

BLACKBOX FOR EMBEDDED SYSTEMS

Vladimír Hubík

Master Degree Programme (2), FEEC BUT
E-mail: xhubik00@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: István Szabó

E-mail: iszabo@unis.cz

ABSTRACT

The aim of this project was to develop data logger application for embedded systems with some special parameters. The main requirement is to store data for more than one month. So it is necessary to use a big data medium with sufficient security and technical parameters. Another point was the wish to analyze stored data on personal computer through appropriated software. The best resolution is to use secure digital card, known i.e. from the digital cameras as the SD card. For industrial applications it is possible to buy modified card with better temperature and mechanical characters, which is for this purpose better than classic one.

Summary the device stores every incoming byte on CAN bus to the SD card with capacity up to 2 GB that is obtained by the FAT16 file system. It is possible to read whole card through any card reader connected to PC with any text editor.

1. ÚVOD

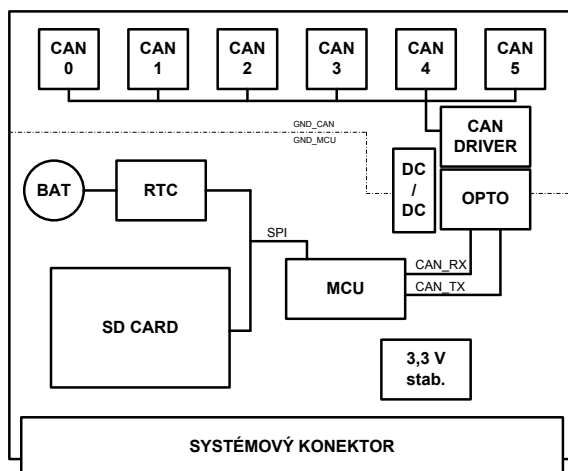
Tato práce se zabývá konstrukcí zařízení, které veškerá příchozí data z příslušné komunikační sběrnice ukládá na vnitřní paměťové médium s následnou možností analýzy takto získaných údajů. Jedná se tedy o zařízení známé v technické praxi jako *data logger*. V požadavku na technické parametry byla minimální doba ukládání až jeden měsíc (při průměrném datovém toku), spolehlivost paměťového média a možnost zpracování dat v běžném osobním počítači PC za použití příslušného softwaru. Jako optimální paměť splňující uvedené požadavky byla vybrána standardní SD karta [2] používaná v běžné spotřební elektronice (mobilní telefony, digitální fotoaparáty, atd.).

Vznikla tedy aplikace, která ukládá příchozí data ze sběrnice CAN na paměťové médium tvořené SD kartou vybavenou souborovým systémem FAT16. Je tedy možné nasbíraná data přenést do počítače za pomoci obyčejné čtečky paměťových karet a procházet v libovolném textovém editoru.

2. BLOKOVÉ SCHÉMA

Celý systém lze rozdělit, jak ukazuje Obrázek 1, na několik významných částí. Jádro je tvořeno osmibitovým mikroprocesorem, který komunikuje po společné SPI sběrnici s obvodem reálného času RTC a SD kartou. Dále obsluhuje budič sběrnice CAN, která je

galvanicky oddělena od zbytku jednotky. Celé zařízení, kromě budiče sběrnice CAN, je napájeno nominálním napětím o velikosti 3,3 V. Jednotlivé bloky jsou popsány dále podrobněji.



Obrázek 1: Blokové schéma celého systému.

- **MCU** – osmibitový mikroprocesor Microchip 18F2850 [1], 40 MHz interní clock, 32 kB FLASH, 1,5 kB SRAM, standardní periferie + CAN modul přímo na čipu
- **SD CARD** – Secure Digital card [2], možná velikost karty od 16 MB do 2 GB, komunikace s kartou prostřednictvím sériové sběrnice SPI až do rychlosti 10 Mbit/s, pro širší teplotní rozsah lze použít SanDisk Extreme III kartu (- 25° C až 85° C)
- **RTC** – obvod reálné času DS 1305 fy Maxim [3], zálohovaný NiMH akumulátorem s napětím 2,4 V a kapacitou 140 mA / h, obvod navíc obsahuje zálohovanou paměť RAM o velikosti 96 bytů sloužící k ukládání aktuální pozice zápisu na kartu, komunikace s RTC je sdílená na SPI sběrnici s kartou
- **CAN driver + OPTO** – budič sběrnice CAN je obvod fy Philips 82C250, slouží jako převodník úrovně TTL na symetrickou linku dle standardu [4], optické oddělení na TTL úrovni je realizováno optočleny HCPL0600 fy Fairchild
- **DC / DC** – spínaný konvertor z 5 na 3,3 V fy Traco Power, odděluje napájecí napětí budiče sběrnice CAN a optočlenů od napájení zbylé elektroniky na desce, izolační napětí 1 kV, výstupní proud cca. 200 mA
- **3,3 V stab.** – je tvořen nízkoúbytkovým napěťovým regulátorem LE33 fy STMicroelectronics, výstupní proud 100 mA

