

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

**KATEDRA APLIKOVANÉ ELEKTRONIKY A TELEKOMUNIKACÍ**

# **BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**Moderní řešení hodin typu Pragotron**

*Originál (kopie) zadání BP/DP*

## **Abstrakt**

Cílem této práce je sestavit ovládací jednotku pro staré překlápěcí hodiny Pragotron IPJ-0612. Úvodní část práce je zaměřena na seznámení s ovládáním mechanismu hodin. Dále jsou zmíněné možnosti získávání informace přesného času a popis získávání přesného času pomocí radiového signálu DCF77. Následně se práce zaměřuje na získání informace o natočení překlápěcích listů hodin, pro které byly vytvořeny speciální vačkové hřídele. V další části práce je popsána implementace řízení hodin pomocí základního mikrokontroleru od firmy Arduino a následně sofistikovanějšího mikrokontroleru od firmy ST. Poslední část zobrazuje umístění hardwaru do instalačních krabic a jejich propojení.

## **Klíčová slova**

Pragotron, DCF77, mikrokontroler, Grayův kód,

## **Abstract**

The aim of this work is to assemble the control unit for the old Pragotron clock IPJ-0612. The introductory part of the thesis is focused on the control of the clock mechanism. At the next part of the work, the possibilities of transmission of exact time information are mentioned, and the process of time-sync request of the radio signal DCF 77 is described. The following section is focused on obtaining information about the tilting sheets rotation inside the clock, therefore the special camshafts were created. The next part describes the implementation of clock control by using basic microcontroller made by Arduino and then more sophisticated microcontroller made by ST. The last part describes the location of the hardware in the installation boxes and their connection.

## **Key words**

Pragotron, DCF77, microcontroller, Gray code

## Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této bakalářské práce, je legální.

.....

podpis

V Plzni dne 9.6.2019

Petr Aubrecht

## **Poděkování**

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu bakalářské práce Ing. Petru Weissarovi, Ph.D. za cenné profesionální rady, připomínky a metodické vedení práce. Dále mému zaměstnavateli firmě Stavmonta spol. s r. o. a mému vedoucímu Václavu Jagulákovi, bez kterých by tato práce nemohla vzniknout. Rád bych poděkoval také své rodině a všem přátelům, kteří mě při vytváření této práce podpořili, a bez jejichž pomoci by nebylo možné práci dokončit.

<b>ÚVOD</b> .....	<b>8</b>
<b>SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK</b> .....	<b>9</b>
<b>1 SYSTÉM JEDNOTNÉHO ČASU</b> .....	<b>10</b>
1.1 HISTORIE .....	10
1.2 PRINCIP FUNKCE .....	10
1.2.1 Analogové podružné hodiny .....	12
1.2.2 Digitální podružné hodiny .....	12
1.2.3 Digitální podružné hodiny IPJ 0612 .....	13
1.2.4 Princip funkce hodin IPJ 0612 .....	13
1.3 OVLÁDÁNÍ HODIN .....	14
1.3.1 H-můstek .....	14
1.3.2 Použitý H-můstek .....	15
1.3.3 H-můstek VNH5019 .....	16
<b>2 PŘESNÝ ČAS</b> .....	<b>17</b>
2.1 HISTORIE .....	17
2.2 DCF 77 .....	18
2.2.1 Kódování DCF 77 .....	19
2.2.2 Modul DCF1 .....	20
<b>3 ZÍSKÁVÁNÍ INFORMACE O NATOČENÍ HODIN</b> .....	<b>21</b>
3.1 ROZPOZNÁNÍ OBRAZU .....	21
3.1.1 Google Lens .....	21
3.2 ROZPOZNÁNÍ POMOCÍ OPTICKÝCH ZNAČEK .....	22
3.3 ROZPOZNÁNÍ POMOCÍ MIKROSPÍNAČE V MECHANISMU HODIN .....	22
3.3.1 Hodinový ciferník .....	23
3.3.2 Grayův kód .....	24
3.3.2.1 Použití Grayova kódu .....	25
3.3.3 Konstrukce vačkové hřídele .....	26
3.3.4 Minutový ciferník .....	30
3.3.5 Jednostopý Grayův kód .....	30
3.3.5.1 Konstrukce $s=6, n=3$ .....	30
3.3.6 Konstrukce minutové vačkové hřídele .....	32
3.3.7 Výroba vačkových hřídelí .....	33
3.3.7.1 OpenSCAD .....	33
3.3.7.2 3D tisk .....	33
3.3.8 Realizace vačkových hřídelí .....	35
3.3.9 Instalace vačkových hřídelí do hodin .....	36
<b>4 OVLÁDÁNÍ HODIN</b> .....	<b>37</b>
4.1 ZÁKLADNÍ ŘÍZENÍ POMOCÍ 8-BITOVÉHO MIKROKONTROLERU .....	37
4.1.1 Arduino .....	37
4.1.2 Seeeduino MEGA .....	38
4.1.3 Funkce Arduino programu .....	40
4.1.4 Zhodnocení použití Arduino .....	40
4.2 IMPLEMENTACE POKROČILÉHO MIKROKONTROLERU (STM32) .....	41
4.2.1 Nucleo STM32F411RET6 .....	42
4.2.2 Funkce STM32 programu .....	44
4.2.2.1 Časování hodin .....	45
4.2.2.2 Informace o přesném čase .....	45
4.2.2.3 Posouvání hodin .....	45
4.2.2.4 Informace o natočení .....	46
4.2.2.5 Seřízení hodin .....	46
4.2.2.6 Velká kontrola .....	46
4.2.2.7 Indikace stavu hodin .....	47
<b>5 FINÁLNÍ ÚPRAVA HODIN A ELEKTRONIKY</b> .....	<b>48</b>
<b>ZÁVĚR</b> .....	<b>50</b>
<b>SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ</b> .....	<b>51</b>

## Úvod

Cílem této práce je znovuoživení starých překlápěcích hodin IPJ-0612 firmy Jednotný čas (Pragotron). Hodiny původně sloužily spolu s matečními hodinami jako systém jednotného času pro zobrazení přesného času v administrativních budovách, nemocnicích, školách, firmách, apod. V současné době ovlivnil tento systém fakt, že zařízení k získání přesného času je miniaturní elektronická součástka, kterou lze snadno implementovat do každých moderních hodin. S původním systémem jednotného času se stále můžeme setkat v různých nezrekonstruovaných budovách.

První část práce popisuje historii jednotného času, rozmanitost výrobků firmy Pragotron. Popisuje mechanismus podružných hodin a jakým způsobem lze podružné hodiny ovládat.

Druhá část popisuje možnosti získávání přesného času. Hlavní důraz je kladen na využití radiového signálu DCF77, vysílaného z německého Frankfurtu. Seznámení s průběhem signálu a jeho dekodováním.

Třetí část popisuje možnosti získávání informace o natočení překlápěcích listů digitálních podružných hodin. Informace je získávána pomocí natočení speciálně vytvořených vačkových hřídelí, díky kterým jsou spínány mikrospínače.

Čtvrtá část popisuje získávání přesného času pomocí DCF modulu, následného ovládání hodin polarizovanými pulzy pomocí H-můstku řízeného dvěma různými mikrokontrolery. Nejprve jednoduchého 8-bitového mikrokontroleru od firmy Arduino, dále pokročilého 32-bitového mikrokontroleru od firmy ST.

Na závěr je veškerý hardware osazen do instalačních krabic a propojen vhodným způsobem kabely UTP.



## Seznam symbolů a zkratk

<i>S1, S2, S3, S4</i> .....	Spínací prvky H-můstku
<i>DCF77</i> .....	Rádiová stanice vysílající na dlouhých vlnách
<i>PWM</i> .....	Pulzní šířková modulace
<i>VDD</i> .....	Napájecí napětí
<i>GND</i> .....	Uzemnění
<i>kW</i> .....	Jednotka výkonu (kiloWatt)
<i>kHz</i> .....	Jednotka frekvence (kiloHertz)
<i>LED</i> .....	Elektroluminiscenční dioda (Light-Emitting Diode)
<i>IDE</i> .....	Vývojové prostředí
<i>UTP</i> .....	Nestíněný kroucený kabel (Unshielded Twisted Pair)
<i>RJ45</i> .....	Konektor pro UTP
<i>s</i> .....	Počet stavů
<i>n</i> .....	Počet spínačů

# 1 Systém jednotného času

Tento systém byl zaveden, aby bylo možné synchronizovat aktuální čas ve větších objektech, počínaje mnoha místnostmi až několika budovami. Skládal se z přesného chodu centrálních hodin a dále velkého množství podružných hodin řízených polarizovanými impulzy. Setkat se s ním bylo možné na železničních a autobusových nádražích, v administrativních budovách, školách a podobně. Informace přenášená z centrálních hodin do podružných hodin sloužila nejen k zobrazení přesného času, ale také pro zvukovou signalizaci např.: začátek a konec vyučování ve školách, začátek a konec pracovní směny, příchod zaměstnanců do práce a jejich odchod a také k zapínání a vypínání různých zařízení.[1]

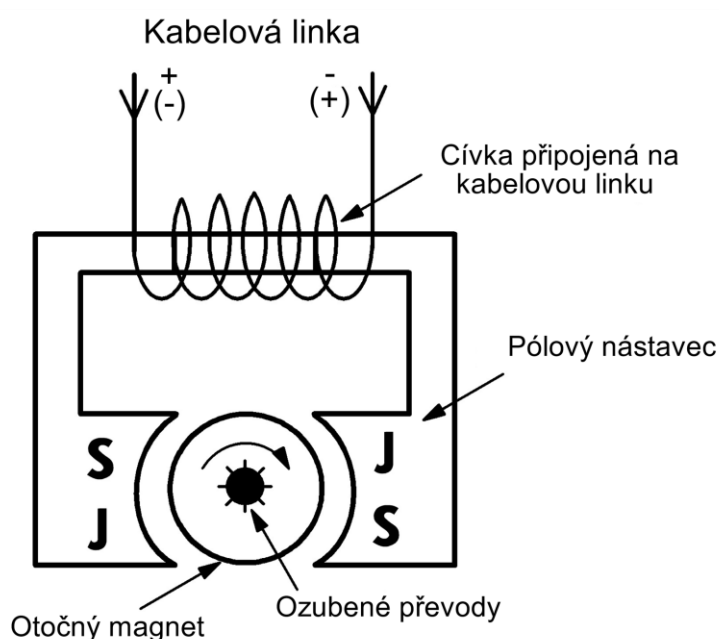
## 1.1 Historie

Na území bývalého Československa se výrobou systému jednotného času začala zabývat od poloviny 19. století firma Jednotný čas (nyní známá jako Elektročas). Z počátku se zařízení umísťovalo pouze do významnějších administrativních a průmyslových objektů, hlavně kvůli vysoké pořizovací ceně. Větší rozšíření systémů nastalo v polovině 20. století při rozvoji a budování složitější dopravní a průmyslové infrastruktury.[1]

## 1.2 Princip funkce

Hlavní částí systému jsou centrální (hlavní, mateční) hodiny, které mají za úkol držet přesný čas. Původně se jednalo o hodiny kyvadlové, později byly nahrazeny elektronickými hodinami, řízenými krystalovým oscilátorem. Druhou částí systému jsou podružné hodiny, které jsou s centrálními hodinami spojené dvoužilovou kabelovou linkou. Podružné hodiny jsou řízené stejnosměrným polarizovaným signálem v této lince, polarita se každou minutu mění (+,-), proto se jedná o polarizovaný impulz, délka impulzu musí být alespoň 2 sekundy. Linka je připojena na strojek podružných hodin, což je srdcem celého zařízení, skládá se z elektrické cívky, která vytvoří magnetický tok v magnetickém obvodu, který je přerušen permanentním magnetem uloženým na hřídeli. Při každém polarizovaném impulzu se hřídel s permanentním magnetem pootočí a uvede do pohybu mechanismus, který posune hodiny právě o minutu. Linku podružných hodin lze podle potřeby větvit a připojit tak větší

množství hodin, avšak při připojení velkého množství hodin vzniká na lince úbytek napětí. Pokud by byl úbytek napětí příliš vysoký, mohlo by se stát, že impuls nebude schopný mechanismus vybudit a tím posunout zařízení o minutu, proto se umísťují v podružných linkách tzv. linkové rozvaděče, které pomocí vlastního napájení signál replikují do dalších připojených podružných linek. [1]



Obr. 1.1 Princip strojku podružných hodin

### 1.2.1 Analogové podružné hodiny

Analogové hodiny jsou nejrozšířenější produkt firmy Elektročas. Vznikla spousta typů těchto hodin, vzájemně se lišících tvarem, velikostí, použitým materiálem nebo barvou. Základní princip jejich funkce však zůstává stejný.[2]



Obr. 1.2 Analogové hodiny Pragotron P 30



Obr. 1.3 Analogové hodiny Pragotron PK 27

### 1.2.2 Digitální podružné hodiny

Dalším významným výrobkem firmy Elektročas jsou digitální listové podružné hodiny, byly součástí výrobního programu téměř 40 let. Přírozená inovace přispěla ke vzniku spousty variant těchto hodin, lišících se většinou tvarem a barevným řešením.[3]

### 1.2.3 Digitální podružné hodiny IPJ 0612

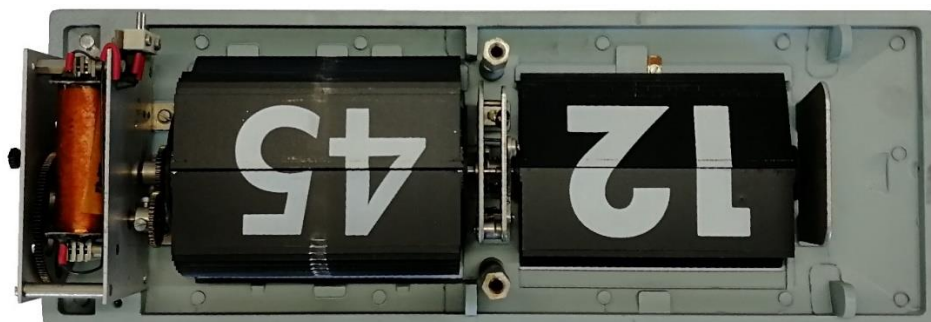
Tyto podružné hodiny jsou určeny především do interiérů budov. Jedná se o nejrozšířenější typ překlápěcích hodin, přičemž velké množství z nich slouží dodnes. Ukončením jejich výroby roku 2007 éra digitálních překlápěcích hodin definitivně skončila.[3]



