



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ**

ÚSTAV MIKROELEKTRONIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF MICROELECTRONICS

VČELAŘSKÁ VÁHA

HIVE SCALE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. PAVEL HLAVÁČ

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. PAVEL ŠTEFFAN, Ph.D.

BRNO 2015



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav mikroelektroniky

Diplomová práce

magisterský navazující studijní obor
Mikroelektronika

Student: Bc. Pavel Hlaváč

ID: 134310

Ročník: 2

Akademický rok: 2014/2015

NÁZEV TÉMATU:

Včelařská váha

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Realizujte včelařskou váhu pro hmotnost úlu 20 - 150 kg s přesností 0,1 kg. Váha bude umístěna pod úlem, trvale zatížena a vystavena klimatickým vlivům. Váhu navrhnete tak, aby umožňovala nastavit frekvenci měření s denní periodou a poskytovala údaje o aktuální teplotě. Data zaznamenávejte lokálně do paměti váhy a následně zasílejte například přes SMS. V návrhu se zaměřte na systém napájení váhy a analyzujte možnosti napájení pomocí solárního článku. Navrhnete aplikaci, která umožní zpracování měřených dat.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

Podle pokynů vedoucího práce

Termín zadání: 10.2.2015

Termín odevzdání: 28.5.2015

Vedoucí práce: doc. Ing. Pavel Šteffan, Ph.D.

Konzultanti diplomové práce:

prof. Ing. Vladislav Musil, CSc.

Předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor diplomové práce nesmí při vytváření diplomové 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.

ABSTRAKT

Tato diplomová práce se zabývá vývojem cenově dostupné včelařské váhy, která bude umístěna pod úlem. Váha je schopna zobrazit uživateli potřebné informace za pomoci mobilní sítě GSM. Příchozí SMS zpráva informuje uživatele o aktuální hmotnosti a vlhkosti. Získané informace lze následně graficky zobrazit ve vytvořené aplikaci pro android telefon.

KLÍČOVÁ SLOVA

Tenzometrický snímač, GSM modul, Včelařská váha, Solární dobíjení

ABSTRACT

This thesis deals with the development of an affordable hive scale which will be placed under the hive. The scale is expected to show the user all necessary information via the GSM mobile network. Incoming SMS message informs the user about the current weight and moisture. The information obtained can be displayed graphically in the application for android phones.

KEYWORDS

Strain-gauge sensor, GSM module, Hive Scale, Solar charging

HLAVÁČ, P. *Včelařská váha*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií. Ústav mikroelektroniky, 2015. 51 s. Vedoucí diplomové práce: doc. Ing. Pavel Šteffan, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že diplomovou práci na téma Včelařská váha, jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této diplomové práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a/nebo majetkových. Jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

V Brně dne

.....

(podpis autora)

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Pavlovi Šteffanovi, Ph.D. za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a za další cenné rady při zpracování mé diplomové práce.

V Brně dne

.....

(podpis autora)

OBSAH

Úvod	8
1 TEORETICKÁ ČÁST	9
1.1 Váhy v praxi.....	9
1.2 Prodávané váhy u nás i v zahraničí.....	9
1.2.1 Váha EMMA.....	10
1.2.2 Váha Bee WISE	10
1.2.3 Váha CAPAZ	11
1.3 Princip měření hmotnosti.....	12
1.3.1 Funkce a rozdělení	12
1.3.2 Pružné deformační členy	12
1.4 Tenzometry	12
1.4.1 Kovové tenzometry.....	13
1.4.2 Polovodičové tenzometry	13
1.5 Tenzometry v můstkovém zapojení.....	13
1.5.1 Napájení můstku	14
1.5.2 Wheatstoneův můstek.....	14
1.6 Přenos dat.....	15
1.6.1 UART.....	15
1.6.2 One Wire.....	15
1.7 Akumulátor	17
1.7.1 Základní typy olověných akumulátorů	17
1.8 Životnost baterie	18
1.8.1 Sulfatace.....	19
1.9 Mikroprocesor.....	19
1.10 Návrh zdroje	19
1.10.1 Stabilizátory	20
1.10.2 Spínaný stabilizátor.....	21
1.10.3 Spínaný stabilizátor + LDO	21
1.11 Fotovoltaický systém	23
1.11.1 Solární panel	24
1.11.2 Solární regulátor	24

2 PRAKTICKÁ ČÁST	25
2.1 Výběr tenzometrických snímačů	26
2.1.1 Možnosti zapojení zvolených tenzometrických snímačů	27
2.2 Zesilovač signálu	28
2.3 Teplotní senzor	29
2.4 GSM modul.....	29
2.5 Výběr mikroprocesoru	32
2.6 Řídící jednotka	32
2.7 Vývojové prostředí	33
2.8 Navrhnutý napájecí zdroj.....	35
2.9 Návrh desky plošných spojů	36
2.10 Olověná baterie	37
2.11 Popis funkce.....	39
2.12 Návrh aplikace pro zpracování dat	40
2.13 Předpokládaná výdrž baterie.....	43
2.14 Možnost solárního dobíjení	44
3 ZÁVĚR	45
Seznam použité literatury	46
Seznam obrázků	47
Seznam použitých zkratk	48
Seznam použitých programů	49
Obsah příloženého CD	50

ÚVOD

Včelaření je volně přístupný koníček umožňující spojit užitek, radost i zábavu. Téměř každého včelaře těší rozvoj a prosperita svého včelstva. Na světě je hodně moderních včelařů, kteří chtějí mít pravidelný přehled o svých včelstvech. Snaží si práci s nimi nějak ulehčovat a jednou z pomůcek jsou tzv. včelařské váhy, které si včelaři pořizují, aby je informovaly o stavu jejich včelstev. Váha napomáhá nejenom s přibližným odhadem zásob medu ve včelstvu, ale také s přehledem o výkonnosti včel, jejich možnosti vyrojení a mnoho dalšího. Díky ní je také možný snadný odhad optimální doby medobraní a určení potřeby pro příkrmení včelstva. Některé včelaře mimo jiné zajímá teplota, která může v zimním období signalizovat úhyn včelstva. Změřená data slouží převážně k včasnému opatření a minimalizaci počtu zásahů do včelstva, což prospívá nejenom včelstvu, ale zároveň i včelaři.

Po nastudování a vyhodnocení problematiky zadané diplomové práce, jsem se rozhodl pro návrh včelařské váhy tak, aby byla co nejvíce cenově dostupná a zpříjemnila práci nejenom včelařům, ale také i život včelám, které lze zařadit mezi nejdůležitější hmyz na zemi. Ve včelařské historii není žádná novinka měření hmotnosti za pomoci včelařské váhy. Už delší dobu se mezi včelaři využívají různé mechanické ručičkové váhy, které mají spoustu nedostatků. Největší nevýhodou těchto ručičkových vah je nutnost pravidelné obsluhy. Dnešní trend směřuje spíše k automatizaci a digitalizaci naměřených hodnot s možností rychlého zpracování a odeslání dat na požadované místo bez nutnosti obsluhy. Prodávané digitální váhy se vyznačují velkou přesností a umožňují připojení nejméně jedné řídicí jednotky, která zároveň s GSM modulem a nějakým snímačem může zvýšit po naprogramování bezpečnost včelstva a celého včelínu. To může být využito jako primární ochrana před potenciálními zloději, či dalšími hrozbami. Řídicí jednotka je skvělý pomocník, který se dá naprogramovat podle potřeb uživatele.

Dnešní GSM síť pokrývá ve vyspělých zemích značně rozsáhlá území. Lze ji považovat za dostupnou téměř vždy, což ji činí ideální pro použití v různých směrech. Lze ji použít k hlasovému spojení i k přenosu monitorovacích a řídicích dat. Pro včelařskou váhu je použití SMS zpráv pro komunikaci po GSM síti levným a výhodným řešením.

Jelikož včelaři nepotřebují měřit přesnou hodnotu hmotnosti úlu a vystačí si pouze s měřením rozdílu naměřených hodnot v uplynulém období, odpadá tím nutnost řešit únavu materiálu (tzv. tečení) na tenzometrických snímačích, které je způsobené stálým zatížením. Snímače, které odolávají velkému tečení materiálu, se prodávají v řádu tisíců korun. Právě z těchto důvodů jsou v práci použity obyčejné tenzometrické snímače s pořizovací cenou pod tisíc korun.

1 TEORETICKÁ ČÁST

1.1 Váhy v praxi

Vážení hmotnosti vytváří včelaři přehled nad svým včelstvem, což přináší spoustu výhod. Pokud má včelař dostatečný počet údajů o hmotnosti, tak na ně může včas reagovat. Data z každodenního vážení je lepší mít pro snadnější orientaci vykreslené v přehledném grafu.

Váhy ulehčují práci včelařům z různých důvodů, především s:

- přehledem zásob v zimním období
- vyhodnocením optimální doby medobraní
- kontrolou volného místa v úlu vypočítaného z hmotnosti
- odhadnutím vhodné doby přidání nástavku
- přehledem zásob po zakrmení potřebným k přezimování
- přehledem nárůstu hmotnosti v sezóně
- kontrolou začínající jarní snůšky
- menší potřebou návštěvy včel
- vyhodnocením sezóny

Pro dostatečnou kontrolu nad svými včelami je vhodné použít více včelařských vah pro přesnější porovnání. Úplně nejlepší je však mít váhu pod každým včelstvem, jelikož každý úl má různě velká a výkonná včelstva, která se mohou chovat jinak. Nedá se z jednoho včelstva určit, zda už všechna včelstva začala například (např.) jarní snůšku. Porovnáváním strmostí snůšek může včelař poznat kvalitu matky, nevhodné umístění úlu a mnohem víc.

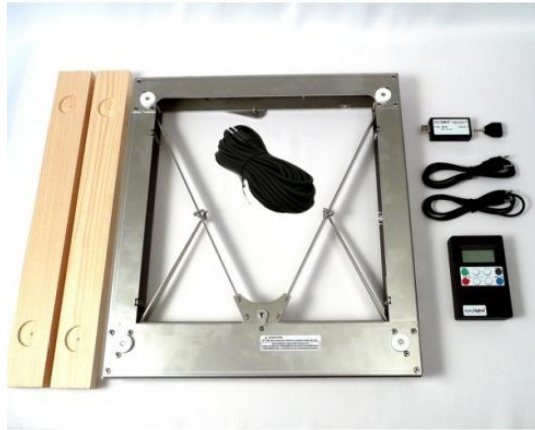
Spousta včelařů si uvědomuje, že vážení v praxi přináší nespočetné množství výhod. V dnešní době je stále mnoho včelařů, kteří včelaří bez velkých zisků a to pouze pro zábavu a svoji vlastní potřebu. Pro vážení si z finančních důvodů většinou pořizují levné ručičkové váhy, které je potřeba každodenně obsluhovat, nejlépe ve stejnou hodinu. Takové vážení je pracné, časově náročné a může narušovat práci včel. V obchodech se už nějakou dobu nachází digitální automatizované váhy, které není potřeba obsluhovat, avšak výběr není velký a cena je stále vysoká.

1.2 Prodávané váhy u nás i v zahraničí

Váhy s možností automatizovaného záznamu nejsou zatím v České republice (ČR) moc rozšířené. Podle mého názoru mezi největší výrobce včelařských digitálních vah v ČR patří firma ApisDigital. Ta je na trhu již několik let a jejich váhy se stále zkvalitňují a vyvíjí.

1.2.1 Váha EMMA

Tato váha je výsledkem práce pánů Josefa a Pavla Karáska, kteří jsou majiteli zmiňované firmy ApisDigital. Na svých internetových stránkách nabízí k prodeji několik modifikací této váhy. Jeden z výrobků je zobrazen na následujícím obrázku.



Obr. 1 Váha Emma bez možnosti GSM přenosu [4]

Tato váha je stavěná na trvalé umístění pod úl. Ze záznamu lze pomocí počítače zobrazit grafy. Záznam je také možno prohlížet v číselné podobě na přenosném ovladači. Zařízení pracuje i za vyšší venkovní vlhkosti při teplotách -20 až +40 °C. Je zajímavá svou nízkou spotřebou energie a k životu jí stačí napájení z menšího akumulátoru. Všechny části systému jsou připojeny ke společné sběrnici stíněnou dvojlínkou, zakončenou konektory typu JACK. Komunikační jednotka umožňuje připojení až 31 vah, včetně dalšího příslušenství. ApisDigital na svých stránkách též nabízí váhu s možností bezdrátového přenosu dat s cenou 16 990 Kč. [4]

1.2.2 Váha Bee WISE

Jedná se o sériově vyráběný produkt francouzské výroby s rozsahem váživosti 0 - 140 Kg. Maximální přípustnou zátěž výrobce udává 200 Kg. Váhu lze napájet 8 - 30V při teplotním pracovním rozsahu -10°C až +55°C. Pro měření využívá 4 tenzometrické snímače. Vyhodnocená data zasílá přes SMS. Cena váhy se pohybuje kolem 24 000 korun. Konstrukce umožňuje připojit k jednotce 4 další váhy a tím zaznamenávat více úlů zároveň. Pro vykreslení dat na počítači je potřeba zakoupit GSM modem, který se připojí k počítači. Váha si pamatuje pouze 64 měření. [7]



Obr. 2 Váha Bee WISE [7]

1.2.3 Váha CAPAZ

Jedná se o nejpropracovanější úlovou váhu, kterou se mi podařilo najít. Německý výrobce uvádí malý odběr energie s přibližnou výdrží baterie bez nabití až 200 dní. Váha nabízí jednoduché připojení různých senzorů. Pro ovládání lze použít ruční terminál, nebo notebook. Firma CAPAZ má velice pěkně propracované programové vybavení na ovládání a vykreslování. Váha se dá koupit za přibližnou cenu 30 000 Kč. [3]

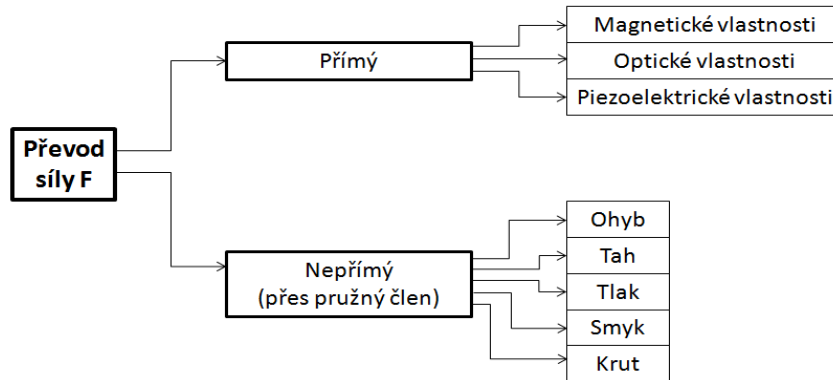


Obr. 3 Váha od firmy CAPAZ [3]

1.3 Princip měření hmotnosti

1.3.1 Funkce a rozdělení

Měření hmotnosti využívá fyzikálních závislostí. Převážná většina senzorů tíhy a síly pracuje na principu deformace materiálu vytvořenou silou. Na následujícím obrázku je shrnuto rozdělení senzorů síly podle principu převodu. [4]



Obr. 4 Rozdělení převodu síly podle principu

1.3.2 Pružné deformační členy

Pružné členy za pomoci senzorů mechanického napětí (nejčastěji odporových tenzometrů) převádí sílu na elektricky měřitelné hodnoty.

