ČESKE VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ

KATEDRA ŘÍDÍCÍ TECHNIKY

Bakalářská práce

Černá skřínka do automobilu

Vypracoval : Ladislav Růžička
Vedoucí práce : Ing. Pavel Růžička
červen 2006

ČVUT PRAHA

České vysoké učení technické v Praze, fakulta elektrotechnická

Katedra řídicí techniky | Školní rok: 2005/2006

Zadání bakalářské práce

Student: Ladislav Růžička

Obor: Kybernetika a měření

Název tématu: Černá skřínka do automobilu

Zásady pro vypracování:

1. Proveďte průzkum trhu v oblasti záznamových Car Crash Recorder`s (černých skříněk) a rešerší podobných projektů a jejich vlastností.
2. Nastudujte principy a funkci CAN sběrnice v automobilovém průmyslu a navrhněte způsob integrace černé skříňky do elektroniky automobilu.
3. Navrhněte celkovou koncepci rekorderu pro automobil Škoda Octavia se záznamem obrazu z digitální kamery (kamer), rychlosti, zrychlení, případně dalších kritických hodnot.
4. Realizujte model zařízení pomocí vývojového kitu s procesorem XScale

Seznam odborné literatury: Dodá vedoucí práce

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Pavel Růžička
Datum zadání bakalářské práce: zimní semestr 2005/06 (změna zadání 9. 5. 2006)

Termín odevzdání bakalářské práce: 30. 6. 2006

Prof. Ing. Michael Šebek, DrSc.
vedoucí katedry

L.S.

Prof. Ing. Zbyněk Škvor, CSc.
děkan

V Praze, dne 9. 5. 2006

Poděkování

Chtěl bych poděkovat a vyslovit uznání všem, kteří mi pomáhali při vzniku této práce. Především Ing. Pavlu Růžičkovi, vedoucímu této bakalářské práce, za trpělivé vedení a množství praktických rad.

Zařízení potřebné k této práci bylo pořízeno z prostředků grantu ČR GAČR 102/05/0467.

Prohlášení

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

V Praze dne ……. …….
podpis

Anotace

Bakalářská práce popisuje návrh „Černé skřínky“ do auta. Jádrem zařízení je procesor PXA255 od firmy Intel, který je zabudován na zásuvném modulu. Na modulu je nainstalován operační systém Linux 2.4. Hlavními obvody zařízení jsou rozhraní pro USB Host (pomocí, níž bude k desce připojena kamera), rozhraní pro komunikaci s automobilem je sběrnice CAN (Controller Area Network) a sada akcelerometrů a A/D převodníků.

Návrh se skládá z několika částí : 1. určení parametrů zařízení, 2. výběr vhodné kamery (vyhovujícím našim požadavkům), 3. návrh zvoleného zařízení a jeho realizace. Pro lepší ilustraci je práce doplněna přílohami.

Annotation

This bachelor degree work describes a design of a black box in a car. Kernel device is based on processor PXA255 produced by the firm Intel, which is installed on a sliding module. The operating system Linux 2.4 is installed on the module. The main circuits of the device are interfaces for USB Host (with the help of which a camera will be connected to the board), the interface for the communication with the car is the bus CAN (Controller Area Network) and a set of acceleration meters and A/D convertors.

The design consists of several parts: 1. the determination of parameters of the device, 2. the selection of a suitable camera meeting our requirements, 3. the design of a selected device and its implementation. As an illustration the work is completed with inserts.

Obsah

1. Úvod **1**

2. Informace o zařízení **2**

2.1 Charakteristika zařízení....2

2.2 Zařízení na trhu....4

2.3 Periferie a rozhraní....5

3. CAN (Controller Area Network) **7**

3.1 Popis sběrnice....7

3.1.1 Úvod....7

3.1.2 Základní struktura a vlastnosti sběrnice....7

3.1.3 Prvky protokolu CAN....9

3.1.4 Komunikace po sběrnici CAN....10

3.1.4.1 Datový rámec....11

3.1.4.2 Požadavkový blok....12

3.1.4.3 Chybový blok....13

3.1.4.4 Zpožďovací blok....13

3.2 CAN návrh rozhraní....14

3.2.1 Budič sběrnice CAN – PCA82C251....14

3.2.2 CAN Controller – CC750....14

3.2.3 Obvodové řešení....16

4. USB Host **17**

4.1 ISP 1161A....17

4.1.1 Funkční blokový diagram a popis signálů....17

4.1.2 Charakteristika obvodu....18

4.2 Obvodové řešení....19

5. Kamera **20**

5.1 Optický senzor – VS6650....20

5.2 Grafický procesor – STV0976....20

5.3 Evaluation Kit – MOB-976/650....21

5.4 Kompatibilita datové propustnosti....22

6. Akcelerometry a A/D převodníky **25**

6.1 Akcelerometry....25

6.1.1 Funkční blokový diagram....25

6.1.2 Charakteristika senzoru....26
6.2 A/D převodníky....26
6.2.1 Funkční blokový diagram a popis signálů....27
6.2.2 Charakteristika obvodu....27
6.3 Stanovení parametrů akcelerometrů a ADC....28
6.4 Obvodové řešení....28
7. Realizace modelu zařízení 30
8. Závěr 31
9. Seznam obrázků 32
10. Literatura 33
11. Přílohy 34

1. Úvod

Hlavním úkolem této práce je vytvořit návrh zařízení pro zaznamenávání údajů krátce před dopravní nehodou a během ní. Cílem je shromáždit dostatečné množství informací k pozdějšímu vyhodnocení příčin nehody a popřípadě k určení viníka.

Tato zařízení se již řadu let využívají v moderních typech automobilů dodávaných do USA nebo Kanady. Velké automobilky například Ford, Isuzu, General Motors a Toyota již montují tato zařízení do svých nových automobilů dodávaných výhradně na americký trh. Prozatím se tyto společnosti neodhodlaly dodávat tato zařízení do Evropy, důvod tohoto jednání by mohl být v legislativě evropských zemích a poměr ceny tohoto zařízení k ceně automobilu.

Cílem práce je navrhnou zařízení podobné zařízením používaným ve Spojených státech amerických a Kanadě. Naše „černá skřínka“¨využije jako centrální mozek zásuvný modul od firmy Voipac, který obsahuje procesor PXA255 od firmy Intel, operační paměť a flash paměť pro operační systém a program zajišťující správnou funkci zařízení. Tento zásuvný modul je doplněn o podpůrnou desku, která obsahuje obvody pro sběr a ukládání dat o jízdě.

Mezi základní obvody patří USB Controller, obvody pro přístup k průmyslové sběrnici CAN a v neposlední řadě obvody pro měření zrychlení - akcelerometrický senzor a analogově-číslicový převodník.

Cílem této práce je navrhnou zařízení srovnatelné se zařízením, které je již na trhu. V budoucnu je možné ho vylepšit o prvky umožňující přesnou lokalizaci vozidla pomocí GPS a napojit zařízení na mobilní telekomunikační síť, aby mohlo samo zavolat pomoc při nehodě. Dále ho vylepšit o radiomaják, který by v případě nehody varoval ostatní vozidla v okolí.

Následující kapitoly popisují kriteria návrhu zařízení, popis použitých měřících a rozšiřujících obvodů, popis jednotlivých komunikačních rozhraní a komunikačního protokolu CAN2.0A/B.

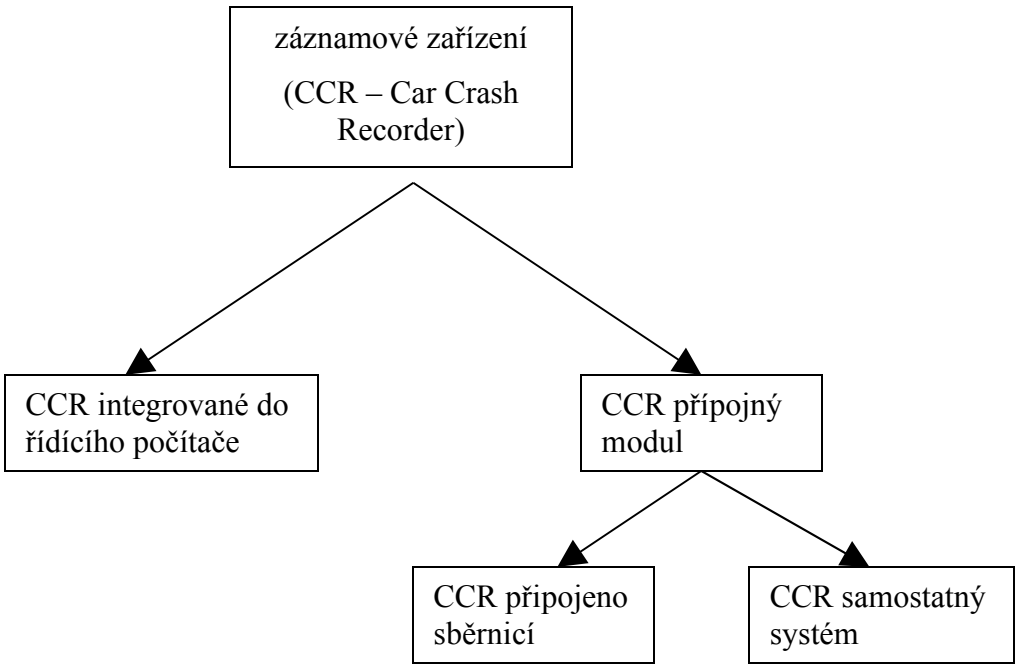
2. Informace o zařízení

Tato kapitola se zabývá možnostmi využití „černých skříněk“ (dále jen. „záznamové zařízení“) v osobních i nákladních automobilech, dále se zabývá jejich dostupností na trhu a důvody, proč byla tato zařízení použita.

2.1 Charakteristika zařízení

Záznamová zařízení se dají rozdělit podle několika kritérií :

a) podle stupně integrace do vozidla



Obr. 1. : Rozdělení záznamových zařízení

- CCR integrované do řídícího počítače – záznam dat a videosignálu provádí řídící jednotka automobilu.
- CCR přípojný modul - automobil není vybaven zařízením CCR a toto zařízení je instalováno dodatečně.
- CCR připojeno sběrnicí - CCR modul je připojen přes průmyslovou sběrnici, s jejíž pomocí získává kritická data o automobilu (rychlost, zrychlení, natočení kol…).CCR modul si tato data musí vyžádat od řídící jednotky. Všechna moderní auta jsou již připravena na připojení CCR zařízení (auta jsou vybavena průmyslovou sběrnicí pro přenos dat a komunikaci jednotek)

- CCR samostatný systém - CCR není propojeno s řídící jednotkou. Všechna data o vozidle musí CCR změřit a zpracovat samo.

b) podle zpracování dat

  - rozdělení se hodí spíše pro firemní vozidla (nákladní doprava – kamionová, doručovací služby...)

  off-line - záznamové zařízení je doplněno o GPS sledovací systém. Zaznamenává polohu, rychlost, přestávky, spotřebu a otevření zavazadlového prostoru automobilu…Tyto informace jsou uloženy do záznamového zařízení a po návratu vozidla do firmy jsou načteny do počítače a zpracovány.

  on-line - je doplněno o sledování jako v případě off-line, ale ještě navíc o přenos dat do centrály k dispečerovi. Ten má kompletní přehled o všech vozidlech, což má za následek zefektivnění práce.

c) podle způsobu určování rychlosti

  - rychlost může být zjišťována přes průmyslovou sběrnici ve vozidle (většinou CAN). Hlavní výhodou tohoto řešení je především přesnost měření rychlosti. Přesnost měření je dostatečně vysoká, protože se změřený údaj dále využívá např. k zobrazení rychlosti na tachometru, k výpočtu spotřeby atd. Nevýhodou připojení by mohla být kompatibilita automobilů a záznamového zařízení.
  - rychlost může záznamové zařízení měřit :

    I. pomocí indukčních senzorů přidaných do automobilu

      - měření rychlosti touto metodou by bylo velmi přesné, ale je zbytečné přidávat do automobilu další senzory (tyto senzory se ve vozidle již vyskytují). Také by tato možnost značně komplikovala montáž záznamového zařízení.

    II. pomocí kamery (korelace snímků)

      - tato metoda by fungovala jen za velmi přesně specifikovaných podmínek (záleželo by na počasí, rychlosti jízdy – rozmazání snímků atd.). Tento způsob určení rychlosti je velmi nespolehlivý, proto je zcela nepoužitelný.

    III. pomocí GPS

      - GPS moduly jsou schopny přímo určit rychlost. Rychlost je určována s dostatečnou přesností, ale GPS nefunguje např.

v tunelech, hlubokých údolí atd. Tato omezení jsou pro náš návrh nepřijatelná.

Pro námi zpracovaný návrh byla zvolena tato koncepce :

Záznamové zařízení bude připojeno k vozidlu pomocí průmyslové sběrnice CAN, s jejíž pomocí bude provádět zjišťování rychlosti. Naměřená data budou zpracovávána formou off-line.

Koncepce pro návrh byla zvolena po dohodě s vedoucím bakalářské práce.

2.2 Zařízení na trhu

Jak je uvedeno v úvodu, záznamová zařízení se především prodávají a montují do automobilů v USA a Kanadě. Software pro dekódování údajů zajišťuje kalifornská společnost Vectronix. V podobě zařízení známého jako Crash Data Retrieval System si jej lze pořídit za dva a půl tisíce dolarů, což je v přepočtu na českou korunu asi sedmdesát pět tisíc korun. Když porovnáme cenu průměrného automobilu v České republice s cenou Crash Data Retrieval Systemu, je toto zařízení pro průměrného motoristu nadstandní. Masové nasazení tohoto zařízení v našich zemích, bude při této ceně problematické. Firmy Ford, Isuzu, General Motors nejsou pravděpodobně ochotny z tohoto důvodu dodávat tato zařízení do Evropy. Je také možné, že neochota dodávat tato zařízení do Evropy je dána legislativou v evropských zemích. Bohužel přesný důvod není známý.

Důvodem, který vedl americké automobilky k zavedení záznamového zařízení, byly časté námitky řidičů ohledně selhání bezpečnostního vybavení. Řidiči například tvrdili, že příčinou nehody bylo nechtěné otevření airbagu a vinu přičítali výrobcům. Což již po analýze záznamu „černé skřínky“ není možné, protože záznam přesně ukáže, co se vlastně stalo.

