



**ZÁPADOČESKÁ
UNIVERZITA
V PLZNI**

FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ
KATEDRA ELEKTROMECHANIKY A VÝKONOVÉ ELEKTRONIKY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
SYNCHRONIZACE ČASU PRO ODLOUČENÁ MĚŘICÍ STANOVISŤE

Vypracoval: Zbyněk Zeis

Vedoucí práce: Ing. Jaroslav Freisleben Ph.D.

Plzeň 2016

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
Fakulta elektrotechnická
Akademický rok: 2015/2016

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Zbyněk ZEIS**
Osobní číslo: **E13B0297P**
Studijní program: **B2644 Aplikovaná elektrotechnika**
Studijní obor: **Aplikovaná elektrotechnika**
Název tématu: **Synchronizace času pro odloučená měřicí stanoviště**
Zadávací katedra: **Katedra elektromechaniky a výkonové elektroniky**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

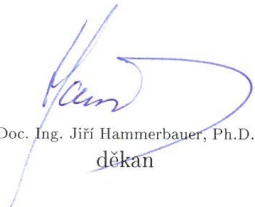
1. Prostudujte možné způsoby příjmu přesného času.
2. Důkladně se seznamte s principem vysílače časového signálu DCF77.
3. Navrhněte a realizujte modul pro příjem a synchronizaci signálu DCF77 ve spojení s osobním počítačem.
4. Vytvořené technické a programové prostředky podrobně popište.

Rozsah grafických prací: podle doporučení vedoucího
Rozsah kvalifikační práce: 30 - 40 stran
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická
Seznam odborné literatury:


1. Burkhard, M.: C pro mikrokontroléry.
2. Firemní literatura a katalogy výrobců zvolených součástek a obvodů.
3. Elektronické informační zdroje.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jaroslav Freisleben**
Regionální inovační centrum elektrotechniky

Datum zadání bakalářské práce: **15. října 2015**
Termín odevzdání bakalářské práce: **2. června 2016**


Doc. Ing. Jiří Hammerbauer, Ph.D.
děkan




Prof. Ing. Václav Kůs, CSc.
vedoucí katedry

V Plzni dne 15. října 2015

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce je zaměřena na příjem informace o čase a datu za použití rádiového signálu DCF 77. Obsahem práce je i návrh a realizace zařízení pro příjem zmíněného signálu a jeho nahrání do osobního počítače. V úvodní části práce jsou probrány možné způsoby příjmu přesného času, dále pak informace o vysílači signálu DCF 77 a popsán signál samotný. Práce taktéž okrajově pojednává o způsobech odvození přesného času. Závěrečné kapitoly jsou zaměřeny na návrh a realizaci zařízení pro příjem signálu.

KLÍČOVÁ SLOVA

DCF 77, přesný čas, RTC, přestupná sekunda

ABSTRACT

This bachelor thesis deals with receiving time and date information by radio signal DCF 77. This work contains a proposal of device for receiving mentioned signal and its further loading into a personal computer, and also describes a process of device implementation. The introductory part discusses some possibilities of receiving the exact time. Further there are some information about transmitter DCF 77 and description of the signal itself. The work also marginally discusses some ways of exact time derivation. The final chapters are focused on design and implementation of equipment used for signal receiving.

KEYWORDS

DCF 77, exact time, RTC, leap second

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 30.5.2016

Zbyněk Zeis

OBSAH

Seznam obrázků.....	V
Seznam tabulek.....	VI
Seznam symbolů a zkratk.....	VII
1. Úvod.....	1
2. Způsoby příjmu přesného času.....	2
2.1. GPS.....	2
2.2. Internet.....	3
2.3. Rádio.....	4
3. Vysílač DCF 77.....	5
3.1. Historie.....	6
3.2. Přesnost.....	7
3.3. Modulování signálu.....	8
3.4. Časový kód.....	8
3.5. Technické provedení.....	10
3.6. Šíření signálu.....	11
3.7. Rušení.....	12
3.8. Příjem.....	14
3.9. Obdobné vysílače.....	15
4. Odvozování času.....	16
4.1. Definice času.....	16
4.2. Atomové hodiny.....	17
4.3. Přestupná sekunda.....	19
5. Návrh zařízení.....	21
6. Realizace zařízení.....	25
6.1. Hardware.....	25
6.2. Software pro zpracování DCF77.....	26
6.3. Software pro implementaci do PC.....	29
7. Závěr.....	32
Seznam použité literatury.....	33
Příloha A.....	36
Příloha B.....	38
Příloha C.....	41

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 -Umístění a dosah vysílače.....	5
Obr. 2 -Blokové schéma získávání a kontroly přesného času.....	7
Obr. 3 -Průběh poklesu amplitudy pro AM.....	8
Obr. 4 -Časová sekvence jednotlivých bitů.....	9
Obr. 5 -Modul od firmy Conrad.....	14
Obr. 6 -Principiální schéma atomových hodin.....	18
Obr. 7 -Zobrazení rozdílů mezi UT1 a UTC.....	19
Obr. 8 -Výchozí blokové schéma pro návrh.....	21
Obr. 9 -Průběh měření nepřesnosti RTC obvodu.....	23
Obr. 10 -Uspořádání displeje.....	25
Obr. 11 -Blokový diagram programu pro MCU.....	28
Obr. 12 -Vzhled okna aplikace.....	30
Obr. 13 -Blokový diagram popisující funkci aplikace.....	31
P. Obr. 1-Pohled na přední panel zařízení (vlevo) a přijímač s anténou (vpravo).....	36
P. Obr. 2-Detailní pohled na displej.....	36
P. Obr. 3-Boční pohled na zařízení.....	37
P. Obr. 4-Pohled na vrstvu TOP DPS.....	38
P. Obr. 5-Pohled na vrstvu BOT DPS.....	38
P. Obr. 6-Obrazec vodivých cest na vrstvě TOP.....	39
P. Obr. 7-Obrazec vodivých cest na vrstvě BOT.....	39
P. Obr. 8-Rozmístění součástek na vrstvě TOP.....	40
P. Obr. 9-Rozmístění součástek na vrstvě BOT.....	40
P. Obr. 10-Schéma zapojení zařízení.....	41

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 - Soupis obdobných vysílačů.....	15
Tab. 2 - Hodnoty zaznamenané v průběhu měření.....	23

SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK

<i>BCD</i>	<i>Binary Code Decimal</i>
<i>C#</i>	vysokoúrovňový objektově orientovaný programovací jazyk
<i>DCF 77</i>	název dlouhovlnného signálu
<i>DPS</i>	<i>Deska Plošného Spoje</i>
<i>EEPROM</i>	<i>Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory</i>
<i>EIRP</i>	<i>Equivalent Isotropically Radiated Power</i>
<i>GPS</i>	<i>Global Positioning System</i>
<i>I2C</i>	<i>Inter Integrated Circuit</i>
<i>IO</i>	<i>Integrovaný Obvod</i>
<i>MCU</i>	<i>Microcontroller Unit</i>
<i>NTP</i>	<i>Network Time Protocol</i>
<i>RDS</i>	<i>Radio Data Services</i>
<i>RTC</i>	<i>Real Time Clock</i>
<i>SMT</i>	<i>Surface Mount Technology</i>
<i>SNTP</i>	<i>Simple Network Time Protocol</i>
<i>SRAM</i>	<i>Static Random Access Memory</i>
<i>TAI</i>	<i>Temps Atomique International</i>
<i>THT</i>	<i>Trough Hole Technology</i>
<i>USART</i>	<i>Universal Synchronous / Asynchronous Receiver and Transmitter</i>
<i>UT</i>	<i>Universal Time</i>
<i>UTC</i>	<i>Coordinated Universal Time</i>
V_{BAT}	napětí baterie
V_{CC}	napětí primárního napájení
<i>VKV</i>	<i>Velmi Krátké Vlny</i>

1. ÚVOD

Dnešní doba si vyžaduje stále větší nároky na čas a jeho přesnost. Na vyobrazení času je možné dnes narazit takřka v každém přístroji se zobrazovačem, přičemž by bylo velice náročné každé takové zařízení ručně nastavovat a přitom dosáhnout přesného nastavení více zařízení. Navíc každé zařízení se po určitém čase odchýlí, dle kvality provedení a vnějších vlivů, od správné hodnoty, a tak je nutné časový údaj uvést zpět na správnou hodnotu.

Přesný čas ale nemá pouze funkci člověka informovat o tom kolik je hodin, avšak také se kupříkladu využívá pro určování polohy zařízení za využití satelitního systému GPS apod. Jelikož jde o člověkem nejpřesněji měřenou veličinu, odvozují se dle ní i další veličiny jako například metr, coulomb apod.

Tato bakalářská práce se zabývá možnými způsoby získání přesného času a jeho udržení po určitou dobu při ztrátě spojení s referenčním časem. Důraz je zde kladen především na možnost příjmu času za využití časového signálu DCF 77 vysílaného z obce Mainflingen na území Spolkové republiky Německo. Pro možnost synchronizace času na odloučených pracovištích bude prezentován návrh zařízení pro příjem již zmiňovaného signálu a jeho nahrání do stolního počítače. Pro lepší pochopení, jak se získává přesný čas a s jakými druhy se lze setkat, se jedna z kapitol věnuje i této problematice.

2. ZPŮSOBY PŘÍJMU PŘESNÉHO ČASU

2.1. GPS

Signál GPS mimo jiné pokrývá oblast střední Evropy a tak se s velikou výhodou může využít k zachycení velice přesného časového údaje. Hlavní nevýhodou však zůstává jeho neprostupnost skrze překážky a tudíž potřebuje co nejlepší možný výhled na oblohu. Uvnitř budov, ve větších vzdálenostech od oken, je příjem takřka nemožný, ale problémy může vyvolat už i hustší les či blízkost skal a budov. [8]

Pro příjem a zpracování GPS signálů byly vyvinuty speciální přijímače. V současné době jich existuje několik typů - jednokanálové, vícekanálové a hybridní. Jednokanálový přijímač je schopen zachytit a zpracovat signál jen z jedné družice, proto se po zachycení a zpracování signálu a uložení informace z jedné družice přepne na další, přičemž doba nutná pro celý tento proces je velmi malá (cca 20ms). U vícekanálových přijímačů je situace jiná, protože pro každou družici mají vyčleněný samostatný fyzický kanál a tudíž mohou přijímat a zpracovávat signály z více družic najednou. U hybridních přijímačů nalezneme více kanálů, avšak pro dosažení většího počtu zpracovaných signálů mezi nimi přepíná stejně jako jednokanálový přijímač. [8]

Pro příjem a zpracování signálů se může použít mnoha na trhu nabízených modulů (Lotus M12MT, Navman Jupiter T, Trimble Resolution T, Leadtek LR-9101 aj.) s nejrůznějším počtem kanálů pro příjem signálu, různými protokoly pro přenášení dat o přijatém signálu a případně i výstupů se synchronizačními značkami. Přesnost zmíněných modulů se pohybuje v řádu nanosekund. Doba získání přesného časového údaje se zde pohybuje od 42 sekund po 120 sekund, což je srovnatelné s dobou potřebnou pro přijímač DCF 77. [23]

Získání informace o čase UTC (Coordinated Universal Time) je možný i pouze s jednou zachycenou družicí, avšak až při fixaci na alespoň 4 družice je umožněno přesné určení polohy a tím pádem i dopočet zpoždění přijaté informace vzniklého šířením. [23]

2.2. INTERNET

V dnešní době můžeme velice často slyšet pojem “internet věcí“, který označuje internet za místo, kam se připojuje stále více zařízení u nichž bychom tuto potřebu neočekávali. Pro snadnou synchronizaci času těchto zařízení se využívá několika časových protokolů.

Time

Tento protokol vznikl v roce 1983. Odesílá informaci o počtu sekund uběhlých od 1. ledna 1900. Jelikož se zpráva skládá pouze ze 32 bitů, dojde 7. února 2036 k čítání opět od začátku. Taktéž odesílaný celý počet sekund omezuje přesnost protokolu. Dosahovaná přesnost tedy je do jedné sekundy. [18]

NTP (Network Time Protocol)

Jedná se o protokol navržený pro synchronizaci vnitřních hodin počítačů s kompenzací proměnlivého zpoždění při doručování paketů. Udržuje se zde hierarchický systém, kde jednotlivá zařízení jsou označována stratum + číslo v rozmezí 1 ÷ 15. Dle časových etalonů jako atomových hodin či GPS se nastavují systémy stratum 1 a dále se z nich odvozuje stratum 2 atd. [5]

Pro synchronizaci vyše zařízení žádost o časový údaj několika NTP serverům, přičemž informace odchylovající se od ostatních v řádu minut vyloučí a ze zbylých určí jeden výsledný čas. Pro protokol NTP verze 4 se přesnost pohybuje v řádu milisekund. Zpráva o čase UTC je odesílána v podobě 32 bitů pro sekundy a 32 bitů pro desetinou část sekundy. [5]

Výhody:

- Poskytnutí nejpřesnějšího časového údaje za podmínek daných serverem a sítí
- Odolnost vůči nejrůznějším poruchám včetně škodlivých útoků
- Automatické uspořádání topologie podsítě pro nejlepší přesnost a spolehlivost
- Zvýšení užítku internetu

Nevýhody:

- Místní čas je poskytován operačním systémem
- Všechny hodnoty v protokolu jsou veřejné
- Složitá přeměna časového údaje na jiné formáty [16]

SNTP (Simple Network Time Protocol)

SNTP je zjednodušeným NTP protokolem. Nejsou zde uvažována časová zpoždění paketů vzniklá přesunem po síti a není zde zaznamenáván stav předchozí komunikace.

2.3. RÁDIO

Automatické nastavení času a data pomocí radiopřijímače se využívá především v automobilech. Stanice vysílající na VKV (velmi krátké vlny) mají možnost vysílat RDS (radio data services) signál, který může poskytovat nejrůznější informace. Jednou z nich je i informace o čase a aktuálním datu.

Zpráva obsahuje UTC a také časové posuny v rozmezí ± 12 hodin s krokem půl hodiny, dle lokality užití. Dále šestice bitů obsahuje informaci o minutě, pětice bitů o hodině a 17 bitů přenáší zprávu o modifikovaném juliánském dni, ze kterého se určuje den v týdnu a aktuální datum.[17]

U takto získaného času není známa jeho přesnost jelikož záleží na vysílací stanici, odkud získává informace o přesném čase, a také jak dlouho trvá přenesení informace pokud je zpráva obsáhlejší.[17]

3. VYSÍLAČ DCF 77

V této kapitole je čerpáno především z [6] pokud není uvedeno jinak.

