

UNIVERZITA PARDUBICE

Fakulta elektrotechniky a informatiky

Detektor pohybu

Jan Šramota

Bakalářská práce

2011

Univerzita Pardubice
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Akademický rok: 2010/2011

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE (PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jan ŠRAMOTA**
Osobní číslo: **107473**
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Komunikační a mikroprocesorová technika**
Název tématu: **Detektor pohybu**
Zadávající katedra: **Katedra elektrotechniky**

Zásady pro vypracování:

Cílem práce je navrhnout zařízení, které je schopno určit, jestli objekt, na kterém je umístěno, se pohybuje nebo je v klidu. Při době trvajícím klidu vydá signál.

Teoretická část:

- principy měření zda se objekt pohybuje nebo ne (akcelerometry, inklinometry, gyroskopy)

Praktická část:

- návrh zařízení s ohledem na bateriové napájení
- konstrukce a oživení zařízení

Rozsah grafických prací:
Rozsah pracovní zprávy:
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:
Žádná doporučená literatura.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Pavel Rozsival**
Katedra elektrotechniky

Datum zadání bakalářské práce: **14. prosince 2010**
Termín odevzdání bakalářské práce: **13. května 2011**

prof. Ing. Simeon Kamenec, Dr.
ředitel



I.S.

Ing. Zdeněk Němec, Ph.D.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 31. března 2011

Prohlášení autora

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.

V Pardubicích dne 17. 6. 2010

Jan Šramota

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu práce Ing. Pavlu Rozsivalovi za ochotu a odborné vedení bakalářské práce. Za seznámení s obvody PSoC děkuji Aleši Drobnému, dále děkuji Martinu Sixtovi za zapůjčení programátoru. Děkuji též svoji rodině a svým přátelům za podporu po dobu mého studia.

Anotace

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem detektoru pohybu, který je určen pro sledování pohybu osob. Teoretická část je věnována především různým principům akcelerometrů. Praktická část zahrnuje realizaci detektoru pohybu a tvorbu firmware.

Klíčová slova

GPS, akcelerometry, PSoC

Title

Motion detector

Annotation

The Bachelor works deals with motion detector, which is designed to monitor movement. The theoretical part is mainly devoted to various principles of the accelerometers. The practical part includes the implementation of the motion detector and making firmware.

Keywords

GPS, accelerometer, PSoC

Obsah

Seznam zkratk	8
Seznam obrázků	9
Seznam tabulek	9
Úvod	10
1 Globální družicové polohové systémy	11
1.1 Global Positioning System	11
1.1.1. Omezení GPS	12
2 Akcelerometry	13
2.1 Piezoelektrické akcelerometry.....	13
2.2 Tenzometrické akcelerometry	14
2.3 Akcelerometry s proměnou kapacitou.....	15
2.4 Akcelerometr MMA7361L.....	17
2.4.1 Přehled parametrů MMA7361L:	17
2.4.2 Volba rozsahu g	18
2.4.3 Režim spánku(Sleep mode).....	18
2.4.4 Detekce nulového zrychlení	19
2.4.5 Ověření funkčnosti obvodu	19
2.4.6 Vliv napájecího napětí na funkčnost obvodu	19
3 Programmable System-on-Chip	20
3.1 PSoC CY8C29466-24SXI	20
3.1.1 Digitální programovatelné bloky.....	23
3.1.2 Analogové-programovatelné bloky	23
4 Praktické řešení	25
5 Firmware	27
5.1 Nastavení obvodu	27
5.2 Program	34
6 Závěr	36
Literatura	37
Příloha A –Rozvržení pinů CY8C29466 SXI	38
Příloha B–Schéma detektoru pohybu	39
Příloha C–Deska plošného spoje	40

Příloha D–Seznam součástí.....	42
---------------------------------------	-----------

Seznam zkratek

CPU	Central Procesing Unit
C/A kód	Coarse / Acquisition code
FPGA	Field-programmable gate array
Firmware	programové vybavení
GLONASS	Globalnaja navigacionnaja sputnikovaja systémá
GNSS	Global Navigation Satellite
GPS	Global Position System
I2C	Inter-Integrated Circuit
LCD	Liquid Crystal Display
LED	Light-emitting diode
ISP	In System Programing
MEMS	Micro-Electro-Mechanical Systems
PWM	Pulse Width Modulation
RoHS	Restriction of the use of certain Hazardous Substances in electrical and electronic equipment
SPI	Serial Peripheral Interface
SMP	Switch Mode Pump
WDT	WatchDog Timer

Seznam obrázků

Obrázek 2.1.....	14
Obrázek 2.2–Fóliový tenzometr z nabídky TME	15
Obrázek 2.3–Ukázka kmitajícího nosníku.....	15
Obrázek 2.4–Základní princip akcelerometru s proměnnou kapacitou	16
Obrázek 2.5–Struktura akcelerometru využívající MEMS technologii	17
Obrázek 2.6–Blokové schéma akcelerometru MMA7361L.....	18
Obrázek 3.1–Blokové schéma CY8C29x66.....	21
Obrázek 3.2–Přehled hodinových signálů	22
Obrázek 3.3–Řešení napájení PSoC s využitím SMP	23
Obrázek 3.4–Bloky volbu digitálních periférií.....	23
Obrázek 3.5–Uspořádání sloupce analogových bloků	24
Obrázek 4.1–Detektor pohybu.....	25
Obrázek 4.2–Doporučené zapojení TC1014	25
Obrázek 4.3–Připojení LCD na port.....	26
Obrázek 5.1–Nastavení globálních parametrů	27
Obrázek 5.2–Nastavení paramatru pro připojenou LED	28
Obrázek 5.3–Propojení výstupní linky s globální výstupní linkou	29
Obrázek 5.4–Nastavení periferie PWM16	30
Obrázek 5.5–Nastavení LCD.....	30
Obrázek 5.6–Náhled na nastavení jednotlivých vývodů obvodu PSoC	31
Obrázek 5.7–Nastavení řízeného zesilovače	32
Obrázek 5.8–Propojení analogových bloků.....	32
Obrázek 5.9–Nastavení časovače	33
Obrázek 5.10–Vývojový diagram funkce Main	35

Seznam tabulek

Tabulka 2.1 Rozdělení akcelerometrů.....	13
Tabulka 2.2–Nastavení rozsahu.....	18

Úvod

Práce se zabývá návrhem a konstrukcí osobního detektoru pohybu, který vyhodnocuje pohyb sledované osoby. V případě ustání pohybu (například při upadnutí osoby do bezvědomí např. u hasičů) je spuštěna signalizace. Při návrhu zařízení bylo zohledněno napájení z baterií.

Práce je rozdělena na několik částí. První část je věnována systémům GNSS. V této části je stručně popsán systém GPS a jeho možnost využití pro sledování pohybu objektů. Další část je věnována principům tenzometrických a piezoelektrických akcelerometrů i akcelerometrům s proměnou kapacitou. Porovnává vlastnosti těchto akcelerometrů. Tato kapitola zahrnuje popis použitého kapacitního akcelerometru. Třetí část je věnována obvodům PSoC, konkrétně pak použitému typu. Součástí popisu je věnována digitálním i analogovým blokům, možnostem nastavení hodinového signálu a také využití SMP. Ve čtvrté části je popsáno obvodové zapojení. Pátá kapitola popisuje vývoj firmware pro obvod PSoC, volbu a nastavení jednotlivých periférií, které jsou využity a také funkce, které jsou určeny pro obsluhu těchto periférií.

1 Globální družicové polohové systémy

Globální družicové polohové systémy umožňují zjištění polohy a času kdekoli po celé planetě. Slouží tedy především pro navigaci. Aby uživatel mohl zjistit polohu, je zapotřebí, aby sledovaný objekt, případně sám uživatel byl vybaven přijímacím zařízením, které dekóduje signál přijatý od družic. Přesnost těchto zařízení se pohybuje od desítek metrů po jednotky metrů u běžných přijímačů. U speciálních, nebo vědeckých aplikací lze dosáhnout vyšší přesnosti, která se může pohybovat v řádu centimetrů. V současnosti je jediným plně funkčním nasazeným GNSS systémem GPS. Další GNSS jsou ve fázi vývoje. Mezi nejznámější lze zařadit evropský projekt Galileo, čínský Compass. Ruským protějškem GPS je GNSS GLONASS, který byl vyvíjen v někdejší SSSR. GLONASS je v současnosti obnovován do plného operačního nasazení ve spolupráci Ruska a Indie. V roce 2007 byl výnosem V. Putina uvolněn GLONASS pro bezplatné použití kdekoli po světě.

1.1 Global Positioning System

Jedná se o navigační systém provozovaný Ministerstvem obrany Spojených států amerických. Vznikl na základě armádních potřeb přesného určení polohy a času. Byl uvolněn pro civilní použití a stal se široce užívaným prostředkem navigace, po celém světě.

GPS lze rozdělit do tří segmentů na:

Kosmický

Řídící

Uživatelský

Kosmický segment je v současnosti tvořen 32 družicemi ve vzdálenosti 20 183 km od Země, jsou rozmístěny na 6 drahách ve tvaru kruhu. Vzájemný sklon drah je 55° . Dráhy jsou od sebe posunuté o 60° a na každé z nich je 5 až 6 družic. Doba oběhu jedné družice trvá polovinu siderického dne tj. 11 hodin 58 minut. Družice jsou vybaveny třemi popřípadě čtyřmi atomovými hodinami, které využívají rubidiový oscilátor, jenž umožňuje měřit čas s přesností menší než 30 ns, řídicí elektronikou a anténami pro komunikaci s pozemními stanicemi a ostatními družicemi. Součástí družic jsou i optické, rentgenové detektory, senzory pro zachycení vypuštění balistických raket a jaderných výbuchů. Pro napájení družice se využívá energie získaná pomocí solárních panelů. [1]

Řídící segment zahrnuje 18 monitorovacích stanic, 3 polohové stanice řídicího střediska a velitelství. Tento segment má na starost monitoring kosmického segmentu, vysílání povelů k družicím a stará se o údržbu atomových hodin. Také zveřejňuje navigační zprávy jednotlivých družic, které obsahují informace ohledně korekcí atomových hodin, dat pro model ionosferické refrakce, predikce dráhy družice a přibližné dráhy ostatních družic. V případě, že by selhal řídicí segment, jsou družice schopny

pracovat po dobu 6 měsíců v autonomním navigačním módu. Pokud přejdou družice do tohoto režimu předávají si informace ohledně svojí pozice a stavu hodin, dále poskytují uživatelskému segmentu navigační zprávy.

Uživatelský segment zahrnuje uživatele s přijímači GPS. Komunikace probíhá ve směru od družic, jenž jsou v daném okamžiku na obzoru, k přijímači. Přijímač se skládá z antény, předzesilovače, procesoru, časové základny a uživatelského rozhraní. Umožňuje zjistit uživateli souřadnice na nichž se nachází, výšku a čas. Uživatelé systému se dělí do dvou skupin a to na autorizované uživatele a ostatní.

Autorizovaným uživatelům je zpřístupněn P-kód, který umožňuje přesnější určení polohy. P-kód je modulován na frekvencích L1(1575,42 MHz) a L2(1227,62 MHz). Aby přijímače mohli vyhodnotit P-kód, je potřeba dešifrovat P(Y)-kód. V budoucnu má být P(Y)-kód nahrazen vojenským M-kódem. Autorizovaným uživatelům je poskytována plná přesnost systému. Mezi autorizované uživatele patří zejména ozbrojené složky NATO.

