ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ

KATEDRA ŘÍDÍCÍ TECHNIKY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

ELEKTRONICKÉ ŘÍZENÍ SEKVENČNÍ PŘEVODOVKY

ELECTRONIC MANAGEMENT SEQUENTIAL GEARBOX

JAROMÍR ZACH

2009

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci vypracoval samostatně a použil jsem pouze podklady (literaturu, projekty, SW atd.) uvedené v přiloženém seznamu.

V Praze dne 9.7.2009 Jaromír Zach

Abstrakt

Cílem této bakalářské práce je vybrat vhodný systém pro ovládání sekvenční převodovky Yamaha R6 závodního automobilu Cartech FS01 a u tohoto systému navrhnout desku pro ovládání akčních členů s využitím procesoru ARM 7 LPC21xx vyvinutého pro soutěž Eurobot. Další náplní této práce je zajistit komfort řidiči návrhem desky pro interakci pilota s automobilem, jako je zobrazení zařazeného rychlostního stupně, otáček motoru a ovládání celého systému; a pro komunikaci mezi jednotlivými moduly použít sběrnici CAN, která je nejvíce využívanou sběrnicí v automobilovém průmyslu.

Abstract

Objective of this bachelor thesis is select the appropriate system for controlling the sequential gearbox Yamaha R6 racing car Cartech FS01 and for this system propose board to control actuators using processor ARM 7 LPC21xx developed for event Eurobot. Next contents of this thesis is to ensure comfort of the driver by drafting board for interaction driver with car, such as display driving position engaged, motor speed and control the all system; and for communication among various modules to use bus-bar CAN, which is mostly used in the car industry.

Obsah

1. Úvod **1**
1.1. Formula Student/SAE *1*
2. Rozvržení postupu řešení **2**
2.1. Výběr vhodného polohovacího mechanismu pro sekvenční převodovku *2*
2.1.1. Elektronický systém 3
2.1.2. Hydraulický systém 4
2.1.3. Pneumatický systém 5
2.1.4. Zhodnocení systémů 7
2.2. Volba sběrnice *8*
2.2.1. Sběrnice CAN 8
2.2.2. Sběrnice FlexRay 8
2.2.3. Sběrnice LIN 9
2.2.4. Zhodnocení 9
2.3. Úvaha o ceně *10*
2.3.1. Standard číslování výrobků 10
2.3.2. Výsledná cena 10
2.4. Výběr součástek a jejich specifikace *11*
2.4.1. Mikroprocesor LPC2129 11
2.4.2. Součástky elektropneumatického systému 13
2.4.3. Měnič 12V DC to 24V DC 14
2.4.4. Modul pro řazení 15
2.4.5. Modul do volantu 15
3. Realizace projektu **16**
3.1. Modul pro řazení *16*
3.1.1. Účel modulu 16
3.1.2. Realizace modulu pro řazení 17
3.1.3. První oživení modulu 18
3.2. Modul do volantu *20*
3.2.1. Účel modulu 20
3.2.2. Realizace modulu 21

3.2.3. Oživení modulu ... 22
3.2.4. Testování komunikace mezi moduly ... 23
3.3. Pneumatický systém ... 24
3.3.1. Účel ... 24
3.3.2. Antihoppingová spojka ... 24
3.3.3. Realizace ... 24
3.3.4. Testování řazení ... 25
3.4. Programování mikroprocesoru ... 26
3.4.1. Práce s porty ... 26
3.4.2. Práce po sběrnici CAN ... 26
3.4.3. Práce s alfanumerickým displejem a otáčkoměrem ... 27
3.4.4. Formát zasílaných dat po sběrnici ... 27
4. Základní elektroinstalace ... 30
4.1. Výběr komponentů ... 30
4.1.1. Šesti pólový odpojovač ... 30
4.1.2. Nouzové tlačítko „STOP“ ... 30
4.1.3. Senzor prošlapu ... 31
4.1.4. Senzor sešlápnutí brzdového pedálu ... 31
4.1.5. Koncové brzdové světlo ... 31
4.2. Realizace ... 31
4.2.1. Kabeláž ... 31
4.2.2. Konektory k jednotkám ... 32
Zhodnocení ... 34
Poděkování ... 36
Použité materiály ... 37
Použitý software ... 39
Přílohy ... 40

Seznam obrázků

Obr. 1 - Ukazuje tlačítka pro řazení **3**
Obr. 2 – Umístění systému v praxi **3**
Obr. 3 – jednotka pro úpravu tlaku **5**
Obr. 4 – válec „aktuátor“ řazení **5**
Obr. 5 - blokové schéma ARM7 ..... **12**
Obr. 6 – funkce převodníku tlaku **13**
Obr. 7 – funkce NPN čidla polohy **13**
Obr. 9 – schéma zapojení měniče z 12V na 24V DC **17**
Obr. 10 – zapojení pro spínání ventilu **18**
Obr. 11 – Zapojení posuvných registrů **21**
Obr. 12 – Alfanumerický displej **21**
Obr. 13 – zapojené pneumatické komponenty na zkušebním panelu **25**
Obr. 14 – blokové schéma komunikace na vozu FS01 ..... **27**
Obr. 15 – obrázek 6ti pólového odpojovače **30**
Obr. 16 – obrázek tlačítka pro nouzové zastavení **30**
Obr. 17 – ukazuje koncept základní elektroniky **32**
Obr. 18 – konektor s 42mi piny **33**

Seznam tabulek

Tab. 1 – zobrazované znaky pro posuvný registr **23**
Tab. 2 – formát zpráv a priorit CANu řídicího **28**
Tab. 3 – formát zpráv a priorit CANu informačního **29**

Seznam příloh

Příloha A – Cost Report pro pneumatické řazení **41**
Příloha B – Cost Report jednotky pro řazení **43**
Příloha C – Cost Report jednotky do volantu **45**
Příloha F – schéma jednotky do volantu **51**
Příloha G – schéma jednotky pro řazení **52**
Příloha D – zapojení 42 pinového konektoru **46**
Příloha E – zapojení všech konektorů na autě **49**
Příloha H – osazovací deska jednotky pro řazení **53**
Příloha I – osazovací deska jednotky do volantu **55**

1. Úvod

Smyslem tohoto projektu je vybrat vhodný systém pro polohování mechanismu robotizované sekvenční převodovky Yamaha R6 závodního automobilu Cartech FS01 a k tomuto systému navrhnout příslušný hardware pro ovládání.

Dalším úkolem je navrhnout modul do volantu pro interakci pilota s automobilem, zobrazovat zařazený rychlostní stupeň, otáčky motoru a prostřednictvím sběrnice CAN zajistit řidiči pohodlné a rychlé řazení pomocí pádel nebo tlačítek umístěných na volantu.

Posledním úkolem je implementace a ověření ve voze FS01.

1.1. Formula Student/SAE

„Formula SAE je konstrukční soutěž pro studenty inženýrských škol. Vznikla v USA v roce 1981. Od roku 1998 existuje její evropská odnož, Formula Student. Obě soutěže mají stejný cíl a prakticky stejná pravidla. Každý rok se v rámci Formula Student/SAE pořádá 8 jednotlivých soutěží po celém světě. V současné době v seriálu Formula Student/SAE soutěží více než 270 univerzitních týmů z celého světa.

Formula Student/SAE je konstrukční úkol, který by mohla položit jakákoliv automobilová výrobní firma. Zadání je vývoj prototypu závodního vozu. Zákazník, pro kterého je vůz určen, je víkendový neprofesionální závodník holdující autokrosu nebo sprintu. Vůz proto musí disponovat velkým výkonem ve smyslu co nejlepší akcelerace, brzdění a ovladatelnosti. Musí být levný, spolehlivý, údržba musí být snadná a musí být konkurenceschopný. Vůz by tedy měl být také esteticky na úrovni, pohodlný a využívat co nejvíce běžně dostupných součástí. Produkční plán je 1000 vozů za rok. Vůz by neměl být dražší než 25 000$ (toto pravidlo není u všech soutěží). Úkol zní: Navrhnout vůz, který co nejlépe splňuje uvedené požadavky. Na konci bude vůz porovnán s návrhy konkurence. A pouze nejlepší návrh se dočká výroby.“ převzato viz [20]

2. Rozvržení postupu řešení

Nejprve bylo třeba se rozhodnout, jak projekt řešit. Byl zvolen tento postup:

1) Výběr vhodného aktuátoru. V úvahu přichází tři možnosti: hydraulický, elektronický a pneumatický
2) Pro vybraný systém bylo třeba vybrat vhodné součástky a zjistit jejich parametry. Napájecí napětí, proud, rozměry, hmotnost a dostupnost
3) Podle potřeby bylo třeba navrhnout vhodný hardware. To znamená vybrat vyhovující součástky, mikroprocesor, měnič napájení a další.

2.1. Výběr vhodného polohovacího mechanismu pro sekvenční převodovku

Bylo nutné zvážit několik parametrů:

1) **Spolehlivost** celého systému
2) Hmotnost systému
3) Rychlost přeřazení s co nejmenší prodlevou mezi jednotlivými rychlostními stupni
4) Robustnost systému a snadná umístitelnost
5) Cenová dostupnost

2.1.1. Elektronický systém

Jedná se o mechatronické ovládání sekvenční převodovky pomocí elektromagnetu. Celý systém je dodávaný anglickou firmou Kliktronic viz [7].

Obr. 1 - Ukazuje tlačítka pro řazení

Obr. 2 – Umístění systému v praxi

Výhodou tohoto systému je, že je dodávaný jako kompletní systém. Jako aktuátor je zde použit solenoid o průměru 50mm, délkou 150mm, napájení 12V DC, proud podle provedení 25A až 48A, hmotnost 1,5 kg.

V montážní sadě je úchyt pro solenoid, řídící jednotka (odhadem 250g), ovládací tlačítka na volant a kabely.

Řídící jednotka má výstup na vypínání zapalování (quick shifter), které je nutné použít při podřazování.

Rychlost přeřazení pod 0,1s, hmotnost celého systému cca 1,9 kg. Cena se slevou pro studentské týmy Formula SAE včetně daně a poštovného 466,15 liber (14 637 Kč).

Systém jsme si měli možnost vyzkoušet v praxi na motocyklu Yamaha YBR250 upraveném pro invalidní osoby. Systém vyvíjí sílu na přeřazení po celou dobu co je stisknuté tlačítko. Rychlost řazení nahoru je velmi dobrá. Při řazení dolů jsme neměli úplně jistý pocit, že na každý stisk došlo k podřazení.

Rekapitulace:

1. Spolehlivost – velmi nevyhovující
2. Hmotnost – vyhovující
3. Rychlost přeřazení – vyhovující
4. Instalace – vyhovující
5. Cenová dostupnost - nevyhovující

2.1.2. Hydraulický systém

Tento systém je dodávaný firmou Bosch Rexroth viz [8].

Zde by se využívalo hydrauliky mazání motoru – nízký tlak od 0,8 do 7 barů.

Předpokládané vlastnosti:

- Čerpadlo – tlak do 35,5 baru, průtok 1,12 l/min, příkon 75 W, elektromotor na DC 12V o výkonu 150W
- Pístnice – vnější průměr 12 mm, vnitřní 6 mm, síla při 35,5 barech 300 N, možnost snímání koncových poloh
- Předpokládané vlastnosti pro 35,5 baru:
  délka ramena l=50mm
  zdvih z=8,3mm
  čas pro vysunutí t=0,05s
- Nádržka - 0,4 l (je pouze pro vyrovnání objemu pístnice, nemusí být plná)
- Čas pro vysunutí 0,2 s
- Rozvaděč ovládaný solenoidem
- Hmotnost celého systému – 1,8 kg
- Cena – sponzorský dar, symbolicky 1 Kč

Systém je dodáván ve formě pro zástavbu s naohýbanými trubičkami přesně podle požadavků.

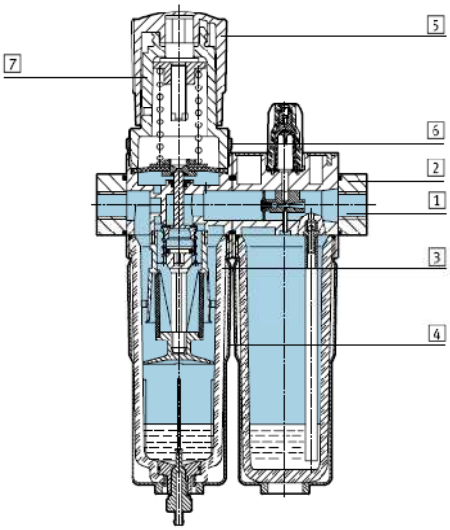
Rekapitulace:

1. Spolehlivost – vyhovující
2. Hmotnost – vyhovující
3. Rychlost přeřazení – pomalejší, ale dostačující
4. Instalace – složitá, nevyhovující
5. Cenová dostupnost – vyhovující, sponzorský dar

2.1.3. Pneumatický systém

O tomto systému bylo jednáno se společností Festo viz [9], která nám poskytla odbornou pomoc při výběru komponent. Jako zdroj tlaku nám byla doporučena láhev CO2. Pro daný systém byly vybrány následující komponenty:

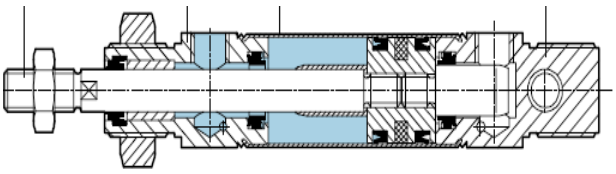
1. Jednotku pro úpravu tlaku + filtr



Obr. 3 – jednotka pro úpravu tlaku

- Verze MICRO
- Regulační rozsah – (0,5 – 7)bar -> pro nás 6bar
- Hmotnost do 200g
- S filtrem a manometrem

2. Válec



Obr. 4 – válec „aktuátor“ řazení

- Typ DSNU
- Kyvné upevnění
- Ø pístu 25mm
- Použít zdvih – 40mm
- Snímání poloh čidly na válce
- Síla pro pohyb vpřed při 6bar – 295N
- Síla pro pohyb vzad při 6bar – 247N
- Energie pro náraz v koncových polohách – 0,3 J
- Hmotnost – 80g

3. Ventily

- Elektromagnetické ventily MHA2
- Napájení 24-36V DC
- Počet potřebných ventilů 2
- Hmotnost - 2x60g
- Provozní tlak 1-8bar
- Ovládaní elektrické
- Čas zapnutí/vypnutí [ms] 1,7/2 +10 %
- Maximální spínací frekvence [Hz] 330

4. Vzdušník

- Zásobník na stlačený vzduch CRVZS
- Objem 0,4l
- Hmotnost 736g
- Při tlaku 6bar

+ čidlo tlaku, čidla polohy, šrouby, hadice

Předpokládaná doba přeřazení cca 60ms. Cena systému 0Kč (sponzorský dar od společnosti Festo). Odhadovaná hmotnost i s lahví CO2 kolem 3kg.

