

Univerzita Pardubice

Dopravní fakulta Jana Pernera

Elektronický systém pro zajištění bezpečného pohybu osob ve výrobní hale

Daniel Vala

Bakalářská práce

2015





Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.

V Pardubicích dne

Daniel Vala

## **Poděkování**

Touto cestou bych rád poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce panu Ing. Zdeňku Maškovi, Ph.D., za cenné připomínky, vstřícný a trpělivý přístup během vedení mé práce. Dále bych rád poděkoval jednateři firmy Čelob company s.r.o. panu Janu Černému, který mi umožnil podílet se na vývoji tohoto elektronického zařízení od samého počátku až po uvedení produktu do provozu.

## **ANOTACE**

Tato práce se věnuje vývoji elektronického dopravního systému, který po dokončení vývojové části a implementace do provozu bude sloužit ke zvýšení bezpečnosti pohybu uvnitř výrobní haly. V práci je uveden postupný vývoj zařízení od výběru a postupné modifikace jednotlivých HW komponent, přes vývoj SW pro řídicí automat, jeho odladění, až po konečnou instalaci celého systému a jeho následné otestování v provozu výrobní haly.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

provoz, řízení, křižovatka, hardware, software

## **TITLE**

Electronic system for safety movement of personnel in factory building.

## **ANNOTATION**

This thesis is focused on development of an electronic traffic system, which should be implented into operation after finishing of development phase. The biggest benefit of this system is to increase safety in the production hall. In the following text we will follow the gradual evolution of the system. Everything starts with selection and gradual modification of individual HW components. The next phase is development of SW for PLC and calibration of this PLC. The last step is instalation of the whole system and testing in the production hall.

## **KEYWORDS**

traffic, control, intersection, hardware, software

## Obsah

Úvod.....	9
1 Výběr vhodných HW komponent.....	10
1.1 Pohybové čidlo.....	10
1.1.1 DG466 Directional.....	10
1.1.2 Paradoor.....	11
1.2 Zdroj.....	12
1.3 Řídící jednotka.....	14
1.4 Světelná signalizace.....	15
1.4.1 Dioda K139.....	15
1.4.2 Dioda K148.....	16
1.4.3 Dioda K089.....	16
1.4.4 Dioda WW-WND50TC-U.....	17
1.4.5 Výsledek světelné signaizace.....	17
2 Instalace.....	19
3 Vytvoření SW pro řídicí automat.....	22
3.1 Popis vývojového prostředí a programování v tomto prostředí.....	23
3.2 Použité funkční bloky v programu.....	24
3.3 Požadavky na program.....	28
3.4 Popis programu.....	28
3.4.1 První varianta programu.....	31
3.4.2 Druhá varianta programu.....	34
4 Ověření funkce.....	38
4.1 Simulace ve vývojovém prostředí.....	38
4.2 Ověření funkce v provozu.....	39
5 Závěr.....	40

Literatura.....	41
Seznam obrázků.....	42
Seznam tabulek .....	44

## Úvod

Pracuji v jedné malé firmě s názvem Čelob company, která se zabývá elektroinstalacemi. Oslovila nás jedna velká společnost zabývající se výrobou světel do osobních a užitkových automobilů. Jejich požadavkem bylo vytvořit zařízení, které by zvyšovalo bezpečnost pohybu osob a manipulačních strojů s materiálem po výrobní hale a pomohlo tak ulehčit dopravu na nejvytíženějších prostorách výrobní haly. Tato společnost má 2200 zaměstnanců, toto zařízení má být umístěno v hale, kde má trvalé pracoviště zhruba 1500 lidí. Po hale se pohybuje 25 vláček Jungheinrich (což je vláček s řidičem) a ve výjimečných případech tam může i VZV (ještěrka). Pro plné otestování tohoto zařízení a ověření správné funkčnosti prvního prototypu byla zvolena nejvytíženější křižovatka v hale. Křižovatka je součástí páteřní komunikace pro pěší, za hodinu jí projde průměrně 90 lidí, a zhruba 100x tedy projede technika.

Jelikož se nejedná o klasickou silniční komunikaci, použití časového semaforu by zde nebylo vyhovující, a některých případech by to bylo naopak na škodu. Proto musela být vyvinuta světelná signalizace, která pro splnění podmínek musela reagovat na pohyb v křižovatce a na základě toho upozornit účastníky provozu ve všech směrech. A o tomto pojednává tato práce.

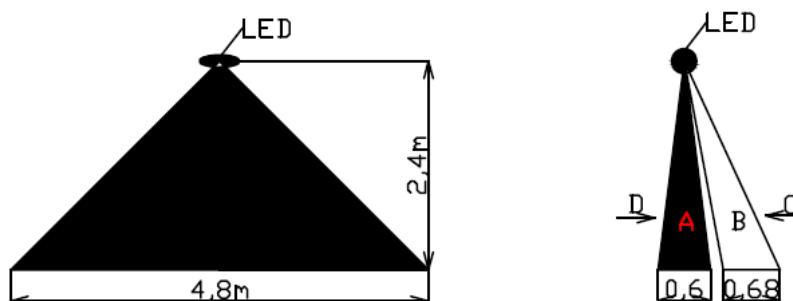
# 1 Výběr vhodných HW komponent.

## 1.1 Pohybové čidlo

Pohybové čidlo pro toto zařízení je specifické tím, že je třeba, aby rozpoznalo směr pohybu pro správné vyhodnocení situace. Doposud jsme s takovýmto typem pohybových čidel nepracovali, jelikož nám doposud stačilo jenom zaznamenat pohyb, nikoliv jeho směr.

### 1.1.1 DG466 Directional

PIR detektor DG466 Directional byla první volba pohybového čidla pro naše zařízení. Tento detektor má dvě detekční plochy za sebou, a tudíž je schopen rozeznat směr pohybu.



Obrázek 1 Pracovní oblast DG466 Directional

Obrázek vlevo je přední pohled, který nám znázorňuje funkční oblast detektoru. Obrázek vpravo je boční pohled na uspořádání detektoru. Zóny A a B jsou detekční plochy čidla. D znázorňuje směr pohybu do hlídané plochy, C znázorňuje směr pohybu do nehlídané plochy. Je-li zaznamenán pohyb ve směru C, tudíž narušení detekčních ploch v pořadí B-A, detektor to nevyhodnotí jako poplach, tedy spínací relé uvnitř detektoru nesepe. Pokud je zaznamenán pohyb ve směru D, tudíž narušení detekčních ploch v pořadí A-B, detektor to vyhlásí jako poplach, tedy spínací relé sepe a vyšle informaci. Tento detektor má funkci návratu, tzn., že pokud je zaznamenán pohyb ve směru C, je spuštěn čas, po který je možné se vrátit a narušit detektor ve směru D. Tato funkce je pro náš případ nežádoucí, jelikož by odjíždějící manipulační vozidlo opouštějící křižovatku spustilo čas návratu a přijíždějící vozidlo do křižovatky by nebylo detekováno a systém by nefungoval správně. Tato funkce lze pomocí nastavení jumperů na plošném spoji uvnitř detektoru vypnout. Detektor dále obsahuje jumpery pro nastavní vysoké a nízké citlivosti, jumper pro optickou LED signalizaci poplachu

a v případě potřeby funkce návratu další dva jumpery pro nastavení doby návratu na 1, 5 a 10 minut. [6]

**Tabulka 1** Parametry PIR detektoru DG466 [6]

Vlastnosti	
Typ senzoru	Duální
Detekční rychlost	0,2m-3,5m/s
Pracovní teplota	-20°C až +50°C
Napájení	12-16VDC, 25mA
Reléový výstup	28VDC, 100mA
Vlhkost	max. 95%



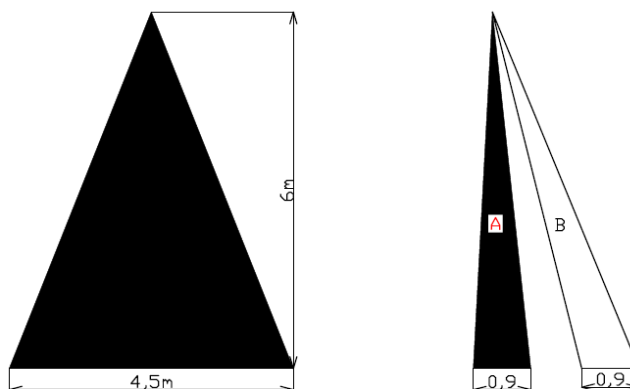
**Obrázek 2** PIR detektor DG466 [4]

Detektor je při instalaci třeba správně orientovat. Na krytu je vyveden světlovod pro LED a ten označuje zónu A. Další důležitou zásadou při instalaci detektoru je, že nesmí být v jeho pracovní ploše žádné objekty, které mohou měnit svoji teplotu. Detektor musí být umístěn minimálně 1m od zářivek a dalších světelných zdrojů produkující teplo. [6]

Tento pohybový detektor byl však pro daný problém nevhodný, jelikož má nedostatečnou detekční rychlost potřebnou pro detekci vláček pohybujících se po hale, které se pohybují větší rychlostí. Tudíž se využilo pohybového detektoru Paradoor.

### 1.1.2 Paradoor

Detektor Paradoor již nemá jako v případě detektoru DG466 Directional dvě detekční plochy pro snímání pohybu. Zóny A, B pouze naznačují možnost nastavení úhlu snímání detektoru.



**Obrázek 3** Pracovní plocha detektoru Paradoor

Paradoor již tedy nepozná směr pohybu a pracuje jako klasický detektor pohybu a spíná nezávisle na směru pohybu. Neschopnost rozpoznání směru se tak muselo vyřešit zapojením dvou těchto detektorů mířící každý jedním směrem a pro funkčnost systému toto bylo ošetřeno softwarově v řídicí jednotce. Tohoto detektoru se využilo pro schopnost snímání pohybu i při rychlostech 7m/s (viz tabulka parametrů). Detektor Paradoor má jumpery pro nastavení parametrů. První jumper slouží pro vypnutí nebo zapnutí optické LED signalizace poplachu. Druhý jumper slouží pro výběr typu výstupu (spínání pomocí relé nebo tranzistoru, je-li jím detektor vybaven). Třetí jumper nastavuje citlivost detektoru. Čtvrtý jumper slouží pro nastavení napájení mezi 12VDC a 24VDC. [2]

**Tabulka 2** Parametry PIR detektoru Paradoor [2]

Vlastnosti	
Typ senzoru	Duální
Detekční rychlost	0,2m-7m/s
Pracovní teplota	-10°C až +50°C
Napájení	9-16VDC nebo 20-27VDC, 18mA
Reléový výstup	28VDC, 150mA
Tranzistorový výstup	28VDC, 2A
Vlhkost	max. 95%



**Obrázek 4** PIR detektor Paradoor [2]

Dalším rozdílem je velikost pracovní plochy. Paradoor má na výšku dosah až 6m, což je výhodou, jelikož se ve výrobní hale může dát téměř na strop a nebude tak vyčnívat jako DG466.

