

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV AUTOMATIZACE A INFORMATIKY

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF AUTOMATION AND COMPUTER SCIENCE

LABORATORNÍ ÚLOHA ELEKTRONICKÝ MODEL VÝTAHU

LABORATORY EXERCISES OF ELEKTRONIC ELEVATOR MODEL

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Ondřej Kašpar

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. Tomáš Marada, Ph.D.

BRNO 2009

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav automatizace a informatiky

Akademický rok: 2008/2009

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Ondřej Kašpar

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Aplikovaná informatika a řízení (3902R001)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Laboratorní úloha elektronický model výtahu

v anglickém jazyce:

Laboratory exercises of electronic elevator model

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Cílem práce je navrhnout a realizovat elektronický model výtahu. Následně provést řízení pomocí programovatelného automatu (PLC).

Cíle bakalářské práce:

1. Proved'te návrh elektronické konstrukce modelu výtahu.
2. Elektronickou konstrukci realizujte.
3. Proved'te demonstrační řízení výtahu z PLC.

Seznam odborné literatury:

- [1] Firemní materiály o programovatelných automatech fy Siemens S7-200.
- [2] <http://www.blaja.cz>
- [3] <http://www.robotika.cz>
- [4] <http://www.robotika.sk>

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Tomáš Marada, Ph.D.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku
2008/2009.

V Brně, dne 12.11.2008

L.S.

doc. RNDr. Ing. Miloš Šeda, Ph.D.
Ředitel ústavu

doc. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

LICENČNÍ SMLOUVA

(na místo tohoto listu vložte vyplněný a podepsaný list formuláře licenčního ujednání)

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá návrhem a realizací modelu elektronického výtahu. Model je plně elektronický, bez mechanických prvků. Celý tento projekt bude sloužit studentům v laboratoři automatizace, jako názorná pomůcka při osvojování práce s programovatelnými automaty firmy Siemens, jmenovitě modely řady S7-200.

Pohyb kabiny výtahu je znázorňován pomocí sloupcových diod takzvaných bargrafů, které jsou ovládány pomocí aktivních prvků, LED driverů. Model je řízen pomocí mikroprocesoru ATMEL ATmega128, který je s PC propojen sériovou i paralelní linkou. V práci jsou dále popsány uvažované a použité technologie, vývojové prostředí a konstrukční prvky.

ABSTRACT

My Bachelor project is based on concept and realization of electronic model of elevator. This exemplar works only on electric base without any mechanical components. This project at all will stay in laboratory of automatization. Students can use it as visual aid in studying and learning new things about programmable controller of Siemens, especially models S7-200.

The movement of cabine of elevator is exemplified in bargraf, which you can leave control over then by active componets, LED drivers. The model is directed by micro-processor ALMEL ATmega128, which is connected with PC serial and paralel line. In my project you can find some descriptions of under consideration and used technologies, development system and constructional components.

KLÍČOVÁ SLOVA

Programovatelný automat, model, výtah, elektronika.

KEYWORDS

Programmable Logic Controller, model, elevator, electronic.

PODĚKOVÁNÍ

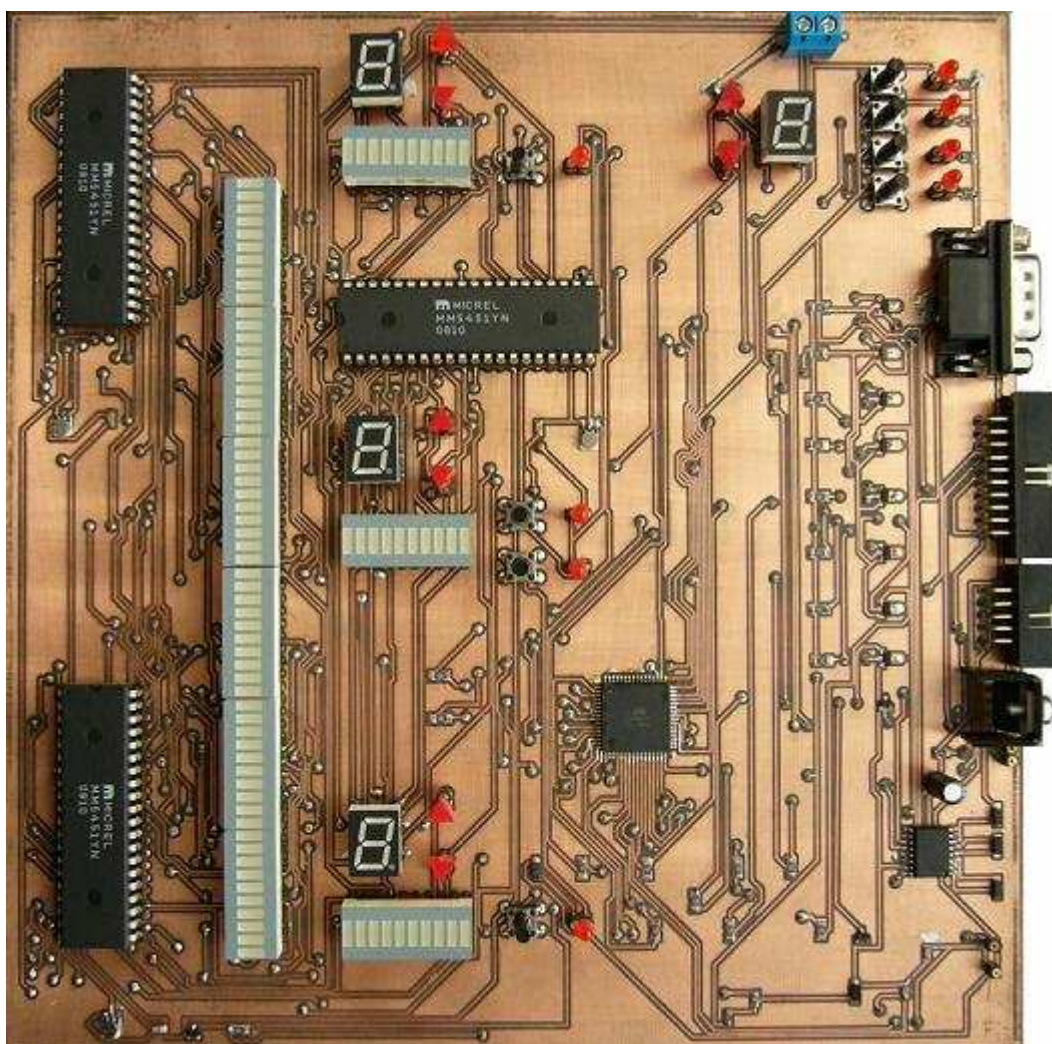
Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce panu Ing. Tomášovi Maradovi Ph.D. za jeho čas, připomínky, vedení a samotnou pomoc při návrhu a realizaci práce, jakožto samotného modelu elektronického výtahu.

Obsah:

Zadání bakalářské práce	3
Licenční smlouva	5
Abstrakt.....	7
Poděkování	9
1 Úvod.....	13
1.1 Funkce modelu	14
2 Architektura modelu výtahu	15
2.1 Zobrazovací modul.....	16
2.1.1 Šachta výtahu	16
2.1.2 Kabina výtahu	16
2.2 Řídící modul.....	18
2.2.1 Stabilizátor 7805	19
2.2.2 ATMEL ATmega 128	20
2.2.3 Sériové rozhraní RS232	23
2.2.4 LED driver M5451	25
3 PLC.....	27
3.1 Siemens S7-200.....	27
3.1.1 Vývojové prostředí STEP 7-Micro/WIN	28
3.2 Norma IEC 61131-3	29
4 Realizace.....	31
4.1 Sestavení schématu a DPS	31
4.1.1 Eagle 5.4.0.....	31
4.2 Příprava a osvit.....	33
4.3 Leptání a mechanické úpravy.....	33
4.4 Osazení	34
4.5 Konstrukční krabice	35
4.6 Program pro mikroprocesor	36
5 Závěr.....	39
Seznam použité literatury	41
Seznam příloh	43

1 ÚVOD

Cílem této bakalářské práce bylo navrhnout a realizovat model čistě elektronického výtahu použitelného jako učební pomůcky při práci s PLC v laboratořích automatizace. Jako hlavní zobrazovací prvek byly zvoleny sloupkové diody, umožňující snadné realizování pojezdu kabiny a otevírání dveří. Ovládání bude řešeno pomocí PLC či sériové linky přímo z počítače.



Obr. 1 Hotový model výtahu.

1.1 Funkce modelu

Kabina výtahu:

- tlačítko pro každé patro (1, 2, 3) se signalizací stisknutí
- tlačítko STOP se signalizací stisknutí
- ukazatel směru pohybu kabiny (nahoru, dolů)
- 7-mi segmentový display znázorňující patro, ve kterém se kabina nachází [P] [1] [2]

Šachta výtahu:

- 60 LED diod simulující vertikální pojezd kabiny výtahu

V každém patře:

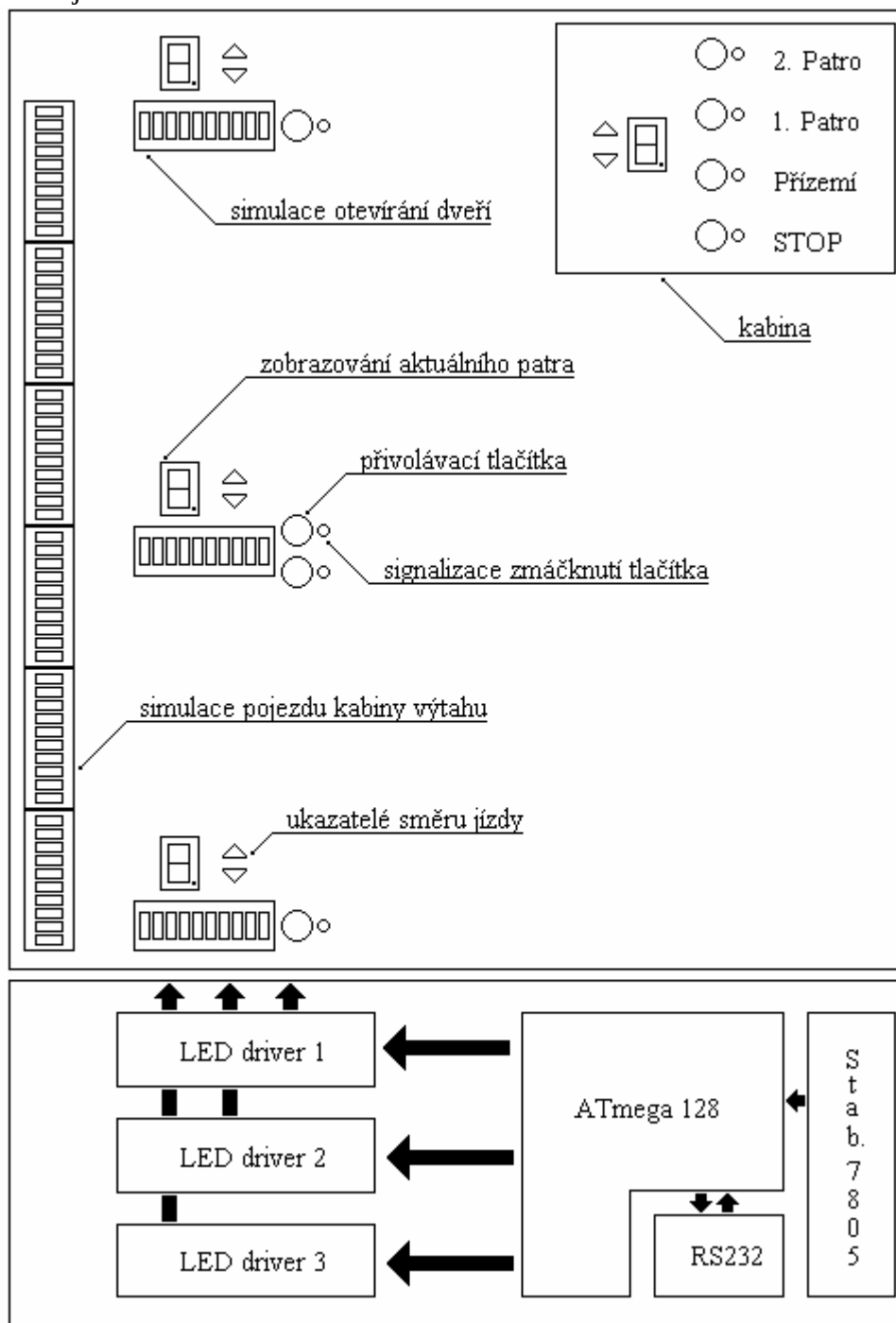
- ukazatel směru pohybu kabiny (nahoru, dolů)
- 7-mi segmentový display znázorňující patro, kde se kabina nachází [P] [1] [2]
- přivolávací tlačítko směr “dolů“
- přivolávací tlačítko směr “nahoru“

Všechny zobrazovací prvky řídí LED drivery M5451 ovládané mikroprocesorem ATMEL ATmega 128 řízeným programovatelným automatem Siemens S7-200.

2 ARCHITEKTURA MODELU VÝTAHU

Zadání bakalářské práce jasně udávalo směr vývoje projektu. Elektronický model výtahu je rozdělen na dvě části, zobrazovací a řídicí modul. Kvůli použití modelu jako výukové pomůcky a zachování určité kompaktnosti, byly oba moduly umístěny na jeden plošný spoj. Z tohoto důvodu byly na desce použity jak klasické součástky, tak součástky SMD.

Tato část se zabývá funkcí modelu a seznámením s obvodovými prvky, které byly použity. Vzhledem k rozsahu informací byly vybrány pouze ty nejdůležitější a doplněny o odkazy na zdroje.



Obr. 2 Blokové schéma modelu.

2.1 Zobrazovací modul

Vlastní zobrazovací modul je rozdělen na dvě části a to na kabinu výtahu a na výtahovou šachtu. Kabina výtahu je vyvedena na pravé straně od šachty a je v jiném měřítku.

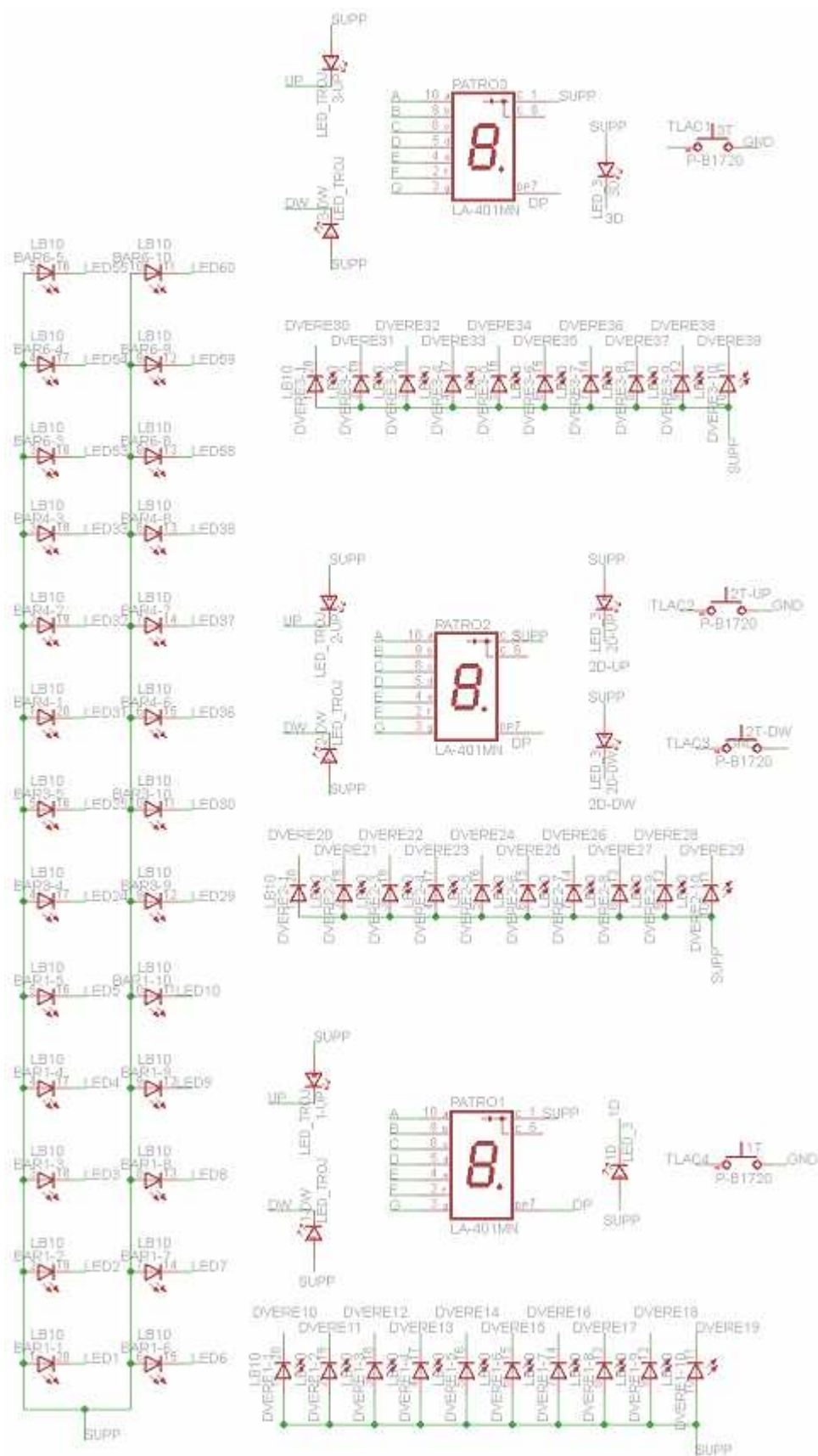
Při realizaci výtahu vznikl problém, jak řídit veliké množství diod. Z často navrhovaných variant a to od rozšíření modulů přímo u PLC přes dva mikroprocesory až po multiplexory, které se jevíly jako nejlepší varianta. Nakonec zvítězily integrované obvody M5451 od společnosti ST Microelectronics a to díky poměrně nízké pořizovací ceně a jednoduchému řešení. Mezičlen ovládací a řídicí jednotky je tedy tvořen trojicí LED driverů, přičemž každý je schopen ovládat až 35 LED diod.

2.1.1 Šachta výtahu

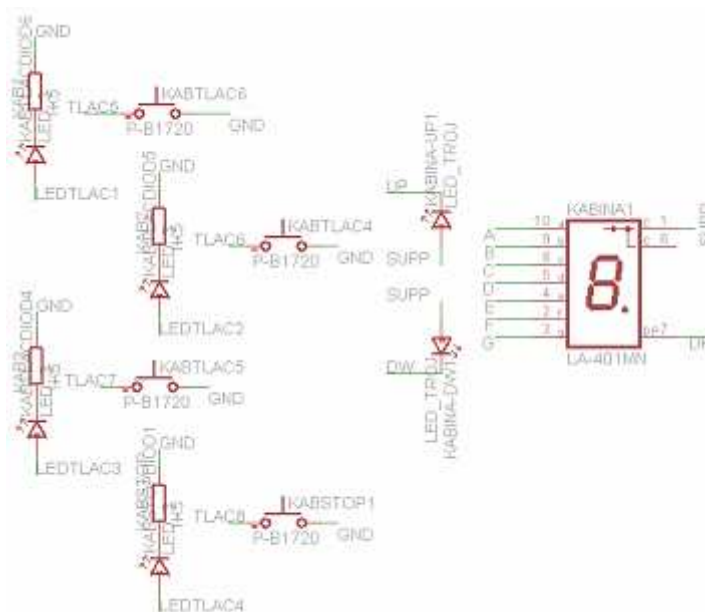
Výtahová šachta je tvořena šesticí sloupcových LED diod takzvaných bargrafů, na kterých je simulován pojezd kabiny mezi jednotlivými patry. V každém bargrafu je obsaženo 10 diod červené barvy, které jsou do sebe vzdáleny 0,76 cm. Celková délka šachty je pak 14,7 cm.. Kabina je znázorněna 4 zapnutými LED diodami, které se pohybují rychlostí 352 mm/s. Tato rychlost posuvu pro lidské oko působí plynulým dojmem. V okolí šachty výtahu se v každém patře (Přízemí, 1. Patro, 2. Patro) nacházejí dvojice informačních LED diod, ukazující aktuální směr jízdy kabiny. V každém patře jsou také ještě 7-mi segmentové displaye zobrazující číslo resp. písmeno patra, ve kterém se kabina výtahu nachází. Pod displayem je umístěn další bargraf simulující otevírání a zavírání výtahových dveří. Poslední částí výtahové šachty jsou přivolávací tlačítka vyvedené po pravé straně ode dveří. Po stisknutí tlačítka se rozsvítí dioda, která znázorňuje potvrzení stisku tlačítka.

2.1.2 Kabina výtahu

Ovládací panel kabiny výtahu umístěn vpravo nahoře a obsahuje obdobné prvky, které jsou i na každém patře. Jsou zde ukazatelé směru, 7-segmentový display, dále tři tlačítka pro volbu patra a tlačítko STOP pro přerušení jízdy kabiny. Každé tlačítko, včetně tlačítka STOP, má opět potvrzení stisku rozsvícením LED diody.



Obr. 3 Upravené schéma zapojení výtahové šachty.