Rekapitulace:

1. Spolehlivost – vyhovující
2. Hmotnost – vyhovující
3. Rychlost přeřazení – vyhovující
4. Instalace – vyhovující
5. Cenová dostupnost – vyhovující, sponzorský dar, již zakoupeno

2.1.4. Zhodnocení systémů

Protože všechny tři systémy mají rovnocenné parametry, přidali jsme ještě jedno kritérium a to možnost zařazení neutrální polohy. Dále jsme se zaměřili na systém s co nejnižšími náklady.

Hydraulický systém byl vyhovující ve většině námi zvolených parametrů. Jednou z nevýhod je zpětnovazební odvod oleje z válce a nutnost použití čerpadla pro jeho rozvod. Další velkou nevýhodou je, že u hydraulického systému nelze použít doraz. Proto by bylo velmi složité zařadit neutrální polohu. Tento systém byl pro tyto nedostatky zamítnut.

Elektronický systém byl vyzkoušen v praxi přímo na motocyklu. Řazení směrem nahoru bylo velmi dobré, ale řazení opačným směrem mělo některé nedostatky. Občas nedošlo k zařazení rychlostního stupně i při několikanásobném zmáčknutí tlačítka. Cena tohoto systému byla nepřiměřeně vysoká a zařazení neutrální polohy zde nebylo vyřešeno. Tento systém byl ze zmíněných důvodů zamítnut.

Pneumatický systém je vyhovující ve všech parametrech. Jeho největší výhodou je možnost přidání dorazu, a tím i vyřešení problému vyřadit na neutrální polohu. Tento systém byl vybrán i pro jeho vysokou efektivnost a možnost dostání jednotlivých komponent jako sponzorského daru.

2.2. Volba sběrnice

Nejprve jsme zvažovali, zda použít centralizovaný nebo distribuovaný systém. Nakonec jsme se rozhodli pro distribuovaný, protože nám přinesl mnohem více výhod. Mezi ně patří snadná rozšiřitelnost systému, možnost sdílení zdrojů a periférií, vyšší spolehlivost a provozuschopnost.

Jako další přišla na řadu volba sběrnice. V úvahu připadalo hned několik možností, z nichž pro vozidlové využití jsou vhodné distribuované sběrnice CAN, FlexRay, LIN.

2.2.1. Sběrnice CAN

Protokol CAN je navržen pro distribuované systémy v reálném čase. Přenosová rychlost je do 1Mbit/s. Tato sběrnice má vysoký stupeň zabezpečení přenosu proti chybám. Používá protokol typu multi-master (každý uzel sběrnice může být master a řídit tak chování jiných uzlů, není nutné řídit celou síť z jednoho uzlu), který zjednodušuje řízení a zvyšuje spolehlivost. Při poruše jednoho uzlu může zbytek sítě pracovat dál. Sběrnice používá náhodný přístup k přenosovému médiu. Komunikace mezi uzly probíhá pomocí zpráv (př. datová zpráva a žádost o data). Management sítě (signalizace chyb, pozastavení komunikace) je zajištěn pomocí dvou speciálních zpráv (chybové zprávy a zprávy o přetížení).

Zprávy vysílané po sběrnici protokolem CAN neobsahují žádnou informaci o cílovém uzlu, kterému jsou určeny, a jsou přijímány všemi ostatními uzly připojenými ke sběrnici. Každá zpráva je uvozena identifikátorem, který udává její význam a prioritu. Nejvyšší prioritu má zpráva s identifikátorem 0. Protokol CAN zajišťuje, aby zpráva s vyšší prioritou byla v případě kolize dvou zpráv doručena přednostně. Na základě identifikátoru je možné zajistit, aby uzel přijímal pouze ty zprávy, které se ho týkají (*Acceptance Filtering*).

Tato sběrnice je určena pro spolehlivé doručení informace, ale její propustnost není tak vysoká jako u sběrnice FlexRay.

2.2.2. Sběrnice FlexRay

Jedná se o dvouvodičovou sběrnici, jejíž přenosová rychlost je až 10 Mbit/s, a která má dva nezávislé kanály pro každou jednotku. Oproti CAN má zvýšenou odolnost proti elektromagnetickému rušení a společnou synchronizaci všech jednotek v síti. Filtrace zpráv probíhá podle čísla/identifikátoru rámce. Navíc obsahuje službu dálkového "probuzení" libovolného uzlu. Kromě toho v sobě spojuje a vylepšuje prvky, které již byly nějakým

způsobem dříve někde použité (princip TDMA, statický a dynamický přístup na sběrnici, či fyzické provedení sběrnice). Výsledkem je přenosový systém s unikátním systémem adresování a přístupem na sběrnici, kde je vše prakticky řízeno jen dvěma čísly/identifikátory. Výměna zpráv je pak založena na deterministickém komunikačním cyklu a synchronizace komunikace je vysoce strukturována a založena na taktování společném pro všechny uzly a komponenty sběrnice.

Tato sběrnice najde použití hlavně pro aplikace vyžadující nejvyšší možné zabezpečení přenášené zprávy. Používá se pro aplikace bezpečnostního charakteru. Mezi tyto aplikace lze zahrnout ovládání brzdového systému (ABS), nastavování podvozku a řídící jednotky automobilu apod.

2.2.3. Sběrnice LIN

Používá se pro nenáročné aplikace, které nevyžadují spolehlivé doručení dat, jako je například elektronické stahování okýnek, nastavování sedadla…

Jedná se o asynchronní sériovou sběrnici komunikující do vzdálenosti 40m. Topologie této sítě je single-master/multipleslave, což umožňuje připojit na jednu sběrnici jediné zařízení typu Master a několik zařízení typu Slave. Maximální počet zařízení na jedné sběrnici LIN je 16, přičemž vždy musí být přítomno jedno zařízení typu Master. Komunikace je založena na UART/SCI sériovém přenosu a probíhá pomocí jednoho vodiče. Další dva vodiče slouží pro napájení.

2.2.4. Zhodnocení

Pro náš vůz potřebujeme spolehlivé doručení zpráv a to i v prostředí s elektromagnetickým rušením. Z výše uvedených sběrnic připadají pro naši aplikaci buď CAN nebo FlexRay. Jelikož na voze FS01 nepoužíváme bezpečnostní prvky, ale využíváme sběrnici pouze pro řízení řazení a diagnostiku, bylo rozhodnuto pro dvě sběrnice CAN.

Jedna **řídící**, která má sloužit pro posílání informací kritických pro funkčnost řazení. A druhá **informační** pro posílání všech ostatních informací jako jsou otáčky a informace od ECU[1].

[1] Engine control unit

2.3. Úvaha o ceně

Jedna z věcí, která se před soutěží musela odevzdávat, byl COST REPORT, tedy výkaz o ceně na výrobu 1000kusů automobilů. Tato cena se určuje podle tabulek uvedených na stránkách Formula SAE viz [15], které se pro každý ročník aktualizují. Výsledná cena se skládá z tabulek Materials Table, Process Table, Process Multipliers Table, Fasteners Table a Tooling Table.

2.3.1. Standard číslování výrobků

Aby nedocházelo k zaměňování výrobků, byl v týmu zaveden jednotný standard pro všechny výrobky. Formát: **FS – BB – XXXXX – ZZZ – C1C2**

FS - Dvoumístné pořadové číslo vozu (v současnosti „01“).

BB - Dvoumístný písmenný znak označující zařízení dle dodatku pravidel „Appendix_C-3“ viz [15]. Pro elektroniku je to „EL“ a pro pneumatický systém je to „FR“.

XXXXX - Pětimístné základní číslo součásti přiřazováno podle intervalů. Pro elektroniku je to interval od 60000 – 69999 a pro pneumatické řazení je to interval od 00005 – 03999.

ZZZ - Třímístné číslo sestavy, do které součást patří.

C1C2 - Dvoumístný písmenný znak označující evoluce součástí (v současnosti „AA“).

C_1 – První písmeno odkazuje na úroveň úpravy provedení (návrhu/designu) součásti.

C_2 – Druhé písmeno odkazuje na úroveň změny technologického postupu při výrobě součásti.

2.3.2. Výsledná cena

Po vytvoření sestav a všech potřebných tabulek byla celková cena stanovena následovně:

	Cena [$]
Pneumatické řazení “viz Příloha A“	144,54
Jednotka pro řazení „viz Příloha B“	78,28

Jednotka do volantu „viz Příloha C“	73,88
Cena celkem:	296,7$

Po přepočtení na české koruny při kurzu dolaru ke dni 28. 6. 2009, který činí 18,442Kč, vyšla výsledná cena pro 1kus při sériové výrobě 1000kusů na 5 472Kč.

2.4. Výběr součástek a jejich specifikace

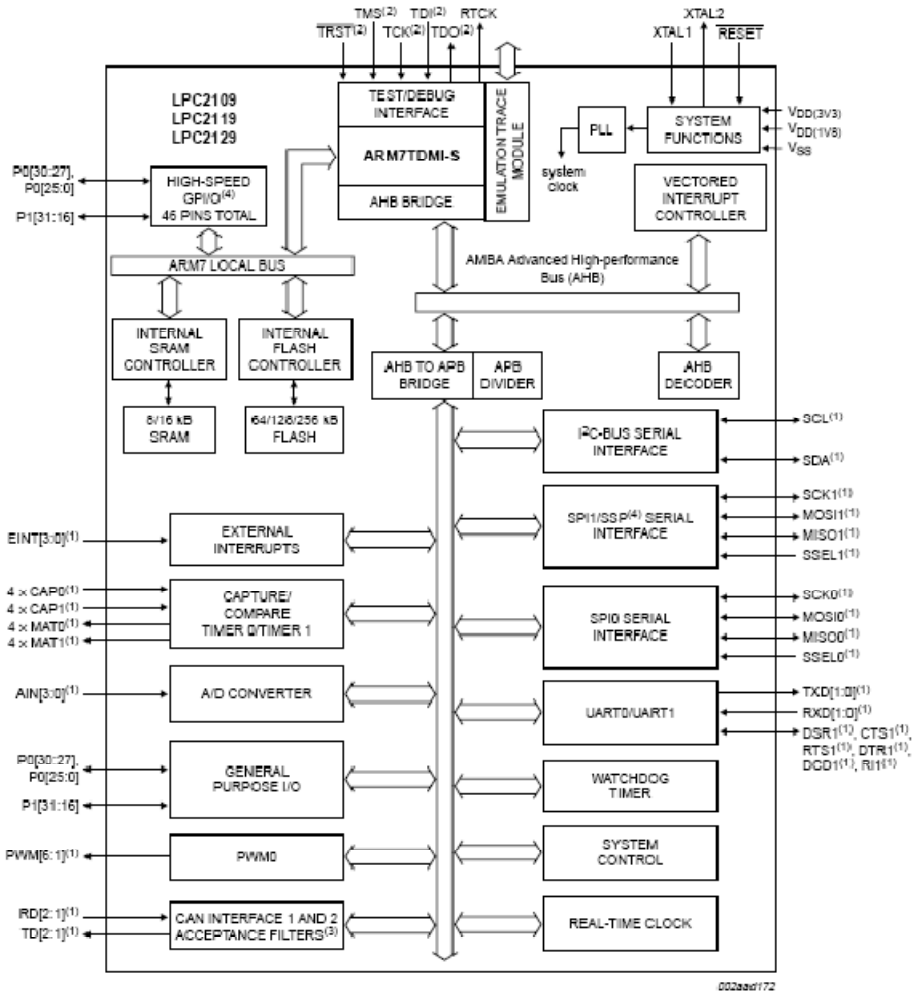
V této části se budeme zabývat specifikacemi jednotlivých částí potřebných pro správnou funkčnost a ovládání celého systému.

2.4.1. Mikroprocesor LPC2129

Ve všech modulech bylo rozhodnuto o použití procesoru ARM7 LPC2119, protože už existovalo ověřené a fungující zapojení vyvinuté pro soutěž Eurobot.

ARM[2] 7 je moderní 32 bitový procesor, který je schopen výkonných výpočetních procesů.

[2] Acron RISC Machines



Obr. 5 - blokové schéma ARM7

Parametry:

- Mikrokontrolér s 16/32b jádrem ARM7
- Maximální frekvence CPU 60MHz
- 16 kB on-chip Static RAM a 128 kB on-chip Flash
- In-System Programming (ISP), In-Application Programming (IAP)
- Dvě propojená rozhraní CAN
- 2 x UART rozhraní, 2 x SPI a rychle I2C rozhraní
- 2 x 32b čítače/časovače a 6 PWM výstupů
- 4 - kanálový 10b AD převodník
- 1,8V napájení CPU a 3,3V napájení sběrnice

Jako prostředí pro vývoj softwarových aplikací bylo využito systému OMK[3].

