



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

ÚSTAV MIKROELEKTRONIKY

DEPARTMENT OF MICROELECTRONICS

UNIVERZÁLNÍ ŘÍDICÍ JEDNOTKA PRO TESTOVÁNÍ ŽIVOTNOSTI MOTORŮ

UNIVERSAL CONTROL UNIT FOR LIFE TEST OF MOTORS

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Šimon Ševčík

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

prof. Ing. Vladislav Musil, CSc.

BRNO 2016



Diplomová práce

magisterský navazující studijní obor **Mikroelektronika**
Ústav mikroelektroniky

Student: Bc. Šimon Ševčík

ID: 146967

Ročník: 2

Akademický rok: 2015/16

NÁZEV TÉMATU:

Univerzální řídicí jednotka pro testování životnosti motorů

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Navrhněte univerzální řídicí jednotku pro testování bezkartáčových motorů s permanentním magnetem BPM. Navržená řídicí jednotka bude obsahovat tři části - vlastní programovatelnou řídicí část, měřicí část a kontrolní část, které budou řízeny mikroprocesorem. Řídicí jednotka bude zabezpečovat tři zkoušky motorů BPM: zkouška spolehlivosti, zkouška životnosti a testování ve vysokých otáčkách. Jednotka bude rozšiřitelná na různý počet testovaných motorů.

Diplomová práce bude obsahovat návrh celého systému, základní výrobní dokumentaci, včetně desky plošných spojů, a řídicí program procesoru. Práce je řešena pro firmu ASKOLL Slovakia.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

Podle pokynů vedoucího práce

Termín zadání: 8.2.2016

Termín odevzdání: 26.5.2016

Vedoucí práce: prof. Ing. Vladislav Musil, CSc.

Konzultant diplomové práce:

doc. Ing. Lukáš Fucik, Ph.D., 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

Práca sa zaoberá spôsobom riadenia BPM motorov a jeho použitím pri testovaní ich životnosti. V prvom rade popisuje vlastnosti motorov a ich vzájomné rozdiely. V druhom rade popisuje možnosti riadenia motorov a jeho potreby pre testovanie životnosti motorov. Na koniec, v neposlednom rade hovorí aj o návrhu usporiadania riadiacej jednotky, jeho spôsoboch riadenia, programovej časti a o jej technickej dokumentácii.

KLÚČOVÉ SLOVÁ

BPM motor, univerzálna riadiaca jednotka, test životnosti, prúdový senzor, mikropočítač, teplotný senzor, Modbus, sériová komunikácia.

ABSTRACT

This thesis describes the way of BPM motors control and its use in lifetesting. Firstly it describes the properties of motors and their differences. Secondly it describes possibilities of motor control and their need for life testing. Finally it describes proposal of the universal control unit, types of controlling, programming part and technical documentations.

KEYWORDS

BPM motor, universal control unit, life test, current sensor, micro computer, temperature sensor, Modbus, serial communication.

ŠEVČÍK, Š. *Univerzální řídicí jednotka pro testování životnosti motorů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2016. 73 s. Vedoucí diplomové práce prof. Ing. Vladislav Musil, CSc..

Prehlásenie

Prehlasujem, že svoju diplomovú prácu na téma „UNIVERZÁLNÍ ŘÍDICÍ JEDNOTKA PRO TESTOVÁNÍ ŽIVOTNOSTI MOTORŮ“ som vypracoval samostatne pod vedením vedúceho semestrálneho projektu a s použitím odbornej literatúry a ďalších informačných zdrojov, ktoré sú všetky citované v práci a uvedené v zoznamu literatúry na konci práce.

Ako autor uvedeného semestrálneho projektu ďalej prehlasujem, že v súvislosti s vytvorením tohto projektu som neporušil autorská práva tretích osôb, najmä som nezasiahol nedovoleným spôsobom do cudzích autorských práv osobnostných a som si plne vedomý následkov porušení ustanovení § 11 a nasledujúcich autorského zákona č. 121/2000 Sb., tiež možných trestnoprávných dôsledkov vyplývajúcich z ustanovení § 152 trestného zákona č. 140/1961 Sb.

V Brne dňa 26. Mája 2016

.....
podpis autora

Pod'akovanie

Ďakujem vedúcemu diplomovej práce prof. Ing. Musilovi CSc. za účinnú metodickú, pedagogickú a odbornú pomoc a ďalšie cenné rady pri spracovaní projektu.

V Brne dňa 26. Mája 2016

.....
podpis autora

Obsah

Zoznam obrázkov	ii
Zoznam tabuliek	iii
Úvod.....	1
1. BPM- motory	2
2. Riadenie BPM.....	3
3. Test životnosti.....	6
4. Digitálne obvody.....	8
4.1 MCU.....	8
4.2 MikroPC	9
4.2.1 Raspberry Pi 3.....	9
5. Návrh usporiadania	11
5.1 Meracia časť	12
5.1.1 Meranie prúdu.....	12
5.1.2 Meranie napätia.....	15
5.1.3. Meranie teploty okolia	17
5.2 Kontrolná časť	19
5.2.1 Kontrolná procesorová časť	19
5.2.2 Komunikačná časť	23
5.2.3 Prevodník USARTtoSPI	25
5.2.4 Spínacia časť	26
5.2.5 Brzdná časť	27
5.3 Riadiaca časť	29
5.3.1 Server	29
5.3.2 SW pre PC	32
5.4 Napájacia časť	37
5.4.1 Návrh napájacej časti - 5/12VDC	37
6. Prepojenie jednotlivých častí	38
7. Technológia výroby DPS	39
8. Mechanická konštrukcia	39
9. Záver	40
Zoznam použitej literatúry	41
Zoznam skratiek.....	42

Technická dokumentácia	43
A.1 Prúdový snímač–obvodové zapojenie.....	43
A.2 Doska prúdového snímača – strana TOP	44
A.3 Doska prúdového snímača – osadenie	44
A.4 Doska prúdového snímača - Zoznam súčiastok.....	44
B.1 Napät'ová časť – obvodové zapojenie.....	45
B.2 Doska napät'ového snímača – strana BOTTOM	46
B.3 Doska napät'ového snímača – osadenie strana TOP	46
B.4 Doska napät'ového snímača – osadenie strana BOTTOM	46
B.5 Doska napät'ového snímača – Zoznam súčiastok	47
C.1 Teplotný snímač – obvodové zapojenie.....	48
C.2 Doska teplotného snímača – strana BOTTOM.....	49
C.3 Doska teplotného snímača – osadenie strana TOP	49
C.4 Doska teplotného snímača – osadenie strana BOTTOM	49
C.5 Doska teplotného snímača – zoznam súčiastok	49
D.1 Kontrolná časť – obvodové zapojenie	50
D.2 Doska kontrolnej časti – strana BOTTOM.....	51
D.3 Doska kontrolnej časti – strana TOP	51
D.4 Doska kontrolnej časti – osadenie strana TOP	52
D.5 Doska kontrolnej časti – osadenie strana BOTTOM.....	52
D.6 Doska kontrolnej časti – zoznam súčiastok	53
E.1 Komunikačná časť – obvodové zapojenie.....	54
E.2 Doska komunikačnej časti – strana TOP	55
E.3 Doska komunikačnej časti – strana BOTTOM	55
E.4 Doska komunikačnej časti – osadenie strana TOP	56
E.5 Doska komunikačnej časti – osadenie strana BOTTOM	56
E.6 Doska komunikačnej časti – zoznam súčiastok	57
F.1 Riadiaca časť brzdy – obvodové zapojenie	58
F.2 Doska riadiacej časti brzdy – strana BOTTOM	59
F.3 Doska riadiacej časti brzdy – osadenie strana TOP.....	59
F.4 Doska riadiacej časti brzdy – osadenie strana BOTTOM	60
F.5 Doska riadiacej časti brzdy – zoznam súčiastok	60
G.1 PrevodníkUSARTtoSPI – obvodové zapojenie.....	61

G.2	Doska prevodníku USARTtoSPI – strana BOTTOM.....	62
G.3	Doska prevodníku USARTtoSPI – osadenie strana TOP.....	62
G.4	Doska prevodníku USARTtoSPI – osadenie strana BOTTOM.....	62
G.5	Doska prevodníku USARTtoSPI – zoznam súčiastok.....	63
H.1	Spínacia časť – obvodové zapojenie.....	64
H.2	Doska spínacej časti –strana BOTTOM	65
H.3	Doska spínacej časti – osadenie strana TOP	65
H.4	Doska spínacej časti – osadenie strana BOTTOM	65
H.5	Doska spínacej časti – zoznam súčiastok.....	66
I.1	Zbernica riadiacej časti.....	67
I.2	Doska zbernice riadiacej časti – strana TOP	68
I.3	Doska zbernice riadiacej časti – strana BOTTOM.....	68
I.4	Doska zbernice riadiacej časti – osadenie strana TOP	68
I.5	Doska zbernice riadiacej časti – zoznam súčiastok.....	69
J.1	Zdrojová časť – obvodové zapojenie	70
J.2	Doska zdrojovej časti – strana BOTTOM.....	71
J.3	Doska zdrojovej časti – osadenie strana TOP	71
J.4	Doska zdrojovej časti – osadenie strana BOTTOM.....	71
J.6	Doska zdrojovej časti – zoznam súčiastok.....	72
K.1	Bloková schéma prepojenia jednotky pre 10motorov	73

Zoznam obrázkov

Obr. 1-1 BPM motor	2
Obr. 2-1 Zapojenie SPI komunikácie [8.]	3
Obr. 2-2 Komunikácia SPI [8.]	3
Obr. 2-3 Zapojenie USART komunikácie [6.]	4
Obr. 2-4 USART komunikácia [6.]	4
Obr. 2-5 TWI/I2C komunikácie [7.]	5
Obr. 2-6 TWI/I2C komunikácia [7.]	5
Obr. 4.2-1 1Raspberry Pi 3 [9.]	9
Obr. 4.2-2 Rozloženie digitálnych portov [9.]	10
Obr. 5-1 Bloková schéma	11
Obr. 5.1-1 Bloková schéma merania prúdu	12
Obr. 5.1-2 Vnútorne zapojenie ACS712[4.]	12
Obr. 5.1-3 Typické zapojenie AC712 [4.]	12
Obr. 5.2-1 Bloková schéma kontrolnej procesorovej časti	19
Obr. 5.3-1 Obvodové zapojenie zbernice riadiacej časti	30
Obr. 5.3-2 Vývojový diagram SW pre PC	32
Obr. 5.3-3 Prihlásenie	33
Obr. 5.3-4 Hlavné okno	33
Obr. 5.3-5 Nastavenie programu	34
Obr. 5.3-6 Nový typ	36
Obr. 5.3-7 Zmena umiestnenia	36
Obr. 6-1 Blokové zapojenie jedného motora	38
Obr. 8-1 - Hotové časti	39

Zoznam tabuliek

Tab. 1 - Prehľad skúšok.....	7
Tab. 2 - Prehľad MCU.....	8
Tab. 3 - Špecifikácia Raspberry Pi 3	10
Tab. 4 - ACS712.....	13
Tab. 5 - DHT22 piny	17
Tab. 6 - Špecifikácia DHT22	17
Tab. 7 - DHT22 komunikácia	18
Tab. 8 - Adresa zariadení	20
Tab. 9 - Multiplexor komunikácia.....	23
Tab. 10 - Dáta prijímané brzdou časťou.....	28
Tab. 11 - Dáta odosielané brzdou časťou.....	28

Úvod

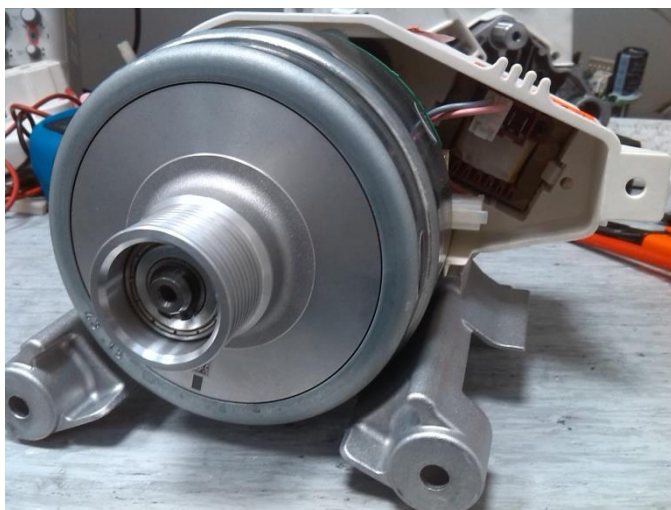
Práca sa zaoberá problematikou riadenia BPM motorov určených pre spotrebiče do domácnosti a ich testovanie spoľahlivosti a životnosti. Ďalej rozdelením motorov podľa možnosti ich riadenia a spôsobu získavania informácií z nich. Každý z motorov má svoje parametre a zároveň aj iný spôsob riadenia, niektoré sú podobné, iné odlišné. To platí aj pri jeho testovaní. Každý z motorov má iné parametre ,pri ktorých by mal mať určitú životnosť. Splnenie predpísaných parametrov určuje jeho vhodnosť použitia do požadovanej aplikácie. Keďže testovanie životnosti sa skladá z množstva opakovaní cyklov, kde v jednom cykle môžu byť nastavené rôzne parametre ako sú otáčky, čas rozbehu a množstvo príkazov pre potrebné získanie informácií z motora. Keďže pre riadenie motora by už nebolo dostačujúce použitie jednoduchého MCU, bolo zvolené použitie jedného počítača ako hlavnej riadiacej jednotky. Práca sa zaoberá postupnou prípravou k problematike a následne návrhom a konštrukciou celej jednotky

1. BPM- motory

Ide o motory s vysokou účinnosťou s použitím permanentného magnetu, Obr. 1-1. Motor má 3-fázové vinutie zapojené do hviezdy. Každé vinutie tvorí niekoľko vinutí rovnomerne rozložených po obvode. Vinutie tvorí stator motora. Rotor tvorí permanentný magnet. Ide o plasto-feritový krúžok, ktorý je magnetizovaný podľa potrebného počtu pólov magnetu a podľa potrebného typu magnetizovania. Celkové materiálové zloženie motora dokáže veľkou mierou ovplyvniť jeho parametre, či už ide o jadro statora, materiál jeho izolácie, nepomer vo vinutí, materiál magnetu alebo aj sila magnetizácii. Motory sú v súčasnosti jedny z rýchlo sa rozvíjajúcich na trhu vďaka svojej účinnosti, rozmerom ale aj váhe. Nevýhodou je potreba riadiacej elektroniky. Zväčša už je integrovaná v konštrukcii motora. Výhodou je, že konštrukcia takéhoto motora sa uplatní vo všetkých odvetviach. Použitie našli v bicykloch, kde sa montujú priamo do náboja kolesa, elektro-motocyklov, RC modeloch, ale taktiež aj do bežne používanej elektroniky, ktorá spĺňa najvyššie energetické normy.

Motor dosahuje na svoje rozmery a váhu vysokú účinnosť, krútiaci moment ale aj otáčky. Použitie riadiacej elektroniky implementovanej do konštrukcie motora sa preukázalo ako vhodné. Motor je takto pod plnou kontrolou elektroniky, ktorá mu kontroluje otáčky, prúdy jednotlivých vinutí ale aj napájacie napätie. Taktiež je kontrolovaná teplota motora. Keďže ide o výkonovú konštrukciu s indukčnosťou, je potrebné aj prúdové obmedzenie pri spustení, čo zabezpečuje takzvaný „ľahký nábeh“.

Motor ako celok vypovedá o veľmi dobrých parametroch, preto sa rozširuje jeho použitie v rôznych aplikáciách.



Obr. 4.1-1 BPM motor

2. Riadenie BPM

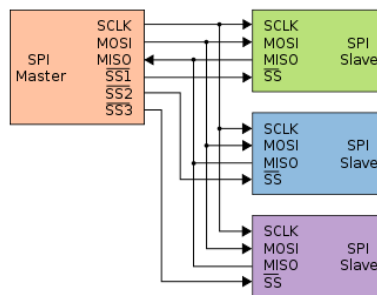
Riadenie motorov je už zložitejšie ale zároveň unikátne pre jednotlivé typy. Keďže klasické motory riadiacu elektroniku majú mimo motoru a tieto motory ju už obsahujú, je uprednostnené riadenie pomocou sériovej linky. Jej modifikáciou sa dá jednoducho šifrovať daná komunikácia alebo vytvoriť unikátne pre každého zákazníka.

Najznámejšie sériové komunikácie využívané pri MCU :

- SPI
- USART
- TWI / I2C

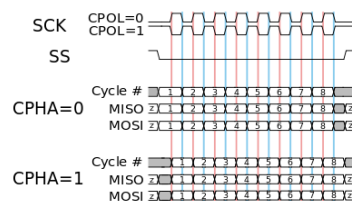
SPI

Ide o synchronnú sériovú komunikáciu. Na prenos dát slúžia 2 vodiče, MOSI pre odosielanie dát a MISO pre príjem dát. Hodinový signál je vodič SCLK. Adresovanie zariadenia s ktorým chce hlavné zariadenie komunikovať prebieha prostredníctvom potvrdzovacích signálov. Pre toto potvrdzovanie slúžia vodiče SS1-SS3 ako vidieť na Obr. 2-1.



Obr. 2-1 Zapojenie SPI komunikácie [8.]

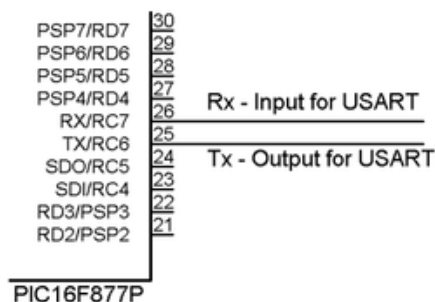
Prenos dát prebieha súčasne, Obr. 2-2. V okamihu zostupnej hrany potvrdzovacieho signálu SS prebehne komunikácia oboma smermi. Celá komunikácia je synchronná s hodinovým signálom. V okamihu, keď je potvrdzovací signál v logickej jednotke komunikácia neprebieha s daným zariadením a zariadenie čaká na prechod potvrdzovacieho signálu, aby mohlo začať obojsmernú komunikáciu.[8.]



Obr. 2-2 Komunikácia SPI [8.]

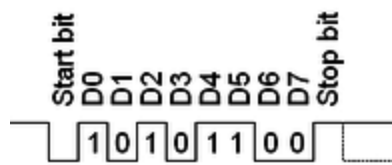
USART

USART je nesynchronná komunikácia. Celá komunikácia prebieha dvojicou vodičov, kde pre každý smer komunikácie je samostatný vodič, Obr. 2-3 Komunikácia nevyužíva hodinový signál. Časovanie prebieha len dĺžkou logickej jednotky alebo nuly. Pri komunikácii musia byť obe zariadenia nastavené správne.



Obr. 2-3 Zapojenie USART komunikácie [6.]

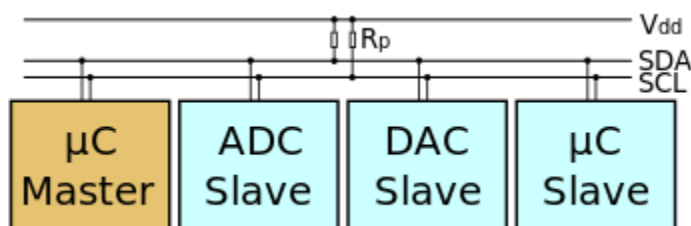
Nastavenia komunikácie si zakladajú na rýchlosti, počte dátových bitov, počte štartovacích bitov, počte stopovacích bitov a v prípade prenosu väčšieho množstva dát aj na počte oddeľovacích bitov, Obr. 2-4. Táto komunikácia si kvôli presnosti prenesených dát vyžaduje použitie akéhokoľvek spôsobu kontroly správnosti. Napríklad sa používa spôsob, kedy sú odoslané zhodné dáta dvakrát po sebe a v prípade že je dvojica prijatých dát zhodná, sú ďalej spracované. Prípadne sa používa aj prídanie posledného bytu dát, ktoré tvoria sumu odoslaných dát. Táto kontrola zabezpečí porovnanie a istotu, že prijaté dáta sú správne a nespôsobia chybu v komunikácii, prípadne vo fungovaní zariadenia.[6.]



Obr. 2-4 USART komunikácia [6.]

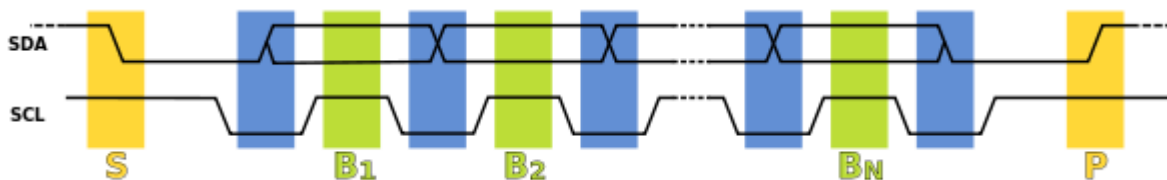
TWI/I2C

Táto komunikácia v podstate funguje na princípoch takmer oboch doterajších komunikácií. Využíva hodinový signál SCL. Pre prenos dát je použitý len jeden vodič a prenos je čisto duplexný, Obr. 2-5. Vždy dokáže vysielat' len jedno zariadenie. Komunikácia našla využitie pre menej rýchle zariadenia, keďže nie je stavaná na príliš vysokú frekvenciu hodinového signálu.[7.]



Obr. 2-5 TWI/I2C komunikácie [7.]

Prenos dát prebieha za pomoci štartovacích a stopovacích bitov, Obr. 2-6.



Obr. 2-6 TWI/I2C komunikácia [7.]

Pomocou sériovej komunikácie sa dá komunikácia s motorom využiť aj na viac ako len odosielanie príkazov o rýchlosti a čase rozbehu. Elektronika môže disponovať rôznymi meraniami, ktoré motor môže posielat' po sériovej linke do riadiacej jednotky. Zároveň môže odosielať diagnostické dáta pri poruche. Každý si podľa potreby dokáže komunikačne upraviť elektroniku tak, aby dosiahol čo potrebuje aj pri použití dostupných typov sériových komunikácií.

3. Test životnosti

Test životnosti je test ktorý vypovedá o kvalite a vlastnostiach motora. Ide o skúšku pri ktorej sa testuje či už maximálna životnosť alebo vlastnosti po určitom opotrebení. Počtom cyklov a spôsobom testovania sa na motore simuluje niekoľkoročné používanie v teste, ktorý trvá niekoľko dní alebo až niekoľko mesiacov.

Každý test je zložený z cyklov, ktoré sú rozdelené na časti kde motor ide pod záťažou alebo na určité otáčky a potom naopak stojí. Cyklus je vždy postavený na poznatkoch podľa typu motora, a to do akej aplikácie je vyrábaný.

Každý výrobok, či už nový alebo pri použití nových materiálov musí byť testovaný. Týmito testami sa overuje jeho životnosť, starnutie materiálu a požiadavky alebo parametre prezentované zákazníkovi.

