

Ústav automobilovej mechatroniky – ÚAMT, FEI STU Bratislava

Mikropočítačové systémy – MIPS

Prednášajúci: doc. Ing. Peter Fuchs, PhD.

**Cvičiaci: doc. Ing. Peter Fuchs, PhD.
Ing. Igor Jakubička
Ing. Vladislav Bača**

Vývojová doska s mikroradičom MSP430F169

Učebný text - MIPS

Upravoval: doc. Ing. Peter Fuchs, PhD., Ing. Igor Jakubička, Ing. Vladislav Bača
Bratislava, Marec, 2016.

Konvencia

signál – meno portu, alebo signálu využitého v schéme
ak je za signálom # znamená to aktívna úroveň je nízka inak vysoká.

Označenie úrovni signálu –

LO = "0" a teda v našom prípade napäťovú úroveň blízku 0V

HI = "1" a teda v tomto prípade napäťovú úroveň blízku napájaciemu napätiu Vcc príslušného obvodu

↑*LD1* – znamená nábežnú hranu signálu *LD1*

reprezentácia registra

MSB

LSB

| R-0 | W-1 | R/W-0 | R/W-1 | R/W-0 | R/W-0 | R/W-0 | R/W-0 |
|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| meno bunky | meno bunky | meno bunky | meno bunky | meno bunky | meno bunky | meno bunky | meno bunky |

R – povolený zápis

W – povolené čítanie

U – neimplementovaný bit

0, alebo 1 – hodnota po pripojení napájania, alebo po resete

x – hodnota nedefinovaná, alebo sa nemení pri resete

Použité skratky

I²C – Dvoj vodičová zbernica vyvinutá firmou Philips
(Inter – integrated circuit bus)

LSB – bit s najnižšou váhou (least significant bit)

MSB – bit s najväčšou váhou (most significant bit)

PCB – Doska plošných spojov (printed circuit board)

RISC – Procesor s redukovanou sadou inštrukcií (reduced instruction set CPU)

SCI – sériové komunikačné rozhranie (serial communication interface)

SPI – synchronne sériové rozhranie (serial peripheral interface)

UART – asynchrónne sériové rozhranie (universal asynchronous receive/transmit)

USART – sériové komunikačné rozhranie (universal synchronous/asynchronous receive/transmit)

USB – univerzálna sériová zbernica (Universal Serial Bus)

Obsah

| | |
|----------------------------------------------------------------------|----|
| Konvencia..... | 2 |
| Použité skratky | 2 |
| Obsah..... | 3 |
| 1 Analýza požiadaviek a špecifikácia riešenia..... | 4 |
| 2 Opis a funkcia hlavných častí vývojovej dosky..... | 5 |
| 2.1 Vybavenie vývojovej dosky | 5 |
| 2.2 MSP430F169 | 7 |
| 2.2.1 Pripojenie pinov mikroradiča | 8 |
| 2.3 J-TAG..... | 9 |
| 2.4 4x4 klávesnica | 9 |
| 2.5 Displej 4x 7-SEGMENT..... | 9 |
| 2.6 LCD displej – 2x16 znakov..... | 10 |
| 2.7 Bargraf 8 LED | 11 |
| 2.8 Zbernica I ² C | 11 |
| 2.8.1 Senzor teploty (MCP9801)..... | 12 |
| 2.8.2 Hodiny reálneho času s pamäťou 240 × 8bit (PCF8583C) | 14 |
| 2.8.3 Statická RAM 256 × 8bit (PCF8570)..... | 16 |
| 2.8.4 256 × 8-bit CMOS EEPROM (PCF8582C-2) | 16 |
| 2.8.5 8-bitový expander I/O portov s pripojenými LED (PCF8574) | 17 |
| 2.9 Rozhranie RS-232..... | 17 |
| 2.10 USB rozhranie..... | 17 |
| 2.11 Rozhranie SPI..... | 18 |
| 2.12 16-megabitová DataFlash | 18 |
| 2.13 Ethernetové rozhranie..... | 19 |
| 2.14 Audio vstup a výstup..... | 20 |
| 2.15 Napájanie..... | 21 |
| REFERENCIE | 23 |

1 Analýza požiadaviek a špecifikácia riešenia

V prvom rade je vývojová doska určená na pedagogické účely. Vlastnú dosku je nutné rozvrhnúť s ohľadom na možnosti programovania. To znamená istú časť periférií pripraviť pre jednoduchú komunikáciu, najlepšie priame paralelne pripojenie. Väčšina ostatných periférií bude pripojená na SCI. Priamo pripojené by mali byť LED diódy, klávesnica, 7-segmentový display. K týmto častiam sme pridali ešte LCD displej, ktorý vyžaduje paralelných 8 bitov na vkladanie hodnôt. Ako dátovú zbernicu použijeme port *P4* a pre riadiace signály port *P5*. Pre analógové vstupy je potrebné použiť časť portu *P6*, konkrétne použijeme *P6.6* a *P6.7* ako stereo výstup. Tri zvyšné piny portu *P6* použijeme pre riadenie komunikácie na multiplexovanej zbernici portu *P4*. Na MSP430F169 sú k dispozícii dve rozhrania USART. Prvé (USART0) podporuje aj komunikáciu cez I²C a teda naň budú pripojené aj všetky zariadenia I²C. Ten istý port obsluži aj zariadenie SPI, pre tie však je nutné vyhradiť signály CS#. Rozhranie RS232 je typu UART, bude mu pridelené rozhranie USART1, nakoľko ide o asynchrónne rozhranie nie je možné naň pripojiť ďalšie zariadenie. Keďže zariadenia na I²C nemajú k dispozícii signál CS je nutné tuto zbernicu odpájať v prípade, že sa komunikuje po SPI. Na to posluži signál *P5.7* s príslušnou logikou. Nakoľko porty *P1* a *P2* môžu byť zdrojom prerušenia, musia byť všetky vstupné logické signály pripojené na ne. Na port *P1* bude pripojená zbernica pre USB radič. Na porte *P2* budú riadiace signály pre DLP-USB245M a ethernetový radič ENC28J60. Port *P1* bol zvolený pre dáta USB aj preto, že tento modul sa dá vybrať a tak celý port *P1* a polovicu *P2* môžeme použiť aj pre iné externé zariadenie. Predošle uvedené skutočnosti budú vyžadovať dve rôzne napájacie napätia, konkrétne 3.3V a 5V. Tiež bude nutné oddeliť analógovú a digitálnu zem aj napájanie hodnoty 3.3V. Znamená to mať dva typy zeme a tri napájacie napätia, z toho 2 digitálne.

Vlastný návrh PCB bude realizovaný na 4-vrstvej doske, nakoľko bude snaha minimalizovať veľkosť prípravku.

2 Opis a funkcia hlavných častí vývojovej dosky

Keďže navrhované zariadenie je určené na výučbu zahrňuje toto väčší počet periférií a rozhraní. Na doske je osadený mikroradič MSP430F169.

