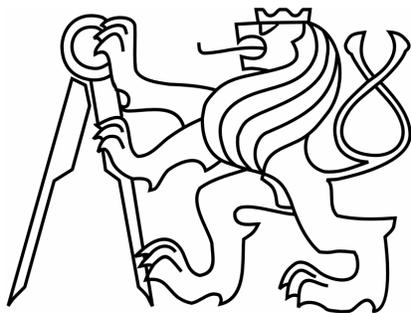


**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

**FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**



**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**ŘÍDÍCÍ JEDNOTKA PRO REGULACI TEPLoty**

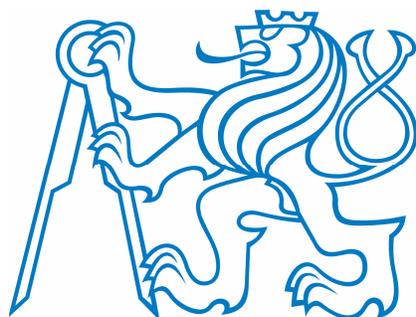
**LUKÁŠ ČAREK**

**2006**

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

**FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

**KATEDRA ŘÍDÍCÍ TECHNIKY**



**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**ŘÍDÍCÍ JEDNOTKA PRO REGULACI TEPLoty**

**TEMPERATURE CONTROL UNIT**

**LUKÁŠ ČAREK**

**2006**

Katedra řídicí techniky

Školní rok:2005/2006

## Z a d á n í   b a k a l á ř s k é   p r á c e

Student:                Lukáš Č a r e k  
Obor:                    Kybernetika a měření  
Název tématu:        Řídicí jednotka pro regulaci teploty

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

1. Seznamte se s procesory řady MSP430.
2. Vyberte vhodné HW komponenty s důrazem na nízkou spotřebu v případě bateriového napájení.
3. Navrhněte a realizujte základní jednotku pro řízení teploty s procesorem MSP430, displejem a komunikačním rozhraním RS485 (případně s bezdrátovým obvodem NORDIC).
4. Implementujte SW pro procesor, který umožní demonstraci funkce.

*Seznam odborné literatury:* Dodá vedoucí práce

**Vedoucí bakalářské práce:** Ing. Pavel Němeček

**Datum zadání bakalářské práce:** zimní semestr 2005/06

**Termín odevzdání bakalářské práce:** 30. 6. 2006



Prof. Ing. Michael Šebek, DrSc.  
vedoucí katedry



Prof. Ing. Zbyněk Škvor, CSc.  
děkan

## **Prohlášení**

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

V Praze dne 27.6.2006

Lukáš Čarek

## **Abstrakt**

Tato práce se zabývá návrhem řídicí jednotky pro regulaci teploty. Tato jednotka je vybavena mikroprocesorem, grafickým displejem a bezdrátovým komunikačním rozhraním, přes které může komunikovat s jednotlivými stanicemi, což mohou být například ventily radiátorů, senzory teploty, jednotkou pro komunikaci s osobním počítačem, či se stejnou řídicí jednotkou. Umožňuje připojení externích čidel teploty a umožňuje měřit vlhkost.

## **Klíčová slova**

IRC, Nordic, MSP 430, EM6125, DS18B20, řízení teploty, mspgcc

## **Abstract**

The aim of this work is developing of temperature control unit. This unit contain a microcontroller, graphic display and a wireless communication interface for connecting with other units, such as valve head of radiator, temperature sensors, and unit for communication with PC or communication with the another similar unit. External temperature sensors can be connected and it can take the measurements of humidity.

## **Keywords**

IRC, Nordic, MSP430, EM6125, DS18B20, temperature control, mspgcc

**OBSAH**

<b>1</b>	<b>ÚVOD</b> .....	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>SOUČASNÝ STAV IRC VE SVĚTĚ</b> .....	<b>6</b>
2.1	PŘEDCHŮDCI IRC.....	6
2.2	PODSTATA IRC .....	6
2.3	CELKOVÝ POHLED NA IRC.....	7
<b>3</b>	<b>VOLBA SOUČÁSTEK PRO JEDNOTKU</b> .....	<b>8</b>
3.1	ROZŠÍŘENÉ ZADÁNÍ.....	8
3.2	VOLBA SOUČÁSTEK.....	8
3.3	MOŽNÉ MODIFIKACE JEDNOTKY.....	9
<b>4</b>	<b>POUŽITÉ SOUČÁSTKY</b> .....	<b>10</b>
4.1	MIKROPROCESOR MSP 430 F167.....	10
4.1.1	<i>Vlastnosti mikroprocesoru</i> .....	10
4.1.2	<i>Architektura mikroprocesoru</i> .....	11
4.1.3	<i>CPU</i> .....	11
4.1.4	<i>Instrukční soubor</i> .....	12
4.1.5	<i>Základní hodinové moduly</i> .....	12
4.1.6	<i>Provozní módy procesoru</i> .....	12
4.1.7	<i>Adresní prostor</i> .....	13
4.1.8	<i>Segmentace FLASH paměti</i> .....	13
4.1.9	<i>Dohled nad napájecím napětím</i> .....	13
4.1.10	<i>Hardwarová násobička</i> .....	14
4.2	OBVOD NORDIC NRF905 .....	14
4.2.1	<i>Technologie ShockBurst™</i> .....	14
4.3	STEP-UP KONVERTOR ST L6920.....	15
4.4	ČIDLO VLHKOSTI HIH3610 .....	16
4.5	EXTERNÍ ČIDLA TEPLoty DS18B20.....	16
4.6	DISPLEJ EM6125.....	16
<b>5</b>	<b>POPIS ZAPOJENÍ</b> .....	<b>17</b>
5.1	NÁVRH ZAPOJENÍ .....	17
5.2	PŘIPOJENÍ BEZDRÁTOVÉHO OBVODU NRF 905 K MSP 430 .....	17
5.2.1	<i>Připojení nrf905</i> .....	17
5.2.2	<i>Komunikace po SPI</i> .....	18
5.3	PŘIPOJENÍ ŘADIČE DISPLEJE EM6125 K MSP 430.....	20
5.3.1	<i>Připojení EM6125</i> .....	20
5.3.2	<i>Komunikace po I2C</i> .....	20
5.4	PŘIPOJENÍ L6920 K MSP430.....	21
5.5	PŘIPOJENÍ HIH3610 K MSP 430 .....	22
5.6	PŘIPOJENÍ DS18B20 K MSP430 .....	22
5.6.1	<i>Připojení DS18B20</i> .....	22
5.6.2	<i>Komunikace po sběrnici 1-Wire</i> .....	23
5.7	PŘIPOJENÍ TLAČÍTEK K MSP 430.....	24
5.8	PROGRAMÁTOR A PROGRAMOVÁNÍ PROCESORU MSP430.....	24

<b>6</b>	<b>DESKY PLOŠNÝCH SPOJŮ.....</b>	<b>26</b>
6.1	PŘEDPOKLADY PRO NÁVRH DPS.....	26
6.1.1	<i>Pouzdra součástek.....</i>	26
6.1.2	<i>Výčet důležitých footprintů na dolní desce.....</i>	26
6.1.3	<i>Výčet důležitých footprintů na horní desce.....</i>	26
6.2	DOLNÍ DESKA.....	27
6.2.1	<i>Vymezení plochy.....</i>	27
6.2.2	<i>Rozmístění součástek.....</i>	27
6.3	HORNÍ DESKA.....	28
6.4	KONEKTOR PRO PROGRAMOVÁNÍ PROCESORU.....	29
<b>7</b>	<b>SOFTWARE PRO MIKROPROCESOR.....</b>	<b>31</b>
7.1	MSP GCC.....	31
7.2	ROZDĚLENÍ SOFTWARE.....	31
7.3	KNIHOVNA PRO DISPLEJ.....	31
7.3.1	<i>Rozbor komunikace.....</i>	31
7.3.2	<i>Pole realizující plochu displeje.....</i>	31
7.3.3	<i>Metoda LcdInit.....</i>	32
7.3.4	<i>Metoda LcdPixel.....</i>	32
7.3.5	<i>Metoda LcdGoXY.....</i>	32
7.3.6	<i>Metoda LcdChar.....</i>	32
7.3.7	<i>Metoda LcdString.....</i>	32
7.3.8	<i>Metoda LcdClear.....</i>	33
7.3.9	<i>Metoda LcdUpdate.....</i>	33
7.3.10	<i>Metoda LcdSend.....</i>	33
7.4	KNIHOVNA PRO INTERNÍ MĚŘENÍ TEPLoty.....	33
7.4.1	<i>Funkce GetTemperature.....</i>	33
<b>8</b>	<b>ZHODNOCENÍ.....</b>	<b>34</b>
<b>9</b>	<b>PODĚKOVÁNÍ.....</b>	<b>36</b>
<b>10</b>	<b>POUŽITÉ MATERIÁLY.....</b>	<b>37</b>
<b>11</b>	<b>PŘÍLOHY.....</b>	<b>38</b>

## 1 Úvod

Aplikace inteligentních spotřebičů přicházejí spolu s dobou ve které žijeme. Velký rozvoj elektroniky znamená cenové zpřístupnění těchto spotřebičů, a tím jejich rozšíření v domácnostech. Touto problematikou se zabývá se v současnosti zabývá velká škála firem. Částí tohoto odvětví jsou systémy pro regulaci vytápění IRC, tedy Individual Room Control.

## 2 Současný stav IRC ve světě

Dnes se v budovách používá mnoho technologií, které jsou nezbytné pro jejich provoz. Tento trend přichází z velkých staveb, kde je nutné zajišťovat činnost klimatizace, vzduchotechniky, zdrojů tepla a vytápění

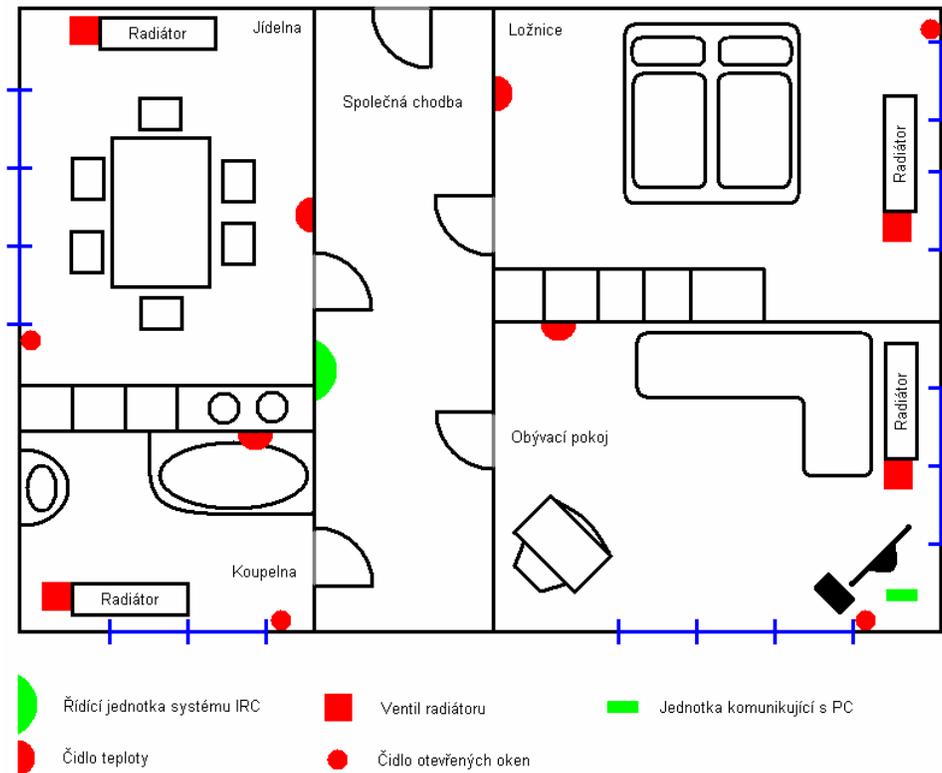
Regulace vytápění. Zatím nejrozšířenější použití těchto spotřebičů nebo spíše kontrolérů je v inteligentní regulaci teploty, kterou se zabývá i tato práce.

