

STŘEDOŠKOLSKÁ ODBORNÁ ČINNOST

Obor: 7. Zemědělství, potravinářství, lesní a vodní hospodářství

Automatický skleník

Petr Štourač

Brno 2020

STŘEDOŠKOLSKÁ ODBORNÁ ČINNOST

AUTOMATICKÝ SKLENÍK

AUTOMATIC GREENHOUSE

AUTOR Petr Štourač

ŠKOLA Střední průmyslová škola a Vyšší odborná škola Brno, Sokolská, příspěvková organizace

KRAJ Jihomoravský

ŠKOLITEL Mgr. Miroslav Burda

OBOR 7. Zemědělství, potravinářství, lesní a vodní hospodářství

Brno 2020

Prohlášení

Prohlašuji, že svou práci na téma *Automatický skleník* jsem vypracoval samostatně pod vedením Mgr. Miroslava Burdy a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Dále prohlašuji, že tištěná i elektronická verze práce SOČ jsou shodné a nemám závažný důvod proti zpřístupňování této práce v souladu se zákonem č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a změně některých zákonů (autorský zákon) v platném změně.

V Brně dne: _____

Petr Štourač

Poděkování

Děkuji svému školiteli Mgr. Miroslavu Burdovi za obětavou pomoc, podnětné připomínky a hlavně nekonečnou trpělivost, kterou mi během práce poskytoval.

Tato práce byla provedena za finanční podpory Jihomoravského kraje.



Anotace

Anotace má za úkol stručně popsat cíle práce a velmi stručný úvod k tématu. Většinou bývá použit první odstavec úvodu.

Zahradničení je dnes naprosto běžnou zájmovou činností. Mnoho lidí mající takovou zálibu je ovšem velmi časově vytížených. Kromě práce se musí starat mnohdy i o rodinu a na péči o rostliny jim často jednoduše nezbývá čas. Jedním z těchto lidí je i můj táta, který mě inspiroval k vytvoření PRO-TOPlantu – systému pro snadnou a levnou automatizaci skleníku.

Cílem práce je vytvořit univerzální a dostupný systém pro automatizaci skleníku, který by usnadnil péči o rostliny časově vytíženým lidem.

Klíčová slova

Klíčová slova. Snažte se najít alespoň 5, ideálně i více klíčových slov, která jednoduše vystihují vaši práci.

automatizace skleníku, ESP32, PROTOPlant, automatizace, open-source hardware, open-source software

Annotation

Zde přijde anglický překlad anotace.

Gardening is a very common hobby today. However, many people who likes this activity doesn't have enough time for it. Beside work, they have to take care of their families and after this, they don't have any time to take care of plants. My dad is exactly this kind of man. And that inspired me to create PROTOPlant – system for easy and cheap greenhouse automation.

Goal of this thesis is to create universal and available system for greenhouse automation, that will make it easier for these people to take care of their plants.

Keywords

Klíčová slova - jejich překlad do angličtiny.

greenhouse automation, ESP32, PROTOPlant, automation, open-source hardware, open-source software

Obsah

Úvod	9
1 Kapitola	11
1.1 Oddíl	11
1.1.1 Pododdíl	12
2 Kapitola 2	13
2.1 Sumarizace	14
Závěr	15
Přílohy	17
A Elektronika a tištěné spoje	17
A.1 PPMB32 – Základní deska	17
A.2 PPSB – Desky se senzory teploty a vlhkosti	20
A.3 Datasheets DPS PROTOPlantu	21
A.4 Senzorika	21
A.4.1 DS18B20	21
A.4.2 Senzory půdní vlhkosti	22
A.4.3 DHT22	22
B Software základní desky	23
B.1 Sdílené knihovny	23
B.2 Datové sběrnice	24

B.3	Komunikace mezi řídící jednotkou a jednotlivými moduly	26
B.4	Bezdrátová komunikace	26
B.5	Kabelová komunikace a RS-485	26
C	Software dalších modulů	27
C.1	Zvláštní stavy	27
D	Obrazové přílohy	28
	Literatura	36
	Seznam obrázků	37
	Seznam tabulek	38

Úvod

Pěstování skleníkových rostlin je dnes naprosto běžnou zájmovou činností. Ať již člověk pěstuje zeleninu, orchideje, nebo technické plodiny, vždy dojde k závěru, že na ně mnohdy nemá čas. Když přijde domů z práce, musí se postarat o rodinu, připadně dodělat jiné činnosti a na rostlinky již jednoduše čas nezbývá. Jedním z těchto lidí je i můj táta. Velmi rád pěstuje orchideje, které má ve skleníku. Ovšem postupem času na ně má z pracovních důvodů stále méně a méně času. Proto mne napadlo, že lidí, kteří na tom jsou tak, jako on je jistě mnoho. To mne inspirovalo k vytvoření PROTOPlantu – systému pro levnou a snadnou automatizaci skleníku dostupného každému.

Cílem této práce je vytvořit univerzální a dostupný systém pro automatizaci skleníku, který by usnadnil péči o rostlinky časově vytíženým lidem.

Systémy pro takovouto automatizaci dnes existují, jsou ovšem určeny primárně pro velkozemědělství, nikoli pro člověka, který ve skleníku pěstuje několik druhů zeleniny pro sebe, aby ji nemusel kupovat v obchodě, nebo který vlastní menší skleník s okrasnými rostlinami.

Samozřejmě, na internetu existuje spousta návodů, jak si nějaký takový „systém“ vyrobit za pomoci Arduina, nepájivého pole a „pár“ drátků. Takové řešení se mi ovšem nezdá příliš univerzální a pracující lidé nemají mnohdy čas si takto hrát. Zároveň pro sestavení něčeho takovového potřebují mít určité znalosti v elektrotechnice a programování.