## 1.2 Zdroj

Zdroj pro tento systém byl zvolen značky PULSAR, což je impulzní napájecí zdroj, který dodává 13,8V a 3A. Zdroj je řízený mikroprocesorem a vyznačuje se velkou účinností. Mezi další vlastnosti zdroje se řadí ochrana akumulátoru před přebitím nebo nadměrným vybitím, dále má zajištění výstupu akumulátoru proti zkratu a opačným připojením. Umožňuje optickou i akustickou signalizaci při poruše zdroje. Udávaná doba záruky je 5 let ode dne výroby. Tento zdroj byl zvolen po přibližném odběru celého zařízení, kde se počítalo s proudovým odběrem 150mA na jedno světelné zařízení o kombinaci červená zelená, 200mA pro napájení řídicího relé a 100mA pro napájení pohybových čidel. Zdroj poskytuje větší proud, pro případ zvětšení odběru v důsledku rozšíření světelné signalizace pro konkrétní

křížovky. Odběr proudu pro systém byl před instalací otestován a byla naměřena hodnota proudového odběru ze zdroje 1,2A. Tento zdroj umožňuje připojení záložního olověného akumulátoru až na 17Ah/12V. [1]

Postupnou modifikací celého zařízení došlo k tomu, že při použití SMD LED diod typu WW-WND50TC-U se proudový odběr celého zařízení zvedl na 3A, tudíž se musel použít i zdroj splňující tento požadavek. Využil se zdroj od stejného výrobce, tedy značky PULSAR, který má stejné vlastnosti jako zdroj předchozí a jediným rozdílem je jeho výstupní proud, který je schopen dodávat do systému až 5A a je možné k němu připojit záložní olověný akumulátor o kapacitě až 40Ah.



**Obrázek 5** Napájecí zdroj PULSAR [1]



**Obrázek 6** Záložní akumulátor ULTRATECH [1]

Pro zálohu napájení byl zvolen olověný akumulátor od výrobce ULTRATECH s typovým označením UT1270. Akumulátor má svorkové napětí 12V a kapacitu 7Ah. Tato kapacita akumulátoru byla zvolena podle proudového odběru celého zařízení 1,2A, aby zařízení mohlo být v provozu dalších pět hodin po výpadku proudu. Předpokládá se, že při dlouhodobém výpadku elektrického proudu se dostává výrobní hala do neprovozního stavu. Při použití 5A zdroje při proudovém odběru zařízení 4A bylo nutné zvýšit i kapacitu záložního akumulátoru. Pro zachování pětihodinové zálohy byl využit olověný akumulátor od výrobce ULTRATECH o kapacitě 24Ah. Výrobce garantuje životnost akumulátoru na 3 až 5 let. [1]

### 1.3 Řídící jednotka

Pro automatické řízení se využilo mikrokontroléru značky Super Relay.



**Obrázek 7** Řídící jednotka Super Relay [5]

Tento mikrokontrolér je nejmenší spínací a řídicí modul. Jeho programování je velmi jednoduché. Má vlastní programovací jazyk a programovací prostředí je ke stažení zcela zdarma na oficiálních stránkách výrobce, kterým je firma Tecon. Program umožňuje využít až 127 základních a speciálních funkcí, které jsou už v prostředí předprogramované, přičemž bloky vstupů a výstupů se do této kapacity nepočítají. Mikrokontrolér umožňuje připojení až 14 vstupů jak digitálních tak analogových a 8 výstupů v provedení relé nebo tranzistorových. Navíc tyto mikrokontroléry umožňují v případě potřeby připojení dalších pěti rozšiřujících modulů, tudíž je možné ovládat až 120 vstupů/výstupů. Mikrokontrolér lze napájet střídavým napětím v rozmezí 100 až 140V se spotřebou mikrokontroléru 3 až 5W, tak i stejnosměrným napětím v rozmezí od 12 do 24V se spotřebou 2W. Mikrokontrolér je velmi kompaktní a jeho montáž je velmi jednoduchá. Montáž je možná dvěma způsoby, a to buď na standardní DIN lištu pomocí posuvného uzávěru na zadní části, nebo pomocí dvou přichytek pro přímé našroubování. Do mikrokontroléru se vodiče připojují pomocí šroubovacích konektorů. Velikost připojených vodičů do konektorů je omezena na 1x2,5mm nebo na 2x1,5mm. Mikrokontrolér Super Relay má i další výhody, jako například operátorský LCD panel, který umožňuje zobrazovat zprávy jako je čas, stav vstupů, výstupů, alarmová hlášení, hodnoty časovačů, čítačů apod. Dále obsahuje funkční klávesy, pomocí nichž je možné měnit přednastavené hodnoty.

Dále je možné měnit program nebo přednastavené hodnoty za běhu programu mikrokontroléru, takže není nutné při zásahu do programu odstavovat řízenou technologii. Mikrokontrolér je také vybaven telefonní funkcí, která umožňuje vytáčet předdefinovaná telefonní čísla a dokáže na volání z vnější linky přehrát některou z uložených hlasových zpráv. Pomocí hlasových funkcí je mikrokontrolér schopen komunikovat s obsluhou prostřednictvím připojeného reproduktoru přehráním některých z uložených zpráv. V neposlední řadě je mikrokontrolér vybaven bezpečnostním číselným kódem, který slouží k ochraně před neoprávněným zásahem do mikrokontroléru. [5]

## 1.4 Světelná signalizace

Světelná signalizace byla postupně vyvíjena v dílně až do finální podoby, neboť klasické semaforey nabízené na trhu jsou jednak poněkud drahé a hlavně nesplňují požadavky pro tento systém. Průměr jednoho výstražného světla bylo po dohodě se zákazníkem stanoveno na průměr 100 mm. Tento průměr světla byl stanoven vzhledem k výšce umístění celé signalizace a k jeho viditelnosti od úrovně očí na dostatečně dlouhou reakční vzdálenost jako optimální průměr. Světelná signalizace pracuje na principu ON/OFF, kdy přijímá pouze signály sepni/rozepni podle vyhodnocení řídicí jednotky. Pro první typ světelné signalizace byly zvoleny červené diody K139 typ 1001URD a zelené diody K148 typ 1001UGD. Tyto LED diody mají průměr 10 mm, na plošný spoj bylo do kruhového tvaru rozmístěno 36 těchto diod po šesti v řadě po šesti sloupcích.

### 1.4.1 Dioda K139

**Tabulka 3** Parametry LED diody K139 [3]

Vlastnosti	
Svítivost	100mCd
Propustný proud	25mA
Ztrátový výkon	60mW
Závěrné napětí	5V
Špičkový propustný proud	150mA
Pracovní teplota	50°C
Teplotní špičky	-40°C – 80°C



**Obrázek 8** LED dioda K139 [3]

### 1.4.2 Dioda K148

Tabulka 4 Parametry LED diody K148 [3]

Vlastnosti	
Svítivost	200mCd
Propustný proud	25mA
Ztrátový výkon	60mW
Závěrné napětí	5V
Špičkový propustný proud	150mA
Pracovní teplota	50°C
Teplotní špičky	-40°C – 80°C



Obrázek 9 LED dioda K148 [3]

Předchozí dva typy LED diod K139 a K148 byly odzkoušeny v provozu na prvních prototypch světelné signalizace. Jelikož LED diody měly rozdílnou svítivost, nebyl výsledek dostatečně efektivní a neodpovídal původním představám. Pro další verzi byl vybrán typ LED diod K089. Tyto LED diody mají průměr 5 mm, na plošný spoj bylo do kruhového tvaru rozmístěno 60 těchto diod, zapojeno po čtyřech do série v patnácti paralelních větvích. Jelikož jsou tyto LED diody bílé barvy, byl jako kryt na světelnou signalizaci nechán od specializované firmy vyroben opálový plast s barevným potiskem.

### 1.4.3 Dioda K089

Tabulka 5 Parametry LED diody K089 [3]

Vlastnosti	
Svítivost	4000mCd
Propustný proud	25mA
Ztrátový výkon	60mW
Závěrné napětí	5V
Špičkový propustný proud	150mA
Pracovní teplota	50°C
Teplotní špičky	-40°C – 80°C



Obrázek 10 LED dioda K089 [3]

LED diody K089 s barevným opálovým plexi se jevilo jako konečný a vhodný prvek pro světelnou signalizaci, problém byl ale s dodavatelem, který neměl dostatečné množství diod a nově byl schopen dodat až po půl roce. Proto byla zvolena další varianta LED diod typu WW-WND50TC-U, což jsou SMD LED diody o rozměrech 5x5 mm, zapojených po čtyřech v sérii v pěti paralelních větvích.

#### 1.4.4 Dioda WW-WND50TC-U

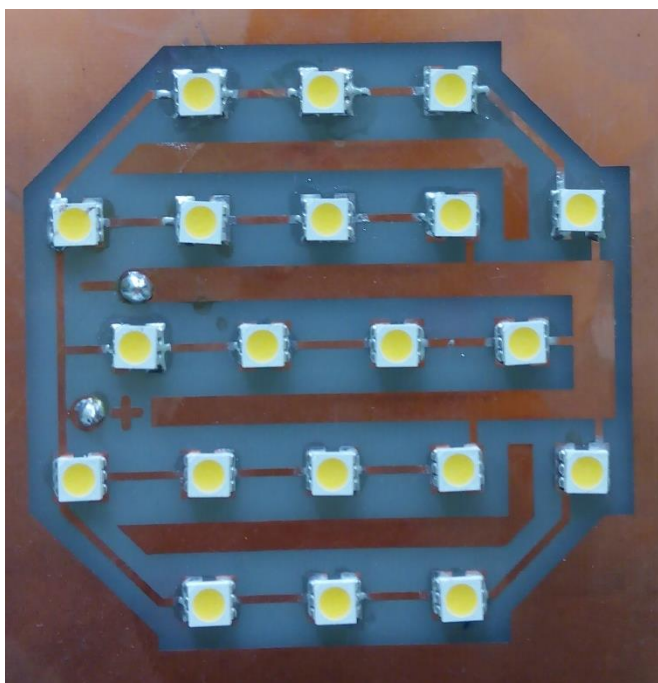
Tabulka 6 Parametry LED diody WW-WND50TC-U [7]

Vlastnosti	
Svitivost	5800-8400mCd
Propustný proud	60mA
Ztrátový výkon	200mW
Závěrné napětí	5V
Pracovní napětí	2,8-3,6V
Pracovní teplota	50°C
Teplotní špičky	-25°C – 80°C



Obrázek 11 LED dioda WW-WND50TC-U [7]

#### 1.4.5 Výsledek světelné signaizace



Obrázek 12 Plošný spoj s SMD LED diodami pro jedno světlo

Vzhledem k vysoké svítivosti SMD LED diod se průměr jednoho světla zúžil na 80mm. Světelná signalizace pro chodce má výsledné rozměry 120x60x260mm, světelná signalizace pro techniku má pak rozměry 120x120x260mm. Světelná signalizace je vyrobena ze zakoupených hliníkových profilů, které byly po nařezání na patřičné rozměry a opatření výřezů pro průchod světla, přestříkány na černou barvu. Plošný spoj je spolu s barevným opálovým plastem umístěn uvnitř těchto profilů a přichycen několika šrouby.

Chlazení plošných spojů se děje volným průchodem vzduchu otvory na dně a na víku světelné signalizace.

