



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

## ÚSTAV MIKROELEKTRONIKY

DEPARTMENT OF MICROELECTRONICS

## INTELIGENTNÍ ZAŘÍZENÍ NA NOČNÍ STOLEK

SMART NIGHTSTAND DEVICE

### DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Jan Vávra

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Ladislav Macháň

BRNO 2016

# Diplomová práce

magisterský navazující studijní obor **Mikroelektronika**  
Ústav mikroelektroniky

**Student:** Bc. Jan Vávra

**ID:** 146989

**Ročník:** 2

**Akademický rok:** 2015/16

**NÁZEV TÉMATU:**

## Inteligentní zařízení na noční stolek

### POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Navrhněte a zkonstruujte inteligentní zařízení, které bude umístěno na nočním stolku uživatele. Základním požadavkem je funkce budíku, který na základě informací získaných ze senzorů, rozezná fázi spánku, ve které je probuzení uživatele nejkomfortnější. Zařízení bude vybaveno podložkou pro bezdrátové dobíjení mobilních zařízení, vybavených technologií dle standardu Qi. Dalším požadavkem je funkce nočního svícení, které bude zajišťováno pomocí odnímatelné části přístroje. Funkcionalita přístroje (kromě bezdrátového dobíjení) musí být zálohována pomocí akumulátoru tak, aby v případě výpadku elektrické sítě uživatel mohl využít odnímatelnou část k přisvícení a nebyla ohrožena funkce buzení. Zvažte použití dalších moderních integrovaných čidel a obvodů pro monitorování komfortu prostředí a kvality spánku.

### DOPORUČENÁ LITERATURA:

Podle pokynů vedoucího práce.

**Termín zadání:** 8.2.2016

**Termín odevzdání:** 26.5.2016

**Vedoucí práce:** Ing. Ladislav Macháň

**Konzultant diplomové práce:**

**doc. Ing. Lukáš Fucik, Ph.D., předseda oborové rady**

### UPOZORNĚNÍ:

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

## **Abstrakt**

Diplomová práce se zabývá návrhem a konstrukcí inteligentního zařízení na noční stolek. Úkolem celého systému je sledování a rozeznání fáze spánku s následným předáním dat budíku, který zajistí nejkomfortnější probuzení uživatele. Budík je zálohován baterií. Dále dochází k monitorování prostředí pomocí moderních senzorů. Zařízení je vybaveno odnímatelnou světelnou částí, která je zálohována elektrickým zdrojem pro případné přisvícení při výpadku elektrické energie. Podložka pro bezdrátové dobíjení se standardem Qi je součástí celého systému.

## **Abstract**

Master's thesis describes design of smart nightstand device. Aim of this system is to monitor and recognize stages of sleep with subsequent transfer of the data to alarm clock to provide the most comfortable awakening. The alarm clock is backed up by batteries. The system controls parameters of surrounding environment using advanced sensors. The device is equipped with a removable light part which is backed up by power supply for illumination during a potential power outage. A pad for wireless charging with standard Qi is also part of this system.

## **Klíčová slova**

Spánek, Qi, mikrokontrolér, osvětlení, teplota, vlhkost, budík, kvalita ovzduší, senzor přiblížení, kapacitní tlačítka, LED pásek, lampička.

## **Key words**

Sleep, Qi, microcontroller, lighting, temperature, humidity, alarm clock, air quality, proximity sensor, capacitive buttons, LED strip, lamp.

VÁVRA, J. *Inteligentní zařízení na noční stolek*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2016. 91 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Ladislav Macháň.



## Prohlášení

Prohlašuji, že svoji diplomovou práci na téma „**Inteligentní zařízení na noční stolek**“ jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce 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 diplomové práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením tohoto projektu 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., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

V Brně dne 26. května 2016

.....  
podpis autora

## Poděkování

Děkuji vedoucímu diplomové práce Ing. Ladislavu Macháňovi za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování diplomové práce. Na závěr bych chtěl poděkovat především mé přítelkyni, rodičům, sourozencům a přátelům za podporu ve studiu a především v průběhu vypracovávání diplomové práce

V Brně dne 26. května 2016

.....  
podpis autora

Experimentální část této diplomové práce byla realizována na výzkumné infrastruktuře  
vybudované v rámci projektu CZ.1.05/2.1.00/03.0072

**Centrum senzorických, informačních a komunikačních systémů (SIX)**  
operačního programu Výzkum a vývoj pro inovace.

# OBSAH

Úvod.....	9
1 Přehled komerčních řešení .....	11
1.1 Obyčejné lampičky na noční stolek.....	11
1.2 Inteligentní lampičky na noční stolek.....	12
1.3 Budíky .....	12
1.4 Zařízení s inteligentním buzením .....	13
1.4.1 Xiaomi Mi Band 1S.....	13
1.4.2 Aplikace pro chytré telefony .....	14
1.4.3 Sense.....	15
2 Teorie řešené problematiky .....	17
2.1 DCF77 .....	17
2.1.1 Zdroj časové informace .....	17
2.1.2 Dosah vysílače DCF77.....	17
2.1.3 Kódovaný čas v signálu.....	18
2.1.4 Budoucnost vysílání .....	19
2.2 Spánek .....	20
2.2.1 Fáze a typy spánku .....	20
2.2.2 REM fáze spánku .....	21
2.2.3 NREM fáze spánku .....	21
2.3 Bezdrátové dobíjení .....	22
3 Topologie systému a popis konstrukce .....	24
3.1 Topologie systému.....	24
3.2 Základní deska.....	26
3.2.1 Mikrokontrolér CC430F5137.....	27
3.2.2 Čas a funkce budíku .....	30
3.2.3 Displej a tlačítka.....	30
3.2.4 Senzory.....	34
3.2.5 Akcelerometr a gyroskop .....	37
3.2.6 Blokové schéma napájecí části hlavní desky .....	38
3.3 Odnímatelná světelná část, sledování spánku.....	41
3.3.1 Baterie .....	42
3.3.2 Osvětlení.....	43

3.3.3	Měnič Step up MAX668 .....	43
4	Programové vybavení mikrokontroléru .....	45
4.1	Vývojový diagram základní desky .....	45
4.2	Vývojový diagram odnímatelné části .....	47
5	Konstrukce zařízení .....	50
5.1	Konstrukce odnímatelné části .....	50
5.2	Konstrukce základny .....	50
Závěr.....		51
Seznam literatury.....		52
Seznam obrázků .....		55
Seznam tabulek .....		57
Seznam zkratk, symbolů a veličin .....		58
Přílohy a výkresová dokumentace.....		59

# Úvod

Spánek neodmyslitelně patří k důležitým a příjemným částem lidského života. Spánkem dospělý člověk stráví až třetinu života. Proto je důležité věnovat patřičný čas pro správnou regeneraci organismu. Výsledkem těchto informací, a na základě průzkumu trhu, bylo zvoleno zadání této diplomové práce.

Cílem diplomové práce je vytvořit návrh a zkonstruovat inteligentní zařízení, které je umístěno na nočním stolku uživatele. Hlavním úkolem navrhovaného systému, na kterém byla postavena celá myšlenka, je budík, který rozezná fáze spánku. Je mnoho způsobů jak lze rozeznávat jednotlivé fáze spánku a jednou z nich je kontrola pohybu lidského těla. Tento pohyb je měřen akcelerometrem, který získává data a odesílá do mikroprocesoru. Implementovaný budík reaguje na data a zlepšuje funkci budíku. Budík je řízen přesným časem z obvodu reálného času, do kterého je nastaven pomocí sériové komunikační sběrnice I<sup>2</sup>C. Výsledky z akcelerometru jsou vyhodnoceny, odeslány a mikrokontrolér dokáže rozlišit lehkou a hlubokou fázi spánek.

Kvalita spánku se neodvíjí pouze od správně vyhodnocené fáze. Hraje zde roli celá řada dalších parametrů a hodnot okolního prostředí, které jsou vyhodnocovány a použity při hledání optimálních podmínek ke spánku. Součástí zadání je vlastní volba dalších moderních integrovaných čidel a obvodů pro monitorování komfortu spánku. Proto jsou vybrány následující senzory. Teplota a vlhkost, tlak, míra okolního osvětlení, nové a moderní čidlo kvality okolního ovzduší a také senzor přiblížení pro snazší ovládání.

V dnešní době nejde pouze o výběr hlavních obvodů, ale také o celkové zpracování, míru uživatelského komfortu, design celého zařízení a správně zvolené materiály pro výrobu. V rámci celkového designu jsou použita kapacitní tlačítka a čidlo přiblížení (neboli proximity senzor). Dále je v zadání požadavek na noční svícení, které je odnímatelné pro případný přenos a využití jako zdroj světla, v případě výpadku elektrické energie. Jako zdroj světla jsou použity LED pásy. Jejich nastavitelnost svitu, výběr z velkého množství provedení a možnost výběru teploty barev je tato volba zdroje světla přijatelnou volbou. Dosahují také vysokých účinností. Řídící obvod základní desky a odnímatelné části byl vybrán od společnosti Texas Instruments, protože dokáže obsáhnout všechny požadavky na tento projekt. Dalším důvodem byly dlouholeté zkušenosti. Důležitým bodem na závěr je zajištění zálohy budíku pomocí lithiových baterií tak, aby se zachovala jeho funkčnost a nedošlo k tomu, že by uživatel nebyl probuzen.

Uživatelský komfort zajišťuje podložka bezdrátového nabíjení dle standardu Qi pro nabíjení mobilních zařízení. Protože dnes ještě stále není moc rozšířené bezdrátové nabíjení, tak je vyveden i konektor USB. Pro spojení základny a odnímatelné části je použit

magnetický spoj tak, aby byla zajištěna jednoduchost celkového propojení. Standard Qi a další problematika budou popsány v této diplomové práci.

# 1 Přehled komerčních řešení

V současnosti se na trhu vyskytuje velké množství zařízení, která mohou být využívána na nočním stolku. Lze je zařadit do tří kategorií. První z nich je klasický zdroj světla, který slouží jako lampička k posteli. Do další kategorie jsou řazeny budíky. Mezi funkce budíku není dnes považován pouze čas, ale také teplota, rádio, různé druhy zobrazovacích panelů a mnoho dalšího. Tyto dvě kategorie jsou využívány již mnoho let, ale k jejich modifikaci či vylepšení dochází jen zřídka kdy. Inovací se mohou převážně pochlubit výše zmiňované zdroje světla. Přechází se hlavně na efektivnější a výkonnější LED moduly, které bývají komfortnější. Jak z hlediska ovládání, tak z hlediska životnosti. Do posledního odvětví jsou řazena nová a moderní zařízení, která zajišťují informace ohledně kvality spánku. Podle získaných dat je vyhodnocen čas, ve kterém je nejkomfortnější probuzení. Nesmí být opomenuty ani chytré telefony, které jsou také využívány k monitorování spánku. A úplně na závěr je zapotřebí zmínit novodobé náramky. V některých přístrojových řešeních dochází k různým kombinacím všech těchto možností, aby bylo dosaženo spokojenosti zákazníka.

## 1.1 Obyčejné lampičky na noční stolek

Obyčejných lampiček, určených pouze k osvětlení prostoru ložnice, je celá řada. Mezi hlavní parametry jsou řazeny design a cena. Různé variace nastavení svítivosti se zde prakticky nevyskytují. Cenové rozmezí, v kterém se tyto výrobky pohybují, je obrovské. Niže byly vybrány tři různé typy lampiček v cenově odlišných kategoriích. Vlevo na Obr. 1.1 je zástupce firmy Philips v cenové kategorii 450 Kč. Výrobek značky Rendl je vyobrazen uprostřed. Zde je zpracování a volba materiálů poněkud na vyšší úrovni, ale markantně byla změněna i cena, která byla stanovena kolem 4 000 Kč. Poslední vybraný kus byl pojmenován podle firmy Artemide. Tento výrobek je designově velmi zajímavý, ale jeho cena je už méně zajímavá. Byla stanovena na hranici 10 000 Kč.



Obr. 1.1: Zleva: Massive Philips 66620/33/10 [1], Rendl 2823130 [2], Artemide 0315010A [3].

## 1.2 Inteligentní lampičky na noční stolek

Na Obr. 1.2 výše byly vyobrazeny tři lampičky, ve kterých je implementováno více funkcí a částečně se přibližují zadání. Zařízení Profilite obsahuje budík, kalendář, teploměr a stmívatelné LED světlo o světelném toku 108 lm. Prostřední lampa má hodiny, budík,



Obr. 1.2: Zleva: Profilite wesley blue [4], Sencor STL 201 [5], Immax Heron [6].

a zajímavou funkcí automatického vypnutí světla. Na závěr byl zvolen Immax Heron, jehož funkcionalita se nikterak neliší od ostatních celků. Prakticky jen cenou a vyšším světelným tokem. Všechny ceny jsou v Tabulka 1.1.

Tabulka 1.1: Ceny inteligentních lampiček.

Zařízení	Profilite wesley blue	Sencor STL 201	Immax Heron
Cena	550 Kč	1 250 Kč	1 700 Kč

## 1.3 Budíky

Mezi přístroje, které jsou schopné zajistit potřebné informace pro uživatele, jsou budíky nebo také radiobudíky (viz Obr. 1.3). Objevují se s různými zobrazovači času a to od sedmissegmentových displejů, přes LCD panely až po projekci času na stěnu. Mezi rozšiřující funkce je zde řazen FM/AM digitální tuner, různé varianty alarmu a zvukového výstupu, zobrazování aktuální teploty uvnitř, nebo venku. V budíku může být implementováno i datum. Rozhodně svoji roli zde hraje cena, která je shrnuta v Tabulka 1.2.

Tabulka 1.2: Ceny budíků.

Produkt	Sencor SRC 170	Sony ICF-C1PJ
Cena	450 Kč	1 600 Kč





Obr. 1.3: Zleva: Sencor SRC 170 [7], Sony ICF-C1PJ [8].

## 1.4 Zařízení s inteligentním buzením

Zařízení s inteligentním buzením jsou rozšiřována čím dál více. Jsou zde implementovány nové moderní technologie. Nejrozšířenější jsou inteligentní náramky a hodinky, mobilní telefony, které musí být vybaveny chytrou aplikací a nakonec přístroj, který byl uveden na trh teprve nedávno. Jmenuje se, SENSE. Co se náramků týče, tak jejich nevýhoda spočívá v tom, že je majitel musí mít na ruce i přes noc. Pokud člověk nechce utrácet své peníze za nový aparát, tak je lepší zvolit variantu mobilního telefonu. Nevýhodou však je, že mobilní telefon musí být položen na matraci a celou dobu být připojen v elektrické síti. Zařízení SENSE dokáže monitorovat celou řadu okolních parametrů.

### 1.4.1 Xiaomi Mi Band 1S

Letos v listopadu došlo k vylepšení stávající verze náramku Xiaomi Mi Band. Novinka v podobě Mi Band 1S vyobrazena na Obr. 1.4 si ponechává velmi přesné měření kroků, analýzu spánku, extrémní výdrž na jedno nabití, elegantní design a nově přidává i senzor srdečního tepu. Díky těmto vlastnostem se náramek stává společníkem nejen sportovců, ale i uživatelů, kteří chtějí mít svůj den pod kontrolou. Celkové shrnutí:

- krokoměr,
- automatická analýza spánku,
- měření srdečního tepu,
- automatické odemykání telefonu,
- kompatibilita s telefony androidem 4.4 a Bluetooth 4.0,
- rozměry: 37 mm × 13,6 mm × 9,9 mm,
- hmotnost: 5,5 g,
- stupeň krytí: IP 67. [9]



Obr. 1.4: Náramek Xiaomi Mi Band 1S. [9]

Díky vytríbenému designu se z fitness náramku Xiaomi Mi Band 1S stává překrásný doplněk. Kvalitní konstrukce zaručí velmi pohodlné nošení. Zařízení překonává ostatní produkty i v dalším důležitém ohledu - ve výdrži. Xiaomi Mi Band 1S totiž vydrží nabitý až měsíc, takže není třeba se obávat neustálého dobíjení.[9]

## 1.4.2 Aplikace pro chytré telefony

V této kapitole je rozebráno několik aplikací pro chytré telefony s operačním systémem Android.

### Sleep as Android

Je nejznámější aplikace na sledování spánkových stavů, která funguje v chytrých telefonech a tabletech vybavených OS Android. Autorem je URBANDROID TEAM. Uvnitř aplikace je několik záložek – alarmy, grafy, statistiky, zvuky a doplňky. Je zde volba chytrého buzení (budík začne zvonit s předstihem). Před spaním je zapotřebí stisknout tlačítko sledování spánku a následně dochází k jeho monitorování. Během spánku musí být telefon vedle uživatele, aby mohl zaznamenávat pohyb a zároveň je zapotřebí mít telefon připojen do nabíječky, protože aplikace je náročná na baterii. Po probuzení dochází k ukončení spánku a jeho ohodnocení. Shrnutí specifikací:

- měření spánkových fází,
- historie spánkových grafů,
- výpočet spánkového dluhu,
- nahrávání chrápání během noci,
- možnosti sdílení na sociálních sítích,
- jednoduché a intuitivní ovládání,
- budík a několik vyzváněcích tónů,
- hudba při usínání,
- rady, tipy a doporučení na zkvalitnění spánku
- podpora widgetů a rozšíření,

- hodnocení kvality spánku. [10]

### **SleepBot – Sleep Cycle Alarm**

Aplikace obsahuje na úvodní stránce tlačítko „Going to sleep“. Nad ním se počítají hodiny, které jste už prospali. Ve spodní části displeje může být nastaven budík, zapnutí monitorování spánku nebo nahrávání zvuků. Po probuzení je důležité spánek ohodnotit a vložit k němu libovolnou poznámku. Celkové shrnutí parametrů aplikace:

- sledování pohybů během spánku,
- možnost nahrávání zvuku při spaní,
- jednoduché a intuitivní ovládání,
- podpora widgetů,
- rady, tipy a doporučení na zkvalitnění spánku,
- grafy, které sledují vyvíjející se trend,
- budík a několik vyzváněcích tónů,
- hodnocení kvality spánku,
- android a iOS. [10]

### **1.4.3 Sense**

Sense, ve spojení s příslušnou aplikací podává velké množství informací ve srovnání s konkurenčními produkty. Protože výše zmíněná zařízení dovedou také monitorovat spánek, tak Sense navíc dokáže měřit intenzitu hluku, vlhkost, kvalitu vzduchu a intenzitu osvětlení. Pills jsou připojeny na polštář pro monitorování spánkové aktivity. Celé zařízení je velmi povedené, také pak jeho design, jak je vidět na obrázku Obr. 1.5.



*Obr. 1.5: Zařízení Sense se dvěma klipsy na polštář označené jako Pills. [11]*

Samotná aplikace potom ukládá data do historie, doporučuje, jak lépe spát, vyžaduje průběžné hodnocení kvality spánku, za účelem dalšího monitorování, či umí nastavit chytré buzení. [11]

Sense parametry:

- čidlo teploty a vlhkosti,
- senzor osvětlení,
- mikrofón,
- proximity senzor,
- senzor částic,
- komunikace přes Wifi a Bluetooth,
- konektivita s iOS 7 a vyšší, Android 4.3 a vyšší,
- rozměry: 70 mm × 64,1 mm.

Pills parametry:

- akcelerometr,
- bluetooth,
- lithiová baterie 3 V,
- výdrž: 12 měsíců,
- rozměry: 28 mm × 14 mm. [12]

## 2 Teorie řešené problematiky

V následujících kapitolách budou popsány tyto problematiky. Spánek, jeho fáze a proč lze jednotlivé fáze rozeznat. Dále bude podrobně popsán signál DCF77. Také bezdrátové nabíjení dle standardu Qi, které je součástí zadání. A posledním bodem bude samotná konstrukce, design a zvolené materiály.

### 2.1 DCF77

DCF77 je rádiová stanice vysílající dlouhovlnný časový signál, podle kterého jsou synchronizovány příslušné rádiové hodiny a budíky. Je přenášena zakódovaná úplná časová informace. Vysílané časové značky zajišťují nastavení hodin, které pak jdou stále přesně, včetně nastavení letního a zimního času. Platí za rádiový etalon času a nejpřesnější hodiny světa. [24]

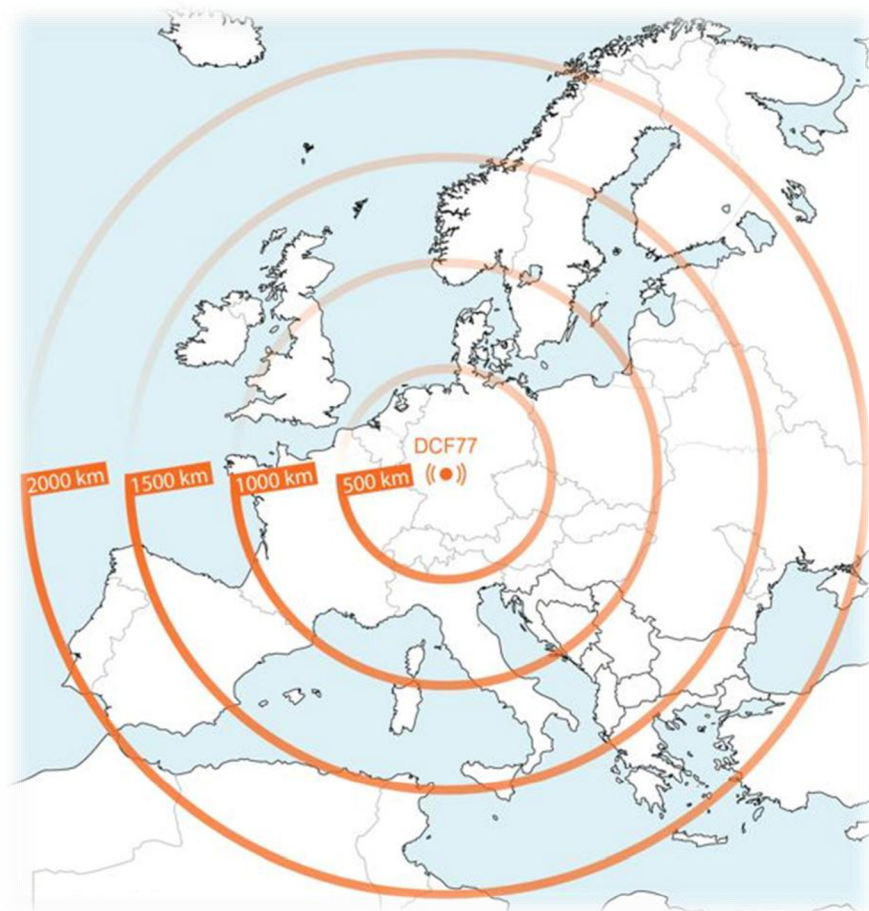
#### 2.1.1 Zdroj časové informace

Vysílač DCF77 vysílá časovou informaci na dlouhých vlnách s kmitočtem 77,5 kHz, čas a datum jsou brána na základě údajů od Spolkového fyzikálně technického ústavu (PTB) Braunschweigu. Vysílač se nachází v Mainflingu asi 25 km jihovýchodně od Frankfurtu nad Mohanem. Stanice začala vysílat v září roku 1970. Časová dostupnost vysílače je vysoká, vysílání probíhá nepřetržitě po dobu 24 hodin. Krátká přerušení nastávají, pokud musí být vlivem rušení přepnuto na rezervní vysílač nebo anténu při údržbových pracích. Tyto údržbové práce jsou prováděny vždy každé druhé úterý v měsíci, v době od 5 hodin do 9 hodin středoevropského času, nebo při přechodu na letní / zimní čas. V případě bouřek a nepříznivého počasí mohou nastat i delší výpadky. [25]

#### 2.1.2 Dosah vysílače DCF77

DCF77 signál vyzařovaný vysílací anténou dosahuje místa příjmu ve dvou případech. V prvním případě se šíří jako přízemní vlna podél zemského povrchu. Ve druhém případě dosahuje místa příjmu jako ionosférická vlna po odrazu od ionosféry. V případě přímého šíření a jednoho odrazu na spodní straně ionosféry, je získán maximální dosah prostorové vlny DCF77, když opouští vysílací místo tangenciálně k zemskému povrchu.

Za těchto předpokladů je dosah přibližně 1 900 km ve dne a asi 2 100 km v noci. Přibližný dosah po Evropě je vyobrazen na Obr. 2.1. [25]



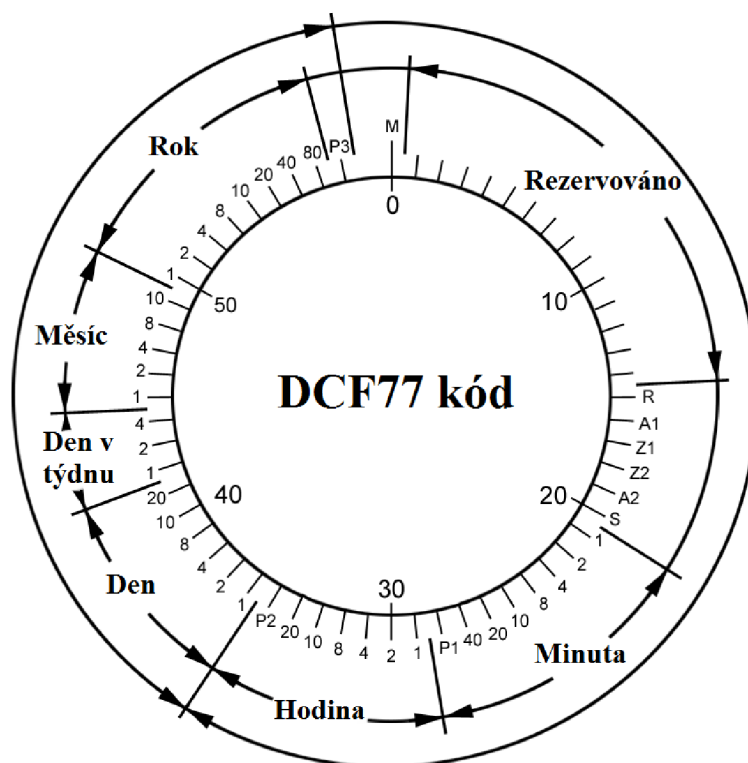
Obr. 2.1: Dosah signálu DCF77 v Evropě. [26]

### 2.1.3 Kódovaný čas v signálu

Během každé minuty jsou přenášena čísla minuty, hodiny, dne, dne v týdnu, měsíce a roku impulsovou modulací sekundových znaků v kódu BCD. Tento telegram platí vždy pro následující minutu. Přitom odpovídají sekundové znaky o délce 0,1 s binární nule a o délce 0,2 s binární jedničkou. Přiřazení jednotlivých sekundových znaků k přenášené časové informaci ukazuje kódovací schéma na obr. 3.2. Tři kontrolní bity P1, P2 a P3 doplňují vždy předcházející informační slova (7 bitů pro minutu, 6 bitů pro hodiny a 22 bitů pro datum, včetně čísla dne v týdnu) právě na sudý počet jedniček (sudá parita). Celý tento popis je vyobrazen na obrázku Obr. 2.2 a doplněn v Tabulka 2.1. [25]

## 2.1.4 Budoucnost vysílání

Protože je vysílač DCF77 od konce roku 1995 jediný svého druhu na evropském kontinentě (HBG Prangins, Švýcarsko - vypnut; OMA 50 vypnuta koncem roku 1995), jsou si PTB a Spolková pošta Telekom vědomy odpovědnosti za rozsáhlou síť časoměrných zařízení, závislých na jejich vysílání.



