VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV RADIOELEKTRONIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF RADIO ELECTRONICS

ZÁZNAMNÍK PŘENESENÝCH DAT PRO SÉRIOVÉ KOMUNIKAČNÍ LINKY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE TOMÁŠ JANKECH
AUTHOR

BRNO 2013

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV RADIOELEKTRONIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF RADIO ELECTRONICS

ZÁZNAMNÍK PŘENESENÝCH DAT PRO SÉRIOVÉ KOMUNIKAČNÍ LINKY

DATA LOGGER FOR SERIAL COMMUNICATION LINES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE TOMÁŠ JANKECH
AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE Ing. MARTIN DUŠEK
SUPERVISOR

BRNO 2013

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií

Ústav radioelektroniky

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor
Elektronika a sdělovací technika

Student:	Tomáš Jankech	***ID:***	134426
Ročník:	3	***Akademický rok:***	2012/2013

NÁZEV TÉMATU:

Záznamník přenesených dat pro sériové komunikační linky

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Prostudujte metody pro záznam dat ze sériových linek, seznamte se se standardy RS232 a RS485. Navrhněte blokové schéma záznamníku přenosů. Uložené údaje musí obsahovat časové záznamy jednotlivých událostí. Přenos uložených dat do PC realizujte po rozhranní USB. Navrhněte obvodové schéma zařízení, desky plošných spojů a realizujte funkční vzorek záznamníku přenesených dat. Vytvořte obslužný firmware pro mikroprocesor záznamníku a ovládací aplikaci pro PC k analýze zaznamenaných dat. Proveďte experimentální ověření funkce systému.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

[1] FRÝZA, T. Mikroprocesorová technika. Elektronické skriptum. Brno: FEKT, VUT v Brně, 2008.

[2] MATOUŠEK, D. Práce s mikrokontroléry ATMEL AVR. Praha: BEN - technická literatura, 2006.

Termín zadání:	11.2.2013	***Termín odevzdání:***	31.5.2013

Vedoucí práce: Ing. Martin Dušek
Konzultanti bakalářské práce:

prof. Dr. Ing. Zbyněk Raida
Předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

ABSTRAKT

Cieľom bakalárskej práce je realizácia záznamníku dát zo sériových liniek. Práca popisuje základné pojmy pre sériové komunikácie a bližšie sa zaoberá štandardami RS232 a RS485 pre sériovú komunikáciu. Sú v nej popísané najčastejšie spôsoby záznamu vrátane ich použitia v praxi. Bloková schéma navrhovaného záznamníku prenosov je detailne popísaná po jednotlivých blokoch. Ich bližší popis obsahuje prehľad obvodov, s ktorými je možná realizácia bloku a obvodovú schému s použitým obvodom. V ďalších kapitolách sa práca zaoberá popisu návrhu dosky plošných spojov, ovládacej aplikácie pre PC a tvorbe obslužného firmware-u pre mikroprocesor.

KĽÚČOVÉ SLOVÁ

Záznamník, dáta, sériová komunikácia, RS232, RS485, metódy pre záznam, prevodník, ukladanie, prenosová rýchlosť, bitová rýchlosť

ABSTRACT

The aim of bachelor's thesis is the realization of data logger for serial communication lines. This paper describes basic concepts of serial communication and looks more deeply into RS232 and RS485 serial communications standards. It describes usual methods of data recording and their application in practice. Data logger's block diagram is described in detail for each of its parts. Their descriptions contain an overview of circuits, which allows realization of individual blocks and circuit diagram of selected circuit. Following chapters describes design of printed circuit board, control application for PC and firmware for the microcontroller.

.KEYWORDS

Logger, data, serial communication, RS232, RS485, method of logging, converter, saving, baud rate, bit rate, Eagle

JANKECH, T. *Záznamník přenesených dat pro sériové komunikační linky*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2013. 65 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Martin Dušek.

PREHLÁSENIE

Prehlasujem, že svoju Bakalársku prácu na tému Záznamník přenesených dat pro sériové komunikační linky som vypracoval samostatne pod vedením vedúceho semestrálneho projektu a s použitím odbornej literatúry a ďalších informačných zdrojov, ktoré sú všetky citované v práci a uvedené v zozname literatúry na konci práce.

Ako autor uvedenej bakalárskej práce ďalej prehlasujem, že v súvislosti s vytvorením tejto bakalárskej práce som neporušil autorské práva tretích osôb, najmä som nezasiahol nedovoleným spôsobom do cudzích autorských práv osobnostných a/alebo majetkových a som si plne vedomý následkov porušenia ustanovenia S 11 a nasledujúcich autorského zákona č. 121/2000 Sb., o práve autorskom, o právach súvisejúcich s právom autorským a o zmene niektorých zákonov (autorský zákon), vo znení neskorších predpisov, vrátane možných trestnoprávnych dôsledkov vyplývajúcich z ustanovenia časti druhé, hlavy VI. diel 4 Trestného zákonníka č. 40/2009 Sb.

V Brně dňa 29. mája 2013 .....

(podpis autora)

POĎAKOVANIE

Ďakujem vedúcemu bakalárskej práce ing. Martinovi Duškovi za účinnú metodickú, pedagogickú a odbornú pomoc a ďalšie cenné rady pri spracovaní mojej bakalárskej práce.

V Brně dňa 29. mája 2012 .....

(podpis autora)

OBSAH

Zoznam obrázkov vii

Zoznam tabuliek viii

Úvod 1

1 Sériový prenos 2

1.1 Popis prenosu ... 2

1.1.1 Detekcia chýb ... 2

1.1.2 Druh synchronizácie ... 3

1.1.3 Rýchlosť komunikácie ... 4

1.1.4 Smer komunikácie ... 4

1.1.5 Riadenie toku ... 4

2 Rozhranie RS232 5

2.1 Fyzická úroveň RS232 ... 5

2.1.1 Dĺžka vedenia a rýchlosť komunikácie ... 5

2.1.2 Napäťové úrovne ... 5

2.1.3 Zapojenie ... 6

2.2 Úroveň protokolu RS232 ... 7

2.2.1 Prenosový rámec ... 7

3 RS485 8

3.1 Fyzická úroveň RS485 ... 8

3.1.1 Dĺžka vedenia a rýchlosť komunikácie ... 8

3.1.2 Napäťové úrovne ... 9

3.1.3 Zapojenie ... 9

3.1.4 Zakončenie ... 10

3.1.5 Zapojenie najčastejšie používaných káblov ... 11

3.2 Úroveň protokolu ... 11

3.2.1 Adresovanie ... 11

4 Porovnanie RS232 a RS485 12

5 Záznamníky dátových liniek 13

5.1 Spracovanie pomocou pripojeného počítača ... 13

5.1.1 Priame pripojenie počítača 13
5.1.2 Prepojenie cez prevodník 14
5.1.3 Bluetooth 14
5.2 Samostatné záznamníky sériových dát 14
5.2.1 Záznamníky FIFO 14
5.2.2 Záznamníky s pamäťovou kartou 15
5.2.3 Záznamníky bez nutnosti fyzickej obsluhy 16
5.2.4 Viacúčelové záznamníky 16

6 Návrh záznamníku sériového prenosu 17
6.1 Blok „µP“ 17
6.2 Blok „USB/UART“ 19
6.3 Blok „RS485“ 20
6.4 Blok „RS232“ 21
6.5 Blok „Pamäťová karta“ 23
6.6 Napájanie záznamníku 24

7 Návrh dosky plšných spojov 27

8 Ovládacia aplikácia pre pc 29
8.1 Analýza dát 29
8.2 Obsluha záznamníku 29
8.2.1 Možnosť „COM port“ 30
8.2.2 Možnosť „Baudrate“ 32
8.2.3 Možnosť „Erase memory“ 32
8.2.4 Možnosť „Time synchronization“ 33
8.2.5 Možnosť „Disconnect“ 33
8.3 Dátový prevodník 33

9 Firmware pre mikroprocesor 34
9.1 Režim nízkej spotreby (LPM3) 35
9.2 Prenosová rýchlosť 35
9.3 Prerušenie z modulu USCI_A1 (UART USB) 36
9.4 Prerušenie z modulu USCI_A2 alebo USCI_A0 (UART RS485 a RS232) 38
9.5 Zápis na kartu 39
9.5.1 FAT16 39

10 Záver **40**

Literatúra **41**

Zoznam symbolov, veličín a skratiek **43**

Zoznam príloh **44**

ZOZNAM OBRÁZKOV

Obr. 1.1 Všeobecná bloková schéma sériového prenosu 2
Obr. 1.2 Bloková schema pre a) asynchrónny a b) synchrónny prenos [2] 3
Obr. 1.3 Smer toku dát 4
Obr. 2.1Konektory RS232 (prevzaté z [6][7]) 6
Obr. 3.1 Závislosť dĺžky vedenia na prenosovej rýchlosti (prevzaté z [8]) 8
Obr. 3.2 Polo-duplexná komunikácia RS485 10
Obr. 3.3 Plne-duplexná komunikácia RS485 10
Obr. 3.4 Konektory RS485 (prevzaté z [9][7]) 11
Obr. 5.1 Bloková schéma FTP záznamníku (prevzaté z [14]) 16
Obr. 6.1 Bloková schéma dátového záznamníku 17
Obr. 6.2 Schéma zapojenia riadiaceho bloku „µP“ (MSP430F5438AIPZR) [23] 18
Obr. 6.3 Schéma zapojenia bloku „USB/UART“ (FT232RL) 20
Obr. 6.4 Schéma zapojenia bloku „RS485“ (SN65HVD078) 21
Obr. 6.5 Časový priebeh prechodu do módu automatickej úspory energie TRSF3221ECPWR [19] 22
Obr. 6.6 Schéma zapojenia bloku „RS232“ (TRSF3221ECPWR) 23
Obr. 6.7 Schéma zapojenia bloku „Pamäťová karta“ (SN74AVCA406 v zapojení SPI Mode) 24
Obr. 6.8 Bloková schéma napájania záznamníku 24
Obr. 6.9 Schematické zapojenie galvanického oddelenie napájania (ADuM6000) 25
Obr. 6.10 Schematické zapojenie nabíjač batérii (BQ24090) s lineárnym stabilizátorom (TVL70032) a detekciou podpätia batérie (TVL810S) 26
Obr. 7.1 Ukážka rozmiestnenia súčiastok dosky plošných spojov (TOP) 27
Obr. 7.2 Ukážka rozmiestnenia súčiastiek dosky plošných spojov (BOTTOM) 28
Obr. 8.1 Zobrazovanie prenášaných dát 29
Obr. 8.2 Manuálny vyber COM portu a pripojenie k zariadeniu 30
Obr. 8.3 Vývojový diagram pre automatické hladanie portu záznamníka 31
Obr. 8.4 Obrázok upozornenie prenosových rýchlostí 32
Obr. 8.5 Manuálne nastavenie RTC 33
Obr. 9.1 Vývojový diagram firmware pre mikroprocesor 34
Obr. 9.2 Synchronizačná sekvencia pre automatické zistenie prenosovej rýchlosti 36
Obr. 9.3 Vývojový diagram funkcie rtc_set 38

ZOZNAM TABULIEK

Tab. 2.1 Tabuľka používaných modulačných rýchlostí [2][3] 5
Tab. 2.2 Napäťové úrovne RS232 [3] 6
Tab. 2.3 Tabuľka pinov pre konektory RS232 [3] 6
Tab. 3.1 Vplyv kapacity vedenia na rýchlosť prenosu RS485[8] 9
Tab. 3.2 Napäťové úrovne RS485 9
Tab. 4.1 Porovnanie štandardov RS232 a RS485 [2] 12
Tab. 6.1 Tabuľka možných prevodníkov UART/USB 19
Tab. 6.2 Tabuľka vstavaného napäťového regulátora FT232RL [16] 19
Tab. 6.3 Tabuľka možných prevodníkov RS485/UART 21
Tab. 6.4 Tabuľka možných prevodníkov RS232/UART 22

ÚVOD

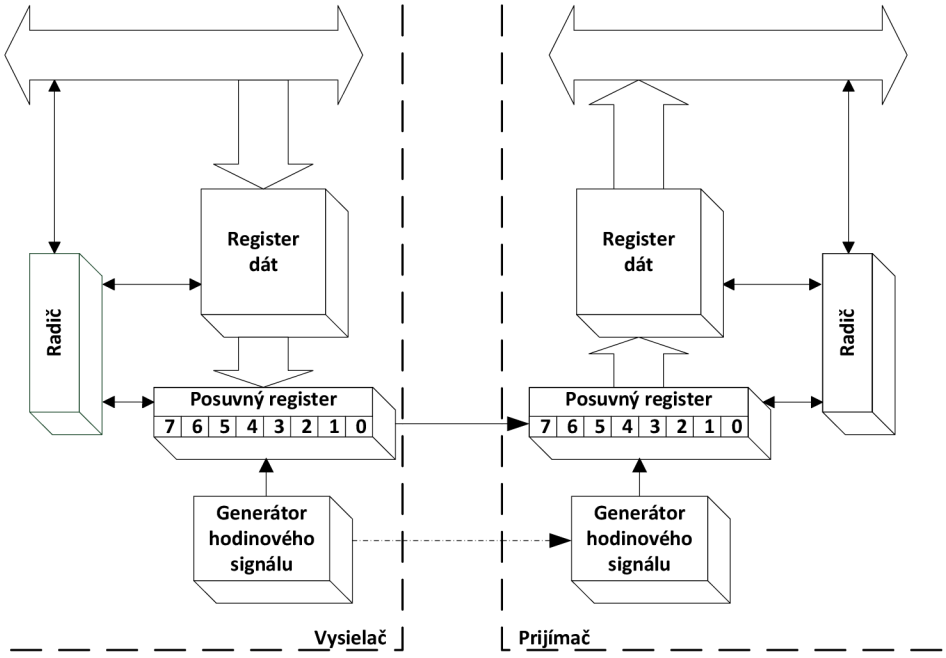
Záznamníky prenesených dát pre sériové komunikačné linky sú zariadenia, ktoré slúžia na zaznamenávanie dát, ich spracovanie posielaných pomocou sériových liniek. Sú to zväčša malé zariadenia, ktoré sa priamo pripájajú na pozorovanú linku. Zachytené dáta môžu sami dekódovať alebo ukladať pre neskoršie spracovanie napríklad po prenesení dát do počítača.

Cieľom práce bolo vytvoriť zariadenie pre záznam prenosu pomocou štandardov RS485 a RS232. Dáta sa nebudú vyhodnocovať priamo v zariadení ale v počítači s príslušným softvérom. Na ukladanie údajov bola ako najvhodnejšie riešenie zvolená SD pamäťová karta. Zaznamenávané dáta budú ukladané vo formáte txt a každý údaj bude obsahovať čas prijatia.

Text semestrálneho projektu je rozdelený na časti popisujúce teóriu sériových liniek, prehľad používaných technológii pri zaznamenávaní sériových liniek a stavbu samotného záznamníku. V kapitole popisujúcej stavbu sú navrhnuté rôzne druhy riešení jednotlivých blokov zariadenia. Ich parametrické porovnania sú spísané do tabuliek. Vybraté riešenie je detailne popísané. Posledné kapitoly sú venované softwarovým riešeniam. V jednej je popísaná aplikácia na rozbor prijatých dát v počítači, jednotlivé jej funkcie. Je priblížený algoritmus komunikácie so zariadením pre jednotlivé príkazy. V kapitole popisujúcej firmware pre mikroprocesor je vysvetlený algoritmus spracovania prijatých dát.

1 SÉRIOVÝ PRENOS

Sériový prenos je jeden z najrozšírenejších spôsobov prenosu. Používa sa v zapojeniach, v ktorých sa nehodí paralelná alebo bezdrôtová komunikácia z dôvodu vysokej ceny alebo odolnosti voči rušeniu. V praxi sa používajú rôzne typy sériových komunikácii napríklad RS232, RS485, RS422, CAN, LAN. Jednotlivé vysielané informácie sa musia najskôr rozložiť na bity, odoslať a následne poskladať späť na vysielanú informáciu (viz Obr 1.1). Aby prijímacie zariadenie vedelo správne rozpoznať posielanú informáciu, musia sa obe zariadenia nastaviť rovnako [1].



Obr. 1.1 Všeobecná bloková schéma sériového prenosu

1.1 Popis prenosu

1.1.1 Detekcia chýb

Možný vznik chýb sa ošetruje pridávaním jedného alebo viacerých bitov. Tie prijímaciemu zariadeniu dávajú vopred dohodnutú informáciu o posielaných dátach, čo mu umožňuje skontrolovať správnosť posielanej informácie (redundance). Každý zabezpečovací bit však zväčšuje objem odosielaného reťazca, čím znižuje prenosový výkon, preto treba voliť optimálny pomer medzi rýchlosťou prenosu a spôsobom zabezpečenia.

Príklady zabezpečenia:

- NONE (Bez parity)
- EVEN parity (párna parita) – súčet jednotkových bitov + paritný bit = párne

číslo

- ODD parity (nepárna parita) – súčet nulových bitov + paritný bit = nepárne číslo
- SPACE parity (nulová parita) – paritný bit je vždy nastavený ako logická úroveň 0 (LOW)
- MARK parity – paritný bit je vždy nastavený ako logická 1 (HIGH)

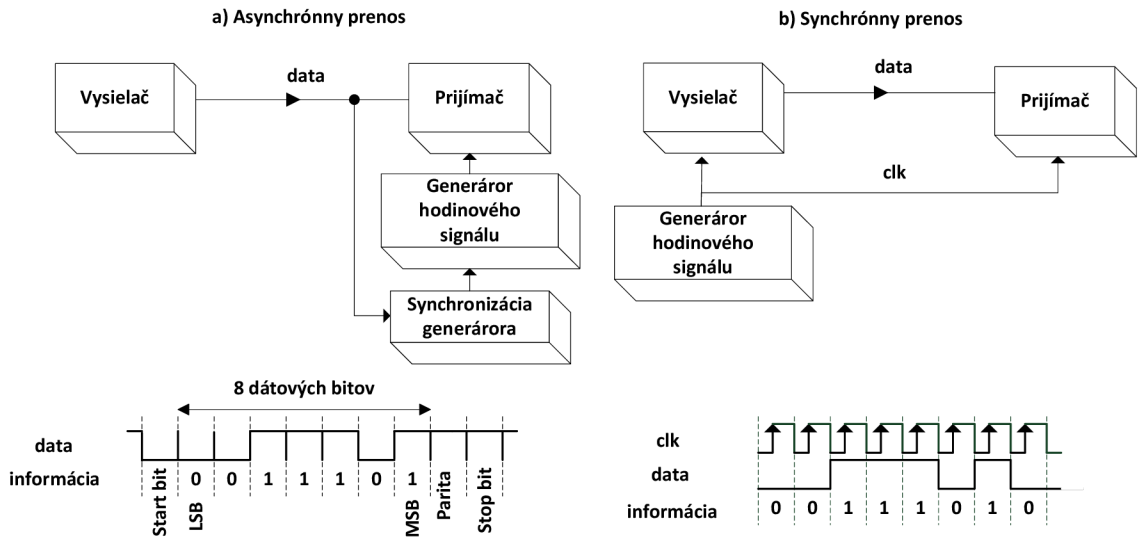
Parity MARK a SPACE sa príliš nevyužívajú na detekciu chýb, väčšie uplatnenie majú pri odstraňovaní rozdielov medzi komunikáciami. Napríklad keď potrebujeme aby 8-bitové zariadenie posielalo 9-bitovú informáciu. [4]

1.1.2 Druh synchronizácie

Z tohto hľadiska poznáme dve metódy odosielania dát (viz Obr. 1.2).

Prvou je synchrónna komunikácia, pri ktorej je odosielajúce a prijímajúce zariadenie synchronizované hodinovým signálom po vodiči CLK, ktorý určuje trvanie jednotlivých bitov. Tento spôsob komunikácie sa v praxi využíva väčšinou pre prenos väčších objemov dát.

Druhou metódou je asynchrónna komunikácia, pri ktorej sa pridávajú značky (bity) na začiatok a koniec dátového prúdu. To umožňuje prijímaciemu zariadeniu detekovať začiatok a koniec prebiehanej komunikácie bez potreby synchronizačného vodiča. Zariadenia majú vlastné hodiny, ktoré si zosynchronizujú pred každým znakom. Pretože je treba tieto hodiny pravidelne synchronizovať, používa sa tento spôsob prenosu najčastejšie na prenos krátkych bitových postupností.



Obr. 1.2 Bloková schema pre a) asynchrónny a b) synchrónny prenos [2]

1.1.3 Rýchlosť komunikácie

Prenosová rýchlosť je rýchlosť prenosu dát medzi dvoma zariadeniami a udáva počet zmien signálu za sekundu v jednotkách Baud [Bd]. Prenosová rýchlosť sa počíta pomocou času medzi prechodmi jednotlivých stavov nasledujúcim vzťahom (1) [1]

$$Prenosová\ rýclosť = \frac{1}{Čas\ medzi\ prechodmi}\ [Bd] \tag{1}$$

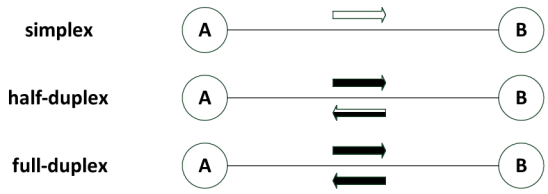
Bitová rýchlosť udáva frekvenciu, s ktorou sa prenášajú jednotlivé bity. Môžeme ju vypočítať pomocou bitovej periódy dosadenej do vzťahu (2) [1]

$$Bitová\ rýchlosť = \frac{1}{T_B}\ [bit/s] \tag{2}$$

1.1.4 Smer komunikácie

Sériový prenos sa z hľadiska smeru komunikácie delí na tri druhy (viz Obr. 13) [5].