Kromě toho jsem chtěl, aby bylo možno systém v budoucnu připojit k internetu a sledovat jej tak například z dovolené.

Při vytváření práce jsem si dal za cíl, aby byl systém:

- kompletně open-source
- levný
- modulární
- snadný na ovládání
- univerzální

Dalším z cílů tohoto projektu je úspora energií (elektřina, voda), které lze díky automatizaci dosáhnout.

Kapitola 1

Kapitola

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Aliquam nunc magna, sollicitudin id leo eu, viverra congue risus. Aliquam consequat ipsum ut erat placerat consequat nec at diam. Aenean est odio, molestie sit amet nunc in, pretium luctus elit. Donec imperdiet orci vel porttitor placerat. Proin ut hendrerit elit, ultricies accumsan urna. Vivamus condimentum lorem viverra lectus finibus, nec volutpat turpis auctor. Cras quis felis non lorem consectetur interdum eu eu sem. Proin sit amet feugiat metus. Ut vitae orci a enim vestibulum porta.

1.1 Oddíl

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Aliquam nunc magna, sollicitudin id leo eu, viverra congue risus. Aliquam consequat ipsum ut erat placerat consequat nec at diam. Aenean est odio, molestie sit amet nunc in, pretium luctus elit. Donec imperdiet orci vel porttitor placerat. Proin ut hendrerit elit, ultricies accumsan urna. Vivamus condimentum lorem viverra lectus finibus, nec volutpat turpis auctor. Cras quis felis non lorem consectetur interdum eu eu sem. Proin sit amet feugiat metus. Ut vitae orci a enim vestibulum porta.

1.1.1 Pododdíl

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Aliquam nunc magna, sollicitudin id leo eu, viverra congue risus. Aliquam consequat ipsum ut erat placerat consequat nec at diam. Aenean est odio, molestie sit amet nunc in, pretium luctus elit. Donec imperdiet orci vel porttitor placerat. Proin ut hendrerit elit, ultricies accumsan urna. Vivamus condimentum lorem viverra lectus finibus, nec volutpat turpis auctor. Cras quis felis non lorem consectetur interdum eu eu sem. Proin sit amet feugiat metus. Ut vitae orci a enim vestibulum porta.

Odstavec Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Aliquam nunc magna, sollicitudin id leo eu, viverra congue risus. Aliquam consequat ipsum ut erat placerat consequat nec at diam. Aenean est odio, molestie sit amet nunc in, pretium luctus elit. Donec imperdiet orci vel porttitor placerat. Proin ut hendrerit elit, ultricies accumsan urna. Vivamus condimentum lorem viverra lectus finibus, nec volutpat turpis auctor. Cras quis felis non lorem consectetur interdum eu eu sem. Proin sit amet feugiat metus. Ut vitae orci a enim vestibulum porta.

Podostavec Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Aliquam nunc magna, sollicitudin id leo eu, viverra congue risus. Aliquam consequat ipsum ut erat placerat consequat nec at diam. Aenean est odio, molestie sit amet nunc in, pretium luctus elit. Donec imperdiet orci vel porttitor placerat. Proin ut hendrerit elit, ultricies accumsan urna. Vivamus condimentum lorem viverra lectus finibus, nec volutpat turpis auctor. Cras quis felis non lorem consectetur interdum eu eu sem. Proin sit amet feugiat metus. Ut vitae orci a enim vestibulum porta.

Kapitola 2

Kapitola 2

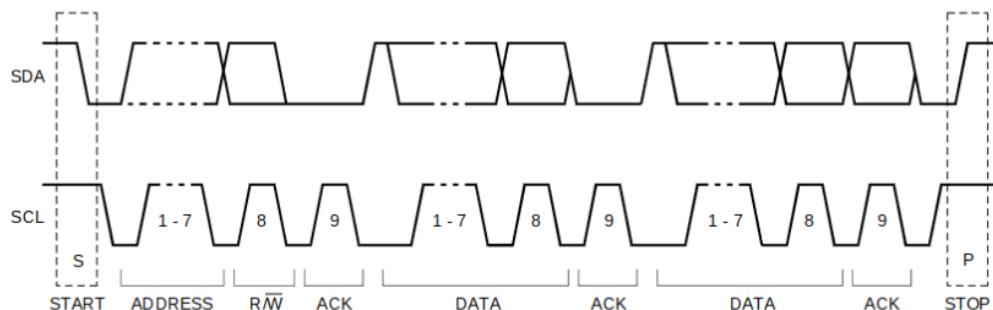
Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Aliquam nunc magna, sollicitudin id leo eu, viverra congue risus. Aliquam consequat ipsum ut erat placerat consequat nec at diam. Aenean est odio, molestie sit amet nunc in, pretium luctus elit. Donec imperdiet orci vel porttitor placerat. Proin ut hendrerit elit, ultricies accumsan urna. Vivamus condimentum lorem viverra lectus finibus, nec volutpat turpis auctor. Cras quis felis non lorem consectetur interdum eu eu sem. Proin sit amet feugiat metus. Ut vitae orci a enim vestibulum porta:

- lorem
- ipsum
- lorem ipsum
- lipsum

Lipsum – lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Aliquam nunc magna, sollicitudin id leo eu, viverra congue risus. Aliquam consequat ipsum ut erat placerat consequat nec at diam. Aenean est odio, molestie sit amet nunc in, pretium luctus elit. Donec imperdiet orci vel porttitor placerat. Proin ut hendrerit elit, ultricies accumsan urna. Vivamus condimentum lorem viverra lectus finibus, nec volutpat turpis auctor. Cras quis felis non

	Průmyslová řešení	„Kutilská“ řešení	PROTOPPlant
Dodání	Výroba na zakázku	„Vyrob si sám“	Možnost sestavení přímo doma, nebo dodání hotového systému
Cena	Drahá (> 10 000 Kč)	Levná (< 10 000 Kč)	Kompromis cena – výkon (již od 2 500 Kč)
Ovládání	Komplexní	Jednoduché (většinou)	Jednoduché
Konektivita	Většinou ethernet	Často Wi-Fi	Wi-Fi, Bluetooth, možnost přidání podpory Ethernetu
Řízení	PLC	Většinou Arduino	ESP32
Modularita	Ano	Ne	Ano
Univerzálnost	Ano	Ne	Ano
Open-source	Ne	Většinou ano	Ano

Tabulka 2.1: Tabulka srovnání PROTOPPlantu a jiných řešení.