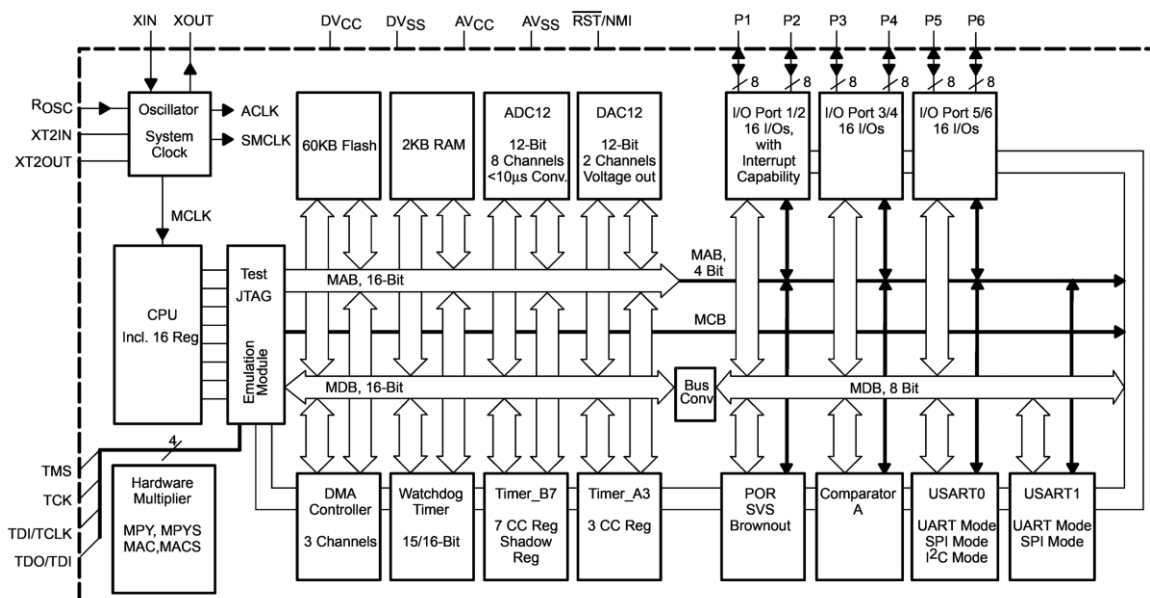
2.1 Vybavenie vývojovej dosky

- J-TAG
- 4x4 klávesnicou
- Displejom 4x7seg
- LCD displejom 2x16 znakov s podsvietením
- Bargrafom zloženým z 8 LED
- Na rozhranie I²C sú pripojené zariadenia
- Senzor teploty (MCP9801)
- Hodiny reálneho času s pamäťou 240 x 8bit (PCF8583C)
- Statická RAM 256 x 8bit (PCF8570)
- 256 x 8-bit CMOS EEPROM (PCF8582C-2)
- 8-bitový expander I/O portov s pripojenými LED (PCF8574)
- Konektor na pripojenie ďalších zariadení
- Rozhraním SPI s vyvedeným konektorom
- 16MB FLASH pamäť s rozhraním SPI (AT45DB161D)
- Rozhranie RS232 zabezpečené obvodom MAX3221
- USB rozhranie (DLP-USB245M)
- Rozhranie ethernet pripojené cez SPI (ENC28J60)
- Audio vstupy a výstupy (stereo IN, mic IN a stereo OUT)

Na obrázku 2.1 je vyobrazené rozloženie dôležitých súčasti na vývojovej doske.

2.2 MSP430F169

MSP430F169 [3] obsahuje 16-bitový procesor s jadrom RISC. Architektúra je optimalizovaná na vysoký výpočtový výkon, bez zbytočných komunikačných ciest. Takmer všetka komunikácia prebieha po adresnej a dátovej zbernici. Výhodou je nízka spotreba a veľký počet módov s nízkym príkonom.



Obr. 2.2 Architektúra MSP430F169

MSP430F169 nepresiahne odber 6mA, ani keď všetky jeho súčasti pracujú na plný výkon. Ako je vidieť z obr. 2.2 obsahuje aj hardvérovú násobičku, čo dovoľuje použiť MSP430 aj na spracovanie signálov s nižšou frekvenciou (napr. v medicínskych aplikáciách). Implementovaných je 12 multiplexovaných A/D prevodníkov a dva D/A prevodníky. K dispozícii je šesť 8-bitových I/O portov multiplexovaných s perifériami. Prvé dva porty môžu slúžiť aj ako zdroje prerušenia. V prípade vývojovej dosky je prvý port a časť druhého použité pre USB. V prípade jeho odpojenia sú k dispozícii pre externé zariadenie. Dva ďalšie piny sú priamo pripojené na radič ethernetu. MSP430 je vybavený dvoma sériovými rozhraniami USART pričom obe podporujú SPI a UART. Prvé podporuje aj I²C. Za zmienku stojí aj niekoľko zdrojov hodinových impulzov. Súčasťou je aj watchdog, a dva časovače s viacerými úrovňami.

MSP430F169 je optimalizovaný pre programovanie vo vyšších programovacích jazykoch, nakoľko má zredukovanú inštrukčnú sadu na 27 inštrukcií s pokročilými možnosťami adresovania. Podrobnejší opis funkcií a nastavenia je uvedený v užívateľskom manuály [4].

2.2.1 Pripojenie pinov mikroradiča

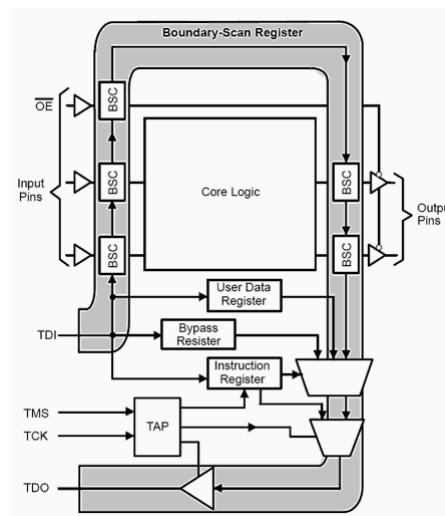
| Meno (číslo) | pinu | Funkcia pinu* | Pripojené zariadenie** |
|--------------|------|----------------------------|----------------------------------------------------------|
| P1.0 (12) | | P1.0/TACLK | DLP-USB245M – D0 |
| P1.1 (13) | | P1.1/TA0 | DLP-USB245M – D1 |
| P1.2 (14) | | P1.2/TA1 | DLP-USB245M – D2 |
| P1.3 (15) | | P1.0/TA2 | DLP-USB245M – D3 |
| P1.4 (16) | | P1.0/SMCLK | DLP-USB245M – D4 |
| P1.5 (17) | | P1.0/TA0 | DLP-USB245M – D5 |
| P1.6 (18) | | P1.0/TA1 | DLP-USB245M – D6 |
| P1.7 (19) | | P1.0/TA2 | DLP-USB245M – D7 |
| P2.0 (20) | | P2.0/ACLK | DLP-USB245M – RD |
| P2.1 (21) | | P2.1/TAINCLK | DLP-USB245M – WR |
| P2.2 (22) | | P2.2/CAOUT/TA0 | DLP-USB245M – TXE |
| P2.3 (23) | | P2.3/CA0/TA1 | DLP-USB245M – RXF |
| P2.4 (24) | | P2.4/CA1/TA2 | ENC28J60 – INT |
| P2.5 (25) | | P2.5/ROSC | ENC28J60 – WOL |
| P2.6 (26) | | P2.6/ADC12CLK/DMAE0 | ENC28J60 – CS |
| P2.7 (27) | | P2.7/TA0 | ENC28J60 – RESET |
| P3.0 (28) | | P3.0/STE0 | AT45DB161D – CS |
| P3.1 (29) | | P3.1/SIMO0/SDA | AT45DB161D – SI / I ² C SDA/ ENC28J60 – SI |
| P3.2 (30) | | P3.2/SOMI0 | AT45DB161D – SO / ENC28J60 – SO |
| P3.3 (31) | | P3.3/UCLK0/SCL | AT45DB161D – SCK / I ² C SCL / ENC28J60 – SCK |
| P3.4 (32) | | P3.4/UTXD0 | AT45DB161D – RESET |
| P3.5 (33) | | P3.5/URXD0 | MAX3221 – INVALID |
| P3.6 (34) | | P3.6/UTXD1 | MAX3221 – T1IN |
| P3.7 (35) | | P3.7/URXD1 | MAX3221 – R1OUT |
| P4.0 (36) | | P4.0/TB0 | LCD, 7SEG, LED, KLAVESNICA |
| P4.1 (37) | | P4.1/TB1 | LCD, 7SEG, LED, KLAVESNICA |
| P4.2 (38) | | P4.2/TB2 | LCD, 7SEG, LED, KLAVESNICA |
| P4.3 (39) | | P4.3/TB3 | LCD, 7SEG, LED, KLAVESNICA |
| P4.4 (40) | | P4.4/TB4 | LCD, 7SEG, LED, KLAVESNICA |
| P4.5 (41) | | P4.5/TB5 | LCD, 7SEG, LED, KLAVESNICA |
| P4.6 (42) | | P4.6/TB6 | LCD, 7SEG, LED, KLAVESNICA |
| P4.7 (43) | | P4.7/TBCLK | LCD, 7SEG, LED, KLAVESNICA |
| P5.0 (44) | | P5.0/STE1 | LCD – RS |
| P5.1 (45) | | P5.1/SIMO1 | LCD – EN |
| P5.2 (46) | | P5.2/MOSI1 | LCD – LIGHT |
| P5.3 (47) | | P5.3/UCLK1 | 7SEG – LD1 |
| P5.4 (48) | | P5.4/MCLK | 7SEG – LD2 |
| P5.5 (49) | | P5.5/SMCLK | 7SEG – DOTS_A |
| P5.6 (50) | | P5.6/ACLK | 7SEG – DOTS_B |
| P5.7 (51) | | P5.7/TBOOUTH/SVSOUT | 74LVX4066 – Pripojenie I ² C Zbernica |
| P6.0 (59) | | P6.0/A0 | Ľavý kanál stereo IN |
| P6.1 (60) | | P6.1/A1 | Pravý kanál stereo IN |
| P6.2 (61) | | P6.2/A2 | Mikrofón IN |
| P6.3 (2) | | P6.3/A3 | 74LVX573 – LE (riadenie LED(HI)) |
| P6.4 (3) | | P6.4/A4 | 2 x 74LVX4245 – OE (U21,U23) (LCD a 7SEG) |
| P6.5 (4) | | P6.5/A5 | 74LV541 – OE (aktivovanie klávesnice(LO)) |
| P6.6 (5) | | P6.6/A6/DAC0 | Pravý kanál OUT |
| P6.7 (6) | | P6.7/A7/DAC1/SCSIN | Ľavý kanál OUT |

* hrubo je vyznačená funkcia použitá na vývojovej doske

** pripojené zariadenie a pripojený pin

2.3 J-TAG

Na programovanie a ladenie zdrojového kódu mikroradiča je použité rozhranie JTAG, ktoré sa ku vývojovej doske pripája cez konektor. Ide o rozhranie podľa industriálneho štandardu IEEE Std 1149.1. Toto rozhranie dovoľuje pomocou štyroch vodičov testovať prepojenie medzi obvodmi vybavenými J-TAG. Dva vodiče sú dátové *TDI* a *TDO*, jeden vodič *TCK* pre hodinový signál a vodič *TMS* určujúci funkciu J-TAG. Bunky BSC (boundary-scan cell) slúžia na odchytenie, alebo vloženie hodnoty na jednotlivé piny obvodu. Tak isto je možné krokovat' procesy v obvode, ako aj získavať hodnoty stavových registrov. V našom prípade je možné cez toto rozhranie priamo programovať.