- Simplex (jednosmerne): dáta sú prenášané jedným smerom
- Half-duplex (polovičný duplex): Jednotlivé zariadenia sa vymieňajú pri posielaní dát. Pre prenos sa využíva HANDSHAKING (viac 1.1.5)
- Full-duplex (plný duplex), čo znamená, že súčasne môže vysielať aj prijímať dáta. Na vysielanie sa využívajú dve nezávislé linky. Jednu na vysielanie a druhú na príjem dát.



Obr. 1.3 Smer toku dát

1.1.5 Riadenie toku

Riadenie toku, takzvaný HANDSHAKING je správa o potvrdenie príjmu a zahájenia prenosu. Poznáme hardwarový a softwarový handshaking [4].

Z hľadiska smeru prenosu:

- prenos od vysielacieho zariadenia ku prijímaciemu, vysielacie zariadenie oznamuje, že má platné dáta na odoslanie
- prenos od prijímacieho zariadenia ku vysielaciemu, prijímacie zariadenie oznamuje, že je pripravené dáta spracovávať

Z hľadiska prevedenia:

- softwarový, ktorý prebieha na úrovni komunikačných protokolov. Cez dátové vodiče si zariadenia pošlú vyššie uvedené potvrdenia.
- hardwarový, ktorý je realizovaný na fyzickej úrovni samostatným vodičom.

2 ROZHRANIE RS232

RS-232C (posledná verzia štandardu z roku 1969) je dnes najvyužívanejším sériovým rozhraním. Vďačí za to lacnému a ľahko dostupnému hardwaru a jednoduchému komunikačnému protokolu ktorý je už v dnešnej dobe implementovaný do každého mikroprocesoru. RS-232 sa využíva na poit-to-point komunikáciu, čo znamená jeden vysielač, jeden prijímač. Toto rozhranie bolo navrhnuté pre prenos informácii do vzdialenosti 20 m. Tieto parametre ho predurčujú hlavne na použitie pre lokálne prepojenia zariadení [2].

2.1 Fyzická úroveň RS232

2.1.1 Dĺžka vedenia a rýchlosť komunikácie

Štandard RS-232 udáva (pre prenosovú rýchlosť 19200 Bd) maximálnu dĺžku vodičov ako 15 m, prípadne vodiče o dĺžke, ktorá zodpovedá kapacite 2500pF. Pri použití kvalitných vodičov, ktoré zodpovedajú predpísanej kapacite môže dosahovať vzdialenosť prenosu zhuba 50 m.
Maximálna dĺžka vodičov tiež závisí na prenosovej rýchlosti (viz Tab. 2.1). So znižujúcou sa rýchlosťou prenosu stúpa odolnosť voči veľkej kapacite vedenia [2].

Tab. 2.1 Tabuľka používaných modulačných rýchlostí [2][3]

Prenosová rýchlosť [bd = Baud]	Perióda [ms]	Vzdialenosť [m]
50	20	
75	13,3	
110	9,09	
150	6,67	
300	3,33	
600	1,667	
1200	0,833	
2400	0,417	900
4800	0,2083	300
9600	0,10417	150
19200	0,052083	15
38400	0,02604167	

2.1.2 Napäťové úrovne

Signály sú reprezentované napäťovými úrovňami vzhľadom k zemi. Prenos dát je realizovaný pomocou negatívnej logiky. Negatívna logika znamená, že logická úroveň HIGH je reprezentovaná zápornými napäťovými úrovňami a logická úroveň LOW je reprezentovaná kladnými úrovňami napätí. Konkrétne napäťové úrovne pre vysielací obvod a prijímací obvod sú zobrazené v tabuľke Tab. 2.2.

Tab. 2.2 Napäťové úrovne RS232 [3]

Logická úroveň	Vysielač	Prijímač
L	+5V až +15V	+3V až +25V
H	-5V až -15V	-3V až -25V
Nedefinované	-3V až +3V	

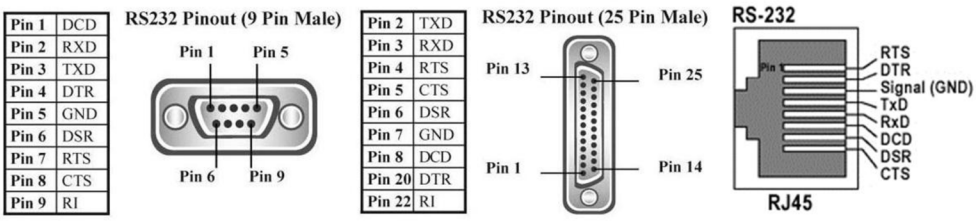
2.1.3 Zapojenie

Tri základné vodiče rozhrania RS232 sú príjem dát (RxD), vysielanie dát (TxD) a zem (GND). Základné vodiče sa dopĺňajú ďalšími vodičmi slúžiacimi na riadenie prenosu. Pre vstup informácii sú to DCD, DSR, CTS, RI a pre výstup DTR, RTS. Ich funkcie sú uvedené v tabuľke 2.3.

V praxi sa využívajú tri typy konektorov pre zapojenia komunikujúce pomocou RS232. Je to buď 9 pinový alebo 25 pinový konektor alebo konektor RJ45 (viz Tab. 2.3).

Tab. 2.3 Tabuľka pinov pre konektory RS232 [3]

Vývod pre 25 pinový konektor	Vývod pre 9 pinový konektor	RJ45	Vstup/ Výstup	Označenie pinu	Funkcia
2	3	6	Výstup	TxD (transmitt data)	Vysielané dáta
3	2	5	Vstup	RxD (recieve data)	Prijímané dáta
4	7	8	Výstup	RTS (request to send)	Požiadavka na vysielanie
5	8	7	Vstup	CTS (clear to send)	Pohotovosť na vysielanie
6	6	-	Vstup	DSR (data set ready)	Pohotovosť DCE (Data Communications Equipment)
7	5	4	-	GND (ground)	Signálová zem
8	1	2	Vstup	DCR (data carrier detector)	Detektor prijatého signálu
20	4	3	Výstup	DTR (data terminal ready)	Pohotovosť DTE (Data Terminal Equipment)
22	9	1	Vstup	RI (ring indicator)	Indikátor volania



Obr. 2.1Konektory RS232 (prevzaté z [6][7])

2.2 Úroveň protokolu RS232

2.2.1 Prenosový rámec

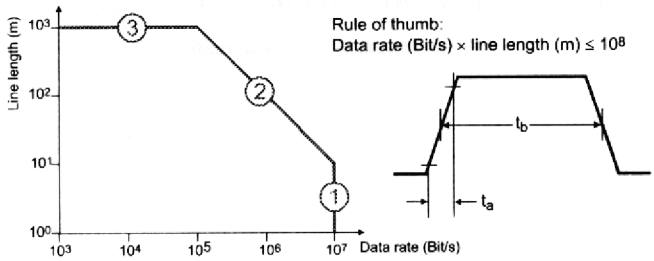
Úplná prenosová skupina bitov. Obsahuje prenášané dáta ,tie sú reprezentované 5 až 9 bitmi zoradenými tak, aby sa prvý posielal bit najmenej významný bit LSB a posledný najvýznamnejší bit MSB, štart bit , stop bit a voliteľná parita. Stop bit je vždy v stave logickej 1. Používa sa jeden, jeden a pol alebo dva paritné bity. Prenosový rámec je minimálna prenášaná skupina bitov obsahujúca synchronizáciu, dáta a voliteľne paritu [4].

3 RS485

RS485 je plnohodnotná priemyselná zbernica pre pripojenie veľkého počtu zariadení.

3.1 Fyzická úroveň RS485

3.1.1 Dĺžka vedenia a rýchlosť komunikácie



Obr. 3.1 Závislosť dĺžky vedenia na prenosovej rýchlosti (prevzaté z [8])

1) Krátke vzdialenosti do 10 m. Vplyv vedenia pri tejto dĺžke môžeme zanedbať takže maximálna rýchlosť je daná dobou trvania nábežných a zostupných hrán výstupných signálov vysielačov. Z grafu na obrázku Obr. 3.1 vidieť, že štandard pre túto dĺžku vedenia predpokladá prenosovú rýchlosť 10 Mbit/s. V pravej časti obrázku je zobrazená časť prenosového protokolu. Trvanie nábežnej hrany je podľa medzinárodnej telekomunikačnej normy ITU-T V.11 musí vyhovovať vzťahu (3)

$$t_a \leq 0{,}1 * t_b \tag{3}$$

Kde t_a predstavuje dobu trvania nábežnej hrany a $t_b$dobu trvania zostupnej hrany. Podľa medzinárodnej normy ISO8482 platí vzťah (4)

$$t_r \leq 0{,}3 * t_b \tag{4}$$

2) Pri vedeniach s dĺžkou nad 10 m sa musí brať v úvahu straty spôsobené kapacitami (viz Tab. 3.1) aj skin efekt, pri ktorom sa prúd začína šíriť po povrchu vodiču. Pre štandardné twistedpair-y (viz kapitola 3.1.3) platí vzťah (5)

$$10^8 > Rýchlosť\ prenosu\ [\mathrm{Mbit/s}] * \mathrm{Dĺžka\ vededenia\ [m]} \tag{5}$$

3) Pre veľmi dlhé vedenia platí, že rýchlosť prenosu je limitovaná ohmickým odporom vedenia. Maximálna dĺžka vedenia teda závisí od jeho odporu, ktorý by nemal presahovať impedanciu vedenia, čiže 100 Ω. Pre štandardné twistedpair-y s priemerom 2 * 0,6 mm majú odpor zhruba 100 Ω /km [8].

Na rýchlosť prenosu má vplyv tiež kapacita vedenia ako je vidieť v tabuľke.

Tab. 3.1 Vplyv kapacity vedenia na rýchlosť prenosu RS485[8]

Maximálna kapacita vedenia [nF]	250	120	60	30	15	0,75	0,5	0,25
Rýchlosť prenosu [Bd]	1200	2400	4800	9600	19200	38400	57600	115200

3.1.2 Napäťové úrovne

RS485 je diferenciálna zbernica. Každý vyslaný signál je poslaný jednou dvojicou vodičov (viac o zapojení viz 3.1.3). Vodiče sú budené v protifáze, čo znamená že výsledná signálová úroveň je vlastne rozdiel medzi vodičmi. Výhodou diferenciálnych rovníc je odstránenie súčtového (aditívneho) rušenia.

RS485 pracuje s menšími napätiami ako RS232, väčšinou je rozdiel medzi vodičmi 2V. Pre správnu funkciu diferenciálneho prijímaču nesme byť rozdielové napätie medzi zemou vysielača a zemou prijímača väčšie ako 7V. V prípade nesplnenia tejto podmienky sa vstupy zahltia a komunikácia sa preruší. Z toho dôvodu je dobré používať na komunikáciu RS485 obvody s galvanickým oddelením.

Jednotlivé napäťové úrovne na vysielacej a prijímacej strane sú definované štandardom RS485 (viz Tab. 3.2) [8].

Tab. 3.2 Napäťové úrovne RS485

Logická úroveň	Vysielač	Prijímač
L	+2V až +6V	+200mV až 6V
H	-2V až -6V	-200mV až -6V
Nedefinované	-200mV až +200mV	

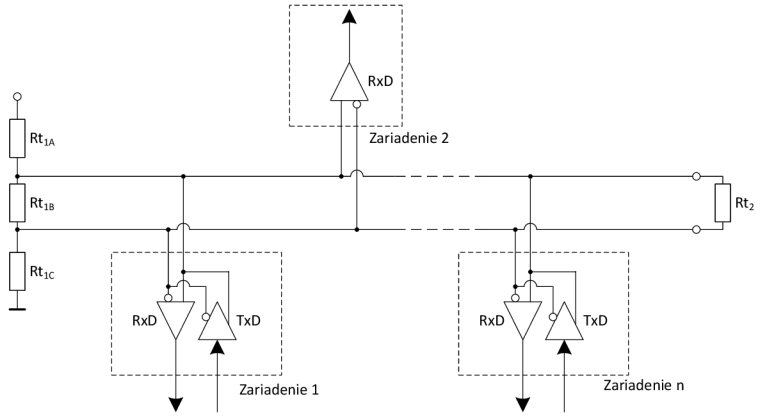
3.1.3 Zapojenie

Na prepojenie zariadení sa používa jeden alebo dva twistedpair-y. Twistedpair je dvojvodičové vedenie, v ktorom sú vodiče zmotané jeden okolo druhého. Vysielače majú špeciálny vstup ENABLE, ktorý umožňuje nastaviť výstupy do stavu vysokej impedancie. Vďaka tomu môžu na jednom twistedpair-u komunikovať viaceré zariadenia.

Jedna linka twistedpairu sa označuje ako A alebo - , vedie invertované napätia (TxD-/RxD-). Druhá linka sa označuje ako B alebo + a vedie neinvertované napätia (TxD+/RxD+).

Single TwistedPair RS485:

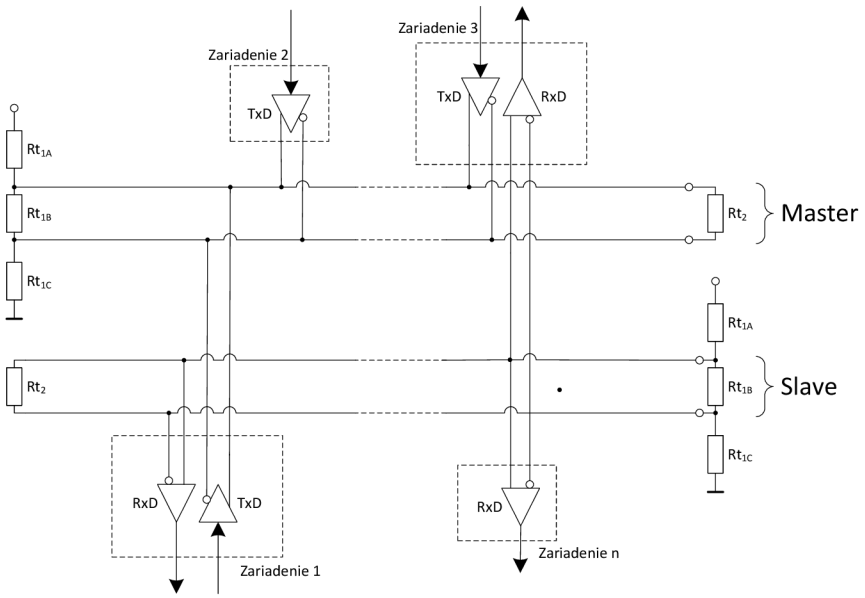
Toto zapojenie používa jeden twistedpair (viz Obr. 3.2). Komunikácia je polo-duplexná, prebieha po jednom vedení oboma smermi. Vyžaduje sa riadenie smeru toku dát.



Obr. 3.2 Polo-duplexná komunikácia RS485

Double TwistedPair RS485:

Toto zapojenie využíva dva páry twistedpair-u (viz Obr 3.3). Veľkou výhodou je, že komunikácia je plne duplexná, preto netreba riešiť prepínanie smerov komunikácie [8].



Obr. 3.3 Plne-duplexná komunikácia RS485

3.1.4 Zakončenie

Štandard EIA-RS 485 (ISO 8482) definuje vstupnú impedanciu obvodu s RS485 na Ri = 12 kΩ. Z toho vyplýva, že na jedno vedenie je možné pripojiť 32 vysielačov, prijímačov, prípadne ich kombinácie. Zakončenie obvodu musí byť riešené terminančným odporom na oboch koncoch. Hlavný dôvod použitia terminančných

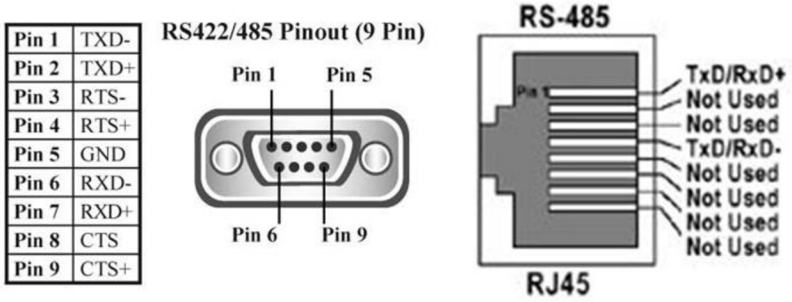
odporov sú odrazy na koncoch vedení, nastavovania úrovní na vedení a podmienky pre minimálne zaťaženie vysielačov.

Keďže pri komunikácii pomocou RS485 nevieme, ktoré zariadenie je prijímacie a ktoré vysielacie pretože komunikácia prebieha obojsmerne, je určovanie hodnoty terminačných odporov náročné. Rieši sa to pripojením 100 Ω terminátoru.

Napríklad pri zmene komunikujúceho zariadenia však môže nastať stav, kedy sú všetky zariadenia vo vysokej impedancii a vďaka terminačným odporom nie je definovaný žiadny stav (diferencia je menšia ako 200mV). V tomto stave ale potrebujeme, aby napätie určovalo kľudový stav (diferencia je menšia ako -200mV). Tento problém sa rieši pomocou hodnôt terminančných odporov [8].

3.1.5 Zapojenie najčastejšie používaných káblov

Pre komunikáciu pomocou RS485 je odporúčaný 9-pinový konektor D-SUB, alebo konektor RJ45. Ich zapojenie je na obrázku Obr. 3.4.



Obr. 3.4 Konektory RS485 (prevzaté z [9][7])

3.2 Úroveň protokolu

3.2.1 Adresovanie

V praxi komunikačné systémy RS485 väčšinou využívajú Master/Slave architektúru. Nadradené zariadenie Master posiela pakety pre podriadené zariadenia Slave-y. Podriadené zariadenia majú každé svoju adresu. Zariadenie teda prijíma iba jemu určené dáta. Podriadené zariadenia nemôžu začínať komunikáciu, tú musí začať jedine nadriadené zariadenie [8].

4 POROVNANIE RS232 A RS485

Nevýhodou RS232 oproti RS485 je obmedzená komunikačná vzdialenosť a malé množstvo pripojiteľných zariadení. Ďalšou nevýhodou je, že zariadenia na RS232 väčšinou nie sú galvanicky oddelené, čo býva problém v priemyslových prostrediach. V takýchto prostrediach je výhodnejšie použiť RS485.

Výhodou RS232 je jednoduchosť tohto protokolu. Vzhľadom na to, že nepotrebuje master/slave protokol je ovládací software jednoduchší. Vďaka tejto výhode našiel štandard RS232 uplatnenie v jednoduchších zariadeniach.

Nespornou výhodou RS485 je komunikácia na veľmi dlhé vzdialenosti a samozrejme aj možnosť pripojenia až 32 zariadení. Ďalšie porovnanie štandardov je v tabuľke 4.1.

Tab. 4.1 Porovnanie štandardov RS232 a RS485 [2]

	RS232	RS485
prepojenie	dvaja účastníci	veľa účastníkov
počet zariadení	1TX/1RX	32TX/32RX
komunikačný mód	plný duplex	plný duplex,polovičný duplex
max. vzdialenosť	15 m pri 19,2Kbps	1200 m pri 100Kbps
max. datová rýchlosť	19,2 kBd pre 15 m	10 MBd pre 15 m
signalizácia	nevyvážený	vyvážený
úroveň log.1 (vysielač)	-5 V min.	2 V min. (B-A)
	-15 V max.	6 V max. (B-A)
úroveň log.0 (vysielač)	5 V min.	2 V min. (A-B)
	15 V max.	6 V max. (A-B)
minimálna vstupová úroveň	+/- 3 V	0,2 V diferencia
Výstupný prúd (skrat)	500 mA *	250 mA

* pre napájanie z PC sú dimenzované na 10 mA

5 ZÁZNAMNÍKY DÁTOVÝCH LINIEK

V praxi sa využíva veľa typov záznamníkov dátových liniek. Líšia sa vyhotovením podľa požiadavkou na spracovanie dát, prístupu k uloženým dátam, dĺžkou záznamu alebo podporovanými prenosovými štandardami.

5.1 Spracovanie pomocou pripojeného počítača

S vhodným softvérom môžeme zaznamenávať prenášané dáta priamo do počítača. Na internete sa dá ľahko vyhľadať príslušný voľne šíriteľný softvér na zaznamenávanie, prípadne spracovanie prijímaných dát.

Americká firma AGGsoftware ponúka na svojich stránkach program Data Logger Suite na monitorovanie a zápis údajov. Tento program je najkomplexnejší softvérový prostriedok na spracovanie informácii z akéhokoľvek zariadenia prepojeného cez RS232, TCP/IP, UDP port alebo OPC rozhranie. Vďaka plnej podpore akéhokoľvek sériového rozhrania je tento program vhodný na monitorovanie pre sériové prenosy. Do programu sa dajú stiahnuť rôzne rozšírenia na prácu s prijatými dátami.

AGGsoftware ponúka rôzne verzie Data Logger Suite líšiace sa množstvom sprístupnených funkcii. Pre záznam dát prenášaných pomocou RS232 alebo RS485 slúži verzia Advanced Serial Data Logger. Rôzne verzie programu sú zdarma stiahnuteľné ako skúšobná verzia.

