

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV AUTOMATIZACE A INFORMATIKY

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF AUTOMATION AND COMPUTER SCIENCE

VYTVOŘENÍ PŘENOSNÉHO ZAŘÍZENÍ PRO
VYHODNOCOVÁNÍ ZRYCHLENÍ
MOBILE DEVICE FOR ACCELERATION MEASUREMENT

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

JAKUB JURNÍČEK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

ING. STANISLAV VĚCHET, PH. D.

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav automatizace a informatiky

Akademický rok: 2009/2010

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Jakub Jurníček

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Aplikovaná informatika a řízení (3902R001)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Vytvoření přenosného zařízení pro vyhodnocování zrychlení

v anglickém jazyce:

Mobile device for acceleration measurement.

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Hlavním cílem práce je navrhnout a vyrobit mobilní zařízení pro měření zrychlení ve dvou vzájemně kolmých osách. Toto zařízení má sloužit pro zobrazování aktuálních hodnot zrychlení a dále pro jejich zaznamenávání s další možností zpracování.

Cíle bakalářské práce:

Prostudujte současné možnosti snímání zrychlení

Proveďte návrh zařízení

Po dohodě se školitelem celé zařízení vyrobte

Proveďte ověření správné funkce

Seznam odborné literatury:

www.robotika.cz

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Stanislav Věchet, Ph.D.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2009/2010.

V Brně, dne

L.S.

Ing. Jan Roupec, Ph.D.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

LICENČNÍ SMLOUVA

(na místo tohoto listu vložte vyplněný a podepsaný list formuláře licenčního ujednání)

ABSTRAKT

Bakalářská práce řeší problém měření a zobrazování zrychlení ve dvou navzájem kolmých osách. Toto zařízení má sloužit ke snímání zrychlení elektromechanickým prvkem, zobrazováním aktuálních hodnot a zaznamenávání aktuálních hodnot s možností přenosu do PC pro další zpracování.

Zrychlení je snímáno modulem ADXL320, zobrazováno dvojicí LED displejů. Zaznamenávání dat se provádí do EEPROM paměti. Celé zařízení je řízeno mikrořadičem Atmel ATmega8 a s PC je propojen sériovou linkou. Dále je v práci uvedený návrh a konečné řešení problému.

ABSTRACT

Presented bachelor thesis deals with acceleration measurement and visualization. The acceleration is measured via two sensors perpendicular to each other. The measured acceleration value is displayed in real time, moreover the actual value is stored for further offline processing on PC.

The ADXL320 module acts as a main sensor and two LED screens displays the actual value. The recorded data are transferred to permanent memory EEPROM. The entire device is operated by Atmel ATmega8 microprocessing unit which is connected to PC by common RS232 serial line. Further in the thesis there's presented suggestion of the final solution of the problem.

Klíčová slova

Přenosné zařízení, měření zrychlení, zaznamenávání a zpracování dat

KEYWORDS

Mobile devices, measuring acceleration, data recording, data processing

PODĚKOVÁNÍ

Tímto chci poděkovat panu Ing. Stanislavu Věchetovi, Ph. D. za jeho rady, připomínky, podněty, pomoc a trpělivost při realizaci tohoto projektu.

Obsah:

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Úvod | 13 |
| 2 | Architektura | 15 |
| 2.1 | Akcelerometry..... | 15 |
| 2.2 | Ukládání dat..... | 17 |
| 2.2.1 | EPROM (Eraseable Programable Read Only Memory)..... | 17 |
| 2.2.2 | EEPROM (Electrically EPROM)..... | 18 |
| 2.2.3 | Flash..... | 18 |
| 2.3 | Zobrazení aktuálních hodnot..... | 18 |
| 2.3.1 | LED Displej..... | 19 |
| 2.3.2 | LCD (Liquid Crystal Display)..... | 20 |
| 2.3.3 | OLED (Organic LED)..... | 20 |
| 2.4 | Mikrořadiče..... | 21 |
| 2.4.1 | AVR..... | 21 |
| 2.4.2 | ARM..... | 22 |
| 3 | Návrh | 23 |
| 3.1 | Akcelerometr ADXL320..... | 23 |
| 3.2 | Paměť EEPROM..... | 24 |
| 3.3 | LED displej..... | 25 |
| 3.4 | ATMEL Atmega8..... | 26 |
| 3.5 | Zdroj elektrické energie..... | 26 |
| 4 | Realizace | 29 |
| 4.1 | Návrhové studio EAGLE..... | 29 |
| 4.2 | Výroba desky plošných spojů..... | 30 |
| 4.3 | Osazení zařízení..... | 30 |
| 4.4 | Měření..... | 31 |
| 5 | Závěr | 33 |
| | Seznam použité literatury | 35 |

1 ÚVOD

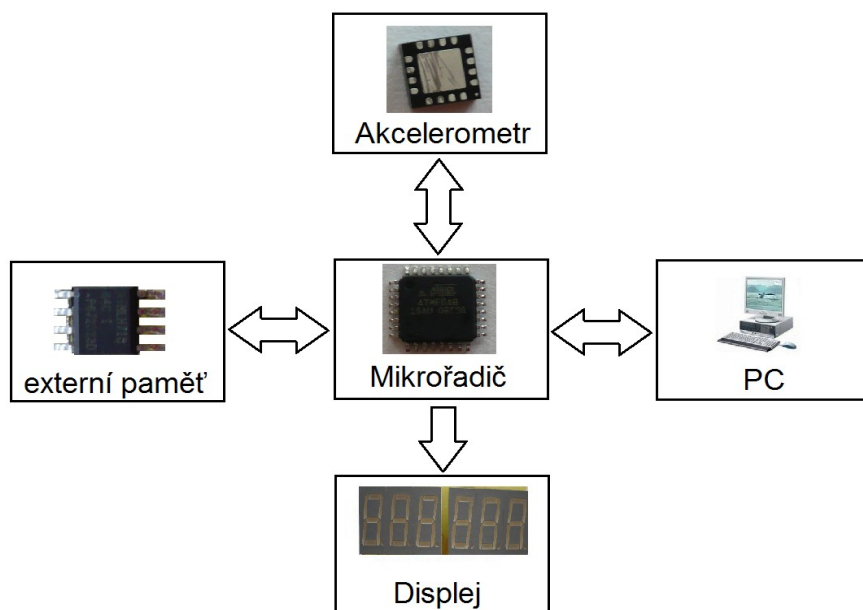
Tato bakalářská práce seznamuje s elektromechanickými prvky pro měření zrychlení s cílem následného zobrazování a možností dalšího zpracování za účelem vyhodnocování naměřených výsledků. Hlavním cílem bylo navrhnout a sestrojít zařízení, pro vyhodnocování zrychlení ve dvou vzájemně kolmých osách. Aktuální hodnoty zobrazovat a ukládat do paměti pro jejich další zpracování.

V této práci se nejdříve seznámíme s možnostmi jak měřit zrychlení a technologiemi používající se pro výrobu malých akcelerometrů postavených na elektromechanických prvcích. Dále si ozřejmíme, jak pracují externí paměti, kde se používají a jaké druhy máme k dispozici. Požadavek na zobrazování aktuálních hodnot nás zavede k displejům. Osvětlíme si principy dvou nejrozšířenějších displejů a možnosti jejich řízení. Třetí technologie displejů má spoustu výhod, ale stále nenachází svoje širší uplatnění. Dále se seznámíme se srdcem celého zařízení a tím je mikrořadič. Obstarává řízení celého zařízení, a tak je potřeba prostudovat jaký mikrořadič bude nejvhodnější. Procesorů je na trhu velká řada a obstarávají funkce téměř všech spotřebičů kolem nás.

V návrhu si probereme výhody a nevýhody jednotlivých komponentů a vybereme nevhodnější pro zařízení. Výběr nebude záviset jen na počtu výhod před ostatními. Důležité také bude uvědomit si, pro co konkrétní součástka bude sloužit a jaké požadavky na ni vlastně máme. Vycházet budeme ze všeobecných předpokladů a požadavků na hotové zařízení, ale také musíme brát ohled na závislost mezi jednotlivými součástkami a jejich parametry. Jako příklad je dobré uvést velikost externí paměti. Musíme si uvědomit jaké data do ní budeme ukládat a podle toho se zařídit při výběru velikosti paměti.

V závěru práce ukážeme program, ve kterém je vhodné vytvářet schémata pro desky plošných spojů. Navrhnutou desku osadíme vybranými součástkami a pokusíme se cele zařízení uvést do provozu.

Zařízení snímá zrychlení v mechanické podobě a převádí jej na napětí. Tyto impulzy zpracovává mikrořadič a dále je jako hodnoty zapisuje do paměti a zároveň zobrazuje na displeji. Data lze z paměti číst a přemístit po sériové lince do počítače pro další zpracování.



