



Středoškolská technika 2011

Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT

Řízení pohonů Maxon

Control driving mechanism Maxon

Dominik Stupka

Střední průmyslová škola Třebíč

Manželů Curieových 734

674 01 Třebíč

Středoškolská technika

Řízení pohonů Maxon

Control driving mechanism Maxon

Autor: Dominik Stupka

Škola: Střední průmyslová škola Třebíč

**Manželů Curieových 734
674 01 Třebíč**

Konzultanti:

Ing. Petra Hrbáčková

Ing. František Dundel

Bc. Petr Kaleta

Ing. Jana Veselá

Velké Meziříčí 2011

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou práci vypracoval samostatně, použil jsem pouze podklady (literaturu, SW atd.) uvedené v příloženém seznamu a postup při zpracování a dalším nakládání s prací je v souladu se zákonem č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) v platném znění.

V dne podpis:

Poděkování.

Děkuji Paní Ing. Petře Hrbáčkové, paní Ing. Janě Veselé, panu Bc. Petrovi Kaletovi, panu Ing. Františku Dundelovi, panu Ing. Janu Hánovi za obětavou pomoc a podnětné připomínky, které mi během práce poskytoval/a.

ANOTACE

Tento materiál si dává za cíl seznámit studenty středních škol s problematikou řízení moderních pohonných jednotek a způsobu kontroly jejich funkce. V práci bude žák dále seznámen s funkcí několika typů snímačů otáček a mikroprocesoru ATmega 162.

ABSTRACT

The aim of this thesis is to provide high school students with information on control system of modern driving mechanisms and their functioning. Also the thesis informs students with function of several types of rotation sensor and microprocessor ATmega162

OBSAH

1. Úvod	10
1.1 Analýza zadání práce	10
2. Pohony Maxon.....	11
2.1 DC pohony	11
2.2 EC pohony.....	12
3. Snímače otáček (Encodery)	13
3.1 Optická závora	13
3.2 Reflexní optické čidlo.....	14
3.3 Indukční snímač.....	14
4. Mikroprocesor.....	15
4.1 ATmega162.....	16
4.2 Ukázka z programu.....	17
5. EPOS	18
5.1 Popis HW EPOS 24/1	19
5.2 Epos 24/1 (č. 280937) pro A-max22 (č. 302264).....	20
5.3 Epos 24/1 (č. 302267) pro EC-max 22(č. 283838)	21
5.4 Sběrnice CAN bus	21
5.5 Epos User Interface	23
5.6 Práce s Epos User Interface.....	24
5.7 Nastavení regulátoru (Regulation Tuning).....	31
5.8 Automatické nastavení regulátoru.....	33
5.9 Popis jednotlivých módů.....	34
5.9.1 Velocity mod a Profil Velocity mod	34
5.9.2 Position mod a Profile Position mod	35
5.9.3 Current Mod.....	36
6 Funkce výrobku	37
6.1 Práce se zařízením	39
7. Přílohy	40
7.1.1 Deska vstupů	40
.....	41
7.1.2 Deska mikroprocesoru	42
7.1.3 Deska motorů	44
.....	44
.....	45

7.1.4 Deska zdroje	45
.....	47
7.1.5 Deska displeje	48
7.1.6 Deska optické závory	50
7.1.7 Deska optické reflexní závory	51
7.1.8 Deska indukčního čidla	52
Závěr	53

Seznam obrázků:

Obrázek 1: Řez DC motorem Maxon [18]	11
Obrázek 2: Řez EC motorem Maxon[19].....	12
Obrázek 3 : Optická závora LTH301-07 [11]	13
Obrázek 4 : Princip optické závory	13
Obrázek 5 : princip činnosti reflexního čidla [13]	14
Obrázek 6 : reflexní čidlo CNY70 [12].....	14
Obrázek 7 : Indukční snímač IA08BLN25NO [15]	14
Obrázek 8 : Princip činnosti indukčního snímače [14]	14
Obrázek 9 : Von Neumanova architektura [16]	15
Obrázek 10 : Harvardská architektura [16]	15
Obrázek 11 : ATmega162 [17]	16
Obrázek 12 : Řídící jednotky EPOS [5].....	18
Obrázek 13: Ukázka postupu jakým jednotka Epos reguluje motor [5]	18
Obrázek 14 : Řídící jednotka Epos[20]	20
Obrázek 15 Řídící jednotka Epos a rozmístění konektorů na ní.[20]	20
Obrázek 16 : Řídící jednotka Epos[20]	21
Obrázek 17: Řídící jednotka Epos a rozmístění konektorů na ní. [20].....	21
Obrázek 18: Zapojení sběrnice Can Open [5].....	22
Obrázek 19 : Princip připojení sběrnice CAN Bus [5].....	22
Obrázek 20 : Setup Wizard	24
Obrázek 21: Comunication setting	25
Obrázek 22 : Search nodes RS232	25
Obrázek 23 : Comunication setting	26
Obrázek 24: Search Nodes	26
Obrázek 25: Motor Type.....	27
Obrázek 26 : Motor Data.....	27
Obrázek 27 : Position Sensor Type.....	28
Obrázek 28: Position Resolution	28
Obrázek 29: Summary	29
Obrázek 30: Save & Active	29
Obrázek 31: Saved & activated	30
Obrázek 32: Popis základních ovládacích prvků	30
Obrázek 33: Regulation tuning	31
Obrázek 34: profil Velocity Mod.....	34
Obrázek 35: Profile Position Mode.....	35
Obrázek 36: Current Mode	36
Obrázek 37: Schéma desky vstupů.....	40
Obrázek 38: DPS desky vstupů	40
Obrázek 39 : Předloha desky vstupů 1:1	40
Obrázek 40 : Osazovací plan desky vstupu 1:1	41
Obrázek 41: Schéma desky mikroprocesoru	42
Obrázek 42 : Předloha desky mikroprocesoru 1:1	42
Obrázek 43 : Osazovací plan desky mikroprocesoru 1:1	43
Obrázek 44: Schéma desky motorů	44
Obrázek 45 : Předloha desky motorů 2:1	44
Obrázek 46 : Osazovací plan desky motorů 1:1	45

Obrázek 47 : Schéma desky zdroje.....	46
Obrázek 48: Předloha desky zdroje 2:1	46
Obrázek 49 : Osazovací plan desky zdroje 1:1	47
Obrázek 50 : Schéma desky displeje.....	48
Obrázek 51 : Předloha desky displeje.....	48
Obrázek 52 : Osazovací plán desky displeje 1:1	49
Obrázek 53 : Schéma desky optické závory.....	50
Obrázek 54 : Předloha desky optické závory strana TOP 1:1	50
Obrázek 55 : Předloha desky optické závory strana BOTTOM 1:1	50
Obrázek 56 : Osazovací plán desky optické závory 1:1	50
Obrázek 57 : Schéma optické reflexní závory.....	51
Obrázek 58 : Předloha desky reflexní optické závory strana TOP 1:1	51
Obrázek 59 : Předloha desky reflexní optické závory strana BOTTOM 1:1	51
Obrázek 60 : Osazovací plán desky reflexní optické závory 1:1	51
Obrázek 61 : Schéma desky indukčního čidla.....	52
Obrázek 62 : Předloha desky indukčního čidla 1:1	52
Obrázek 63 : Předloha plán desky indukčního čidla.....	52

Seznam tabulek :

Tabulka 1 : Tabulka Elektrických vlastností EPOS 24/1 [20]	19
Tabulka 2 : Zapojení J3	20
Tabulka 3: Zapojení J8	21
Tabulka 4: Zapojení J9	21
Tabulka 5: Zapojení sběrnice Can BUS na svorkovnici J2.....	22
Tabulka 6: Hodnoty pro nastavení pohonů	24
Tabulka 7 : Seznam součástí desky zdroje	56
Tabulka 8 : Seznam součástí desky vstupů	57
Tabulka 9 : Seznam součástí desky mikroprocesoru	57
Tabulka 10 : Seznam součástí desky motorů	58
Tabulka 11 : Seznam součástí desky optického reflexního čidla	60
Tabulka 12 : Seznam součástí desky optické závory.....	60
Tabulka 13 : Seznam součástí desky indukčního čidla.....	60

1. ÚVOD

Pohony jsou v dnešní době jedním z nejdůležitějších prostředků v technice. Společnost Maxon motor AG platí za špičku v této oblasti, jejich uplatnění je velice široké, ať už se jedná o drobná zařízení, výrobní linky v průmyslu kde je kladen důraz na velkou životnost, přesnost ale i rychlost a velký rozsah otáček. V neposlední řadě je využití těchto pohonů i v extrémních podmínkách, a jakožto ukázka takového využití může posloužit nasazení těchto motorů na meziplanetární misi v podobě dvou marsochodů Spirit a Opportunity. Jenž svoji výdrž mnohánásobně překonali původní očekávání, na čemž mají nemalou zásluhu i pohony firmy Maxon motor AG. Další součástí práce je použití snímačů otáček (polohy), a řídicího systému v podobě mikroprocesoru ATmega 162. Toto spojení je obvodově nenáročné a zaručuje vysokou přesnost snímání i při vysokých otáčkách.

Nowadays drive systems are one of the most important products in the world of technology. Maxon motor company, AG is the leader in this field, usage of their drives is very wide from small equipment to production lines in industry where they focus not only on lifetime service and precision but also on speed and wide scale of rotation. Last but not least these drive systems might be used in extreme conditions – the prove of the fact is the usage of these drive systems during interplanetary mission at Spirit and Opportunity. This project overcame original expectations mainly thanks to Maxon motor AG drive systems. I also concentrate on the usage of rotation sensor and microprocessor ATmega162. This connection is not demanding on circuit and at the same time it provides fine precision on high frequency monitoring.

1.1 ANALÝZA ZADÁNÍ PRÁCE

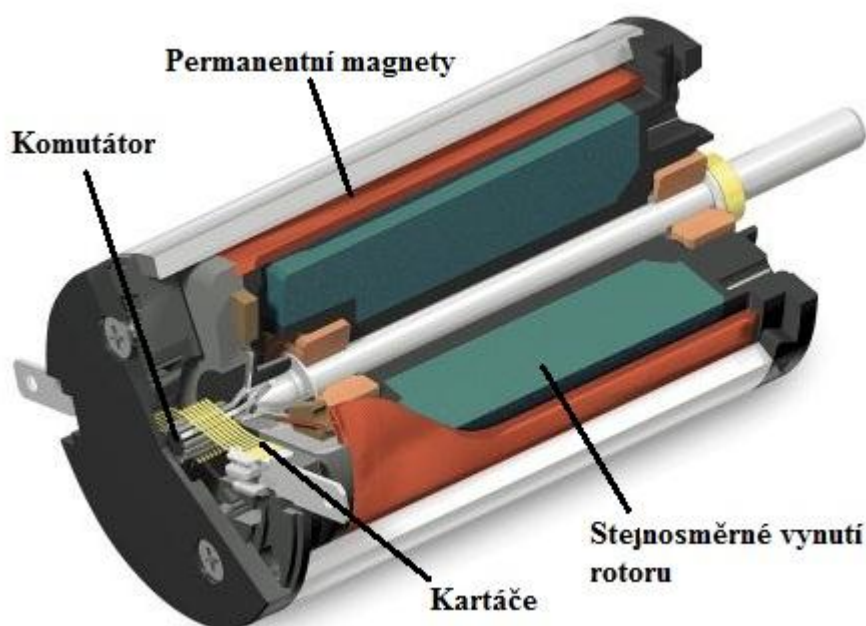
Tato práce se zaměřuje na demonstraci použití a řízení průmyslových pohonů a následné snímání jejich funkce. Práce slouží ke studiu žáků střední školy v této problematice. Tento materiál poslouží jako základ pro seznámení se studentu s jednoduchými a názornými úkoly jako doplnění teoretické výuky. Práce spojuje několik témat v jeden ucelený soubor. Žáci se naučí základní principy, na kterých pracují pohonné jednotky, systém jejich ovládní. Princip na jakém pracují různé druhy snímačů otáček a následné vyhodnocování údajů, výstupu těchto snímačů. Mají možnost seznámit se s úskalími vznikajícími při aplikacích takového zařízení v praxi a jejich následným obvodovým řešením. Veškerá obvodová řešení jsou navržena v softwaru Eagle a program pro CPU je napsán v jazyce assembler za pomoci vývojového prostředí WINAVR.

2. POHONY MAXON

Firma Maxon motor ag dodává široký sortiment motorů různých typu a výkonů v rozsahu jednotek wattu až do 400W u EC motoru a 250W u DC motorů. Dále firma nabízí kompletní portfolio snímačů, převodovek, brzd a řídicích jednotek. Díky čemuž může zákazník získat kompletní řešení pohonů pro svůj automatizační projekt.

2.1 DC POHONY

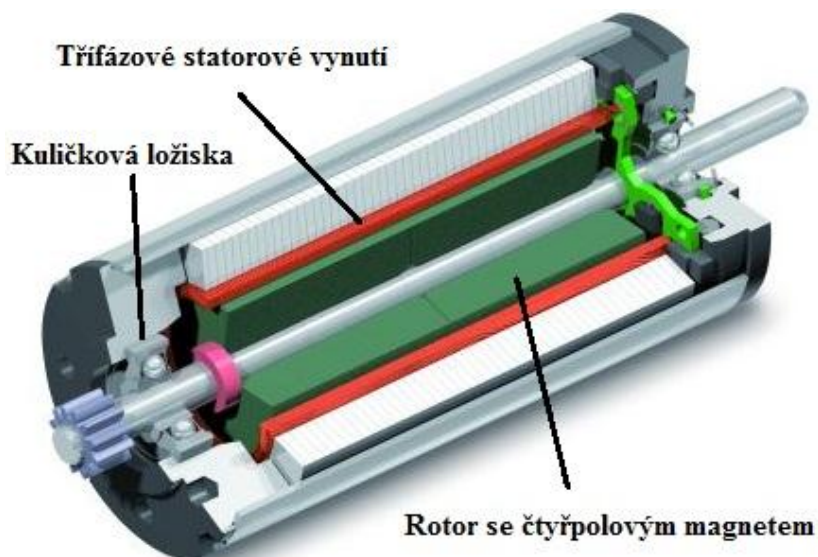
Základní předností stejnosměrného motoru je schopnost práce v širokém rozsahu otáček. Kvalitně řídit pohyb umožňuje komutace, tj. přepojování proudu do sekcí vinutí podle natočení rotoru. Stejnosměrný motor má vždy, při jakýchkoliv otáčkách, na výstupumechanický moment přímo úměrný proudu procházejícímu motorem. Další příznivou vlastností je přímá úměrnost otáček bez zatížení na napětí. Lineární závislosti motoru usnadňují, zpřesňují a zrychlují činnost jednotky pro řízení otáček nebo polohy. DC motor pro svoji činnost potřebuje pouze dva vodiče. Jeho otáčky se dají řídit napětím přiváděným na vinutí rotoru. Motor obsahuje výkonné permanentní magnety na statoru. Proud se do cívky přivádí přes lamely komutátoru, který je součástí rotoru a na ně doléhající kartáče které jsou součástí statoru. S toho vyplývá, že dochází k mechanickému tření, které značně snižuje životnost motoru. Velkým nedostatkem DC motorů je jiskření vznikající právě při mechanickém přechodu kartáčů přes lamely v okamžiku kdy se mění směr proudu, jako elektrický oblouk zároveň dochází k zahřívání kartáčů vlivem přechodového odporu. Jiskření je možné snížit odstraněním železného jádra rotoru a také kondenzátory přímo na rotoru.



