vyšších programovacích jazycích. Také jejich optimalizace z hlediska doby potřebné pro výpočet programu je snazší.

Nevýhodou jazyka symbolických adres je nemožnost přenést programy na jiný počítač, pracnost programování a omezené možnosti syntaktických a sémantických kontrol programů při překladu i výpočtu.

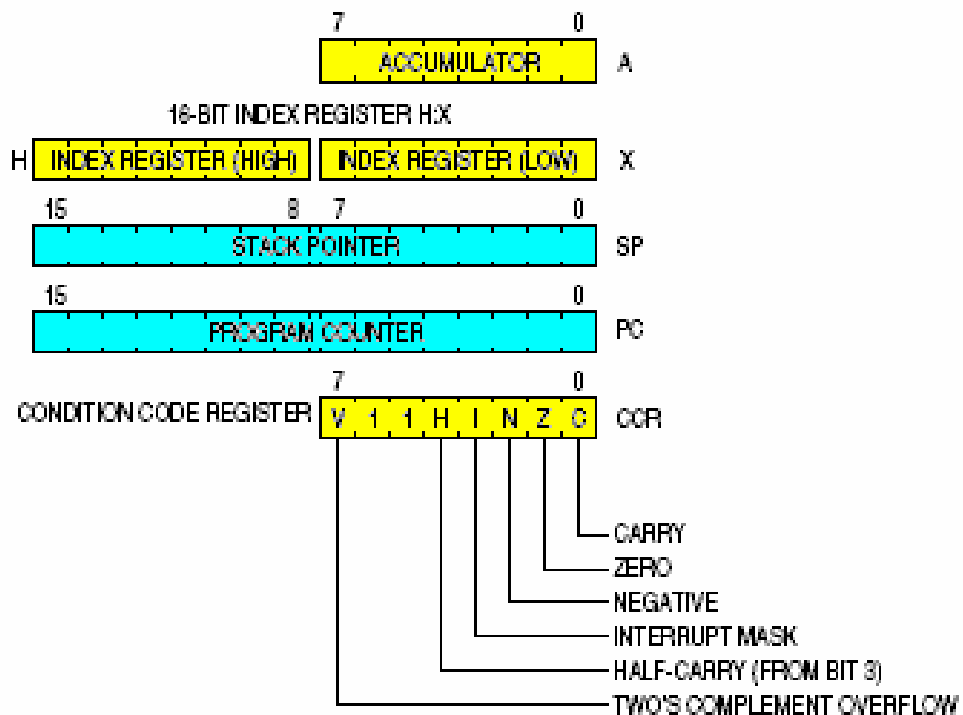
Důležitou podmínkou vykonávání každého programu je správné umístění instrukcí a operandů v paměti tak, aby mikroprocesor při jejich čtení a vykonávání „nezabloudil“. Způsob, jakým jsou navzájem přiřazeny instrukce a jejich příslušné operandy se nazývá způsob adresování. [9]

OPERAČN KÓD	ZPŮSOB ADRESOVÁNÍ	POLE ADRESY
-------------	-------------------	-------------

Obr.5. Instrukční slovo

Mikropočítač MC9S08GB60 obsahuje jeden 8-bitový registr A, jeden 16-bitový registr HX, který je rozdělen na dvě části po 8 bitech. Oba registry může využívat programátor k uchování dat jeho programu. Dále pak obsahuje jeden 16-bitový ukazatel zásobníku SP a 16-bitový programový registr, který uchovává adresu další instrukce nebo operandu. Jako poslední 8-bitový registr je tzv. registr příznaků. Každý bit tohoto registru má jiný význam:

- V – nastaví se na 1 pokud v předchozí operaci došlo k přetečení rozsahu
- H – nastaví se na 1 pokud ve výsledku vznikl přenos z 3. do 4. bitu
- I – maskování přerušení, je 0 pokud je přerušení povoleno
- N – nastaví se na 1 pokud výsledek předchozí operace je záporný
- Z – nastaví se na 1 pokud všechny bity ve výsledku jsou nulové
- C – Nastaví se na 1, jestliže se u právě prováděné instrukce vyskytl přenos nebo výpůjčka do respektive z vyššího řádu



Obr.6. Registry mikropočítače MC9S08GB60

Zdrojový jazyk připouští použití množiny znaků, které assembler umí rozpoznat:

- písmena anglické abecedy
- číslice 0 až 9
- znaky používané jako speciální prefixy:
 - „#“ určuje bezprostřední adresování
 - „\$“ určuje šestnáctkové (hexadecimální) číslo
 - „%“ určuje dvojkové číslo
 - „‘“ (apostrof) určuje znak ASCII
- speciální znaky aritmetických operací (+, -, *, /,)
- čtyři speciální znaky jako oddělovače (mezera, horizontální posuv (TAB), CR(Carriage Return) - konec řádku, „,“ (čárka)
- „;“ (středník) komentář ve zdrojovém řádku, který může obsahovat znaky ASCII, ale nepřekládá se.

Zdrojový program, který vytváříme textovým editorem, se skládá z posloupnosti zdrojových řádků. Zdrojový řádek lze zpravidla rozdělit do čtyř polí např. v následujícím uspořádání:

NÁVĚŠTÍ	INSTRUKCE	OPERAND	KOMENTÁŘ
VYPOCET	LDA	#4	; načti do registru A hodnotu 4
	ADD	CISLO2	; přičti k registru A obsah paměťové buňky CISLO2
	RTS		

Protože návěští určuje adresu instrukce, není dovolena dvojznačnost ve specifikaci hodnoty návěští, např.:

START	LDA	# \$ 45
	ADD	NUMBER
START	STA	PLACE

...

JMP START

Je však dovoleno víckrát se na návěští odvolávat:

START LDA \$ 45

ADD NUMBER

STA PLACE

...

JMP START

...

BNE START

Asembler umožňuje ve zdrojovém programu používat příkazy, které se vztahují na řízení vlastního překladače (assembleru). Při překladu se těmto mnemonickým příkazům nepřisuzují žádné strojové kódy. Takovéto instrukce se nazývají pseudo-instrukce nebo direktivy.

[7]

4 ŘÍZENÍ STEJNOSMĚRNÉHO ELEKTROMOTORU

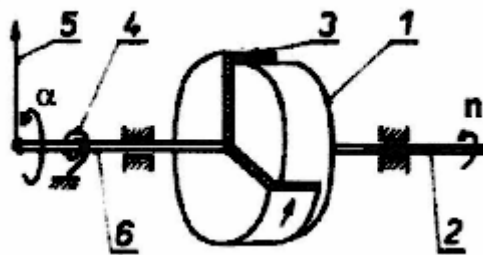
4.1 Snímače otáček

Snímače otáček dělíme podle jejich principu snímání na:

- mechanické – využívají odstředivou energii
- elektromagnetické indukce – tachodynamo, tachoalternátor
- optoelektronické – foto-dioda, foto-tranzistor, foto-odpor
- magnetické – Hallova sonda
- změna kapacity, indukčnosti aj.

dále pak dělíme otáčkoměry na analogové, číslicové (digitální), absolutní, přírůstkové. Nyní stručně popíšu některé principy.

Elektromagnetické otáčkoměry – permanentní magnet (1) se otáčí na hřídeli (2) uvnitř hliníkového hrníčku (3), vířivé proudy vytváří točivý moment a hrníček, jež je spojen (6) s ukazující ručičkou (5) a pružinou (4) s sebou strhávají a ručička ukazuje výchylku jež je lineárně úměrná rychlosti otáčení – časté užití v automobilech.



Obr.7. Elektromagnetický otáčkoměr

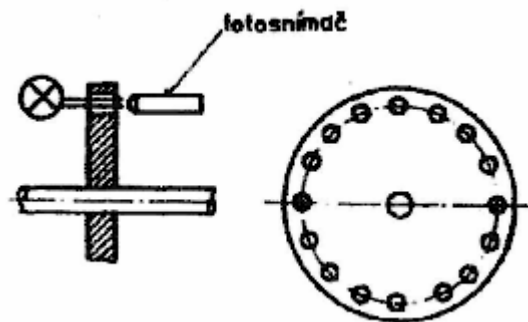
Tachodynamo – stejnosměrný stroj uzpůsobený pro měření otáček, permanentní magnet, speciální kolektor a kartáče, homogenní magnetické pole, malé zvlnění, kotva železa, velký výstupní odpor.

Tachoalternátor – střídavý stroj, nemá komutátor, rotor je z permanentního magnetu (pólové dvojice), velká vzduchová mezera (aby se nezeslabilo magnety při zkratu), velká robustnost, měří špatně malé rychlosti, mění se napětí i frekvence.

