

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta elektrotechnická

Katedra aplikované elektroniky a telekomunikací

Řídící systém tepelného hospodářství domu

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Tomáš KOTOUČ**  
Osobní číslo: **E10B0592P**  
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**  
Studijní obor: **Elektronika a telekomunikace**  
Název tématu: **Řídicí systém tepelného hospodářství domu**  
Zadávací katedra: **Katedra aplikované elektroniky a telekomunikací**

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

1. Prostudujte metody měření teploty a navrhnete vhodné typy čidel; prostudujte nabídku elektricky ovládaných ventilů.
2. Navrhnete řídicí systém pro ovládání tepelného hospodářství domu dle zadaného schématu instalace.
3. Zhotovte funkční prototyp zařízení.
4. Vytvořené technické a programové prostředky popište.

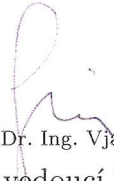
Rozsah grafických prací: dle doporučení vedoucího  
Rozsah pracovní zprávy: 20 - 30 stran  
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická  
Seznam odborné literatury:

**Student si vhodnou literaturu vyhledá v dostupných pramenech podle doporučení vedoucího práce.**

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Zuzana Petránková**  
Katedra aplikované elektroniky a telekomunikací  
Konzultant bakalářské práce: **Ing. Milan Kozák**  
Datum zadání bakalářské práce: **18. října 2010**  
Termín odevzdání bakalářské práce: **3. června 2011**

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



  
Doc. Dr. Ing. Vjačeslav Georgiev  
vedoucí katedry

V Plzni dne 18. října 2010

## **Anotace**

Cílem práce je rozbor a následný výběr čidel teploty vhodných pro použití s mikrokontrolérem, zejména budou popsány senzory s možností datové komunikace s nadřazeným řídicím systémem. Pro úplnost budou uvedeny základní principy teplotních snímačů spolu s jejich výhodami a nevýhodami. Dále je řešen návrh řídicího systému pro regulaci tepelného hospodářství domu s možností využití více zdrojů tepla. Řídicí systém je navržen jako programovatelná jednotka s možností připojení digitálních čidel teploty. Výstupní rozhraní regulátoru je navrženo pro dvoustavové ovládání akčních členů. Návrh respektuje i přípravu pro rozšíření řídicího systému. Tímto rozšířením je zamýšlena větší univerzálnost použití regulátoru a zvýšení uživatelského komfortu. Dalším bodem práce bude rozbor elektricky ovládaných ventilů pro rozvod teplotního média v otopné soustavě.

## **Klíčová slova**

Digitální čidla teploty, Mikrokontrolér, Elektricky ovládaný ventil

## **Abstract**

The subject of this thesis is an analysis and subsequent selection of thermal sensors suitable for use with a microcontroller. Special attention is given to sensors that communicate with a parent control system. To provide a clearer image, the paper mentions the basic operational principles of thermal sensors along with the benefits and disadvantages. Furthermore, the thesis describes the design and structure of a heat circuit control system for buildings with optional application of several sources of heat. The control system is designed as a programmable unit with the ability to connect digital thermal sensors. The output interface of the control system is designed for two-state controls of the active components. The design also brings optional connection of expansion modules to the control system to increase universality of the device as well as user comfort. Another part of the thesis focuses on electrically controlled valves that are used in the heating distribution system.

## **Keywords**

Digital thermal sensors, Microcontroller, Electrically controlled valve

## **Prohlášení**

Předkládám k posouzení a obhajobě bakalářskou práci zpracovanou na Fakultě elektrotechnické Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně s použitím informačních zdrojů uvedených v seznamu, jenž je součástí této práce.

V Plzni dne 2.6.2011

## **Poděkování**

V první řadě děkuji rodičům za podporu v dosavadním průběhu mého studia. Děkuji také vedoucímu práce Ing. Zuzaně Petránkové, za odbornou pomoc při řešení této práce. Dále bych tímto chtěl poděkovat všem pedagogům Fakulty elektrotechnické, zejména pak kolektivu Katedry aplikované elektroniky a telekomunikací za poskytnuté informace, při výuce i mimo ni, v průběhu mého studia na Fakultě elektrotechnické.

## Obsah

1. Použité zkratky .....	2
2. Úvod .....	3
3. Cíle práce .....	4
4. Metody měření teploty .....	5
4.1. Princip teplotní závislosti odporu .....	5
4.2. Termoelektrické senzory teploty .....	6
4.3. Inteligentní senzory teploty, DS1820.....	7
5. Návrh řídicího systému.....	15
5.1. Popis zadaného schématu tepelných okruhů.....	15
5.2. Řídicí systém (ŘS) .....	15
5.3. Brány mikrokontroléru a jejich využití v návrhu ŘS.....	16
6. Elektricky ovládané ventily .....	21
6.3. Dvoucestné ventily .....	21
6.4. Třícestné ventily.....	22
7. Závěr .....	23
8. Seznam informačních pramenů.....	24
9. Seznam příloh .....	25

## 1. Použité zkratky

ŘS řídicí systém

UART protokol sériové datové komunikace

A/D analogově-digitální převod

RS232 komunikační rozhraní

T/C timer/counter (čítač/časovač)

PWM pulzně šířková modulace

1-Wire<sup>®</sup> komunikační standard vyvinutý společností Dallas Semiconductor Corp.



## 2. Úvod

Práci lze rozdělit na tři hlavní kapitoly. Námětem prvního tematického celku je měření teploty a metody převodu na elektrický signál. Zvláštní pozornost je věnována inteligentním senzorům teploty s digitálním komunikačním rozhraním.

Ve druhé kapitole práce je proveden rozbor vlastností mikrokontroléru, použitého jako jádro řídicího systému pro řízení tepelného hospodářství domu. Také je zde uveden popis návrhu desky plošného spoje regulátoru.

Obsahem třetí kapitoly je přehled elektricky ovládaných ventilů pro rozvod teplotního média v otopné soustavě.

### **3. Cíle práce**

- Přehled metod měření teploty
- Popis vlastností digitálních čidel teploty
- Technický rozbor vhodně vybraného typu čidla pro použití při řízení tepelného hospodářství domu
- Návrh a konstrukce řídicího systému pro ovládání tepelného hospodářství domu
- Přehled typů elektricky ovládaných ventilů pro řízení tepelného hospodářství domu

## 4. Metody měření teploty

V této kapitole je proveden rozbor některých metod měření teploty. Popsány jsou fyzikální podstaty převodu měřené teploty na elektrický signál. Výstupní signál z čidla je dále upravován elektronickými obvody. Převod upraveného analogového signálu na číslicovou reprezentaci je prováděn A/D převodníkem.

### 4.1. Princip teplotní závislosti odporu

V zásadě jsou používány struktury s elektrickými vodiči a polovodiči.

#### 4.1.1. Vodiče

Princip změny elektrického odporu vodiče s teplotou je v praxi využíván u čidel vyrobených z kovových materiálů, zejména z platiny a niklu.

Zahříváním kovu se zvyšuje amplituda kmitání vnitřní struktury materiálu a tím i pravděpodobnost srážky s elektrony, jež tvoří elektrický proud. Mírou pravděpodobnosti srážky je tedy elektrický odpor.

Závislost elektrického odporu na teplotě je lineární a je popsána vztahem (1).

$$R_t = R_0(1 + \alpha \cdot t) \quad (1)$$

Kde  $R_t$  [ $\Omega$ ] je odpor teploměru při měřené teplotě,  $R_0$  [ $\Omega$ ] je odpor teploměru při teplotě  $0^\circ\text{C}$ ,  $t$  [ $^\circ\text{C}$ ] je měřená teplota,  $\alpha$  [ $\text{K}^{-1}$ ] je teplotní součinitel odporu použitého materiálu.

Typové označení teploměrů je odvozeno od použitého materiálu, a jmenovitého odporu při  $0^\circ\text{C}$  tedy: Pt100, Pt200, Pt500, Pt1000, Ni1000.

V průmyslové praxi jsou tyto teploměry velmi používané pro svou dlouhodobou spolehlivost, časovou a chemickou stálost použitého kovu, velký rozsah pracovních teplot ( $-200^\circ\text{C}$  až  $1100^\circ\text{C}$ ), a v neposlední řadě velkou přesností měření. Konstrukčně jsou tyto teploměry vyráběny jako tělíska s tenkým vinutým drátkem nebo jako tenkovrstvé elementy na keramickém substrátu.

Do měřicího obvodu je odporový teploměr zapojen v jedné větvi Wheatstoneova můstku, přičemž změnou odporu teploměru je můstek rozvažován. Tím vzniká rozdílné napětí v diagonále můstku. Při můstkovém měření musí být dodržena, maximální hodnota měřicího proudu protékajícího teploměrem. Nesmí dojít k nežádoucímu oteplení teploměru vlivem protékajícího proudu. Vznikla by tak chyba měření. Výstupem měřicího můstku je tedy závislost napětí na měřené teplotě. Toto napětí je po A/D převodu zpracováno v mikrokontroléru.

#### 4.1.2 Polovodičové odporové senzory teploty - termistory

Principem, je změna odporu polovodičových keramických materiálů se změnou teploty.