DCF 77 je radiový signál nesoucí informaci o aktuálním čase, jehož název vznikl ze slov:

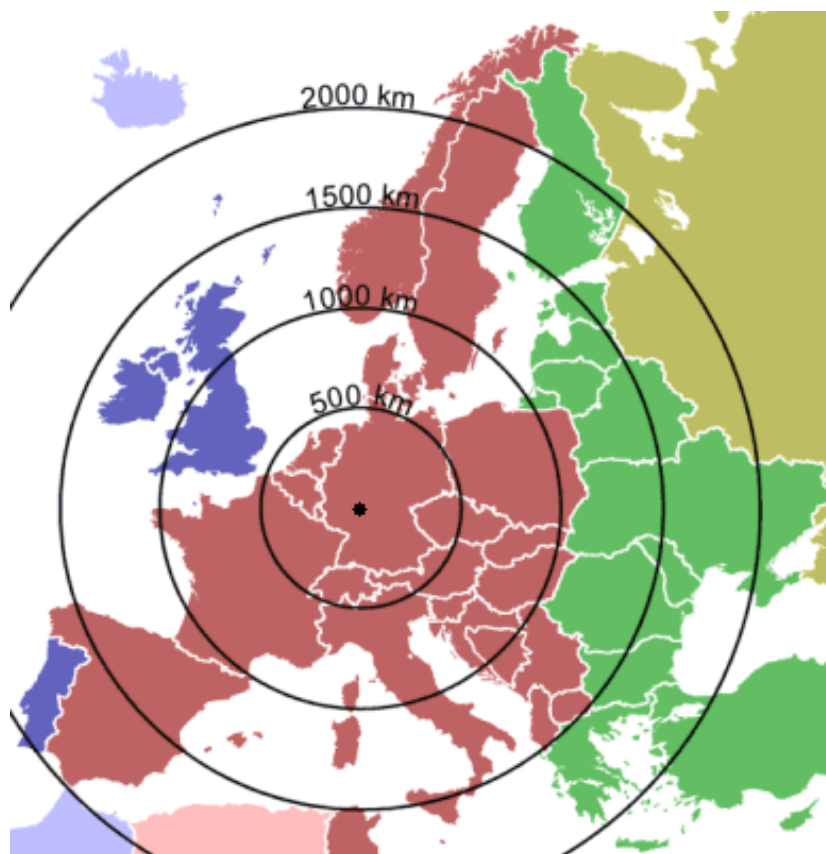
D – Deutschland

C – označení pro dlouhovlnný vysílač

F – označení vysílací stanice Mainflingen

77 – odvozeno od frekvence nosné 77,5 kHz

Jak je již z označení patrné, vysílací stanice se nachází ve Spolkové republice Německo u města Mainflingen nedaleko Frankfurtu nad Mohanem.



Obr. 1 - Umístění a dosah vysílače [převzato z [21]]

Vzhledem ke své pozici v Evropě (obrázek 1) a vlnové délce, na které je signál vysílán, mohou vysílání přijímat mnohé evropské státy. Provozovatel vysílače udává dosah

signálu přibližně 2000 km, avšak za dobrých podmínek s kvalitním přijímačem a navíc v nočních hodinách je možno signál zachytit i v 5500 km vzdáleném Jemenském městě Jedda. Záleží především na odrazu od ionosférické vrstvy (přesněji vrstvy D), přičemž těchto vzdáleností je dosahováno vysílačem s výkonem 50 kW. [11]

3.1. HISTORIE

O možnostech vysílání času pomocí radiových vln se začalo uvažovat již na začátku 20. století a v roce 1903 bylo uskutečněno první vysílání a to v USA. V Německu od roku 1910 do roku 1916 vysílalo rádio Nordeich a v roce 1917 se přešlo na vysílání ze stanice Nauen s frekvencí 77 kHz.

Oficiálně vysílání časového kódu označovaného DCF 77 započalo již 1. ledna roku 1959, avšak až do roku 1970 byly časové značky vysílány pouze po dobu tří hodin přes den a po stejně dlouhou dobu během noci. Počínaje dnem 1. září 1970 je signál vysílán nepřetržitě, jen s malými odstávkami při přechodu na záložní anténu či při nepříznivých meteorologických dějích.

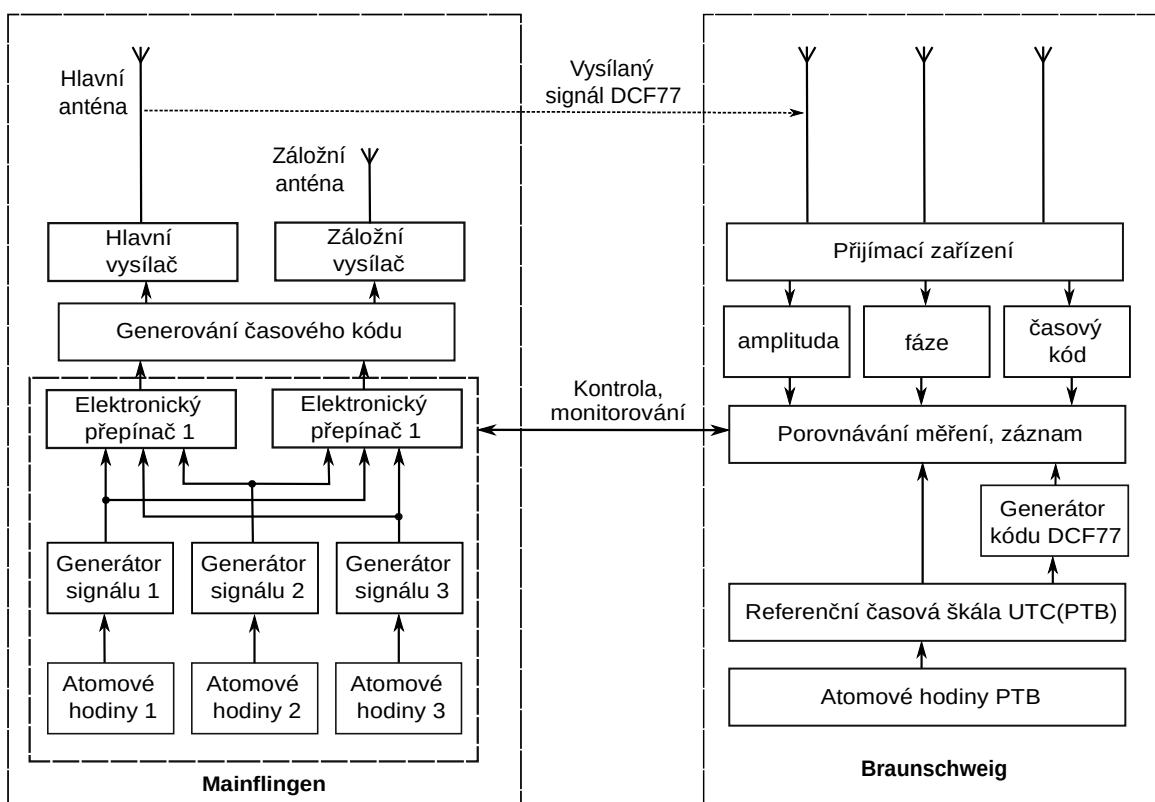
Od roku 1972 se začalo počítat s rozdílem mezi časy UTC a TAI (Temps Atomique International), a tak byla zavedena takzvaná přestupná sekunda do vysílání (viz kapitola 4.3.). Tohoto roku se taktéž změnilo doba trvání časových značek z 50 ms a 100 ms na 100 ms a 200 ms.

Od června 1983 se začalo používat pseudonáhodné klíčování fáze nosné, přičemž zůstaly zachovány časové značky. Pseudonáhodné klíčování v tomto případě spočívá v namodulování předem určené sekvence bitů odeslané za 793 ms a to vždy od konce poklesu nosné. Toto klíčování umožňuje lepší příjem ve zhoršených podmínkách oproti amplitudově modulovanému signálu. Avšak fázové klíčování se příliš neujalo a to především z důvodu možnosti příjmu přesného času za pomoci GPS.

3.2. PŘESNOST

O přesný vysílaný čas se starají troje cesiové atomové hodiny, které jsou navzájem porovnávány. Pokud jeden ze tří výstupních signálů generátorů neodpovídá zbylým dvěma, je odstaven a vysílán je pouze signál jednoho ze dvou zbylých systémů. Když dojde k situaci, kdy se ani zbylé dva signály neshodují, okamžitě se ukončuje vysílání.

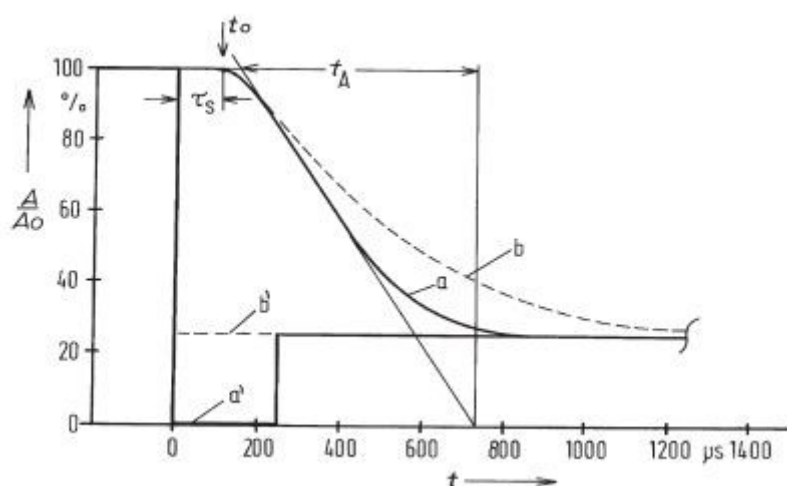
Řídící signál generují atomové hodiny přímo v Mainflingu a nikoli Braunschweigu, jak bývá často uváděno. Měřicí středisko Braunschweig pouze signál přijímá a porovnává se svými vlastními atomovými hodinami a dává tak zpětnou vazbu do Mainflingu. Velice pěkně tyto dva odstavce zobrazuje obrázek 2.



Obr. 2 - Blokové schéma získávání a kontroly přesného času |převzato s úpravami z [6]

3.3. MODULOVÁNÍ SIGNÁLU

Signál je amplitudově modulován a jeho průběh je zobrazen na obrázku 3. Křivka (a) zobrazuje průběh poklesu napětí na 25% amplitudy na výstupu z vysílače. Křivka (a') vyobrazuje řízení křivky (a). V čase $t = 0$ s poklesne rovnou k nule a to na dobu $250 \mu\text{s}$, (aby bylo docíleno strmější hrany křivky a) a poté se přechází na již zmíněných 25% z amplitudy signálu. Křivka (b) popisuje průběh výstupního signálu vysílače, když řídicí signál poklesne přímo na 25 % amplitudy.

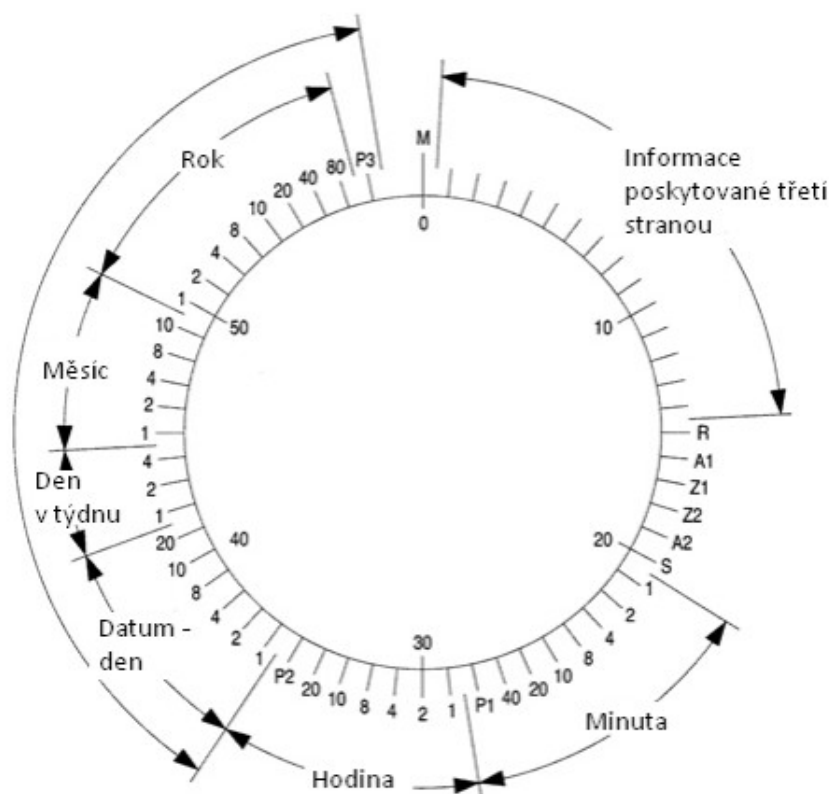


Obr. 3 - Průběh poklesu amplitudy pro AM [převzato z [6]]

3.4. ČASOVÝ KÓD

Doba setrvání signálu na 25% z amplitudy je pevně daná. Pro logickou úroveň L platí $t = 100 \text{ ms}$ a pro úroveň H $t = 200 \text{ ms}$. Informace o minutě, hodině, dni atp. jsou přenášeny v BCD (Binary Code Decimal) kódu. O volbě BCD či binárního kódu bylo dlouze diskutováno, než bylo rozhodnuto ve prospěch prvního zmiňovaného. Sekvence jednotlivých bitů je vyobrazena na obrázku 4.

Prvních 20 bitů nepřenáší zprávu o čase, nýbrž jsou využívány k předání doplňkových informací. Prvních 14 bitů je v současnosti využíváno k přenosu informací o počasí v jednotlivých regionech Evropy (ČR rozdělena do 3 regionů), přičemž pro příjem těchto informací je nutno znát správný kód pro jejich dešifrování. Tyto bity je taktéž možno použít pro případné varování civilního obyvatelstva.



