

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta mechatroniky, informatiky a
mezioborových inženýrských studií

Studijní program: B2612 – Elektrotechnika a informatika

Studijní obor: 2612R011 – Elektronické informační a řídicí systémy

Rozšíření modulů PVK s mikropočítači 8051 pro práci se stavebnicí Fischertechnik

Upgrading of PVK modules with microcontrollers 8051 for working with Fischertechnik kits

Bakalářská práce

Autor: **Radek Sobotka**

Vedoucí práce: Ing. Josef Chaloupka, Ph.D

Konzultant: Ing. Zbyněk Koldovský, Ph.D

V Liberci 19.5.2010

Prohlášení

Byl(a) jsem seznámen(a) s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo).

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

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

Bakalářskou práci jsem vypracoval(a) samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím bakalářské práce a konzultantem.

Datum:

Podpis:

Poděkování

V první řadě bych chtěl poděkovat vedoucímu práce Ing. Josefu Chaloupkovi, Ph.D. za jeho toleranci a trpělivost během tvoření rozšiřovacího modulu.

Touto cestou také děkuji Doc. Ing. Zdeňku Plívovi, Ph.D. za jeho cenné rady ohledně návrhu schématu a vytvoření desky plošných spojů a stejné díky patří i

Ing. Ondřeji Hniličkovi za konzultace v problematice elektrotechniky a pájení součástek.

Nakonec děkuji všem, kteří mě podporovali během studia.

Abstrakt

Náplní bakalářské práce je problematika propojení mikroprocesoru řady 8051 k externím zařízením. Zaměřuje se na schopnost komunikace se zařízeními, aby je bylo možno ovládat pomocí napsaného programu. K tomuto účelu je využíván výukový modul PVK40 od firmy AXIS, který je tímto procesorem osazen. Součástí práce je návrh a vytvoření přípravku, který bude prostředníkem mezi signály z procesoru a vstupním/výstupním zařízením. V práci je popsán teoretický rozbor logiky, jejích možností a zařízení, jenž s logikami pracují. Dále zde naleznete návrh modulu s elektrickými definicemi a návrh desky plošného spoje. Celý přípravek pak bude schopen pracovat nejen s periferiemi od stavebnice Fischertechnik.

Klíčová slova: procesor, 8051, přípravek, logika, signál

Abstract

The contents of bachelor work is the issue of interconnection 8051 to external devices. It focuses on the ability to communicate with devices so they can be controlled via the written program. For this purpose is used training module PVK40 from Axis, which is equipped with this processor. Part of this work is to design and create the product, which will mediate connection between the signals from the processor and input/output device. The paper describes the theoretical analysis of logic, its opportunities and facilities that work with logic. Furthermore, you will find the module with electrical design definitions and PCB design. The entire plant will be able to work not only with the peripheries of the Fischertechnik construction.

Keywords: processor, 8051, module, logic, signal

Poděkování.....	4
Abstrakt.....	5
Abstract.....	6
Seznam obrázků.....	9
Seznam tabulek.....	9
Seznam příloh.....	9
Obsah CD.....	9
Seznam použitých termínů a zkratk.....	10
Úvod.....	11
1. Logické obvody [4].....	12
1.1. Integrovaný obvod.....	12
1.2. Rozdělení podle typu logiky a stupně integrace.....	13
2. Logické funkce.....	15
2.1. Logická hradla.....	15
2.1.1. TTL.....	15
2.1.2. MOS.....	16
2.2. Pouzdra integrovaných obvodů.....	17
3. Mikroprocesor [2].....	18
3.1. Historie mikroprocesorů.....	18
3.2. Embedded systém.....	21
3.3. Příklady vestavěných systémů.....	22
3.4. Mikroprocesor řady 8051 [1],[2].....	23
3.4.1. Struktura paměti.....	25
3.4.2. SFR – Special Function Registry.....	25
3.5. Přehled vlastností architektury 8051.....	26
3.6. Platformy.....	27

3.7. Porovnání systémů	29
4. Deska plošného spoje	31
4.1. Návrh, realizace a vytvoření DPS	32
4.2. Princip zapojení.....	32
4.3. Výsledná vizualizace.....	37
5. Propojení s přípravkem.....	39
6. Testování funkčnosti	40
Závěr	42
Seznam použité literatury	43
Příloha.....	44

Seznam obrázků

Obrázek 1 - Vnitřní schéma procesoru řady 8051	23
Obrázek 2 - Funkce přepínače	33
Obrázek 3 - Rozložení dutinek po DPS	33
Obrázek 4 - Zapojení výstupu přes budič	34
Obrázek 5 - Zapojení výstupu přes optočlen	35
Obrázek 6 - zapojení vstupu přes Zenerovu diodu	36
Obrázek 7 - Zapojení vstupu přes optočlen	36
Obrázek 8 - Ukázka finální vizualizace DPS v Eaglu	38
Obrázek 9 - Přechodová DPS	39
Obrázek 10 - Horní DPS	39
Obrázek 11 - Zapojení spínačícího tranzistoru z budiče	40
Obrázek 12 - Zapojení spínačícího tranzistoru pomocí optočlenu	41

Seznam tabulek

Tabulka 1 - Porovnání MOS technologií	16
Tabulka 2 - Mikroprocesory a jejich funkce	29

Seznam příloh

Příloha 1 - Vývojový diagram Ventilátor	44
Příloha 2 - Vývojový diagram Výtah	45

Obsah CD

BAK_2010_Sobotka.doc, BAK_2010_Sobotka.pdf, návrh DPS v programu Eagle včetně instalačního souboru, Adobe Reader pro čtení pdf, datasheety součástek

Seznam použitých termínů a zkratek

CPU – Central Processing Unit - procesor

DPS – deska plošného spoje (anglicky PCB)

ALU – Arithmetic Logical Unit – aritmeticko-logická jednotka v procesoru

COM – sériový komunikační port

USB – univerzální sériový komunikační port

UART – sériové komunikační rozhraní využívané v mikroprocesorech

MOS – tranzistorová technologie (Metal Oxide Semiconductor) ovládaná strukturou kov-oxid-polovodič

TTL – tranzistorově-tranzistorová logika

RAM – Random Access Memory – paměť s libovolným přístupem

ROM – Read Only Memory – paměť pouze pro čtení

LED – Light Emiting Diode – svítící dioda

Úvod

Cílem této bakalářské práce je vytvořit periférii k výukové desce PVK40, která bude sloužit ke zpracování signálů generovaných mikrokontrolerem. Vytvořený modul bude používán jako rozšíření výukového modulu, které bude přejímat signály, převádět je na logické úrovni a zprostředkovávat je dále ke zpracování. Celá sestava výukové desky a rozšiřujícího modulu bude využívána při výuce základů programování mikroprocesorů na strojní fakultě TU v Liberci.

Práce je rozdělena na 6 tematických částí, kde v první je popsána funkce logického obvodu, kterými se řídí každé digitální zařízení. Součástí této kapitoly je i popis logického hradla, napěťových charakteristik jednotlivých technologií výroby a porovnání jejich funkcí.

V druhé části je popsán integrovaný obvod, popis vývoje jejich pouzder, výhody a příklady užití v technice.

Třetí část se zaměřuje na popis mikroprocesoru, rozdělení a popis vývoje řady embedded procesorů, které jsou vlastní vývojovou linií. Je zde popsán samotný mikroprocesor řady MCS51, jeho funkce, výhody, nevýhody a možnosti využití. Pro porovnání jsou zde uvedeny i mikroprocesory jiné konstrukce a jejich specifikace.

Ve čtvrté kapitole je popsán vývoj DPS, popis přípravku a definice funkce výstupu a vstupu pomocí mikroprocesoru. V další kapitole je naznačeno propojení přípravku s výukovou deskou PVK40.

Šestá část je věnována pokusu. Vytvořený modul je připojen k výukové desce PVK40, mikroprocesor Atmel AT89C51ED2 může být pomocí počítače naprogramován a spuštěn.

1. Logické obvody [4]

Logický, číslicový (digitální) obvod je elektronický obvod, který pracuje s diskrétními stavy. Jsou tvořeny tzv. logickými členy (nazývanými též hradla). Z logických obvodů se skládají číslicové systémy.

Analogové signály v elektronice jsou střídavá nebo stejnosměrná napětí a proudy, které se mění plynule (spojitě). Nemění se náhle, tedy skocích. Jsou to například radiové vlny, zvukové tóny nebo světelné záření. Součástky v logických obvodech (např. tranzistory) pracují z principu analogově. Jsou však používány ve spínacím režimu, který umožňuje se od jejich analogové povahy abstrahovat a pracovat s nimi, jako by byly diskrétní.

Naproti tomu číslicové signály mění svou úroveň skokově, nespojitě. Rozdíl mezi analogovým a číslicovým signálem je stejný jako například mezi postupně se zvyšující intenzitou světla při východu slunce a náhlým rozsvícením žárovky. Číslicové signály jsou vlastně řadou impulsů či měnících se úrovní, které se mění nespojitě. Jsou to tedy impulsy napětí pulsující mezi dvěma definovanými (stanovenými) úrovněmi, tedy ZAPNUTO a VYPNUTO.

Číslicová technika získala na svém významu především překotným rozvojem výpočetní techniky. Využívá se například při měření, v řídicích systémech, při ukládání či přenosu dat.

