

VYŠŠÍ ODBORNÁ ŠKOLA, STŘEDNÍ ŠKOLA,  
CENTRUM ODBORNÉ PŘÍPRAVY



## ABSOLVENTSKÁ PRÁCE

Konstrukce digitronových hodin za použití  
moderních součástek a multiplatformního  
softwaru

Sezimovo Ústí, 2020

Autor: Roman Zelenka



## ZADÁNÍ ABSOLVENTSKÉ PRÁCE

Student: **Roman Zelenka**  
Obor studia: **26-41-N/01 Elektrotechnika – mechatronické systémy**  
Název práce: **Konstrukce digitronových hodin za použití  
moderních součástek a multiplatformního softwaru**  
Anglický název práce: **The construction of the nixie clock with modern  
electronic components and multiplatform software**

### Zásady pro vypracování:

1. Popište vnitřní hardwarové sestavení elektronického řídicího obvodu digitronů za pomoci moderních součástek, mikroprocesorů ATMEGA, ESP32 a řídicího softwaru.
2. Navrhněte a vyrobte plošné spoje pomocí EDA softwaru a proveďte kompletní vizualizaci v CAD softwaru.
3. Naprogramujte řídicí firmware v jazyku C/Wiring a obslužný software pro mobilní zařízení s operačním systémem Android v prostředí Java a pro ostatní platformy pomocí webového interface.
4. Navrhněte design hodin parametrickým modelováním a poté zpracujte koncept na CNC obráběcím stroji.
5. Ověřte a zdokumentujte funkčnost hodin.
6. Absolventskou práci vypracujte problémově ve struktuře odpovídající vědecké práci.

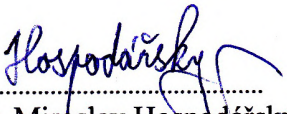
### Doporučená literatura:

- [1] LACKO, Ľuboslav. *Mistrovství - Android*. Přeložil Martin HERODEK. Brno: Computer Press, 2017. Mistrovství. ISBN 9788025148754.
- [2] SELECKÝ, Matúš. *Arduino: uživatelská příručka*. Přeložil Martin HERODEK. Brno: Computer Press, 2016. ISBN 9788025148402.
- [3] ZAKAS, Nicholas C. *JavaScript pro webové vývojáře*. Brno: Computer Press, 2009. Programujeme profesionálně. ISBN 9788025125090.

Vedoucí práce: **Mgr. Miroslav Hospodářský, VOŠ, SŠ, COP Sezimovo Ústí**  
Odborný konzultant práce: **Mgr. Jakub Macillis, VOŠ, SŠ, COP Sezimovo Ústí**  
Oponent práce: **Ing. Jiří Bumba, VOŠ, SŠ, COP Sezimovo Ústí**

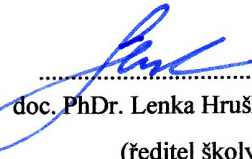
Datum zadání absolventské práce: **2. 9. 2019**

Datum odevzdání absolventské práce: **15. 5. 2020**

  
Mgr. Miroslav Hospodářský  
(vedoucí práce)



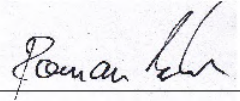
V Sezimově Ústí dne 6. 9. 2019

  
doc. PhDr. Lenka Hrušková, Ph.D.  
(ředitel školy)

## Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou absolventskou práci vypracoval samostatně a použil jsem pouze podklady (literaturu, projekty, SW atd.) uvedené v příloženém seznamu.

V Sezimově Ústí dne 5.5.2020

  
\_\_\_\_\_

podpis

## Poděkování

Děkuji především vedoucímu absolventské práce panu Mgr. Bc. Miroslavu Hospodářskému za odborné vedení a veškerou pomoc, trpělivost a čas při zpracování. Velké poděkování patří i mému skvělému příteli, panu Ing. Pavolu Procházkovi za cenné zkušenosti s programem FreeCAD a konzultace absolventské práce. Dále bych chtěl poděkovat firmě DH Dekor Humpolec a Automotive Lighting Jihlava za umožnění studia na VOŠ, SŠ, COP Sezimovo Ústí a především panu Rudolfu Havlovi, mému příteli a šéfovi za psychickou podporu, podporu při studiu a kamarádský přístup. Děkuji také Mgr. Ludmile Jůzové za češtinářkou korekci. Rovněž děkuji své rodině a nejbližším příbuzným.



## Anotace

Tato absolventská práce popisuje stavbu elektronických digitronových hodin řízených pomocí moderních součástek a mikroprocesorů. Dále popisuje softwarové uživatelské rozhraní pro nastavení parametrů a pro čtení hodnot z čidel apod. Výroba byla uskutečněna na open source obráběcí CNC frézce v kooperaci s 3D tiskárnou i3. V práci je vysvětlena historie digitronu, popis jednotlivých komponent zařízení, softwarová realizace a v poslední části následuje samotná výroba designu.

**Klíčová slova:** Digitron; Arduino; Multiplex; Rádio; Modul.

## Annotation

This graduate thesis deals with the building of an electronic nixie clock, controlled by modern components and microcontrollers. Thesis also describe software realization of a user interface for setting parameters and reading values from sensors. The build (The production) was made by an opensource milling CNC machine in cooperate with a 3D printer i3. In this thesis is explained the history of nixies, are described components and hardware, software realization and in the last section is described design and machining with assembly.

**Key words:** Nixie; Arduino; Multiplex; Radio; Module.

# Obsah

|                            |      |
|----------------------------|------|
| Seznam obrázků             | vii  |
| Seznam tabulek             | x    |
| 1 Úvod                     | 1    |
| 2 Historie digitronu       | 2    |
| 3 Popis HW                 | 8    |
| 4 Softwarová realizace     | 23   |
| 5 Výrobní realizace        | 34   |
| 6 Závěr                    | 54   |
| A Internetové zdroje       | I    |
| B Arduino knihovny         | III  |
| C Obrázky                  | IV   |
| D Tabulky                  | VII  |
| E Android aplikace         | VIII |
| F Modely                   | X    |
| G Obsah přiloženého CD/DVD | XI   |
| H Použitý software         | XII  |



# Seznam obrázků

|      |                                                                                                               |    |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.1  | US patent 2142106 . . . . .                                                                                   | 3  |
| 2.2  | Různá konstrukční provedení retro zobrazovačů – dekatronů, digitronů, itronů a signálních doutnavek . . . . . | 4  |
| 2.3  | Sestava jednotlivých komponent . . . . .                                                                      | 4  |
| 2.4  | Pohled na všechny číslice . . . . .                                                                           | 5  |
| 2.5  | Uspořádání číslic . . . . .                                                                                   | 5  |
| 2.6  | US patent 2618697 . . . . .                                                                                   | 6  |
| 2.7  | US patent 2618760 . . . . .                                                                                   | 6  |
| 2.8  | US patent 2632128 . . . . .                                                                                   | 7  |
| 2.9  | Článek z novin z roku 1954 . . . . .                                                                          | 7  |
| 3.1  | Blokové schéma celkového zapojení . . . . .                                                                   | 9  |
| 3.2  | Senzor DHT22 . . . . .                                                                                        | 10 |
| 3.3  | Senzor BMP180 . . . . .                                                                                       | 11 |
| 3.4  | Bezdrátový modul NRF24L01 . . . . .                                                                           | 12 |
| 3.5  | ESP32 . . . . .                                                                                               | 14 |
| 3.6  | Rozšiřující deska pro ESP32 – vlastní výroba . . . . .                                                        | 14 |
| 3.7  | Arduino Nano . . . . .                                                                                        | 15 |
| 3.8  | Arduino Mega2560 . . . . .                                                                                    | 15 |
| 3.9  | RDA5807m . . . . .                                                                                            | 16 |
| 3.10 | Expansion board RDA5807m – vlastní výroba . . . . .                                                           | 16 |
| 3.11 | VS1053 . . . . .                                                                                              | 17 |
| 3.12 | Schéma zapojení ovládání digitronů . . . . .                                                                  | 18 |
| 3.13 | K155ID1 . . . . .                                                                                             | 19 |
| 3.14 | Zapojení multiplexu . . . . .                                                                                 | 19 |
| 3.15 | HV deska pro digitrony – vlastní výroba . . . . .                                                             | 20 |
| 3.16 | Bluetooth HC-06 . . . . .                                                                                     | 21 |

|      |                                                     |    |
|------|-----------------------------------------------------|----|
| 3.17 | RGB LED 5 mm                                        | 22 |
| 3.18 | WS2812b                                             | 22 |
| 4.1  | Funkce Android aplikace                             | 25 |
| 4.2  | Úvodní obrazovka                                    | 26 |
| 4.3  | Bluetooth konfigurace                               | 26 |
| 4.4  | Hlavní menu                                         | 26 |
| 4.5  | Nastavení hodin a data                              | 26 |
| 4.6  | Nastavení alarmu                                    | 27 |
| 4.7  | Výběr typu podsvětlení                              | 27 |
| 4.8  | Nastavení podsvětlení                               | 27 |
| 4.9  | Ovládání FM rádia                                   | 27 |
| 4.10 | Zobrazení hodnot ze senzorů                         | 28 |
| 4.11 | Ovládání relé                                       | 28 |
| 4.12 | Vývojový diagram firmwaru Arduino Nano              | 29 |
| 4.13 | Vývojový diagram firmwaru ESP32                     | 30 |
| 4.14 | Vývojový diagram firmwaru Arduino Mega2560          | 31 |
| 4.15 | Uživatelské rozhraní na PC                          | 32 |
| 4.16 | Web rozhraní na mobilním telefonu – menu            | 32 |
| 4.17 | Web rozhraní na mobilním telefonu – info            | 33 |
| 4.18 | Web rozhraní na mobilním telefonu – nastavení hodin | 33 |
| 5.1  | Software FreeCAD                                    | 34 |
| 5.2  | Software KiCad                                      | 35 |
| 5.3  | Software KiCad – 3D pohled                          | 36 |
| 5.4  | Frézování plošného spoje FM rádia                   | 36 |
| 5.5  | Frézování plošného spoje pro ESP32                  | 37 |
| 5.6  | Kompletní vyfrézované plošné spoje                  | 37 |
| 5.7  | Přenesený toner na cuprexitu FM rádia               | 38 |
| 5.8  | Leptání                                             | 38 |
| 5.9  | Vyleptaný plošný spoj FM rádia                      | 38 |
| 5.10 | Přenesený toner na cuprexitu                        | 38 |
| 5.11 | Vyleptaný plošný spoj vysokonapěťové desky          | 39 |
| 5.12 | Fotocitlivá fólie                                   | 40 |
| 5.13 | Osvit                                               | 40 |
| 5.14 | Připravené osvětlené plošné spoje                   | 41 |

|      |                                            |    |
|------|--------------------------------------------|----|
| 5.15 | Testovací zapojení . . . . .               | 41 |
| 5.16 | Test digitronů . . . . .                   | 42 |
| 5.17 | Test první verze zapojení . . . . .        | 42 |
| 5.18 | Software bCNC . . . . .                    | 43 |
| 5.19 | Frézování žebra . . . . .                  | 44 |
| 5.20 | Hotové žebro . . . . .                     | 44 |
| 5.21 | Frézování spodní desky . . . . .           | 44 |
| 5.22 | Hotová spodní deska . . . . .              | 45 |
| 5.23 | Natírání dílů . . . . .                    | 45 |
| 5.24 | Detail žeber . . . . .                     | 46 |
| 5.25 | Rozvržení desek . . . . .                  | 47 |
| 5.26 | Zapojení LED WS2812b . . . . .             | 47 |
| 5.27 | Test RGB . . . . .                         | 48 |
| 5.28 | Test RGB 2 . . . . .                       | 48 |
| 5.29 | Detail držáku digitronů . . . . .          | 49 |
| 5.30 | Sovětská družice Sputnik 1 . . . . .       | 50 |
| 5.31 | Filament Eco3D copper . . . . .            | 50 |
| 5.32 | Pamětní deska . . . . .                    | 51 |
| 5.33 | Filament Spectrum Stone Age Dark . . . . . | 51 |
| 5.34 | Sestavený památník . . . . .               | 52 |
| 5.35 | Přední logo . . . . .                      | 52 |
| 5.36 | Externí box . . . . .                      | 53 |
| 5.37 | Držák externího boxu . . . . .             | 53 |
| 6.1  | Finální výrobek v plném provozu . . . . .  | 54 |

# Seznam tabulek

|     |                                          |      |
|-----|------------------------------------------|------|
| 3.1 | Specifikace DHT22 . . . . .              | 10   |
| 3.2 | Specifikace BMP180 . . . . .             | 11   |
| 3.3 | Specifikace NRF24L01 . . . . .           | 12   |
| 3.4 | Specifikace VS1053 . . . . .             | 17   |
| 3.5 | Specifikace HC-06 . . . . .              | 21   |
| I.1 | Časový plán absolventské práce . . . . . | XIII |



# Kapitola 1

## Úvod

Absolventská práce se zabývá designovými hodinami z digitronů za použití moderních součástek a mikroprocesorů pro řízení logiky a ovládání modulů. Ač by se mohlo zdát, že digitron je dnes překonán například LED zobrazovačem, tak nastává chvíle, kdy opět začínají tyto součástky být v módě zvané retro.

Návodů na podobné hodiny lze na internetu najít plno, ale zdá se, že konstruktéři řeší jen funkčnost zapojení, avšak zapomínají také na elegantní vzhled, design, který se nesmí opomenout. Bohužel po prohledání medií (internet, časopisy atd.) a shlédnutí různých návodů nepřišel žádný inspirativní nápad. Bylo žádoucí dodat hodinám eleganci a originální styl.

Cílem práce je kompozice moderních součástek a technologií ve spojení se starší technologií digitronů, kde jsou ve stavbě použité jak hotové zakoupené moduly, tak i vlastní návrhy určitých částí s řešením designu na CNC stroji a 3D tiskárně.

Práce je rozdělena do jednotlivých kapitol. První kapitolou je úvod, v druhé kapitole je popsána historie digitronů, v třetí kapitole hardwarová část hodin, ve čtvrté kapitole vysvětlena softwarová realizace. Pátá kapitola názorně ukazuje výrobu designu za pomoci strojů, celkovou montáž a na závěr uvedení do provozu. Na konci práce jsou shrnuty informace o použitém softwaru, reference a časový plán realizace absolventské práce.

# Kapitola 2

## Historie a konstrukce digitronu

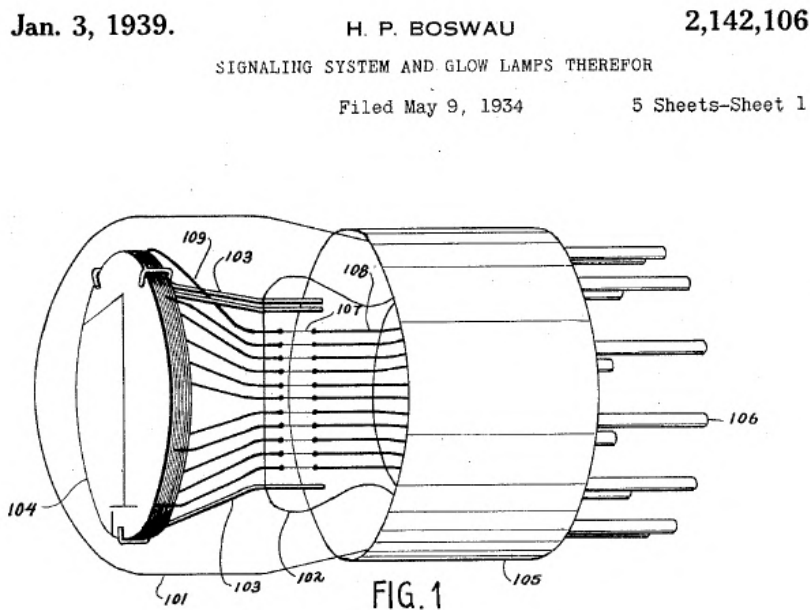
Když se řekne digitron, spousta lidí si už nebude pamatovat, co vlastně ono slovo znamená. Jen pamětníci, naši otcové, dědové, či zájemci o staré přístroje si hned vybaví onu součástku. Co to vlastně digitron je? Není to nic jiného, než počáteční vynález předchůdce displeje, který známe z dnešní doby, jako jsou např. segmentové LED displeje. Už první náznaky myšlenky sahají do 19. století, kdy pan Geissler experimentoval s trubicemi, kde byl vyčerpaný vzduch nahrazen vzácnými plyny za nízkého tlaku. Už to byl signál pro vývoj první součástky, která dokázala zobrazit čitelnou informaci.

Dne 9. května 1939 pan Hans Paul Boswau představil první digitron, za který dostal patent č. US2142106 (viz obrázek 2.1). První patenty, které připomínají již známé digitrony, byly podány v roce 1950 US korporací Northrop Aircraft Inc. Tato společnost byla založená v roce 1939 a její zaměření bylo na vojenské letectví. 1. dubna 1954 společnost National Union podala patent č. US2756366. O měsíc později National Union vydala datasheet pro svou trubicu pod názvem GI-10. Digitrony nadnárodní úrovně nebyly v té době jediné na trhu, ale další typy vyráběla společnost Haydu Brothers, kterou v roce 1954 koupila společnost Burroughs, a v roce 1955 se objevila první reklama na tzv. Nixie HB-106. Jméno Nixie je odvozeno od NIX I, což znamená ve volném překladu Numeric Indicator experimental no 1. Další krok, který firma Burroughs podnikla, bylo podání žádosti o ochrannou známku Nixie v prosinci 1956. Pak nastává vzestup nového průmyslu.

Digitrony se začaly vyrábět hojně nejen například v Sovětském svazu, ale i v Německu, Spojeném království, ale také i v Československu ve firmě Tesla. Po masovém nasazení na trh byly používány v počítačích, kalkulačkách, v měřicích přístrojích, pokladnách aj. Různá konstrukční provedení zobrazovačů jsou vyobrazena na obrázku 2.2. Digitron

znamenal opravdový převrat a revoluci v zobrazování informace jako takové, byl to první náznak nástupu digitální technologie.