Skúšobnú verziu je potrebné každé dve hodiny reštartovať a dokáže exportovať len sto záznamov. Najlacnejšia licencia pre túto verziu Advanced Serial Data Logger Lite stojí 50 eur [10].

Pri priamom spracovaní v počítači nám stačí vyriešiť len spôsob, ako poslať dáta do počítača. Vybral som dva najlacnejšie spôsoby, akými sa dá táto problematika riešiť.

5.1.1 Priame pripojenie počítača

Celkovo najjednoduchším spôsobom vytvorenia záznamníku je pripojením komunikácie na port počítača. Pre pol duplexnú komunikáciu sa komunikujúce zariadenia, väčšinou dva počítače sa pripoja ku dvom hlavným konektorom, kontrolný počítač je pripojený ku tretiemu konektoru. Pre plne duplexnú komunikáciu odposluch prebieha pomocou dvoch samostatných konektorov, individuálne pre odchádzajúce a prichádzajúce dáta.

Výhody/nevýhody:
+ jednoduchosť
+ veľmi lacné
- zariadenie nie je galvanicky oddelené
- nutnosť priamo do meraného obvodu pripájať počítač

5.1.2 Prepojenie cez prevodník

Máloktorý z dnes používaných počítačov je dnes vybavených RS232 alebo RS485 vstupom. Preto sa používajú prevodníky, ktoré vytvoria virtuálny sériový port v počítači. Sú pripojené na niektorý z USB.

Výhody/nevýhody:
+ jednoduchosť
+ relatívne lacné riešenie
+ prevodníky môžu zvládať prevod medzi viacerými štandardami
- zariadenie môže byť galvanicky oddelené (vyššia cena)
- nutnosť priamo do meraného obvodu pripájať počítač

5.1.3 Bluetooth

Nie vždy však môžeme ku komunikácii pripájať priamo počítač. Preto sa namiesto neho používajú zariadenia, ktoré dokážu uchovať posielané informácie pre ďalšie spracovanie vo svojej pamäti alebo predoslať ďalej umiestnenému počítaču.

Na posielanie dát sa môže využiť napríklad prenos pomocou bluetooth. Zariadenie s bluetooth vysielačom sa pripojí do obvodu. Dáta, ktoré prúdia cez neho sa ihneď odosielajú do prijímacieho zariadenia – väčšinou počítača, kde sa môžu tieto informácie spracovávať obslužným softvérom.

Výhody/nevýhody:
+ jednoduché vyhotovenie
+ lacné riešenie (lacnejší bluetooth modul stojí okolo 100kč)
+ zariadenie na spracovanie dát nemusí byť umiestnené pri zaznamenávanom prenose
- dosah bluetooth je okolo 10 m, v zastavanom prostredí menej
- vysielaná komunikácia môže byť odpočúvaná

5.2 Samostatné záznamníky sériových dát

V niektorých prípadoch sa spracovanie pomocou počítača nehodí. Preto sa používajú samostatné zariadenia s vlastnou pamäťou. Do pamäte ukladajú prenášané informácie prípadne aj čas, kedy boli prenášané. Uložené dáta sa neskôr dajú poslať do počítaču alebo priamo pozrieť na displeji zariadenia. Existuje množstvo typov vyhotovení takýchto zariadení podľa požiadavkou používateľa. Delia sa podľa metódy prístupu k zaznamenávaným dátam alebo podľa samotného spracovania posielaných dát.

5.2.1 Záznamníky FIFO

Konštrukčne najjednoduchšie záznamníky sú záznamníky typu FIFO. Pracujú v dvoch režimoch. Najskôr sa pripoja na odpočúvanú komunikáciu, po zapnutí ihneď začnú zaznamenávať prebiehajúcu komunikáciu. V tejto činnosti pokračujú až do zaplnenia pamäte alebo vypnutia celého záznamníku. Po nahratí prenosu sa pripoja napríklad na počítač a spustí sa vysielanie nahratých údajov. Zariadenie teda pracuje

ako úschova dát. Výhodou takéhoto záznamníku je jednoduchosť. Na zaznamenávanie dát väčšinou slúži vstavaná pamäť ovládacieho mikroprocesora.

Takýto záznamník ponúka firma Anticyclone Systems pod názvom AntiLog RS232 Serial Data Logger s cenou 123 eur (159 $). Zariadenie má dva stavy, buď zaznamenáva dáta posielané RS232 do vstavanej pamäte alebo rovnakou linkou zaznamenané dáta vysiela. Na spracovanie sériovej komunikácie v počítači odporúčajú program Microsoft HyperTerminal. Najlacnejšia verzia pracuje s napájacím napätím 3,7V, vnútornou pamäťou 256MB a nemá kryt [11].

5.2.2 Záznamníky s pamäťovou kartou

Výhodou záznamníkov s pamäťovou kartou je jednoduché vyčítanie údajov, stačí iba vybrať pamäťovú kartu a pripojiť ju k počítaču.

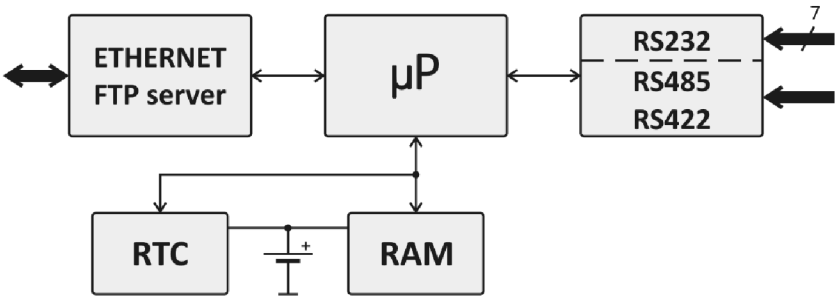
Príkladom takéhoto typu zariadenia je DataBridge™ SDR2-CF od firmy Acumen Instruments. Zariadenie zaznamenáva dáta posielané štandardom RS232 zaznamenáva na pamäťovú kartu. Dĺžku záznamu určuje veľkosť pamäťovej karty, pričom maximálna kapacita môže byť až 64GB. Zaznamenané informácie sa spracovávajú v programe dodávanom ku zariadeniu. Bitová rýchlosť je od 50 do 921600 bps. RS232 sa pripája štandardným 9 pinovým konektorom. Jeho cena aj s obslužným programom a príslušenstvom je 439 eur (570 $) [12].

Podobné, no lacnejšie zariadenie má vo svojej ponuke spoločnosť AVISARO. Zariadenie s názvom Data Logger Box 2.0 využíva na záznam dát USB flash disk alebo SD kartu s maximálnou kapacitou 16 GB. V ponuke sú tri typy zariadení, podľa zaznamenávaného prenosového štandardu buď RS232, RS485 alebo CAN. Typ M21133 zaznamenáva RS232 s prenosovou rýchlosťou od 1200bit/s do 1Mbit/s. RS232 sa pripája štandardným 9 pinovým konektorom. Na určovanie času prenosu má zariadenie vnútorný RTC obvod. Cena je jednotná pre všetky typy rovnaká, 259 eur (336 $) [13].

Tento záznamník sa dá objednať aj vo verzii kedy je miesto pamäťovej karty na záznam dát použité zariadenie pripojené cez vstavaný USB port.

5.2.3 Záznamníky bez nutnosti fyzickej obsluhy

Tento typ záznamníkov je výhodný pokiaľ zaznamenávaný prenos a spracovanie informácii o prenose sú od seba vzdialené a nedá sa teda použiť jeden z vyššie uvedených spôsobov záznamu. Záznamník sa pripojí na odpočúvanú komunikáciu a okrem zaznamenávania prenesených dát plní funkciu prevodníku napríklad do siete Ethernetu (viz Obr. 5.5).



Obr. 5.1 Bloková schéma FTP záznamníku (prevzaté z [14])

Príkladom takéhoto zariadenia je FTP logger od českej firmy Papouch s.r.o Tento záznamník dokáže zaznamenávať komunikáciu štandardov RS232, RS485 alebo RS422. Vnútorná pamäť 1MB slúži ako záloha pre prípad výpadku napájania a dáta sa do nej ukladajú do súborov (jeden uložený súbor môže mať maximálne 500 kB). K uloženým dátam priraďuje časový údaj. Prístup k nim je riešený cez Ethernetové rozhranie a na ich stiahnutie slúži zabezpečený interný FTP server [14].

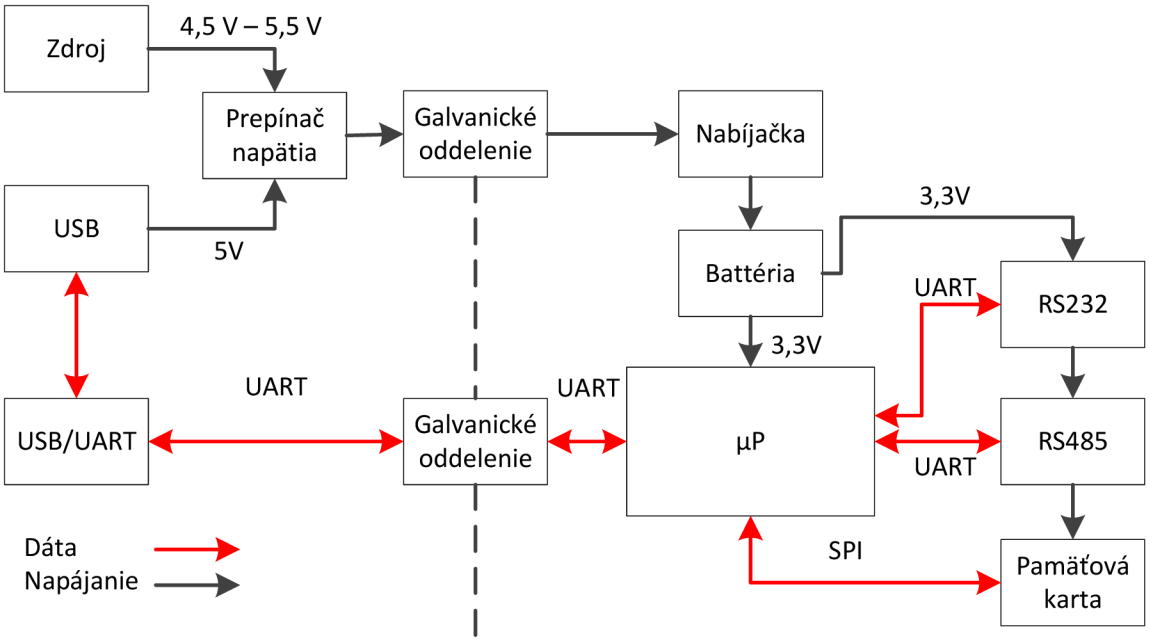
5.2.4 Viacúčelové záznamníky

Viacúčelové záznamníky komplexnejšie zariadenia zvládajúce viac funkcii, napríklad dekódovanie posielaných dát. Príklad spracovania dát priamo v záznamníku môže byť napríklad pri zaznamenávaní komunikácie s teplotným senzorom. Vtedy sú prijaté dáta dekódované na údaje o teplote a vypísané na displeji. Takéto zariadenia sa hodia do prevádzok, kde je potrebné zaznamenávať viac druhov komunikácii pomocou rôznych protokolov napríklad v laboratóriách alebo vývojových strediskách.

Takéto zariadenia ponúka firma Ajinkya Electronic Systems. Jedným z nich je IM 2000 Series - Data Loggers. Zariadenia sa radí medzi univerzálne vstupné skenery, dátové záznamníky. Dokáže zaznamenávať grafické údaje, dáta o teplote, vlhkosti, tlaku. Dokáže zaznamenávať sériovú komunikáciu, bezdátovo prenášané dáta alebo aj dáta posielané pomocou štandardu USB. Záznamenané dáta ukladá buď na vstavanú pamäť alebo na USB flash disk. IM 2000 Series komunikuje so štandardmi RS232, RS485, USB, Ethernet TCP/IP [15].

6 NÁVRH ZÁZNAMNÍKU SÉRIOVÉHO PRENOSU

Samotné zariadenie pozostáva z niekoľkých blokov (viz Obr.6.1). Každý z blokov má svoju úlohu ktorou prispieva k chodu zariadenia. S blokmi „USB/UART“, „RS485“ a „RS232“ komunikuje hlavný riadiaci blok „µP“ pomocou UART-u, takže sú prepojené dvomi vodičmi (RxD, TxD a zemou). Okrem tohto prepojenia sú medzi blokmi doplnkové prepojenia, ktoré slúžia k presnejšiemu ovládaniu periférii. Blok „Pamäťová karta“ komunikuje pomocou SPI. Zariadenie je navrhnuté tak, aby posielané údaje bolo schopné ukladať do pamäte pre neskoršie spracovanie v počítači. Bloky pracujú s napájacím napätím 3,3V. Záznamník je prepojiteľný s počítačom, v ktorom sa pomocou obslužného softvéru môže užívateľ analyzovať prijaté dáta. Pre zvýšenie bezpečnosti bolo zariadenie rozdelené na dve galvanicky oddelené časti.



Obr. 6.1 Bloková schéma dátového záznamníku

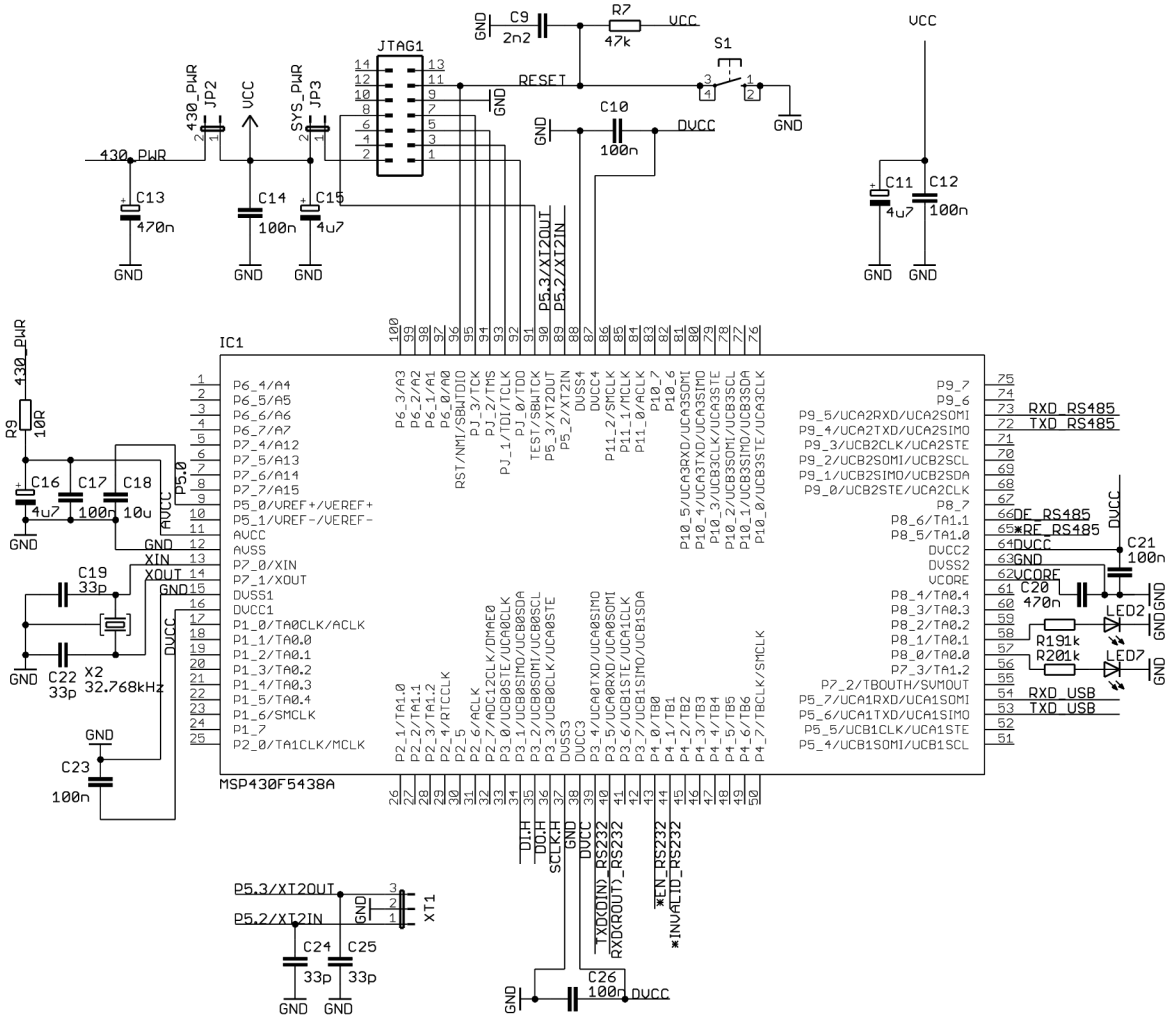
6.1 Blok „µP“

Riadiaci blok „µP“ spája okolité bloky do jedného celku. Tento blok tvorí mikroprocesor s implementovaným UART-om a SPI, ktorý slúži na komunikáciu s okolím. Vhodné je použitie procesoru s malým odberom, pretože záznamník je možné sekundárne napájať z batérie.

Mikroprocesor MSP430F5438AIPZR výrobcu Texas Instruments spĺňa všetky parametre. Patrí do rodiny MSP430 ktorá sa vyznačuje veľmi nízkym odberom čo je ako stvorené pre batériové aplikácie. V aktívnom móde 230µA/MHz pri zapnutých všetkých časovačoch, 3 V napájaní a čítaní programu z flash pamäte. Systémové hodiny sú taktované externým kryštálom s maximálnou frekvenciou 25MHz. Disponuje aj

vnútorným RTC obvodom, takže nemusí byť použité externé zariadenie na určovanie času pri zápise prijímaných informácii. Ďalej obsahuje štyri univerzálne sériové komunikačné rozhrania . Podporuje komunikačné štandardy SPI, I^2C, UART.. Mikroprocesory MSP430F5438A obsahujú 256KB flash, 16KB SRAM [16].

Zapojenie MSP430F5438AIPZR (viz Obr. 6.2) vychádza zo zapojenia experimentálne dosky MSP430F5438 [23]. Obsahuje periférie na obsluhu blokov a je v ňom implementovaný konektor JTAG1 na programátor MSP-FET430UIF. Externý 32,768KHz kryštál bol pridaný pre správne fungovanie vnútorného obvodu RTC.



Obr. 6.2 Schéma zapojenia riadiaceho bloku „µP“ (MSP430F5438AIPZR) [23]

Zo schémy zapojenie je vidieť pripojenie jednotlivých blokov ku mikroprocesoru. Na komunikáciu s blokom „RS232“ je využitý modul sériovej komunikácie USCI_A0 v móde UART. Komunikácia je privedená na piny UCA0TXD (vysielač USCI_A0 v UART móde) a UCA0RXD (prijímač USCI_A1 v UART móde). Pre zaistenie presnejšej činnosti bloku „RS232“ boli pridané spojenia *EN_RS232 a *INVALID_RS232, ktoré sú privedenie k portu P4. Aktuálny stav komunikácie indikuje led dióda LED2.

Blok „RS485“ bol privedený na modul USCI_A2 v móde UART. To znamená, že

na piny UCA2TXD (vysielač USCI_A2 v UART móde) a UCA2RXD (prijímač USCI_A2 v UART móde) boli privedené príslušné vodiče bloku „RS485“. Nastavenie prenosu je ovládané dvomi prídavnými vodičmi DE_RS485 a *RE_RS485 privedenými na port P8. Aktuálny stav komunikácie indikuje led dióda LED7.

Poslednou použitou UART komunikáciou je pripojenie k bloku „USB/UART“ pomocou modulu USCI_A1. Komunikácia je privedená na piny UCA1TXD (vysielač USCI_A1 v UART móde) a UCA1RXD (prijímač USCI_A1 v UART móde).

Komunikácia SPI s blokom „Pamäťová karta“ je zabezpečená modulom USCI_B0. Využité sú piny UCB0SIMO (Slave in, master out USCI_B0 v SPI móde), UCB0SOMI (Slave out, master in USCI_B0 v SPI móde) a UCB0CLK (hodinový signál USCI_B0 v SPI.

6.2 Blok „USB/UART“

Jeho funkcia je prenos zaznamenávaných dát do počítača, zabezpečuje teda prevod medzi UART a USB protokolmi. Vhodné prevodníky má vo svojej ponuke viacero výrobcov (viz Tab. 6.1).