Obr. 1.4 Digitální hodiny Pragotron IPJ 0612

### 1.2.4 Princip funkce hodin IPJ 0612

Kryt hodin je z celistvého tvarovaného plechu, tvořícího horní, spodní a zadní část. Bočnice tvoří plastové výlisky. Mechanismus hodin je upevněn na kovovém rámu, který tvoří přední část hodin. Přední stranu kryje skleněná tabule. Chod hodin probíhá z pravé části do levé, na začátku je umístěn elektromagnetický obvod, který při polarizovaných impulzech dává do chodu řadu ozubených převodů. Tyto převody jsou vyvedeny na osu minutového kotouče. Po obvodu kotouče je umístěno 60 překlápěcích hliníkových listů, na každém listu je na jedné straně horní polovina číselného údaje (0-59) a na druhé straně je spodní polovina chronologicky následujícího údaje. Aktuální list je ve svislé poloze přidržován plechovým jazýčkem, při pootočení mechanismu dojde k uvolnění listu, který přepadne do spodní polohy a tím odkryje následující list. V levé části osy minutového kotouče je umístěné ozubené kolo, které postupně během otáčení napíná dvojici pružin. Při přechodu z 59. minuty na 0. minutu jsou pružiny uvolněny a dojde k pootočení osy hodinového kotouče. Tento kotouč je menší než minutový, po jeho obvodu je umístěno 24 hliníkových listů (0-23). Funkce překlápění hodin dále funguje stejně jako překlápění minut. Osa na které je umístěn magnet a dává do pohybu celý mechanismus je vyvedená ven z hodin a je díky ní možné nastavit hodiny manuálně.[4]



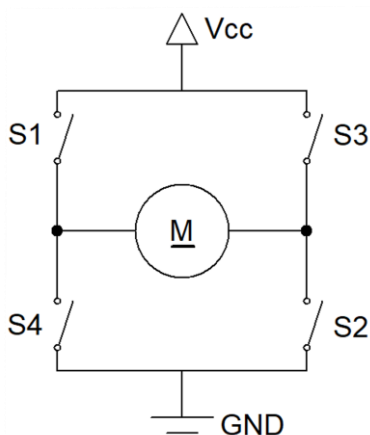
Obr. 1.5 Mechanické ústrojí digitálních hodin Pragotron IPJ 0612, pohled zezadu

### 1.3 Ovládání hodin

Pro ovládání hodin je na cívku elektromagnetického obvodu každou minutu přivedeno jmenovité stejnosměrné napětí podle typu cívky (24V). Napětí na cívce musí setrvat alespoň 2 vteřiny, poté je odpojeno. Následující minutu je přivedeno stejné napětí opačné polarity. Ideální možností pro takovou funkci je H-můstek.

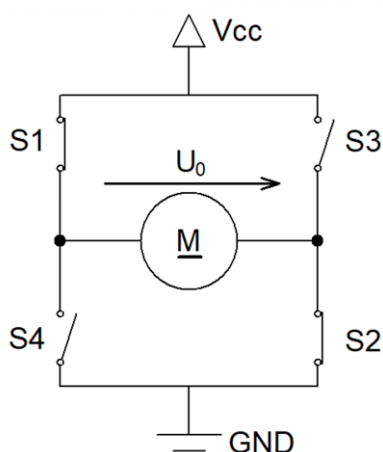
#### 1.3.1 H-můstek

H-můstek je obvod, který se používá zejména u zařízení, kde je potřeba změna polarity napětí. Je tvořen čtyřmi spínacími prvky, které mohou být mechanické nebo elektrické. Uprostřed obvodu se nachází ovládané zařízení. Název H-můstek je odvozen z podoby obvodu písmena H.

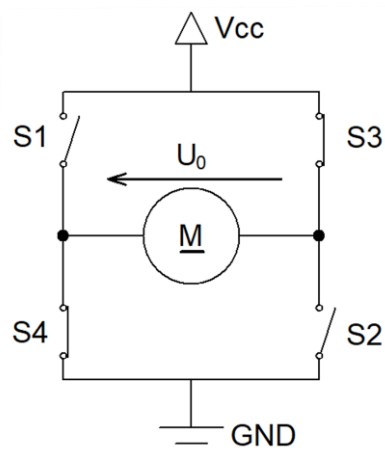


Obr. 1.6 H-můstek, schéma

H-můstek má několik funkčních stavů podle kombinace sepnutých spínacích prvků. Pokud je sepnutá dvojice spínacích prvků S1 a S2, proud začne protékat zařízením zleva doprava a na zařízení bude jmenovité napětí orientované  $+U_0$  vlevo a 0 vpravo. Pokud je sepnuta dvojice spínacích prvků S3 a S4, proud začne protékat zařízením zprava doleva a na zařízení bude jmenovité napětí 0 vpravo a  $+U_0$  vlevo. Pokud budou všechny spínací prvky rozpojeny, na zařízení se žádné napětí neobjeví.



Obr. 1.7 Funkční stav H-Můstku



Obr. 1.8 Funkční stav H-Můstku

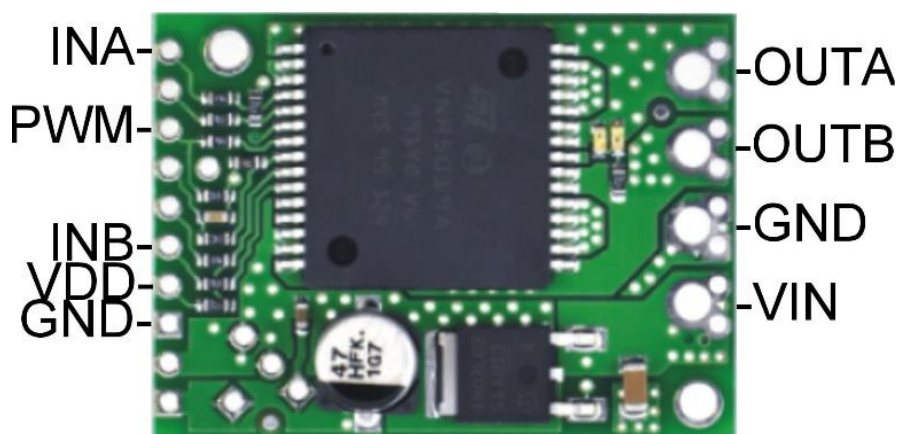
U H-můstku existují stavy, ke kterým nesmí nikdy dojít. Jedná se o stav, kdy jsou současně sepnuty spínací prvky S1 a S4 nebo S3 a S2. Při těchto stavech dojde ke zkratování napájecího zdroje a k jeho zničení.[5]

### 1.3.2 Použitý H-můstek

Na trhu je možné pořídit funkční obvod v podobě integrovaného obvodu nebo funkční desky plošného spoje. Tento obvod je obvykle ošetřený, aby nemohly nastat zakázané stavy. Pro ovládání hodin byl vybrán obvod od firmy Pololu: VNH5019

### 1.3.3 H-můstek VN5019

Důležitým kritériem výběru je maximální možné řízené napětí, u obvodu VN5019 je toto napětí 5,5 – 24 V. Napájecí napětí hodin (24 V) je připojeno na pravé straně desky na kontakty VIN a GND, cívka hodin je připojena na svorky OUTA a OUTB. Na levé straně desky plošného spoje se nachází ovládací svorky. Svorky VDD a GND slouží pro připojení napájecího napětí pro ovládací logiku. Svorky INA a INB určují polaritu výstupního napětí na svorkách OUTA a OUTB. Svorka PWM určuje velikost výstupního napětí.



Obr. 1.9 H-můstek VN5019



## 2 Přesný čas

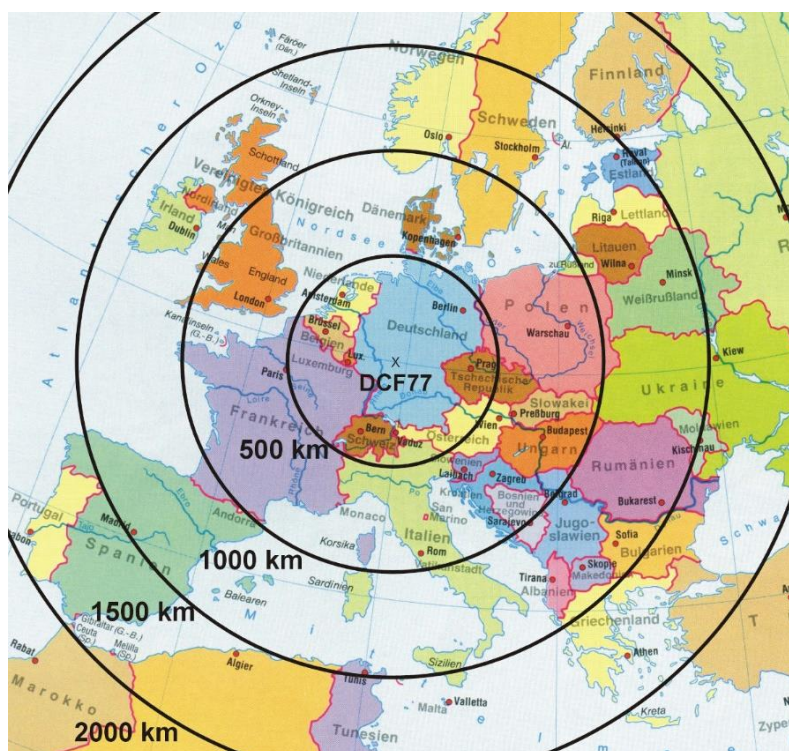
Znalost přesného času se stává ve spoustě oborů velkou nutností. Přesnou časovou informaci lze proto získat mnoha způsoby. Například rádiovými vlnami, internetovými protokoly nebo GPS systémy. Příjem pomocí rádiových vln je stále více rozšířen, protože signál je dostupný téměř po celé Evropě a ceny přijímacích zařízení stále klesají.

### 2.1 Historie

Poprvé se systém přenášené rádiové informace začal používat v USA a v Kanadě již v roce 1905. První systém v Evropě začala vysílat v roce 1910 Francie ve spolupráci s Německem. V České republice existoval vlastní systém dlouhovlnného vysílání časové informace se jménem OMA 50, který ve své finální podobě začal fungovat od dubna 1958. Vysílání probíhalo na frekvenci 50kHz vysílačem OMA 50 z Liblic u Českého Brodu s výkonem 50kW do T antény. Z důvodu neúnosného finančního provozu byl vysílač na jaře 1995 vypnut.[6]

## 2.2 DCF 77

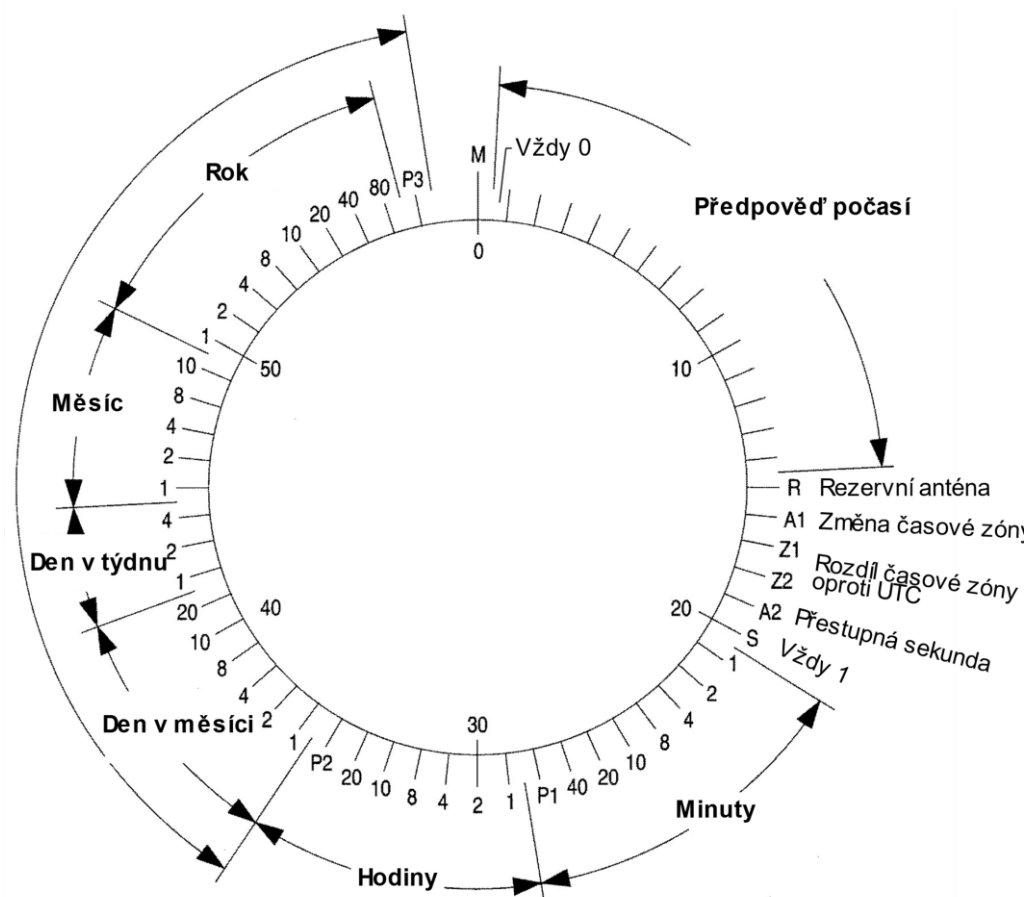
DCF 77 je německá stanice sídlící ve městě Mainflingen asi 25 km od Frankfurtu nad Mohanem, která nepřetržitě vysílá časovou informaci na dlouhých vlnách na nosné frekvenci 77,5 kHz s amplitudovou modulací. Stanice začala vysílat v září roku 1970. Vysílač má výkon 50 kW. Dosah vysílače je kolem 2000 km. Díky využití dlouhých vln lze signál přijímat téměř po celé Evropě (Obr.2.1).[7]