Motory sú priebežne testované aj z bežnej produkcie, aby sa overila spoľahlivosť výroby.

Test životnosti rozdeľujeme ešte na 3 typy skúšok :

- Skúška spoľahlivosti
- Skúška životnosti
- Skúška vo vysokých otáčkach

Skúška spoľahlivosti

Táto skúška pozostáva z 250tich cyklov. Počas celej skúšky sa parametre cyklu nemenia a vopred má cyklus nastavené parametre ako čas, rýchlosť, brzdna sila brzdného motoru, doba rozbehu motora. V každom cykle sa strieda smer otáčania motora, jeho rýchlosť alebo aj čas kedy stojí. Počas celého merania sú motoru merané parametre ako prúd, napätie, otáčky a tak isto aj teplota, prípadne status motora. Niektoré parametre je možné prijímať vo forme dát z motora.

Celkovo táto skúška trvá 14dní, čo zodpovedá simulácii 1 roku používania motora v aplikácii. Pred každým umiestnením motora do stojana na prevedenie skúšky, má motor zmerané všetky parametre ako aj vibrácie v laboratóriu. Po ukončení skúšky sa zopakujú merania v laboratóriu a namerané hodnoty sa porovnajú. Každé laboratórne meranie má svoje predpisy, pretože podľa výsledkov sa dokáže vyhodnotiť stav motora.

Skúška životnosti

Skúška je obdobná skúške spoľahlivosti. Odlišnosť medzi týmito skúškami nastáva len v tom, že pri skúške životnosti má motor väčší počet cyklov. Motor absolvuje 2500 cyklov. Celá skúška trvá približne 140 dní a zodpovedá simulácii používania motora 10rokov v aplikácii.

Skúška vo vysokých otáčkach

Motory sú testované v jednoduchých cykloch, kde dosahujú len vysoké otáčky a potom menšej časti cyklu, kde sú zastavené. Skúška má 7500 cyklov. Motor pri skúške musí dosahovať svoj nominálny výkon. Dôležité je pri tejto skúške overiť konštrukčné a mechanické časti motora. Cieľom je aby motor dosiahol stanovený počet cyklov bez poruchy, prípadne môže byť počet cyklov predĺžený až po výskyt nejakej poruchy. Takto sa overí stabilita dielov motora. Pri teste motory dosahujú rýchlosť 10 000 otáčok za minútu. Skúška trvá približne 63 dní.

Tab. 1 - Prehľad skúšok

Skúška	Počet cyklov	Trvanie [dni]	Ekvivalent [rok]
Skúška spoľahlivosti	250	14	1
Skúška životnosti	2500	140	10
Skúška vo vysokých otáčkach	7500	63	-

Skúšky sú zväčša prevádzané po 5ks motorov. Ako možno vidieť v prehľade skúšok v Tab. 1 a v jednotlivých rozdieloch tak aj táto práca sa bude musieť zaoberať všetkými možnosťami testov a skúšok aby bola dodržaná univerzálnosť riadenia motorov.

4. Digitálne obvody

Z množstva obvodov, ktoré sú v súčasnosti na trhu nebolo jednoduché vybrať základné stavebné prvky riadiacej časti. Dostupné periférie a výkon musí byť dostatočný, skôr vyšší.

4.1 MCU

Dostupné je dnes veľké množstvo MCU od rôznych výrobcov, líšia sa len počtom a typom zberníc, veľkosťou pamäti a kvalitou prevodníkov. Niektoré sú presnejšie, drahšie a menej dostupné, iné naopak lacnejšie a dostupnejšie. Takáto voľba bola vhodná aj pre jednotlivé časti, ktoré nepotrebujú až príliš vysoký výkon, ale potrebujú len využiť dostupné periférie. Najvhodnejšie z celej rodiny MCU je postačujúce voliť MCU s 8-bitovou zbernicou. Túto radu MCU má najrozšírenejšiu firma ATMEL, kde dostupnosť MCU s rôznym počtom sériových komunikácií a prevodníkmi je vyššia ako napríklad MCU od konkurenčného Microchipu, Tab. 2.

Tab. 2 - Prehľad MCU

MCU	Púzdro	Flash pamäť	Eeprom pamäť	ADC	Piny	komunikácia	F[MHz]	napájanie
Atmega48	TQFP32	4kB	256B	6x10b	23	Usart,SPI, TWI	20Mhz	2,7-5,5V
Atmega8	TQFP32	8kB	512B	6x10b	23	Usart, SPI	16Mhz	4,5-5,5V
Atmega168A	TQFP32	16kB	512B	8x10b	23	Usart,SPI, TWI	16Mhz	1,8-5,5V
Atmega64A	TQFP64	64kB	4kB	8x10b	53	2xUsart, SPI	16MHz	4,5-5,5V
Atmega328P	TQFP32	32kB	1kB	8x10b	23	Usart,SPI, TWI	20MHz	1,8-5,5V
Atmega128	TQFP64	128kB	4kB	8x10b	53	2xUsart,SPI, TWI	16MHz	2,7-5,5V
Atmega256	TQFP100	256kB	4kB	16x10b	86	4xusart,SPI, TWI	16Mhz	4,5-5,5V

Frekvencia oscilátoru MCU je závislá od napájacieho napätia. Platí, že čím je potrebné nižšie napájacie napätie, tým klesne aj frekvencia MCU.

Keďže podľa nárokov na MCU sa najviac vyhovujúcim stal MCU ATmega328. Tento procesor má aj vďaka svojim 32kb eeprom pamäti ešte rôzne typy sériových komunikácií ako je napr. USART,SPI, TWI. Obsahuje taktiež 8x10bit ADC prevodník, ktorý je samozrejme pre toto použitie potrebný. [1.],[2.],[3.]

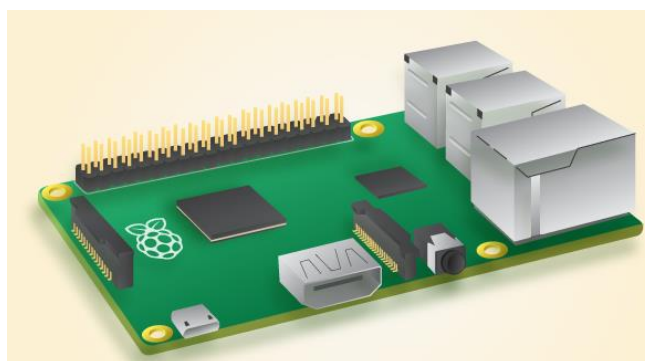
4.2 MikroPC

Ide o počítač veľmi malých rozmerov. Rádovo ako kreditná karta. Vyznačuje sa viacerými perifériami integrovanými do CPU. Ich výkon nie je najväčší ale zväčša ide o pod taktované CPU z mobilných zariadení. Tie majú periférie čo najviac integrované do CPU a pod taktované jadro procesora kvôli prehrievaniu zariadenia.

Mikropočítače sú v súčasnosti v rozmachu. Výrobcovia sa predbiehajú vo výkonoch, funkciách, rozmeroch a cenou. Trh s stále rozrastá o dostupnosť nových a nových modelov mikroPC. Označenie mikroPC sa dnes pre niektoré zariadenia trochu upravilo a vznikli takzvané Single-board-computer. MikroPC sú malé zariadenia určené pre kancelárske účely alebo ako multimediálne centrum. Už vopred má určené približné využitie. Single-board-computer sú primárne určené na dotvorenie podľa potreby vlastnej aplikácie. Majú viac funkcií, univerzálne rozhrania, veľkú podporu výrobcov a ich fanúšikov. Zväčša majú podporu open-source programovania, kde je program otvorený celej komunite ľudí prípadne je možné ho zdieľať s ostatnými.

4.2.1 Raspberry Pi 3

Tento mikropočítač bol vybraný nielen kvôli svojej obľúbenosti ale aj vďaka svojim parametrom, Obr. 4.2-1. Voči ostatným konkurentom svojej kategórie má výhodu dostupnosti, podpory ale aj veľkého množstva operačných systémov. Keďže je potreba vytvoriť vlastný riadiaci program, bol väčší predpoklad program postaviť na novom Windows 10 IoT. Ten bol priamo vytvorený pre tento mikropočítač a nie je až tak rozšírený na takýchto zariadeniach. Preto sa voľba zúžila a vyprofiloval sa s toho Raspberry Pi 3.

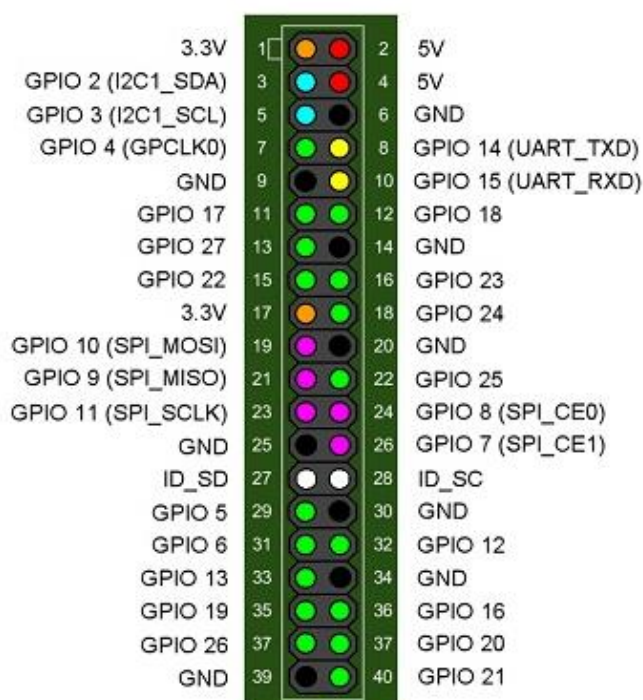


Obr. 4.2-1 1Raspberry Pi 3 [9.]

Tab. 3 - Špecifikácia Raspberry Pi 3

Procesor	Broadcom BCM2837SoC
Architektúra procesora	1.2GHz 64-bit quad-core ARMv8 CPU
Video procesor	Dual-coreVideoCoreIV
Pamäť	1GB LPDDR2
Operačný systém	Načítaný z pamäťovej karty
Rozmery	85x56x17mm
Digitálne porty	27 portov
Pripojiteľnosť	4xUSB,10/100 LAN, HDMI, 3.5 jack, CSI2, DSI, Bluetooth 4.1, WIFI 802.11n,

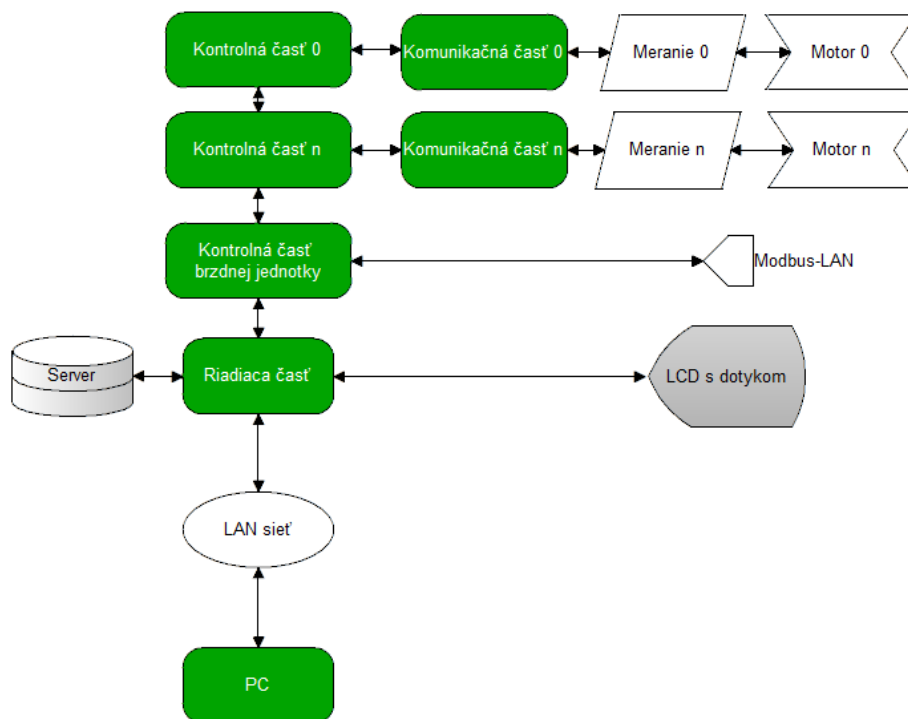
Špecifikácia Raspberry Pi 3 -Tab. 3, objasnila voľbu použitia tohto mikropočítača. Množstvo digitálnych portov dovoľuje pripojiť veľké množstvo periférií a komunikovať s nimi aj cez ďalšie sériové linky, či už je to UART, SPI alebo I2C. Rozloženie konektora 40GPIO je na Obr. 4.2-2. [9.]



Obr. 4.2-2 Rozloženie digitálnych portov [9.]

Vývojové prostredie pre Windows 10 IoT je pripravené vo Visual Studiu 2015. V tomto programovacom prostredí mala byť vyvíjaná finálna aplikácia, ktorá pobeží na tomto počítači. Už prostredie pre vývoj aplikácií má v sebe pripravené balíčky pre priame nastavovanie digitálnych portov a sériových komunikácií čo výrazne uľahčí prácu.

5. Návrh usporiadania



Obr. 5-1 Bloková schéma

Celok návrhu univerzálnej riadiacej jednotky pre motory je zložený z viacerých častí. Jednotlivé časti majú svoju funkciu a pridaním jednotlivých častí dokáže byť systém rozšírený pre väčší počet testovaných motorov.

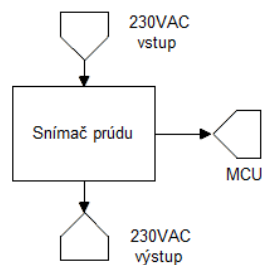
Jednotlivé časti podľa Obr. 5-1 :

- Meracia časť
- Kontrolná časť
- Kontrolná časť brzdnej jednotky
- Komunikačná časť
- Riadiaca časť
- Server
- Napájacia časť

5.1 Meracia časť

Táto časť je sústredená pre meranie potrebných veličín, ako je napätie a prúd motora. Tieto elektrické veličiny sú potrebné pre analyzovanie motora počas jednotlivých cyklov testu. Ich následné zaznamenávanie umožňuje neskoršie analyzovanie dosiahnutých výsledkov.

5.1.1 Meranie prúdu



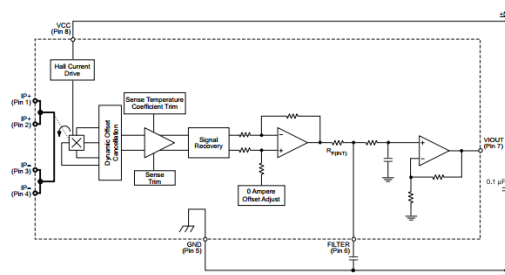
Obr. 5.1-1 Bloková schéma merania prúdu

Meranie prúdu je navrhnuté ako funkčný celok, ktorý prevádza zmeraný prúd na napäťovú úroveň, Obr. 5.1-1.

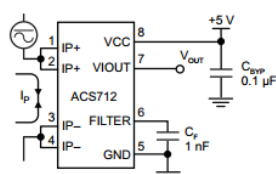
Návrh merania prúdu - ACS712

Na meranie prúdu sa vybral obvod ACS712.

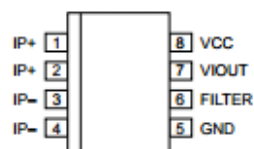
Obvod ACS712 meria prúd indukčnou metódou pri ktorej využíva Hallov jav, Obr. 5.1-2. Prechádzajúci prúd indukuje napätie na meracej cievke. Tento spôsob merania prúdu je integrovaný v jednom puzdre.



Obr. 5.1-2 Vnútorne zapojenie ACS712[4.]



Obr. 5.1-3 Typické zapojenie AC712 [4.]



Obr. 5.1-4 Rozloženie pinov ACS712 [4.]

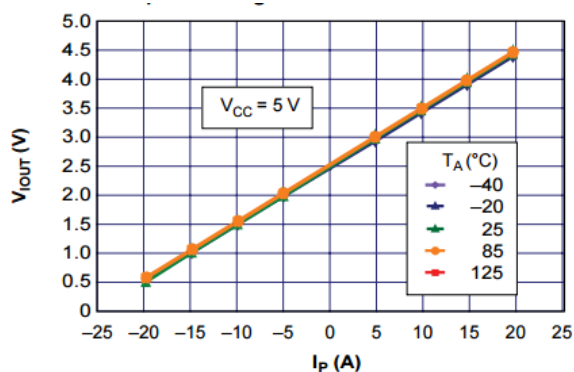
Typické zapojenie obvodu je jednoduché, Obr. 5.1-3. Obvod vyžaduje len pár externých komponentov.

Parametre obvodu - Tab. 4 sú postačujúce pre použitie. Výstupné napätie zodpovedá hodnote prúdu maximálne 5V.

Tab. 4 - ACS712

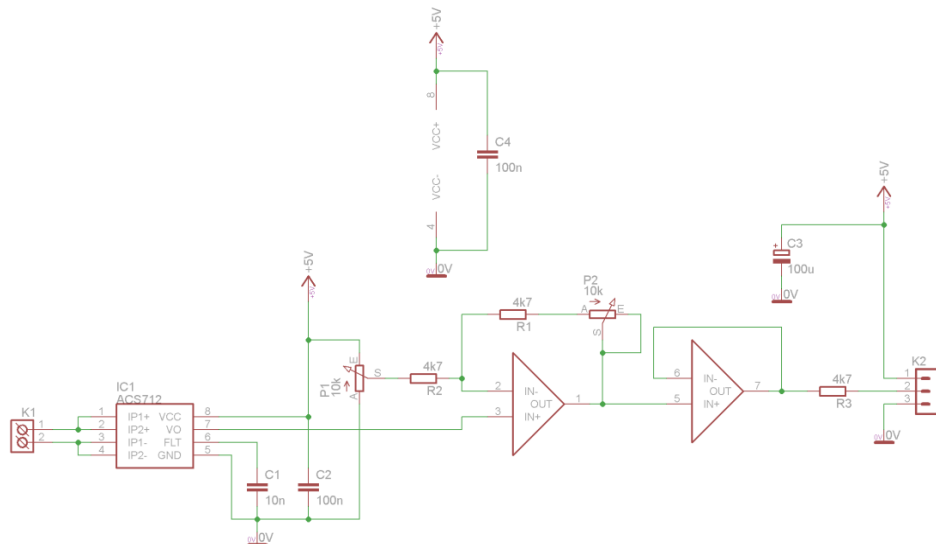
Napájacie napätie	V _{cc}	4,5-5,5V
Prúdový odber obvodu	I _{cc}	10mA
Výstupná kapacita	C _{load}	10nF
Výstupný odpor	R _{load}	4,7kΩ
Merací rozsah	I _p	+/-20A
Citlivosť	Sens	100mV/A
Merané napätie	V _w	354V _{pp}
Izolačné napätie	V _{iso}	2100V _{AC}

Z grafu závislosti - výstupné napätia na meranom prúde možno vyčítať aj tepelnú stabilitu merania.



Obr. 5.1-5 Graf závislosti výstupného napätia na prúde - ACS712 [4.]

Keďže senzor prúdu bude využívaný pre rozsah 0-20A, bude potreba zapojenie obvodu troška pozmeniť a na výstup pripojiť operačný zosilňovač. Meranie 0-20A zodpovedá podľa grafu napätie 2,5-4,5V. [4.]



Obr. 5.1-6 Schéma zapojenia OZ pre ACS712

Operačný zosilňovač je zapojený ako neinvertujúci. Jeho zosilnenie sa nastavuje trimrom P2. Maximálne zosilnenie je 4. Trimrom P1 sa nastavuje hodnota napätia invertujúceho vstupu na ktorý je privedená aj spätná väzba. Trimer P1 sa nastaví na minimálnu hodnotu potrebného vstupného napätia. V tomto prípade je to 2,4V. Toto zapojenie má úlohu orezať a zosilniť vstupné napätie. Ako operačný zosilňovač bol vybraný TS912, a hlavne pretože je typ Rail-to-rail, ktorý je pre toto zapojenie nevyhnutný, aby obvod mohol na výstupe dosahovať takmer celý rozsah napájacieho napätia.

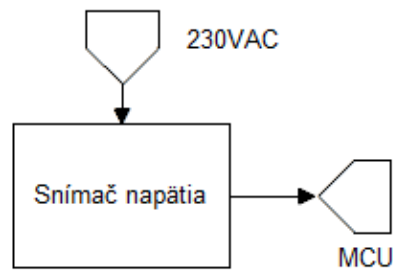
$$\Delta U_v = U_{20} - U_0 = 4,5V - 2,4V = 2,1V \quad (5.1)$$

$$A = \frac{U_{max}}{\Delta U_v} = \frac{5V}{2,1V} = 2,4 \quad (5.2)$$

$$A_u = 1 + \frac{R_2}{R_1} = 1 + \frac{4,7k + 2k}{4,7k} = 2,4 \quad (5.3)$$

Napätie nastavované trimrom P1 sa musí nastaviť na 2,4V a trimer P2 na hodnotu približne 2kΩ. Dôvod je že obvod Rail-to-Rail nie je schopný pri nízkom vstupnom napätí pracovať správne. Vplyv to má pri meraní nízkych hodnôt prúdov. Návrh celej meracej časti prúdu je v Prílohe A.

5.1.2 Meranie napätia

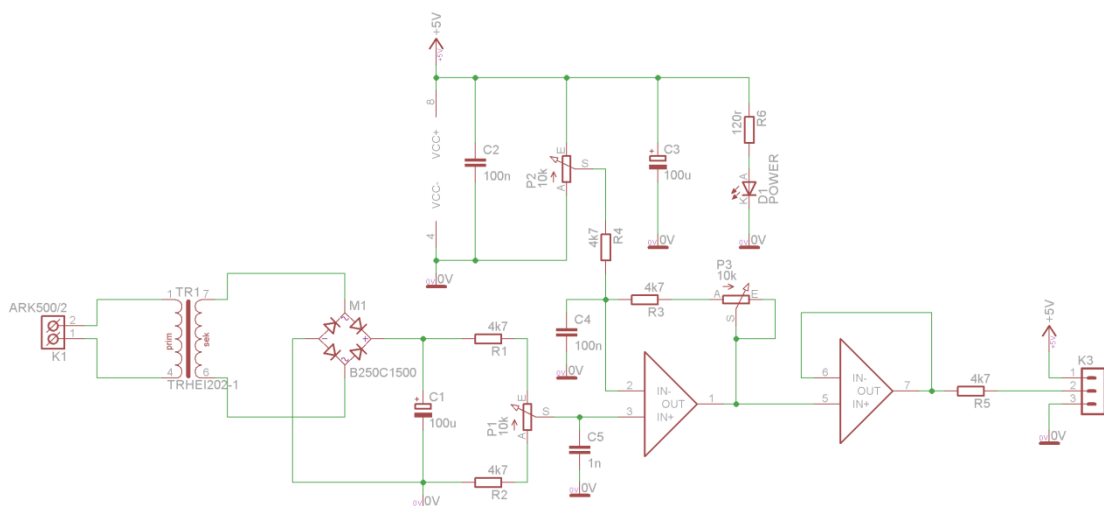


Obr. 5.1-7 Bloková schéma merania napätia

Meranie napätia prebieha v rozsahu 200-260VAC. Meranie bolo navrhnuté pre presné zmeranie tohto rozsahu pre účely neskorších analýz, Obr. 5.1-7.