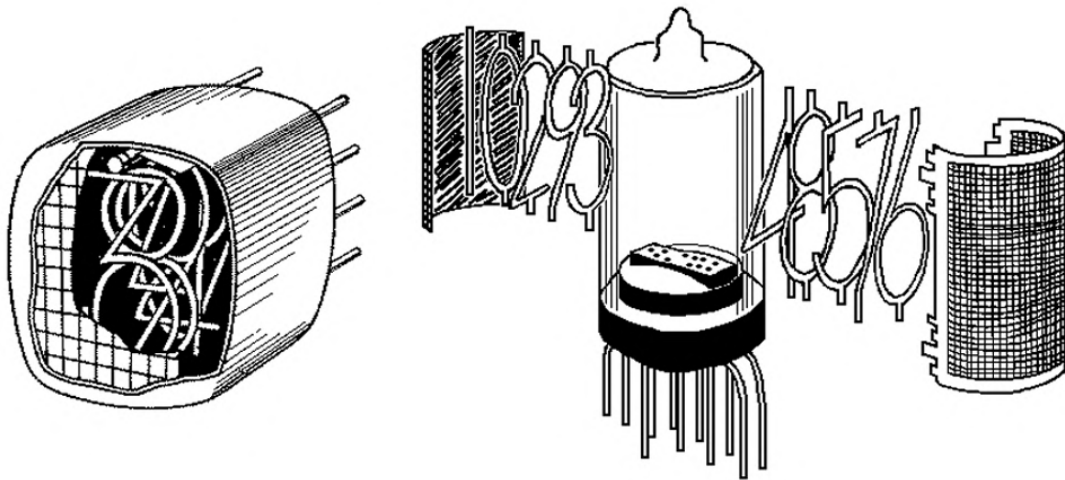
Po krátké historii bude popsáno, z jakých částí se digitron skládá (viz obrázek 2.3), a obeznámeno s jeho funkcí. Součástí je skleněná trubice, která je neprodyšně uzavřená. Nejprve se vyčerpá vzduch, poté se do ní napustí plyn neon. Obsahuje většinou 10 katod z drátu, které představují číslice od 0 až 9 (viz obrázek 2.4). Existují i typy, které obsahují jiné symboly a značky. Jelikož jsou řazeny za sebou (viz obrázek 2.5), jednotlivé znaky se zobrazují v různé hloubce. Anoda je ve formě mřížky, která se připojí na zdroj obvykle 170 V stejnosměrného napětí přes omezující proudový rezistor v řádech kiloohmů. Požadovaný symbol je zobrazen následným uzemněním příslušné katody. Pro efektivní řízení lze použít integrované obvody např. 74141, což je TTL (Transistor-Transistor-Logic) dekodér BCD (Binary Coded Decimal) na kód 1 z 10. Dekodér lze použít jak pro statický, tak i pro multiplexní režim zobrazování, které bylo použito pro řízení hodin v tomto projektu. Životnost součástky se pohybuje od 2 000 do 200 000 hodin. Výhodou digitronu je nízká spotřeba, nevýhody jsou její křehká konstrukce, velké rozměry, vyšší napájecí napětí, odpařování katody a její následné usazování na stěnách baňky. Na obrázcích 2.6 až 2.8 jsou vyobrazeny patenty a na obrázku 2.9 novinový článek z roku 1954.



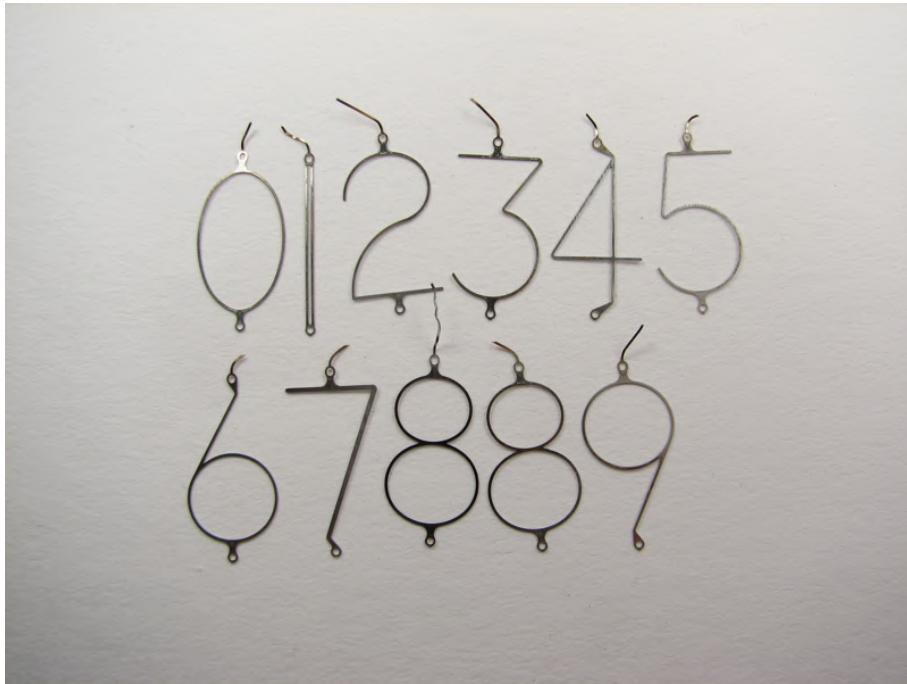
Obrázek 2.1: US patent 2142106



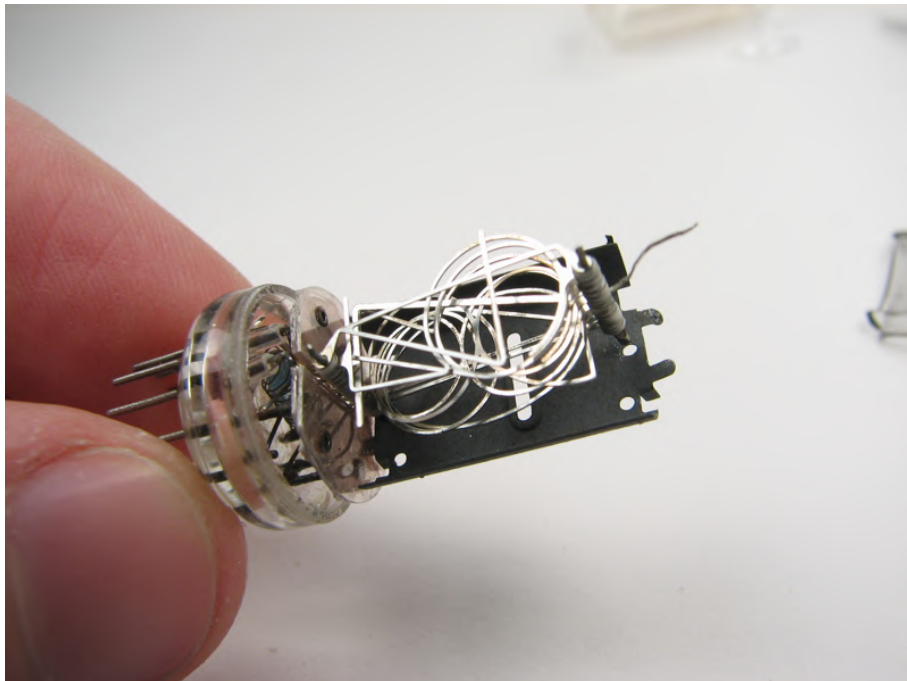
Obrázek 2.2: Různá konstrukční provedení retro zobrazovačů – dekadronů, digitronů, itronů a signálních doutnavek



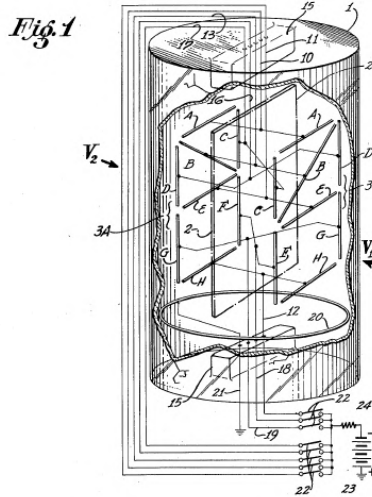
Obrázek 2.3: Sestava jednotlivých komponent



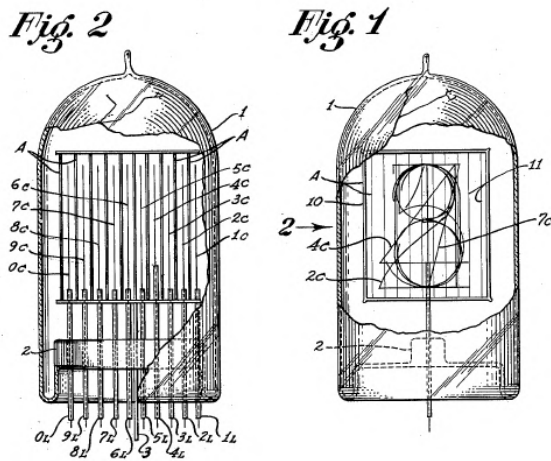
Obrázek 2.4: Pohled na všechny číslice



Obrázek 2.5: Uspořádání číslic



Obrázek 2.6: US patent 2618697



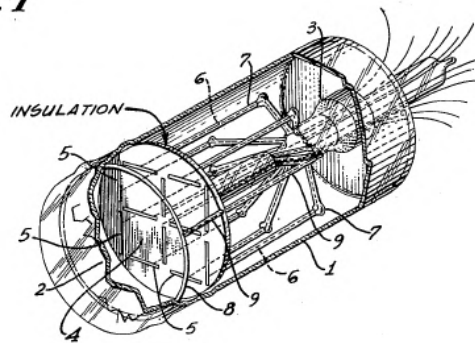
Obrázek 2.7: US patent 2618760

March 17, 1953

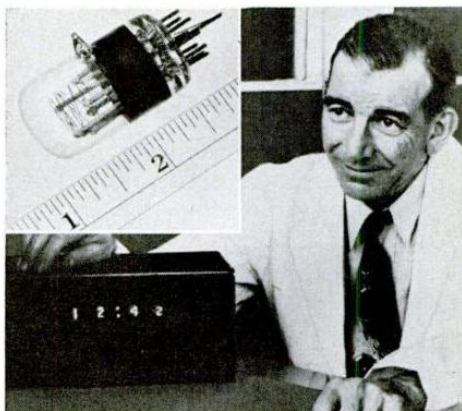
R. D. HANCOCK  
GLOW TUBE CATHODE SUPPORT  
Filed Jan. 9, 1951

2,632,128

*Fig. 1*



Obrázek 2.8: US patent 2632128



### Flashing Tubes Tell Time

NUMBERS form and change in split seconds on the filament of a new glow tube called an Inditron. The tubes can show the time on dialless clocks (above), flash wins on scoreboards or show data fed to tabulating machines. National Union Radio makes them.

SEPTEMBER 1954 143

Obrázek 2.9: Článek z novin z roku 1954



# Kapitola 3

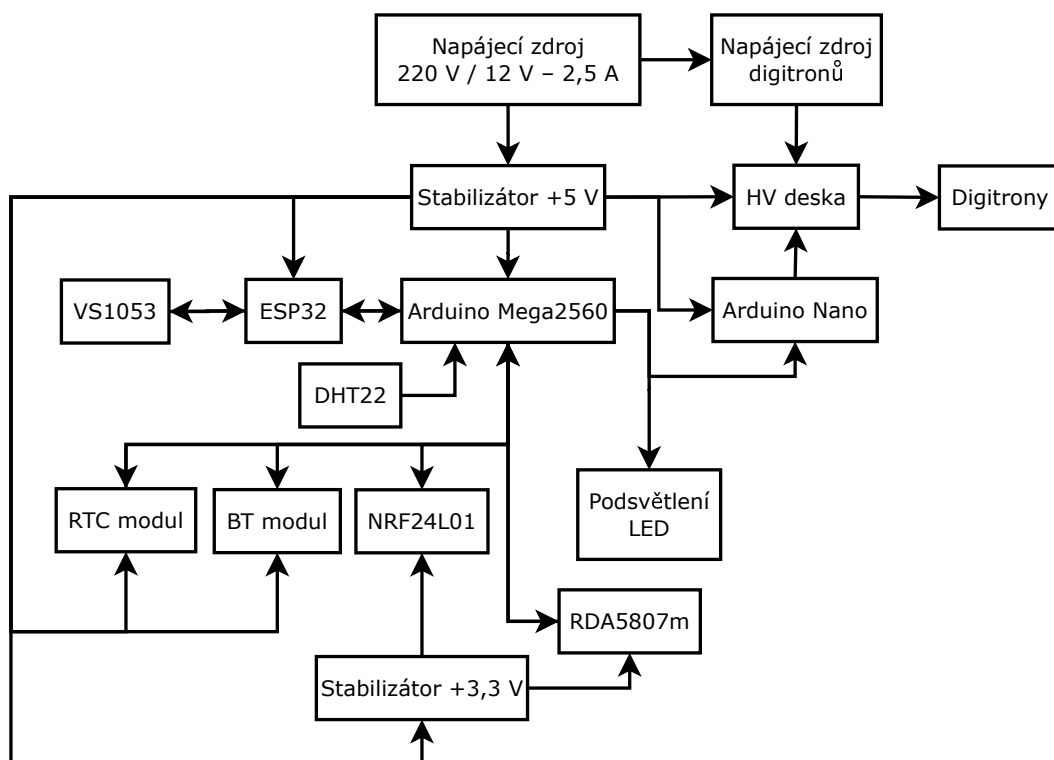
## Popis HW

V krátkém úvodu této kapitoly jsou rozepsány jednotlivé funkce, které hodiny obsahují. Jedná se o měření teploty a vlhkosti nejen v místnosti, ale díky bezdrátové komunikaci lze zobrazovat teplotu, vlhkost a barometrický tlak přes externí modul buď v jiné místnosti anebo i venku. Kromě zobrazení času a data lze nastavit alarm na buzení. Také lze hodiny ovládat přes softwarové uživatelské rozhraní, a to nejen aplikací napsanou pro zařízení s operačním systémem Android, ale rovněž přes webový interface sestavený na wifi serveru, což umožní hodiny řídit přes jakékoliv zařízení jako je PC, notebook či zařízení se systémy od Applu. Uživatel může poslouchat běžné stanice díky rádiovému FM modulu. I když jsou hodiny situované do retro stylu, mají pokročilé vlastnosti napodobující moderní IoT zařízení, které se momentálně dostávají hojně na trh.

Nyní k celkovému zapojení. Pro digitronové hodiny kromě digitronů, které se již nevyrábí (byly zakoupeny na elektroburze), byly vybrány moderní součástky a komponenty. Je tu hlavně řeč o mikroprocesorech z řady ATMEGA od Atmelu a ESP32 od Espressif Systems. Pro hodiny byly použity dvě produktové řady, a to Atmega328 a Atmega2560. Atmega328 se stará o multiplexovou logiku a zpracování přijatých informací, které zobrazuje na digitrony. Je propojena s druhým mikroprocesorem Atmega2560 pomocí sériového rozhraní, takže v podstatě můžeme mluvit o vytvoření samotné komponenty dispeje.

Dále je Atmega328 propojena na vysokonapěťovou desku, která umožňuje díky multiplexu z Atmegy328, obvodů 74141 a vysokonapěťového zdroje spínat a žhavit jednotlivé číslice v digitronech. Do Atmegy328 jsou posílána data z Atmegy2560, ke které je připojen RTC (real time clock) modul reálného času přes I2C sběrnici. Celkově stručně řečeno, Atmega2560 se stará především o senzory, podsvětlení s LED diodami, bezdrátovou ko-

munikaci aj. Pro měření vlhkosti a teploty v místnosti je připojen senzor DHT22. Hodiny komunikují přes sériový port bezdrátového modulu bluetooth HC06 a s druhým obvodem pro např. venkovní měření přes bezdrátový modul NRF24L01 po frekvenci 2,4 GHz. Venkovní obvod navíc obsahuje čidlo pro měření barometrického tlaku BMP180. V hodinách je osazen rádiový FM modul RDA5807m. Pro webový server byl použit rychlý dvoujádrový mikroprocesor ESP32, ke kterému je připojen zvukový kodekový dekodér se SD kartou, na které jsou uloženy soubory pro webový interface. Celkové zařízení je napájeno spínaným zdrojem 230 V / 12 V – 2,5 A, ze kterého je napájen stabilizátor +5 V pro téměř veškerou elektroniku, kromě vysokonapěťového zdroje, který je přímo připojen na výstup +12 V z hlavního zdroje. U určitých modulů je ještě přidán napájecí stabilizátor +3,3 V, jedná se o NRF24L01 a o RDA5807m. Na obrázku 3.1 je uvedeno blokové schéma celkového zapojení.



Obrázek 3.1: Blokové schéma celkového zapojení

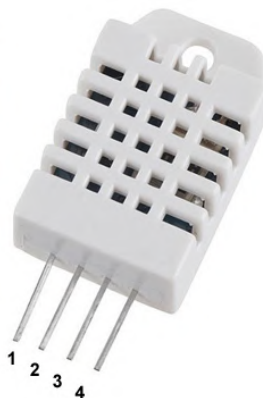
V následujícím textu budou popsány jednotlivé moduly a jejich vlastnosti. Nejdříve senzor DHT22 (viz obrázek 3.2) (také známý jako AM2302 nebo RHT03). Jedná se o digitální senzor, který měří vlhkost a teplotu. Je dražší než jeho podobný typ DHT11, který je obdobný, nicméně DHT22 je více přesnější. Je oblíben pro jednoduché připojení a také

pro snadnou implementaci k mikročipu, jak hardwarově (stačí připojit tři vodiče), tak i softwarově (pár řádků kódu), je z výroby kalibrovaný, takže už nepotřebuje zvláštní nastavování, může se rovnou připojit a začít měřit. Hodí se pro realizaci meteostanice, autonomní skleníky, termostaty apod. Následující tabulka 3.1 uvádí detailnější specifikace.

|                           |                      |
|---------------------------|----------------------|
| Napájecí napětí           | 3,3 – 6 V DC         |
| Proud při měření          | 1 – 1,5 mA           |
| Klidový proud             | 40 – 50 $\mu$ A      |
| Rozsah měření vlhkosti    | 0 – 100 % RH         |
| Přesnost měření vlhkosti  | $\pm$ 2 % RH         |
| Rozlišení měření vlhkosti | 0,1 % RH             |
| Rozsah měření teploty     | -40 – 80 °C          |
| Přesnost měření teploty   | $\pm$ 0,5 °C         |
| Rozlišení měření teploty  | 0,1 °C               |
| Perioda měření            | 2 s                  |
| Rozměry                   | 25,1 × 15,1 × 7,7 mm |
| Hmotnost                  | 3 g                  |

Tabulka 3.1: Specifikace DHT22

| DHT22 pins |      |
|------------|------|
| 1          | VCC  |
| 2          | DATA |
| 3          | NC   |
| 4          | GND  |



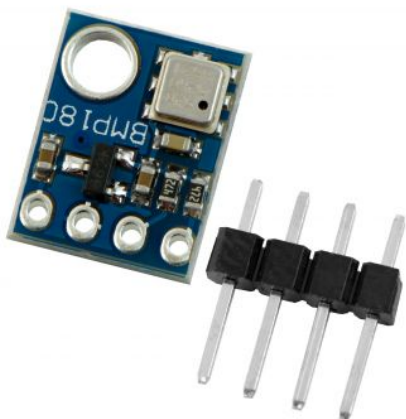
Obrázek 3.2: Senzor DHT22

Barometrický senzor BMP180 (viz obrázek 3.3) byl použit v druhém obvodu pro měření barometrického tlaku. Producentem je firma Bosch. Nejenže umožňuje měřit tlak,

ale umí měřit i teplotu, a to v rozsahu  $0 - 65\text{ }^{\circ}\text{C}$  s přesností  $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Podle výrobce je možné měřit tlak v rozsahu  $300 - 1100\text{ hPa}$ , který pak odpovídá po přepočtu nadmořské výšce  $+9000\text{ m} - -500\text{ m}$ . Přesnost je  $-4 - +2\text{ hPa}$ . Detailnější specifikace uvádí následující tabulka 3.2.

