

Zařízení pro hlídání spotřeby vody

Device for monitoring water consumption

Václav Schmuttermeier



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta aplikované informatiky

akademický rok: 2010/2011

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Václav SCHMUTTERMEIER**
Osobní číslo: **A08260**
Studijní program: **B 3902 Inženýrská informatika**
Studijní obor: **Informační a řídicí technologie**

Téma práce: **Zařízení pro hlídání spotřeby vody**

Zásady pro vypracování:

1. Seznamte se s mikropočítačem Freescale HC08 NITRON.
2. Zpracujte návrh hardwarového zapojení jednotlivých součástí systému s mikropočítačem.
3. Realizujte navržené zařízení.
4. Ověřte řešení v jednoduché aplikaci.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

1. VÁŇA, Vladimír. Začínáme s mikrokontroléry Motorola HC08 Nitron. Praha: BEN – technická literatura, 2003. ISBN: 80-7300-124-1.
2. Firemní literatura a katalogové listy firmy Freescale. Dostupné na WWW: www.freescale.com
3. NITRON – jak na něj?. Dostupné na WWW: <http://hw.cz/Produkty/Nove-soucastky>
4. ĎAĎO, Stanislav; BEJČEK, Ludvík; PLATIL, Antonín. Měření průtoku a výšky hladiny. 1. vyd. Praha : BEN – technická literatura, 2005. 447 s. ISBN 80-7300-156-X
5. MĚŘENÍ průtoků a množství tekutin. Praha : Dům techniky ČVTS, 1977. 178 s.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Viliam Dolinay, Ph.D.

Ústav automatizace a řídicí techniky

Datum zadání bakalářské práce:

25. února 2011

Termín odevzdání bakalářské práce:

7. června 2011

Ve Zlíně dne 25. února 2011

prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.
děkan



prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.
ředitel ústavu

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá studiem mikropočítače HC08 NITRON a problematikou jeho využití v jednoduchých samostatných aplikacích. Jejím úkolem je návrh a realizace zařízení pro hlídání spotřeby vody s použitím mikropočítače z rodiny HC08. Práce je rozdělena do dvou částí, na teoretickou část a praktickou část.

První polovina teoretické části práce je zaměřena na studium a popis použitého mikropočítače HC08 NITRON. Druhá polovina se zabývá měřením průtoku a proteklého množství tekutin.

V druhé, praktické části je popsán návrh hardwarového zapojení jednotlivých součástí systému s mikropočítačem, jeho realizace a ověření v jednoduché aplikaci naprogramované ve vývojovém prostředí CodeWarrior od firmy MetroWerks.

Klíčová slova: mikropočítač, HC08, průtokoměr, elektromagnetický ventil, přerušení

ABSTRACT

This thesis studies the HC08 microcontroller NITRON and with its simple use in individual applications. Its task is to design and realization of equipment for monitoring water consumption using the HC08 family of microcontrollers. The work is divided into two parts, a theoretical part and practical part.

The first half of the theoretical work is focused on the study and description of the microcontroller HC08 NITRON. The second half deals with the measurement of flow and flow volume of fluid.

The second part describes the design of hardware components involved with the microcomputer system, its implementation and verification of the simple application of programmed development environment made by Metrowerks CodeWarrior.

Keywords: microcontroller, HC08, flow meter, the electromagnetic valve, interruption

Poděkování

Ing. Viliamu Dolinayovi, Ph.D.

za vstřícnou konzultaci a odborné vedení bakalářské práce

Ing. Janu Dolinayovi, Ph.D.

za konzultaci zpracování návrhu zařízení a programovou podporu

Motto

Nothing is impossible,

except that the state of your mind makes it so.

Prof John R. R. Searl

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné

Ve Zlíně

podpis diplomanta

.....

OBSAH

ÚVOD.....	10
I TEORETICKÁ ČÁST.....	11
1 MIKROPOČÍTAČE	12
1.1 MIKROPOČÍTAČ Z RODINY 68HC08.....	13
1.1.1 Základní vlastnosti	15
1.1.2 Bloky mikropočítačů NITRON	16
Procesorové jádro	16
System Integration Module (SIM)	17
Low-Voltage Inhibit (LVI)	17
Konfigurační registry (CONFIG1 a CONFIG2).....	17
Vstupní/výstupní porty (I/O ports)	17
Computer operating properly (COP)	17
External Interrupt (IRQ)	18
Keyboard Interrupt Module (KBI).....	18
Timer Interface Module (TIM)	18
Analog-to-Digital Converter (ADC).....	18
Break Module (BRK).....	18
1.1.3 Registry mikroprocesoru	18
1.2 PROGRAMOVÁNÍ MIKROPOČÍTAČŮ	19
1.2.1 Vývojové prostředí CodeWarrior.....	20
2 MĚŘENÍ PRŮTOKU.....	21
2.1 ZÁKLADNÍ POJMY A DEFINICE.....	21
2.1.1 Druhy proudění	22
2.1.2 Mezní vrstva.....	23
2.1.3 Viskozita	23
Fyzikální veličina a její značení.....	24
2.1.4 Reynoldsovo číslo	24
2.1.5 Rovnice kontinuity	24
2.1.6 Bernoulliho rovnice.....	25
2.2 SENZORY PRŮTOKŮ	25
2.2.1 Požadavky na snímače průtoku a průtokoměry	25
2.2.2 Rozdělení senzorů průtoků.....	26
II PRAKTICKÁ ČÁST	27
3 NÁVRH ZAŘÍZENÍ.....	28
3.1 POPIS PŘIPOJENÝCH ZAŘÍZENÍ.....	28
3.1.1 Vstupní periferie.....	28
3.1.2 Výstupní periferie.....	29
Indikační prvky	30
Akční prvky	30
3.1.3 Ovládání bistabilního elektroventilu	31
H můstek L293D.....	31
Elektromagnetické relé	32
3.2 SCHÉMA PLOŠNÉHO SPOJE	33
3.2.1 Editor EAGLE.....	33

3.2.2	Vlastní návrh schématu	33
3.3	NÁVRH DESKY PLOŠNÉHO SPOJE (DPS)	36
3.3.1	Kontrola pouzder	36
3.3.2	Rozmístění součástek a autorouter	36
4	REALIZACE NAVRŽENÉHO ZAŘÍZENÍ	38
4.1	TECHNOLOGIE VÝROBY DESKY	38
4.1.1	Fotocesta	38
4.1.2	Leptání desky	39
4.2	OSAZOVÁNÍ DPS	39
4.3	PROGRAMOVÁNÍ MIKROPOČÍTAČE	40
4.3.1	Vývojový kit JANUS	40
4.3.2	Vlastní program	41
	Definice funkcí a pomocných proměnných	41
	Použité funkce	42
	Hlavní smyčka	42
	ZÁVĚR	46
	ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ	47
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	48
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	49
	SEZNAM OBRÁZKŮ	50
	SEZNAM TABULEK	51
	SEZNAM PŘÍLOH	52

ÚVOD

K vysokému účtu za vodu se blížíme tehdy, pokud ignorujeme protékající toaletu, kapající kohoutek nebo si pořizujeme prostorné vany. Levné spotřebiče nám můžou ušetřit čas při mytí nádobí nebo praní prádla, ale jsou často energeticky náročné. Celkově pak za energie a vodu často zaplatíme mnohem více, než kdybychom investovali do kvalitních výrobků. Tímto způsobem pak ročně přicházíme o několik tisíc korun.

Vodu používáme každý den. Je nedílnou součástí našeho života. Sprchování a koupání společně se splachováním toalety spotřebuje nejvíce vody. Téměř každému z nás se někdy přihodilo, že do nádržky záchodu buď voda nenatékala, nebo častěji naopak protékala ven.

Přitom při poškození těsnění může protéct až 1L vody za minutu, což při aktuální ceně vody pro zlínský kraj ($73,15 \text{ Kč/m}^3$) činí 5339,95 Kč/ měsíc. Tím jsem chtěl podotknout, že se vyplácí kontrolovat, zda je toaleta v pořádku, anebo tento úkol svěřit do rukou moderní techniky. A to je právě cílem mé práce.

Teoretická část mé bakalářské práce je rozdělena na dvě části. První popisuje nejdůležitější části mikropočítačů a věnuje se především konkrétnímu typu MC68HC908QT4 z rodiny HC08. Je zde také stručný úvod do programování mikropočítačů. Druhá polovina se zabývá měřením průtoku a proteklého množství tekutin. Jsou zde uvedeny druhy proudění (laminární x turbulentní), tvar rychlostního profilu v potrubí (kanálu), časové změny měřeného průtoku apod. Všechny tyto okolnosti mají vliv na volbu fyzikálního principu snímače pro danou aplikaci.

Praktická část, stejně jako teoretická, je členěna na několik částí, které zahrnují návrh funkčního schématu, vhodný výběr vstupních/výstupních zařízení komunikujících s mikropočítačem, návrh desky plošného spoje, a samotný program, který řídí celý mikropočítačový systém.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 MIKROPOČÍTAČE

Pojem mikropočítač se s vývojem nových technologií a výroby PC měnil. Jeden z největších mezníků ve vývoji počítačů bylo právě vynalezení integrovaného obvodu. Vývojáři americké firmy Texas Instruments se snažili o zefektivnění výroby elektrických obvodů velmi malých rozměrů při zachování jejich spolehlivého fungování. Jako první přišli s myšlenkou vyrábět kompletní obvod se všemi aktivními a pasivními prvky přímo na povrchu polovodičových destiček. Tím vyřešili problém integrace mnoha jednoduchých elektrických součástek, která tvoří složitější obvod vykonávající specifické operace. Díky zmenšující se technologii výroby se tyto obvody stávali méně energeticky náročné a jejich cena rychle klesala. Rychlý vývoj umožnil integrovat všechny důležité součásti, které tvoří počítač do jedné „bedny“ a tím vznikl jednočipový mikropočítač. Vzhledem k jeho univerzálnosti použití, a poměru cena/výkon našel uplatnění v nejrůznějších oborech lidské činnosti.

Základní struktura:

- mikroprocesor
- paměť
- sběrnice
- vstupně/výstupní rozhraní – tzv. porty

Mikroprocesor (angl. Central Processing Unit, zkratka **CPU**) je základní součástí mikropočítače. Úlohou mikroprocesoru je číst a vykonávat strojové instrukce uložené v operační paměti. Srdce mikroprocesoru tvoří jedna nebo více aritmeticko-logických jednotek (**ALU**, anglicky Arithmetic-Logic Unit), které provádí s daty aritmetické a logické operace. Další součástí mikropočítače je *řadič*, který zajišťuje řízení jednotlivých částí mikroprocesoru dle prováděných instrukcí. Dále obsahuje *registry* pro uchování operandů a mezivýsledků.

Paměť slouží pro uchování programu a dat. Právě z tohoto hlediska můžeme architekturu mikroprocesorů rozdělit na dvě části:

- Von Neumannova koncepce
- Hardwarový model

Von Neumannova architektura je taková, pro kterou je typická společná paměť pro data i pro program. Výhodou této koncepce je, že nerozlišuje instrukce pro přístup k paměti dat a paměti programu → zjednodušení čipu. Postačující pro tento model je jedna datová sběrnice, po které se přenáší oba již zmíněné typy dat. Nevýhodou je však pomalejší přenos obou typů dat po jedné sběrnici.