Impulsní snímače otáček – počet impulsů odpovídá úhlu natočení, měříme-li po jistý čas získáme rychlost

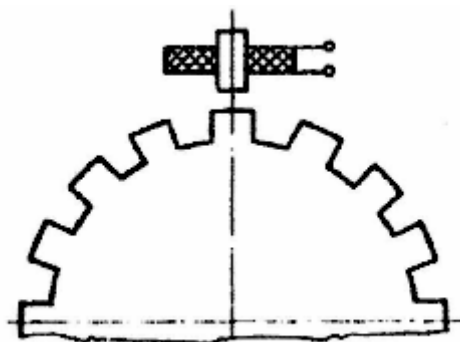
- snímací kotouč, vlastní snímací prvek (cívka, dioda, Hallova sonda aj.)
 - otvory nebo zuby, magnety
- vyhodnocovací zařízení - analogové, digitální (čítač)

Snímač s fotoelektrickým čidlem – průchozí metoda, odrazová metoda, zdroj světla (žárovka, infra-dioda) při otáčení ovlivní snímač (foto-odpor aj.) a frekvence impulsů ze snímače je úměrná měřené rychlosti (zpracování čítačem), užití ve výrobních strojích, v čistých prostředích.



Obr.8. Snímač s fotoelektrickým čidlem

Snímač s indukčním čidlem – kotouč má zuby, změna magnetického toku v cívce je zpracována do elektrických impulsů a ty čítány, používají se často v automobilech k snímání otáčení kol pro ABS systém (nevadí špína, bláto, voda)



Obr.9. Snímač s indukčním čidlem

Snímač s Hallovou sondou – nahradí-li se zuby magnety, lze tyto magnety (zuby) snímat Hallovou sondou s dvoustavovým výstupem – pulzující napětí, často u digitálních tachometrů na jízdních kolech (též se zde využívají polarizované kontakty).

Snímač s oscilátorem a induktivní vazbou – oscilátor – vysokofrekvenční signál $f > 10^3$ Hz je impulsně amplitudově modulován – zpracovává se detekcí a filtrací.

Stroboskop – časový výběr polohy – blikajícím světlem (zábleskem) osvětlujeme měřené místo (rotační těleso) a při rovnosti násobku blikání (záblesků) se nám obraz rotujícího kotouče zastaví a tím můžeme určit otáčky (a i případné zpoždění – předstih u motorů), nutno měřit od větší frekvence – od shora

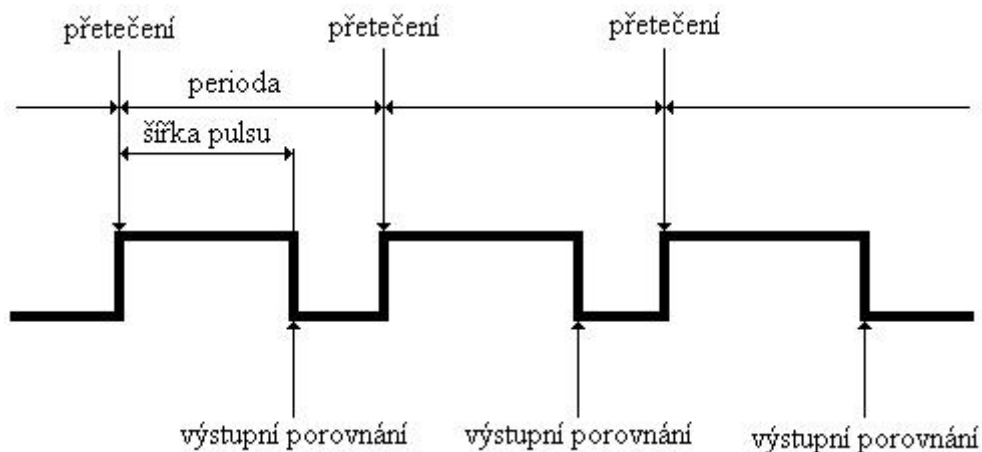
[6]

4.2 Ovládání stejnosměrných motorů

Stejnospměrný motor je velmi rozšířeným pohonem v automatizační technice. Lze u něho jednoduše řídit výkon i otáčky změnou napětí nebo měnit směr otáčení záměnou polaritu napájení. V současné době existují i moderní integrované obvody pro obousměrné řízení stejnosměrných motorů.

Pro řízení stejnosměrných motorů je z energetických důvodů výhodné použít obvod s pulzně šířkovou modulací (PWM - Pulse Width Modulation). Pomocí změny střídy a délky impulsů lze řídit napájení motoru bez velkých ztrát na spínacích prvcích. [7]

Mikropočítač MC9S08GB60 je vybaven obvody časovače s integrovanou funkcí PWM a to ve dvou možných režimech: „Edge-Aligned PWM Mode“ (PWM uspořádaná podle hrany) a „Center-Aligned PWM Mode“ (PWM uspořádaná podle středu). Pro moji práci využívám prvně zmíněného režimu.



Obr.10. PWM perioda a šířka pulsu

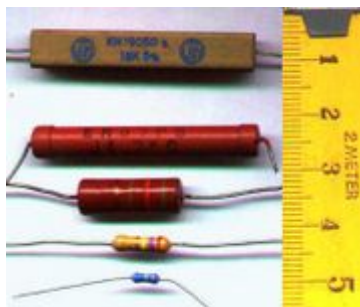
Při tomto typu PWM modulace je třeba jako první nastavit frekvenci změny logických hodnot. Změna otáček elektromotorku se provede změnou šířky jednoho pulsu. Tím se bude měnit stav napětí na svorkách elektromotorku v čase. Když bude šířka pulsu stejně velká, jako perioda, svorky elektromotoru budou po celou dobu periody pod napětím a proto bude elektromotorek v plných otáčkách. Bude-li šířka pulsu nulová, pak na svorkách elektromotorku bude po celou dobu periody nulové napětí, což znamená že elektromotorek nebude v otáčkách.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 HARDWARE

5.1 Popis použitých součástek

Rezistor



Obr.11. Druhy rezistorů

Rezistor je pasivní elektronická součástka projevující se v elektronickém obvodu, v ideálním případě jedinou vlastností a to elektrickým odporem. Reálný rezistor je ovšem vyroben z reálného materiálu vykazujícího elektrický odpor a má určitou geometrii. Z toho vyplývá, že hodnota jeho odporu je závislá na teplotě. Dokáže v teplo proměnit jen určitý výkon, při větším zatížení, než na které je určen, se zničí přehřátím. Mimo reálný odpor vykazuje také sériovou indukčnost a paralelní kapacitu. Tyto parazitní veličiny se zdatelně projevují až při vyšších frekvencích procházejícího proudu. Podle materiálu použitého k výrobě je hodnota odporu závislá i na přiloženém napětí.

Základem rezistoru je vodič s požadovanou hodnotou odporu, které lze dosáhnout použitím látky s určitou rezistivitou, určitou délkou a obsahem průřezu vodiče. Vodič se používá buďto ve formě drátu nebo ve formě tenké vrstvy. Nejčastějším způsobem výroby je nanesení elektricky vodivé vrstvy (například grafitu) na izolační tělísko a vyfrézování drážky, tento druh se nazývá uhlíkový rezistor.

Důvodem pro zařazení rezistoru do elektronického obvodu je obvykle snížení velikosti elektrického proudu nebo získání určitého úbytku napětí.



Obr.12. Schématické značky rezistoru

Schématická značka rezistoru není celosvětově sjednocena. V Evropě se používá symbol ve tvaru obdélníčku, zatímco ve Spojených státech a Japonsku se používá symbol vytvořený z lomené čáry. [5]

Kondenzátor



Obr.13. Druhy kondenzátorů

Kondenzátor je elektronická součástka používaná v elektrických obvodech k dočasnému uchování elektrického náboje, a tím i k uchování potenciální elektrické energie.

Kondenzátor se skládá ze dvou vodivých desek (elektrod) oddělených dielektrikem. Na každou z desek se přivádí elektrické náboje opačné polarity, které se vzájemně přitahují elektrickou silou. Dielektrikum mezi deskami nedovolí, aby se částice s nábojem dostaly do kontaktu, a tím došlo k neutralizaci, jinak vybití elektrických nábojů. Přitom dielektrikum svou polarizací zmenšuje sílu elektrického pole nábojů na deskách a umožňuje tak umístění většího množství náboje. Vzhledem k elektrostatické indukci je velikost náboje na obou deskách stejná. Kapacita kondenzátoru závisí na ploše jeho desek, vzájemné vzdálenosti desek mezi sebou a permitivitě dielektrika mezi deskami.

