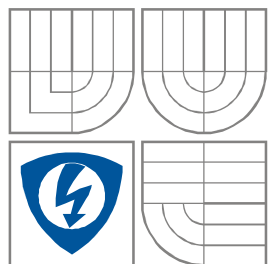


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH  
TECHNOLOGIÍ

ÚSTAV RADIOELEKTRONIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION  
DEPARTMENT OF RADIO ELECTRONICS

# AUTONOMNÍ POZICIONÉR ŘÍZENÝ MIKROKONTROLÉREM

INDEPENDEND POSITIONER CONTROLLED BY MICROCONTROLLER

BAKALÍŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

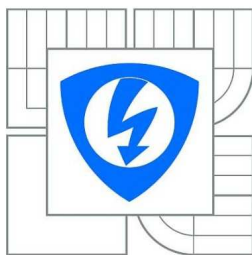
AUTHOR

TOMÁŠ BORDOVSKÝ

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. JIŘÍ ŠEBESTA, Ph.D.



VYSOKÉ UČENÍ  
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky  
a komunikačních technologií

Ústav radioelektroniky

# Bakalářská práce

bakalářský studijní obor  
Elektronika a sdělovací technika

**Student:** Tomáš Bordovský

**ID:** 115154

**Ročník:** 3

**Akademický rok:** 2010/2011

## NÁZEV TÉMATU:

**Autonomní pozicionér řízený mikrokontrolérem**

## POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Provedte rozbor systému pro automatické natáčení ve dvou osách pro antény nebo dalekohledy s vysokou přesností určení směru. Provedte rozbor vhodných čidel pro měření směru, kalibraci a způsob zajištění přesného času. Na základě rozboru proveďte návrh elektronické části systému včetně desek plošných spojů. Navržený poziční systém sestavte a otestujte jeho základní funkčnost. Sestavte řídicí program pro mikrokontrolér a aplikační rozhraní pro PC a odladte je. Provedte soubor testovacích měření a vyhodnoťte parametry zařízení.

## DOPORUČENÁ LITERATURA:

[1] VÁŇA, V. Programování v jazyce C. Praha: BEN - technická literatura, 2006.

[2] MATOUŠEK, D. Práce s mikrokontroléry ATMEL AVR ATmega16. Praha: BEN - technická literatura, 2006.

**Termín zadání:** 7.2.2011

**Termín odevzdání:** 27.5.2011

**Vedoucí práce:** doc. Ing. Jiří Šebesta, Ph.D.

**prof. Dr. Ing. Zbyněk Raida**

*Předseda oborové rady*

## UPOZORNĚNÍ:

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

## **ABSTRAKT**

Tato bakalářská práce se zabývá rozbořem a návrhem autonomního natáčecího zařízení s vysokou přesností pro hvězdářský dalekohled či jiný prvek. I když na trhu již obdobná zařízení jsou, nejsou však většinou z finančního hlediska dostupná širší veřejnosti. Užití tohoto zařízení je hlavně v astronomii, radioamatérském vysílání, robotice či k optimálnímu natáčení solárních panelů.

V tomto dokumentu je rozebrána problematika konstrukce, podmínky pro získání vhodných výsledků a zvolena optimální volba zapojení. Dále jsou zde uvedena kompletní schémata zapojení, desky plošných spojů, fotografie zařízení a uvedení do problematiky oživení a ovládání zařízení.

## **ABSTRACT**

The project is focused on an analysis and design of an autonomous positioning system with high precision for an astronomical telescope or another device. Although, there are already such devices in the market, so they are too expensive for common people. These systems are used in the astronomy, radio-amateur communication and robotics or for optimum positioning of the solar panel.

In this paper, requirements on construction of system working in wide range of conditions, electronic subsystems, control algorithms, and calibration method are analyzed. There are also complete circuit diagrams and printed circuit boards, also the built-up parts of the positioner are presented.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Pozicionér, sledování objektů, natáčení

## **KEY WORDS**

Positioning system, tracking methods, object aiming

## **BIBLOGRAFICKÁ CITACE**

BORDOVSKÝ, Tomáš. *Autonomní pozicionér řízený mikrokontrolérem*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektroniky a komunikačních technologií. Ústav radioelektroniky, 2011. 28 s., 44 s. příloh. Bakalářská práce. Vedoucí práce: doc. Ing. Jiří Šebesta, Ph.D.

## **PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma Autonomní pozicionér řízený mikrokontrolérem jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce doc. Ing. Jiřího Šebesty, Ph.D. a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

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

V Brně dne 27. května 2011

.....

Tomáš Bordovský

## **PODĚKOVÁNÍ**

Děkuji vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Jiřímu Šebestovi, Ph.D. za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé bakalářské práce.

V Brně dne 27. května 2011

.....

Tomáš Bordovský

## Obsah

Úvod.....	7
1 Rozbor zadání.....	7
1.1 Možnosti natáčení ve dvou osách.....	7
1.1.1 Paralaktická montáž .....	7
1.1.2 Azimutální montáž .....	7
1.2 Způsoby kalibrace .....	7
1.2.1 Kalibrace pomocí polárního hledáčku.....	7
1.2.2 Kalibrace driftovou (Scheinerovou) metodou.....	8
1.2.3 Kalibrace na známé objekty .....	8
1.3 Čidla pro určení polohy natočení .....	8
1.3.1 Mechanický inkrementální rotační snímač polohy .....	8
1.3.2 Mechanický absolutní rotační snímač polohy.....	9
1.3.3 Magnetický rotační snímač polohy .....	9
1.4 Zjištění přesného času .....	9
1.4.1 Zjištění času z DCF77 .....	9
1.4.2 Zjištění času z GPS .....	10
1.5 Volba pohonu .....	10
1.5.1 BLDC motor.....	10
1.5.2 DC motor.....	10
1.5.3 Krokový motor .....	10
1.6 Funkční popis vhodných komponent .....	12
1.6.1 GPS modul .....	12
1.6.2 Modul dálkové správy.....	12
1.6.3 Zobrazovací jednotka .....	13
2 Návrh zařízení .....	13
2.1 Dostupná zařízení a jejich parametry .....	13
2.2 Výběr koncepce zařízení .....	13
2.3 Blokové schéma zařízení.....	14
2.4 Řídicí jednotka .....	14
2.5 Připojení k PC pomocí USB.....	15
2.6 Připojení k PC pomocí Bluetooth.....	15
2.7 Ovládání pomocí „Hand Control“ .....	15
2.8 Ovládání na dálku.....	15
2.9 Ruční ovládání.....	16

2.10	GPS modul .....	17
2.11	LED display.....	17
2.12	LCD display .....	17
2.12.1	Návrh oscilátoru .....	18
2.13	Paměť .....	19
2.14	Řízení motorů.....	19
2.14.1	Řídicí obvod krokových motorů .....	19
2.15	Měření polohy natočení.....	20
2.16	Digitální kompas .....	21
2.17	Měření teploty .....	21
2.18	Měření napětí a proudů .....	22
2.19	Návrh vnitřních zdrojů napětí .....	22
2.20	Návrh desek plošných spojů.....	22
2.21	Požadavky na převodové ústrojí .....	23
3	Firmware .....	23
4	Realizace a testování .....	27
4.1	Dosažené parametry .....	27
4.2	Systémová rozšíření a úpravy .....	27
5	Závěr.....	27
6	Seznam literatury.....	28
	Přílohy .....	34

# Úvod

Sledování objektů na noční obloze patří již od prastarých dob k tajuplným činnostem s mnoho záhadami. Schopnost určit a přesně zaměřit hvězdy byla velice ceněna. Díky těmto poznatkům byly vynalezeny navigační přístroje pro mořeplavby a jiné.

V dnešní době máme k dispozici mnoho navigačních přístrojů, avšak většina z nich jsou určeny především pro průmyslové či vojenské užití, ale civilní odborné veřejnosti jsou většinou, ať už z finančních, kvalitativních či jiných důvodů, nedostupná. A proto jsem se rozhodl pro vlastní konstrukci autonomního zařízení za účelem stálého pozorování objektů noční oblohy.

Aby byly dosažené výsledky uspokojivé, musí se brát v první řadě ohled na přesnost a z hlediska užití i na odolnost celého zařízení. Zařízení by tedy mělo umět samo provést veškeré úkony pro určení a natočení se na uživatelem definovaný cíl. S ohledem na přesnost výpočtu, bude zapotřebí kalibrovat polohu zařízení jak ve směru k definovanému bodu (Severní pól planety Země), tak rovněž samotnou polohu na planetě. Jelikož může být zařízení umístěno mimo běžně dostupná místa či na místa s charakterem zvýšeného nebezpečí úrazu (střechy domů), tak bude nutno zařízení dálkově ovládat.

## 1 Rozbor zadání

### 1.1 Možnosti natáčení ve dvou osách

Abychom mohli natáčet zařízení ve směru k obloze, potřebujeme se pohybovat ve dvou osách. Pro takovéto zařízení existují dva druhy montáží. Montáž Paralaktická a montáž Azimutální – viz [5].

#### 1.1.1 Paralaktická montáž

Paralaktická montáž využívá šikmé osy planety Země. Jedna osa je tedy rovnoběžná s imaginární osou planety (tzv. polární osa) a druhá osa montáže je kolmá k ose první (tzv. osa deklinační). U takto sestavené montáže nám poté stačí přesně nastavit polární osu a k sledování objektu (hvězdy) již pouze otáčet podél osy deklinační. Tento způsob tak přináší výhodu plynoucí z jednodušší konstrukce a řízení otáčení jen podél jedné osy.

#### 1.1.2 Azimutální montáž

U azimutální montáže je jedna osa vodorovná a druhá osa svislá. Natáčený předmět se poté umístí ve vodorovném směru ke svislé ose. Oproti paralaktické montáži musíme při sledování stejného objektu natáčet obě osy zároveň, což je více náročné na řízení a přesnost.

## 1.2 Způsoby kalibrace

### 1.2.1 Kalibrace pomocí polárního hledáčku

U některých montáží můžeme v jejich polární ose najít hledáček – malý dalekohled, který má v obrazové rovině umístěno stínítko se známým záměrným obrazcem. Na tomto obrazci je většinou vyobrazena Polárka a poloha sousedních hvězd. Při kalibraci ustavíme montáž do přibližné vodorovné polohy. Pomocí mechanismů pro seřízení dále provádíme korekci tak, aby nám co nejvíce vyznačených poloh hvězd na obrazci v hledáčku splývalo s hvězdami na obloze. Takto seřízenou montáž stačí jen zajistit v ustálené poloze. Více viz [6].

### 1.2.2 Kalibrace driftovou (Scheinerovou) metodou

Tato metoda, vypracovaná panem Scheinerem [6], předpokládá, že po hrubém nastavení polární osy paralaktické montáže míří osa ve skutečnosti jinam, než na severní pól. Takto vzniklou chybu je možno rozdělit na složku chyby polární osy v azimutu a složku chyby sklonu polární osy. Chyba kalibrace polární osy se projeví zdánlivou změnou deklinace hvězd. Pro rychlost této změny odvodil Scheiner následující vztah:

$$\frac{d(\Delta\delta)}{\Delta t} = \Delta\varphi \sin(t) + \Delta A \cos(\varphi) \cdot \cos(t) \quad (1)$$

kde  $t$  je hodinový úhel měřený od místního poledníku,  $\Delta\delta$  je měřená veličina,  $\Delta A$  je chyba polární osy v azimutu,  $\Delta\varphi$  je chyba sklonu polární osy a  $\varphi$  je zeměpisná šířka pozorovacího místa. Ze vztahu vyplývá, že chyba polární osy v azimutu se projeví nejvíce při  $t \rightarrow 0$  a naopak chyba sklonu polární osy bude největší poblíž krajních poloh, tedy východním nebo západním obzorem. Dále dle [6] provedeme ustavení paralaktické montáže.

### 1.2.3 Kalibrace na známé objekty

Montáž hrubě nastavíme do definované, kalibrované polohy (severní pól). Z této polohy jej nastavíme (nebo necháme automaticky nastavit) na známou hvězdu. Jemným doladěním pozice pak přesně zaměříme daný objekt. Novou hodnotu poté můžeme použít pro korekci všech výpočtů. Zaměřením na další hvězdy se dá dosáhnout vyšší přesnosti. Takováto korekce je ze všech způsobů nejjednodušší a vzhledem k výpočtům dnes prováděným prostřednictvím počítačů odpadá následně složitě korigování polohy. Navíc se tímto způsobem dá eliminovat chyba převodového soukolí montáže a při použití inteligentní elektroniky může být tato kalibrace zcela automatická.

## 1.3 Čidla pro určení polohy natočení

Na správné volbě čidel závisí nejdůležitější parametr zařízení – přesnost. Budeme-li chtít pozorovat hvězdy v reálném čase a pořizovat jejich záznam, tak se musí pozicionér natáčet stejnou rychlostí, jako je rychlost otáčení Země – tedy přibližně 15"/sec. Abychom mohli vyhovět této přesnosti, musíme snímat absolutní polohu minimálně v 17bit rozlišení. Čidla s vysokým rozlišením jsou však velice nákladná, a proto bude výhodnější měřit zároveň absolutní polohu rotoru pohonné jednotky a také absolutní polohu natočení celého zařízení za převodovkou. V případě užití pohonné jednotky s definovaným krokem a známého převodového poměru převodovky, by stačilo užít jen jedno čidlo na rotoru motoru, v případě počítání kroku není potřeba čidlo žádné. Avšak v případě, že by došlo k nežádoucímu stavu a hřídel motoru by byla pootočená mimo definovaný stav, tak by mohlo dojít k zanesení chyby. Tento stav může nastat rovněž při vypnutém napájení, kdy může dojít k pootočení vlivem externí síly, a proto jsou zapotřebí čidla dvě. V případě použití dvou čidel je také možné minimalizovat periodickou chybu daného pozicionéru.

### 1.3.1 Mechanický inkrementální rotační snímač polohy

Inkrementální čidla patří mezi nejpoužívanější čidla pro určování polohy úhlového natočení. Využívají vnitřního zdroje a detektoru světla, mezi které je vložen optický disk. Optický disk má v sobě otvory, rozmístěné v kruhu, a je spojen s hřídeli snímače. Otáčením hřídele se otáčí i optický disk a detektor pak vyhodnocuje světlo nebo tmu způsobenou dírami v optickém disku. Optické disky bývají většinou několikařadové, přičemž každá řada má otvory rozmístěné jinak, a tak můžeme zkonstruovat čidlo, které má jeden signál posunut oproti druhému o 90°, což je výhodné k určení směru otáčení. V další stopě pak může být záznam o jedné otáčce apod. Více viz [7].

### 1.3.2 Mechanický absolutní rotační snímač polohy

Absolutní mechanický rotační snímač polohy pracuje na podobném principu, jako snímač inkrementální popsán v 1.3.1. Hlavním rozdílem je v použitém optickém disku, který je u absolutního snímače polohy několikařadový a aktuální poloha je zakódována v Grayově kódu. Díky tomu můžeme z tohoto typu snímače vyčíst vždy aktuální polohu natočení hřídele, jež zůstane zachována i po odpojení napájecího napětí.

### 1.3.3 Magnetický rotační snímač polohy

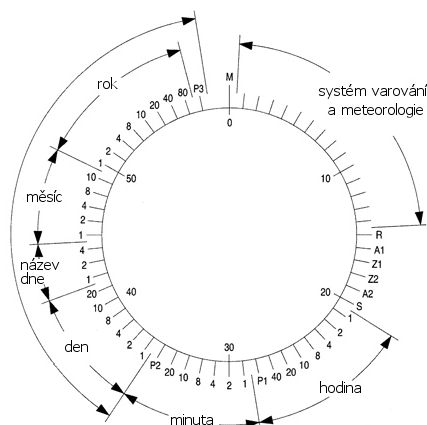
Magnetický rotační snímač polohy je integrovaný obvod, který má v sobě v kruhovém tvaru rozmístěny Hallové sondy. Rotačním pohybem vodorovně polarizovaného magnetu nad tímto obvodem vznikají uvnitř obvodu různá napětí generovaná Hallovými sondami, a pak je možno vyhodnotit aktuální polohu magnetu nad integrovaným obvodem. Tento magnet můžeme umístit sousose s měřeným rotačním předmětem a tím měřit jeho polohu natočení. V závislosti na počtu Hallových sond dostaneme odpovídající rozlišení určení polohy. Tento způsob měření je lákavý hlavně vzhledem k ceně a rozměrům čidla. Integrované obvody dále umožňují zabudování více funkcí do jednoho pouzdra – digitální komunikační protokoly, nastavení citlivosti či možnost naprogramovat nulovou polohu v jakékoliv pozici magnetu. Hlavní nevýhodou je, že výrobci zatím nejsou schopni integrovat dostatečný počet Hallových sond tak, aby magnetická čidla dosahovala stejného rozlišení, jako čidla mechanická. U magnetických čidel se dosahuje maximálního rozlišení 12bitů na jednu otáčku. Více viz [8].

## 1.4 Zjištění přesného času

Poloha všech planet je vůči pozorovateli závislá na čase a na poloze daného pozorovatele. Abychom mohli přesně zaměřovat hvězdy, musíme znát přesný čas. Jako světově přesný čas se považuje čas UTC, známý jako GMT nebo čas Zulu [9].

### 1.4.1 Zjištění času z DCF77

DCF77 [10] je zkratka vysílače dlouhých vln v Německu v Mainflingu poblíž Frankfurtu nad Mohanem. Vysílač vysílá na nosné frekvenci 77,5 kHz s dosahem přibližně 2000km. Údaje o čase jsou vysílány, až na malé výjimky, nepřetržitě. Třikrát do hodiny, v 19, 39 a 59 minutě je vysílána tónovou modulací 250 Hz, morseovou abecedou, identifikace vysílače. Časové údaje jsou, v sekundových intervalech, amplitudově modulovány. Začátek každé sekundy indikuje snížení nosné o 25% přibližně na 0,1s. 59 sekunda takto identifikovaná není, což značí následující minutový znak.



Obr. 1 - Časová posloupnost dat [10].

Dle Obr. 1 je prvních 14 sekund každé minuty vyhrazeno pro systém varování a meteorologie. Poté jsou přenášeny informace o typu antény (normální, záložní), letním nebo SEČ časem, časové zóně, přestupné sekundě. Dále následují hodnoty minut, hodin, dne v měsíci, dne v týdnu, měsícem a rokem. Datová sekvence je rovněž doplněna o kontrolní bity. Více viz [10].

### **1.4.2 Zjištění času z GPS**

Každá družice má v sobě atomové hodiny udávající přesný čas. Přesný čas je poté zakódován do datových sekvencí vysílaných z GPS přijímače [2]. Tento čas byl dle [9] roven v roce 1980 UTC. Od té doby není korigován vynechanými sekundami, a tudíž nyní předbíhá oproti UTC o 15sec.

## **1.5 Volba pohonu**

Aby bylo možné mechanicky pohybovat objektem a tím plnit základní funkci pozicionéru, tak dané zařízení musí obsahovat pohonnou jednotku, tedy motor. Na výběr máme hned z několika typů elektrických motorů.

### **1.5.1 BLDC motor**

Bezkomutátorové motory se používají, díky svému velkému výkonu a vysokým otáčkám (300 W / 20000 ot/min), v modelářské technice. Jsou to motory 3fázové na nízké napětí. Plášť je tvořen z permanentních magnetů a časováním cívek, umístěných ve středu motoru, je docíleno interakcemi magnetických polí a tím točivého momentu. Vlivem nutnosti správného časování je řízení tohoto motoru náročné a obtížně se dociluje krokování motoru. Dalším nedostatkem je, že motory jsou přetěžovány a určeny převážně pro krátkodobý provoz.

### **1.5.2 DC motor**

Ve většině případů se používají DC motory s permanentními magnety ve statoru. Rotor je navinut cívkami a jednotlivé vývody cívek jsou připojeny na komutátor. Pomocí kluzných kontaktů se na komutátor přivádí napětí, které vyvolá magnetický tok v cívkách, jež je v interakci s magnetickým polem permanentních magnetů a rotor se otočí. Díky komutátoru se změní polarita na cívce, což vyvolá další interakci a rotor motoru se točí. Na přechodech kontaktů vzniká nežádoucí rušení. Otáčky a výkon motoru se dá regulovat množstvím výkonu přivedeného na rotor motoru. Oproti BLDC motoru vykazuje menší výkon a nižší maximální otáčky.

### **1.5.3 Krokový motor**

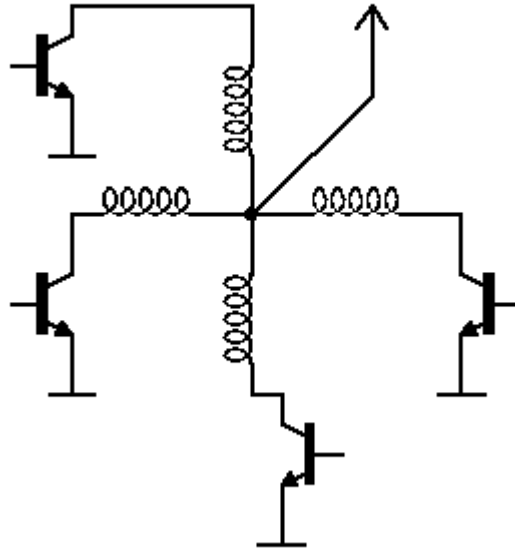
Stator krokového motoru je tvořen permanentními magnety. Jejich počet závisí na počtu kroku daného motoru. Stator motoru je tvořen cívkami, jejichž vývody jsou buď vyvedeny ven, popřípadě jsou některé z nich vhodně vnitřně propojeny. Připojením napětí k cívce vznikne magnetické pole, které přitáhne nejbližší permanentní magnet rotoru a tím se rotor pohne o jeden krok. Aby se mohl rotor plynule otáčet, je zapotřebí spínat cívky ve správném pořadí. Více viz [11].

#### **1.5.3.1 Bipolární a unipolární zapojení cívek**

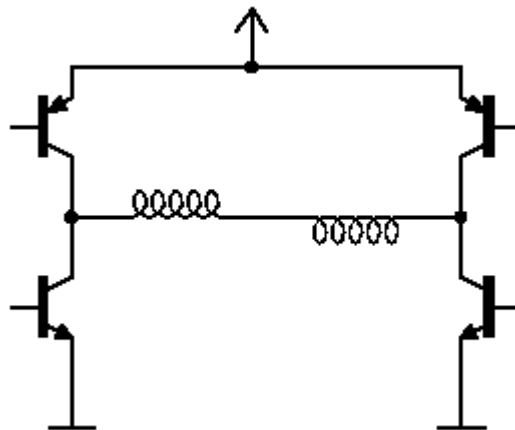
Motor s unipolárními cívkami má vývody jednotlivých cívek vyvedeny ven, kdežto bipolární zapojení motoru má vždy dvě a dvě protilehlé cívky zapojeny tak, aby jejich magnetická pole byla orientována opačně [11].

Pro řízení krokového motoru s unipolárními cívkami nám pak stačí spínat vůči napájecímu napětí vždy jen jednu cívku, viz Obr. 2, a vhodným sledem spínání pak roztočíme

motor jedním nebo druhým směrem. Při řízení bipolárního motoru, dle Obr. 3, však vždy spínáme cívky dvě. Odměnou je vyšší krouticí moment, avšak nevýhodou je složitost zapojení.



Obr. 2 - Zapojení unipolárního krokového motoru



Obr. 3 - Zapojení bipolárního krokového motoru

### 1.5.3.2 Jednofázové a dvoufázové řízení

Jednofázové řízení znamená, že magnetické pole generuje vždy jen jedna cívka u unipolárního zapojení. U bipolárního zapojení potom dvojice cívek.

Při dvoufázovém řízení generují magnetické pole vždy dvě sousední cívky. Tímto zapojením můžeme dosáhnout vyššího krouticího momentu, ale rovněž nám stoupne spotřeba.

### 1.5.3.3 Řízení s plným a s polovičním krokem

Řízení s plným krokem znamená, že na jednu otáčku dostaneme přesně tolik kroků, kolik má stator pólových nadstavců a zároveň, kolik má rotor dvojic magnetů. Toto řízení se dá realizovat libovolnou metodou buď s jednofázovým, nebo s dvoufázovým řízením.

Řízení s polovičním krokem je realizováno střídáním kroku s jednofázovým a s dvoufázovým krokem vždy po jednom kroku.

### **1.5.3.4 Princip mikrokrokování**

Při řízení krokového motoru s plným krokem můžeme teoreticky rozdělit jednotlivé kroky na nekonečné množství mikrokroků, které budou vytvořeny lineárním řízením poměru proudů v jednotlivých cívkách. Prakticky je tento počet, vlivem nedokonalosti polovodičových součástek a složitosti řízení, možné realizovat na desítky až stovky mikrokroků na jeden plný krok. Tímto tak můžeme dosáhnout až několik tisíc kroků na jednu otáčku a v případě realizace převodovky zmenšit převodový poměr či ubrat stupně převodovky a tím zmenšit náklady na výrobu a zároveň zmenšit pravděpodobnost poruchy mechanického ústrojí.

## **1.6 Funkční popis vhodných komponent**

### **1.6.1 GPS modul**

Pro správné výpočty pozic jednotlivých objektů na obloze, je velice důležité určit samotnou polohu na planetě Zemi. K tomuto účelu nám slouží GPS modul. Modul komunikuje s družicemi viditelnými nad obzorem. Přijímač přijímá informace o jednotlivých družicích a z těchto dat poté vypočítá polohy, nadmořskou výšku a čas v daném místě příjmu.

Pro svůj projekt jsem si vybral GPS modul od firmy LeadTek GP9540 viz [1]. GPS modul komunikuje s dalšími zařízeními, mimo jiné, prostřednictvím UART sběrnice protokolem NMEA 0183 [2].

### **1.6.2 Modul dálkové správy**

Z hlediska dálkového řízení zařízení je nutné, aby zařízení bylo vybaveno komunikačním modulem. V úvahu je několik možností, jak zařízení řídit:

- Pomocí USB sběrnice

Tato varianta je vhodná pro krátké vzdálenosti mezi uživatelem a zařízením a proto je pro dálkovou komunikaci nevhodná.

- Pomocí Bluetooth

S Bluetooth modulem je možné uskutečnit přenos dat až na několik desítek až stovek metrů. Pro dálkovou komunikaci není tento modul příliš vhodný, avšak možnosti tohoto modulu se otvírají hlavně při řízení zařízení z mobilního telefonu.

- Pomocí protokolu TCP/IP

Tento známý a rozšířený protokol nabízí velké možnosti pro komunikaci, řízení a přenos dat na dlouhé vzdálenosti. Díky tomu, že je tento protokol využíván prostřednictvím sítě internet, tak by bylo možné řídit zařízení odkudkoliv a kdekoliv na světě, kde je připojení do internetu. Jelikož je možné komunikovat prostřednictvím tohoto protokolu i bezdrátově, a je tedy potenciálně možné ovládat zařízení prostřednictvím mobilního telefonu nebo jiným embeded zařízením, jeví se tento způsob dálkové správy jak nejvhodnější řešení.

### 1.6.3 Zobrazovací jednotka

Celková konstrukce zařízení nebude se své podstaty triviální, a proto bude možnost (nutnost), aby uživatel zadal či určil některá podstatná rozhodnutí, či změnil nastavení daného zařízení. Aby tato možnost byla reálná, musí kromě možnosti data zadávat, zadaná data rovněž vidět. Právě k tomuto účelu slouží zobrazovací jednotka – displej.

V zařízeních, kde jsou data jen zobrazována a mají triviální podobu, můžeme použít různé signální prvky (LED diody, doutnavky, žárovky apod.) či sedmisegmentový zobrazovač. Ve složitějších zařízeních se pak v zásadě nabízejí dvě možnosti. Znakový nebo grafický displej. Znakový displej je výhodný z hlediska jednoduchosti obsluhy a rychlosti zobrazení dat. Naopak u grafického displeje se zobrazují pouze data, která byla předem zmapovaná do grafické podoby. Displej tedy zobrazí přesně ty pixely, které mu uživatel zašle a zobrazování dat na takovémto display je násobně složitější. Pokud máme barevný grafický displej, tak pro zobrazení celé stránky musíme zaslat velké množství dat, což nám dále určuje požadavky na výpočetní výkon a rychlost řídicího zařízení.

## 2 Návrh zařízení

### 2.1 Dostupná zařízení a jejich parametry

Jelikož se jedná o úzce specializovaný produkt, tak je na trhu málo firem, které se touto problematikou zabývají. Jedná se převážně buď o výkonové natáčeční zařízení pro dálkové přijímání dat z vesmíru, nebo o montáže malých astronomických dalekohledů. První zmíněnou variantu vlastní a používá převážně jen NASA a společnosti jí podobné, a tudíž se budu zabývat jen montážemi pro astronomické teleskopy.

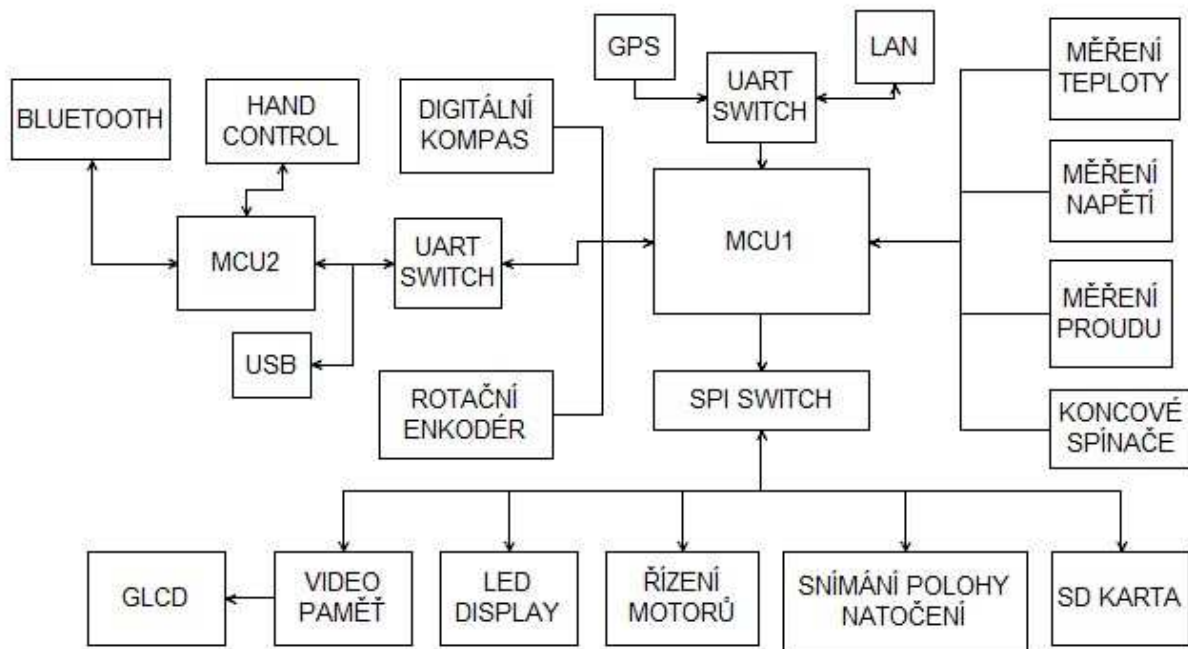
Předním výrobcem astronomických dalekohledů a jejich montáží je firma Meade. Její nejvyšší modelové řady LX400 dosahuje přesnost 1 úhlová minuta (arc-minuta). Rychlost natáčení je od 0,01x siderické rychlosti do 8°/sec. Druhá nejvyšší modelová řada LX90 dosahuje při automatickém natáčení přesnost 5 arc-minut, manuálně pak 3 arc-minuty. Rychlost natáčení se u této řady pohybuje od 1x siderické rychlosti do 6,5°/sec. Ceny modelů z těchto řad se pohybují od 30000Kč u nižší modelové řady, do 400000Kč u řady vyšší.