### 2.1 Předchůdci IRC

Mechanický předchůdce těchto inteligentních systémů kontroly teploty, jsou dnes velice hojně používané termohlavice či termokohouty. Tyto hlavice v sobě integrují senzor i akční člen, a to v podobě vlnovce, který v závislosti na teplotě otevírá či zavírá ventil. Tento způsob regulace teploty má však zásadní nedostatky, jako je například nemožnost zástavby mechanického regulátoru do podlahových systémů vytápění. Tyto nedostatky jsou odstraněny až inteligentními regulátory.

### 2.2 Podstata IRC

Individuální regulace teploty je založena na veliké variabilitě a možnosti vytvoření prakticky libovolné konfigurace celého komplexního zařízení. Je evidentní, že tepelná ztráta roste s teplotním rozdílem a tedy rozdílem venkovní a vnitřní teploty. Právě tyto systémy dokáží tyto ztráty vhodným nastavením minimalizovat. Každý dům má minimálně dvě, spíše tři a více částí, s různými nároky na vytápění. Tyto nároky jsou děleny podle typu a použití daného pokoje a zároveň podle denní doby, ve kterou je používán. Například pro obývací pokoj je ideální teplota kolem 21°C v časovém rozmezí od 15 do 16 hodin, kdy se po pracovní době vracíme domů a užíváme zasloužený odpočinek, dále je užíván až kolem 20 až 23 hodiny. Právě v těchto časových intervalech je požadována správná teplota a mimo tyto časové úseky může být nižší. Dalším příkladem místnosti, kde není třeba konstantní teplota po celý den je koupelna. Zde je optimum 23°C v ranních a večerních hodinách. Při kancelářských pracích je vhodné nepřetápět, a tak teplota může být málo nad 19°C, ale opět v kanceláři, či místnosti, kterou používáte jako pracovnu stačí takováto teplota pouze v pracovních hodinách a mimo ně nižší. Možné uspořádání komponent systému IRC je na obr. 2.1.



obr. 2.1 Příklad systému IRC v třípokojovém bytě

### 2.3 Celkový pohled na IRC

Systémy individuálního vytápění jsou ideální volbou pro nově postavené domy, kde se majitelé rozhodují pro systém vytápění. Zde je možnost zkombinovat teplovodní topení používané v případě tepelných čerpadel, což je také trend úsporného vytápění. Existují ovšem i systémy, u kterých je akční člen, tedy ventil na radiátoru, možno nahradit bezdrátovým členem napájeným z baterií. Tato jednotka obsahuje senzor teploty, a komunikuje s řídicím systémem pomocí bezdrátového spojení. Toto řešení má své výhody i nevýhody. Výhoda je, že není nutné pokládat kabely, a instalace je velmi rychlá, nevýhodou jsou nároky na baterie napájející akční člen spolu s řídicím modulem. Další rozšíření je možné v podobě senzorů otevřených oken, které zavírají ventily radiátorů v případě větrání místnosti a opět tak minimalizují tepelné ztráty. Při aplikaci inteligentní regulace teploty na elektrické vytápění je situace ještě jednodušší. Zde se využívá přímo odpojení od přívodu proudu k příslušnému spotřebiči. Další nespornou výhodou je možnost komunikace systému prostřednictvím ethernetu či internetu.

## 3 Volba součástek pro jednotku

### 3.1 Rozšířené zadání

Pro volbu součástek bylo rozhodující splnění požadavků rozšířeného zadání:

- komunikace pomocí bezdrátového rozhraní
- napájení z baterií
- měření teploty
- měření vlhkosti
- použití grafického displeje
- možnost ovládání pomocí 4 tlačítek
- vestavby do záslepky ABB-Time
- možnost připojení externích čidel teploty

### 3.2 Volba součástek

Pro sestavení zařízení podle zadání byl důležitý tvar krytů ABB-Time. Díky jeho velikosti, která pojme pouze 2 baterie velikosti AAA, dávající v zapojení do série napětí maximálně 3V, se omezila volba jednotlivých komponent. Limitem pro volbu komponent je též kapacita těchto baterií, a tím dané nároky na spotřebu. Grafický displej pro takto malé napájení vyrábí firma EM Microelectronics. Tento displej splňuje zároveň i požadavky malého odběru, navíc obsahuje integrovaný řadič. Bezdrátový obvod byl zvolen od firmy Nordic Semiconductor nrf905. Volba opět daná napájením, navíc zde hrají roli také rozměry. Zde se nabízí otázka, proč nebyl použit rovnou obvod nrf9E5 s integrovaným procesorem řady 8051. Odpověď je jednoduchá. Možnosti tohoto procesoru jsou velmi omezené, a pro takovouto aplikaci se stává zcela nepoužitelným. Procesor byl tedy zvolen Texas Instruments, která je jedním z nejlepších výrobců nízkopříkonových mikrokontrolérů. Pro tuto aplikaci se nejvíce hodí řada MSP430, která se dodává s velkou řadou periferií. Čidlo vlhkosti bylo zvoleno HIH3610 o firmy Honeywell, jedná se o jedno z mála dostupných senzorů vlhkosti. Jako externí čidla teploty nebyla vybrána teplota/odpor, aby nebylo nutné řešit odpor přívodních vodičů. Ani senzory teplota/střída se nejevily přijatelné z důvodu velkého množství vodičů. Volba tedy padla na čidla od firmy Dallas Semiconductor, komunikující po jednodrátové sběrnici 1-Wire, která umožňuje připojit prakticky „libovolný“ počet senzorů. Měníč

napětí od firmy ST Microelectronics L6920, byl zvolen na základě požadavku na napětí 5V čidla vlhkosti, resp. 3V externích čidel teploty. Ostatní součástky byly voleny za co nejvyšší úsporou místa na desce plošných spojů.

### **3.3 Možné modifikace jednotky**

Jednotka je tvořena tak, aby bylo možné použít pinově kompatibilní jednodušší a levnější procesory řady MSP430 při neosazení některých čidel, a tak snížit výrobní náklady. Funkci zařízení je tedy možné ovlivnit hardwarovým osazením nebo softwarově, kde je možnost změny podstatně vyšší.

## 4 Použité součástky

### 4.1 Mikroprocesor MSP 430 F167

Základním stavebním kamenem pro tuto jednotku je procesor od firmy Texas Instruments MSP430 F167. Volba byla předem dána potřebnými hardwarovými požadavky. Pro komunikaci s displejem I2C sběrnice, pro komunikaci s bezdrátovým obvodem NRF905 sběrnice SPI, a pro použití analogového čidla vlhkosti HIH3610 nutnost AD převodníku. Jelikož řízení teploty v budovách není kriticky náročné na rychlost zásahu, bylo by možné při neosazení obvodu čidlem vlhkosti použít pinově kompatibilní procesor nižší řady, např. MSP430 F147, kde by byla nutná softwarová implementace jedné či obou ze sběrnic pro komunikaci s bezdrátovým obvodem, resp. displejem. Pro volbu byla též nezanedbatelná velikost paměti FLASH.

Jedná se o ultra nízkopříkonový procesor, sestávající z několika odlišně nastavitelných periférií cílených pro mnohostranné použití. Architektura podporující 5 nízkopříkonových módů je optimalizována pro dosažení co nejvyšší výdrže baterií v přenosných spotřebičích. CPU je založena na 16 bitové RISC struktuře s von-Neumannovou architekturou, obsahuje 16 bitové registry.

#### 4.1.1 Vlastnosti mikroprocesoru

Velmi nízký odběr - vhodný pro bateriový provoz

- aktivní mod: 330 $\mu$ A na 1 MHz, 2,2V
- standby mod: 1,1 $\mu$ A
- vypnuto: 0,2 $\mu$ A (udržení dat v RAM)

Podpora pro přesné měření

- 12bit nebo 10bit ADC - 200 ksps, teplotní senzor, Vref
- 12bit duální DAC
- Časovače s porovnávacími vstupy pro měření odporových prvků
- Hlídač napájecího napětí

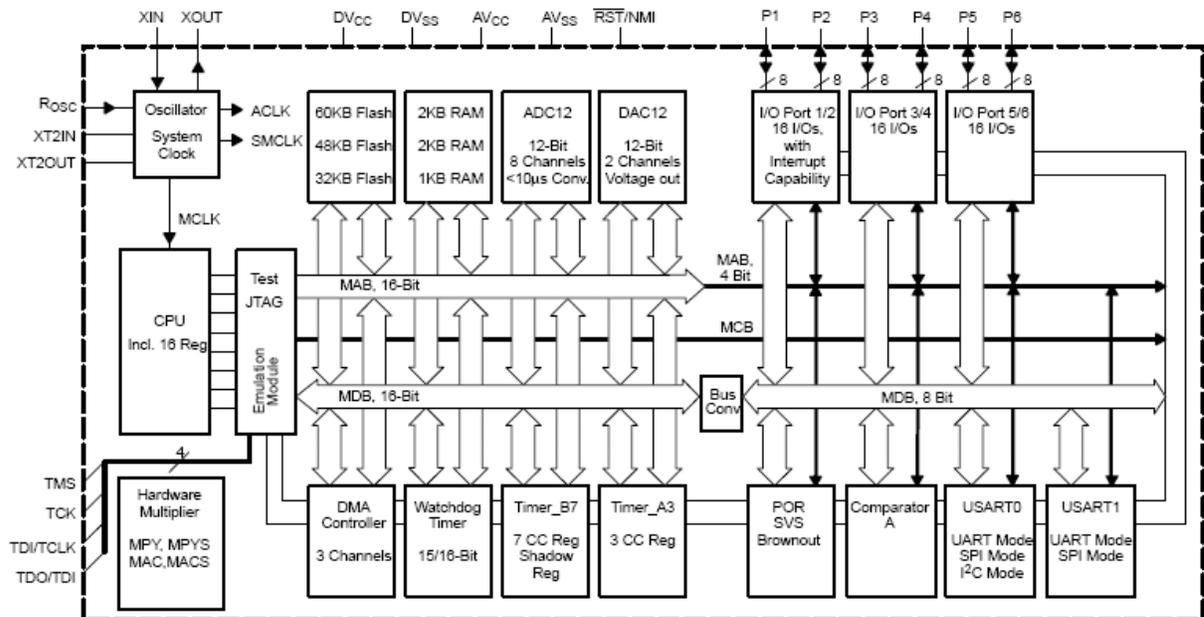
16 bit RISC CPU architektura nabízí :

- pouze 27 základních instrukcí a 7 typů adresování
- podpora pro modemové programování
- 125ns instrukční cyklus

Tříkanálový interní DMA

Programovatelný USART - synchronní/asynchronní UART, SPI či I2C

#### 4.1.2 Architektura mikroprocesoru



obr. 4.1 blokové schéma procesoru MSP430 F167

#### 4.1.3 CPU

Obsahuje 16 registrů, které umožňují zkrátit výpočetní čas. Doba trvání operace registr-registr je jeden instrukční cyklus.

Čtyři registry (R0 až R3) jsou určeny jako:

- programový čítač (PC)
- ukazatel zásobníku (SP)
- status registr
- registr konstant

Ostatní registry (R4 až R15) jsou pro obecné použití.

#### 4.1.4 Instrukční soubor:

Instrukční soubor se skládá z 51 instrukcí se třemi formáty a sedmi adresními módy. 27 instrukcí je základních, 24 emulovaných

#### 4.1.5 Základní hodinové moduly

Základní hodinové moduly podporují nízké provozní náklady a extrémně nízkou spotřebu. Použitím 3 interních hodinových signálů, může uživatel nastavit nejlepší kompromis mezi požadovaným výkonem a nízkou spotřebou.

