

UNIVERZITA PARDUBICE
Fakulta elektrotechniky a informatiky

Velkoformátové hodiny

Ondřej Ležík

Bakalářská práce
2014

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Ondřej Ležík**
Osobní číslo: **I11279**
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Komunikační a mikroprocesorová technika**
Název tématu: **Velkoformátové hodiny**
Zadávací katedra: **Katedra elektrotechniky**

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

Cílem práce je vytvoření digitálních hodin se sedmisegmentovým displejem, které budou schopny průběžně zobrazovat kromě aktuálního času i okolní teplotu. Zobrazení může být prováděno např. periodickým přepínáním zobrazované informace. Hodiny by měly být řízeny procesorem a doplněny obvodem reálného času.

Zobrazovány mohou být i další informace (např. datum, stopky...).

Při návrhu zařízení se snažte minimalizovat spotřebu zařízení.

V závěru práce proveďte ověření přesnosti měření času v různých teplotních podmínkách.

1. Analýza problematiky návrhu časových obvodů a digitálních hodin.
2. Návrh zařízení a DPS.
3. Konstrukce řídicí části a optimalizace parametrů.
4. Konstrukce a oživení přístroje, návrh řídicího SW.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

[1] Váňa, V. Mikrokontroléry Atmel AVR - assembler, BEN - technická literatura, Praha 2003, ISBN 80-7300-093-8.

[2] Váňa, V. Mikrokontroléry Atmel AVR - popis procesorů a instrukční soubor, BEN - technická literatura, Praha 2003, ISBN 80-7300-083-0.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Martin Dobrovolný, Ph.D.

Katedra elektrotechniky

Datum zadání bakalářské práce: **20. prosince 2013**

Termín odevzdání bakalářské práce: **9. května 2014**



prof. Ing. Simeon Karamazov, Dr.
děkan

L.S.

Ing. Zdeněk Němec, Ph.D.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 31. března 2014

Prohlášení autora

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.

V Hradci Králové dne 18. 5. 2014

Ondřej Ležík

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucímu práce Ing. Martinu Dobrovolnému za odborné rady a cenné připomínky týkající se této práce, i všem ostatním, kteří mi ochotně poradili. Také bych chtěl poděkovat své rodině za podporu během mého studia.

Anotace

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem a vlastní realizací velkoformátových digitálních hodin. V teoretické části je zpracována analýza problematiky návrhu časových obvodů a digitálních hodin. V praktické části je popsána konstrukce digitálních hodin se sedmissegmentovými displeji.

Klíčová slova

LED, displej, RTC obvod

Title

Large format digital clock.

Annotation

This Bachelor thesis deals with the design and implementation of digital clock with large format seven-segment display. In the theoretical part is described the time circuits and digital clock design problematic.

Keywords

LED, display, RTC circuit

Obsah

Seznam zkratk	8
Seznam obrázků	9
Seznam tabulek	9
Úvod	10
1 Rozbor zadání	11
2 Analýza možných řešení	12
2.1 Časové obvody.....	12
2.2 Digitální hodiny	12
3 Zobrazovací jednotky	13
3.1 Elektromechanický displej.....	13
3.1.1 Překlápěcí displej.....	13
3.1.2 Bodový displej	13
3.2 LED displej	14
3.2.1 Segmentový displej.....	14
3.2.2 Maticový displej	15
3.3 LCD displej.....	15
3.4 Digitrony	16
3.5 VFD displej.....	17
4 Snímače teploty	18
5 Realizace	19
5.1 Sedmisegmentové displeje.....	19
5.2 Teplotní snímač.....	20
5.3 Mikroprocesor.....	20
5.4 RTC obvod.....	21
5.5 Napájení	21
6 Konstrukční řešení	22
7 Řízení displejů	24
8 Ovládání teplotního snímače	26
9 Ovládání RTC obvodu	28
10 Programová část	30
Závěr	32

Literatura	33
Příloha 1 – Schéma zapojení	34

Seznam zkratek

RTC	Real-time clock
LED	Light emitting diode
MHD	Městská hromadná doprava
LCD	Liquid crystal display
VFD	Vacuum Fluorescent Display
NTC	Negative Temperature Coefficient
PTC	Positive Temperature Coefficient
AM	Ante Meridiem
PM	Post Meridiem
ISP	In System Programming
MSB	Most significant bit
LSB	Least significant bit
CPU	Central processing unit

Seznam obrázků

Obrázek 1: Blokové schéma použitého zapojení.....	11
Obrázek 2: Hodiny s překlápěcím displejem.....	13
Obrázek 3: Použití bodového displeje	14
Obrázek 4: Segmentové displeje	15
Obrázek 5: Maticový displej.....	15
Obrázek 6: Příklad použití LCD displeje	16
Obrázek 7: Digitrony	17
Obrázek 8: VFD displej.....	17
Obrázek 9: Použité displeje	19
Obrázek 10: Teplotní snímač DS18B20.....	20
Obrázek 11: Mikroprocesor ATmega32-16PU	20
Obrázek 12: RTC obvod DS1302.....	21
Obrázek 13: Řídící deska.....	22
Obrázek 14: Deska s displeji	23
Obrázek 15: Umístění segmentů na displeji.....	24
Obrázek 16: Struktura identifikačního kódu	26
Obrázek 17: Označení vývodů DS1302	28
Obrázek 18: Vývojový diagram programu.....	30

Seznam tabulek

Tabulka 1: Řízení displejů.....	24
Tabulka 2: Struktura paměti snímače	26
Tabulka 3: Obsah jednotlivých registrů	29

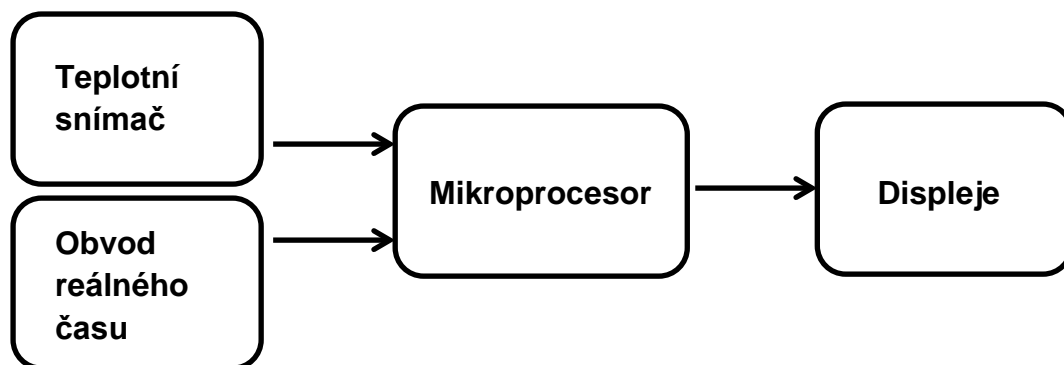
Úvod

Inspirací pro tuto práci byly velké hodiny, které můžeme vidět například u čerpacích stanic a které se automaticky přepínají mezi zobrazováním hodin, data a teploty vzduchu. Všechny tyto informace se pro člověka v dnešní době staly velmi důležitými, a proto jsem se rozhodl sestrojít něco podobného, s ohledem na běžně dostupné možnosti.