Obr. 2.2: Kód signálu DCF77 a jeho jednotlivé části. [27]

Protože je dlouhovlnné vysílání technicky nenáročné pro přijímače uživatelů, tak je jedním z nejvýhodnějších způsobů sdělování přesného času. V důsledku toho jsou podnikány kroky k neustálému zlepšování technického vybavení stanice DCF77 a k zajištění její existence i do budoucna. [25]

Tabulka 2.1: Popis zkratk v kódu DCF77. [25]

Zkratka	Popis
M	Minuta značka (vždy 0b)
R	Anténa: 0b – normální anténa, 1b – náhradní anténa
A1	Oznámení změny z SEČ na SELČ nebo naopak, 1h před změnou (0b nic, 1b změna)
Z1, Z2	Časová zóna (rozdíl v hodinách oproti UTC, 00b = +0 h, 01b = +1 h = SEČ, 10b = +2 h = SELČ, 11b = +3 h)
A2	Oznámení přestupné časové informace (vždy 1b)
S	Startovací bit kódované časové informace (vždy 1b)
P1 – P3	Kontrolní bity (sudá parita)



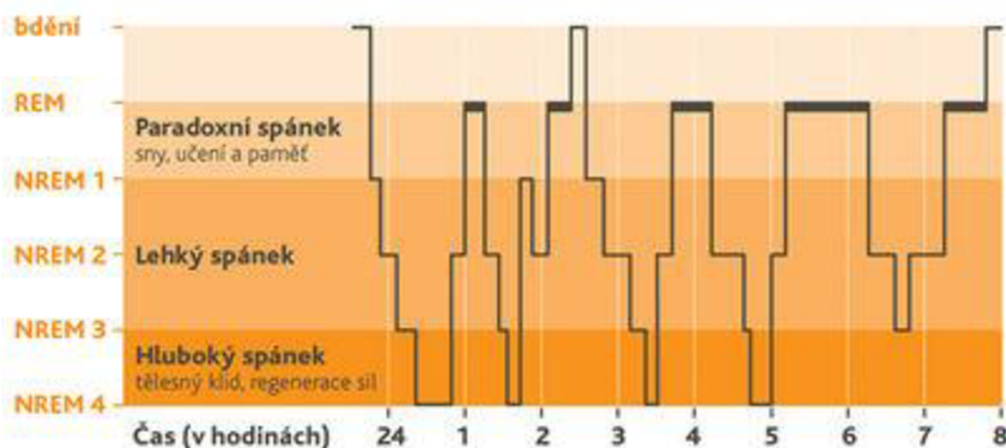
## 2.2 Spánek

Spánkem člověk stráví až 1/3 svého života, průměrná doba činí 8 hodin denně a potřeby lidí se stále mění. Například novorozenci naspí až 18 hodin každý den, děti v předškolním věku až 12 hodin a lidé kolem 20 let zhruba 7 hodin až 8 hodin.

Běžný je spánek během noci, kdy usínáme v pozdních večerních hodinách a budíme se ráno před nebo po svítání. Tomuto spánkovému režimu se tak přizpůsobily i veškeré aktivity jako jsou, práce, otvírací doby obchodů, rodinné zvyklosti apod. Ačkoliv u některých lidí, kteří pracují například na noční směny, je tento režim narušený a oni jsou nuceni spát během dne. Samozřejmě, pokud se v noci člověk pořádně nevyspí, je možné odpočívat i ve dne, kdy ale už působí spousta rušivých vlivů. Zvýšená potřeba spánku se převážně projevuje u malých dětí, ale také u sportovců, kteří tak podporují regeneraci svého organismu. Obecně by doba spánku neměla klesnout pod 6 hodin a neměla by být vyšší než 10 hodin - pokud se tak stane jednou, nevadí, nemělo by to ale být pravidlem. [10]

### 2.2.1 Fáze a typy spánku

Z hlediska spánku se může dospělý lidský organismus nacházet ve třech základních funkčních stavech: bdění, NREM (žádné pohyby očí) a REM (rychlé pohyby očí) spánku. Ačkoliv NREM a REM spánek se z pohledu chování projevují velice podobně, činnost neuronů v REM fázi se podobá spíše stavu bdělosti. Jednotlivé fáze se odlišují charakteristikami na polysomnografu, především rozdílnými elektrickými impulsy, pohybem očí a svalovým napětím. Díky době trvání a četnosti NREM a REM fází je možno popsat spánek člověka. Tento popis je vyobrazen na Obr. 2.3, díky kterému je možné určit, do jaké míry je spánek přirozený, nebo ne. Organismus plně regeneruje pouze v přirozeném spánku. [28]



Obr. 2.3: Hypnogram dospělého člověka. [28]



### **2.2.2 REM fáze spánku**

Jak samotný název napovídá, tato fáze spánku je charakterizována kromě mihotavého pohybu očí také typickými elektrofyziologickými parametry a nízkým svalovým napětím. Aktivita mozku je během REM fáze velmi podobná jako při probuzení, proto se tento druh spánku označuje někdy jako tzv. paradoxní. Frekvence srdeční činnosti a dýchání je v této fázi nepravidelná, tělesná teplota nepříliš regulována.

REM spánek zaujímá asi 20 % až 25 % celkové doby spánku u dospělých, jeho celková doba trvání je asi 90 min. až 120 min. Úseky REM fáze se opakují čtyřikrát až pětkrát v průběhu noci. Na počátku spánku jsou kratší a postupně se prodlužují. Na konci REM fáze se běžně vyskytuje krátké probuzení. Doba REM spánku se výrazně liší v průběhu věku. U novorozenců tvoří tato fáze až 80 % celkové doby spánku. Většina "živých" snů se odehrává právě v REM fázi.

U REM fáze se uvažuje, že má význam pro upevnění tzv. procedurální paměti. Ta je důležitá při osvojování si postupů. Dále je pravděpodobně REM fáze důležitá pro prostorovou paměť. Funkce REM spánku je též v "pročištění" paměti, tj. v posílení paměti významných podnětů a jejím "vyčištění" od podnětů slabých. [29]

Díky výše zmiňovaným faktům, hlavně pak svalová aktivita a pohyb lidského těla ve fázi REM, je možné zaznamenávat pohyb pomocí akcelerometru a vyhodnotit, že člověk usíná.

### **2.2.3 NREM fáze spánku**

NREM fáze spánku je souhrnné označení pro zbývajících 75 % až 80 % fází spánku odlišných od REM. V této fázi se tedy neobjevují oční pohyby ani ostatní REM charakteristiky polysomnografu. Snění v této fázi je spíše výjimečné a intenzita těchto prožitků bývá slabší. Rovněž svalové napětí a mimovolná pohyblivost je ve srovnání s REM fází nižší. Fázi NREM dělíme dále na další 4 podfáze. Podfáze 1 a 2 jsou považována za stadia lehkého spánku, podfáze 3 a 4 jsou pak stadii hlubokého spánku, tzv. SWS (spánek pomalých vln).

#### **NREM 1**

Vyskytuje se na počátku spánku. Doprovází jí pomalé oční pohyby. Tento stav je vnímán jako částečné vědomí a vzácněji se objevují i halucinace. V této fázi se mohou vyskytnout záškuby, které v extrémních případech mohou vést až k tzv. syndromu neklidných nohou.

## **NREM 2**

Tato fáze, která zaujímá 45 % až 55 % z celého spánku, se vyznačuje snížením svalového napětí a ztrátou vědomí spícího.

## **NREM 3**

Přechodem do NREM 3 upadá spící do tzv. hlubokého spánku neboli SWS. Funkce této fáze je úvod do NREM 4. V NREM 3 mohou spící trpět nočním děsem, náměsíčností, nadměrným pocením a mluvením ze spaní.

## **NREM 4**

Je hlubší fáze NREM 3. Je součástí tzv. hlubokého spánku. V tomto spánku je probuzení spícího nejobtížnější. Pravděpodobná funkce této fáze je v tvorbě a upevňování paměti na data a události (tzv. deklarativní paměti). [30]

Díky těmto fázím dochází k uklidnění lidského těla, a proto lze správně vyhodnotit jako tvrdý spánek.

## **2.3 Bezdrátové dobíjení**

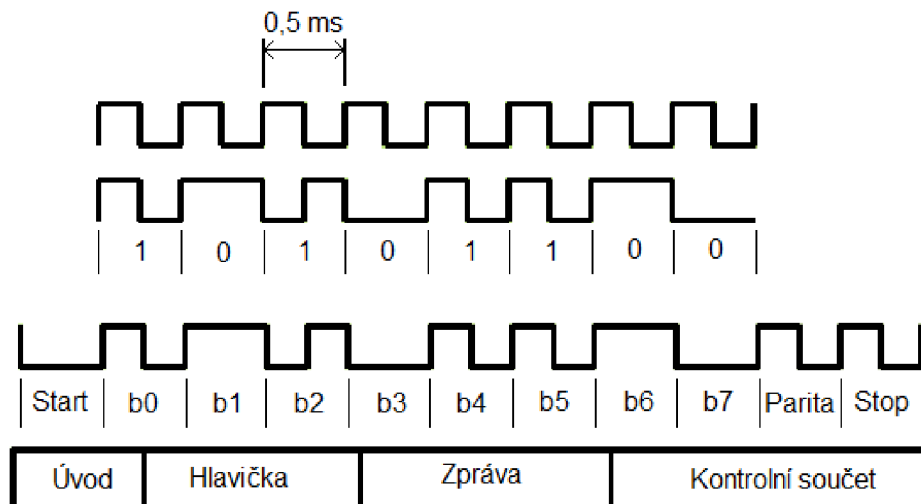
Součástí zadání je i podložka pro bezdrátové dobíjení mobilních zařízení, vybavených technologií dle standardu Qi. Technologie bezdrátového nabíjení vznikla v roce 2008 pod otevřeným sdružením Wireless Power Consortium WPC, kam patří asijské, evropské a americké společnosti z různých průmyslových odvětví. Systém je založen na elektromagnetické indukci. Přenos energie prochází skrz dvě plošné cívky, které jsou velmi blízko sebe. První cívka je připojena k elektrické síti přes řídicí elektroniku, která zajišťuje kontrolu přenosu. Druhá cívka je v zařízení a zajišťuje příjem energie a vysílá informace o stavu nabíjení, aby v případě plně nabitého mobilního zařízení nedocházelo k přebíjení.

Vysílací systém obsahuje primární cívku v sérii s rezonanční kapacitou. Tomu všemu předchází prepínací invertor, který mění rychlost spínání dle frekvence řídicího obvodu. Přijímač obsahuje plošnou cívku, ke které je připojena sériová a paralelní kapacita. Dále pak usměrňující můstek s filtrační kapacitou a spínačem k zátěži.

Protože je zapotřebí předat informace o stavu nabíjení, tak WPC vytvořilo komunikační protokol k výměně informací. Komunikaci vytváří buďto spínání paralelního odporu, nebo paralelní kapacity. V primární cívce dochází ke snímání proudu či napětí.

Komunikační protokol dosahuje rychlosti 2 Kbit/s. Reprezentace logické jedničky je změna stavu buďto z logické nuly na logickou jedničku, nebo naopak. Logická nula je neměnný stav a zůstává v logické jedničce či v logické nule. Doba trvání jednoho bitu

je 0,5 ms. Přenášený bajt má jasně definované pozice hodnot, jak je vidět na Obr. 2.4. Start bit, 8bitů dat, poté kontrola parity a stop bit. Struktura paketu obsahuje úvod o velikosti 11bitů nebo více, hlavička o velikosti jednoho bajtu, který obsahuje typ paketu a jeho délku, dále následuje zpráva od jednoho bajtu až po maximální počet 27 bajtů a na závěr je kontrolní součet jeden bajt. [31]



Obr. 2.4: Komunikační protokol Qi. [31]

Komunikace a kontrola přítomných zařízení začíná, že vysílač vysílá signály, jestli je nějaký objekt v dosahu. Příjímač čeká na signál. Po přiložení mobilního zařízení se odesílají signály, které vysílač detekuje. Příjímač odesílá svoji konfiguraci, podle které jsou nastaveny vysílací parametry a začne se přenášet elektrická energie.

Správná vazba mezi cívkami je dosažena správným výběrem vhodných rozměrů cívek. Udržet co nejmenší vzdálenost mezi cívkami z důvodu efektivity, aby nedocházelo k vysokým ztrátám na účinnosti. Dále pak správný výběr propustného materiálu, aby nedocházelo ke stínění magnetické indukce. Důležitým parametrem je i umístění a volný pohyb cívek. Výhodou je větší počet vysílacích cívek.

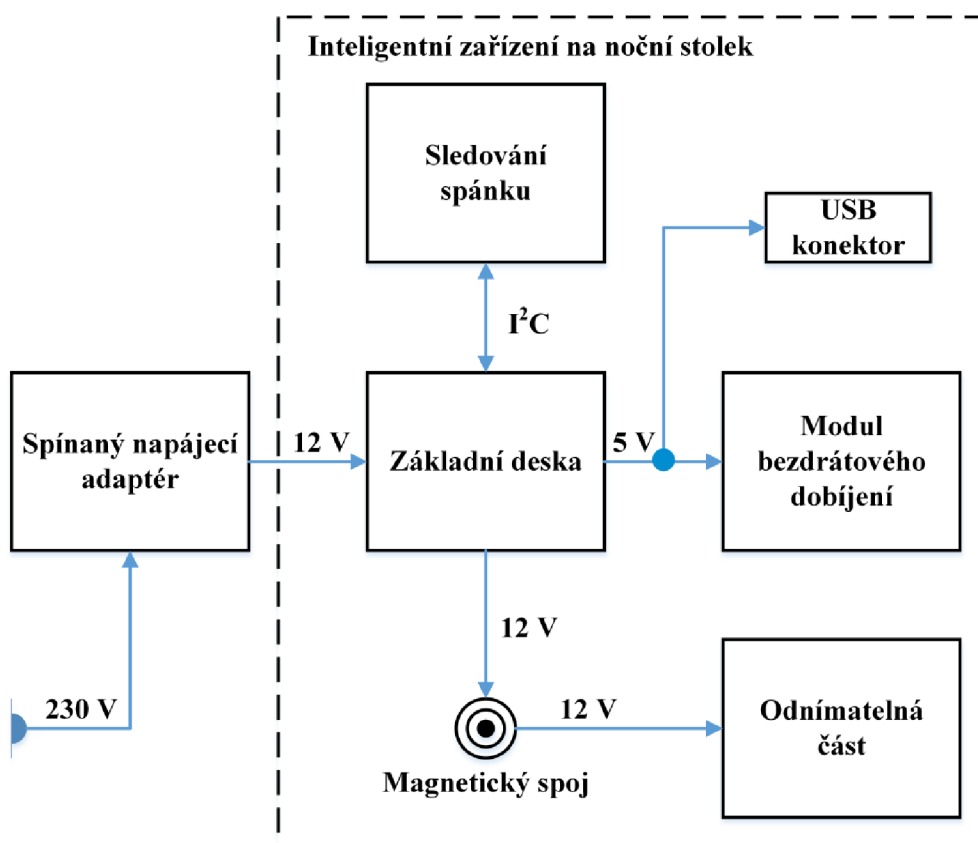
Odběr v úsporném režimu nastává, když není žádné zařízení v dosahu nebo je zařízení na místě, ale není potřeba dobíjet, protože je baterie zcela nabitá. Poté jsou používány různé metody reakce na přijímač. První metodou je kapacitní změna k detekování přijímače a zde je výkon 0,1 mW. Dále je zde rezonanční detekce nebo rezonanční změna, kdy po každém časovém úseku 0,5 s dochází k výkonnostnímu nárůstu primární cívky na 5 mW. A poslední způsobem je digitální odezva, která zjišťuje, jestli přijímač nepotřebuje nabíjet. [31]

### 3 Topologie systému a popis konstrukce

V kapitole jedna, přehled komerčních řešení, byl popsán aktuální stav zařízení na dnešním trhu. Některá z nich, jako například náramek Xiaomi MiBand 1S a produkt SENSE, se objevili na trhu až v listopadu loňského roku. Určité části této práce se budou podobat právě těmto produktům. V topologii systému a popisu konstrukce budou podrobně rozebrány jednotlivé části zařízení a podrobně popsány. Dále také popis blokových schémat a výběr jednotlivých součástí.

#### 3.1 Topologie systému

Navrhovaný systém inteligentního zařízení na noční stolek se skládá celkem z pěti částí, jak je vidět na Obr. 3.1. Základní deska zajišťuje řízení celé aparatury. Blok sledování spánku je propojen drátově se základní deskou přes sériovou sběrnici I<sup>2</sup>C. Modul bezdrátového dobíjení je napájen 5 V z základní desky. Odnímatelná část je napájena 12 V z magnetického spoje, který je napájen 12 V z základní desky. Spínaný napájecí adaptér je napájen 230 V a poskytuje 12 V zátěžové napětí základní desce. USB konektor je také napájen 5 V z základní desky.

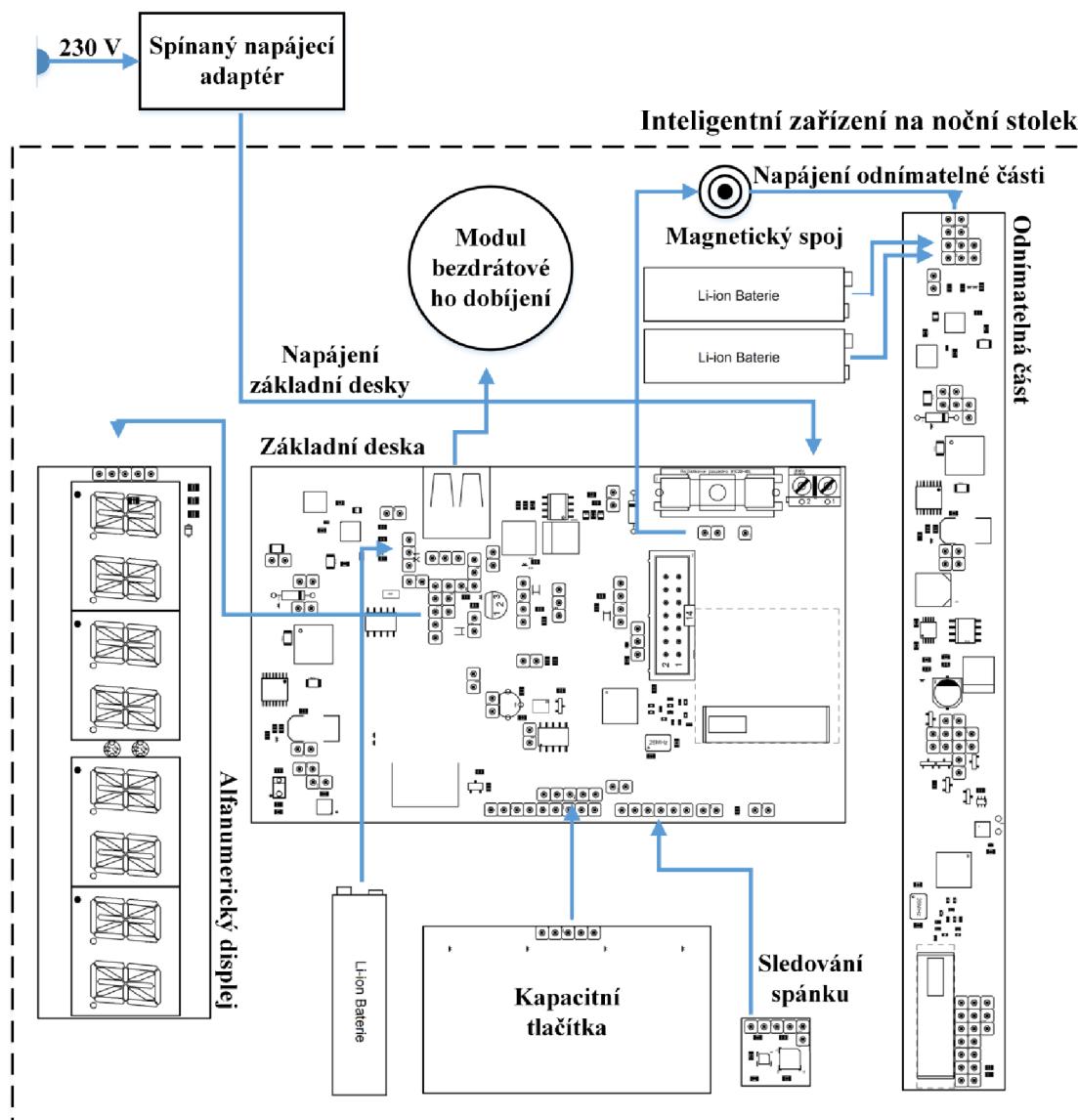


Obr. 3.1: Topologie systému celého zařízení.

Další bloky, které jsou spojeny se základní deskou přes sériovou sběrnici I<sup>2</sup>C, jsou tlačítka a displej. Fyzické propojení odnímatelné světelné části a základní desky je zajištěno skrze pogo piny. Pro zajištění neustálého spojení kontaktů, byly vybrány neodymové magnety, které mají při nízkých rozměrech vysokou přitažlivou sílu. Komunikaci mezi těmito nejvýznamnějšími deskami lze zajistit buďto skrz I<sup>2</sup>C, nebo pomocí RF modulů, které jsou

součástí obou mikrokontrolérů. Bezdrátové dobíjení je propojeno konektorem USB. Také je vyveden konektor micro USB pro drátové nabíjení mobilních zařízení. Elektrická energie do celého systému je zajištěna pomocí externího spínaného napájecího adaptéru požadovaných parametrů. Vnitřní rozdělení napájecích částí je popsáno v kapitole 3.2.6. Protože odnímatelná část je přenosná, a zároveň je také důležité uchování informací o čase a nastaveného budíku, tak jsou zakomponovány lithiové baterie jako záloha proudu. RF modul může být také využit k získávání informací z externích senzorů z domácích meteostanic.

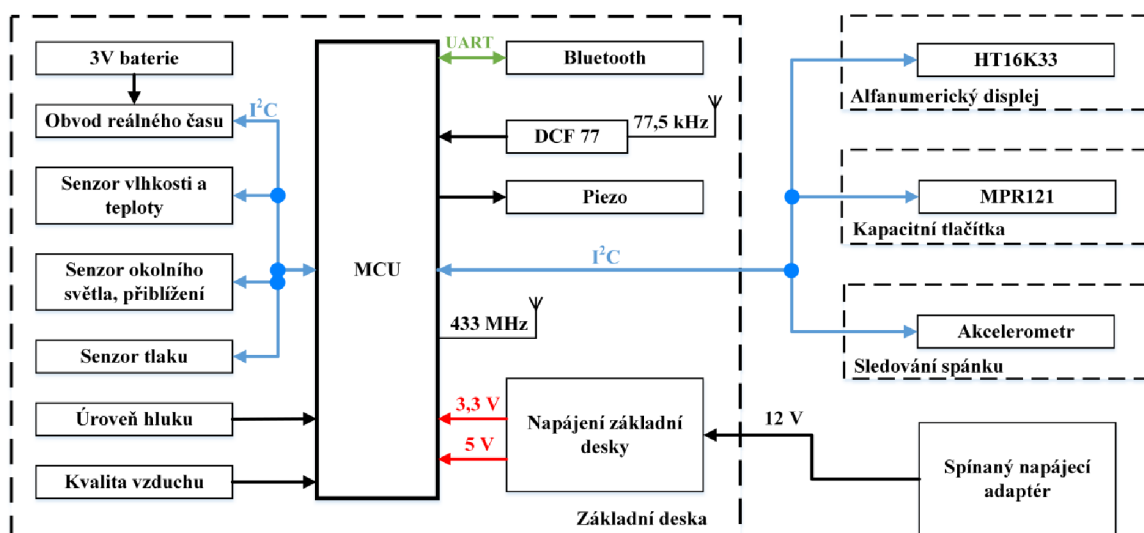
Na Obr. 3.2 jsou znázorněny reálné desky plošných spojů. Modré šipky znázorňují cestu odkud kam se jednotlivé plošné desky a moduly spojují.



Obr. 3.2: Topologie zařízení s reálnými deskami plošných spojů.

## 3.2 Základní deska

Vnitřní rozložení bloků základní desky je zobrazeno na Obr. 3.3. Centrální řídicí jednotkou je mikroprocesor od společnosti Texas Instruments CC430F5135. Zmíněný mikroprocesor byl vybrán, protože dokáže obsáhnout všechny požadavky na tento projekt. RF modul je navrhnut na frekvenci 433 MHz, protože velké množství meteorostanic využívá právě tuto frekvenci. Komunikace se senzory a čidly je zprostředkována skrze sériovou sběrnici I<sup>2</sup>C, která je vyznačena modře na Obr. 3.3. Moduly, které komunikují přes sériovou sběrnici, jsou obvod reálného času, senzor vlhkosti a teploty, senzor okolního světla a přiblížení, senzor tlaku, modul displeje, kapacitní tlačítka a akcelerometr. Je také možné pomocí AD převodníku měřit úroveň hluku v místnosti a vyhodnocovat kvalitu ovzduší. Tento blok je z hardwarové stránky implementován do zařízení a je na něj pamatováno do budoucna. Je zde také zakomponován modul Bluetooth pro možnost ovládání skrze mobilní zařízení. Pro zvukovou signalizaci je zvolena piezo siréna.



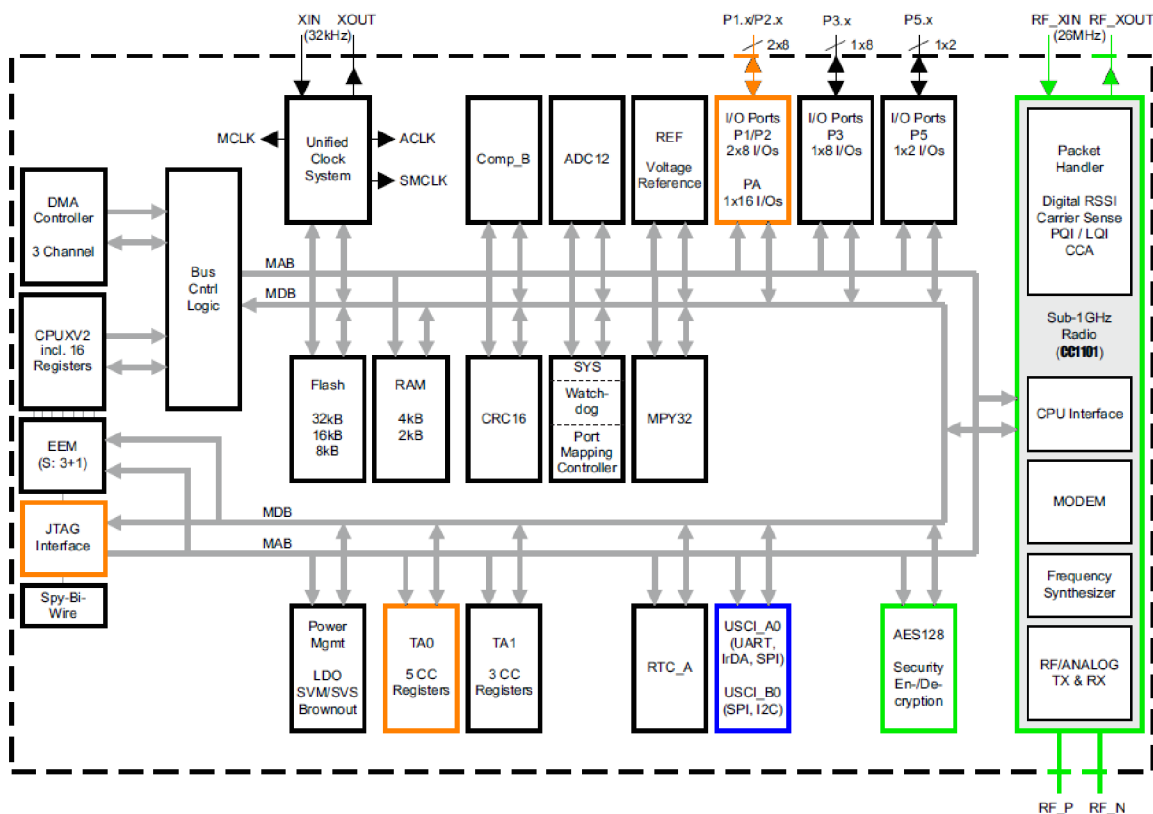
Obr. 3.3: Blokové schéma hlavní desky.

Pro nominální hodnotu času bude vybrán systém radiového přenosu DCF77. Časová informace bude dekodována procesorem a poté předána do obvodu reálného času. Ale v základní části programu je čas nastaven a čítán v obvodu reálného času. Po vyžádání času je hodnota načtena a zobrazena na displeji. Ovládání systému zajišťují v celém zařízení kapacitní tlačítka, která jsou umístěna na panelu společně s bezdrátovým dobíjením a displejem. Pro vyhodnocení a určení správných podmínek ke spánku jsou využita čidla teploty, vlhkosti a tlaku. Pro vyšší verzi firmwaru je také možné určovat podmínky ke spánku ze senzoru okolního světla a čidla, zajišťující kontrolu okolního ovzduší. Všechna data času jsou uchována a zálohována pomocí 3 V lithiové baterie CR 2032. Chod programu při výpadku elektrické energie zajišťuje implementovaná nabíjecí lithiová baterie 3,7 V.