1.1. Integrovaný obvod

(zkratka IO) je elektronická součástka, která je složená z více jednoduchých součástek. Ve výsledku společně tvoří elektrický obvod vykonávající nějakou složitější funkci. Integrované obvody dělíme na monolitické a hybridní

1.2. Rozdělení podle typu logiky a stupně integrace

Číslicové a integrované obvody můžeme rozdělit podle mnoha hledisek. Následující hlediska jsou nejpoužívanější:

- Logické úrovně
- Výkon
- Rychlost
- Typ tranzistorů
- Stupeň integrace
- Druh vazby

Existují pouze 2 druhy **logických úrovní** :

- 1) Nízké
- 2) Vysoké

Mezi nízkoúrovňové logiky se počítají takové, kdy je rozdíl mezi signálem odpovídajícím logické 1 a signálem odpovídajícím logické 0 menší nebo roven 5V. Do vysokoúrovňové logiky se řadí všechny, kde je rozdíl mezi signály odpovídajícími logické 0 a logické 1 větší než 5V. Výhoda nízkoúrovňových logik je v jejich rychlosti. Zároveň jsou však náchylnější na rušení, takže se nedají použít v provozech s větším výskytem rušení.

Rozdělení podle **typů tranzistorů**

- 1) Integrovaný obvod s bipolárními monolitickými tranzistory
- 2) Integrovaný obvod s tranzistory typu MOS.

Logika s tranzistory typu MOS se používá tam, kde jde o rozsáhlé zapojení jako paměti nebo několikanásobné posuvné registry. Tyto tranzistory totiž kladou 10x menší nároky na plochu křemíkové destičky. Jejich nevýhoda bývá v o řád nižší rychlosti.

Rozdělení dle **výkonu**

- 1) S malým výkonem - do 5mW
- 2) Se středním výkonem - do 20mW
- 3) S velkým výkonem - přes 20mW

Rozdělení podle **rychlosti**

- 1) Pomalé - se zpožděním signálu nad 20ns
- 2) Středně rychlé - se zpožděním signálu v rozmezí 8 - 20ns
- 3) Rychlé - se zpožděním signálu pod 8ns

Rozdělení dle **stupně integrace**

- 1) Malý stupeň integrace - SSI Small Scale Integration
- 2) Střední stupeň integrace - MSI Medium Scale Integration
- 3) Velký stupeň integrace - LSI Large Scale Integration
- 4) Velmi velký stupeň - VLSI Very Large Scale Integration

Obvody s *malým stupněm integrace* mají maximálně 20 logických členů, v průměru 6. Obvody se *středním stupněm integrace* mají 20-100 logických členů, standardně však okolo 30. *Velký* (tisíce až desetitisíce tranzistorů na čipu) a *velmi velký* (statisíce až miliony) *stupeň integrace* mají obvody vyráběné na objednávky zákazníků, jako paměti, registry, kalkulačky, převodníky kódu apod.

Rozdělení podle **druhu vazby**.

Toto rozdělení integrovaných obvodů je nejčastější a nezdůrazní-li se jinak, mluví se o tomto způsobu dělení. Jedná se o obvody:

- 1) RCTL - s odporově kapacitní vazbou
- 2) DCTL - s přímou vazbou
- 3) DTL - s diodovou vazbou
- 4) RTL - s odporovou vazbou
- 5) ECL - s emitorovou vazbou
- 6) CTL - s doplňkovou vazbou
- 7) LSL - protiporuchové vysokoúrovňové obvody
- 8) TTL - s víceemitorovými tranzistory
- 9) MOS - unipolární integrovaný obvod sestavený z tranzistorů typu MOS

Jak je patrné z názvů typů logik, rozdělují se podle součástek použitých při jejich výrobě. Obsahují vždy spínací prvek, diodu nebo tranzistor, a pak samozřejmě rezistor k omezení proudů. Rozdíl u jednotlivých typů logik je také v úrovních napětí, které přiřazují jednotlivým logickým stavům.

2. Logické funkce

Základní logické funkce jsou definovány v Boolově algebře. Jsou jimi sčítání (OR), násobení (AND) a negace (NOT). Každá rovnice vytvořená v Boolově algebře se skládá z kombinací těchto tří funkcí. Jde tedy o to, jak je realizován obvod, který by měl na výstupu stavy odpovídající funkci násobení, sčítání či negace. Obvod, který toto dokáže se nazývá **hradlo**.

Podle druhu logiky můžeme mít logiku kladnou nebo zápornou. Hradlo přiřazuje stavům určitou úroveň napětí. Jestliže má stav 1 kladnější úroveň napětí než stav 0, jedná se o kladnou logiku. Pokud má stav 1 zápornější úroveň napětí než stav 0, jedná se o zápornou logiku. Ve většině konstrukcí se používá kladná logika.

2.1. Logická hradla

2.1.1. TTL

TTL (tranzistorově-tranzistorová logika) je všeobecně přijatým standardem používaným pro implementaci digitálních (také logických) integrovaných obvodů, vycházejícím z použití technologie bipolárních křemíkových tranzistorů. Obvody technologie TTL používají napájecí napětí 5V. V tomto případě se používá 1 bitová logika, tedy existují pouze dva signály nesoucí informaci. Logická 1 reprezentována napětím přibližně 5V a logická 0 jako napětí blízké 0V.

Přesněji řečeno, každá úroveň má své pole tolerance, aby bylo jisté, zda signál je či není v požadované logické úrovni. Jako logická 0 se interpretuje napětí od 0V až po 0.8V. Při napětí od 2.0V až do plných 5.0V se objevuje logická 1. Napětí ležící mezi 0.8V a 2.0V je tzv. zakázané pásmo, pro které není funkce obvodu definována a existuje tu neurčitý stav. Aby byl obvod plně kompatibilní s TTL logikou, musí zaručit pro logickou 0 napětí 0V až 0.3V a pro logickou 1 napětí 2.7V až 5V.

V současnosti se napěťová hladina používaná pro implementaci digitální logiky snižuje, používá se logika s napájením 3.3V, 2.5V, 1.8V a 1.2V. Snižování napěťové hladiny je diktováno požadavky na vyšší integraci a nižší spotřebu na tranzistor u moderních zařízení.

Nejznámější řadou integrovaných obvodů TTL je řada 7400. Kromě obvodů TTL se v řadě 7400 vyrábějí i obvody CMOS, které poznáme podle písmena C v označení technologie. Ta je nástupcem technologie TTL.

2.1.2. MOS

Tento typ logiky nevyužívá bipolární tranzistory, ale unipolární (řízené elektrickým polem). Mezi nejdůležitější vlastnosti MOS patří velký vstupní odpor, vysoká odolnost proti šumu a nízká spotřeba ve statickém stavu. Více energie se spotřebovává pouze na přepínání mezi zapnutým a vypnutým stavem tranzistoru, proto MOS nespotřebovává tolik energie jako například nMOS nebo TTL.

Typy MOS logiky:

	Napájení	Rozhodovací úroveň	Výstupní úroveň pro L a H	Ztrátový výkon	Maximální fre / zpoždění
CMOS	3 – 15 V	30 a 70% U_{cc}	0 a U_{cc}	10nW	6 MHz/ 20 ns
HCMOS	2 – 6 V	0,9 a 3,15 V	0,1 a ($U_{cc}-0,1$) V	20uW	20 MHz/ 20 ns
HCTMOS	5V±10%	0,8 a 2 V	0,33 a 3,84 V	80uW	24MHz/ 40 ns
HCUMOS	2 – 6 V	20 a 80% U_{cc}			60 MHz/ 8 ns
ACMOS	3 – 5,5 V	1,35 a 3,15 V	0,5 a 4,2 V	440uW	125 MHz/ 3 ns
ACTMOS	5V±10%	0,8 a 2 V	0,5 a 3,8 V	440uW	125 MHz/ 5 ns

Tabulka 1 - Porovnání MOS technologií

Na rozdíl od integrovaných obvodů typu MOS však CMOS umožňuje výrobu stavebnice, protože se jedná o nyní více používané integrované obvody a navíc je kompatibilní s TTL stavebnicemi.

2.2. Pouzdra integrovaných obvodů

Jako pouzdro si můžeme představit obal, ve kterém je procesor uložen a chráněn. Komunikuje pomocí nožiček, které jsou z pouzdra vyvedeny. Mezi nejčastěji používaná pouzdra integrovaných obvodů se řadí:

- Dual in-line package (DIL) – většina integrovaných obvodů osazovaných na DPS pro klasické použití nebo rychlou výměnu
- Pin grid array (PGA) – starší verze procesorů využívaly tuto technologii. Z pouzdra je vyvedeno velké množství pinů na jedné straně. Celé pouzdro se poté zasadí do konektoru na desce, který má přesné množství dírek. Od této praxe se upustilo, jelikož docházelo k častému ohýbání a lámání pinů vlivem nesprávného zacházení
- Land grid array (LGA) – nejnovější verze výroby pouzdra pro procesor, nástupce PGA. Využívá pro kontakt plošky na straně pouzdra a na desce pinový konektor, který po přiložení procesoru do patice vytvoří kontakt.
- Quad flat pack (QFP: TQFP, MQFP, PQFP) – používaný hlavně u SMD součástek. Vývody jsou ze všech 4 stran, tím šetří místo a velikost součástky.
- MLF / QFN (Quad flat network) – malý čip pájený ploškami na spodní straně
- Small-outline integrated circuit (SOIC, SO) – podobné DIP, jen menší
- Ball grid array (BGA) – na propojovací straně jsou kuličky, které se po přiložení na desku s měďnými kontakty musí zahřát a tím se spojí.