Skupina neautorizovaných uživatelů je tvořena především civilním sektorem. Pro potřeby neautorizovaných uživatelů slouží nešifrovaný C/A kód namodulovaný na frekvenci L1. Přijímací zařízení vyrobené v USA mohou být exportovány za podmínky, že mají nastaveno výškové omezení na 18 000 m a rychlostní omezení na $515 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Důvodem pro toto omezení je strach z možného použití GPS navigace, jako navigačního systému řízených střel.

1.1.1. Omezení GPS

GPS lze využít k určení polohy pouze v případě, kdy je přijímač schopen zachytit signál z minimálně čtyř družic, které jsou alespoň 15° nad obzorem. Mezi vysokými stavbami, ve vnitřních prostorech budov, v podzemních prostorech, lesích, kaňonech nemusí signál z družic proniknout k přijímači v dostatečné síle a přijímač se pak v těchto prostorech stává nepoužitelný. Problémy s určením polohy může způsobit i vícecestné šíření signálu od družic k přijímači.

Provozovatel GPS může kdykoliv snížit přesnost systému na 100 m při využití módu selektivní dostupnosti, při kterém je ovlivněn C/A kód. C/A kód může být rovněž deaktivován a GPS tak bude moci sloužit pouze autorizovaným uživatelům, kteří využívají šifrovaný P(Y)-kód.

V případě použití modulu GPS pro detektor pohybu sledovaného objektu hraje významnou roli i vyžadovaná přesnost určení polohy. V případě malých změn polohy a tedy vykonání pohybu, nemusí být zaznamenána žádná změna. Z tohoto důvodu se systém GPS nehodí pro navrhovaný detektor pohybu, kde je požadována vyšší citlivost pro zaznamenání pohybu.

2 Akcelerometry

Akcelerometr je zařízení, jehož primárním účelem je měření zrychlení či zpomalení, ale může být použit i k měření vibrací, otřesů, zaznamenání nárazů. V posledních letech se dočkali značného rozšíření, od různých herních zařízení, přes detekci polohy až k zabezpečovacím zařízením v dopravních prostředcích.

Mohou měřit jak zrychlení dynamické, tak statické(gravitační). Statické zrychlení lze využít pro měření náklonu a využít tak akcelerometru jako inklinometru. Akcelerometry můžeme rozdělit podle toho, zda využívají seismickou hmotu, nebo proměnou kapacitu. Další možnost rozdělení akcelerometrů je uvedeno v tabulce 0.1. Akcelerometry můžeme rozdělit podle počtu os, ve kterých jsou schopny zachytit zrychlení na jednoosé, dvouosé nebo tříosé.

Při výběru akcelerometru je třeba zvážit mimo jiné rozsah měřitelného zrychlení, citlivost senzoru, prostředí a rušení, ve kterém bude senzor umístěn. Hmotnost akcelerometru by měla být nižší, než hmotnost měřeného systému, ke kterému bude připevněn tak, aby nedošlo k ovlivnění měření, případně ovlivnění chodu systému.

Tabulka 2.1 Rozdělení akcelerometrů

Měření	Typ akcelerometru
síla nebo napětí	piezoelektrické akcelerometry piezorezistivní (tenzometrické) akcelerometry rezonátory
Posunutí	potenciometrické akcelerometry kapacitní akcelerometry indukční akcelerometry servo-řízené akcelerometry optické akcelerometry

Zrychlení koresponduje, podle základních principů mechaniky, vztahem mezi silou a tíhou tělesa.[2] A tedy platí vztah:

$$F = \frac{d(m \cdot v)}{dt} = m \cdot a \quad (2.0)$$

2.1 Piezoelektrické akcelerometry

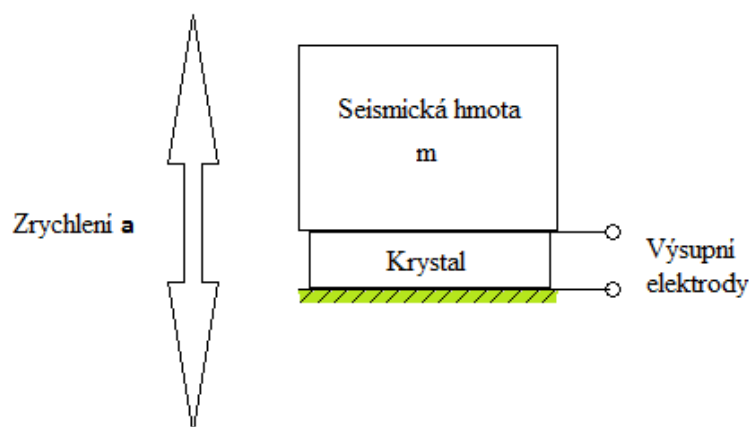
Piezoelektrický akcelerometr se skládá z tělíska o seismické hmotnosti označované písmenem m , krystalu a výstupních elektrod. Krystal je vyroben z piezoelektrických materiálů, například z výbrusu krystalu křemene SiO_2 , nebo bariumtitanu BaTiO_3 .

Pro převod zrychlení na elektrické napětí se využívá piezoelektrického jevu. Při zrychlení dochází k deformaci krystalu vlivem působení seismické hmoty, která podle působení vektoru síly \mathbf{F} krystal stlačuje nebo natahuje. V krystalu dochází ke změně náboje Q , vlivem přesunu iontů krystalovou mřížkou. Na výstupních elektrodách dochází ke změně napětí, které dále zpracováváme.

Při měření se často využívá smykové deformace, při které je zvýšena citlivost snímače a snížena teplotní závislost. Jsou vhodné pro měření vibrací a rychlejších změn zrychlení. Lze je použít i pro vysoké hodnoty zrychlení.

Mezi výhody piezoelektrických snímačů patří linearita převodu a malé rozměry. Vlastní rezonanční frekvence krystalu bývá obvykle vysoká. K výhodám tohoto typu senzorům patří necitlivost vůči parazitnímu magnetickému poli.

V některých případech by mohla vadit nízká úroveň výstupního signálu. Další nevýhodou je závislost na teplotě, způsobená pyroelektrickým jevem, který je třeba vhodně kompenzovat uspořádáním měřicí soustavy. Nemohou měřit statické zrychlení.



Obrázek 2.1

2.2 Tenzometrické akcelerometry

Tenzometry mají uplatnění nejen jako akcelerometry, ale lze je použít pro měření tlaku, zatížení či deformací, například při zátěžových testech mostních konstrukcí.

Tenzometrické snímače lze rozdělit podle materiálu na kovové a polovodičové. Kovové tenzometry jsou vyráběny jako drátové, fóliové nebo napařované. Příklad fóliového odporového tenzometru je znázorněn na obrázku 2.2. Tenzometry využívají změnu vodivosti při deformaci v rámci pružnosti tělesa, pro které platí Hookův zákon:

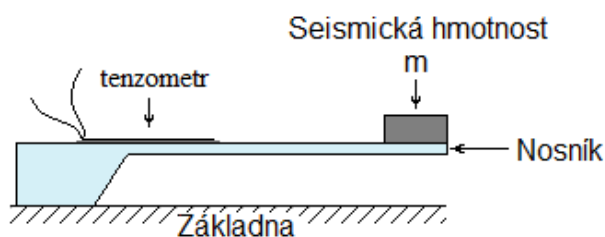
Deformace pružných těles je úměrná působícím silám.[3]

Nejjednodušším příkladem použití tenzometru, jako akcelerometru je kmitající nosník (obr 2.3). Toto uspořádání je závislé na teplotě a proto se v praxi používají můstková zapojení. Větší citlivosti můžeme dosáhnout tím, že umístíme jeden tenzometr tak, aby byl natahován a druhý tenzometr byl současně stlačován. Jejich propojením do polovičního můstku, odstraníme navíc vliv teploty a odpor přívodů.



Obrázek 2.2–Fóliový tenzometr z nabídky TME

Při zrychlení dochází vlivem síly k deformaci nosníku v ohybu. Tato deformace se projevuje přes podložku na tenzometru, který vlivem svojí deformace mění svůj odpor. To je způsobeno změnou délky odporového materiálu.



Obrázek 2.3–Ukázka kmitajícího nosníku

Odpor tenzometru je popsán vztahem:

$$R = \rho \cdot \frac{l}{S} \quad (2.1)$$

Kde ρ - představuje měrný odpor materiálu, $\Omega \cdot \text{m}^{-1}$

l - délka odporového materiálu, m

S - plochu průřezu materiálu, m^2

Narozdíl od piezoelektrických akcelerometrů, nejsou vhodné pro měření rychle měnících se hodnot zrychlení. Další nevýhodou tohoto řešení jsou větší rozměry senzoru.

2.3 Akcelerometry s proměnou kapacitou

Tento typ akcelerometrů, využívá změnu kapacity při zrychlení, čehož je dosaženo nejčastěji změnou vzdálenosti desek kondenzátoru. Pro kapacitu kondenzátoru platí vztah 2.2.

$$C = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon \cdot \frac{S}{d} \text{ [F]} \quad (2.2)$$

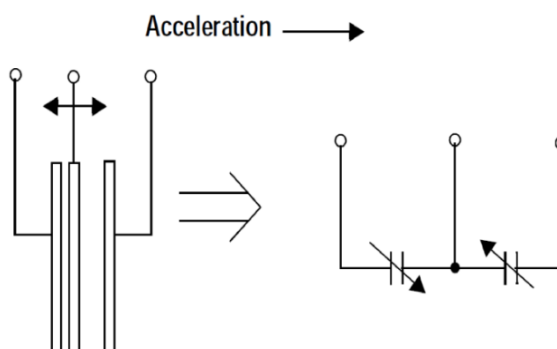
Kde ε_0 - je permitivita vakua, která je přibližně rovna $8,854 \cdot 10^{-12} \text{ F} \cdot \text{m}^{-1}$

ε - permitivita prostředí, nemá rozměr

S – plocha kterou se desky kondenzátoru překrývají, m^2

D – vzdálenost desek, m

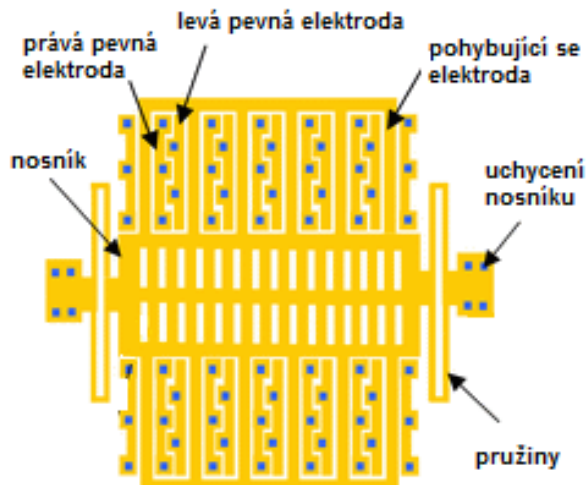
Příklad jednoduchého kapacitního akcelerometru je znázorněn na obrázku 1.4, kde jsou dvě pevné elektrody, mezi nimiž je realizována pohyblivá elektroda. Pohyblivou elektrodu je možné realizovat pomocí nosníků na podobném principu jako u tenzometru. Změna kapacity v tomto případě není lineární. Snahou je proto zajistit lineární a dostatečně citlivý převod zrychlení na mechanický posuvný pohyb. Ten totiž určuje samotný měřicí rozsah senzoru, tj. maximální a minimální měřitelné zrychlení. [4]



Obrázek 2.4–Základní princip akcelerometru s proměnnou kapacitou

Na obrázku 2.5 můžeme vidět strukturu jednoosého kapacitního akcelerometru navrženou pro technologii MEMS. Vychází se ze vztahu 1.0, kde se síla vzniklá působením zrychlení na seismickou hmotu převádí přes pružiny na nosník. Součástí nosníku je pohyblivá elektroda, která se pohybuje mezi pevnými elektrodami, čímž se mění kapacita. Změna kapacity je následně vyhodnocena speciálním elektrickým obvodem, který jí převede na změnu napětí a zajišťuje lineární výstup obvodu.