Návrh merania napätia

Meranie napätia prebieha pomocou klasického transformátoru. Primárne vinutie 230VAC a sekundárne vinutie 6VAC. Keďže sa bude merať napätie 230VAC bolo potrebné galvanicky oddeliť napätie. Riešením je klasický transformátor. Jeho sekundárnu časť treba doplniť o usmerňovač a kondenzátor. Výstupné napätie je potrebné upraviť podobne ako pri meraní prúdu, Obr. 5.1-.



Obr. 5.1-8 Schéma zapojenia napät'ového senzoru

Pri napätí 230VAC je na jeho sekundárnej strane transformátora 6VAC. Po usmernení bude jeho hodnota 8,4VDC. Trimer P2 nastavíme na polovičné napätie ako je jeho vstup. Trimrom P1 nastavíme napätie na 3,6V a trimrom P3 nastavíme zosilnenie na 4. To znamená, že po nastavení trimera P3 bude na výstupe operačného zosilňovača 4-krát väčšie napätie ako na jeho vstupe. Touto úpravou signálu je možné merať striedavé napätie v rozsahu 200-260VAC. Doladením trimra P2 môžeme jemne doladiť meranú hodnotu napätia voči kalibrovanému voltmetru aby meranie bolo čo najpresnejšie.

Pomer transformátora je 38,33 :1 s toho vyplýva že pri 200VAC je na jeho sekundárnej strane 5,22VAC po usmernení 7,36VDC. Pri deliči 2 dostaneme na neinvertujúci vstup napätie 3,68V. Trimer P1 nastavíme preto na hodnotu 3,6V.

Pri napätí 260VAC na transformátore je na sekundárnej strane napätie 6,78VAC. Po jeho usmernení dostaneme napätie 9,56VDC. Pri deliči 2ma dostaneme na vstup OZ napätie 4,78V. S toho vyplýva že rozsah vstupných napätí na neinvertujúci vstup OZ je 3,68V -4,78V. Pri 3,6V referencii dostaneme rozsah 0,08V-1,18V . Operačný zosilňovač preto treba nastaviť na zosilnenie 4. Trimer P3 je preto potreba nastaviť na približne 9,4kΩ.

Návrh merania napätia je v Prílohe B.

$$Pr_{TR} = \frac{U_P}{U_S} = \frac{230}{6} = 38,33 \Rightarrow 38,33 : 1 \quad (5.4)$$

$$U_{S(200VAC)} = \frac{U_P}{Pr_{TR}} = \frac{200}{38,33} = 5,22VAC \quad (5.5)$$

$$U_{\frac{e}{2}} = \frac{U_S}{2} * \sqrt{2} = 3,68VDC \quad (5.6)$$

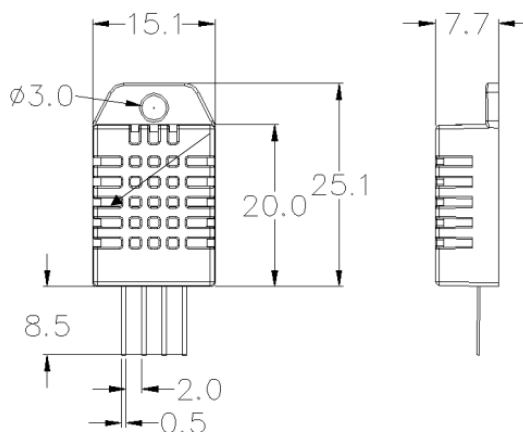
$$U_{S(260VAC)} = \frac{U_P}{Pr_{TR}} = \frac{260}{38,33} = 6,78VAC \quad (5.7)$$

$$U_{\frac{e}{2}} = \frac{U_S}{2} * \sqrt{2} = 9,56VDC \quad (5.8)$$

Pr_{TR}	prevod transformátora
U_P	napätie na primárnom vinutí transformátora
U_S	napätie na sekundárnom vinutí transformátora
$U_{\frac{e}{2}}$	napätie po usmernení a vydelené 2ma

5.1.3. Meranie teploty okolia

Teplota okolia nie je klimatizovaná ani inak ovplyvňovaná. Počas roka a aj počas testu sa táto teplota mení spolu s vlhkosťou vzduchu. Z tohto dôvodu je potrebné snímať a zaznamenávať teplotu okolia, prípadne aj vlhkosť aby pri analyzovaní zmeny teploty motora mohli byť započítavané aj zmeny teploty okolia. Pre toto zaznamenávanie bol vybraný ako dostačujúci snímač DHT22 (AM2302). Špecifikácia v Tab. 6 a zapojenie senzoru Tab. 5 približujú jeho parametre.



Obr. 5.1-9 DHT22 puzdro

Tab. 5 - DHT22 piny

Pin	Funkcia
1	Vdd- napájacie napätie 3,3-6V
2	Dáta
3	N.C. – nezapojený pin
4	GND

Tab. 6 - Špecifikácia DHT22

Model	DHT22	
Napájacie napätie	3,3V-6V	
Výstupný signál	Digitálny výstup	
Typ senzoru	Polymér kondenzátor	
Rozsah	0-100% RH	-40 - 80°C
Presnosť	±2% RH	±0,5°C
Rozlíšenie	0,1% RH	0,1°C
Opakovateľnosť	±1%RH	±0,2°C
Dlhodobá stabilita	±0,5% RH/rok	
Periódna snímania	Priemerne 2s	
Zameniteľnosť	Plne zameniteľný	
Rozmery	15,1x25,1x7,7mm - Obr.5.1-9	

Výstupný signál je zložený z dát o nameranej vlhkosti a teplote . ide o 8bitovú komunikáciu. Dáta majú veľkosť 5Bytov, Tab. 7.

Tab. 7 - DHT22 komunikácia

C. Vlhkosť	D. Vlhkosť	C. Teplota	D. Teplota	CSC
------------	------------	------------	------------	-----

C. Vlhkosť – Celočíselná hodnota vlhkosti vzduchu

D. Vlhkosť – Desatinná hodnota vlhkosti vzduchu

C. Teplota - Celočíselná hodnota teploty vzduchu

D. Teplota - Desatinná hodnota teploty vzduchu

CSC- suma predchádzajúcich bytov, kontroluje správnosť prijatých dát



Obr. 5.1-10 obvodové zapojenie teplotného snímača

Teplotný snímač DHT22 je umiestnený na DPS- , ktorá je káblovo vyvedená na konštrukciu stanice – Obr.5.1-10. Snímač je pripojený priamo na serverový PC kde je nastavené neustále ukladanie nameraných hodnôt. Dátový pin vyžaduje pripojenie rezistoru R1, ktorý slúži ako Pull-Up rezistor. Návrh tejto časti je v Prílohe C.

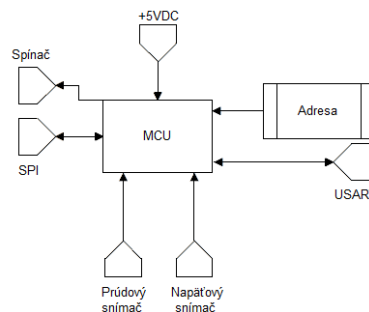
5.2 Kontrolná časť

Delí sa na :

- Kontrolná procesorová časť
- Spínacia časť
- Komunikačná časť
- Prevodník USART a SPI
- Kontrolná časť brzdnej jednotky

Kontrolná časť je dôležitou súčasťou celého systému komunikácie a riadenia motora. Riadiaca časť odosiela dáta do kontrolnej časti. Táto časť s dátami pracuje a zároveň kontroluje odozvu motora či pracuje podľa príkazov riadiacej časti. Ak nie odosiela odpoveď o poruche alebo chybe. Kontrolná časť samostatne riadi aj spínanie 230VAC spínacou časťou. V prípade poruchy vie samostatne odpojiť motor. Keďže na túto časť je napojená aj meracia časť prúdových a napätových snímačov vie podľa meraných hodnôt vyhodnotiť poruchu motora a následne informovať o tom riadiacu časť.

5.2.1 Kontrolná procesorová časť

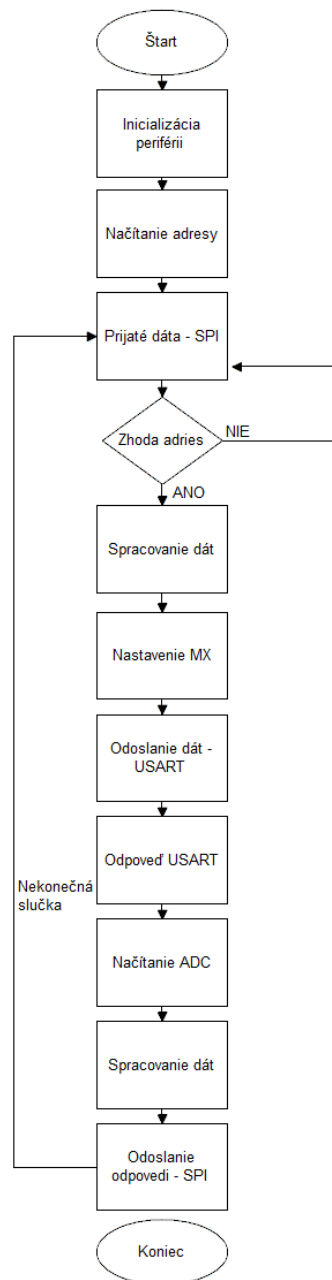


Obr. 5.2-1 Bloková schéma kontrolnej procesorovej časti

Jadrom je MCU Atmega 328. Zapojenie využíva dva ADC prevodníky a komunikácie USART a SPI – Obr.5.2-1. Zmenou adresy pomocou DIP prepínača sa dá kedykoľvek kontrolná procesorová časť prepnúť aby nahradila zariadenie inej adresy.

Časť prijíma dáta cez SPI a po ich vyhodnotení ich odošle cez USART, zároveň nastavuje výstup multiplexora.

FW pre kontrolnú procesorovú časť

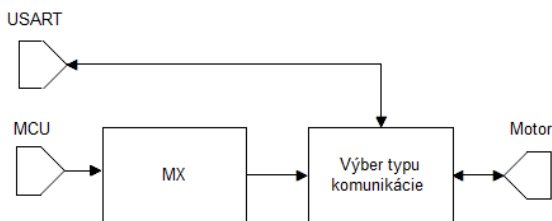


Obr. 5.2-3 Vývojový diagram FW pre MCU kontrolnej časti

Program pre MCU je vytvorený tak, aby pracoval v nekonečnom cykle, kde spracováva dáta prijaté zo sériovej komunikácie SPI. Tieto dáta spracováva a časť prijatých dát odosiela ďalej do komunikačnej časti pomocou sériovej komunikácie USART.

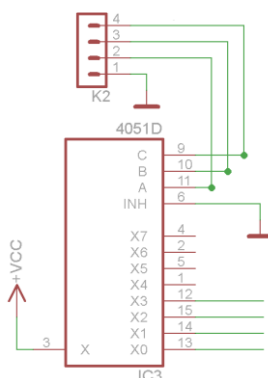
Pravidelne po reštarte je načítaná z 4 digitálny portov adresa, ktorá triedi prijaté dáta, ktoré môže spracovať. Ak je adresa zhodná, spracuje ich. Pokiaľ je odlišná čaká na prijatie dát zo svojom adresou. Triedenie prijatých dát prebieha v oddelení hlavičky, adresy, typu, 10 dátových bytov pre motor, CSC. Komunikácia je 8bitová a celkovo prijíma 14bytov. Následne odosielanie odpovede cez SPI je zloženie dát hlavička, adresa, typ, 6 dátových bytov, 2 byty o napätí, 2byty o prúde, CSC. Ku komunikácii dochádza pravidelne každú 1s. Po spracovaní typu motoru automaticky spracuje túto informáciu pre 4bitovú paralelnú komunikáciu pre nastavenie multiplexorov v komunikačnej časti. Snímanie prúdu a napätia prebieha tiež pravidelne. Ich analógový výstup v rozsahu 0-5V je privedený na ADC prevodník ktorý ich prevedie na 10bitové číslo. Pokiaľ by hodnota napätia alebo prúdu presiahla určitú hranicu bude motor odpojený. Prípadne ak by napätie na motore bolo nízke alebo naopak príliš vysoké. Ak MCU prijme dáta automaticky dáva signál pre spínaciu časť o zopnutí napájanie pre motor. Ak by dáta neprišli po 2s, automaticky mu odpojí napájanie.

5.2.2 Komunikačná časť



Obr. 5.2-4 Bloková schéma komunikačnej časti

Komunikačná časť ako je na je tvorená viacerými typmi komunikácie s ktorých sa vyberá len jedna podľa potreby. Od časti motora je komunikačná časť galvanicky oddelená. Na vstupe prevodníku komunikácie sú to optočleny CNY17. Výstup komunikácie je prepínaný pomocou relé. Relé prepínajú aj napájacie napätie sekundárnej strany. Každý typ motora používa iný typ komunikácie a zároveň aj typ logiky alebo už čisto aj len napájacie napätie. Napájanie sekundárnej strany zabezpečuje jeden samostatný zdroj pre každú jednu komunikačnú časť. Výber typu komunikácie je ovládaný pomocou multiplexorov, ktoré prepínajú nielen relé výstupu ale aj spínanie optočlenov na vstupe. Zároveň prepínajú aj usmernenie sériovej komunikácie k správne typu požadovanej komunikácie.



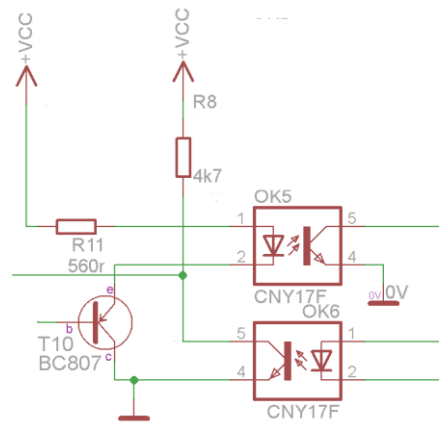
Obr. 5.2-5 Obvodové zapojenie multiplexoru

Zapojenie multiplexorov vychádza z katalógového zapojenia- Obr.5.2-5. V zapojení sú využité tri multiplexory, jeden pre spínanie výstupných relé a potrebného napájacieho napätia po galvanickom oddelení, druhý a tretí prepína sériovú komunikáciu USART

Tab. 9 - Multiplexor komunikácia

A	B	C	Typ komunikácie
0	0	0	Typ 1
1	0	0	Typ 2
0	1	0	Typ 3
1	1	0	Typ 4

Selekcia komunikácie prebieha len pre 4 potrebné typy. Je možné ju však rozšíriť na väčšie množstvo typov komunikácia. Prepínanie medzi typmi je podľa Tab. 9.



Obr. 5.2-4 Obvodové zapojenie optočlenov

Galvanické oddelenie je tvorené pre každý typ 2-ma optočlenmi, jeden pre odosielanie a druhý pre prijímanie dát. Tranzistor T10 spína LED diódu preto musí byť typu PNP aby nedošlo k invertovaniu komunikácie. Dokumentácia k tejto časti je v Prílohe E.

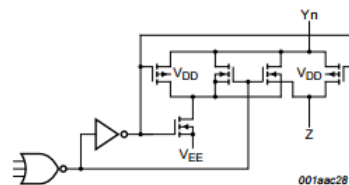
Multiplexor - 4051

Ide o analógový multiplexor/demultiplexor s 3-bitovou logikou výberu pinu. Na Obr. 5.2-5 je vidieť ako sa 3 bitovou logikou volí výber vhodného preporenia.

Input				Channel ON
E	S3	S2	S1	
L	L	L	L	Y0 to Z
L	L	L	H	Y1 to Z
L	L	H	L	Y2 to Z
L	L	H	H	Y3 to Z
L	H	L	L	Y4 to Z
L	H	L	H	Y5 to Z
L	H	H	L	Y6 to Z
L	H	H	H	Y7 to Z
H	X	X	X	switches off

[1] H = HIGH voltage level; L = LOW voltage level; X = don't care.

Obr. 5.2-5 Logika multiplexoru 4051 [5.]

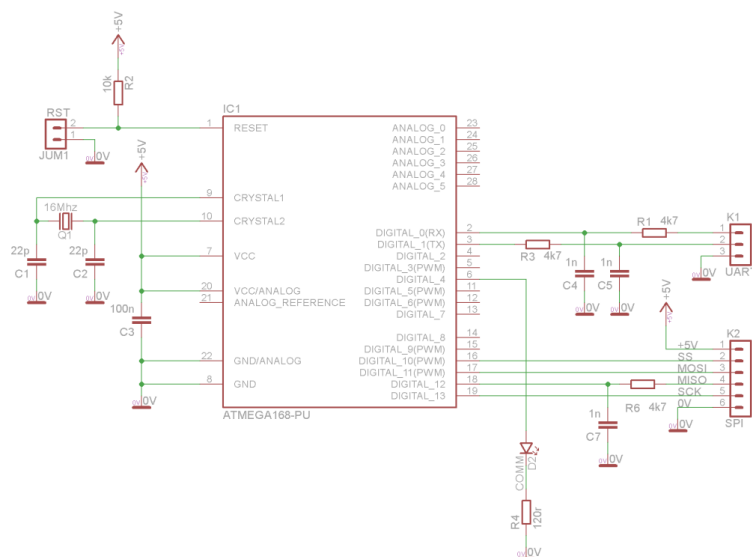


Obr. 5.2-6 Zapojenie spínaču multiplexoru [5.]

Na Obr. 5.2-6 je možné vidieť vnútorné zapojenie jedného prepínača. Celý obvod ich obsahuje 8. Ide o jednoduchý logický obvod, ktorý nám v tomto prípade pomáha prepínať komunikáciu a motory.[5.]

5.2.3 Prevodník USARTtoSPI

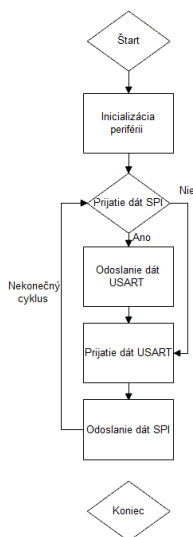
Prevodník je tvorený jedným MCU Atmega 328 – Obr. 5.2-7. Tento prevodník má len funkciu prevádzať komunikáciu nesynchronnú USART na synchronnú SPI. Kompletná dokumentácia k tejto časti je v Prílohe G.



Obr. 5.2-7 Obvodové zapojenie prevodníka

FW Prevodník

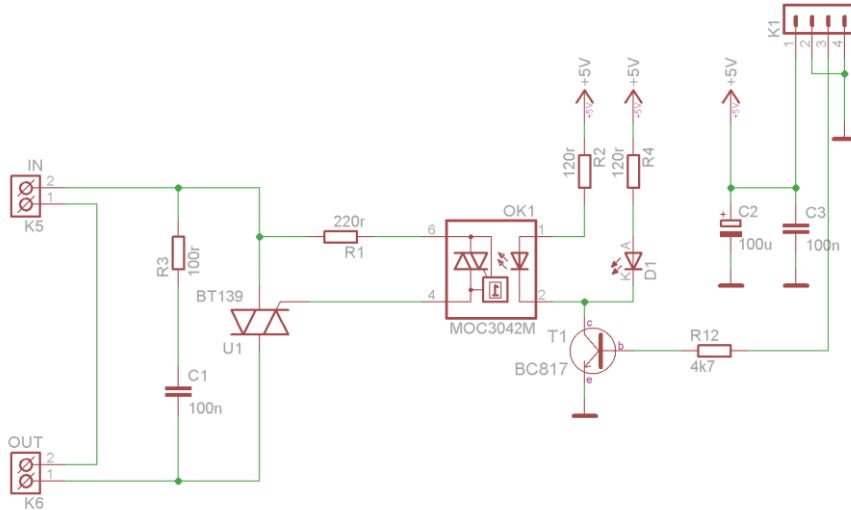
Program prevodníku sériových komunikácií má len funkciu prevádzať komunikáciu inak nemá žiadnu ďalšiu funkciu. Prijaté dáta sú bez ďalšieho spracovania odoslané ďalej. Prevodník si preferovanú komunikáciu vyberá podľa toho, ktoré dáta prijme skôr, teda či pôjde o dáta z USART alebo SPI – Obr. 5.2-8.



Obr. 5.2-8 Vývojový diagram FW prevodníku

5.2.4 Spínacia časť

Spínacia časť má úlohu zopínať alebo vypínať napätie 230VAC na motore čím ho dokáže vypnúť. Ide o jednoduchý triakový spínač. Budenie triaku je galvanicky oddelene optotriakom MOC3041, ktorý ma funkciu zopnutia v 0 – Obr. 5.2-9. Izolačná schopnosť oddelenia je 7500VAC.



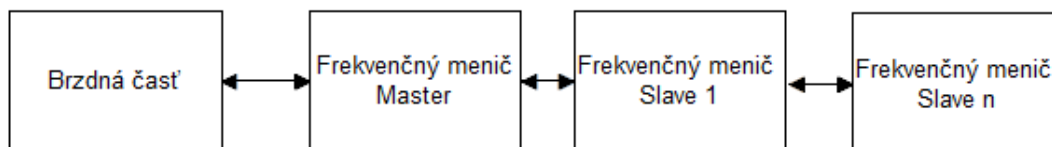
Obr. 5.2-9 Obvodové zapojenie spínacej časti

Obvod je napájaný napätím 5VDC a zopinaný napätím 5V na báze tranzistoru T1.

Triak je ošetrený RC členom pre indukčné záťaže aby nedošlo k jeho zničeniu. Návrh časti je v Prílohe H.