Obrázek 1: Řez DC motorem Maxon [18]

2.2 EC POHONY

Motivací pro vytvoření těchto motorů byla snaha integrovat výhodu stejnosměrného napájení s bezkontaktním přenosem energie mezi státorem a rotorem, která je vlastní synchronním motorům s permanentními magnety a asynchronním motorům. Protože napájení je stejnosměrné, musí být mechanická komutace nahrazena vhodnými elektronickými spínacími obvody. Točivý moment motoru vzniká vzájemným působením magnetického pole otočného permanentního magnetu (buzení) a proudu v nepohyblivém vinutí statoru (kotva). Pro vznik točivého momentu je však nutné, aby nepohyblivé vinutí vytvářelo točivé magnetické pole, takže je třeba toto vinutí realizovat nejméně ve třech fázích. Pro zajištění správného napájení konkrétní sekce (fáze) vinutí je ale nutné znát relativní polohu rotoru vůči poli statoru. Za tím účelem se u EC mikromotorů nejčastěji používají tři Hallovy senzory, rozložené po 120 stupních na obvodu statoru. EC pohon musí vždy obsahovat tyto prvky: DC napájecí zdroj, elektronický komutátor s řídicí elektronikou a snímače polohy rotoru. Konstrukční uspořádání EC motoru je v podstatě odpovídající uspořádání motoru synchronního s trojfázovým vinutím na statoru a permanentními magnety na rotoru. Chování, tj. statické a dynamické vlastnosti, je však obdobné, jako u motoru stejnosměrného. Výhodou motorů EC oproti všem motorům DC je vyšší životnost, dosažitelnost vyšších otáček, řádově desítek tisíc. Naproti tomu však maximální trvalý moment s otáčkami klesá. To je způsobeno tím, že magnetický tok ve statoru se cyklicky mění s otáčením permanentního magnetu na rotoru. Tento magnetický tok vyvolává ztráty v železe, které pochopitelně s rostoucími otáčkami také rostou. Pro omezení těchto ztrát jsou plechy paketu statoru vyráběny ze speciálních slitin. Podstatnou výhodou celé aplikace je nižší cena a menší rozměry elektroniky, než u pohonu s motorem DC.



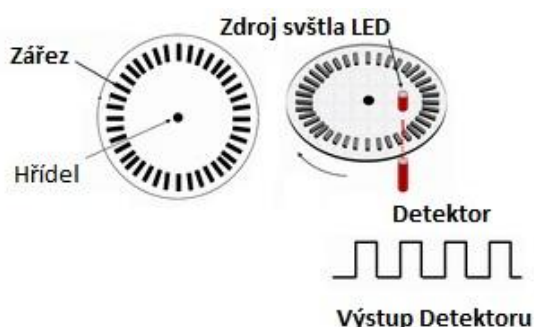
Obrázek 2: Řez EC motorem Maxon[19]

3. SNÍMAČE OTÁČEK (ENCODERY)

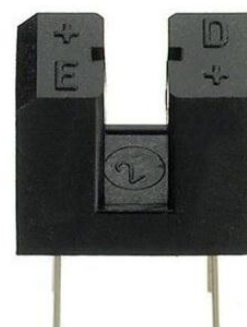
V praxi je u mikro pohonů vždy zapotřebí snímat jejich otáčky. K tomu účelu slouží celá řada snímačů. Může se jednat o snímače pracující na indukčním principu, optickém, magnetickém, mechanickém atd. Pro různé typy použití se hodí rozdílné snímače. Tak například v prašném prostředí není vhodné použít optické snímání (z důvodu zanesení optiky) naopak v prostředí s velkým elektromagnetickým zářením zase není vhodné používat indukčního principu. Dále je možné dělit vhodnost použití podle snímané rychlosti, přesnosti, velikosti snímače, mechanického provedení atd. Tato práce se zaměřuje na dva v praxi nejpoužívanější principy a to jednak na optický a za druhé na indukční.

3.1 OPTICKÁ ZÁVORA

Jedná se o základní, levný a spolehlivý snímač. Mechanické provedení (obr. 3) je velice jednoduché a praktické. Princip je jednoduchý. Na vysílací straně dojde k vyslání paprsku (nejčastěji IR záření, může však být použit i například laser) Na otáčející se hřídeli je umístěn kotouč (obr. 4) se zářezy přes které světelný paprsek projde a dopadne na detektor světla (nejčastěji se používá kombinace IR Led diody a fototranzistoru), který toto osvětlení vyhodnotí a vyšle jako impuls do řídicí elektroniky. Na otáčku může připadat téměř libovolný počet zářezů tím pádem impulsů, ale obecně platí že čím větší počet impulsů je na otáčku, k tím přesnějšímu měření dochází.



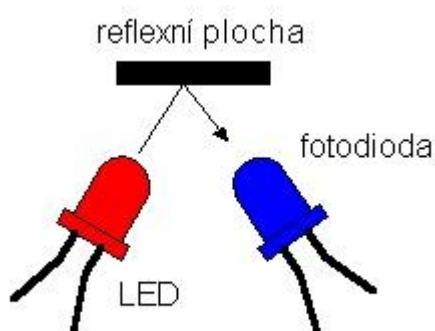
Obrázek 4 : Princip optické závory



Obrázek 3 : Optická závora LTH301-07 [11]

3.2 REFLEXNÍ OPTICKÉ ČIDLLO

Tento typ snímače má přijímač i vysílač umístěn v jednom pouzdře a oba se nachází v jedné ose. U tohoto typu snímání záleží na typu materiálu, od kterého se paprsek odráží, musí co nejméně pohlcovat paprsek a odrážet ho zpět, záleží také na uhlu odrazu daného materiálu. V čidlu je umístěn světelný zdroj (led) a foto snímač (fototranzistor) nejčastěji obě jednotky pracují v IR spektru (obr.5) led vyzáří paprsek ten dopadne na odraznou plochu a odráží se zpět do snímače. To je vyhodnoceno jak impuls a je vyslán do řídicí elektroniky. U tohoto typu je kladen veliký důraz na bezprašnost prostředí.



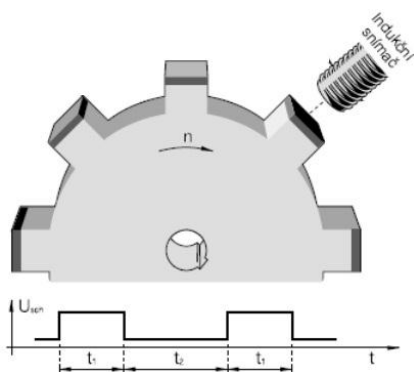
Obrázek 5 : princip činnosti reflexního čidla [13]



Obrázek 6 : reflexní čidlo CNY70 [12]

3.3 INDUKČNÍ SNÍMAČ

Tento snímač je vhodné použít všude tam kde je riziko výskytu prachu, znečištění a podobně. Na hřídel se umístí kotouč, na kterém jsou kovové destičky. Přiblíží-li se předmět k čidlu dojde k jeho sepnutí. Čidlo pracuje na jednoduchém principu zapojení cívky do oscilátoru při přiblížení magneticky vodivého materiálu dojde k rozladění oscilátoru a tím ke změně frekvence. Toto je vyhodnoceno sepnutím výstupní části a dojde k vyslání impulsu řídicí elektronice.



Obrázek 8 : Princip činnosti indukčního snímače [14]

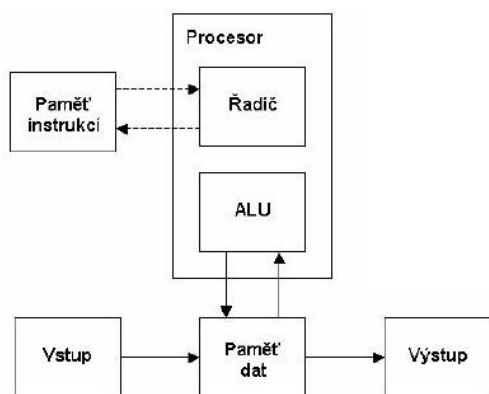


Obrázek 7 : Indukční snímač IA08BLN25NO [15]

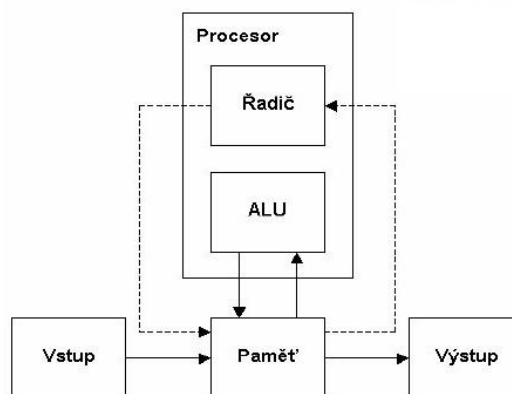
4. MIKROPROCESSOR

Je součástíka využívaná snad ve všech částech a odvětvích elektroniky. Je to logický obvod, který je řízen programem. Existuje několik možností programování mikroprocesoru, můžeme použít jazyky #C, JSA či Pascal. Kód napsaný v tomto jazyce je překladačem přeložen a programátorem nahrán do mikroprocesoru.

Mikroprocesor potom vykonává jednotlivé instrukce zapsané v programu řádek po řádku. Existuje velká spousta výrobců jednočipových Mikroprocesorů (Atmel, Freescale, Motorola). Mikroprocesor je až neskutečně univerzální zařízení, dokáže nesmírně zjednodušit, zpřesnit, zmenšit, zrychlit jakékoliv zařízení ve kterém je použit. Existují dvě základní dělení mikroprocesoru a to podle architektury, kterou využívají. Harvardská architektura (obr. 9) má oddělenou paměť programu a dat. Von Neumanova architektura (obr. 10) paměť programu a dat je společná. Tato práce se zabývá procesorem s Harvardskou architekturou. Von Neumanova je používána především v zařízeních typu PC



Obrázek 10 : Harvardská architektura [16]

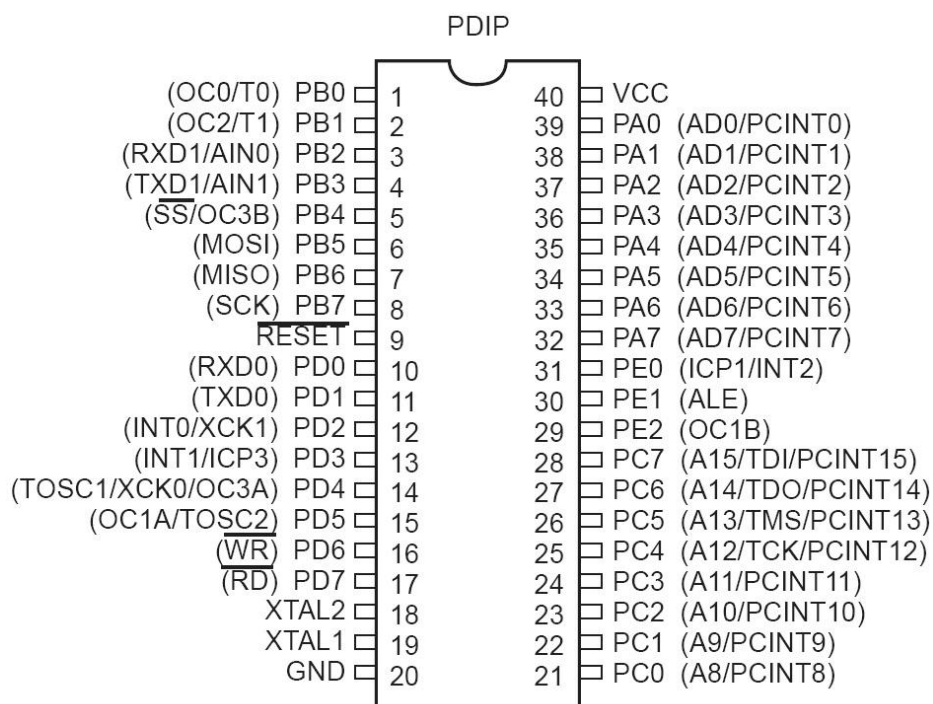


Obrázek 9 : Von Neumanova architektura [16]

4.1 ATMEGA162

Mikroprocesory AVR jsou založeny na 8bitové architektuře RISC (Omezený instrukční soubor) a využívají tzv. Harvardské architektury tj. oddělená paměť dat a programu. ATmega 162 je nejvýkonnější typ mikroprocesoru s plnou instrukční sadou z řady ATmega. Obsahuje 32 registrů uloženými v paměti SRAM, z nichž 6 je poskládáno jako tři 16bitové registry. Paměť SRAM má kapacitu 1024 bytů. Paměť dat EEPROM má kapacitu 512 bytů. Vlastní vykonávaný program v mikroprocesoru je uložen v paměti FLASH. S okolím mikroprocesor komunikuje pomocí 35 I/O linek, u kterých je možno jednotlivě volit vstupní a výstupní režim. Všechny tyto linky mají ještě další funkce – analogový komparátor, 2x sériový kanál, 4x vstupy a výstupy čítačů/časovačů, 3+16x vnější přerušeni. Dále mikroprocesor nabízí dva 8bitové a dva 16bitové čítače/časovače s výstupy PWM a velké množství dalších režimů.

z vnitřního nebo vnějšího krystalu. Reset můžou vyvolat čtyři zdroje – vnější resetovací vstup, watchdog timer, power-on (připojení napájení), Brown-out (pokles napětí pod nastavenou úroveň). Napájecí napětí je v rozmezí 1,8 až 5,5 V. Maximální frekvence při aktivaci interního krystalu může být 8 MHz a při externě připojeném krystalu až 16 MHz. Obvod je uložen v 40 pinovém pouzdře DIP.