Obr. 2.3 Princípiálne zapojenie J-TAG

2.4 4x4 klávesnica

Na vývojovej doske je umiestnená klávesnica so 16 klávesmi usporiadanými do matice. Vďaka obvodu 74LV541 je možné pripojiť klávesnicu ku zbernici. Po nastavení *P6.4* na úroveň *LO* je pripojená klávesnica ku zbernici na port *P4*. Spodné 4 bity sú pripojené na riadky klávesnica a horné 4 bity sú pripojené na stĺpce.

| | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|-----|-----|-----|-----|
| 0 | "0" | "1" | "2" | "3" |
| 1 | "4" | "5" | "6" | "7" |
| 2 | "8" | "9" | "A" | "B" |
| 3 | "C" | "D" | "E" | "F" |

2.5 Displej 4x 7-SEGMENT

Privedením nízkej úrovne na *P6.4#* sa aktivujú obvody ovládajúce LCD display ako aj sedem-segmentový displej. Brána *P4* je spoločná dátová zbernica pre obe zariadenia. Určenie príslušnosti dát je zabezpečené portom *P5*. Výpis signálov je v nasledujúcej tabuľke, pričom spodné 4 bity patria LCD a horné 4 bity ovládajú 7-segmentový displej.

Port P5

| <i>I2C_ON/OFF</i> | <i>DOTS_B</i> | <i>DOTS_A</i> | <i>LD2</i> | <i>LD1</i> | <i>LIGHT</i> | <i>EN</i> | <i>RS</i> |
|-------------------|---------------|---------------|------------|------------|--------------|-----------|-----------|
|-------------------|---------------|---------------|------------|------------|--------------|-----------|-----------|

DOTS_B a *DOTS_A* prechádzajú na multiplexor (U24 - 74HCT138) [6] a spínajú jednu zo štyroch desiatinných bodiek displeja. Pričom prvá bodka je vľavo. Signály *LD1* a *LD2* spúšťajú úrovňou HI načítanie dát dekodérmi BCD to 7-segment. Analogicky je rozdelený aj displej na ľavú a pravú časť. *LD1* načítava ľavú časť. Pričom *P4.7-4* tvoria BCD kód pre ľavú číslicu a *P4.3-0* tvoria BCD kód pre pravú číslicu. Číslo 07.12 by sa napísalo ako *P4 = 07h* a $\uparrow LD1$ a po vynulovaní *LD1*

$P4 = 12h$ a $\uparrow LD2$. Zároveň $DOTS_A = 0$ a $DOTS_B = 1$. Na zhasnutie segmentov je potrebné poslať na každý dekodér číslo väčšie ako 9 (napr. FFh). Bodky sú závislé od nepretržitého pripojenia signálov. Odpojenie transformačných obvodov, spôsobí zhasnutie bodiek.

2.6 LCD displej – 2x16 znakov

Na ovládanie LCD sa používa dátová zbernica $P4$ ako aj spodné tri bity $P5$. Význam riadiacich bitov je v predchádzajúcom odstavci. Potenciometer R61 slúži na nastavenie kontrastu LCD. Nakoľko je LCD pripojené cez prekladače napäťových úrovni je možné do neho len zapisovať. Z toho vyplýva, že signál RW bude mať stále úroveň LO . Keďže LCD používa svoj vlastný zdroj hodinových impulzov a nie je možné testovať pripravenosť LCD, je nutné zabezpečiť čakanie medzi inštrukciami. Signál $LIGHT$ spúšťa úrovňou HI podsvietenie LCD

$P5 = "xxxx1xxx"$ rozsvieti podsvietenie LCD.

Organizácia znakovkej pamäte LCD (DDRAM)

| Znak v riadku | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | adresa | |
|---------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--------|--|
| 1. riadok | 00 | 01 | 02 | 03 | 04 | 05 | 06 | 07 | 08 | 09 | 0A | 0B | 0C | 0D | 0E | 0F | | |
| 2. riadok | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 4A | 4B | 4C | 4D | 4E | 4F | | |

Kompletný popis inštrukcií je v technickej špecifikácii [7]. Tu popíšeme, len inicializáciu a postup zapisovania dát do pamäte. Vlastné načítanie dát zo zbernice prebieha pri $\uparrow EN$, signál RS určuje či ide o inštrukciu (LO), alebo o dáta (HI), ktoré sa majú zobrazíť (ďalej znak).

Inštrukcie:

Vymazanie displeja (trvanie spracovania 1.53ms)

| RS | DISP7 | DISP6 | DISP5 | DISP4 | DISP3 | DISP2 | DISP1 | DISP0 |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |

Vymaže displej aj a nastaví sa do pamäte znakov na pozíciu 00h. Na všetky pozície DDRAM zapíše 20h.

Návrat na začiatok (trvanie spracovania 1.53ms)

| RS | DISP7 | DISP6 | DISP5 | DISP4 | DISP3 | DISP2 | DISP1 | DISP0 |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | x |

Nastaví kurzor na začiatok a adresu v DDRAM (AC) na 00h.

Spôsob vkladania znakov (trvanie spracovania 39 μ s)

| RS | DISP7 | DISP6 | DISP5 | DISP4 | DISP3 | DISP2 | DISP1 | DISP0 |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | I/D | SH |

I/D určuje smer posunu kurzora pri zápise znakov "1" – adresa DDRAM sa zväčší o 1, "0" sa zmenší o 1.

SH = "1" v závislosti od I/D sa posúva celý obsah displeja (vhodne pre skrolujúci text)

Displej ON/OFF (trvanie spracovania 39 μ s)

| RS | DISP7 | DISP6 | DISP5 | DISP4 | DISP3 | DISP2 | DISP1 | DISP0 |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | D | C | B |

D – displej ON/OFF “1” – ON

C – kurzor ON/OFF “1” – ON

B – blikanie kurzora “1” – kurzor bliká “0” – kurzor permanentne svieti

Pohyb kurzora a obsahu displeja (trvanie spracovania 39 μ s)

| RS | DISP7 | DISP6 | DISP5 | DISP4 | DISP3 | DISP2 | DISP1 | DISP0 |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | S/C | R/L | x | x |

R/L – smer posunu kurzora, alebo celého displeja

S/C – “1” pohyb celého displeja, “0” pohybuje sa len kurzor (AC sa mení s polohou kurzoru)

Nastavenie módu displeja (trvanie spracovania 39 μ s)

| RS | DISP7 | DISP6 | DISP5 | DISP4 | DISP3 | DISP2 | DISP1 | DISP0 |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0 | 0 | 0 | 1 | DL | N | F | x | x |

DL – “1” 8-bitová zbernica, “0” – 4-bitová zbernica

N – Počet riadkov “1” 2-riadkový mód

F – Typ znakov “0” 5x7 bodov na znak, “1” 5x10 bodov na znak

Nastavenie adresy DDRAM (AC) (trvanie spracovania 39 μ s)

| RS | DISP7 | DISP6 | DISP5 | DISP4 | DISP3 | DISP2 | DISP1 | DISP0 |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0 | 1 | AC6 | AC5 | AC4 | AC3 | AC2 | AC1 | AC0 |

Nastaví adresu podľa tabuľky adres displeja v jednoriadkovom móde sú prístupné adresy až po 4Fh v dvojriadkovom móde je prvý riadok po 2Fh a druhý po 4Fh.