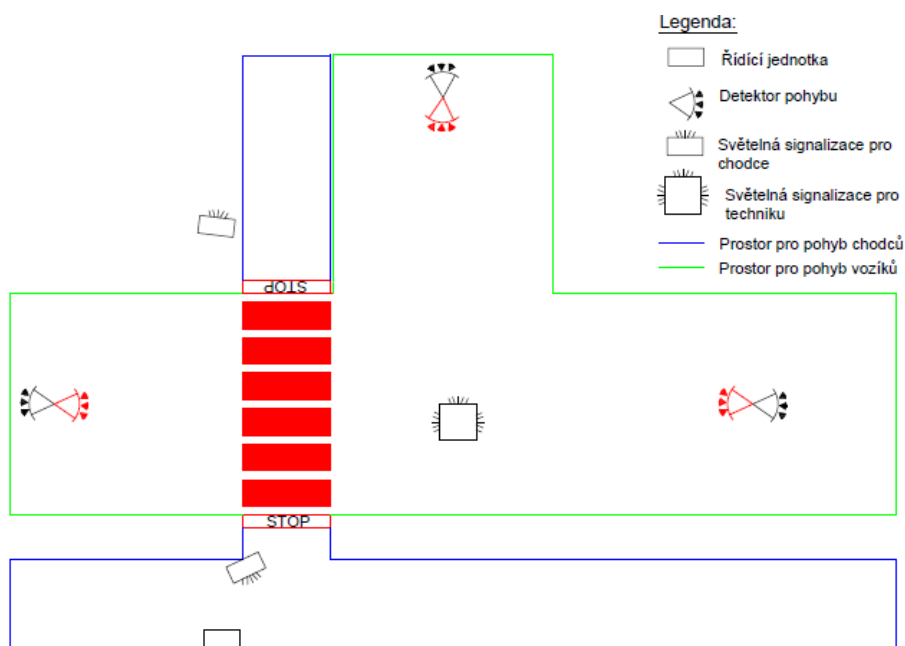
Napájecí napětí výsledné světelné signalizace je 12V. Proudový odběr jedné světelné čočky činí 300mA, z toho vyplývá, že světelná signalizace pro chodce má odběr právě 300mA, jelikož svítí vždy jen jedna čočka. Proudový odběr světelné signalizace pro techniku v provedení pro tři směry činí 900mA. Světelná signalizace je řízena spínáním svorky + na plošném spoji viz Obrázek 12.



**Obrázek 13** Ukázka světelné signalizace pro chodce

## 2 Instalace

Instalace tohoto systému na první zkušební křižovatku ve výrobní hale trvala téměř celý pracovní den z důvodu špatného přístupu a manipulace ve vysokých výškách výrobní haly a také z důvodu plného provozu výroby v hale. Obrázek 14 znázorňuje blokové schéma rozmístění jednotlivých prvků v křižovatce. Jednotlivé prvky jsou popsány v legendě obrázku.

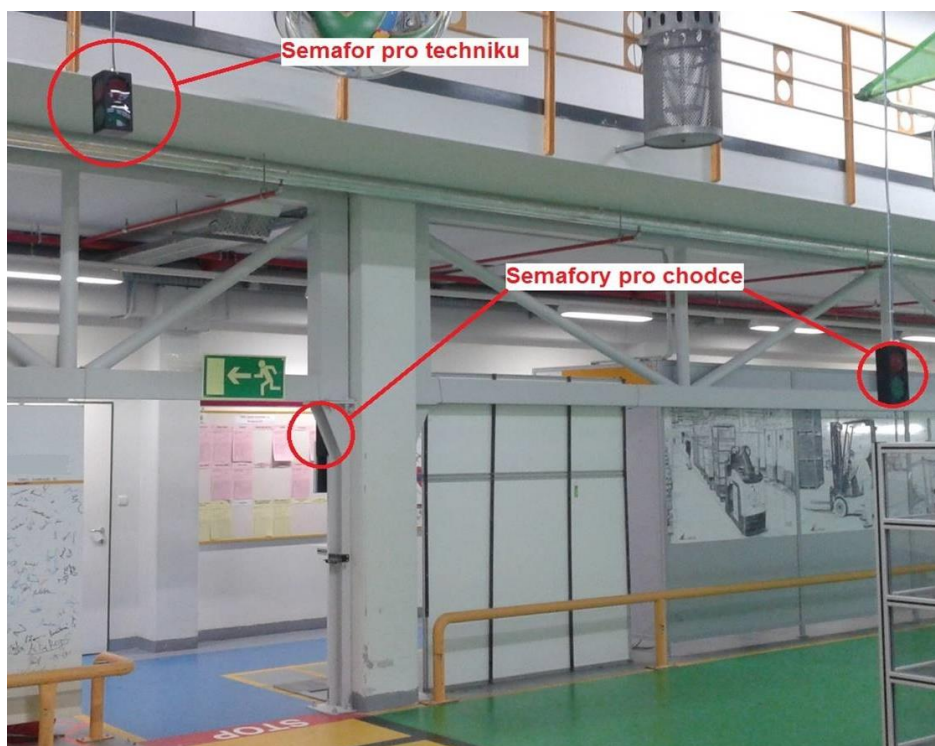


**Obrázek 14** Blokové schéma rozmístění prvků v křižovatce

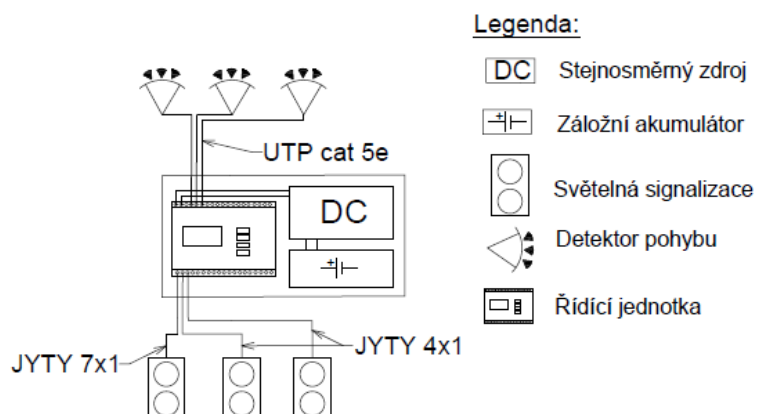
Detektory pohybu na obrázku černé barvy jsou takto rozmístěny v případě použití detektorů DG466, v případě použití detektorů pohybu Paradoor se umísťují dvě zrcadlově, jak je na obrázku znázorněno černými a červenými detektory.

Světelná signalizace pro techniku je umístěna ve výšce 3,5m nad podlahou haly. V této výšce nepřekáží technice a zároveň je dobře viditelná. Světelná signalizace pro chodce je umístěna ve výšce 2m nad podlahou haly. Detektory pohybu jsou jako světelná signalizace pro techniku umístěny ve výšce 3,5m nad podlahou haly. Světelná signalizace pro techniku, jedna světelná signalizace pro chodce a detektory pohybu jsou ve vzduchu zavěšeny na závitových tyčích, jejichž opačné konce jsou u stropu pomocí matek připevněny ke stávajícím kabelovým žlabům vedoucím po celé hale. Druhá světelná signalizace pro chodce v blokovém schéma blíž k řídicí jednotce je připevněna ke zdi. Plastová krabice obsahující řídicí jednotku, zdroj a záložní baterii je přivrtána na zeď zhruba ve výšce 2,5m nad podlahou haly. Detektory

pohybu jsou připojené kabelem UTP cat. 5e, který je od detektoru připevněn k závitové tyči, ze které u stropu vstupuje do kabelového žlabu, který ústí do stoupačky vedoucí k řídicí jednotce. Světelná signalizace pro chodce je připojena kabelem JYTY 4x1 a světelná signalizace pro techniku je připojena kabelem JYTY 7x1. Kabely od světelných signalizací jsou taktéž připevněny k závitovým tyčím, dále jsou u stropu vedeny kabelovými žlaby až ke stoupačce vedoucí k řídicí jednotce.



**Obrázek 15** Ukázka nainstalovaných semaforů v křižovatce <sup>1</sup>



**Obrázek 16** Blokové schéma zapojení systému

<sup>1</sup> Foto i s popiskem poskytl zákazník

**Tabulka 7** Zapojení vstupů/výstupů na řídicí jednotce <sup>2</sup>

Označení vstupu	Připojený komponent	Označení výstupu	Připojený komponent
I00	Detektor pohybu směr 1	M0	Semafor směr 1 červená
I01	Detektor pohybu směr 2	M1	Semafor směr 1 zelená
I02	Detektor pohybu směr 3	M2	Semafor směr 2 červená
—	----	M3	Semafor směr 2 zelená
—	----	M4	Semafor směr 3 červená
—	----	M5	Semafor směr 3 zelená
—	----	M6	Semafor chodci červená
—	----	M7	Semafor chodci zelená

**Tabulka 8** Zapojení vstupů/výstupů na řídicí jednotce <sup>3</sup>

Označení vstupu	Připojený komponent	Označení výstupu	Připojený komponent
I00	Detektor pohybu směr 1 ke křižovatce	M0	Semafor směr 1 červená
I01	Detektor pohybu směr 2 ke křižovatce	M1	Semafor směr 1 zelená
I02	Detektor pohybu směr 3 ke křižovatce	M2	Semafor směr 2 červená
I03	Detektor pohybu směr 3 do křižovatky	M3	Semafor směr 2 zelená
I04	Detektor pohybu směr 2 do křižovatky	M4	Semafor směr 3 červená
I05	Detektor pohybu směr 1 do křižovatky	M5	Semafor směr 3 zelená
—	----	M6	Semafor chodci červená
—	----	M7	Semafor chodci zelená

<sup>2</sup> viz Obrázek 41 Ukázka celého programu pro první variantu strana 36

<sup>3</sup> viz Obrázek 42 Ukázka celého programu pro první variantu strana 37

### 3 Vytvoření SW pro řídicí automat

Řídicí program pro mikrokontrolér Super Relay je vytvářen na osobním počítači, který je opatřen operačním systémem Microsoft Windows v programu APB Software. Hotový program nahrajeme do mikrokontroléru pomocí speciálního programovacího kabelu přímo z prostředí programovacího softwaru. Tento kabel se prodává ve dvou variantách a to USB (APB-DUSB) a RS232 (APB-232).