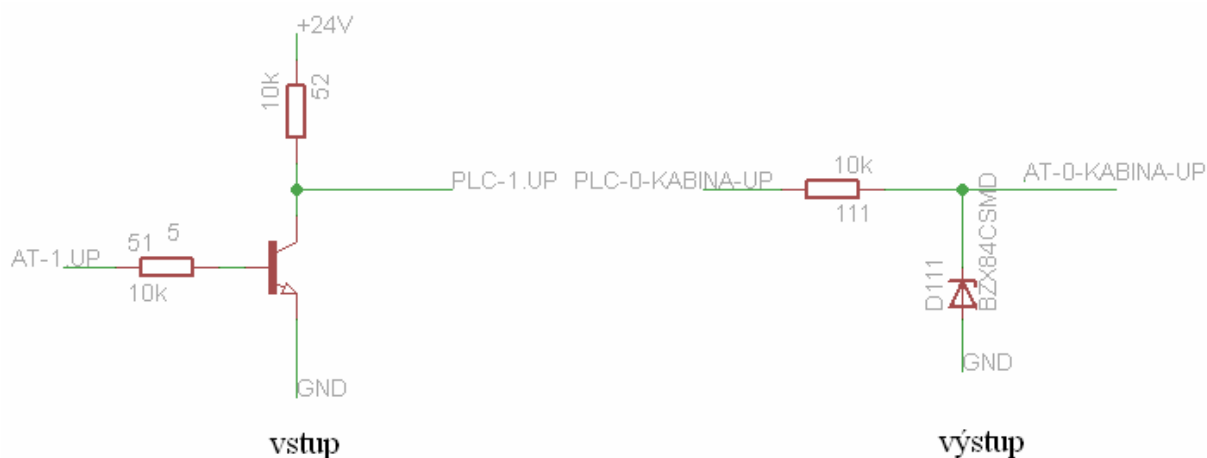
Obr. 4 Schéma zapojení kabiny výtahu.

2.2 Řídící modul

Hlavním úkolem řídicího modulu je zajišťovat inteligenci modelu. Jádrem tohoto modulu je mikroprocesor ATmega 128, který obstarává ovládání zobrazovacího modulu. Mimo jiné také komunikuje s PLC pomocí sériové nebo paralelní linky.

Modul je napájen stejnosměrným napětím o velikosti 24V a je chráněn proti přepólování. U napájecího konektoru je připojen stabilizátor, který nám obstarává napájení pro TTL logiku 5V.

Komunikace po paralelní lince je uskutečněna pomocí tranzistorů NPN se společnou bází. Je tak docíleno galvanického oddělení dvou napěťových úrovní. Výstupní úrovně logických signálů jsou 0V a 24V. Paralelní rozhraní je tvořeno 13-mi vstupy resp. výstupy. Schéma je stejné pro všechny výstupy ATmegy 128 vedoucí do PLC a je znázorněno na obrázku.

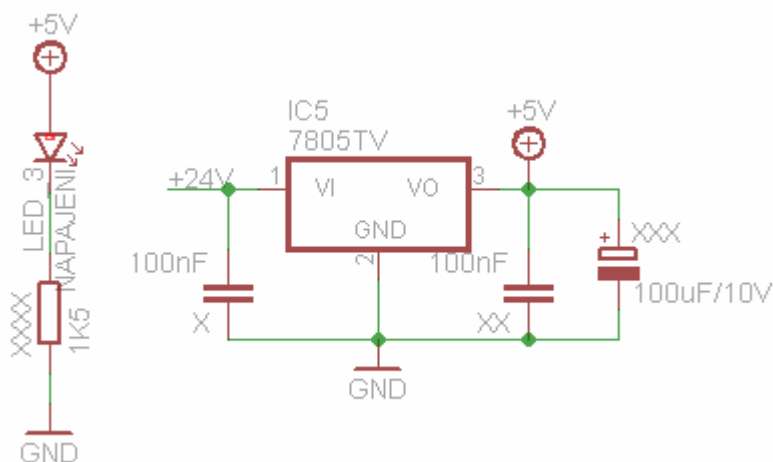


Obr. 5 Schéma zapojení výstupů.

Dalším prvkem řídicího modulu je SMD obvod MAX232I, který obstarává převod TTL signálů sériové linky na standard RS232. Sériová linka je zakončena konektorem CAN9. To umožňuje připojení řídicího modulu k počítači.

2.2.1 Stabilizátor 7805

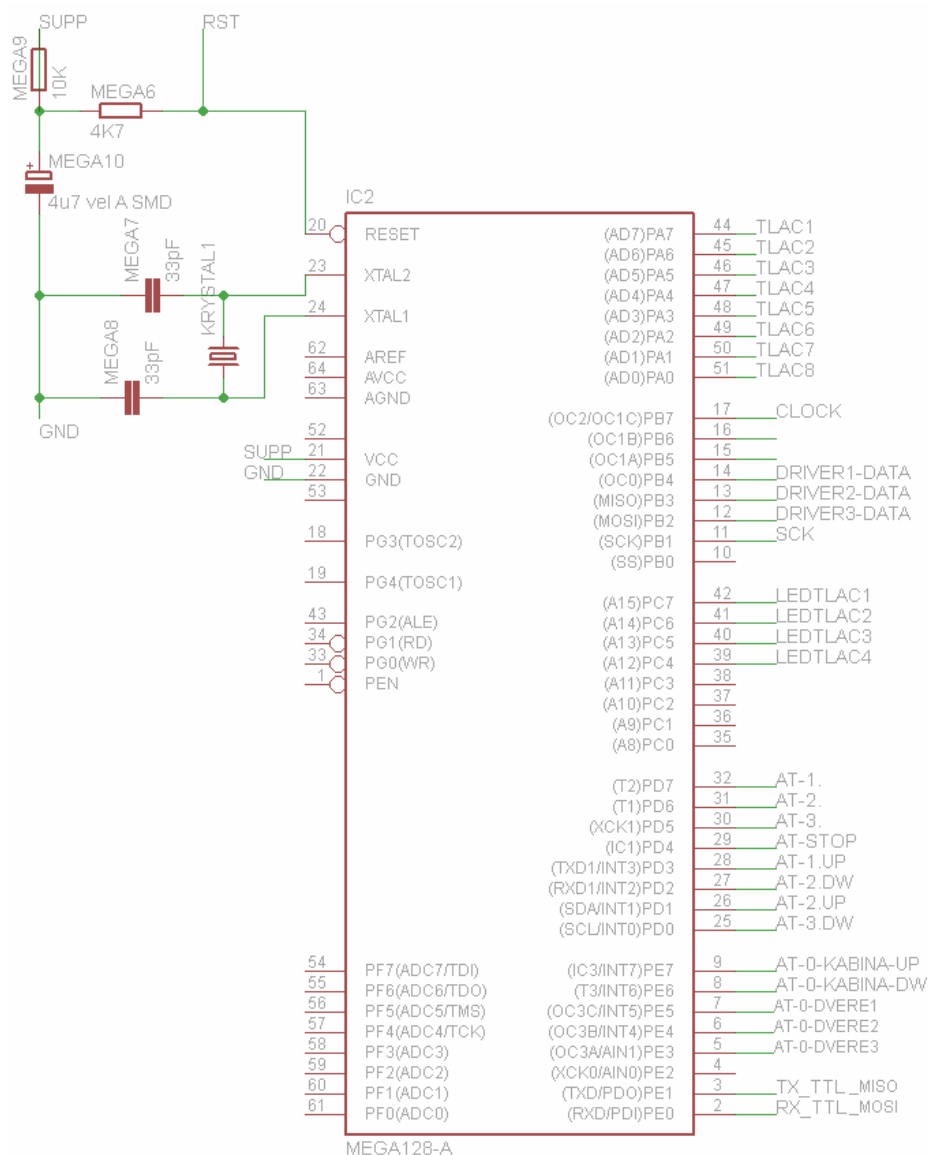
Napájení zajišťuje integrovaný stabilizátor 7805 pevného napětí o nominální hodnotě 5V. Obvody jsou vyráběny v několika řadách podle max. výstupního proudu (150mA, 1A, 3A) a v mnoha typech pouzder pro klasickou i SMD montáž. Pro tento obvod byla zvolena klasická konstrukce, protože dovoluje připojení pasivního chladiče. Díky vysokému počtu LED diod bude procházet stabilizátorem vysoký proud a je třeba ho chladit. Správnou funkčnost stabilizátoru zaručí dva blokovací kondenzátory, jejichž hodnoty výrobce uvádí v katalogovém listě, a filtrační kondenzátory na vstupu. Doporučována, ovšem ne nutná, je také zpětná dioda z výstupu na vstup jako ochrana proti náhlému snížení napájecího napětí případně přítomnosti dalšího napájecího napětí na výstupu stabilizátoru.



Obr. 6 Zapojení stabilizátoru 7805.

2.2.2 ATMEL ATmega 128

Vzhledem k počtu vstupů a výstupů bylo při výběru mikroprocesoru voleno mezi atmega 64 a atmega 128. Po konzultaci s vedoucím projektu byla vybrána druhá varianta a to díky vyšší pořizovací ceně ATmegy 64 a minimu rozdílných funkcí.



Obr. 7 Zapojení ATmegy 128.

