

# STŘEDOŠKOLSKÁ ODBORNÁ ČINNOST

Obor: 10. Elektrotechnika, elektronika a telekomunikace

## Automatický skleník

Petr Štourač

Brno 2020

STŘEDOŠKOLSKÁ ODBORNÁ ČINNOST

## AUTOMATICKÝ SKLENÍK

AUTOMATIC GREENHOUSE

|          |   |
|----------|---|
| AUTOR    | Petr Štourač  |
| ŠKOLA    | Střední průmyslová škola a Vyšší<br>odborná škola Brno, Sokolská,<br>příspěvková organizace |
| KRAJ     | Jihomoravský  |
| ŠKOLITEL | Mgr. Miroslav Burda   |
| OBOR     | 10. Elektrotechnika, elektronika<br>a telekomunikace  |

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 znění.

V Brně dne: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Petr Štourač

## Poděkování

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

Tato práce byla provedena za finanční podpory Jihomoravského kraje.



## **Anotace**

Zahradničení je dnes naprosto běžnou zájmovou činností. Mnoho lidí má 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 ProtoPlantu - 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**

automatizace skleníku, ESP32, internet věcí, ProtoPlant

## **Annotation**

TBD

## **Keywords**

greenhouse automation, ESP32, internet of things, ProtoPlant

# Obsah

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Úvod</b>   | <b>8</b>  |
| <b>1 Změny oproti minulému roku</b>                               | <b>9</b>  |
| <b>2 Konkurence</b>   | <b>11</b> |
| <b>3 Hardware</b>   | <b>12</b> |
| 3.1 Tištěné spoje . . . . .                                       | 12        |
| 3.1.1 PPMB32 – Základní deska . . . . .                           | 12        |
| 3.1.2 PPSB - Deska se senzory teploty a vlhkosti . . . . .        | 15        |
| 3.2 Hardwarové verze ProtoPlantu a jejich odlišnosti . . . . .    | 16        |
| 3.3 Krabice pro řídicí elektroniku a jejich interiér . . . . .    | 16        |
| 3.3.1 Instalace elektroniky do krabic - tzv. StoryMount . . . . . | 16        |
| 3.3.2 Těsnění . . . . .   | 16        |
| 3.3.3 Ochrana elektroniky před vlhkostí . . . . .                 | 16        |
| 3.3.4 Ochrana před přehřátím . . . . .                            | 16        |
| <b>4 Software základní desky</b>                                  | <b>17</b> |
| 4.1 Sdílené knihovny . . . . .                                    | 17        |
| 4.2 Datové sběrnice . . . . .                                     | 18        |
| 4.3 Komunikace mezi jednotlivými moduly . . . . .                 | 19        |
| 4.4 Bezdrátová komunikace . . . . .                               | 19        |
| <b>5 Software dalších modulů</b>                                  | <b>20</b> |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>6 Funkce ProtoPlantu, aneb „Co to všechno umí?“</b> | <b>21</b> |
| <b>Závěr</b>   | <b>22</b> |
| <b>Literatura</b>                                      | <b>23</b> |
| Seznam obrázků . . . . .                               | 24        |
| Seznam tabulek . . . . .                               | 25        |
| Seznam rovnic . . . . .                                | 26        |

# Úvod

Zahradničení je dnes naprosto běžnou zájmovou činností. Mnoho lidí majících 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 ProtoPlantu - systému pro snadnou a levnou automatizaci skleníku.

Tato práce navazuje na moji činnost z minulého ročníku SOČ. Cílem původní práce bylo vytvořit univerzální a dostupný systém pro automatizaci skleníku, který by usnadnil péči o rostliny časově vytíženým lidem. Tehdy jsem vytvořil systém schopný automaticky řídit ventilaci a závlahu ve skleníku, případně spínat topné těleso. Systém jsem později nazval ProtoPlant. Systém byl tehdy v rannější fázi vývoje a byl zde velký prostor pro jeho vylepšení v mnoha ohledech. V tomto roce jsem se zaměřil na zdokonalování stávajících funkcí a implementaci nových.



# Kapitola 1

## Změny oproti minulému roku

Na konci minulého roku byl ProtoPlant schopen automaticky regulovat teplotu otevíráním oken, případně spínáním topného tělesa, spínat čerpadla zavlažování, a sbírat data o vlhkosti a teplotě vzduchu. V tomto roce jsem se zaměřil primárně na přidávání funkcí dalších, sekundárně pak na vylepšování těch stávajících. Největšími změnami jsou:

- nádstavba softwaru pro implementaci vzdáleného ovládání a sledování
- kompletní přepsání softwaru do systému knihoven
- výroba a použití vlastních tištěných spojů
- implementace frameworku pro měření vlhkosti půdy na jednotlivých místech
- implementace podpory senzorů BME280 od Bosch sensortec

Dále jsem s pomocí testovací jednotky instalované ve zkušebním skleníku provedl dlouhodobý test, zaměřený na testování konzistence hodnot naměřených senzory a na spolehlivost ProtoPlantu jako celku. Výsledky byly uspokojivé, až na několik poznatků, které jsem využil pro další vylepšování tohoto systému. Mezi tyto poznatky patří:

- fluktuace dat čtených ze senzorů DHT11 - v průběhu testu jsem tyto senzory nahradil přesnějšími DHT22

- problém s operační pamětí - vyřešen implementací automatického restartu pro vyčištění mezipaměti po týdnu běhu

Další, spíše formální změnou je úprava licence. Nově je celý ProtoPlant kompletně open-source, včetně HW specifikací.

