

Inovace výukového modelu řízení osvětlení haly s PLC

Innovation of the hall lighting control educational model with PLC

Radek Holíš



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Radek HOLIŠ**
Osobní číslo: **A09019**
Studijní program: **B 3902 Inženýrská informatika**
Studijní obor: **Informační a řídicí technologie**

Téma práce: **Inovace výukového modelu řízení osvětlení haly s PLC**

Zásady pro vypracování:

1. Prostudujte současný stav modelu osvětlení haly v laboratoři programovatelných automatů a ověřte jeho funkci.
2. Na základě zjištěných vlastností modelu navrhnete možnosti zlepšení jeho funkce.
3. Provedte hardwarový návrh inovovaných elektronických obvodů.
4. Realizujte navržené úpravy modelu a implementujte do něj novější typ PLC SAIA.
5. Vytvořte ukázkové programové vybavení, které bude demonstrovat funkci inovovaného modelu.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

1. BURKHARD, Mann. C pro mikrokontroléry. Praha : BEN – technická literatura, 2003. 280 s. ISBN 80-7300-077-6.
2. Freescale Semiconductor. CPU08 Central Processor Unit Reference Manual., 2001. Dostupný z WWW:
3. Freescale Semiconductor. HCS08 Family Reference Manual, Rev.1., 2003. Dostupný z WWW:
4. HRABOVSKÝ, Miroslav, JURÁNEK, Antonín. EAGLE pro začátečníky : Návrhový systém pro plošné spoje. Praha : BEN – technická literatura, 2007. 192 s. ISBN 80-7300-213-2.
5. HRUŠKA, František a Ladislav ŠMEJKAL. Technické prostředky informatiky a automatizace: (úvod, popis funkce, konstrukce a aplikace). Vyd. 1. Ve Zlíně: Univerzita Tomáše Bati, 2007, 193 s. ISBN 978-807-3185-350.
6. MARTINÁSKOVÁ, Marie a Ladislav ŠMEJKAL. Řízení programovatelnými automaty. Vyd. 2. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2004, 160 s. ISBN 80-010-2925-5.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Petr Dostálek, Ph.D.

Ústav automatizace a řídicí techniky

Datum zadání bakalářské práce:

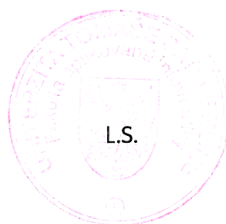
24. února 2012

Termín odevzdání bakalářské práce:

8. června 2012

Ve Zlíně dne 24. února 2012

prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.
děkan



prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.
ředitel ústavu

ABSTRAKT

Cílem této bakalářské práce je analyzovat současný stav modelu pro regulaci intenzity osvětlení v laboratořích PLC, zhodnotit jeho stav a na základě zjištěných vlastností navrhnout možnosti zlepšení jeho funkce. Následně tento návrh také realizovat a implementovat do něj novější typ PLC SAIA. V teoretické části je popsán současný stav modelu, návrh na zlepšení, použité PLC, mikropočítač, snímání a regulace intenzity osvětlení. Praktická část se zabývá jednotlivými bloky řídicí desky, programem pro mikropočítač a PLC, mechanickým provedením haly a také ověřením funkce nového modelu.

Klíčová slova: PLC, mikropočítač, PWM, SAIA, Freescale, řízení osvětlení, hala

ABSTRACT

The goal of this thesis is to analyze the current state of the model to control the lighting in PLC laboratories, assess its condition and design ways to improve its function. Then this design will also realize and implement a newer type of PLC SAIA to it. The theoretical part describes the current state of the model, designs to improve, used PLC, microcontroller scanning and control of light intensity. The practical part describes individual blocks of the main board, the program for a microcontroller and PLC, mechanical design and verification of the function of a new model.

Keywords: PLC, microcontroller, PWM, SAIA, Freescale, lighting control, hall

Rád bych poděkoval panu Ing. Petru Dostálkovi, Ph.D. za cenné rady, pomoc při řešení problémů, které se vyskytly v průběhu tvorby mé bakalářské práce a za čas, který této práci věnoval. Dále bych chtěl poděkovat rodině a přátelům za podporu.

„Cokoliv si lidská mysl dokáže představit, a čemu dokáže uvěřit, toho lze dosáhnout.“

Napoleon Hill

Prohlašuji, že

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

Prohlašuji,

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

Ve Zlíně

.....
podpis diplomanta

OBSAH

ÚVOD.....	9
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 KONCEPCE PŮVODNÍHO MODELU.....	11
1.1 ANALÝZA STAVU MODELU.....	11
1.2 NÁVRHY NA ZLEPŠENÍ MODELU	13
2 MIKROPOČÍTAČ	14
2.1 POUŽITÝ MIKROPOČÍTAČ	14
2.2 PROGRAMÁTOR FREESCALE USBDM	15
3 POPIS PROGRAMOVATELNÉHO AUTOMATU.....	16
3.1 PROGRAMOVATELNÝ AUTOMAT SAIA PCD2.....	16
3.2 VSTUPNÍ A VÝSTUPNÍ MODULY	18
3.2.1 Modul binárních vstupů	18
3.2.2 Modul binárních výstupů	18
3.2.3 Modul analogových vstupů	19
3.2.4 Modul analogových výstupů	19
4 SNÍMÁNÍ A REGULACE INTENZITY OSVĚTLENÍ.....	20
4.1 FOTOCITLIVÉ PRVKY.....	20
4.1.1 Fotodioda.....	20
4.1.2 Fototranzistor	21
4.2 PŘEVODNÍK PROUDU NA NAPĚTÍ	23
4.3 SVĚTELNÉ ZDROJE	24
4.3.1 Žárovky	24
4.3.2 Zářivky, výbojky	25
4.3.3 Luminiscenční diody	25
4.4 PULSNĚ ŠÍRKOVÁ MODULACE	26
4.4.1 Princip modulace.....	26
4.4.2 Modulace ve výkonové technice	26
5 POUŽITÉ SOFTWARE NÁSTROJE.....	27
5.1 EAGLE.....	27
5.2 CODEWARRIOR	27
5.3 PG5 CONTROLS SUITE.....	28
II PRAKTICKÁ ČÁST	30
6 NÁVRH HARDWARE	31
6.1 BLOKOVÉ SCHÉMA ŘÍDÍCÍ DESKY	31
6.2 FUNKČNÍ BLOKY ŘÍDÍCÍ DESKY	32
6.2.1 Napájení	32
6.2.2 Snímací část	34

6.2.3	Vstupní signál pro mikropočítač	35
6.2.4	Spínací část.....	36
6.3	PROPOJENÍ MODULU S PROGRAMOVATELNÝM AUTOMATEM.....	37
6.4	FOTODIODA BPW 34.....	39
7	PRAKTICKÁ REALIZACE MODELU.....	40
7.1	VÝROBA PLOŠNÝCH SPOJŮ FOTOCESTOU	40
7.2	MECHANICKÉ PROVEDENÍ HALY	41
7.2.1	Konstrukce	41
7.2.2	Ovládací prvky	43
8	PROGRAMOVÉ VYBAVENÍ.....	44
8.1	PROGRAM PRO MIKROPOČÍTAČ	44
8.2	UKÁZKOVÝ PROGRAM PRO PROGRAMOVATELNÝ AUTOMAT	46
8.3	UKÁZKOVÁ VIZUALIZACE.....	48
9	OVĚŘENÍ FUNKCE NOVÉHO MODELU.....	50
9.1	NAMĚŘENÝ PRŮBĚH INTENZITY OSVĚTLENÍ.....	50
9.2	LINEARIZACE PRŮBĚHU	51
	ZÁVĚR	54
	CONCLUSION	55
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	56
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	58
	SEZNAM OBRÁZKŮ	59
	SEZNAM GRAFŮ	61
	SEZNAM TABULEK.....	62
	SEZNAM PŘÍLOH.....	63

ÚVOD

Důležitou součástí, jak člověku vytvořit příjemné prostředí jak doma, tak obzvláště na pracovišti, je vhodně zvolený zdroj osvětlení a s ním i související intenzita osvětlení. Je dokázáno, že vhodně zvolené světelné podmínky vyvolávají v člověku lepší náladu, zvyšuje se také pracovní morálka a také roste efektivita prováděné práce.

Minimální hodnoty osvětlení jsou definovány dle Sbírky zákonů č.108/2001. Tato sbírka stanovuje hygienické požadavky na prostorové podmínky, vybavení, provoz, osvětlení, vytápění, mikroklimatické podmínky, zásobování vodou a úklid škol. Dle tohoto zákona můžeme zjistit, že např. v jídelnách je dostačující menší hodnota intenzity osvětlení, nežli v laboratoři a také menší, nežli v čítárnách nebo studovnách.

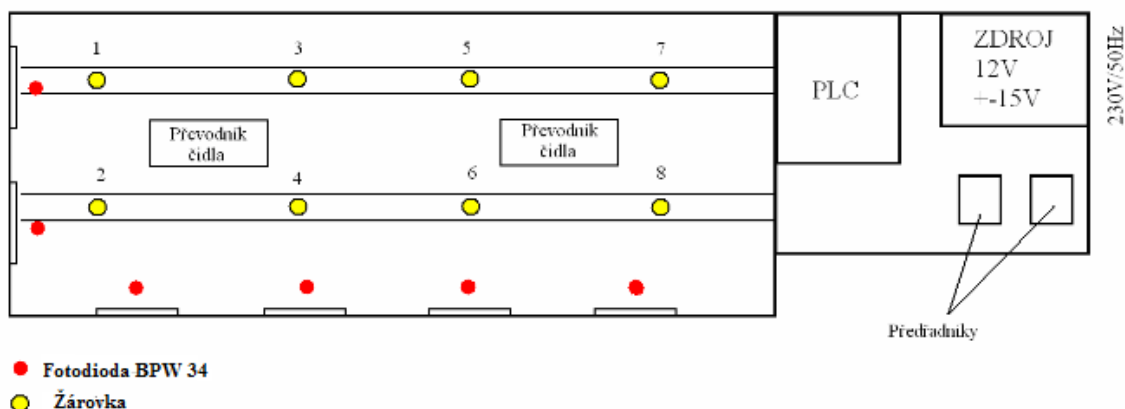
Z těchto faktů vyplývá skutečnost, že je nutné efektivně zajišťovat vhodné osvětlení na pracovištích. Proto je důležité intenzitu osvětlení regulovat. Jedním z možných řešení je regulace pomocí programovatelného automatu, známého více pod anglickou zkratkou PLC - Programmable Logic Controller. Programovatelný automat je charakteristický svou univerzálností, protože jak už vypovídá název, řídí procesy pomocí uživatelského programu, který může být kdykoli upraven a přizpůsoben. Z tohoto faktu vyplývá, že v případě potřeby není nutno zasahovat do elektroinstalace, případně měnit celý hardware procesu. Součástí této práce je model, který simuluje právě středně velkou halu, kdy k regulaci intenzity osvětlení je programovatelný automat ideálním řešením. Výhody pro zaměstnance jsou již uvedeny výše, výhodou pro zaměstnavatele může být např. ekonomické šetření elektrickou energií a s tím spojené výdaje za ni.

V modelu jsou použity klasické žárovky, určené pro připojení na stejnosměrné napětí o hodnotě 24 V. Při řešení reálného problému jak takto velkou halu osvětlit a jak v ní intenzitu osvětlení regulovat, by se jako zdroje osvětlení volily spíše LED žárovky, nebo zářivky. Do takto dimenzovaného modelu by byla instalace jiných zdrojů osvětlení náročná a neefektivní. Důležitým aspektem je však to, že zůstává zachován základní princip regulace intenzity osvětlení a s ním i spjatý postup při tvorbě programu pro programovatelný automat. Obdobný fakt platí i pro snímač intenzity osvětlení, kdy by mohl být použit drahý, v praxi používaný snímač, ale opět by bylo jeho využití neefektivní, již z rozměrových důvodů modelu.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 KONCEPCE PŮVODNÍHO MODELU

Původní model disponuje dvěma světelnými okruhy. Každý z nich obsahuje své snímače osvětlení a 4 světelné zdroje, resp. žárovky. Tyto zdroje jsou doplněny předřadnými obvody pro stmívání. Jako snímače je zde využito 6 fotodiód, které snímají právě intenzitu osvětlení. Rozložení jednotlivých prvků je demonstrováno na obrázku (Obr. 1). Ovládací prvky, resp. 6 tlačítek se nachází v pravé části, nad programovatelným automatem, na vrchním krytu.



Obr. 1 Rozložení zařízení v původním modelu [1]

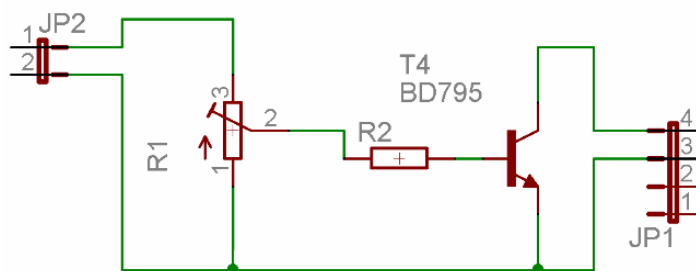
Stav původního modelu, který demonstruje regulaci intenzity osvětlení, nebyl příliš uspokojivý, v průběhu analýzy se vyskytly značné nedostatky jak v mechanickém provedení haly, tak v hardwarovém řešení.

1.1 Analýza stavu modelu

V průběhu analýzy stavu původního modelu muselo být řešeno spoustu problémů a nedostatků, jak přímo modelu haly, tak i staršího typu PLC.

V modelu haly je přímo umístěno napětí 230 V AC a to v blízkosti PLC, což může působit jako rušivý element. Zdroj je sice opatřen krytem, avšak toto krytí není příliš dostatečné. Celá elektroinstalace vodičů je špatně volená, přičemž kabely jsou často v místech bez izolací nebo jen spojeny smotáním dohromady a tímto může vznikat velký přechodový odpor, což není žádoucí. Kabeláž je připevněna elektroinstalační páskou k mechanickým částem haly, což také není ideální řešení, navíc jejich uspořádání a značení je nelogické.

Elektronické řešení je také nedostačující, je sice funkční, avšak do určité míry, takto by v praxi nešel daný problém řešit. Jelikož po zahřátí tranzistorů, které jsou součástí předřadníků pro ovládání svítivosti žárovek, posunou své pracovní body a vedou tak lépe elektrický proud, což má za efekt to, že jas žárovek roste s rostoucí teplotou chladiče tranzistorů. Tento jev je nutné regulovat, avšak pokud jen nastavíme hodnotu intenzity osvětlení, nesnímáme ho a neregulujeme, pouze ho ovládáme, dojde postupem času ke zvýšení intenzity osvětlení. Hardwarové provedení je zobrazeno na obrázku (Obr. 2).



Obr. 2 Schéma předřadníků původního modelu [1]

Ovládací box, na kterém jsou umístěna tlačítka, je pouze z měkkých překližovaných desek a při stisku jednoho z nich dojde ke značnému prohnutí, při silnějším stisku by mohlo dojít i k poškození, navíc z tohoto boxu vyčnívá kabel pro sériovou komunikaci, který navíc slouží i k programování PLC a je namáhán právě zavřeným víkem. Navíc je tento prvek nevzhledný a při neopatrné manipulaci s modelem by mohlo dojít k jeho odlomení nebo poškození.

Každý z okruhů pracuje v trochu jiném pásmu rozsahu napětí, čili pro první okruh ne vždy platí to, co pro druhý. Snímače intenzity osvětlení také nepracují ve stejných rozsazích a tak bylo nutné provádět rozsáhlá testování a pozorování k úspěšnému nastavení mezi napětí a hodnot pro analogové moduly. Malé pásmo, kde se jas žárovek mění, je taky mínusem modelu. Jedná se přibližně o pásmo 450 mV až 650 mV. Tyto hodnoty byly stanoveny měřením a průměrováním hodnot. Jako plus je možné hodnotit správný výběr snímačů (fotodiod), které mají lineární charakteristiku závislosti proudu na intenzitě osvětlení.

Značné potíže také činila komunikace mezi Control Webem 6 a PLC, jejíž zprovoznění zabralo také dost času, což bylo způsobeno právě starším typem programovatelného automatu.

Obrázek (Obr. 3) je fotografie původního modelu, kde je možno přímo vidět mechanické provedení, ovládací prvky a také některé nedostatky.



Obr. 3 Fotografie původního modelu

1.2 Návrhy na zlepšení modelu

Po důkladné analýze stavu původního modelu vyplynuly návrhy na inovaci. Prvotním cílem práce byla výměna stávajícího typu PLC SAIA PCS1.622 za nový automat SAIA PCD2.M5540 a nová elektroinstalace vodičů. Avšak zkoumání stavu a následné nedostatky vyvodily důsledek, že nejlepším řešením bude vytvořit nový model.

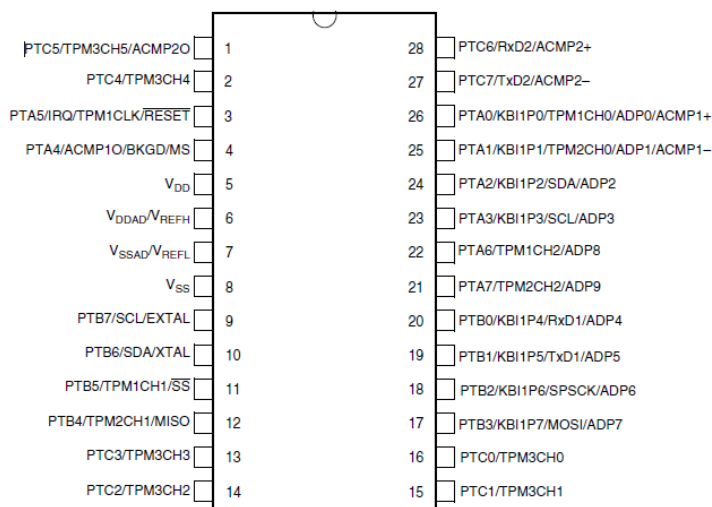
Nový model haly by měl být napájen pouze z 24 V DC adaptéru s tím, že toto napětí bude přivedeno i na konektory, na které je možno připojit přídatné periferie (jako přídatný ovládací panel). Odpadá tak používání laboratorního zdroje a hlavně v modelu není síťové napětí. Hala by měla být konstruována z pevných překližovaných desek tak, aby nemohlo dojít k jejich promáčknutí nebo poškození. Model bude disponovat odnímatelnou střešou z plexiskla s možností zatemnění. Dále se provede výměna starého typu PLC a elektroinstalace bude přehledná a barevně odlišená. Světelné zdroje budou řízeny mikropočítačem (nejlépe pulsně šířkovou modulací). Mikropočítač bude linearizovat závislost intenzity osvětlení na přivedeném napětí. Na ovládacím panelu budou nainstalovány přídatné tlačítka a vyvedeny konektory z PLC, které slouží ke komunikaci. Hala bude obsahovat také více světelných okruhů.