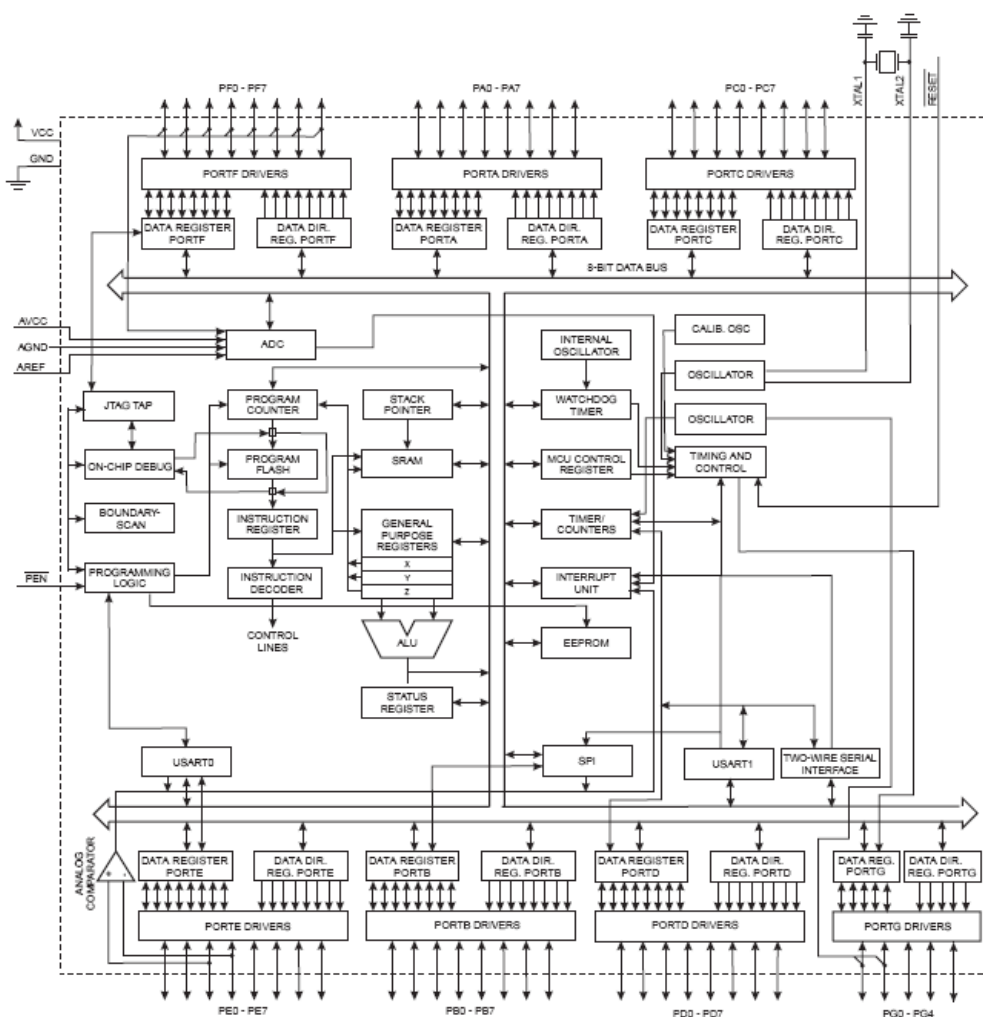
Architektura ATmegy 128

ATmega 128 je univerzální nízkonapěťový CMOS mikrokontrolér vyrobený firmou ATMEL. Je to kompletní centrální procesorová jednotka zhotovená na jediném křemíkovém čipu, zajišťující přenos řídicích, adresových i datových signálů mezi jednotlivými částmi obvodu. Jako v dnešní době už většina mikroprocesorů je založen na posílené AVR RISC architektuře, což je zkratka z anglického pojmenování Reduced Instruction Set Computer.

Hlavní vlastnosti mikroprocesoru:

- Redukovaná sada instrukcí obsahuje hlavně jednoduché instrukce
- Integrovaný RC oscilátor
- Široký rozsah napájecího napětí 2,7V – 5,5V
- Paměti o velikosti flash 128kb
EEPROM 4kb
- SPI sběrnice
- Délka provádění jedné instrukce je vždy jeden cyklus
- Délka (počet bitů) všech instrukcí je stejná
- Mikroinstrukce jsou hardwarově implementovány na procesoru
- Využívá se zde techniky řetězení instrukcí (instruction pipeline)

Mezi nejznámější výrobce procesorů RISC patří právě ATMEL (ATmega 8,16,32,64,128...), IBM (např. řada PowerPC), Intel (většina jeho procesorů je ale řazena mezi CISC, nebo označována jako tzv. „post-RISC“) a Sun Microsystems (např. řada Sparc).



Obr. 8 Blokový diagram ATmega 128.

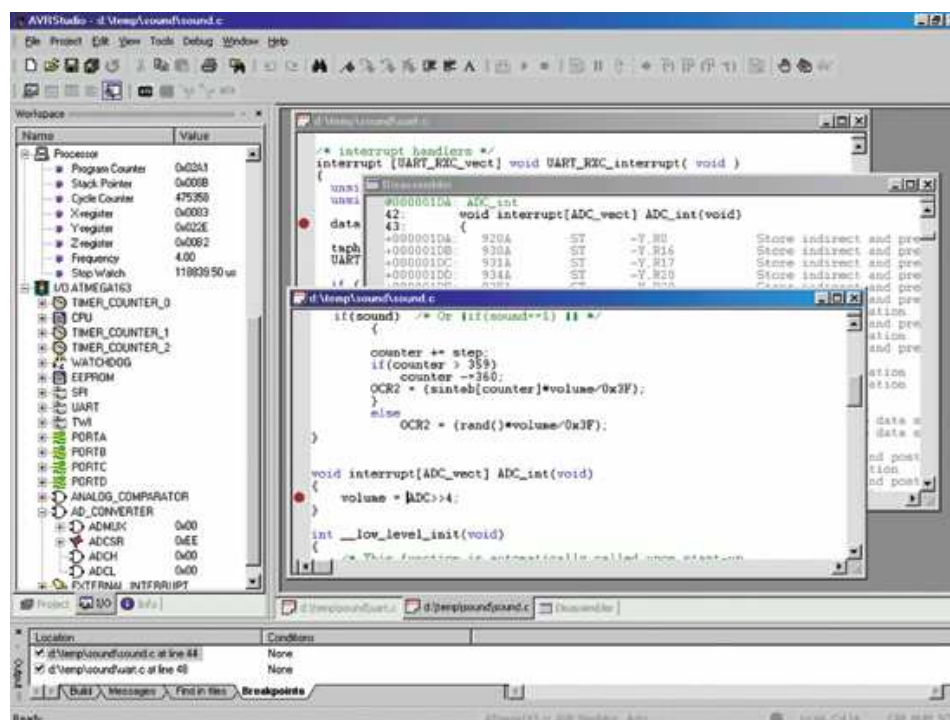
AVR Studio

AVR Studio je vývojové prostředí pro psaní kódu pro mikroprocesory. Umožňuje vytváření programových projektů, které zapouzdřují jeho jednotlivé části (soubory s programovými kódy, informace o projektu, textové soubory,...). Toto je velmi účelné při tvorbě složitějších projektů. Tento program obsahuje textový editor, ve kterém se vytváří programový kód. Editor automaticky rozeznává části kódu (instrukce, komentář, čísla atd.) a barevně jej zvýrazňuje pro zvýšení přehlednosti. Okno editoru je používáno i při ladění kódu, kdy je možné program trasovat a přidávat do něj breakpointy. V AVR Studiu je zobrazena struktura projektu včetně všech jeho částí (jednotlivých souborů) a během ladění zobrazuje aktuální informace o stavu všech registrů, periférií a další ladící informace. Během procesu kompilace vypisuje jednotlivá hlášení (varovaná, chybová, informační) a výsledek kompilace. AVR studio také umožňuje ladění externích kódů, takže je možné využít jeho schopností pro ladění již zkompileovaných programů např. z jiných vývojových prostředí.

Podporované formáty:

- UBROF (IAR)
- Noric (AVR Assembler)
- COFF (GCC)
- ImageCraftCodevision
- ELAB atd.

Kromě editace a ladění programu umožňuje prostředí i samotné programování mikrokontroléru. Podporovány jsou systémy ICE50, JTAGICE, STK500/5001 a AVRISP.



Obr. 9 Vývojové prostředí AVR Studio.

Po návrhu programu v AVR Studio bylo potřeba zvolit programátor, který převede kód do samotného mikroprocesoru. Vzhledem k tomu, že laboratoř automatizace je vybavena programátory PRESTO, byl úkol jednoduchý.

USB programátor PRESTO komunikuje pomocí sběrnice ICSP a z PC je ovládán pomocí programu ASIX UP, který volně distribuuje firma ASIX. Tento programátor umožňuje programování většiny mikroprocesorů ATMEL a PIC. Nevyžaduje externí napájení.



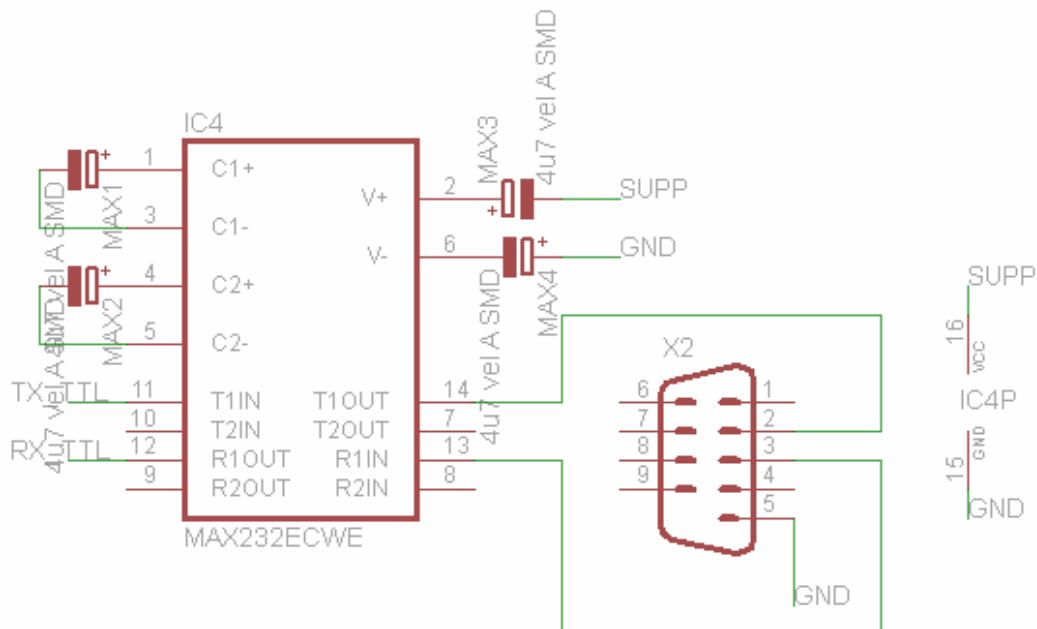
Obr. 10 USB programátor Presto.

2.2.3 Sériové rozhraní RS232

Standard RS-232 (také sériový port nebo sériová linka) se používá jako komunikační rozhraní osobních počítačů a další elektroniky, vytvořené původně pro komunikaci dvou zařízení do vzdálenosti 20 m. Pro větší odolnost proti rušení je informace po propojovacích vodičích přenášena větším napětím než je standardních 5 V. Přenos informací probíhá asynchronně, pomocí pevně nastavené přenosové rychlosti a synchronizace probíhá sestupnou hranou startovacího impulsu. RS-232 umožňuje propojení a vzájemnou sériovou komunikaci dvou zařízení tzn., že jednotlivé bity přenášených dat jsou vysílány postupně za sebou (v sérii) po jediném vodiči podobně jako u síťové technologie Ethernet nebo rozhraní USB.

RS-232 tedy definuje asynchronní sériovou komunikaci pro přenos dat. Pořadí přenosu datových bitů je od nejméně významného bitu (LSB) po bit nejvýznamnější (MSB). Počet datových bitů je volitelný, obvykle se používá 8 bitů, lze se také setkat se 7 nebo 9 bity. Logický stav „0“/„1“ přenášených dat je reprezentován pomocí dvou možných úrovní napětí, které jsou bipolární a dle zařízení mohou nabývat hodnot ± 5 V, ± 10 V, ± 12 V nebo ± 15 V. Nejčastěji se používá varianta, při které logické hodnotě 1 odpovídá napětí -12 V a logické hodnotě 0 pak +12 V. Základní tři vodiče rozhraní (příjem RxD, vysílání TxD a společná zem GND) jsou doplněny ještě dalšími, sloužícími k řízení přenosu (vstupy DCD, DSR, CTS, RI, výstupy DTR, RTS). Ty mohou a nemusí být používány (zapojeny) nebo mohou být použity pro napájení elektronických obvodů v zařízení, jako je například počítačová myš. Výstupní elektronika je vybavena ochranou proti zkratu, kdy po překročení proudu 20 mA proud již dále neroste.

