



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ

ÚSTAV AUTOMATIZACE A MĚŘICÍ TECHNIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF CONTROL AND INSTRUMENTATION

ŘÍZENÍ DVOUKŘÍDLÉ BRÁNY

CONTROL SYSTEM FOR CANTILEVER GATES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

ONDŘEJ KOŽDOŇ

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. ZDENĚK BRADÁČ, Ph.D.

BRNO 2015



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav automatizace a měřicí techniky

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor
Automatizační a měřicí technika

Student: Ondřej Koždoň

ID: 155415

Ročník: 3

Akademický rok: 2014/2015

NÁZEV TÉMATU:

Řízení dvoukřídle brány

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Cílem práce je navrhnout koncepci bateriově napájeného řídicího systému pro řízení dvoukřídle bran s bezdrátovým komunikačním rozhraním.

1. Provedte literární rešerši.
2. Navrhněte a realizujte koncepci systému jako miniaturního elektronického systému s nezbytnými vstupy/výstupy a napájením ze solárních článků.
3. Navrhněte a realizujte elektroniku systému, realizujte DPS, osadte je součástkami a oživte.
4. Vytvořte komplexní programové vybavení, které umožní ovládání a administrování systému.
5. Otestujte funkčnost a demonstруйте ji.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

Pavel Herout: Učebnice jazyka C, KOPP, 2004, IV. přepracované vydání, ISBN 80-7232-220-6
Dle pokynů vedoucího práce.

Termín zadání: 9.2.2015

Termín odevzdání: 25.5.2015

Vedoucí práce: doc. Ing. Zdeněk Bradáč, Ph.D.

Konzultanti bakalářské práce:

doc. Ing. Václav Jirsík, CSc.
Předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

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

Anotace

Cílem této bakalářské práce je navrhnout koncepci bateriově napájeného řídicího systému pro řízení dvoukřídlových bran s bezdrátovým komunikačním rozhraním. Systém je navržen jako miniaturní elektronický systém s nezbytnými vstupy/výstupy a dobíjením ze solárních článků.

Klíčová slova

I/O, DPS, PWM, MOSFET, Budič, Spínaný zdroj, Ovladač, Brána, Spotřeba, ATmega328P, DRF4432F20

Anotation

The goal of this bachelor's thesis is to design a battery powered control system for wireless controlling swing gate. This system is designed as a small electronical system with necessary Inputs/Outputs (I/O) and an Input for charging battery from solar cells.

Keywords

I/O, DPS, PWM, MOSFET, Driver, Switching power supply , Controller, Gate, Consumption, ATmega328P, DRF4432F20

Bibliografická citace

KOŽDOŇ, O. *Řízení dvoukřídlové brány*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2015. 30s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Zdeněk Bradáč, Ph.D..

Prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma „Řízení dvoukřídlé brány“ jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího semestrální práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

V Brně dne 25.května 2015

.....
podpis autora

Poděkování

Děkuji vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Zdeňku Bradáči, Ph.D. za metodickou a pedagogickou pomoc a další cenné rady při zpracování mé bakalářské práce.
Dále děkuji Ing. Romanu Wojnarovi za poskytnutí materiálů, účinnou odbornou pomoc a podporu.

Seznam obrázků

Obr 1: Hlavní koncepce domovní automatizace [2].....	7
Obr 2: Blokové schéma projektu.....	8
Obr 3: Blokové schéma řídicí DPS.....	9
Obr 4: Schéma logiky dobíjení baterie.....	11
Obr 5: Schéma regulátorů napětí.....	12
Obr 6: Graf potřebné chladicí plochy.....	13
Obr 7: Schéma řízení motoru.....	14
Obr 8: Mrtvá doba při přepínání větví.....	15
Obr 9: Závislost vstupů/výstupů.....	15
Obr 10: Závislost zapínací doby na vstupním napětí.....	15
Obr 11: Závislost vypínací doby na vstupním napětí.....	15
Obr 12: Schématické značky MOSFET tranzistorů [3] a) vodivý kanál b) indukovaný kanál.....	16
Obr 13: 3D model řídicí DPS.....	18
Obr 14: Blokové schéma ovladače.....	19
Obr 15: 3D model ovladače - spodní strana.....	21
Obr 16: 3D model ovladače - horní strana.....	21
Obr 17: Blokové schéma uP ATmega328P.....	23
Obr 18: Registr řízení přerušení.....	24
Obr 19: Registr řízení přerušení.....	24
Obr 20: Maskování bitů pro přerušení.....	24
Obr 21: Maskování bitů pro přerušení (2).....	24
Obr 22: Registr B.....	25
Obr 23: Nastavení AD převodníku.....	25
Obr 24: Spuštění AD převodníku od události.....	26
Obr 25: Spuštění AD převodníku.....	26
Obr 26: Nastavení časovače/čítače.....	26
Obr 27: Maskování přerušení od časovače/čítače.....	26
Obr 28: Nastavení přerušení z časovače/čítače.....	27
Obr 29: Nastavení přerušení z časovače/čítače (2).....	27
Obr 30: Registr řízení spotřeby.....	27
Obr 31: Modul DRF4432F20.....	28
Obr 32: Blokové schéma čipu Si4432.....	29
Obr 33: Datový paket modulu.....	30
Obr 34: Rozdíl mezi FSK a GFSK modulacemi.....	31
Obr 35: Konfigurace rámce.....	32

Obsah

Úvod	6
Koncepce	7
Blokové schéma	8
Řídící DPS	9
Popis jednotlivých bloků	10
Dobíjení baterie	11
Úprava napětí na 3,3V	12
Spínání motoru	14
Energetická bilance řídící DPS	17
Ovladač	19
Energetická bilance ovladače	20
Procesor ATmega328P	22
Bezdrátový komunikační modul DRF4432F20	28
Cenová kalkulace	33
Průzkum trhu	34
Závěr	35
Literatura	36

1 Úvod

Hlavní myšlenkou je vytvoření komplexní domovní automatizace pro monitorování a ovládání stavu periférií, kterými je vybavena moderní domácnost. Takovéto periférie mohou být například termostat pro ovládání teploty, ovládání markýz a žaluzií nebo detektory rozbití skla, magnetické kontakty na okna či dveře a bezdrátové řízení brány.

Současný stav trhu je takový, že pro řízení dvoukřídlé brány jsou nabízeny řídicí desky, které slouží pouze k jednomu účelu a to spínání pohonu k ovládání vrat či bran.

Cílem této bakalářské práce je tedy navrhnout chytré zařízení k takovéto domovní automatizaci, které bude bezdrátově ovládat dvoukřídlou bránu s ohledem na univerzálnost jako je rychlá úprava softwaru či zpětná komunikace s centrální jednotkou, což je hlavní výhoda a konkurenční zařízení tuto možnost nenabízejí a taky jeden z důvodů výroby tohoto zařízení. Mnou vytvořené zařízení nemusí sloužit jen k ovládání dvoukřídlé brány, ale s mírnou úpravou SW například ke spínání LED světél. Zařízení je univerzální i z pohledu napájení, které je 12V (stejnosměrných) to znamená, že bude napájení provedeno baterií. Zařízení navíc nabízí konektor pro připojení slunečního panelu pro dobíjení baterie.

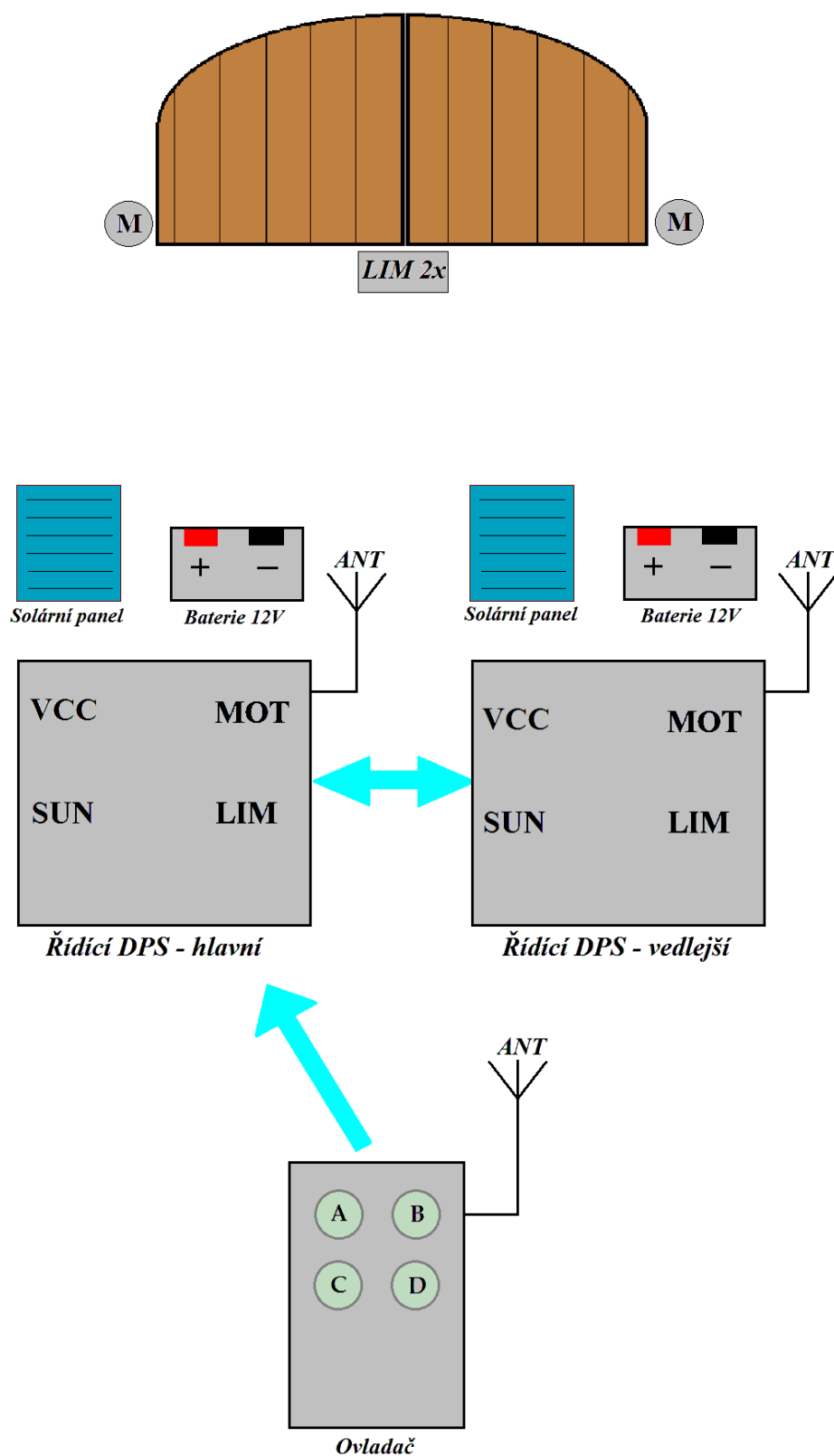
2 Koncepce



Obr 1: Hlavní koncepce domovní automatizace [2]