Zápis dát do DDRAM (trvanie spracovania 39 μ s)

| RS | DISP7 | DISP6 | DISP5 | DISP4 | DISP3 | DISP2 | DISP1 | DISP0 |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | D7 | D6 | D5 | D4 | D3 | D2 | D1 | D0 |

Inicializácia displeja (od pripojenia napätia treba počkať 30ms):

- 1) Nastavenie funkcie (39 μ s)
- 2) Displej ON/OFF (39 μ s)
- 3) Vymazanie displeja (1,53ms)
- 4) Spôsob vkladania znakov (39 μ s)

Nakoľko nie je možné sledovať signál *BUSY* LCD displeja, je nutné dodržiavať čakacie časy medzi zápsmi inštrukcií a dát a zväčšiť ich o niekoľko mikrosekúnd. Kompletný popis funkcií a ovládania je v technickej špecifikácii ku DEM16216 SYH [7].

2.7 Bargraf 8 LED

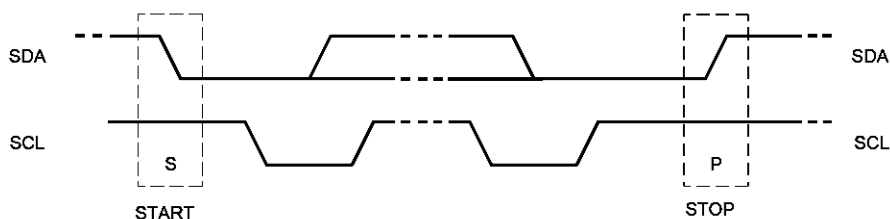
Bargraf je vybavený záchytným registrom (74LVX573). Ovládanie LED sa spúšťa pinom *P6.3*, ktorého aktívna úroveň je HI. Ak je aktivovaný záchytný register, hodnoty sa prenášajú priamo na LED. Pričom LED sa rozsvieti hodnotou nula. Pri $\downarrow P6.3$ posledne hodnoty zostanú zachytené v registri a na LED bude svietiť hodnota posledne poslaná na port *P4* pred $\downarrow P6.3$.

2.8 Zbernica I²C

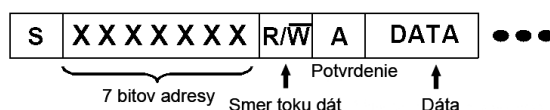
I²C zbernica predstavuje priemyselné dvoj vodičové riešenie komunikácie viacerých zariadení. Túto normu vytvorila firma PHILIPS a je chránená licenciou.

PHILIPS dodáva aj podrobný popis ku celému rozhraniu a jeho možnostiam [5]. V tomto prípade vždy jedno zariadenie riadi komunikáciu na zbernici. Riadenie zbernice sa prideľuje na základe arbitračného protokolu. Teda ak vysielajú naraz dve zariadenia vyhráva to ktoré vyšle "0" v prípade, že druhé sa bude pokúšať vyslať "1". Zbernica I²C je pripojená cez spínač 74LVC4066, nakoľko oba vodiče slúžia zároveň aj zbernici SPI. Pripájanie sa riadi signálom P5.7.

Komunikácia na I²C sa začína 7 bitovou adresou a 1 bitom určujúcim smer nasledujúcich dát. Každý odvysielaný byte musí byť potvrdený prijímacím zariadením (Na SDA vyšle "0"). V prípade, že master je príjemca a končí sa posledný byte, master nechá uvoľnenú linku SDA, ktorá bude mať hodnotu "1". Tým potvrdí koniec dát a následne vygeneruje STOP komunikácie a uvoľní zbernicu. Pre všetky sekvenčné čítania sa odporúča používať počítadlo prenesených bytov, ktoré po prenesení daného počtu bytov automaticky vygeneruje koniec komunikácie. Podrobnejší popis sa nachádza v [5], alebo v ktorejkoľvek z technických špecifikácií [8..10]. Nasledujúce byty sú už dátové a ich počet a charakter je závislý od protokolu daného obvodu. Hodnota na vodiči SDA sa môže meniť, len ak SCL = "0". Výnimku tvorí sekvencia začínajúca a ukončujúca komunikačný rámec.



Obr. 2.5 Začiatok a koniec komunikácie na I²C



Obr. 2.6 Komunikačný rámec zbernice I²C pri 7-bitovom adresovaní

Rozhranie I²C na MSP430F169 má špeciálny register na uloženie adresy zariadenia slave, ako aj vlastnej adresy. Pre vývojovú dosku je určené adresovanie so 7-bitovou adresou. Preto pri správnom nastavení stačí poslať dáta na I²C a rozhranie sa už postará o vlastný prenos. Rozhranie má aj počítadlo vyslaných bytov, čo napomáha zrealizovať automatizovaný prenos väčšieho objemu dát. (viď. [4])

Všetky ďalej uvedené obvody majú maximálnu komunikačnú frekvenciu 100kHz. Pri jej prekročení by nemuseli fungovať správne. (MSP430 podporujú aj vyššie komunikačné rýchlosti.)

2.8.1 Senzor teploty (MCP9801)

Pre potreby vývojovej dosky, je obvod MCP9801 [8] zapojený, len ako teplomer. Schopnosť prerušenia je odpojená, nakoľko nie je pripojený pin ALERT.

Adresa pre komunikáciu je: "1001000". Užívateľovi sú prístupné 4 registre: konfiguračný register, register teploty, register hraničnej teploty a register histerézie. Nakoľko posledne dva sa používajú len v prípade použitia prerušenia, nebudeme sa im ďalej venovať. Aktívny register je daný smerníkom, je nutné ho nastaviť pred zápisom, alebo čítaním. Povolené hodnoty smerníka sú 00h až 03h s nasledovným významom:

- 00h konfiguračný register
- 01h register aktuálnej teploty
- 02h register hraničnej teploty
- 03h register histerezie

Ostatné hodnoty sú určené, pre servis a slúžia na kalibráciu, či iné úkony. Preto sa neodporúča ich nastaviť, nakoľko môže dôjsť ku poškodeniu obvodu. Následne je možné zapisovať, alebo čítať obsah registrov.

- Konfiguračný register (podrobnejší popis vid'. [8])

| | | | | | | | |
|----------|------------|-------|-----------------|-------|--------------------------|---------------------------|----------|
| R/W-0 | R/W-0 | R/W-0 | R/W-0 | R/W-0 | R/W-0 | R/W-0 | R/W-0 |
| One-Shot | Rozlíšenie | | Prevenčia chyba | | Polarita <i>ALERT</i> | Komparator /prerušenie | Vypnutie |

bit 7 - Jednorazové meranie – zapnuté ak je "1" v prípade vypnutia sa pri požiadavke hodnoty teploty jednorázovo spustí prevodník a aktualizuje hodnota registra teploty. Prvotne je nutné aby bol obvod vo vypnutom móde. Je to vhodné pre nízkoprikonové aplikácie.

bit 5-6 - Rozlíšenie $\Sigma\Delta$ -prevodníka "00" – 9 bit

"01" – 10 bit

"10" – 11 bit

"11" – 12 bit

bit 3-4 - Počet prevodov pred nastavením *ALERT* možné hodnoty: 1, 2, 4, 6

bit 2 - Polarita signálu *ALERT*

bit 1 - Mód *ALERT* "1" – prerušenie

"0" – komparátor

bit 0 - Vypnutie – Obvod odpojí všetky nepotrebné súčasti a zníži odber na 1 μ A. V tomto stave pokiaľ nie je zmenená hodnota konfiguračného registra.

- Register teploty

Dáta sú reprezentované v doplnkovom kóde. Pričom horná polovica 16-bitového reprezentuje celočíselnú hodnotu teploty. V závislosti od rozlíšenia dolná polovica reprezentuje desatinnú časť.

Horný byte

| | | | | | | | |
|-----------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| R-0 | R-0 | R-0 | R-0 | R-0 | R-0 | R-0 | R-0 |
| Znamienko | 2 ⁶ | 2 ⁵ | 2 ⁴ | 2 ³ | 2 ² | 2 ¹ | 2 ⁰ |

Dolný byte

| | | | | | | | |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----|-----|-----|-----|
| R-0 | R-0 | R-0 | R-0 | R-0 | R-0 | R-0 | R-0 |
| 2 ⁻¹ | 2 ⁻² | 2 ⁻³ | 2 ⁻⁴ | 0 | 0 | 0 | 0 |

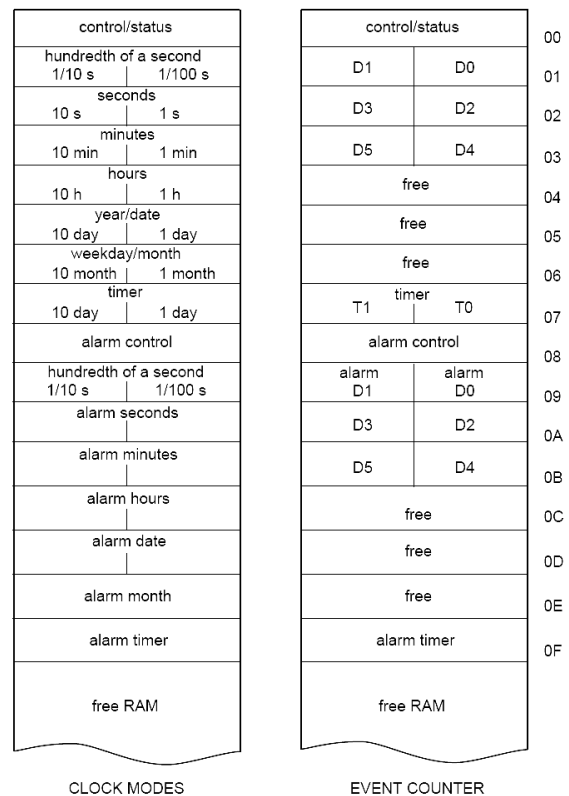
Vlastná komunikácia prebieha nasledovne:

- Čítanie jedného bytu (predpokladá sa správna adresa v registri adresy I²C):
 - I²C vyšle sa pointer

- I²C prijme jeden byte ukončený ako posledný
- Čítanie dvoch bytov (napríklad hodnota registra teploty)
 - I²C pošle pointer (ak ešte nie je nastavený)
 - I²C prijme prvý byte a potvrdí prijatie
 - I²C prijme druhý byte ukončený ako posledný
- Prerušované čítanie vyžaduje pred prvým čítaním nastaviť pointer, avšak pri nasledujúcich čítaniach nie je nutné nastavovať pointer.
- Zápis jedného, alebo dvoch bytov
 Za sebou sa pošlú, ako prvý pointer, za nim jeden, alebo dva byty. V prípade posielania dvoch bytov sa posiela horný byte ako prvý. (MSP430F169 podporuje prenos 16-bitových slov a teda priamo dvoch bytov)

2.8.2 Hodiny reálneho času s pamäťou 240 × 8bit (PCF8583C)

Základ tvorí pamäť RAM 256 × 8bit. Prvých 16 bytov je vyhradených pre funkciu hodín a kalendára. Ostatné byty tvoria 240 × 8bit RAM pamäť. Komunikácia s pamäťou, ako aj s registrami hodnôt je rovnaká ako v prípade statickej pamäte RAM (PCF8570), ktorá je popísaná ďalej. Jediným rozdielom je adresa obvodu: "1010001". Pre potreby vývojovej dosky obvod nemá pripojený pin *INT#*, čo však neobmedzí možnosť použitia alarmu, alebo časovača. Bude však nutné opakovane čítať konfiguračný register a zisťovať hodnotu príznakov. Na Obr. XXX je uvedená organizácia pamäte, v nasledujúcom texte postupne popíšem jednotlivé registre. Výhodou PCF8583C [9] je, reprezentácia hodnôt v BCD kóde.



Obr. 2.7 Organizácia pamäte PCF8583C

- Registre stotín sekúnd, sekúnd, a minút (01h až 03h) sú rozdelené dve na štvorbitové časti, tvoriace jednotlivé číslice reprezentované v BCD kóde.
- Konfiguračný register (00h)

| R/W-0 | R/W-0 | R/W-0 | R/W-0 | R/W-0 | R/W-0 | R/W-0 | R/W-0 |
|----------------------|------------------------------|-------------|-------|-----------|-------------------|---------------|---------------|
| Zastavenie počítania | Zachytenie aktuálnej hodnoty | Funkčný mód | | maskovane | Povolenie funkcie | Príznak ALARM | Príznak TIMER |

| | | | | | | |
|--|--|--|--|-------|--|--|
| | | | | ALARM | | |
|--|--|--|--|-------|--|--|

bit 7 - "1" čas je zastavený a delička frekvencie resetovaná.

bit 6 - ↑1 posledná hodnota je zachytené v záchytných registroch

bit 4-5 - Funkčný mód: "00" hodiny s kryštálom 32,768 kHz

"01" hodiny s taktovacou frekvenciou 50Hz

"10" počítadlo udalosti (event counter)

"11" testovací mód

bit 3 - maskovanie – platí pre registre mesiaca a roku, význam maskovania bude vysvetlený ďalej

bit 2 - Povolenie ALARM – ALARM je aktívny ak je nastavená hodnota "1" v opačnom prípade sú bunky 08h a viac bunkami RAM pamäte.

bit 1 - Príznak ALARM – nastaví sa, keď hodnota hodín sa rovná nastavenej

bit 0 - Príznak TIMER – nastaví sa v závislosti od nastavenia registra alarmu resetuje sa softwarovo.

- Register hodín (04h)

| | | | | | | | |
|---------|-------|----------------|-------|----------------|-------|-------|-------|
| R/W-0 | R/W-0 | R/W-0 | R/W-0 | R/W-0 | R/W-0 | R/W-0 | R/W-0 |
| 24h/12h | AM/PM | desiatky hodín | | jednotky hodín | | | |

bit 7 - "0" 24-hodinový mód AM/PM, sa nemení

"1" 12-hodinový mód AM/PM sa mení každých 12 hodín

- Register dní a roka (05h)

| | | | | | | | |
|----------------------------|-------|--------------|-------|--------------|-------|-------|-------|
| R/W-0 | R/W-0 | R/W-0 | R/W-0 | R/W-0 | R/W-0 | R/W-0 | R/W-1 |
| ROK (0 až 3) 0 – prestupný | | desiatky dní | | jednotky dní | | | |

bit 6-7 - Pokiaľ je maskovací bit "1" sa vždy prečítajú ako "00"

- Register dni v týždni a mesiaca (06h)

| | | | | | | | |
|--------------|-------|------------------|-------|------------------|-------|-------|-------|
| R/W-0 | R/W-0 | R/W-0 | R/W-0 | R/W-0 | R/W-0 | R/W-0 | R/W-1 |
| Deň v týždni | | desiatky mesiaca | | jednotky mesiaca | | | |

bit 5-7 - Pokiaľ je maskovací bit "1" sa vždy prečítajú ako "000"

- Register časovača (07h)

| | | | | | | | |
|----------|-------|-------|-------|----------|-------|-------|-------|
| R/W-0 | R/W-0 | R/W-0 | R/W-0 | R/W-0 | R/W-0 | R/W-0 | R/W-0 |
| desiatky | | | | jednotky | | | |

Priama reprezentácia, je závislá od nastavenia časovača. Počítadlo počíta od nastavenej hodnoty po 99. Prerušenie vyvolá, ak sa napočíta hodnota 99. Čo sa počíta závisí od nastavenia (viď. ďalej).

- Konfiguračný register alarmu

| | | | | | | | |
|-----------------------------|-------|--------------------|----------------|-------|-------------------------------|-------|------------------|
| R/W-0 | R/W-0 | R/W-0 | R/W-0 | R/W-0 | R/W-0 | R/W-0 | R/W-0 |
| povolenie prerušenia alarmu | | povolenie časovača | Funkcia alarmu | | povolenie prerušenia časovača | | funkcia časovača |

- bit 4-5 - Funkcia alarmu "00" – alarm vypnutý
 "01" – kadodenné budenie
 "10" – budenie v daný deň týždňa
 "11" – budenie daný dátum
- bit 0-2 - Funkcia časovača "000" – časovač neaktívny
 "001" – stotiny sekundy
 "010" – sekundy
 "011" – minuty
 "100" – hodiny
 "101" – dni
 "110" – nepoužité
 "111" – zakázané (len pre použitie výrobcom)

Po pripojení napätia sa hodiny automaticky rozbehnú a začnú počítat' v 24-hodinovom móde od času 0:00:00.00 1.1. Na výstupe prerušenia sa objaví 1Hz signál. Odporúča sa zastaviť hodiny pred vložením aktuálneho času.

2.8.3 Statická RAM 256 × 8bit (PCF8570)

Adresa RAM je "1010000". Obvod PCF8570 [10] sa vyznačuje veľmi nízkou spotrebou. Ako bolo spomenuté je nutné ju vložiť do registra adresy modulu I²C. Pamäť podporuje jednotlivé, ako aj sekvenčné čítanie aj zápis:

- Zápis – prvý byte predstavuje adresu v RAM prvého zapisovaného bytu, ostatné byty jedného prenosu sa automaticky ukladajú na ďalšie adresy.
- Čítanie 1 – Najprv master pošle RAM adresu prvého čítaného bytu. Následne reštartuje komunikáciu pre čítanie a číta byty z pamäte (adresa je automaticky inkrementovaná)
- Čítanie 2 – Master priamo číta bez nastavenia adresy prvého bytu. Adresa sa použije, taká, aká bola naposledy použitá a automaticky sa inkrementuje. Adresa sa automaticky inkrementuje aj po poslednom byte.

V prípade pretečenia adresy začne pamäť zapisovať znovu od začiatku.