|                   |                                                          |
|-------------------|----------------------------------------------------------|
| Napájecí napětí   | 1,8 – 3,6 V DC                                           |
| Standby odběr     | $0,1\ \mu\text{A}$                                       |
| Proudový odběr    | $5\ \mu\text{A}$                                         |
| Rozlišení         | 0,06 hPa (výška 0,5 m)                                   |
| Rozsahy tlaků     | 300 – 1100 hPa (výška $-500\text{ m} - +9000\text{ m}$ ) |
| MSL 1 reakční čas | 7,5 ms                                                   |
| Rozměr            | $1,4 \times 1,2\text{ cm}$                               |

Tabulka 3.2: Specifikace BMP180



Obrázek 3.3: Senzor BMP180

Jako další v pořadí bude představen bezdrátový modul NRF24L01 (viz obrázek 3.4). Je opět velice levný a snadno dostupný. Jeho možnosti jsou přesto velké. Umí nejen komunikovat mezi dvěma konstrukčními projekty, ale zvládne připojit řádově více konstrukčních projektů či mikročipů, a vytvořit tak vlastní bezdrátovou síť. Modul má velice malou spotřebu, tudíž ho lze použít i pro napájení z baterie. Občas se vyskytuje problém s napájením, jedná se zřejmě o klonová Arduina z Číny. Tento problém lze celkem jednoduše vyřešit přidáním jednoho až dvou kondenzátorů na jeho napájení nebo použít

stabilizátor +3,3 V s filtry. V internetové diskuzi se uvádí rozdílné zapojení, a to buď jen 10  $\mu\text{F}$  nebo 100 nF a 10  $\mu\text{F}$ . Tento modul dosahuje rychlosti až 2 Mbps a vzdálenost pro komunikaci až 100 m (hraje vliv prostředí) a s mikročipem komunikuje po SPI sběrnici. Výhodou jsou malé rozměry, takže se dá implementovat do spousty věcí, hraček aj. Detailnější specifikace uvádí následující tabulka 3.3.

|                                       |                               |
|---------------------------------------|-------------------------------|
| Napájecí napětí                       | 1,9 – 3,6 V DC                |
| Proudový odběr při vysílání (0 dBm)   | 11,3 mA                       |
| Proudový odběr při příjmu (2 Mbps)    | 13,5 mA                       |
| Proudový odběr (standby)              | 26 $\mu\text{A}$              |
| Proudový odběr (powerdown)            | 900 nA                        |
| Komunikační pásmo / modulace          | 2,4 GHz ISM / GFSK            |
| Počet RF kanálů                       | 126                           |
| Programovatelný výstupní výkon        | 0, -6, -12, -18 dBm           |
| Citlivost přijímače (250 kbps)        | až -94 dBm                    |
| Rychlost zapnutí (z režimu standby)   | 130 $\mu\text{s}$             |
| Rychlost zapnutí (z režimu powerdown) | 1,5 ms                        |
| Velikost bufferu pro komunikaci       | 3 $\times$ 32 B               |
| Rozměry                               | 28 $\times$ 15 $\times$ 12 mm |
| Hmotnost                              | 5 g                           |

Tabulka 3.3: Specifikace NRF24L01



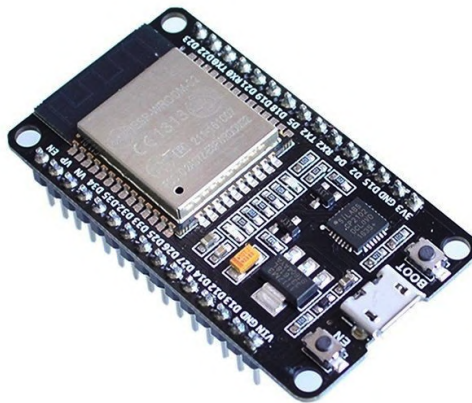
Obrázek 3.4: Bezdrátový modul NRF24L01

O mikroprocesorové desce ESP od Espressif Systems by bylo možné napsat celou kapitolu, stala se velice oblíbenou. První verze ESP01 modulu byla natolik úspěšná, že se Espressif rozhodl pokračovat dál ve vývoji. Jak šel čas, začaly se objevovat desky podobné Arduinu, tzn. se vstupy a výstupy, a staly se tak jasnou alternativou Arduina, avšak s výhodou připojení wifi. Desky pod názvem ESP8266 se staly hitem a prodalo se mnoho kusů a byly osazeny do velkého počtu zajímavých projektů. Deska prošla také různými modifikacemi, např. existuje deska s integrovaným displejem. Výhodou je nejen wifi, ale také je podstatně rychlejší, protože má 32bitový RISC mikroprocesor s taktem 80 MHz (lze ho přepnout na 160 MHz), má větší vnitřní paměť, kterou ještě lze rozdělit jako úložiště (filesystem) souborů tzv. SPIFFS.

Větší výkon poskytuje nejnovější produkt ESP32 (viz obrázek 3.5). Tento mikroprocesor už je dvoujádrový, který má frekvenci  $2 \times 160$  MHz (až  $2 \times 240$  MHz), má rychlejší wifi, a to až 150 Mbps (HT40), byl přidán bluetooth modul, který zvládá jak starší verzi 2.1/3.0, tak i novější 4.0 (Bluetooth Low Energy – BLE). Má ještě nižší příkon tzn. velice úsporný provoz, dále dovede vykonávat program i během režimu spánku. Rovněž je samozřejmostí větší operační paměť RAM do celkové velikosti až 520 kB. Vnitřní flash paměť je 4 MB. I periferie se podstatně změnila a nabízí přesnější analogově digitální převodník, více programovatelných pinů – 36, nově digitálně analogový převodník a dokonce kapacitní dotykové senzory či Hallův senzor. Obsahuje taktéž vysokorychlostní sběrnice SPI, UART, I2S a I2C.

ESP32 je tedy nejlepší mezi současnými low-cost řešeními. Má totiž dostatečný výkon, aby na něm mohl běžet i robustnější systém, jako je Micropython.

V tomto projektu byla pro jednodušší zapojování vodičů navržena a vyrobena rozšiřující deska s konektory, kam se ESP32 vloží (viz obrázek 3.6).



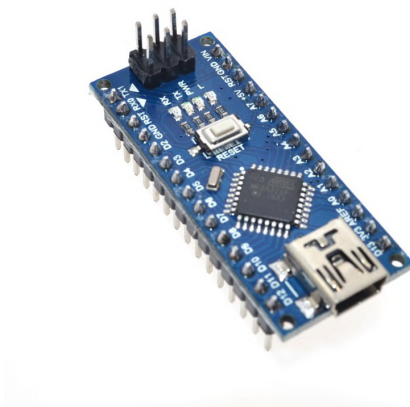
Obrázek 3.5: ESP32



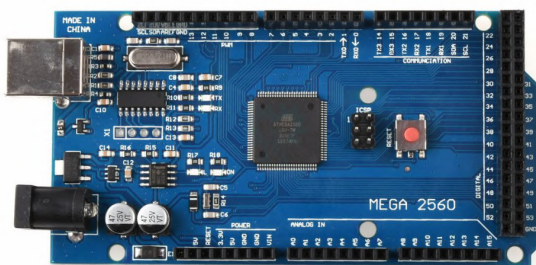
Obrázek 3.6: Rozšiřující deska pro ESP32 – vlastní výroba

Následující dvě desky jsou velmi známé, tedy budou popsány jen stručně. Arduino Nano (viz obrázek 3.7) je miniaturní destička osazená 8bitovým mikroprocesorem s mnoha piny – jsou zastoupeny analogové i digitální. Je vhodná do běžných aplikací. Arduino Mega2560 (viz obrázek 3.8) je obdobná deska, liší se velikostí operační paměti RAM, vnitřní úložné paměti a množstvím seriových portů.





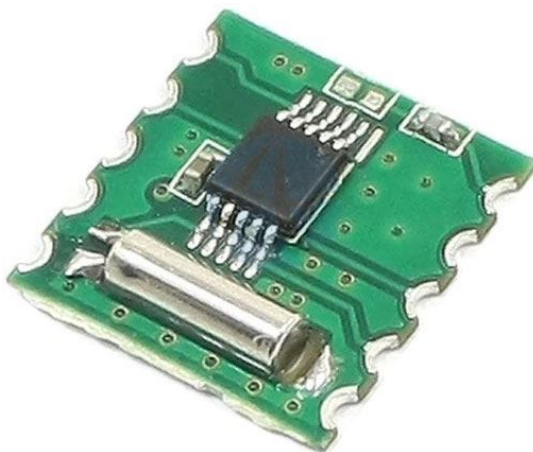
Obrázek 3.7: Arduino Nano



Obrázek 3.8: Arduino Mega2560

V projektu je dále použit radiopřijímač. Modul RDA5807m (viz obrázek 3.9) je miniaturní (pouze  $11 \times 11$  mm) kompletní DSP radiopřijímač pro FM pásmo 50 MHz – 115 MHz s nízkým příkonem. Je osazený integrovaným obvodem RDA5807m od Philipsu. Je vhodný pro digitálně ovládané rádio postavené z Arduina. Jeho cena je příznivá – jen desítky korun. Připojí se pouze dva vývody pro komunikaci přes I2C, napájení +3,3 V, výstup do zesilovače či sluchátek a krátký vodič jako anténa. Nicméně vodič jako anténu je možno použít v místech se silným radiovým signálem. Jinak je vhodnější připojit kvalitní anténu s aktivním anténním zesilovačem pro dosažení většího množství stanic. Podporuje i RDS (Radio Data System), který poskytuje informace o názvu stanice, či vysílané skladbě. Rovněž disponuje stereofonním příjmem, s možností přepnutí na mono. Zesílení

zvukového výstupu lze digitálně nastavovat. Jelikož je destička tak miniaturní a nemá žádné připojovací konektory, byla v projektu vytvořena rozšiřující deska pro jednodušší zapojení vodičů (viz obrázek 3.10).



Obrázek 3.9: RDA5807m



Obrázek 3.10: Expansion board RDA5807m – vlastní výroba

Dalším prvkem je kodekový procesor VS1053 (viz obrázek 3.11). Je schopen dekódovat různé hudební formáty, včetně zvuku Ogg Vorbis / MP3 / AAC / WMA / MIDI. Pro lepší zážitek z poslechu sluchátek zahrnuje VS1053 prostorové zpracování EarSpeaker a je samozřejmostí stereofonní výstup. Kromě toho, že je schopen dekódovat všechny hlavní formáty, je VS1053 schopen nahrávat díky mikrofonu nebo vstupu line-in do souboru v kodeku Ogg Vorbis. Díky slotu pro SD kartu na druhé straně desky je možné přehrávat zvukové soubory ze SD karty. Tato možnost byla využita pro serverovou část, kde slouží jako souborový systém pro uložené webové rozhraní běžící na ESP32. Je snadné

ho implementovat do projektu nebo vytvořit přehrávač MP3 pomocí mikrokontroléru. Lze ho použít například právě ve spojení s ESP32 pro internetové rádio (stream), a tak poslouchat stanice z celého světa. Modul komunikuje s mikroprocesorem přes rozhraní SPI. Následující tabulka 3.4 uvádí detailnější specifikace.

|                                                                       |
|-----------------------------------------------------------------------|
| Napájení +5 V DC                                                      |
| MP3 – MPEG 1 a 2 zvuková vrstva III (CBR + VBR + ABR)                 |
| MP1 a MP2 – MPEG 1 a 2 zvukové vrstvy I a II volitelné                |
| MPEG4 / 2 AAC-LC (+ PNS), HE-AAC v2 (úroveň 3) (SBR + PS)             |
| WMA4.0 / 4.1 / 7/8/9 všechny profily (5–384 kbps)                     |
| Bezeztrátový zvuk FLAC se softwarovým pluginem (až 24 bitů, 48 kHz)   |
| WAV (PCM a IMA ADPCM)                                                 |
| Obecný formát MIDI 1 / SP-MIDI 0                                      |
| Kóduje formáty z mikrofonu / řádku Ogg Vorbis se softwarovým pluginem |
| IMA ADPCM                                                             |
| 16-bit PCM                                                            |

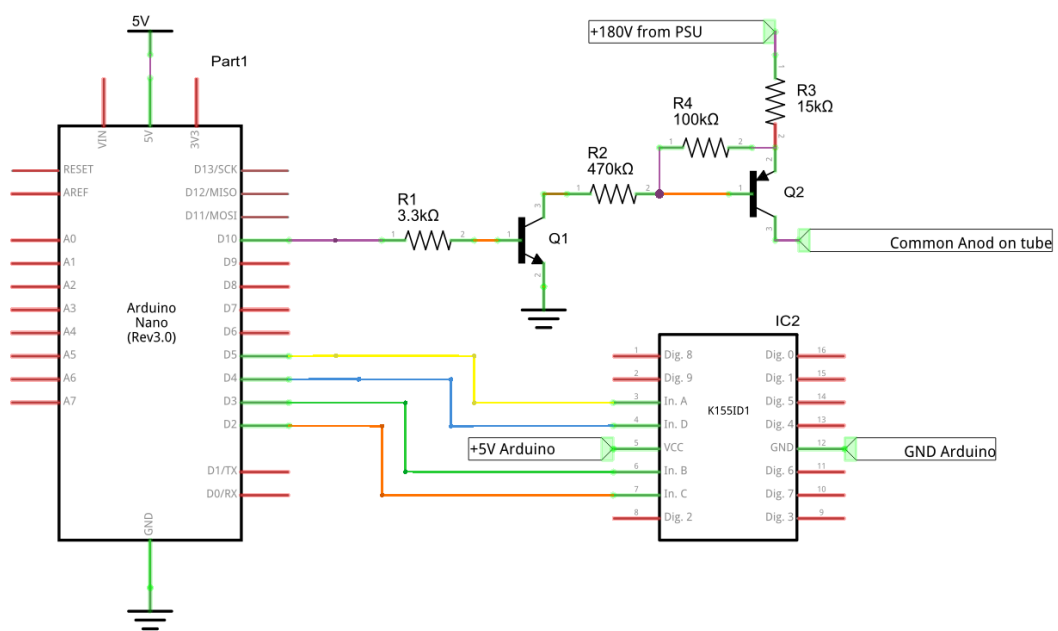
Tabulka 3.4: Specifikace VS1053



Obrázek 3.11: VS1053

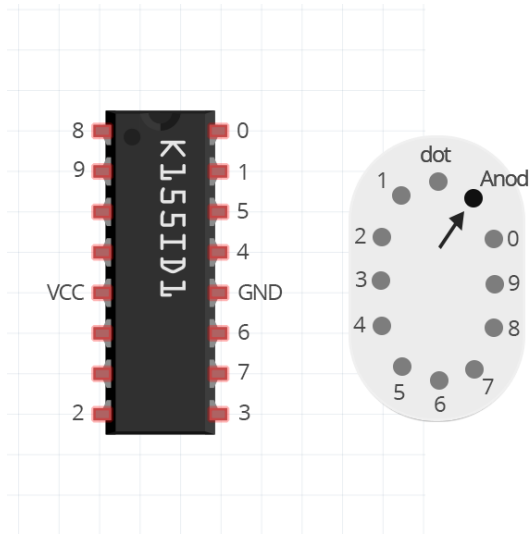
Další částí v projektu je řídicí deska pro digitrony. Prvotní myšlenka byla převzata ze serveru Codeterrific od Adama Saxena. Server již není dostupný, k informacím se lze dostat přes zálohovací službu pro web Waybackmachine. Návrh byl upraven pro účely projektu. Na desce se nachází vysokonapěťové tranzistory NPN MPSA42 a PNP MPSA92,

které spínají jednotlivé anody digitronů za pomoci výstupů z mikroprocesoru (viz obrázek 3.12). Pro řízení katod byla použita alternativa k čipu 74141 – sovětský čip K155ID1 (viz obrázek 3.13). Bylo by možné použít také čip SN74141. Tyto čipy jsou dekodéry BCD (Binary Coded Decimal) kódu na 1 z 10. Jelikož se v projektu jedná o multiplexní zapojení (viz obrázek 3.14), zapojeny jsou pouze tři vodiče pro anody a osm vodičů pro posílání BCD kódu na dva čipy, tzn. čtyři pro každý čip. Toto zapojení ušetří mnoho pinů na mikroprocesoru. Proto je tato deska velice efektivní pro řízení. Opět jsou zde použity terminálové konektory pro pohodlné připojení vodičů (viz obrázek 3.15).

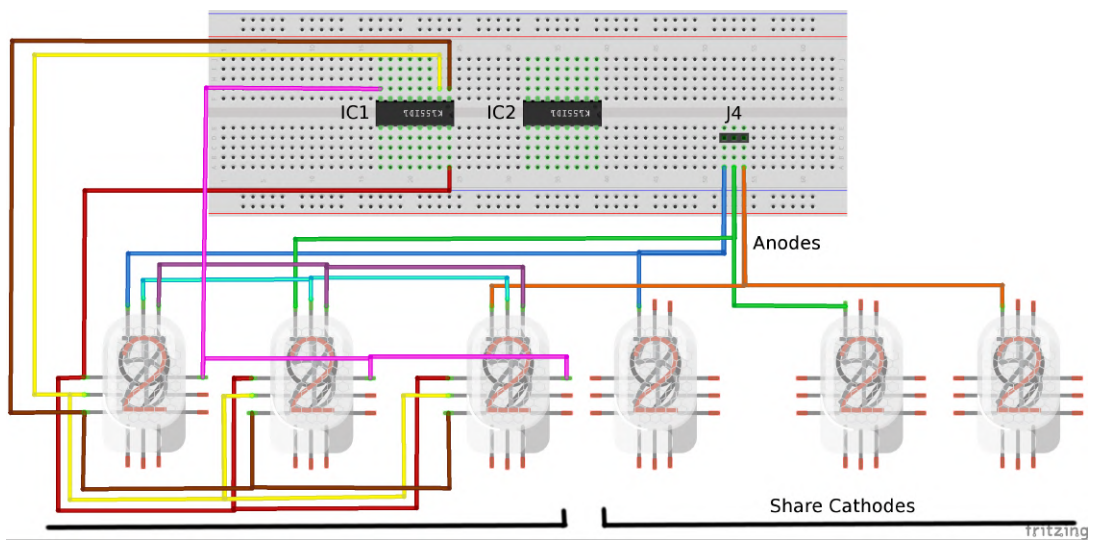


fritzing

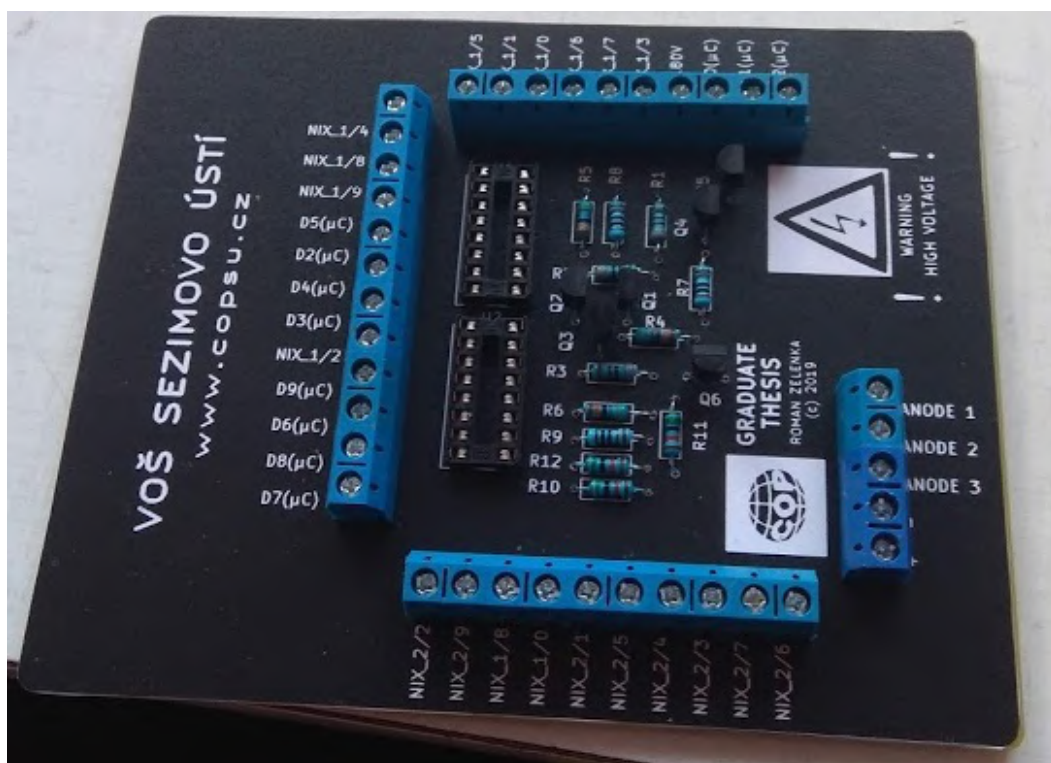
Obrázek 3.12: Schéma zapojení ovládání digitronů



