

STŘEDOŠKOLSKÁ ODBORNÁ ČINNOST

Obor č. Programování

Chytrá pěstírna

Jiří Štengl
Praha

Praha

STŘEDOŠKOLSKÁ ODBORNÁ ČINNOST

Obor č. Programování

Chytrá pěstírna Smart growing room

Autoři: Jiří Štengl

Škola: Gymnázium Arabská 682/14, 160 00 Praha 6 – Vokovice

Kraj: Praha

Konzultant: Mgr. Jan Lána

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou práci SOČ vypracoval/a samostatně a použil/a jsem pouze prameny a literaturu uvedené v seznamu bibliografických záznamů.

Prohlašuji, že tištěná verze a elektronická verze soutěžní práce SOČ jsou shodné.

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 o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších předpisů.

V Praze dne 27.2

Obsah

1. Poděkování.....	4
2. Anotace.....	4
3. Annotation.....	4
4. Použitý hardware a materiál.....	5
4.1. Použitý materiál a díly.....	5
4.2. Použitý hardware.....	5
4.2.a. STM32F103C.....	5
4.2.b. JDY-31/HC-05.....	6
4.2.c. IRLZ44N a 2N7000.....	6
4.2.d. Zdroje.....	7
4.2.e. Větráčky.....	7
4.2.f. LED diody.....	7
4.2.g. Kapacitní měřiče vlhkosti půdy.....	8
5. Použitý software.....	8
5.1. Použité programovací nástroje.....	8
5.2. Použité modelovací nástroje.....	8
6. Hardwarové provedení práce.....	8
6.1. Řídící jednotka.....	8
6.2. Ovladač LED diod.....	10
6.3. Ovladač větráčků a čerpadel.....	11
6.4. Napájení a napěťové úrovně.....	11
6.5. Architektura květináčů.....	11
7. Popis softwaru a firmwaru.....	11
7.1. Firmware.....	12
7.1.a. Firmware LedControlleru.....	12
7.1.b. Firmware FanController.....	13
7.2. Software mobilní aplikace.....	13
7.3. Instacol – Bluetooth protokol.....	14
8. Budoucí vývoj.....	14
9. Závěr.....	15
10. Zdroje.....	16

1. Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat panu profesorovi Mgr. Janu Lánovi za vedení mé ročníkové práce. Dále bych chtěl poděkovat svým rodičům za finanční a Kristýně Snopové za psychickou podporu při vývoji práce. V neposlední řadě bych rád zmínil i pana Richarda Procházku a Miroslava Tůčka, kteří mi poradili na poli elektrotechniky.

2. Anotace

Tento dokument pojednává o vývoji automatické pěstírny čtyř rostlin. V písemné části je obsažen postup práce, použité materiály, použitý hardware a software. Dále je zde popsán způsob, jakým pěstírna funguje a jaké má vlastnosti. V neposlední řadě lze v tomto dokumentu najít i pokyny k obsluze či způsob ovládání, které bude umožněno přes mobilní aplikaci.

3. Annotation

This document is about development of automatic growing machine for 4 plants. In this work can be found work method, used materials, used hardware and used software. In this work you can also find how this growing machine works and her abilities. Last but not least you can find in this document manual for using.

4. Použitý hardware a materiál

V této kapitole budu hovořit o použitém hardwaru v mojí ročníkové práci a také o materiálu použitém na stavbu konstrukce.

4.1. Použitý materiál a díly

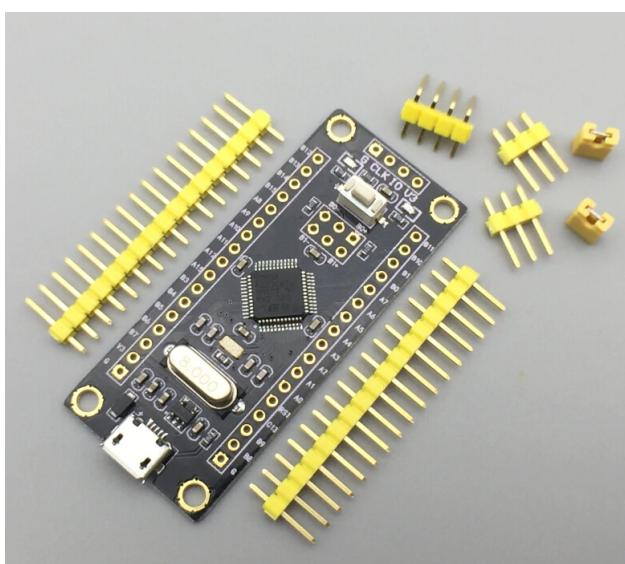
Tělo pěstírny je postaveno z 12mm tlusté OSB desky a z dílů vytisknutých na 3d tiskárně. Pěstírna je sešroubována metrickými šrouby velikosti M4, M5 a M6. Šrouby M6 jsou použity pro přichycení hlavních dílů pěstírny. Šrouby M5 jsou použity k uchycení kovových nosníků ke dřevěnému rámu. Šrouby M4 jsou použity k uchycení větráčků v horní části kovových nosníků. Dále jsem v ročníkové práci použil Osinek (Azbest) na odizolování kovových nosníků nesoucích LED diody od dřevěné konstrukce.

