

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

MODEL DOPRAVNÍ KŘIŽOVATKY

MODEL OF TRAFFIC LIGHTS CROSSROADS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

PETR KLIMEŠ

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): Petr Klimeš

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:

Model dopravní křižovatky

v anglickém jazyce:

Model of traffic lights crossroads

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Cílem této bakalářské práce je provést návrh a realizaci modelu dopravní křižovatky. Následně tuto křižovatku řídit pomocí programovatelného automatu (PLC). K modelu budou také vytvořeny vzorové laboratorní úlohy pro potřeby výuky.

Cíle bakalářské práce:

1. Za použití internetu se seznámte s dostupnými realizacemi modelů dopravních křižovatek.
2. Proved'te návrh modelu dopravní křižovatky.
3. Realizujte model dopravní křižovatky.
4. Proved'te demonstraci funkčnosti modelu pomocí programovatelného automatu.

Seznam odborné literatury:

[1] <http://www.edumat.cz/>

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

Cílem této bakalářské práce je návrh a realizace modelu dopravní křižovatky, který je řízen pomocí programovatelného automatu (PLC). Model má sloužit jako laboratorní pomůcka při výuce programovatelných automatů a pro demonstraci základního principu fungování světelné dopravní křižovatky.

ABSTRACT

The purpose of this bachelor work is concept and realisation of traffic lights crossroad model which is controlled by programmable logic controller (PCL). Model is supposed to be used as a laboratory device during practical lessons of programmable logic controllers to demonstrate basic principle of semaphore lights controlled traffic crossroad.

KLÍČOVÁ SLOVA

Model, světelná křižovatka, programovatelný automat.

KEYWORDS

Model, Traffic lights crossroads, programmable logic controller.

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Tomášovi Maradovi, Ph.D. Za jeho čas, podněty, připomínky a pomoc při návrhu a realizaci práce.

Obsah:

	Zadání závěrečné práce.....	3
	Licenční smlouva.....	5
	Abstrakt.....	7
	Poděkování.....	9
1	Úvod.....	13
2	Světelná křižovatka.....	15
2.1	Semaforey	15
2.2	Řízení dopravy.....	15
2.3	Chodci	16
2.4	Opuštění křižovatky vlevo.....	17
3	Model.....	19
3.1	Základová deska se soklem.....	20
3.2	Semaforey.....	21
3.3	Propojení s PLC.....	23
3.3.1	Plošný spoj.....	23
3.3.2	Vlastní výroba DPS.....	23
3.3.3	Sestavení.....	25
4	Řízení	27
4.1	PLC.....	27
4.2	ILC 150 ETH.....	27
4.2.1	IB IL 24 DI 4-ME.....	28
4.2.2	IB IL 24 DO 4-ME.....	29
4.3	Sekvenční funkční diagram (SFC).....	29
4.4	Sestavení automatu.....	30
4.5	Řídicí program.....	31
5	Závěr.....	33
	Seznam použité literatury.....	35
	Seznam Příloh.....	37

1 ÚVOD

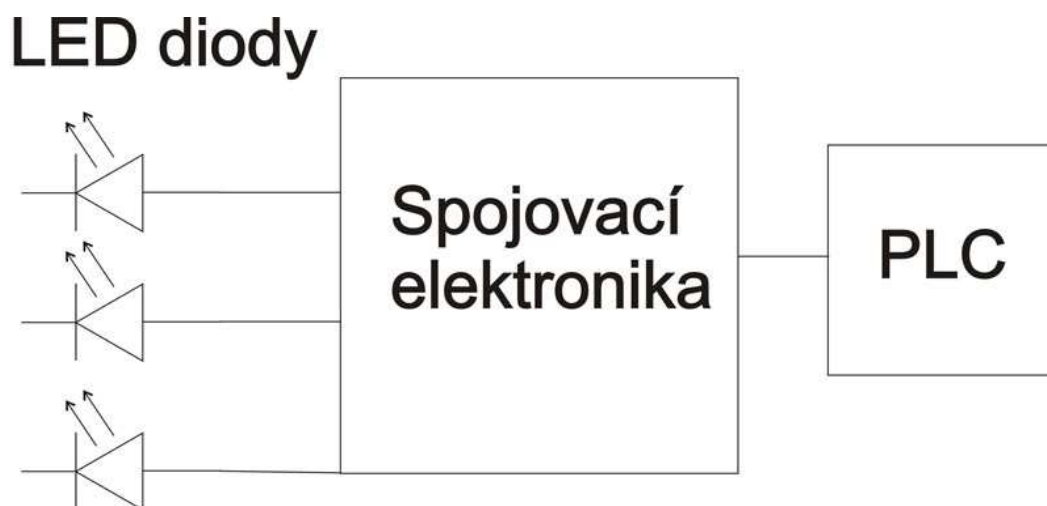
V dnešní uspěchané době je třeba přehuštěný provoz pro plynulost a bezpečnost řídit. Se světelnou dopravní křižovatkou, která se o řízení dopravy stará, se setkáváme každý den. Křižovatky jsou centrálně řízeny a synchronizovány pomocí PLC (Programmable Automation Controller).

PLC je relativně malý průmyslový počítač používaný pro automatizaci procesů v reálném čase. Pro PLC je charakteristické, že program se vykonává v tzv. cyklech. PLC automaty se odlišují 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 periférií 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.[1]

U nás se moderní světelná signalizace začala používat kolem roku 1967 v rámci dodávky moderních světelných signalizačních zařízení pro Prahu. Postupně se zaváděly speciální světelné signály pro každé rameno křižovatky, pro chodce i pro tramvaje a také signály se směrovými šipkami. Od 1. ledna 1967 vstoupila v účinnost nová vyhláška č. 80/1966 Sb., o pravidlech silničního provozu, která poprvé zavedla speciální světelné signály pro chodce a směrové světelné signály. Signalizace pro tramvaje byla sice zaváděna současně, plně zlegalizována však byla o tři roky později.[2]

Řízení dopravní křižovatky pomocí signálů je složité a má pevná pravidla. Programátor se s nimi musí seznámit a umět je převést do programu pro PLC. Tato bakalářská práce má za cíl vytvořit laboratorní pomůcku pro programování světelně řízených křižovatek. Vytvořeného modelu by mohly využít i školy nebo autoškoly při výuce řidičů i chodců.