Obrázek 3.13: K155ID1



Obrázek 3.14: Zapojení multiplexu



Obrázek 3.15: HV deska pro digitrony – vlastní výroba

Modul použitý pro bluetooth konektivitu je HC-06 (viz obrázek 3.16). Umožňuje přijímat i posílat data v TTL (Transistor-Transistor-Logic). Modul je ve verzi 2.0 a komunikuje s mikročipem pomocí sériové linky RS-232 s výchozí rychlostí 9600 baudů. Jeho dosah je omezen pouze na maximální dosah 10 m, a to díky jeho integrované anténě. Proudový odběr je 2 mA při +5 V, při komunikaci se odběr zvýší na 40 mA. Modul je miniaturní, má pouze  $37 \times 15$  mm. Napájecí rozmezí je +3,3 V – 6 V DC. Má jednoduchou implementaci, nevyžaduje úpravu napěťových úrovní komunikačního rozhraní. Má pouze pět pinů: VCC, GND, TX, RX, STATE. VCC a GND slouží pro napájení modulu, TX a RX pro komunikaci. Pátý pin STATE je důležitý pro jeho logickou úroveň. Jestliže je výstup z pinu log. 0, je zařízení od modulu odpojené, pokud je log. 1, zařízení je připojené. Lze tak monitorovat stav připojení. Toto řešení je použito v tomto projektu k ošetření možných chybových stavů mezi Android aplikací a firmwarem v ATmega2560. V následující tabulce 3.5 je uvedena specifikace modulu.



|                          |                                               |
|--------------------------|-----------------------------------------------|
| Vstupní napětí:          | +3,3–6 V DC                                   |
| Proudový odběr           | 40 mA                                         |
| Napěťové úrovně rozhraní | +3,3 V                                        |
| Bluetooth version        | V2.0+EDR                                      |
| Default Baud Rate        | 9600, 8, 1, n                                 |
| Anténa                   | integrovaná                                   |
| Citlivost                | -85 dBm                                       |
| Bezdrátový dosah         | přibližně 10 m                                |
| LED indikace             | bliká – nespárováno, svítí trvale – spárováno |
| Kompatibilní s bluetooth | master moduly nebo master-slave moduly        |
| Rozměry:                 | 37 × 15 × 7 mm                                |
| Hmotnost:                | 5 g                                           |

Tabulka 3.5: Specifikace HC-06



Obrázek 3.16: Bluetooth HC-06

Jako poslední zbývá podsvětlení. Pro digitrony byly použité obyčejné 5 mm RGB LED diody (viz obrázek 3.17) koupené na eBayi. Mají společnou anodu a každá barva je spínána univerzálním NPN tranzistorem 2N3904. Jelikož je na vstup každé barvy zapojeno šest diod, každá odebírá přibližně 20 mA a výstup Arduina je maximálně schopen



spínat 40 mA, tak je nutné použít tranzistor. Pro podsvětlení spodní části hodin byl zvolen moderní čip WS2812b (viz obrázek 3.18). Každá dioda má adresovatelný vstup, tzn. i v sériovém zapojení lze nezávisle ovládat jednotlivé diody, ať už se jedná o spínání nebo změnu barvy.



Obrázek 3.17: RGB LED 5 mm



Obrázek 3.18: WS2812b

# Kapitola 4

## Softwarová realizace

Zařízení vzniklé v rámci projektu obsahuje prvky IoT (Internet of Things), moderní senzory a moduly, tedy je vhodné, aby obsahovalo ovládací a komunikující software. Na trhu existuje spousta platforem, volba nejlepší není jednoznačná. Výhodou by byla univerzálnost: připojení k tabletu či počítači s operačním systémem (dále jen OS) Windows od Microsoftu, či open source OS Linux, k počítačům Apple s macOS, telefonům Apple s iOS, či telefonům s OS Android.

V prvotní myšlence byla zastoupena pouze platforma Android, až posléze bylo rozhodnuto naprogramovat univerzální uživatelské prostředí i pro ostatní platformy. Pro zařízení se systémem Android byla napsána samostatná aplikace v Javě v Android Studiu. Pro zajímavý vzhled zařízení byla vytvořena pokročilejší grafika, která je popsána v následujících odstavcích.

Po úvodní uvítací obrazovce (viz obrázek 4.2) se zobrazí obrazovka konfiguruující připojení k modulu bluetooth (viz obrázek 4.3). Tlačítko menu je zablokované do té doby, než se zařízení s OS Androidem spáruje s modulem HC-06. Poté lze kliknout na menu a dostat se tak do hlavní nabídky. Logika komunikace mezi aplikacemi musela být vytvořena synchronně, protože ve firmwaru Arduina (byla použita knihovna od Adama Saxena NixieAS) není umožněno běžným způsobem zobrazit trvale číslice. Proto byl použit cyklus *for* pro nekonečnou smyčku. Navzdory tomu vzniká problém v samotném běhu programu, jelikož by se program opakoval v určité části do nekonečna. Proto bylo vytvořeno jednoduché menu obsahující několik submenu, právě řešeno cyklem *for* a přerušení příkazem *break*. Z telefonu po kliknutí na ikonku v menu je poslán příkaz přes bluetooth, mikroprocesor tento příkaz zpracuje, a dostane se tak do určité části menu. Další situace, kte-

rou bylo třeba ošetřit, byla přerušena komunikace mezi zařízeními. Jelikož by se mohlo stát, že bluetooth modul ztratí konektivitu např. s telefonem, hodiny zůstanou v nekonečné smyčce v nějaké části menu, či submenu. Modul HC-06 je natolik sofistikovaný, že s touto situací počítá a má pro to zvláštní výstupní pin. Jestliže modul je připojen, je na výstupu log. 1, jestliže připojení ztratí, má výstup log. 0. Díky tomuto lze do menu přidat výjimku: pokud je výstup log. 1, smyčka je v nekonečném běhu, při log. 0 nastává přerušení příkazem *brake*, a tak se dostanou hodiny do výchozího stavu. To samé bylo ošetřeno i v samotné Android aplikaci: jestliže se konektivita přeruší, aplikace se vrátí zpět na obrazovku připojení (viz obrázek 4.3) a samozřejmě tlačítko menu je opět zablokované a bude se čekat na opětovné připojení k modulu. Tímto byla vyřešena logika a možné chybové stavy.

V menu jsou funkce pro nastavení hodin a data, alarmu, nastavení podsvětlení pro jednotlivé sekce, ovládání FM rádia, čtení hodnot ze senzorů. Obsahuje ale i další ikonky pro funkce, jako je časové ovládání relé (viz obrázek 4.11), internetové rádio, nebo multi-mediální zvukový přehrávač. Tyto funkce jsou pouze připravené, zatím nebyly realizovány. Hodiny je možné stále vylepšovat, lze přidat další funkce, či vylepšit stávající.

Na obrazovce nastavení data a času (viz obrázek 4.5) lze nastavit tyto údaje zvyšováním či snižováním hodnoty stiskem tlačítek plus a minus. Dále je zde připravené tlačítko na automatické vizuální prolévání data a času na digitronech, ale funkce zatím nebyla implementována. Po kliknutí na tlačítko se data přepošlou přes bluetooth do DS3231 modulu a čas se uloží.

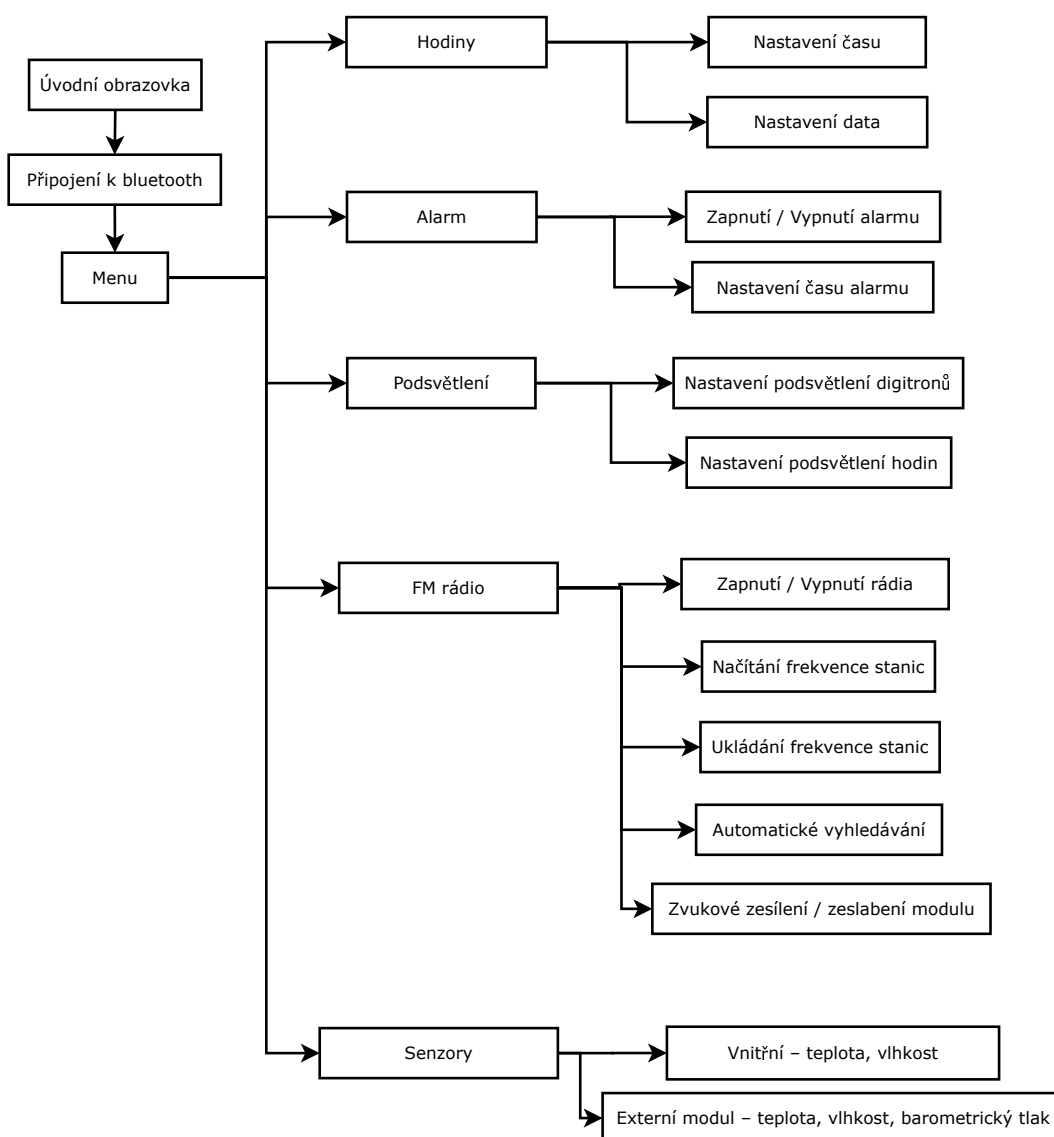
Pro nastavení alarmu je řešená logika použitím EEPROM paměti v mikroprocesoru Arduino Mega2560. Na určitém pozici v paměti se zapíše 1 pro zapnuto, nebo 0 pro vypnuto a na další pozici v paměti čas. Mikrokontrolér v základním cyklu tuto informaci kontroluje a podle vyhodnocení zapíná alarm.

Na obrázcích 4.7 a 4.8 je vidět obrazovka pro výběr typu podsvětlení. Uživatel si může vybrat z podsvětlení digitronů, nebo podsvícení spodní části hodin. Je použita RGB paleta, kde se vybere příslušná barva a tlačítkem SET se potvrdí. Tlačítkem SAVE se uloží do paměti EEPROM v mikroprocesoru pro uložení zvolené barvy. Po zapnutí hodin program automaticky nastaví příslušnou barvu.

Na obrazovce pro řízení FM modulu (viz obrázek 4.9) jsou tlačítka pro zapínání a vypínání rádia, kde je buď manuální vyhledávání stanice, nebo se může použít i automatické vyhledávání. Lze nastavovat i hlasitost modulu a je naprogramovaná funkce

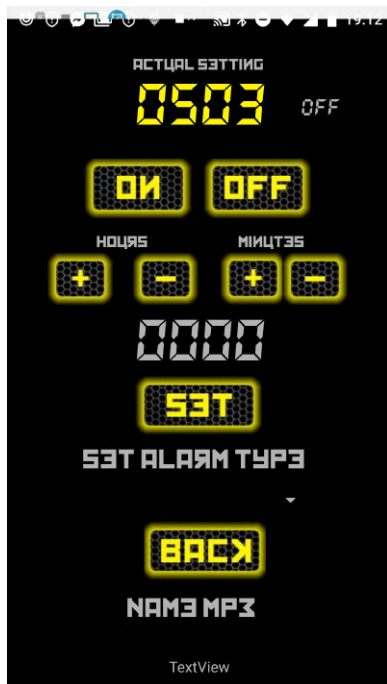
ukládání a načítání až osmi stanic, které se rovněž načítají a zapisují do paměti EEPROM v mikroprocesoru.

Na obrázku 4.10 jsou funkce pro čtení vlhkosti v místnosti, kde jsou hodiny umístěné, a v jiném prostoru. Jiným prostorem může být jiná místnost, či venkovní prostory, podle toho, kde se senzory nacházejí. Modul NRF24l01 bezdrátově přenáší data z externí desky Arduina Nano, na které je napojen senzor DHT22 a barometrický senzor BMP180. Na následujícím obrázku 4.1 jsou blokově znázorněny jednotlivé implementované funkce aplikace.



Obrázek 4.1: Funkce Android aplikace





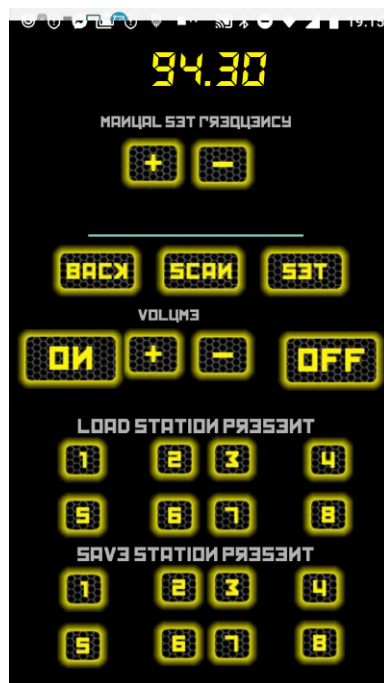
Obrázek 4.6: Nastavení alarmu



Obrázek 4.7: Výběr typu podsvětlení



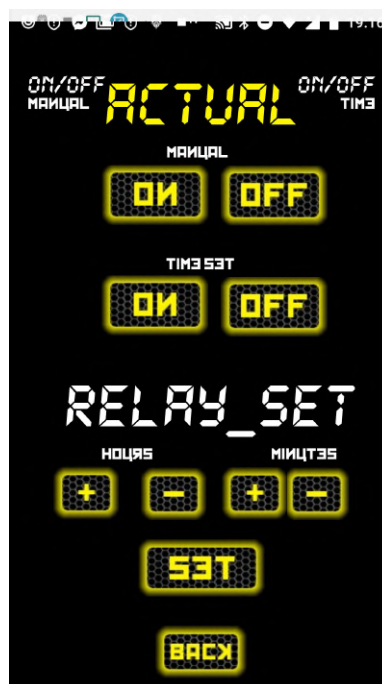
Obrázek 4.8: Nastavení podsvětlení



Obrázek 4.9: Ovládání FM rádia



Obrázek 4.10: Zobrazení hodnot ze senzorů



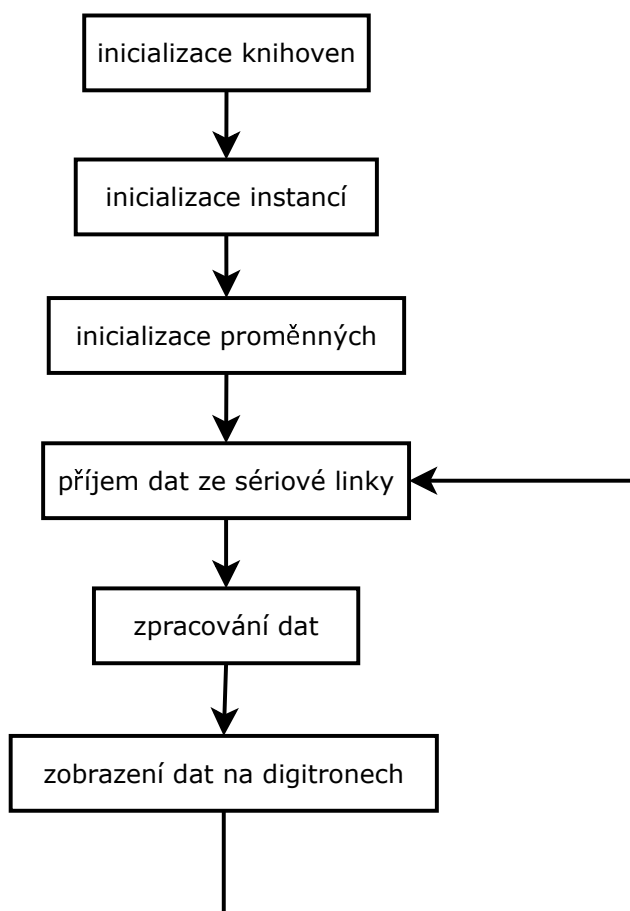
Obrázek 4.11: Ovládání relé

Nyní bude popsána serverová část softwaru. Tuto část ovládá mikroprocesor ESP32. K desce s mikroprocesorem ESP32 je připojen zvukový modul VS1053 se SD slotem pro kartu. Na kartě je uloženo kompletní webové rozhraní napsané v HTML, CSS a JavaScriptu. Funkce jsou víceméně podobné těm, které obsahuje aplikace pro Android. Liší se pouze v komunikaci, která spočívá v posílání tzv. HTTP requestu v JavaScriptu. Je to forma hypertextového linku, který se nezobrazuje v kolonce webové adresy v prohlížeči, ale provádí se na pozadí prohlížeče. Po vyvolané události, např. kliknutí na tlačítko na webové stránce, se odešle příkaz z webového prohlížeče, který mikroprocesor zpracuje a vyvolá provedení funkce na jeho straně. Příkaz buď nastavuje funkce mikroprocesoru, nebo odesílá data zpět, a ty se následně zobrazují na webové stránce.