Mezi hlavní výhody integrovaných obvodů patří zejména:

- Hromadná sériová výroba snižuje cenu
- Nižší energetické nároky na provoz
- Stále se zvyšující výkon
- Spolehlivost
- Velikost

Veškeré výhody rostou se vzrůstající miniaturizací a zvyšováním komplexnosti obvodů.

3. Mikroprocesor [2]

Když se řekne procesor, téměř každý si dnes představí elektronický integrovaný obvod. Procesor se nejčastěji vyskytuje přímo na základní desce počítače. Obecně může být označení "procesor" použito pro poukázání na jakoukoliv funkční jednotku schopnou provádět operace s daty, například práce s obrazem, zvukem či samotnými signály. Procesor nebo CPU je programovatelný sekvenční automat vyrobený technologií velké integrace v jednom pouzdře.

3.1. Historie mikroprocesorů

První pokusy o automatický stroj byly registrovány v Číně. Šlo o stroj, který sčítat a odčítat. V Evropě kolem roku 1800 se mezi první automaty, které se dali programovat, se počítají flašiny. Roku 1801 se poprvé objevil tkalcovský stav, který se programoval pomocí děrných štítků. Při první sčítání lidu v USA roku 1890 byly použity děrné štítky firmou Herman, která se pak změnila na IBM. Všechny tyto automaty byly analogové automaty, které začaly ustupovat až s nástupem číslicové techniky na začátku 50.let 20 století.

V roce 1938 se v Německu objevuje první mechanický počítač. Jeho vynálezcem byl matematik Conrad Zus a v roce 1940 vytvořil počítač Z2, který měl mechanickou paměť, ale pro výpočty už používal relé. V roce 1941 postavil počítač, který nazval Z3. Ten používal děrná páska jako paměť, obsahoval 2 600 relé a v praxi se využíval pro výpočet trajektorie raket Fau.

Roku 1943 byl vytvořen v USA první elektronický počítač ENIAC, který obdobně jako Z3 používala balistická laboratoř Americké armády, používal desítkovou soustavu (nyní je základ v binární soustavě), uměl 5000 operací za sekundu. Počítače založené na reléové a elektronkové technologii měly velkou poruchovost.

Autorem dalšího počítače téhož roku byl britský matematik Alan Turing. Jmenoval se Colossus a jeho účel bylo luštění německých šifer.

V roce 1948 vznikl počítač Manchester Mark 2. Jednalo se o první počítač Von Neumanovy koncepce a obsahoval paměťovou obrazovku. V SSSR se v té době objevil počítač MESM, který je považován za první programovatelný elektronický počítač v Evropě.

V sovětském svazu vznikl i první sériově vyráběný počítač Strela I. Jednalo se o počítač určený k výpočtům se šířkou slova byla 43bitů. Pro školní účely byl vytvořen roku 1956 v sovětském svazu počítač Setuň. Používal feritovou paměť a šířku sběrnice měl 18 tritů (odpovídá 29bitům). Používal ternární soustavu (stavy -1,0,1), která měla mít výhodu v optimálním použití v technice, ale neuchytila se.

V roce 1957 vznikl první komerčně používaný jazyk Fortran od IBM.

Gordon Moore v roce 1965 vyslovil tzv. Moorův zákon, který říká, že složitost součástek se každý rok zdvojnásobí při zachování ceny. Platí dodnes.

Roku 1970 byl vyvinut procesor MP944, který byl odborníky považován za první skutečný procesor (jednalo se o sadu obvodů propojených sériovou linkou). Měl 20bitovou ALU a sloužil k řízení stíhaček F14 TomCat. Utajováno až do roku 1998.

Od 70tých let začala firma Intel produkovat velké množství procesorů:

- 1971 – vzniká první sériově vyráběný procesor Intel 4004 (4bitový, 46 instrukcí, 750kHz, určen pro kalkulačky, stejný výkon jako ENIAC - dodnes používán v sondě Pioneer 10)
- 1972 – INTEL 8008 (200kHz, dal základ všem 8bitovým procesorům)
- 1974 – INTEL 8080 (2MHz) – Motorola 6800, Singler , Apple
 - Z8 – až 10MHz, kalkulačky, terminály, jádro EZ80 a Rabbit
- 1986 – 8085 – vylepšená verze 8080 – přidaná sériová linka a další obvody
 - 8048 – dal založit rodinu MCS48 - čítače, paměti, sériová linka, integrovaná paměť programu a dat
- 1977 – Intel 8021 – ořezaný procesor 8048 – masové aplikace, omezený počet vývodů a instrukční sadu, ale levný
- 1978 – procesor 8086 (8bit) a 8088 (16bit, navenek jako 8bit)
- 1979 – Motorola MC68000(32bit, navenek jako 16bit)
- 1980 – vznik rodiny procesoru MCS51 – vycházeli z řady 48

První hradlové pole ULA – levné a rychlé obvody (grafický řadič pro ZX spectrum)

- 1981 – Microsoft MS-DOS (Piráti ze Silicon Valley)
- 1982 – Intel 80286 – 16bit – 286 procesor
- 1985 – procesor 80386 (první procesor s multitasking, 32bit, 33MHz)
- 1984 – první ARM procesor (kalkulačka)
- 1989 – 80486 – 32bit procesor s integrovaným matematickým koprocesorem, pasivní chladič
- 2000 – Pentium4 – 1,5GHz, 42M tranzistorů
- 2003 – AMD – první 64bit komerčně využívaný procesor
- 2008 – procesor Intel i7 – 3,6GHz, integrovaný řadič paměti, 4jádra na čipu, 730M tranzistorů

Další vývoj procesorů jde ruku v ruce s požadavky nové doby, kdy jsou kladeny stále vyšší nároky na datovou propustnost, výkon komponent a rychlost zpracování dat.

3.2. Embedded systém

Vestavěný systém (zabudovaný systém, embedded systém) je jednoúčelový systém, ve kterém je řídicí počítač zcela zabudován do zařízení, které ovládá. Na rozdíl od univerzálních počítačů, jako jsou osobní počítače, zabudované počítače jsou většinou jednoúčelové, určené pro předem definované činnosti. Vzhledem k tomu, že systém je určen pro konkrétní účel, mohou tvůrci při návrhu systému optimalizovat jeho parametry pro konkrétní aplikaci a tak snížit cenu výrobku. Vestavěné systémy jsou často vyráběny sériově ve velkém množství, takže úspora bývá znásobena velkým počtem vyrobených kusů.

Počítače do dlaně (PDA), mobilní digitální pomocníci (MDA) a inteligentní mobilní telefony jsou také často označovány jako vestavěná zařízení vzhledem k vlastnostem hardware i přes to, že z hlediska software jsou rozšiřitelné a všeobecně použitelné podobně jako osobní počítače. S rozvojem těchto zařízení se stírá rozdíl mezi vestavěnými zařízeními a osobními počítači.

Tato vývojová větev začíná procesorem 8080 firmy Intel. Prvním takovým jednočipovým procesorem se stal v roce 1976 procesor 8048, který měl integrovanou paměť programu i paměť dat (Tesla vyráběla klon MHB8048). Byl vybaven 6000 tranzistory a pracoval na frekvenci 2Mhz.

V roce 1977 následoval procesor 8021, který se začal masivně používat ve spotřební elektronice.

Rok 1980 je označován jako přelomový, jelikož byl poprvé představen procesor 8051, který se stal ve své době asi nejrozšířenějším procesorem pro vestavěné (embedded) aplikace. Tento procesor se používá dodnes, i když ho už nevyrábí firma Intel. Pro svou jednoduchost a univerzálnost se stal vzorem mnoha firmám, které vyrábějí jeho klony. Tyto firmy vyrábějí mnoho různých procesorů s různou rychlostí, různými integrovanými periferiemi a v různých pouzdrech, které jsou vnitřně kompatibilní s původním procesorem 8051. Mezi nejvýznamnější patří firmy Atmel, Infineon (dříve Siemens), NXP (dříve Philips), Silicon Laboratories (dříve Cygnal) a Texas Instruments.

V dnešní době se v embedded aplikacích běžně používají i jiné typy procesorů, které nejsou kompatibilní s 8051. Mezi nejrozšířenější patří procesory od firem Microchip, Zilog, Motorola, Texas Instruments atd..