Základní hodiny sestávají z dvou nebo tří zdrojů:

- LFXT1CLK: Nízko/vysoko – frekvenční oscilátor, lze použít hodinový rezonátor s frekvencí 32768Hz, nebo standardní vysokofrekvenční krystal nebo rezonátor v rozsahu od 450kHz do 8MHz.
- XT2CLK: Vysokofrekvenční oscilátor v rozsahu 450kHz až 8MHz.
- DCOCLK: Vnitřní digitálně říditelný oscilátor (DCO) s RC charakteristikou

Tři hodinové signály odvozené ze základního hodinového modulu

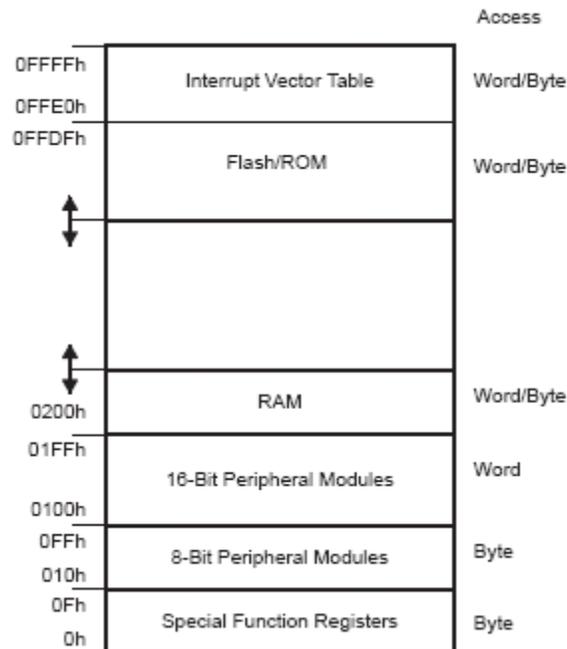
- ACLK: Pomocný hodinový kmitočet. Vychází z hodinového zdroje LFXT1CLK děleného 1,2,4 nebo 8. Kmitočet je nastavitelný individuálně pro periferní moduly.
- MCLK: Hlavní hodiny. Jsou softwarově nastavitelné z LFXT1CLK, XT2CLK (pokud je dostupný) nebo DCOCLK. Jsou používány CPU a systémem.
- SMCLK: Pomocné hodiny. Nastavení stejné jako u MCLK, ale jsou softwarově nastavitelné pro použití pro individuální periferní moduly.

#### 4.1.6 Provozní módy procesoru:

MSP430 má jeden aktivní mód a pět softwarově volitelných nízko-příkonových módů. Událost přerušení může probudit zařízení z jednoho z nízko-příkonových módů, zpracovat požadavek, a opět se vrátit zpět do módu, ze kterého byl spuštěn.

#### 4.1.7 Adresní prostor:

MSP430 využívá von-Neumannovu architekturu, má tedy pouze jeden adresní prostor společný pro SFR, periferie, RAM, FLASH. obr. 4.2 ukazuje mapování paměti.



obr. 4.2 Mapování paměti u MSP 430

#### 4.1.8 Segmentace FLASH paměti

Flash paměť je rozdělena do segmentů. Do této paměti můžou být zapsány samostatné bity, bajty nebo slova, ale nejmenší část paměti, která může být smazána je segment.

U procesorů MSP 430 je paměť je rozdělena do hlavní a informační sekce. V provádění operací není mezi těmito dvěma sekcemi rozdíl. Zdrojový kód i data se mohou nacházet v obou částech, ale rozdíl se projeví ve velikosti segmentů a fyzickou adresou. Informační část je tvořena dvěma 128 bajtovými segmenty. U procesoru F167 je 32kB hlavní část je tvořena ze 64 segmentů o velikosti 512 bajtů. Segmenty se dále dělí do bloků. Jeden blok má kapacitu 64 bajtů

#### 4.1.9 Dohled nad napájecím napětím

Procesory MSP430 jsou vybaveny obvodem tzv. SVS (supply voltage supervisor), používaným pro dohled nad napájecím napětím. SVS může být nakonfigurován aby nastavil flag nebo generoval přerušení, když napájecí napětí poklesne pod určitou

uživatelé zvolenou mez. Je možné zvolit jednu ze 14 možných úrovní napájecího napětí.

#### 4.1.10 Hardwarová násobička

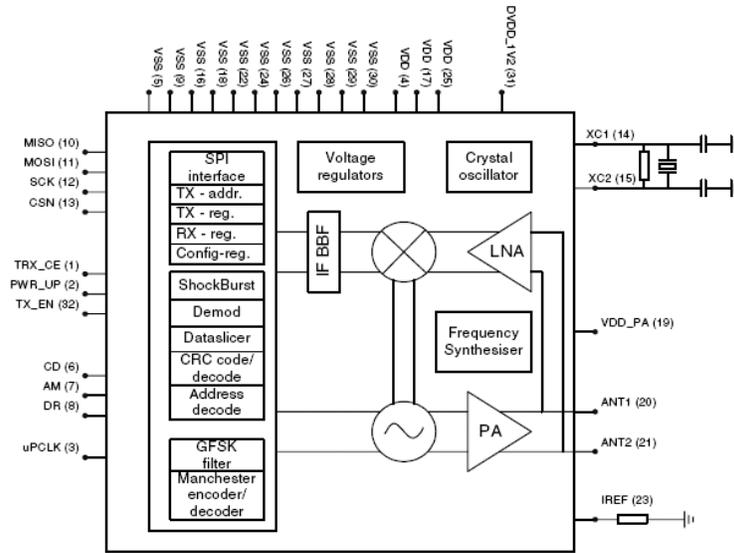
MSP430 obsahuje jako svou periférii i hardwarovou násobičku. Z toho vyplývá, že její činnost není závislá na činnosti CPU. Podporuje neznaménkové a znaménkové násobení, akumulační znaménkové a neznaménkové násobení. Prováděná operace je vybrána podle adresy, na které je zapsán první operand. Hardwarová násobička má 2 registry operandů OP1, OP2 a tři registry výsledků RESLO, RESHI a SUMEXT. RESLO je dolní část slova výsledku, RESHI horní část a SUMEXT ukládá informace o výsledku. Výsledek je spočten po 3 třech cyklech MCLK.

## 4.2 Obvod Nordic nrf905

Jedná se o integrovaný radiový vysílač-přijímač (dále jen transceiver) pro bezlicenční pásma 433/868/915 MHz. Skládá se z integrovaného frekvenčního syntezátoru, výkonového zesilovače, modulátoru a přijímače. Obvod používá dva aktivní módy (vysílání a příjem) a dva pasivní módy (vypnuto a programování přes SPI nebo Standby a programování přes SPI). Blokové schéma je uvedeno na obr. 4.3

### 4.2.1 Technologie ShockBurst™

K příjmu a vysílání dat je použita technologie ShockBurst™. Princip tohoto režimu spočívá ve využití maximální dostupné přenosové rychlosti obvodu nrf905. Data která jsou do transceiveru posílána s nižší přenosovou rychlostí, jsou po zaplnění vyrovnávací paměti transceiveru odeslána rychlostí 100kb/s. Toto redukuje dobu odebrání proudu během přenosu dat. Obvod také automaticky generuje hlavičku a zabezpečuje každý rámeček dat CRC kódem. Toto je veliké usnadnění pro vývoj aplikací s tímto obvodem a zároveň šetří výpočetní čas mikroprocesoru.

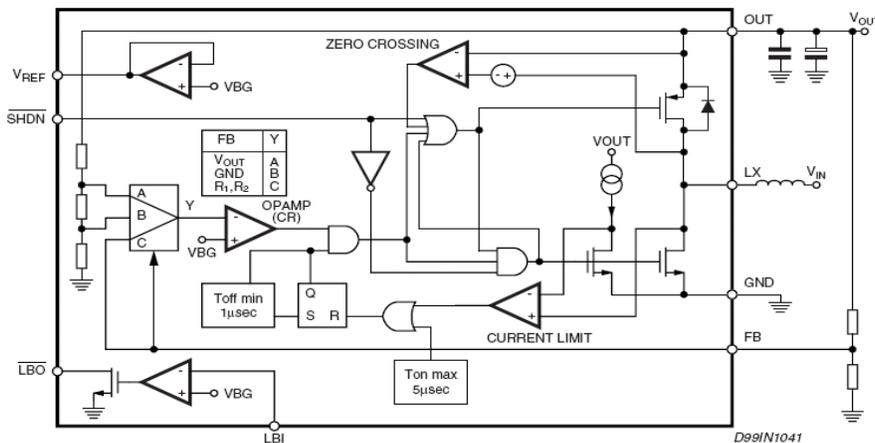


obr. 4.3 Blokové schéma obvodu nrf905

### 4.3 Step-Up konvertor ST L6920

Jedná se o vysoce účinný step-up měnič pro aplikace vyžadující vyšší napájecí napětí, než jsou schopny poskytnout například 2 baterie AAA. Pro spuštění obvodu je potřeba napětí kolem 1V, a obvod pak může dále pracovat až do napětí 0,6V.

Velikost výstupního napětí je možno zvolit 3,3V, 5V nebo proměnné od 2V do 5,2V při použití externího děliče napětí. Obvod obsahuje i kontrolu napájecího napětí. Při jeho použití dojde k nastavení kontrolního bitu do úrovně logická 0, pokud je napájecí napětí nižší než hrana, která je nastavena na napětí kolem 1,23V. Tento měnič dosahuje účinnosti až 94%. Blokové schéma je obr. 4.4.



obr. 4.4 Blokové schéma měniče ST L6920

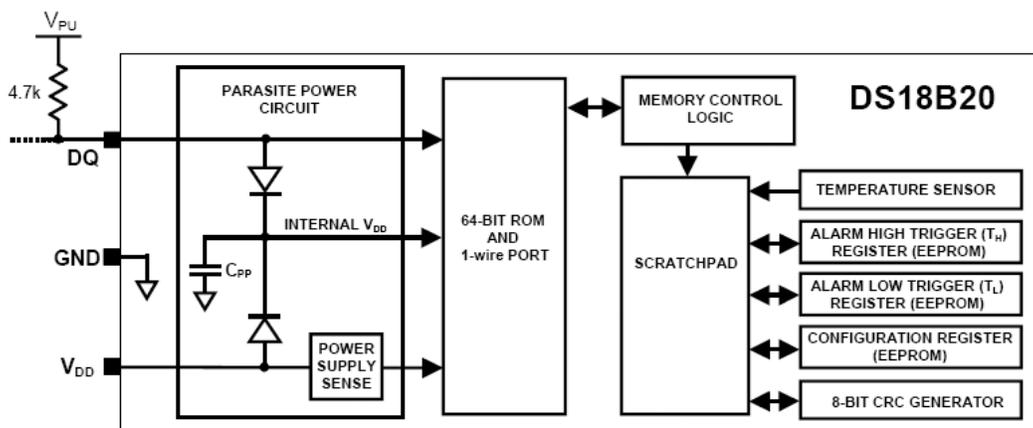
#### 4.4 Čidlo vlhkosti HIH3610

Senzor je analogový, ale díky své lineární charakteristice je vhodný pro přímé připojení k mikrokontroléru pomocí AD převodníku. Typický odběr má kolem  $200\mu\text{A}$ , a je tedy vhodný i pro bateriové napájení. Za povšimnutí stojí i poměrně velká odolnost vůči chemickým látkám, za kterou vděčí vícevrstvé konstrukci snímacího elementu.

#### 4.5 Externí čidla teploty DS18B20

Jde o číslicové čidlo teploty s 9 až 12-bitovým převodníkem. Obsahuje integrovanou funkci alarmu s možností nastavitelné horní a dolní hranice teploty. Čidlo komunikuje pomocí sběrnice 1-Wire s centrálním procesorem. Pracuje při teplotním rozsahu od  $-55^{\circ}\text{C}$  do  $+125^{\circ}\text{C}$ . Přesnost čidla je  $0,5^{\circ}\text{C}$  v rozsahu od  $-10^{\circ}\text{C}$  do  $+85^{\circ}\text{C}$ .