Obr. 4 - Časová sekvence jednotlivých bitů |převzato z [22]

Bit 15 označený jako R udává informaci o použitém typu antény (běžná/ záložní). Bit označený jako A1 signalizuje změnu času (letní/ zimní) a to vždy jednu hodinu předem. Pokud je Z1 v logické úrovni H, značí tak středoevropský čas a pokud Z2, znamená to středoevropský letní čas. Bit A2 signalizuje změnu hodinu předem a to pro přestupnou vteřinu.

Signál taktéž obsahuje bity M a S, přičemž jejich hodnota se nemění a platí, že $M=0,1s$ a $S=0,2s$. Bit M upozorňuje na počátek nové minuty a bit S na počátek vysílání informací o čase. Bity P1,P2 a P3 doplňují časové informace a dle sudé parity se z nich zjišťuje, zda byl přenos úspěšný.

Vteřinové značky 1 – 14

V průběhu roku 2003 pověřila vláda Spolkové republiky Německo firmu HKW Elektronik GmbH realizováním a vyhodnocením testu spolehlivosti přenosu a pokrytí signálu na území Německa. Tento podnět byl podán z důvodu zjištění možnosti

vysílání varovných zpráv a případně informací o počasí. Chtěli tak rozšířit možnost informování obyvatel o výjimečných stavech k již užívaným způsobům (rádio, televize, internet, mobilní sítě).

Test byl prováděn s přibližně 900 modifikovanými zařízeními pro zpracování prvních 14 bitů signálu. Zařízení se rozmístila na nejrůznější místa v rámci Německé republiky a testovali se tak pro různou vzdálenost a různé podmínky příjmu.

Tento způsob varování občanů se ukázal jako vhodný, jelikož pokrývá celé požadované území a objevilo se zanedbatelné množství falešných alarmů. Přednost však nakonec dostalo vysílání informací o počasí, jež provozuje Švýcarská společnost MeteoTime GmbH, ale i přesto nebyla zablokována možnost vysílat varování v případě potřeby.

3.5. TECHNICKÉ PROVEDENÍ

Od ledna roku 1998 se o vysílání stará polovodičový vzduchem chlazený 50 kW zesilovač, který je složen ze 48 dílčích zesilovačů, z nichž každý má výstupní výkon přibližně 1 kW a stejné výstupní napětí. Jako záložní zesilovač je možné používat starší elektronkový zesilovač o stejném výkonu, který byl nahrazen zmiňovaným polovodičovým zesilovačem.

O vyzáření signálu do přenosového kanálu se stará 150 m vysoká všesměrová anténa s kompenzačním nástavcem. V případě chodu rezervního vysílání se využívá anténa stejného typu s výškou 200 m. Obě antény vyzařují přibližně stejným výkonem EIRP (Equivalent Isotropically Radiated Power) (odhadováno 30 – 35 kW) a nacházejí se na stejném vysílacím poli. Při prováděném měření bylo zjištěno, že jejich vysílací výkon se liší od ideální všesměrové antény maximálně o 2dB.

3.6. ŠÍŘENÍ SIGNÁLU

Signál se od vysílací antény šíří dvěma možnými cestami. První způsob je přízemní (povrchovou) vlnou a druhý způsob odrazem prostorové vlny od ionosférické vrstvy D vzdálené od zemského povrchu přibližně 70 km během dne a 90 km během noci. Na prostorovou vlnu lze pohlížet dvěma způsoby. První z pohledů uvažuje, že se vlna odrazí od vrstvy D a opět se šíří zpět k zemi. Druhý pohled uvažuje zemský povrch a ionosféru jako dvě soustředné vodivé koule, mezi nimiž se signál šíří jako elektromagnetické vlny mezi dvěma povrchy podél vlnovodu. [19]

Dle vzdálenosti od vysílače, lze rozdělit vliv jednotlivých vln na 4 oblasti:

1) Do 500 km

V tomto prostoru se projevuje především vliv povrchové vlny, která je v této oblasti velice stabilní. Síla pole povrchové vlny dosahuje hodnoty přibližně 1 mV/m. [19]

2) Přibližně 600 až 1100 km

V této oblasti mají jak povrchová, tak i prostorová vlna přibližně stejnou intenzitu a tak při špatném sledu fází jednotlivých vln může dojít k jejich interferenci a tak ke ztrátě signálu. Naopak pokud se vlny ve fázi shodují, signál se zesílí a rádiem řízené hodiny se mohou seřídít. Tento stav trvá zpravidla čtvrt hodiny a déle. [19]

3) Rozmezí 1100 až 2000 km

V této vzdálenosti je vliv povrchové vlny na příjem signálu značně malý a uplatňuje se zde tak především prostorová vlna, jejíž intenzita je zde poměrně konstantní a to několik set až 100 $\mu\text{V/m}$. Maximální hranice dosahu se mění samozřejmě se změnou polohy vrstvy D vzhledem k času, ve který je signál přijímán. [19]

4) Od 2000 km

Pro vzdálenosti větší než 2000 km nestačí již pouze jeden odraz od ionosféry, ale musí dojít ke dvěma odrazům a navíc k jednomu od zemského povrchu čímž značně klesá intenzita signálu. Za tímto okruhem se spolehlivý příjem signálu prokázal pouze v ojedinělých případech. [19]

3.7. RUŠENÍ

Je všeobecně známo, že intenzita signálu se vzdáleností klesá a tak může v místě přijímače být signál natolik slabý, že je zakryt signálem nežádoucím. Tento problém kupříkladu způsobuje televize, jejíž snímkový kmitočet 50 Hz je 1550 harmonickou nosného kmitočtu signálu DFC 77 a stejně tak i její řádkový kmitočet je pátou harmonickou vzdálenou o 625 Hz od 77,5 kHz. Velký problém pro příjem signálu způsobují taktéž spínané zdroje. Při prvotním zkoušení přijímacího modulu od firmy Conrad se projevil daný problém, a teprve po odsunutí přijímací antény do vzdálenosti vyšší než 60 cm od osciloskopu bylo možné pozorovat přijímaný signál. Stejně tak lze pozorovat tento problém při přiblížení se k přijímači se spínaným zdrojem od notebooku na vzdálenost kratší než 40 cm. [10]

Rušivým elementem mohou taktéž být vzdálené troposférické děje či průmyslová činnost.

Kvalitu příjmu ovlivňuje taktéž typ zvolené antény, přičemž je můžeme rozdělit do dvou skupin.

- 1) Drátová anténa se vyznačuje citlivostí na rušení elektroinstalacemi, jelikož přijímá elektrickou složku signálu. Pro správnou funkčnost musí být dostatečně dlouhá vzhledem k vlnové délce signálu a také umístěna dostatečně vysoko nad zemí. [2]
- 2) Smyčková anténa přijímá magnetickou složku pole a tudíž je kvalita příjmu nezávislá na výšce nad zemí. Další velikou výhodou pro využití smyčkové antény s feritovým jádrem je značně menší rozměr oproti drátové, zvláště pak u dlouhovlnných kmitočtů. [2]

Budovy s kovovou konstrukcí vytlačují magnetickou složku pole na svůj povrch, kde se tím pádem vytváří silnější magnetické pole a naopak uvnitř budovy intenzita pole významně klesá. Pro kvalitní příjem je vhodné umístit anténu přijímače například k oknu.

Směrová charakteristika feritové antény se vyznačuje tím, že má dvě maxima a kolmo k nim dvě ostrá minima. Pokud se směr antény odchyluje od pomyslné osy nevhodnějšího umístění do 45°, signál je přijímán ve stejné kvalitě. Směřováním antény lze docílit potlačení rušení, pokud se jedná o rušení pouze z jednoho směru. V takovém případě je nevhodnější směřovat anténu na minimum rušení a nikoli na maximum signálu. Pokud se rušivý signál šíří ze všech směrů, není možné směřováním antény jej odrušit. [1]

Časové značky mají ostré hrany, díky čemuž lze dosáhnout přesnosti 0,1 ms. Pro příjem takto přesné informace, by však byl nutný přijímač s šířkou pásma 5 kHz. Při použití filtru s šířkou pásma pouhých 10 Hz přesnost příjmu klesá, avšak sníží se tím šumový výkon a také rušení na vstupu přijímače. Další výhodou takto zvoleného filtru je mnohonásobně nižší požadavek na výkon vysílače. V porovnání s běžným rozhlasovým vysílačem stačí pro přenos informace 1000krát menší výkon. [1]

Na území, které pokrývá signál DCF 77 v rámci Evropy, se nevyskytuje vysílač, který by vysílal ve stejném frekvenčním pásmu a tudíž na rozdíl od rozhlasových přijímačů, kde se frekvenční pásma téměř dotýkají, není na selektivitu přijímače kladen takový důraz. Běžně se pro příjem používají filtry s jedním či dvěma krystaly. Tyto filtry propouštějí nosný kmitočet a dvě postranní pásma po 5 Hz, přičemž ostatní frekvence potlačují. [1]

3.8. PŘÍJEM

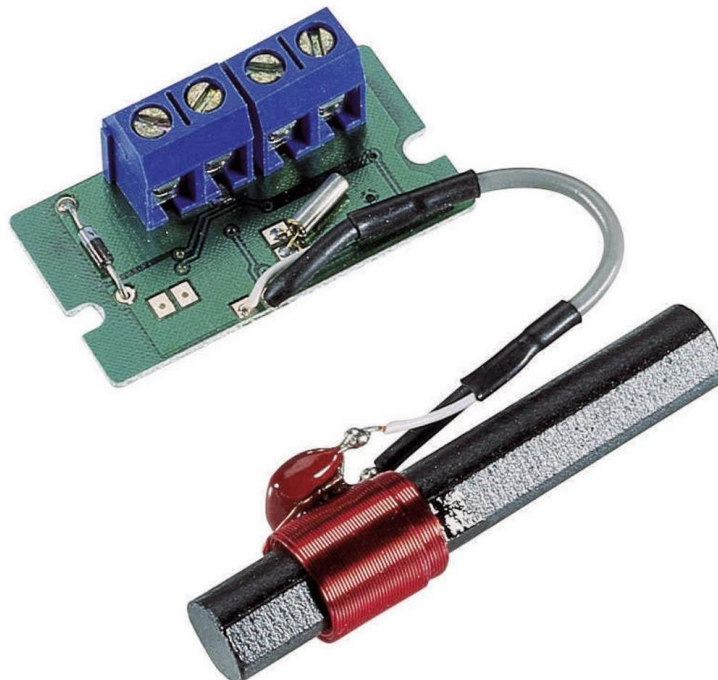
Integrované obvody

Pro prvotní zpracování přijatého signálu existuje mnoho integrovaných obvodů, z nichž většina disponuje možností zpracování dalších časových rádiových vysílání (kapitola 3.9.) pouhou záměnou krystalu na daný kmitočet nosné.

Mezi tyto integrované obvody patří například Atmel T4227, U4223B, U4221B AK2125 a mnoho dalších. Většinu těchto obvodů je ale možno zakoupit pouze v sériích od 100 kusů, čímž by se návrh značně prodražil. Z finančního hlediska se tedy nejvíce vyplatí zakoupit již sestavený modul pro příjem. [14]

Moduly

Moduly lze sehnat od více prodejců, přičemž recenze kladně doporučují modul od firmy Conrad s IO 16F628A, který zároveň obsahuje feritovou anténu a tak je možné, po připojení jednoho pullup rezistoru a napájení, ihned přijímat signál.



Obr. 5 - Modul od firmy Conrad |převzato z [7]

3.9. OBDOBNÉ VYSÍLAČE

Signál DCF 77 není jediným svého druhu. Tabulka 1 přehledně shrnuje názvy dalších signálů, jejich nosné kmitočty a státy odkud jsou vysílány.

Tab. 1 - *Soupis obdobných vysílačů* |převzato s úpravami z [21]

Název	Stát	Kmitočet nosné [kHz]	Lokace	Doplňující poznámka
HBG	Švýcarsko	75	Prangins	formát kompatibilní s DCF77
JJY	Japonsko	40 a 60	Mount Otakadoya	nedaleko Fukušimy
		60	Mount Hagane	ostrov Kjúšú
MSF60	Velká Británie	60	Cumbria	dosah 1500 km
RTZ	Rusko	50	Irkutsk	
TDF	Francie	162	Allouis	kódování podobné DCF 77
WWVB	USA	60	Fort Collins	pokrývá většinu pevniny USA

4. ODVOZOVÁNÍ ČASU

4.1. DEFINICE ČASU

TAI

Jedná se o čas, který je odvozován nezávisle na rotaci země pomocí více než 200 atomových hodin rozmístěných v mnoha státech po celé zeměkouli. Jeho nepřesnost od dokonalých hodin je přibližně jedna desetina mikrosekundy. [13]

UT (universal time)

UT0 – Tento čas je závislý na rotaci země a je měřen v libovolném bodě na zeměkouli, přičemž je poté pomocí zeměpisné délky přepočítán na Greenwichský poledník. Tento čas zatěžuje chyba vzniklá v důsledku pohybu pólů, a tak pro různá místa na Zemi může být čas rozdílný. [3] a [12]

UT1 – upravuje čas UT0 právě o chybu vzniklou pohybem pólů. Definuje tak přesný úhel země vzhledem ke vztažné soustavě a je v jeden okamžik na celé Zemi totožný. V dnešní době se jako vztažná soustava berou velmi vzdálené kvasary. Prvního ledna 1958 byl roven času TAI. [12]

UTC

Čas je odvozen od TAI, čímž je velice přesný a přitom za pomoci přestupných sekund se upravuje tak, aby se nelišil o více než 0,9 sekundy od času UT1. Pokud tedy není vyžadována přesnost menší než 1 sekunda, lze bez problémů používat čas UT1. [12]