[3] OCERA make framework

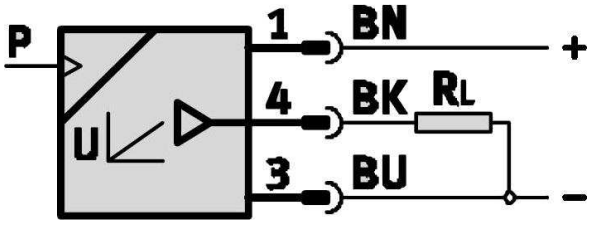
2.4.2. Součástky elektropneumatického systému

Na základě kapitoly 2.1 byl vybrán elektropneumatický systém pro robotizované ovládání řazení.

Elektromagnetické ventily:

- Napájecí napětí 5V, 12V (doba otevření cca 20ms) a pro rychlé spínání 24V DC (doba otevření cca 2ms)
- Potřebný proud pro sepnutí 1A
- Tlak –0,9 … +8 barů
- Provozní teplota –5 … +60 °C

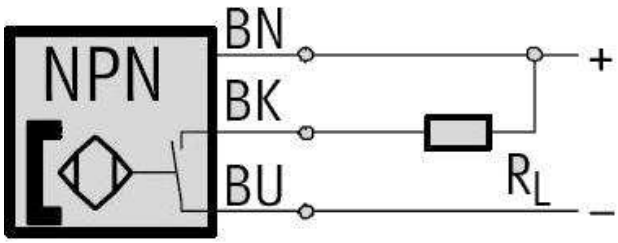
Senzor tlaku:



Obr. 6 – funkce převodníku tlaku

- Napájecí napětí 15V … 30V DC
- Proud 8 … 30mA
- Tlak -1 … + 100 barů
- Provozní teplota-20 … +85 °C
- Analogový výstup 0,1 … 10 V DC, 4 … 20mA

Magnetická čidla polohy vysunutí pístu:



Obr. 7 – funkce NPN čidla polohy

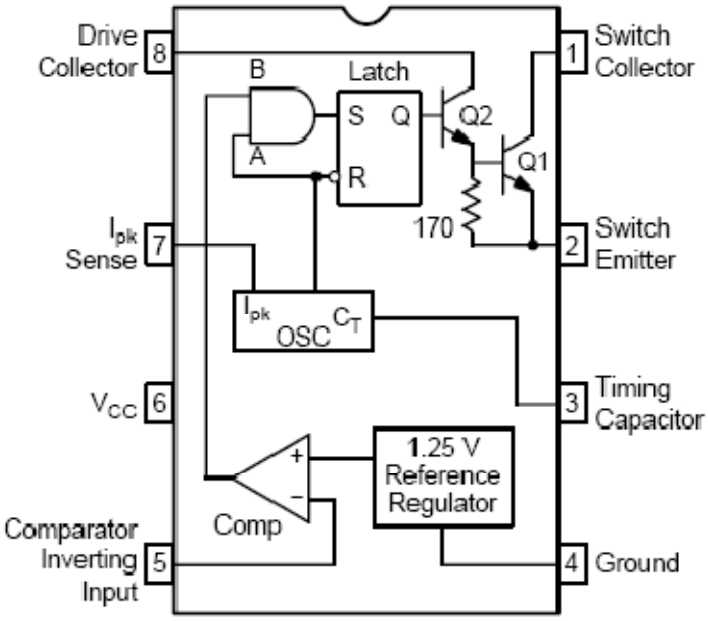
- Magneto-odporový princip spínání
- Napájecí napětí 10V… 30V DC
- Max. proud 100mA
- Výstup NPN, 3 vodiče
- Provozní teplota – 20 … +60 °C

Na základě těchto specifikací je výhodné pro napájení a rychlé spínání ventilů použít 24V DC napájení. Tímto zdrojem se budeme podrobně zabývat v kapitole 2.4.3.

2.4.3. Měnič 12V DC to 24V DC

Vycházeli jsme z toho, že ventily, čidlo tlaku a senzory polohy potřebují ke svojí funkci a rychlému spínání napájecí napětí 24V DC / 1A. Proto byl zvolen obvod MC34063 zapojený jako Step-Up Converter. Jako zdroj napájení je zde uvažována 12V autobaterie.

MC34063 viz [1]



Obr. 8 – Pouzdro a blokové schéma MC34063

Parametry:

- Vstup 3V … 40V DC
- Výstupní spínaný proud 1.5A
- Výstupní napětí nastavitelné
- Frekvence max.100kHz

Výše uvedený integrovaný obvod obsahuje vnitřní teplotně kompenzovaný referenční zdroj, komparátor, oscilátor s šířkovou modulací a obvodem proudového omezení, budič a výstupní spínač pro vysoké proudy. Tato řada obvodů byla zkonstruována speciálně pro zvyšující, snižující a invertující měniče. Všechny tyto funkce jsou obsaženy v pouzdru s osmi vývody, jak ukazuje obr. 8.

2.4.4. Modul pro řazení

Pro pohyb modelářského servomechanismu, který je důležitý pro vyřazení systému do neutrální polohy, je třeba 5V DC napájení. Pro velkou účinnost 82% jsme zvolili obvod LM2575S viz [10] s výstupním proudem maximálně 1A.

Pro spínání silových výstupů, to jsou např.: ventily, bylo použito výkonových tranzistorů MOSFET STP36NF06 viz [11].

Pro buzení druhé informační sběrnice, na kterou se mají posílat informace nedůležité pro řazení, byl použit budič sběrnice CAN v obvodu PCA82C250 viz [12].

2.4.5. Modul do volantu

Jako zobrazovací jednotka byl vybrán 16 segmentový alfanumerický displej od společnosti Kingbright viz [3] o rozměrech 56,8 x 31,8mm. Zobrazení znaků na displeji a rozsvěcení LED diod otáčkoměru je prováděno pomocí 8bitového posuvného registru TPIC6C595 viz [13].

Pro napájení displeje je třeba 5V DC napájení, z tohoto důvodu byl vybrán stabilizátor 78M05 viz [14] s výstupním proudem 500mA.

Jako u modulu pro řazení i zde byl použit pro druhou informační sběrnici obvod PCA82C250.

3. Realizace projektu

3.1. Modul pro řazení

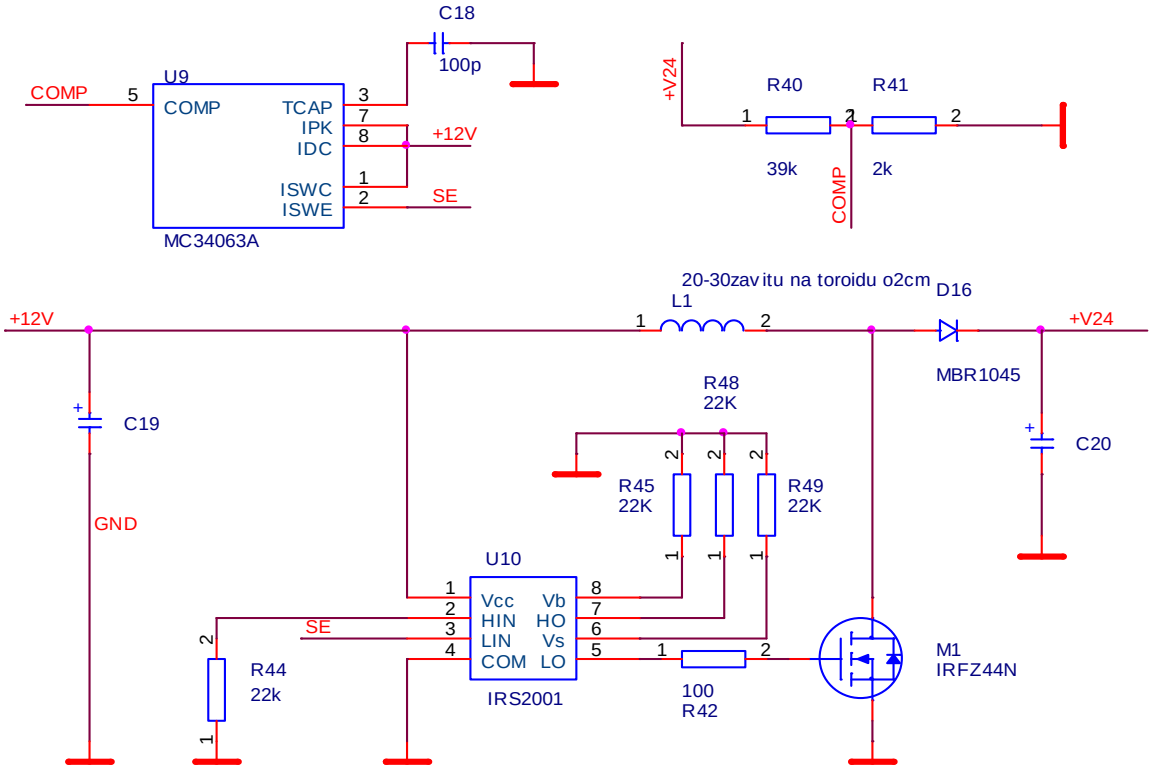
3.1.1. Účel modulu

Tento modul byl navržen podle požadavků pneumatického systému popsaných v kapitole 2.4.2. Požadavky na modul:

- Napájecí napětí 12V
- Výstupní napětí 5V, 12V, 24V
- Výstup PWM signálu pro řízení modelářského servomechanismu, důležitého pro řazení neutrálu
- 4 x silové výstupy pro spínání ventilů
- 3 x vstupy pro čidla polohy vysunutí pístu
- 1 x vstup pro senzor tlaku
- 2 x sběrnice CAN – informační a řídicí, více v kapitole 3.4.2.

3.1.2. Realizace modulu pro řazení

Schéma:



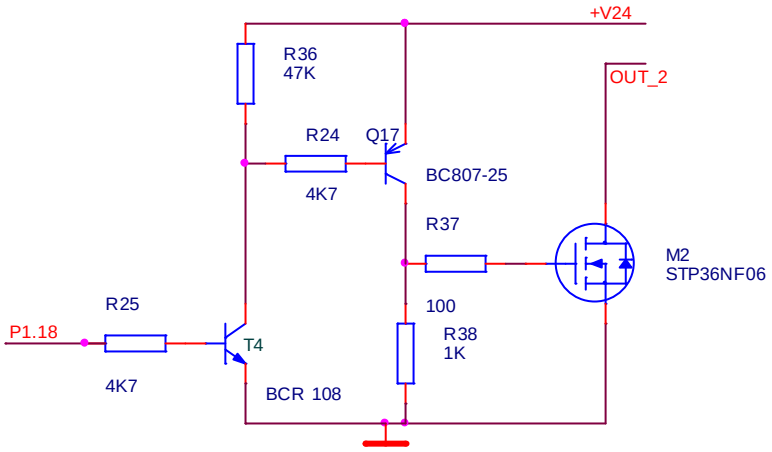
Obr. 9 – schéma zapojení měniče z 12V na 24V DC

Popis zapojení:

Spínacím prvkem tohoto obvodu je tranzistor MOSFET IRFZ44N, ten má nejvyšší povolené prahové napětí 50V, I = 49A a výkon 100W. Pro buzení daného tranzistoru byl použit obvod IRS2001.

Po rozepnutí tranzistoru M1 proud v cívce nezaniká, ale teče nadále stejným směrem, dokud neskončí přechodový děj a energie, uložená v cívce, se nevyzáří do okolí. Protože napětí je opačné polarity, přičte se ke vstupnímu. Shottkyho dioda MBR 1045 pak dále usměrní toto napětí a kondenzátor C_{20} tento výstup vyhladí. Odpory R_{40} a R_{41} se nastavuje výstupní napětí.

Schéma:



Obr. 10 – zapojení pro spínání ventilu

Popis zapojení:

Při log 1 na vstupu tranzistoru T4 se tento tranzistor otevře a začne přes něj protékat proud, to otevře PNP tranzistor Q17 a ten vybudí výkonový tranzistor M2. Přes M2 začne protékat proud a tím sepneme výstupní ventil.

3.1.3. První oživení modulu

Nejprve bylo nutné osadit všechny součástky a zasunout modul LPC21xx do připravené desky. Dále bylo třeba odzkoušet, zda obvod MC34063A dodává potřebné napětí, aby nedošlo ke zničení jiného obvodu vlivem nesprávných napěťových úrovní. To bylo provedeno přiložením voltmetru na výstupní svorky.

Poté jsme nahráli do modulu zkušební software a pomocí něj a voltmetru jsme nejdříve odzkoušeli spínání všech výstupů. Dále jsme pomocí laboratorního zdroje odzkoušeli čtení vstupních portů.

P0.4 – port pro čtení čidla polohy

P0.5 – port pro čtení čidla polohy

P0.7 – port pro čtení čidla polohy

P0.9 – port použit jako výstup pro řízení modelářského servomechanismu pomocí PWM signálu

P0.27 - port se dá nastavit jako AD převodník pro zjišťování tlaku nebo jen jako vstup pro čidlo polohy viz kapitola 2.4.2 nebo jako digitální vstup pro čtení neutrálu z motoru motorky

P1.16 – výstupní port pro spínání 12V zátěže

P1.17 – výstupní port pro spínání ventilu 1

P1.18 – výstupní port pro spínání ventilu 2

P1.19 – výstupní port v zapojení s otevřeným kolektorem

P0.23 – Rd2CAN slouží pro připojení budiče PCA82C250 pro informační sběrnici CAN2

P0.24 – Td2CAN slouží pro připojení budiče PCA82C250 pro informační sběrnici CAN2

CANH, CANL – výstup z budiče pro řídicí CAN1

Po celé této proceduře byly k zařízení připojeny všechny potřebné vstupy a výstupy a deska byla napojena na napětí získané z laboratorního zdroje. Toto napětí bylo nataveno na 12V.