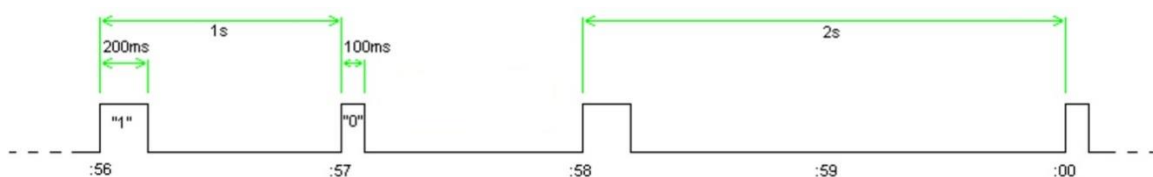
Obr. 2.1 Vzdálenost částí Evropy od vysílače DCF77

### 2.2.1 Kódování DCF 77

Každou minutu je vysílána informace o následující minutě. Během jedné minuty se přenese 59 bitů informace. Datové bity jsou přenášeny na začátku každé sekundy v podobě poklesu výkonu s délkou 100ms pro logickou 0 a délkou 200ms pro logickou 1. Výjimkou je 59. sekunda, kdy je jeden bit vynechán, což slouží jako synchronizační bit pro začátek další minuty. Význam jednotlivých bitů je znázorněn na obrázku (Obr. 2.2). Informace jsou kódovány BCD kódem. Význam bitů je uveden na vnější straně kotouče. Bity P1,P2,P3 jsou paritní bity pro předešlý úsek informace (minuty, hodiny, datum). Paritní bit je jedna pokud je součet jedniček v dané informaci lichý. Bity A1 a A2 dávají informaci o změně letního času a o přidání přestupné vteřiny.[7]



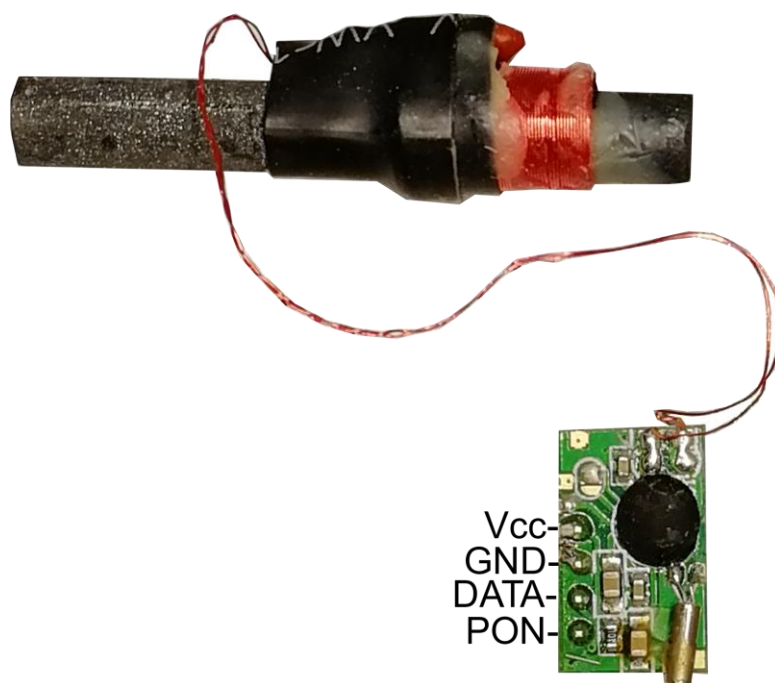
Obr. 2.2 Význam bitů v DCF kódu



Obr. 2.3 Časový průběh DCF signálu

## 2.2.2 Modul DCF1

Pro příjem je vhodné použít hotový modul. Ten má na výstupu již demodulovaný signál s délkami impulzů 100 a 200ms. Zde je použit přijímač DCF1, jinak také známý jako přesný čas z Německa. Samotná komunikace mezi modulem DCF1 a mikrokontrolerem probíhá po jednom datovém vodiči a komunikace mezi modulem a vysílačem ve Frankfurtu probíhá na frekvenci 77,5 kHz.[8]



Obr. 2.4 Zapojení modulu DCF1

### 3 Získávání informace o natočení hodin

Tuto informaci lze získat několika způsoby od jednodušších po složitější. Jednou ze složitějších je metoda rozpoznání obrazu. Jedná se o způsob, kdy se vyfotí ciferník hodin a vzniklý obraz se zpracuje potřebným softwarem na zpracování obrazu, jehož výstupem je již přesná informace o stavu ciferníku. Druhou možností je umístit na jednotlivé překlápěcí listy optické značky a vhodným způsobem je snímat a podle informace z optických značek rozhodnout o stavu ciferníku. Další možností je do mechanismu hodin vhodně umístit mikrosplínač a zařídit, aby byl vhodně spínán v přesně definovaném okamžiku, poté stačí hodiny překlápět polarizovanými pulzy a ve chvíli, kdy je mikrosplínač sepnutý, získáte informaci o stavu ciferníku.

#### 3.1 Rozpoznání obrazu

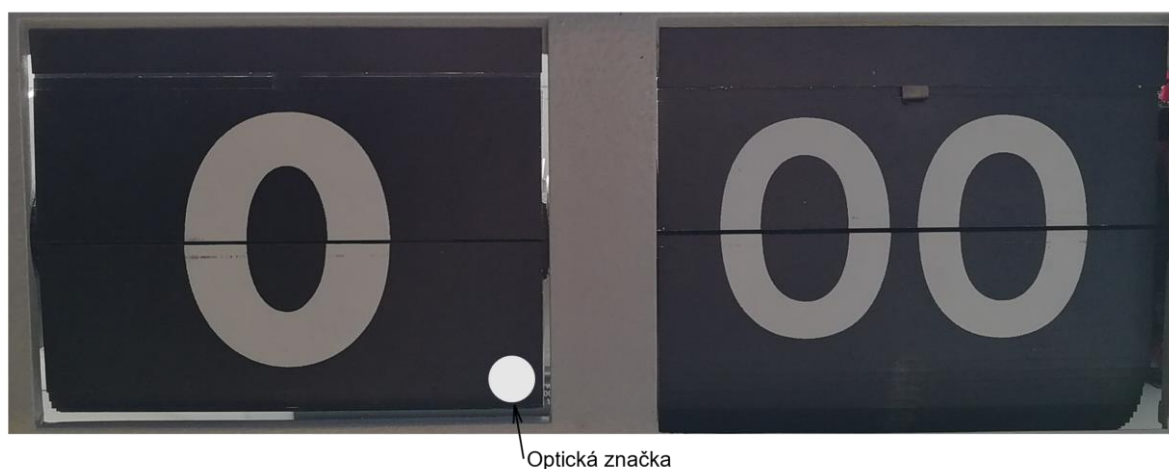
Rozpoznání obrazu se věnuje vědní disciplína počítačové vidění. Snahou je co nejdokonaleji napodobit reálné vidění člověka počítačem. Jednou z volných internetových aplikací pro počítačové vidění je Google Lens.[9]

##### 3.1.1 Google Lens

Jedná se o aplikaci společnosti Google. Google spoléhá na strojové učení a obrovská množství dat, díky kterým se služba neustále zlepšuje. Umožňuje rozpoznání objektů, zvířat, květin, textu, proto by byla ideální pro rozpoznání dvou dvouciferných čísel na ciferníku hodin.

### 3.2 Rozpoznání pomocí optických značek

V nejjednodušším případě je možné do rohu jednoho překlápěcího listu umístit bílou značku a toto místo sledovat optickým čidlem. Protože jsou překlápěcí listy černé, výstupní data z čidla budou indikovat bílou barvu jen v jeden, správně zvolený okamžik. Při umístění bílé značky na hodinové překlápěcí listy na hodnotu 0. Ve chvíli, kdy je bílá značka rozpoznána čidlem, dojde k získání informace o natočení ciferníku na hodnotě 0:00.



Obr. 3.1 Umístění optické značky v hodinách

Tuto metodu lze zdokonalit použitím více čidel a vytvořením kódové informace z bílých značek, které by získávaly informaci o natočení ciferníku častěji než jednou za protočení ciferníku.

### 3.3 Rozpoznání pomocí mikrospínače v mechanismu hodin

Touto metodou je řešeno získávání informace o natočení ciferníku v této práci. Metoda je podobná metodě rozpoznání pomocí optických značek s použitím více čidel. Bylo nutné do mechanismu hodin vhodně umístit mikrospínače tak, aby jejich kombinace sepnutí informovala o natočení ciferníku.

### 3.3.1 Hodinový ciferník

Hřídel hodinového ciferníku je v hodinách umístěna tak, že by na ni šlo vhodně umístit vačkovou hřídel, která by vhodně spínala mikrospínače.



Obr. 3.2 Hřídel hodinového ciferníku

Pro rozpoznání každé hodiny na ciferníku hodin je potřeba 24 stavů mikrospínačů. Pro počet mikrospínačů a počet stavů platí vztah:

$$s = 2^n \quad (3.1)$$

, kde  $s$  je počet stavů a  $n$  je počet mikrospínačů.

Počet stavů mikrosvínačů musí být větší nebo roven 24.

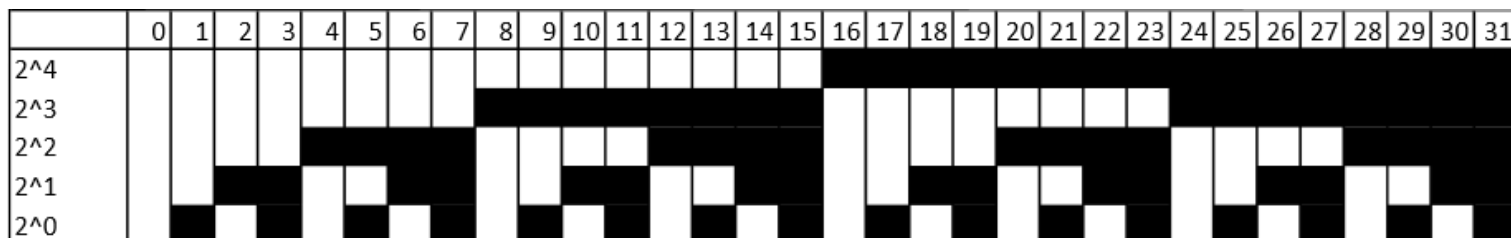
$$s \geq 24 \tag{3.2}$$

$$2^n \geq 24 \tag{3.3}$$

$$\log_2 2^n \geq \log_2 24 \tag{3.3}$$

$$n \geq 4,58 \tag{3.4}$$

Pro rozpoznání všech stavů hodinového ciferníku je potřeba alespoň 5 mikrosvínačů. Počet kombinací 5-ti mikrosvínačů je 32, znamená to tedy, že některé kombinace nebudou využity.

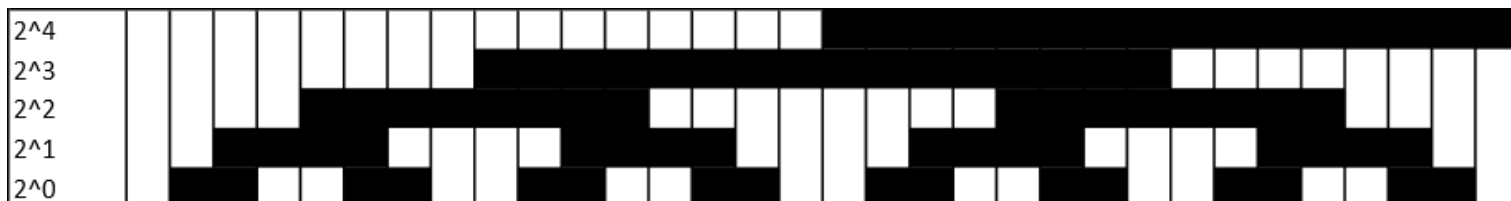


Obr. 3.3 Kombinace sepnutí 5-ti mikrosvínačů

Při přecházení mezi jednotlivými stavy dochází obvykle ke změně více než v jednom bitu. Může tedy dojít k rozpoznání špatné hodnoty ciferníku, která v neposlední řadě závisí na přesné výrobě vačkové hřídele. Vylepšení spočívá v použití tzv. Grayova kódu.

### 3.3.2 Grayův kód

Zrcadlový binární kód, známý také jako Grayův kód podle Franka Graye, je binární kód, ve kterém se dvě po sobě jdoucí hodnoty liší pouze v jednom bitu.



Obr. 3.4 Kombinace sepnutí 5-ti mikrosvínačů v Grayově kódu



### 3.3.2.1 Použití Grayova kódu

Ukázalo se, že použití Grayova kódu má dvě veliké výhody.

- Pootočení hodinové hřídele na následující stav odpovídá pootočení o 15°. Experimentální pokusy ukázaly, že během dané hodiny není hřídel nehnutě v klidu, ale má tendenci měnit své pootočení v jednotkách stupňů. Bez použití Grayova kódu by musela být výroba vačkové hřídele velice přesná, aby při malém nežádoucím pootočení nedošlo k chybnému sepnutí mikrospínačů, neboť se pro dvě po sobě jdoucí hodnoty mění více bitů, je větší šance, že dojde k chybnému sepnutí. Při použití Grayova kódu může chyba nastat jen na jednom bitu, takže se z dané hodnoty vlivem chyby může stát maximálně hodnota o jednu větší nebo o jednu menší.
- Druhou výhodou je vzniklá posloupnost jedniček a nul na nejnižší bitové úrovni tj. 00110011... Díky tomu bylo možné využít větší mikrospínače při realizaci.