Základem prvotního návrhu je ovládání LED diod (zastupují signalizační světla semaforů na modelu dopravní křižovatky) programovatelným automatem přes spojovací elektroniku vytvořeným řídicím programem.(obr. 1)



Obr. 1 Návrh

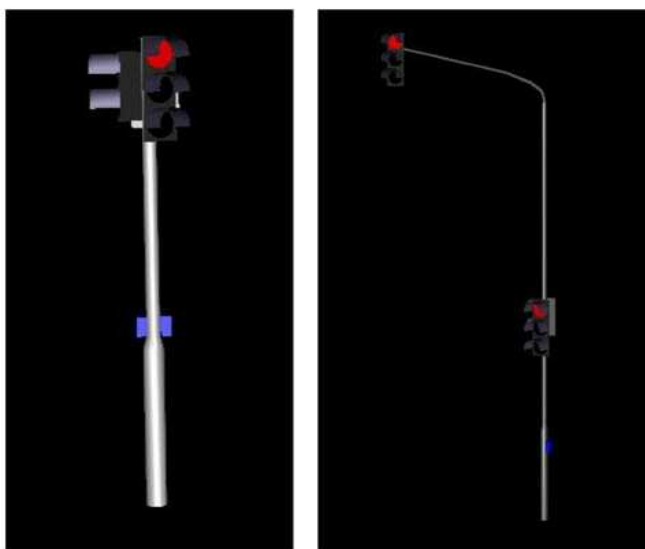
2 SVĚTELNÁ KŘÍŽOVATKA

Světelné křižovatky jsou dnes použity v mnoha městech po celém světě ke kontrole toku dopravy. Hlavními stavebními kameny pro řízení křižovatky jsou semaforey, které pomocí barev (červená, oranžová a zelená) signalizují řidičům možnost průjezdu, potažmo chodcům možnost přejití.

2.1 Semaforey

Použití konkrétního typu semaforu na dané křižovatce nelze určit na sto procent podle skutečnosti, protože technické správy komunikací často postupují kreativně a nemají žádné pevně dané předpisy. Přesto lze pravidla přibližně určit.

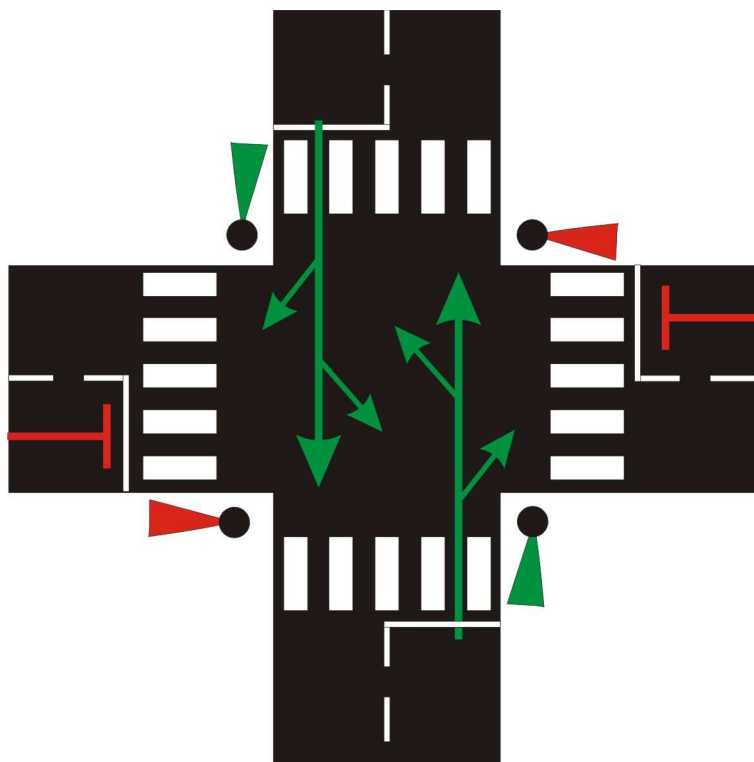
Většinou je možné se setkat s třemi typy semaforů. Na vozovkách o jednom až dvou pružích, většinou s nevelkým provozem, je někdy umístěn pouze nízký semafor. Častější je ale vysoký semafor, který nízký typ zcela nahradí a je vhodný i pro vozovky s vyšším počtem pruhů. Jeho výhodou je především umístění druhých světel na horním rameni a tím lepší přehlednost situace pro přijíždějící vozidla. Pro vozovky o čtyřech a více pružích se používá semafor typu brána, který má světla na horní tyči pro každý pruh.[3]



Obr. 2 Zleva: nízký a střední semafor[3]

2.2 Řízení dopravy

Pro řízení dopravy se využívá základní tříbarevný semafor, kde jsou postupně od vrchu barvy červená (stůj), oranžová (pozor) a zelená (jed'). Při přechodu ze zelené na červenou se rozsvěcují postupně všechny tři barvy, ale při opačném pohybu je červené a oranžové světlo zapnuté zároveň, aby bylo odlišeno, jaká barva po oranžové nastane. V praxi nalezneme mnoho variant řešení řízení dopravy z důvodů různé hustoty provozu, odlišných tvarů křižovatek apod. Základním pravidlem řízení ale zůstává, že při rozsvícení zelené, které se většinou rozsvítí v cestách naproti sobě, se jede, a to buď rovně, doprava, nebo, pokud to provoz dovoluje, odbočuje se i vlevo. Na hlavních tazích se pro odbočení vlevo používá signálu pro opuštění křižovatky vlevo, tzv. opouštěčky (viz. kap. 2.4).



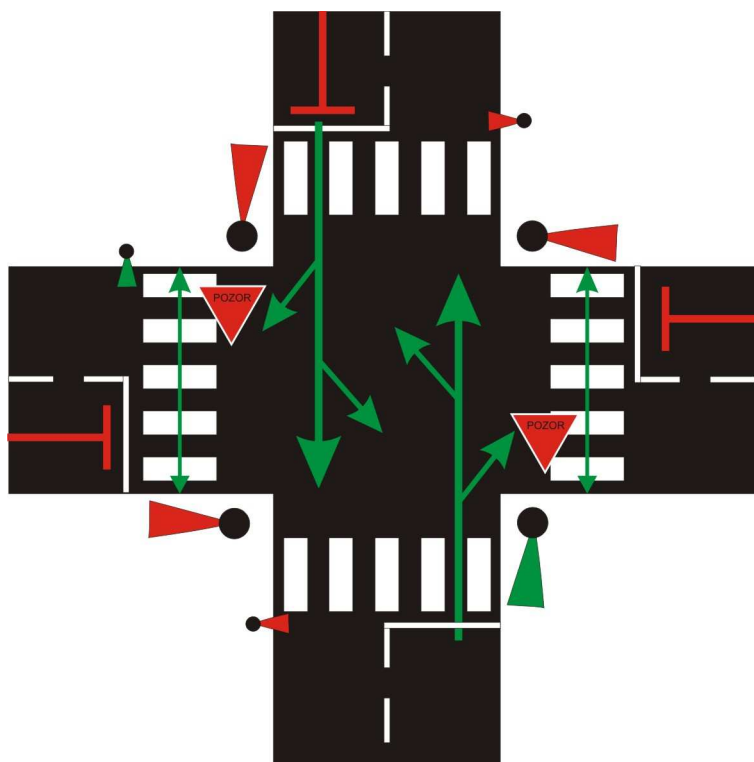
Obr. 3 Základní řízení dopravy

Při poruše, např. prasklá žárovka, nebo při vypnutí řízení pomocí semaforu přes noc, se celá křižovatka nastaví do klidového režimu, kdy všechna oranžová světla blikají. Jde o bezpečnostní prvek, který dává najevo řidičům, že není křižovatka momentálně řízena světelně, ale pomocí klasických dopravních značek. Z důvodu celkem častých poruch prasklých žárovek je dnes snaha žárovky nahrazovat LED diodami, které jsou prakticky bezporuchové a taky energeticky úspornější.