V první části práce jsou nejprve stručně popsány možnosti dostupných řešení, zejména se zaměřením na samostatné znakové displeje, které jsou hlavní viditelnou součástí navrhovaného zařízení. Druhá část práce se týká popisu součástek použitých pro realizaci zařízení a popisu vlastního návrhu, včetně desky plošných spojů. V dalších kapitolách je popsán princip řízení displejů, ovládání teplotního snímače a RTC obvodu. V závěru práce je popsán navržený řídicí algoritmus a dosažené výsledky.

1 Rozbor zadání

Tato práce se zabývá návrhem digitálních hodin. Zadání práce předpokládá návrh hodin s velkými sedmissegmentovými displeji, z tohoto důvodu bylo nejprve nutno rozhodnout o celkové výsledné velikosti výrobku. Hodiny ve velikosti, jaká je běžně k vidění na čerpacích stanicích, kde mají ukazatele na šířku i více než jeden metr, by byly v domácích podmínkách těžko realizovatelné, zejména z důvodu vysoké ceny použitých zobrazovacích komponent. Proto byl zvolen kompromis, že výrobek bude mít výslednou šířku okolo 25 centimetrů. To odpovídalo použití čtyř sedmissegmentových displejů o velikosti 2,5 palce a dvou sedmissegmentových displejů o velikosti 1 palec. Velikostí je míněna výška zobrazeného čísla na displeji. Další součástí je teplotní snímač. Ten byl zvolen takový, aby měl digitální výstup a bylo možné ho k základní desce připojit drátově, s možností umístění mimo základní desku z důvodu zamezení ovlivňování měření okolními součástkami, které vydávají teplo. Další podmínkou pro výběr teploměru byl i jeho teplotní rozsah, který umožní měřit i teplotu pod bodem mrazu, což neumějí všechny. Datum a přesný čas je získáván z obvodu reálného času, který je při odpojení vnějšího napájení napájen z baterie. Po opětovném připojení napájení je přesný čas hned k dispozici a není nutno ho znovu inicializovat. Nezbytnou součástí je i mikroprocesor, který zpracuje a vyhodnotí informace přijaté z teploměru a obvodu reálného času a rozhodne o jejich zobrazení na displeji. Celé zapojení je zřetelné na následujícím obrázku.



Obrázek 1: Blokové schéma použitého zapojení

2 Analýza možných řešení

2.1 Časové obvody

Hlavní vlastností vytvářeného zařízení je schopnost zobrazovat přesný čas. Další, tentokrát omezující vlastností je plánovaný samostatný provoz zařízení, bez trvalého připojení k počítači. Při samostatném provozu je nutné použít RTC obvod, který udržuje informaci o aktuálním času a datu bez závislosti na připojení k počítači. Protože je RTC obvod napájen baterií, je nezávislý na vnějším napájení a udržuje si stále správné informace. Ty jsou odesílány do mikroprocesoru, který je zpracuje pro další použití. Po opětovném připojení napájení si mikroprocesor pouze od RTC obvodu vyžádá informaci o aktuálním času a je ihned schopen dále pracovat. Obvod sám o sobě má malou spotřebu, baterie proto vydrží dlouhou dobu. Obvod dává informaci o aktuálním roce, měsíci, dnu, minutě, hodině a sekundě. Hodiny mohou pracovat ve dvanáctihodinovém nebo čtyřiaadvacetihodinovém režimu. Pro správnou funkci musíme k RTC obvodu připojit krystalový oscilátor o frekvenci 32,768kHz, pokud není instalován již z výroby.

2.2 Digitální hodiny

U digitálních hodin je již z principu zřejmé, že musí znát aktuální čas a ten nějakým způsobem umět zobrazit. Také u nich předpokládáme jejich schopnost fungovat samostatně, bez připojení k počítači. Pro zjištění aktuálního času můžeme použít výše popsané zapojení s RTC obvodem. K zobrazení se nejčastěji používá displej. Základními možnostmi jsou displeje sedmisegmentové nebo maticové.

3 Zobrazovací jednotky

V této práci byly uvažovány zobrazovací prvky s jednoduchým způsobem připojení k řídicímu mikroprocesoru a se zaměřením na samostatné znakové displeje, proto nejsou popsány složitější typy jako například televizní obrazovky.

3.1 Elektromechanický displej

3.1.1 Překlápěcí displej

Nejstarší automaticky ovládané displeje byly elektromechanické, tvořené otočnými listy. Tyto displeje se dříve velmi často vyskytovaly například na nádražních informačních tabulích, s informacemi o příjezdu či odjezdu vlaku. Jejich výhodou je možnost zobrazit jakoukoliv informaci, bez ohledu na grafickou složitost či barevnost znaku nebo podkladu. Nevýhodou je ovšem omezený počet zobrazitelných informací a nutnost mechanického zásahu v podobě přidání nového listu při zařazení nové informace. Na stejném principu pracovaly také nádražní hodiny zobrazující aktuální čas. V České republice byla jejich výrobcem firma Pragotron.



Obrázek 2: Hodiny s překlápěcím displejem

Obdobně také fungovaly elektromechanické sedmsegmentové displeje, kde se daný segment podle aktuální potřeby odkryje nebo zakryje krycí destičkou.

Pro vyvíjené zařízení je tento typ displeje nevhodný pro obtížnou dostupnost, vysokou cenu a technickou zastaralost.

3.1.2 Bodový displej

Novějším typem elektromechanických displejů jsou bodové displeje. Sestávají z několika řádků otočných dvoupolohových kulatých destiček. Tyto destičky jsou otočené buď černou stranou, pokud má být tento bod neaktivní, nebo nejčastěji zelenou či bílou stranou směrem k pozorovateli, pokud má být daný bod aktivní. Jejich výhodou je možnost zobrazit jakoukoli informaci, nemusí se vybírat pouze z předdefinovaných možností. Nevýhodou je možnost pouze jednobarevného zobrazení a nutností osvětlení za ztížených

světelných podmínek. Tyto displeje se používaly například na autobusech MHD k zobrazení cílové stanice.



Obrázek 3: Použití bodového displeje

V současné době se od používání těchto displejů ustupuje a jsou postupně nahrazovány modernějšími displeji, které nemusí být za tmy osvětlené z vnějšího zdroje, například maticovými LED displeji pracujícími na obdobném principu a popsány v následujícím textu.