### 3.2.1 Mikrokontrolér CC430F5137

Pro řízení systému je vybrán 16bitový mikrokontrolér řady MSP430, který je hardwarově optimalizován pro implementaci jazyka C. Jeho součástí je celá řada periférií, a tak má uživatel velké možnosti výběru. Jeden z hlavního důvodu výběru je modul CC1101, který zprostředkovává bezdrátovou komunikaci na celé řadě frekvencí. Od 300 MHz až po 928 MHz, záleží na výběru filtru. Převážně jde o možnost navázání komunikace s externími senzory, jako například venkovní teplota a vlhkost. Mezi další vybrané vlastnosti mikrokontroléru patří:

- napájecí napětí v rozsahu 1,8 V až 3,6 V,
- spotřeba 160  $\mu\text{A}/\text{MHz}$ ,
- paměť programu 32 kB a paměť SRAM 4 kB,
- komunikační rozhraní I<sup>2</sup>C, UART, SPI,
- několik 16bitových časovačů s možností několika PWM výstupů,
- převodník AD o rozlišení 12 bitů,
- 128bitový standard pokročilého šifrování. [13]



Obr. 3.4: Blokové schéma mikrokontroléru CC430F5137. [13]

Na Obr. 3.4 je vyobrazeno blokové schéma mikrokontroléru. Zvýrazněné bloky podporují funkčnost celého zařízení. Zelená barva zvýrazňuje modul CC1101 a kódování AES 128. CC1101 je modul rádiového přenosu, který vyžaduje jen velmi málo externích

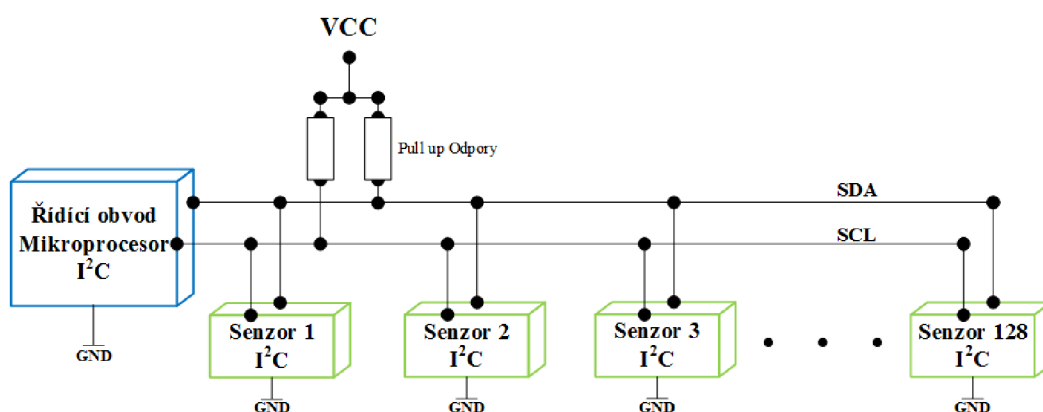


součástek. Z celé řady možných frekvencí byla zvolena frekvence 433 MHz. K mikrokontroléru je zapotřebí připojit 26 MHz krystal, řadu blokovacích kondenzátorů k vlastnímu napájení rádiového bloku. Dále také součástky k filtru, které jsou vybrány z tabulky dle komunikační frekvence. Další specifikace rádiového bloku:

- rychlost přenesených dat má rozsah od 0,8 kBaud až 500 kBaud,
- vysoká citlivost,
- vynikající přijímací selektivita,
- programovatelný výkon výstupu,
- indikace síly signálu atd.

Nesmí se zapomenout na impedanční přizpůsobení desky plošných spojů v části připojovaných součástek. K výpočtu je použit program AppCAD. Postupnou aproximací jsou zvoleny šířky vodičů a mezer mezi nimi tak, aby bylo dosaženo impedanční hodnoty 50  $\Omega$ . Schématické zapojení a tabulka součástek jsou součástí dokumentace mikrokontroléru (viz. [13]). Modul AES 128 může posloužit k hardwarovému kódování přenášených dat.

Dalším blokem, který je vyznačen modře, je komunikační modul, který obsahuje komunikační rozhraní, jako jsou UART, I<sup>2</sup>C, SPI a IrDA. Výhoda I<sup>2</sup>C komunikace spočívá v její snadné rozšiřitelnosti a snadné kontrole při programování. Jelikož hodinové impulsy generuje řídicí obvod, tak lze snadno krokovat a hledat případné chyby v programu. Prakticky lze na jedné komunikační sběrnici použít 128 komunikačních bloků a jeden hlavní, který řídí veškerou komunikaci přes datový a hodinový vodič, jak je vidět na Obr. 3.5. Na komunikační vodiče se připojují Pull up rezistory. Malou nevýhodou celé komunikace je, že rychlost přenášených dat se musí přizpůsobit nejpomalejšímu obvodu v celém zapojení.

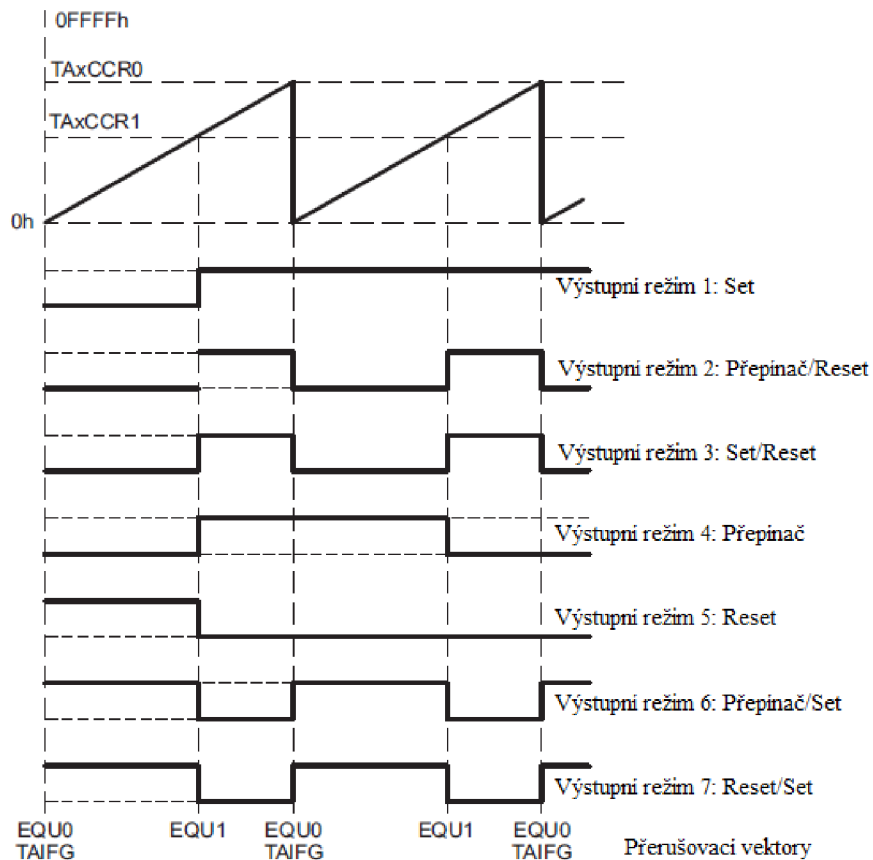


Obr. 3.5: Topologie sběrnice I<sup>2</sup>C.

Oranžovou barvou na Obr. 3.4 je znázorněno programovací rozhraní JTAG, pomocí kterého je mikrokontrolér programován a testován.



Dalším blokem jsou časovače, s možností PWM výstupů k regulaci jasu LED diod. Tento procesor má dva 16-bitové čítače/časovače, s možností až osmi PWM výstupů. Každý časovač má možnost sedmi porovnávacích registrů, více násobné porovnávání a interval časování. Další možností jsou přerušovací vektory. Díky těmto možnostem, je jas LED pásku ovládán tak, aniž by se zatěžovala výpočetní síla mikroprocesoru. Na Obr. 3.6 je znázorněna velká možnost konfigurace jednotlivých výstupů. Pro správnou funkčnost je vybrán sedmý režim Reset/Set při generování PWM. [32]



Obr. 3.6: Výstupní režimy čítačů/časovačů mikroprocesoru. [32]

Další specifikace čítače/časovače:

- asynchronní 16-bitový časovač/čítač se čtyřmi provozními režimy,
- volitelný a konfigurovatelný zdroj hodin,
- až sedm porovnávacích registrů,
- konfigurovatelné výstupy PWM,
- asynchronní vstup a výstup s aretací,
- velké množství přerušovacích vektorů. [32]

### 3.2.2 Čas a funkce budíku

Čas je nastaven přes mikroprocesor a odeslán do obvodu reálného času DS1307, který čas přijme a inkrementuje bez nutnosti dalšího zásahu. Jeho specifikace jsou:

- nízká spotřeba energie,
- inkrementace času, data a přestupného roku,
- záložní baterie
- paměť pro ukládání dat (56 B),
- programovatelný výstupní pin.

Obvod reálného času ukládá data o čase v plném BCD kódu. Obsahuje nonvolatilní paměť, do které může ukládat data potřebná i po odpojení napájecího napětí. Obvod uchovává vteřiny, minuty, hodiny, kompletní datum. Umí rozlišit, jestli měsíc končí 30. den, nebo 31. den. Zvládá i přestupný rok a hodinový cyklus 24 hodin nebo 12 hodin s ukazatelem AM/PM. Automaticky si hlídá odpojení napájení. V Tabulka 3.1 níže je znázorněno rozložení paměti pro čítání času.

Tabulka 3.1: Rozložení paměti obvodu reálného času. [33]

Adresa	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Funkce	Rozsah
00H	CH	10 Sekundy			Sekundy				Sekundy	00-59
01H	0	10 Minuty			Minuty				Minuty	00-59
02H	0	12 24	10 Hodin PM/AM	10 Hodin	Hodiny				Hodiny	1-12 +AM/PM 00-23
03H	0	0	0	0	0	Den			Den	01 - 07
04H	0	0	10 Datum		Datum				Datum	01-31
05H	0	0	0	10 Měsíc	Měsíc				Měsíc	01-12
06H	10 Rok				Rok				Rok	00-99
07H	Výstup	0	0	SQWE	0	0	RS1	RS0	Kontrola	-
08-3F H									RAM 56×8	00-FF H

Funkce budíku je nahrána v řídicím mikroprocesoru. Čas probuzení, reakce na akcelerometr, nastavení z kapacitních tlačítek a zobrazení požadovaných hodnot na displeji jsou součástí této funkce.

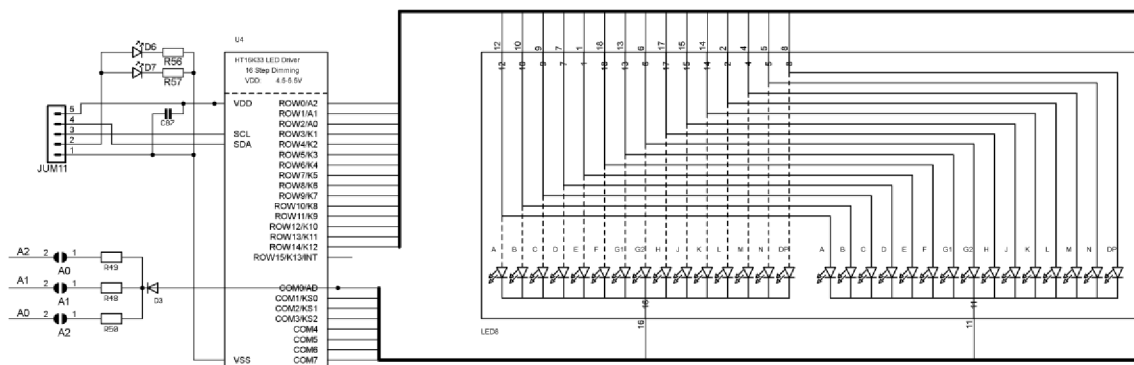
### 3.2.3 Displej a tlačítka

Jako zobrazovací panel je vybrán alfanumerický displej. Hlavně z důvodu výsledného designu a pro zobrazení nejnütnějších informací, je právě tato varianta nejideálnější. Předností je větší počet jednotlivých segmentů, díky kterým lze zobrazit více znaků

než na sedmisegmentovém displeji. Kvůli celkovému počtu 15ti segmentů lze zobrazit i velkou abecedu.

Vybraný modul displeje obsahuje dva segmenty. Pokud by byly displeje připojeny přímo k mikrokontroléru, bylo by obsazeno vysoké množství pinů procesoru. Z toho důvodu je použit řadič HT16K33 od firmy HOLTEK, aby došlo k výraznému zjednodušení v hardwarovém zapojení. Díky sériové sběrnici I<sup>2</sup>C, kterou obvod obsahuje je i výrazně jednodušší programové řešení pro zobrazování čísel a písmen na displeji. Další parametry obvodu jsou:

- napájecí napětí 4,5 V až 5,5 V,
- vnitřní RC oscilátor,
- sběrnice I<sup>2</sup>C,
- 16 × 8 bitů RAM paměti,
- automatická inkrementace pro zápis na sériové sběrnici,
- lze využít i jako klávesnice,
- 16 úrovní jasu,
- tři velikosti pouzdra. **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**



Obr. 3.7: Schématické zapojení displeje s obvodem HT16K33.

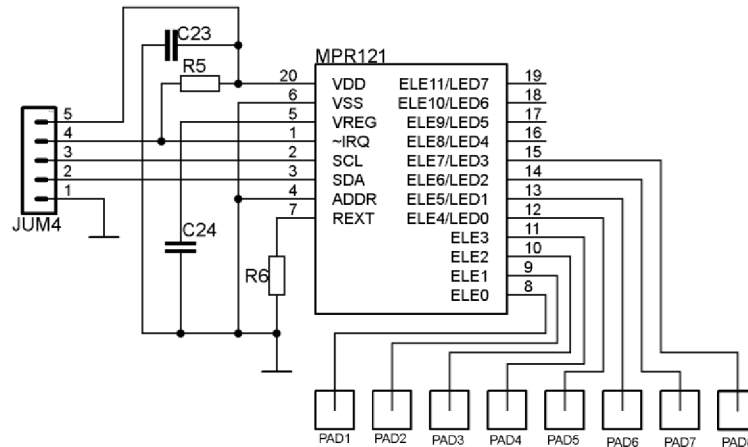
Na Obr. 3.7 je vidět, že obvod nepotřebuje mnoho součástek pro svoji funkčnost. Jen je zapotřebí připojit odpory a diodu pro určení adresy při komunikaci. Pokud tuto část nezapojíme, tak je adresa považována za plovoucí a piny A0 až A2 jsou reprezentovány nulou. Dvě led diody s odpory jsou zde pro zobrazení dvojtečky při zobrazení času. Jednou z důležitých informací je, že připojený displej musí být v zapojení se společnou katodou, protože výstupy COM0 až COM7 jsou striktně nastaveny na logickou úroveň nula a nelze ji přenastavit. A nakonec je potřeba zajistit napěťové přizpůsobení komunikační linky, protože obvod pracuje na napěťové úrovni 5 V.

## Kapacitní tlačítka

Jelikož mikrokontrolér CC430F5137 nepodporuje přímé připojení kapacitních tlačítek na svých pinech, tak je použit obvod MPR121, který komunikuje přes sběrnici I<sup>2</sup>C a lze připojit až 12 dotykových plošek. Jeho vlastnosti jsou:

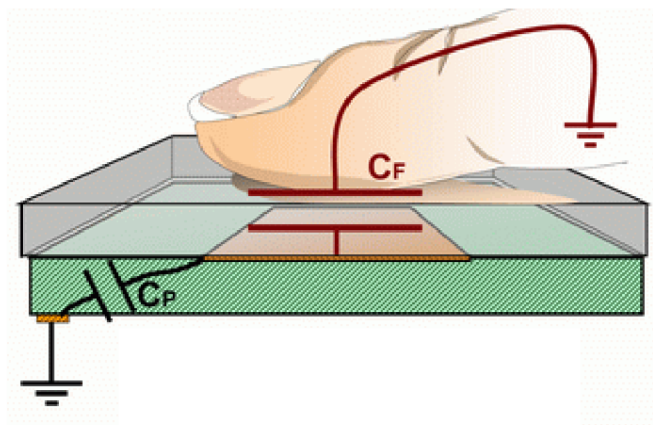
- napájecí napětí 1,71 V až 3,6 V,
- nízká spotřeba proudu,
- variabilní doba odezvy,
- lze připojit až 12 elektrod,
- osm výstupních pinů lze využívat pro LED diody,
- možnost automatické kalibrace na každém vstupním pinu,
- obsahuje pin pro přerušení,
- možnost konfigurace výstupních pinů,
- pouzdro QFN. [34]

Na Obr. 3.8 je schematické zapojení obvodu dle katalogového listu. Podobně jako u displeje není zapotřebí dbát na mnoho součástek pro správnou funkčnost. O to víc je zapotřebí dbát na vnitřní nastavení obvodu, který obsahuje spoustu registrů a funkcí.



Obr. 3.8: Schématické zapojení obvodu MPR121.

V posledním kroku musí být zvoleny tvary elektrod, ale to už je jen záležitostí konstruktéra.



Obr. 3.9: Princip fungování kapacitních tlačítek. [15]

Technologie kapacitních tlačítek je založena na měření, resp. detekci změny kapacity. Vychází se z poznatku, že přiblížením prstu nebo případně jiného libovolného vodivého či nevodivého předmětu, dojde ke změně kapacity mezi elektrodou, umístěnou na nevodivé desce a na zemi, která je v klidovém případě tvořena pouze parazitní kapacitou  $C_P$  samotné nosné desky. Protože se však zjišťuje pouze změna kapacity, tedy navýšení její hodnoty proti standardní dlouhodobé hodnotě, je možné nad elektrodu (mezi elektrodu a prst) umístit další nevodivou ochrannou vrstvu, aniž by to principiálně znemožnilo samotnou funkci dotykové plochy. Naopak dokonce v případě mTouch tlačítek hraje důležitou funkční roli. Totiž samotná tloušťka této vrstvy a její dielektrická konstanta má vliv na kvalitu detekce. S rostoucí tloušťkou vrstvy klesá dotyková kapacita a tím i schopnost jemné a přesnější detekce dotyku. Naopak použití materiálu s vysokou permitivitou detekci podporuje. Z tohoto pohledu je výhodné použít sklo viz. Obr. 3.9.

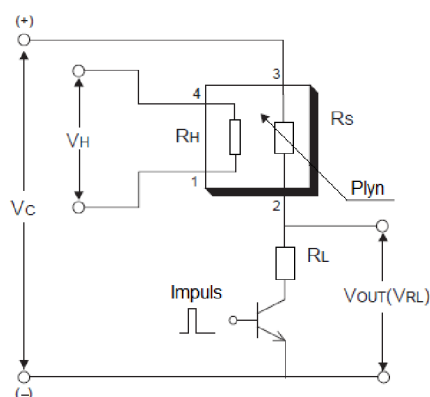
Při snímání dotyku prstu se pak k původní základní kapacitě  $C_P$  paralelně přidává další kapacita  $C_F$ , jejíž hodnota obvykle bývá cca 5 pF až 15 pF. Ta vzniká díky železu obsaženému v krvi člověka a vodivosti kůže, takže prst se chová jako druhá uzemněná elektroda. Výsledkem je tak celková kapacita  $C_S$ , tvořená paralelním zapojením kapacit  $C_P$  a  $C_F$  (tedy součet jejich hodnot). Proto by měla být  $C_P$  kapacita snímače co nejmenší, aby na výslednou kapacitu měla co největší vliv hodnota  $C_F$ . Po jejím zapojení s rezistorem  $R$  vzniká RC člunek, který má danou nabíjecí konstantu, která definuje čas pro nabití člunku na 63 %. Snímací ploška bez položeného prstu pak vykazuje rychlejší nabíjení (strmější nabíjecí / přechodovou charakteristiku). [15]

### 3.2.4 Senzory

Dle zadání jsou zvolena další moderní integrovaná čidla a obvody pro monitorování komfortu prostředí a kvality spánku. Prostor lze monitorovat senzorem kvality ovzduší, senzorem teploty a vlhkosti, senzorem tlaku, dále pak měření úrovně hluku a snímání okolního světla.

#### Kvalita ovzduší

Kvalitu ovzduší lze monitorovat senzorem, který se na trhu objevil teprve nedávno a nese označení TGS8100 od firmy Figaro. Na Obr. 3.10 je znázorněno vnitřní zapojení obvodu. Měření kvality ovzduší spočívá v procentuálním porovnávání odporů mezi čistým ovzduším a znečištěným. [16]



Obr. 3.10: Vnitřní zapojení senzoru TGS8100. [17]

Obvod vyžaduje dva napěťové vstupy. Na vstup  $V_H$  se přivede napětí, které průchodem proudu přes odpor  $R_H$  ohřívá integrovaný senzor, aby se zachoval snímací prvek při určité teplotě, která je optimální pro snímání. Poté je přivedeno napětí  $V_C$  pro umožnění měření napětí přes zatížený odpor  $R_L$ , který je zapojen do série s odporem  $R_S$ , který se mění v závislosti na ovzduší. Odpor  $R_L$  musí být minimálně  $10\text{ k}\Omega$  nebo je zapotřebí jej dopočítat dle vzorce (1).

$$R_S = \left( \frac{V_C}{V_{RL}} - 1 \right) \times R_L \quad (1)$$

Napětí  $V_H$  musí být  $1,8\text{ V DC} \pm 2\%$ . Abychom mohli změřit hodnotu  $V_{OUT}$ , tak musíme spínat impulsem sériové zapojení  $R_{SL}$  po dobu  $2\text{ ms}$  z celkové periody  $1\text{ s}$ . Další specifikace obvodu:

- nízká spotřeba energie,
- vysoká citlivost na cigaretový kouř, pachy při vaření a plynné znečišťující prostředí,
- dlouhá životnost,

- nízké náklady. [17]

## **Teplotu a vlhkost**

Pod označením SHT21 se v nabídce společnosti Sensirion nachází nový miniaturní kombinovaný senzor relativní vlhkosti a teploty. Celý zmíněný obvod je obsažen v malém pouzdru velikosti 3x3x1,1 mm. Pouzdro celé měřicí části bezpečně chrání obvod před přímými účinky vysoké vlhkosti, teploty, účinkům běžných chemických sloučenin typu čistících prostředků a mechanických otřesů a nárazů. To mimo jiné umožňuje senzoru měřit plně celý rozsah relativní vlhkosti od 0 % až po 100 % a provozovat jej při velmi širokém rozsahu teplot  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  až  $+125\text{ }^{\circ}\text{C}$  (to je prakticky fyzikální maximum použitelnosti křemíkových integrovaných obvodů). To při spotřebě el. energie jen  $8\text{ }\mu\text{W}$  při 8bit. vzorkování a při napájecím napětí 3,0 V DC. Reakční doba na změnu vlhkosti je cca 6 s až 8 s a měřicí nepřesnost se v případě měření vlhkosti pohybuje v rozsahu  $\pm 2\%$  až  $\pm 5\%$ . U měření teploty je v rozsahu  $\pm 0,3\text{ }^{\circ}\text{C}$  až  $2\text{ }^{\circ}\text{C}$  pro rozsah  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  až  $120\text{ }^{\circ}\text{C}$ . I toto jsou velmi dobré hodnoty. Při měření vlhkosti je však nutné brát v potaz i závislost na teplotě. Protože senzor dosahuje jiné přesnosti měření stálé hodnoty vlhkosti např. 60 % RH při teplotě  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$  či při  $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Rozlišení senzoru je dáno A/D převodem, který je v případě vlhkosti 12 bitový a v případě teploty 14 bitový. Pomocí I<sup>2</sup>C komunikace lze nastavením registru měnit rozlišení v rozsahu 8 bitů až 12 bitů u vlhkosti, a 12 bitů až 14 bitů u teploty. Převodní charakteristika je v obou případech samozřejmě lineární a její strmost lze v rámci změny nastavení vnitřních registrů senzoru prostřednictvím sériové komunikace měnit a tím i přizpůsobit. [18]

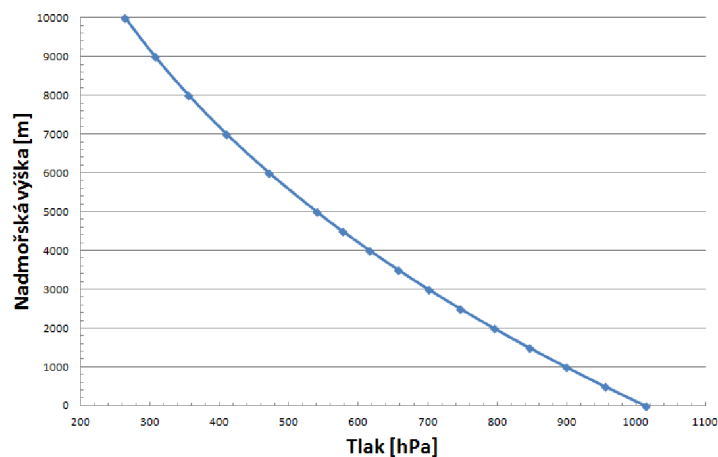
## **Senzor osvětlení a přiblížení**

Obvod pro osvětlení APDS-9950 je zařízení, které detekuje červené, zelené, modré, jasné světlo a ještě dokáže detekovat přiblížení objektu. Obvod detekuje intenzitu světla při různých světelných podmínkách prostřednictvím různých útlumových materiálů, včetně tmavého skla. Funkce vyhledávání blízkosti umožňuje vysoký dynamický rozsah provozu pro přesnou detekci vzdálenosti, jako například v mobilním telefonu, pro detekci při přiblížení k uchu. IR LED je schopné poskytnout přesné nastavení bez nutnosti kalibrace zákazníka. Lze zde využít i funkci nízké spotřeby a spotřeba mezi měřeními je velmi malá. Další funkce jsou:

- rozlišení teploty barev,
- programovatelné analogové zesílení a integrační čas,
- vysoká citlivost,
- detekce přiblížení na 100 mm,
- nastavitelný výstupní pin,
- nízká spotřeba při uspání  $2,5\text{ }\mu\text{A}$ ,
- sběrnice I<sup>2</sup>C. [19]

## Senzor tlaku

Senzor tlaku byl vybrán BMP180 od firmy Bosch Sensortec. Je to nový digitální tlakový senzor s velmi vysokým měřicím výkonem, což umožňuje použití v širokém odvětví. Od mobilních zařízení, jako jsou mobilní telefony, tablety nebo fitness náramky. Také se využívá při předpovědích počasí. Součástí tohoto obvodu je i měření teploty. Značnou nevýhodou je náročný a zdlouhavý výpočet od surových dat po samotný výsledek teploty a tlaku. Pro přibližnou představu je na Obr. 3.11 vyobrazen graf závislosti tlaku na nadmořské výšce.



Obr. 3.11: Závislost tlaku na nadmořské výšce.

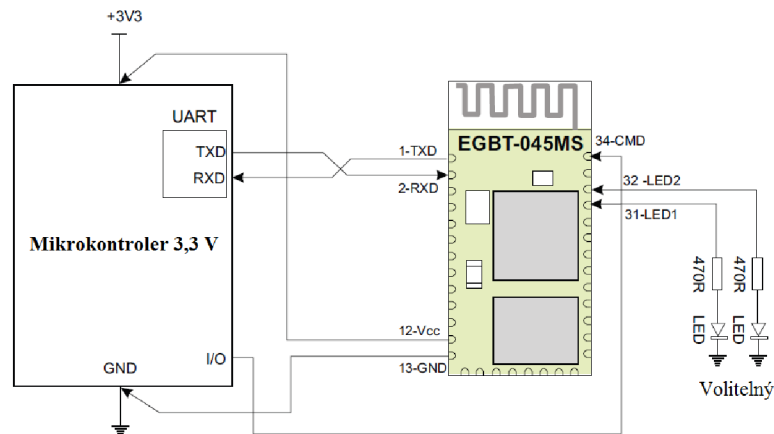
Další parametry obvodu BMP180 jsou:

- rozsah tlaku 300 hPa až 1100 hPa,
- rozlišovací schopnost 2 Pa až 6 Pa,
- napájecí napětí 1,8 V až 3,6 V,
- rychlost měření 5 msec až 25 msec,
- pouzdro LGA/7,
- nízká spotřeba při uspání 32  $\mu$ A,
- sběrnice I<sup>2</sup>C s frekvencí SCL až 3,4 MHz.