Podle tvaru lze rozlišit kondenzátory deskové, válcové, kulové, svitkové. Podle použitého dielektrika se kondenzátory dělí na otočný vzduchový, papírový (papír napuštěný voskem), elektrolytický (dielektrikem je tenká oxidační vrstva na jedné z elektrod, druhou elektrodu tvoří samotný elektrolyt), keramický, slídový, plastový.



Obr.14. Schématická značka kondenzátoru

Při zapojení kondenzátoru do obvodu se zdrojem stejnosměrného napětí se na deskách kondenzátoru začne hromadit elektrický náboj - kondenzátor se nabíjí. Nabíjení probíhá, dokud se nevyrovná elektrický potenciál na každé z desek s potenciálem příslušného pólu zdroje. Po nabití je mezi deskami kondenzátoru stejné elektrické napětí jako mezi svorkami zdroje a obvodem neprochází elektrický proud.

Jestliže se desky kondenzátoru vodivě propojí, elektrický náboj z desek se odvede, kondenzátor se vybije. Tento přesun elektrického náboje způsobí v obvodu elektrický proud. V obvodu střídavého proudu se kondenzátor opakovaně nabíjí a vybíjí, což má za následek předbíhání elektrického proudu před napětím (fázový posuv) a vznik kapacitance, tj. zdánlivého odporu proti průchodu střídavého proudu. Sériovým zapojením dvou a více kondenzátorů se celková kapacita snižuje a paralelním zapojením kondenzátoru se celková kapacita zvyšuje.

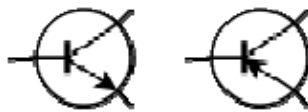
[5]

Tranzistor



Obr.15. Druhy tranzistorů

Tranzistor je polovodičová součástka, kterou tvoří dvojice přechodů PN a je základem všech dnešních integrovaných obvodů, jako například procesorů, pamětí atd. Každý tranzistor má (nejméně) tři elektrody, které se u bipolárních tranzistorů označují jako kolektor, báze a emitor, u unipolárních jako drain, gate a source. Podle uspořádání použitých polovodičů typu *P* nebo *N* se rozlišují dva typy bipolárních tranzistorů, NPN a PNP (prostřední písmeno odpovídá bázi). Unipolární tranzistory jsou označovány jako N-FET nebo P-FET.



Obr.16. Schématické značky bipolárních tranzistorů (vlevo NPN, vpravo PNP)

Bipolární tranzistor je ovládán připojením elektrického proudu na bázi. Velikostí tohoto proudu se ovládá proud v obvodu procházejícího mezi emitorem a kolektorem. Unipolární tranzistor (FET) využívají k řízení proudu mezi D a S (drain, source) elektrostatického pole, vytvořeného v obvodu řídicí elektrody G (gate).

V elektronických obvodech může být tranzistor zapojen třemi základními způsoby. Podle elektrody, která je společná pro vstupní i výstupní signál se rozlišuje zapojení se společným emitorem (SE), společnou bází (SB) a společným kolektorem (SC). Nejčastěji se však používá zapojení se společným emitorem (SE). Důležitou informací o vlastnostech tranzistoru podávají jeho výstupní charakteristiky. [5]

Foto-tranzistor

Foto-tranzistor je polovodičová součástka s podobnými vlastnostmi, jako tranzistor. Rozdíl je v tom, že pro otevření báze používá světelný paprsek. Dopadajícím zářením do kolektorového PN přechodu se otevře přechod mezi bází a emitorem. Tranzistor se otevře a prochází jím proud z připojeného zdroje. Průchod nosičů náboje lze řídit velikostí dopadajícího záření. [5]



Obr.17. Schématická značka foto-tranzistoru

Dioda



Obr.18.Druhy diod

Polovodičová dioda je elektronická součástka, jejímž úkolem v elektrickém obvodu je propouštět elektrický proud jedním směrem. Polovodičová dioda se skládá ze dvou příměsových polovodičů – jeden polovodič je typu N (katoda) a druhý polovodič je typu P (anoda). Na rozhraní polovodičů vznikne přechod P-N (hradlová vrstva), který v ideálním případě propouští proud pouze jedním směrem. Základem diody bývá křemíková nebo germaniová destička, obohacená z jedné strany o prvek s pěti valenčními elektrony (fosfor, arsen), z druhé strany o prvek s třemi valenčními elektrony (bor, hliník, galium, indium). Vzájemným silovým působením mezi částicemi se na přechodu P-N vytvoří vnitřní elektrické pole.

Parametry polovodičových diod:

- Prahové napětí - elektrické napětí, při kterém dojde ke zrušení hradlové vrstvy
- Průrazné napětí - elektrické napětí, které způsobí při zapojení v závěrném směru zničení přechodu P-N a průchod proudu diodou
- VA charakteristika - závislost proudu protékajícího diodou na napětí mezi vývody
- Maximální zatížení - největší možný výkon elektrického proudu nepoškozující diodu
- Maximální proud - největší proud, který může procházet diodou
- Teplotní rozmezí - rozmezí teplot, při kterých může dioda pracovat



Polovodičová dioda

A ... anoda

K ... katoda

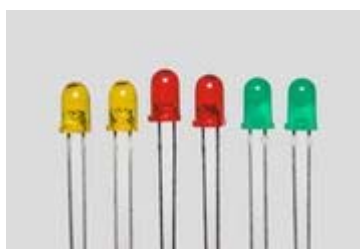
Obr.19. Schématická značka klasické polovodičové diody

Propustný směr – při zapojení kladného pólu zdroje k anodě (typ P) a záporného pólu zdroje ke katodě (typ N) se přechod P-N v diodě, brání průchodu částic, zmenší nebo úplně zruší. Diodou protéká elektrický proud, elektrický odpor diody může být velmi nízký.

Závěrný směr – při zapojení kladného pólu zdroje ke katodě (typ N) a záporného pólu k anodě (typ P) se přechod P-N v diodě rozšíří, elektrický odpor diody se zvětší. Elektrický proud v ideálním případě neprochází. Ve skutečnosti diodou prochází proud způsobený minoritními nosiči nábojů, tento proud je však velmi malý.

Zapojením diody do obvodu střídavého proudu dojde k jednocestnému usměrnění střídavého proudu. Proud může diodou procházet pouze v jednom směru, tzn. pouze v jedné polovině periody. [5]

Dioda LED



Obr.20. Druhy diod LED

Dioda LED se liší od klasických diod tím, že vyzařuje světlo. Prochází-li přechodem elektrický proud v propustném směru, přechod vyzařuje (emituje) nekoherentní světlo s úzkým spektrem. Může emitovat i jiné druhy záření. Tento jev je způsoben elektroluminiscencí. Pásmo spektra záření diody je závislé na chemickém složení použitého polovodiče.

Oproti jiným elektrickým zdrojům světla (žárovka, výbojka, doutnavka) mají LED tu výhodu, že pracují s poměrně malými hodnotami proudu a napětí. Z toho vyplývá jejich užití v displejích (ve tvaru cifer a písmen). Kombinací LED základních barev (červená, zelená, modrá) je možno získat i barevné obrazovky. [5]



Obr.21. Schématická značka diod LED

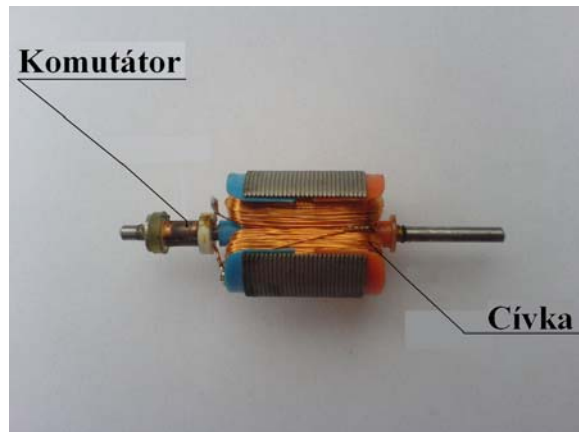
Elektromotorek



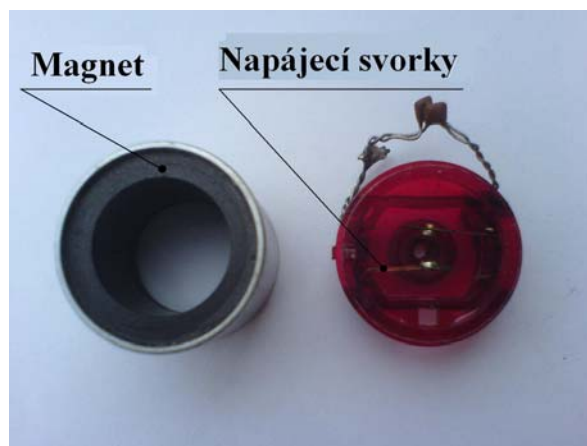
Obr.22. Stejnosměrný elektromotorek

Elektromotor je stroj, měnící elektrickou energii na mechanickou práci. Většina elektromotorů pracuje na elektromagnetickém principu, ale existují i motory založené na jiných elektromechanických jevech jako elektrostatické síly, piezoelektrický efekt či tepelné účinky proudu. Základním principem, na němž jsou elektromagnetické motory založeny, je vzájemné silové působení vodičů, kterými protéká elektrický proud.