### 2.2 Výběr koncepce zařízení

Paralaktická a azimutální montáž byla porovnána výše. Vzhledem k tomu, že zařízení bude ovládáno mikrokontrolérem a vzhledem k tomu, že má zařízení rovněž sloužit k natáčení antény, tak jsem zvolil azimutální montáž.

Montáž bude poháněna krokovými motory přes šnekovou převodovku tak, aby byl výstupní krok menší než 15°. Tento krok odpovídá rychlosti otáčení Země za jednotku času. Přesná poloha rotoru motoru a poloha výstupní hřídele bude snímána magnetickými rotačními enkodéry. Přesný čas a poloha na Zemi bude získávána z GPS. Poloha natočení vzhledem k severnímu pólu, bude získána z digitálního kompasu. Jako zobrazovací jednotka bude použit barevný grafický LCD display s podrobnými údaji a orientační poloha montáže bude zobrazena diodami. K ovládání bude sloužit mechanický rotační enkodér a externí ovládání bude řešeno pomocí počítače, přes USB sběrnici nebo pomocí LAN.

## 2.3 Blokové schéma zařízení



Obr. 4 - Blokové schéma zapojení

Na Obr. 4 je vyobrazeno zjednodušené zapojení řídicí elektroniky. Řídicí elektronika je tvořena dvěma mikrokontroléry - MCU1 a MCU2. Procesor MCU1 řídí hlavní částí zařízení a dále komunikuje s procesorem MCU2, který zpracovává výpočtově náročné algoritmy komunikace z „Hand Control“ modulu.

## 2.4 Řídicí jednotka

Řídicí jednotka je pojmenování pro část zařízení tvořenou MCU1, přepínači SPI a UART sběrnice. Volbou mikrokontroléru můžeme ovlivnit, jak bude zařízení jednoduché, jaká bude jeho výsledná cena či jaké bude mít zařízení parametry. Z těchto důvodů jsem zvolil MCU ATmega 128 [3]. Tento mikrokontrolér pracuje na maximálním taktovacím kmitočtu 16MHz a má 53 vstupně-výstupních vývodů. Pro zařízení není sice tento počet přímo dostačující a taktovací kmitočet by bylo vhodnější volit vyšší, ale tento mikrokontrolér patří ve své třídě mezi nejlevnější, snadno programovatelné a hlavně dlouhodobě dostupné obvody.

Při použití tohoto mikrokontroléru se výsledné zapojení stane mnohem složitějším, jak po stránce hardwarové, tak po stránce softwarové, ale výsledná cena bude nižší.

Abychom dostali odpovídající počet vstup/výstupních pinů, tak budou muset některé součástky sdílet vývody MCU. Jelikož ne všechny součástky vyžadují obousměrnou komunikaci, tak lze v takových případech rozšířit MCU pomocí osmibitových posuvných registrů se sériovým vstupem a paralelním výstupem. Jelikož se některé součástky neumí uvést do stavu vysoké impedance a svým připojením na sběrnici by ovlivňovaly datový přenos, tak je zapotřebí do vybraných úseků zařadit obousměrné spínače.

V příloze A je zapojení MCU ATmega 128. K mikrokontroléru je připojen Piercův oscilátor tvořený krystalem Q2 a kondenzátory C18 a C19. Zdroj analogového napětí je tvořen dolní propustí tvořenou cívkou a kondenzátorem. Tyto návrhy vyplývají z doporučení udaná výrobcem [3]. Jako referenční napětí je použito 5 V přivedeno přes dolní propust R10 a C93. Programovatelná reference IC25 není použita, avšak lze ji v případě potřeby použít. V takovém případě je nutnost odpojit kondenzátor C93, jež by tvořil nestabilitu referenčního

napětí. Rezistor R9 spolu s kondenzátorem C20 tvoří zpoždovací obvod resetu. Spínačem S1 je možno přivést resetovací vstup na nulovou úroveň a tím restartovat obvod. Krystal Q3 je připojen k časovači č. 0 a slouží jako zdroj hodinového kmitočtu pro RTC obvod. Vzhledem k použití GPS modulu není zapotřebí používat vnitřní RTC obvod, avšak tato část může být použita v další návrhu. K portu F, E a B jsou připojeny konektory pro možnost připojení programátorů jak přes rozhraní JTAG, tak přes rozhraní SPI.

## **2.5 Připojení k PC pomocí USB**

Pro přímou komunikaci a ovládání z PC bylo vybráno rozhraní USB. Toto rozhraní je dnes asi nejrozšířenější možností, jak připojit periférii k PC. Jedná se o sériové rozhraní, které v protokolu USB 2.0 umožňuje komunikovat se zařízením rychlostí až 480 Mbit/s [12]. Data jsou v tomto protokolu přenášena diferencially. Aby bylo možné data jednoduše zpracovávat v MCU, je zapotřebí data konvertovat na TTL logiku. Tato konverze je provedena pomocí IC3. Obvod je zapojen dle doporučeného zapojení [13]. Rezistory R11 a R12 slouží k resetu obvodu po připojení USB kabelu. Kondenzátor C21 filtruje výstupní napájecí napětí z vnitřního LDO stabilizátoru určeného pro napájení vnitřních částí obvodu. Pomocí LED1 a R13 je provedena signalizace probíhající komunikace. Vývody TXD a RXD jsou připojeny k UART1 rozhraní IC1 a právě přes tyto vývody bude probíhat komunikace mezi IC3 a IC1. Pro signalizaci připojení a zakázání některých funkcí zařízení po připojení k počítači slouží vývod USB\_ON, na který se přivede napětí 5 V z PC. Jelikož by připojené napětí 5 V z USB mohlo v případě výpadku napájení MCU tento MCU napájet přes vnitřní diodu sloužící na ochranu před ESD, je zapotřebí napětím 5 V spínat tranzistor Q8, který provede oddělení obou napětí.

## **2.6 Připojení k PC pomocí Bluetooth**

Použitý procesor nedisponuje dostatečným výkonem pro rychlý výpočet pozic planet, avšak vzhledem k rostoucímu výkonu a funkcím dnešních telefonů by se daly naprogramovat řídicí algoritmy do telefonu. V takovém případě by bylo vhodné implementovat komunikační rozhraní používané v mobilních telefonech. Skoro všechnu mobilní telefony disponují rozhraním bluetooth, a proto bylo implementováno i do tohoto autonomního pozicionéru.

Bluetooth modul je připojen přes IC52, který obstarává napěťové přizpůsobení z 5V na 3V a naopak, k MCU2. V případě, že není používáno USB lze připojit pomocí IC50 a tranzistoru Q7 MCU2 k MCU1 a pomocí UART sběrnice komunikovat s bluetooth nebo s „Hand control“ zařízením. Tranzistor Q7 je navíc doplněn o součástky R57, R58 a R59, které tvoří pracovní bod tranzistoru.

## **2.7 Ovládání pomocí „Hand Control“**

V příloze A je zapojen IC49 MCU2 a konektor „Hand\_con“ pro připojení ručního ovládání. Tento konektor je zde umístěn pro následný vývoj komunikace s průmyslově vyráběným externím zařízením. Aktuální zapojení konektoru bylo zvoleno náhodě a nebere v potaz patentem chráněné zapojení. Rovněž v mikrokontroléru MCU2 nejsou implementovány algoritmy pro komunikaci s tímto zařízením. Implementace patentem chráněných částí není předmětem aktuálního návrhu zařízení.

## **2.8 Ovládání na dálku**

V případě, že budeme zařízení používat natáčení malého „pokojevého“ teleskopu, tak se předpokládá, že toto zařízení bude umístěno v těsné blízkosti popřípadě na malou vzdálenost od motorů. Avšak, budeme-li chtít použít zařízení pro natáčení rozměrné antény, či cokoliv

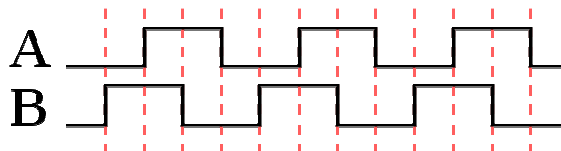
jiného, jež bude umístěna mimo běžně dostupná místa, tak je zapotřebí ovládat zařízení dálkově.

K tomuto účelu je v zařízení zapojen LAN modul. Jedná se o „Nano Socket Lan“ modul [4]. Tento modul disponuje integrovaným web serverem. Modul je přímo připojen k LAN a se zařízením komunikuje přes UART sběrnici pomocí AT příkazů. Modul je zapojen dle doporučeného zapojení. Modul je napájen 3,3V a není kompatibilní s 5V TTL logikou, a proto je mezi IC1 a IC2 zařazen 8bitový obousměrný budič sběrnice IC26. Tento obvod je rovněž napájen 3,3V, ale již umožňuje na svůj vstup přijmout napětí 5V. Budič je nastaven pro přenos signálů z portu B na port A, a tím se zjednoduší jeho zapojení. Komunikační signály jsou dále vedeny přes obousměrný spínač IC48 do MCU. IC48 slouží k přepínání signálů z UART do LAN nebo do GPS modulu.

Lan modul je možno konfigurovat pomocí portu USB nebo sériovou linku. Jelikož je obvod propojen s MCU jen pomocí UART, je nutno připojit USB konektor. Hodnoty a zapojení prvků C22, C23, R14 a R15 vyplývají z doporučeného zapojení udané výrobcem. LED2 je připojena přes ochranný rezistor R16 a slouží k signalizaci komunikační rychlosti LAN. R18 slouží k omezení proudu diodou LED3, jež signalizuje aktivní připojení. Spínač S2 společně s R17 a C24 slouží k resetování obvodu. Dioda R14 slouží k potlačení překmitů, jež by mohly vzniknout při rozepnutí S2 a zničit tak obvod. Přes konektory JP3 a JP4 je přenášen signál pro USB konektor na rozšiřující desku. Spínač S3 slouží k výběru módu při programování obvodu. Signál „READINESS“ indikuje, že již dobehla vnitřní inicializace a obvod je připraven ke komunikaci, což je důležité ke správnému fungování hlavně po zapnutí zařízení. Signál „DATA\_READY“ indikuje, že přes LAN byly zadány nové data a signalizuje tak MCU, že je může vyčíst. Při zápisu hodnot do proměnných LAN modulu a odpojení modulu od sběrnice, vykazuje modul chybu. Chyba se projevuje vymazáním zapsaných hodnot z modulu. Jelikož o této funkci není v data-listu zmínka, tak ji lze považovat za chybu. Při odpojení rozpozná modul na vstupu RX nízkou úroveň. Tato chyba je pak odstraněna rezistorem R61, který při odpojení modulu od sběrnice simuluje připojenou sběrnici a dokonale tak zmate modul.

## 2.9 Ruční ovládání

Pro ruční ovládání zařízení je k dispozici rotační mechanický enkodér. V příloze A můžeme vidět schéma zapojení. Enkodér má výstup A a B, které jsou vůči sobě fázově posunuty. Dle Obr. 5 tak můžeme usoudit, že změnou otáčení nastane i rozdílný fázový posun (o 180°). Přivedeme-li jeden z výstupů na přerušení MCU IC1 a druhý výstup na vstupní pin IC1, tak při pootočení bude jedním pinem vygenerováno přerušení a podle logického stavu druhého pinu určíme směr točení. Použitý mechanický enkodér má rovněž možnost stlačit otočnou část, sepnout tak spínač a vygenerovat třetí nezávislý stav. Tato možnost se dá výhodně použít jako potvrzovací tlačítko nastavené volby. Kombinací stisknutého tlačítka a točení můžeme definovat nadstandardní stav, kterým můžeme kupříkladu měnit přednastavené hodnoty.



Obr. 5 - Výstupní úrovně rotačního enkodéru

## 2.10 GPS modul

Pro získání přesné polohy na Zemi a času, je použit GPS modul LeadTek LR9540 [1]. Modul disponuje nezbytnými ovládacími piny, konektorem pro externí anténu a UART rozhraním. Rozhraní UART je připojováno přes obousměrný přepínač IC48, řízený pomocí Q4, R42, R51, R52, k řídicímu obvodu IC1. Modul má všechny vstupy kompatibilní s 5 V TTL logikou. Na dané sběrnici komunikuje modul pomocí protokolu NMEA 0183 [2]. Rezistor R52 slouží jako pull-up rezistor v případě, že do vstupu báze tranzistoru Q4 neteče proud. Dělič R42 a R51 slouží k omezení proudu do báze tranzistoru, který má nastavený pracovní bod jako spínač. Proud bázi je dán maximálním proudem kolektoru a proudovým zesilovacím činitelem. Vzhledem k tomu, že tranzistor bude spínat jen řídicí vstup (můžeme předpokládat vysokou vstupní impedanci), tak byla zvolena hodnota R52 na 10 k $\Omega$ . Potom při  $U_{ce}=1$  V je proud  $I_c=0,4$  mA. Pro sepnutí tranzistoru potřebujeme proud bázi  $I_b=I_c/H_{21E}$ , což je při  $H_{21E}=25$  rovno min. 16  $\mu$ A. Proud děličem byl zvolen řádově vyšší, a při  $R51=4,7$  k $\Omega$  a  $R42=1$  k $\Omega$  je roven 877  $\mu$ A a napětí na bázi při sepnutí je rovno 0,877 V.

## 2.11 LED display

LED display je označení pro zobrazovací jednotku tvořenou elektroluminiscenčními diodami. V tomto případě se však jedná o netradiční uspořádání diod do kruhového tvaru tak, aby právě svítící dioda ukazovala směr natočení stejně, jako kdybychom použili buzolu. Vzhledem k tomu, že se pohybujeme ve dvou osách, tak je display doplněn o doplňující sloupec diod, které ukazují vertikální polohu. Tento display je vhodný zejména pro rychlé odečtení pohledem na právě svítící segmenty právě, když je na LCD displeji prováděná jiná operace. Názorné vyobrazení předního panelu je na Přílohy - Obr. 2 - Pohled na přední panel.

V příloze A je vyobrazeno schéma zapojení LED displeje. LED diody jsou z důvodů adresování, vzhledem k napájení, zapojeny paralelně. Jelikož se předpokládá, že budou vždy svítit jen dvě led diody (jedna pro signalizaci azimutu a druhá pro signalizaci elevačního úhlu), tak byl předřadný rezistor R37 vypočítán, dle Ohmova zákona, na hodnotu 68 $\Omega$ . LED diody jsou řízeny pomocí 8 bitového posuvného registru se sériovým vstupem a paralelním výstupem. Aby se zmenšilo množství adresovacích a řídicích vodičů, je výstup těchto registrů vždy aktivní. Předpokládá se, že rychlou změnou stavů jednotlivých LED diod sice dojde k mžikovému rozsvícení, ale vzhledem k setrvačnosti lidského oka nebude tento překmit zaznamenán.

## 2.12 LCD display

Jako hlavní zobrazovací jednotku jsem zvolil grafický LCD displej LS020B8UD06 od firmy Sharp. Tento displej byl používán v mobilních telefonech fy Siemens, disponuje rozlišením 176x132 pixelů a barevnou hloubkou 16bitů.

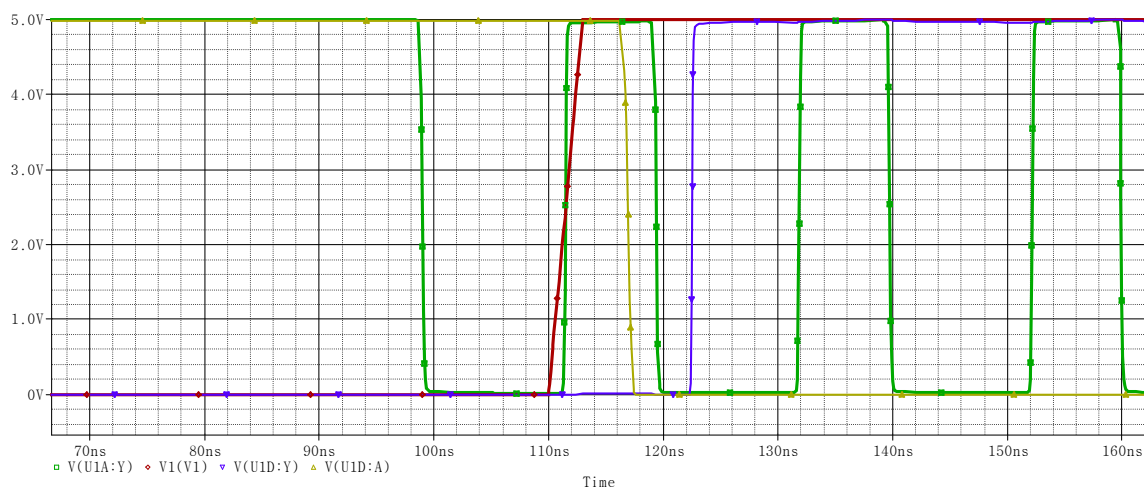
V příloze A je dle [4] zapojen displej. Grafický displej je napájený 3,3 V a má vstupy kompatibilní s 5V TTL logikou. K napájecím vývodům podsvětlení displeje je zapojen zvyšující měnič tvořený Q5, L1 a D2. Pro zamezení kolísání napětí jsou zařazeny filtrační kondenzátory C6, C82. Vzhledem k principu zvyšujícího měniče jsou na výstupu zapojeny kondenzátory C7 a C8 pro zamezení blikání podsvětlení. Z důvodu řízení měniče pomocí MCU a absencí zpětné vazby pro automatické lokální řízení spínání, je rovněž na výstupní napětí měniče zapojena stabilizační dioda, která v případě poruchy řízení zamezí zničení podsvětlení či celého displeje. Displej je ovládán přes SPI rozhraní. Minimální kmitočet hodinového signálu SPI, pro rychlé zobrazování, je 13MHz. Vlivem použití MCU ATmega 128, který je řízen oscilátorem o  $f=16$ MHz, lze dosáhnout kmitočtu hodinového

signálu SPI maximálně 8 MHz. Vlivem této nedokonalosti je mezi displej a MCU zařazena video paměť.

Video paměť je tvořena flash pamětí typu AT45DB. Paměti tohoto typu jsou v rozmezí 1-8 MB. Paměť je ovládána přes sériovou linku a data v ní jsou řazena po stránkách. Výhodou této paměti je, že kmitočet hodinového signálu je až 66 MHz a paměť umožňuje automatické vyčítání od předem nastavené stránky v paměti. Užitím této paměti, v kombinaci s vhodným oscilátorem, je tak možno adresovat displej pro příjem dat, poté nastavit paměť, aby začala vyčítat data od dané pozice v paměti a nakonec propojit paměť přímo s displejem a hodinový kmitočet řídit externím oscilátorem.

### 2.12.1 Návrh oscilátoru

V příloze A je schéma zapojení oscilátoru. Jádrem oscilátoru tvoří tzv. Piercův oscilátor tvořený krystalem Q1 a kondenzátory C3 a C9. Obvod je doplněn o hradlo IC23A, díky kterému se oscilátor rozkmitá. Pro správné fungování obvodu řízeného tímto oscilátorem, je navíc oscilátor doplněn o hradlo IC23B, které vytvoří pravidelný obdélníkový průběh. Rezistory R5 a R6 jsou zde zapojeny pro potlačení vyšších harmonických oscilací a zamezují tak, aby se kmitočet oscilátoru ustálil na jiné frekvenci, než je frekvence krystalu Q1. Pro zamezení připojení oscilátoru v nevhodné (kladné) úrovni nebo těsně před požadovanou nástupnou hranou, je obvod dále doplněn o řízení spínání oscilátoru, k paměti a displeji, právě v době, kdy je logická úroveň kmitu oscilátoru v nule. Sepnutí je řízeno pomocí vstupu OSC\_EN. Kladnou úroveň na tento vstup se vytvoří zpětná vazba, která dále zamezuje vypnutí oscilátoru v jeho nízké úrovni a zároveň poskytuje informaci, že na vstupu bylo detekováno kladné napětí. Jelikož nejsou hradla dokonalá a zpětná vazba má zpoždění, tak po vzniku signalizace na OSC\_OK je již na vstupu nulová úroveň a proběhne tak korektní připojení.



Obr. 6 - Výsledky simulace oscilátoru

Na Obr. 6 je znázorněna simulace oscilátoru právě v době, kdy je sepnut oscilátor v nejhorší možné době, tedy v době, kdy spouštěcí pulz ještě stihne naběžnou hranu. Jelikož má paměť i displej odlišné rozhodovací úrovně, tak by se mohlo stát, že jedno zařízení pulz detekuje a druhé ne. V takovém případě by došlo k posunu zasílaných dat a výsledný obraz displeje by byl znehodnocen.

Zelený průběh signalizuje výstup z krystalu doplněného o hradla. Červený průběh je spouštěcí pulz. Žlutý průběh je signál na výstupu z hradla IC23C a modrý průběh signalizuje kladnou úroveň, že se průběh oscilací právě nachází v nule. Jak je z Obr. 6 dále vidět, tak i po

dalším průchodu oscilátoru nulou se výstupní průběh nemění a výstup OSC\_OK tedy zůstává ve vysoké úrovni, dokud nepřijde nulová úroveň na vstup OSC\_EN.

## 2.13 Paměť

Při použití grafického LCD displeje vzniká zvýšená náročnost na kapacitu paměťového místa pro záznam obrazů na displeji. Jak již bylo uvedeno výše, tak použitý LCD displej má rozlišení 132x176 pixelů s barevnou hloubkou 16bitů. Pro rozsvícení celého displeje tedy potřebujeme 132x176x2 datových bajtů, což je 46464 bajtů. V případě potřeby či návrhu rozsáhlého menu pro displej, již nebude dostačovat vnitřní paměť MCU, a tudíž je zapotřebí zapojit paměť.

Díky své ceně za paměťovou jednotku, kompatibilitě a přenositelnosti byla zvolena SD karta. Karta se ovládá přes 3,3V SPI rozhraní. Kvůli kompatibilitě s 5V logikou je mezi MCU a kartou zařazen budič sběrnice, který, stejně jako u LAN modulu, převede všechny vstupní a výstupní úrovně na kompatibilní. Pro identifikaci vložení karty je v přípojovacím konektoru zapojen integrovaný spínač, který pomocí pull-up rezistoru R20 a filtračního kondenzátoru C114 signalizuje vložení karty.

## 2.14 Řízení motorů

Pro pohon zařízení byly vybrány krokové motory. Krokové motory umožňují, oproti BLDC motorům, docela jednoduché řízení, naopak je vůči DC motorům s komutátorem řízení složitější, avšak umožňují pomalé i rychlé krokování.

### 2.14.1 Řídicí obvod krokových motorů

V příloze A je schéma zapojení dvojice řídicích obvodů, IC17 a IC18, pro ovládání krokových motorů. Tyto řídicí obvody umožňují ovládání bipolárních krokových motorů s možností mikrokrokování až 8 mikrokroků na jeden plný krok. Kontroléry mají v sobě zabudované řízení proudu cívkou, které snímá napětí na rezistorech R22, R23 popřípadě R21, R30. Dle [14] vyplývá rovnice (2), podle které se dá vypočítat potřebná hodnota rezistoru pro danou hodnotu proudu. Po dosažení nastaveného proudu se obvod přepne do některého ze tří stavů brzdění.

$$I = \frac{V_{REF}}{8 \cdot R_{ISENSE}} \quad (2)$$

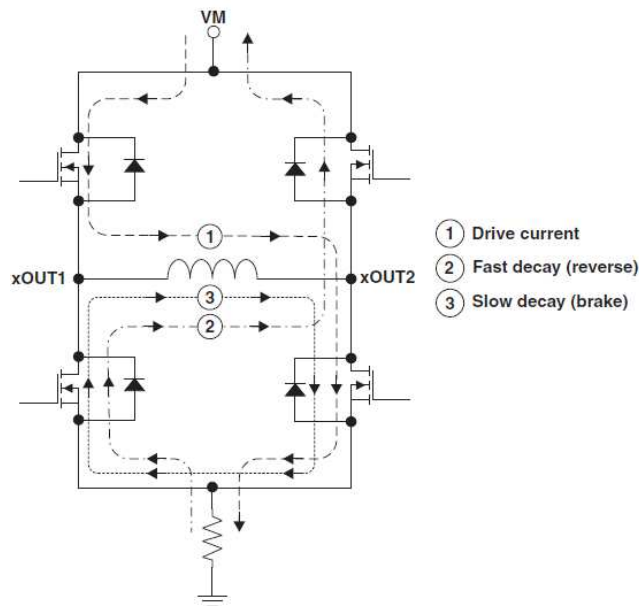
Je-li na piny DECAY napětí větší než  $0,6 \cdot V_{CC}$ , tak je vždy použit brzdný stav tlumení. Dle Obr. 7 se jedná o průběh proudu 3. V tomto stavu jsou sepnuty pouze spodní tranzistory, čímž zkratují naindukovaný proud v cívkách motorů vzniklý setrvačností rotoru a tím brání k otáčení rotorů.

V případě, že je na pin DECAY přivedeno napětí menší než  $0,21 \cdot V_{CC}$ , tak se obvod po dosažení nastaveného proudu cívkou přepne do rychlého stavu tlumení. V tomto stavu se, dle Obr. 7 a průběhu proudu 2, sepnou protilehlé tranzistory, a tím se pustí cívkou stejná velikost proudu, jako při normálním spouštění, ale opačné polarity. Součtem těchto dvou proudů dojde k jejich vzájemnému vyrušení a proud cívkou je nulový.

Při napětí na vývodu DECAY v rozmezí  $0,21 \cdot V_{CC}$  až  $0,6 \cdot V_{CC}$  dojde k třetímu stavu tlumení, který je kombinací obou výše zmíněných stavů tlumení. Po dosažení nastavené úrovně proudu cívkou se spustí rychlý stav tlumení a po čase  $t_{FD}$  dle (3) se spustí stav brzdění.

$$t_{FD} = R \cdot C \cdot \ln\left(\frac{0,6 \cdot V_{cc}}{V_{DECAY}}\right) \quad (3)$$

Hodnoty R a C jsou identické pro hodnoty ze schématu pro vstupy RCA a RCB.



Obr. 7 - Průběh proudů vnitřním mostem řízení motoru [14]

Řízení obvodu a jednotlivé krokování se provádí pomocí vstupu STEP, jež reaguje na náběžnou hranu a provede nastavený krok. Směr kroku se nastavuje pomocí vývodu DIR. Délka kroku se nastavuje, dle [14], pomocí kombinací logických úrovní na vstupy USM0 a USM1.

Obvod rovněž disponuje nadproudovou ochranou, jež je nezávislá na referenčním napětí  $V_{REF}$  a na zvoleném  $R_{ISENSE}$ . Dále je k dispozici tepelná ochrana, která v případě dosažení teploty čipu minimálně  $150^\circ$  vypne obsluhu motorů. V případě, že obvod detekuje napětí menší než 2,95V na vstupu  $V_{CC}$  nebo napětí menší než 8V na vstupu VM, tak provede, stejně jako při předchozích dvou stavech překročení ochrany, reset obvodu, ve kterém obvod zůstane do doby, než přijde na vstup ENABLE log 1 a opět log 0 nebo do vypnutí a zapnutí napájecího napětí. Při resetu obvodu se nastaví HOME výstup a vynuluje čítač polohy řídicího obvodu.

## 2.15 Měření polohy natočení

Pro přesné určení polohy natočení jsou k dispozici dvě dvojice snímačů polohy zakreslené v příloze A. Jedná se o magnetická inkrementální čidla s rozlišením 12 bitů na  $360^\circ$  absolutní polohy, která umožňují komunikovat s MCU pomocí sériové linky [15]. Typické umístění magnetu nad čidlem je znázorněno na Obr. 8.

Magnetické pole magnetu by mělo být v rozsahu  $\pm 5$  mT až  $\pm 75$  mT. V případě, že je magnetické pole mimo potřebný rozsah obvodu nebo není-li osa magnetu souosá s osou obvodu, tak obvod vyhodnotí chybový stav. Tyto informace, rovněž s absolutní polohou magnetu nad čipem získáváme přes sériové rozhraní obvodu.

Obvod rovněž umožňuje rozsáhlé změny předem nastavených údajů jejich přeprogramováním. Mezi nejzajímavější parametr pro přeprogramování patří možnost nastavit jakoukoliv absolutní polohu jako nulovou. V takovémto případě se při prvním zapnutí nastaví zařízení do výchozí polohy a aktuální poloha se nastaví jako nulová.



**Obr. 8 - Typické umístění magnetu nad čidlem [15]**

Přeprogramování může být buď permanentní, nebo dočasné. Při běžné funkci obvodu můžeme zapsat do jeho registrů a nastavit mu tak nulovou polohu. Takto nastavená poloha se však po opětovném zapnutí, nebo po resetu obvodu, vymaže a nastaví se defaultní hodnota. Defaultní hodnota se však dá změnit přepálením vnitřních propojek. Jedná se o vnitřní vrstvy obvodu, které se nadproudem přerušují. Takto nastavená defaultní hodnota se již příště nedá přeprogramovat a změna je již možná pouze nastavením dočasné hodnoty nebo výměnou obvodu za nový.

Koncové spínače slouží k vymezení pracovní oblastí natáčení. Pro odstranění zákmitů na kontaktech jsou spínače doplněny o blokovací kondenzátory C97 až C100. Pro zajištění bezpečnosti a možnosti vzniku poruchy, je vhodné použít vždy jen rozpínací kontakty, které zamezí nerozpoznání koncové polohy vlivem přerušovaných přívodů.

## **2.16 Digitální kompas**

K detekci polohy natočení při prvním zapnutí slouží modul digitálního kompasu. Tento modul je tvořen obvodem HMC6352 IC34. Obvod má absolutní přesnost  $2.5^\circ$  s rozlišením  $0,5^\circ$  a komunikuje s MCU pomocí I2C rozhraní. Obvod má v sobě zabudované výpočtové algoritmy, které průměrují aktuální hodnotu a udávají výstup ve stupních. Minimální hodnota snímaného magnetického pole se dá pomocí C41, C42, R40, R41 zvětšit a tím potlačit citlivost obvodu vůči lokálnímu magnetickému rušení. Bude-li kompas používán v nehomogenním magnetickém poli, tak je k dispozici kalibrace, která tuto nehomogenitu odhalí a zahrne ji do výpočtových algoritmů. Z obvodu můžeme pomocí linky I2C vyčíst kromě aktuální vypočítané polohy také aktuální hodnotu obou vnitřních senzorů a výpočtové algoritmy si tak můžeme vytvořit sami.