Další důvod zavedení záznamového zařízení ani tak nesouvisí s dopravními nehodami, jako s vyplácením životních pojistek. Kamera není v tomto případě nasměrována ven z vozidla, ale naopak na řidiče. Aby se předešlo vyplácení životních pojistek lidem, kteří hazardují se svým životem např. telefonují za jízdy bez handfree a způsobí nehodu nebo se zcela nevěnují řízení vozidla.

Klady a zápory záznamového zařízení :

Záznamové zařízení by znamenalo definitivní konec černých jízd služebními vozy. Má nezanedbatelné výhody při vyšetřování příčin dopravních nehod. Zdokonalováním brzdných

systémů, které nedovolí kolo zcela zablokovat (ABS), často chybí přesvědčivé důkazy o podobě brzdné dráhy, z níž by bylo možné vyčíst rychlost jízdy řidiče. S každou generací automobilů se tento problém zvětšuje. Bez záznamu o rychlosti je obtížné viníky nehod usvědčit.

Podle zpráv metropolitních policií klesly počty dopravních nehod až o 25% po "nasazení" záznamových zařízení. Řidiči jezdili opatrněji a více se soustředili na jízdu.

Záznamová zařízení nemají jen klady, ale i zápory. Jedním z nich je zásah do soukromí řidiče a celé posádky. Tento argument odpůrců instalace zařízení přestal mít valný význam po výroku soudu v New Jersey, který se nyní může brát jako precedens. Podle soudního výroku je shromažďování údajů o jízdě přípustné. Experti na nehody souhlasí. Silnice je veřejným prostorem, kde si člověk nemůže dělat, co se mu zlíbí. Přesto již někteří řidiči začínají požadovat, aby měli možnost v určitých momentech záznam údajů vypnout. K tomu se však američtí výrobci automobilů zřejmě neodhodlají.

2.3 Periferie a rozhraní

Tato část se zabývá určením periferií a jejich technických specifikací, která jsou nutná pro splnění tohoto návrhu, a také zde určíme rozhraní, které bude zařízení používat. Za hlavní periferii byla zvolena digitální kamera (z hlediska analýzy prostoru před vozidlem). Jako další typ periferie by se dalo považovat i vlastní vozidlo, které je připojeno k zařízení.

Kamera

- obecné požadavky :
    - rychlé rozhraní pro připojení k záznamovému zařízení
    - vysoké rozlišení snímků při vysoké frekvenci snímání (focení)
    - malá velikost
    - malá spotřeba – žádné externí napájení (napájí se po komunikačním rozhraní)

- určení konkrétních vlastností
    - rozhraní : USB – dostatečná rychlost, je možné přes něj napájet kameru
    - frekvence snímání : minimálně 12 sn/s (to znamená 1 snímek na 2 metry ujeté dráhy při rychlosti 90 km/h)

- rozlišení : je dáno typem kamery, která splňuje předchozí vlastnosti a je dostupná na trhu

Vozidlo

- musí přesně měřit rychlost (rychlost je přenášena přes průmyslovou sběrnici do palubní desky - rychloměr => je měřena dostatečně přesně)
- musí být vybaveno průmyslovou sběrnicí (CAN)

Požadavky na vozidlo jsou zákonitě splněny. Zařízení je určeno pro vozidlo Škoda Octavia (nachází se v laboratoři).

3. CAN (Controller Area Network)

V této kapitole se budeme zabývat průmyslovou sběrnicí CAN (Controller Area Network). Seznámíme se s jejím principem a projdeme návrh CAN rozhraní v naší práci.

3.1 Popis sběrnice

3.1.1 Úvod

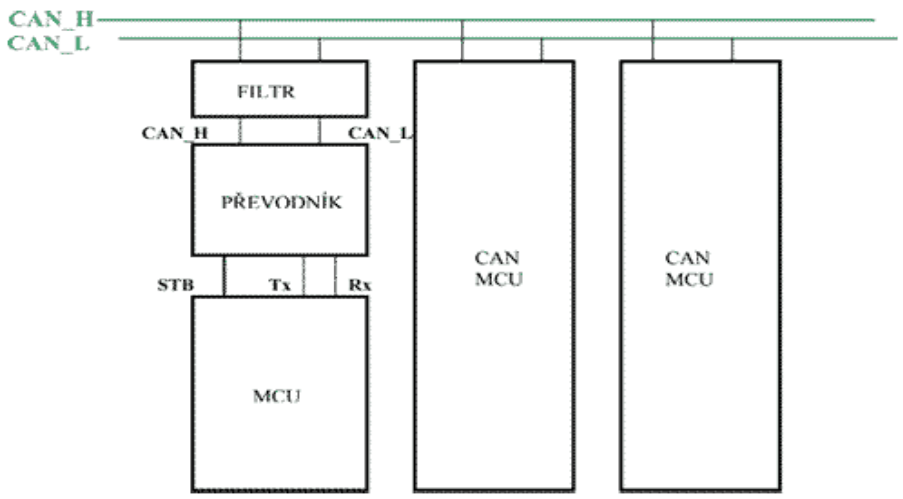
Controller Area Network (CAN) je protokol multiplexní sériové komunikace, vzniklý v laboratořích společnosti BOSCH, vytvořený pro použití v automobilové technice.

CAN se začal vyvíjet v roce 1983 ve vývojových laboratořích společnosti Bosch a oficiálně byl představen jako komunikační protokol v roce 1986. V následujícím roce se pro aplikace na trhu objevily první kontroléry od společnosti Philips Semiconductors. Na přelomu tisíciletí se systém rozšiřuje do evropských automobilů. Pro tyto se stává standardem.

Základní verze CAN 2.0 získala podobu v roce 1991. Vývojem se modifikovala do dvou navzájem kompatibilních systémů 2.0A a 2.0B. V roce 1993 je CAN přenesen do mezinárodního standardu ISO 11898. V naší aglomeraci jsou známy derivace ČSN EN 50325.

3.1.2 Základní struktura a vlastnosti sběrnice

Jednotlivé komunikační uzly musí být propojeny přenosovým médiem. CAN nepředepisuje ani úrovně ani fyzikální média. Je také důležité věnovat pozornost impedančnímu přizpůsobení a ochraně proti rušení. V podstatě je množství uzlů pro komunikaci neomezené, je limitováno jen možnostmi jednotlivých uzlů a výkonovým zatížením sítě. V protokolu není nutno specifikovat nadřazenost a prioritu jednotlivých uzlů. Jak poznáme později jsou tyto informace kódovány v přenášené zprávě. Výhodou je možnost modifikace vystavěné sítě přidáváním nebo ubíráním počtu členů sítě. Využití principu je například v odstavení zdroje chybných zpráv, nebo naopak přidání uzlu pro diagnostiku systému. V principu je možno představit konfiguraci jednoduché sítě v následujícím schématu.

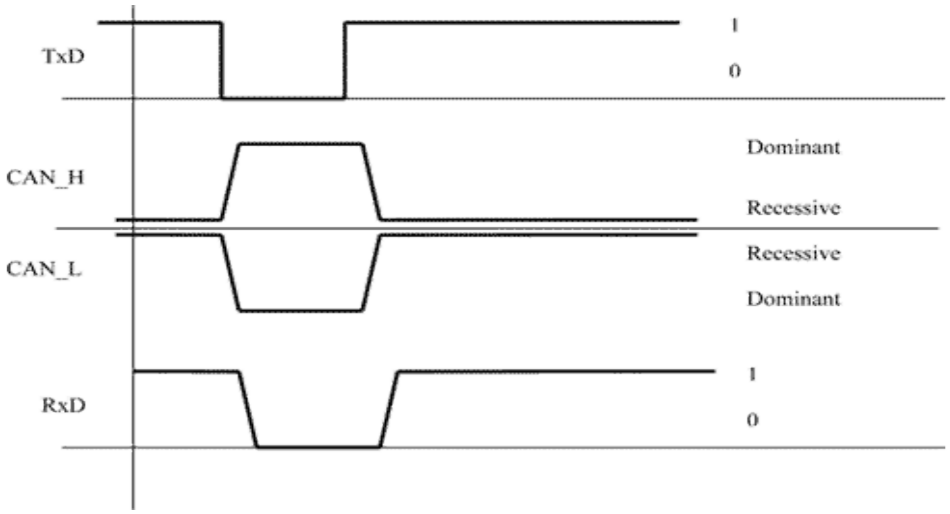


Obr. 2. : Základní struktura sběrnice CAN

Popis obr. 2. :

- CAN_L,CAN_H – vodiče tvořící sběrnici, kde *dominant* či *recessive* úroveň na sběrnici je definována rozdílovým napětím těchto dvou vodičů (viz. kapitola 3.1.4).
- MCU – kontrolér / CAN MCU – kontrolér s integrovaným budičem sběrnice. Kontrolér může být integrovaný do procesoru.

Časová návaznost signálů na sběrnici a logických úrovních Tx a Rx.



Obr. 3. : Příklad časové návaznosti signálů na sbernici CAN a signálů Tx a Rx z budiče sběrnice.

Přenosová rychlost je jedním z dominantních parametrů sériového přenosu. Již v konfiguraci protokolu bylo cílem dosáhnout komunikační rychlosti 1Mbit/sec. Prakticky užívané jsou rychlosti do 125 Kbit/sec a nad 250Kbit/sec. Rozlišujeme tak nízkorychlostní a vysokorychlostní CANbus. Konfigurační rychlost v konkrétní síti je v daných mezích volitelná a není ji možno měnit ve stanovené aplikaci. Informaci o této rychlosti přenáší speciální blok.

Vlastnosti, které sběrnice CAN zabezpečuje, mj. relativně vysoká rychlost přenosu, vysoká spolehlivost a odolnost při extrémních podmínkách (teplota, rušení apod.), nízká cena komunikačních obvodů, jsou pochopitelně výhodné, takže tento typ komunikační sítě nachází uplatnění i v dalších oblastech řídící techniky.

Výhody použití CAN

- Vysoká rychlost přenosu dat 1Mbit/s při délce sběrnice do 40m
- Rozlišení zpráv identifikátorem CAN 2.0A 11bitů a CAN 2.0B 29bitů
- Selekce přijímaných identifikátorů zpráv
- Prioritní přístup zabezpečující urychlené doručení významných zpráv
- Diagnostika sběrnice např.: chyba doručení zprávy, chyba CRC, přetečení bufferu
- Značná úroveň zabezpečení přenosu
- Vysoká provozní spolehlivost
- Stále se rozšiřující součástková základna
- Nízká cena

Nevýhody použití CAN

- Omezený počet dat přenášených v rámci jedné zprávy (0 až 8 Byte)
- Prvotní náročnost nastavení registrů CAN sběrnice

3.1.3 Prvky protokolu CAN

Jedním ze stěžejních prvků CAN je chybové zabezpečení. V protokolu se počítá s těmito prvky:

- Monitorování sběrnice
- Kontrola cyklickým kódem

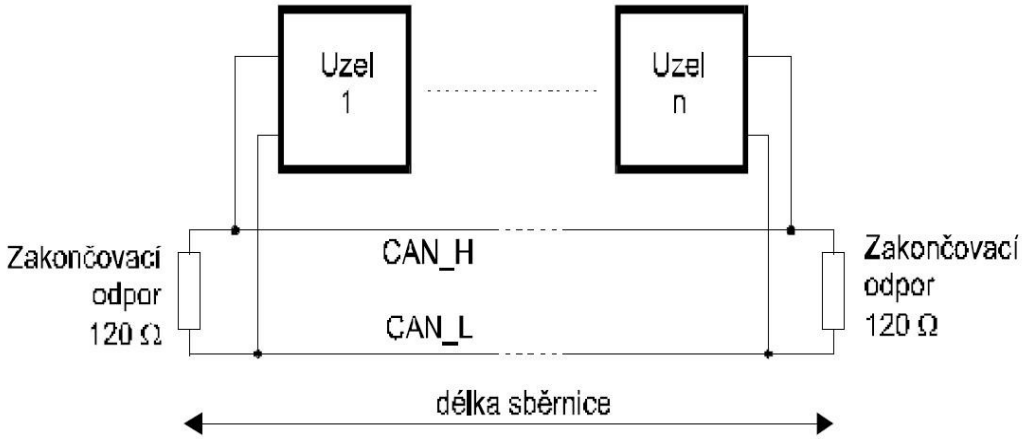
- Kontrola vyrovnávacích bitů
- Kontrolní zpráva

Všechna kontrolní místa tak sledují komunikace a podle povahy zajišťují přerušení komunikace, opakování zprávy nebo generaci chybového protokolu. V případě opakování chyb z uzlu je možné jeho odstavení od komunikace. Těmito opatřeními je zajištěna pravděpodobnost výskytu chyby v matematickém vyjádření v úrovni $4{,}7 \times 10^{-11}$.

3.1.4 Komunikace po sběrnici CAN

Datová komunikační síť CAN původně používala modifikované rozhraní RS 485, později bylo definováno normou ISO. Tato norma uvádí specifikaci elektrického rozhraní (fyzická vrstva) a specifikaci datového protokolu (linková vrstva).

Přenosovým prostředkem je sběrnice tvořená dvouvodičovým vedením, jehož signálové vodiče jsou označeny CAN_H a CAN_L a zakončovacími rezistory 120 Ω. K této sběrnici se připojují jednotlivé komunikační uzly obr. 4. Počet těchto uzlů může být až 110 (dle typu budičů CAN).