2.8.4 256 × 8-bit CMOS EEPROM (PCF8582C-2)

Adresa EEPROM je "1010111". Naprogramovanie vlastnej pamäte prebieha až po ukončení komunikácie. Na každý jeden byte trvá zápis 10ms. V prípade stránkového zápisu sa tento čas skráti na 3,5ms na jeden byte. Plus vymazanie bloku pamäte, čo trvá asi 3,5ms. Stránkový zápis vyžaduje zápis 8 bytov naraz. Počas zápisu zariadenie nereaguje na pokus o komunikáciu a nepotvrdí vyslanie vlastnej adresy.

- Zápis bytu, alebo slova – Prvý prenesený byte po adrese je adresa prvého zapisovaného bytu. Za ním nasleduje jeden, alebo dva byty.

- Zápis stránky bytov – Prenos je analogický zápisu jedného bytu, avšak master vyšle 8 bytov. Po ukončení komunikácie prebehne zápis. V prípade, že by master posielal ďalšie byty a po ôsmom neukončil komunikáciu PCF8582C-2 nebude ďalšie byty potvrdzovať. Dôsledkom čoho bude ignorovanie celého prenosu a dáta sa nezapíšu.
- Čítanie 1 – Najprv master pošle EEPROM adresu prvého čítaného bytu. Následne reštartuje komunikáciu pre čítanie a číta byty z pamäte
- Čítanie 2 – Master priamo číta bez nastavenia adresy prvého bytu. Použije sa adresa, ktorá zostala nastavená po poslednej komunikácii. Adresa sa automaticky inkrementuje aj po poslednom byte.

2.8.5 8-bitový expander I/O portov s pripojenými LED (PCF8574)

Ide o obojsmerný expandér, v našom prípade je použitý len ako výstupný a pin *int#* nie je pripojený, aby mohol signalizovať zmenu na porte. Adresa expandéra pre I2C komunikáciu je "010000". Na vývojovej doske je naň pripojený prevodník úrovni a následne LED, ktoré sa rozsvetujú nízkou úrovňou. Po pripojení napätia majú všetky výstupy hodnotu "1". Z dôvodu využitia 5V napájania je medzi LED a expandér zaradený prekladač úrovni 74LVX573.

Zápis na port prebieha následne po prijatí celého bytu a jeho potvrdení. Dáta sa dajú poslať aj jednorázovo, alebo sa dajú posielat' nepretržite v jednom komunikačnom bloku. Ako u všetkých I²C zariadení je nutné najprv nastaviť adresu v príslušnom registri MSP430F169. V technickej špecifikácii PCF8574 [12] je uvedený podrobný popis funkcií a možnosti obvodu.

2.9 Rozhranie RS-232

Toto rozhranie je realizované pomocou obvodu MAX3221 [13] pripojeného na UART piny mikroradiča. Ide vlastne o prevodník úrovni. MAX3221 je vybavený automatickým vypínaním v prípade nepripojenia iného zariadenia na RS-232 čo v danom prípade zabezpečí spotrebu menšiu ako 1μA. Signál INVALID indikuje úrovňou HI prítomnosť druhého zariadenia na zbernici. Z tohto dôvodu by mal byť pin *P3.5* nastavený ako vstup.

2.10 USB rozhranie

USB je zabezpečené pomocou modulu DLP-USB245M [14]. Ide o zásobník FIFO s paralelným 8-bitovým prístupom. Pomocou signálu WR (aktívna úroveň HI) je možné zapisovať jeden byte do zásobníka. To je možné robiť, pokiaľ je *TXE#* = LO. V prípade, že *TXE#* = HI je 384 úrovňový zásobník plný a treba počkať pokiaľ modul neodošle aspoň časť dát a *TXE* neklesne na LO. Analogicky funguje

čítanie, kde *RXF#* signalizuje úrovňou LO prítomnosť aspoň jedného bytu v 128 bytovom zásobníku prijímača. Na čítanie sa používa signál *RD#*. Po $\downarrow RD\#$ vloží modul na dátové piny portu P1 hodnotu zo zásobníka. Po $\uparrow RD\#$ sa pripraví ďalšie dáta ak sú v zásobníku na prečítanie.

Ku modulu sa dodávajú aj ovládače pre obsluhu zariadenia pomocou PC. Pre jeho použitie nie je nutné podrobne poznať rozhranie USB, nakoľko modul obstará všetku komunikáciu a prenos dát. V ideálnom prípade je možné dosiahnuť prenosovú rýchlosť, až 1MB/s. Keďže signály *RXF#* a *TXE#* sú pripojené na port P2 je možné ich využiť ako zdroje prerušenia a teda môže prebiehať plne automatická komunikácia, bez nutnosti programovo kontrolovať stav signálu *RXF#*.

Na PC sa modul bude javiť ako virtuálne COM zariadenie. Ovládače podporujú väčšinu používaných operačných systémov. Pre systémy Windows existujú USB ovládače využiteľné priamo pri vývoji softvéru.

2.11 Rozhranie SPI

Na doske je vyvedený 7-pinový konektor pre pripojenie zariadení na rozhranie SPI. Vlastná realizácia rozhrania je zabezpečená mikroradičom. Nakoľko je zapojený paralelne ku vstupom pamäte je nutné zabezpečiť, aby pamäť nebola ovplyvnená činnosťou na zbernici SPI. Dá sa však použiť na externú komunikáciu s pamäťou. V opačnom prípade neodporúčam používať pripojené signály *RESET* a *CS*.

2.12 16-megabitová DataFlash

Pamäť je pripojená cez rozhranie SPI (podporuje módy 0 a 3 pre všetky operačné módy). 17 301 504 bitov je organizovaných na 4096 stránkach po 528bytov. AT45DB161 obsahuje dva SRAM buffre, ktoré zabezpečujú komunikáciu počas zápisu a čítania z hlavnej pamäte.

Bežná operácia sa začína poslaním minimálne štyroch bytov. 1. byte je operačný kód, určujúci nasledujúcu operáciu. Ďalšie tri byty tvoria požadovanú adresu (v závislosti od operácie). Pred začiatkom vysielania je nutné aby $\downarrow CS\#$. Niektoré operácie sa začnú vykonávať, až s $\uparrow CS\#$. V nasledujúcej časti ukážeme niekoľko príkladov operácií, ostatne sú popísané v príslušnej špecifikácii.

- Zápis do bufferu

Operačný kód pre zápis do bufferu 1 je 84h, pre zápis do bufferu 2 je 87h. Za ním nasleduje 14 nepodstatných bitov a 10 bitov adresy (BFA9 - BFA0). Adresa určuje kam sa v buffere zapíše prvý byte. Byty sa budú potom zapisovať nepretržite až po koniec bufferu a následne znovu od začiatku. Zápis je ukončený až $\uparrow CS\#$.

- Mazanie bloku pamäte

Operačný kód pre vymazanie bloku pamäte je 50h nasledovaný dvoma rezervovanými bitmi, deviatimi adresnými (PA11 - PA3) určujúcimi blok pamäte. A 13 nepodstatných bitov. Vymazanie bloku prebehne až po $\uparrow CS\#$.

- Nepretržité čítanie z hlavnej pamäte

Operačný kód je 68h, alebo E8h (V závislosti od módu SPI). Nasleduje 24 bitov adresy. Prvé 2 bity sú rezervované z dôvodu kompatibility so zariadeniami inej kapacity. Ďalších 12 bitov tvorí adresu stránky pamäte. Posledných 10 bitov predstavuje adresu prvého čítaného bufferu. Následne je nutné vyslať ešte 3 nepodstatné byty. Po nich budú na výstup vysúvané požadované dáta. Operácia bude ukončená $\uparrow CS\#$.

Po pripojení a po resete je nastavený ako východzí komunikačný mód SPI, mód 3 (teda neaktívna úroveň SCK je HI). Polaritu SCK si pamäť určuje v momente $\downarrow CS\#$. Ak je počas dobežnej hrany $CS\#$ úroveň SCK LO bude nasledovná komunikácia prebiehať v móde 0. Nakoľko niektoré operácie trvajú dlhšie, je nutné aby systém sledoval *BUSY#* príznak pamäte. Ten je aj vyvedený ako osobitný signál, avšak v našom prípade je nutné ho získať ako súčasť obsahu stavového registra. Na získanie stavového registra slúži operačný kód 57h, alebo D7h. Po vyslaní kódu sa na SOMI okamžite objavia hodnoty stavového registra. Prvý bit je *BUSY#* (ostatné sú popísané v špecifikácii).