Dodáním energie, ve formě tepla, elektronům v materiálu polovodiče se tyto elektrony uvolní přes zakázané pásmo, a mohou se účastnit vedení elektrického proudu.

Termistory jsou vyráběny nejčastěji ve formě malých perliček s vyvedenými vodiči. Technologicky jsou to, za vysokých teplot (okolo 1000°C), slisované oxidy kovů Mn, Co, Ni, Cu, Ti, U. Teplotní rozsah použití je -90°C až 130°C.

Výhodou termistorů jsou především malé rozměry, což umožňuje prakticky bodové měření teploty. Další využitou výhodou je velká změna odporu s teplotou. Nevýhodami termistorů je značná nelinearita závislosti odporu na teplotě, a časová nestálost parametrů.

Měření teploty pomocí termistorů je náročnější než u kovových struktur vzhledem k jejich nelineární charakteristice, avšak i zde je používáno můstkové metody.

Rozlišujeme dva druhy termistorů:

*PTC (z angl. Positive Temperature Coefficient)*

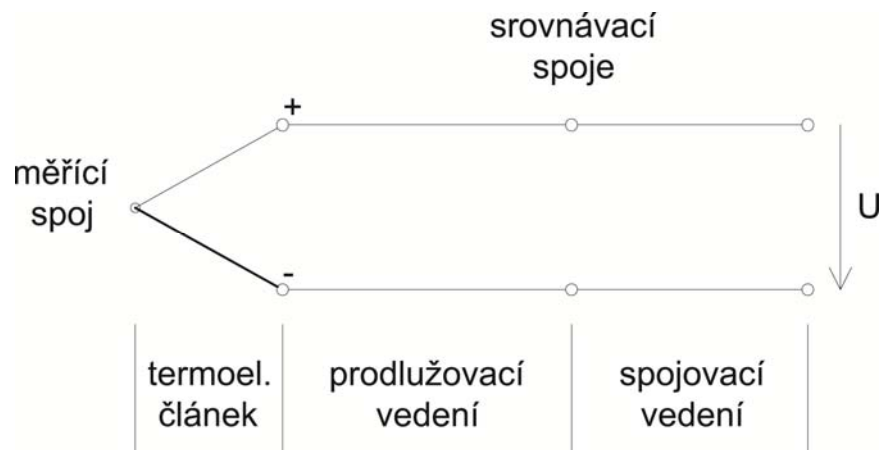
Odpor součástky mírně klesá s teplotou, avšak po překročení tzv. Curieovy teploty ( $T_c$ ) prudce vzroste až o několik řádů. PTC nachází své uplatnění jako omezovač proudu obvodem, jelikož je procházejícím proudem zahříván a tím zvyšuje svůj odpor. Hojně jsou však také používány jako dvoustavové indikátory překročení dovolené teploty, např. ve vinutí elektromotorů.

*NTC (z angl. Negative Temperature Coefficient)*

Odpor této součástky klesá se vzrůstající teplotou. NTC jsou používány pro spojitě měření teploty. Nacházejí využití např. v automobilovém průmyslu, domácích elektronických termostatech a v řadě dalších elektronických zařízeních.

#### **4.2. Termoelektrické senzory teploty**

Termoelektrické senzory teploty jsou založeny na Seebeckovu jevu, tj. na převodu tepelné energie na elektrickou. V uzavřeném obvodu realizovaném ze dvou materiálů různých vodičů nebo polovodičů protéká elektrický proud tehdy, pokud mají oba spoje A, B rozdílnou teplotu. Jestliže uvedený obvod kdekoli rozpojíme, bude na vzniklých svorkách elektrické napětí.[1]



Prakticky byl tento poznatek převeden do konstrukce dvoukovových termočláneků. Jde o dva kovy s různým Seebeckovým koeficientem na jednom konci vodivě spojeny (svařeny). Čímž vzniká měřicí spoj termočláнку. Druhé konce jsou vyvedeny na svorkovnici a tím vzniká srovnávací konec termočláнку. Převod teploty na elektrické napětí tedy realizuje vlastní struktura teploměru. Toto napětí je měřitelné mezi vyvedenými svorkami.

$$U_{AB} = (S_b - S_a) \cdot (T_2 - T_1) \quad (2)$$

Musíme však dodržet jistá pravidla týkající se teploty srovnávacího konce (svorkovnice). Podle vztahu platného pro termoelektrické napětí termočláнку, musí být známá, a pokud možno konstantní. Zpětným dosazením do (2) získáváme teplotu měřicího spoje. Praktické použití termočláneků v technologických provozech je velmi rozšířené díky spolehlivosti a univerzálnosti použití.

### 4.3. Inteligentní senzory teploty, DS1820

Inteligentní senzor je senzor, který obsahuje obvody pro zpracování, analýzu a unifikaci signálu v jediném kompaktním provedení s citlivou částí (čidlem) senzoru. Polovodičovým inteligentním senzorem poslední generace je senzor s integrací měřicího řetězce na jediném čipu obvodu. [1]

Podrobný rozbor inteligentního senzoru teploty bude proveden na senzoru s typovým označením DS1820, výrobce Dallas/Maxim. Veškeré údaje jsou převzaty z katalogového listu zařízení. [2]

Při řešení mé bakalářské práce jsem se rozhodl použít právě tento typ digitálního teploměru.

Vnitřní struktura DS1820 je tvořena následujícími bloky:

- obvod napájení
- obvod komunikace 1-Wire
- ROM, RAM a EEPROM paměť
- řídicí logika
- teplotní čidlo
- CRC generátor

#### 4.3.1. Rozměry senzoru

Tyto senzory jsou vyráběny jako diskrétní součástka. A to jako klasická součástka TO-92 a SO pro SMT. DS1820 má tedy tři aktivní vývody pouzdra. Jedná se o velmi malé zařízení ve srovnání s termočládky a kovovými teploměry. Rozměrově je tento teploměr srovnatelný s termistory, ty ovšem vyžadují analogové vyhodnocovací obvody. Teploměr DS1820 je tedy kompaktní zařízení s minimálními požadavky na dodatečnou konstrukční úpravu.

#### 4.3.2. Napájení

Napájení DS1820 lze realizovat dvěma způsoby; přímé napájení a parazitní napájení. Napájecí napětí v obou variantách je +3V až +5,5V. Definován je také maximální proud čidlem  $I_{MAX} = 1,5\text{mA}$ .

V případě přímého napájení je napájecího napětí přivedeno na samostatný vývod pouzdra  $V_{DD}$ . Pokud tedy nejsou kladeny zvláštní požadavky na úsporné řešení na vedení mezi čidlem a ŘS, je toto zapojení doporučeno.

Druhou variantou je tzv. parazitní napájení. Napájení a datová komunikace využívá společný vývod pouzdra označený DQ. Obvod je pak propojen s ŘS pouze dvěma vodiči. Oproti přímému napájení, kde je nutný třetí vodič. Pro případ parazitního napájení je čidlo vybaveno kapacitorem, fungujícím jako zdroj napětí pro vnitřní elektroniku v průběhu nízké logické úrovně na sběrnici. Pro čidla rodiny DS1820, provozované v parazitním režimu, je udána maximální doba po kterou smí být sběrnice držena v logickém stavu L. Když je hodnota  $480\mu\text{s}$ , z jakéhokoli důvodu, překročena, zařízení je resetováno (vypnuto).

#### 4.3.3. Měření teploty

Rozsah měřených teplot je  $-55^{\circ}\text{C}$  až  $+128^{\circ}\text{C}$ . Chybovost teploměru je  $\pm 2^{\circ}\text{C}$  na celém rozsahu ( $-55^{\circ}\text{C}$  až  $+125^{\circ}\text{C}$ ) a snížená chybovost na  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$  (v rozsahu  $-10^{\circ}\text{C}$  až  $+85^{\circ}\text{C}$ ).

Měřená teplota je uvedena ve stupních Celsia v přímém dvojkovém kódu s přesností 0,5°C. Údaj o změřené teplotě je uložen do dvou byte ve vnitřní paměti teploměru. Byte0 reprezentuje vlastní hodnotu změřené teploty ve dvojkovém kódu. Bity 7 až 1 udávají celočíselnou hodnotu a bit0 (LSB) představuje desetinou část hodnoty teploty. Byte1 nabývá dvou hodnot 0x00h (kladná hodnota teploty) a 0xFFh (záporná hodnota teploty), podává tedy pouze informaci o znaménku. Uspořádání Byte0 a Byte1 ukazuje tabulka.

Byte 0							
bit 7	bit 6	bit 5	bit 4	bit 3	bit 2	bit 1	bit 0
$2^6$	$2^5$	$2^4$	$2^3$	$2^2$	$2^1$	$2^0$	$2^{-1}$

Byte 1							
bit 15	bit 14	bit 13	bit 12	bit 11	bit 10	bit 9	bit 8
S	S	S	S	S	S	S	S

Příklady kódování hodnoty změřené teploty jsou uvedeny v následující tabulce.