3.3. Příklady vestavěných systémů

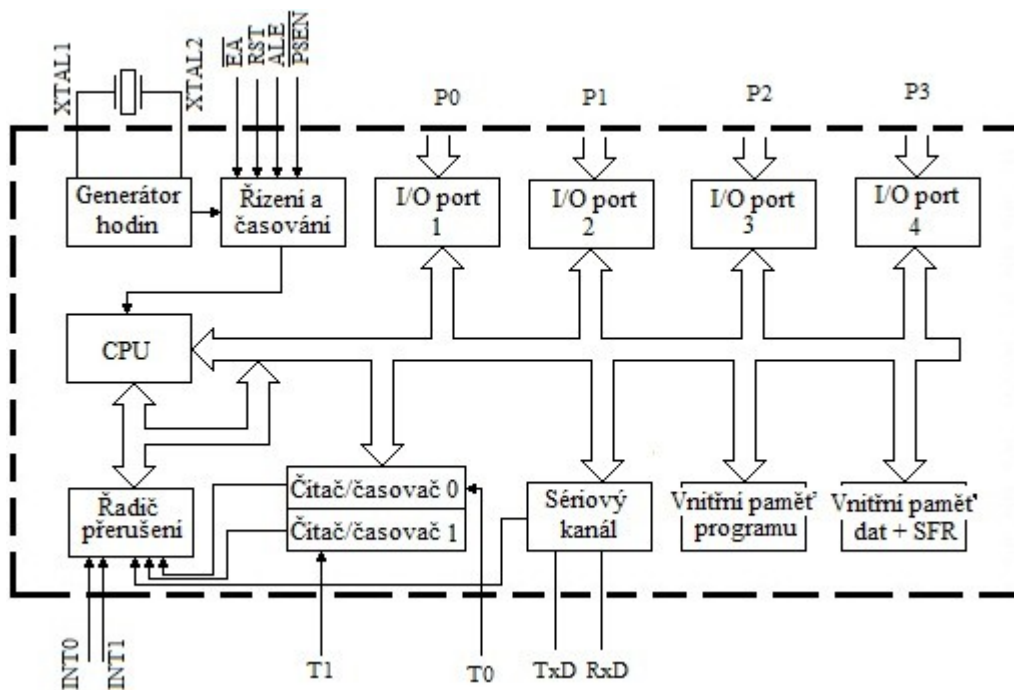
- bankomat
- avionika - například autopiloti, hardware a software pro řízení letu a další systémy integrované v letadlech a raketách
- mobilní telefony – jedna z nejdynamičtějších odvětví v pokroku využití embedded
- řídicí jednotky spalovacích motorů (ECU) a systémy zabráňující blokování brzd (ABS) v automobilech
- domácí automatizace - termostaty, klimatizace, zavlažovací systémy a zabezpečovací systémy
- kalkulačky
- vybavení domácnosti - například mikrovlnná trouba, pračka, myčka nádobí, televizory, DVD přehrávače, set-top boxy
- zdravotnické přístroje
- ruční počítače (PDA nebo průmyslové)
- herní konzole
- digitální náhrada potenciometrů (místo „točítka“ jsou pouze tlačítka přidat/ubrat)
- počítačové periferie - routery, tiskárny, modemy, scannery mohou mít a často mají vlastní vestavěný systém

3.4. Mikroprocesor řady 8051 [1],[2]

Procesory řady x51 používají harvardskou architekturu, tzn. mají oddělenou paměť pro program a paměť pro data. V programové paměti jsou uloženy instrukce programu, který se má vykonat. Datová paměť, která je někdy nazývána jako zápisníková paměť pak slouží pro ukládání obecných dat a obsahuje i blok speciálních funkčních registrů (SFR).

Celý procesor je osmibitový a proto datová sběrnice, všechny paměťové buňky i speciální funkční registry mají 8 bitů. Adresová sběrnice procesorů řady x51 je šestnáctibitová. To znamená, že může být adresováno maximálně $2^{16} = 65536$ buněk v datové i programové paměti. Řídící signály slouží k řízení a časování na sběrnici, jsou jimi signály RD a WR jako hodiny pro čtení a zápis do datové paměti, signál PSEN jako hodinový signál pro čtení z programové paměti a signál ALE slouží pro řízení multiplexované adresové sběrnice.

Aby procesor mohl komunikovat s okolním světem, potřebuje i nějaké vstupy a výstupy. Ty jsou také osmibitové a jsou mapovány v paměti SFR. Pracuje se s nimi tedy stejným způsobem, jako s datovou paměť.



Obrázek 1 - Vnitřní schéma procesoru řady 8051

Mikroprocesor tvoří centrální procesorová jednotka (CPU), jejíž podstatnou částí je aritmeticko-logická jednotka (ALU). Ta umožňuje pracovat s jednotlivými bity paměti, vykonávat instrukce programu atd. Centrální procesorová jednotka je vnitřní 8-bitovou společnou sběrnici propojena s pamětí programu a pamětí dat. Vnitřní paměť programu o velikosti 4kB je typu ROM (8051). Vnitřní paměť dat je typu RAM o velikosti 128 bytů. Ke společné sběrnici jsou dále připojeny 4 vstupně/výstupní porty P0 až P3, které umožňují styk mikroprocesoru s vnějšími periferiemi.

Mikropočítače 8051 mají jednu nebo dvě UART, dva nebo tři časovače, 128 nebo 256 bajtů interních dat RAM (16 bytů, které jsou bitově adresovatelné), 512 bytů až 64 kB interní programové paměti a někdy rozšířenou datovou paměť RAM (ERAM), umístěnou v externím datovém prostoru.

Původní jádro 8051 běželo na 12 hodinových/strojových cyklech, většina strojových instrukcí je vykonávána v jednom nebo dvou strojových cyklech. Při hodinové frekvenci 12 MHz by tak 8051 mohl vykonat 1 milion jednocyklových instrukcí za sekundu nebo 500000 dvoucyklových instrukcí za sekundu. Rozšíření jádra 8051 je nyní běžně používané, běží na šest, čtyři, dva, nebo dokonce jednu dobu na strojový cyklus, přitom má frekvenci až 100 MHz, a je tedy schopné ještě větších počtů instrukcí za sekundu.

Je-li potřeba používat větší paměť, než kterou nám poskytuje sám mikroprocesor, můžeme k mikroprocesoru připojit samostatnou vnější paměť programu nebo vnější paměť dat. K tomuto účelu jsou z mikroprocesoru vyvedeny řídicí signály PSEN (paměť programu) a WR,RD (paměť dat). Pro snazší styk s periferiemi je mikroprocesor vybaven řadičem přerušení, který zpracovává 5 zdrojů přerušení. Těmi jsou 2 externí (vývod INT0,INT1), od každého ze dvou čítačů/časovačů a od sériového kanálu. Jednotlivá přerušení mají definovanou prioritu na každé ze dvou volitelných úrovní priority. Mikroprocesor obsahuje dva 16-bitové čítače/časovače, se 4 volitelnými režimy provozu. Pro jednodušší sériovou komunikaci s nadřazeným počítačem nebo spolupracujícími mikroprocesory je mikroprocesor vybaven duplexním sériovým kanálem.

3.4.1. Struktura paměti

Procesory řady x51 mají tři oddělené paměťové prostory:

- **programová paměť** - obsahuje samotný program a může být integrovaná v pouzdře procesoru nebo může být připojena jako externí obvod
- **datová paměť** - není samozřejmá a může mít maximálně 64kB. Může být integrovaná v pouzdře s procesorem (např. 2 kB nebo 4 kB) nebo připojená jako externí obvod. Je určena pro ukládání většího množství dat, práce s ní je pomalejší
- **zápisníková paměť** – tento paměťový prostor sdílí datová paměť o velikosti 128 nebo 256 bytů a oblast registrů SFR, která zabírá 128 bytů. Protože adresovatelný prostor je pouze 256 bytů, je nutné překrytí datové paměti a SFR registrů. Struktura paměti je proto různá pokud použijeme přímé nebo nepřímé adresování

Na začátku základní oblasti datové paměti jsou umístěny čtyři registrové banky (RB0 až RB3). Každá registrová banka má vyhrazenou oblast o velikosti 8 bytů. V rámci této oblasti lze pro adresování buněk registrů používat symboly R0 až R7. Rozhodnutí, která registrová banka má být právě aktivní (ve které oblasti budou registry R0 až R7), lze aplikovat nastavením bitů RB0 a RB1 ve speciálním registru PSW.

3.4.2. SFR – Special Function Registry

V oblasti SFR jsou pro potřeby programátora k dispozici tyto nejdůležitější registry:

- Akumulátor = registr A nebo ACC – speciální registr, jediný možný operand některých instrukcí
- Registr B – obecně použitelný registr, slouží jako implicitní operand pro instrukce násobení a dělení
- Vstupně/výstupní porty P0 až P3
- Registr DPTR (Data Pointer) – slouží pro nepřímé adresování v datové paměti, je šestnáctibitový, ale přistupujeme k němu osmibitově pomocí registrů DPL a DPH

- Registr PC (Program Counter) – tento registr obsahuje adresu aktuálně vykonávané instrukce v programové paměti. Je šestnáctibitový, takže program může mít maximálně 65536 instrukcí
- Registr SP (Stack Pointer) – ukazatel na vrchol zásobníku
- Registr PSW (Program State Word) – stavové slovo procesoru.

Oblast SFR ale není využita plně, je v ní mnoho rezervovaných oblastí. Ty jsou pak využívány v různých klonech procesorů řady x51 pro ovládání dalších periférií a funkcí, které základní procesor 8051 nemá.