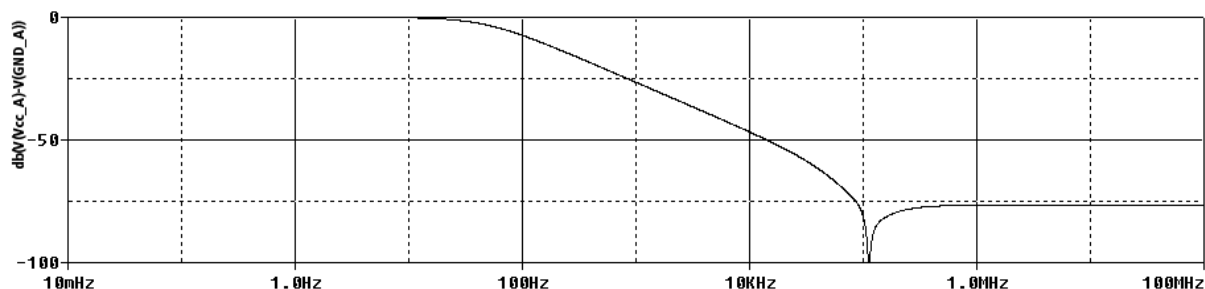
2.13 Ethernetové rozhranie

Ethernetové rozhranie je zabezpečené pomocou obvodu ENC28J60 [16]. Radič zabezpečuje komunikáciu pomocou protokolu IEEE 802.3. Teda zabezpečí vytvorenie ethernetového paketu a jeho odoslanie, ako aj prijatie paketov. Výhodou je aj možnosť preposlania paketu v prípade kolízie. Je schopný filtrovať prichádzajúce pakety a teda prepustiť len tie, ktoré sú požadované. Komunikačný protokol na vyššej ako linkovej úrovni je nutné obslúžiť vlastným mikroradičom. Na čipe je umiestnený 8kB dual port SRAM buffer, pre uloženie prijatých, ako aj vysielaných paketov. Pri inicializácii je nutné ju rozdeliť na časť pre príjem a pre vysielanie. V prípade, že prijaté pakety presiahnu veľkosť pridelenej pamäte začne sa prepisovať od začiatku. Tá istá pamäť sa používa aj na výpočet CRC. V prípade, že CRC je nesprávne je možné automaticky uvoľniť priestor pre ďalšie pakety. Radič je určený pre 10Mb komunikáciu, integruje MAC ako aj 10BASE-T PHY. Tomu je prispôsobené aj rozhranie SPI, ktoré môže dosiahnuť rýchlosť prenosu tiež 10Mb/s. V našom prípade to bude menej, nakoľko mikroradič má taktovanie 8MHz. Teoretická rýchlosť prenosu je 8Mb/s. Pre lepšiu spoluprácu s mikroradičom sú vyvedené dve rôzne prerušenia. Jedno pre zdroje prerušenia pri jednotlivých procesoch *INT#* a druhé označené *WOL#* pre zdroje z prijímača. Druhá možnosť je bežne označovaná ako „wake up on LAN“.

2.14 Audio vstup a výstup

Vývojová doska je vybavená troma analógovými vstupmi z nich jeden je určený na pripojenie elektretového mikrofónu.

Pre napájanie analógových obvodov je nutné vytvoriť osobitné napájanie, ktoré je odvodené od napájania mikroradiča, ale zároveň zbavené vysokofrekvenčného rušenia spôsobeného logickými obvodmi. Na to slúži pasívny obvod (list schémy 6/6). Kondenzátory C106, C107, C120, C121 slúžia ako stabilizácia frekvenčnej a fázovej charakteristiky v oblasti vyšších frekvencií.

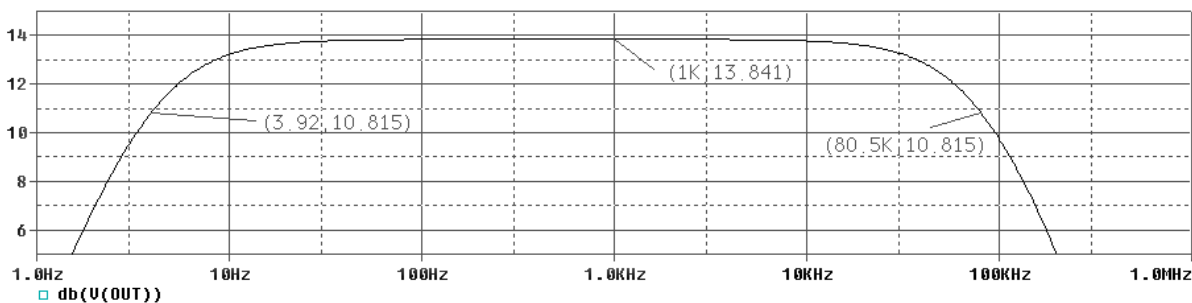


Obr. 2.8 Prenosová frekvenčná charakteristika napätového oddelenia.

Maximálne tlmenie je približne 75dB, avšak stabilné nad 100kHz. Bez použitia uvedených kondenzátorov by bolo tlmenie väčšie, ale v oblasti nad 100kHz fázovo nestabilné.

Stereo vstup má možnosť zmeny rozsahu.

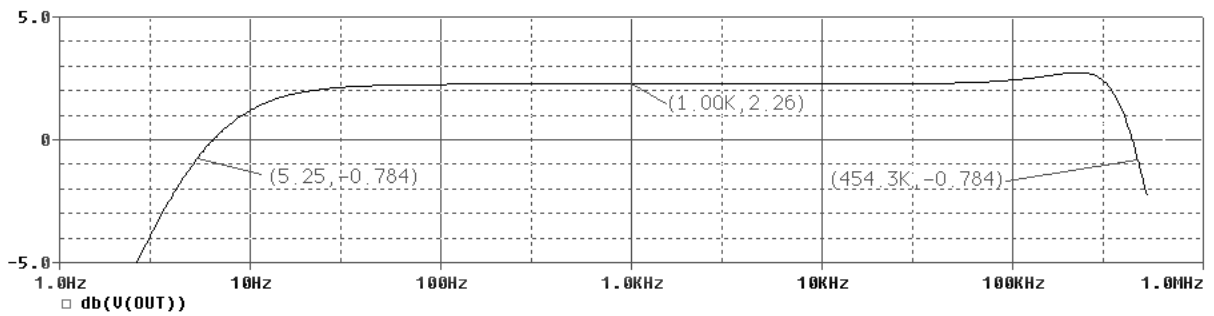
1. rozsah je určený pre vstupný signál s amplitúdou do 0,25V. (SW1 – 1OFF, 2ON).



Obr. 2.9 Frekvenčná charakteristika zosilňovača stereo vstupu pri rozsahu do 0,25V.

Zosilnenie je nastavené na takmer 14dB ako ukazuje obrázok hore.

2. rozsah je určený pre vstupný signál s amplitúdou do 1V (SW1/2 – 1ON, 2OFF)



Obr. 2.10 Frekvenčná charakteristika zosilňovača stereo vstupu pri rozsahu do 0,25V

Zosilnenie je nastavené na takmer 2,26dB ako ukazuje obrázok hore.

Vstup pre elektretový mikrofón, je vybavený dvojstupňovým zosilňovačom a napájaním pre mikrofón.

Na vstupoch A/D prevodníka mikroradiča, ako aj na výstupoch D/A prevodníkov je zaradený antialiasingový filter 10. rádu LTC1580. V našom prípade je možné nastaviť dve rôzne prahové frekvencie. $f_{CUTOFF} = 16kHz \cdot (10k\Omega / R_{EXT})$ kde R_{EXT} predstavuje rezistor R10 (11,26,27,43) v kombinácii s do série zapojeným rezistorom R14 (16,30,32,49), ktorý môže byť premostený pomocou jumpra J4 (5,8,9,13). Z toho vyplývajú obe frekvencie 8kHz, ak jumpre nie sú prepojené a 16kHz ak sa premostí druhý rezistor.

Výstup je realizovaný cez oba D/A prevodníky umiestnene v MSP430 ako stereovýstup. Na výstupe je nízko výkonový stereo zosilňovač TPA6110 s nastaveným zosilnením 2.

Všetky vstupy a výstupy sa dajú odpojiť od mikroradiča pomocou jumpro J1, J3, J6, J7, J10. Tak sa dá pripojiť k mikroradiču aj iný signál, ako audio. Teda môžu analógové vstupy fungovať ako voltmetre do 3,3V.