## **2.17 Měření teploty**

Autonomní systém, by měl kromě samostatného pracování umět rovněž ochránit sám sebe. Jednou ze základních druhů ochran je ochrana proti přehřátí. K přehřátí hlídaných výkonových částí může dojít v rámci poruchy některé části obvodu, provozováním zařízení mimo stanovený rozsah pracovní teploty či jinou příčinou. K měření teploty byly zvoleny teplotní čidla DS18B20 [16], IC5 až IC10. Čidla se připojují pomocí jednovodičové sběrnice, po které se provádí veškerá komunikace řízená se stranu MCU. Všechny čidla jsou připojena paralelně s jedním pull-up rezistorem R19 dle [16]. Každé čidlo má jedinečnou 64bitovou adresu, podle které se provádí identifikace jednotlivých čidel. Čidla umí měřit teplotu od  $-55^\circ\text{C}$  až  $125^\circ\text{C}$  s přesností  $0,5^\circ\text{C}$  a rozlišením až 12bitů.

## 2.18 Měření napětí a proudů

Pro další ochranu zařízení je důležité monitorovat vstupní proudy a napětí. V případě poruchy některé části zařízení by mohlo dojít k překročení maximálního proudu a dojít k neplánovanému odpojení stabilizátoru a tím ke ztrátě dat. V případě napájení z baterie tak rovněž můžeme monitorovat a kontrolovat spotřebu a tím prodloužit provoz zařízení.

## 2.19 Návrh vnitřních zdrojů napětí

Pro regulaci vstupního napětí celého zařízení byly použity stabilizační napájecí obvody. Zařízení má jednu napájecí větev pro logické obvody a jednu napájecí větev pro motory.

Napájecí větev pro logické obvody je dimenzováno na maximální proud 500 mA a může mít vstupní napětí až 15 V. Tato napájecí větev je jištěna proti přetížení pojistkou F1. Na výstupu z IC4 je poté stabilizované napětí 5 V pro většinu logických obvodů. Na výstupu IC19 je napětí 3,3 V pro napájení SD karty a LAN modulu. Vstupní napětí je filtrováno přes kondenzátory C60, C87, C85 a C86. Výstupní napětí je filtrováno kondenzátory C83 a C84. Vstupní kondenzátory slouží pro filtraci vstupního napětí a také pro filtraci proudového zvlnění. Výstupní kondenzátory jsou dle [20], [21] voleny tak, aby se zabránilo rozkmitání vnitřní zpětné vazby stabilizátorů napětí.

Pro napájení motorů je použita samostatná napájecí větev jištěná pojistkou F2. Napájecí okruh může přenášet proud až 10 A při napětí max. 15 V. Minimální hodnota napětí pro motory je dle [14] stanovena na 8 V. Při tomto napětí však již nemusí obvody vlivem zvlnění pracovat správně, a proto musí být toto napětí adekvátně navýšeno. Velikost vstupních filtračních kondenzátorů byla odhadnuta dle (4) na hodnotu 4 mF, přičemž bylo požadováno zvlnění 1% při spínání 10 kHz.

$$C_{MIN} = \frac{60 \cdot I}{p \cdot f \cdot U} \quad (4)$$

Kde I je proud, p je požadované zvlnění, f je frekvence spínání a U je hodnota filtrovaného napětí.

Při návrhu zařízení byla použita další napětí. Pro napájení displeje je použit obvod IC21, který vytváří napětí 2,9 V. Napětí pro podsvícení displeje je kvůli zamezení možného rušení vedeno přímo od stabilizátoru a má označení +5V/1 a je připojena pomocí SJ2. Všechny napájecí větve (5V, 3,3V, 5V/1 a VM) mají oddělené země, které jsou spojeny u vstupních svorek propojkami SJ4, SJ1 a SJ3. Všechny integrované obvody a polovodičové součástky, mají co nejbližší k napájecím vývodům, připojen keramický kondenzátor o hodnotě 100nF, který brání pronikání rušení do obvodu. Ve vzdálených místech jsou rovněž připojeny malé elektrolytické kondenzátory, které působí pro lepší pokrytí lokálních proudových špiček.

## 2.20 Návrh desek plošných spojů

Plošné spoje byly z konstrukčních hledisek rozděleny na 5 částí – hlavní desku, rozšiřující modul, přední panel, čidla polohy a digitální kompas.

Na hlavní desce, dle 1, jsou umístěny téměř veškeré logické obvody. Rozmístění součástek bylo voleno s ohledem na jejich funkčnost. Obvodu pro stabilizaci napájení jsou umístěny stranou. MCU byl umístěn tak, aby se z něj daly lehce rozvést vodiče do všech stran. Konektory pro připojení vstup, výstupních periférií jsou na okraji desky plošných spojů z důvodu možnosti instalování zařízení do některé z univerzálních krabiček.

Vlivem rozsáhlého zařízení a množství konektorů, by musela být DPS velmi rozsáhlá, což by zvyšovalo náklady na opláštění. Z tohoto důvodu, byla zvolena varianta rozšiřujícího modulu, který je umístěn nad částí hlavní desky. Na rozšiřujícím modulu je přišroubován GPS modul, jsou zde umístěny obvody a konektory pro ovládání motorů, koncových spínačů, konektor pro SD kartu a USB pro nastavení LAN modulu. Rovněž je zde umístěn MCU2 spolu s bluetooth modulem a konektorem pro „hand kontrol“ rozhraní.

Z ergonomického hlediska by bylo velice nevhodné, aby byly ovládací a zobrazovací prvky umístěny chaoticky na jedné desce plošných spojů. Přední panel, dle 5, je deska plošných spojů, na které je v levé části LED displej, uprostřed LCD displej a v pravé části je rotační inkrementální enkodér se spínačem. Tento panel je připojen pomocí kabelu a samočezných konektorů k hlavní desce. Panel tedy nemusí být těsně blízkosti hlavní desky, a zařízení se tak může instalovat do téměř libovolné univerzální krabičky, která to dovolí svými vnitřními rozměry.

Každé čidlo polohy má svoji vlastní desku plošných spojů **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů..** Jednotlivá čidla jsou propojena s hlavní deskou pomocí UTP kabelu přes konektor RJ45. Aby konektor nepřekážel případnému magnetu, je umístěn na opačné straně DPS, než čidlo polohy.

Digitální kompas je rovněž umístěn na samostatné DPS **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů..** Samotné čidlo HMC6352 je umístěno v geometrickém středu mezi montážními otvory. Pomocí těchto otvorů tak může být připevněno na rotační součást.

## 2.21 Požadavky na převodové ústrojí

Při použití krokového motoru s 200 kroky na jednu otáčku a řídicího obvodu s osmi mikrokroky na jeden plný krok, lze dosáhnout až 1600 kroků na jednu otáčku. Uvážíme-li, že siderická rychlost Země je přibližně  $360^{\circ}/24$  hodin, což je přibližně  $15^{\circ}/\text{sec}$ , tak musíme každou sekundu udělat krok o úhlové velikosti menší než  $15^{\circ}$ . Při tomto kroku nám vychází minimálně 86400 kroků, na jedno otočení pozicionéru. Jelikož lze krokovým motorem uskutečnit pouze 1600 kroků/ot., musíme zařadit převodovku o minimálním převodovém poměru 54:1.

Jako nejvhodnější varianta se jeví šnekové soukolí. Dle [22] lze uskutečnit převodový poměr 60:1 popřípadě 75:1 a 100:1. S těmito převodovkami pak dostaneme krok  $13,5^{\circ}$ ,  $10,8^{\circ}$  a  $8,1^{\circ}$ . Vzhledem k možné chybě natočení byl zvolen převodový poměr 75:1.

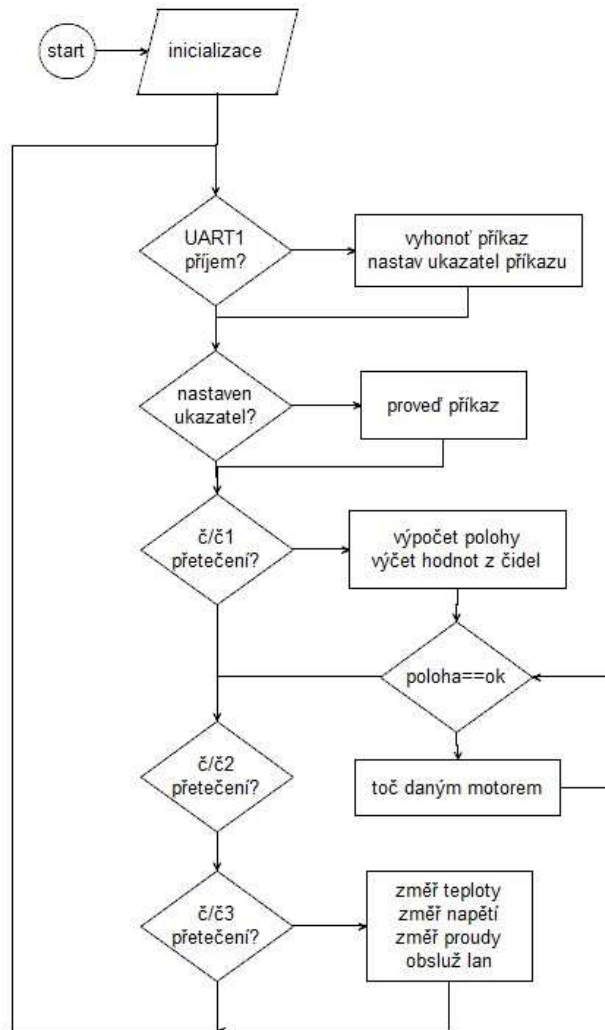
## 3 Firmware

Dobrý návrh řídicího programu pro mikrokontrolér je základem funkčního a rychle pracujícího zařízení. Veškeré procesy v mikrokontroléru pracují nezávisle a jsou vyhodnocována pomocí přerušení. Při přerušení se nastaví příslušný příznakový bit, který se cyklicky kontroluje a vyhodnocuje.

Na Obr. 9 je vidět hlavní smyčka programu. Při zapnutí se provede inicializace veškerých periférií a nastavení do výchozího, nebo již dříve uloženého nastavení. Smyčka poté cyklicky kontroluje důležité příznaky a podle jejich stavu provede úkon. Jedná se tedy o z druhů multitaskingu.

Jelikož je zařízení ovládáno zejména jedním kontrolérem, tak došlo k navýšení vstup-výstupních vývodů pomocí externích součástek. Tím se však celý program řádově zkomplikoval. Nepříjemnosti nastávají hlavně v případě, když dojde k přerušení v okamžiku, kde je vykonáván nějaký složitý proces náročný na časování, který je navíc ovládán pomocí

externích řadičů. V takovém případě by došlo k znehodnocení operace bez jejího vyhodnocení a na chybu by se nepřišlo.



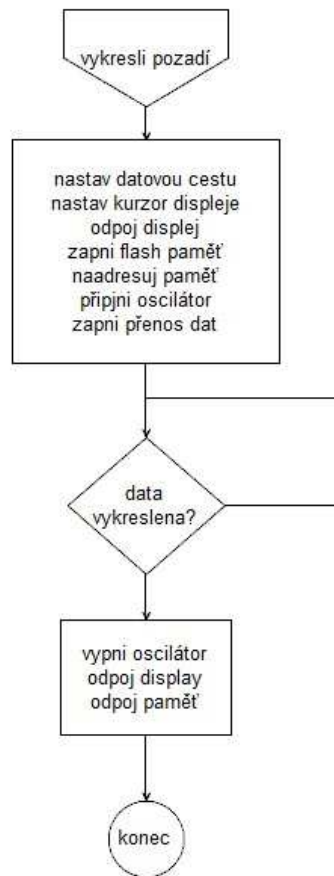
**Obr. 9 - Vývojový diagram hlavní smyčky programu**

A proto jsou v kritických situacích dočasně zakázána přerušení, která by to mohla program ovlivnit. Příkladem takového kritického procesu je zápis dat na displej uvedený na Obr. 10.

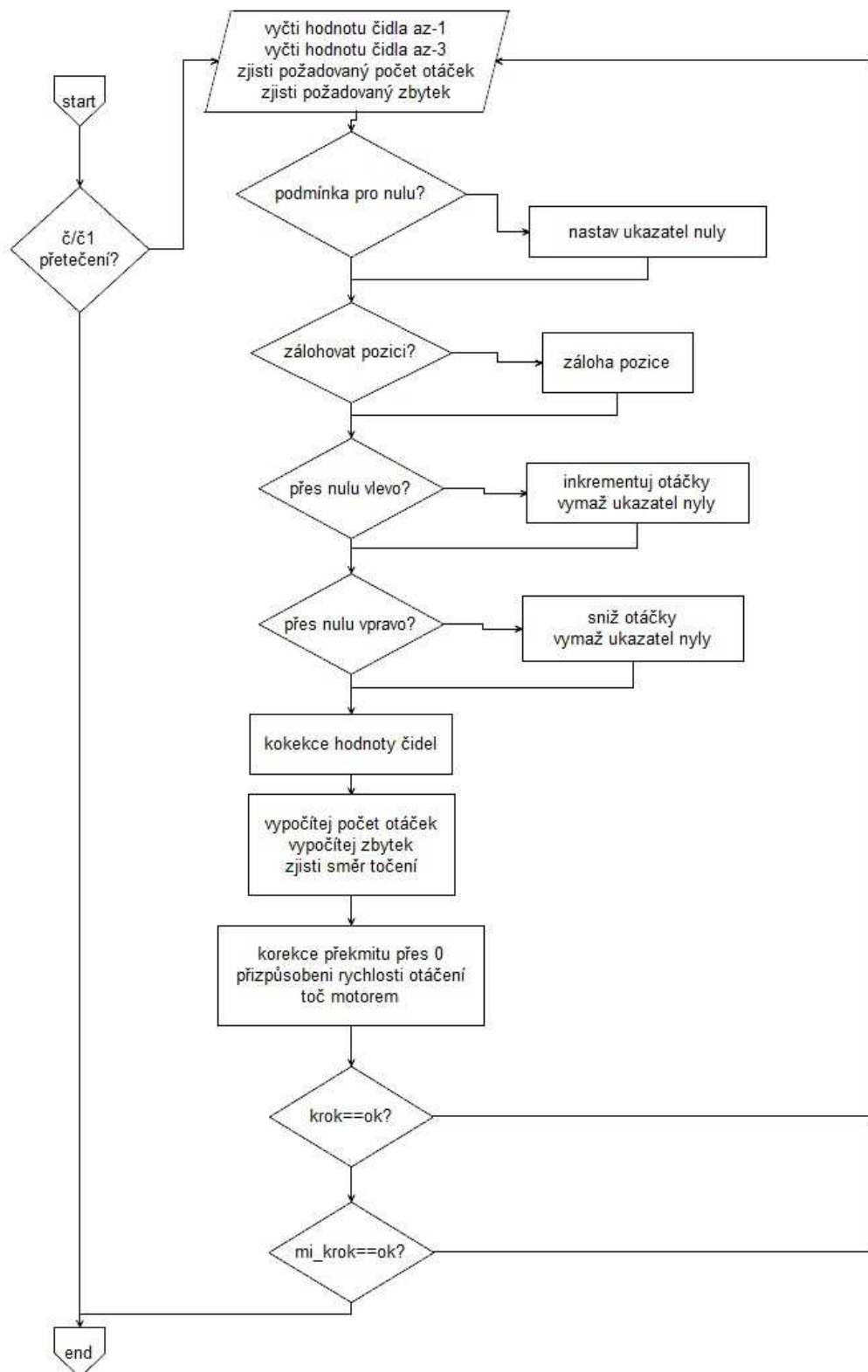
Řízení displeje je provedeno částečně pomocí programových funkcí a částečně pomocí hardwarové periferie SPI. Priorita UART sběrnice je však vyšší, a tak při přerušení od UART sběrnice by došlo ke špatnému vykreslení dat na displej. Zakázáním přerušení však může nastat situace, že byl vyslán z PC příkaz a kontrolér jej ignoroval. Z počítače však nejsou zasílána jen důležité příkazy, ale i cyklicky se opakující příkazy informativního charakteru. U řídicích příkazů je požadováno potvrzení o příjmu. Pokud je počítač nedostane, tak v časovém intervalu pošle příkaz znovu. Informativní příkazy se vysílají cyklicky a jejich ztráta není důležitá.

Dalším místem, kde dochází k narušení plynulého a efektivního chodu procesoru je v momentu, když se provádí točení motorem, viz Obr. 11. Řízení přenosové trasy je časově náročné. Časový interval, jež je potřeba k zjištění polohy je delší, než je minimální doba mezi optimálním následujícím krokem a v případě provedení krok pouze jednou za přerušení by

došlo k pomalému krokování, což je z hlediska ovládání nepřijatelné. Ve funkci pro točení motorů proto byla zavedena smyčka, která točí motorem, dokud nedosáhne požadované polohy. Natavení polohy se provede řádově rychleji, avšak program není napsán efektivně.



Obr. 10 - Vývojový diagram řízení displeje



Obr. 11 - Vývojový diagram točení motoru

## 4 Realizace a testování

Celé zařízení bylo postaveno dle teoretického návrhu. Jednotlivé dílčí části byly otestovány a na základě jejich funkčnosti a požadavků na ovládání byl vytvořen v programovacím jazyce c ovládací SW pro MCU1 a MCU2 a rovněž ovládací SW v jazyce c# pro počítač pracující pod operačním systémem Windows XP a vyšší s nadstavbou .NET 2.0 a vyšší.

### 4.1 Dosažené parametry

Mechanická část byla realizována jako model vyobrazena na Přílohy - Obr. 3. Jelikož se jedná pouze o model bez daných mechanických vlastností, tak nebylo možné změřit vůli a periodickou chybu v soukolí.

Z hlediska stabilizace nastavené hodnoty bylo změřeno, že systém je stabilní pro 1 mikrokrok  $\pm$  1 mikrokrok, tedy  $10,7(\text{arc-sec}) \pm 21,4(\text{arc-sec})$ . Tyto parametry byly změřeny při stálém proudu cívkami. Nastavená hodnota odpovídala aktuální poloze z čidel, bez další filtrace a kumulace.

### 4.2 Systémová rozšíření a úpravy

V další revizi by bylo vhodné přidat samostatný rychlý čítač pro čítání hodinových pulsů sériového signálu displeje, jež po vykreslení celé obrazovky automaticky vypne externí oscilátor a zabrání tak přetečení obrazových dat.

Dalším bodem ve vylepšení je stabilizace vstupního napětí, jež by bylo vhodné provést formou spínaného měniče a tím omezit výkonové ztráty. Rovněž je zapotřebí implementovat zálohu napájení a lepší řízení spotřeby jednotlivých částí zařízení tak, aby v případě bateriového provozu bylo zařízení energeticky úsporné.

Řízení motorů kvůli časové náročnosti neprobíhá zcela efektivně, a proto by stálo v úvahu implementovat další pomocný procesor, který by tuto úlohu vykonával samostatně, dle přijatých informací.

Na všechny tyto výše zmíněné nedostatky byl při návrhu brán ohled z hlediska kapacity řídicích a měřicích signálů, rovněž z hlediska dispozičního umístění na DSP.

## 5 Závěr

Tato bakalářská práce popisuje problematiku natáčení objektu ve dvou osách. Práce rovněž zkoumá možnosti, jak by šlo danou problematiku řešit a stanovuje optimální způsob řešení. Jednotlivé postupy a důvody použití jednotlivých obvodových prvků byly zdůvodněny a vybrané prvky splňují podmínku právě nejvhodnější varianty jak z hlediska finanční, tak z hlediska dostupnosti. V době, kdy není problém zhotovit vícevrstvou desku v běžných konstrukčních kritériích (šířka spojů a šířka mezer větší nebo rovno 0,3mm) a strojně osadit libovolně složitou desku, lze konstrukční složitost zanedbat.

V rámci řešení byly provedeny důležité simulace některých částí zařízení. Jednotlivé bloky byly vyzkoušeny a rovněž byly vypočítány důležité hodnoty obvodových prvků. Jednotlivé dílčí části byly sloučeny a zapojeny do jediného schématu. Byly vytvořeny desky plošných spojů, osazovací výkresy a seznam materiálů pro konstrukci celého zařízení.

Zařízení bylo jako celek zkonstruováno a odzkoušeno. Byl vytvořen obslužný program pro všechny požadavky zadání. Dále byl vytvořen model pohybového soustrojí, na kterém byly ověřeny požadované schopnosti a vlastnosti daného zařízení.

Navrhnutá práce splňuje všechny body zadání a oproti zadání je značně rozšířená. Zařízení je v tomto stavu použitelné a funkční.

## 6 Seznam literatury

- [1] Ftp.leadtek.nl [online]. 2003 [cit. 2010-12-30]. LEADTEK GPS MODULE. Dostupné z WWW: <[ftp://ftp.leadtek.nl/mirror/gps/9540/9540Manual\\_v1.09\\_20030325.pdf](ftp://ftp.leadtek.nl/mirror/gps/9540/9540Manual_v1.09_20030325.pdf)>.
- [2] Sparkfun.com [online]. 2005 [cit. 2010-12-30]. NMEA Reference Manual. Dostupné z WWW: <<http://www.sparkfun.com/datasheets/GPS/NMEA%20Reference%20Manual1.pdf>>.
- [3] Atmel.com [online]. 8.2010 [cit. 2010-12-23]. ATmega128. Dostupné z WWW: <[http://www.atmel.com/dyn/resources/prod\\_documents/doc2467.pdf](http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc2467.pdf)>.
- [4] Superkranz.de [online]. 2005 [cit. 2010-12-30]. Using the Siemens S65-Display. Dostupné z WWW: <[http://www.superkranz.de/christian/S65\\_Display/DisplayIndex.html](http://www.superkranz.de/christian/S65_Display/DisplayIndex.html)>. Spezial.cz [online]. 2010 [cit. 2010-12-22]. Nano SocketLAN™. Dostupné z WWW: <[http://www.spezial.cz/pdf/Nano\\_Socket\\_LAN\\_DS.pdf](http://www.spezial.cz/pdf/Nano_Socket_LAN_DS.pdf)>.
- [5] RADA, Bohumír. *Astrosvet.com* [online]. 14.1.2006 [cit. 2010-11-21]. Montáže dalekohledů. Dostupné z WWW: <<http://astrosvet.com/astrotechnika/montaze-dalekohledu>>.
- [6] BÍLEK, František. *Amatérská Astronomie a Astrofotografie* [online]. 4.1.2003 [cit. 2010-11-21]. Ustavení paralaktické montáže. Dostupné z WWW: <<http://web.quick.cz/frantabilek/astrofoto/ustaveni/ustaveni.html>>.
- [7] FALC, Petr. *Odbornecasopisy.cz* [online]. 03/2005 [cit. 2010-12-01]. Rotační inkrementální snímače polohy. Dostupné z WWW: <[http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id\\_document=30393](http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=30393)>.
- [8] *Austriamicrosystems.com* [online]. 2010 [cit. 2010-12-01]. Rotatory Encoders. Dostupné z WWW: <<http://austriamicrosystems.com/eng/Products/Magnetic-Encoders/Rotary-Encoders>>.
- [9] *Leapsecond.com* [online]. 2010 [cit. 2010-12-01]. TAI, UTC, GPS clock. Dostupné z WWW: <<http://www.leapsecond.com/java/gpsclock.htm>>.
- [10] *Digitalky.cz* [online]. 2009 [cit. 2010-12-01]. DCF77, aneb jak se řídí budíky na dálku. Dostupné z WWW: <<http://digitalky.cz/2009/06/DCF77-radio-controlled/>>.
- [11] ŘEZÁČ, Kamil. *Robotika.cz* [online]. 2002 [cit. 2010-12-02]. Krokové motory. Dostupné z WWW: <<http://robotika.cz/articles/steppers/cs>>.
- [12] Hw.cz [online]. 7.5.2002 [cit. 2010-12-22]. USB - Universal Serial Bus - Popis rozhraní. Dostupné z WWW: <<http://hw.cz/Teorie-a-praxe/Dokumentace/ART327-USB---Universal-Serial-Bus---Popis-rozhrani.html>>.
- [13] Ftdichip.com [online]. 6.2010 [cit. 2010-12-22]. FT232R USB UART IC. Dostupné z WWW: <[http://www.ftdichip.com/Support/Documents/DataSheets/ICs/DS\\_FT232R.pdf](http://www.ftdichip.com/Support/Documents/DataSheets/ICs/DS_FT232R.pdf)>.

- [14] Focus.ti.com [online]. 5.2010 [cit. 2010-12-25]. STEPPER MOTOR CONTROLLER IC. Dostupné z WWW: <<http://focus.ti.com/lit/ds/symlink/drv8811.pdf>>.
- [15] Austriamicrosystems.com [online]. 2010 [cit. 2010-12-26]. 12-Bit Programmable Magnetic Rotary Encoder. Dostupné z WWW: <[http://austriamicrosystems.com/eng/content/download/12890/229418/file/AS5145\\_Datasheet\\_v1\\_11.pdf](http://austriamicrosystems.com/eng/content/download/12890/229418/file/AS5145_Datasheet_v1_11.pdf)>.
- [16] Maxim-ic.com [online]. 4.22.08 [cit. 2010-12-26]. DS18B20 Programmable Resolution 1-Wire Digital Thermometer. Dostupné z WWW: <<http://pdfserv.maxim-ic.com/en/ds/DS18B20.pdf>>.
- [17] Honeywell.com [online]. 2006 [cit. 2010-12-26]. 2-Axis Compass with Algorithms HMC6352. Dostupné z WWW: <<http://www.ssec.honeywell.com/magnetic/datasheets/HMC6352.pdf>>.
- [18] Onsemi.com [online]. 6.2008 [cit. 2010-12-30]. NTR4501N, Power MOSFET. Dostupné z WWW: <[http://www.onsemi.com/pub\\_link/Collateral/NTR4501N-D.PDF](http://www.onsemi.com/pub_link/Collateral/NTR4501N-D.PDF)>.
- [19] Onsemi.com [online]. 10.2010 [cit. 2010-12-30]. BC817-25LT1G, General Purpose Transistors. Dostupné z WWW: <[http://www.onsemi.com/pub\\_link/Collateral/BC817-16LT1-D.PDF](http://www.onsemi.com/pub_link/Collateral/BC817-16LT1-D.PDF)>.
- [20] Onsemi.com [online]. 7.2010 [cit. 2010-12-30]. NCV78M00 Series, 500 mA Positive Voltage Regulators. Dostupné z WWW: <[http://www.onsemi.com/pub\\_link/Collateral/MC78M00-D.PDF](http://www.onsemi.com/pub_link/Collateral/MC78M00-D.PDF)>.
- [21] Focus.ti.com [online]. 8.2010 [cit. 2010-12-30]. ADJUSTABLE AND FIXED LOW-DROPOUT VOLTAGE REGULATOR. Dostupné z WWW: <<http://focus.ti.com/docs/prod/folders/print/tlv1117-33.html>>.
- [22] Teatechnik.com [online]. 2009 [cit. 2010-12-30]. šneková soukolí. Dostupné z WWW: <[http://www.teatechnik.cz/download.php?file=doc/typ\\_1.pdf](http://www.teatechnik.cz/download.php?file=doc/typ_1.pdf)>.
- [23] Onsemi.com [online]. 8.2008 [cit. 2011-01-02]. NTR4501n, Power MOSFET. Dostupné z WWW: <[http://www.onsemi.com/pub\\_link/Collateral/NTR4501N-D.PDF](http://www.onsemi.com/pub_link/Collateral/NTR4501N-D.PDF)>.
- [24] Onsemi.com [online]. 9.2010 [cit. 2011-01-02]. BAT54T1G, Schottky Barrier Diodes. Dostupné z WWW: <[http://www.onsemi.com/pub\\_link/Collateral/BAT54T1-D.PDF](http://www.onsemi.com/pub_link/Collateral/BAT54T1-D.PDF)>.
- [25] Focus.ti.com [online]. 2003 [cit. 2011-01-02]. High-Speed CMOS Logic Quad Bilateral Switch. Dostupné z WWW: <<http://focus.ti.com/lit/ds/symlink/cd74hc4066.pdf>>.
- [26] Focus.ti.com [online]. 2003 [cit. 2011-01-02]. High-Speed CMOS Logic Quad 2-Input NAND Gate. Dostupné z WWW: <<http://focus.ti.com/lit/ds/symlink/cd74hc00.pdf>>.
- [27] Onsemi.com [online]. 2009 [cit. 2011-01-02]. MC74HC595A, 8-Bit Serial-Input/Serial or Parallel-Output Shift Register with Latched 3-State Outputs. Dostupné z WWW: <[http://www.onsemi.com/pub\\_link/Collateral/MC74HC595A-D.PDF](http://www.onsemi.com/pub_link/Collateral/MC74HC595A-D.PDF)>.

- [28] Atmel.com [online]. 5.2010 [cit. 2011-01-02]. Atmel DataFlash, Atmel AT45DB081D. Dostupné z WWW: <[http://www.atmel.com/dyn/resources/prod\\_documents/doc3596.pdf](http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc3596.pdf)>.
- [29] Focus.ti.com [online]. 2003 [cit. 2011-01-02]. CD74HC20, High-Speed CMOS Logic Dual 4-Input NAND Gate. Dostupné z WWW: <<http://focus.ti.com/lit/ds/symlink/cd74hc20.pdf>>.
- [30] Focus.ti.com [online]. 2010 [cit. 2011-01-02]. SN74LVC245A, OCTAL BUS TRANSCEIVER WITH 3-STATE OUTPUTS. Dostupné z WWW: <<http://focus.ti.com/lit/ds/symlink/sn74lvc245a.pdf>>.