3.5. Přehled vlastností architektury 8051

- Poskytuje mnoho funkcí (CPU, RAM, ROM, I / O, logické přerušení, časovače, atd.) v jednom zařízení
- 8-bitová ALU, střadač a registry (proto je to 8-bit mikropočítač)
- 8-bitová datová sběrnice
- 16-bitově adresová sběrnice - 64 kB (65536 bajtů) každé pro RAM a ROM
- On-chip RAM - 128 bytů ("Paměť dat")
- On-chip ROM - 4 kB ("Paměť programu")
- Čtyřbajtový obousměrný vstupně / výstupní port
- UART (sériový port)
- Dva 16-bitové čítače / časovače
- Dvouúrovňová priorita přerušení
 - 5 hardwarových přerušení
 - +1 softwarové přerušení
- Režim úspory energie

Zvláště užitečná funkce z jádra 8051 je začlenění bitově adresovatelné paměti. Umožňuje totiž provádět logické operace s jednotlivými bity, které jsou prováděny přímo a efektivně na vnitřních registrech paměti RAM. Tato vlastnost pomohla upevnit popularitu 8051 v řídicích aplikacích v průmyslu.

8051 UART je jednoduchý na používání čipu jako sériového komunikačního rozhraní. Vnější vývody lze nakonfigurovat pro připojení k interním posuvným

registrům mnoha různými způsoby. Vnitřní časovač může být použit také, jelikož umožňuje též sériovou komunikaci v několika režimech, a to jak synchronním tak asynchronním. Některé režimy umožňují komunikaci bez vnějších součástí.

Samotný procesor bez jakékoliv periferní součástky je prakticky k ničemu. Neměl by co zpracovávat, neměl by co ovládat a řídit. Teprve další externí periferní obvody nebo jednotky, které k němu připojujeme, ho učiní užitečným.

Jedna ze dvou možností jak využít procesor, je použití univerzální výukové desky, která je většinou vybavena běžnými komponentami jako jsou LED diody, bzučák, tlačítka, sedmissegmentový displej, mikrofon, fotoodpor, teplotní čidlo nebo COM a USB port. Tato možnost slouží většinou pro testování možností mikroprocesoru a demonstraci napsaného programu pro daný procesor. V mnohém slouží k výuce základů mikroprocesorů na středních a vysokých školách. Procesory jsou programovány pomocí osazeného COM či USB portu, pokud je tato funkce podporována. Hlavní programovací jazyky, kterými se procesory řady 8051 programují jsou assembler a C.

Existuje několik C překladačů, z nichž většina vlastní rozšířené funkce, které umožňují programátorovi určit, kde leží která proměnná v které paměti, a poskytuje funkce pro přístup k hardwaru 8051, jako jsou vícenásobné registry a manipulace s jednotlivými bity. Pro ostatní vysokoúrovňové jazyky jako Forth, BASIC, Pascal/Object Pascal, PL/M a Modula-2 jsou k dispozici taktéž, je jich však méně využíváno oproti C a Assembler. Pro assembler existuje vývojové prostředí a simulátor v jednom programu SIM51 v MS-DOS prostředí, pro Windows program uScope, který zvládá i překlad jazyku C.

3.6. Platformy

V dnešní době je na trhu mnoho CPU architektur, které se užívají při návrhu embedded systémů jako jsou například: ARM, MIPS, PIC, 8051, Atmel AVR, Hitachi H8, Hitachi SH, NEC V850, FRV, Mitsubishi M32. Toto kontrastuje s trhem stolních počítačů, který je limitován pár konkurenčními architekturami, hlavně Intel/AMD x86, a Apple/Motorola/IBM PowerPC, používání v Apple Macintosh.

Každý z těchto mikroprocesorů má své určité použití. Některé z nich mají podobné funkce, jelikož vychází ze stejného základu, ale jsou konstruovány do jiných pracovních podmínek.

Software, psaný pro mnoho embedded systémů, obzvláště pro takové, jež nemají diskovou jednotku, se někdy nazývá firmware, což je software uložený přímo v hardwarovém zařízení jako například v čipu ROM nebo flash paměti. Programy na těchto systémech většinou běží v reálném čase a s omezenými hardwarovými zdroji. Často tu nemají k dispozici diskové mechaniky, operační systém, klávesnici či obrazovku. Protože se předpokládá, že přístroje, které běží pod embedded systémy budou pracovat dlouhou dobu, je firmware vyvíjen mnohem pečlivěji než software pro osobní počítače.

3.7. Porovnání systémů

Při porovnání jednotlivých mikrokontrolerů (Tabulka 1.) je zřejmé, že každý má své meze a možnosti využití v jiném odvětví.

	frce	bitů	paměť	výhody	použití
ARMv6 1136	450 MHz	32	32 kB data cache 32 kB instruction cache	memory management, multiprocessing, podpora multimedií	PDA Smartphone
PIC16F1825	32 MHz	8	14 kB FLASH	8/16/32 bit Č/Č Sync/async UART PWM, Ethernet, USB a CAN podpora	LCD mikrokontroler
AT89C51ED2	40 MHz	8	64 kB FLASH	kompatibilní s 8051, watchdog časovač, 9 zdrojů přerušení se 4 stupni priority	Mikrovlná trouba Dálkový ovladač
Atmel AVR ATmega8A	16 MHz	8	8 kB FLASH	100 let při 25°C Uživatelsky programovatelné	Lednice Pračka Myčka nádobí
Hitachi H8/3217	16 MHz	16	60 kB ROM 2 kB RAM	až 16 PWM výstupů, baud rate generator,	Monitory Set-top-boxy
Hitachi SH7723	400 MHz	32	1MB + DMA	2 instrukce v 1 cyklu, obsahuje L2 cache, multimedia (MPEG4, H.264), 2D grafika	Akcelerace videa v telefonu pro příjem TV signálu
FUJITSU FR50	80 MHz	32	1MB + 5 - 16 kanálů DMA	16 bit odčítač, multifunkční sériový port(UART,SIO,I2C)	Zařízení domácí potřeby s motory
MIPS64	1400 MHz	3	L1 0-64 kB 4 - 256MB RAM	128-bit instrukce, 29x pipeline, 32B cache	herní konzole (Playstation)
Mitsubishi M32	32 MHz	16	16 MB	18 kanálů 10-bit A/D, 2 kanály 8-bit D/A	Přenosná zařízení

Tabulka 2 - Mikroprocesory a jejich funkce

Jednotlivé systémy jsou použitelné pouze v prostředí do něj konstruovaném. Například použití procesoru MIPS64 pro ovládání mikrovlnné trouby je nesmyslné, neboť jeho možnosti jsou daleko větší a nebyl by plně využit. Na tuto pozici bohatě stačí jednoduchý mikrokontroler 8051 nebo PIC nižší verze, která je jednodušší i levnější.

Problém této úlohy je rozšíření jednoduchého mikrokontroleru 8051, který svým zařazením patří mezi základní kontrolery vhodné pro využití v jednoduché technice, jako jsou právě mikrovlnné trouby nebo výuku základů mikroprocesorů, jelikož se jedná o zakládající kámen nynějších kontrolerů.

4. Deska plošného spoje

Deska plošného spoje (česky DPS, anglicky PCB – Printed Circuit Board) je nosnou součástí každého elektronicky složitějšího zařízení. Slouží k fyzickému přichycení elektronických součástek a jejich propojení pomocí vodivých cest přímo na desce.

Existuje více materiálů, ze kterých se dá nosná deska vyrobit. Mezi tyto materiály patří hlavně:

- Papír tvrzený fenolovou pryskyřicí (již se nepoužívají)
- Tkanina tvrzená epoxidovou pryskyřicí
- Skelná tkanina tvrzená epoxidovou pryskyřicí
- Polyesterová fólie
- Keramika

Pro uspořádání vodivých cest se desky plošných spojů rozdělují na jednostranné, oboustranné a vícevrstvé. První dvě zmíněné desky je možné vytvořit v amatérských podmínkách. Vícevrstvé desky se vytvářejí strojově na zakázku ve výrobních halách, spíše pro specializované zařízení.

Samotné součástky jsou na DPS připájeny za své vývody pájkou. Klasická provedení součástek mají vývody ve formě drátů nebo kuliček. Ty se prostrčí otvory v DPS a na opačné straně, než je součástka, se připájí ke spojům, vytvořených vrstvou mědi. V současnosti se při sériové výrobě používá velmi často technologie povrchové montáže (Surface-Mount Technology, SMT). Součástky pro povrchovou montáž (Surface-Mount Device, SMD) mají na svém povrchu kontaktní plošky, za které se připájí na stejnou stranu DPS, na které jsou osazeny. To umožní i osazení desek součástkami z obou stran. Zároveň jsou menší a tím šetří místo.

Desky plošných spojů v dnešní době umožňují výrobu levných a přitom dostatečně robustních elektronických zařízení. Protože v současné době jsou součástky díky miniaturizaci menší, ale stále mají desítky vývodů, nebylo by je možné dobře propojit na jednoduché desce plošných spojů. Proto byly vyvynuty oboustranné DPS, které mají vodivý obrazec z obou stran a následně vícevrstvé DPS. Vícevrstvé DPS vznikají slepením několika tenkých oboustranných DPS. U vícevrstvých DPS se musí

prokovovat průchody mezi vrstvami. DPS se běžně opatřují nepájivou maskou. To je poloprůhledná izolační vrstva typicky zelené barvy. Nechává odkryté jen pájecí plošky, zbytek vodivých cest zakrývá, zlepšuje tak izolační vlastnosti desky a současně brání poškození vodivých cest. Pro orientaci při kontrole, opravách nebo nastavování se na nepájivou masku často tiskne servisní potisk. Vyznačuje umístění součástek a jejich označení dle elektrického schématu.