2.3 Chodci

Signalizaci pro bezpečné přejití zajišťuje dvoubarevná soustava s obrysem chodce, červený (stůj) a zelený (můžeš přejít). Zelený chodec se rozsvítí, když se pro pruh, přes který přechod vede, rozsvítí červená. Stejně tak se rozsvítí zelená i pro chodce na druhé straně křižovatky. Řidiči odbočující vpravo musí dát chodcům přednost, ačkoli mohou mít ve svém směru zelenou. Tento problém bývá na mnohých křižovatkách upraven přidavnou signalizační šipkou vpravo, která se rozsvítí až po změně signálu zelené chodcům. Někdy je před přechodem umístěn specializovaný oranžový semafor, který na tuto situaci upozorňuje.

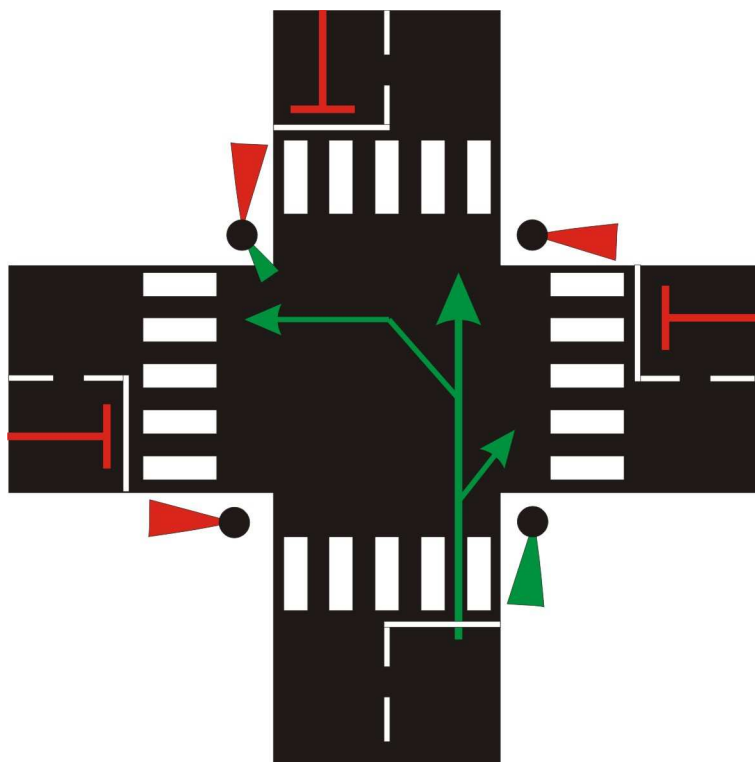
Na některých křižovatkách jsou semaforey pro chodce osazeny tlačítky. Jimi chodec signalizuje svou přítomnost a tím umožňuje zastavení dopravy, které by se jinak nerealizovalo.



Obr. 4 Chodci

2.4 Opuštění křižovatky vlevo

Pro hustý provoz v protisměru nebývá možnost při normální obousměrné zelené odbočit na křižovatce vlevo. Proto je jeden směr zastaven a na protějším rohu křižovatky se rozsvítí zelená šipka, tzv. opouštěčka, která signalizuje možnost odbočení vlevo. Odbočující řidič má přednost v odbočení a nikdo mu nebrání v cestě, ani chodci. V některých případech, při samostatném levém pruhu, je zelená šipka doleva vedle šipky rovně a vpravo, signalizuje také zastavení protějšního jízdního pruhu, ale neznamená úplnou přednost při odbočení vlevo, např. před chodci.

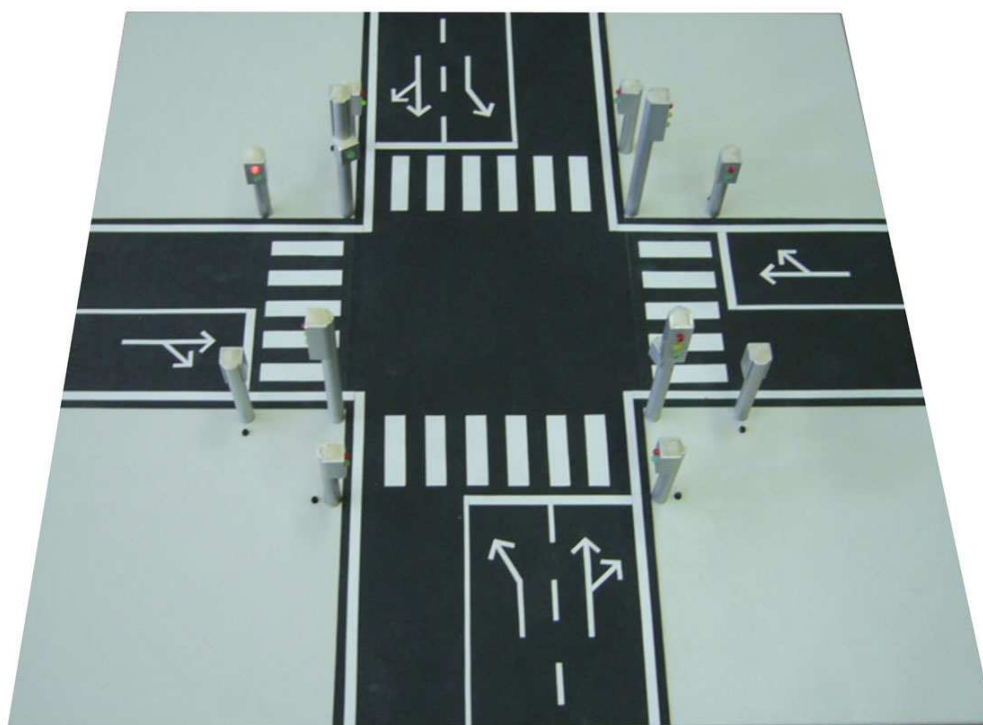


Obr. 5 Opuštění křižovatky vlevo

3 MODEL

Hlavním cílem bakalářské práce je sestavení modelu dopravní křižovatky jako pomůcky pro výuku programovatelných automatů, kterými bude model řízen. Jelikož model má sloužit jako laboratorní pomůcka je třeba při návrhu a realizaci brát zřetel především na bezpečnost, mechanickou odolnost vůči poškození, skladnost v laboratoři a možnost smysluplného využití.