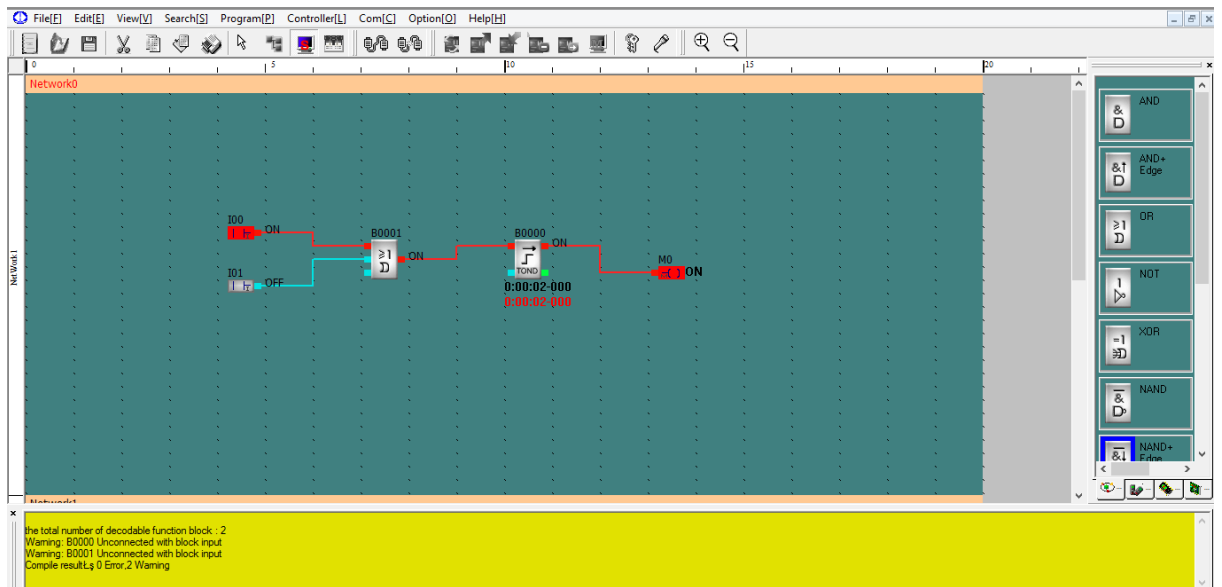
Program je tvořen pomocí funkčních bloků a jejich propojením. Jednotlivé bloky se kladou na obrazovku pomocí myši a spojují se pomocí funkčních propojení (Link Tool). Jednotlivé bloky se dají konfigurovat v dialogových oknech vyvolaných dvojklikem levého tlačítka myši.

Program disponuje třemi základními typy bloků:

1. Vstupy a výstupy systému (nezapočítávají se do celkového počtu použitých bloků)
2. Logické funkční bloky pro bitové logické operace
3. Funkční bloky pro časově a událostně závislé operace, bloky pro programování hodnot, bloky pro práci s hlasovým výstupem apod.

Vývojové prostředí APB softwaru pro tvorbu programu mikrokontroléru umožňuje napsaný program (bloky pospojované funkčními spojeními) otestovat při simulaci celého řídicího procesu přímo na obrazovce. [5]

### 3.1 Popis vývojového prostředí a programování v tomto prostředí



Obrázek 17 Ukázka programovacího prostředí pro mikrokontrolér

Na pravé straně se nachází lišta s jednotlivými funkčními bloky. Tyto funkční bloky jsou rozděleny do sekcí pro lepší orientaci. Jedna sekce je tvořena bloky vstupů a výstupů, druhá je tvořena funkčními bloky pro logické a bitové operace, třetí sekce je tvořena funkčními bloky pro časové a událostně závislé operace a poslední sekce obsahuje bloky pro programování hodnot, práci s hlasovými moduly a další. Ve spodní části programovacího prostředí se nachází žlutá lišta vypisující počet použitých funkčních bloků v programu, varovná hlášení a případné chyby v programu. Zelená plocha uprostřed tvoří pracovní plochu pro vytváření vlastního programu.

Samotné programování funguje tak, že je v pravé liště klikem myši zvolen požadovaný funkční blok a druhým klikem myši je tento blok umístěn do zeleného pracovního pole vývojového prostředí. Takto zvolené funkční bloky se pak spojují tak, že se kliknutím myši zvolí patřičné vstupy a výstupy funkčních bloků, které mají být spojeny. Vývojové prostředí mezi takto označenými vstupy/výstupy jednotlivých funkčních bloků vytvoří modré čáry znázorňující propoje mezi bloky. Parametry jednotlivých funkčních bloků se dají měnit v dialogovém okně, které se zobrazí po dvojkliku myši na vybraný funkční blok. U bloků pro logické operace se dá měnit například počet vstupů, případně výstupů. U časových a událostně závislých bloků se pak mění parametry jako čas zpoždění, čas spuštění, počet čítání apod. Na horní liště nástrojů je umístěno tlačítko „simulation“. Toto tlačítko umožňuje spustit simulaci a ověřovat tak chování a správnost chodu programu. Na Obrázku 17 je ukázka

jednoduchého programu, kde je současně i spuštěná simulace. Signalizace se vyznačuje červenou barvou, kdy se provede kliknutí myši na požadovaný vstup, který zčervená, a poté se červeně zobrazují jednotlivé cesty (tok informací) mezi funkčními bloky. U funkčních bloků, kde je nastavený parametr jako například čas nebo počet čítaných pulzů, jsou tyto parametry u simulace taktéž znázorněny pro vizuální kontrolu správnosti. V konečném stádiu simulace se červeně zobrazí patřičný výstup. Velkou nevýhodou tohoto vývojového prostředí je špatná manipulace s vytvořenými spoji mezi funkčními bloky. Zároveň při velkém množství těchto spojů se vývojové prostředí automaticky překrývá a spojuje, tím je orientace v programu složitější pro programátora, pro osobu, která se na vývoji nepodílela přímo nemyslitelná. Spoj je možné dvojklikem myši barevně označovat, což se v určité míře dá využít pro lepší orientaci v programu, při velkém množství spojů se i barevné rozlišování spojů stává nepřehledným.

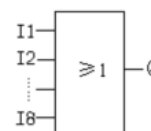
### 3.2 Použité funkční bloky v programu

**AND** neboli sériové spojení spínacích kontaktů. Výstup tohoto bloku je sepnut do stavu logická „1“ jenom tehdy, pokud jsou všechny jeho definované vstupy aktivní, tzn. ve stavu logická „1“. V opačném případě je na výstupu logická „0“. [5]



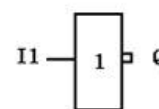
**Obrázek 18** Blok AND

**OR** neboli paralelní spojení spínacích kontaktů. Výstup tohoto bloku je sepnut do stavu „1“, jestliže alespoň jeden z jeho definovaných vstupů je aktivní (sepnutý do log. stavu „1“), v opačném případě je výstup bloku neaktivní, ve stavu logická „0“. [5]



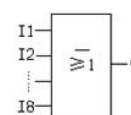
**Obrázek 19** Blok OR

**NOT** je obrácení logického stavu (negace). Výstup bloku je obrácenou logickou hodnotou vstupu. Z logické „0“ je na výstupu logická „1“ a opačně. [5]



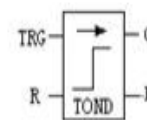
**Obrázek 20** Blok NOT

**NOR** je sériové zapojení rozepínacích kontaktů. Výstup je sepnut do stavu „1“, jsou-li všechny vstupy bloku neaktivní (stav logická „0“), jinak je výstup neaktivní. [5]

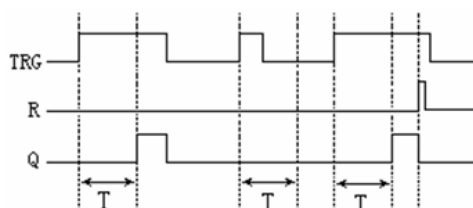


**Obrázek 21** Blok NOR

**TOND – Time on Delay** je funkční blok sepnutí se zpožděním. Po přivedení logické „1“ na vstup označený TRG se spustí vnitřní časování, je-li po uplynutí nastavené doby T vstup stále logická „1“, je výstup bloku Q nastaven do stavu „1“ a tento stav trvá, dokud je logická „1“ na vstupu bloku. Doba T je nastavitelná v rámci sekund, minut i hodin. Tento funkční blok je vždy možné resetovat vstupem R. Výstup P vypíše běžící hodnotu bloku do registru. [5]

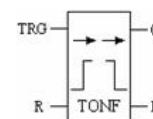


**Obrázek 22** Blok TOND

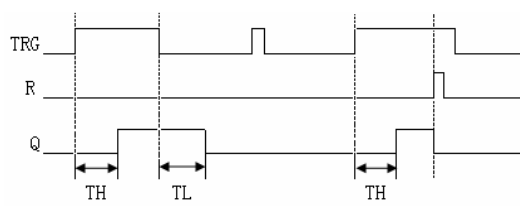


**Obrázek 23** Časová sekvence bloku TOND

**TONF** je blok ON/OFF zpoždění. Při přivedení náběžné hrany na vstup TRG se spustí zpoždění, které nechá na výstupu logickou „0“. Po jeho vypršení se výstup Q sepne do logické „1“. Po uvolnění vstupu se spustí druhý časovač, který drží na výstupu logickou „1“. Tento funkční blok je vždy možné resetovat vstupem R. Výstup P vypíše běžící hodnotu bloku do registru. [5]

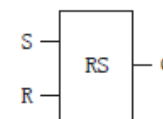


**Obrázek 24** Blok TONF



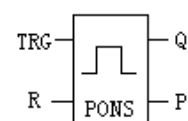
**Obrázek 25** Časová sekvence bloku TONF

**RS – Two Pushbutton Latch** je spínač s přídrží. Se změnou vstupu bloku do logické „1“ se výstup bloku stane aktivní (logická „1“), tento stav je na výstupu neměnný nezávisle na vstupu bloku. Výstup se změní do stavu „0“ při příchodu signálu na resetovací vstup R. [5]



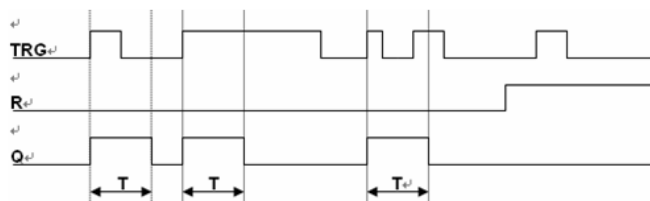
**Obrázek 26** Blok RS

**PONS – Program One Shot** neboli blok s definovanou délkou pulzu. Když je na vstup TRG přivedena logická „1“, výstup bloku Q se nastaví na logickou „1“ po dobu nastavení času T. Po uplynutí času T je výstup nastaven do logické „0“. Nová náběžná hrana nemá na výstup vliv, pokud je



**Obrázek 27** Blok PONS

výstup aktivní. Výstup je možné kdykoliv deaktivovat resetovacím signálem na vstup R. Čas je možné nastavovat v rámci sekund, minut a hodin. [5]

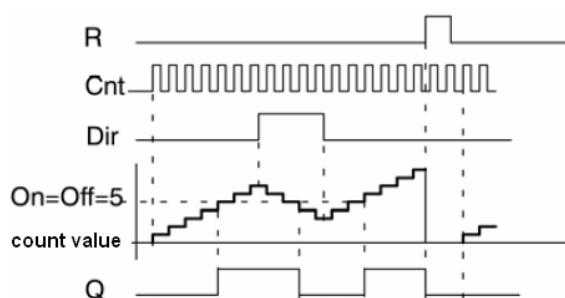


Obrázek 28 Časová sekvence bloku PONS

**Up/Down Counter** neboli čítač pulzů nahoru dolů. Blok obsahuje vstupy TRG a DIR. Vstup TRG počítá náběžné hrany pulzů. Jestliže je vstup DIR neaktivní (logická „0“), pulzy jsou přičítány, jestliže je na vstupu DIR logická „1“, pulzy se odečítají. Načtený počet pulzů je možný deaktivovat resetovacím vstupem R. Vnitřní parametr Par udává počet načtených pulzů, při kterém je aktivován výstup čítače. Parametr je možné nastavit od 0 do 999999. [5]



