

Model skleníku řízený programovatelným automatem

Hana Malíková

Bakalářská práce
2016



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky
akademický rok: 2015/2016

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Hana Malíková**
Osobní číslo: **A13120**
Studijní program: **B3902 Inženýrská informatika**
Studijní obor: **Informační a řídicí technologie**
Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Model skleníku řízený programovatelným automatem**
Téma anglicky: **A Model of a Greenhouse Controlled by a Programmable Logic Controller**

Zásady pro vypracování:

1. Provedte literární rešerši na téma Řízení skleníků s ohledem na všechny důležité veličiny, které se nejčastěji řídí a ovládají při řízení skleníků.
2. Zvolte vhodnou jednotku PLC pro řízení, popište její vlastnosti a možnosti jejího využití v dané oblasti.
3. Provedte návrh modelu, na kterém bude možno ověřovat řídicí algoritmy.
4. S pomocí zvolené jednotky realizujte řídicí program a tento ověřte na vytvořeném modelu.

Rozsah bakalářské práce: -
Rozsah příloh: -
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

1. ŠMEJKAL, Ladislav a Marie MARTINÁSKOVÁ. PLC a automatizace, 1.díl. 1. Vyd. Praha: BEN – technická literatura, 1999. ISBN 80-860-5658-9.
2. MARTINÁSKOVÁ, Marie a Ladislav ŠMEJKAL. Řízení programovatelnými automaty II. Vyd. 1. Praha: ČVUT, Strojní fakulta, 2000. ISBN 80-010-2096-7.
3. Odborný popis mini-plc-stg-600 [online]. [cit. 2016-01-25]. Dostupné z: <http://www.barth-elektronik.de/mini-plc-stg-600-a2786.html>
4. Automamatzace [online]. [cit. 2016-01-25]. Dostupné z: <http://www.automatizace.hw.cz>
5. PLC [online]. [cit. 2016-01-25]. Dostupné z: <http://www.plc-automatizace.cz>
6. Automatizace a automatizační technika: systémové pojetí automatizace. 1. vyd. Brno: Computer Press, 2014, 2 sv. (217; 241 s.). ISBN 978-80-251-3628-7.
7. ŠVARC, David. Masožravé rostliny. Vyd. 1. Tišnov: Sursum, 2003, 180 s., [28] s. obr. příl. ISBN 80-732-3035-6.
8. PONCE, Pedro, Arturo MOLINA, Paul CEPEDA a Esther LUGO. Greenhouse Design and Control. First adition. London: CRC Press, 2015. ISBN 9781138026292.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Tomáš Sysala, Ph.D.
Ústav automatizace a řídicí techniky
Datum zadání bakalářské práce: 19. února 2016
Termín odevzdání bakalářské práce: 27. května 2016

Ve Zlíně dne 19. února 2016



doc. Mgr. Milan Adámek, Ph.D.
děkan



prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.
ředitel ústavu

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/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 diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/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 diplomovou/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 – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen připouští-li tak licenční smlouva uzavřená mezi mnou a Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně s tím, že vyrovnání případného přiměřeného příspěvku na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše) bude rovněž předmětem této licenční smlouvy;
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/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 diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/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 diplomové/bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně, dne 26. 5. 2016

Klára Maláková
.....
podpis diplomanta

ABSTRAKT

Abstrakt česky

Práce popisuje vytvoření systému pro automatické řízení skleníku využívající programovatelný automat. Systém se skládá z centrální jednotky, ovládací aplikace a plně funkčního modelu. Seznamuje se stručnou historií řídicích technik a se současnými řídicími strategiemi. Dalším z cílů této bakalářské práce je seznámit se s programovatelným automatem firmy BARTH Elektronik GmbH.

Klíčová slova: skleník, automatické řízení, teplota, vlhkost, programovatelný automat

ABSTRACT

The thesis describes the creation of a system for automatically controlling the greenhouse using a programmable controller. The system consists of a central unit, control applications and fully functional model. It introduces a brief history of management techniques and the current control strategies. Another objective of this thesis is to get acquainted with the programmable controller of the company BARTH Elektronik GmbH.

Keywords: Greenhouse, Automatic Control, Temperature, Relative Humidity, Programmable logic controller

Chtěla bych poděkovat Ing. Tomášovi Sysalovi, Ph.D. za poskytnutí cenných rad při tvorbě této práce. Dále můj dík patří mému manželovi za podporu poskytnutou v průběhu celého studia.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD.....	7
I TEORETICKÁ ČÁST.....	8
1 ŘÍZENÍ SKLENÍKŮ	9
1.1 HISTORIE.....	9
1.2 DŮLEŽITÉ VELIČINY	11
1.3 ROZDĚLENÍ TECHNOLOGICKÝCH ÚROVNÍ	13
1.4 MĚŘENÍ REGULOVANÝCH VELIČIN	13
1.5 TECHNIKY ŘÍZENÍ	15
2 VŠEOBECNĚ O PLC	21
2.1 STANDARDNÍ HARDWARE A UŽIVATELSKÝ PROGRAM PLC.....	21
2.2 PROGRAMOVATELNÝ AUTOMAT A ROZVADĚČ.....	23
2.3 PROGRAMOVATELNÝ AUTOMAT JAKO SOUČÁST ŘÍZENÍ.....	23
2.4 BINÁRNÍ VSTUPY A VÝSTUPY, LOGICKÉ ŘÍZENÍ.....	24
2.5 PLC A ŘÍZENÍ KONTINUÁLNÍCH PROCESŮ	24
2.5.1 Analogové vstupy a výstupy u PLC	24
2.5.2 Číslicový signál a číslicová komunikace s PLC	25
2.6 PLC V HYBRIDNÍM POUŽITÍ	28
2.7 FYZICKÉ A VIRTUÁLNÍ SENZORY.....	28
2.8 PLC A SÉRIOVÁ KOMUNIKACE.....	29
2.8.1 Bezdrátová komunikace	30
2.8.2 Mobilní komunikace a Internet	30
2.9 ZPRACOVÁNÍ ČASOVÝCH ÚDAJŮ, ČASOVÉ ŘÍZENÍ	31
2.10 VÝZNAM NORMY IEC EN 61131-3	32
3 MINI PLC BARTH STG600	32
3.1 PŘIPOJENÍ NAPÁJENÍ	33
3.2 PŘIPOJENÍ VSTUPŮ	33
3.3 PŘIPOJENÍ VÝSTUPŮ.....	33
3.4 KOMUNIKACE PLC S PS	34
3.5 OCHRANNÉ FUNKCE, PAMĚŤ PROGRAMU A DAT.....	34
4 VÝVOJOVÉ PROSTŘEDÍ MICON-L	35
II PRAKTICKÁ ČÁST.....	47
5 ŘÍZENÍ MODELU SKLENÍKU.....	48
5.1 POPIS SKLENÍKU, ROZMÍSTĚNÍ KOMPONENT.....	48
5.2 POPIS SNÍMAČŮ A KOMPONENT.....	50
5.3 ROZVADĚČ	56
5.4 CENA.....	57
6 TVORBA PROGRAMU	57

6.1	POPIS ALGORITMŮ	66
6.2	POPIS POUŽITÝCH FUNKČNÍCH BLOKŮ V PROGRAMU	68
6.3	VÝSLEDKY REGULACE.....	69
	ZÁVĚR	71
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	72
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	74
	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	76
	SEZNAM TABULEK	79
	SEZNAM PŘÍLOH.....	80

ÚVOD

Skleník je struktura, jež chrání plodiny před deštěm, větrem a umožňuje pronikání slunečního záření stěnami a výměnu tepla s vnějším prostředím. Z pouhého útočiště před nepříznivým klimatem přechází do kontrolovaného prostředí přizpůsobeného potřebám jednotlivých rostlin.

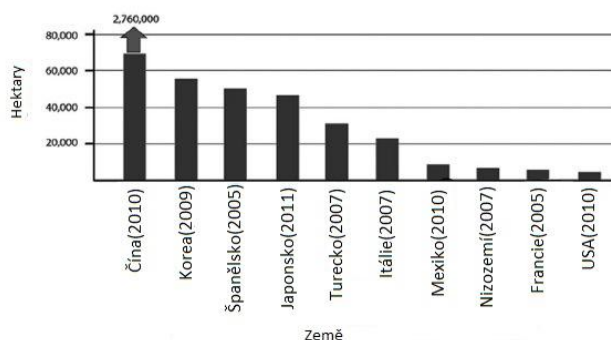
Jedním z úspěšných řídicích systémů jsou cenově nízké programovatelné automaty (PLC), které zajišťují spolehlivé automatické řízení.

I. - TEORETICKÁ ČÁST

1 ŘÍZENÍ SKLENÍKŮ

Hlavním účelem skleníku je zlepšení podmínek prostředí, ve kterém jsou pěstovány rostliny. Kontrola prostředí a závlahových systémů ve sklenících dosahuje v posledních letech značné pozornosti.

V současné době je Čína zemí s největší skleníkovou rozlohou, více než 2 miliony hektary. Nizozemí je zemí s nejvyspělejší technologií v tomto sektoru a Španělsko hostí největší koncentraci skleníků v oblasti Almeria. [1, s.32,33]



Obr.1 Celková skleníková rozloha v zemích s největší produkcí [1]



Obr.2 Skleníky v Almérii (Španělsko) [8]

1.1 Historie

Počátky éry automatického řízení spadá do roku 1930, jak je ukázáno v následující časové linii.

1930 Použití rozšiřující se elektrické instrumentace a ovládacího zařízení pro vytápění, ventilaci a osvětlení. Počátky řízení skleníků, byly jednoduché - jako tahání za řetěz k ote-

vření nebo zavření větracího otvoru, otáčení ventilu pro řízení tepla nebo zavlažování, přehození výhybky k aktivaci čerpadla nebo ventilátoru. Během let se skleníkové systémy staly samy o sobě složitější a spolehlivé.

1940-50 Během první poloviny 20. století bylo široce používáno manuální ovládání, v tomto typu řízení byla pověřená osoba odpovědná za kontrolu teploty uvnitř skleníků. Pro udržení požadované teploty se aktivovala řídicí zařízení ručně. Byly používány analogové senzory jako jsou teploměry. Tento režim zaznamenal velké odchylky nad a pod požadovanou teplotou.

1960 Ranné automatizované řízení se skládalo z nezávislých termostatů, hydrostatů a časovačů. Dokonce i tato jednoduchá zařízení dovozovala velké pokroky v efektivitě, usnadňovala život pěstitelům a zvýšila kvalitu produktů. Nicméně, mnoho z těchto kontrolních zařízení a metod nemohlo dosáhnout stupně automatizace a efektivitě potřebné v dnešním dynamickém prostředí. Termostat je levná a jednoduchá instalace, ale má špatnou přesnost, nízkou energetickou účinnost a každý pohon vytápění nebo chlazení vyžaduje svůj vlastní termostat.

Zkušenosti z častých problémů z použití několika nezávislých termostatů a časovačů pro řízení skleníku vedly k vývoji elektronického analogového řízení, známého jako "skokové" řízení. Tato zařízení významně přispěla ke zlepšení životního prostředí růstu a zvýšení efektivitě za kombinace funkcí několika termostatů vedených do jednoho zařízení s jediným teplotním senzorem. Skokový regulátor je trochu dražší, ale zvládne spárovat několik výstupů např. dvě fáze vytápění a tři fáze chlazení, což dává více přesnosti.

1970-80 Skleníkové systémy se stávají čím dál více komplexnější. Pro automatizaci skleníků byly použity mikroprocesory, protože mohly zvládnout několik vstupních a výstupních připojení. Některé mikroprocesory mohou ovládat až 20 zařízení, více než skokové regulátory. V tomto okamžiku on/off strategie řízení byla plně využita a rozvíjena, ale vzhledem ke špatné přesnosti a řízení počítači byly realizovány PID (proporcionálně-integračně-derivační) regulátory. Tyto typy regulátorů ukazují menší výkyvy a rychlejší odezvu k dosažení nastavené hodnoty.

Za posledních 40 let bylo učiněno mnoho pokusů k rozvíjení elektronického zařízení a řídicích technik pro využití v zemědělství, ale u většiny z tohoto vývoje selhalo přijetí do zemědělství. Důvody byly spíše ekonomické než-li technické. Dnes jsou široce používány počítače a víceúčelové mikroprocesory a vestavěné (embedded) systémy s mikroprocesorem pro konkrétní účel, s přidáním funkcí, jako je záznam dat a prognostika. V dů-

sledku toho došlo k dramatickému zlepšení řídicí techniky. S pokračujícím zlepšováním technického pokroku jsou dnes počítačové řídicí systémy standardem pro moderní skleníky.[1, s.58,59]

1.2 Důležité veličiny

Existuje několik nástrojů pro zlepšení a regulaci klimatu a zavlažovacích podmínek ve skleníku jako jsou:

- Přirozené větrání: otevření a zavření bočních závěsů nebo střechy.
- Nucené větrání: ventilátory na cirkulaci a odtah vzduchu.
- Topné systémy: tepelné čerpadlo, konvekční trubky.
- Stínění: bělení stropu, stínicí a síťové zástěny.
- Odpařování vody, adiabatické chlazení: mokré zdi a mlžení.
- Zavlažování: okapní, hydroponie.

S využitím klimatických regulátorů se standardními programy umožňující manipulaci různých klimatických faktorů (větrání, zavlažování, topení, stínové zástěny, zvlhčování a recirkulování).

V případě pokročilého automatizovaného skleníkového systému je regulace vnitřního prostředí zaměřena na vytvoření vhodného mikro-klima pro zesílení růstu rostlin a snížení celkových nákladů. Vývoj rostliny v jejích různých fázích růstu je podmíněn faktory životního prostředí; nejrelevantnější faktory proměnných braných v úvahu a řízených v hydroponickém automatizovaném skleníku jsou teplota, relativní vlhkost, intenzita světla, oxid uhličitý (CO_2), pH živného roztoku do zavlažovacího systému.

Teplota je nejdůležitějším parametrem, neboť se jedná o nejvlivnější proměnnou na růst a rozvoj rostlin. Optimální teplota pro rostliny se obvykle pohybuje mezi 10°C a 20°C.

Použití automatických regulátorů umožňuje včasnou výsadbu a sklizeň. Automatické regulátory se používají nejen jako nástroj ke zefektivnění klimatologického vedení rostliny, ale také k získání metrik, které pomáhají nové generaci pěstitelů, učinit přesná rozhodnutí pro lepší řízení rostlin. To vytvořilo různé výrobní systémy, které jsou čím dál nezávislejší na vnějších klimatických faktorech a lidských chybách.

Skleníková produkce, často nazývaná " Řízené zemědělské prostředí" (Controlled Environment Agriculture, CEA), obvykle znamená **hydroponie**, což je technika pěstování řízením živin pro plodiny. Dnes je hydroponie možná nejvíce implementovaný způsob pro rostlinnou výrobu v zemědělském odvětví.

Globálně se rozsah hydroponie neustále zvyšuje. Podle Mezinárodní organizace pro pěstování bezpůdní kulturou ISOSC (International Society for Soilless Culture, ISOSC), hydroponie se používá u více než 25 000 hektarů skleníků na světě. Primární země v hydroponickém pěstování ve skleníku jsou Nizozemí, Španělsko, Francie a Japonsko.

Pro lidskou spotřebu a zdraví představují hydroponické potraviny nepřekonatelnou ryzí čistotu a kvalitu. Minerální soli přidané do vody nebo zavlažování jsou stejné jako soli obsažené v půdě pro rostliny. Nutriční výživa je vytvořena použitím přírodního 100% roztoku minerálních solí. Výživa také používá organické chelátové stopové prvky. Nutriční hodnota hydroponické produkce je pro člověka významně účinnější v mnoha případech, než produkty získané běžnými metodami (pěstování v půdě). Vysvětlením je, že produktům pěstovaným bezpůdně je dodávána po celou dobu jejich životnosti vyvážená nutriční výživa s adekvátním a optimálním poměrem živin tak, že požadavky na rostlinu nebo plody jsou účinně splněny. Tímto způsobem ovoce nebo rostlina má vše, co je třeba mít pro správnou a zdravou výživu.

V kombinaci se skleníky je hydroponie špičková technologie, ale i kapitálově náročná. Přesto hydroponie vyžaduje jen základní zemědělské znalosti. Některé výhody této techniky jsou následující:

- Žádná kontaminace ze strojního zařízení
- Intenzivní produkce vícekrát ročně
- Žádné eroze půdy
- Užitečné pro pěstování ve městech
- Zachování zdrojů
- Střídání plodin není nutné
- Žádné hnojiva pro pěstování
- Vyhnutí se velkému množství odpadu

Skleníkové technologie s řízeným prostředím jsou důsledkem následujících úspěchů:

- zajištění kvality produkce
- dosažení nejvyšší produktivity
- ovládání kalendáře výroby
- šetření energie

[1, s.35,36]

1.3 Rozdělení technologických úrovní

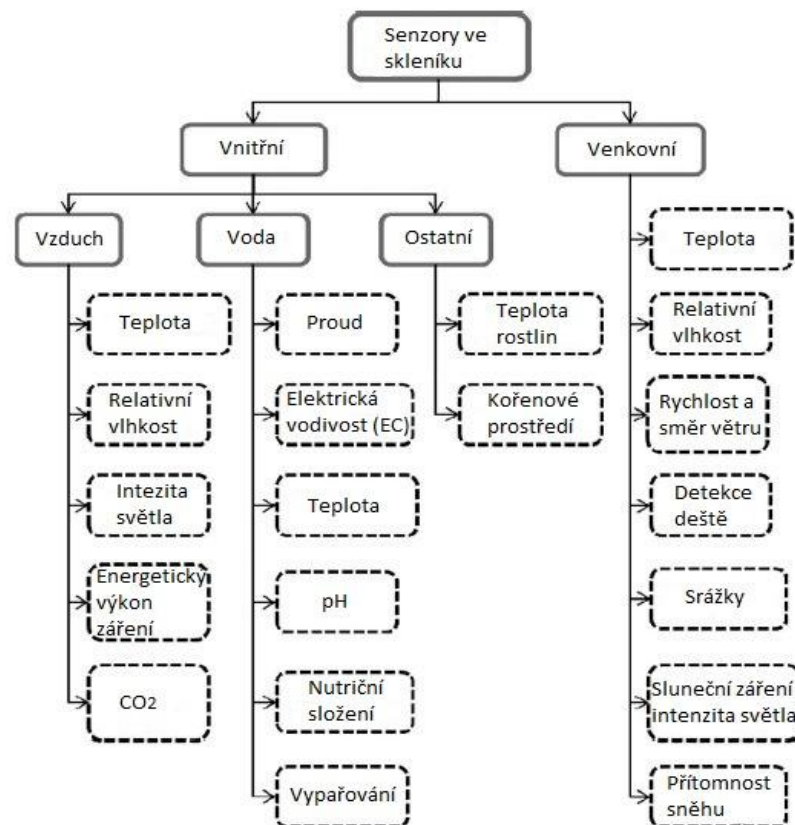
Technologie nízké úrovně - Jsou zcela závislé na prostředí, pomocí jednoduchých technologií, podobných těm, které se používají při pěstování v otevřeném terénu. Produkty mají pasivní větrání (horní a boční ventilace), bez topení a pěstuje se na substrátu. V tomto případě je velmi důležité znát rozdíly mezi denními či nočními teplotami z důvodu nedostatku vytápění a chlazení.