2 MIKROPOČÍTAČ

Mikropočítač je elektronická součástka, která obsahuje mikroprocesor, řadič, paměť (velmi malou) a aritmeticko-logickou jednotku s registry, do kterých se nahrávají operandy aritmetických operací nebo logického porovnání. Mikroprocesory jsou 8 bitové, dražší 16 bitové, nebo pro náročnější úlohy, jako např. překlad jazyků, se používají mikroprocesory 32 bitové. Pro zrychlení mikroprocesoru se používá koprocessor, např. pro matematické operace. Zaváděcí program je uložený v paměti ROM. Paměť RAM slouží k zpracování dat a ukládání mezivýsledků. Polovodičové paměti mají kapacitu 16, 64 kB ale i 4 MB [2].

2.1 Použitý mikropočítač

Při řešení této práce byl zvolen mikropočítač od firmy Freescale, nesoucí označení MC9S08QE32. Jedná se o 8 bitový mikropočítač z rodiny HCS08 v pouzdře 28pin SOIC, viz obrázek (Obr. 4).



Obr. 4 Popis pinů mikropočítače [3]

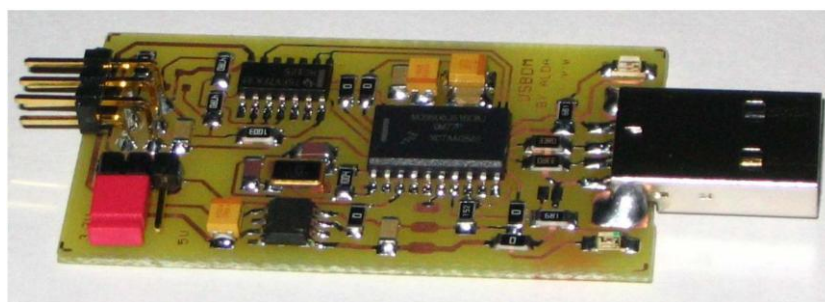
Základní vlastnosti tohoto mikropočítače jsou:

- napájecí napětí: 3,3 V, CPU max. 50,33 MHz
- Flash 32 kB, RAM 2 kB
- 3x časovač s podporou PWM
- 12 bit A/D převodník
- komunikace SCI, SPI, I²C, BDM [3]

2.2 Programátor Freescale USBDM

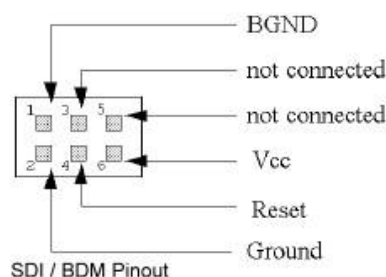
Jedná se o USBDM_JS16, což je inovovaný programátor mikropočítačů Freescale HCS08, HCS12 a ColdFire V1, nástupce OpenSourceBDM. Oproti OSBDM je zde použit novější mikropočítač z rodiny HCS08, který odstraňuje nedostatky starší verze a disponuje vyšším výkonem [4].

Tento programátor je nejjednodušší variantou z rodiny programátorů USBDM. Programátor nabízí možnost napájení programovaného mikropočítače, oproti originální verzi, přímo z programátoru, napětím 5 V nebo 3,3 V, které se vybírá manuálně pomocí propojky. Celá konstrukce je navržena na jednostranném plošném spoji, který je osazen pouze součástkami SMD, takže spodní strana zůstává prázdná. Veškeré použité součástky kromě mikropočítače se dají zakoupit v prodejně GM Electronic. Samotný mikropočítač je možné získat jako vzorek od výrobce [4].



Obr. 5 Programátor USBDM_JS16 [4]

K mikropočítači se pak programátor připojuje přes speciální BDM konektor (Obr. 6).



Obr. 6 Zapojení BDM konektoru [4]

Předcházející verze programátoru OpenSourceBDM fungovaly dobře pouze na 32 bitových operačních systémech, což bylo dosti limitující, a tak nová verze programátoru s označením USBDM_JS16 byla ideální volbou. Tímto programátorem byl také naprogramován mikropočítač, který ovládá řídicí desku [4].

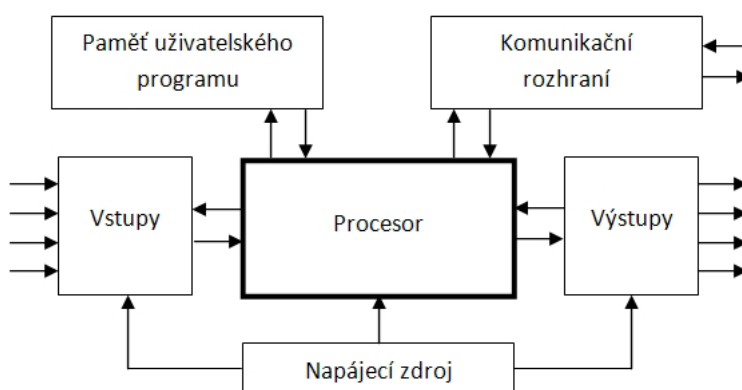
3 POPIS PROGRAMOVATELNÉHO AUTOMATU

Programovatelný automat, neboli PLC je zařízení, sloužící k řešení úloh převážně v automatizaci, které jsou více komplexní. PLC je stěžejní částí průmyslové automatizace, ta se skládá z dalších částí a to:

- prvky, určené k ovládání či snímání – digitální nebo analogové senzory, ovladače, tlačítka, elektromotory, frekvenční měniče, pneumatické ventily atd.
- zobrazovací jednotky – panely SCADA a HMI, displeje [5]

PLC je uživatelem programovatelný číslicový počítač, který má oproti běžným počítačům určité specifické vlastnosti, které ho řadí do cílové oblasti, kde se využívá. PLC pomocí analogových nebo číslicových vstupních nebo výstupních jednotek získává a následně předává informace. Algoritmy jsou uloženy v paměti pro uživatelský program. Program se vykonává cyklicky [5].

Oproti běžným počítačům je PLC přizpůsobeno tak, že může být využíváno v prašných, vlhkých, teplotně různorodých i vibrujících prostředích, která jsou typická pro průmysl. Skládá se z několika hlavních částí, které jsou blokově zobrazeny na obrázku (Obr. 7) [5].



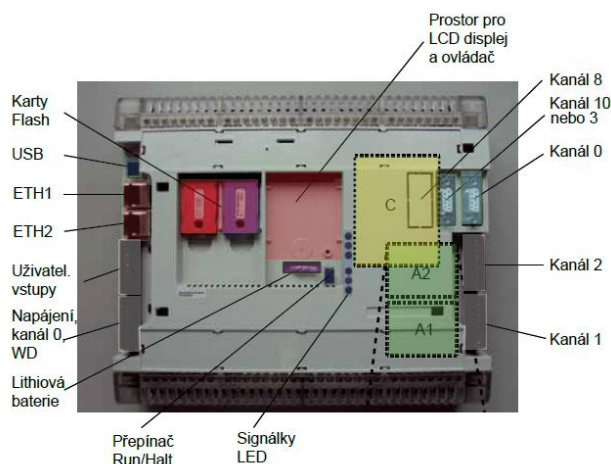
Obr. 7 Struktura PLC systému [5]

3.1 Programovatelný automat SAIA PCD2

V modelu je zabudováno PLC s označením SAIA PCD2.M5540. Tento automat obstarává snímání intenzity osvětlení v jednotlivých místnostech a také řídí jas žárovek.

Základní stanice PLC obsahuje 8 pozic pro I/O moduly řady PCD2. Je osazena procesorem Motorola CF 5272 / 66 MHz. Integrovaná paměť 1 MB RAM je určena pro uložení

uživatelského programu, textu a datových bloků. Zálohu uživatelského programu je možno uložit na integrovanou paměť Flash o velikosti 1 MB. PLC disponuje čtyřmi komunikačními rozhraními: první je rozhraní USB (PGU) určené pro programování, druhé je RS 485 /Profi-S-Net , třetí je rozhraní Ethernetu a čtvrtým je rozhraní (PGU) RS 232 (vhodné i pro připojení modemu). Napájecí napětí je 24 V DC s tolerancí $\pm 25\%$ včetně 5 % zvlnění. Záloha dat až 3 roky po vypnutí napájení je zajištěna pomocí baterie [6].



Obr. 8 Uspořádání SAIA PCD2. M5540 [7]

Základní parametry použitého PLC jsou shrnuty v tabulce (Tab. 1).

Parametr	Informace
Maximální počet I/O	128
Rozšíření I/O pomocí modulů PCD2	128
Rozšíření I/O pomocí modulů PCD2	896
Rozšíření I/O pomocí modulů PCD3	896
Rychlost provádění instrukce	Bitová 0,9 μ s, aritmetická 0,3 -1,5 μ s
Paměť	RAM 1 MB, Flash 1 MB
Paměť souborový systém	Pozice M1, M2, Pozice 0-3 pro I/O moduly
Paměť souborový systém SD karta	Pozice 0-3 pro I/O moduly
Max. počet komunikačních kanálů	Až 15
Integrované komunikační rozhraní	RS 232 plná (PGU) / RS 485, RS 485 / Profi-S-Net
Integrované komunikační rozhraní	Ethernet, Ethernetový switch
Rozšíření komunikačních rozhraní	Pozice A1, A2, Pozice C, Pozice 0-3 pro I/O moduly
Napájecí napětí	24 V DC
Záloha uživatelských dat	Až 3 roky

Tab. 1 Základní parametry SAIA PCD2. M5540 [7]

3.2 Vstupní a výstupní moduly

Do použitého PLC je možno zapojit až 8 vstupních nebo výstupních modulů. Do automatu je připojen modul binárních vstupů, modul binárních výstupů, modul analogových vstupů a modul analogových výstupů. Tyto I/O zařízení, resp. jejich základní parametry, jsou popsány právě v této podkapitole.

3.2.1 Modul binárních vstupů

Jedná se o ekonomický vstupní modul, vhodný jak pro napájená, tak i uzemňovaná čidla. Nese označení PCD2.E166. Má 16 galvanicky neoddělených vstupů. Je vhodný pro většinu elektronických a elektromechanických prvků, které spínají napětí 24 V DC. Modul PCD2.E166 se od PCD2.E165 liší kratším vstupním zpožděním, typicky 0,2 ms. Základní technické údaje obsahuje tabulka (Tab. 2) [7].

Parametr	Informace
Počet vstupů	16 bez galvanického oddělení
Vstupní napětí	24 V DC (15...30 V DC) zbytkové zvlnění max.10%
Vstupní zpoždění	typicky 0,2 ms
Odolnost proti rušení	2 kV při kapacitní vazbě (celá skupina párů)
Odběr z vnitřního zdroje +5 V	1...72 mA, typicky 36 mA
Odběr z vnitřního zdroje V+	0 mA
Odběr z vnějšího zdroje	max. 64 mA (všechny vstupy = 1) při 24 V DC
Návaznosti	pérová svorkovnice, vodiče do 0,5 mm ² (1 x AWG 20)

Tab. 2 Technické údaje modulu binárních vstupů [7]

3.2.2 Modul binárních výstupů

Tento modul je zastoupen ekonomickým výstupním modulem PCD2.A465 s 16 tranzistorovými výstupy. Výstupní proud 5 až 500 mA, s ochranou proti zkratu. Bez galvanického oddělení, pro spínání napětí v rozsahu 10 až 32 V DC. Technické údaje představuje tabulka (Tab. 3) [7].

Parametr	Informace
Počet výstupů	16, bez galvanického oddělení
Výstupní proud	5...500 mA (zbytkový proud max. 0,1 mA)
Ochrana proti zkratu	ano
Celkový proud na modul	8 A trvale
Pracovní režim	spíná kladné napětí do zátěže
Napětíový rozsah	10...32 V DC vyhlazené, zbytkové zvlnění max. 10%

Úbytek napětí	max. 0,3 V při 0,5 A
Zpoždění výstupu	50 μ s, max. 100 μ s pro činnou zátěž
Odolnost proti rušení	4 kV při přímé vazbě
Odběr z vnitřního zdroje +5 V	max. 74 mA (všechny výstupy sepnuté), typicky 40mA
Odběr z vnitřního zdroje V+	0 mA
Návaznosti	pérová svorkovnice, vodiče do 0,5 mm ² (1 x AWG 20)

Tab. 3 Technické údaje modulu binárních výstupů [7]

3.2.3 Modul analogových vstupů

Použitý modul analogových vstupů PCD2.W200 má 8 kanálů a je určený pro vstupní napětí 0 – 10 V. Tento vstupní modul s krátkou dobou převodu je univerzálně použitelný pro různé typy analogových vstupů. Nehodí se pro velmi malé signály, které jsou typické pro termočlánky nebo odporové teploměry Pt 100. Popisuje ho tabulka (Tab. 4) [7].

Parametr	Informace
Galvanické oddělení	ne
Rozlišení (číselná reprezentace)	10 bitů (0...1023)
Princip měření	společná zem (nediferenciální)
Vstupní odpor	0 ... 10 V: 80 k Ω / 0,15 %
Maximální měřicí proud pro měření	1,5 mA
Přesnost	± 3 bity
Teplotní chyba (0°...+55 °C)	$\pm 0,3$ % (± 3 bity)
Přepět'ová ochrana	W200/220: ± 50 VDC
Časová konstanta vstupního filtru	W200: typicky 5 ms
Návaznosti	10 pólový konektor se šroubovými svorkami

Tab. 4 Technické údaje modulu analogových vstupů [7]

3.2.4 Modul analogových výstupů

Rychlý výstupní modul se 4 výstupními kanály, každý rozlišení 8 bitů. Lze pomocí propojek nastavit různé typy výstupních signálů. Tabulka (Tab. 5) vyobrazuje základní specifiky modulu [7].

Parametr	Informace
Výstupní rozsahy	0...10 V / 0...20 mA / 4...20 mA
Rozlišení (číselná reprezentace)	8 bitů (0...255)
Doba převodu D/A	< 5 μ s
Zatěžovací odpor	pro 0...10 V ≥ 3 k Ω
Přesnost	pro 0...10 V 1 % ± 50 mV
Teplotní chyba (0...+55 °C)	typicky 0,2%
Návaznosti	10 pólový konektor se šroubovými svorkami

Tab. 5 Technické údaje modulu analogových výstupů [7]

4 SNÍMÁNÍ A REGULACE INTENZITY OSVĚTLENÍ

Intenzitu osvětlení lze snímat měřicími přístroji, které obsahují např. fotocitlivý prvek. Na základě nasnímané hodnoty lze následně regulovat intenzitu osvětlení, avšak této činnosti nejprve předchází převedení snímané veličiny na unifikovaný signál [8].

4.1 Fotocitlivé prvky

Detektory světelného záření přeměňují optické záření na elektrický signál. Podle typu aplikace pracují detektory optického záření v různých oblastech světelného záření, od ultrafialové po infračervené [8].

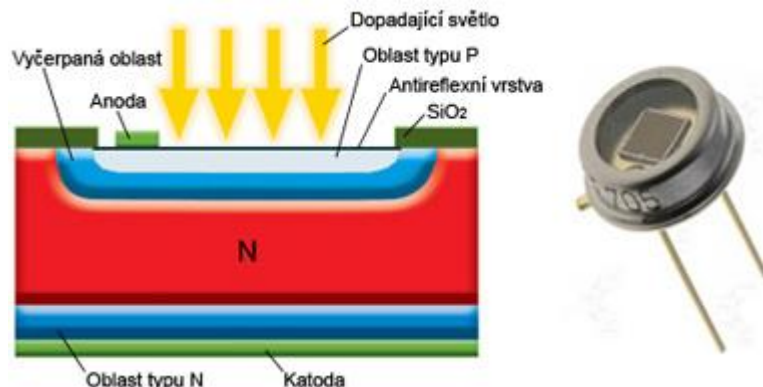
4.1.1 Fotodioda

Polovodičové detektory optických zařízení využívají ke své činnosti vlastnosti PN přechodu, případně usměrňující přechod kov-polovodič. Upravíme-li PN přechod tak, aby na něho mohlo dopadat světlo, je možné takto modifikovanou diodu používat jako fotocitlivou součástku [8].

Často se používají polovodičové materiály jako křemík (Si), gallium arsenid (GaAs), antimon india (InSb) a další. Tyto materiály jsou schopné absorbovat světelné záření. Dokud na polovodič nedopadá světlo, dochází k excitaci elektronů do vodivostního pásu pouze v důsledku tepelné energie. Po osvětlení získávají elektrony vyšší energii. Jestliže je energie, kterou má foton dostatečná k překonání zakázaného pásu, přechází elektron do vodivostního pásu s tím, že ponechá na původním místě díru. Vznikne tak pár elektron-díra [8].

Zásadou vnitřního elektrického pole v okolí PN přechodu jsou elektrony a díry, které vznikly působením optického záření odděleny tak, že elektrony přejdou do oblasti typu N a díry do typu P. Vznikne tak elektrický náboj, který je možné detekovat. Tento přesun elektrických nábojů se nazývá vnitřní fotovoltický jev [8].

Obrázek (Obr. 9) znázorňuje principiální uspořádání křemíkové fotodiody. V horní části je průhledná antireflexní vrstva, následně vrstva s vodivostí typu P a oblast N. Tloušťka antireflexní vrstvy je optimalizována pro žádanou citlivost na různé vlnové délky [8].