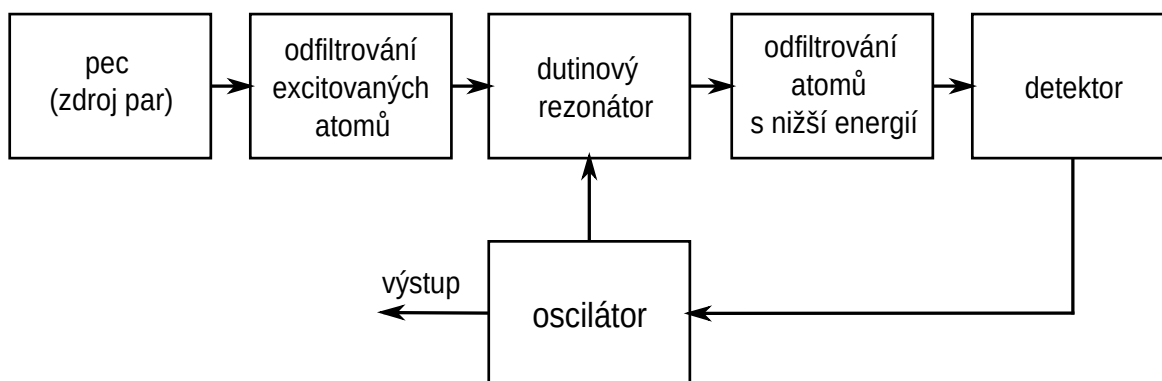
4.2. ATOMOVÉ HODINY

Existuje mnoho typů atomových hodin, ale všechny jsou založeny na stejném principu a to na přechodu elektronu v obalu atomu ze stavu s nižší energií do stavu excitovaného s vyšší energií. [24]

Jeden z nejpresnějších principů v dnešní době spočívá v nastavení frekvence oscilátoru, který budí mikrovlnné elektromagnetické pole. Toto pole je buzeno právě energií přechodu elektronu mezi energetickými hladinami. Vyzařování a pohlcování elektromagnetického záření se uskutečňuje pouze v kvantech s přesně danou energií E . Přičemž energie E dle vztahu (1) souvisí s frekvencí f a Planckovou konstantou h . Přechod elektronu do excitovaného stavu tedy umožňuje pouze elektromagnetické záření s přesně danou frekvencí pro získání potřebné energie. Taktéž moment hybnosti a tím pádem i magnetický moment se v obou stavech liší. [24]

$$E = h \cdot f \quad (1)$$

Pro chod atomových hodin je nejprve nutné v peci získat páry daného prvku, kterým je určena frekvence. Nejčastěji bývají využívány prvky jako cesium a rubidium. V případě cesia izotop ^{133}Cs a jeho přechod vyvolaný zářením s frekvencí 9 192 631 770 Hz. Dále jsou tyto atomy odesílány přes magnetické pole filtru, který oddělí atomy s různým magnetickým momentem a dále tak propustí pouze atomy s nižší energií. Tyto atomy jsou buzeny v dutinovém rezonátoru přesně danou frekvencí, kterou určuje elektrický oscilátor. Při správně nastavené frekvenci oscilátoru přechází největší množství atomů do excitovaného stavu pohlcením fotonu. V následném filtru dochází k oddělení tentokrát excitovaných atomů a ty jsou posléze odesílány na detektor. Když je frekvence nastavená oscilátorem správná, na detektor dopadá intenzivní tok atomů cesia a počítáním kmitů dostáváme přesný časový údaj. Jestliže ale nastavená frekvence není správná, signál je slabší a musí se tedy doladit frekvence pro opětovné získání maximální hodnoty na detektoru. [24]



Obr. 6 - Principiální schéma atomových hodin [převzato s úpravami z [20]

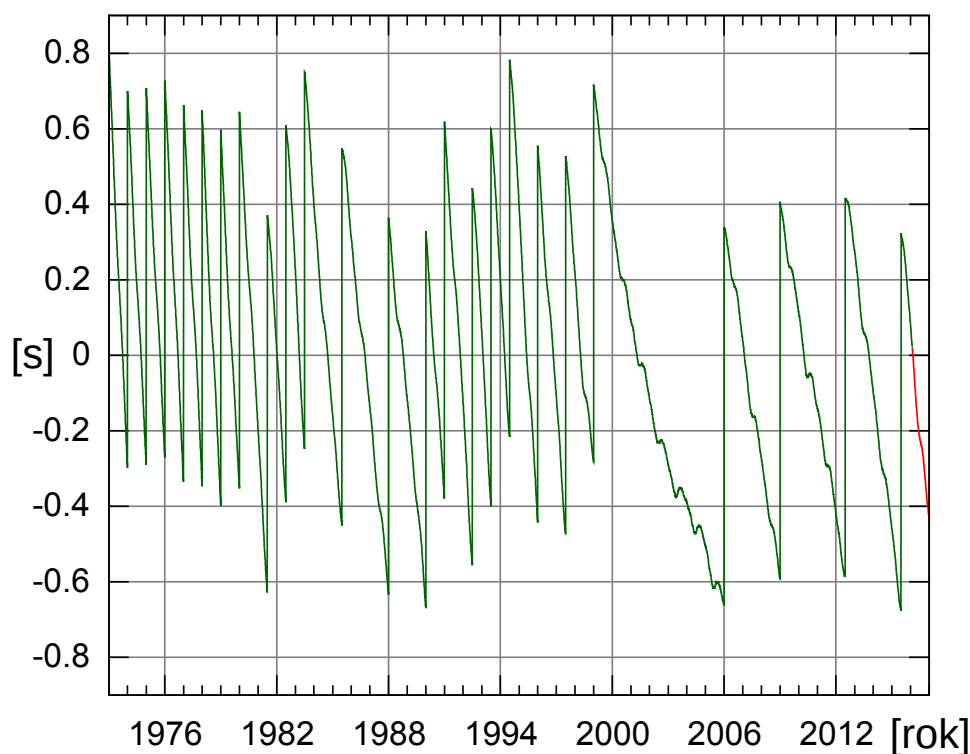
Přesnost takových hodin závisí na potřebné energii, u jednotlivých atomů, pro vybuzení z jednoho stavu do druhého. Rozdíl mezi atomy vzniká kvůli dvěma fyzikálním jevům. První z jevů způsobuje teplota daného plynu. Pro vyšší teploty získávají jednotlivé atomy vyšší rychlost a tím pádem, při jejich náhodném pohybu, vzniká různý Dopplerův posuv pro jím pohlcovaný foton. Dosáhne se tak různých frekvencí potřebných pro excitaci atomů. Detektor tudíž snímá maxima více frekvencí a tím pádem se nám zhoršuje přesnost hodin. Pro nejpřesnější atomové hodiny se tedy plyn ochlazuje na co nejnižší možnou teplotu. [24]

Druhý jev způsobuje problém nemožnosti zároveň přesně určit energii a čas. Excitovaný stav atomu není stabilní, a tak se elektron po určité době navrátí do stavu s nižší energií přičemž vyzáří foton o dané energii. U jednotlivých atomů nelze říci za jak dlouho tento jev nastane, avšak pro větší skupiny je čas návratu poloviny atomů ze skupiny přesně znám a označujeme jej poločasem vybíjení. Heisenbergův princip neurčitosti nám říká, že čím nižší je poločas vybíjení, tím nepřesněji se určí energie vybuzeného stavu. I zde se tedy atomy vybužují více frekvencemi. Pro daný prvek je poločas vybíjení pevně dán a tudíž pro přesnější měření času musí být využito jiných materiálů. [24]

4.3. PŘESTUPNÁ SEKUNDA

Používají se dva druhy sekundy. Takzvaná astronomická sekunda je odvozena z délky trvání pozemského dne, který nemá konstantní dobu trvání vzhledem ke zpomalování rotace Země. Zatímco atomová sekunda je přesně definována počtem kmitů daného prvku a tudíž nezávisí na rotaci země ani umístění na Zemi. [4]

Mnohé systémy potřebují pro svou správnou funkci správný časový souběh a tudíž používají atomové hodiny, které jim zajišťují stejnou délku sekundy na libovolných místech. Pro udržení rozdílu času mezi UT1 a UTC, který je odvozován od TAI bylo roku 1972 zavedeno vkládání přestupných sekund do UTC. Úřad IERS (International Earth Rotation and Reference Systems Service) dohlíží, aby rozdíl UTC a UT1 nikdy nepřesáhl $\pm 0,9$ s a tak při překročení rozdílu 0,6 s určí datum, kdy bude provedena korekce. Datum může být libovolný, avšak prioritu mají data 30. června a 31. prosince. Rotaci Země ovlivňuje mnoho faktorů a proto intervaly mezi vkládáním přestupných sekund nejsou konstantní. [4]



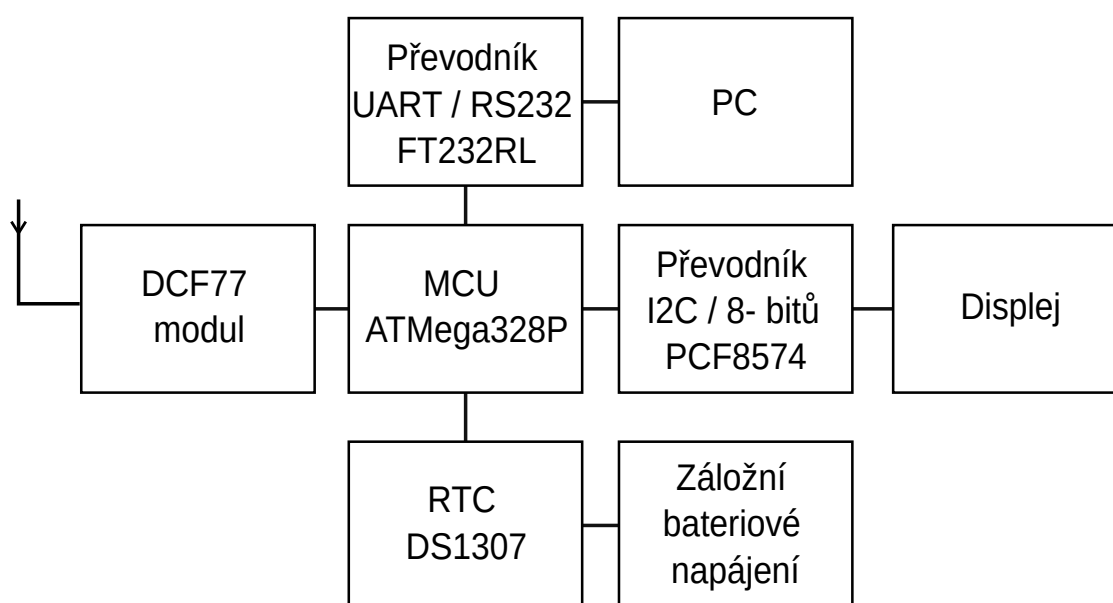
Obr. 7 - Zobrazení rozdílů mezi UT1 a UTC |převzato s úpravami z [4]

Z důvodu zpomalování zemské rotace se vteřiny vždy pouze přidávaly a nejspíš k odebrání ani nikdy nedojde. Změna se provádí naráz po celém světě a tak hodina změny je závislá na časovém pásmu. [4]

Počítačové systémy se s touto změnou vypořádávají různými způsoby jako třeba zopakováním poslední sekundy dané minuty, zastavením běhu na 1 sekundu, či na změnu nereagují přímo, ale informaci o změně dodávají do svých podružných zařízení až dodatečně, jak je tomu například u GPS. Z důvodů špatného softwarového ošetření způsobily přestupné sekundy už mnoho problémů a tak se jedná o jejich náhradě přestupnou hodinou, která by musela být použita až za několik tisíc let. [4]

5. NÁVRH ZAŘÍZENÍ

V této kapitole si podrobněji přiblížíme návrh desky plošného spoje, jež byl vytvořen za použití návrhového softwaru EAGLE, který v základní verzi poskytuje firma CadSoft Computer GmbH zdarma. Taktéž si podrobně probereme některé z integrovaných obvodů, použitých pro správnou výslednou funkci. Obrázek 8 představuje výchozí blokové schéma, podle kterého byl celý návrh koncipován. Úplné schéma zapojení se nalézá v příloze C.



Obr. 8 - Výchozí blokové schéma pro návrh

ATmega328P

Srdcem celého zařízení je jednotka MCU (Microcontroller Unit), která vykonává veškeré operace s přijatým signálem a dále jej přeposílá do PC pro přenastavení času. V mém případě jsem zvolil čip ATmega328P a to z důvodu možnosti nahrát na daný čip bootloader určený pro vývojovou platformu Arduino. Dalším požadavkem byla možnost komunikace pomocí USART(Universal Synchronous / Asynchronous Receiver and Transmitter) a I2C(Inter Integrated Circuit), což daný čip splňuje.[25]

RTC - DS1307

Nelze samozřejmě spoléhat na možnost neustálého příjmu signálu či, že v místě, kde bude nutné nahrát přesný čas do stolního počítače nebude přesprávně velké rušení, a tak jsem zařízení opatřil RTC (Real Time Clock) obvodem. Jeho dalším možným použitím je okamžitá možnost získání relativně přesného času bez čekání na příchod časové informace. [26]

OBEČNÝ POPIS

Jedná se o RTC integrovaný obvod, do kterého se data nahrávají pomocí sběrnice I2C a kromě času a data lze využít ještě i 56 bytovou SRAM (Static Random Access Memory) paměť. Obvod poskytuje informaci o sekundě, minutě, hodině, dni v týdnu, dni v měsíci, měsíci a roku. Obvod se sám stará o kontrolu délky daného měsíce (počet dní) a stejně tak i o přestupné roky. Čip má možnost záložního bateriového napájení, které se aktivuje při poklesu V_{CC} (napětí primárního napájení) pod V_{BAT} (napětí baterie) a uvede obvod do nízkoenergetického režimu, při kterém není možno do obvodu zapisovat či z něj číst. Napájení z primárního zdroje se opět obnoví, když V_{CC} přeroste $V_{BAT} + 0,2$ V a začne rozeznávat vstupy až od $1,25 \times V_{BAT}$. [26]

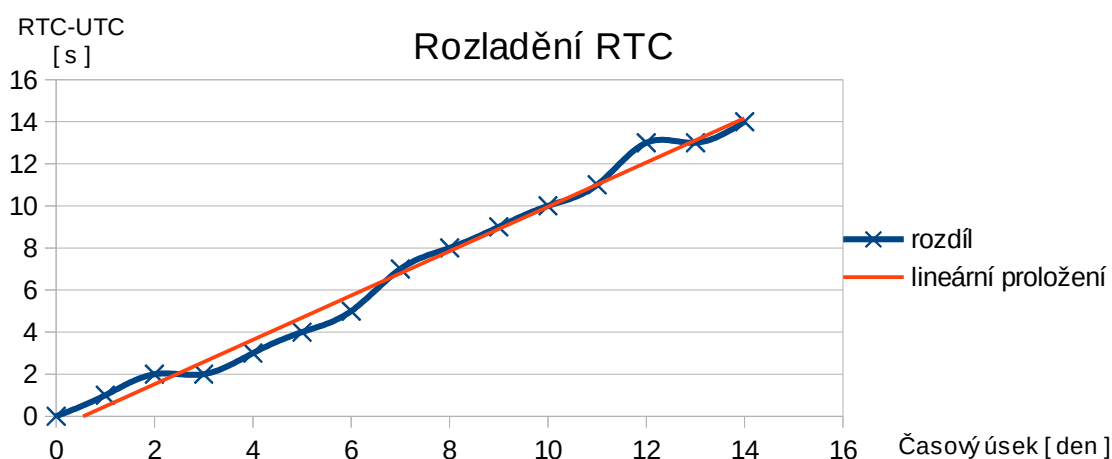
PŘESNOST HODIN

Přesnost se odvíjí od přesnosti použitého krystalu a jeho jmenovité kapacity. Dále může být přesnost ovlivněna teplotním driftem. U tohoto typu, dle internetových zdrojů může bohužel být odchylka během jednoho měsíce až 5 minut kvůli vnějšímu ovlivnění především teplotou. [9]

Nepřesnost 5 minut za měsíc by znamenala rozdíl přibližně 10 vteřin za den, což by znemožnilo nahrání relativně přesného času po připojení k počítači a to již několik hodin po získání přesného času pomocí modulu pro příjem DCF 77. Výše zmíněná nepřesnost se projevuje u modulu firmy Maxim Integrated™ se stejným integrovaným obvodem pro udržení přesného času, a tudíž bylo provedeno měření pro stejný obvod, který ale je implementován na desku samostatně a tudíž i s jiným krystalem.