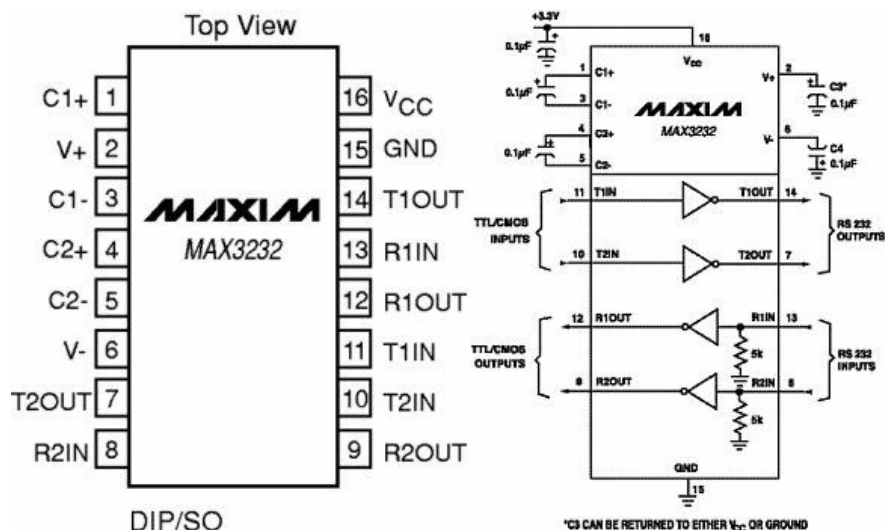
V současné době se v oblasti osobních počítačů od používání sériového rozhraní RS-232 již téměř definitivně upustilo a z důvodu nahrazením výkonnějším USB. Nicméně v průmyslu je tento standard stále velice rozšířen a pro své specifické rysy tomu tak bude i nadále.



Obr. 11 Schéma zapojení sériového rozhraní RS232.

Převodník MAX232

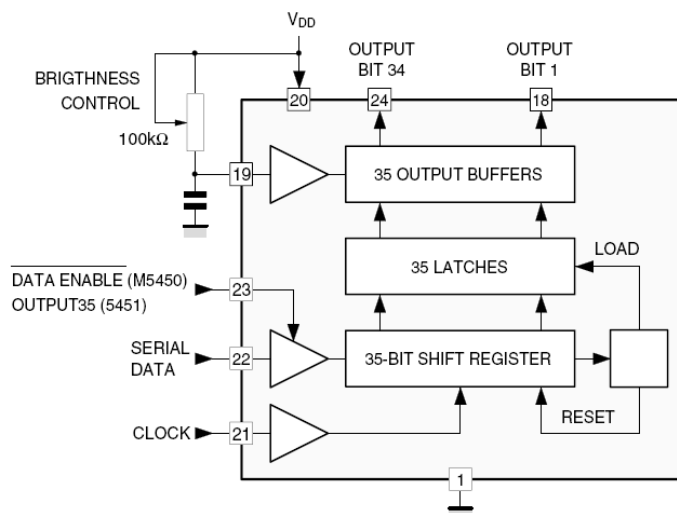
Při zadání bakalářské práce byl stanoven požadavek na ovládání pomocí sériové linky. Tento problém byl vyřešen přidáním jednoduchého převodníku MAX232. Jedná se o levnou a velice používanou variantu oboustranného převodníku TTL – RS232. Jeho největší výhodou je propojení desky s PLC pouze pomocí několika vodičů, a tak lze tento obvod i ladit. Další z nesporných výhod je, že potřebuje pouze jeden zdroj napětí a to +5 V, nikoliv +15, -15 a +5 V jako některé jiné převodníky. Napětí se získává pomocí nábojové pumpy (výstupní napětí proto značně závisí na kvalitě použitých kondenzátorů, která u elektrolytických kondenzátorů časem značně klesá). Tato vlastnost ho předurčuje k použití na místech, kde je třeba připojit zařízení s nízkým napájecím napětím na sériovou linku, jako jsou notebooky, mobilní telefony a především jednočipové počítače.



Obr. 12 Převodník MAX232 – schéma.

2.2.4 LED driver M5451

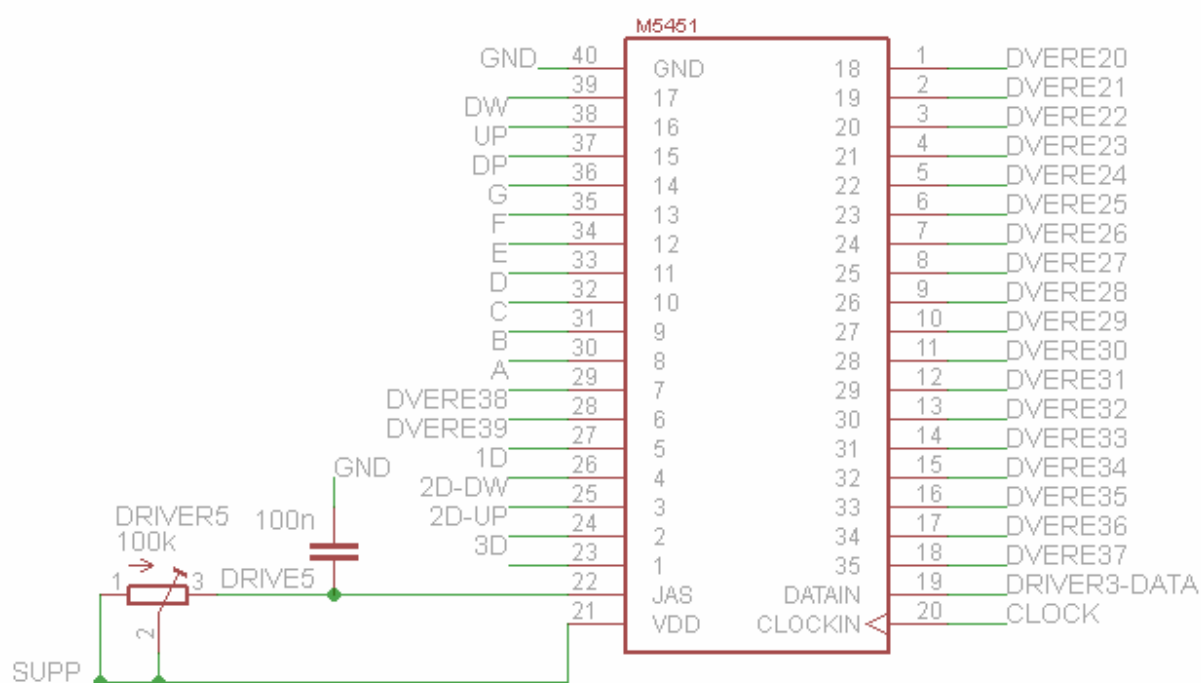
Obvod M5450 je 35-ti bitový sériový registr s paralelním výstupem. Tento popis znamená, že registr komunikuje s procesorem po sériové lince (dva vodiče DATA a CLK) a v okamžiku, kdy jsou do registru přesunuta všechna data, se provede paralelní přepis na výstup. Výstupy jsou tvořeny proudovými zdroji a výstupní proud lze řídit trimrem, který se připoje na vstup Xi. Po přesunu všech 35-ti bitů dat do obvodu se tedy data přepíší najednou na výstupy a tím se rozsvítí požadované diody. Toto ovládání je statické.



Obr. 13 Blokové schéma LED driveru.

Základní parametry LED driveru M5451:

- 35 výstupů
- Sériový datový vstup
- Plynulé nastavení jasu
- Záchytný registr
- Napájecí napětí 4,5V – 13,2V
- Proudový regulátor výstupu (není třeba předřazovat odpory před každou LED diodu)
- Kompatibilní s TTL logikou



Obr. 14 Zapojení driveru M5451.

3 PLC

Programovatelný logický automat neboli PLC (z anglického Programmable Logic Controller) je relativně malý průmyslový počítač používaný pro automatizaci procesů v reálném čase - řízení strojů nebo výrobních linek v továrně. Pro PLC je charakteristické, že se program vykonává v tzv. cyklech. V moderním pojetí je výraz PLC nahrazován tzv. PAC i když označení PLC je celosvětově hojně rozšířené a udrží se i nadále.

PLC automaty jsou odlišné od běžných počítačů nejen tím, že zpracovávají program cyklicky, ale i tím, že jejich periferie jsou přímo uzpůsobeny pro napojení na technologické procesy. Převážnou část periferií v tomto případě tvoří digitální vstupy (DI) a digitální výstupy (DO). Pro další zpracování signálů a napojení na technologii jsou určeny analogové vstupy (AI) a analogové výstupy (AO) pro zpracování spojitých signálů. S rozvojem automatizace v průmyslu jsou používány i další moduly periferních jednotek připojitelných k PLC, které jsou nazývány funkčními moduly (FM) např. pro polohování, komunikačními procesory (CP) pro sběr a přenos dat a další specifické moduly podle výrobce konkrétního systému.

Z hlediska konstrukce PLC se tyto dělí do skupiny „kompaktních“ a „modulárních“ systémů.

- Kompaktní systém je takový systém, který v jednom modulu obsahuje CPU (Central Procesor Unit), digitální a analogové vstupy/výstupy a základní podporu komunikace, v některých případech i zdroj. Rozšiřitelnost kompaktních systémů je omezena.
- Modulární systém je takový systém, kde jsou jednotlivé komponenty celku rozděleny do modulů. Celý systém PLC se potom skládá z modulů: zdroje, CPU, vstupů/výstupů, funkčních modulů. Modulární systém je možno dále rozšiřovat (s ohledem na limity výstavby systému) a to v nepoměrně větším rozsahu než u kompaktních systémů.

3.1 Siemens S7-200

S7-200 spadá do kategorie malých kompaktních programovatelných automatů, vhodných k programování jednodušších aplikací. Mezi ostatními vyniká kompaktním designem, nízkou cenou a výkonnými instrukcemi a to nejen při zachování jednoduchosti, ale i výkonu. Ačkoli patří mezi nižší modely, obsahuje systém časových přerušení i přerušení od události, vysokorychlostní čítače a pulzní výstup. Automat S7-200 disponuje nejen rozsáhlým instrukčním souborem, ale je vybaven i silnými komunikačními funkcemi. Pro zjednodušení programování jsou připraveni tzv. průvodci, kteří dokáží vygenerovat celé části programu dle požadavků programátora (např. pro nastavení PID regulátoru, komunikace nebo polohování).