Obr. 1: Blokové schéma zařízení pro snímání zrychlení

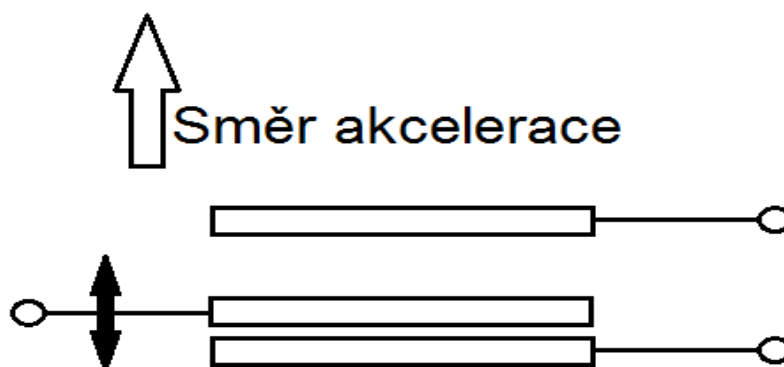
2 ARCHITEKTURA

2.1 Akcelerometry

Již z názvu vyplývá, že se akcelerometry využívají k měření zrychlení. Zrychlení definujeme jako změna rychlosti hmotného bodu v čase. Pokud neuvádíme jinak, označujeme zrychlení mechanického pohybu.

Moderní akcelerometry se vyrábí pomocí technologie MEMS (MikroElectroMechanical Systems). Při této technologii dosahujeme velmi malých rozměrů, řádově mikrometry. Tímto dosahují součástky dobré citlivosti, mechanické odolnosti a spolehlivosti. Proto je můžeme najít v nejrůznějších zařízeních, jako jsou mobilní telefony, kde slouží jako orientační senzor nebo v pro měření vibrací u HDD v MP3 přehrávačích. Uplatnění si také najdou v robotice a automatizaci. V součástkách vyrobené technologií MEMS je přímo integrovaný senzor a předzesilovač. Výstupní napětí potom odpovídá přímo velikosti zrychlení.

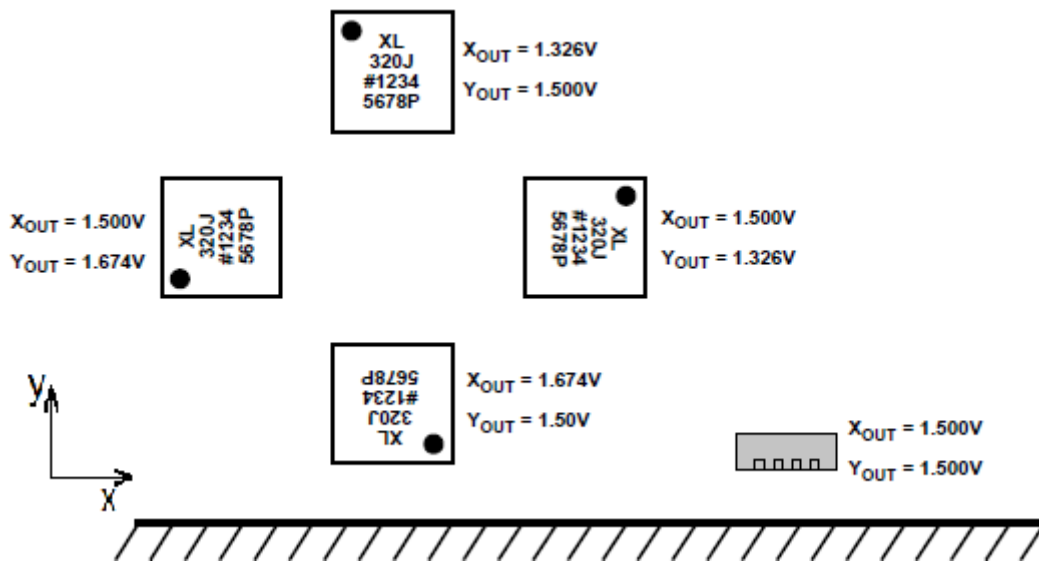
Princip snímání zrychlení je založen na vyrovnávání síly, která vlivem akcelerace působí na hmotný objekt a síly od pružiny. Pružina slouží k tomu, aby se pohyblivá část vrátila do rovnovážné polohy. Velikost výchylky je indikována změnou kapacity snímače (Obr.2).



Obr. 2: Princip zjednodušeného akcelerometru

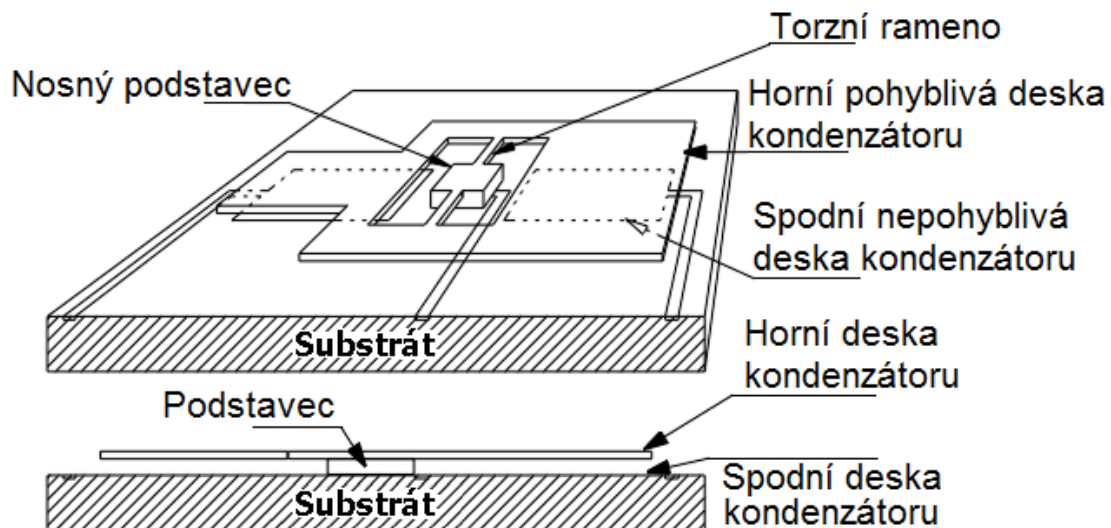
Střední část je pohyblivá vůči dvěma statickým deskám kondenzátoru a vlivem akcelerace se střední elektroda vychýlí a na opačné desce kondenzátoru než je směr zrychlení začne růst kapacita.

Měření dvouosého akcelerometru je vidět na obrázku 3. Když je modul v klidu, na obou výstupech je hodnota 1,5V. V případě, že se začne pohybovat v ose X, začne se měnit hodnota také na výstupu X. Pro zrychlený pohyb se výstupní napětí snižuje a pro zpomalený se napětí zvyšuje od své rovnovážné hodnoty. Stejný princip platí i pro pohyb v ose Y.



Obr. 3: Pohyb dvouosého akcelerometru v ose X a Y [1]

Reálný model akcelerometru pro měření jednoho směru je na obrázku 3. Celá soustava je vlivem torzní pružiny v klidu. Jakmile na soustavu začne působit zrychlení, bude na větší desku působit větší síla a tímto vlivem se začne vychylovat. Z tohoto důvodu bude kapacita na jednom konci růst a na druhém klesat.



Obr. 4: Reálný model akcelerometru vyrobený metodou MEMS [2]

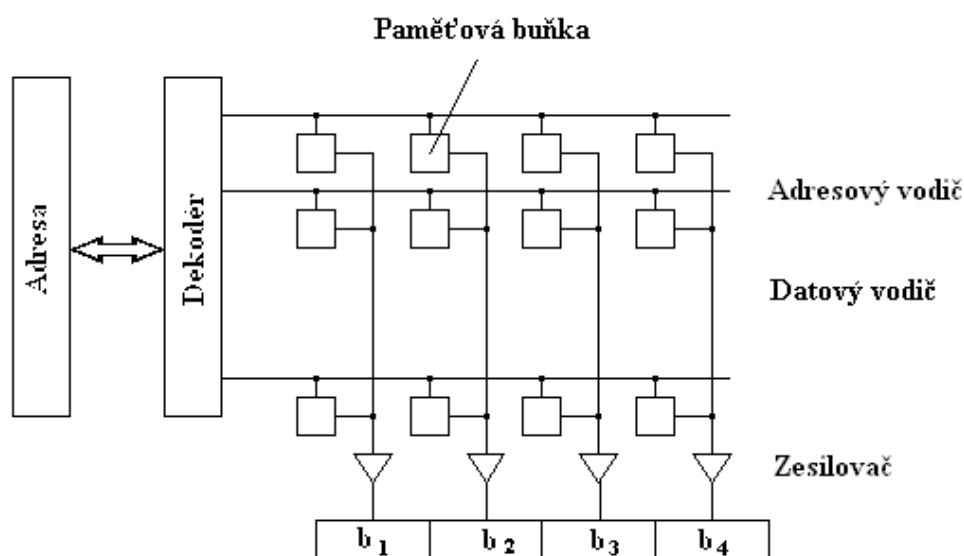
Na trhu je několik typů akcelerometrů od různých výrobců. Každý má vnitřní uspořádání odlišné, však princip zůstává stejný. Při výběru akcelerometru zohledňujeme především počet os, které potřebujeme měřit. Výrobci nám nabízí jedno, dvou a tříosé moduly, avšak tím výběr nekončí. Firma *Honeywell* integruje do modelu *HMC6343* tříosý magneto-odporový snímač a tříosý akcelerometr a pomocí přepočtu může tento snímač sloužit i jako kompas. Dalším kritériem pro výběr akcelerometru je rozsah a rozlišení snímače. Opět záleží na požadavcích na zařízení. Některé modely akcelerometrů umožňují i velikost rozsahu měnit. Avšak většinou rozsahy bývají přednastaveny a pouze se mezi nimi přepíná.

