

# 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 odborná škola Brno, Sokolská, příspěvková organizace
KRAJ	Jihomoravský
ŠKOLITEL	Mgr. Miroslav Burda
OBOR	10. Elektrotechnika, elektronika 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 školiči 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 Konkurence</b>	<b>9</b>
<b>2 Hardware</b>	<b>10</b>
2.1 Tištěné spoje . . . . .	10
2.1.1 PPMB32 – Základní deska . . . . .	10
2.1.2 PPSB - Deska se senzory teploty a vlhkosti . . . . .	13
2.2 Senzorika . . . . .	13
2.2.1 DS18B20 . . . . .	14
2.2.2 BME280 . . . . .	14
2.2.3 DHT22 . . . . .	14
2.3 Přídavné moduly ProtoPlantu . . . . .	14
2.3.1 CPIM - Module Communication and Power Interface . . . . .	15
2.3.2 SHSM - Soil Humidity Sensorics Module . . . . .	16
2.3.3 SEM - Sensorics Expansion Module . . . . .	16
2.3.4 PCM - Pump Control Module . . . . .	16
2.3.5 RCM - Remote Control Module . . . . .	16
2.4 Krabice pro řídicí elektroniku a jejich interiér . . . . .	17
2.4.1 Instalace elektroniky do krabic - tzv. StoryMount . . . . .	17
2.4.2 Těsnění . . . . .	17
2.4.3 Ochrana elektroniky před přehřátím a vlhkostí . . . . .	17

<b>3</b>	<b>Software základní desky</b>	<b>18</b>
3.1	Sdílené knihovny . . . . .	18
3.2	Datové sběrnice . . . . .	19
3.3	Komunikace mezi jednotlivými moduly . . . . .	20
3.4	Bezdrátová komunikace . . . . .	20
<b>4</b>	<b>Software dalších modulů</b>	<b>21</b>
<b>5</b>	<b>Zvláštní stavy</b>	<b>22</b>
<b>6</b>	<b>Funkce ProtoPlantu, aneb „Co to všechno umí?“</b>	<b>23</b>
<b>7</b>	<b>Průběh vývoje ProtoPlantu</b>	<b>24</b>
	<b>Závěr</b>	<b>25</b>
	<b>Literatura</b>	<b>26</b>
	Seznam obrázků . . . . .	27
	Seznam tabulek . . . . .	28
	Seznam rovnic . . . . .	29

# 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

## Konkurence

# Kapitola 2

## Hardware

V této kapitole se zaměřím na detailní popis hardwaru ProtoPlantu.

### 2.1 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.

#### 2.1.1 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)
- 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 periférií
- 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 nouzového režimu (viz. kapitola 5).

**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 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 řídicího čerpadlo)
- heating (VNH 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 2.1.

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

Tabulka 2.1: Tabulka napájecích rozsahů napájecích větví VNH1 a VNH2

**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.

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

Deska osazená senzory pro měření teploty DS18B20 (viz. Pododdíl 2.2.1) a vlhkosti BME280 (viz. Pododdíl 2.2.2).

## 2.2 Senzorika

ProtoPlant primárně podporuje 3 typy senzorů. DS18B20 pro měření teploty, BME280 schopné velmi přesně měřit vzdušnou vlhkost a DHT22 schopné

měřit vlhkost i teplotu. Dále ProtoPlant podporuje připojení senzorů vlhkosti půdy pracujících na bázi elektrické vodivosti.

### **2.2.1 DS18B20**

### **2.2.2 BME280**

### **2.2.3 DHT22**

## **2.3 Přídavné moduly ProtoPlantu**

Kromě samotné řídicí elektroniky je možno ProtoPlant rozšířit i o přídavné moduly. Na vývoji těchto modulů se zatím stále pracuje. Těchto modulů existuje hned několik:

- CPIM (Module Communication and Power Interface - modul potřebný pro drátové připojení ostatních modulů - viz. Pododdíl 2.3.1)
- PSpl (Power Splitter - rozdělovač napájení)
- SHSM (Soil Humidity Sensorics Module - modul vybavený senzory pro měření vlhkosti půdy - viz. Pododdíl 2.3.2)
- SEM (Sensorics Expansion Module - modul pro zvýšení počtu senzorů připojených k ProtoPlantu - viz. Pododdíl 2.3.3)
- PCM (Pump Control Module - modul pro sledování hladiny vody v nádrži a ovládání čerpadla - viz. Pododdíl 2.3.4)
- RCM (Remote Control Module - modul pro připojení vzdáleného ovládacího panelu - viz. Pododdíl 2.3.5)

**Napájení přídavných modulů** je prováděno ve čtyřech režimech.

- napájení přímo z řídicí jednotky
- napájení z externího zdroje přes CPIM

- napájení přes PSpl
- napájení každého modulu odděleně

**Napájení přímo z řídicí jednotky** je možno použít pouze tehdy, když je připojen maximálně jeden modul a to z důvodu, aby bylo zabráněno podpětí celého systému. Modul je takto připojen přímo k napájecímu okruhu A řídicí jednotky (viz. Oddíl 2.1.1).