3.2 LED displej

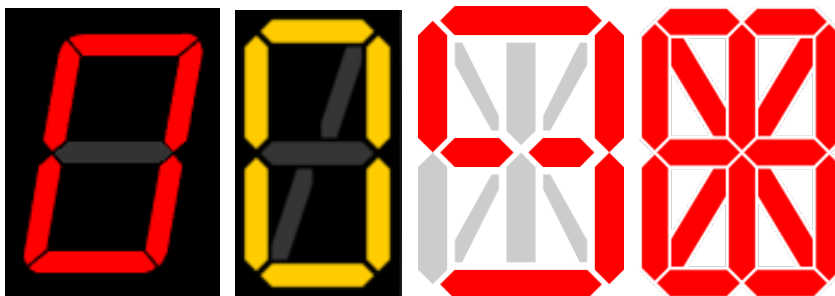
V dnešní době velmi rozšířené jsou LED displeje. Ty využívají LED diod a mohou být ve dvou základních podobách vhodných pro jednoduché zobrazení dané informace.

3.2.1 Segmentový displej

Nejzákladnějšími alfanumerickými LED displeji jsou displeje sedmissegmentové. Tyto displeje jsou obvykle jednobarevné a používají se pro zobrazování čísel a písmen od A do F. Proto jsou velmi vhodné například pro konstrukci digitálních hodin. Jsou tvořené sedmi základními segmenty a desetinnou tečkou, přičemž každý segment samostatně emituje záření vlastní LED diodou. Při větší velikosti může být použito více LED diod. Svítivost diod je možné regulovat množstvím protékajícího proudu. Displeje existují ve dvou základních variantách, a to buď se společnou anodou nebo se společnou katodou. V zapojení se společnou anodou jsou všechny anody diod spojené a jsou připojené na kladné napájecí napětí. Katody jsou jednotlivě přivedeny do mikroprocesoru a přivedením logické 0 na daný výstup se daný segment rozsvítí. Při zapojení se společnou katodou jsou spojené všechny katody diod a jsou připojené na nulový potenciál, anody jsou pak přivedeny do mikroprocesoru a rozsvítí se přivedením logické 1 na daný výstup. Běžně používaná jsou obě zapojení.

Další variantou jsou méně používané devítissegmentové displeje, a poté ještě displeje čtrnáctissegmentové a šestnáctissegmentové. Na dvou posledních je možné zobrazit všechna čísla a písmena abecedy i další základní znaky. Princip jejich fungování je totožný jako u displeje sedmissegmentového.

Tyto displeje, zejména sedmissegmentové, mají v dnešní době velmi široké použití a můžeme se s nimi setkat téměř kdekoli, ať už jako hodiny, nebo například na úřadě a na poště jako vyvolávací systém pro čekající klienty.



Obrázek 4: Segmentové displeje

3.2.2 Maticový displej

Další variantou LED displejů jsou displeje maticové. Ty jsou také jednobarevné a využívají několika LED diod sestavených do několika řádků a sloupců. Výhodou těchto displejů je možnost zobrazení jakéhokoliv znaku, omezení jsme pouze celkovou velikostí displeje a počtem diod v něm umístěných. V praxi jsou velmi podobné elektromechanickým bodovým displejům popsaným ve druhé kapitole, pouze nepotřebují vnější osvětlení, protože každý bod je tvořen LED diodou a svítí samostatně. Tyto displeje mají velmi široké použití a jsou také velmi hojně rozšířené. Jejich použití je zejména tam, kde nestačí zobrazovací možnosti sedmissegmentových displejů, opět například v MHD, ale i v novějších meziměstských autobusech a vlacích, k zobrazení cílové stanice.



Obrázek 5: Maticový displej

3.3 LCD displej

Monochromatické, to znamená jednobarevné LCD displeje se vyznačují nízkou spotřebou, a proto jsou vhodné i pro zařízení napájená baterií. Jejich nevýhoda je v tom, že nevydávají vlastní světlo, a proto musí být pro dobrou čitelnost i ve ztížených světelných podmínkách podsvětleny dodatečným zdrojem světla. Displej je složen z molekul tekutých krystalů uložených mezi dvěma elektrodami a polarizačními filtry, přičemž osy polarizace jsou na sebe kolmé. Celý displej je rozdělen do pixelů, přičemž počet pixelů je důležitým faktorem udávající jeho rozlišení. Pro jednodušší aplikace je možné jednotlivé pixely vytvarovat do

různého tvaru, k jednoduchému zobrazování hodin se pixely tvarují například do podoby sedmissegmentovky, pro složitější aplikace se používá maticový displej.

Každý pixel má vlastní elektrodu, která ovlivňuje zda tímto pixelem světlo prochází nebo neprochází. Pokud na elektrodu nepřivedeme napětí, molekuly tekutých krystalů otočí polarizaci světla o 90° a světlo tak může projít i druhým polarizačním filtrem. Na obrazovce je pak tento segment světlý. Pokud přivedeme na elektrodu napětí, k polarizaci světla nedochází a to neprojde skrz druhý polarizační filtr a na obrazovce je pak tento segment tmavý. Existují i displeje s opačným uspořádáním, ale ty nejsou tolik rozšířené.



Obrázek 6: Příklad použití LCD displeje

Tento typ displeje není pro práci vhodný, protože displej o patřičných rozměrech vychází cenově nevýhodně a dále neposkytuje dostatečnou svítivost pro kvalitní čtení informace z větší vzdálenosti.

3.4 Digitrony

Digitrony, neboli doutnavky, jsou tvořeny skleněnou baňkou naplněnou plynem o nízkém tlaku. Uvnitř baňky jsou dále dvě elektrody, anoda a katoda, které mohou mít jakýkoliv tvar. Pro zobrazování čísel se často používá jedna anoda v podobě drátěné sítě a více katod, vytvarovaných do podoby jednotlivých číslic. Přivedením provozního napětí mezi anodu a příslušnou katodu se dané číslo rozsvítí. Využívá se přitom přenosu elektrického náboje pomocí plynu, kdy dochází k ionizaci plynu. Následkem toho dojde ke vzniku záření v prostoru mezi anodou a katodou.

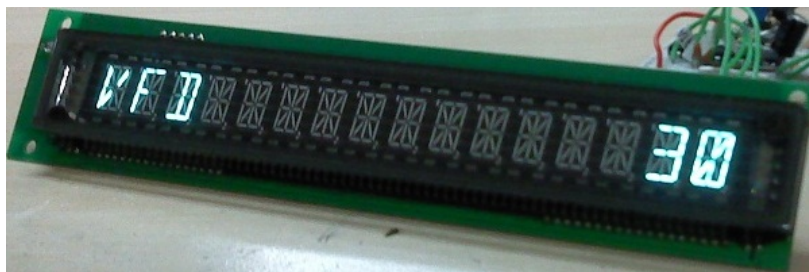
Od používání těchto zobrazovačů se v dnešní době ustupuje ve prospěch novějších displejů.



Obrázek 7: Digitrony

3.5 VFD displej

VFD displej, neboli displej s vakuovou trubicí, se skládá z několika částí. Na skleněné podložce je vytvořen obrazec, který se má zobrazovat, což je vodič potažený luminoforem. Tento luminofor určuje výslednou barvu, jakou bude daný znak svítit. Nad anodami je jemná mřížka, která řídí a usměřňuje elektrony emitované z katody umístěné nad ní. Katoda je také obvykle tvořena sítí jemných drátků, nejčastěji wolframových. Při provozu jsou elektrony emitované z katody na mřížce urychlovány a při dopadu na luminofor na anodě dojde k vyzáření světla. Celý děj probíhá ve vakuu, odtud také název těchto displejů. Tyto displeje se často používají jako displeje u běžné domácí elektroniky.