3.2. Modul do volantu

3.2.1. Účel modulu

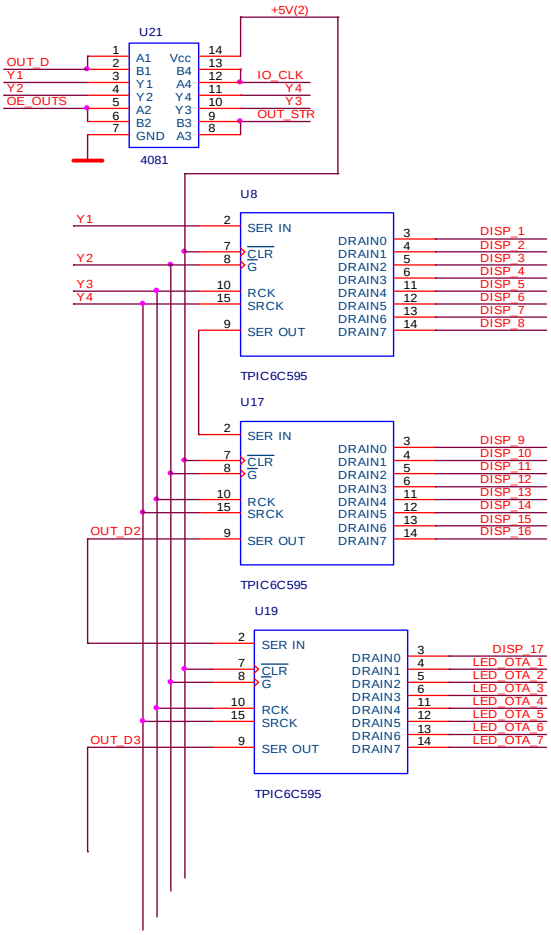
Tento modul má řidiči poskytnout komfort při řazení, umožnit vypínání a zapínání kontroly trakce a nastavování jasu displeje, na kterém se má zobrazovat zařazený rychlostní stupeň. Dále má umožnit vyřazení na neutrální polohu a zobrazovat pomocí LED diod otáčky motoru. Pro daný modul byly stanoveny tyto požadavky:

- Napájecí napětí 12V
- Výstupní napětí 12V, 5V
- Vstupních 6 tlačítek, z toho 2 vyvedené na svorku pro připojení pádel pod volantem
- Jeden silový výstup s otevřeným kolektorem
- Dvě LED diody. Jedna pro signalizaci TC[4], další pro signalizaci poruchy
- Dva volné digitální vstupy s „pull up“ rezistorem pro případné rozšíření
- LED diodový otáčkoměr
- Alfanumerický displej pro zobrazení zařazeného stupně

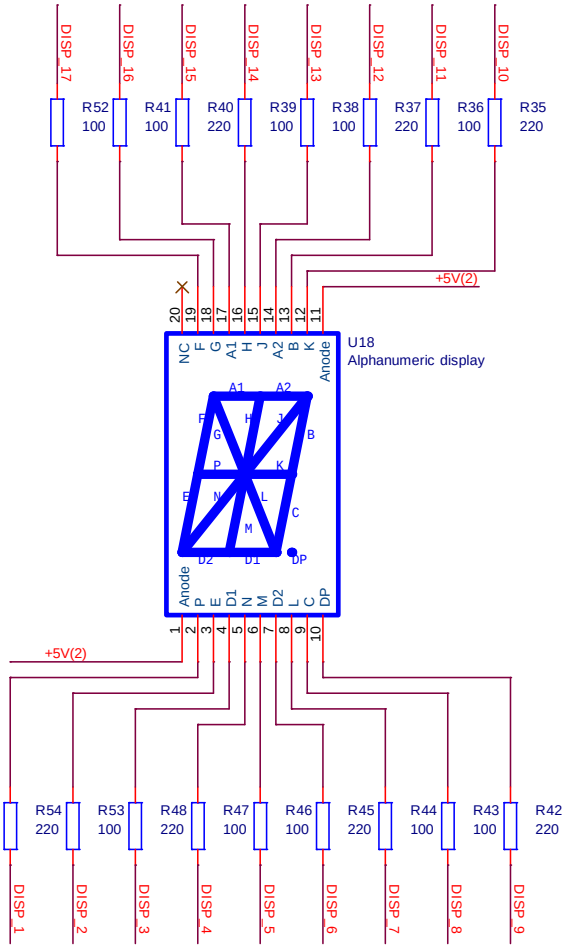
[4] kontrola trakce

3.2.2. Realizace modulu

Schéma:



Obr. 11 – Zapojení posuvných registrů



Obr. 12 – Alfanumerický displej

Popis zapojení:

Pro změnu napěťových úrovní z CMOS[5] na TTL[6] je použit obvod HEF4081B viz [2]. Posuvný registr obsahuje jeden sériový vstup (SER IN), jeden sériový výstup (SER OUT) a tři paralelní vstupy (CLR, G, RCK, SRCK). SER IN (DATA) slouží pro nahrávání informací, tedy pro rozsvícení jednotlivých segmentů. SER OUT (QS) slouží pro připojení dalšího posuvného registru. CLR slouží pro vymazání všech dat v registrech, tedy pro zhasnutí displeje. Tento vstup připojíme na log 1 (+5V). SRCK (CLOCK) je hodinový signál při jeho příchodu tj. náběžné hraně dochází k potvrzení platnosti příchozích dat. RCK (STROBE) je vstup, který řídí frekvenci výstupu. To znamená, že pomocí PWM můžeme řídit jas displeje a LED diodového otáčkoměru. Aby nedocházelo k problikávání displeje při nahrávání dat,

[5] Complementary Metal–Oxide–Semiconductor
[6] Transistor–transistor logic

připojuje se tento vstup během programování na log 0. Přivedením log 1 na signál G (OUTPUT ENABLED) dojde k odpojení paralelních výstupů. Log 0 se paralelní výstupy opět aktivují. Řízení probíhá na těchto IO pinech procesoru:

P0.1 – port je použit pro tlačítko na řazení směrem dolu

P0.3 – port je použit pro tlačítko S8

P0.4 – port použit pro programování posuvného registru „CLOCK“

P0.6 – port použit pro programování posuvného registru „DATA“

P0.7 – port použit pro programování posuvného registru „OUTPUT ENABLED“

P0.9 – port použit pro tlačítko S7

P0.14 – port použit pro tlačítko S6

P0.15 - port použit pro tlačítko S9

P0.20 – port použit pro tlačítko na řazení směrem nahoru

P0.16, P0.30 – porty použity pro digitální vstup s „pull up“ rezistory

P0.21 – port použit pro programování posuvného registru „STROBE“

P1.20, P1.21 – porty použity pro indikaci pomocí LED

P1.24 – port použit pro zapojení tranzistoru s otevřeným kolektorem, pro spínání silových výstupů

3.2.3. Oživení modulu

Ze všeho nejdříve bylo nutné osadit všechny součástky a zasunout modul LPC21xx do připravené desky. Pro 12V napájení byl použit laboratorní zdroj. Na osazené desce poté bylo změřeno pomocí voltmetru výstupní napětí 12V a 5V. Po ověření jsme postupně začali nahrávat zkušební software. Nejprve byly oživeny indikační LED diody a vyzkoušeno zapojení s otevřeným kolektorem. K tomuto zapojení bylo připojeno napětí +12V a na výstup přidána LED, která indikovala sepnutý stav.

Tlačítka a ostatní vstupy byly ověřeny zmáčknutím tlačítka a následným rozsvícením nebo zhasnutím některé diody.

Podle přiloženého datasheetu viz [3] byly sepsány potřebné znaky pro zobrazování, viz tab. 1. Poté byly jednotlivé znaky vyzkoušeny na displeji. Toto bylo aplikováno i u otáčkoměru. Postupně byly rozsvíceny všechny LED diody od středu ke kraji.

Číslo dat po CANu	*Znak*	*Znak hexa*		*Počet rozsvícených LED, pro otáčkoměr*	*Znak hexa*
0	*„N“*	*0x8643*		*„0“*	*0x0*
1	*„1“*	*0x1008*		*„1“*	*0x180*
2	*„2“*	*0x1C8E4*		*„2“*	*0x3C0*
3	*„3“*	*0x14AE4*		*„3“*	*0x7E0*
4	*„4“*	*0x102C1*		*„4“*	*0xFF0*
5	*„5“*	*0x14AA5*		*„5“*	*0x1FF8*
6	*„6“*	*0x1CAA5*		*„6“*	*0x3FFC*
7	*„T“*	*0x102C*		*„7“*	*0x7FFE*
8	*„C“*	*0xC825*		*„8“ (blikání)*	*0x7FFE*
9	*„F“*	*0x180A5*			
10	*„O“*	*0xCA65*			
11	*„-“*	*0x100*			

Tab. 1 – zobrazované znaky pro posuvný registr

3.2.4. Testování komunikace mezi moduly

U modulu pro řazení jsme propojili vodičem svorku CANH se svorkou CANH na modulu do volantu. To samé jsme provedli se svorkami CANL. Připojili jsme oba moduly ke společnému laboratornímu zdroji a nastavili jeho hodnotu na 12V.

Software byl naprogramován tak, aby vysílal po sběrnici CAN zprávu při stisku tlačítka na modulu do volantu. Na modulu pro řazení se po příchodu zprávy sepnul jeden ze silových výstupů. Poté byl odzkoušen přenos obráceně. Test proběhl v pořádku a tím byla ověřena komunikace po sběrnici.

3.3. Pneumatický systém

3.3.1. Účel

Vůz bude poháněný nepřeplňovaným čtyřválcovým motorem z motocyklu Yamaha YZF-R6 vybaveného šestistupňovou sekvenční převodovkou s antihoppingovou spojkou. Právě díky této převodovce a spojce můžeme použít elektropneumatický systém vybraný tak, jak bylo uvedeno v kapitole 2.1.4.

3.3.2. Antihoppingová spojka

Antihoppingová spojka zabraňuje okamžitému zablokování zadního kola při podřazování a prudkém brzdění, místo toho však nabízí kontrolované a rychlé brzdění. Např.: při rychlém podřazování nebo řazení bez spojky by se u motorky bez antihoppingové spojky zadní kolo zablokovalo a tím šlo do smyku. Právě tomuto se předchází použitím antihoppingové spojky. Můžeme tedy podřazovat bez jejího zmáčknutí.

3.3.3. Realizace

Jako zdroj tlaku do systému byla použita láhev tekutého CO_2 viz [4]. Tlak z tohoto systému se reguloval přes redukční ventil CO_2 mini G3/4 viz [5] na tlak max. 6baru.

Odtud vedla 4mm hadička do filtru, kde se odfiltrovala případná voda. Poté pokračovala přes vzdušník o objemu 0,4l, který slouží jako kondenzátor pro vyrovnání dodávaného tlaku. Z tohoto vzdušníku je potom tlak rozveden do jednotlivých částí systému, jako jsou elektromagnetické ventily a čidlo tlaku.

Od ventilů je připojena hadička přímo do pneumatického válce. Po jejich sepnutí se tlak nahromaděný ve vzdušníku uvolní a přejde do zmiňovaného válce, který nám zařadí rychlostní stupeň.

Na válci jsou umístěna tři čidla, která slouží ke kontrole jeho polohy. Hlídají zejména dosažení krajních poloh a středovou polohu. Samotný válec se vrací za pomoci vratné pružiny mechanismu sekvenční převodovky.

Neutrální poloha je řešena přidáním polohovacího servomechanismu, který pohybuje se západkou. Tato západka působí jako doraz pro zařazení na neutrální polohu.

Obr. 13 – zapojené pneumatické komponenty na zkušebním panelu

3.3.4. Testování řazení

Testování bylo zatím prováděno pouze na panelu, nikoliv na skutečném motoru. Při testování na motoru bychom museli přizemňovat „CLUTCH MASTER“, což je vstup u řídící jednotky motoru. To nám umožní odpojit zapalování a tím i zařadit další rychlostní stupeň. O podřazování se nám postará antihoppingová spojka “viz kapitola 3.3.2“

Po propojení hadiček mezi všemi komponenty a po připojení tlaku do systému jsme ke všem modulům připojily napájecí napětí z laboratorního zdroje.

Poté co jsme na jednotce do volantu zmáčkli tlačítko pro zařazení, po sběrnici CAN odešla žádost o změnu rychlostního stupně. Druhá jednotka si tuto zprávu převzala a otevřel se jeden z ventilů, což posunulo píst jedním směrem. Po vypnutí ventilu se pomocí vratné pružiny mechanismu píst vrátil zpátky do střední polohy. Vyzkoušen byl i pohyb opačným směrem.

Dále byl zkoušen servomechanismus pro doraz. Nejdříve se servomechanismus pootočil jedním směrem a tím se přidal doraz, poté sepnul ventil a píst se o tento doraz zastavil. Po

vracení pístu do střední polohy se servomechanismus pootočilo zpátky a tím se doraz odstranil.

3.4. Programování mikroprocesoru

3.4.1. Práce s porty

Nejprve byl z webových stránek stažen uživatelský manuál pro programování LPC21xx viz [6]. Pomocí tohoto dokumentu jsme zjistili jak pracovat s I/O porty. Pro práci s porty je důležitá celá řada registrů. Uvedeme zde několik základních.

Nejdříve je důležité nastavit registr PINSEL jsou celkem tři PINSEL0,1,2. Tyto registry nastavují funkci portu. To znamená, že každý port může mít více funkcí jako je GPIO (vstupně/výstupní port), PWM, CAN aj.

Dalším důležitým registrem je registr IODIR, jsou celkem 4 - IO0DIR, IO1DIR, IO2DIR, IO3DIR. Tímto registrem se nastavuje, zda jde o digitální vstup nebo výstup procesoru.

Registr IOPIN slouží při načítání digitálních vstupů. Jsou 3 základní - IO0PIN, IO1PIN a IO2PIN. Př.: uložení aktuálního stavu načítaného zmáčknutého tlačítka

```
#define vstup_BUTTON1        0x1000

uint32_t stav = IOPIN0 & vstup_BUTTON1
```

Další registry, které jsou důležité, je registr IOSET. Slouží pro nastavení výstupního pinu do stavu HIGH. A IOCLR, který nastaví výstupní port do stavu LOW.