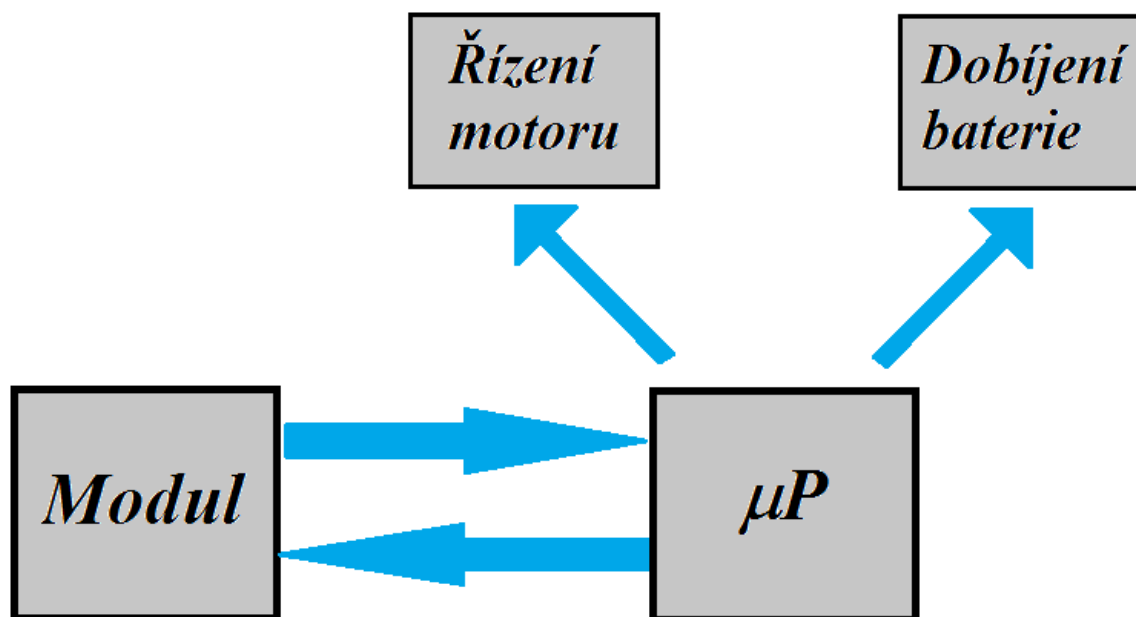
Hlavní myšlenka vytvoření domovní automatizace zahrnuje ovládání a monitorování stavu zařízení s minimálním zásahem člověka do procesu. Zapouzdření systému bude provedeno do jednoho zařízení, které bude zobrazovat stav periférií, případně upozorňovat na anomálie. Je tedy potřeba adresovatelného systému, proto jsou zvoleny součástky, které jsou popsány dále v podkapitolách. Níže bude rozebrán tento projekt, jakožto vytvoření řídicí desky pro bezdrátové ovládání dvoukřídlé brány. Bude popsán princip funkčnosti jednotlivých částí, finanční náklady na výrobu a v poslední řadě také schéma a návrh DPS.

3 Blokové schéma



Obr 2: Blokové schéma projektu

3.1 Řídící DPS



Obr 3: Blokové schéma řídící DPS

Jedním z cílů této bakalářské práce bylo vytvoření miniaturní řídící desky, která bude bezdrátově komunikovat s ovladačem a řídit otevírání/zavírání dvoukřídle brány pomocí stejnosměrného motoru na 12V. Do hlavní koncepce domovní automatizace bylo třeba uvažovat, že je potřeba obousměrná komunikace a zpětné hlášení o stavu brány. To ku příkladu znamená, že až se brána začne zavírat, uživateli se na ovladači na chvíli rozsvítí LED dioda. Z tohoto důvodu je v ovladači použit komunikační modul o jehož kvalitách bude napsáno níže. Tato řídící deska je univerzální i co se týče napájení. To je provedeno olověnou baterií o napětí 12V s kapacitou 2,6Ah, která je dobíjena dvěma solárními panely o napětí 2x9V. Mnou použitý solární panel dokáže dodat zkratový proud 300mA. To by znamenalo, že při slunečném dni by se baterie dokázala dobít do plna za 9 až 10 hodin. Energetická bilance je rovněž popsána níže. Řídící deska umožňuje připojení dalších snímačů, Wi-Fi rozhraní, či GSM modulu, který může vyslat zprávu na mobil v případě narušení objektu.

Jádrum řídící desky je mikroprocesor ATmega328P a modul DRF4432F20. Dále pak deska obsahuje budiče IR2104S pro MOSFET tranzistory s N-kanálem a tranzistory MOSFET IRF813.

Vstup pro koncový spínač, či snímač dorazu a konektor pro připojení SS motoru.

Komunikační modul je trvale v přijímacím módu, zde je spotřeba 18.1mA.

Z hlediska ochrany je implementováno snímání proudu motorem na dvou paralelně zapojených výkonových rezistorech o hodnotě 0.1R/2W. Velikost procházejícího proudu se průměruje a porovnává se s maximální možnou hodnotou, kterou si nastavíme programově. Průměrování je důležité, neboť startovací proud menšího motoru dosahuje hodnot jednotek ampér a tyto hodnoty by mohly lehce překročit trvalou maximální povolenou hodnotu a brána by se tedy nemusela začít vůbec otevírat/zavírat.

V tomto paralelním složení rezistorů se proud rozdělí a rezistor tedy není proudově namáhán. Například pro trvalý proud 5A bude úbytek napětí na rezistoru:

$$U_r = R * I = 0,05 * 5 = 0,25 \text{ V}$$

To znamená

$$P = U * I = 0,25 * 5 = 1,25 \text{ W}$$

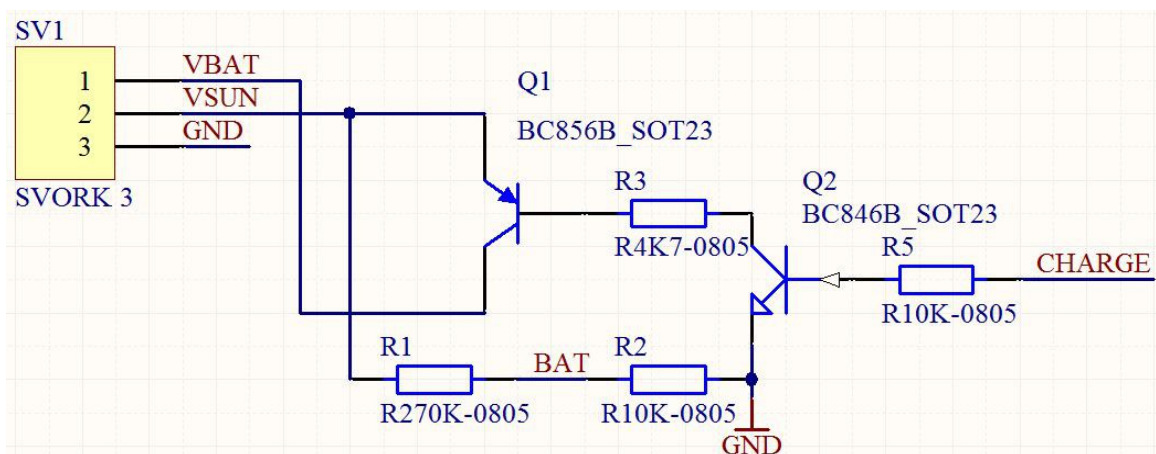
Z čehož vyplývá ještě rezerva přibližně 0,75W. Při testování motoru, který je použit na bráně se hodnota trvalého proudu pohybovala okolo 500mA. Při dorazu brány se hodnota proudu prudce navýší, ale motor se ihned zastaví při překročení povolené meze.

Tato DPS je ještě vybavena konektorem pro připojení dorazu (LIM), kterým je možno motor zastavit. Dorazy jsou většinou umístěny v místě uložení motoru.

3.1.1 Popis jednotlivých bloků

V těchto podkapitolách jsou uvedeny principy funkcí jednotlivých bloků ze schématu řídicí desky. Kompletní schéma je v části přílohy společně s návrhy DPS a programovým vybavením. O bezdrátovém modulu DRF4432F20 a procesoru ATMega328P bude samotná kapitola níže.

3.1.1.1 Dobíjení baterie



Obr 4: Schéma logiky dobíjení baterie

Napětí baterie se měří kvůli odpojení článků nebo k hlášení při kriticky nízké hodnotě napětí baterie. Funkčnost tohoto obvodu zajišťuje dvojice tranzistorů. Pokud povolíme pin PD1 na procesoru (CHARGE) přivede se napětí na bázi tranzistoru Q2 a ten se otevře, otevřen je i tranzistor Q1, protože je typu PNP a je stále připojen na solární panel. Potom tedy proud ze solárních článků teče přes tranzistor Q1 do baterie.

Dále pak ještě je zde napěťový dělič R1 a R2, pomocí kterého můžeme procesorem měřit napětí na baterii a v případě plného nabití baterie, zavřít tranzistor Q2 a zastavit tak dobíjení baterie. Hodnoty odporů v napěťovém děliči jsou zvoleny s určitou rezervou pro případ, že napájecí napětí bude 24V. A/D převodník na procesoru má referenční napětí 1,1V. Při plném napětí baterie bude tedy rozsah na A/D převodníku poloviční.

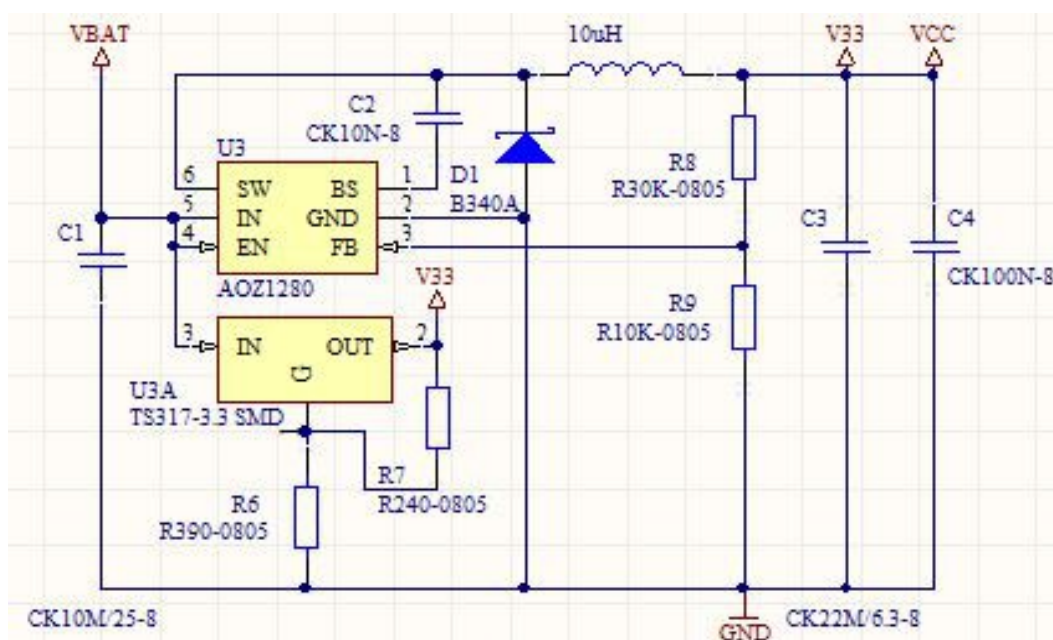
$$BAT = \frac{(R2)}{(R1+R2)} * U_{bat} = \frac{(10k)}{(270k+10k)} * 12 = 0,428 V$$

Příklad převodu napětí z AD převodníku:

Výpis na terminál:

```
void loop() {  
    int adc;                               Serial.print(adcf);  
    float adcf = 25.3*adc/1024;;           Serial.print("V mt=");  
    pulse(1,3);                             Serial.println(motor_time);  
    cli();  
    adc = (ADCL & 0xFF);  
    adc += (ADCH & 3)<<8;  
    sei();
```

3.1.1.2 Úprava napětí na 3.3V



Obr 5: Schéma regulátorů napětí

Desku je možno osadit jednoduše buď stabilizátorem TS317-3.3 SMD nebo spínaným zdrojem AOZ1280.