Většina elektrických motorů je rotačních, ale existuje například i lineární elektromotor. V rotačním motoru se rotující část (obvykle uvnitř) nazývá rotor a statická (pevná) část se nazývá stator. Motor obsahuje pevně spojenou sadu elektromagnetů umístěných obvykle na rotoru.

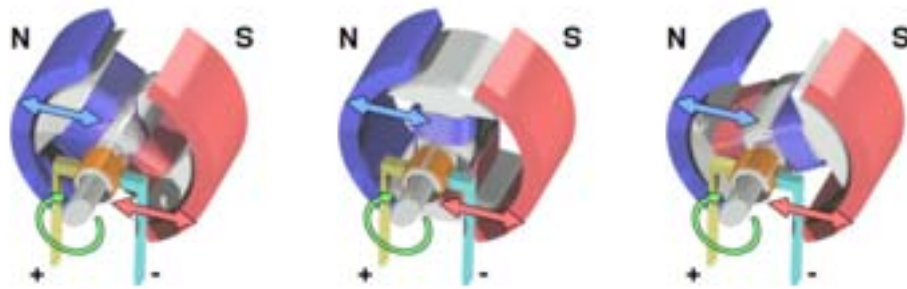


Obr.23. Rotor elektromotorku



Obr.24. Stator elektromotorku

Nejjednodušší motor na stejnosměrný proud má stator tvořený permanentním magnetem a rotující kotvu ve formě elektromagnetu s dvěma póly. Rotační přepínač zvaný komutátor mění směr elektrického proudu procházejícího kotvou z + na - (- na +) po každém pootočení o 180° (u dvoupólového motoru). Tím zajistí, že síla působící na póly rotoru má stále stejný směr. V okamžiku přepnutí polaritu udržuje běh tohoto motoru ve správném směru setrvačností. Motory s permanentním magnetem se dodnes využívají například v modelářství. Jen kotva je obvykle minimálně tří-pólová, aby nevznikal problém s mrtvým úhlem motoru.



Obr.25. Funkce stejnosměrného elektromotorku

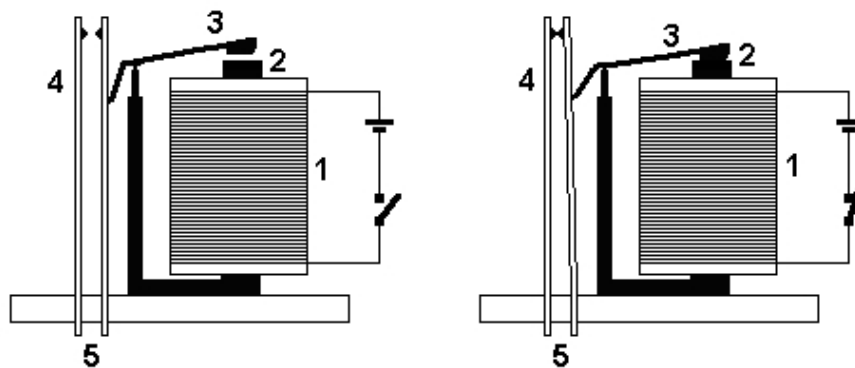
Rotor (kotva) je přes oranžový komutátor připojen ke zdroji stejnosměrného napětí. Stator je tvořen dvěma velkými permanentními magnety. Vzhledem k polaritě statoru a rotoru se souhlasné póly (barvy) odpuzují a rotor se otáčí. Opačné póly se přitahují, rotor se stále otáčí. V okamžiku, kdy se rotor dostane do vodorovné polohy, dojde na komutátoru k přepnutí polarity magnetického pole rotoru. [5]

Relé



Obr.26. Elektromagnetické relé

Klasické elektromagnetické relé je zařízení, které reaguje na procházející proud po zapnutí elektrického obvodu. Je to součástka, která obsahuje elektromagneticky ovládané spínací, vypínací nebo přepínací kontakty. Pomocí svých kontaktů ovlivňuje činnost jiných elektrických obvodů. Elektromagnetické relé bylo vynalezeno v roce 1835 Josefem Henrym.



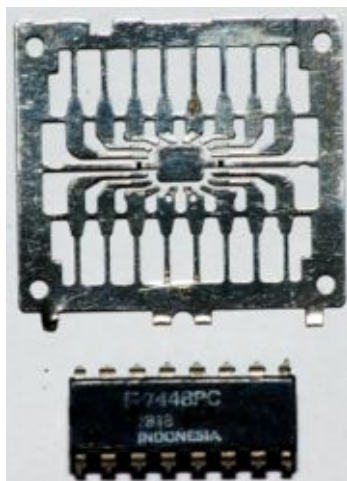
Obr.27. Princip činnosti elektromagnetického relé

- 1 - Cívka relé
- 2 - Jádru relé z magneticky měkké oceli
- 3 - Pohyblivá kotva z magneticky měkké oceli
- 4 - Pružné kontakty relé
- 5 - Připojení ovládaného obvodu ke kontaktům

V blízkosti elektromagnetu, který je tvořen navinutou cívkou s jádrem z magneticky měkké oceli, se nachází pohyblivá kotva. Tato kotva je též vyrobena z magneticky měkké oceli. Kotva se jedním svým koncem dotýká pružných kontaktů. Vzhledem k faktu, že měkká ocel je vodivá, dotyk ke kontaktům musí být proveden izolovaně, aby nedošlo ke zkratu mezi jednotlivými kontakty. Ke kontaktům je připojen ovládaný obvod. V okamžiku, kdy začne elektromagnetem procházet elektrický proud, jádro cívky se zmagnetuje a přitáhne svojí kotvu, čímž dojde k pohybu pružných kontaktů. Sepnutím, rozepnutím nebo přepnutím těchto kontaktů dojde ke změně v ovládaném obvodu. Ve většině případů přitom k přitažení kotvy elektromagnetického relé stačí mnohem menší ovládací proud, než je proud, který prochází obvodem ovládaného zařízení.

Relé pracují na stejnosměrné nebo i na střídavé napětí. Podle druhu, mají relé různý počet spínacích, rozpínacích nebo přepínacích kontaktů. Informace o tom, jak jsou uspořádány kontakty, očíslování svorek těchto kontaktů, případně očíslování kontaktů cívky, jsou uvedeny v katalogových listech jednotlivých výrobců. Tam jsou také uvedeny spínací proudy kontaktů příslušného relé, jednak pro stejnosměrný, ale i střídavý proud.

[5]



Obr.28. Jeden z mnoha typů integrovaných obvodů

Integrovaný obvod (IO) je moderní elektronická součástka. Jedná se o spojení (integraci) mnoha jednoduchých elektrických součástek, které společně tvoří elektrický obvod vykonávající nějakou složitější funkci. Integrované obvody dělíme na monolitické a hybridní, dále pak na analogové nebo číslicové obvody, bipolární nebo unipolární, atd. Monolitické IO dnes jasně převažují. Jejich jednotlivé součástky jsou vytvořeny a vzájemně spojeny (s pomocí difúze a epitaxe) na jediné polovodičové, nejčastěji křemíkové, destičce. Hybridní IO se skládají z několika součástek (zpravidla některé z nich bývají monolitické IO), které jsou přilepeny a pospojovány na malé destičce (zpravidla keramické).

Základem pro výrobu moderních monolitických IO je monokrystal z velmi čistého polovodiče. Monokrystal musí být velmi dokonalý, pokud možno prostý jakýchkoliv poruch v krystalové mřížce. Materiál pro jeho výrobu musí být předem velmi dokonale vyčištěn. Čištění materiálu a tažení takového monokrystalu se provádí za vysokých teplot v ochranné atmosféře, a je proto energeticky, ale i časově velmi náročné. Náročnost procesu je tím větší, čím větší průměr má výsledný monokrystal mít.

Hotový monokrystal, který má válcový či doutníkovitý tvar, se nařeže na velmi tenké plátky (anglicky chips, z toho české čipy). Jejich tloušťka je v řádu desetin milimetru. Plátky se dále dokonale vyleští.

Na připravených plátcích se pak vytvářejí důmyslnými postupy miniaturní masky a na nezamaskovaná místa se difúzí přidávají různé příměsi, které v daných místech přetvářejí základní polovodičový materiál na materiál typu P nebo N, takže vznikají tzv. PN přechody.