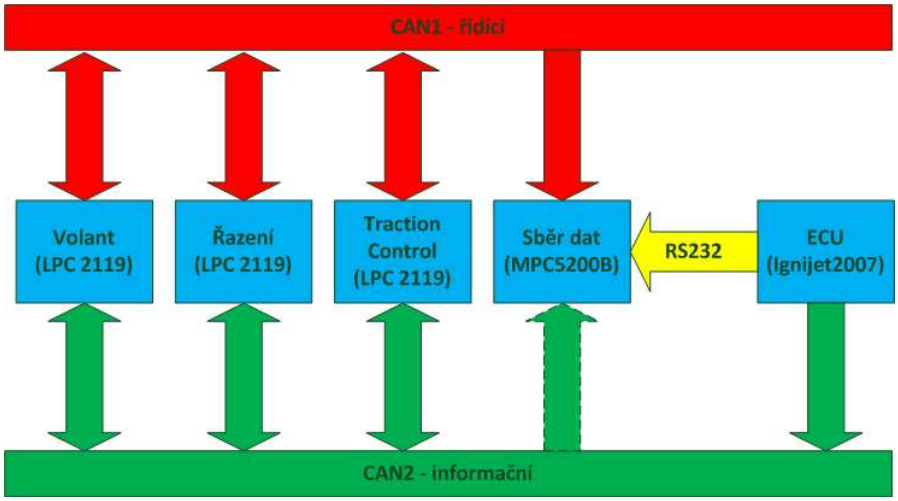
3.4.2. Práce po sběrnici CAN

Při práci byly využity knihovny vytvořené Markem Pécou v projektu Spejbl a některé další knihovny, které byly napsány pro projekt Eurobot.

Pro vysílání na sběrnici byla nejdříve nastavena rychlost přenosu dat. Potom se určili priority zpráv „ID zprávy“, tak jak je uvedeno v kapitole 3.4.4. Každé ID může vysílat až několik zpráv.

Příjem dat po sběrnici běží pod přerušením. Pomocí SWITCH nebo IF nejprve rozlišíme ID zprávy a pak obdobným způsobem přečteme data zprávy a uložíme je do proměnné.

V hlavním programu poté vykonáme příslušnou operaci podle hodnoty proměnné.



Obr. 14 – blokové schéma komunikace na vozu FS01

zdroj: Jan Sobotka

3.4.3. Práce s alfanumerickým displejem a otáčkoměrem

Pro zobrazování znaku na alfanumerickém displeji po sběrnici CAN posíláme číslo dat, které chceme zobrazit, jak ukazuje tabulka 1. Znaky jsou uloženy v poli, tedy pro znak „N“ to je číslo 0.

Pro otáčkoměr přicházejí data o počtu zobrazených LED diod. Svíticí led diody se rozsvítí od středu ke kraji. Tedy od 0 do 7 LED. Po příchodu data =8 se všechny LED rozblikají a právě toto blikání má řidiči oznámit nejvhodnější okamžik pro zařazení.

3.4.4. Formát zasílaných dat po sběrnici

Tabulka 2 a 3 nám ukazuje domluvené priority zpráv a formát zpráv v kódu, jaká jednotka co přijímá a která co vysílá.

Rozdělení zpráv na sběrnice CAN1(řídící) a CAN2(informační):

Zpráva	**Priorita (ID)**	**Odesílající jednotka**	**Přijímající jednotka**	**Četnost**	**Poznámka**
Signál řazení	1	Volant	Řazení	Max. 1 Hz	data[0] = 1 řazení nahoru data[0] = 2 řazení dolů
Řazení "neutrál"	5	Volant	Řazení	zanedbatelné	
Zařazený st.	2	Řazení	Volant	Max. 1 Hz	

Zařazený st. od ECU	3	Traction Control	Řazení	10z	Synchronizace zařazeného stupně (po 100ms)
CLUTCH MASTER	4	Řazení	Traction Control	zanedbatelné	
Tlačítko TC ON/OFF	6	Volant	Traction Control	zanedbatelné	
Stav TC ON	7	Traction Control	Volant	zanedbatelné	
Stav TC OFF	8	Traction Control	Volant	zanedbatelné	
TC LED ON	9	Traction Control	Volant	10 Hz	
TC LED OFF	10	Traction Control	Volant	10 Hz	
TC Počet LED otáčkoměru	11	Traction Control	Volant	10 Hz	
Volant LED2 ON	12	Traction Control	Volant		Signalizace vysoké teploty
Volant LED2 OFF	13	Traction Control	Volant		Signalizace vysoké teploty
Volant „tečka“ ON	14	Traction Control	Volant		Signalizace nízkého napětí baterie
Volant „tečka“ OFF	15	Traction Control	Volant		Signalizace nízkého napětí baterie

Tab. 2 – formát zpráv a priorit CANu řídicího

Zdroj: Jan Sobotka

CAN 2 (informační)					
Zpráva	**Priorita**	**Odesílající jednotka**	**Přijímající jednotka**	**Četnost**	**Poznámka**
Zpráva od ECU 1	806	ECU	Všechny	10Hz	Podrobný popis viz příloha
Zpráva od ECU 2	807	ECU	Všechny	10Hz	Podrobný popis viz příloha
Zpráva od ECU 3	808	ECU	Všechny	10Hz	Podrobný popis viz příloha
Zpráva od ECU 4	809	ECU	Všechny	10Hz	Podrobný popis viz

					příloha
Otáčky kola LP	900	Traction Control	Sběr dat	Podle potřeby sběru dat	Levé přední kolo
Otáčky kola PP	901	Traction Control	Sběr dat	Podle potřeby sběru dat	Pravé přední kolo
Otáčky kola LZ	902	Traction Control	Sběr dat	Podle potřeby sběru dat	Levé zadní kolo
Otáčky kola PZ	903	Traction Control	Sběr dat	Podle potřeby sběru dat	Pravé zadní kolo

Tab. 3 – formát zpráv a priorit CANu informačního

Zdroj: Jan Sobotka

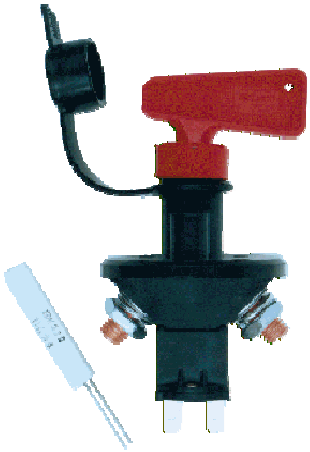
4. Základní elektroinstalace

4.1. Výběr komponentů

Ze všeho nejdříve bylo třeba vybrat potřebné komponenty vzhledem k pravidlům viz [16]. Jednalo se o bezpečnostní elektronické prvky - hlavní šesti pólový odpojovač, nouzové tlačítko pro zastavení vozu, senzor prošlapu, senzor sešlápnutého pedálu brzdy a koncové brzdové světlo.

4.1.1. Šesti pólový odpojovač

Tento prvek musí být podle pravidel umístěn na karoserii vozu na pravé straně za ramenem řidiče. Při jeho rozepnutí se musí odpojit alternátor a veškerá elektronika vozu.



Obr. 15 – obrázek 6ti pólového odpojovače

4.1.2. Nouzové tlačítko „STOP“

Toto tlačítko musí být umístěno po pravé straně na dosah řidiče. Při stisku musí odpojit zapalování a palivové čerpadlo.

Obr. 16 – obrázek tlačítka pro nouzové zastavení

4.1.3. Senzor prošlapu

V pravidlech je dáno, že pokud jezdec prošlápne brzdový pedál, musí být odpojeno zapalování a palivové čerpadlo. Jezdci se poté nesmí podařit nastartovat vozidlo. Tento senzor byl vyřešen spínačem s aretací ze Škody 125L. Při prošlápnutí dojde k přepnutí tohoto tlačítka do rozepnutého stavu a tím k zhasnutí motoru. Kompresí motoru se potom automobil zastaví.

4.1.4. Senzor sešlápnutí brzdového pedálu

Vozidlo musí být opatřeno zadním brzdovým světlem o výkonu minimálně 15W. Proto bylo třeba k brzdovému pedálu přidat tlačítko s funkcí ON – OFF. Tzn.: pokud je spínač zmáčknut, je v rozepnutém stavu. Když sešlápneme „třeba jen lehce“ pedál, dostaneme se do sepnutého stavu a tím se nám rozsvítí zadní brzdové světlo.

4.1.5. Koncové brzdové světlo

Kvůli pravidlům muselo být vybráno světlo s výkonem minimálně 15W. Tomuto kritériu vyhovovalo koncové světlo používané v automobilech jako třetí přídavné o délce 25cm s pěti 3wattovými žárovkami.

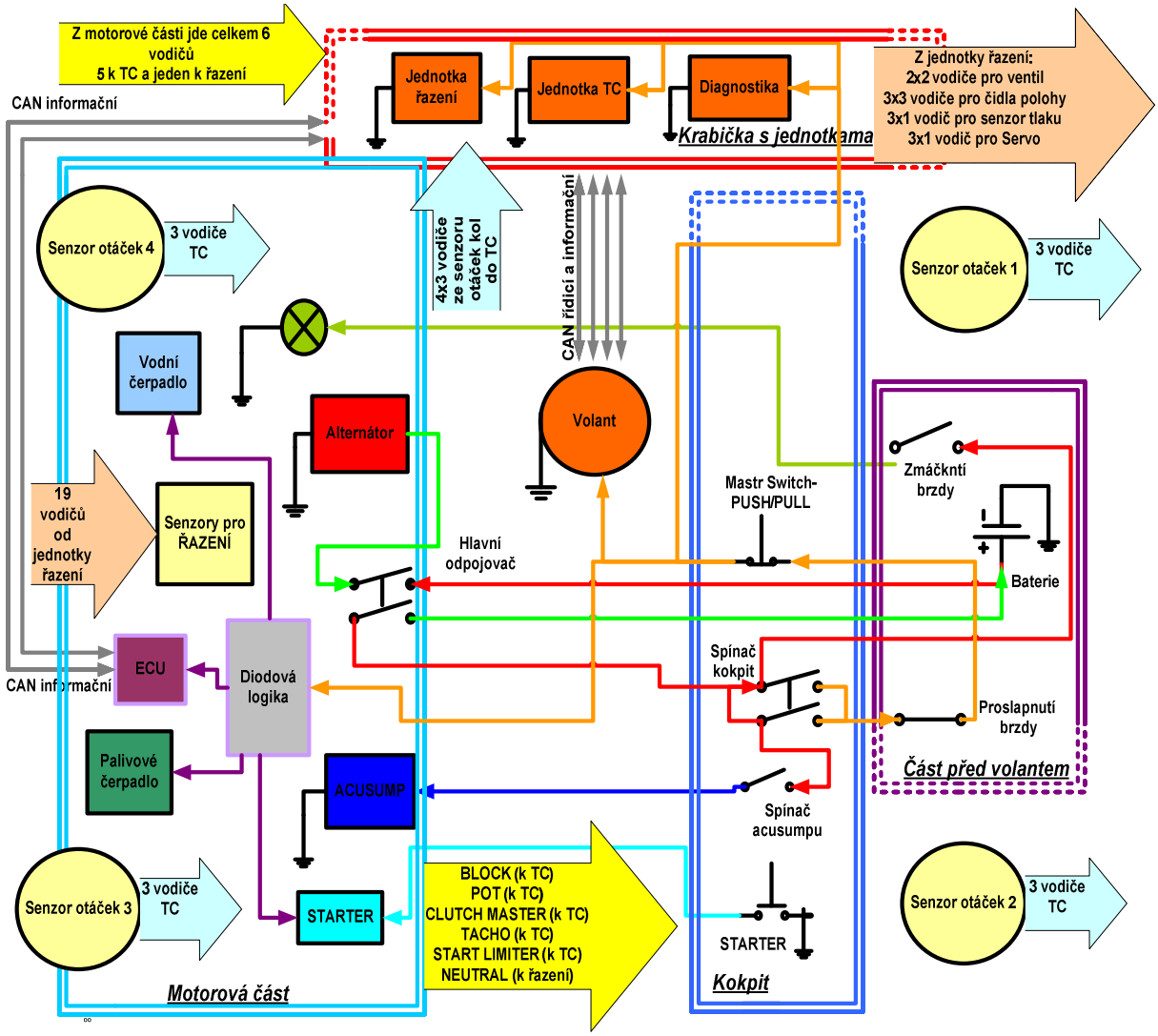
4.2. Realizace

4.2.1. Kabeláž

Na voze FS01 byly rozvedeny kabely podle následujícího schématu, viz obrázek 17. Na koncích byly podle potřeby přidělány konektory a pomocí nich připojena jednotlivá zařízení.

Pro dobré vlastnosti byly pro rozvod sběrnice CAN použity UTP kabely. K senzorům otáček a k servomechanismu byl použit stíněný kabel se šesti žílami. Ostatní vodiče byli o průřezu 1mm^2 a 0,75mm^2 vždy v osmi barvách.

Pro připojení volantu byl vybrán spirálový čtyř-žilový telefonní sluchátkový kabel. Díky tomu nebylo možno připojit informační CAN. Pro spojení volantu a kokpitu byl na obou koncích použit 8mi pinový mikrofonní konektor MIC328 viz [17] a jeho protikus MIC338 viz [18].



Obr. 17 – ukazuje koncept základní elektroniky

4.2.2. Konektory k jednotkám

Pro jednoduchou údržbu a manipulaci s jednotkami bylo rozhodnuto, že se jednotky připojí „pokud to půjde“ přes jeden společný konektor. Dále bylo domluveno, že jednotka pro řazení a TC budou ve společné krabičce na pravé straně a jednotka pro sběr dat samostatně na straně levé od řidiče. Pro jednotku sloužící pro sběr dat jsme využili již ověřený mikrofonní konektor MIC328 a MIC338. Pro zbylé jednotky však bylo třeba připojit 41 kabelů. Pro tento účel jsme sehnali 42 pinový konektor dodávaný pro průmyslové účely, viz [19]. Tento konektor je zobrazen na obrázku 18. Je vodotěsný a prachu vzdorný.