## Modul Bluetooth

Na Obr. 3.12 je znázorněno schéma zapojení modulu Bluetooth HC-05, napájeného 3,3 V. Modul Bluetooth obsahuje dva vstupy pro LED diody s odpory 470  $\Omega$ , které je možné v aplikaci použít či vynechat. S těmito diodami lze indikovat provoz modulu Bluetooth, který se nachází v režimu data. Druhý způsob indikace je po spárování s jiným zařízením. Poslední možnost nastane, jestliže modul Bluetooth přepne z data modu do command modu a to je zajištěno pinem CMD. [35]





Obr. 3.12: Schéma zapojení HC-05. [35]

### 3.2.5 Akcelerometr a gyroskop

Monitorování spánku a rozpoznání jeho některých fází lze pomocí akcelerometru, který může být podpořen funkcí gyroskopu k jeho zpřesnění. Akcelerometr MMA8652FC je tříosý obvod s rozlišením 12bitů. Má mnoho vestavěných funkcí s různou flexibilitou programovatelných výstupních pinů. Ty zajišťují nižší spotřebu, protože odlehčují procesoru kvůli případnému doptávání se na komunikační lince I<sup>2</sup>C. Obvod obsahuje i další funkce jako:

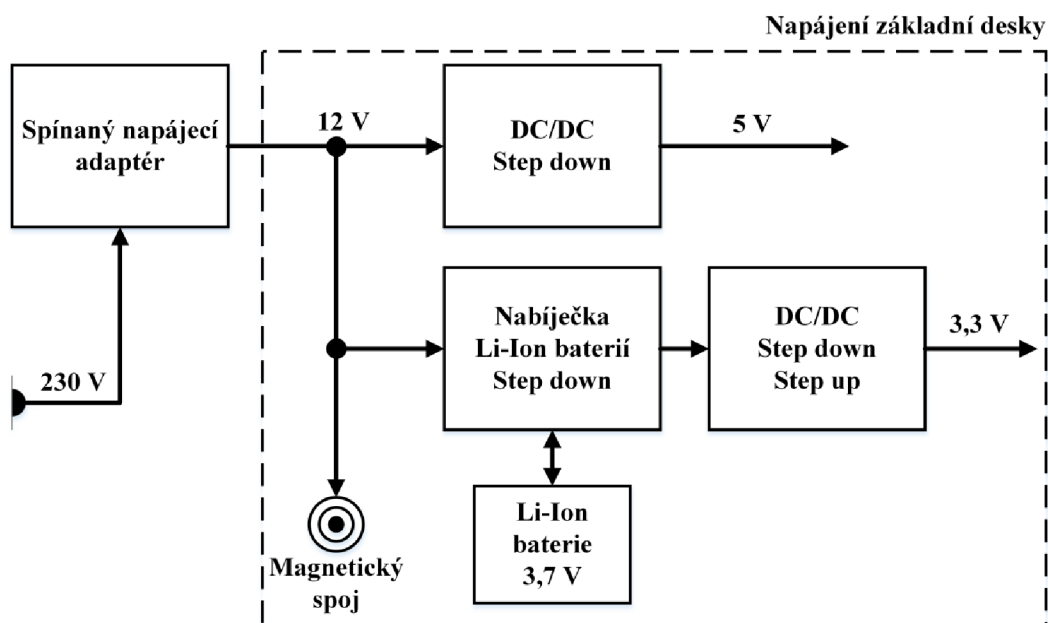
- napájecí napětí 1,95 V až 3,6 V,
- dynamicky volitelný rozsah měřitek  $\pm 2$  g,  $\pm 4$  g,  $\pm 8$  g,
- 12bitový digitální výstup,
- detekce volného pádu,
- rozhraní I<sup>2</sup>C. [22]

Gyroskop FXAS21002C je malý obvod s nízkou spotřebou energie s 16bitovým rozlišením ADC a nastavitelnou stupnicí od  $\pm 250^\circ$  do  $\pm 2000^\circ$ . Propojení gyroskopu s akcelerometrem se hlavně využívá v mobilních telefonech k přesnějšímu určení jejich aktuální polohy a natočení. Zde bude hlavně využito k přesnější reakci na pohyb uživatele. Další funkce obvodu jsou:

- napájecí napětí 1,95 V až 3,6 V,
- vysoká citlivost,
- vysoký dynamický rozsah,
- spotřeba v aktivním módu 2,7 mA,
- sběrnice I<sup>2</sup>C, SPI,
- 8bitové teplotní čidlo. [23]

### 3.2.6 Blokové schéma napájecí části hlavní desky

Napájení základní části je vyobrazeno na Obr. 3.13. Jelikož se používají jako zdroj světla LED pásy, které mají nominální hodnotu napětí 12 V, tak se zvolila maximální hodnota napětí na 12 V. Vše se odvíjí od spínaného napájecího adaptéru s výstupem 12 V a výstupním výkonem 60 W. Nejvyšší odběr celého zařízení má podložka bezdrátového dobíjení, LED pásy a alfanumerický displej. Kvůli podložce bezdrátového dobíjení je používán výkonový spínaný měnič napětí s funkcí step down, který je schopen dodat příhodnotě napětí 5 V až 5 A. Součástí zadání je také zajistit zálohu důležitých bloků jako jsou budík a čas. Z tohoto důvodu je dalším důležitým blokem nabíječka lithiových baterií. Protože lithiové baterie mají jasně definovány průběhy nabíjení, tak je použit obvod od firmy Texas Instruments, který toto zajistí. Dále také, při odpojení elektrické energie, okamžitě připojí baterii na výstup, aby nedošlo ke ztrátě energie v systému. Jelikož se napětí v baterii při vybíjení mění, tak pro napájení mikrokontroléru je použit spínaný měnič napětí s funkcí step up a step down.

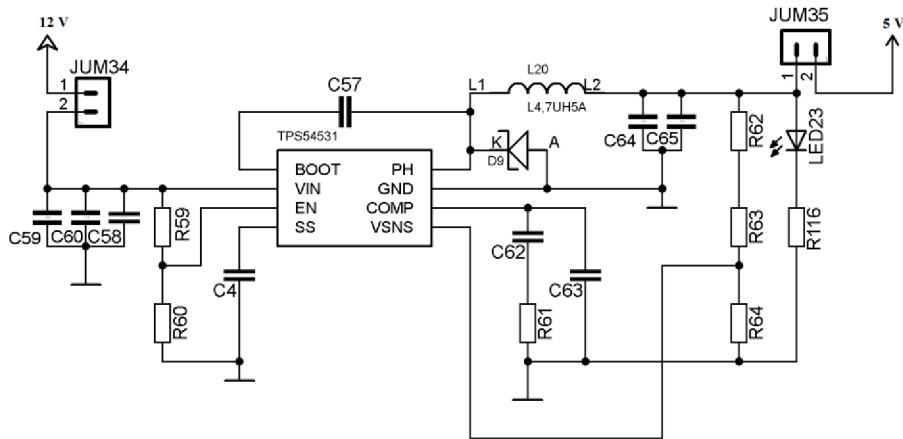


Obr. 3.13: Blokové schéma napájecí části základní desky.

#### Spínaný měnič napětí s funkcí step down TPS54531

Obvod TPS54531 je výkonový spínaný měnič s funkcí step down, což znamená, že mění napětí směrem dolů s účinností přes 90 %. Dokáže se při nízké spotřebě proudu přepnout na takzvaný Eco-mode. Při vypnutém stavu vstup obvodu odebírá proud 1  $\mu\text{A}$  a díky tomu ho lze používat v aplikacích, které jsou napájeny z baterií. Má nízký počet externích komponent, jak ve vidět na Obr. 3.14 a podporuje připojení keramických kondenzátorů. Má velké množství ochran, aby nedošlo k jeho zničení. Součástí pouzdra je thermal pad, aby lépe

docházelo k vyrovnávání a odvodu přebytečného tepla. Důležitým bodem je také dodržet doporučený layout na deskách plošného spoje.



Obr. 3.14: Spínaný měnič napětí s funkcí step down TPS54531.

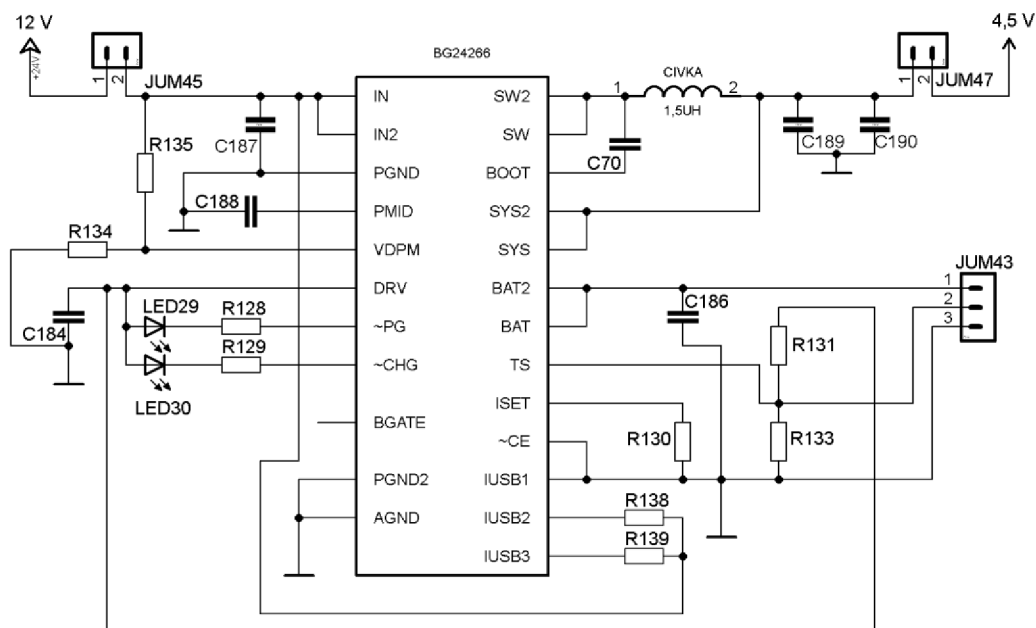
Další parametry a vlastnosti obvodu:

- vstupní rozsah 3,5 V až 28 V,
- posuvné výstupní napětí,
- vysoký výstupní proud až 5 A,
- eco-mode,
- pevná spínací frekvence 570 kHz.

### Nabíjecí obvod lithiových baterií BQ24266

Specifikace tohoto obvodu jsou:

- vstupní napětí až 30 V,
- výstupní nabíjecí proud až 3 A,
- nabíjecí časová optimalizace,
- možnost rychlého nabíjení,
- efektivita až 93 %,
- pouzdro QFN 4 mm × 4 mm,
- podpora USB portů. [37]



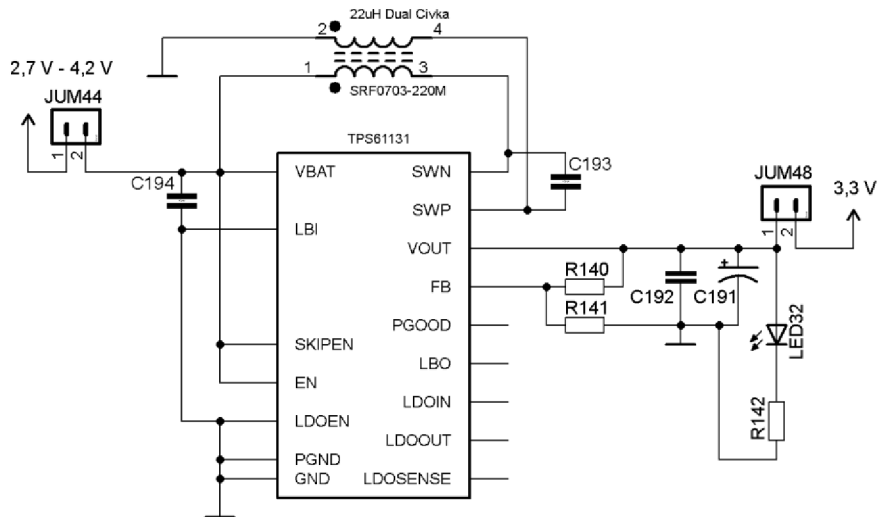
Obr. 3.15: Nabíjecí obvod lithiových baterií Bq24266.

Obvod je vysoce integrovaná nabíjecí jednotka pro baterie Li-Ion, která obsahuje i spínaný měnič napětí s funkcí step down. Tyto dva bloky fungují nezávisle na sobě. Obvod podporuje vstupní napětí buďto z USB port, nebo z napájecího adaptéru. Při vysoké proudové špičce, kterou vstupní adaptér nedokáže pokrýt, obvod pokryje z připojené baterie. Obvod má tepelnou ochranu 125 °C, při které se odpojí. Poslední výhodou tohoto prvku je okamžité připojení baterie na výstup, při odpojení vstupního napětí. []

### Spínaný měnič napětí s funkcí step up a step down TPS61131

Zařízení využívá dva módy svého pracovního režimu. Obvod se dokáže přepínat mezi módy step up a step down v závislosti na vstupním napětí. Je to ideální obvod ke generování stálého napětí 3,3 V při pohyblivém vstupním napětí z různých baterií. Obvod také obsahuje LDO obvod, který může mít maximální zatížení 300 mA. Je také schopný dodávat napětí 1,8 V. Další specifikace obvodu jsou:

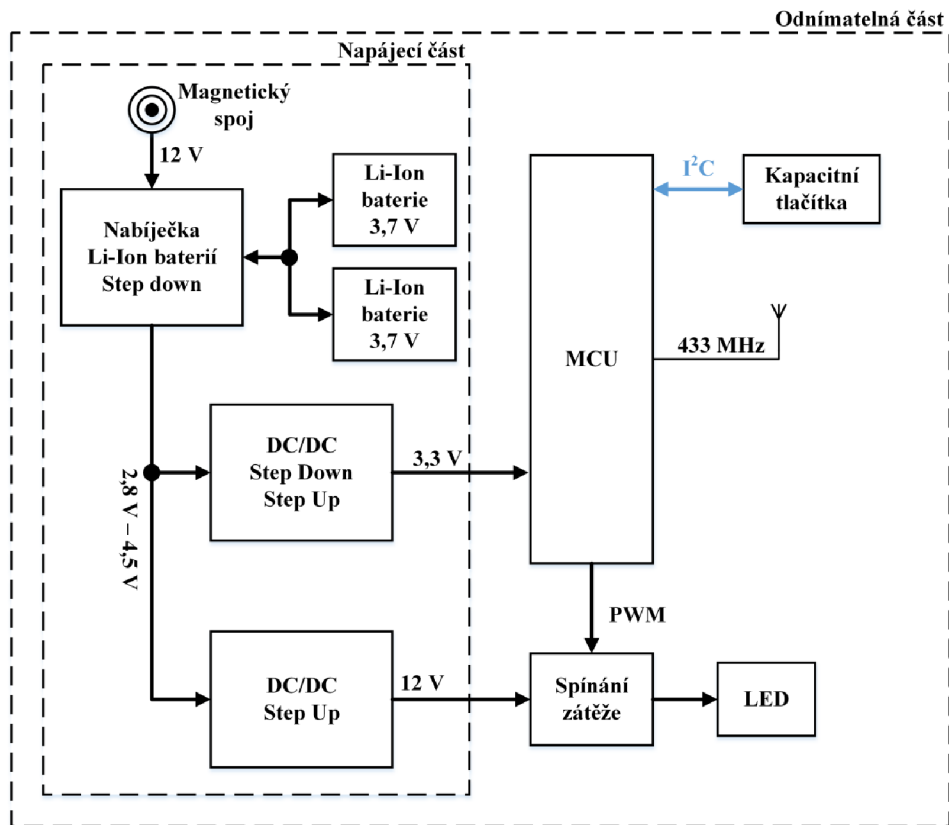
- efektivita obvodu až 90 %,
- vstupní rozsah napětí 1,8 V až 5,5 V,
- klidový proud 40  $\mu$ A,
- pouzdro VQFN 16.



Obr. 3.16: Spínaný měnič napětí s funkcí step up a step down.

### 3.3 Odnímatelná světelná část, sledování spánku

Poslední komplexnější systém je odnímatelná světelná část s modulem sledování spánku. Jako řídicí jednotka je zde použit též mikrokontrolér MSP430F5133. Na Obr. 3.17 je znázorněno blokové schéma celé odnímatelné části.



Obr. 3.17: Blokové schéma odnímatelné části.

Jelikož tento blok musí fungovat, když dojde k výpadku elektrické energie, tak byly vybrány dva články lithiových nabíjecích baterií. Jako zdroj světla budou vybrány LED pásy, u kterých je měněna intenzita jasu skrze mikrokontrolér. Musí zde být i tlačítka k regulaci světla, která jsou umístěna na horní straně lampy. Úplně na konec zůstal blok sledování spánku. Vyhodnocování aktuální fáze spánku člověka je na základě jeho pohybu. Toto zajistí akcelerometr nejlépe ještě s kombinací gyroskopu.

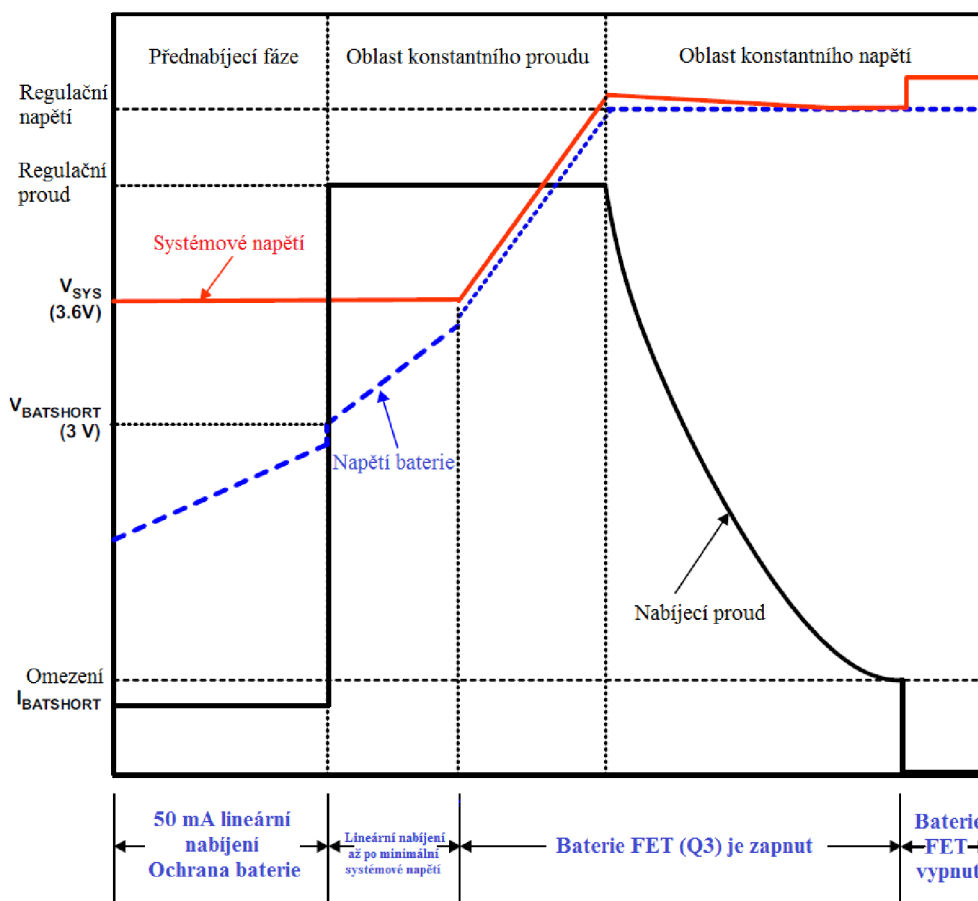
### 3.3.1 Baterie

V této části jsou použity Li-Ion baterie především kvůli jejich nízkému vnitřnímu odporu. Jako osvětlení jsou použity LED pásy, které mají nominální hodnotu napětí 12 V. Z důvodu nízkého napětí baterií a komplikovanému hlídání nabíjení při zapojení baterií do série, byla zvolena varianta zapojení dvou baterií paralelně pro získání vyšší kapacity. Pro zvednutí napětí na hodnotu 12 V je použit spínaný měnič napětí MAX668. Výhody a nevýhody:

- různé tvary článků,
- velmi vysoká hustota energie až 200 Wh/Kg,
- nominální napětí 3,7 V,
- malý vybíjecí odpor,
- životnost 550 až 1100 nabíjecích cyklů,
- nebezpečí vznícení při spatném používání,
- nesmí být dosaženo nižšího napětí než 2,35 V,
- správný nabíjecí cyklus.

Kvůli přesným nabíjecím charakteristikám, které jsou vidět na Obr. 3.18, je využit obvod BQ24266, který byl popsán v kapitole 3.2.6. Další vlastnosti baterií jsou:

- různé tvary článků,
- velmi vysoká hustota energie až 200 Wh/Kg,
- nominální napětí 3,7 V,
- malý vybíjecí odpor,
- životnost 550 až 1100 nabíjecích cyklů,
- nebezpečí vznícení při spatném používání,
- nesmí být dosaženo nižšího napětí než 2,8 V,
- správný nabíjecí cyklus.



Obr. 3.18: Nabíjecí charakteristika lithiových baterií. [37]

### 3.3.2 Osvětlení

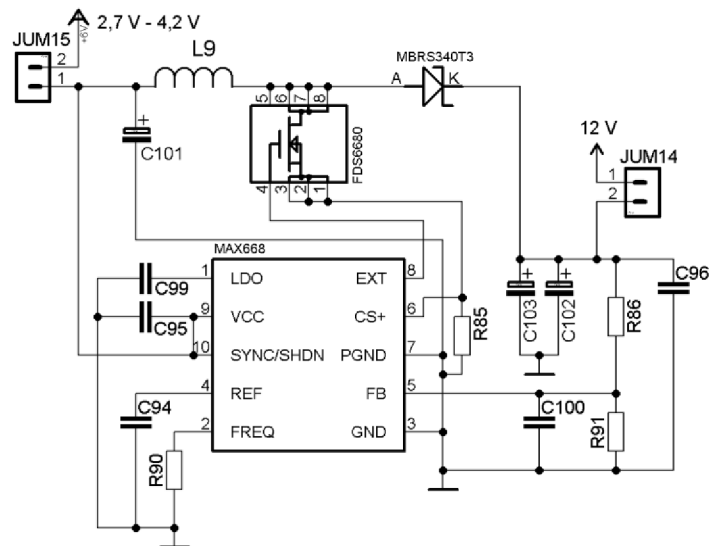
Jak už bylo několikrát zmíněno, jako zdroj světla jsou použity LED pásy. Jejich využití je čím dál častější. Jednak kvůli jejich spotřebě, a také kvůli snadné regulaci jasu. Dnes se vyrábí velké množství různých kombinací těchto pásek. Od různých druhů barev světla, přes teplotu barev bíle barvy, různou hodnotu výkonu, počet LED diod na metr, až po odolnost proti vniknutí cizího tělesa či vniknutí kapalin. K regulaci jasu je využito zapojení obvodu pro spínání zátěže pomocí bipolárního tranzistoru.

### 3.3.3 Měnič Step up MAX668

Specifikace tohoto obvodu jsou:

- konstantní frekvence,
- vysoká účinnost až 90 %,
- výběr frekvence od 100 kHz až 500 kHz,
- rozsah napětí od 1,8 V až 28 V,
- klidový proud 220  $\mu\text{A}$ .

Na Obr. 3.19 je znázorněno schéma obvodu, který zajišťuje změnu napětí.



Obr. 3.19: Spinaný měnič napětí s funkcí step up MAX668.

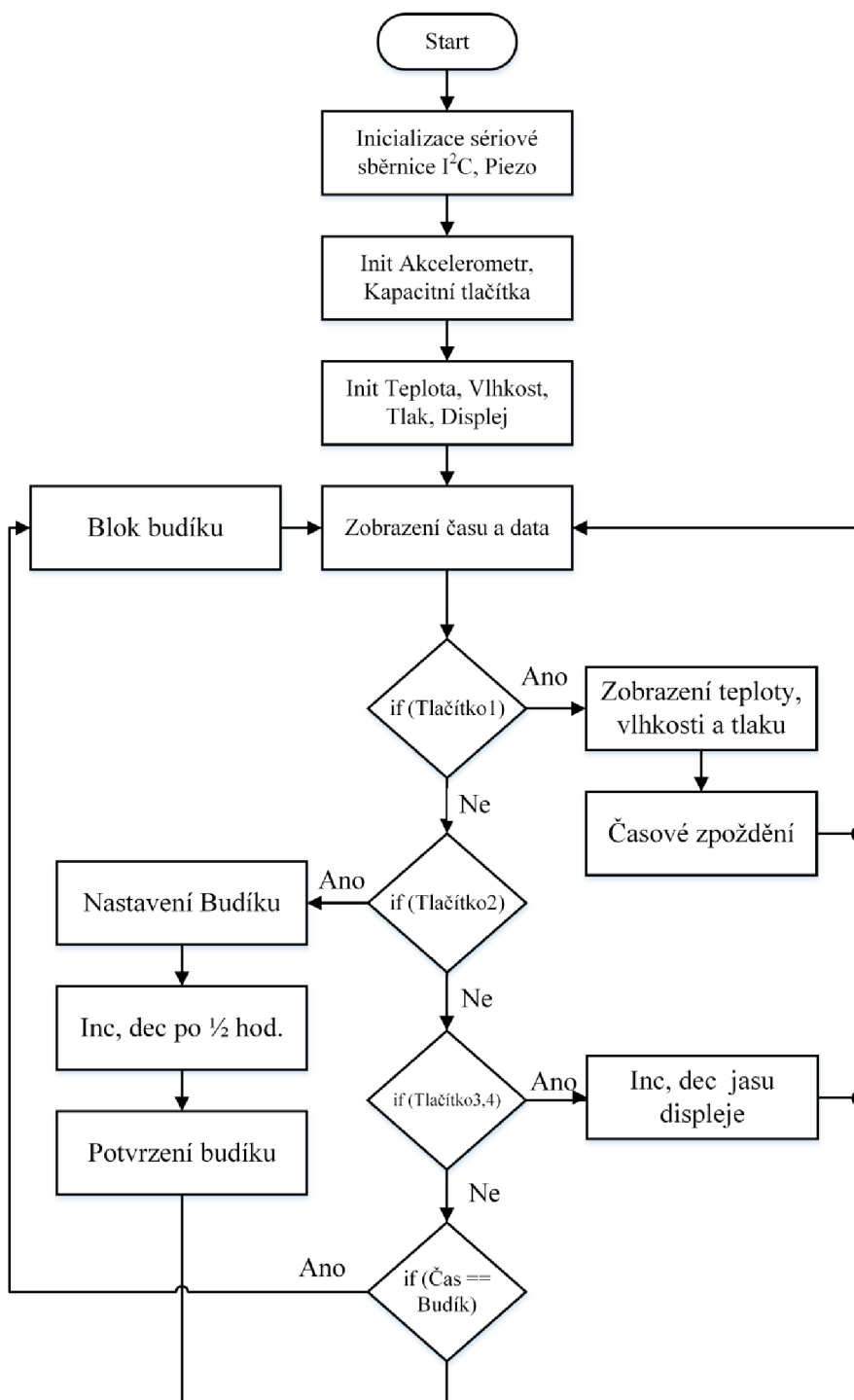


## 4 Programové vybavení mikrokontroléru

Firma Texas Instruments nabízí pro své mikrokontroléry vývojové prostředí CodeComposer Studio. Vychází z platformy Eclipse a nabízí plnohodnotné programování a ladění v programovacím jazyku C nebo C++. Použité mikrokontroléry disponují operačními paměťmi 16 kB a 8 kB. To je předpoklad pro bezproblémovou implementaci vyššího programovacího jazyka. Při návrhu programového vybavení pro mikrokontroléry by měl programátor brát v úvahu jeho omezený výpočetní výkon a hlídat množství využití paměti RAM. Je důležité mít stále alespoň přibližně přehled o zaplnění zásobníku. To znamená vědět, do jaké hloubky se může program při svém běhu a volání funkcí zanořit a kolik si každá funkce alokuje paměti. Do zásobníku se ukládají návratové hodnoty programového čítače a také lokální proměnné volaných funkcí. Zásobník se zpravidla nachází na konci paměti RAM a od konce se také plní. Dále se v paměti RAM nachází tzv. globální proměnné. [36]

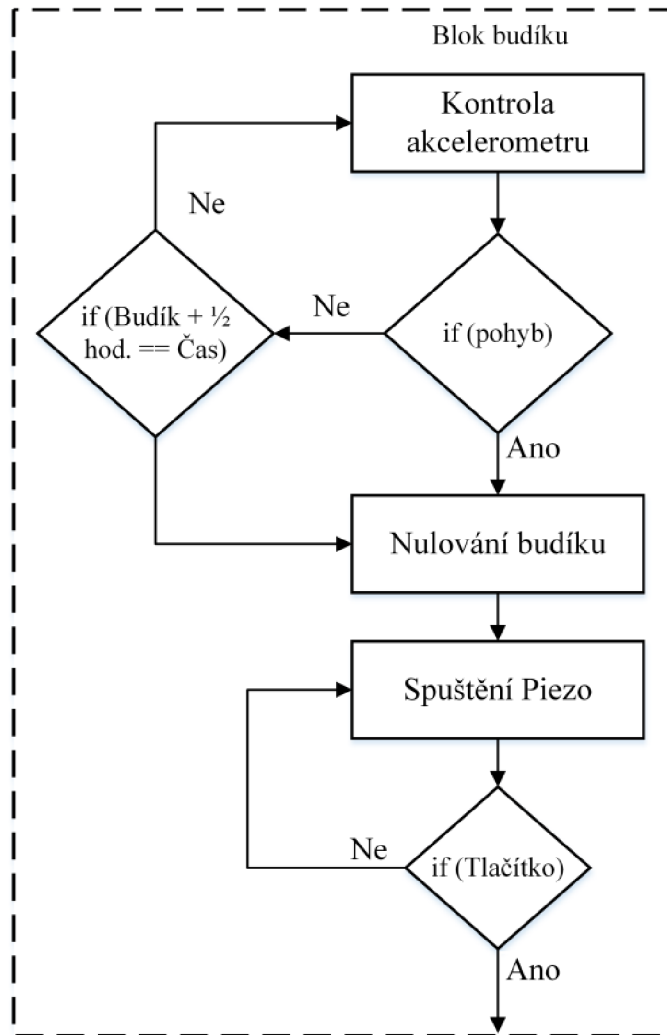
### 4.1 Vývojový diagram základní desky

Na Obr. 4.1 je znázorněn vývojový diagram hlavního procesoru celého zařízení. Na začátku dochází k inicializaci jednotlivých bloků jako je sériová komunikace, piezo, akcelerometr, kapacitní tlačítka. Dále pak senzory pro kontrolu okolí jako jsou teplota, vlhkost, tlak. Hlavní programová smyčka začíná zobrazení času, které jsou vyčteny z obvodu reálného času. Pak dochází ke kontrole jednotlivých tlačítek. Tlačítkem 1 dochází k zobrazení teploty, vlhkosti a tlaku. Po časovém zpoždění dochází k opětovnému zobrazení času. Dalšími tlačítky dochází k nastavení a potvrzení budíku, který se nastavuje po půl hodinách. V tomto rozsahu bude uživatel kontrolován. A posledními tlačítky lze nastavit jas displeje v rozsahu 16ti kroků.