Měřená teplota [°C]	Binární výstup			
	Byte0 bin	Byte1 bin		hexadecimální kód
		(MSB)bit7 až bit1	bit0 (LSB)	
85,0	0000 0000	1010 101	0	00AAh
25,0	0000 0000	0011 001	0	0032h
+0,5	0000 0000	0000 000	1	0001h
0	0000 0000	0000 000	0	0000h
-0,5	1111 1111	1111 111	1	FFFFh
-25,0	1111 1111	1100 111	0	FFCEh
-55,0	1111 1111	1001 001	0	FF92h

#### 4.3.4. Vnitřní paměťový prostor DS1820

DS1820 je vybaven 72 bitovou SRAM, 16 bitovou EEPROM a 64 bitovou ROM. Tabulky uvedené v následujícím textu jsou převzaty z [2].

Zápisníková paměť - SRAM	
Byte 0	teplota (číslo)
Byte 1	teplota (znaménko)
Byte 2	T <sub>H</sub> registr
Byte 3	T <sub>L</sub> registr
Byte 4	rezervováno (FFh)
Byte 5	rezervováno (FFh)
Byte 6	count remain (0Ch)
Byte 7	count per °C (10h)
Byte 8	CRC

EEPROM	
T <sub>H</sub> registr	
T <sub>L</sub> registr	

64-bitový prostor ROM					
8-bitů ROM CRC		48-bitové sériové číslo čidla		8-bitový kód rodiny	
MSB	LSB	MSB	LSB	MSB	LSB

### *SRAM*

Výrobce tento paměťový prostor nazývá scratchpad. Scratchpad je uspořádán do osmi osmibitových slov. Obsahem Byte0 a Byte1 je hodnota naměřené teploty, jak bylo popsáno výše.

Byte2 a Byte3 slouží jako registry T<sub>H</sub> a T<sub>L</sub> mezních hodnot alarmu. Po každém měření je naměřená hodnota s těmito registry porovnávána. Při dosažení či překročení hodnoty T<sub>L</sub>, stejně jako při překročení hodnoty T<sub>H</sub>, je nastaven vnitřní příznak alarmu. Tento příznak může být přečten řídicím mikropočítačem. Byte4 a Byte5 jsou vyhrazeny pro pevně nastavenou hodnotu výrobcem (0xFFh). Byte6 a Byte7 je používán pro parametry A/D převodníku a to pro nastavení vyšší přesnosti převodu teploty. Poslední Byte8 je využíván CRC kódem zabezpečení dat.

### *EEPROM*

Dva byte EEPROM jsou bitovou kopií registrů T<sub>H</sub> a T<sub>L</sub>. EEPROM uchovává tyto parametry v nepřítomnosti napájení po dobu minimálně deset let.

### *ROM*

V této, maskou naprogramované, paměti se nachází 8 bitový kód rodiny snímačů (pro DS1820 je to 0x10h, DS18S20 mají kód 0x28h, atp.), následuje 48-mi bitové unikátní výrobní



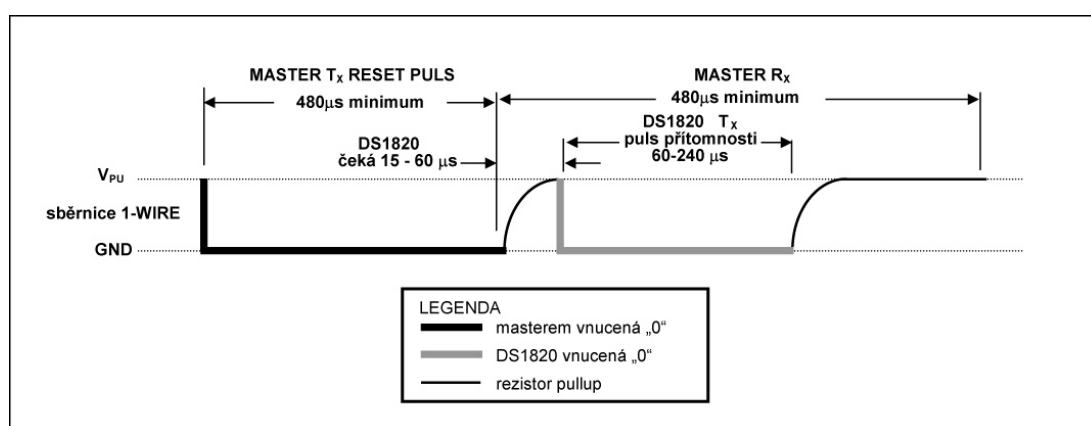
číslo součástky (cca.  $281 \times 10^{12}$  kusů jednoho typu) a posledních 8 bitů zabírá CRC kód vypočtený z předchozích 56 bitů.

#### 4.3.5. Komunikace s nadřazeným systémem

Na úrovni hardware jsou stanovena jistá pravidla určená standardem 1-Wire<sup>®</sup> vydaným výrobcem Maxim/Dallas. Jsou definovány dva způsoby připojení čidel k mikrokontroléru, jenž je vždy definován jako master v systému single-master, tedy pouze jeden na sběrnici. Připojená čidla se vždy chovají na sběrnici jako slave a může jich být teoreticky neomezený počet. Dostupné jsou dvě topologie připojení čidel, a to hvězdicová (každé čidlo s vlastním připojením na společné svorky DQ a GND) a paralelní (na jeden průběžný vodič jsou připojena všechna čidla svými vývody DQ a GND). Připojení na DQ sběrnici je realizováno vazebními členy s otevřenými kolektory, a to jak master zařízení tak i všechny připojené slave. Klidový stav sběrnice DQ je definován jako logická úroveň H. Tento stav je na sběrnici vnucen externím pull-up rezistorem (4,7kOhm) bez ohledu na pull-up podporu implementovanou v mikrokontroléru.

Pro komunikaci s čidlem slouží sada 8 bitových slov. Tyto příkazy vydává nadřazený mikro počítač. Následuje obousměrný přenos dat. Jak již bylo popsáno, DS1820 je vybaveno mnoha funkcemi. Rozsah použitých funkcí je závislý na konkrétních požadavcích ovládané technologie a provozních podmínkách. Uvedeny budou tedy všechny dostupné příkazy pro ovládání čidla. Větší pozornost bude věnována příkazům použitým v programu pro navržený ŘS.

Komunikace je vždy uvozena sekvencí inicializace sběrnice. Ta je definována jako reset puls, kdy master uvede sběrnici do stavu L po dobu minimálně 480 $\mu$ s. Poté je sběrnice masterem čtena a slave odpovídá tzv. pulsem přítomnosti. Puls přítomnosti v logické úrovni L trvá 60 $\mu$ s až 240 $\mu$ s. Takto je master informován o přítomnosti jednoho, nebo více slave prvků.



Časování signálu při inicializaci čidla

V komunikační sekvenci poté následuje příkaz pro práci s ROM pamětí čidla, následovaný přenosem dat. A jako poslední z příkazů jsou čidlem očekávány příkazy řídící funkci čidla. Po zpracování čidlo odpovídá vysláním dat opačným směrem.

### ROM příkazy

K dispozici je pět příkazů pro práci s ROM pamětí teploměru. Za symbolickým názvem je v závorce uveden hexadecimální kód příkazu.

#### *SKIP ROM (CCh)*

Přijetí tohoto příkazu čidlem vyřazuje možnost práce mikrokontroléru s ROM kódem a je dále očekáván příkaz řízení funkce čidla. Příkaz je vhodný v aplikacích, single-drop, tedy pouze jeden slave na sběrnici. Což je případ topologie navrhovaného ŘS a tento příkaz je obsažen v programu pro obsluhu DS1820.

#### *READ ROM (33h)*

Příkaz je použit pouze v případě jednoho čidla na sběrnici, jinak by došlo ke kolizi dat. Slave odpovídá vydáním obsahu 64 bitového ROM (obsah je uveden v odstavci Paměťová mapa čidla).

#### *MATCH ROM (55h)*

Následován 64 bitovým kódem vyslaným master zařízením. Další komunikace se bude účastnit pouze ten slave, jehož ROM kód se shoduje s vyslaným. Takto je řešena arbitráž přenosu dat v multi-slave aplikaci.

#### *SEARCH ROM (F0h)*

Tento příkaz slouží k identifikaci všech připojených zařízení na sběrnici. Postupně jsou masterem čtena a pamatována. Master má, po dokončení celé sekvence, ve své paměti k dispozici unikátní kódy všech zařízení. Princip na kterém vyhledání čidel funguje je velmi podrobně popsán v dokumentaci sběrnice 1-Wire®.

#### *ALARM SEARCH(ECh)*

Příkaz je podobný předchozímu, avšak další komunikace se účastní pouze čidla s aktivním příznakem alarmu (překročení hodnot  $T_H$  a  $T_L$ ).

## RAM příkazy

Dále je popsáno celkem šest příkazů pro práci s RAM čidla. Příkazy umožňují mikrokontroléru číst a zapisovat data. První dva příkazy jsou užity v programu ŘS.

### *CONVERT T (44h)*

Po přijetí tohoto příkazu je spuštěno měření a A/D převod teploty s následným uložením hodnot do prvních dvou byte RAM paměti (viz. kapitola Vnitřní paměťový prostor senzoru). Čidlo poté signalizuje dokončení převodu a připravenost dat. Uvolněním sběrnice do log. stavu H.

### *READ SCRATCHPAD (BEh)*

Tímto příkazem je teploměr žádán o vydání obsahu celé RAM čidla do mikrokontroléru. Přenos dat začíná od LSB Byte0 a pokračuje vyčtením všech devíti bytů. Master může kdykoli komunikaci přerušit resetováním sběrnice.