Pro lepší splnění požadavků vaší aplikace má řada S7-200 širokou škálu rozšiřovacích modulů. Těmito rozšiřovacími moduly můžete do S7-200 přidat další funkce nebo rozšířit počet vstupů a výstupů.



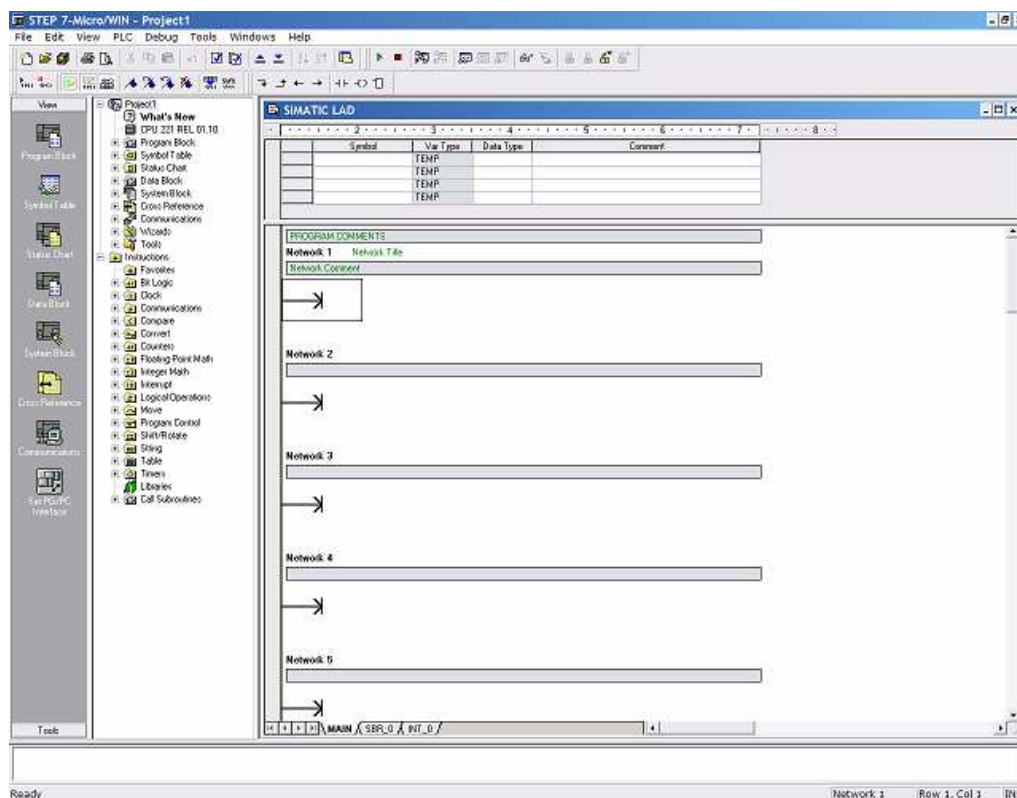
Obr. 15 Siemens SIMATIC S7-200.

Komunikační možnosti S7-200:

- Ethernet (včetně internetových funkcí – WWW, FTP, e-mail)
- PROFIBUS-DP slave
- AS-Interface master
- PPI/MPI slave (komunikace s S7-300, S7-400)
- RS 485 (sériová komunikace)
- Pevná telefonní linka
- GSM, GPRS

3.1.1 Vývojové prostředí STEP 7-Micro/WIN

STEP 7-Micro/WIN je prostředí určené přímo pro automaty S7-200. Tento program umožňuje simulovat a psát bez připojeného PLC. Po připojení kód přeneseme do PLC a tam i následně odkrokuje. Využívá celé normy IEC 61131-3 a je tudíž možné programovat pěti různými jazyky.



Obr. 16 Vývojové prostředí STEP 7-Micro/WIN.

3.2 Norma IEC 61131-3

Jedná se o třetinu otevřené mezinárodní normy IEC 61131 publikované v prosinci 1993 v IEC. Aktuální (druhé) vydání bylo zveřejněno v 2003. Část 3 IEC 61131 se zabývá programovacími jazyky a definuje dvě grafické a dvě textové normy pro PLC.

Kodifikované označení v angličtině		Označení obvyklé v němčině		Vhodný název v češtině
zkratka	název	zkratka	název	
LD	Ladder Diagram	KOP	Kontaktplan	reléové schéma
FBD	Function Block Diagram	FUP	Funktionplan	jazyk funkčních bloků
IL	Instruction List	AWL	Anweisungsliste	jazyk mnemokódů
ST	Structured Text	ST	Strukturierter Text	strukturovaný text
SFC	Sequential Function Chart	AS	Ablaufsprache	jazyk sekvenčního programování

Obr. 17 Rozdělení normy IEC 61131-3

Kontaktní schémata (Ladder Diagram – LD)

Metoda LD je označení pro klasická liniová nebo také kontaktní schémata. Tato metoda byla všeobecně známá a používaná pro návrh reléových ovládacích obvodů. Liniové schéma je ekvivalentní soustavě logických rovnic, přesněji řečeno sekvenci přiřazovacích příkazů přiřazujících logickým proměnným hodnoty definované logickým výrazem na pravé straně tohoto příkazu. U této jednoduché formy zápisu musí automat soustavně vyhodnocovat všechny příkazy. I ty, které v dané chvíli vyhodnocovány být nemusí. Tato potíž může být odstraněna, umožní-li se v sekvenci příkazů skoky, které však jsou plně v režii tvůrce algoritmu. Implementace této metody bývá různě modernizována, princip ovšem zůstává. Jedná se o metodu zastaralou.

Funkční bloky (Function Blocks – FB)

Metoda funkčních bloků má stejný původ jako metoda LD, jen používá grafické vyjádření ovládacích schémat z integrovaných prvků realizujících základní logické funkce. Hodnocení významu je stejné jako u metody LD, jen jednotlivé bloky mohou pracovat s menším počtem proměnných.

Seznam příkazů (Instruction List – IL)

Metoda IL je návratem do dávné minulosti. Byla užívána u nejprimitivnějších automatů. Z úsporných důvodů byla používána i v nedávné době u jednodušších systémů. Jedná se v podstatě o jazyk symbolických adres, tzv. assembler.

Strukturovaný text (Structured Text – ST)

Metoda ST je první z metod, které vyhovují požadavkům doby. Jedná se o jednoduchý programovací jazyk typu autokód. Podobných jazyků je dnes velmi mnoho. Patří sem Pascal, Visual Basic, všechny tzv. skriptovací jazyky, kterými jsou vybaveny mnohé současné programové systémy a které slouží k uživatelskému přizpůsobování jejich funkcí. Příkladem je tvorba dokumentace v systémech třídy CASE. Jazyky si jsou navzájem velmi podobné a jsou velmi jednoduché. Lze se je snadno naučit a jejich používání nevyžaduje dlouhodobou soustavnou praxi. Strukturovaný text by neměl být chápán jako samostatný programovací prostředek. Jeho význam je nutné posuzovat v souvislosti s následující metodou SFC.

Sekvenční funkční graf (Sequential Function Chart – SFC)

Metoda SFC je velmi podobná metodě GRAFCET. Metoda sama o sobě může být použita jen k hrubší analýze nebo k hrubému návrhu algoritmů. Funkční náplň jednotlivých kroků v tom případě reprezentuje popis v podobě poznámek přiřazených ke graficky znázorněným krokům. Plnohodnotná metoda vznikne, až když je možné zapsat algoritmickou náplň jednotlivých kroků v nějakém programovacím jazyce. U metody GRAFCET to byl jazyk GPL (GRAFCET Programming Language). Jeho rovnocennou náhradou je strukturovaný text. Norma IEC 1131-3 předpokládá, že pro zápis algoritmů lze použít kterýkoli z ostatních jazyků. Případy, kdy k tomu bude rozumný důvod, již byly uvedeny. Při zavádění metod programování PLC není důvod volit jinak než kombinaci SFC a ST, i když se vlastně jedná o metodu jednu.

4 REALIZACE

4.1 Sestavení schématu a DPS

V programu EAGLE 5.4.0 bylo po konzultaci s vedoucím práce sestaveno schéma obvodu. Jako zdrojové knihovny byly použity databáze součástek vyvinuté přímo firmou GM electronic, zabývající se prodejem součástek a elektroniky. Při výběru součástek však bylo nutné pečlivě vybírat, protože ne všechny součástky byly dostupné. Pro integrovaný obvod M5451, LED driver, se musela vytvořit knihovna nová, protože tento obvod v České Republice není příliš rozšířený a hotovou knihovnu nebylo možné nalézt. Zhotovené schéma bylo následně převedeno na návrh plošného spoje. Pokus o použití funkce Autorouting, automatické vygenerování cest kontaktů mezi piny součástek, nebylo možné díky výrobě desky ve školních laboratořích, kde není potřebná výrobní technologie. Nakonec tedy byly cesty vytvořeny ručně, což poměrně zkomplikovalo a velice prodloužilo práci.

4.1.1 Eagle 5.4.0

Editor plošných spojů EAGLE je jeden z nejrozšířenějších softwarů v této kategorii. Jedná se o uživatelsky přívětivý a výkonný nástroj pro návrh desek plošných spojů (DPS, PCB). Název EAGLE je zkratka, pocházející z původního názvu Easily Applicable Graphical Layout Editor.

Program jde rozdělit do třech základních modulů a to editor spojů, editor schémat a autorouter. Tyto moduly jsou ovládány z jednoho uživatelského prostředí, což je velikou výhodou, díky odstranění nutnosti konvertovat jednotlivé netlisty mezi schémata a deskami.