4.2. Použitý hardware

V této kapitole se zaměříme na použitý hardware a jeho funkci v této ročníkové práci.

4.2.a. STM32F103C

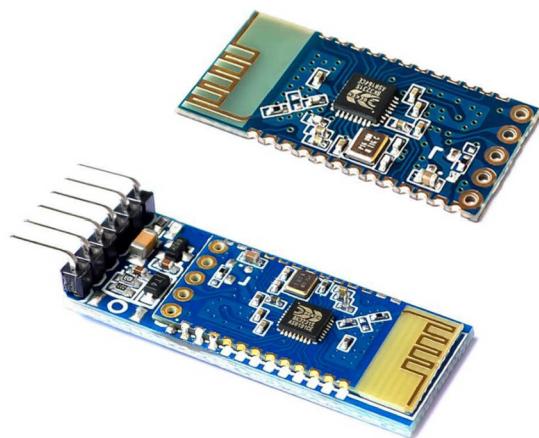
STM32F103C je 32-bitový mikrořadič od firmy STMicroelectronics. Jedná se o mikrořadič s architekturou typu ARM. Tento mikrořadič lze pořídit jako SMD součástku, nebo jako již součást na vývojové desce. STM32 obsahuje 3x UART sběrnice s rychlosťí přenosu až 2000000 baudů za sekundu, 1x SPI a 1x I²C sběrnice. Mikrořadič operuje na frekvenci 72MHz a má 4 interní hardwarové časovače s rozlišením 16 bitů. Časovače lze nastavit jako interní hodiny reálného času. STM32 má 10 analogových pinů s rozlišením 12 bitů a 16 PWM pinů s rozlišením až 16 bitů a s nastavitevnou frekvencí. STM32 využívají 3.3V logiku a jejich napájecí napětí je také 3.3V.



Obrázek 1: BlackPill STM32

4.2.b. JDY-31/HC-05

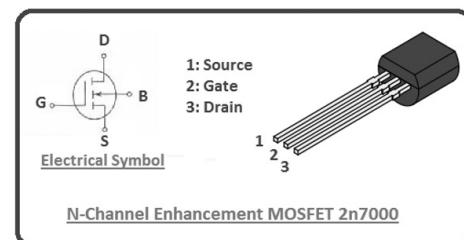
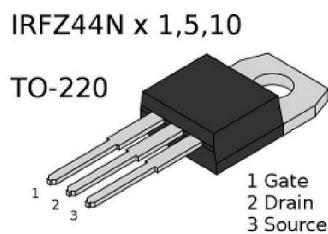
JDY-31 je rozšiřující modul pro komunikaci přes Bluetooth. Jedná se o vylepšenou verzi modulu JDY-30, který používal Bluetooth 2, zatímco JDY-31 používá Bluetooth 4. Modul komunikuje s mikrořadičem přes sběrnici UART a to maximální rychlosti 115200 baudů za sekundu. K napájení modulu je potřeba napětí v rozsahu 3,6-6V. Modul funguje na 3,3V logice. Modul lze nastavit pomocí AT příkazů,



Obrázek 2: JDY-31

4.2.c. IRLZ44N a 2N7000

Jedná se o 2 typy MOSFET tranzistorů s indukovaným kanálem typu N. IRLZ44N je výkonový tranzistor s maximálním proudem 47A. Jedná se o tzv. logic level transistor (lze ho ovládat mikrořadiči). IRLZ44N má na starosti spínaní výkonových LED diod. 2N7000 je logic level transistor, který slouží ke spínání menších zátěží.