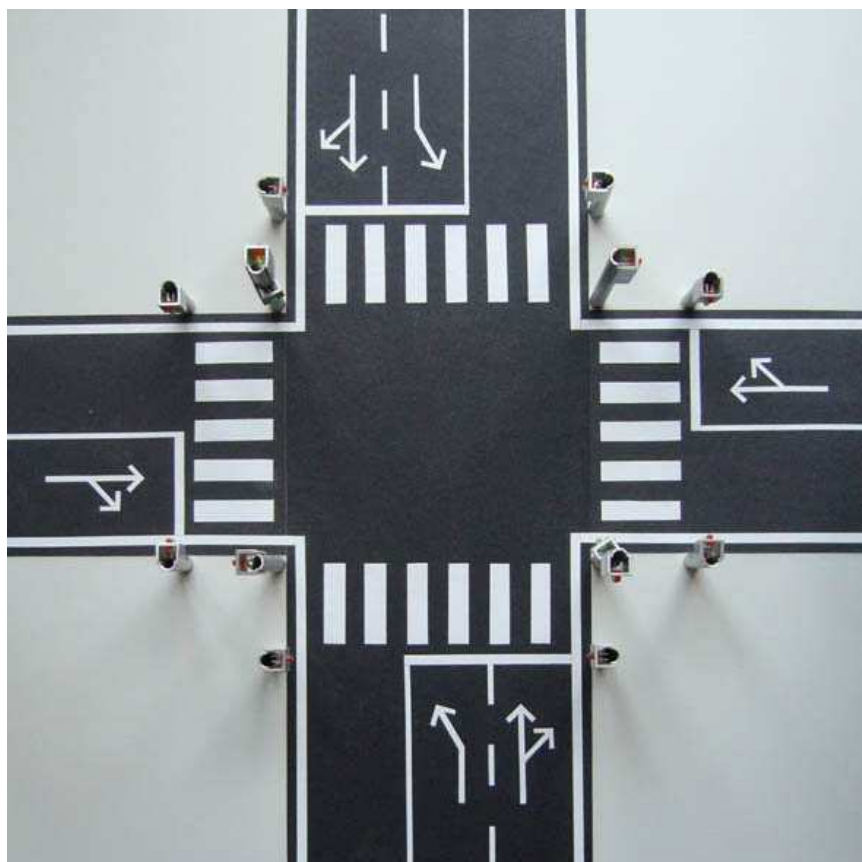
S vedoucím bakalářské práce bylo dohodnuto, že model bude typu X neboli 2 zkřížené cesty řízené světelnou signalizací. Model bude obsahovat semaforey pro řízení dopravy, chodců, dvoje opuštění křižovatky vlevo a pro chodce bude u přechodu tlačítko. Velikost modelu byla předběžně určena po změření odkládací plochy ve skříni v laboratoři, hlavním parametrem při měření byla hloubka skříně, která činila přibližně 500 mm, pro dobrou manipulovatelnost byla určena čtvercová velikost o rozměrech 450x450 mm.



Obr. 6 Celý model

Základním stavebním kamenem modelu je deska. Na té je imitace vozovek, jízdních pruhů, přechodů pro chodce a jsou do ní zasazeny řídicí semaforey. Pod deskou je sokl, který slouží pro umístění propojovací elektroniky s PLC. Celý model je z důvodů bezpečnosti zespodu uzavřen další deskou.

3.1 Základová deska se soklem



Obr. 7 Pohled na desku shora

Základem pro celý model je podkladová deska o rozměrech 450x450x10 mm zhotovená podle nákresu (Příloha č.1) ve firmě OPP Polička a.s. z laminové desky. Pod ní je o 20 mm odsazený, 30 mm vysoký sokl, sloužící jako úložiště pro propojovací elektroniku k PLC. Na desku jsou zředěným lepidlem Herkules přilepeny černé čtvrtkové pruhy papíru jako imitace silnic. První silnice, na které je umístěn samostatný pruh pro odbočení vlevo, je široká 200 mm, druhá cesta s 1 pruhem je široká 150 mm. Na papír jsou bílou neprůhlednou lepicí páskou vytvořeny krajnice, přechody, vytyčené odbočovací pruhy a usměrňovací šipky v nich.

Semaforey řídící dopravu jsou umístěny vždy v rohu křižovatky. 50 mm od nich na každou stranu jsou situovány semaforey pro chodce. Vzdálenost mezi nimi byla určena podle šířky přechodu. Pro každý semafor byla do desky vyvrtána díra podle průměru semaforů, který je 8 mm. Zpočátku byly vrtány díry o průměru 6 mm a poté bylo vrtáno vrtákem o průměru 8 mm na doraz špičky do hloubky 9 mm pod povrch desky. Tím bylo dosaženo toho, že semaforey jsou do desky zasouvateľné k dorazu, čímž jsou ve výšce a v místě zafixovány a přitom mají pod sebou dostatečný otvor pro vyvedení kabelů.

Pro tlačítka chodců byly do desky vyvrtány další díry 10 mm za semaforem. Jelikož spínací tyčka tlačítka má kónický tvar, byly díry vyvrtány podobným způsobem jako ty pro semaforey, pouze z druhé strany desky. Deska byla nejdříve provrtána průměrem 3,5 mm a poté s dorazem do hloubky 9 mm bylo vrtáno vrtákem o půl milimetru širším.

3.2 Semaforey

Semafor je rozdělen na dvě části, na styčný sloupek a hlavici se signalizací. Bylo třeba, aby sloupek byl dutý a bylo možné jím protáhnout kabely. Po prozkoumání nabídky na trhu byly z důvodů účelových i estetických k výrobě těchto částí zvoleny hliníkové profily. Pro sloupek byla použita dutá tyčka, o vnějším průměru stejném jako je vnitřní velikost profilu U, který byl použit pro výrobu hlavic, a to 8 mm. Tím je možno profily do sebe zasadit bez použití lepidla.

Do duté hliníkové tyče byl v místě připojení hlavice vyříznut půlkruh, aby vzniklo místo pro propojovací kabely. Z důvodu předejití poškození kabelů byly všechny hrany po opracování sraženy. Délka sloupců se liší podle použití, 80 mm pro semaforey na řízení dopravy a 50 mm pro chodce. Pro propojení signalizace opuštění křižovatky byla do sloupku pod půlkruhem pro hlavici vyvrtána díra o průměru 6 mm.



Obr. 8 Sloupek pro řízení dopravy

Světelnou indikaci zastávají 3 mm LED diody, které byly umístěny do vyvrtaných děr v hliníkovém profilu typu U. Ten byl podle počtu diod v něm umístěných nařezán tak, aby diody byly 7 mm od sebe, tedy pro 3 stavovou soustavu 28 mm, pro chodce 21 mm a pro opuštění křižovatky vlevo 14 mm dlouhý. Stejně jako u sloupků i u hlavic byly všechny obrobené hrany zaobleny na brusce. Plusové konektory diod, poznáme podle delšího vývodu, jsou napájeny každá zvlášť ke kabelu, minusové vývody diod jsou v každé hlavici spojeny v jeden konektor. Všechny napájené diody jsou po izolační vrstvě kabelu odizolovány teplem smršťovatelnou bužírkou.



Obr. 9 Hlavice semafaru bez osazených LED diod

Sloupky byly zasunuty na doraz do děr v desce. Skrz ně byly protaženy kabely od diod a poté byly hlavice s diodami nasazeny na vyříznuté půlkruhy. Hlavice pro opuštění křižovatky vlevo byly nasunuty na místo, kde pro ně byla předem vyvrtána díra ve sloupku. Z estetických a bezpečnostních důvodů byly na semaforey nasazeny tzv „čepičky“.