Pro výrobu deformačních členů se nejčastěji používá tzv. pružinová antikorozi ocel, na kterou jsou při výrobě kladeny vysoké požadavky. Materiály pro pružné nosníky se zaměřují na minimální teplotní roztažnost, dobré antikorozi účinky, minimální tečení materiálu, a mnohem více. [4]

1.4 Tenzometry

Tenzometry se vyrábí ve tvaru drátku a pásku, které po nalepení umožňují měřit mechanické namáhání materiálu, kde velikost změny vždy závisí na velikosti působícího tlaku. Ohyb nosného členu způsobí prodloužení nebo zkrácení tenzometru (délka se zvětšuje a průřez zmenšuje), což vyvolá změnu odporu. Délka tenzometru se dá výrazně zvětšit pomocí klikatého meandrovitého uspořádání, při kterém se celkové prodloužení násobí počtem rovnoběžných drah ve směru měřeného prodloužení. [5,6]

Při výrobě jsou kladeny vysoké požadavky na kvalitu tenzometru se snahou co nejmenší hystereze. Obecně se řadí do skupiny odporových snímačů, kde se mění změna odporu při deformaci jen o řád $\mu\Omega$ a to vytváří velké požadavky na vyhodnocovací obvod. Měřicí signál musí být dostatečně zesílen tak, aby co nejvíce eliminoval vliv rušení. Tenzometry jsou k povrchu připevněny tenkou vrstvou lepidla, které má izolační vlastnosti. Kvalita materiálů a způsob lepení má výrazný vliv na přesnost měření. Důležitý je zejména výběr vhodného tvaru a materiálu u měrného členu. [5,6]

1.4.1 Kovové tenzometry

Kovové tenzometry se využívají pro svou velkou přesnost a nachází uplatnění při měření s malou chybou. K výrobě se nejčastěji používá konstantan (60% mědi a 40% niklu) a chromniklová slitina (80% chromu a 20% niklu). Tenzometry mají základní parametr ve formě koeficientu k , který vyjadřuje poměr mezi relativní změnou délky a relativní změnou odporu. U kovových tenzometrů se k pohybuje kolem hodnoty 2. [4,5,6]

Vztah charakteristický pro změnu odporu:

$$\frac{\Delta R}{R_0} = k \cdot \varepsilon \quad (4,5,6)$$

kde:	ΔR	odpovídá změně elektrického odporu
	R_0	odpovídá jmenovitému odporu tenzometru
	k	představuje koeficient snímače
	ε	odpovídá relativnímu prodloužení $\varepsilon = \frac{\Delta l}{l}$
	Δl	je změna délky snímače
	l	je délka snímače

1.4.2 Polovodičové tenzometry

Polovodičové tenzometry mají až 60x větší citlivost než kovové tenzometry. Umožňují tak výrobu velmi malých snímačů s vysokou tuhostí, které se vyrábí difúzí nečistot do tenké vrstvy čistého křemíku a pracují na principu piezo-rezistivním jevu (piezo-odporovém efektu). Změna odporu je převážně závislá na deformaci polovodičového krystalu, který se nejčastěji vyrábí z monokrystalu křemíku či germania. Na lepidlo spojující polovodičový tenzometr s měřeným objektem jsou kladeny vysoké nároky. V závislosti na velikosti fyzikálního vlivu je polovodič schopný měnit svou vodivost. Zde patří např. teplota způsobující teplotní závislost, světlo a tlak. [4,5]

1.5 Tenzometry v můstkovém zapojení

Můstky nachází uplatnění u přesného měření kapacit, odporů a indukčností. Princip funkce spočívá v rovnováze obou větví. Při měření kapacit a indukčností se používá střídavé napájení a pro měření odporu se volí střídavé i stejnosměrné. Jelikož je změna odporu tenzometrů malá a hůře měřitelná, měří se v praxi nejčastěji změna napětí, která je snadněji vyhodnotitelná a více použitelná. [4,7]

1.5.1 Napájení můstku

Můstky lze rozdělit podle způsobu napájení na *stejnoseměrné* a *střídavé*.

Stejnoseměrný měřicí můstek

Stejnoseměrné můstky se řadí mezi nejvíce používané z důvodu spolehlivosti a jednoduchosti vyvážení. Napájení je provedeno stejnosměrným napětím a výstupem z můstku je malá hodnota stejnosměrného napětí. Velikost výstupního napětí je závislá na rozvážení můstku. [7]

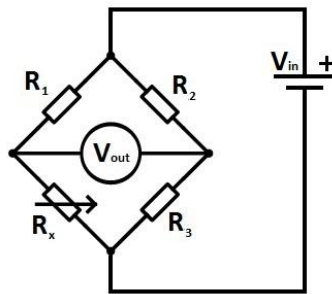
Střídavý měřicí můstek

Tyto můstky jsou nejčastěji napájeny střídavým napětím s frekvencí několika kHz. Zpracování signálu je poměrně složitější, než u napájení stejnosměrným signálem. Výhodou je lepší eliminace nežádoucího rušení. [7]

1.5.2 Wheatstoneův můstek

Wheatstoneův můstek se používá k měření velmi malých hodnot odporu a lze ho zařadit mezi nejznámější typy odporových můstků. [7]

Měřicí můstek je obvod složený ze čtyř stejných, správně zapojených rezistorů.



Obr. 5 Zapojení Wheatstoneova můstku

Pokud je alespoň jeden rezistor proměnný, potom pro můstek platí následující rovnice:

$$\frac{R_1}{R_x} = \frac{R_2}{R_3} \Rightarrow R_x = \frac{R_1 R_3}{R_2} \quad (2)$$

kde:

- R_x zastupuje proměnný rezistor (tenzometr) určující rozvážení můstku
- proud protéká přes dvě větve, kde jednu větev tvoří rezistory $R_1 + R_x$ a druhou rezistory $R_2 + R_3$
- velikost napětí na výstupu V_{out} je závislá na velikosti vstupního napětí V_{in}

Při přesných hodnotách rezistorů je hodnota obou větví stejná. Protékající proud se

rozdělí přesně na polovinu a můstek je vyvážený, což vyvolá stejné úbytky napětí na rezistorech a výstupní napětí z můstku odpovídá hodnotě 0V.

V praxi se nejvíce využívá *plného* a *polovičního* můstkové zapojení. Použití pouze *čtvrtinového* zapojení s jedním tenzometrem není dobré z důvodu nezbytné teplotní kompenzace. U *polovičního můstku* se zapojují pouze dva tenzometry nalepené tak, aby se signály z obou tenzometrů sčítaly. Zbytek můstku je zaplněn rezistory s pevnou hodnotou odporu. *Polovičního můstkového* zapojení se využívá při měření ohybu nosníku, kde jsou tenzometry umístěny na protějších stranách namáhaného nosníku tak, aby se účinky celkového prodloužení nosníku vykompenzovaly. Vyruší se tím např. účinky teploty. *Plné můstkové zapojení* má vyšší citlivost a je teplotně kompenzované. [4,7]

Výhody plného můstku:

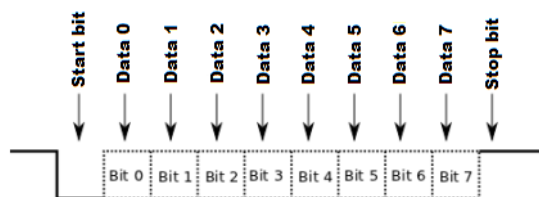
- 4 x větší citlivost, než u čtvrtinového mostu
- malá chyba změnou teploty

Při použití 4 snímačů, obsahující 2 tenzometry zapojené do půlmůstku, dojde navíc k anulování činitele nelinearity. [4,7]

1.6 Přenos dat

1.6.1 UART

Jedná se o sériovou komunikaci, která funguje v asynchronním režimu. UART vysílá data na pinu, který se značí TX (transmit) a přijímá na pinu RX (receive). Pokud neprobíhá žádná komunikace (vysílání, příjem), tak je klidová úroveň signálu v logické 1 (log. 1). Vysílání se zahájí až změnou hodnoty signálu na logickou 0 (log. 0) po dobu jednoho bitu (tzv. start bitu). Dále jsou zaslány datové bity, po kterých následuje poslední ukončovací bit (tzv. stop bit). Po odvysílání stop bitu s hodnotou log. 1, může začít další přenos bajtu. [8]

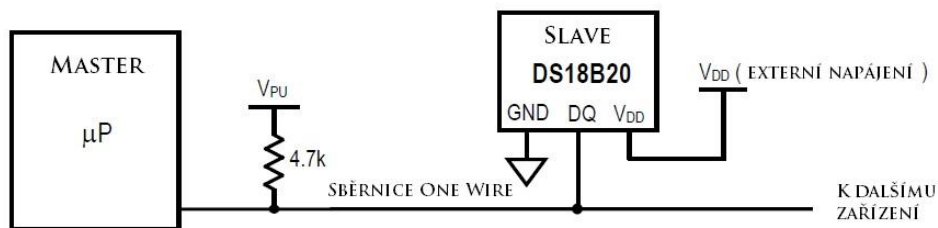


Obr. 6 Asynchronní 8-bitový přenos

1.6.2 One Wire

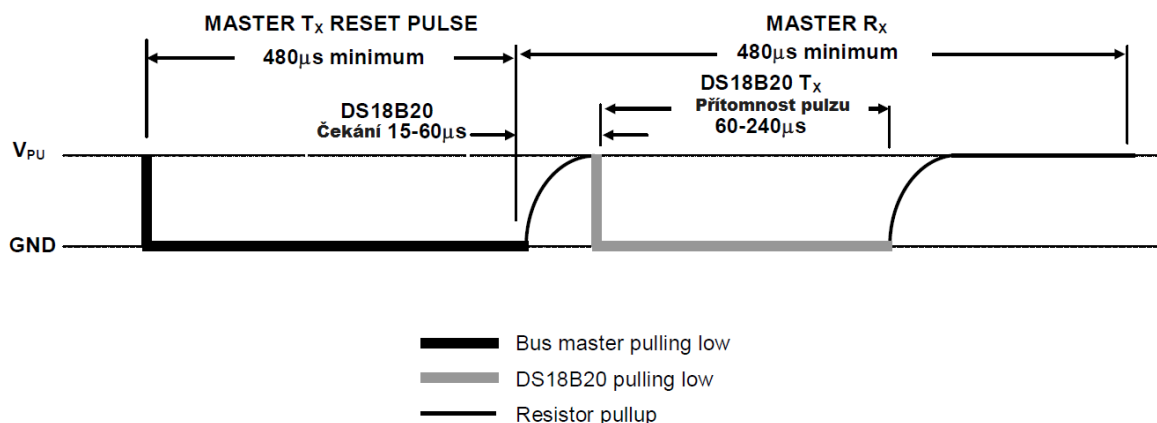
Firma Dallas Semiconductors vyvinula sběrnici, která potřebuje k přenosu informací pouze jeden vodič, který může zároveň sloužit i jako napájecí. Napětí pro napájení je od 2,8 V do 6 V. Všechny zařízení mají společný datový vodič, zem i napájení. K One Wire sběrnici, která komunikuje rychlostí 16 Kbit/s i 128 Kbit/s,

může být připojeno pouze jedno MASTER zařízení, ostatní musí být SLAVE. V logické jedničce je udržována pomocí pull-up rezistoru s doporučenou hodnotou 4,7 k Ω . [9]



Obr. 7 Typické zapojení sběrnice One Wire [9]

Komunikaci začíná master nastavením sběrnice do logické 0 na dobu 480 μ s a poté přejde do režimu naslouchání. Po uvolnění sběrnice je 4,7 k Ω pull-up rezistorem nastavena logická 1, kterou detekují ostatní SLAVE zařízení, v tomto případě teplotní senzor DS18B20, který po detekování náběžné hrany čeká 15 – 60 μ s a nastaví sběrnici do logické 0 na dobu 60 – 240 μ s. Pokud se zařízení správně ohlásí, může master začít vysílat a přijímat data. [9]

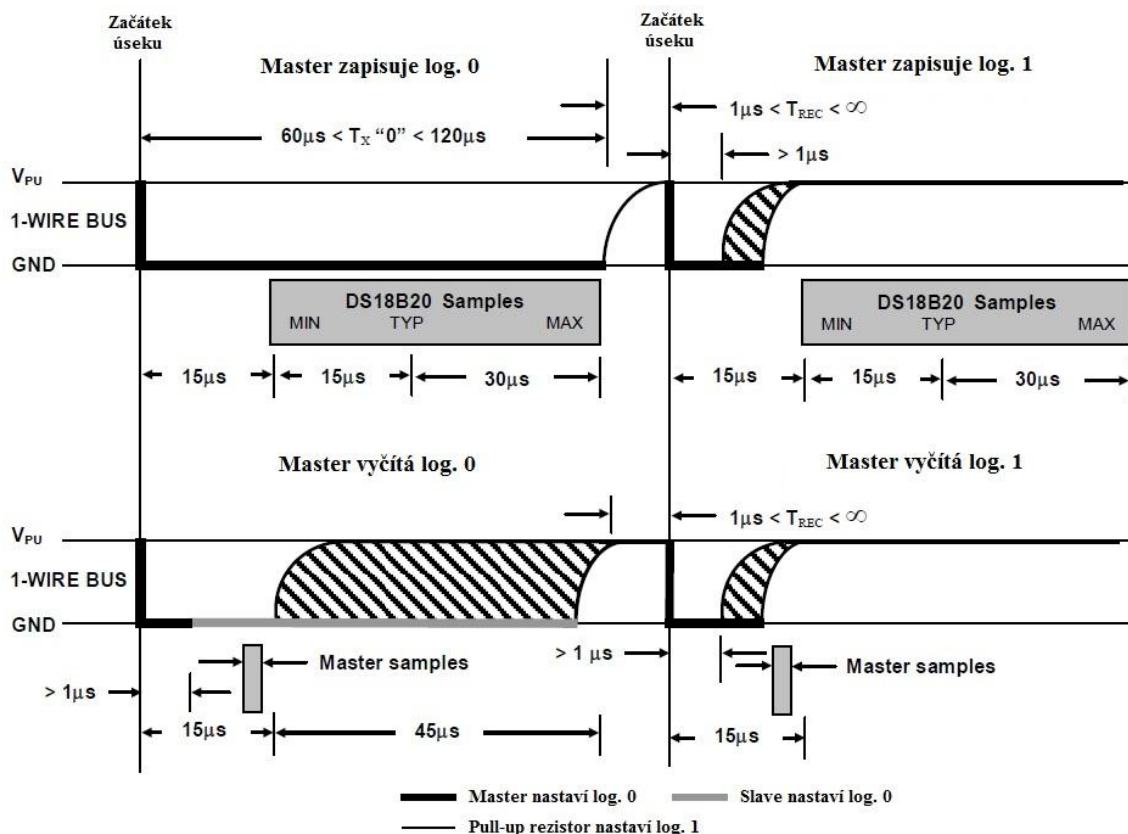


Obr. 8 Resetovací a přítomný pulz

Data se vysílají i přijímají v časových úsecích dlouhých 60 – 120 μ s. V jednom časovém úseku se zasílá pouze jeden bit a mezi úseky musí být mezera alespoň 1 μ s. Zařízení MASTER zasílá log. 1 tak, že uzemní linku po dobu 1-15 μ s a následně pull-up rezistorem automaticky nastaví do konce časového úseku logickou 1. Odeslání log. 0 je provedeno stažením linky do log. 0 po celou dobu úseku. Při čtení musí MASTER nejprve nastavit log. 0 a až poté může přečíst příchozí jeden bit. Zařízení SLAVE odesílá log. 0 uzemněním linky v celém časovém úseku. Log. 1 přeneše opačným způsobem. [9]

Více zařízení na jedné sběrnici

Adresování připojeného zařízení se provádí pomocí 64bitového kódu, který je v paměti ROM každého připojeného zařízení. Pokud je na sběrnici připojeno více zařízení, je potřeba nejprve zjistit ID jednotlivých zařízení za pomoci algoritmu, který není zcela jednoduchý. [10]



Obr. 9 Přenos dat v časových úsecích [9]

1.7 Akumulátor

Akumulátor je zásobník energie, který se skládá z 2 článků (kladného a záporného). Při spojení více článků je nazýván baterií. Základní funkcí je uchovávat energii, neboli ji hromadit (akumulovat). Pro způsob použití se rozlišují dva základní typy článků: [20]

Primární – Energií dodávají hned po sestavení a nedají se dobíjet

Sekundární – Jako zdroj energie fungují až po nabití.