Za zmínku stojí nastavení samotného připojení wifi. ESP32 nabízí dva režimy. Buď se nastaví jako přístupový bod, nebo se nastaví jako klient. To znamená, že zařízení se může chovat autonomně, nebo se může připojit k routeru. Připojení k routeru umožní připojení k internetu, což lze dále využít např. k posлуcháání stanic z celého světa pomocí internetového rádia (funkce zatím není implementována), či k ovládání hodin z libovolného místa.

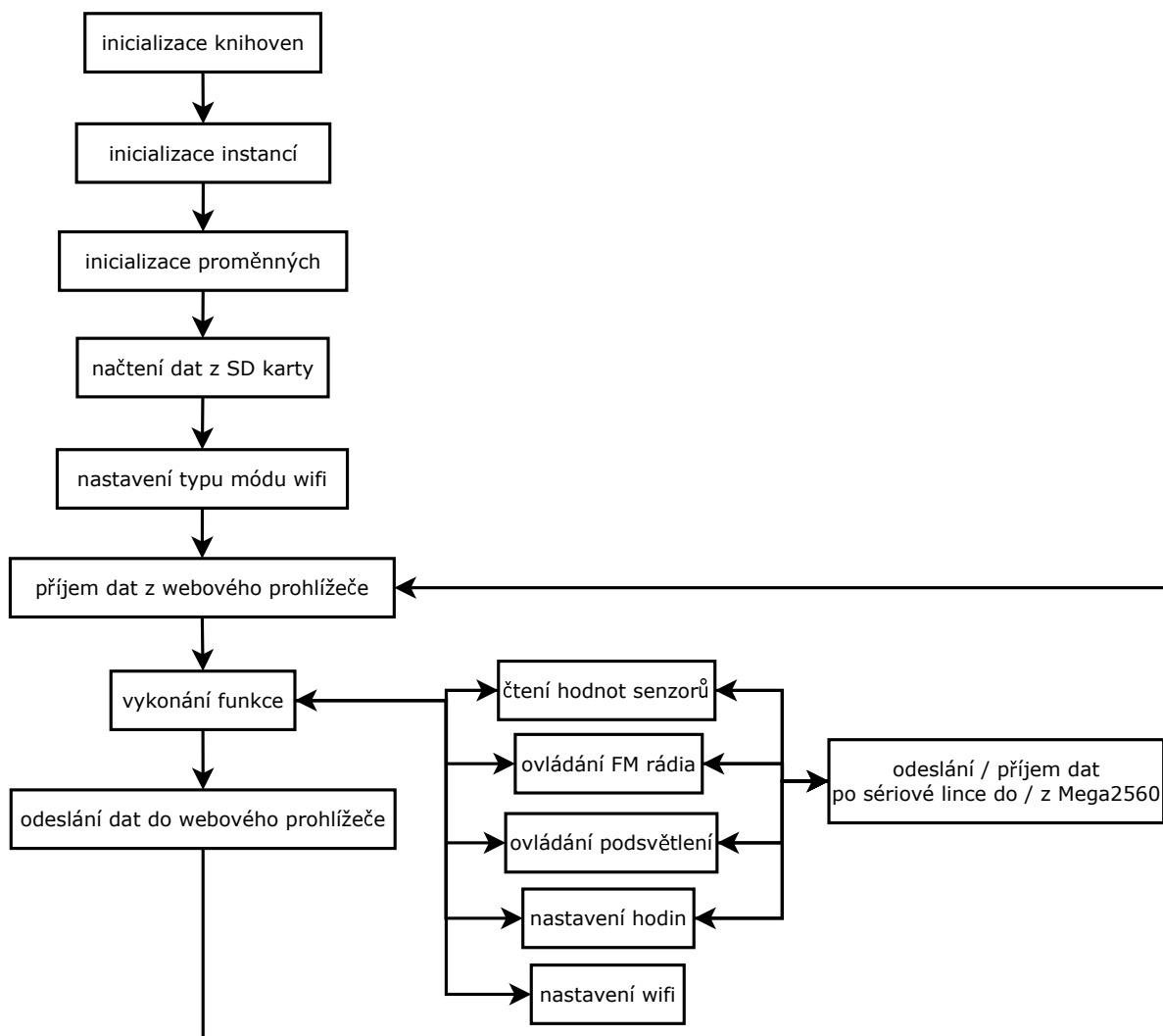
Ve webovém rozhraní se nachází sekce přímo pro nastavení připojení k routeru.

Po kliknutí na tlačítko SEARCH vyhledá všechny dostupné routery v okolí a uživatel si může vybrat a označit, ke kterému routeru se připojí. Po zadání hesla se nastavení uloží a klikne se na tlačítko pro restart zařízení. Po restartu se zařízení automaticky připojí k vybranému routeru. Na obrázku 4.15 je náhled rozhraní na PC a na obrázcích 4.16 až 4.18 jsou náhledy rozhraní na mobilním telefonu. Aplikace se automaticky přizpůsobuje nastavení velikosti obrazovky. V poslední řadě je třeba uvést, že všechny mikroprocesory: Atmega328, Atmega2560, ESP32 byly programovány v open source vývojovém softwaru Arduino IDE. Na obrázcích 4.12 až 4.14 jsou vyobrazeny vývojové diagramy pro jednotlivé firmwary mikroprocesorů.

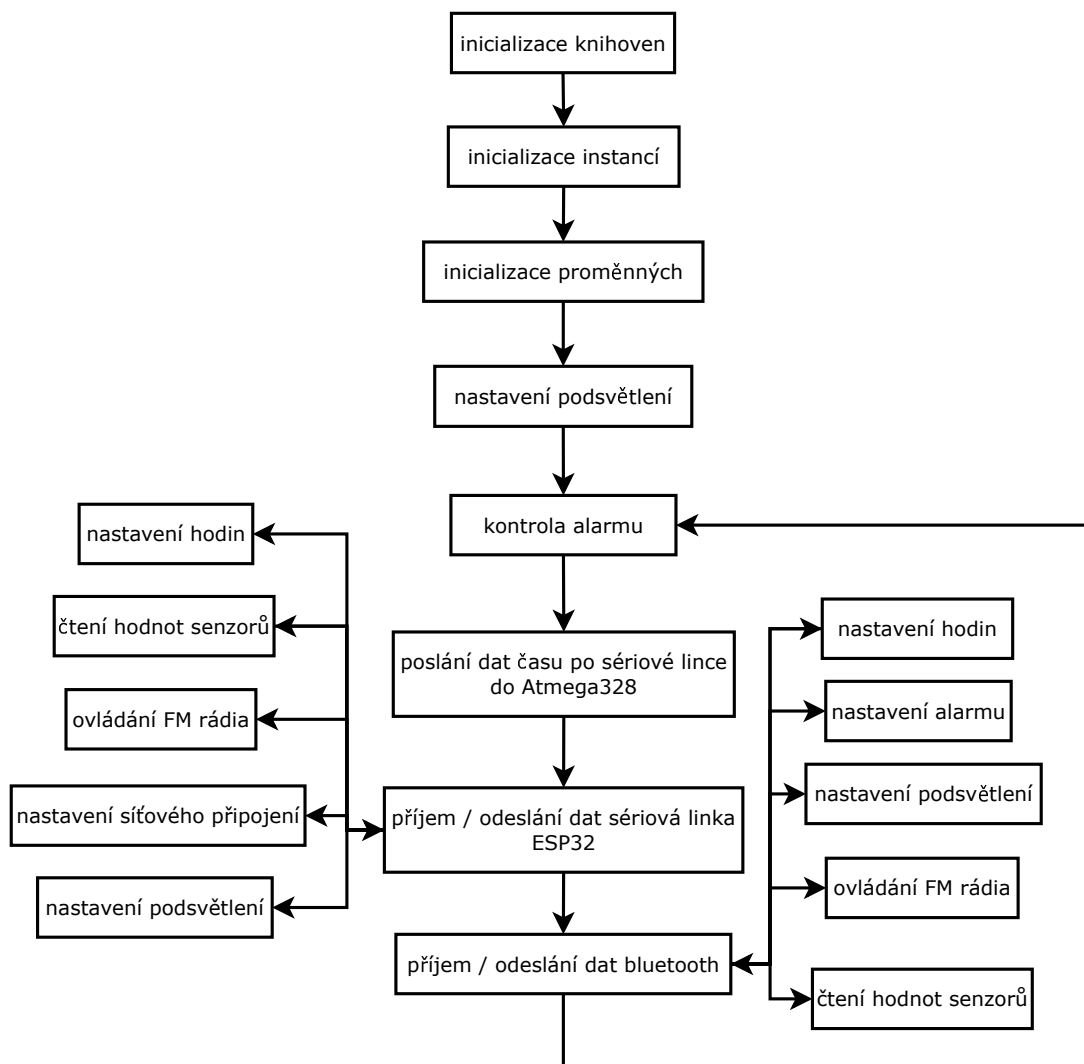


Obrázek 4.12: Vývojový diagram firmwaru Arduino Nano

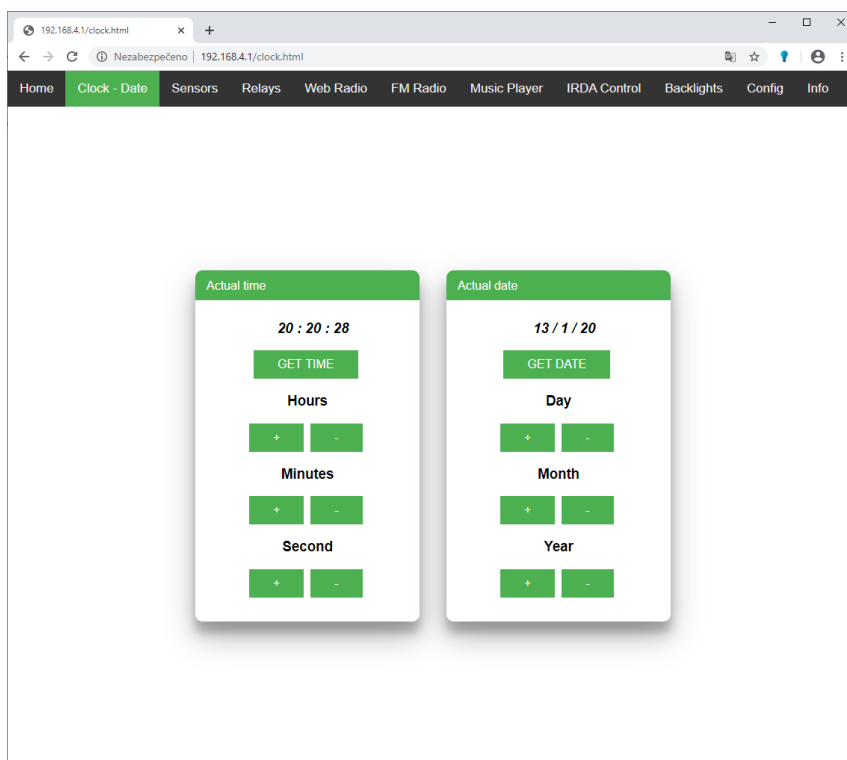




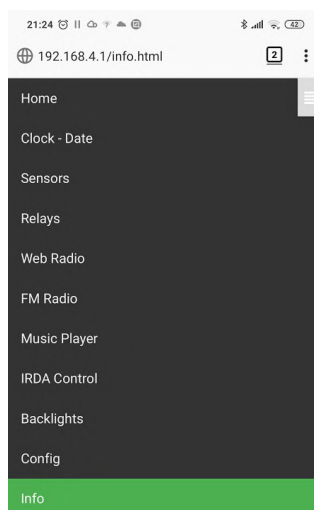
Obrázek 4.13: Vývojový diagram firmwaru ESP32



Obrázek 4.14: Vývojový diagram firmwaru Arduino Mega2560



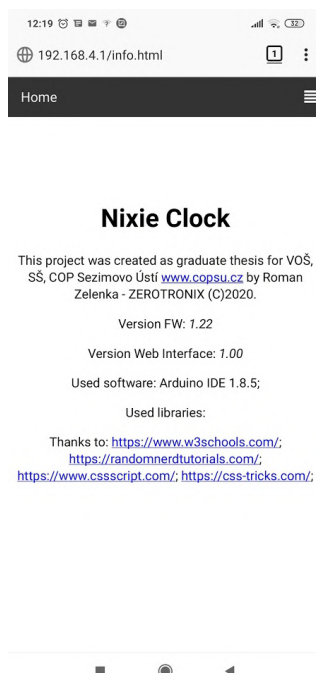
Obrázek 4.15: Uživatelské rozhraní na PC



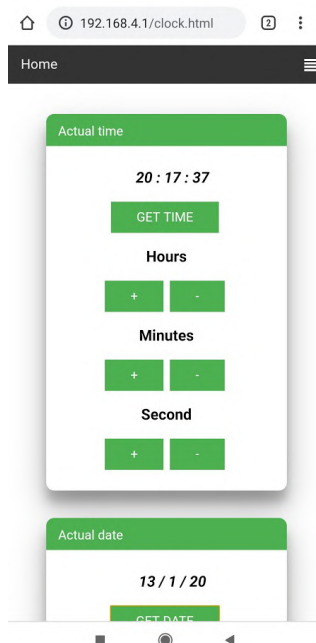
### Nixie Clock



Obrázek 4.16: Web rozhraní na mobilním telefonu – menu



Obrázek 4.17: Web rozhraní na mobilním telefonu – info

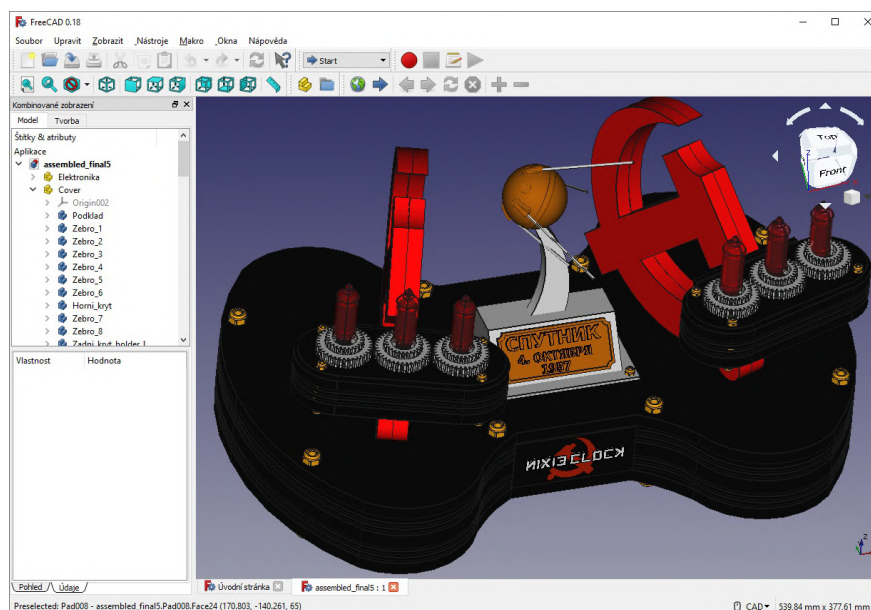


Obrázek 4.18: Web rozhraní na mobilním telefonu – nastavení hodin

# Kapitola 5

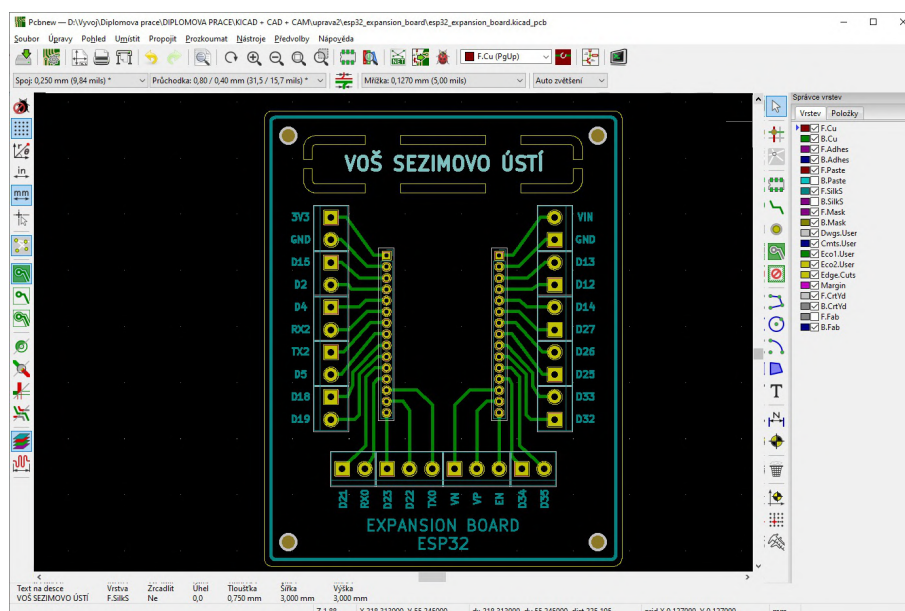
## Výrobní realizace

Nebylo jednoduché navrhnout pěkný a propracovaný design hodin. Procházení internetu nepřineslo žádnou inspiraci. Proto bylo rozhodnuto použít vlastní nápady a kreativitu. Každý nápad byl modelován v programu FreeCAD (viz obrázek 5.1). Tento nástroj je open source a obsahuje mnoho nástrojů pro modelování, včetně instalace dodatečných rozšíření, které usnadní čas a práci. Mimo jiné obsahuje také modul Path, který umožní návrh dráhy nástroje pro obrábění a poté generování kódu pro stroj. Umožňuje i export STL souborů pro použití pro 3D tiskárny, tím se tento software stává kompletním řešením pro výrobu.