Obrázek 3: IRLZ44N

Obrázek 4: 2N7000

4.2.d. Zdroje

V mé ročníkové práci jsem použil 600W 36V zdroj s maximálním proudem 16,66A. Jedná se o spínaný zdroj, který slouží pro transformaci vstupního síťového napětí na výstupní stejnosměrné napětí o potenciálu 36V.

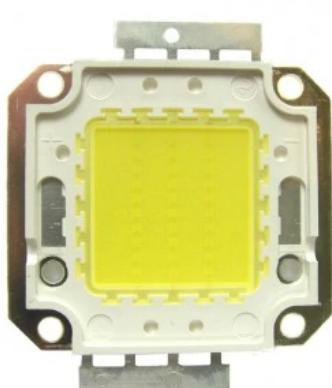
Dále jsem v mé ročníkové práci použil 2 200W buck step-down (snižují napětí u stejnosměrných proudů) měniče napětí pro napájení výkonových led diod. K napajení větráčků je použit 50W buck step-down converter a k napájení výpočetní techniky je použit 15W buck step-down měnič LM2576T-3.3V.

4.2.e. Větráčky

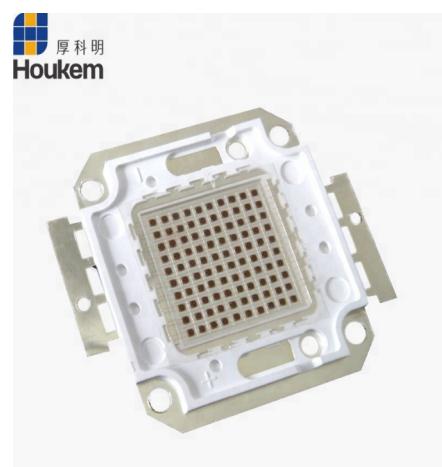
V pěstírne lze najít 6 80mm počítačových větráčků. 2 jsou vysoké 1cm a slouží k chlazení měniců pro LED diody, zbylé jsou vysoké 2.5cm a slouží k chlazení výkonových LED diod.

4.2.f. LED diody

V mé ročníkové práci se nachází 4 modré LED diody s výkonem 50W a 4 červené diody s výkonem 30W. Modré led diody mají nominální napětí 32V a maximální proud 1.56A. Červené led mají nominální napětí 22.5V s maximálním proudem 1.33A. K LED diodám je připevněn hliníkový chladič o rozměrech 69*100*40mm.



Obrázek 5: LED dioda



Obrázek 6: Modrá LED dioda

4.2.g. Kapacitní měřiče vlhkosti půdy

Jako měřiče vlhkosti jsem použil kapacitní měřiče z důvodu koroze na elektrodách u rezistivních měřičů vlhkosti, které postupem času degradují.

5. Použitý software

5.1. Použité programovací nástroje

Pro vývoj jsem mobilních aplikace jsem použil programovací jazyk Kotlin a vývojářské prostředí Android Studio. Firmware je napsaný v programovacím jazyce C/C++ a jako vývojářské prostředí jsem použil Arduino IDE.

5.2. Použité modelovací nástroje

Pro vytvoření 3D modelů jsem použil program Fusion 360 od firmy Autodesk a jako slicer jsem použil Repetier Host.

6. Hardwarové provedení práce

V této kapitole pohovořím o použití výše zmíněného hardwaru a celkově osvětlím funkcionality jednotlivých dílů a ovladačů a celkového propojení jednotlivých částí.

6.1. Řídící jednotka

Řídící jednotka pěstírny se skládá ze 2 základních desek. Na každé základní desce je umístěna jedna vývojová deska BlackPill s STM32. Desky mezi sebou mají architekturu master-slave, kde je jedna deska nadřazená té druhé. Obě desky spolu komunikují přes sběrnici UART rychlostí 115200 baudů za sekundu. Po spuštění pěstírny se vždy provede kontrola, zdali je podřazená deska připravena vykonávat příkazy.