5.2.5 Brzdná časť

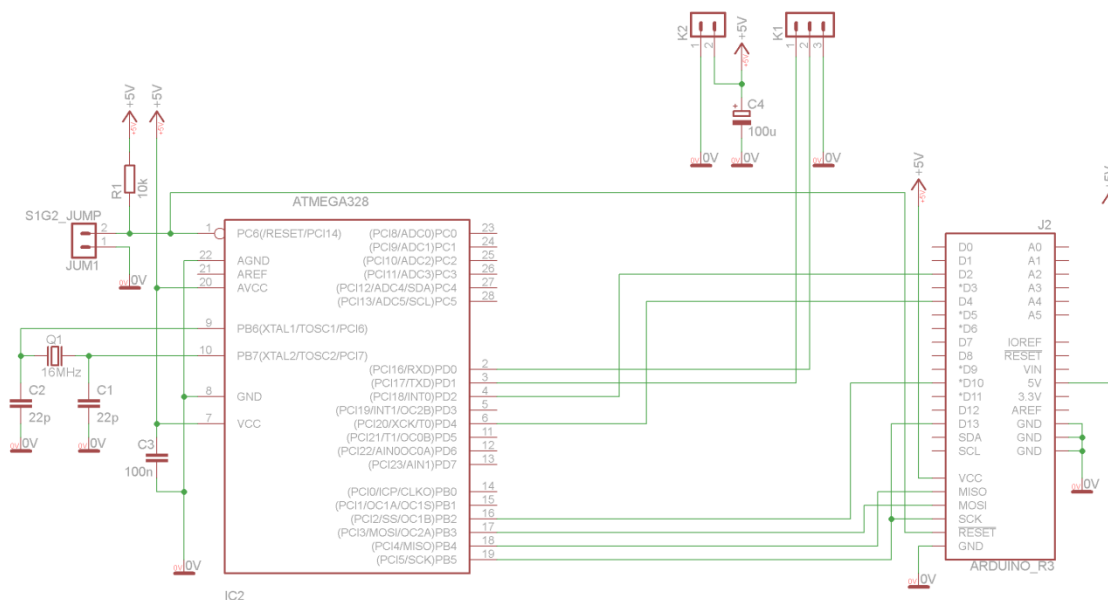
Táto časť bola navrhnutá nad rámec tejto práce. Počiatočne mala byť riešená externe samostatným riadením frekvenčných meničov pre brzdné motory. Brzdné motory mali byť spúšťané len pri dosiahnutí určitých otáčok určitým momentom. Nakoniec sa pre zlepšenie možností jednotky rozšírila táto časť aj o riadenie a kontrolu brzdných motorov. Podklady k brzdnéj časti sú v Prílohe F.



Obr. 5.2-10 Bloková schéma zapojenia frekvenčných meničov

Zapojenie a komunikácia meničov medzi sebou je pomocou protokolu Modbus – Obr 5.2-10. Prvý menič je nadradený ostatným a prijíma všetky informácie o nastavení ostatných podradených meničov.

Brzdná časť vyhodnocuje nastavenia pre frekvenčné meniče, hodnotu ich brzdného momentu a zbiera informácie o otáčkach z brzdných motorov. Tieto otáčky dokáže vyhodnocovať a porovnávať s otáčkami, ktoré má dosahovať testovaný motor. V prípade odchýlky informuje riadiacu časť o nesprávnych otáčkach motora. Adresa na sériovej linke je pre túto časť nastavená pevno na 0.

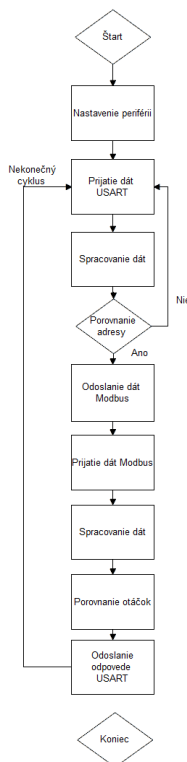


Obr. 5.2-1 Obvodové zapojenie brzdnéj časti

Komunikácia s frekvenčnými meničmi prebiehala v spolupráci s firmou S-Drive.

FW Brzdná časť

MCU tejto časti obsahuje program pre riadenie frekvenčných meničov protokolom Modbus. Dáta sú preto spracovávané zvlášť pre tento protokol a následne odoslané cez SPI do LAN kontroléru, ktorý ich odošle nadržadenému frekvenčnému meniču.



Obr. 5.2-12 Vývojový diagram FW brzdnjej časti

Diagram programu pre brzdnú časť zobrazuje jednotlivé kroky až po porovnanie otáčok brzdného motora a testovaného motora – Obr.5.2-12. Prijaté dáta cez SPI majú štruktúru. Ide o 8bitovú komunikáciu. Veľkosť prijímaných dát v Tab. 10 a odosielaných v Tab. 11 je rovnaká.

Tab. 10 - Dáta prijímané brzdnou časťou

Hlavička	Adresa	Č. motora	Moment	OT1	OT2	CSC
12	00	1-15	0-255	0-255	0-255	

Otáčky, ktoré by mal motor dosahovať je 2x 8bitová informácia. Moment je prepočítavaný dvakrát. To znamená, že pri prijatí hodnoty 255 odošle brzdnému motoru informáciu o momente 5,1Nm.

Tab. 11 - Dáta odosielané brzdnou časťou

Hlavička	Adresa	Č. motora	OK/ERR	OT1	OT2	CSC
21	00	1-15	0/FF	0-255	0-255	

Odpoveď odosielaná brzdnou časťou oznamuje riadiacej časti či sa nejedná o chybu. Následne pribaľuje aj dáta o rýchlosti, ktoré sú prijaté zo snímača v brzdných motoroch.

5.3 Riadiaca časť

Riadiaca časť je tvorená stolovým počítačom s operačným systémom Windows. Tento počítač je trvalo pripojený k testovacej jednotke pomocou prevodníku USB . RS232 a následne prevodníku na sériovú komunikáciu USART.

V budúcnosti môže byť táto časť nahradená počítačom Raspberry 3 s vytvoreným web serverom, čím by sa vylepšila komunikácia a vzdialené riadenie jednotky.

Pôvodne mala byť táto časť riešená Raspberry Pi 3 s operačným systémom Windows IOT. Hlavná nevýhoda je riešenie a zálohovanie dát na cloud Azure. Lokálne ukladanie nie je doriešené pre tento operačný systém. Možnosťou bolo ešte dáta z lokálnej siete odosielať po sériovej linke do toho počítača len pri stiahnutí programu a následne ho spustiť. Táto možnosť nebola príliš vhodným riešením. Počítač by musel prijať naraz obrovské množstvo dát, keďže sa ešte aj rozšíril počet krokov na dvojnásobok voči pôvodnému počtu krokov a pridalo sa ešte aj množstvo praní a odstreďovaní .

5.3.1 Server

Zbieranie dát a ich ukladanie prebieha na server umiestnený na lokálnej sieti. Ten je tvorený Raspberry pi 3 ktorý svojou nízkou spotrebou použitím flash disku je postačujúci na túto funkciu. Server beží na operačnom systéme Rasbian kde prebehlo nastavenie serveru nasledujúcimi príkazmi. Celé nadstavenie prebieha pomocou terminálu. Zbernica pre server je v Prílohe I.

```
$ sudo apt-getinstall samba samba-common-bin
```

Nainštalujeme samba server, ktorý zabezpečí konfiguráciu servera.

```
$ sudo leafpad /etc/samba/smb.conf&
```

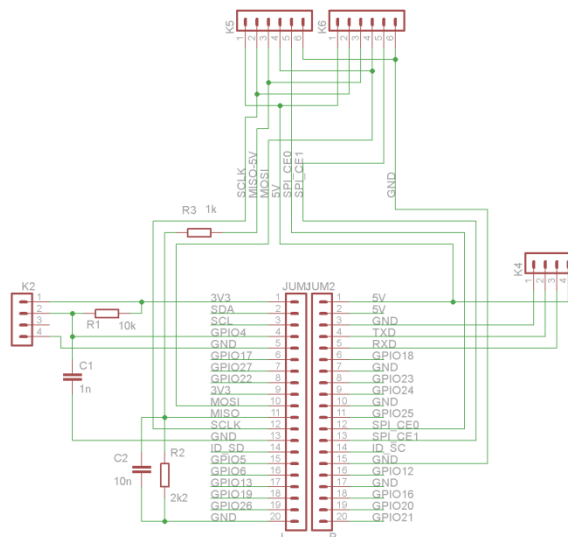
Otvoríme konfiguračný súbor, kde nastavíme parametre zdieľania.

```
workgroup = LT  
wins support = yes
```

Zmenou týchto dvoch parametrov v hlavičke konfiguračného súboru nastavíme názov pracovnej skupiny na LT (life test) a zapneme podporu pre zdieľanie s PC s operačným systémom Windows.

```
[LT-server]
comment= Server
path=/home/pi/LT/
browseable=Yes
writeable=Yes
onlyguest=no
createmask=0777
directorymask=0777
public=yes
```

Vložením tohto nastavenia pridáme zdieľanie priečinku LT. Zdieľanie je nastavené na zapisovanie aj čítanie tohto priečinku. Pokiaľ je priečinok nastavený ako verejný, nevyžaduje prihlásenie. Server bude bežať na vlastnej sieti LAN, preto nie je potrebné zabezpečené pripojenie na priečinku.



Obr. 5.3-1 Obvodové zapojenie zbernice riadiacej časti

Schéma pripojenia na digitálne porty Raspberry pi 3 – Obr. 5.3-1. Sem sa pripája aj teplotný snímač z ktorého dáta sú priebežne ukladané.

Priebežné ukladanie teploty je vytvorené cez prostredie Python 3.4 .

```
From sense_hat import SenseHat
From datetime import datetime
```

V hlavičke je potreba importovať potrebné knižnice pre senzor teploty a pre načítanie aktuálneho času a dátumu.

```

def get_sense_data():
    sense_data=[]

    sense_data.append(sense.get_temperature())
    sense_data.append(sense.get_humidity())

    sense_data.append(datetime.now())

return sense_data

```

Funkcia načítava hodnoty zo snímača to premennej `sense_data`. Za hodnoty teploty a vlhkosti pridá aktuálny dátum a čas.

```

FILENAME = "T-DATA"
WRITE_FREQUENCY = 60

```

Zadáme základné znenie názvu súboru pre ukladanie dát a frekvenciu ukladania dát.

```

Def log_data():
    output_string = ";" .join(str(value) for value in sense_data)
    batch_data.append(output_string)

```

Funkcia, ktorá medzi jednotlivé dáta vloží zvolený znak ako oddelovač.

```

batch_data=[]

filename = FILENAME+"-"+str(datetime.now())+".csv"
file_setup(filename)

```

K názvu ukladaného súboru dátum .

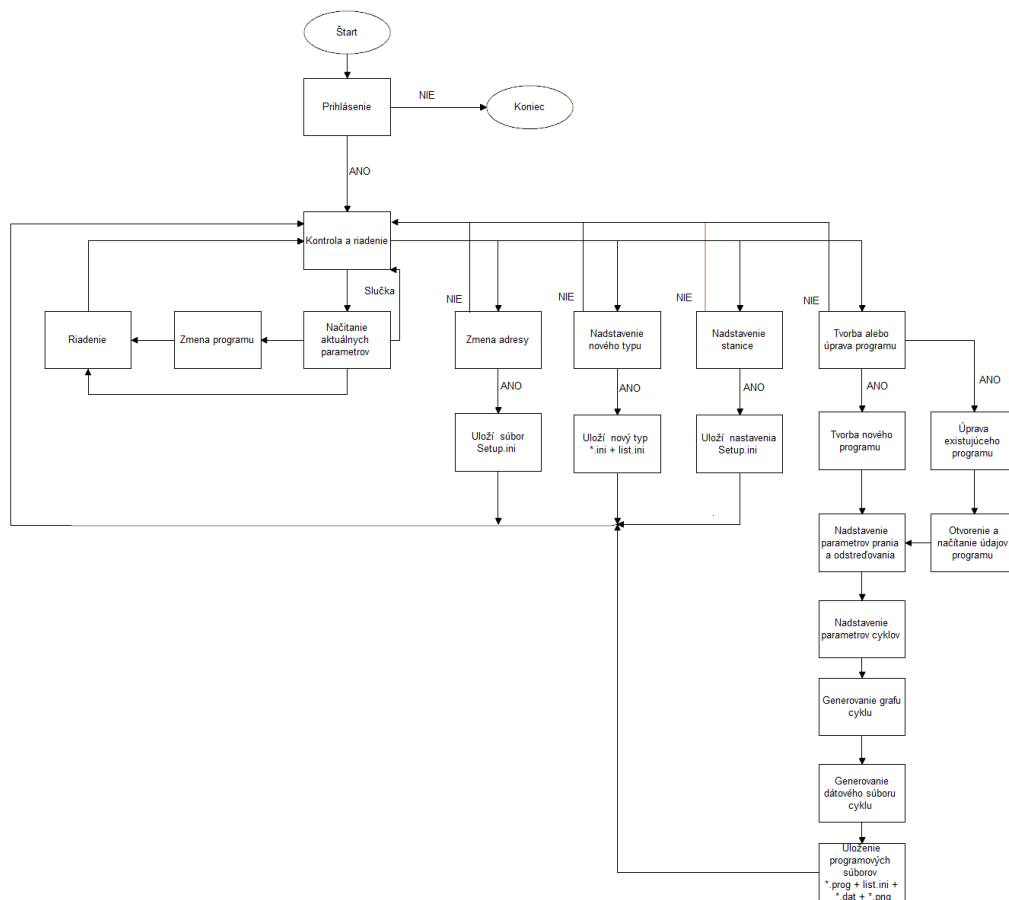
```

While True:
    sense_data=get_sense_data()
    log_data()
    if len(batch_data) >= WRITE_FREQUENCY:
        print("Zapisovanie do suboru..")
        with open(filename,"a") as f:
            for line in batch_data:
                f.write(line+"\n")
    batch_data=[]

```

Funkcia popisuje cyklické ukladanie dát a následné vypísanie informácie o uložení dát.

5.3.2 SW pre PC



Obr. 5.3-2 Vývojový diagram SW pre PC

Ako je na blokovej schéme programu znázornené, celkovo sa program skladá z viacerých častí. Jednotlivé časti majú svoju úlohu. Hlavné funkcie sú riadenie motorov, ukladanie nameraných hodnôt a kontrolovanie dosiahnutých parametrov motoru. Vedľajšia ale zároveň dôležitá úloha programu je vytváranie programov pre jednotlivé cykly a skúšky motoru. Ďalšia úloha je nastavovanie parametrov stanice a základné parametre motoru. Program obsahuje aj nastavenie korekcie meracích častí.

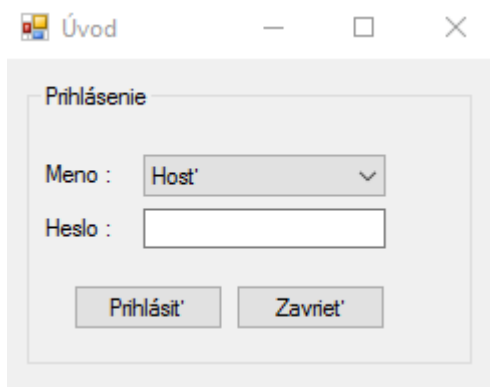
Programové časti:

- Prihlásenie
- Hlavná obrazovka priebehu cyklov
- Vytváranie programov pre test
- Nastavovanie a pridávanie typov motorov
- Nastavenie cesty pre programové súbory
- Nastavenie parametrov stanice

Prihlásenie

Prihlásenie prebieha v okne kde sú pevne nastavený traja užívatelia .

Heslá sú taktiež pevne programovo nastavené bez možnosti zmeny. Pre užívateľa „Host“ sú nastavené práva len na prezeranie aktuálneho stavu motorov, to znamená že nemôže nastavovať parametre alebo meniť programy – Obr. 5.3-3. Povolenie práv na zmeny prebieha na zdrojovej úrovni programu.



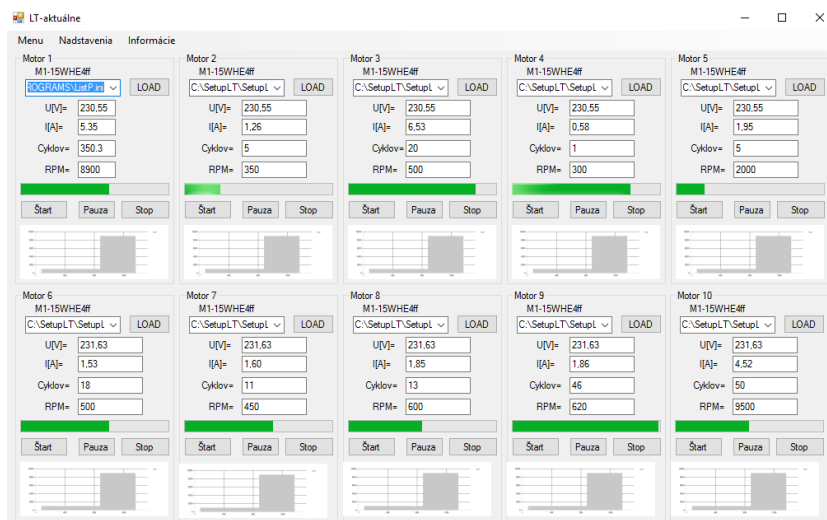
Obr. 5.3-3 Prihlásenie

Po zadaní nesprávneho hesla upozorní správou. Ak je tri krát zadané nesprávne heslo aplikácia sa zavrie.

Hlavná obrazovka priebehu cyklov

Táto obrazovka zobrazuje 10 motorov pre testovanie. Pre každý motor je zobrazený jeho názov, názov programu, jeho aktuálne hodnoty prúdu a napätia , počet dosiahnutých cyklov. Priebeh cyklov je aj graficky zobrazený aby sa zlepšil ich prehľad – Obr. 5.3-4.

K ďalším nastavovacím oknám sa dostávame cez vrchnú programovú lištu.



Obr. 5.3-4 Hlavné okno

Vytváranie programov pre test

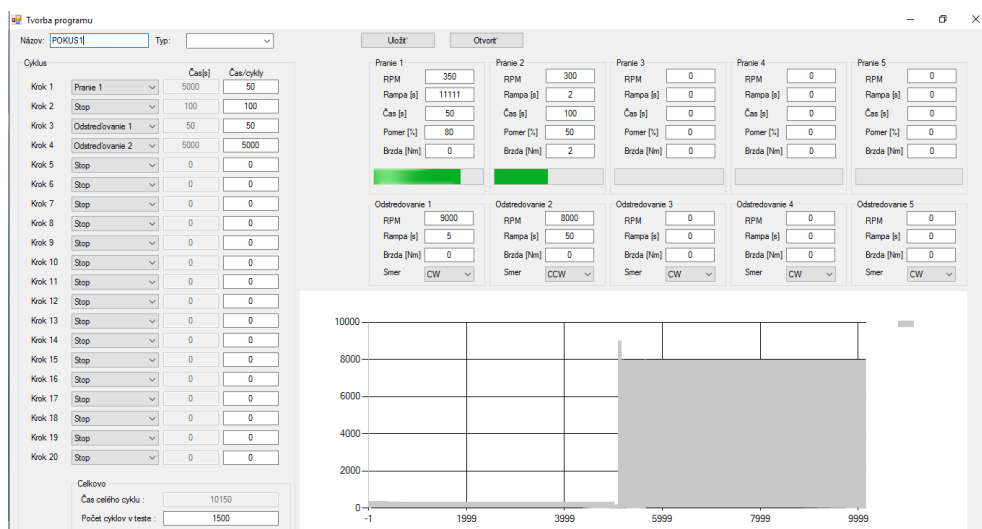
Vytváranie programov pre test prebieha na obrazovke rozdelenej pre nastavovanie jednotlivých častí programu. Základ je správne pomenovanie a určenie typu testovaného motoru. Po tomto základnom nastavení sa načítajú základné parametre pre výpočty potrebné k vytvoreniu programového súboru. Tieto parametre obsahujú priemery remenice motoru jeho prevodový pomer, výber typu komunikácie.

Na pravej strane sa nastavujú časti cyklu ako sú prania a odstred'ovania. Pre každý test je možné nastaviť až 5 typov praní a 5 typov odstred'ovaní. Nastavenie prania pozostáva z nastavenia rýchlosti, nábehu, času jedného cyklu, momentu brzdného motoru a percentuálne vyjadrenie pomeru chodu motora ku zastaveniu motora. Každý prací cyklus pozostáva z otáčania sa do pravej strany, zastavenia motora, otáčania do ľavej strany a opäť zastavenie motora. Nastavenie cyklu pozostáva ale len pre pomer polovice cyklu, to znamená len nastavenie pre otáčanie do jednej strany. Program automaticky počíta nastavenia pre celý prací cyklus.

Nastavenie odstred'ovania pozostáva s nastavenia rýchlosti, nábehu, brzdného momentu brzdy a smeru jeho otáčania.

Na ľavej strane je celkové nastavenie celého cyklu testu. Pozostáva z 20tich krokov. Pre tieto kroky sú prirad'ované prania odstred'ovania alebo zastavenia motora. Ak je zvolené ako krok pranie zapisuje sa namiesto času počet cyklov prania. Tie sú automaticky prepočítané na celkový čas trvania kroku. Ak je zvolené zastavenie motora alebo odstred'ovanie, tak sa nastavuje len celkový čas trvania kroku. Na záver sa prepočítajú časy jednotlivých krokov a je vypočítaný celkový čas jedného cyklu. Pod tento čas sa ešte nastaví celkový počet požadovaných cyklov dosiahnutých motorom.

Celé nastavovanie je graficky zobrazené na grafe závislosti otáčok na čase , Obr. 5.3-5.



Obr. 5.3-5 Nastavenie programu

Ukladanie programového súboru prebieha cez dialógové okno. Pri ukladaní je ešte dotvorený súbor programu pre priame odosielanie príkazov. Pri tomto vytváraní SW čerpá z knižníc príkazov. Otáčky motora sú prepočítané podľa nasledujúcich vzorcov (5.1),(5.2).

$$RPM_{odostané} = \frac{RPM_{pož}}{Pr_M} * \frac{\phi_B}{\phi_M} \quad (5.1)$$

$$RPM_M = RPM_{odostané} * Pr_M \quad (5.2)$$

$RPM_{odostané}$	-Otáčky odoslané motoru
$RPM_{pož}$	-Požadované otáčky dosiahnuté na brzdnom motore
RPM_M	-Skutočné otáčky motora
Pr_M	-Prevodový pomer motora – predprogramovaný v motore
$\phi_B [mm]$	-Priemer remenice brzdneho motora v mm
$\phi_M [mm]$	-Priemer remenice motora v mm

Príklad :

$$RPM_{pož} = 1000$$

$$Pr_M = 10$$

$$\phi_B [mm] = 120mm$$

$$\phi_M [mm] = 50 mm$$

$$RPM_{odostané} = \frac{RPM_{pož}}{Pr_M} * \frac{\phi_B}{\phi_M} = \frac{1000}{10} * \frac{120}{50} = 240 \quad (5.3)$$

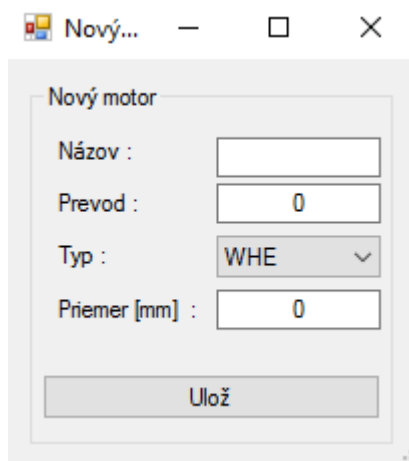
$$RPM_M = RPM_{odostané} * Pr_M = 240 * 10 = 2400 \quad (5.4)$$

Podľa príkladu (5.3),(5,4) ak chceme aby motor dosiahol 1000 otáčok za minútu na brzdnom motore, musí testovaný motor mať 2400 otáčok za minútu. Pri tom do motora odošleme len hodnotu 240 otáčok za minútu.