Každý senzor na sběrnici 1-Wire vlastní unikátní 64-bitové sériové číslo, které dovolí pracovat více čidlům na této sběrnici, a umožňuje procesoru zpracovávat data z rozlehlého prostoru pomocí „jednoho drátu“. Blokové schéma ukazuje obr. 4.5 .



obr. 4.5 Blokové schéma senzoru teploty DS18B20

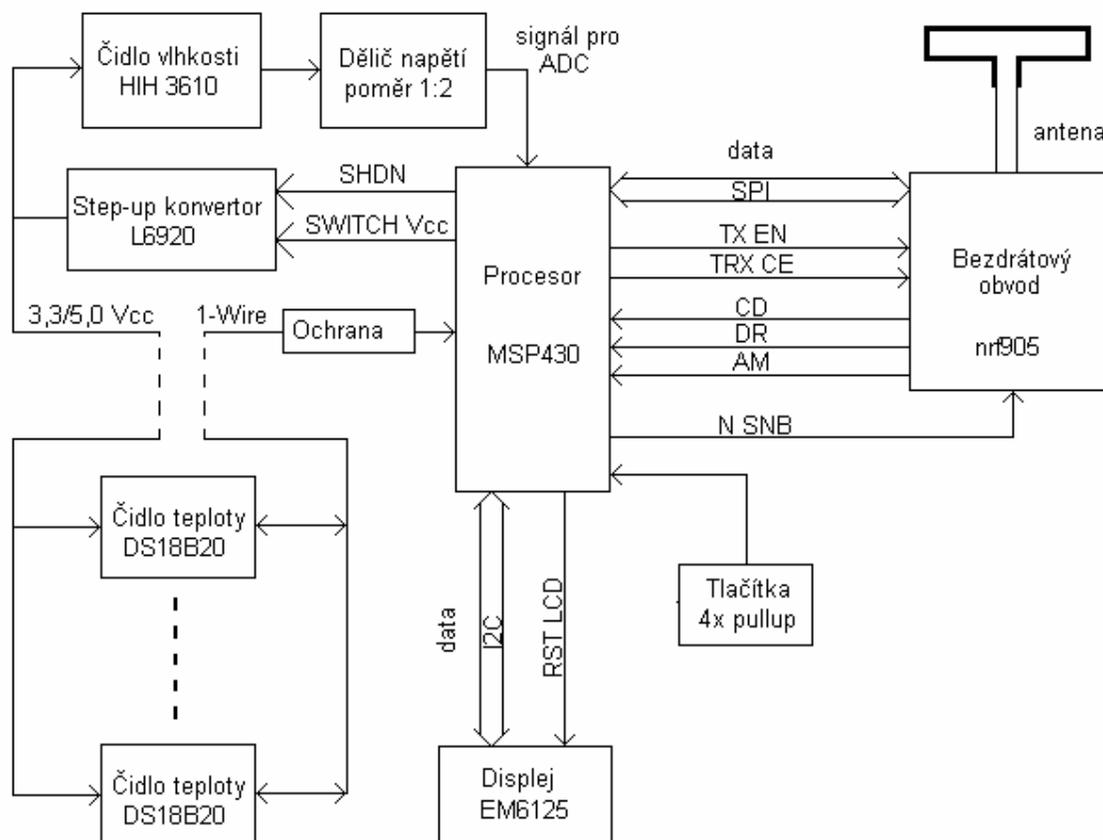
#### 4.6 Displej EM6125

LCD displej EM6125 STN o velikosti 102 x 81 bodů má v sobě integrovaný řadič, který obstarává jeho chod. Komunikační rozhraní mezi řadičem a řídicím mikroprocesorem používá sběrnici I<sup>2</sup>C. Řadič obsahuje interní paměť dat RAM v níž každý bit odpovídá jednomu bodu na displeji. Řadič také podporuje použití „částečného displeje“ se 17 řádky pro menší spotřebu energie.

## 5 Popis zapojení

### 5.1 Návrh zapojení

Pro návrh zapojení byl využito programu OrCAD Capture CIS. Jelikož se v tomto zapojení vyskytují nestandardní typy součástek, bylo nutné je dodefinovat do knihoven. Na obr. 5.1 je vidět blokové schéma, ze kterého vychází celkové schéma jednotky.



obr. 5.1 Blokové schéma řídicí jednotky vytápění

### 5.2 Připojení bezdrátového obvodu nrf 905 k MSP 430

#### 5.2.1 Připojení nrf905

Bezdrátový obvod nrf905 komunikuje s procesorem pomocí 3 signálů a sběrnice SPI. Signál CD je možné využít pro probuzení procesoru z úsporného módu v okamžiku, kdy obvod nrf905 detekuje nosný kmitočet, je tedy připojen k pinu P1.0 brány P1, která má spolu s bránou P2 možnost nastavení přerušení. Signál AM připojený k pinu P6.4 brány P6 je nastaven do úrovně logická 1, pokud přijde platná adresa zařízení, které má obdržet

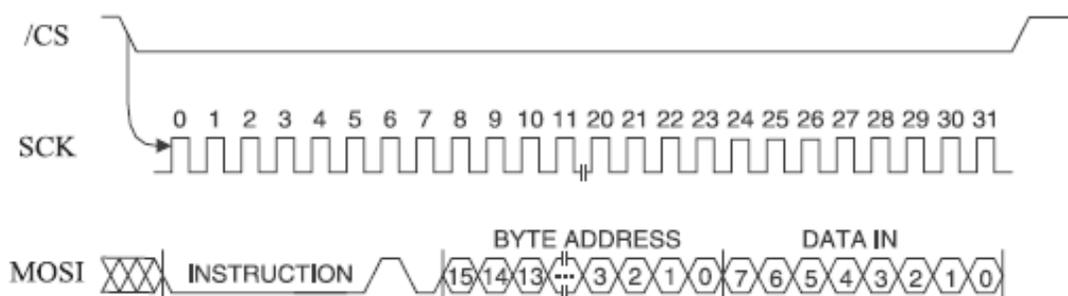
datovou informaci. Signál DR připojený k pinu P6.3 je převede do stavu logická 1 pokud jsou obdržená data platná, tedy projdou CRC. Signál N\_snb nastavuje režim Standby obvodu nrf905. Dále jsou zde signály TX\_EN a TRX\_CE připojené na piny P6.0 resp. P6.1 brány P6 , jejichž kombinací se nastavuje činnost nrf905. Pro přenos dat a nastavení vnitřních stavů obvodu je použita sběrnice SPI.

### 5.2.2 Komunikace po SPI

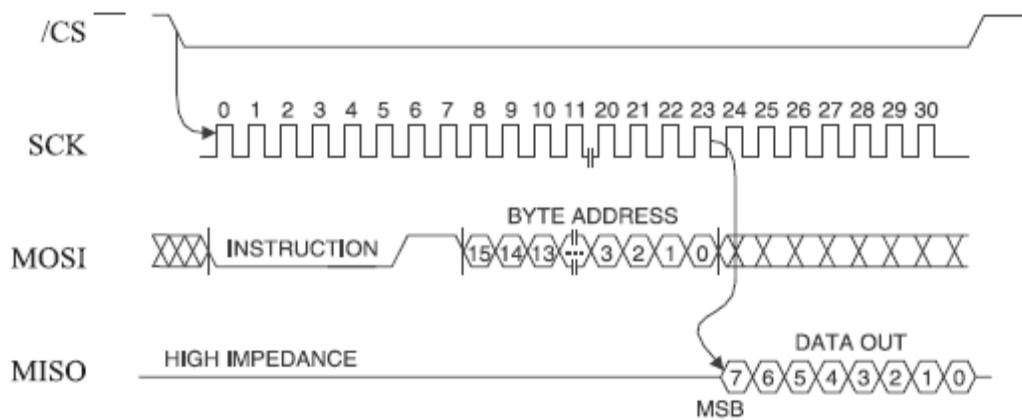
Sběrnice SPI je určena především pro komunikaci s jinými mikrokontroléry, vnějšími paměťmi, A/D převodníky a jiných obvodů nacházejících se blízko sebe. V systému s SPI mohou být zapojeny dva či více obvodů. Jeden z nich, obvykle mikroprocesor, je typu Master a ostatní jsou typu Slave.

Propojení je řešeno čtyřmi vodiči. Datový výstup MOSI (Master Out, Slave In). Tento signál je připojen na MOSI výstup mikroprocesoru, pin P5.1, a na vstup MOSI obvodu nrf905. Datový vstup MISO (Master In, Slave Out) je připojen mezi vstupem mikroprocesoru, pin P5.2, a výstupem MISO nrf905. Výstup hodinového signálu z mikroprocesoru SCK je připojen na SCK vstup nrf905. Sběrnice SPI je charakteristická tím, že každý obvod Slave je vybaven povolovacím vstupem CS aktivním v úrovni logická 0. Tento vstup slouží k výběru zařízení na této sběrnici, pokud je jich připojeno víc. Obvod nrf905 má tento vstup pojmenován CSN a je pomocí signálu SPI\_EN připojen k mikroprocesoru na pin P5.0 brány P5.

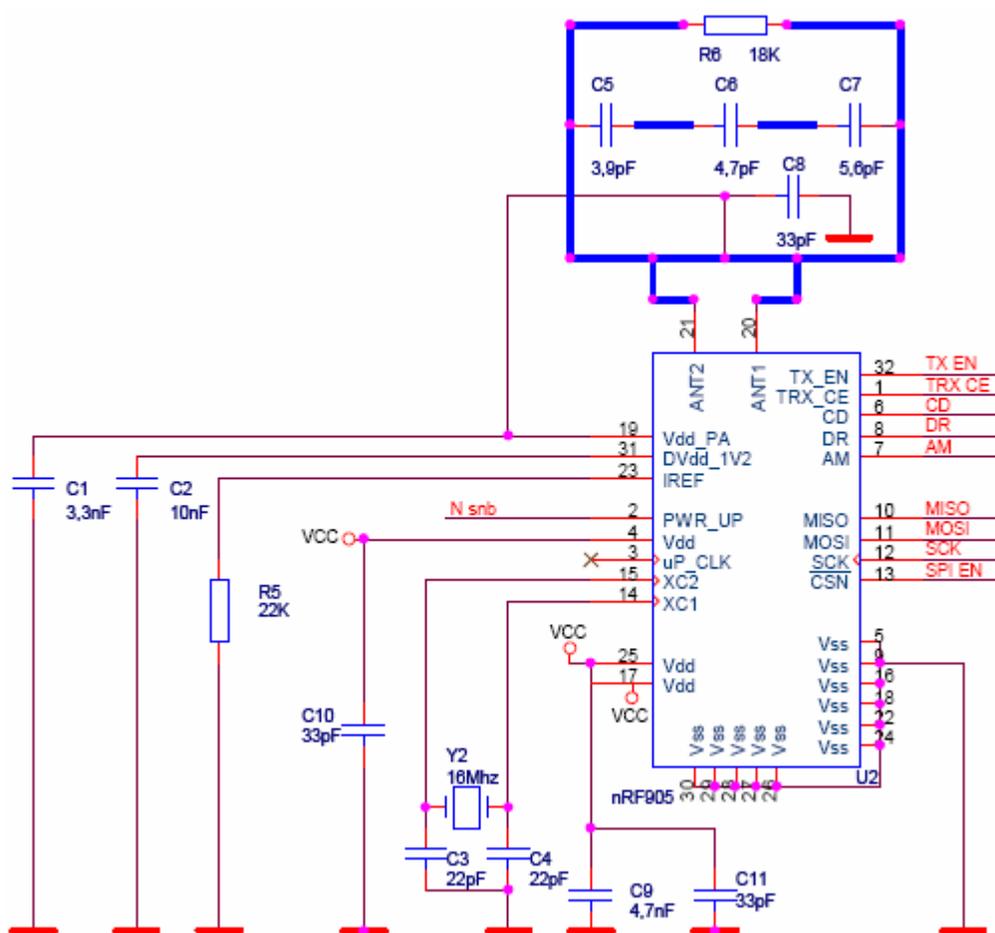
Velikosti externích prvků tohoto obvodu jsou výrobcem doporučené hodnoty pro frekvenci 868Mhz. Tato frekvence byla zvolena s ohledem na zabrané místo na desce plošných spojů, na které se přímo nachází anténa.