Obr. 10 Celý semafor

3.3 Propojení s PLC

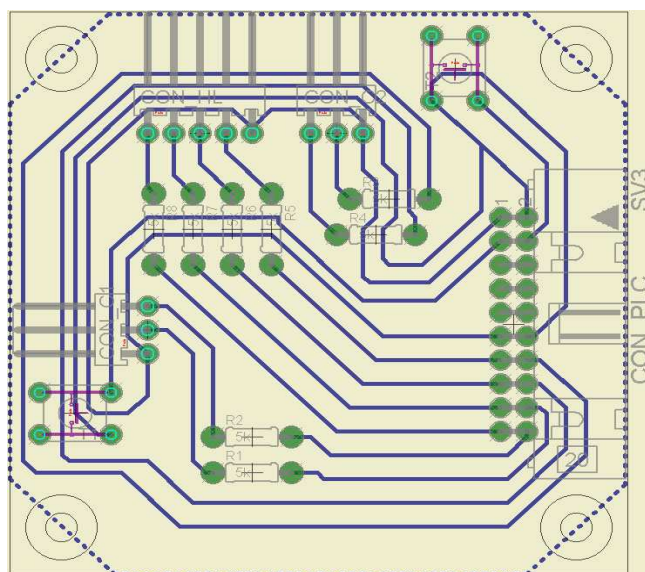
Na propojení s programovatelným automatem bylo vyhrazeno místo v soklu modelu, kam jsou přivedeny kabely od diod v semaforech. Z modelu vystupují čtyři dvacetipinové konektory pro snadné propojení k PLC a svorkovnice pro napájení. Do propojovací části bylo třeba zahrnout stisknutelná tlačítka pro chodce a také redukci napětí pro LED diody. Pro tyto potřeby byly vyrobeny plošné spoje.

3.3.1 Plošný spoj

Plošný, nebo také tištěný spoj, zkráceně DPS, nebo známěji z angličtiny PCB se v elektronice používá pro mechanické připevnění a současně pro elektrické propojení elektronických součástek. Součástky jsou propojeny vodivými cestami vytvořenými leptáním z měděných folií nalepených na izolační laminátové desce, nejčastěji typu FR4 (skelný laminát, plátovaný měděnou folií). Samotné součástky jsou na DPS připájeny za své vývody cínovou pájkou. Klasická provedení součástek mají vývody ve formě drátů nebo kolíčků. Ty se obvykle protáhnou otvory v DPS a na opačné straně než byla součástka, se připájejí ke spojům vytvořeným vrstvou mědi. V současnosti se při sériové výrobě používá velmi často technologie povrchové montáže. Součástky pro povrchovou montáž (SMD) mají na svém povrchu kontaktní plošky, za které se připájejí na stejnou stranu DPS, na které jsou osazeny. To umožní i osazení desek součástkami z obou stran.[4]

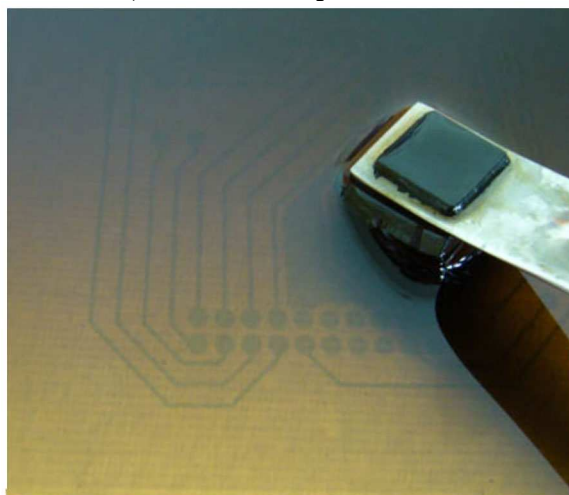
3.3.2 Vlastní výroba DPS

Pro připojení modelu k PLC bylo fotocestou vyrobeno 5 plošných spojů. Nejdříve byly vytvořeny návrhy v programu EAGLE, v nichž byly využity součástky vytvořené podle názvu z firmy GME, kde byly později zakoupeny.[5] Hotové návrhy byly přes CAM procesor převedeny do formátu EPS a pomocí Adobe Ilustrátoru převedeny do jednoho souboru o velikosti A4 a vyexportovány do formátu pdf. Takto upravená předloha byla offsetovým tiskem jako osvitový film vytisknuta v brněnské reklamní tiskové firmě.



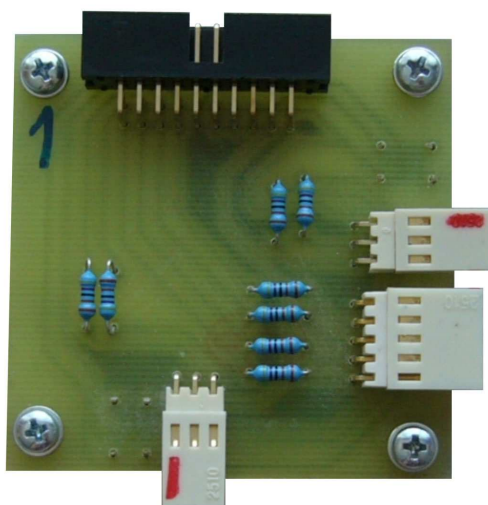
Obr. 11 Návh DPS v Eaglu

Předloha byla přiložena na předem upravenou destičku a osvícena UV lampou ze vzdálenosti 200 mm po dobu 5 minut. Na dvoustranné desce bylo třeba předlohy přes sebe přesně překrýt a vyrobit z folie kapsu, do které je destička vložena a poté z obou stran osvícena. Takto osvícené destičky byly vloženy do kádinky s vývojkou (roztok NaOH). V ní byly destičky ponechány, dokud osvícená část nebyla všude stejné barvy jako na plošném spoji, kde folie nebyla umístěna. Takto vyvolaná destička byla zkontrolována, zda jsou cesty v pořádku, případné chyby bylo možno černým lihovým fixem opravit. Poté byla destička umístěna do leptadla (roztok Fe_3Cl) na dobu odleptání mědi z osvícených míst.



Obr. 12 Destička ve vývojce

Do vyleptaných destiček byly navrtány díry pro součástky, na prokovy průměrem 0,6 mm, na odpory a konektory se zámkem průměrem 8 mm a pro konektor na plochý kabel 1 mm průměrem. Pak byly obroušeny jemným brusným papírem a pro ochranu nalakovány. Po zaschnutí laku byly destičky za použití mikropájky a cínu osazeny součástkami.