Obr. 4.1: Vývojový diagram základní desky.

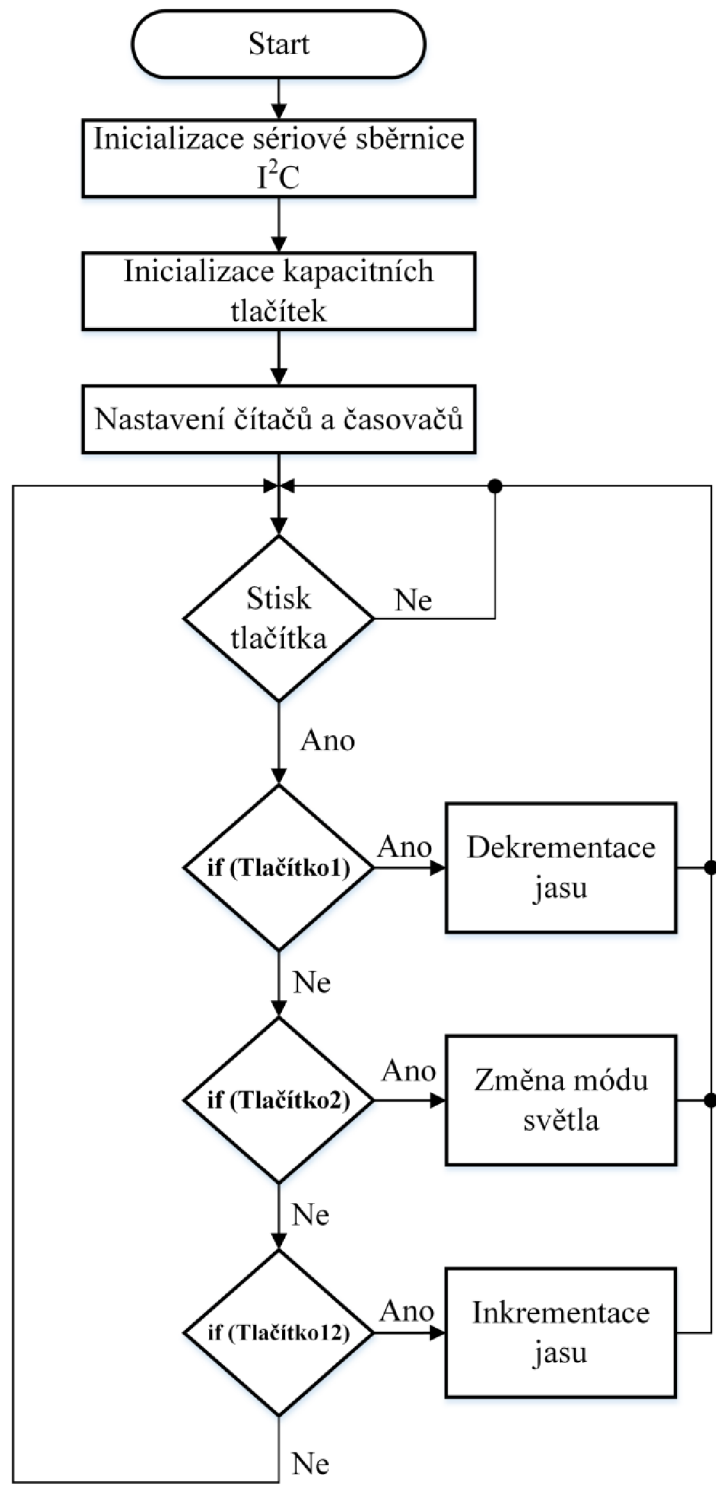
Další Obr. 4.2 je detailněji popsán blok budíku, kde se rozhoduje, jestli u uživatele dochází k pohybu na posteli nebo ne. Pokud se majitel zrovna v nastaveném rozsahu času nenachází v lehké fázi spánku, tak dochází k jeho probuzení na konci časového intervalu. Budík se vypíná stisknutím jakéhokoli tlačítka.



Obr. 4.2: Vývojový diagram bloku budíku.

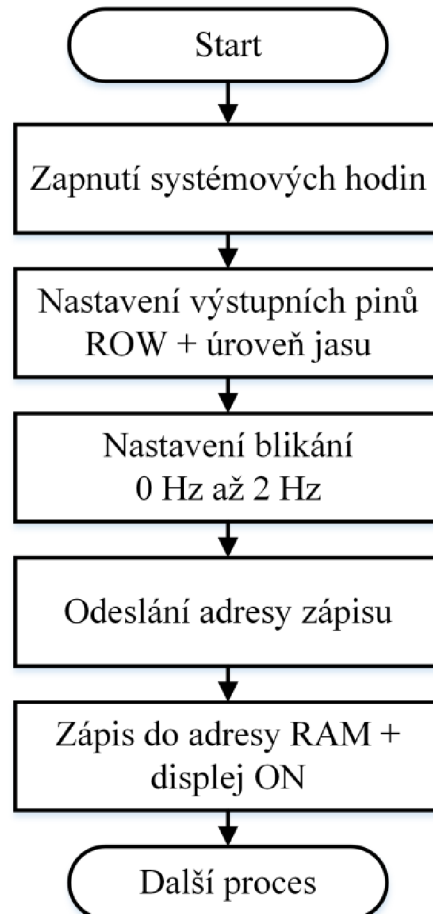
## 4.2 Vývojový diagram odnímatelné části

V tomto bloku opět dochází na začátku k inicializaci důležitých modulů ke správnému chodu celého programu. Hlavní programová smyčka provádí kontrolu stisku tlačítek. Pokud se stiskne tlačítko jedna, tak dochází k dekrementaci jasu LED pásku. Při stisku tlačítka dvě dochází k opačné funkci, a to že se jas LED pásku inkrementuje. Pokud dojde ke stisku obou tlačítek zároveň, tak se změní mód svitu, kterých je zde implementováno osm.



Obr. 4.3: Vývojový diagram odnímatelné části.

Na posledním Obr. 4.4 je znázorněn postup programu, než dojde ke spuštění a zobrazení času na displeji. V prvním kroku musí dojít ke spuštění systémových hodin. Dále se nastavují funkce výstupních pinů. Dalším krokem lze nastavit blikání, poté už můžeme pomocí sériové komunikační sběrnice odeslat data do paměti RAM, která má velikost  $16 \times 8$  bitů. Posledním krokem je zapnutí výstupu a čekání na další proces.



Obr. 4.4: Vývojový diagram obvodu HT16K33.

## 5 Konstrukce zařízení

V této práci nejde jen o návrh elektronických prvků a výběr součástek, je také zapotřebí navrhnout design, konstrukční řešení a volbu materiálů. Byly vypracovány tři designové návrhy, které jsou vyobrazeny v přílohách A, B a C. Pro tuto práci byl vybrán návrh B, protože je nejvhodnější variantou pro splnění zadání. Volba materiálů bude odlišná od stávajícího řešení, z důvodu implementace bezdrátové komunikace do základny, která by stínila signál, pokud by byla z kovu. Na druhou stranu pokud by odnímatelná část byla ze dřeva, tak by špatně odváděla teplotu z LED pásku, který při vyšší výkonnosti potřebuje chlazení. Proto byla vybrána hliníková trubka, která zajistí odvod tepla a ještě navíc nízkou hmotnost. Také je potřeba zajistit vhodnou plochu pro dotyková tlačítka a pro bezdrátové nabíjení tak, aby mohl být umístěn i informační displej. Tyto potřebné požadavky splní mléčné sklo, které zajistí průhlednost pro alfanumerický displej a také neprůhlednost hlouběji do podstavce. Pro spojení odnímatelné části a základny byl zvolen magnetický spoj, který zajistí přitlačení desky plošného spoje k pružným pogo pinům a vytvoří se vodivé spojení. Vytvořená konstrukce v programu INVENTOR je vyobrazen v příloze H.

### 5.1 Konstrukce odnímatelné části

V odnímatelné části byl potřeba zajistit prostor pro baterie, desku plošného spoje a přívodní vodiče. Z toho důvodu je použita hliníková trubka potřebného průměru tak, aby se dovnitř všechno vešlo a zároveň docházelo k odvodu tepla z LED pásku, který je nalepen na povrchu této hliníkové trubky. Dále pak bylo zapotřebí zajistit sjednocení světla z bodových zdrojů světla tak, aby to nebylo nepříjemné lidskému oku. A zároveň ochránit elektroniku před poškozením při přenosu. Tyto dva problémy vyřešila trubka z PMMA materiálu, na kterou je nalepena fólie v imitaci pískovaného bílého skla.

### 5.2 Konstrukce základny

U základny je použit materiál mléčné sklo. Tyto materiály jsou použity, protože spojení skla a LED displeje navozuje nostalgický a krásný design. Na sklo se přilepí displej, tlačítka a podložka bezdrátového dobíjení. Jelikož odnímatelná část má téměř 750 mm, tak na dno základny byl vypálen plech tloušťky 8 mm, aby zajistil dostatečnou stabilitu celého zařízení. Rozměry zařízení jsou v příloze G.

## Závěr

Na začátku práce bylo zapotřebí prozkoumat stávající trh, na kterém se dnes vyskytuje spousta variant a možností, ale žádný produkt nesplňuje všechny body zadání. Proto byl vytvořen koncept, který slučuje více funkcí do jednoho zařízení.

Topologie je rozvržena do více částí tak, aby bylo možné při realizaci postupovat postupně. A to na základní desku, která zajišťuje veškeré zpracovávání dat a jejich následné předávání do dalších bloků. Dále na odnímatelnou část, sledování spánku, bezdrátové nabíjení a zdroje různých napětí.

Jako centrální řídicí jednotka byl vybrán 16bitový mikrokontrolér od společnosti Texas Instruments CC430F5137. Zmíněný mikroprocesor je vybrán, protože dokáže obsáhnout všechny požadavky na tento projekt. Dalším důvodem výběru je modul bezdrátové komunikace na frekvenci 433 MHz pro možnost připojení externích venkovních senzorů z domácích meteostanic a získávání údajů z venkovního prostředí. Pro sledování spánku a rozpoznání jeho jednotlivých fází jsou vybrány senzory akcelerometr a gyroskop. Pro monitorování okolí se používají senzory teploty, vlhkosti, tlaku, kvality okolního ovzduší, a senzor okolního světla. V rámci designu jsou použita kapacitní tlačítka jak na základně, tak na odnímatelné části. Pro vizuální výstup je použit alfanumerický displej a zvukový výstup zajišťuje piezo reproduktor. Převážná část těchto součástek komunikuje po sériové sběrnici I<sup>2</sup>C, která je z pohledu rozšíření nejvhodnější. Odnímatelná světelná část je také ovládána mikrokontrolérem CC430F5137, tudíž mohou oba dva komunikovat přes RF modul. Zdroj světla zde zprostředkovávají LED pásy, u kterých lze snadno měnit úroveň jasu přes PWM modulaci. Pro zálohu elektrické energie jsou použity tři Lithiové baterie. Konstrukční řešení a výběr materiálu je vybrán tak, aby byl splněn design zařízení a zároveň se dosáhlo plné funkčnosti.

Výrobek splňuje všechny požadavky projektu a zadání. Ale zároveň má mnoho dalších možností kam se vyvíjet. V průběhu projektu se postupovalo od návrhu a vytvoření schématu, k návrhu layoutu všech potřebných desek plošných spojů. Také se navrhovala a vyráběla konstrukce základny a odnímatelné části. Dále pak byly všechny součástky pájeny na vyrobené plošné spoje postupně tak, aby docházelo k postupné kontrole a ověření funkčnosti jednotlivých bloků. V poslední řadě se vytvářel program pro komunikaci mezi jednotlivými bloky a na závěr se zařízení kompletně sestavilo dohromady.

V rámci diplomové práce bylo navrženo a realizováno inteligentní zařízení na noční stolek. Všechny jednotlivé body zadání se podařilo splnit. Zařízení je možné dále rozšiřovat, a tak podpořit a vylepšit jeho celkovou funkcionalitu. To může být například ovládání zařízení pomocí modulu Bluetooth.

## Seznam literatury

- [1] *Heureka: Massive Philips 66620/33/10* [online]. [cit. 2015-12-02]. Dostupné z: <http://lampy.heureka.cz/massive-philips-66620-33-10/specifikace/#section>
- [2] *Heureka: Rendl 2823130* [online]. [cit. 2015-12-02]. Dostupné z: <http://lampy.heureka.cz/rendl-2823130/specifikace/#section>
- [3] *Heureka: Artemide 0315010A* [online]. [cit. 2015-12-02]. Dostupné z: <http://lampy.heureka.cz/artemide-0315010a/specifikace/#section>
- [4] *LEDPROFI: Stolní Lampa PROFILITE WESLEY BLUE* [online]. [cit. 2015-12-05]. Dostupné z: <http://ledprofi.cz/interierova-led-svitidla/531-stolni-lampa-profilite-wesley-blue-8595238804145.html>
- [5] *Exasoft.cz: SENCOR STL 201* [online]. [cit. 2015-12-05]. Dostupné z: [http://www.exasoft.cz/sencor-stl-201\\_d153583.html](http://www.exasoft.cz/sencor-stl-201_d153583.html)
- [6] *Alza.cz: Immax Heron* [online]. [cit. 2015-12-05]. Dostupné z: <https://www.alza.cz/immax-heron-d3869616.htm?catid=18856938>
- [7] *MALL.CZ: Sencor SRC 170 GN* [online]. [cit. 2015-12-14]. Dostupné z: [https://www.mall.cz/radiobudiky/sencor-src-170-gn?v=531874&utm\\_source=heureka.cz&utm\\_medium=cse&utm\\_campaign=ED&utm\\_content=radiobudiky&utm\\_term=531874](https://www.mall.cz/radiobudiky/sencor-src-170-gn?v=531874&utm_source=heureka.cz&utm_medium=cse&utm_campaign=ED&utm_content=radiobudiky&utm_term=531874)
- [8] *Alza.cz: Sony ICF-C1PJ* [online]. [cit. 2015-12-03]. Dostupné z: <https://www.alza.cz/trendy/sony-icf-c1pj-d1481375.htm?catid=18855109>
- [9] *Xiaomimobile.cz: Xiaomi Mi Band 1S* [online]. [cit. 2015-12-03]. Dostupné z: <http://xiaomimobile.cz/240-xiaomi-mi-band-1s.html>
- [10] KOCÁKOVÁ, Lucie. Monitorování spánku - začněte svůj den bez únavy. *Mojemedicina.cz* [online]. 23.1.2014 [cit. 2015-12-03]. Dostupné z: <https://www.mojemedicina.cz/o-zdravi/zivotni-styl/mobilni-aplikace-pro-zdravi/monitorovani-spanku-zacnete-svuj-den-bez-unavy/>
- [11] KUŽEL, Filip a Jakub VRBACKÝ. *Mobilmania.cz: Sense: rekordman KickStarteru měřící spánek* [online]. 18.11.2015 [cit. 2015-12-03]. Dostupné z: <http://www.mobilmania.cz/clanky/sense-rekordman-kickstarteru-merici-spanek-video/sc-3-a-1332572/default.aspx>
- [12] *Hello: Sense* [online]. [cit. 2015-12-03]. Dostupné z: <https://hello.is/technology>



- [13] *Texas Instruments: CC430F5137* [online]. [cit. 2015-12-12]. Dostupné z: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/cc430f5137.pdf>
- [14] *Holtek: HT16K33* [online]. 2011 [cit. 2016-05-26]. Dostupné z: <https://cdn-shop.adafruit.com/datasheets/ht16k33v110.pdf>
- [15] VOJÁČEK, Antonín. *Automatizace.hw.cz: Pravidla pro konstrukci kapacitních dotykových tlačítek mTouch* [online]. 2008 [cit. 2015-12-12]. Dostupné z: <http://automatizace.hw.cz/pravidla-pro-konstrukci-kapacitnich-dotykovych-tlacitek-mtouch>
- [16] *Hw.cz: Zbavte se nepříjemných pachů. Jednoduše a efektivně* [online]. 2015 [cit. 2015-12-13]. Dostupné z: <http://vyvoj.hw.cz/zdravi-a-medicina/zbavte-se-neprijemnych-pachu-jednoduse-a-efektivne.html>
- [17] *Figaro: TGS8100* [online]. [cit. 2015-12-12]. Dostupné z: [http://www.figaro.co.jp/en/product/docs/tgs8100\\_product%20infomation\(en\)\\_rev06.pdf](http://www.figaro.co.jp/en/product/docs/tgs8100_product%20infomation(en)_rev06.pdf)
- [18] VOJÁČEK, Antonín. *Automatizace.hw.cz: Novinka – Miniaturní senzor vlhkosti Sensirion STH21* [online]. 2010 [cit. 2015-12-13]. Dostupné z: <http://automatizace.hw.cz/novinka-miniaturni-senzor-vlhkosti-sensirion-sth21>
- [19] *Farnell: APDS-9950* [online]. [cit. 2015-12-13]. Dostupné z: <http://www.farnell.com/datasheets/1849368.pdf>
- [20] *Texas Instruments: MSP430FR58471* [online]. [cit. 2015-12-13]. Dostupné z: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/msp430fr58471.pdf>
- [21] VOJÁČEK, Antonín. *Hw.cz: Jak se nabíjejí Lithiové akumulátory ?* [online]. 2008 [cit. 2015-12-13]. Dostupné z: <http://vyvoj.hw.cz/teorie-a-praxe/dokumentace/jak-se-nabijeji-lithiove-akumulatory.html>
- [22] *Freescale Semiconductor: MMA8652FC* [online]. [cit. 2015-12-13]. Dostupné z: [http://cache.freescale.com/files/sensors/doc/data\\_sheet/MMA8652FC.pdf](http://cache.freescale.com/files/sensors/doc/data_sheet/MMA8652FC.pdf)
- [23] *Freescale Semiconductor: FXAS21002C* [online]. [cit. 2015-12-13]. Dostupné z: [http://cache.freescale.com/files/sensors/doc/data\\_sheet/FXAS21002.pdf](http://cache.freescale.com/files/sensors/doc/data_sheet/FXAS21002.pdf)
- [24] KOPEČNÝ, Martin. *ZDROJ PŘESNÉHO KMITOČTU*. Brno, 2009. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Prof. Dr. Ing. Zdeněk Kolka.

- [25] *Hw.cz: Vysílání časového signálu a DCF77* [online]. 2002 [cit. 2015-12-06]. Dostupné z: <http://vyvoj.hw.cz/teorie-a-praxe/dokumentace/vysilani-casoveho-signalu-a-dcf77.html>
- [26] *Wanduhrwelt.de: Reichweite und Funktionsweise von Funkwanduhren* [online]. [cit. 2015-12-06]. Dostupné z: <http://www.wanduhrwelt.de/reichweite-und-funktionsweise-von-funkwanduhren>
- [27] *The Time Manipulator* [online]. [cit. 2015-12-06]. Dostupné z: [http://endorphino.de/projects/electronics/timemanipulator/index\\_en.html](http://endorphino.de/projects/electronics/timemanipulator/index_en.html)
- [28] *Dobrý spánek: Fáze a typy spánku* [online]. [cit. 2015-12-06]. Dostupné z: <http://www.dobry-spanek.cz/faze-a-typy-spanku>
- [29] *Dobrý spánek: REM fáze spánku* [online]. [cit. 2015-12-06]. Dostupné z: <http://www.dobry-spanek.cz/rem-faze-spanku>
- [30] *Dobrý spánek: NREM fáze spánku* [online]. [cit. 2015-12-06]. Dostupné z: <http://www.dobry-spanek.cz/nrem-faze-spanku>
- [31] *Wireless Power Consortium: Wireless Electricity Transmission* [online]. [cit. 2015-12-14]. Dostupné z: <http://www.wirelesspowerconsortium.com/technology/how-it-works.html>
- [32] *CC430 Family: User's Guide* [online]. 2013 [cit. 2016-05-26]. Dostupné z: <http://www.ti.com/lit/ug/slau259e/slau259e.pdf>
- [33] *Maxim integrated: DS1307* [online]. 2015 [cit. 2016-05-26]. Dostupné z: <http://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS1307.pdf>
- [34] *Freescale Semiconductor: MPR121* [online]. 2010 [cit. 2016-05-26]. Dostupné z: <https://www.sparkfun.com/datasheets/Components/MPR121.pdf>
- [35] DOČEKAL, David. *Bluetooth vibrační vyzvánění* [online]. Brno, 2014 [cit. 2016-05-26].
- [36] JANDA, Josef. *Automatizovaný systém pro udržení životních podmínek v akváriích* [online]. Brno, 2012 [cit. 2016-05-26].
- [37] *Texas Instruments: BQ24266* [online]. [cit. 2016-05-26]. Dostupné z: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/bq24266.pdf>

## Seznam obrázků

Obr. 1.1: Zleva: Massive Philips 66620/33/10 [1], Rendl 2823130 [2], Artemide 0315010A [3].	11
Obr. 1.2: Zleva: Profilite wesley blue [4], Sencor STL 201 [5], Immax Heron [6].	12
Obr. 1.3: Zleva: Sencor SRC 170 [7], Sony ICF-C1PJ [8].	13
Obr. 1.4: Náramek Xiaomi Mi Band 1S. [9]	14
Obr. 1.5: Zařízení Sense se dvěma klipsy na polštář označené jako Pills. [11]	15
Obr. 2.1: Dosah signálu DCF77 v Evropě. [27]	18
Obr. 2.2: Kód signálu DCF77 a jeho jednotlivé části. [28]	19
Obr. 2.3: Hypnogram dospělého člověka. [29]	20
Obr. 2.4: Komunikační protokol Qi. [32]	23
Obr. 3.1: Topologie systému celého zařízení.	24
Obr. 3.2: Topologie zařízení s reálnými deskami plošných spojů.	25
Obr. 3.3: Blokované schéma hlavní desky.	26
Obr. 3.4: Blokované schéma mikrokontroléru CC430F5137. [13]	27
Obr. 3.5: Topologie sběrnice I <sup>2</sup> C.	28
Obr. 3.6: Výstupní režimy čítačů/časovačů mikroprocesoru. [33]	29
Obr. 3.7: Schématické zapojení displeje s obvodem HT16K33.	31
Obr. 3.8: Schématické zapojení obvodu MPR121.	32
Obr. 3.9: Princip fungování kapacitních tlačítek. [15]	33
Obr. 3.10: Vnitřní zapojení senzoru TGS8100. [17]	34
Obr. 3.11: Závislost tlaku na nadmořské výšce.	36
Obr. 3.12: Schéma zapojení HC-05. [36]	37
Obr. 3.13: Blokované schéma napájecí části základní desky.	38
Obr. 3.14: Spínaný měnič napětí s funkcí step down TPS54531.	39
Obr. 3.15: Nabíjecí obvod lithiových baterií Bq24266.	40
Obr. 3.16: Spínaný měnič napětí s funkcí step up a step down.	41
Obr. 3.17: Blokované schéma odnímatelné části.	41
Obr. 3.18: Nabíjecí charakteristika lithiových baterií. [37]	43
Obr. 3.19: Spínaný měnič napětí s funkcí step up MAX668.	44
Obr. 4.1: Vývojový diagram základní desky.	46
Obr. 4.2: Vývojový diagram bloku budíku.	47
Obr. 4.3: Vývojový diagram odnímatelné části.	48

Obr. 4.4: Vývojový diagram obvodu HT16K33. .... 49

## Seznam tabulek

<b>Tabulka 1.1:</b> Ceny inteligentních lampiček. ....	12
<b>Tabulka 1.2:</b> Ceny budíků.....	12
<b>Tabulka 2.1:</b> Popis zkratk v kódu DCF77. [26].....	19
<b>Tabulka 3.1:</b> Rozložení paměti obvodu reálného času. [34] .....	30