Hodina	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Kódově	0	1	3	2	6	7	5	4	12	13	15	14	30	31	29	28	20	21	23	22	18	19	17	16
2 <sup>4</sup>																								
2 <sup>3</sup>																								
2 <sup>2</sup>																								
2 <sup>1</sup>																								
2 <sup>0</sup>																								

Obr. 3.5 Použité kombinace Grayova kódu

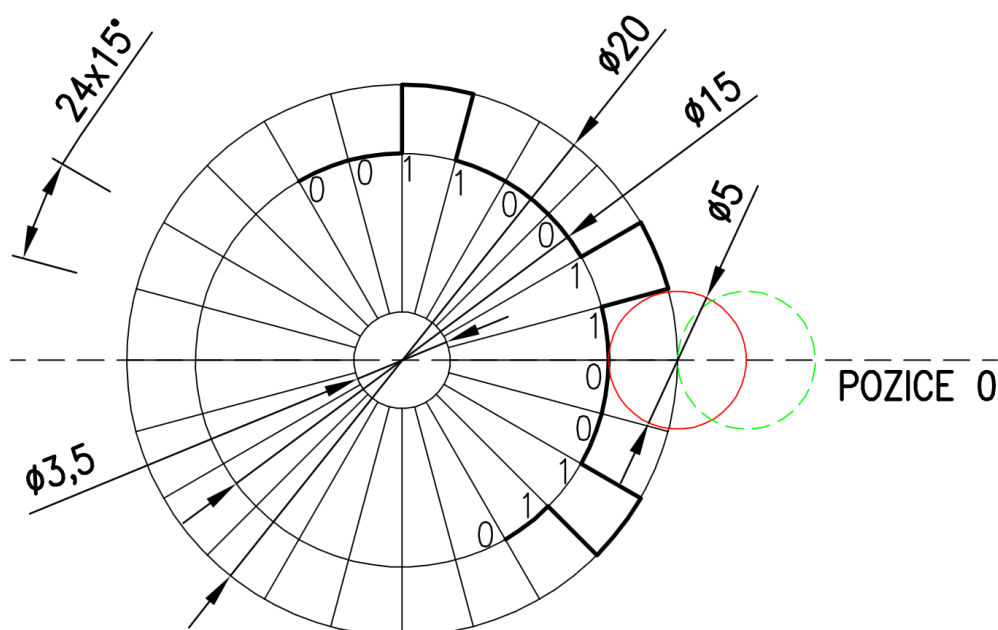
### 3.3.3 Konstrukce vačkové hřídele

Pro konstrukci hodinové vačky je potřeba vědět rozměry mikrospínačů. S ohledem na rozměry byl vybrán velmi malý mikrospínač dostupný na českém trhu, mikrospínač D2F-L2 s kladkou na páčce



Obr. 3.6 Mikrospínač D2F-L2

Průměr vačkové hřídele s ohledem na místo v hodinách může být maximálně 20 mm. Šířka každé stopy bitu musí být stejná jako šířka mikrospínače, tj. 5,75 mm. Rozdíl mezi logickou jedničkou a logickou nulou na hřídeli musí být alespoň 2,5 mm. Za jednu hodinu se hřídel pootočí o 15°.



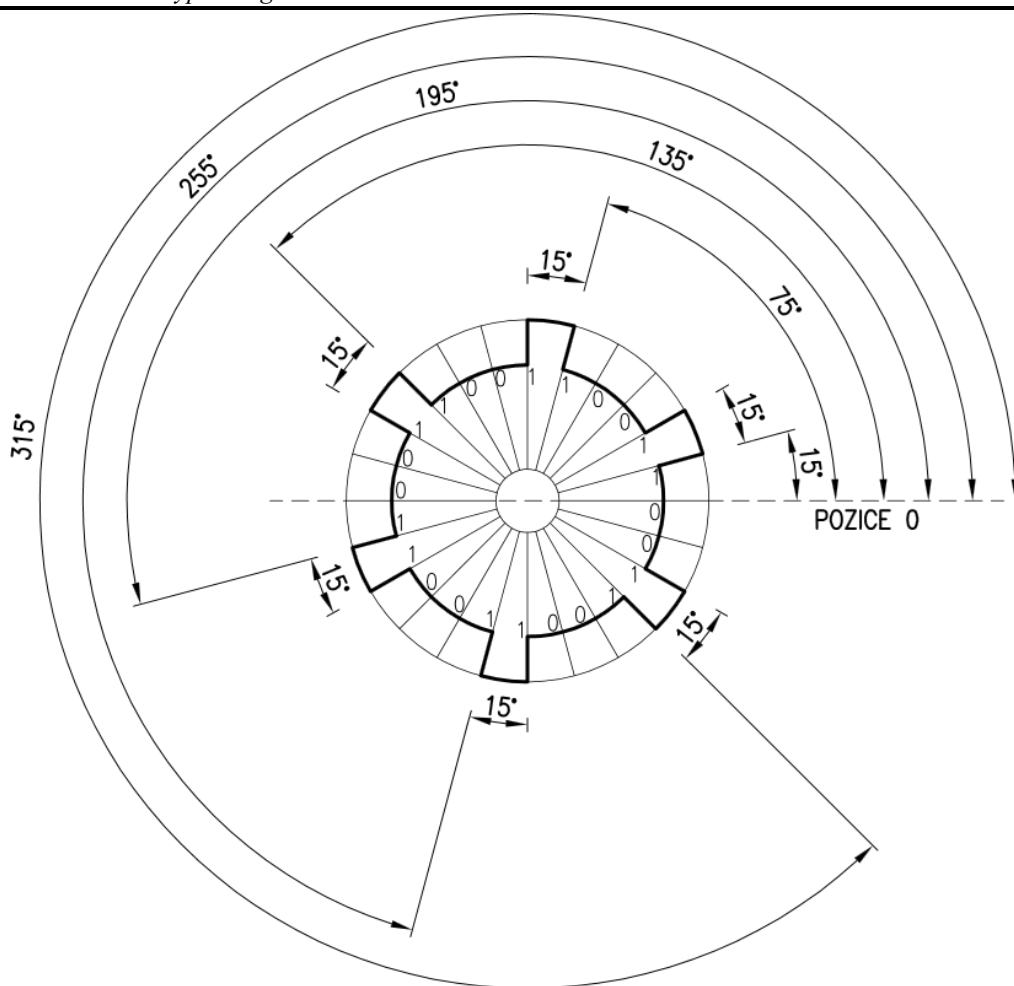
LEGENDA:

MIKROSPÍNAČ V LOGICKÉ NULE

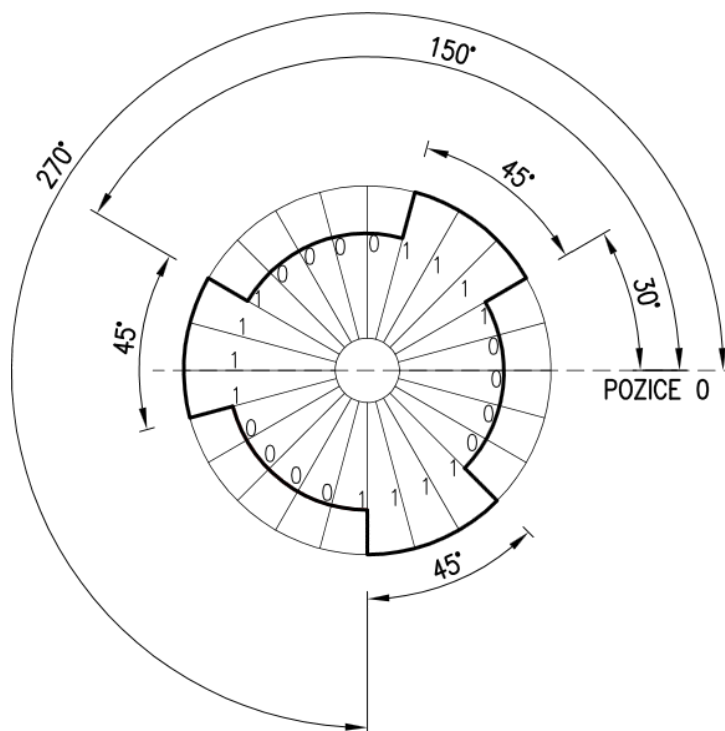
MIKROSPÍNAČ V LOGICKÉ JEDNIČCE

Obr. 3.7 Poměr vačkové hřídele a kladky mikrospínače

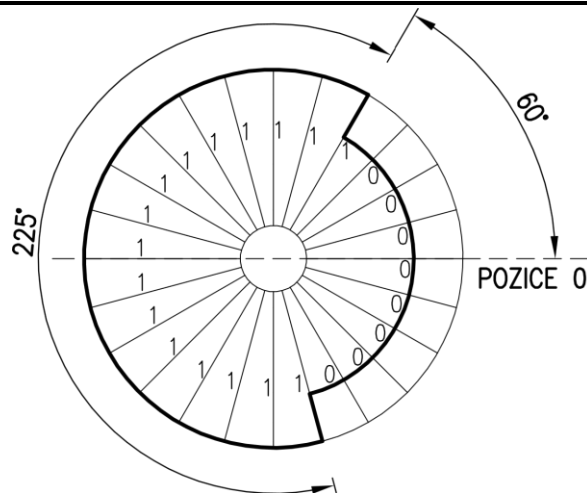
Na obrázku (3.7) je vidět, že aby mohla být kladka v poloze logické nuly, potřebuje okolo sebe dostatek místa v této úrovni. Je zde využita druhá výhoda Grayova kódu, kde jsou vždy alespoň dvě logické jedničky vedle sebe. Kdyby tomu tak nebylo, bylo by velice složité takovou stopu konstrukčně vyrobit.



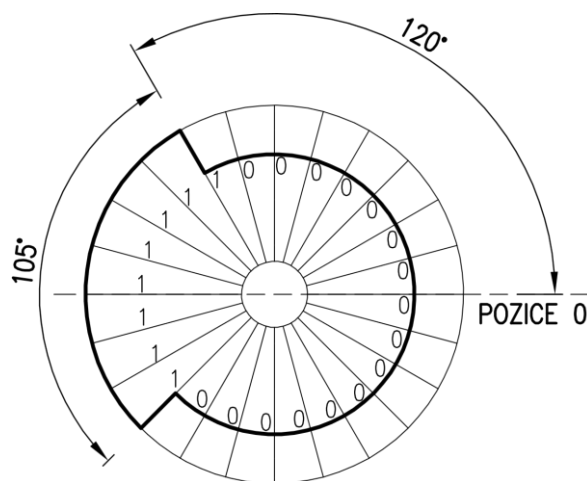
Obr. 3.8 Vačka  $2^0$



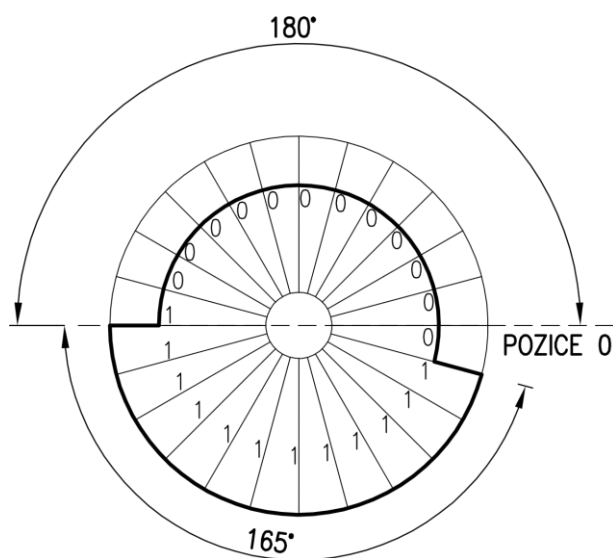
Obr. 3.9 Vačka  $2^1$



Obr. 3.10 Vačka  $2^2$



Obr. 3.11 Vačka  $2^3$



Obr. 3.12 Vačka  $2^4$

### 3.3.4 Minutový ciferník

Pro větší rozlišení stavů natočení ciferníků je možné umístit rozpoznání stavu  $i$  na minutový ciferník, zde se nachází 60 stavů ciferníku.

$$s \geq 60 \quad (3.5)$$

$$2^n \geq 60 \quad (3.6)$$

$$\log_2 2^n \geq \log_2 60 \quad (3.7)$$

$$n \geq 5,9 \quad (3.8)$$

Pro rozpoznání všech stavů minutového ciferníku je potřeba alespoň 6 mikrospínačů. Na rozdíl od hodinového ciferníku, není u minutového možnost umístit v hodinách 6 mikrospínačů vedle sebe. Umístění dvou mikrospínačů vedle sebe je na hranici realizovatelnosti. Při takovém množství je počet různých stavů roven 4, to odpovídá informaci o změně každých 15 minut.