Obrázek 8: VFD displej

Oba výše popsané displeje nejsou pro práci vhodné z důvodu jejich vysoké ceny při potřebných rozměrech.

4 Snímače teploty

Snímače teploty je nutno rozlišovat dle několika kritérií. Jedním z nejdůležitějších kritérií je forma jejich výstupu. Rozlišujeme teplotní snímače s analogovým výstupem a snímače s digitálním výstupem. Existují samozřejmě i další typy teploměrů, například kapalinové, které ovšem nejsou uzpůsobené pro použití v elektronických obvodech.

U teplotních snímačů typu NTC či PTC s analogovým výstupem je výstupní veličinou většinou napětí, které se mění v závislosti na teplotě. U snímačů typu NTC odpor se vzrůstající teplotou klesá, u snímačů typu PTC odpor se vzrůstající teplotou roste. Toto napětí musí být v mikroprocesoru dále zpracováno a s využitím A/D převodníku nejprve převedeno na číslicový signál, se kterým může mikroprocesor dále pracovat. Snímače s digitálním výstupem tuto informaci zpracovávají v sobě a do zařízení odesílají již zpracovaný číslicový signál. Odpadá tedy jeho převádění mikroprocesorem na digitální signál, což znamená uvolnění kapacity mikroprocesoru pro případné další aplikace.

Dále můžeme snímače teploty rozlišovat na kontaktní a bezkontaktní. Kontaktní snímače nejčastěji využívají změny velikosti odporu v závislosti na teplotě. Tyto snímače musí být při měření v přímém kontaktu s měřeným tělesem, přičemž může dojít k negativnímu ovlivnění naměřené teploty, protože snímač předá část své teploty měřenému objektu a naopak. U bezkontaktních snímačů k tomuto negativnímu jevu nedochází. Tyto snímače měří elektromagnetické záření vycházející z měřeného tělesa a podle něj určí jeho teplotu. Bezdotykové snímače jsou vhodné i pro měření velmi vysokých teplot, kde klasické dotykové snímače již nemůžeme použít.

Při realizaci bylo zvoleno teplotní čidlo s digitálním výstupem, protože odpadá nutnost jeho kalibrace, převodu analogového signálu na digitální a je možné ho řídit pomocí dvou vodičů.

5 Realizace

Zařízení bylo navrženo ve formě dvou desek plošných spojů, s řídicím mikroprocesorem. K mikroprocesoru je připojen obvod RTC. Dále bylo zařízení vybaveno napájecími obvody. Zobrazování informací je řešeno sedmissegmentovými displeji.

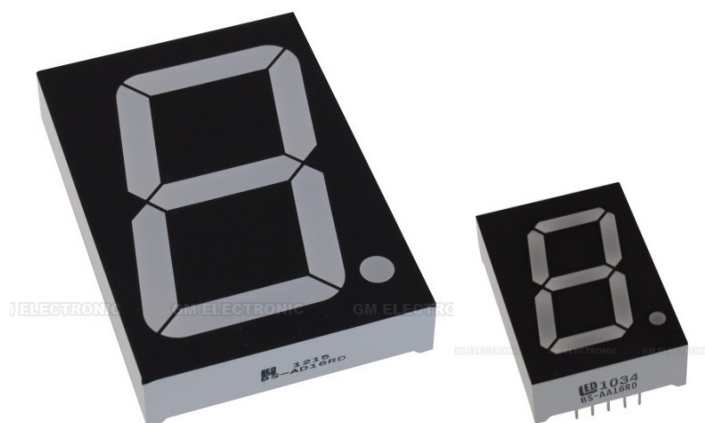
Jednotlivé součástky pro vlastní realizaci byly vybírány jednak s ohledem na požadovanou kvalitu, ale také s ohledem na jejich pořizovací cenu a dostupnost v obchodě. Dále byly s ohledem na samostatnou ruční výrobu vybírány takové součástky, které se dobře pájí.

5.1 Sedmissegmentové displeje

Jako zobrazovací jednotka byla zvolena sestava šesti sedmissegmentových LED displejů. Čtyři velké displeje ukazují v režimu zobrazování času hodiny a minuty, v režimu zobrazování data dny a měsíce a v režimu zobrazování teploty teplotu. Dva menší displeje, umístěné napravo od velkých s tím, že horní hrana všech displejů je zarovnaná, ukazují v režimu zobrazování času sekundy, v režimu zobrazování data neukazují nic a v režimu zobrazování teploty jednotky ve kterých je teplota měřena, v tomto případě °C.

Použité velké displeje jsou typu BS-AD16RD výrobce BRIGHT LED. Jsou v zapojení se společnou anodou, barva světla je červená, vlnová délka světla je 660nm. Výška čísla je 2,3 palce, což je 56,9mm. Hodnota úbytku napětí v propustném směru je 6,8V až 10V, maximální proud jedním segmentem v propustném směru je 30mA.

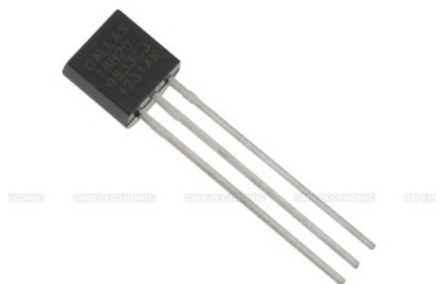
Malé displeje jsou typu BS-AA16RD výrobce BRIGHT LED. Použití displejů ze stejné výrobní řady je velmi výhodné, protože je zaručen stejný tvar jednotlivých segmentů, jejich poměr výška – šířka a stejná barva světla. Také tyto displeje mají zapojení se společnou anodou. Barva světla a jeho vlnová délka jsou totožné s velkými displeji. Výška čísla je 1 palec, to znamená 25,4mm. Úbytek napětí v propustném směru je 3,4V až 5V, maximální proud jedním segmentem je taktéž 30mA.



Obrázek 9: Použité displeje

5.2 Teplotní snímač

Teplotní snímač je typu DS18B20 výrobce MAXIM. Tento teplotní snímač je v pouzdru TO92. Provedení ve vývodovém pouzdru je zvoleno z důvodu umístění mimo desku plošných spojů, ke které je přidělán pomocí vodičů dlouhých přibližně 70cm. Tímto způsobem zapojení je možné měřit teplotu na odlišném místě než je umístěna zobrazovací jednotka, například umístění displejů v místnosti a měření venkovní teploty. Měřicí rozsah teploměru je od -55°C do $+125^{\circ}\text{C}$, přičemž výrobce garantuje odchylku $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ v rozmezí teplot -10°C až $+85^{\circ}\text{C}$. Umožňuje nastavení rozlišení v rozsahu od 9 do 12 bitů. Napájecí napětí je v rozmezí od 3V do 5,5V.