Tab. 6.1 Tabuľka možných prevodníkov UART/USB

Prevodník USB	Výrobca	Napájacie napätie [V]	USB rýchlosť	EEPROM	Ochrana	Cena [$]
CP2102	Silicon Labs	3,3	plná	integrovaná	ESD 30kV	2,25
TUSB3410	Texas Instruments	3,3	plná	externá	ESD ±15kV	2,75
MAX3349E	Maxim Integrated	3 - 3,6	plná	integrovaná	ESD ±15kV	1,41
FT232RL	FTDI	3,3 až 5,25	plná	integrovaná	nemá	6,05

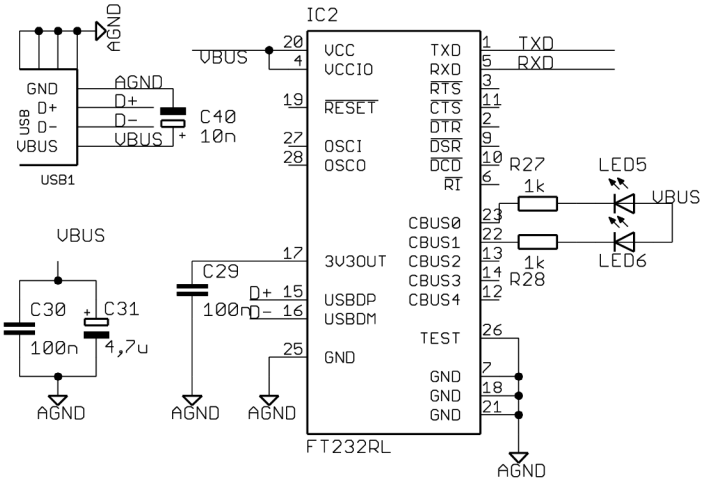
Obvod FT232RL vyrábaný firmou FTDI Chips je jednočipový USB a UART prevodník. Obvod zvláda komunikáciu s 7 alebo 8 dátovými bitmi, 1 až 2 stop bitmi, piatimi typmi parít a prenosovou rýchlosťou od 300 do 3 MBd. Podporuje komunikáciu s počítačom vďaka implementovanému 2.0 USB protokolu. Ovládač virtuálneho COM portu zvláda komunikáciu s operačnými systémami Windows Vista, XP, Server 2003/2000, Mac OS-X/OS-9, Linux. Tiež obsahuje napäťový regulátor z 5V na 3,3V (viz Tab. 6.2).

Tab. 6.2 Tabuľka vstavaného napäťového regulátora FT232RL [16]

Parameter	Minimum	Typicky	Maximum
Vstupný napäťový rozsah [V]	4,0	-	5,25
Výstupné napätie [V]	3,0	3,3	3,6
Prahové napätie pre rozpoznanie pripojeného USB [V]	1,0	1,8	2,9
Prúdový odber [mA]	-	15	-

Interná 1024 bytová EEPROM obsahujúce potrebné dáta k správnemu fungovaniu prevodníku, takže netreba pripájať externú EEPROM. Na 1024 bytovej

EEPROM sa nachádzajú údaje ako identifikačné číslo predajcu, produktu, popisný reťazec výrobku, sériové číslo výrobku. FT232RL nepotrebuje ani externý kryštál čo zjednodušuje zapojenie bloku (viz Obr. 6.3). Schéma zapojenia vychádza z katalógového zapojenia obvodu pre USB/UART rozhranie a bola doplnená o signalizačné diódy slúžiace na indikáciu prenosu dát. [16]



Obr. 6.3 Schéma zapojenia bloku „USB/UART“ (FT232RL)

Činnosť bloku „USB“ mikroprocesor neriadi, využíva iba dátové vodiče TXD_USB a RXD_USB po ktorých posiela a prijíma informácie z počítača pomocou UART komunikácie. Tieto vodiče sú galvanicky oddelené pomocou obvodu ISO7221M od Texas Instruments. Jeho výhodou je možnosť rozdielneho napájania primárnej a sekundárnej strany (3,3 až 5V) . Obvod dokáže prenášať dáta do 150 Mbps.

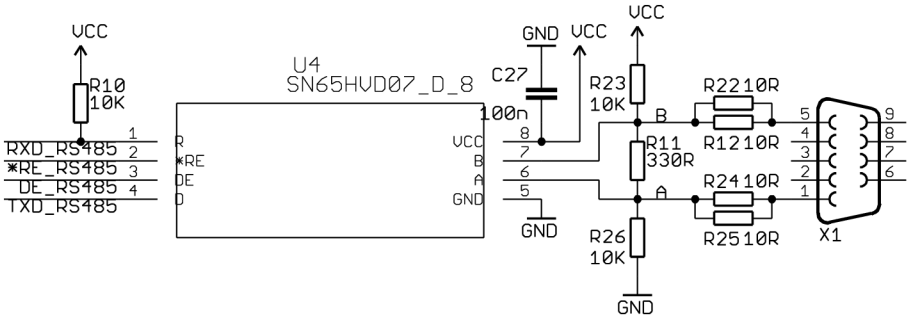
6.3 Blok „RS485“

Tento blok obstaráva obojsmerný prevod medzi UART a RS485. Hlavnou Na trhu existujú rôzne vhodné prevodníky, ktoré sa od seba líšia vlastnosťami aj cenou (viz Tab. 6.3).

Tab. 6.3 Tabuľka možných prevodníkov RS485/UART

Prevodník RS485/UART	Výrobca	Napájacie napätie [V]	Duplex	Ochrana	Bitová rýchlosť [kbps]	Cena [$]
ISO35T	Texas Instruments	oddelené 2 x 3,3V	plný	Galvanické oddelenie + ESD 16kV	1000	3,25
MAX3535E	Maxim Integrated	3 - 5,5	plný	Galvanické oddelenie ±2500 V	1000	5,82
MAX3480EB	Maxim Integrated	3,3	polo	Galvanické oddelenie ±1000 V	2500	15,56
SN65HVD078	Texas Instruments	3,3	polo	Bez galvanického oddelenia	1 000	1,25

Blok „RS485“ disponuje obvodom SN65HVD078 od firmy Texas Instruments. Tento prevodník je navrhnutý pre dvojsmerné dátové komunikácie a viacbodové prenosové linky. Jeho výhodou je nízka cena, malé rozmery (SMD prevedenie) a nízky odber. Obvod je ochránený voči ESD výbojom, nedisponuje však galvanickým oddelením.(viz Obr. 6.4). Zapojenie obvodu zodpovedá odporúčanému zapojeniu od výrobcu, pridané bolo prispôsobenie na vstupe obvodu [18].



Obr. 6.4 Schéma zapojenia bloku „RS485“ (SN65HVD078)

Tento blok je s riadiacim mikroprocesorom prepojený pomocou vodičov prenášajúcich vstupné dáta TXD_RS485, výstupné dáta RXD_RS485 a vodičmi DE_RS485 a *RE_RS485 slúžiacim na aktiváciu a nastavenie parametrov prevodníku.

6.4 Blok „RS232“

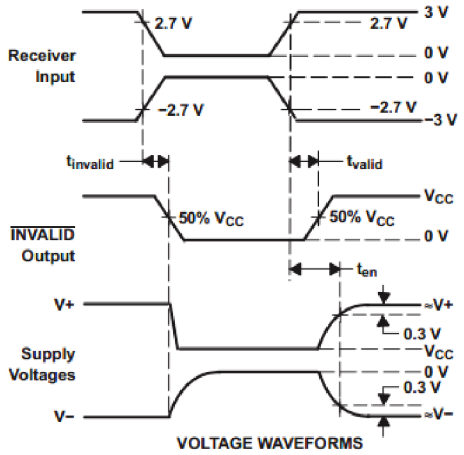
Jeho úlohou je zabezpečovať prevod úrovní medzi asynchrónnou komunikáciou mikroprocesoru a sériovou RS232 komunikáciou. Najznámejším prevodníkom UART RS232 je MAX232 od firmy Maxim Integrated. V dnešnej dobe veľa výrobcov ponúka podobne obvody s rôznymi vylepšeniami (viz Tab. 6.3).

Tab. 6.4 Tabuľka možných prevodníkov RS232/UART

Prevodník RS232/UART	Výrobca	Napájacie napätie [V]	Prevodníkov v puzdre	Bitová rýchlosť [kbps]	Nízky napájací prúd [µA]	Cena [$]
SN75C3232EDWR	Texas Instruments	3,3 / 5	2	1000	300	1,15
MAX232ECDR	Texas Instruments	3,3 / 5	1	250	8 000	0,90
TRSF3221ECPWR	Texas Instruments	3,3 / 5	1	1000	1	0,75
MAX3250	Maxim Integrated	3 / 3,3 / 5	2	250	20	3,82

V bloku „RS232“ sa nachádza prevodník TRSF3221ECPWR od firmy Texas Instruments. Z vyššie uvedených prevodníkov má vybratý obvod najnižší nízky prúdový odber a cenu. Okrem vyššie uvedených parametrov má obvod aj ochranu proti elektrostatickým výbojom ±15kV medzi pinmi a automatické prepínanie do režimu úspory energie. Zapnutie tohto režimu nastáva privedením logickej 0 na pin FORCEON a logickej 1 na pin $\overline{\text{FORCEOFF}}$. Cez tento režim obvod čaká na platný RS232 signál na vstupe prijímača. Ak neprichádza, výstup je blokovaný. Ak je na vstup $\overline{\text{FORCEOFF}}$ privedená logická 0 a na vstup Enable $\overline{\text{EN}}$ logická 1, prevodníky sa vypnú a odber je len 1µA.

Funkciu automatického módu úschovy energie v závislosti na úrovni signálu prichádzajúceho na vstup prijímača (Reciever input) vidieť na obrázku Obr. 6.3. Automatické prepnutie do režimu úspory energie nastane po odpojení RS232, vypnutím komunikujúcich zariadení alebo prijatím signálu nedefinovanej úrovne. Spätný prechod do aktívneho stavu je automatický po prijatí platného signálu na vstup prijímača [19].



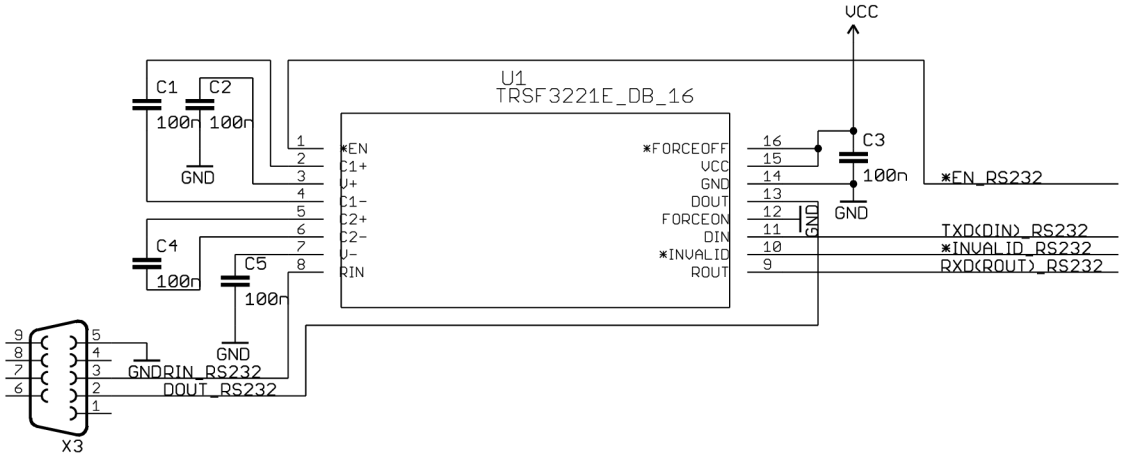
Obr. 6.5 Časový priebeh prechodu do módu automatickej úspory energie TRSF3221ECPWR [19]

Negovaný výstup INVALID upozorní užívateľa, či sú dáta prítomné na prijímači platné alebo neplatné(viz Obr. 6.4). Ak sú napäťové úrovne dát posielaných užívateľom

väčšie ako 2,7V, prípadne menšie ako -2,7V, tento výstup užívateľovi oznámi, že posielané dáta sú platné (Valid) logickým stavom 1. Ak sú v rozmedzí -0,3V a 0,3V podobu viac ako 30µs, sú dáta neplatné a negovaný výstup INVALID posiela logickú 0.

Rozmedzia 2,7V až 0,3V a -2,7V až -0,3V sú definované ako neurčitý stav(Indeterminate) [19].

Pre správnu funkciu stačí k obvodu pripojiť štyri externé kondenzátory príslušných hodnôt (viz Obr. 6.7). Prevodník získava vyššie napätie pomocou nábojovej pumpy takže jeho presnosť závisí na kvalite použitých kondenzátorov . Zapojenie vychádza z katalógového zapojenia výrobcu[19].

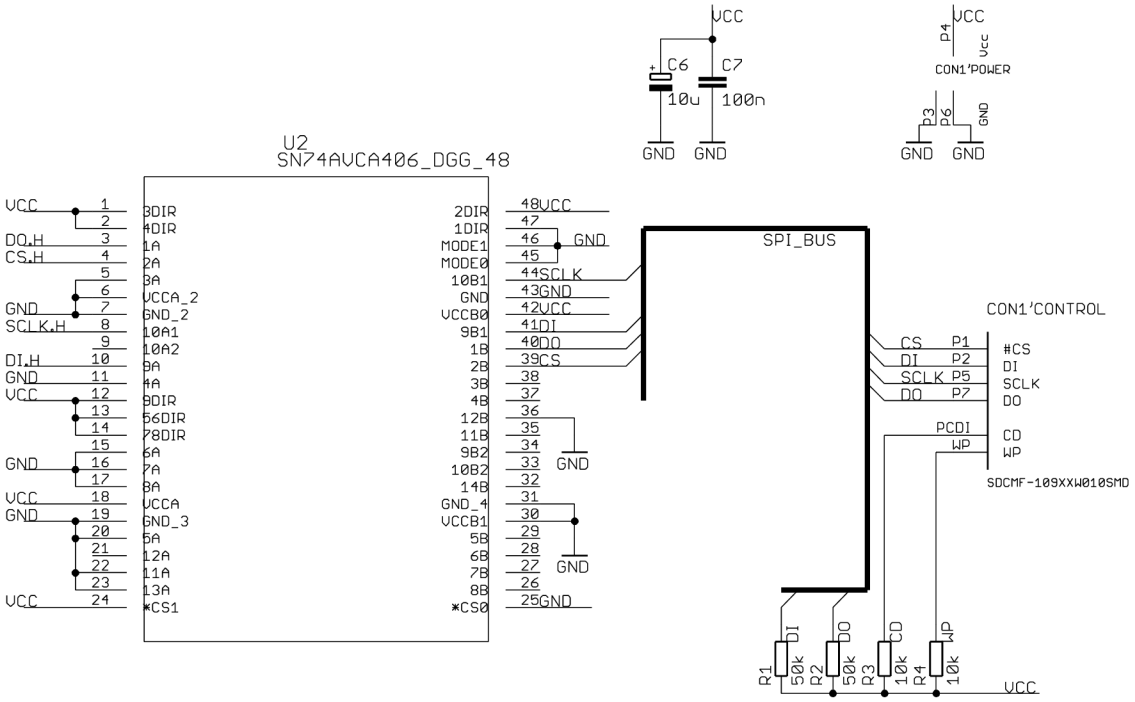


Obr. 6.6 Schéma zapojenia bloku „RS232“ (TRSF3221ECPWR)

Riadiaci mikroprocesor posiela dáta bloku „RS232“ cez UART pomocou TXD(DIN)_RS232 a prijíma pomocou RXD(ROUT)_RS232. Aktiváciu bloku mikroprocesor riadi pomocou vodiča *EN_RS232. Informácie o činnosti sú prenášané pomocou *INVALID_RS232. Vstupy FORCEON a *FORCEOFF sú pevne nastavené pre stav automatického prechodu zariadenia do režimu úspory energie.

6.5 Blok „Pamäťová karta“

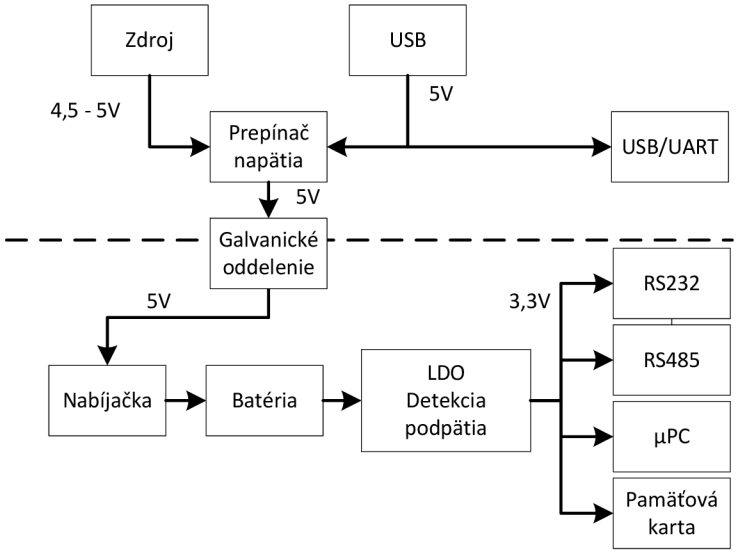
Zariadenie zaznamenáva prenášané informácie a ukladá ich do pamäte. Ako pamäťové médium primárne slúži SD karta. Blok „Pamäťová karta“ obsahuje obvod SN74AVCA406DGGR od firmy Texas Instruments a samotnú SD kartu. Štandard pre pamäťové karty odporúča vysokú ESD ochranu pre zariadenia priamo pripojené na externú pamäťovú kartu. Obvody SN74AVCA406 obsahujú ESD ochranu a tým zaručujú zvýšenie bezpečnosti zariadenia a netreba teda dopĺňať dodatočne externé diódy. Tieto obvody sa dajú použiť ako rozhrania pre rôzne pamäťové karty, napríklad MultiMediaCards (MMCs), secure digital (SD) karty, Memory Stick™. Podľa zvolenej karty je potrebné prispôsobiť zapojenie obvodu. Zvolené zapojenie odpovedá výrobcom doporučenému zapojeniu rozhrania s SD/SDIO kartami a komunikáciou prebiehajúcou cez SPI (viz Obr. 6.11). Pin 4 slúži ako MOSI (master in , slave out), pin 10 MISO(master out , slave in), pin 8 slúži na vstup hodinového signálu od nadradeného zariadenia. Napájacie napätie je od 1,4V do 3,6V [22].



Obr. 6.7 Schéma zapojenia bloku „Pamäťová karta“ (SN74AVCA406 v zapojení SPI Mode)

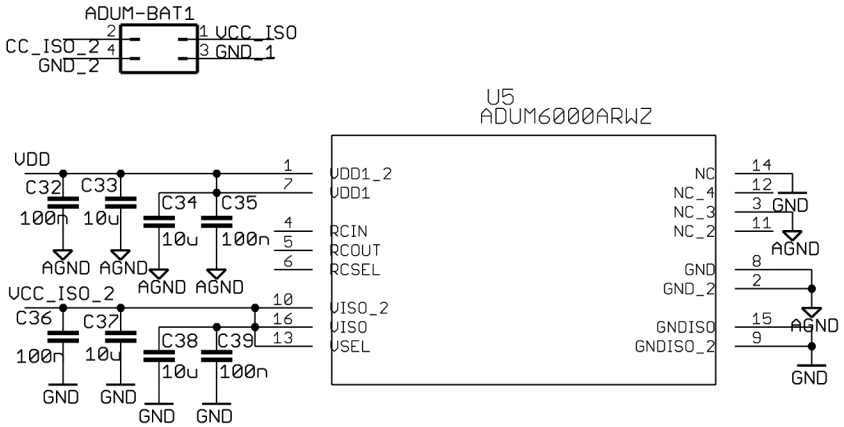
S mikroprocesorom komunikuje blok pomocou sériovej SPI komunikácie, ktorá pozostáva z dátových vodičov DO.H(master output/slave input), DI.H(slave input/master output), a synchronizačného SCLK.H, ktorým je prenášaný hodinový signál.
Z prototypu výrobku bol obvod SN74AVCA406 odstránený.

6.6 Napájanie záznamníku



Obr. 6.8 Bloková schéma napájania záznamníku

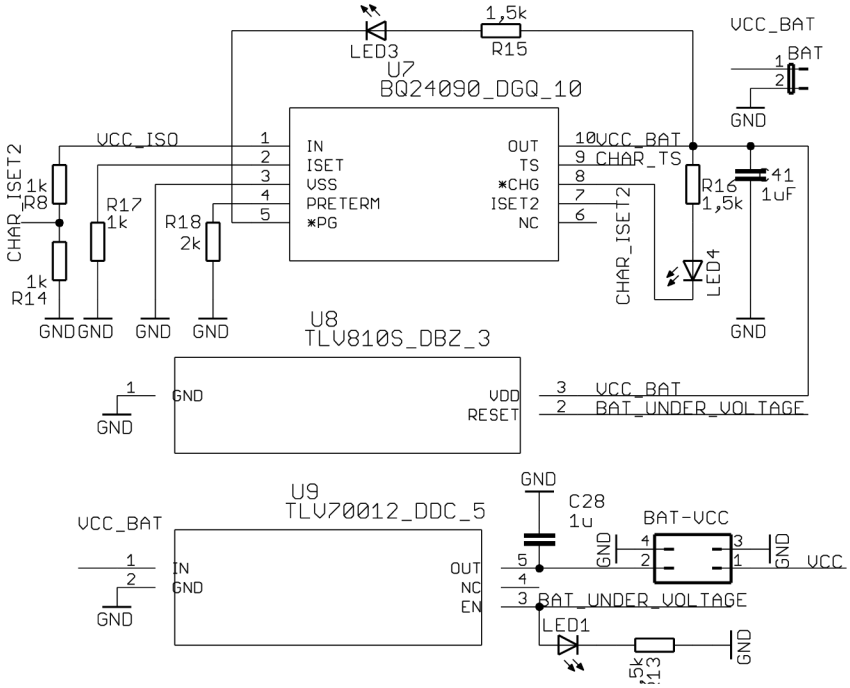
Ako vidieť na blokovej schéme Obr. 6.8 je záznamník napájaný jedným článkom Li-pol batérie. Tú možno dobíjať buď z pripojeného USB portu alebo pripojením zdroja napätia v rozsahu 4,5 až 5 V. Prepínanie napätia riešené pomocou obvodu TPS3619-33 od firmy Texas Instruments. Tento obvod porovnáva privedené a a pri poklese primárneho napätia pod 70% nominálnej hodnoty prechádza na sekundárne, čo záznamník využíva na výber zdroja napájania. Napájanie je ďalej privedené na galvanické oddelenie napätia. To je riešené obvodom ADuM6000 od ANALOG DEVICES. Obvod predstavuje DC-DC konvertor s galvanickým oddelením. V záznamníku je použitý pre 5V vstup a 5V výstup. Zapojenie vychádza z katalógového zapojenia výrobcu.