### *WRITE SCRATCHPAD (4Eh)*

Master poté zapisuje 2 byte do registrů  $T_H$  a  $T_L$  v pořadí LSB prvního byte ( $T_H$ ) napřed.

### *COPY SCRATCHPAD (48h)*

Zkopíruje (uloží) hodnoty registrů  $T_H$  a  $T_L$  z RAM do EEPROM čidla.

### *RECALL E<sup>2</sup> (B8h)*

Způsobí vyvolání hodnot registrů  $T_H$  a  $T_L$  z EEPROM do RAM. Automaticky je načtení prováděno také při náběhu napájení do čidla.

### *READ POWER SUPPLY (B4h)*

Umožňuje mikrokontroléru zjistit, zda je některé čidlo na sběrnici provozováno v parazitním režimu napájení. Čidla takto napájená nastaví sběrnici do logického stavu L.

Časování komunikačních rámců, tzv. slotů, pro čtení a zápis bitu na sběrnici v obou směrech je uvedeno v diagramu.

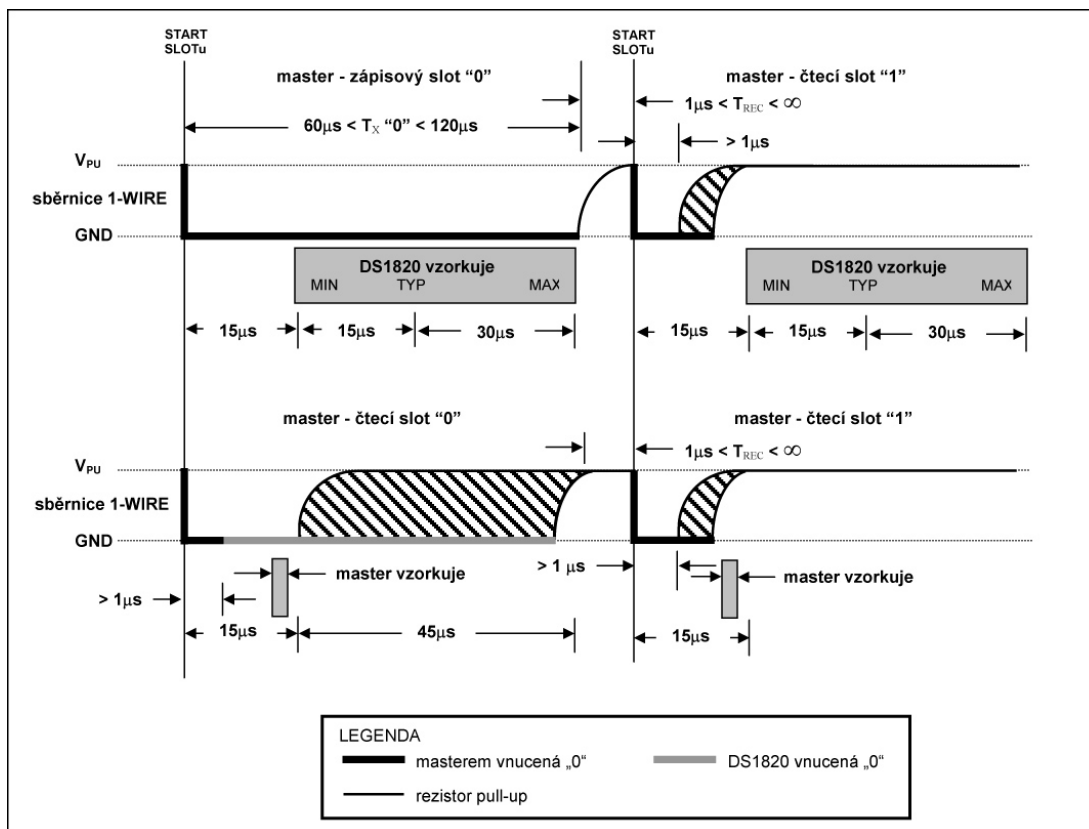


Diagram časování komunikačních slotů

Ukázka programu pro obsluhu digitálního teploměru DS1820 je uvedena v příloze č.7.

## 5. Návrh řídicího systému

Ze zadaného schématu instalace systému vytápění a ohřevu TUV jsem odvodil počet vstupů a výstupů řídicího systému. Podle těchto požadavků byl navržen řídicí systém s osmi vstupy pro digitální čidla teploty a sedmi reléovými výstupy pro ovládání akčních členů. Navržený řídicí systém realizuje sběr informací o teplotě v důležitých místech tepelného hospodářství domu. Výstupy z ŘS jsou dvoustavové signály. Algoritmus regulace je dán charakterem řízeného systému. Návrh respektuje univerzálnost použití ŘS v nejrůznějších aplikacích. V podstatě se jedná o platformu regulátoru založenou na výkonném mikrokontroléru, který může být libovolně naprogramován s využitím svých vstupně-výstupních možností.

### 5.1. Popis zadaného schématu tepelných okruhů

Zdroje tepelné energie jsou trojího typu. Primárním zdrojem je skupina teplovodních solárních kolektorů. Sekundární zdroj tepla je výměník v kamnech na tuhá paliva. Pomocnými zdroji jsou elektrické topné spirály osazené ve dvou akumulacích nádobách. První nádoba je používána pro ohřev vody v okruhu vytápění. Druhá nádoba zabezpečuje ohřev TUV. Systém obsahuje čtyři radiátorová tělesa a okruh podlahového vytápění. Sezonním spotřebičem je výměník tepla pro ohřev vody v bazénu. Schéma zapojení tepelných okruhů je uvedeno v příloze č.5. Podle schématu je nutné měřit teplotu v sedmi místech okruhu. Těmito místy jsou: teplota výstupní vody slunečních kolektorů, teploty vody v obou akumulacích nádobách, teploty vstupní a výstupní vody výměníku v kamnech, teplota v referenční místnosti a venkovní teplota. Ze schématu vyplývá také typ a počet ovládaných akčních členů. Jedná se o tři oběhová čerpadla, jeden dvoucestný zónový ventil a tři trojcestné prioritní ventily.

### 5.2. Řídicí systém (ŘS)

Jádrum řídicího systému je mikrokontrolér ADuC831 firmy Analog Devices. Mikrokontrolér má jádro a instrukční sadu kompatibilní s architekturou typu 8051. Je vybaven čtyřmi osmibitovými branami. Popisu funkce těchto bran věnuji vlastní kapitolu v dalším textu. Zvolený mikrokontrolér je vybaven obvodem pro sériovou komunikaci. Z dostupných protokolů je používán standard UART.

Řídicí systém využívá k propojení s PC rozhraní RS232. Komunikace poté probíhá prostřednictvím standardního sériového portu COM. Napěťové úrovně definované pro

rozhraní RS232 zaručují navíc vyšší odolnost vůči rušení při přenosu dat. Pro úpravu mezi úrovněmi signálů UART a RS232 je použit obvod MAX232 v zapojení doporučeném výrobcem, uvedeném v [5]. MAX232 je čtyřkanálový převodník úrovní s maximální přenosovou rychlostí 120kbps. Z dostupných čtyř kanálů jsou v zapojení využívány pouze dva, a to pro signály RxD a TxD. Arbitráž korespondenčního provozu komunikace se signály RTS/CTS není v návrhu uvažována. MAX232 pracuje při jednostranném napájení do 6V a vyžaduje připojení externích kapacitorů, využívaných svým vnitřním zdrojem napětí obou polarit. RS232 definuje logické úrovně napětí o hodnotách  $\pm 3$  V až  $\pm 15$ V, přičemž je využíván negovaný smysl logických hodnot ve vztahu k polaritě napětí, tedy logická 1 je reprezentována záporným napětím a naopak. Použití této sběrnice poskytuje také další možnost rozšíření systému např. o GSM dálkovou komunikaci.

Zavádění programu z PC do vnitřní paměti mikrokontroléru je realizováno prostřednictvím komunikační linky UART (resp. RS232). Před samotným nahráváním dat je nutné přivést logickou hodnotu L na vstup PSEN (pin41) a tuto hodnotu udržet po celou dobu nahrávání. K tomu slouží vyvedené kontakty, označené jako PRG ve schématu. Poté musí být mikrokontrolér resetován krátkodobým přivedením logické hodnoty H na vstup RESET (pin15). K tomu slouží vyvedené kontakty RST. Po úspěšném nahrání dat se rozpojí kontakty PRG a provedeme opět reset mikropočítače.

Napájecí napětí všech obvodů na desce ŘS je jednostranné o hodnotě +5V. K přivedení napájení je deska osazena svorkovnicí s označením SUPPLY. Modul je tedy napájen externím zdrojem napětí.

Uspořádání svorkovnice pro komunikaci s PC (ozn. RS232) je patrné ze schématu ŘS, příloha č.1. Stejně tak je patrné zapojení výstupních svorkovnic na kontakty relé.

Osazovací plány desky ŘS jsou uvedeny v přílohách č.4 a č.5. Seznam použitých součástek je uveden v příloze č.3

### **5.3. Brány mikrokontroléru a jejich využití v návrhu ŘS**

V této kapitole uvádím popis vlastností vstupně-výstupních portů mikrokontroléru. Informace zde uvedené jsou převážně převzaty z katalogového listu AduC831[3].