Tento spôsob odosielenia s predprogramovaným prevodom motora je z dôvodu, že motory sú už pri výrobe určené len pre jeden druh práčky, kde tento prevodový pomer opisuje prevod medzi remenicou motora a remenicou bubna. Otáčky odosielené motoru sú spravidla požadované otáčky bubna. Naopak pri testovaní životnosti sa používa nemenný priemer remenice brzdneho motora preto je potreba takto pomer prepočítať aby dosahoval správne hodnoty otáčok.

Väčšia časť kódu sa nemôže zverejniť, pretože obsahuje dôverné informácie o komunikácii motorov.

Nastavovanie a pridavanie typov motorov



Nový motor

Názov :

Prevod :

Typ :

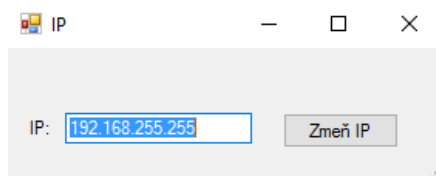
Priemer [mm] :

Ulož

Obr. 5.3-6 Nový typ

Pridavanie motorov prebieha cez okno nový typ motora kde sa nastavujú jeho základné parametre – Obr. 5.3-6.

Nastavenie cesty pre programové súbory



IP

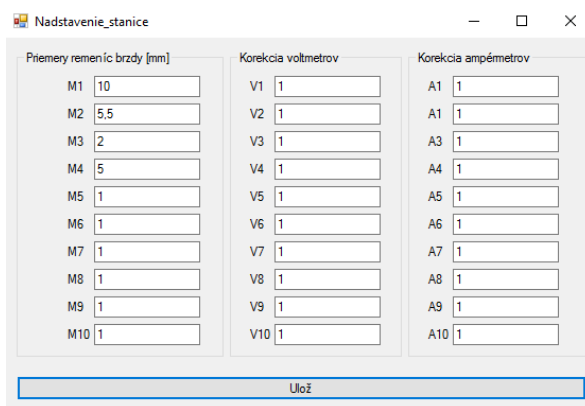
IP:

Zmeň IP

Obr. 5.3-7 Zmena umiestnenia

Adresa servera sa po zadaní uloží do externého súboru Setup.ini, s ktorého je vždy načítaná – Obr. 5.3-7.

Nastavenie parametrov stanice



Nastavenie stanice

Priemery remenic brzdy [mm]	Korekcia voltmetrov	Korekcia ampérmetrov
M1 <input type="text" value="10"/>	V1 <input type="text" value="1"/>	A1 <input type="text" value="1"/>
M2 <input type="text" value="5,5"/>	V2 <input type="text" value="1"/>	A1 <input type="text" value="1"/>
M3 <input type="text" value="2"/>	V3 <input type="text" value="1"/>	A3 <input type="text" value="1"/>
M4 <input type="text" value="5"/>	V4 <input type="text" value="1"/>	A4 <input type="text" value="1"/>
M5 <input type="text" value="1"/>	V5 <input type="text" value="1"/>	A5 <input type="text" value="1"/>
M6 <input type="text" value="1"/>	V6 <input type="text" value="1"/>	A6 <input type="text" value="1"/>
M7 <input type="text" value="1"/>	V7 <input type="text" value="1"/>	A7 <input type="text" value="1"/>
M8 <input type="text" value="1"/>	V8 <input type="text" value="1"/>	A8 <input type="text" value="1"/>
M9 <input type="text" value="1"/>	V9 <input type="text" value="1"/>	A9 <input type="text" value="1"/>
M10 <input type="text" value="1"/>	V10 <input type="text" value="1"/>	A10 <input type="text" value="1"/>

Ulož

Obr. 5.3-8 Nastavenia stanice

Parametre stanice Obr. 5.3-8 sú taktiež ukladané do súboru Setup.ini. Obsahuje korekcie napät'ových a prúdových snímačov a taktiež priemery remenic, ktoré sú potrebné pri výpočte správnych otáčok motora.

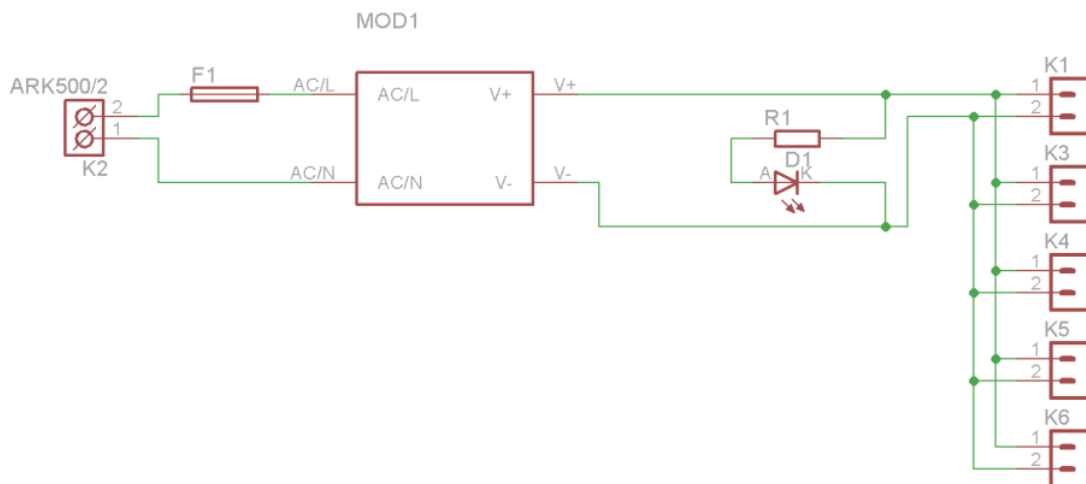
5.4 Napájacia časť

Napájacia časť celého riadiaceho systému je tvorená trojfázovým vstupným napätím 400VAC. Tento prívod bol zvolený pretože počas testovania 10 motorov je prúd príliš vysoký na jednu fázu. Z toho vyplýva, že na jednu fázu sa zapojí 5 motorov. Spolu využijeme 2 fázy a tretia bude použitá na napájanie zdrojov, ktoré stabilizujú napätie na 5VDC a 12VDC.

5.4.1 Návrh napájacej časti - 5/12VDC

Napájanie pre jednotlivé časti jednotky zabezpečujú malé spínané zdroje umiestnené na DPS, Obr.5.4-1. V Prílohe J sa nachádza dokumentácia k tejto časti.

Použitie zdrojov priamo určených pre montáž na DIN lištu bolo zvolené ako nie vhodné, pretože takto má každý zdroj potrebný počet konektorov pre pripojenie k jednotlivým častiam.



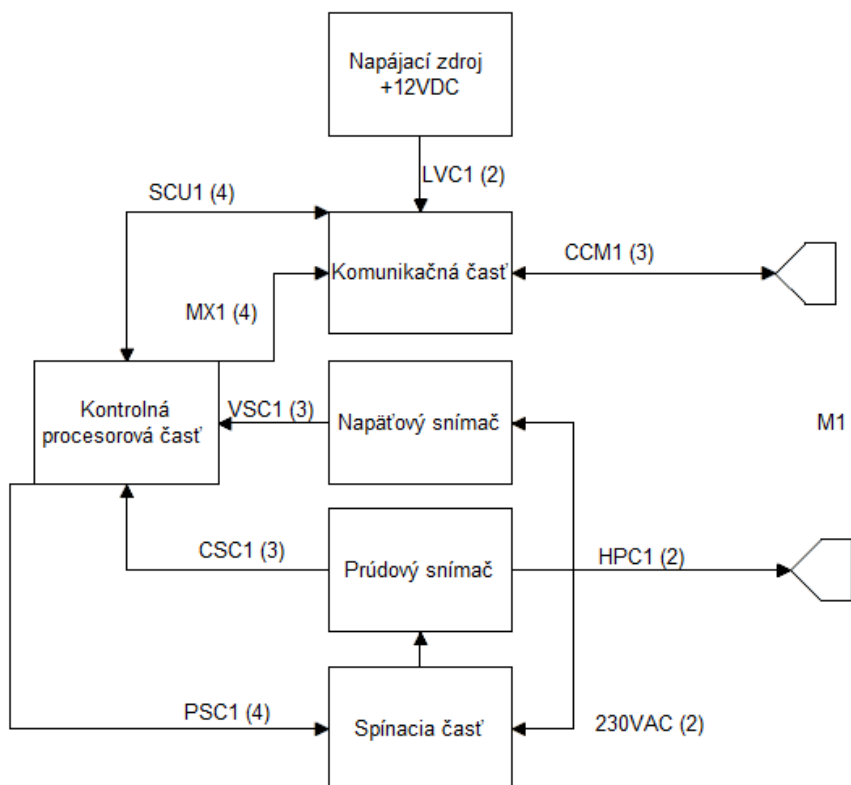
Obr. 5.4-1 Obvodové zapojenie napájacej časti

Hodnota rezistora závisí na potrebnom napätí zdroja. Výpočet hodnoty rezistora (5.5) pre +5VDC a (5.6) pre +12VDC. Pri zapojení jednotky sú požadované zdroje +5VDC a +12VDC.

$$R_1 = \frac{V_+ - V_{led}}{I_{led}} \Rightarrow R_1(5V) = \frac{5V - 1,9V}{20mA} = 155\Omega \quad (5.5)$$

$$R_1 = \frac{V_+ - V_{led}}{I_{led}} \Rightarrow R_1(12V) = \frac{12V - 1,9V}{20mA} = 505\Omega \quad (5.6)$$

6. Prepojenie jednotlivých častí



Obr. 6-0-1 Blokové zapojenie jedného motora

Príklad prepojenie jedného motoru na Obr. 6-0-1. v zátvorke je za označením informatívne vpísaný počet žíl prepojovacieho vodiča. Celkové prepojenie všetkých častí je zobrazené v Prílohe K , ktoré je navrhnuté pre 10 motorov. Prípadné pridanie ďalších motorov je jednoduché. Stačí len pripojenie ďalších motorových blokov. Zobrazenie celej schémy prepojenia je prehľadnejšie v elektronickej podobe kvôli veľkému rozmeru schémy.

7. Technológia výroby DPS

Všetky potrebné DPS pre návrh jednotky boli vyrábané fotocestou. DPS boli použité s negatívnou svetlocitlivou vrstvou a negatívna predloha vytlačená na fólii laserovou tlačiarňou.

Osvecovanie prebiehalo so zdvojenou fóliovou predlohou a časom osvecovania 10min. Táto technika sa osvedčila aj napriek negatívnym ohlasom na túto osvitovú jednotku. Dôvod ohlasov bolo nerovnomerné osvecovanie jednotky, ktorého príčina bola zvolená nevhodná konštrukcia jednotky.

Vyvolanie predlohy na DPS prebiehalo v 1,5% roztoku NaOH a následné leptanie v roztoku persíranu sodného.

8. Mechanická konštrukcia

DPS boli pri návrhu rozmerovo prispôsobené umiestneniu do škatule na DIN lištu. Škatule na DIN lištu boli zvolené z dôvodu jednoduchšej montáže do rozvodnej skrine a jednoduchej výmeny v prípade poškodenia niektorej časti. DPS boli pri návrhu upravené pre túto montáž. Boli doplnené montážne otvory. V elektronickej podobe sú priložené aj knižnice pre program EAGLE týchto škatúl.



Obr. 8-0-1 - Hotové časti

9. Záver

Cieľom práce bolo oboznámiť sa s problematikou testov životnosti, preveriť možnosti riadenia komunikácie a následný návrh konštrukcie jednotky pre testovanie motorov. Parametre, možnosti tejto jednotky sa menili v priebehu spracovania tejto práce. Z dôvodu spracovania práce pre firmu ASKOLL Slovakia nie je možné uvádzať príkazy pre motory ani ich časti kvôli autorským právam firmy a autorským právam ich zákazníkov. Tak isto aj príkazy frekvenčných meničov pre brzdne motory. FW frekvenčných meničov bol vytvorený firmou SDrive a podlieha ich autorským právam.

Časť pre brzdne motory bola spracovaná nad rámec tejto práce, pretože pôvodne mala byť ich časť riešená externým riadením spúšťaním len po dosiahnutí určitých otáčok.

Z dôvodu časovej náročnosti práce nebola ešte celá kompletne otestovaná a funkčne spustená na stanici testovania, jej návrh však dokončený bol.

Celá dokumentácia k tejto práci je v elektronickej podobe a to aj s dokumentáciou pre výrobu DPS a programami pre MCU alebo PC.

V budúcnosti je ešte možné jednotku upravovať a zlepšovať jej parametre a vlastnosti. Ako bolo naznačené aj pri riadiacej časti táto časť prejde časom na web server, kde sa zlepší vzdialený prístup k ovládaniu motora. Zatiaľ prebieha riadenie pomocou vytvorenej aplikácie pre PC s menšou úpravou ako je SW riadiacej časti.

Priebežné ukladanie prúdu a napätia bude taktiež v budúcnosti prepracované na priame ukladanie na server, tak ako aj funguje priebežné ukladanie teplôt.

Zoznam použitej literatúry

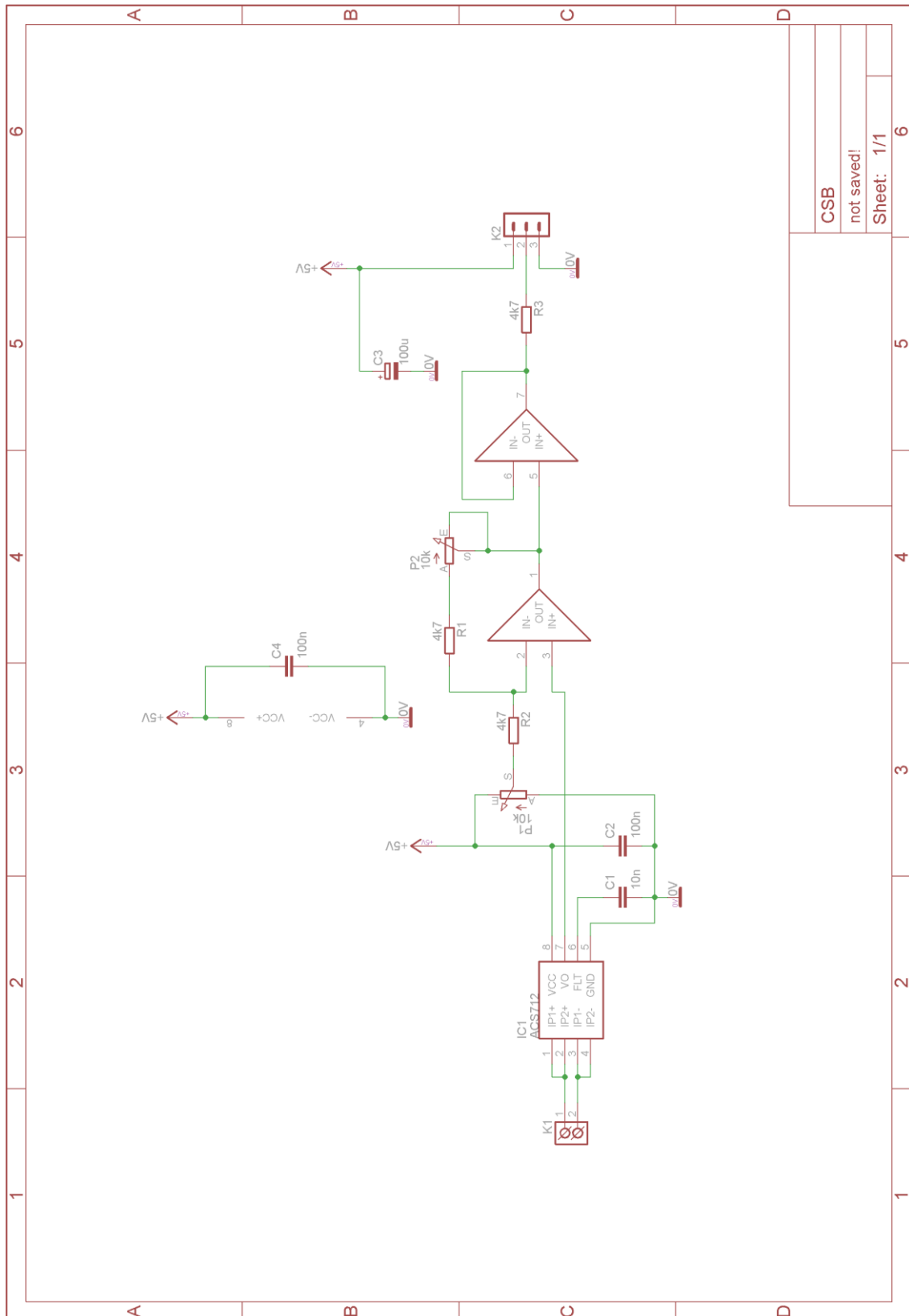
- [1.] *Datasheet Atmega128* [online]. : 21 [cit. 2015-12-13]. Dostupné z:
<http://www.gme.sk/img/cache/doc/958/169/atmega128a-au-datasheet-1.pdf>
- [2.] *Datasheet Atmega64-256* [online]. : 37 [cit. 2015-12-13]. Dostupné z:
<http://www.gme.sk/img/cache/doc/958/209/atmel-atmega64a-au-datasheet-1.pdf>
- [3.] *Datasheet Atmega328* [online]. : 452 [cit. 2015-12-13]. Dostupné z:
<http://www.gme.sk/img/cache/doc/432/228/atmega328p-pu-datasheet-1.pdf>
- [4.] *ACS712* [online]. : 15 [cit. 2015-12-13]. Dostupné z:
<http://www.allegromicro.com/~media/Files/Datasheets/ACS712-Datasheet.ashx?la=en>
- [5.] *Datasheet 4051* [online]. : 23 [cit. 2015-12-13]. Dostupné z:
http://www.nxp.com/documents/data_sheet/HEF4051B.pdf
- [6.] *USART komunikácia* [online]. [cit. 2015-12-15]. Dostupné z:
<https://cs.wikipedia.org/wiki/USART>
- [7.] *I2C komunikácia* [online]. [cit. 2015-12-15]. Dostupné z:
<https://en.wikipedia.org/wiki/I%C2%B2C>
- [8.] *SPI komunikácia* [online]. [cit. 2015-12-15]. Dostupné z:
https://cs.wikipedia.org/wiki/Serial_Peripheral_Interface
- [9.] *Raspberry Pi 3* [online]. [cit. 2015-12-15]. Dostupné z:
<https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b/>

Zoznam skratiek

1.	RSP2	Raspberry Pi 2
2.	MCU	mikrokontrolér
3.	BPM	Striedavý motor s permanentným magnetom
4.	ADC	Analógovo-digitálny prevodník
5.	VAC	Striedavé napätie
6.	VDC	Jednosmerné napätie
7.	RC	Rádiové ovládanie
8.	mikroPC	Mikropočítač
9.	LAN	Miestna sieť
10.	PC	Osobný počítač

Technická dokumentácia

A.1 Prúdový snímač–obvodové zapojenie



CSB

not saved!

Sheet: 1/1

6

5

4

3

2

1

A

B

C

D

6

5

4

3

2

1

A

B

C

D

6

5

4

3

2

1

A

B

C

D

6

5

4

3

2

1

A

B

C

D

6

5

4

3

2

1

A

B

C

D

6

5

4

3

2

1

A

B

C

D

6

5

4

3

2

1

A

B

C

D

6

5

4

3

2

1

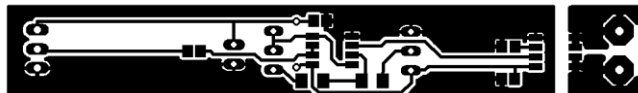
A

B

C

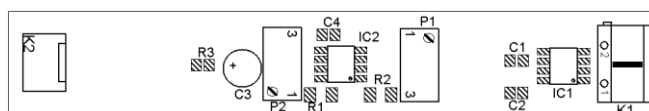
D

A.2 Doska prúdového snímača – strana TOP (strana súčiastok)



Rozmery 14,8 mm x 86,7 mm

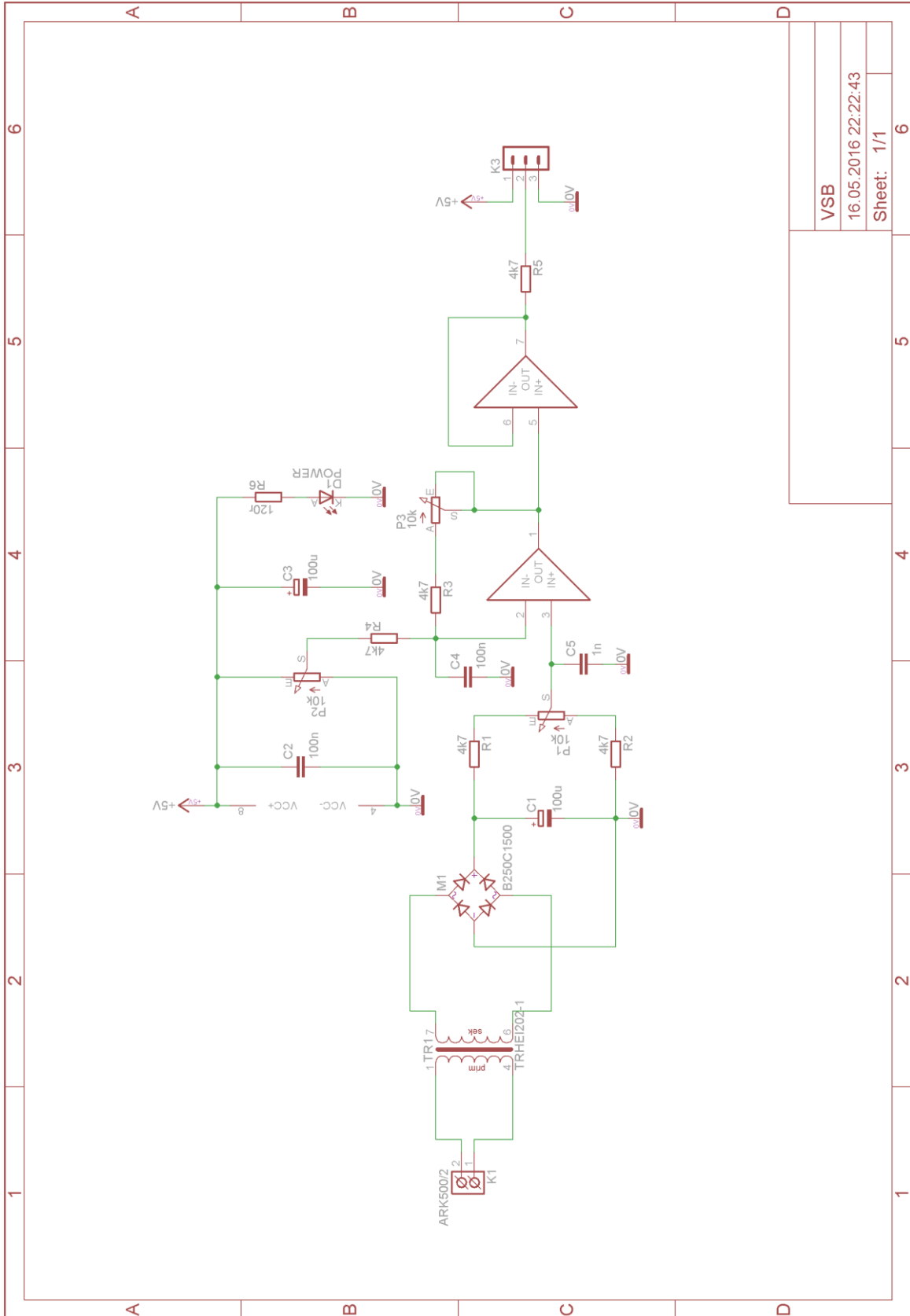
A.3 Doska prúdového snímača – osadenie



A.4 Doska prúdového snímača - Zoznam súčiastok

Č.	Hodnota	Typ	Púzdro
C1	10n	Kondenzátor	SMD0805
C2	100n	Kondenzátor	SMD0805
C3	100u	Kondenzátor	RM2,5-5
C4	100n	Kondenzátor	SMD0805
IC1	ACS712	Senzor	SOIC8
IC2	TS912	OZ	SOIC8
K1	ARK500/2	Svorkovnica	ARK500/2
K2	PSH02-03P	Konektor	PSH02-03P
P1	10k	Trimer	64W
P2	10k	Trimer	64W
R1	4k7	Rezistor	R0805
R2	4k7	Rezistor	R0805
R3	4k7	Rezistor	R0805