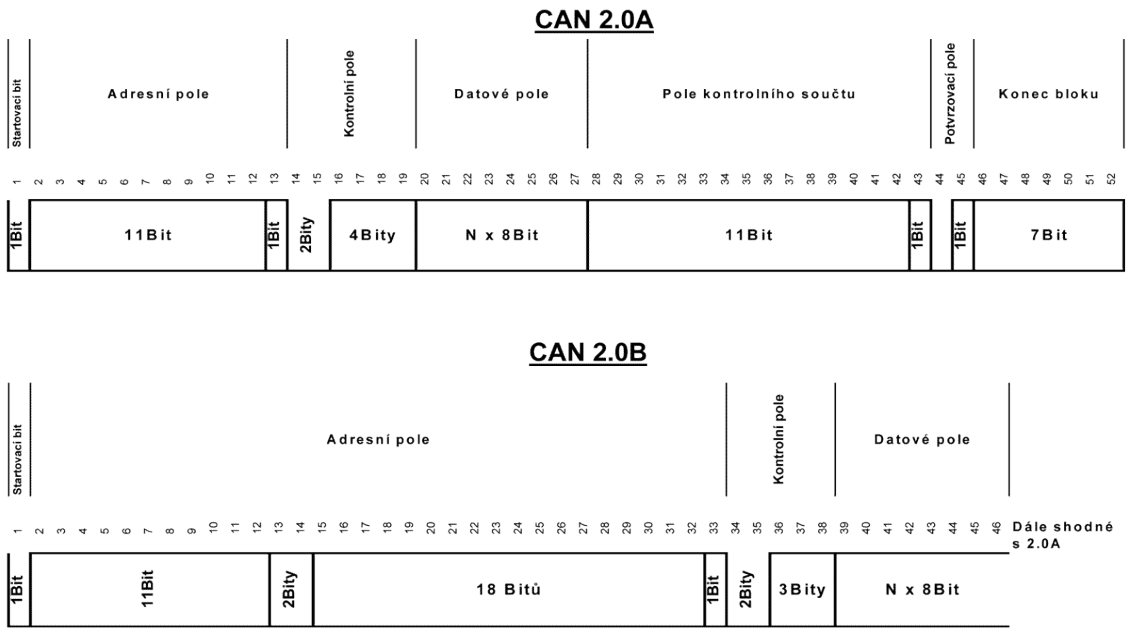


Obr. 4.: Principiální schéma sběrnice CAN.

Sběrnice využívá dvou logických stavů: *aktivní* (dominant - dominantní) a *pasivní* (recessive - recesivní), přičemž dominantní stav představuje log.0., recesivní stav log.1. Sběrnice je v dominantním (aktivním) stavu, je-li alespoň jeden její uzel v dominantním stavu.

V recesním (pasivním) stavu je sběrnice tehdy, když všechny její uzly jsou v recesním stavu. V recesním stavu je rozdíl napětí mezi vodiči CAN_H a CAN_L nulový, Dominantní stav je reprezentován nenulovým rozdílem napětí. Spínače signálových vodičů jsou konstruovány tak, aby v dominantním stavu na vodiči CAN_H bylo napětí v rozsahu 3,5 až 5V, na vodiči CAN_L napětí v rozsahu 0 až 1,5V. V recesivním stavu je napětí vodičů CAN_H a CAN_L stejné a je zajištěno odporovou sítí na vstupu přijímače.

3.1.4.1 Datový rámec



Obr. 5.: Datové zprávy podle jednotlivých specifikací.

Sekvence bitů pro CAN2.0A :

Blok začíná jedním start bitem v úrovni dominant (dále jen - logická nula).

Bit č.1	1Bit	Úroveň 0

Adresní pole je 12bitové a je rozděleno do dvou části.

Bit č.2-12	11Bitů	Binární vyjádření adresy uzlu. První je přenášen nejméně významový bit – ID0. Je stanoveno, že všech 7 nejvýznamnějších bitů nesmí být na úrovni 1.
Bit č.13	1Bit	Úroveň 0 znamená, že se jedná o datový přenos, úroveň 1 přísluší požadavku na zprávu.

Kontrolní pole má 6 Bitů a je rozděleno do dvou částí.

Bit č.14-15	2Bity	Rezerva
Bit č.16-19	4Bity	Binární číslo udává počet Bytů datového pole = N. První je opět přenášen nejméně významový bit – DLC0. Příklad: 0010 představuje 2 Byty dat.

Datové pole je tvořeno 1 až 8 Byty podle údajů kontrolního pole. V rozložení pole uvažujeme s přenosem jednoho Bytu.

Bit č.20-27	8Bitů	Data přenášená MSB.

Kontrolní pole je 15bitové a celý blok je zakončen jedním bitem. Přenášená informace v bloku se srovnává s kalkulovanou hodnotou a v případě neshody vyvolává chybové hlášení.

Bit č.28-42	15 Bitů	Údaj kalkulovaný z bitových údajů zahrnuje startovací, adresní, kontrolní bit a datové bity.
Bit č.43	1 Bit	Úroveň 1

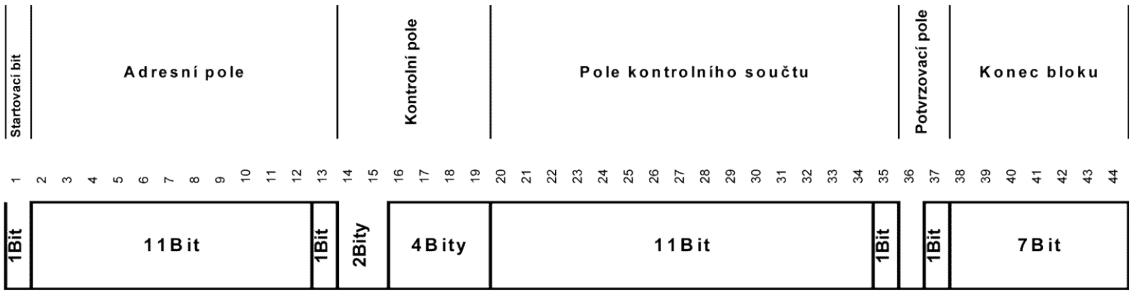
Potvrzovací pole dává informaci o správnosti převzatého bloku.

Bit č.44	1 Bit	Úroveň 1 udává, že se jedná o předávanou zprávu, úroveň 0 potvrzuje správnost přijaté zprávy.
Bit č.45	1 Bit	Úroveň 1

Konec bloku je dán sekvencí 7bitů

Bit č.46-52	7 Bitů	Úroveň 1

3.1.4.2 Požadavkový rámec

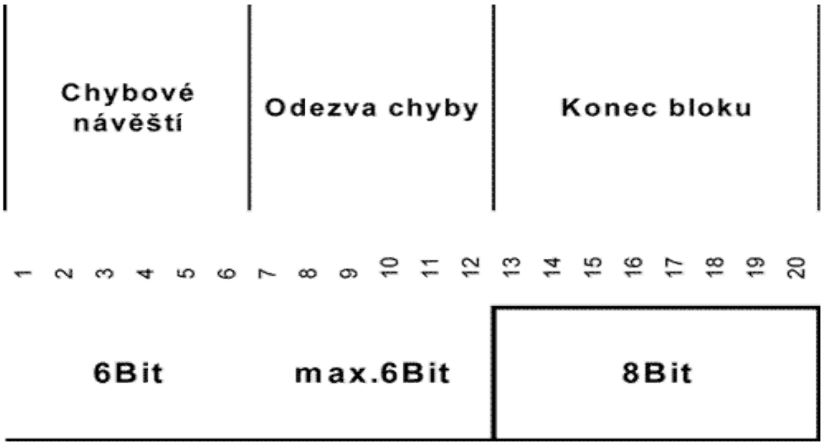


Obr. 6.: Struktura požadavkové zprávy.

Struktura požadavkového bloku je velmi podobná datovému bloku. Odlišnost je pouze v absenci dat. Principem bloku je předat požadavek příslušnému uzlu k předání potřebných dat.

3.1.4.3 Chybový rámec

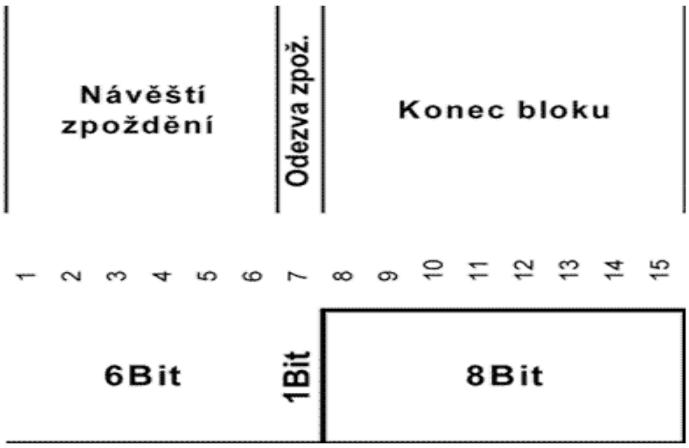
Chybový rámec nejlépe zachycuje následující obrázek (obr. 7.).



Obr. 7. : Struktura chybového rámce.

3.1.4.4 Zpožďovací rámec

Zpožďovací rámec má podobnou strukturu jako rámec chybový. Používá se k prodloužení odezvy po ukončení bloku dat, výzvy nebo chyby. Odpovědní blok je jenom jednobitový a týká se pouze konkrétního bloku. Pro jiné bloky je prvních šest bloků signálem pro chybovou funkci.



Obr. 8. : Struktura zpožďovacího bloku.

3.2 CAN rozhraní

Tato kapitola se zabývá návrhem CAN rozhraní, popisem použitých prvků a jejich vzájemným propojením.

3.2.1 Budič sběrnice CAN - PCA82C251

Budič sběrnice CAN zajišťuje převod napěťových hladin používaných na CAN sběrnici na napěťové úrovně v rozsahu 0 – 5 V pro zpracování CAN kontrolérem.

Po konzultaci se zástupci firmy Škoda Auto a panem Ing. Janem Krákorou, byly zjištěny typy prověřených budičů (= schváleny výrobce vozidla):

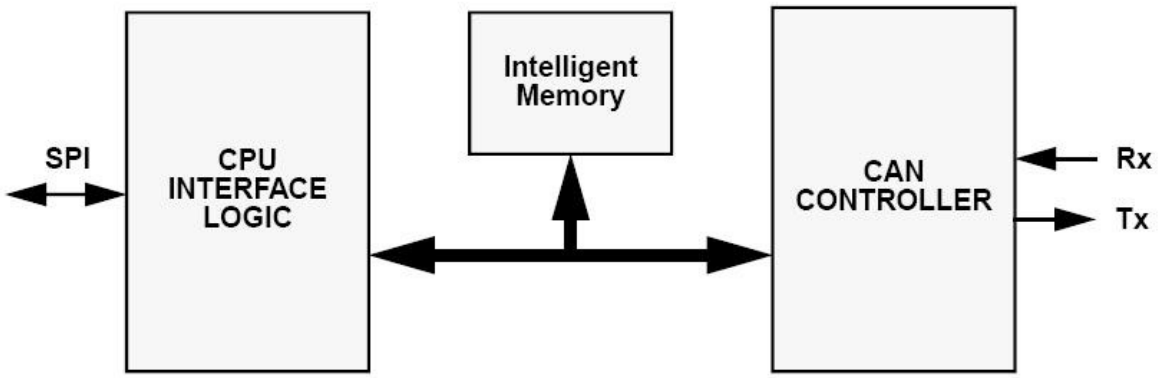
- TC1054-OPTO (CAN 1054 Opto-isolated low-speed trigger coupler)
- TC251-OPTO (CAN 251 Opto-isolated High-speed Trigger Coupler)

Pro naše účely byl vybrán budič TC251 (PCA82C251).

3.2.2 CAN Controller - CC750

Jedná se o CAN kontrolér, který je vybaven velmi rychlým sériovým komunikačním rozhraním SPI (Serial Peripheral Interface). Schopný realizovat komunikaci protokolem CAN2.0A i CAN2.0B (viz. kapitola 3.1). Dále následuje popis obvodu a jeho základní charakteristika.

3.2.2.1 Funkční blokový diagram a popis signálů



Obr. 9. : Blokové schéma obvodu CC750

Popis bloků na obr. 9. :

- Intelligent Memory – je adresována od 00h do FFh. Paměť adresována CAN CONTROLLERem přes CAM. Během jednoho hodinového taktu dochází k filtraci zpráv. CPU INTERFACE LOGIC přistupuje k paměti přes registr adres (RAM). Výhodou tohoto přístupu je rychlost.
- CAN CONTROLLER – slouží k převodu sériových dat CAN sběrnice na paralelní data ukládaná do Intelligent Memory (buffer).
- CPU INTERFACE LOGIC – zajišťuje komunikaci mezi SPI a Intelligent Memory

Popis základních signálů :

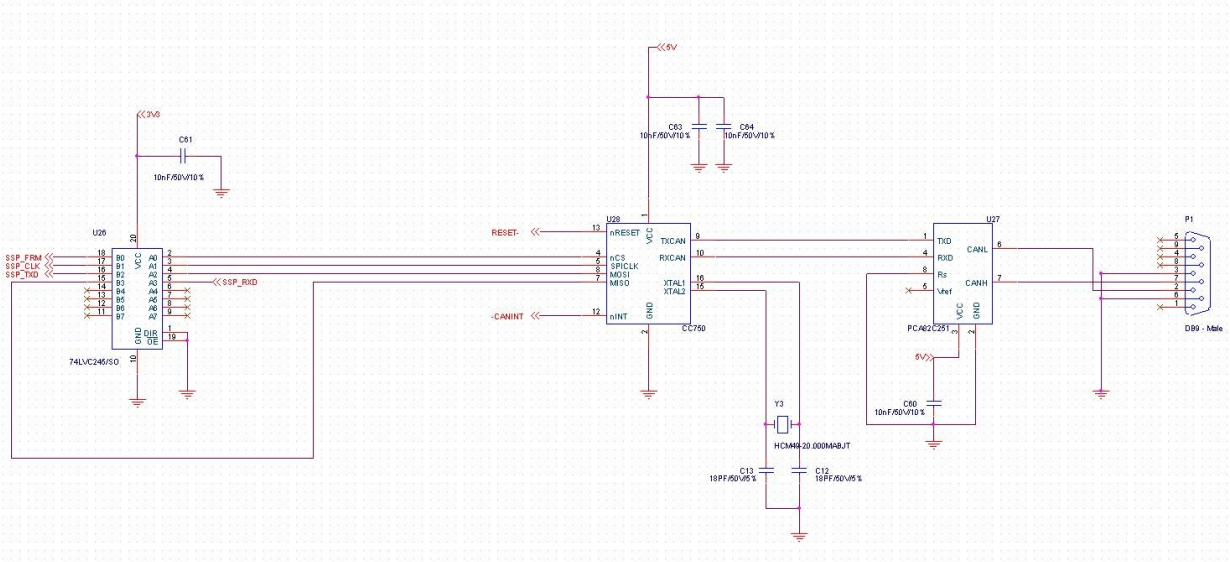
- nINT – signál pro žádost o přerušení
- nRESET – signál pro resetování obvodu
- XTAL1 a XTAL2 – piny pro připojení krystalu oscilátoru
- SPI rozhraní – MISO, MOSI, SPICLK, nCS – tyto signály slouží ke komunikaci přes SPI rozhraní
- Tx a Rx – pro připojení signálů z budiče sběrnice

3.2.2.2 Charakteristika obvodu

- podpora protokolů CAN2.0A a CAN2.0B
- programovatelné globální masky
- 15 objektů pro zprávy
  - 14 Tx/Rx buffrů
  - 1 Rx buffer se stínovým buffrem a programovatelnou maskou
- sériové rozhraní
- flexibilní přerušovací struktura
- pracovní teploty -40ºC až 150ºC

3.2.3 Obvodové řešení

Tato část se zabývá obvodovým řešením CAN rozhraní. Následující schéma obr. 10. ukazuje zapojení rozhraní CAN pomocí obvodů CC750 a PCA82C251.