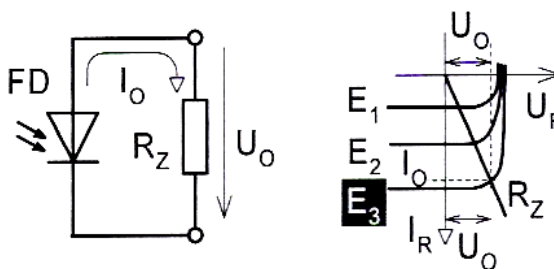


Obr. 9 Uspořádání křemikové fotodiody[8]

Fotodioda může pracovat ve III. nebo ve IV. kvadrantu své V-A charakteristiky, z čehož vyplývají dva základní režimy činnosti:

- Odporový (fotovodivostní), kdy se dioda chová jako spotřebič v obvodu napájeném vnějším zdrojem napětí.
- Hradlový (fotovoltaický), kdy dioda dodává proud do připojené zátěže [8].

Ve fotovoltickém režimu (Obr. 10) pracuje fotodioda FD ve IV. kvadrantu V-A charakteristiky. V tomto případě pracuje dioda jako zdroj elektrické energie. Dioda je zatížena rezistorem R_Z , intenzita osvětlení je E_3 . V pravé části obrázku (Obr. 10) je uvedeno grafické odvození velikosti napětí a proudu zátěži [8].

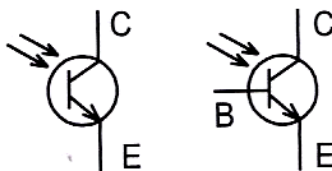


Obr. 10 Fotovoltický režim[8]

4.1.2 Fototranzistor

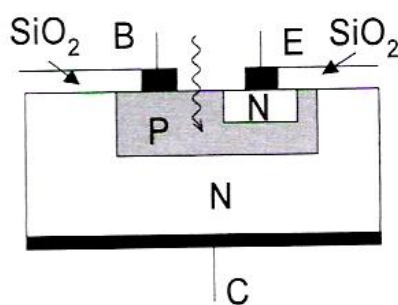
Fototranzistor je tranzistor, ve kterém je možno průchodem nosičů náboje řídit intenzitou dopadajícího světla. Fototranzistory jsou vyráběny ve dvou základních provedeních, a to bez bázevého vývodu nebo s bázevým vývodem (Obr. 11) [8].

Tranzistor s vyvedenou bází je možné řídit také velikostí elektrického signálu, který přivedeme do báze [8].



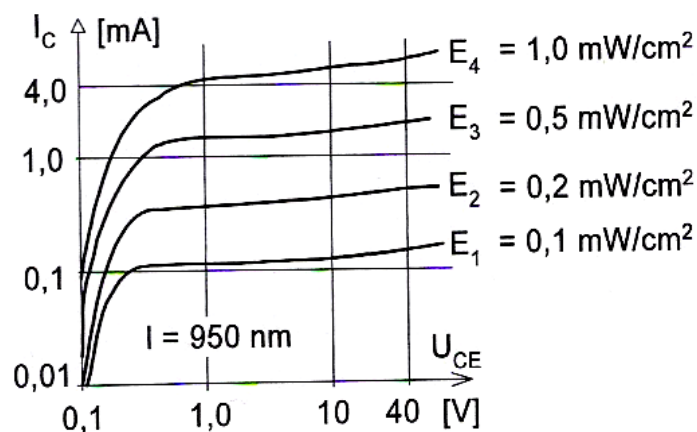
Obr. 11 Schematická značka fototranzistoru [8]

Fototranzistor je uspořádán tak, aby optické záření bylo pohlcováno právě v blízkosti báze, což je viditelné na obrázku (Obr. 12). Optické záření, které je pohlcováno v oblasti báze, generuje páry elektron-díra. Tyto páry jsou oddělovány kolektorovým a emitorovým přechodem. Tímto jevem se mění potenciál kolektorového a emitorového přechodu [8].



Obr. 12 Princip fototranzistoru [8]

Emitorový přechod je polarizován v propustném směru, jakákoliv malá změna jeho napětí způsobí poměrně větší změnu kolektorového proudu. Nosiče, vyslané z přechodu emitor-báze, získávají v oblasti báze takovou rychlost, že se na své volné dráze dostávají až do blízkosti kolektorového přechodu. Pole, které je ochuzené, je pak vtahuje přes kolektorový přechod a dochází k zesilování fotoelektrického proudu. Podobnost funkce tranzistoru a fototranzistoru je zřejmá z výstupních charakteristik, které jsou znázorněny na obrázku (Obr. 13) [8].

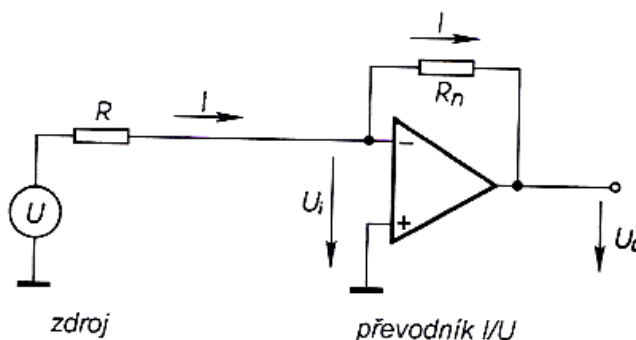


Obr. 13 Výstupní charakteristiky fototranzistoru [8]

4.2 Převodník proudu na napětí

Nasnímanou intenzitu osvětlení je potřeba převést na unifikovaný signál. V mnoha případech se jedná o elektrický proud, který fotocitlivý prvek dodává a ten se většinou převádí na napětí 0 - 10 V. S výhodou proto můžeme použít operační zesilovač v zapojení, jako převodník proudu na napětí (převodník I-U).

Běžné měřicí přístroje měří proud tak, že se do proudového okruhu zařadí rezistor s malou hodnotou odporu, na kterém se měří úbytek napětí. S operačními zesilovači lze sestavit obvod se vstupním odporem, který se blíží nule (případně může být i záporný). Princip tohoto obvodu je zřejmý z obrázku (Obr. 14). Měřený obvod je pro jednoduchost nahrazen zdrojem napětí U a rezistorem R . Proud, který prochází rezistorem, je přiveden na invertující vstup OZ. Jelikož je vstupní odpor OZ velký, prochází tento proud rezistorem R_n ve zpětné vazbě. Vzhledem k tomu, že OZ má velké zesílení, se zpětná vazba snaží udržet na vstupu napětí blízké potenciálu neinvertujícího vstupu (virtuální zem). Vstupní napětí převodníku U_i se blíží k nule, stejně jako vstupní odpor. Výstupní napětí převodníku tak představuje úbytek napětí vyvolaný proudem I na rezistoru R_n . Zpětnovazební rezistor musí být volen tak, aby výstupní napětí bylo v lineární oblasti OZ. Dostane-li se převodník do saturace, nefunguje [9].



Obr. 14 Převodník proudu na napětí [9]

Zapojení má zajímavou vlastnost a to takovou, že proud procházející obvodem se uzavírá přes R_n a výstup OZ na napájecí zdroj převodníku. Proto je rozsah převodníku omezen maximálním výstupním proudem. Chceme-li měřit vyšší výstupní proud, než je schopen OZ dodat, je potřeba použít proudový booster (přídavný proudový zesilovač) a také příslušně dimenzovaný napájecí zdroj převodníku [9].

4.3 Světelné zdroje

Nejznámější a nejrozšířenější umělé zdroje světla se rozdělují podle určitých hledisek. Jedno z nich je podstata vzniku světla. Rozeznáváme zdroje na principu teplotního záření (např. žárovky), záření elektrického výboje v plynech a parách kovů (zářivky, výbojky) anebo luminiscence (např. svítivé diody) [10].

Mezi hlavní parametry, jež se sledují u umělých světelných zdrojů, patří život světelného zdroje (udávaný v hodinách), hodnota světelného toku a jeho spektrální složení, svítivost a její prostorové rozložení, jas, teplota chromatičnosti T_C a index podání barev R_a . U umělých světelných zdrojů, jejichž činnost závisí na elektrické energii, pak také příkon, napětí, proud a především měrný výkon, což je podíl vyzařovaného světelného toku a příkonu (vyjadřuje se tedy v lm/W). Měrný výkon charakterizuje efektivnost přeměny energie elektrické na světelnou [10].

4.3.1 Žárovky

Jsou stále oblíbené pro svoji dostupnost, jednoduchost a cenu. Technický život je 1000 hodin a mají nejnižší měrný výkon nepřesahující $13 \text{ lm z } 1 \text{ W}$ dodané energie, tedy

13 lm/W. Jsou to zdroje s velkou spotřebou elektrické energie. Ze 100 W získá spotřebitel jen asi 1000 lm. Zbytek energie se přemění v teplo [10].

Halogenové žárovky na síťové napětí 230 V AC mají spojitě spektrum, index R_a kolem hodnoty 100, technický život je 2000 hodin a měrný výkon je zhruba 1,5 x větší než u klasických žárovek. Cena je více jak desetinásobná. Jako přednost lze uvést zářivější světlo díky vyšší provozní teplotě wolframového vlákna [10].

4.3.2 Zářivky, výbojky

Tato dnes již nejrozšířenější skupina zdrojů světla se vyznačuje vysokou hodnotou měrného výkonu, dlouhým technickým životem a velmi dobrým barevným podáním. Časté spínání však dosti zkracuje jejich technický život. Rozeznáváme dva základní typy zářivek, a to lineární zářivky a kompaktní zářivky [10].

4.3.3 Luminiscenční diody

Oblast použití LED diod se rozšiřuje neustále. Tyto diody jsou používány pro indikaci stavů, jako zdroje světelného signálu pro optická vlákna a v neposlední řadě jsou také používány v osvětlovací technice. LED diody disponují menší spotřebou (typicky kolem 20 mA), generují méně tepla, v některých aplikacích poskytují lepší osvětlení a větší spolehlivost [8].

Pro dosažení potřebné intenzity světla jsou do jednoho pouzdra diody spojovány jak sériově nebo paralelně. Pro jejich snadnější napájení jsou v tomto pouzdru umístěny i integrované budiče, které diody napájejí. Takto mohou vznikat LED žárovky, které jsou kompatibilní s patnicemi a napájením pro klasické žárovky [8].



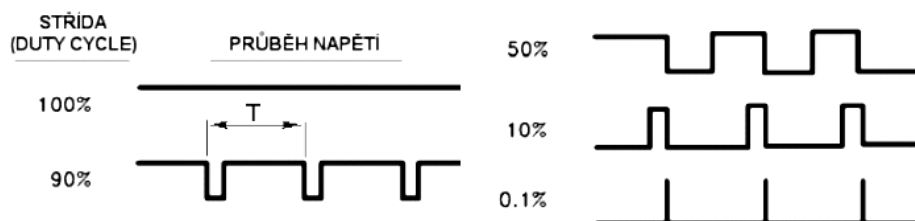
Obr. 15 Příklady světelných zdrojů

4.4 Pulsně šířková modulace

Pulsně šířková modulace, neboli PWM (Pulse Width Modulation) je diskretní modulace, která slouží k přenosu analogového signálu pomocí dvouhodnotového signálu. Jako dvouhodnotová veličina se používá například napětí, proud nebo světelný tok. Tento signál je přenášén pomocí střídavy. Pro demodulaci tohoto signálu je možné použít dolnofrekvenční propust. Vzhledem ke svým vlastnostem je pulsně šířková modulace často využívána pro spínání výkonové elektroniky [11].

4.4.1 Princip modulace

Přenosový signál, který nese informaci o přenášené hodnotě, může nabývat hodnot log. 1 nebo log. 0. Hodnota přenášeného signálu je v přenosu zakódována jako poměr mezi stavy zapnuto a vypnuto. Tento poměr se nazývá střída. Změnu velikosti střídavy lze vidět na obrázku (Obr. 16). Cyklus, kdy dojde k přenosu jedné střídavy, se říká perioda. Přenos informace je vždy omezen na relativní vyjádření a to 0 – 100 %, to znamená, že musí být znám poměr mezi skutečnou hodnotou a procentuelním vyjádřením. Časové hodnoty střídavy se pohybují v sekundách, v milisekundách i v mikrosekundách pro přesnější řízení. Perioda je součtem doby zapnuto a vypnuto [11].



Obr. 16 Velikosti stříd PWM

4.4.2 Modulace ve výkonové technice

Tranzistor má nízké ztráty ve dvou provozních stavech. Když je plně vypnutý, nebo když je plně sepnutý. Když je plně vypnutý, je na něm napětí, ale neteče přes něj proud, takže jsou v tomto stavu jeho ztráty nulové. Když je plně sepnutý, může přes něj téct proud, ale je na něm pouze saturační napětí, které je poměrně nízké, takže jeho ztrátový výkon je v tomto stavu rovněž nízký. Díky možnosti přenést dvouhodnotově modulovaný signál při dané spínací frekvenci dnes patří pulsně šířková modulace k základním technikám, na kterých stojí současná výkonová elektronika [11].

5 POUŽITÉ SOFTWARE NÁSTROJE

V této kapitole jsou popsány základní softwarové nástroje, které byly použity pro realizaci modelu haly. Jedná se o program pro tvorbu plošných spojů EAGLE, vývojové prostředí CodeWarrior, určené pro psaní programu pro mikropočítače Freescale a vývojové prostředí PG5, které slouží k vytvoření programu pro programovatelný automat SAIA.

5.1 EAGLE

Program EAGLE je výkonný a uživatelsky přívětivý nástroj pro návrh desek plošných spojů. Název EAGLE je zkratka, pocházející z původního názvu Easily Applicable Graphical Layout Editor [12].

Návrhový systém (NS) se skládá ze tří hlavních modulů:

- Schematický editor (SCH E)
- Editor plošných spojů (E PCB)
- Autorouter [12]

Schematický editor slouží k navržení schématu zapojení. Schéma může být až na 99 listech. Editor kontroluje elektrickou správnost návrhových pravidel. K dispozici je možnost změny hradel a vývodů a také vytvoření desky ze schématu jediným příkazem [12].

V Editoru plošných spojů je možno vytvořit DPS. Mezi základní vlastnosti patří rozmístění součástek na desce a volba tloušťky spojů. Lze použít až 16 hladin a také lze aktivovat režim rozlévání mědi. Editor také kontroluje návrhová pravidla [12].

Autorouter je výkonný nástroj, usnadňující vytvoření DPS automatickým propojením všech souvisejících pinů a vývodů signálovými cestami. Může pracovat až v 16 signálových hladinách. Systém propojování vývodů nastavuje uživatel pomocí váhových faktorů [12].

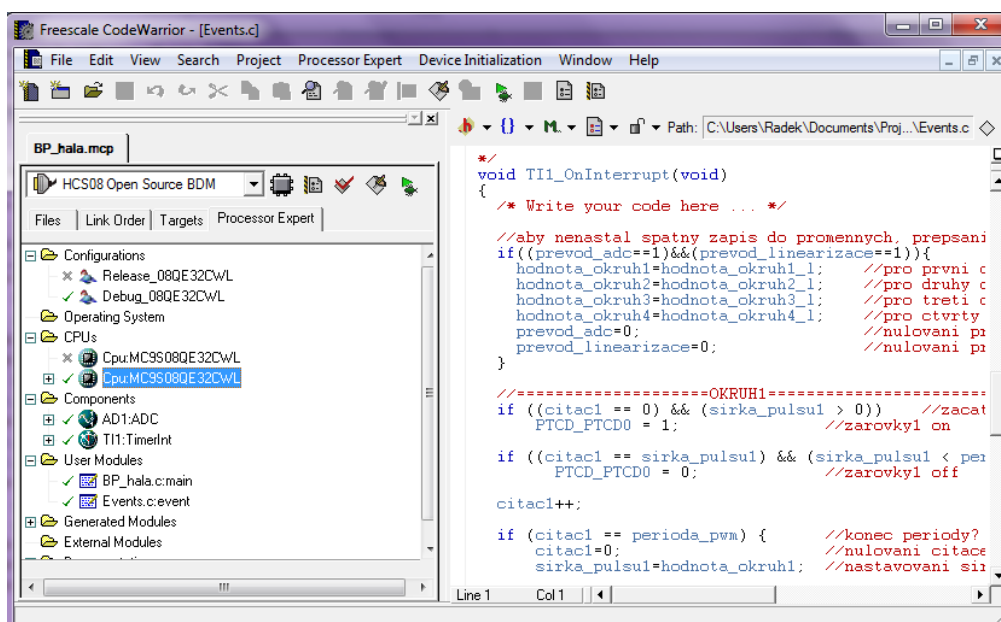
5.2 CodeWarrior

Vývojové prostředí CodeWarrior Development studio je kompletní integrované prostředí, poskytující přehledný a komplexní framework, který slouží k rychlému vývoji aplikací integrovaných systémů, které využívají mikropočítače Freescale. Tento nástroj byl původně vyvinut kanadskou společností Metrowerks a byl zaměřen na PowerPC od firmy

Macintosh. V současné době patří CodeWarrior IDE (integrované vývojové prostředí) firmě Freescale [13].

CodeWarrior IDE také podporuje většinu nejpoužívanějších platforem, jako jsou Windows, Linux, Mac a Solaris. Verze IDE je zaměřena na kompilátory jazyka C a C++, přičemž obsahuje nástroje potřebné k dokončení integrovaného řešení a tedy: textové editory, kompilátory, simulátory, debugovací moduly a další [13].

Vývojové prostředí lze bezplatně stáhnout z domovské stránky společnosti Freescale. Jedná se o verzi s označením CodeWarrior: Special Edition, která umožňuje psát programy, které jsou omezeny velikostí kódu (v ANSI C je to 32 kB) pro mikropočítače RS08, HCS08 a ColdFire V1 nebo si zdarma vyzkoušet plnou verzi CodeWarrioru. Plnou verzi je možno používat pouze 30 dní [13].