B.1 Napät'ová časť – obvodové zapojenie

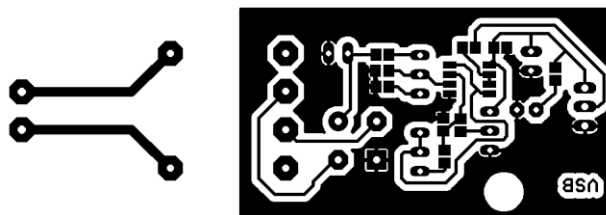


VSB

16.05.2016 22:22:43

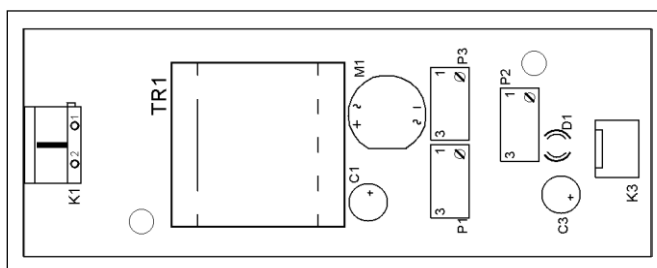
Sheet: 1/1

B.2 Doska napät'ového snímača – strana BOTTOM (strana spojov)

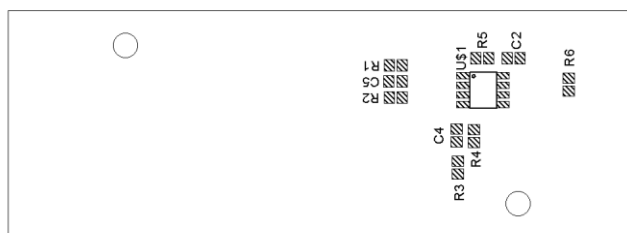


Rozmery 36,1 mm x 88,6 mm

B.3 Doska napät'ového snímača – osadenie strana TOP (strana súčiastok)



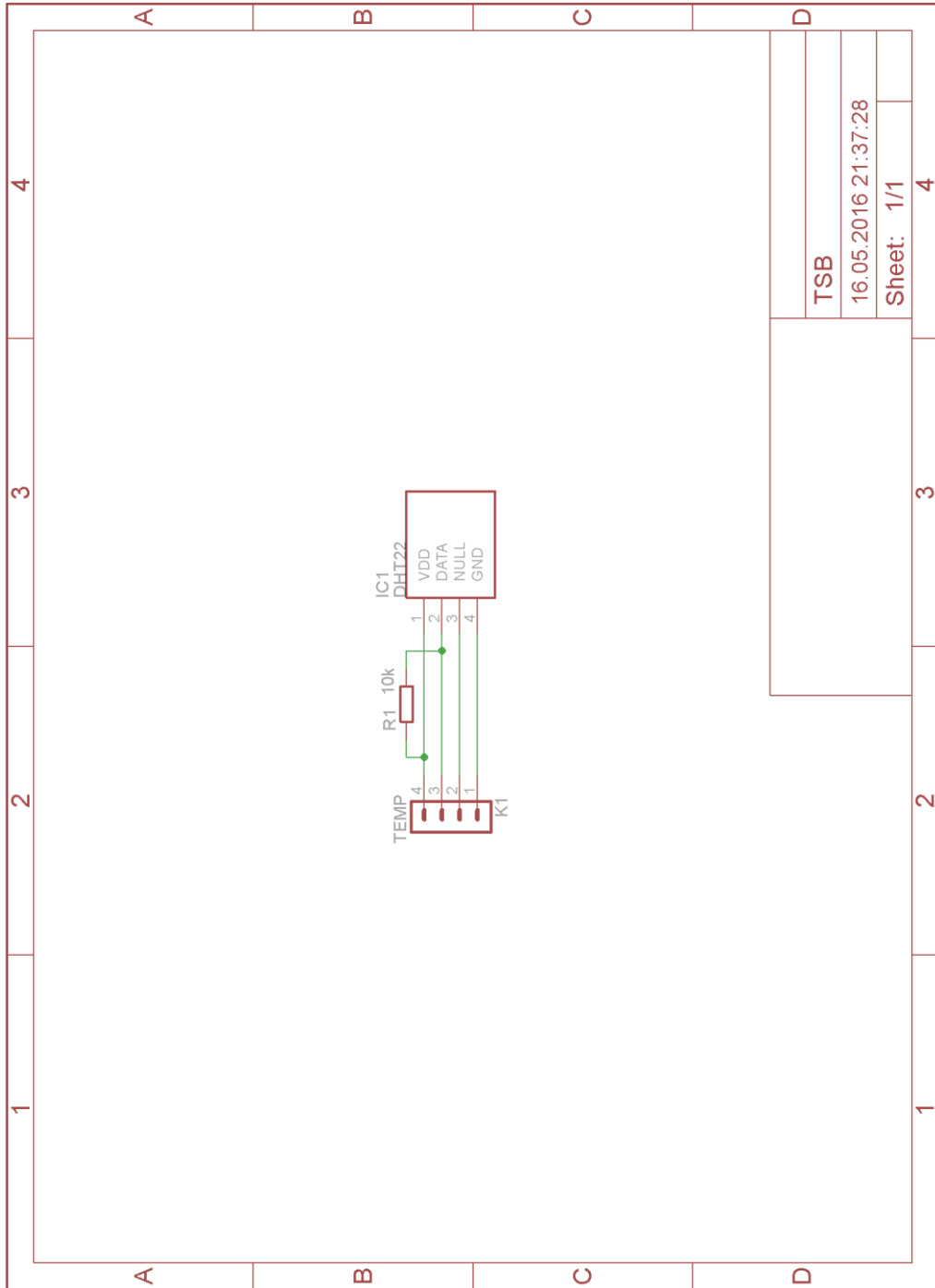
B.4 Doska napät'ového snímača – osadenie strana BOTTOM (strana spojov)



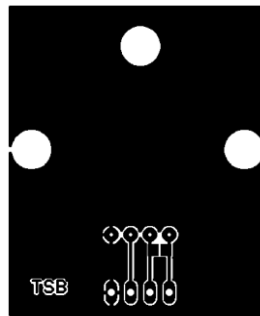
B.5 Doska napät'ového snímača – Zoznam súčiastok

Č.	Hodnota	Typ	Púzdro
C1	100u	Kondenzátor	RM2,5-5
C2	100n	Kondenzátor	SMD0805
C3	100u	Kondenzátor	RM2,5-5
C4	100n	Kondenzátor	SMD0805
C5	1n	Kondenzátor	SMD0805
D1	Red	LED	LED3MM
K1	ARK500/2	Svorkovnica	ARK500/2
K3	PSH02-03P	Konektor	PSH02-03
M1	B250C1500	Usm. Mostík	DM
P1	10k	Trimer	64W
P2	10k	Trimer	64W
P3	10k	Trimer	64W
R1	4k7	Rezistor	R0805
R2	4k7	Rezistor	R0805
R3	4k7	Rezistor	R0805
R4	4k7	Rezistor	R0805
R5	4k7	Rezistor	R0805
R6	120r	Rezistor	R0805
TR1	TRHEI202-1	Transformátor	TRHEI202
UŠ1	TS912	OZ	SOIC8

C.1 Teplotný snímač – obvodové zapojenie

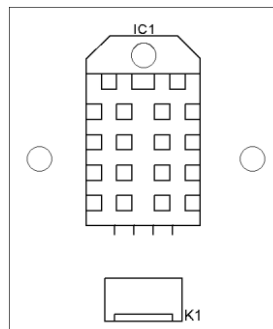


C.2 Doska teplotného snímača – strana BOTTOM (strana spojov)

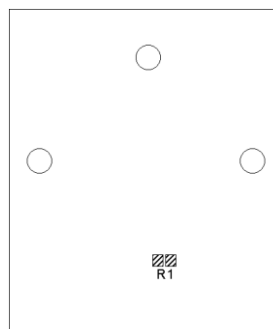


Rozmery 43,6 mm x 36,6 mm

C.3 Doska teplotného snímača – osadenie strana TOP (strana súčiastok)



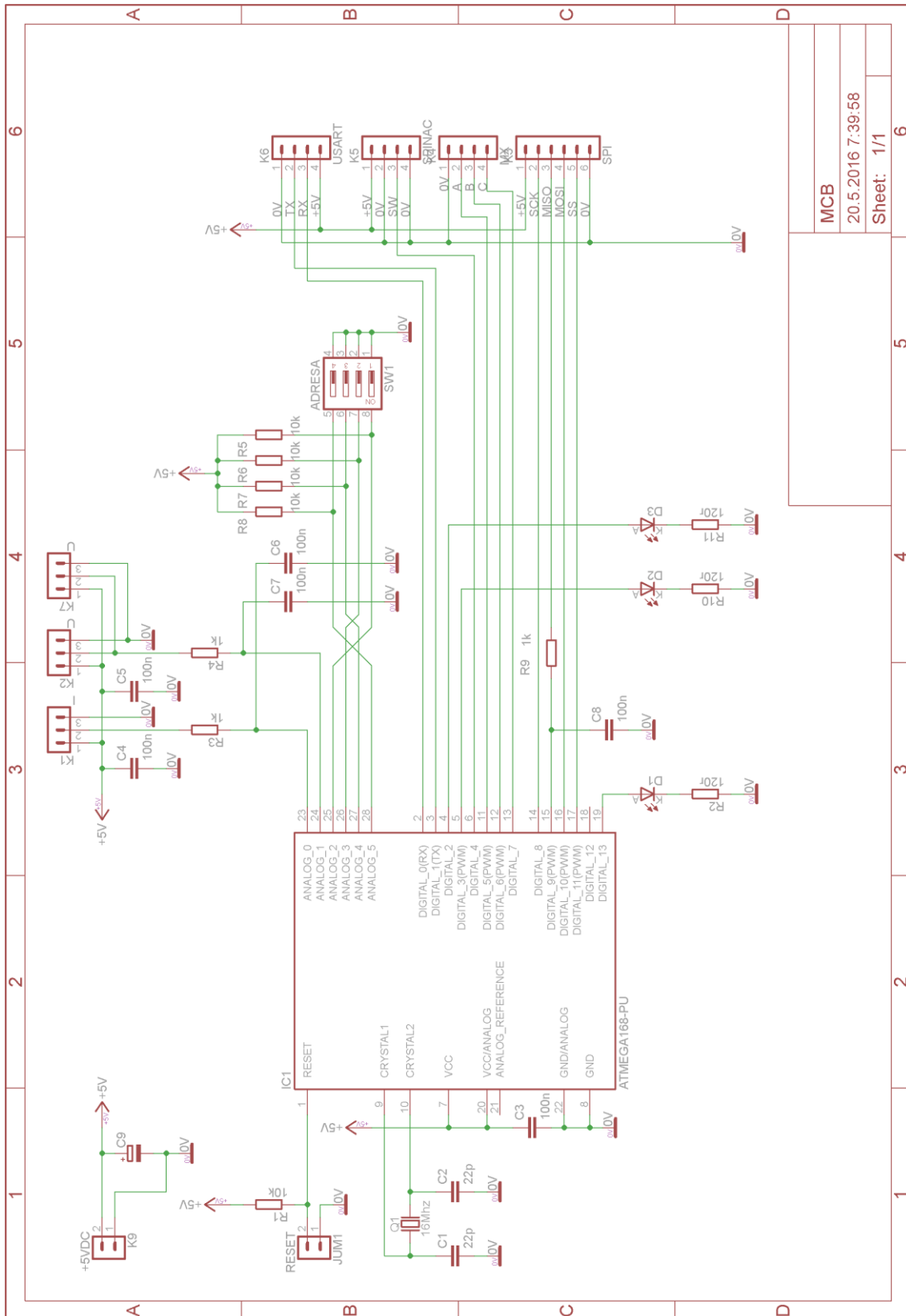
C.4 Doska teplotného snímača – osadenie strana BOTTOM (strana spojov)



C.5 Doska teplotného snímača – zoznam súčiastok

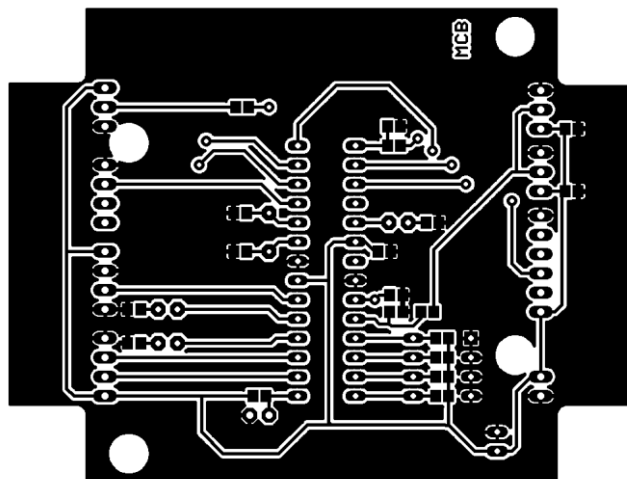
Č.	Hodnota	Typ	Púzdro
IC1	DHT22	Tepl. Senzor	DHT
K1	PSH02-04P	Konektor	PSH02-04
R1	10k	Rezistor	R0805

D.1 Kontrolná časť – obvodové zapojenie



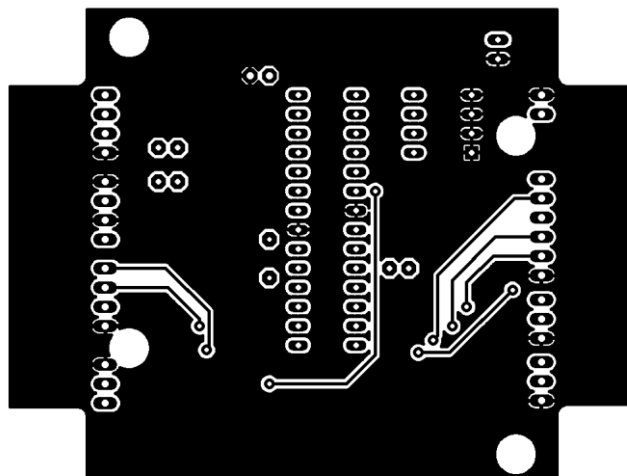
MCB	6
20.5.2016 7:39:58	6
Sheet: 1/1	6

D.2 Doska kontrolnej časti – strana BOTTOM (strana spojov)



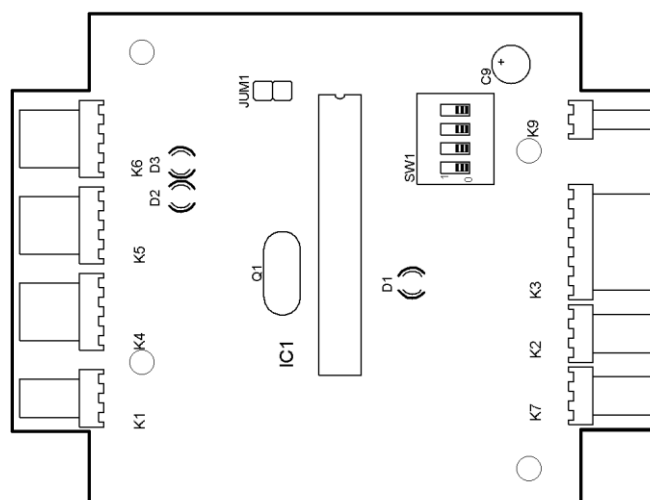
Rozmery 67,1 mm x 8,65mm

D.3 Doska kontrolnej časti – strana TOP (strana súčiastok)

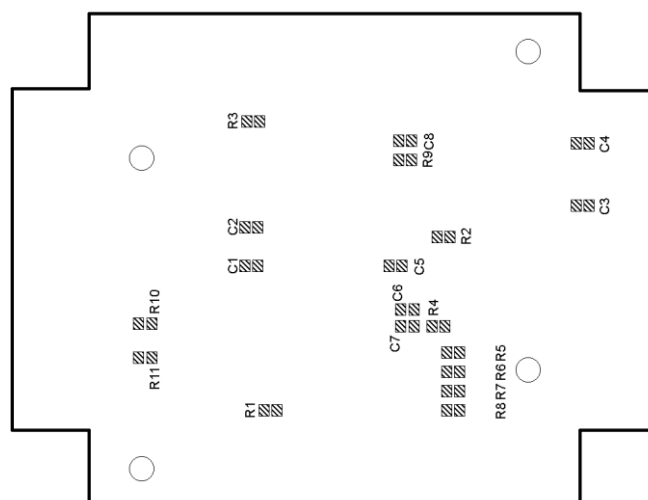


Rozmery 67,1 mm x 8,65 mm

D.4 Doska kontrolnej časti – osadenie strana TOP (strana súčiastok)



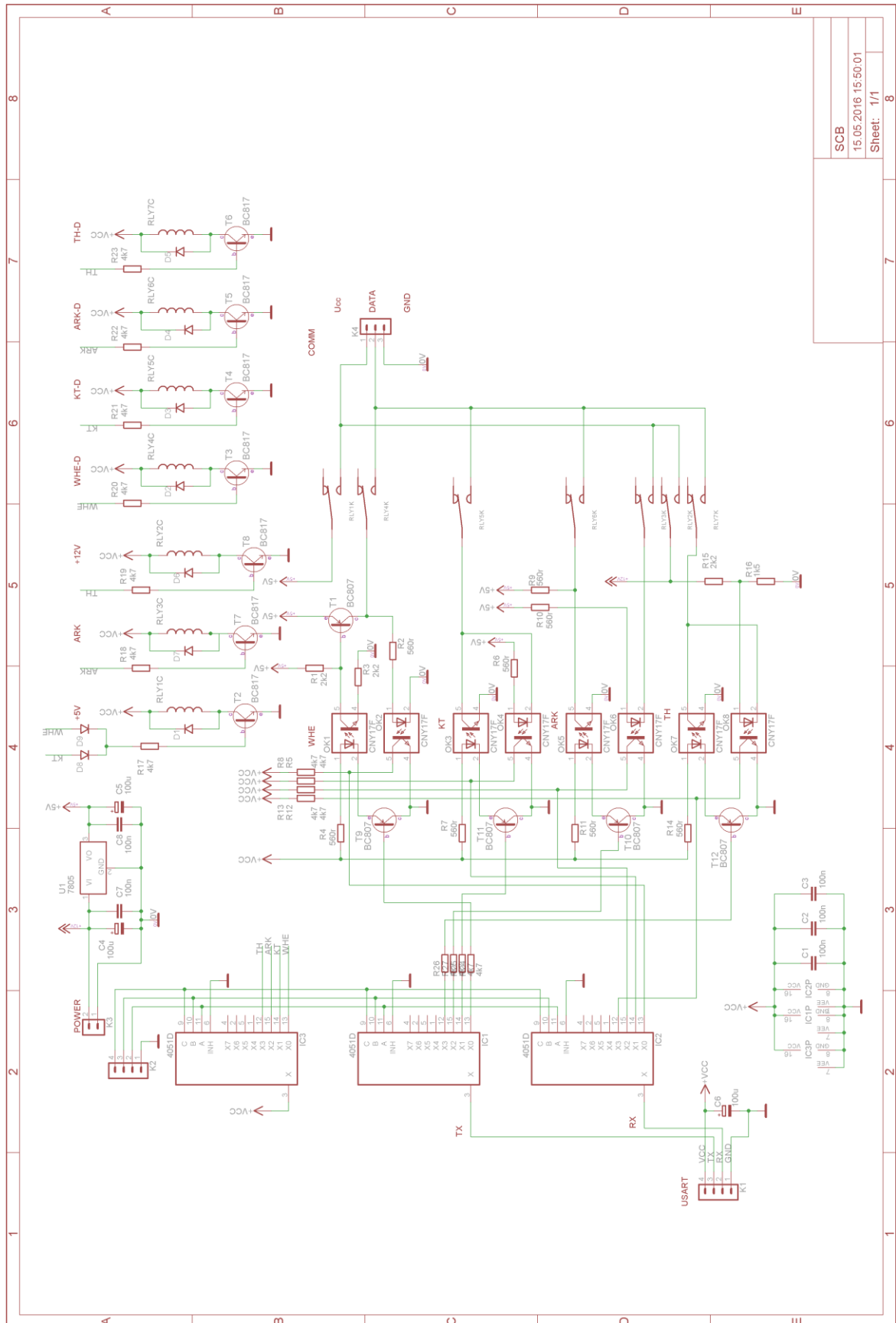
D.5 Doska kontrolnej časti – osadenie strana BOTTOM (strana spojov)