Harwardská architektura má naopak tyto dva typy paměti oddělené. Hlavní nevýhodou je technologická náročnost vytvoření právě dvou nutných sběrnic. Mezi výhody patří rychlost vykonávaných instrukcí (čtení instrukcí a dat současně) a také možnost vytvoření různé šířky programové a datové sběrnice.

Sběrnice je možno chápat jako soubor nebo souhrn všech propojení, které zajišťují komunikaci mezi jednotlivými částmi mikropočítače. Sběrnice můžeme dělit na adresovou, datovou a řídicí.

Porty jsou obvody, které zajišťují komunikaci mikropočítače s okolím. Můžeme k nim připojit různá periferní zařízení a s pomocí mikropočítače je ovládat.

1.1 Mikropočítač z rodiny 68HC08

Jednočipové mikropočítače Motorola z řady HC08 jsou typickými představiteli své kategorie, navazující na řadu HC05, se kterou jsou kompatibilní na úrovni zdrojového kódu (směrem vzhůru). Obě řady byly vyráběny technologií HCMOS (High-speed Complementary Metal Oxide Silicon). Starší typy 6805 pak technologií HMOS. Struktura jádra vychází z mikroprocesoru 6800 a staršího jednočipového mikropočítače 6801. Jádro řadiče 68HC08 bylo oproti mikropočítači 6801 zjednodušeno (chybí druhý střadač). Na druhé straně bylo doplněno o několik instrukcí pro práci s bity v paměti RAM a registrech periférií. Procesor je vybaven perifériemi tak, aby co nejlépe vyhovoval konkrétním aplikacím. [1]

Značení mikropočítačů HC08 se pak skládá z těchto částí [3]:

MC 68 HC 9 08 QT 4 C P

MC – Plně kvalifikovaná součástka. Další možné značení XC – součástka, pro kterou ještě nejsou provedeny všechny kvalifikační testy.

68 – Označení řady mikropočítačů.

HC – Obvodová technologie.

9 – Mikropočítač obsahuje programovou FLASH. Pokud zde není nic,

mikropočítač je vyroben s pamětí ROM programovanou maskou.

08 – Typové značení řady mikropočítačů HC08.

QT – Zástupce typu QT. Další možná značení jsou např. AB, AZ, GP, GT, MR,

KX, QY, atd. Popisuje skladbu periférií a přibližně cílovou skupinu aplikací, pro

níž je mikropočítač koncipován. Až na výjimky mají všechny modely stejného

typu stejné periferie.

4 – Přibližná velikost paměti FLASH v kB (zde 4kB). Velikost paměti FLASH se u

HC08 pohybuje od 1kB až do 64kB.

C – Teplotní rozsah, ve kterém je zaručena správná funkce mikropočítače.

Teplotní rozsahy jsou tyto:

<nic> 0°C až 70°C

I 0°C až 85°C

C -40°C až 85°C

V -40°C až 105°C

M -40°C až 125°C

P – typ pouzdra (zde DIL). Další možná značení jsou např. DW pro SOIC, FA pro

32pin LQFP apod.

Např. MC68HC908QY2CDW – Mikropočítač HC08 typu QY (NITRON) s 2kB FLASH, certifikovaný pro práci v teplotách -40°C až 85°C, v pouzdru SOIC.

Obvody s malými pouzdry (typicky 8 - vývodový NITRON apod.) mohou mít popis z prostorových důvodů zkrácený o některé nevýznamné části – např. MC68HC908QT4CP - tedy NITRON v 8 - vývodovém provedení má na obvodu označení MC908Q4CP.



Obrázek 1-1. MC68HC908QT4
- NITRON

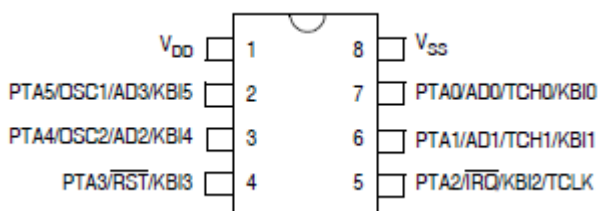
1.1.1 Základní vlastnosti

MC68HC908QT4 je osmibitový jednočipový mikropočítač vyráběný firmou Freescale Semiconductor. Je jedním z nejmenších zástupců rodiny Motorola HC08.

Mezi základní vlastnosti patří [2]:

- vysoko-výkonové 68HC08 CPU jádro
- kód kompatibilní s jádrem 68HC05
- napájení 2,7-5,5V
- maximální kmitočet interní sběrnice 8 MHz při 5V, 4 MHz při 3V nap. napětí
- vnitřní generátor hodin (taktování CPU na 13,8MHz, tedy 3,2MHz BUSCLK)
- možnost externího taktování až do 32MHz, tj. 8MHz BUSCLK (pro 3V provoz pouze 16MHz)
- architektura typu Von Neumann, tzn. data i program, jsou umístěny ve stejném paměťovém prostoru
- periférie jsou paměťově mapované
- paměť FLASH 1,5-4kB, paměť RAM 128B
- dvoukanálový IC/OC/PWM časovač
- A/D převodník 8bit (jeden převod za 17 μ s) s čtyřkanálovým multiplexorem
- 6 vstupů přerušení od klávesnice
- programovatelný externí IRQ a RESET
- velmi malý příkon, několik úsporných módů

Mikropočítače NITRON typ QT mají 8 vývodů, typ QY 16 vývodů. Z toho jsou vždy dva napájecí a zbývajících 6, resp. 14 vývodů je volně k dispozici uživateli. Na většinu z těchto vývodů jsou také vyvedeny signály vnitřních periférií (časovač, A/D, aj.). Následující obrázek naznačuje přiřazení každému vývodu skupiny funkcí, z níž se podle priority vybírá, která funkce bude na vývodu nastavena.



Obrázek 1-2. Přiřazení funkcí pinům [2]

Tabulka 1-1. Upřednostnění funkcí na pinu, pokud je povoleno více funkcí na jednom pinu [2]

Jméno pinu	Nejvyšší -> nejnižší priorita
PTA0	AD0 → TCH0 → KBI0 → PTA0
PTA1	AD1 → TCH1 → KBI1 → PTA1
PTA2	IRQ → KBI2 → TCLK → PTA2
PTA3	RST → KBI3 → PTA3
PTA4	OSC2 → AD2 → KBI4 → PTA4
PTA5	OSC1 → AD3 → KBI5 → PTA5

1.1.2 Bloky mikropočítačů NITRON

V této části bude popsáno několik důležitých bloků mikropočítačů NITRON.

Procesorové jádro

Struktura procesorového jádra je shodná s rodinou procesorů MC HC05. To znamená stejnost v architektuře, adresovacích módech a instrukčním souboru. Vyznačuje se zejména následujícími prvky [2]:

- 16bitový čítač
- 16bitový x-registr pro práci s instrukcemi
- až 8MHz vnitřní sběrnice
- 64kb adresovatelný paměťový prostor

- převody paměť – paměť bez účasti akumulátoru
- instrukce pro násobení a dělení
- nízko-výkonový a čekací mód

System Integration Module (SIM)

Tato část popisuje modul systémové integrace (SIM), která podporuje až 24 vnějších/vnitřních přerušení. Spolu s centrální procesorovou jednotkou ovládá SIM všechny aktivity mikrořadiče. [2]

Low-Voltage Inhibit (LVI)

Tento modul zajišťuje sledování napájecího napětí, ovlivňuje spotřebu obvodu a nastavení STOP módu. [2]

Konfigurační registry (CONFIG1 a CONFIG2)

Jednotlivé bity těchto konfiguračních registrů ovládají COP modul, STOP instrukci, LVI modul a nastavení nízko-příkonových módů. [2]

Vstupní/výstupní porty (I/O ports)

MC68HC908QT4 má 5 obousměrných vstupně/výstupních pinů a jeden vstupní pin. Každý vývod může být nastaven jako vstupní nebo výstupní, porty mají softwarově nastavitelné „pull-up“ rezistory. [2]

Computer operating properly (COP)

Součástí modulu je nezávislý čítač, který generuje reset, pokud je povoleno přetečení. Tento obvod můžeme nazvat termínem Watchdog. Obvod má za úkol hlídat správný běh programu. Jedná se v podstatě o časovač, který je odstartován bezprostředně po resetu mikropočítače, nebo někdy později (nastavení programově). Po vypršení časového limitu časovač vyvolá automaticky reset, pokud ho však dříve nějakým podnětem (signál, hodnota v registru) nevrátíme do počátečního stavu. V praxi to funguje tak, že do programu jsme schopni vložit příkazy nulující časovač hlídacího obvodu Watchdog, kdy při správné funkci tohoto obvodu nedochází k vypršení časového limitu. [1]

External Interrupt (IRQ)

Tento modul zajišťuje obsluhu maskovaného přerušení. Vývod IRQ má interní „pull-up“ rezistor, nastavitelnou citlivost na hranu nebo na úroveň, nastavitelná hystereze, automatické potvrzení přerušení. [2]

Keyboard Interrupt Module (KBI)

Modul obsahuje 6 nezávislých, maskovatelných externích přerušení, určených např. pro obsluhu klávesnice. Možnosti nastavení stejné jako u IRQ. Ukončení nízko-příkonových režimů. [2]

Timer Interface Module (TIM)

Modul tvoří dvoukanálový časovač umožňující také načítání impulzů s volitelnou citlivostí, pulzní šířkovou modulací PWM a mnoho jiných možností zpracování a generování impulzů. [2]

Analog-to-Digital Converter (ADC)

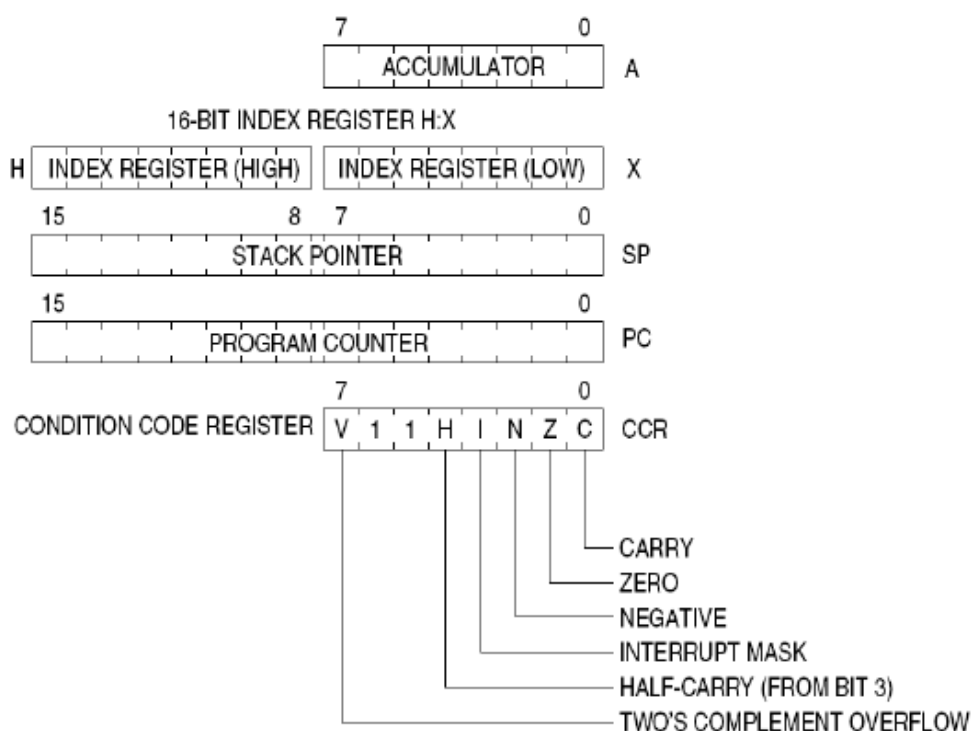
Integrovaný čtyř-kanálový analogově-digitální převodník s rozlišením 8 bitů. Umožňuje jednoduchý nebo kontinuální převod, volitelnou rychlost převodu, vyvolání přerušení po ukončení převodu. [2]

Break Module (BRK)

Modul umožňuje tzv. „In Circuit Debugging“, neboli ladění přímo v aplikaci. Za běhu vykonávané instrukce na nastavené adrese je vyvoláno speciální přerušení, jehož obsluha je pak použita při ladění programu. [1]

1.1.3 Registry mikroprocesoru

Obecně registry jsou velmi rychlé paměti, do kterých se ukládají operandy aritmetických a logických operací, které vykonává procesor. Z následujícího obr. můžeme vidět, jak vypadá programovací model mikropočítačů NITRON.