Obr. 17 Snímek vývojové prostředí CodeWarrior IDE 5.9.0

5.3 PG5 Controls Suite

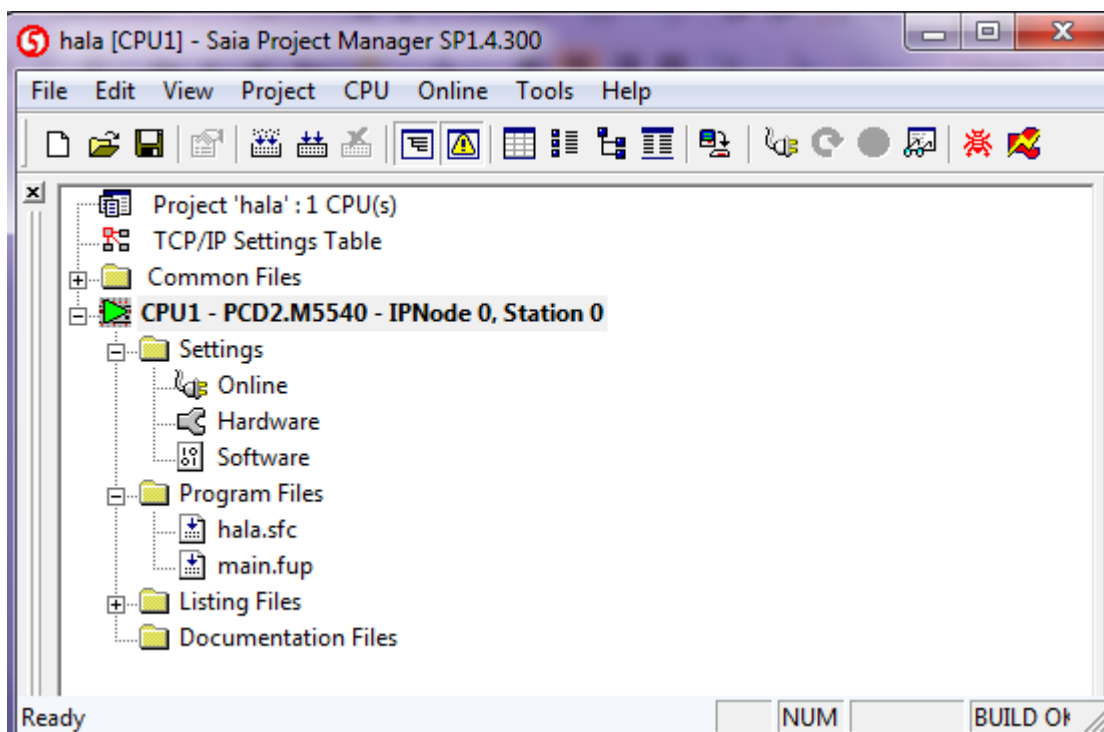
Vývojové prostředí Saia PG5 Controls Suite je komplet nástrojů, určený k programování, konfigurování, oživování a monitorování PLC Saia. Stěžejním prvkem kompletu je nástroj Saia PG5. Při tvorbě aplikačních programů pomáhají jeho grafické aplikační moduly uživatelům snadno implementovat sofistikované automatizační úlohy tak, aby je nebylo nutné je programovat v jazycích fupla, graftec nebo instruction list [14].

Právě těmito způsoby se programuje většina aplikací s PLC Saia PCD. Existující knihovny od společnosti Saia-Burgess, které poskytují výkonnou a komplexní základnu pro projekty v oblasti automatizace. S pomocí programovacího nástroje Saia®FBox-Editor mohou být vyvíjeny grafické moduly, které odpovídají určitým nárokům dané aplikace [14].

Project Manager PG5 slouží k organizování projektů, které jsou v něm uloženy. Umožňuje jejich konfiguraci, programování a také možnost vytvářet dokumentace. Zajišťuje také překlad a zavádění programů do jednotlivých automatů Saia PCD. Většina programovacích nástrojů, které tvoří komplet PG5 je volána právě z tohoto Project Manageru [14].

Vývojové prostředí disponuje možností volby formy zápisu programu, na výběr je hned několik a to:

- Instrukční list - editor pro vytváření programů pomocí instrukcí (makroassembler)
- Graftec - editor pro vytváření programů pro sekvenční úlohy
- Fupla - editor pro programování pomocí Funkčních boxů (tvz. FBoxů)
- Kopla - editor pro programování v kontaktním plánu (součástí Fuply) [14]



Obr. 18 Snímek projektového manažeru PG5

II. PRAKTICKÁ ČÁST

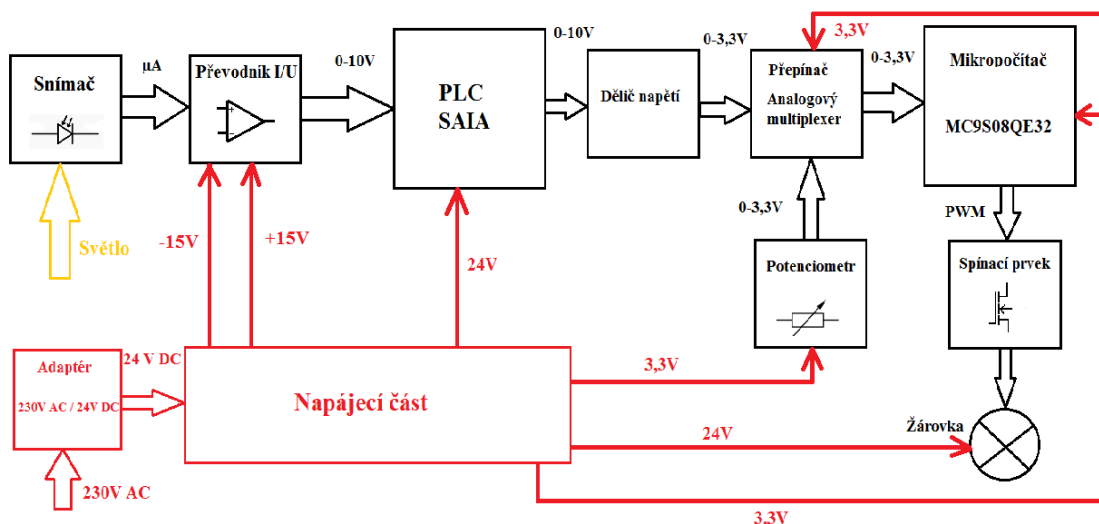
6 NÁVRH HARDWARE

Cílem je navržení a realizace funkčního elektronického obvodu, resp. řídicí desky, která bude sloužit ke snímání intenzity osvětlení a ke spínání světelných těles, tedy žárovek. Modul bude pracovat s unifikovaným signálem a bude také propojen s programovatelným automatem.

6.1 Blokové schéma řídicí desky

Na obrázku (Obr. 19) můžeme vidět blokové schéma řídicí desky, přičemž světlo dopadá na fotodiodu s označením BPW 34, ta se chová jako zdroj proudu. Výstupní proud je převeden na unifikovaný signál napětí o velikosti 0 – 10 V. Tento signál zpracovává dále programovatelný automat, resp. jeho analogový vstupní modul. Výstupem z programovatelného automatu, tedy z analogového výstupního modulu, může být rovněž unifikovaný signál 0 – 10 V, který je změněn děličem napětí na 0 – 3,3 V. Analogovým multiplexerem lze rozhodnout, zdali přiváděný vstupní signál pro mikropočítač bude právě z PLC nebo pouze z potenciometru. Tento signál je vyhodnocen mikropočítačem a na základě jeho velikosti generuje mikropočítač pulsně šířkovou modulaci o příslušné střídě. Takto je spínán MOS-FET tranzistor IRLIZ44N, který rozsvěcuje žárovky, kdy při vhodně zvolené periodě PWM nastává stav, kdy lze plynule regulovat intenzitu svitu žárovek. Princip funkce je blokovým schématem popsán pouze pro jeden okruh. Reálný model však obsahuje okruhy 4.

Červená barva reprezentuje napájecí část. Vstupní síťové napětí, které je přivedeno do adaptéru, kde je usměrněno a stabilizováno na potřebných 24 V DC. Dále lze vidět hodnoty napětí, které jsou potřebné k napájení jednotlivých bloků řídicí desky. Převodník proudu na napětí je napájen +15 a -15 V, PLC vyžaduje 24 V, stejně jako žárovky. Analogový multiplexer, potenciometr a mikropočítač je napájen 3,3 V.



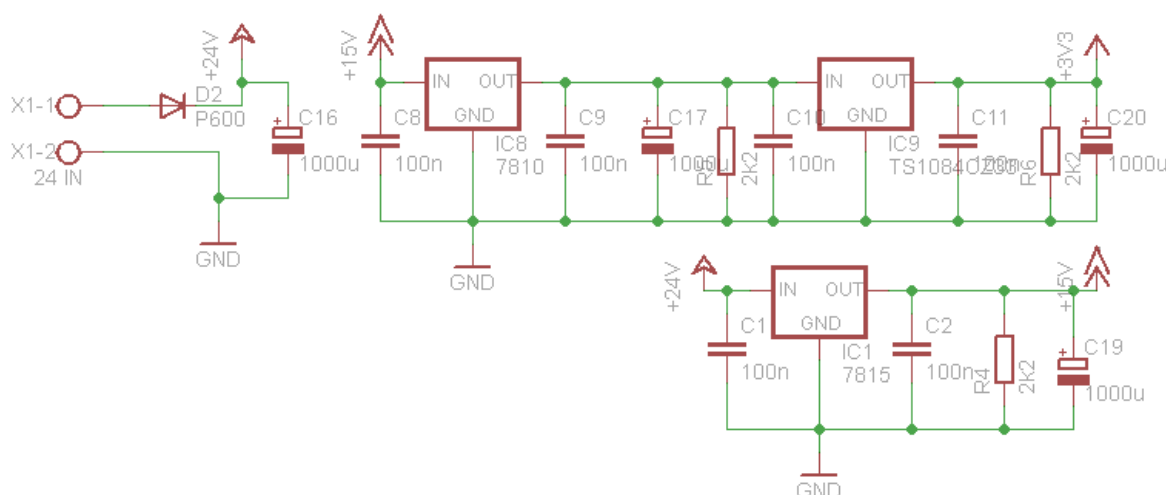
Obr. 19 Blokové schéma řídicí desky

6.2 Funkční bloky řídicí desky

Celá řídicí deska se skládá z několika základních bloků, jejichž funkce a schémata zapojení jsou uvedeny v této podkapitole. Celé schéma řídicí desky je uvedeno v příloze P I.

6.2.1 Napájení

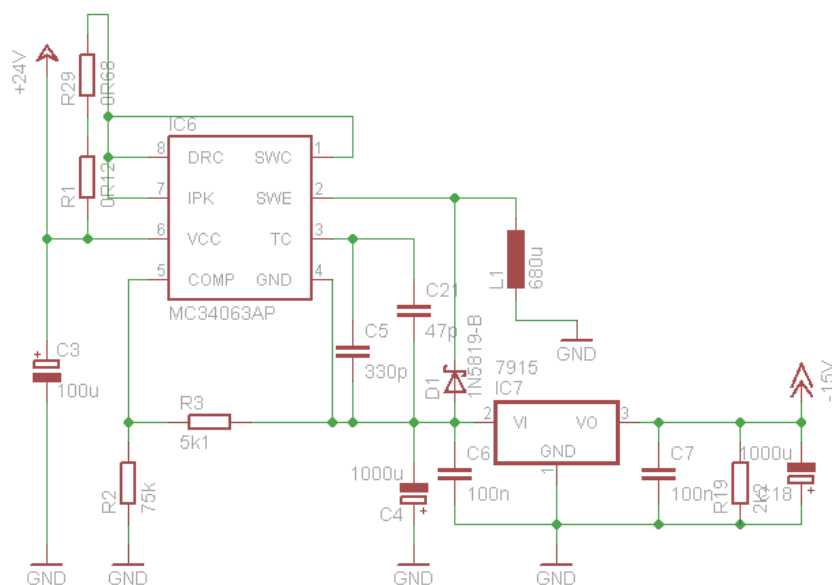
Na obrázku (Obr. 20) můžeme vidět zleva napájecí svorky, na které je připojeno napájecí napětí 24 V DC. Je zde zapojena ochranná dioda a také vyhlazovací kondenzátor. Toto vstupní napětí je dále stabilizováno integrovaným stabilizátorem s označením 7815 na 15 V, které je následně opět stabilizováno na 10 V a na závěr na 3,3 V, které jsou potřeba pro analogový multiplexer a pro mikropočítač. Rezistory na výstupech stabilizátorů jsou takto umístěny z důvodu možného kmitání stabilizátorů. Rezistory zapříčiní alespoň minimální odběr elektrického proudu. Elektrolytické kondenzátory zde slouží k vyhlazení výstupního napětí. V blízkosti vstupů a výstupů stabilizátorů jsou také umístěny blokovací kondenzátory, které brání kmitání stabilizátorů.



Obr. 20 Schéma zapojení kladných napájecích větví.

Schéma zapojení k vytvoření záporného napájecího napětí pro operační zesilovače je znázorněno na obrázku (Obr. 21). Jedná se o doporučené zapojení integrovaného DC-DC konvertoru MC34063. Výstupní napětí je opět stabilizováno integrovaným obvodem 7915 a vyhlazeno obdobným způsobem, jako kladné napájecí větve.

Hodnoty součástek, které jsou v tomto obvodu použity, byly zjištěny na základě výpočtu online kalkulatoru [15].



Obr. 21 Schéma zapojení záporné napájecí větve

6.2.2 Snímací část

Toto schéma (Obr. 22) je použito čtyřikrát na řídicí desce, z důvodu čtyř světelných i snímacích okruhů. Jedná se o zapojení operačního zesilovače jako převodníku proudu na napětí. Operační zesilovač je napájen +15 a -15 V. Na vstupu je umístěna fotodioda, která se chová jako zdroj elektrického proudu. Proud má velikost v řádech jednotek až stovek μA .

Jelikož je vstupní signál do programovatelného automatu unifikovaný, tedy 0 - 10 V, je nutné tento malý proud převést na napětí. To zajistí právě operační zesilovač v invertujícím zapojení s odporem v záporné zpětné vazbě. Tímto je vytvořen virtuální zkrat a do OZ neteče žádný proud. Nutnou podmínkou je však dodržení vztahu (1). Ten říká, že zpětnovazební proud I_f musí být roven závěrnému proudu diodou I_d .

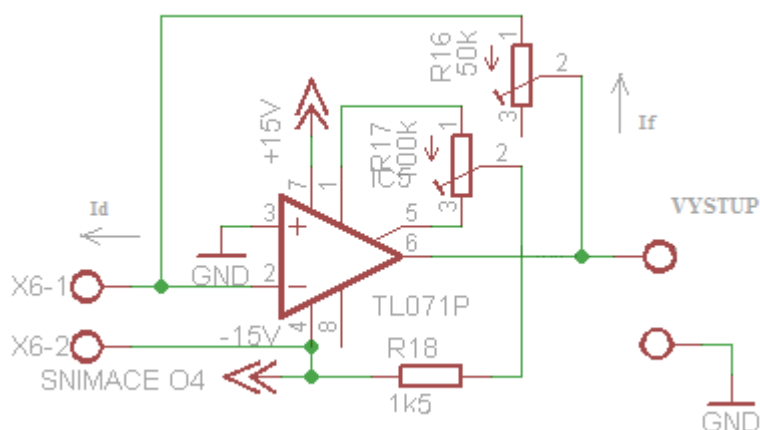
$$I_f = I_d \quad (1)$$

Výstupní napětí se dá následně určit dle Ohmova zákona (2), což znamená, že je zapotřebí určit hodnotu odporu zpětnovazebního rezistoru, aby při maximální hodnotě intenzity osvětlení bylo výstupní napětí rovno 10 V. Hodnota byla určena experimentálně po zapojení víceotáčkového trimru o hodnotě 100 k Ω .

$$U_{OUT} = I_f \cdot R_{16} \quad (2)$$

Obvod obsahuje ještě další součástky a tedy rezistor R_{18} a víceotáčkový trimr R_{17} . Pomocí trimru je možno nastavit offset operačního zesilovače. Pro nastavení nulového napětí na výstupu zesilovače je nejprve nutné zkratovat vstupy zesilovače a poté trimrem nastavit výstupní napětí na honoru 0 V. Jelikož je toto nastavení velice jemné, byl použit trimr s 64 otáčkami.

V reálném zapojení není vstupní proud generován pouze jednou fotodiodou, nýbrž dvěma. Každá z fotodiód je umístěna na jedné z protějších stran místnosti. Toto rozhodnutí bylo učiněno na základě experimentování.



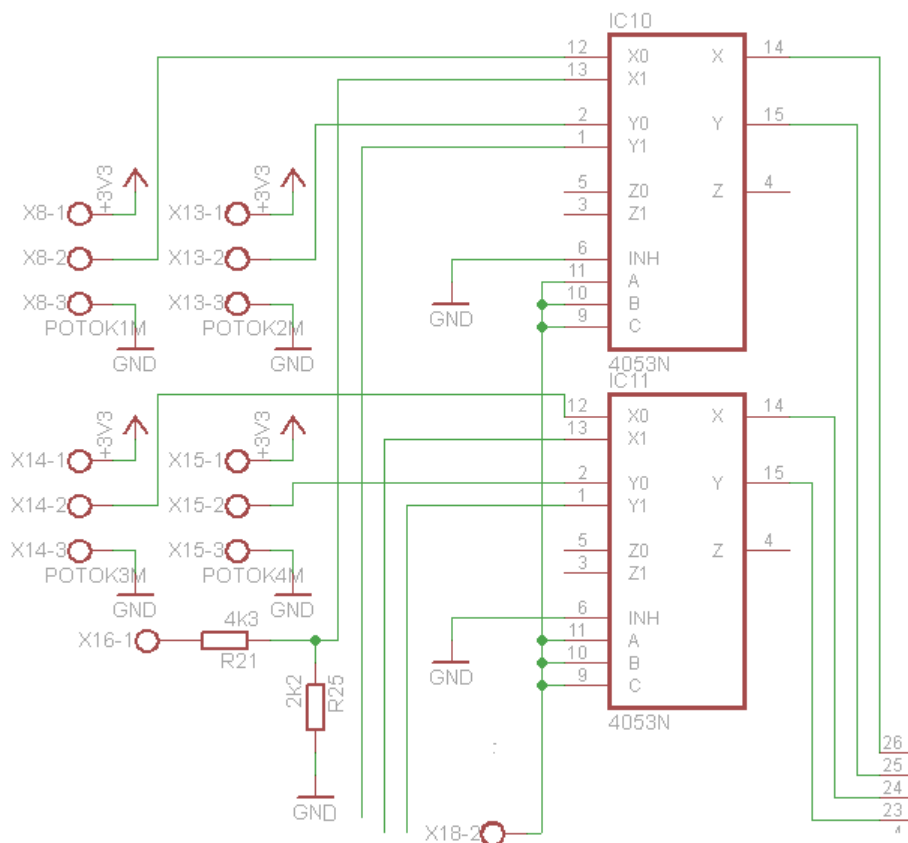
Obr. 22 Schéma snímací části

6.2.3 Vstupní signál pro mikropočítač

Na obrázku (Obr. 23) lze vidět blok, který zajišťuje volbu vstupního signálu pro mikropočítač. Na základně tohoto signálu je poté generována PWM modulace se střídou, která je přímo úměrná amplitudě vstupního signálu. Jedná se o dvojici analogových multiplexů, která na svoje výstupy přivede jeden ze dvou vstupních signálů. Na svorku X18-2 je připojen manuální přepínač, kdy lze tímto prvkem zvolit, zdali je na tuto svorku přivedeno kladné napájecí napětí, tedy 3,3 V anebo je svorka uzemněna.