3. UKLÁDÁNÍ PŘÍCHOZÍCH PAKETŮ

Po zapnutí napájení dojde k inicializaci SD karty a jejího přepnutí do SPI módu komunikace. Následuje sled ovládacích příkazů, během kterých se nastaví parametry pro práci s pamětí, např. velikost bloku dat pro uložení, zapnutí kontrolního součtu, atd. U vysokokapacitních karet je nejmenší možný blok, se kterým lze pracovat, o velikosti jednoho sektoru, tzn. 512 bytů. Protože je karta formátována se systémem FAT16, je nutné po inicializaci vyhledat polohu boot sektoru a FAT, zkontrolovat celistvost alokačních tabulek a vyčíst začátek a konec datového souboru, do kterého se bude ukládat. Z důvodu spolehlivosti je na kartě pouze jeden soubor odpovídající kapacitě paměťového média.

Po příchodu paketu ze sběrnice CAN, je datový rámeček rozložen na jednotlivé části, jako je identifikátor zprávy, jeho délka a datový náklad. Je přidána informace o čase příjmu vyčtená z obvodu reálného času RTC a vytvoří se paket nový o velikosti 16 bytů, který je uložen na příslušnou pozici na kartě. Vzhledem k tomu, že nejmenší datový blok, který lze uložit odpovídá velikosti 512 bytů, je třeba takovýchto paketů 32. Pokud však do nastaveného časového intervalu požadovaný počet nepřijde, je sektor automaticky doplněn a z důvodu bezpečnosti uložen na kartu. Aktuální index ukazující na další volnou pozici v paměti je ukládán do vnitřní paměti RAM obvodu RTC.

4. PARAMETRY ZAŘÍZENÍ

Zařízení bylo testováno ve čtrnáctidenním nepřetržitým provozu, při němž byl simulován datový tok 333 paketů na sběrnici CAN s rychlostí 78,5 kbit/s. To odpovídá prakticky sto-procentnímu vytížení sběrnice, za předpokladu, že jeden paket má cca. 27 bajtů. Karta o velikosti 2 GB byla tedy celá zaplněná. Testovací paket byl vybaven vnitřním počítadlem, bylo tedy možné identifikovat, zda nebyl ztracený některý z nich. Během 14 dní nedošlo ani k jedné chybě. Rychlostní možnosti zařízení jsou limitovány rychlostí zápisu dat na SD kartu. Vzhledem k poměrně složitému zapisovacímu postupu, je doba značně proměnlivá. V nejhorším případě trvá zápis 512 bajtů dat až 3 ms, což značně limituje možnosti zařízení. Pro vyrovnání rozdílných rychlostí je nutností použít kruhový buffer, např. velikosti 128 bajtů ve vnitřní SRAM procesoru, který také řeší případy největšího provozu na sběrnici. Ke kolizi dat nedochází z principiálního důvodu sběrnice CAN, tzn. nemohou ve stejný okamžik začít vysílat dvě zařízení současně, viz [4].

5. ZÁVĚR

Uvedené zařízení bylo vyvinuto ve spolupráci s firmou UNIS spol. s r.o. [5], sekce Mechatronické systémy, a slouží jako *data logger* pro univerzální řídicí systém na bázi embedded. Jeho uplatnění lze hledat v libovolné kritické aplikaci, kde je nutná případná analýza chování celého systému, např. při havarijním stavu. Vzhledem k používání sběrnice CAN v osobních automobilech a v letectví, lze zařízení při zajištění dostatečné mechanické pevnosti použít jako tzv. *Blackbox* – „černou skříňku“.

LITERATURA

- [1] Secure Digital Card Specification. SanDisk, 2001. <http://www.sandisk.com>
- [2] PIC18F2480/2580/4480/4580. Katalogový list, <http://www.microchip.com>
- [3] DS1305 Serial Alarm Real-Time Clock. Katalogový list, <http://www.maxim-ic.com>
- [4] CAN Specification Version 2.0. Bosh, 1991. <http://www.bosh.de>
- [5] UNIS spol. s r.o., divize Mechatronické systémy. <http://www.unis.cz>