Další často používanou metodou je iontová epitaxe, která spočívá v přímém „nastřelování“ iontů patřících příměsí do určených míst polovodiče. Po vytvoření struktury obvodu se na povrch vakuově napaří tenká vrstvička kovu (nejčastěji hliníku). Ta se poté opět za pomoci masky odleptá, takže na určených místech destičky vzniknou hliníkové kontakty.

Na jednom plátku je takto vytvořeno zpravidla několik řad a sloupců stejných obvodů. Ty se nejprve elektricky otestují pomocí jemných hrotů dotýkajících se vytvořených hliníkových kontaktů. Vadné součástky jsou označeny a celá destička je pak rozřezána na jednotlivé integrované obvody. U těch, které v předchozím kroku prošly testem, jsou ke kontaktům přivařeny miniaturní zlaté drátky, které jsou vyvedeny na vývody (nožičky) IO. Celý obvod je pak zapouzdřen do (většinou plastového) pouzdra.

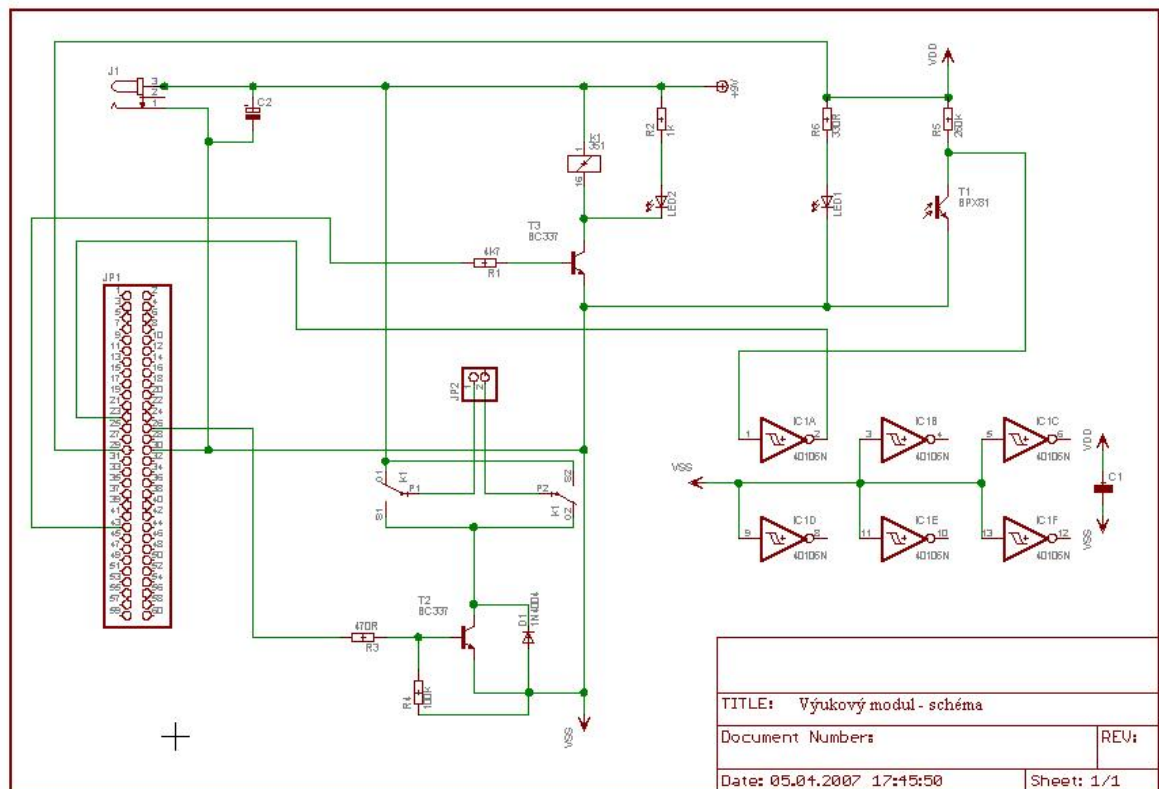
[5]

5.2 Popis zapojení

Seznam použitých součástek:

NÁZEV	POČET	POZNÁMKA
Jack	1	---
Pinhead	2	Jeden 60 x PIN Druhý 2 x PIN
Stejnoseměrný elektromotorek	1	---
Patice	1	Pro integrovaný obvod
Integrovaný obvod 40106	1	Schmittův klopný obvod
Relé	1	Na 12 V, spíná při 7 V
Tranzistor BC 337	2	Typ NPN
Foto-tranzistor BPX 81	1	Siemens
Dioda 1N4004	1	---
Dioda LED	2	Zelená (signalizační) Červená (pro foto-tranzistor)
Rezistor	6	4K7, 1K, 260K, 100K, 330R, 470R
Kondenzátor	2	100 μ F, 100 nF

Tab.1. Přehled použitých součástek



Obr.29. Výukový modul – schéma zapojení

Napájecí část je řešena pomocí jacku, který přivádí napájecí napětí pro relé a stejnosměrný elektromotorek o velikosti 9V. Kondenzátor C2 slouží k odfiltrování tohoto napájení.

Kontakty PIN pro vývojový kit propojují porty mikropočítače s obvodem vývojového kitu a kontakty PIN pro elektromotorek propojují kontakty stejnosměrného elektromotorku s deskou plošných spojů. Stejnosměrný elektromotorek je tak spojen se spínacími kontakty relé. Relé je použito pro přepínání směru otáčení stejnosměrného elektromotorku, které je řešeno softwarově.

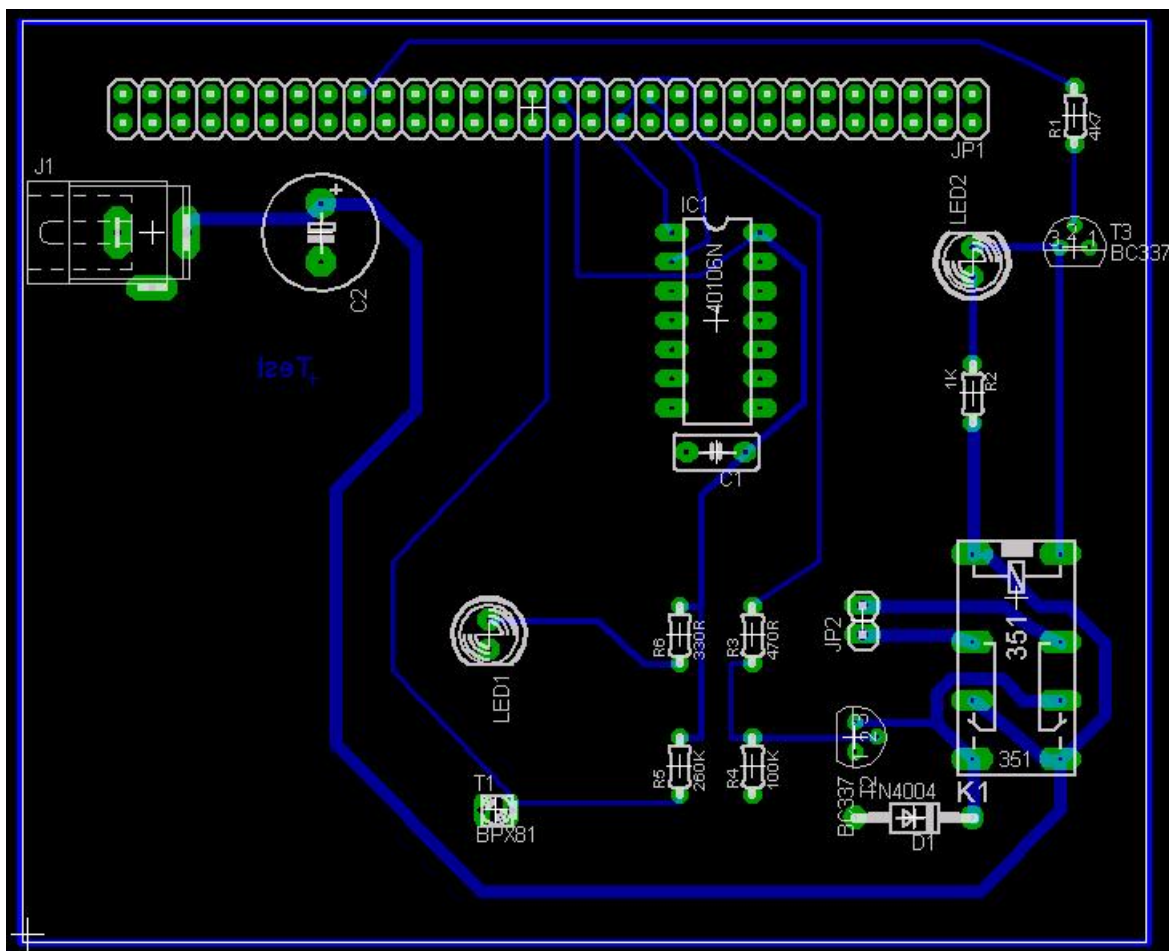
Relé je ovládáno pomocí výstupu z mikropočítače. Přivedením napětí z již zmíněného výstupu mikropočítače na bázi tranzistoru T3 přes rezistor R1 se relé sepne a pak přes své spínací kontakty změní směr procházejícího proudu a tím změní polaritu na kontaktech stejnosměrného elektromotorku, který se začne otáčet na druhou stranu. Pro indikaci směru otáček slouží dioda LED 2 (zelená), před kterou je ochranný rezistor R2.