Z důvodu zjištění této nepřesnosti byl proveden test, během kterého byl každý den po dobu 2 týdnů ve stejný čas zapisován údaj vyčtený z RTC obvodu. RTC obvod samozřejmě nebyl během provádění testu aktualizován a po celou dobu jej napájela pouze záložní baterie. Informaci o referenčním čase poskytovala webová stránka <http://time.gov/widget/>. Test byl prováděn při teplotě 22 °C v prostorách obytného domu.

Na konci testu činilo zpoždění oproti referenčnímu času 14 vteřin. Průběh (obrázek 9) udržuje rostoucí trend s občasnými stagnacemi. Rozdíl mezi jednotlivými dny činil 1 až 2 vteřiny. Při proložení křivky lineární regresí lze pozorovat, že případná softwarová kompenzace odečtení jedné vteřiny každý den, by částečně kompenzovala vzniklou chybu.



Obr. 9 - Průběh měření nepřesnosti RTC obvodu

Tab. 2 - Hodnoty zaznamenané v průběhu měření

Časový úsek [den]	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
RTC – UTC [s]	0	1	2	2	3	4	5	7	8	9	10	11	13	13	14

ADRESY RTC A SRAM

Adresy 00H až 07H jsou přiděleny RTC a čas a datum jsou zapisovány v BCD kódu. Na adrese 02H lze určit, zda bude formát času 12-hodinový či 24-hodinový. Adresa 07H je také označována jako kontrolní registr, kterým se určuje logická hodnota, případně frekvence na výstupu SQW/OUT. Od adresy 08H po 3FH se rozkládá paměť RAM. [26]

PCF8574

Mnohé LCD zobrazovače využívají pro komunikaci po I2C modul zajišťující převod na paralelní data, avšak takovýto modul by byl další zbytečnou součástí zvětšující objem zařízení. Rozhodl jsem se tedy potřebný expandér implementovat přímo na tutéž desku plošného spoje, kde se nachází MCU. Jelikož je displej určen pouze pro zobrazování, výstup oznamující přerušeni není využíván. [27]

OBEČNÝ POPIS

PCF8574 tvoří převodník z dvou vodičové obousměrné sběrnice (I2C) na paralelní data s 8 bitovým výstupem. Obvod lze sehnat s pouzdry typu DIP16, SO16 či SSOP20 a to v obou variantách PCF8574 či PCF8574A. Varianty se od sebe liší pouze možností ovlivnit adresu zařízení. U varianty s písmenem A je možno změnit poslední 4 bity adresy zatímco u druhé varianty pouze 3 nejnižší bity. Obvod je schopen svým výstupem napájet i LED diody. Taktéž poskytuje možnost využití přerušeni pro oznámení MCU, že jsou připravena data pro čtení. [27]

Pro volbu komunikace po I2C s displejem mě vedly hned dva důvody z nichž ten druhý nebyl v tomto případě až tak zásadní, ale v jiných aplikacích by své místo jistě našel.

- 1) Vzhledem k využití softwaru Arduino IDE (viz Kapitola 6.2.) pro naprogramování MCU, je za pomoci knihoven obsluha displeje velice snadná.
- 2) Komunikace I2C již využívám pro obsluhu RTC obvodu, čímž pádem v tomto případě není nutné plýtvat dalšími vývody MCU. V tomto případě by to znamenalo využití dalších 4 vývodů pro 4 bitovou komunikaci s displejem.

6. REALIZACE ZAŘÍZENÍ

6.1. HARDWARE

Fyzické zpracování vychází z komponent popsaných v kapitole 5., přičemž veškeré součástky jsou umístěny na jedné DPS se snahou o vyvážený poměr robustnosti a velikosti. Návrh je koncipován pro možnost výroby jednovrstvé DPS s drátovými propojkami. Vzhled osazené a neosazené DPS obsahuje Příloha B a celý návrh včetně schématu je na příloženém CD.

Deska pro tento návrh byla vyrobena formou dvouvrstvého plošného spoje s rozměry 70 x 67 mm se čtyřmi otvory v rozích pro upevnění šrouby velikosti M3. Veškeré SMT i THT součástky jsou připájeny ručně.

DPS obsahuje tři konektory, které jsou umístěny pro nejvhodnější spojení s periferiemi. Prvním z konektorů je USB typu B v provedení THT, z důvodu větší odolnosti vůči namáhání, který je umístěn v levém horním rohu DPS. Pro připojení DCF 77 modulu obsahuje deska kontaktní lištu s dvěma piny pro napájení a jedním pro data. Posledním z konektorů je 16 pinová kontaktní lišta pro připojení LCD displeje.

Pro informativní zobrazení přijatých dat a kontrolu jejich správnosti obsahuje zařízení dvouřádkový LCD displej s 16 znaky na řádek. Zvolená velikost plně postačuje pro reprezentaci veškerých přijatých dat a zároveň zůstává i místo pro zobrazení informace o úspěchu či neúspěchu příjmu. Využití jednotlivých segmentů popisuje obrázek 10, přičemž prázdné buňky jsou nevyužity a buňka s označením M inkrementuje svou hodnotu od 0 do 9 každou vteřinu, pokud je přijímán signál.

notifikace			den v týdnu		den	.	měsíc	
M		rok	hodina	:	minuta	:	vteřina	

Obr. 10 - Uspořádání displeje

Pro ochranu zařízení před možným mechanickým poškozením jsou DPS a LCD displej umístěny v plastové čtyřdílné krabičce KM35N s rozměry 91 mm x 111 mm x 35 mm a spojeny tří žilovým kabelem s krabičkou KM 26N s rozměry 89 mm x 55 mm x 33 mm, kde je umístěn modul pro příjem signálu společně s feritovou anténou. Pro LCD displej byl vytvořen otvor v horní polovině krabičky a konektory jsou vyvedeny na levé bočnici tak, aby bylo možné umístit krabičku vertikálně i horizontálně na rovinnou plochu. Popsané fyzické zpracování je zdokumentováno v příloze A.

6.2. SOFTWARE PRO ZPRACOVÁNÍ DCF 77

Tato kapitola pojednává o softwaru, dle kterého pracuje MCU, které zajišťuje čtení informací ze signálu DCF 77, jejich dekodování, uložení a odeslání do osobního počítače. Blokové schéma popisující program (obrázek 11) je rozděleno do dvou bloků, přičemž blok označený “Příjem“ je spuštěn vždy vyvoláním přerušení. Blok “Zobrazení“ se cyklicky opakuje dokud není zařízení odpojeno od napájení.

Jazyk Wiring (respektive knihovna pro jazyky C a C++), ve kterém byl software vytvořen umožňuje využití mnoha před připravených knihoven pro snazší zápis kódu. Pro účely tohoto zařízení bylo využito knihovny pro obsluhu sériové komunikace (Wire.h), knihovny pro zápis do EEPROM(Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory) paměti (EEPROM.h) a knihovny vytvořené třetí stranou pro obsluhu LCD displeje pomocí I2C komunikace (LiquidCrystal_I2C.h). [15]

INICIALIZACE

Při náběhu zařízení jsou kritické proměnné, u kterých by náhodné nastavení mohlo vést k chybě programu, nastaveny na předem definované hodnoty. Displej je vymazán a jeho kurzor nastaven na počáteční pozici, tedy levý horní roh. Následně je nastavena rychlost sériové komunikace a dochází k jejímu spuštění. Pro příjem časových impulzů je využit pin 2 a tudíž je nastaven jako vstupní s vyvoláním přerušení při změně vstupního signálu.

Zobrazení

ČTENÍ RTC

Z obvodu RTC se čte při každém průběhu smyčky programu, tak aby byl vyčtený čas vždy aktuální. Obvod je připojen na sběrnici I2C a tudíž pro získání dat je nejprve vyslána jeho adresa a posléze počet bytů od zvolené adresy paměti, které jsou požadovány. Funkce taktéž kontroluje, zda-li se vyčtená informace ze zařízení shoduje s poslední přijatou minutou z DCF modulu. Pokud není zaznamenána shoda, vypíše na LCD displej hlášku "RTC", což obsluhu upozorní, že časový údaj není aktuální a může tedy vykazovat jistou nepřesnost.

ODESLÁNÍ DO PC

Data jsou do počítače odesílány vždy při změně vteřiny, přičemž obsahují informaci o vteřině, minutě, hodině, dni, dni v týdnu, měsíci, roku a letním/ zimním čase. Na počátku odeslané informace se vždy nalézá byte s hodnotou, která nemůže být odeslána v ostatních proměnných (v tomto případě hodnota 99).

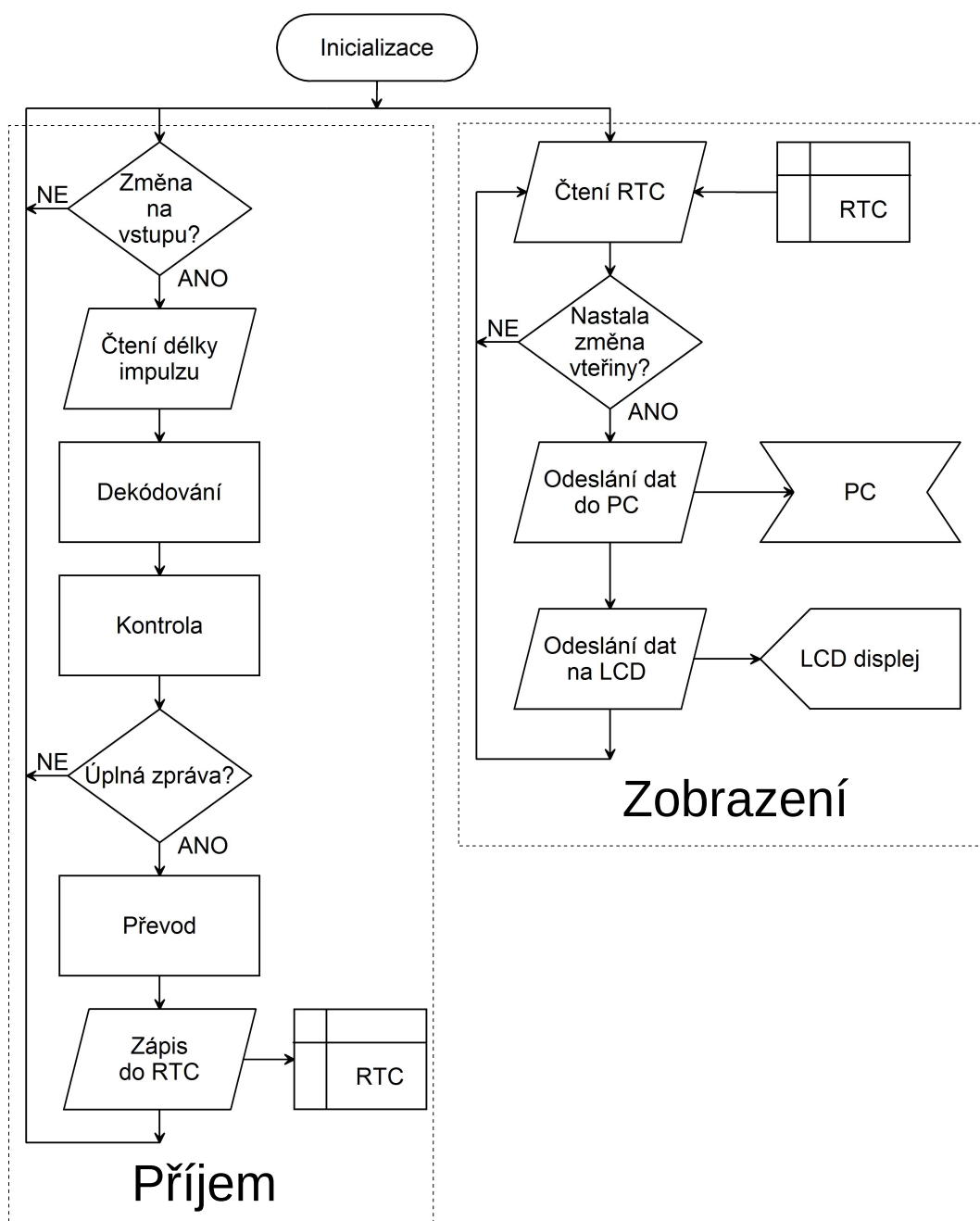
VYOBRAZENÍ NA DISPLEJI

Stejně tak jako je v každém běhu smyčky programu čteno z RTC obvodu, se vykonává i funkce aktualizující displej dle aktuálních dat. Zároveň je nutné ohlídat správné zobrazování, aby bylo příjemné pro uživatele, a tudíž například pokud je počet vteřin menší než 10, doplní funkce před číslo nulu pro získání tvaru 0x, kde x je číslo od 0 do 9.