Obrázek 10: Teplotní snímač DS18B20

5.3 Mikroprocesor

Mikroprocesor byl zvolen značky Atmel typu ATmega32-16PU. Důvod jeho použití má ryze praktické důvody, a to jeho dobrou dostupnost a nabídnutí k použití zdarma. Vyžaduje napájení v rozsahu od 4,5V do 5,5V. Jeho frekvence je maximálně 16MHz a obsahuje 32kB Flash paměti. Dále obsahuje 32 registrů připojených na aritmeticko-logickou jednotku. Použitá verze mikroprocesoru má 40 vývodů. Mikroprocesor je programován pomocí ISP rozhraní. To umožňuje nahrát do mikroprocesoru program bez nutnosti vyjmutí mikroprocesoru z přístroje. Postačuje šestipinový konektor a speciální programovací adaptér.



Obrázek 11: Mikroprocesor ATmega32-16PU

5.4 RTC obvod

Obvod reálného času je typu DS1302 výrobce MAXIM. Pro provoz vyžaduje napájení v rozmezí od 2V do 5,5V. Tento obvod počítá sekundy, minuty, hodiny, dny, měsíce, dny v týdnu a roky, přičemž rozpozná i přestupný rok. Hodiny mohou pracovat ve čtyřadvacetihodinovém režimu nebo ve dvanáctihodinovém režimu s indikací AM/PM. Vyžaduje připojení 32,768kHz krystalu. K obvodu je připojena baterie, která napájí obvod v době výpadku externího napájení. Jedná se o klasickou knoflíkovou 3V baterii, která je při napájení externím zdrojem sama dobíjena pro delší výdrž. S mikroprocesorem RTC obvod komunikuje po sériové lince.



Obrázek 12: RTC obvod DS1302

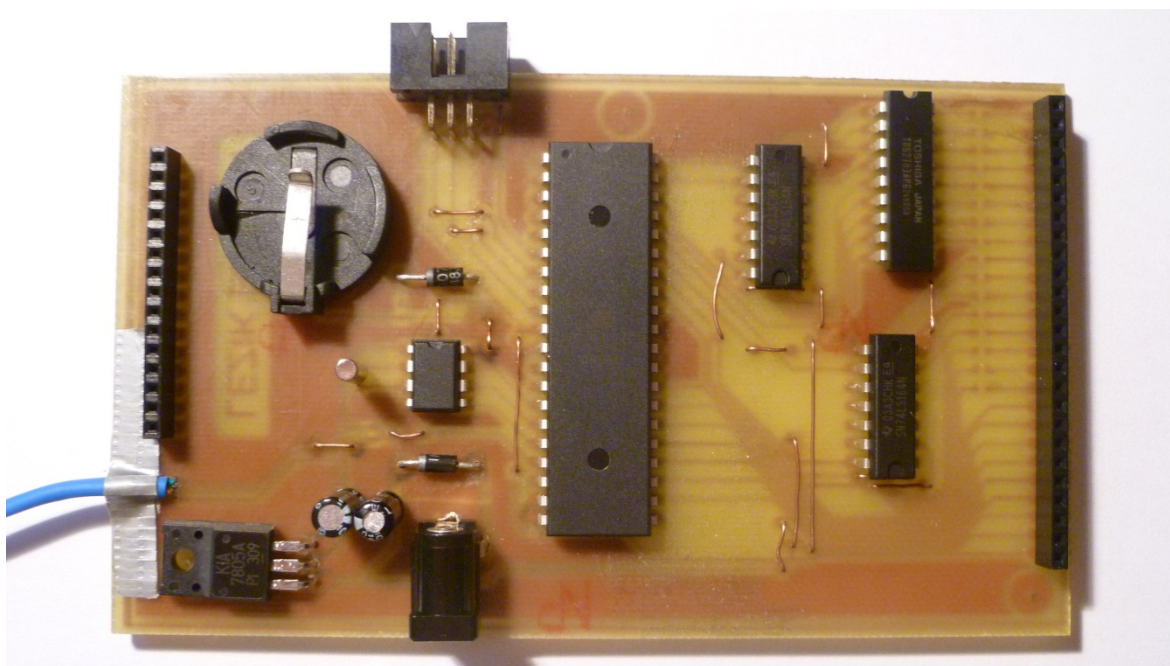
5.5 Napájení

Napájení je řešeno pomocí síťového napájecího adaptéru, na jehož výstupu je stabilizovaných 9V. Výstupní konektor je souosý 5,5/2,1mm. Ihned za vstupem napájení je ochranná dioda, která zamezuje zničení zařízení při otočení polaritý napájecího napětí. Tímto napětím 9V jsou napájeny velké displeje. Pro potřeby ostatních součástek je napětí přiváděno nejprve na stabilizátor napětí typu 7805. Na jeho výstupu je napětí o velikosti 5V, což vyhovuje všem ostatním součástkám včetně malých displejů.

6 Konstrukční řešení

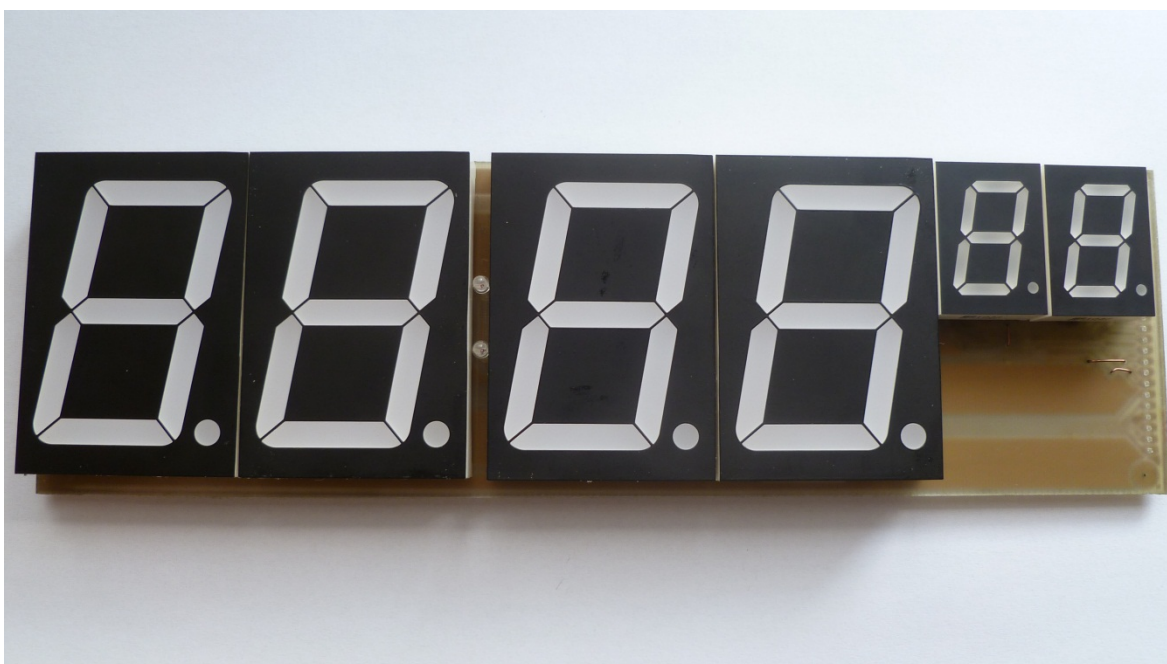
Celé konstrukční řešení vycházelo z předpokladu výroby desek plošných spojů v domácích podmínkách. Dalším faktorem byla značná celková velikost zařízení z důvodu použití velkých displejů, nebylo tedy nutné se snažit o co nejmenší prostorové uspořádání. Použity jsou dvě desky plošných spojů. Obě dvě desky jsou jednostranné. Desky byly navrženy v návrhovém programu Eagle a vyrobeny ve školní laboratoři. Vývodové součástky jsou osazeny ze strany součástek, SMD součástky jsou osazeny ze strany spojů. Ze strany součástek jsou také umístěny drátové propojky.