#### **5.3.1. Brána PO**

Brána P0 je konstruována jako obousměrná, programově bitově přístupná, osmibitová sběrnice s otevřenými kolektory. P0 je také určena pro komunikaci s vnějším paměťovým prostorem, jako multiplexovaná sběrnice nižších bitů adresy a dat. V návrhu je tato brána uvažována jako výstupní. K oddělení výstupních signálů a výkonovému přizpůsobení brány jsem použil budící obvod ULN2003A se sedmi nezávislými vstupy. ULN2003A disponuje sedmi jednobitovými budiči s celkovým maximálním výstupním proudem  $I_{outmax} = 500mA$ . Tento obvod je přímo určen k ovládání relé a má proto na svých výstupech integrovány diody ošetřující přepětové špičky vznikajících na cívkách relé. Paralelně k cívce každého relé je zapojena LED s rezistorem, jenž slouží k vizuální signalizaci aktivního výstupu ŘS. Budící obvod ULN2003A je k pinům brány připojen dle doporučeného zapojení z katalogového listu, stejně tak je zapojeno i napájení ULN2003A. [4]

Z vnějšího pohledu na ŘS jsou výstupem beznapěťové kontakty jednotlivých relé, které jsou určeny ke spínání obvodu o maximálních parametrech  $U_{DC} = 60V$  nebo  $U_{AC} = 125V$ ,  $I = 1A$ . Což postačuje k ovládání cívek relé a stykačů spínajících silové obvody v řízené technologii, jako např. motory oběhových čerpadel, cívky a servopohony ventilů, apod. Takovýmto uspořádáním vznikne oddělení silových obvodů od regulátoru a tím se zvýší ochrana ŘS před vnějším rušením a přepětím.

### 5.3.2. Brána P1

Může být využívána dvojím způsobem. A to jako osmikanálový 12-ti bitový A/D převodník, nebo jako osmibitová vstupní brána. Analogový systém měření teploty, s následným A/D převodem, jsem z úvah při návrhu ŘS vyřadil. Chtěl jsem se vyvarovat chyb měření, způsobených případným rušením signálu z teploměrů, založených na analogovém principu měření teploty. Po výběru digitálních čidel teploty jsem upustil od myšlenky použít tuto bránu jako systémovou vstupní. Důvodem je obousměrná digitální sériová komunikace ŘS a čidel. Bránu P1 tedy ve svém návrhu nevyužívám.

### 5.3.3. Brána P2

Je konstruována jako obousměrná s vnitřními pull-up rezistory. Tato brána je bitově přístupná a na každém pinu je realizován obousměrný přenos dat mezi připojenými čidly a ŘS. V návrhu je tato brána využívána k připojení až osmi větví snímačů teploty DS1820. Jak již bylo popsáno v kapitole o digitálních snímačích teploty, je možné na každý vývod brány připojit větší množství čidel systémem sběrnice 1-Wire®. Uvažuji využití všech osmi vývodů, avšak ke každému bude připojeno pouze jedno čidlo DS1820.

V návrhu řídicího systému uvažuji měření právě osmi teplot. Mohu si tedy dovolit využít každý vývod této brány právě pro jedno čidlo. Tím je také zamezeno případné ztrátě dat z celé větve snímačů při poruše vedení a nebo poruše byť jen jednoho čidla.

Dalším důvodem je zjednodušení programové obsluhy komunikace s čidly. A to ve smyslu vyřazení sekvence adresování jednotlivých čidel zapojených v měřících větvích. Při použití ŘS ve složitějších systémech s požadavkem na větší počet čidel, či z topologických důvodů, je možné použít sběrnicovou variantu 1-Wire<sup>®</sup> komunikace. Spolu s tím je ovšem nutné rozšířit software ŘS o sekvenci adresování čidel na sběrnici.

#### 5.3.4. Brána P3

Je v konstruována jako obousměrná osmibitová s vnitřními pull-up rezistory. Tato brána má však v návrhu ŘS zvláštní význam. Na desce plošného spoje je vyvedena na 6 pinů konektoru, určeného k možnému rozšíření regulátoru. Toto rozšíření by bylo realizováno přídatnou deskou s plošnými spoji. Na konektor rozšíření je vyvedeno i systémové napájení +5V a GND.

Jednotlivé vývody této brány jsou sdíleny několika periferními obvody a budou dále zvlášť popsány. Ve stručnosti jsou na této bráně k dispozici vývody obvodů sériové komunikace (UART a SPI), signály pro vnější přerušeni, D/A převodníky, externí vstupy čítačů/časovačů, obsluha vnějšího paměťového prostoru a externí spouštění vnitřního A/D převodníku. Poslední dvě možnosti však v návrhu neuvažuji a jsou uvedeny jen pro úplnost výčtu vlastností mikročipu. Ačkoli použití zvoleného mikrokontroléru je velmi mnohostranné bude uveden jen zjednodušený popis dostupných funkcí. Podrobný popis těchto funkcí by přesáhl informační míru mé práce. Podrobné informace k ovládání periférií a časování signálů poskytují katalogové listy mikrokontroléru ADuC831[3].

##### *Pin P3.0*

Je určen pro využití sériovou komunikační periférii UART (z angl. Universal Asynchronous Receiver Transmitter). Jedná se o standard pro asynchronní přenos sériových dat. Nastavení parametrů přenosu je prováděno programově pomocí slov registru speciálních funkcí (SFR). Vývod RxD (z angl. Received eXchange Data) je určen pro příjem dat do ŘS a v programu je čtení z této periférie realizováno příkazy jazyka C pro čtení ze standardního vstupu.

##### *Pin P3.1*



Tento vývod je určen, stejně jako P3.0, k obsluze pomocí periférie UART. Avšak tomuto pinu je přiřazen signál TxD (z angl. Transmit eXchange Data), tedy vysílání sériových dat. Zápis na tento pin je možný pomocí příkazu jazyka C pro práci se standardním výstupem.

#### *Pin P3.2*

Pin je využíván pro vnější signál přerušení INTO. Programově může být nastaven jako hranově/hladinově aktivní s přiřazením do dvou prioritních hladin obsluhy přerušení v mikrokontroléru. Signál INTO umí navíc vyvolat probuzení jádra mikropočítače ze stavu power-down a následné obslužení příslušné rutiny přerušení. Signál vnějšího přerušení INTO může být například využit pro havarijní či servisní „stop“ povel obsluhy zařízení.

#### *Pin P3.3*

P3.3 je určen pro vnější signál přerušení INT1. Dále pak slouží jako výstup D/A převodníku pulsně-šířkové modulace PWM0. Periférie sériové komunikace SPI tento pin využívá pro signál MISO (z angl. Master In/Slave Out). Všechny tyto tři možnosti využití pinu P3.3 jsou programově nastavitelné v příslušných registrech SFR. D/A převodník s PWM modulací lze využít pro spojitě řízení akčních členů technologie. SPI (z angl. Serial Peripheral Interface) sběrnici sériového přenosu lze využít pro komunikaci s přídavnými zařízeními (výhradně však v rámci vnitřního uspořádání regulátoru) jako např. zobrazovací jednotka, klávesnice pro místní obsluhu ŘS, vnější paměť pro uchování dat, atp.

#### *Pin P3.4*

Může být využit jako externí vstup čítače/časovače (T/C) Timer0 pro čítání impulsů, případně zdroj vnější frekvence pro časovač. Vnější vstup T/C poskytuje možnost připojení pulzních čidel (poloha/úhel natočení regulačního segmentu, průtokoměr, otáčkoměr, atd.) nebo snímačů frekvence. Dalším využitím vývodu je výstup z D/A převodníku PWM1.

#### *Pin P3.5*

První funkcí tohoto pinu je externí spouštění vnitřního A/D převodníku. Tento převodník není v návrhu využíván. Druhou funkcí pinu je externí vstup pro čítač/časovač Timer1 obdobně jako pin P3.4.

#### *Pin P3.6 a P3.7*

Tyto vývody jsou určeny pro komunikaci s vnějším paměťovým prostorem (signály WR a RD). Určují směr toku dat mezi mikropočítačem a pamětí připojenou paralelně na bránu P0. Jelikož je brána P0 využita jako výstupní (viz. výše), tyto signály nejsou uvažovány ani pro případné rozšíření systému o paralelní vnější paměť. Tyto dva piny jsou vyvedeny pro všeobecné vstupně-výstupní použití.

## 6. Elektricky ovládané ventily

Ventil je zařízení, sloužící k regulaci průtoku tekutiny, v tomto případě teplotnosné kapaliny v oběhovém systému vytápění domu. V konstrukci ventilu je vždy přítomen regulační orgán – šoupě nebo kulový ventil s vyvedenou hřídelí. Tato hřídel je součástí mechanismu který je ovládán buď kotvou solenoidu, nebo elektromotorem. V dalším textu budou nazývány termínem - ventil - zařízení sestávající z mechanické části (všeobecné konstrukce) a elektronického vybavení. Ventily mohou být osazeny spínači signalizující dosažení koncových poloh, momentovými spínači, vytápěním vnitřního prostoru pro elektroniku, atd. Z mechanického hlediska jsou tato zařízení osazována pákami pro manuální ovládání v případě nefunkčnosti elektrické části, vratnými pružinami s funkcí uvedení ventilu do výchozí polohy.