Obrázek 11 : ATmega162 [17]

4.2 UKÁZKA Z PROGRAMU

Ukázka nastavení časovačů

```
LDI R16, 0B00000000      ;nastavení časovače 1A
OUT TCCR1A,R16

LDI R16, 0B00000110      ; nastavení časovače 1B
OUT TCCR1B,R16

LDI R16, 0B00001100      ;Nastavení časovače 3A
STS TCCR3A,R16

LDI R16, 0B00001101      ;Nastavení časovače 3B
STS TCCR3B,R16

LDI R16, HI(11718)       ;Nastavení časovače na čas 1s pro 12Mhz
STS OCR3AH, R16

LDI R16, LO(11718)
STS OCR3AL, R16          ;skutečná frekvence= 1 Hz

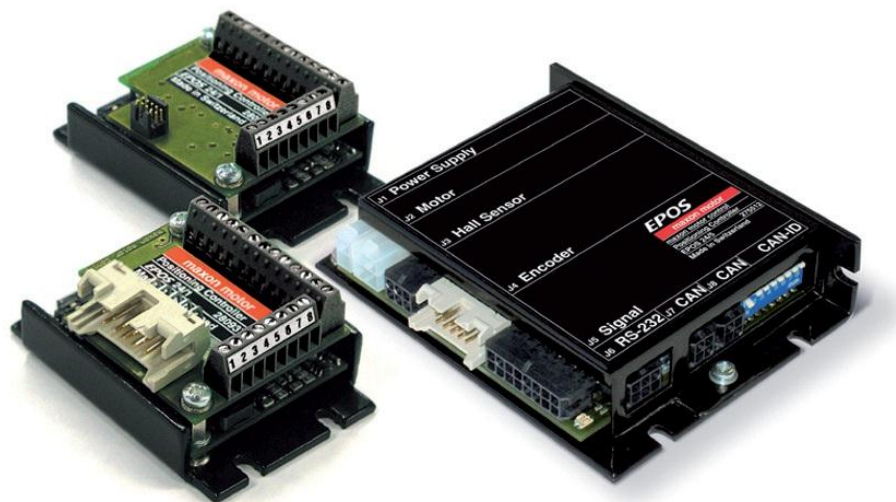
LDS R16, ETIMSK
ORI R16, 0B00010000
STS ETIMSK, R16

SEI                       ;globální povolení přerušení

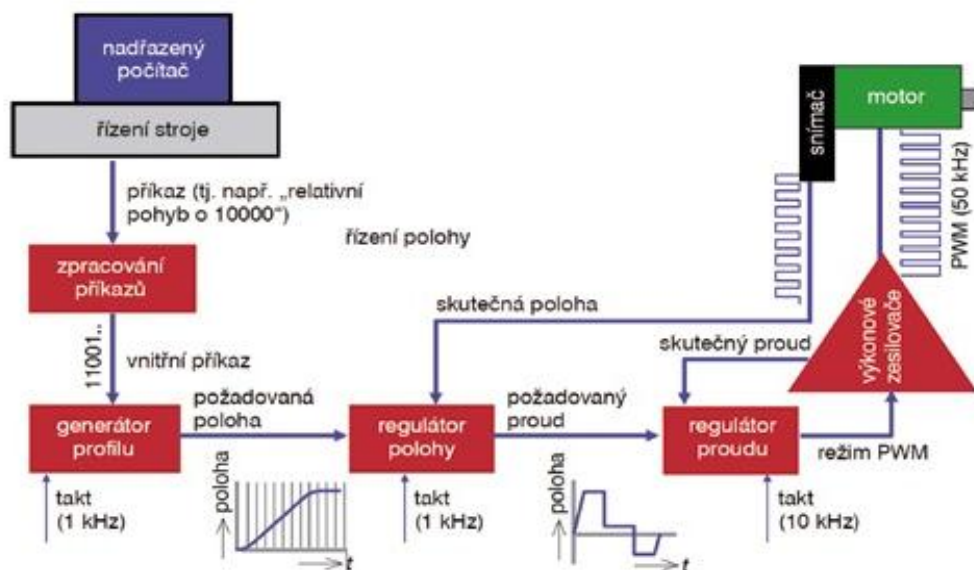
ldi    r23,0
```

5. EPOS

Maxon motor vyrábí pro potřeby zákazníků jednotky EPOS (Easy to use Position system) ve třech výkonových variantách. Základní označení jednotlivých typů je 24/1, 24/5 a 70/10. Dvojcísle na začátku označuje napájecí napětí, pro které je jednotka určena (24 V, popř. 70V), druhá číslice označuje hodnotu maximálního proudu, který je schopna jednotka na výstupu dodat (tj. 1A, 5A a 10A). V této práci jsou použity jednotky EPOS 24/1. Na Obrázku 12 je znázorněn celý regulační cyklus, který jednotka vykonává.



Obrázek 12 : Řídící jednotky EPOS [5]



Obrázek 13: Ukázka postupu jakým jednotka Epos reguluje motor [5]

5.1 POPIS HW EPOS 24/1

EPOS 24/1 je řídicí jednotka pro řízení kartáčových DC motorů s permanentními magnety vybavených inkrementálním snímačem a pro řízení elektronicky komutovaných EC motorů vybavených Hallovými sondami a inkrementálním snímačem se sinusovým průběhem proudu. Jednotka je určena pro motory o výkonu do 24 W.

Jednotka se dodává ve 4 provedeních:

1. pro DC motory s integrovaným kabelem pro motor a inkrementální snímač
2. Pro EC6 MAXON motor
3. pro EC16 a EC22 motory
4. univerzální pro DC a EC motory

ELEKTRICKÁ DATA	
Napájecí napětí Vcc (zvlnění < 10 %)	9 - 24 V
Max. výstupní napětí	0,98 x Vcc
Max. výstupní proud I _{max} (< 1 s)	2:00 dop.
Výstupní proud trvale I _{cont}	1:00 dop.
Vzorkovací frekvence proudového PI regulátoru	10 kHz
Vzorkovací frekvence rychlostního PI regulátoru	1 kHz
Vzorkovací frekvence polohového PID regulátoru	1 kHz
Max. rychlost (2-pólové motory)	25000 min ⁻¹
Zabudovaná tlumivka	150 μH / 1 A (DC / EC); 300 μH / 0,7 A (EC6)
VSTUPY	
Analogové vstupy	2 analog. vstupy 10-bit rozlišení, 0 ... +5 V
Digitální vstupy	6 dig. vstupů
Signály inkrementálního snímače	A, A', B, B', I, I' (max. 1 MHz)
Signály Hallových sond	H1, H2, H3
CAN-ID (identifikace CAN uzlu)	Konfigurovatelné DIP přepínačem 1 ... 4
VÝSTUPY	
Digitální výstupy	2 dig. výstupy
NAPĚŤOVÉ VÝSTUPY	
Pomocné napětí	+5 VDC, max. 10 mA
Napájení inkrementálního snímače	+5 VDC, max. 100 mA
Napájení Hallových sond	+5VDC, max. 30 mA
INTERFACE	
RS232	RxD; TxD (max. 115 200 bit/s)
CAN	high; low (max. 1 Mbit/s)
INDIKACE	
LED zelená = READY, červená = ERROR	Zelená LED, červená LED

Tabulka 1 : Tabulka Elektrických vlastností EPOS 24/1 [20]

5.2 EPOS 24/1 (č. 280937) PRO A-MAX22 (č. 302264)

Motor A-max22 má integrovaný plochy kabel pro data ke snímači i pro napájení motoru. Seznam pinu na konektoru J3 je zobrazen v tabulce 2.

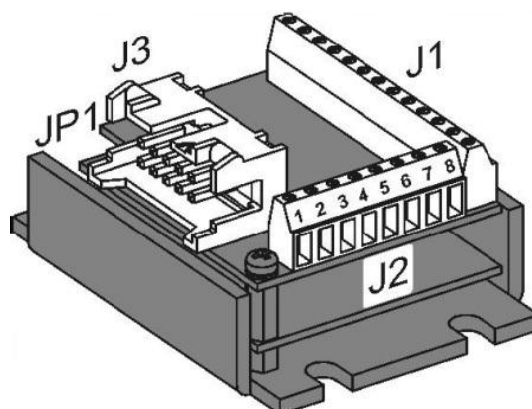
1	Motor +
2	Vcc
3	GND
4	Motor -
5	Channel A-
6	Channel A+
7	Channel B-
8	Channel B+
9	Channel I-
10	Channel I+

Tabulka 2 : Zapojení J3



Obrázek 14 : Řídící jednotka Epos[20]

Napájení se připojuje Do svorkovnice ARK na piny 12 (GND) a 13 (Vcc) napájení je v rozsahu +9 až +24V **napětí vyšší jak +27V jednotku zničí!** Další piny na svorkovnici J1 slouží pro Master Encoder Mód ve kterém je jeden motor připojen jako Master a druhý jako Slave. V tomto modu Motor, který je zapojen, jako Slave detailně kopíruje pohyby Master motoru. Tento mód však v této práci není použit. Konektor J2 slouží pro komunikaci a to jednak pro RS232 s PC a jednak pro sběrnici CAN, ta musí být vždy zakončena odporem 12 Ohm Popis jednotlivých vývodů konektoru J2 je v tabulce 3.



Obrázek 15 Řídící jednotka Epos a rozmístění konektorů na ní.[20]

5.3 EPOS 24/1 (č. 302267) PRO EC-MAX 22 (č. 283838)

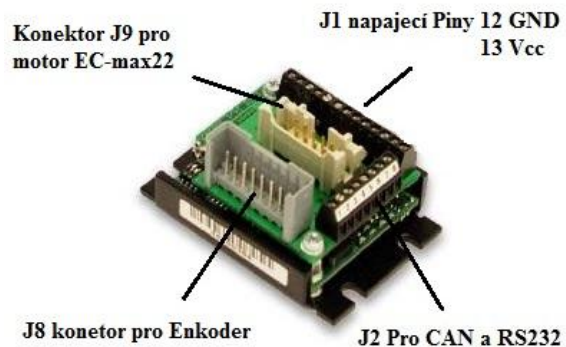
Motor EC-max22 má Dva ploché vodiče k propojení se základní jednotkou Epos. Do konektoru J8 se zasouvá barevný plochý vodič sloužící pro napájení motoru a pro připojení halových sond. Druhý šedý vodič se zasouvá do konektoru J9 a slouží k připojení Enkoderu .

1	Vynutí motoru 1
2	Vynutí motoru 2
3	Vynutí motoru 3
4	Napájení hall sondy
5	GND
6	Hall Sensor 1
7	Hall Sensor 2
8	Hall Sensor 3

Tabulka 3: Zapojení J8

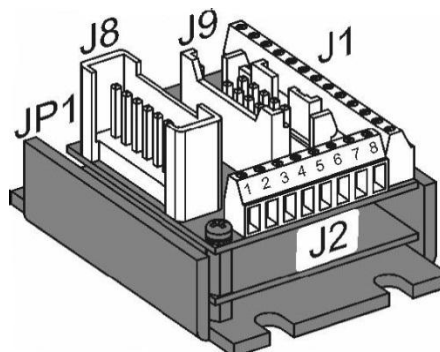
1	Motor +
2	Vcc
3	GND
4	Motor -
5	Channel A-
6	Channel A+
7	Channel B-
8	Channel B+
9	Channel I-
10	Channel I+

Tabulka 4: Zapojení J9



Obrázek 16 : Řídící jednotka Epos[20]

Napájení se připojuje Do svorkovnice ARK na piny 12 (GND) a 13 (Vcc) napájení je v rozsahu +9 až +24V **napětí vyšší jak +27V jednotku zničí!** Další piny na svorkovnici J1 slouží pro Master Encoder Mód ve kterém je jeden motor připojen jako Master a druhý jako Slave. V tomto modu Motor, který je zapojen, jako Slave detailně kopíruje pohyby Master motoru. Tento mód však v této práci není použit. Konektor J2 slouží pro komunikaci a to jednak pro RS232 s PC a jednak pro sběrnici CAN.



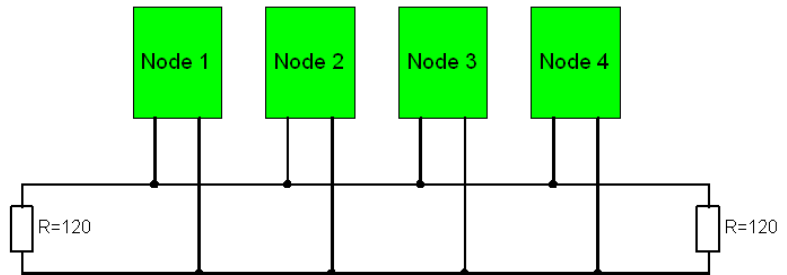
Obrázek 17: Řídící jednotka Epos a rozmístění konektorů na ní. [20]

5.4 SBĚRNICE CAN BUS

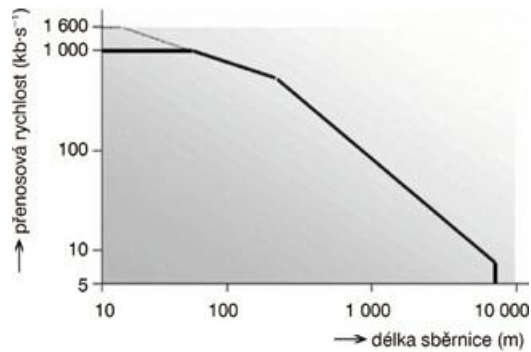
Pro vytvoření sběrnice CAN Bus se použije tří vodičový kabel čím je kabel kratší tím lépe. Pro vytvoření sběrnice se propojují konektory J2 viz Tabulka 6 (propojují se vždy stejné piny tedy Pin 1 s Pin1, Pin2 s Pin 2, Pin 5 s Pin5) paralelně k pinu 1 a 2 se připojí na obou konektorech odpory 120 ohm jako ukončení sběrnice. Rychlost komunikace sběrnice je zásadním způsobem odvislá od délky vedení jak je znázorněno na obrázku: RS232 se připojuje na piny 3, 4 a 5 (GND).

1	CAN high
2	CAN low
3	RS232 RxD
4	RS232 TxD
5	GND
6	Analog in 1
7	Analog in 2
8	Analog GND

Tabulka 5: Zapojení sběrnice Can BUS na svorkovnici J2



Obrázek 18: Zapojení sběrnice Can Open [5]



Obrázek 19 : Princip připojení sběrnice CAN Bus [5]

5.5 EPOS USER INTERFACE

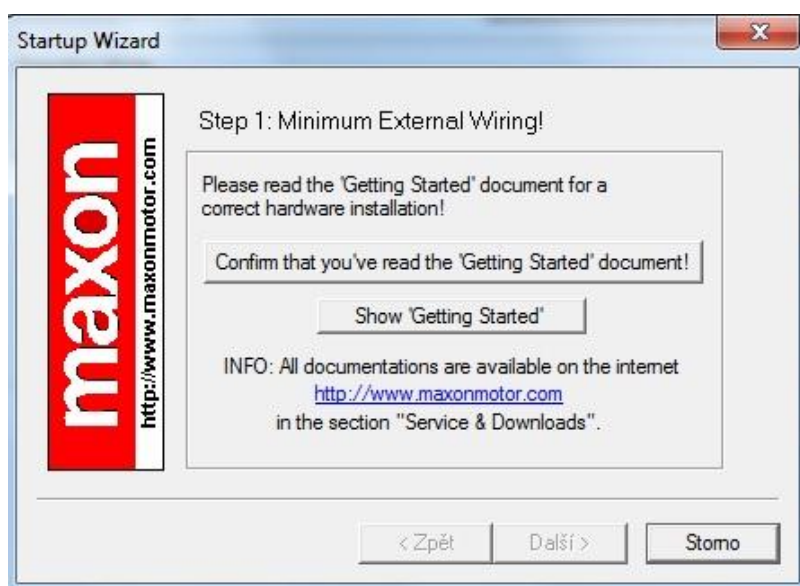
S motory a Epos je na CD-ROM (též kdys pozici ke stažení na www.maxonmotor.com) dodáváno ovládací rozhraní s názvem Epos User Interface. Dále jsou pak k dispozici knihovny DLL pro ovládání jednotky EPOS pomocí uživatelsky vytvořených programů. Knihovny se dodávají pro následující vývojové prostředky: Borland Delphi, Borland C++ Builder, Microsoft Visual C++, Microsoft Visual Basic a National Instruments Labview. Dále je k dispozici dokumentace Communication Guide, kde je přesně popsán formát objektů posílaných po sběrnici RS232 a CANBus. Ty slouží k obsluze řídicí jednotky pomocí programovatelných automatů. Práce se softwarovými knihovnami je velice jednoduchá. Knihovny je možno stáhnout z internetových stránek, sekce Services - >Download, včetně podrobné dokumentace a názorného příkladu ve všech zmíněných vývojových jazycích. Tento materiál se bude věnovat první z uvedených možností tedy software Epos User Interface.