Obrázek 1-3. Programovací model [2]

Do registru A se nejčastěji ukládají operandy a také někdy výsledky operací. Do indexového registru (má dvě samostatné části H a X) se ukládají adresy, kterými můžeme odkazovat na jiná paměťová místa. V registru SP (Stack Pointer) nalezneme adresu vrcholu zásobníkové paměti. SP tak ukazuje na místo v paměti, které následuje za posledním prvkem zásobníku. Model ještě tvoří 16 - bitový registr programového čítače (PC) a 8 - bitový příznakový registr CCR.

1.2 Programování mikropočítačů

K programování mikropočítačů se používají různé programovací jazyky. Programovací jazyky můžeme rozdělit dle abstrakce na vyšší programovací jazyky (většina) a nižší programovací jazyky (např. JSA). To co potřebujeme k programování je překladač, textový editor pro zápis kódu a programátor. Překladač (compiler) je stroj nebo program, který nám provádí překlad z vstupního jazyka (naš programovací jazyk) do jazyka výstupního (strojový kód), kterému rozumí mikropočítač. Strojový kód se skládá z číselných hodnot, které představují instrukce a data, které odpovídají instrukční sadě procesoru.

Samotný program napsaný v editoru potom ještě musíme nahrát do vnitřní paměti našeho mikropočítače pomocí zařízení nazývaného „programátor“. Toto zařízení umožňuje komunikaci s mikropočítačem přes rozhraní USB, RS232, aj.

1.2.1 Vývojové prostředí CodeWarrior

CodeWarrior Development Studio je komplexní integrované vývojové prostředí (IDE), které poskytuje vysoce vizuální a automatizované řešení v rámci urychlení rozvoje z nejsložitějších vestavěných aplikací. Původně byl vyvíjen společností Metrowerks, která byla v roce 1999 odkoupena společností Motorola a její dceřinou společností Freescale Semiconductor, která se v roce 2004 osamostatnila a nadále pokračuje ve vývoji nových verzí. Soustředí se na nástroje pro jazyk C a C++, ale zahrnuje také Pascal, Object Pascal, Objective-C a Java kompilátory. CodeWarrior obsahuje především editor pro psaní zdrojového kódu, kompilátor, debugger včetně simulátoru a rozhraní pro uložení programu do mikropočítače. [2]

2 MĚŘENÍ PRŮTOKU

Určení průtoku neboli podílu množství tekutiny, která protéká průřezem potrubí, a času potřebného k protečení tohoto množství patří k nejstarším úkolům měřící techniky v lidské historii. V současné době patří k nejčastěji měřeným veličinám právě proteklé množství tekutiny a výška hladiny, ale také teplota a tlak. Průtokoměry se dnes používají v širokém odvětví přes měření průtoku krve až po měření rychlosti proudění říčních toků a mořských proudů.

Pracovní podmínky průtokoměrů jsou různé a můžeme je dělit z hlediska:

- složení proudícího média (čistě tekutiny, agresivní tekutiny, směsi)
- vlastnosti měřených tekutin
- rozsah teplot proudících tekutin
- rozsah tlaků tekutin

Nejen samotný výběr a instalace průtokoměrů vyžadují celkové pochopení jejich fyzikálních principů a zákonů proudění tekutin a termodynamiky, ale také jejich samotný provoz.

2.1 Základní pojmy a definice

Všechny uvedené rovnice v této podkapitole uvádí autor ve svém díle. [4]

Tekutina je látka, která nemá určitý tvar a vyznačuje se tendencí při pohybu kopírovat obrysy nádoby. Jako tekutina se chovají kapaliny, plyny a páry. Tekutiny se od pevných látek liší velkou pohyblivostí svých částic, nemají vlastní tvar a snadno se dělí.

Rychlost pohybující se částice tekutiny v , je vektor, jehož směr je stejný jako směr tečny k dráze částice a jehož velikost je dána poměrem dráhy Δl k času Δt , který je potřeba k jeho proběhnutí. [4]

$$\vec{v} = \frac{\Delta l}{\Delta t} \quad (1)$$

Průtok je podíl množství tekutiny protékající průtočným průřezem potrubí a času potřebného k protečení tohoto množství tímto průřezem.

Střední průtok je střední hodnota průtoku za čas.

Objemový průtok Q_v je vyjádřen podílem objemu tekutiny ΔV , který proteče určitou plochou za časový interval Δt .

$$Q_v = \frac{\Delta V}{\Delta t} \quad (2)$$

Okamžitý objemový průtok je pak dán derivací objemu V podle času t .

$$q_v = \frac{dV}{dt} \quad (3)$$

Hmotnostní průtok Q_m je vyjádřen podílem hmotnosti tekutiny Δm , který proteče určitou plochou za časový interval Δt .

$$Q_m = \frac{\Delta m}{\Delta t} \quad (4)$$

Okamžitý hmotnostní průtok je pak dán derivací hmotnosti m podle času t .

$$q_m = \frac{dm}{dt} \quad (5)$$

Hmotnostní průtok můžeme určit z objemového za použití vztahu

$$q_m = \rho q_v \quad (6)$$

kde ρ je hustota měřené kapaliny.

Pokud známe plochu S a střední rychlost v , můžeme pak určit objemový průtok ze vztahu

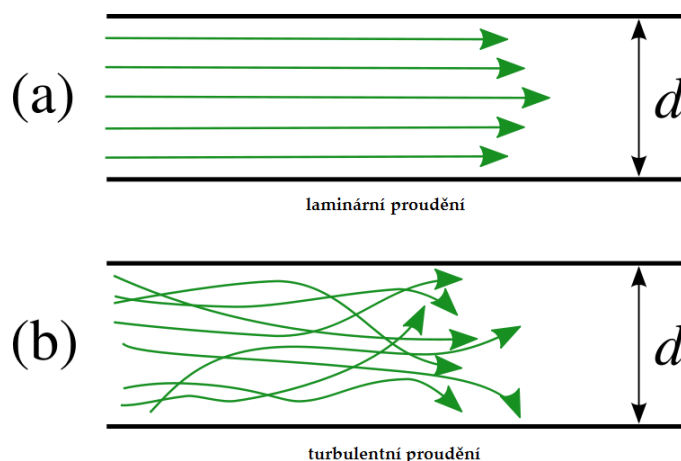
$$q_v = Sv \quad (7)$$

2.1.1 Druhy proudění

Druh proudění tekutiny zásadně ovlivňuje hlavní funkci průtokoměru.

Při *laminárním proudění* se částice tekutiny pohybují vedle sebe po drahách (destičkách = lat. Lamina), které se vzájemně nekříží. Mezi jednotlivými vrstvami tekutiny se předpokládá účinek třecích sil. Rychlost proudění je největší v ose potrubí, postupně klesá parabolicky a nejmenší je na místě styku hraniční vrstvy tekutiny s vnitřní stěnou potrubí. Na místě styku se očekává největších účinků třecích sil. Toto proudění je typické pro viskózní tekutiny a malé rychlosti proudění.

Turbulentní proudění je takové proudění, při kterém se dráhy částic tekutiny navzájem kříží. Částice tekutiny vykonávají kromě pohybu posuvného, také složitý vlastní pohyb, který vede k vytváření vírů (bouřit = lat. Turbo - odtud název proudění). Proudění není stacionární, protože rychlosti jednotlivých částic tekutiny se nepravidelně mění. Toto proudění se objevuje při větších rychlostech proudění tekutin, nebo při míchání dvou nezávislých toků.



Obrázek. 2-1. Rychlostní profil pro různé druhy proudění tekutiny

2.1.2 Mezní vrstva

Mezní vrstvou nazýváme velmi tenkou vrstvu tekutiny na styku povrchu obtékaného tělesa. Zde dochází k velmi prudké změně rychlosti proudění úměrně se vzdáleností od stěny (nulová hodnota v blízkosti stěn obtékaného tělesa). Vzhledem k rozmístění základní části mnoha průtokoměrů právě v oblasti mezní vrstvy nebo v její blízkosti, nabývá mezní vrstva důležitého významu při měření průtoku. Jedná se např. o umístění senzorů ve stěně potrubí průtokoměrů s tlakovým rozdílem, uložení elektrod indukčního průtokoměru nebo vznik mezní vrstvy mezi lopatkami turbínových průtokoměrů. [4]

2.1.3 Viskozita

Je to vlastnost reálné tekutiny, díky které vzniká smykové napětí mezi sousedními dvěma vrstvami reálné tekutiny. Vazební síly působící mezi částicemi tekutiny vyvolávají vnitřní síly nebo vnitřní tření. Kapaliny s větší přitažlivou silou mezi částicemi mají větší viskozitu, tzn. větší brždění pohybu kapaliny nebo těles v ní. Ideální kapalina má nulovou viskozitu. Kapaliny s nenulovou viskozitou můžeme označit za *viskózní* neboli *vazké*. [4]

Fyzikální veličina a její značení

Dynamická (absolutní) viskozita: η

Jednotky: Ns.m^{-2} , Pa.s

Vnitřní tření, které je závislé na gradientu rychlosti, je dáno vztahem

$$\tau = \eta \frac{dv}{dx} \quad (8)$$

Kde $\frac{dv}{dx}$ označuje gradient (růst) rychlosti v kolmém směru na rychlost, τ je tečné napětí a η nazýváme součinitelem dynamické viskozity neboli dynamická viskozita. Podíl dynamické viskozity η a hustoty kapaliny ρ se označuje jako součinitel kinematické viskozity nebo kinematická viskozita ν . Je dána vztahem:

$$\nu = \frac{\eta}{\rho} \quad (9)$$

2.1.4 Reynoldsovo číslo

Důležitým měřítkem pro posuzování druhu proudění je *Reynoldsovo číslo* Re , které udává poměr mezi setrvačnými a třecími silami v tekutině. Pro kruhové potrubí o světlosti D je definováno vztahem:

$$Re = \frac{\text{setrvačné síly}}{\text{třecí síly}} = \frac{\rho v^2 D}{\eta v} [-] \quad (10)$$

kde η je dynamická viskozita tekutiny a ν je kinematická viskozita tekutiny.