Ostatní významní výrobci akcelerometrů jsou např. *Freescale* nebo *Analog Devices*.

2.2 Ukládání dat

Protože se jedná o mobilní zařízení, bude potřeba mít možnost ukládat naměřená data do paměti, aby následně bylo možné tyto data vyčíst a paměť smazat pro vytvoření místa na další měření.

Vnitřní paměti mají obecnou strukturu podle obrázku 4. Jedná se o propojenou síť buněk s kapacitou jeden bit. Z toho je zřejmé, že do každé buňky lze zapsat logickou jedničku nebo nulu. Komunikace s pamětí probíhá pomocí adresy, která udává umístění dané buňky. Dekodér podle adresy vybere adresový vodič a tím určí do jaké buňky se zapíše logická 1. Obdobným způsobem probíhá i čtení z buněk. Musí být opět určena adresa a dekodér vyšle do buňky logickou 1 a ta podle jejího nastavení buď projde nebo neprojde na výstup.



Obr. 5: Struktura vnitřní paměti [3]

Vnitřní paměti dělíme na:

- ROM
- PROM
- EPROM
- EEPROM
- Flash
- RAM

Požadavek na přemazávání paměti nám vyškrtává ze seznamu ROM a PROM, protože to jsou paměti pouze pro čtení. Dále potřebujeme statickou energeticky nezávislou paměť a tak nám ze seznamu dále vypadává i RAM. Tyto paměti potřebují k udržení informace stálý přísun elektrické energie.

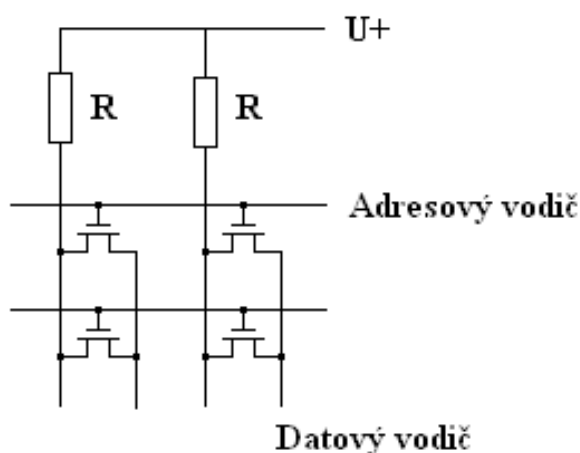
2.2.1 EPROM (Eraseable Programmable Read Only Memory)

- statická, energeticky nezávislá paměť, do které lze zapisovat
- mazání probíhá pomocí působení UV záření na paměťový čip
- náboj se v unipolárním tranzistoru udržuje několik let
- velká hustota záznamu

2.2.2 EEPROM (Electrically EPROM)

- stavbou je podobná paměti EPROM
- obsah paměti lze smazat elektrickým impulzem

Paměť je složena z tranzistorů vyrobených metodou MNOS (Metal Nitrid Oxide Semiconductor). Zápis probíhá přivedením záporného napětí na adresový vodič a tam, kde potřebujeme zapsat logickou jedničku uzemníme datový vodič. Tím se tranzistor otevře a vznikne v něm náboj (zapiše se logická jednička). Mazání provedeme kladným napětím, přivedeným po adresovém vodiči.



Obr. 6: Buňky EEPROM [4]

2.2.3 Flash

- programovatelná, statická a elektricky nezávislá paměť
- možnost mazání obdobně jako u EEPROM elektrickou cestou

Struktura paměti je také organizována do bloků, ale na rozdíl od EEPROM lze každý blok programovat samostatně a tím obsah ostatních bloků zůstane zachován. FLASH paměť pracuje na principu plovoucích hradel umístěných mezi řídicím hradlem a substrátem. Protože je plovoucí hradlo izolováno od svého okolí, elektrony na něj přivedené se nemohou dostat dále a tím je informace uložena.

2.3 Zobrazení aktuálních hodnot

V elektronických přístrojích slouží k zobrazování různých hodnot displej. Jedná se o výstupní zařízení a je to druh komunikace mezi systémem a člověkem. Displej je nejrychlejším výstupním zařízením, které udržuje stále aktuální hodnoty.

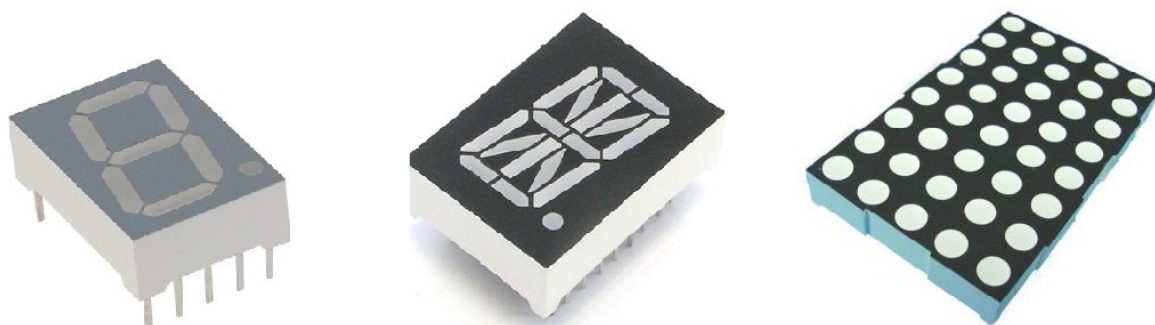
Rozeznáváme tři druhy displejů LED, LCD a OLED. Každý pracují na jiném principu a z toho vyplývají i jiné vlastnosti a zároveň i výhody. Při výběru pak tedy musíme vzít v úvahu vlastnosti a požadavky na zařízení.

2.3.1 LED Displej

Hlavním zobrazovacím prvkem jsou zde světlo emitující diody. Tento druh displeje již nemusí být osvětlován. Tvar zobrazování určují segmenty, ze kterých je displej poskládán. Pro každý segment je právě jedna dioda.

LED displeje můžeme dále rozdělit do třech podkategorií

- číslicové (7 segmentové)
- alfanumerické
- maticové

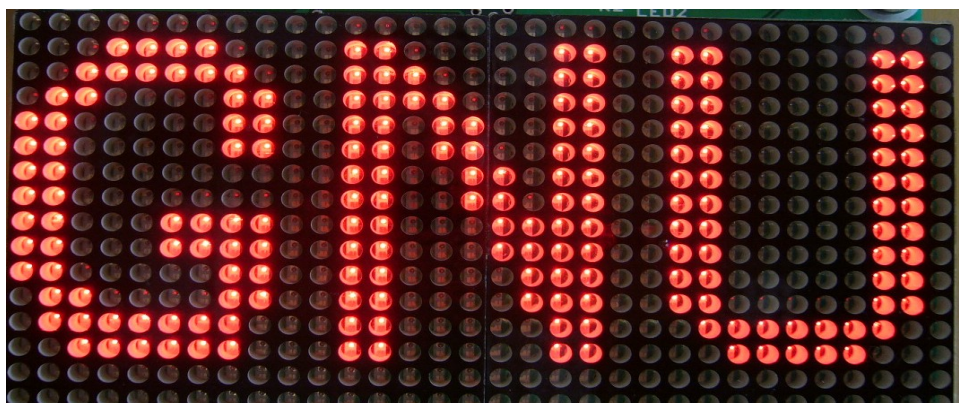


Obr. 7: Číslicový, alfanumerický a maticový LED displej [5]

číslicové – skládají se ze 7 segmentů a desetinné tečky. Slouží výhradně pro zobrazování číslic, ale existují pravidla, která umožňují zobrazování písmen. Pravidla nerozlišují velká a malá písmena, jen jde o rozeznávání jednotlivých písmen.

Alfanumerické – složením se podobají číslicovým, avšak počet segmentů je 16 + desetinná tečka. Na těchto displejích je plnohodnotné zobrazování velkých a malých písmen.

maticové – segmenty jsou poskládané do matic o různých velikostech. Zobrazení číslic a písmen je samozřejmé. Co ale dovedou zobrazit navíc než alfanumerické, je česká diakritika. Další rozšíření zobrazení můžou být jednoduché obrazce (rastrová grafika). Často se maticové displeje skládají vedle sebe popřípadě nad i nad sebe a tím dosahujeme větší zobrazovací plochy.