Obrázek 2.1: Celý datový přenos po I2C sběrnici. Převzato z [5]

lorem consecetur interdum eu eu sem. Proin sit amet feugiat metus. Ut vitae orci a enim vestibulum porta.

2.1 Sumarizace

Nabídka řešení v tomto oboru je velmi chudá. Na jedné straně stojí průmyslová řešení, která jsou drahá a dodávají se primárně do skleníků velkých zemědělských firem. Na opačném břehu jsou řešení amatérská. Ta jsou ovšem buďto naprostě nepoužitelná v běžně velkém skleníku (primárně je uživatelé vyrábí pro malá pařeniště), nebo neuniverzální.

Závěr

Záměrem mojí práce bylo vytvořit univerzální systém pro automatizaci skleníku, který je:

- open-source
- levný
- modulární
- snadný na ovládání
- univerzální

Tento cíl se mi podařilo splnit. Lidé, kteří mají zájem si systém vytvořit najdou veškerou dokumentaci, schémata a zdrojový kód na webu www.protoplant.cz.

Díky SOČ jsem se naučil pracovat se softwarem pro návrh PCB Autodesk EAGLE. Zároveň jsem vylepšil své schopnosti v programování a získal spoustu dalších zkušeností v elektrotechnice a s prací na takto komplexních projektech.

Část svých plánů do budoucna jsem již nastínil v kapitole ???. PROTOPlant plánuji začít vyrábět průmyslově a prodávat jej. Zároveň jej budu dále vylepšovat a přidávat další funkce. V blížší době plánuji dokončit všechny právě rozpracované moduly a začít implementovat funkci pro vzdálený přístup a sledování přes internet (například z práce, nebo z dovolené). Dále bych pro PROTOPPlant vyvinul vlastní mobilní aplikaci, která uživateli umožní snadno a rychle vzdáleně sledovat stav skleníku, měnit nastavení, nebo jej ovládat.

Momentálně běží PROTOPlant v jednom skleníku. Toto číslo bych během následujícího roku rád alespoň zdvacetinásobil.

Příloha A

Elektronika a tištěné spoje

Všechny prototypy základních desek PROTOPlantu byly založeny na univerzálních tištěných spojích. Vzhledem k tomu, že jsem po stránce vzhledu i funkčnosti nebyl s takovýmto provedením spokojen, rozhodl jsem se nechat vyrobit vlastní tištěné spoje pro základní desku i senzorové moduly. Díky tomuto jsem se naučil návrhu tištěných spojů a tvorbě výrobních podkladů v programu Autodesk EAGLE.

A.1 PPMB32 – Základní deska

Základní deska je rozdělena do několika částí. Vzhledem k tomu, že umím pájet velmi dobře, rozhodl jsem se pro ruční osazení všech součástek, které byly doposud osazeny pouze na různých modulech připojených k základní desce, včetně procesoru ESP32-WROOM32D. Z důvodu přehlednosti jsem desku rozdělil do několika částí:

- Control (ESP32-WROOM32D a programátor)
- H-power (napájecí obvod a H-můstky)
- SIN (SensorIN – piny pro připojení senzorů)
- POUT (PowerOUT – výstup pro napájení dalších periferií)

- PanCon (PanelConnect – piny pro připojení tlačítek a displeje na ovládacím panelu)
- SelfProt (SelfProtection – senzor teploty a piny pro připojení vnitřního detektoru vody)

Samotná základní deska má dvě verze. Jejich rozdíly jsou vysvětleny níže. Obě verze desky jsou kromě sekce Control osazeny stejným hardwarem, tedy:

- 2x H-můstek VNH2SP30
- regulátory napětí 7805CV-DG od STMicroelectronics
- pinheady pro připojení senzorů, ovládacího panelu a dalších periferií
- svorkovnicemi pro připojení napájecích kabelů a silových výstupů

Kromě dalších součástek je přímo na desce osazen senzor DS18B20 chránící desku před přehřátím. Pokud teplota základní desky překročí 50 °C, automaticky se přeruší veškeré operace a systém přejde do režimu nouzového chlazení (viz kapitola C.1).

PPMB32-F Kompletní, samostatná deska. Je přímo osazena procesorem ESP32-WROOM32D i programátorem CP2102N. Má nižší profil, tudíž je možné ji použít i v menších prostorech. Integrovaný programátor lze s pomocí jumperů odpojit a přes programovací piny připojit externí. Tuto verzi jsem nazval PPMB32-F (označení F od anglického slova Full – kompletní). Zároveň je optimalizovaná pro strojní osazování.

PPMB32-E Vzhledem k tomu, že je PROTOPlant veřejně dostupný, nebyl jsem si jist, zda by kompletní osazení takto velké desky zvládl i laik. Napadlo mě proto vytvořit i druhou desku, na které by byly osazeny dutinkové lišty pro vsazení vývojové ESP32 DevKitC. Odpadla by tedy nutnost kompletně osazovat sekci Control. Tuto verzi jsem nazval PPMB32-E (označení E od anglického slova Easy – jednoduchý). Je určena primárně pro ruční osazování.