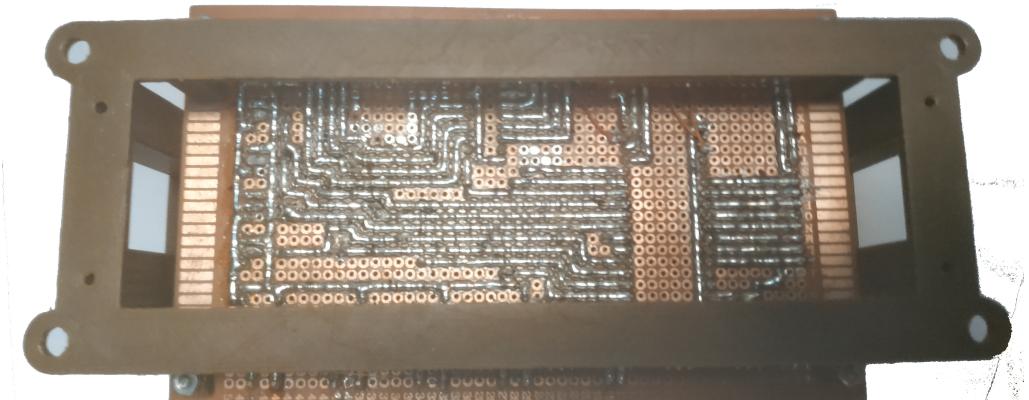
První deska se stará o ovladač LED diod a nese kódové označení LedController. Tato deska je nadřazená druhé desce, která má na starost chlazení a její kódové označení je FanController. LedController se stará převážně o komunikaci mezi uživatelem a pěstírnou a vyhodnocuje příkazy, které přijímá přes Bluetooth od uživatele. Dále se stará o funkcionality LED diod, květináčů a posílá příkazy druhé desce o tom co má vykonat.

Druhá deska (FanController) se stará o ovladač větráčků, čerpadel na vodu a o obsah vody v nádrži. Přijímá rovněž příkazy od LedControlleru, které vyhodnocuje a koná. Jedná se zejména o příkazy na roztočení větráčku, při zapnutí LED diody nebo o příkaz na zalití konkrétního květináče.

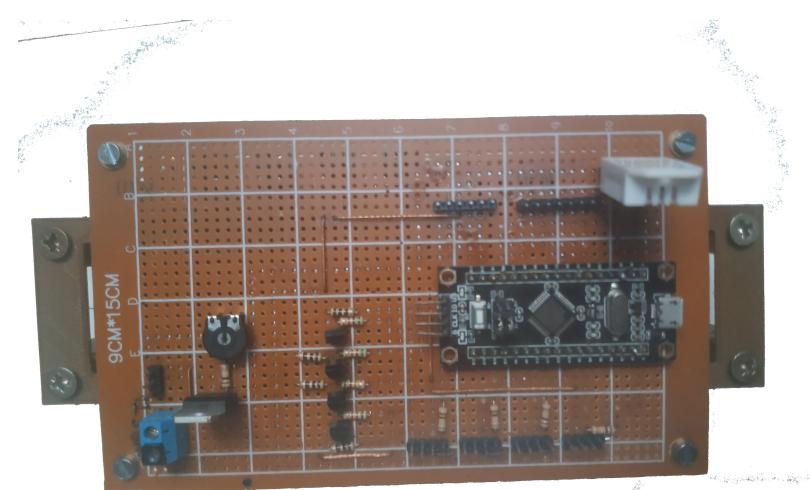
Obě desky spolu komunikují pomocí jednoduchých příkazu skládajících se z několika písmen. Každý příkaz začíná písmenem s nebo g podle toho o jaký typ příkazu se jedná (g-get pro příkazy, které vracejí informace, s-set pro příkazy, které nastavují nějaký stav). Dále se příkaz skládá z dalšího písmene, který už přesněji určuje o jaký příkaz se jedná např.: w-water říká že se jedná o příkaz na zapnutí čerpadla. Posledním dílem příkazu jsou doplňkové informace, které se pro každý příkaz liší. Příklad příkazu pro zapnutí čerpadla na květináč číslo 1 vypadá takto: sw11. Kde první jednička udává index květináče a druhá 1 udává, zda-li se má čerpadlo vypnout či zapnout. Pro vypnutí se místo 1 pošle 0.