Proudí-li tekutina v uzavřeném profilu a je-li $Re < 2320$, jedná se o laminární proudění. U otevřených profilů není možné kvůli volné hladině stanovit hranici pro laminární proudění. O turbulentním proudění můžeme mluvit, je-li $Re > 4000$. V intervalu $2320 < Re < 4000$ je tzv. *přechodná oblast* mezi laminárním a turbulentním prouděním. Hranici mezi laminárním a turbulentním prouděním určuje kritické Reynoldsovo číslo. Jeho hodnota záleží na druhu kapaliny a potrubí. Zjišťuje se experimentálně. [4]

2.1.5 Rovnice kontinuity

Pro nestlačitelné tekutiny musí být zachována hmotnost tekutiny proudící v uzavřeném potrubí mezi dvěma místy pozorování o ploše průřezu S_1 a S_2 rychlostmi v_1 a v_2 za stejný časový interval. Jinak by došlo k hromadění (akumulaci) nebo rozpouštění tekutiny v potrubí.

Vyjádřeno matematicky musí platit

$$\rho S_1 v_1 = \rho S_2 v_2 \quad (11)$$

kde ρ je hustota kapaliny.

Obecně platí pro proudění nestlačitelné kapaliny a libovolný průřez potrubí vztah

$$\rho S_1 v_1 = \rho S_2 v_2 = \dots = \rho S_i v_i = konst. \quad (12)$$

označovaný jako *rovnice kontinuity*. [4]

2.1.6 Bernoulliho rovnice

Jedná se o vztah, který popisuje energetické poměry při proudění tekutin a vyjadřuje zákon zachování mechanické energie pro ustálené proudění tekutiny. Základní předpoklad je platnost nestlačitelnosti tekutiny (rovnice kontinuity) a rovnoměrné rozdělení rychlosti proudění (turbulentní proudění). Tento vztah odvodil švýcarský vědec Daniel Bernoulli roku 1783. [4]

Obecný tvar vztahu je:

$$p + \frac{1}{2} \rho v^2 + \rho gh = konst. \quad (13)$$

2.2 Senzory průtoků

Při měření průtoků dochází uvnitř senzorů k přeměně měřené veličiny (průtoku) na jinou fyzikální veličinu, která je závislá na rychlosti proudění tekutiny nebo na její kinetické energii.

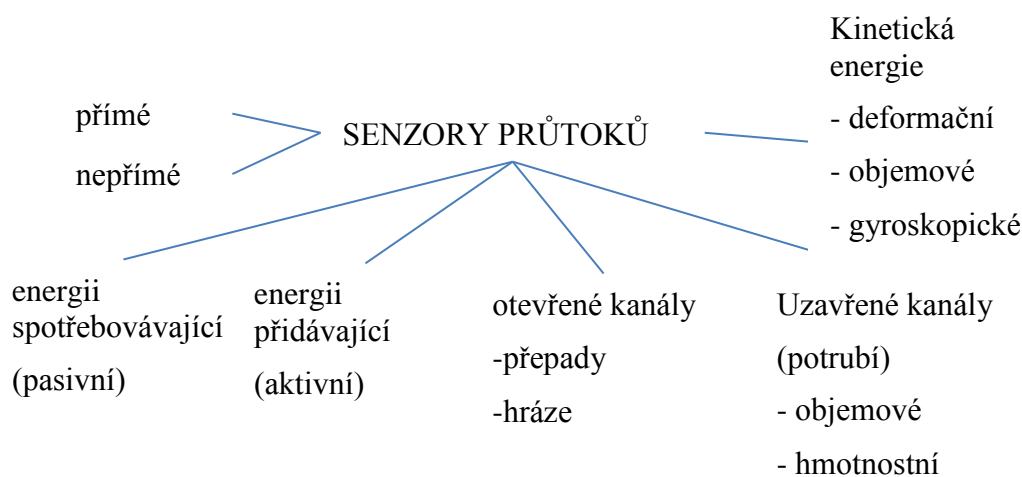
2.2.1 Požadavky na snímače průtoků a průtokoměry

Při výběru vhodného snímače bychom měli respektovat mnoho různých vlivů [5]:

- *pracovní činnost* – spojitá, nespojitá, jednorázová, trvalá, provozní
- *druh, vlastnosti a hodnoty parametrů měřené tekutiny* – kapalina, pára, plyn, agresivita, teplota, tlak, viskozita, hustota,...
- *měřící místo a jeho parametry* – potrubí, otevřený kanál, jejich rozměry
- *rušivé vlivy senzoru* – trvalá tlaková ztráta, časové zpoždění

- *způsob indikace* – zobrazení nebo zápis, místní nebo dálkový, analogový nebo digitální
- *vyhodnocení* – průtoků nebo proteklého množství, parametry tekutiny, signalizace
- *přesnost (nejistoty) měření* – bez korekcí nebo s korekcemi
- *možné opotřebení* – mechanické díly
- *dynamické vlastnosti* – čas. konstanta, zpoždění

2.2.2 Rozdělení senzorů průtoků



Obrázek 2-2. Rozdělení průtokoměrů

Senzory průtoků pro uzavřené kanály můžeme podrobněji rozdělit na:

objemové

- Plováčkové (rotametry)
- Dávkovací
- Rychlostní
 - Turbínové
 - Lopatkové
 - Indukční
 - Ultrazvukové
 - Značkovací
 - Škrťící orgány
 - Vírové

hmotnostní

- Coriolisovy
- Tepelné

II. PRAKTICKÁ ČÁST

3 NÁVRH ZAŘÍZENÍ

Vytvoření správného návrhu propojení mikropočítače s ostatními součástmi je nesmírně důležité pro správné fungování celého obvodu. Cílem práce bylo vytvořit zařízení, které zabírá co nejméně prostoru (snaha o miniaturizaci) a má co nejmenší spotřebu (odběr). Prvním nutným úkolem bylo navrhnout počet, a jaký typ periferií budou připojeny na jednotlivé porty mikropočítače. MC68HC908QT4 má 5 obousměrných vstupně-výstupních pinů a jeden vstupní pin, tzn. celkem 6 pinů k dispozici. Zařízení připojené k pinům a jejich úkol:

Tabulka 3-1. Připojené zařízení k jednotlivým pinům

Název pinu	Úkol
PTA0	světelná signalizace zelenou 3 mm LED diodou (inicializační stav)
PTA1	světelná signalizace červenou 3 mm LED diodou (chybový stav)
PTA2	pouze vstupní pin, připojený měřič průtoku
PTA3	připojeno tlačítko (pro návrat z chybového stavu)
PTA4	připojeno relé 1 (ovládání elektromagnetického ventilu)
PTA5	připojeno relé 2 (ovládání elektromagnetického ventilu)

Dalším krokem bylo vyřešit tzv. ekologické napájení pro použitý typ mikropočítače s tím, že bude mít co nejmenší spotřebu. To znamená, že zařízení musí být napájeno z baterie. Odpadá tak nutnost elektrické přípojky (pokud by bylo zařízení napájeno ze síťového adaptéru) a navíc se tak zařízení stává snadno přenosným a kompaktním zařízením. Díky několika úsporným módům, kterými NITRON disponuje, vydrží baterie poměrně dlouhou dobu v provozu.

Podle výše uvedené tabulky můžeme tedy rozdělit zařízení (periferie) připojené k mikropočítači rozdělit na vstupní a výstupní.

3.1 Popis připojených zařízení

3.1.1 Vstupní periferie

Termínem vstupní je obecně označováno zařízení, které posílá signály, informace, data nebo impulzy nadřazenému systému (mikropočítači, počítači) k dalšímu zpracování. K mikropočítači jsou připojené právě dvě takové zařízení.

Tlačítko (spínač)

Tento prvek slouží pro návrat z chybového stavu, neboli k opětovnému resetu (inicializaci) zařízení. V chybovém stavu je elektromagnetický ventil zavřený a bliká červená led dioda s periodou 0,5s. Pro návrat stačí jeden stisk, zařízení reaguje okamžitě, protože je obsluha vykonávána s použitím přerušení.

Měřič průtoku

Vzhledem k povaze úlohy a požadované přesnosti měření byl jako měřič průtoku vybrán lopatkový průtokoměr od firmy WHIRPOOL. Je to běžný průtokoměr používaný v některých typech praček této firmy. Je relativně cenově dostupný za cca 400,- s DPH.

Měrným orgánem tohoto typu průtokoměru je oběžné kolo s lopatkami. Osa rotace je kolmá k ose toku tekutiny. Protékající tekutina uvádí do rotačního pohybu lopatkový rotor. Výstupem tohoto průtokoměru jsou impulzy, získané zesílením a tvarováním signálu ze senzorů průchodu lopatek. Každému průchodu lopatky odpovídá jisté objemové množství a objemový průtok se určuje z počtu průchodů listů lopatek pod senzorem polohy. V praxi to znamená, že čím větší průtok, tím více pulzů průtokoměr vysílá a naopak při menším průtoku je počet vysílaných pulzů menší. To znamená, že nezávisí na rychlosti průtoku zařízení, objem proteklého množství kapaliny bude pořád stejný. Jednomu pulzu odpovídá přibližně 1cm^3 proteklého množství kapaliny. Chyba těchto typů průtokoměrů je $\pm 2\%$.



Obrázek 3-1. Použitý lopatkový průtokoměr

3.1.2 Výstupní periferie

Zde můžeme připojená zařízení rozdělit na indikační prvky a prvky zajišťující určitou akci.

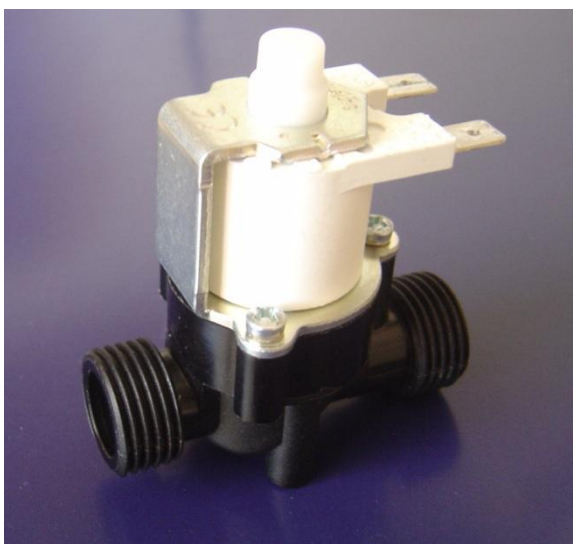
Indikační prvky

Jsou jimi jednoznačně dvě diody (zelená a červená) připojené na piny PTA0,1. Zelená dioda slouží pro indikaci inicializačního stavu. Doba inicializace trvá 10s. Během tohoto procesu zelená dioda svítí.

Červená dioda slouží pro indikaci chybového stavu. V chybovém stavu bliká červená led dioda s periodou 0,5s.

Akční prvky

Akčním prvek je jeden z nejdůležitějších zařízení připojené jako výstup ze zařízení. Je jím právě pulsní elektromagnetický bistabilní ventil 6V/DC.



Obrázek 3-2. Pulsní bistabilní elektromagnetický ventil

Volba pulsního bistabilního elektromagnetického ventilu 6V DC (dále jen elektroventil) přišla jako nejvhodnější pro tuto aplikaci. Jak funguje?