Základní vlastnosti programu EAGLE 5.4.0 professional:

Společné:

- Dopředná a zpětná anotace v reálném čase
- Nápověda orientovaná podle obsahu
- Žádná hardwarová ochrana programu!
- Vícenásobná okna pro desku, schéma a knihovnu
- Výkonný uživatelský jazyk
- Integrovaný textový editor

Editor spojů:

- Největší rozměr výkresu 64 x 64 inch
- Rozlišení 1/10.000 mm (0,1 mikronu)
- Až 16 signálových vrstev
- Klasické i SMD součástky
- Dodává se s plnou sadou knihoven součástek
- Snadné vytváření vlastních součástek v plně integrovaném editoru knihoven
- Skriptové soubory pro dávkové zpracování příkazů
- Pomědění ploch
- Kontrola pravidel návrhu

Editor schémat:

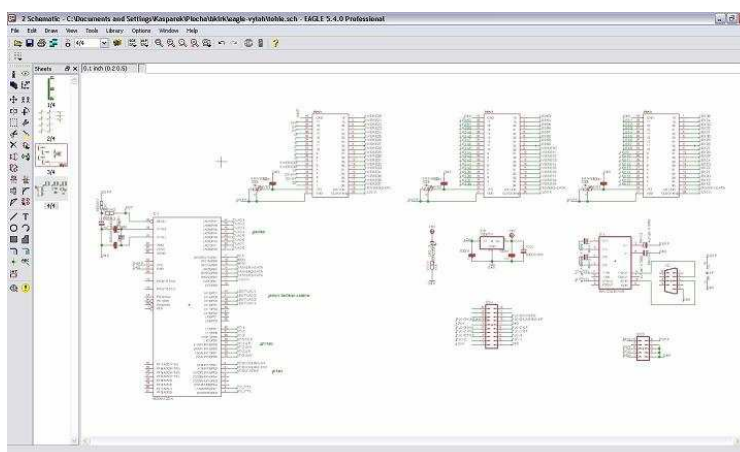
- Kontrola elektrických pravidel zapojení
- Prohazování hradel a pinů
- Vytvoření desky ze schématu jediným příkazem

Autorouter:

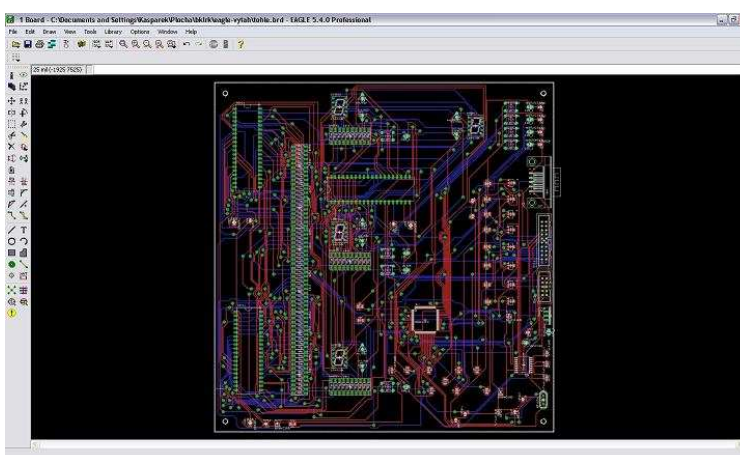
- Ripup & retry router
- Až 16 signálových vrstev
- Strategie propojování nastavitelná uživatelem pomocí váhových faktorů

CAM Procesor:

- Postscript
- Perové plotry
- Plotry Gerber
- Soubory pro vrtačky Excellon a Sieb&Meyer
- Snadná konfigurace pomocí ASCII souborů



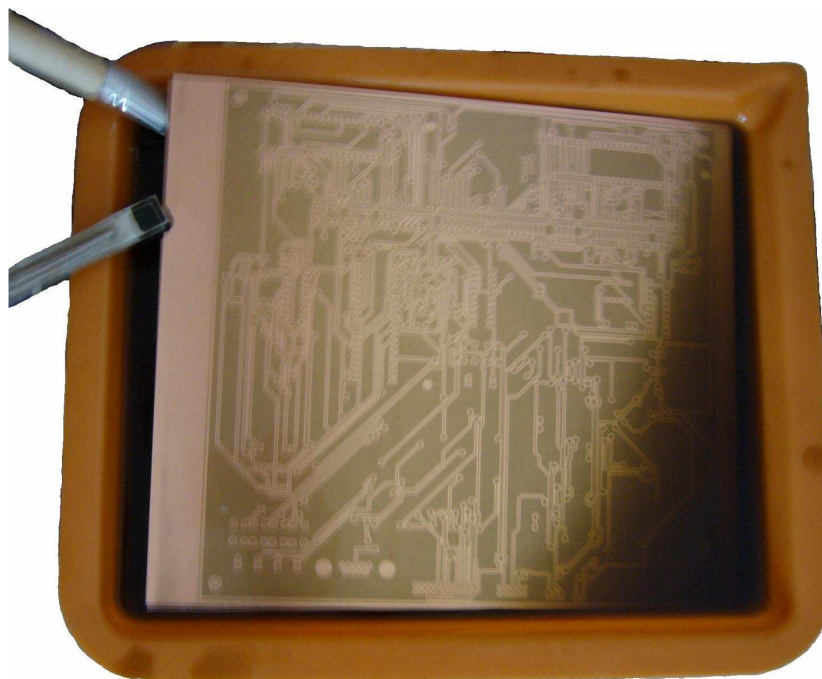
Obr. 18 EAGLE - návrh schématu.



Obr. 19 EAGLE - návrh desky.

4.2 Příprava a osvit

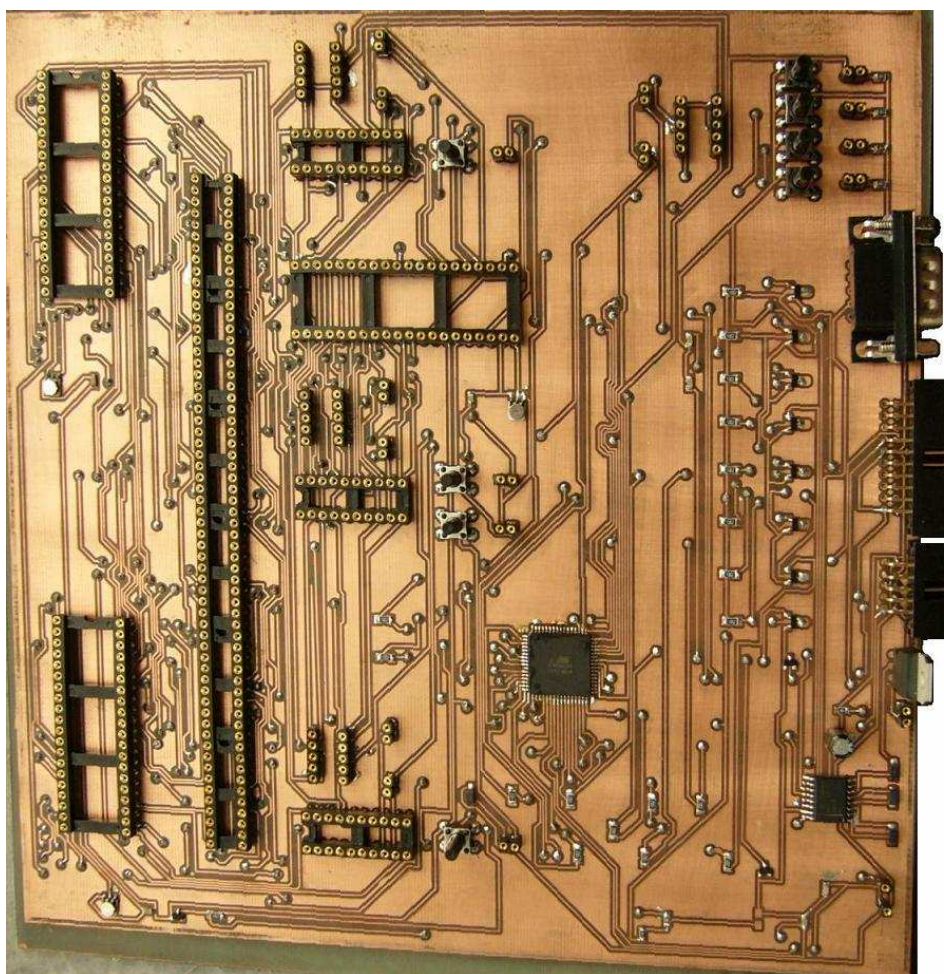
Po navržení desky bylo třeba vytvořit osvitový film. Samotné konvertování do černobílého návrhu v pozitivu nebylo složité. Při výrobě malých desek se tento výsledný obraz tiskne na průsvitný papír, takzvaný pauzák, pro takto rozměrnou desku byla ale tato varianta nevyhovující. Jako náhradní řešení se jevil tisk na osvitové fólie. Jedná se o dobře dostupné tenké průhledné fólie, tisk na ně je však problematický. Výsledný obraz v černém místě desky musí mít nízkou průsvitnost z důvodu umístění pod UV lampu a kvalitního prosvícení. Proto byla vybrána a kontaktována reklamní agentura FRZ, sídlící v Brně, zabývající se právě tiskem na osvitové fólie. Po krátké e-mailové komunikaci, byla fólie do druhého dne vyrobena. Po zhotovení předlohy byl koupen oboustranný plošný spoj o formátu A4. Předlohy desky na fóliích byly z obou stran přesně slícovány a vloženy pod UV lampu. Osvit jedné strany trval 5 min. Čas, ve kterém je deska pod UV světlem, je nutné dodržet, pokud je moc krátký cesty nestihnou dostatečně vystoupit. Pokud je moc dlouhý, začnou se prosvicovat i místa překrytá černou barvou.



Obr. 20 Leptání desky plošných spojů.

4.3 Leptání a mechanické úpravy

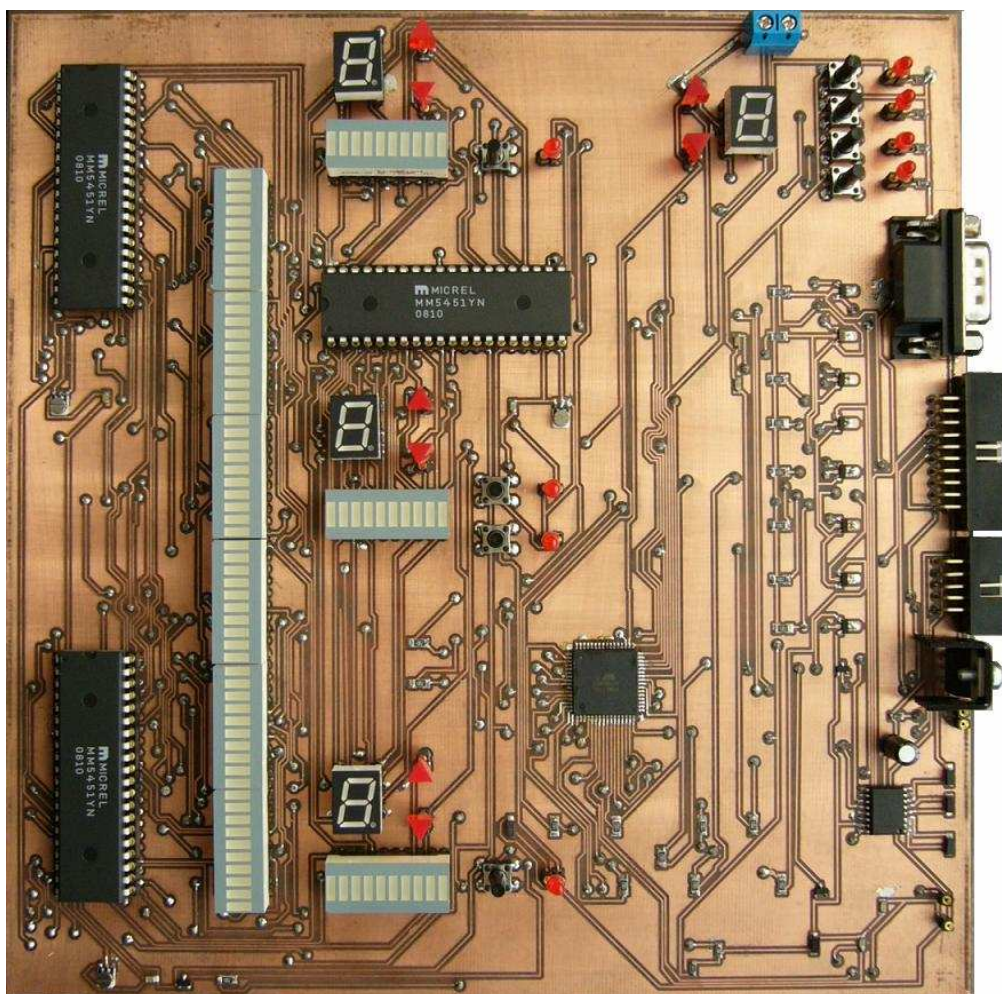
Po osvícení následovala lázeň ve vývojovém roztoku 1,5 % hydroxidu sodného (NaOH). Po úplném vystoupení cest schématu na plošném spoji byla deska opláchnuta čistou vodou, vysušena a naložena do leptacího roztoku chloridu železitého FeCl_3 . Roztok způsobil vyleptání ploch mědi, kde byla deska osvícena UV lampou. Tento postup se opakoval pro obě strany plošného spoje. Když byla deska kompletně vyleptaná, byla obroušena jemným brusným papírem a očištěna acetonem. Dalším krokem bylo vyvrtání děr na piny součástek, konektory a tzv. prokovy, což jsou propojení mezi rubovou a lícovou stranou desky. Pro vrtání byly použity vrtáky o průměru 0,6, 0,8 a 1,0 mm. Díky poměrně velké rozloze desky bylo nutné další očištění od rychlého oxidování mědi. Poslední úpravou samotné desky bylo přelakování ochranným pájecím lakem.