Obr. 6.9 Schematické zapojenie galvanického oddelenie napájania (ADuM6000)

Za galvanickým oddelením napätia je nabíjací obvod pre jednočlánkové Li-pol batérie od Texas Instruments. Obvod má typové označenie BQ24090. Zabezpečuje lineárne nabíjanie s ochranou proti prebíjaniu. Ďalej zabezpečuje ochranu proti prehriatiu vďaka pripojenému termistoru. Obvod obsahuje bezpečnostný časovač ktorý zareaguje v prípade dlhej doby nabíjania (10 hodín). Ďalšou výhodou BQ24090 je voľba maximálneho odoberaného prúdu. Obvod ADuM6000 dodáva v režime prevodu 5V DC na 5V DC prúd maximálne 100mA, preto sa v zapojení uplatňuje takzvaný USB limit pri ktorom je maximálne odoberaných 100mA. Zapojenie vychádza z katalógového zapojenia výrobcu. Obsahuje dve indikačné diódy, jednu na signalizáciu stavu nabíjačky a druhú na indikáciu dobíjania batérie. Pomocou deliča napätia bol vstup CHAR_ISET2 nastavený na režim USB, teda 100mA maximálna úroveň vstupného prúdu.

Ku batérii je paralelne pripojený obvod TLV810S od Texas Instruments ktorý sleduje ktorý sleduje napätie na batérii. Ak je napätie batérie vyššie ako 2,93V posiela logickú 1 na pin EN lineárneho stabilizátoru TLV70032 tiež od Texas Instruments. Vtedy je napätie stabilizované na 3,3V.



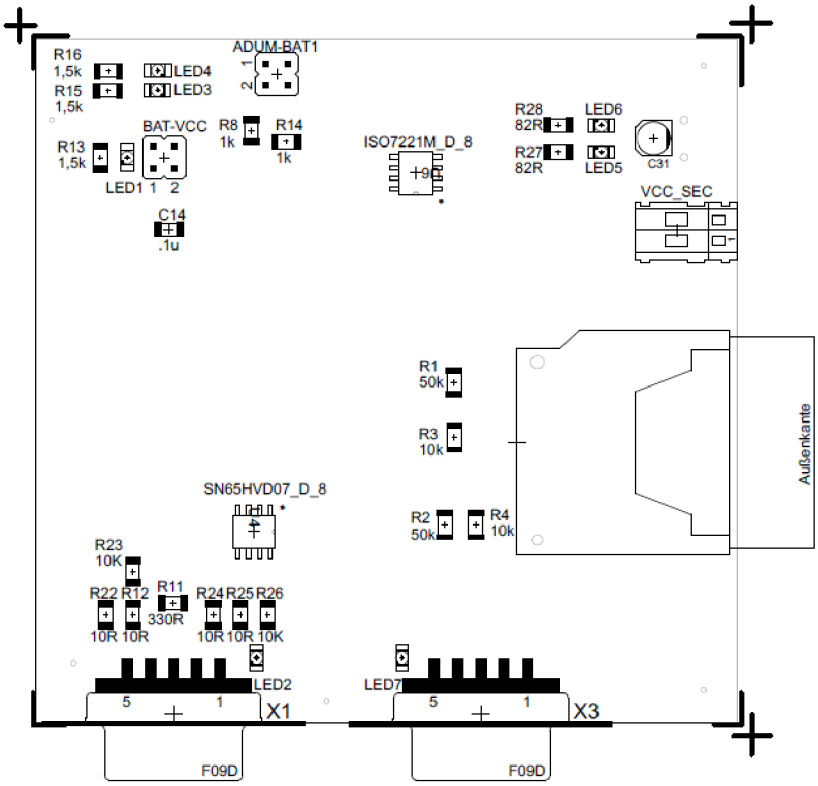
Obr. 6.10 Schematické zapojenie nabíjač batérii (BQ24090) s lineárnym stabilizátorom (TVL70032) a detekciou podpätia batérie (TVL810S)

Výstupné stabilizované napätie VCC = 3,3V je privedené na procesor a jeho periférie.

7 NÁVRH DOSKY PLŠNÝCH SPOJOV

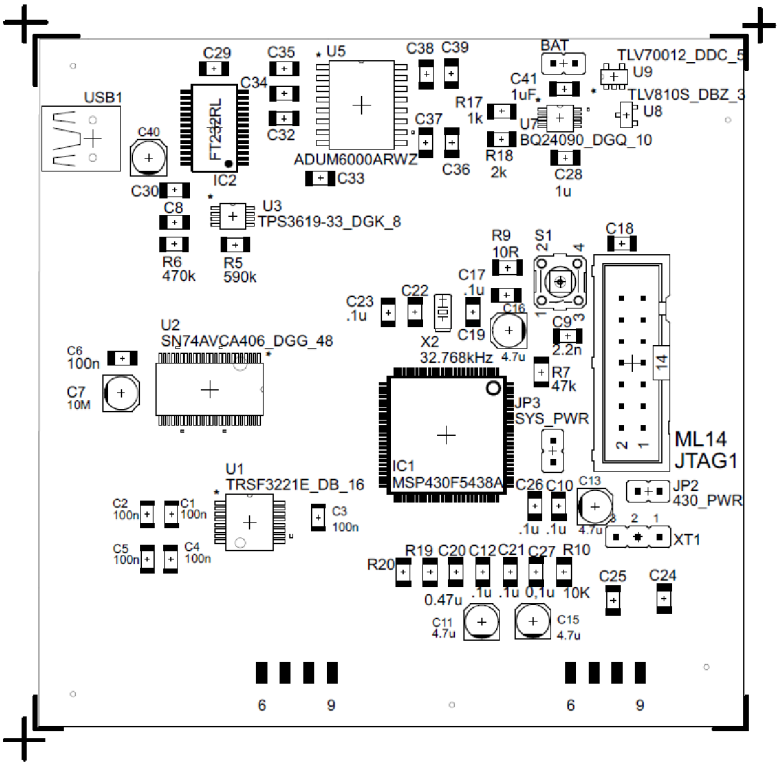
DPS pre záznamník sériových komunikácii bol navrhnutý v programe Eagle. Rozmery dosky sú 81x83mm. Pre lepšiu integráciu bola zvolená obojstranná SMD montáž.

Na hornej strane dosky (viz Obr 7.1) sú umiestnené všetky signalizačné diódy, slot na SD kartu a vstupné piny napájacích napätí ako aj pin na pripojenie batérie. Do časti obvodu medzi galvanickým oddelením napájania (ADuM6000) a výstupom z lineárneho stabilizátoru (TVL70032) boli implementované prepojovateľné mostíky. Pomocou nich bolo možné odladiť funkciu jednotlivých častí obvodu bez hrozby poškodenia mikroprocesoru alebo jeho periférii. Konektory na pripojenie RS232 a RS485 sú umiestnené na dolnom okraji dosky rovnobežne s hranou dosky.



Obr. 7.1 Ukážka rozmiestnenia súčiastok dosky plošných spojov (TOP)

Návrh spodnej strany dosky je viditeľný na obrázku Obr. 7.2. Na tejto strane sa nachádza väčšina použitých obvodov. Vstupný konektor USB bol z dôvodu zjednodušenia zapojenia premiestnený na spodnú stranu dosky je však stále dobre prístupný. JTAG konektor programátora je na prototype vyvedený ku okraju dosky čím je zabezpečený jednoduchý prístup.



Obr. 7.2 Ukážka rozmiestnenia súčiastiek dosky plošných spojov (BOTTOM)

Ukážky osadenej dosky plošných spojov prototypu sa nachádzajú v prílohe.

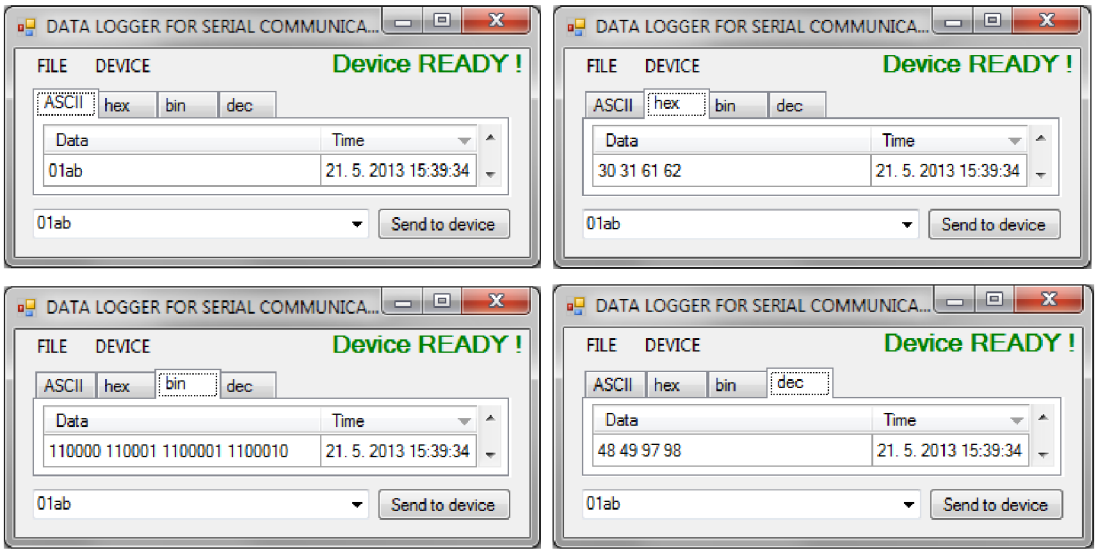
8 OVLÁDACIA APLIKÁCIA PRE PC

Ovládacia aplikácia slúži užívateľovi na jednoduchú analýzu zaznamenaných dát alebo práve prenášaných dát a obsluhu záznamníku. Bola písaná v jazyku C#. Veľkosť tabuľky sa prispôsobuje rozmerom okna aplikácie.

8.1 Analýza dát

Hlavnou požiadavkou na ovládaciu aplikáciu bolo zobrazovanie prenášaných dát. Hlavnú časť aplikácie preto tvorí tabuľka s prijatými údajmi. Tá bola navrhnutá tak, aby jednotlivé prijaté údaje bolo možné pozorovať vo viacerých formátoch (ASCII kód, šestnástková sústava, desiatková sústava, dvojková sústava) ako vidieť na obrázku Obr. 8.1.

Jednotlivé prijaté údaje sú rozdelené podľa času prijatia (systémový čas) v sekundových intervaloch. V prípade situácie, keď v jednej sekunde príjme záznamník viac údajov, dáta sa postupne pripisujú za seba.



Obr. 8.1 Zobrazovanie prenášaných dát

Prijaté dáta je tiež možné ukladať do textových súborov. Táto možnosť sa nachádza v roletovom menu „FILE“.

8.2 Obsluha záznamníku

Aplikácia umožňuje užívateľovi zmenu základných parametrov záznamníku. Funkcie pre ich obsluhu sa zapínajú v roletovom menu „DEVICE“. Záznamník rozlišuje príkazy na obsluhu a dáta na odoslanie. Príkazy obsluhy majú tvar dvoch po sebe nasledujúcich lomiek a čísla príkazu „//x“.

Odosielané príkazy:

„//9“ – nastavenie RTC

„//8“ – posielaj dáta cez RS232

„//7“ – posielaj dáta cez RS485

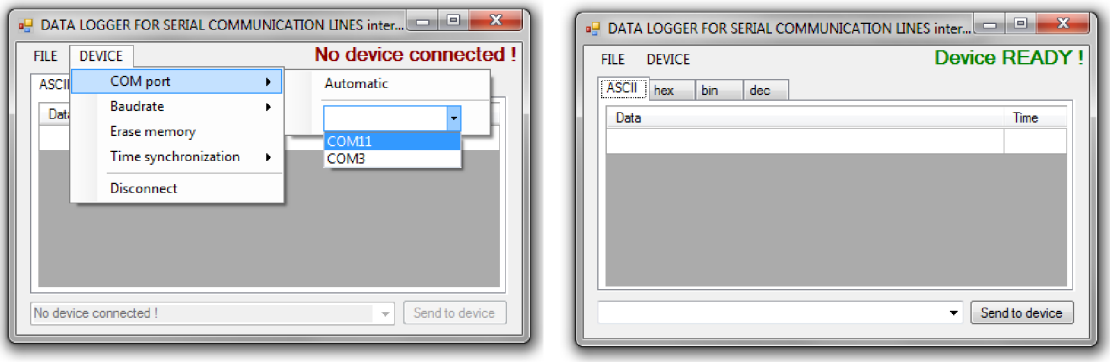
„//6“ – vymaž obsah SD karty

„//5“ – zmena prenosovej rýchlosti

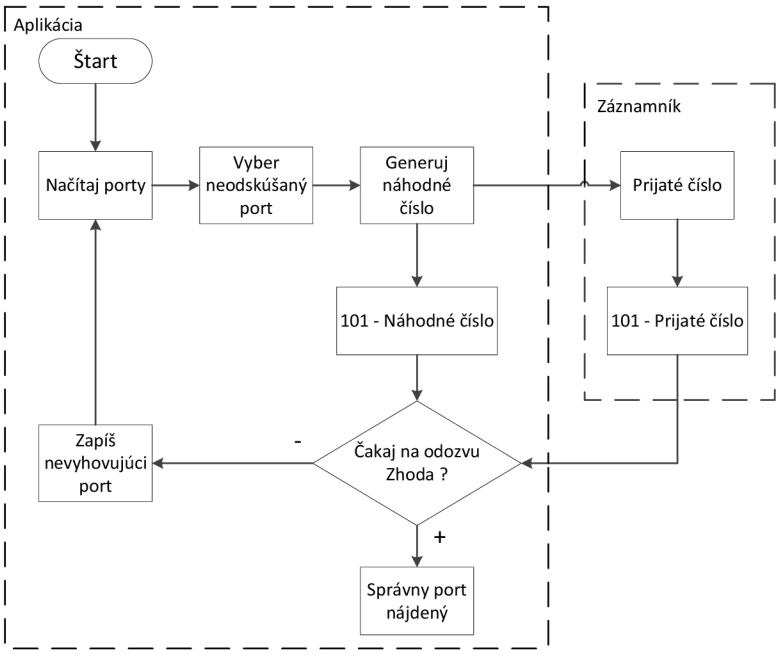
„//4“ – aplikácia sa vypína (zaznamenávaj na kartu)

8.2.1 Možnosť „COM port“

Možnosť „COM port“ (viz Obr. 8.2) dáva užívateľovi možnosť výberu COM portu, s ktorým sa aplikácia spojí. Je možné vybrať buď manuálne z ponúkaných aktívnych portov alebo automaticky. Obe voľby fungujú na základe odoslania výzvy a čakania na odozvu ako vidieť na blokovej schéme Obr. 8.3. V prípade automatickej voľby sú postupne posielané výzvy do všetkých prístupných portov a čaká sa na správnu odozvu. Ak tá nepríde do určitého časového intervalu je testovaný port pripísaný na zoznam nevhodných portov. Automatické hľadanie končí až v prípade nájdenia správneho portu. Pri manuálnom výbere je zariadenie pripojené tiež až po správnom prebehnutí výzvy a odozvy. Pripojené zariadenie indikuje nápis „Device READY !“ v pravej časti aplikácie (viz Obr 8.2).



Obr. 8.2 Manuálny vyber COM portu a pripojenie k zariadeniu



Obr. 8.3 Vývojový diagram pre automatické hladanie portu záznamníka

Pre vytvorenie pripojenia bola vytvorená funkcia connectionToDevice, ktorej vstupná premenná je názov portu, s ktorým sa spojenie nadväzuje. V prvom kroku sa tento port zvolí ako otváraný port. Nasleduje pokus o nadviazanie spojenia. V prípade neúspechu je v pravom hornom rohu aplikácie zobrazený červený nápis „No device connected !“. Ak je spojenie nadviazané bez problémov aplikácia pokračuje algoritmom overujúcim nadviazanie spojenia so správnym COM portom popísaným vyššie. Posledné príkazy uvedú do činnosti pomocný časovač. Jeho úlohou je nechať zariadeniu určitý čas (v testovacej aplikácii 0,5s) na reakciu. V prípade, ak pripojené zariadenie počas tohto časového úseku odošle správnu odozvu, je časovač zastavený a spojenie je vyhodnotené ako správne. Ak do vypršania časového úseku nepríde požadovaná odozva, časovač spustí funkciu, ktorá uzavrie aktuálny port a vyzve aplikáciu ku testovaniu ďalšieho (ešte nedotestovaného) portu.

Ukážka funkcie connectionToDevice:

```
//funkcia pripojí aplikáciu ku vstupujúcemu zariadeniu
public void connectionToDevice(string COMport)
{
        serialPort1.PortName = COMport;          //výber portu
        try
        {
             serialPort1.Open();                 //pokus o naviazanie spojenia
        }
        Catch                                    //akákoľvek chyba spojenia
        {
             lDeviceState.Text = "No device connected !";
             lDeviceState.ForeColor = Color.DarkRed;
        }
        if (serialPort1.IsOpen)                  //ak je spojenie úspešne
                                                 //nadviazané pokračuj overovaním
        {
             Random rnd = new Random();          //vytvor náhodné číslo
```

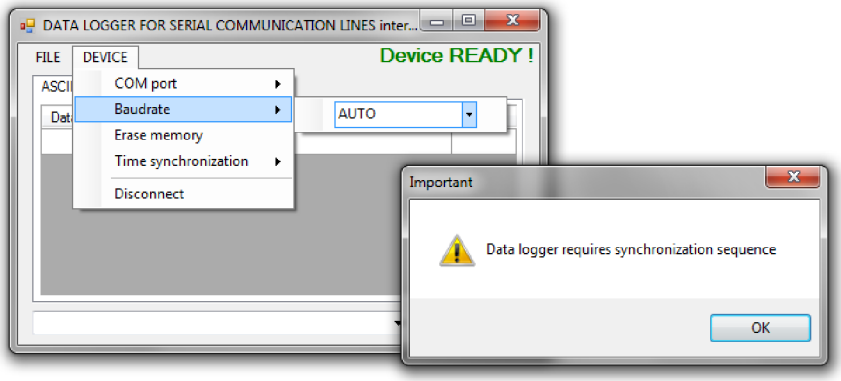
```
            c = rnd.Next(1, 100);               //s rozsahom 1 až 100 a ulož ho
                                                //do globálnej premennej c (int)

            byte[] buffer = new byte[] { Convert.ToByte(c) };
            serialPort1.Write(buffer, 0, 1);    //číslo je odosielané ako int
            c = 101 - c;                        //jednoduchý overovací algoritmus
            timer1.Enabled = true;              //spusti pomocný časovač
            timer1.Start();
        }
    }
```

8.2.2 Možnosť „Baudrate“

V pravej časti aplikácie sa nachádza okno nastavenia prenosovej rýchlosti označené nápisom „Baudrate“. Jedná sa o nastavenie modulov mikroprocesora zabezpečujúcich UART komunikáciu s prevodníkmi UART/RS232 a UART/485. Nastavenie ponúka možnosť viacerých prenosových rýchlostí podporovaných mikroprocesorom, treba však brať do úvahy maximálne prenosové rýchlosti prevodníkov (popísané v kapitolách 6.3 a 6.4). Užívateľ je teda vo výbere prenosovej rýchlosti obmedzený hardware-om.

V zozname prenosových rýchlostí môžeme nájsť aj nastavenie „AUTO“. Toto nastavenie aktivuje automatické zisťovanie prenosovej rýchlosti. V praxi má však nastavenie automatického zisťovania prenosovej rýchlosti veľkú nevýhodu. Samotné zisťovanie prenosovej rýchlosti prebehne až po potrebnej postupnosti prijatých príkazov (viac v kapitole 8.6). Bez správneho postupu pri inicializácii prenosovej rýchlosti záznamník nepracuje správne, preto je užívateľ na túto nevýhodu upozornený ako je vidieť na obrázku Obr. 8.5.



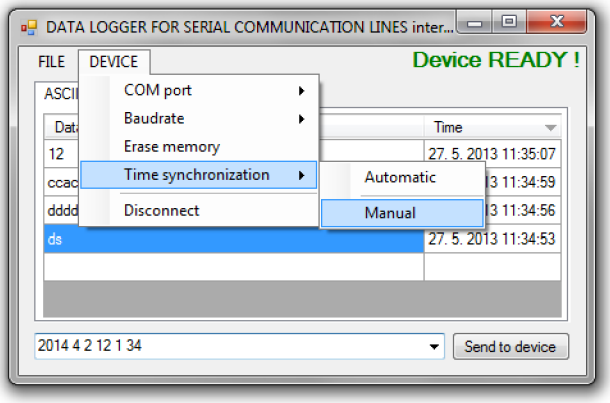
Obr. 8.4 Obrázok upozornenie prenosových rýchlostí

8.2.3 Možnosť „Erase memory“

Výberom možnosti „Erase memory“ je možné vymazať všetky uložené záznamy z pamäťovej karty bez nutnosti jej vybratia zo zariadenia.