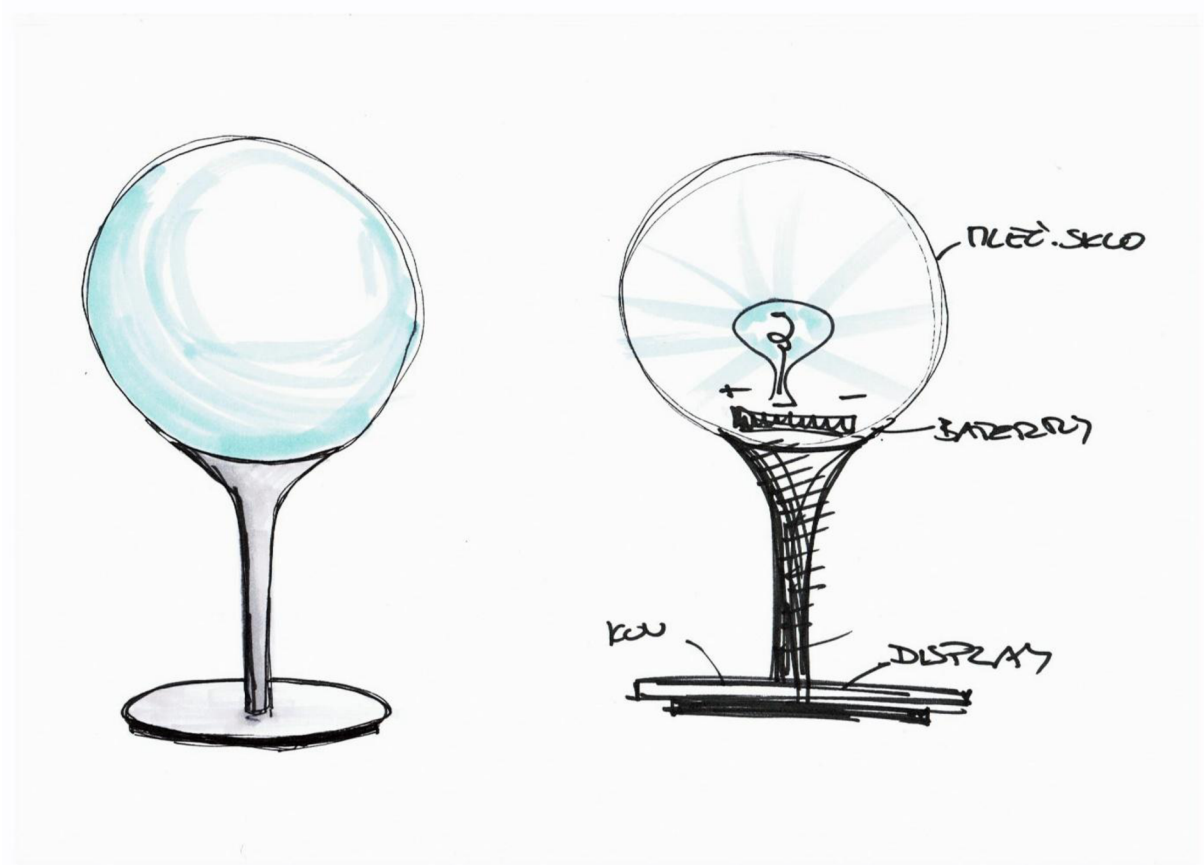
## Seznam zkratek, symbolů a veličin

Zkratka	Popis
1-wire	Sériová sběrnice s nízkou propustností dat, delší dosah, pouze dva vodiče
A/D	Analogově digitální převodník
AM	Amplitudová modulace
DCF77	Rádiová stanice vysílající dlouhovlnný tzv. frankfurtský časový signál
DPS	Deska plošných spojů
FM	Frekvenční modulace
FRAM	Ferroelectric Random Access memory - nevolatilní paměť s přímým přístupem
I2C	Sériová komunikační sběrnice
IR	Infrared radiation - druh elektromagnetického záření
IrDA	Komunikační infračervený port
JTAG	Join test action group - standard pro testování a programování integrovaných obvodů
LCD	Liquid crystal display - displej z tekutých krystalů
LED	Light emitting diode - dioda emitující světlo
Li-Ion	Lithium - iontová baterie
NREM	Non - rapid eye movement - žádný pohyb očí
OS	Operační systém
PWM	Pulse width modulation - pulzně šířková modulace
Qi	Standard bezdrátového nabíjení
REM	Rapid eye movement - pohyb očí
RF	Rádiová frekvence
RGB	Red green blue - červená, zelená, modrá
SPI	Seriál peripheral interface - sériové periferní rozhraní
SRAM	Static random access memory - statická paměť
SWS	Slow Wave Sleeping – spánek pomalých vln
UART	Universal synchronous/asynchronous receiver and transmitter - synchnonní/asynchnonní sériová komunikace
USB	Universal serial bus - univerzální sériová sběrnice
Wifi	Wireless fidelity - bezdrátová komunikace

# Přílohy a výkresová dokumentace

A Designový návrh 1.....	60
B Designový návrh 2.....	61
C Designový návrh 3.....	62
D Schémata .....	63
D.1 Základní deska - MCU .....	63
D.2 Základní deska - Napájení .....	64
D.3 Základní deska - Periférie 3,3 V .....	65
D.4 Základní deska - Periférie 5 V, Sledování spánku.....	66
D.5 Odnímatelná část – MCU .....	67
D.6 Odnímatelná část – Napájení .....	68
D.7 Alfnumerický displej .....	69
E Desky plošných spojů .....	70
E.1 Základní deska - Layout top .....	70
E.2 Základní deska - Layout top .....	71
E.3 Základní deska - Osazovací plán top.....	72
E.4 Základní deska - Osazovací plán botám .....	73
E.5 Odnímatelná část - Layout top, bottom .....	74
E.6 Odnímatelná část - Osazovací plán top, bottom .....	75
E.7 Alfnumerický displej - Layout top, bottom .....	76
E.8 Alfnumerický displej - Osazovací plán top, bottom .....	77
E.9 Kapacitní tlačítka - Layout top, bottom.....	78
E.10 Kapacitní tlačítka - Osazovací plán top, bottom .....	79
E.11 Sledování spánku - Layout top, bottom .....	80
E.12 Sledování spánku - Osazovací plán top, bottom .....	80
E.13 Magnetický spoj, tlačítka - Layout top, bottom.....	81
F Seznam součástek .....	82
G Výkresová dokumentace .....	87
G.1 Jednotlivé díly.....	87
G.2 Výkres celek .....	88
H INVENTOR.....	89
H.1 3D výstup.....	89
H.2 3D výstup - řez .....	90

# A Designový návrh 1

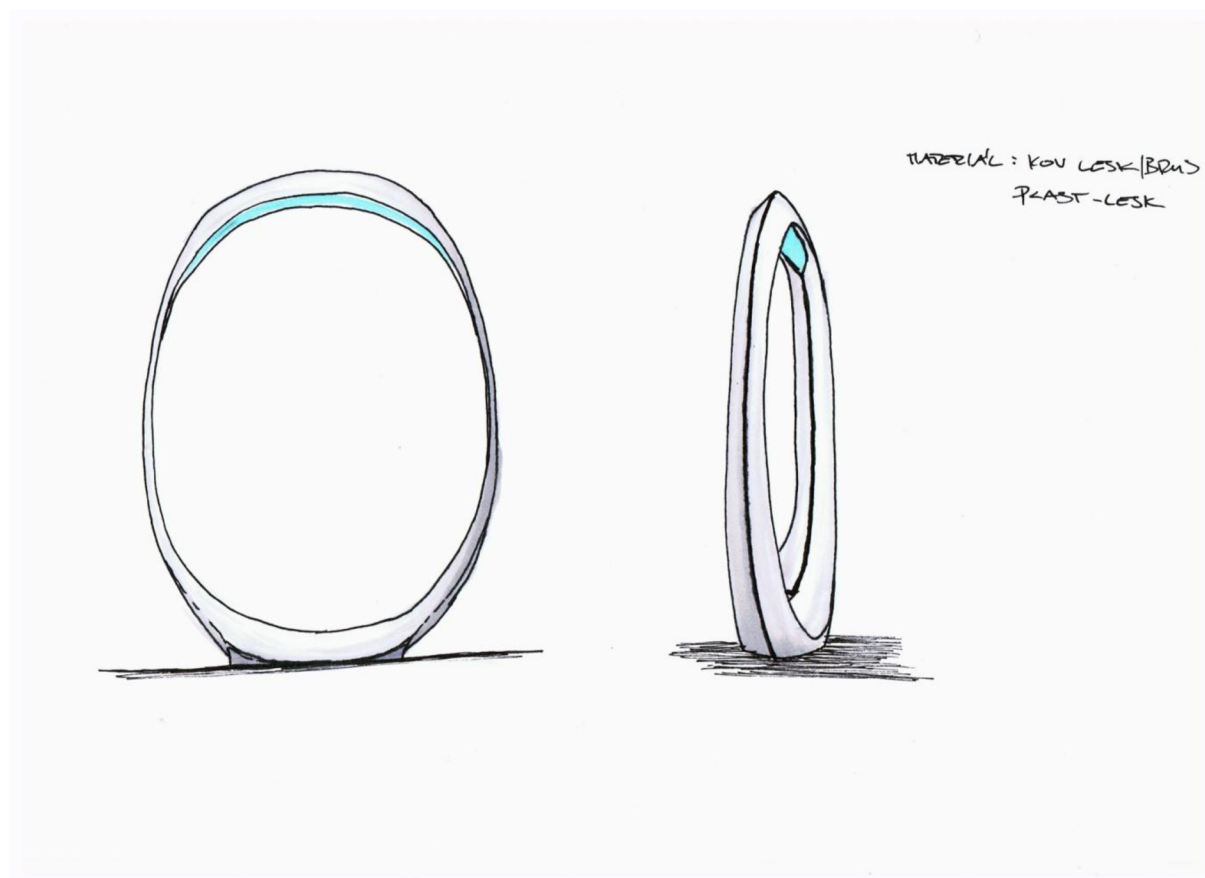


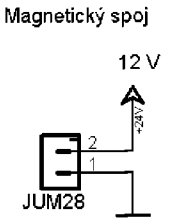
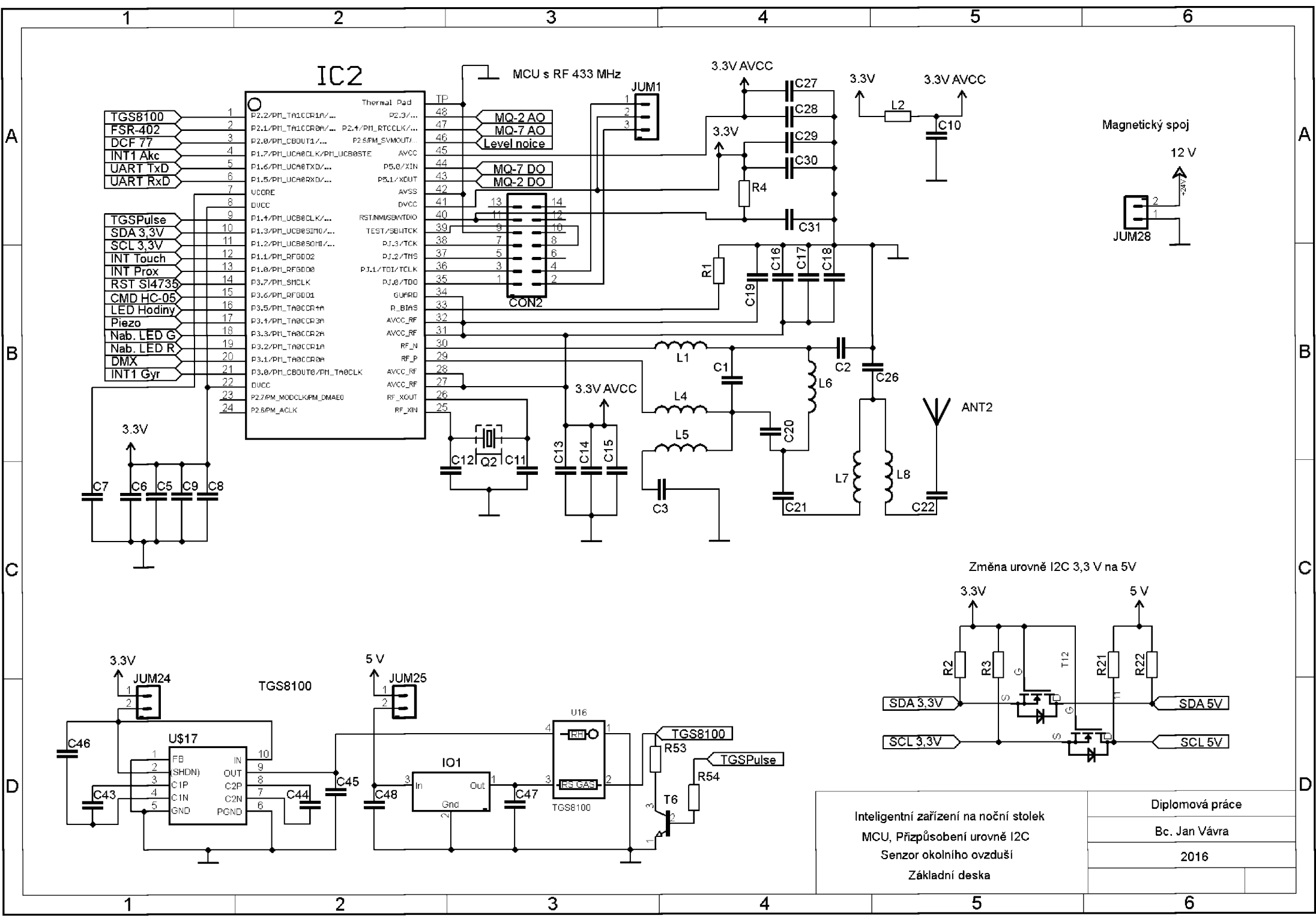


## B Designový návrh 2

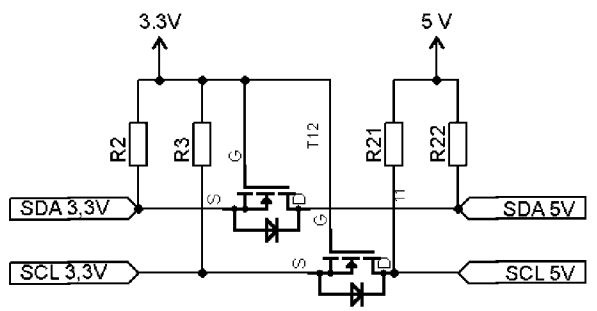


## C Designový návrh 3

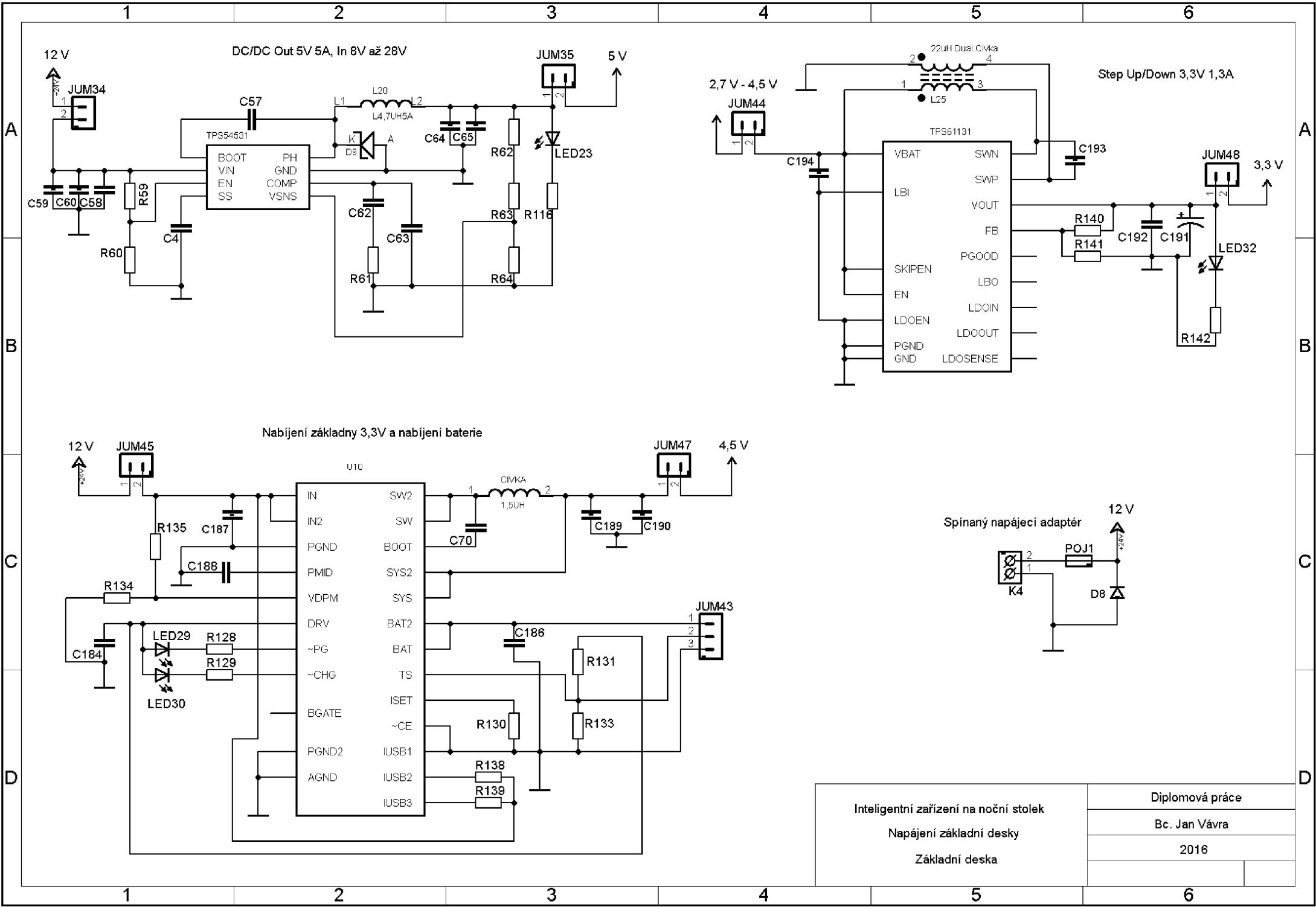




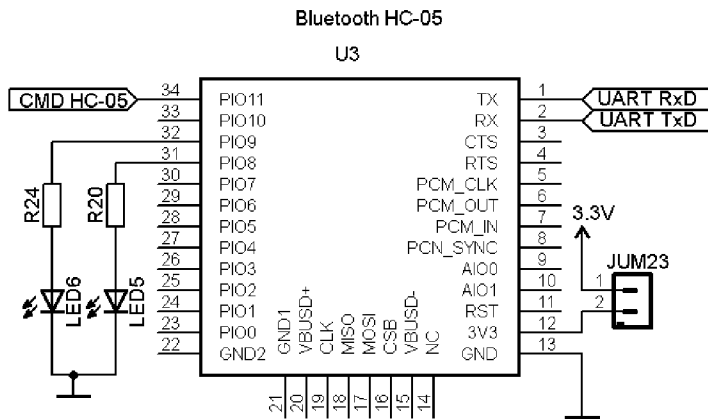
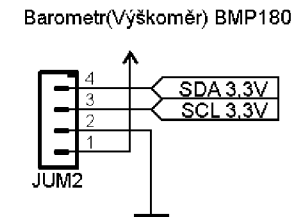
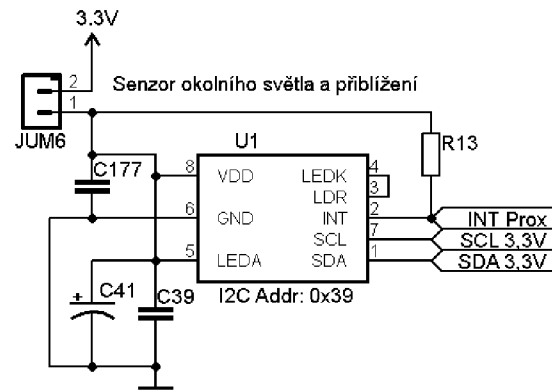
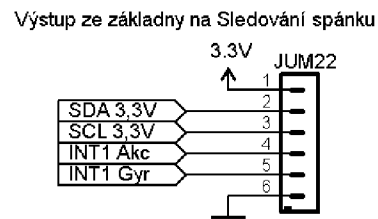
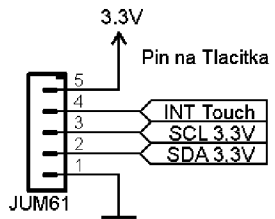
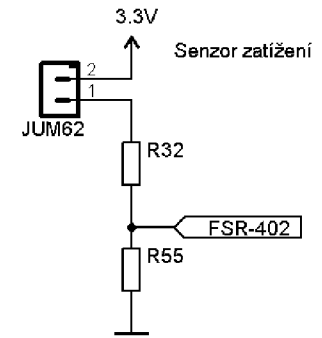
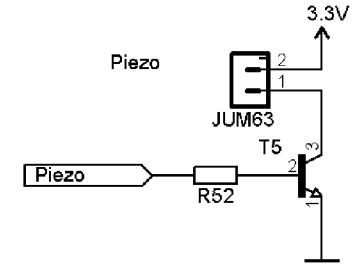
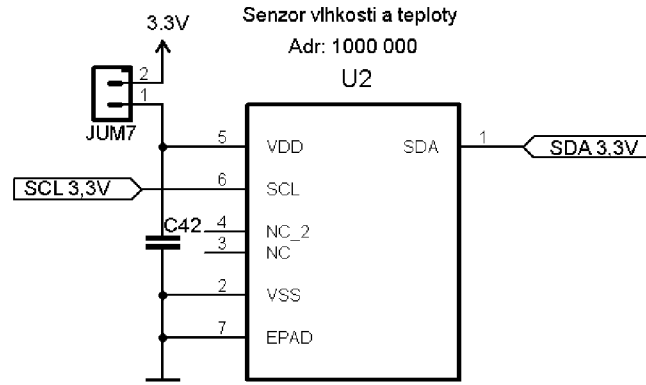
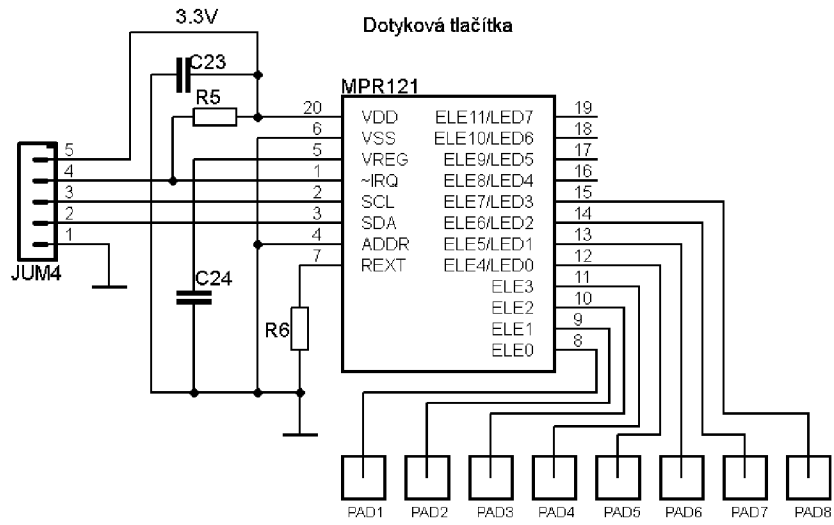
Změna urovně I2C 3,3 V na 5V



Inteligentní zařízení na noční stolek MCU, Přizpůsobení urovně I2C Senzor okolního ovzduší Základní deska	Diplomová práce
	Bc. Jan Vávra
	2016

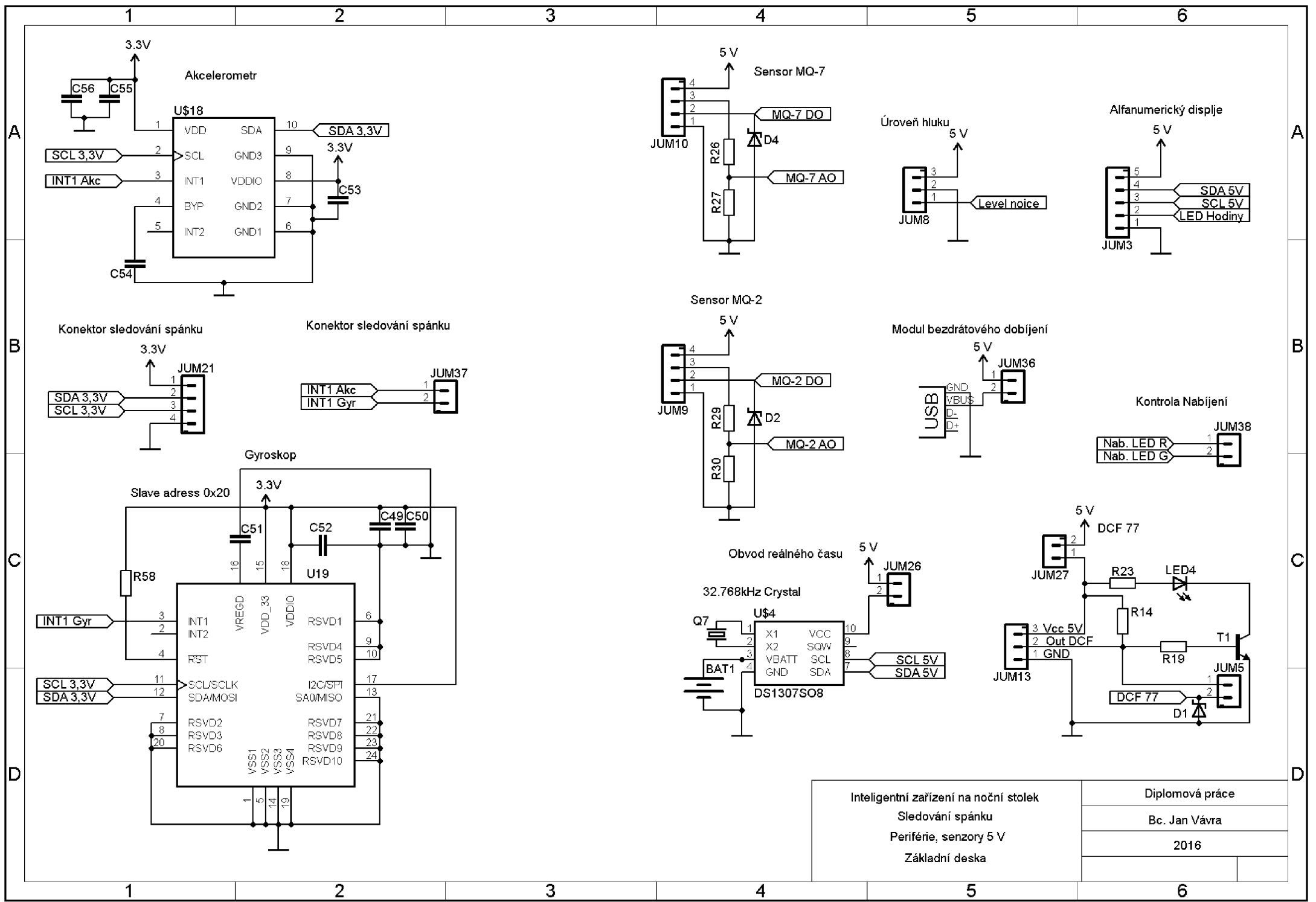


Inteligentní zařízení na noční stolek Napájení základní desky Základní deska	Diplomová práce
	Bc. Jan Vávra
	2016



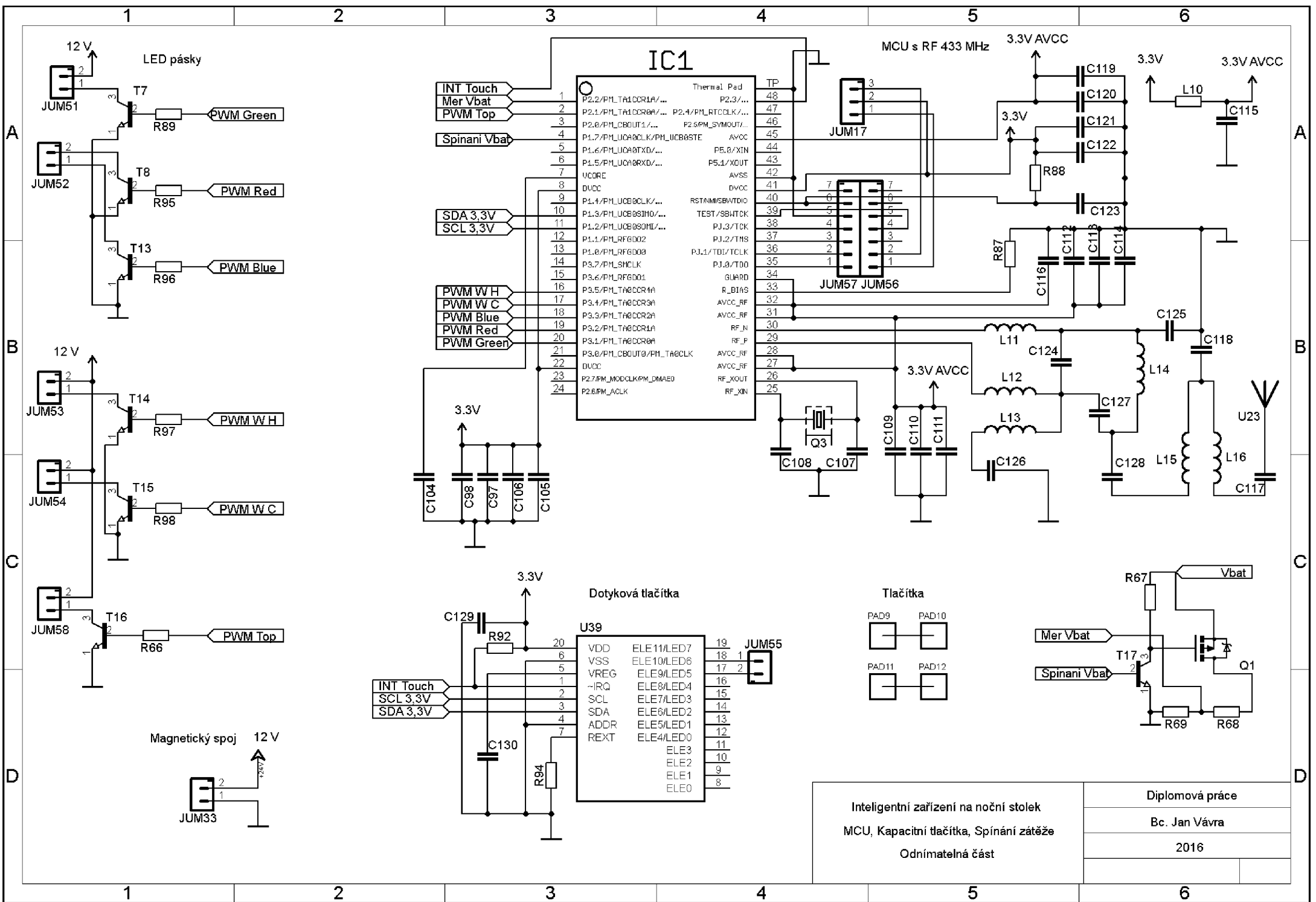
Inteligentní zařízení na noční stolek  
Základní deska  
Periférie a senzory 3,3 V