obr. 5.2 Zápis do paměti obvodu Slave po sběrnici SPI



obr. 5.3 Čtení dat z obvodu Slave



obr. 5.4 Schéma zapojení obvodu Nordic nrf905

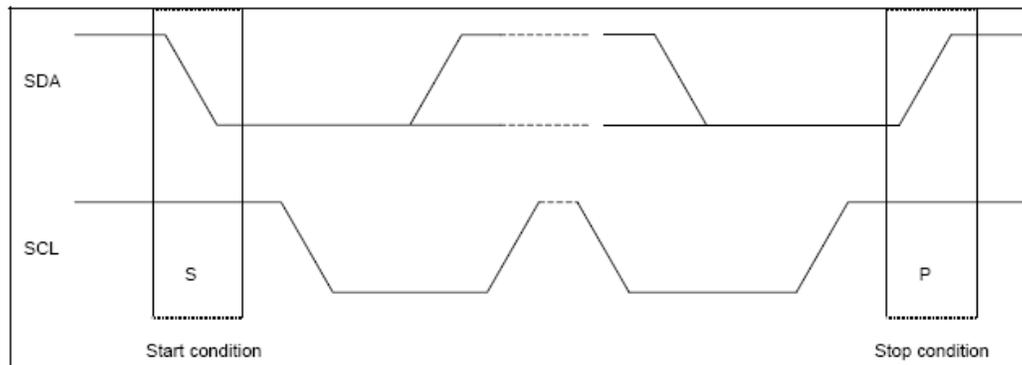
## **5.3 Připojení řadiče displeje EM6125 k MSP 430**

### **5.3.1 Připojení EM6125**

Displej EM6125 komunikuje s procesorem pomocí sběrnice I2C. Signál RST\_LCD je důležitý pro programování paměti procesoru a je připojen na pin P3.2 a zároveň je to jediný signál mimo sběrnici, kterým procesor ovládá displej. Vstup  $V_{HV}$  jako zdroj napětí pro vnitřní násobič napětí je připojen na napájecí napětí celého displeje. Jelikož displej je schopen pracovat kromě I2C i na 3-žilovém sériovém rozhraní tak je nutné pro volbu I2C nutné piny I a CS nastavit na hodnotu logická 1.

### **5.3.2 Komunikace po I2C**

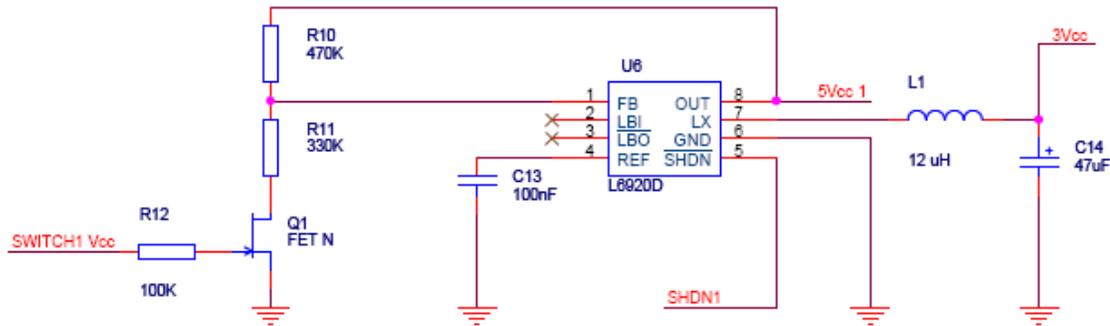
Sběrnice I2C využívá pouze 2 signály. Na rozdíl od SPI se jedná o sběrnici typu multimaster. Musí tedy řešit přístupy zařízení na sběrnici a má implementován o adresování jednotlivých připojených zařízení. Každá stanice á přidělenou svou vlastní adresu o délce 7 nebo 10 bitů, která složí k jejímu výběru i arbitraci. Jednotlivá zařízení jsou propojena jedním datovým vodičem SDA (Serial Data) a hodinovým vodičem SCL(Serial Clock). Jelikož jsou z elektrického hlediska vstupy a výstupy typu „otevřený kolektor“, je nutné jejich připojení na úroveň logická 1 pomocí Pull-up rezistorů. V klidovém stavu jsou tedy oba vodiče ve stavu logická 1. Při přenosu jsou na SDA vysílány jednotlivé datové bity a platí, že úroveň SDA lze měnit pouze při signálu na vodiči SCL v úrovni logická 0. Při zahájení arbitrace a při ukončení přenosu však toto neplatí a jak ukazuje Obrázek 10 start a konec vysílání přechází přesně naopak. Frekvence signálu je podle verze I2C 100kHz nebo 400kHz. Na této sběrnici také dochází k potvrzování přijatého bajtu jedním potvrzovacím bitem, resp. přechodem signálu SDA z úrovně logická 1 do úrovně logická 0 při SCL v úrovni logická 1 (tzv. ACK pulz)



obr. 5.5 Princip přenosu dat po sběrnici I2C

#### 5.4 Připojení L6920 k MSP430

Měnič napětí L6920, je v této aplikaci použit pro napájení externích čidel teploty a čidla vlhkosti. Tyto čidla pro svoji činnost potřebují napájecí napětí 3V pro čidla teploty DS18B20 resp. 5V pro čidlo vlhkosti HIH3610, které je na tuto hodnotu kalibrováno. Je osazen cívkou, a akumulacním kondenzátorem, které jsou potřebné pro jeho funkci. K mikroprocesoru je připojen pomocí 2 signálů. SHDN aktivní v úrovni logická 0 uvede obvod do stavu Standby při kterém má velice nízkou spotřebu. Tento signál je připojen na pin P4.4 mikroprocesoru. Vzhledem k požadavku na 2 úrovně výstupního napětí je k obvodu přidán dělič mezi výstupní napětí měniče a zem, jehož střed uzavírá zpětnou vazbu. V takto pasivním připojení s danými hodnotami odporů by nastavil pouze výstupní napětí o velikosti 5V. Jelikož je ale nutné napětí měnit, je mezi druhý rezistor děliče a zem připojen spínací N-Mosfet tranzistor ovládaný mikroprocesorem přes pin P4.5. Toto zapojení způsobí odpojení děliče od země a tím pádem díky malému proudovému odběru zpětné vazby prakticky přímé připojení výstupního napětí měniče na pin zpětné vazby FB. Toto připojení nastaví výstupní napětí na velikost 3,3V. Volba tranzistoru Mosfet je opět daná spotřebou celého zapojení, tedy pokud bude v rozepnutém stavu je potřeba co nejvyšší odpor kanálu. Totéž platí pro sepnutí tranzistoru, kdy je vyžadován minimální odběr proudu z procesoru do jeho hradla.



obr. 5.6 Zapojení měniče napětí L6920

Pro velikost napětí 5V je nutné nastavení zpětné vazby měniče pomocí děliče výstupního napětí. Pro velikost výstupního napětí s volbou R11= 330K platí :

$$V_{OUT} = 1,23 \cdot \left(1 + \frac{R10}{R11}\right) \Rightarrow R10 = 330 \cdot 10^3 \left(\frac{5}{1,23} - 1\right) = 470 \cdot 10^3 \quad (1)$$

Zvolená velikost rezistorů opět koresponduje s požadavkem co nejnižší spotřeby.

## 5.5 Připojení HIH3610 k MSP 430

Čidlo vlhkosti HIH3610 je napájeno z měniče napětím 5V, procesor však pracuje na napětí ze dvou AAA baterií. Pro připojení čidla je tedy použit dělič napětí 1:1, jenž upraví velikost výstupu z čidla na úroveň, která nepoškodí mikroprocesor . Čidlo má analogový výstup, jenž je připojen přes zmíněný dělič na vstup A/D převodníku DAC0 pin P6.6.

## 5.6 Připojení DS18B20 k MSP430

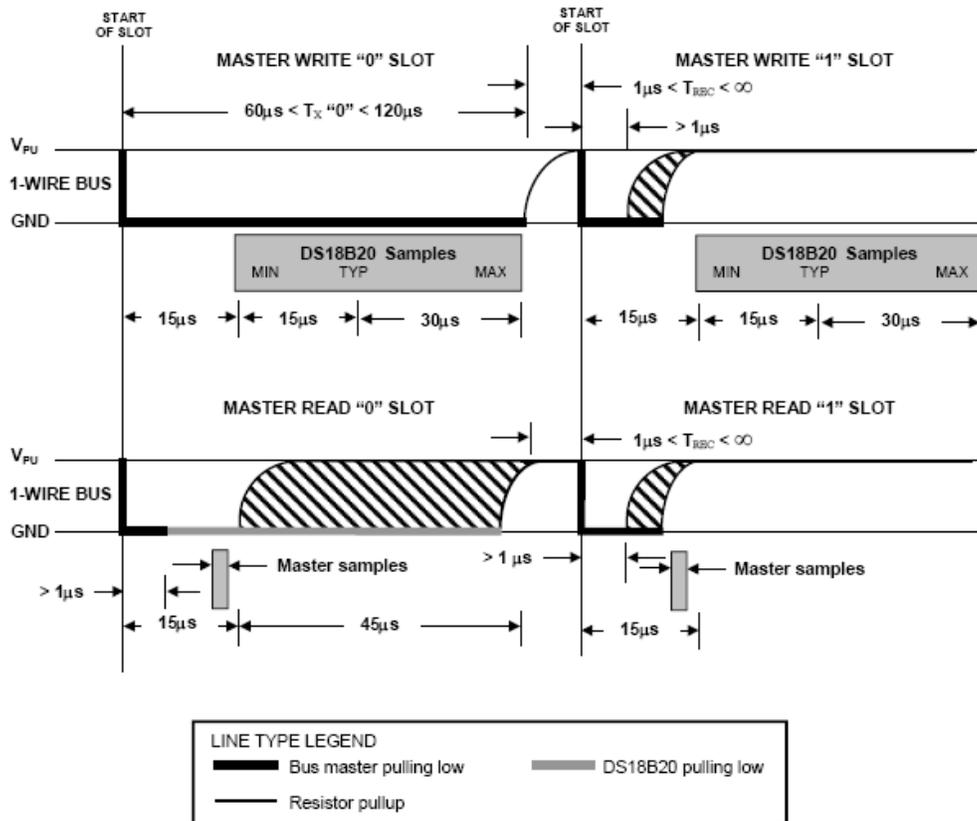
### 5.6.1 Připojení DS18B20

Čidla teploty DS18B20 mohou být připojena k jednotce pomocí externí svorkovnice po sběrnici 1-Wire. Napájecí napětí těchto čidel je od 3V do 5V a je taktéž jako čidlo vlhkosti připojeno na výstupní napětí měniče. Jelikož jeho výstup není analogový a jde o obousměrnou komunikaci je nutné aby úroveň signálu odpovídala úrovni, kterou akceptuje mikroprocesor. Zde je tedy osvětlení důvodu použití dvou velikostí napětí z měniče L6920. Vstup mikroprocesoru z externích čidel je chráněn proti naindukování napětí na vnějších vodičích sběrnice 1-Wire dvěma shottkyho diodami, které zároveň

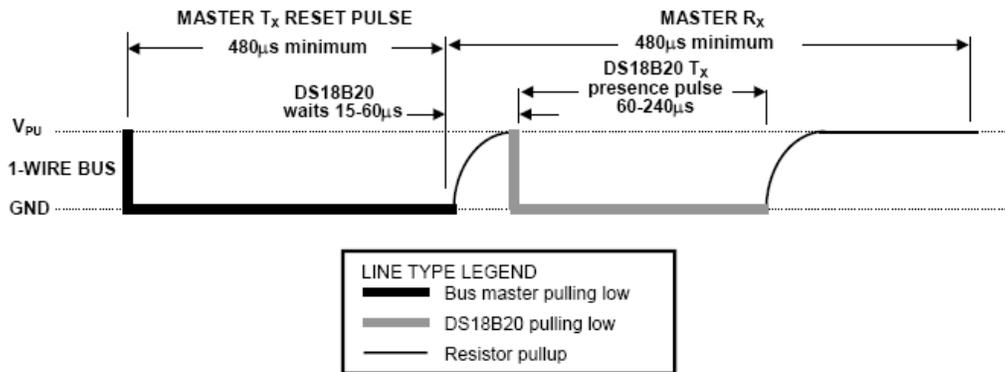
snížují napětí při přepnutí měniče na 5V pro měření vlhkosti, při němž se toto napětí objeví i na datovém vodiči sběrnice 1-Wire.