Obr. 10. : Schéma zapojení CAN rozhraní.

Protože obvody komunikující po sběrnici CAN vyžadují napájecí napětí 5V, je nutné při připojení těchto obvodů k zásuvnému modulu zapojit převaděč napětí, který zajistí převod signálů na sběrnici SPI a ochrání tak obvody s nižším napájecím napětím. To zajišťuje obvod 74LVC245 (označení ve schématu - U26).

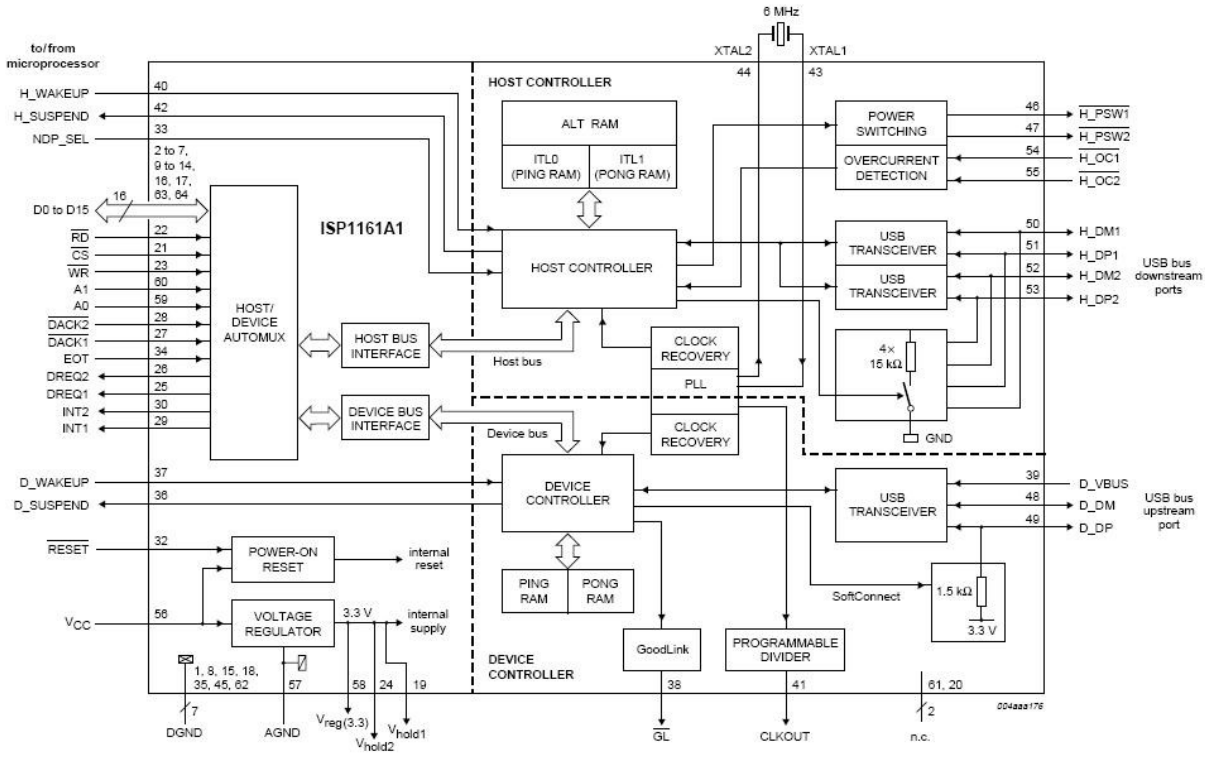
4. USB Host

Kapitola popisuje obvod použitý pro realizaci portu USB Host pro připojení kamery. V další části této kapitoly se zabýváme obvodovým řešením rozhraní USB Host.

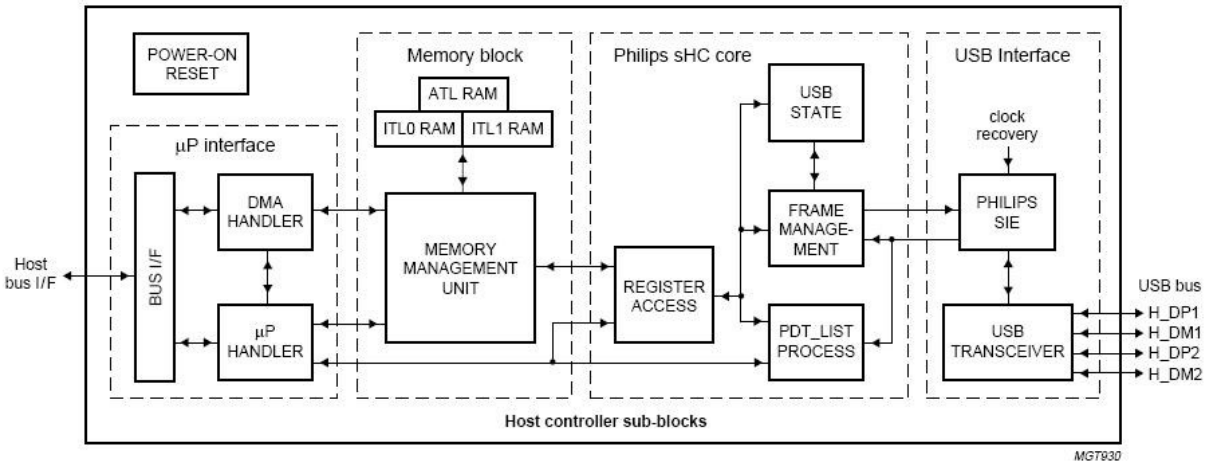
4.1 ISP 1161

Jedná se o autonomní USB kontrolér schopný realizovat služby USB Host a USB Device. Dále následuje popis tohoto kontroléru a jeho základní charakteristika.

4.1.1 Funkční blokový diagram a popis signálů



Obr. 11. : Blokové schéma obvodu ISP 1161



Obr. 12. : Blokové schéma obvodů pro USB Host

Popis některých řídících signálů :

- DREQ1 – signál žádosti o kanál DMA pro zařízení USB Host (DREQ2 - pro USB Device)
- nDACK1 – signál přidělení DMA pro USB Host (nDACK2 – pro USB Device)
- EOT – signál určující způsob ukončení komunikace přes DMA
- INT1 – signál žádost o přerušení pro USB Host (INT2 – pro USB Device)
- H_WAKEUP – signál pro vzbuzení nebo uspání pro USB Host
- H_SUSPEND – signál o stavu obvodu (sleep/wake up) pro USB Host
- A0 – signál pro určení typu dat na sběrnici (A0 = 0 – data, A0 = 1 – command)
- A1 – signál pro výběr obvodů USB Host/Device (A1 = 0 – Host, A1 = 1 – Device)
- NDP_SEL – signál pro výběr počtu Host portů (NDP_SEL = 0 – 1. port, NDP_SEL = 1 – 2. porty)
- nRESET – signál pro vnější resetování obvodu

4.1.2 Charakteristika obvodu

- podpora Universal Serial Bus Specification Rev. 2.0
- přenosová rychlost full-speed (12 Mbit/s) a low-speed (1.5 Mbit/s)
- lze připojit dva porty USB Host a jeden port USB Device
- 6 MHz frekvence hodin
- napájení 5V nebo 3.3V

- lze použít v digitálních fotoaparátech
- pracovní teploty -40ºC až 85ºC

4.2 Obvodové řešení

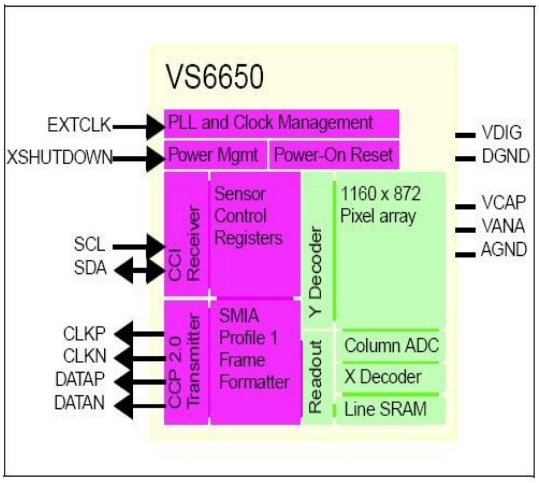
Tato část práce se zabývá obvodovým řešením pouze USB Host rozhraní. Rozhraní USB Device není realizováno pomocí obvodu ISP 1161, protože je již integrováno do procesoru PXA 255 a je vyvedeno na sběrnici přípojného modulu. Schéma zapojení viz. příloha.

5. Kamera

Obsahem této kapitoly je návrh kamerového systému zařízení. Je zde poskytnut přehled stěžejních částí, potřebných pro zaznamenání videa. Také je popsána kompatibilita všech částí černé skřínky z hlediska rychlosti přenosu dat. Požadavky na kamerový systém jsou popsány v kapitole 2.3. Dále je představeno vybrané řešení.

5.1 Optický senzor – VS6650

Jedná se o 1.0 Megapixelový SMIA (Standard Mobile Imaging Architecture) kamerový modul. Určený pro mobilní telefony, PDA , bezdrátové bezpečnostní kamery atd.



Obr. 13. : Blokové schéma senzoru VS6650

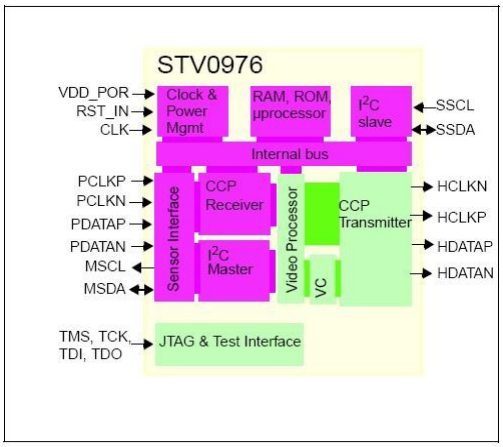
Specifikace :

Aktivní rozlišení	*1152H x 864V*
Velikost pixelu	*4.0µm x 4.0µm*
Frekvence snímání	*5 – 30 Hz (1152x864)*
Grafické rozhraní	*CCP 2.0 high-speed serial 390 Mbit/s D/S encoding 1.8 V LVDS*
Poměr signál-šum	*35dB při 100lux*
Spotřeba	*při 15 fps : 85mW (max)*
Provozní teplota	*-30 až +70°C*

5.2 Grafický procesor – STV0976

Jedná se o 1.0 Megapixelový SMIA (Standard Mobile Imaging Architecture) procesor. Procesor je navržen pro zpracování dat z optického senzoru VS6650. Praktická aplikace procesoru je velmi široká od mobilních telefonů přes PDA až k bezdrátovým bezpečnostním kamerám.

Specifikace :

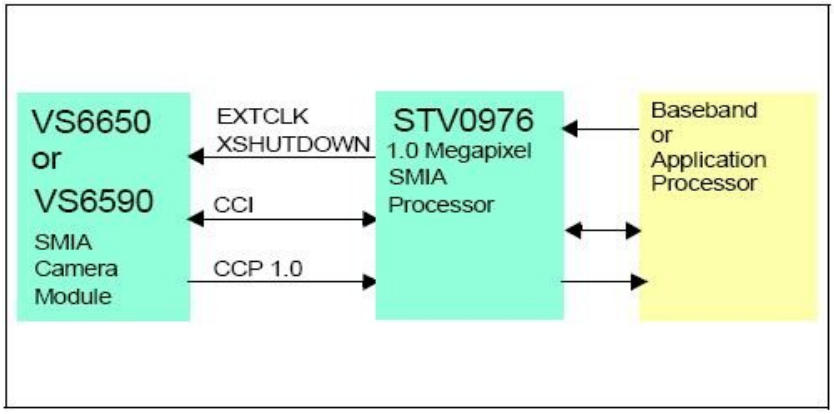


Obr. 14. : Blokové schéma procesoru STV0976

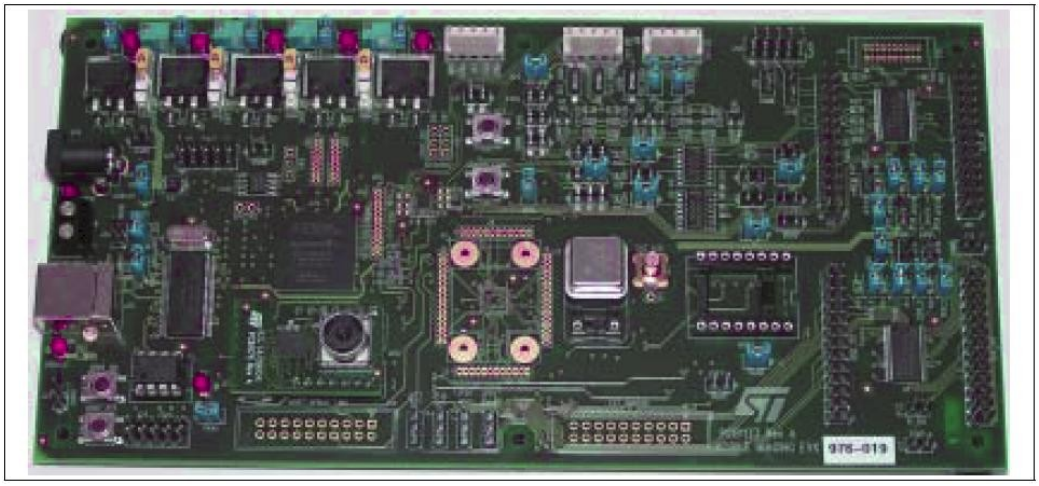
Frekvence snímání	*1 - 15 Hz (1152 x 864)* *1 - 30 Hz (800 x 600)*
Výstupní formát fotografií	*YUV 4:2:2, RGB 565, RGB 444, JPEG*
Spotřeba	*při 15 fps : 85mW (max)*
Grafický výstup 1	*SMIA class 0 high-speed* serial 208Mbit/s data/clock 1.8 V LVDS
Grafický výstup 2	*8-bit parallel video* HSYNC/VSYNC/PCLK 24 MHz max
Provozní teplota	*-25 až +70°C*

5.3 Evaluation Kit – MOB-976/650

Evaluation Kit je podpůrná deska pro optický senzor VS6650 a grafický procesor STV0976. Deska je vybavena podpůrnými obvody jak pro senzor, tak pro procesor. Na desce nechybí ani rozhraní USB 2.0.