Z číslicové techniky pojem bistabilní obvod znamená, že má dva stabilní stavy, ve kterých přetrvá libovolně dlouhou dobu, dokud nepřijde na jeho vstupy vhodný impuls pro překlopení. To znamená, že ventil má dva stavy (zavřen, otevřen). Je napájený 6V stejnosměrného napětí. Polarizováním napětí na jeho cívce ho můžeme libovolně zavírat a otevírat. Překlopení do určitého stavu trvá 100ms. Hlavní výhodou použití tohoto elektroventilu spočívá v tom, že není nutno přivádět trvale napájení, a tím pádem se zmenšuje celková spotřeba zařízení.

3.1.3 Ovládání bistabilního elektroventilu

Oříškem této práce bylo vytvoření ovládání elektroventilu. Prvním krokem bylo vyřešení samotného napájení elektroventilu. Vzhledem k tomu, že elektroventil nemohl být napájen přímo, protože má moc velký odběr (cca 0,4A), bylo určitým řešením před vlastní napájení elektroventilu umístit kondenzátor. Tento kondenzátor musel mít dostatečnou kapacitu na to, aby ventil po 100ms změnil svůj stav. Jeho hodnota byla určena pomocí dvou vzorců pro určení kapacity kapacitoru a z obecné definice pro fyz. veličinu proud.

$$C = \frac{Q}{U} \quad (14)$$

$$I = \frac{Q}{t} \rightarrow Q = I \cdot t \quad (15)$$

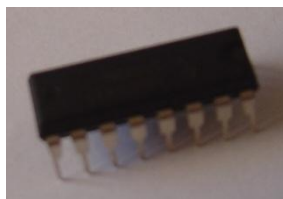
Dosazení:

$$C = \frac{Q}{U} = \frac{I \cdot t}{U} = \frac{0,4 \cdot 0,1}{5} = 8mF \quad (16)$$

Jedná se pouze o přibližný výpočet, vzhledem k nelineární charakteristice nabíjení kondenzátoru a dalším aspektům. Nakonec byla hodnota doladěna experimentálně, a byl použit kondenzátor s kapacitou 4,7mF.

H můstek L293D

Druhým krokem bylo již samotné vytvoření ovládání elektroventilu. Původním návrhem ovládání elektroventilu byl sice elegantnější, protože namísto ovládání pomocí dvou elektromagnetických relé posílené tranzistory bylo ovládání navrženo při použití jediné součástky s TTL logikou (H můstek L293D), která se mimo jiné používá v robotice pro ovládání směru otáčení stejnosměrných motorů. Obvod má celkem 16 vývodů. Každá strana můstku může být použita pro samostatné ovládání reverze pólů přiloženého napětí. Můstek může být napájen v rozsahu 4,5V – 36V. Výstupní proud může být až do hodnoty 600mA. Obvod funguje tak, že podle logické hodnoty přivedené na jeho dva vstupy obvod mění polaritu přivedeného napětí na výstupu. Avšak cena elegantního provedení je poměrně vysoká. Obvod v klidu spotřebovává 4mA a rozhodovací logika 3mA, což při použití 9V/155mAh baterie, je energie baterie vyčerpána za necelý 1 den (pouze spotřeba jednoho obvodu). Právě z tohoto důvodu bylo toto řešení zavrhnuto.



Obrázek 3-3. H
můstek, typ L293D

Elektromagnetické relé

Druhým a efektivnějším návrhem bylo vytvoření ovládání pomocí dvou elektromagnetických relé s přepínacími kontakty. Relé tvoří elektromagnet (cívka s jádrem z magneticky měkké oceli) v jehož blízkosti je pohyblivá kotva. Kotva se obvykle dotýká pružných kontaktů, k nimž je připojen obvod ovládaného zařízení (elektroventil). Jakmile elektromagnetem začne procházet ovládací proud, jádro cívky se zmagnetizuje a přitáhne kotvu relé, čímž se přepnou pružné kontakty. Tím je ovládané zařízení uvedeno do chodu. Přitom k přitažení kotvy postačuje mnohem menší ovládací proud, než je proud, který prochází obvodem ovládaného zařízení.

Relé s přepínacím kontaktem bylo vybráno právě pro to, že potřebujeme měnit (přepínat polaritu jednotlivých výstupů). Vzhledem k tomu, že cívka elektromagnetického relé má malý odpor, tak pokud bychom ji přímo připojili na pin mikropočítače, mohli bychom ho zničit v důsledku většího proudu tekoucího pinem, než je povolen (cca 25 mA). Řešením bylo spínat relé přes obvyčejný tranzistor NPN v kombinaci s diodou zapojenou v závěrném směru (kvůli zavedení nežádoucího napětí zpět do obvodu). Tranzistor spíná relé (přivádí na něj napětí) pokud do jeho báze teče již velmi malý proud (báze připojena přes rezistor). Výstupy obou relé jsou přivedeny na cívku elektroventilu. Pokud nejsou relé seplá (bez napětí), je na obou vstupech elektroventilu trvale přivedeno +. Přivedením napětí na ovládací cívku jednoho relé se právě mění polarita, a elektroventilem začíná téct proud. Toto ovládání bylo vybráno z důvodu nulového odběru relé, protože cívkou neprochází žádný proud (při rozepnutém stavu).

3.2 Schéma plošného spoje

3.2.1 Editor EAGLE

Dalším bodem této práce bylo vybrat vhodný editor pro tvorbu schématu plošného spoje. Na internetu bylo k dispozici hned několik freewarových editorů. Nejlepší editor z hlediska použitelnosti, výkonnosti a přístupnosti pro tvorbu schémat a návrh plošných spojů, byl software EAGLE od německé firmy CadSoft Computer GmbH. Tato firma nabízí tři verze softwaru. Jedná se o EAGLE Light, Standard a Professional. Název první uvedené verze „Light“ napovídá, že se jedná o omezenou verzi, avšak co je podstatné je zadarmo. Je to verze určená právě pro domácí kutily nebo pro odborné školy. Omezení přichází pouze ve velikosti výsledné desky, a to v max. rozměru: 8 x 10 cm. Název EAGLE je zkratka, pocházející z původního názvu Easily Applicable Graphical Layout Editor. Program se skládá ze tří hlavních modulů:

- Editor spojů
- Editor schémat
- Autorouter

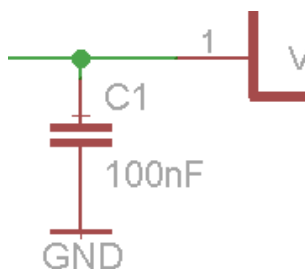
Moduly jsou ovládány z jednoho uživatelského prostředí, proto není třeba konvertovat netlisty mezi schémata a deskami. Mezi další užitečné vlastnosti patří např. dopředná a zpětná anotace v reálném čase, vícenásobná okna pro desku, schéma a knihovnu, funkce vpřed/vzad pro libovolný editační příkaz (do určité hloubky), velká databáze uživatelské knihovny součástek a možnost vytvoření nové nebo kombinací již vytvořených součástek.

3.2.2 Vlastní návrh schématu

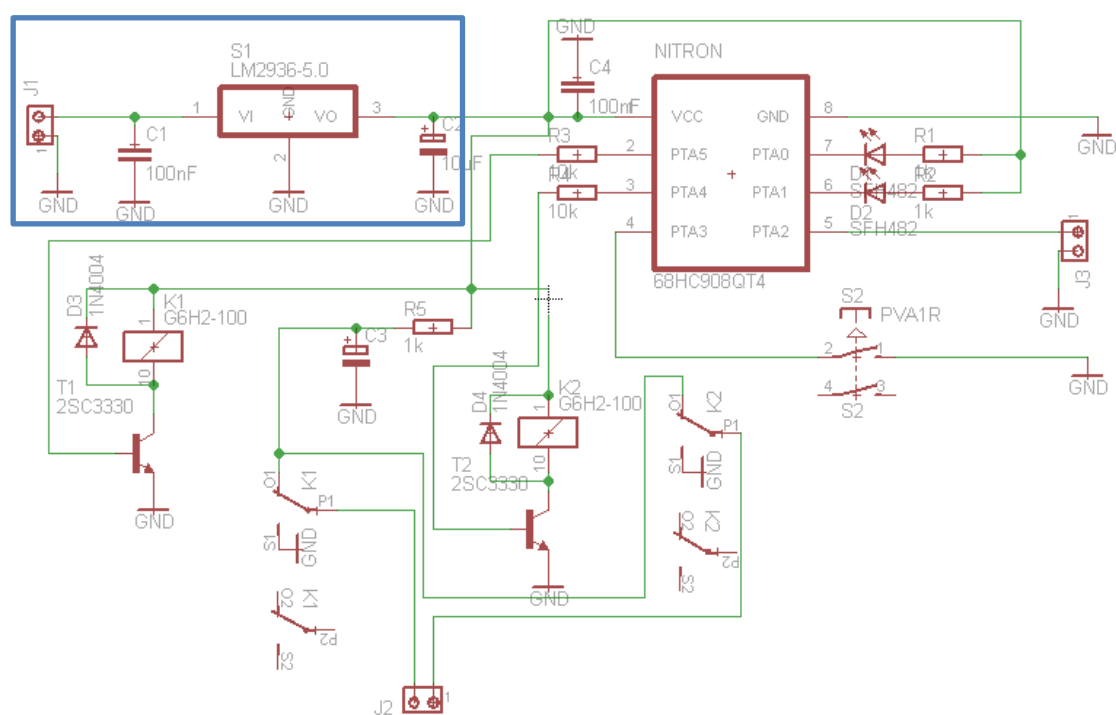
Program je přehledný a hlavně uživatelsky přívětivý. Uživatelské prostředí se skládá z několika prvků, mezi nejdůležitější patří hlavní nabídka a nástrojová lišta. V hlavní nabídce nalezneme klasické menu jako soubor, upravit, kreslit, nástroje,... ale také ikony pro práci s listem jako: uložit, otevřít, tisk, zoom, převod desky, aj.

Nástrojová lišta nám pak slouží pro vlastní návrh desky. Je zde spousta nástrojů, které nám umožňují snadnou a rychlou práci se součástkami. Součástky přidáváme ikonou s popiskem *add*, a následným výběrem z knihovny potvrdíme typ a příslušné pouzdro součástky. Součástky potom vodivě pospojujeme přes ikonu s popiskem *net*, která kreslí elektrické propojení. Výhodou je, že po dokončení návrhu je zde ikona s vykřičníkem,

která po aktivaci zkontroluje veškeré vodivé propojení jednotlivých součástek ve schématu, pokud je něco špatně, tak nás upozorní chybou s přesným popisem problému.



Obrázek 3-4.
Vytváření vodivých
propojení



Obrázek 3-5. Schéma plošného spoje

Obvod bychom mohli rozdělit na dvě části. První část (označena na obr. 3-6. modře) se stará o napájení použitého mikropočítače MC68HC908QT4. Je tvořena 5V stabilizátorem LM2936-5.0 v zapojení s několika kondenzátory C1, C2, C4. Kondenzátor C1 je z důvodu pokud bychom chtěli napájet zařízení ze síťového zdroje, C2 potom přidán kvůli stabilitě

napětí na výstupu stabilizátoru. Kondenzátor C4 potom jako filtrační kondenzátor v typickém zapojení s mikropočítačem.