Akumulátor funguje na principu přeměny elektrické energie na energii chemickou, kterou je možno transformovat zpět vybijecím proudem. Po přeměně na tuto energii (po nabití) může být akumulátor téměř kdekoli a kdykoli použit jako elektrochemický zdroj energie, kterým protéká pouze stejnosměrný elektrický proud. Při vybití prochází elektrický proud směrem od kladné elektrody k záporné. Proces nabíjení je opačný. Aby se akumulátor nabíjel, je potřeba dodat z vnějšku dostatečnou energii. [20]

1.7.1 Základní typy olověných akumulátorů

Trakční

Tyto akumulátory jsou nejvíce používány jako zdroj energie pro pohon elektrického dopravního prostředku. Zde patří např. invalidní vozík, manipulační vozík

a golfový vozík. Jsou stavěné pro maximální životnost v režimu nabíjení a vybíjení. Vyrábí se akumulátory, které zvládnou více než tisíc nabíjecích i vybíjecích cyklů. [11,12]

Trakční akumulátory se vyrábí ve více provedení, stejně jako většina dalších typů. **V základě se rozlišují na:**

- AGM
- gelové
- zaplavené tekutým elektrolytem

U typu AGM je elektrolyt nasáknutý ve skelném rounu, je dražší a má větší aktivní plochu mřížek. Odolává nízkým teplotám a vyšším nabíjecím i startovacím proudům. Gelové akumulátory mají elektrolyt vázaný v gelu a jsou méně citlivé na hluboké vybíjení, což se projevuje pomalejším ztrácením kapacity. Veškeré zmíněné informace záleží na výrobci a nemusí vždy platit. [20]

U gelového a AGM akumulátoru je podstatně větší náchylnost na přebíjení, než je tomu u akumulátoru se zaplavenými elektrodami, jelikož nelze do těchto typů akumulátorů dolévat destilovanou vodu, která se při přebíjení ztrácí. Nevýhodou akumulátorů se zaplavenými elektrodami je riziko nebezpečí úniku elektrolytu, který je potřeba pravidelně kontrolovat a doplňovat destilovanou vodou. [20]

Staniční

Používají se převážně pro nouzové dodání elektrické energie, při výpadku hlavního napájecího zdroje energie. Většinu jejich života jsou plně nabitě a v případě potřeby uchovanou energií dodávají do zařízení na nezbytně nutnou dobu. Pro dlouhou životnost akumulátoru v nabitěm stavu se používají široké olověné elektrody, což se výrazně projeví na váze akumulátoru. Využití nachází všude tam, kde je potřeba stálého napájení. Např. se může jednat o nemocnici. [12]

Startovací

Jsou schopny okamžitě dodat velký proud. Mají malý vnitřní odpor, menší váhu a mnohem kratší životnost. Snahou výrobců je, aby akumulátor v ideálním případě měl nulový vnitřní odpor a neměnné výstupní napětí při protékajícím proudem. V praxi se převážně využívá, jako zdroj ke startování spalovacích motorů. [12]

1.8 Životnost baterie

Používání baterie v režimu, pro který není vyrobena, hraje významnou roli na délce její životnosti. Ta záleží na faktorech, jako jsou např. hluboké vybíjecí cykly, zkraty, úbytky vody, vyšší provozní teploty, atd. Lze říci, že pro různé typy akumulátorů existují odlišné dominantní typy degračních mechanismů určujících předpokládanou životnost ve zvoleném pracovním režimu. Často vyskytujícím se problémem je úbytek destilované vody v akumulátoru a následné zvýšení koncentrace kyseliny vedoucí k výraznému zvýšení samovybíjení, nedostatečnému nabití a sulfataci olověných desek.[19]

1.8.1 Sulfatace

Jedná se o nežádoucí jev vyskytující se u olověných akumulátorů, pokud jsou delší dobu (v řádu dnů) ponechány v nedostatečně nabitém stavu. Následkem sulfatace je výrazné snížení kapacity akumulátoru a nárůst vnitřního odporu projevující se snížením maximálního proudu a napětí. Při větším vybití a vyšší teplotě olověného akumulátoru probíhá sulfatace rychleji.

1.9 Mikroprocesor

Mikroprocesor lze označit anglickou zkratkou Micro Controller Unit (MCU). Lze si ho představit jako složitý číslicový integrovaný obvod provádějící strojové instrukce, ze kterých je vytvořen počítačový program uložený ve vnitřní paměti. Mezi největší výrobce lze označit firmy: STmicroelectronics, Texas Instruments, ATMEL, FreeScale a Microchip. [14]

Výraz *mikroprocesor* je složen ze dvou částí, které lze vysvětlit takto:

mikro- znamená, že je vše potřebné miniaturizované do jediného pouzdra

procesor- znamená, že pracuje podle nahraného programu

Základní vlastností mikroprocesoru je tedy programovatelnost a integrace všech obvodů do jednoho pouzdra. Jádrem mikroprocesoru je logický obvod, který umí zpracovat sadu jednoduchých mikroinstrukcí. Napsat program pro aplikaci pouze s využitím mikroinstrukcí je složité, a proto každý procesor obsahuje sadu instrukcí pro praktické programování. Převod instrukcí na mikroinstrukce obstarává program napsaný v mikroinstrukcích, který je důležitou částí mikroprocesoru. Z tohoto pohledu existují koncepce CISC a RISC. U koncepce CISC má mikroprocesor nejúplnější instrukční sadu a u RISC redukovanou instrukční sadu. To znamená, že je vybaven pouze základními mikroinstrukcemi, které jsou rychleji a snadněji proveditelné. Rychlost vykonání určitých instrukcí u architektury RISC je tedy mnohem rychlejší, než u CISC.

Zbytek instrukcí, které nejsou obsaženy v základní sadě RISC, je možné uskutečnit kombinací existujících instrukcí. Takový úkon je sice složitý a časově náročný, ale není potřeba ho provádět často, jelikož je potřeba jen občas. Z tohoto důvodu je čas ušetřený používáním základních instrukcí výrazně převyšující. Architektura CISC je hodně vyskytována u osobních počítačů a RISC se naopak uplatňuje u jednoúčelových počítačů, které slouží např. (např.) k řízení laserových tiskáren. [14]

1.10 Návrh zdroje

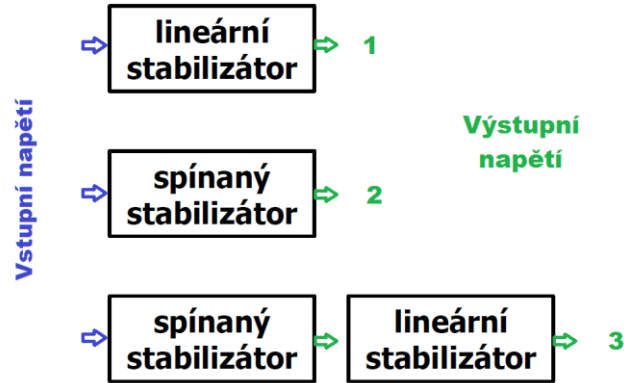
Pro malé ztráty v napájecí části je zapotřebí mít dobře navrhnutý napájecí zdroj.

Pro návrh zdroje se definují požadavky: [15]

- rozsah vstupního napětí
- maximální výstupní proud
- požadované výstupní napětí
- kvalita (zvlnění) výstupního napětí

- celková účinnost zdroje

V závislosti na definovaných požadavcích stabilizovaného napětí lze vytvořit tři základní koncepce zobrazené na následujícím obrázku.



Obr. 10 Možnosti realizace návrhu

1.10.1 Stabilizátory

Stabilizátory jsou elektronické součástky, které umožňují dostatečně přesnou stabilizaci výstupního napětí i proudu za různých změn teplot, vstupního napětí a výstupního proudu. Stabilizátory nejenom stabilizují napětí, ale též mají výrazný vliv na snížení střídavé složky výstupního napětí. Fungují tedy zároveň i jako filtr. [10]

Lineární stabilizátor

Vstupní napětí musí být vždy větší, než požadované, jelikož každý stabilizátor má svůj definovaný minimální úbytek napětí. Ten bývá u běžných stabilizátorů 2 až 2,5V. Pro výrazně nižší úbytky napětí se vyrábí stabilizátory typu LDO, které mohou dosahovat hodnot menších než 100mV. [15]

Výhody:

- nízký výstupní šum
- velmi jednoduché zapojení
- rychlá odezva na změnu zátěže

Nevýhody:

- účinnost regulátoru je hodně závislá na rozdílu napětí mezi vstupem a výstupem

Účinnost:

Výpočet účinnosti:
$$\eta = \frac{I_{out} \cdot V_{out}}{(I_{out} + I_q) \cdot V_{in}} * 100 \quad (15)$$

1.10.2 Spínaný stabilizátor

Stabilizátor pro funkci spínaného režimu obsahuje řídicí spínací obvody, které jsou nutné k nastavení rychlosti a délky spínání.

Výhody:

- velmi vysoká účinnost (málo závislá na rozdílu napětí)
- vstupní napětí může být nižší, než požadované výstupní
- větší proudová zatížitelnost
- menší rozměry a hmotnost

Nevýhody:

- menší účinnost při malých proudech
- dražší a složitější zapojení (je potřeba více součástek)
- je zdrojem elektromagnetického rušení
- zvlněné výstupní napětí (nutná další filtrace pro citlivé obvody)

Účinnost:

Spínané stabilizátory mají na rozdíl od lineárních více-méně stejnou účinnost při různém napětí na vstupu a výstupu. Ta se často pohybuje mezi 80 až 90%, ale může být i 95% (záleží na požadavcích). [10]

1.10.3 Spínaný stabilizátor + LDO

Tato kombinace našla uplatnění ve většině prodávané spotřební elektronice napájené ze spotřebitelské sítě. Účinnost je zde o něco málo menší, než by tomu bylo bez použití stabilizátoru LDO. [10]

Výhody:

- velmi vysoká účinnost (málo závislá na rozdílu napětí)
- vstupní napětí může být nižší, než požadované výstupní
- větší proudová zatížitelnost
- menší rozměry a hmotnost
- výstupní napětí je bez zvlnění

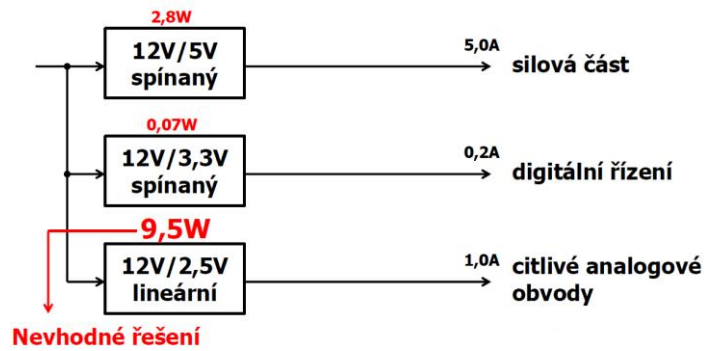
Nevýhody:

- dražší a složitější zapojení (je potřeba více součástek)
- je zdrojem elektromagnetického rušení

Přehled možných způsobů zapojení (pouze příklady):

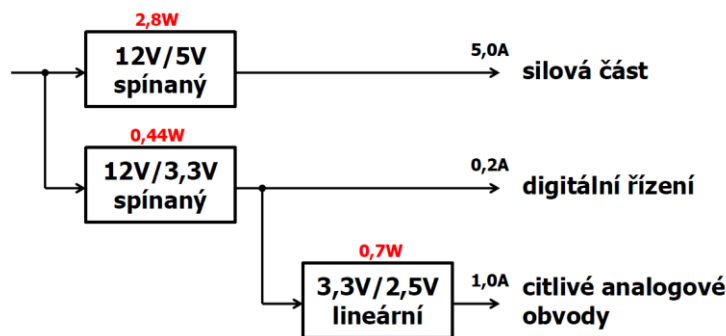
Představme si, že jsou zadané požadavky na 3 napájecí větve a k dispozici je 12 V baterie.

První větev je výkonná 5 V / 5 A, druhá pro digitální řízení 3,3 V / 0,2 A a třetí 2,5 V / 1 A slouží k napájení citlivých analogových obvodů. Třetí větev nelze připojit přímo na výstup spínaného stabilizátoru. Pro tyto požadavky je vhodné použít kombinaci spínaných a lineárních stabilizátorů. Při veškerých výpočtech v návrhu je uvažována 90% účinnost spínaných zdrojů. [15]



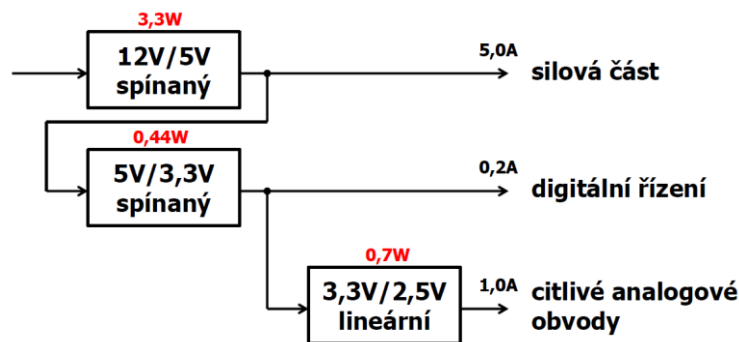
Obr. 11 Návrh nevhodného řešení [15]

V návrhu je nevhodně použit lineární stabilizátor, na kterém dochází k podstatně velké výkonové ztrátě. Nemůže být nahrazen spínaným stabilizátorem, jelikož jsou vysoké požadavky na nízký výstupní šum. Rozdíl napětí 9,5 V na lineárním stabilizátoru při 1 A je poměrně hodně a je nutné ho nahradit úspornější variantou. Navíc by zde pravděpodobně nastal problém s nedostatečným chlazením. Celkové ztráty dosahují po sečtení 12,37 W. Na následujících obrázcích jsou navrženy další 3 varianty, kterými lze tento nevhodný návrh upravit.



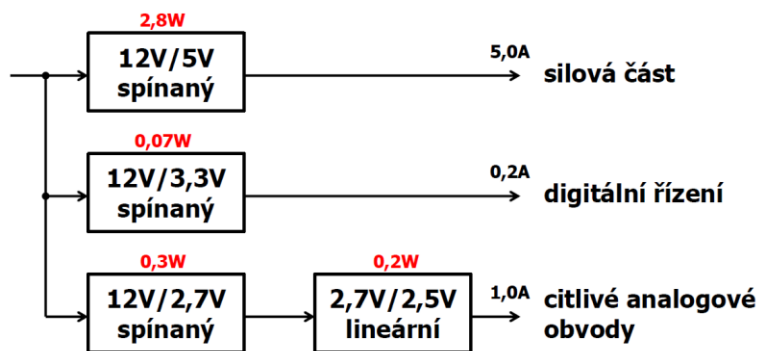
Obr. 12 Varianta zapojení č. 1 [15]

U varianty č. 1 je lineární stabilizátor zapojen za jeden ze spínaných zdrojů a předchozí ztráty z 12 V na 2,5 V jsou výrazně potlačeny. Je důležité si uvědomit, že je potřeba výstup spínaného stabilizátoru dimenzovat na proud odpovídající součtu druhé a třetí větve. Celkové ztráty zde po sečtení odpovídají hodnotě 3,94 W.



Obr. 13 Varianta zapojení č. 2 [15]

Varianta č. 2 je podobná variantě předchozí, liší se pouze zapojením druhé větve před první, což má pouze vliv na zvýšení ztrát u první větve. Celkové ztráty odpovídají hodnotě 4,44 W.



Obr. 14 Varianta zapojení č. 3 [15]

U varianty č. 3 celkové ztráty odpovídají hodnotě 3,37 W, což je ze všech návrhů nejméně a lze ji označit v tomto případě za nejúčinnější. Nevýhodou je nutnost připojení dalšího spínaného stabilizátoru, který prodraží celý návrh a je dalším zdrojem elektromagnetického záření. Vždy je potřeba zvážit, zda je lepší použít dražší variantu, nebo aplikovat levnější zapojení s menší účinností. V případě jiných hodnot napětí a proudů toto zapojení může být nevyhovující a proto je tedy vždy potřeba provést nové výpočty pro nové požadavky.

1.11 Fotovoltaický systém

Za pomoci slunce a vhodně navrhnutého fotovoltaického systému lze v dnešní době vytvořit docela jednoduchý a bezúdržbový zdroj elektrické energie. Toho se využívá převážně tam, kde není přivedena uživatelská síť 400 V a 230 V (tzv. ostrovní systémy). Využití nachází také u aplikací, kde je zájem o bezúdržbový provoz.