Spínaný zdroj AOZ1280 je vysoko účinný spínaný zdroj napětí, který dokáže dodat 1.2A. Vstupní napětí je v rozsahu 3 až 26V. Účinnost dosahuje 95% přičemž výstupní napětí může být sníženo až na 0,8V.

Má v sobě zabudované ochrany proti zkratu a vnitřní soft-start. Tento spínaný zdroj má provozní teploty v rozsahu -40 až +85°C ale taky obsahuje teplotní ochranu, kdy se dokáže tento obvod vypnout.

Možné aplikace tohoto spínaného zdroje jsou ve spotřební elektronice jako jsou DVD mechaniky, či pevné disky nebo LCD monitory.

Princip funkce je takový, že na vstup se přivede plné napětí spínacím tranzistorem do cívky. Proud se pomalu zvětšuje a akumuluje se do magnetického pole. Potom se napětí vypne a energie akumulovaná cívkou se přesune do výstupního kondenzátoru. Střídou zapnuto/vypnuto se řídí výstupní napětí. Ztráty jsou tedy malé a účinnost se blíží 90%. Hlavní princip je ten, že vstupní proud je nižší než výstupní.

Pro testovací účely postačí stabilizátor neboť jeho zapojení je jednodušší.

TS317 je stabilizátor, který dokáže dodat výstupní proud 500mA v případě jako zde použití pouzdra TO252-DPAK.

Výstupní napětí se zvolí dvojicí rezistorů a může být v rozmezí 1.25 až 37V.

Výpočet potřebného odporu lze odvodit ze vzorce pro výstupní napětí:

$$U_{výst} = 1.25 * \left(1 + \frac{R_6}{R_7}\right) \quad ; U_{výst} = 3.3V; R_7 \text{ zvolíme } 240R$$

$$U_{výst} = 1.25 + \left(\frac{1.25 * R_6}{R_7}\right)$$

$$U_{výst} - 1.25 = \frac{1.25 * R_6}{R_7}$$

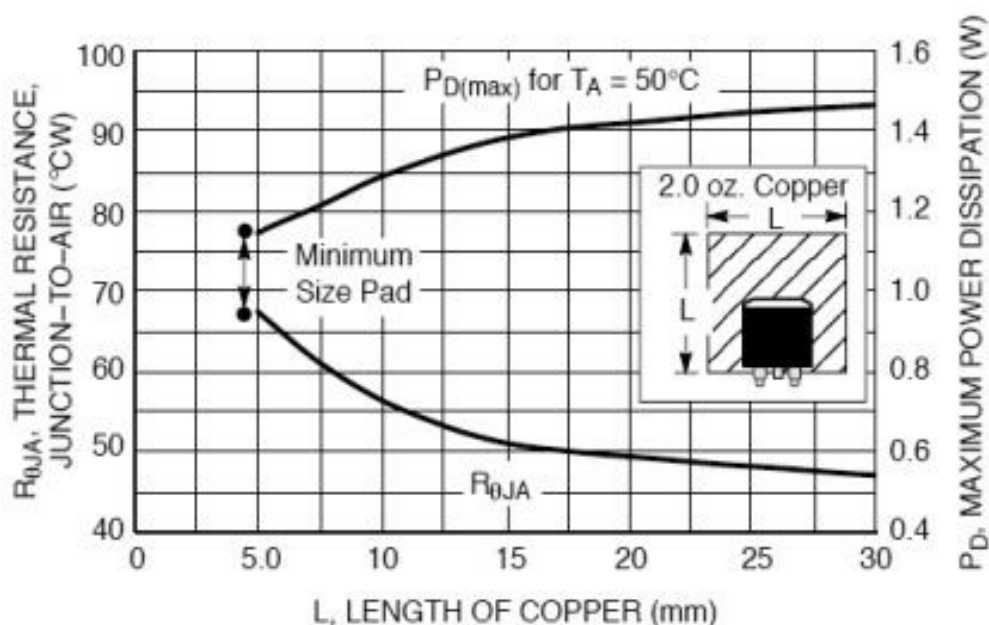
$$(U_{výst} - 1.25) * R_7 = 1.25 * R_6$$

$$R_6 = \frac{(U_{výst} - 1.25) * R_7}{1.25} = \frac{(3.3 - 1.25) * 240}{1.25} = 393.6R$$

Nejbližší odpovídající odpor, který lze zakoupit je 390R.

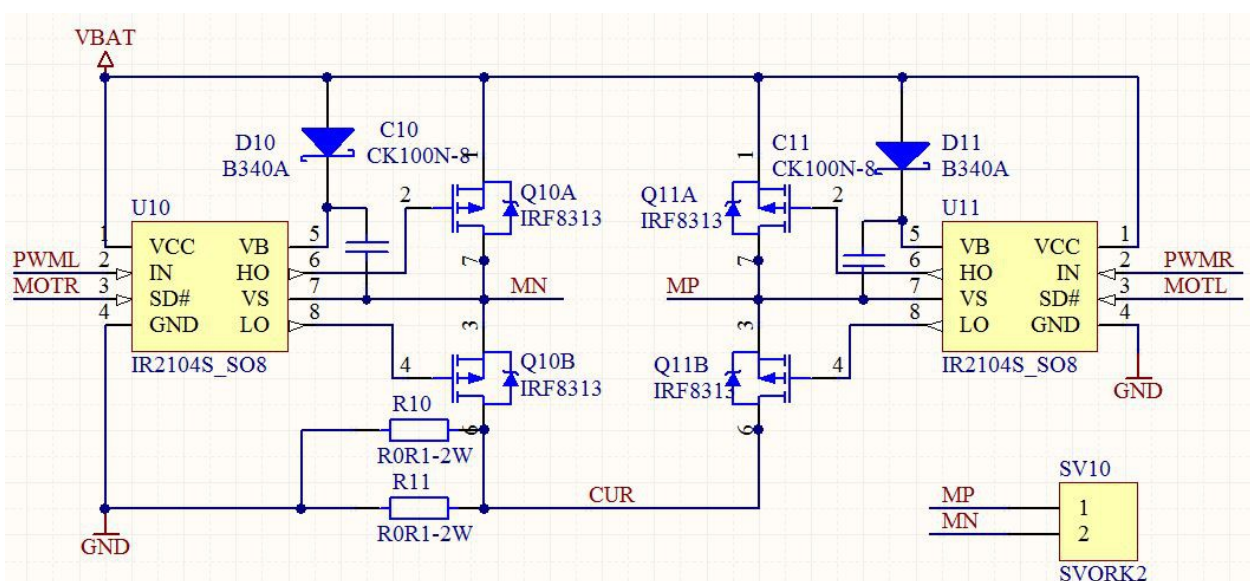
Pro přímou aplikaci není vhodné používat stabilizátor napětí, protože zde se musí na stabilizátoru energie zbytečně spálit. Účinnost takového stabilizátoru je kolem 25%. Ke zlepšení stabilizace napětí se doporučuje umístit rezistor R_7 čím jak nejbližší ke stabilizátoru. Vstupní elektrolytický kondenzátor C_1 snižuje vstupní závislost na impedanci.

Pro zmenšení výkonových ztrát je potřeba mít na DPS velkou plochu, podle grafu je to alespoň 5x5mm, zde se může stabilizátor chladit, případně je možnost upevnit chladič na stabilizátor.



Obr 6: Graf potřebné chladičí plochy

3.1.1.3 Spínání motoru



Obr 7: Schéma řízení motoru

Hlavními prvky tohoto obvodu jsou budiče IR2104S, které pracují s napájecím napětím v rozmezí 10 až 25V a MOSFET tranzistory IRF8313.

Na budiče je možno připojit napájecí napětí maximálně 25V. Logická rozhodovací úroveň na vstupech IN, SD je minimálně 3V. Pro použití rozhodovací úrovně 2.5V lze použít budič IRS2104. Tento budič IR2104 umožňuje použití úrovně logiky od 3V do 15V.

Zapínací čas činí typicky 680ns zatímco vypínací čas je 150ns. Mrtvá doba (při přepnutí větví) 520ns. Tento budič má zabudovanou řídicí logiku, která zneumožňuje současnou aktivaci výstupů HO, LO což by mělo za následek zkrat napájecího napětí na zem přes tranzistory IRF8313.

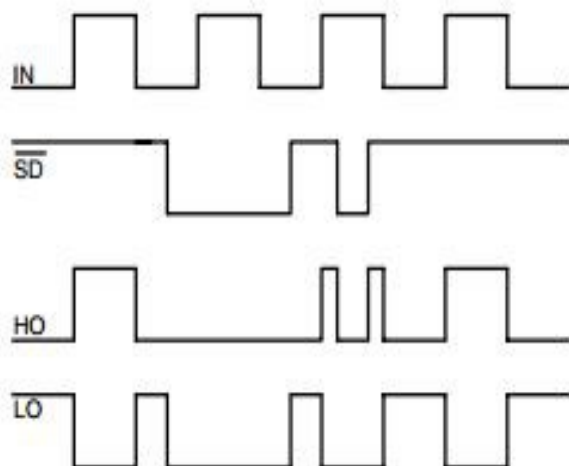
Výstup je ve fázi současně se vstupem. Pin SD vypíná oba kanály zároveň.

Tento budič je možno použít s tranzistory MOSFET s N-kanálem či s IGBT tranzistory přičemž můžeme řídit až 600V.

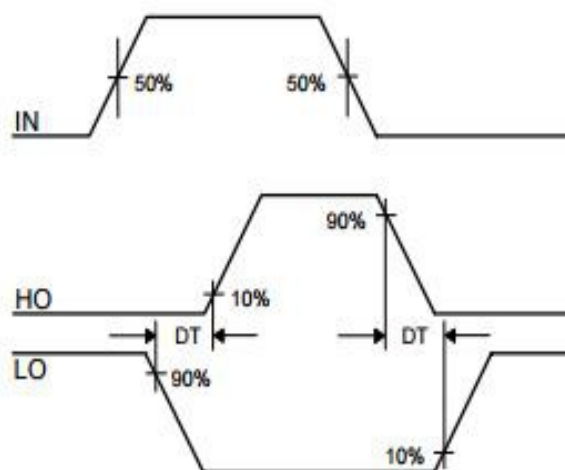
Hlavní princip je, že pokud na vstup SD přivedeme napětí z procesoru 3.3V tak tím se budič aktivuje a pokud na vstupu IN není přítomno napětí, tak je aktivní výstup LO a tranzistor Q10B je přizemněn. Přepnutí na horní větev HO provedeme přivedením napětí na IN. To znamená, že procesorem programově řídíme přepínání větví HO a LO pomocí vstupu IN. Spínání provádíme vždy střídavě a to tak, že na jedné straně je aktivní vstup IN a na druhé straně je vstup IN bez napětí. Potom proud poteče jako přes H-můstek pro opačný směr otáčení motoru přepneme vstupy IN. Vstup napájení je vhodné osadit filtračním elektrolytickým kondenzátorem s nízkým sériovým odporem (LowESR) o kapacitě kolem 1uF.

Řízení vstupů IN se musí provádět pomocí PWM, ne pouze log.úrovní. Střidu zvolíme v závislosti na tom, jak velkou rychlost motoru požadujeme. Např. 200:1 . Keramické 100nF kondenzátory se pak pravidelně dobíjejí a plní funkci nábojové pumpy, jinak by se tranzistory samy přivíraly, kdyby došlo k vyrovnání napětí mezi GATE a SOURCE.