Obrázek 29 Blok UP/DOWN Counter

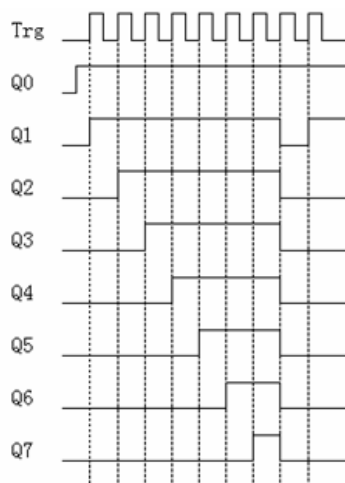


Obrázek 30 Časová sekvence bloku UP/DOWN Counter

**SSEQ – Step Sequencer Block** je programovatelný sekvenční spínač. Sekvenční krokový spínač umožňuje nezávislé krokové spínání až sedmi binárních výstupů. Okamžik sepnutí výstupu je dán počtem pulzů (náběžnou hranou) na vstupu TRG. Při příchodu dalšího pulzu na vstup je aktivován další výstup až do posledního (tento blok má až sedm binárních výstupů), následujícím pulzem jsou všechny definované výstupy bloku deaktivovány a cyklus se znovu opakuje. Tento blok je možné okamžitě deaktivovat resetovacím signálem na vstupu R. [5]

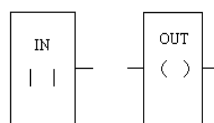


Obrázek 31 Blok SSEQ



**Obrázek 32** Časová sekvence bloku SSEQ

**IN a OUT** jsou bloky, které jsou brány jako identifikátory fyzického vstupu/výstupu (viz Obrázek 28). Vstupní identifikátor slouží pro načtení vnější hodnoty. Do výstupního identifikátoru jsou ukládány hodnoty vstupů nebo funkčních bloků. Výstupní identifikátor reprezentuje fyzický výstup mikrokontroléru. [5]



**Obrázek 33** Vpravo identifikátor výstupu, vlevo identifikátor vstupu

### **3.3 Požadavky na program**

Funkcí vnitřního programu mikrokontroléru tohoto systému je možno na základě vstupních signálů z detektorů pohybu vyhodnotit, ze kterého směru byl zaznamenán pohyb a na základě toho dát ostatním směrům znamení zákazu pohybu křižovatkou (rozsvícení na světelné signalizaci červené barvy), provoz je tedy pouštěn vždy jen v jednom směru. Pro co nejplynulejší provoz křižovatkou bylo nutné, aby si program byl schopný zapamatovat pořadí přijíždějící techniky (obsluhovaná řidiči) a v tomto pořadí je pak postupně pouštěn křižovatkou (rozsvěcet na světelné signalizaci zelenou ve směrech v tom pořadí, ve kterém technika přijela). Zákazník si stanovil, že projíždějící technika má přednost před chodci, tudíž chodci mají vždy červenou, dokud neprojede technika. Tento požadavek musí být ve výsledném programu taktéž zahrnut. Posledním požadavkem ze strany zákazníka byl čas stanovený na průjezd techniky křižovatkou. Tento čas si na základě vlastního pozorování zákazník určil na osm vteřin.

### **3.4 Popis programu**

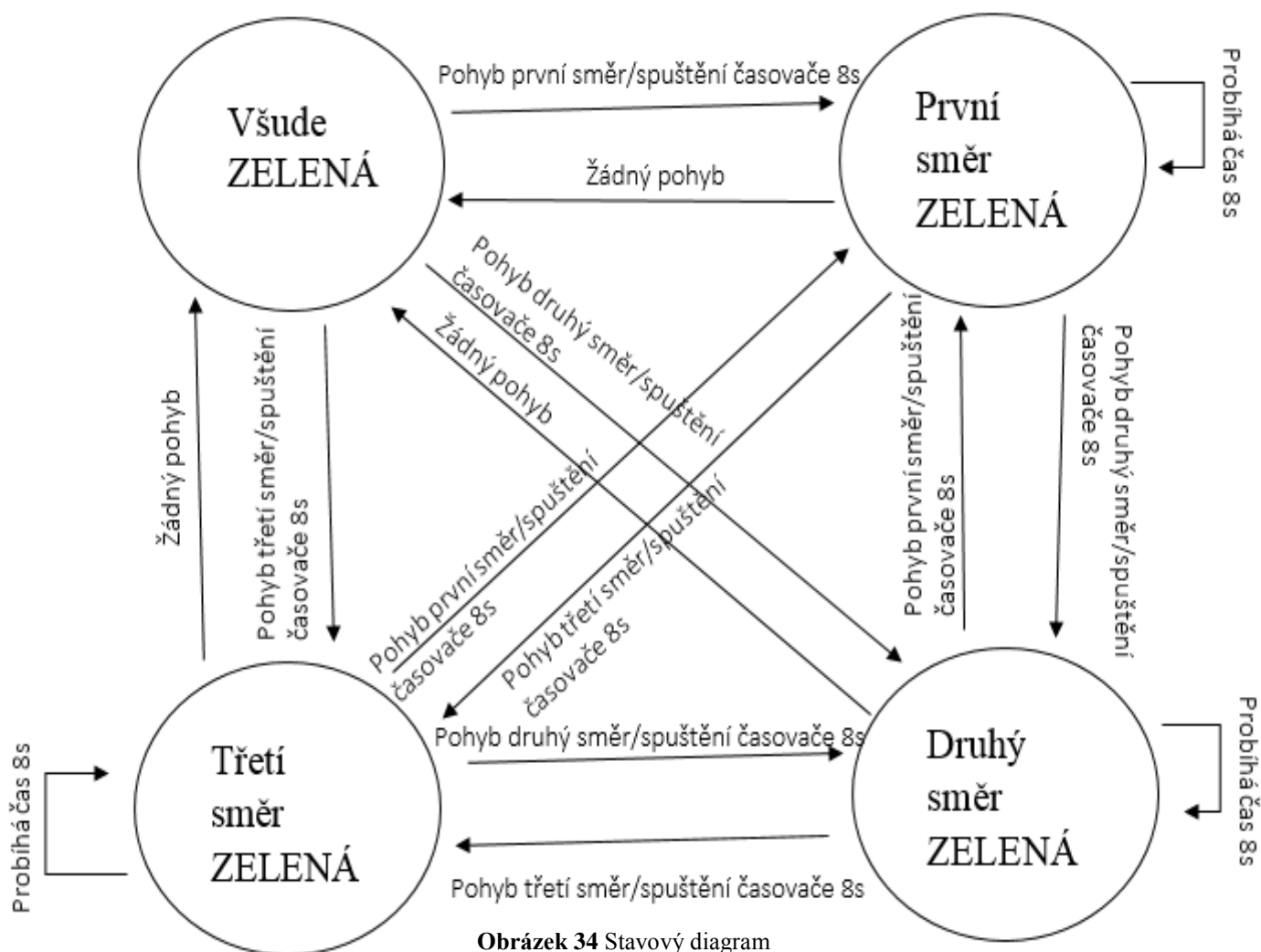
Pro tento elektronický systém vznikly dvě varianty programu. Jejich jediným rozdílem je vstupní část programu, která řeší využití rozdílných detektorů pohybu. V první variantě programu je využito detektorů pohybu rozpoznávající směr pohybu, ve druhé variantě programu je využito detektorů pohybu bez rozpoznání směru, to je ošetřeno softwarově.

Pro vývoj programu byla vytvořena tabulka stavů (viz strana 27) a stavový diagram (viz strana 28).

**Tabulka 9** Tabulka stavů

Aktuální stavy	VSTUPY			Čas na průjezd vypršel	Nový stav	Akce	VÝSTUPY			
	Vstup 1	Vstup 2	Vstup 3				Výstup 1	Výstup 2	Výstup 3	Výstup 4
	První směr	Druhý směr	Třetí směr				První směr	Druhý směr	Třetí směr	Chodci
Všude ZELENÁ	POHYB	NIC	NIC	X	První směr ZELENÁ	Spuštění časovače	ZELENÁ	ČERVENÁ	ČERVENÁ	ČERVENÁ
	NIC	POHYB	NIC	X	Druhý směr ZELENÁ	Spuštění časovače	ČERVENÁ	ZELENÁ	ČERVENÁ	ČERVENÁ
	NIC	NIC	POHYB	X	Třetí směr ZELENÁ	Spuštění časovače	ČERVENÁ	ČERVENÁ	ZELENÁ	ČERVENÁ
První směr ZELENÁ	NIC	NIC	NIC	ANO	Všude ZELENÁ	Spuštění časovače	ZELENÁ	ZELENÁ	ZELENÁ	ZELENÁ
	NIC	POHYB	NIC	ANO	Druhý směr ZELENÁ	Spuštění časovače	ČERVENÁ	ZELENÁ	ČERVENÁ	ČERVENÁ
	NIC	NIC	POHYB	ANO	Třetí směr ZELENÁ	Spuštění časovače	ČERVENÁ	ČERVENÁ	ZELENÁ	ČERVENÁ
Druhý směr ZELENÁ	NIC	NIC	NIC	ANO	Všude ZELENÁ	Spuštění časovače	ZELENÁ	ZELENÁ	ZELENÁ	ZELENÁ
	POHYB	NIC	NIC	ANO	První směr ZELENÁ	Spuštění časovače	ZELENÁ	ČERVENÁ	ČERVENÁ	ČERVENÁ
	NIC	NIC	POHYB	ANO	Třetí směr ZELENÁ	Spuštění časovače	ČERVENÁ	ČERVENÁ	ZELENÁ	ČERVENÁ
Třetí směr ZELENÁ	NIC	NIC	NIC	ANO	Všude ZELENÁ	Spuštění časovače	ZELENÁ	ZELENÁ	ZELENÁ	ZELENÁ
	POHYB	NIC	NIC	ANO	První směr ZELENÁ	Spuštění časovače	ZELENÁ	ČERVENÁ	ČERVENÁ	ČERVENÁ
	NIC	POHYB	NIC	ANO	Druhý směr ZELENÁ	Spuštění časovače	ČERVENÁ	ZELENÁ	ČERVENÁ	ČERVENÁ

X – znamená, že na hodnotě nezáleží



Obrázek 34 Stavový diagram

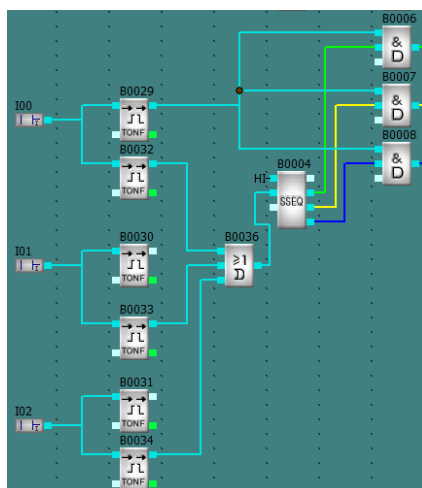
### 3.4.1 První varianta programu

V první fázi programu musí dojít k jeho aktivaci, neboli spuštění časování (viz Obrázek 35). To se děje přes vstupní bloky, na které jsou fyzicky přivedeny signály z detektorů pohybu. Ze všech vstupů jdou signály do funkčního bloku OR, který po příchodu alespoň jednoho vstupního signálu spustí blok RS, ten drží signál a spouští tak první časovač PONS, na jehož výstupu je logická „1“ po dobu časování (po uplynutí této doby je výstup bloku PONS v logické „0“). Je spuštěn čas osmi sekund potřebný na projetí jedním směrem křižovatky. Současně s tímto je spuštěn další časovač TOND, který zpožďuje signál o osm sekund pro projetí prvním směrem, poté signál postupuje dále do časovače PONS, který odpočítává dalších osm sekund pro další směr. Tento cyklus časovačů se v programu opakuje podle počtu směrů pro konkrétní křižovatku.