První deska je řídicí a má rozměry 130x75mm. Je na ní umístěn mikroprocesor, napájecí konektor, stabilizátor napětí, ochranné kondenzátory, RTC obvod s příslušenstvím, ISP konektor a ochranné rezistory displejů, posuvné registry a tranzistorové pole. Rezistory jsou v SMD provedení, ostatní součástky jsou vývodové. Na tuto desku je také pomocí vodičů připojen teplotní snímač.



Obrázek 13: Řídicí deska

Druhá deska má rozměry 255x75mm. Jsou na ní umístěny displeje, LED diody a tranzistory. Tranzistory jsou v SMD provedení.



Obrázek 14: Deska s displeji

Pro koncepci byla zvolena sendvičová konstrukce, kdy obě dvě desky jsou dohromady spojeny dvěma PIN lištami. Toto řešení umožnilo minimalizovat celkové rozměry zařízení. Větší lišta o délce 25 pinů umístěná vpravo vede elektrický signál z řídicí desky k displejům, druhá lišta o délce 15 pinů je pouze pro vzájemné upevnění desek a vede signál s potenciálem země.

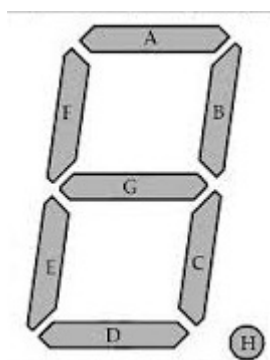
7 Řízení displejů

Pro řízení displejů byla nejprve sestavena tabulka, která udává, který segment je nutný rozsvítit pro zobrazení daného znaku. Protože se jedná o displeje se společnou anodou, svítí v logické 0.

Tabulka 1: Řízení displejů

dekadická hodnota	označení segmentu						
	a	b	c	d	e	f	g
0	0	0	0	0	0	0	1
1	1	0	0	1	1	1	1
2	0	0	1	0	0	1	0
3	0	0	0	0	1	1	0
4	1	0	0	1	1	0	0
5	0	1	0	0	1	0	0
6	0	1	0	0	0	0	0
7	0	0	0	1	1	1	1
8	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	1	0	0
a	0	0	0	1	0	0	0
b	1	1	0	0	0	0	0
c	0	1	1	0	0	0	1
d	1	0	0	0	0	1	0
e	0	1	1	0	0	0	0
f	0	1	1	1	0	0	0

Na následujícím obrázku je přehledně zobrazené umístění jednotlivých segmentů. Segment h je desetinná tečka, která může být rozsvícena dle potřeby, a proto není uvedena v předchozí tabulce.



Obrázek 15: Umístění segmentů na displeji

Displeje jsou sdruženy do dvou skupin, a to samostatně velké displeje a samostatně malé displeje. Data z mikroprocesoru jsou nejprve po sériové lince odesílána do osmibitového

posuvného registru se sériovým vstupem a paralelním výstupem. Tyto posuvné registry jsou dva, pro každou skupinu displejů jeden.

Pro menší displeje je signál z posuvného registru přiveden přímo k displejům. Před vstupem do displejů jsou ještě zapojeny ochranné rezistory. Tento signál je přiveden na oba dva displeje zároveň. Pro výběr, na kterém displeji má být tento znak zobrazen, slouží tranzistory zapojené na společnou anodu každého displeje. Každý displej má vlastní tranzistor, který je řízen samostatným signálem z mikroprocesoru. Podle toho, který tranzistor otevřeme, zobrazíme na vybraném displeji dané číslo.

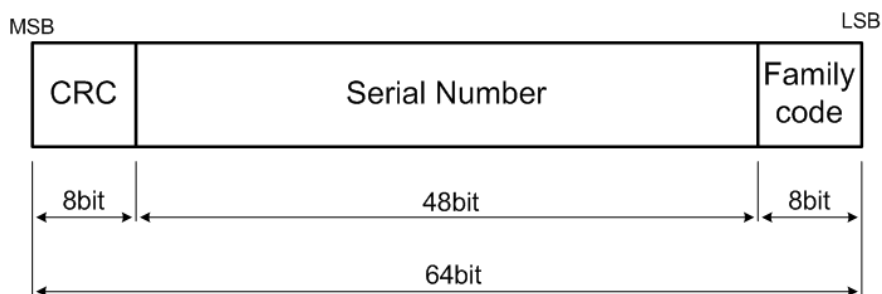
Ovládání větších displejů je o trochu komplikovanější z důvodu jejich potřeby vyššího napájecího napětí. Proto není signál z posuvného registru přiveden přímo na displeje, ale tímto signálem jsou ovládány tranzistory v tranzistorovém poli. Na jejich výstupu je napětí 9V, které je již přiváděno k displejům. Obdobně jako u malých displejů, tento signál je přiváděn ke všem čtyřem displejům zároveň a před displeji jsou umístěny ochranné rezistory. Proto také zde má každý displej vlastní tranzistor, který je řízen samostatným signálem z mikroprocesoru.

Čísla na displejích nejsou zobrazena stále, ale jsou periodicky zobrazována rychlým blikáním. To znamená, že nejprve je na velmi krátkou chvíli zobrazeno číslo na prvním displeji, poté na krátkou chvíli na druhém displeji a tak dále. Ve skutečnosti tedy svítí v jeden okamžik pouze jeden nebo žádný ze skupiny displejů. Lidské oko ovšem není schopné zaregistrovat velmi rychlé změny, a proto se při dostatečné frekvenci zdá, že všechny displeje svítí zároveň. Frekvence blikání čísla na jednom displeji by měla být větší než 50Hz, aby bylo číslo vnímáno jako trvale svítící. Tato vlastnost nám zjednodušuje ovládání displejů a snižuje spotřebu zařízení, protože není nutné napájet všechny displeje zároveň.