Sekce Control Jak již bylo zmíněno, tato část desky zahrnuje modul procesoru ESP32-WROOM32D a programovací obvod. Ten se skládá z převodníku USB-UART CP2102N, tranzistorů SS8050-G (sloužících pro reset procesoru), indikačních LED diod a mikro USB konektoru. Nachází se zde i jumper pro přepínání mezi externím programátorem a programátorem přímo na desce.

Sekce H-power V této části desky se nacházejí H-můstky VNH2SP30 společně s regulátory napětí 7805CV-DG (výstup 5VDC) a LM3940IT-3.3 (výstup 3,3VDC). Na verzi PPMB32-F je dále osazen AMS1117-3.3 pro napájení procesoru.

V dolní části desky se poté nacházejí dva integrované obvody VNH2SP30, z nichž jeden (VNH1) je určen pro ovládání aktuátorů manipulujících s okny a druhý (VNH2) má několik režimů funkce podle připojeného výstupu:

- disabled (výstupy jsou deaktivovány)
- pump (VNH je použito pro spínání čerpadla, případně stykače řídícího čerpadlo)
- heating (VNH je použito pro řízení topné spirály)

Napájení desky je rozděleno do tří okruhů.

Okruh A Tento okruh je určen pro napájení řídící elektroniky. Má celkově 3 části, oddelené s pomocí stabilizátorů napětí. Jejich propojení znázorňuje schéma. Rozsah vstupního napětí pro tento okruh je 7,5 VDC až 18 VDC.

Okruhy V1 a V2 Použity pro oddělené napájení jednotlivých výstupů. Jejich napájecí rozsahy jsou rozepsány v tabulce A.1.

Sekce SIN Sekce s piny pro připojení jednotlivých senzorů. S výjimkou ochranných rezistorů je složena pouze z pinheadů. Jednotlivé piny jsou pro lepší přehlednost označeny přímo na desce a podrobněji popsány v jejím datasheetu (viz kapitola A.3).

Parametr	Min.	Max.	Jednotka
Vstupní napětí	5,5	16	V
Výstupní napětí	-	16	V
Výstupní proud	-	30	A
Maximální kontinuální proud	-	14	A

Tabulka A.1: Tabulka napájecích rozsahů napájecích větví VNH1 a VNH2

Sekce POUT Piny pro připojení napájení dalších periferií, modulů, či senzorů. Je připojena k napájecímu okruhu A. Piny jsou rozděleny na části připojené k subokruhům A1 a A2 s napětím 3,3 a 5 VDC.

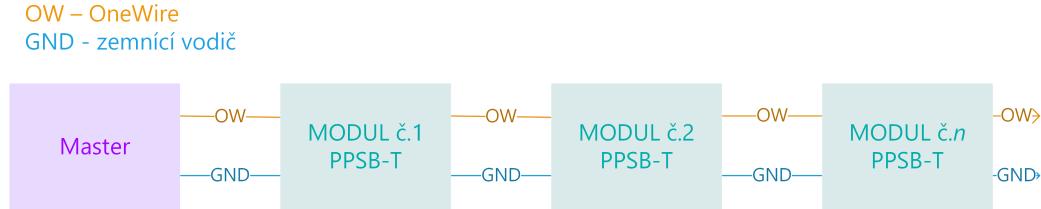
Sekce PanCon Dvanáctipinový konektor PanCon slouží pro připojení kabelu od hlavního řídícího panelu. Samotný konektor má dva zemnící vývody, dva napájecí (1 x 5 V a 1 x 3,3 V), dva vývody sběrnice I²C a 6 vývodů pro připojení tlačítek a přepínačů. Přesnější zapojení je opět k dispozici v datasheetech jednotlivých desek (viz kapitola A.3).

A.2 PPSB – Desky se senzory teploty a vlhkosti

Desky osazené senzory DS18B20[4] (PPSB-T) a DHT22[3] (PPSB-TH). Pro oba typy desek jsem navrhl a s pomocí 3D tisku vyrobil vlastní krabičky viz příloha D.9.

PPSB-T – deska osazená jedním senzorem DS18B20 [4] zapojeným v režimu parazitního napájení (viz kapitola A.4.1). V něm je senzor napájen přímo ze sběrnice OneWire, stačí mu tedy pro připojení pouze dva kabely (více v [4]). Deska má jednu vstupní a jednu výstupní stranu, senzory se takto dají řetězit.

Vizualizaci desky naleznete na obrázku D.1.



Obrázek A.1: Řetězení desek PPSB-T.

PPSB-TH osazena senzorem DHT22 [3] je schopna měřit vzdušnou vlhkost i teplotu. Více o tomto senzoru naleznete v kapitole A.4.3. Ná rozdíl od PPSB-T tyto desky nelze řetězit. Vizualizace naleznete na obrázku D.2.

A.3 Datasheety DPS PROTOPlantu

Další informace k jednotlivým DPS vytvořeným v rámci PROTOPlantu budou k dispozici v jejích datasheetech, které budou po jejich dokončení (předpokládám 16. 3. 2020) zveřejněny na webu www.protoplant.cz.

A.4 Senzorika

PROTOPlant primárně podporuje 3 typy senzorů. DS18B20 pro měření vzdušné teploty, DHT22 schopné měřit vlhkost i teplotu vzduchu a senzory pro měření vlhkosti půdy. Dále PROTOPlant podporuje připojení senzorů vlhkosti půdy pracujících na bázi elektrické vodivosti.

A.4.1 DS18B20

Senzory určené pro měření teploty. Komunikují po sběrnici OneWire (více v [4], str. 4) vytvořené společností Maxim Integrated. Jsou určeny pro teplotní rozsahy -55°C až $+125^{\circ}\text{C}$. V měřícím rozsahu -10°C až $+85^{\circ}\text{C}$ jsou

schopny měřit s přesností na $\pm 0,5$ °C. K PPCU je možno připojit až 30 těchto senzorů.