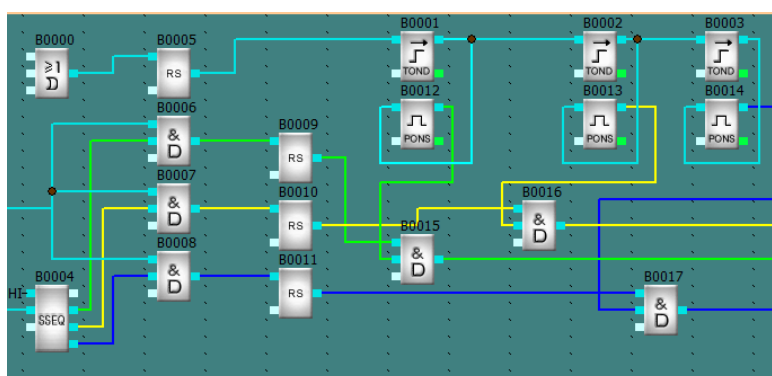
Obrázek 35 Aktivování časovačů

Popis níže je pro jeden směr křižovatky, takto popsaná logika je tedy v programu zopakována 3x - pro každý směr jednou. V další fázi programu je nutné určit pořadí a směr přijíždějící techniky. Z každého vstupu je veden signál přes zpožďovač TONF nastavený na 10ms do bloku OR, který přivádí signál na vstup sekvenčního spínače. Ze sekvenčního spínače to jde v přesném pořadí na logické bloky AND (to znamená z prvního výstupu sekvenčního obvodu na první hradlo AND atd.). Pro každý směr musí být tolik bloků AND, kolik směrů křižovatka obsahuje. Tyto bloky pak určují pořadí, v jakém jsou směry pouštěny (světelná signalizace zelená). Aby byly tyto bloky spuštěny, je na ně zároveň přiveden signál ze vstupu přes zpožďovač TONF nastavený na 50ms. Toto zpoždění je zavedeno pro správné vykonání programu, kvůli zpoždění signálu jdoucí přes sekvenční spínač k jednotlivým blokům (viz Obrázek 36).



**Obrázek 36** Ukázka vstupní části programu pro určení pořadí

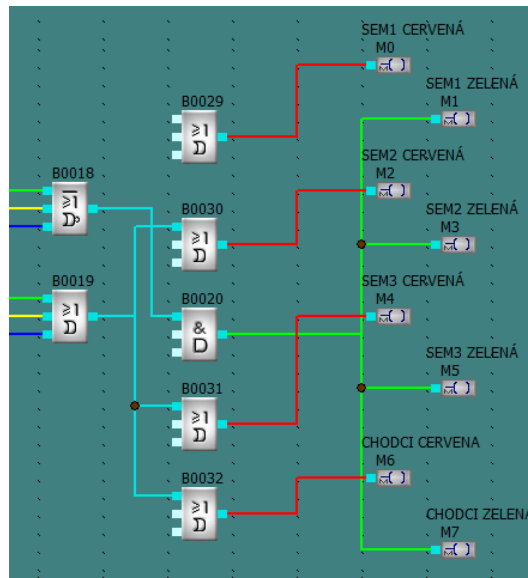
Další krok programu slouží pro přiřazení časů průjezdu k předchozímu vyhodnocenému pořadí (viz Obrázek 37). Po příchodu signálu ze sekvenčního spínače a ze vstupu na blok AND dojde k jeho sepnutí, za každými bloky AND jsou umístěny RS bloky, které v případě sepnutí AND podrží signál v logické „1“. Z každého jednoho RS bloku je výstup připojen na jeden další blok AND. Druhý vstup AND je připojen z výstupů jednotlivých časovačů PONS uvedených výše v textu (první odstavec této kapitoly). Blok AND má na výstupu logickou „1“ po příchodu signálu z RS bloku po vyhodnocení pořadí a příchodu signálu po dobu daného času z časovačů PONS. Tento signál je dále puštěn na výstup a dále zpracován.



**Obrázek 37** Zpracování pořadí a času

Signál je již vyhodnocen předchozími bloky, v poslední části je třeba tento signál využít pro výstupy (viz Obrázek 38). To obstarávají bloky NOR a OR. Tyto bloky jsou připojeny na výstupy předchozích bloků AND (AND sloužící pro zpracování pořadí a času). Bloky NOR zajišťují, že když není na jeho vstupu jediný signál z předchozích AND bloků (nebyl zaznamenán pohyb = logická „0“ na vstupu NOR) dává signál logická „1“. Tento signál je

přiveden na bloky výstupů, na které jsou pak fyzicky připojeny zelená světla na světelné signalizaci. Blok OR pak plní opačnou funkci, tudíž je-li na jejich vstup přiveden alespoň jeden signál z předchozích bloků AND, je na jeho výstupu logická „1“. Výstup bloku OR je pak připojen na další bloky OR, které jsou připojeny na identifikátory výstupu pro červená světla na světelné signalizaci.



**Obrázek 38** Závěrečné vyhodnocení signálu a přivedení na výstupy

Obrázek 38 ukazuje připojení výstupů pro jeden směr. Přidáním druhého směru do programu se blok NOR připojí k hradle AND (ten řídí výstupy pro zelenou signalizaci viz Obrázek 38) a výstup z bloku OR pro druhý směr je pak připojen na další blok OR, který řídí identifikátor výstupu pro SEM1 ČERVENÁ, SEM3 ČERVENÁ, CHODCI ČERVENÁ. Při připojení třetího směru je to obdobné, blok NOR se připojí na blok AND. Výstup bloku OR se pak připojí na blok OR, který řídí identifikátory výstupu SEM1 ČERVENÁ, SEM2 ČERVENÁ, CHODCI ČERVENÁ.

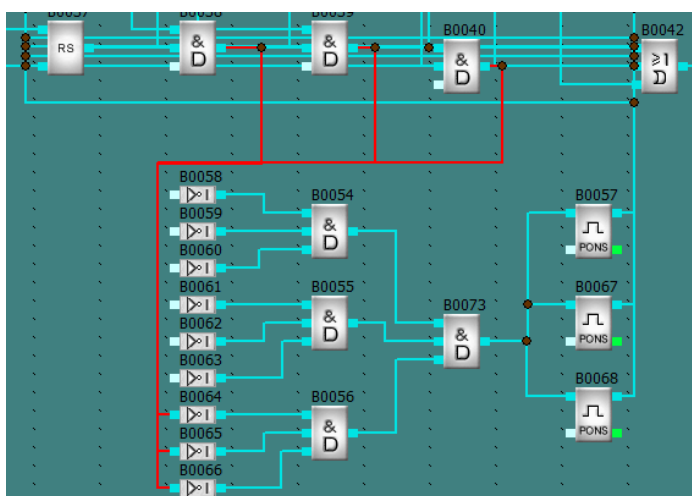
Poslední nedílnou součástí programu pro jeho správnou funkčnost je reset programu (viz Obrázek 39) po vypršení průjezdných cyklů. Bez resetu programu by celý cyklus proběhl pouze jednou, bloky RS by zůstaly aktivovány a časovače by zůstaly vynulované. Reset programu je řešen tak, že ze všech výstupů AND bloků, které slouží pro zpracování pořadí a času, je vyveden signál na bloky NOT. Z bloků NOT jsou signály vedeny na další bloky AND, jeden AND na jeden směr. Tyto bloky AND pro jednotlivé směry jsou spojeny do posledního bloku AND. Není-li aktivní jediný výstup bloků AND pro zpracování pořadí a

času (není aktivní jediný vstup programu a nebyl zaznamenán pohyb), bloky NOT tento signál znegují na logickou „1“.

Logická „1“ přicházející na bloky AND v rámci resetu tyto bloky aktivuje. Za poslední blokem AND, který je v tomto případě aktivní a na jeho výstupu je logická „1“, jsou připojeny časovače PONS, ty jsou nastavené na velmi krátký impulz 10ms.

Tyto časovače jsou spuštěny, jejich výstup je připojen na časovače PONS, které udávají čas průjezdu křižovatkou, na všechny bloky RS, které by jinak držely neustále logickou „1“ a na sekvenční spínač.

Je-li aktivní některý z bloků AND pro zpracování pořadí a času (je přiveden signál na vstup programu), NOT tento signál zneguje na logickou „0“, tak se deaktivuje blok AND v rámci resetu, nejsou aktivní bloky PONS a program není resetován, dokud neproběhne cyklus pro průjezd křižovatkou.



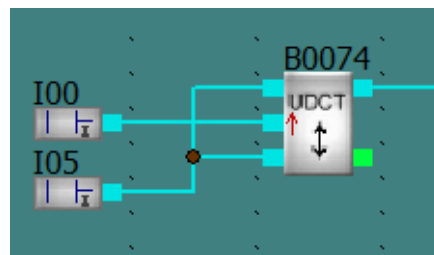
Obrázek 39 Reset programu

### 3.4.2 Druhá varianta programu

Druhá varianta tohoto programu je odlišná pouze v jeho vstupní části. Jelikož se nevyužilo detektorů pohybu DG466, které rozpoznaly směr pohybu, nýbrž byly použity detektory