Jak se později ukázalo, u konektoru byly použity speciální piny, na které jsme nemohli sehnat krimpovací kleště. Z toho důvodu jsme raději všechny piny zapájeli.

V příloze D je detailně popsáno zapojení tohoto konektoru.

Obr. 18 – konektor s 42mi piny

Zapojení všech ostatních vodotěsných a prachu vzdorných konektorů je uvedeno v Příloze E.

Zhodnocení

Samostatná práce byla rozdělena do tří na sebe navazujících částí. V první části byly identifikovány problémy spojené s výběrem vhodného akčního členu a sběrnice. Dále bylo provedeno zamyšlení nad cenou a částečný návrh hardwaru. Ve druhé části proběhl návrh a samostatná realizace jednotek a došlo k sestavení vybraného systému. V poslední části byl vytvořen software do navržených jednotek.

Jak už bylo zmíněno, v první části byly identifikovány problémy spojené se zvoleným systémem. Seznámil jsem se s moduly vyvinutými pro soutěž Eurobot, osazené procesorem ARM 7 LPC21xx. Pro tyto moduly byly navrženy celkem 2 jednotky.

Jedná se o jednotku pro ovládání akčního členu. Zde bylo vyzkoušeno načítání hodnot z jednotlivých čidel, otvírání a zavírání ventilů, řízení modelářského servomechanismu pomocí PWM a dále byl otestován měnič napětí z 12V na 24V.

Druhá jednotka je určena pro zástavbu do volantu. Zde byl zprovozněn alfanumerický displej, otáčkoměr a jednotlivá vstupní tlačítka důležitá pro komfort řidiče. Dále byla rozchozena komunikace po sběrnici CAN mezi jednotkami.

Jako polohovací mechanismus robotizované sekvenční převodovky byl zvolen pneumatický systém dodávaný společností FESTO. Problém s řazením neutrálu byl vyřešen přidáním dorazu ovládaného servomechanismem. Komunikace mezi jednotkami probíhá po moderní sběrnici CAN. Veškerý hardware jednotek byl navrhován v prostředí Orcad.

Pneumatický systém se povedlo zprovoznit. Rychlost a odezva tohoto systému je pohotová, pohybuje se v desítkách [ms]. Vyřazení na neutrál pomocí dorazu a servomechanismu se zdá být velmi vhodným a elegantním řešením.

Daný systém se podařilo implementovat na vůz FS01 týmu CarTech. Základní software do jednotek byl ověřen na zkušebním panelu a v současné době probíhá testování přímo na vozidle.

Při stavbě formule byla s ohledem na pravidla navržena a instalována kabeláž do celého vozu. Samostatná instalace a implementace systému pro řazení trvala přibližně 14 dní a bylo při ní instalováno přes 200m kabelů.

Základní elektronika byla vyzkoušena přímo na vozidle. Funkčnost všech bezpečnostních prvků byla v pořádku ověřena. Do volantu se kvůli nesehnanému kabelu zatím neimplementuje informační CAN, ale do budoucnosti je sním počítáno.

Program v jednotkách zajišťuje komunikaci nejen mezi nimi, ale také s jednotkou TC a s řídicí jednotkou motoru.

Elektronické řízení sekvenční převodovky by se mohlo využít nejen na voze CarTech FS01, ale mohlo by nalézt uplatnění i u závodních aut či motorek.

Tato práce pro mne měla obrovský přínos. Účastnil jsem se výroby závodního automobilu úplně od počátku, zjistil jsem, co všechno taková výroba obnáší. Přineslo mi to mnoho praktických zkušeností využitelných v budoucím zaměstnání. Často jsem musel řešit různé problémy, sehnat a nechat vyrobit nejrůznější komponenty. Získal jsem zkušenosti práce v týmu, kdy jedna věc nezáležela jen na vás, ale i na práci dalších lidí.

Ve dnech od 5. – 9. srpna 2009 se tento systém prověří v praxi na historicky prvním závodu českého týmu. Formula Student/SAE České republiky změří své síly na Hockenheim Ring v Německu.

Poděkování

Děkuji Ing. Lukáši Čarkovi za vedení mé bakalářské práce, za čas strávený při konzultacích a za věcné připomínky a rady. Dále děkuji lidem ze společnosti Festo a projektu Eurobot, za poskytnutí konzultací a cenných rad.

Poděkování patří také všem, kteří mě podporovali ve studiu a zvláště pak rodině.

Použité materiály

[1] On Semiconductor, MC34063A, *1.5 A Step-Up Regulator*, [online], 2009
http://www.onsemi.com/pub_link/Collateral/MC34063A-D.PDF

[2] NXP Semiconductors , HEF4081B, *Quad 2-input AND gate*, [online], 2009
http://www.nxp.com/acrobat_download/datasheets/HEF4081B_4.pdf

[3] Kingbright, PSc23-11EWA, *Digit alphanumeric numeric display*, [online], 2009
http://www.kingbright.com/manager/upload/pdf/PSc23-11EWA(Ver1189413257.9)

[4] Catalina Cylinders, *láhev CO_2, 20oz*, k 27.5.2009
http://www.catalinacylinders.com/paintball.html

[5] Linder, *Redukční ventil CO_2 mini G3/4*, k 27.5. 2009
http://eshop.lindr.cz/prislusenstvi-1/tlakovani/redukcni-ventily/redukcni-ventil-co2-mini-g34.html

[6] NXP Semiconductors, *LPC21xx and LPC22xx*, [online], 2009
http://www.standardics.nxp.com/support/documents/microcontrollers/pdf/user.manual.lpc2109.lpc2114.lpc2119.lpc2124.lpc2129.lpc2194.lpc2210.lpc2212.lpc2214.lpc2220.lpc2290.lpc2292.lpc2294.pdf

[7] Kliktronic, E*lektronické řazení*, [online], 2009
http://www.kliktronic.co.uk/

[8] Rexroth, H*ydraulické řazení*, [online], 2009
http://www.boschrexroth.com/country_units/europe/czech_rep/cs/Pehled_produkt/index.jsp

[9] Festo, *Pneumatické řazení*, [online], 2009
http://www.festo.com

[10] Semtech, *LM2575 1A & 3A Miniconverter Switching Regulators*, [online], 2009
http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/42465/SEMTECH/LM2575S.html

[11] STMicroelectronic, *STP36NF06*, [online] , 2009
http://www.st.com/stonline/products/literature/ds/9619.pdf

[12] NXP Philips, *PCA82C250 CAN controller interface*, [online], 2009
http://www.nxp.com/acrobat_download/datasheets/PCA82C250_6.pdf

[13] Texas Instruments, *TPIC6C595, POWER LOGIC 8-BIT SHIFT REGISTER*, [online], 2009 http://focus.ti.com/lit/ds/symlink/tpic6c595.pdf

[14] Fairchild Semiconductor, *78M05, 3-Terminal 0.5A Positive Voltage Regulator*, [online], 2009 http://www.fairchildsemi.com/ds/MC/MC78M05.pdf

[15] Formula SAE, *Cost Report – Materials Table, Process Table, Process Multipliers Table, Fasteners Table, Tooling Table*, [online], 2009 http://www.fsaeonline.com/

[16] Formula SAE, *2009 Formula SAE Rules*, [online], 2009 http://students.sae.org/competitions/formulaseries/rules/2009fsaerules.pdf

[17] XLR, *MIC328, obj. č. 899-009*, [online], 2009 http://www.gme.cz/cz/index.php?product=899-009

[18] XLR, *MIC338, obj. č. 899-014*, [online], 2009 http://www.gme.cz/cz/index.php?product=899-014

[19] Harting, *42-pinový konektor*, [online], 2009 http://zefiryn.tme.pl/dok/a15/09160423001.pdf

[20] *Formula Student/SAE* [online]. 2009 [cit. 2009-07-04]. Dostupný z WWW: http://www.cartech.cvut.cz/formula-student-sae

Použitý software

Orcad	16,	http://www.cadence.com
AutoCad	2008,	http://www.autodesk.com
OMK	0.1,	http://dce.felk.cvut.cz/nms/files/m68k/src/omk-base-skel/

Přílohy

Název součásti: Soustava řazení	**Jméno vyplňujícího: Jaromír Zach**
Název sestavy: Pneumatický systém	**Jména spolupracujících:**
Komentář: Systém k pneumatickému řazení	**Celková cena: $ 144,54**
	Číslo součástí dle týmového standardu: 01-FR-A0038-038-AA
List: 1 Listů: Datum: 24.4.2009	**Universita: Czech Technical University in Prague**

č. op.	**Materiál** (hliník, ocel apod.) **- dle Cost Table**	**Použití** (plechová vzpěra, trubka Ø50-300 apod.)	**Cena za jednotku**	**Jendotka**	**Množství**	**Rozměr 1**	**Rozměr 2**	**Výsledná cena**
5	**CO2 Regulator**		**$ 50,00**	**Unit**	**1**			**$ 50,00**
6	CO2 Tank, Metallic		$ 3,36	cc	1			$ 3,36
7	Pneumatic Cylinder, Double Acting		$ 25,00	unit	1			$ 25,00
8	Pneumatic Valve, Two Position		$ 25,00	m	1			$ 25,00
Celková cena:								**$ 103,36**

č. op.	**Výrobní proces** (soustružení délky-hrubování, řez trubky, řez závitu apod.) **- dle Process table a Process multipliers table**	**Použití** (vnitřní závit, přípojovací část, trubka apod.)	**Cena za jednotku**	**Jednotka**	**Množství**	**Počet opakování**	**Multiplier**	**Výsledná cena**
9	**Attach Wire, Fork**		**$ 0,25**	**unit**	**16**			**$ 4,00**
10	Attach Wire, Solder wire, bent		$ 0,35	unit	10			**$ 3,50**
11	Attach Wire, Wire to screw		$ 0,48	unit	5			**$ 2,40**

12	Attach Wire, Wire to screw with nut		$ 0,65	unit	6			**$ 3,90**
13	Connector Install, Square, Screw (x2)		$ 0,50	unit	20			**$ 10,00**
14	Lay Wire - Control		$ 0,02	m	1			**$ 0,02**
15	Lay Wire - Power		$ 0,03	m	1			**$ 0,03**
16	Lay Wire - Signal		$ 0,02	m	1			**$ 0,02**
17	Crimp Wire		$ 0,17	unit	8			**$ 1,36**
18	Cut wire		$ 0,08	unit	8			**$ 0,64**
19	Strip Wire		$ 0,08	unit	7			**$ 0,56**
20	Tin Wire		$ 0,13	unit	11			**$ 1,43**
21	Connector Assembley, Crimp		$ 0,36	contacts	23			**$ 8,28**
22	Connector Assembley, Solder		$ 0,24	contacts	21			**$ 5,04**
Celková cena:								$ 41,18

Příloha A – Cost Report pro pneumatické řazení

Název součásti: Jednotka řazení	**Jméno vyplňujícího: Jaromír Zach**
Název sestavy: Řazení	**Jména spolupracujících:**
Komentář: Sestava se skládá z jednotky řazení a všech náležitostí k ní **List: 1 Listů:** **Datum: 24.4.2009**	**Celková cena: $ 78,28** **Číslo součástí dlé týmového standardu: 01-EL-A0600-600-AA** **Universita: Czech Technical University in Prague**

č. op.	**Materiál** (hliník, ocel apod.) **- dle Cost Table**	**Použití** (plechová vzpěra, trubka ø50-300 apod.)	**Cena za jednotku**	**Jendotka**	**Množství**	**Rozměr 1**	**Rozměr 2**	**Výsledná cena**
600	**Chassis Control Module, +Automatic Shifter**	**slouží k robotizovanému řazení**	**$ 5,00**	**Unit**	**1**			**$ 5,00**
601	Connector, Single Wire	slouží k připojení čidel napájení..	$ 0,05	wire	32			$ 1,60
602	Heat Shrink Tubing		$ 0,50	m	1			$ 0,50
603	Wire, Control		$ 1,00	m	1			$ 1,00
604	Wire, Power		$ 3,00	m	1			$ 3,00
605	Wire, Signal		$ 1,00	m	1			$ 1,00
606	Sensor, Mass Air Flow (MAF)	senzor tlaku	$ 25,00	unit	1			$ 25,00
Celková cena:								**$ 37,10**

č. op.	**Výrobní proces** (soustružení délky- hrubování, řez trubky, řez závitu apod.) **- dle Process table a Process multipliers table**	**Použití** (vnitřní závit, přípojovací část, trubka apod.)	**Cena za jednotku**	**Jednotka**	**Množství**	**Počet opakování**	**Multiplier**	**Výsledná cena**
607	**Attach Wire, Fork**		**$ 0,25**	**unit**	**16**			**$ 4,00**
608	Attach Wire, Solder wire, bent		$ 0,35	unit	10			**$ 3,50**

609	Attach Wire, Wire to screw		$ 0,48	unit	5			**$ 2,40**
610	Attach Wire, Wire to screw with nut		$ 0,65	unit	6			**$ 3,90**
611	Connector Install, Square, Screw (x2)		$ 0,50	unit	20			**$ 10,00**
612	Lay Wire - Control		$ 0,02	m	1			**$ 0,02**
613	Lay Wire - Power		$ 0,03	m	1			**$ 0,03**
614	Lay Wire - Signal		$ 0,02	m	1			**$ 0,02**
615	Crimp Wire		$ 0,17	unit	8			**$ 1,36**
616	Cut wire		$ 0,08	unit	8			**$ 0,64**
617	Strip Wire		$ 0,08	unit	7			**$ 0,56**
618	Tin Wire		$ 0,13	unit	11			**$ 1,43**
619	Connector Assembley , Crimp		$ 0,36	contacts	23			**$ 8,28**
620	Connector Assembley , Solder		$ 0,24	contacts	21			**$ 5,04**
Celková cena:								$ 41,18