Technologie střední úrovně - Koresponduje s modulární konstrukcí s kontrolou semi-klimatu, programované zavlažování a kultivace půdy nebo hydroponie. Obvykle produktivita a kvalita je vyšší než u technologie nízké úrovně. Výrobce používá kombinaci obou technologických úrovní, vysoké i nízké, a regulace teploty je obvykle velmi jednoduchá. Technologie střední úrovně zahrnuje jak pasivní chlazení, tak aktivní. Patří sem také modely staveb, které mají topení a jiné, které netopí.

Technologie vysoké úrovně - Tato úroveň zahrnuje zařízení s automatickou regulací klimatu (větší nezávislost na venkovním počasí), automatické zavlažování, vstřikování CO_2 a kultivace půdy nebo hydroponie. Za tímto účelem má senzory a zařízení k provozování zavlažovacích a ventilačních systémů, stínící sítě pro řízení osvětlení a kultivaci substrátů. Obecně založena na reakci rostliny na prostředí. U těchto systémů může výrobce optimalizovat růst rostlin a maximalizovat produkci a kvalitu např. ovoce.[1, s.37]

1.4 Měření regulovaných veličin

Snímače(senzory)/převodníky jsou zařízení, která přeměňují fyzikální veličiny na elektrický signál pro zpracování, řízení nebo displej. Existují tisíce senzorů, které jsou na trhu k dispozici. Automatizační a nepřetržitý provoz v komerčních sklenících nasazuje rozsáhlé užití individuálních snímačů a snímacího systému pro automatické řízení a měření parametrů životního prostředí, jak už jsme diskutovali dříve.



Obr.3 Ukazuje kompletní scénář o všech možných senzorech, které mohou být použity v high-tech skleníku.

[1]

Při stanovení vhodného snímače pro měření by měly být zvažovány následující body:

Rozsah - Rozsah by měl být dostatečně velký, aby zahrnoval všechny očekávané hodnoty měřené veličiny.

Citlivost - Pro získání výrazných údajů, senzor by měl produkovat dostatečný výstupní signál v důsledku změny v měřeném vstupu.

Elektrické charakteristiky signálu - Elektrické charakteristiky (výstupní impedance, frekvence reakce a doba odezvy) výstupního signálu čidla musí být kompatibilní s měřicím systémem.

Fyzické prostředí - Zvolený senzor musí být schopný odolávat podmínkám životního prostředí, které mohou být přitom předmětem měření.

Provozní chyby - Chyby spojené s operací senzoru nebo týkajících se prostředí, musí být dostatečně malé nebo ovladatelné tak, že jsou nevýznamné v měření. [1, s.182, 183]

1.5 Techniky řízení

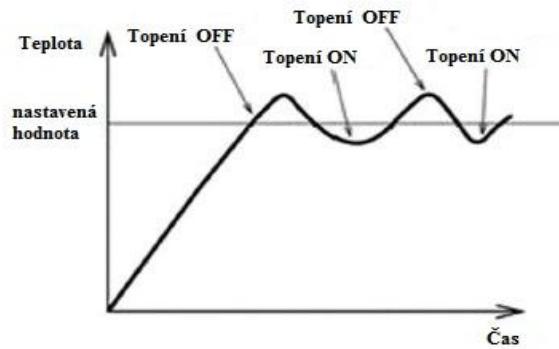
Praxe skleníkového pěstování spočívá ve vytvoření vhodných technik a postupů s cílem nastavit vnitřní klima skleníku a proces růstu rostlin navzdory kolísání vnějšího klimatu. V posledních letech se o řízení klimatických podmínek ve sklenících jevil značný zájem a několik týmů přispělo aplikovaným výzkumem k rozvoji v této oblasti. Bylo navrženo bezpočet strategií a řídicích technik.

- Logické řízení(on/off, dvupolohová regulace)
- Lineární řízení - PID
- Generalizované prediktivní řízení
- Optimální řízení
- Prediktivní ovládání
- Lineární kvadratická adaptivní regulace
- Neuronové sítě
- Fuzzy logické řízení
- Nelineární řízení
- Robustní řízení

Nové řídicí strategie jsou presentovány kombinací nelineárního řízení, Fuzzy logiky a řízením neuronovými sítěmi. Konkrétně se jedná o nelineární metody, které jsou založeny na zpětnovazebním řízení(dopředná regulace). Také se používá on/off řízení a PID.

Dvupolohová regulace

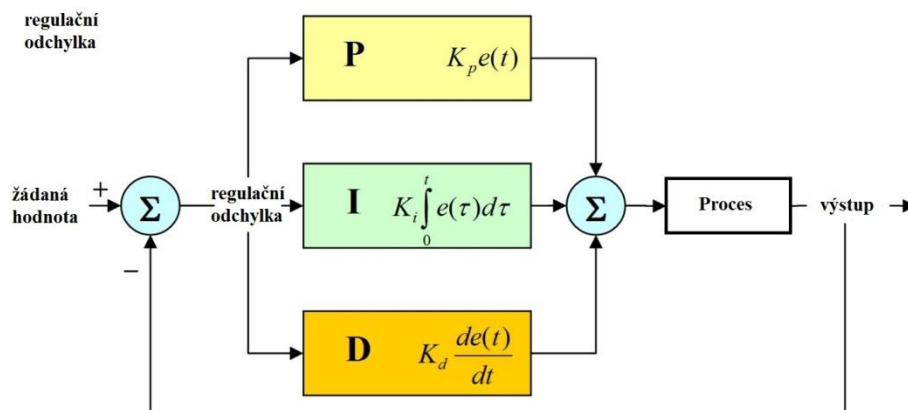
On/off regulátor je nejjednodušší forma ovládacího zařízení. Regulátor vypne, když regulovaná veličina překročí nastavenou hodnotu a nebo zapne, když regulovaná veličina spadne pod nastavenou hodnotu.[1, s.236]



Obr. 4 Chování on/off řízení [1]

PID řízení

Proporcionálně-integračně-derivační regulátor (PID regulátor). Lze získat ze zapojení:



Obr. 5 PID regulace [9]

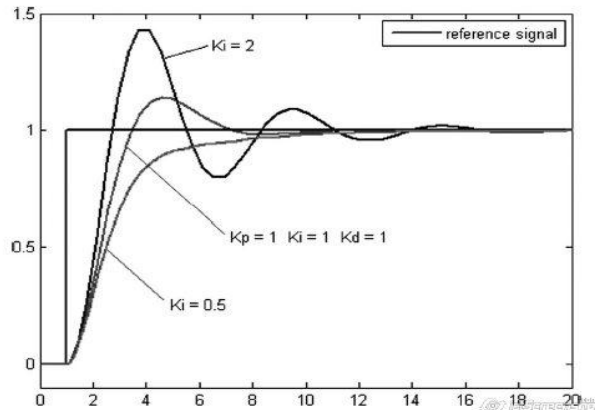
P - proporcionální složka násobí regulační odchylku e zesílením

I - integrační složka integruje regulační odchylku, umožňuje dosáhnout nulové trvalé regulační odchylky

D - derivační složka je schopna urychlit přechodový děj, při změně e na vstupu vznikne veliký impuls na výstupu, takže se zvýší účinek regulace

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(\tau) d\tau + K_d \frac{d}{dt} e(t)$$

K_p - ladící parametr proporciálního členu, K_i - ladící parametr integračního členu, K_d - ladící parametr derivačního členu, e : regulační odchylka = žádaná hodnota - výstupní hodnota, t - čas, τ - integrační proměnná nabývající hodnoty od 0 do t .



Obr. 6 Reakce na PID regulátor [1]

PID regulátor je považován historicky za nejlepší regulátor.

Zpětnovazební/dopředná linearizace

Na řešení problému silného nelineárního propojení mezi teplotou a vlhkostí ve skleníku se prezentuje zpětná/dopředná linearizace a oddělovací algoritmus pro kontrolu klimatu. Při použití tohoto algoritmu je MIMO (více vstupů, více výstupů) systém transformován na SISO systém prvního řádu lineárních systémů. Silná vazba mezi teplotou a vlhkostí se odstraní. Regulace teploty a vlhkosti se řídí zákonem, který zcela odděleně a snadno vypočítá energetické bilanční rovnice skleníkového dynamického systému. Výsledky simulací prokázaly, že dobrý účinek může být dosažen řízením dvou faktorů: Teploty a vlhkosti na základě mechanismu s vysokou přesností. [7]

Klouzavé řízení

Termín klouzavé řízení (Sliding Modes Control, SMC) se poprvé objevilo v souvislosti s proměnnou strukturou systému. Brzy se klouzavé módy staly hlavními operačními módy pro tuto třídu řízení systémů. Prakticky, všechny návrhy metod pro proměnné struktury systémů jsou na základě SMC, které hrálo a stále hraje výjimečnou roli v teoretickém vývoji a v praktických aplikacích. V systémech s řízením jako stav nespojitě funkce, SMC

může nastat. Řízení přepne na vysokou frekvenci, jinými slovy komutuje na určitém povrchu. Systém s klouzavými módy se ukázal jako účinný nástroj řízení komplexního vysokého řádu nelineárního dynamického rostlinného provozu za nejistých podmínek. SMC je také velmi atraktivní pro jeho vynikající výkon a snadnou realizaci s jednoduchým řídicím algoritmem.

V konvenčních SMC je řídicím pravidlem dovedení chyb systému do partikulární hyperroviny ve stavovém prostoru nazývaným kluznou plochou. Když je dosaženo kluzné plochy, stav systému se udržuje spínáním nebo klouzáním ve stabilní rovnováze.[1, s.241]



Obr. 7 Oscilování [1]

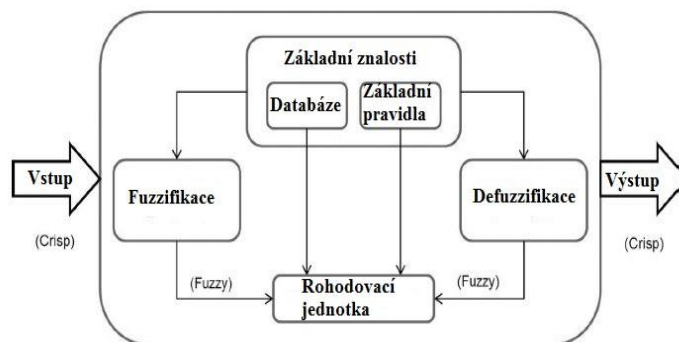
Fuzzy logika

Téměř všechny fyzické dynamické systémy, které mají nelineární charakter, nemohou být v praxi zastoupeny lineárními diferenciálními rovnicemi. Je-li požadován provozní rozsah velký, lineární regulátor je náchylný k nestabilitě, protože nelinearity v pěstování rostlin nemohou být řádně vyřešeny. Pro mnoho nelineárních např. chemických procesů rostliny je velmi obtížné budovat matematický model. K dispozici pro odhad jsou pouze vstupně-výstupní data získané z běžícího procesu.

Přístupem na bázi fuzzy logiky pro řešení problémů v oblasti řízení bylo zjištěno, že vyniká v těch systémech, které jsou velmi složité, vysoce nelineární a s nejistotou parametru. Můžeme si představit fuzzy-logické řízení jako experta reálného času, který využívá fuzzy logiku k analyzování vstupně-výstupního výkonu. Ve skutečnosti, poskytuje prostředky k převedení lingvistické řídicí strategie, odvozené z odborných znalostí do strategií automa-

tického řízení a dává nám prostředky pro vývoj řídicího systému a výkon systému. Fuzzy logika je blíže lidskému smýšlení a přirozenému jazyku, než konvenční logické systémy. Podstatou Fuzzy řízení je postavit model lidského odborníka, který je schopen řízení přetváření bez přemýšlení z hlediska matematického modelu. Fuzzy systémy jsou velmi užitečné ve dvou obecných kontextech: (1) v případě velmi složitých systémů, jejichž chování není dobře známo. (2) v situacích, kdy přibližné, ale rychlé řešení je zaručeno.

[1, s.244]



Obr. 8 Kompletní fuzzy inferenční systém [1]

Fuzzifikace - Převedení aktuálních vstupů na míry stupně pravdivosti.

Defuzzifikace - Výpočet numerické hodnoty výstupu vážením výsledných funkcí příslušnosti jednotlivých pravidel.

Adaptivní neuronový fuzzy inferenční systém -ANFIS

ANFIS je grafické znázornění sítě T-S fuzzy systémů. Model ANFIS kombinuje všechny výhody umělé neuronové sítě s fuzzy vyhodnocováním systémových zisků v jednom modelu. Tento druh modelu se stal velmi populární díky svým vlastnostem:

Rychlá a přesná učení a kapacita zprávy dat. Hlavním cílem ANFIS je optimalizovat parametry fuzzy systému (získat přesnou odpověď na problém) přes implementaci učení algoritmu a sadu vstupů a výstupů, které jsou odpovědné za proces učení. Tyto sady jsou použity pro sestavení fuzzy inferenčního systému, odtud jsou nastaveny parametry členů funk-

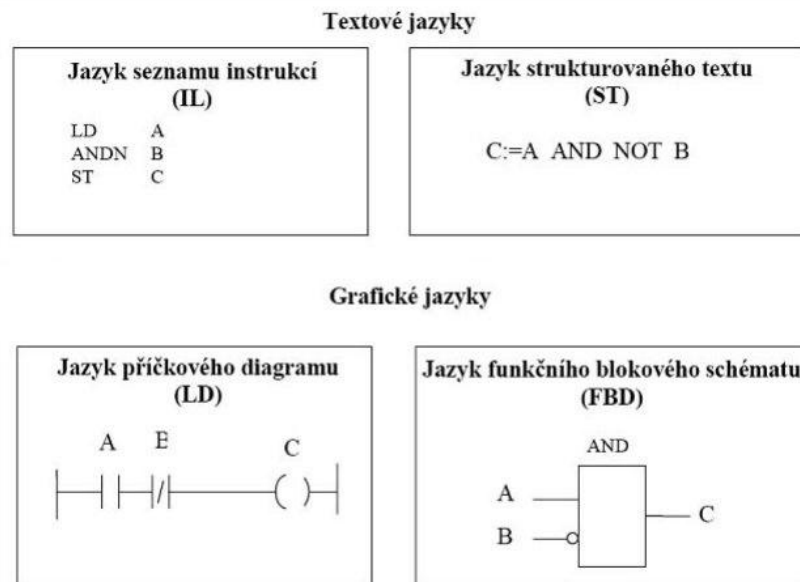
ce hybridním výcvikovým algoritmem, který je kombinací gradientních metod - metody sestupu a metody nejmenších čtverců. Metoda nejmenších čtverců je ve skutečnosti hlavní hnací silou algoritmu "výcviku", zatímco gradient sestupu slouží k pomalé změně členu funkce, která generuje základní funkci pro metodu nejmenších čtverců. Tento typ nastavení umožňuje fuzzy modelu učit řadu dat, která je k dispozici. Adaptivní "neuro-learning" funguje podobnou formou jako neuronové sítě. Adaptivní model neuronového učení poskytuje postup fuzzy modelovanému učení se informací z řady dat. [1, s.247]

2 VŠEOBECNĚ O PLC

Programovatelné automaty (PLC, Programmable Logic Controllers) patří mezi nejrozšířenější prostředky automatického řízení.

2.1 Standardní hardware a uživatelský program

Přínosem programovatelných automatů je skutečnost, že s jejich použitím lze velmi snadno a rychle realizovat hardware řídicích systémů- prostě se sestaví z vhodně zvolených dílů stavebnice PLC. Není třeba se starat o ožívování a o spolehlivost, protože komponenty PLC jsou již otestovány a jsou spolehlivé. Zbývá "jen" **napsat program** ve zvoleném programovacím jazyce (obr. 9)



Obr.9 Přehled programovacích jazyků [10]

V programu lze realizovat i velmi komplikované řídicí funkce podstatně snáze, než je možné v logických obvodech tzv. **pevné logice**. Pevnou logikou rozumíme způsob realizace logických a výpočetních funkcí, který spočívá v pevné struktuře zapojených logických prvků (ve starší generaci to byla relé a stykače, později logické obvody sestavené s diskretních součástek. Později pak integrované obvody, vyráběné různými technologiemi a s postupně narůstající hustotou integrace. V současnosti se nejvíce používají programovatelné logické obvody (vnitřní spoje sice lze měnit s programem, ale princip realizace zůstává

zachován - funkce jsou realizovány zapojenými logickými prvky). Vytvořit program není triviální úloha a někdy to zabere dost času. Programátor by měl být vyzbrojen znalostmi teorie a metodiky a ovládat systematický přístup k tvorbě programu. [2, s.169] Řídicí algoritmus programovatelného automatu je zapsán jako posloupnost instrukcí v paměti uživatelského programu. Centrální jednotka postupně čte z této paměti jednotlivé instrukce, provádí příslušné operace s daty v zápisníkové paměti a zásobníku, případně provádí přechody v posloupnosti instrukcí, je-li instrukce ze skupiny organizačních instrukcí. Jsou-li provedeny všechny instrukce požadovaného algoritmu, provádí centrální jednotka aktualizaci výstupních proměnných do výstupních periferních jednotek a aktualizuje stavy ze vstupních periferních jednotek do zápisníkové paměti. Tento děj se stále opakuje a nazýváme jej **cyklem programu** (*obr. 10*).[4, s.40]



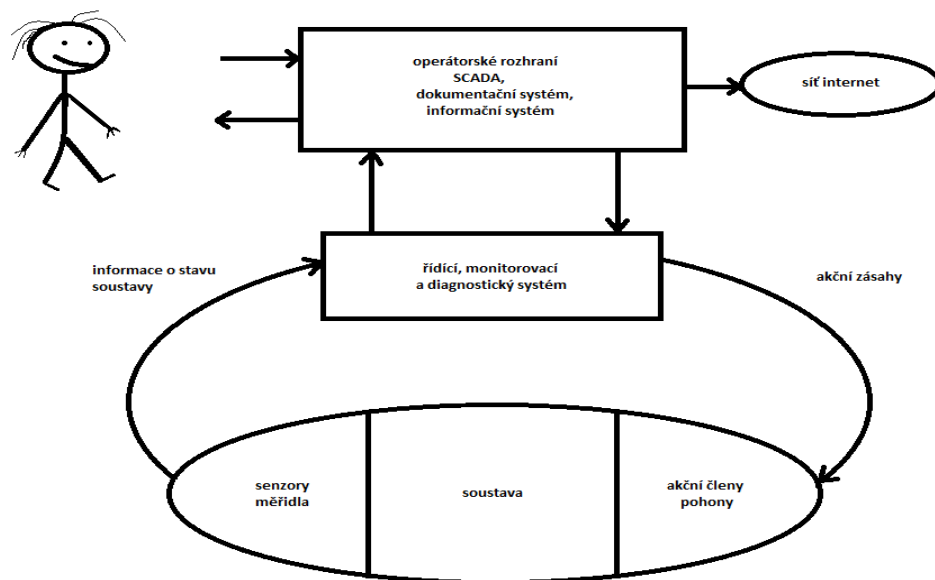
Obr.10 Cyklus programu

2.2 Programovatelný automat a rozvaděč

Programovatelný automat ale neřeší napájecí a silové obvody, jištění, řízení pohonů a další funkce, které je nutné realizovat v rámci elektrické výzbroje pracovních strojů. Ty musí projektant řešit individuálně při **konstrukci rozvaděče**, jehož součástí je i PLC (*obr.11*) [2, s.170]



Obr.11 Programovatelný automat v rozvaděči [11]



Obr. 12 Možné začlenění programovatelného automatu do systému řízení

2.3 Programovatelný automat jako součást systému řízení

Programovatelný automat je jen součástí **systému řízení technologického objektu**. Na (*obr.12*) je znázorněn prostředním blokem ("řídící, monitorovací a diagnostický systém").