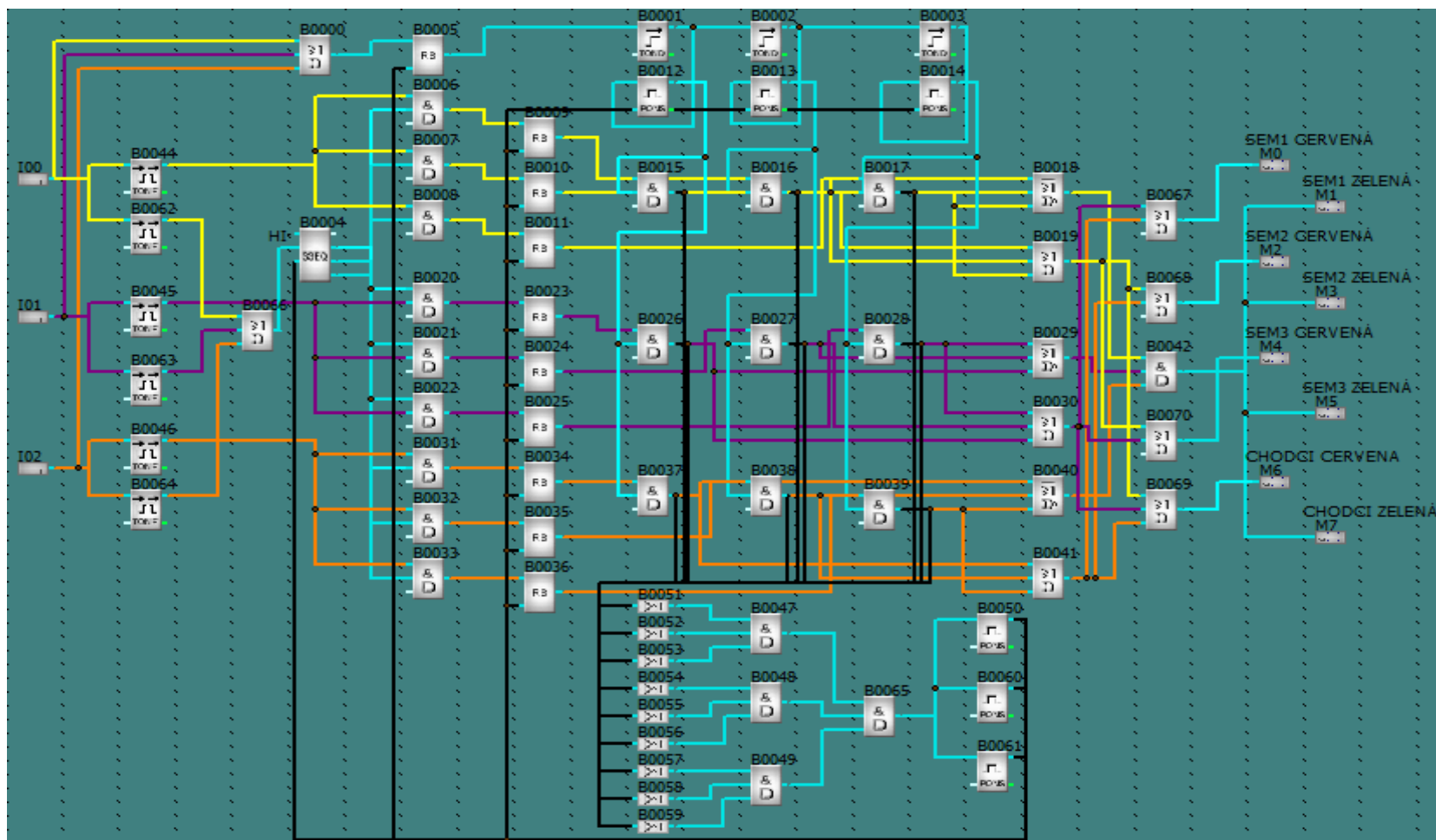
pohybu Paradoor, které nemají funkci rozpoznání směru pohybu, bylo třeba využít v zapojení dvou těchto čidel a ošetřit rozpoznání směru softwarově.

Pro vstup z jednoho směru jsou tedy přivedeny dva vstupní signály ze dvou detektorů pohybu, tedy i v programové části se muselo použít dvou identifikátorů fyzických vstupů. Tyto vstupy jsou přivedeny na funkční blok Up/Down Counter, neboli čítač pulzů nahoru dolů.



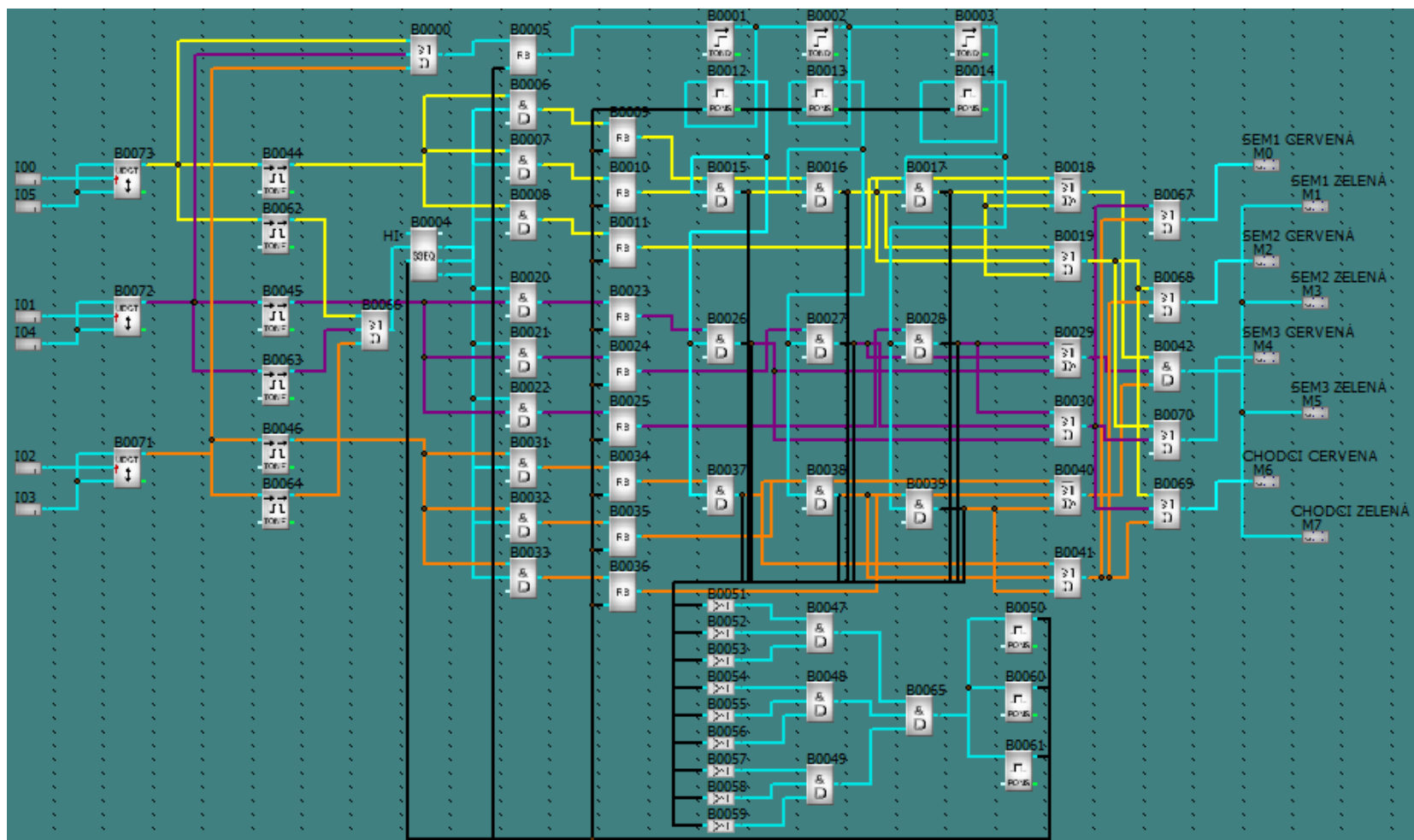
**Obrázek 40** Vstup programu pro druhou variantu

Vstup z detektoru pohybu, který je namířen ve směru příjezdu ke křižovatce, je přiveden na vstup Pulse bloku čítače. Vstup z detektoru pohybu, který je namířen do křižovatky, tudíž ve směru průjezdu křižovatkou, je přiveden na vstup Dir a současně na reset funkčního bloku. Čítač pulzů je nastaven na jeden pulz. Čítač sepne do logické „1“, pouze pokud je přiveden signál na vstup Pulse, tedy je-li sepnutý detektor pohybu ve směru ke křižovatce (příjezd ke křižovatce). Hned poté sepne druhý detektor pohybu, který je ve směru průjezdu křižovatkou, který čítač pulzů resetuje. Když je zaznamenán pohyb v opačném směru, tedy z vnitřní části křižovatky směrem od křižovatky, sepne nejprve detektor pohybu, který přivádí signál na Dir vstup čítače a až poté detektor pohybu, který přivádí signál na Pulse vstup čítače. V takovém případě se v čítači pulz nepřičítá a čítač nesepe výstup do logické „1“. Takto je vstupní část programu ošetřena pro rozpoznání směru pohybu. Z výstupu čítače je signál veden do bloku OR a jednotlivých časovacích zpožďovačů pro sekvenční obvod a bloky AND, jak tomu již bylo v první variantě programu.



Obrázek 41 Ukázka celého programu pro první variantu <sup>4</sup>

<sup>4</sup> Žlutá barva náleží prvnímu směru, fialová barva náleží druhému směru, oranžová barva náleží třetímu směru a černá barva náleží resetu



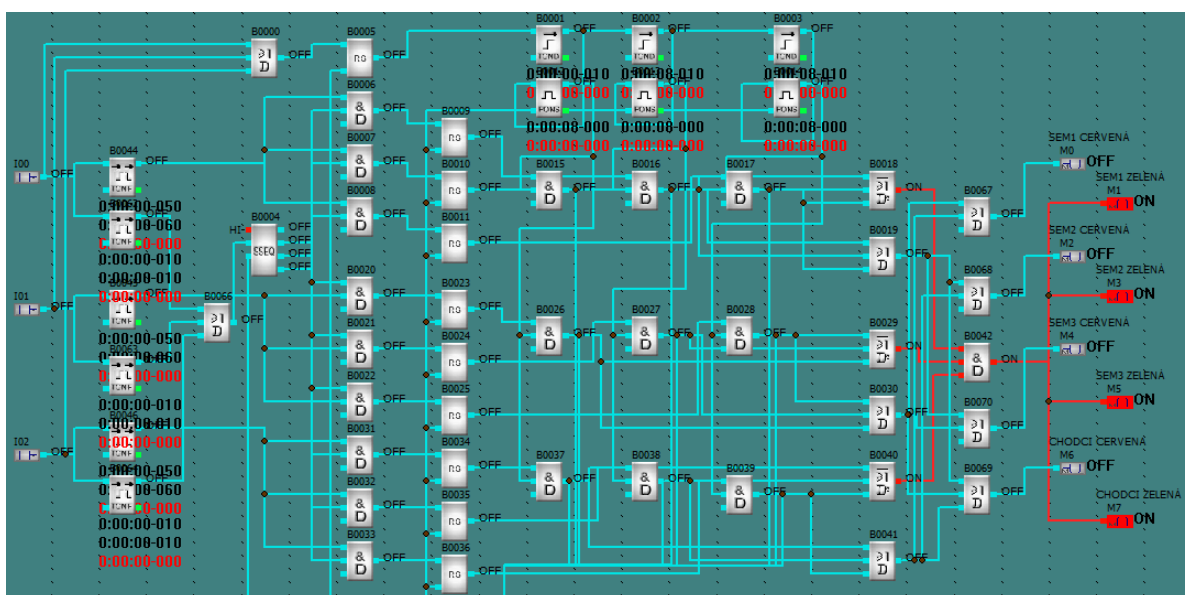
Obrázek 42 Ukázka celého programu pro druhou variantu <sup>5</sup>

<sup>5</sup> Žlutá barva náleží prvnímu směru, fialová barva náleží druhému směru, oranžová barva náleží třetímu směru a černá barva náleží resetu