Spínací obvod je tvořen ze dvou rezistorů R3 a R4, tranzistoru T2 a diody D1. Rezistory R3 a R4 slouží k ochraně vstupu na bázi tranzistoru T2. Na bázi tohoto tranzistoru jsou z výstupu mikropočítače vysílány impulsy PWM modulace, které budou

řídít rychlost otáčení stejnosměrného elektromotorku otevřením přechodu CE. Dioda D1 má pouze ochranný charakter.

Zachycení rychlosti otáček stejnosměrného elektromotorku má na starosti optický snímač, který je složen z ochranného rezistoru R6 pro diodu LED 1 (červená) a z ochranného rezistoru R5 pro foto-tranzistor T1. Princip snímače je jednoduchý. Hřídel stejnosměrného elektromotorku je opatřena černým kotoučem (průměr 4 cm), ve kterém jsou navrtány otvory (průměr otvoru je 2 mm) tak, aby vzdálenosti jejich vzdáleností nebyly stejné. Kotouč rotuje kolem své osy. Dioda LED je umístěna na desce plošných spojů tak, aby svítila přes díry rotujícího kotouče na bázi foto-tranzistoru. Ten pak na základě osvětlení své báze spojuje kladné napětí na kolektoru s GND na svém emitoru (uzavírá elektrický obvod) a tím vytváří jakýsi pulzní výstup na svém kolektoru.

Tento výstup má nedokonalý obdélníkový charakter, který nakonec vytvaruje Schmittův klopný obvod na obdélníkový impuls o správných napěťových úrovních pro logické hodnoty 1 a 0. Kondenzátor C1 slouží k filtrování napájecího napětí pro integrovaný obvod (Schmittův klopný obvod). Optický snímač a Schmittův obvod je napájený 3,3V z výstupu mikropočítače.



Obr.30. Výukový modul – deska plošných spojů

Obrázek č.30. ukazuje samotnou realizaci propojovacích cest mezi jednotlivými součástkami. Po vyleptání desky plošných spojů bylo potřeba napájet součástky a následně otestovat jejich funkci a správnost zapojení.

Deska plošných spojů byla nasazena na konektory mikropočítače, který byl přes sériový port spojen se stolním počítačem. Systém pak byl připojen k elektrickému napětí. Rozsvítla se červená dioda LED, která je napájena přímo z mikropočítače. Pak jsem zkusil funkčnost relé připojením přímo na svorky napájecího napětí – kontrola proběhla úspěšně.

K dalšímu ověřování bylo potřeba softwaru. Využil jsem ukázkových programů pro předmět mikropočítače. Pomocí těchto programů bylo možno otestovat řízení otáček potenciometrem na vývojovém kitu. Všechny testy hardwaru proběhly úspěšně a tak bylo možné přistoupit k softwarové části práce.

6 SOFTWARE

K ovládaní modulu je naprogramována knihovna programů, která uživateli umožňuje měnit směr a rychlost otáčení stejnosměrného elektromotorku. Dále pak zjišťuje aktuální rychlost a směr otáček.

6.1 Princip řešení


Součástí knihovny programů pro výukový modul je zdrojový kód matematické knihovny. Nejprve je nutné zajistit inicializaci (nastavení) časovače na portu D, inicializaci portu F pro přepínání směru otáček elektromotorku a inicializaci matematické knihovny.

Matematická knihovna se inicializuje funkcí „INITMATH“. Pro správné použití matematické knihovny je nutné, aby v uživatelském programu byl nastaven ukazatel zásobníku tak, aby ukazoval vždy do nulté stránky paměti RAM (adresy \$00 až \$FF).

Časovač má dva nezávislé moduly TPM1 a TPM2, které obsahují 16-bitový čítač. Při přetečení čítače se generuje přerušení TOF. Pro práci s modulem je využit modul TPM2, který má 5 kanálů a každý z nich může pracovat ve třech režimech: input capture, output compare, PWM. Knihovna využívá dva kanály, jeden v režimu PWM a druhý v režimu input capture.

Nastavením třetího bitu v řídicím registru PTDDD portu D na logickou hodnotu 1 znamená, že pin, na kterém je připojen časovač TPM2 kanál CH0 (pin 26), pracuje ve výstupním režimu pro PWM a nastavení čtvrtého bitu na logickou hodnotu 0 znamená, že pin, na kterém je připojen časovač TPM2 kanál CH1 (pin 23), pracuje ve vstupním režimu pro režim input capture. Samotné nastavení časovače tak, aby pracoval v daných režimech, je provedeno nastavením příslušných bitů v registru TPM2C0SC pro kanál CH0 a v registru TPM2C1SC pro kanál CH1.

	Bit 7	6	5	4	3	2	1	Bit 0
Read:	TOF	TOIE	CPWMS	CLKSB	CLKSA	PS2	PS1	PS0
Write:								
Reset:	0	0	0	0	0	0	0	0

 = nerezervovaný

Obr.31. řídicí registr časovače TPMxSC

Nastavením nultého (PS0), prvního (PS1) a druhého (PS2) bitu řídicího registru časovače TPM2SC na logickou hodnotu 0 volím požadovaný dělicí poměr hodinového kmitočtu na 1. Nastavením třetího bitu (CLKSA) na logickou hodnotu 1 a čtvrtého bitu (CLKSB) na logickou hodnotu 0 volím zdroj hodinového kmitočtu pro časovač, kterým je hodinový kmitočet sběrnice (20 MHz). Ještě je nutné nastavit šestý bit (TOIE) na logickou hodnotu 1, který povoluje přerušení. Dále se nastavuje hodnota modulo registru (TPM2MOD) pro požadovaný čas do přetečení časovače, ta lze vypočítat pomocí vzorce:

$$\text{Modulo} = \frac{t_{TOF} \cdot f_{source}}{\text{Prescaler}}$$

Kde: Modulo – údaj, který zapíšeme do modulo registru

t_{TOF} – požadovaný čas do přetečení časovače [s]

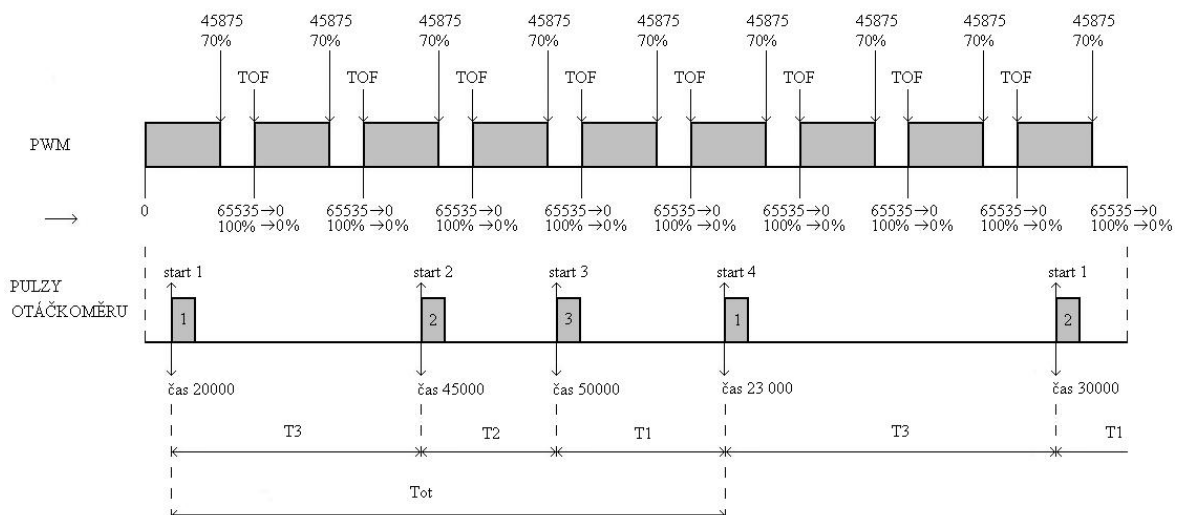
f_{source} – frekvence zdroje hodinového kmitočtu [Hz]

Prescaler – nastavení vstupní frekvenční děličky

Modulo registr je nastaven na maximální hodnotu.