Pokud je svorka uzemněna, je na výstup přiveden signál, který je brán ze svorek s označením POTOXxM. Na tyto svorky je pouze připojen potenciometr, kterým lze plynule měnit napětí od 0 do 3,3 V. Na druhé straně, pokud přivedeme na svorku X18-2 3,3 V, jsou aktivní vstupy, na kterých je napěťový dělič. Tímto děličem je převeden výstupní unifikovaný signál 0 - 10 V z PLC na 0 - 3,3 V, s kterým je schopen pracovat mikropočítač. Signál z těchto děličů se potom objeví i na výstupech analogových multiplexerů, je tak aktivní režim PLC.

Výstupní signál z multiplexerů je přiveden na vstupy PTA0 – PTA3 mikropočítače, ten patřičnou amplitudu napětí převede A/D převodníkem na 8 bitovou hodnotu, na základě které je poté generována PWM modulace s patřičnou střídou.



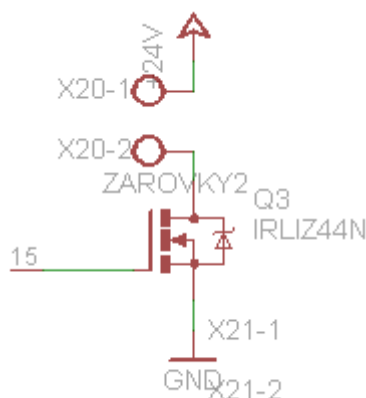
Obr. 23 Schéma obvodu pro volbu signálu

6.2.4 Spínací část

Na výstupech mikropočítače s označením PTC0 – PTC3 jsou připojeny spínací MOS-FET tranzistory typu IRLIZ44N. Na svorku gate je přivedena PWM modulace. Úroveň log. 1 zapříčiní otevření tranzistoru a následné uzemnění napájecí napětí 24 V DC, na které jsou připojeny žárovky, což je patrné z obrázku (Obr. 24).

Tento typ tranzistoru byl vybrán s ohledem na nízké napětí, které je potřeba přivést mezi gate a source tranzistoru, aby vždy plně sepnul. Výhodou tranzistoru, je také fakt, že přímo v jeho pouzdru TO220 je také ochranná dioda.

V modelu jsou jedním tranzistorem spínány dvě žárovky, které jsou zapojeny paralelně, každou z nich protéká proud $I=125\text{ mA}$, což činí příkon o hodnotě 3 W.



Obr. 24 Schéma spínací části

6.3 Propojení modulu s programovatelným automatem

Programovatelný automat SAIA PCD2.M5540, který je zabudován uvnitř fyzického modelu, obsahuje v základním provedení 8 pozic pro rozšiřující moduly. V tomto případě jsou využity 4 pozice a to pro binární vstupy i výstupy a pro analogové vstupy i výstupy, což lze vidět na obrázku (Obr. 25). Vstupy pro automat jsou označovány jako I, výstupy jsou označovány jako O.

Binární vstupy	Binární výstupy	Analogové vstupy	Analogové výstupy
0-15	16-31	32-47	48-63
PCD Saia PCD2.M5			
Volná	Volná	Volná	Volná

Obr. 25 Zapojení modulů v PLC

Modul binárních vstupů nese označení PCD2.E166 a je na něj připojeno 16 tlačítek a z toho 12 slouží k nastavení intenzity osvětlení a 4 jsou přidavná. Toto je pouze demonstrační funkce tlačítek, záleží na programátorovi, jak vstupy využije. Po stisku určitého tlačítka se na daném vstupu objeví log. 1. Zapojení tlačítek je patrné z tabulky (Tab. 6).

Typ	Adresa	Popis	Typ	Adresa	Popis
I	0	Zvýšení - okruh1	I	8	Reset - okruh3
I	1	Snížení - okruh1	I	9	Zvýšení - okruh4
I	2	Reset - okruh1	I	10	Snížení - okruh4
I	3	Zvýšení - okruh2	I	11	Reset - okruh4
I	4	Snížení - okruh2	I	12	Přídavné tlačítko1
I	5	Reset - okruh2	I	13	Přídavné tlačítko2
I	6	Zvýšení - okruh3	I	14	Přídavné tlačítko3
I	7	Snížení - okruh3	I	15	Přídavné tlačítko4

Tab. 6 Zapojení binárních vstupů PLC

Programovatelný automat je opatřen binárními výstupy PCD2.A465, na které jsou připojeny pouze 4 signalizační LED. Zapojení diod je patrné z tabulky (Tab. 7).

Typ	Adresa	Popis	Typ	Adresa	Popis
O	16	Dioda 1	O	18	Dioda 3
O	17	Dioda 2	O	19	Dioda 4

Tab. 7 Zapojení binárních výstupů PLC

Použité analogové vstupy mají označení PCD2.W200. Jedná se o 8 analogových vstupů, které převádí unifikovaný signál 0 - 10 V na 10 bitové číslo. Jejich zapojení je patrné z tabulky (Tab. 8). Na tyto vstupy jsou připojeny výstupy z převodníků proudu na napětí.

Typ	Adresa	Popis	Typ	Adresa	Popis
I	32 (kanál i0)	Převodník I/U - okruh1	I	32 (kanál i2)	Převodník I/U - okruh3
I	32 (kanál i1)	Převodník I/U - okruh2	I	32 (kanál i3)	Převodník I/U - okruh4

Tab. 8 Zapojení analogových vstupů PLC

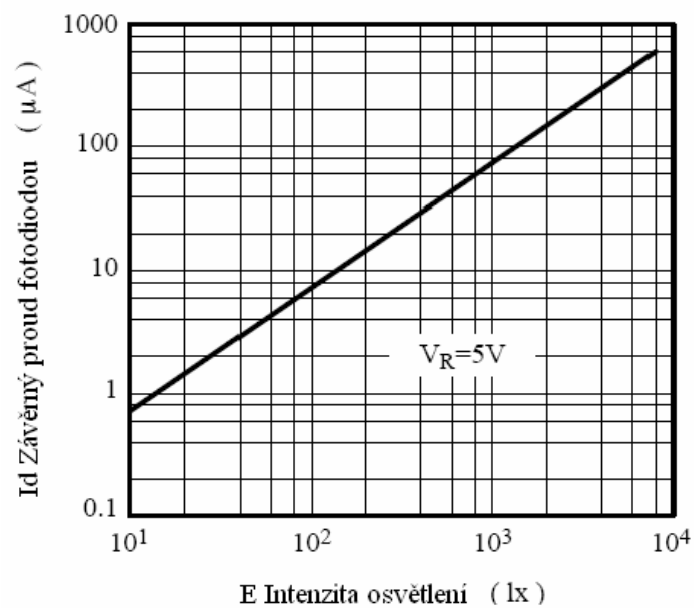
Posledním modulem, vloženým v programovatelném automatu je modul analogových výstupů. Modul disponuje 4 kanály, které převádí 8 bitovou informaci na unifikovaný signál 0 - 10 V. Fyzické zapojení kanálů lze vidět v tabulce (Tab. 9). Modul, tedy jeho kanály jsou připojeny na analogové multiplexery a mohou sloužit jako vstup pro mikropočítač.

Typ	Adresa	Popis	Typ	Adresa	Popis
O	48 (kanál o0)	Vstup mikrop. - okruh1	O	48 (kanál o2)	Vstup mikrop. - okruh3
O	48 (kanál o1)	Vstup mikrop. - okruh2	O	48 (kanál o3)	Vstup mikrop. - okruh4

Tab. 9 Zapojení analogových výstupů PLC

6.4 Fotodioda BPW 34

Základním prvkem celé řídicí desky je fotodioda, typ BPW 34. Tato fotodioda byla vybrána zejména díky své lineární závislosti proudu na intenzitě osvětlení a také kvůli nízké ceně. Citlivost diody v rozsahu vlnových délek je 350 nm – 1200 nm. Fotodioda je zapojena v závěrném směru a chová se tak jako zdroj proudu. Takto zapojená dioda je příčinou toho, že proud, který generuje, je úměrný právě intenzitě dopadajícího světla na PN přechod. Tuto závislost je znázorněna na obrázku (Obr. 26) [16].



Obr. 26 Závislost proudu na intenzitě osvětlení [16]

7 PRAKTICKÁ REALIZACE MODELU

Rozměry modelu byly koncipovány na základě několika aspektů. Model musí rozměrově padnout na své místo určení, zakomponovaný programovatelný automat je také podmínkou a také by měl mít přiměřenou velikost místností. Řídící deska by také měla být umístěna v modelu, nikoli mimo.

Na základě návrhů na zlepšení původního modelu bylo učiněno rozhodnutí, že model bude vytvořen z překližovaných desek o tloušťce 10 mm. Celý výkres modelu haly je uveden v příloze P III.

7.1 Výroba plošných spojů fotocestou

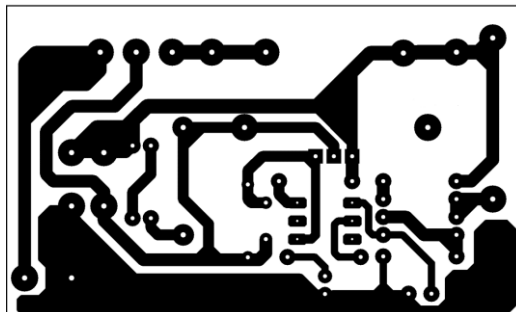
Desky plošných spojů nachází široké uplatnění v elektronických přístrojích k mechanickému připevnění a propojení součástek. K vodivému elektrickému propojení mezi jednotlivými součástkami dochází přes měděné cesty, které jsou vyrobeny procesem leptání za pomoci fólie nanesené na izolační laminátové panely různé tloušťky, různých rozměrů a s různou tloušťkou povrchové vrstvy mědi.

K výrobě DPS fotocestou je zapotřebí:

- Cuprexitová deska s naneseným fotocitlivým lakem
- Fólie nebo pauzovací papír pro vytištění předlohy
- Inkoustová nebo laserová tiskárna dobré kvality
- Zdroj UV světla
- Program pro navržení schématu (např. EAGLE)
- Vývojka (roztok hydroxidu sodného a vody)
- Chlorid železitý pro leptání
- Nevodivý ochranný lak (nebo rozpuštěná kalafuna v lihu)

Nejprve se tedy navrhne DPS a poté se vytiskne předloha na fólii. Na cuprexitovou desku s naneseným fotocitlivým lakem se přiloží vytištěná předloha a nechá se osvitit. Doba osvitu je závislá na výkonu, typu osvětlení a také na tom, v jaké je deska vzdálenosti od světelného zdroje. Doba osvitu lze stavit experimentálně a pohybuje se v desítkách sekund až desítkách minut. Po osvětlení je nutné desku vyvolat ve vývojce a následně vyleptat v roztoku

chloridu železitého. Po vyleptání v chloridu, očistíme z desky zbytky fotocitlivého laku a desku můžeme osadit součástkami. Posledním krokem je nános ochranného laku na stranu spojů, který zabraňuje oxidování mědi a zvyšuje životnost plošného spoje.



Obr. 27 Příklad podkladu pro DPS

Předlohy pro osvětlení a následné vytvoření řídicí desky modelu jsou uvedeny v příloze P V, tato příloha také obsahuje rozpisu potřebných součástek a montážní plán.

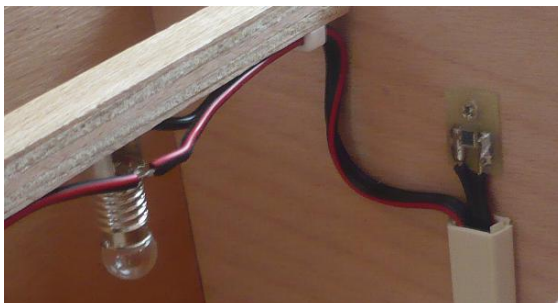
7.2 Mechanické provedení haly

Hlavní konstrukce haly je sestavena z překližovaných desek o tloušťce 10 mm. Obsahuje 4 místnosti, které jsou odděleny odnímatelnými překližovanými deskami s tloušťkou 4 mm. Jako střecha bylo použito 5 mm tlusté plexisklo. Střecha je osazena zatahovací roletkou, která může zatemnit určité části haly nebo také všechny prostory. Střecha je rovněž odnímatelná. Pro uchycení prvků na předním panelu byly použity pláty z nerezové oceli. Na těchto plátech jsou také připevněny boční napájecí výstup, zadní napájecí konektor a držák na trubičkovou pojistku.

7.2.1 Konstrukce

Spodní část modelu obsahuje PLC, řídicí desku a elektroinstalaci. Spodní část lze také samostatně odejmout, avšak až po vyšroubování 10 šroubů, kterými je spojena s vrchní částí. Vodiči je vyvedena do všech čtyř místností dvojice žárovek. Žárovky jsou zapojeny paralelně a jsou připevněny na nosných trámcih vždy uprostřed místnosti. Model tak obsahuje celkem 8 žárovek. V každé místnosti je umístěna také dvojice snímačů (fotodiod), vždy na protějších stranách po jedné. Detail snímače a žárovky je patrný z obrázku (Obr. 28).

Desky modelu jsou k sobě přilepeny a také pevně sešroubovány. Hala byla opatřena nátěrem ochranným lakem, který je omyvatelný vodou a zlepšil tak estetičnost modelu, ale především zvýšil životnost. Okna jsou olemována samolepící tapetovací páskou.



Obr. 28 Detail snímače a žárovky

Celkové rozměry modelu činí 580×416×500 mm. Fotografie celého modelu je zachycena na obrázku (Obr. 29), podrobnější fotodokumentace pak v příloze P IV. Detailnější rozbor rozměrů je patrný v příloze P III, která reprezentuje výkres i 3D model haly z programu Autodesk Inventor, který je možno získat na 30 dní zdarma. Přední panel je nakloněn tak, aby uživatel měl lepší přístup k ovládacím prvkům. Na zadní straně spodního dílu se nachází konektor pro připojení 24 V DC adaptéru a také šroubovací držák na trubičkovou pojistku. Na boční straně jsou připevněny konektory s napětím 24 V DC, které mohou napájet přidavné periferie. Důležité ovládací prvky obsahují také nalepené štítky s krátkou informací o prvku.



Obr. 29 Fotografie modelu

7.2.2 Ovládací prvky

Ovládací prvky modelu haly se nachází na předním panelu, viz obrázek (Obr. 30). Na panelu lze postupně zleva sledovat hlavní vypínač, přepínač pro volbu režimu (manuální režim / režim PLC), následuje blok tlačítek, které jsou vstupy PLC a slouží k nastavení intenzity osvětlení. Další blok obsahuje 4 potenciometry, které jsou aktivní v manuálním režimu a je jimi možné nastavit intenzitu osvětlení. Pod potenciometry se nachází 4 diody (výstupy PLC) a také další 4 přídavné tlačítka, které je také možno libovolně naprogramovat, jelikož se jedná o vstup PLC. Úplně vpravo je umístěn blok konektorů, kterými disponuje programovatelný automat. Jedná se o konektor RJ-45, USB konektor a konektor CANNON 9. Všechny prvky jsou upevněny na částech z nerezové oceli, tento materiál byl vybrán z důvodu vysoké odolnosti vůči vnějším vlivům.



Obr. 30 Ovládací prvky modelu

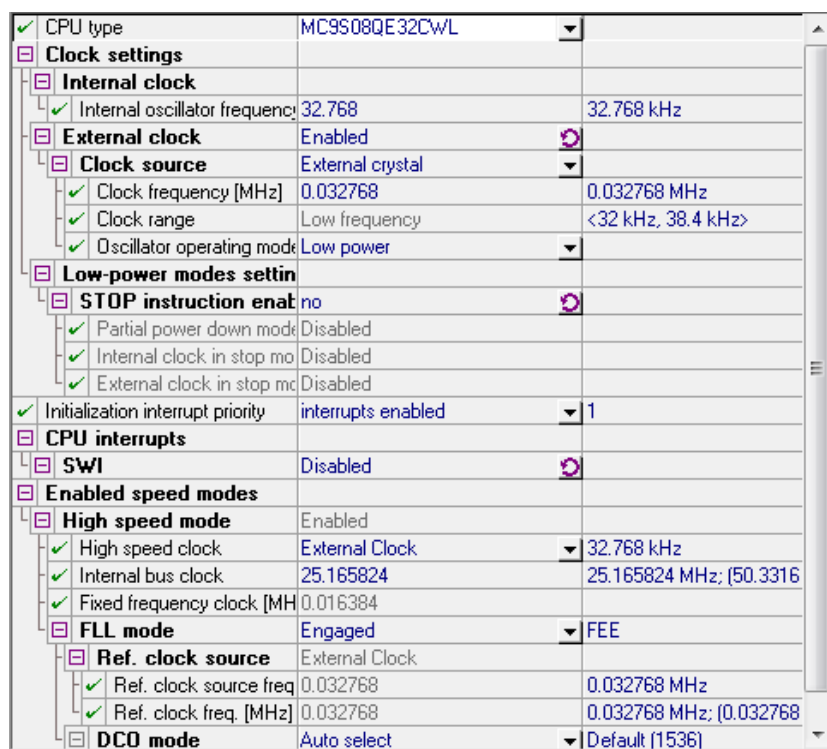
8 PROGRAMOVÉ VYBAVENÍ

Kapitola obsahuje popis funkce programového vybavení modelu. Jedná se tedy o program pro mikropočítač, ukázkový programy pro PLC a také příklad vizualizace.