Obr. 13 DPS osazený součástkami

3.3.3 Sestavení

Na vývody od semaforu byly krimpovacími kleštěmi připevněny kontakty a ty byly zasazeny do konektorů se zámkem. Pod každou čtvrtinu křižovatky byl vyroben tištěný spoj (viz kapitola 5.2.2), který spojuje dva semafony pro chodce a jeden řídící dopravu. Na těchto tištěných spojích jsou protikusy ke konektorům se zámkem, tlačítka pro chodce s dlouhou spínací tyčkou, která projde skrz desku, a na každou cestu k diodě je umístěn odpor pro snížení napětí. Velikost odporu byla nejdříve spočítána pomocí Ohmova zákona:

$$R = U / I$$

($U = 24 \text{ V}$ – napětí z PLC, $I = 0.02 \text{ A}$ – max proud do diody, vyčteno z katalogu gme)

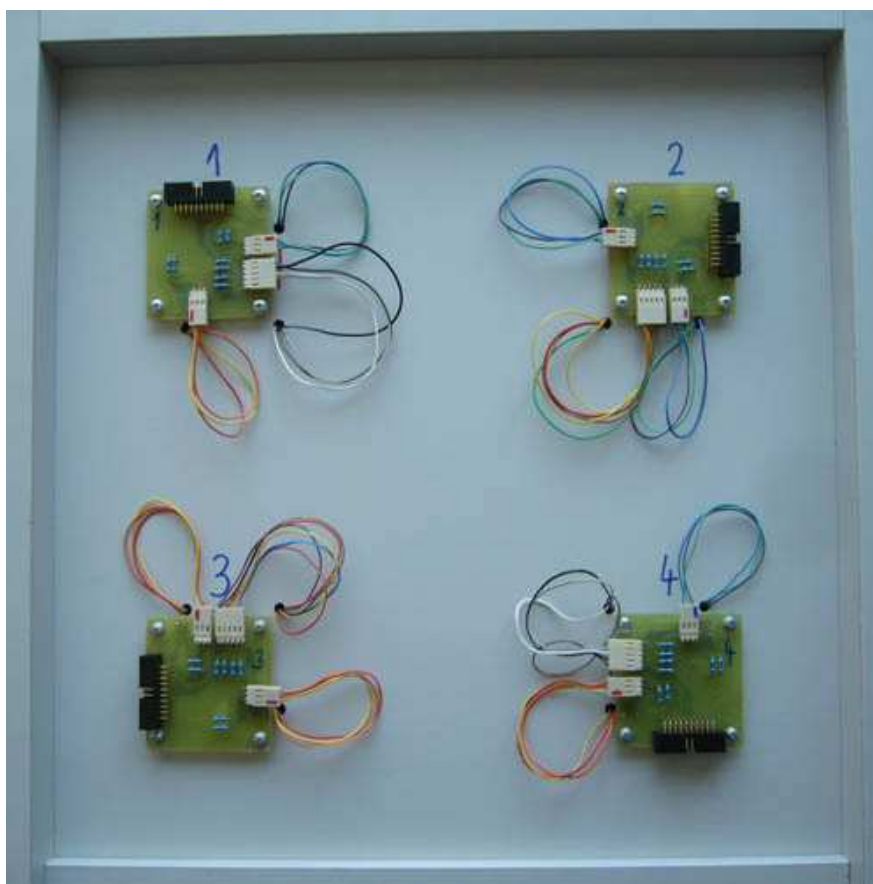
$$R = 1200\Omega$$

a později experimentálně ověřena. Napětí o 24V bylo připojeno na nepájivé pole a bylo zkoušeno předřazovat před diodu odpory o velikosti 2-10K Ω . Ideální svítivosti bylo dosaženo při velikosti 5K Ω , čímž byla stanovena i velká bezpečnost z vypočítaného odporu. Dále bylo potřeba vypočítat maximální příkon.

$$P = U \times I$$

$$P = 0,48\text{W}$$

Maximální příkon byl stanoven na 0,48W, při osazení byly využity odpory s použitelným příkonem 0,6W. Výstup z tištěného spoje je zajištěn dvacetipinovým konektorem.



Obr. 14 Deska zespodu s tištěnými spoji pod každou čtvrtinou křižovatky

Pro celkové spojení a napájení byl na jednom boku soklu umístěn další tištěný spoj. Do něho byly přivedeny všechny čtyři spojovací konektory. Na tomto tištěném spoji se nachází svorkovnice, přes kterou je do modelu rozvedeno napětí. U výstupu z modelu byly pod každým vývodem nalepeny štítky s číslem odpovídající čtvrtiny křižovatky. U svorkovnice jsou nalepeny štítky s barvami červenou a modrou pro rozlišení pólů napájení.

4 ŘÍZENÍ

4.1 PLC

PLC (programmable logic controller) neboli programovatelný automat je digitální počítač používaný pro automatizaci při řízení elektromechanických procesů. Hlavními odlišnostmi od běžného počítače jsou: rozsáhlá možnost vstupů/výstupů (I / O) a to jak digitální tak analogové, vysoká odolnost v pracovních podmínkách a takřka 100% spolehlivost. Pro programování v PLC byl nedávno vydán mezinárodní standard IEC 61131-3, který se stal populárním a většina firem se při vývoji softwaru tohoto standardu drží.

Standard souvisí se zavedením základních programovacích jazyků pro PLC. Definuje dva grafické (LD, FBD, SFC) a dva textové jazyky (IL, ST). Grafické jazyky jako např. Ladder diagram (LD) neboli žebříkové schéma, jsou velmi jednoduché a intuitivní a není třeba dlouhého školení uživatele. Oproti tomu textové, např. Instruction list (IL), který se podobá assembleru (jednoduché instrukce a práce se zásobníkem), jsou mnohem složitější, ale poskytují největší svobodu a nejširší možnosti při programování.

PLC se podle sestavení dělí na 2 základní skupiny, kompaktní a modulární. Kompaktní automaty mají výhodu ve své skladnosti a v porovnání poměru mezi výkonem a cenou. Celý automat je integrovaný do jednoho modulu, který nelze přestavovat, má pevně daný počet vstupů/výstupů, velikost paměti, procesor i komunikační rozhraní. Jediná možnost jak kompaktní automat upravit je dokoupení rozšiřujícího modulu, jejichž počet je však také omezen.

Modulární, neboli stavebnicové automaty je možné libovolně sestavit, počínaje procesorem přes komunikační rozhraní až po přidání potřebného počtu vstupů/výstupů. Tato možnost variability je vyjádřena podstatně vyšší cenou. Modulární automaty se využívají především pro větší nestandardní projekty, kdy je nezbytné přesně sestavit řízení pro daný problém.

4.2 ILC 150 ETH

ILC 150 ETH od firmy Phoenix Contact je základním automatem modulárního typu s ethernetovým komunikačním rozhraním. Jeho výkon a především ethernetové rozhraní úspěšně konkuruje dražším modelům od firmy Siemens. Již v základu automat nabízí modul analogových vstupů/výstupů, potenciometru a modulu přepínačů. Vše je umístěno na desce včetně 24V zdroje, který se připojuje do el. Sítě 230 V.

Specifikace:

- programovací software: PC WorX 5
- rychlost: 150 ms pro 1K instrukce
- nejkratší časový cyklus pro cyklické úlohy: 1 ms
- programová paměť: 256 KB
- datová paměť: 256 KB
- rozměry 80x122x71,5 mm
- zdroj: 24V
- komunikace: RS-232-C(PS/2), Ethernet 10/100(RJ-45)



Obr. 15 Programovatelný automat ILC 150 ETH [6]

Automat je možné dále rozšířit přes sběrnici PROFIBUS pomocí přídatných modulů, které mohou k automatu přidávat např. digitální nebo analogové vstupy/výstupy.