Základní solární systém se skládá z 3 částí:

- solární panel
- solární regulátor

- baterie

1.11.1 Solární panel

Solární panel se skládá z menších solárních článků zapojených dle požadovaného výstupního napětí a proudu. K dosažení přesných požadavků se využívá sériová, paralelní a sériově-paralelní kombinace. Jeden článek má napětí na výstupu přibližně 0,5 V a jeho proud závisí na intenzitě osvětlení, velikosti plochy a zvolené technologii.

Amorfní

Tento fotovoltaický článek tvoří podklad (např. sklo), na který je napařená velmi tenká vrstva křemíku. Výhodou je použití menšího množství materiálu pro výrobu. Nevýhodou takových článků je nižší účinnost a kratší životnost. [16]

Monokrystalický

U tohoto typu je článek vytvořen z monokrystalu křemíku (ingotu) rozřezaného na jednotlivé části (wafery), které se dále zpracovávají. Obecně mají největší účinnost.[16]

Výhody:

- větší účinnost článku (větší výtěžnost výkonu při stejné ploše)
- pomalejší stárnutí (pokles výkonu s časem)

Polykrystalický

Je jednodušší na výrobu než monokrystalický. Z menších krystalů se vyrobí substrát, který je dále slisován do jednoho celku. [16]

Výhody:

- větší zisk při nepříznivých světelných podmínkách
- nižší cena

1.11.2 Solární regulátor

Solární regulátor je v podstatě automatická nabíječka akumulátorů snižující napětí ze solárního panelu na optimální hodnotu pro dobíjení akumulátoru. Po nabití se stará o odpojení baterie od solárního panelu. Regulátory se rozlišují podle způsobu regulace nabíjení a účinnosti.

Lineární

Umožňuje nabíjení akumulátorů menšími proudy jednoduchým nastavením výstupního napětí regulátoru. Neobsahuje velké množství součástek, je velice levný a dosahuje malé účinnosti. Pro použití v aplikaci s velmi malým proudem může být dostačující. Regulátor je nevhodný pro výkonové aplikace s velkým rozdílem napětí. [17]

PWM

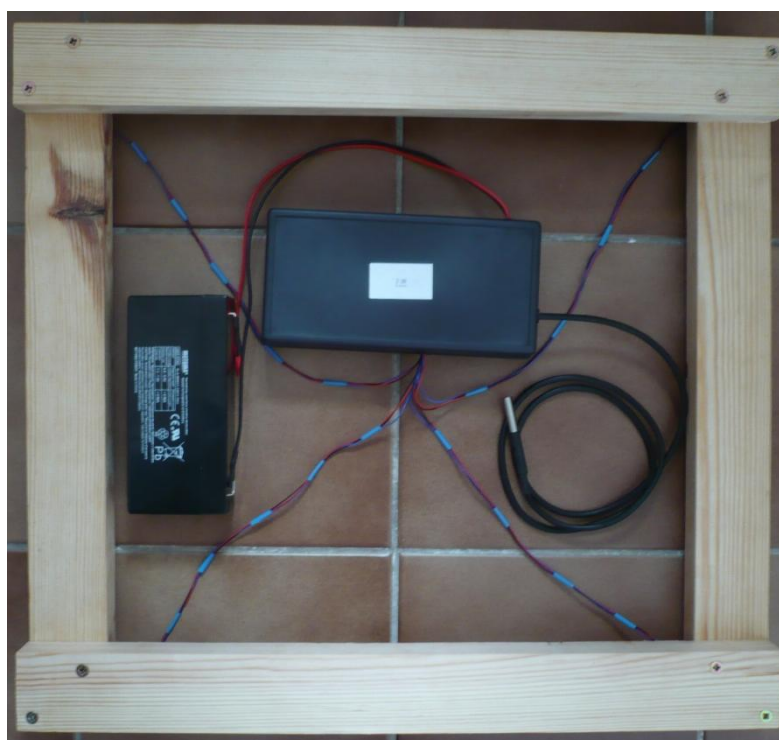
Jedná se o regulátor s pulsně šířkovou modulací regulující napětí i proud za pomoci

změny poměru času mezi stavy zapnuto a vypnuto (tzv. střídavy). Tento typ regulátoru dosahuje vyšší účinnosti, než předchozí lineární. [17]

MPPT

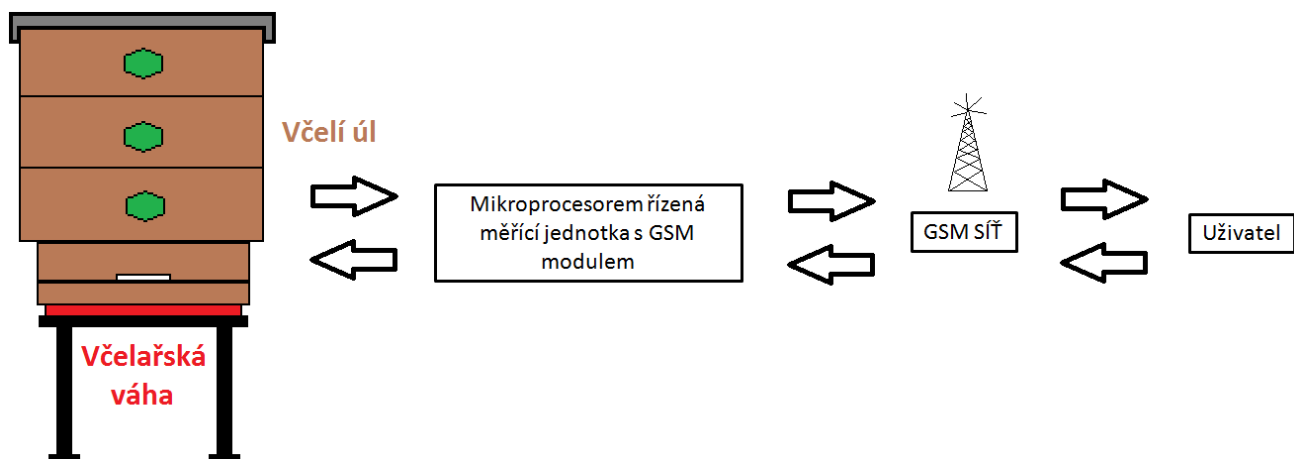
Obsahuje DC / DC měnič, který mění vstupní stejnosměrné napětí na střídavé vysokofrekvenční a poté ho opět transformuje na stejnosměrné s jinou velikostí napětí i proudu. Dochází k optimalizaci napětí a proudu tak, aby byl na volt-ampérové (VA) charakteristice dosažen bod s maximálně dosažitelným výkonem. Tímto způsobem je dosaženo vysoké účinnosti. [17]

2 PRAKTICKÁ ČÁST



Obr. 15 Reálná fotografie včelařské váhy

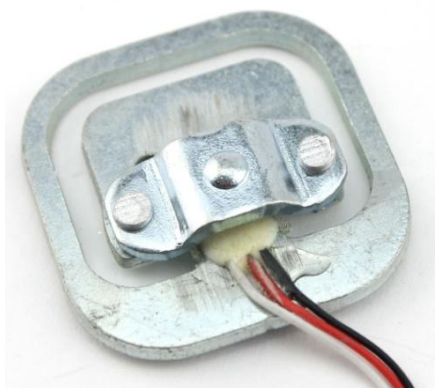
Při návrhu vážicího systému jsem kladl důraz na jednoduchost celého systému, nízkou spotřebu, přijatelnou cenu a malou výšku pro použití v některých včelnicích, které mají poměrně dost omezené prostory. Nosný rám vyšší jen o 1cm může hrát významnou roli při jeho aplikaci.



Obr. 16 Princip funkce zařízení

2.1 Výběr tenzometrických snímačů

U včelařské váhy není zapotřebí dosahovat velkých přesností vážení a lze tedy použít levnější tenzometrické snímače. Byl zadán požadavek pro rozsah vážení 20 - 150 kg. Zakoupený snímač je stavěný na maximální zátěž 50 kg a ke splnění podmínky maximální zátěže 150 kg je potřeba použít alespoň tři takové senzory. Jelikož se mi podařilo sehnat od zahraničního dodavatele tenzometrické můstky za přijatelnou cenu, rozhodl jsem se pro zapojení 4 snímačů. Toto zapojení mi umožňuje vážení až do zatížení 200 kg s mnohem větší stabilitou a přesností při různých teplotách, než by tomu bylo u použití zmiňovaných 3 snímačů. U tenzometrických snímačů stavěných na větší rozsah zatížení, než ve kterém pracují lze očekávat pomalejší únavu materiálu při dlouhodobě menší zátěži.

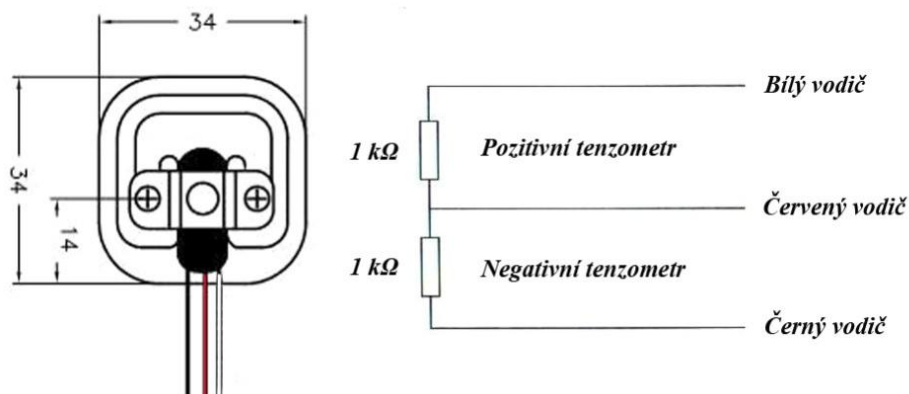


Obr. 17 Tenzometrický snímač

Tab. 1 Parametry tenzometrického snímače se dvěma tenzometry:

Maximální zatížení	50 Kg
--------------------	-------

Hodnota tenzometrů	2 x 1 k Ω
Koeficient	k = 2
Rozměry	34 mm x 34 mm



Obr. 18 Parametry tenzometrického snímače

Každý ze zakoupených snímačů má na sobě nalepené celkem 2 tenzometry o hodnotách odporů 1 k Ω představující tzv. půl můstkové zapojení. Jeden tenzometr je vždy pozitivní a druhý negativní. Provedení jednotlivých snímačů v půl můstkovém zapojení slouží k anulování činitele nelinearity. [7]

2.1.1 Možnosti zapojení zvolených tenzometrických snímačů

Zakoupené snímače s maximální zatížitelností 50 Kg je možné zapojit do můstku několika způsoby. Vždy záleží na požadovaných vlastnostech vyráběného zařízení.

Zvolené tenzometrické snímače lze zapojit do:

Čtvrtinového můstku

Při zapojení se použije pouze 1 snímač, který musí být doplněn stejně velkými pomocnými rezistory. Toto provedení lze maximálně zatížit:

$$1 \times 50 \text{ kg} = 50 \text{ kg.}$$

Polovičního můstku

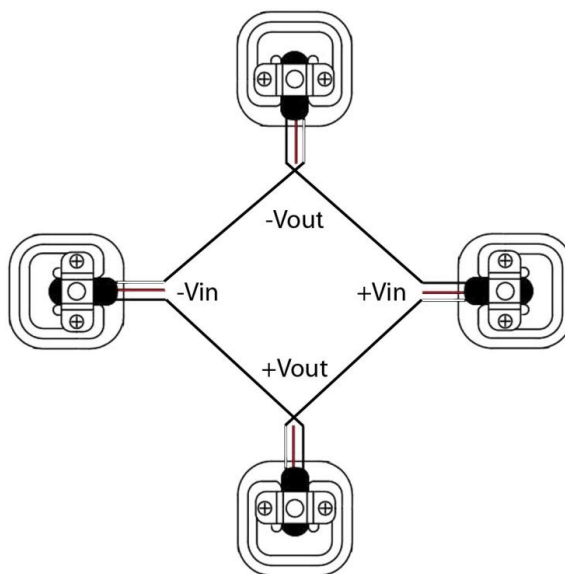
Při zapojení 2 snímačů do polovičního mostu odpadá nutnost použití rezistorů. Zapojení je sice dražší o jeden senzor, ale umožňuje dvojnásobné maximální zatížení než předchozí zapojení, tedy:

$$2 \times 50 \text{ kg} = 100 \text{ kg.}$$

Plného můstku

Při tomto zapojení se použijí 4 snímače zapojené do tzv. plného mostu. Zapojení je vyobrazené na následujícím obrázku. Maximální zatížitelnost můstku je:

$$4 \times 50 \text{ kg} = 200 \text{ kg.}$$



Obr. 19 Použité zapojení zakoupených pŕlmŕstkovŕch snŕmačŕ

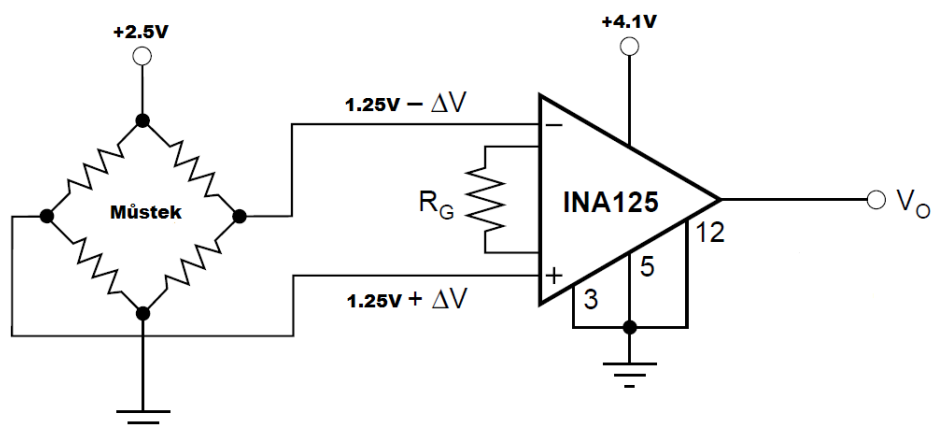
2.2 Zesilovač signálu

Vŕstup z tenzometrŕ je pŕipojen k rozdŕlovŕmu zesilovači signálu INA125, kterŕ zŕroveň obsahuje pŕesnou napŕŕovou referenci k napŕjení tenzometrickŕho mŕstku. Pŕichozŕ stejnsmŕrnŕ vŕstupnŕ signŕl z mŕstku je v jednotkŕch milivolt (mV) a je ho zapotŕebŕ zesŕlit. Pro dostatečné zesŕlenŕ stačí zvolit sprŕvnŕ rezistor R_G vyobrazenŕ ve schŕma zapojenŕ INA125.

Nejvhodnŕjším a nejmŕhodnŕjším řešenŕm mi pŕišlo napŕjet zesilovač INA125 stejnsmŕrnŕm zdrojem, kterŕ je v tomto pŕŕpadŕ navŕzen na napŕtŕ 4.1 V. Použitŕ takovŕho napŕjení zpŕsobilo malŕ OFFSET napŕtŕ, kterŕ odpovŕdŕ hodnotŕ pŕbližnŕ 75 mV. Vŕrobce uvŕdŕ v katalogovŕm listu pŕi stejnsmŕrnŕm napŕjení aŕ 150 mV.

Zŕkladnŕ parametry INA125:

- pouzdro 16 - pin PDIP
- klidovŕ proud 460 μA
- napŕŕovŕ reference 1.24 V, 2.5 V, 5 V a 10 V
- maximŕlnŕ napŕjecŕ napŕtŕ 36 V
- vstupnŕ napŕŕovŕ nesymetrie 250 μV
- teplotnŕ drift 2 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
- maximŕlnŕ zesŕlenŕ 10 000 x
- provoznŕ teplota -40°C aŕ 85°C



Obr. 20 Schéma zapojení zesilovače signálu

2.3 Teplotní senzor

Pro měření teploty je v dnešní době na výběr spousta typů teplotních čidel. Měření teploty v úle postačí s přesností na $\pm 0,5$ °C měřené hodnoty. Byl vybrán spolehlivý a cenově dostupný teplotní senzor DS18B20 komunikující po One Wire sběrnici. Senzor lze použít jak ve venkovním prostředí, tak i vnitřním, jelikož je k dostání ve voděodolném pouzdře.