### 3.3.5 Jednostopý Grayův kód

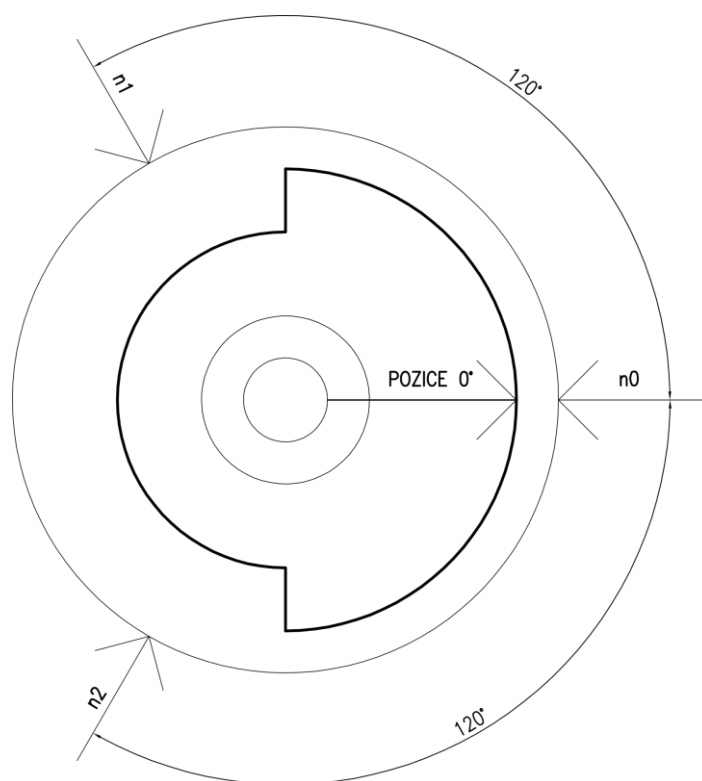
Realizace jednostopého snímače je prostorově náročnější konstrukcí oproti vícestopým snímačům, ale zabírá méně místa. Pro počet možných stavů platí:

$$s = 2^n - 2 \quad (3.9)$$

,kde  $s$  je počet stavů a  $n$  je počet mikrospínačů. Kód neobsahuje kombinace, kde jsou všechny spínače sepnuty a všechny spínače vypnuty.[10]

#### 3.3.5.1 Konstrukce $s=6, n=3$

S ohledem k prostoru v hodinách je hraniční realizovatelnost konstrukce  $s=6, n=3$ . V této konstrukci jsou čidla stacionárně rozmístěna po  $120^\circ$  po obvodu vačkové hřídele, která má po  $180^\circ$  hodnotu logické jedničky a po  $180^\circ$  hodnotu logické nuly.



Obr. 3.13 Jednostopý kotouč pro  $s=6$ ,  $n=3$

Na obrázku (3.13) je vidět rozmístění senzorů a tvar vačkové hřídele. Průběh sepnutí jednotlivých senzorů je znázorněn na obrázku (3.14), při otáčení proti směru hodinových ručiček je v POZICI 0° sepnut pouze senzor n0, v dalším okamžiku dojde ke kombinaci sepnutí n0, n1. V dalším okamžiku je sepnut pouze senzor n1, dále průběh analogicky pokračuje.

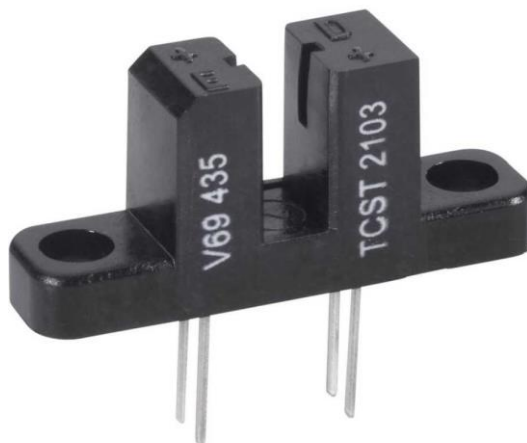
	Natočení vačkové hřídele					
senzor	(-30°;30°)	(30°;90°)	(90°;150°)	(150°;210°)	(210°;270°)	(270°;330°)
n2						
n1						
n0						

Obr. 3.14 Průběh sepnutí senzorů v závislosti na natočení vačkové hřídele

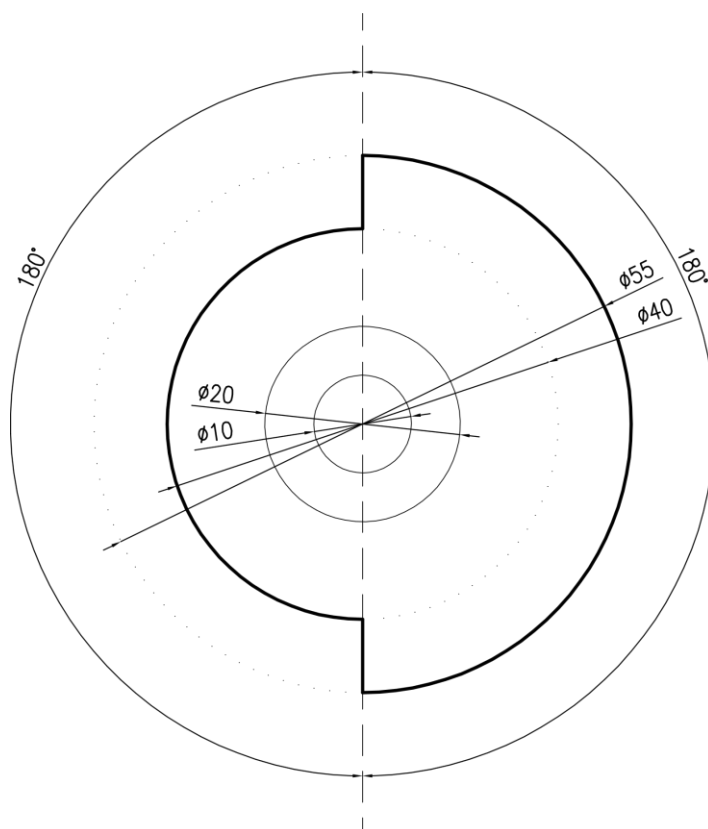
Při použití této konstrukce dojde ke změně informace o natočení minutového ciferníku každých 10 minut.[10]

### 3.3.6 Konstrukce minutové vačkové hřídele

Pro konstrukci minutové vačky jsou zvoleny optické závary TCST2103



Obr. 3.15 Optická závora TCST2103



Obr. 3.16 Minutová vačková hřídel



### 3.3.7 Výroba vačkových hřídelí

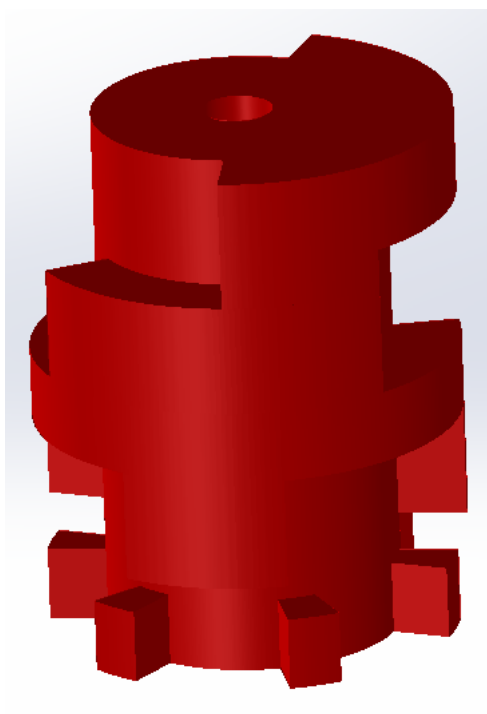
Vačkové hřídele byly tištěné pomocí 3D tiskárny a model byl vytvořen v softwaru OpenSCAD.

#### 3.3.7.1 OpenSCAD

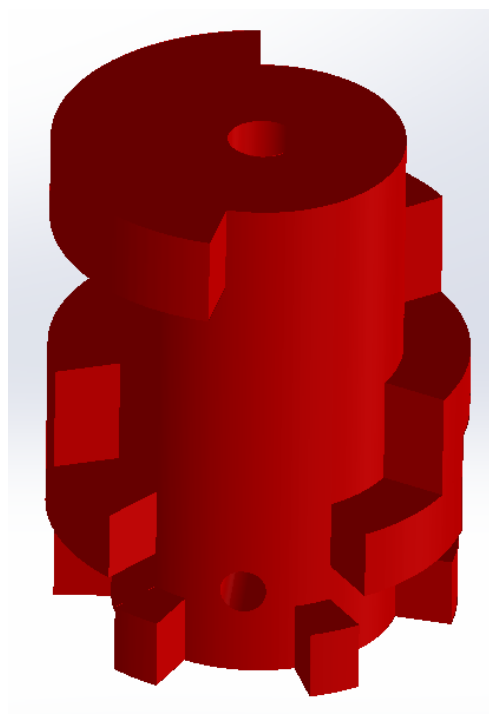
Jedná se o software na tvorbu 3D modelů, ve kterém se výsledné těleso doslova programuje, narozdíl od jiných softwarů, kde uživatel myší manipuluje přímo v projekci. Výsledné základní obrazce se pak přičítají nebo odčítají od sebe. Tento software je výborný pro modelování součástek, protože si můžete přesně pohlídat rozměry součástek.

#### 3.3.7.2 3D tisk

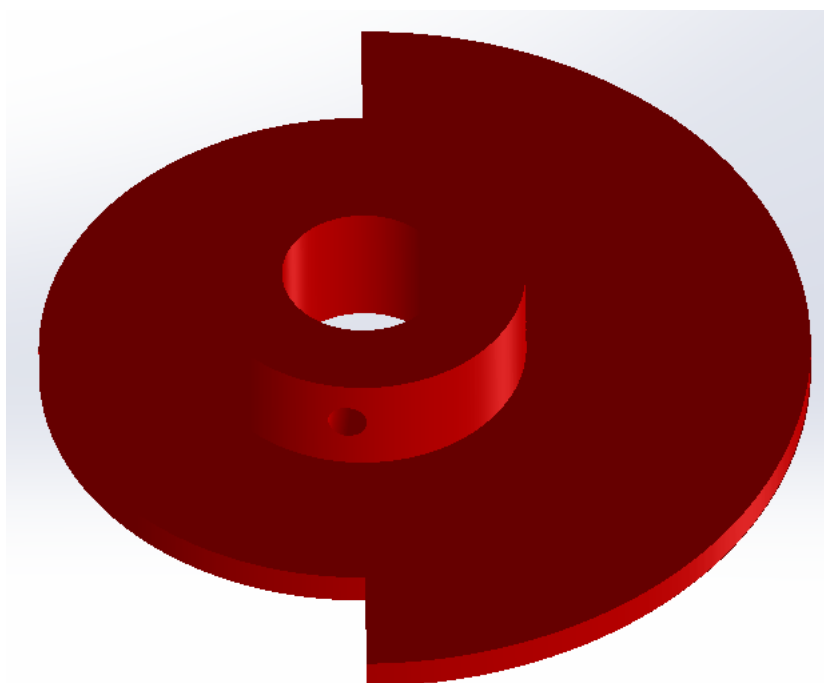
Neboli aditivní metoda tisku je proces tvorby třídimenzionálních pevných objektů z digitálních souborů. Objekt je vytvořen vrstvením vodorovných vrstev daného modelu na sebe, dokud není projekt dokončen. Každá vrstva je úzce rozříznutou sekci daného objektu.[11]



Obr. 3.17 Model hodinové vačkové hřídele,  
pohled a)

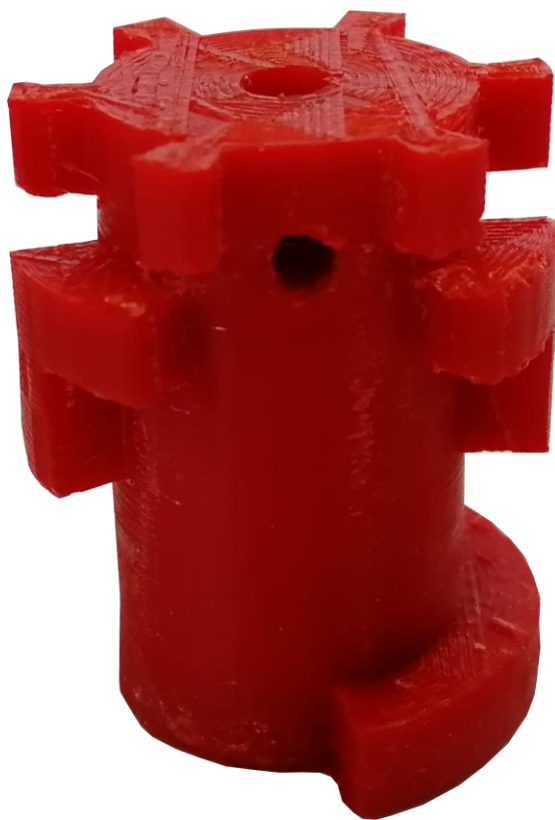


Obr. 3.18 Model hodinové vačkové hřídele,  
pohled b)