Obr. 15. : Blokové schéma propojení optického senzoru a procesoru.



Obr. 16. : Evaluation Kit

Charakteristika desky

- Podporuje STV0976 procesor a VS6650 1.0 Megapixelovou (1152H x 864V) kamerou jednotku.
- Až do 30 snímků za sekundu (fps) v rozlišení SVGA nebo 15fps v 1.0 Megapixelovém rozlišení.
- Spojení přes USB 2.0 zajišťuje snadnou kontrolu a snadný přenos dat.
- JPEG komprese s programovatelnou velikostí výstupního souboru.
- Integrovaný kamerový kontrolér zajišťuje automatické vyvážení bílé a anti - flicker.

5.4 Kompatibilita datové propustnosti

V této kapitola je řešena problematika kompatibility rychlostí a datové propustnosti sběrnic a periferií, přes které bude realizován přenos video dat.

Výpočet datového toku *(formát snímku JPEG - komprese)* :

1. snímek : 250kB

*12 snímků za sekundu : 12*250kB = 3MB*

*přepočet na bit/s : 3MB*8 = 24Mbit/s*

Datový tok : 24Mbit/s

Z parametrů kamerového systému jsme zjistili, že datový tok kamerový systém zrealizuje bez větších problémů.

USB rozhraní :

Ideální datový tok USB 2.0 : 480Mbit/s

Odhad reálného datového toku : 120Mbit/s (pokles na 1/4 z max.)

<u>24Mbit/s < 120Mbit/s – USB nebude limitujícím prvkem</u>

Měření zrychlení (viz. kapitola 6.3) :

Vzorkovací frekvence : 2kHz

1. vzorek : 16bitů

*Velikost vzorků za 1 sekundu : 2000 * 16bit = 32kbit*

Toto množství je zanedbatelné.

Měření rychlosti :

Frekvence zjišťování rychlosti : 10Hz – 50Hz

*Velikost vzorků za 1 sekundu : max. 50 * 32bit = 1,6kbit*

Toto množství je zanedbatelné.

Vnitřní sběrnice černé skřínky :

Pracovní frekvence sběrnice : 100MHz

Velikost datového slova : 32 bit

Doba potřebná na zápis nebo čtení dat. slova(maximální doba) : 250 ns

Počet slov za 1 sekundu : 1/250ns = 4 000 000 slov

*Datový tok na sběrnici : 32bit * 4 000 000 = 128Mbit/s*

Příjem dat (USB->OP) : 24Mbit/s

Odesílání dat (OP->Compact Flash) : 24Mbit/s

*Přenos dat po sběrnici : 2*24Mbit/s = 48Mbit/s*

<u>48Mbit/s < 128Mbit/s – sběrnice nebude limitovat přenosovou rychlost</u>

Compact Flash :

Ideální rychlost zápisu : 16MB/s = 128Mbit/s

(rychlost pro kartu - Kingston 1 GB Compact Flash Ultimate 100x)

Odhad reálné rychlosti zápisu : 30Mbit/s (pokles na 1/4 z max.)

24Mbit/s < 30Mbit/s – tato periferie je nejslabším (nejpomalejší) článkem přenosu

Compact Flash bude určovat rychlost přenosu, a tím i velikost snímků.

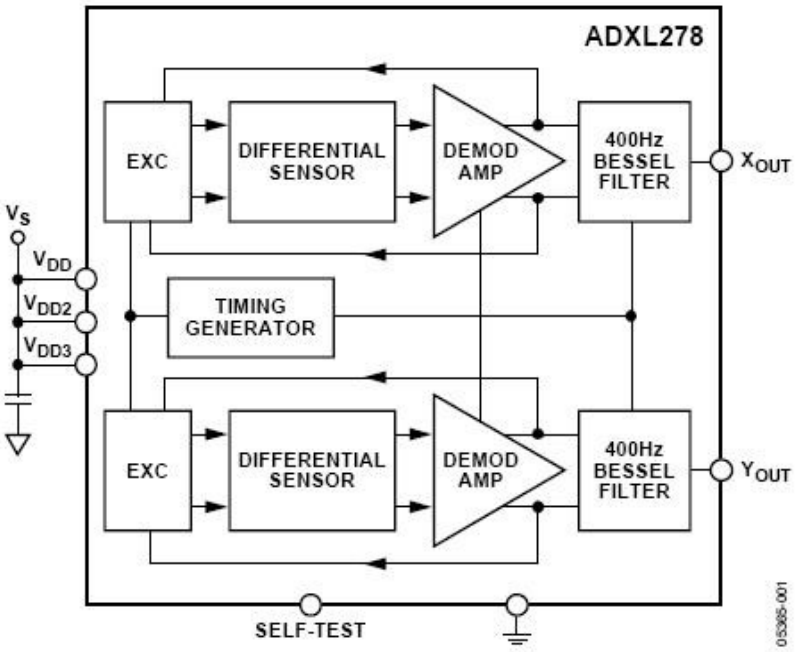
6. Akcelerometry a A/D převodníky

Problematikou této kapitoly jsou způsoby a možnosti měření zrychlení pomocí akcelerometrů, převody zrychlení vyjádřeného analogovým signálem na číselnou podobu pro jeho další zpracování.

6.1 Akcelerometry

Tato část práce popisuje akcelerometry. Použili jsme akcelerometr ADXL278 od firmy Analog Devices, který je schopen měřit zrychlení v rozsahu ±50g ve dvou osách.

6.1.1 Funkční blokový diagram

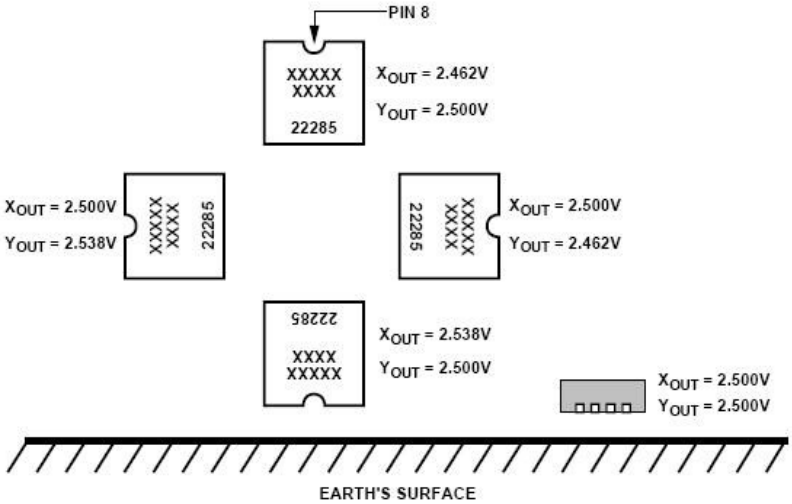


Obr. 17. : Blokové schéma akcelerometru ADXL278

Na výstupní napětí akcelerometrického senzoru má samozřejmě vliv i tíhové (gravitační) zrychlení. Vliv tíhového zrychlení je dán polohou senzoru a jeho natočením (viz. obr. 18.). Vezmeme-li rovnovážnou polohu (tíhové zrychlení se neprojevuje) a začneme senzor natáčet o úhel α podél jedné z os (x nebo y), bude se toto tíhové zrychlení projevovat v měřeném zrychlení s velikostí funkce *sin α* (až do hodnoty α = 90º – maximální) :

$$U_{OUT} \approx \sin \alpha$$

Tato chyba měření se projeví při jízdě autem z kopce nebo do kopce, při nakláněním vozidla, při jízdě smykem atd. Pro odstranění této chyby jsme zvolili dvouosý senzor. Jedna osa bude měřit zrychlení vozidla vpřed/vzad a druhá bude měřit zrychlení zprava nebo zleva. Tímto odstraníme většinu příčin rušivých vlivů.



Obr. 18. : Výstupní napětí vs. natočení a poloha akcelerometru.

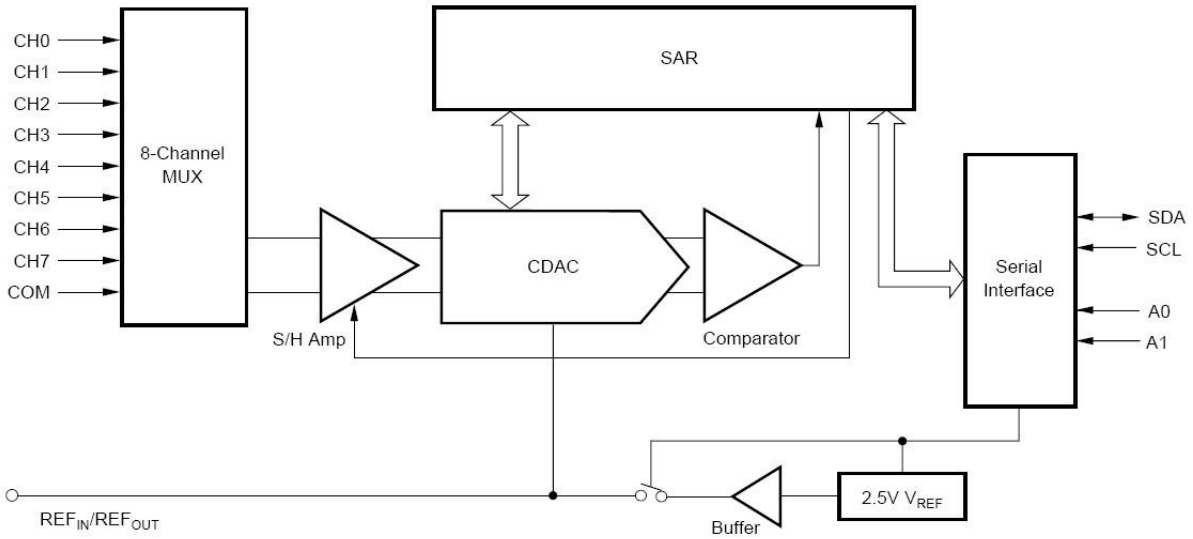
6.1.2 Charakteristika senzoru

- měřící rozsah zrychlení ±50g / ±50g
- typické napájecí napětí 5V
- hodnota výstupního napětí při a = 0g je U_{OUT} = 2,500V při napájecím napětí 5V
- provozní teplota -40ºC až 105ºC
- výstupní filtr : 2 pólový Besselův filtr pro frekvenci 400Hz

6.2 A/D převodníky

V této části je představen analogově-digitální převodník ADS7828 od firmy Texas Instrument. Jedná se o 12-bitový 8-kanálový A/D převodník s komunikačním rozhraním I2C, díky kterému je možné provádět měření na velmi vysoké frekvenci a pomocí průměrování zvyšovat přesnost měření.

6.2.1 Funkční blokový diagram a popis signálů



Obr. 19. : Blokové schéma ADC ADS7828

Popis některých signálů :

- REF_{IN}/REF_{OUT} - připojení externího zdroje referenčního napětí nebo výstup vnitřního zdroje referenčního napětí
- CH0 - CH7 – vstupní kanály převodníku
- COM – uzemnění, lze jej použít jako analogovou ze pro kanály
- A0,A1 – doplňují adresu zařízení

6.2.2 Charakteristika obvodu

- sériový výstup I2C
- rozsah napájecího napětí 2,7V až 5V
- vestavěný zdroj referenčního napětí 2,5V
- 8-mi kanálový multiplexer
- provozní teplota -40ºC až 85ºC

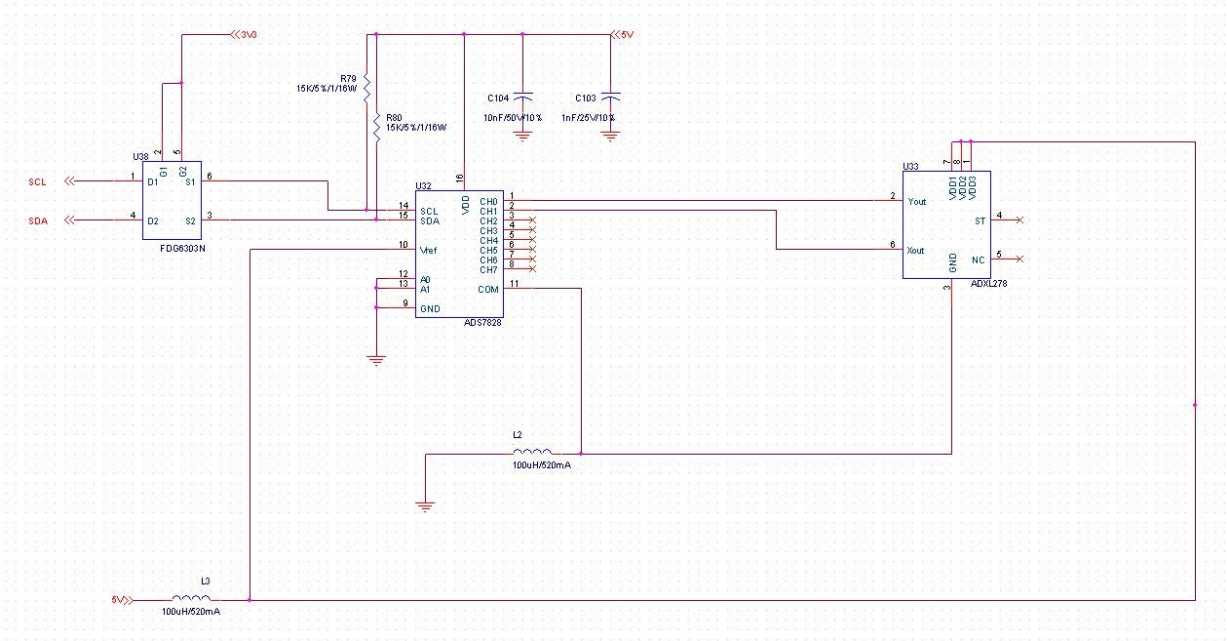
6.3 Stanovení parametrů akcelerometrů a ADC

Po konzultaci se zástupci firmy Škoda Auto, byla stanovena vzorkovací frekvence signálu z akcelerometru na 2 kHz a rozsah zrychlení, které je akcelerometr schopen změřit byl stanoven na ±50g. Vzorkovací frekvence 2 kHz může být použita, protože akcelerometr má na výstupu filtr 400Hz. Tedy je splněna vzorkovací věta.