Základní parametry čidla DS18B20: [9]

- přesnost: $\pm 0,5$ °C
- napájení: 3 až 5,5 V
- teplotní rozsah -55 °C až 125 °C
- nastavitelné rozlišení 9 až 12 bitů
- možnost parazitního napájení
- nastavitelný alarm
- výstup: One Wire
- obal z ušlechtilé oceli vhodný pro venkovní použití
- kalibrace od výrobce s přesností: $\pm 0,5$ °C

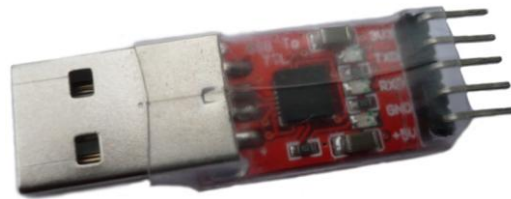
2.4 GSM modul

Z finančních důvodů byl zakoupen poměrně levný GSM modul SIM900A s pracovní frekvencí 900 / 1800 MHz, který je použitelný pro Českou republiku. Zakoupený modul je k vidění na následujícím obrázku.



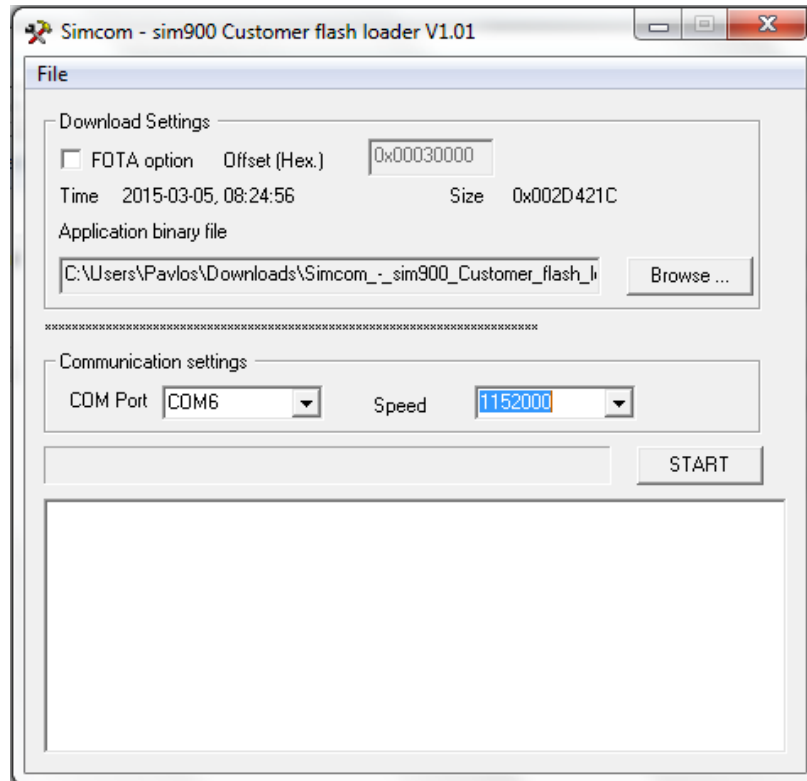
Obr. 21 Zakoupený GSM modul včetně antény

Pracuje při napětí 3,4 V až 4,5 V. Pro toto specifické napětí musela být vytvořena odpovídající napájecí větev. Po zakoupení modulu od zahraničního výrobce se vyskytl problém s komunikací po UART a následně i s přihlášením do GSM sítě, jelikož modul nepodporoval české operátory. Bylo zapotřebí sehnat správný firmware a ten nahrát do vnitřní paměti GSM modulu SIM900A. Pro nahrání byl použit převodník USB/UART zobrazený na následujícím obrázku.



Obr. 22 Převodník USB/UART

Potřebný firmware pro modul SIM900A byl nahrán volně dostupným programem Customer flash loader V1.01.



Obr. 23 Program pro nahrání firmware

Veškerá komunikace mezi modulem a řídicím procesorem ARM probíhá po komunikační sběrnici UART při modulační rychlosti 19200 Baudů (Bd). Ovládání je založeno na jednoduché komunikaci pomocí řídicích AT příkazů pro GSM, které jsou výrobcem vytvořené v interním operačním systému. Ty zajišťují bezchybnou komunikaci s dalšími GSM zařízeními.

Našel jsem možnost téměř bezplatné komunikace mezi modulem a mobilním telefonem za pomoci SMS zpráv. Dají se bezplatně pořídit SIM karty, které mohou v rámci společné sítě zasílat SMS zprávy zdarma. To umožňuje mít roční náklady za komunikaci téměř nulové. Jedinou podmínkou pro správnou funkci je nutnost zaslání alespoň jedné SMS zprávy jednou za tři měsíce mimo vlastní síť. Avšak to jde zahrnout do programu v procesoru. Náklady za jednu SMS do jiné sítě stojí 1,20 Kč. Při zaslání 4xSMS/rok by roční náklady za provoz neměly přesáhnout částku 10,-Kč.

Parametry tarifu použitých SIM karet: [20]

- minimální poplatek za 3 měsíce: 1,20 Kč
- pořízení: ZDARMA
- zasílání SMS v síti: ZDARMA
- odeslání SMS mimo síť: 1,20 Kč
- volání mimo síť: 2,20 Kč/min
- volání v síti: 2,20 Kč/min

Použité AT příkazy

Modul má se spoustou integrovaných AT příkazů široké využití.

Zde uvádím mnou použité příkazy:

AT+IPR=19200 – nastavení komunikační rychlosti na 19200 Bd

AT+CMGS=705130461 – odeslání SMS na telefonní číslo 705130461

AT+CMGL=ALL – přečtení všech zpráv

AT+CMGD=4 – mazání SMS zpráv

2.5 Výběr mikroprocesoru

Současný trh nabízí několik druhů mikrokontrolérů. Rozlišují se převážně počtem a kvalitou funkcí. Ty mohou být např.:

- počet vstupně-výstupních pinů pro komunikaci
- způsob programování a komunikace (UART, SPI, atd.)
- velikost a počet pamětí (EEPROM, RAM, atd.)
- rychlost určující počet kroků mikroprocesoru- za sekundu
- zabudované funkce (WatchDog, čítače, časovače, atd.)
- typ pouzdra (DIL, LQFP, PLCC, atd.)

Po konzultaci s vedoucím práce jsem zvolil k řízení váhy mikroprocesor s jádrem ARM zapouzdřený v provedení LQFP64, který má dostatečný výběr funkcí i dostatečné množství paměti pro program. Je postavený na architektuře RISC vyznačující se nízkou spotřebou hrající významnou roli u bateriově napájených aplikací (mobilní telefony, tablety, atd.). Součástí procesoru je 12-ti bitový AD převodník, sloužící k převodu spojitého analogového signálu na nespojitý digitální signál. Dále je vybaven různými komunikačními rozhraními.

Využil jsem možnosti připojení ARDUINO desky na stávající vývojovou a vyrobil si svou vlastní desku, obsahující stejné piny. Po vytvoření ji stačilo pouze nasunout na ARDUINO piny a připojit k ní důležité vstupy a výstupy.

2.6 Řídící jednotka

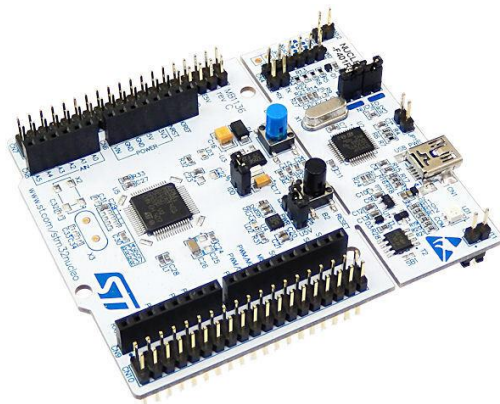
Byla vybrána vývojová deska od firmy ST, jako levná varianta pro měření a připojení senzorů.

Je osazena pouze nejdůležitějšími obvody:

- 32 bitovým ARM procesorem s 512 kB vnitřní pamětí
- programátorem a ST-LINK/V2-1 debuggerem
- 3,3 V a 5 V LDO napájecím obvodem
- konektory Morpho a ARDUINO
- uživatelským a resetovacím tlačítkem

Na obrázku níže je zobrazená zakoupená osazená deska, přizpůsobena pro

připojení komerčně dostupných zařízení, používajících konektory ARDUINO SHIELD a piny MORPHO (od firmy STmicroelectronics).

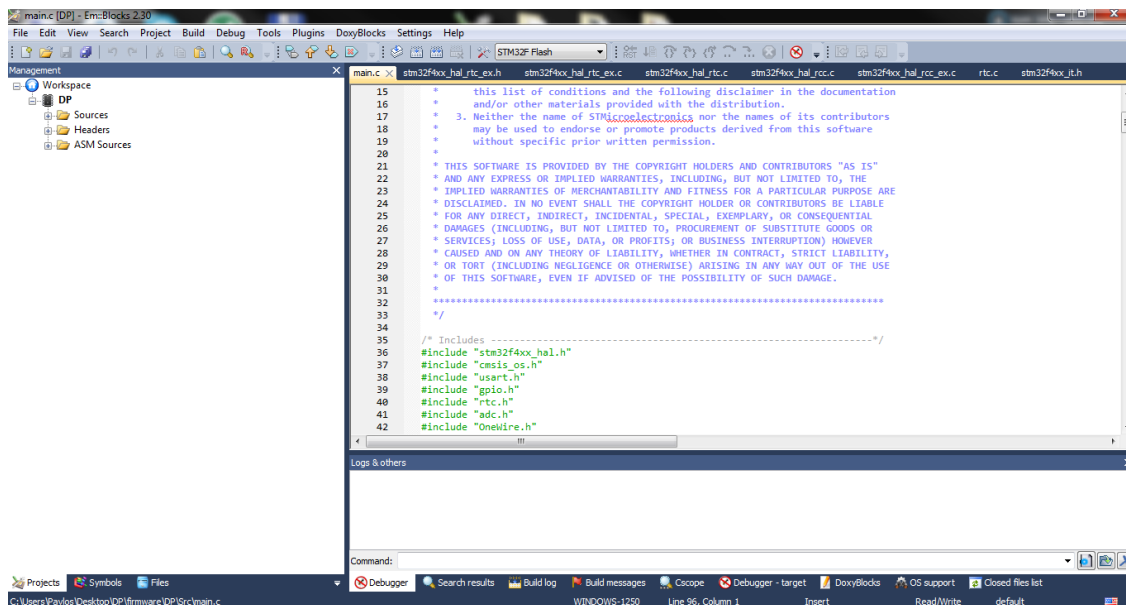


Obr. 24 Vývojová deska Nucleo od firmy ST [19]

Nízká pořizovací cena vývojové desky se pozitivně projevila do celkových nákladů celého zařízení. Napájecí napětí desky lze použít 3.3V, 5V a 7-12V.

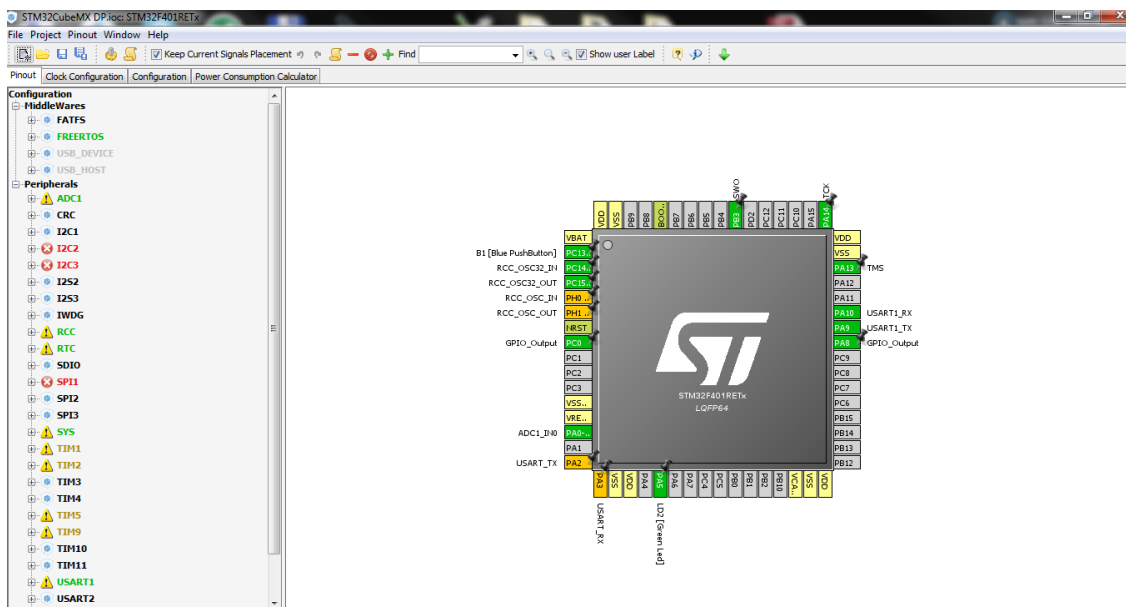
2.7 Vývojové prostředí

K naprogramování procesoru bylo důležité zvolit dostatečně vyhovující program. Zvolená vývojová deska podporuje hned několik možností vývojových prostředí (IDE). Výrobce nabízí podporu pro online program mbed, který není nutné vůbec instalovat na disk, což zajistí možnost programování kdekoliv, kde je funkční připojení k internetu. Ten mě ale neoslovil a konečným rozhodnutím byl volně dostupný C / C++ program EmBlock 2.3, který je navržen tak, aby vyhověl i těm nejnáročnějším požadavkům uživatelů. Důležitým faktorem při výběru programu umožňující vytváření aplikací v jazycích C a C++, byla především kompatibilita s ST-LINK/V2-1 debuggerem, který je důležitý pro odladění vytvořeného programu.



Obr. 25 Použitý programovací program EmBlocks 2.30

Firma STmicroelectronics nabízí ke svým vývojovým deskám také grafický program STM32CubeMX, který slouží k předpřipravení kódu. Tímto způsobem jsem dosáhl výrazného urychlení v programování, jelikož stačilo nastavit potřebné vstupy a výstupy na vybraných pinech procesoru pro následné vygenerování pomocných souborů.