Diplomová práce  
Bc. Jan Vávra  
2016



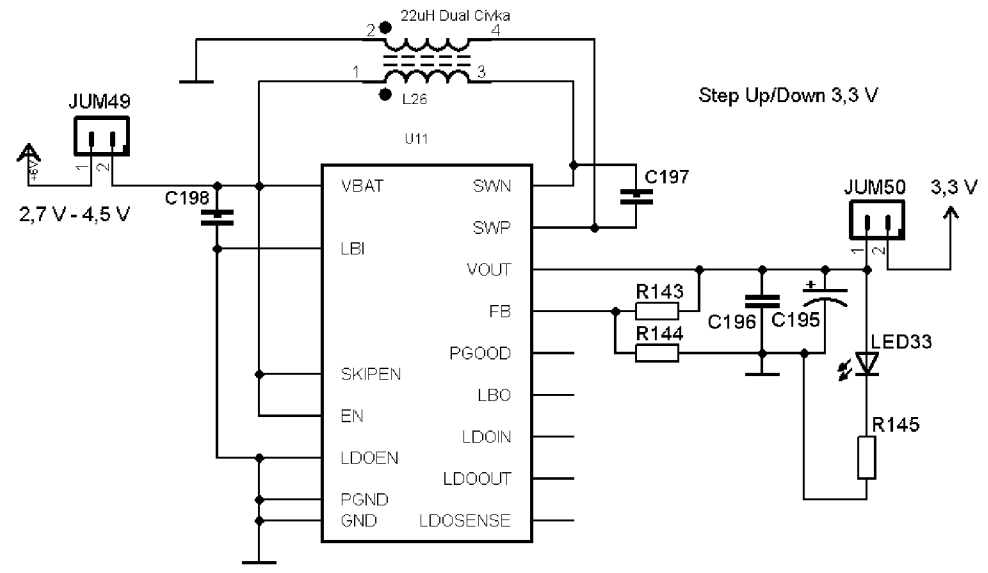
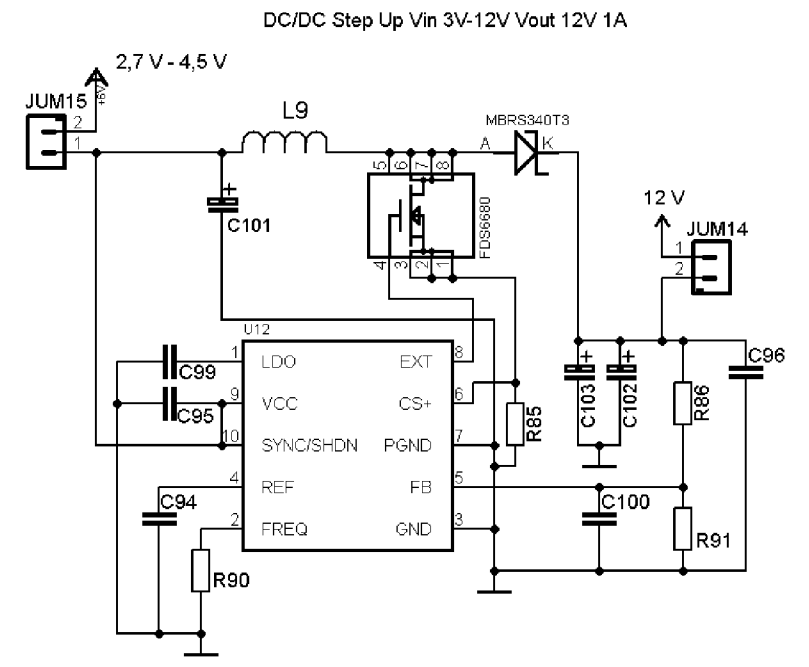
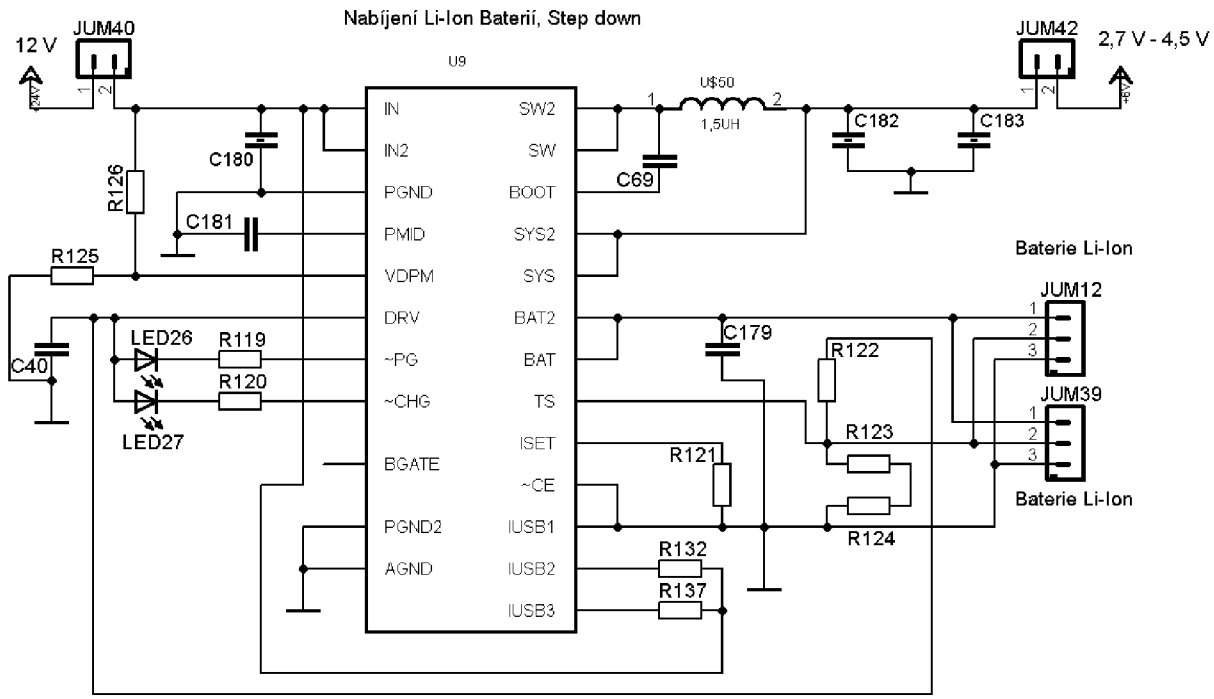
Inteligentní zařízení na noční stolek  
 Sledování spánku  
 Periférie, senzory 5 V  
 Základní deska

Diplomová práce  
 Bc. Jan Vávra  
 2016



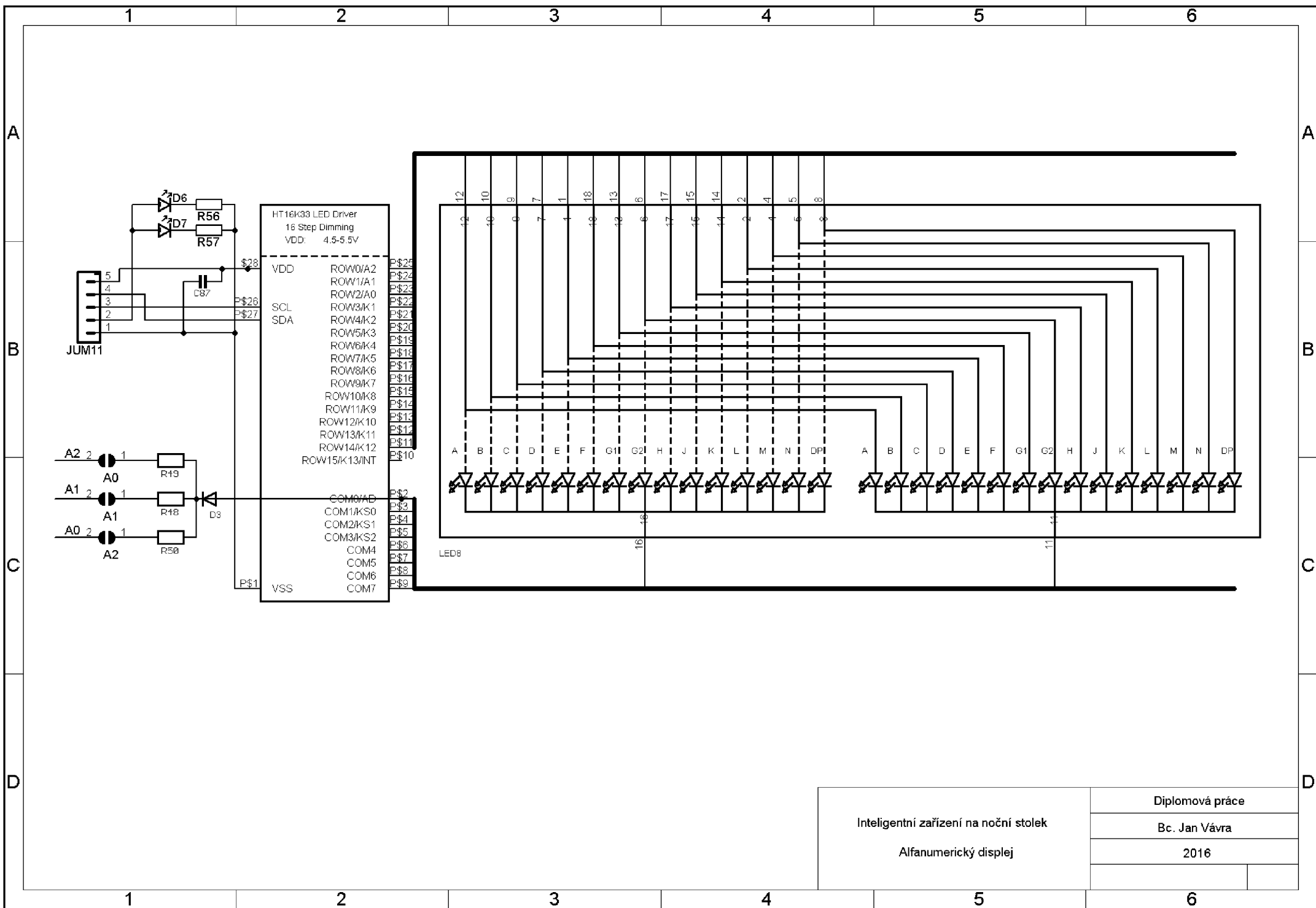
Inteligentní zařízení na noční stolek  
 MCU, Kapacitní tlačítka, Spínání zátěže  
 Odnímatelná část

Diplomová práce  
 Bc. Jan Vávra  
 2016



Inteligentní zařízení na noční stolek Napájecí část Odnímatelná část	Diplomová práce
	Bc. Jan Vávra
	2016



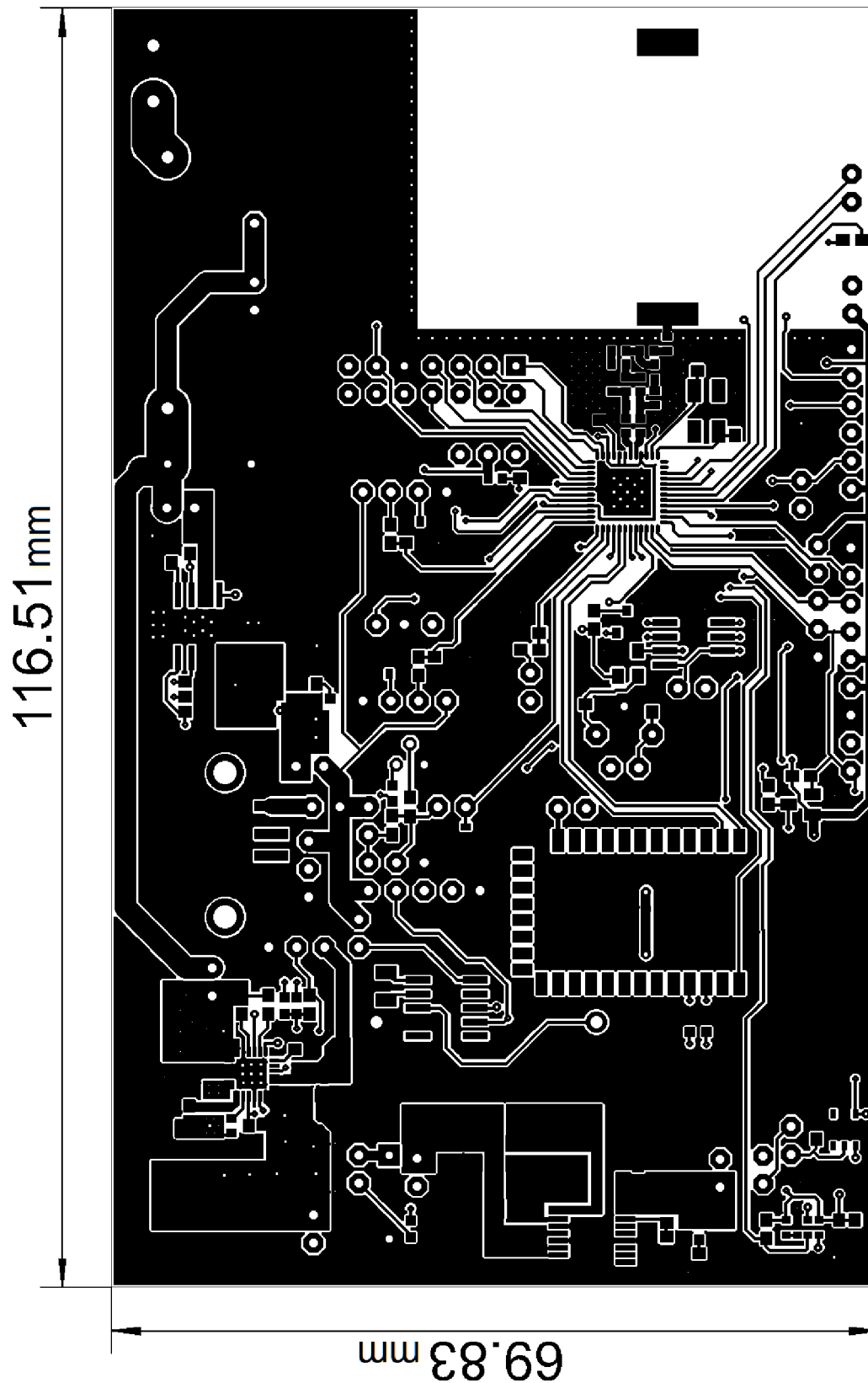


Inteligentní zařízení na noční stolek  
 Alfanumerický displej

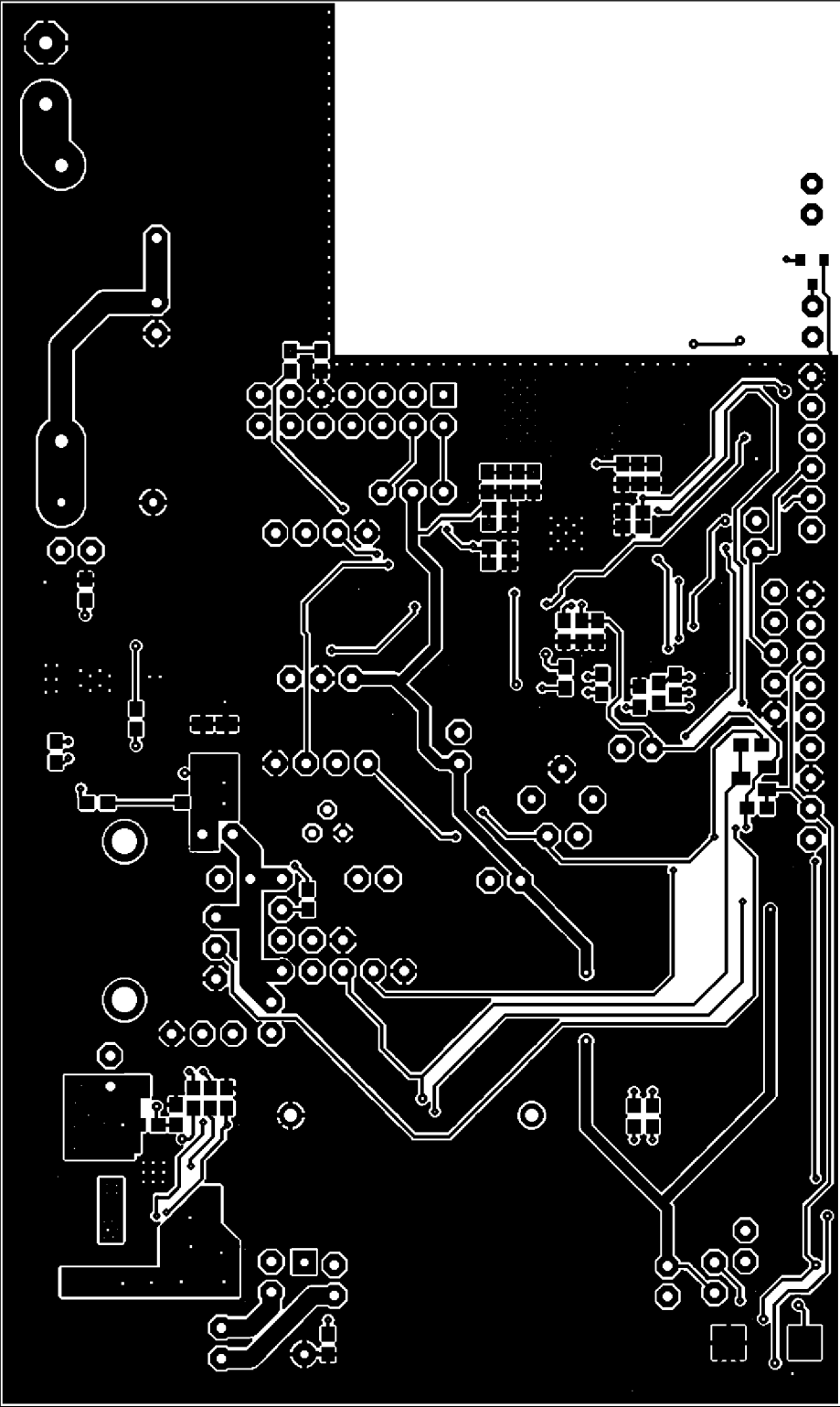
Diplomová práce  
 Bc. Jan Vávra  
 2016

# E Desky plošných spojů

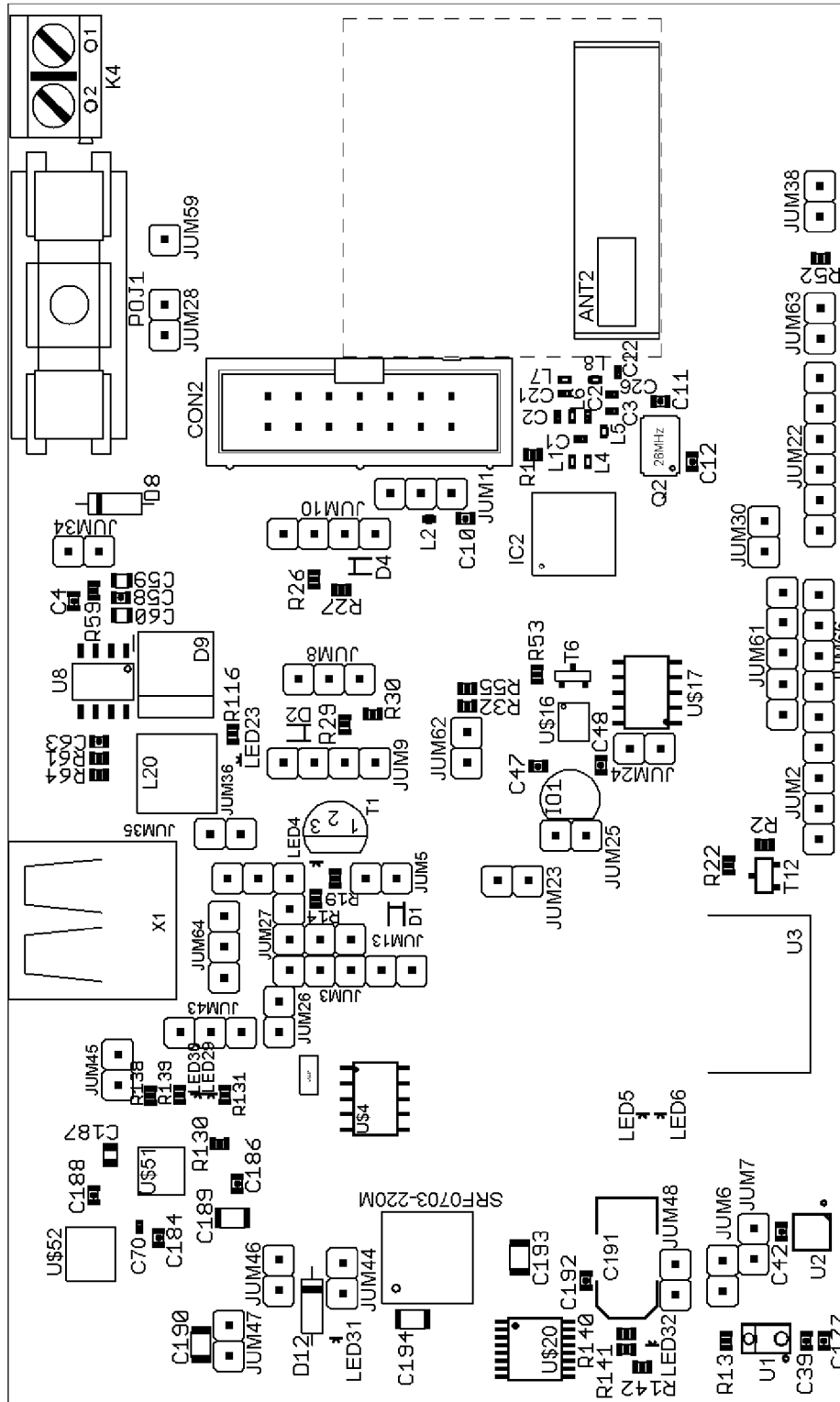
## E.1 Základní deska - Layout top



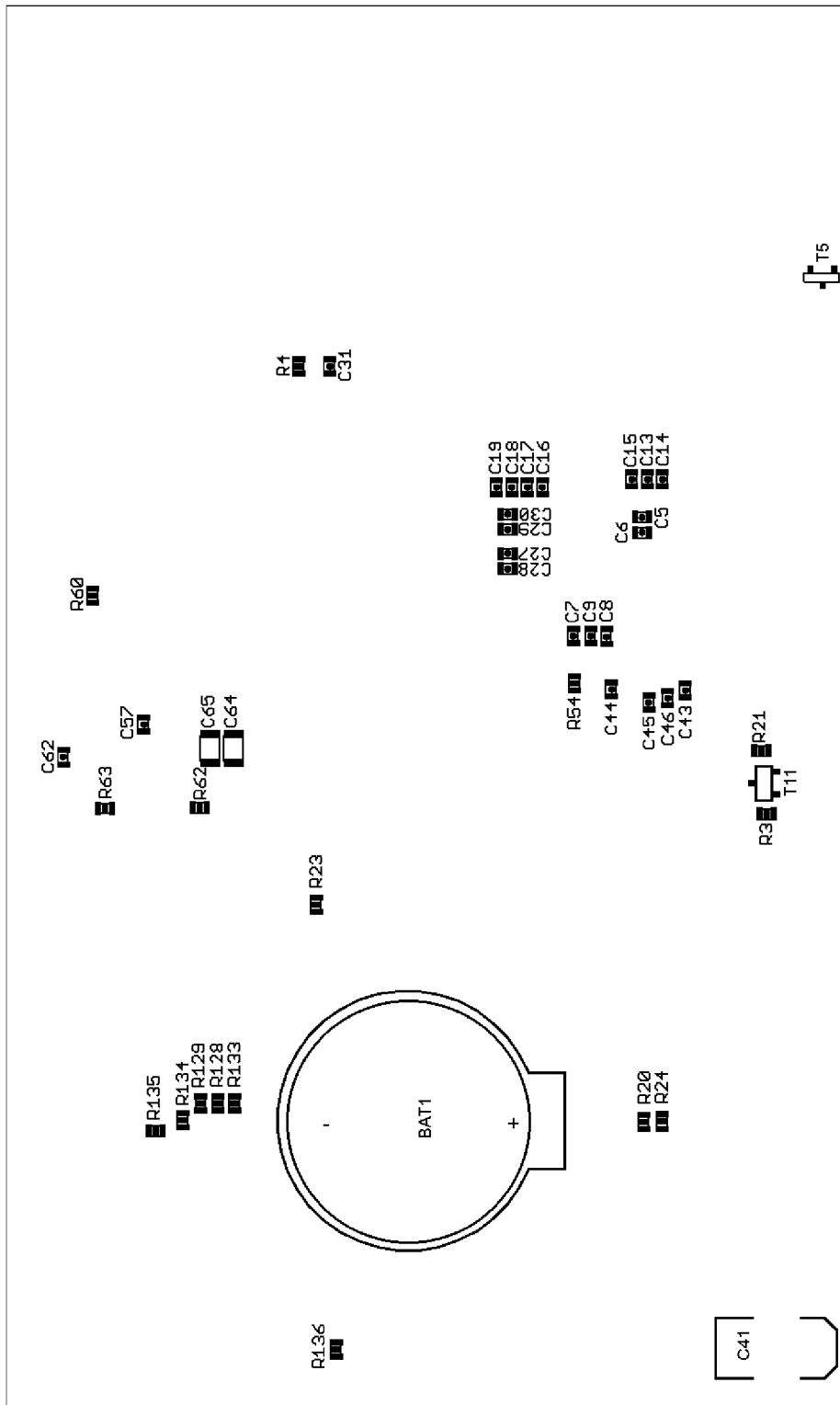
**E.2 Základní deska - Layout top**



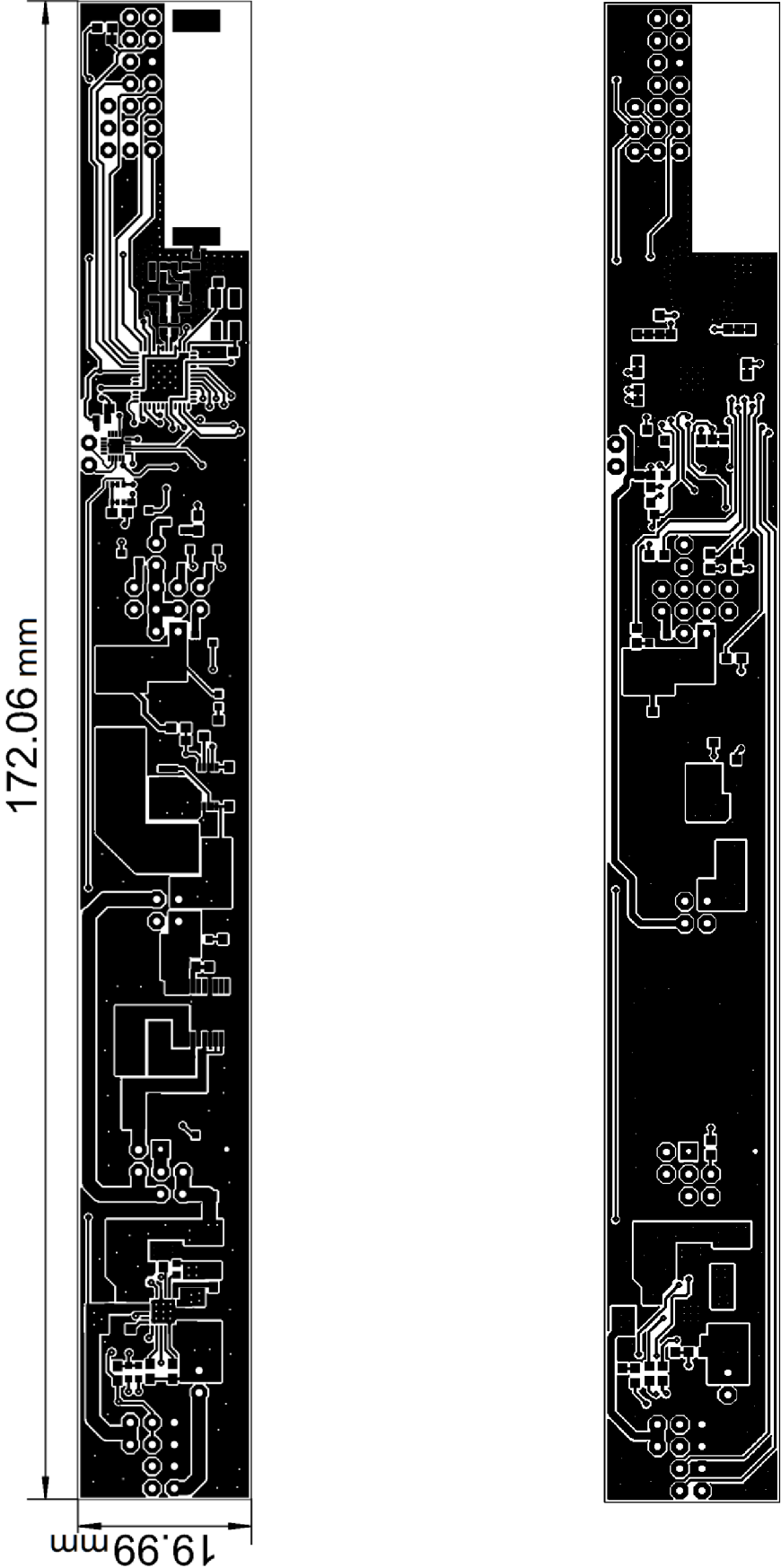
### E.3 Základní deska - Osazovací plán top