Obrázek 7: Řídící jednotka - pohled ze strany



Obrázek 8: Řídící jednotka-pohled ze zdola



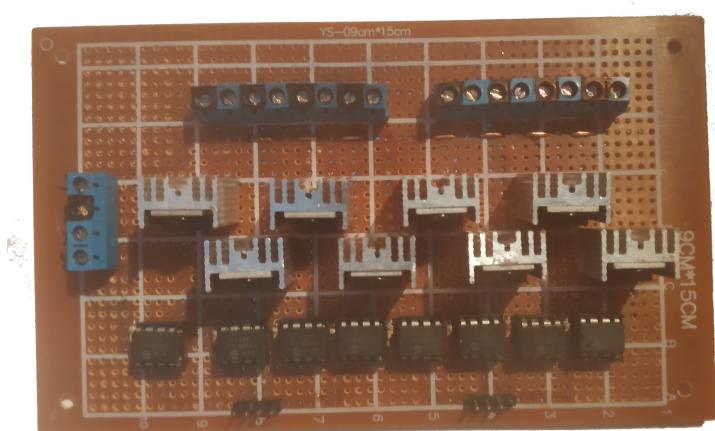
Obrázek 9: Řídící jednotka pohled ze shora

6.2. Ovladač LED diod

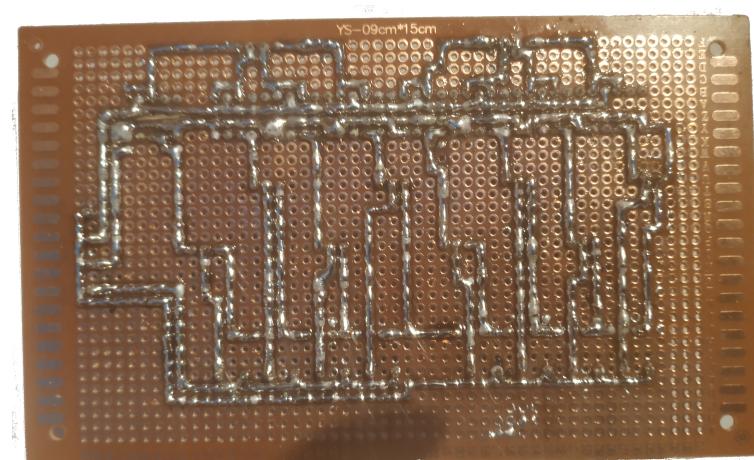
Ovladač LED diod se skládá z 8 MOSFET tranzistorů IRLZ44N, které slouží ke spínání katod LED diod. Dále má ovladač ke GATE pinu každého tranzistoru připojen 10K Ohm rezistor, který je spojený se zemí. Tento rezistor je zde, aby ve chvíli, kdy nebude mikrořadič připojen, tranzistory vypnuli.

Tento ovladač jsem postavil ve 2 verzích. První verze se od druhé verze liší tím, že měla navíc integrované obvody TC4420, které slouží jako ovladače MOSFET tranzistorů. Problém této verze byl ten, že TC4420 je velmi citlivý na vstupní šum, který jsem se pokusil odfiltrovat pomocí rezistoru připojeného k zemi, ale zvolil jsem moc vysokou a nesprávnou hodnotu. Dalším problémem při užívání TC4420 bylo, že tento ovladač se nehodí k logic level tranzistorům jakým je IRLZ44N a jeho tudíž zde bylo jeho použití zbytečné.

Druhá verze ovladače LED diod již neměla integrované obvody TC4420, ale pouze 8 tranzistorů IRLZ44N a zemnící rezistory připojené k pinu GATE. Navíc v této verzi je již implementován maximální výkon LED diod na 35W.



Obrázek 10: Ovladač LED verze 1 - pohled se shora



Obrázek 11: Ovladač LED verze 1 - pohled se shora

6.3. Ovladač větráčků a čerpadel

Ovladač větráčků jsem opět postavil ve dvou verzích. První verze se skládala ze 6 tranzistorů IRLZ44N a 6 integrovaných obvodů TC4420. Dále byly na výstupu každého tranzistoru cívka s indukčností 100mH a kondenzátor s kapacitou 100mF za účelem filtrování signálu. Problém tohoto obvodu byl podobný jako u LED ovladače. Obvody TC4420 byly často rušené okolím a hlavně obvodem samotným. Další nevýhodou původního obvodu byl fakt, že daný ovladač obsahoval oscilující LC obvod, který sloužil jako rušička radiového signálu. Dále bylo na ovladači umístěno 6 napěťových děličů, které měly sloužit jako zpětná vazba pro mikrořadič.

Druhý ovladač větráčků se neskládá již z tranzistorů IRLZ44N, ale z 2N7000. Tyto tranzistory jsem použil z důvodu, že byly levnější a měly nižší potřebný ztrátový výkon. Dále je na ovladači opět použit zemnící rezistor na pinu GATE a dioda, která je připojena v závěrném směru paralelně k větráčkům z důvodu velkých indukovaných napětí, která by mohla poškodit tranzistor.