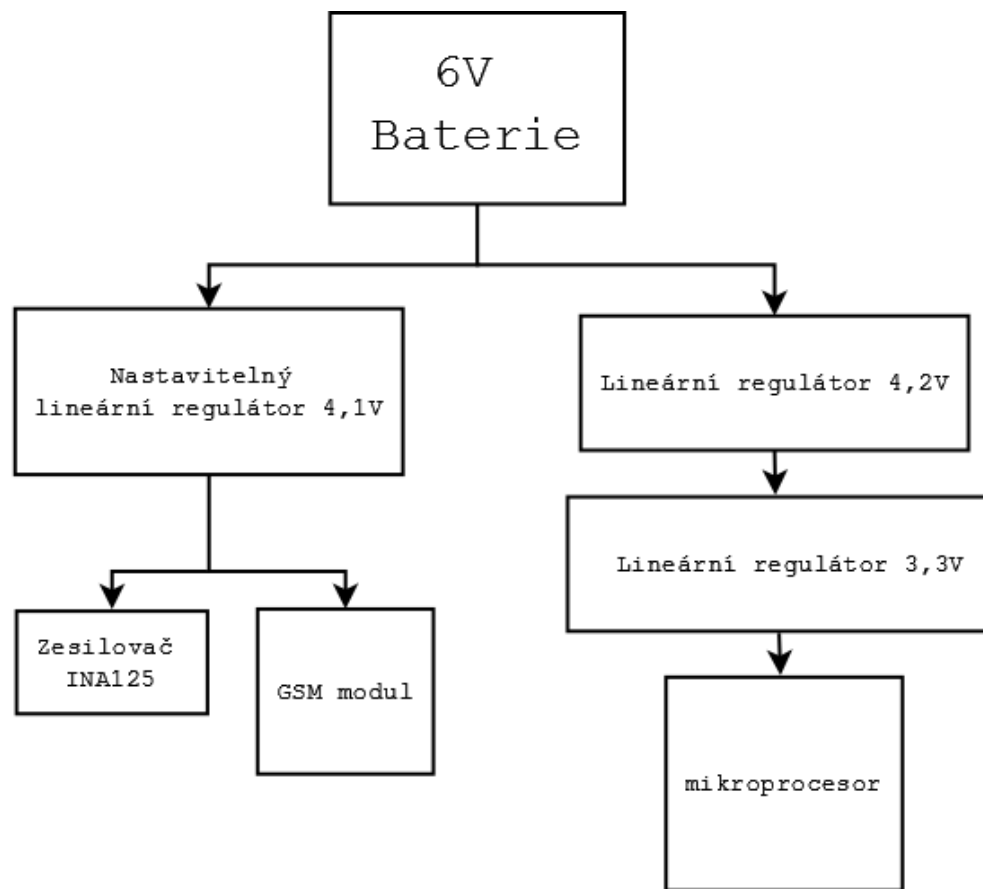


Obr. 26 Pomocný program STM32CubeMX

2.8 Navrhnutý napájecí zdroj

Napájení je navrženo tak, aby nemusely být kladeny příliš vysoké požadavky na velikost baterie a zařízení mohlo pracovat i s kapacitně menšími bateriemi. Po výpočtech účinnosti LDO regulátorů a studování katalogových listů jednotlivých spínaných obvodů byla zvolena varianta lineárního zdroje. Účinnost lineárních regulátorů při mých požadavcích a zapojení vycházela více jak 50 procent. Jelikož zařízení neodebírá velké proudy, bylo by nevhodné volit spínaný regulátor, který má při malých proudech (v tomto případě) podobnou účinnost jako LDO.

Pro napájení váhy byl zvolen 6 V systém, který je cenově dostupný a velice skladný. Při návrhu jsem počítal s možností využití baterií o různých hodnotách napětí a zdroj dimenzoval i pro jiné napětí, než 6V. Nevýhodou větších napětí jsou však vyšší ztráty na lineárních regulátorech v důsledku velkého rozdílu napětí.



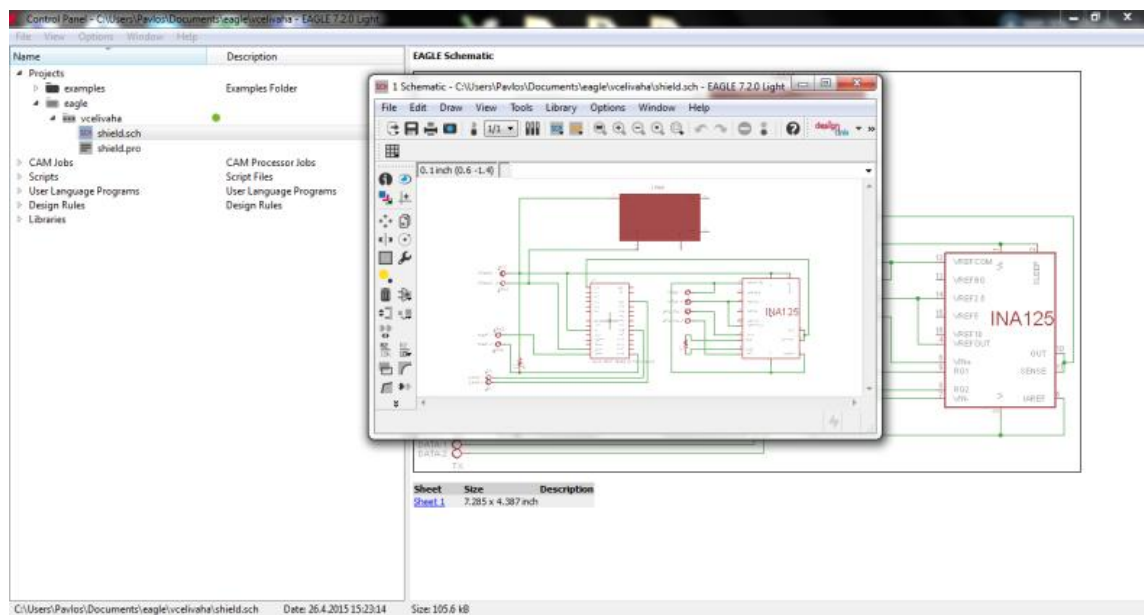
Obr. 27 Diagram navrhnutého zdroje

Přesné schéma zapojení je vyobrazené na konci práce. Spínání výkonové větve je provedeno za pomoci 2 tranzistorů typu MOSFET. Jeden je typu N a druhý typu P. Přivedením napětí 3,3 V na N tranzistor je sepnut druhý tranzistor, který má za úkol připojení napájení na výkonovou větev. Použití pouze jednoho typu tranzistoru (N) nebylo možné z důvodu malého řídicího napětí. Tranzistor by nebyl otevřen na požadovanou úroveň.

2.9 Návrh desky plošných spojů

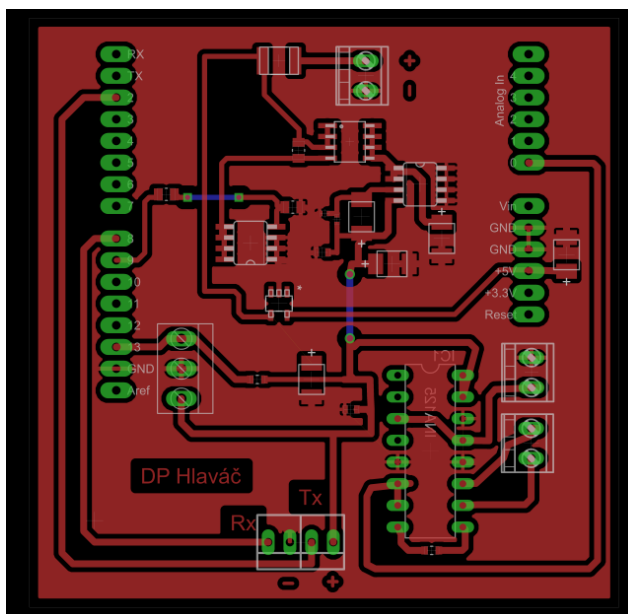
Pro návrh desky plošných spojů (DPS), jsem zvolil program EAGLE od společnosti CadSoft, ve verzi 7.2.0. z důvodu dřívějších zkušeností. Program je uživatelsky nenáročný na ovládání a výrobce k němu poskytuje technickou podporu.

Na internetových stránkách výrobce je ke stažení jak v placené verzi, tak i ve verzi Light Edition (volné verzi). Ta je použitelná pouze pro maximální velikost plochy desky 100 x 80 mm s možností návrhu pouze dvouvrstvé technologie (horní a spodní strana DPS). Můj návrh není větších rozměrů, než program umožňuje a proto je EAGLE naprosto vyhovující mým požadavkům.



Obr. 28 Program EAGLE verze 7.2.0

Při návrhu jsem počítal s osazením SMD součástek, které zabírají výrazně menší plochu na DPS a snižují indukčnost přívodů. Další výhodou je absence vrtaných otvorů. S pomocí funkce rozlití mědi jsou spojeny všechny zemní vývody součástek, což snižuje rušení a zlepšuje odvod tepla. Také šetří leptací roztok při výrobě, jelikož není potřeba odleptávat velké množství mědi z desky. Na následujícím obrázku je ukázka vytvořené DPS.



Obr. 29 Vytvořená DPS

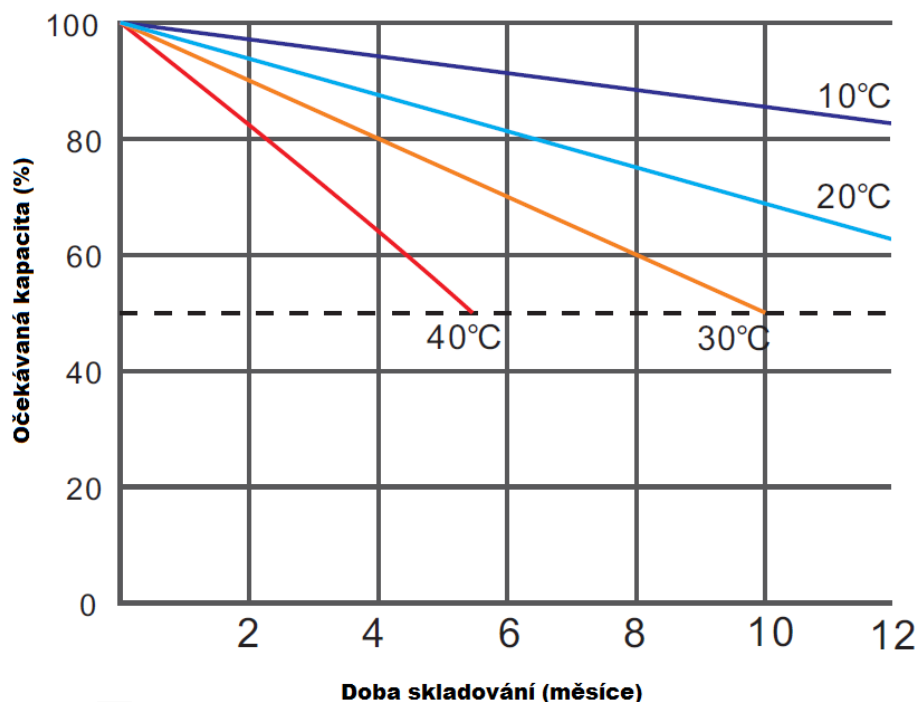
DPS byla po zapájení a odzkoušení veškerých součástek zalakována elektrikářským lakem určeným pro osazené plošné spoje, který slouží k ochraně osazené desky.

2.10 Olověná baterie

Bylo zapotřebí zvolit správný typ baterie pro napájení. Důležité je, aby baterie odolávala hlubším vybitím, nižším teplotám a měla co nejmenší samovybíjení. K napájení zařízení bez možnosti pravidelného dobíjení nelze použít klasickou autobaterii využívanou v automobilech, jelikož by se jí ve stavu delšího stání bez nedostatečného nabití výrazně zkracovala životnost. Důvodem by pravděpodobně byla sulfatace elektrod způsobující zmenšení kapacity a větší samovybíjení baterie. Klasická autobaterie je navržena tak, aby dodala do systému co největší výkon za krátký okamžik a poté byla co nejdříve dobita. Z tohoto důvodu byla zvolena zcela bezúdržbová 3 článková trakční baterie AGM o kapacitě 3.2 Ah, která je navržena pro tento režim.

Konstrukce baterie umožňuje uložení v libovolné poloze. Na venek vypadá jako známá klasická autobaterie a není vidět výrazný rozdíl. Odolává nižším teplotám, netrpí tolik sulfatací a samovybíjením. Výrobce udává životnost při tomto způsobu provozu 6 let. Na trhu existují také jiné typy baterií dosahující výrazně delších životností. Nedostatkem je zatím výrazně vyšší cena. Může se jednat např. o LIFEPO4 akumulátory, které se používají v solárních systémech.

Dalším důležitým faktorem pro správný výběr je velikost baterie. Uvnitř váhy je sice spousta místa, ale limitujícím je tloušťka, která u většiny dostupných baterií dosahuje větších rozměrů, než je výška samotné konstrukce. Byl jsem nucen sehnat výrobce, který vyrábí úzké baterie o dostatečných kapacitách.



Obr. 32 Závislost samovybíjení na skladovací teplotě.

2.11 Popis funkce

Váha je naprogramována tak, aby umožňovala nastavit frekvenci vážení 0 x až 24 x za den a zároveň při měření poskytovala údaje o aktuální teplotě. Napájecí obvody jsou navrhnuté na rozsah vstupního napájecího napětí 4,5 V až 14 V. Je tedy možnost připojit jakýkoli zdroj v tomto rozsahu. Úlovou váhu stačí vložit na rovný povrch pod předem připravený úl a připojit k ní napájení. Po připojení se rozběhne naprogramovaný procesor, který má na starost veškeré řízení.

Probouzení, které je nastaveno na každou hodinu zajišťují RTC hodiny. Ty pracující s externím oscilátorem pro přesnější čas. Po probuzení se získá čas z RTC časovače. Když uběhla hodina, tak se zkontroluje, jestli je tato hodina měřicí. Pokud má měřit, sepne se 3,3 V napětím výkonová větev obsahující zesilovač INA125 a GSM modul. Spínač je proveden za pomoci dvou MOSFET tranzistorů. Jeden N typ tranzistoru MOSFET spíná druhý P MOS tranzistor obsahující napájecí větev. Poté se přečtou všechny SMS zprávy, ze kterých se rozpozná konfigurační SMS, pokud tam nějaká je. V případě, že se objevila nějaká taková zpráva, provede se uložení získaných hodnot. Tato zpráva může obsahovat nastavení přesného času, kalibrační data, dobu probuzení a zvolené výchozí telefonní číslo pro odesílání dat. Následně jsou veškeré zprávy vymazány.

Po šesti sekundách od začátku celého procesu se začne měřit teplota a váha. Ta se převede podle kalibračních konstant, vytiskne do řetězce a pošle SMS zprávou. Po odeslání se ještě čeká 8 sekund a až potom přechází procesor do režimu spánku. Jelikož se u výstupu z tenzometrů předpokládá lineární závislost, lze kalibraci provést za pomoci hodnot vypočítaných z rovnice přímky.

Rovnice pro výpočet kalibrace je: $kg = (X - offset) * A$

Kde:

X se získá měřením z AD převodníku pomocí SMS
 kg výsledná hodnota v kilogramech
 A násobitel zesílení
 $Offset$ získaný z měření

Kalibrační SMS si lze vyžádat zasláním SMS zprávy. Ty lze po ručním výpočtu použít v kalibrační SMS zprávě určené pro nastavení váhy.

Seznam ovládacích příkazů:

get:1	zašle hned vzorek pro kalibraci, za podmínky sleep:0
sleep:1	pošle vzorek za hodinu
sleep:0	pošle vzorek hned
multiplier:26.108	zaslání hodnoty $A = 26.108$
offset:108.000	zaslání hodnoty offset 108.000
dst:705105845	nastavení telefonního čísla na 705105845
mode:ffffff	hexadecimální kombinace pro nastavení doby měření
time:225506	nastavení hodin pro synchronizaci s reálným časem

Příkazy lze navzájem kombinovat do jedné SMS zprávy. Důležité je, aby mezi příkazy byla vždy čárka nebo mezera. V číselných hodnotách se používá desetinná tečka. Ke každé řídicí jednotce může být po malé úpravě připojeno celkem až 13 vah.

2.12 Návrh aplikace pro zpracování dat

Pro zpracování dat se mi jeví jako nejjednodušší a nejlevnější varianta možnost zobrazení grafu přímo na telefonu. Proto jsem vytvořil android aplikaci, která je dostupná na všech operačních systémech android. Je pravdou, že telefon nosí u sebe téměř každý, jelikož se telefony staly nedílnou součástí našeho života. Existuje však spousta druhů telefonu s různými operačními systémy, mezi kterými není zajištěna kompatibilita vytvořených programů.