8.2.4 Možnosť „Time synchronization“

Položka „Time synchronization“ slúži k nastaveniu času záznamníku. Pri spustení aplikácie je nastavená na automatickú synchronizáciu, čo znamená že po spárovaní aplikácie so záznamníkom sa ako prvé odošle požiadavka na prestavenie dát v RTC procesora a systémový čas. V manuálnom móde je možné definovať čas a dátum užívateľom. Je však nutné odosielať údaje v správnom poradí, formát odosielaných údajov je „ROK MESIAC DEŇ HODINA MINÚTA SEKUNDA“. Pre odoslanie nových údajov je potrebné stlačiť položku „Manual“. Ukážka manuálneho nastavenia RTC je na obrázku Obr. 8.4.



Obr. 8.5 Manuálne nastavenie RTC

8.2.5 Možnosť „Disconnect“

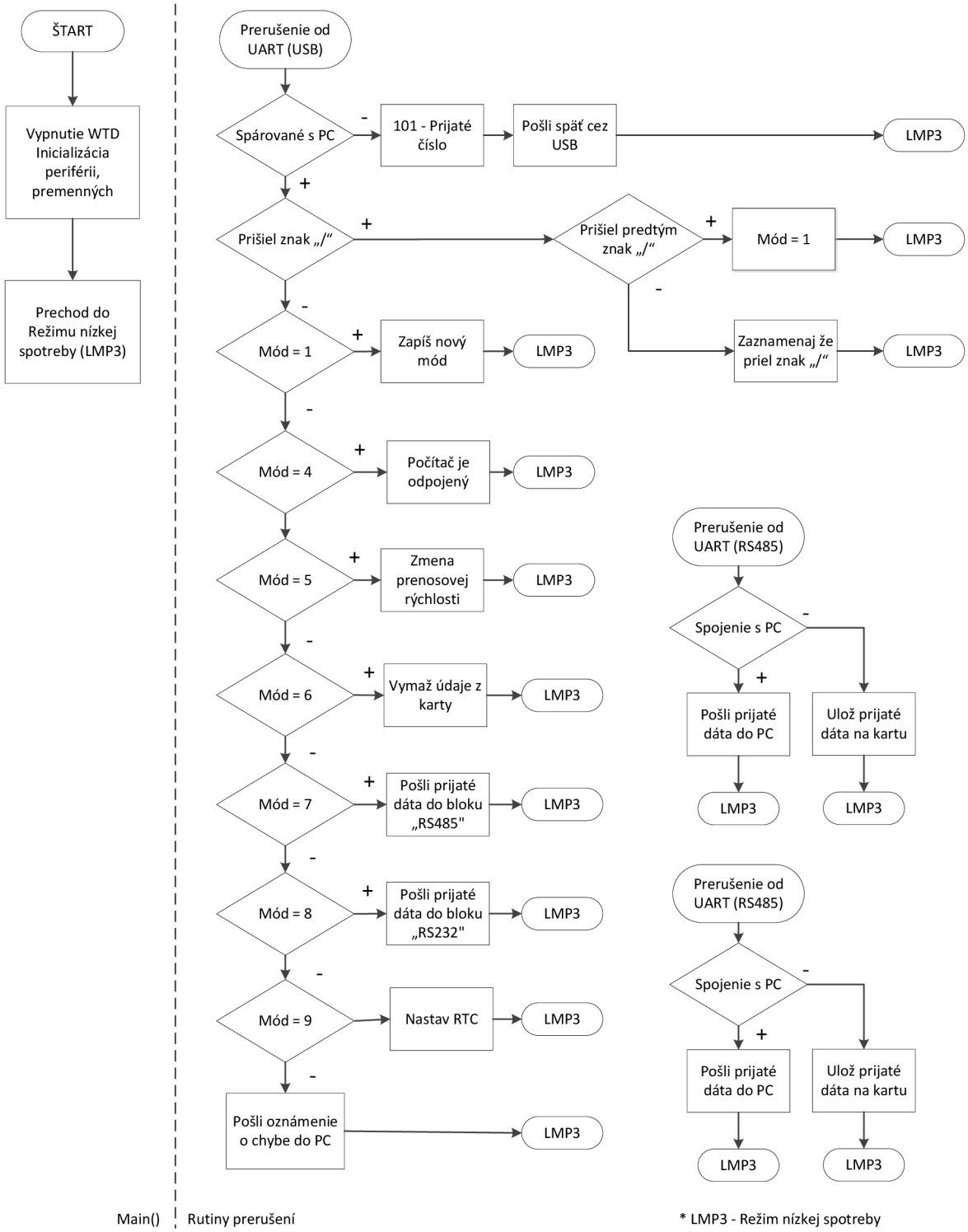
Posledná položka slúži na odpojenie, prípadne pripojenie zariadenia. Ak je aplikácia pripojená ku záznamníku je na poslednom mieste nápis „Disconnect“. V tomto stave po výbere položky aplikácia uzavrie komunikáciu so záznamníkom. Po úspešnom ukončení komunikácie je položka zmenená na „Connect“. Užívateľ môže vďaka tomu opätovne rýchlo naviazať spojenie so zariadením.

Záznamník posiela dáta do počítača od okamihu nadviazania komunikácie až po ukončenie aplikácie. To znamená že keď užívateľ zatvorí aplikáciu vykonajú sa posledné funkcie a to odoslanie správy do záznamníku o odpojení dátovej komunikácie s počítačom a uzavretie komunikačných portov.

8.3 Dátový prevodník

Aplikácia umožňuje funkciu prevodníka na RS485 a RS232. Na posielaní dát slúži ComboBox v spodnej časti aplikácie. Dáta sa odosielajú stlačením klávesy „Enter“ alebo tlačidla „Send to device“. Odoslané údaje sa ukladajú do inventáru ComboBox-u pre jednoduchšiu obsluhu.

9 FIRMWARE PRE MIKROPROCESOR



Obr. 9.1 Vývojový diagram firmware pre mikroprocesor

Program bol písaný v jazyku C. Základom pre vývoj firmware bol MSP430Ware. MSP430Ware je zbierka datasheetov, manuálov a zdrojových kódov ponúkaná firmou Texas Instruments. Zdrojové kódy postupne prezentujú nastavenia jednotlivých častí a periférii zvoleného mikroprocesora. Sú písané v jazyku C a užívateľovi prezentujú základné nastavenia. Výrobca týmto spôsobom uľahčuje vývoj aplikácii pre mikroprocesory rodiny MSP430. MSP430Ware tiež obsahuje rozhranie pre programovanie aplikácii (API) nazvané MSP430 Driver Library.

Samotný program je riešený z ohľadom na čo najnižšiu spotrebu mikroprocesora. Po štarte sa ako prvé vypne watchdog, nastavia sa jednotlivé piny na vstupy a výstupy, inicializujú sa UART-y a pomocou SPI prebehne inicializácia karty. Po týchto nastaveniach sa inicializuje aj RTC a nakoniec sa povolí funkcia okolitých blokov. Keď prebehnú všetky potrebné inicializácie procesor vstupuje do režimu nízkej spotreby LPM3. Z tohto režimu sa môže prebudiť po prerušení od jedného z UART modulov (viz Obr. 9.1).

9.1 Režim nízkej spotreby (LPM3)

Prioritná funkcia záznamníku je sledovanie komunikácie po sériových linkách a ich následné odosielanie do počítača. Zariadenie je však navrhnuté aj na samostatnú činnosť, kedy nie je pripojené k počítaču a je napájané z batérie. Vzhľadom na to je firmware pre mikroprocesor navrhnutý s ohľadom na úsporu energie. Toho sa dosiahlo ponáraním mikroprocesoru do režimov zo zníženou spotrebou. Mikroprocesor je vybavený viacerými druhmi takýchto operačných režimov, pričom každý sa líši výslednou spotrebou ktorá sa dosiahne vypínaním určitých častí mikroprocesora. Prechodom to režimu nízkej spotreby sa nemenia hodnoty registrov ani vstupno-výstupných portov. Prebudenie mikroprocesora z režimu nízkej spotreby nastáva po prijatí ktoréhokoľvek z povolených prerušení.

Režim nízkej spotreby Low-power mode 3 (LMP3) bol vybraný ako najvhodnejšie riešenie. V tomto režime ostávajú nečinné CPU, MCLK, SMCLK a DCO (ostáva aktívne ak je zdrojom signálu pre ACLK). ACLK naďalej funguje. Režim tiež podporuje zachovanie behu RTC. Použitie operačného režimu 3 je výhodné v prípade keď prebudenie z operačného režimu podnecuje samotný mikroprocesor. Približná spotreba mikroprocesoru v tomto režime je 2 µA/MHz. [16]

9.2 Prenosová rýchlosť

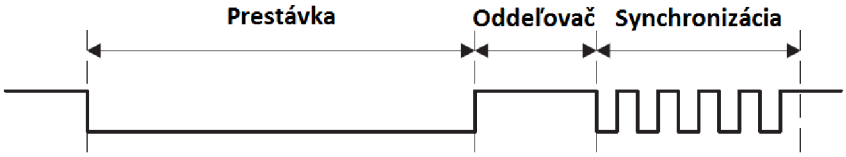
Prenosová rýchlosť komunikácie medzi mikroprocesorom a pripojeným počítačom je pevne nastavená na 115000 Bd.

Prenosová rýchlosť modulov USCI_A0 a USCI_A je pri inicializácii nastavená na najpoužívanejšiu hodnotu 9600 Bd. Jej nastavenie však nie je pevné, môže byť užívateľom nastavený pomocou riadiacej aplikácie. Nastavenie obsahuje viaceré užívané prenosové rýchlosti ako aj takzvaný auto-baudrate.

Mikroprocesory z rady MSP430F5xx a MSP430F6xx disponujú možnosťou automatického zisťovania prenosovej rýchlosti. Minimálna detekovateľná prenosová rýchlosť je limitovaná použitým počítadlom (07FFFh => 32767). To znamená, že

minimálna detekovateľná rýchlosť je 488 Bd (v low-frequency móde 30 Bd). Nastavenie potrebných registrov je uverejnené v zbierke kódov MSP430Ware. Jej nevýhoda je potreba presnej postupnosti príkazov pri nadväzovaní spojenia.

Štruktúra sekvencie je zobrazená na obrázku Obr.8.6. Prestávka nastáva, ak je prijatých súvisle 11 alebo viac nízkych logických úrovní (medzier). Pre komunikáciu je nastavený formát 8N1 (8 dátových bitov, žiadna parita, jeden stop bit). Synchronizácia pozostáva z poslania prijatia 055h. Podľa časového rozdielu medzi prvou zostupnou a poslednou zostupnou hranou je nastavená príslušná prenosová rýchlosť. Výsledok merania sa prevedie do kontrolných registrov nastavenia bitovej rýchlosti. Chyba synchronizácie nastáva pri súvislom prijatí 21 bitov nízkej logickej úrovne alebo pokiaľ dĺžka synchronizačnej sekvencie prekročí merateľný čas (príliš nízke prenosové rýchlosti).



Obr. 9.2 Synchronizačná sekvencia pre automatické zistenie prenosovej rýchlosti

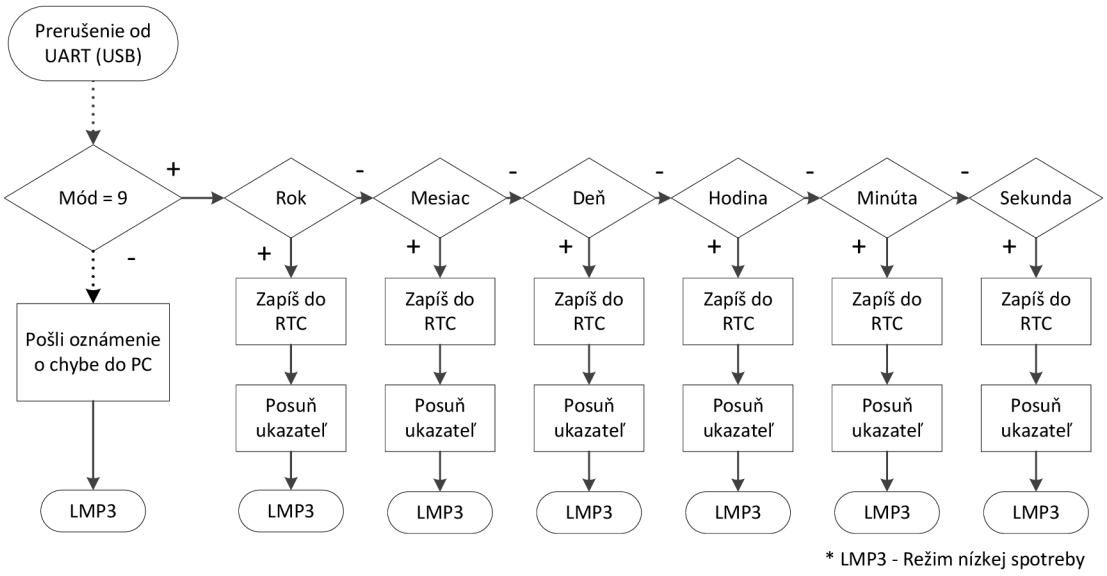
9.3 Prerušenie z modulu USCI_A1 (UART USB)

Ak nastane prerušenie z modulu zabezpečujúceho komunikáciu s USB (čiže s počítačovou aplikáciou) testuje sa, či už je záznamník pripojený s aplikáciou. V prípade že nie, nasleduje matematická operácia a odoslanie prijatého údaju späť do počítaču, čím sa overí pripojenie aplikácie k správnemu portu. Mikroprocesor po vykonaní algoritmu prechádza do LMP3.
V prípade že je záznamník už s procesorom pripojený, zisťuje sa, či sa aplikácia nesnaží o zmenu módu zariadenia. Celkovo je módov sedem („//9“ – nastavenie RTC, „//8“ – posielaj dáta cez RS232, „//7“ – posielaj dáta cez RS485, „//6“ – vymaž obsah SD karty, „//5“ – nastav prenosovú rýchlosť, „//4“ – aplikácia sa vypína (zaznamenávaj na kartu), „//1“ – nové číslo módu) a každý zastupuje určitú funkciu zariadenia. Po tom čo mikroprocesor prijme dve po sebe idúce lomky je nastavený mód 1, čo znamená, že najbližšie prijatý údaj sa zapíše ako nový mód. Ak je prijatý znak iný ako lomka „/“ vykonáva sa akcia podľa zvoleného módu.

V prípade, že je vybratý mód 9, ide o aktualizáciu dát v RTC. Postupne sa teda prijímajú údaje odoslané aplikáciou ako (viz Obr. 9.3). Tie sú ukladané postupne do príslušných registrov, preto je dôležité dbať na správny formát odosielaných dát pri manuálnej synchronizácii. V prípade chybného módu sa pošle výstraha o poruche do aplikácie, a tým aj užívateľovi.

Časť zdrojového kódu predstavujúca výber módu a jeho vykonanie.

```
#pragma vector=USCI_A1_VECTOR
__interrupt void USCI_A1_ISR(void)
{
  switch(__even_in_range(UCA1IV,4))
  {
  case 0:break;                                // Vector 0 - no interrupt
  case 2:                                      // Vector 2 - RXIFG
    if(!connected)
    {
      while (!(UCA1IFG&UCTXIFG));              // USCI_A1 TX buffer ready?
            UCA1TXBUF = 101 - UCA1RXBUF;       // TX -> RXed character
      connected = 1;
    }
      else
      {
            switch(mode)
            {
                  case 0:if(UCA1RXBUF == 47)// second "/"
                        {
                              mode1=mode;  // save previous mode
                              mode = 1;
                        }
                        else
                              mode = mode1; //  previous mode
                        break;
                  case 1:if (UCA1RXBUF < 10)
                              mode = UCA1RXBUF;// new mode is accepted
                              break;
//-------------------------------------------------------------------// system
                  case 4:connected = 0;                  // Closing pc app
                        break;
                  case 5:baudrateChange(UCA1RXBUF);      // funkc
                        break;
                  case 6:erraseSD();                     // funkc
                        break;
                  case 7:while (!(UCA2IFG&UCTXIFG));//485_A2 TX buff. ready?
                              UCA2TXBUF = UCA1RXBUF;     // USB -> RS485
                        break;
                  case 8:while (!(UCA0IFG&UCTXIFG));//232_A0 TX buff. ready?
                        UCA0TXBUF = UCA1RXBUF;           // USB -> RS232
                        break;
                  case 9: rtc_set(UCA1RXBUF);            // funkc
                        break;
                  default: mode = mode1;                 //  previous mode
                        break;
            }
      if(UCA1RXBUF == 47)                                // first "/"
      {
            mode1=mode;
            mode = 99;
      }
      }break;
   case 4:break;                                         // Vector 4 - TXIFG
   default: break;
}}
```



Obr. 9.3 Vývojový diagram funkcie rtc_set

9.4 Prerušenie z modulu USCI_A2 alebo USCI_A0 (UART RS485 a RS232)

Po prerušení od jedného z UART-ou zabezpečujúcich komunikáciu s RS232 alebo RS485 je najskôr overenie pripojenia k počítaču. V prípade pripojeného počítaču sú prijaté dáta preposlané do počítača. Ak počítač nie je pripojený zapíšu sa prijaté dáta aj s časom prijatia na kartu. Mikroprocesor potom prechádza do režimu nízkej spotreby LMP3.

Ukážka zdrojového kódu prerušenia od USCI_A0.

```
//////////////////////////////////////////////////////////////232 conection
#pragma vector=USCI_A0_VECTOR
__interrupt void USCI_A0_ISR(void)          //USCI_A0 (UART RS232) interrupt
{
  P8OUT ^= (LED_232);
  switch(__even_in_range(UCA0IV,4))
  {
  case 0:break;                             // Vector 0 - no interrupt
  case 2:                                   // Vector 2 - RXIFG
    if(connected)
      while (!(UCA1IFG&UCTXIFG));           // USCI_A1 TX buffer ready?
            UCA1TXBUF = UCA0RXBUF;          // RS232 -> USB
    else
      save2SD(UCA0RXBUF);                   // RS232 -> SD card

    break;
  case 4:break;                             // Vector 4 - TXIFG
  default: break;
  }
}
//////////////////////////////////////////////////////////////232 conection
```

9.5 Zápis na kartu

Pamäťová karta je pripojená pomocou SPI rozhrania. Nastavenie potrebných parametrov modulu USCI_B0 je v programe riešené pomocou HAL vrstvy (Hardware abstraction layer). Jej výhodu je veľké zjednodušenie písania programu. Táto vrstva obsahuje všetky potrebné nastavenia danej sériovej linky. Stačí teda iba pomocou známych funkcií zadať odosielaný reťazec, vstavané algoritmy sa o ostatok postarajú. Na túto najnižšiu software-ovú vrstvu nadväzuje ovládacia knižnica pre komunikáciu s MMC a SD kartami MMC.h. Všetky spomínané knižnice sú ponúkané na stránkach Texas Instruments a boli prebraté z príručky pre komunikáciu mikroprocesorov rady MSP430 s MMC alebo SD pamäťovými kartami [24].

9.5.1 FAT16

File Allocation Table (FAT) je súborový systém, vyvinutý firmou Microsoft. Tento systém podporuje pamäte o veľkosti od 32MB do 2GB, čo je dané jeho prístupom k pamäti. Tá je rozdelená na 512 bitové oddiely adresované pre FAT16 16-bitovou adresou. Vďaka FAT je možné jednoducho manipulovať s pamäťou. Je možné napr.

- vytvárať, mazať súbory,
- písať do súborov alebo čítať z nich
- vytvárať a mazať adresáre a podadresáre
- vyhľadávať súbory a adresáre

Použitá knižnica pre zápis na SD kartu pochádza z o stránok venovaným tejto problematike [25]. Zdrojové kódy uvedené na týchto stránkach sú voľne šíriteľné za predpokladu nekomerčného využitia.

Funkcie pre inicializáciu

```
DSTATUS disk_initialize (void);
DRESULT disk_readp (BYTE*, DWORD, WORD, WORD);
DRESULT disk_writep (const BYTE*, DWORD);
```

Funkcie pre prácu so súbormi

```
FRESULT pf_mount (FATFS*);                    //Mount/Unmount a logical drive
FRESULT pf_open (const char*);                // Open a file/
FRESULT pf_read (void*, WORD, WORD*);         // Read data from the open file
FRESULT pf_write (const void*, WORD, WORD*); // Write data to the open file
FRESULT pf_lseek (DWORD);              // Move file pointer of the open file
FRESULT pf_opendir (DIR*, const char*);       // Open a directory
FRESULT pf_readdir (DIR*, FILINFO*);   // Read a dir. item from the open dir.
```

Záznamníku teda umožňuje jednoduchý prístup do súborov karty. Záznam sa ukladá do textových súborov. Ich názov je obmedzený na 8 znakov, preto bol zvolený formát DD_MM_YY (DD – deň, MM – mesiac, YY – posledné dve číslice roku).

Pri vytváraní nového záznamu sa skontroluje, či už v danom dni nebol vytvorený textový súbor. Ak nie vytvorí sa, ak už sa na karte takýto súbor nachádza, dáta sa pripisujú pod existujúci text. Samotné dáta sú zapisované po jednotlivých sekundách do riadkov, podobne ako v tabuľke aplikácie. Na začiatok riadku sa napíše časový údaj, po ňom prijaté dáta. Po zapísaní je súbor zatvorený.