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 - Časová posloupnost dat [10].....	9
Obr. 2 - Zapojení unipolárního krokového motoru .....	11
Obr. 3 - Zapojení bipolárního krokového motoru .....	11
Obr. 4 - Blokové schéma zapojení .....	14
Obr. 5 - Výstupní úrovně rotačního enkodéru .....	16
Obr. 6 - Výsledky simulace oscilátoru .....	18
Obr. 7 - Průběh proudů vnitřním mostem řízení motoru [14].....	20
Obr. 8 - Typické umístění magnetu nad čidlem [15] .....	21
Obr. 9 - Vývojový diagram hlavní smyčky programu .....	24
Obr. 10 - Vývojový diagram řízení displeje.....	25
Obr. 11 - Vývojový diagram točení motoru.....	26

## SEZNAM ZKRATEK

**UTC** .... Coordinated Universal Time  
**GMT** .... Greenwich Mean Time  
**GPS** ..... Global Positioning System  
**DCF77**  
**USB** ..... Universal Serial Bus  
**MCU** .... Microcontroller unit  
**SD** ..... Secure Digital  
**PC** ..... Personal computer  
**I2C**  
**SPI** ..... Serial Peripheral Interface  
**ISP** ..... In System Programming  
**JTAG** ... Joint Test Action Group  
**NMEA**.. National Marine Electronics Association  
**LAN** .... Local Area Network  
**UART**... Universal asynchronous receiver/transmitter  
**TCP/IP**. Transmission Control Protocol / Internet Protocol  
**LDO** .... Low-dropout regulator  
**TTL** ..... Transistor-transistor-logic  
**BLDC**... Brushless DC  
**UTP** ..... Unshielded Twisted Pair  
**RTC** .... Real-time clock  
**SEČ** ..... Středoevropský čas  
**DC** ..... Direct current  
**NASA** ... National Aeronautics and Space Administration  
**LCD** .... Liquid Crystal Display  
**LED** ..... Light Emitting Diode

## SEZNAM SYMBOLŮ

$t$  ..... hodinový úhel  
 $\Delta\delta$  ..... měřená veličina  
 $\Delta A$  ..... chyba polární osy  
 $\Delta\varphi$  ..... chyba polární osy  
 $\varphi$  ..... zeměpisná šířka měřeného místa

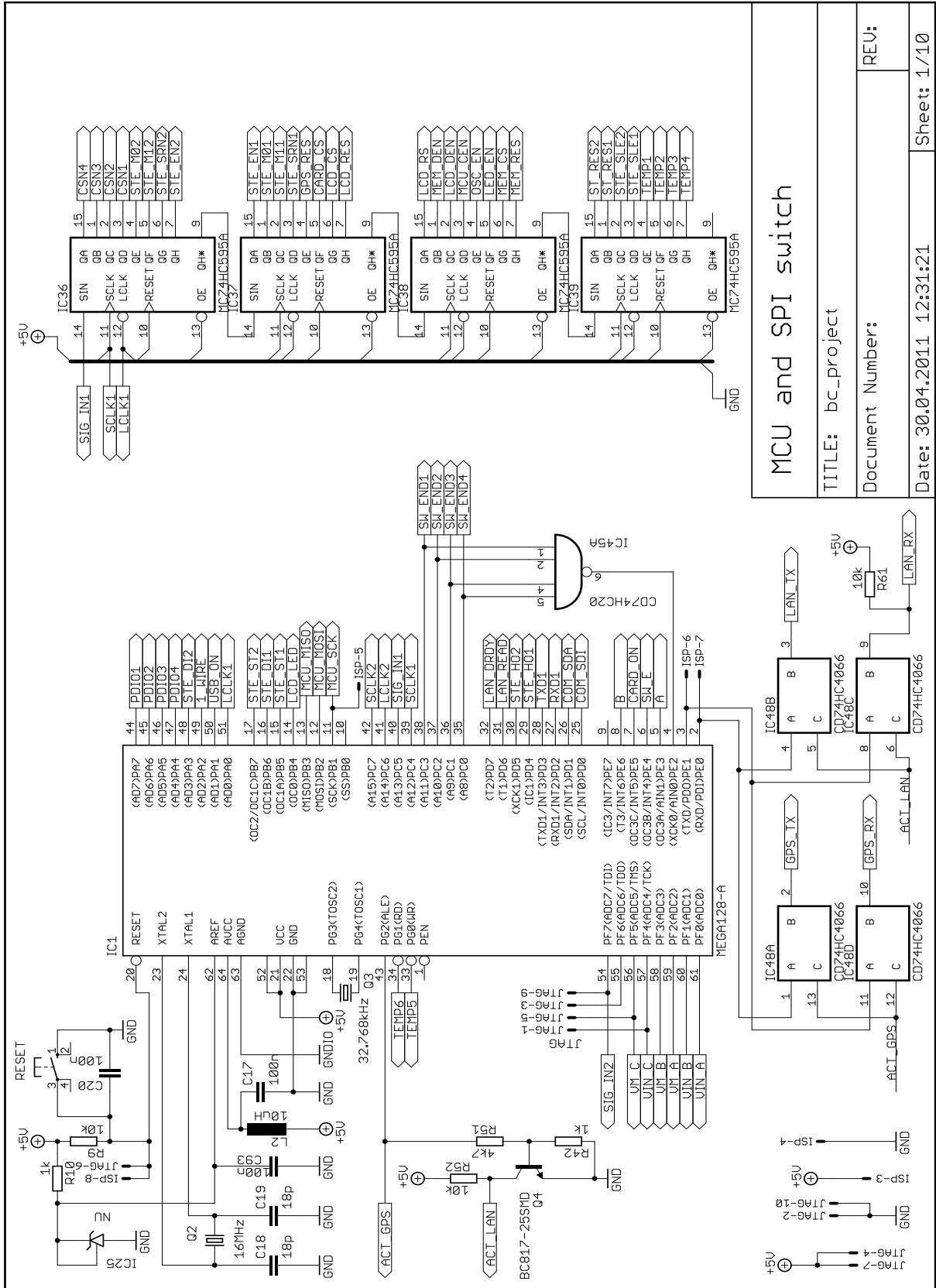
## SEZNAM PŘÍLOH

A.	Schémata zapojení.....	34
B.	Desky plošných spojů.....	44
1.	DPS hlavní desky - TOP .....	44
2.	DPS hlavní desky - BOTTOM.....	45
3.	DPS rozšiřujícího modulu - TOP .....	46
4.	DPS rozšiřujícího modulu - BOTTOM.....	47
5.	DPS čelního panelu - TOP .....	47
6.	DPS čelního panelu - BOTTOM.....	48
7.	DPS čidel polohy - BOTTOM .....	48
8.	DPS čidel polohy - TOP.....	48
9.	DPS digitálního kompasu - TOP.....	49
10.	DPS digitálního kompasu - BOTTOM.....	49
11.	DPS inkrementálního snímače - BOTTOM.....	49
C.	Osazovací plány desek plošných spojů .....	50
1.	osazovací plán hlavní desky – TOP .....	50
2.	osazovací plán hlavní desky – BOTTOM.....	51
3.	osazovací plán digitálního kompasu – TOP.....	51
4.	osazovací plán rozšiřujícího modulu – TOP .....	52
5.	osazovací plán rozšiřujícího modulu – BOTTOM.....	53
6.	osazovací plán předního panelu – TOP.....	53
7.	osazovací plán předního panelu – BOTTOM .....	54
8.	Osazovací plán čidel polohy – TOP.....	54
9.	osazovací plán čidel polohy – BOTTOM .....	54
10.	Osazovací plán inkrementálního snímače - TOP .....	55
11.	Frézování stínítka čelního panelu.....	55
D.	Seznam použitých součástek.....	55
E.	Fotografie zařízení.....	58
	Přílohy - Obr. 1 - Pohled na řídicí elektroniku.....	58
	Přílohy - Obr. 2 - Pohled na přední panel .....	58
	Přílohy - Obr. 3 - Fotografie mechanické části zařízení (azimutální část).....	59
	Přílohy - Obr. 4 - Fotografie zařízení (elevační část).....	59
	Přílohy - Obr. 5 - Detail uchycení čidla polohy .....	60
F.	Program pro PC.....	60

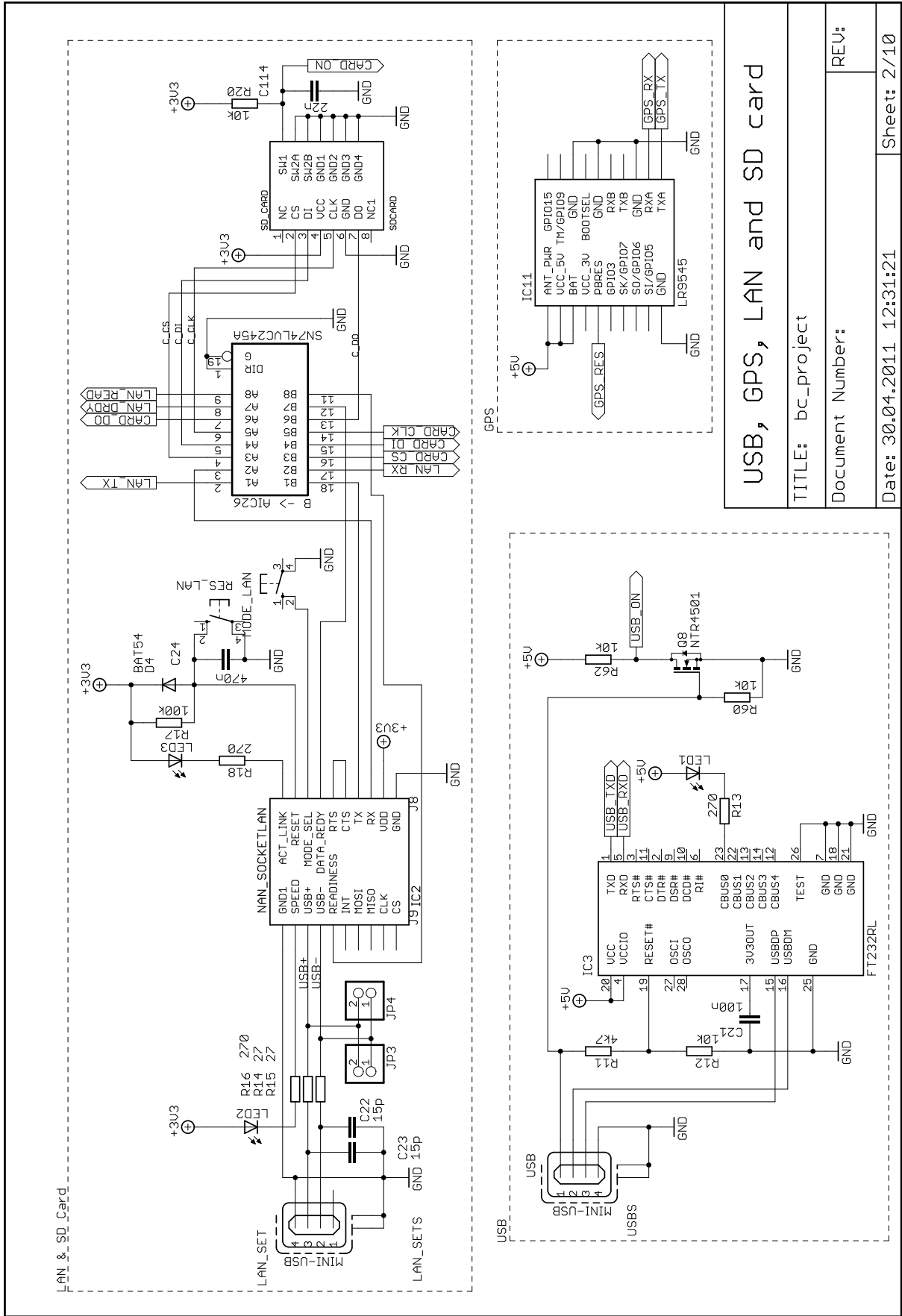
1.	Hlavní formulář .....	60
	Přílohy - Obr. 6 - Hlavní formulář ovládacího SW pro PC .....	60
2.	Nastavení připojení .....	61
	Přílohy - Obr. 7 - Nastavení připojení SW pro PC .....	61
3.	Nastavení času.....	62
	Přílohy - Obr. 8 - Nastavení času SW pro PC.....	62
4.	Nastavení kalibrace .....	63
	Přílohy - Obr. 9 - Nastavení kalibrace SW pro PC .....	63
5.	Kontrola HW .....	64
	Přílohy - Obr. 10 - Kontrola HW .....	64
6.	O programu .....	65
	Přílohy - Obr. 11 - O programu SW pro PC .....	65
G.	Konfigurace Bluetooth modulu.....	65
1.	HW zapojení.....	65
2.	SW nastavení.....	65
	Přílohy - Obr. 12 - Výběr Bluetooth produktu .....	66
	Přílohy - Obr. 13 - Nastavení parametrů připojení .....	66
	Přílohy - Obr. 14 - Základní nastavení.....	67
	Přílohy - Obr. 15 - Nastavení zabezpečení.....	68
	Přílohy - Obr. 16 - Nastavení serveru .....	69
	Přílohy - Obr. 17 - Nastavení klienta .....	69
	Přílohy - Obr. 18 - Nastavení ovládání .....	70
	Přílohy - Obr. 19 - Independent Positioner ve Windows 7.....	70
H.	Konfigurace LAN modulu .....	71
1.	Zjištění IP adresy.....	71
	Přílohy - Obr. 20 - konfigurační program "iChip" .....	71
	Přílohy - Obr. 21 - iChip: IP adresa .....	72
2.	Nahrání webových stránek .....	72
	Přílohy - Obr. 22 - Nahrání obrazu stránky.....	72
	Přílohy - Obr. 23 - Příklad webové aplikace.....	73

# Přílohy

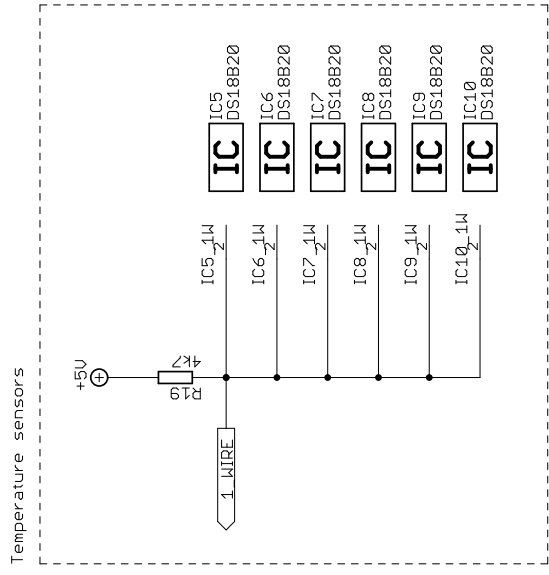
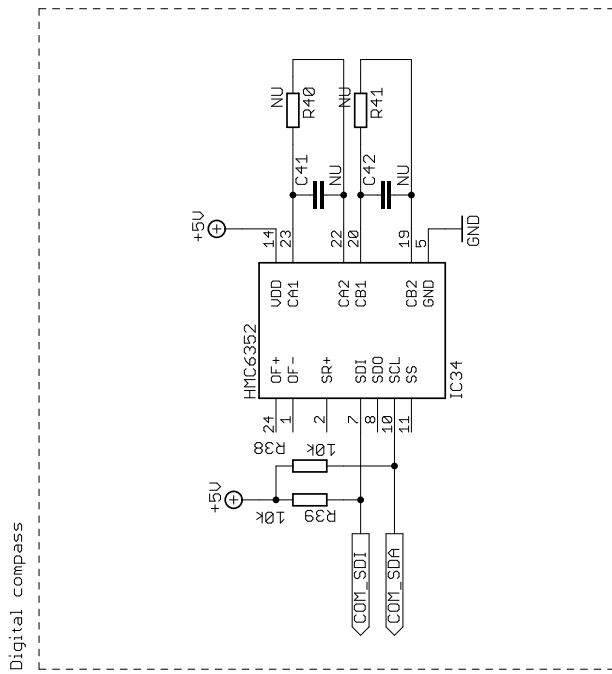
## A. Schémata zapojení



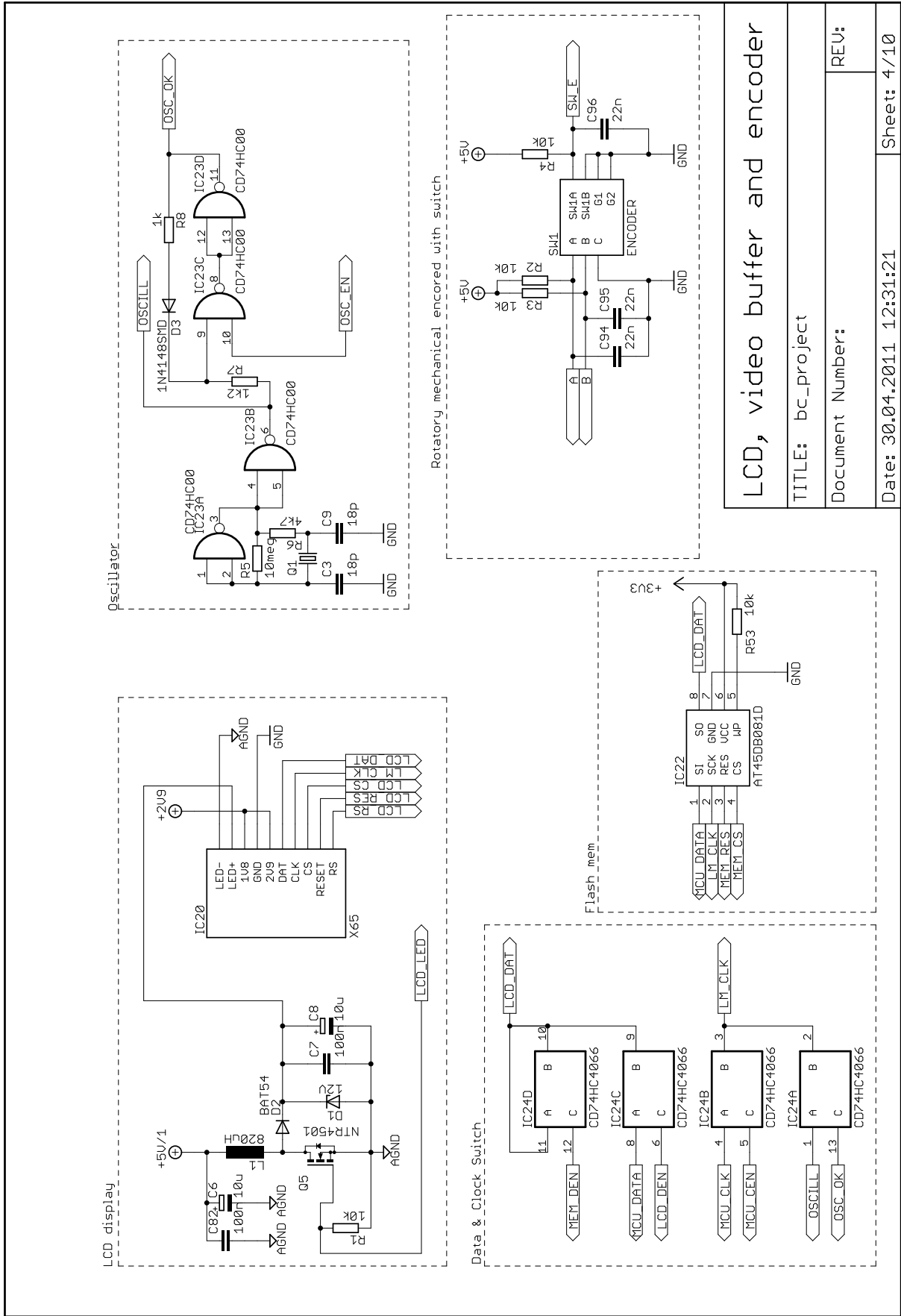
MCU and SPI switch  
 TITLE: bc\_project  
 Document Number:  
 Date: 30.04.2011 12:31:21  
 Sheet: 1/10

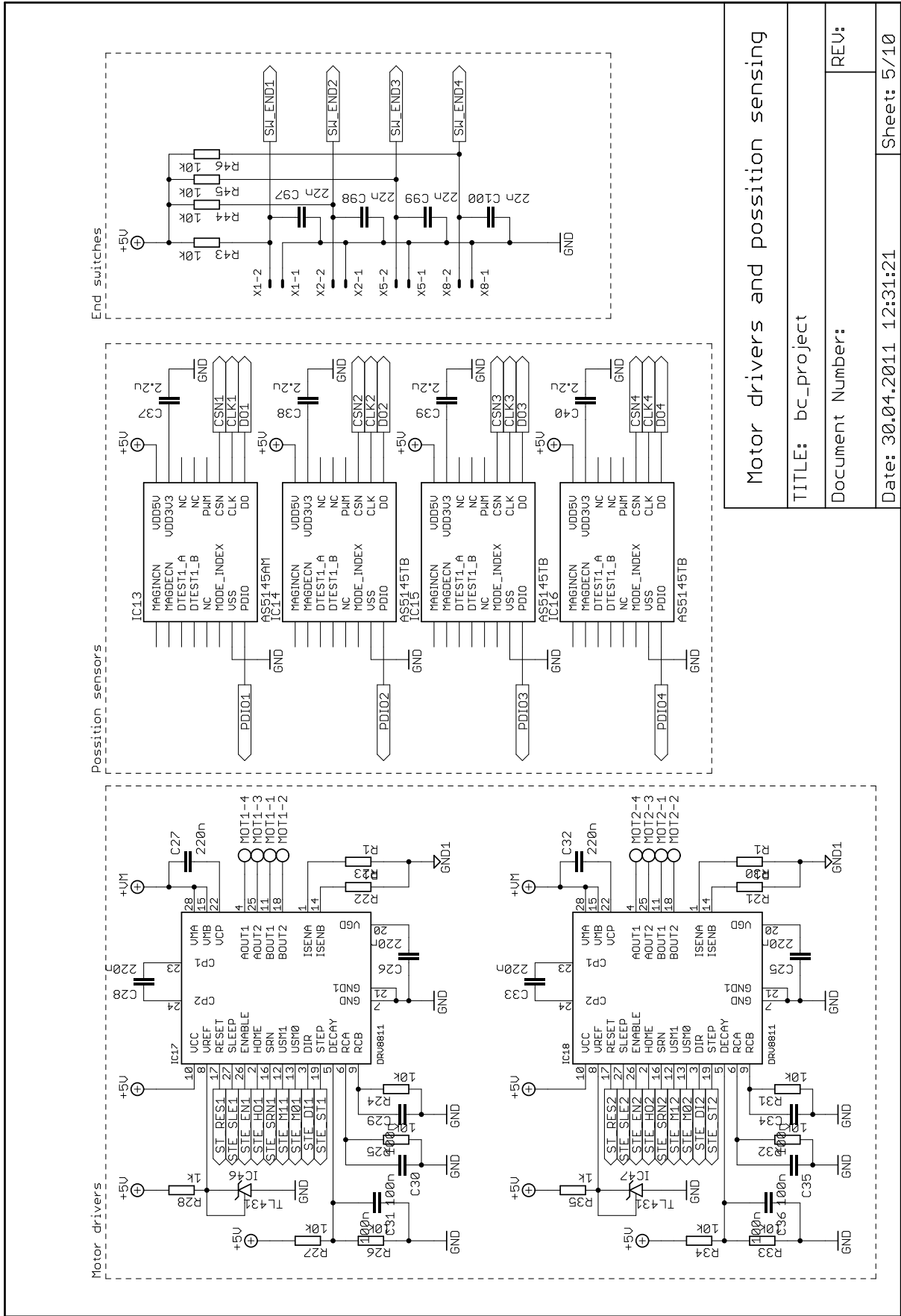


<b>USB, GPS, LAN and SD card</b>	
TITLE: bc_project	
Document Number:	
Date: 30.04.2011 12:31:21	Sheet: 2/10

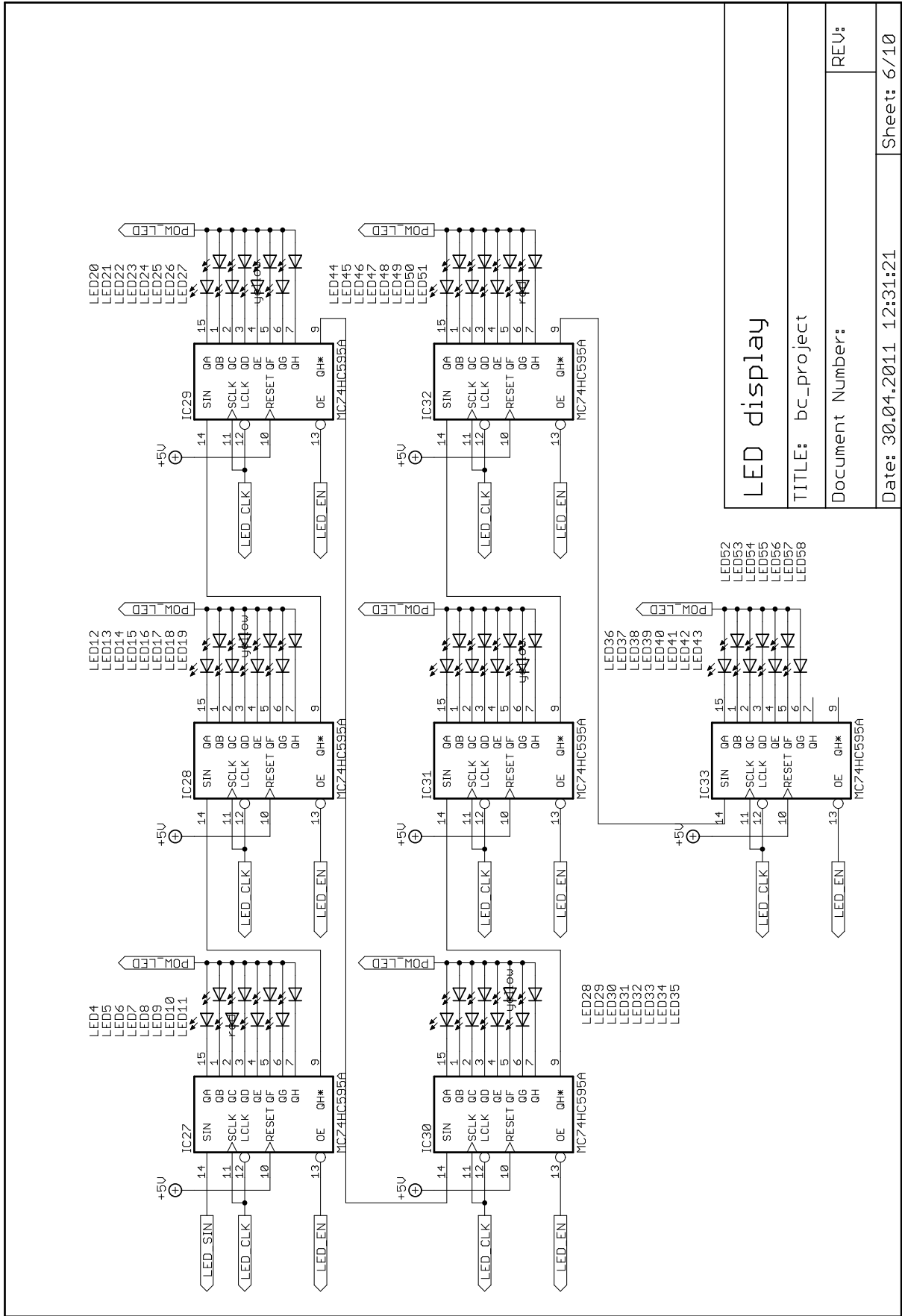


Digital compass & temperature sensors	
TITLE: bc_project	
Document Number:	REV:
Date: 30.04.2011 12:31:21	Sheet: 3/10

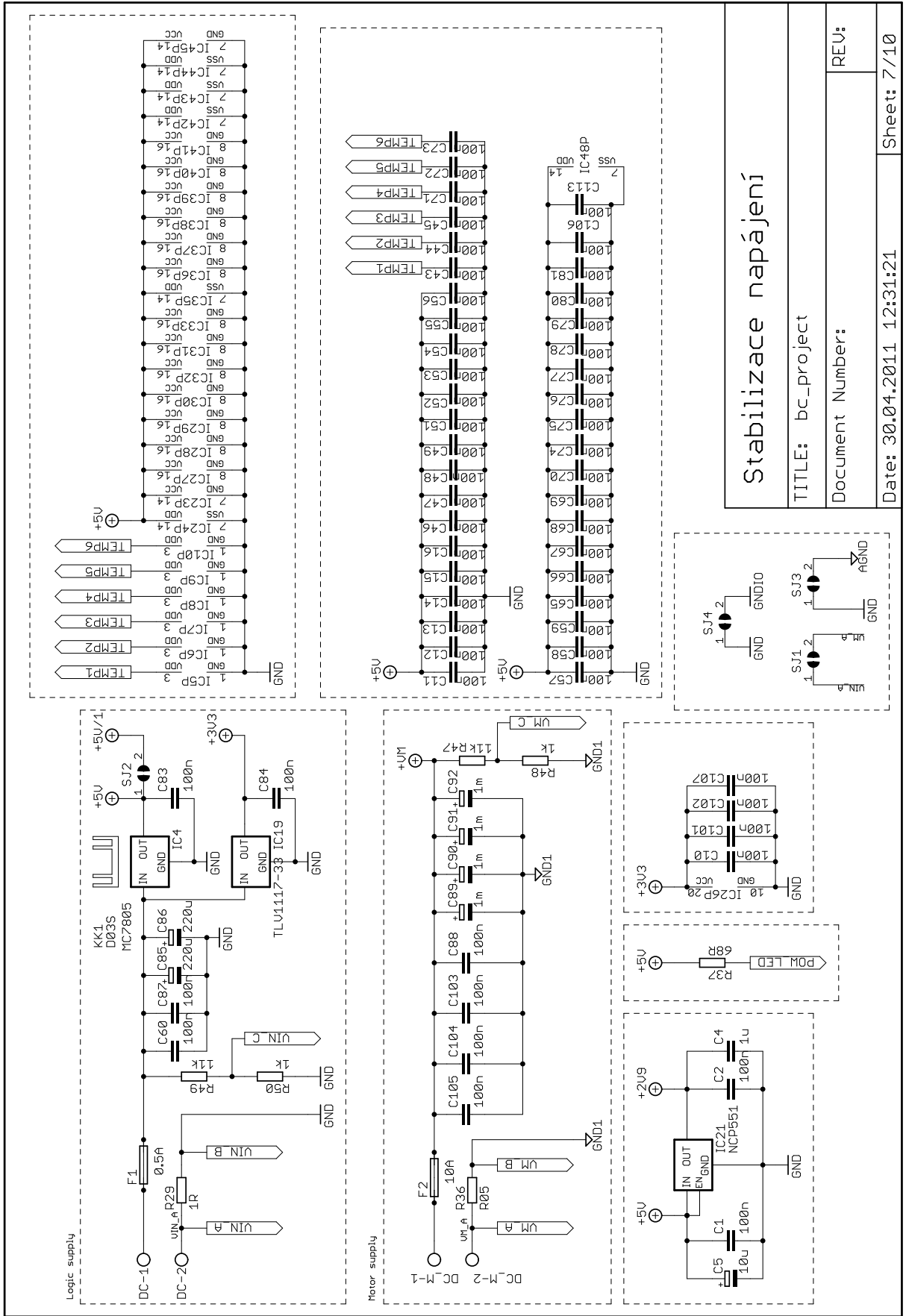




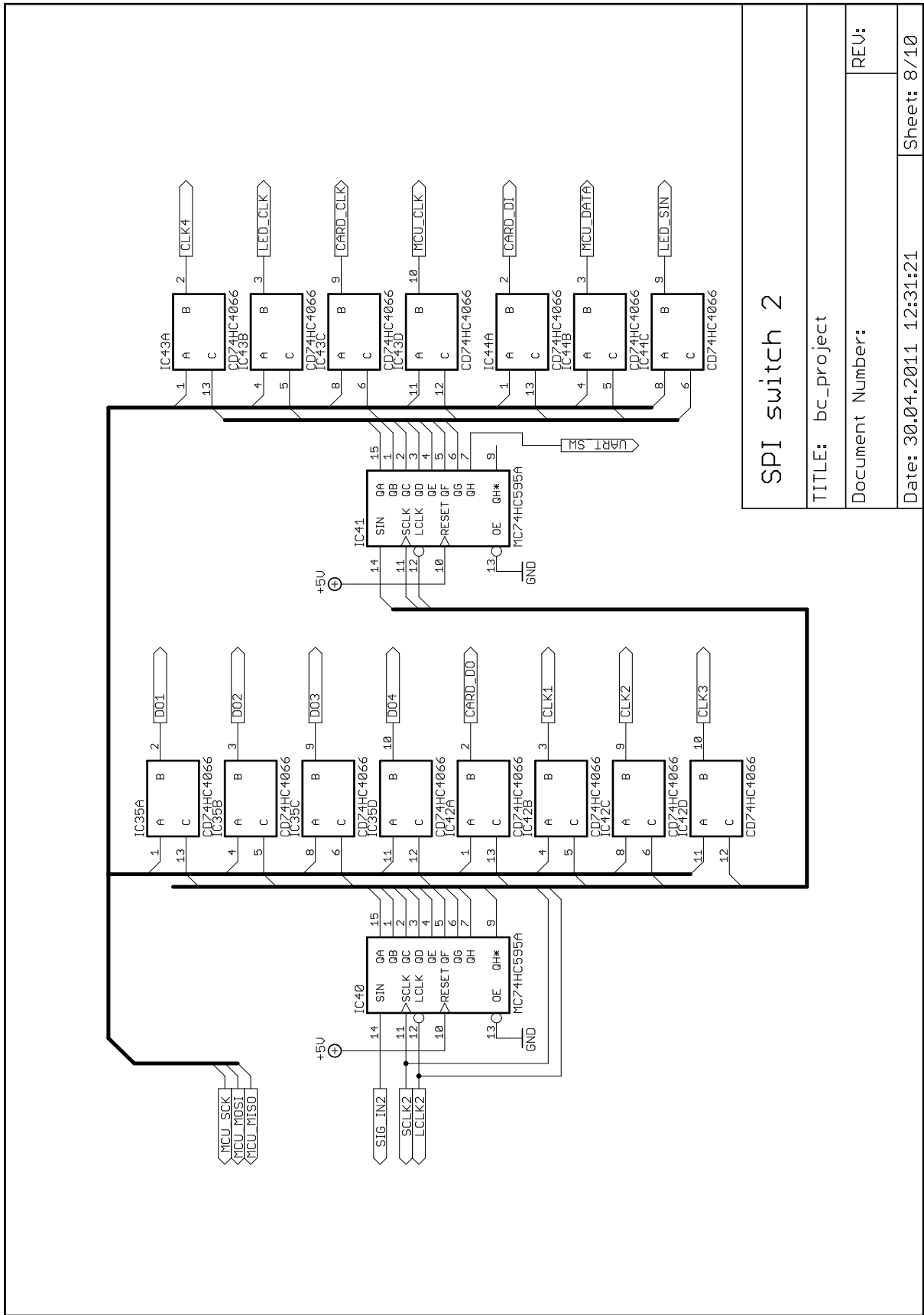
<b>Motor drivers and position sensing</b>	
TITLE: bc_project	
Document Number:	REV:
Date: 30.04.2011 12:31:21	Sheet: 5/10