Výhodou tohoto řešení jsou malé rozměry a nízká hmotnost akcelerometru. U tohoto principu akcelerometru je možné měřit statické zrychlení.



Obrázek 2.5–Struktura akcelerometru využívající MEMS technologii

2.4 Akcelerometr MMA7361L

Jedná se o akcelerometr s proměnnou kapacitou z produkce firmy Freescale. Umožňuje měření zrychlení ve třech osách volbu citlivosti. Je vyráběn pomocí MEMS technologie, která umožňuje zkonstruovat senzor o miniaturních rozměrech. Převod kapacity na napětí zajišťuje obvod ASIC, který je umístěn na čipu spolu s proměnným kondenzátorem. Obvod ASIC převádí kapacitu na napětí pomocí metody spínaných kapacitorů, řízených pomocí číslicové logiky, vybavené vlastním generátorem hodinového signálu. Výsledný napěťový signál je pak linearizován a filtrován dalšími obvody se spínanými kondenzátory. Obvod zajišťuje i tepelnou kompenzaci a výsledkem zpracování je linearizovaný napěťový signál. Protože už je filtrace provedena uvnitř obvodu, není potřeba externích součástek pro nastavení mezní frekvence.

2.4.1 Přehled parametrů MMA7361L:

- Rozměry: 3mm x 5mm x 1mm
- Pouzdro: LGA14
- Volba citlivosti: $\pm 1,5g$, $\pm 6g$
- Spotřeba proudu: $400\mu A$
- Režim spánku s odběrem proudu: $3\mu A$
- Provozní napětí 2,2V – 3,6V
- Citlivost: $800mV/g$ @ 1.5g
- Vnitřní vzorkovací frekvence: 11kHz
- Rychlý start: Doba odezvy 0,5ms
- Pracuje v rozsahu teplot $-40^{\circ}C$ až $80^{\circ}C$
- Detekce 0g

- Dolní propust
- Vysoká odolnost obvodu, snese až 5000g,
- Self test, pomocí kterého je možné kdykoliv otestovat funkčnost senzoru
- Splňuje podmínky RoHS

2.4.2 Volba rozsahu g

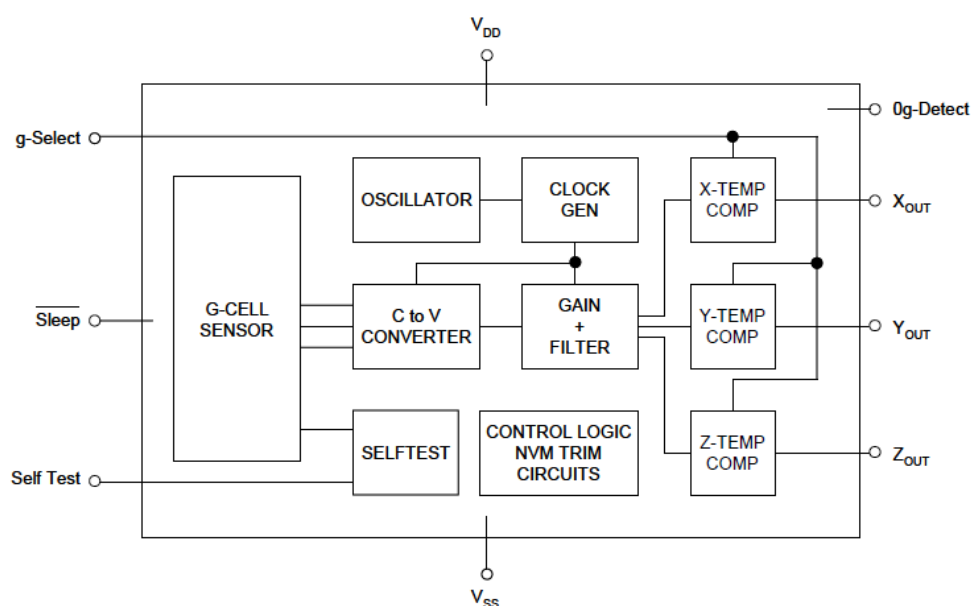
Senzor je možné nastavit na jeden ze dvou rozsahů. Rozsah se nastavuje na 10. pinu obvodu pomocí logické úrovně, tento pin může zůstat nepřípojen, pak bude rozsah senzoru roven 1,5 g. Nastavení rozsahu je popsáno v tabulce 2.2. Citlivost senzoru, je měnitelná kdykoliv během provozu.

Tabulka 2.2–Nastavení rozsahu

g-Select	Rozsah	Citlivost
0	1,5 g	800 mV /g
1	6 g	206 mV/g

2.4.3 Režim spánku(Sleep mode)

Režim spánku umožňuje snížit spotřebu obvodu při jeho nečinnosti. Přivedením hodnoty „log 0“ na pin číslo 7, je obvod přepnut do režimu spánku. Při přepnutí do režimu spánku je doporučeno nastavit rozsah senzoru na 1,5g, tím je dosaženo snížení odebíraného proudu až na 3 μ A. V režimu spánku jsou odpojeny výstupy obvodu. Pro probuzení obvodu stačí na pin číslo 7 přivést „log 1“. Toto je obzvláště výhodné u aplikací napájených z baterií a akumulátorů, neboť to prodlužuje jejich výdrž.



Obrázek 2.6–Blokové schéma akcelerometru MMA7361L

2.4.4 Detekce nulového zrychlení

Pokud vnitřní logika obvodu detekuje nulové zrychlení ve všech třech osách současně, je na pinu nazývaném 0G-Detect generována hodnota „log 1.“ To lze využít například pro vyvolání externího přerušení u mikrořadiče.

2.4.5 Ověření funkčnosti obvodu

Akcelerometr MMA7361L umožňuje ověřit funkci detekce nulového zrychlení při aktivaci funkce Selftest tak, že jej natočíme stranou s vývody směrem nahoru tak, aby na ose Z bylo napětí úměrné 0,85 V a odpovídalo tedy tíhovému zrychlení o velikosti -1 g. Tímto postupem lze ověřit funkčnost mechanické i elektronické části obvodu. Lze tak tedy snadno ověřit, že byl senzor správně zapájen.

2.4.6 Vliv napájecího napětí na funkčnost obvodu

Napětový offset a citlivost se mění lineárně s napájecím napětím. To znamená, že se stoupajícím napětím se zvyšuje offset i citlivost. A naopak se snižujícím se napájecím napětím, klesá napětový offset i citlivost. Tato vlastnost je důležitá na rozhraní senzoru a AD převodníků, neboť zajišťuje potlačení chybovosti v převodu z analogové do digitální oblasti.

3 Programmable System-on-Chip

Tento typ obvodů vyrábí firma Cypress Semiconductor. Jedná se o kombinaci MCU a FPGA obvodů. Obvody PSoC se v současné době vyrábějí s jádry CPU: 8051, M8C, ARM Cortex M3. Součástí obvodu jsou konfigurovatelné digitální a analogové bloky.

Digitální bloky je možné konfigurovat například jako čítače, časovače, PWM, sběrnice SPI, I²C, UART a další. Analogové bloky poskytují možnost konfigurace jako AD, DA převodníky s možností zvolit typ převodníku, filtry, řízené zesilovače.

Některé obvody PSoC jsou vybaveny řízením pro zvyšující měnič napětí. Tato funkce je vhodná pro aplikace s minimem externích součástek, které jsou napájeny z baterií. Pin, který je určen pro tuto funkci je označen jako SMP.

Tvorbu firmware pro obvody PSoC umožňuje vývojové prostředí PSoC DesignerTM 5.0. Vývoj firmware je možný v assembleru, případně v jazyce C. Kompilátor jazyka C je součástí vývojového prostředí. Digitální a analogové bloky se nastavují a propojují v uživatelsky přívětivém prostředí.

Obvod umožňuje realizovat více vnitřních zapojení, které lze využívat, ta to funkce je označována jako dynamická konfigurace obvodu.

Obvody PSoC, poskytují širokou podporu pro zpracování analogového signálu s minimálním množstvím externích součástek. Díky kombinaci MCU a FPGA obvodu umožňuje paralelní zpracování dat. Výhodou je i integrace analogové a digitální části na jeden čip, čímž lze ušetřit místo na desce plošných spojů a omezení vlivu okolního prostředí.

3.1 PSoC CY8C29466-24SXI

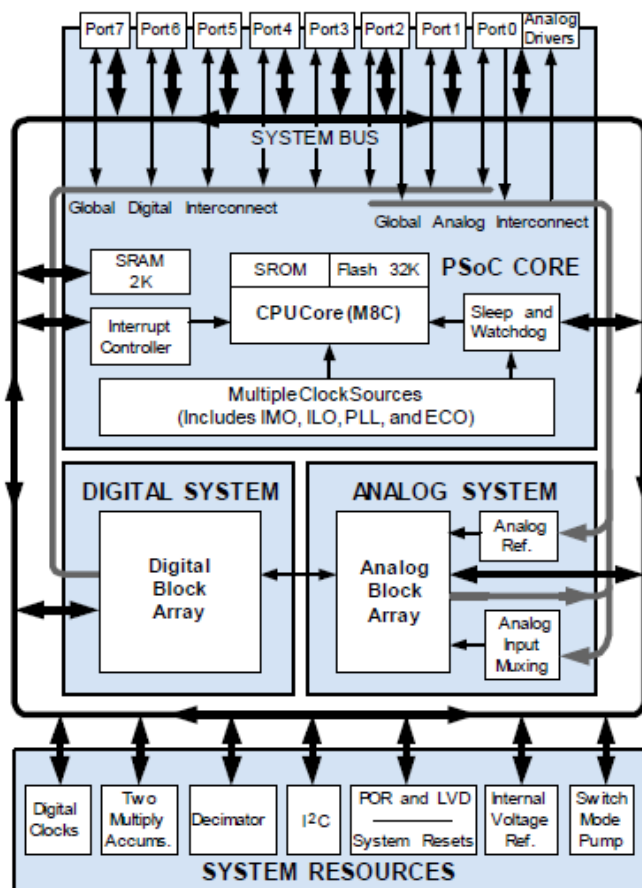
Obvod je vybaven osmibitovou centrální procesorovou jednotkou M8C. Paměť, ve které je uložen program je typu Flash o velikosti 32 KiB. Paměť SROM je využívána během startu PSoC a je v ní uchováno základní nastavení obvodu. Přístup do paměti SROM je možný pouze za použití speciálních instrukcí. Velikost paměti SRAM je 2 KiB a slouží pro ukládání dat. Paměť SRAM je rozdělena na 8 stránek, na kterých je po 256 B místa. Zásobník využívá poslední stránku paměti SRAM. Jedná se tedy o Harvardskou architekturu. Blokové schéma tohoto obvodu je znázorněno na obrázku 3.1.

S okolním prostředím může PSoC spolupracovat prostřednictvím 24 I/O digitálních pinů. Některé z nich mohou být konfigurovány i jako analogové vstupy, kterých může být nastaveno až 12. Další možností je nastavit až 4 analogové výstupy. Jak lze jednotlivé piny nastavit je uvedeno v příloze. Každý pin může vyvolat přerušení jako reakci na změnu stavu logické úrovně na „log 1,“ „log 0“ nebo na změnu od posledního známého stavu.