Při návrhu řídicího systému tepelného hospodářství domu je nutné provést rozvahu nad vhodnými akčními členy. Uvažovány jsou oběhová čerpadla a především, elektrickým signálem ovládané, ventily. Platforma ŘS je vybavena reléovými výstupy s vyvedenými kontakty, tudíž hlavním kritériem pro výběr elektricky ovládaných ventilů, je možnost dvoustavového ovládání. Jak již bylo popsáno, mikrokontrolér disponuje také výstupy s pulsně šířkovou modulací. Vhodným doplněním ŘS o výkonové přizpůsobení těchto výstupů lze vytvořit analogové ovládací napětí pro spojitou regulaci akčních členů. Obsahem této kapitoly bude rozbor elektricky ovládaných ventilů, především s dvoustavovým ovládáním.

Při výběru vhodného ventilu musí být především respektovány parametry topné soustavy, požadavky na kvalitu regulace a v neposlední řadě cena ventilu. Vzájemnou kompatibilitu se signály z ŘS lze zabezpečit použitím vazebních relé v případě dvouhodnotového signálu.

Z hlediska složitosti rozvodu média rozlišujeme tzv. dvoucestné, třícestné a více-cestné ventily.

### 6.3. Dvoucestné ventily

Tyto ventily mají definovány dvě polohy regulačního orgánu. Přivedením ovládacího napětí na svorky takového ventilu je ovládáno otevření či uzavření ventilu. Vratné mechanismy, při odpojení napájení, navrací regulační orgán do výchozí polohy. Tou může být propustný nebo uzavřený stav.

#### 6.4. Třícestné ventily

Jsou vyráběny jako tzv. směšovací nebo prioritní. Směšovací typ má dva vstupy a jeden výstup pro zapojení do okruhu s médiem. Jsou používány například pro regulaci teploty v obvodu podlahového topení, regulaci průtoku mezi primárním a sekundárním okruhem topné soustavy, při regulaci kombinovaného vytápění z více zdrojů a v neposlední řadě v systému IRC (z angl. Integrated Room Control), tedy tzv. zónové regulace. Prioritní třícestné ventily mají jednu přívodní cestu a dvě odchozí. Mezi těmito odchozími cestami je podle priority přepínáno. Prioritu určuje zejména požadavek na dodávku tepla v jedné či ve druhé větvi rozvodu. Také tato varianta trojcestného ventilu je osazována vratnými pružinami.

Elektro-mechanickými zařízeními ovládajícími mechanismus ventilu jsou především solenoidové cívky a elektromotory.

Důležitými parametry elektricky ovládaných ventilů jsou: jmenovité napětí napájení, jmenovitý příkon, přestavovací doby mezi krajními polohami, rozsah pracovních teplot okolí, počet signalizačních kontaktů, pracovní tlak a teplota média, uspořádání vratného mechanismu s určením výchozí polohy regulačního prvku a další upřesňující parametry.

## 7. Závěr

Výsledkem této bakalářské práce je modul řídicího systému tepelného hospodářství domu. K tomuto účelu je modul vybaven vstupním rozhraním pro připojení čidel teploty. Výstupy modulu jsou konstruovány pro dvoustavové ovládání akčních členů regulované soustavy. Konstrukce ŘS, vhodným rozšířením, umožňuje využití dalších funkcí osazeného mikrokontroléru a tím ponechává prostor k univerzálnímu použití.

Po provedené rozvaze nad dostupnými typy senzorů, byly vybrány inteligentní digitální teploměry. Při použití digitálních čidel odpadá nutnost použití analogových obvodů pro úpravu signálu, jak je tomu nutné při u klasických snímačů se všeobecně analogovým výstupním signálem. Digitální čidla jsou velmi vhodnou variantou pro měření teplot také pro svou nízkou cenu, nahraditelnost při poruše, a v neposlední řadě svými kompaktními rozměry.

## 8. Seznam informačních pramenů

[1] Ďaďo, S., Kreidl, M. : Senzory a měřící obvody, Vydavatelství ČVUT, Praha 1999

[2] Katalogové listy mikrokontroléru AduC831, Analog Devices, Inc., 2002  
[http://www.analog.com/static/imported-files/data\\_sheets/ADUC831.pdf](http://www.analog.com/static/imported-files/data_sheets/ADUC831.pdf)

[3] Katalogové listy DS1820, Maxim Integrated Products, 2008  
<http://datasheets.maxim-ic.com/en/ds/DS18S20.pdf>

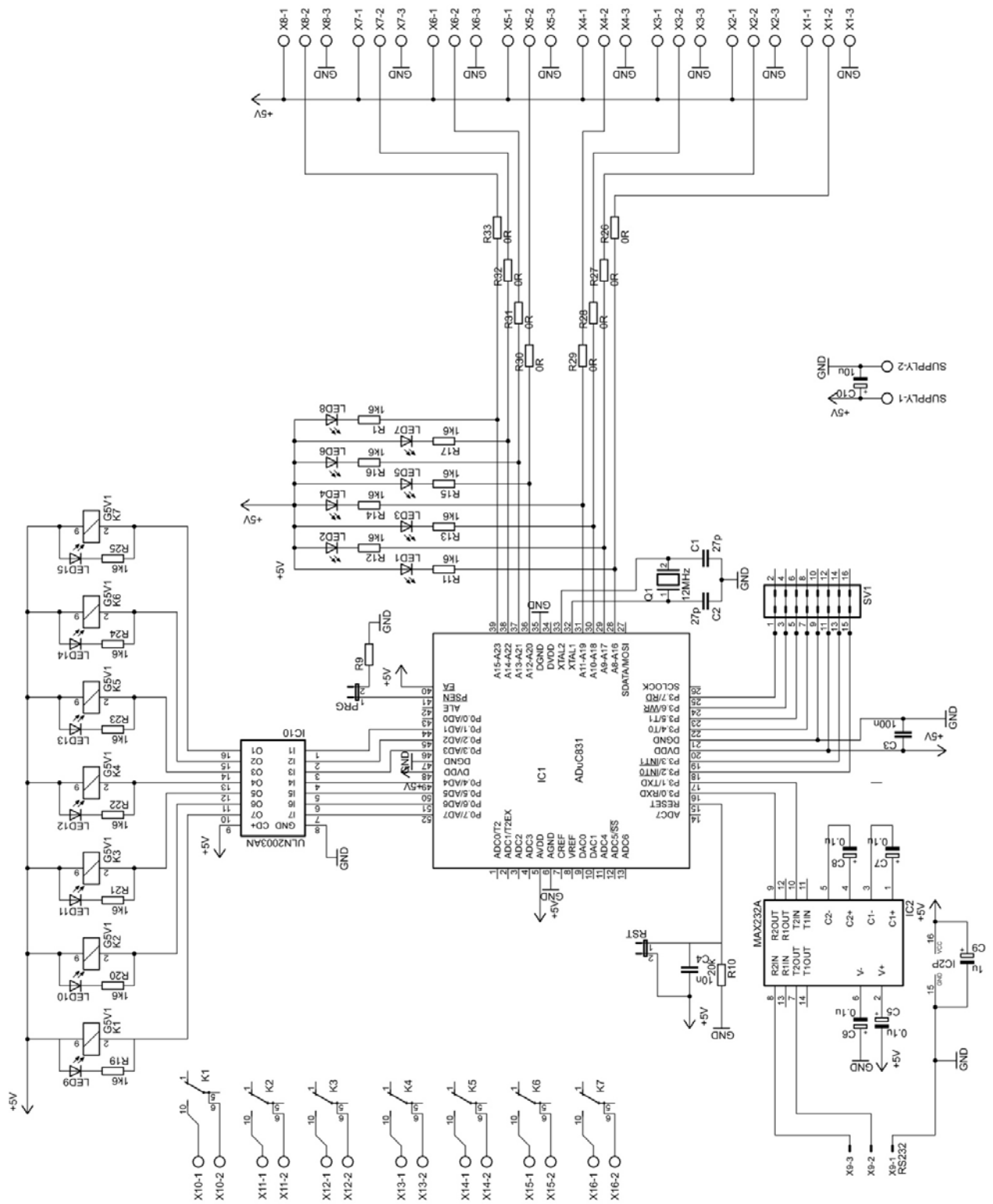
[4] Katalogové listy ULN2003, STMicroelectronics, 2007  
<http://www.st.com/stonline/products/literature/ds/5279/uln2003.pdf>

[5] Katalogové listy MAX232, Maxim Integrated Products, 2006  
<http://datasheets.maxim-ic.com/en/ds/MAX220-MAX249.pdf>