<b>LED display</b>	
TITLE: bc_project	
Document Number:	
Date: 30.04.2011 12:31:21	
REV:	Sheet: 6/10



<b>Stabilizace napájení</b>	
TITLE: bc_project	
Document Number:	
Date: 30.04.2011 12:31:21	REV:
Sheet: 7/10	



SPI switch 2

TITLE: bc\_project

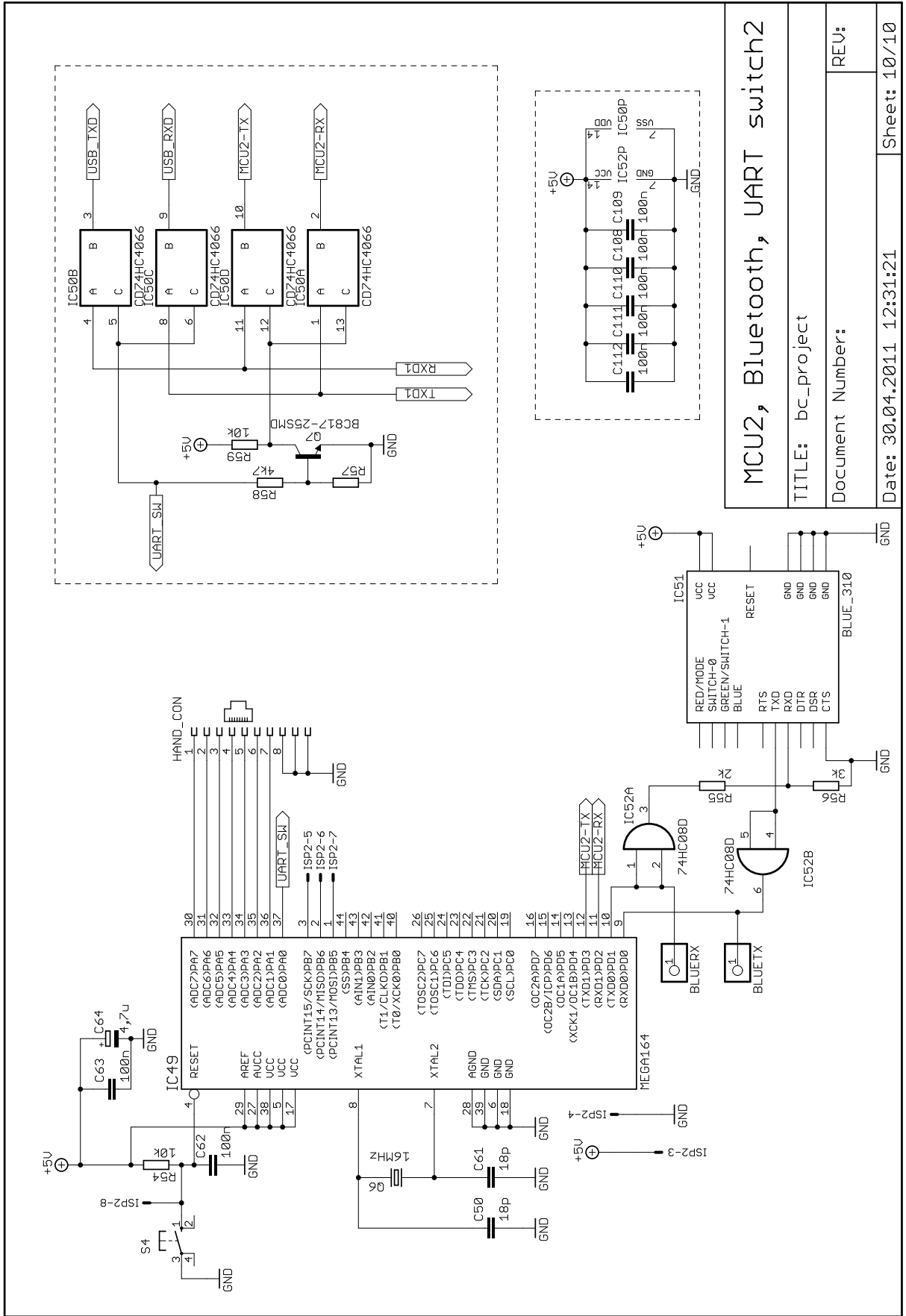
Document Number:

REV:

Date: 30.04.2011 12:31:21

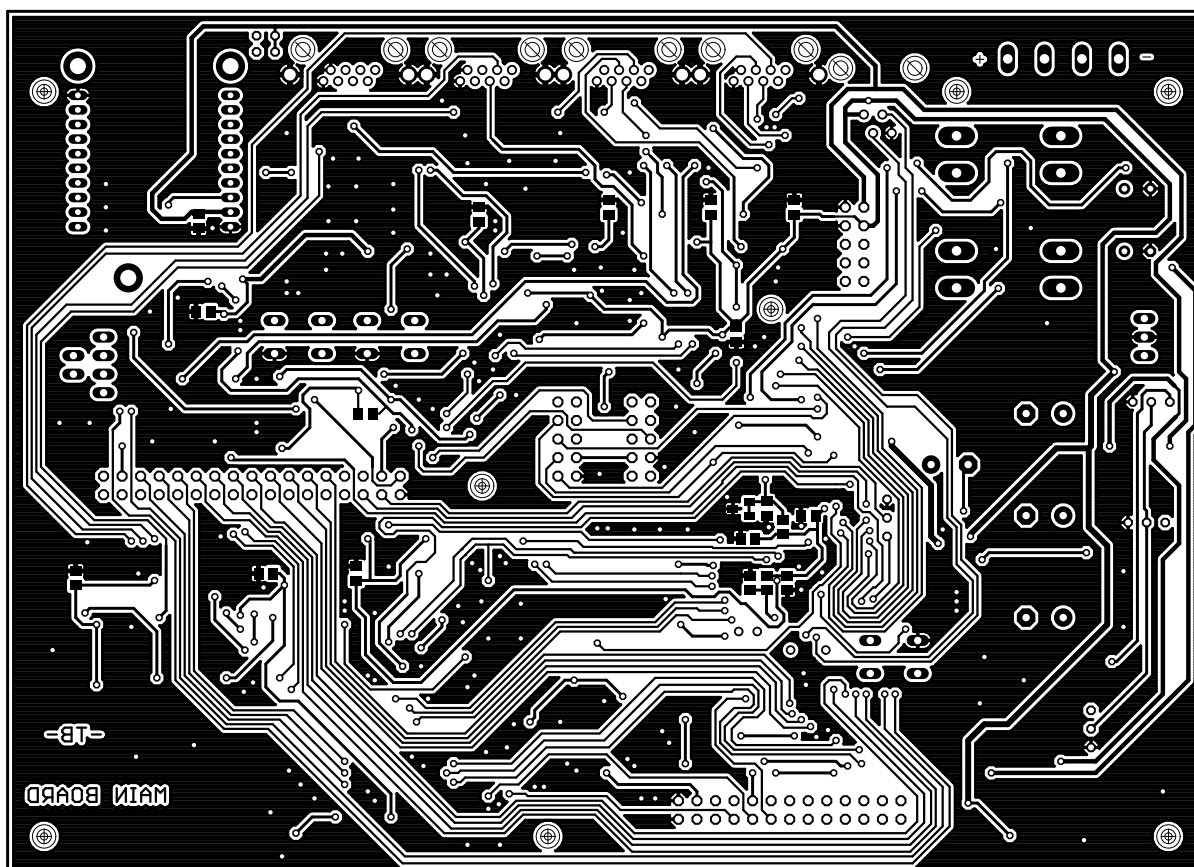
Sheet: 8/10



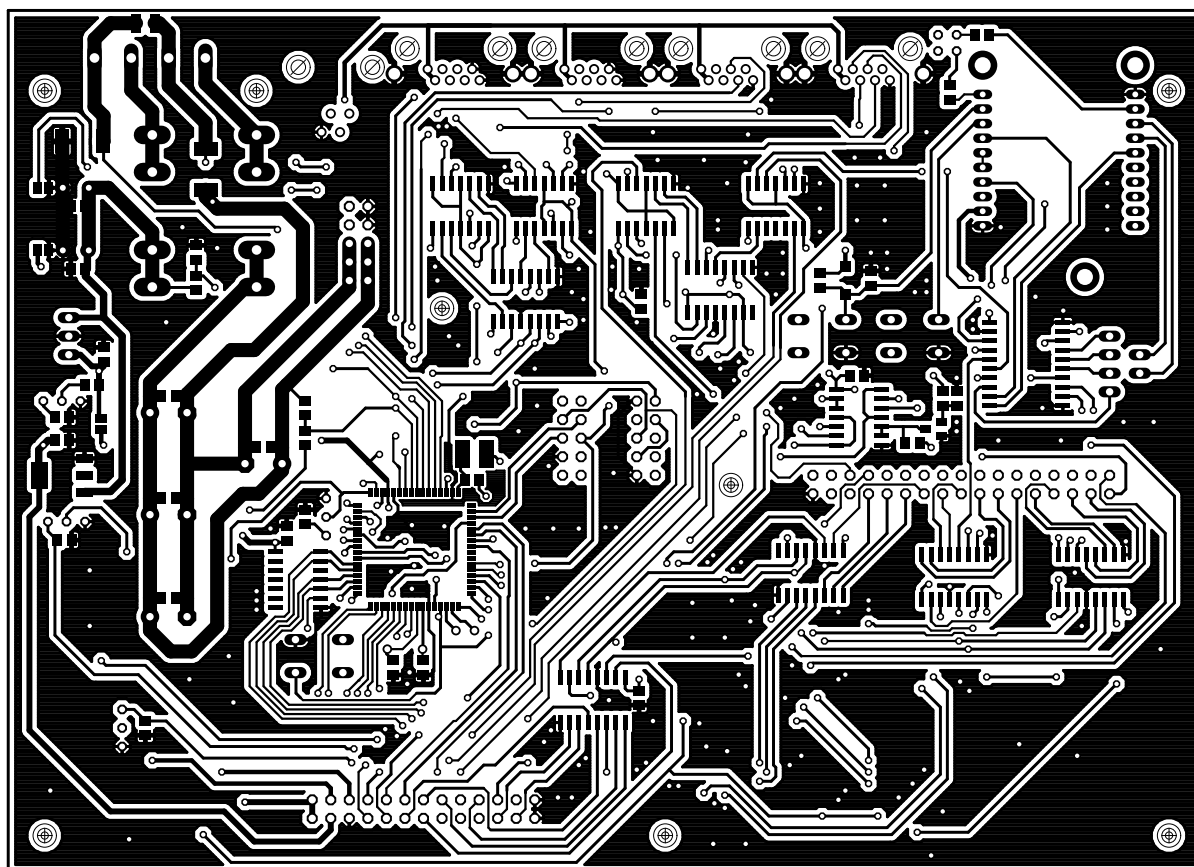


## B. Desky plošných spojů

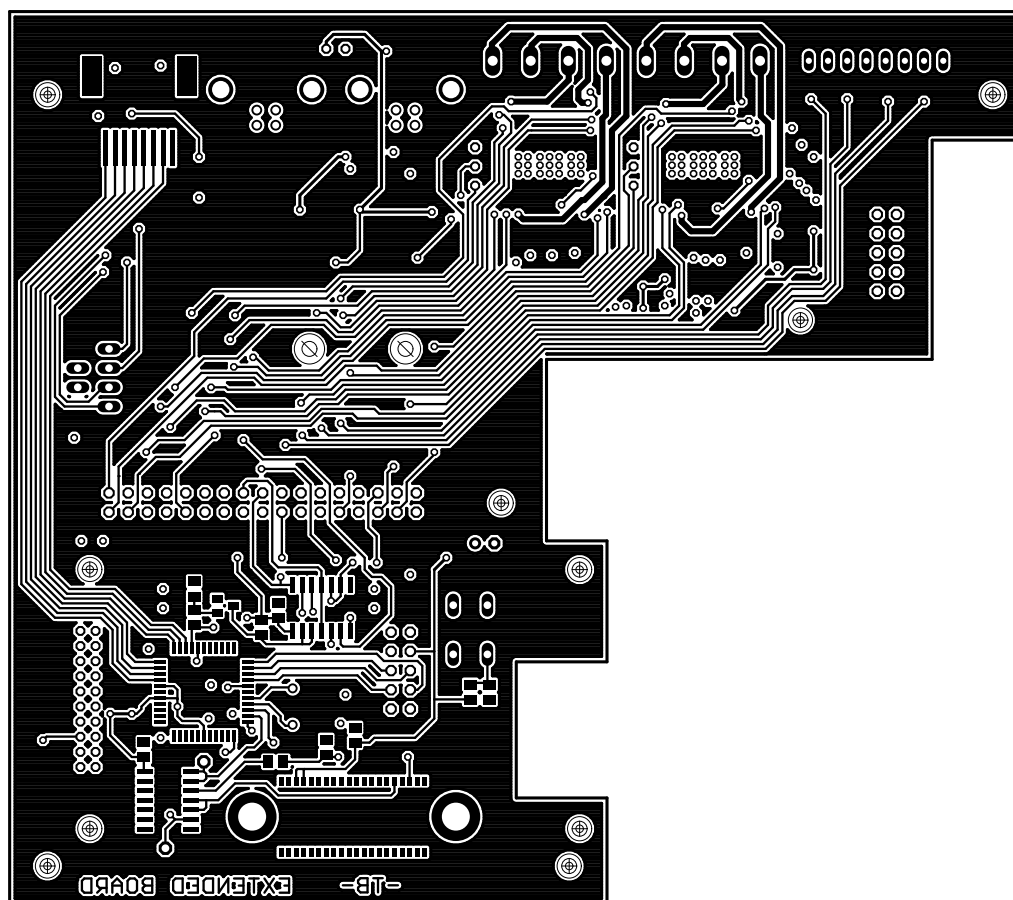
### 1. DPS hlavní desky - TOP



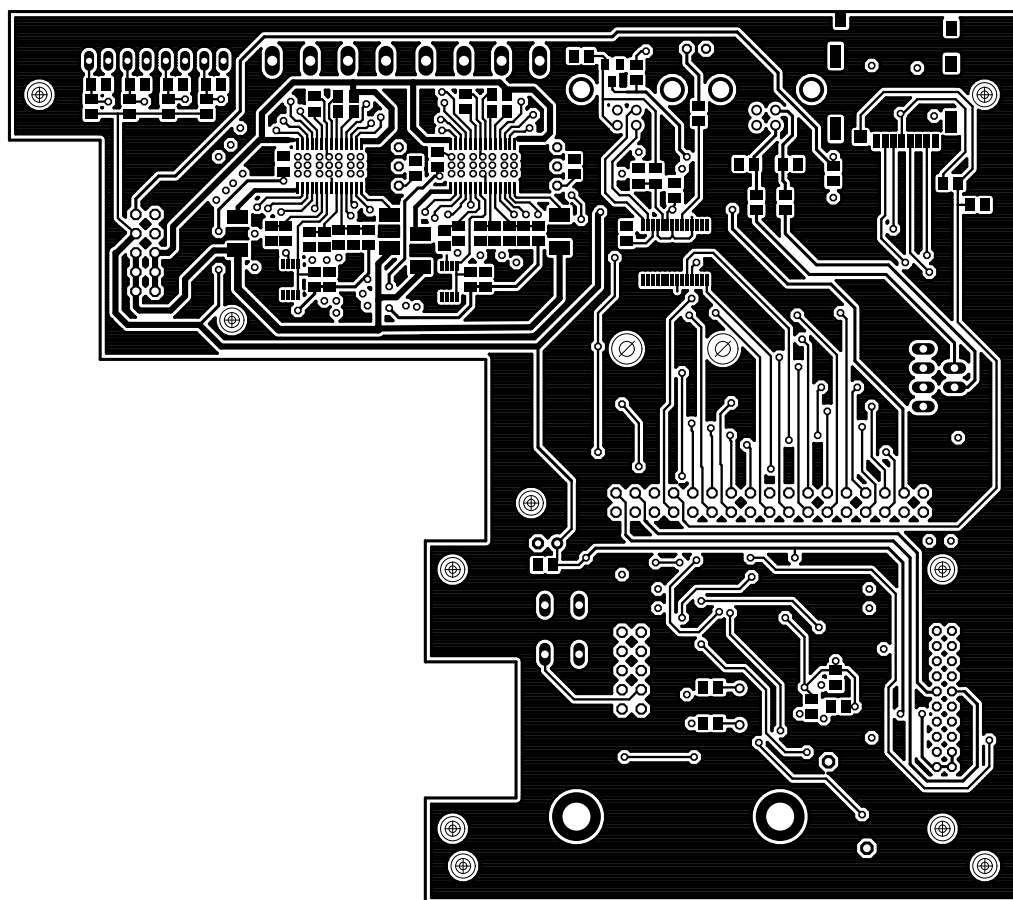
## 2. DPS hlavní desky - BOTTOM



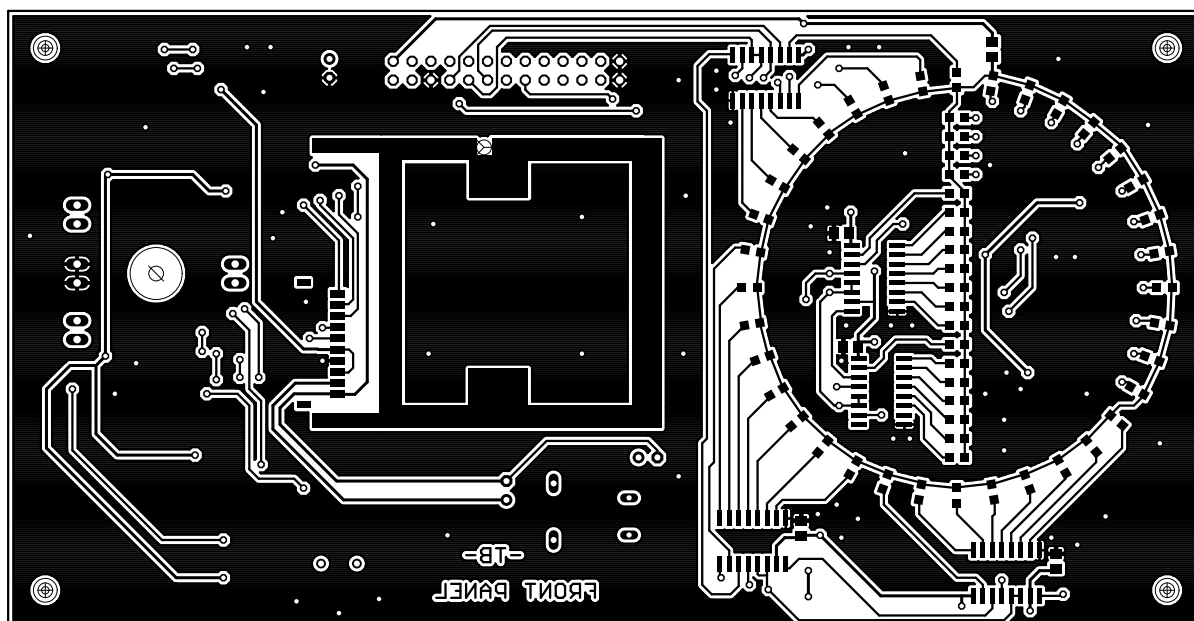
### 3. DPS rozšiřujícího modulu - TOP



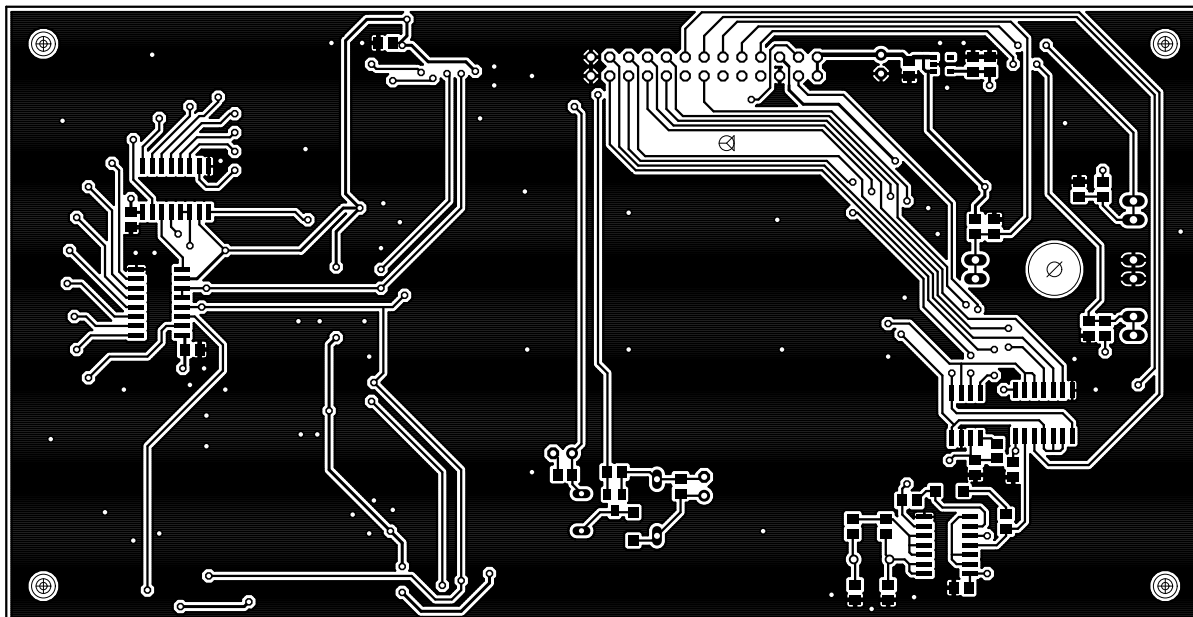
#### 4. DPS rozšiřujícího modulu - BOTTOM



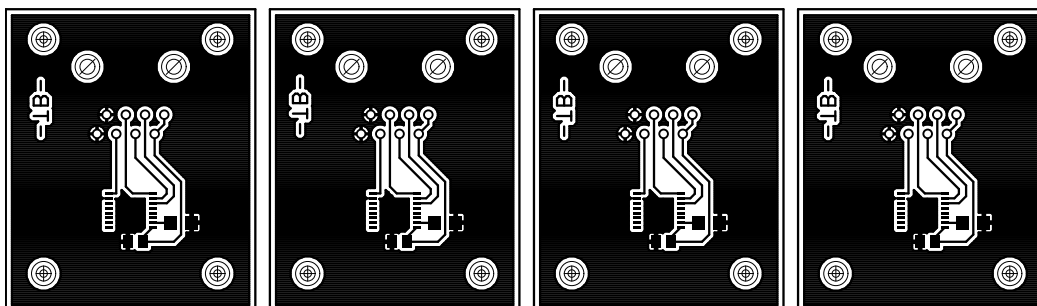
#### 5. DPS čelního panelu - TOP



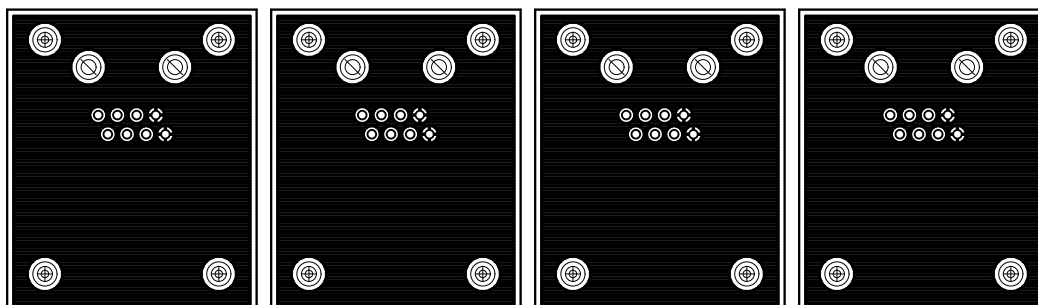
## 6. DPS čelního panelu - BOTTOM



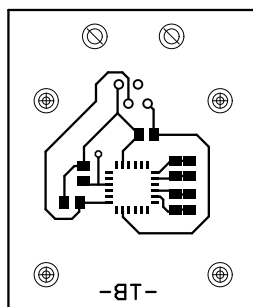
## 7. DPS čidel polohy - BOTTOM



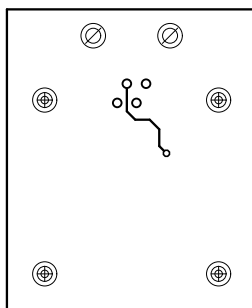
## 8. DPS čidel polohy - TOP



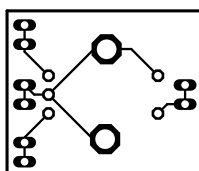
**9. DPS digitálního kompasu - TOP**



**10. DPS digitálního kompasu - BOTTOM**

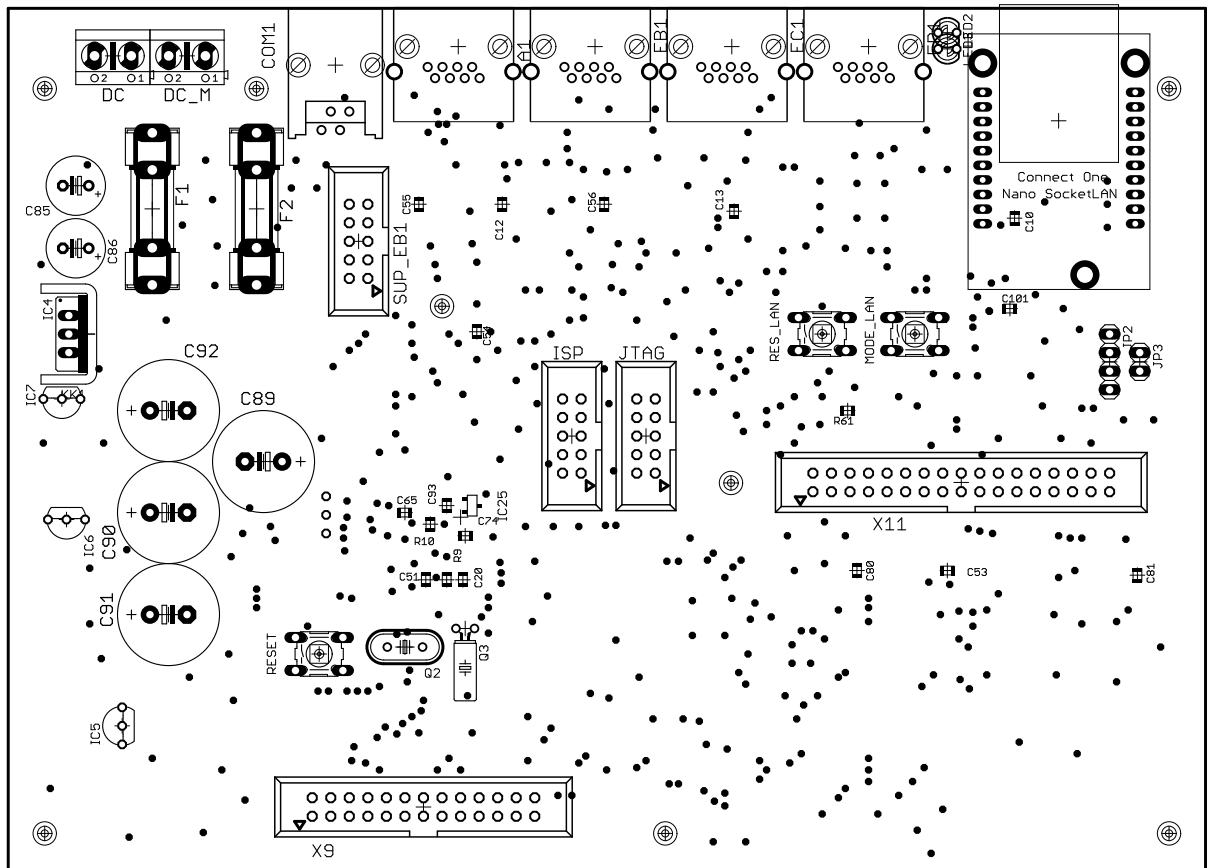


**11. DPS inkrementálního snímače - BOTTOM**

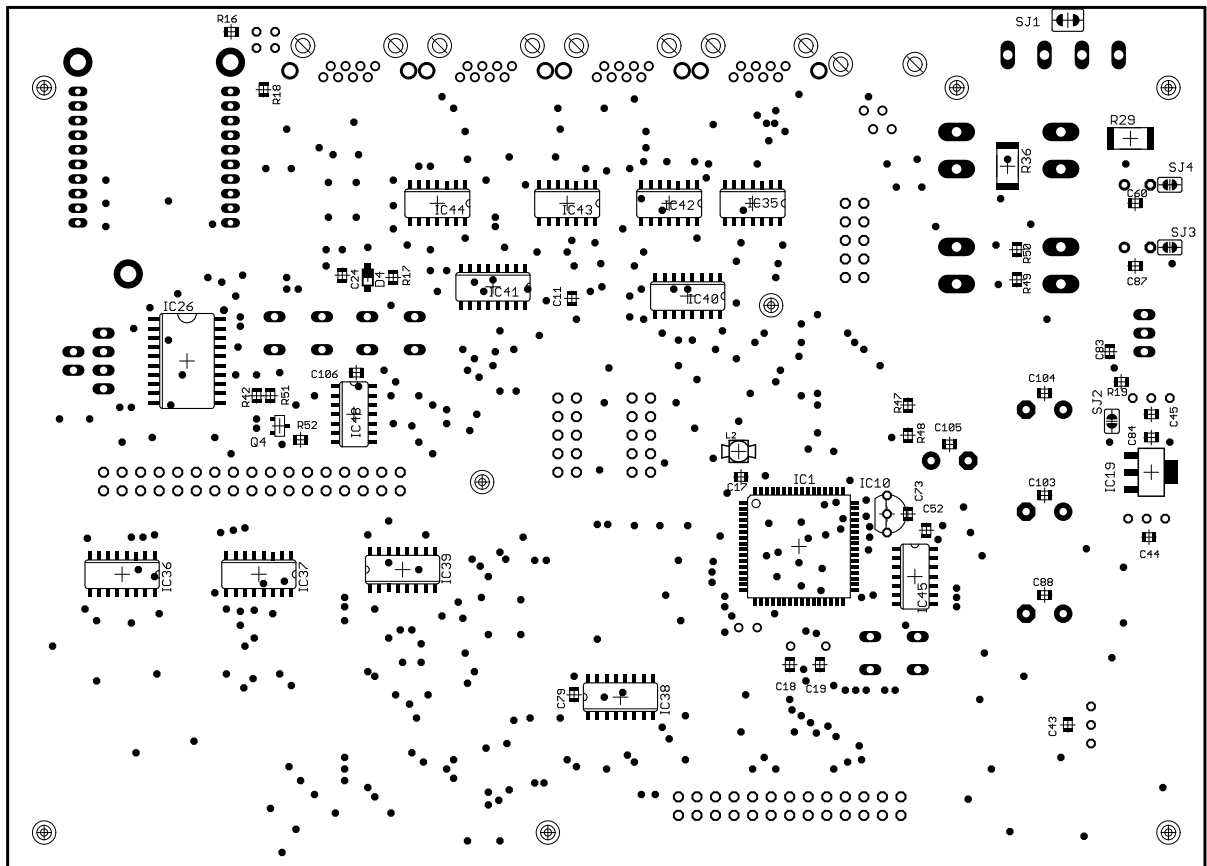


## C. Osazovací plány desek plošných spojů

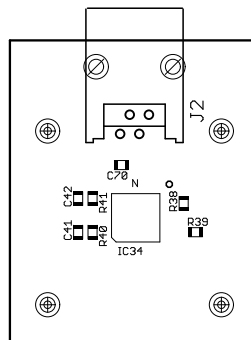
### 1. osazovací plán hlavní desky – TOP