5.6 PRÁCE S EPOS USER INTERFACE

	A-max 22	EC-max 22
Proud na prázdkno	46 mA	118 mA
Maximální rychlost	10200 rpm	11500 rpm
Časová konstanta	10 s	1,6 s
Typ enkodéru	Typ M, 3 channels	Typ M 3 channels
Počet impulsů enkodéru	512	512

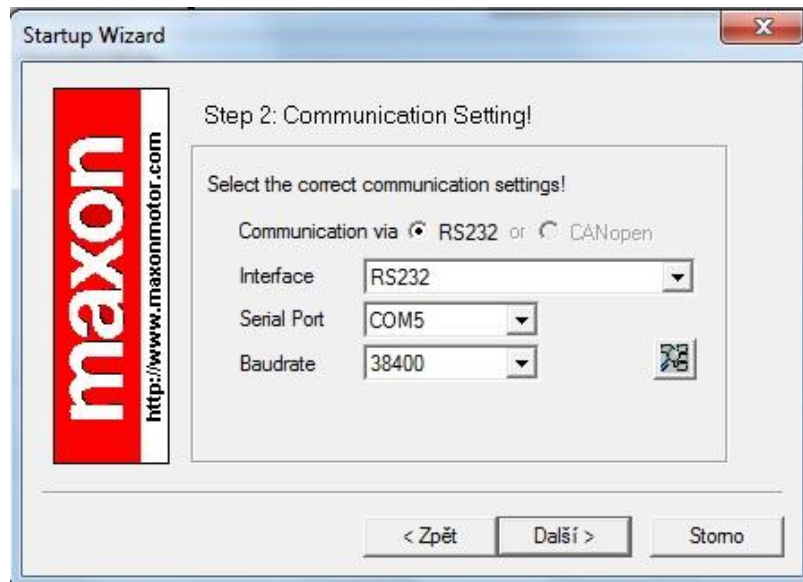
Tabulka 6: Hodnoty pro nastavení pohonů

1. Zapnout napájení pro Epos 24/1
2. Spustit Epos User Interface
Na obrazovce se objeví následující dialogové okno (obr. 16)
Kliknout na „Confirm that you’ve Getting Started document!“



Obrázek 20 : Setup

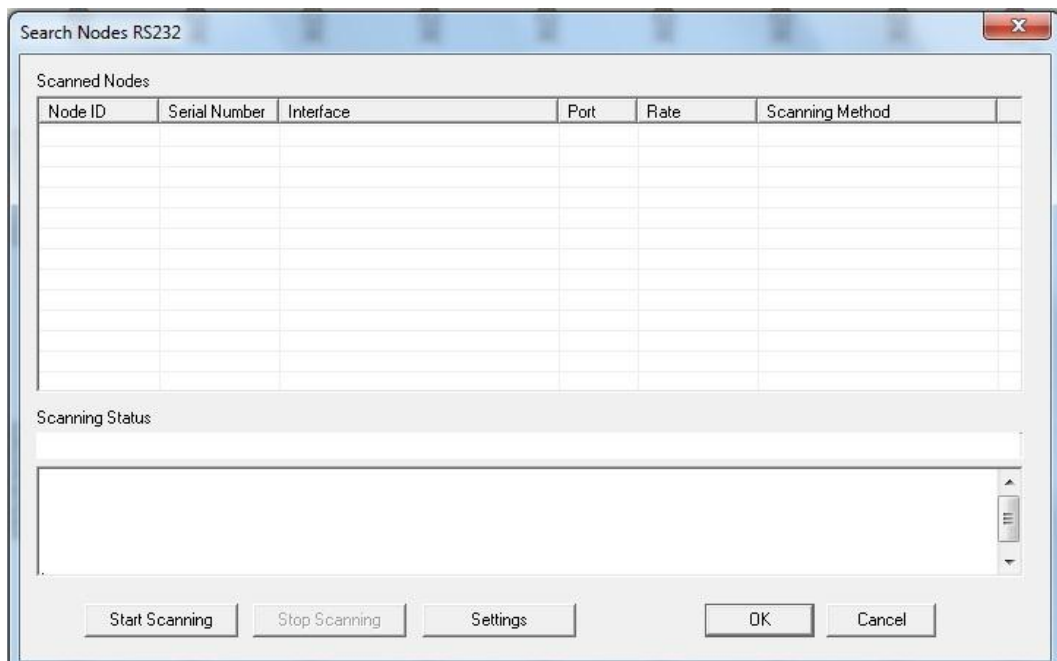
3. Nastavení komunikačních parametrů



Obrázek 21: Communication setting

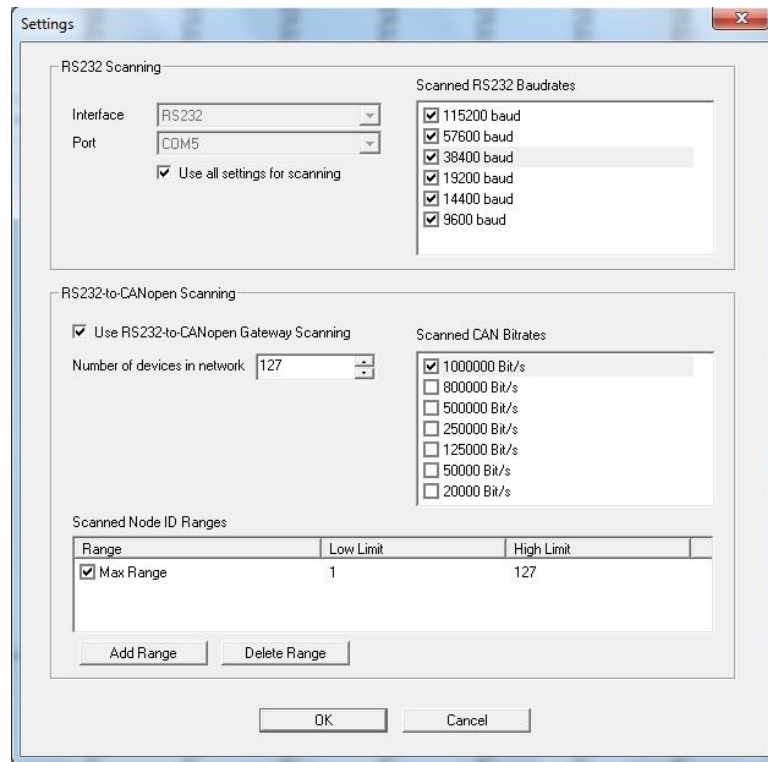
Pokud je známé číslo COM portu, ke kterému jsou jednotky připojeny tak může být ručně zvolen a následující dva kroky mohou být přeskočeny. Pokud není znám, kliknout na tlačítko „Search Nodes“ (symbol lupy).

4. Objeví se dialogové okno v něm se volí položka setting.



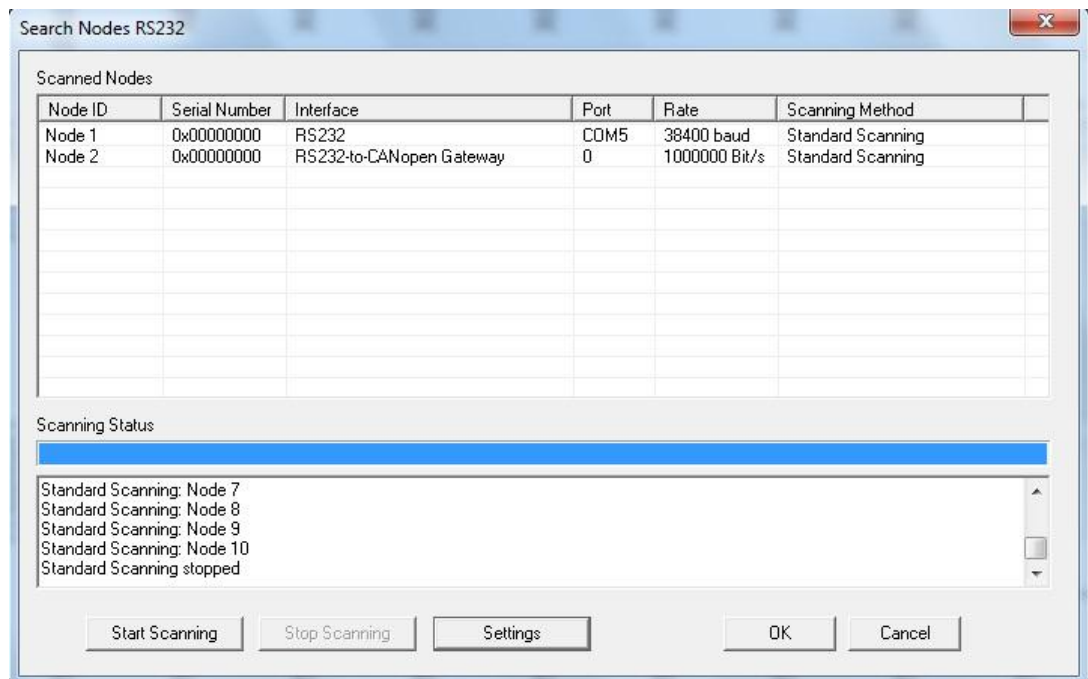
Obrázek 22 : Search nodes RS232

5. Zde je vybrána možnost „Use all settings for scanning“



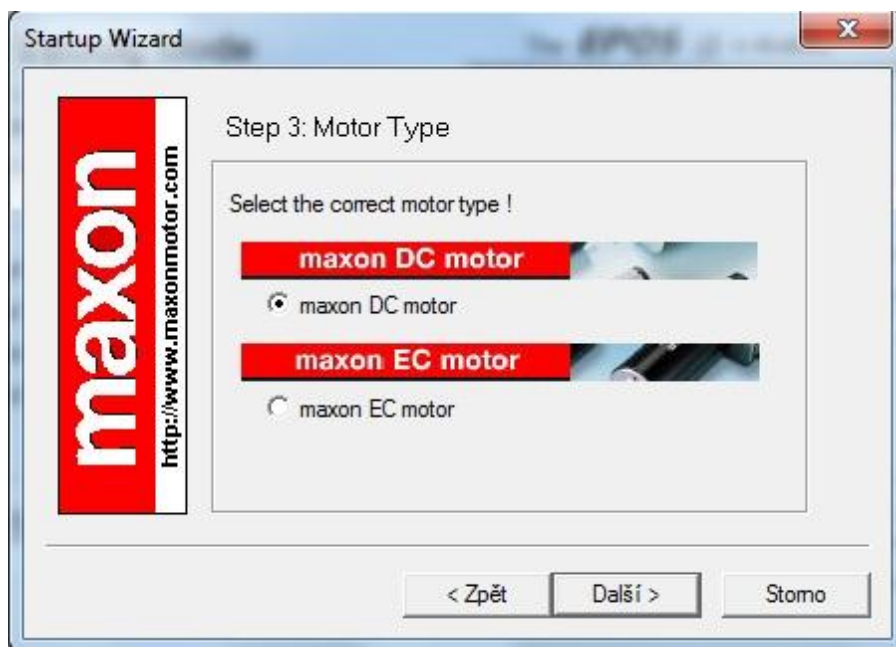
Obrázek 23 : Communication setting

6. Odklikne se Ok a proběhne skenování všech COM portů. Program najde dv zařizení Node 1 a Node 2 kliknutím na tlačítko OK se dialog ukončí.



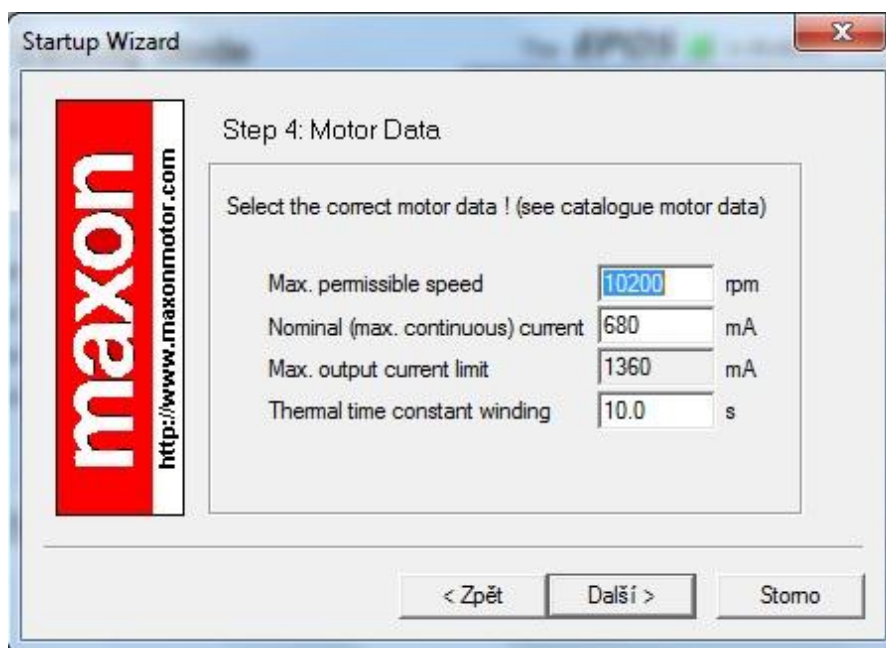
Obrázek 24: Search Nodes

7. Objeví se původní nabídka (obr. 17) a pokračuje se volbou „Další“. Nyní dojde k vybrání typu motoru, který je nutné ovládat zapojeny jsou oba dva typy proto může být zvolen kterýkoliv z nich. Na ukázkou byl vybrán Motor typu DC. A pokračuje se kliknutím na „Další“



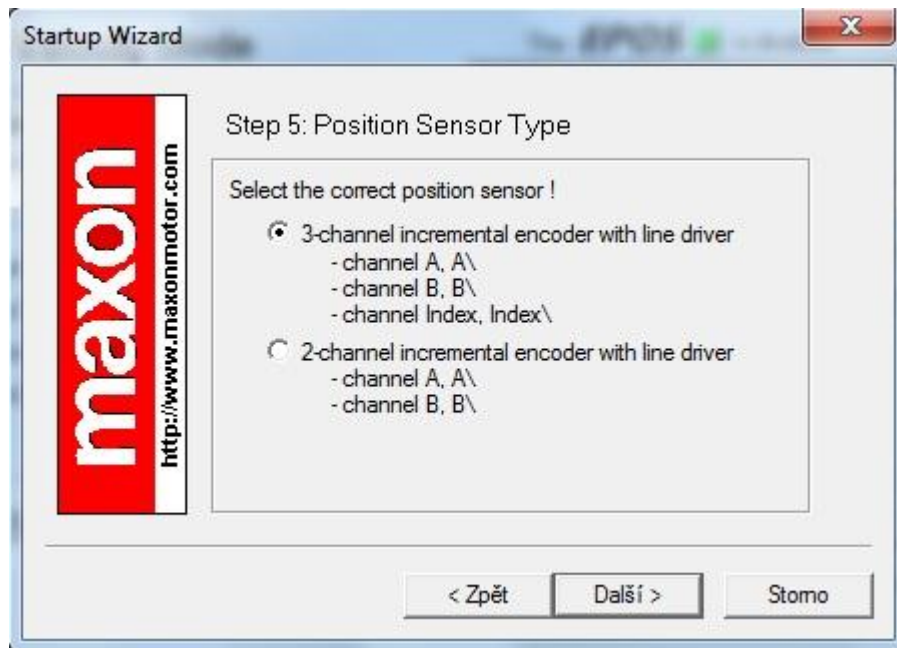
Obrázek 25: Motor

8. Nyní je nutné zadat pár údajů z katalogového listu případně z tabulky na straně 20 Zapišou se hodnoty a pokračuje se tlačítkem další.