Obr. 3.19 Model minutové vačkové hřídele

### 3.3.8 Realizace vačkových hřídelí

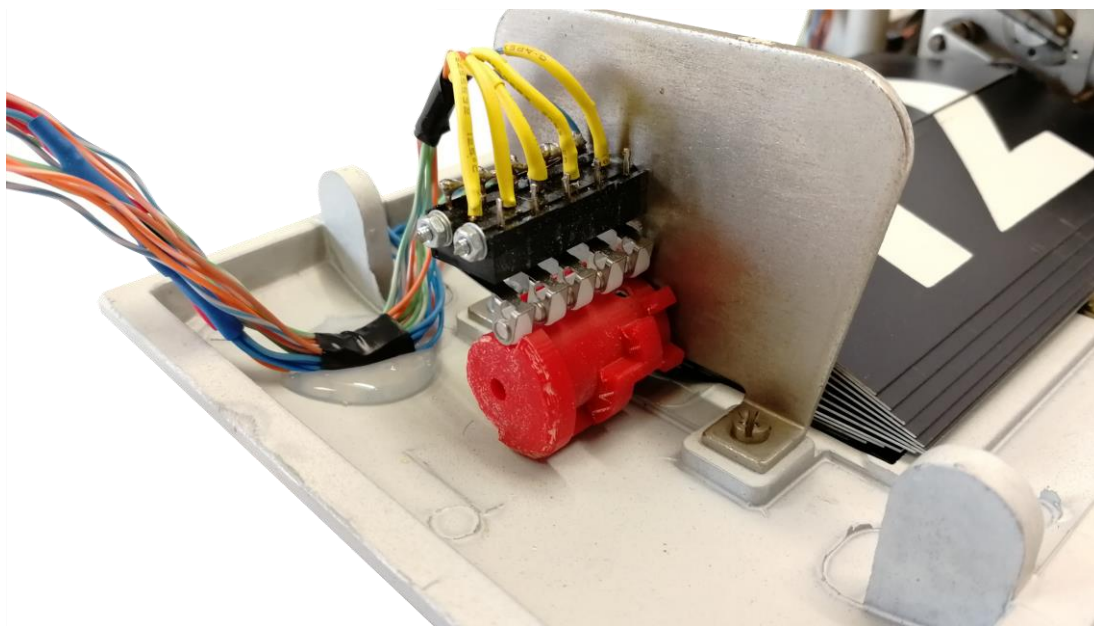


Obr. 3.20 Vytištěná hodinová vačková hřídel

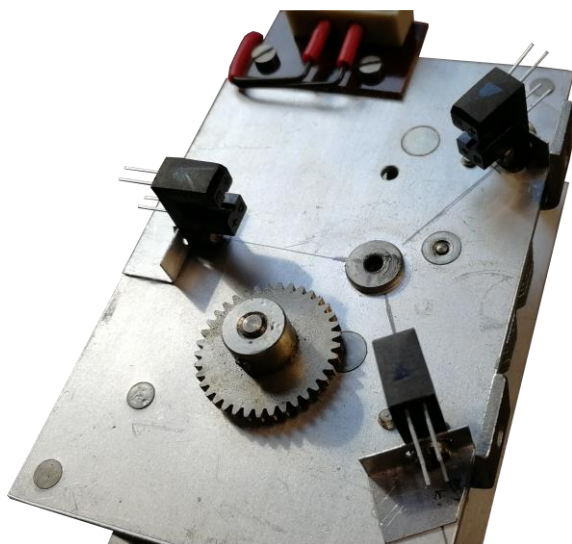


Obr. 3.21 Vytištěná minutová vačková hřídel

### 3.3.9 Instalace vačkových hřídelí do hodin



Obr. 3.22 Umístění hodinové vačkové hřídele



Obr. 3.23 Rozmístění senzorů minutové vačkové hřídele



Obr. 3.24 Umístění minutové vačkové hřídele

## 4 Ovládání hodin

### 4.1 Základní řízení pomocí 8-bitového mikrokontroleru

Pro základní pokusy řízení hodin byla vybrána platforma Arduino.

#### 4.1.1 Arduino

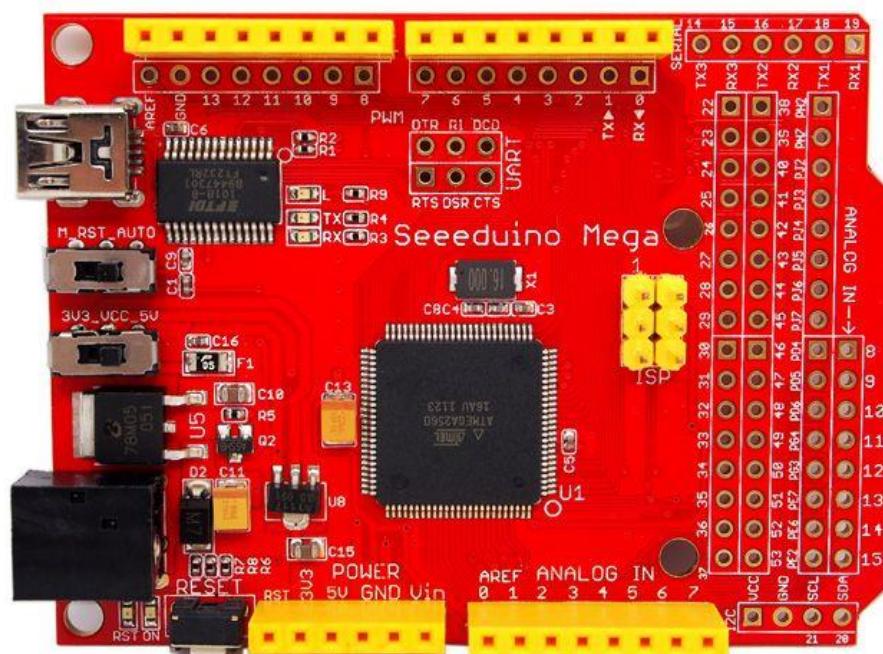
Arduino je otevřená elektronická platforma, založená na jednoduché počítačové desce a vývojovém prostředí. Pomocí Arduino je možné vytvářet nejrůznější projekty. Arduino získává informace z různých snímačů (tlačítka, senzor teploty) a v závislosti na nich ovládá výstupy (LED, motor, relé). Aby Arduino dělalo to, co má, musí se nejdříve naprogramovat. Pro tento účel slouží programovací jazyk Arduino založený na jazyce Wiring a Arduino software (IDE) založený na prostředí Processing.

Pro napájení je zapotřebí napájecí zdroj 5V a převodník pro komunikaci s počítačem. Pro Arduino existuje velké množství rozšiřujících desek, nazývané Arduino Shieldy. Ke každé rozšiřující desce je zpravidla vytvořena knihovna, která usnadňuje jeho okamžité využití.

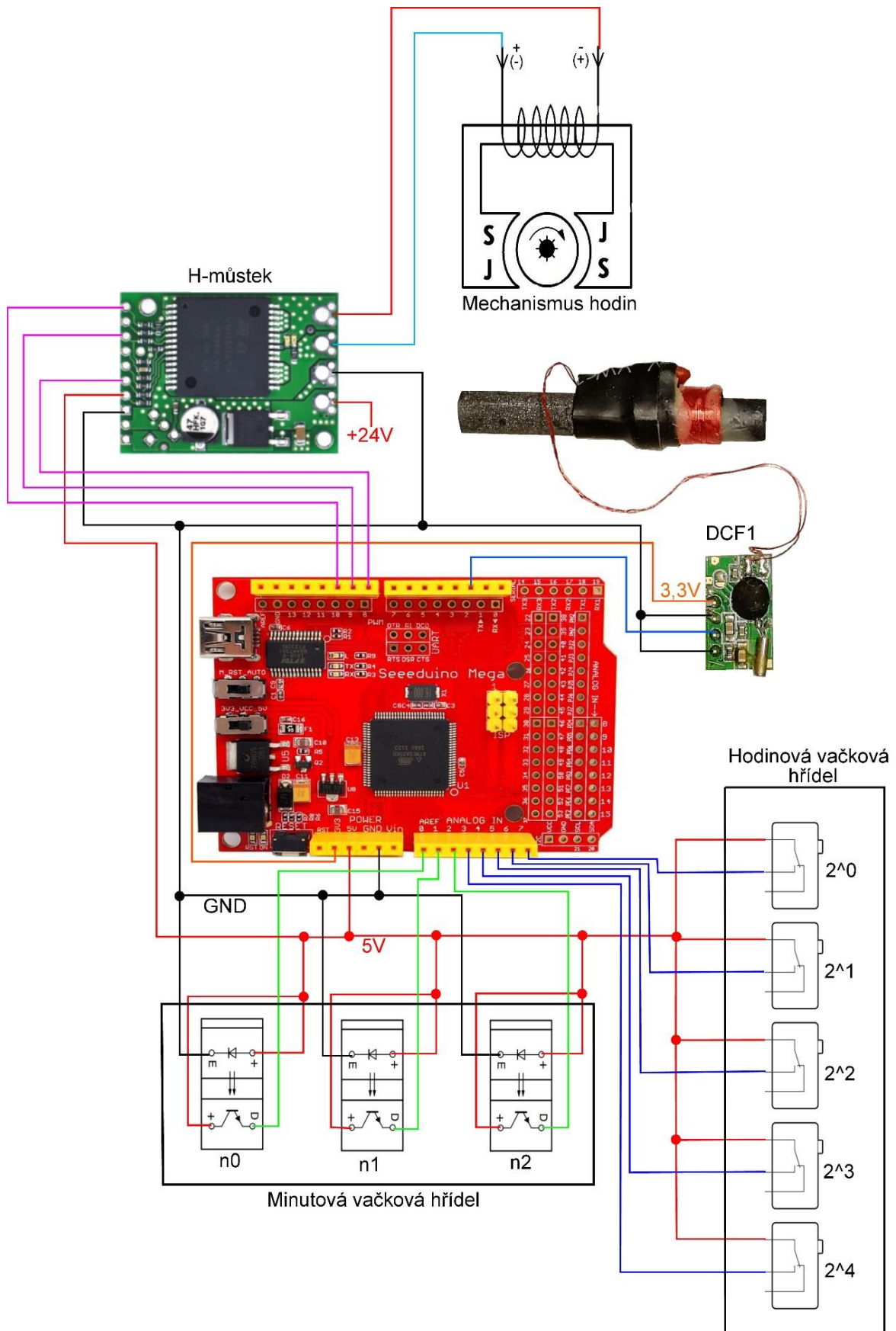
Arduino Software (IDE) je zdarma ke stažení. K dispozici jsou originální Arduino desky a klony od dalších výrobců. U originální desky má uživatel jistotu, že bude fungovat s připojeným originálním příslušenstvím za všech okolností. Pro Klony Arduino může nastat problém při komunikaci mezi hardwarem, nebo mohou vzniknout problémy s jeho spolehlivostí. I u Klonů Arduino je možné narazit na kvalitního dodavatele.[12]

### 4.1.2 Seeeduino MEGA

Pro řízení byl použit Arduino Klon Seeeduino Mega (ATmega2560). Jedná se o výkonný mikrokontroler odvozený od Arduino Mega, je vybaven procesorem ATmega2560. K mikrokontroleru je možné připojit až 70 I/O digitálních pinů, 16 analogových vstupů, 14 PWM výstupů. Ve srovnání s Arduino Mega má o 30% menší rozměry.



Obr. 4.1 Seeeduino MEGA



Obr. 4.2 Zapojení elektroniky se Seedeuno

### 4.1.3 Funkce Arduino programu

Pro získávání přesného času byla použita knihovna DCF77. Tato knihovna přidává Arduino schopnost dekódovat atomový čas vysílaný z vysílače ve Frankfurtu. Knihovnu lze stáhnout prostřednictvím správce knihoven Arduino. Výstupy mikrosplínačů vačkových hřidelů jsou přivedeny na digitální vstupy mikrokontroleru a je vyhodnocováno aktuální natočení ciferníků. Pro posun ciferníku na následující minutu slouží H-můstek VNH5019, který při správném řízení dodává hodinám polarizované impulzy. Změna informace o natočení ciferníků nastává každých deset minut, kdy je na minutovém ciferníku (0,10,20,30,40,50). Při spuštění programu se začne pomocí polarizovaných impulzů posouvat ciferník hodin, dokud nedojde ke změně informace o natočení ciferníků o 10 minut větší, než byla hodnota předchozí informace. Program uloží informaci o natočení ciferníků jako přesnou hodnotu o natočení hodin, s kterou dále pracuje, informace z mikrosplínačů vačkových hřidelů již není využívána. Při každém dalším pootočení ciferníků se přičte jedna k přesné hodnotě o natočení hodin. Dále program čeká na informaci z knihovny DCF77 o přesném čase, získání této informace trvá v nejlepším případě 2 minuty, ale může trvat i několik desítek minut. Ve chvíli, kdy program získá informaci o přesném čase, porovná ji s informací o přesném natočení hodin a pomocí polarizovaných impulzů, tedy inkrementací přesného natočení hodin, se snaží tyto dvě hodnoty vyrovnat. Pokud je informace o přesném natočení hodin o 30 minut větší než informace o přesném čase, nedojde k překlápění hodin, protože projet celý ciferník by trvalo delší dobu než 30 minut počkat, než se časy vyrovnají.

### 4.1.4 Zhodnocení použití Arduino

Program na platformě Arduino vznikl z důvodu vyzkoušení funkčnosti všech periférií (vačkové hřídele, H-můstek, modul DCF1 a dalších). Dalším důvodem byla neznalost jiných mikrokontrolerů v době vzniku tohoto řešení. Dále kvůli široké komunitě Arduino nadšenců, kteří sdílí své poznatky a informace na Arduino.cz fóru.