Protože ruční návrh plošných spojů by byl u složitějších obvodů extrémně časově náročný, přičemž by snadno mohlo docházet k chybám dále prodražujícím vývoj, používají se programy pro návrh desky. Vývojář nejprve vytvoří schéma zapojení, ze kterého se vygeneruje seznam součástek. Poté se přepne do návrhu desky a umísťuje součástky na vyhraněnou plochu dle potřeby. Jedním z těchto softwarových pomůcek pro návrháře je program Eagle.

4.1. Návrh, realizace a vytvoření DPS

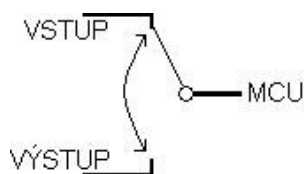
Návrh desky plošného spoje byl vytvořen v aplikaci Eagle verze 5.4.0. Rozměr byl stanoven dle standardu krabičky DOMINOPUTER, který činil 100mm x 100mm.

V úvahu byla brána i šířka stěny 1mm z každé strany, tedy výsledná velikost DPS musí být maximálně 98mm x 98mm. Samotný návrh je poté složen z více kroků.

4.2. Princip zapojení

Vzhledem k prostorové náročnosti zapojení rozšiřujícího modulu bylo zvoleno zapojení vrchní DPS jako kontaktního prvku. Tato deska je osazena všemi kontaktními součástkami, jež jsou nutné k propojení s externími zařízeními, se kterými bude nutno komunikovat. Jelikož se jedná o univerzální rozšíření, je počítáno s možností vstupu informací do mikroprocesoru i výstupu informací z něj.

Proto je na horní části DPS napájen ke každému pinu jednotlivých portů přepínač ESP1010, kterým si uživatel zvolí vstupní nebo výstupní režim.

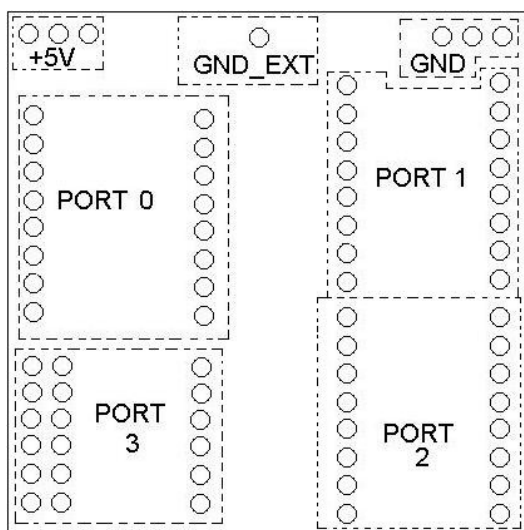


Obrázek 2 - Funkce přepínače

Hlavní a také nejpočetnější součástí je pozlacená dutinka Hypcon 1 speciálně vyrobená pro pájení na DPS firmou TESLA. Jelikož návrh počítá se čtyřmi porty, je každý port osazen těmito dutinkami.

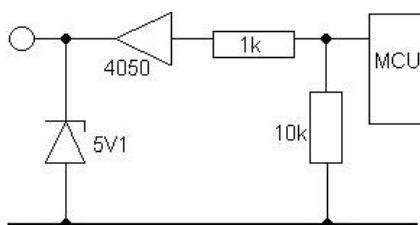
Porty 0 až 2 jsou využívány v plném rozsahu 8bitů, z každé strany přepínače je napájena jedna dutinka, tedy 16 dutinek na jeden port.

Speciálním případem je port 3, u kterého je využito pouze 6 bitů, ale vlivem zapojení přes optické členy je potřeba na výstup připojit dutinky dvě, tedy 18 dutinek na port. K těmto dutinkám je potřeba ještě přičíst 6 dutinek pro napájení DPS (tři pro +5V a tři pro uzemnění) a poslední k uzemnění externího napájení. Rozvržení dutinek po DPS je vidět na obrázku č.3. Každé uskupení, jak porty tak napájení, má svou část na DPS, aby nedošlo k omylu při zapojení.



Obrázek 3 - Rozložení dutinek po DPS

Výstup z rozšiřujícího modulu u portů 0 až 2 je řešen pomocí budičů typu 4050. Mikroprocesor vyšle informaci, která je v tomto případě realizovaná logickou 1, tedy napětím +5V. Kvůli zatížení mikroprocesoru je před budičem rezistor, který sníží proud tekoucí do budiče. Budič má funkci výstupního posilovače proudu při stálém napětí +5V, aby nebyl přetížen samotný mikroprocesor.



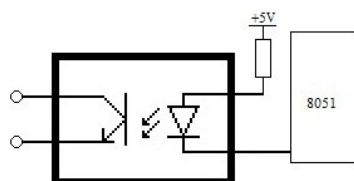
Obrázek 4 - Zapojení výstupu přes budič

U portu 3 je výstup realizován optoelektrickým členem TLP281-4 od firmy Toshiba. U tohoto portu bylo použito galvanické oddělení. Jde o oddělení 2 částí obvodu od sebe, aby nedošlo k přenosu napětí, impulsu či výkonu pomocí vodiče, který by tyto 2 části spojoval.

Jako výstupní informace pro rozsvícení LED diody v optočlenu je zde použita inverzní logika. Spuštění optočlenu vyžaduje logickou 0 (odpovídající napětí 0V). Jde o šetrnější variantu zapojení k procesoru, který by jinak u každého pokynu k rozsvícení musel vynaložit vyšší výkon, než by byl schopen snést a mohl by jej posléze spálit.

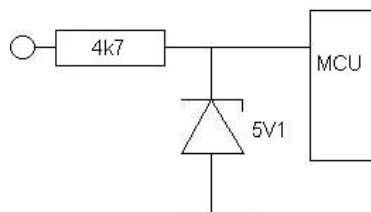
V tomto případě slouží výstup mikroprocesoru jako potenciál pro rozsvícení diody optronu. Jde o sériové zapojení diody a rezistoru proti napájecímu napětí k pinu procesoru. Tedy pokud je na pinu procesoru nastavena logická 1, potenciál napětí mezi tímto pinem a zdrojem napětí +5V je skoro nulový.

Proto neprotéká obvodem skoro žádný proud a dioda optronu se nerozsvítí. Pokud se však nastaví logická úroveň na 0, bude potenciál stanoven na 5V a přes odpor poteče proud, který diodu v optronu rozsvítí. Tím se sepne kolektor s emitorem optronu.



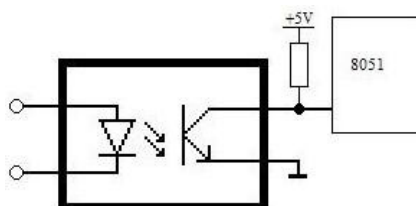
Obrázek 5 - Zapojení výstupu přes optočlen

Vstup do mikroprocesoru je o poznání jednodušší. Každý bit portů 0 až 2 je připojen přes ochranný odpor na Zenerovu diodu. Zenerova dioda propustí pouze napětí, na které je konstruována, tzn. 5,1V maximálně. Na kontaktu mikroprocesoru dojde k signalizaci sepnutého výstupního kontaktu, tedy log. 1.



Obrázek 6 - zapojení vstupu přes Zenerovu diodu

Port 3 je řešen opět přes optočlen. Pin mikroprocesoru je připojen na kolektor tranzistoru v pouzdře optočlenu a také přes ochranný odpor na napájecí napětí. Tím se udržuje stabilně informace na logické úrovni 1, tedy normál. Informace o sepnutí optronu se projeví jako logická 0 na pinu mikroprocesoru. K tomu dojde po rozsvícení diody v pouzdře optočlenu, následným propojením kolektoru a emitoru optotranzistoru a uzemněním pinu mikroprocesoru. Ten diagnostikuje vstup jako tvrdou 0.

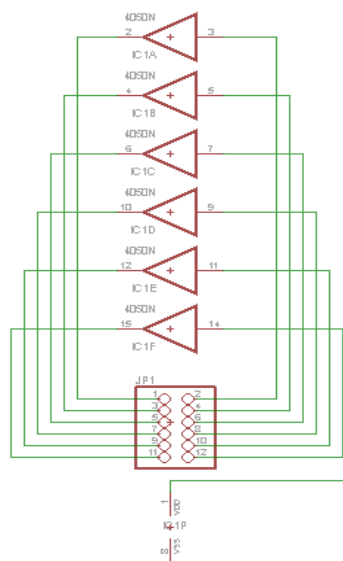


Obrázek 7 - Zapojení vstupu přes optočlen

4.3. Výsledná vizualizace

Návrh DPS probíhal v programu Eagle 5.4.0. Deska byla zvolena s dvěma vrstvami, vrchním a spodním vedením. I tak bylo velmi složité najít správnou cestu mezi součástkami. Vzhledem k velkému množství součástek je třeba najít výhodné umístění, položit přesnou cestu, dodržovat jejich minimální vzdálenosti a pospojovat je ve správném pořadí.