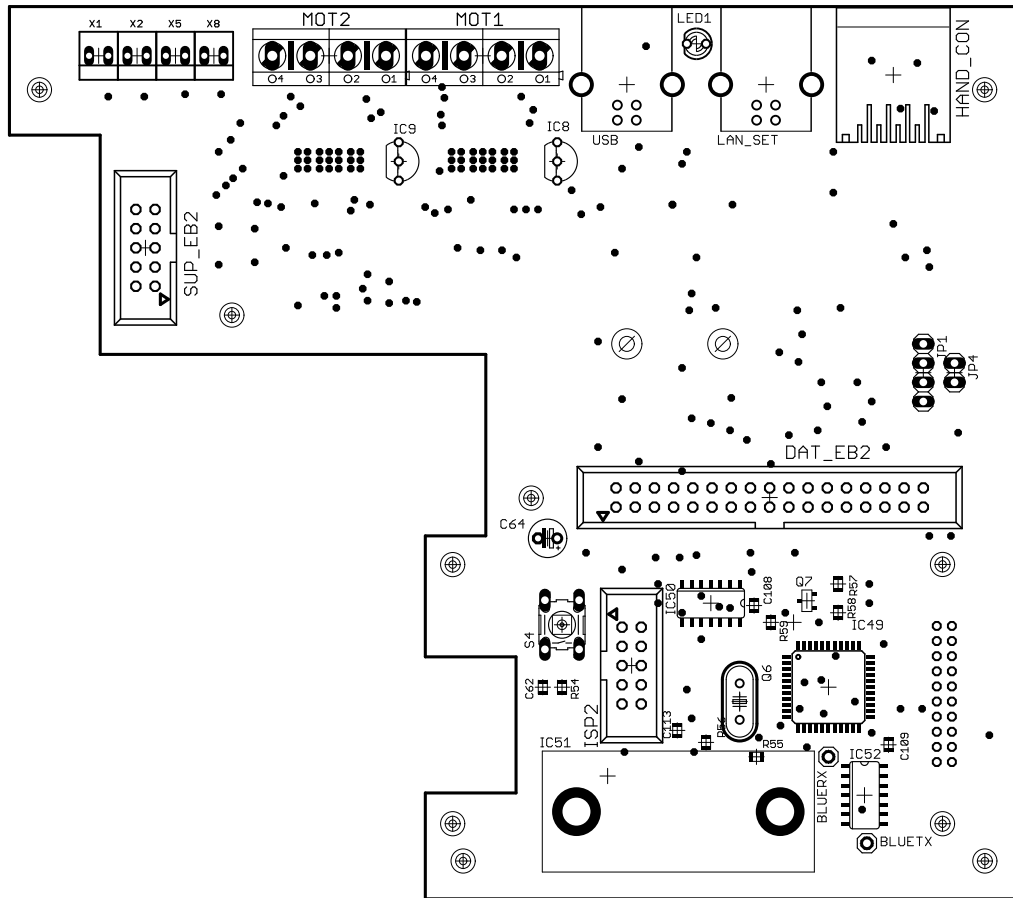
## 2. osazovací plán hlavní desky – BOTTOM



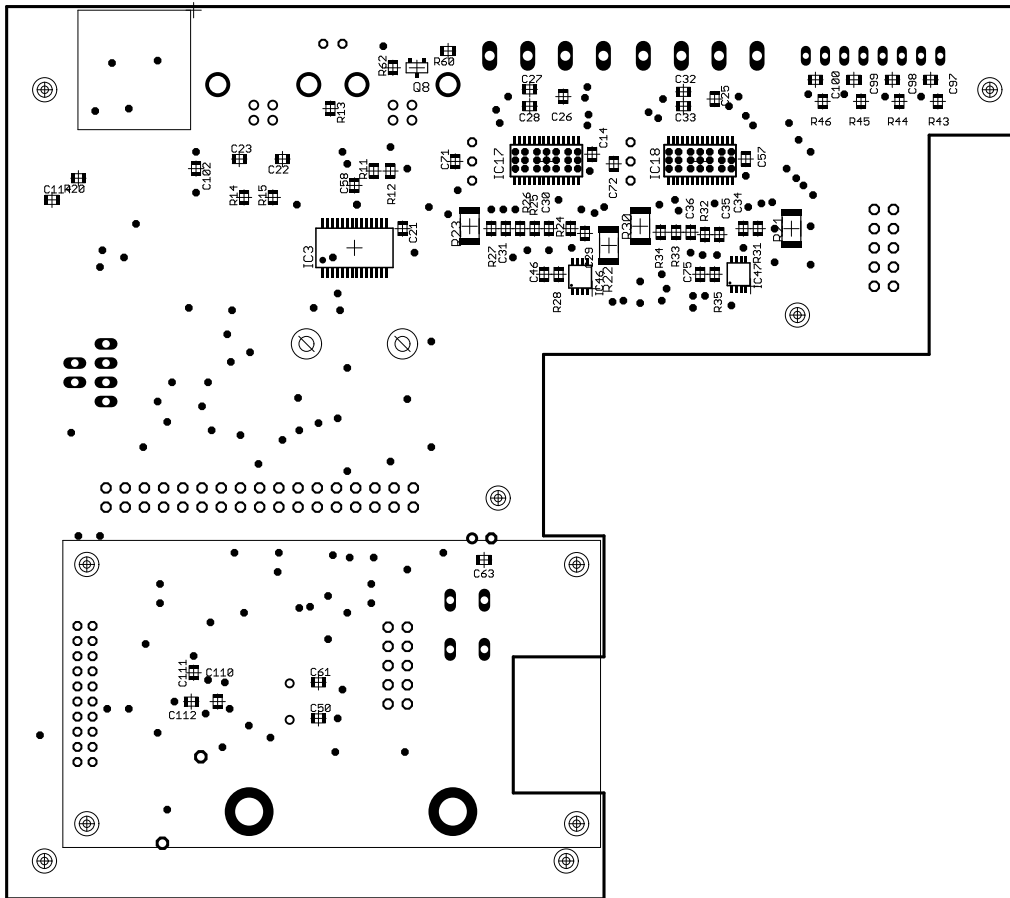
## 3. osazovací plán digitálního kompasu – TOP



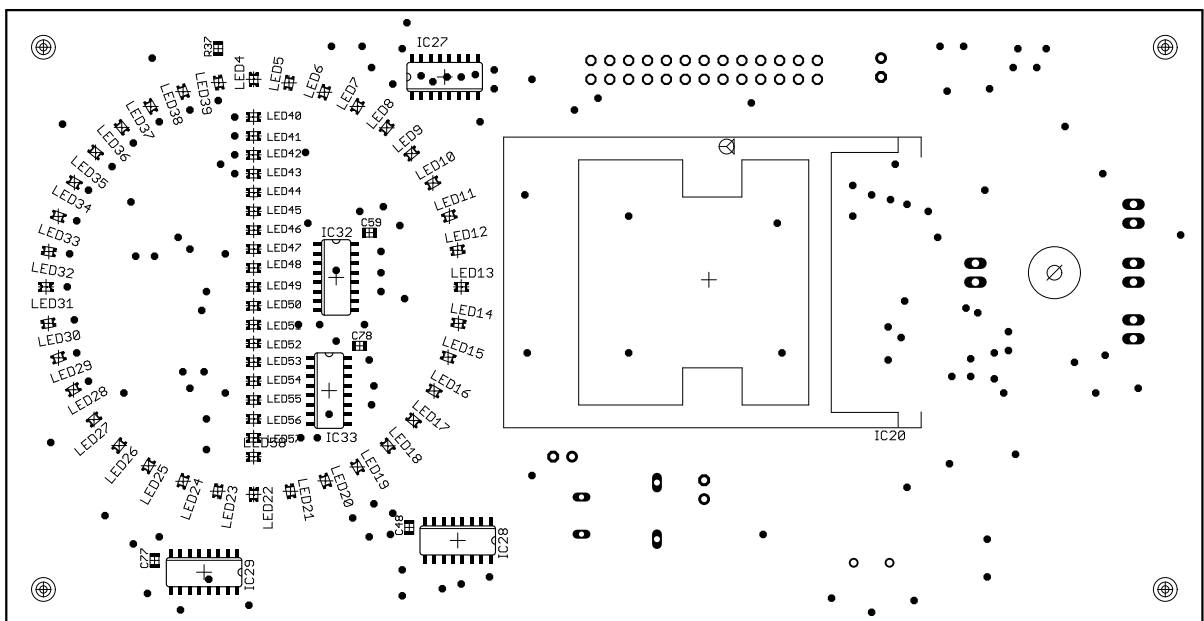
#### 4. osazovací plán rozšiřujícího modulu – TOP



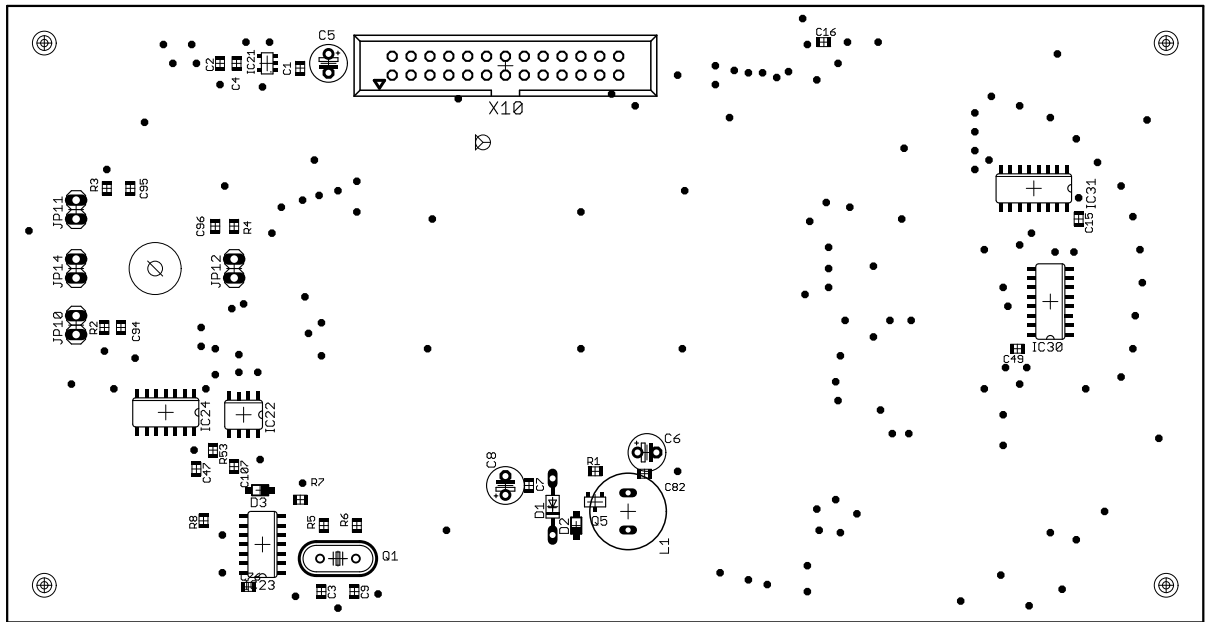
## 5. osazovací plán rozšiřujícího modulu – BOTTOM



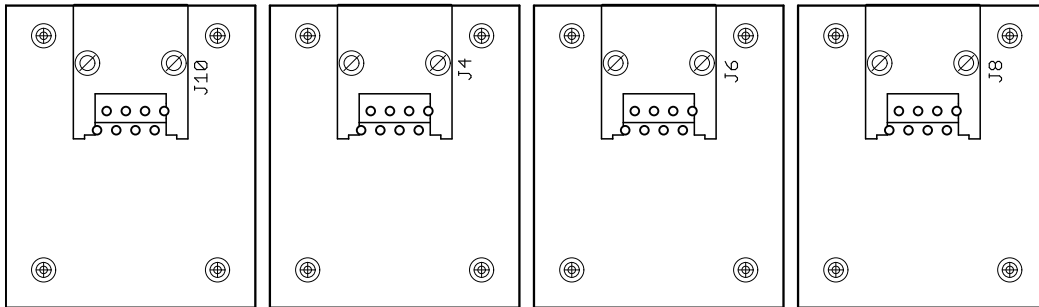
## 6. osazovací plán předního panelu – TOP



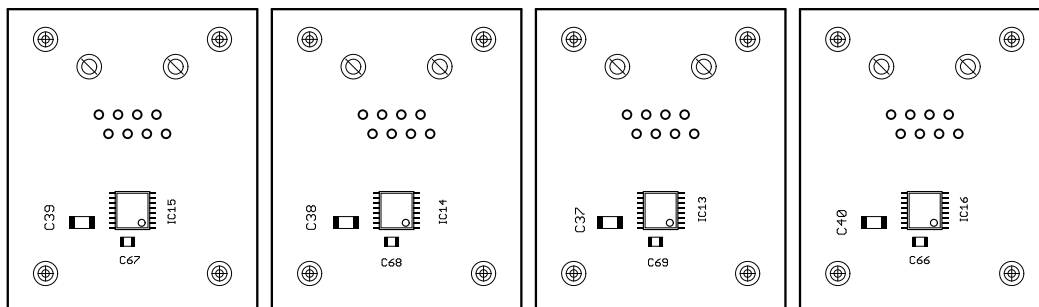
## 7. osazovací plán předního panelu – BOTTOM



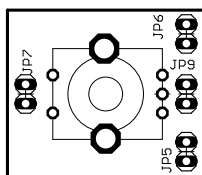
## 8. Osazovací plán čidel polohy – TOP



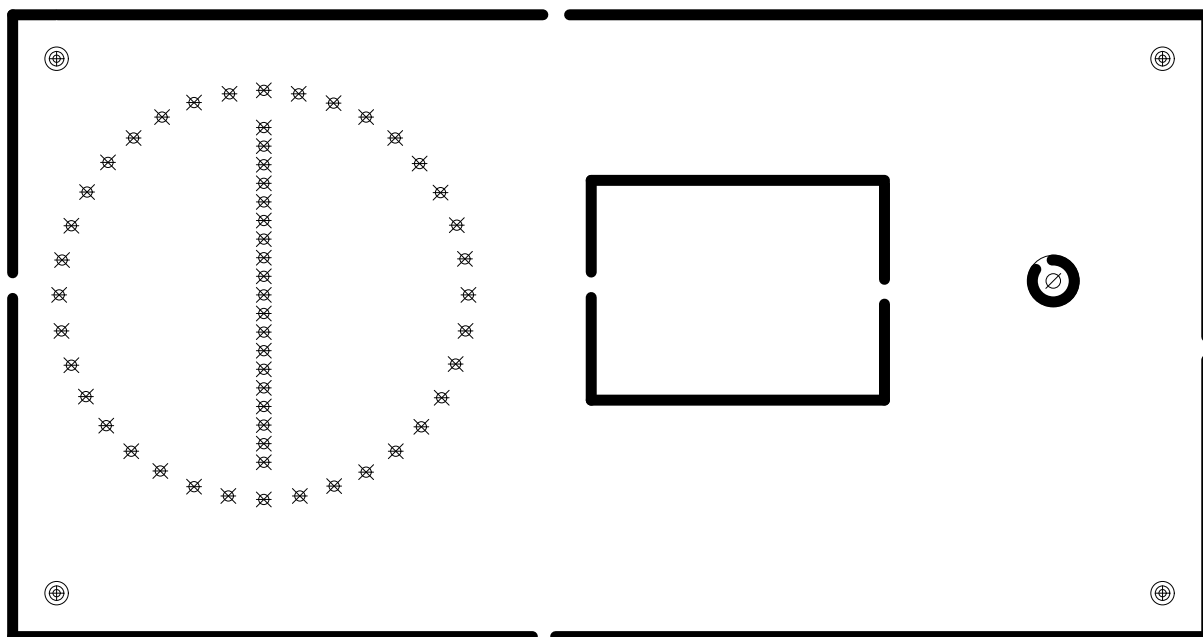
## 9. osazovací plán čidel polohy – BOTTOM



## 10. Osazovací plán inkrementálního snímače - TOP



## 11. Frézování stínítka čelního panelu



## D. Seznam použitých součástek

Tabulka 1 - Seznam použitých součástek

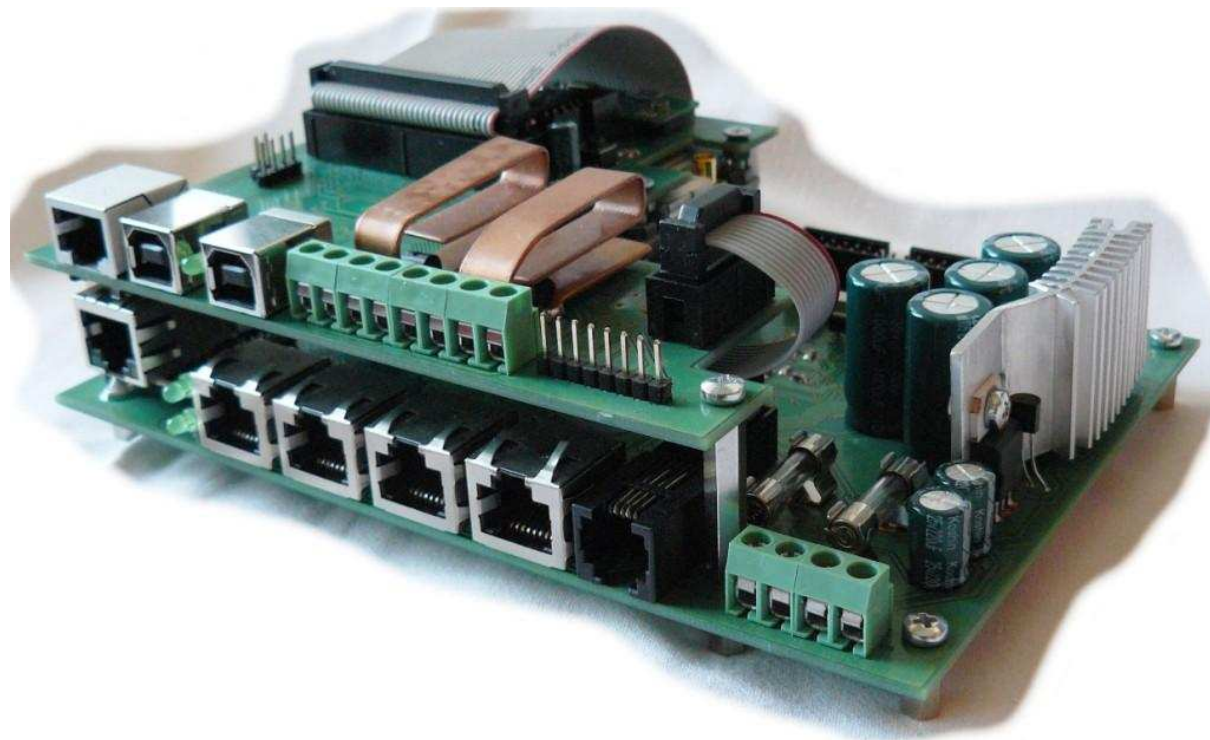
Množství	Hodnota	Typ	Použito jako
4	P-B1720A	10-XX	MODE_LAN, RESET, RES_LAN, S4
4	lámací lišta jednořadá	22-23-2021	X1, X2, X5, X8
2	RJ11GK	215876-6	COM1, COM2
8	1-406541-1	215877-7TB	EA1, EA2, EB1, EB2, EC1, EC2, ED1, ED2
1	RJLSE-41181-01	555164-1SMD	HAND_CON
2	DG126-5.0-2P14	AK500/2	DC, DC_M
4	DG126-5.0-2P14	AK500/4	MOT1, MOT2
1	16MHz	CRYTALHC49U-V	Q1
3	zelená	LED3MM	LED1, LED2, LED3

49	KP-2012SGC	LEDCHIPLED_0805	LED5, LED6, LED7, LED8, LED9, LED10, LED11, LED12, LED14, LED15, LED16, LED17, LED18, LED19, LED20, LED21, LED23, LED24, LED25, LED26, LED27, LED28, LED29, LED30, LED32, LED33, LED34, LED35, LED36, LED37, LED38, LED39, LED41, LED42, LED43, LED44, LED45, LED46, LED47, LED49, LED50, LED51, LED52, LED53, LED54, LED55, LED56, LED57, LED58
2	lámací lišta jednořadá	PINHD-1X1	BLUERX, BLUETX
10	lámací lišta jednořadá	PINHD-1X2	JP3, JP4, JP5, JP6, JP7, JP9, JP10, JP11, JP12, JP14
2	lámací lišta jednořadá	PINHD-1X4	JP1, JP2
1	0.5A	SHK20L	F1
1	1N4148	1N4148SMD	D3
1	1R	R-EU_R2512	R29
8	1k	R-EU_0805	R8, R10, R28, R35, R42, R48, R50, R57
1	1k2	R-EU_0805	R7
4	1m	CPOL-EUE5-13	C89, C90, C91, C92
1	1u	C-EUC0805K	C4
4	2.2u	C-EUC1206	C37, C38, C39, C40
1	2k	R-EU_0805	R55
1	3k	R-EU_0805	R56
1	4,7u	CPOL-EUE2.5-5	C64
5	4k7	R-EU_0805	R6, R11, R19, R51, R58
1	10A	SHK20L	F2
28	10k	R-EU_0805	R1, R2, R3, R4, R9, R12, R20, R24, R25, R26, R27, R31, R32, R33, R34, R38, R39, R43, R44, R45, R46, R52, R53, R54, R59, R60, R61, R62
1	10meg	R-EU_0805	R5
3	10u	CPOL-EUE2.5-5	C5, C6, C8
1	10uH	MS50	L2
2	11k	R-EU_0805	R47, R49
1	12V	ZENER-DIODEDO34-7	D1
2	15p	C-EUC0805K	C22, C23
2	16MHz	CRYTALHC49U-V	Q2, Q6
6	18p	C-EUC0805K	C3, C9, C18, C19, C50, C61
8	22n	C-EUC0805K	C94, C95, C96, C97, C98, C99, C100, C114
2	27	R-EU_0805	R14, R15
1	32.768kHz	CRYTALTC38H	Q3
2	057-010-1	057-010-1	SUP_EB1, SUP_EB2
2	057-026-1	057-026-1	X9, X10
2	057-034-1	057-034-1	DAT_EB2, X11
1	68R	R-EU_0805	R37
1	74HC08D	74HC08D	IC52
1	100k	R-EU_0805	R17

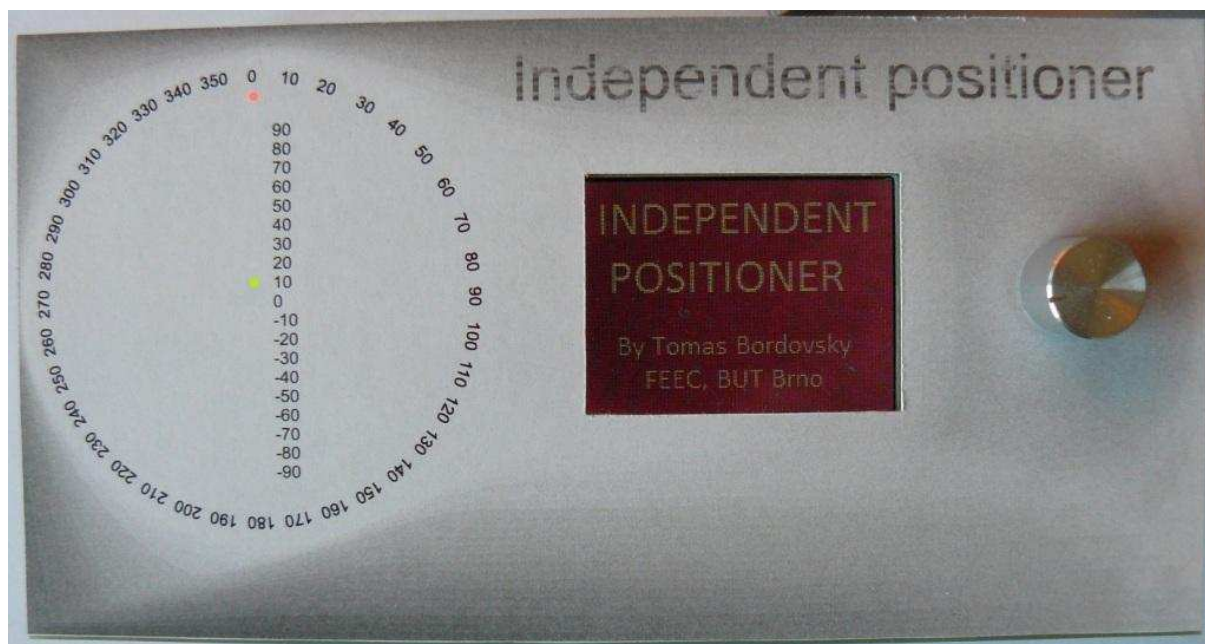
74	100n	C-EUC0805K	C1, C2, C7, C10, C11, C12, C13, C14, C15, C16, C17, C20, C21, C29, C30, C31, C34, C35, C36, C43, C44, C45, C46, C47, C48, C49, C51, C52, C53, C54, C55, C56, C57, C58, C59, C60, C62, C63, C65, C66, C67, C68, C69, C70, C71, C72, C73, C74, C75, C76, C77, C78, C79, C80, C81, C82, C83, C84, C87, C88, C93, C101, C102, C103, C104, C105, C106, C107, C108, C109, C110, C111, C112, C113
6	220n	C-EUC0805K	C25, C26, C27, C28, C32, C33
2	220u	CPOL-EUE3.5-8	C85, C86
3	270	R-EU_0805	R13, R16, R18
1	470n	C-EUC0805K	C24
1	820uH	BS11	L1
1	AS5145AM	AS5145AM	IC13
3	AS5145TB	AS5145TB	IC14, IC15, IC16
1	AT45DB081D	AT45	IC22
2	BAT54	1N4148SMD	D2, D4
2	BC817-25SMD	BC817-25SMD	Q4, Q7
1	BLUE_310	BLUE_310	IC51
1	CD74HC00	74AC00D	IC23
1	CD74HC20	74AC20D	IC45
7	CD74HC4066	4066D	IC24, IC35, IC42, IC43, IC44, IC48, IC50
1	D03S	D03S	KK1
2	DRV8811	DRV8811	IC17, IC18
6	DS18B20	DS18B20	IC5, IC6, IC7, IC8, IC9, IC10
1	ENCODER	ENCODER	SW1
1	FT232RL	FT232RL	IC3
1	HMC6352	HMC6352	IC34
1	ISP	057-010-1	ISP
1	ISP2	057-010-1	ISP2
1	JTAG	057-010-1	JTAG
1	LR9545	LR9545	IC11
13	MC74HC595A	74HC595D	IC27, IC28, IC29, IC30, IC31, IC32, IC33, IC36, IC37, IC38, IC39, IC40, IC41
1	MC7805	78XXS	IC4
1	MEGA128-A	MEGA128-A	IC1
1	MEGA164	MEGA164	IC49
2	MINI-USB	MINI-USB	LAN_SET, USB
1	NAN_SOCKETLAN	NAN_SOCKETLAN	IC2
1	NCP551	NCP551	IC21
2	NTR4501	BSS123	Q5, Q8
2	NU	C-EUC0805K	C41, C42
2	NU	R-EU_0805	R40, R41
1	NU	TLV431	IC25
4	R1	R-EU_R2010	R21, R22, R23, R30
1	R05	R-EU_R2512	R36
1	SDCARD	SDCARD	SD_CARD
1	SN74LVC245A	74AC245DW	IC26
2	TL431	TL431	IC46, IC47