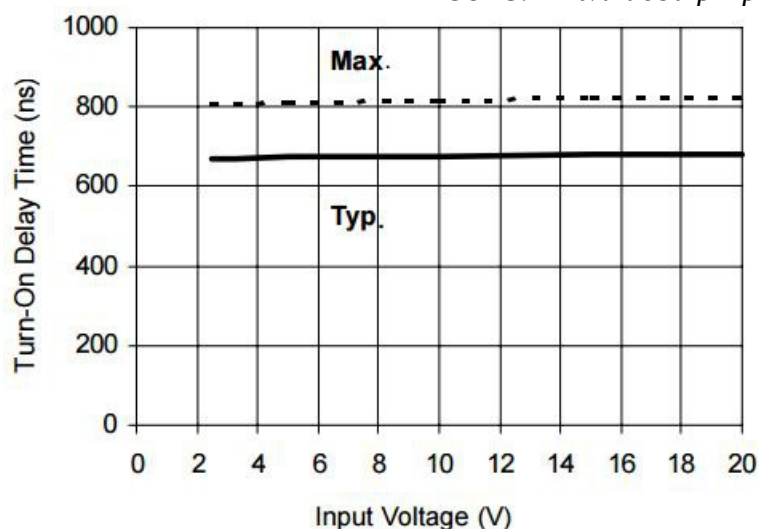
Tranzistor MOSFET je polem řízený tranzistor, kde je vodivost kanálu mezi elektrodami SOURCE a DRAIN ovládána elektrickým polem, které je vytvářeno ve struktuře kov-oxid-polovodič.



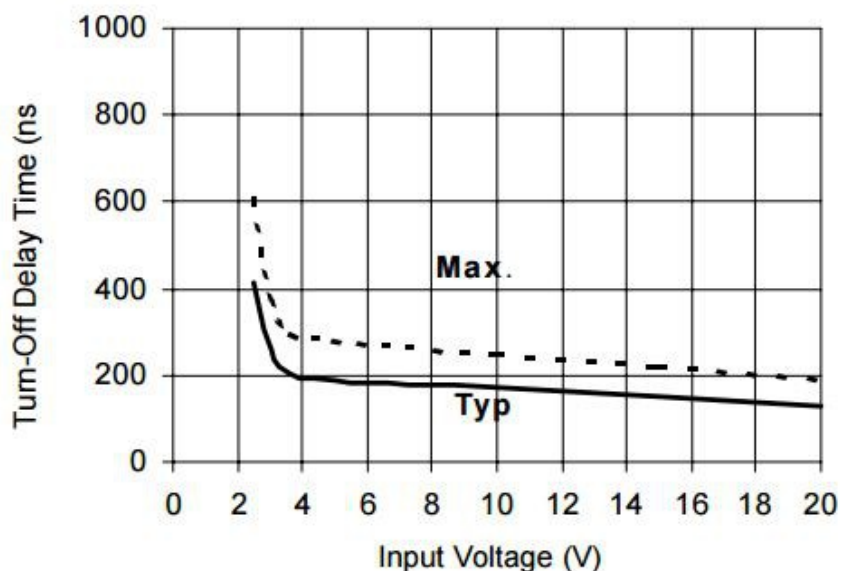
Obr 9: Závislost vstupů/výstupů



Obr 8: Mrtvá doba při přepínání větví



Obr 10: Závislost zapínací doby na vstupním napětí



Obr 11: Závislost vypínací doby na vstupním napětí

Tranzistory MOSFET jsou základním aktivním prvkem většiny současné elektroniky. Ve většině oblastí vytlačily klasické bipolární tranzistory. Používají se nejen v signálových digitálních a analogových obvodech, ale také ve výkonové elektronice, kde bylo jejich využití donedávna limitováno díky křemíkové technologii napětím zhruba 600V. [4]

Dělí se podle typu vodivosti kanálu na:

- tranzistory s vodivým kanálem

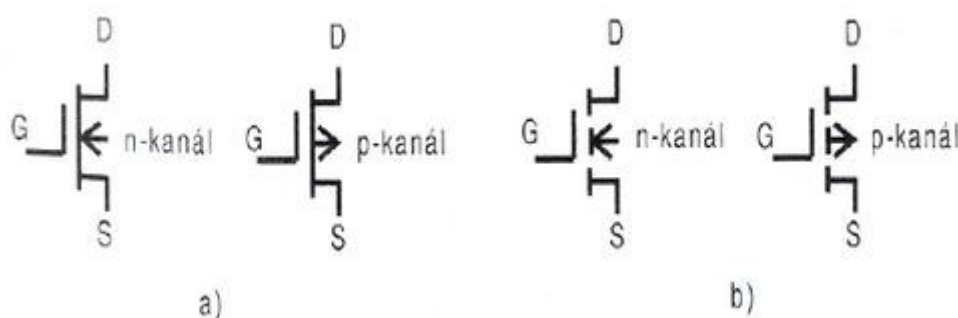
Při záporném předpětí UGS vytlačí elektrické pole z kanálu všechny volné elektrony a proud I_D klesne na nulu. Bude-li předpětí hradla (gate) proti source kladné, přitáhne naopak elektrické pole do prostoru kanálu volné elektrony (minoritní nosiče) ze základní destičky. Tím se zvětší vodivost kanálu a proud I_D vzroste. Za této situace pracuje tranzistor v režimu obohacení. Jinak mluvíme o režimu ochuzení.

- tranzistory s indukovaným kanálem

Proti předchozímu typu je jediný rozdíl a to, že chybí úzký kanál s nízkou koncentrací příměsí mezi elektrodami S a D, takže nejsou propojeny stejným typem polovodiče. Pokud na řídicí elektrodu není přivedeno napětí, kolem přechodu vznikne vyprázdněná oblast u vývodu D zvětšená napětím v záporném směru a neprotéká žádný proud. Přivedením napětí na řídicí elektrodu v kladné polaritě dojde k vytrhávání elektronů ze základní destičky, což způsobí vznik tzv. inverzní vrstvy, která obsahuje dostatek volných elektronů na vedení proudu mezi elektrodami S a D. Mezi vývody S a D je opět přechod PN tvořící diodu.

IRF8313 je typ s indukovaným kanálem N-kanál tedy využívá jako nosiče náboje elektrony. Jeho výhodou je ta, že výroba tranzistorů s indukovaným kanálem je technologicky jednodušší než se zabudovaným. Navíc pokud na GATE není přivedeno napětí, kanál nevznikne, takový tranzistor je tedy „samozavíratelný“. Tento tranzistor pracuje s maximálním napětím U_{DS} 30V. Na GATE je povoleno max. 20V. Při normální teplotě 25°C a napětím na vstupu $U_{gate}=10V$ je maximální trvalý proud přes tranzistor 9.7A. To by vycházelo na řízení odporové zátěže až 200W. S řízením motorů je to složitější z důvodu velkých startovacích proudů, ten může dosahovat špičkově i 40A.

Odpor mezi DRAIN a SOURCE je 15.5mΩ to zaručuje vyšší vodivost a tím menší ztráty.



Obr 12: Schématické značky MOSFET tranzistorů [3]
a) vodivý kanál b) indukovaný kanál

3.1.2 Energetická bilance řídicí DPS

Musíme uvážit, že komunikační modul je trvale v přijímacím módu a zde je spotřeba 18mA. Výpočet je proveden v případě použití spínaného zdroje.

$$Q_{modul} = \frac{I_{tx} * U_{cc}}{\eta} = \frac{(18mA * 3,3)}{0,85} = 5,82mAh$$

Za jeden den se tedy spotřeba bude rovnat:

$$Q_{tx} = Q_{modul} * 24 = 5,82mAh * 24 = 139,68mA$$

Baterie jsou 12V s kapacitou 2.6Ah.

Následujícím výpočtem zjistíme, že výdrž je 18 dní nepřetržitého provozu na baterie (bez otevírání/zavírání), je nutno dodat, že solární panel dokáže dodat ve slunečný den při napětí 9V/300mA. To znamená, že za 9 až 10 hodin dokáže takový panel dobít baterii do plna.

$$t = \frac{Q_{bat}}{P_{tx}} = \frac{2600}{139,68} = 18,6dní$$

Uvažujme 5x otevření/zavření brány za jeden den. Proud motorem byl naměřen 1A při 24V, to znamená 2A/12V. Účinnost spínaného zdroje 85%.

$$I_{bat} = \frac{I}{\eta} = \frac{2}{0,85} = 2,35A$$

Otevírání brány trvá přibližně 20 sekund, tedy spotřeba při otevírání/zavírání 5x za den bude:

$$t_{otv} = 5 * 40 = 200s$$

$$Q_{otv} = \frac{I_{bat}}{t_{sec}} * t_{otv} = \frac{2,35}{3600} * 200 = 130,55mAh$$

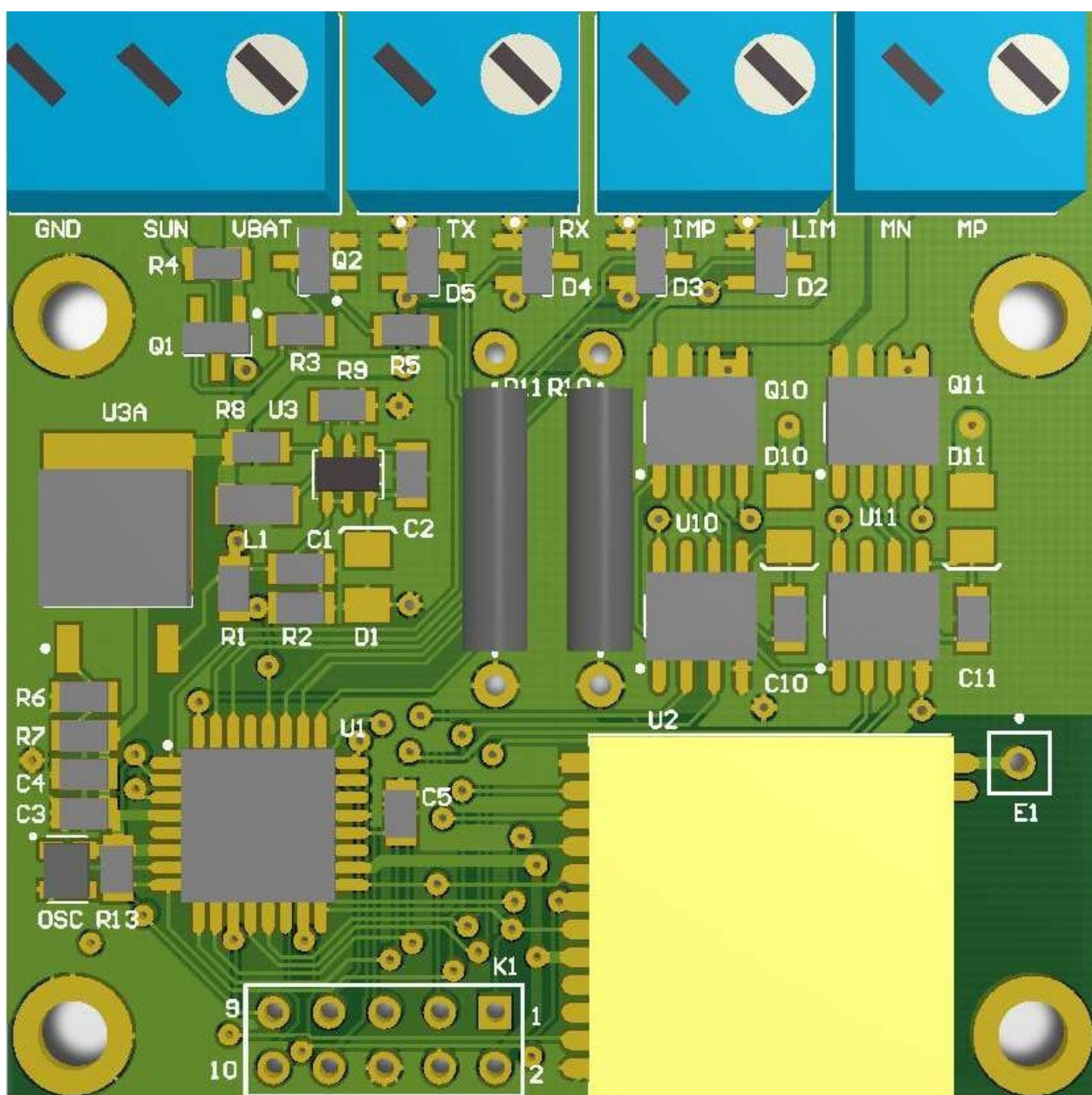
Pokud obě spotřeby sečteme, dostaneme výsledek spotřeby za celý den:

$$Q_{celk} = Q_{modul} + Q_{otv} = 139,68 + 130,55 = 270,23mAh$$

Výdrž s otevíráním je tedy následující

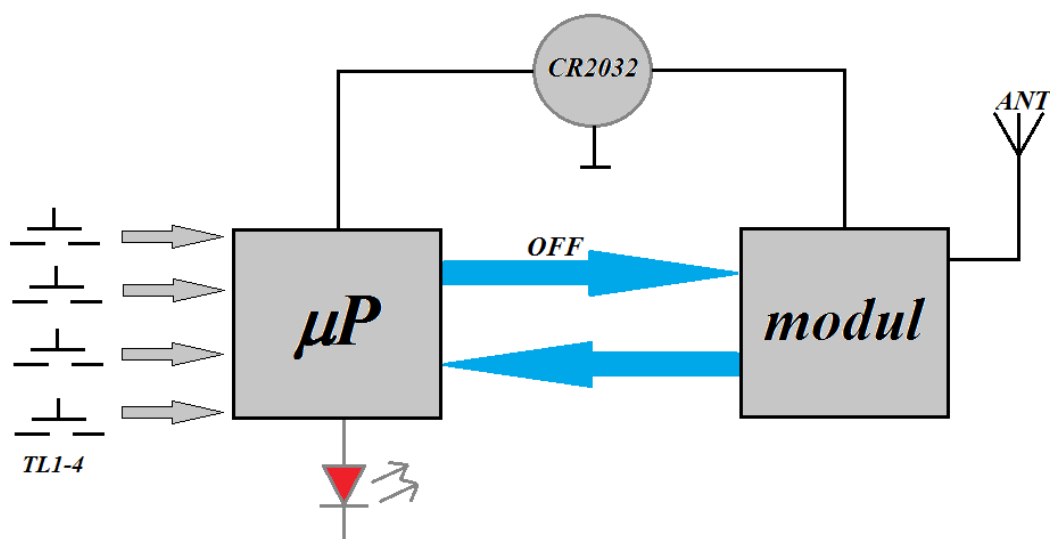
$$t_{brana} = \frac{Q_{bat}}{Q_{celk}} = \frac{2600}{270,23} = 9dní$$

Závěrem z tohoto výpočtu plyne, že baterie dokáže řídicí DPS napájet 9 dní, což by platilo v případě bez dobíjení baterie solárním panelem. Spotřebu v případě použití stabilizátoru uvádět nebudeme, ale je jasné, že by byla o mnoho větší.



Obr 13: 3D model řídící DPS

4 Ovladač



Obr 14: Blokové schéma ovladače

Ovladač má v sobě rovněž procesor ATMega328P a komunikační modul DRF4432F20. Procesor je z největší části v režimu `POWER_DOWN` kde je spotřeba 0,1uA a modul je vypnut pomocí pull-up rezistoru na pinu `SDN`, zde je spotřeba pod 1uA. Procesor lze v případě potřeby nejjednodušeji probudit pomocí přerušení `PIN_CHANGE_INTERRUPT`. To znamená, že po stisku tlačítka dojde k přerušení a následné vykonání instrukcí jako je načtení instrukce, které tlačítko bylo stisknuto, probuzení modulu a vyslání určité zprávy. Hned po vyslání zprávy se čeká na odpověď příjmu zprávy a pokud je zpětné hlášení v pořádku, modul i procesor se opět vypnou. Tak je zajištěná nejmenší spotřeba.

U ovladače se hledí na univerzálnost coby použití jako jednotný vysílač pro domovní automatizaci. Na ovladači nalezneme 4 tlačítka, můžeme tedy vyslat 4 různé zprávy a tím ovládat 4 různé periférie, případně jednu periférii, ale s jinou činností. Další možnosti ovládání lze upravit softwarově, kdy například při delším podržení tlačítka se může vyslat jiná zpráva. To nám dává další a další možnosti ovládání.

Napájení ovladače je provedeno knoflíkovou baterií CR2032 ta má kapacitu typicky 200mAh a je určena pro napájení ovladačů, malých hodin a další drobné elektroniky.

Ovladač z pohledu univerzálnosti může fungovat i jako bridge na Wi-Fi, ethernet pro komunikaci z mobilu či PC

4.1 Energetická bilance ovladače

Zapnutí modulu trvá 16ms a spotřeba při zapínání je 0,8mA.

$$Q_{on} = \frac{t_{on} * I_{on}}{t_{hod}} = \frac{16 * 0,0008}{3600} = 3,555 * 10^{-6} mAh$$

Vysílání trvá 2,5ms a spotřeba při vysílání je 85mA.

$$Q_{tx} = \frac{t_{tx} * I_{tx}}{t_{hod}} = \frac{2,5 * 0,085}{3600} = 5,9 * 10^{-5} mAh$$

Příjem trvá 5ms a spotřeba při příjmu paketu je 17mA.

$$Q_{rx} = \frac{t_{rx} * I_{rx}}{t_{hod}} = \frac{5 * 0,017}{3600} = 3,36 * 10^{-5} mAh$$

Spotřeba procesoru v power-down režimu:

$$Q_{CPU} = 0,1 \mu A$$

$$Q_{CPUh} = 0,1 * 24 = 2,4 * 10^{-3} mAh$$

Celková spotřeba modulu tedy činí:

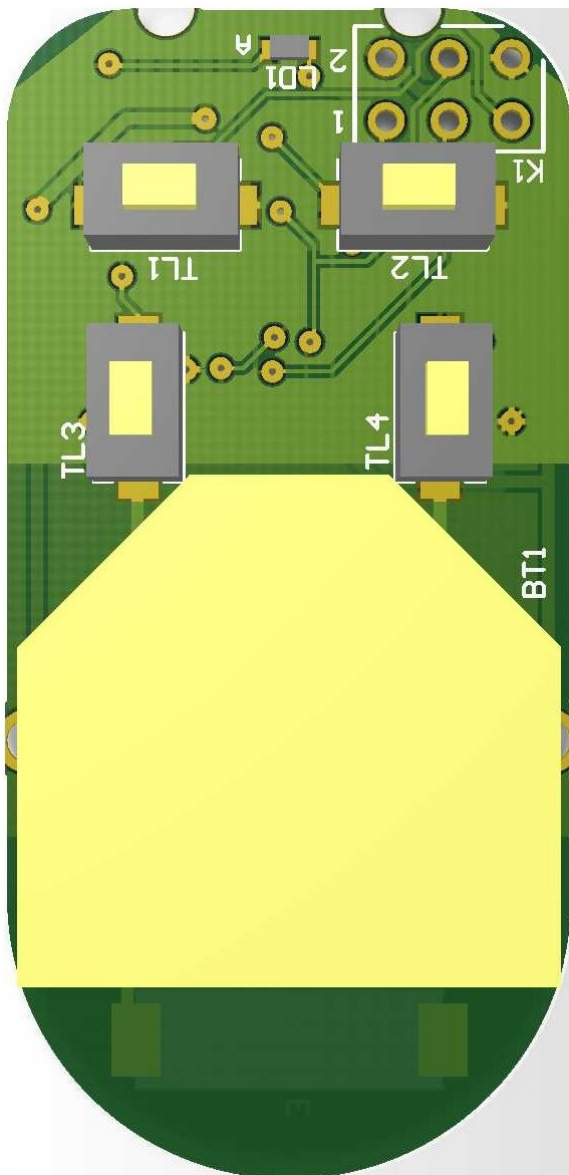
$$Q_{tot} = Q_{on} + Q_{tx} + Q_{rx} = 8,61 * 10^{-5} mAh$$

Použitá baterie CR2032 má typicky kapacitu 220mAh, z toho vyplýne doba výdrže baterie:

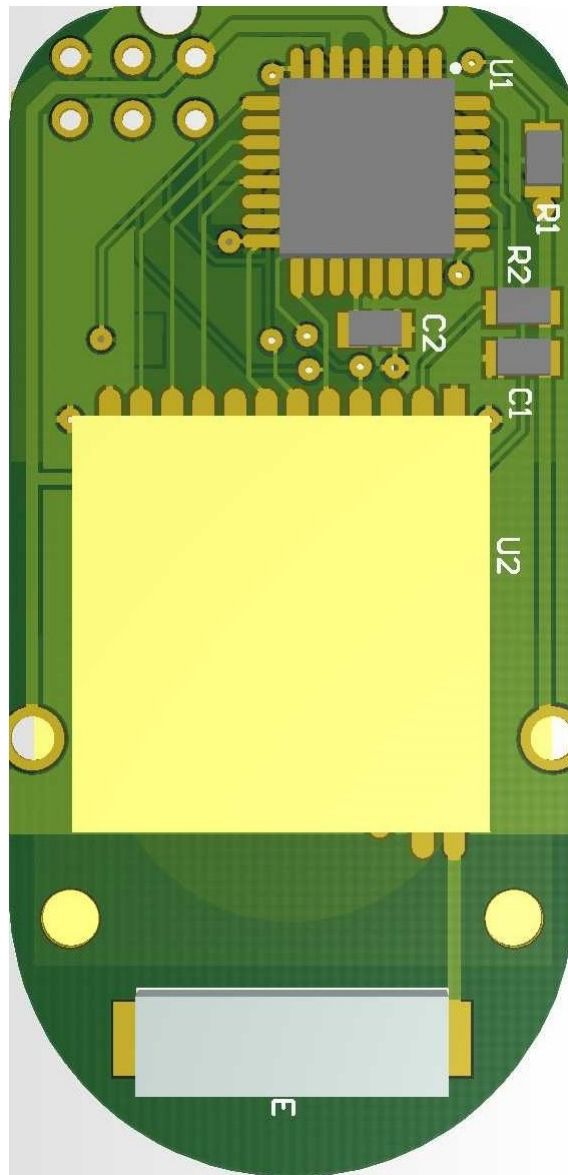
$$t = \frac{Q_{bat}}{Q_{tot}} = \frac{220}{(8,61 * 10^{-5})} = 291 \text{ let}$$

V případě 10x otevření/zavření brány za den je výdrž baterie 26 let.

Ve vypnutém stavu má modul spotřebu pouhých 15nA a procesor má spotřebu 100nA a je tedy zbytečné zahrnovat tuto spotřebu do výpočtu.



Obr 16: 3D model ovladače - horní strana



Obr 15: 3D model ovladače - spodní strana

5 Procesor ATMega328P

Procesor ATMega328P je 8-bitový procesor od společnosti ATMEL.

Řadí se do architektury RISC (Reduced Instruction Set Computing) což znamená, že návrh je zaměřen na jednoduchou a vysoce optimalizovanou sadu strojových instrukcí. RISC procesory jsou jednoduché a mají malou spotřebu z toho vyplývá tím pádem i nižší výrobní náklady.

Typické rysy architektury RISC jsou následující:

- procesor komunikuje s pamětí po sběrnici
- redukované jsou pouze typy strojových instrukcí (tj. "práce uvnitř", operace s pamětí a řídicí instrukce)
- délka provádění jedné instrukce je vždy jeden cyklus (tj. délka v bitech všech instrukcí je stejná)
- mikroinstrukce jsou hardwarově implementovány na procesoru, čímž je velmi výrazně zvýšena rychlost jejich provádění
- registry jsou pouze víceúčelové (nezáleží, který z nich instrukce využije, což zjednodušuje návrh překladačů)
- využívají řetězení instrukcí

Procesor ATMega328P je jednoduchý nízko příkonový (pico-power) AVR procesor.