V průběhu tohoto roku jsem navrhnul několik DPS pro ProtoPlant. Jejich schémata vč. rozložení jsou dostupná na mém GitHubu v repozitáři ProtoPlant-HW.

## Kapitola 2

## Konkurence

# Kapitola 3

## Hardware

V této kapitole se zaměřím na detailní popis hardwaru ProtoPlantu.

### 3.1 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.

#### 3.1.1 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 periférií)
- PanCon (PanelConnect - piny pro připojení tlačítek a displeje na ovládacím panelu)

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 periférií
- svorkovnicemi pro připojení napájecích kabelů a silových výstupů

**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).

**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).

**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 VN2SP30 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 VN2SP30, z nichž jeden (VN1) je určen pro ovládání aktuátorů manipulujících s okny a druhý (VN2) má několik režimů funkce, podle připojeného výstupu:

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

Napájení desky je rozděleno do tří okruhů.

**Okruh A** Tento okruh je určen pro napájení řídicí elektroniky. Má celkově 3 části, oddělené 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 3.1.

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

Tabulka 3.1: Tabulka napájecích rozsahů napájecích větví VN1 a VN2

**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.

**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** Dvanácti-pinový konektor PanCon slouží pro připojení kabelu od hlavního řídicího panelu. Samotný konektor má dva zemnicí vývody, dva napájecí (1 x 5 V a 1 x 3,3 V), dva vývody sběrnice I<sup>2</sup>C a 6 vývodů pro připojení tlačítek a přepínačů. Přesnější zapojení je opět k dispozici v datasheetech jednotlivých desek.

### 3.1.2 PPSB - Deska se senzory teploty a vlhkosti

Deska osazená senzory pro měření vzdušné teploty (DS18B20) a vlhkosti (BME280).

#### DS18B20

### **3.2 Hardwarové verze ProtoPlantu a jejich odlišnosti**

### **3.3 Krabice pro řídicí elektroniku a jejich interiér**

#### **3.3.1 Instalace elektroniky do krabic - tzv. StoryMount**

#### **3.3.2 Těsnění**

#### **3.3.3 Ochrana elektroniky před vlhkostí**

#### **3.3.4 Ochrana před přehřátím**



# Kapitola 4

## 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 5.

**Blokové schéma funkce softwaru základní desky** Schéma funkce softwaru základní desky je shrnuto blokovým diagramem XXX.

### 4.1 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** Celý software

## 4.2 Datové sběrnice

ProtoPlant primárně využívá dvě datové sběrnice:

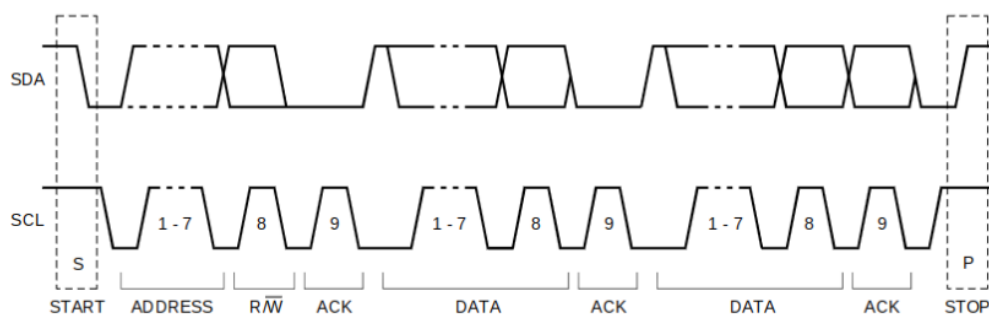
- I<sup>2</sup>C
- OneWire

**Sběrnice I<sup>2</sup>C** Tuto sběrnici používá ProtoPlant pro komunikaci se zařízeními na stejné desce, případně pro řízení LCD displeje instalovaného na řídicím 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 I<sup>2</sup>C 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,

vyše master stop signál, čímž ukončí komunikaci a sběrnice se vrátí do klidu. Rychlost celého přenosu určuje pulsování linky CLK. Celý proces názorně zobrazuje obrázek 4.1.



Obrázek 4.1: Celý datový přenos po I2C sběrnici.

**Sběrnice OneWire** Sběrnici OneWire používá ProtoPlant pro komunikaci s teplotními čidly DS18B20.

### 4.3 Komunikace mezi jednotlivými moduly

### 4.4 Bezdrátová komunikace

## Kapitola 5

### Software dalších modulů

## Kapitola 6

### Funkce ProtoPlantu, aneb „Co to všechno umí?“

## Závěr

# Literatura

1. SEMICONDUCTORS, NXP. *I2C-bus specification and user manual* [online] [cit. 2014-04-04]. Dostupné z: <https://www.nxp.com/docs/en/user-guide/UM10204.pdf>.
2. BERÁNEK, Roman. *Proč je citování nutná pakárna*. Brno, 21. října 2014.

# Seznam obrázků

|     |   |    |
|-----|---|----|
| 4.1 | Celý datový přenos po I2C sběrnici. . . . . | 19 |
|-----|---|----|



# Seznam tabulek

- 3.1 Tabulka napájecích rozsahů napájecích větví VNH1 a VNH2 . 14

## Seznam rovnic