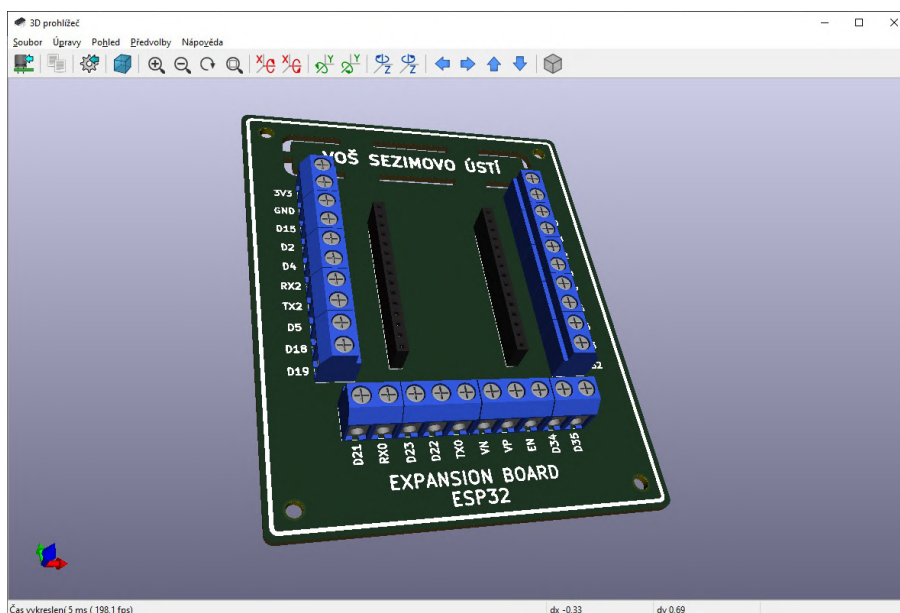


Obrázek 5.1: Software FreeCAD

Další použitý software byl KiCad (viz obrázek 5.2), který slouží pro návrh plošných spojů. Lze využít modelové 3D zobrazení (viz obrázek 5.3), což se hodí pro případnou vizualizaci a získání lepší představy, jak bude plošný spoj vypadat. I když byly objednány z Číny přes eshop eBay víceméně moduly osazené a připravené k zapojení, přesto bylo potřeba navrhnout určité části zařízení. Program je intuitivní a je jednodušší a praktičtější než hodně rozšířený Eagle, který je navíc placený. KiCad je úplně zdarma. Navíc v již zmíněném FreeCADu lze díky pluginu KiCadStepUp vytvořené plošné spoje importovat jako 3D modely, a tak např. navrhnout různé krabičky na míru. Reverzně pak lze použít FreeCAD pro modelování součástek pro implementaci v KiCadu pro 3D vizualizaci. Byla využita tato možnost a importovány modely pro přesnou vizualizaci a návrh, které pomohly při samotné výrobě jednotlivých částí zařízení.

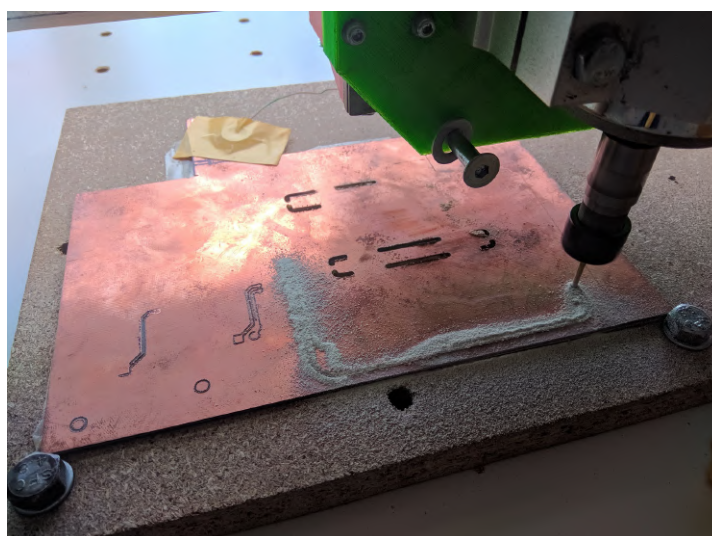


Obrázek 5.2: Software KiCad



Obrázek 5.3: Software KiCad – 3D pohled

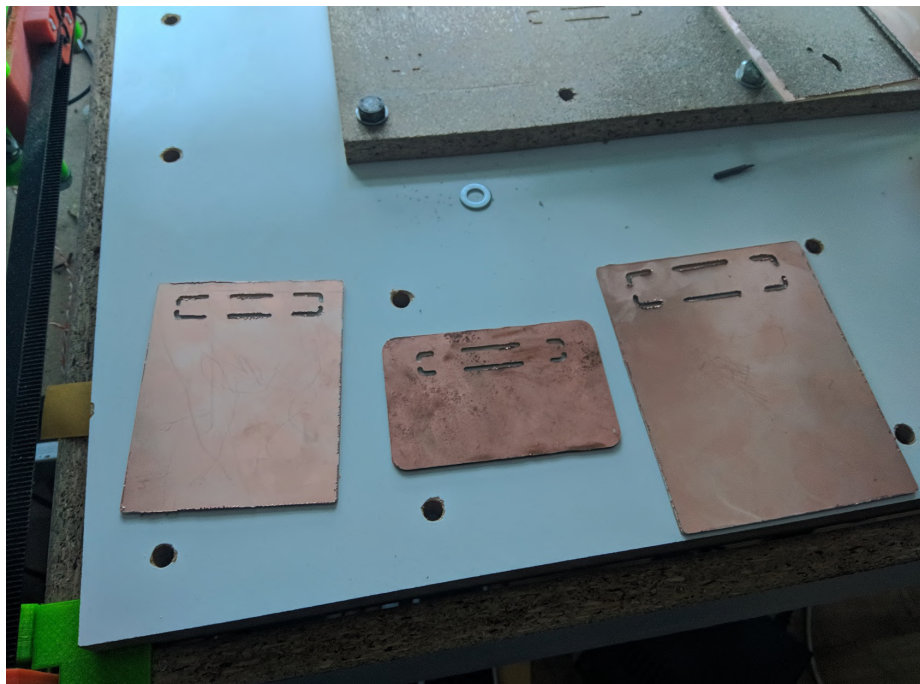
Pro samotnou výrobní realizaci byla použita zařízení: 3D tiskárna kopie Průšovy i3 a hobby open source obráběcí CNC frézka RS-CNC. Jelikož byl design navržen složitější, těžko by se vyráběl jiným způsobem. Obráběcí nástroje HSS byly objednány z Číny přes eshop eBay. I když pořizovací cena byla nízká, což zřejmě odpovídalo kvalitě, na MDF a sololit dostatečně postačily a výsledek byl uspokojivý. Na následujících obrázcích 5.4 až 5.6 je pro ilustraci vyobrazen výrobní proces jednotlivých plošných spojů.



Obrázek 5.4: Frézování plošného spoje FM rádia



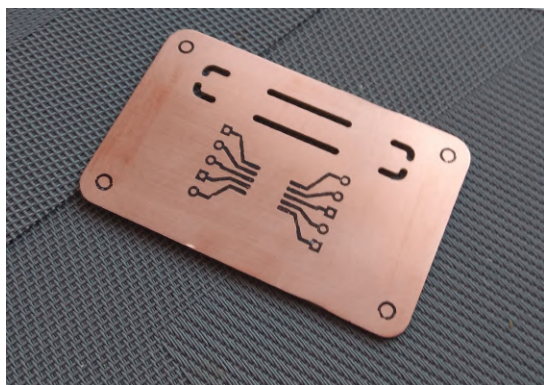
Obrázek 5.5: Frézování plošného spoje pro ESP32



Obrázek 5.6: Kompletní vyfrézované plošné spoje



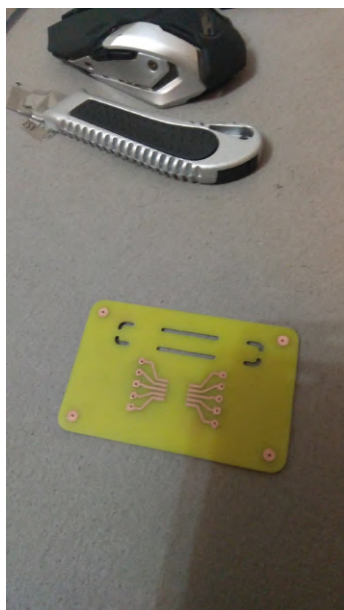
Pro výrobu cest byla použita tonerová metoda. Je rychlá a snadná, stačí pouze vlastnit tonerovou tiskárnu. Na tisk je vhodné použít lepicí barevné papíry z papírnickví, které mají vespod vrstvu lepidla. Po namočení začnou lepit, jako např. poštovní známka. Plošný spoj bylo potřeba odmastit. Přiložil se návrh na barevném papíru natisknutý na lepidlu a projel přes upravený laminovací přístroj, který díky vysoké teplotě a přítlaku válců přenesl toner na cuprexit (viz obrázky 5.7 a 5.10). Poté stačilo odmočit papír ve vodě, kde se lepidlo rozpustilo. Toner byl pak zafixovaný. Případné chyby v přenosu se mohou doupavit lihovým popisovačem na CD. Poté se může leptat v chloridu železitém (viz obrázek 5.8). Na obrázcích 5.9 a 5.11 jsou vyobrazeny vyleptané plošné spoje.



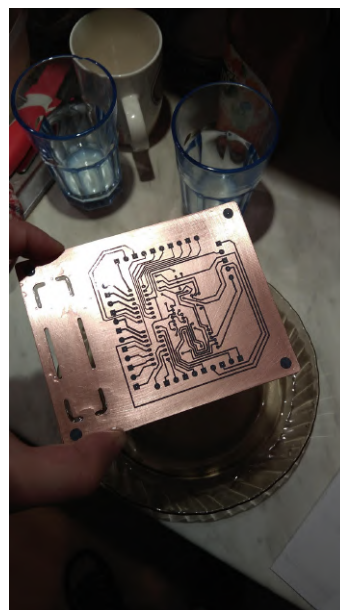
Obrázek 5.7: Přenesený toner na cuprexitu FM rádia



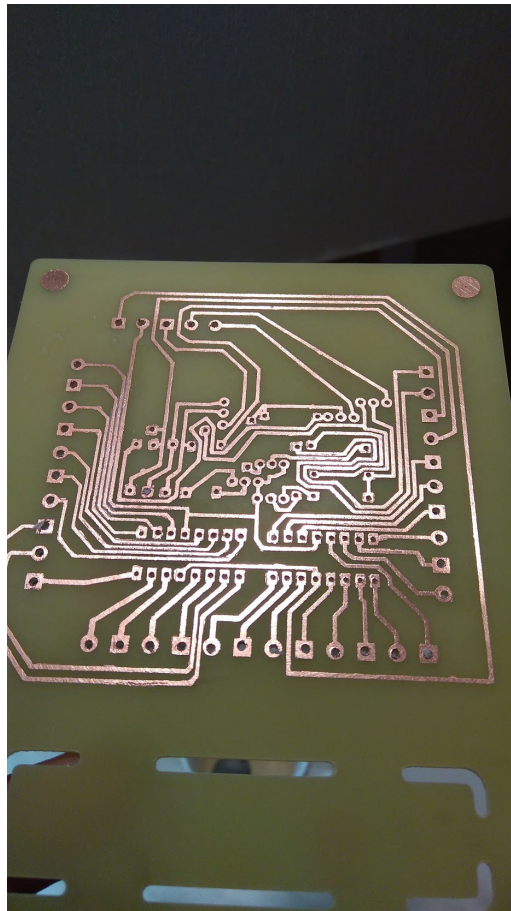
Obrázek 5.8: Leptání



Obrázek 5.9: Vyleptaný plošný spoj FM rádia

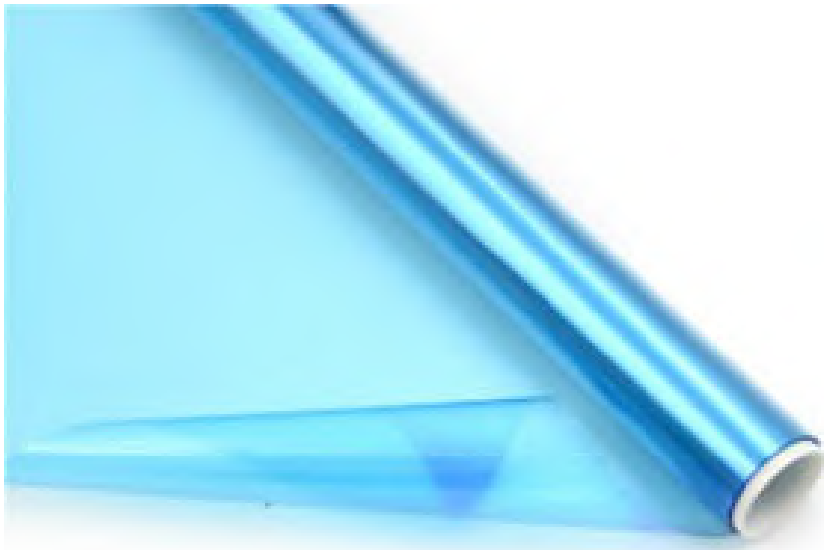


Obrázek 5.10: Přenesený toner na cuprexitu

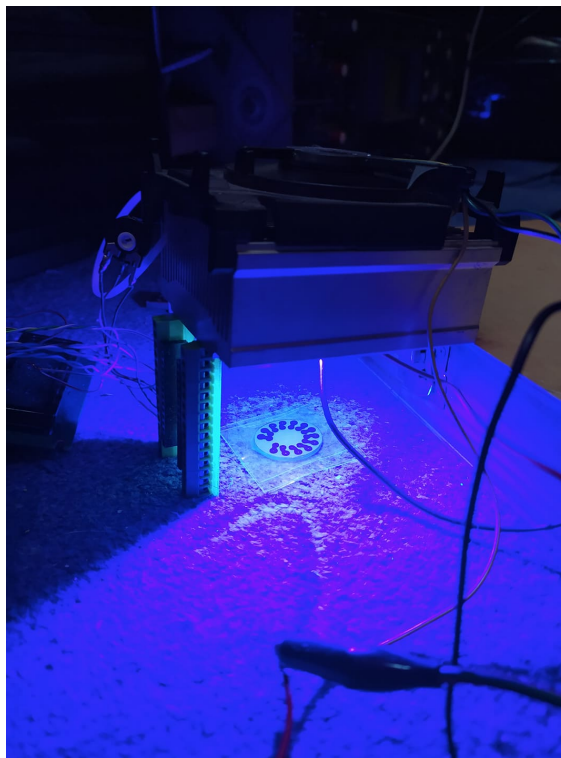


Obrázek 5.11: Vyleptaný plošný spoj vysokonapěťové desky

Nicméně při procházení serveru YouTube byla nalezena efektivnější a přesnější metoda. Jedná se o speciální fotocitlivou fólii (viz obrázek 5.12) přímo pro plošné spoje. Cena je velice příznivá – desítky korun za metr. Fólie se ustříhne podle plošného spoje, sundá se spodní průhledná ochranná fólie a přilepí se na odmaštěný cuprexit. Poté se plošný spoj projede přes laminovací přístroj kvůli fixaci. Byla vytisknuta reverzní šablona a osvětlena UV 10W LED čipem na pár minut (viz obrázek 5.13). Po osvitu byla sundána vrchní průhledná krycí fólie a uhličitán sodný (soda na praní) neosvícenou plochu vymyl. Pak následovalo leptání v chloridu železitém a nakonec omytí acetonem. Výsledek byl velmi přesný (viz obrázek 5.14).



Obrázek 5.12: Fotocitlivá fólie

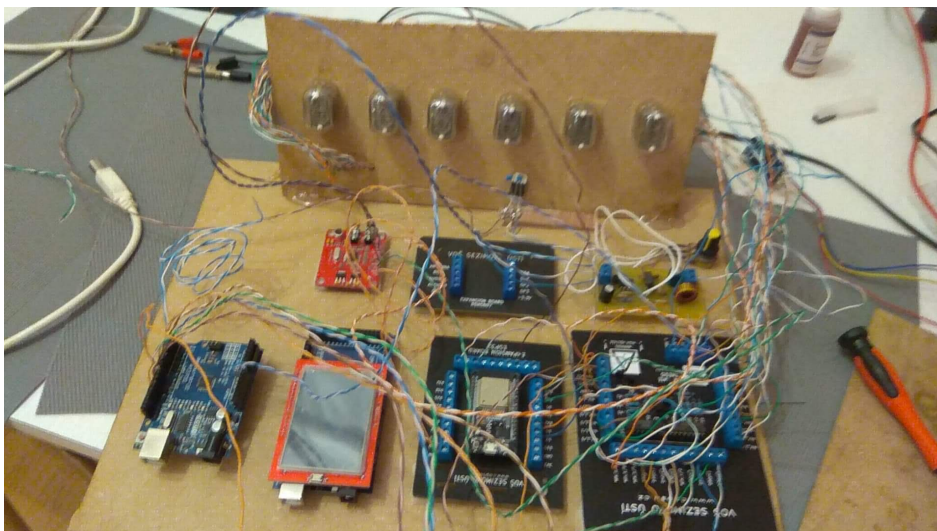


Obrázek 5.13: Osvit



Obrázek 5.14: Připravené osvětlené plošné spoje

Jelikož nebyl v této době dodělaný kompletní návrh ve FreeCADu, bylo zhotoveno provizorní zapojení pro programování a testování samotných obvodů (viz obrázek 5.15). Po propojení vodičů a důsledné kontrole následoval prvotní test digitronů (viz obrázek 5.16), pak následoval test celkového zapojení (viz obrázek 5.17).