Nadřazeno je mu operátorské rozhraní a dokumentační systém, případně informační systém podniku. Na této úrovni obvykle komunikuje po síti Internet. Řídicí systém komunikuje s řízenou soustavou prostřednictvím signálů ze sensorů, které vyhodnocuje, a prostřednictvím akčních členů a pohonů, jimž předává povely. [2, s.170]

2.4 Binární vstupy a výstupy, logické řízení

V počátcích své éry fungovaly programovatelné automaty, převážně jako obvody pro **logické řízení**. Jejich konfiguraci tvořily především moduly **dvouhodnotových (binárních) vstupů a výstupů** různých typů, např. vstupů pro 5, 12, 24, 48 V DC (stejnoseměrných) a pro 120 a 230 V AC (střídavých). **Binární výstupy** jsou řazeny se spínacími tranzistory, tyristory, triaky nebo s relé. Ke vstupům se připojují signály z různých typů sensorů dvouhodnotového charakteru (obvykle tlačítek, koncových spínačů, snímačů přiblížení, kontaktů relé, stykačů apod.). Výstupy ovládají dvouhodnotové akční členy (relé a stykače, elektromagnetické spojky, motory, elektropneumatické převodníky), ale často také signálky a jiné zobrazovače.

Program logických systémů řeší převážně úlohy logického a časového charakteru - **kombinační a sekvenční logické úlohy**. Jako kombinační logické funkce jsou nejčastěji řešeny **logické ochrany**. Algoritmy logického **řízení strojů a zařízení** jsou téměř výhradně sekvenční.

Pro zajištění spolehlivosti řízení je účelné zpětně kontrolovat, zda byl požadovaný povel pro akční členy skutečně proveden. Proto se i v logických systémech využívá zpětná vazba prostřednictvím zpětných hlášení. Pokud je např. vydán povel k rozběhnutí pohonu, který má rameno manipulátoru přesunout doprava, můžeme ke zpětnému hlášení využít pomocný kontakt relé, jež pohon ovládá, nebo vhodný sensor pohybu. Můžeme ale využít koncový spínač pravé krajní polohy ramene manipulátoru. Tak sice nekontrolujeme okamžité vykonání příkazu ("pohon se rozjel"), ale až jeho následek ("v požadovaném časovém limitu byl pohyb dokončen"). [2, s.171]

2.5 PLC a řízení kontinuálních procesů

2.5.1 Analogové vstupy a výstupy u PLC

Použití programovatelných automatů se postupně rozšířilo i na **řízení kontinuálních procesů**, např. v chemických, potravinářských a farmaceutických provozech. Informace o stavu kontinuálních procesů poskytují fyzikální veličiny, které je třeba prostřednictvím senzo-

rů změřit a převést na jiné dobře přenositelné veličiny - signály. Protože průběh signálu je analogií průběhu měřené veličiny, označuje se takový signál jako analogový. U programovatelných automatů se samozřejmě využívá elektrická forma signálu s unifikovaným rozsahem hodnot (ať už napětí nebo proudu). Některé ze vstupních svorek PLC, tzv. analogové vstupy, jsou připraveny na připojení analogového signálu a jeho následný převod na číslicový, protože další zpracování probíhá v centrální jednotce PLC číslicově, při němž PLC funguje vlastně jako účelově navržený číslicový počítač. Obvykle se jedná o signály získané z měření teploty, polohy, výšky hladiny, tlaku, síly, elektrického napětí, proudu, odporu, výkonu atd...

K tomu jsou využívány analogově - číslicové převodníky (označované českou zkratkou A/Č, nebo anglickou A/D), které jsou součástí elektroniky **analogových vstupů** PLC. Obvyklý je převod na číslo v rozsahu 10, 12 někdy 16 bitů, výjimečně více. Rozsahem čísla (počtem bitů) je určena jemnost rozlišení údajů.

Tak jak je programovatelný automat vybaven analogovými vstupy, jsou v nabídce PLC provedení (moduly) s analogovými výstupy buď napěťovými nebo proudovými. **Analogové výstupy** PLC jsou využívány k ovládní spojitě pracujících akčních členů, např. zesilovačů, regulátorů teploty, modulů pro řízení pohonů tp. Převod číselného údaje na analogový zajišťují **číslicově-analogové převodníky** (Č/A, D/A). Výstupní převodníky obvykle pracují s rozsahem 8, 10, nebo 12 bitů, výjimečně s větším.

2.5.2 Číslicový signál a číslicová regulace s PLC

Programovatelný automat je využíván ke zpracování údajů získaných převodem dat z analogových vstupů PLC do číslicové podoby. **Číslicový signál**, s kterým programovatelný automat pracuje, úzce souvisí se zavedením představy diskrétního času jako posloupnosti časových okamžiků $\{0, T, 2T, 3T, \dots\}$. Posloupnost tvoří hodnoty času v celočíselných násobcích **periody (intervalu) vzorkování** T . Průběhy veličin regulačního obvodu lze interpretovat jako posloupnosti hodnot - vzorků příslušné jednotlivým diskrétním okamžikům. Často se slovíčkem diskrétní zdůrazňuje fakt, že se jedná o hodnoty získané v určitém taktu (diskrétní=taktní).

Při volbě intervalu vzorkování se často cituje **Shanonův a Kotelnikův vzorkovací teorém**, podle kterého by **vzorkovací frekvence** měla být alespoň dvojnásobkem nejvyšší frekvence ve vzorkovaném intervalu T , tedy $f_s = 1/T$. Z toho vyplývá, že perioda nejrychlejší složky zpracovávaného signálu (s nejvyšší frekvencí), kterou lze ještě zpracovat, musí být delší než dva intervaly vzorkování. Vyšší frekvence (rychlejší složky v průběhu signá-

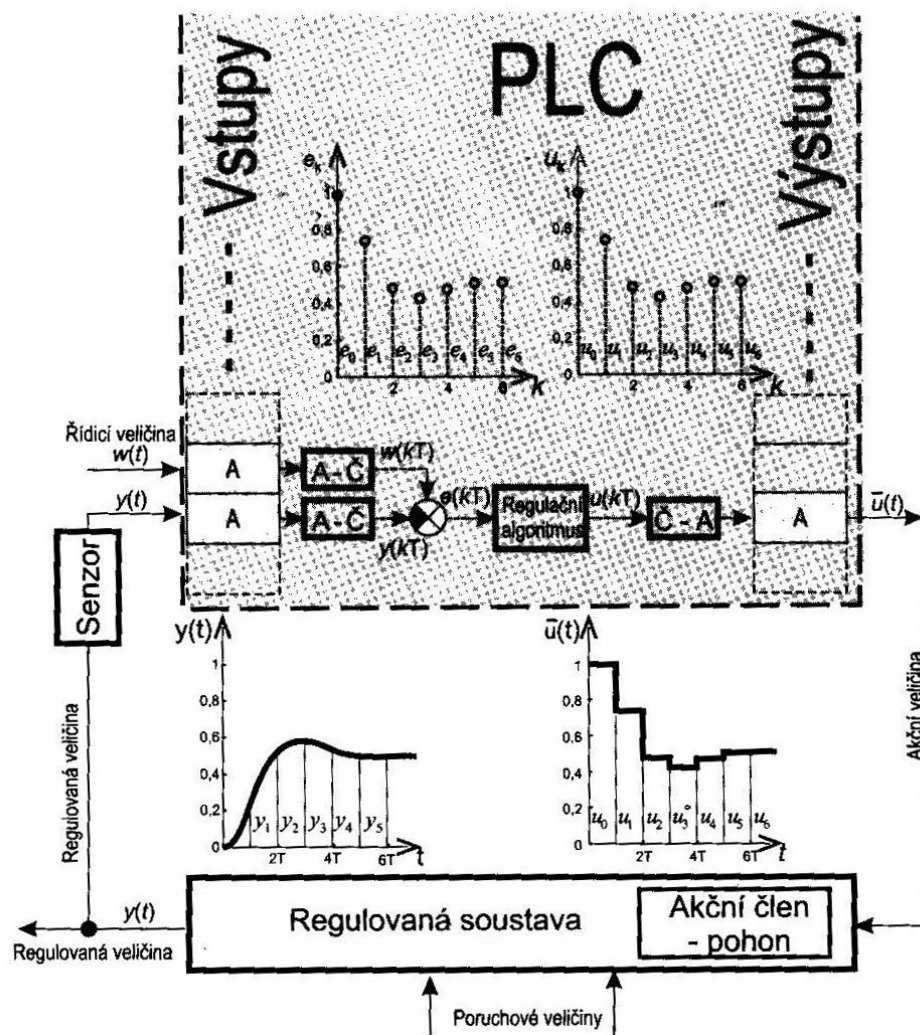
lu) již nelze se zvoleným vzorkováním zpracovat. [2, s.172]

Programovatelné automaty řeší úlohy, pro které postačují intervaly v řádu desítek milisekund až několika minut. Obvykle řeší jednoduché úlohy, jako je archivace, zobrazení a přenos měřených dat. Ze složitějších úloh mohou řešit číslicovou regulaci, číslicovou filtraci, vyhlazení průběhu a potlačení šumu, modely jednoduchých spojitých soustav, statistické vyhodnocení nebo některé úlohy technické diagnostiky. Poměrně vzácně se v PLC řeší úlohy adaptace modelů spojitých soustav, adaptace regulátorů, predikce, optimalizace nebo algoritmy vyspělých regulačních, diagnostických a statistických algoritmů.

Číslicová forma dat se využije při měření, přepočtech a archivaci dat. Častá je i potřeba řešit regulaci, číslicovou filtraci, vyhlazení tvaru časových průběhů, předvídání průběhu (predikci), statistické vyhodnocení dat, adaptaci regulátoru nebo modelu regulované soustavy apod.

Jak s časem postupně rostl výpočetní výkon PLC a rozšiřoval se sortiment instrukcí pro výpočty. Nejprve to byly jednoduché instrukce pro výpočty v pevné řadové čárce (obvykle jen sčítání, odčítání a porovnávání), později přibyly instrukce násobení, dělení, mocniny a odmocniny. Dnes PLC nabízejí bohaté knihovny aritmetických operací pro výpočty v pevné a plovoucí řadové čárce s operandem v rozsahu 32 nebo 64 bitů.

Schéma začlenění PLC ve funkci číslicového regulátoru s využitím jeho analogových vstupů a výstupů k realizaci regulačního obvodu s regulovanou soustavou, v níž probíhající procesy mají kontinuální charakter, je vyobrazeno na (obr. 13). [2, s.173]



Obr.13 Signály v číslicovém regulačním obvodu realizovaného s použitím PLC [2]

Použité schéma ukazuje strukturu a typy signálů, s nimiž se obecně setkáváme v každém obvodu číslicové regulace. Z tohoto pohledu je nejvýraznější změnou v porovnání s analogovou regulací je potřeba převést analogovou formu informace zprostředkované signály na číslicovou. Přechod na číslicovou podobu informace a zpětný návrat k analogové není sice při použití PLC tak zjevný; prostředky pro tento přechod (převodníky A/Č a Č/A) jsou integrovány do elektronik PLC, ale je třeba si uvědomit, že to je nezbytný proces, který za určitých okolností, zejména v minulosti, způsoboval rozdíl ve výsledcích dosažených v analogové verzi standardní PID regulace od její číslicové analogie. [2, s.175]

2.6 PLC v hybridním použití

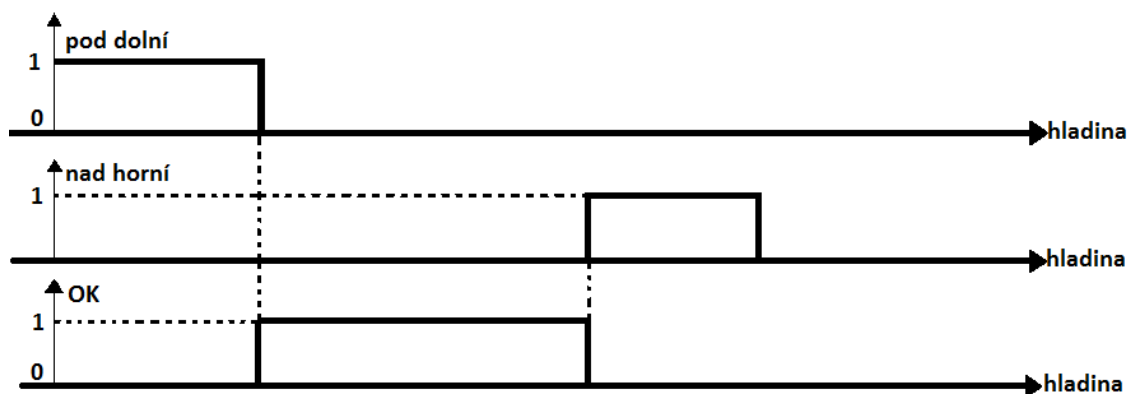
V současnosti se jen vzácně setkáváme s použitím programovatelného automatu, který je vybaven výhradně binárními vstupy a výstupy. Stejně vzácná jsou i PLC s čistě analogovou konfigurací. Většinou jsou vybavena vstupy a výstupy obou typů, aby bylo možné využít univerzálnost a přizpůsobitelnost PLC. [2, s.178]

2.7 Fyzické a virtuální senzory

Tradičně se pro vyhodnocování dvouhodnotových údajů používají binární vstupy PLC. Obvykle se takto získává informace o význačných částech stroje či mechanismů nebo o výšce hladiny, vzácněji o tlaku nebo teplotě. Příkladem může být jednoduchá regulace hladiny v nádrži, kde jsou využívány jen binární senzory. Nádrž obsahuje napouštěcí ventil, u dna je výtokové potrubí, kterým je tekutina (např. voda) odváděna ke spotřebě. Pro jistotu je u dna ještě umístěno vypouštěcí potrubí. Vypouštěcí a napouštěcí ventil jsou ovládány výstupy PLC. Nádrž je doplněna dvěma senzory hladiny (předpokládejme, že mají kontaktní výstup). První (*nad_horni*) je sepnut, pokud je nádrž přeplněna a hladina přesáhne horní přípustnou mez. Druhý (*pod_dolni*) je sepnut, pokud je nádrž poloprázdná. Odtok pro účely spotřeby má nahodilý a nepředvídatelný charakter. Představuje poruchovou veličinu. Druhý odtok je bezpečnostní a lze jej využít k odpouštění, pokud je horní senzor sepnut nadlimitně dlouhou dobu.

Na rozdíl od provedení obvyklých regulátorů, které vyhodnocují spojitou hodnotu řízené veličiny v celém rozsahu hodnot, vyhodnocuje tento regulátor pouze dvě mezní hodnoty. Převod spojitého údaje o výšce hladiny na nespojitý je proveden přímo v nádrži, umístěním dvou senzorů.

Podstatně výhodnější je řešení, kdy výšku hladiny nebo polohu snímáme analogovým senzorem a dvouhodnotové údaje o mezních hodnotách hladiny pro regulaci vytvoříme až programem v PLC jednoduchými operacemi porovnání. Takto vytváříme **virtuální senzory** (*obr. 14*)[2, s.179,180]



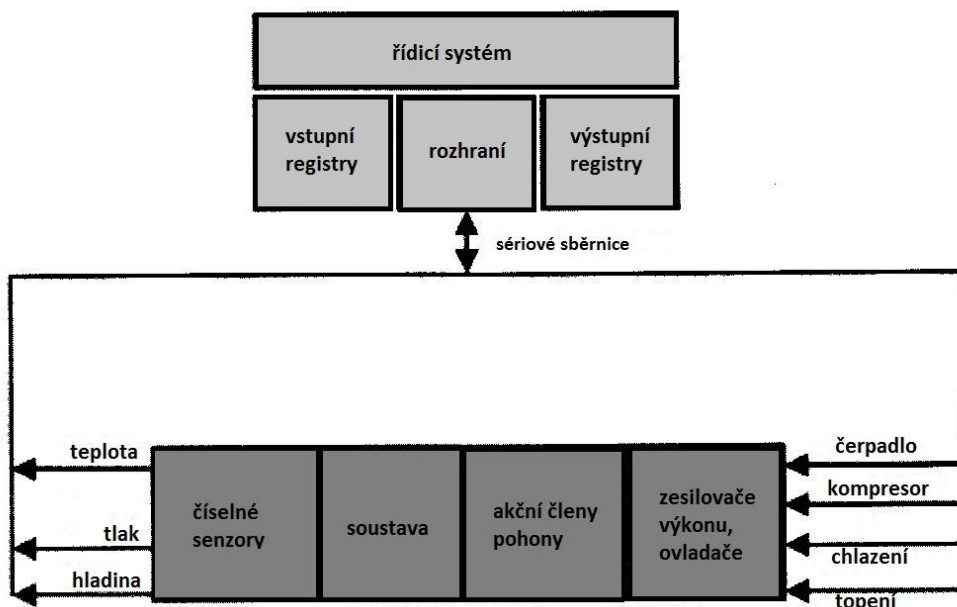
Obr.14 Příklad vytvoření virtuálních senzorů nad údajem o výšce hladiny [2]

2.8 PLC a sériová komunikace

Průmyslová sběrnice

Dosud jsme uvažovali tradiční připojení instrumentace, kdy jsou všechny senzory a vstupní prvky připojeny na vstupy programovatelného automatu a k jeho výstupům jsou připojeny akční členy. Je to účelné u nevelkých konfigurací PLC pro řízení nepříliš rozlehlých objektů. V opačném případě bývá výhodné připojovat instrumentaci (všechnu nebo alespoň vzdálenější prvky) k PLC sériově prostřednictvím **průmyslových sběrnic**.

(obr.15), [2, s.180]



Obr. 15 Schématické znázornění instrumentace PLC prostřednictvím sériové komunikace [2]

Při sériové komunikaci vše probíhá postupně - postupně jsou oslovovány jednotlivé přístroje a získané údaje (o číselné hodnotě a o stavu) jsou předávány sériovým způsobem - bit po bitu. Proto se tento způsob přenosu údajů nazývá sériovou komunikací.

Existuje mnoho typů průmyslových sběrnic (např. Profibus, Profibus DP, ProfiNet, Profinet-IO, Powerlink, AS-Interface, M-bus, CAN, CAN Open, Device Net, Modbus, Modbus TCP, Modbus RTU, Control Net, Interbus, Hart, Ethernet/IP) a stále vznikají další. Úspěšný je průmyslový Ethernet a jeho význam stále roste. Komunikovat lze i prostřednictvím sítě Internet. Často jsou využívány prostředky bezdrátové komunikace.