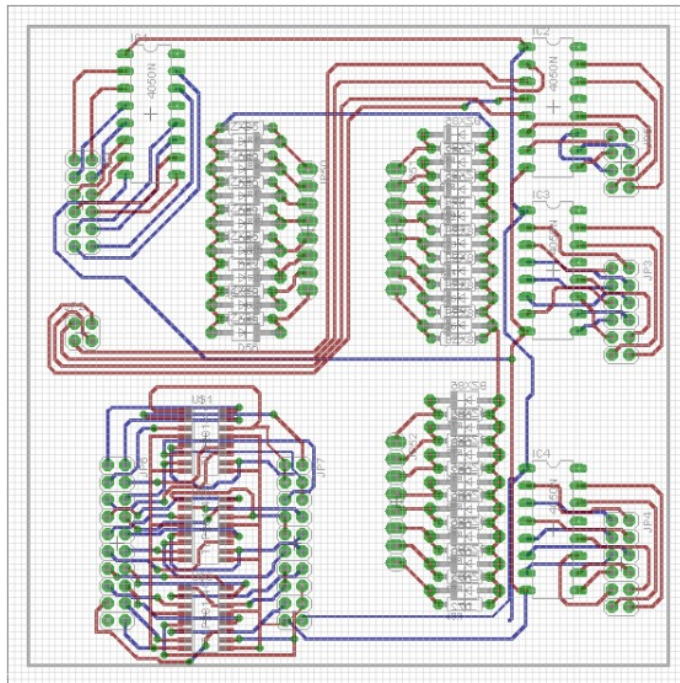
K tomu slouží dvě fáze návrhu DPS. V první je schema zapojení, kde se na bílý podklad nanesou součástky a propojí se dle potřeby, jak je vidět na obr. 8.



Obr. 8 – Ukázka zapojení v programu Eagle

V tomto prostředí se dějí všechny úpravy jako jsou výměny, přidání či odebrání součástek, další vedení trasy se signálem k potřebnému zakončení. Cokoliv se provede zde, bude promítnuto do návrhu desky.

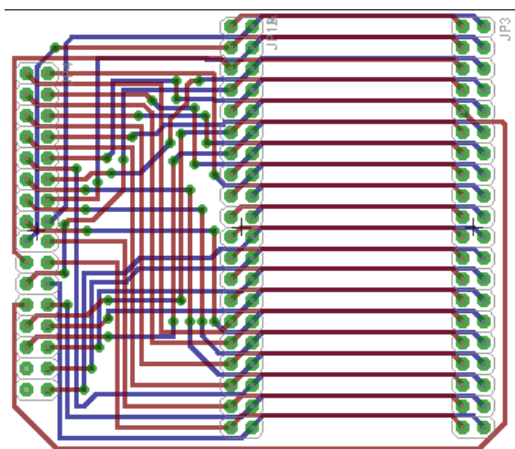
Druhá část návrhu je samotná deska. Nastaví se velikost DPS pomocí informativních čar a jednotlivé součástky se přesunou do vyhraněného obrazce, kde dle možností umístí na požadovanou stranu DPS a vede se co neoptimálnější cesta, jak je vidět na obrázku 9.



Obrázek 8 - Ukázka finální vizualizace DPS v Eaglu

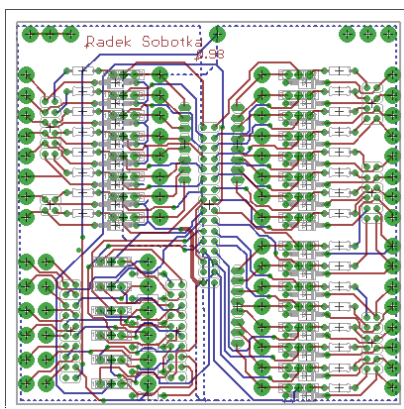
5. Propojení s přípravkem

Propojení přípravku s výukovou deskou PVK40 je realizováno přes 32pinový konektor, kterým je vybavena malá přechodová DPS, která byla vytvořena v rámci této práce.. Standartně se rozšiřující modul s procesorem řady MCS51 nasazuje na 40pinový konektor J1, jímž je vybavena výuková deska. Těchto 40pinů obsahuje také 4 porty, které je potřeba vyvést mimo výukovou desku. K tomu právě slouží přechodová DPS. Ta vede cesty jak k procesoru, tak i na 32pinový konektor, který je realizován na druhé straně DPS.



Obrázek 9 - Přechodová DPS

K přenosu informací je využit zmenšený 32žilový PATA kabel, který se klasicky využívá k přenosu dat mezi harddiskem a řadičem v počítači. Druhý konec kabelu je napojen na konektor uprostřed vrchní DPS, kde je signál rozveden na jednotlivé přepínače.



Obrázek 10 - Horní DPS

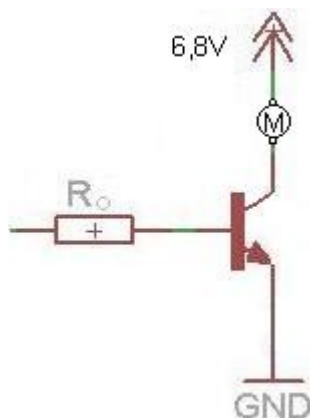
6. Testování funkčnosti

Dle teoretických návrhů by měl být modul schopen po připojení napájecího napětí vytvářet napět'ové signály 0 až 5V. Ty posléze využívat ke spouštění dalších zařízení, která k němu budou připojena.

Stavebnice Fischertechnik jejíž komponenty má přípravek primárně ovládat, používá pro své motory nestandardní napětí 6,8V při velkém proudu, až 1,5A. Tedy nelze je spustit pomocí výstupu +5V z vytvořeného modulu, který na výstupu používá budič 4050.

Řešením je připojení spouštěcího obvodu realizovaným spínacím tranzistorem pro obě možnosti výstupu.

Pro spuštění motoru pomocí budiče 4050 byl použit tranzistor BD681 typu NPN, který se spouští proudem do báze. Jakmile bude aktivní výstup budiče(+5V), poteče přes omezovací odpor 470 Ω proud do báze a tranzistor sepne kolektor s emitorem a motor zapojený v kolektoru bude spuštěn.

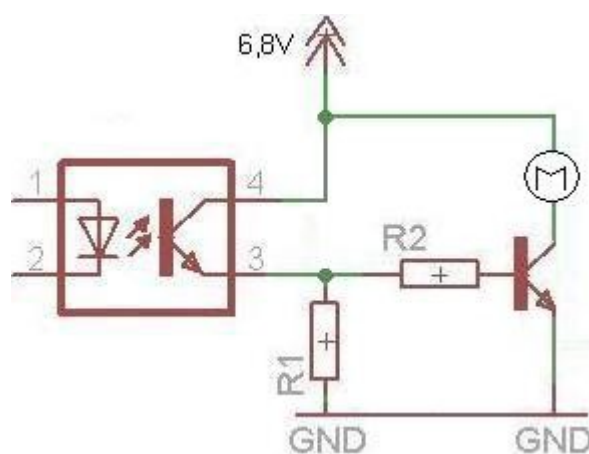


Obrázek 11 - Zapojení spínacího tranzistoru z budiče

Spuštění motoru prostřednictvím optronu je složitější. Jelikož samotný výstup nedává žádné napětí, je tu více možností, jak jej zapojit. Jedna z možností je připojit přímo výstupní svorky optronu před tranzistor a kdykoliv by byl aktivován optron, rozběhl by se motor. Bohužel tato varianta není možná, jelikož po ověření maximálních dovolených parametrů z datasheetu je proudové omezení do kolektoru stanoveno na 50mA, tedy nedostatečně pro motor.

Druhá možnost je na podobném principu jako výstup z budiče. Použitý NPN tranzistor bude využit jako spínač proudu do báze (obr.12). Kolektor optotranzistoru bude připojen na + napájení motoru, zatímco emitor bude připojen přes 470Ω rezistor do báze spínacího tranzistoru a navíc přes 10kΩ rezistor na zem. Kladný pól motoru bude připojeno na kladný pól napájení zdroje motoru a záporný pól motoru bude připojen ke kolektoru spínacího tranzistoru.

Emitor spínacího tranzistoru bude uzeměn. Po spuštění optronu logickou 0 na pinu mikroprocesoru je napětí napájecího zdroje převedeno na 10kΩ odpor, který slouží k udržení napětí a rychlému vybití náboje na bázi tranzistoru. Proud do báze spínacího tranzistoru spojí kolektor s emitorem a tím uzemní motor, který se rozeběhne.



Obrázek 12 - Zapojení spínacího tranzistoru pomocí optočlenu

Jako příklad funkce modulu s naprogramovaným mikroprocesorem byl zvolen ventilátor a výtah ze stavebnice Fischertechnik.

Ventilátor po stisku tlačítka změní rychlost otáček pomocí PWM modulace napsané v programu.

K dispozici byl výtah s třemi seznory (patry) a v každém patře je tlačítko na přivolání. Po stisku tlačítka se výtah dostane do požadované výšky, zastaví se a čeká na další přivolání.

K lepšímu pochopení funkce byly vytvořeny vývojové diagramy (Příloha1 - Vývojový diagram Ventilátor, Příloha 2 - Vývojový diagram Výtah), které ukazují chování periférií v závislosti na napsaném programu.

Závěr

Nejdůležitější částí byl návrh DPS, který musel být připraven opravdu přesně, aby nenastaly problémy se součástkami, jejich propojením tam, kde k tomu nemělo dojít a dalším efektům, které mohou ovlivnit požadovanou funkčnost přípravku.