Ovladač čerpadel je navrhnut stejně jako druhý ovladač na větráčky. Jediný rozdíl je v počtu tranzistorů, který se snížil ze 6 na 4.

6.4. Napájení a napěťové úrovně

V pěstírně bylo použito celkem 6 napěťových úrovní. 36V slouží k napájení buck step-down měničů napětí pro LED diody, větráčky, čerpadla a 5V logického napětí. Větráčky jsou napájené 15V. 5V můžeme nalézt na USB výstupu v přední části pěstírny a také jako napájení 3.3V regulátoru na LedControlleru.

6.5. Architektura květináčů

Květináče se skládají ze 4 LED diod a jednoho kapacitního čidla vlhkosti. Květináče jsou k pěstírně připojené pomocí 4 pinového konektoru. Černý kabel slouží jako zemnící pin pro LED diody umístěné na květináči. Červený kabel byl použit k napájení květináče. Žlutý kabel slouží jako referenční vodič z čidla vlhkost a bílý jako zemnící vodič pro celý květináč.

7. Popis softwaru a firmwaru

V této kapitole se zaměřím na popis toho jak pracuje firmware na mikrořadičích, komunikaci mezi pěstírnou a mobilní aplikací a samotnou mobilní aplikaci.

7.1. Firmware

7.1.a. Firmware LedControlleru

Tento firmware se skládá z 8 částí. První částí je soubor s názvem LEDController ve kterém se nachází základní metody pro běh mikrořadiče. V tomto souboru se v metodě setup volají inicializační metody ostatních souborů. Dále zde nalezneme metodu loop, ve které se metody periodicky opakují. Ty mají za úkol kontrolovat, zda-li se nepřipojil uživatel, zda je potřeba zalít květinu atd.

Druhý soubor, který má název AutoLedTimer, který slouží k automatickému zapínání a vypínání pěstírny podle nastavení uživatele. Bohužel jsem nestihl doprogramovat mobilní aplikaci, aby toto nastavení umožnila využít, takže tato třída zatím bohužel není používána.

Třetím souborem je AutoWatering, který se stará o periodické zalévání květin. U této třídy bohužel platí to co u AutoLedTimer třídy a zatím nemá využití.

Čtvrtým souborem je LedControl, který má na starosti ovladač LED diod. Tento soubor se skládá z inicializační metody kde dochází k nastavení výstupních pinu na PWM piny, které umožňují nastavování libovolného výkonu. Dále v této třídě najdeme metody umožňující nastavení výkonu jednotlivých LED diod podle požadavků uživatele. Po zapnutí LED vyšle třída příkaz pro zapnutí patřičného větráčku.

Pátý soubor se nazývá PotController a stará se o ovládání květináčů pro rostliny. V této třídě nalezneme inicializační metodu, která má za úkol nastavit piny, které ovládají LED diody na květináčích jako výstupní a piny, které mají číst data jako vstupní. Dále se stará o indikaci květináčů rozsvícením jejich LED diod na příkaz uživatele.

Jako šestý je soubor s názvem RTC. Tento soubor se stará o vnitřní RTC v mikrořadiči a udžuje aktuální čas v pěstírně. Tento soubor se skládá z inicializační metody, u které se nastaví vnitřní časovač číslo 1 na periodicky se opakující interrupt (přerušení). Interrupt má periodu jedné sekundy. Dále se ve třídě nachází metoda na počítání aktuálního času. Tato třída měla být využita spolu s třídami AutoWatering a AutoLedTimer.

Sedmým souborem je třída Settings, která má za úkol komunikaci mezi telefonem a pěstírnou. V této třídě nalezneme inicializační metodu, nastavující UART sběrnice s číslem 3 na rychlosť 9600 baudů za sekundu. Dále v této třídě nalezneme funkce, které parsují a vyhodnocují příkazy.

Posledním souborem je SlaveCommunication, který se stará o komunikaci mezi LedControllerem a FanControllerem. Na začátku souboru je inicializační metoda, která nastaví UART s číslem 1 na rychlosť přenosu 115200 baudů za sekundu a následně pošle řetězec, kterým si ověří zda-li je druhá deska připravená. Dále zde nalezneme funkce, které komunikují s druhou deskou podle výše popsaného postupu.