Výhody:                    -vyzkoušení funkčnosti periférií  
                              -provizorní chod hodin

Nevýhody:                -využití cizí knihovny (DCF77)  
                              -neseřízení hodin, pokud dojde k ručnímu přenastavení hodin nebo  
v důsledku nějaké chyby  
                              -absence identifikace správného času (LED)

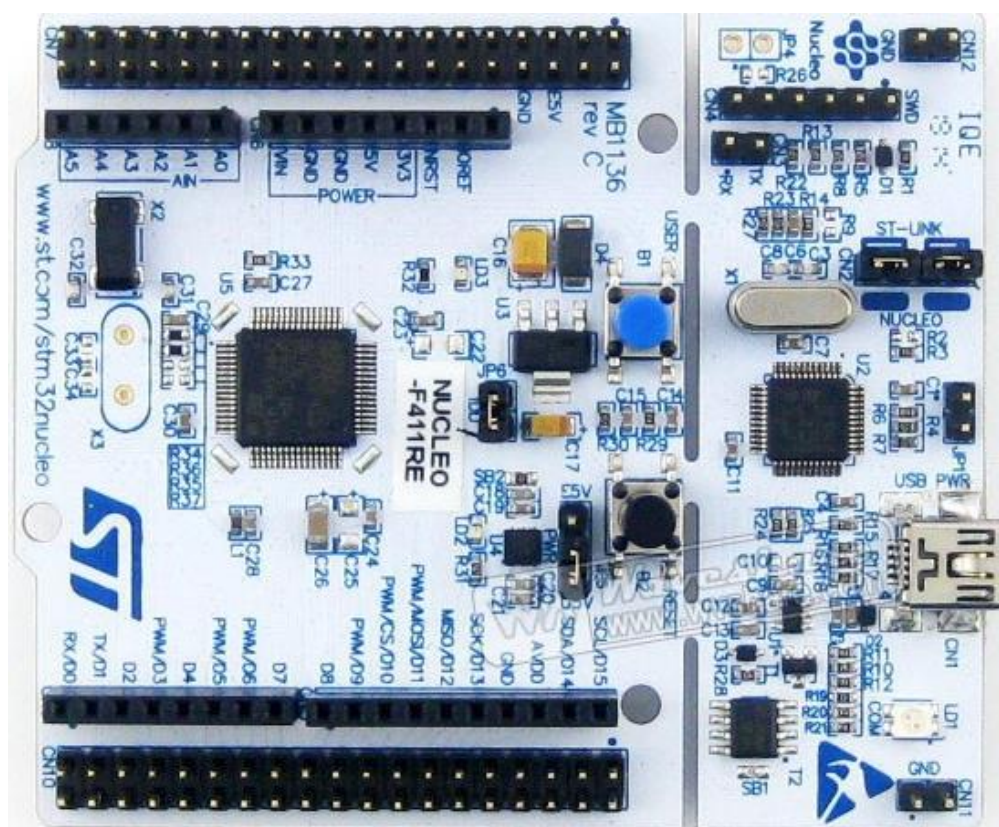


## 4.2 Implementace pokročilého mikrokontroleru (STM32)

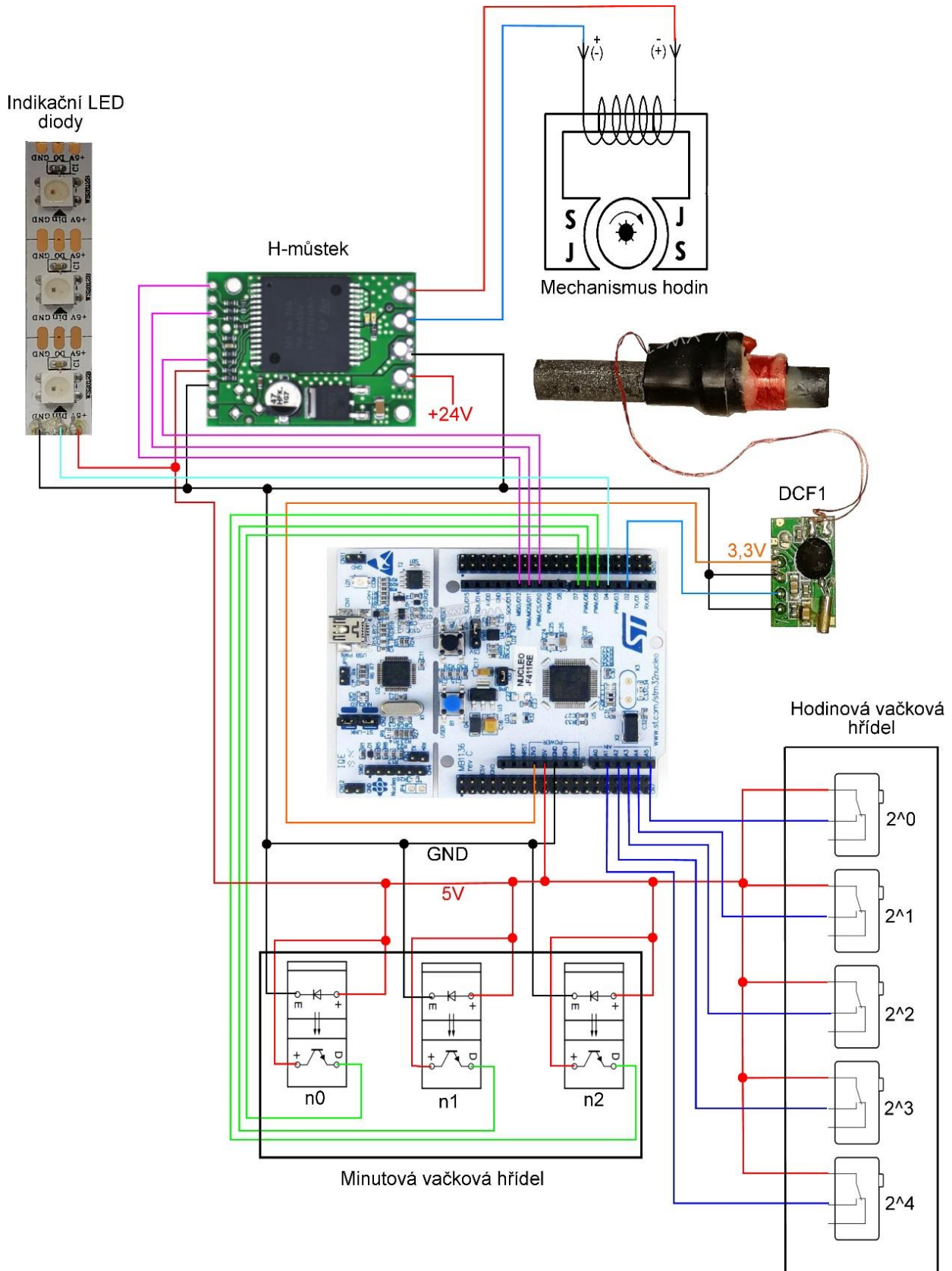
Existuje celá řada 32-bitových mikrokontrolerů, například Raspberry Pi, STM32. Pokud je potřeba vysoký výpočetní výkon, je vhodnou volbou Raspberry. Využití STM32 je vhodné v aplikacích, které jsou úzce spjaté s hardwarem, kde jde o přesné časování, rychlé reakce a schopnost pracovat s obecnou elektronikou. Velkou výhodou kitů STM32 je, že obsahují plnohodnotný debugger. Tedy hardware umožňující programovat a ladit daný čip. Největší zásluhou rozšíření čipů STM32 jsou vývojové kity Discovery a Nucleo. Debugger, který obsahují tyto kity se nazývá ST-LINK. Kity jsou uzpůsobeny tak, aby je bylo možné napájet jak z USB, tak i z vnějšího 5V zdroje. Programování probíhá ve vývojovém prostředí Atolic TrueSTUDIO, ve kterém se programuje pomocí jazyka C. Důležité při práci s danými kity je práce s dokumentací. Ke každému kitu existují 4 důležité dokumentace. První dokument, tzv. „datasheet“ obsahuje přehled periférií čipu, organizaci vývodů, seznam elektrických parametrů. Dalším dokumentem je „reference manual“, který obsahuje detailní popis všech periférií, jejich registrů a ovládání. Další dokument je „errata sheet“ obsahující seznam chyb v čipu. Nakonec „programming manual“, ve kterém jsou dokumentace o instrukcích procesoru. Dalším dokumentem k jednotlivým vývojovým kitům je „User manual“, v něm najdete přehledný popis všech vývodů daného kitu.[13]

#### 4.2.1 Nucleo STM32F411RET6

Deska STM32 Nucleo je cenově dostupný a flexibilní způsob, jak realizovat své projekty. Podporuje připojení Arduino rozšiřujících shieldů díky stejným konektorům jako má Arduino. Součástí desky je ladící programátor ST-LINK.

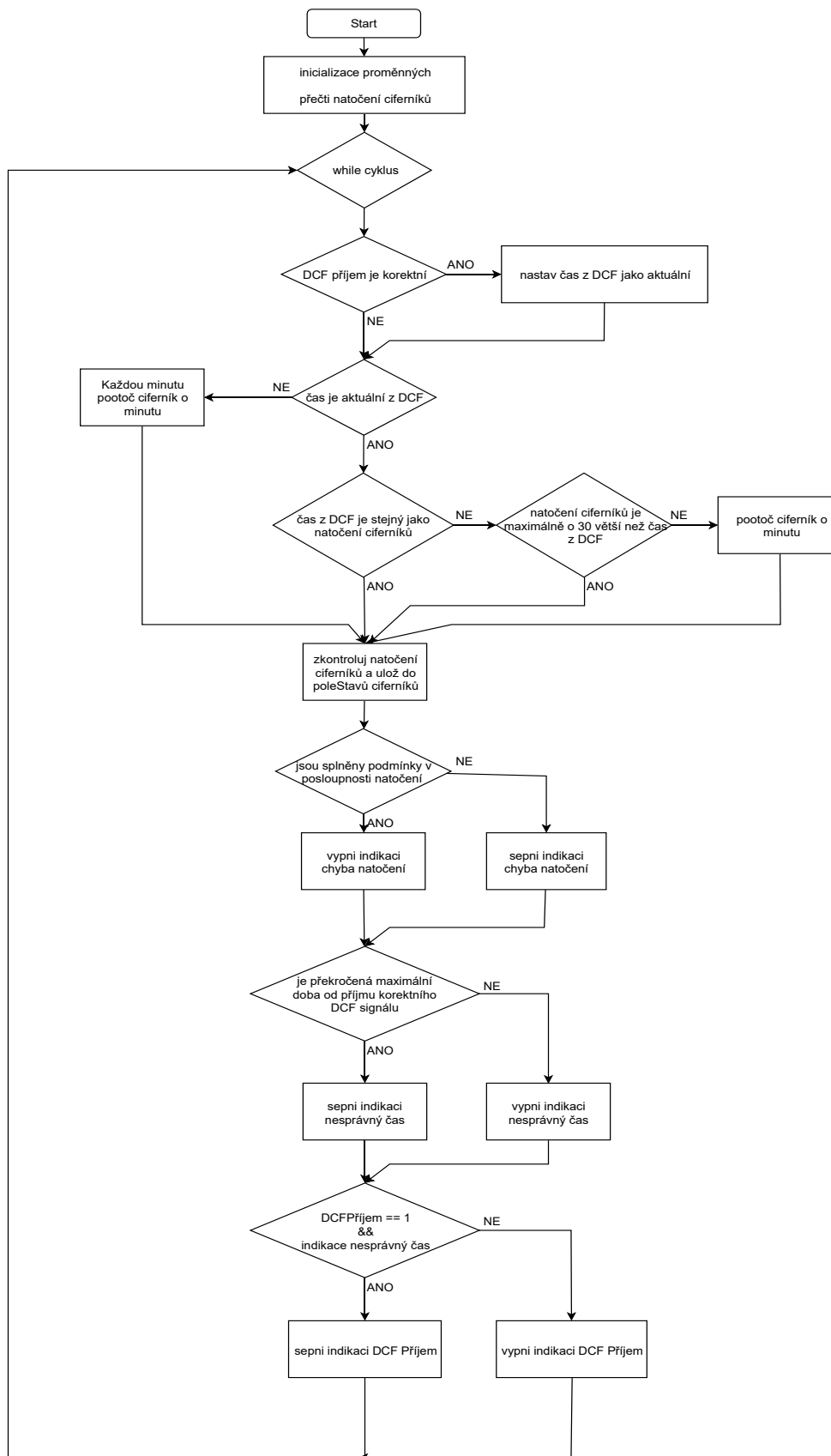


Obr. 4.3 Nucleo STM32F411RET6



Obr. 4.4 Zapojení elektroniky s STM32

### 4.2.2 Funkce STM32 programu



Obr. 4.5 Vývojový diagram programu STM32

#### 4.2.2.1 Časování hodin

V mikrokontroleru je nastavený vnitřní časovač, který každou minutu inkrementuje proměnou *aktualniCas* o jedna. Toto nastavení je dobré ve chvíli, kdy mikrokontroler nedostane korektní data o aktuálním čase.

#### 4.2.2.2 Informace o přesném čase

Modul DCF1 je k mikrokontroleru připojen pomocí jednoho datového vodiče, který je připojen na digitální vstup. Během jedné minuty je pomocí změny signálu přenášeno 59 bitů informace (viz kapitola DCF signál). Pokud je signál 100 ms v logické jedničce a 900 ms v logické nule, jedná se logickou nulu. Pokud je signál 200 ms v logické jedničce a 800 ms v logické nule, jedná se logickou jedničku. 59. bit slouží jako synchronizační o informaci začátku nové minuty, liší se v délce doby o 1000 ms, kdy je signál v logické nule. Celková doba tohoto bitu jsou tedy 2 s. Mikrokontroler hlídá změnu signálu mezi logickými úrovněmi a hodnoty těchto změn ukládá do pole *DCFprijem*. Pokud rozpozná korektní synchronizační bit a v poli *DCFprijem* je alespoň 100 časových informací o změnách logické úrovně, vytvoří z těchto informací posloupnost jedniček a nul. Poté se soustředí pouze na informaci o minutách (21.-28.bit) a hodinách (29.-35.bit) a provede kontrolu paritou, kontrolu na správný interval minut (0-59), hodin (0-23) a pokud jsou všechna data korektní, uloží hodnotu do pole *DCFCas*, které má deset prvků. Každý prvek v poli *DCFCas* nese informaci o přijatém korektním čase a délce času, o jakou přišel déle než předchozí. Dojde tedy ke kontrole, zda se přijatá informace shoduje s předchozími informacemi v poli *DCFCas* v závislosti na tom, o kolik minut byla přijatá později než ta předchozí, a napočítá počet shod. Toto číslo může být maximálně 9. V programu je nastavené, že pokud je shoda alespoň jedna, byly vyhodnoceny dvě korektní informace o čase, může přijatý čas považovat za korektní a aktuální. Uloží se do proměnné *aktualniCas* a proměnná *casAktualizace* se nastaví na logickou jedničku, což signalizuje, že *aktualniCas* je platný.

#### 4.2.2.3 Posouvání hodin

Posun hodin o minutu probíhá pomocí polarizovaných impulzů, které zajišťuje H-můstek VNH5019. Řízení H-můstku probíhá pomocí tří digitálních výstupů z mikrokontroleru. Dva výstupy udávají informaci o polaritě napětí na výstupu H-můstku,

smí být sepnutý vždy jen jeden z těchto dvou výstupů. Třetí výstup dává H-můstku povel k puštění napětí na jeho výstup. Toto napětí je třeba udržet na cívce hodin alespoň 1-2 s a poté je možné ho vypnout. K posunu na následující minutu je potřeba přivést na cívku hodin napětí opačné polarity než předchozí minutu.