Druhou část tvoří propojení jednotlivých částí s mikropočítačem. Na piny PTA0,1 jsou připojeny diody (zelená, červená). Zelená dioda D1 sloužící pro signalizaci inicializačního stavu (elektromagnetický ventil otevřen), je zapojena do série s odporem R1. Odpor je nutný jak pro omezení tekoucího proudu pinem tak i samotnou diodou. Červená dioda D2, která je připojena na pin PTA1, signalizuje chybový stav (elektromagnetický ventil je zavřený). Pin PTA2 je pouze vstupní, proto je na něj připojen lopatkový průtokoměr, který slouží jako zdroj informace o objemu proteklé vody. Na pinu PTA3 je připojeno tlačítko, které má význam návratu (resetu) z chybového stavu. A poslední zbývající piny PTA4,5 jsou určeny jako vstupy pro dvě přepínací relé, které ovládají spínání bistabilního elektromagnetického ventilu.

Následující tabulka shrnuje všechny použité součástky:

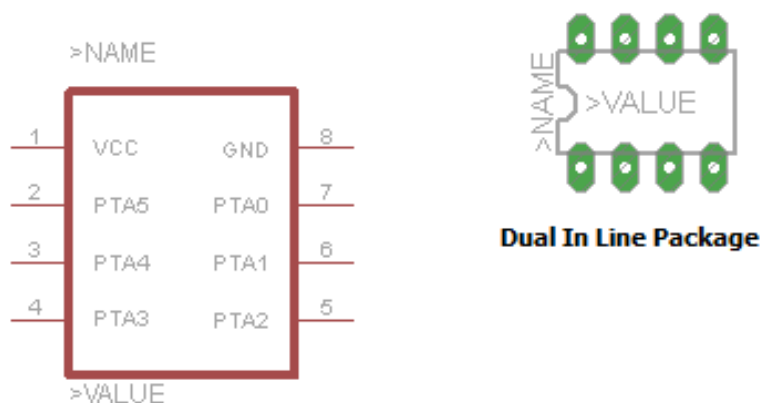
Tabulka 3-2. Tabulka všech použitých součástek

označení	typ	součástka	hodnota
J1	SJ1 0.5mm	konektor	-
J2	SJ1 0.5mm	konektor	-
J3	SJ1 0.5mm	konektor	-
S1	LM2936-5.0	stabilizátor	5.0 V
S2	PVA1R	tlačítko	-
C1	-	kondenzátor	100nF
C2	elektrolytický	kondenzátor	10 μ F
C3	elektrolytický	kondenzátor	5700 μ F
C4	-	kondenzátor	100nF
R1	-	rezistor	1k Ω
R2	-	rezistor	1k Ω
R3	-	rezistor	10k Ω
R4	-	rezistor	10k Ω
R5	-	rezistor	1k Ω
T1	BC639	bipolární tranzistor NPN	I _c = 1A
T2	BC639	bipolární tranzistor NPN	I _c = 1A
K1	P-5	elektromagnetické relé s přep. kont.	1A/30VDC
K2	P-5	elektromagnetické relé s přep. kont.	1A/30VDC
D1	L3G	Led dioda zelená 3mm	I _m =30mA
D2	L3R	Led dioda červená 3mm	I _m =30mA
D3	1N4004	dioda	-
D4	1N4004	dioda	-
Nitron	68HC908QT4	mikropočítač	-

3.3 Návrh desky plošného spoje (DPS)

3.3.1 Kontrola pouzder

Při vytváření návrhu schématu plošného spoje, je dobré, před umístěním součástek kontrolovat typ pouzder. Zde se jedná především o stabilizátor S1, a mikropočítač NITRON. U ostatních součástek byl široký výběr z knihovny, jak typu součástky, tak pouzder. Pro přiřazení dané schématické značky je nejprve nutno importovat do dané knihovny (u mne Freescale) typ pouzdra (např. DIL8). Po té v tabulce propojení přiřadit jednotlivé vývody schématické značky vývodům na pouzdře. Kontrola pouzder je nutná, protože pokud bychom měli jiné pouzdro jen u jediné součástky, výroba desky pak bude zbytečná, pokud nám součástka nebude správně „sedět“ na desce, tzn. správné rozteče mezi vývody, počet vývodů, jednotlivé propojení aj.

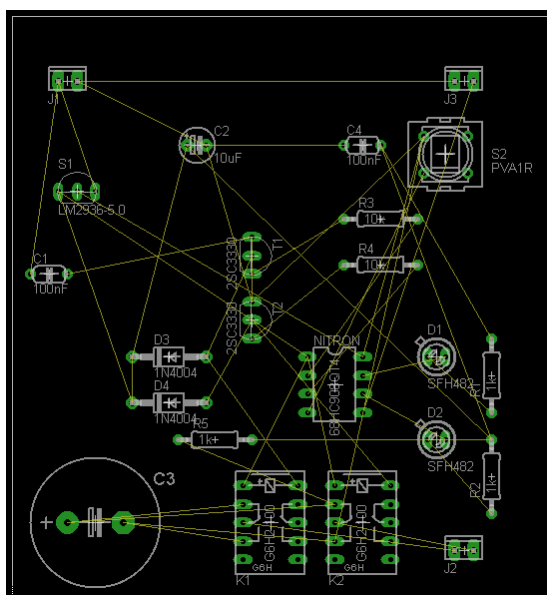


Obrázek 3-6. Přiřazení typu pouzdra se schématickou značkou

3.3.2 Rozmístění součástek a autorouter

Po dokončení návrhu schématu plošného spoje nám pouze stačí kliknout na ikony s popiskem vytvořit desku a program už sám za nás vytvoří desku, přenesse jednotlivé součástky na desku a propojí signálově součástky podle návrhu schématu.

Deska plošného spoje je uvedena na následujícím obrázku:



Obrázek 3-7. Deska plošného spoje –
signálové propojení

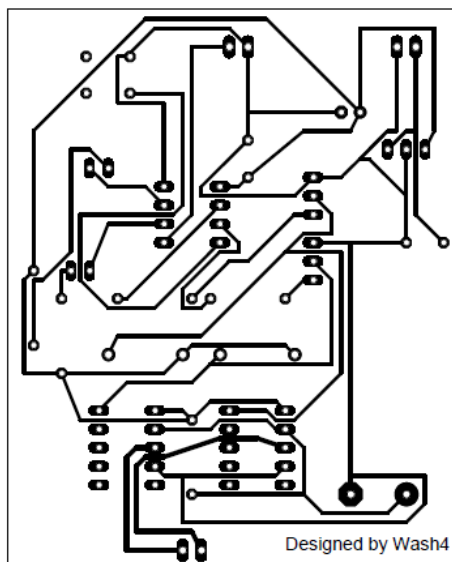
Velikost desky můžeme různě zmenšovat/zvětšovat podle potřeby, avšak do max. rozměru 8 x 10cm. Je možné upravovat jednotlivé rozmístění součástek na desce. Můžeme je libovolně přemísťovat nebo otáčet podle potřeby. Jakmile máme součástky rozmístěné, naskytují se nám zde dvě možnosti spojení všech signálů. První možnost je ruční propojení všech cest, pomocí ikony *route* můžeme vytvořit jednotlivé cesty podle již předkreslených signálů (na obr 3-8. žlutě). Nebo zvolíme druhou, efektivnější možnost pomocí již zmíněné funkce *auto-route*. Zde je důležité mít vhodně směřované všechny součástky na desce, aby se podařilo propojit všechny cesty na desce. Při použití funkce *auto-route* můžeme volit několik nastavení jako počet signálových vrstev, tloušťka výsledné cesty, mřížka a další podrobnější nastavení.



Obrázek 3-8.
Tvorba cest (*auto-router*)

4 REALIZACE NAVRŽENÉHO ZAŘÍZENÍ

Výslednou desku resp. cesty vytvořené v programu Eagle vypadají následovně:



Obrázek 4-1. Výsledná deska plošného spoje

4.1 Technologie výroby desky

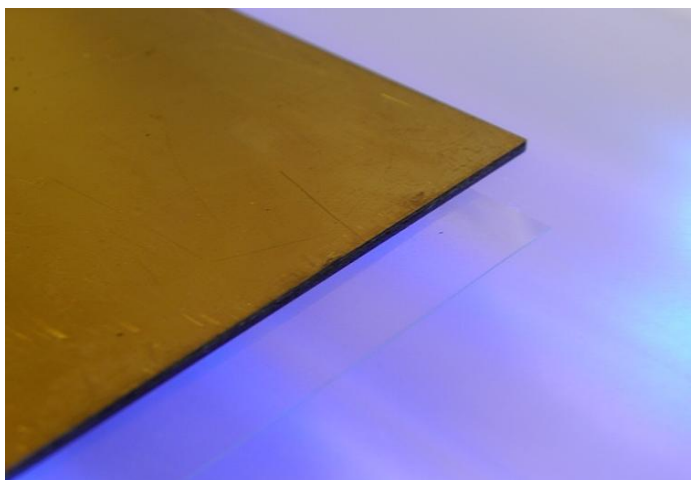
4.1.1 Fotocesta

Pro výrobu desky plošného spoje byla vybrána technologie fotocestou, protože je docela přesná a nenáročná. Pro výrobu potřebujeme desku kuprexitu, Positiv 200 sprej, hydroxid sodný, UV výbojku.

Postup výroby:

- ořezání destičku kuprexitu podle výsledných rozměrů DPS
- očištění desky lihem od mastnot a nečistot
- v tmavé místnosti nanesení fotocitlivého laku (Positiv 200) na desku
- doba schnutí laku uvedena na spreji při 20°C cca 1h
- po důkladném oschnutí, přiložením vytisknuté předlohy cest DPS na desku necháme osvítit pod UV lampou cca. 20 minut
- po té nastává odstranění osvětlené vrstvy položením desky do vaničky s připraveným roztokem NaOH (osvětlená vrstva mizí, neosvětlená zůstává)

- po vyvolání obrazce je nutné překontrolovat spoje a případné nedostatky opravit spec. fixou



Obrázek 4-2. Osvícení desky pod UV výbojkou

4.1.2 Leptání desky

Nyní zbývá nejdůležitější krok, a to, leptání samotné desky. Na výběr jsou dva typy roztoku, ve kterém se dá leptat.