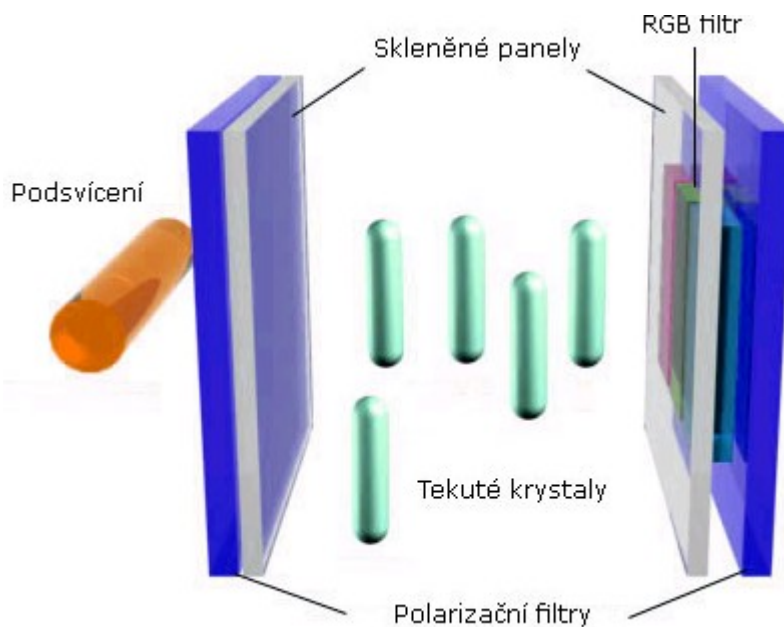


Obr. 8: Příklad použití maticového LED displeje [6]

Barva LED diod udává i barvu celého displeje. Možností je více. Jedno barevné nebo více barevné, kdy pro každý segment je hned několik diod v různých odstínech. Jas a barva displeje značně ovlivňuje jeho čitelnost v denním světle. Nejpoužívanější barvy: červená, zelená, modrá, žlutá. Z těchto barev je nejvýraznější červená. Proto ji můžeme najít ve většině zařízení.

2.3.2 LCD (Liquid Cystal Display)

Displeje z tekutých krystalů z velké části nahradily LED displeje a to především pro svoji nízkou spotřebu. I proto jsou nejčastěji umístěny v přístrojích běžících na baterie. Displej se skládá z malých bodů (pixelů). Každý pixel je tvořen molekulami tekutých krystalů umístěných mezi dvěma průhlednými elektrodami. Technologie využívá elektromagnetických vlastností krystalů. Napětí na elektrodách nám usměrní krystaly do požadované polohy tak, aby světlo procházelo skrz displej. Protože krystaly nevyzařují světlo je nutné displej podsvítit. K tomu se používá buď dodatečný zdroj světla nebo odražené vnější světlo.



Obr. 9: Princip barevného LCD [7]

Barevná technologie LCD je kombinací klasické technologie a filtru tří základních barev červené, zelené a modré (RGB). Zobrazovaná barva pro každý pixel zvlášť je výsledkem kombinací těchto barev.

Použití LCD je všude tam, kde je potřeba zobrazit výstupní data v jakékoliv formě. Proto je můžeme nalézt od mobilních telefonů až po velké panely ve formě televizí.

2.3.3 OLED (Organic LED)

Organické displeje, jak se také nazývají, využívají organické elektroluminiscenční diody. Tato technologie není zase tak nová jak se může zdát, princip organiky v displejích OLED je znám již od konce 80. let minulého století, kdy jej poprvé předvedla firma Kodak.

Samotná organická látka emituje světlo určité barvy, proto je jen stačí vhodně poskládat vedle sebe popřípadě na sebe a OLED panel je na světě. Dále pak přivedeme stejnosměrné napětí a displej nám svítí. Taková to technologie nám pak umožňuje displeje

doslova tisknout na podkladový materiál.

Použití těchto displejů může být především v TV, přesto si tuto cestu zatím nenachází a tak se OLED objevuje pouze v malých zařízeních, jako jsou MP3 přehrávače nebo digitální kamery. Je tomu tak i přesto, že výhody mnohonásobně předčí nevýhody. Přesto nevýhody, i když je jich velmi málo, zabraňují jejich masovému rozšíření. Právě velká zbraň těchto displejů, organika, je i velkou slabinou. Životnost organického materiálu dnešní technologie nevydrží více než 30 000 hodin provozu.



Obr. 10: Možnosti využití OLED displejů [8], [9]

2.4 Mikrořadiče

Firma Atmel Corporation je výrobcem mikrořadičů postavených na architektuře RISC (Reduced Instruction Set Computer). Do rodiny výrobků patří zejména modely s označením AVR (označení 8-bitových kontrolérů) a ARM (označení pro 32-bitové kontroléry).

Architektura RISC nese několik vlastností, zejména pak:

- redukovaná sada instrukcí (docílení jednoduché a optimalizované sady instrukcí)
- délka jedné instrukce je jeden cyklus (délka instrukcí je stejná)
- komunikace s pamětí probíhá po sběrnici
- řetězcové zpracování instrukcí (tzv. Pipelining)

Ostatními výrobci mikrořadičů s technologií RISC jsou např.: IBM (PowerPC), Intel, Sun Microsystems (řada Sprac).

2.4.1 AVR

Označení 8-bitových mikročipů firmy Atmel. Na desce čipu jsou tři druhy pamětí. Flash (programovatelná), EEPROM (trvalá paměť pro data) a SRAM (také paměť pro data). Veškeré instrukce se ukládají do paměti Flash. Její velikost udává označení mikrořadiče (např. Atmega64 má velikost 64kB). EEPROM je využívána mikrokontrolérem pro ukládání různých nastavení při běhu programu.

Programování mikrokontroléru se provádí za pomoci programátoru a příslušného softwaru. Pro tento případ vyvinula firma Atmel program AVR studio, ve kterém je možné psát kód pomocí Assembleru nebo C/C++. Napsaný program se pak přes programátor nahraje do paměti.

AVR se dělí do tří podskupin podle následující tabulky 1.

| | Clasic AVR | mega AVR | Tiny AVR |
|-------------|------------|----------|----------|
| Flash paměť | 1-8KB | 4-256KB | 1-8KB |
| EEPROM | 64-512B | 265B-4KB | 64-512B |
| SRAM | 128-512B | 512B-8KB | 64-512B |

Tabulka 1: Přehled produktů rodiny AVR

2.4.2 ARM

32-bitové procesory ARM byly vyvinuté v roce 1984 a od té doby si našli svoje uplatnění především v mobilních zařízeních, jako jsou mobilní telefony, PDA, navigace apod. Nejnovější procesory z dílny ARM již mají větší ambice a předpokládá se, že nahradí stávající procesory ve větších zařízeních, kterými jsou notebooky. Důvodem jejich tak velkého rozšíření jsou malé rozměry, nízká spotřeba a nízká tvorba tepla a proto není potřeba je výrazně chladit.

Princip je složitější než u AVR mikrořadičů a je založen na čtyřech základních režimech (tabulka 2).

- uživatelský režim
- rychlé přerušeni
- přerušeni
- supervisor

Každý z těchto režimů má přidělené registry, se kterými pracuje. Celkem procesor obsahuje 25 registrů, každý o velikosti 32 bitů (15 univerzálních registrů a 10 se speciálními funkcemi).

| | Mód | Registry | | | | | |
|------------------|-----|----------|-----|-----|-----|-----|-----|
| Uživatelský | 0 | R0 až R9 | R10 | R11 | R12 | R13 | R14 |
| Rychlé přerušeni | 1 | | R10 | R11 | R12 | R13 | R14 |
| | | | FIQ | FIQ | FIQ | FIQ | FIQ |
| Přerušeni | 2 | | R10 | R11 | R12 | R13 | R14 |
| Supervisor | 3 | R10 | R11 | R12 | R13 | R14 | |
| | | | | | SVC | SVC | |

Tabulka 2: Přidělení registrů v procesoru

3 NÁVRH

Návrhové řešení desky vychází z požadavků na zařízení a z dostupných součástek na trhu. Na počátku je tedy důležité zvolit správné součástky k osazení desky plošných spojů a to přesně v souladu s požadavky na zařízení. Po vybrání součástek následuje samotný návrh desky. Osazení je potřeba řádně promyslet tak, aby se docílilo snadného propojení kontaktů cestami a nedocházelo ke křížení. K umístění součástek na desce a následné propojení kontaktů je nejvhodnější zvolit jeden z dostupných programů pro návrh plošných spojů.