V případě poklesu napájecího napětí pod povolenou mez, by mohlo dojít k nesprávné činnosti obvodu. V takové situaci je aktivován Power On Reset mód, který

podrží obvod v resetu, do doby než se napájecí napětí zvýší na úroveň definovanou parametrem *Trip Voltage*.

PSoC lze uvést do definovaného počátečního stavu přivedením napájecího napětí na vývod XRES.



Obrázek 3.1–Blokové schéma CY8C29x66

PSoC stejně jako ostatní MCU obvody potřebuje ke svojí funkci zdroj hodinového signálu. Obvod PSoC disponuje vlastními zabudovanými oscilátory na frekvencích 24 MHz a 32 kHz, které jsou na sobě nezávislé. Maximální chyba těchto oscilátorů je 2,5 %. Vnitřní oscilátor 24 MHz lze nahradit připojením externího hodinového signálu na pin P1.4. V případě tohoto obvodu PSoC, je možné v nastavení zvolit SYSCLK s frekvencí 6 MHz. Vnitřní generátor pomalého hodinového signálu 32 kHz, může být nahrazen externím krystalovým oscilátorem 32 kHz s vyšší přesností.

V obvodu PSoC jsou tyto hodinové signály:

SYSCLK– Slouží jako zdroj referenčního signálu.

SYSClkx2– Jedná se o hodinový signál s dvojnásobnou rychlostí oproti signálu SYSClk. Lze jím tedy dosáhnout až frekvence hodinového signálu 48 MHz. V případě jeho použití roste významně spotřeba obvodu.

VC1– Signál VC1 je odvozen od signálu SYSClk. Frekvence SYSClk může být dělena čísly 1 až 16.

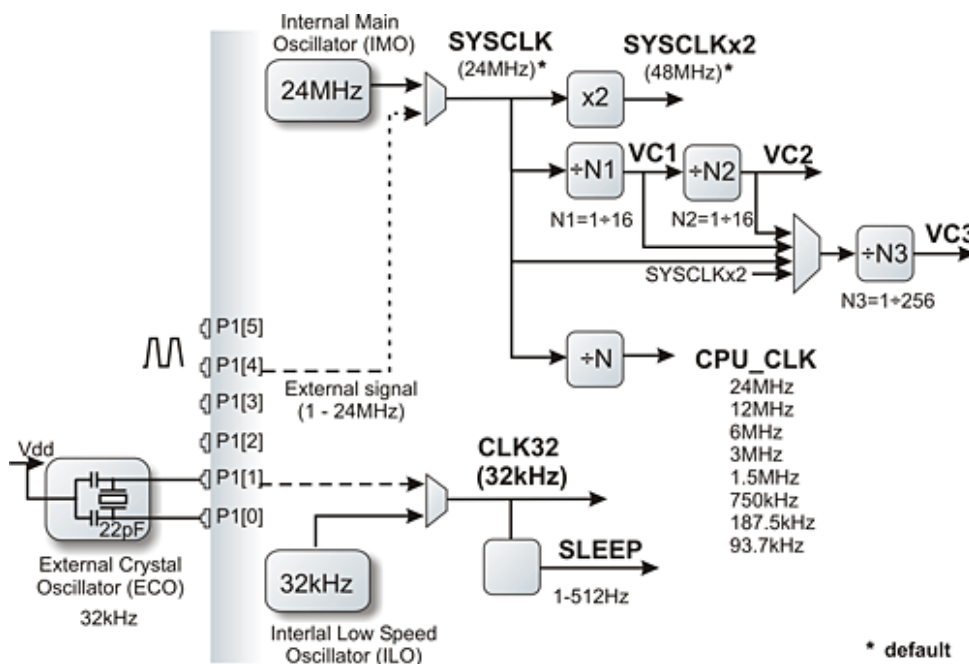
VC2– Jde o hodinový signál VC1, který může být vydělen 1 až 16.

VC3– Umožňuje vytvořit hodinový signál odvozený od SYSClk, VC1, VC2, případně od SYSClkx2 vydělený v rozsahu 1 až 256

CPU_CLK– Ovlivňuje rychlost vykonávání instrukcí. Je odvozen od hodinového signálu SYSClk vydělením v rozsahu 1 až 256.

CLK32– Pracuje nezávisle na hodinovém signálu SYSClk a signálů z něj odvozených. Zůstává aktivní i v režimu snížené spotřeby. Může být použit jako hodinový signál pro periferie.

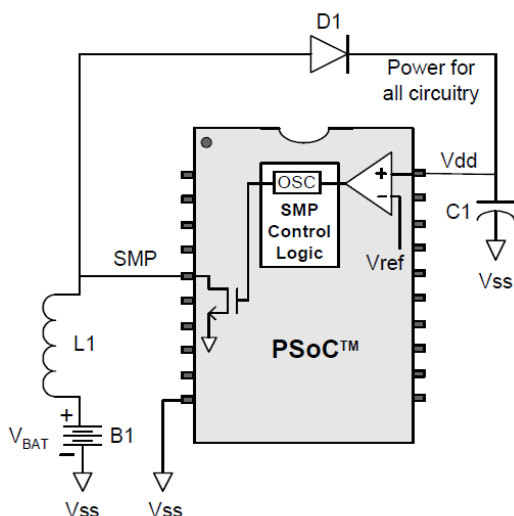
SLEEP– Tento hodinový signál je odvozen z CLK32. Využívá jej časovač režimu spánku, pro generování přerušování.



Obrázek 3.2–Přehled hodinových signálů

Součástí obvodu je řízení pro spínání zdroj. Tato funkce umožňuje zkonstruovat jednoduchý zvyšující měnič napětí, pro napájení aplikace s obvodem PSoC a nízkým odběrem proudu. Měnič lze realizovat přidáním cívky mezi kladný vývod baterie a pin SMP. Na pin SMP je přivedena anoda diody. Katoda je přivedena na pin V_{DD} a vyrovnávací kondenzátor o kapacitě alespoň 0,1 μF. Frekvence spínání je 1,3 MHz tomu musí být přizpůsobena volba diody. Nejvhodnější je použití Schottkyho diody, která má

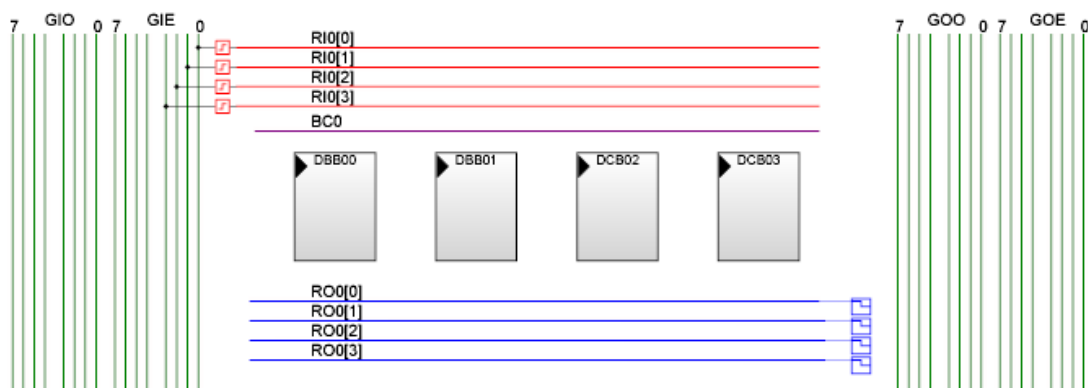
krátkou zotavovací dobu a nízký úbytek napětí v propustném směru. Principiální zapojení je zobrazeno na následujícím obrázku.



Obrázek 3.3–Řešení napájení PSoC s využitím SMP

3.1.1 Digitální programovatelné bloky

Součástí obvodu je 16 digitálních programovatelných bloků, které nejsou propojeny s jednotlivými vstupně výstupními piny obvodu. Propojení vstupů obvodu s bloky je realizováno pomocí globálních vstupních linek, teprve ty je možné propojit přes multiplexory k digitálním programovatelným blokům. Výstup digitálních bloků je přiveden na výstupní linky (RO), které jsou přes demultiplexory propojeny s globálními výstupními linkami s nimiž se propojují jednotlivé výstupní piny. Výstupní linky s lichými indexy lze propojit pouze s globálními výstupními linkami s lichým indexem. Stejně je tomu u sudých výstupních linek.



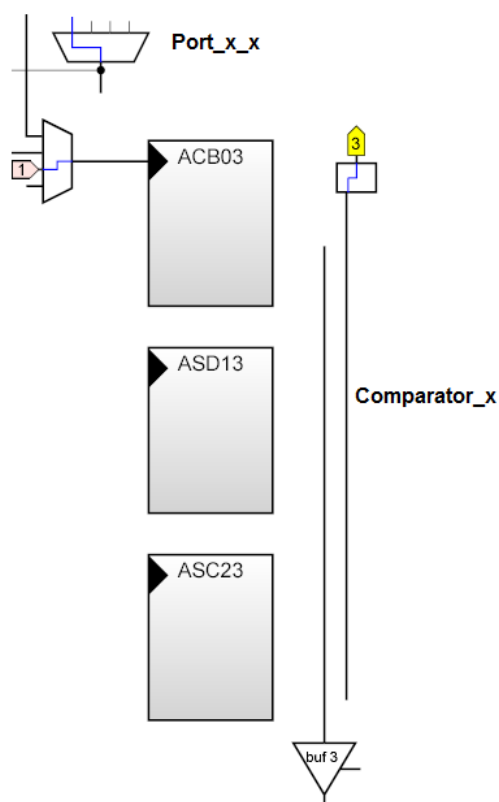
Obrázek 3.4–Bloky volbu digitálních periferií

3.1.2 Analogové-programovatelné bloky

Obvod poskytuje 12 analogových bloků organizovaných ve čtyřech sloupcích. Náhled na blokové schéma analogového sloupce je na obrázku 3.5. Každý sloupec je složen z ACB, ASC a ASD bloku. ACB blok je určen pro vkládání digitálně řízených odporů, multiplexerů a zesilovačů s *RAIL to RAIL* vstupy, či výstupy.

Bloky se spínanými kapacitami jsou označeny jako ASC a ASD. Nelze k nim přistupovat přes multiplexory, ale pouze přes ACB bloky. Například nastavením ACB bloku na zesilovač se zesílením rovným jedné.

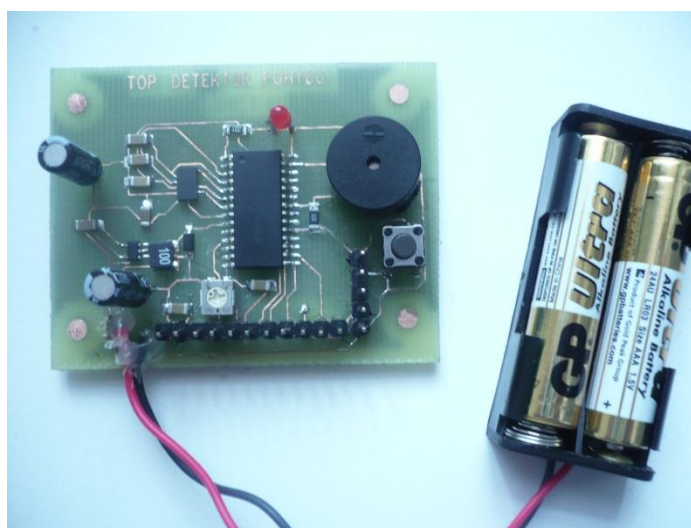
Ke každému sloupci analogových bloků přísluší jedna linka pro analogový výstup a jedna komparátová linka. Každá linka pro analogový výstup je vyvedena na 1 ze 4 analogových výstupů. Linku komparátorů lze využít pro digitální výstup některého z analogových bloků ve sloupci. Linku komparátorů může být využita pro spuštění digitálních bloků. Výstup komparátorové linky může být ovlivněn komparátorovou linkou s indexem o jedna vyšším pomocí logických operací jako je například AND, OR, XOR, NAND.