8.1 Program pro mikropočítač

V této podkapitole je popsána funkce programu mikropočítače. Pro tvorbu programu bylo použito prostředí Freescale Code Warrior 5.9.0 a také jeho nástroj Processor Expert. Program byl napsán v jazyce C.

Prvním krokem byla inicializace a nastavení mikropočítače, což lze vidět na obrázku (Obr. 31). Typ mikropočítače je tedy MC9S08QE32CWL a je aktivní externí krystal s frekvencí 32,768 kHz. Oscilátor je nastaven do režimu Low power, jsou povolena přerušení a frekvence sběrnice je 25,166 MHz.



Obr. 31 Inicializace a nastavení mikropočítače

Dále bylo zapotřebí nastavit časovač, zvolit správný kanál a také periodu přerušení. Perioda přerušení je 30 μ s, a to z důvodu, že pokud by byla vyšší, tak by proud generovaný fotodiodou kolísal a kmital by tak i celý převodník proudu na napětí. Toto rozhodnutí bylo stanoveno experimentálně, kdy při vyšší periodě přerušení od časovače převodník kmital, a

to z důvodu, že žárovky ve skutečnosti blikají, avšak lidské oko to nedokáže postřehnout. Blikající žárovky způsobí rychlou změnu proudu, který generuje fotodioda a kolísá tak i napětí z převodníku.

Nastavení A/D převodníku je takové, že pracuje se 4 kanály, jelikož model obsahuje 4 světelné okruhy. Jedná se o 8 bitový převodník a čas převodu je 6,358 μ s.

Program pracuje tak, že postupně čte velikost napětí ze všech aktivních vstupních pinů, tedy PTA0 – PTA3 a toto napětí převede na 8 bitové číslo, následně je toto číslo upraveno na rozmezí 0 – 100. Po těchto převodech se nastaví příznak úspěšného převodu na log. 1. Následně je prováděna linearizace, kdy byl spočítán linearizační vztah a na jeho základě je poté upravená hodnota, které určuje dobu trvání log. 1 v periodě PWM. Po úspěšné linearizaci je nastaven příznak provedení operace na log. 1.

Pokud jsou oba příznaky nastaveny v úrovni log. 1, může dojít ke změně střídy PWM modulace. Změní se střída a příznaky se nastaví na log. 0. Pokud nejsou oba příznaky z log. 1, zůstává původní střída, viz obrázek (Obr. 32).

```
void TI1_OnInterrupt(void)
{
    /* Write your code here ... */

    //aby nenastal spatny zapis do promennych, prepsani pokud probehly oba prevody
    if((prevod_adc==1)&&(prevod_linearizace==1)){
        hodnota_okruh1=hodnota_okruh1_l; //pro prvni okruh
        hodnota_okruh2=hodnota_okruh2_l; //pro druhy okruh
        hodnota_okruh3=hodnota_okruh3_l; //pro treti okruh
        hodnota_okruh4=hodnota_okruh4_l; //pro ctvrtý okruh
        prevod_adc=0; //nulovani priznaku prevedeni od ADC
        prevod_linearizace=0; //nulovani priznaku kompletnej linearizace
    }

    //=====OKRUH1=====
    if ((citaci == 0) && (sirka_pulsu > 0)) //zacatek pulsu?
        PTCD_PTCD0 = 1; //zarovky1 on

    if ((citaci == sirka_pulsu) && (sirka_pulsu < perioda_pwm)) //konec pulsu?
        PTCD_PTCD0 = 0; //zarovky1 off

    citaci++;

    if (citaci == perioda_pwm) { //konec periody?
        citaci=0; //nulovani citace
        sirka_pulsu=hodnota_okruh1; //nastavovani sirky pulsu na konci periody, at nezablikne
    }
}
```

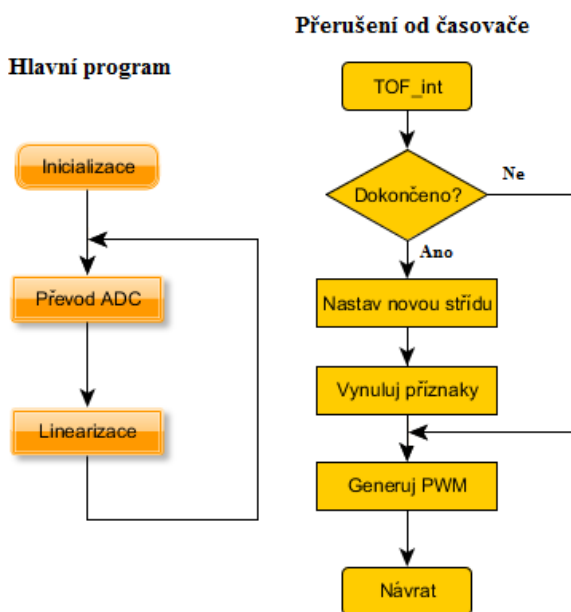
Obr. 32 Ošetření střídy PWM a generování modulace

Z obrázku (Obr. 32) je také patrné, že perioda PWM modulace je 3 ms, jelikož perioda přerušení je 30 μ s a čítač se nuluje při hodnotě 100. Na obrázku je také vidět klasické řešení softwarové PWM modulace.

Obrázek (Obr. 33) zde prezentuje vývojový diagram celého programu. Hlavní program probíhá tak, že se nejprve provede inicializace, poté se převádí amplitudy vstupních signálů

na 8 bitová čísla a současně se také v tomto kroku nastaví příznak dokončení převodu. Následně probíhá linearizace a opět se nastaví příznak linearizace. Tyto dva kroky se neustále opakují po celou dobu běhu mikropočítače.

Přerušení od časovače je generováno každých 30 μ s a probíhá tak, že se provede skok na návěští, kde začíná obsluha přerušení. Nejprve se testuje, zdali byly provedeny oba převody, tedy převod A/D převodníku a linearizace úspěšně. Pokud ne, střída PWM se nezmění a generuje se stále stejná pulsně šířková modulace. Pokud byly provedeny oba převody kompletně, nastaví se nová střída modulace, a to tak, že se proměnné, které právě střidu určují, přepíší na nové hodnoty, ale nová střída je nastavena až na konci periody, aby nedocházelo k zablikávání žárovek. Následně se vynulují příznaky úspěšné linearizace a příznak úspěšného převodu od A/D převodníku a generuje se PWM. Tento děj se neustále opakuje.



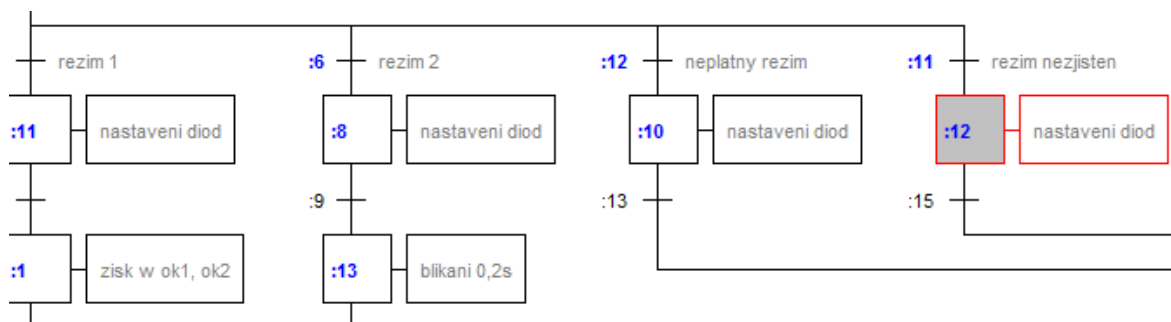
Obr. 33 Vývojový diagram programu

8.2 Ukázkový program pro programovatelný automat

Kompletní program je napsán v grafickém programovacím jazyku Graftec. Obrázek programu je uveden v příloze P II, celý program je pak součástí přílohy P V. Skládá se z propojených kroků (step) a přechodů (transition). V krocích a přechodech jsou bloky programu, psané za pomoci grafického jazyka FUPLA (Function plan).

Na začátku programu je provedena inicializace, kde se nastaví potřebné proměnné, zhasnou se žárovky a také se vynulují žádané hodnoty intenzity osvětlení, poté je rozhodnuto, jestli bude režim možno volit přes ovládací panel nebo pomocí vizualizace. Následně je zvolen režim a jsou odeslány hodnoty na výstup analogového modulu, na kterém se objeví patřičné napětí.

Na dalším obrázku (Obr. 34) lze vidět rozhodovací větev, kdy na základě zvoleného režimu se pokračuje jednou z těchto větví. Jsou to tedy větve pro regulaci, kdy si program drží nastavenou žádanou hodnotu intenzity osvětlení, režim, kdy program střídavě bliká jednotlivými světelnými okruhy, neplatný režim, což znamená, že uživatel zadal nepovolený režim a stav, kdy režim nebyl zjištěn a na panelu tak pouze blikají diody a čeká se na zvolení režimu.



Obr. 34 Rozhodovací větev programu

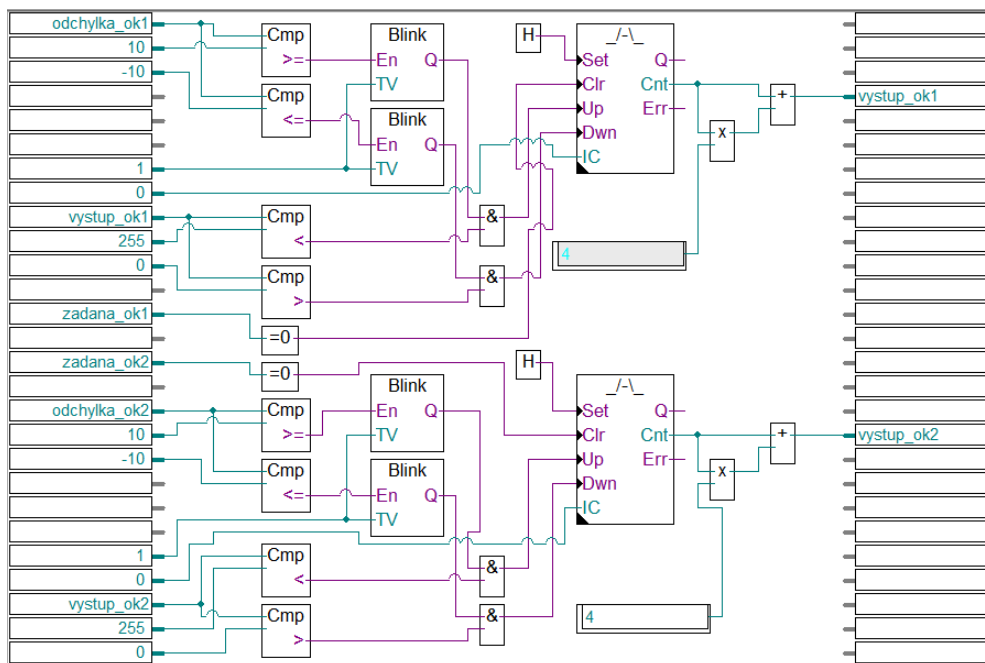
Režim blikání pouze pošle hodnotu 255 do jednoho z okruhů. Do zbývajících pošle hodnotu 0. Tímto se zajistí, že bude svítit pouze jeden okruh. Následně se počká daný časový interval a hodnota 255 se pošle do následujícího okruhu, přičemž ostatní okruhy se zhasnou.

Režim regulace pracuje tak, že na začátku programu se zjistí žádané hodnoty intenzity osvětlení všech okruhů. Tyto hodnoty jsou nastaveny tlačítky na ovládacím panelu nebo z vizualizace. Rozsahy nastavení žádaných hodnot jsou omezeny na rozmezí 0 – 500. Následně odečte regulované veličiny (hodnoty z analogových vstupů) a dopočítá regulační odchylku dle vztahu (3).

$$e = w - y \quad (3)$$

Následuje další blok (Obr. 35). V tomto bloku se zjistí, zdali je regulační odchylka kladná nebo záporná. Pokud je kladná, inkrementuje se čítač, který zajistí zvýšení napětí, které je přivedeno na napěťový dělič, resp. do mikropočítače a zvýší se tak i jas žárovek. Eliminuje

se tak regulační odchylka a program se snaží nastolit stav asymptotického sledování žádané hodnoty. Pokud je regulační odchylka záporná, dochází k zmenšení napětí z analogového výstupního modulu PLC. Ošetřeny jsou samozřejmě rozsahy převodníků. Jelikož se jedná o 8 bitový převodník, tak akční zásah může být pouze hodnota 0 – 255, tedy 0 – 10 V.



Obr. 35 Eliminace regulační odchylky

Takto prováděná regulace intenzity osvětlení je prováděna pro každý ze 4 okruhů stejně, princip je vysvětlen pouze na jednom okruhu.

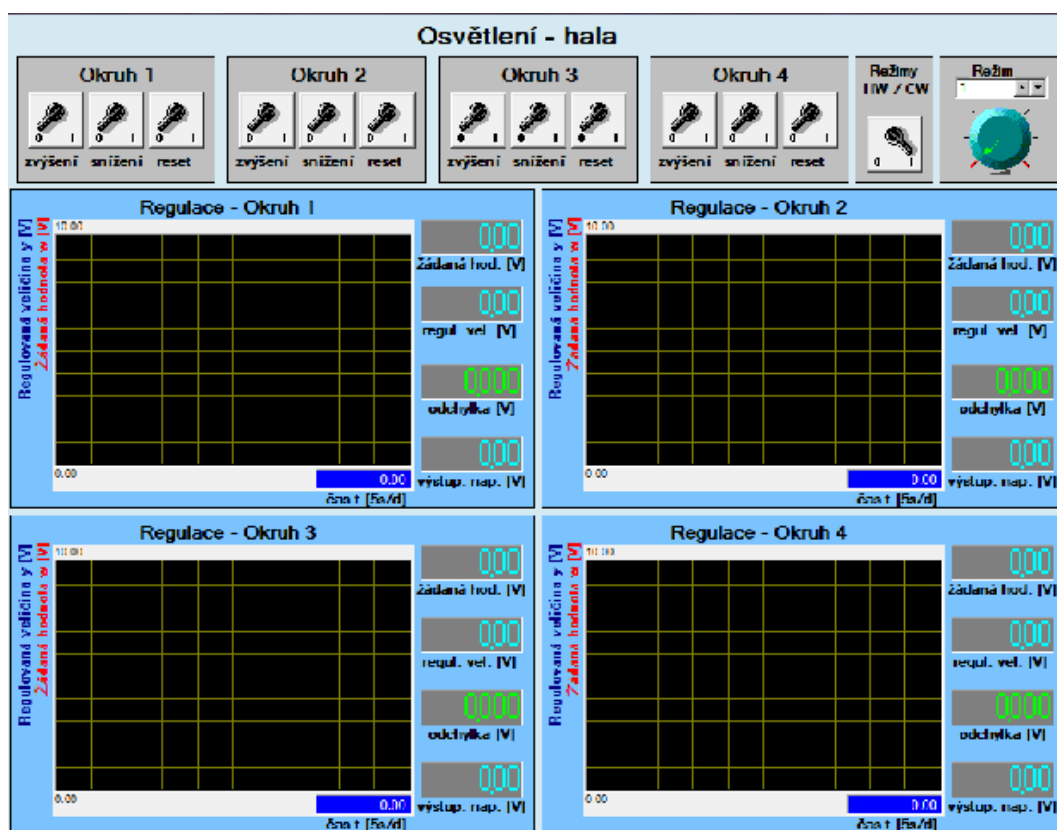
Funkční blok PCD2.W4 zastupuje modul analogových výstupů. Tento modul je 8 bitový a po přivedení hodnoty 0 – 255 na jeho vstup se na výstupu objeví patřičné napětí, tedy 0 – 10 V. Blok s označením PCD2.W2 je funkční blok, kterým je možno číst hodnoty z modulu analogových vstupů. Přivedené napětí je převedeno na 10 bitové číslo. Tyto dva bloky jsou stěžejními pro správné naprogramování a funkci modelu.

8.3 Ukázková vizualizace

Vizualizace je vytvořena v programu Control Web verze 6.1. Obsahuje jeden ovládací panel, který je znázorněný na obrázku (Obr. 36). Ve vrchní části jsou umístěny tlačítka, která slouží ke zvýšení, snížení nebo resetování žádané hodnoty každého okruhu. Následuje přepínač, kterým je možno zvolit, jestli bude volba režimu možná přímo

z fyzického modelu nebo z vizualizace. Pokud je vybrána volba režimu z vizualizace, je aktivní také poslední prvek v horní části, kterým se dá režim zvolit.

Dále jsou na panelu umístěny 4 grafy, do nichž je zaznamenáván regulační průběh. Tyto grafy obsahují na bocích také digitální zobrazovače, na kterých je možno sledovat aktuální hodnoty veličin.