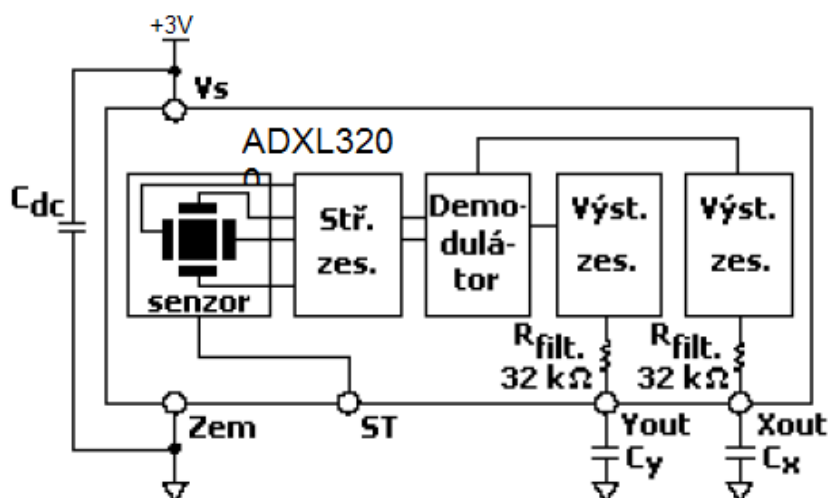
Požadavky na akcelerometr vychází z jeho použití. V automobilech nedochází k velkému přetížení, proto i velikost rozsahu akcelerometru nemusí být velké. Předpokládá se, že měření bude probíhat pouze ve dvou osách. Velikost paměti určuje množství dat potřebných pro uchování. Data posílaná z akcelerometru jsou čistě textová a k tomu budeme přihlížet při volbě paměti. Vhodné parametry displeje určuje svým rozsahem a rozlišením akcelerometr. Proto při určení počtu míst bereme ohled na tyto parametry. Důležité je také použití displeje, i na tyto podmínky použití je třeba brát ohled. Typ mikrořadiče určíme především z potřebného početního výkonu.

3.1 Akcelerometr ADXL320

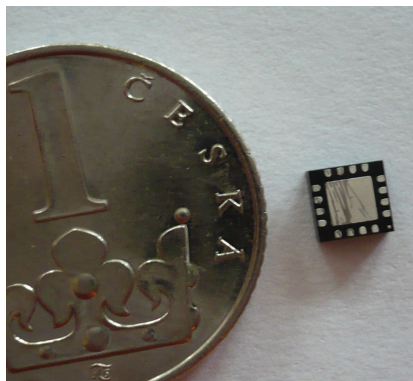
Akcelerometry nejsou běžné součástky a tak jich na trhu není mnoho, zejména v České republice. Výběr je proto značně omezen na několik výrobců, kteří se přesto snaží nabídnout to nejlepší.

Zařízení má měřit ve dvou na sebe kolmých osách, a proto by bylo zbytečné desku osazovat akcelerometrem, který dokáže měřit zrychlení ve třech osách. Dalším kritériem je rozsah a rozlišení snímače. Zařízení bude používáno v autobusech nebo automobilech. Z toho můžeme usuzovat, že zrychlení nebude dosahovat velkých hodnot. Zrychlení se samozřejmě počítá i do záporných hodnot, proto je nutné, aby měl snímač rozsah i v záporných hodnotách. Měření zrychlení automobilu bude prováděno pouze ve dvou osách. Rozlišení snímačů bývá nejčastěji dvě desetinná místa. Měření není potřeba provádět s větší přesností, a proto toto rozlišení postačí.

Těmto požadavkům odpovídá snímač zrychlení **ADXL320** od firmy Analog Devices. Tento malý akcelerometr má rozsah měření $\pm 5g$ s možností měření dynamického zrychlení (vibrace) a statického zrychlení (gravitace). Dokáže měřit dvě osy, které jsou na sebe kolmé s přesností 0,01g. Do jeho předností patří i nízká spotřeba a široký rozsah napájecího napětí (2,4V až 5,25V).



Obr. 11: Blokové schéma akcelerometru ADXL320 [10]



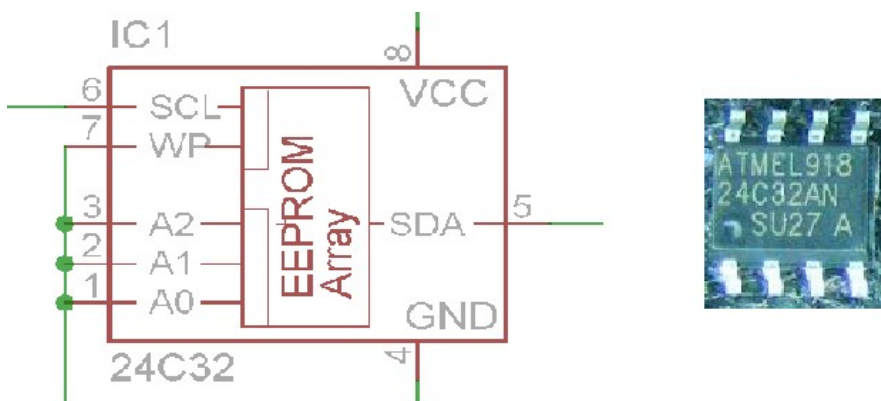
Obr. 12: Srovnání velikosti ADXL320

3.2 Paměť EEPROM

U zařízení které nelze mít stále připojené tak, aby se data přenášela rovnou do počítače, musíme využít datové úložiště. Trh nám nabízí spoustu druhů pamětí, každý se svými přednostmi. Výběr je tedy nelehký a proto se musíme zaměřit na to, co opravdu od paměti očekáváme. Na rychlosti zápisu a čtení nám příliš nezáleží, neboť nám postačí běžné rychlosti, které dosahují i ty pomalejší paměti. V první řadě se zaměříme na dobu uchování záznamu a možnosti mazání. Z těchto hledisek nám nevyhovují paměti typu ROM a PROM, protože obě tyto paměti lze naprogramovat pouze jednou a poté slouží už jen pro čtení. Další nevhodným úložištěm dat pro naše účely je typ paměti RAM. K tomu aby se záznam zachoval, je potřeba, aby byla stále připojena ke zdroji napájení a proto by bylo nutné na desce řešit záložní zdroj např. baterii. To samozřejmě nepřipadá v úvahu, pokud na trhu jsou paměti na zdroji nezávisle a tokové skutečně jsou.

Prvním kandidátem by mohla být EPROM, avšak její mazání je problematické. Řešit formátování UV zářením je zcela zbytečné když se nám nabízí její nástupce EEPROM. Má vše co se od ní očekává. Uchovává informace bez potřebného napájení tudíž má i nízkou spotřebu, smazání uložených dat provedeme jednoduše elektronicky. A je tu ještě jedna výhoda a tou je cena. Právě cena, která je několika násobně nižší než cena pamětí Flash rozhoduje o konečném použití v tomto zařízení.

- **EEPROM Atmel AT24C32**
 - velikost paměti 32kB organizovaná 4096 x 8B
 - taktovací frekvence 100Hz (1,8V; 2,5V; 2,7V) a 400Hz (5V)
 - sériové rozhraní
 - 1 milion zapisovacích cyklů



Obr. 13: Schéma EEPROM z EAGLE a pouzdro ve kterém je uložena

3.3 LED displej

Jako další požadavek bylo možnost číst aktuální hodnoty. V tomto případě nemohlo přijít v úvahu nic jiného než displej. Reálný výběr je pak ze dvou druhů a to LED a LCD. S OLED displejem nelze počítat pro svoji vysokou cenu a stále obtížnou dostupnost na trhu.

Shrneme si, co se od displeje očekává:

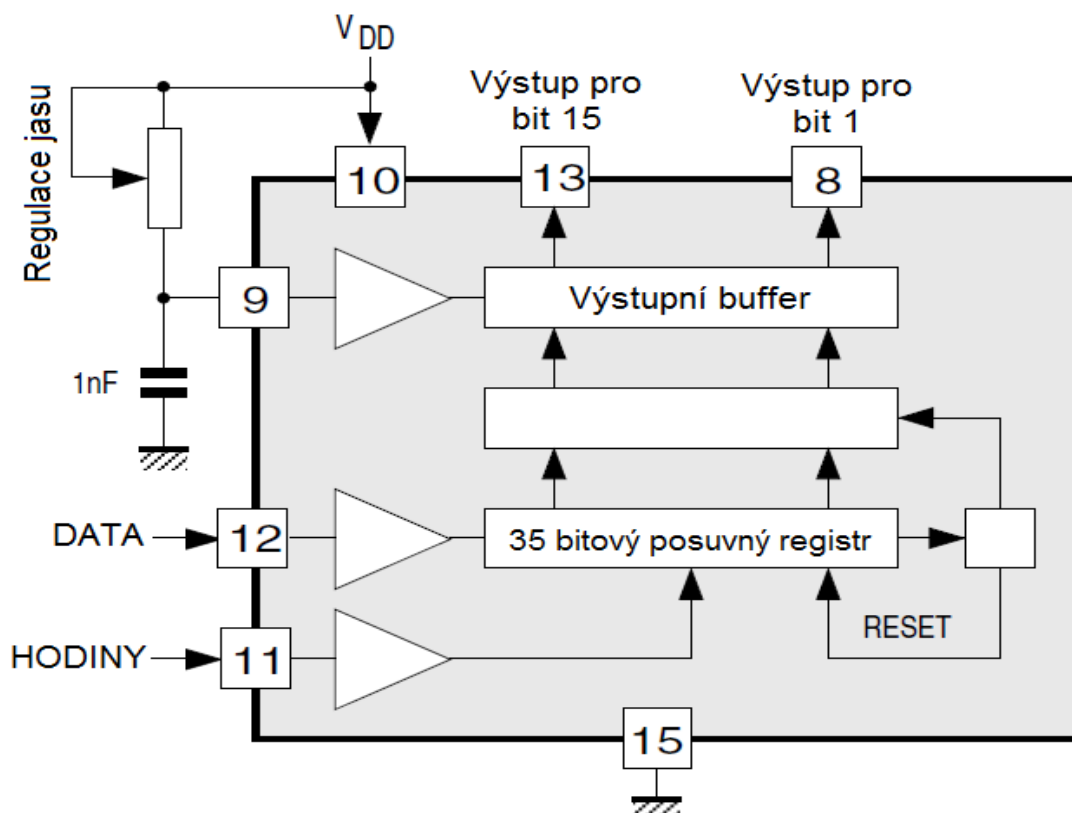
- zobrazování pouze číselných hodnot
- dobrá čitelnost i v denním světle
- displej musí zohledňovat rozlišení a rozsah snímače a také snímání ve dvou osách