Příjem

PŘÍJEM, DEKÓDOVÁNÍ A KONTROLA DAT

V případě, že je vyvoláno přerušení změnou stavu signálu na pinu číslo 2, vyčte se hodnota z volně běžícího čítače a při další změně stavu vstupního signálu je odečtena od aktuálního stavu čítače, čímž je zjištěna aktuální délka obdrženého pulzu. Zároveň musí být kontrolován stav aktuální hladiny, aby nedocházelo ke čtení invertovaných hodnot.



Obr. 11 - Blokový diagram programu pro MCU

Délka impulsu je následně zpracována a výsledek, v podobě logické úrovně, uložen do pole k dalšímu zpracování.

Pro účel kontroly správnosti dat jsou využívány paritní bity popsané v kapitole 3.4. přičemž kontrola je prováděna na sudou paritu. Pokud není parita splněna, objeví se na displeji hláška “CHYBA“. Dalším zabezpečením je nutnost příjmu všech 58 bitů zprávy, aby byl umožněn převod dat na potřebný formát pro zapsání do RTC.

PŘEVOD A ZÁPIS DO RTC

Pokud došlo k úspěšnému příjmu zprávy o čase, musí být z pole bitů vyseparovány informace o jednotlivých proměnných a převedeny na byte, který se poté ukládá do RTC obvodu.

Zápis do RTC začíná udáním adresy zařízení a následně udáním adresy dat odkud bude zápis prováděn. Po nahrání dat v předem určeném pořadí se na displeji objeví zpráva “PRIJEM“, aby upozornila uživatele, že čas pro danou minutu je aktuální. Zpráva se zobrazuje do konce minuty, pokud není překryta hlášením “CHYBA“, které okamžitě upozorňuje na problém s paritu přijatých dat.

6.3. SOFTWARE PRO IMPLEMENTACI DO PC

V této kapitole bude podrobně popsán software zodpovědný za změnu systémového času osobního počítače napsaný v jazyce C# za použití programu Visual Studio Express 2010, který společnost Microsoft poskytuje se základními funkcemi zdarma. Funkci vytvořené aplikace, lze vyčíst z blokového diagramu na obrázku 13 a samotný vzhled okna aplikace pak na obrázku 12. Aplikaci je nutno spouštět s právy administrátora, aby byla umožněna změna systémového času.

INICIALIZACE

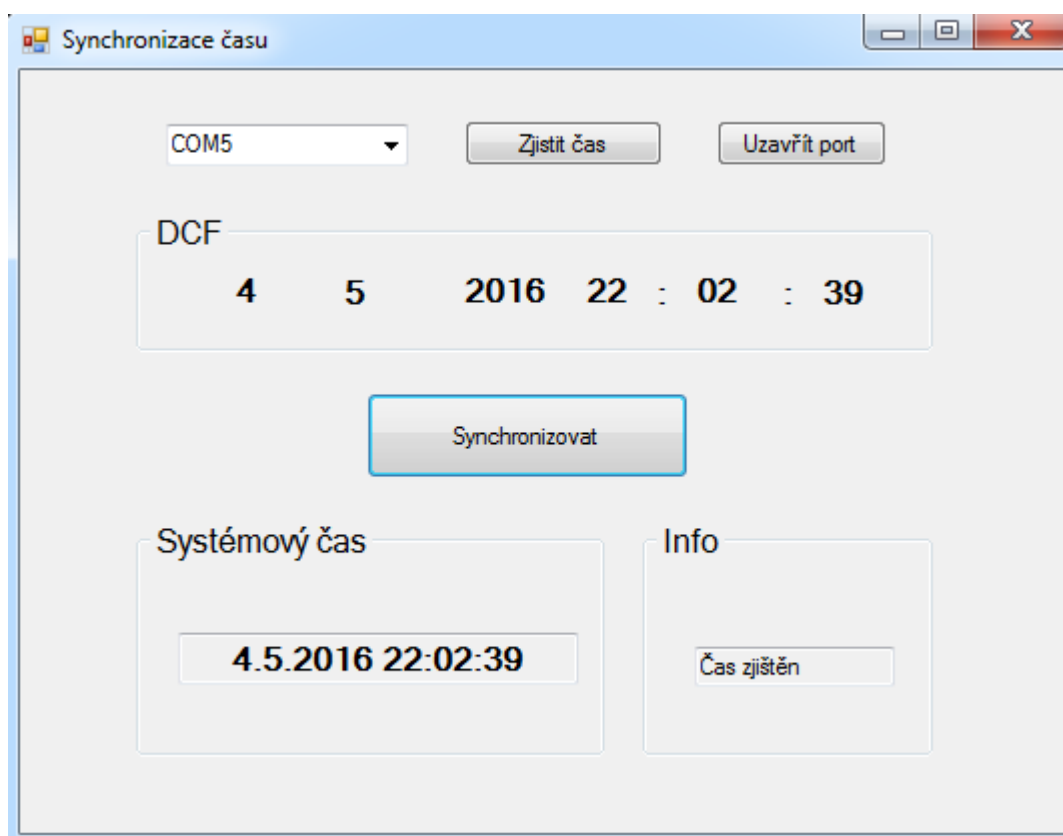
Při spuštění aplikace se uživateli zobrazí okno s výchozím vizuálním stylem. Ihned poté aplikace zjistí dostupné sériové porty a vypíše je do výběrového pole. Taktéž je nastavena rychlost sériové komunikace. Pro možnost sledovat systémový čas, se inicializuje časovač.

SYSTÉMOVÝ ČAS

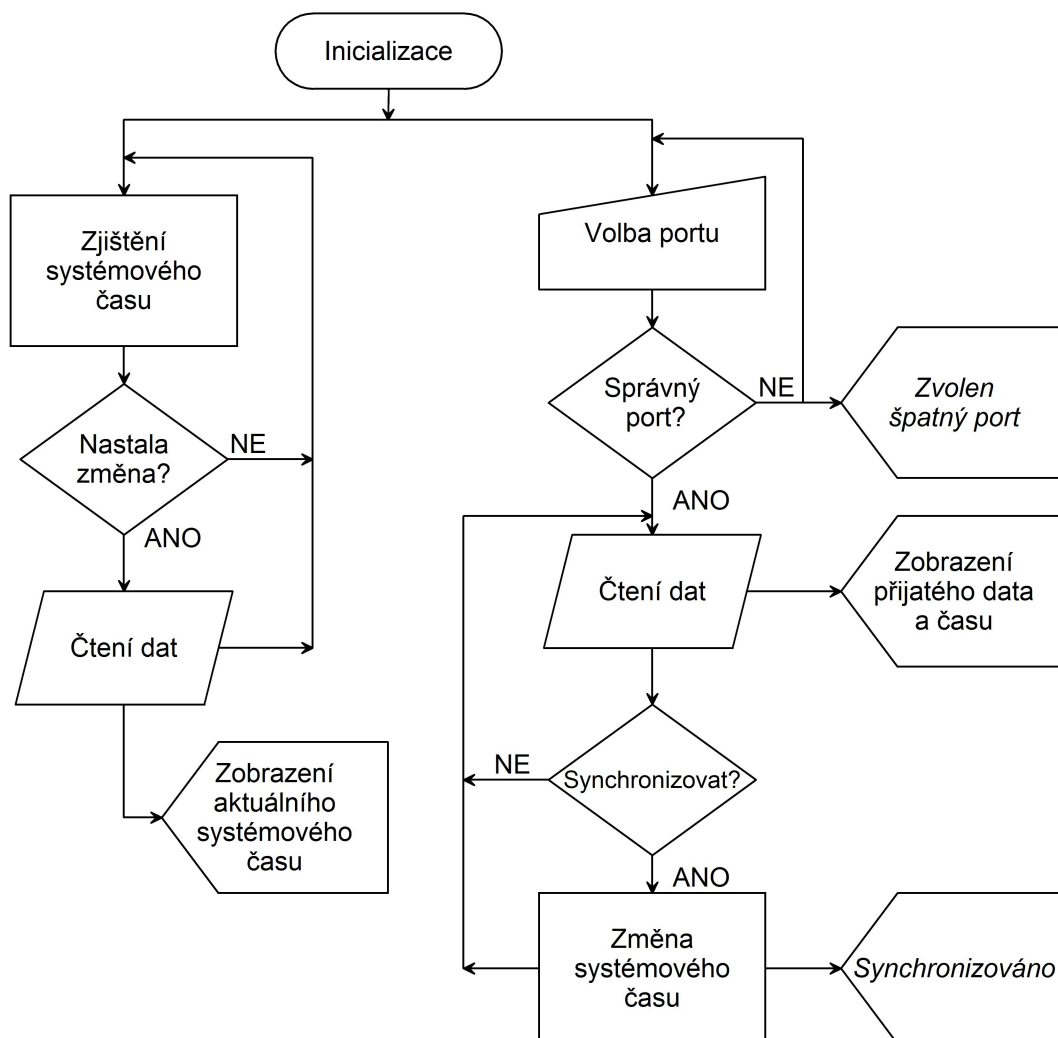
Program se dále větví na v podstatě dvě nekonečné smyčky přičemž první z nich od počátku běhu aplikace zjišťuje systémový čas osobního počítače a obstarává jeho zobrazení ve skupinovém poli označovaném Systémový čas.

KOMUNIKACE S MCU

Po zvolení portu, na kterém komunikuje MCU s počítačem a stisknutím tlačítka Zjistit čas, se ve skupinovém poli DCF zobrazí aktuální datum a čas odesílaný zařízením. Data jsou čtena do ukončení běhu aplikace či uzavření portu, přičemž pro plynulý běh grafického vlákna aplikačního okna, je využit tzv. background worker (práce na pozadí).



Obr. 12 - Vzhled okna aplikace



Obr. 13 - Blokový diagram popisující funkci aplikace

7. ZÁVĚR

Zadáním práce bylo prozkoumání možností příjmu přesného času a vytvoření hardwarového a softwarového vybavení pro synchronizaci času a data osobního počítače. V prvních kapitolách jsou popsány možné způsoby příjmu informace o čase s důrazem kladeným především na signál DCF 77. Taktéž je jedna kapitola věnována popisu časů, které jsou v oboru metrologie užívány. Na základě získaných teoretických znalostí byl vytvořen software pro zpracování informace přijaté ze zakoupeného přijímače signálu DCF 77. Taktéž hardware musel být uzpůsoben potřebám příjmu, udržení a zobrazení informace.

Zařízení splňuje veškeré požadavky na funkčnost stanovené zadáním. Bylo testováno po dobu tří měsíců a neprokázaly se žádné závažnější nedostatky. Při případné realizaci dalšího zařízení by bylo vhodné některé aspekty pozměnit. Jedná se především o hardwarové záležitosti, které by při přetvoření prototypu zapříčinily nárůst ceny a časovou prodlevu, a tudíž nebyly realizovány.

Zařízení přijímá informaci o čase a datu, přičemž pro ověření správnosti dat provádí kontrolu sudé parity. Obdrženou informaci ukládá do RTC obvodu pro možnost synchronizace času osobního počítače i v místech bez možnosti příjmu signálu. O stavu procesu příjmu informuje LCD displej umístěný na předním panelu zařízení. Využití je možné na většině území Evropy, přičemž uplatnění nalézá především v oblastech bez internetového pokrytí či v místech, kde není volný výhled na oblohu pro užití GPS modulů.

Pro možnost nastavení přijatého času a data v osobním počítači byla vytvořena aplikace v jazyce C# s intuitivním ovládáním doplněným o hlášení, která uživatele navedou ke správnému použití. Pro komunikaci s počítačem slouží rozhraní USB, které zároveň obstarává napájení zařízení.

Aktuální koncepce zařízení neumožňuje příjem signálu bez externího napájecího zdroje. Omezuje se tak umístění přijímací antény pouze na vzdálenost danou délkou přívodního kabelu. Zvolený RTC obvod neumožňuje nastavení korekce času. Byla vypočítána odchylka přibližně 1 vteřiny za den, kterou by bylo možné korekcí odstranit. Při případném budoucím rozšíření by bylo vhodné tyto nedostatky napravit.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] ANDĚL, Vladimír. Příjem a vyhodnocení časového kódu DCF 77. *Vaelektronik* [online]. Nymburk: Anděl [cit. 2016-05-04]. Dostupné z: http://www.vaelektronik.cz/dcf_cteni.html
- [2] ANDĚL, Vladimír. Šíření signálu DCF77. *Vaelektronik* [online]. Nymburk: Anděl [cit. 2016-05-04]. Dostupné z: http://www.vaelektronik.cz/dcf_inf.html
- [3] ANONYM. Universal Time. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2013 [cit. 2016-05-04]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Universal_Time
- [4] ANONYM. Přestupná sekunda. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2016 [cit. 2016-05-04]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Leap_second
- [5] ANONYM. Network Time Protocol. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2014 [cit. 2016-05-04]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Network_Time_Protocol
- [6] BAUCH, Andreas. Time and Frequency Dissemination with DCF77: From 1959 to 2009 and beyond. *PTB mitteilungen*. Bremerhaven, 2009, **2009**(3). ISSN 0030-834X. Dostupné také z: http://www.ptb.de/cms/fileadmin/internet/fachabteilungen/abteilung_4/4.4_zeit_und_frequenz/pdf/2011_PTBMitt_50a_DCF77_engl.pdf
- [7] CONRAD. DCF receiver board. *Conrad* [online]. [cit. 2016-05-04]. Dostupné z: <http://www.conrad.com/ce/en/product/641138/DCF-receiver-board>
- [8] ČÁBELKA, Miroslav. *Úvod do GPS* [online]. Praha, 2008 [cit. 2016-05-04]. Dostupné z: https://www.natur.cuni.cz/geografie/geoinformatika-kartografie/ke-stazeni/vyuka/gps/skriptum-uvod-do-gps?student_welcome=1. Přírodovědecká fakulta UK v Praze.
- [9] HANDL, Antonín. TUTORIÁL – UŽÍVÁNÍ HODIN REÁLNÉHO ČASU DS1307 A DS3231 S ARDUINEM. *Arduino.cz* [online]. 2015 [cit. 2016-05-10]. Dostupné z: <http://arduino.cz/tutorial-uzivani-hodin-realneho-casu-ds1307-a-ds3231-s-arduinem/>