A.4.2 Senzory půdní vlhkosti

A.4.3 DHT22

Čidla, která měří vzdušnou vlhkost i teplotu. Jejich přesnost je $\pm 2\%$ relativní vlhkosti a $\pm 0,5$ °C. Opakovatelnost měření je poté $\pm 1\%$ relativní vlhkosti a $\pm 0,2$ °C. Tyto senzory komunikují jednosběrnicově, není tedy možno je řetězit. K PPCU je možno připojit těchto senzorů až 6. Více viz [3].

Do budoucna zvažuji přechod na senzory AM2321 [1] vzhledem k tomu, že narozdíl od DHT22 dokáží komunikovat po sběrnici I²C (viz kapitola B.2).

Příloha B

Software základní desky

Tato kapitola se zaměřuje na software základní desky PROTOPlantu a detailně popisuje jeho funkci. Na software ostatních modulů se zaměřuje následující kapitola C.

B.1 Sdílené knihovny

Z důvodu usnadnění programování základní desky i ostatních rozšiřujících modulů jsem vytvořil několik sdílených knihoven. V nich je zahrnuto:

- konfigurace systému
- nastavení jednotlivých pinů dle standardního rozložení, vč. možnosti nastavení vlastního
- práce s displayem
- práce s tlačítky
- řízení H-můstků
- ovládání senzorů

Díky těmto knihovnám je většina zdrojového kódu uložena v nich. Koncový uživatel, který se rozhodne software modifikovat, poté pouze v hlavním programu definuje, které moduly spustit a do konfiguračního souboru zapíše nastavení daných modulů.

Konfigurace softwaru Konfigurace softwaru pro jednotlivé verze hardware je řešena pomocí jednoho souboru. Podle toho, jak jsou jednotlivá makra v tomto souboru definována, prekompilátor následně sestaví software přímo pro danou verzi. Část konfiguračního souboru je zobrazena níže. V této části lze nastavit parametry přístupového bodu Wi-Fi, který si PROTOPlant sám vytvoří, sériové linky a displeje.

```
//If wifi credentials not set OR wifi not found,  
//create own AP with these credentials  
#define AP_SSID ProtoPlant  
#define AP_PASSWORD protoplant  
  
#define SERIAL_DEBUGGING      true  
#define SERIAL_BAUDRATE       115200  
  
#define DISPLAY_CONNECTED     true  
#define DISPLAY_ADDRESS        0x27  
#define DISPLAY_TIMEOUT        10000  
#define DISPLAY_COLONS         16  
#define DISPLAY_ROWS            4
```

B.2 Datové sběrnice

PROTOPlant primárně využívá dvě datové sběrnice:

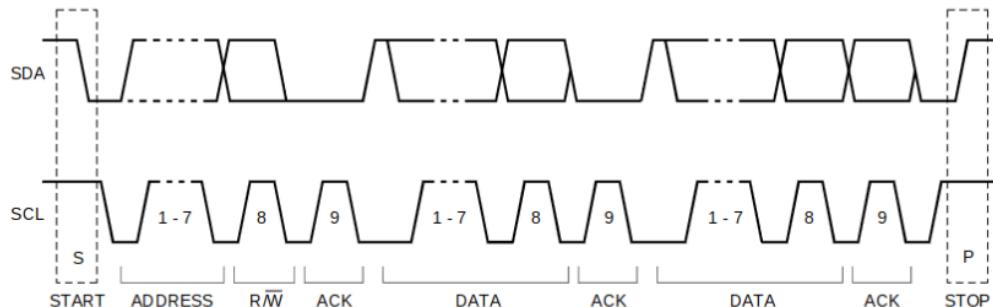
- I²C
- OneWire

Sběrnici I²C používá PROTOPlant pro komunikaci se zařízeními na stejném desce, případně pro řízení LCD displeje instalovaného na řídícím panelu

(připojení přes PanCon).

Princip Na sběrnici je připojeno jedno zařízení jakožto master (řídící) a jedno či více zařízení jako slave (řízená). Tato zařízení jsou navzájem propojena dvěma dráty (proto se I²C někdy přezdívá TwoWire), serial clock (SCL) a serial data (SDA). Každé ze slave zařízení má sedmibitovou adresu (např. 0xE0), která musí být pro každé zařízení na jedné sběrnici odlišná. Některá zařízení mají tuto adresu pevně zapsanou a nelze ji měnit, zatímco u jiných ji lze změnit. Zařízení připojené jako v režimu master tuto adresu nepotřebuje, vzhledem k tomu, že on sám vždy adresuje jen jedno ze zařízení.

Komunikační protokol Za klidového stavu (neprobíhá žádná komunikace) jsou obě linky (SDA i SCL) připojeny nastaveny na HIGH. Jakmile chce master zahájit komunikaci, vyšle takzvaný startovní signál, po kterém následuje adresa daného zařízení, jejíž nultý bit určí, zda chce master číst, nebo zapisovat. Dále následují datové bity. Jakmile jsou všechna data přenesena, vyšle master stop signál, čímž ukončí komunikaci a sběrnice se vrátí do klidu. Rychlosť celého přenosu určuje pulsování linky CLK. Celý proces názorně zobrazuje obrázek B.1.



Obrázek B.1: Celý datový přenos po I²C sběrnici. Převzato z [5]

Sběrnice OneWire Sběrnici OneWire používá PROTOPlant pro komunikaci s teplotními čidly DS18B20. Více o této komunikační sběrnici v [4].

B.3 Komunikace mezi řídící jednotkou a jednotlivými moduly

PROTOPlant podporuje dva režimy komunikace řídící jednotky s přídavnými moduly:

- bezdrátová komunikace přes Wi-Fi
- kabelová komunikace přes UART (standard RS-485)

B.4 Bezdrátová komunikace

Je vhodná primárně pro malé skleníky v oblastech, kde nehrozí zarušení signálu. Tento způsob komunikace je zatím stále ve vývoji.