v neprospěch LCD hraje především čitelnost a to i kdybychom displej dostatečně podsvítily, nebude jeho čitelnost taková jako u LED displeje. Dalším důvodem proč je výhodnější LED displej je opět cena.

Zařízení bude tedy zobrazovat zrychlení na dvou LED displejích umístěných vedle.

Osa X a Y bude mít tedy samostatné zobrazení. Počet míst je již dán snímačem. Pro rozsah $\pm 5g$ a rozlišení $0,01g$ byl navrhnout tři místný displej, aby mohl zobrazovat přesnost na dvě desetinná místa.

Z důvodu, že byl vybrán LED displej, bylo nutné ještě vybrat řadič displeje. Řadič displeje slouží k sériovému přenosu dat ze zdroje na displej. O přenos se starají dva vodiče (DATA a HODINY). Model M5482 byl jediný dostupný na skladě, proto displeje budou řízeny tímto integrovaným obvodem.



Obr. 14: Blokové schéma řadiče M5482B7 [11]

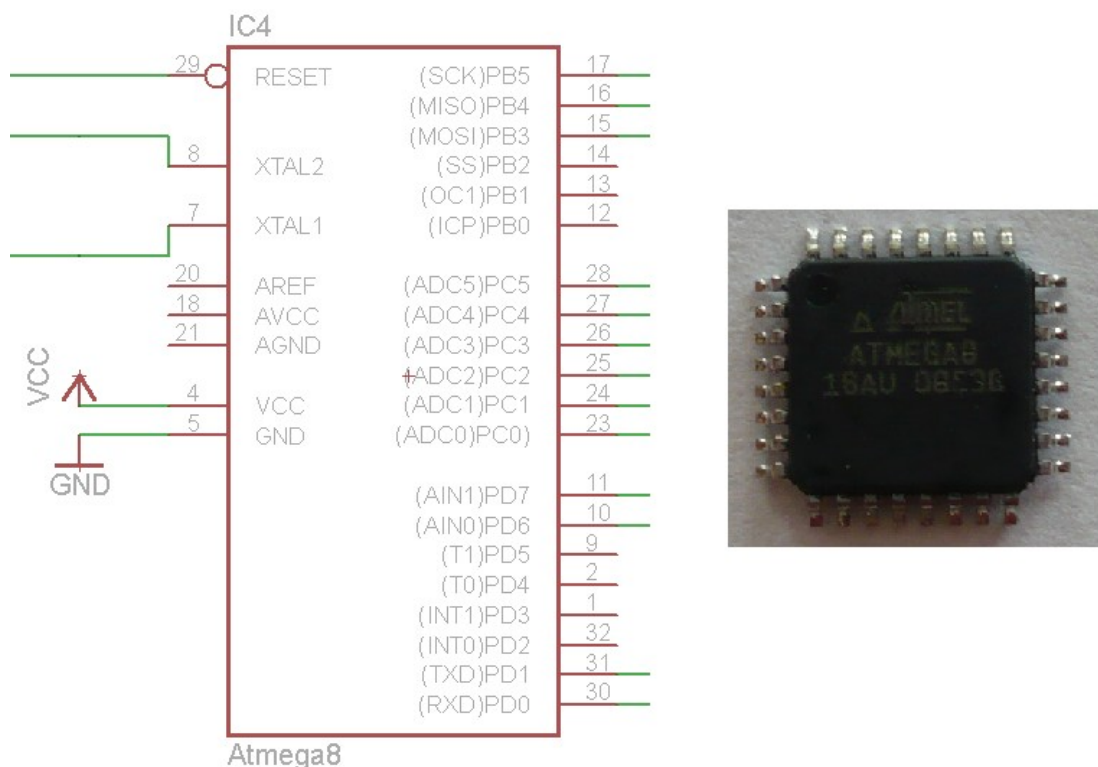
3.4 ATMEL Atmega8

Čas od času se výběr součástek řídí „emocemi“. Právě mikrořadič patří mezi ty součástky, které technik vybírá spíše emotivně než pragmaticky. Každý vývojář má svoji vyhrazenou architekturu, přičemž spoléhá na svoji znalost, která mu umožňuje se s problémy vypořádat velice rychle. Měnit architekturu znamená náklady navíc a především časové zdržení.

Z této setrvačnosti nás může vyvést jen nedostatečný výkon nebo rozsah procesoru tak, aby jsme sáhli po jiné architektuře. Pro naše zařízení to však neplatí a proto se zůstává o osvědčené značce mikrořadiče ATmega8 od firmy Atmel. Jedná se o nízkonapěťový CMOS 8 bitový mikrokontroler postavený na architektuře AVR RISC.

| | |
|---------------|--------------|
| Flash paměť | 8kB |
| RAM | 1kB |
| EEPROM | 512kB |
| čítač/časovač | 2x8b + 1x16b |

Tabulka 3: ATmega8 - technické údaje



Obr. 15: ATmega8. Schéma z EAGLE vlevo a vpravo skutečný model

3.5 Zdroj elektrické energie

Se zařízením bude často manipulováno a bude tak potřeba řešit jeho mobilitu. K nejčastějšímu zdroji napájení přenosných zařízení je využita baterie. Pro zařízení s nízkými energetickými nároky je ideální. U zařízení odpadají problémy s kabeláží a dostupným zdrojem v blízkosti měření. Jeden z důvodů proč nevyužít napájení baterií v tomto zařízení je LED displej. Jeho energetické nároky jsou podstatně vyšší, a tak není jistá doba provozu na baterie. Bylo by možné použít baterii s větší kapacitou, u nich jsou však vyšší pořizovací ceny

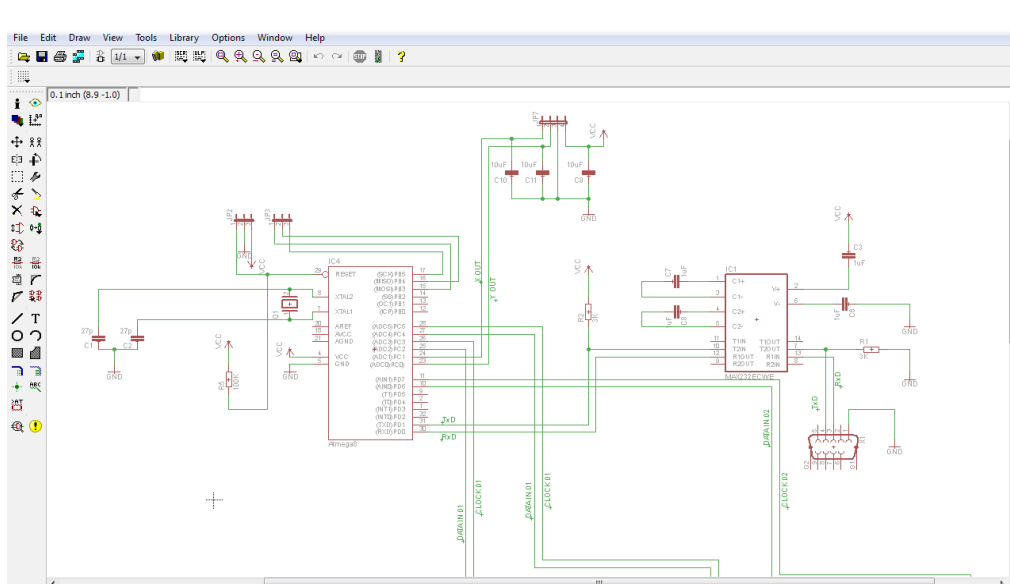
a tím by se prodražila výroba. Naneštěstí je problém s napájením řešitelný. Jako zdroj elektrické energie poslouží dopravní prostředek, ve kterém bude měření probíhat. Proto bylo navrženo napájet zařízení ze zapalování vozidla. Na desku se umístí napájecí konektor, který zajistí snadné zapojení a odpojení od zdroje. Napětí bude usměrněno napěťovým stabilizátorem umístěným na desce.