Obr. 36 Ovládací panel z prostředí Control Web 6.1

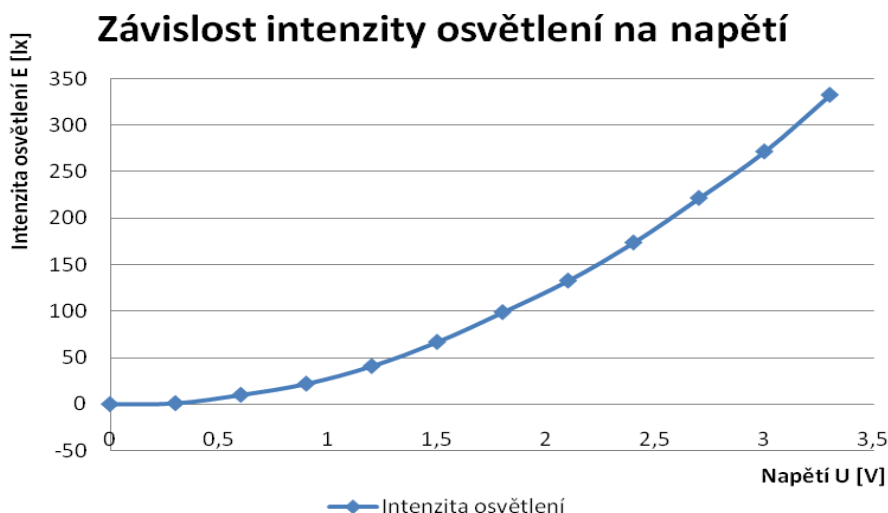
9 OVĚŘENÍ FUNKCE NOVÉHO MODELU

Po kompletním zhotovení fyzického modelu haly bylo zapotřebí také ověřit jeho správnou funkci. Nejprve bylo připojeno napájecí napětí a zkoumáno, zdali se nějaká elektronická součástka nezahřívá příliš. Následně byl odladěn program pro mikropočítač a model tak mohl projít dalším testem, kdy byl nastavován různý jas žárovek, a zkoumala se funkce. I po několika hodinové zátěži nebyly nalezeny nedostatky. Mohl tak být také naprogramován programovatelný automat a odzkoušen ukázkový program. Model ani při tomto testu nejevil známky nefunkčnosti nebo nedostatečného hardwarového řešení.

Posledním testem bylo měření intenzity osvětlení v místnosti v závislosti na napětí, přivedeném do mikropočítače. Tato závislost byla nelineární a musela se tak provést linearizace tohoto průběhu.

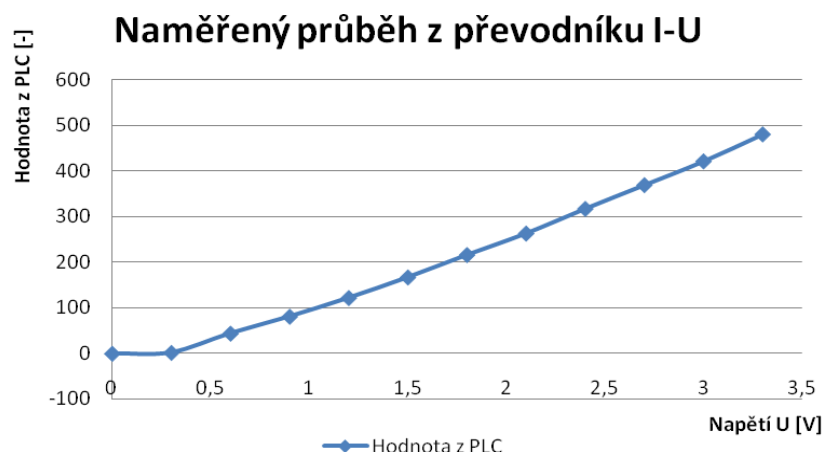
9.1 Naměřený průběh intenzity osvětlení

Průběh byl měřen luxmetrem ALMEMO 2290-3 tak, že sonda luxmetru byla umístěna doprostřed místnosti, přičemž střecha i okna modelu zůstaly důkladně zatemněny. Výsledný průběh je patrný z grafu (Graf 1).



Graf 1 Závislost intenzity osvětlení na napětí

Z grafu (Graf 1) je patrné, že závislost intenzity osvětlení na napětí, které je vstupem mikropočítače, není lineární. Další graf (Graf 2) představuje 10 bitovou hodnotu z analogového vstupního modulu PLC v závislosti na napětí. Závisle proměnná zde reprezentuje hodnotu ze snímače intenzity osvětlení, který je implementovaný v modelu.



Graf 2 Naměřený průběh z převodníku I-U

Průběh z grafu (Graf 2) je sice lineární, avšak linearita závislosti intenzity osvětlení na napětí (Graf 1) je důležitější již proto, že míra osvětlení se nejčastěji udává v luxech. Tento aspekt rozhodl o následné linearizaci. Na grafu (Graf 2) můžeme také zpočátku vidět necitlivé pásmo, kdy při zvýšení napětí na hodnotu 0,3 V nedochází ke zvýšení hodnoty z PLC, vlákna v žárovkách sice žhaví, ale změna intenzity osvětlení je zanedbatelná a nedochází tak k nárůstu hodnot z PLC.

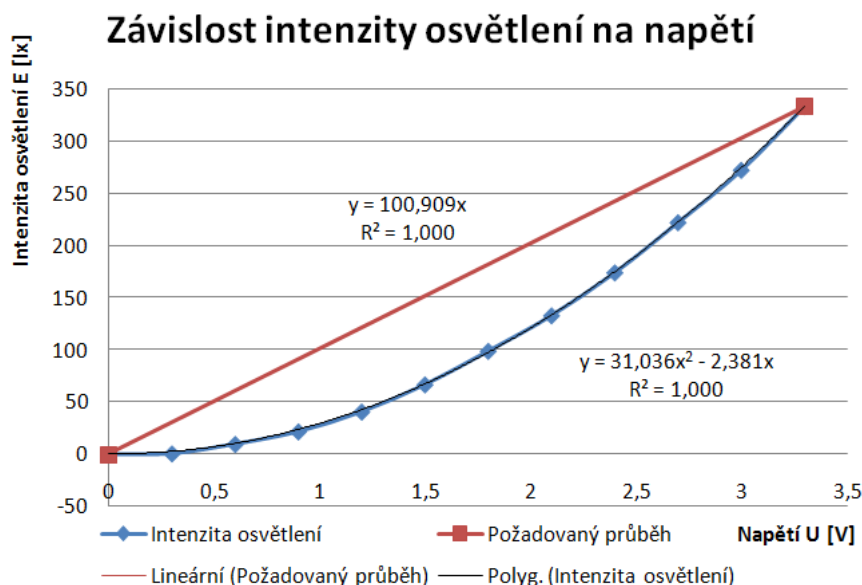
9.2 Linearizace průběhu

Postup linearizace byl takový, že se získaný průběh závislosti intenzity osvětlení (E) na napětí (U_{IN}) proložil polynomem 2. stupně, viz graf (Graf 3). Získala se tak rovnici regrese (4).

$$E = 31,036 \cdot U_{IN}^2 - 2,381 \cdot U_{IN} \quad (4)$$

Dalším krokem bylo stanovení požadované lineární závislosti intenzity osvětlení (E_P) na napětí (U_{IN}). Toho bylo dosaženo tak, že krajní body naměřeného průběhu intenzity osvětlení (E_P) se proložily přímkou a výsledkem byla nová rovnice (5). Jedná se o rovnici přímky, která prochází počátkem, a právě takového průběhu se snažíme docílit. Tento krok je také patrný z grafu (Graf 3).

$$E_P = 100,909 \cdot U_{IN} \quad (5)$$



Graf 3 Závislosti intenzity osvětlení s aproximací

Chceme zjistit velikost kompenzovaného napětí (U_K), které při daném napětí (U_{IN}) zajistí požadovanou hodnotu intenzity osvětlení (E_P), které leží na přímce. Z toho vyplývají následující závislosti (6), (7).

$$E_P = 31,036 \cdot U_K^2 - 2,381 \cdot U_K \quad (6)$$

$$E_P = 100,909 \cdot U_{IN} \quad (7)$$

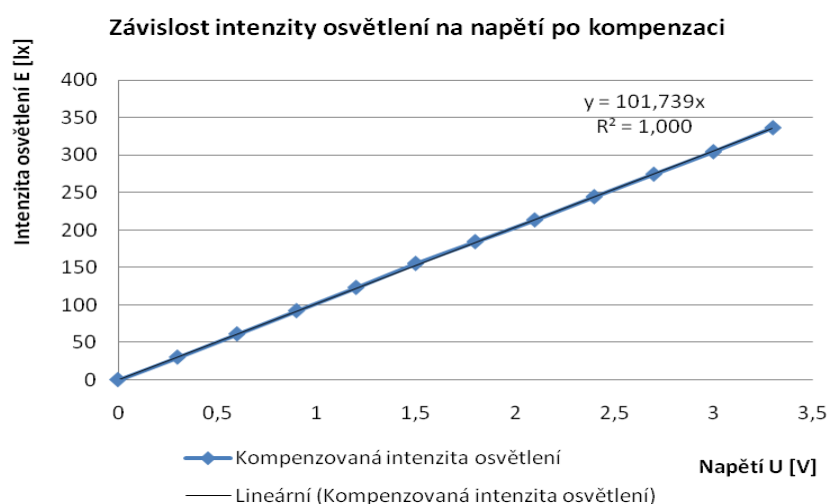
Po dosazení je získána kvadratická rovnice (8), jejímž vyřešením získáme potřebný výsledný kompenzační vztah (9). Kvadratická rovnice má dvě řešení, avšak zajímavé je pouze to, které leží v požadovaném kvadrantu.

$$31,036 \cdot U_K^2 - 2,381 \cdot U_K - 100,909 \cdot U_{IN} = 0 \quad (8)$$

$$U_K = \frac{2,381 + \sqrt{5,669 + 12527,200 \cdot U_{IN}}}{62,072} \quad (9)$$

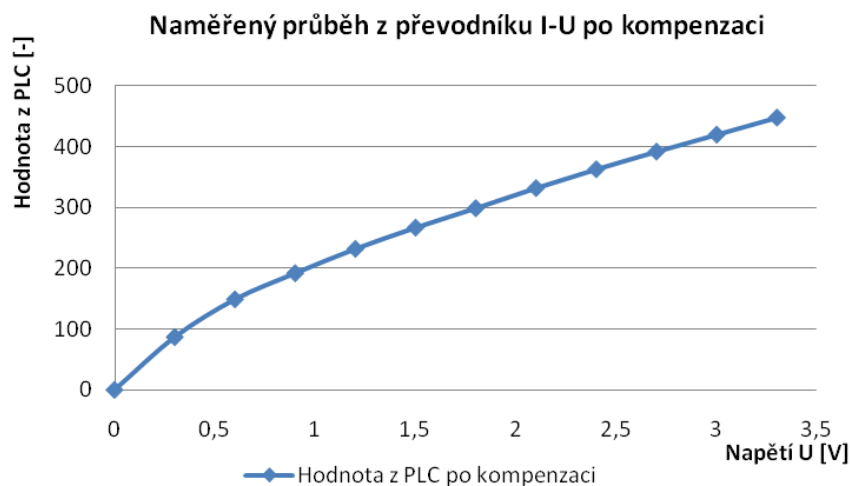
Výsledný vztah (9) zpracovává mikropočítač a na jeho základě je určena střída PWM. Softwarový čítač čítá do hodnoty 100, než je vynulován, kompenzační vztah určí pouze výsledné napětí, a tak je zapotřebí tuto hodnotu napětí vynásobit ještě číslem 30,303, aby byl rozsah napětí 0 – 3,3 V převeden na rozsah 0 – 100, který určuje velikost střídá PWM.

Kompenzovaný graf závislosti intenzity osvětlení na napětí poté představuje lineární závislost, viz graf (Graf 4).



Graf 4 Závislost intenzity osvětlení na napětí po kompenzaci

Závislost hodnot z analogového vstupního modulu PLC na napětí již lineární není, viz graf (Graf 5), avšak není ani silně nelineární. Po opětovných testech nedocházelo k žádným problémům, zablikání žárovek apod. a je tak dokázáno, že linearizace byla úspěšná.



Graf 5 Naměřený průběh z převodníku I-U po kompenzaci

ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo analyzovat stav původního modelu řízení osvětlení. Na základě této analýzy pak navrhnout možná zlepšení a ty také realizovat. Avšak zkoumání stavu původního modelu vyvodilo důsledek, že nejlepším řešením bude vytvořit nový model.

Prvotní cíl práce byla výměna starého typu PLC za modernější. Následně bylo potřeba zvážit způsob řešení snímací části a části, která bude ovládat jas žárovek. Jako snímací část bylo použito zapojení OZ jako převodníku proudu na napětí. OZ má na svém invertujícím vstupu zapojenou fotodiodu, která generuje proud, úměrný velikosti intenzity osvětlení. Jas žárovek ovládá výkonový prvek, MOS-FET tranzistor, který je spínán PWM modulací. Tuto modulaci obstarává mikropočítač MC9S08QE32, který je dobrým řešením pro tyto účely. PWM signál má frekvenci 333,33 Hz. Frekvence byla takto nastavena na základě skutečnosti, že při ní nedochází k rozkmitání převodníků.

Obě tyto stěžejní části jsou součástí řídicí desky, která dále obsahuje mikropočítač, BDM konektor, potřebné obvody pro různá napětí, analogové multiplexery pro volbu vstupního signálu mikropočítače a konektory pro připojení periférií.

Hala bude sloužit jako výukový model do laboratoří PLC, proto je součástí této práce také ukázkový program pro PLC a ukázková vizualizace, vytvořená v programu Control Web 6.1. Model je koncipován tak, aby byl mechanicky odolný, což zajistí jeho dlouhodobé využívání při výuce. Výhodou modelu je možnost zatemnění části střechy nebo určité místnosti pomocí roletky. Střecha jde rovněž zatemnit celá. Je tak možné simulovat různé části dne, resp. různě velkou složku denního světla. Hala je rozdělena na 4 místnosti přepážkami, které je možno vytahovat a měnit tak velikost místností, a tak i počet světelných zdrojů a snímačů v nich.

Závislost intenzity osvětlení na napětí, které vyhodnocuje mikropočítač, byla linearizována. Dochází tak k plynulému nárůstu intenzity osvětlení při zvyšování napětí, což je v praxi žádané.

Práce byla prezentována na studentské soutěži Freescale Technology Application 2012, kterou pořádala firma Freescale Semiconductor.

CONCLUSION

The aim of this bachelor thesis was to analyze the state of the original illumination control unit. Based on this analysis appropriate improvement were to be suggested and implemented. Nevertheless, the investigation of the original design state has resulted in the persuasion to create a new design, and in this way to attain the best solution.

The primary goal of this work was to exchange the old PLC type for a more advanced one. Subsequently, a new design solution for the sensing stage, as well as for the bulb brightness controlling stage had to be considered. As a sensing stage, an operational amplifier has been used, connected as a current - voltage converter. Connected to the OA's inverting input is a photodiode, which generates a current proportional to the illumination intensity value. The bulb brightness is controlled by a MOS-FET power transistor, which is switched by means of the PWM modulation. This modulation is realized by a MC9S08QE32 microcontroller, which provides for a good solution for tasks of this kind. The PWM signal frequency is 333,33 Hz, determined on the basis of the fact, that no undesirable converter oscillations take place at this value.

These two fundamental parts are mounted on the control board, carrying a microcontroller, a BDM connector, circuits necessary to generate various voltages, analog multiplexers for selecting the input signal of the microcontroller and connectors for attaching the peripheral.

The hall will serve as a teaching prototype for PLC laboratories. Exemplary PLC program is a part of this work, as well as an exemplary visualization, created in the Control Web 6.1 program. The prototype is designed to be mechanically robust, thus securing its long-time usage during the training. The possibility of darkening a portion of the roof or of a certain room by means of a blind is an advantage of the unit. Also, the roof can be closed as whole. Thus, individual sections of the day or variable shares of the daylight can be emulated. The hall is divided into 4 rooms by partition walls, which can be drawn out, thus enabling to change the room size and the number of light sources and sensors situated in the rooms.

The dependence of the lighting intensity on the voltage evaluated by the microcomputer has been linearised. Thus, when increasing the voltage, the lighting intensity is raised continuously, as practically desirable.

This work has been presented at the student competition Freescale Technology Application 2012, arranged by the Freescale Semiconductor Company.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] VINCOUREK, Zdeněk. *Inteligentní osvětlení průmyslové haly*. Zlín, 2008. 107 s. Diplomová práce. UTB Zlín. Vedoucí práce Ing. Marin Zálešák, CSc.
- [2] PINKER, Jiří. *Mikroprocesory a mikropočítače*. Praha: BEN - technická literatura, 2004, 160 s. ISBN 80-7300-110-1.
- [3] Freescale Semiconductor. *MC9S08QE32 Datasheet: Technical data* [online]. 2009. vyd. [cit. 2012-05-24]. Dostupné z: http://www.freescale.com/files/microcontrollers/doc/data_sheet/MC9S08QE32.pdf.
- [4] Hw.cz. *USBDM_JS16 - programátor pro mikrokontrolery Freescale* [online]. 2010. vyd. [cit. 2012-05-24]. Dostupné z: <http://www.hw.cz/navrh-obvodu/software/usbdmjs16-programator-pro-mikrokontrolery-freescale-hcs08-hcs12-a-coldfire-v1>.
- [5] BARTOŠ, Vojtěch. *Řízení modelu automatizovaného skladiště palet programovatelným automatem*. Zlín, 2011. 92 s. Diplomová práce. UTB Zlín. Vedoucí práce Ing. Pavel Navrátil, Ph.D.
- [6] EWWH. *Popis PLC SAIA PCD2.M5540* [online]. 2010. vyd. [cit. 2012-05-24]. Dostupné z: <http://www.ewwh.cz/produkt/pcd2-m5540/63>.
- [7] EWWH. *Manual Hardware PCD2.M5xxx* [online]. 2009. vyd. [cit. 2012-05-24]. Dostupné z: <http://www.ewwh.cz/file/download/340>.
- [8] DOLEČEK, Jaroslav. *Moderní učebnice elektroniky: Optoelektronika a optoelektronické prvky*. Praha: BEN - technická literatura, 2005, 160 s. ISBN 978-80-7300-184-1.
- [9] BELZA, Jaroslav. *Operační zesilovače*. Praha: BEN - technická literatura, 2004, 248 s. ISBN 80-7300-115-2.
- [10] E.on. *Světelné zdroje* [online]. 2012 [cit. 2012-05-24]. Dostupné z: http://www.eon.cz/file/cs/customers/citizen/customer_service/Svetelne_zdroje.pdf.
- [11] BARR group. *Introduction tu pulse width modulation* [online]. 2012 [cit. 2012-05-24]. Dostupné z: <http://www.barrgroup.com/embedded-systems/How-To/PWM-Pulse-Width-Modulation>.