2.15 Napájanie

Na doske sú vytvorené dva základne rozvody 5 a 3,3V. Z dôvodu väčšieho odberu niektorých súčastí je napájanie a stabilizácia riešená paralelne. Predpokladá sa napájanie adaptérom s napätím 7,5V a maximálnym prúdom 1A. V nasledujúcej tabuľke sú uvedené približné maximálne spotreby jednotlivých obvodov.

| Označenie prvku | Počet obvodov | Spotreba obvodu pre jednotlivé napätia | | Celková spotreba daného typu obvodu | |
|-----------------|---------------|----------------------------------------|----|-------------------------------------|----|
| | | 3,3V | 5V | 3,3V | 5V |
| MSP430F169 | 1 | 8mA | – | 8mA | – |
| 74LVC4066 | 1 | 160µA | – | 160µA | – |
| PCF8570 | 1 | 200µA | – | 200µA | – |
| PCF8582C-2 | 1 | 1mA | – | 1mA | – |
| PCF8574 | 1 | 0,8mA | – | 0,8mA | – |
| PCF8583C | 1 | 200µA | – | 200µA | – |

| | | | | | |
|-------------------|----|-------------------------|-------|---------|---------|
| MCP9801 | 1 | 400µA | – | 400µA | – |
| 74LVX4245 | 4 | 4mA | 2,8mA | 16mA | 11,2mA |
| LED | 16 | – | 7,5mA | – | 120mA |
| AT45DB161D | 1 | 32mA | – | 32mA | – |
| MAX3221 | 1 | 35mA | – | 35mA | – |
| DLP-USB245M | 1 | Napájane z portu USB PC | | – | – |
| 74LVX573 | 1 | 32mA | – | 32mA | – |
| 74LV541 | 1 | 8mA | – | 8mA | – |
| Tlačidlo | 16 | 0,16mA | – | 2,56mA | – |
| DEM16217syh-ly | 1 | – | 100mA | – | 100mA |
| 74HCT138 | 1 | – | 20mA | – | 20mA |
| HEF4543 | 4 | – | 7mA | – | 28mA |
| CA56-11 | 1 | – | 240mA | – | 240mA |
| ENC28J60 | 1 | 250mA | – | 250mA | – |
| OPA2244 | 2 | 140µA | – | 280µA | – |
| LTC1569 | 5 | 5mA | – | 25mA | – |
| TPA6110 | 1 | 3mA | – | 3mA | – |
| Napätové deliče 1 | 4 | 50µA | – | 200µA | – |
| Napätové deliče 2 | 5 | 0,6mA | – | 3mA | – |
| Spolu: | | | | 417,8mA | 519,2mA |

REFERENCIE

- [1] **DOSTÁL, J. *Operační zesilovače***. 1.vyd. Praha : BEN, 2005. ISBN 80-7300-049-0
- [2] **ZÁHLAVA, V. *OrCAD 10***. 1.vyd. Praha : GRADA, 2004. ISBN 80-247-0904-X
- [3] **TEXAS INSTRUMENTS. *MSP430x15x, MSP430x16x, MSP430x161: MIXED SIGNAL MICROCONTROLEL*** [online]. August 2006 [cit. 2006-11-08]. DataSheet. Dostupné na internete: [<http://focus.ti.com/lit/ds/slas368e/slas368e.pdf>](http://focus.ti.com/lit/ds/slas368e/slas368e.pdf)
- [4] **TEXAS INSTRUMENTS. *MSP430x1xx Family User's guide***: [online]. Február 2005 [cit. 2006-11-08]. Dostupné na internete: [<http://www-s.ti.com/sc/psheets/slau049e/slau049e.pdf>](http://www-s.ti.com/sc/psheets/slau049e/slau049e.pdf)
- [5] **PHILIPS SEMICONDUCTORS. *AN10216-01 PC manual*** [online]. April 2004 [cit. 2006-11-08]. Dostupné na internete: [<http://www.nxp.com/acrobat_download/applicationnotes/AN10216_1.pdf>](http://www.nxp.com/acrobat_download/applicationnotes/AN10216_1.pdf)
- [6] **KINGBRIGHT. *14.22mm (0.56INCH) FOU DIGIT NUMERIC DISPLAYS*** [online]. December 2002 [cit. 2006-11-11]. Datasheet. Dostupné na internete: [<http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/156108/KINGBRIGHT/CC56-11EWA.html>](http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/156108/KINGBRIGHT/CC56-11EWA.html)
- [7] **DISPLAY ELEKTRONIK GMBH. *LCD modul DEM 16217 SYH-LY*** [online]. Apríl 2003 [cit. 2006-11-11]. Datasheet. Dostupné na internete: [<http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/118384/ETC/DEM16217SYH.html>](http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/118384/ETC/DEM16217SYH.html)
- [8] **MICROCHIP. *MCP9800/1/2/3: 2-Wire High-Accuracy Temperature Sensor*** [online]. Október 2004 [cit. 2006-11-11]. DataSheet. Dostupné na internete: [<http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/21909b.pdf>](http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/21909b.pdf)
- [9] **PHILIPS SEMICONDUCTORS. *Clock/calendar with 240×8-bit RAM*** [online]. Júl 1997 [cit. 2006-11-11] DataSheet. Dostupné na internete: [<http://www.nxp.com/acrobat/datasheets/PCF8583_5.pdf>](http://www.nxp.com/acrobat/datasheets/PCF8583_5.pdf)
- [10] **PHILIPS SEMICONDUCTORS. *256×8-bit static low-voltage RAM with I2V-bus interface*** [online]. Január 1999 [cit. 2006-11-11] DataSheet. Dostupné na internete: [<http://www.nxp.com/acrobat/datasheets/PCF8570_4.pdf>](http://www.nxp.com/acrobat/datasheets/PCF8570_4.pdf)
- [11] **PHILIPS SEMICONDUCTORS. *256×8-bit CMOS EEPROM with I2V-bus interface*** [online]. Október 2005 [cit. 2006-11-11] DataSheet. Dostupné na internete: [<http://www.nxp.com/acrobat/datasheets/PCF8582C_2-04.pdf>](http://www.nxp.com/acrobat/datasheets/PCF8582C_2-04.pdf)
- [12] **PHILIPS SEMICONDUCTORS. *Remote 8-bit I/O expander for I2C-bus*** [online]. November 2002 [cit. 2006-11-11] DataSheet. Dostupné na internete: [<http://www.nxp.com/acrobat/datasheets/PCF8574_4.pdf>](http://www.nxp.com/acrobat/datasheets/PCF8574_4.pdf)
- [13] **MAXIM. *1µA Supply-Current, True +3V to +5.5V RS-232 Transceivers with AutoShutdown*** [online]. November 2003 [cit. 2006-11-20] DataSheet. Dostupné na internete: [<http://datasheets.maxim-ic.com/en/ds/MAX3221-MAX3243.pdf>](http://datasheets.maxim-ic.com/en/ds/MAX3221-MAX3243.pdf)
- [14] **DLP Design. *DLP-USB245M-G USB to FIFO Parallel Interface Module***

- [online]. Február 2006 [cit. 2006-11-20] DataSheet. Dostupné na internete:
<<http://www.ftdichip.com/Documents/DataSheets/DLP/dlp-usb245m13.pdf>>
- [15] **ATMEL. 16-megabit 2.5 volt or 2.7-volt DataFlash®**
[online]. September 2006 [cit. 2006-11-20] DataSheet. Dostupné na internete:
<http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc3500.pdf >
- [16] **MICROCHIP. Stand-Alone Ethernet Controller with SPI™ Interface**
[online]. November 2004 [cit. 2006-11-20] DataSheet. Dostupné na internete:
<<http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39662a.pdf>>
- [17] **DOSTÁLEK, L., KABELOVÁ, A. Velký průvodce protokoly TCP/IP a systémem DNS** 1.vyd. Praha : Computer Press, 2000. ISBN 80-7556-323-4
- [18] **LINEAR TECHNOLOGY. Linear Phase, DC Accurate, Low Power, 10th Order Lowpass Filter** [online]. Január 2001 [cit. 2006-11-20] DataSheet.
Dostupné na internete:
<<http://www.linear.com/pc/downloadDocument.do?navId=H0,C1,C1154,C1008,C1148,P1949,D2959>>
- [19] **TEXAS INSTRUMENTS. 150-mW Stereo audio power amplifier:**
[online].
September 2004 [cit. 2006-11-20]. Dostupné na internete:
<<http://focus.ti.com/lit/ds/symlink/tpa6110a2.pdf>>
- [20] **BURR-BROWN. MicroPower, Single-Supply Operation Amplifiers:**
[online].
December 1999 [cit. 2006-11-20]. Dostupné na internete:
<<http://focus.ti.com/lit/ds/symlink/opa2244.pdf>>
- [21] **LOJKO, B., CVOPA, M., PINDROCH, O.: Vývojová doska s mikroradičom MSP430F169.** Dokumentácia, FEI STU Bratislava. DSPLAB, december 2006.

Príloha

Obsah prílohy:

- Schémy vývojovej dosky:
 - 1) Analog inputs and outputs
 - 2) Ethernet
 - 3) I2C, SPI, SCI and USB
 - 4) Keyboard, displays and user LEDs
 - 5) Microcontroller and JTAG
 - 6) Power Supply

- Návrh plošného spoja:
 - 1) Vrstva súčiastok - TOP
 - 2) Spodná vrstva - BOT
 - 3) Vrstva napájania - PWR (typu PLANE)
 - 4) Vrstva zeme - GND (typu PLANE)
 - 5) Popis vrstvy TOP pre sieťotlač
 - 6) Popis vrstvy BOT pre sieťotlač