4 REALIZACE

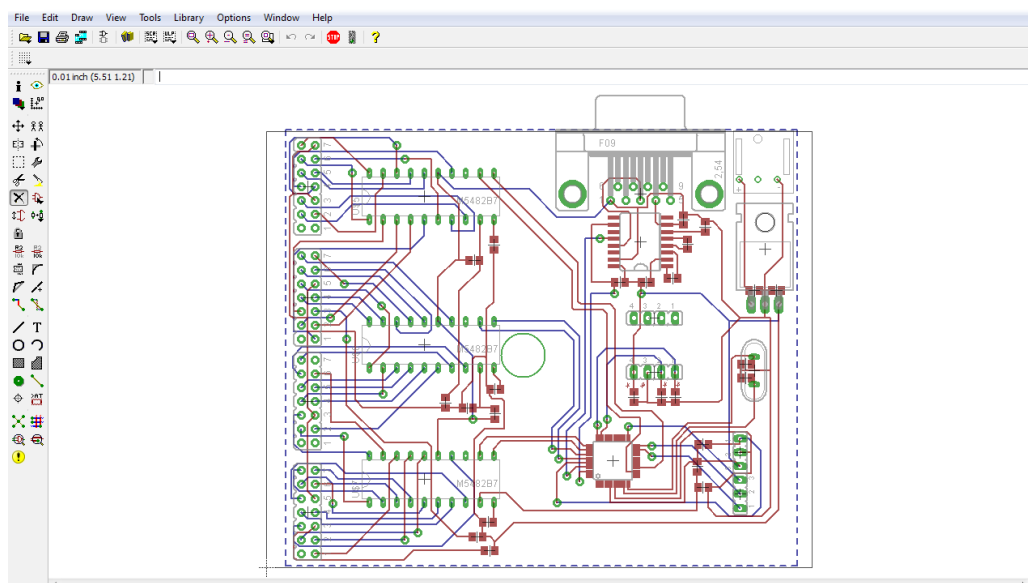
K návrhu plošných spojů byl použit program Eagle 5.6.0 s vestavěnou knihovnou součástek. Důležité bylo, vybírat součástky podle dostupnosti v obchodě aby nedošlo k problémům. Integrovaný obvod M5482B7 a akcelerometr ADXL320 nebyli součástí vestavěné knihovny a proto bylo nutné pro tyto součástky vytvořit knihovnu novou. Funkci Autorouting pro automatické vygenerování cest nebylo možné použít z důvodu složitosti cest mezi kontakty. Proto bylo zapotřebí cesty navrhnut ručně. Z těchto důvodů byla práce na plošných spojích komplikovaná a zdlouhavá. Následně zjištění nedostatku místa na desce pro cesty, bylo nezbytné navrhnut desku obou straně.

4.1 Návrhové studio EAGLE

Jedná se o jednoduchý program na tvorbu schémat a návrhu plošných spojů. Je to produkt německé firmy CadSoft. Program dělíme do tří základních režimů: editor schémat, editor rozvržení a autorouter.



Obr. 16: EAGLE - editor schémat

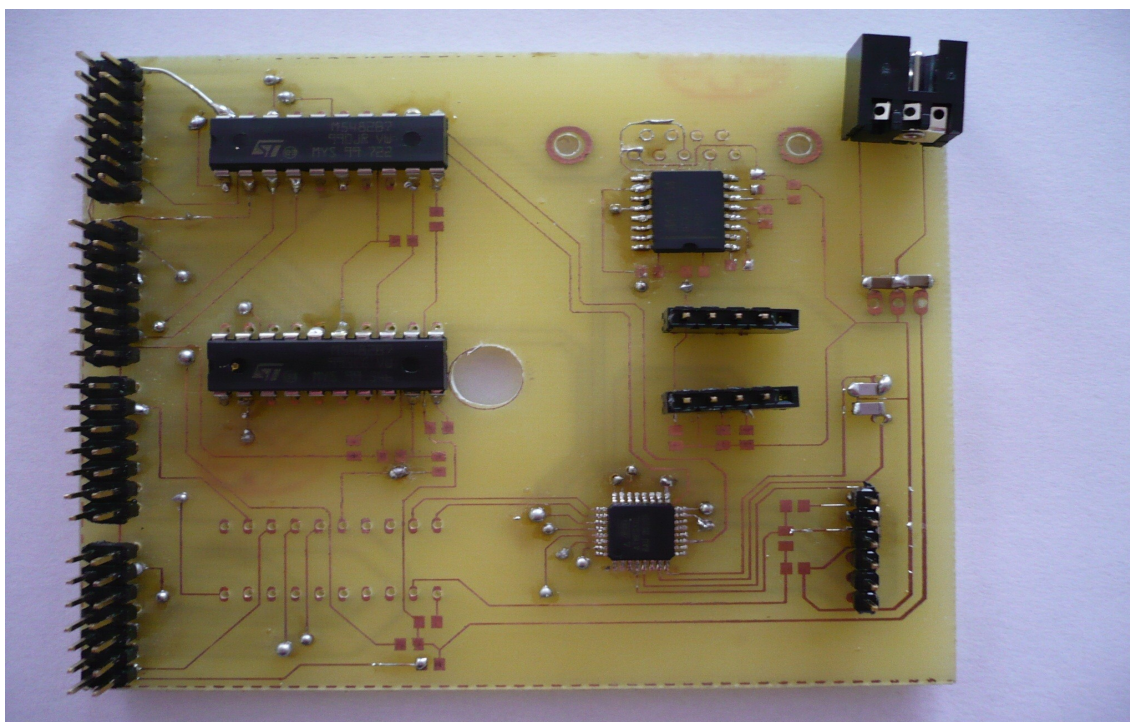


Obr. 17: EAGLE - editor rozvržení

Práce s EAGLEm je velice jednoduchá. Při tvorbě nového projektu si nejprve vytvoříme schéma v editoru. Na pracovní plochu poskládáme všechny elektrosoučástky, které dané zařízení obsahuje. Propojíme je tak, aby vše plnilo svůj účel. Dále se přepneme do editoru rozvržení. Zde se nám již všechny součástky zobrazily tak, jak jsme si je navolili ve schématu. Propojení ve schématu se nám přenesou i do editoru rozvržení. Na nás už je jen rozvrhnout umístění jednotlivých dílů na desku a vytvoření konstrukčních děr. Posledním a zároveň nejobtížnějším krokem je vytvoření cest mezi kontakty. Zde je deska navrhnutá oboustranně, proto je potřeba pracovat při návrhu cest ve dvou hladinách (červené a modré cesty). K vytvoření cest můžeme použít funkci autorouter.

4.2 Výroba desky plošných spojů

K přenosu toneru na desku cuprexitu použijeme speciální fólii. Nejdříve vytiskneme návrh desky na matnou stranu fólie. Toner velmi dobře odolává leptacím roztokům, a proto je pro natištění na fólii vhodná jen laserová tiskárna nebo kopírka. Po té nažehlením přeneseme toner z fólie na desku. Desku leptáme několik minut chloridem železitým. Leptání musí být zcela dokončeno, jinak dojde k propojení cest a bude docházet ke zkratu. Po vyleptání vyvrtáme všechny otvory na desce. Pak už můžeme začít s osazováním součástek.

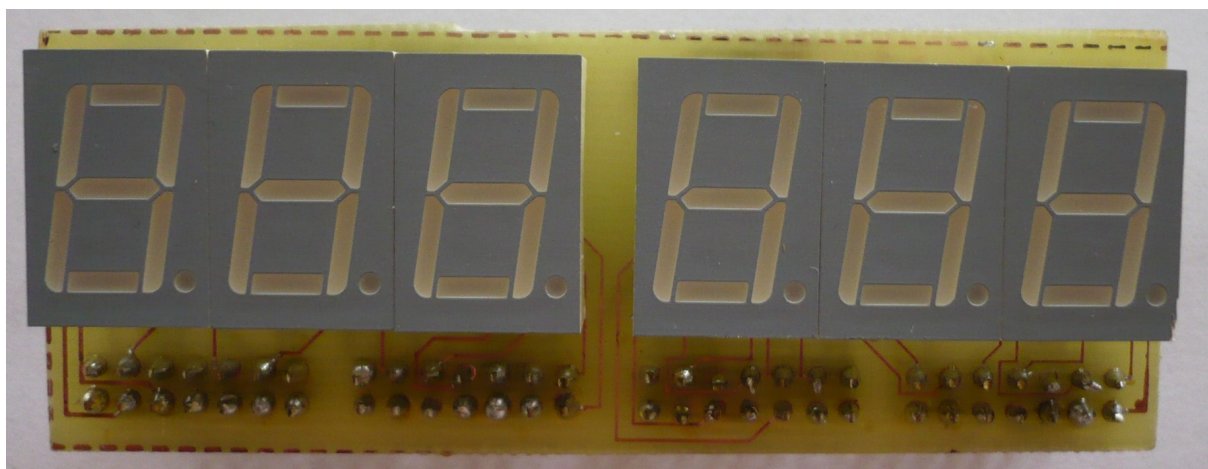


Obr. 18: Částečně osazená základní deska zařízení

4.3 Osazení zařízení

Finálním krokem výroby desky je osazení elektrosoučástkami. Pořadí pájení je zpravidla od nejmenších k největším. Jedná-li se o oboustrannou desku, musíme nejprve napájet prokovy a tím se propojí obě strany desky. Integrované obvody není vhodné pájet přímo na desku, ale použít pro ně precizních patič. Precizní patice jsou přímo připájené k desce a integrované obvody se do nich pouze zasunou. Slouží ke snadné manipulaci a jednoduché výměně v případě poškození. Po osazení všech součástek je nutné zkontrolovat

zda nedošlo k nějakému nechtěnému propojení sousedních cest. Dále je vhodné zkontrolovat hodnoty v místech, kde je stabilizováno napětí, jestli se nachází v požadovaných mezích.