- [12] JURÁSEK, Antonín a Miroslav HRABOVSKÝ. *EAGLE pro začátečníky*. 2. vydání. Praha: BEN - technická literatura, 2007, 192 s. ISBN 80-7300-213-2.
- [13] BRUMBAR, Chriss. *Getting started with CodeWarrior IDE from Freescale* [online]. [cit. 2012-05-24]. Dostupné z: <http://www.docstoc.com/docs/5932247/Getting-Started-with-CodeWarrior-IDE-from-Freescale>.
- [14] Industrie Control Service. *Programovací komplet Saia®PG5* [online]. 2011 [cit. 2012-05-24]. Dostupné z: <http://www.ics-praha.cz/software>.
- [15] MicroControllers and Electronics. *MC34063A development aid* [online]. 2008 [cit. 2012-05-24]. Dostupné z: <http://www.nomad.ee/micros/mc34063a>.
- [16] Datasheet Catalog. *Silicon PIN Photodiode BPW 34* [online]. 1999. vyd. [cit. 2012-05-24]. Dostupné z: <http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/vishay/81521.pdf>.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

A/D	Analog/Digital.
AC	Alternating Current.
ANSI	American National Standards Institute.
CPU	Central Processor Unit.
DC	Direct Current.
DPS	Deska Plošných Spojů.
HMI	Human-Machine Interface.
I ² C	Inter-Integrated Circuit.
I/O	Input/Output.
IDE	Integrated Development Environment.
LED	Light-Emitting Diode.
MOS-FET	Metal Oxide Semiconductor Field-Effect Transistor.
LC	Programmable Logic Controller.
OZ	Operační Zesilovač.
PWM	Pulse Width Modulation.
RAM	Random-Access Memory.
ROM	Read-Only Memory.
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition.
SCI	Serial Communication Interface.
SMD	Surface Mount Device.
SOIC	Small-Outline Integrated Circuit.
SPI	Serial Peripheral Interface.
USBDM	Universal Serial Bus Background Debug Mode.
UV	Ultraviolet.

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1 Rozložení zařízení v původním modelu</i>	<i>11</i>
<i>Obr. 2 Schéma předřadníků původního modelu</i>	<i>12</i>
<i>Obr. 3 Fotografie původního modelu</i>	<i>13</i>
<i>Obr. 4 Popis pinů mikropočítače</i>	<i>14</i>
<i>Obr. 5 Programátor USBDM_JS16</i>	<i>15</i>
<i>Obr. 6 Zapojení BDM konektoru</i>	<i>15</i>
<i>Obr. 7 Struktura PLC systému</i>	<i>16</i>
<i>Obr. 8 Uspořádání SAIA PCD2. M5540</i>	<i>17</i>
<i>Obr. 9 Uspořádání křemíkové fotodiody</i>	<i>21</i>
<i>Obr. 10 Fotovoltaický režim</i>	<i>21</i>
<i>Obr. 11 Schematická značka fototranzistoru</i>	<i>22</i>
<i>Obr. 12 Princip fototranzistoru</i>	<i>22</i>
<i>Obr. 13 Výstupní charakteristiky fototranzistoru</i>	<i>23</i>
<i>Obr. 14 Převodník proudu na napětí</i>	<i>24</i>
<i>Obr. 15 Příklady světelných zdrojů</i>	<i>25</i>
<i>Obr. 16 Velikosti stříd PWM.....</i>	<i>26</i>
<i>Obr. 17 Snímek vývojové prostředí CodeWarrior IDE 5.9.0.....</i>	<i>28</i>
<i>Obr. 18 Snímek projektového manažeru PG5.....</i>	<i>29</i>
<i>Obr. 19 Blokové schéma řídicí desky.....</i>	<i>32</i>
<i>Obr. 20 Schéma zapojení kladných napájecích větví.....</i>	<i>33</i>
<i>Obr. 21 Schéma zapojení záporné napájecí větve</i>	<i>33</i>
<i>Obr. 22 Schéma snímací části.....</i>	<i>35</i>
<i>Obr. 23 Schéma obvodu pro volbu signálu.....</i>	<i>36</i>
<i>Obr. 24 Schéma spínací části</i>	<i>37</i>
<i>Obr. 25 Zapojení modulů v PLC.....</i>	<i>37</i>
<i>Obr. 26 Závislost proudu na intenzitě osvětlení</i>	<i>39</i>
<i>Obr. 27 Příklad podkladu pro DPS</i>	<i>41</i>
<i>Obr. 28 Detail snímače a žárovky.....</i>	<i>42</i>
<i>Obr. 29 Fotografie modelu</i>	<i>42</i>
<i>Obr. 30 Ovládací prvky modelu.....</i>	<i>43</i>
<i>Obr. 31 Inicializace a nastavení mikropočítače</i>	<i>44</i>

<i>Obr. 32 Ošetření střídý PWM a generování modulace.....</i>	<i>45</i>
<i>Obr. 33 Vývojový diagram programu</i>	<i>46</i>
<i>Obr. 34 Rozhodovací větev programu</i>	<i>47</i>
<i>Obr. 35 Eliminace regulační odchylky</i>	<i>48</i>
<i>Obr. 36 Ovládací panel z prostředí Control Web 6.1</i>	<i>49</i>

SEZNAM GRAFŮ

<i>Graf 1 Závislost intenzity osvětlení na napětí.....</i>	<i>50</i>
<i>Graf 2 Naměřený průběh z převodníku I-U</i>	<i>51</i>
<i>Graf 3 Závislosti intenzity osvětlení s aproximacemi</i>	<i>52</i>
<i>Graf 4 Závislost intenzity osvětlení na napětí po kompenzaci.....</i>	<i>53</i>
<i>Graf 5 Naměřený průběh z převodníku I-U po kompenzaci</i>	<i>53</i>

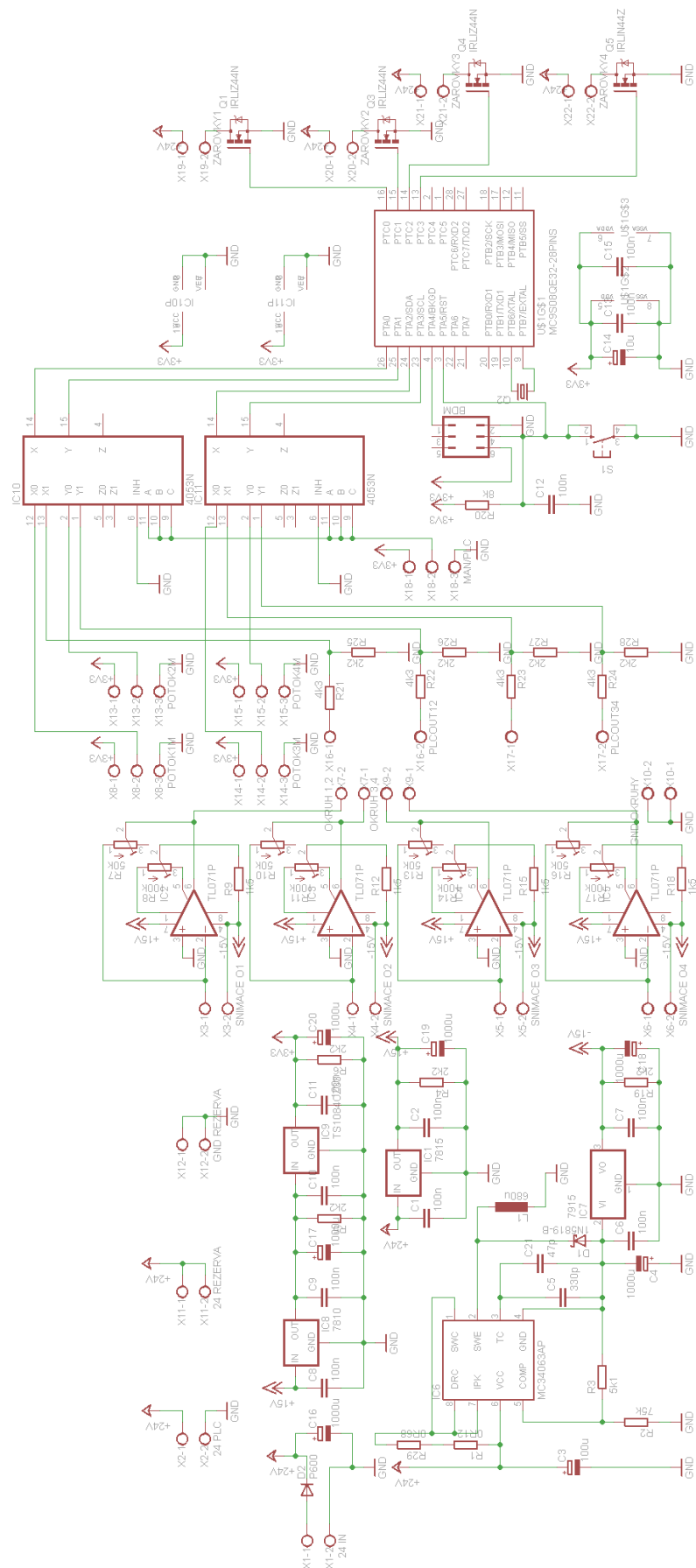
SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1 Základní parametry SAI A PCD2. M5540</i>	<i>17</i>
<i>Tab. 2 Technické údaje modulu binárních vstupů</i>	<i>18</i>
<i>Tab. 3 Technické údaje modulu binárních výstupů</i>	<i>19</i>
<i>Tab. 4 Technické údaje modulu analogových vstupů</i>	<i>19</i>
<i>Tab. 5 Technické údaje modulu analogových výstupů</i>	<i>19</i>
<i>Tab. 6 Zapojení binárních vstupů PLC.....</i>	<i>38</i>
<i>Tab. 7 Zapojení binárních výstupů PLC.....</i>	<i>38</i>
<i>Tab. 8 Zapojení analogových vstupů PLC.....</i>	<i>38</i>
<i>Tab. 9 Zapojení analogových výstupů PLC</i>	<i>38</i>

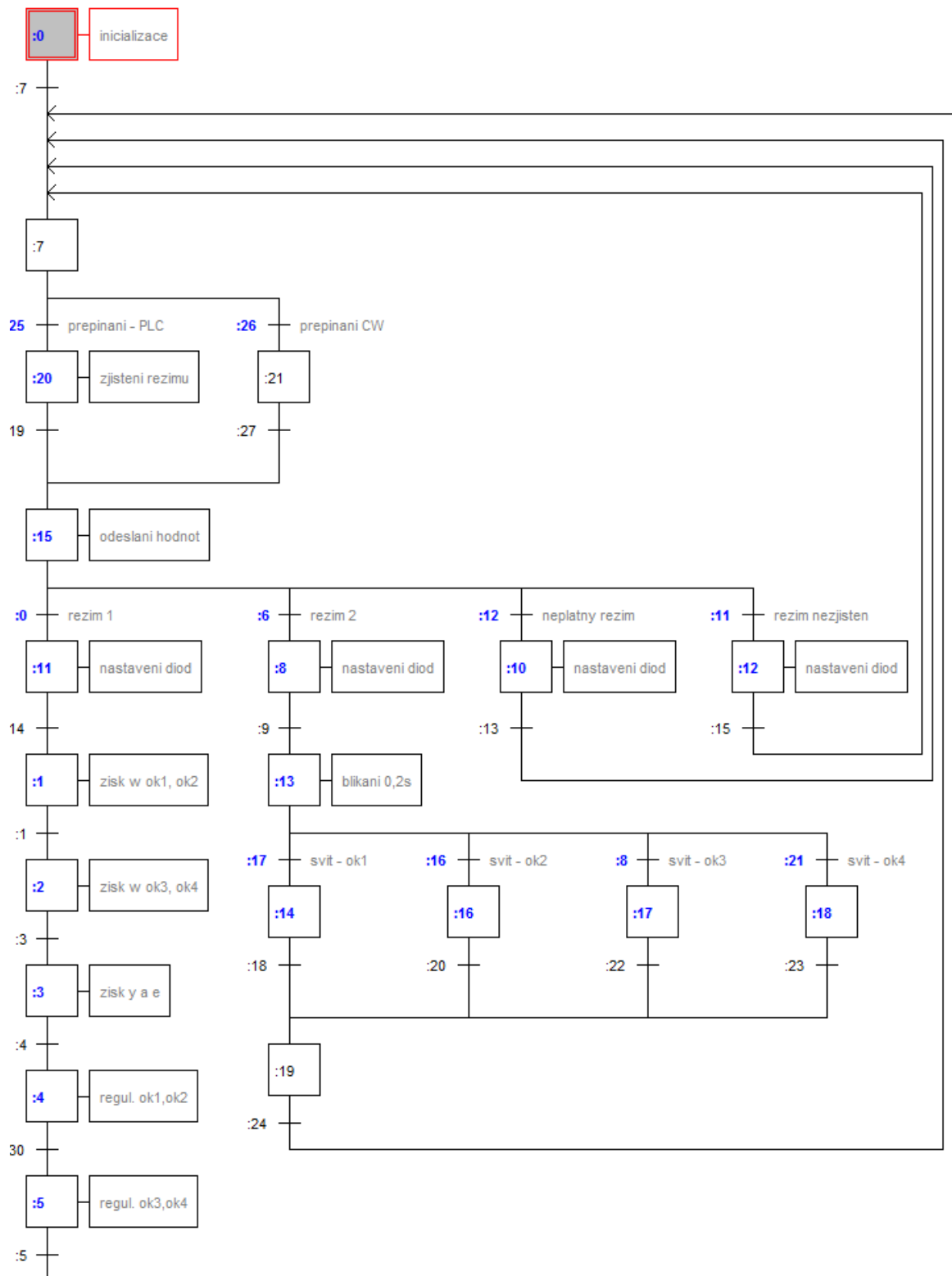
SEZNAM PŘÍLOH

- P I Schéma zapojení
- P II Ukázkový program
- P III Výkres modelu haly
- P IV Fotodokumentace
- P V CD s bakalářskou prací, zdrojovými kódy, schématy a rozpiskou součástek k DPS

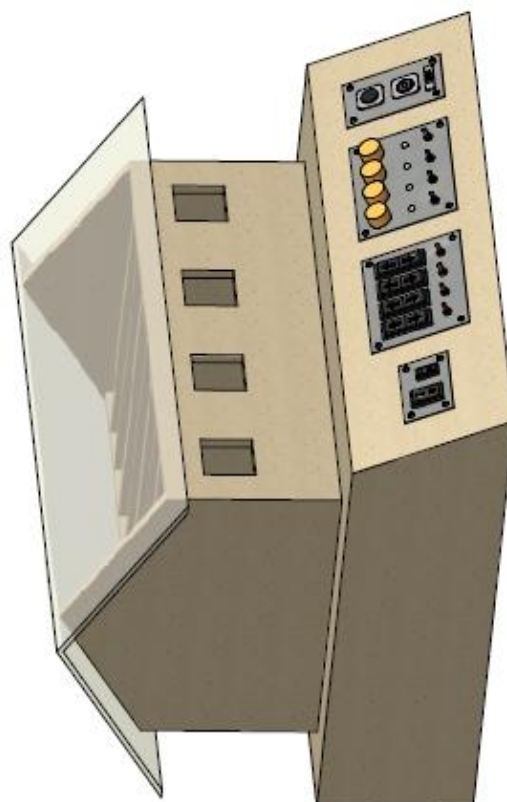
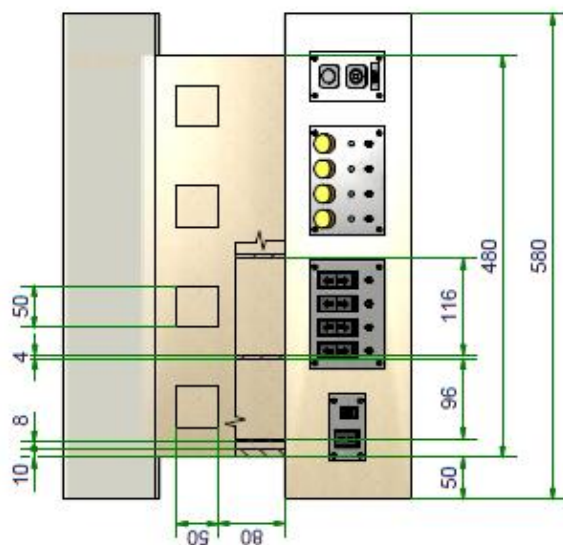
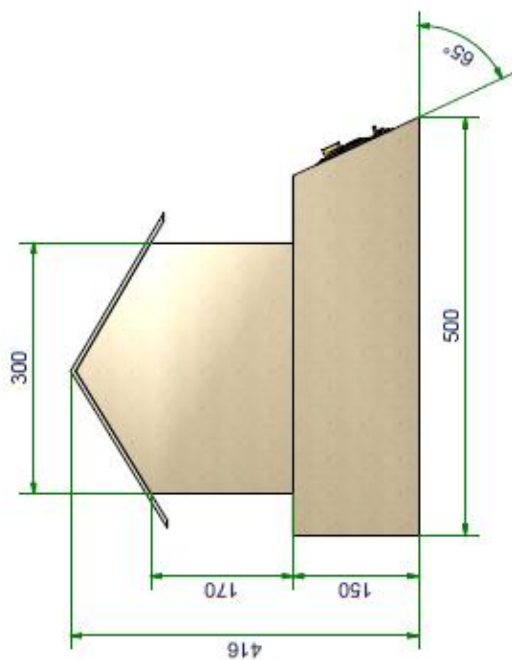
PŘÍLOHA P I: SCHÉMA ZAPOJENÍ



PŘÍLOHA P II: UKÁZKOVÝ PROGRAM



PŘÍLOHA P III: VÝKRES MODELU HALY



PŘÍLOHA P IV: FOTODOKUMENTACE