Vzhledem ke zveřejnění této zprávy na internetu nebylo možné zde zveřejnit průběhy zrychlení při nárazu vozidla. Firma Škoda Auto si to nepřála.

6.4 Obvodové řešení

Tématem této části je obvodové řešení měření zrychlení a jeho převod z napěťových úrovní do digitální podoby. Při návrhu řešení jsme museli použít externí AD převodník, protože integrovaný AD převodník v audiočipu, má rozsah vstupního signálu jen 0 - 3,3V. Tento rozsah nám nestačí, protože výstupní napětí z akcelerometrického senzoru nabývá hodnot 0 – 5V. Jedním z řešení by bylo převést toto výstupní napětí na napětí v rozsahu 0 – 3,3V. Tuto možnost jsme zamítli, vzhledem k náročnosti a vysokým požadavkům na rychlost a přesnost převodu.



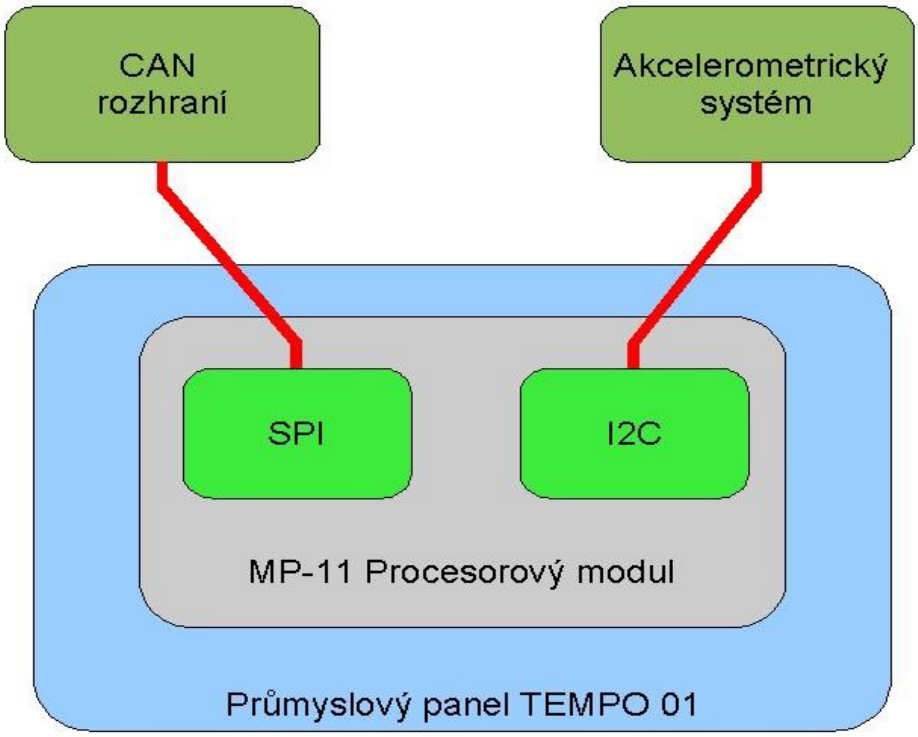
Obr. 20. : Schéma zapojení ADC a akcelerometru.

Akcelerometr a ADC využívají jak digitální obvody, tak i analogové, proto bylo nutné vytvořit analogové napětí (bez šumu vyvolaného digitálními obvody). Proto byly do obvodu přidány cívky, které odfiltrují vysokofrekvenční šum. Také bylo nutné oddělit části sběrnice I2C, na kterou jsou připojeny odvody s napájecím napětím 5V od části s obvody napájenými napětím nižším. To zajistí obvod FDG6303N (označení ve schématu U38).

7. Realizace modelu zařízení

Podstatou této kapitoly je hardwarová realizace záznamového zařízení do automobilu. Spočívá ve výrobě rozšiřujících obvodů, které jsou připojeny k hlavnímu modulu.

Modul a kit od firmy Voipac není vybaven obvody pro realizaci portu USB Host, a proto jsme pro hardwarovou realizaci použili modul a kit od firmy Teco. K tomuto modulu je možno lépe připojit přídavná zařízení CAN rozhraní a obvody pro měření zrychlení. Tyto přídavné obvody jsou připojeny přes rozhraní SPI a I2C.



Obr. 21. : Blokové schéma modelu záznamového zařízení

8. Závěr

Výsledkem této bakalářské práce je hardwarový návrh záznamového zařízení do automobilu. Tento návrh je popsán v předchozích kapitolách a vyhovuje všem požadavkům, které jsou součástí zadání a zároveň umožňuje rozšiřování, vylepšování a zefektivnění návrhu v případných dalších pracích.

Hlavní výhodou naší koncepce zařízení je záložní zdroj energie. V případě přerušení přívodu elektrické energie do záznamového zařízení, dojde z přepnutí na záložní zdroj elektrické energie. Proto bude mít zařízení dostatek času uložit všechna nasbíraná data a legálně ukončit svoji činnost. Po opětovném zapojení přívodu elektrické energie, se zařízení uvede znovu do provozu a dochází také k dobíjení záložního zdroje energie. Další výhodou návrhu je použití schválených součástek výrobcem automobilu (Škoda Auto). Přesněji budiče sběrnice CAN, což nám umožňuje nejen odposlouchávat komunikaci na sběrnici, ale i vysílat na ni, aniž by došlo k rušení komunikace. Poslední výhodou koncepce je rozhraní USB Device, s jehož pomocí je možné záznamové zařízení snadno připojit k počítači.

Omezením naší koncepce záznamového zařízení je paměťové médium, na které se ukládají zaznamenaná data. Paměťové medium je paměťová karta CompactFlash, která má omezený počet přepisů (zápisů) – tento údaj se neustále zvyšuje, ale zpravidla se udává kolem 10 000 zápisů, což při rychlosti zápisu 3MB/s (viz. kapitola 5.4) znamená, že kartu o velikosti 1GB zaplníme za zhruba 5 minut jízdy, tj. inzerovaná životnost záznamové karty bude vyčerpána přibližně za 166 dní při provozu 5 hodin denně (3MB/s * 60s * 5min ≈ 1GB, 10000 /12 / 5hod = 166 dní). Záznamové zařízení obsahuje jen jednu paměťovou kartu, tj. životnost zařízení je zhruba 5 měsíců. Toto omezení se nedá odstranit, ale vzhledem k rychle se zlepšujícím vlastnostem paměťových karet se v budoucnu nemusí projevovat.

Zadání této práce je zpracováno v sedmi kapitolách. Součástí sedmé kapitoly je pouze popis předpokládané realizace zařízení. Z časových důvodů nebyla provedena vlastní realizace. Hlavní příčinou nekompletnosti této kapitoly jsou velké problémy při komunikaci s dodavateli požadovaných součástek, kteří nebyli ochotni dodat součástky v námi požadovaném množství (dodávky jen ve velkém množství), ani v námi požadovaném termínu.

Tato práce byla pro mě velmi přínosná i po odborné stránce i z hlediska spolupráce s vedoucím práce panem Ing. Pavlem Růžičkou, rád bych na tomto projektu pracoval v rámci diplomové práce na magisterském studiu, abych dokončil realizaci tohoto zařízení a ověřil jeho funkčnost.

9. Seznam obrázků

1. Rozdělení záznamových zařízení....2
2. Základní struktura sběrnice CAN....8
3. Příklad časové návaznosti signálů na sběrnici CAN a signálů Tx a Rx z budiče sběrnice..8
4. Principiální schéma sběrnice CAN. 10
5. Datové zprávy podle jednotlivých specifikací. 11
6. Struktura požadavkové zprávy....12
7. Struktura chybového rámce....13
8. Struktura zpožďovacího bloku....13
9. Blokové schéma obvodu CC750....14
10. Schéma zapojení CAN rozhraní....16
11. Blokové schéma obvodu ISP 1161....17
12. Blokové schéma obvodů pro USB Host 18
13. Blokové schéma senzoru VS6650....20
14. Blokové schéma procesoru STV0976....21
15. Blokové schéma propojení optického senzoru a procesoru....21
16. Evaluation Kit....22
17. Blokové schéma akcelerometru ADXL278....25
18. Výstupní napětí vs. natočení a poloha akcelerometru....26
19. Blokové schéma ADC ADS7828....27
20. Schéma zapojení ADC a akcelerometru....28
21. Blokové schéma modelu záznamového zařízení....30

10. Literatura

[1] 100+1 Černá skřínka pro automobily, číslo 6/2004

[2] Event Data Recorders : http://www.tttonline.com/product/edr/edr.htm

[3] Crash Data Retreival : http://www.accidentreconstruction.com/newsletter/nov04/crash-data-retrieval-system.asp

[4] Crash Data Recorders : http://www.harristechnical.com/cdr.htm

[5] Prodejce CDR : http://www.crash-data-retrieval-system.com/

[6] Event Data Recorders Applications : http://www-nrd.nhtsa.dot.gov/edr-site/index.html

[7] Popis CAN : http://fieldbus.feld.cvut.cz/can/

[8] CAN konektor : http://www.interfacebus.com/Design_Connector_CAN.html

[9] Popis CAN : http://www.hw.cz/Rozhrani/ART1173-Aplikovani-sbernice-CAN.html

[10] Popis struktury CAN : http://www.hw.cz/Rozhrani/ART1111-CAN---popis-struktury.html

[11] Popis sběrnice SPI : http://en.wikipedia.org/wiki/Serial_Peripheral_Interface_Bus

[12] Popis sběrnice I2C : http://www.semiconductors.philips.com/acrobat_download/literature/9398/39340011.pdf