B.5 Kabelová komunikace a RS-485

Kabelová komunikace probíhá přes tzv. UART (Universal Asynchronous Receiver and Transmitter – univerzální asynchronní přijímač a vysílač). PROTOPlant využívá průmyslový standard RS-485 umožňující komunikaci s pomocí dvojlinky. Opět je zde uplatněn princip master – slave (řídící jednotka je master, ostatní moduly slave). Pro tento způsob komunikace existuje několik protokolů, pro příklad velmi často používaný ModBus, nebo nedávno vytištěný JANUS[7], který používám. Více o principu RS-485 a samotném protokolu v [7, s. 21-25]

Příloha C

Software dalších modulů

Software přídavných modulů je navržen tak, aby k jeho běhu nebyl zapotřebí velký výpočetní výkon. Obecně lze jejich funkci znázornit blokovým diagramem D.4.

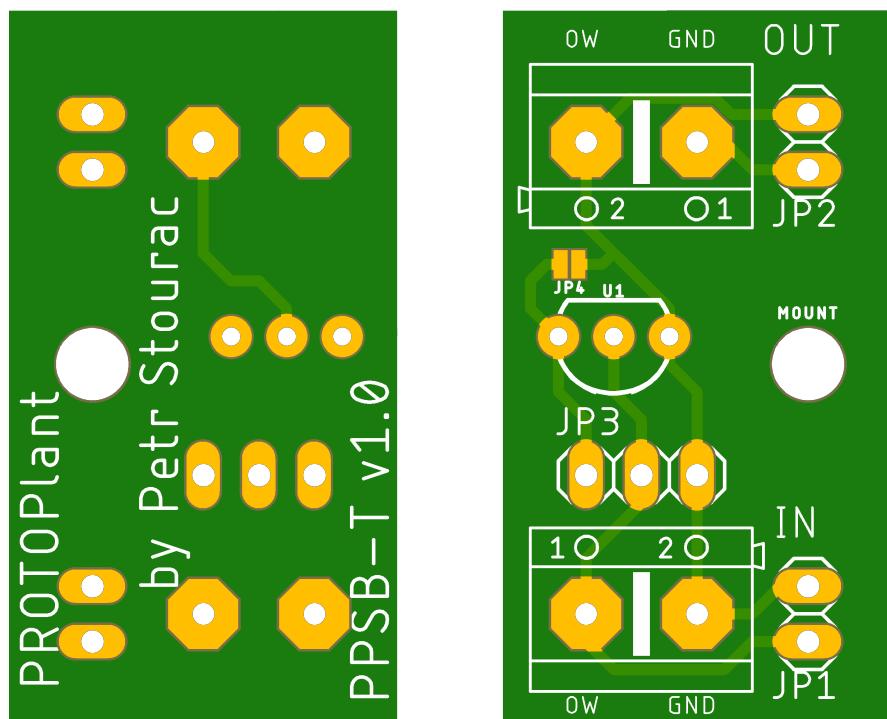
C.1 Zvláštní stavy

PROTOPPlant má několik zvláštních stavů, ve kterých pracuje v omezeném režimu. Tyto stavы slouží primárně pro zabránění poškození systému.

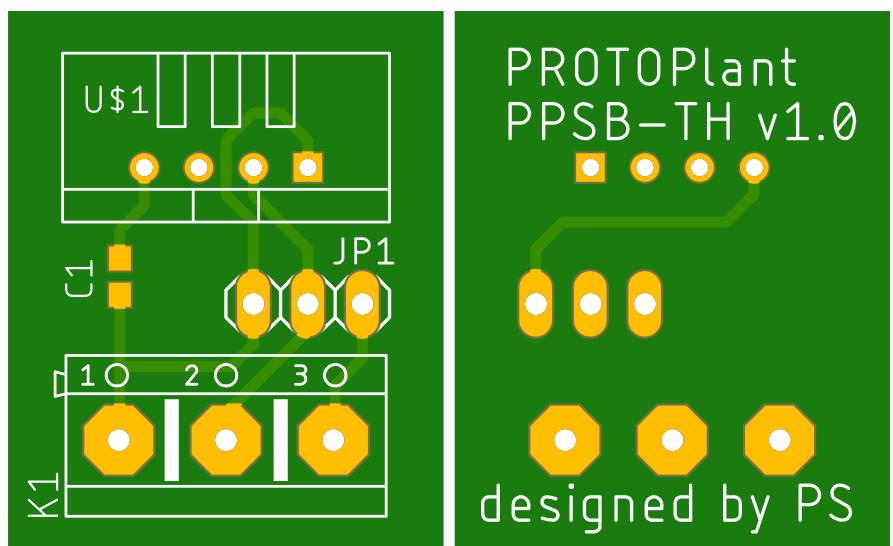
Režim nouzového chlazení Do tohoto režimu přejde systém v případě, že teplotní senzor na základní desce PPCU detekuje přehřívání. Dojde k automatickému vypnutí výstupů řídící jednotky. Poté se systém restartuje, aby vyloučil chybu softwaru. V případě, že softwarovou chybu nedetectuje, vyčká, než se teplota sníží na běžnou provozní hodnotu, kterou průběžně vypočítává z průměrů hodnot naměřených před prudkým nárůstem. Po ochlazení systém pokračuje v normálním chodu, ovšem na displeji zůstane upozornění, že k chybě došlo.