Obrázek 3.5–Uspořádání sloupce analogových bloků

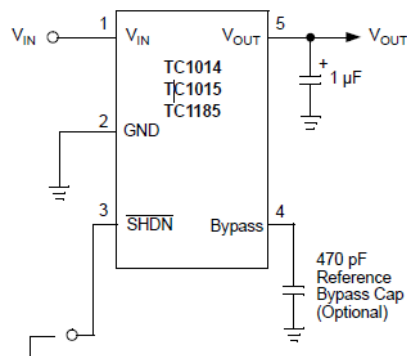
4 Praktické řešení

Pro praktické řešení detektoru pohybu byl zvolen obvod PSoC CY8C29466-24SXI, protože umožňuje zkonstruovat jednoduchý zvyšující měnič napětí a je tedy vhodný pro aplikace napájené z baterií. Dalšími důvody pro volbu tohoto obvodu byly konfigurovatelné digitální a analogové periferie. Využitím nastavitelných periférií ulehčuje vývoj a šetří místo na desce plošného spoje. Integrace analogových a digitálních bloků v jednom pouzdře přispívá k omezení vlivu okolního prostředí. Jedním z důvodů pro obvod PSoC bylo seznámení se s tímto druhem obvodů, které lze v assembleru i prostřednictvím jazyka C. K nahrání firmware obvodu PSoC je na desce vyvedeno rozhraní ISP.



Obrázek 4.1–Detektor pohybu

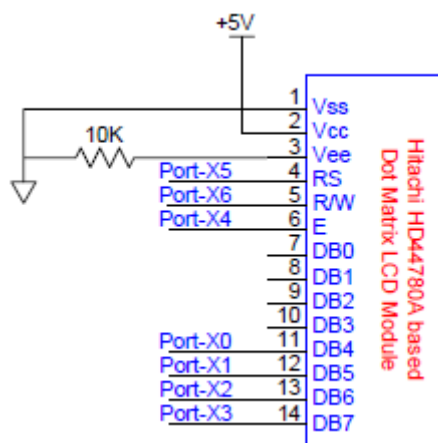
Kapacitní akcelerometr MMA7361L byl zvolen jako senzor pro sledování pohybu díky svým malým rozměrům, možnosti měřit zrychlení ve třech osách a nízké spotřebě. Obvod je připojen k obvodu PSoC podle doporučeného zapojení. Ke stabilizaci napájecího napětí pro tento obvod je využito katalogové zapojení stabilizátoru napětí TC1014-3.3VCT, jehož vstup SHDN je připojen na napětí získané pomocí zvyšujícího měniče.



Obrázek 4.2–Doporučené zapojení TC1014

Signalizaci dlouhodobé nehybnosti sledovaného objektu zajišťuje piezoreproduktor BPT–14X.

Pro účely ladění programu je možné připojit k portu číslo 1 obvodu PSoC LCD displej, který má řadič kompatibilní s řadičem HD44780. Přenos dat mezi řídicím obvodem PSoC a displejem LCD je realizována prostřednictvím datové sběrnice o šířce 4 bitů. Pomocí trimru R2 lze nastavit kontrast LCD displeje. Připojení displeje k portu je znázorněno na obrázku 4.2. Při běžném provozu detektoru pohybu není LCD displej potřebný a může být odpojen, čímž lze snížit spotřebu obvodu a prodloužit tak výdrž.



Obrázek 4.3–Připojení LCD na port

Deska plošného spoje detektoru pohybu byla navržena jako oboustraná s prokovenými otvory. Na spodní straně DPS je rozlita měď, která reprezentuje zem obvodu. Podklady pro DPS byly vytvořeny v programu PADS. Schéma detektoru pohybu a výrobní podklady jsou součástí přílohy.

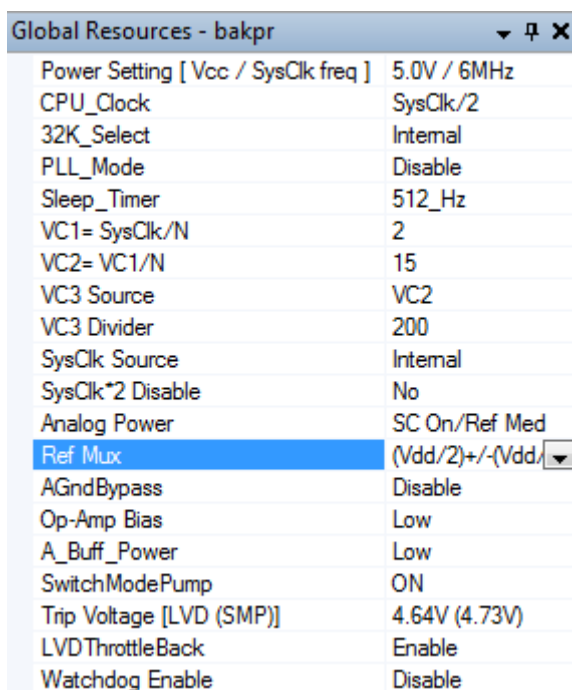
5 Firmware

Firmware je vytvořený v prostředí PSoC Designer™ 5.0. Pro uložení firmware do paměti programu byl použit programátor PRESTO od firmy ASIX prostřednictvím programu ASIX UP.

5.1 Nastavení obvodu

Před psaním programu je potřeba nastavit konfiguraci obvodu PSoC. V položce *Global Resources* se nastavuje hodnota napájecího napětí a frekvence hodinového signálu. U zvoleného obvodu si lze vybrat napětí 3,3 V nebo 5 V s možností volby frekvence hodinového signálu SYSCLK 6 MHz případně 24 MHz. Pro detektor pohybu je nastaveno napájecí napětí na 5 V a frekvence SYSCLK 6 MHz. Jelikož zapojení nevyužívá externí oscilátory 32 kHz a 24MHz, je třeba povolit vnitřní oscilátory těchto kmitočtů. Frekvence hodinového signálu pro procesor je nastavena pomocí předděličky na 3 MHz. Dále je možné nastavit předděličky VC1, VC2 a VC3. Fázový závěs označený jako PLL_Mode není potřeba, a proto zůstane deaktivován.

Parametr *Analog Power* povoluje napájení analogových bloků. Umožňuje povolit napájení pouze pro bloky ACB, nebo pro všechny bloky, případně odpojit všechny bloky od napájení. Jelikož obvod PSoC bude zpracovávat analogové signály z akcelerometru je napájení povoleno pro všechny analogové bloky. Ke konfiguraci analogových bloků slouží i parametr *Ref Mux*, kterým se nastavuje měřený rozsah napětí. Operačních zesilovače lze nastavit pomocí *Op-Amp Bias* čímž lze ovlivnit rychlost spínání, ale i spotřebu. Parametrem *A_Buf_Power* lze ovlivnit výkon, který mohou dodat analogové výstupy. Jelikož analogové výstupy nejsou využity je nastavena nízká hodnota.



Parameter	Value
Power Setting [Vcc / SysClk freq]	5.0V / 6MHz
CPU_Clock	SysClk/2
32K_Select	Internal
PLL_Mode	Disable
Sleep_Timer	512_Hz
VC1= SysClk/N	2
VC2= VC1/N	15
VC3 Source	VC2
VC3 Divider	200
SysClk Source	Internal
SysClk*2 Disable	No
Analog Power	SC On/Ref Med
Ref Mux	(Vdd/2)+/-(Vdd/2)
AGndBypass	Disable
Op-Amp Bias	Low
A_Buff_Power	Low
SwitchModePump	ON
Trip Voltage [LVD (SMP)]	4.64V (4.73V)
LVDThrottleBack	Enable
Watchdog Enable	Disable

Obrázek 5.1–Nastavení globálních parametrů

Protože bude aplikace napájena z baterií a bude využívat zvyšující měnič napětí, je nastaven parametr *SwitchModePump* na hodnotu *ON*. Obvod PSoC je uveden do resetu pokud hodnota napájecího napětí klesne na hodnotu 4.64 V a nižší. WDT není využit. Nastavení globálních parametrů pro detektor je zobrazené na obrázku 5.1.

Periferie jsou umístěny v sekci *User Modules*, rozčleněné do složek podle typu periférií. Při volbě rozšířené nabídky periferie je možnost nahlédnout do datasheetu, kde je popsána funkce periferie, dále jsou popsány jednotlivé parametry, registry pro nastavení parametrů. Součástí dokumentace jsou i ukázky kódů pro jejich ovládání v jazyce symbolických adres a v jazyce C.

Ve složce Misc Digital je položka LED, tu lze umístit pomocí rozšířené nabídky a výběru příkazu *Place*. Po výběru periferie je potřeba přiřadit port 0 a 7. pin obvodu a zvolit ovladač tak, aby dioda svítila při log 0.

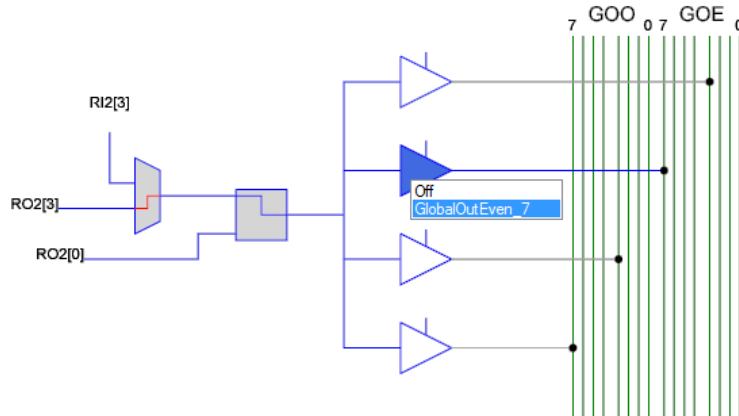
Name	LED_1
User Module	LED
Version	1.2
Port	Port_0
Pin	Port_0_7
Drive	Active Low

Obrázek 5.2–Nastavení parametru pro připojenou LED

Pro ovládání svitu LED diody jsou již vytvořené funkce:

```
void LED_1_Start(void)           // Aktivuje periferii
void LED_1_Stop(void)           // Deaktivuje periferii
void LED_1_Switch(BYTE bOnOff)  // pokud je parametr nulový zhasne
LED diodu, pokud je hodnota parametru nenulová diodu rozsvítí
void LED_1_On(void)             // Rozsvítí LED diodu
void LED_1_Off(void)            // Zhasne LED diodu
void LED_Invert(void)           // Je-li dioda zhasnuta, rozsvítí ji.
Je-li dioda rozsvícena, zhasne ji.
BYTE LED_GetState(void)        // Vrací zda je LED dioda rozsvícena
nebo zhasnuta
```

Další možností jak řídit svit diody je prostřednictvím modulu PWM. Lze zvolit 8-bitovou nebo 16 -ti bitovou variantu. Jejich nastavení je podobné. Zdrojem hodinového signálu pro tuto periferii je předdělička VC3. Periferie funguje v případě, že parametr *Enable* je nastaven na hodnotu *High*. Výstup *Comparator Out* je potřeba připojit na výstupní linku Row_2_Output_3, jelikož dioda je připojena k 7. pinu. Aby byla umožněna signalizace je potřeba povolit výstup na globální výstupní linku a v nastavení pinu zvolit možnost digitálního výstupu. To zachycuje obrázek 5.3. Výstup *TerminalCountOut* je nevyužitý. Výpočtem vztahů 5.2 a 5.3 lze určit parametry *Period* a *Pulse width*.