Port F je nastaven tak, aby pin PTF4 (pin 43) pracoval ve výstupním režimu. Tento pin je použit k přepínání směru otáček.

Pro vstup impulsů z otáčkoměru je použit stejný modul časovače jako pro generování impulsů PWM, tedy modul časovače TPM2. Použité zkratky pro popis obrázku č.32 jsou zároveň jmény proměnných použitými v knihovně programů.



Obr.32. PWM a pulsy otáčkoměru

TOF – přerušení od časovače při kterém se inkrementuje proměnná CNT

START 1 – čas příchodu prvního impulsu (nuluje se proměnná CNT)

START 2 – čas příchodu druhého impulsu

START 3 – čas příchodu třetího impulsu

START 4 – opět čas příchodu prvního impulsu (po jedné otáčce)

T3 – rozdíl tiků časovače mezi první a druhým impulsem

T2 – rozdíl tiků časovače mezi druhým a třetím impulsem

T1 – rozdíl tiků časovače mezi třetím a prvním impulsem (po jedné otáčce)

Tot – rozdíl tiků časovače mezi stejnými impulsy (jedna otáčka)

čas XXX – tiky časovače

Jelikož impulsy PWM mají větší frekvenci než příchod impulsů z otáčkoměru a časy příchodů jednotlivých impulsů otáčkoměru nám samotné nic neříkají (nevíme kolikrát čítač přetekl a vynuloval se), tak při přerušení TOF se inkrementuje virtuální čítač CNT, který se po příchodu čtvrtého impulsu nuluje. Tím zjistím počet přetečení časovače.

Abychom zjistili čas mezi jednotlivými impulsy (T1, T2, T3), vytváříme čtyři 4-bytové proměnné pro časy příchodů čtyř impulsů (po čtvrtém impulsu se tyto proměnné přepisují novými hodnotami, protože k vypočítání aktuální rychlosti otáček nám stačí právě čtyři impulsy). Do spodních dvou bytů proměnné pro příchod impulsu se ukládá aktuální čas časovače a do horních dvou bytů této proměnné se ukládá aktuální hodnota virtuálního časovače CNT.

V proměnné Tot je tedy 4-bytové číslo odpovídající počtu tiků časovače od doby příchodu prvního impulsu do doby příchodu toho samého impulsu (jedna otáčka). Pro přepočítání tiků na otáčky za minutu, je využita matematická knihovna, která využívá pro početní operace (počítá s reálnými čísly) dva 4-bytové registry. Protože registry mikro počítače mají maximální velikost dva byty, je nutné 4-bytové proměnné zapisovat do registrů matematické knihovny postupně. To je vyřešeno načtením dvou horních bytů proměnné do registru matematické knihovny, vynásobením hodnotou 2^{16} a přičtením

spodních dvou bytů proměnné. Samotné přepočítání tiků z proměnné Tot na otáčky za minutu je realizováno pomocí vzorce:

$$\frac{Tot}{f_{SOURCE}} = N_s \quad [ot/s] \quad N = N_s \cdot 60 \quad [ot/min]$$

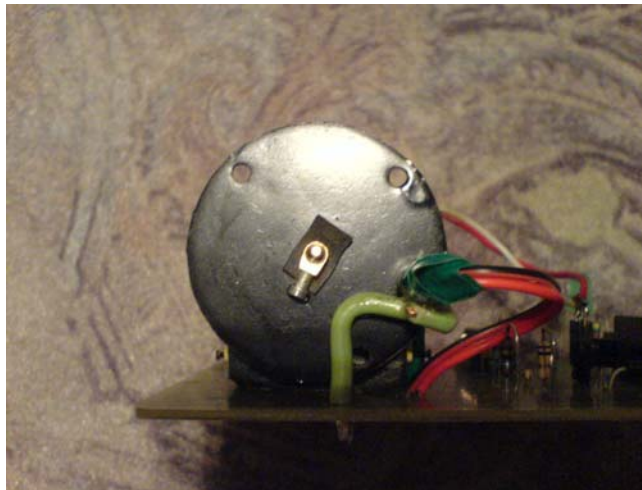
Tot – rozdíl tiků časovače mezi stejnými impulsy (jedna otáčka)

f_{SOURCE} – frekvence zdroje hodinového kmitočtu [20 MHz]

N_s – počet otáček za sekundu

N – počet otáček za minutu

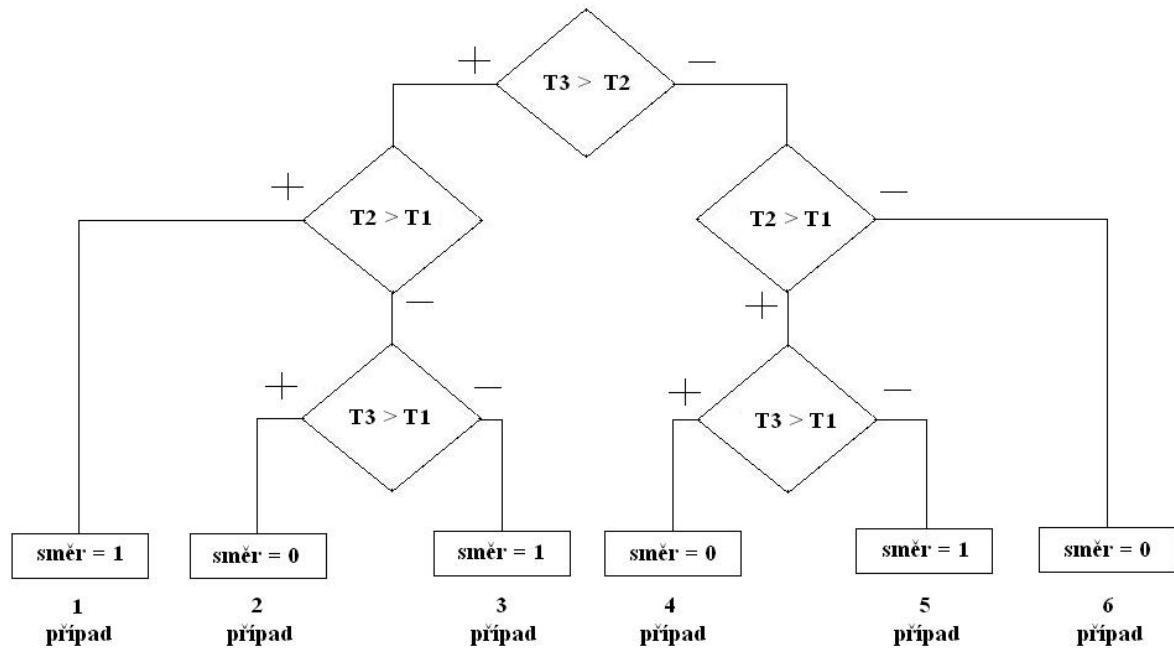
Určení směru otáček elektromotorku záleží v první řadě na směru pohledu, protože směr otáček je jiný při pohledu zepředu nebo zezadu. Směr pohledu je určen podle následujícího obrázku č.33, směr otáček je tedy brán pohledem zepředu.



Obr.33. náhled na modul pro určení směru otáček

Pro lepší pochopení principu určování směru otáček elektromotorku jsem vytvořil vývojový diagram s vysvětlující tabulkou.

Z vývojového diagramu je vidět, že příchody impulsů za sebou mají šest možných případů, z nichž tři jsou otáčky směřující doprava a tři jsou otáčky směřující doleva. Čas T3 je vždy rozdíl mezi příchodem prvního a druhého impulsu. Čas T2 je vždy rozdíl mezi příchodem druhého a třetího impulsu. Čas T1 je vždy rozdíl mezi příchodem třetího a prvního (po jedné otáčce) impulsu. Z tabulky pod vývojovým diagramem je vizuálně vidět, jaké případy příchodů impulsů mohou nastat a jakým směrem se točí hřídel elektromotorku.



případ	délka a příchod pulsů za sebou	směr
1		doprava
2		doleva
3		doprava
4		doleva
5		doprava
6		doleva

Obr.34. Vývojový diagram – určení směru

6.2 Manuál (přehled a popis uživatelských funkcí)

Tato část práce popisuje funkci jednotlivých uživatelských funkcí. Uživatelských funkcí je pět.

MINIT – Funkce nastavuje časovač pro PWM, matematickou knihovnu a port pro přepínání směru. Funkci je nutné zavolat jako první, ještě před použitím jiných uživatelských funkcí.