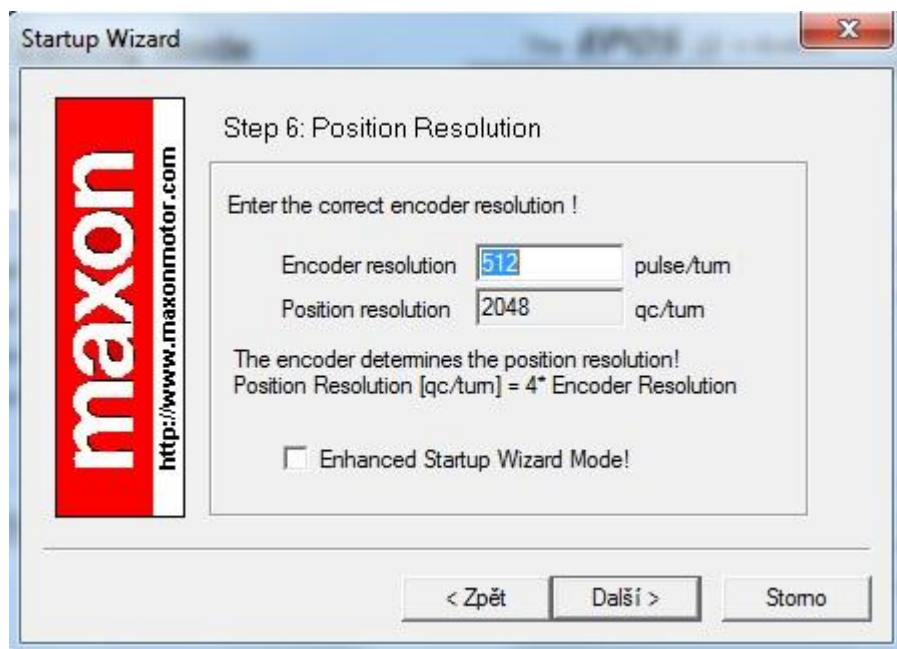
Obrázek 26 : Motor Data

9. Tento dialog nabízí volbu výběru enkodéru tento motor má nainstalovaný 3-kanálový enkodér proto se volí č.1.



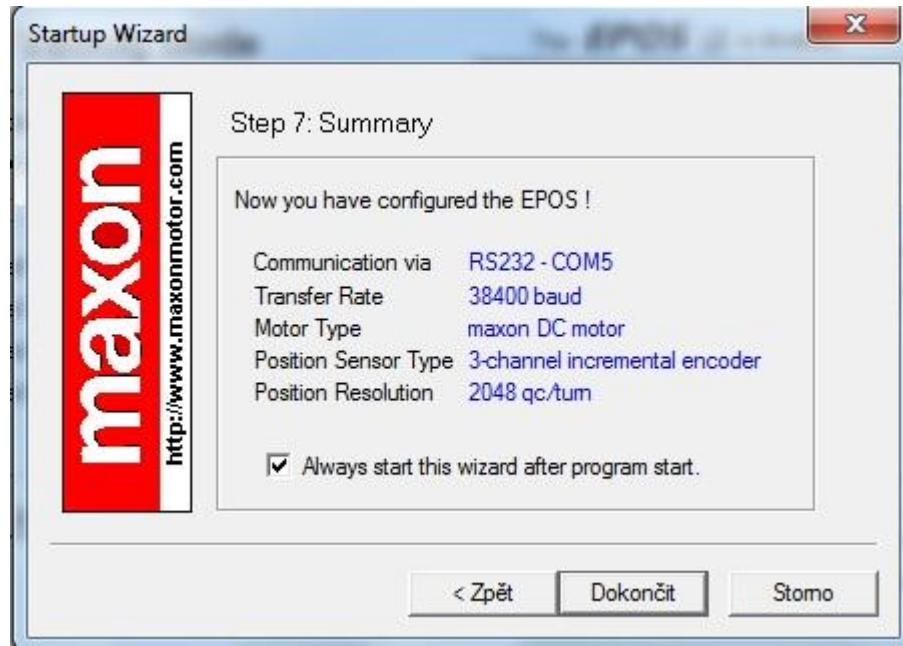
Obrázek 27 : Position Sensor

10. Zde se nastavuje výstup enkodéru který je 512 impulzů na otáčku.



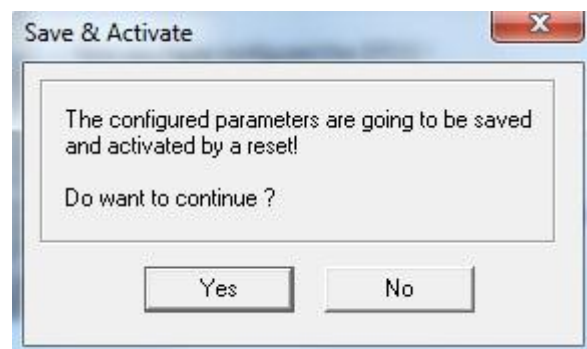
Obrázek 28: Position Resolution

11. V tomto dialogovém okně můžeme ještě jednou zkontrolovat zadané hodnoty a ukončit nastavení jednotky.



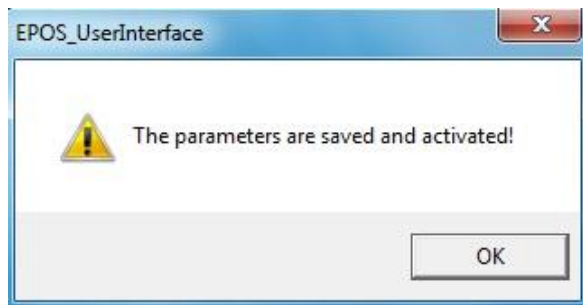
Obrázek 29: Summary

12. Nyní program vyzve k ujištění se, zda je možné uložit nastavení. Je nutno potvrdit kliknutím na Yes.



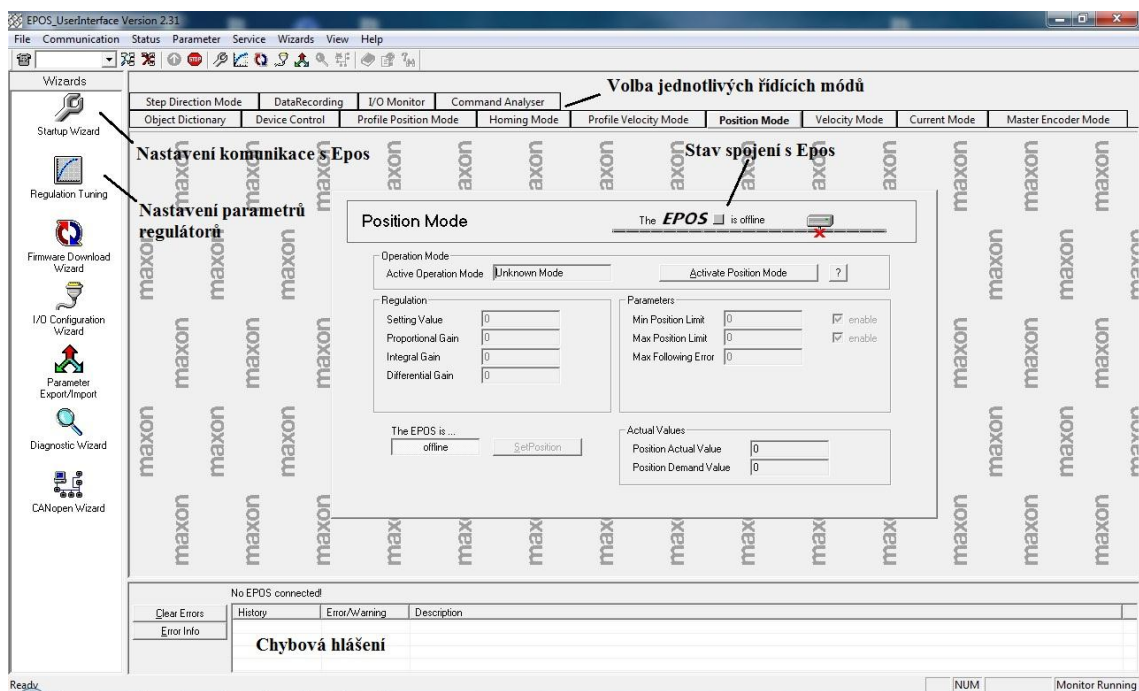
Obrázek 30: Save & Active

13. Dojde k hlášení: „Parametry byly uloženy a jednotky byly aktivovány“.



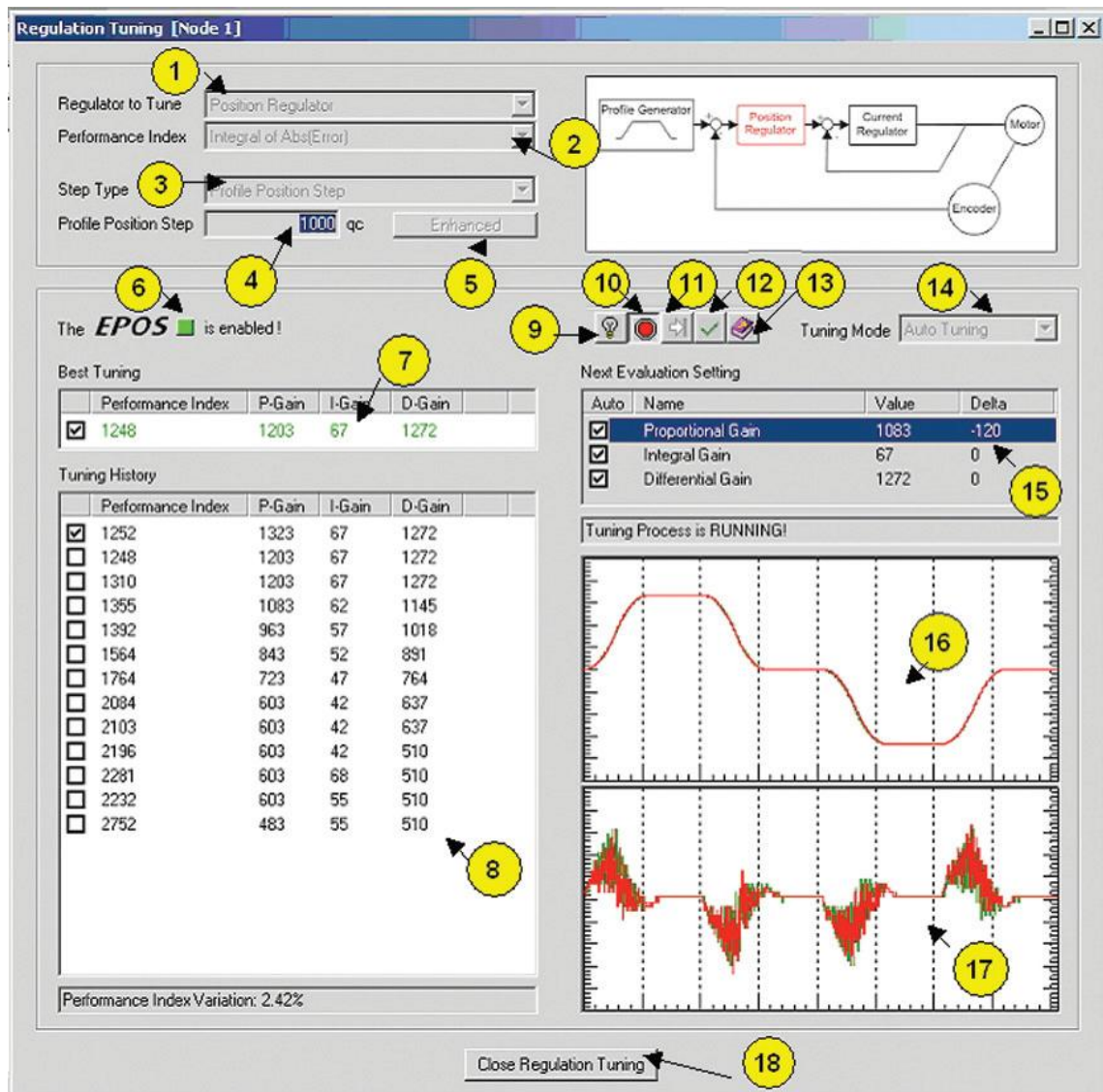
Obrázek 31: Saved & activated

14. Zobrazí se hlavní okno aplikace



Obrázek 32: Popis základních ovládacích prvků.

5.7 NASTAVENÍ REGULÁTORU (REGULATION TUNING)



Obrázek 33: Regulation tuning

Rozbalovací nabídka označená 1 „Regulator to tune” slouží k výběru regulátoru, jehož konstanty se nastavují.

Rozbalovací nabídka označená 2 „Performance index” slouží k výběru kritéria, na které bude regulátor optimalizován. Regulátor proudu a polohy umožňuje jako toto kritérium zvolit integrál z absolutní odchylky mezi žádanou a skutečnou hodnotou proudu či polohy, nastavení

regulátoru rychlosti lze optimalizovat podle integrálu z druhé mocniny odchylky mezi žádanou a skutečnou hodnotou rychlosti.

Rozbalovací nabídka 3 „Step type” slouží k výběru průběhu veličiny na vstupu regulátoru.

Pole 4 „Step” zobrazuje hodnotu požadované veličiny na vstupu regulátoru.

Tlačítko 5 „Enhanced” slouží k podrobnějšímu nastavení průběhu požadované veličiny na vstupu.

Pole 6 označuje stav indikačního světla na jednotce EPOS.

Pole 7 „Best Tuning” obsahuje optimální kombinaci konstant regulátorů v průběhu ladění.

Pole 8 „Tuning history” obsahuje seznam všech kombinací konstant regulátoru, testovaných během ladění. Číselný údaj „Performance Index” každé řádky je mírou odchylky skutečného průběhu regulované veličiny od požadovaného průběhu pro příslušná zesílení. Program vybere řádku s nejnižším číselným údajem jako optimální nastavení

Tlačítko 9 „FreeRunning Mode Active” přepíná mezi režimy, kdy jednotlivé kroky ladění na sebe navazují buď zcela automaticky, plynule za sebou, nebo manuálně, vždy po stisku tlačítka **11** „Tuning step”.

Tlačítko 10 „Start tuning” spouští proces ladění regulátoru.

Tlačítko 11 „Tuning step” v manuálním režimu slouží pro aktivaci následujícího ladicího kroku

Tlačítko 12 „Save Regulation Gains” uloží konstanty regulátorů do paměti jednotky EPOS.

Tlačítko 13 „Manual” vyvolá nápovědu.

Rozbalovací nabídka 14 „Tuning mode” umožňuje výběr manuálního či automatického ladění regulátorů.

Pole 15 „Next Evaluation Setting” obsahuje kombinaci konstant regulátoru použitou v následujícím kroku ladění.

Grafické pole 16 obsahuje průběh požadované a skutečné veličiny.

Grafické pole 17 obsahuje průběh chyby mezi požadovanou a skutečnou veličinou.

5.8 AUTOMATICKÉ NASTAVENÍ REGULÁTORU

Nastavení proudového regulátoru se děje při zablokované hřídeli motoru, aby indukované napětí ve vinutí otáčejícího se motoru nemělo vliv na regulátor. Průvodce na zablokování upozorní. V rozbalovací nabídce „Regulator to tune” zvolíme „Current regulator”, zablokujeme hřídel motoru a stiskneme tlačítko „Start tuning”. Hřídel motoru má tendenci se otáčet. V poli „Tuning history” se zobrazují použité konstanty regulátoru, grafická pole zobrazují průběhy požadovaného a skutečného proudu a jejich odchylky. Pokud je skutečná hodnota v grafickém okně zobrazena červenou barvou, je současné nastavení konstant regulátorů horší než nastavení v předchozím případě, pokud je zobrazena zelenou barvou, pak je kombinace konstant regulátoru lepší než v předchozím případě. Průběh černé barvy reprezentuje žádanou hodnotu.

Nastavení regulátoru rychlosti

Po ukončení ladění regulátoru proudu vybereme v rozbalovací nabídce „Regulator to tune” možnost „Velocity regulator” a celý proces opakujeme nyní již bez zablokované hřídele. Ta se otáčí dle zvoleného průběhu.

Nastavení regulátoru polohy

Vybereme nastavení regulátoru polohy a celý proces opakujeme.

Nyní jsou jednotky nastaveny a může dojít k ovládní v jednotlivých módech.

5.9 POPIS JEDNOTLIVÝCH MÓDŮ

5.9.1 VELOCITY MOD A PROFIL VELOCITY MOD

Jedná se o mód pracující v režimu řízení rychlosti, stačí zadat požadovanou rychlost otáčení a jednotka na tuto hodnotu naběhne v Profil Velocity módu se dá ještě nastavit profil zrychlování otáček o určitou hodnotu za sekund tzn. Profil acceleration= 200 jednotka každou sekundu zrychlí o 200 otáček za minutu

The screenshot displays the 'Profile Velocity Mode' control panel. At the top, it indicates 'The EPOS is offline' with a red 'X' icon. The 'Operation Mode' section shows 'Active Operation Mode' as 'Unknown Mode' and an 'Activate Profile Velocity Mode' button. The 'Profile' section includes input fields for 'Target Velocity' (0), 'Profile Type' (Trapezoidal), 'Profile Acceleration' (0), and 'Profile Deceleration' (0). The 'Parameters' section has 'Max Profile Velocity' (0) and 'QuickStop Deceleration' (0). The 'Actual Values' section shows 'Velocity Actual Value' as 25953776 and 'Velocity Demand Value' as 0. A status indicator shows 'The Epos is ... offline' with 'Set Velocity' and 'Halt' buttons.