## **9. Seznam příloh**

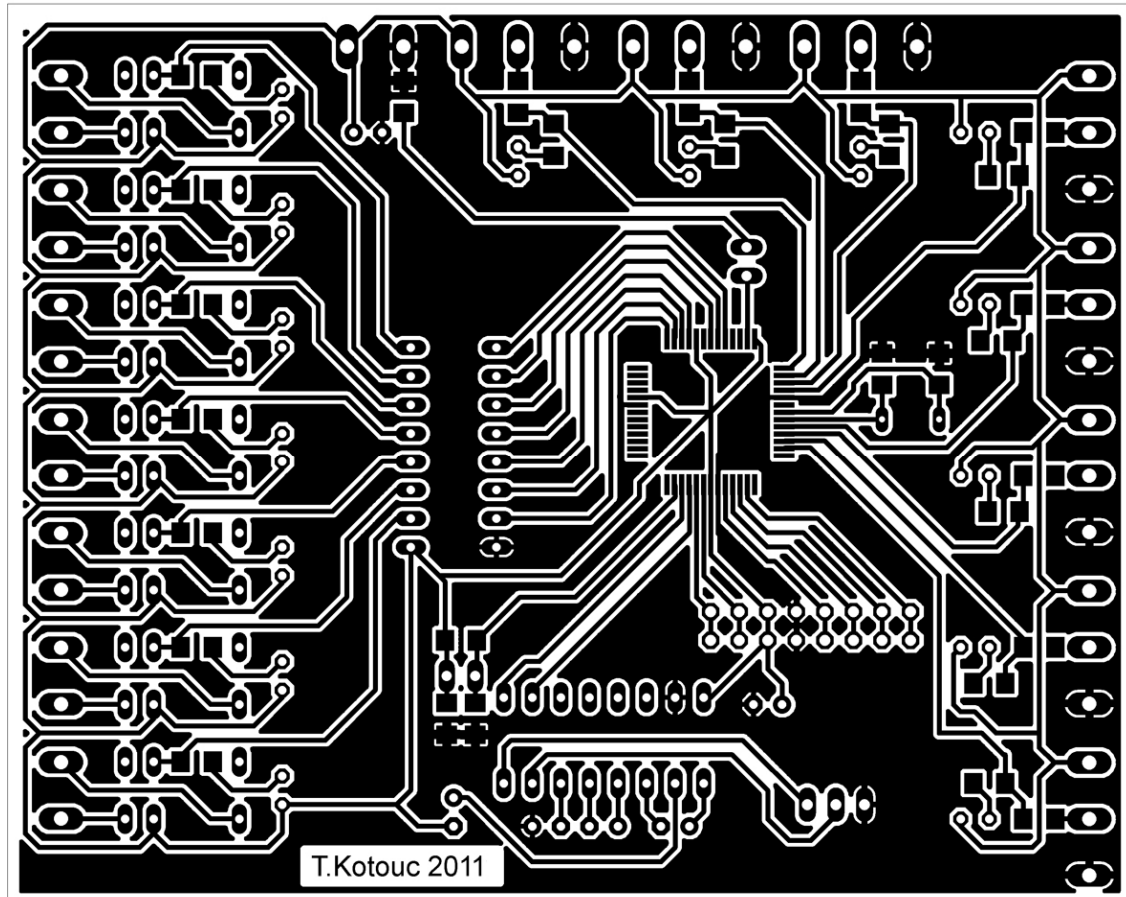
1. Schéma navrženého řídicího systému
2. Deska plošného spoje
3. Rozpis součástek
4. Osazovací plán desky plošného spoje ze strany součástek SMT
5. Osazovací plán desky plošného spoje ze strany klasických součástek
6. Schéma instalace tepelného hospodářství domu
7. Ukázka programu pro obsluhu digitálního teploměru DS1820

### Příloha č.1: Schéma navrženého řídicího systému





Příloha č.2: Deska plošného spoje

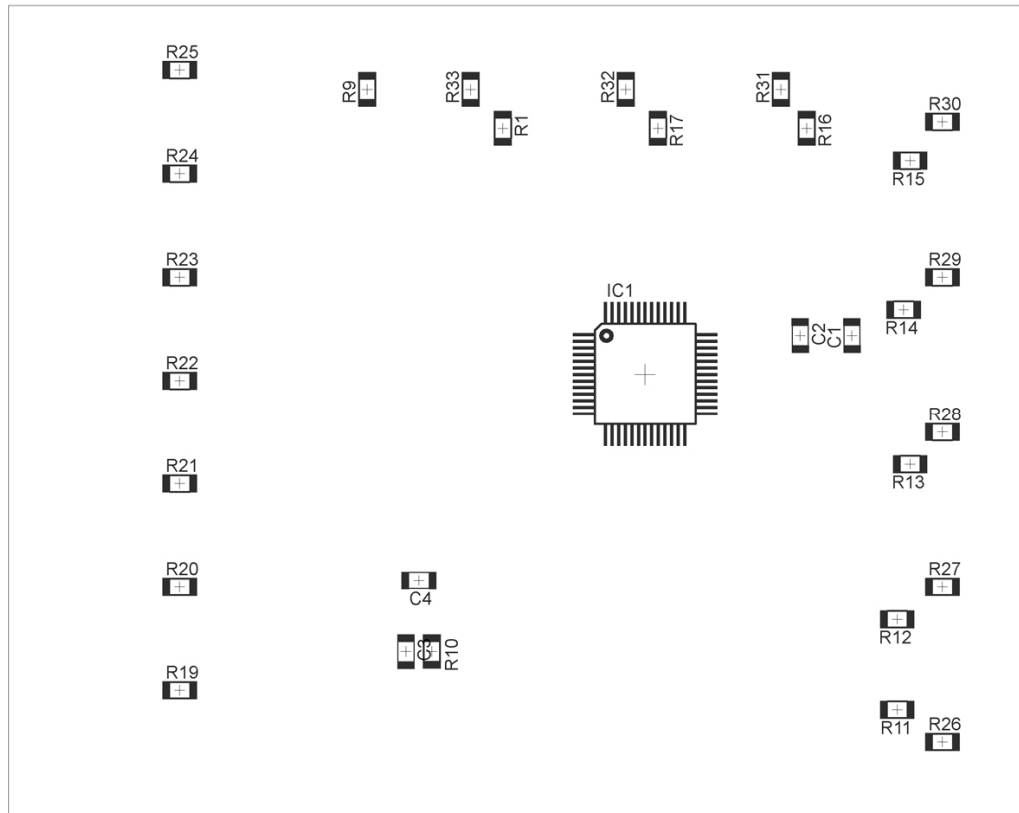


Příloha č.3 : Rozpis součástek

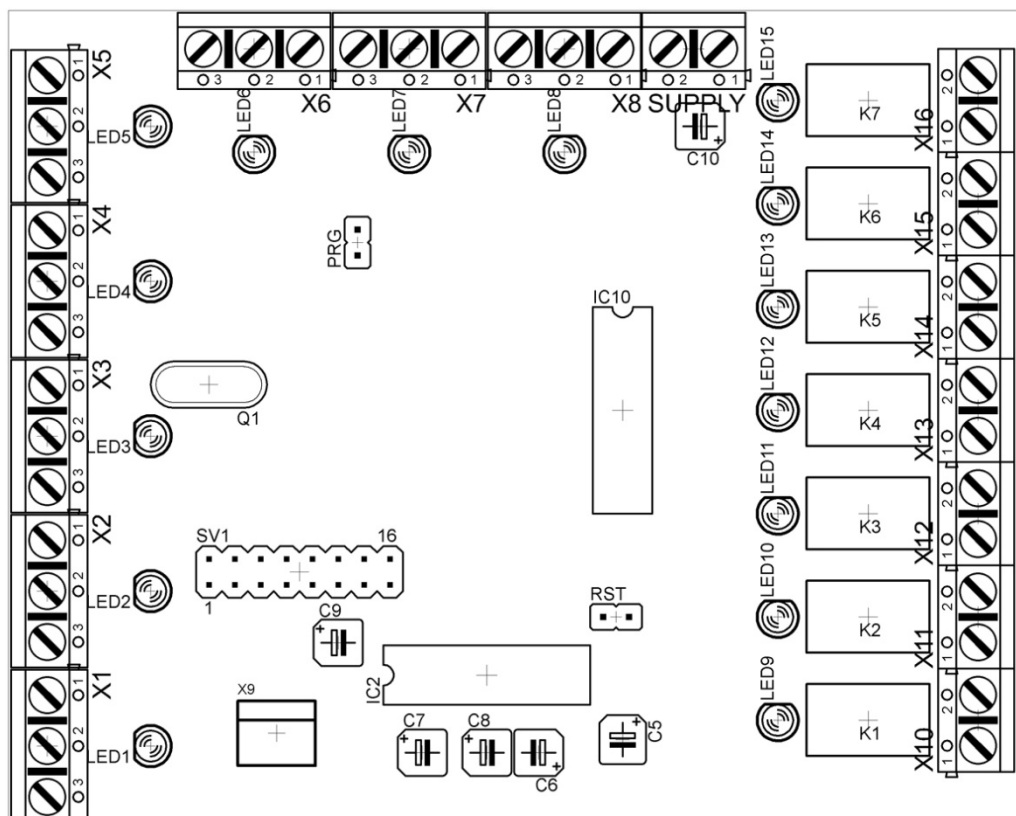
Název	Hodnota, popis
C1	27pF
C2	27pF
C3	100nF
C4	10nF
C5	0.1uF
C6	0.1uF
C7	0.1uF
C8	0.1uF
C9	1uF
C10	10uF
IC1	ADuC831
IC2	MAX232A
IC10	ULN2003AN
K1 - K7	G5V1