Průmyslová sběrnice je charakterizována **technickými komunikačními prostředky** (počtem a typy vodičů, elektrickým rozhraním) a **kunikačním protokolem** (souborem poskytovaných služeb, pravidel pro strukturování zpráv a formátování dat, řešení chybových stavů apod.). [2, s.180,181]

2.8.1 Bezdrátová komunikace

Mezi průmyslové sběrnice můžeme s trochou tolerance řadit i různé typy **bezdrátových komunikací**. V nejjednodušších případech se jedná o komunikaci mezi **dálkovým ovladačem** a jeho přijímačem na bázi infračerveného světla (*IR, Infrared*). V současnosti se stává populární **bezdrátová inteligentní elektroinstalace** v budovách - rádiová komunikace mezi řídicím systémem (např. PLC), vypínači, svítidly, a dalšími spotřebiči.

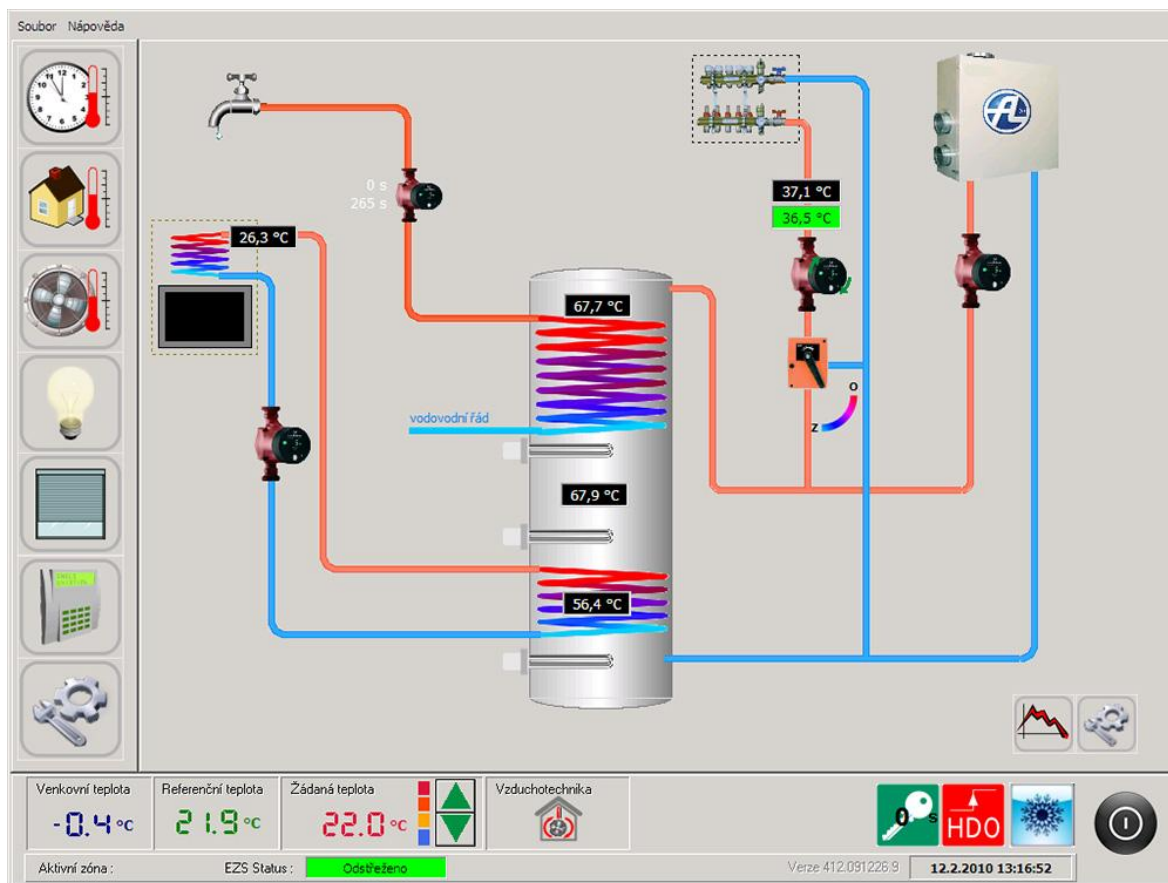
V automatizovaných provozech je často využívána bezdrátová komunikace (radiová nebo IR) pro mobilní prostředky, např. pro komunikace s manipulačními a vysokozdvíhými vozíky, s automatickými přepravníky, se zakladači ve skladech, s manipulatory u strojů a linek. Výhodná je i bezdrátová **kunikace operátorských panelů se stroji**. Stroj lze snadno obsluhovat nebo seřizovat z různých míst a z různých vzdáleností.

[2, s.182]

2.8.2 Mobilní komunikace a Internet

Stále více jsou v automatizaci využívány prostředky pevné a bezdrátové komunikace globálního charakteru, např. síť operátorů mobilních telefonů a Internetu. Běžná je možnost předávat informace o stavu řízené soustavy z PLC **formou SMS** a naopak prostřednictvím SMS předávat do PLC povely pro řízení nebo pro řešení mimořádných situací. Podobně lze obousměrně využívat také e-maily. Běžné je dnes i připojení PLC k **Internetu**. Mnohá PLC mohou fungovat jako server pro web a komunikovat prostřednictvím **vlastní interne-**

tové stránky. Ta může sloužit k zobrazení stavu i k ovládání, podobně jako vizualizace se SCADA (obr. 16).[2, s.183]



Obr.16 Vizualizace [12]

2.9 Zpracování časových údajů, časové řízení

V praxi se často vyskytují technologické procesy, které vyžadují sekvenční řízení s převládající závislostí na čase - **časové řízení**. V jednodušších případech postačuje k řízení využít standardní funkční bloky *časovačů*, případně *čítačů časových jednotek*. K obvyklým systémovým funkcím programovatelných automatů patří generování dlouhodobých časových údajů dvojího typu. **Přírůstkový čas** je obvykle používán při řízení chemických a potravinářských technologií. Čas je měřen od počátku technologického procesu (např. od okamžiku naplnění chemického reaktoru), bez ohledu na denní a kalendářní čas. **Absolutní čas** naopak poskytuje časový údaj v rámci dne (od zlomků sekund až po minuty a hodiny) a datum s letopočtem. Podle takto generovaného časového údaje je obvyklé řídit energetické procesy a technologie v budovách (osvětlení, řízení teploty, ventilaci, řízení spotřeby

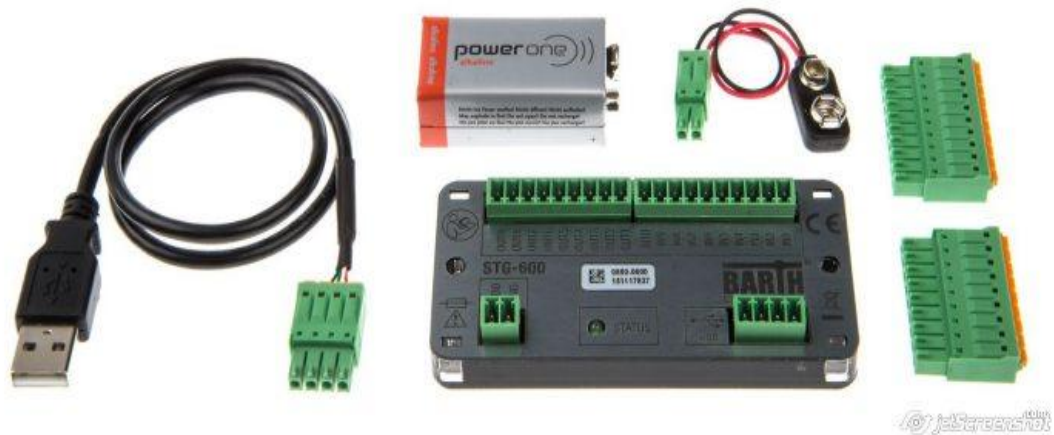
elektrické energie a jiné procesy), veřejné osvětlení, ale i výrobní technologie. Obvyklé je programování aktivity spotřebičů v denních, týdenních nebo ročních cyklech [2, s.186]

2.10 Význam normy IEC EN 61131-3

Na přelomu 80. a 90. let se organizace PLC Open ujala náročného úkolu vytvořit normu, která by sjednocovala požadavky na provedení programovatelných automatů a na jejich programování. V roce 1993 bylo publikováno první vydání mezinárodní normy IEC 1131. Později byla přijata i jako evropská (EN) a česká (ČSN) norma. Jako evropská norma je označována IEC/EN 61131-3. Má několik částí. První část obsahuje základní informace o PLC, druhá část je věnována požadavkům na provedení elektroniky PLC a na její testování. Třetí část modifikuje způsoby programování, syntaxi společných prvků programů (deklarací proměnných a typů dat, způsobů aktivace programů), popisuje syntaxi čtyř programovacích jazyků LD, FBD, IL, ST a nástroje SFC pro realizaci sekvenčních úloh. Čtvrtá část normy (*Podpora uživatelů*) vyšla v roce 1995 a pátá část (*Komunikace*) vznikla o rok později. Zatím poslední část normy (*Programování fuzzy řízení*) vznikla v roce 2000. V Evropské unii jsou tyto normy přijaty pod označením EN IEC 61131, v ČR pod označením ČSN EN 61131 Programovatelné řídicí jednotky.[2, s.195]

3. Mini PLC Barth STG-600

STG-600 je miniaturní automat od německé společnosti BARTH. Zajímavé jsou nejen velmi malé rozměry, ale také celé provedení a zapouzdření. Také jej lze napájet jen z baterie. Přitom PLC neschází žádné vlastnosti a parametry dnes obvyklé u kompaktních PLC. Celé PLC (bez osazených svorkovnic) je taková kovová "placka" ve velikosti cca kreditní karty. Plošné rozměry jsou jen 93x45 mm a tloušťka bez zasunutých konektorů pouze 10 mm. Při takto netypickém provedení pak nepřekvapí, že na uchycení na DIN lištu musíte zapomenout a PLC jen přišroubovat přes dva otvory na krajích na panel. Provozní teplota je -40 až 60°C. Je vysoce odolný proti vibracím a vhodný do drsného prostředí. Rozsahem svých vstupů a výstupů je určitě vhodný pro řízení budov. Software, který je radost programovat může být spuštěn v simulačním režimu. Díky těmto zajímavým charakteristikám jsem vybrala pro programování svého modelu právě STG-600. [5]



Obr. 17 PLC Barth STG600 [3]

3.1 Připojení napájení



Obr. 18 Napájení (značeno červeně) [3]

Protože spotřeba PLC bez připojených výstupů je jen typicky do 40 mA, bylo PLC koncipováno také jen pro napájení z baterií či akumulátorů. Proto byl implementován nezvykle široký rozsah napájecího napětí 7-30 VDC, takže lze pro určité aplikace například využít jen 9V baterii běžně používanou např. pro multimetry, stejně jako klasické 24V stejnosměrné spínané napájení zdroje. Přítomnost napájení a běhu PLC indikuje zelená indikační LED. [3]

3.2 Připojení vstupů



Obr.19 Vstupy (značeno červeně) [3]

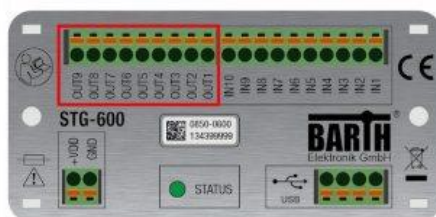
Na vstupy můžete připojit senzory, spínače nebo tlačítka. Senzory mohou být teplota, průtok, tlak, fotoelektrické senzory nebo bezdotykové spínače.

Společné rysy vstupů

IN3 až IN10 jsou volitelné analogové/digitální vstupy s rozhraním 0-30 V DC

IN1 a IN2 jsou čistě digitální vstupy (až 1 kHz) [3]

3.3 Připojení výstupů



Obr.20 Výstupy [3]

OUT1 až OUT8 jsou spínané s výkonovými tranzistory "Solid State" což dovoluje zatížení až 2A při napětí do 30 VDC

OUT9 je rychlý PWM výstup až do 5 kHz s omezeným zatížením max. do 1A. [3]

3.4 Komunikace PLC s PC



Obr.21 Konektor připojení, kabel [3]

Pro nahrání softwaru slouží USB komunikace, vyvedená na šroubovací svorky. [3]

3.5 Ochranné funkce, paměť programu a dat

Watchdog (WD)

Detekce poklesu napájecího napětí : Brown out detection (BOD)

Prodleva při zapnutí napájení: Power up timer (PUT)

Programová Flash paměť: 64 k

EEPROM datová paměť: 1024 B [3]

4 Vývojové prostředí miCon-L

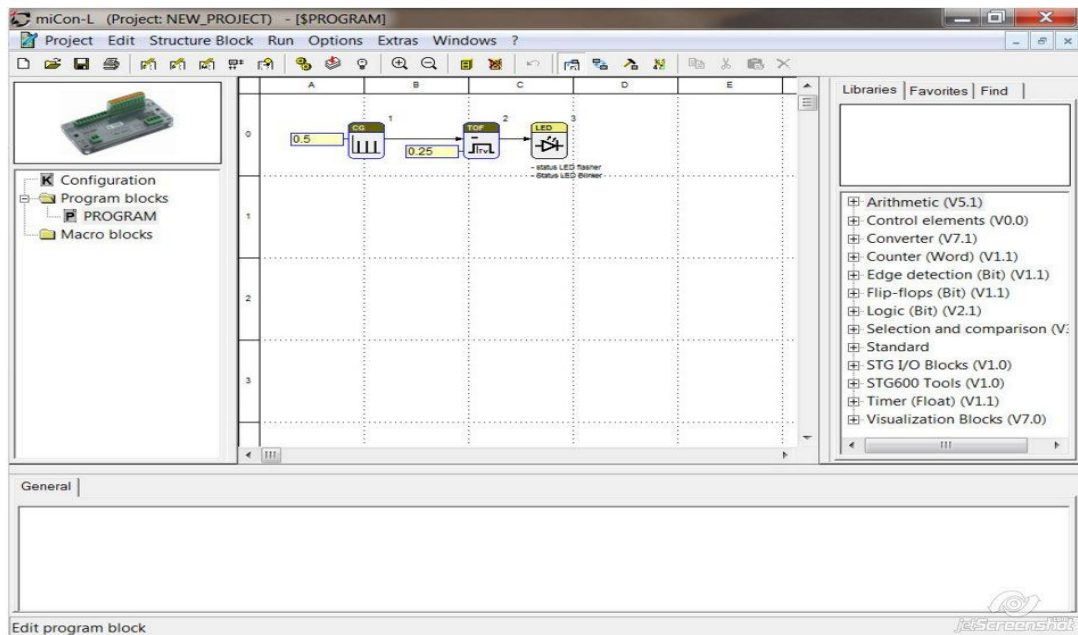
Aplikační program je naprogramován v takzvané tabulce nepřetržitých funkcí (Continuous Function Chart, CFC) Ale co to znamená ve skutečnosti?

Nakreslením blokového schéma je program vytvořen. Funkční bloky jsou tedy umístěny na listu a vstupy a výstupy jsou navzájem spojeny. Poté, co je taková síť z funkčních bloků a přípojek nakreslena, popis sítě v jazyce čitelném pro stroje je nahrán na mini PLC.

Jméno "tabulka nepřetržitých funkcí" již naznačuje, že aplikační program je síť vyrobená z bloků a připojovacích linek a běží jako nepřetržitý proces. Stejně jako v elektronickém obvodu, ve kterém logická hradla jako AND a OR jsou průběžně prováděny, funkční bloky v mini PLC jsou také neustále volány. [6]

Uživatelské rozhraní *test.con (obr.22)* je podobné jako u mnoha jiných vývojových systémů.

- Příkazy pro práci se systémem lze vyvolat pomocí výběru z nabídky **Menu**, panelu nástrojů **Toolbar** a místních nabídek **Context Menus** nebo pomocí klávesových zkratk.
- Struktura projektu je uvedena v postranním okně **Project Tree**. To poskytuje příkazy kontextového menu pro úpravu struktury bloků.
- Knihovna **Tree** obsahuje funkční bloky, které mohou být použity v rámci projektu.
- Pracovní plocha obsahuje okno pracovního listu **Worksheet Windows** s bloky a jejich vzájemným propojením.
- Instrukce, stavové informace a zprávy jsou zobrazeny ve stavovém řádku **Status Line** a v okně pro zprávy **Messages Window**.



Obr. 22 Rozhraní text.con

Následující části popisují prvky uživatelského rozhraní a jejich funkce podrobněji:

Menu

submenu	obsah
Project	Zavádění, uložení a tisk projektů Práce s knihovnami
Edit	Nastavení úrovně projektu pro editaci Vrácení zpět poslední úpravy operace Nastavení režimu Edit Práce se schránkou
Structure Block	Definování zobrazení struktury bloků Kopírování, mazání a přejmenování struktury bloků Definování přístupových práv ke struktúře bloků Import a export struktury bloků a parametry instance
Run	Přepnutí do režimu Run Zřídít spojení se simulací nebo cílovým systémem Vytvoření cílového kódu ke stažení

	Přepnutí do online pozorování Práce s hodnotami parametrů projektu
Options	Aktivace a deaktivace prvků uživatelského rozhraní Definování zobrazení pracovních listů Nastavení systémových parametrů
Extras	Další nástroje
Windows ?	Aktivace, uspořádání a zavření okna listu Export obsahu okna jako obrázku do schránky Přístup k online nápovědě Zobrazení verze programu a kontaktní adresa

Tabulka 1










Toolbars - panel nástrojů









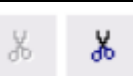






Dostupnos příkazů panelu nástrojů z různých režimů systému je znázorněna pomocí následujících zkratk:

E...Edit...Upravení

R...Run mode...režim Spuštění

O...Online Observation...Online pozorování

	E, I	Utvořit nový projekt
	E, I	Otevřít projekt
	E, I	Uložit projekt
	E, I	Tisknout projekt
	E, I	Upravit nastavení
	E, I	Upravit programový blok
	E, I	Úprava makrobloku
	E, I	Návrh blokové struktury
	E, I	Režim Run

	E, I, O	Zoom
	E, I	Zavedení knihovny
	E, I	Odebrání knihovny
	E	Krok zpět
	E	Práce s návrhem
	E	Vyměnit bloky
	E	Odstranit bloky
	E	Sekvence bloků
	E	Kopírovat
	E	Odstranit
	E	Vložit
	E	Smazat
	I	Stáhnout (program do cílového systému)
	O	Odpojeno/Připojeno (od cílového systému)
	O	Nahoru
	E, R	Zavedení simulace uživatelského programu

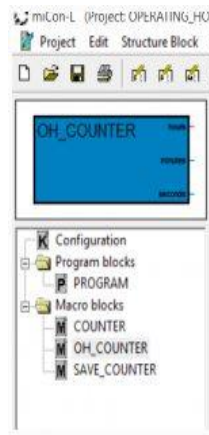
Tabulka 2

Windows - okna**Status Line** - stavový řádek

Je-li vybrán příkaz v menu nebo v panelu nástrojů, stavový řádek zobrazuje stručný popis. Je-li aktivován Smart Pointer (viz. možnosti nabídky) odkaz na případné akce je uveden v průběhu editace operací v závislosti na pozici kurzoru. Ve spuštění a online pozorování se

zobrazí cílový systém a čas cílového systému. Stavový řádek **Status line** lze aktivovat a deaktivovat pomocí příkazu stejného jména v submenu Options.