Obrázek 34: profil Velocity Mod

Pole Target Velocity (Cílová rychlost)

Pole Profile Type (Matematický průběh zrychlování)

Pole Profile Acceleration (Kroky zrychlování)

Profile Deceleration (Kroky zpomalování)

5.9.2 POSITION MOD A PROFILE POSITION MOD

Stejně tak jako Velocity mod se dělí ještě na profil mod tak i tento se dělí. Jedná se o mód přesného řízení polohy např. u robotického posunu.

Obrázek 35: Profile Position Mode

Pole Target Position (cílová pozice)

Pole Profil Type (Matematický průběh zrychlování)

Profile Velocity (Rychlost změny polohy)

Pole Profile Acceleration (Kroky zrychlování)

Profile Deceleration (Kroky zpomalování)

5.9.3 CURRENT MOD

Režim konstantního proudu, v tomto nastavení řídicí jednotka Epos udržuje stále stejný proud protékající motorem v nezávislosti na rychlosti nebo zátěži motoru.

The screenshot shows a software interface for controlling an EPOS motor in Current Mode. The window title is "Current Mode". At the top right, there is a status bar that says "The EPOS is offline" with a red 'X' over a motor icon. Below this, the interface is organized into several sections:

- Operation Mode:** "Active Operation Mode" is set to "Unknown Mode". There is an "Activate Current Mode" button and a help icon (?)
- Regulation:** Three input fields are present: "Setting Value" (0), "Proportional Gain" (0), and "Integral Gain" (0).
- Parameters:** Three input fields are present: "Nominal Current" (0), "Output Current Limit" (0), and "Max Speed" (0 rpm).
- Actual Values:** Two input fields are present: "Current Actual Value" (0) and "Current Demand Value" (0).
- Status:** A box shows "The EPOS is ..." with "offline" selected. Below it are "Set Current" and "Halt" buttons.

Obrázek 36: Current Mode

Pole Setting Value (nastavený proud)

Proportional Gain (Výsledný podíl proporcionálního regulátoru)

Integral Gain (Výsledný podíl integračního regulátoru)

6 FUNKCE VÝROBKU

Zařízení slučuje několik samostatných zařízení které jsou soustředěny do jednoho celku.

Vstupní deska obsahuje konektor síťového napájení a komunikační rozhraní RS232 které je doplněno signalizací komunikace.

Deska zdroje obsahuje dva samostatné zdroje napájené z transformátoru 2X12V Jeden ze zdrojů je klasický se stabilizátorem 78S05 sloužící k napájení číslicových obvodu. Druhý ze zdrojů je řešen pomocí spínaného snižujícího stabilizátoru L4970 pracujícího se spínací frekvencí 200Khz a výstupním napětím 12V tento zdroj byl použit z důvodu potřeby zdroje s výstupním proudem cca 2A a zároveň nemožnosti použít velký chladič, tento obvod oba tyto požadavky bezpochyby splňuje. Z toho to zdroje jsou napájeny oba motory a zároveň indukční čidlo.

Deska mikroprocesoru je řídicí částí celého zařízení obvodu 74HC132 (Schmittov klopný obvod) a 74HC151(Multiplexer) zajišťují úpravu signálů ze všech tří snímačů otáček na TTL logiku tak aby je mohl multiplexer po zvolení jednoho z čidel pomocí tří tlačítek umístěných taktéž na desce mikroprocesoru, multiplexovat na vstup čítače mikroprocesoru (ATmega 162, dále jen mikroprocesor). Mikroprocesor zajišťuje jedna počítání impulzů ze snímačů, k čemuž dochází tak že procesor 1s počítá impulzy a následně tuto napočítanou hodnotu vynásobí 30, jelikož každé čidlo dodává na jednu otáčku motoru dva impulzy. Tímto je hodnota z čidel převedena na ot./min a poté je toto číslo převedeno do BCD kódu a vysláno na další modul jímž je modul displeje.

Modul displeje je řešen za pomoci 5 sedmi segmentových displejů a obvodů 74HC595 (Posuvný registr). Z mikroprocesoru přichází na první registr sériová data postupně jsou tyto data neposouvána až na nejvyšší bit posledního z registru a následně je impulzem na povolovací vstup registru z mikroprocesoru zobrazena hodnota na jednotlivých segmentech displeje k obnově displeje dochází vždy jednou za sekundu.

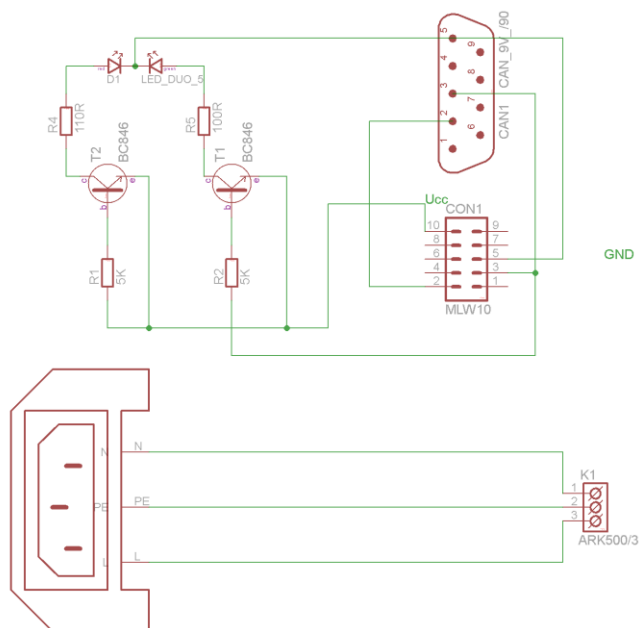
Modul motorů je poslední součástí zařízení. Na desce se nachází dva motory (EC a DC konstrukce) a ke každému z nich řídicí jednotka EPOS 24/1 která je napojena na vstupní desku a komunikuje s PC přes rozhraní RS232. Mezi sebou komunikují jednotky na sběrnici CAN-open. Dále se na desce nachází tři snímače otáček. Indukční snímač, optická závora, reflexní optická závora všechny tři neustále snímají otáčky a vysílají je na multiplexor. Aktivace jednotlivých snímačů je signalizována třemi led diodami.

6.1 PRÁCE SE ZAŘÍZENÍM

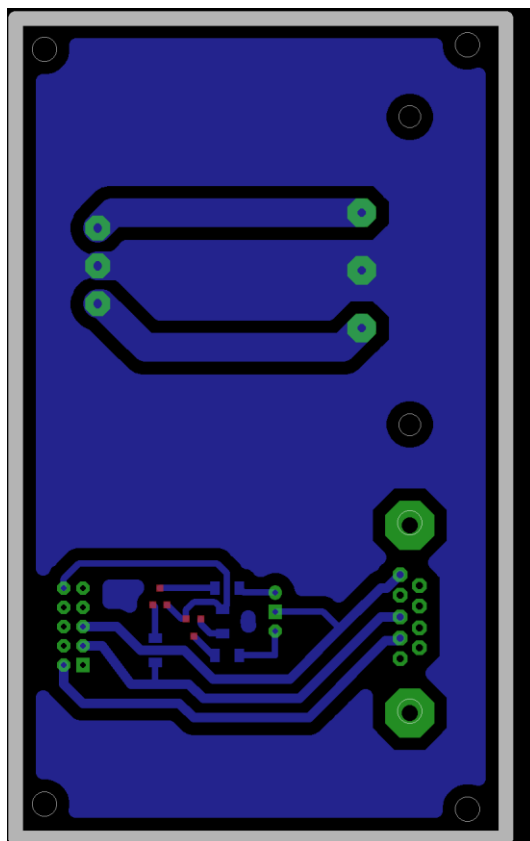
1. Přivedeme síťové napájení.
2. Připojíme zařízení k PC pro komunikaci s EPOS.
3. Aktivujeme zařízení síťovým spínačem.
4. Pomocí návodu **5.6 Práce s Epos User Interface** aktivujeme komunikaci s Motory.
5. Pomocí návodu 5.8 Automatické nastavení regulátoru (pro ověření funkce není nutné)
6. Pomocí návodu 5.9.1 Velocity mod a Profil Velocity mod nastavíme otáčky např. 330
7. Vybereme jeden ze snímačů tlačítka na desce uP pro motor NODE2 tlačítko 1 a 2 (Tlačítko 1 pro optickou závorku [Led1] tlačítko 2 pro reflexní optickou závorku[Led2]). Pro motor NODE1 tlačítko tři Indukční optická závorka [Led3]