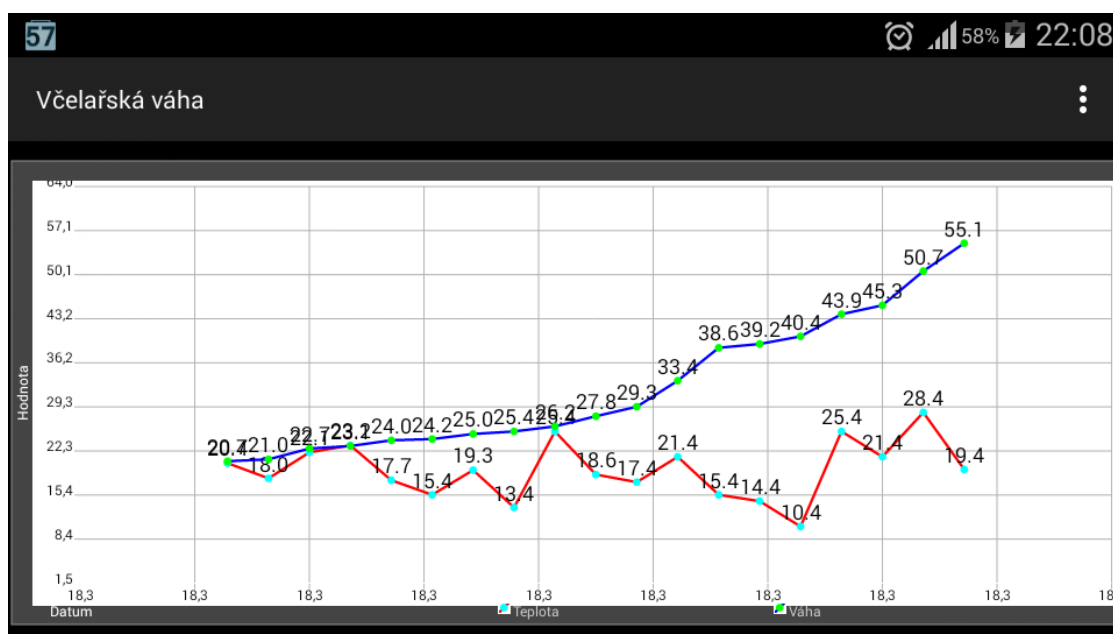
Mobilní dotykové telefony se systémem android se staly velice rozšířené a pro uživatele velice přínosné. Tento poznatek byl pro mě impulzem pro návrh aplikace. K volné tvorbě android aplikací je na internetu spousta podpory a návodů. Dá se říci, že k vytvoření aplikace je potřeba základních znalostí programovacího jazyka Java.

Nahrání vytvořené aplikace do mobilu je jednoduché a v podstatě rychlé. Veškeré mnou známé včelařské váhy, nabízené různými prodejci potřebují k nainstalování a prohlížení dat poměrně mnoho času. Patří tam převážně nutnost manipulace s osobním počítačem, atd. Výhodou počítače je možnost zobrazit grafy na velké obrazovce.

Některé mobily s androidem ale také podporují možnost zobrazení na větší obrazovce, za pomoci speciálního kabelu.

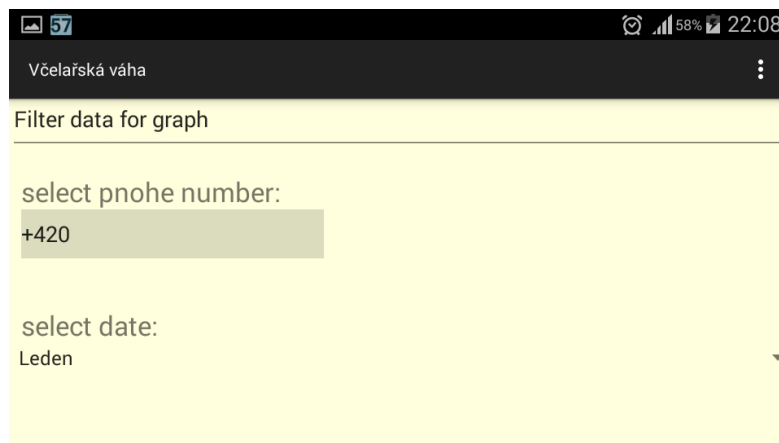
Aplikace je navržena tak, aby po přijetí SMS zprávy od předem nastaveného čísla automaticky přesunula data do uloženého souboru v interní paměti telefonu a uživatel mohl s těmito daty dále libovolně pracovat. Jedná se o klasický textový soubor, který lze otevřít v jakémkoli počítači. Soubor lze také jednoduše zálohovat pro pozdější použití.

Aplikace musí být neustále zapnuta na pozadí, pro její správnou funkci a potřebuje mít v souboru alespoň 2 hodnoty, aby byl graf v aplikaci vůbec vykreslen. Ten zobrazuje závislost teploty a hmotnosti na čase. Hmotnost odpovídá hodnotám v kilogramech a teplota ve stupních celsia (°C). Jelikož váha nebyla ještě nasazena do praxe, veškeré hodnoty musely být zatím vymyšleny. Na následujícím obrázku je ukázka vytvořené aplikace s fiktivními daty.



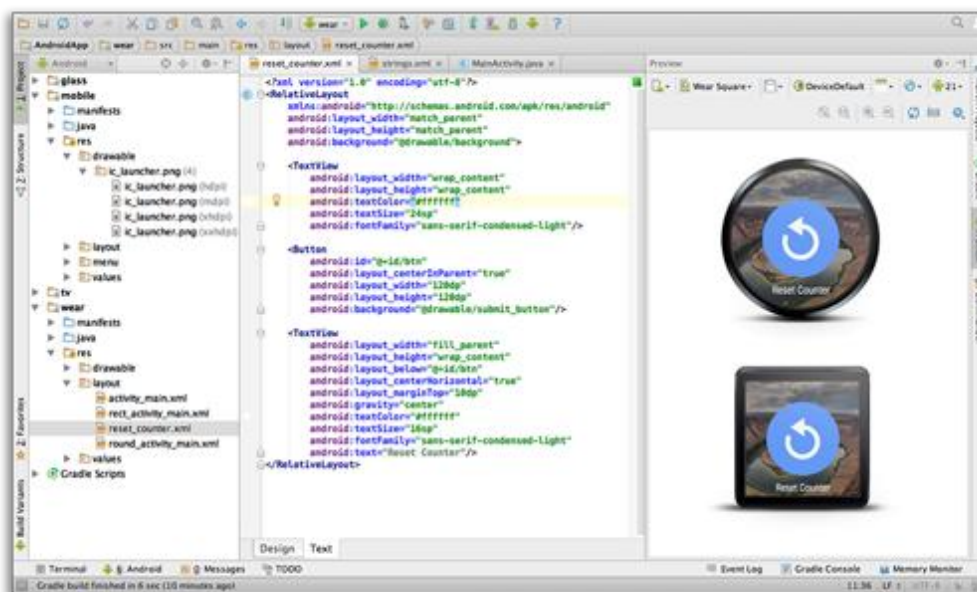
Obr. 33 Vykreslený graf s fiktivními daty

Data zobrazené v grafu lze jednoduše filtrovat nastavením požadovaného měsíce z nabídky „select date”. Aplikace má v sobě nastavené výchozí telefonní číslo, z kterého automaticky přijímá data. Pro přijímání dat z jiného telefonního čísla je potřeba doplnit kolonku „select phone number” požadováním telefonním číslem.



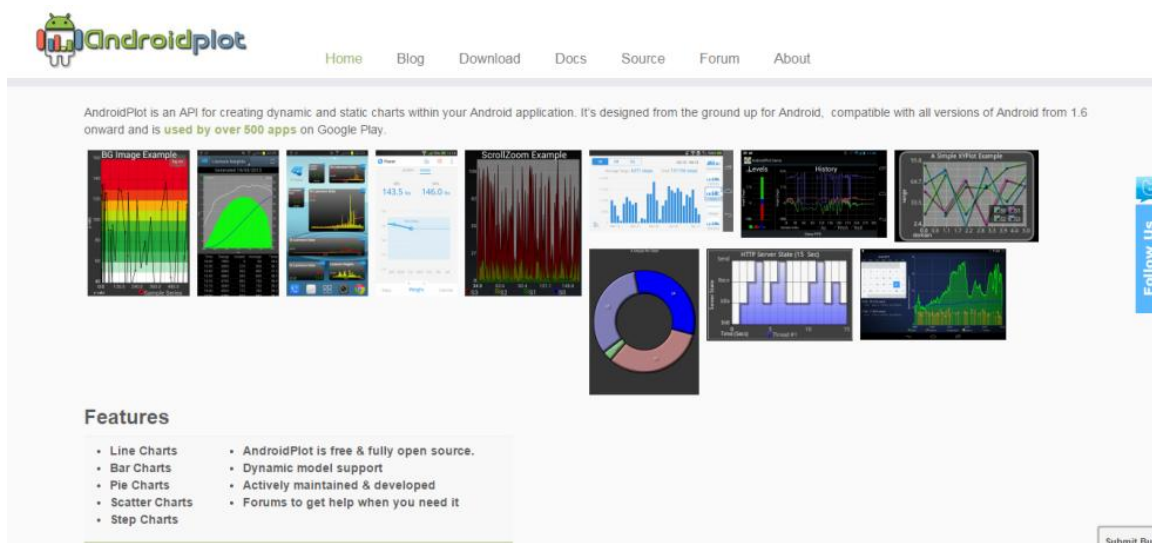
Obr. 34 Možnosti nastavení filtrování grafu

Pro tvorbu aplikace jsem použil zdarma dostupné vývojové prostředí Android Studio ve verzi 1.2.1.1 dostupné na stránce developer.android.com.



Obr. 35 Použití android studio [20]

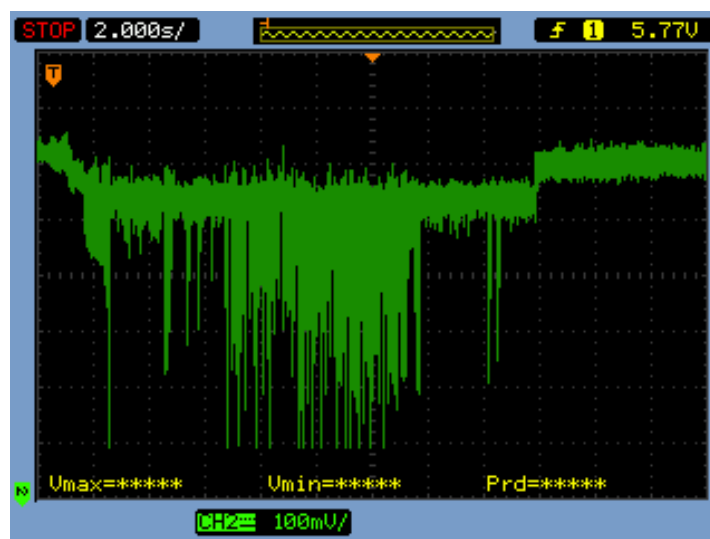
Přímo ze stránek androidplot.com jsem stáhnul volně dostupnou knihovnu pro vykreslení grafu. Vytváří je zde skupina lidí ve svém volném čase.



Obr. 36 Internetová stránka s volně dostupnými knihovnami [21]

2.13 Předpokládaná výdrž baterie

Pro určení délky schopnosti baterie dodávat dostatečnou energii k provozu jsem u zařízení provedl měření odebíraného proudu v čase. K měření jsem využil osciloskop a $1\ \Omega$ rezistor zapojený místo pojistky, na kterém jsem si vyobrazil průběh napětí v čase, kdy je zařízení v chodu. Záznam napětí z osciloskopu je na následujícím obrázku.



Obr. 37 Změřené napětí na rezistoru v čase

Po zprůměrování hodnot lze z grafu jednoduše za pomoci Ohmova zákona vypočítat odebíraný proud. Z grafu lze vyčíst délku zapnutí zařízení nutné pro měření, které je přibližně 16 sekund. Dále ho lze rozdělit na 3 části. V první části protéká proud o hodnotě 100 mA po dobu 4 sekund. V druhé části průběhu je výrazné navýšení proudu na hodnotu 350 mA v délce trvání 7,5 sekund. V této části pracuje použitý GSM

modul a je nejvíce náročná na energii. V poslední (třetí) části průběhu proud odpovídá hodnotě 100 mA s trváním 4,5 sekundy. Jedná se o klidový proud GSM modulu, který je stále zapnutý, dokud nepřejde procesor do režimu spánku. Při měření nebyl přítomen tenzometrický můstek a je nutné k celkovému výsledku připočítat proud 2 mA po dobu zapnutí 16 sekund.

Po výpočtech jsem došel k závěru, že při použití 3,2 Ah baterie, která zvládne odběr 0,133 A po dobu 24 hodin, lze očekávat dostatek energie na 675 dní. Tímto způsobem získané výsledky nejsou přesnými hodnotami a slouží pouze pro přibližný odhad výdrže akumulátoru. Výrobce baterie udává samovybití 3 % za dobu jednoho měsíce a nelze tedy počítat s plnou kapacitou baterie. Pro jednoduchost lze počítat s 50% úbytkem kapacity za jeden rok. Konečný výsledek předpokládané výdrže je 337 dní a lze říci, že by baterie měla vydržet alespoň 1 rok v provozu bez nutnosti dobítí.

2.14 Možnost solárního dobíjení

Přes celý rok je podstatně hodně dostupného slunce, pro možnost využití solárního dobíjení baterie jako doplněk ke stávající váze. Při návrhu lze vycházet ze zvolené kapacity a doby, za kterou má být akumulátor plně nabit. Volí se optimální výkon solárního panelu pro dostatečné nabíjení akumulátoru, což není jednoduché z důvodu proměnného výkonu solárního panelu závislého na počasí. Způsobů zapojení solárních systémů je spousta a vždy záleží na požadovaném nabíjecím čase, ceně, možnosti povolených ztrát při převodu a požadavcích na princip nabíjení (nabíjecí charakteristice).

U této aplikace by pro dobíjení postačil solární panel o malém výkonu, jelikož je zapotřebí dobíjet baterii vydávající za jeden den málo energie. Důsledkem solárního dobíjení by byla nezávislost na externí nabíječce po celou dobu života baterie. Díky častějšímu dobíjení lze očekávat u olovených baterií delší životnost, z důvodu menšího rizika vzniku sulfatace elektrod.

Požadavek na výstupní napětí panelu je takový, aby byl schopen dodat více, než je součet úbytku napětí na regulátoru a napětí potřebného pro nabíjení baterie. Jsou 2 varianty pro volbu regulátoru, který slouží k regulaci správného napětí pro nabíjení baterie. První variantou je možnost zakoupení volně prodávaného PWM, nebo MPPT regulátoru. Druhou (levnější) variantou je stavba vlastního regulátoru. Jednoduchý lineární regulátor lze postavit např. ze známého obvodu LM317T, nebo z některého LDO obvodu. Lineární z toho důvodu, že se nepočítá s velkými nabíjecími proudy a ztráty, které na něm vzniknou. Ty nebudou oproti spínaným regulátorům při malých proudech výrazně odlišné, jelikož samotný provoz spínaného regulátoru má nějakou spotřebu.

Obvod je důležité navrhnout tak, aby v okamžiku poklesu napětí na panelu nedocházelo ke zpětnému proudu z akumulátoru do solárního regulátoru, kde by docházelo ke ztrátám. To se dá provést několika způsoby. Nejjednodušším způsobem může být připojení diody (s malým závěrným proudem) mezi regulátor a baterii. Musí se však počítat s úbytkem napětí v závislosti na zvolené diodě. Další možností může být rozpínací obvod s pomocí MOS tranzistoru.

3 ZÁVĚR

Cílem mé diplomové práce bylo navrhnout a realizovat včelařskou váhu pro možnost vážení celého úlu ve venkovních podmínkách s použitím GSM bezdrátové komunikace. Podařilo se mi dostatečně sblížit se zadáním a širokou problematikou vážení úlu. Při konzultaci se včelaři byl kladen převážně požadavek na cenu. Po důkladné tvorbě návrhu byly k realizaci výrobku zakoupeny potřebné součástky. Zaměřil jsem se na nákup materiálu od zahraničních prodejců, jelikož jsou schopni nabídnout zboží za mnohem nižší cenu, než je tomu u nás.

Dále jsem se zaměřil na návrh zdroje s volbou součástek tak, aby v něm nedocházelo k příliš velkým ztrátám při zachování jednoduchosti, malých cenových nákladů a nízké ceně. Také jsem se zmínil o možnosti napájení pomocí solárních článků, jelikož by s pomocí použití solárního panelu odpadla uživateli starost s pravidelným dobíjením baterie, které je potřeba uskutečnit alespoň 1 x ročně. Byl by tím vytvořen a zajištěn bezúdržbový systém.