### 5.6.2 Komunikace po sběrnici 1-Wire

Sběrnice 1-Wire je jako SPI typu Master-Slave. Všechny obvody, v tomto případě čidla teploty, mají společnou zem, napájení, a datový vodič. Ten je připojen pull-up rezistorem na napájecí napětí. Komunikace je spuštěna reset pulzem, kdy master stáhne datový vodič do úrovně logická 0, kde jej podrží nejméně 480 $\mu$ s. Následně datový vodič uvolní a čeká. Pokud je na sběrnici nějaké zařízení tak detekuje náběžnou hranu a po určité době cca 50 $\mu$ s stáhne sběrnici na úroveň logická 0 po dobu 60 - 240 $\mu$ s. Tímto se zařízení ohlásilo u Master obvodu a ten může začít s vysíláním a příjmem dat. Data jsou vysílána v časových úsecích dlouhých 60 až 120 $\mu$ s a během jednoho úseku je vyslán či přijat 1 bit informace.



obr. 5.7 Časové úseky pro vysílání a čtení logických úrovní 1 a 0



obr. 5.8 Inicializace sběrnice před začátkem přenosu dat

### 5.7 Připojení tlačítek k MSP 430

K ovládání jednotky slouží 4 tlačítka, jejichž signály jsou pull-up rezistory taženy k úrovni logická 1. Při stisku tlačítka jeho nulový odpor připojí vodič na úroveň logická 0. Tato tlačítka jsou připojena na bránu P2, bity P2.1 až P2.4, u níž je možnost zvolit externí přerušení, a tím probudit jednotku z úsporného režimu.

### 5.8 Programátor a programování procesoru MSP430

Pro programování jsou procesory řady MSP430 vybaveny programovacím rozhraním JTAG. Tato testovací architektura byla vyvinuta Joint Test Action Group a později byla převzata organizací IEEE jako IEEE Standard Test Access Port and Boundary Scan a označena jako IEEE 1149.1 též známá jako JTAG. Tento standard představuje efektivní metodu testování užívající metody skenování rozhraní.

Port rozhraní JTAG u procesoru MSP430 F167 je mimo země a napájení složen ze čtyř signálů:

- TMS jde o signál sloužící k řízení stavu JTAG rozhraní
- TCK vstupní hodiny JTAG rozhraní
- TDI datový vstup JTAG
- TDO datový výstup JTAG

Tyto signály jsou vyvedeny na piny lišty použité pro nahrání programu do paměti procesoru.

Problematika kolem rozhraní JTAG je rozsáhlá a rozsah této práce ji nemůže pokrýt, další informace je možné získat v přímo na stránkách JTAG Technologies [4] nebo datasheetu k rozhraní JTAG u procesorů MSP430 od Texas Instruments [2]

## 6 Desky plošných spojů

### 6.1 Předpoklady pro návrh DPS

Pro samotný návrh DPS bylo použito programu OrCAD Layout Plus, který je navázaný na program Capture CIS, v němž je vytvořeno schéma zapojení jednotky.

Velikost desky 71 x 71mm byla od počátku daná rozměry použité krabičky ABB Time. Původní návrh se opíral o použití pouze jedné oboustranné desky osazené jen z jedné strany všemi součástkami a konektory. Toto řešení se však po přiřazení pouzder k jednotlivým součástkám a jejich rozmístění na desku stalo téměř nerealizovatelné.

Z toho důvodu byly desky použity dvě. Rozměry dolní desky zůstaly shodné s původním návrhem, tedy 71 x 71 mm, velikost horní desky byla s ohledem na tvar krabičky zvolena 58 x 34 mm. Díky dvěma deskám se bylo nutné rozhodnout, kde se budou jednotlivé součástky vyskytovat.

#### 6.1.1 Pouzdra součástek

Velikost jednotlivých pouzder rezistorů a kondenzátorů souvisí s prostorem na deskách. Je snaha pouzdra volit co nejmenší, avšak s ohledem na jejich dostupnost. Proto je většina osazena pouzdem velikosti 805, a jen některé komponenty kolem antény pouzdry velikosti 603.

#### 6.1.2 Výčet důležitých footprintů na dolní desce

- Mikroprocesor MSP 430 F167
- Obvod nrf905
- Anténa pro nrf905
- Čidlo vlhkosti HIH3610
- Svorkovnice pro připojení čidel teploty DS18B20
- 2 dutinkové lišty 1x10
- Ostatní součástky

#### 6.1.3 Výčet důležitých footprintů na horní desce

- Displej EM6125

- Step-Up konvertor L6920
- 4 tlačítka
- 2 pinové lišty 1x10
- Ostatní součástky

## **6.2 Dolní deska**

### **6.2.1 Vymezení plochy**

Dolní deska tvoří jakousi základnu. Tu bude možné přilepit vhodným způsobem například na zeď, proto osazení jen z jedné strany. Pro požadavek umístění do přístrojové krabice jsou na desce drážkové otvory pro prostrčení hlav uchycovacích šroubů. Tyto otvory jsou na kružnici o průměru 60mm. Aby bylo možné jednotku připevnit na horizontálně i vertikálně umístěnou krabici, jsou v desce tyto otvory 4. V desce jsou ještě čtyři díry sloužící k vystředění desky v krytu, a čtyři pro šrouby na upevnění záslepky ABB-Time. Po stranách jsou umístěny konektory mezi nimiž budou vloženy AAA baterie. Celková využitelná plocha pro osazení součástek je tedy cca 50x35 mm s tím, že spoje mohou vést i pod bateriemi a na druhé straně desky.

### **6.2.2 Rozmístění součástek**

Pro propojení s horní deskou jsou použity dutinkové lišty (dolní deska se chová jako zdroj energie, proto dutinky). Tyto lišty jsou umístěny v horní resp. dolní části desky aby nepřekážely ostatním součástkám a zaručily mechanickou pevnost spojení s horní deskou.

Vzhledem k faktu, že k měření teploty se používá přímo integrovaný senzor uvnitř mikroprocesoru, je žádoucí jeho umístění co nejnižší v krabici, aby nedocházelo ke zkreslení teploty. Totéž platí i o čidle vlhkosti HIH3610. Oba jsou tedy umístěny těsně nad dolní dutinkovou lištou.

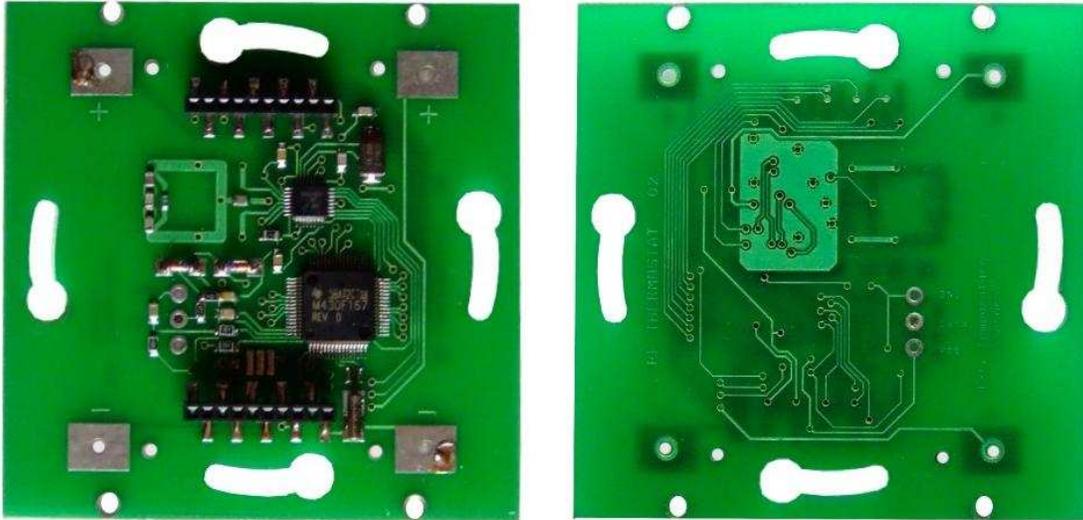
Dalším limitujícím faktorem je anténa pro bezdrátový obvod nrf905. Protože na dolní desce je poměrně málo místa, je nutné, aby byla co nejmenší. Proto byl zvolen nosný kmitočet 868MHz, a k němu smyčkový design antény. Design byl převzat z doporučení firmy Nordic, jelikož návrh kvalitní antény je složitý, a zabral by spoustu

času a zkoušení. Anténa je umístěna v horní polovině dolní desky a z doporučení vyplývá i vzdálenost antény od obvodu nrf905.

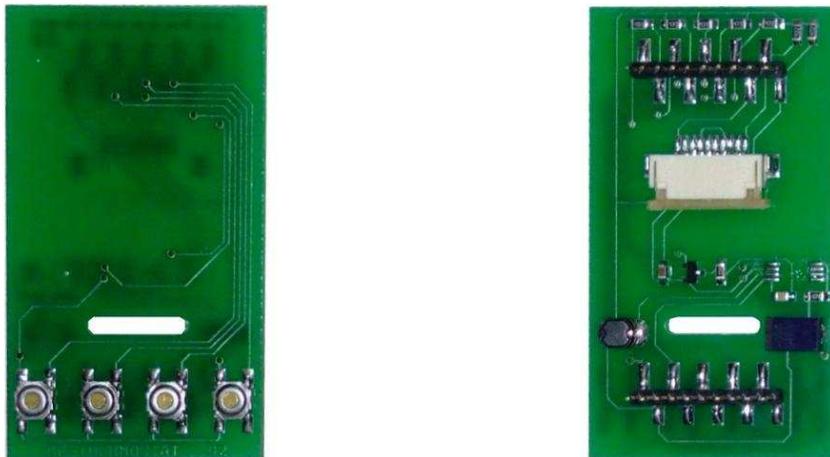
Pro možnost montáže jednotky do standardní přístrojové krabice, při použití externích čidel, bylo potřeba brát ohled i na umístění svorkovnice. Zde je nutné, aby nezavázela v přístrojové krabici, proto je umístěna směrem ke středu dolní desky. Výsledné řešení dolní desky včetně osazení jednotlivými součástkami je na **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.** .

### **6.3 Horní deska**

Horní deska slouží jako základna pro displej a tlačítka, kde je žádoucí aby byly těsně pod horní částí krytu ABB-Time. Na její vrchní straně se jsou v dolní části pouze tlačítka. Kvůli připevnění displeje pomocí oboustranné lepící pásky nesmí být na této straně již žádné součástky. Velikost plochy spodní strany desky je zde omezena pouze dvěma pinovými lištami pro propojení s dolní deskou. Vzhledem k počtu součástek však není velikost prostoru kritická. Na spodní straně je tedy umístěn konektor Molex pro displej, měnič napětí s cívkou, tantalovým kondenzátorem a tranzistorem mosfet. Na desce je v dolní části štěrbina pro protažení kabelu displeje ke konektoru Molex. Jediné omezení způsobuje anténa na dolní desce. Pro dosažení co nejnižší spotřeby a nejlepšího dosahu bezdrátového obvodu je nutné, aby nad ní nebyly pokud možno žádné spoje. Proto nejsou na horní desce v místě nad anténou taženy žádné vodiče.