1. Roztok FeCl_3 (chlorid železitý)
2. $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{HCl}$ (peroxid vodíku a kyselina chlorovodíková)

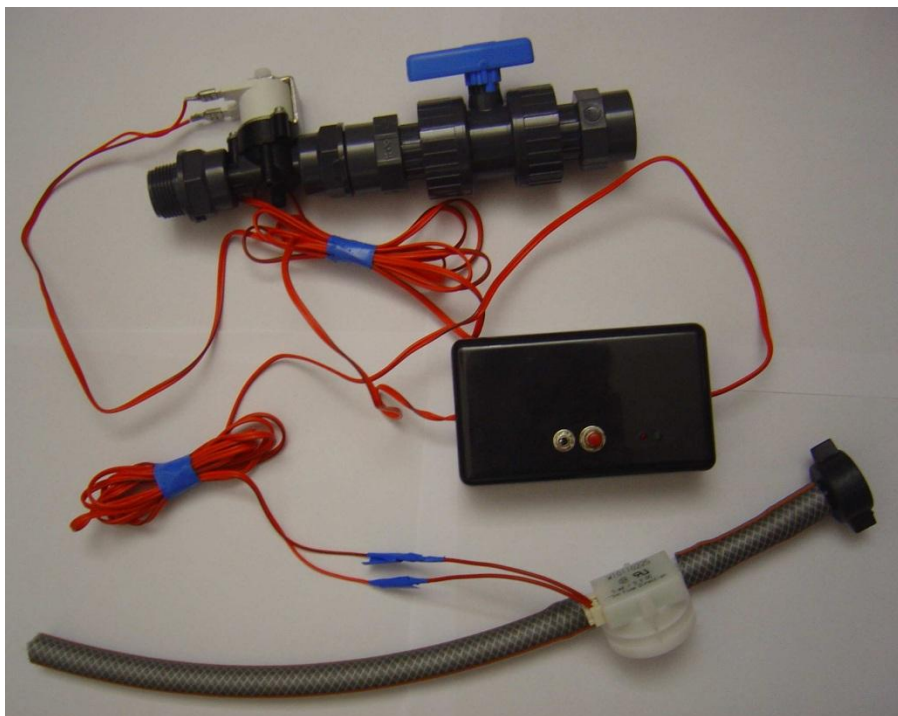
První roztok je slabší a leptání trvá déle nesrovnatelně déle s druhým, avšak nehrozí nám žádné nebezpečí při leptání. Druhý roztok je agresivní žíravina. Doporučené pro zkušené uživatele. Vyleptanou DPS následně ještě musíme zbavit fotocitlivé vrstvy.

4.2 Osazování DPS

Dalším krokem bylo osazení vyrobené DPS. Nejdříve bylo zapotřebí vyvrtat jednotlivé díry pro součástky vrtákem 0,5 – 0,7 mm. Dále bylo potřeba mikro páječkou zapájet všechny součástky. Po dokončení desky je výhodné, avšak ne nutné, zkontrolovat multimetrem všechny vodivé cesty, popř. opravit nedostatky opětovným protavením spoje. Následovalo poslední očištění desky a její umístění do plastového pouzdra. Všechny ovládací a indikační prvky byli vyvedeny tak, aby byli snadno přístupné.

Jsou zde tři ovládací prvky:

- Power tlačítko (zajišťuje zapnutí/vypnutí zařízení)
- Reset tlačítko (pro návrat z chybového stavu)
- PVC ventil (pro ruční uzávěr vody)



Obrázek 4-3. Výsledné zařízení pro hlídání spotřeby vody

4.3 Programování mikropočítače

Posledním a nejdůležitějším krokem, bez kterého by zařízení nemělo smysl, je vytvoření samotného programu, který řídí veškerou činnost mikropočítače. Správnost návrhu celého programu je důležité neboť ovlivňuje chování zařízení v definovaných stavech zařízení.

4.3.1 Vývojový kit JANUS

Kit Janus je koncipován jako velmi jednoduchý a snadno dostupný nástroj pro seznámení se s problematikou mikropočítačů Motorola 68HC08. Kit umožňuje vývoj software určený pro podskupinu mikropočítačů HC08 „NITRON“, tedy 68HC908QT, QY. Lze jej velmi dobře využít pro demonstraci možnosti mikropočítače, pro návrh jednoduchých aplikací nebo pro malosériové programování mikropočítačů. Pokud je cílová aplikace vybavena odpovídajícím servisním konektorem (MON08, MINIMON, apod.), lze kit zároveň použít

jako vývojový a programovací adaptér. Propojení s počítačem zajišťuje sériové rozhraní RS232, popř. je možno použít redukci z RS232 na USB. Kit je napájen usměrněným napětím 9-25V. [3]



Obrázek 4-4. Janus KIT

4.3.2 Vlastní program

Program je strukturovaný do několika částí:

Definice funkcí a pomocných proměnných

Zde je definován prototyp funkce obsluhy přerušení. Následuje vytvoření, resp. předání této funkci adresy vektoru přerušení tak, že nadefinujeme globální proměnnou jako ukazatel na tuto funkci. Dále jsou zde nadefinovány 4 funkce, které usnadňují orientaci v programu. Definice pomocných proměnných:

<i>unsigned int change_state</i>	uchovává informaci o stavu ventilu (zavřen, otevřen)
<i>unsigned int pocet</i>	uchovává informaci o množství proteklé vody
<i>unsigned int before</i>	slouží pro opakování cyklu, pokud nedojde k chybovému stavu
<i>unsigned int init_time</i>	představuje inicializační čas k nabití kondenzátoru
<i>unsigned int init</i>	stav, ve kterém se nachází zařízení hned po zapnutí
<i>unsigned int limit</i>	definice hodnoty max. objemu vody, pro chybový stav

Použité funkce

<code>interrupt void kbi_int(void)</code>	definice obsluhy přerušení, je zde inkrementována proměnná počet a test, zdali bylo stisknuto tlačítko, potom se volá funkce reset
<code>void reset()</code>	V této funkci nejdříve testujeme, zdali opravdu nastal chybový stav (kvůli eliminaci stisku při funkčním stavu), a dále se zde nulují všechny proměnné pro návrat do init. stavu
<code>void cekej_100ms()</code>	funkce na čekání 100ms
<code>void open_valve()</code>	funkce na otevření ventilu nejdříve změní hodnotu datového registru pinu 4 (PTA4), počká 100ms na otevření ventilu, a pak opět změní jeho stav
<code>void close_valve()</code>	to stejné jako u předchozí funkce, akorát se mění datový registr pinu 5 (PTA5)

Hlavní smyčka**a.) Nastavení řídicích registrů, pull-up rezistorů, přerušení**

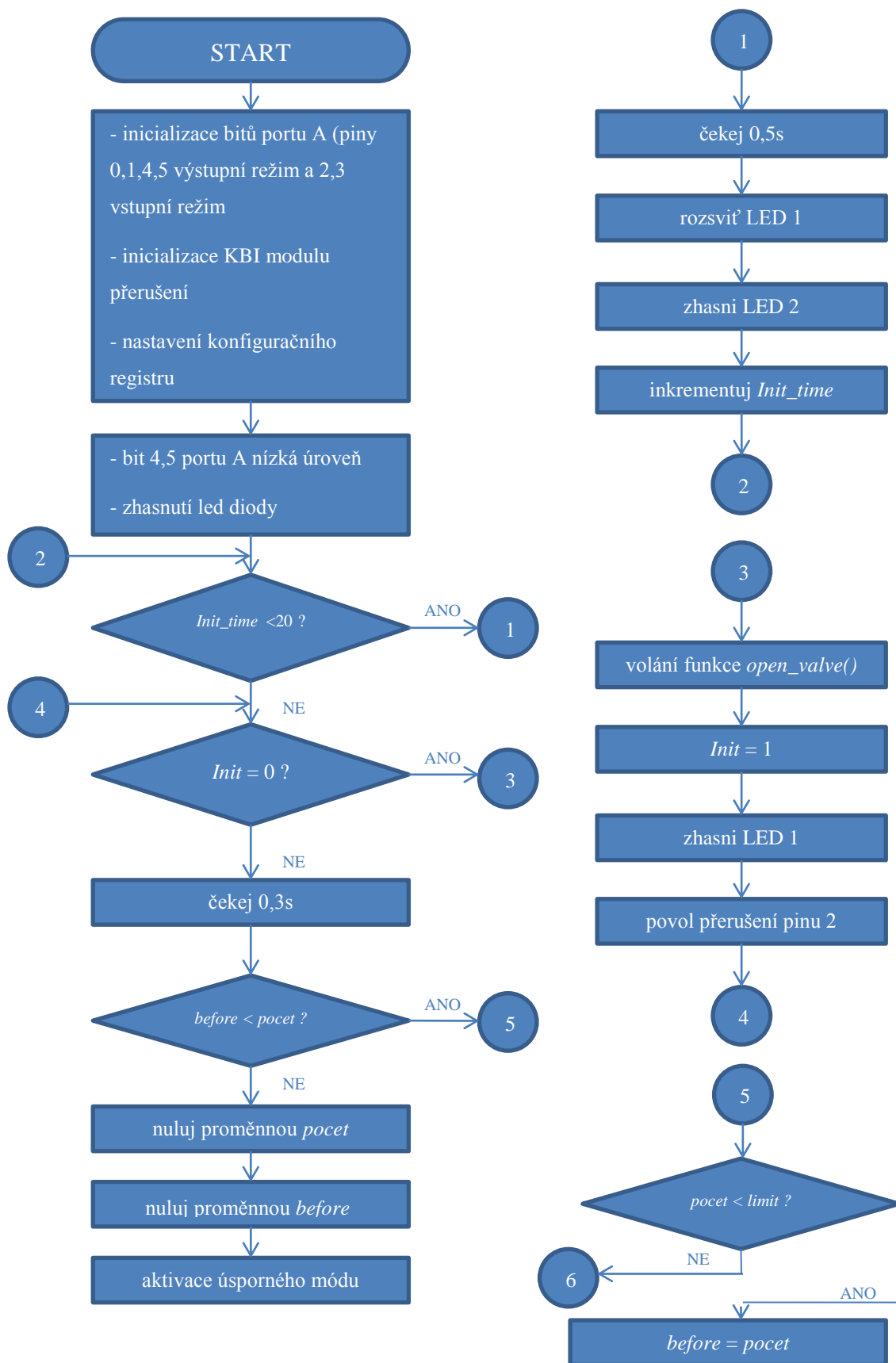
Hlavní smyčka začíná veškerým nastavením řídicích registrů pro jednotlivé piny mikropočítače, konfiguračních registrů pro nízko-příkonové módy, nastavení přerušení, aj. Toto nastavení proběhne pouze jednou, hned po zapnutí napájení.

Příklad nastavení pro pin PTA0:

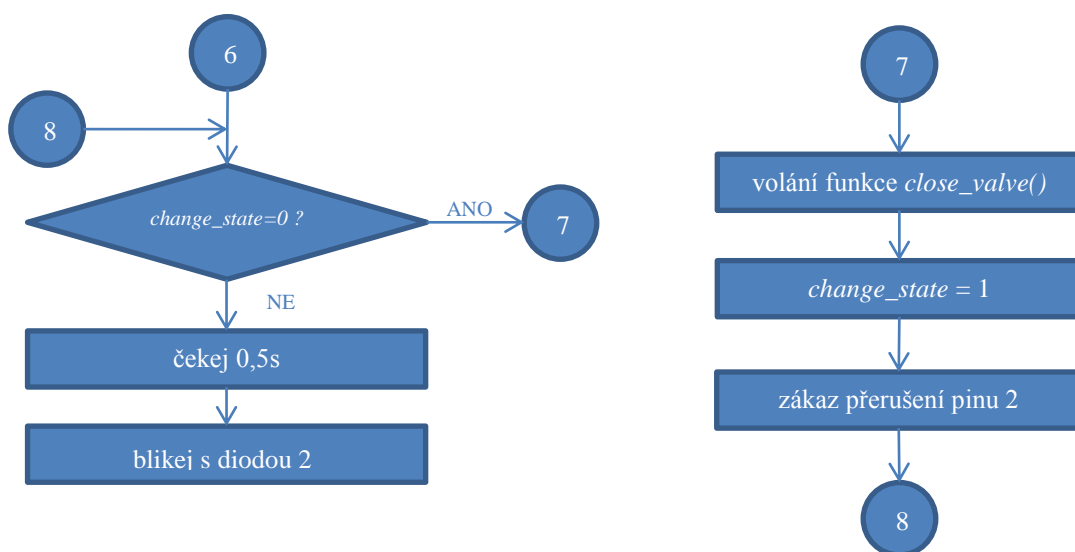
<code>DDRA_DDRA0 = 1;</code>	Bit 0 portu A jako výstupní režim (připojena LED)
<code>PTAPUE_PTAPUE0 = 0;</code>	pull-up rezistory pro PTA0 vypnuty

b.) vlastní algoritmus

Vlastní program, který vše ovládá a rozhoduje v různých podmínkách, “běží” pořád dokola v nekonečném cyklu `do {} while(1)`. Tento cyklus je nekonečný, protože podmínka `while(1)` je splněna pořád. Na následujícím vývojovém algoritmu je popsána hlavní smyčka programu.