Zařízení bylo sestrojeno a odzkoušeno. V práci jsou uvedeny a probrány parametry potřebné k sestrojení funkčního výrobku. Napájecí obvody jsou navrhnuté na rozsah vstupního napájecího napětí 4,5 V až 14 V. Je tedy možnost připojit jakýkoli zdroj v tomto rozsahu. Váha se podařila vyrobit s vhodnými rozměry pro použití ve většině včelínů, jelikož výška nosné konstrukce nepřesahuje 5 cm. Z pohledu cenových nákladů lze říci, že váhu lze postavit bez výrazně velkých investic. Ve finále je navržena tak, aby pomáhala včelařům v jejich práci a mohl si ji dovolit pořídit i méně bohatý uživatel.

Pomocí mobilní sítě GSM lze jednoduše nastavit četnost měření zasláním přesně definované zprávy na telefonní číslo použité ve váze. Četnost měření lze nastavit na hodnotu 0 x až 24 x za den. Dále je implementována možnost kalibrace zařízení přes GSM síť, zasláním kalibrační zprávy. Naměřená data jsou ukládána lokálně do váhy a následně odeslána příjemci ve formě SMS zprávy, která obsahuje změřenou hmotnost a teplotu. Ten si poté změřené hodnoty může zobrazit v grafu za pomoci vytvořené android aplikace. Včelaři, kteří nevlastní telefon se systémem android nemohou této možnosti využít a jsou odkázáni k zakoupení USB / GSM modulu určeného pro přenos dat do počítače.

Momentálně je potřeba váhu vystavit dlouhodobé zkoušce v praxi, která odkryje případné nedostatky. K napájení celého zařízení byla zvolena trakční baterie s kapacitou 3,2 Ah a udávanou životností 6 let. Při požadavku na vážení 1x denně s použitím nové baterie je předpokládáno, že tento typ baterie při této kapacitě vydrží napájet zařízení 337 dní.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] KARÁSEK, Ing. Pavel. *ApisDigital* [online]. Apis Digital, 2011 [cit. 2014-11-13]. Dostupné z: www.apisdigital.cz
- [2] *Bee WISE: BEE HIVE MONITORING, BEE KEEPING EQUIPMENT* [online]. Bee Wise [cit. 2014-12-02]. Dostupné z: www.beewise.eu
- [3] *Capaz* [online]. [cit. 2014-12-02]. Dostupné z: www.bienenwaage.de
- [4] MATULÍK, Ing. Radomír. *Automatizační technika: Elektronická regulace a měření* [online]. Aterm [cit. 2014-8-11]. Dostupné z: www.aterm.cz
- [5] CARDA, Zdeněk. *Monitorovací systém včel v úlu*. České Budějovice, 2014. Dostupné z: www.theses.cz. Bakalářská práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Přírodovědecká fakulta.
- [6] *STmicroelectronics* [online]. 2014 [cit. 2014-12-15]. Dostupné z: www.st.com
- [7] *Telemetrická úlová váha: The Telemetric Hive Scale*. Brno: Vysoké učení technické, Fakulta strojního inženýrství, 2007. 1 elektronický optický disk [CD-ROM / DVD]. Dostupné z: autnt.fme.vutbr.cz/szz/2007/DP_Barta.pdf. Diplomová práce. VUT Brno
- [8] Intro to UARTs. *EXAR: Corporation* [online]. [cit. 2015-05-18]. Dostupné z: www.exar.com/files/documents/intro_to_uarts.pdf
- [9] MAXIMINTEGRATED. *DS18B20: 1-Wire Digital Thermometer* [online]. 2008 [cit. 2015-04-30]. Dostupné z: <http://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS18B20.pdf>
- [10] *Hw.cz* [online]. 1997 [cit. 2015-05-02]. Dostupné z: www.hw.cz
- [11] Battery University. *Battery University* [online]. 2012 [cit. 2015-04-22]. Dostupné z: www.batteryuniversity.com/learn
- [12] VLASÁK, Zdeněk. *Olověné automobilové akumulátory: Konstrukce* [online]. 2002 [cit. 2015-04-10]. Dostupné z: www.zvlasak.net/baterie_s.pdf
- [13] RUETSCHI Paul, *Aging mechanisms and service life of lead–acid batteries*, Journal of Power Sources, Volume 127, Issues 1–2, 10 March 2004, Pages 33-44, ISSN 0378-7753, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jpowsour.2003.09.052>.
- [14] Střední průmyslová škola Zlín: tř. Tomáše Bati 4187. *SPŠ Zlín* [online]. [cit. 2015-05-10]. Dostupné z: www.spszl.cz
- [15] KUBÍČEK, Michal. Návrh přístrojového zdroje. In: *BNEZ: Napájení elektronických zařízení* [online]. 2011 [cit. 2015-05-12]. Dostupné z: http://www.urel.feec.vutbr.cz/web_documents/studium/predmety/bnez/Navrh_pristrojoveho_zdroje.pdf
- [16] *The Alternative Technology Asociation* [online]. 2007 [cit. 2015-05-20]. Dostupné z: http://www.ata.org.au/wp-content/renew/101_solar_panel_buyers_guide.pdf
- [17] HNILICA, Pavel. Jaký solární regulátor použít. *Deramax* [online]. 2013, (6) [cit. 2015-05-21]. Dostupné z: <http://www.deramax.cz/6-jaky-solarni-regulator-pouzit-6-dil-ze-serialu-clanku>
- [18] Skupina ČEZ. In: *ČEZ. Skupina ČEZ* [online]. [cit. 2014-12-13]. Dostupné z: <http://www.cez.cz/cs/mobil/platim-jak-volam.html>
- [19] ĎAĎO, Stanislav a Marcel KREIDL. Praha: České vysoké učení technické, 1999, 315 s. ISBN 9788001020579.

- [20] *Android Developers* [online]. 2007 [cit. 2015-04-30]. Dostupné z: developer.android.com/guide/index.html
- [21] *Androidplot* [online]. 2015 [cit. 2015-05-19]. Dostupné z: androidplot.com
- [22] *Včelařství: Český svaz včelařů* [online]. 2011 [cit. 2014-11-15]. Dostupné z: www.vcelarstvi.cz
- [23] PEŇÁK, Vlastimil. *Návrh cenově dostupné autonomní váhy*. Brno, 2014. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studium/zaverecne-prace>. Bakalářská práce. VUT Fakulta strojního inženýrství.
- [24] VOJTĚCH, Jan. *Telemetrické sledování včelích úlů*. Brno, 2011. Bakalářská práce. Masarykova univerzita Fakulta informatiky.
- [25] BENEŠ, Petr Ing. Phd, Ing. Zdeněk HAVRÁNEK, Ing. Tomáš KOPECKÝ a Ing. Miroslav KRUPA. *Měření fyzikálních veličin: návody do laboratorních cvičení*. Brno: VUT, 2008.
- [26] VANĚK, Jiří, Petr KŘIVÍK a Vítězslav NOVÁK. *Alternativní zdroje energie*. Brno: Vysoké učení technické, 2006. str. 158
- [27] *Eagle 7.2.0* [online]. [cit. 2015-04-02]. Dostupné z: www.eagle.cz
- [28] ST. *NUCLEO-F401RE: Nucleo development board* [online]. 2014 [cit. 2015-04-30]. Dostupné z: www.st.com
- [29] TEXAS INSTRUMENTS. *INA125: INSTRUMENTATION AMPLIFIER With Precision Voltage Reference* [online]. 2009 [cit. 2015-04-30]. Dostupné z: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/ina125.pdf>

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Váha Emma bez možnosti GSM přenosu [4]	10
Obr. 2 Váha Bee WISE [7]	11
Obr. 3 Váha od firmy CAPAZ [3]	11
Obr. 4 Rozdělení převodu síly podle principu	12
Obr. 5 Zapojení Wheatstoneova můstku.....	14
Obr. 6 Asynchronní 8-bitový přenos	15
Obr. 7 Typické zapojení sběrnice One Wire [9]	16
Obr. 8 Resetovací a přítomný pulz	16
Obr. 9 Přenos dat v časových úsecích [9]	17
Obr. 10 Možnosti realizace návrhu	20
Obr. 11 Návrh nevhodného řešení [15]	22
Obr. 12 Varianta zapojení č. 1 [15]	22

Obr. 13 Varianta zapojení č. 2 [15]	23
Obr. 14 Varianta zapojení č. 3 [15]	23
Obr. 15 Reálná fotografie včelařské váhy	25
Obr. 16 Princip funkce zařízení	26
Obr. 17 Tenzometrický snímač.....	26
Obr. 18 Parametry tenzometrického snímače	27
Obr. 19 Použité zapojení zakoupených pŕlmŕstkovŕch snímačŕ.....	28
Obr. 20 Schéma zapojení zesilovače signálu.....	29
Obr. 21 Zakoupenŕ GSM modul včetnŕ antény	30
Obr. 22 Pŕevodnŕk USB/UART	30
Obr. 23 Program pro nahrání firmware	31
Obr. 24 Vŕvojovŕ deskas Nucleo od firmy ST [19].....	33
Obr. 25 Použitŕ programovacŕ program EmBlocks 2.30.....	34
Obr. 26 Pomocnŕ program STM32CubeMX	34
Obr. 27 Diagram navrhnutŕho zdroje	35
Obr. 28 Program EAGLE verze 7.2.0.....	36
Obr. 29 Vytvoŕenŕ DPS	37
Obr. 30 Zakoupenŕ trakční baterie MOTOMA	38
Obr. 31 Zŕvislost poŕtu cyklŕ na hloubce vybŕjení	38
Obr. 32 Zŕvislost samovybŕjení na skladovacŕ teplotŕ	39
Obr. 33 Vykreslenŕ graf s fiktivnŕmi daty	41
Obr. 34 Moŕnosti nastavenŕ filtrování grafu.....	42
Obr. 35 Použitŕ android studio [20].....	42
Obr. 36 Internetovŕ strŕnka s volnŕ dostupnŕmi knihovnamŕ [21]	43
Obr. 37 Zmŕŕenŕ napŕtŕ na rezistoru v ŕase.....	43
Obr. 38 Schéma zapojení vytvoŕenŕ v EAGLE.....	51

SEZNAM POUŒITŕYCH ZKRATEK

GSM	Global System for Mobile communication
UART	Universal Asynchronous Receiver / Transmitter
EAGLE	Easily Applicable Graphical Layout Editor
SIM	Subscriber Identity Module

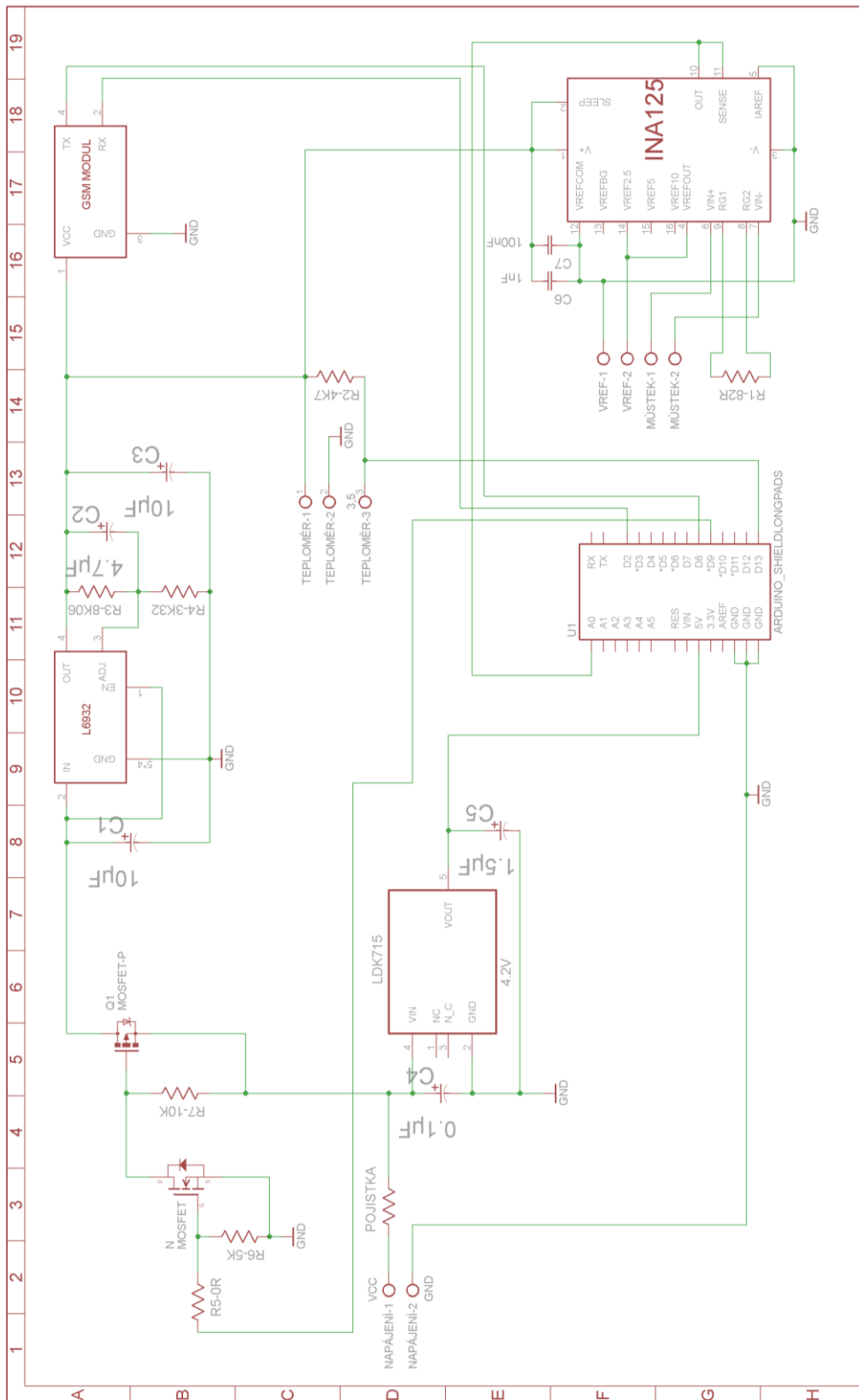
SMS	Short Message Service
ST	STmicroelectronics
DPS	Deska Plošného Spoje
ADC	Analog to Digital Converter
Rx	Receive signal
Tx	Transmit signal
AGM	Absorbent Glass Mat
CISC	Complete Instruction Set Computer
RISC	Reduced Instruction Set Computer
LDO	Low Drop Out regulator
RTC	Real Time Clock
USB	Universal Serial Bus
MCU	Micro Controller Unit
Bd	Baud
PWM	Pulse Width Modulation
MPPT	Maximum Power Point Tracking
IDE	Integrated Development Environment

SEZNAM POUŽITÝCH PROGRAMŮ

Microsoft Word	Textový procesor
EmBlocks 2.30	Programovací program
EAGLE ver. 7.2.0	Editor DPS
STM32 ST-LINK Utility	Program ke správě procesoru
AT Command Tester V23	Tester AT příkazů pro moduly GSM
Termite	Jednoduchý terminál pro AT příkazy
STM32 CubeMX	Pomocník při programování
DIA	Program pro tvorbu diagramů
Android studio	Slouží ke tvorbě android aplikací

OBSAH PŘILOŽENÉHO CD

Diplomova_Prace.pdf	Text práce ve formátu PDF
seznam_soucastek.pdf	Seznam použitých součástek
sim900.pdf	Katalogový list modulu SIM900
sim900AT.pdf	Seznam AT příkazů pro modul
DS18B20.pdf	Katalogový list teplotního čidla
INA125.pdf	Integrovaný obvod pro zesílení signálu
User_manual.pdf	Uživatelský manuál pro desku
F401RE.pdf	Katalogový list procesoru
L6932.pdf	Katalogový list regulovatelného LDO
LDK715.pdf	Katalogový list LDO 4,2 V
AO4707A.pdf	Katalogový list P MOSFET tranzistoru
SI4752DY.pdf	Katalogový list N MOSFET tranzistoru
Baterie.pdf	Katalogový list trakční baterie
Zdroj_interni.pdf	Schéma zapojení napájení na vývojové desce
Program_ARM	Vytvořený program pro procesor
Android_aplikace	Vytvořená aplikace pro android systém



Obr. 38 Schéma zapojení vytvořené v EAGLE