Příloha B – Cost Report jednotky pro řazení

Název součásti: Jednotka do volantu	**Jméno vyplňujícího: Jaromír Zach**
Název sestavy: Jednotka do volantu	**Jména spolupracujících:**
Komentář: Sestava se skládá z do volantu a všech náležitostí k ní	**Celková cena: $ 73,88**
	Číslo součástí dlé týmového standardu: 01-EL-A0601-600-AA
List: 1 Listů: **Datum: 24.4.2009**	**Universita: Czech Technical University in Prague**

č. op.	**Materiál** (hliník, ocel apod.) **- dle Cost Table**	**Použití** (plechová vzpěra, trubka Ø50-300 apod.)	**Cena za jednotku**	**Jendotka**	**Množství**	**Rozměr 1**	**Rozměr 2**	**Výsledná cena**
600	**Chassis Control Module, +Dashboard**	**jednotka o volantu**	**$ 20,00**	**Unit**	**1**			**$ 20,00**
601	Connector, Single Wire	slouží k připojení čidel napájení..	$ 0,05	wire	14			$ 0,70
602	Connector, OEM Quality	konektor k připojení volatnu	$ 0,50	m	12			$ 6,00
603	Wire, Control		$ 1,00	m	1			$ 1,00
604	Wire, Power		$ 3,00	m	1			$ 3,00
605	Wire, Signal		$ 1,00	m	1			$ 1,00
606	Display, 7 Segment	zobrazený zařazený stupeň	$ 1,00	digit	1			$ 1,00
Celková cena:								**$ 32,70**

č. op.	**Výrobní proces** (soustružení délky- hrubování, řez trubky, řez závitu apod.) **- dle Process table a Process multipliers table**	**Použití** (vnitřní závit, přípojovací část, trubka apod.)	**Cena za jednotku**	**Jednotka**	**Množství**	**Počet opakování**	**Multiplier**	**Výsledná cena**
607	**Attach Wire, Fork**		**$ 0,25**	**unit**	**16**			**$ 4,00**

608	Attach Wire, Solder wire, bent		$ 0,35	unit	10			**$ 3,50**
609	Attach Wire, Wire to screw		$ 0,48	unit	5			**$ 2,40**
610	Attach Wire, Wire to screw with nut		$ 0,65	unit	6			**$ 3,90**
611	Connector Install, Square, Screw (x2)		$ 0,50	unit	20			**$ 10,00**
612	Lay Wire - Control		$ 0,02	m	1			**$ 0,02**
613	Lay Wire - Power		$ 0,03	m	1			**$ 0,03**
614	Lay Wire - Signal		$ 0,02	m	1			**$ 0,02**
615	Crimp Wire		$ 0,17	unit	8			**$ 1,36**
616	Cut wire		$ 0,08	unit	8			**$ 0,64**
617	Strip Wire		$ 0,08	unit	7			**$ 0,56**
618	Tin Wire		$ 0,13	unit	11			**$ 1,43**
619	Connector Assembley, Crimp		$ 0,36	contacts	23			**$ 8,28**
620	Connector Assembley, Solder		$ 0,24	contacts	21			**$ 5,04**
Celková cena:								$ 41,18

Příloha C – Cost Report jednotky do volantu

Příloha D

Zapojení 42 pinového konektoru

Senzor otáček kola PZ (kulatý černý 6 žilový kabel – potřeba 3 vodičů -> vodiče zdvojeny)

PIN 1: červená - černá

PIN 2: žlutá - bílá

PIN 3: zelená – modrá

Senzor otáček kola LZ (kulatý černý 6 žilový kabel – potřeba 3 vodičů -> vodiče zdvojeny)

PIN 4: červená - černá

PIN 5: žlutá - bílá

PIN 6: zelená – modrá

Senzor otáček kola PP (kulatý černý 6 žilový kabel – potřeba 3 vodičů -> vodiče zdvojeny)

PIN 8: červená - černá

PIN 9: žlutá - bílá

PIN 10: zelená – modrá

Senzor otáček kola LP (kulatý černý 6 žilový kabel – potřeba 3 vodičů -> vodiče zdvojeny)

PIN 11: červená - černá

PIN 12: žlutá - bílá

PIN 13: zelená – modrá

Servomechanismus pro řazení neutrálu (kulatý černý 6 žilový kabel – potřeba 3 vodičů -> vodiče zdvojeny)

PIN 7: červená - černá

PIN 14: žlutá - bílá

PIN 21: zelená – modrá

Čidlo 2 - snímač polohy pístu (kulatý šedý 3žilový kabel)

PIN 15: černá

PIN 16: hnědá

PIN 17: modrá

Čidlo 1 - snímač polohy pístu (kulatý šedý 3žilový kabel)

PIN 18: černá

PIN 19: hnědá

PIN 20: modrá

Čidlo 3 - snímač polohy pístu (kulatý, šedý 3žilový kabel)

PIN 22: černá

PIN 23: hnědá

PIN 24: modrá

Ventil 1 (kulatý šedý 2žilový kabel)

PIN 25: černá

PIN 26: černá

Ventil 2 (kulatý šedý 2žilový kabel)

PIN 27: černá

PIN 28: černá

CAN do vozidla - v současné době pro volant a sběr dat (UTP kabel – využity 2 páry vodičů)

PIN 29: oranžová (CAN1)

PIN 30: oranžová – bílá (CAN1)

PIN 31: modrá (CAN2)

PIN 32: modrá – bílá (CAN2)

CAN od ECU (UTP kabel – využit pouze jeden pár vodičů)

PIN 33: oranžová

PIN 34: oranžová - bílá

Napájení pro jednotky

PIN 35: žlutá (1mm)

Svazek od ECU (vodiče 0.5mm)

PIN 36: oranžová (BLOCK)

PIN 37: zelená (POT)

PIN 38: bílá (CLUTCH MASTER)

PIN 39: žlutá (START LIMITER)

PIN 40: šedá (TACHO)

PIN 41: modrá (NEUTRAL)

Příloha E

Zapojení ostatních konektorů na autě

Konektory motor

3 x 4 pinový konektor

KONEKTOR 1

Štítek : CON. ENGINE 1

PIN 1 : KLÍČEK - od motoru červená-modrá -> do auta zelená 1mm

PIN 2 : KLÍČEK - od motoru červená -> do auta červená 1mm

PIN 3 : STARTÉR - od motoru modrá-bílá -> do auta modrá 0.5mm

PIN 4 : NAPÁJENÍ JEDNOTKY (zapíná se zapnutím klíčku) - od motoru hnědá -> do auta žlutá 1mm

KONEKTOR 2

Štítek : CON. ENGINE 2

PIN 1 : BLOCK (od ECU) - do auta oranžová 0.5mm

PIN 2 : POT (od ECU) - do auta zelená 0.5mm

PIN 3 : NEUTRAL (od čidla neutrál, aktivace připojením na zem) - do auta modrá 0.5mm