Project Tree - levý postranní panel



Obr.23 - 24 Postranní panel - Project Tree [6]

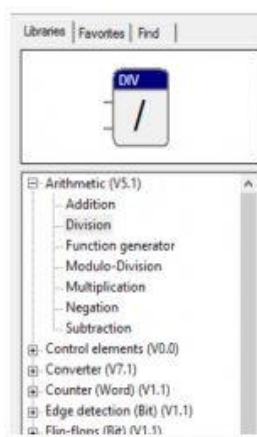
V režimu úprav Edit **Project tree** obsahuje strukturu bloků, které jsou definovány v projektu. Uživatelem definované složky mohou být uspořádány do struktury - seznamu programů a maker. Struktura bloků může být přesunuta "drag and drop" z jedné složky do druhé. Pracovní list struktury bloků je otevřen dvojitým kliknutím na jeho jméno v seznamu. Blokové okno umístěné nad seznamem programů. Pokud je vybrán program nebo makro, v blokovém okně se zobrazí jeho symbol.



V režimu běhu Run a během online pozorování, postranní panel seznamu programů "Project tree" zobrazuje hierarchickou strukturu projektu. Kliknutím na prvky stromu můžete jednoduše přepnout z jedné úrovně do druhé.

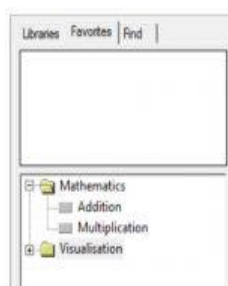
Library Tree - pravý postranní panel

Knihovna "Library Tree" je k dispozici pouze ve stavu úprav "Edit". Záložky v horní části slouží k přepínání mezi třemi funkcemi knihovny.



Obr. 25 - 27 Knihovna [6]

Zavedení knihovny s obsahem jejich funkčních bloků je uvedeno v záložce Libraries. Pomocí příkazů v místní nabídce "Context menu" knihovny může být přemístěna a odstraněna, jakož i názvy knihoven a bloků mohou být změněny. Kromě toho pomáhá knihovna s popisem bloků. Po zvolení konkrétního bloku se jeho symbol objeví v horním okně knihovny. Kliknutím levým tlačítkem na symbol a jednoduchým přetažením na pracovní list si jej vložíme do programu.



V druhém záložce "Favorites", každý uživatel může definovat své vlastní uspořádání k usnadnění práce s velkým počtem bloků. Svévolné složky struktur mohou být vytvořeny pomocí příkazů místní nabídky "Context menu". A bloky načtených knihoven lze přiřadit do těchto složek.



Třetí záložka Find se používá pro vyhledání konkrétních funkčních bloků v seznamu všech načtených knihoven. Klikneme na záložku Find, dvojklikem na Find what nebo kliknutím na tlačítko se symbolem tří teček se nám otevře tabulka. Do formuláře tabulky jednoduše napíšeme co hledáme.

Kontextová menu "Context menus" knihovny se otevře kliknutím pravým tlačítkem myši. Knihovna "Library tree" může být zavedena nebo skryta voláním příkazu se stejným názvem v podmenu "Options".

Working Area and Worksheet Windows - pracovní plocha

Pracovní prostor je ohraničen horní lištou, seznamem projektů na levé straně, knihovnou na straně pravé a oknem se zprávou nebo stavovým řádkem dole.

Okna pracovních listů jsou otvírána ze seznamu projektů nebo pomocí nabídky Menu.

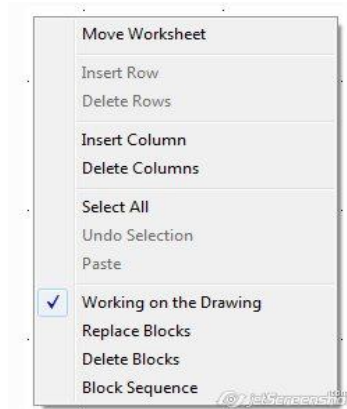
Do režimu úprav "Edit" listu nastavíme zvolený program dvojitým kliknutím levého tlačítka myši na záznam v seznamu programů "Project tree".

Context Menus - místní nabídky

Místní nabídka příkazů se volá kliknutím pravým tlačítkem myši na pracovním listě "Worksheet", v seznamu programů "Project tree" nebo v knihovně "Library tree". Poskytované příkazy odkazují na objekt pod kurzorem. Při používání místní nabídky mohou být některé operace prováděny mnohem jednodušším způsobem a rychleji. Několik příkazů (např. mazání spojů) lze volat jenom z místní nabídky. V závislosti na stavu systému a vybraného objektu, existují různé místní nabídky:

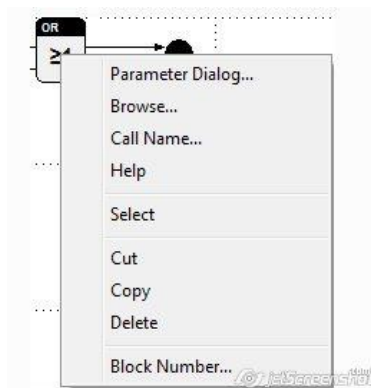
Edit mode:

Pracovní list

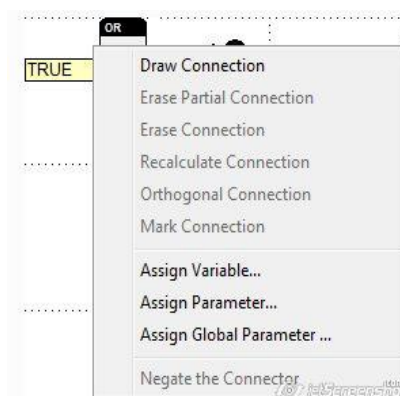


Obr.28 - 36 Pracovní nabídky - Context Menus [6]

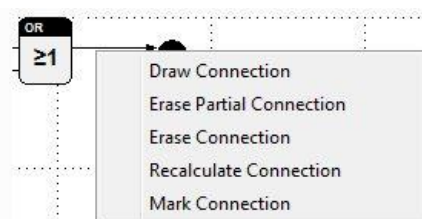
Funkční blok v pracovním listě



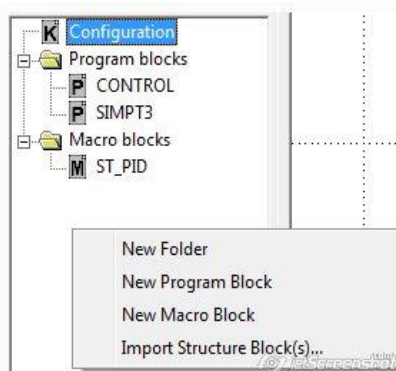
Spojení bloků



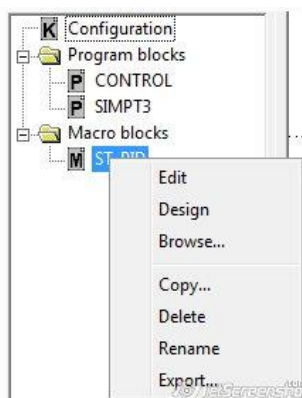
Připojení



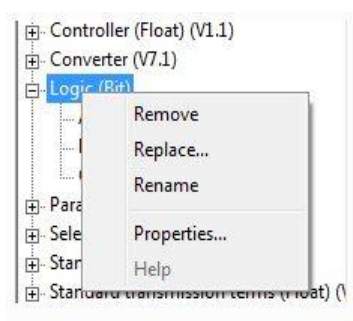
Seznam programů



Program v seznamu programů



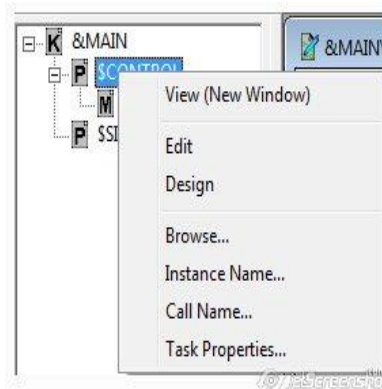
Knihovna



Run mode:



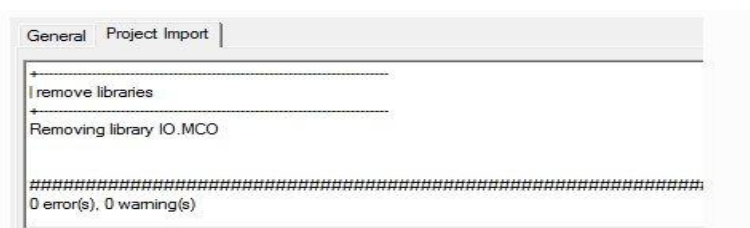
Funkční blok na pracovním listě



Program v seznamu programů

Message window - okno zprávy

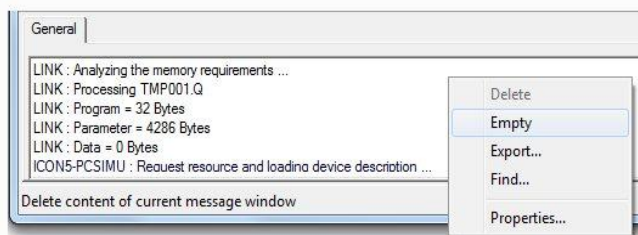
Okno zprávy se používá pro indikaci chyb a zpráv generovaných jednotlivými bloky, komponenty systému nebo dalšími nástroji. V podstatě se zobrazí hlášení týkající se výběru cílového systému a propojení, jakož i chyby při vytváření cílového kódu. Okno je součástí programového systému. Zprávy v tomto okně jsou přehledně uspořádány. Toho je dosaženo použitím barev a registrů. Některé funkce systému (např. import projektu) vytváří vlastní registr oblasti pro zobrazování zpráv.



Obr. 37,38 Okno zpráv [6]

Místní menu lze otevřít v okně zprávy. To poskytuje následující možnosti:

- Odstranit registr
- Odstranit obsah
- Exportovat obsah
- Vyhledání slov
- Změnu nastavení textu



Keyboard Shortcuts -klávesové zkratky

Dostupnost klávesových zkratk v různých režimech systému je indikována pomocí následujících zkratk:

E...Edit...Upravení

R...Run mode...režim Spuštění

O...Online Observation...Online pozorování

Klávesová zkratka	dostupná v	Příkaz
+(Num-Block)	E, R, O	Zoom(zvětšení)
-(Num-Block)	E, R, O	Zoom(zmenšení)
Ctrl + kolečko myši	E, R, O	Zoom
F1	E, R, O	Pomoc pro test.con
F5	E, R	Konfigurace
F6	E, R	Programový blok
F7	E, R	Makro blok
F8	E, R	Přejít do režimu Run
F9	R, O	Online/Offline
F10	E, R	Uložit
Ctrl + F1	E, R, O	Pomocný blok na symbol bloku
Shift + F4	E, R, O	Zobrazení více oken vedle sebe
Shift + F5	E, R, O	Zobrazení více oken nade sebou
Ctrl + 1	E	Práce s listem
Ctrl + 2	E	Přemístění bloku
Ctrl + 3	E	Odstranění bloku
Ctrl + 4	E	Sekvence bloku
Ctrl + A	E	Vybrat vše
Ctrl + C	E	Kopírovat
Ctrl + U	E	Krok zpět
Ctrl + V	E	Vložit
Ctrl + X	E	Vymout
Ctrl + Del	E	Vymazat

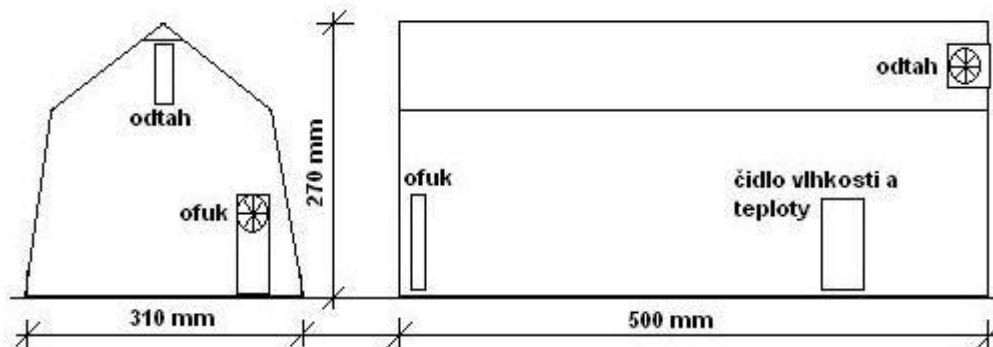
Ctrl + Ins	E	Kopírovat
Shift + Ins	E	Vložit
Alt + 1	E, R, O	Toolbar on/off
Alt + 2	E, R, O	Status Line on/off
Alt + 3	E, R, O	Project Tree on/off
Alt + 4	E	Library Tree on/off
Alt + 5	E, R, O	Message Window on/off
Shift + Ins	E	Vložit popisek
Mouse wheel button	E, R, O	Posouvá viditelnou pracovní plochu
Mouse wheel	E, R, O	Horizontální posun pracovního listu
Shift + mouse wheel	E, R, O	Vertikální posun pracovního listu

Tabulka 3

II. PRAKTICKÁ ČÁST

ŘÍZENÍ MODELU SKLENÍKU

5.1 Popis skleníku, rozmístění komponent

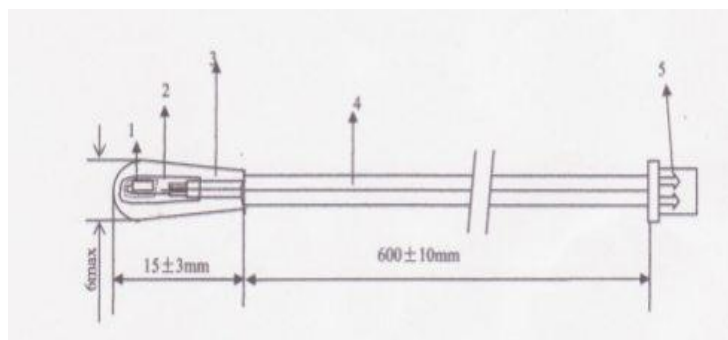


Obr. 39 Popis skleníku, rozmístění komponent

Vybereme umístění pro snímače takové, které dobře reprezentuje klima. Teplotní, světelný a snímač relativní vlhkosti uvnitř skleníku by měly být umístěny v úrovni rostoucí špičky rostliny nebo těsně nad vrchlíkem. Umístění těchto senzorů u dveří, ve stínu, blízko střechy, v blízkosti vodního spreje nebo topení nám neposkytne informace potřebné pro vytvoření optimální úrody, protože toto umístění nepředstavuje klima kolem rostliny.

5.2 Popis snímačů a komponent

Technické specifikace Teplotního snímače



Obr. 40 Teplotní čidlo [16]

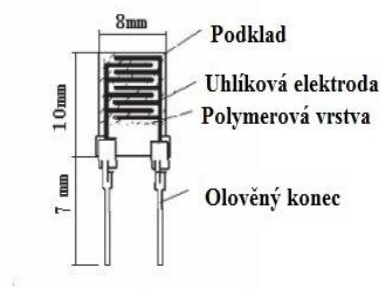
	Název	Specifikace limitů materiálu
1	Termistor	MJD-502-3470-1
2	Spodní vrstva	Izolační materiál(elastický)
3	Plnicí pryskyřici	Epoxidová pryskyřice UL AWM2651, 26AWG, VW-1
4	Vodič	teplota 105°C, napětí 300V (černý)

Tabulka 4

	Specifikace limitů	Testovací metody a podmínky
Odpor při nulovém výkonu: R25	5k Ω \pm 1%	
B-hodnota: B25/50	3470k \pm 1%	
Konstanta odvodu tepla	6Mw/°C	při 25°C za bezvětrí
Izolační odpor	100M Ω Min.	při DC 1000 V
Rozsah provozních teplot	-30 - 105°C	
Rozsah skladovacích teplot	-20 - 105°C	

Tabulka 5 [16]

Technické parametry snímače relativní vlhkosti

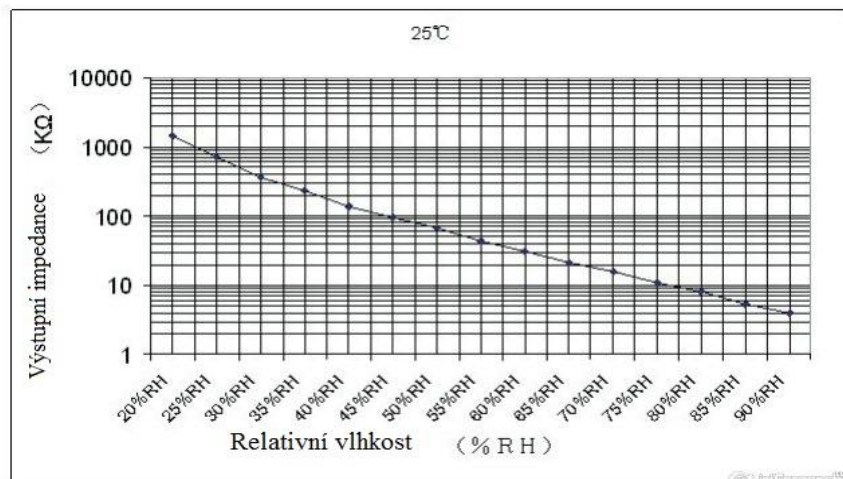


Obr.41 Snímač vlhkosti [13]

Odporový snímač vlhkosti GY-HR002, má široký rozsah vlhkosti s rychlou odezvou. Je chráněn proti znečištění. Tento snímač má stabilní a spolehlivý výkon.