7. PŘÍLOHY

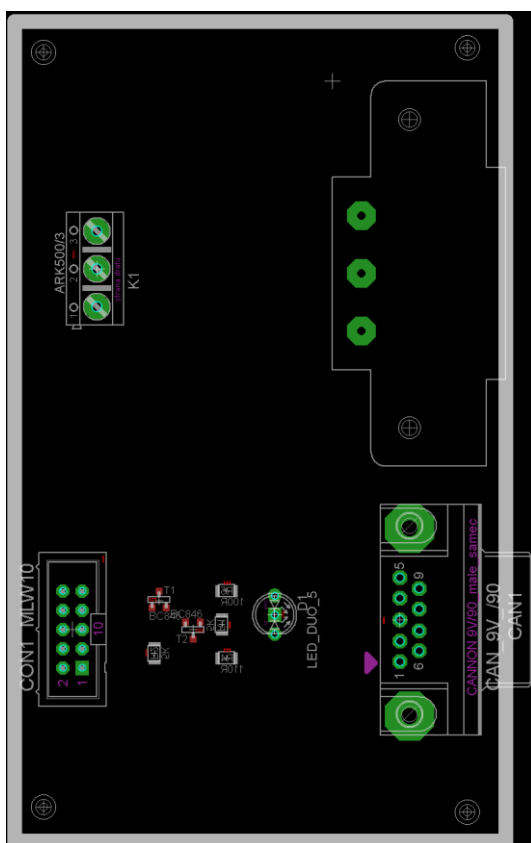
7.1.1 DESKA VSTUPŮ



Obrázek 38: Schéma desky vstupů

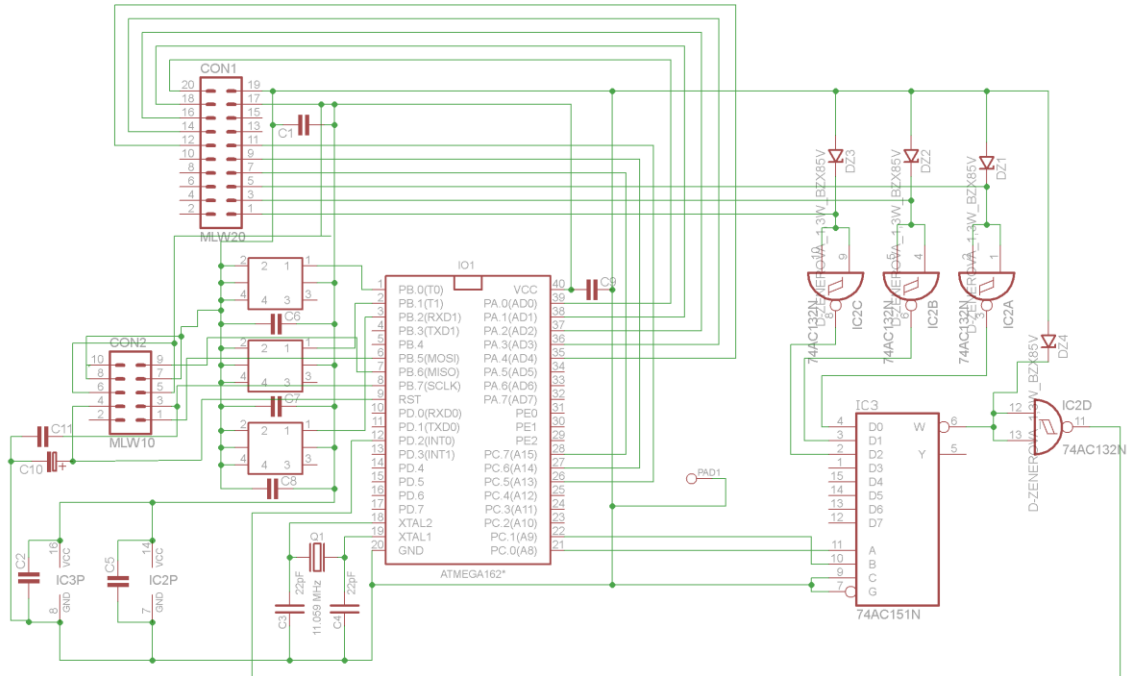


Obrázek 40 : Předloha desky vstupů 1:1

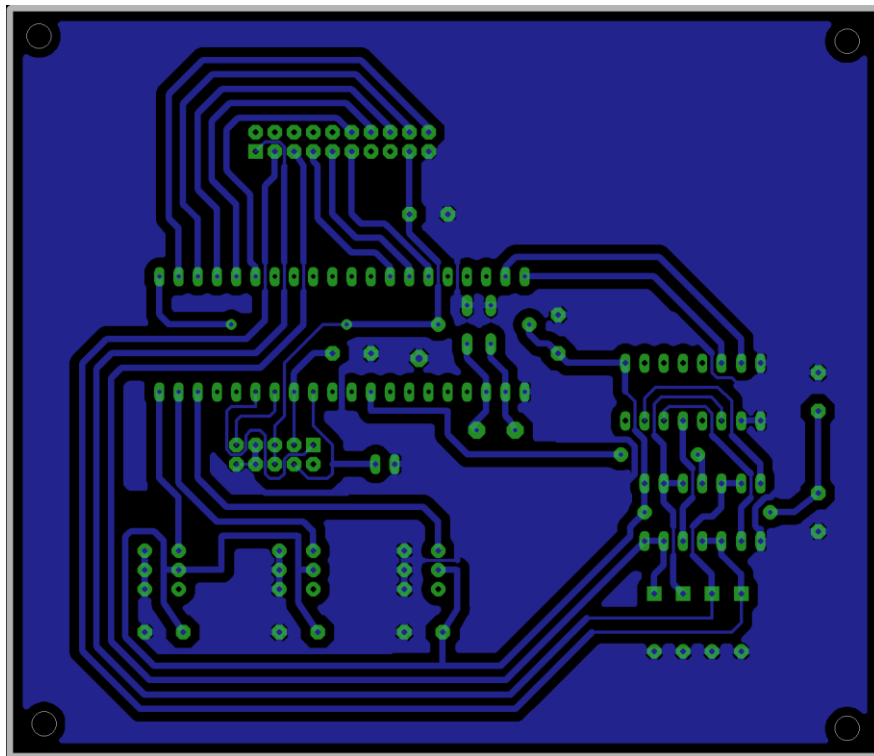


Obrázek 41 : Osazovací plan desky vstupu 1:1

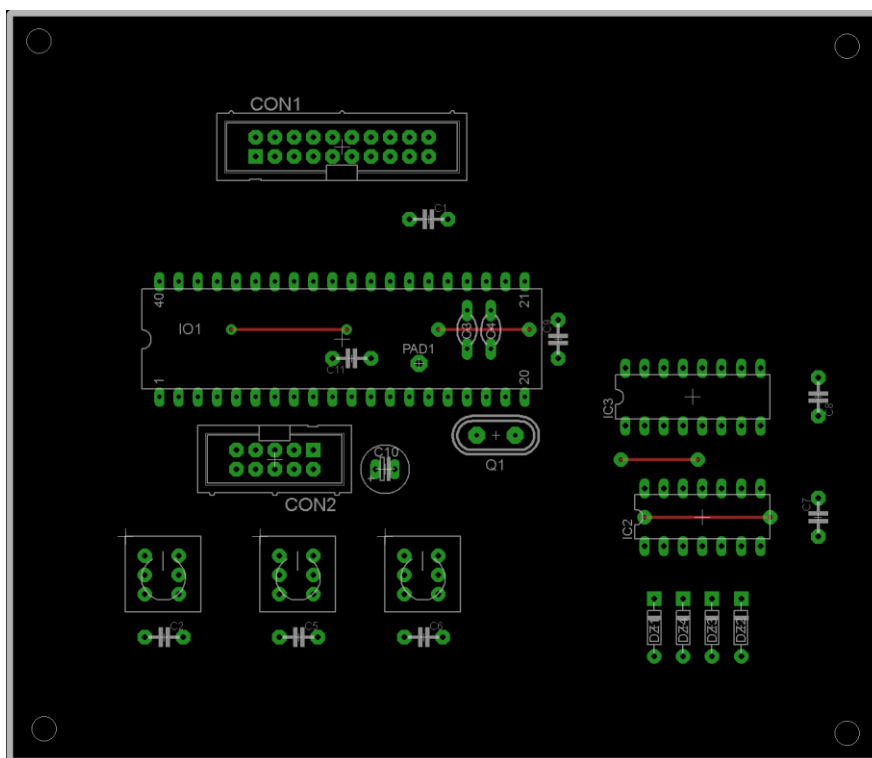
7.1.2 DESKA MIKROPROCESORU



Obrázek 42: Schéma desky mikroprocesoru

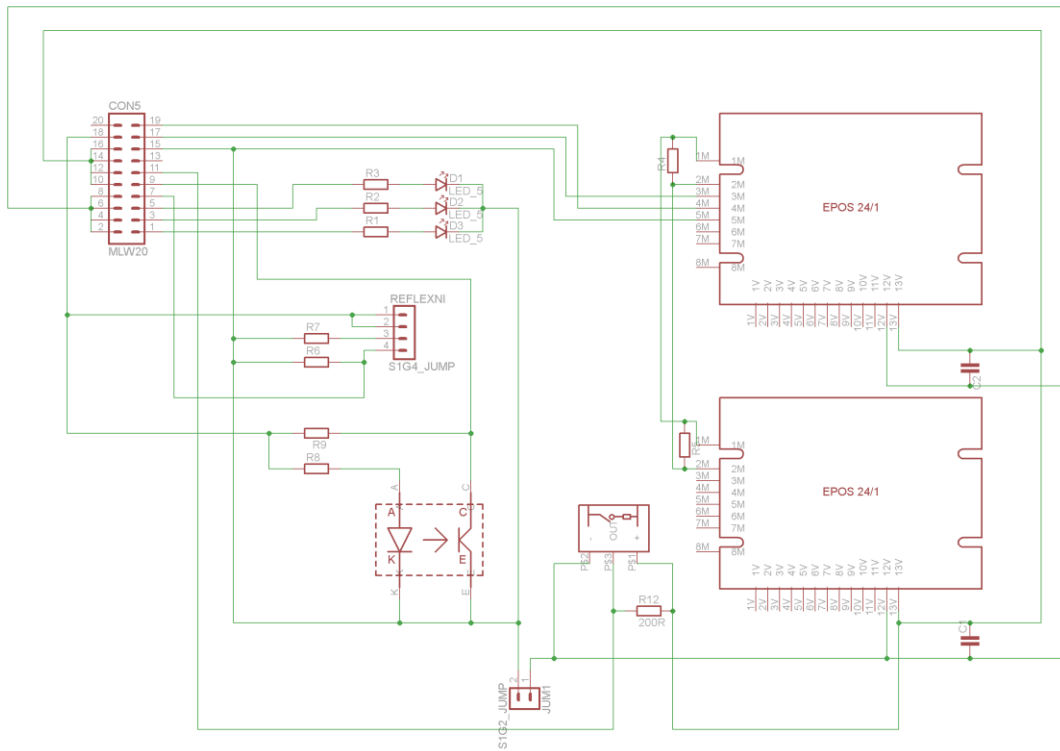


Obrázek 43 : Předloha desky mikroprocesoru 1:1

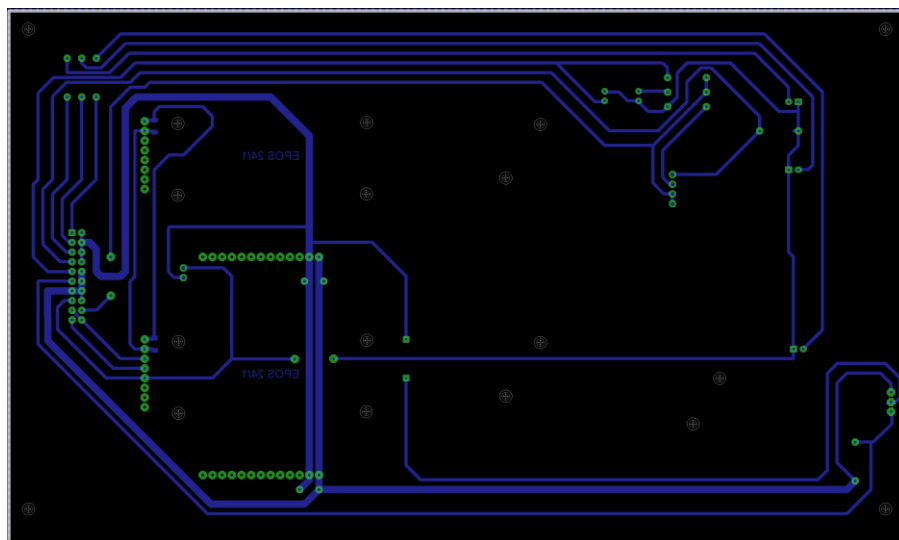


Obrázek 44 : Osazovací plan desky mikroprocesoru 1:1

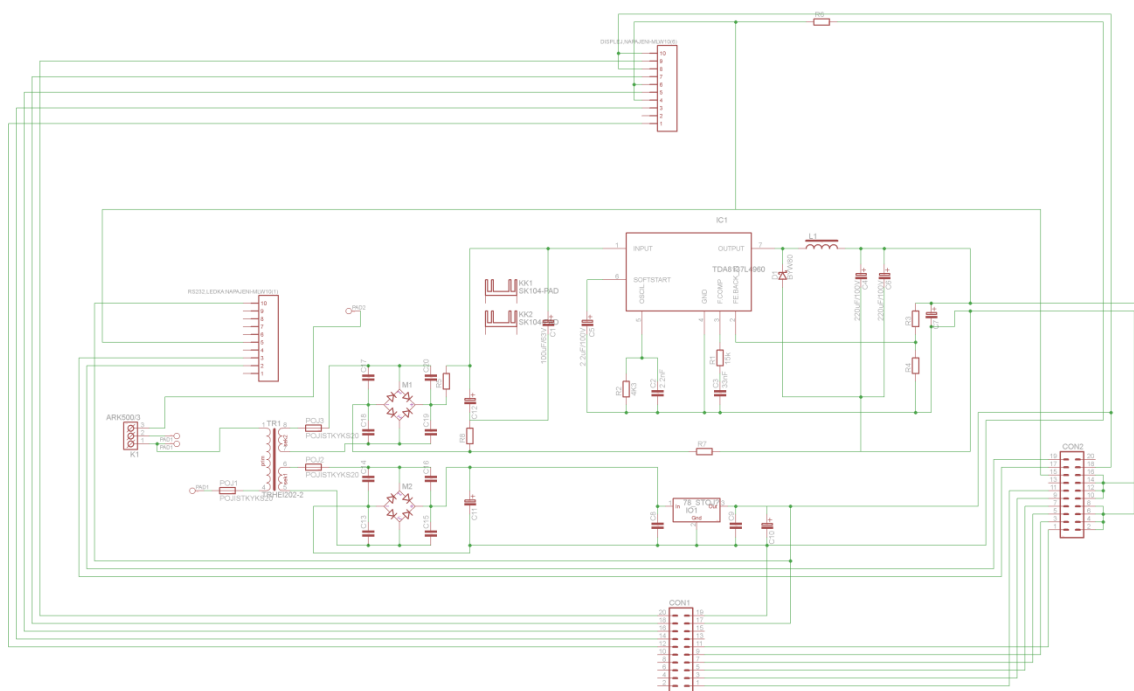
7.1.3 DESKA MOTORŮ



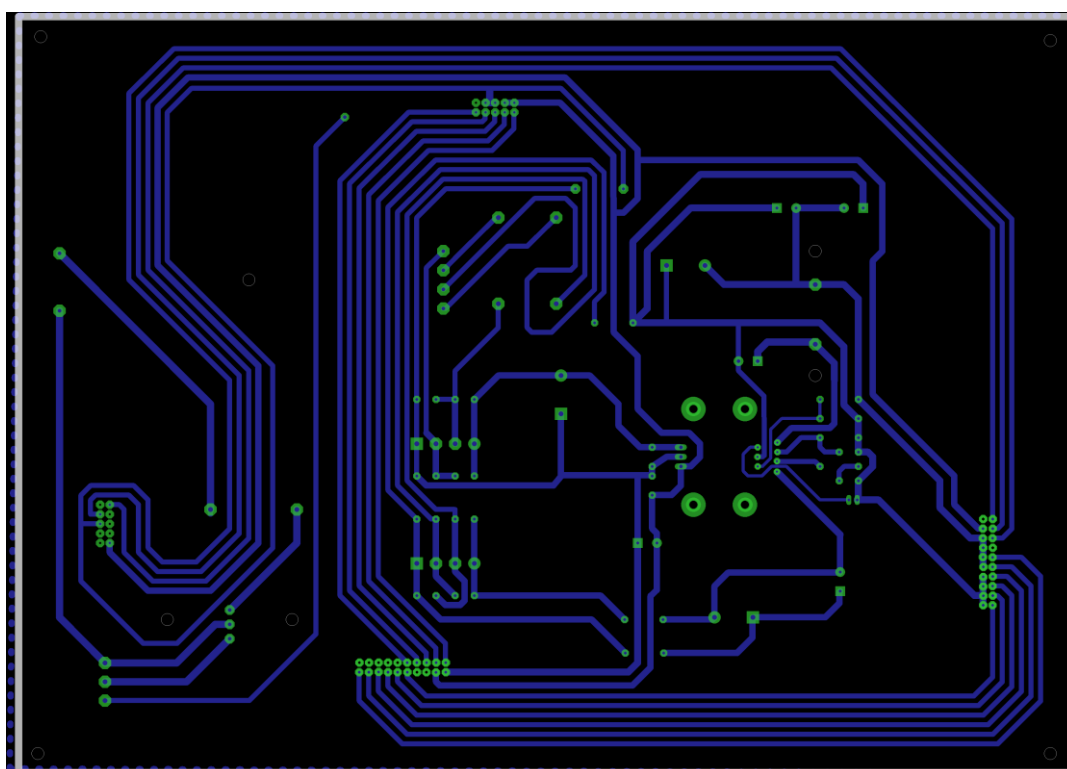
Obrázek 45: Schéma desky motorů



Obrázek 46 : Předloha desky motorů 2:1



Obrázek 48 : Schéma desky zdroje

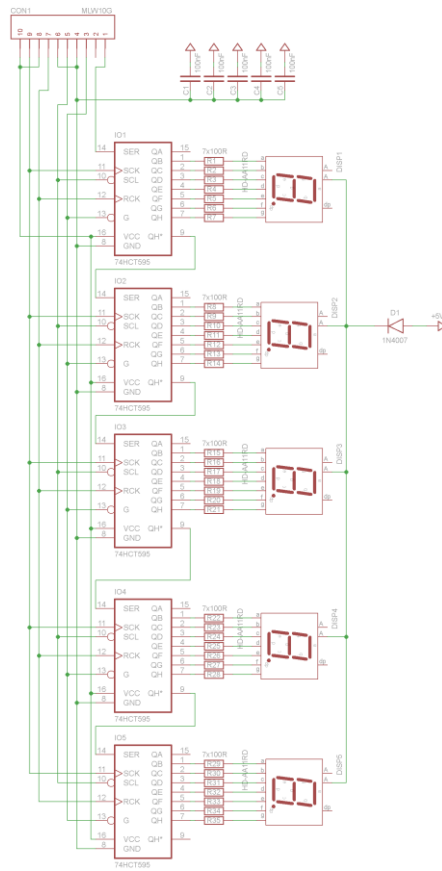


Obrázek 49: Předloha desky zdroje 2:1

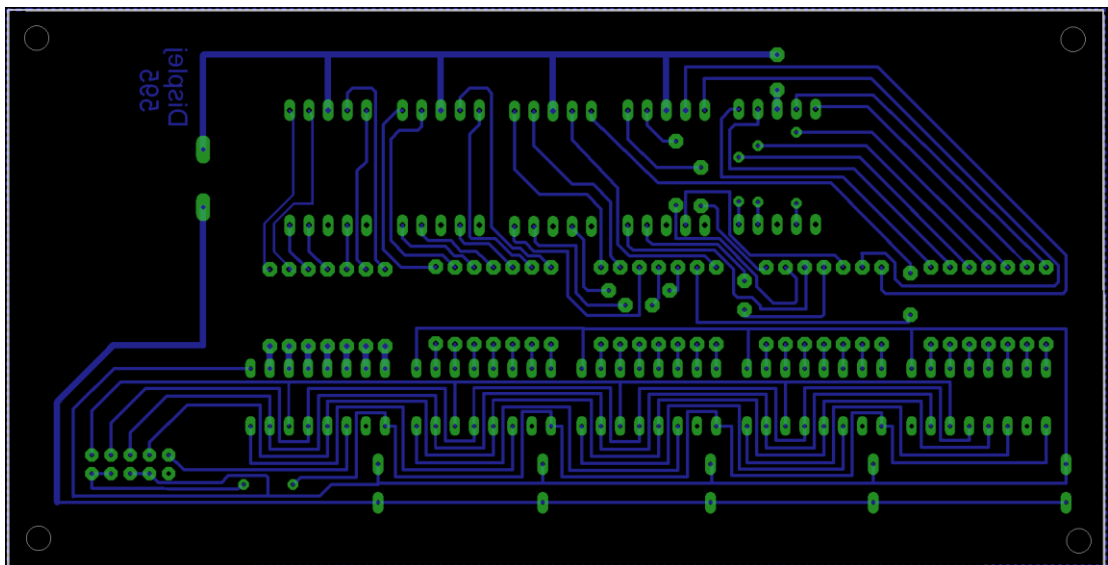


Obrázek 50 : Osazovací plan desky zdroje 1:1

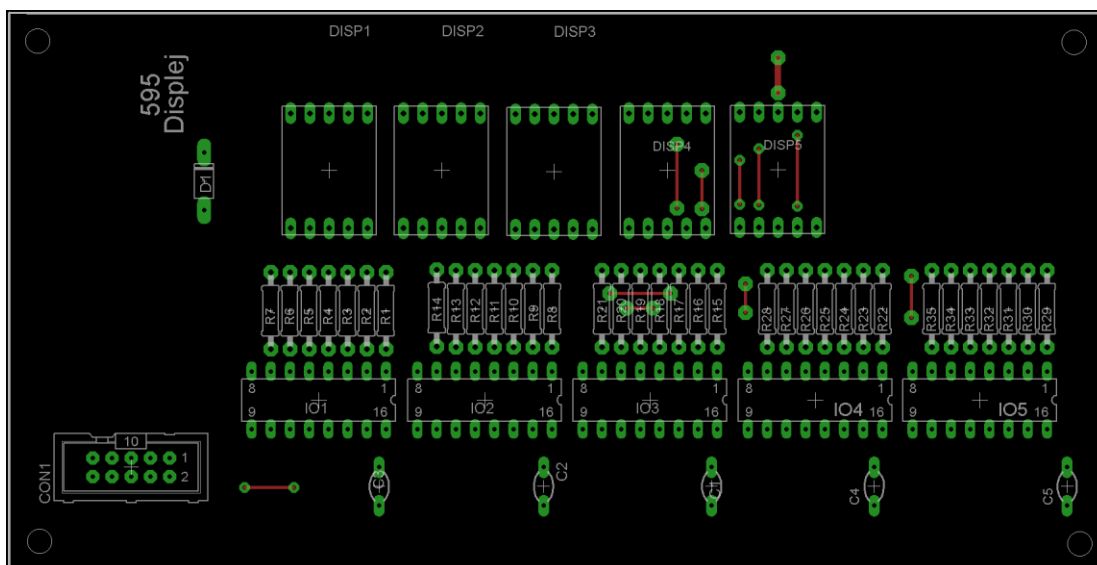
7.1.5 DESKA DISPLEJE



Obrázek 51 : Schéma desky displeje

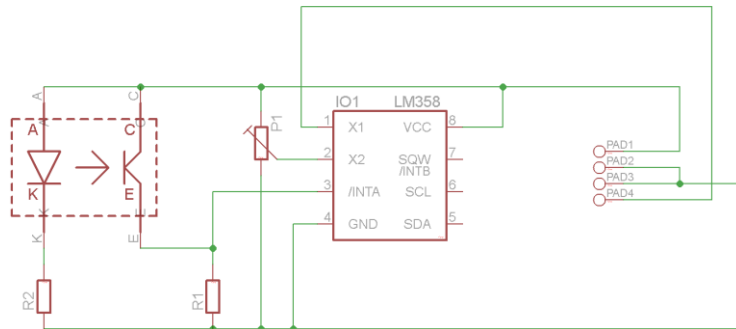


Obrázek 52 : Předloha desky displeje

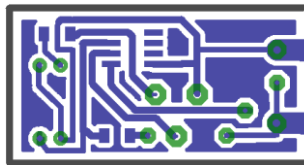


Obrázek 53 : Osazovací plán desky displeje 1:1

7.1.6 DESKA OPTICKÉ ZÁVORY



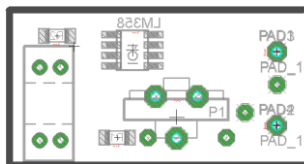
Obrázek 54 : Schéma desky optické závory



Obrázek 55 : Předloha desky optické závory strana TOP 1:1

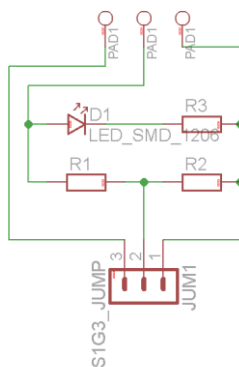


Obrázek 56 : Předloha desky optické závory strana BOTTOM 1:1



Obrázek 57 : Osazovací plán desky optické závory 1:1

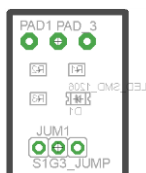
7.1.8 DESKA INDUKČNÍHO ČIDLA



Obrázek 62 : Schéma desky indukčního čidla



Obrázek 63 : Předloha desky indukčního čidla 1:1



Obrázek 64 : Předloha plán desky indukčního čidla

ZÁVĚR

Elektrické pohony jsou tahounem dnešní industriální doby. Motory v jakékoliv podobě dnes najdeme v každé oblasti lidské činnosti zde na zemi i mimo ni. Stejně tak snímače i řídicí systémy v podobě mikroprocesorů se nachází ve velké spoustě lidských výrobků. Hlavním smyslem této práce je předvést studentům praktické obvodové zapojení s využitím těchto komponent a umožnit jim vyzkoušet si nastavit základní parametry regulačního obvodu, seznámit se z praktických využití, vlastnostmi snímačů a zpracováním digitálních signálů mikroprocesorem a podpůrnými obvody.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

Ing. BROŽ, Václav. Od analogového k číslicovému řízení malých motorů. *Automa* [online]. 2005, 08, [cit. 2011-04-07]. Dostupný z WWW: <http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=30671>.

Atmel Corporation. *AVR 8-Bit RISC*. [online]. 2006 – [cit.2011-04-07] Dostupné z WWW: <<http://www.atmel.com/products/avr/>>

doc. Ing. SINGULE, Vladislav, CSc.,. Vlastnosti a použití mikromotorů. *Automa* [online]. 2008, 03, [cit. 2011-03-07]. Dostupný z WWW: <http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=36910>.

Ing. HNÍZDIL, Jiří. Vlastnosti a použití mikromotorů. *Automa* [online]. 2006, 01, [cit. 2011-03-07]. Dostupný z WWW: <http://www.uzimex.cz/soubory/20060628_tt_2006-serial-epos.pdf>.

[5] Ing. ENDLER, Patrik. Programovatelný regulátor polohy, rychlosti a momentu pro stejnosměrné motory a sběrnici CAN. *TechPark* [online]. 2006, 01, [cit. 2011-03-07]. Dostupný z WWW: <<http://www.techpark.sk/technika-4-2009/programovatelny-regulator.html>>.

Ing. HAVLÁT, Ladislav. Vlastnosti a použití mikromotorů. *Winide51* [online]. 2007, 00, [cit. 2011-03-07]. Dostupný z WWW: <<http://winide51.wz.cz/downloads/avr/atmega162.pdf>>.

CADSOFT. *Editor plošných spojů EAGLE*. [online]. [cit. 2011-03-07]. Dostupné z WWW: <<http://www.eagle.cz/>>

74HCT595. *8bit serial in, serial or parallel out shift register* [online]. 2010 – [cit. 2011-03-07] Dostupné z WWW:<http://www.nxp.com/documents/data_sheet/74HC_HCT595.pdf>

FCC Průmyslové systémy s. r. o. . Indukční čidla přiblížení do zvláštního prostředí. *Elektro* [online]. 2003, 02, [cit. 2011-03-07]. Dostupný z WWW:<http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=25317>.

ZDENĚK, Hammer. Všechny smysly pohromadě. *Elektro* [online]. 2005, 12, [cit. 2011-03-07]. Dostupný z WWW: <<http://www.automatizace.cz/article.php?a=993>>.

[11] *LTH301-07*. . : LITEON, 2007. 5 s. ISSN dostupno z WWW: <<http://www.electronplus.sk/prilohy/lth301.pdf>>.

[12]Van Ooijen Technische Informatica [online]. 2007 [cit. 2011-03-09]. Van Ooijen Technische Informatica. Dostupné z WWW: <<http://www.voti.nl/shop/catalog.html?IC-CNY70>>.

[13]Modelová železnice a elektronika [online]. 2004 [cit. 2011-03-09]. Optoelektronické snímače pro kolejiště . Dostupné z WWW: <<http://www.mtbbus.cz/basic/infra2.htm>>.

[14]Coptel.cz [online]. 2010 [cit. 2011-03-09]. Automatizace. Dostupné z WWW: <<http://coptel.coptkm.cz/index.php?action=2&doc=9224&instance=1>>.

[15]CNCshop.cz [online]. 2009 [cit. 2011-03-09] . Indukční snímače . Dostupné z WWW: <<http://www.cncshop.cz/lm8-indukcni-snimac-m8x1>>.

[16]Voho.cz[online]. 2008 [cit. 2011-03-09]. Hardware. Dostupné z WWW: <<http://voho.cz/wiki/hardware/>>.