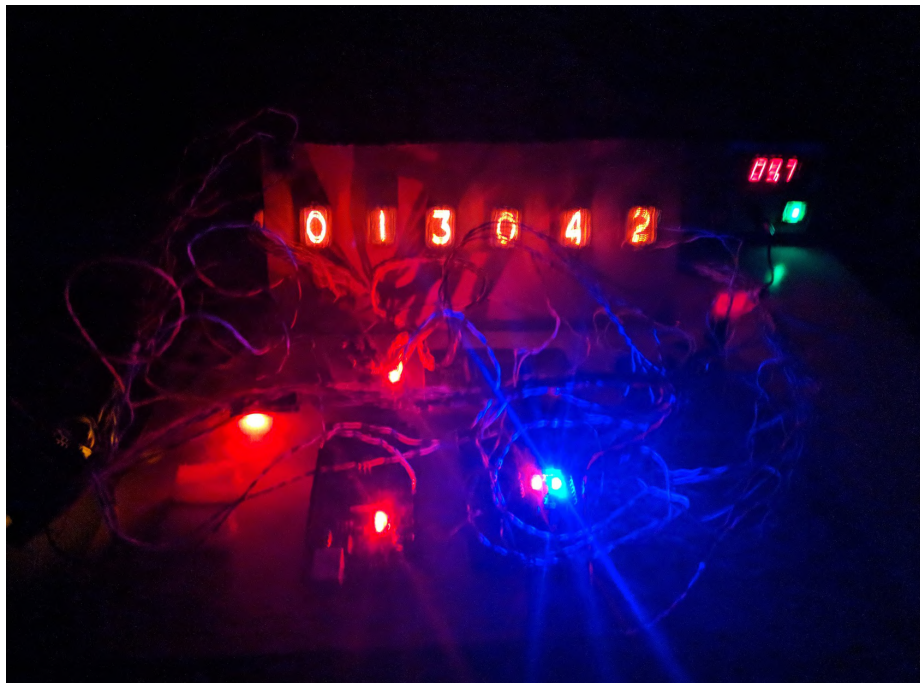


Obrázek 5.15: Testovací zapojení





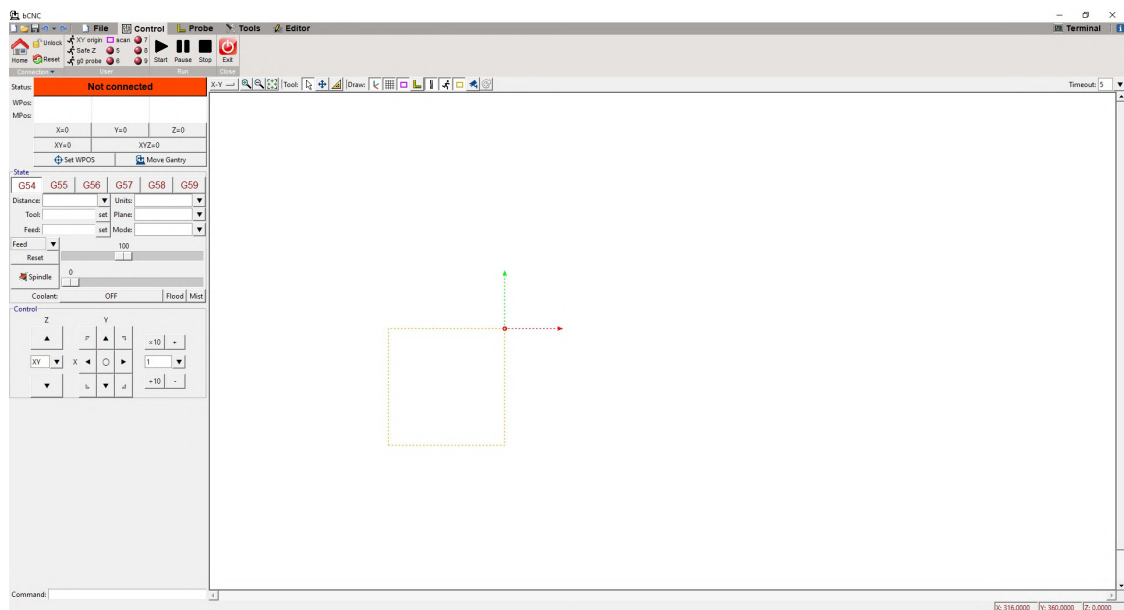
Obrázek 5.16: Test digitronů



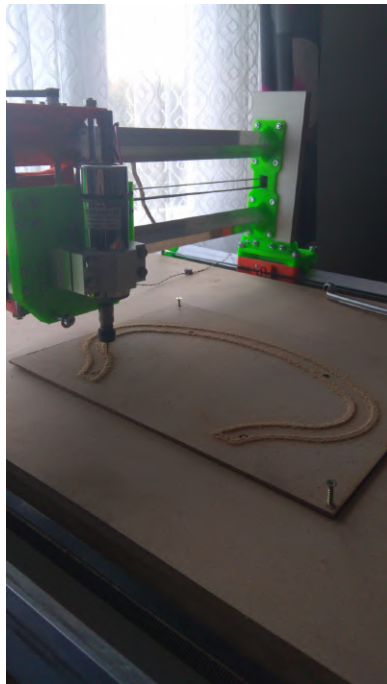
Obrázek 5.17: Test první verze zapojení

Po realizaci softwarové části byl dokončen návrh a následovalo obrobění konstrukčních

částí z MDF. Ovládací firmware frézky je open source GRBL, kde FreeCAD má přímo softwarový procesor pro generování obráběcího kódu pro tento ovládací firmware. Jako ovládací software pro ovládání samotné frézky a zpracování vygenerovaného kódu byl použit open source bCNC (viz obrázek 5.18). Tento software je přehledný a má pokročilé funkce nejen pro ovládání stroje, ale i pro možnou editaci výrobního procesu, jako např. klonování dílů a obrobení tak v jednom frézovacím procesu. Na obrázcích 5.19 až 5.22 je vyobrazen proces frézování dílů ze sololitu a MDF.



Obrázek 5.18: Software bCNC



Obrázek 5.19: Frézování žebra



Obrázek 5.20: Hotové žebro



Obrázek 5.21: Frézování spodní desky





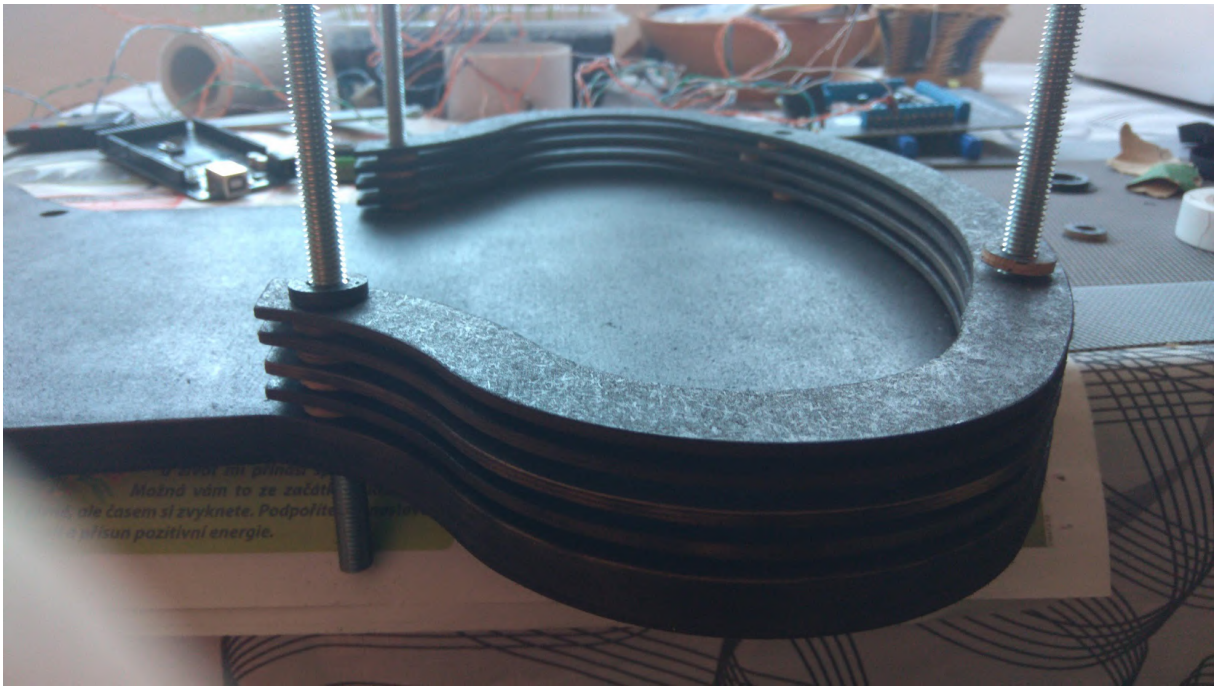
Obrázek 5.22: Hotová spodní deska

Pro natírání dílů byla zvolena akrylová barva se zvýšenou tvrdostí značky Eternal – Revital. Po natření byly díly přelakovány bezbarvým lakem na parkety (viz obrázky 5.23 a 5.24).



Obrázek 5.23: Natírání dílů



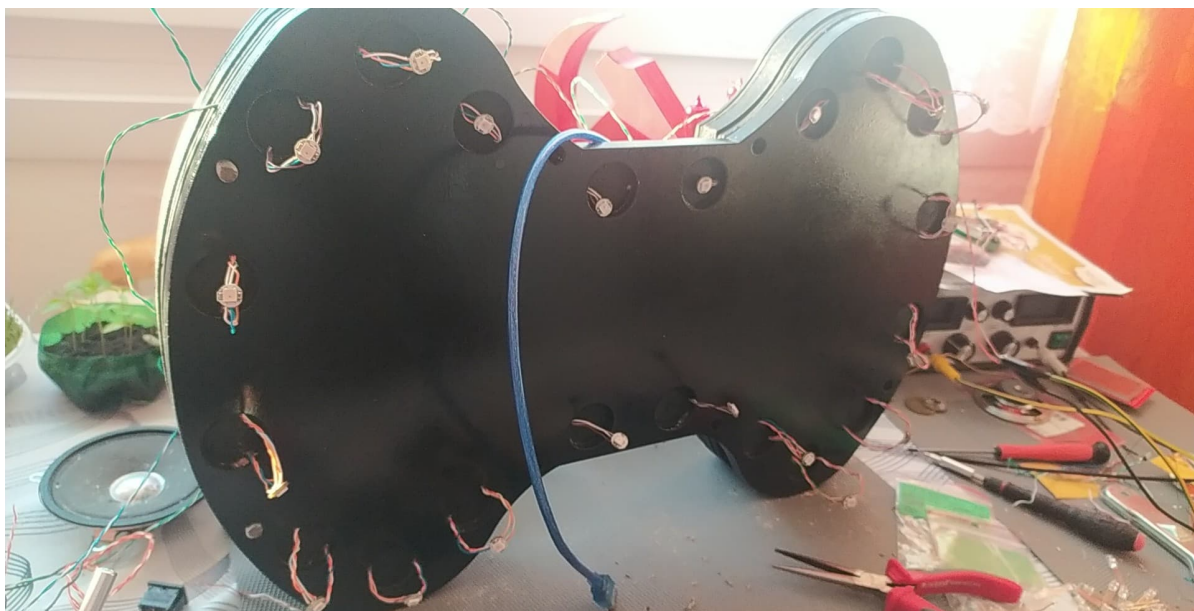


Obrázek 5.24: Detail žeber

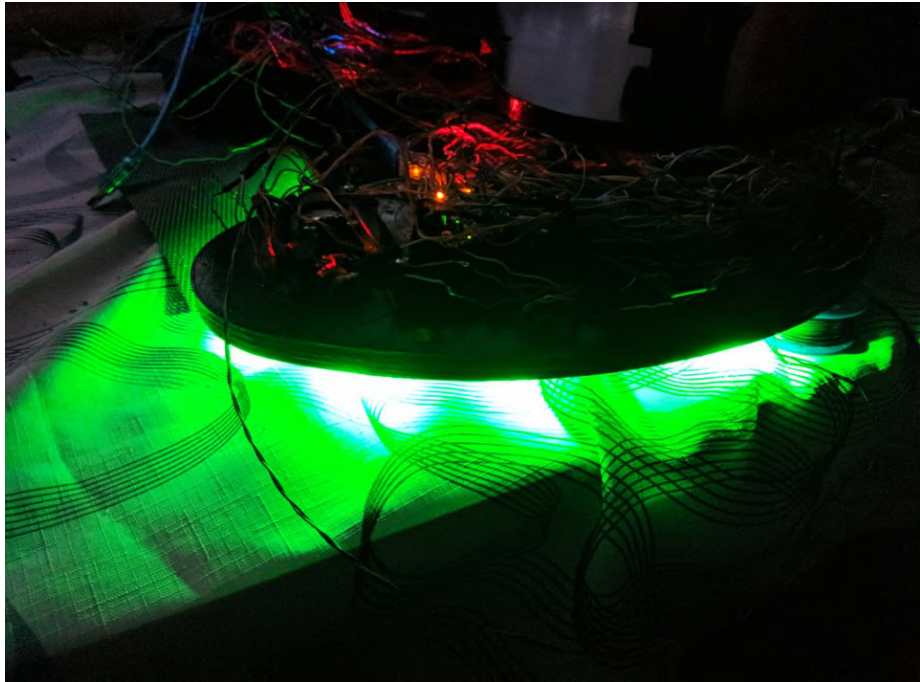
Po natření a zaschnutí dílů začala jejich kompletace a následné propojování modulů a plošných spojů vodiči (viz obrázek 5.25). Plošné spoje a moduly byly podloženy plastovými sloupky vytisknutými na 3D tiskárně a přilepeny PVA (polyvinylalkohol) lepidlem k základní MDF desce. Následovalo propojení jednotlivých RGB čipů (viz obrázek 5.26). Po zapojení proběhl krátký test (viz obrázky 5.27 a 5.28). Srp a kladivo byly použity kvůli historii, jelikož Sovětský svaz byl velkým producentem digitronů. Na obrázku 5.29 je vidět dutý profil srpu – byl použit pro vedení vodičů. Plastovým dílem, který drží samotný podstavec pro digitrony, vedou vodiče skrz znak a jsou vyvedeny provrtanou horní MDF deskou dovnitř zařízení. Znak se skládá ze dvou částí a je slepen. Je rovněž nabarvený akrylovou barvou Eternal se zvýšenou tvrdostí a přetřený bezbarvým lakem na parkety. Po zaschnutí a složení dílů zařízení se zapojily vodiče a otestovaly jednotlivé moduly a software.



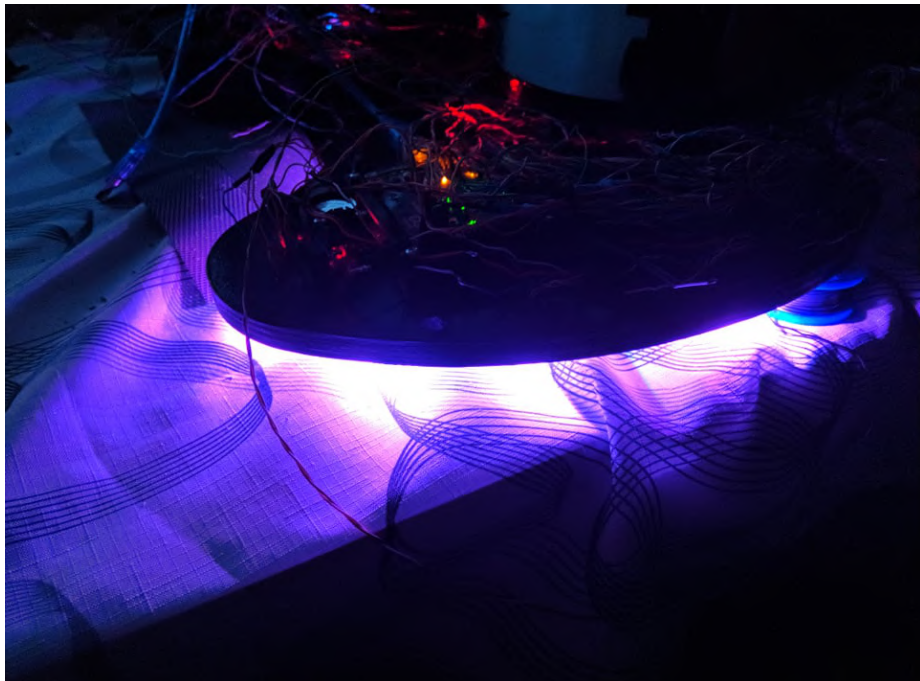
Obrázek 5.25: Rozvržení desek



Obrázek 5.26: Zapojení LED WS2812b



Obrázek 5.27: Test RGB



Obrázek 5.28: Test RGB 2





Obrázek 5.29: Detail držáku digitronů

Aby byl design opravdu unikátní, byl do zbylého prostoru zasazen památník sovětské první družice Sputnik 1 (viz obrázek 5.30). Pro prvotní pokus byl vytisknut model ze standardního filamentu, který byl natřen grafitovou vodivou pastou. Po zaschnutí byl namíchán roztok skalice modré, dále použity 2 vodiče, laboratorní zdroj pro galvanizaci a vytvoření kovového dojmu. Výsledek byl neuspokojivý, standardní filament byl vyměněn za speciální filament (viz obrázek 5.31) obsahující až 80 % mědi a 20 % termoplastu PLA. Tento materiál byl zvolen také pro pamětní desku (viz obrázek 5.32). Filament se tiskne bez problémů podle stanovených hodnot výrobce. Kvůli adhezi se doporučuje použít tvrzenou trysku. Po vytisknutí lze případný přebytečný materiál snadno očistit jehlovými pilníky, model opracovat brusnými papíry a vyleštit lešticí pastou. Je také možné použít modelářskou brusku s rotačním brusným příslušenstvím.



Obrázek 5.30: Sovětská družice Sputnik 1

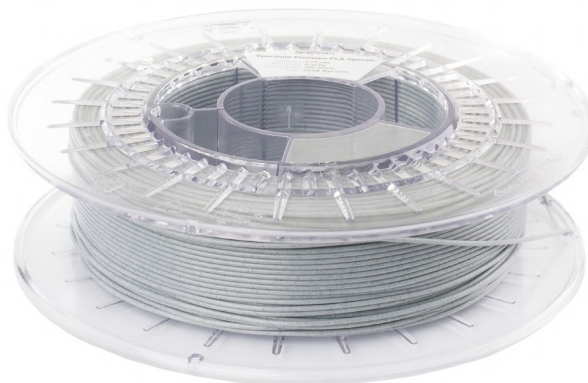


Obrázek 5.31: Filament Eco3D copper



Obrázek 5.32: Pamětní deska

Pro samotný pomník byl použit speciální filament od Spectrum Stone Age, který imituje mramor (viz obrázek 5.33). Nabídka na trhu je dnes opravdu široká, lze najít plno zajímavých materiálů, např. imitace dřeva, kovů, nebo kamene. Po kompletním sestavení byl model památníku připevněn (viz obrázek 5.34) k hodinám mosaznými šrouby a ozdobnými kloboučkovými maticemi M4. Tyto matice byly použity v rozměrech M8 a M4 také pro spojení ostatních součástí hodin.



Obrázek 5.33: Filament Spectrum Stone Age Dark



Obrázek 5.34: Sestavený památník

Na čelní část hodin bylo připevněno logo (viz obrázek 5.35), které bylo vytvořeno ze sololitové desky natřené barvami a bezbarvým lakem na parkety. 3D písmena byla zhotovena na 3D tiskárně ze standardního bílého PLA filamentu.

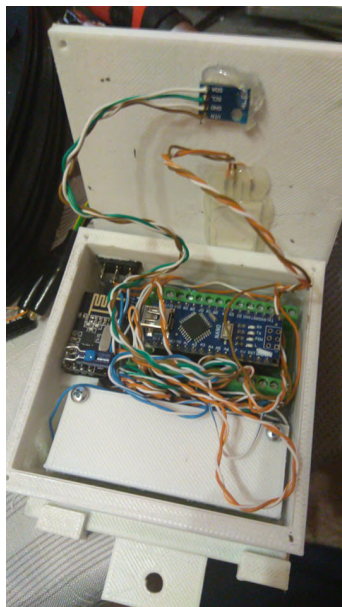


Obrázek 5.35: Přední logo

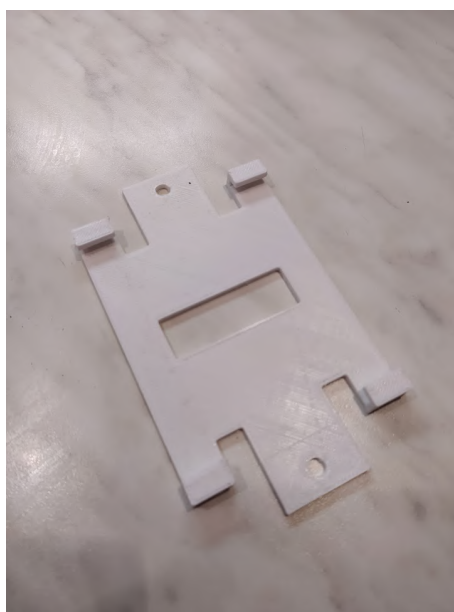
Na závěr byl druhý obvod pro bezdrátové měření vestavěn do vytištěného boxu o rozměrech 100 mm × 85 mm × 37 mm (viz obrázek 5.36), který je možno zasunout do vytištěného držáku (viz obrázek 5.37) a lze ho připevnit např. na zeď. Obvod má nabíjecí



a napájecí část s Li-Ion baterií 18650 a lze jí přes modul s integrovaným obvodem TP4056 nabíjet pomocí standardního micro USB konektoru.