Elektrické charakteristiky	
Jmenovité napětí	AC 1,5V
Jmenovitý výkon	0,2 mW
Pracovní frekvence	50Hz - 2000Hz
Pracovní rozsah teploty	0°C - 60°C
Pracovní rozsah vlhkosti	20% - 95%RH
Teplotní charakteristiky	$\leq 0,5\% \text{ RH}/^\circ\text{C}$
Hysterezní charakteristiky	$\leq 2\% \text{ RH}$
Charakteristika odezvy vlhkosti	zvlhčování $\leq 20\text{S}$; odvlhčování $\leq 40\text{S}$
Stabilita	$\leq 2\% \text{ RH/ročně}$, odpor rosení
Přesnost	$\leq \pm 5\% \text{ RH}$

Tabulka 6 [13]

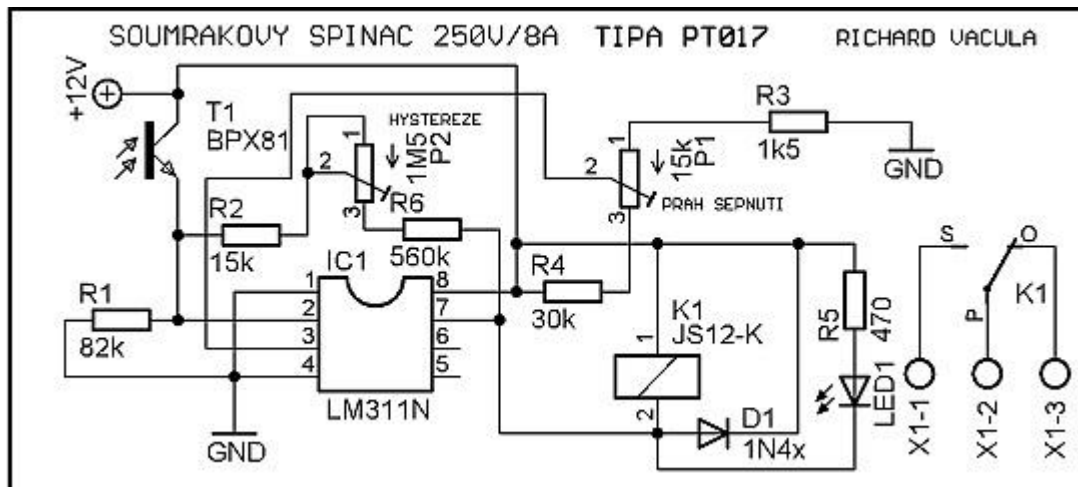


Obr. 42 Vlhkostní charakteristiky při 25°C [13]

Soumrakový spínač s relé



Obr. 43 Soumrakový spínač [14]



Obr. 44 Schéma soumrakového spínače [14]

Naměřené hodnoty pro 9V:

Klidový proud ... 1,6mA

Proud při sepnutí relé ... 30,5mA

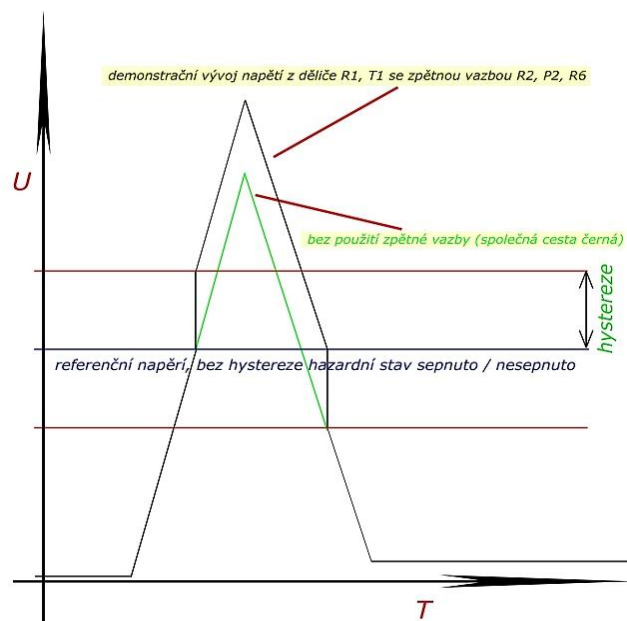
Popis funkce

Srdcem zapojení je integrovaný obvod IC1, komparátor LM311. Referenční napětí je dáno R3, R4, P1, přičemž trimrem P1 lze v intervalu nastaveném pomocí R4 a R3 měnit napětí přiváděné přes středový vývod trimru na jeden ze dvou vstupů komparátoru. Na druhý vstup přivádíme napětí z odporového děliče T1, R1, kdy odpor T1 se mění v závislosti na osvětlení a tím ovlivňuje poměr odporů T1, R1. Z vzorce

$$U_{T1} / U_{R1} = R_{T1} / R1$$

Dokážeme odvodit výstupní napájecí napětí dle aktuálních hodnot členů odporového děliče. Slovy: poměr napětí na členech děliče je roven poměru jejich odporů. Podle intenzity světla dopadajícího na fototranzistor T1 se mění i jeho odpor. Nejmenšího odporu dosahuje při maximálním osvětlení. Za absolutní tmy je odpor T1 zase maximální. Při stmívání se zvyšuje odpor T1, výstupní napětí děliče se snižuje. Jakmile je nižší než napětí přiváděné na druhý vstup komparátoru, pin 8 IC1 se spojí se zemí. Tím se uzavře obvod tvořený relé K1, D1, LED1, R5. D1 chrání rozpojený výstup IO před průrazem napětíovou špičkou vzniklou po rozeznutí relé. R5 je předřadný odpor pro LED diodu. K1 přepne spojení kontaktů. Po zvýšení intenzity světla, tím i napájecího napětí z děliče T1, R1 a překročení referenčního napětí z P1 dojde opět k rozeznutí - řečeno jednoduše. Pokud by to tak bylo do-

slova, při shodné hodnotě obou napětí by nastal hazardní stav a zařízení by se rozkmitalo. Sepnuto, rozepnuto.. Proto je třeba zavést zpětnou vazbu, kladnou i zápornou, v závislosti na stavu výstupu komparátoru. Takováto zpětná vazba umožňuje zpožděnou reakci na změnu stavu, tzv. hysterezi. V tomto zapojení ji tvoří R2 + P2 + R6. Díky trimru P2 ji lze nastavovat. Příkladem užití hystereze může být např. termostat akumulární pece. Její ventilátor se sepne při 20°C a rozepte při 23°C. Čím vyšší je celkový odpor zpětné vazby, tím je menší interval mezi sepnutím a rozepnutím. Použitím hystereze zabráníme hazardnímu stavu, kdy jsou obě napětí na vstupu totožná (výsledek ovlivňují drobné výchylky) a výstup se rozkmitá. Sepnut, rozepnut. Toto si nemůžeme dovolit, snížili bychom životnost relé a mohli poškodit spínané zařízení. Pokud výstup komparátoru propojíme s výstupem odporového děliče, při první změně hodnoty na výstupu se okamžitě mění zpětná vazba, která ovlivní výstupní hodnotu napájecího napětí z děliče (T1, R1). Aby se stav mohl vrátit na původní, muselo by se napětí snížit o celý skok způsobený zpětnou vazbou. Při správně nastavené zpětné vazbě tedy nedochází k zákmitům. Na grafu máte naznačeno zeleně průběh napětí bez použití zpětné vazby a černou barvou, pokud je zapojena. [14]



Obr. 45 Hystereze soumrakového spínače [14]

Vodní čerpadlo



Obr.46 Vodní čerpadlo

Jednoduché vodní čerpadlo obvykle používané pro akvárium a další projekty

Kompaktní velikost a nízká hmotnost.

Pracovní napětí: 3-12V

Výstupní průměr: 4mm

Materiál: kov + plast

Velikost : 4.2 cm x 4,5 cm x 6,5 cm

Ventilátor

Pasivní chlazení - Ventilace, je proces proudění čerstvého vzduchu do uzavřených oblastí a tím odvádění vzduchu s nežádoucími vlastnostmi. Ventilace je nezbytná pro snížení teploty, doplnění CO₂ a snížení relativní vlhkosti. Je vhodné mít ho umístěné po stranách. [2, s.203]

Pracovní napětí: DC 5V

Výkon: 1.75 W

Typ: GB0506PGV1-8A



Obr. 47 Ventilátor

Ventilátor

Technické parametry	
Výška x Šířka (průměr)	40x40mm
Hloubka	10 mm
Napětí	12 V
Příkon	1,2 W
Proud	100 mA
Ložisko	kluzné
Otáčky	7000 RPM
Průtok vzduchu(CFM)	8 CFM
Průtok vzduchu	13,59 m ³ /h
Hlučnost	32 dBa
Hmotnost	13,5 g
Vývody	2x26 AVG
Délka vodičů	300 mm
Model	EE40101S1-999

Tabulka 7



Obr. 48 Ventilátor

Osvětlení - LED pásy

Elastický led pásek s vysoce svítícími diodami.

Typ LED diody: 5050

Barva světla: Studená bílá

Výkon: 14,4 W/m (60diod na 1 metr)

Světelný tok: 1170 lm/m

Napětí: 12 V



Obr. 49 LED pásek

Topení

Vytápění skleníků je vyžadováno v chladném počasí. Topný systém musí poskytovat teplo ve skleníku stejnou rychlostí, při které se ztrácí. Chladný vzduch prochází přes žhavé kovové trubky, ohřívá se a cirkuluje.

Topná fólie z polyesteru, se samolepící zadní stranou.

Typ kabelu: 2x0,75 mm²

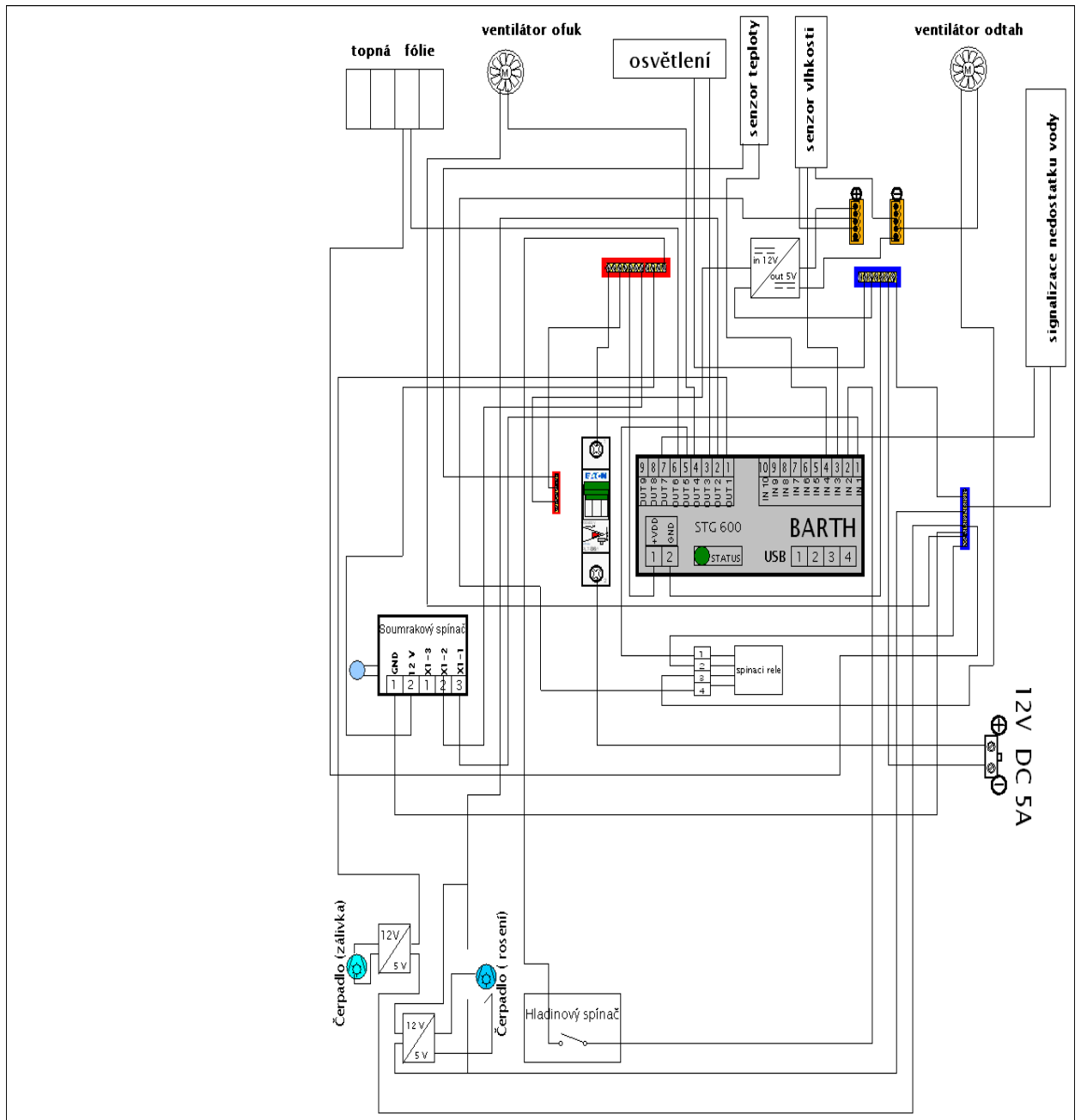
Výška v místě připojení 5 mm

Technické parametry	
Typ topného tělesa (kategorie)	Tepelná fólie
Vlastnosti součástek	Samolepící
Provozní napětí	12 V/DC · 12 V/AC
Příkon	12 W
Materiál	Polyester
Tloušťka materiálu	0.4 mm
Připojení (součástky)	Kabel bez konektorů
Délka napájecího vedení	25 cm
Krytí	IPX4
Teplota povrchu	80 °C
Rozměr, délka	110 mm
Rozměr, šířka	77 mm

Tabulka 8

Aktivní chlazení - za tímto účelem je používáno rosení. Chlazení rosením zahrnuje rozptýlení vodních částic do ovzduší skleníku, ze kterého odpařováním odvedou teplo. Chlazená směs vzduchu je těžší, jemně dopadá na zem a ochlazuje oblast rostlin. [2, s.207]

5.3 Rozvaděč



Obr.50 Rozvaděč

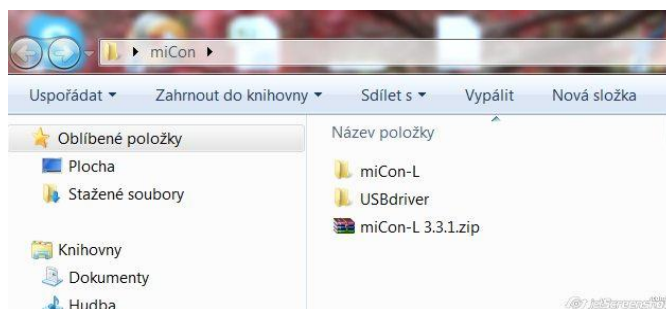
5.4 Cena

komponenty	cena
PLC	3 863,00 Kč
Rozvodná skříň	179,00 Kč
jistič	56,00 Kč
trafo 220/12 VDC	530,00 Kč
ventilátor ofuk	55,00 Kč
senzor vlhkosti	109,00 Kč
senzor teploty	92,00 Kč
soumrakový spínač	147,00 Kč
topná folie	139,00 Kč
čerpadlo 2x 152 kč	304,00 Kč
měníč napětí 12/5 VDC 3x 130 kč	390,00 Kč
hadičky + rozbočovače	60,00 Kč
celkem	5 924,00 Kč

Tabulka 9

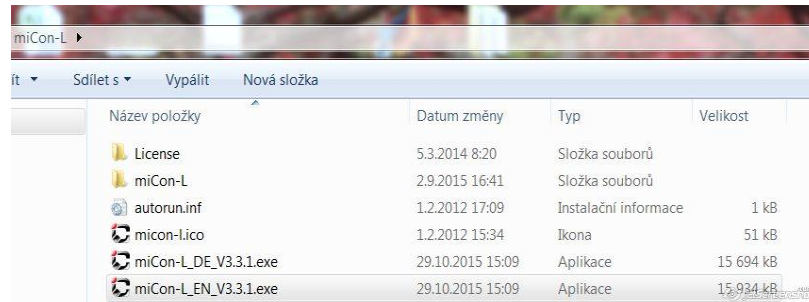
6 Tvorba programu

K programování STG 600 slouží software mi-Con-L, který je ke stažení na stránkách výrobce (<http://micon-l.de/>) bez jakékoliv registrace. Stažený zip rozbalíme nejlépe do složky, ze které budeme program vždy spouštět.



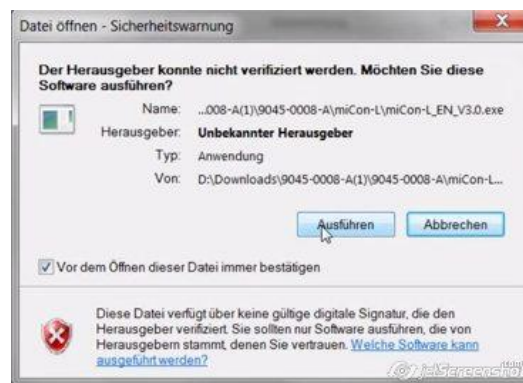
Obr.51 Rozbalení software mi-Con-L ve složce

Poté klikneme na složku miCon-L, kde najdeme dva soubory s příponou `exe`. Jeden pro programování v anglické verzi jazyka a druhý pro německou. Vybereme a odklikneme.



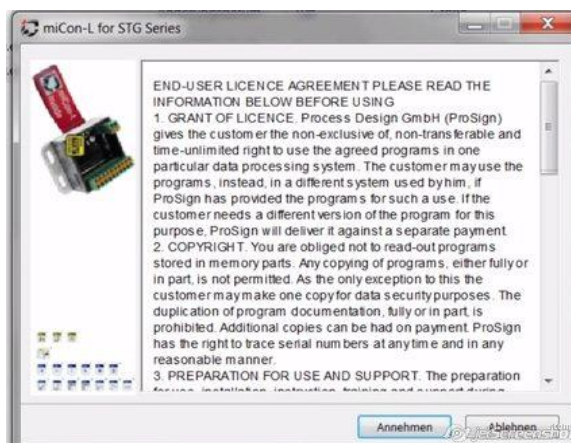
Obr.52 Volba jazykové konverze softwaru mi-Con-L

Instalaci spustíme kliknutím na "Ausführen".



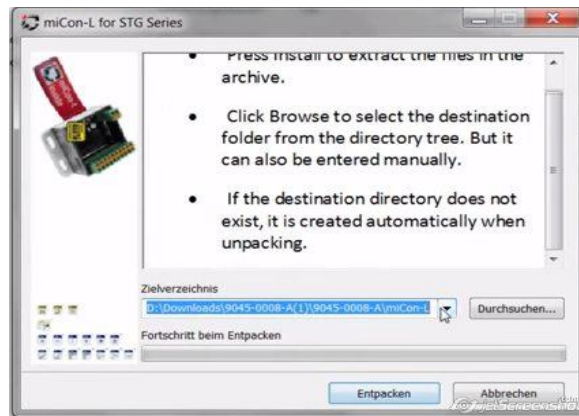
Obr.53 Spuštění instalace

Kliknutím potvrdíme souhlas s licenčními podmínkami "Annehmen".



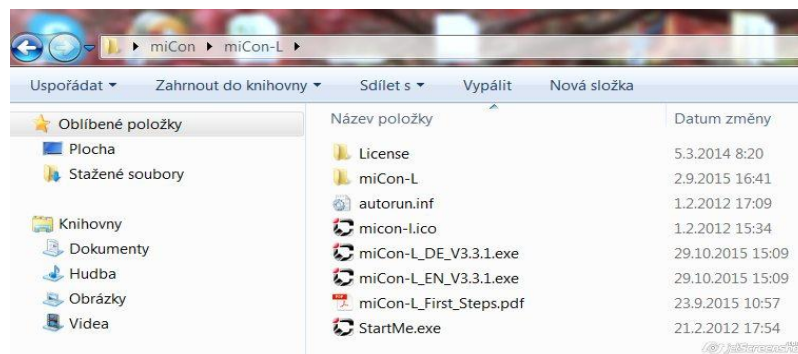
Obr.54 Licenční podmínky

Dále odklikneme cestu do naší cílové složky, která je nastavena automaticky "Einpacken".



Obr.55 Instalace do cílové složky

Po instalaci už budeme vždy spouštět software pouze souborem StartMe.exe z naší složky.



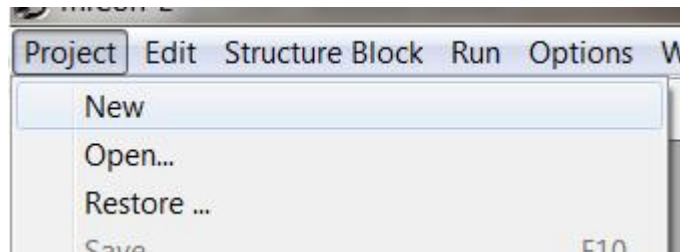
Obr.56 Spuštění programu

Ve startovacím okně zvolíme "Start miCon-L grafické programování".