[13] Datasheet ISP1161 – Philips

[14] Datasheet ADS7828 – Texas Instruments

[15] Datasheet CC750 – Bosch

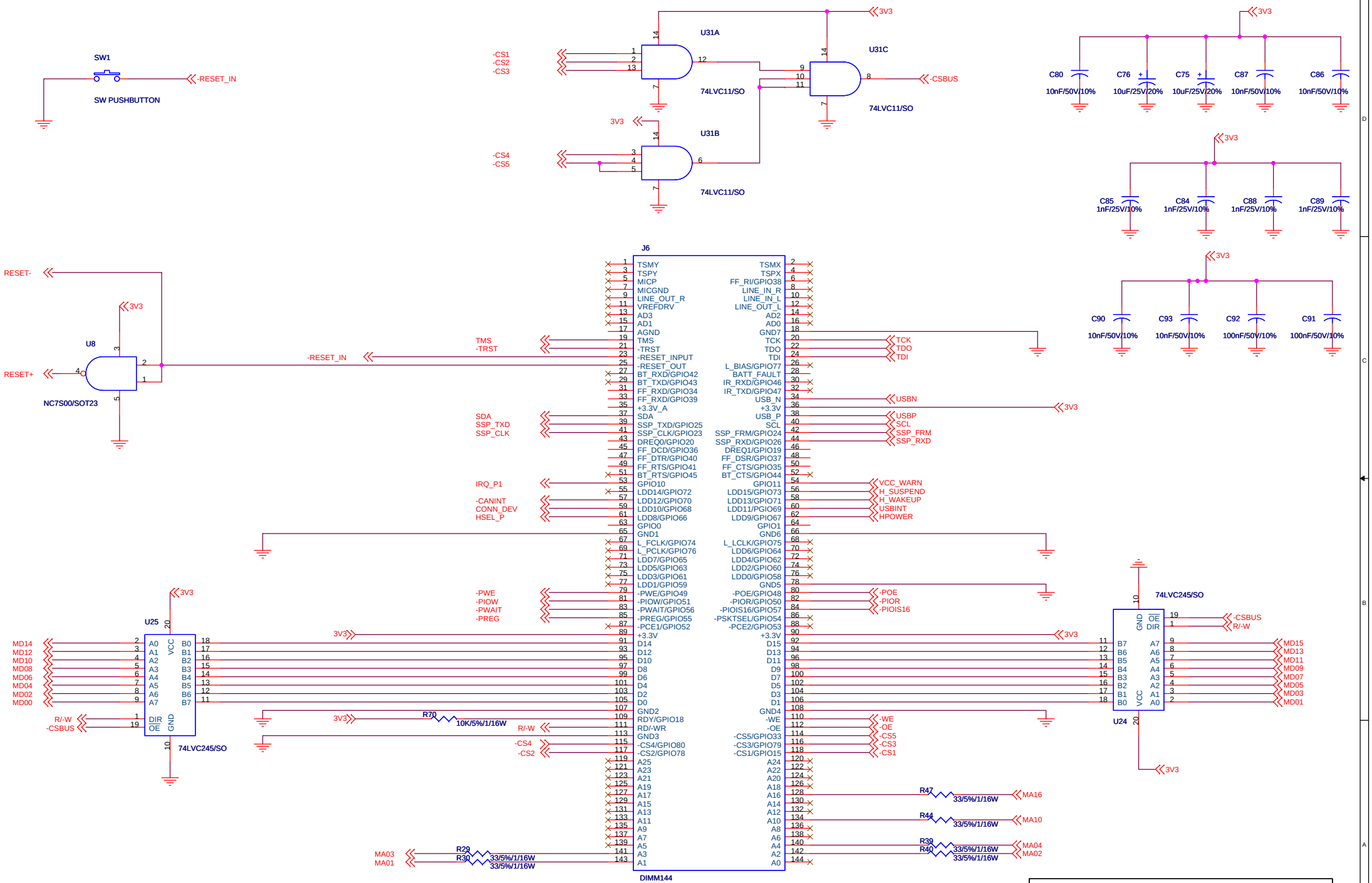
[16] Datasheet ADXL278 – Analog Devices

[17] Datasheet VS6650, STV0976, MOB-976/650 – ST Microelectronics

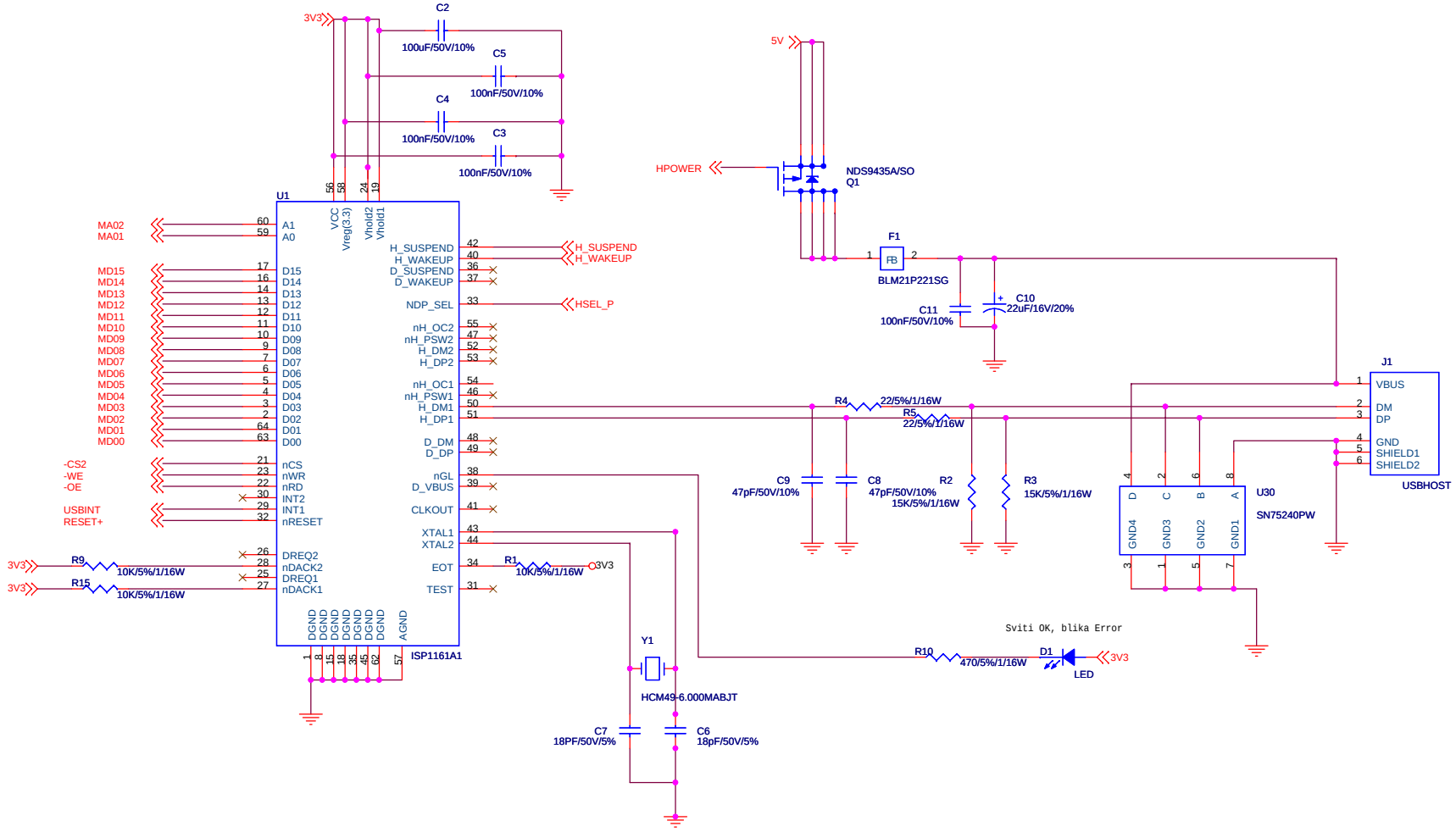
[18] Dokumentace k Development Kitu do firmy Voipac

11. Přílohy

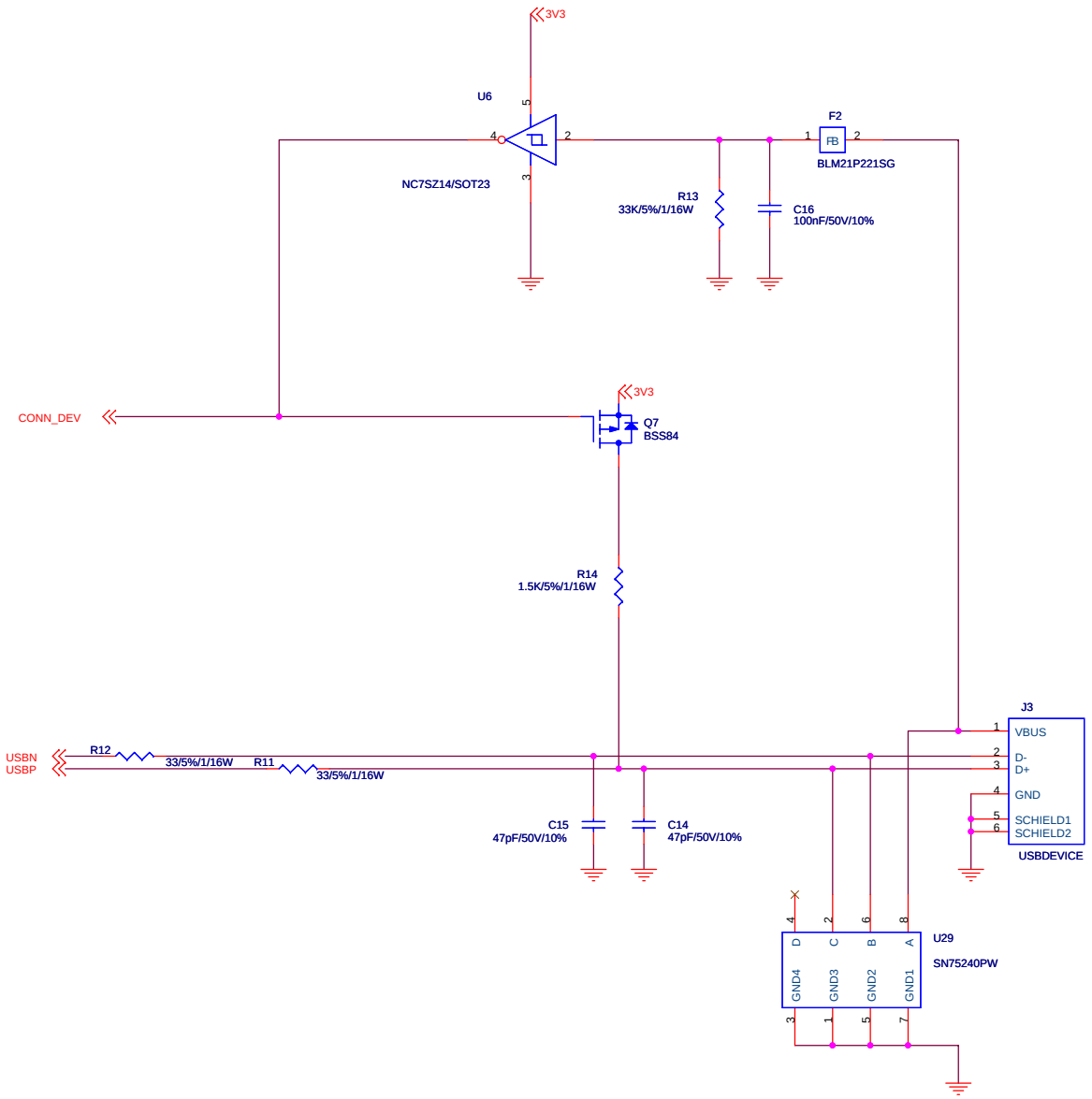
1. CD s digitální verzí bakalářské práce.
2. Schémata návrhu rozšiřovací desky k modulu s XScale procesorem.
3. Návrh plošného spoje (Layout z programu OrCAD).



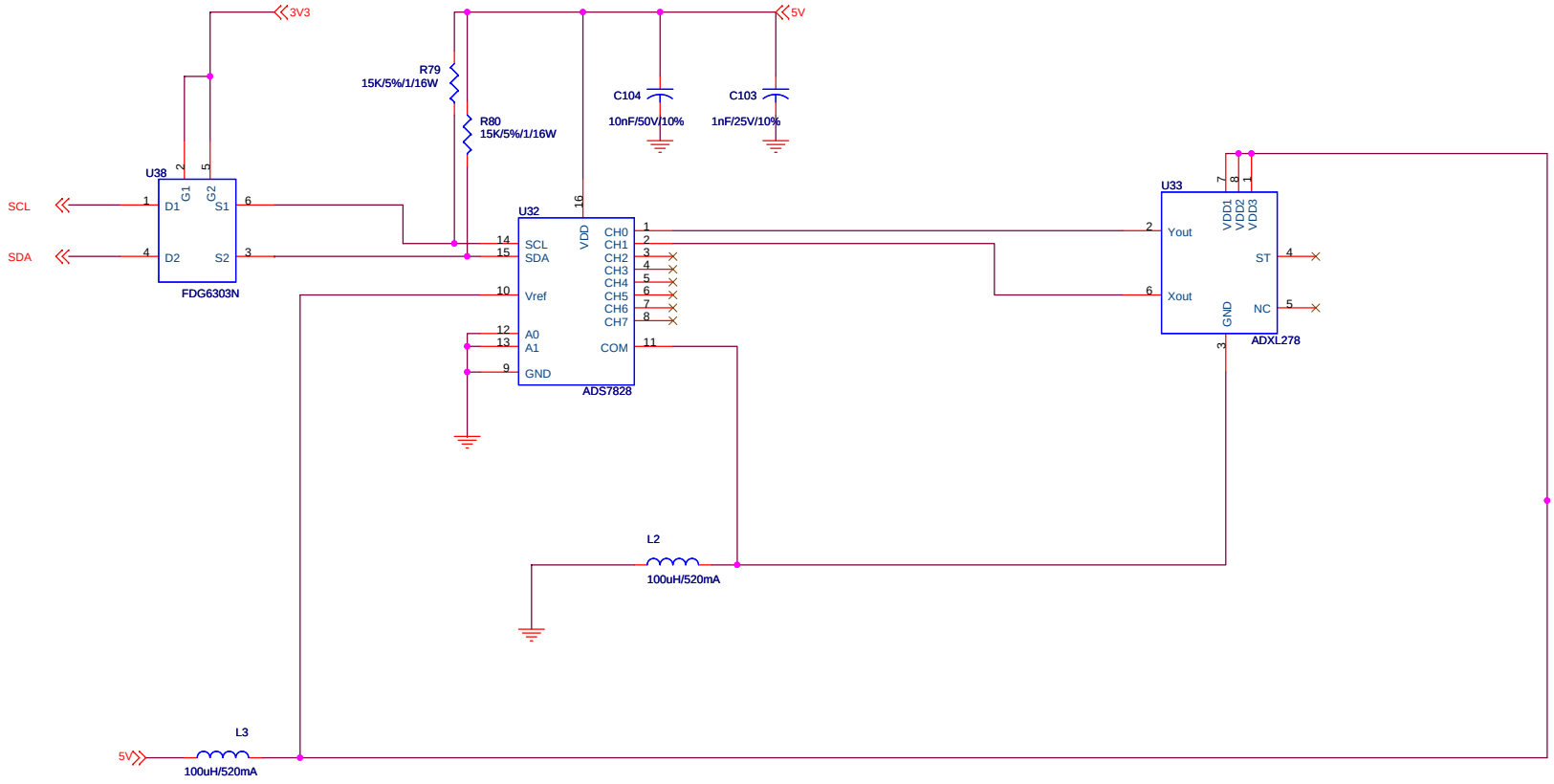
Title	DIMM Socket 144	
Size A3	Document Number <Doc>	Rev <RevCode>
Date: Thursday, July 06, 2006	Sheet 1 of 7	



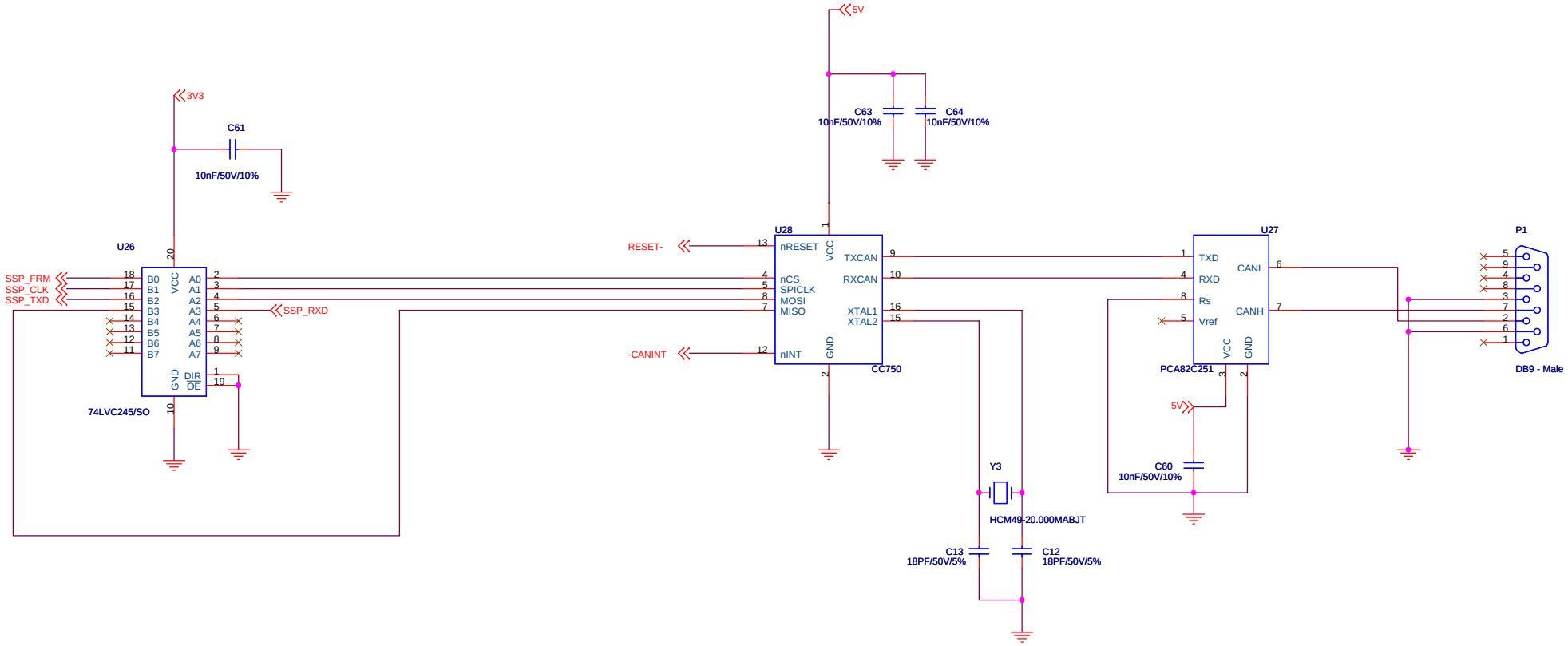
Title	USB HOST	
Size A3	Document Number <Doc>	Rev <RevCode>
Date: Thursday, July 06, 2006	Sheet 2 of 7	