Obrázek 5.36: Externí box



Obrázek 5.37: Držák externího boxu



# Kapitola 6

## Závěr

V této absolventské práci se mi podařilo zkonstruovat digitronové hodiny řízené moderními součástkami. Došlo ke splnění zadaných cílů, které na začátku práce byly stanoveny. Byla vytvořena vizualizace v CAD programech, díky které se zařízení mohlo vyrábět řízeným procesem. Zařízení bylo sestaveno, naprogramovány ovládací firmwary pro mikroprocesory, obslužný software pro Android a webový interface, vyrobené a osazené DPS. Povedlo se vymyslet originální design včetně propracované grafiky. Zařízení je rovněž připravené pro rozšíření o další funkce. Práce jako taková zabrala opravdu hodně času, trpělivosti a jak psychického, tak fyzického úsilí. Podařilo se splnit myšlenky i cíle absolventské práce. Při práci bylo dbáno rovněž na použití open source programů.



Obrázek 6.1: Finální výrobek v plném provozu

# Příloha A

## Internetové zdroje

History of the Nixie tube – [http://www.jb-electronics.de/html/elektronik/nixies/n\\_nixie\\_geschichte.htm?lang=en](http://www.jb-electronics.de/html/elektronik/nixies/n_nixie_geschichte.htm?lang=en)

Znaková výbojka – [https://cs.wikipedia.org/wiki/Znakov%C3%A1\\_v%C3%BDbojka](https://cs.wikipedia.org/wiki/Znakov%C3%A1_v%C3%BDbojka)

Digitrony - jak to vzniklo a jak se vyvíjely – <https://digitrontubes.mypage.cz/menu/digitrony-jak-to-vzniklo-a-jak>

Nixie trubice (digitron) – <http://plc-automatizace.cz/knihovna/hmi/technologie/nixie.htm>

How were Nixie Tubes made? – <https://nuvitron.com/nixie-tubes-made/>

The History of Nixie Tubes – <http://www.steampunkalchemy.com/en/nixie-tubes>

Nixie tube take-apart – <https://www.evilmadscientist.com/2007/nixie-tube-take-apart/>

Codeterrific – Nixie Clock – <https://web.archive.org/web/20170905085224/http://codeterrific.com/arduino/nixie-clock-build/>

ESP32 – WROOM – <https://www.octopuslab.cz/esp32/>

ESP32 je tu. Co přinese nástupce ESP8266? – <https://www.root.cz/clanky/esp32-je-tu-co-prinese-nastupce-esp8266/>

**Teploměr a vlhkoměr DHT11 a DHT22** – <https://navody.arduino-shop.cz/navody-k-produktum/teplotni-senzor-dht11.html>

**Užívání hodin reálného času DS1307 a DS3231 s Arduinem** – <https://arduino.cz/tutorial-uzivani-hodin-realneho-casu-ds1307-a-ds3231-s-arduinem/>

**Bluetooth modul HC-06** – <https://navody.arduino-shop.cz/navody-k-produktum/bluetooth-modul-hc-06.html>

**CSS Tutorials** – <https://css-tricks.com>

**Webpages programming tutorials** – <https://www.w3schools.com/>

**Random Nerd Tutorials Learn ESP32, ESP8266, Arduino** – <https://randomnerdtutorials.com/>

**ESP32 HTTP GET and HTTP POST with Arduino IDE** – <https://randomnerdtutorials.com/esp32-http-get-post-arduino/>

**Techtutorialsx ESP32: HTTP GET Requests** – <https://techtutorialsx.com/2017/05/19/esp32-http-get-requests/>

**jsColor Color picker** – <http://jscolor.com/examples/>

**Arduino Wireless Network with Multiple NRF24L01 Modules** – <https://howtomechatronics.com/tutorials/arduino/how-to-build-an-arduino-wireless-network-with-multiple-nrf24l01-modules/>

**FastLed Animation Library** – <http://fastled.io/>

# Příloha B

## Arduino knihovny

NixieAs library – <https://github.com/asaxen/Codeterrific/tree/master/NixieClock/sketch/NixieAS>

DHT sensor library – [https://navody.arduino-shop.cz/docs/texty/0/16/dht\\_sensor\\_library.zip](https://navody.arduino-shop.cz/docs/texty/0/16/dht_sensor_library.zip)

Adafruit sensor library– [https://github.com/adafruit/Adafruit\\_Sensor](https://github.com/adafruit/Adafruit_Sensor)

RDA5807m library – <https://github.com/mathertel/Radio>

FastLED library – <https://github.com/FastLED/FastLED>

RF24Network library – <https://github.com/nRF24/RF24Network>

ESP32 framework – [https://dl.espressif.com/dl/package\\_esp32\\_index.json](https://dl.espressif.com/dl/package_esp32_index.json)

ArduinoJson library – <https://github.com/bblanchon/ArduinoJson>

WebServer library – [https://github.com/sidey79/WebServer\\_tng](https://github.com/sidey79/WebServer_tng)

# Příloha C

## Obrázky

Obr.2.1 US patent 2142106 – [http://www.jb-electronics.de/html/elektronik/nixies/n\\_nixie\\_geschichte.htm?lang=en](http://www.jb-electronics.de/html/elektronik/nixies/n_nixie_geschichte.htm?lang=en)

Obr.2.2 Různá konstrukční provedení retro zobrazovačů – <http://www.steampunkalchemy.com/en/nixie-tubes>

Obr.2.3 Sestava jednotlivých komponent – <http://www.steampunkalchemy.com/en/nixie-tubes>

Obr.2.4 Pohled na číslice – <https://www.evilmadscientist.com/2007/nixie-tube-take-apart/>

Obr.2.5 Uspořádání číslic – <https://www.evilmadscientist.com/2007/nixie-tube-take-apart/>

Obr.2.6 US patent 2618697 – [http://www.jb-electronics.de/html/elektronik/nixies/n\\_nixie\\_geschichte.htm?lang=en](http://www.jb-electronics.de/html/elektronik/nixies/n_nixie_geschichte.htm?lang=en)

Obr.2.7 US patent 2618760 – [http://www.jb-electronics.de/html/elektronik/nixies/n\\_nixie\\_geschichte.htm?lang=en](http://www.jb-electronics.de/html/elektronik/nixies/n_nixie_geschichte.htm?lang=en)

Obr.2.8 US patent 2632128 – [http://www.jb-electronics.de/html/elektronik/nixies/n\\_nixie\\_geschichte.htm?lang=en](http://www.jb-electronics.de/html/elektronik/nixies/n_nixie_geschichte.htm?lang=en)

Obr.2.9 Článek z novin z roku 1954 – [http://www.jb-electronics.de/html/elektronik/nixies/n\\_nixie\\_geschichte.htm?lang=en](http://www.jb-electronics.de/html/elektronik/nixies/n_nixie_geschichte.htm?lang=en)

- Obr.3.2 Senzor DHT22** – [https://www.santy.cz/data/product/103\\_469.jpg](https://www.santy.cz/data/product/103_469.jpg)
- Obr.3.3 Senzor BMP180** – <https://nettigo.eu/system/images/2041/original.jpg?1486676361>
- Obr.3.4 Bezdrátový modul NRF24L01** – [https://hobbycomponents.com/2136-large\\_default/nrf24l01-24ghz-wireless-radio-transceiver-module.jpg](https://hobbycomponents.com/2136-large_default/nrf24l01-24ghz-wireless-radio-transceiver-module.jpg)
- Obr.3.5 ESP32** – [https://navody.arduino-shop.cz/images/obr\\_clanky/84\\_esp32/84\\_esp32\\_devboard.png](https://navody.arduino-shop.cz/images/obr_clanky/84_esp32/84_esp32_devboard.png)
- Obr.3.7 Arduino Nano** – <https://pest.cz/wp-content/uploads/2019/10/arduino-nano-klon-ch340-e317-3.jpg>
- Obr.3.8 Arduino Mega2560** – [https://cdn.myshoptet.com/usr/www.laskarduino.cz/user/shop/big/83-3\\_foto-4.jpg?5e463c02](https://cdn.myshoptet.com/usr/www.laskarduino.cz/user/shop/big/83-3_foto-4.jpg?5e463c02)
- Obr.3.9 RDA5807m** – <https://www.hadex.cz/img/zbozi/m501a.jpg>
- Obr.3.11 VS1053** – <https://fw.lnwfile.com/x5qc4h.jpg>
- Obr.3.12 Schéma zapojení** – <https://web.archive.org/web/20170905085224/http://codeterrific.com/arduino/nixie-clock-build/>
- Obr.3.13 K155ID1** – <https://web.archive.org/web/20170905085224/http://codeterrific.com/arduino/nixie-clock-build/>
- Obr.3.14 Zapojení multiplexu** – <https://web.archive.org/web/20170905085224/http://codeterrific.com/arduino/nixie-clock-build/>
- Obr.3.16 HC-06** – [https://navody.arduino-shop.cz/images/obr\\_clanky/174\\_bt\\_hc06/147\\_bluetooth\\_hc06.jpg](https://navody.arduino-shop.cz/images/obr_clanky/174_bt_hc06/147_bluetooth_hc06.jpg)
- Obr.3.17 RGB Led 5 mm** – <https://ardubotics.eu/7457-thickbox/5mm-rgb-common-anode-led.jpg>
- Obr.3.18 WS2812b** – <https://i.ebayimg.com/images/g/j6IAA0SwvIldrwfD/s-11600.jpg>
- Obr.5.12 Fotocitlivá folie** – <https://i.ebayimg.com/images/g/JRAAA0SwoiRbKgZR/s-1300.jpg>

**Obr.5.33 Filament Spectrum Stone Age Dark** – [https://www.na3d.cz/resize/ers/1200/1200/cdn.myshoptet.com/usr/www.materialpro3d.cz/user/shop/orig/5375\\_d-pla-special-1-75-stone-age-dark-0-5kg-2.jpg?5d7b951e](https://www.na3d.cz/resize/ers/1200/1200/cdn.myshoptet.com/usr/www.materialpro3d.cz/user/shop/orig/5375_d-pla-special-1-75-stone-age-dark-0-5kg-2.jpg?5d7b951e)

# Příloha D

## Tabulky

**Tab.3.1** Specifikace DHT22 – <https://www.hwkitchen.cz/snimac-teploty-a-vlhkosti-dht22/>

**Tab.3.2** Specifikace BMP180 – <https://www.gme.cz/modul-meteocidlo-bmp180>

**Tab.3.3** Specifikace NRF24L01 – <https://www.hwkitchen.cz/bezdratovy-modul-nrf24l01-plus-2-4ghz-antena/>

**Tab.3.4** Specifikace VS1053 – [https://www.banggood.com/cs/VS1053-VS1053B-MP3-Module-Development-Board-UNO-Board-with-SD-Card-Slot-Ogg-Real-time-Recording-p-1609634.html?rmmds=search&cur\\_warehouse=CN](https://www.banggood.com/cs/VS1053-VS1053B-MP3-Module-Development-Board-UNO-Board-with-SD-Card-Slot-Ogg-Real-time-Recording-p-1609634.html?rmmds=search&cur_warehouse=CN)

**Tab.3.5** Specifikace HC-06 – <https://www.hwkitchen.cz/bluetooth-modul-hc-06/>



# Příloha E

## Android aplikace

**Clock icon** – [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Simpleicons\\_Business\\_clock-time-control-tool-1.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Simpleicons_Business_clock-time-control-tool-1.svg)

**Wifi icon** – [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:WIFI\\_icon.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:WIFI_icon.svg)

**Alarm icon** – <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Toicon-icon-lines-and-angles-alarm.svg>

**Temperature icon** – <http://getdrawings.com/get-icon#temperature-sensor-icon-16.png>

**Bulb icon** – [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:00js\\_UI\\_icon\\_bulb2.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:00js_UI_icon_bulb2.svg)

**Radio icon** – [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Icon\\_sound\\_radio.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Icon_sound_radio.svg)

**Player icon** <https://vectorified.com/download-image#video-play-icon-png-1.jpg>

**Language icon**– [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:A\\_Language\\_Icon.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:A_Language_Icon.jpg)

**Relay icon** – <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Toicon-icon-hatch-switch.svg>

**Bluetooth icon** – [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Bluetooth\\_bw.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Bluetooth_bw.png)

**Main app icon** – [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Soviet\\_Red\\_Army\\_Hammer\\_and\\_Sickle.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Soviet_Red_Army_Hammer_and_Sickle.svg)

**Soviet logo** – <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Danghui.svg>

**Grid pro tlačítka** – <https://i.pinimg.com/564x/8e/ca/95/8eca9547086b8dd7e3c65a37b4eddd1e.jpg>

**RGB paleta** – [https://www.html5game devs.com/uploads/monthly\\_2016\\_02/colour-wheel.png.be82066b434c685418a293e87848e0ad.png](https://www.html5game devs.com/uploads/monthly_2016_02/colour-wheel.png.be82066b434c685418a293e87848e0ad.png)

**Flags map** – [https://commons.wikimedia.org/wiki/Flag\\_map\\_of\\_the\\_world](https://commons.wikimedia.org/wiki/Flag_map_of_the_world)

**Anurati font** – <https://www.behance.net/gallery/33704618/ANURATI-Free-Font>

**Kremlin font** – <https://www.dafont.com/kremlin.font>

**Let's go digital font** – <https://fonts2u.com/lets-go-digital-regular.font>

**Plugin Layer Effect** – <https://web.archive.org/web/20171120125857/http://registry.gimp.org/node/186>

**YouTube tutorial RGB pallete Android Studio** – <https://www.youtube.com/watch?v=QCRPBGthMb4>

**Bluetooth SPP** – <https://github.com/akexorcist/Android-BluetoothSPPLibrary>

# Příloha F

## Modely

Sputnik Thingiverse <https://www.thingiverse.com/thing:2778049>

Arduino Mega R3 GrabCad <https://grabcad.com/library/arduino-mega-2560-r3-3>

DS3231 GrabCad <https://grabcad.com/library/ds3231-real-time-timer-1>

ESP32 GrabCad <https://grabcad.com/library/esp-32-1>

HC06 GrabCad <https://grabcad.com/library/hc-series-1>

NRF24L01 GrabCad <https://grabcad.com/library/chinese-nrf24l01-radio-module-1>

IN14 GrabCad <https://grabcad.com/library/in-14-nixie-tube-1>

Arduino Nano Expansion board GrabCad <https://grabcad.com/library/nano-3-expansion-board-1>

Arduino Nano GrabCad <https://grabcad.com/library/arduino-73>

# Příloha G

## Obsah přiloženého CD/DVD

K této práci je přiloženo CD/DVD s následující strukturou souborů.

- Absolventská práce v  $\LaTeX$ 2e
- Videodokumentace
- Android aplikace zdrojový kód
- Webový interface zdrojový kód
- Arduino Mega2560 zdrojový kód
- Arduino Nano zdrojový kód
- ESP32 zdrojový kód
- FreeCAD 3D modely
- KiCad návrhy plošných spojů
- Zelenka\_AP\_2019\_2020.pdf – absolventská práce ve formátu PDF

# Příloha H

## Použitý software

**L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X 2 $\epsilon$**  [⟨http://www.miktex.org/⟩](http://www.miktex.org/)

**Arduino IDE 1.6.5 ; 1.8.5** [⟨http://www.arduino.cc⟩](http://www.arduino.cc)

**TeXstudio 2.12.22** [⟨https://www.texstudio.org/⟩](https://www.texstudio.org/)

**FreeCAD 0.18** [⟨https://www.freecadweb.org/⟩](https://www.freecadweb.org/)

**KiCad 5.1.4** [⟨https://www.kicad-pcb.org/⟩](https://www.kicad-pcb.org/)

**Android Studio 3.5.1** [⟨https://developer.android.com/studio⟩](https://developer.android.com/studio)

**Brackets 1.14** [⟨http://brackets.io/⟩](http://brackets.io/)

**Inkscape 0.92** [⟨https://inkscape.org/cs/⟩](https://inkscape.org/cs/)

**Gimp 2.10** [⟨https://www.gimp.org/⟩](https://www.gimp.org/)

**bCNC 0.9.14** [⟨https://github.com/vlachoudis/bCNC⟩](https://github.com/vlachoudis/bCNC)

**OpenShot 2.5.1** [⟨https://www.openshot.org/⟩](https://www.openshot.org/)

**Repetier 2.1.6** [⟨https://www.repetier.com/⟩](https://www.repetier.com/)

**Dia 0.97.2** [⟨https://wiki.gnome.org/action/show/Apps/Dia?action=show&redirect=Dia/⟩](https://wiki.gnome.org/action/show/Apps/Dia?action=show&redirect=Dia/)

Software z výše uvedeného seznamu je buď volně dostupný, nebo jeho licenci toho času vlastní Vyšší odborná škola, Střední škola, Centrum odborné přípravy, Sezimovo Ústí, Budějovická 421, kde autor téhož času studoval a vytvořil tuto práci.

# Příloha I

## Časový plán absolventské práce

| Činnost                                             | Časová náročnost | Termín ukončení | Splněno      |
|-----------------------------------------------------|------------------|-----------------|--------------|
| Vytvoření zadání AP                                 | 2 měsíce         | 1. 7. 2019      | 30. 7. 2019  |
| Návrh elektronického zapojení zařízení              | 2 měsíce         | 2. 9. 2019      | 30. 10. 2019 |
| Tvorba firmware/software a jeho simulace v počítači | 2 měsíce         | 1. 11. 2019     | 1. 12. 2019  |
| Návrh desek s plošnými spoji                        | 1 měsíc          | 2. 12. 2019     | 1. 1. 2020   |
| Vytvoření 3D modelů zařízení                        | 1 měsíc          | 3. 1. 2020      | 16. 1. 2020  |
| Tvorba výkresové dokumentace, objednání součástek   | 2 týdny          | 17. 1. 2020     | 30. 1. 2020  |
| Dodání součástek                                    | 2 týdny          | 31. 1. 2020     | 10. 2. 2020  |
| Výroba a osazení desek plošných spojů               | 2 týdny          | 14. 2. 2020     | 29. 2. 2020  |
| Výroba mechanických dílů zařízení                   | 2 týdny          | 2. 3. 2020      | 14. 3. 2020  |
| Sestavení a odzkoušení celého zařízení              | 2 týdny          | 16. 3. 2020     | 23. 3. 2020  |
| Tvorba fotografické a videodokumentace              | 1 týden          | 23. 3. 2020     | 27. 3. 2020  |
| AP: kapitola úvod                                   | 1 týden          | 3. 4. 2020      | 7. 4. 2020   |
| AP: kompletní text                                  | 3 týdny          | 9. 4. 2020      | 28. 4. 2020  |
| AP: formátování a poslední úpravy                   | 1 týden          | 1. 5. 2020      | 5. 5. 2020   |

Tabulka I.1: Časový plán absolventské práce