Obrázek 5.3–Propojení výstupní linky s globální výstupní linkou

Nastavení 16-bitové PWM je zobrazeno na obrázku 5.4.

Výpočet nastavení parametru perioda:

$$Perioda = \left(\frac{T_{periody}}{\frac{1}{f_{CLK}}} \right) - 1 \quad (5.1)$$

Požadovaná doba trvání periody je 1 s, frekvence hodinového signálu f_{CLK} je odvozena od SYSCLK pomocí předděliček VC1, VC2 a VC3. Výsledná frekvence f_{CLK} je tedy 1 kHz.

$$Perioda = \left(\frac{T_{periody}}{\frac{1}{f_{CLK}}} \right) - 1 = \left(\frac{1}{\frac{1}{1 \text{ kHz}}} \right) - 1 = 999 \quad (5.2)$$

Obdobně je vypočítán i parametr pro určení šířky pulsu, která je poloviční oproti době trvání periody.

$$PulseWidth = \left(\frac{T_{puls}}{\frac{1}{f_{CLK}}} \right) - 1 = \left(\frac{0.5}{\frac{1}{1 \text{ kHz}}} \right) - 1 = 499 \quad (5.3)$$

Periferii je potřeba v programu inicializovat prostřednictvím funkcí:

```
void PWM16_EnableInt(void) // Povolení přerušení od PWM
void PWM16_DisableInt(void) // Zakázání přerušení od PWM
void PWM16_Start(void) // Aktivuje PWM16 blok
```

Existují i funkce pro nastavení periody, šířky pulsu, deaktivaci periferie, ale v programu nejsou využity.

Name	PWM16
User Module	PWM16
Version	2.5
Clock	VC3
Enable	High
CompareOut	Row_2_Output_3
TerminalCountOut	None
Period	999
PulseWidth	499
CompareType	Less Than
Interrupt Type	Terminal Count
ClockSync	Sync to SysClk
InvertEnable	Normal

Obrázek 5.4–Nastavení periferie PWM16

Ve stejné složce jako je řízení LED diody lze vybrat i položku LCD. LCD bude připojováno k portu 1. Parametr *BarGraph* povoluje možnost tvorbu jednoduchých grafů na LCD displeji. Tento mód není využit.

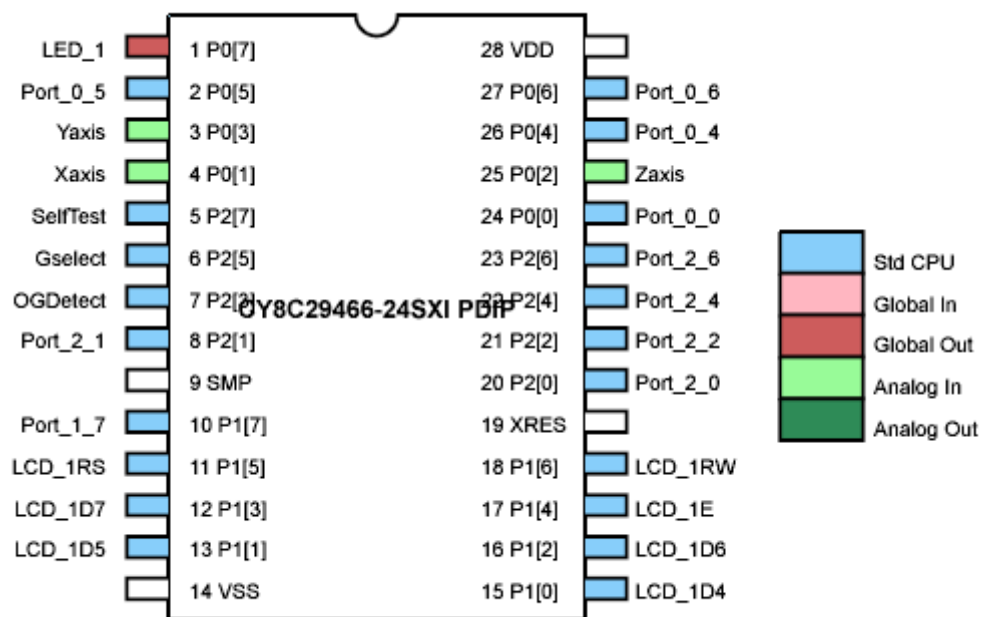
Name	LCD_1
User Module	LCD
Version	1.5
LCDPort	Port_1
BarGraph	Disable

Obrázek 5.5–Nastavení LCD

Rovněž pro obsluhu displeje jsou již vytvořeny funkce:

```
void LCD_1_Start(void)           // Inicializuje displej
void LCD_1_Position(BYTE bRow, BYTE bCol) //Nastavuje pozici na displeji.
Parametr bRow slouží k nastavení řádku, parametr bCol k výběru sloupce
void LCD_1_PrString(char* sRamString)           // tiskne řetězec z paměti
dat přes pointer na char
void LCD_1_PrCString(const char* sRomString)    // tiskne řetězec z paměti
programu
void LCD_1_PrHexByte(BYTE bValue) // zobrazuje hodnotu čísla 1 B
datového typu
void LCD_PrHexInt(int iValue) // zobrazuje hodnotu čísla 2 B
datového typu
```

Volba vstupů a výstupů obvodu PSoC je realizována buďto přímým výběrem jednotlivého pinu, nebo zobrazením formuláře *Pinout*.



Obrázek 5.6–Náhled na nastavení jednotlivých vývodů obvodu PSoC

V nastavení pinu lze zvolit jeho název, další volitelnou položkou je funkce pinu, tedy zda se jedná o analogový či digitální vstup nebo výstup pro periférie, běžný vstup nebo výstup procesoru případně speciální funkci, kterou daný pin umožňuje. Poslední nastavitelnou položkou je přerušení od libovolného pinu. Tuto položku lze nastavit na vzestupnou nebo sestupnou hranu signálu, na změnu stavu. Přerušení nemusí být využito.

Na portu číslo 0 jsou 3 analogové vstupy, parametr *Drive* je nastaven na vysokou vstupní impedanci pro analogový signál. K tomuto portu je připojen i výstup procesoru pro ovládání piezo reproduktoru. Parametr *Drive* je v tomto případě nastaven na STRONG, ten je vhodný pro ovládání periférií mimo obvod, které vyžadují tvrdý signál. Stejně jsou nastaveny i piny pro ovládání akcelerometru, které jsou připojeny k portu 2. Na port 2 je také přiveden výstup akcelerometru, který je zdrojem informace o dosažení nulového zrychlení. K zachycení této události je nastavené přerušení na náběžnou hranu signálu. Protože na tento pin budou přiváděny stabilní logické úrovně, je parametr nastaven na vysokou vstupní impedanci. Čtení nebo zápis dat na porty obvodu je realizován pomocí registru PRT[číslo]DR. Přehled nastavení jednotlivých pinů je na obrázku 5.6.

Analogové vstupy jdou připojit pouze na bloky ACB. Na tyto bloky není možné umístit AD převodník. Propojení analogového vstupu s AD převodníkem je možné pomocí řízeného zesilovače umístěného v bloku ACB. Protože zapojení využívá tříosý akcelerometr, budou potřeba 3 zesilovače. Složka, ve které je řízený zesilovač je označena jako *Amplifiers*. U zesilovačů je potřeba nastavit zesílení signálu, vstup, povolení výstupu signálu na výstupní analogovou linku a referenční bod, ke kterému je vztahován zisk

zesilovačů. Nastavení jednoho zesilovače je patrné z obrázku 5.7. Obdobně jsou nastaveny i ostatní zesilovače.

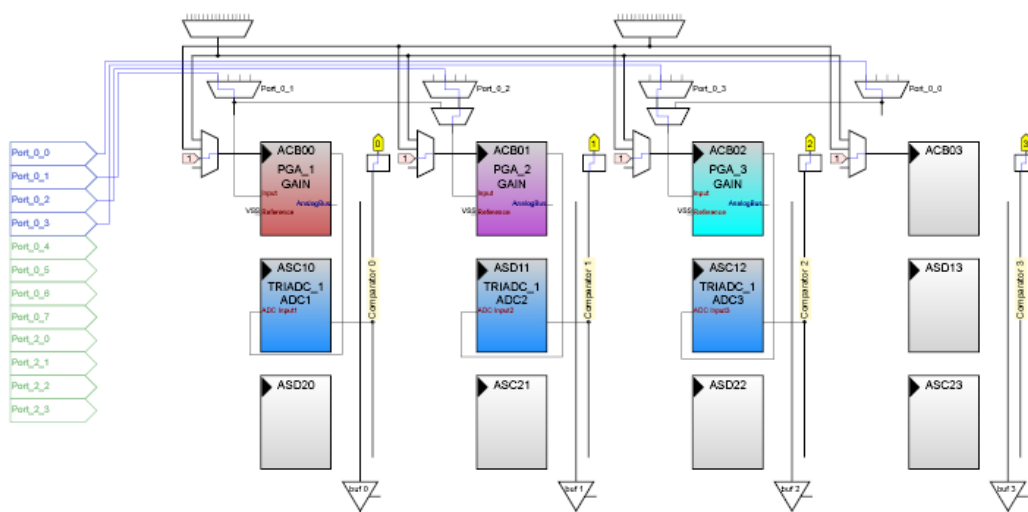
Name	PGA_2
User Module	PGA
Version	3.2
Gain	1.000
Input	AnalogColumn_InputSelect_1
Reference	VSS
AnalogBus	Disable

Obrázek 5.7–Nastavení řízeného zesilovače

Zesilovač je potřeba inicializovat v programu pomocí funkce:

```
void PGA_Start (BYTE bPowerSetting)
```

Parametrem bPowerSetting se nastavuje jedna ze čtyř možností napájení bloku.



Obrázek 5.8–Propojení analogových bloků

Převod signálu z akcelerometru zajišťuje třívstupý AD převodník s dvojitou integrací. Tento převodník zabere 5 digitálních bloků a 3 analogové bloky. Pro správnou funkci AD převodníku je třeba propojit jej s bloky ACB, vybrat hodinový signál, nastavit rozlišení převodníku, které se může pohybovat od 7 bitů do 13 bitů a zvolit výstupní informaci se znaménkem nebo bez znaménka. Pro obsluhu AD převodníku jsou připraveny funkce:

```
void TriADC_Start (BYTE bPowerSetting) // Inicializuje AD převodník,
parametr určuje 1 ze 4 možností napájení
void TriADC_Stop(void) // deaktivuje AD převodník
void TriADC_GetSamples (BYTE bNumSamples) // Zahájí převod
void TriADC_StopAD(void) // Ukončí převod
char TriADC_fIsDataAvailable(void) // Vrací informaci o tom, že je
převod ukončen
```

```

char TriADC_iGetData1(void)           // Vrací hodnotu na vstupu 1
char TriADC_iGetData1ClearFlag(void) //Vrací hodnotu na vstupu 1 a
nuluje příznak dokončení převodu

```

Bylo by možné využít i jiné AD převodníky, které obvod PSoC poskytuje, například sigma delta převodníky, dvouvstupé AD převodníky. Třívstupý AD převodník vzorkuje všechny tři vstupy ve stejný čas ve stejném rozlišení. Protože nelze nastavit přerušení na dokončení převodu, lze využít metodu pollingu, během kterého se v cyklu čeká na příznak dokončení převodu. Nevýhodou pollingu je, že během čekání na příznak dokončení, nemůže procesor vykonávat další instrukce. Během pollingu ostatní periferie mohou dál pracovat podle svého nastavení.