Při návrhu dvou DPS nad sebou nebylo napoprvé počítáno s výškou použitých součástek, proto bylo nutno přistoupit k výměně propojovacích konektorů za vyšší. Zvětšením prostoru mezi deskami bylo zabráněno vzájemnému doteku součástek.

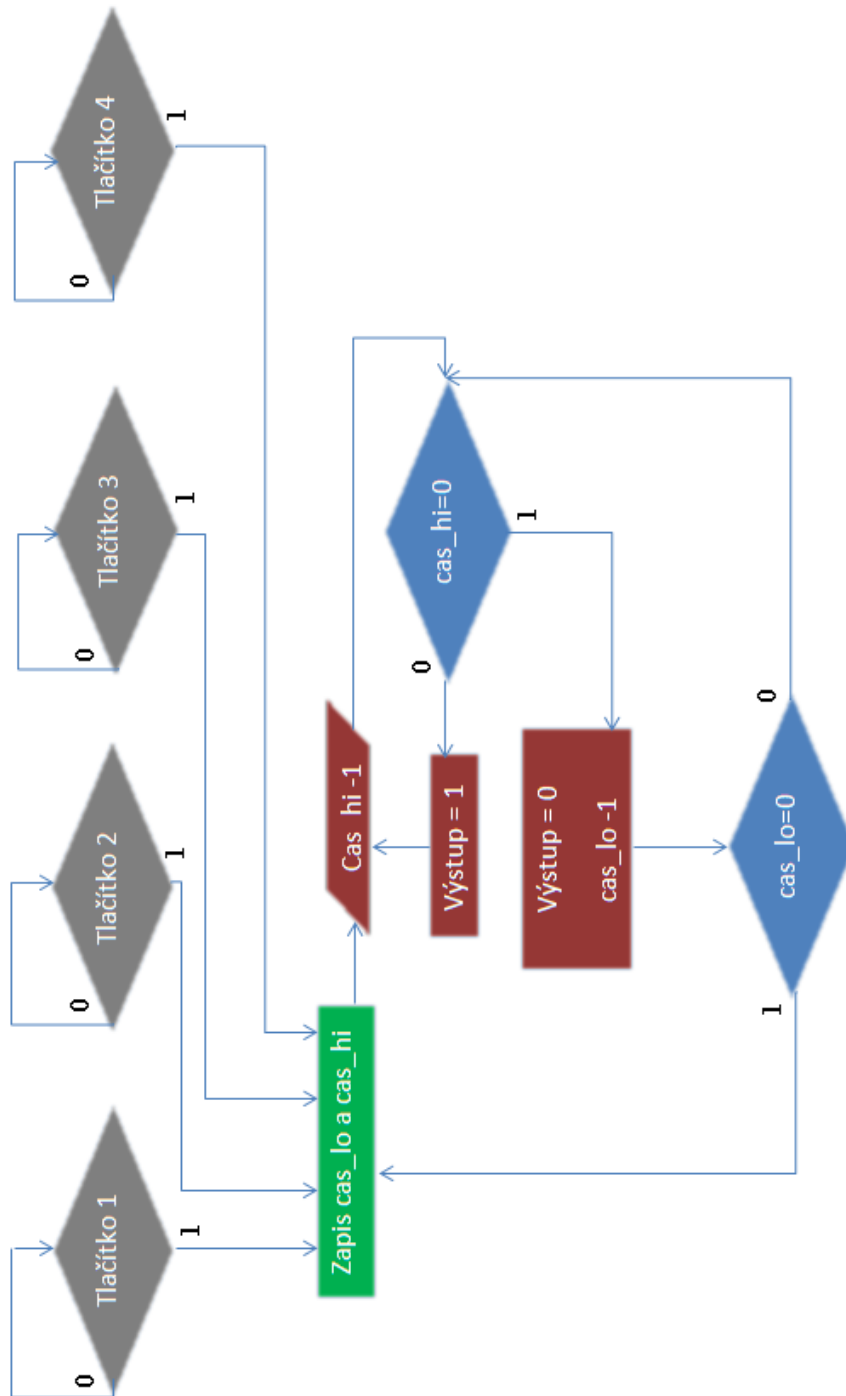
Při vlastním testování přípravku nastala situace, kdy při připojení modulu k výukové desce se na výstupu objevilo požadované napětí +5V, ale při odpojení napětí logickou 0 toto napětí stále zůstávalo aktivní. Při bližší analýze zapojení a použitých součástek byl detekován zdroj problému v unipolárních tranzistorech, ze kterých je konstruován budič 4050. Tento prvek držel napětí po dobu delší, než bylo požadováno. Proto byl na každý vstup budiče připájen odpor o velikosti $10\text{k}\Omega$, který zaručil rychlé vybití a tím dosažení požadované hodnoty na vstupu v co nejkratším čase.

Přípravek je nyní v pozici funkčního prototypu, který je schopen komunikovat s okolím dvěma způsoby a díky vytvořenému programu řídit své porty.

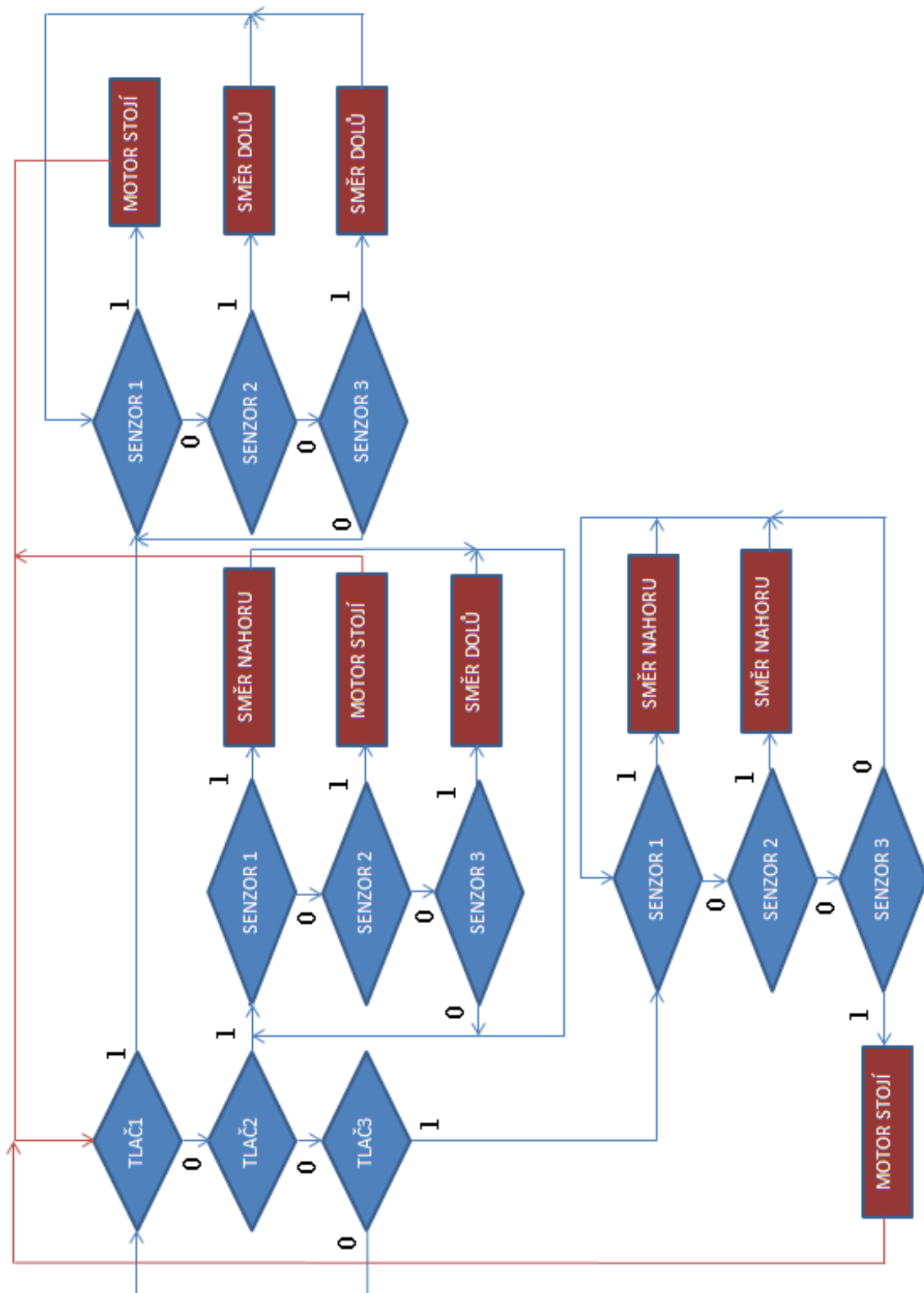
Seznam použité literatury

- [1] Skalický, P.: Mikroprocesory řady 8051. Nakladatelství BEN-technická literatura, Praha, 2002, ISBN 80-86056-39-2
- [2] Ing. Tomáš Martinec: Přednášky z předmětu Počítače a mikropočítače, 2010, TUL
- [3] Ing. Josef Hrázský: Číslicová technika, SPŠ Dopravní Praha 2002

Příloha



Příloha 1 - Vývojový diagram Ventilátor



Příloha 2 - Vývojový diagram Výtah