1	TLV1117-33	TLV1117-33	IC19
1	X65	X65	IC20
2	KP-2012ID	LEDCHIPLED_0805	LED4, LED48
4	LL-S172YC-2Y	LEDCHIPLED_0805	LED13, LED22, LED31, LED40

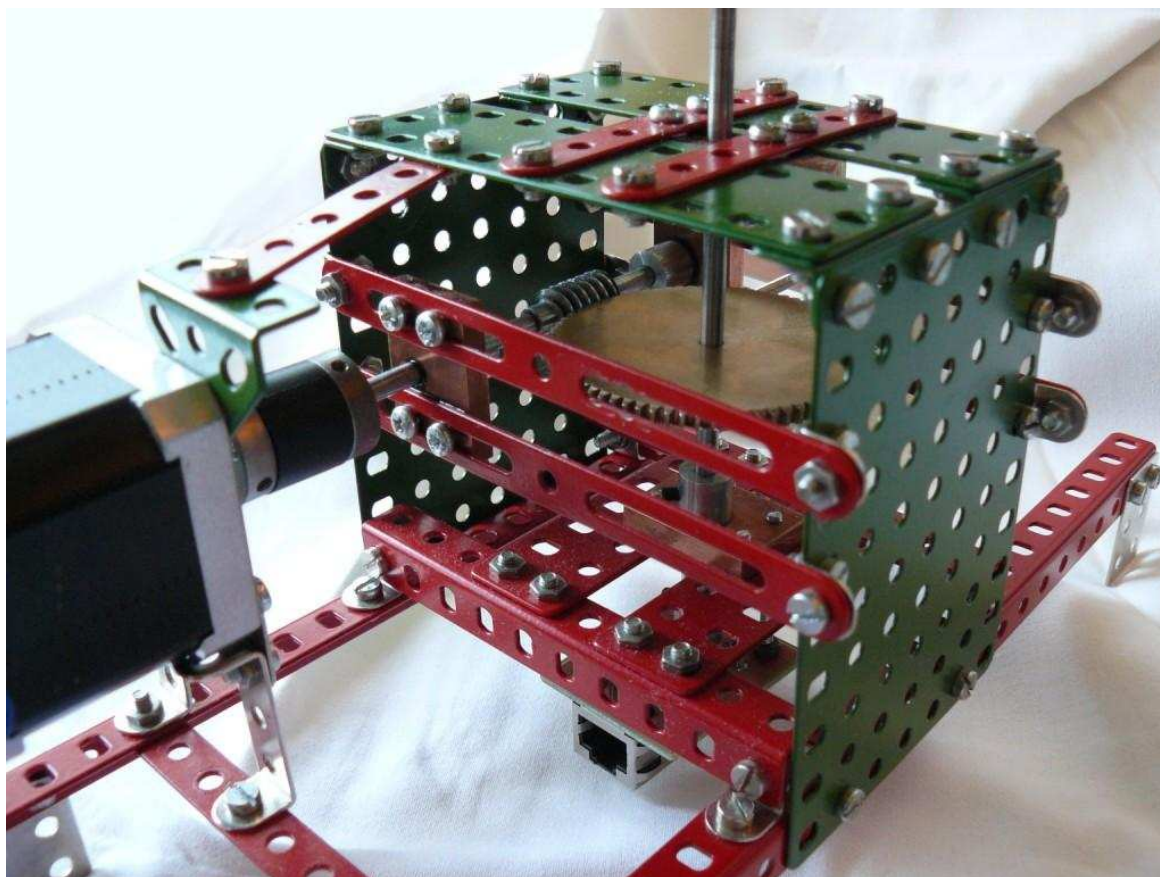
## E. Fotografie zařízení



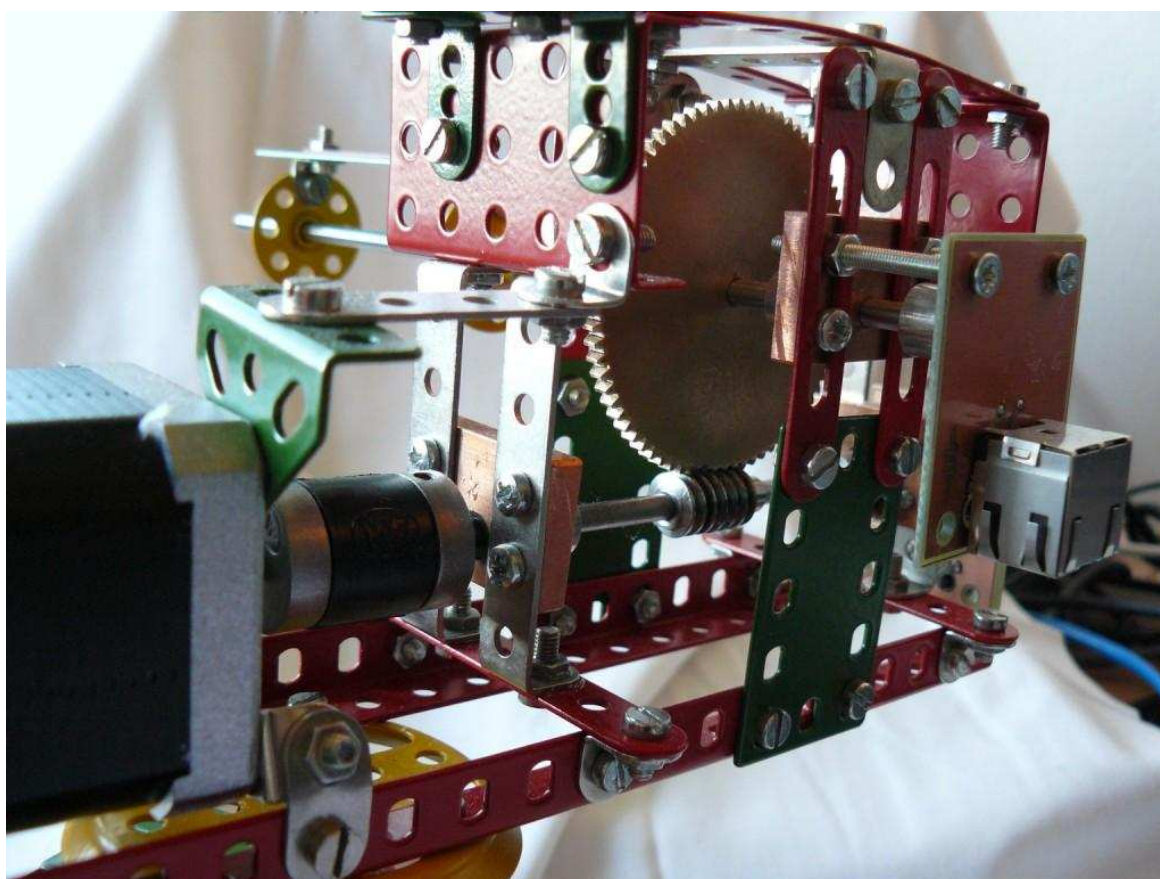
Přílohy - Obr. 1 - Pohled na řídicí elektroniku



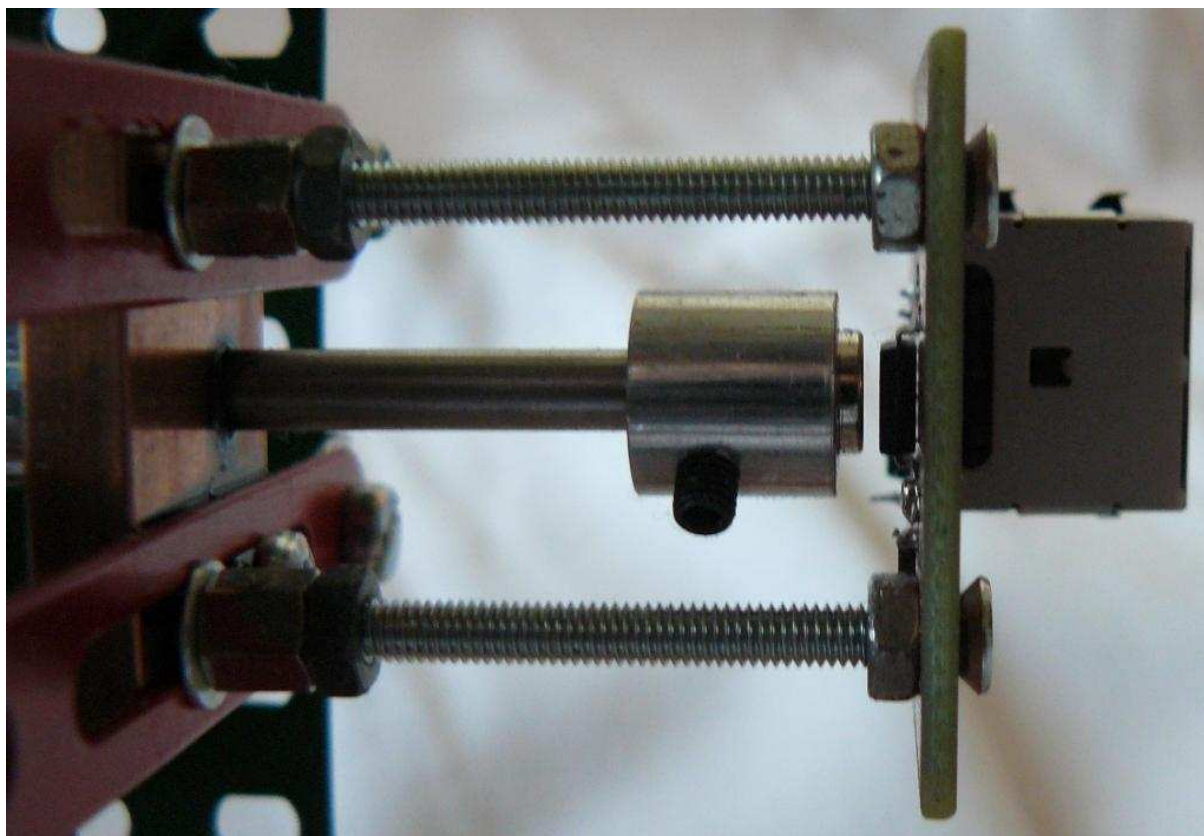
Přílohy - Obr. 2 - Pohled na přední panel



Přílohy - Obr. 3 - Fotografie mechanické části zařízení (azimutální část)



Přílohy - Obr. 4 - Fotografie zařízení (elevační část)

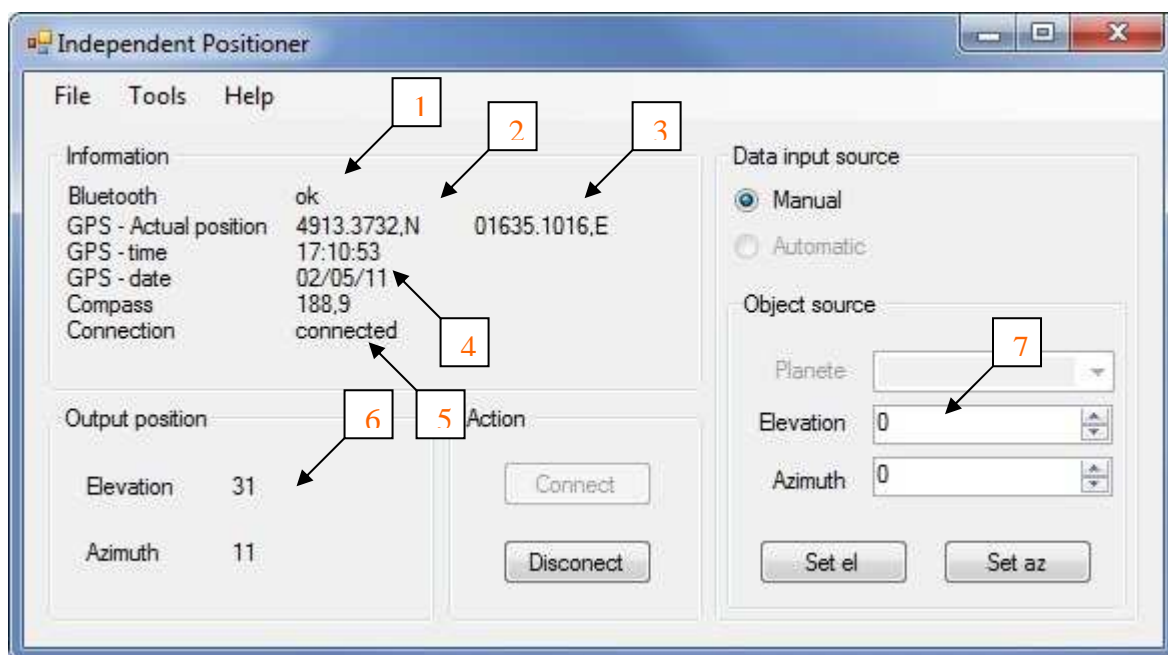


Přílohy - Obr. 5 - Detail uchycení čidla polohy

## F. Program pro PC

Program pro PC byl vytvořen ve vývojovém prostředí Visual studio 2005 v jazyce C# pod .NET 2.0.

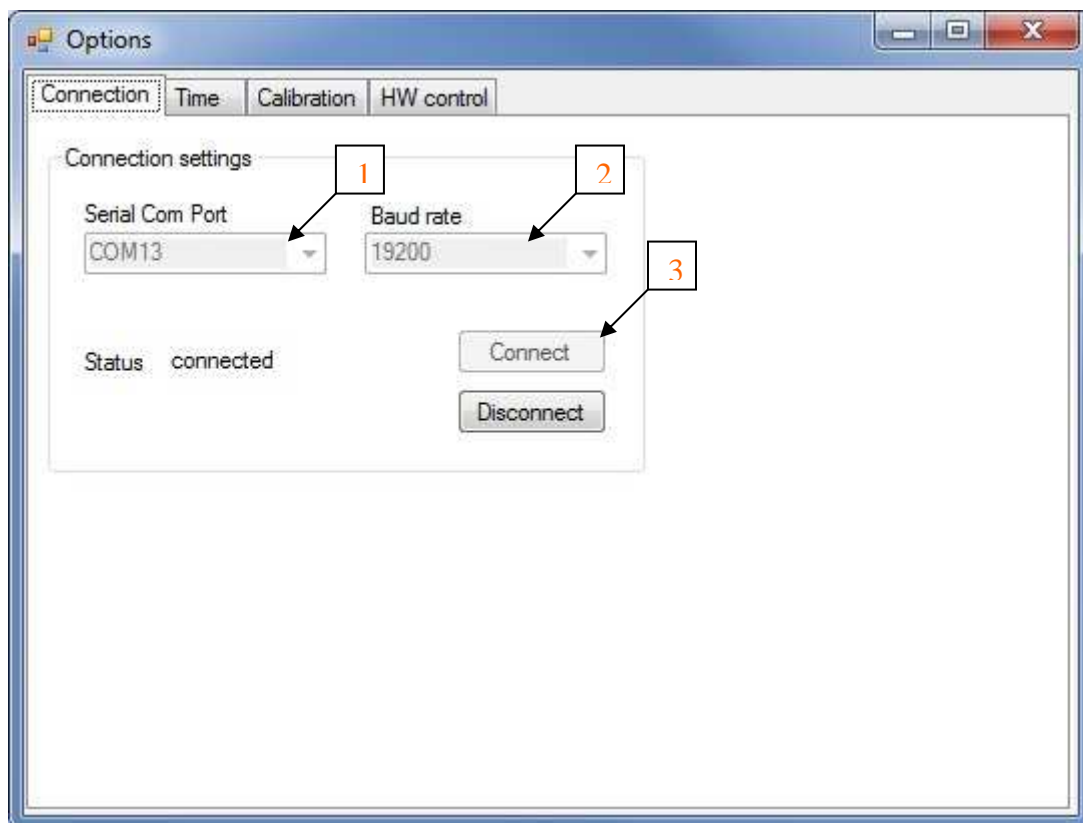
### 1. Hlavní formulář



Přílohy - Obr. 6 - Hlavní formulář ovládacího SW pro PC

1. Status připojení Bluetooth modulu
2. Aktuální zeměpisná šířka GPS souřadnic
3. Aktuální zeměpisná délka z GPS souřadnic
4. Aktuální čas a datum z GPS, dále hodnota z digitálního kompasu
5. Status připojení s počítačem
6. Výstupní poloha načtena ze zařízení
7. Nastavení polohy zařízení

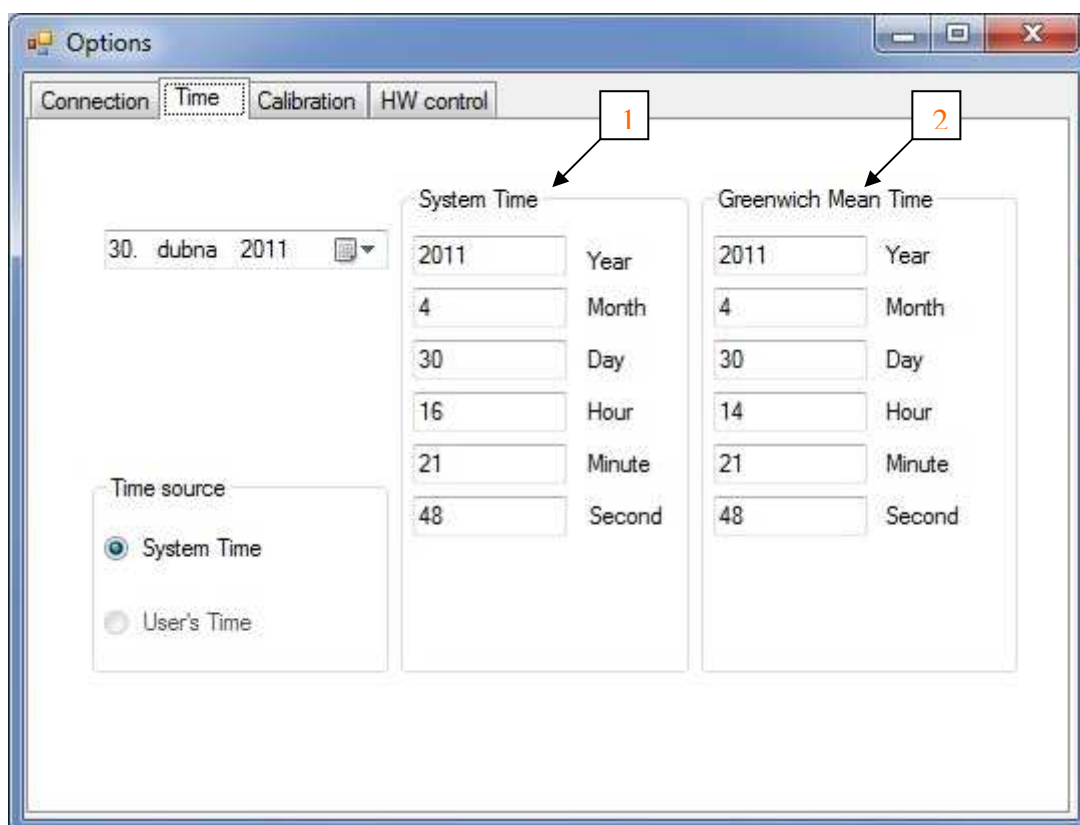
## 2. Nastavení připojení



Přílohy - Obr. 7 - Nastavení připojení SW pro PC

1. Výběr sériového portu
2. Výběr přenosové rychlosti
3. Připojí (odpojí) PC k zařízení

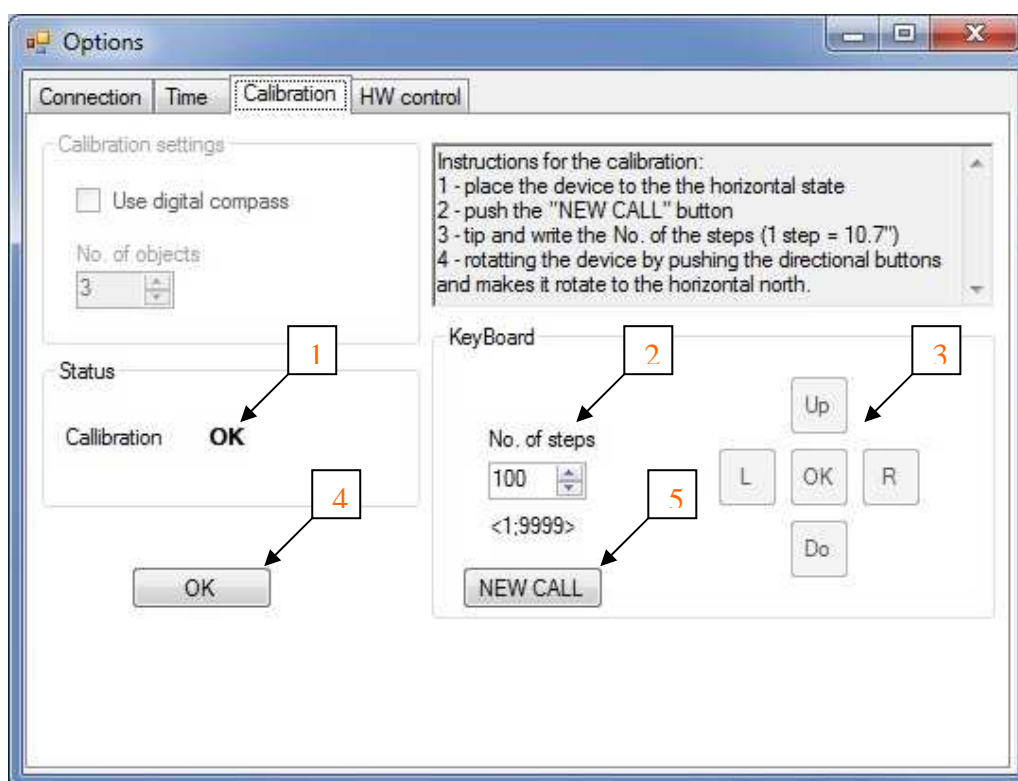
### 3. Nastavení času



Přílohy - Obr. 8 - Nastavení času SW pro PC

1. Vyobrazení systémového času
2. Vyobrazení Greenwichského času

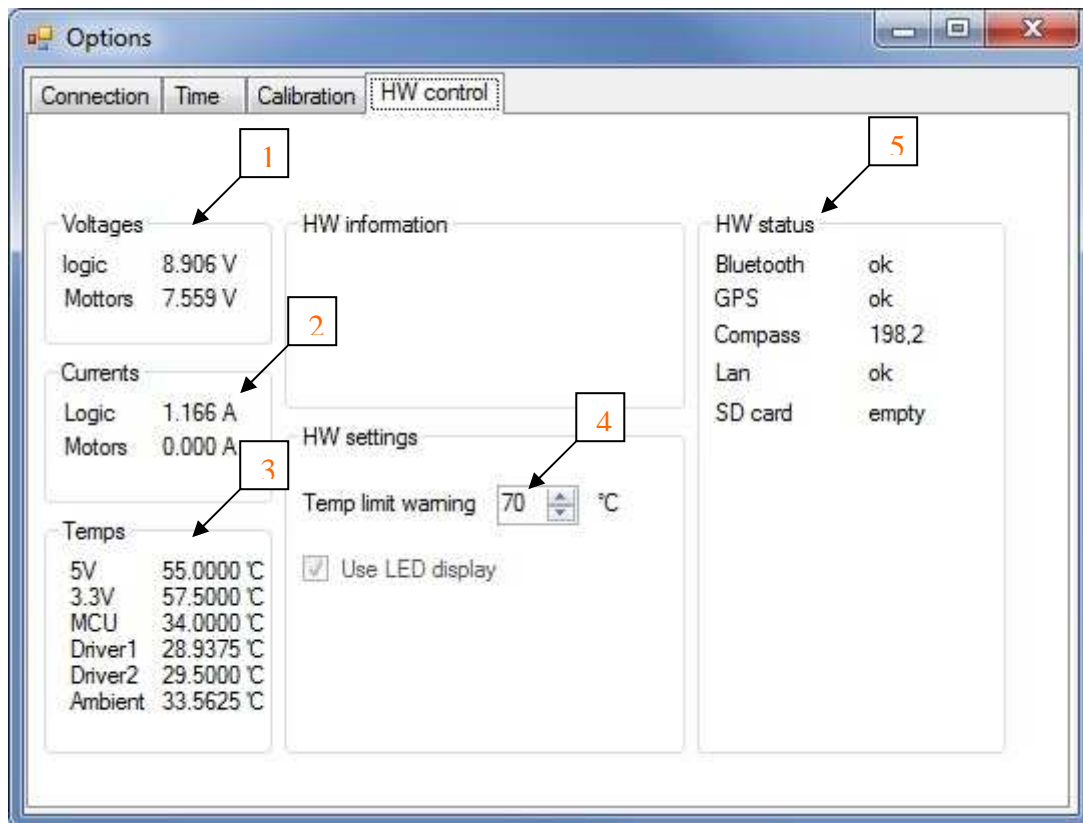
## 4. Nastavení kalibrace



Přílohy - Obr. 9 - Nastavení kalibrace SW pro PC

1. Status kalibrace
2. Volba počtu mikrokroků
3. Tlačítka pro volby směru pohybu kalibrace
4. Ukončení kalibrace
5. Zahájení nové kalibrace

## 5. Kontrola HW



Přílohy - Obr. 10 - Kontrola HW

1. Vyobrazení změřených napětí
2. Vyobrazení změřených proudů
3. Vyobrazení změřených teplot
4. Nastavení neteplotní ochrany
5. Status jednotlivých částí zařízení

## 6. O programu



Přílohy - Obr. 11 - O programu SW pro PC

## G. Konfigurace Bluetooth modulu

Bluetooth modul je od výrobce nastaven tak, že konfiguraci modulu nelze provádět bezdrátově. Proto musíme prvotní konfiguraci provést přes USB. Jelikož modul disponuje UART rozhraním, použijeme k nastavení převodník USB -> UART, který již je na DPS – Extended board.

### 1. HW zapojení

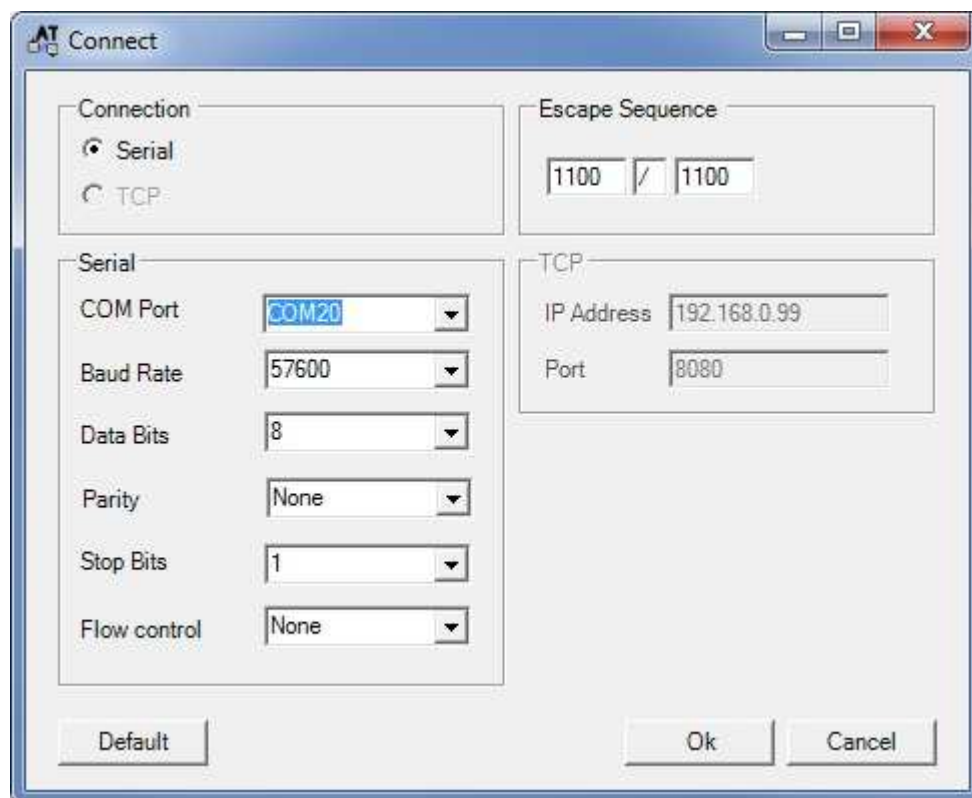
Před samotným nastavením musíme odpojit konektor DAT\_EB2 a nechat zapojen pouze konektor SUP\_EB2. Abychom mohli komunikovat s Bluetooth modulem, propojíme pin 3 konektoru ISP2 s pinem 6 konektoru s DAT\_EB2. Dále PIN 20 DAT\_EB2 s pinem BLUERX a pin 18 DAT\_EB2 s BLUETX. V případě, že dojde ke špatnému propojení, bude bluetooth nenávratně zničen.

### 2. SW nastavení

Připojíme Bluetooth přes USB, spustíme program „Seriál Port Adapter Toolbox“ a dle Přílohy - Obr. 12 vybereme „Bluetooth SPA“ jež potvrdíme tlačítkem „OK“.