Název	Hodnota, popis
LED1 - LED 15	LED 3mm
Q1	12MHz krystal. Oscilátor
R1	1k6
R9	1k
R10	20k
R11 - R25	1k6
R26 - R33	0R
X1 - X8	AK500/3
X9	22-23-2031 molex
X10 - X16	AK500/2
SUPPLY	AK500/2
PRG	propojka typu jumper
RST	propojka typu jumper
SV1	svorkovnice 8x2 vývody

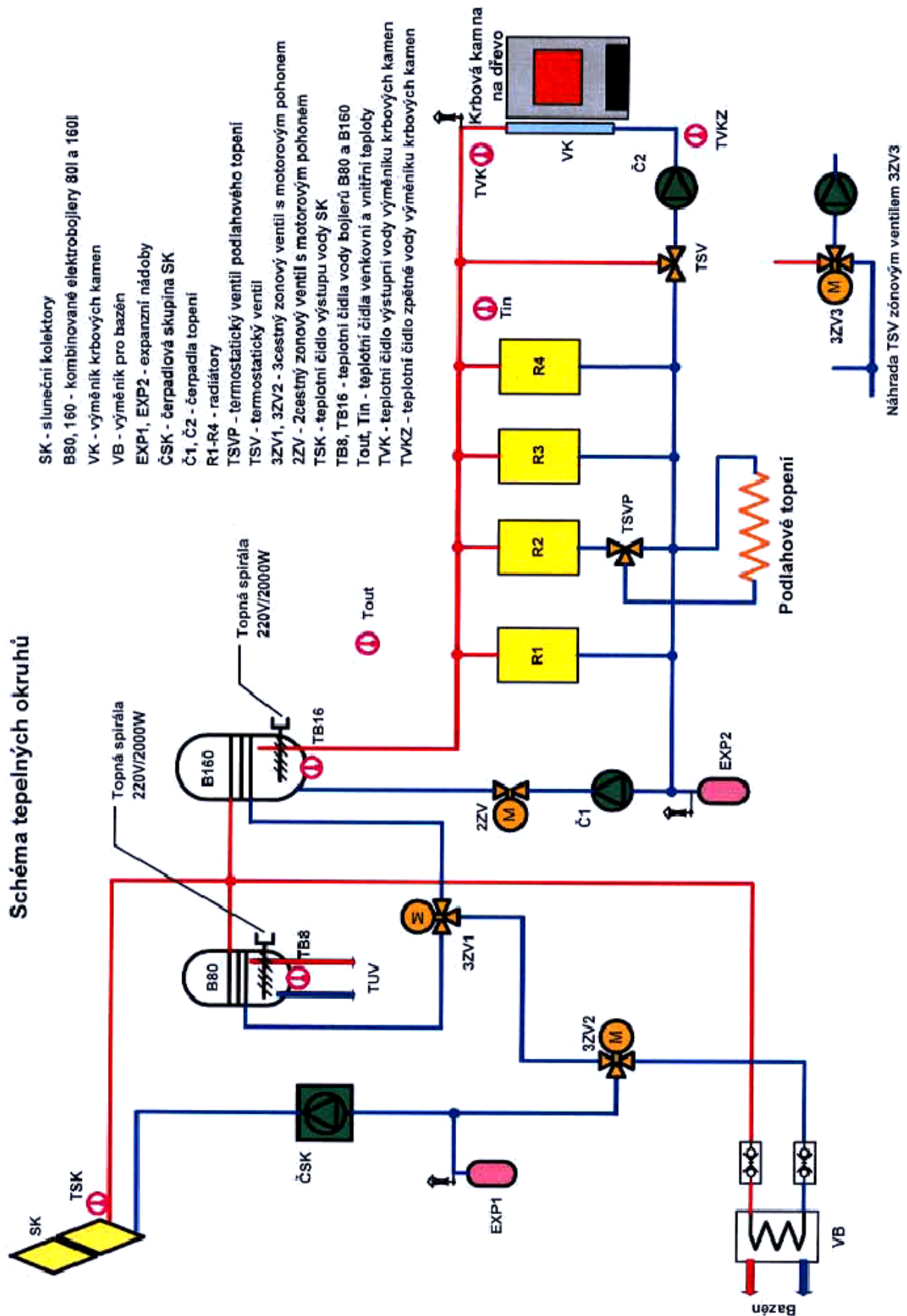
Příloha č.4: Osazovací plán desky plošného spoje ze strany součástek SMT



Příloha č.5: Osazovací plán desky plošného spoje ze strany klasických součástek



Příloha č.6: Schéma instalace tepelného hospodářství domu



## Příloha č.7: Program obsluhy digitálního teploměru DS1820

```
#include<aduc831.h>
#include<stdio.h>

sbit DQ = P2^0;          // 1 Wire sbernice DQ, DS1820
sbit O1 = P3^0;          // vystup 1

unsigned char i, tp, tpd, MyTemp[8], rom[8], ram[9];
char set_temp = 0;
unsigned int t = 0, rram = 0, j = 0, k = 0;

typedef struct           //datova struktura cidlo
{
    unsigned char scratchpad[9];
    unsigned char ROM[8];
    unsigned char teplota[2];
} cidlo;

cidlo a;
cidlo *pa;

void ZpozdsMs(unsigned int count) // CEKEJ lms
{
    unsigned int i;
    while(count)
    {
        i = 115;
        while(i>0) i--;
        count--;
    }
}

void ZpozdsUs(int us)      // CEKEJ - kazda iterace 17us + volani cca 22us
{
    int i;
    for (i=0; i<us; i++);
}

bit ResetDS1820()         // RESET DS1820
{
    bit presence;
    DQ = 0;                // stav L na sbernici DQ
    ZpozdsUs(29);         // cekej 490us
    DQ = 1;                // odstoupeni od sbernice
    ZpozdsUs(3);          // cekej na presence-puls cidla
    presence = DQ;
    ZpozdsUs(25);         // cekej na konec timeslotu 316
    return(presence);     // 0 = cidlo na sbernici, 1 = sbernice bez cidla
}

bit CtiBit()              // CTI BIT Z CIDLA
{
    unsigned char i=0;
    DQ = 0;                // start timeslotu = DQ v urovni L
    DQ = 1;
    for (i=0; i<3; i++);  //cekej od startu timeslotu na odpoved cidla
    return(DQ);
}

void ZapisBit(bit Dbit)   // ZAPIS BIT DO CIDLA
{
    DQ = 0;
    DQ = Dbit ? 1:0;
}
```

```

        ZpozdUs(5);
        DQ = 1;
    }

unsigned char CtiByte()          // CTI BYTE Z CIDLA
{
    unsigned char i;
    unsigned char Din = 0;
    for (i=0;i<8;i++)
    {
        Din = Din | (CtiBit() ? 0x01<<i : Din);
        // cti bit z cidla a uloz na pozici podle stavu i
        ZpozdUs(6);
    }
    return(Din);
}

void ZapisByte(unsigned char Dout)    // ZAPIS BYTE DO CIDLA
{
    unsigned char i;
    for (i=0; i<8; i++)
    {
        ZapisBit((bit)(Dout & 0x1));    // zapis bit LSB
        Dout = Dout >> 1;              // posun nad maskou
    }
    ZpozdUs(5);
}

void CtiTepl(unsigned char *buff)    // CTI TEPLITU Z CIDLA
{
    unsigned char n;

    EA=0;                               // zakaz preruseni
    ResetDS1820();
    ZapisByte(0xcc);                     // prikaz SKIP ROM
    ZapisByte(0x44);                     // prikaz CONVERT T
    while (CtiByte()==0xff);             // cekej dokud cidlo neohlasi prevod hotov
    ResetDS1820();
    ZapisByte(0xcc);
    ZapisByte(0xbe);                     // prikaz READ SCRATCHPAD

    for (n=0; n<9; n++)
    {
        buff[n] = CtiByte();
    }
    EA=1;                               // povol preruseni
}
*/
void CtiRom(unsigned char *buf)       // CTI ROM CIDLA
{
    unsigned char m;
    EA=0;
    ResetDS1820();
    ZapisByte(0x33);

    for (m=0;m<8;m++)
    {
        buf[m]=CtiByte();
    }
}

void CtiRam(unsigned char *ramm)     // CTI RAM CIDLA
{
    unsigned char r;
    EA=0;
    ResetDS1820();
    ZapisByte(0xCC);
    ZapisByte(0xBE);

    for (r=0;r<9;r++)
    {
        ramm[r]=CtiByte();
    }
}

```

```
        }  
    }  
  
void inicialzaceUART(void)                // INICIALIZACE UART  
{  
    T3CON = 0x81;                          // UART baud rate na 115200bps  
    T3FD = 0x28;                          // UART baud rate na 115200bps  
    SCON = 0x52;                          // SFR parametru UART komunikace  
}  
  
void main()  
{  
  
    pa = &a;  
  
    CtiRam(pa->scratchpad);  
    inicialzaceUART();  
  
    while(1)  
    {  
        putchar(0x0c);  
        for(k = 0;k<9;k++)  
        {  
            printf("scratchpad %d.byte:%02X\n",k,a.ROM[k]);  
        }  
        ZpozdsMs(1000);  
    }  
}
```