Počet instrukcí, které se vykonají za jeden strojový cyklus je 131.

Dále má 32x8 registrů pro obecné použití, které jsou propojeny s aritmeticko-logickou jednotkou (ALU).

Velikost paměti je 32kB paměti typu FLASH, kterou lze jednoduše přepsat, přičemž počet cyklů je 10 000. Paměť EEPROM má velikost 1kB a lze ji přepsat 100 000 krát. Dále pak je zde ještě vnitřní SRAM paměť o velikosti 2kB.

Procesor lze napájet napětím 1,8 až 5,5V. Pracovní teplotní rozsah od -40 do +85°C.

Spotřeba energie v aktivním módu je 0,2mA a pouze 0,1μA v režimu power-down, který se využívá v ovladači.

Programování tohoto procesoru se provádí přes SPI rozhraní, které je na portu B. Jak ovladač tak i řídicí deska má vývody (plošky) do kterých se zasune konektor. Významy jednotlivých vývodů je následující:

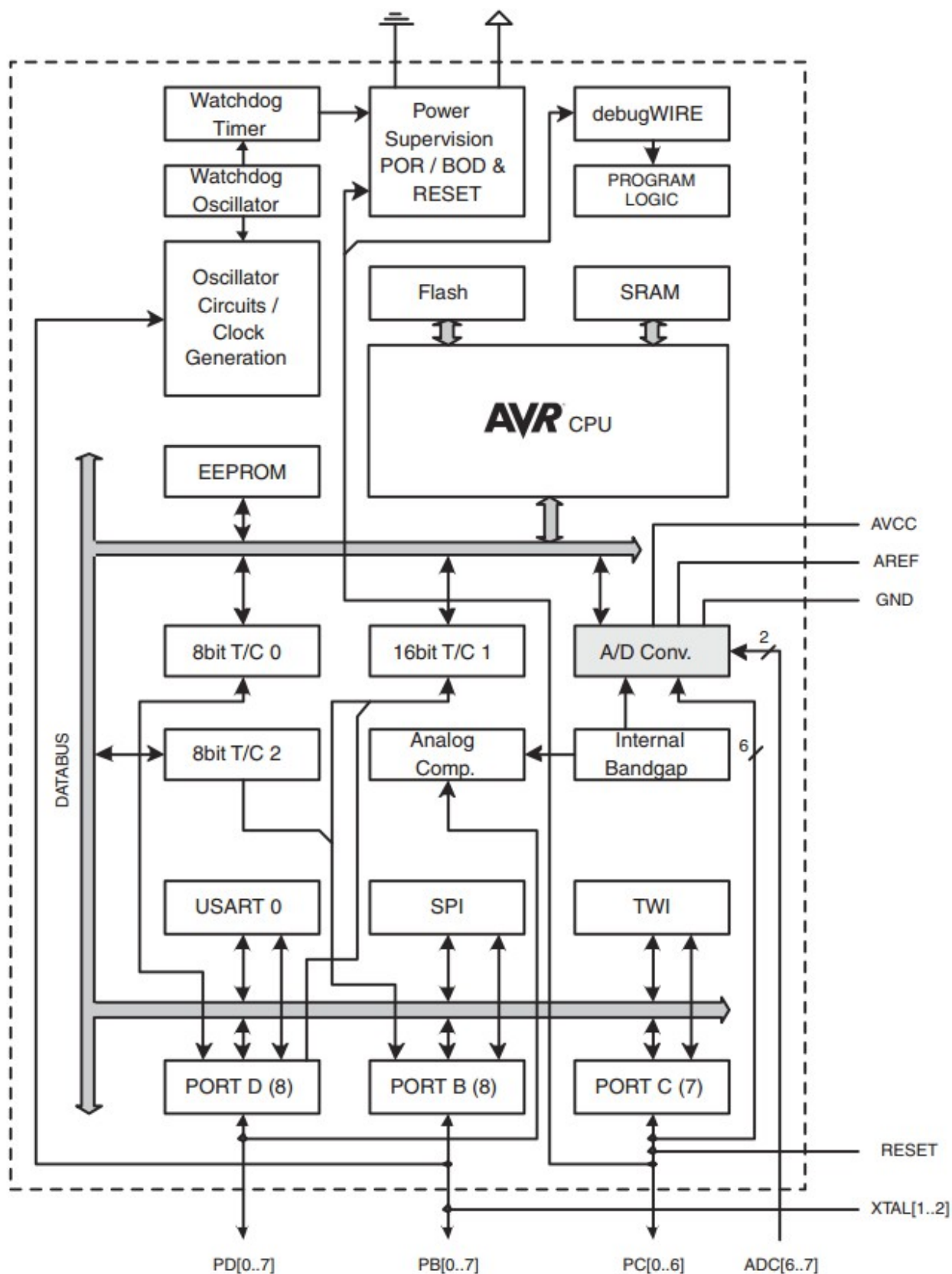
MISO – vždy Master vstup, Slave výstup (Master Input, Slave Output)

MOSI – vždy Master výstup, Slave vstup (Master Output, Slave Input)

SCK – Hodiny, které určuje Master

VCC – napájení 3.3V

GND – zem.



Obr 17: Blokové schéma uP ATmega328P

Nastavení registrů pro funkci přerušení pro ovladač:

PCICR – Pin Change Interrupt Register

PCICR – Pin Change Interrupt Control Register

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
(0x68)	–	–	–	–	–	PCIE2	PCIE1	PCIE0	PCICR
Read/Write	R	R	R	R	R	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

Obr 18: Registr řízení přerušení

U ovladače je procesor v režimu spánku, probudit ho lze stiskem tlačítka. Je tedy třeba nastavit přerušení od „změny“ logické úrovně pinu. To se provede v registru PCICR. Tlačítka jsou na ovladači připojena k procesoru na portu C, D. Je tedy potřeba nastavit PCICR na hodnotu 0x06

PCMSK1 – Pin Change Mask Register 1

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
(0x6C)	–	PCINT14	PCINT13	PCINT12	PCINT11	PCINT10	PCINT9	PCINT8	PCMSK1
Read/Write	R	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

Obr 20: Maskování bitů pro přerušení

PCICR = 0x06;

PCMSK2 – Pin Change Mask Register 2

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
(0x6D)	PCINT23	PCINT22	PCINT21	PCINT20	PCINT19	PCINT18	PCINT17	PCINT16	PCMSK2
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

Obr 21: Maskování bitů pro přerušení (2)

Tlačítko 1 je připojeno na PCINT11 (pin 26)

Tlačítko 2 je připojeno na PCINT22 (pin 10)

Tlačítko 3 je připojeno na PCINT10 (pin 25)

Tlačítko 4 je připojeno na PCINT21 (pin 9)

Musíme tedy správně promaskovat registr PCMSK1 a PCMSK2.

Pro přehlednost definujeme proměnné KEY1, KEY2, KEY3 a KEY4

```
#define KEY1 0x08
```

```
#define KEY2 0x40
```

```
#define KEY3 0x04
```

```
#define KEY4 0x20
```

Dále pak provedeme maskování.

```
PCMSK1 = KEY1 | KEY3;    //maskování bitů pro tlačítka
```

```
PCMSK2 = KEY2 | KEY4;
```

Na ovladači můžeme ještě nastavit LED diodu. Ta je na portu B, registr PCINT7 na pinu 8.

DDRB – The Port B Data Direction Register

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
0x04 (0x24)	DDB7	DDB6	DDB5	DDB4	DDB3	DDB2	DDB1	DDB0	DDRB
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

Obr 22: Registr B

Pro nastavení LED diody si opět nadeklarujeme proměnnou LED:

```
#define LED 0x80
```

```
DDRB = LED;    // LED jako výstup
```

```
PORTB = 0xFC;  // Vypnutí LED
```

Nastavení AD převodníku

AD převodník je k dispozici 10-bitový. Maximální čas převodu činí 260us. Počet vzorků za sekundu je schopen zpracovat 15kSPS při maximálním rozlišení. Absolutní přesnost činí poslední 2 LSB bity. Referenční napětí je 1.1V. Výsledek převodu se vypočítá dle vzorce:

$$ADC = \frac{U_{vst} * 1024}{U_{ref}}$$

AD převodníkem lze měřit i teplotu čipu, teplotní senzor je zabudovaný v procesoru.

ADMUX – ADC Multiplexer Selection Register

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
(0x7C)	REFS1	REFS0	ADLAR	–	MUX3	MUX2	MUX1	MUX0	ADMUX
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

Obr 23: Nastavení AD převodníku

Bit [7:6] znamenají nastavení reference 1.1V s externím kondenzátorem připojený na pin AREF.

Bit [5] ADLAR je 16-bitový registr, kde se nastavuje reprezentace AD výsledku buď na horních 10 bitů nebo spodních 10 bitů.

Bit [3:0] nastavení měření (Napětí na baterii, proud motorem)

ADCSRB – ADC Control and Status Register B

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
(0x7B)	–	ACME	–	–	–	ADTS2	ADTS1	ADTS0	ADCSRB
Read/Write	R	R/W	R	R	R	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

Obr 24: Spuštění AD převodníku od události

ADCSRB = 0x00;

//free running mode – AD převodník stále převádí. Pokud motor neběží, sledujeme napětí na baterii, //pokud motor běží, počítáme proud motorem.

ADCSRA – ADC Control and Status Register A

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
(0x7A)	ADEN	ADSC	ADATE	ADIF	ADIE	ADPS2	ADPS1	ADPS0	ADCSRA
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

Obr 25: Spuštění AD převodníku

ADCSRA = 0xE6;

ADEN znamená ADC Enable – povoluje tedy AD převod.

ADSC – AD Start Conversion – ve free running módu započne převod ihned.

ADATE – ADC Auto Trigger Enable – lze nastavit automatické spuštění AD převodníku od události.

ADPS[3:0] – Division factor. Dělička frekvence mezi systémovým oscilátorem a vstupem na AD převodníku. Děličku nastavíme na 64 z důvodu rychlosti přerušovací rutiny.

TCCR0B – Timer/Counter Control Register B

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
0x25 (0x45)	FOC0A	FOC0B	–	–	WGM02	CS02	CS01	CS00	TCCR0B
Read/Write	W	W	R	R	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

Obr 26: Nastavení časovače/čítače

TCCRB0B |= 0x02 // nastaví děličku základní frekvence 1MHz na 8. Výsledná hodnota tedy bude 3906,25Hz

TIMSK1 – Timer/Counter1 Interrupt Mask Register

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
(0x6F)	–	–	ICIE1	–	–	OCIE1B	OCIE1A	TOIE1	TIMSK1
Read/Write	R	R	R/W	R	R	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

Obr 27: Maskování přerušování od časovače/čítače

TIMSK1 = 2; //Přerušování započne v době, kdy hodnoty registru Compare A jsou shodné s registrem časovače TCNT1.