SET_PWM – Funkce slouží k nastavení rychlosti otáček a má jeden vstupní parametr, který se funkci předává v registru mikropočítače A. Parametr se zadává v hodnotách od 0 do 100 (v procentech).

GET_OTACKY – Funkce se používá k získání aktuálních otáček elektromotorku a nemá žádné vstupní parametry. Funkce vrací aktuální otáčky elektromotorku za minutu v registru H:X.

SET_SMER – Funkce slouží k nastavení směru otáček elektromotorku a má jeden vstupní parametr, který se funkci předává v registru mikropočítače A. K nastavení směru otáčení elektromotorku doleva se v registru A předává logická hodnota 0 a k nastavení směru otáčení elektromotorku doprava se v registru A předává logická hodnota 1.

GET_SMER – Funkce se používá k získání aktuálního směru otáček elektromotorku a nemá žádné vstupní parametry. Funkce vrací aktuální směr v registru A. Je-li v registru A logická hodnota 0, elektromotorek se otáčí doleva a je-li v registru A logická hodnota 1, elektromotorek se otáčí doprava.

ZÁVĚR

Úkolem práce bylo navrhnout výukový modul pro předmět mikropočítače, který má sloužit k měření otáček a přepínání směru stejnosměrného elektromotorku.

Úvod teoretické části se zabývá vysvětlením základních pojmů pro správné pochopení textu. Další částí je všeobecný přehled o mikropočítačích, zejména princip struktury téměř všech mikropočítačů a využití mikropočítačů obecně. V oblasti mikropočítačů je dále popsán konkrétní mikropočítač a vývojový kit, pro který je navržen výukový modul.

Dále jsou popsány obecné informace o struktuře programování. V kapitole o programování rozebírám tematiku řešení problémů před samotným vytvořením aplikace. Potom následují konkrétní informace o programovacím jazyku symbolický adres. Kapitola o programovacím jazyku pojednává o možnostech a syntaxi tohoto jazyka.

Poslední část teorie popisuje řízení otáček stejnosměrného elektromotorku. Abychom mohli řídit stejnosměrný elektromotorek je nutné nějakým způsobem změřit jeho otáčky. V podkapitole této části jsou způsoby měření otáček vysvětleny. Další podkapitola této části se věnuje samotnému řízení otáček stejnosměrného elektromotorku, především pomocí PWM.

Praktická část je tvořena ze dvou hlavních kapitol, hardware a software. V kapitole o hardwaru jsou popsány elektronické součástky, které tvoří samotný modul. Dále pak popis modulu a jeho zapojení.

V kapitole o softwaru jsou popsány problémy a jejich řešení k základnímu ovládní výukového modulu. Knihovnu programů, která byla vytvořena k ovládní stejnosměrného elektromotorku, tvoří čtyři uživatelské programy. Aby bylo možno knihovnu bezchybně využívat, je nutné vložit do projektu její zdrojový kód, dále pak zdrojový kód matematické knihovny a nastavení zásobníku na předurčenou adresu.

Byl tedy sestaven výukový modul se stejnosměrným elektromotorkem dle návrhu zapojení, který se ovládá pomocí knihovny programů. Výukový modul je demonstrativní prostředek k naprogramování automatického systému se stejnosměrným motorem. V praxi se takové systémy hojně využívají a proto byl tento výukový modul vytvořen.

ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ

The aim of this work was to design an educational module for course of microcomputer programming which will allow speed measurement and speed and direction control of DC electric motor.

In the introduction of theoretic part I attend to explain basic concepts for correct understanding of all text. The next part is broad survey about microcomputers especially the principle and structure of almost all microcomputers and the use of microcomputers generally. Text about microcomputers also describes the concrete microcomputer and development kit for which the educational module is designed.

There is described also the general information about programming. I explain theme of problem solving before making an application in chapter about programming. Then there is specific information about programming in assembly language. The chapter about programming language deals with possibilities and syntax of this language.

The last part of the theory describes the speed control of electric motor. So that we could drive DC electric motor it is necessary to measure somehow its speed.

I explain this ways in subchapter of this part. The next subchapter of this part deals respectively with the speed control of electric motor above all by the help of PWM.

The practical part is made of two main chapters, i. e. hardware and software. The electronic parts are described in the chapter about hardware which forms separate module. There is also description of the modulus and its wiring.

The problems and their solving to basic operating of education module are described in the chapter about software. The program library which was created to operate the DC electric motor forms four subroutines. If we want to use the library perfectly we must insert in the project its source code, and then the source code of mathematical library and setting of chamber on predestined address.

An educational module was constructed with DC electric motor according to the schema which operates with the help of the program library. The educational module is demonstrative device to allow programming automatic systems with DC motor. These systems are used very much in practice and so this education module was created.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] prof. Ing. Vladimír Vašek CSc.: Podklady pro přednášky z předmětu mikropočítače
- [2] Ing. Martin Sysel Ph.D.: skripta Technické vybavení PC
- [3] MC9S08GB/GT Data Sheet, Rev.2.3. Freescale Semiconductor, 2004
- [4] CPU08 Central Processor Unit Reference manual. Motorola, 2001
- [5] Otevřená encyklopedie Wikipedie [online], dostupný z „
<http://cs.wikipedia.org/wiki>“
- [6] Webové stránky učitelů [online], dostupných z „<http://home.zcu.cz/~pfeifer/>“
- [7] Ing. František Hruška Ph.D.: skripta Technické prostředky automatizace II
- [8] HCS08 Family Reference Manual, Rev.1. Freescale Semiconductor, 2003
- [9] VAŠEK V., VAŠEK L.: Programování mikropočítačů. FT VUT v Brně, Zlín 1989
- [10] VÁŇA V.: Začínáme s mikrokontroléry Motorola HC08 Nitron. BEN – technická literatura, Praha 2003
- [11] LADMAN J.: Elektronické konstrukce pro začátečníky. BEN - technická literatura 2002

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

ALU	Arithmetic-logic Unit – Aritmetickologická jednotka
CPU	Central Processing Unit – Centrální řídicí jednotka
LED	Light-emitting Diode – Elektro-luminiscenční dioda (svítivá dioda)
FLASH	Technologie výroby paměti
SPI	Serial peripheral interface module – synchronní sériové periferní rozhraní
SCI	Serial communications interface modules – asynchronní sériové komunikační rozhraní
FLL	frequency-locked loop – frekvenčně uzavřený cyklus
COP	Computer operating properly – důkladné počítačové řízení
PWM	Pulse Width Modulation – Pulzní šířková modulace
PIN	Propojovací kolík
Přechod CE	Přechod mezi kolektorem a editorem na tranzistoru
GND	Elektrická zem (uzemění)
TOF	Timer Overflow interrupt (přerušení při přetečení času)

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr.1. von Neumannovo schéma.....	11
Obr.2. Schéma vývojového kitu M68EVB908GB60	14
Obr.3. Zapojení konektorů na vývojovém kitu.....	16
Obr.4. Paměťová mapa	18
Obr.5. Instrukční slovo	21
Obr.6. Registry mikropočítače MC9S08GB60.....	21
Obr.7. Elektromagnetický otáčkoměr	24
Obr.8. Snímač s fotoelektrickým čidlem	25
Obr.9. Snímač s indukčním čidlem.....	25
Obr.10. PWM perioda a šířka pulsu	27
Obr.11. Druhy rezistorů.....	29
Obr.12. Schématické značky rezistoru	30
Obr.13. Druhy kondenzátorů	30
Obr.14. Schématická značka kondenzátoru.....	31
Obr.15. Druhy tranzistorů.....	31
Obr.16. Schématické značky bipolárních tranzistorů (vlevo NPN, vpravo PNP).....	32
Obr.17. Schématická značka foto-tranzistoru.....	32
Obr.18. Druhy diod	33
Obr.19. Schématická značka klasické polovodičové diody.....	34
Obr.20. Druhy diod LED	34
Obr.21. Schématická značka diod LED.....	35
Obr.22. Stejnsměrný elektromotorek.....	35
Obr.23. Rotor elektromotorku	36
Obr.24. Stator elektromotorku	36
Obr.25. Funkce stejnsměrného elektromotorku.....	37

Obr.26. Elektromagnetické relé	37
Obr.27. Princip činnosti elektromagnetického relé	38
Obr.28. Jeden z mnoha typů integrovaných obvodů	39
Obr.29. Výukový modul – schéma zapojení.....	41
Obr.30. Výukový modul – deska plošných spojů	43
Obr.31. Řídící registr časovače TMPxSC.....	44
Obr.32. PWM a pulsy otáčkoměru	46
Obr.33. Náhled na modul pro určení směru otáček	47
Obr.34. Vývojový diagram – určení směru	48

SEZNAM TABULEK

Tab.1. Přehled použitých součástek.....	41
---	----