D.6 Doska kontrolnej časti – zoznam súčiastok

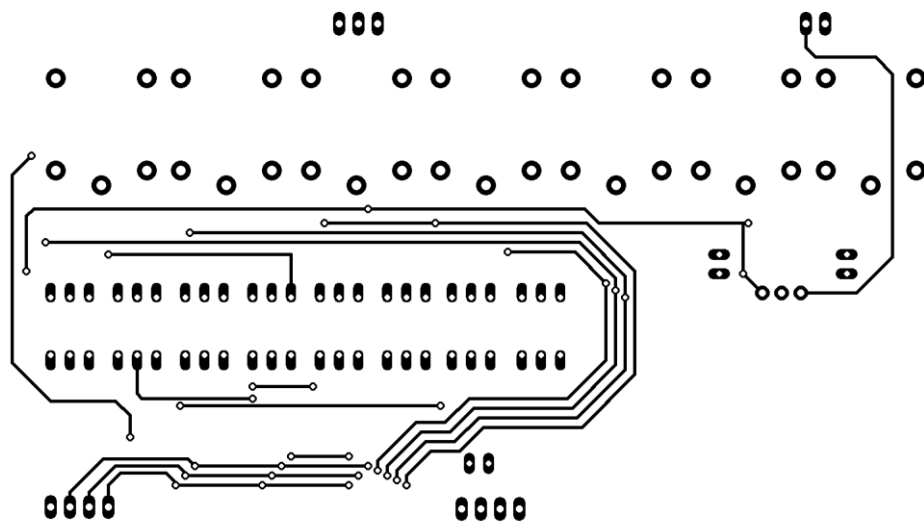
Č.	Hodnota	Typ	Púzdro
C1	22p	Kondenzátor	SMD0805
C2	22p	Kondenzátor	SMD0805
C3-8	100n	Kondenzátor	SMD0805
C9	100u	Kondenzátor	RM2,5-5
D1	Red	LED	LED3MM
D2	Red	LED	LED3MM
D3	Green	LED	LED3MM
IC1	ATMEGA168-PU	MCU	DIL28-3
JUM1	S1G2	Jumper	S1G2_JUM
K1	PSH02-03W	Konektor	PSH02-03W
K2	PSH02-03W	Konektor	PSH02-03W
K3	PSH02-06W	Konektor	PSH02-06W
K4-6	PSH02-04W	Konektor	PSH02-04W
K7	PSH02-03W	Konektor	PSH02-03W
K9	PSH02-02W	Konektor	PSH02-02W
Q1	16Mhz	Kryštál	HC-49U
R1	10k	Rezistor	R0805
R2	120r	Rezistor	R0805
R3	1k	Rezistor	R0805
R4	1k	Rezistor	R0805
R5-8	10k	Rezistor	R0805
R9	1k	Rezistor	R0805
R10	120r	Rezistor	R0805
R11	120r	Rezistor	R0805
SW1	4X	Prepínač	DIP-4X

E.1 Komunikačná časť – obvodové zapojenie



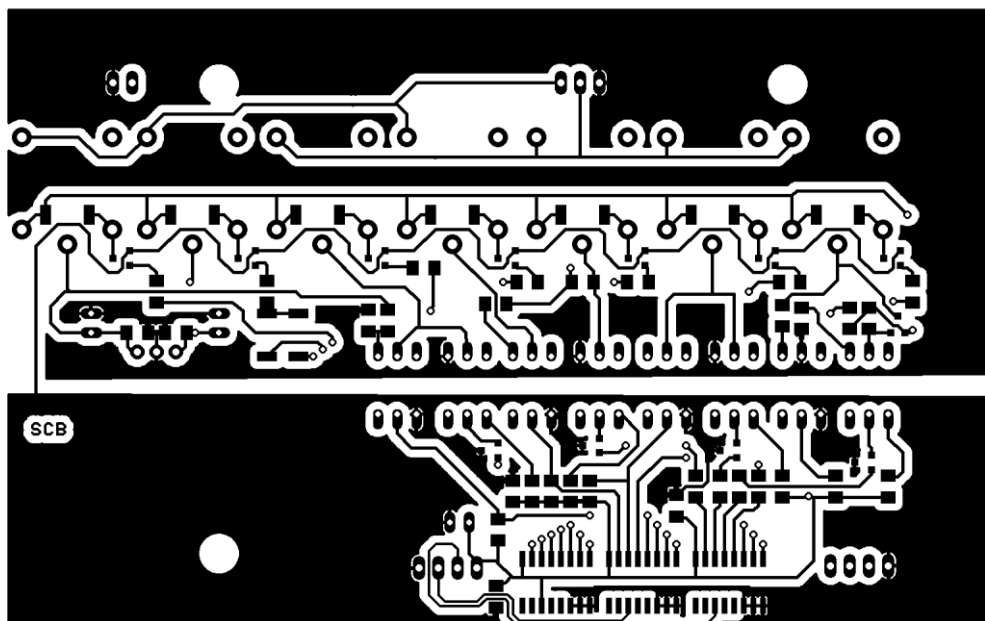
SCB	15.05.2016 15:50:01
Sheet:	1/1

E.2 Doska komunikačnej časti – strana TOP (strana súčiastok)



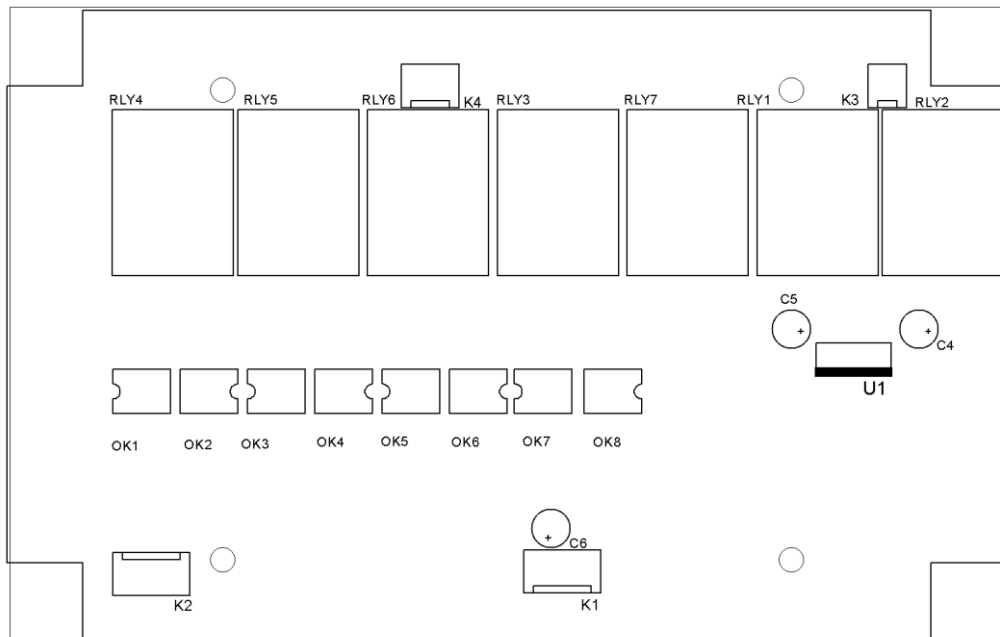
Rozmery 89,8 mm x 13,59 mm

E.3 Doska komunikačnej časti – strana BOTTOM (strana spojov)

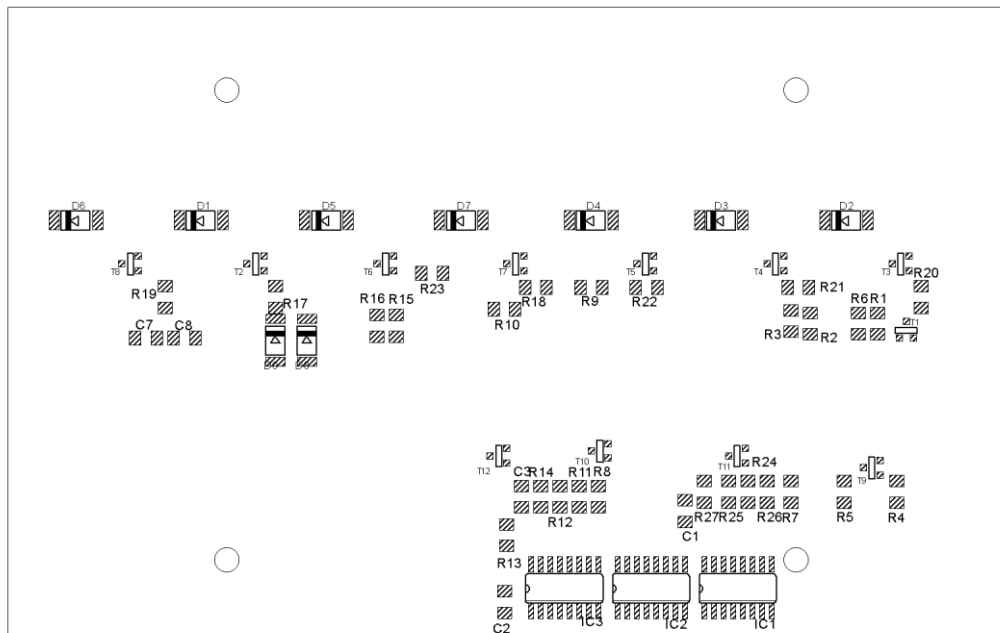


Rozmery 89,8 mm x 13,59 mm

E.4 Doska komunikačnej časti – osadenie strana TOP (strana súčiastok)



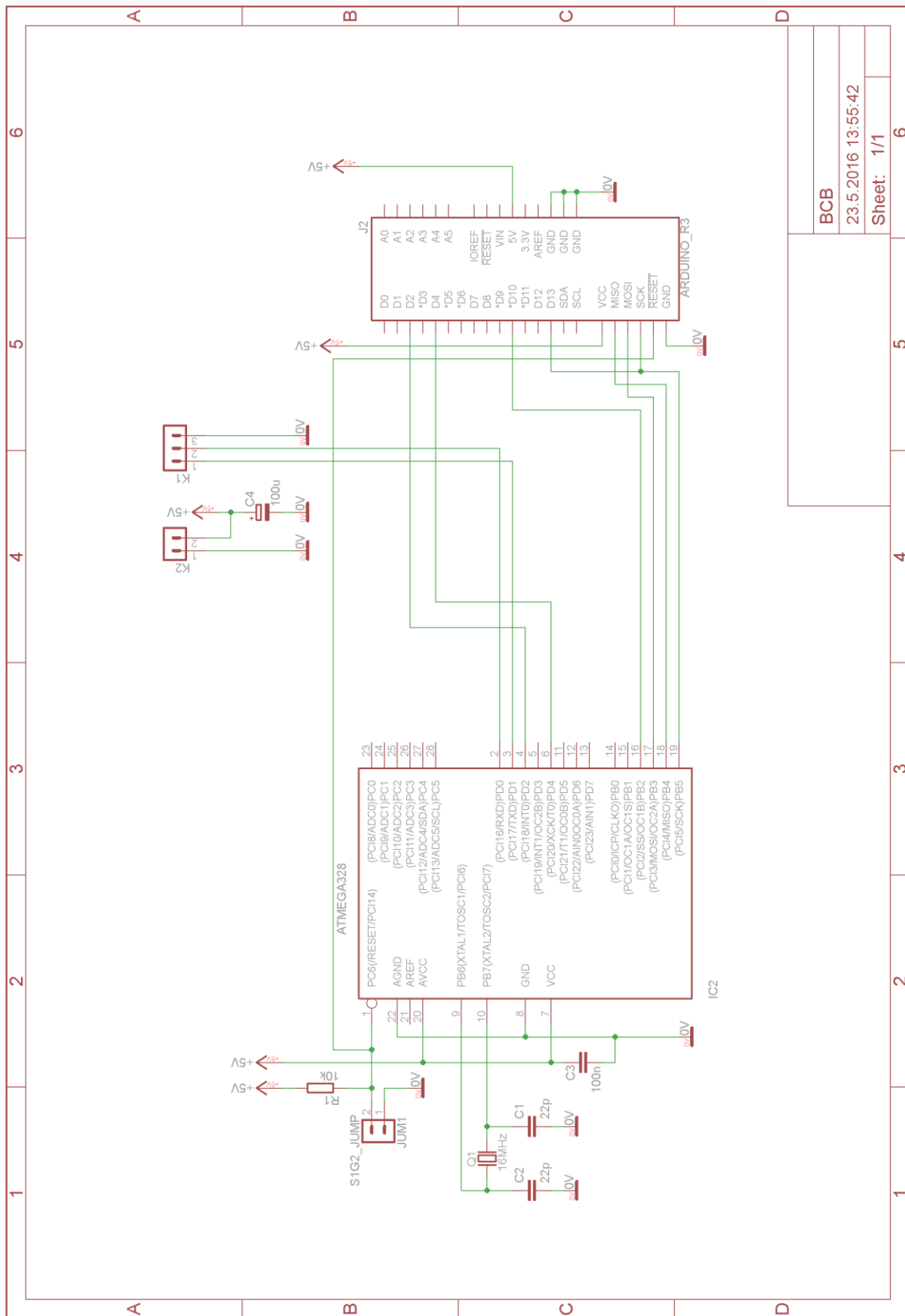
E.5 Doska komunikačnej časti – osadenie strana BOTTOM (strana spojov)



E.6 Doska komunikačnej časti – zoznam súčiastok

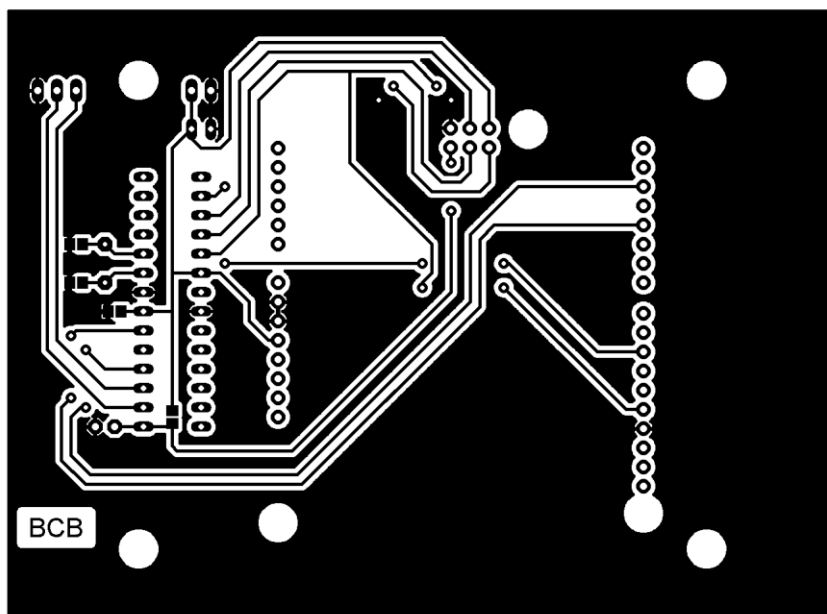
Č.	Hodnota	Typ	Púzdro
C1	100n	Kondenzátor	SMD1206
C2	100n	Kondenzátor	SMD1206
C3	100n	Kondenzátor	SMD1206
C4	100u	Kondenzátor	RM2,5-5
C5	100u	Kondenzátor	RM2,5-6
C6	100u	Kondenzátor	RM2,5-7
C7	100n	Kondenzátor	SMD1206
C8	100n	Kondenzátor	SMD1206
D1 - 9	1N4007	Dióda	SM-1
IC1 - 3	4051D	Multiplexor	SO16
K1	PSH02-04P	Konektor	PSH02-04
K2	PSH02-04P	Konektor	PSH02-04
K3	PSH02-02P	Konektor	PSH02-02
K4	PSH02-03P	Konektor	PSH02-03
OK1 - 8	CNY17F	Optočlen	DIL06
R1	2k2	Rezistor	R1206
R2	560r	Rezistor	R1206
R3	2k2	Rezistor	R1206
R4	560r	Rezistor	R1206
R5	4k7	Rezistor	R1206
R6	560r	Rezistor	R1206
R7	560r	Rezistor	R1206
R8	4k7	Rezistor	R1206
R9	560r	Rezistor	R1206
R10	560r	Rezistor	R1206
R11	560r	Rezistor	R1206
R12	4k7	Rezistor	R1206
R13	4k7	Rezistor	R1206
R14	560r	Rezistor	R1206
R15	2k2	Rezistor	R1206
R16	1k5	Rezistor	R1206
R17 - 27	4k7	Rezistor	R1206
RLY1 -7	RELEG5LE	Relé	RG5LE
T1	BC807	PNP tranzistor	SOT-23
T2 - 8	BC817	NPN tranzistor	SOT-23
T9 - 12	BC807	PNP tranzistor	SOT-23
U1	7805	Stabilizátor	TO-220S

F.1 Riadiaca časť brzdy – obvodové zapojenie



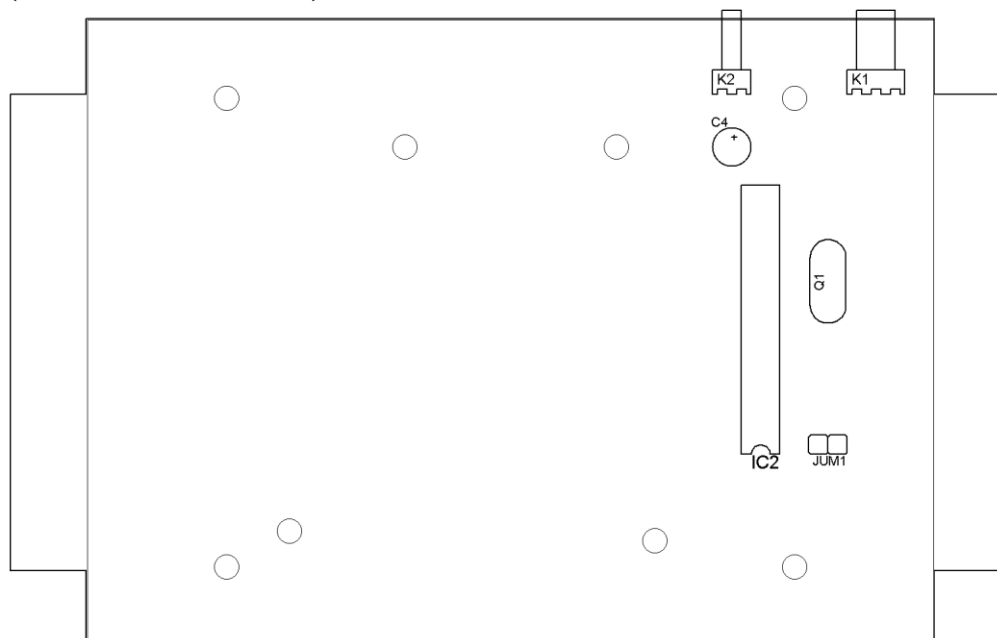
BCB	6
23.5.2016 13:55:42	6
Sheet: 1/1	6

F.2 Doska riadiacej časti brzdy – strana BOTTOM (strana spojov)

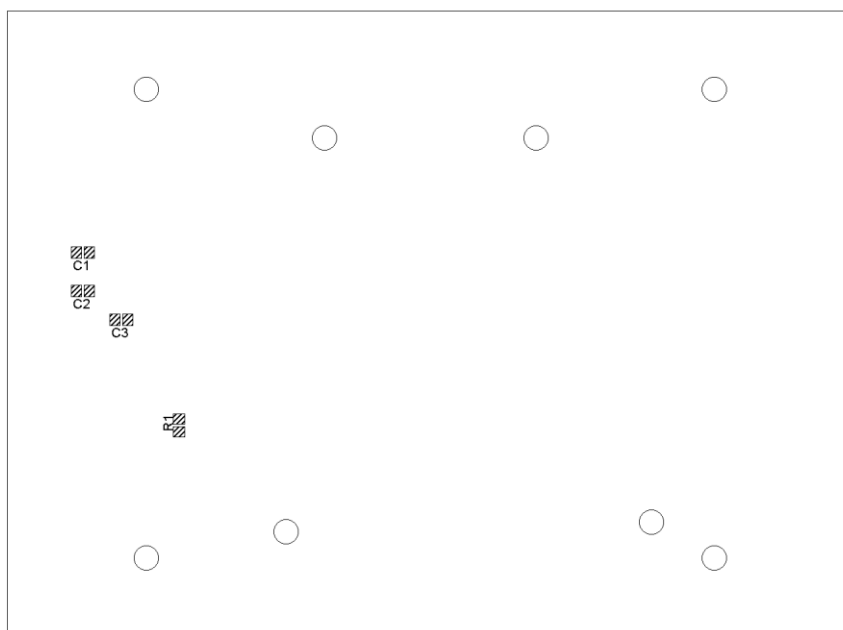


Rozmery 90,8 mm x 133,2 mm

F.3 Doska riadiacej časti brzdy – osadenie strana TOP (strana súčiastok)



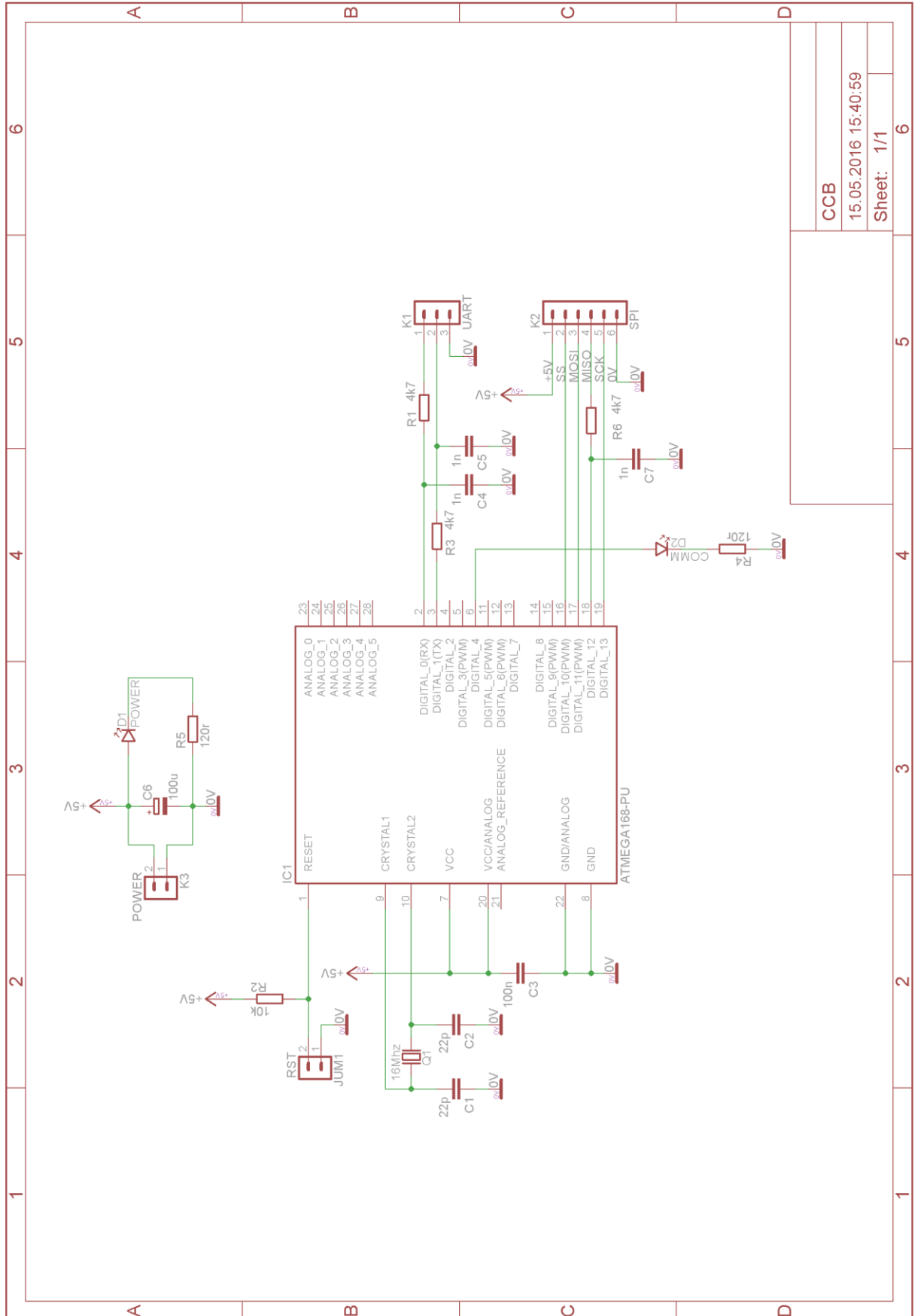
F.4 Doska riadiacej časti brzdy – osadenie strana BOTTOM (strana spojov)