**Použití externího zdroje připojeného k CPIM** je použitelné v případě, kdy uživatel upřednostňuje kabelovou komunikaci mezi moduly a řídicí jednotkou. Při napájení v tomto režimu je počet připojitelných modulů omezen pouze výkonem zdroje napájení připojeného k CPIM. Na vstupní napájecí svorkovnici je připojen externí zdroj. Kromě dvou kabelů pro komunikaci jsou na výstupu připojeny i napájecí kabely od jednotlivých modulů.

**Napájení přes PSpl** funguje na velmi podobném principu, jako předchozí varianta. K PSpl je na vstupní svorkovnici připojen externí zdroj napájení. Na výstupních svorkovnicích jsou připojeny napájecí kabely jednotlivých modulů. Tato metoda je určena primárně pro bezdrátovou komunikaci mezi řídicí jednotkou a moduly.

**Napájení každého modulu odděleně** je nejjednodušší metoda napájení. Každý z modulů je připojen vlastním kabelem přímo k napájecímu zdroji. Primárně je určena pro bezdrátovou komunikaci mezi jednotlivými moduly.

### 2.3.1 CPIM - Module Communication and Power Interface

Tento modul funguje jako propojovací uzel mezi řídicí jednotkou a všemi přídatnými moduly. Dále slouží pro připojení externího napájení pro jednotlivé další moduly (viz. Oddíl 2.3).

### **2.3.2 SHSM - Soil Humidity Sensorics Module**

Modul určený pro připojení senzorů měřících vlhkost půdy. Tento modul je zatím stále ve stádiu konceptu.

### **2.3.3 SEM - Sensorics Expansion Module**

Modul určený pro zvýšení pokrytí prostoru skleníku přidáním dalších environmentálních senzorů. Pro malé, případně středně velké skleníky není tento modul potřebný. Ve velkých sklenících již své uplatnění najde, vzhledem k tomu, že je vybaven vlastní řídicí elektronikou a jediným omezením je dosah zvoleného způsobu komunikace s řídicí jednotkou.

### **2.3.4 PCM - Pump Control Module**

Valná většina zahrádkářů má pro svůj skleník i nádrž na vodu. Tento modul je určen pro sledování hladiny vody v ní a případné spínání čerpadla, které má za úkol v nádrži vodu doplňovat.

### **2.3.5 RCM - Remote Control Module**

Byl vytvořen pro zjednodušení nastavení a ovládání ProtoPlantu. Skládá se ze dvou částí. Komunikační části, kterou lze připojit k základní desce ProtoPlantu a ovládacího panelu. Uživatel ovládací panel nainstaluje na zeď přímo v domě a může díky němu vzdáleně ovládat celý ProtoPlant přímo z pohodlí domova.



## **2.4 Krabice pro řídící elektroniku a jejich interiér**

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

### **2.4.2 Těsnění**

### **2.4.3 Ochrana elektroniky před přehřátím a vlhkostí**

# Kapitola 3

## 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 4.

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

### 3.1 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

## 3.2 Datové sběrnice

ProtoPlant primárně využívá dvě datové sběrnice:

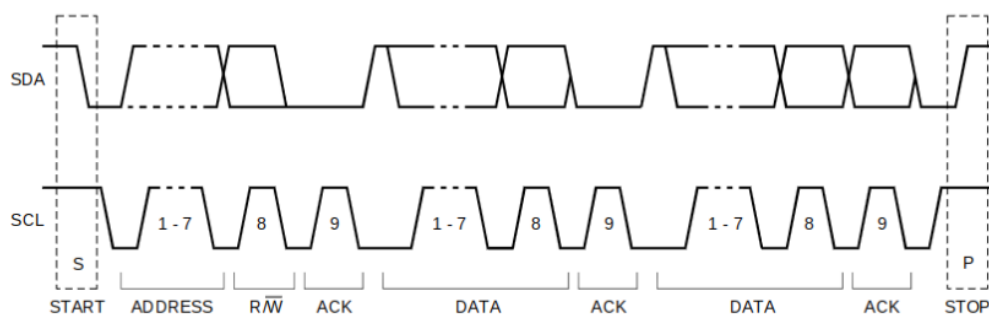
- I<sup>2</sup>C
- OneWire

**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 3.1.



Obrázek 3.1: Celý datový přenos po I2C sběrnici.

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

### 3.3 Komunikace mezi jednotlivými moduly

### 3.4 Bezdrátová komunikace

## Kapitola 4

### Software dalších modulů

## Kapitola 5

### Zvláštní stavy

Nouzový režim

## Kapitola 6

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

## Kapitola 7

### Průběh vývoje ProtoPlantu



## 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

3.1	Celý datový přenos po I2C sběrnici. . . . .	20
-----	---	----

# Seznam tabulek

- 2.1 Tabulka napájecích rozsahů napájecích větví VNH1 a VNH2 . 13

## Seznam rovníč