10 ZÁVER

Pri návrhu zariadenia bola najskôr určená vhodná bloková štruktúra záznamníku a potom jednotlivé bloky. Každý blok je popísaný v príslušnej podkapitole a obsahuje stručný popis požadovanej činnosti, prehľad použiteľných obvodov a opis vlastností použitých súčiastok. Všetky bloky sú doplnené schémami zapojení s popisom prepojenia k riadiacemu bloku „µP“.

K analýze prenesených dát bola vytvorená aplikácia do počítača. Jej hlavnou funkciou je jednoduchá analýza dát a umožnenie užívateľovi meniť základné parametre zariadenia. Aplikácia je dotestovaná a jej jednotlivé funkcie sú okrem stručného popisu priblížené náhľadmi. Počítačová aplikácia spolupracuje so záznamníkov cez pripojenú USB komunikáciu. Firmware mikroprocesoru zaručuje správne zaobchádzanie s prijatými dátami. Do mikroprocesoru môžu prichádzať dva typy informácii a to inštrukcie ovládacej aplikácie na zmenu parametrov záznamníku alebo dáta na odoslanie do príslušnej sériovej komunikácie. Funkcie záznamníku aj počítačovej aplikácie boli prakticky odskúšané.

Pri vývoji prototypu boli zistené omyly pri návrhu, tie sú v prezentovaných schematických zapojeniach opravné. Galvanické oddelenie pomocou obvodu ISO7221M je nefunkčné a nepodarilo sa zistiť príčinu tohto zlyhania. Pravdepodobné vysvetlenie je, že galvanické oddelenie napájania obvodom ADuM6000 nie je vhodné používať na napájanie tohto obvodu. Obvod SN74AVCA406 bol při vývoji z dôvodu poruchy zo zapojenia odstránený. Vzhľadom na to, že tento obvod zabezpečuje len ESD ochranu, nemá jeho odstránenie vplyv na funkciu záznamníku. Záznamník by sa dal vylepšiť galvanickým oddelením sériových komunikačných liniek RS232 a RS485. Toto vylepšenie by malo za úlohu zvýšiť bezpečnosť použitia záznamníku, čo by malo pravdepodobne za následok zníženie maximálnej prenosovej rýchlosti týchto liniek.

LITERATÚRA

[1] FRÝZA, T. Mikroprocesorová technika. Elektronické skriptum. Brno: FEKT, VUT v Brně, 2008.

[2] VLACH, Jaroslav a Viktorie VLACHOVÁ. Počítačová rozhraní: Přenos dat a řídicí systémy. 2., rozšíř. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2000, 175 s. ISBN 80-730-0010-5.

[3] OLMR, Vít. HW server představuje - Sériová linka RS-232. [online]. 12 December 2005 [cit. 2012-12-09]. Dostupné z: http://www.hw.cz/rozhrani/hw-server-predstavuje-seriova-linka-rs-232.html#parametry

[4] Sériový port RS232. Papouch.com [online]. 2003, 17.02.2003 [cit. 2012-12-09]. Dostupné z: http://www.papouch.com/cz/website/mainmenu/clanky/jak-na-to/rs232/

[5] The RS232 STANDARD: A Tutorial with Signal Names and Definitions. STRANGIO, Christopher E. CAMI: Cami Research Inc. [online]. [cit. 2012-12-09]. Dostupné z: http://www.camiresearch.com/Data_Com_Basics/RS232_standard.html

[6] Wilbo666.pbworks. Wilbo666 [online]. 2011 [cit. 2012-12-10]. Dostupné z: http://wilbo666.pbworks.com/w/page/49320712/RS232

[7] SWD: Realtime solutions [online]. [cit. 2012-12-09]. Dostupné z: http://www.swd.de/products/datasheets/COM-99449-7_en.html

[8] RS 485 & 422. STANĚK, Jan. HW.cz [online]. 1998 [cit. 2012-12-10]. Dostupné z: http://www.hw.cz/teorie-a-praxe/dokumentace/rs-485-422.html

[9] UC-313: 2 Port RS422/485 PCI Serial Card. BrainBoxes [online]. [cit. 2012-12-09]. Dostupné z: http://www.brainboxes.com/product/items/uc-313

[10] AGGsoft: Technology At Your Service. ADVANCED SERIAL DATA LOGGER [online]. 28. November 2012. 2012 [cit. 2012-12-10]. Dostupné z: http://www.aggsoft.com/serial-data-logger.htm

[11] AntiLog RS232 Serial Data Logger: Current versions: V3.7 (Single) and V5.2b (Dual channel). Anticyclone Systems [online]. 01.Október 2012. 2012 [cit. 2012-12-10]. Dostupné z: http://www.anticyclone.myzen.co.uk/product_antilog.html

[12] Acumen: DataBridge SDR2-CF Serial Data Recorder. MicroDAQ [online]. 2008 [cit. 2012-12-10]. Dostupné z: http://www.microdaq.com/acumen/documentation/serial-data-recorder-datasheet.pdf

[13] Avisaro Data Logger Box 2.0: M21133: with RS232 interface and D-Sub-connector. Avisaro: Embedded Information Technology [online]. Júl 2012. 2012 [cit. 2012-12-10]. Dostupné z: http://www.avisaro.com/tl/tl_files/Avisaro%20Produktbeschreibung/DatasheetM21133.pdf

[14] FTP logger: záznamník datové komunikace. Papouch.com [online]. 2009 [cit. 2012-12-10]. Dostupné z: http://www.papouch.com/cz/shop/product/ftp-logger-zaznamnik-datove-komunikace/

[15] Data Loggers & scenners: IM 2000 Series - Data Loggers. Ajinkya Electronic Systems [online]. [cit. 2012-12-10]. Dostupné z: http://www.ajinkya.com/logger.pdf

[16] MSP430F543xA, MSP430F541xA: MIXED SIGNAL MICROCONTROLLER. Texas Instruments [online]. Január 2010. 2010, Október 2010 [cit. 2012-12-10]. Dostupné z: http://www.ti.com/lit/ds/symlink/msp430f5438a.pdf

[17] CP2102: SINGLE-CHIP USB TO UART BRIDGE. Silicon Labs [online]. 2010 [cit. 2012-12-10]. Dostupné z: https://www.silabs.com/Support%20Documents/TechnicalDocs/cp2102.pdf

[18] Complete, Isolated, 3.3V RS-485/RS-422 Data Interface. MAXIM [online]. 1996, Január 1996 [cit. 2012-12-10]. Dostupné z: http://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/MAX3480A-MAX3480B.pdf

[19] TRSF3221E: 3-V TO 5.5-V SINGLE-CHANNEL RS-232 1-Mbit/s LINE DRIVER/RECEIVER WITH ±15-kV IEC ESD PROTECTION. Texas Instruments [online]. Júl 2007. 2007 [cit. 2012-12-10]. Dostupné z: http://www.ti.com/lit/ds/symlink/trsf3221e.pdf

[20] TPS54326: 4.5V to 18V Input, 3-A Synchronous Step-Down Converter with Eco-mode™. Texas Instruments [online]. Október 2009. 2009, Jún 2012 [cit. 2012-12-10]. Dostupné z: http://www.ti.com/lit/ds/symlink/tps54326.pdf

[21] TPS3619-33 TPS3619-50 TPS3620-33, TPS3620-50: BACKUP-BATTERY SUPERVISORS FOR RAM RETENTION. Texas Instruments [online]. Apríl 2009. 2001, December 2007 [cit. 2012-12-10]. Dostupné z: http://www.ti.com/lit/ds/symlink/tps3619-33.pdf

[22] SN74AVCA406: MMC, SD CARD, Memory Stick, SmartMedia, AND xD-Picture Card ±15-kV ESD-PROTECTED VOLTAGE-TRANSLATION TRANSCEIVER. Texas Instruments [online]. Október 2004. 2004, Január 2007 [cit. 2012-12-10]. Dostupné z: http://www.ti.com/lit/ds/symlink/sn74avca406.pdf

[23] MSP-EXP430F5438 Experimenter Board: User's Guide. Texas Instruments [online]. Január. 2009, Jún 2011 [cit. 2012-12-12]. Dostupné z: http://www.ti.com/lit/ug/slau263g/slau263g.pdf

[24] TEXAS INSTRUMENTS. *Interfacing the MSP430 With MMC/SD Flash Memory Cards* [online]. November 2005, Marec 2008 [cit. 2013-05-27]. Dostupné z: http://www.ti.com/lit/an/slaa281b/slaa281b.pdf

[25] *The Electronic Lives Manufacturing: FatFs - Generic FAT File System Module* [online]. 1997, Február 2013 [cit. 2013-05-29]. Dostupné z: http://elm-chan.org/fsw/ff/00index_e.html

ZOZNAM SYMBOLOV, VELIČÍN A SKRATIEK

T_B	Perióda signálu
Bd	Baud rate, jednotka prenosovej rýchlosti
ACLK	Auxiliary Clock
CPU	Central processing unit
DCO	Digitally Controlled Oscilator
DE	Driver-Enable input, aktivačný vstup ovládača
DI, DIN	Driver Input, dátový vstup ovládača
DOUT	Driver Output, dátový výstup ovládača
FAT	File Allocation Table
FTDI	Future Technology Devices International Limited
HAL	Hardware abstraction layer
MCLK	Master clock
RI	Receiver Input, dátový vstup prijímača
RO, ROUT	Receiver Output, dátový výstup prijímača
RTC	Real Time Clock, obvod skutočného času
SMCLK	Subsystem master clock
SPI	Serial Peripheral Interface, synchrónna sériová zbernica
TwistedPair	Dva rovnaké vodiče zmotané okolo seba
UART	Universal Asynchronous Receiver/Transmitter, univerzálny asynchrónny prijímač/vysielač
USCI	Universal Serial Communication Interfaces, rozhrania univerzálnych sériových komunikácii

ZOZNAM PRÍLOH

A Prototyp zariadenia **45**

B Návrh zariadenia **46**

B.1 Obvodové zapojenia 46

B.2 Doska plošných spojov – top 50

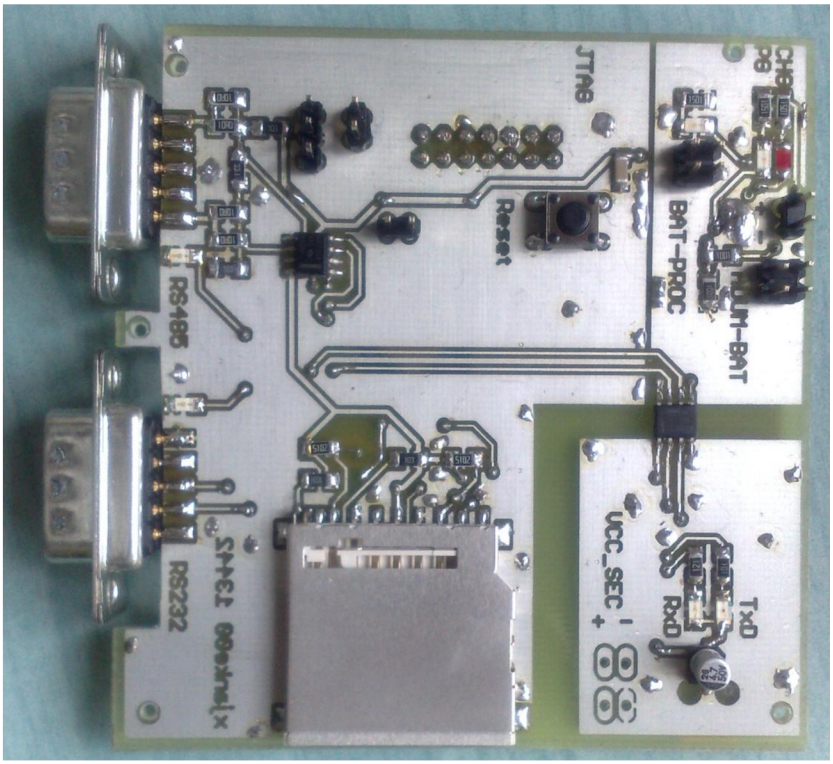
B.3 Doska plošných spojov – bottom 50

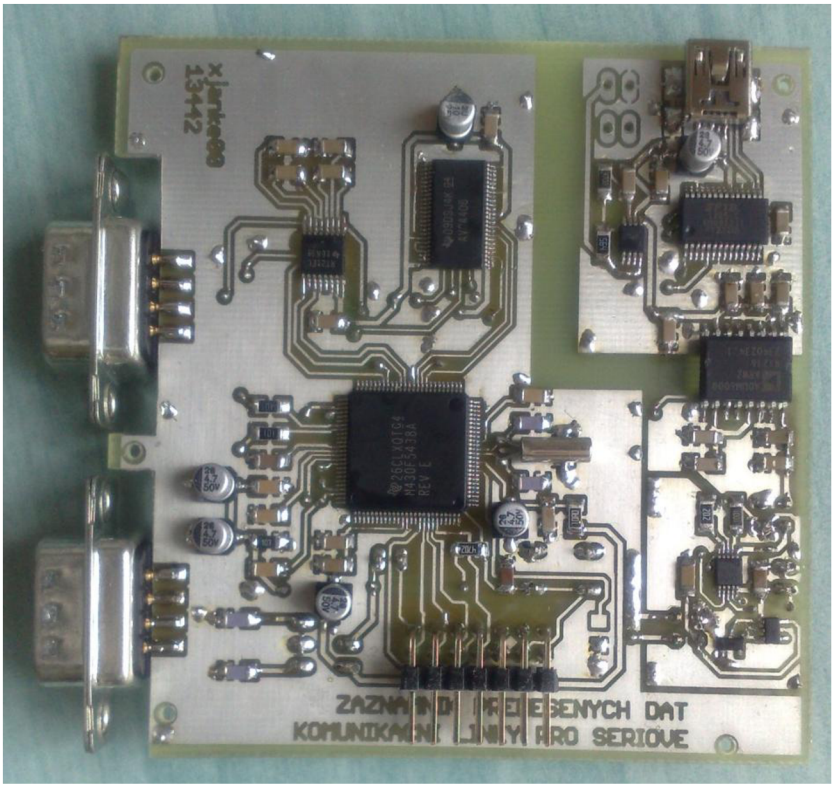
B.4 Obsadzovací plán – top 51

B.5 Obsadzovací plán – bottom 51

C Zoznam soúčiastok **52**

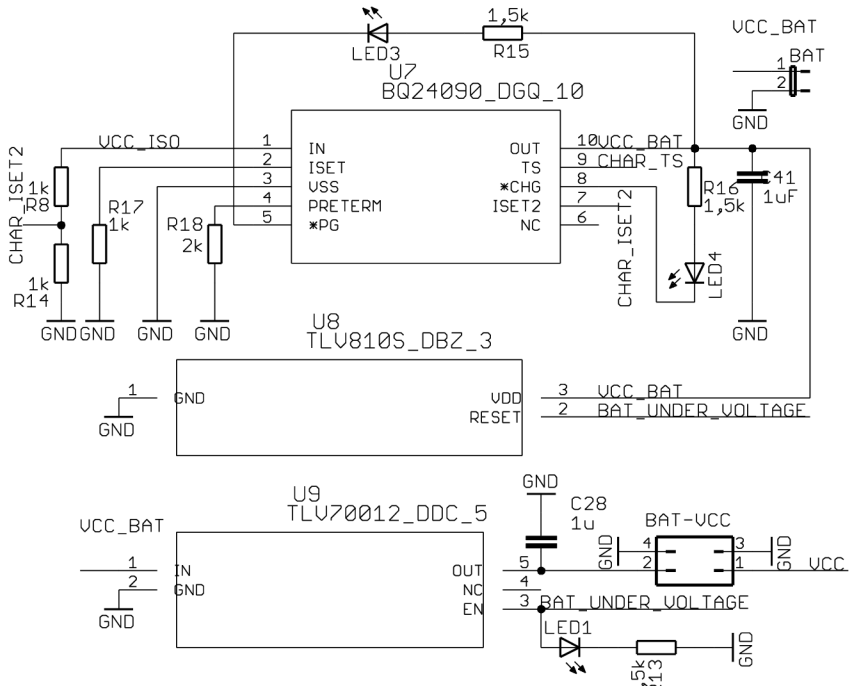
A PROTOTYP ZARIADENIA



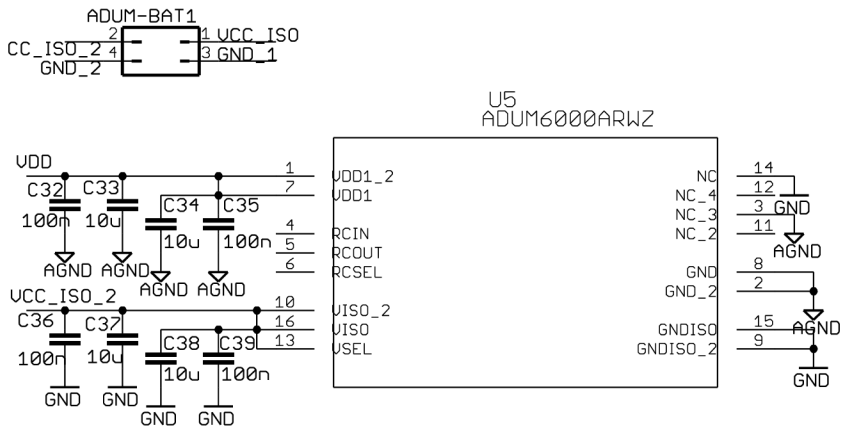


B NÁVRH ZARIADENIA

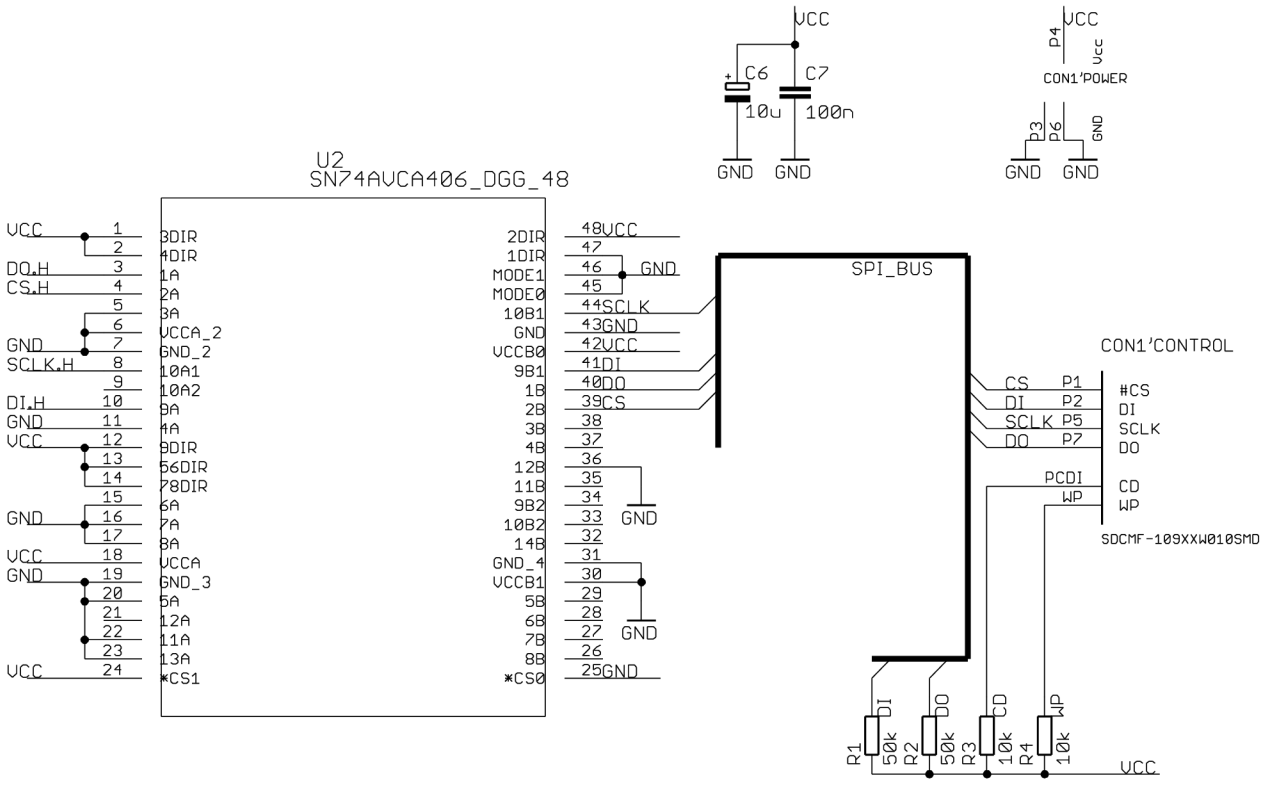
B.1 Obvodové zapojenia



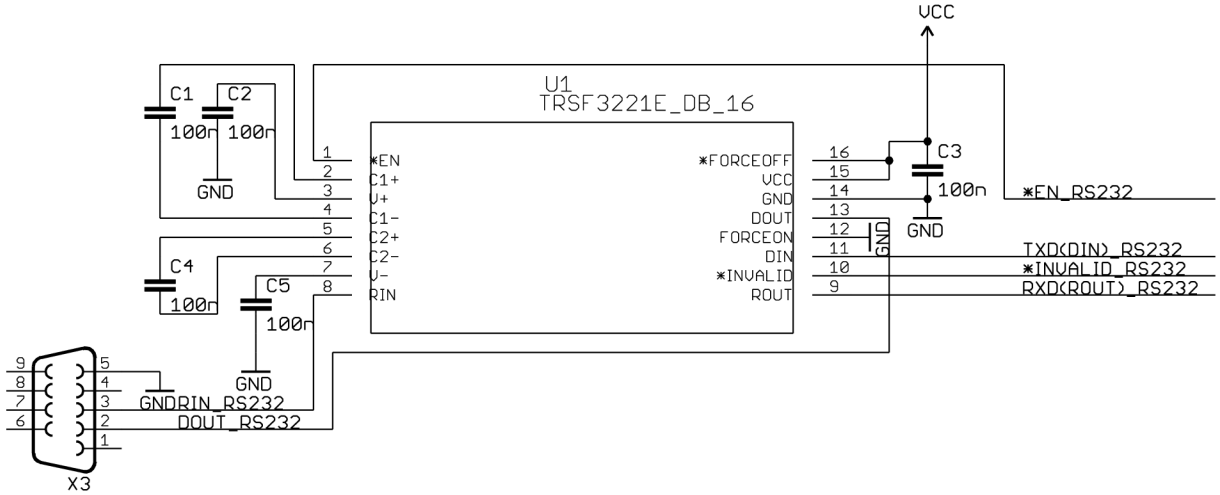
Sch. 1 Nabíjač batérii (BQ24090) s lineárnym stabilizátorom (TVL70032) a detekciou podpätia batérie (TVL810S)