- [10] HW. Směrování antén přijímačů DCF 77. *HW* [online]. Praha, 2002 [cit. 2016-05-04]. Dostupné z: <http://vyvoj.hw.cz/teorie-a-praxe/dokumentace/smerovani-anten-prijimacu-dcf-77.html>
- [11] HW. Vysílání časového signálu a DCF77. *HW* [online]. Praha, 2002 [cit. 2016-05-04]. Dostupné z: <http://vyvoj.hw.cz/teorie-a-praxe/dokumentace/vysilani-casoveho-signalu-a-dcf77.html>
- [12] IERS. Coordinated Universal Time. *International Earth Rotation and Reference Systems Service* [online]. Federal Agency for Cartography and Geodesy, 2013 [cit. 2016-05-04]. Dostupné z: <http://www.iers.org/ERS/EN/Service/Glossary/utc.html?nn=12932>
- [13] IERS. International Atomic Time: TAI. *International Earth Rotation and Reference Systems Service* [online]. Federal Agency for Cartography and Geodesy, 2013 [cit. 2016-05-04]. Dostupné z: <http://www.iers.org/ERS/EN/Service/Glossary/tai.html>
- [14] KUHN, Markus. Low-frequency radio time signals. *Compute laboratory* [online]. Cambridge: University of Cambridge, 2006 [cit. 2016-05-04]. Dostupné z: <http://www.cl.cam.ac.uk/~mgk25/time/lf-clocks/>
- [15] MARIO_H. Arduino LiquidCrystal_I2C library. MARIO_H. *HMario* [online]. 2013 [cit. 2016-05-12]. Dostupné z: https://hmario.home.xs4all.nl/arduino/LiquidCrystal_I2C/
- [16] MILLS, David. *Network Time Protocol: General Overview*. Newark, 2004. Dostupné také z: <https://www.eecis.udel.edu/~mills/database/brief/overview/overview.pdf>
- [17] NRSC. *UNITED STATES RBDS STANDARD: Specification of the radio broadcast data system*. USA: Electronic Industries Association, 1998. Dostupné také z: <ftp://ftp.rds.org.uk/pub/acrobat/rbds1998.pdf>
- [18] POUPA, Martin. Přesný čas ve vašem počítači: Synchronizace přes internet. *Vše o času* [online]. Plzeň: Poupá, 2002 [cit. 2016-05-04]. Dostupné z: <http://home.zcu.cz/~poupa/pccas.html>
- [19] PTB. Reach of DCF77. *PTB* [online]. Braunschweig: PHYSIKALISCH-TECHNISCHE BUNDESANSTALT, 2016 [cit. 2016-05-04]. Dostupné z: <https://www.ptb.de/cms/en/ptb/fachabteilungen/abt4/fb-44/ag->

442/dissemination-of-legal-time/dcf77/reach-of-dcf77.html

- [20] REICHL, Jaroslav. Původní princip atomových hodin. *Encyklopedie fyziky* [online]. 2006 [cit. 2016-05-04]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/1635-puvodni-princip-atomovych-hodin#>
- [21] RIEMERSMA, Thiadmer. Synchronizing time with DCF77 and MSF60. *Compu Phase* [online]. Bussum, 2012 [cit. 2016-05-04]. Dostupné z: http://www.compuphase.com/mp3/h0420_timecode.htm
- [22] ROLINEK, Jakub. *HISTORICKÉ HODINY S DIGITRONY ŘÍZENÉ SIGNÁLEM DCF77*. Brno, 2011. Dostupné také z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=41646. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií. Vedoucí práce Michal Kubíček.
- [23] ŠVÁBENÍK, Petr. *Synchronizace času pomocí GPS* [online]. Brno, 2010 [cit. 2016-05-04]. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=26849. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Pavel Vyskočil.
- [24] WAGNER, Vladimír. Přesnost atomových hodin, GPS a teorie relativity. *Osel* [online]. Telč, 2008 [cit. 2016-05-04]. Dostupné z: <http://www.osel.cz/3225-presnost-atomovych-hodin-gps-a-teorie-relativity.html>
- [25] *ATmega48A/PA/88A/PA/168A/PA/328/P* [online]. San Jose: Atmel, 2015 [cit. 2016-05-10]. Dostupné z: http://www.atmel.com/images/atmel-8271-8-bit-avr-microcontroller-atmega48a-48pa-88a-88pa-168a-168pa-328-328p_datasheet_summary.pdf
- [26] *DS1307: 64 x 8, Serial, I2C Real-Time Clock* [online]. Sunnyvale: Maxim Integrated Products, 2015 [cit. 2016-05-10]. Dostupné z: <http://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS1307.pdf>
- [27] *PCF8574: Remote 8-bit I/O expander for I2C-bus* [online]. Holandsko: Philips Semiconductors, 2002 [cit. 2016-05-10]. Dostupné z: http://www.nxp.com/documents/data_sheet/PCF8574.pdf