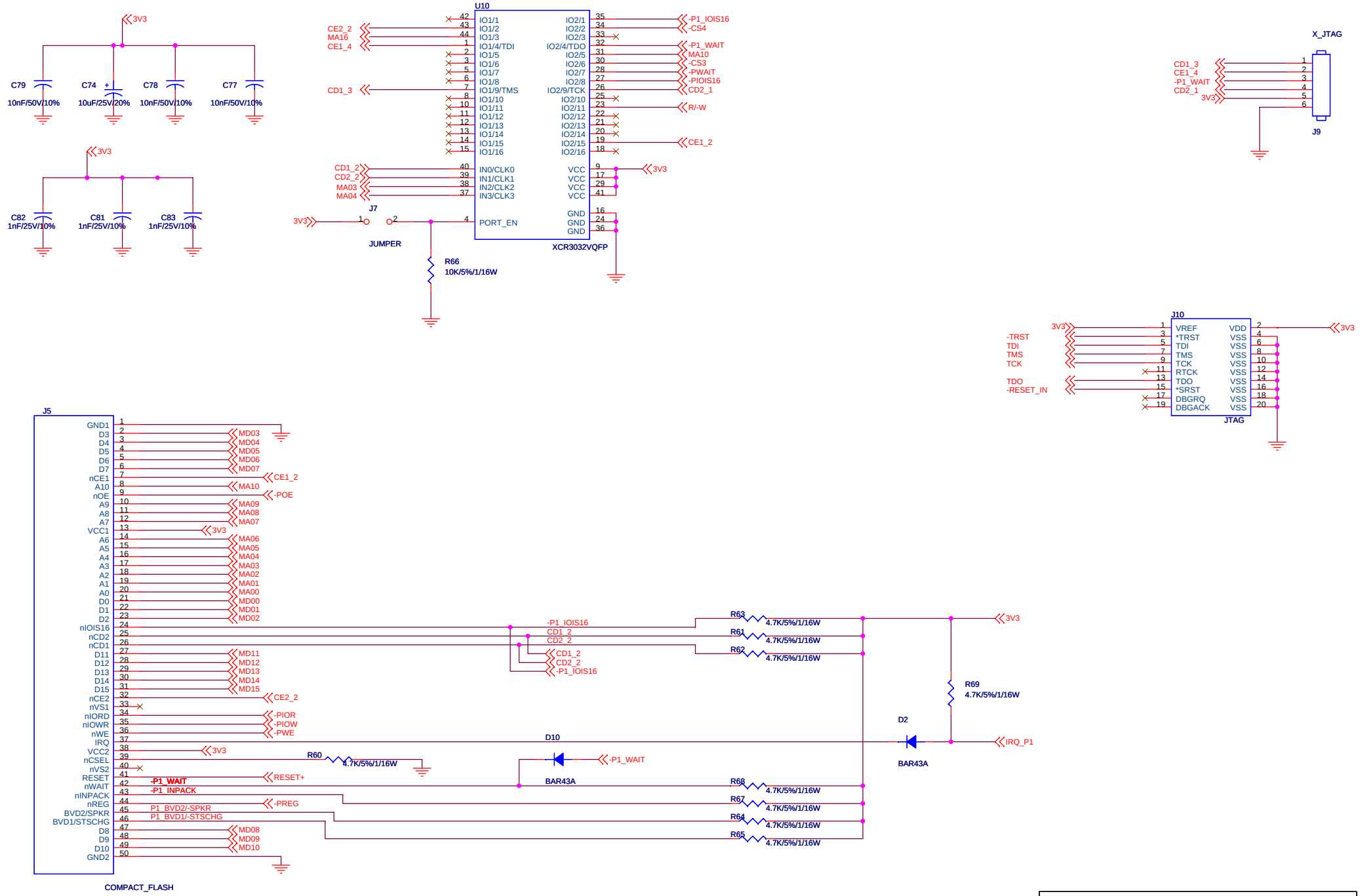
Title	USB DEVICE	
Size A3	Document Number <Doc>	Rev <RevCode>
Date: Thursday, July 06, 2006	Sheet 3 of 7	



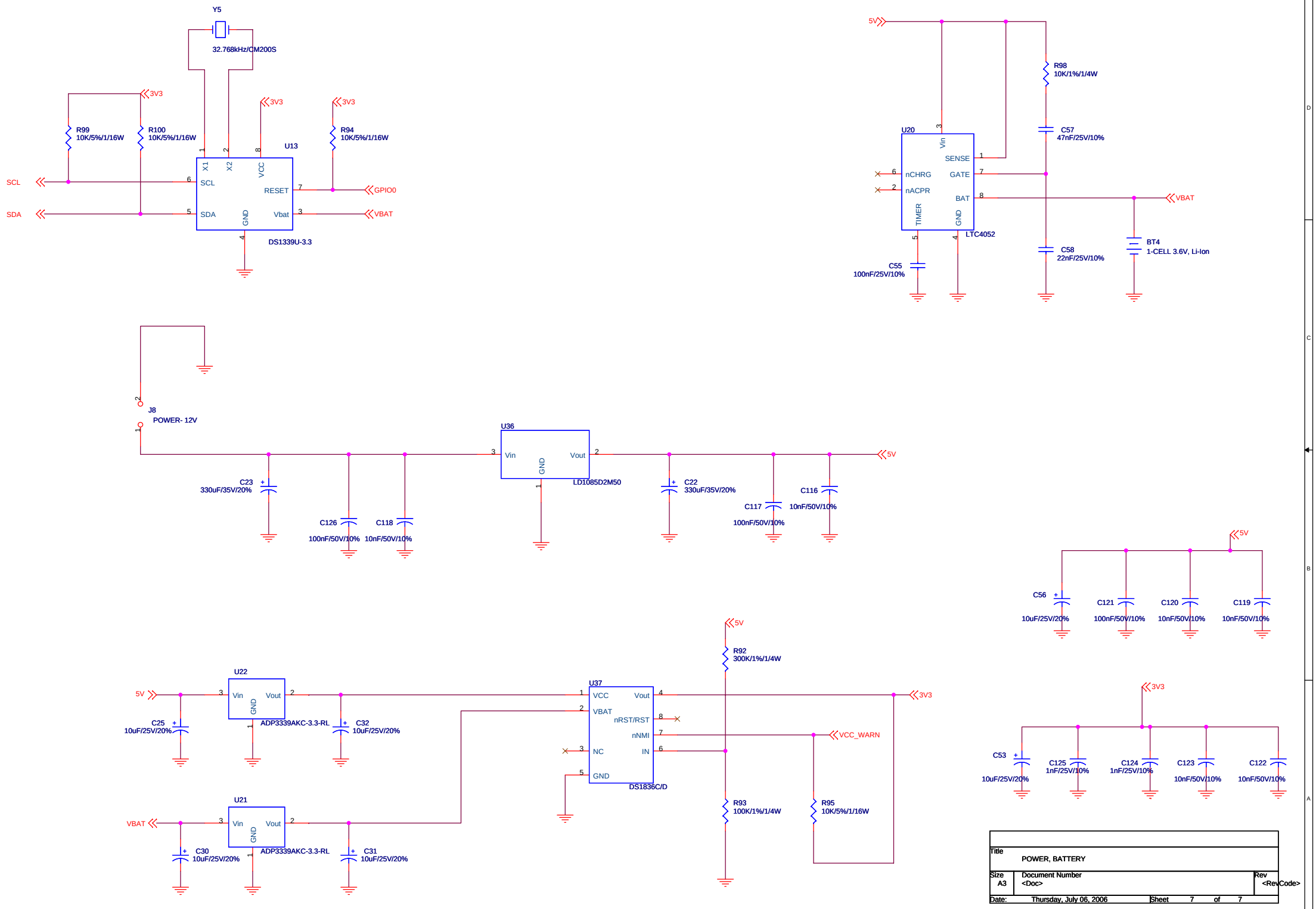
Title	Akcelerometr a ADC	
Size A3	Document Number <Doc>	Rev <RevCode>
Date: Thursday, July 06, 2006	Sheet 4 of 7	



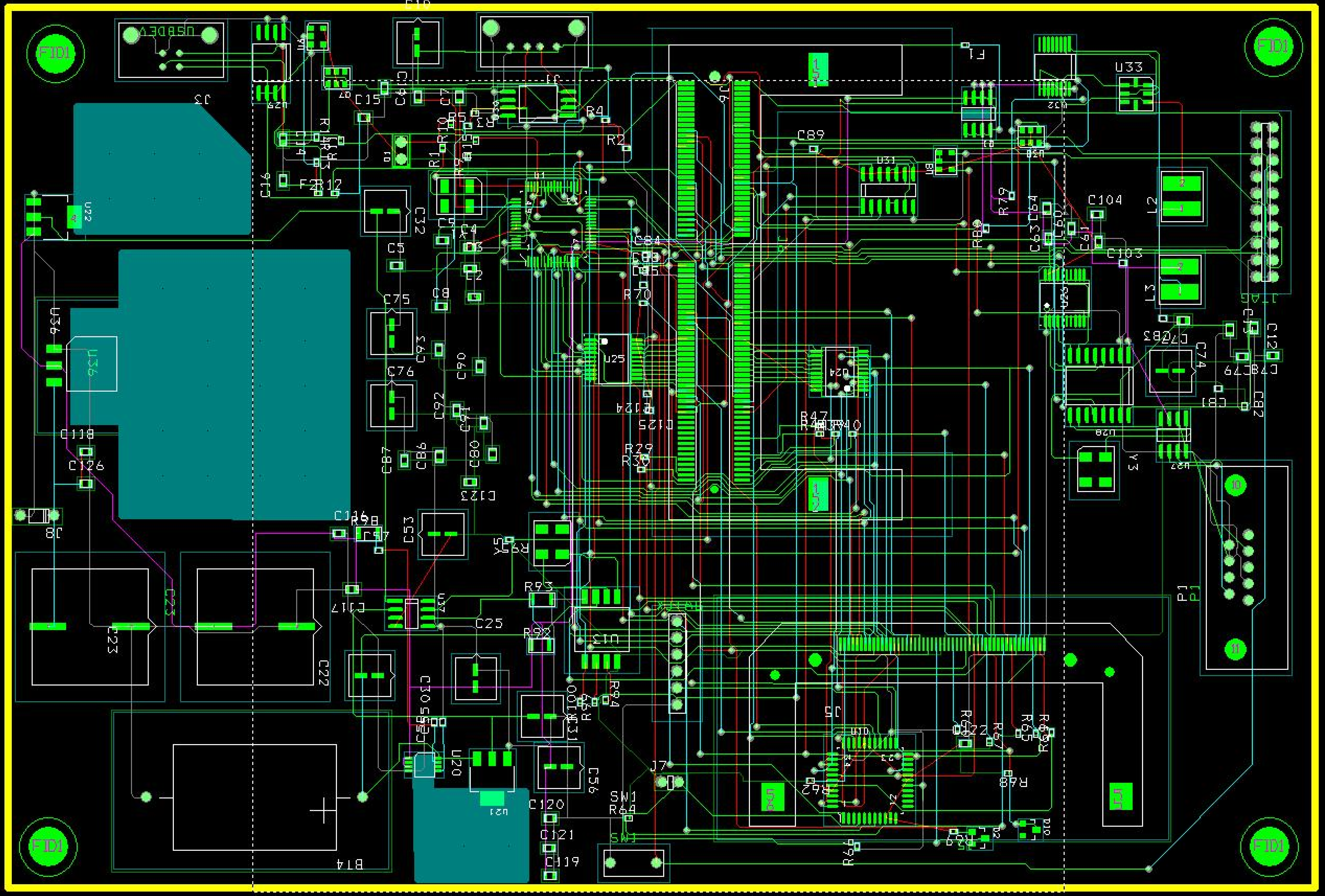
Title	CAN interface - SPI	
Size A3	Document Number <Doc>	Rev <RevCode>
Date: Thursday, July 06, 2006	Sheet 5 of 7	



Title	Compact Flash, CPLD - Xilin + X_JTAG, JTAG	
Size A3	Document Number <Doc>	Rev <RevCode>
Date: Thursday, July 06, 2006	Sheet 6 of 7	



Title	POWER, BATTERY	
Size A3	Document Number <Doc>	Rev <RevCode>
Date: Thursday, July 06, 2006	Sheet 7 of 7	



FID1
C10
C15
R4
R2
C89
U31
U33
C104
L2
L3
C103
C5
C75
C76
C8
C4
C2
C84
R70
U25
U24
R47
C118
C126
C53
R93
R92
C25
U10
U20
C120
C121
C119
SW1
R64
J7
B14
C22
C23
C74
C81
C82
P1
U28
U27
Y3