## 4 Ověření funkce

### 4.1 Simulace ve vývojovém prostředí

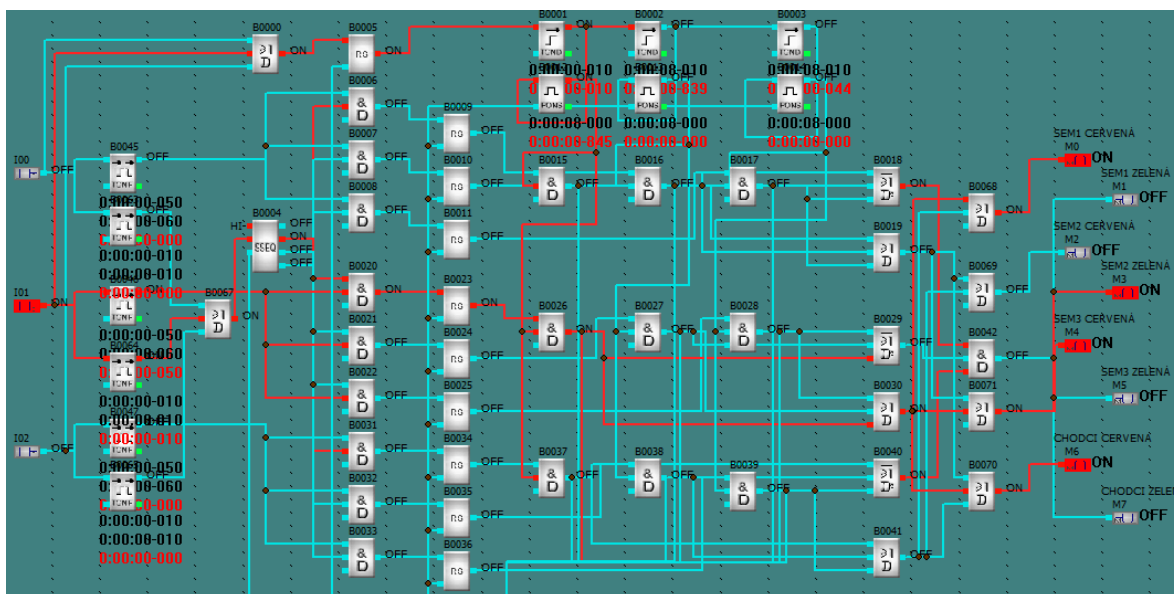
Před instalací systému do provozu a jeho spuštění je třeba v první řadě ověřit jeho správnost funkce. Software APB umožňuje v rámci svého vývojového prostředí provést simulaci připraveného programu. Simulace se ve vývojovém prostředí spouští na horní liště nástrojů přes tlačítko „simulation“. Při spuštěné simulaci zčervenají spoje mezi funkčními bloky, které znázorňují tok informací (logická „1“), u časovačů a zpožďovačů se zobrazí černě nastavený čas a červeně „běžící“ čas při simulaci viz Obrázek 43.



Obrázek 43 Simulace programu bez signálu (pohybu) na vstupu

Na Obrázku 43 je ukázka simulace programu. V tomto případě na detektorech pohybu nebyl zaznamenán pohyb, tedy na vstupech programu není vstupní signál. Časovače a zpožďovače nejsou aktivní a na výstupu jsou aktivní identifikátory výstupu pro zelenou signalizaci ve všech směrech.

Na Obrázku 44 je znázorněn zaznamenaný pohyb ve druhém směru, časovače a zpožďovače „běží“. Cesty, kudy prochází signál, jsou červené a na výstupu jsou červeně znázorněny identifikátory výstupu pro zelenou signalizaci ve druhém směru, červenou signalizaci ve směrech ostatních.



Obrázek 44 Simulace programu se signálem (pohybem) na vstupu

## 4.2 Ověření funkce v provozu

Elektronický systém byl nainstalován u zákazníka, kde byl zprovozněn a spuštěn do provozu. Zákazník si musel jeho funkčnost ověřit sám, a to formou pozorování po dobu několika týdnů. První problém se vyskytl hned ze začátku, a to v detektorech pohybu DG466 (viz kapitola 1 Výběr HW komponent), jejich detekční rychlost nebyla dostatečná pro snímání pohybu vozíků po výrobní hale. Tyto detektory byly nahrazeny typem Paradoor (viz kapitola 1 Výběr HW komponent) a tím vznikla druhá varianta programu (viz kapitola 3 Vytvoření SW pro řídicí automat). Co se hardwaru týče, došlo v průběhu testování k výměně jednoho detektoru pohybu Paradoor, který se v průběhu testování porouchal.

Po softwarové stránce k žádným velkým změnám nedošlo vzhledem k simulování programu ve vývojovém prostředí před samotnou instalací. Jediná změna, ke které došlo, bylo prodloužení časového intervalu na průjezd křižovatkou z původních 8 sekund na 10 sekund pro klidný průjezd i nejdleších vozíkových souprav pohybujících se po výrobní hale.

## 5 Závěr

Vývoj elektronického dopravního systému, jehož úkolem je zajištění bezpečnosti pohybu osob ve výrobní hale, byl ukončen po několika měsících příprav a testování a v tuto chvíli je již implementován do provozu. Celý systém prošel v průběhu vývojové části celou řadou změn, což zvýšilo finanční náročnost celého projektu, který v celkových číslech přišel na několik desítek tisíc korun českých.

V tuto chvíli ještě není známa finální podoba celého systému, v jaké by tento produkt mohl vstoupit na trh. Bude ještě třeba pomocí marketingových nástrojů zvolit ideální finální design a provedení. Zároveň je počítáno s možností úprav dle přání koncových zákazníků.

Z pohledu funkčnosti je systém zcela odladěn až na několik menších nedokonalostí, které však nebrání nasazení k dalším zákazníkům.

Z pohledu zákazníka, pro kterého byl vývoj proveden, splňuje dopravní systém požadavky na výbornou. Počítá se s nasazením na dalších křižovatkách ve výrobní hale a dle informací od zákazníka zaujal tento systém představitele zahraničních poboček této mezinárodní společnosti při oficiální návštěvě natolik, že je velmi pravděpodobné, že by se tento systém mohl rozšířit i do dalších zemí.

## Literatura

- [1] ADI Global Distribution. 2015. *ADI Global Distribution* [online]. [cit. 2015-05-15]. Dostupné z: [www.adiglobal.cz](http://www.adiglobal.cz)
- [2] Dveřní PIR záclona Paradoor 460. 2014. *Eurosat CS - zabezpečovací a kamerové systémy - EZS, EPS, CCTV - Paradox, Concept, LG Electronic* [online]. [cit. 2015-05-15]. Dostupné z: <http://www.eurosat.cz/441-paradoor-460.html>
- [3] HADEx, spol. s.r.o. 2011. *HADEx, spol. s.r.o.* [online]. [cit. 2015-05-15]. Dostupné z: <http://www.hadex.cz/>
- [4] DG466 DIRECTIONAL, digitální stropní PIR. 2015. *Kamerové systémy* [online]. [cit. 2015-05-15]. Dostupné z: <http://www.oxe.cz/dg466-directional-digitalni-stropni-pir/>
- [5] TECON s.r.o. Vrchlabí. 2004. *TECON s.r.o. Vrchlabí* [online]. [cit. 2015-05-15]. Dostupné z: [http://tecon.cz/pdf/Prirucka\\_SuperRelay\\_web.pdf](http://tecon.cz/pdf/Prirucka_SuperRelay_web.pdf)
- [6] VARIANT plus. 2007. *VARIANT plus* [online]. [cit. 2015-05-15]. Dostupné z: <http://www.variant.cz/zbozi/0701-009-dg466-directional>
- [7] WW-WND50TC-U WAH WANG HOLDING - LED | TME Czech Republic s.r.o. - Elektronické součástky. 2015. *TME - O VÝROBCÍCH* [online]. [cit. 2015-05-15]. Dostupné z: <http://www.tme.eu/cz/details/ww-wnd50tc-u/diody-led-smd-bile/wah-wang-holding/>

## Seznam obrázků

<b>Obrázek 1</b> Pracovní oblast DG466 Directional .....	10
<b>Obrázek 2</b> PIR detektor DG466 [4] .....	11
<b>Obrázek 3</b> Pracovní plocha detektoru Paradoor .....	11
<b>Obrázek 4</b> PIR detektor Paradoor [2] .....	12
<b>Obrázek 6</b> Záložní akumulátor ULTRATECH .....	13
<b>Obrázek 5</b> Napájecí zdroj PULSAR .....	13
<b>Obrázek 7</b> Řídící jednotka Super Relay [5] .....	14
<b>Obrázek 8</b> LED dioda K139 [3] .....	15
<b>Obrázek 9</b> LED dioda K148 [3] .....	16
<b>Obrázek 10</b> LED dioda K089 [3] .....	16
<b>Obrázek 11</b> LED dioda WW-WND50TC-U [7] .....	17
<b>Obrázek 12</b> Plošný spoj s SMD LED diodami pro jedno světlo .....	17
<b>Obrázek 13</b> Ukázka světelné signalizace pro chodce .....	18
<b>Obrázek 14</b> Blokové schéma rozmístění prvků v křižovatce .....	19
<b>Obrázek 15</b> Ukázka nainstalovaných semaforů v křižovatce .....	20
<b>Obrázek 16</b> Blokové schéma zapojení systému .....	20
<b>Obrázek 17</b> Ukázka programovacího prostředí pro mikrokontrolér .....	23
<b>Obrázek 18</b> Blok AND .....	24
<b>Obrázek 19</b> Blok OR .....	24
<b>Obrázek 20</b> Blok NOT .....	24
<b>Obrázek 21</b> Blok NOR .....	24
<b>Obrázek 22</b> Blok TOND .....	25
<b>Obrázek 23</b> Časová sekvence bloku TOND .....	25
<b>Obrázek 24</b> Blok TONF .....	25
<b>Obrázek 25</b> Časová sekvence bloku TONF .....	25

<b>Obrázek 26</b> Blok RS .....	25
<b>Obrázek 27</b> Blok PONS.....	25
<b>Obrázek 28</b> Časová sekvence bloku PONS .....	26
<b>Obrázek 29</b> Blok UP/DOWN Counter .....	26
<b>Obrázek 30</b> Časová sekvence bloku UP/DOWN Counter .....	26
<b>Obrázek 31</b> Blok SSEQ .....	26
<b>Obrázek 32</b> Časová sekvence bloku SSEQ .....	27
<b>Obrázek 33</b> Vpravo identifikátor výstupu, vlevo identifikátor vstupu.....	27
<b>Obrázek 34</b> Stavový diagram .....	30
<b>Obrázek 35</b> Aktivování časovačů .....	31
<b>Obrázek 36</b> Ukázka vstupní části programu pro určení pořadí .....	32
<b>Obrázek 37</b> Zpracování pořadí a času .....	32
<b>Obrázek 38</b> Závěrečné vyhodnocení signálu a přivedení na výstupy .....	33
<b>Obrázek 39</b> Reset programu .....	34
<b>Obrázek 40</b> Vstup programu pro druhou variantu.....	35
<b>Obrázek 41</b> Ukázka celého programu pro první variantu .....	36
<b>Obrázek 42</b> Ukázka celého programu pro druhou variantu .....	37
<b>Obrázek 43</b> Simulace programu bez signálu (pohybu) na vstupu.....	38
<b>Obrázek 44</b> Simulace programu se signálem (pohybem) na vstupu .....	39

## Seznam tabulek

<b>Tabulka 1</b> Parametry PIR detektoru DG466 [6].....	11
<b>Tabulka 2</b> Parametry PIR detektoru Paradoor [2] .....	12
<b>Tabulka 3</b> Parametry LED diody K139 [3] .....	15
<b>Tabulka 4</b> Parametry LED diody K148 [3] .....	16
<b>Tabulka 5</b> Parametry LED diody K089 [3] .....	16
<b>Tabulka 6</b> Parametry LED diody WW-WND50TC-U [7] .....	17
<b>Tabulka 7</b> Zapojení vstupů/výstupů na řídicí jednotce .....	21
<b>Tabulka 8</b> Zapojení vstupů/výstupů na řídicí jednotce .....	21
<b>Tabulka 9</b> Tabulka stavů .....	29