Příloha D

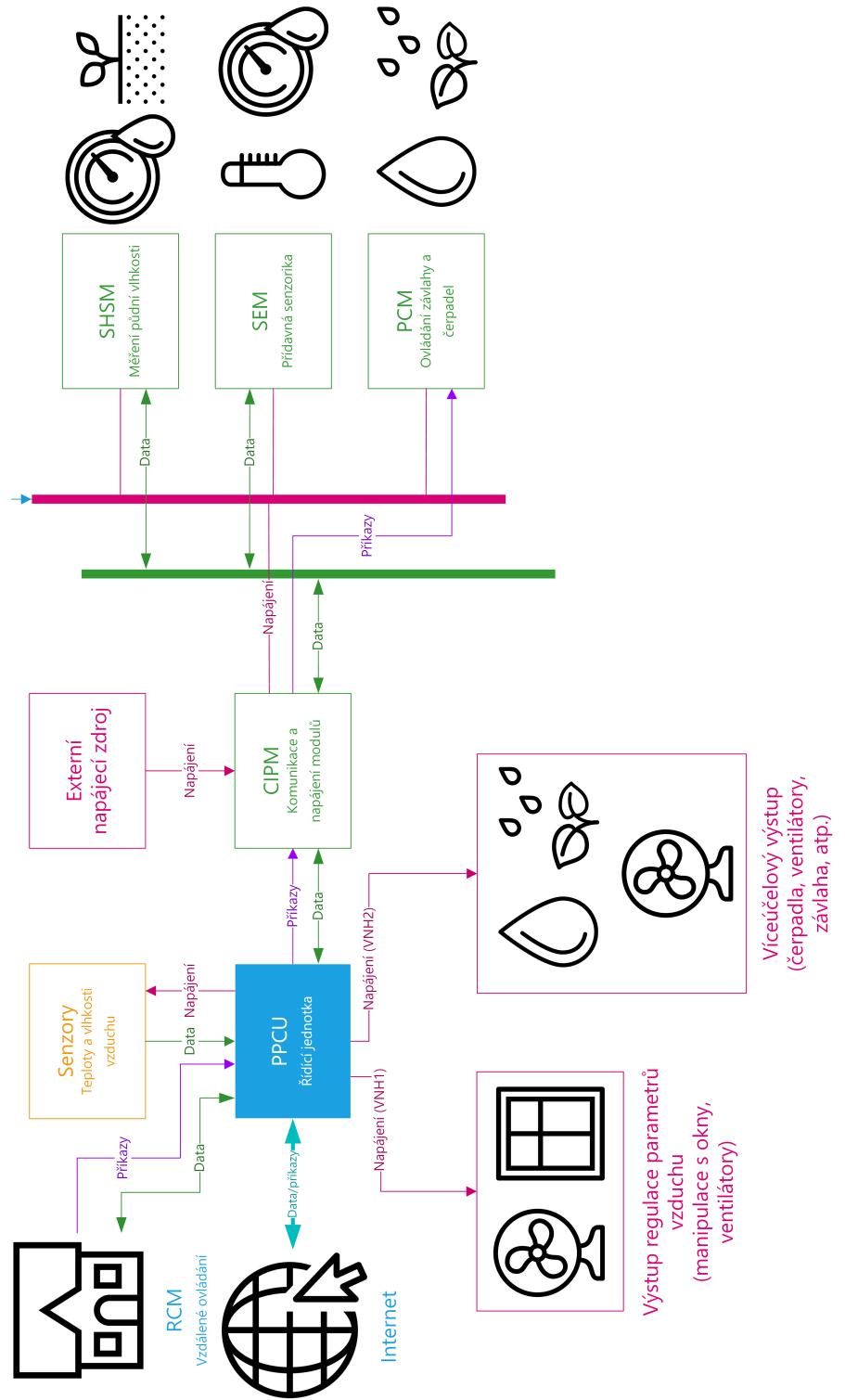
Obrazové přílohy



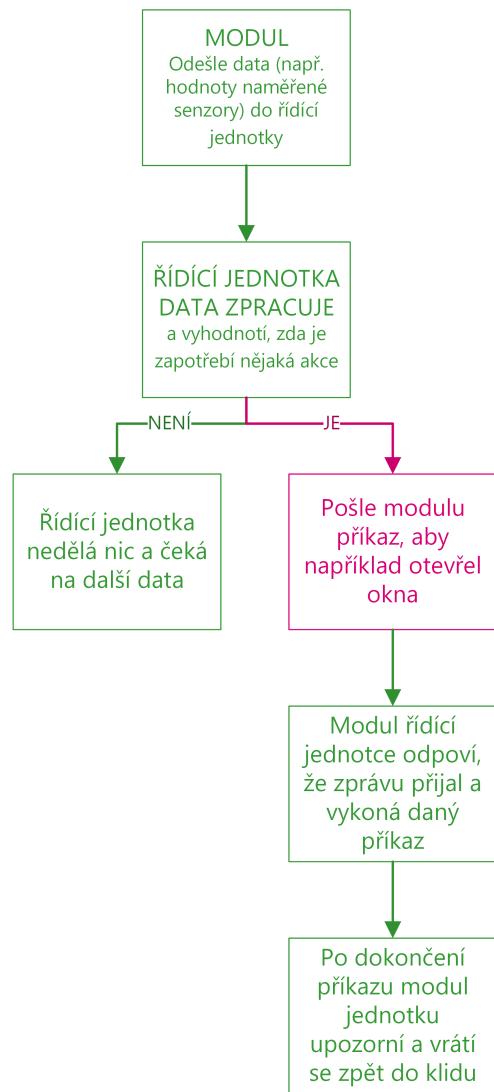
Obrázek D.1: Vizualizace PPSB-T (horní strana vpravo, dolní vlevo).



Obrázek D.2: Vizualizace desky PPSB-TH (horní strana vlevo, dolní vpravo).



Obrázek D.3: Schéma zapojení a funkce jednotlivých modulů.



Obrázek D.4: Blokový diagram komunikace řídící jednotky a přídavného modulu.



Obrázek D.5: Fotografie řídící jednotky instalované v testovacím skleníku (verze 4.9).