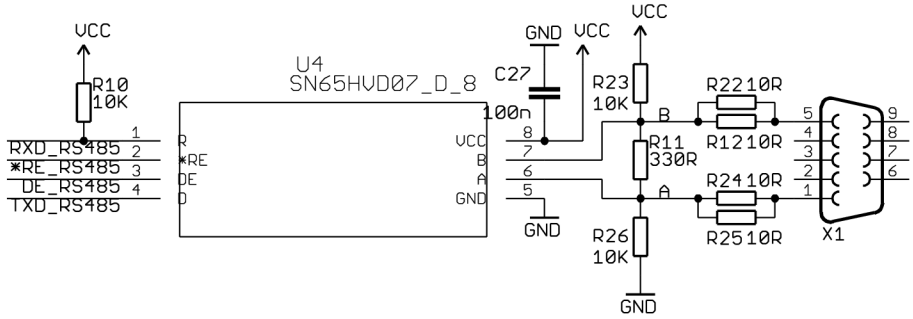
Sch. 2 Schematické zapojenie galvanického oddelenie napájania (ADuM6000)



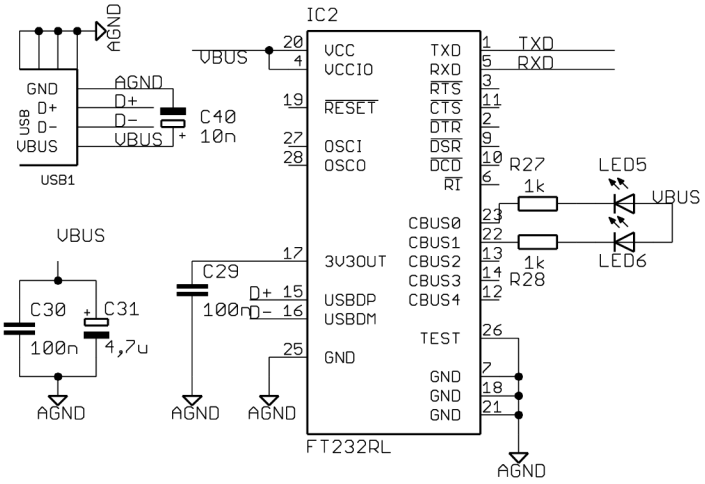
Sch. 3 Blok „Pamäťová karta“ (SN74AVCA406 v zapojení SPI Mode)



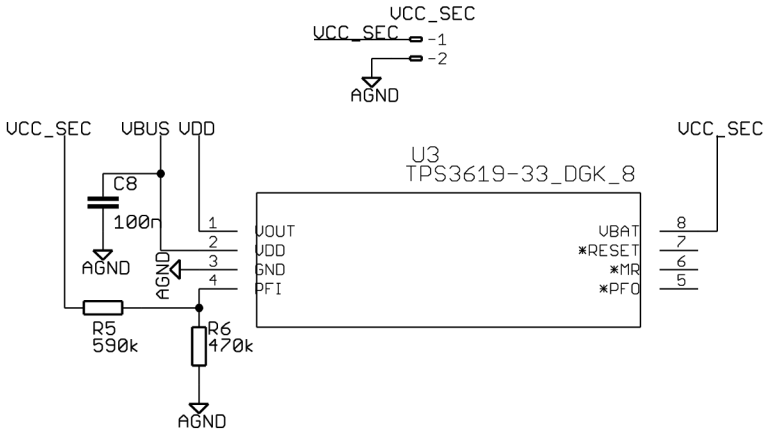
Sch. 4 Prevodník UART/RS232 (TRSF3221ECPWR)



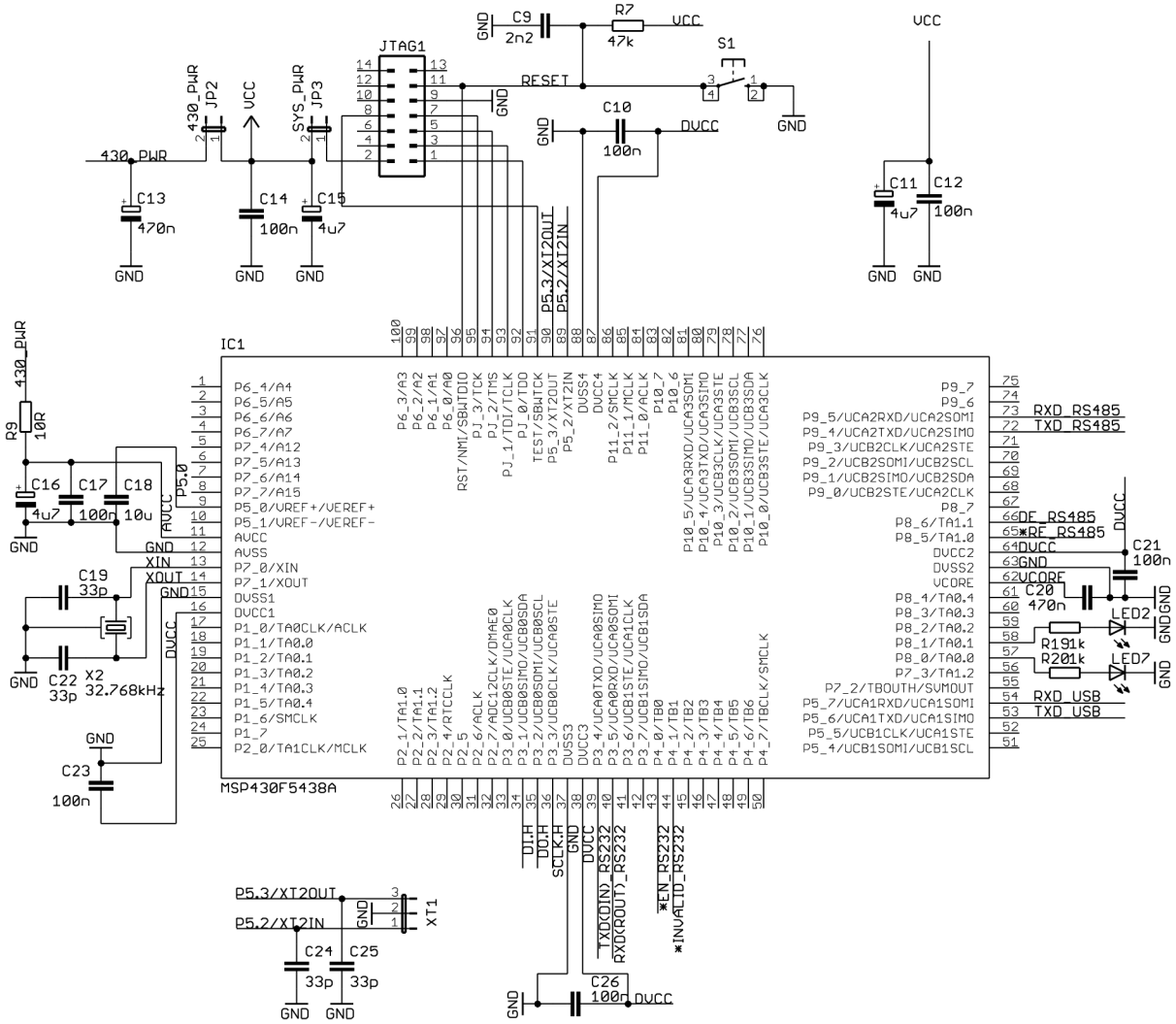
Sch. 5 Prevodník UART/RS485 (SN65HVD078)



Sch. 6 Prevodník „USB/UART“ (FT232RL)

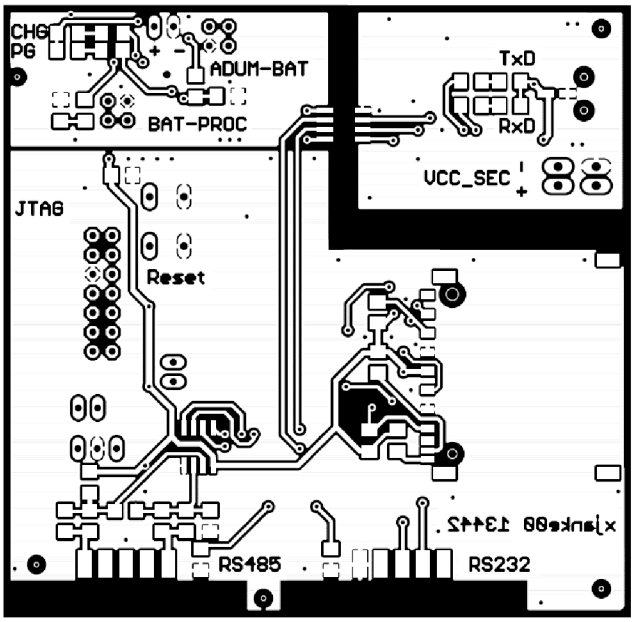


Sch. 7 Výber napájania (TPS3619-33)



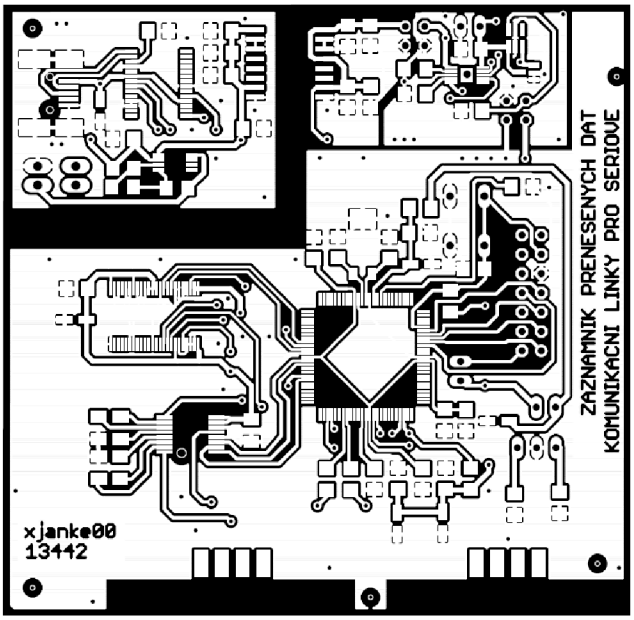
Sch. 8 Riadiaci blok „µP“ (MSP430F5438AIPZR) prerobiť

B.2 Doska plošných spojov – top



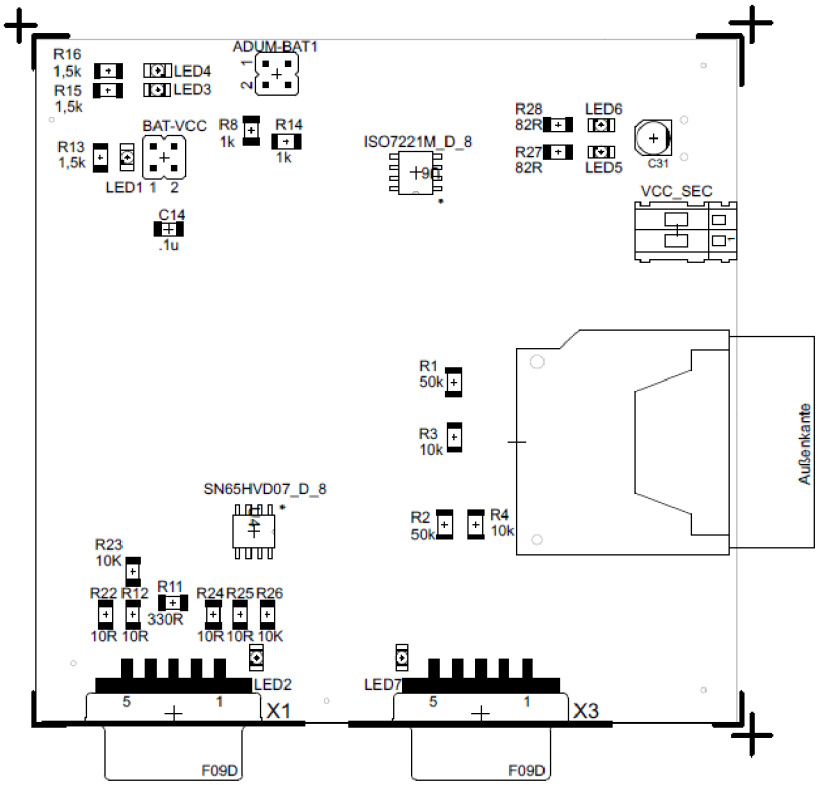
Rozmer dosky 81x83 [mm], mierka M 1:1

B.3 Doska plošných spojov – bottom

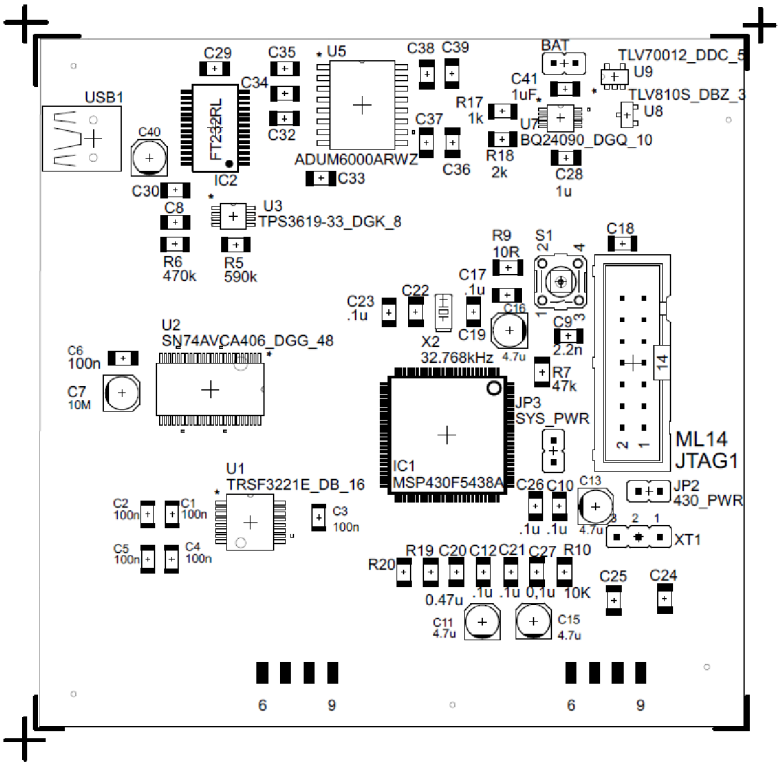


Rozmer dosky 81x83 [mm], mierka M 1:1

B.4 Obsadzovací plán – top



B.5 Obsadzovací plán – bottom



C ZOZNAM SOÚČIASTOK

Označenie	Hodnota	Puzdro	Popis
ADUM-BAT1		JP2Q	Prepojka
BAT		JP1	Prepojka
BAT-VCC		JP2Q	Prepojka
C1	100n	C1206K	Keramický kondenzátor
C2	100n	C1206K	Keramický kondenzátor
C3	100n	C1206K	Keramický kondenzátor
C4	100n	C1206K	Keramický kondenzátor
C5	100n	C1206K	Keramický kondenzátor
C6	10u	UD-4X5,8_NICHICON	Elektrolytický kondenzátor
C7	100n	C1206	Keramický kondenzátor
C8	100n	C1206	Keramický kondenzátor
C9	2,2n	C1206	Keramický kondenzátor
C10	100n	C1206	Keramický kondenzátor
C11	4,7u	UD-4X5,8_NICHICON	Elektrolytický kondenzátor
C12	100n	C1206	Keramický kondenzátor
C13	4,7u	UD-4X5,8_NICHICON	Elektrolytický kondenzátor
C14	100n	C1206	Keramický kondenzátor
C15	4,7u	UD-4X5,8_NICHICON	Elektrolytický kondenzátor
C16	4,7u	UD-4X5,8_NICHICON	Elektrolytický kondenzátor
C17	100n	C1206	Keramický kondenzátor
C18	10u	UD-4X5,8_NICHICON	Elektrolytický kondenzátor
C19	33p	C1206	Keramický kondenzátor
C20	470n	C1206	Keramický kondenzátor
C21	100n	C1206	Keramický kondenzátor
C22	33p	C1206	Keramický kondenzátor
C23	100n	C1206	Keramický kondenzátor
C24	33p	C1206	Keramický kondenzátor
C25	33p	C1206	Keramický kondenzátor
C26	100n	C1206	Keramický kondenzátor
C27	100n	C1206	Keramický kondenzátor
C28	1u	C1206	Keramický kondenzátor
C29	100n	C1206	Keramický kondenzátor
C30	100n	C1206	Keramický kondenzátor
C31	4,7u	UD-4X5,8_NICHICON	Elektrolytický kondenzátor
C32	100n	C1206	Keramický kondenzátor
C33	10u	C1206	Keramický kondenzátor
C34	10u	C1206	Keramický kondenzátor
C35	100n	C1206	Keramický kondenzátor
C36	100n	C1206	Keramický kondenzátor
C37	10u	C1206	Keramický kondenzátor
C38	10u	C1206	Keramický kondenzátor

Označenie	Hodnota	Puzdro	Popis
C39	100n	C1206	Keramický kondenzátor
C40	10n	UD-4X5,8_NICHICON	Tantalový kondenzátor
C41	1u	C1206	Keramický kondenzátor
CON1	SDCMF-109XXW010SMD	SDCMF-109XXW010	Puzdro na SD kartu
IC1	MSP430F5438A	PZ_S-PQFP-G100	Mikroprocesor
IC2	FT232RL	SSOP28	Prevodník USB/UART
JP2	430_PWR	JP1	Prepojka
JP3	SYS_PWR	JP1	Prepojka
JTAG1	ML14	ML14	Konektor
LED1	zelená	FKIT-LED-1206	LED dióda
LED2	zelená	FKIT-LED-1206	LED dióda
LED3	zelená	FKIT-LED-1206	LED dióda
LED4	červená	FKIT-LED-1206	LED dióda
LED5	žltá	FKIT-LED-1206	LED dióda
LED6	oranžová	FKIT-LED-1206	LED dióda
LED7	zelená	FKIT-LED-1206	LED dióda
R1	50k	M1206	Rezistor
R2	50k	M1206	Rezistor
R3	10k	M1206	Rezistor
R4	10k	M1206	Rezistor
R5	590k	R1206	Rezistor
R6	470k	R1206	Rezistor
R7	47k	M1206	Rezistor
R8	1k	R1206	Rezistor
R9	10R	M1206	Rezistor
R10	10K	R1206	Rezistor
R11	330R	R1206	Rezistor
R12	10R	R1206	Rezistor
R13	1,5k	R1206	Rezistor
R14	1k	R1206	Rezistor
R15	1,5k	R1206	Rezistor
R16	1,5k	R1206	Rezistor
R17	1k	R1206	Rezistor
R18	2k	R1206	Rezistor
R19	1K	R1206	Rezistor
R20	1K	R1206	Rezistor
R22	10R	R1206	Rezistor
R23	10K	R1206	Rezistor
R24	10R	R1206	Rezistor
R25	10R	R1206	Rezistor
R26	10K	R1206	Rezistor
R27	1K	R1206	Rezistor

Označenie	Hodnota	Puzdro	Popis
R28	1K	R1206	Rezistor
S1		B3F-10XX	Tlačidlo
U1	TRSF3221E_DB_16	DB16	Prevodník RS232/UART
U2	SN74AVCA406_DGG_48	DGG48	Ochrana SD karty
U3	TPS3619-33_DGK_8	DGK8	Obvod výberu napätia
U4	SN65HVD07_D_8	D8	Prevodník RS485/UART
U5	ADUM6000ARWZ	RW_16	DC-DC prevodník s izoláciou
U6	ISO7221M_D_8	D8	Dátový izolátor
U7	BQ24090_DGQ_10	DGQ10_1P57X1P88	Nabíjač batérii
U8	TLV810S_DBZ_3	DBZ3	Detektor podpätia
U9	TLV70012_DDC_5	DDC5	Lineárny stabilizátor
USB1	USB3MINI	USB-MB-S	Konektor
VCC_SEC		233-102	Prepojka
X1		F09D	Konektor
X2	32.768kHz	CMJ206T	Kryštál
X3		F09D	Konektor
XT1		JP2	Prepojka