PŘÍLOHA A

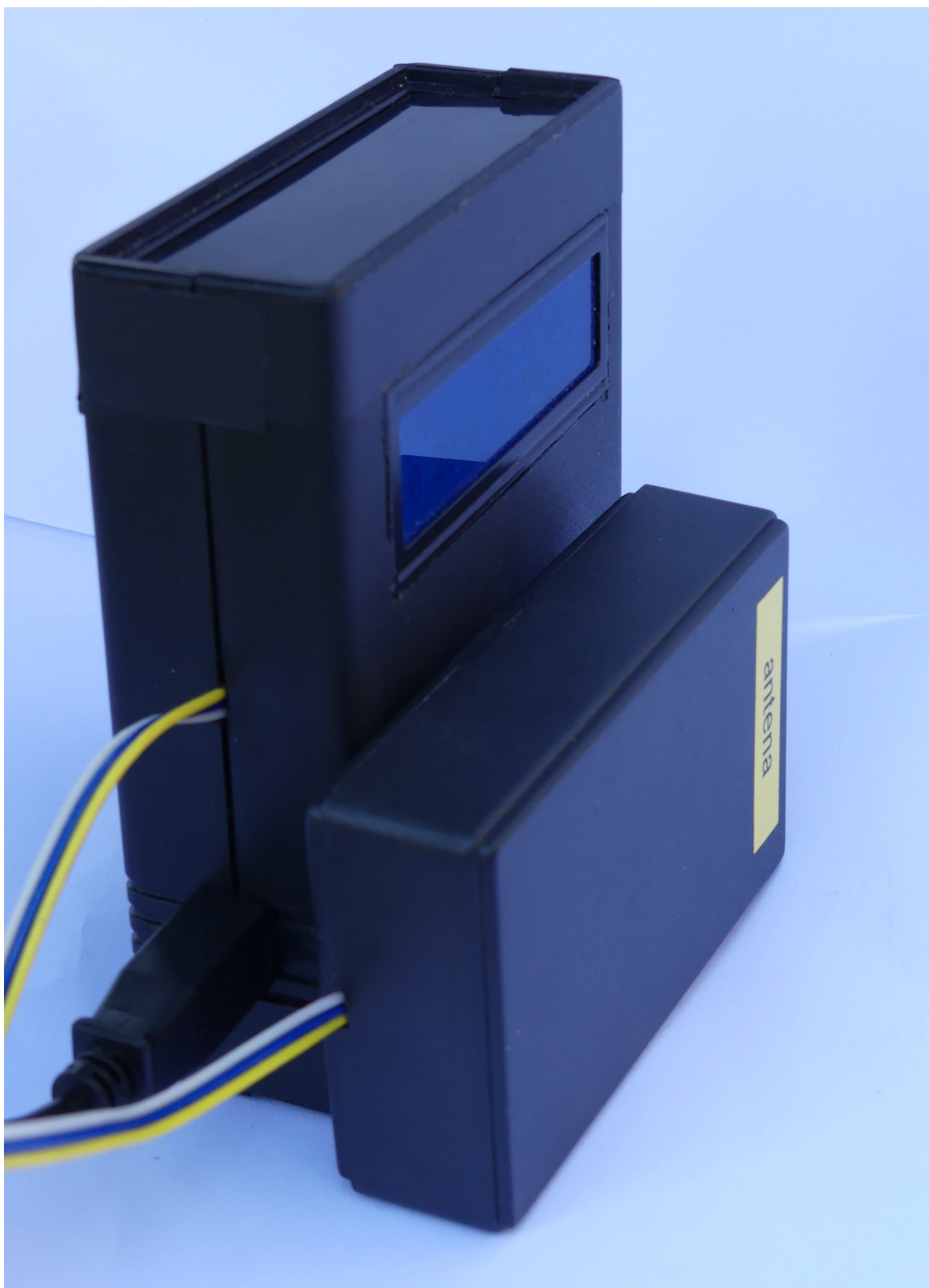
Vzhled zařízení



P. Obr. 1- Pohled na přední panel zařízení (vlevo) a přijímač s anténou (vpravo)



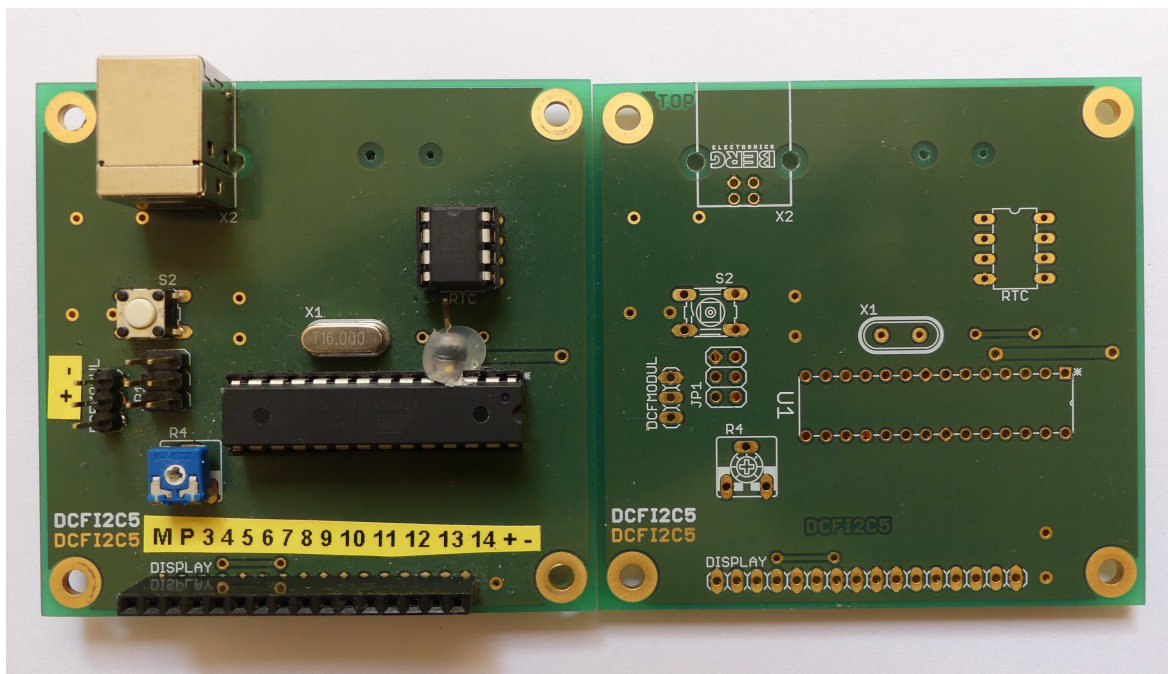
P. Obr. 2- Detailní pohled na displej



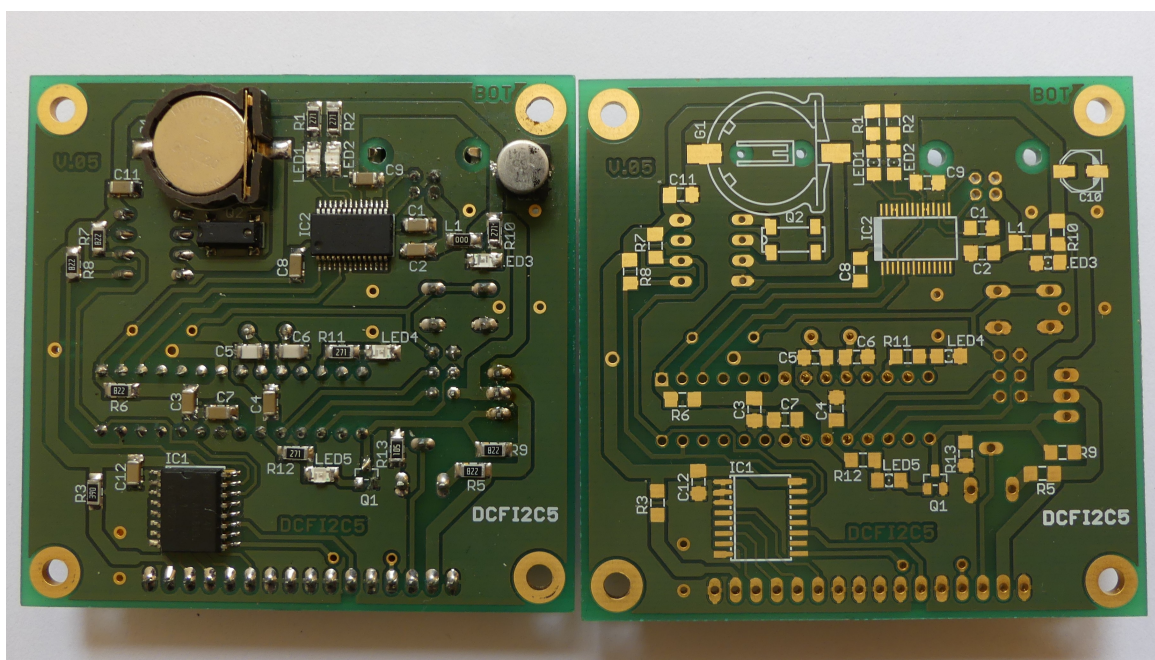
P. Obr. 3- Boční pohled na zařízení

PŘÍLOHA B

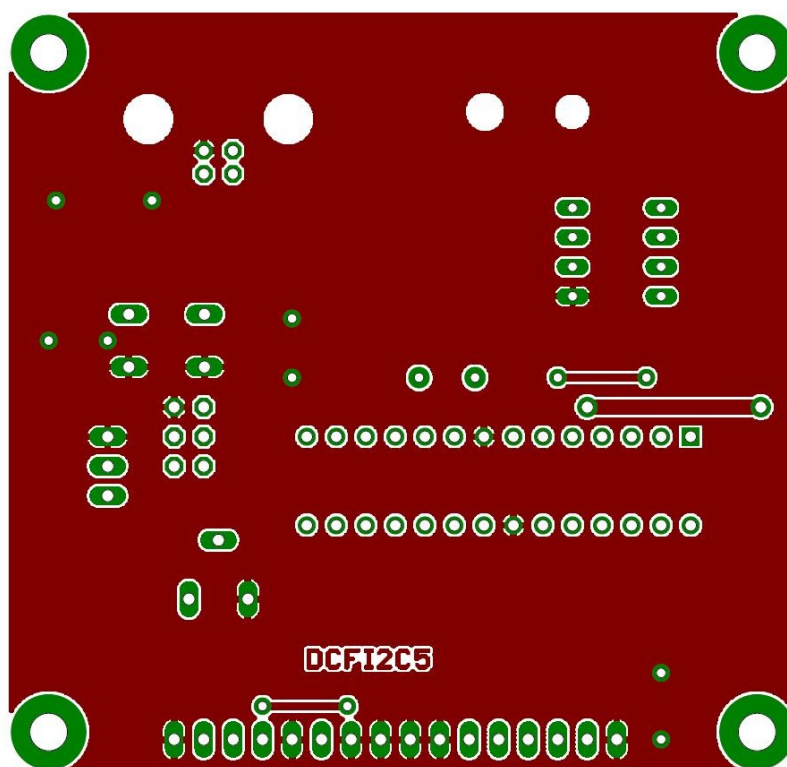
Deska plošného spoje



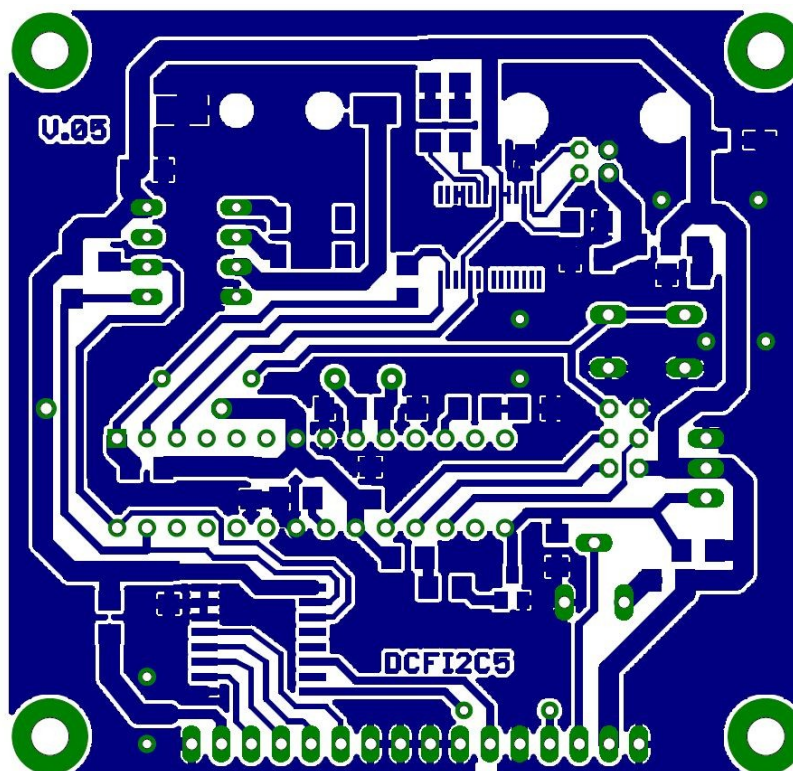
P. Obr. 4- Pohled na vrstvu TOP DPS



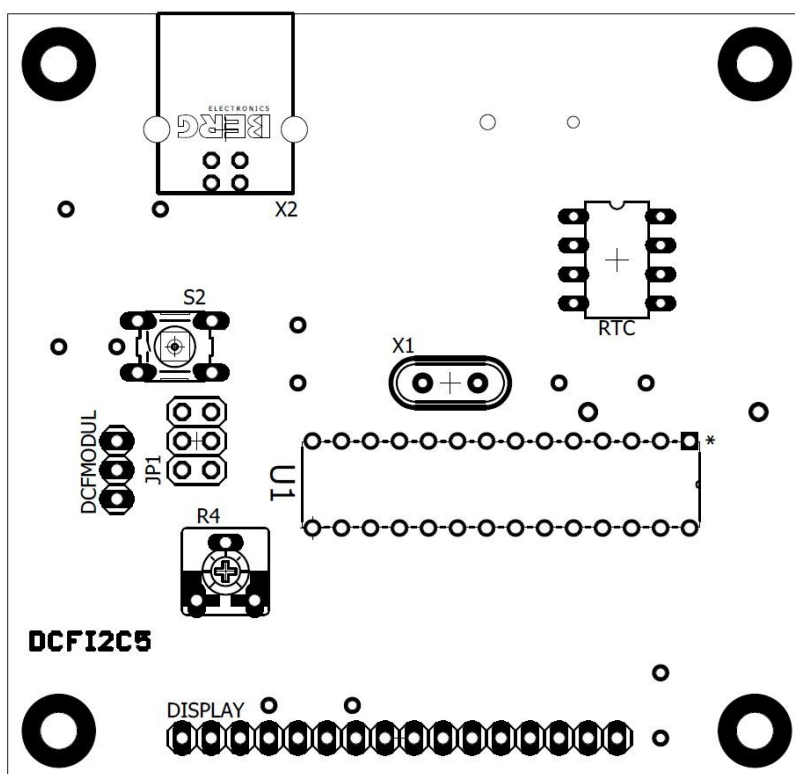
P. Obr. 5- Pohled na vrstvu BOT DPS



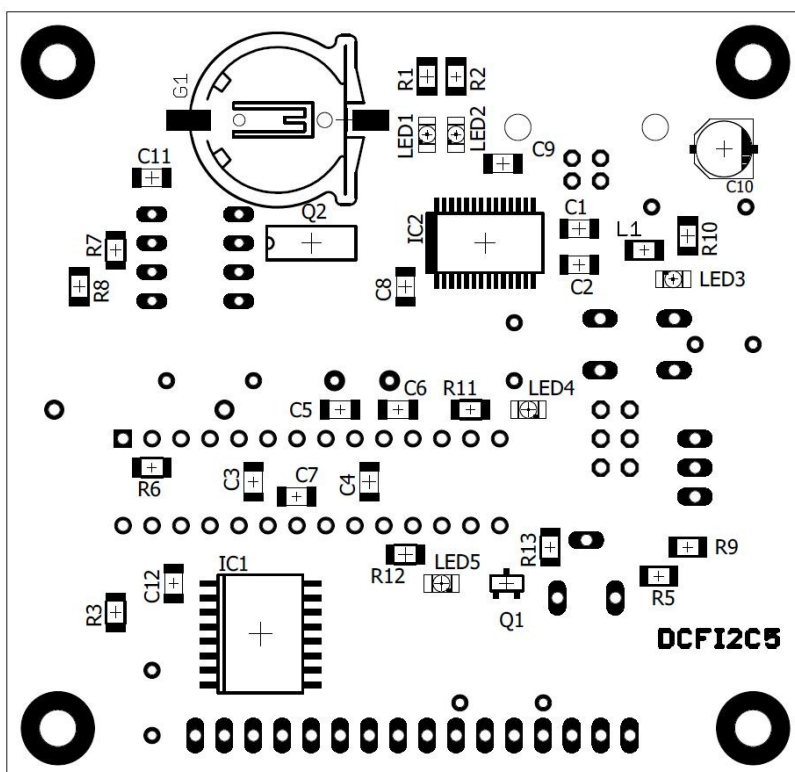
P. Obr. 6- Obrazec vodivých cest na vrstvě TOP



P. Obr. 7- Obrazec vodivých cest na vrstvě BOT



P. Obr. 8- Rozmístění součástek na vrstvě TOP

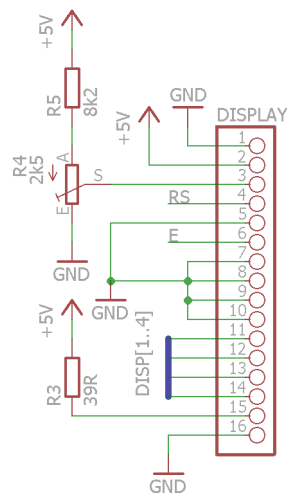


P. Obr. 9- Rozmístění součástek na vrstvě BOT

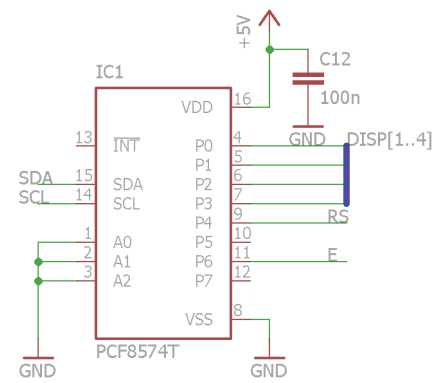
PŘÍLOHA C

Schéma zapojení zařízení

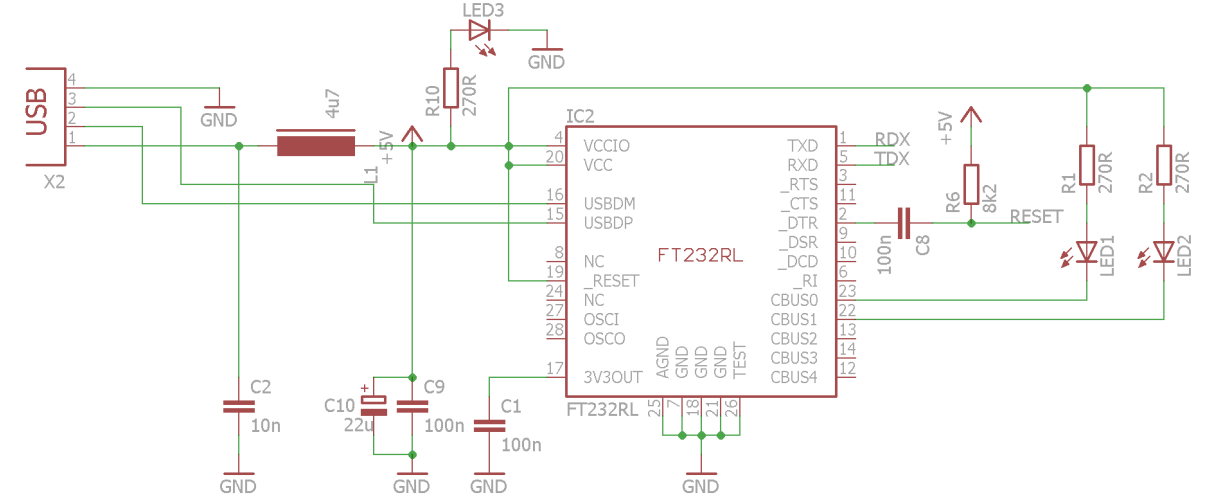
Zapojení displeje



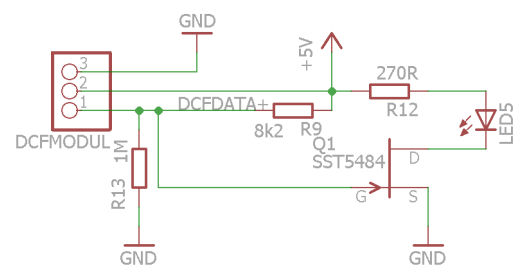
I2C pro displej



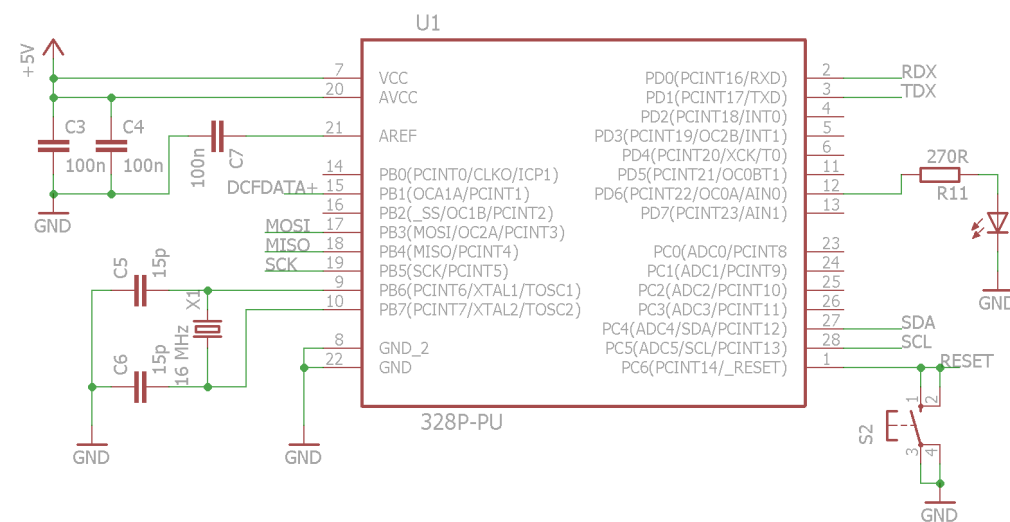
Převodník USB/UART



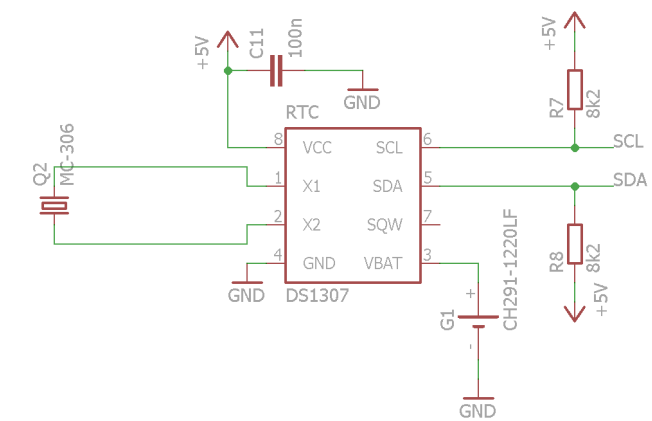
DCF modul



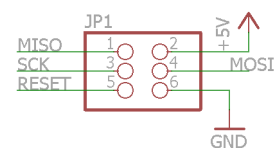
MCU



RTC



Programátor



P. Obr. 10- Schéma zapojení zařízení