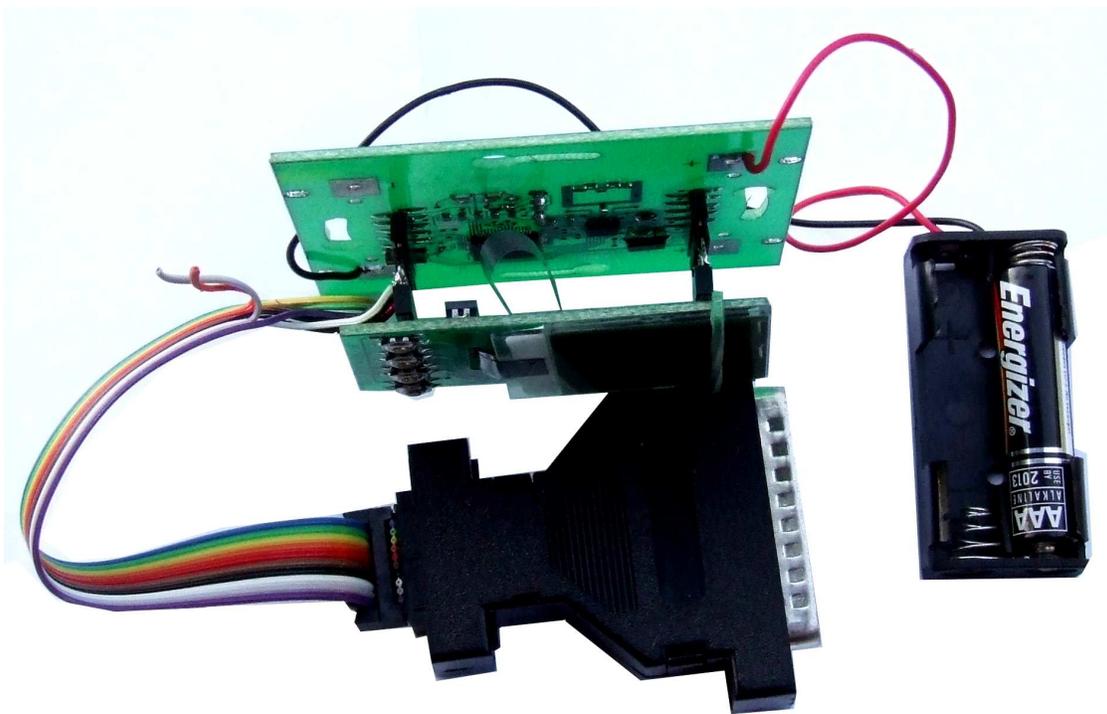
obr. 6.1 Dolní deska vrchní a spodní strana



obr. 6.2 Horní deska vrchní a spodní strana

#### **6.4 Konektor pro programování procesoru**

Aby nebylo nutné osazovat dolní desku, jež je zatížena nedostatkem místa, konektorem pro programování mikroprocesoru, jsou signály důležité pro naprogramování vyvedeny do volných pozic dutinkové lišty na spodní desce. Z kabelu pro programátor je tedy vyveden mezikus, který má na jedné straně piny a na opačné dutinky s příslušným rastrem. Na druhém konci desky se vsune pouze průchozí mezikus, a tak je možné jednotku programovat i ladit.



obr. 6.3 Konfigurace jednotky použitá pro ladící účely



obr. 6.4 Výsledný design řídicí jednotky

## **7 Software pro mikroprocesor**

### **7.1 MSP GCC**

Mspgcc je mezičlánek pro použití C GNU a jazyka symbolických adres pro mikrokontroléry Texas Instruments MSP430. Současná verze C GNU je vytvořena na GNU GCC verzi 3.2.3. Obsahuje všechny hlavičkové soubory pro všechny procesory a základní „libc“ knihovny.

### **7.2 Rozdělení softwaru**

Software pro mikroprocesor je tvořen ze základních knihoven nutných pro komunikaci s jednotlivými zařízeními jako displej nebo teplotní čidlo uvnitř mikroprocesoru.

### **7.3 Knihovna pro displej**

Displej je jeden z nejzásadnějších prvků celého zařízení, jelikož po jeho oživení je možnost kontroly vnitřního stavu mikropočítače. Proto je jeho oživení zásadní krok v rozvoji softwaru pro tuto jednotku.

#### **7.3.1 Rozbor komunikace**

Komunikace s displejem jak již bylo řečeno probíhá po sběrnici I2C, displej se ovládá sadou inicializačních příkazů. Po této inicializaci jsou posílána data do bank paměti RAM displeje. Každá banka obsahuje 102 sloupců o 8 bajtech. První řádek displeje je pro ikony, a zapisuje se do něj vždy pouze 1 bit z celého bajtu. Zda se bude zapisovat MSB či LSB záleží na způsobu adresování nastaveného v inicializaci. Dále může být využito 10 bank. Toto následně tvoří plochu celého displeje.

#### **7.3.2 Pole realizující plochu displeje**

Pro efektivní práci s displejem je nutné mít připravená data pro zobrazení v mikroprocesoru. Toto by bylo možné realizovat pomocí pole LCDCACHE o délce 102x80. Zvolený procesor má však RAM paměť pouze 1kB, a takto velké pole zabere její značnou část a nezbylo by místo pro ostatní proměnné. Proto je nutné pracovat

s poloviční velikostí pole tedy 102x40. pokud zapisovaný údaj překročí tuto délku, vyšlou se data na displej, a LCDCACHE se začne plnit opět od začátku a při zápisu se při počátečních podmínkách udá adresa zápisu od druhé poloviny displeje. Takto dojde k přepsání celého displeje.

### 7.3.3 Metoda LcdInit

Metoda Init obsahuje posloupnosti inicializačních příkazů, které jsou nezbytné pro nastavení displeje do stavu, kdy je schopen zobrazit pixel tak jak je požadováno.

### 7.3.4 Metoda LcdPixel

Metoda , která zapíše do hodnotu pixelu se zadanými absolutními souřadnicemi x a y. Hodnotou pixelu se myslí nastavení „svítí“ , „nesvítí“ nebo nonekvivalence s hodnotou původního pixelu v poli.

Metoda přepočítává souřadnice x a y na souřadnice pixelu v poli tak aby bylo možno k displeji přistupovat po bankách. Tj. souřadnice postupného adresování paměti RAM v displeji souhlasí s jednotlivými osmicemi pixelů v poli .

### 7.3.5 Metoda LcdGoXY

Vstupem je pozice kurzoru X,Y na displeji, kde chceme vypisovat text. Metoda přepočítá tyto souřadnice na index v poli.

### 7.3.6 Metoda LcdChar

Pro možnost výstupu znaku je nutná metoda pro převod znaku do posloupnosti nul a jedniček. Tabulka v paměti procesoru obsahuje pole znaků. Každý znak je tvořen pěti bajty. Metoda dekoduje znak z tabulky a zapíše jej na příslušnou pozici pole LCDCACHE a upraví index zápisu do pole.

### 7.3.7 Metoda LcdString

Aby bylo možné vypsát nejen znak, ale i řetězec, je použito volání metody LcdChar vstupem je řetězec rozparsovaný pomocí ukazatele dat na jednotlivé znaky. Metoda LcdChar se volá dokud není zapsán celý řetězec.

### 7.3.8 Metoda LcdClear

Protože po spuštění displeje má paměť RAM jeho řadiče nedefinovanou hodnotu a zobrazí se v podobě šumu je nutné po prvním spuštění smazat. Toto obstará metoda LcdClear, která naplní pole LCDCACHE nulovými daty.

### 7.3.9 Metoda LcdUpdate

Vstupem do této metody je pole LCDCACHE. Po volání této metody, zavolá metodu LcdInit . Tato metoda nastaví podle dolního vodoznaku adresu zápisu prvního bajtu do paměti RAM displeje. Vodoznak též ukazuje do pole LCDCACHE, ve kterém došlo k první změně oproti stávajícímu stavu. Od tohoto indexu pak následně dojde k obnovení displeje, aby nebylo nutné obnovovat celou plochu. Po inicializaci dojde k volání metody LcdSend.

### 7.3.10 Metoda LcdSend

Obsahuje rutiny pro obsluhu I2C rozhraní. Obsluha komunikace je řešena s využitím přerušení a nezabírá tak čas procesoru a ten pokud není žádán někde jinde může přejít do některého z úsporných režimů.

## 7.4 *Knihovna pro interní měření teploty*

Knihovna obsahuje pouze jednu funkci, která změří teplotu a vrátí hodnotu ve stupních celsia.

### 7.4.1 Funkce GetTemperature

Obsahuje rutiny inicializace AD převodníku. Dojde k povolení interní napěťové reference. Pomocí AD převodníku změří napětí na teplotním senzoru a převede jej na číslo odpovídající teplotě mikroprocesoru. Jelikož je příkon procesorů MSP430 velice nízký, teplota přímo odpovídá teplotě venkovní. Při obsluze převodníku je opět využito přerušení.

## 8 Zhodnocení

Ze zadání vyplívá, že hlavní cíl této práce bylo sestrojení funkčního zařízení schopného konkurovat renomovaným světovým výrobcům. I přes značné obavy o prostor v krytu ABB-Time se podařilo jednotku sestrojít. Tím je ale dána výhoda. Nízký kryt se dá jednoduše začlenit do interiéru obydlí. Další nesporná výhoda je modularita, kdy při neosazení externích čidel je možno použít levnějšího procesoru a tím snížit výrobní náklady na minimum. Nebo naopak při použití externích čidel teploty není nutné osazovat jednotku do každého pokoje, a v krajním případě by stačila jedna pro celý dům.

Práce je přínosná v poznání vyspělých a velmi perspektivních mikrokontrolérů MSP 430. Tyto mikroprocesory nacházejí stále větší uplatnění díky svým extrémně nízkým nárokům na spotřebu.

Z práce je vidět, že i volba poměrně výkonného procesoru nemusí řešit všechna úskalí spojená s okolním hardwarem. Zde například došlo k problému s velikostí paměti RAM u na první pohled jednoduché záležitosti, kterou je grafický displej. Zde se jedná o první kus zařízení, pokud by se mělo jednat o sériovou výrobu byla by otázka, zda za úsporou energie osadit procesor s větší pamětí, či naopak použít levnější kde se spousta věcí musí vyřešit softwarově.

Návrh jednotky byl pojat z širokého úhlu tak není nasnadě její rozšiřování. Pro úplné zvládnutí problematiky kolem „pohody bydlení“ chybí čidlo barometrického tlaku, ovšem jeho přínos by byl sporný, jelikož barometrický tlak je veličina která by se dala využít pouze k jakési predikci příchozího počasí, či jen informovanosti uživatele.

V současné době se nepodařilo zprovoznit bezdrátový obvod Nordic, je to dáno nedostatkem času, kdy došlo ke zpoždění výroby plošných spojů. Představa softwaru by byla taková, že by měla existovat metoda pro nastavení parametrů přenosu, a metoda pro obsluhu komunikačního rozhraní SPI, která by se starala o odesílání dat. Při příjmu by se tato metoda starala o rozčlenění dat podle významu.

Funkce softwaru pro externí čidla nebyla v požadavcích. Jejich obsluha si vyžádá softwarovou implementaci 1-Wire, jelikož procesory MSP 430 F1xx nemají toto rozhraní implementováno. Dále pak metodu pro čtení dat z jednotlivých čidel.

Návaznost k této práci je zřejmá. Chybí akční členy a další komponenty systému IRC tak aby bylo možné jeho praktické nasazení v domě. Proto je otevřené okno pro další práce takového zaměření, a věřím, že v dohledné době bude celý systém schopný provozu.

## 9 Poděkování

Děkuji Ing. Pavlu Němečkovi za vedení mé bakalářské práce, za čas strávený při konzultacích a za věcné připomínky a rady.