Obr. 21 Deska osazená precizními paticemi připravená na osazení.

4.4 Osazení

Dalším krokem výroby fyzického modelu bylo připájení součástek. Pokud je na model nahlíženo jako na učební pomůcku, je nutné zachovat určité vlastnosti jako je například dobrá rozebíratelnost a možnost snadno vyměnit vadné součástky. Proto byly všechny součástky, u kterých to bylo možné, osazeny do precizních patic. Patice je plastová konstrukce opisující tvar součástky se stejným počtem pinů napájena na plošný spoj. Součástka je pak do ní jednoduše nasazena. Díky složitosti obvodu, byla většina ostatních součástek zvolena typu SMD a to pro menší rozměry a jednodušší manipulaci. Pořadí pájení prvků jsme volili podle třídy součástek a schopnosti odolávat vysokým teplotám micropájky. Postupovali jsme od prokovů, odporů až po LED drivery a ATmegu 128.



Obr. 22 Hotová a osazená deska.

4.5 Konstrukční krabíčka

Po dokončení samotné desky bylo nutné ji někam uložit, původním plánem bylo využít jednu z řady již hotových konstrukčních krabiček, ale atypické rozměry to neumožňovaly. Proto bylo přikročeno k jinému řešení a to k výrobě krabičky přímo pro daný model. Jako hlavní konstrukční prvek byl použit tvrzený polystyren, jedná se o látku připomínající plexisklo, která se používá především v modelářství. Tento materiál se prodává ve formě čířých desek a vyniká možností libovolného mechanického obrobění.

Deska o tloušťce 2 mm byla nařezána na požadované díly a vlepena do předem připravené konstrukce z “L” profilů z bílého plastu. Krabíčka byla opatřena otvory pro konektory a polepena fólií s popisem konektorů a ostatních prvků. Výsledná krabíčka má rozměry 21 x 21 x 4 mm.

4.6 Program pro mikroprocesor

Mikroprocesor jako hlavní řídicí jednotka modelu obsluhuje zařízení na základě programu. K vytvoření tohoto kódu slouží již zmiňované prostředí AVR studio, které používá překladač z jazyka C. Pomocí programátoru Presto je pak přenesen přímo do mikroprocesoru.

Mikroprocesorem by bylo možné naprogramovat celý výtah, výsledný model by však měl sloužit jako učební pomůcka pro programování PLC, proto bude mikroprocesor obsluhovat pouze část funkcí. Mezi ně patří, 7-mi segmentové displaye, ukazatelé směru pohybu kabiny a potvrzovací LED diody u tlačítek. Dále bude obstarávat komunikaci mezi PLC a zobrazovacím modulem.

Samotný kód je uzavřen do smyčky for, která je nekonečná. Pro jednotlivé příkazy jsou vytvořeny funkce. Na začátku každé smyčky program testuje informace přivedené na vstupy mikroprocesoru a na jejich základě vyhodnocuje dané operace a reaguje zavoláním přiřazené funkce.

Jednoduchá ukázka nastavení LED driveru:

```
void send(char bitval)
{
    if (bitval==1)
    {
        setb(PORTA, DATA);
    }
    else
    {
        clrb(PORTA, DATA);
    }
    _delay_us(5);
    setb(PORTA, CLOCK);
    _delay_us(5);
    clrb(PORTA, CLOCK);
    _delay_us(5);
    clrb(PORTA, DATA);
    _delay_us(5);
}
// =====
int main (void)
{
    asm volatile("CLI");           // disable all interrupts
    port_init();
    MCUCR = 0x00;
    TIMSK = 0x00;                  // timer interrupt sources
    asm volatile("SEI");           // re-enable interrupts
```

```

for(;;)
{
    send(1); _delay_ms(1); // 1
    send(1); _delay_ms(1);
    send(1); _delay_ms(1);
    send(1); _delay_ms(1);
    send(1); _delay_ms(1);
    send(1); _delay_ms(1);
    send(1); _delay_ms(1);
    send(1); _delay_ms(1);
    send(1); _delay_ms(1);
    send(1); _delay_ms(1);

    send(1); _delay_ms(1); // 11
    send(1); _delay_ms(1);
    send(1); _delay_ms(1);
    send(1); _delay_ms(1);
    send(1); _delay_ms(1);
    send(1); _delay_ms(1); // 16
    send(1); _delay_ms(1); // 17
    send(1); _delay_ms(1);
    send(1); _delay_ms(1);
    send(1); _delay_ms(1);

    send(1); _delay_ms(1); // 21
    send(1); _delay_ms(1);
    send(1); _delay_ms(1);
    send(1); _delay_ms(1);
    send(1); _delay_ms(1);
    send(1); _delay_ms(1);
    send(1); _delay_ms(1);
    send(1); _delay_ms(1);
    send(1); _delay_ms(1);
    send(1); _delay_ms(1);

    send(1); _delay_ms(1);
    send(1); _delay_ms(1);
    send(1); _delay_ms(1);
    send(1); _delay_ms(1);
    send(1); _delay_ms(1);

    _delay_ms(1000);
}
}
// =====

```


5 ZÁVĚR

Návrhem a realizací vznikl funkční model plně elektronického výtahu bez mechanických prvků, pohybující se mezi přízemím a druhým patrem. Model je kompletní včetně výrobní a technické dokumentace přiložené na CD. Výtah je řízen pomocí jednočipového mikroprocesoru ATmega 128 od firmy ATMEL a s PC či PLC komunikuje pomocí sériové či paralelní linky.

Ve druhé kapitole proběhlo stručné seznámení s modelem. Byl zde nastíněn princip zapojení a fungování jednotlivých částí výtahu a popis použitých součástek a programového vybavení.

Třetí kapitola pojednává o programovatelných automatech. Je zde uvedeno jednoduché rozdělení PLC a výběr použitého modelu S7-200 od firmy Siemens. Dále je tu prostředí pro tvorbu zdrojového kódu pro automat. Poslední částí této kapitoly je uvedení normy IEC 61131-3, která se zabývá rozdělením jednotlivých programovacích jazyků pro PLC.

V poslední kapitole je popsána samotná realizace projektu a to od kreslení schématu, až po programování mikroprocesoru. Jsou zde uvedeny varianty konstrukce, které přicházely v úvahu a následný výběr.

Tento model byl úspěšně realizován a vyzkoušen. Projekt je určen jako učební pomůcka pro zdokonalování práce s programovatelnými automaty v učebnách automatizace. Na zařízení je možno simulovat pojezd kabiny, otevírání dveří a reakci obvodu na stisk tlačítek.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

[1]ZAJÍC, Josef. Diplomová práce, *Model výtahu*. Praha: České vysoké učení technické, Fakulta elektrotechnická, 2005. [cit 2.Května 2009]

[2]SIMATIC. Programovatelný automat S7-200. Systémový manuál. [online]. Siemens. 26. Červenec 2004. [cit 2.Května 2009]. Dostupné z:
<[http://www1.siemens.cz/ad/current/content/data_files/automatizacni_systemy/mirosystemy/sima
tic_s7200/manual_S7_200_2004_cz.pdf](http://www1.siemens.cz/ad/current/content/data_files/automatizacni_systemy/mirosystemy/sima
tic_s7200/manual_S7_200_2004_cz.pdf)>.

[3]SÉRIOVÁ LINKA. RS232. [online]. HW. [cit 2.Května 2009]. Dostupné z:
<<http://hw.cz/rs-232>>.

[4]STABILIZÁTORŮ NAPĚTÍ. [online]. Wikipedia. Dostupné z:
<http://cs.wikipedia.org/wiki/Stabilizátor_napětí>.

[5]EAGLE. [online]. Elcad. [cit 2.Května 2009]. Dostupné z:
<<http://www.elcad.cz/eagle/info.htm>>.

[6]EAGLE. [online]. Paja. Dostupné z:
<http://www.paja-trb.unas.cz/elektronika/eagle/eagle_navod.html>.

[7]ATMEL. ATmega128datasheets [online].Dostupné z:
<http://www.datasheetcatalog.com/datasheets_pdf/A/T/M/E/ATMEGA128.shtml>

[8]LED DRIVER. M5451datasheets [online].Dostupné z:
<http://www.datasheetcatalog.com/datasheets_pdf/M/5/4/5/M5451.shtml>

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č.1 - Schéma zapojení šachty výtahu

Příloha č.2 - Schéma zapojení kabiny výtahu

Příloha č.3 - Schéma zapojení ATmegy 128

Příloha č.4 - Schéma zapojení stabilizátoru a konektorů

Příloha č.5 - Schéma zapojení sériové linky

Příloha č.6 - Schéma zapojení LED driverů

Příloha č.7 - Schéma zapojení vstupů / výstupů

Příloha č.8 - Deska plošných spojů

Příloha č.9 - Předloha pro výrobu plošného spoje

Příloha č.10 - CD-R obsahující: Tento dokument ve formátu .pdf

Schémat zapojení obvodu

Předloha pro výrobu osvitové folie na výrobu DPS

Zdrojové kódy pro ATmegu 128 a PLC