Časovač bude generovat přerušení pokud během 5 vteřin nezaznamená pohyb. Pro tento účel vyhovuje 16 bitový časovač. Zdrojem hodinového signálu pro tento časovač je předdělička VC3 synchronizovaný s frekvencí SYSCLK. Vztah pro výpočet parametru *perioda* je stejný jako vztah 5.1. Dosazením známých a požadovaných hodnot do vzorce vyjde hodnota, kterou je potřeba přiřadit k tomuto parametru.

$$Period = \frac{T_{perioda}}{\frac{1}{f_{CLK}}} - 1 = \frac{5}{\frac{1}{1kHz}} - 1 = 4999 \quad (5.4)$$

.Výstupy časovače nejsou vyvedeny na výstupní linky. Aby bylo přerušení od časovače funkční, je potřeba nastavit hodnotu *Capture* na úroveň *Low*, jinak nebude generováno přerušení.

Name	Timer16
User Module	Timer16
Version	2.6
Clock	VC3
Capture	Low
TerminalCountOut	None
CompareOut	None
Period	4999
CompareValue	0
CompareType	Less Than
InterruptType	Terminal Count
ClockSync	Sync to SysClk
TC_PulseWidth	Full Clock
InvertCapture	Normal

Obrázek 5.9–Nastavení časovače

V programu je zapotřebí inicializovat časovač, případně jej i řídit, k tomu jsou určeny následující funkce:

```

void Timer16_Start(void)           // Spustí časovač

```

```

void Timer16_EnableInt(void)           // Povolení přerušeni od časovače
void Timer16_DisableInt(void)         // Zákaz přerušeni od časovače
void Timer16_Stop(void)               // Zastaví činnost časovače
void Timer16_WritePeriod(WORD wPeriod) // Umožňuje nastavit periodu
void Timer16_WriteCompareValue(WORD wCompareValue) // Prostřednictvím
této funkce lze nastavit hodnotu pro porovnání

```

Přerušeni od časovače:

```

#pragma interrupt_handler Timer16_ISR
void Timer16_ISR(void)
{
    // Obsluha přerušeni
}

```

Podobné nastavení má i 8-bitový časovač, který též využívá předděličku VC3 jako zdroj hodin. Přerušeni generuje každých 10 ms, parameter *period* je tedy nastaven na hodnotu 9.

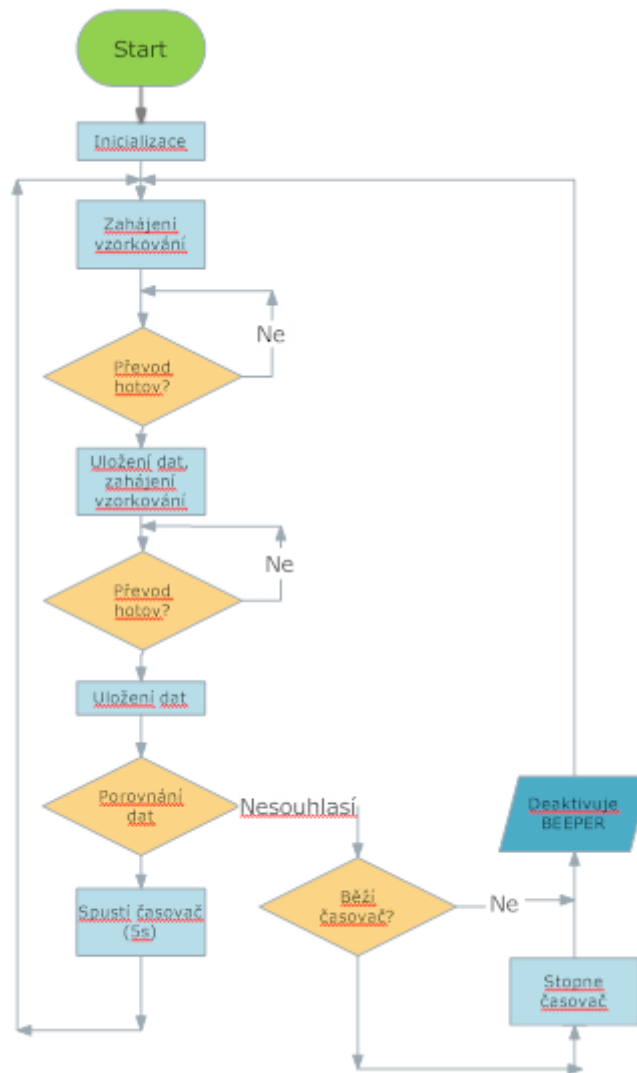
5.2 Program

Předpokladem správné funkce je, že se sledovaný objekt či osoba nebude pohybovat ve směru OS X, Y a Z s konstantním zrychlením.

Ve funkci *Main* jsou nejprve inicializovány použité periferie. Každých 10 ms je vyvoláno přerušeni během něhož se čeká na příznak dokončení převodu v pollingu. Po dokončení převodu jsou naměřené hodnoty uloženy do pole, přičemž každá osa akcelerometru využívá jedno pole. Dalším krokem je porovnání hodnot jednotlivých os. Aby se omezil vliv šumu a drobné minimální odchylky, jsou porovnávané hodnoty posunuty binárně do prava.

Pokud je na více osách zaznamenána shoda po sobě naměřených hodnot, je spuštěn časovač, který pokud není do 5 s zastaven vygeneruje přerušeni, které spustí zvukovou signalizaci. Časovač se zastaví pokud se objeví shoda po sobě jdoucích měření na více osách. Pokud předtím došlo k přerušeni a je spuštěna zvuková signalizace, tak je ukončena.

Vývojový diagram na obr 5.10 znázorňuje popsany postup.



Obrázek 5.10–Vývojový diagram funkce Main

6 Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo navrhnout a vyrobit prototyp detektoru pohybu, který při neaktivitě sledovaného objektu nebo osoby spustí zvukovou signalizaci.

K tomuto účelu se nabízela možnost využití systému GPS, ale tato volba byla zavržena z důvodů možného použití detektoru pohybu v uzavřených prostorách, kde by nemusel přijímač zachytit signály z družic. Alternativní řešení tedy využívá akcelerometry, které zachycují změny pohybu. V teoretické části jsou proto popsány principy některých akcelerometrů.

Pro zpracování dat byl zvolen obvod PSoC. Tento obvod vyniká zejména vysokou modularitou.

Navrhnutý detektor pohybu se podařilo realizovat a oživit. Detektor pohybu signalizuje zapnutý stav pomocí LED diody, která každých 500 ms změni svůj stav na rozsvíceno nebo zhasnuto. Pokud je detektor pohybu použit osobou, je nejvhodnější umístit jej do oblasti pasu podobně jako se připínají krokoměry. Při neaktivitě osoby po dobu delší než 5 sekund dojde k signalizaci pomocí piezoreproduktoru. Po opětovném zaznamenání pohybu se zvuková signalizace vypne. K obvodu PSoC je možné připojit LCD displej prostřednictvím vyvedeného portu, ale pro běžné použití, není potřeba zobrazovací jednotka. Program byl napsán v jazyce C.

Na přiloženém CD jsou umístěny výrobní podklady pro výrobu DPS a firmware.

Literatura

[1] **NavtechGPS**; *GNSSfacts* [online]. Springfield : [cit. 28. 3. 2010]. Dostupné Dostupné na: <<http://www.navtechgps.com/extra/GNSSfacts.asp>>.

[2] **RIPKA, P.; TIPEK, A.**; *Master Book on Sensors Part A*. Praha : BEN, 2003. 492 p. ISBN 80-7300129-2

[3] **Cimpl Zdeněk; Karamazov Simeon**; *Fyzika 1 (1. Část)* - Pardubice : Univerzita Pardubice, 2007 ISBN 978-80-7194-941-1

[4] **Vojáček, Antonín**; *Jak pracují nové 3D MEMS akcelerometry Freescale ?*[online]. 30. 4. 2010, [cit. 16. 2. 2010]. Dostupné na: <<http://hw.cz/Produkty/Nove-soucastky/ART1875-Jak-pracuji-nove-3D-MEMS-akcelerometry-Freescale-.html>>.