7.1.b. Firmware FanController

Firmware FanControlleru je složen ze 4 komponent z nichž má každá specifický úkol. FanController je na rozdíl od LedController koncipován jako slave (firmware je podstatně jednodušší) a vykonává čistě příkazy od mastera.

První komponenta se jmenuje FanController. Jedná se o základní komponentu nutnou pro běh celého programu. Zde se opět nachází 2 metody. První je setup, kde se volají inicializační metody a druhá je loop, která periodicky kontroluje, zda-li nemá nějaké nové příkazy.

Druhou komponentou je MasterCommunication, která má za úkol parsovat a vykonávat příkazy od mastera. Tento soubor se skládá z inicializační metody, kde se nastaví rychlosť komunikace na UART sběrnici na 115200 baudů za sekundu a následně vyčkává na inicializační řetězec od mastera.

Třetí komponentou je WaterTankController. Jak už název napovídá tato třída má za úkol se starat o vodní nádrž a čerpadla. V této metodě nalezneme inicializační metodu, která nastaví výstupní piny pro čerpadla a vstupní piny pro úroveň vody v nádrži.

Poslední komponentou je FanControl, která se stará o ovládání větráčků. Jsou zde inicializovány piny na ovládání ovladače.

7.2. Software mobilní aplikace

Mobilní aplikace je rozdělena na 4 hlavní třídy a slouží v architektuře mobilní aplikace-pěstírna jako master. Aplikace se skládá z 5 oken. 4 okna jsou dedikovány pro ovládání jednotlivých květin a můžeme v nich najít podrobné informace o květinách a možnost úpravy nastavení. Páté okno je určeno pro souhrnný přehled pěstírny. Můžeme zde najít základní informace o květinách a informace o pěstímě.

První komponenta se nazývá MainPlantActivity. Jedná se o Android Activity, která se spustí ihned po zapnutí aplikace. Po spuštění se vytvoří nové vlákno, které se pokouší automaticky připojit na pěstírnu a zahájit komunikaci přes Bluetooth. Poté se vytvoří menu ve kterém se uživatel může pohybovat mezi jednotlivými okny a ukáže přehled pěstírny.

Druhá komponenta se nazývá jako BluetoothCommunication a stará se o komunikaci mezi aplikací a pěstírnou. Komunikace běží na druhém vlákně jednak z důvodu vyšší latence a jednak aby neomezovala výkon hlavního vlákna aplikace, které se stará o UI. Tato třída slouží jako singelton, protože chytrý telefon může mít zapnutý maximálně jeden Bluetooth socket naráz. Ve třídě jsou převážně metody, které posílají různé druhy příkazů.

Třetí komponenta se nazývá PlantActivity. Jedná se opět o Android Activity, která vykresluje okno s přehledem o květině. V tomto okně může uživatel rovněž nastavovat pěstírnu pro konkrétní rostlinu. Také zde nalezneme 4 tlačítka. 2 z tlačítek slouží pro zapnutí nebo pro vypnutí LED diod. Další tlačítko slouží pro rozsvícení konkrétního květináče na dobu 5 sekund. Poslední tlačítko slouží pro zalití dané květiny. Dále zde nalezneme 2 posuvné bary, pomocí kterých můžeme nastavit výkon LED diod a textové pole, kde je možné

přenastavit název rostliny. Po vypnutí toho okna se změny automaticky uloží do paměti telefonu.

Poslední komponenta je nazvaná PlantInfoCollection. Jedná se opět o singelton. Tato třída má za úkol uchovávat data o pěstírně, ukládat je do paměti a parsovovat z paměti. Data jsou uložená v datové třídě PlantInfo. Data jsou na disku uložena v adresáři aplikace v csv souboru.

7.3. Instacol – Bluetooth protokol

Ke komunikaci mezi pěstírnou a mobilní aplikací jsem stvořil komunikační protokol, který jsem pojmenoval Instacol a to z důvodu jeho tvaru. Paket s daty v Instacol začíná řetězcem #knock! (kvůli # název Instacol – Instagram + protocol). Tento řetězec je před každým platným příkazem. Pokud tam tento příkaz chybí tak pěstírna bude daný příkaz ignorovat a odpoví unauth (zkratka z unauthorized – neoprávněný). Tento řetězec se používá i při inicializaci komunikace mezi telefonem a pěstírnou. V tomto případě telefon odešle řetězec #knock! a pěstírna mu odpoví tím samým způsobem.