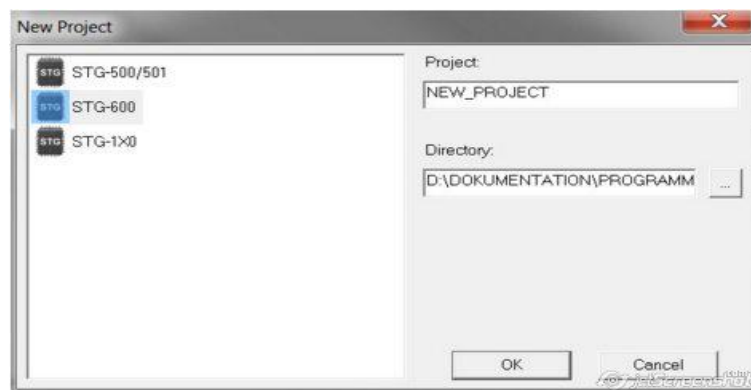
Obr.57 Startovací okno

Utvoříme nový projekt. Klikneme v levém rohu na záložku Project a z nabídky vybereme "New".



Obr.58 Tvorba nového projektu

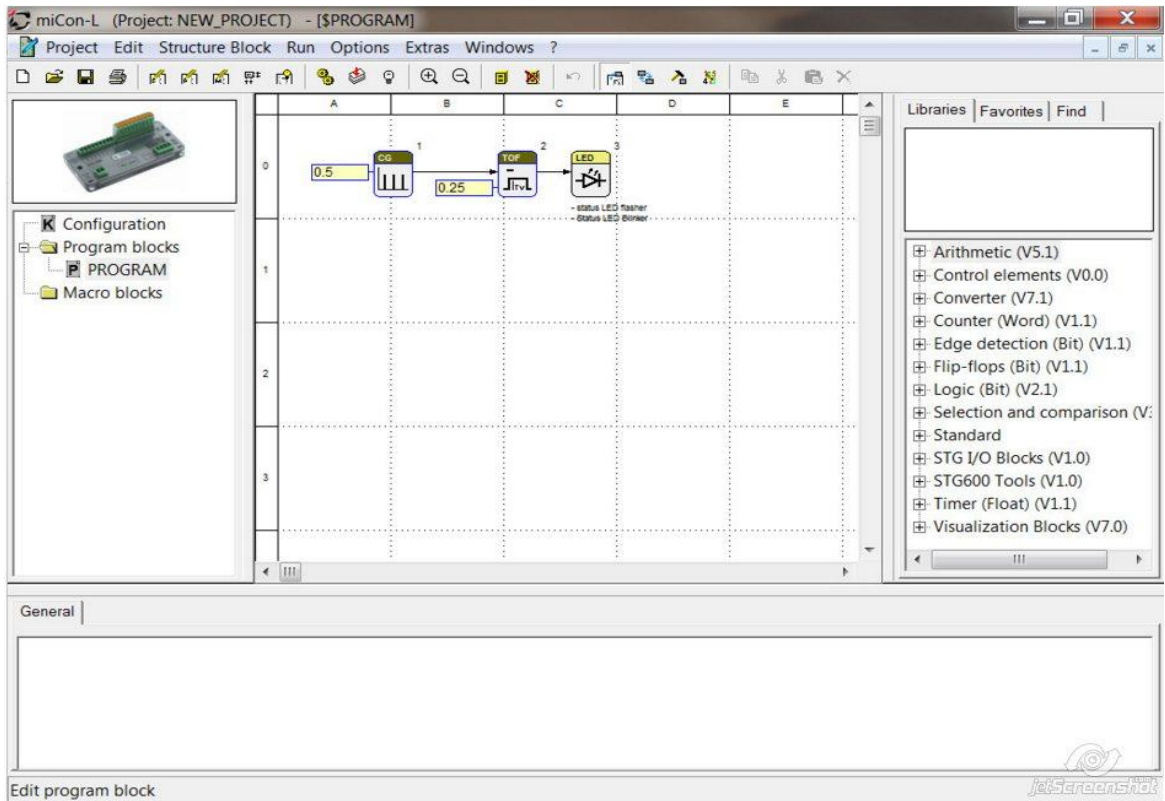
Zvolíme typ PLC a jméno projektu, klikneme na tlačítko "OK"



Obr.59 Jméno a cesta k novému projektu.

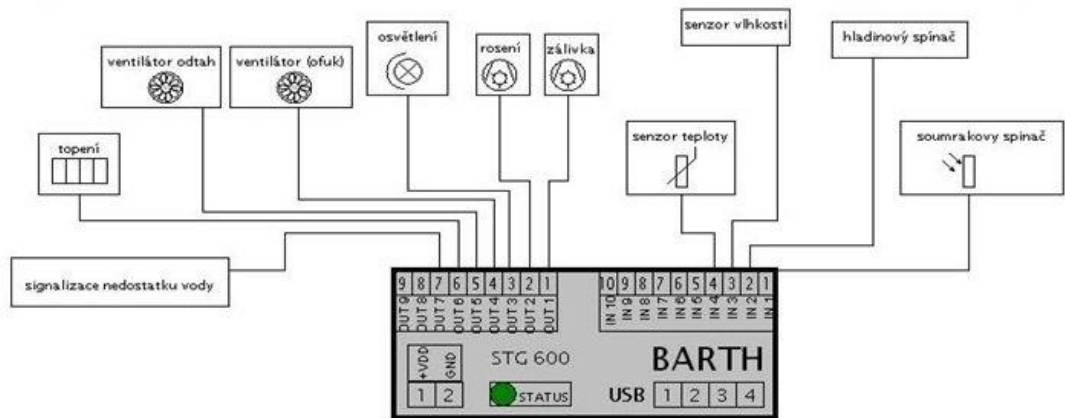
Automaticky se přepneme do režimu úprav "Edit", ve kterém budeme tvořit program.

Také zde vždy najdeme první objektově orientovaný kód. Pro blikající LED diodu na samotném PLC signalizující online režim.



Obr.60 Režim Edit pro tvoření programu.

Nežli začnem tvořit samotný program, je dobré ujasnit si obsah našich fyzikálních vstupů a výstupů.



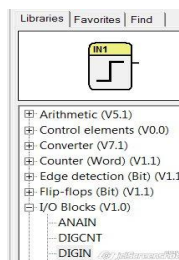
Obr. 61 Vstupy-Výstupy

Nezbytné je také znát parametry k tvorbě programu.

Požadované parametry pro rostlinu "Dionaea muscipula" (Mucholapka podivná)	
Teplota	26°C
Relativní vlhkost	60% - 80%
Světlo	14 hodin
pH	3-5

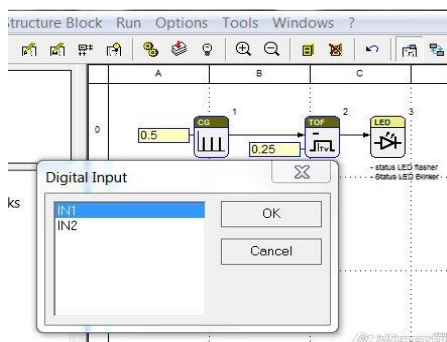
Tabulka 10

V nabídce knihovny vybereme funkční blok pro první digitální vstup. Funkční blok se nám zobrazí v horním okně knihovny.



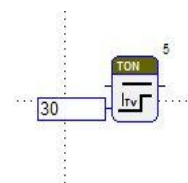
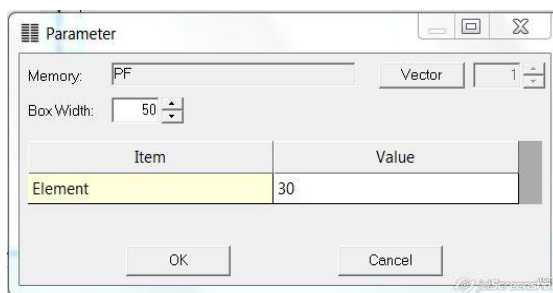
Obr. 62 - 77 Tvorba programu

A odtud jej metodou "drag and drop" - klikneme na blok, držíme tlačítko myši a jednoduše přetáhneme na pracovní plochu. Poté se nám automaticky objeví tabulka, ve které si vybereme náš fyzický vstup IN1 a potvrdíme kliknutím na OK.

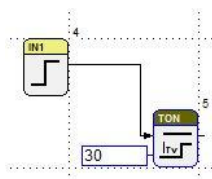


Dále si vybereme z funkčních bloků čas blok "TON", který vykoná zpoždění 0-1 hrany o čas daný v sekundách, který nastavíme. Čas v sekundách nastavíme tak, že najedeme myši

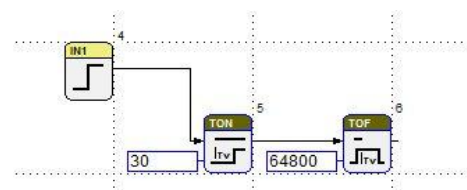
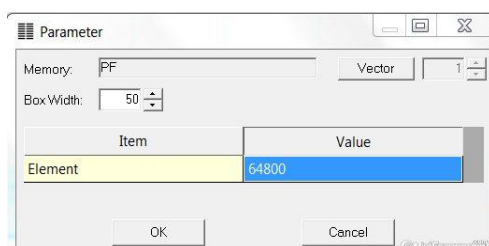
na dolní levý spoj bloku, jakmile se nám objeví symbol tužky, klikneme pravým tlačítkem myši. Z místní nabídky vybereme "**Assign Parameter**" - zapsat parametry a klikneme levým tlačítkem myši. Objeví se nám tabulka, ve které do kolonky "**Value**" napíšeme požadovaný čas v sekundách a potvrdíme kliknutím na tlačítko "**OK**". Nastavené parametry se nám objeví v okýnku parametrů v dolní části bloku. Pokud bychom chtěli parametry průběžně měnit, klikneme už jen do okýnka s parametry a okno pro zápis parametrů se objeví.



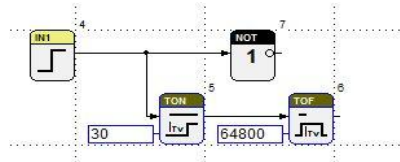
Ještě potřebujeme náš blok spojit se vstupem. Opět najedeme myši na horní spoj, počkáme na zobrazení symbolu tužky. Kliknutím pravým tlačítkem myši se dostaneme do místní nabídky, kde si vybereme "**Draw Connection**" - nakreslí spojení a jednoduše klikneme. Poté se přemístíme myši ke spoji vstupního bloku **IN1**. Jakmile se nám objeví okýnko popisující název spoje a datový typ, klikneme levým tlačítkem myši a spojení je hotové. Pokud bychom chtěli spojení zrušit. Klikneme pravým tlačítkem na spojovací linku a z místní nabídky vybereme "**Erase Connection**".



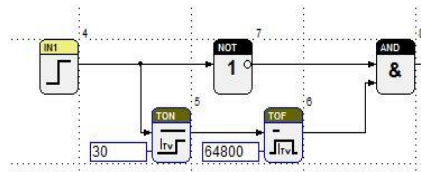
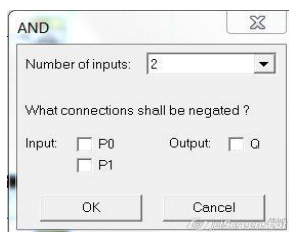
Dále připojíme blok "**TOF**", který vykoná zpoždění 1-0 hrany o čas daný v sekundách. Postup je stejný jako u předcházejícího bloku.



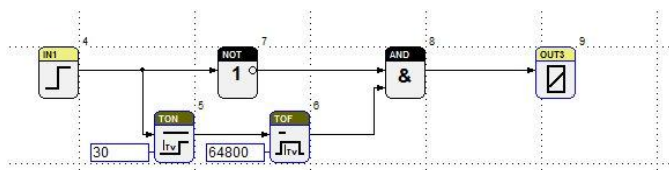
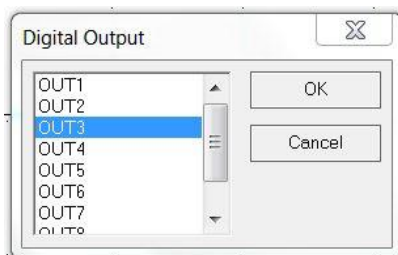
Protože potřebujeme náš vstupní signál také znegovat použijeme logický funkční blok "NOT". Nám už známým postupem vybereme funkční blok z knihovny, přetáhneme na plochu a spojíme.



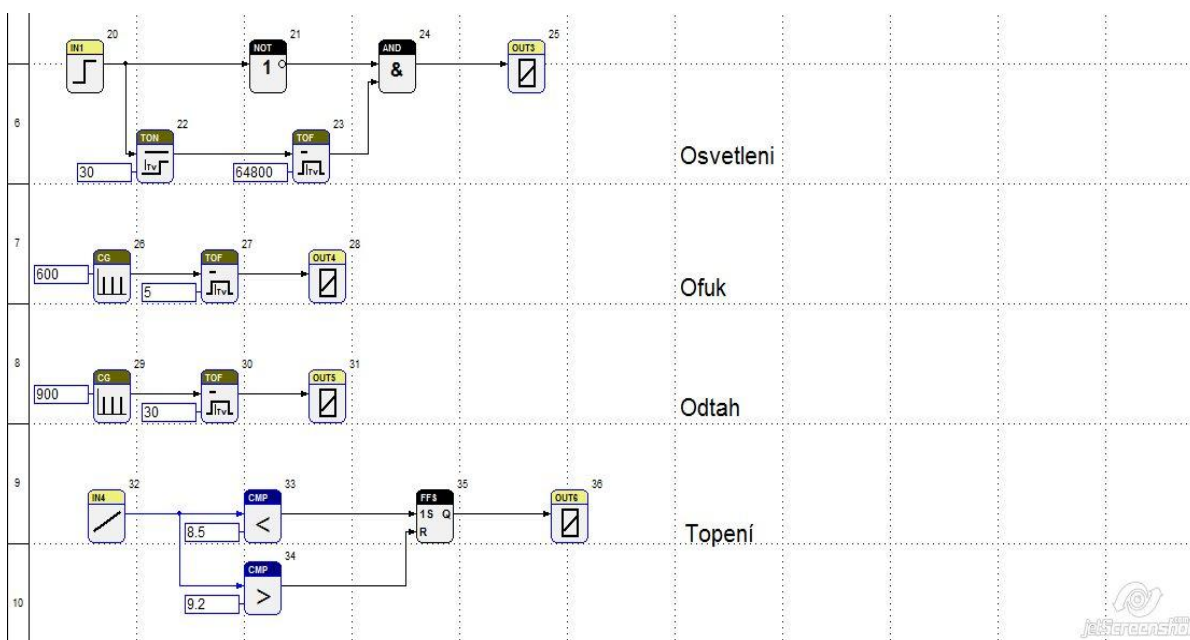
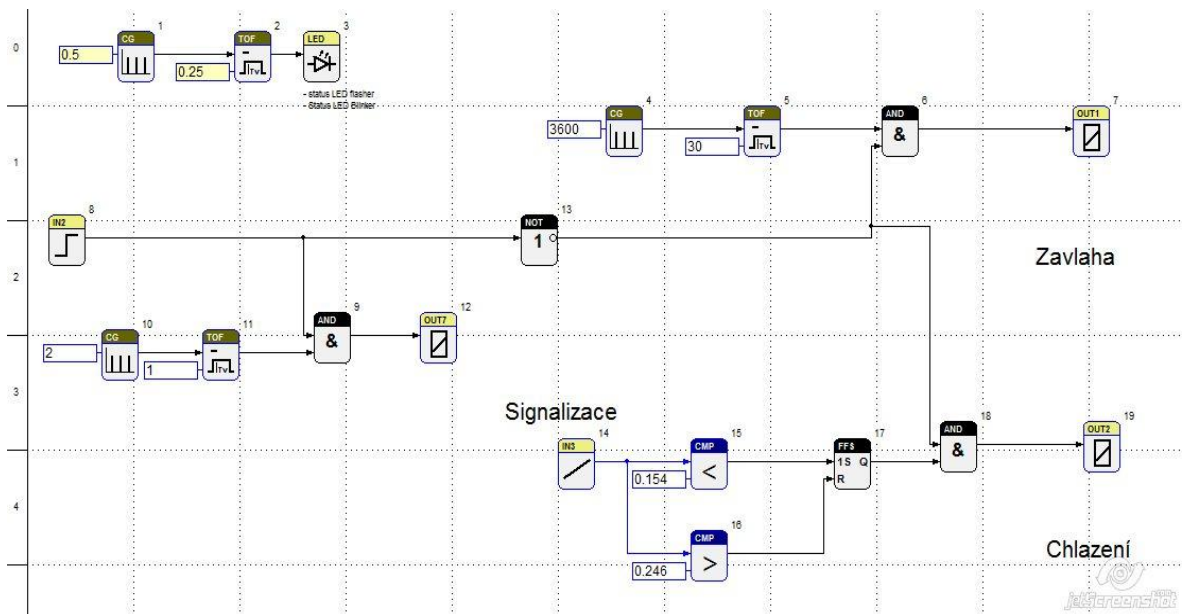
Chceme-li signály vyhodnotit logickou funkcí "AND". Po přetažení funkčního bloku z knihovny se nám automaticky objeví okno ve kterém zvolíme počet vstupních signálů, kterých může být až 8. Dále se nás okno zeptá, které ze spojení by mělo být negováno? Pokud nepotřebujeme spojení negovat ponecháme okýnka prázdná a klikneme na "OK". Funkční bloky propojíme.



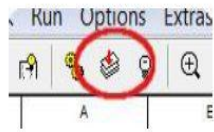
K dokončení našeho algoritmu potřebujeme už jen výstup "DIGOUT". Po přesunutí na plochu se nám zobrazí okno výstupu, kde zvolíme náš fyzický výstup a potvrdíme kliknutím levým tlačítkem myši na tlačítko "OK".



Následně pokračujeme v tvorbě celého programu:



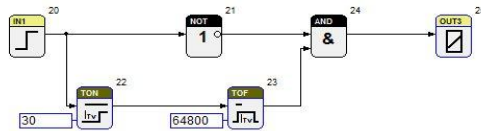
Program uložíme kliknutím na ikonku diskety. Zda jsme programovali správně se můžeme přesvědčit kliknutím na tlačítko Simulation. Funkční bloky blikají zeleně. A okno zpráv vypíše indikaci "No error"! Program je tedy bez chyb, ale to ještě neznamená, že funguje jak jsme předpokládali. K úplnému přesvědčení zda program pracuje jak má, nahrajeme program do PLC. Kliknutím na ikonku Download, jak je vidět na obrázku. Pokud systém najde PLC a program se nahraje, je třeba ještě spustit režim online ikonkou žárovky.



6.1 Popis algoritmů

Osvětlení

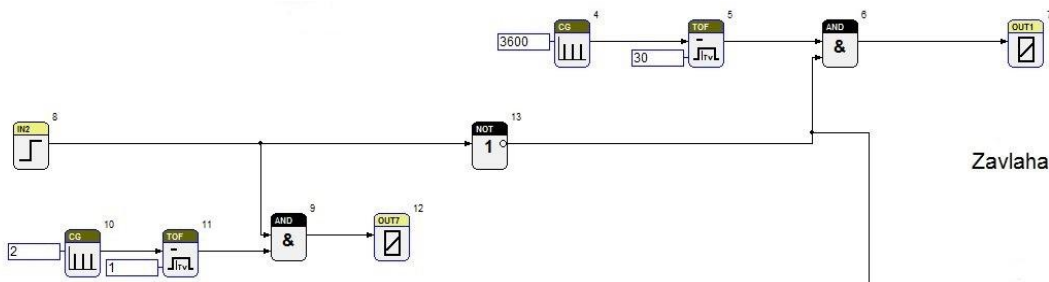
Pokud se rozední a sepne soumrakový spínač, začne se odpočítávat 14 hodin. Pokud slunce zajde dříve, sepne se světlo a dosvítí 14 hodin.