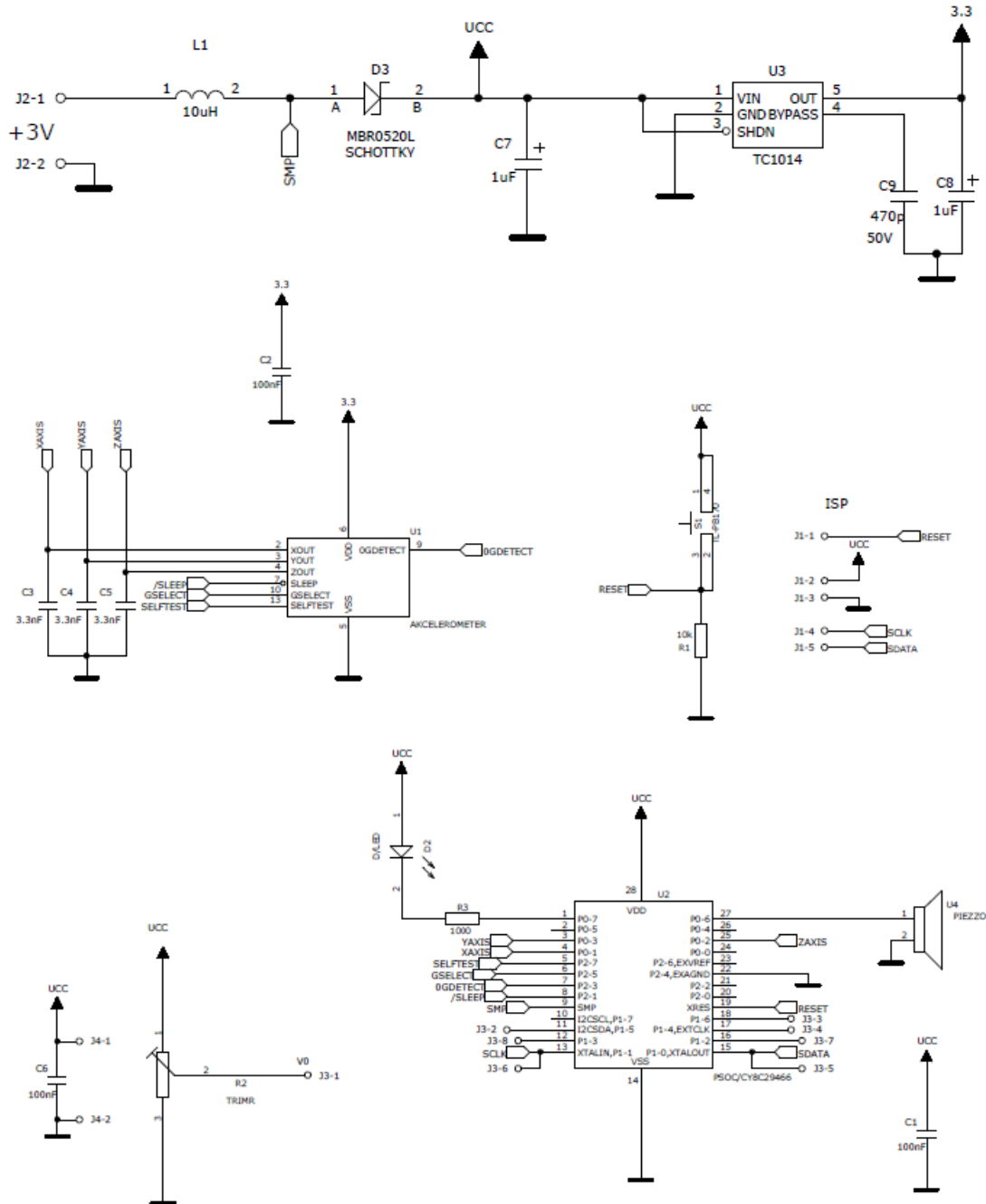
Příloha A –Rozvržení pinů CY8C29466 SXI

Pin	Digitální	Analogové	Název pinu	Další funkce/Vysvětlení
1	IO	I	P0[7]	
2	IO	IO	P0[5]	
3	IO	IO	P0[3]	
4	IO	I	P0[1]	
5	IO		P2[7]	
6	IO		P2[5]	
7	IO	I	P2[3]	
8	IO	I	P2[1]	
9			SMP	Switch Mode Pump
10	IO		P1[7]	I ² C SCL
11	IO		P1[5]	I ² C SDA
12	IO		P1[3]	
13	IO		P1[1]	XTALin, I ² C SCL, ISP SCLK
14			VSS	zem
15	IO		P1[0]	XTALout, I ² C SDA,ISP SDATA
16	IO		P1[2]	
17	IO		P1[4]	Externí hodinový signál (EXTCLK)
18	IO		P1[6]	
19			XRES	Externí RESET
20	IO	I	P2[0]	
21	IO	I	P2[2]	
22	IO		P2[4]	Externí analogová zem(AGND)
23	IO		P2[6]	Externí napěťová reference(VREF)
24	IO	I	P0[0]	
25	IO	IO	P0[2]	
26	IO	IO	P0[4]	
27	IO	I	P0[6]	
28			VDD	Napájení

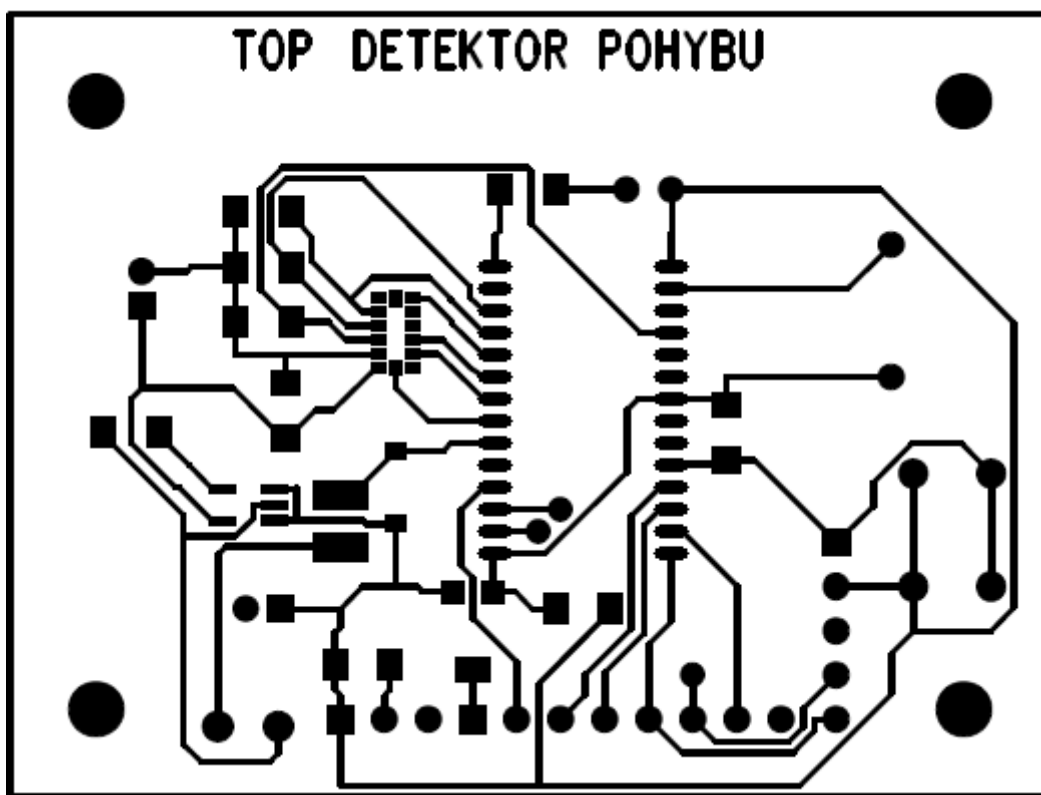
I–vstup(Input)

IO–vstup, výstup (Input, output)

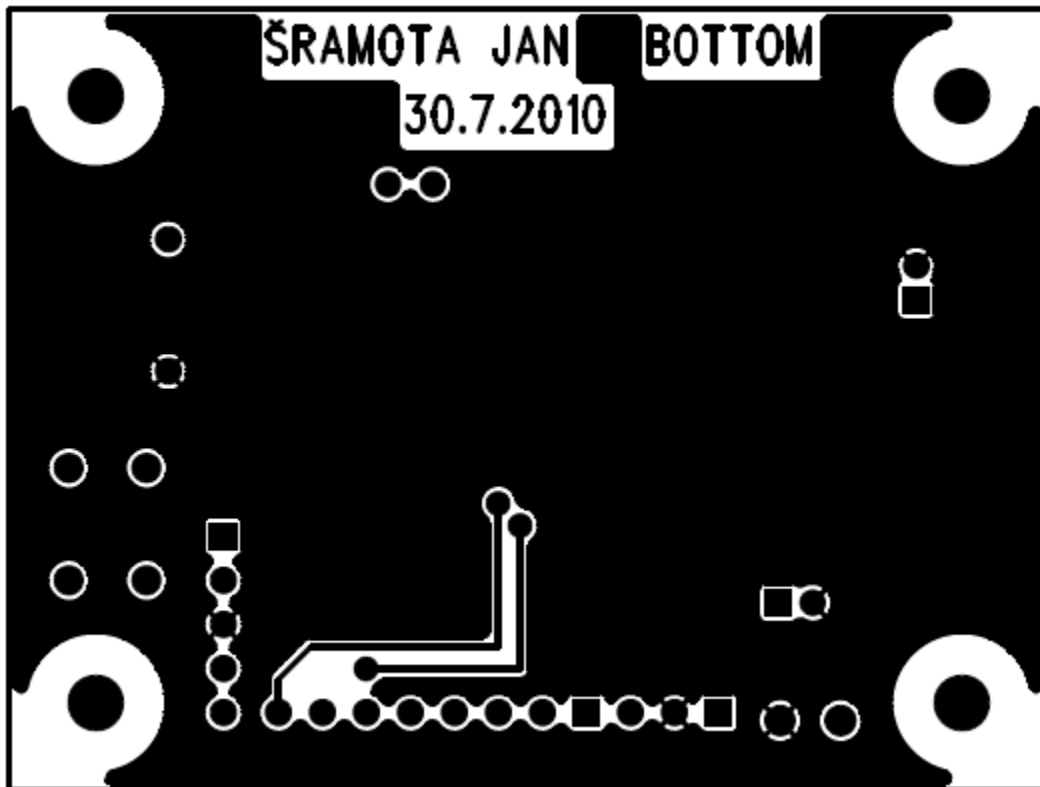
Příloha B–Schéma detektoru pohybu



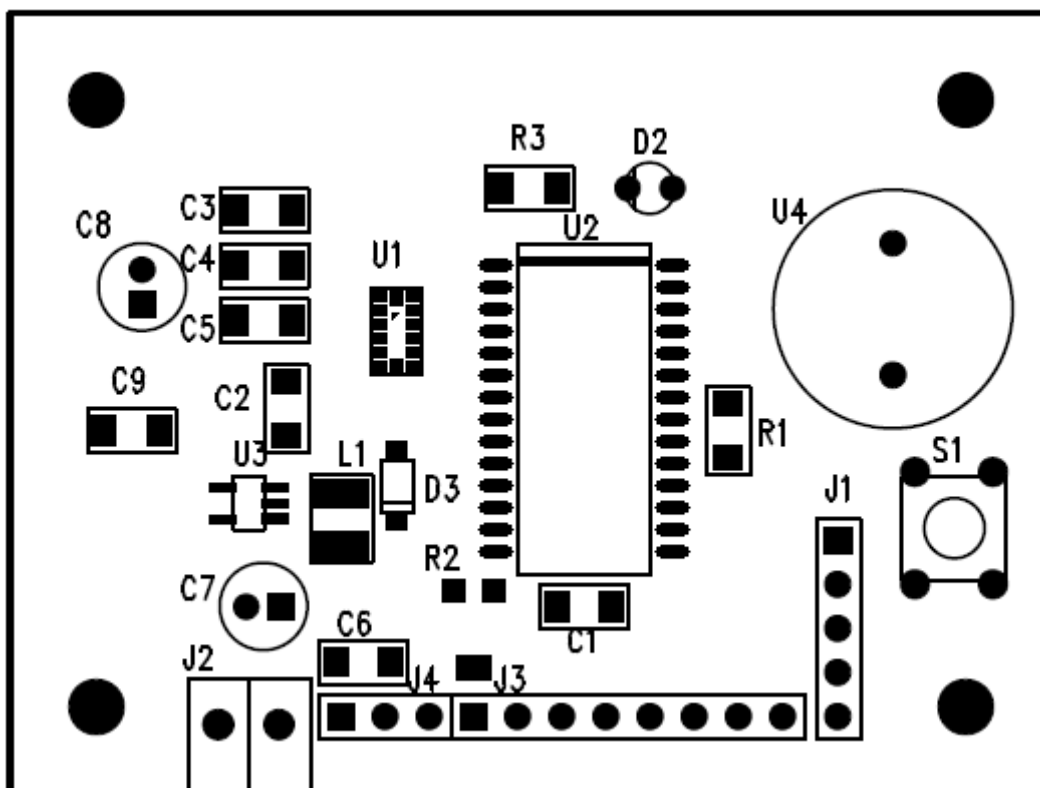
Příloha C–Deska plošného spoje



Pohled na stranu součástek, rozměry desky jsou zvětšeny na 200% oproti původní velikosti. Rozměry DPS jsou 60x45 mm.



Pohled na stranu bottom.



Rozmístění součástek z pohledu strany TOP

Příloha D–Seznam součástek

Označení	Hodnota	Popis	Počet
U1	MMA7361L	akcelerometr, LGA14	1
U2	PSoC CY8C29466-SXI	PSoC, SOIC28	1
U3	TC1014-3.3VCT	stabilizátor 3,3V, SOT-23	1
U4	BPT-14X	piezo reproduktor	1
L1	10 μ H	tlumivka	1
C1, C2, C6	100 nF	kondenzátor, 1206	3
C3, C4, C5	3,3 nF	kondenzátor, 1206	3
C7, C8	1 μ F	kondenzátor	2
C9	470 pF	kondenzátor, 1206	1
S1	TL-PB1720	tlačítko	1
R1	10 k Ω	odpor, 1206	1
R2	TS53YL10K	trimr 10 k Ω , SMD	1
R3	1 k Ω	odpor, 1206	1
D2	LED červená	LED dioda 3 mm, odběr 2 mA	1
D3	MBR0520L	Schottkyho dioda, SOD123	1
Lámací lišta, rozteč pinů 2,54 mm, celkem pinů: 15			
LCD displej s řadičem HD44780			
Sokl na 2 AAA baterie			