Příkazy z telefonu jsou rozděleny podle znaku, který se nachází za řetězcem #knock!. Písmeno s pro nastavující příkazy a písmeno g pro datové příkazy. U nastavujících příkazů se před konkrétním příkazem vyskytují ještě písmena m pro manuální příkaz a a pro automatický příkaz. Posledním znakovým parametrem je již samotný příkaz, který se má vykonat. Po odeslání příkazu se odešlou data, které ho blíže specifikují.

Příklad příkazu pro zapnutí čerpadla na zalití květiny číslo 1: #knock!smw11. Písmeno s říká, že se jedná o nastavovací příkaz. Písmeno m říká, že se jedná o manuální příkaz. Písmeno w značí, co se má vykonat. První 1 je index květiny a druhá 1 předává informaci o tom, že se má zapnout čerpadlo číslo 1.

8. Budoucí vývoj

O dalším budoucím vývoji hardwaru neuvažuji z toho důvodu, že je pro mě tento projekt a navíc velmi ekonomicky náročný a to zejména kvůli spotřebě elektrické energie. Do maturitní zkoušky plánuji dodělat resty, které jsem nestihl do SOČ a to zejména v oblasti mobilní aplikace.

9. Závěr

Z mé ročníkové práce mám smíšené pocity. Tento projekt byl jeden ze složitějších projektů na kterých jsem kdy pracoval, ale jeho provedení v některých částech pokulhává. Například mnou použité konektory se občas samy od sebe vypojují, nebo mají špatný kontakt. Některé části firmwaru jsem nestihl dokončit a to samé platí o mobilní aplikaci, která neumožňuje nastavovat automatickou správu pěstírny. Celkový design pěstírny taky není v některých částech dokonalý. Například při sundavání horního patra musíte použít docel dost síly a dochází přitom k drhnutí jednoho předního sloupku.

Na druhou stranu jsem rád, že jsem postavil relativně bezpečnou pěstírnu, která s trochou dolahování by mohla svůj úkol plnit velmi obstojně. Navíc to byla moje první konstrukce, kterou jsem kdy stavěl v těchto rozdílech za kombinovaného užití dřeva a dílů vytisknutých na 3D tiskárně. Při tvorbě 3D tiskárny jsem se také naučil mnoho nových věcí, které použiji do budoucna ve svých dalších projektech, třeba to, že ne všechny pinouty jsou správné a že je třeba se podívat na více kusů.

10. Zdroje

- <http://pestovanikonopi.cz/pestovani-marihuany-indoor/>
- <https://www.royalqueenseeds.cz/content/157-co-potrebují-pro-pestování-konopí-indoor>
- <https://www.semena-marihuany.cz/cs/blog/7-pestování-indoor-semena-seminka-marihuany>
- <http://www.itechpath.com/tag/32bit/>
- <https://www.youtube.com/watch?v=EaZuKRSvwdo>
- <http://docs.leaflabs.com/static.leaflabs.com/pub/leaflabs/maple-docs/latest/index-2.html>
- https://www.alldatasheet.com/view.jsp?Searchword=2n7000&gclid=Cj0KCQiAkePyBRCEARIsAMy5ScsC6iI1EqO1WMuV51iaTeNK5xNzrZVxJxyZkATzA9l3piHlPNQZwd8aArBBEALw_wcB
- <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/68872/IRF/IRLZ44N.html>
- <http://myosuploads3.banggood.com/products/20190129/20190129043725SKUA87502.pdf>
- obrázek 1 - <https://www.aliexpress.com/item/32737234190.html>
- obrázek 2 -
https://ae01.alicdn.com/kf/HTB1guc2avLsK1Rjy0Fbq6xSEXXaV.jpg_q50.jpg
- obrázek 3 - <https://www.sensorae.com/inicio/2307-irlz44n-transistor-mosfet-canal-N.html>
- obrázek 4 - <https://ram-e-shop.com/product/2n7000-n-channel-mosfet-0-2a60v5ohm-small-signal-mosfet-200-mamps-60-volts/>
- obrázek 5 -<https://archiwum.allegro.pl/oferta/dioda-power-led-50w-6000-6500k-biala-zimna-fv-0960-i6937722144.html>
- obrázek 6 - https://www.alibaba.com/product-detail/High-power-led-chip-40w-50w_60807564186.html