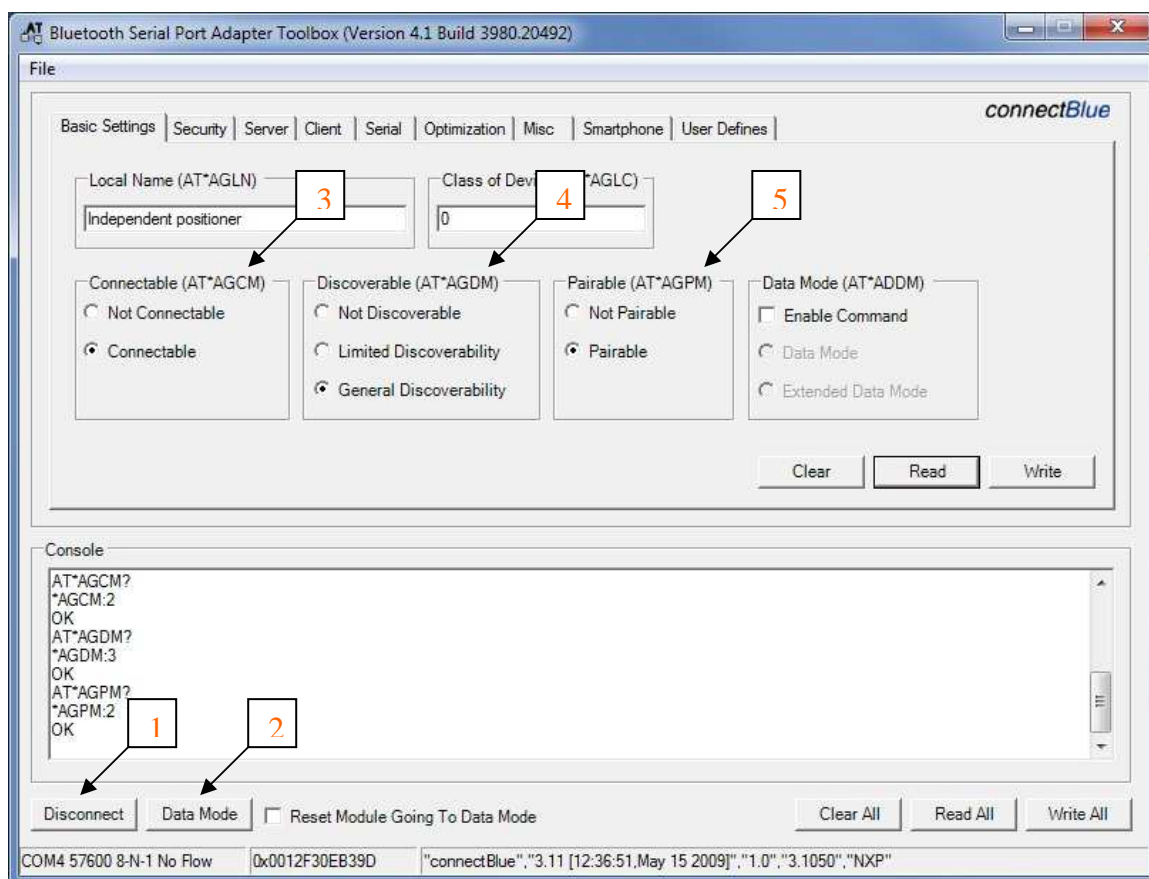


**Přílohy - Obr. 12 - Výběr Bluetooth produktu**



**Přílohy - Obr. 13 - Nastavení parametrů připojení**

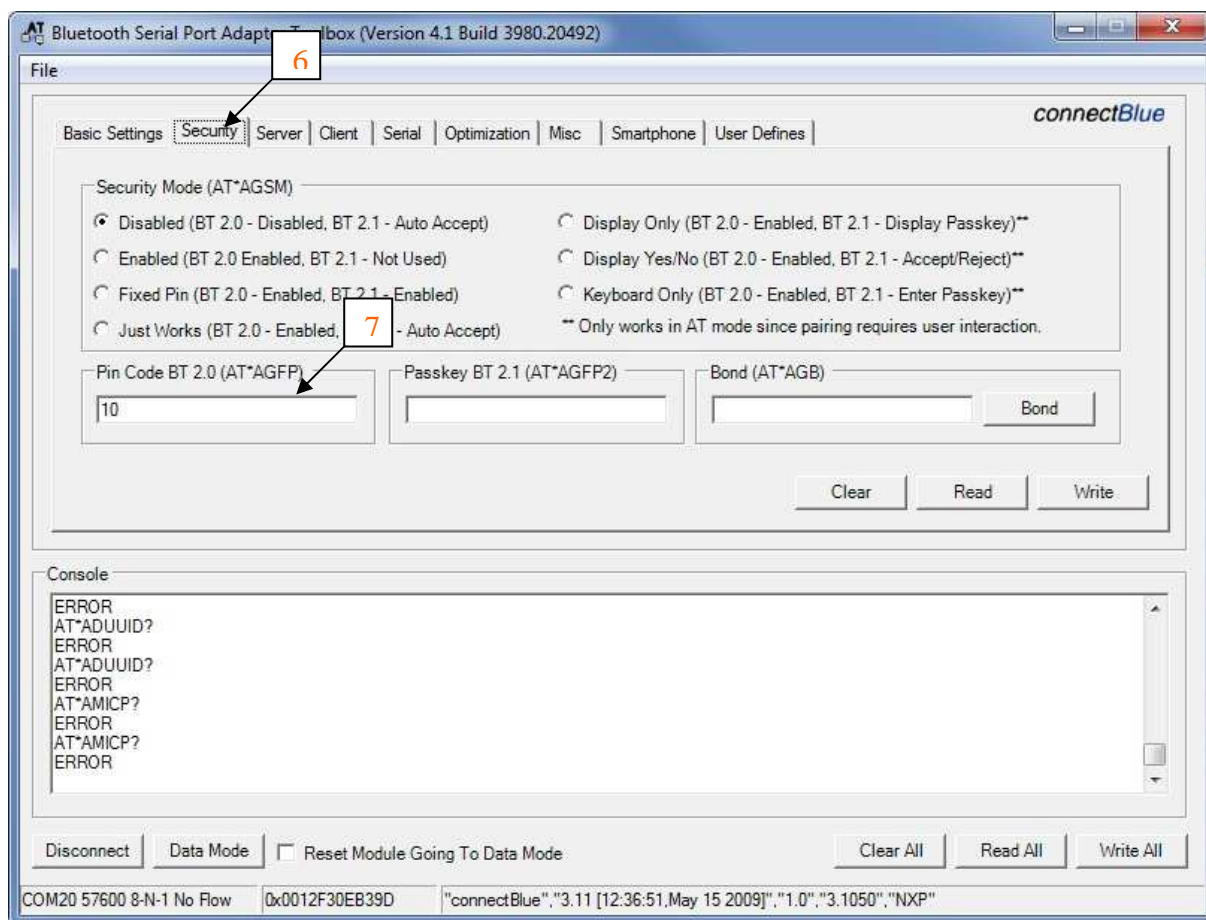
Nastavíme parametry připojení tak, jak je uvedeno na Přílohy - Obr. 13 a potvrdíme tlačítkem „OK“.



**Přílohy - Obr. 14 - Základní nastavení**

Po připojení klikneme na tlačítko „Connect“ a poté na tlačítko „AT mode“. Tím se připojíme k Bluetooth modulu a přepneme jej do stavu pro řízení přes AT příkazy. Dále pokračujeme kroky 3,4 a 5, kde nastavíme možnost připojení, dále aby bylo zařízení zjistitelné jinými přístroji a aby mohlo „spárovat“ připojení.

Přepneme kartu programu na „Security“ dle Přílohy - Obr. 15 a pokračujeme krokem 7. V tomto poli se nastavuje heslo, které bude vyžadováno při navazování komunikace přes Bluetooth rozhraní.

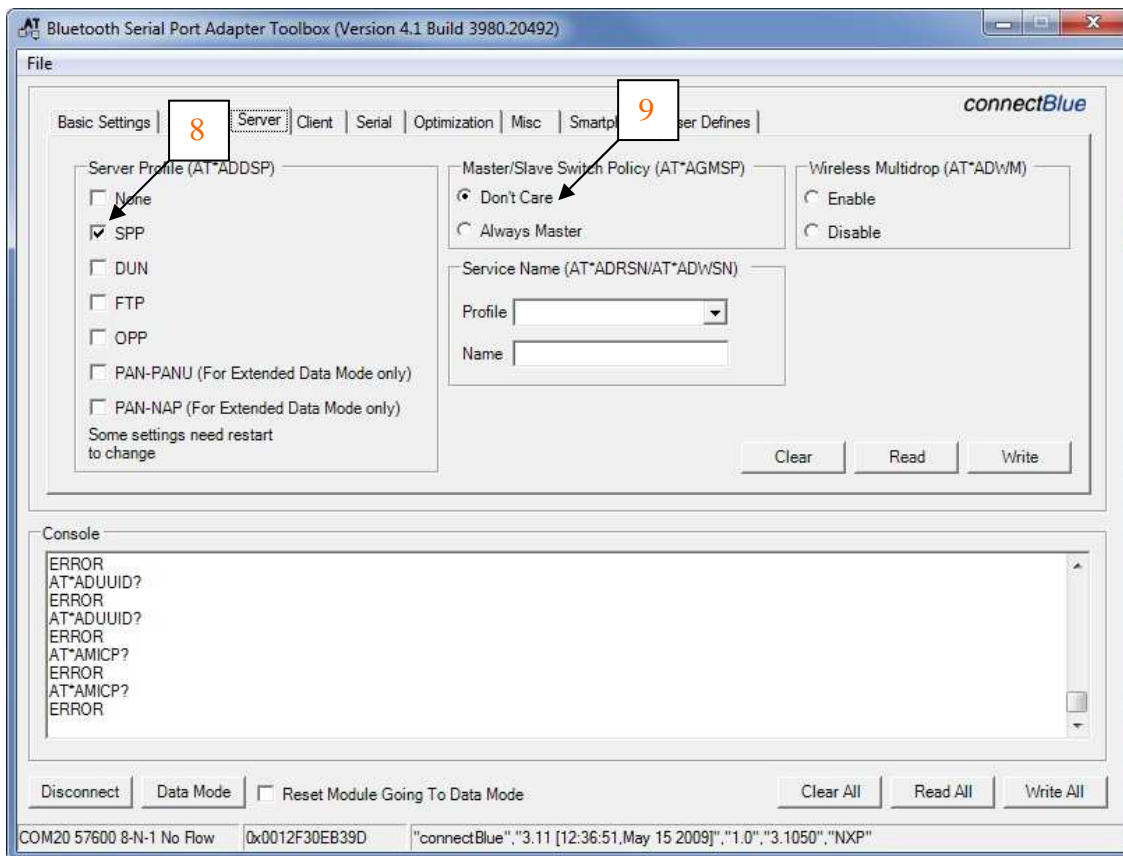


**Přílohy - Obr. 15 - Nastavení zabezpečení**

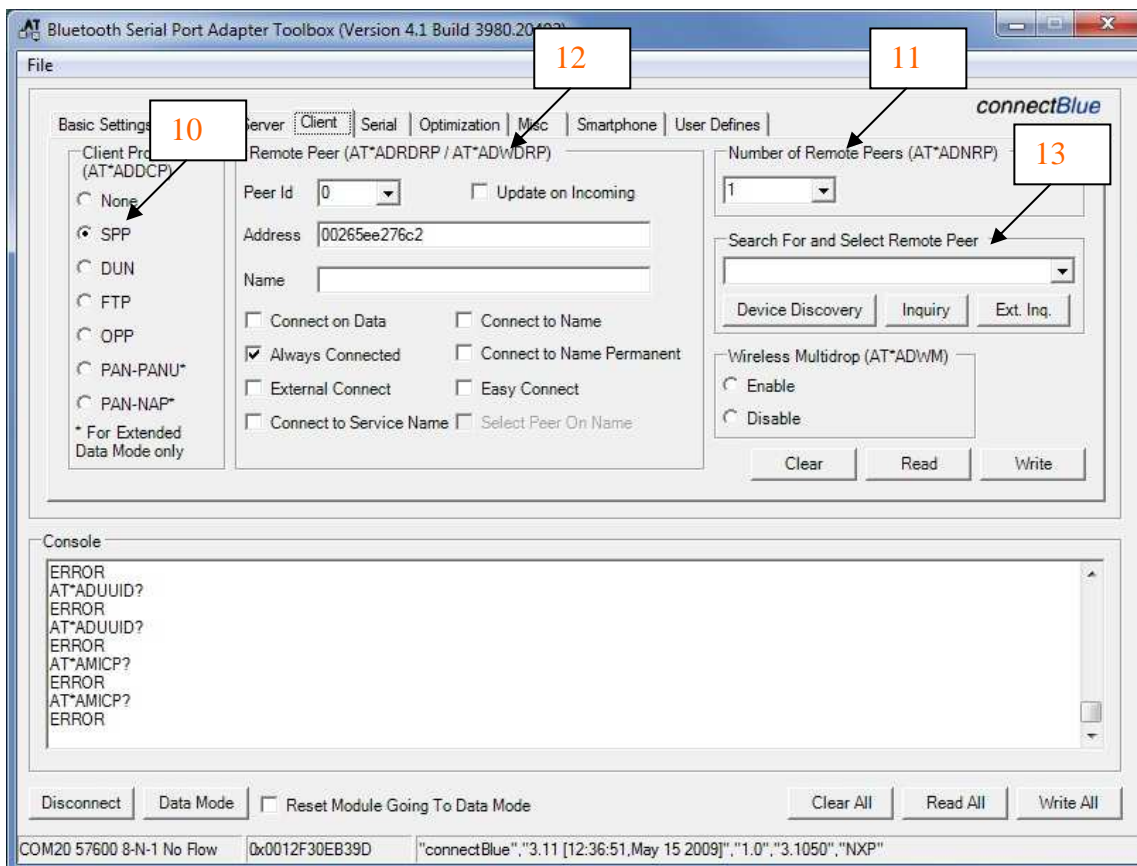
Na Přílohy - Obr. 16 nastavíme datový režim serveru na „SPP“ a řízení přepínání komunikace na „Don't care“ – viz body 8 a 9.

Dále dle bodu 10 na Přílohy - Obr. 17 nastavíme režim klienta rovněž na „SPP“. V bodě 11 nastavíme maximální počet uživatelů, kteří se mohou k modulu připojit. Nejčastěji to bude právě jeden. Dále zvolíme ID uživatele na 0 a v bodě 13 dáme „device discovery“. Zobrazí se nám nalezená zařízení. Adresu námi zvoleného zařízení překopírujeme do bodu 12 – address. Zaškrtneme „Always connected“ a nastavení serveru je hotovo.

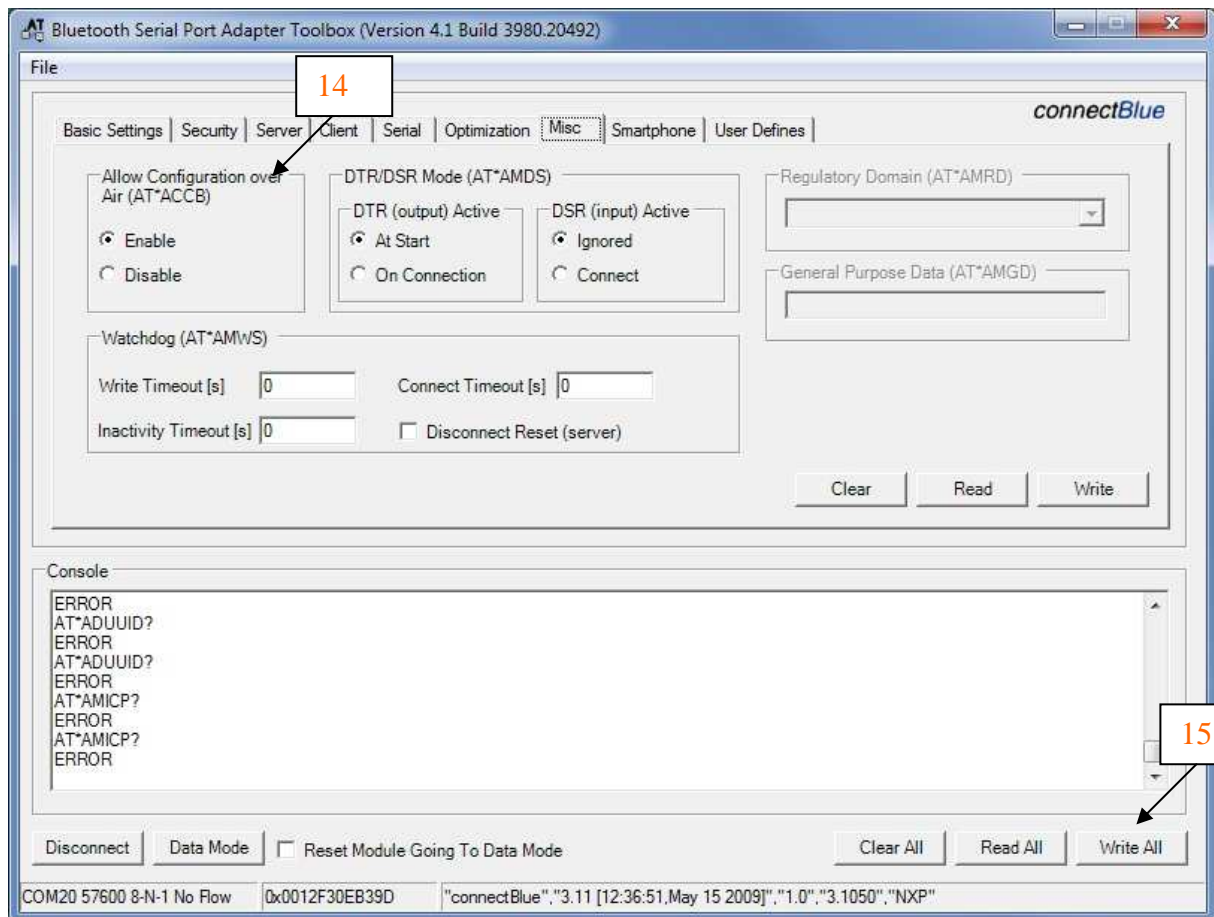
V bodě 14 dle Přílohy - Obr. 18 nastavíme možnost konfigurace modulu bezdrátově. Při příští konfiguraci tak již nebudeme muset provádět hardwarovou úpravu zapojení rozšiřující DPS zařízení.



**Přílohy - Obr. 16 - Nastavení serveru**



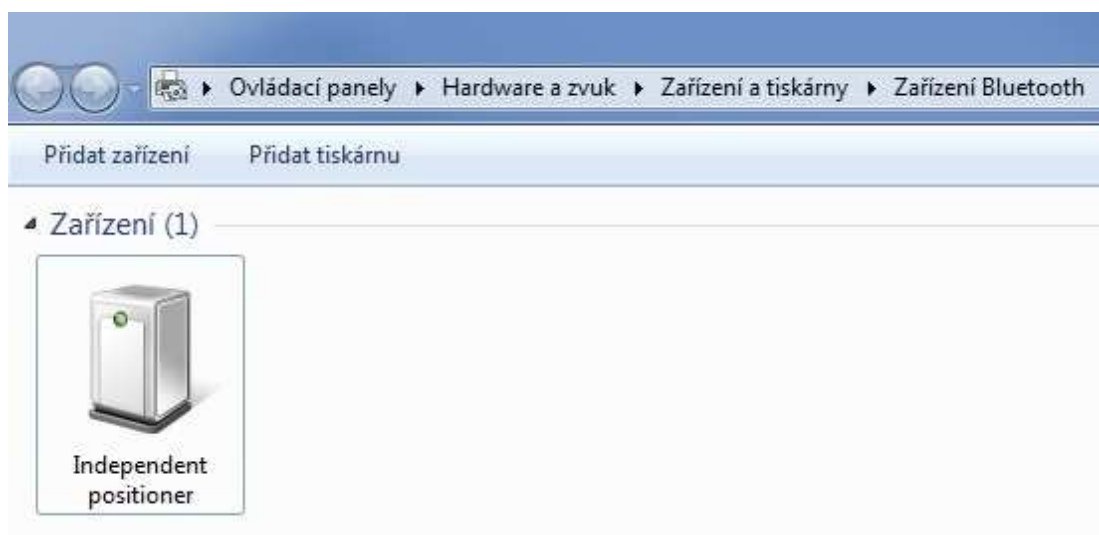
**Přílohy - Obr. 17 - Nastavení klienta**



**Přílohy - Obr. 18 - Nastavení ovládání**

V posledním kroku 15 klikneme na tlačítko „Write All“ a zapíšeme veškeré nastavení do modulu.

Zařízení se nám poté bude hlásit jako standardní sériová linka, viz Přílohy - Obr. 19.



**Přílohy - Obr. 19 - Independent Positioner ve Windows 7**

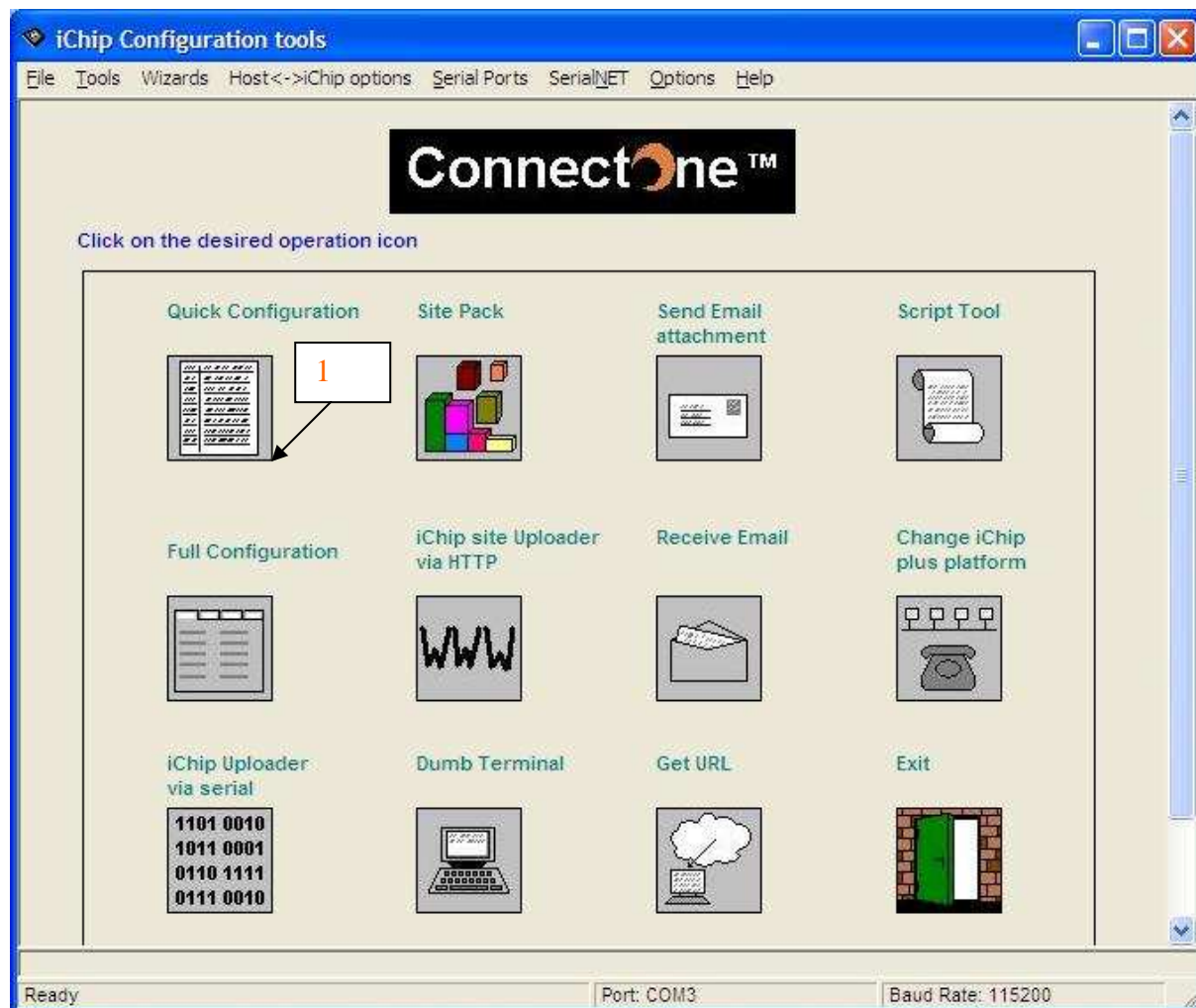
## H. Konfigurace LAN modulu

LAN modul umožňuje rozsáhlou konfiguraci, avšak až na malé výjimky nám bude dostačovat pár základních nastavení.

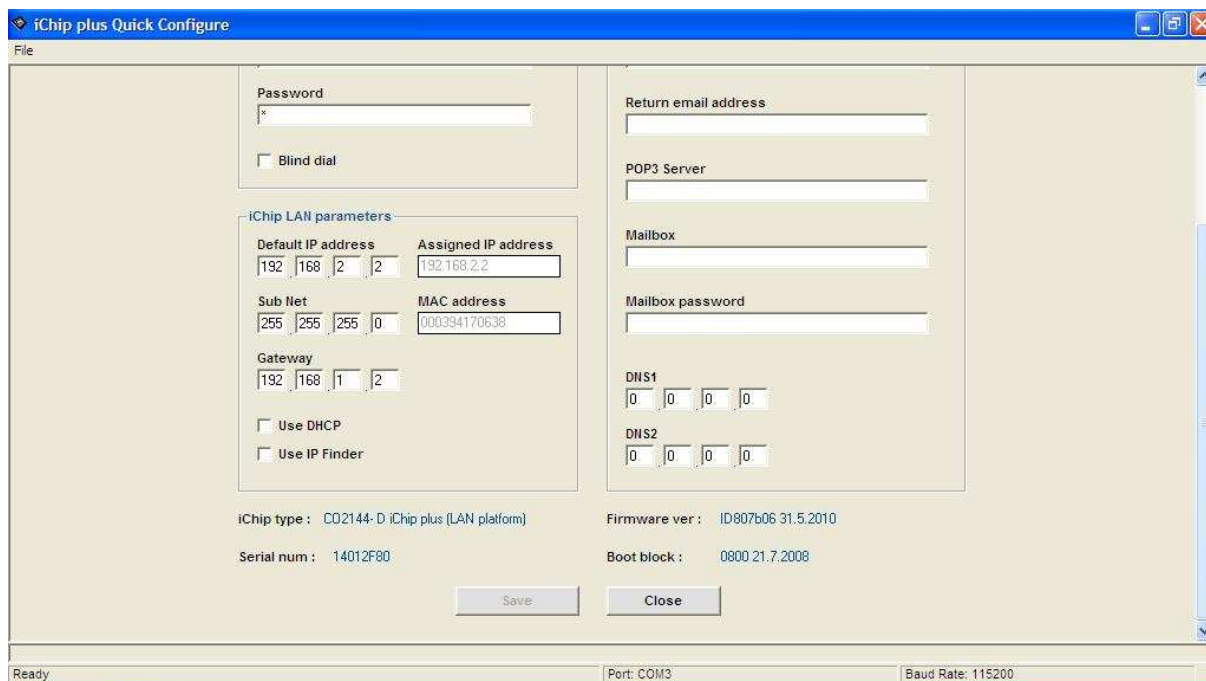
### 1. Zjištění IP adresy

Pro připojení modulu k síti LAN potřebujeme znít jeho IP adresu, popřípadě jeho IP adresu změnit.

Zařízení připojíme k PC přes USB konektor „LAN\_SET“. Stiskneme tlačítko reset hlavního MCU a zároveň stiskneme tlačítko „MODE\_LAN“ po dobu minimálně 5 sekund. Tlačítko „mode“ uvolníme a spustíme program „iChip Configuration tools“ (tlačítko resetu je stále stisknuto). Dle Přílohy - Obr. 20 stiskneme tlačítko „Quick Configuration“. Po navázání komunikace můžeme tlačítko resetu uvolnit. V kartě rychlého nastavení pak nastavíme IP adresu, masku sítě a výchozí bránu námi požadovaného připojení. Vše uložíme stiskem tlačítka „save“.



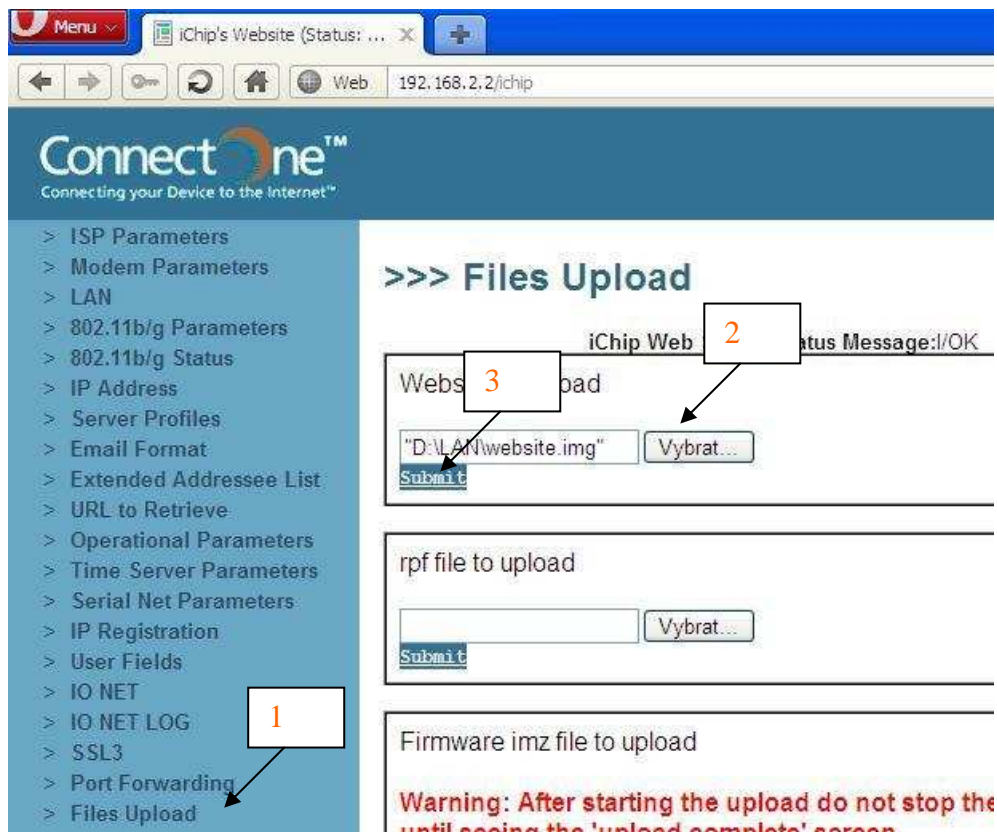
Přílohy - Obr. 20 - konfigurační program "iChip"



Přílohy - Obr. 21 - iChip: IP adresa

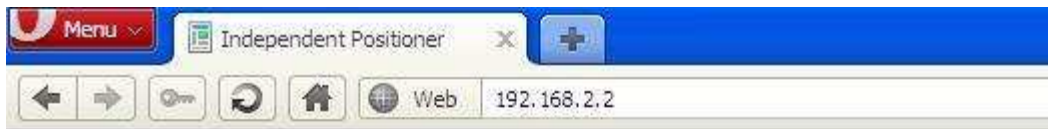
## 2. Nahrání webových stránek

Po úspěšném nastavení IP adresy zadáme námi uloženou adresu do webového prohlížeče ve formátu „IP adresa/ichip“. Na této stránce zvolíme „Files Upload“, jež se nachází v levé dolní části webové stránky. Dále vybereme webový image soubor a nahraje jej do modulu stiskem tlačítka „submit“. Tím máme webové stránky nahrány do modulu.



Přílohy - Obr. 22 - Nahrání obrazu stránky

Dle Přílohy - Obr. 23 pak můžeme vidět výpis jednotlivých stavových proměnných z MCU1. Zobrazeny jsou pouze ty proměnné, které jsou aktuálně vypisovány. Tato webová aplikace neoplyývá žádnými moderními grafickými ani ovládacími prvky, ale svoji jednoduchostí bude sloužit jako zdroj informací pro vzdáleně běžící aplikaci, na kterou se bude moci připojit více uživatelů. Samotný modul totiž disponuje omezenou kapacitou paměti pro webové stránky a rovněž neumožňuje současně připojení více uživatelů.



## Independent Positioner

Variable	Value	Description
temp0	33.00	temp mcu
temp1	49.75	temp 3,3V
temp2	27.69	temp mot 1
temp3	27.50	temp mot 2
temp4	29.25	temp ref
temp5	42.12	temp 5V

by Tomáš Bordovský  
[tombordy@centrum.cz](mailto:tombordy@centrum.cz)

Přílohy - Obr. 23 - Příklad webové aplikace