Skupina čtyř velkých displejů je v polovině rozdělena dvěma červenými LED diodami, které v režimu zobrazování času v pravidelných sekundových intervalech blikají a oddělují tak hodiny od minut. Obě dvě diody jsou ovládány společně samostatným signálem z mikroprocesoru, není tedy možné, aby jedna LED dioda svítila a druhá byla v ten samý okamžik zhasnutá. Obě buď zároveň svítí nebo jsou zhasnuté. Ve zbývajících režimech, tedy zobrazování data a teploty, jsou obě diody zhasnuté.

8 Ovládání teplotního snímače

Použitý teplotní snímač má tři vývody a pro komunikaci s mikroprocesorem používá jednovodičovou komunikaci, přičemž zbylé dva vývody slouží pro připojení napájecího napětí a signálu země. Tato jednovodičová komunikace umožňuje použití více přípojných zařízení na jednu linku, proto má každé čidlo svůj vlastní jedinečný 64bitový identifikační kód. Tento kód se skládá ze třech základních částí. Celá struktura je přehledně zobrazena na následujícím obrázku.



Obrázek 16: Struktura identifikačního kódu

Část osmi nejméně významných bitů pojmenovaná Family code určuje kód zařízení. Pro teplotní snímač je tento kód 28h, tento kód mají všechna zařízení stejného typu totožný. Dalších 48 bitů obsahuje jedinečné sériové číslo daného zařízení, nenajdeme tedy 2 zařízení se stejným sériovým kódem. Posledních osm bitů pojmenovaných CRC slouží jako kontrolní součet počítaný z předchozích bitů, zda mikroprocesor načtl celý kód správně.

Pokud tedy chceme komunikovat s čidlem, musíme nejprve na sběrnici vyslat dotaz, který nám vyhledá všechna zařízení připojená na sběrnici a zároveň nám pošle jejich identifikační ROM kódy. Pomocí tohoto identifikačního kódu poté můžeme vybrat správné čidlo, se kterým chceme komunikovat. Poté po sběrnici pošleme danému čidlu dotaz. Čidlo následně odpoví zprávou dlouhou 9 bajtů.

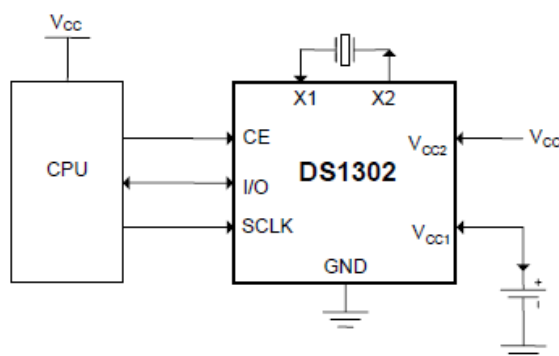
Tabulka 2: Struktura paměti snímače

bajt 0	teplota - LSB
bajt 1	teplota - MSB
bajt 2	alarm - TL
bajt 3	alarm - TH
bajt 4	konfigurační
bajt 5	rezervováno
bajt 6	rezervováno
bajt 7	rezervováno
bajt 8	CRC

První dva bajty obsahují aktuální změřenou teplotu. Do třetího a čtvrtého bajtu můžeme nakonfigurovat spuštění varovného signálu. Ve třetím bajtu označeném jako TL se varovný signál projeví, pokud je naměřená teplota nižší než teplota zadaná v tomto bajtu, u čtvrtého bajtu označeného TH se varovný signál projeví, pokud je naměřená teplota vyšší než teplota zadaná do tohoto bajtu. Tento příznak je znovu opravován po každém měření teploty. Pátý bajt nám umožňuje nakonfigurovat rozlišení teploměru v rozmezí od 9 do 12 bitů. Toto rozlišení má také vliv na celkovou dobu převodu teploty, která se pohybuje od 93,75ms při rozlišení 9 bitů až do 750ms při rozlišení 12 bitů. Další tři bajty jsou rezervovány pro vnitřní potřebu teplotního snímače a poslední bajt obsahuje kontrolní součet.

9 Ovládání RTC obvodu

Použitý RTC obvod má celkem osm vývodů. Na dva vývody je připojen externí krystal o frekvenci 32,768kHz. Vývod označený GND slouží pro připojení signálu země, další vývod označený VCC2 je vstup primárního napájecího napětí. To může být v rozmezí 2V až 5,5V. Další vývod označený VCC1 je také pro vstupní napětí, tentokrát z baterie. Z tohoto vstupu je RTC obvod napájen pokud je toto napětí větší než ze vstupu VCC2. To slouží pro udržení chodu RTC obvodu i při výpadku externího napájení. Zbylé tři vývody slouží pro komunikaci s mikroprocesorem, na obrázku je označen jako CPU. Celé toto uspořádání je přehledně zobrazené na následujícím obrázku.



Obrázek 17: Označení vývodů DS1302

Vstup CE musí být při čtení a zápisu v logické 1, jinak komunikace s RTC obvodem není možná. Vstup SCLK slouží jako synchronizace toku dat pro sériový převodník. Vývod označený I/O je vstupně-výstupní pin pro třívodičový převodník obsažený v RTC obvodu.

Pokud chceme s obvodem komunikovat, pošleme nejprve řídicí bajt, kterým specifikujeme, zda chceme do obvodu zapisovat nebo z něj chceme hodnoty číst. Také vybíráme, se kterým registrem budeme komunikovat. Pro režim zápisu jsou data do paměti zadávána s náběžnou hranou časovače postupně od bitu 0. Při čtení jsou data z požadované adresy přenášena na sestupnou hranu časovače. Také v tomto režimu jsou data přenášena postupně od bitu 0. V tomto režimu je čten nebo zapisován vždy pouze jeden bajt. Pro čtení nebo zápis dalšího bajtu je nutné opět poslat řídicí bajt a poté komunikovat.

V režimu Burst mode je možné číst nebo zapisovat do více bajtů po sobě, přičemž řídicí registr posíláme pouze na začátku komunikace. Data jsou posílána postupně od nultého bitu nultého bajtu a není možné nějaký bajt při čtení nebo zápisu přeskočit a pokračovat následujícím. Na začátku čtení jsou všechna data nejprve přenesena do vyrovnávací paměti. Zatímco jsou data čtena z vyrovnávací paměti, hodiny stále počítají čas. Tím je zabráněno změně obsahu registrů během čtení dat. Obsah jednotlivých registrů je znázorněn v tabulce 3.