TCCR1A – Timer/Counter1 Control Register A

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
(0x80)	COM1A1	COM1A0	COM1B1	COM1B0	–	–	WGM11	WGM10	TCCR1A
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R	R	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

Obr 28: Nastavení přerušení z časovače/čítače

TCCR1A = 0 //normální mód, nastavení přerušení každou 1ms

TCCR1B – Timer/Counter1 Control Register B

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
(0x81)	ICNC1	ICES1	–	WGM13	WGM12	CS12	CS11	CS10	TCCR1B
Read/Write	R/W	R/W	R	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

Obr 29: Nastavení přerušení z časovače/čítače (2)

TCCR1B = 0xA //vstupní frekvence 1MHz a čítání každou mikrosekundu

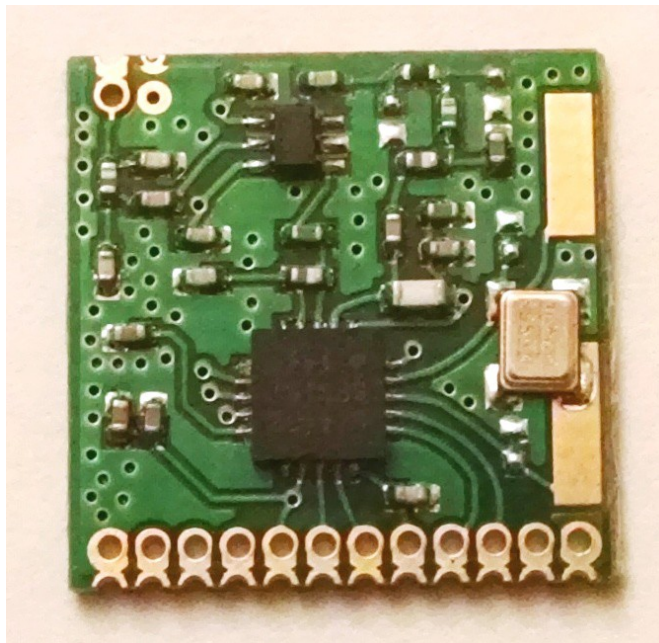
PRR – Power Reduction Register

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
(0x64)	PRTWI	PRTIM2	PRTIM0	–	PRTIM1	PRSPI	PRUSART0	PRADC	PRR
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

Obr 30: Registr řízení spotřeby

V tomto registru lze nastavovat řízení spotřeby. Pokud tento registr naplníme hodnotou 0xFF dojde k zapnutí POWER-DOWN módu, kdy procesor je uvdene do režimu s nízkou spotřebou, tedy 0,1uA. Zastaví se všechny časovače/čítače. Vypne se řízení rozhraní SPI a AD převodník.

6 Bezdrátový komunikační modul DRF4432F20



Obr 31: Modul DRF4432F20

Tento vysoce citlivý modul (-121dBm) s dostatečně silným výstupem 20dBm se hodí pro aplikace s krátkým dosahem. Napájecí napětí je v rozmezí 1.8V ~ 3.6V.

Tento modul byl zvolen proto, protože dokáže vysílat stav ovládaného zařízení.

Modul pracuje na frekvencích 240 až 930MHz, pro naše potřeby je vhodná frekvence 433MHz.

Modul obsahuje čip Si4432, SMD krystal a anténu.

Spotřeba v přijímacím stavu činí 18.1mA a ve vysílacím stavu pak 85mA (při výkonu 20dBm). Velká výhoda tohoto modulu je možnost kompletního vypnutí a to pomocí pull-up rezistoru na pinu SDN=1 (Shutdown) zde je pak spotřeba pouhých 15nA.

Datový tok až 256kbps.

Výrobce dodává spirálovou anténu, bohužel její rozměry jsou nevhodné pro umístění do ovladače a je ji tedy třeba nahradit jinou, vhodnou anténou. Výhoda tohoto modulu je také ta, že anténní výstup má standardní impedanci 50 Ohmů, umožňující připojení mnoha typů běžně dostupných antén.

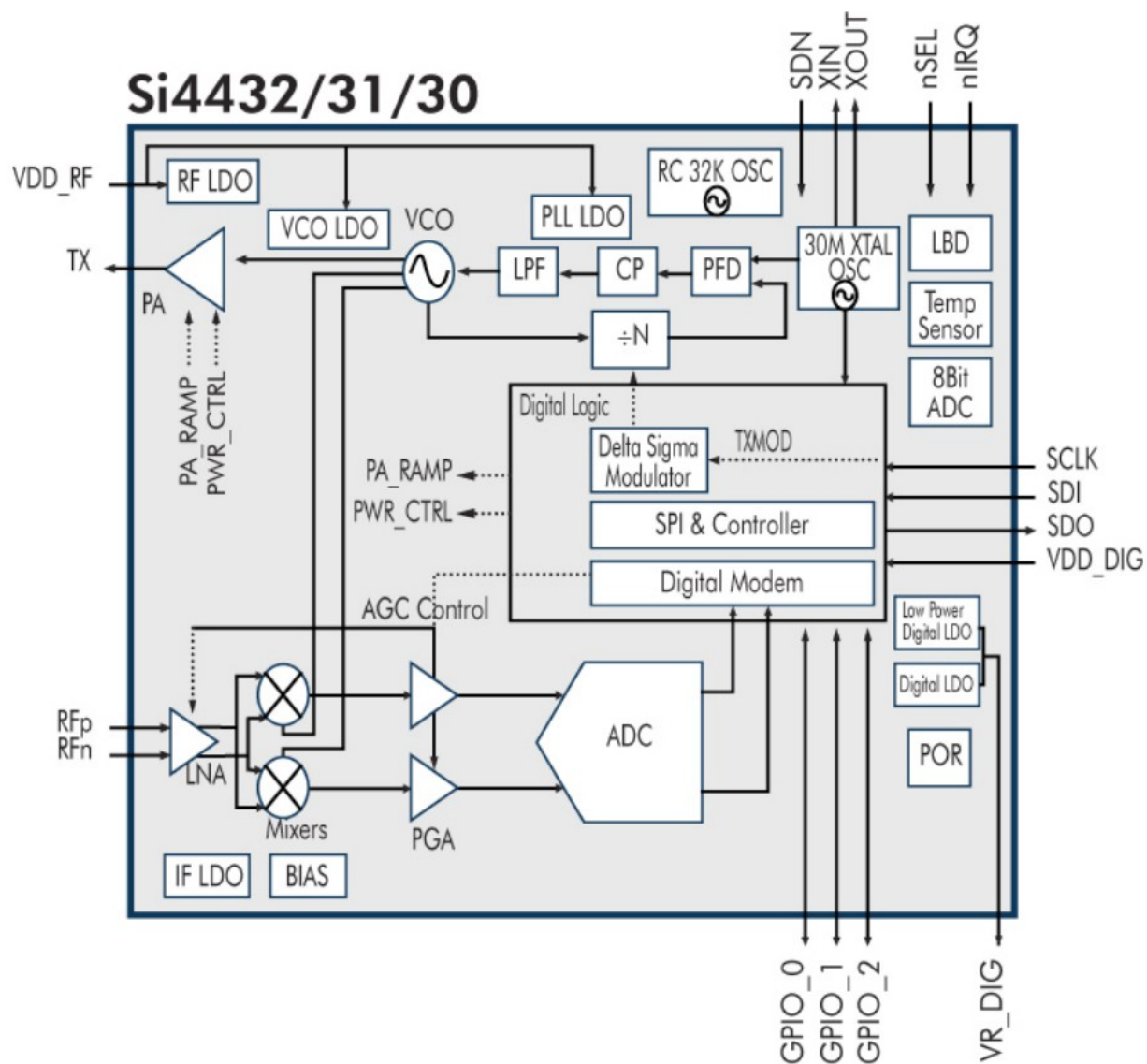
Podpora následujících modulací FSK/GFSK/OOK

FSK – Frequency-shift keying (Frekvenční modulace)

GFSK – Gaussian frequency-shift keying

OOK – On-off keying (Amplitudová modulace)

Použití tohoto modulu je široké. Například bezdrátové měření/čtení pro shromažďování dat o spotřebě vody, či plynu. Bezdrátové PC periférie nebo domovní automatizace.

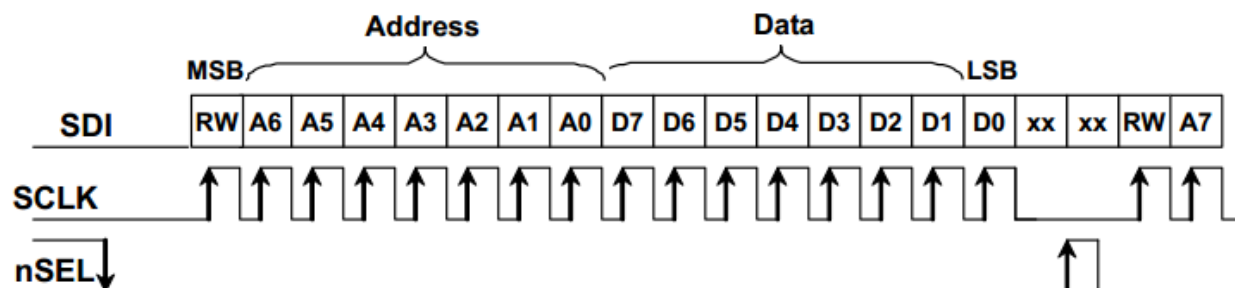


Obr 32: Blokové schéma čipu Si4432

Ke komunikaci s microprocesorem slouží 4-pinové sériové periferní rozhraní SPI.

Čtení dat se provádí na výstupním pinu SDO.

Přenos dat je 16-bitový, tato sekvence bitů se skládá z příznaku na čtení/zápis R/W. Bit R je negovaný, čili pokud R/W = 1 znamená to zápis. Dalších 7 bitů je adresové pole (ADDR) a zbylých 8 bitů je datové pole (DATA), které je po vyslání dostupné v registru SDO.



Obr 33: Datový paket modulu

Fáze vysílacího stavu (TX):

- Zapnutí hlavních regulátorů napětí (Analog, Digital)
- Zapnutí oscilátoru
- Zapnutí fázového závěsu (PLL)
- Kalibrace VCO (Napětím řízený oscilátor)
- Čekání dokud se frekvence pro vysílání neustálí (řízeno vnitřním časovačem)
- Zapnutí zesilovače pro vysílání
- Vyslání paketu

Fáze přijímacího stavu (RX):

- Zapnutí hlavních regulátorů napětí (Analog, Digital)
- Zapnutí oscilátoru
- Zapnutí fázového závěsu (PLL)
- Kalibrace VCO (Napětím řízený oscilátor)
- Čekání na ustálení frekvence pro příjem (řízeno vnitřním časovačem)
- Zapnutí obvodů pro příjem LNA, mixers, ADC
- Zapnutí přijímacího módu v digitálním modemu

Modul umožňuje přerušení od události. V případě přerušení se nastaví výstupní pin nIRQ do úrovně log. „0“

K rozpoznání řídicí desky a ovladače slouží adresování, to je vyřešeno v knihovně RF22Datagram.h od Arduina a pro posílání a příjem paketů slouží knihovna RF22.h

Nadefinování adres:

```
#define CLIENT_ADRESS 2 //adresa ovladače
#define SERVER_ADRESS 1 //adresa řídicí desky
```

Možnosti modulací:

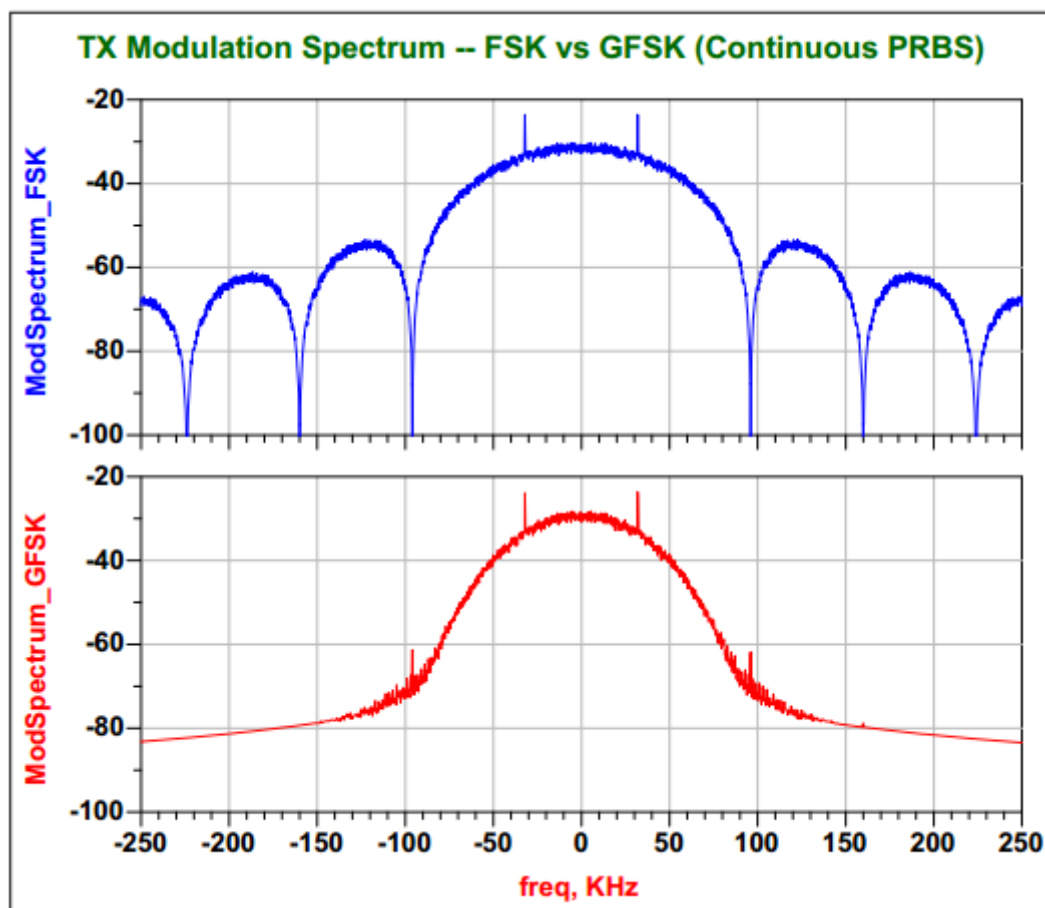
K dispozici jsou tři typy modulací a to

FSK – Frequency-shift keying (Frekvenční modulace)

GFSK – Gaussian frequency-shift keying

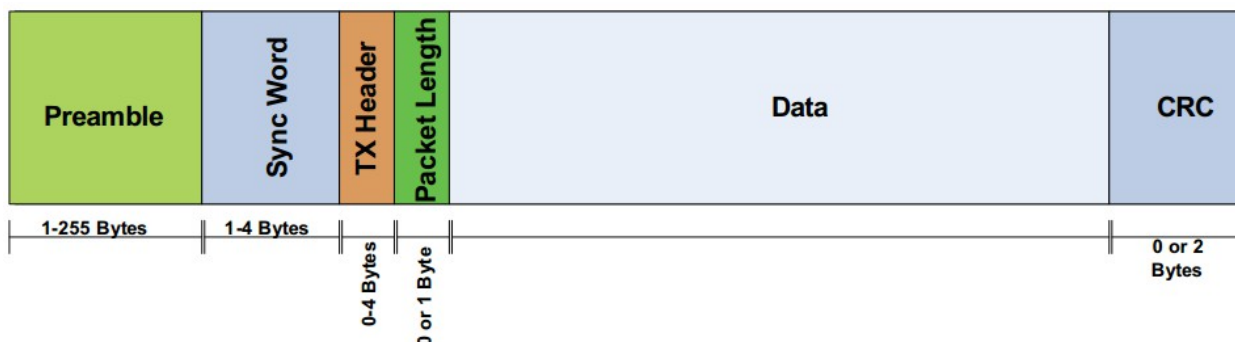
OOK – On-off keying (Amplitudová modulace)

GFSK je doporučená modulace z hlediska čistoty spektra.



Obr 34: Rozdíl mezi FSK a GFSK modulacemi

Konfigurace rámce:



Obr 35: Konfigurace rámce

Pro konfiguraci rámce slouží na čipu jsou dva FIFO zásobníky o velikosti 64bajtů.

Jeden pro vysílání a druhý pro příjem. Programově se nastaví úroveň plnění (thresholds) těchto zásobníků, po překročení této úrovně přijde přerušení.

Preamble je vždy sled střídajících se jedniček a nul a vždy začíná nulou a při přicházejícím rámci je vždy automaticky detekován. V našem případě má velikost 4Bajty.

Synchronizační slovo má velikost 2B

Hlavička 4B.

Délka paketu je 1Bajt.

To je dohromady 11Bajtů. Naše data mají velikost 20Bajtů (0-255) a cyklická kontrola redundance má velikost 2Bajty. Celý rámec tedy zabírá 33Bajtů což je 264bit.

Pro vyslání zprávy do řídicí desky s použitím knihovny RF22.h se použije funkce

```
rf22.sendto(&key, len, SERVER_ADRESS)
```

K přijetí zprávy v řídicí desce použijeme funkci

```
rf22.recvfrom(buf, &len, &from, &to)
```

7 Cenová kalkulace

Celková cena součástek je 500kč pro 3 řídící desky a 3 ovladače a náklady na výrobu těchto celkem 6 DPS jsou 900kč. DPS se nechají vyrobit ve firmě PragoBoard s.r.o. kdy standardní doba dodání DPS je 5 pracovních dnů při využití služby „pool servis“. Tato služba je jednorázová, maska se tedy neuchovává pro pozdější výrobu. Výhoda ve službě pool servis je ta, že výroba je levnější na jednorázovou výrobu například testovacích prototypů desek. Parametry DPS zadány do výroby zmíněnou službou jsou následující:

materiál FR4 1,5mm 18um Cu (základ)
nepájivá maska 1-2x (zelená barva)
servisní potisk 1-2x (bílá barva) - druhý potisk za příplatek
elektrické testování
H.A.S.L. (bezolovnatý HAL) nebo chemické zlacení
obdélníkové frézování vnějšího obrysu (použitá fréza 2,4mm)
spoj/mezera $\geq 150\mu\text{m}$, vrták $\geq 0,3\text{mm}$

Na panel o rozměrech 1dm² se vejdou 3 řídící desky a 3 ovladače. Celkové náklady na jednu řídící desku a jeden ovladač dohromady se součástkami tedy činí 290kč.

8 Průzkum trhu

Hotové řídicí desky s podobnými parametry se cenově pohybují zhruba od tří tisíc. Níže je uveden výběr desek s podobnými parametry (napájení 12-24V, spínaný výkon).

a) MC824H

Řídicí jednotka Nice pro 2 pohony křídlové brány:

- napájení pohonů 24V s mikroprocesorovým řízením otáček jednotlivých motorů
- funkce pomalého rozjezdu a dojezdu.
- vestavěné zařízení ošetřující náraz na překážku při otevíracím i zavíracím cyklu
- ochrana IP 55 (částečně odolné proti prachu a chráněné proti tryskající vodě ze všech úhlů)
- vestavěný mód otevírání jen jednoho křídla pro pěší.

Cena: 4 409 vč. DPH

b) PROTECO Q 54

Řídicí jednotka pro pohony napájené 12V:

- řídicí jednotka ovládá 12V pohony pro dvoukřídlové nebo jednokřídlové brány.
- elektronika pracuje ve spolupráci s koncovými spínači.
- možnost nastavení prodlevy automatického zavření, doby otevření jednoho křídla (pro pěší)
- proudové nastavení 0,3-10A, ochrana proti přivření překážky a její nastavení
- výstup pro napájení radiového přijímače (např. RX 4331)
- napájení ochranných fotobuněk, majáku
- dobíjení akumulátoru až 7Ah.
- ochrana proti přepólování, přetížení a přepětí.

Cena: 4 695 vč. DPH

c) START-S10

Kvalitní řídicí jednotka pro brány 12V a 24V:

- vestavěný přijímač schopný naučit se libovolný pevný kód na frekvenci 433,92 Mhz.
- LED display pro snadnější nastavení disponuje přehledným nastavením, automatickým vyhledáváním koncových poloh.
- samozřejmostí je částečné otevření a také zpomalení v koncových polohách, plynule lze nastavit, kdy a jak moc má pohon zpomalit.
- možnost nastavení chování při detekci překážek a také sílu, proč a kdy má jednotka vyhodnotit překážku.
- parametry lze nastavovat v hodnotách 1-9. Časové parametry jsou pak ve dvou cifrách. Jednotka je dodávána bez transformátoru a bez krabice, lze dokoupit.

Cena: 3 219 vč. DPH

9 Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo navrhnout schéma a DPS pro řízení dvoukřídle brány. Dále osadit a oživit elektroniku a otestovat ji.

Literární rešerše (soupis dostupných řídicích jednotek) je uveden v předposlední kapitole. Zde jsou rozebrány klíčové vlastnosti nabízených řídicích jednotek.

V úvodu je popsána hlavní myšlenka a koncepce domovní automatizace.

Dále jsou detailně popsány navržené DPS a jejich součásti. V dalších kapitolách práce popisuje podrobně nastavení hlavních částí mikroprocesoru ATmega328P a modulu DRF4432F20, které se použily během testování výrobku.

Programové vybavení obsahuje řízení motoru bezdrátově ovladačem, ovšem bez použití šifrování např. Keeloq. Po stisku tlačítka se motor točí na jednu stranu, po dalším stisknutí tlačítka se zastaví a při dalším stisknutí tlačítka se točí na opačnou stranu. Otáčení směru motoru funguje i při přerušení (nadproud motoru, uplynutí maximální doby otáčení brány). Dále je implementována ochrana proti přetížení motoru nadproudem a počítání klouzavého průměru proudu.

Další ochrana je řešena zastavením motoru po uplynutí určité doby.

Administrace systému je možná pouze přes piny sériového rozhraní SPI a následném přeprogramování DPS.

Při návrhu DPS byly zavedeny následující chyby:

- zrcadlově přehozené vývody nožiček 5 až 8 u budiče IR2104
- zrcadlově přehozené nožičky 1/7 a 3/6 u tranzistoru IRF8313
- zrcadlově otočený modul DRF4432F20

V přílohách nalezneme schéma k ovladači, řídicí desce a návrhy obou DPS v programu Altium Designer. Dále pak gerber soubory pro zadání do výroby a seznam součástek. V příloze je ještě nové opravené schéma řídicí desky s řadou vylepšení.

Programové vybavení lze do ovladače nahrát pomocí programátoru např. Arduino Due přes software Arduino IDE, který je volně ke stažení.

Jako další možná rozšíření této práce je možnost zabudování snímače natočení brány. Možnost šifrování zpráv pomocí plovoucího kódu Keeloq.

10 Literatura

- [1] Pavel Herout: Učebnice jazyka C, KOPP, 2004, IV. přepracované vydání, ISBN 80-7232-220-6
- [2] <http://www.anandtech.com/show/9174/home-automation-systems-a-consumer-checklist>
- [3] http://www.copsu.cz/mikrop/didakticka_pomucka/cislicova_technika/zakl_log_cleny/mosfet/tran_mosfet.html
- [4] <http://cs.wikipedia.org/wiki/MOSFET>
- [5] <http://www.irf.com/product-info/datasheets/data/irf8313pbf.pdf>
- [6] <http://www.irf.com/product-info/datasheets/data/ir2104.pdf>
- [7] http://www.atmel.com/images/Atmel-8271-8-bit-AVR-Microcontroller-ATmega48A-48PA-88A-88PA-168A-168PA-328-328P_datasheet_Complete.pdf
- [8] <https://www.silabs.com/Support%20Documents/TechnicalDocs/Si4430-31-32.pdf>
- [9] http://www.pragoboard.cz/pool_servis