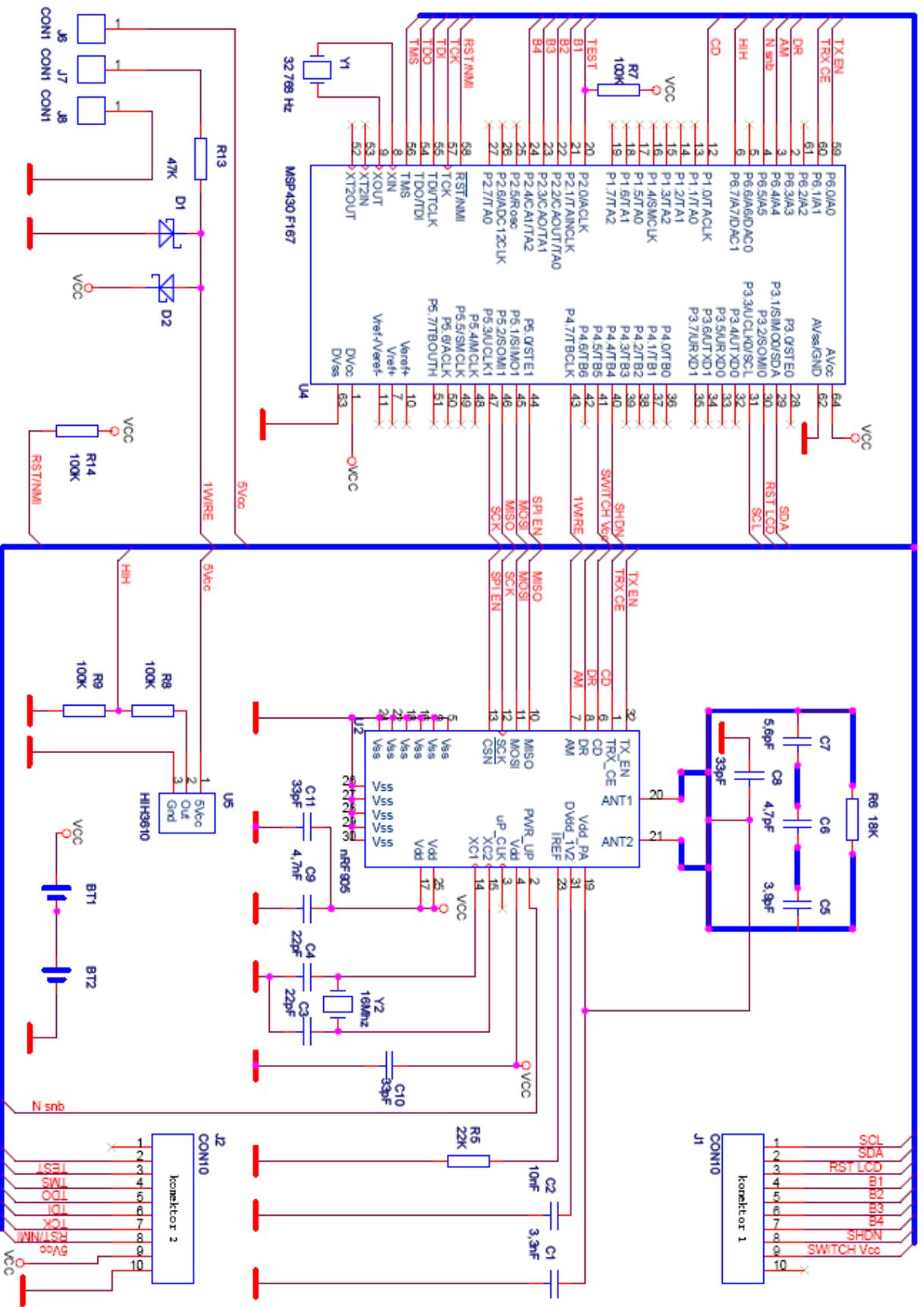
Poděkování patří také všem kteří mě podporovali ve studiu a zvláště pak rodině.

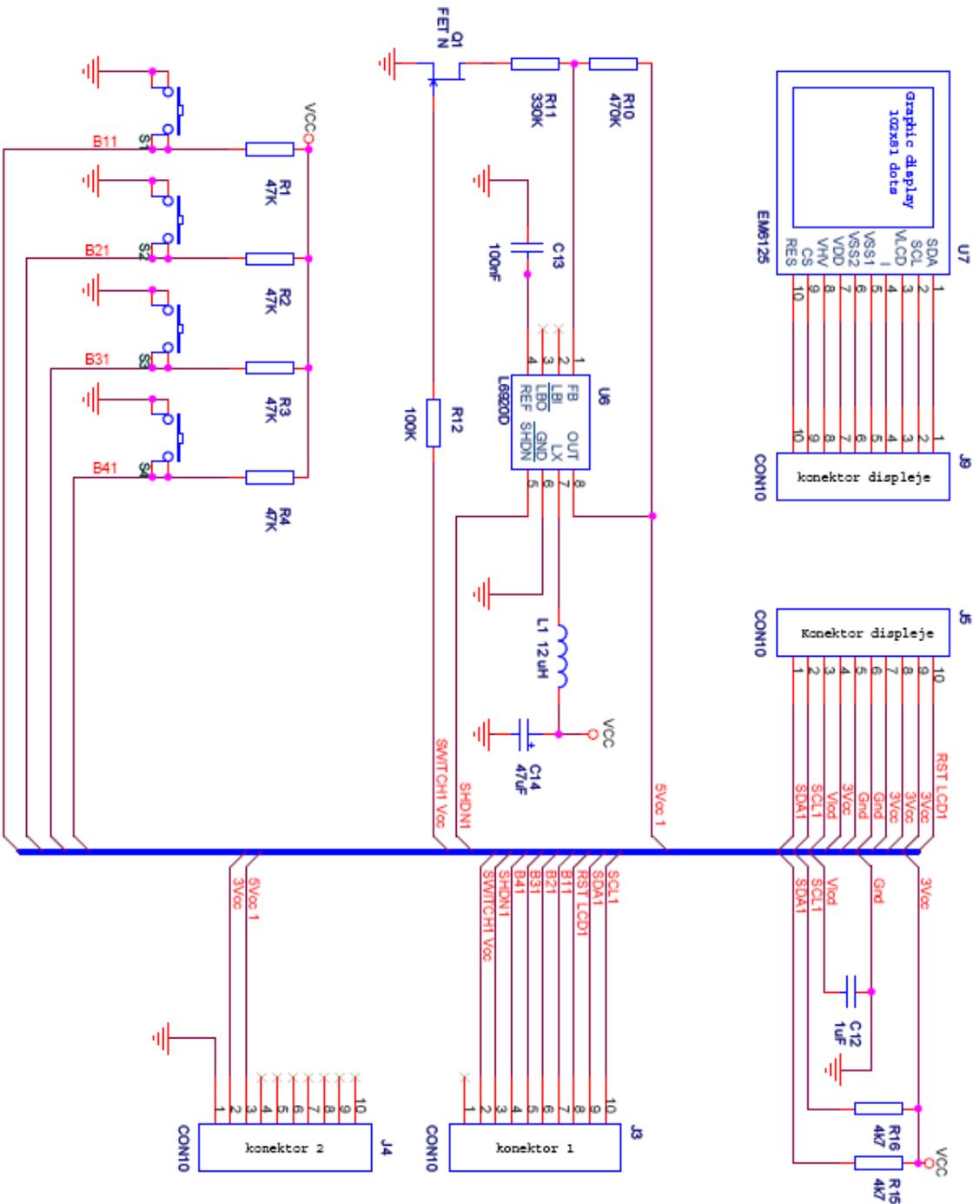
## 10 Použité materiály

- [1] Texas Instruments, *Mixed Signal Microcontroller (Rev. D)*, [online], 31 Mar 2005  
<http://www-s.ti.com/sc/ds/msp430f167.pdf>
- [2] Texas Instruments, *Programming a Flash-based MSP430 Using the JTAG Interface*, [online], 30 Sep 2005,  
<http://focus.ti.com/lit/an/slaa149a/slaa149a.pdf>
- [3] Texas Instruments, *MSP430x1xx Family User's Guide (Rev. F)*, [online]. , 28 Feb 2006  
<http://focus.ti.com/lit/ug/slau049f/slau049f.pdf>
- [4] JTAG Technologies, Stránky společnosti JTAG,[online] 2006,  
<http://www.jtag.com>
- [5] Nordic Semiconductor, *nRF905\_rev1\_4*, [online], 2006  
[http://www.nordicsemi.no/files/Product/data\\_sheet/nRF905\\_rev1\\_4.pdf](http://www.nordicsemi.no/files/Product/data_sheet/nRF905_rev1_4.pdf)
- [6] EM Microelectronics, *EM6125 datasheet*, [online], 2005,  
[http://www.emmicroelectronic.com/webfiles/Product/LCDdriver/EM6125\\_DS.pdf](http://www.emmicroelectronic.com/webfiles/Product/LCDdriver/EM6125_DS.pdf)
- [7] ST Microelectronics, *L6920 datasheet*, [online], 2005,  
<http://www.st.com/stonline/products/literature/ds/7320.pdf>
- [8] Honeywell, *HIH3610 datasheet*, [online], 2005,  
[http://content.honeywell.com/sensing/prodinfo/humiditymoisture/009012\\_2.pdf](http://content.honeywell.com/sensing/prodinfo/humiditymoisture/009012_2.pdf)
- [9] Dallas Semiconductor, *DS18B20 datasheet*, [online], 2006,  
<http://pdfserv.maxim-ic.com/en/ds/DS18B20.pdf>
- [10] Underwood, S.: *msp gcc manual*, [online], 2003,  
<http://mspgcc.sourceforge.net/manual/>
- [11] Záhlava, V.: *Metodika návrhu plošných spojů*. 1. vyd. Praha: ČVUT, 2000. 81 s.  
ISBN 80-01-02193-9

## 11 Přílohy

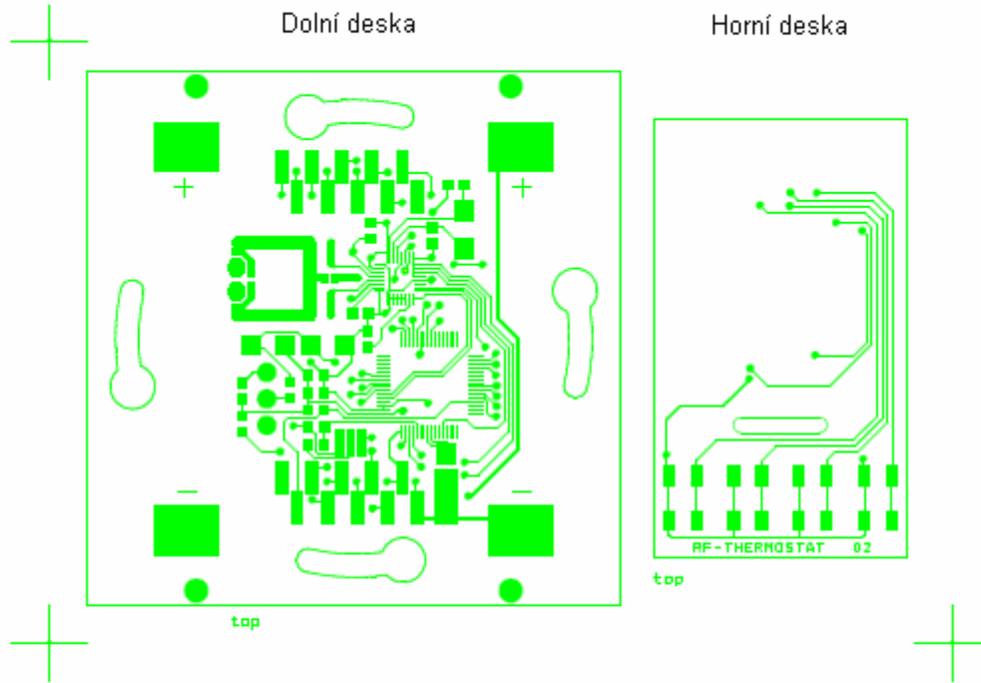
Příloha 1 – obvodové schéma dolní desky.....	39
Příloha 2 – obvodové schéma horní desky.....	40
Příloha 3 – návrh desek plošných spojů.....	41





Title		Růžička jednotka pro regulaci teploty, horní deska	
Size	A4	Document Number	
Rev	2	Date	Monday, June 26, 2006
Sheet 1		of 1	

Vrchní vrstva



Spodní vrstva