Obr. 78 - 83 Popis algoritmů

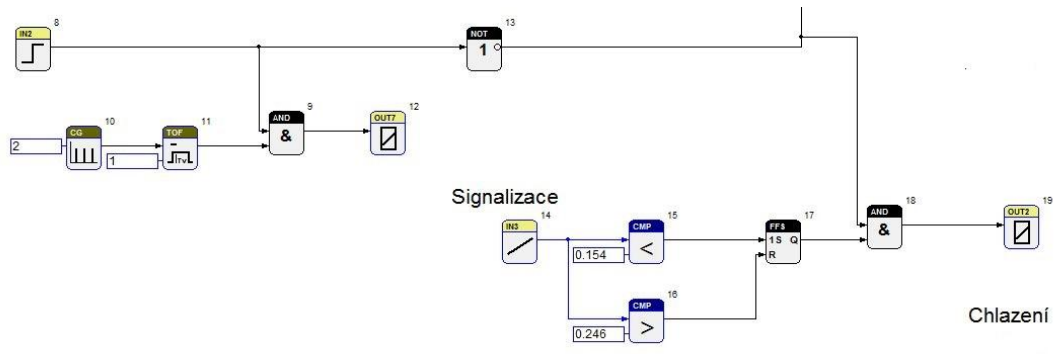
Zálivka

Když bude v nádrži voda, nerozsvítí se signalizace a zálivka se spustí každou hodinu na 30 sekund.



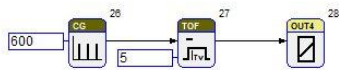
Rosení

Když bude v nádrži voda a nerozsvítí se signalizace, a pokud klesne vlhkost pod 60%, zapne se mlžení. Pokud vlhkost bude vyšší jak 70% mlžení se vypne.



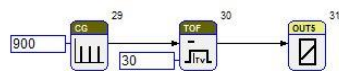
Ofuk

Ofuk se bude spouštět každých 10 minut na 5 sekund.



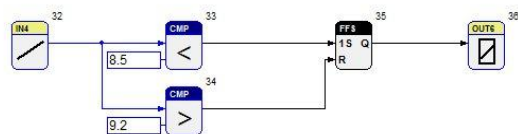
Odtah

Každých 15 minut se sepne na 30 sekund odtah a vzduch se vymění.





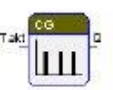







Topení

Pokud klesne teplota pod 9°C, zapne se topení dokud nedosáhne teplota 15°C.

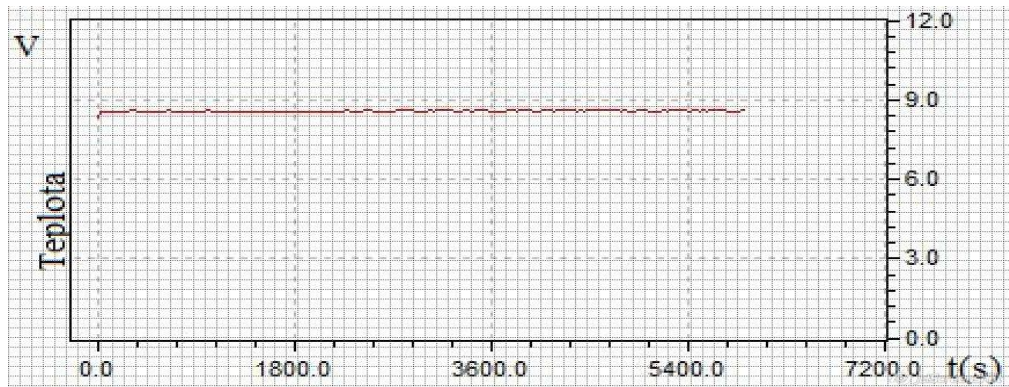


6.2 Popis použitých funkčních bloků v programu

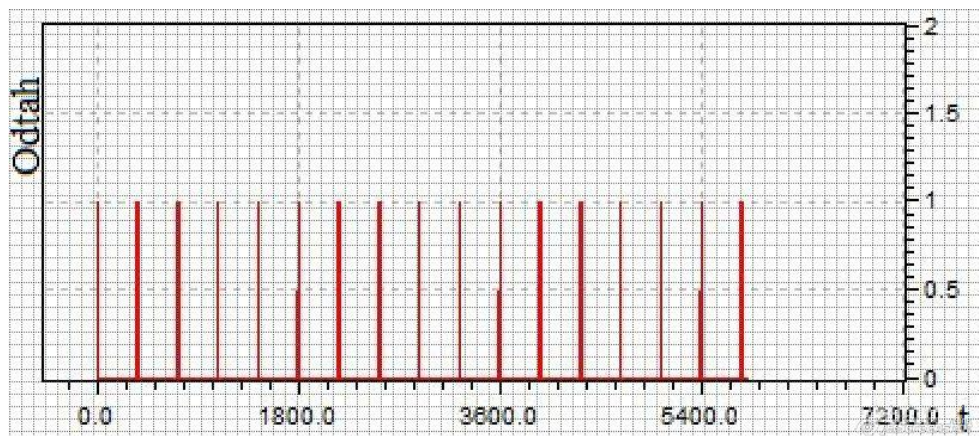
	Funkční blok čte signál z jednoho z digitálních portů (IN1 nebo IN2) a poskytuje tento signál výstupu použitému v rámci programu.
	Čte signál z jednoho z analogových portů (IN3 až IN10) a poskytuje tento signál výstupu v rámci programu. Hodnota je dána ve voltech.
	Počítá logickou negaci vstupního signálu. To znamená, že výstup je logická 1 v případě, že vstupní signál je logická 0.
	Počítá logické AND až 8 bitů ze vstupního signálu. To znamená, že výstup je logická 1, pokud všechny vstupní signály jsou logickou 1. Všechny vstupní signály, stejně jako výstupní signál, můžou být negovány.
	Generuje hodinový signál s periodovou T, danou hodnotou vstupního cyklu vyjádřenou v sekundách.
	Vykoná zpoždění 1-0 hrany o čas daný Tv v sekundách.
	Vykoná zpoždění 0-1 hrany o čas daný Tv v sekundách.
	Porovnává dvě vstupní hodnoty INP1 a INP2 podle zvoleného poměru. K dispozici jsou porovnávací vztahy: <, <=, >, >=, =. Výsledek bude uveden na binární výstup.
	Funkční blok SET/RESET s dominantním Set vstupem.
	Vyšle signál ze vstupu P k jednomu z digitálních výstupních portů (OUT1 až OUT9).

Tabulka 11

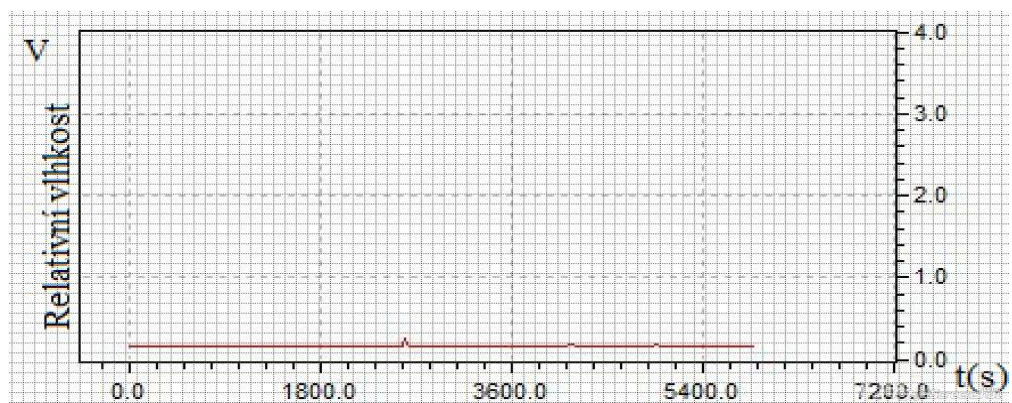
6.3 Výsledky regulace



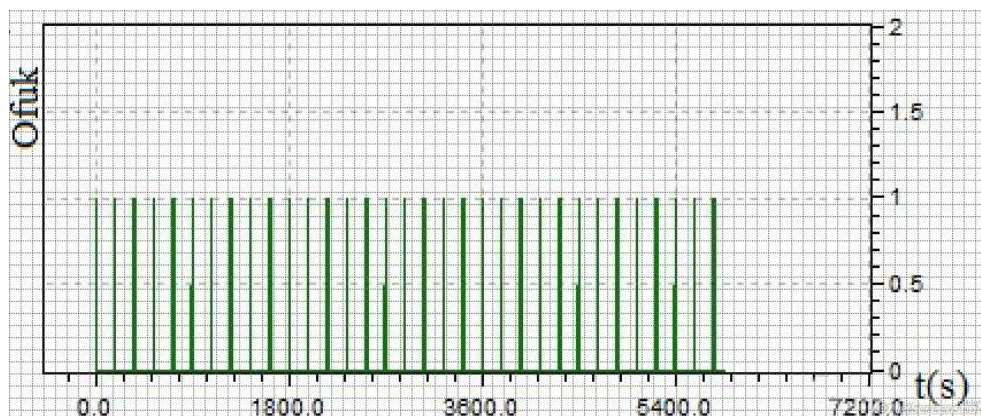
Obr. 84 Analogový signál teplotního čidla v závislosti na čase



Obr. 85 Digitální signál spínání odtahového ventilátoru.



Obr. 86 Analogový signál relativní vlhkosti v závislosti na čase.



Obr. 87 Digitální signál spínání ventilátoru pro vnitřní cirkulaci.

ZÁVĚR

Teorie řízení popsaná v této práci, byla východiskem pro získání návrhu, vývoje a implementace modelu. Výsledkem je funkční model, který je schopen ovládat zavlažování, topení, rosení, osvětlení, cirkulaci vzduchu a větrání.

Navrhovaná regulace vykazuje odezvu tím, že sleduje žádanou hodnotu. On/off regulátor zůstává v povoleném pásmu.

On/off řízení akčních členů stoupá na maximum nebo minimum (dva stavy) tak dlouho, jak inteligentní regulátor požaduje pro regulaci. Zvolená řídicí jednotka se projevila jako vyhovující a cenově dostupné řešení pro řízení skleníků.

Bakalářská práce splnila všechny cíle, které byly stanoveny v úvodu a účinky vytvořeného klimatu se projeví na úspěšném růstu rostlin.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] PONCE, Pedro, Arturo MOLINA, Paul CEPEDA a Esther LUGO. *Greenhouse Design and Control*. First adition. London: CRC Press, 2015. ISBN 9781138026292.
- [2] *Automatizace a automatizační technika: systémové pojetí automatizace*. 1. vyd. Brno: Computer Press, 2014, 2 sv. (217; 241 s.). ISBN 978-80-251-3628-7.
- [3] Odborný popis mini-plc-stg-600
[online]. [cit. 2016-01-25]. Dostupné z: <http://www.barth-elektronik.de/mini-plc-stg-600-a2786.html>
- [4] MARTINÁSKOVÁ, Marie a Ladislav ŠMEJKAL. *Řízení programovatelnými automaty II*. Vyd. 1. Praha: ČVUT, Strojní fakulta, 2000. ISBN 80-010-2096-7.
- [5] *PLC STG600* [online]. [cit. 2016-04-10]. Dostupné z: <http://automatizace.hw.cz/komponenty-plc-a-prumyslova-pc/zajimava-novinka-mini-plc-barth-stg-600.html>
- [6] *Vývojové prostředí miCon-L* [online]. [cit. 2016-04-10]. Dostupné z: http://micon-l.de/EN_Theoretische-Grundlagen.html
- [7] *Feedback/Feedforward linearization* [online]. [cit. 2016-04-11]. Dostupné z: http://ieeexplore.ieee.org/xpl/login.jsp?tp=&arnumber=7231543&url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fxppls%2Fabs_all.jsp%3Farnumber%3D7231543
- [8] *Skleníky Almerie* [online]. [cit. 2016-05-22]. Dostupné z: <http://www.amusingplanet.com/2013/08/the-greenhouses-of-almeria.html>
- [9] *PID regulátor* [online]. [cit. 2016-05-22]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/PID_regul%C3%A1tor
- [10] KOVÁŘ, Josef, Zuzana PROKOPOVÁ a Ladislav ŠMEJKAL. *Programování dle normy IEC 61 131* [online]. [cit. 2016-05-22]. Dostupné z: http://www.spszl.cz/soubory/plc/programovani_dle_normy_iec61131.pdf
- [11] *Měření a regulace* [online]. [cit. 2016-05-22]. Dostupné z: <http://www.eltosstav.com/en/sluzby/mereni-a-regulace/>
- [12] *Scada* [online]. [cit. 2016-05-22]. Dostupné z: <http://www.reliance.cz/cs/success-stories/intelligent-buildings/complete-control-system-and-visualization-of-a-family-house-in-hradec-kralove>

[13] *Senzor vlhkosti* [online]. [cit. 2016-05-22]. Dostupné z:
http://www.produktinfo.conrad.com/datenblaetter/175000-199999/183324-da-01-en-FEUCHTE_SENSOR_GY_HR002.pdf

[14] *Soumrakový spínač* [online]. [cit. 2016-05-22]. Dostupné z:
<http://stavebnice.postreh.com/select.php?link=PT017>

[15] *Ventilator* [online]. [cit. 2016-05-22]. Dostupné z:
<http://www.tme.eu/cz/Document/5a4f52121a0aec1a8172412ff5f856d0/EE40101S1-999.pdf>

[16] *Senzor teploty* [online]. [cit. 2016-05-22]. Dostupné z:
http://www.produktinfo.conrad.com/datenblaetter/275000-299999/284321-da-01-en-TEMP_SENS_MJSE_502_3470_1_600_XH.pdf

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

A	Ampér
AC	Střídavý proud
A/Č	Analogově-číslicový převodník
ANFIS	Adaptivní neuronový fuzzy inferenční systém
B	Byte
°C	Stupeň Celsia
CEA	Řízené zemědělské prostředí
CO ₂	Oxid uhličitý
Č/A	Číslicově-analogový převodník
ČSN	Česká norma
DC	Stejnoseměrný proud
EN	Evropská norma
e	Regulační odchylka
IN	Vstup
IEC	Mezinárodní úřad pro elektrotechniku
ISOSC	Mezinárodní organizace pro pěstování bezpůdní kulturou
kHz	Kilohertz
K _p	Ladící parametr proporciálního členu
K _i	Ladící parametr integračního členu
K _d	Ladící parametr derivačního členu
LED	Světlo emitující diody
mA	Miliampér
Ω	Ohm

OUT	Výstup
PID	Spojité regulátor složený z proporcionální, integrační a derivační části
PLC	Programovatelný automat
R	Odpor
SMC	Klouzavé řízení
T	Perioda
t	Čas
τ	Integrační konstanta
U	Napětí
USB	Univerzální sériová sběrnice
V	Volt
W	Watt

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1. Celková skleníková rozloha v zemích s největší produkcí [1].....	9
Obr. 2. Skleníky v Almerii (Španělsko) [8].....	9
Obr. 3. Ukazuje kompletní scénář o všech možných senzorech, které mohou být použity v high-tech skleníku. [1].....	14
Obr. 4. Chování on/off řízení [1].....	16
Obr. 5. PID regulace [9].....	16
Obr. 6. Reakce na PID regulátor [1].....	17
Obr. 7. Oscilování [1].....	18
Obr. 8. Kompletní fuzzy inferenční systém [1].....	19
Obr. 9. Přehled programovacích jazyků [10].....	21
Obr. 10. Cyklus programu.....	22
Obr. 11. Programovatelný automat v rozvaděči [11].....	23
Obr. 12. Možné začlenění programovatelného automatu do systému řízení.....	23
Obr. 13. Signály v číslicovém regulačním obvodu realizovaného s použitím PLC [2].....	27
Obr. 14. Příklad vytvoření virtuálních senzorů nad údajem o výšce hladiny [2].....	29
Obr. 15. Schématické znázornění instrumentace PLC prostřednictvím sériové komunikace [2].....	29
Obr. 16. Vizualizace [12].....	31
Obr. 17. PLC Barth STG600.....	33
Obr. 18. Napájení (značeno červeně) [3].....	33
Obr. 19. Vstupy (značeno červeně) [3].....	33
Obr. 20. Výstupy [3].....	24
Obr. 21. Konektor připojení, kabel [3].....	34
Obr. 22. Rozhraní text.con.....	36
Obr. 23 - 24. Postranní panel - Project Tree [6].....	39

Obr. 25 - 27. Knihovna [6].....	40
Obr. 28 - 36. Pracovní nabídky - Context Menus [6].....	42
Obr. 37,38. Okno zpráv [6].....	44
Obr. 39. Popis skleníku, rozmístění komponent.....	48
Obr. 40. Teplotní čidlo [16].....	48
Obr. 41. Snímač vlhkosti [13].....	49
Obr. 42. Vlhkostní charakteristiky při 25°C [13].....	50
Obr. 43. Soumrakový spínač [14].....	50
Obr. 44. Schéma soumrakového spínače [14].....	51
Obr. 45. Hystereze soumrakového spínače [14].....	52
Obr. 46. Vodní čerpadlo.....	53
Obr. 47. Ventilátor.....	53
Obr. 48. Ventilátor.....	54
Obr. 49. LED pásek.....	54
Obr. 50. Rozvaděč.....	56
Obr. 51. Rozbalení software mi-Con-L ve složce.....	57
Obr. 52. Volba jazykové konverze softwaru mi-Con-L.....	58
Obr. 53. Spuštění instalace.....	58
Obr. 54. Licenční podmínky.....	58
Obr. 55. Instalace do cílové složky.....	59
Obr. 56. Spuštění programu.....	59
Obr. 57. Startovací okno.....	59
Obr. 58. Tvorba nového projektu.....	60
Obr. 59. Jméno a cesta k novému projektu.....	60
Obr. 60. Režim Edit pro tvoření programu.....	61
Obr. 61. Vstupy-Výstupy.....	61

Obr. 62 - 77. Tvorba programu.....	62
Obr. 78 - 83. Popis algoritmů.....	66
Obr. 84. Analogový signál teplotního čidla v závislosti na čase.....	69
Obr. 85. Digitální signál spínání odtahového ventilátoru.....	69
Obr. 86. Analogový signál relativní vlhkosti v závislosti na čase.....	69
Obr. 87. Digitální signál spínání ventilátoru pro vnitřní cirkulaci.....	70

SEZNAM TABULEK

Tab. 1. Menu.....	36
Tab. 2. Panel nástrojů.....	37
Tab. 3. Klávesové zkratky.....	45
Tab. 4. Specifikace limitů snímače teploty.....	49
Tab. 5. Specifikace limitů snímače teploty.....	49
Tab. 6. Elektrické charakteristiky snímače relativní vlhkosti.....	50
Tab. 7. Technické parametry ventilátoru.....	54
Tab. 8. Technické parametry topné fólie.....	55
Tab. 9. Cena.....	57
Tab. 10. Parametry rostliny.....	62
Tab. 11. Popis použitých funkčních bloků v programu.....	68

SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA P I: NÁZEV PŘÍLOHY