PIN 4 : REZERVA

KONEKTOR 3

Štítek : CON. ENGINE 3

PIN 1 : CLUTCH MASTER (od ECU) - do auta bílá 0.5mm

PIN 2 : START LIMITER (od ECU) - do auta žlutá 0.5mm

PIN 3 : TACHO (od ECU) - do auta šedá 0.5mm

PIN 4 : REZERVA

Konektory kokpit

1 x 4 pinový konektor

PIN1 : napájení k volantu +12V – žlutý

PIN2 : GND – černý

PIN3: CANH(řídicí) – oranžový UTP

PIN4: CANL(řídicí) – oranžovo/bílé UTP

Konektory servomechanismus

1 x 3 pinový konektor

PIN1: NAPÁJENÍ +5V – od serva červená, od auta zelená – modrá

PIN2: SIGNÁLOVÝ - od serva žlutá, od auta žlutá - bílá

PIN3: GND – od serva čená, od auta červená-černá

Konektory brzdové světlo

2 x 2 pinový konektor. Jeden u čidla druhý u koncového světla

Konektor u čidla

PIN1: NAPÁJENÍ +12V - barva šedá 0,75

PIN2: NAPÁJENÍ OD ČIDLA - barva šedá 0,75

Konektor u světla

PIN1: 12V NAPÁJENÍ ZA SENZOREM - barva šedá 0,75

PIN2: GND - barva šedá 0,75

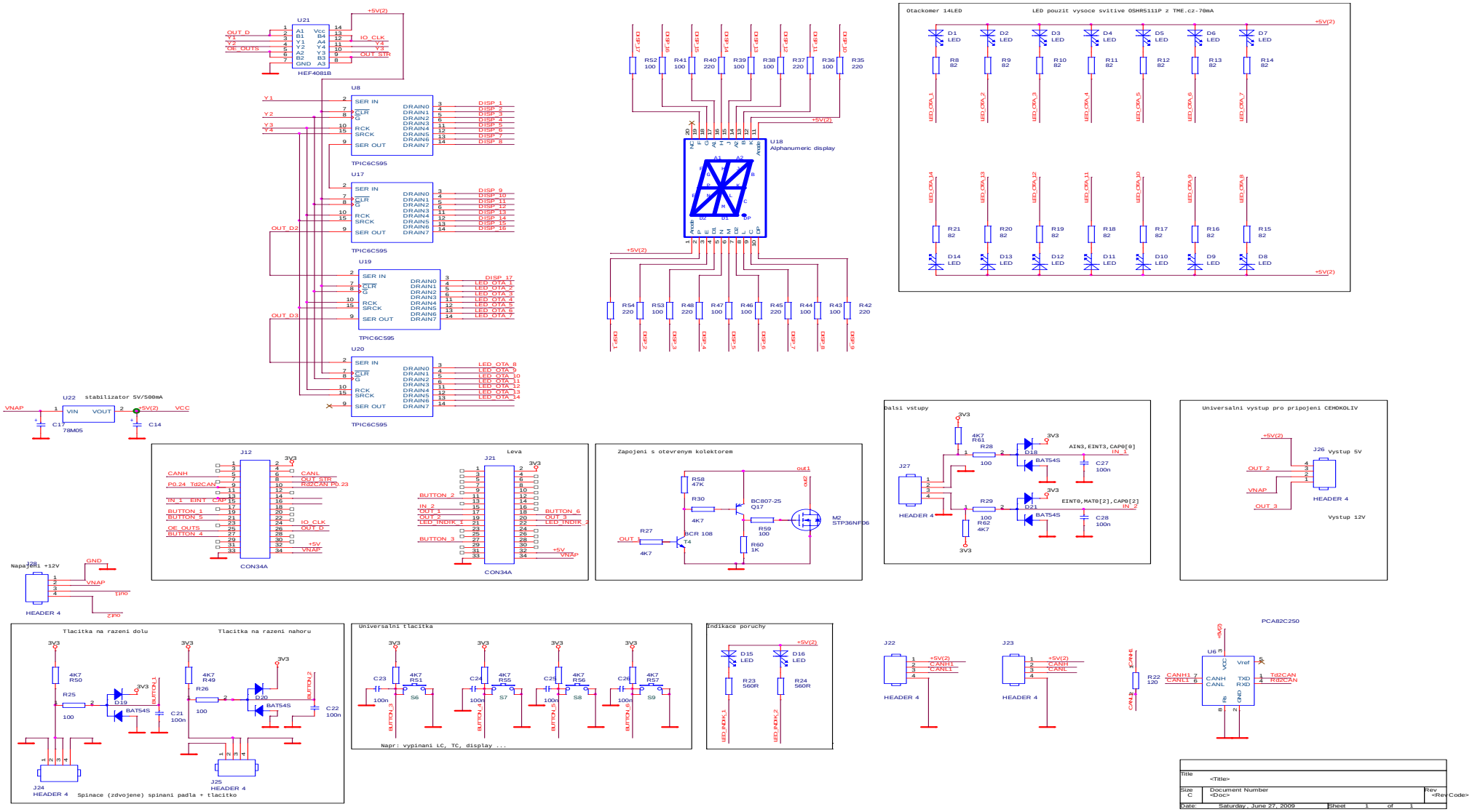
Konektor k volantu

PIN1: 12V NAPÁJENÍ – barva oranžová

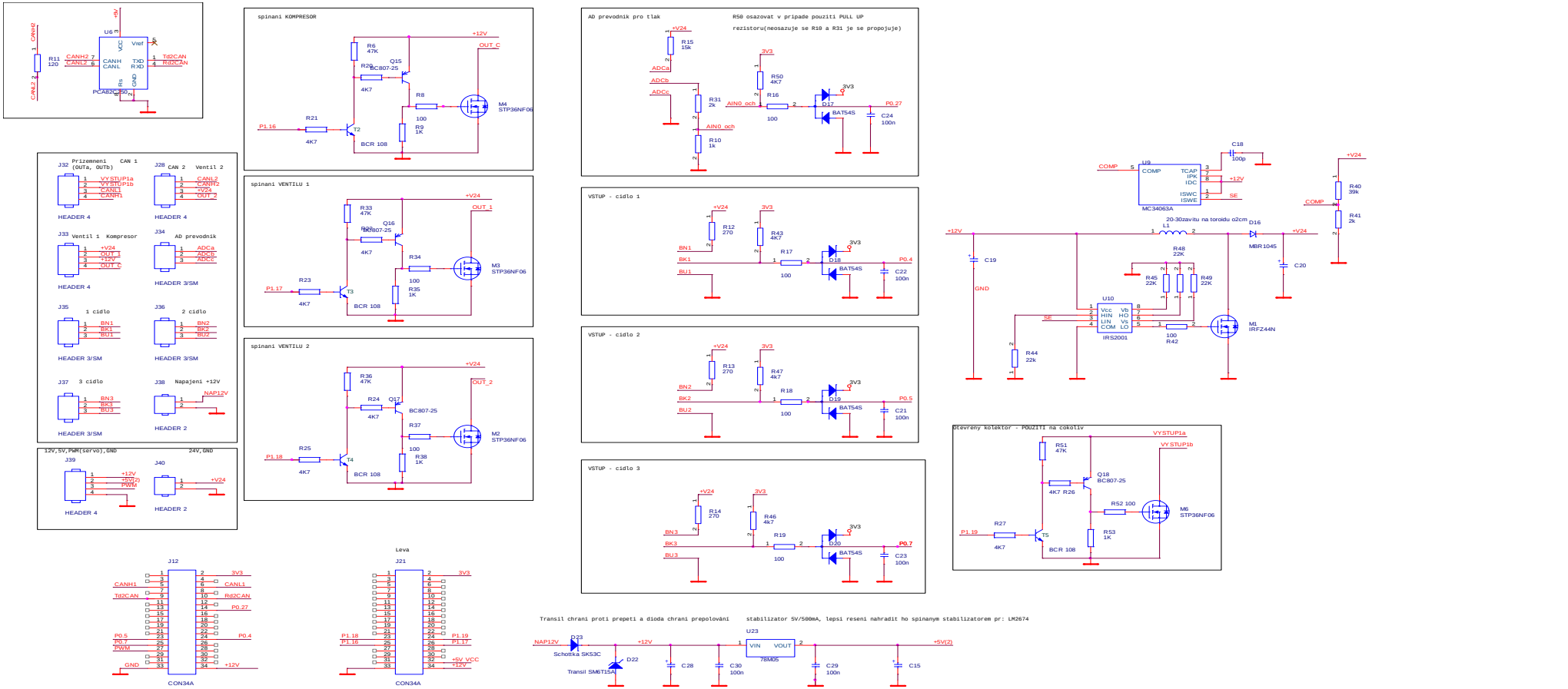
PIN2: GND – barva černá

PIN3: CANH – UTP kabel oranžová

PIN4: CANL – UTP kabel, barva bílo-oranžová

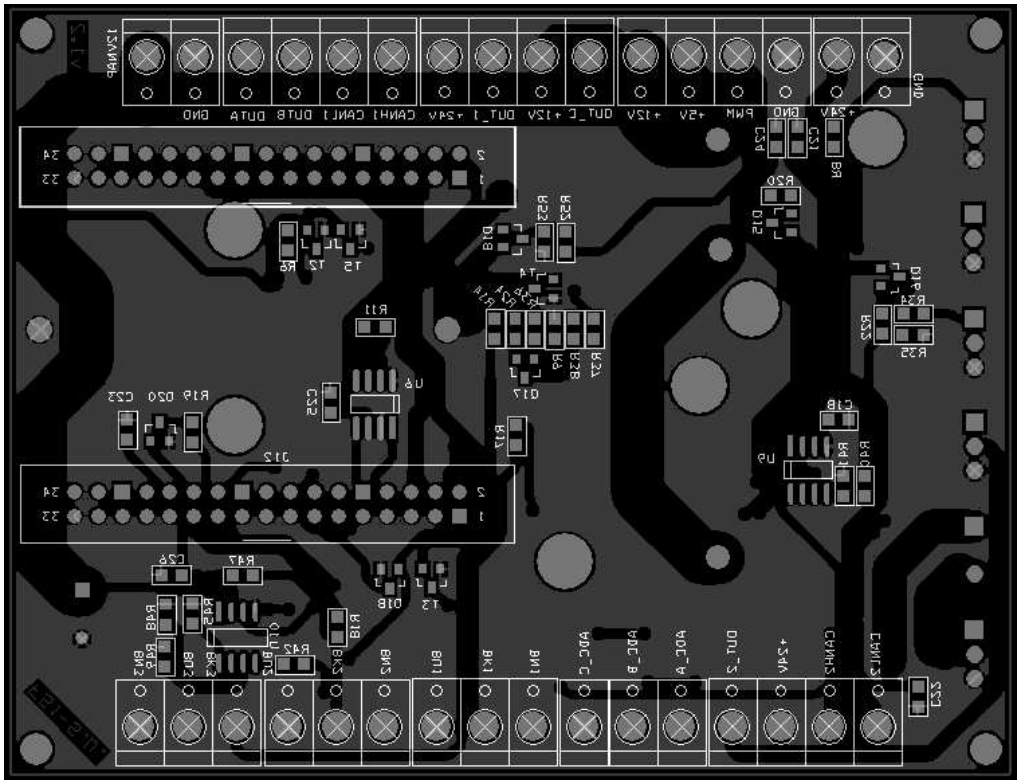


Příloha F – schéma jednotky do volantu

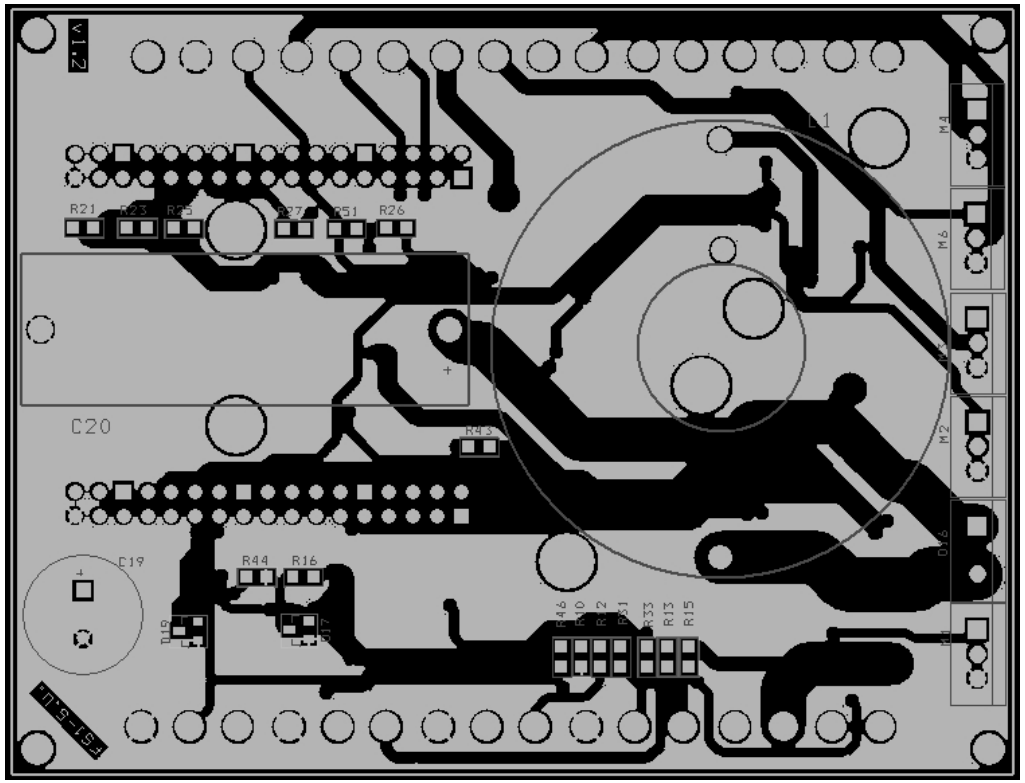


Příloha G – schéma jednotky pro řazení

Příloha H – osazovací deska jednotky pro řazení



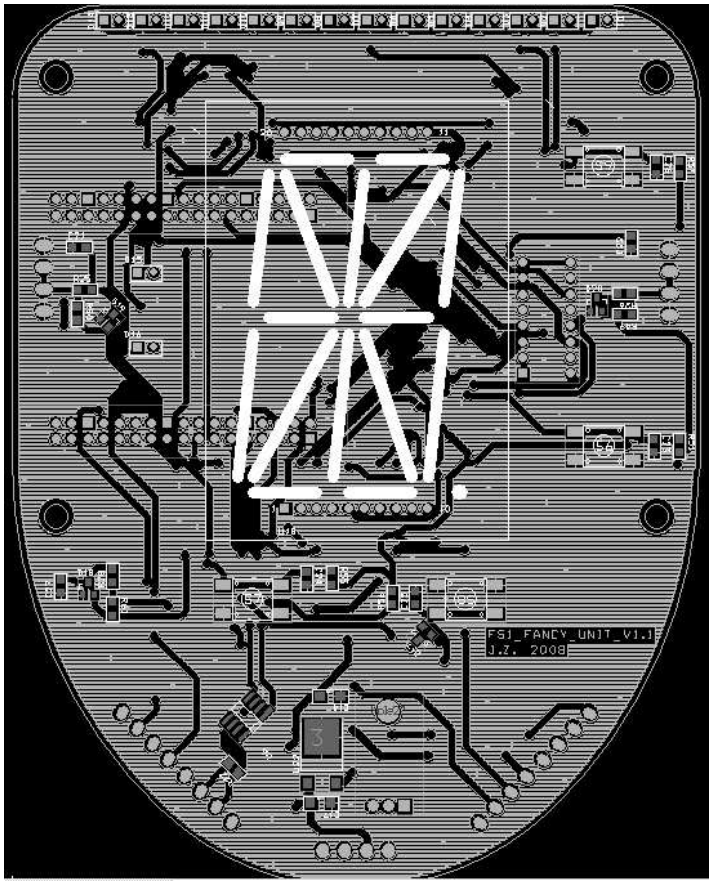
Pohled zepředu



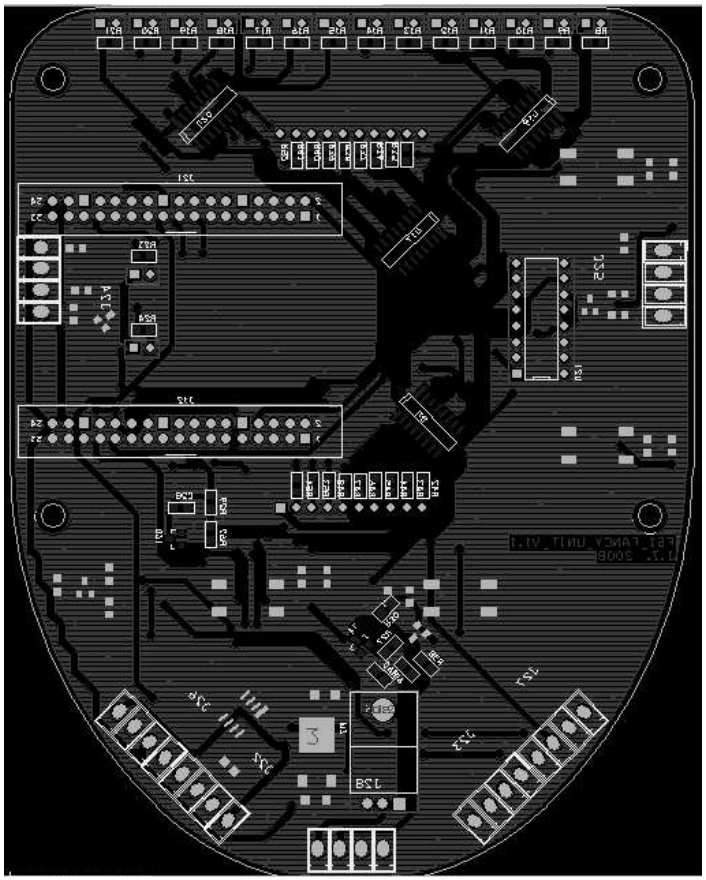
Pohled zezadu

Pořadí	Počet	Značení	Hodnota
1	1	C18	100p
2	1	C19	1000u/35V
3	1	C20	2200u/35V axial
4	6	C21,C22,C23,C24,C25,C26	100n
5	1	D16	MBR1045
6	4	D17,D18,D19,D20	BAT54S
7	2	J12,J21	CON34A
8	4	J28,J32,J33,J39	HEADER 4
9	4	J34,J35,J36,J37	HEADER 3/SM
10	2	J38,J40	HEADER 2
11	1	L1	20-30zavitu na toroidu o2cm
12	1	M1	IRFZ44N
13	4	M2,M3,M4,M6	STP36NF06
14	4	Q15,Q16,Q17,Q18	BC807-25
15	4	R6,R33,R36,R51	47K
16	9	R8,R16,R17,R18,R19,R34, R37,R42,R52	100
17	5	R9,R10,R35,R38,R53	1K
18	1	R11	120
19	3	R12,R13,R14	250
20	1	R15	15k
21	11	R20,R21,R22,R23,R24,R25, R26,R27,R43,R46,R47	4K7
22	2	R31,R41	2k
23	1	R40	39k
24	4	R44,R45,R48,R49	22K
25	4	T2,T3,T4,T5	BCR 108
26	1	U6	PCA82C250
27	1	U9	MC34063A
28	1	U10	IRS2001

Příloha I – osazovací deska jednotky do volantu



Pohled zepředu



Pohled zezadu

Pořadí	Počet	Značení	Hodnota
1	1	C14	4u7
2	1	C17	2u2
3	8	C21,C22,C23,C24,C25,C26, C27,C28	100n
4	16	D1,D2,D3,D4,D5,D6,D7,D8, D9,D10,D11,D12,D13,D14, D15,D16	LED
5	4	D18,D19,D20,D21	BAT54S
6	2	J12,J21	CON34A
7	7	J22,J23,J24,J25,J26,J27, J28	HEADER 4
8	1	M2	STP36NF06
9	1	Q17	BC807-25
10	14	R8,R9,R10,R11,R12,R13, R14,R15,R16,R17,R18,R19, R20,R21	82
11	1	R22	120
12	2	R23,R24	560R
13	15	R25,R26,R28,R29,R36,R38, R39,R41,R43,R44,R46,R47, R52,R53,R59	100
14	10	R27,R30,R49,R50,R51,R55, R56,R57,R61,R62	4K7
15	7	R35,R37,R40,R42,R45,R48, R54	220
16	1	R58	47K
17	1	R60	1K
18	4	S6,S7,S8,S9	SW PUSHBUTTON
19	1	T4	BCR 108
20	1	U6	PCA82C250
21	4	U8,U17,U19,U20	TPIC6C595
22	1	U18	Alphanumeric display
23	1	U21	HEF4081B
24	1	U22	78M05