[17]Datasheetdir.com[online]. 2008 [cit. 2011-03-09]. ATmega162. Dostupné z WWW: <<http://www.datasheetdir.com/ATMEGA162-16MU+AVR-microcontrollers>>.

[18]Uzimex.cz [online]. 2009 [cit. 2011-03-09]. A-max. Dostupné z WWW: <<http://ww.uzimex.cz/Sortiment/Elektricke-pohony/maxon-motor-ag/Motory-DC/Rada-A-max.html>>.

[19]Uzimex.cz [online]. 2009 [cit. 2011-03-09]. EC-max. Dostupné z WWW: <<http://ww.uzimex.cz/Sortiment/Elektricke-pohony/maxon-motor-ag/Valcove-motory-EC/Rada-EC-max.html>>.

[20]Uzimex.cz [online]. 2009 [cit. 2011-03-09]. EPOS 24/1. Dostupné z WWW: <<http://www.uzimex.cz/Sortiment/Elektricke-pohony/maxon-motor-ag/Rizeni/EPOS-24-1.html>>.

Seznam součástek desky zdroje		
R1	15K	Rezistor
R2	4K3	Rezistor
R3	4K7	Rezistor
R4	6K2	Rezistor
R5	0R	Propojka
R6	0R	Propojka
R7	0R	Propojka
R8	0R	Propojka
C1	100uF/63V	Elektrolytický kondenzátor
C2	2n2	Keramický kondenzátor
C3	33n	Keramický kondenzátor
C4	220uF/63V	Elektrolytický kondenzátor
C5	Neosazen	
C6	220uF/63V	Elektrolytický kondenzátor
C7	4700uF/50V	Elektrolytický kondenzátor
C8	100nF	Keramický kondenzátor
C9	100nF	Keramický kondenzátor
C10	4700uF/50V	Elektrolytický kondenzátor
C11	4700uF/35V	Elektrolytický kondenzátor
C12	4700uF/35V	Elektrolytický kondenzátor
C13	100nF	Keramický kondenzátor
C14	100nF	Keramický kondenzátor
C15	100nF	Keramický kondenzátor
C16	100nF	Keramický kondenzátor
C17	100nF	Keramický kondenzátor
C18	100nF	Keramický kondenzátor
C19	100nF	Keramický kondenzátor
C20	100nF	Keramický kondenzátor
L1	DPU150A5	Tlumivka
D1	BYW80	Schotkyho dioda
IC1	L4960	Spínaný stabilizátor
IO1	78S05	Stabilizátor
POJ1	T500L250V	Pojistka
POJ2	F6,3A/250V	Pojistka
POJ3	F6,3A/250V	Pojistka
TR1	55120-P1S2	Transformátor
M1	KBU8M	Gretzuv usměrňovač
M2	KBU8M	Gretzuv usměrňovač
K1	ARK500/3	ARK svorky
CON1	MLW20	Konektro MLW
CON2	MLW20	Konektro MLW
CON3	MLW10	Konektro MLW
CON4	MLW10	Konektro MLW

Tabulka 7 : Seznam součástek desky zdroje

Seznam součástek desky vstupů		
R1	5K	Rezistor
R2	5K	Rezistor
R4	110R	Rezistor
R5	100R	Rezistor
D1	LED_DUO	Dvojitá led dioda
T1	BC846	Tranzistor
T2	BC846	Tranzistor
CON1	MLW10	Konektro MLW
CAN1	CAN9V	Konektor CAN RS232
K1	ARK500/3	Svorky ARK

Tabulka 8 : Seznam součástek desky vstupů

Seznam součástek desky mikroprocesoru		
C1	100n	Keramický kondenzátor
C2	100n	Keramický kondenzátor
C3	22p	Keramický kondenzátor
C4	22p	Keramický kondenzátor
C5	100n	Keramický kondenzátor
C6	100n	Keramický kondenzátor
C7	100n	Keramický kondenzátor
C8	100n	Keramický kondenzátor
C9	100n	Keramický kondenzátor
C10	1uF/50V	Elektrolytický kondenzátor
ZD1	5V1	Zenerova dioda
ZD2	5V1	Zenerova dioda
ZD3	5V1	Zenerova dioda
ZD4	5V1	Zenerova dioda
IO1	ATmega162	Mikroprocesor
IO2	74HC132	4X 2 vstupý NAND Schmittov klopný obvod
IO3	74HC151	8 vstupý multiplexer
Q1	12.000MHZ	Krystalový oscilátor
CON1	MLW20	Konektor MLW
CON2	MLW10	Konektor MLW
S1	PB61413L-501	Podsvícené tlačítko
S2	PB61413L-501	Podsvícené tlačítko
S3	PB61413L-501	Podsvícené tlačítko

Tabulka 9 : Seznam součástek desky mikroprocesoru

Seznam součástek desky motorů		
R1	180R	Rezistor
R2	180R	Rezistor
R3	180R	Rezistor
R4	Neosazen	
R5	Neosazen	
R6	Neosazen	Neosazen
R7	Neosazen	
R8	0R	Propojka
R9	0R	Propojka
R10	Neosazen	
R11	Neosazen	
R12	Neosazen	
C1	100n	Keramický kondenzátor
C2	100n	Keramický kondenzátor
JUM1	JUM 2X	Jumper
EPOS	EPOS24/1	Driver motoru
EPOS	EPOS24/1	Driver motoru
CON5	MLW20	Konektro MLW

Tabulka 10 : Seznam součástek desky motorů

Seznam součástek desky displeje		
R1	270R	Rezistor
R2	270R	Rezistor
R3	270R	Rezistor
R4	270R	Rezistor
R5	270R	Rezistor
R6	270R	Rezistor
R7	270R	Rezistor
R8	270R	Rezistor
R9	270R	Rezistor
R10	270R	Rezistor
R11	270R	Rezistor
R12	270R	Rezistor
R13	270R	Rezistor
R14	270R	Rezistor
R15	270R	Rezistor
R16	270R	Rezistor
R17	270R	Rezistor
R18	270R	Rezistor
R19	270R	Rezistor
R20	270R	Rezistor
R21	270R	Rezistor
R22	270R	Rezistor
R23	270R	Rezistor
R24	270R	Rezistor
R25	270R	Rezistor
R26	270R	Rezistor
R27	270R	Rezistor
R28	270R	Rezistor
R29	270R	Rezistor
R30	270R	Rezistor
R31	270R	Rezistor
R32	270R	Rezistor
R33	270R	Rezistor
R34	270R	Rezistor
R35	270R	Rezistor
C1	100n	Keramický kondenzátor
C2	100n	Keramický kondenzátor
C3	100n	Keramický kondenzátor
C4	100n	Keramický kondenzátor
C5	100n	Keramický kondenzátor
DISP1	SA56-11EWA	Sedmisegmentový displej
DISP2	SA56-11EWA	Sedmisegmentový displej
DISP3	SA56-11EWA	Sedmisegmentový displej
DISP4	SA56-11EWA	Sedmisegmentový displej
DISP5	SA56-11EWA	Sedmisegmentový displej
IO1	74HC595	Posuvný registr
IO2	74HC595	Posuvný registr
IO3	74HC595	Posuvný registr
IO4	74HC595	Posuvný registr
IO5	74HC595	Posuvný registr

Seznam součástek desky optického reflexního čidla		
R1	10k	Rezistor
R2	220R	Rezistor
C1	CNY70	Optické reflexní čidlo
JUMP1	4X	Jumper
IO1	LM358	Operační zesilovač
P1	10k	Trimr

Tabulka 11 : Seznam součástek desky optického reflexního čidla

Seznam součástek desky optické závory		
R1	10K	Rezistor
R2	220R	Rezistor
C1	LTH301-07	Optická závora
IO1	LM358	Operační zesilovač
JUMP1	2X	Jumper
JUMP2	2X	Jumper
P1	10K	Trimr

Tabulka 12 : Seznam součástek desky optické závory

Seznam součástek desky indukčního čidla		
R1	470R	Rezistor
R2	430R	Rezistor
R3	470R	Rezistor
D1	Zelená	SMD Led dioda
JUMP1	2X	Jumper

Tabulka 13 : Seznam součástek desky indukčního čidla