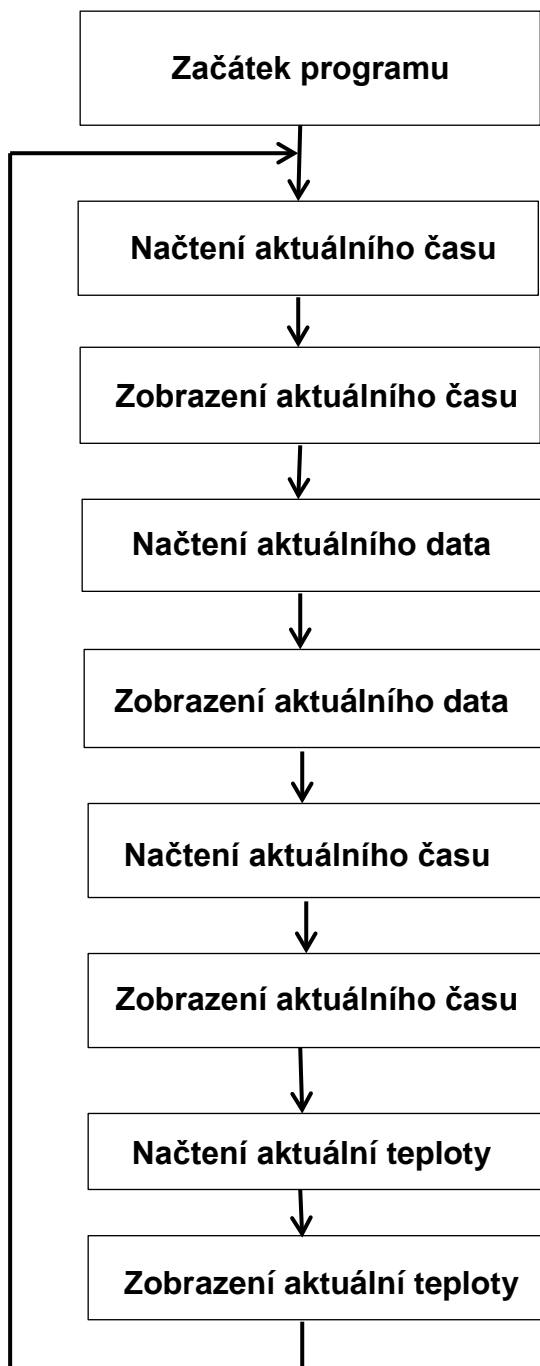
Tabulka 3: Obsah jednotlivých registrů

čtení	zápis	bit 7	bit 6	bit 5	bit 4	bit 3	bit 2	bit 1	bit 0	
81h	80h	CH		desítky sekund		sekundy				
83h	82h			desítky minut		minuty				
85h	84h	12/ $\overline{24}$	0	10	hodiny					
				$\overline{\text{AM}} / \text{PM}$						
87h	86h	0	0	10datum		datum				
89h	88h	0	0	0	10měsíc	měsíc				
8Bh	8Ah	0	0	0	0	0	den v týdnu			
8Dh	8Ch	10rok					rok			

První dva sloupce tabulky nám říkají, jakou adresu registru musíme zvolit, pokud chceme do daného registru zapisovat nebo z něj chceme data číst. V registru sekund slouží sedmý bit označený CH pro zastavení hodin. Pokud je nastaven na logickou 0, hodiny běží, pokud je nastaven na logickou 1, hodiny přejdou do pohotovostního režimu. Ostatní bity již udávají sekundy, rozsah je od 00 do 59. Registr minut nám udává minuty, také v rozsahu od 00 do 59. V registru hodin určuje sedmý bit dvanáctihodinový režim při logické 1 nebo čtyřiaadvacetihodinový režim při logické 0. Pátý bit tohoto registru ve dvanáctihodinovém režimu určuje AM při logické 0 a PM při logické 1. Ve čtyřiaadvacetihodinovém režimu slouží tento bit pro další zobrazování hodin. Rozsah tohoto registru je od 1 do 12 ve dvanáctihodinovém režimu a od 0 do 23 ve čtyřiaadvacetihodinovém režimu. Registr data nám udává datum v rozsahu od 1 do 31, registr měsíce nám udává měsíc v rozsahu od 1 do 12. Registr určující den v týdnu má rozsah od 1 do 7, přičemž můžeme nastavit, jaký den v týdnu bude označen jako 1. Následující den potom bude označen jako 2 atd. Registr let nám udává rok, rozsah tohoto registru je od 00 do 99. Obsahem registrů udávajících čas a datum jsou binárně uložená decimální čísla.

10 Programová část

Programová část je vytvořena v programu Atmel Studio 6.1, programovací jazyk C. Celý program je vytvořen podle následujícího vývojového diagramu.



Obrázek 18: Vývojový diagram programu

Program je vytvořen jako nekonečná smyčka. Po načtení času je tato informace nejprve zpracována a převedena do formy, která umožňuje zobrazení správných hodnot na displejích. Tato informace je zobrazována asi 15 sekund. Během této doby jsou samozřejmě informace o času aktualizovány, aby docházelo k zobrazování správných

sekund, které se během této doby mění, případně i k aktualizaci minut a hodin pokud se také během zobrazování jejich hodnota změní. Poté následuje načtení aktuálního data a opět jeho převedení do správné formy pro zobrazení na displeji. Tato informace je zobrazována přibližně 10 sekund a v případě potřeby je aktualizována. Následuje opět zobrazení aktuálního času po dobu asi 15 sekund a nakonec následuje načtení aktuální teploty a znovu její převedení do správné formy. I tato informace je na displejích zobrazována po dobu přibližně 10 sekund. Teplota aktualizována v průběhu zobrazování není, to znamená, že při změně teploty dojde k jejímu zobrazení až při dalším běhu programu. Poté opět následuje načtení času a celý program se cyklicky opakuje. Při vypnutí externího napájení žádné informace samozřejmě zobrazovány nejsou. Po opětovném připojení napájení se program rozběhne opět od počátku.

Celý zdrojový kód je nahrán na přiloženém CD.

Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo vytvoření digitálních hodin s větším displejem, které budou automaticky přepínat mezi zobrazováním času, data a aktuální teploty. V prvních kapitolách je nejprve teoretický popis možných řešení, v druhé části práce je popsána vlastní realizace zařízení.

Během realizace projektu se podařilo navrhnout ucelené zařízení digitálních hodin se šesti sedmisegmentovými zobrazovači, řídicím mikroprocesorem a obvodem reálného času. Zařízení bylo sestaveno, oživeno a byla odzkoušena jeho správná funkce.

Závěrem lze konstatovat, že všechny vytyčené cíle se podařilo splnit.

Literatura

DVOŘÁČEK, Vladimír. Světelné zdroje. [online]. [cit. 2014-05-21]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/res/pdf/39810.pdf>

MAREŠ, Luděk. Teplota a její měření. *TZB-info*. [online]. 2006 [cit. 2014-05-21]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/3115-teplota-a-jeji-mereni>

ATMEL CORPORATION. [online]. [cit. 2014-05-21]. Dostupné z: <http://www.atmel.com/>

Vacuum fluorescent display. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2014-05-21]. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/Vacuum_fluorescent_display

GM ELECTRONIC. [online]. [cit. 2014-05-21]. Dostupné z: <http://www.gme.cz/>

Penguin Electronics [online]. [cit. 2014-05-21]. Dostupné z: http://media0.mypage.cz/files/media0:51c3719c969d1.pdf.upl/DS1302_CZ.pdf

Displej. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2014-05-21]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Displej>

Příloha 1 – Schéma zapojení