#### 4.2.2.4 Informace o natočení

Ve chvíli zapnutí mikrokontroleru se předpokládá, že jsou všechna čidla z mikrospínačů hodinové vačkové hřídele a snímačů minutové vačkové hřídele připojena na digitální vstupy mikrokontroleru. Hodinové mikrospínače udávají informaci o každé hodině (0-23), minutové snímače udávají informaci o desítkách minut (0,10,20,30,40,50). Při zapnutí se přečte informace o minutách a hodinách a uloží se do proměnné *natoceni*, toto slouží pro hrubou představu o stavu ciferníku. Hodiny se každou minutu posunou o minutu díky vnitřnímu časovači (předpokládejme, že ještě není informace o aktuálním čase z DCF1). Ve chvíli, kdy dojde ke změně informace z čidel vačkových hřídelí, uloží se tato informace jako nová hodnota do proměnné *natoceni* a pracuje se s ní jako s informací o přesném natočení. V okamžiku posunutí hodin o minutu dojde k inkrementaci *natoceni* o jedna.

#### 4.2.2.5 Seřízení hodin

Ve chvíli, kdy má mikrokontroler informaci o aktuálním čase *aktualniCas* a je splněná podmínka *casAktualizace* (aktuální čas je již získán z DCF1 přijímače), snaží se srovnat hodnoty *natoceni* a *aktualniCas*. Dochází tedy k neustálému porovnávání těchto dvou proměnných a pokud se nerovnaj, mohou nastat dvě situace, co se stane. Pokud je *natoceni* maximálně o 30 minut více než *aktualniCas*, hodiny nebudou vykonávat žádné posouvání, dokud se informace samy nesrovnají. Důvod je, že projetí celého ciferníku by trvalo déle, než na aktuálním místě počkat. Ve všech ostatních případech dojde k postupnému posouvání hodin polarizovanými impulzy, což má za následek inkrementaci proměnné *natoceni*, dokud si proměnné nejsou rovny.

#### 4.2.2.6 Velká kontrola

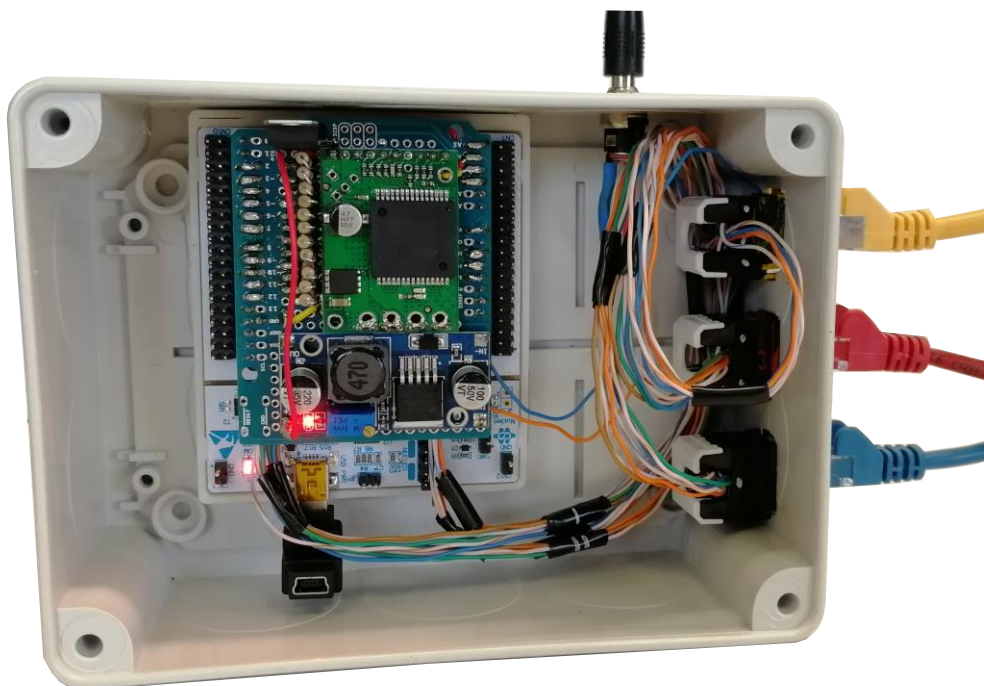
Protože může dojít k přenastavení hodin vlivem manuálního zásahu nebo vlivem jiné chyby, je v hodinách implementována kontrola s názvem *velkakontrola*. Do pole *stavCas* je

každou změnou natočení uložena hodnota z čidel vačkových hřídelí. Velká kontrola probíhá každou novou hodinu, když dojde ke změně informace z hodinové vačkové hřídele. Porovná se, jestli byla tato informace před minutou o jedna menší než teď, dále se porovná, jestli byla tato informace před 60 minutami o jedna menší než teď, nakonec se porovná, jestli byla tato informace před 61 minutami o dvě menší než teď. Pokud jsou všechny podmínky splněny, nastaví se informace z čidel vačkových hřídelí do proměnné *natoceni*.

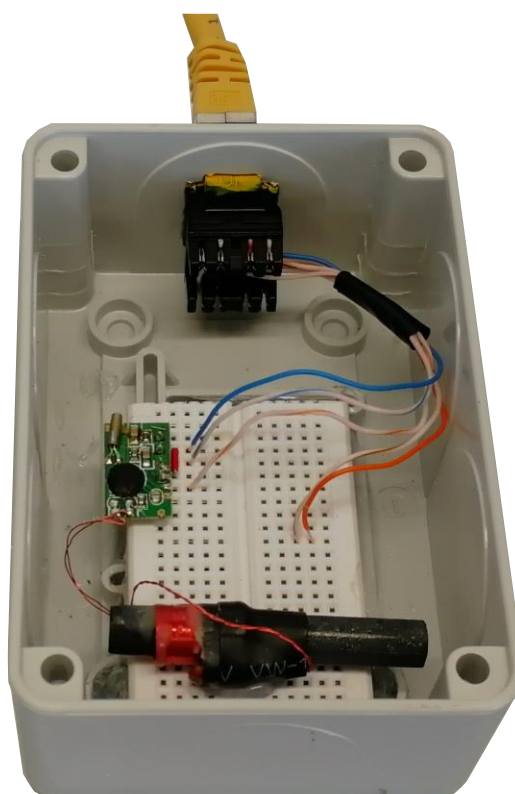
#### 4.2.2.7 Indikace stavu hodin

Na hodinách jsou osazeny 3 LED diody, které indikují informaci o stavu hodin. První dioda je zelená a udává aktuální stav DCF informace, zda se nachází v logické jedničce nebo v logické nule. Pohledem na tuto diodu můžeme vidět, jestli je DCF signál čistý nebo naopak velice rušený, a eventuálně změnit pozici antény přijímače. Druhá dioda je žlutá a slouží k informaci o aktuálním čase. Pokud má mikrokontroler informaci o aktuálním čase, je dioda zhasnutá. Pokud uplynulo více jak 60 minut od poslední aktualizace času pomocí DCF, dioda bliká. Pokud uplynulo více jak 720 minut od poslední aktualizace času pomocí DCF nebo ještě nebyla přijata první informace o aktuálním čase pomocí DCF, dioda svítí. Třetí dioda je červená a slouží k informaci o přesném natočení hodin. Tuto diodu může zhasnout pouze Velká Kontrola. Po každém pootočení hodin je porovnána informace z čidel vačkových hřídelí a informace o přesném natočení, minuty jsou zde vyděleny deseti a pokud se informace neshodují, inkrementuje se proměnná *pocetNespravnychInformaciOCasu*, když je tato proměnná větší než 6, dioda bliká, pokud je proměnná větší než 12, dioda svítí.

## 5 Finální úprava hodin a elektroniky



Obr. 5.1 Ovládání hodin



Obr. 5.2 DCF přijímač





Obr. 5.3 Hodiny



Obr. 5.4 komplet

## Závěr

Cílem této práce bylo sestavit ovládací jednotku pro staré překlápěcí hodiny Pragotron IPJ-0612 tak, aby byly schopny po připojení k napájení zjistit svoje aktuální natočení, zjistit aktuální přesný čas a na tento čas se nastavit. Nejprve bylo důležité zjistit původní funkci mechanismu hodin, na kterou se zaměřuje první kapitola. K překlápění hodin dochází pomocí polarizovaných impulzů, které zajišťuje elektrický obvod zvaný H-můstek.

K získání informace o přesném čase byl použit příjem radiového signálu z Frankfurtu zvaný DCF77, který je přijímán pomocí modulu DCF1.

Aktuální natočení překlápěcích listů hodin zajišťují speciálně vytvořené vačkové hřídele, které dokáží rozlišit změnu natočení každých deset minut. Pro tvorbu vačkových hřídelů bylo nutné seznámit se s programem pro tvorbu 3D modelů. Použit byl program OpenSCAD.

Program pro řízení hodin byl implementován na dvou mikrokontrolerech. Nejprve na mikrokontroleru firmy Arduino, který sloužil pro vyzkoušení funkčnosti všech připojených periférií, avšak využíval cizí program pro dekodování DCF signálu. Poté byl použit sofistikovanější mikrokontroler firmy ST, který již obsahuje veškerý program tvořený v rámci této práce.

Na závěr byl veškerý hardware osazen do instalačních krabic. V jedné krabici je umístěn mikrokontroler a H-můstek a ve druhé krabici je umístěn DCF přijímač. Pozice přijímače musí být přesná vůči vysílači umístěného ve Frankfurtu, proto je elektronika rozdělena do dvou krabic, aby bylo možné DCF přijímač vůči vysílači správně umístit. Propojení instalačních krabic a hodin IPJ-0612 je zajištěno síťovými kabely UTP, připojenými pomocí konektorů RJ45, rozlišenými třemi různými barvami, aby se zamezilo jejich záměně.

Po připojení celého zařízení k napájení dojde k vyhodnocení aktuálního natočení překlápěcích listů. Dále je možné nastavit umístění DCF přijímače tak, aby byl příjem DCF signálu čistý, to signalizuje zelená LED dioda umístěná na hodinách. V nejlepším případě dojde ke zjištění přesného času do dvou minut. Poté mikrokontroler pomocí H-můstku ovládá polarizované impulzy a nastaví hodiny na přesný čas. Natočení překlápěcích listů je každé překlápění kontrolováno a probíhá kontrola, která odhalí chybu natočení nebo zvenčí zásah osoby a tu poté opraví.

Hodiny jsou spolu s elektronikou plně automatické a stačí je připojit pouze k napájení 24V. Proto byly hodiny označeny názvem Pragotron IPJ-0612 2.0.

## Seznam literatury a informačních zdrojů

- [1] Pragotron.sk. Systém jednotného času [online]. 2011 [cit. 2019-06-08]. Dostupné z: <<https://pragotron.sk/?ukaz=content/sjc&=sk>>
- [2] Pragotron.sk. Analogové podružné hodiny [online]. 2011 [cit. 2019-06-08]. Dostupné z: <[https://pragotron.sk/?ukaz=content/pha\\_ch&=sk](https://pragotron.sk/?ukaz=content/pha_ch&=sk)>
- [3] Pragotron.sk. Vývoj digitálních listových hodin značky Pragotron [online]. 2011 [cit. 2019-06-08]. Dostupné z: <<https://pragotron.sk/?ukaz=content/ipjhist&=sk>>
- [4] Pragotron.sk. IPJ 0612 [online]. 2011 [cit. 2019-06-08]. Dostupné z: <<https://pragotron.sk/?ukaz=content/ipj0612&=sk>>
- [5] HROMČÍKOVÁ, Šárka. Studijní opora pro výuku H-bridge a vysvětlení jeho činnosti na ZŠ. Brno: 2016. Bakalářská práce. Masarykova univerzita, Pedagogická fakulta, Katedra technické a informační výchovy.
- [6] Vyvoj.hw.cz. Vysílání časového signálu a DCF77 [online]. 2002 [cit. 2019-06-08]. Dostupné z: <<https://vyvoj.hw.cz/teorie-a-praxe/dokumentace/vysilani-casoveho-signalu-a-dcf77.html>>
- [7] Danyk.cz. Radiově řízené VFD (ítronové) hodiny s DCF-77 [online]. 2015 [cit. 2019-06-08]. Dostupné z: <[http://danyk.cz/avr\\_vfd.html](http://danyk.cz/avr_vfd.html)>
- [8] Arduino.cz. Přesný čas z Německa DCF1 [online]. 2017 [cit. 2019-06-08]. Dostupné z: <<https://navody.arduino-shop.cz/navody-k-produktum/presny-cas-z-nemecka-dcf1.html>>
- [9] Wiki.knihovna.cz. Rozpoznávání obrazu [online]. 2012 [cit. 2019-06-08]. Dostupné z: <[http://wiki.knihovna.cz/index.php/Rozpozn%C3%A1v%C3%A1n%C3%AD\\_obrazu](http://wiki.knihovna.cz/index.php/Rozpozn%C3%A1v%C3%A1n%C3%AD_obrazu)>
- [10] Plc-automatizace.cz. Jednostopý grayův kód (absolutní) [online]. [cit. 2019-06-08]. Dostupné z: <<http://plc-automatizace.cz/knihovna/data/kodovani/single-track-gray-code.htm>>

- 
- [11] Wikipedia.org. 3D tisk [online]. 2019 [cit. 2019-06-08].  
Dostupné z: <[https://cs.wikipedia.org/wiki/3D\\_tisk](https://cs.wikipedia.org/wiki/3D_tisk)>
- [12] Arduino.cz. Co je to arduino? [online]. 2014 [cit. 2019-06-08].  
Dostupné z: <<https://arduino.cz/co-je-to-arduino/>>
- [13] Root.cz. STM32: mikrokontrolér vstřícný k amatérům [online]. 2017  
[cit. 2019-06-08]. Dostupné z: <<https://www.root.cz/clanky/stm32-mikrokontroler-vstricny-k-amaterum/>>