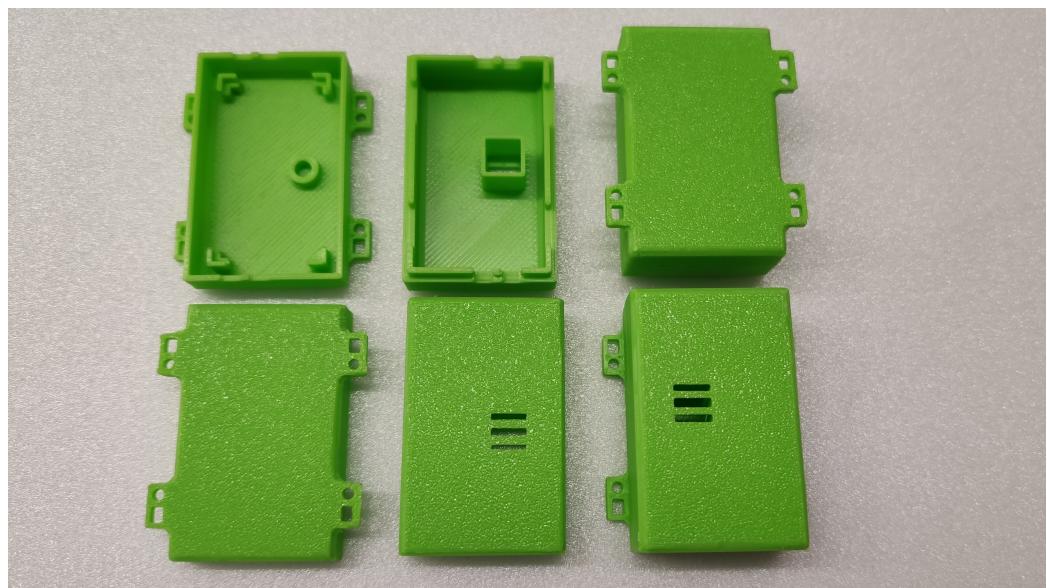
Obrázek D.6: Fotografie prototypu řídící jednotky verze 3.1.



Obrázek D.7: Fotografie prototypu řídící jednotky verze 3.0.



Obrázek D.8: Fotografie otevřeného okna testovacího skleníku.



Obrázek D.9: Krabičky na desky PPSB.

Literatura

1. AOSONG ELECTRONICS CO.,LTD. *AM2321 product manual* [online] [cit. 2020-02-20]. Dostupné z: http://akizukidenshi.com/download/ds/aosong/AM2321_e.pdf.
2. HOLEKA, Lukáš. *Zavlažovací systém skleníku*. 20. února 2020. Dostupné také z: http://stretech.fs.cvut.cz/2018/sbornik_2018/pdf/69.pdf. Střední průmyslová škola elektrotechnická a Vyšší odborná škola Pardubice.
3. AOSONG ELECTRONICS CO.,LTD. *DHT22 datasheet* [online] [cit. 2020-02-10]. Dostupné z: <https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Temperature/DHT22.pdf>.
4. MAXIM INTEGRATED. *DS18B20 datasheet* [online] [cit. 2020-02-10]. Dostupné z: <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS18B20.pdf>.
5. NXP SEMICONDUCTORS. *I2C-bus specification and user manual* [online] [cit. 2020-02-01]. Dostupné z: <https://www.nxp.com/docs/en/user-guide/UM10204.pdf>.
6. THE ENCLOSURE COMPANY LTD. *IP Rated Enclosures Explained* [online] [cit. 2020-02-18]. Dostupné z: <https://www.enclosurecompany.com/ip-ratings-explained.php>.
7. ROHLÍNEK, Tomáš. *Modulární stavba soutěžních robotů*. 20. února 2020. Dostupné také z: https://github.com/haberturdeur/Janus_Text/

- [blob/master/text.pdf](#). Střední průmyslová škola a Vyšší odborná škola Brno, Sokolská, příspěvková organizace.
8. STMICROELECTRONICS. *L78xx datasheet* [online] [cit. 2020-02-18]. Dostupné z: <https://www.st.com/content/ccc/resource/technical/document/datasheet/41/4f/b3/b0/12/d4/47/88/CD00000444.pdf/files/CD00000444.pdf/jcr:content/translations/en.CD00000444.pdf>.
 9. *Build your own automatic Raspberry Pi Greenhouse* [online] [cit. 2020-02-20]. Dostupné z: <https://tutorials-raspberrypi.com/build-your-own-automatic-raspberry-pi-greenhouse/>.
 10. STMICROELECTRONICS. *VNH2SP30-E datasheet* [online] [cit. 2020-02-18]. Dostupné z: <https://www.elecrow.com/download/VNH2SP30%20Datasheet.pdf>.

Seznam obrázků

2.1	Celý datový přenos po I2C sběrnici. Převzato z [5]	14
A.1	Řetězení desek PPSB-T.	21
B.1	Celý datový přenos po I2C sběrnici. Převzato z [5]	25
D.1	Vizualizace PPSB-T (horní strana vpravo, dolní vlevo).	28
D.2	Vizualizace desky PPSB-TH (horní strana vlevo, dolní vpravo).	29
D.3	Schéma zapojení a funkce jednotlivých modulů.	30
D.4	Blokový diagram komunikace řídící jednotky a přídavného modulu.	31
D.5	Fotografie řídící jednotky instalované v testovacím skleníku (verze 4.9).	32
D.6	Fotografie prototypu řídící jednotky verze 3.1.	32
D.7	Fotografie prototypu řídící jednotky verze 3.0.	33
D.8	Fotografie otevřeného okna testovacího skleníku.	33
D.9	Krabičky na desky PPSB.	34

Seznam tabulek

2.1	Tabulka srovnání PROTOPlantu a jiných řešení.	14
A.1	Tabulka napájecích rozsahů napájecích větví VNH1 a VNH2 .	20