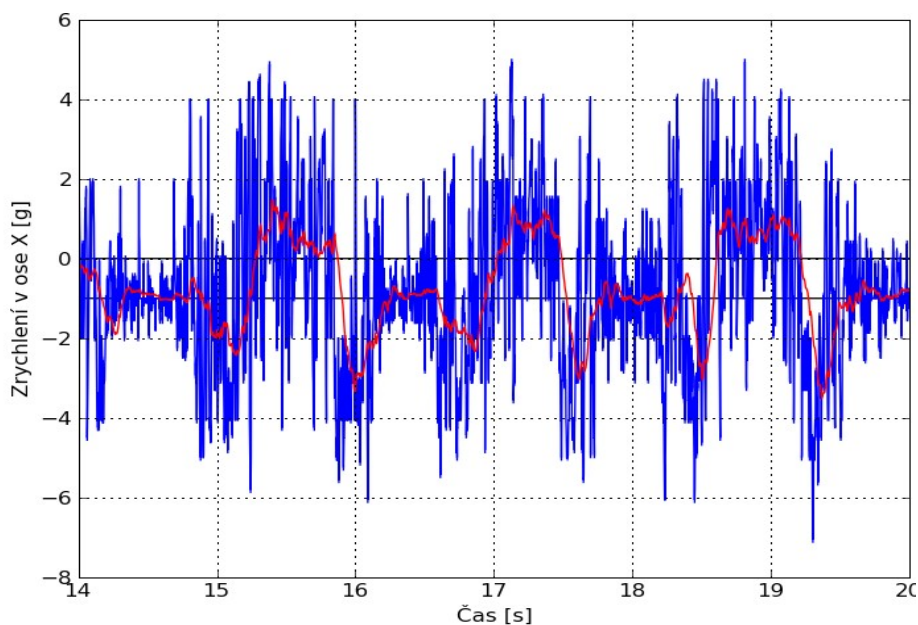


Obr. 19: Deska osazená displeji

4.4 Měření

Po kompletaci celého zařízení můžeme do mikrořadiče nahrát program, který nám obstarává chod. Však problémy na zařízení, které se vyskytly, znemožnily uvést celé zařízení do plnohodnotného chodu před odevzdáním této práce. Na odstranění vzniklých problémů se usilovně pracuje.

Přesto nic nebránilo ve vyzkoušení akcelerometru ADXL320 v reálném použití. Hodnoty, které byly naměřeny se následně přenesly do počítače. Zde se zpracovali a graf ukazuje detailní měření zrychlení v ose X, která byla kolmá na osu pohybu.



Obr. 20: Detail zrychlení v ose X

5 ZÁVĚR

Během prací na projektu byly prozkoumány základní principy snímání zrychlení a také výrobní technologií dnešních akcelerometrů. Součástí práce bylo seznámení se s funkcí elektromechanických prvků v akcelerometrech a popis různých druhů akcelerometrů dostupných na trhu. Dále bylo ukázáno na možnosti při ukládání naměřených dat v režimu offline, základní principy paměťových medií a jednotlivé rozdělení vnitřních pamětí. Bylo popsáno, které jsou nejvhodnější na ukládání malého objemu dat především ve formě číselných hodnot. Důraz byl také kladen na možnost zobrazování aktuálních hodnot přímo na zařízení a tak nezbývalo nic než se podívat po různých druzích displejů.

V kapitole 2.3 byly popsány základní typy zobrazovacích prvků, konkrétněji dva nejrozšířenější typy displejů vůbec a to LED a LCD. V neposlední řadě bylo pojednáno také o technologii OLED, která není úplně nová, avšak ani dnes není stále tolik rozšířená i přes svoje výhody oproti stávajícím technologiím. S Výrobní architekturou moderních mikrořadičů RISC se představily dva nejvýznamější modely AVR a ARM.

Při výběru konečného řešení bylo potřeba vyhodnotit především vhodnost jednotlivých periférií podle požadavků na zařízení. Další kritéria pro posouzení byly samozřejmě výhody a nevýhody jednotlivých technologií pro konkrétní použití. Konečná sestava pro zařízení na snímání zrychlení obsahuje:

- akcelerometr ADXL320 (Analog Devices)
- displej LED displej (Kingbright)
- řadič displeje LED Driver M5482 (ST Microelectronics)
- externí paměť EEPROM AT24C32 (Atmel)
- mikrořadič Atmega8 (Atmel)
- převodník MAX232 (Maxim)

Pro navrhnutí desky bylo potřeba se naučit pracovat s editorem plošných spojů a navrhnout v něm základní desku zařízení. Po vyleptání cest následovalo osazení jednotlivými součástkami. Problémy se zprovozněním zařízení zabránily včasnému dokončení funkčního modelu. Avšak test měření akcelerometrem ADXL320 proběhl úspěšně. Naměřená data z akcelerometru byly zpracovány v počítači a výsledky je možno zhodnotit v kapitole 4.4. Čímž byla ověřena funkčnost modulu.

Práce na zařízení budou pokračovat v dalších navazujících pracích, mimo jiné uvedením do provozu celého zařízení a provedením dalších vylepšení. Jedním z dalších cílů bude zmenšení základní desky zařízení a především bezdrátový přenos dat buď přímo do počítače (režim online) nebo přenos dat z paměti do počítače (režim offline).

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Analog Devices, Inc. *Datasheet, Small and Thin ± 5 g iMEMS® Accelerometer ADXL320* [online]. 2007, [cit. 26. května 2010]. Dostupné z: <http://www.analog.com/static/imported-files/data_sheets/ADXL320.pdf>
- [2] Silicon Designs, Inc. *Technology* [online]. 2009, [cit. 26. května 2010]. Dostupné z: <<http://www.silicondesigns.com/tech.html>>
- [3] PELIKÁN, Jaroslav. *Vnitřní paměti* [online]. 1999, [cit. 26. května 2010]. Dostupné z: <<http://www.fi.muni.cz/usr/pelikan/ARCHIT/TEXTY/INTPAM.HTML>>
- [4] PELIKÁN, Jaroslav. *Vnitřní paměti* [online]. 1999, [cit. 26. května 2010]. Dostupné z: <<http://www.fi.muni.cz/usr/pelikan/ARCHIT/TEXTY/INTPAM.HTML>>
- [5] GM Electronic, spol. s.r.o. *Displeje* [online]. 2010, [cit. 26. května 2010]. Dostupné z: <<http://www.gme.cz/cz/elektronicke-soucastky/displeje/12.html>>
- [6] NIIBE, Yutaka. *GNU GPL LED Display* [online]. 28.8.2006 [cit. 26. května 2010]. Dostupné z: <<http://www.gniibe.org/gpl-led-display/>>
- [7] DesignTech.cz. *LCD monitory, 1. díl - popis technologie zobrazování* [online]. 2005, [26. května 2010]. Dostupné z: <<http://www.designtech.cz/c/support/lcd-monitory--budoucnost-a-realita.htm>>
- [8] xBizon, spol. s.r.o. *Mobil, který nemusíte dobíjet - díky OLED* [online]. 2008, [cit. 26. května 2010]. Dostupné z: <<http://www.ekobydleni.eu/solarni-energie/mobil-ktery-nemusite-dobijet-diky-oled>>
- [9] Voodish. *Could Apple bring OLED keyboards to the mainstream?* [online]. 2010 [cit. 26. května 2010]. Dostupné z: <[1]<http://www.voodish.co.uk/articles/could-apple-bring-oled-keyboards-to-the-mainstream/>>
- [10] Analog Devices, Inc. *Datasheet, Small and Thin ± 5 g iMEMS® Accelerometer ADXL320* [online]. 2007, [cit. 26. května 2010]. Dostupné z: <http://www.analog.com/static/imported-files/data_sheets/ADXL320.pdf>
- [11] ST Microelectronics. *Datasheet, LED DISPLAY DRIVER M5482* [online]. 2004, [cit. 26. května 2010]. Dostupné z: <<http://eu.st.com/stonline/products/literature/od/10575.pdf>>