F.5 Doska riadiacej časti brzdy – zoznam súčiastok

Č.	Hodnota	Typ	Púzdro
C1	22p	Kondenzátor	SMD0805
C2	22p	Kondenzátor	SMD0805
C3	100n	Kondenzátor	SMD0805
C4	100u	Kondenzátor	RM2,5-5
IC2	ATMEGA328	MCU	DIL28-3
J2	W5100	Ethernetshield W5100	ARDUINO_R3
JUM1	S1G2_JUMP	jumper	S1G2_JUM
K1	PSH02-03W	Konektor	PSH02-03W
K2	PSH02-02W	Konektor	PSH02-02W
Q1	16MHz	Kryštál	HC-49U
R1	10k	Rezistor	R0805

G.1 Prevodník USARTtoSPI – obvodové zapojenie

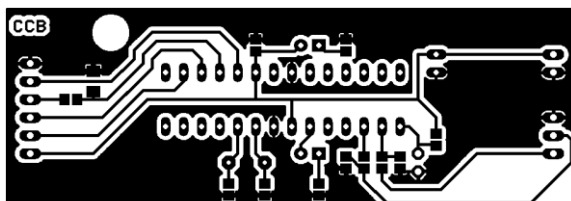


CCB

15.05.2016 15:40:59

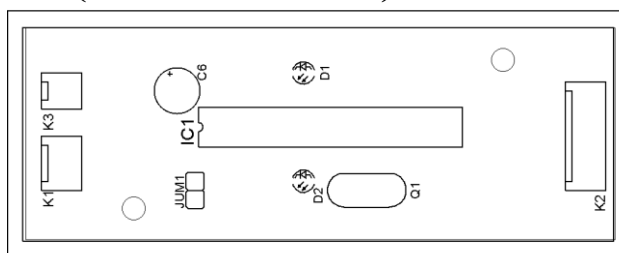
Sheet: 1/1

G.2 Doska prevodníku USARTtoSPI – strana BOTTOM (strana spojov)

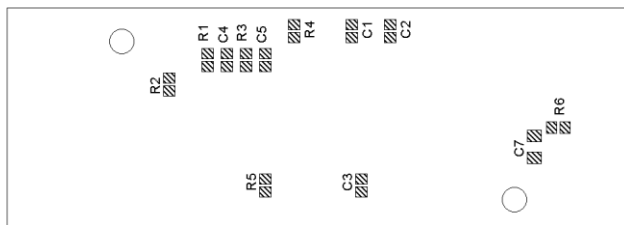


Rozmery 33,8 mm x 83,0 mm

G.3 Doska prevodníku USARTtoSPI – osadenie strana TOP (strana súčiastok)



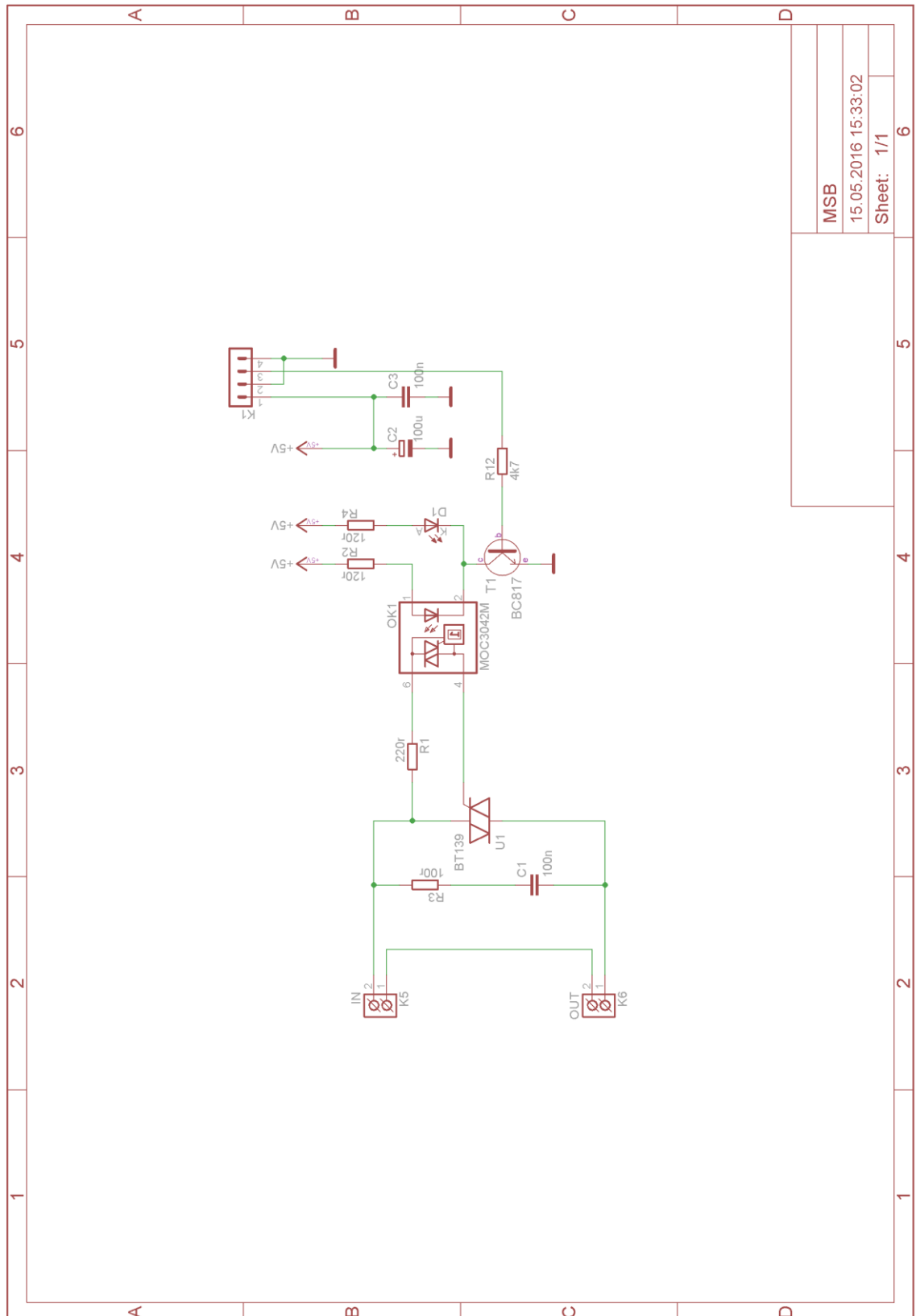
G.4 Doska prevodníku USARTtoSPI – osadenie strana BOTTOM (strana spojov)



G.5 Doska prevodníku USARTtoSPI – zoznam súčiastok

Č.	Hodnota	Typ	Púzdro
C1	22p	Kondenzátor	SMD0805
C2	22p	Kondenzátor	SMD0805
C3	100n	Kondenzátor	SMD0805
C4	1n	Kondenzátor	SMD0805
C5	1n	Kondenzátor	SMD0805
C6	100u	Kondenzátor	RM2,5-6,3
C7	1n	Kondenzátor	SMD1206
D1	RED	LED	LED_3
D2	GREEN	LED	LED_3
IC1	ATMEGA328	MCU	DIL28-3
JUM1	1x2	Jumper	S1G2
K1	PSH02-03	Konektor	PSH02-03
K2	PSH02-06	Konektor	PSH02-06
K3	PSH02-02	Konektor	PSH02-02
Q1	16Mhz	Kryštál	HC-49U
R1	4k7	Rezistor	R0805
R2	10k	Rezistor	R0805
R3	4k7	Rezistor	R0805
R4	120r	Rezistor	R0805
R5	120r	Rezistor	R0805
R6	4k7	Rezistor	R0805

H.1 Spínacia časť – obvodové zapojenie



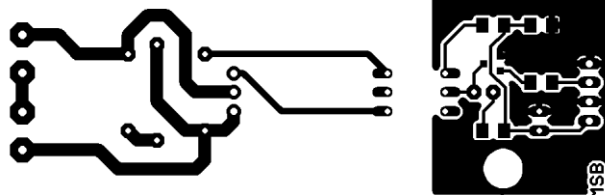
MSB

15.05.2016 15:33:02

Sheet: 1/1

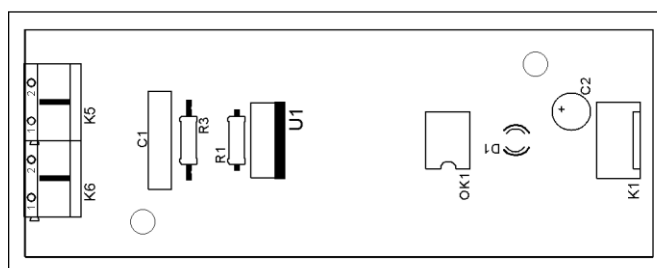
H.2 Doska spínacej časti –strana BOTTOM (strana spojov)

(strana spojov)



Rozmery 36,1mm x 88,6mm

H.3 Doska spínacej časti – osadenie strana TOP (strana súčiastok)



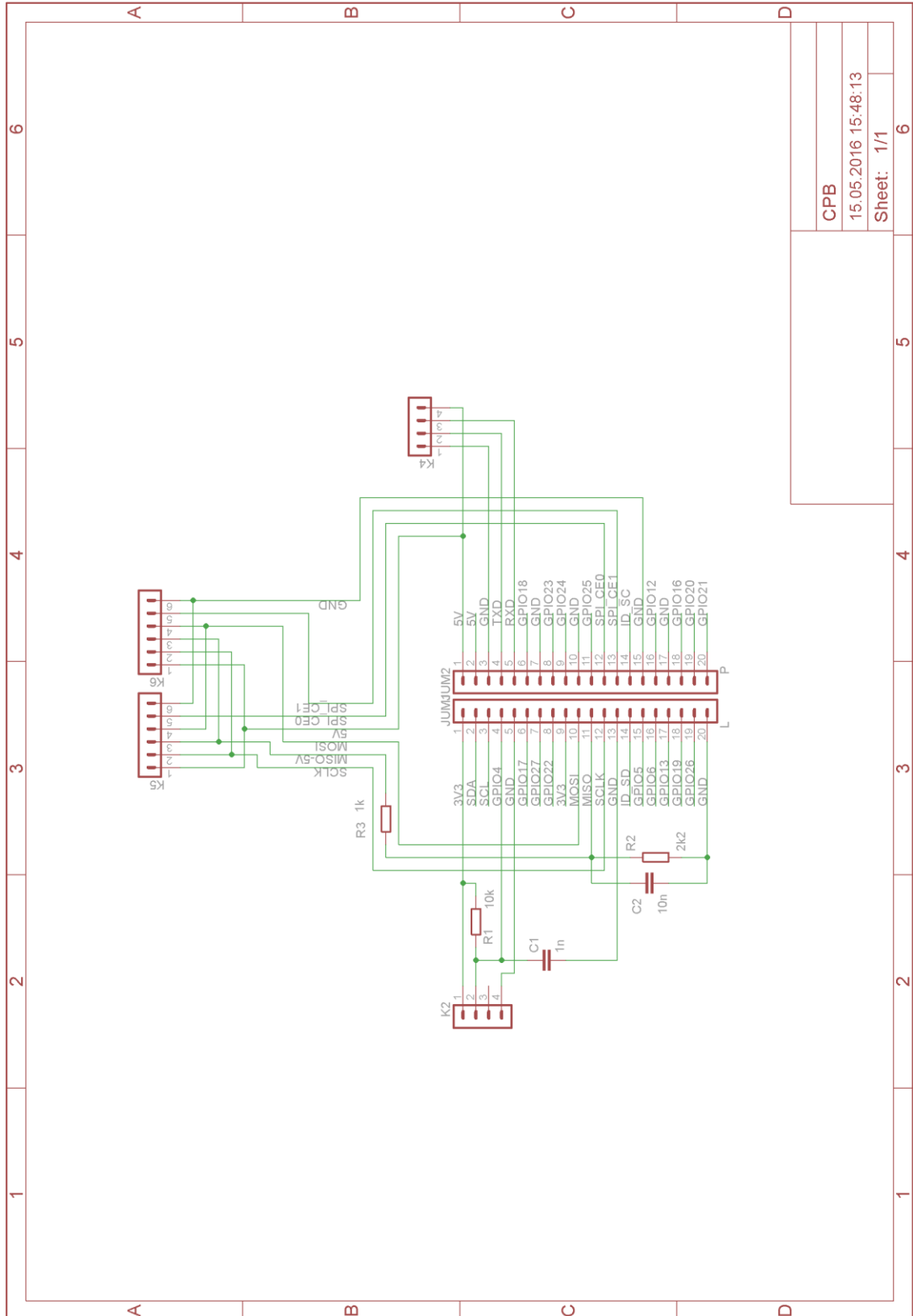
H.4 Doska spínacej časti – osadenie strana BOTTOM (strana spojov)



H.5 Doska spínacej časti – zoznam súčiastok

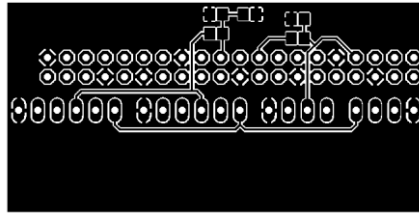
Č.	Hodnota	Typ	Púzdro
C1	100n/400V	Kondenzátor	RM10/3-13
C2	100u	Kondenzátor	RM2,5-5
C3	100n	Kondenzátor	SMD1206
D1	Red	LED	LED3MM
K1	PSH02-04P	Konektor	PSH02-04
K5	ARK500/2	Svorkovnica	ARK500/2
K6	ARK500/2	Svorkovnica	ARK500/2
OK1	MOC3042M	Optotriak	DIL06
R1	220r/2W	Rezistor	0207/10
R2	120r	Rezistor	R1206
R3	100r/2W	Rezistor	0207/10
R4	120r	Rezistor	R1206
R12	4k7	Rezistor	R1206
T1	BC817	NPN Tranzistor	SOT-23
U1	BT137/800	Triak	TO-220S

I.1 Zbernica riadiacej časti



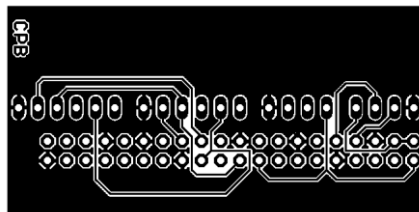
CPB	6
15.05.2016 15:48:13	5
Sheet: 1/1	4

I.2 Doska zbernice riadiacej časti – strana TOP (strana súčiastok)



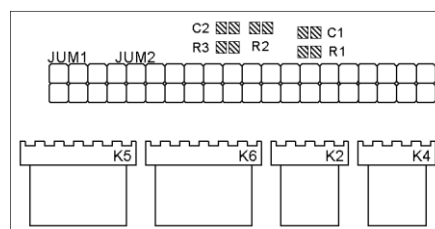
Rozmery 30,0 mm x 56,7mm

I.3 Doska zbernice riadiacej časti – strana BOTTOM (strana spojov)



Rozmery 30,0 mm x 56,7mm

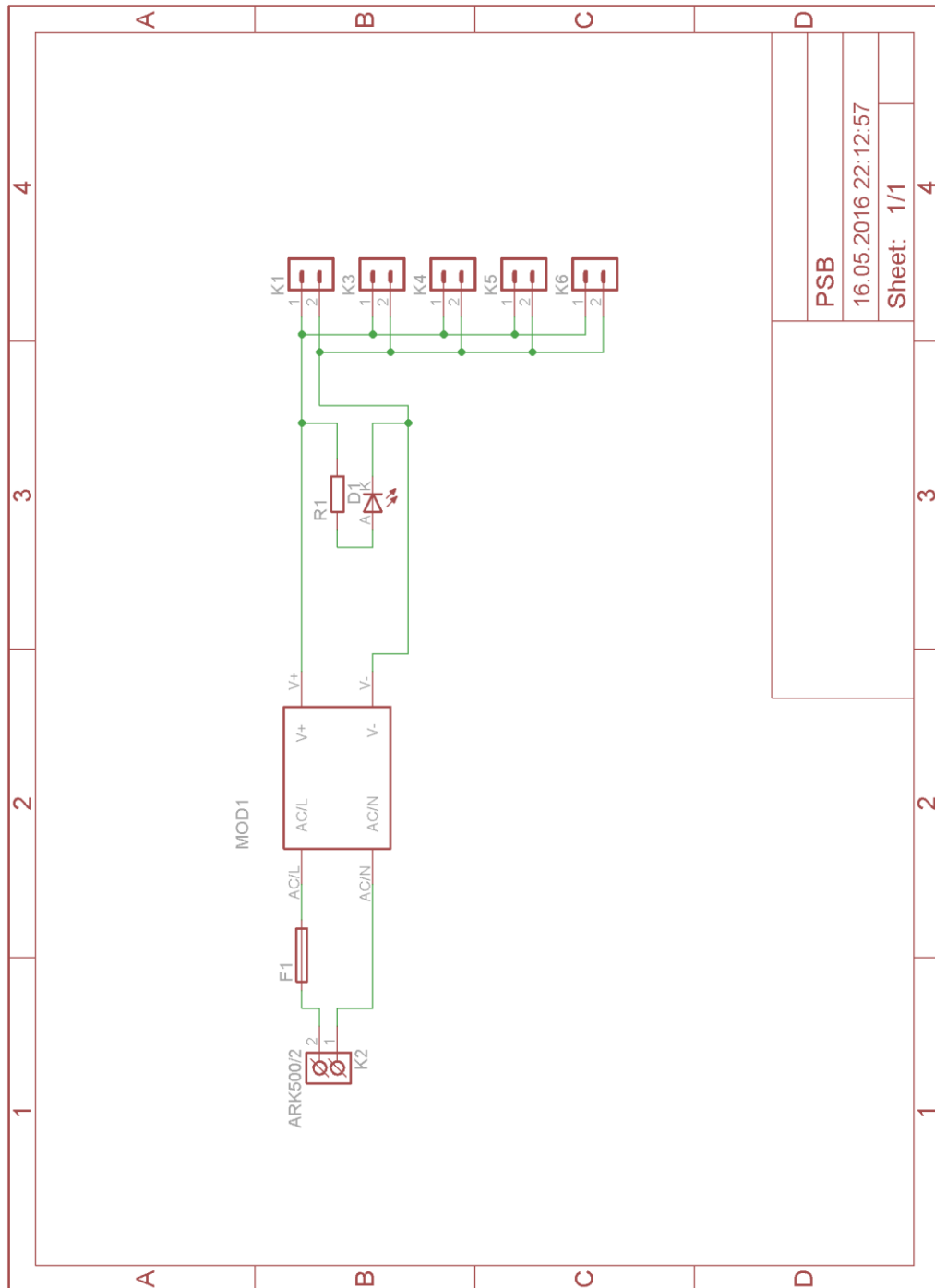
I.4 Doska zbernice riadiacej časti – osadenie strana TOP (strana súčiastok)



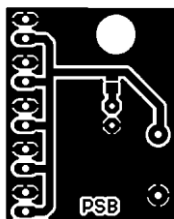
I.5 Doska zbernice riadiacej časti – zoznam súčiastok

Č.	Hodnota	Typ	Púzdro
C1	1n	Kondenzátor	SMD0805
C2	10n	Kondenzátor	SMD0805
JUM1	1x20	Dutinková lišta	S1G20
JUM2	1x20	Dutinková lišta	S1G20
K2	PSH02-04W	Konektor	PSH02-04W
K4	PSH02-04W	Konektor	PSH02-04W
K5	PSH02-06W	Konektor	PSH02-06W
K6	PSH02-06W	Konektor	PSH02-06W
R1	10k	Rezistor	R0805
R2	2k2	Rezistor	R0805
R3	1k	Rezistor	R0805

J.1 Zdrojová časť – obvodové zapojenie

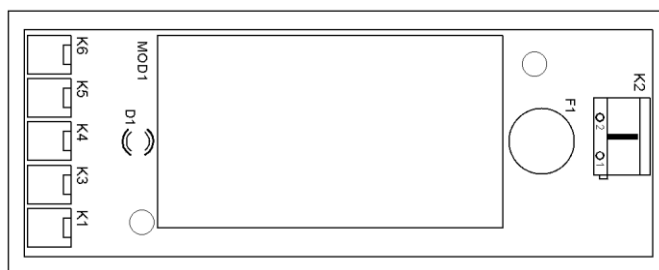


J.2 Doska zdrojovej časti – strana BOTTOM (strana spojov)



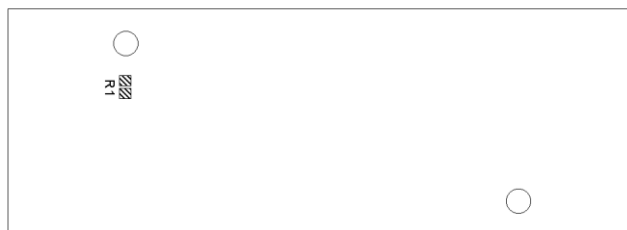
Rozmery 36,1mm x 88,6mm

J.3 Doska zdrojovej časti – osadenie strana TOP (strana súčiastok)



Rozmery 36,1mm x 88,6mm

J.4 Doska zdrojovej časti – osadenie strana BOTTOM (strana spojov)



J.6 Doska zdrojovej časti – zoznam súčiastok

Č.	Hodnota	Typ	Púzdro
D1	Red	LED	3MM
F1	200mA	Poistka	TR5
K1	PSH02-02P	Konektor	PSH02-02
K2	ARK500/2	Svorkovnica	ARK500/2
K3	PSH02-02P	Konektor	PSH02-02
K4	PSH02-02P	Konektor	PSH02-02
K5	PSH02-02P	Konektor	PSH02-02
K6	PSH02-02P	Konektor	PSH02-02
MOD1	5/12VDC	Spín. Zdroj	IRM10
R1	120R/470R	Rezistor	R0805

K.1 Bloková schéma prepojenia jednotky pre 10motorov