Obrázek 4-5. Vývojový algoritmus



Obrázek 4-6. Dokončení vývojového diagramu

Inicializace

Na začátku cyklu se inkrementuje proměnná *Init_time* po 0,5s a jakmile je kondenzátor nabitý zavolá se funkce na otevření ventilu, změní se hodnota proměnné *Init* (inicializace dokončena) a povolí se přerušení pinu, na kterém je připojen průtokoměr. Tím je zařízení připraveno na běžný chod.

Vyhodnocení a chybový stav

Při dalším průchodu již program přechází na větev, ve které se program drží již celou dobu, dokud nenastane chybový stav. Zde je několik větvení pomocí podmínek *if/else*. V první podmínce nejdříve porovnáváme dvě hodnoty proměnných *pocet* a *before*. Proměnná *pocet* se inkrementuje pokaždé, pokud přichází signál z průtokoměru. Pokud je hodnota proměnné *before* menší než v proměnné počet (to znamená, že se lopatka průtokoměru stále otáčí) skáče se na další, vnitřní podmínku. Pokud ne, průtokoměr se zastavil, nulují se hodnoty proměnných *pocet* a *before* (z důvodu, aby mohlo být vyhodnocení použito vícekrát) a mikropočítač přechází do úsporného módu. Ve vnitřní podmínce pak probíhá další vyhodnocení, jestli již náhodou hodnota proměnné *pocet* nedosáhla hodnoty proměnné *limit*. Pokud ještě nedosáhla, ukládá se do proměnné *before*

hodnota v proměnné *pocet* a to z důvodu vnějšího porovnání, zdali se lopatky průtokoměru při dalším “proběhnutí” otáčejí.

Jakmile hodnota proměnné *pocet* je větší než hodnota proměnné *limit* nastává chybový stav. Zde se mění hodnoty *change_state* (změna stavu ventilu) a volá se funkce *close_valve* na zavření ventilu. Při opětovném průchodu programu už jen střídavě mikropočítač rozsvěcuje a zhasíná červenou LED diodu (mění hodnotu datového registru portu PTA1). Důležité je zde zablokovat, neboli znepřístupnit přerušení pinu, na kterém je připojen průtokoměr z toho důvodu, aby mohlo být použito tlačítko na reset zařízení. Je to proto, že průtokoměr má v 90% oba své výstupy sepnuty, což znemožňuje použití tlačítka při použití přerušení. Z tohoto chybového stavu je ho možné navrátit zpět stiskem resetovacího tlačítka, které volá funkci *reset* ().

ZÁVĚR

V rámci této bakalářské práce se bylo navrženo a sestaveno zařízení, které může sloužit jako vhodný “pomocník“ při hlídání stavu vody nejen doma (např. při naplňování nádržky na vodu po spláchnutí WC), ale má i další využití v průmyslové oblasti. Toto zařízení je šetrné vůči životnímu prostředí, protože je napájeno z 9V baterie. Zároveň v kombinaci s nízko-příkonovým módem *stop* tvoří velice efektivní zařízení, které má velmi malou spotřebu (řádově μA) a vydrží fungovat na baterii dlouhou dobu (cca 1,5 roku). V případě nepoužití tohoto módu by zařízení fungovalo pouze 1 den. Vytvořené zařízení je snadné na instalaci, a skládá se celkem ze 4 funkčních prvků. Jsou to: měřič průtoku, elektromagnetický ventil, ovládací krabička a PVC ventil, díky němuž je možné zařízení kdykoli demontovat a provést případné opravy nebo výměnu baterie, aniž by musel být zastaven přívod vody. Největší důraz při návrhu zařízení byl kladen nejen na jednotlivý výběr elektronických součástek, miniaturizaci zařízení, ale také na správný a efektivní návrh ovládání elektromagnetického ventilu, protože právě tato periferie má největší odběr energie. Zároveň plní nejdůležitější funkci obvodu, kdy zabraňuje zbytečnému průtoku vody, což se nepříznivě projevuje právě na našich peněženkách. Původní návrh ovládání elektroventilu byl sice elegantní, protože namísto ovládání pomocí dvou elektromagnetických relé posílené tranzistory bylo ovládání navrženo při použití jediné součástkou s TTL logikou (H můstek L239D), která se mimo jiné používá v robotice pro ovládání směru otáčení stejnosměrných motorů. Avšak bylo zjištěno, že obvod spotřebovává příliš mnoho energie na to (cca 7mA), aby mohl být napájen z baterie, a proto bylo toto řešení zavrhnuto. Nahrazení elektromagnetickými relé bylo vhodné zejména k tomu, že pokud relé není “sepnuto” neodebírání ze zdroje napětí vůbec žádný proud, což je v porovnání s původním návrhem o 100% méně. Celé navržené zařízení by však bylo k ničemu, pokud by “srdce” zařízení nefungovalo tak, jak má. Tím poukazuji na to, že nedílnou součástí byl korektní návrh samotného programu, který se stará o celkový chod systému, a hlavně vyhodnocuje a porovnává různé stavy zařízení v reálném čase.

Správná funkčnost zařízení byla otestována v domácím provozu.

ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ

As part of this work is designed and assembled equipment, which can serve as a suitable "helper" in monitoring the water level at home (eg in the implementation of the water tank after the flush toilet), but has other uses in the industrial area. This device is environmentally friendly because it is powered from 9V battery. At the same time in combination with low-power input mode tracks are a very effective device that has a very low consumption (of the order of microamps) and run on battery lasts a long time (about 2 years). In the case of non-use of this mode, the device worked only 1 day. The created device is easy to install, and comprises a total of four functional elements. They are: flow meter, electromagnetic valve, control box and PVC valve, allowing the device can be removed at any time and make any repairs or replace the battery without having to be suspended in the water supply. The greatest emphasis in the design of equipment has been placed not only on individual selection of electronic components, miniaturization of devices, but also the correct and efficient design of electromagnetic valve control, since these are peripheral to the largest collection of energy. It also fulfills the important function of the circuit, which prevents unnecessary water flow, which is being reflected adversely on our wallets. The original proposal control electromagnetic valve was indeed elegant, because instead of using control of two electromagnetic relays for enhanced transistor control is designed using a single component with a TTL logic (H bridge L239D), which is also used in robotics to control the direction of rotation of DC motors. However, it was found that the circuit consumes too much energy on it (about 7 mA), it can be powered from the battery, so that solution was discounted. Replacement of electromagnetic relay is suitable, in particular, that if the relay is "closed" does not alter the voltage source current-existent, which in comparison with the original proposal of 100% or less. The entire proposed facility would be useless if the "heart" of equipment did not work as expected. Points to the fact that an integral part of the proper design of the program itself, which handles the overall operation of the system, and mainly evaluates and compares the different states of devices in real time.

Proper functionality of device was tested at home.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. VÁŇA, Vladimír. Začínáme s mikrokontroléry Motorola HC08 Nitron. Praha: BEN - technická literatura, 2003. ISBN: 80-7300-124-1.
2. Firemní literatura a katalogové listy firmy Freescale. Dostupné na WWW: www.freescale.com
3. NITRON - jak na něj?. Dostupné na WWW: <http://hw.cz/Produkty/Nove-soucastky>
4. ĎAŘO, Stanislav; BEJČEK, Ludvík; PLATIL, Antonín. Měření průtoku a výšky hladiny. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2005. 447s. ISBN 80-7300-156-X
5. MĚŘENÍ průtoků a množství tekutin. Praha: Dům techniky ČVTS, 1977. 178 s.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

A	ACUMULATOR
AD	Analogově Digitální
ALU	Arithmetic Logic Unit
BUSCLK	Bus Clock
CCR	Condition Code Register
CPU	Central Processing Unit
DIL	Dual In Line package
DPS	Deska Plošného Spoje
HCMOS	High-speed Complementary Metal Oxide Silicon
HMOS	High-speed Metal Oxide Silicon
IDE	Integrated Drive Electronics
JSA	Jazyk Symbolických Adres
KBI	Keyboard Interrupt Module
LED	Light-Emitting Diode
LQFP	Low-profile Quad Flat Package
PC	Program Counter
PWM	Pulse Width Modulation
RAM	Random Access Memory
SOIC	Small Outline Integrated Circuit
SP	Stack Pointer
TTL	Transistor Transistor Logic

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1-1. MC68HC908QT4 - NITRON	15
Obrázek 1-2. Přiřazení funkcí pinům [2]	16
Obrázek 1-3. Programovací model [2]	19
Obrázek. 2-1. Rychlostní profil pro různé druhy proudění tekutiny	23
Obrázek 2-2. Rozdělení průtokoměrů.....	26
Obrázek 3-1. Použitý lopatkový průtokoměr.....	29
Obrázek 3-2. Pulsní bistabilní elektromagnetický ventil.....	30
Obrázek 3-3. H můstek, typ L293D.....	32
Obrázek 3-4. Vytváření vodivých propojení	34
Obrázek 3-5. Schéma plošného spoje	34
Obrázek 3-6. Přiřazení typu pouzdra se schématickou značkou	36
Obrázek 3-7. Deska plošného spoje – signálové propojení	37
Obrázek 3-8. Tvorba cest (<i>auto-router</i>).....	37
Obrázek 4-1. Výsledná deska plošného spoje	38
Obrázek 4-2. Osvícení desky pod UV výbojkou	39
Obrázek 4-3. Výsledné zařízení pro hlídání spotřeby vody.....	40
Obrázek 4-4. Janus KIT	41
Obrázek 4-5. Vývojový algoritmus	43
Obrázek 4-6. Dokončení vývojového diagramu	44

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1-1. Upřednostnění funkcí na pinu, pokud je povoleno více funkcí na jednom pinu [2]	16
Tabulka 3-1. Připojené zařízení k jednotlivým pinům	28
Tabulka 3-2. Tabulka všech použitých součástek	35

SEZNAM PŘÍLOH

- P I Celý projekt návrhu programu v prostředí CodeWarrior.
- P II Kompletní návrh desky plošného spoje v programu eagle.
- P III Datasheet k mikropočítači MC68HC908QT4 - NITRON

PŘÍLOHA P I: PROJEKT V CODEWARRIORU

Obsahuje kompletní program s poznámkami.

PŘÍLOHA P 2: NÁVRH DESKY PLOŠNÉHO SPOJE

Obsahuje zdrojové soubory vytvářené v návrhovém prostředí eagle včetně schématického návrhu a desky plošného spoje.

PŘÍLOHA P 3: DATASHEET K MIKROPOČÍTAČI NITRON

Obsahuje popis použitého typu mikropočítače.