Pro toto PLC se používá software PC WorX 5, který se využívá k programování, ověření komunikace a pro správu přídatných modulů. PC WorX splňuje normu IEC 61131-3, je tedy možné v něm programovat ve standardních programovacích jazycích. Pro připojení k počítači lze využít STP kabelu s koncovkou RJ-45 nebo přímo ethernetu. Doporučený operační systém je Windows XP.

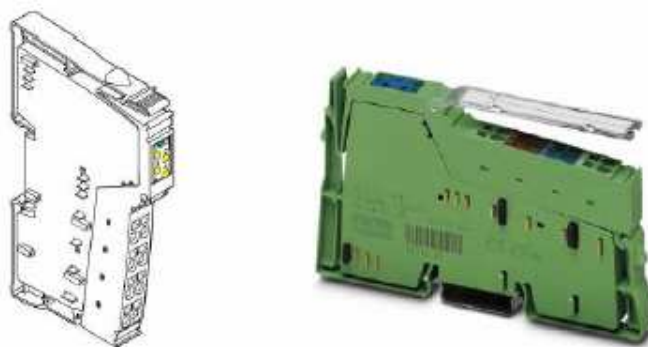
hardwarové nároky na PC:

- CPU: Pentium III 1 Ghz
- operační paměť: 256 MB
- místo na HDD: 500 MB volných
- CD ROM mechanika
- Rozhraní: seriové, ethernet

Pro řízení modelu bylo potřeba využít přídatných modulů na digitální vstupy/výstupy.

4.2.1 IB IL 24 DI 4-ME

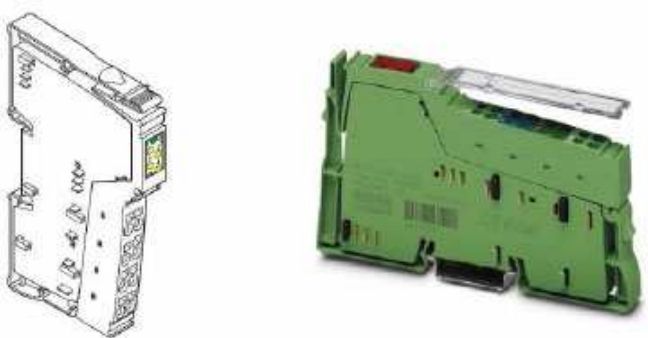
Inline modul digitálních vstupů ve verzi ME(Machine Edition) umožňuje připojit maximálně 4 digitální výstupy. Je vybaven zkratovací ochranou a ochranou proti přetížení výstupů. Obsahuje diodové indikátory diagnostiky a stavů. K tělu automatu se připojuje rozhraním local bus.[6]



Obr. 16 IB IL 24 DI 4-ME [6]

4.2.2 IB IL 24 DO 4-ME

Inline modul digitálních vstupů ve verzi ME(Machine Edition) umožňuje připojit maximálně 4 digitální vstupy neboli digitální akční členy. Je vybaven zkratovaou ochranou proti přetížení výstupů. Maximální výstupní proud na 1 výstup je 500mA. K tělu automatu se připojuje rozhraním local bus.[6]



Obr. 17 IB IL 24 DO 4-ME [6]

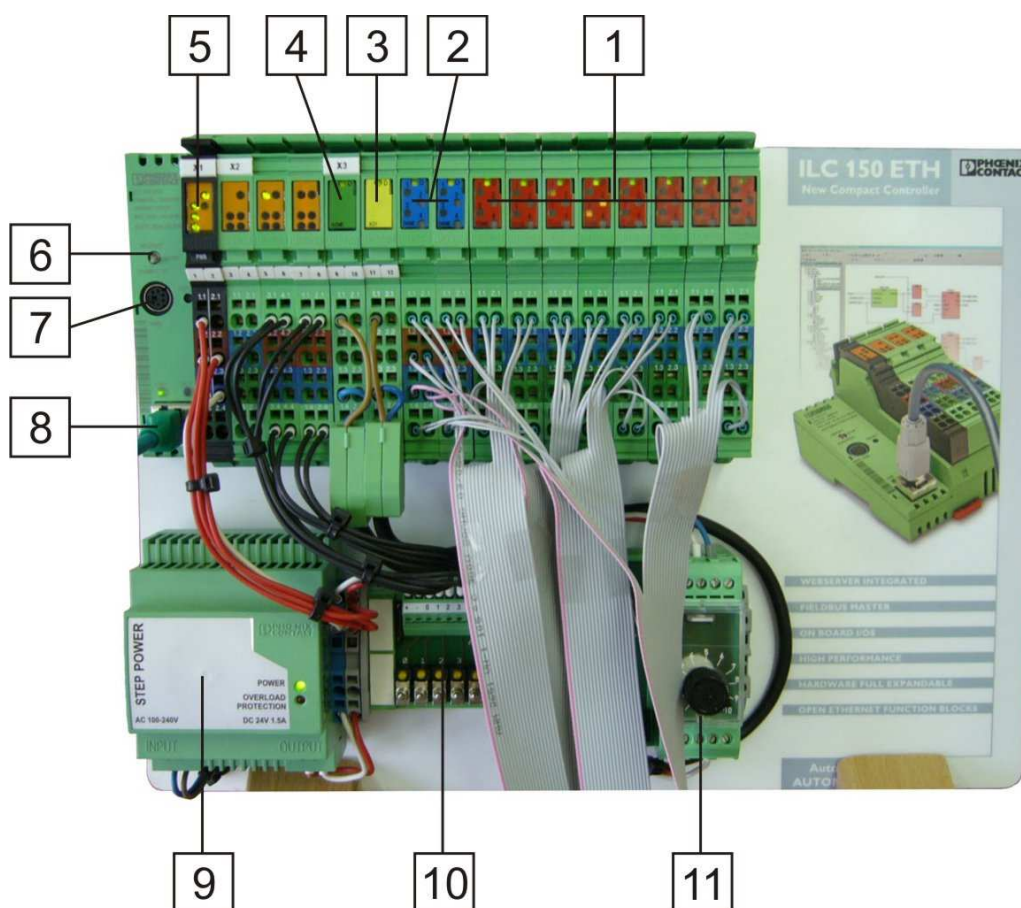
Veškerá fakta v kapitole 4.2 byla převzata z firemních materiálů firmy Phoenix Contact[6]

4.3 Sekvenční funkční diagram (SFC)

SFC (Sequential Function Chart) popisuje sekvenční chování řídicího programu. Je odvozen ze symboliky Petriho sítí, ale liší se od nich tím, že grafická reprezentace se zde převádí přímo do souboru výkonných řídicích prvků. SFC strukturalizuje vnitřní organizaci programu a umožňuje rozložit úlohu řízení na zvládnutelné části a zachovat přitom přehled o chování celku. Sekvenční funkční diagram se skládá z kroků a přechodů. Každý krok reprezentuje stav řízeného systému a má k sobě přiřazen blok akcí. Přechod je spojen s podmínkami, které musí být splněny, aby mohl být deaktivován krok, který přechodu předchází, a naopak aktivován krok, který následuje. Každý prvek, tzn. přechod i blok akcí, může být naprogramován v libovolném jazyku definovaném v normě, včetně vlastního SFC. K základním strukturám SFC patří lineární sekvence, alternativní větvení se spojením alternativních větví a paralélní souběh více větví s jejich následnou synchronizací.[7]

4.4 Sestavení automatu

Model pro úplné řízení potřebuje třicet výstupů a osm vstupů do PLC. Především z důvodu velkého množství výstupů byl pro řízení křižovatky zvolen modulární automat ILC 150 ETH, ke kterému bylo přes PROFIBUS připojeno 8 přídavných modulů IB IL 24 DO 4-ME pro možnost zapojení až 32 digitálních výstupů a 2 modulů IB IL 24 DI 4-ME pro 8 digitálních vstupů. (obr. 18) Po připojení automatu pomocí ethernetu k PC bylo třeba přídavné výstupy naadresovat v softwaru PC WorX.



Obr. 18 Sestavený automat s přídavnými moduly

1. 8x inline modul se čtyřmi digitálními výstupy
2. 2x inline modul se čtyřmi digitálními vstupy
3. inline modul se dvěma analogovými vstupy
4. inline modul s jedním analogovým výstupem
5. modul pro připojení zdroje
6. třípolohový přepínač (RUN/STOP/RESET)
7. konektor pro připojení kabelu (RS-232)
8. konektor pro ethernetové připojení
9. 24 V zdroj
10. modul přepínačů
11. potenciometr

4.5 Řídicí program

Program pro řízení křižovatky je naprogramován v programu PC WorX v grafickém programovacím jazyce SFC. Pro základní naprogramování se vycházelo z předem připravené tabulky.

semafor/krok(s)	1(5s)	2(5s)	3(2s)	4(2s)	5(2s)	6(5s)	7(5s)	8(2s)	9(2s)	10(2s)
K1_HC	R			S						
K1_HO	R		S	R						S
K1_HZ	S		R							
K1_CH1C						R		S		
K1_CH1Z						S		R		
K1_CH2C	R	S								
K1_CH2Z	S	R								
K2_HC				R					S	
K2_HO			S	R				S	R	
K2_HZ				S				R		
K2_OP									S	R
K2_CH1C	R	S								
K2_CH1Z	S	R								
K2_CH2C				R			S			
K2_CH2Z				S			R			
K3_HC	S					R				
K3_HO	R				S	R				S
K3_HZ						S				R
K3_OP				S	R					
K3_CH1C	R	S								
K3_CH1Z	S	R								
K3_CH2C						R		S		
K3_CH2Z						S		R		
K4_HC	R			S						
K4_HO	R		S	R						S
K4_HZ	S		R							
K4_CH1C				R			S			
K4_CH1Z				S			R			
K4_CH2C	R	S								
K4_CH2Z	S	R								

Obr. 19 Základní řídicí tabulka

Kx – číslo čtvrtiny křižovatky

HC – hlavní semafor řídící dopravu – červená

HO – hlavní semafor řídící dopravu – oranžová

HZ – hlavní semafor řídící dopravu – zelená

OP – opuštění křižovatky vlevo (pouze 2. a 3. čtvrtina křižovatky)

CH1C – semafor pro chodce 1 - červená

CH1Z – semafor pro chodce 1 - zelená

CH2C – semafor pro chodce 2 - červená

CH2Z – semafor pro chodce 2 – zelená

V programovacím jazyce SFC je pomocí časovačů (TON) a samostatných sekvencí přidělujících set nebo reset na potřebné výstupy, naprogramováno řízení dle tabulky. Z počátečního stavu, kdy na křižovatce 1 a 4 je pro dopravu zelená, se přes opuštění křižovatky vlevo dostáváme k zelené na křižovatkách 2 a 3 a poté se celý cyklus opakuje.

5 ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo navrhnout a sestavit model světelné dopravní křižovatky, který bude ovládán programovatelným automatem a bude využit jako laboratorní pomůcka při výuce.

V úvodu je objasněn účel a význam tématu bakalářské práce a navrženy možnosti jejího dalšího využití.

Kapitola nazvaná Světelná křižovatka popisuje předpisy, které platí pro provoz na křižovatce řízené semaforey. Vychází z pravidel silničního provozu v ČR.

Kapitola Model se zabývá návrhem a postupem realizace vlastního modelu křižovatky. Popis realizace se dělí na tři základní části: základová deska se soklem, semaforey, elektronika k propojení s PLC. Tato část je pro názornost doplněna fotografiemi modelu.

Kapitola Řízení pojednává o řízení křižovatky pomocí programovatelného automatu. Byl zvolen ILC-150 ETH od firmy Phoenix Contact, který obsahuje po osazení přídatnými moduly potřebný počet digitálních vstupů/výstupů (30/8).

Model byl úspěšně zrealizován a pomocí automatu ILC-150 ETH od firmy Phoenix Contact byl zprovozněn. Model umožňuje signalizaci pro řízení dopravy, přejití chodců a opuštění křižovatky vlevo. U signalizace pro chodce je možné využít tlačítka. Model má na výstupu čtyři dvacipinové konektory, které jsou kompatibilní i pro snadné připojení k automatu Simatic S7-200. Za použití vícero těchto automatů je také možno model řídit.

Realizací a úspěšným zprovozněním modelu byly cíle bakalářské práce splněny.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] WIKIPEDIE. *Programovatelný logický automat* [online]. 2009 , 21. 5. 2009 [cit. 2009-05-25]. Dostupný z WWW: http://cs.wikipedia.org/wiki/Programovateln%C3%BD_logick%C3%BD_automat.
- [2] PIHRT, Martin. *SVĚT MĚŘENÍ A DIAGNOSTIKY* [online]. 2009 [cit. 2009-05-21]. Dostupný z WWW: <http://www.mereni.souepl.cz/>.
- [3] URBAN, Pavel. *Modelování křížovatek* [online]. 2007 [cit. 2009-05-18]. Dostupný z WWW: <http://urbanp6.wz.cz/index.html>.
- [4] WIKIPEDIE. *Plošný spoj* [online]. 2009 , 20. 4. 2009 [cit. 2009-05-22]. Dostupný z WWW: http://cs.wikipedia.org/wiki/Deska_plo%C5%A1n%C3%BDch_spoj%C5%AF.
- [5] JANÍK, Pavel. *PaJa-trb* [online]. 2002 , 2009 [cit. 2009-05-21]. Dostupný z WWW: <http://www.paja-trb.unas.cz/>.
- [6] *Firemní stránky firmy Phoenix Contact* [online]. 2009 [cit. 2009-05-25]. Dostupný z WWW: <http://www.phoenixcontact.cz/>.
- [7] Martinásková, M., *AUTOMATIZACE* [online]. 2004, červen[cit. 20. května 2009]. Dostupné na WWW: <http://www.automatizace.cz/article.php?a=142>.

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č.1 – Schémata zapojení propojovací elektroniky modelu

Příloha č.2 – Technický výkres desky se soklem

Příloha č.3 – CD-R obsahující: Tento dokument v PDF

Technický výkres desky se soklem v AutoCadu

Schémat zapojení propojovací elektroniky v Eagle