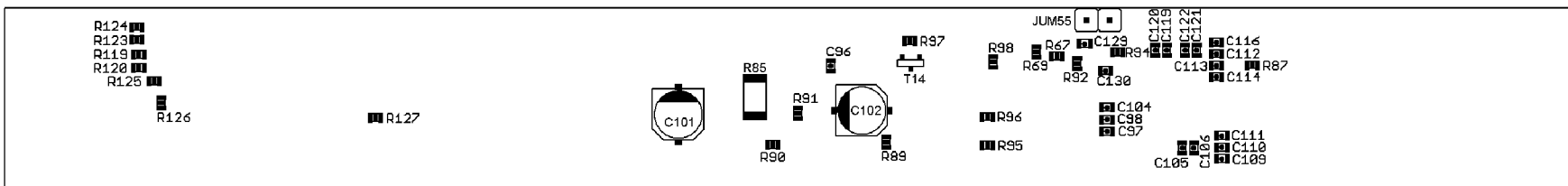
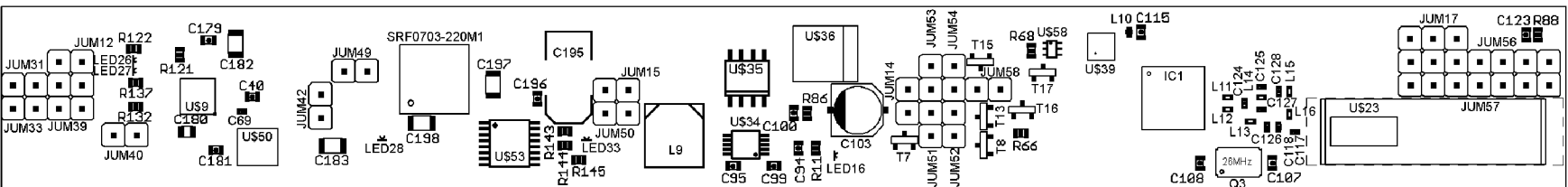
## E.4 Základní deska - Osazovací plán botám



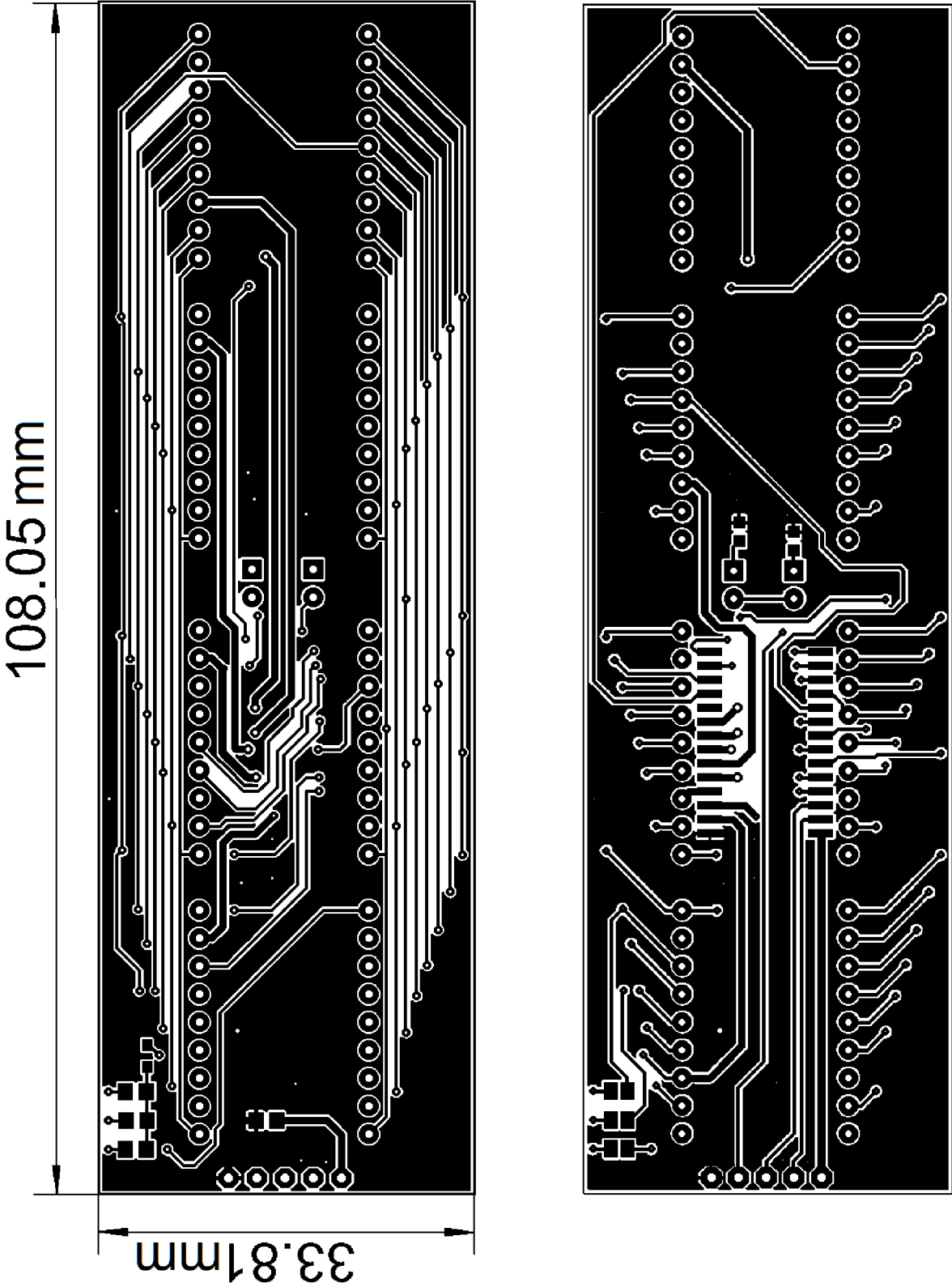
**E.5 Odnímatelná část - Layout top, bottom**



# E.6 Odnímatečná část - Osazovací plán top, bottom

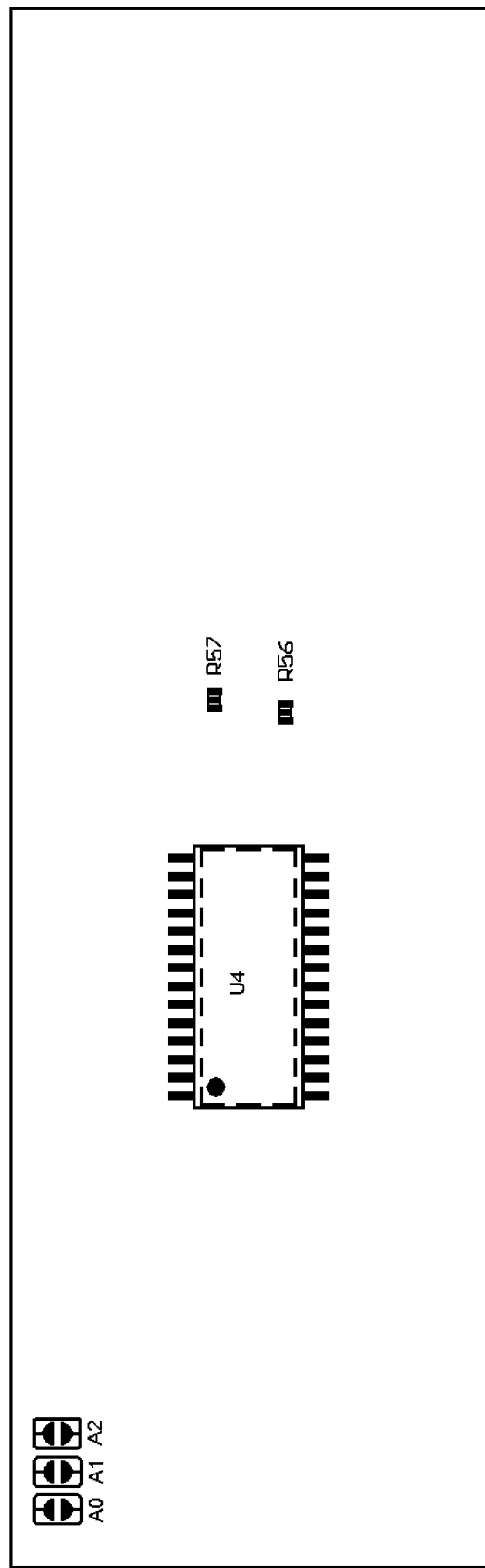
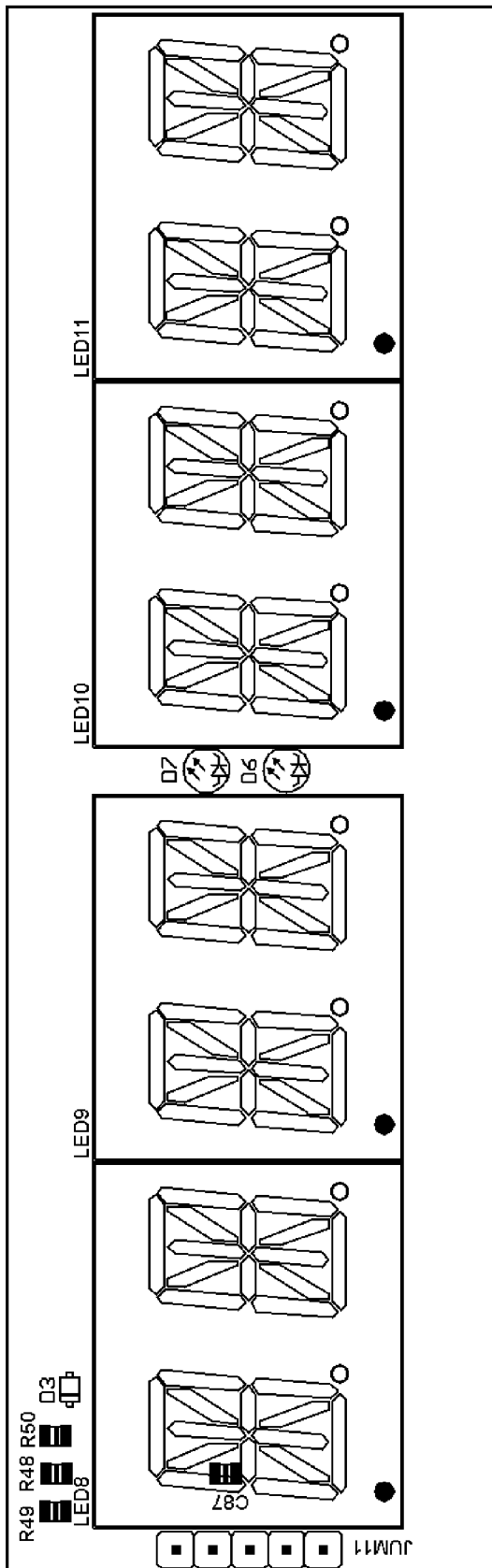


E.7 Alfnumerický displej - Layout top, bottom

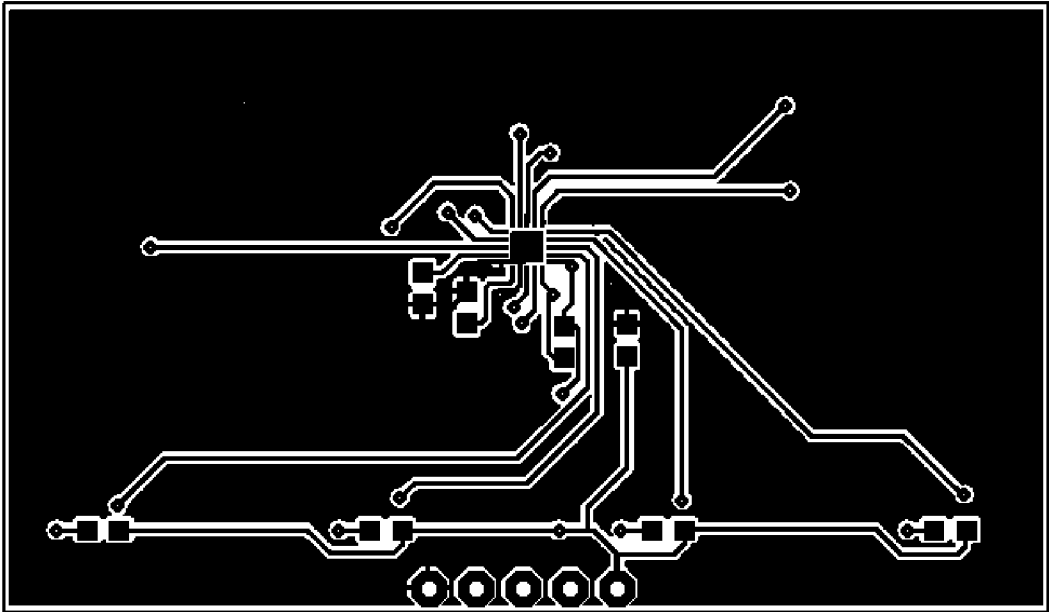
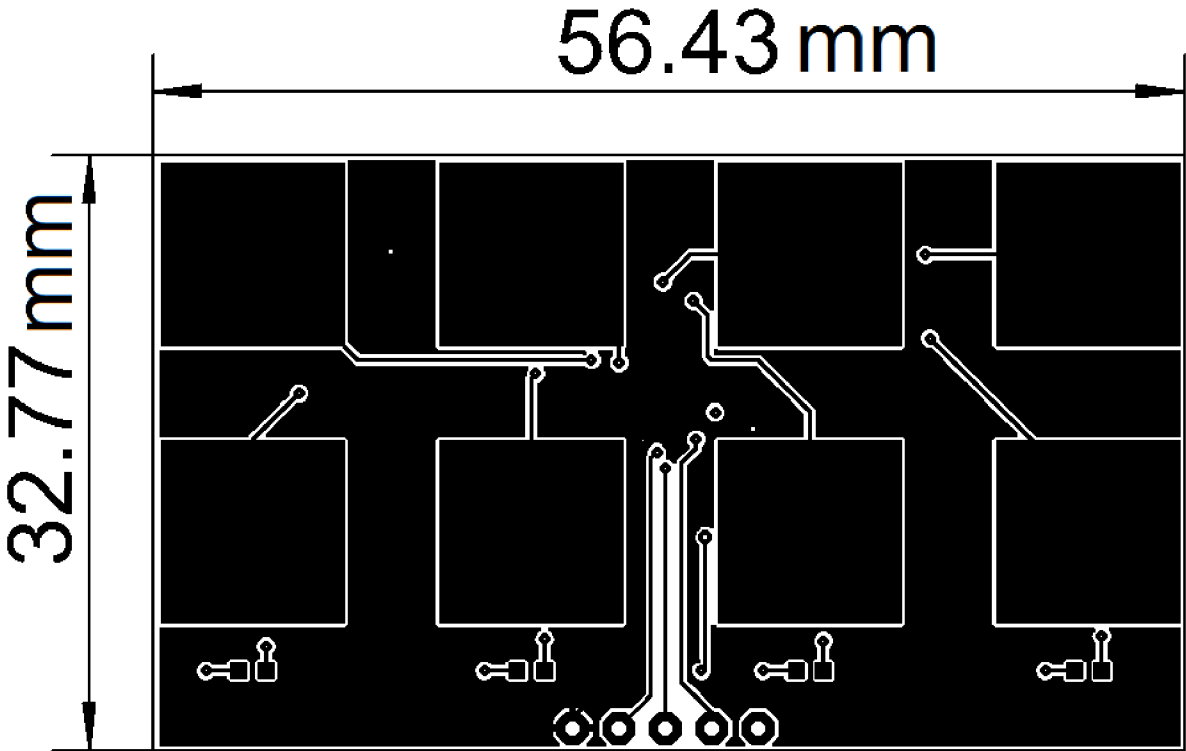




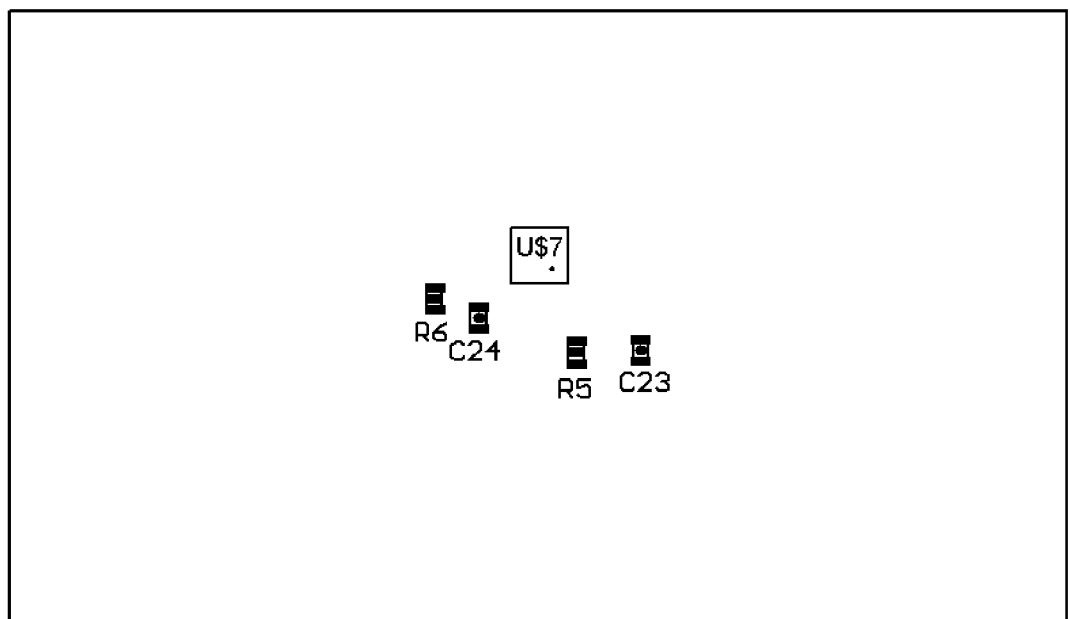
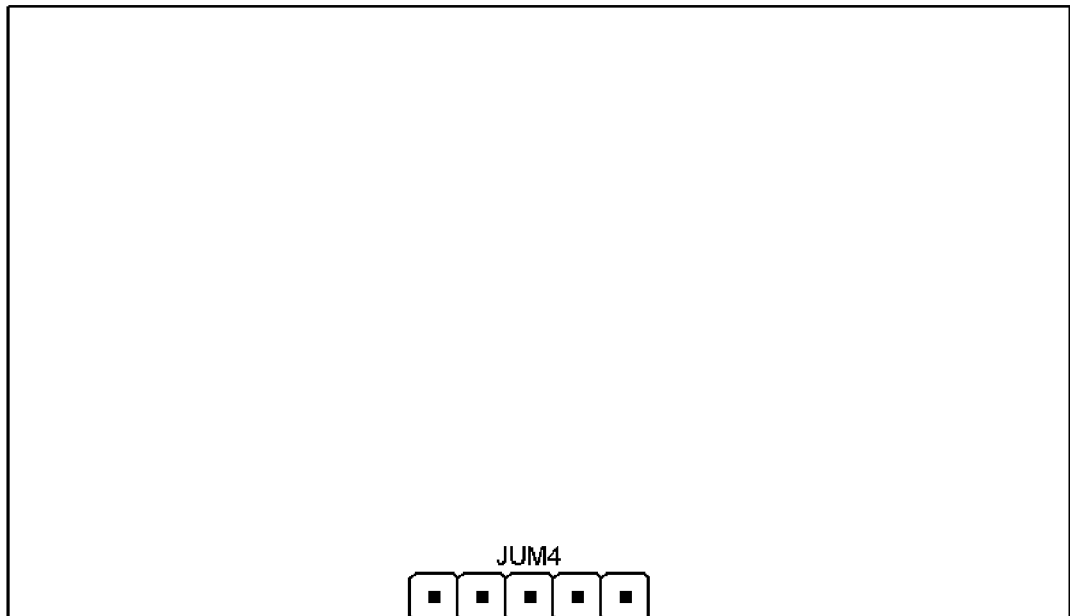
## E.8 Alfnumerický displej - Osazovací plán top, bottom



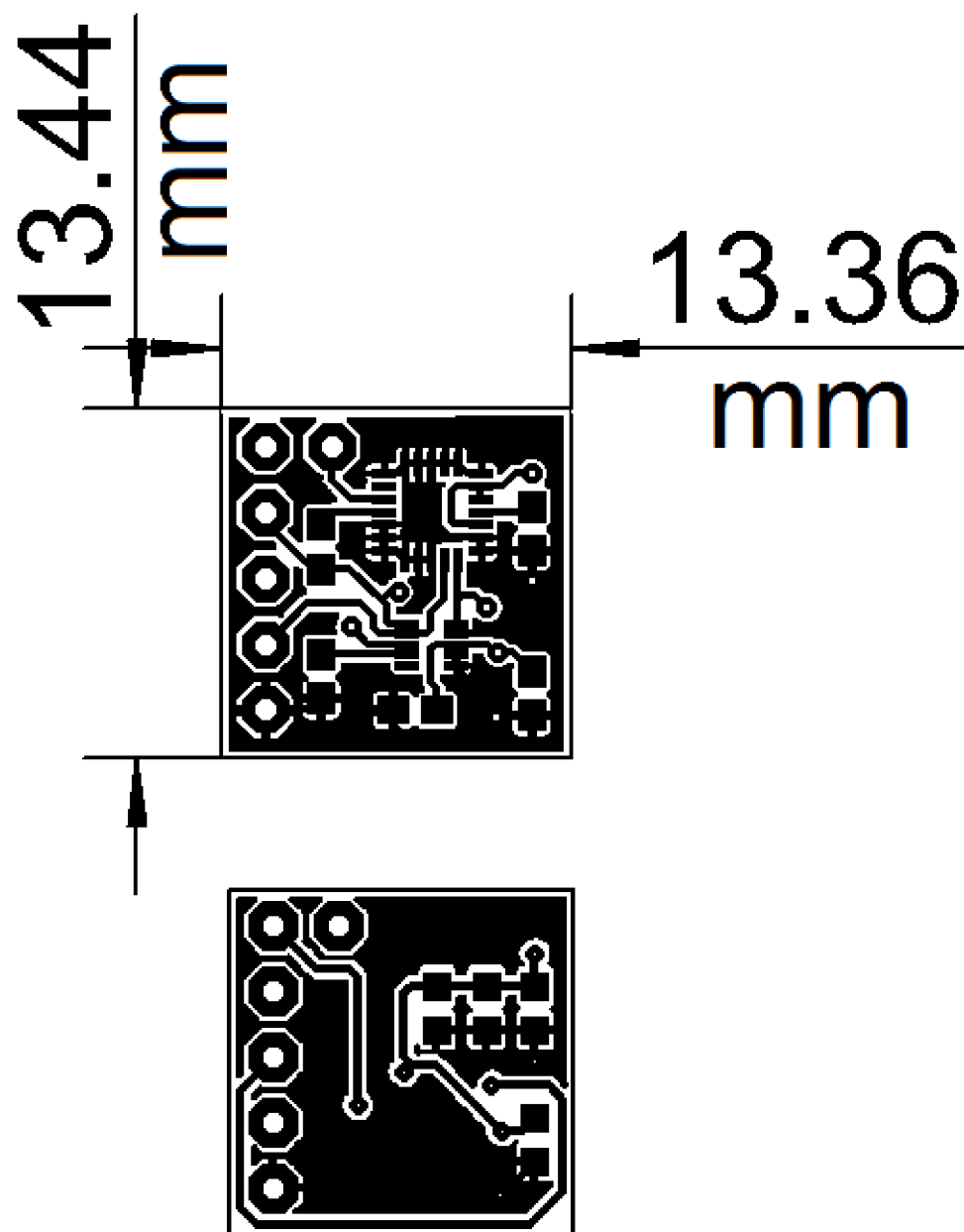
E.9 Kapacitní tlačítka - Layout top, bottom



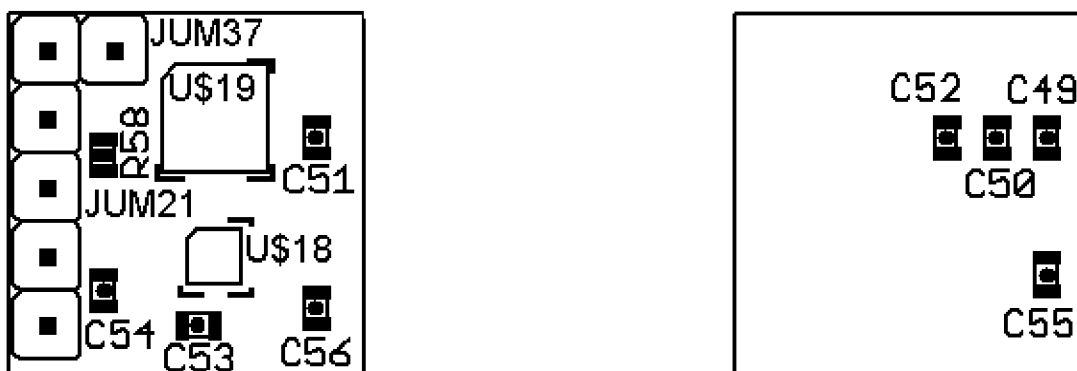
## E.10 Kapacitní tlačítka - Osazovací plán top, bottom



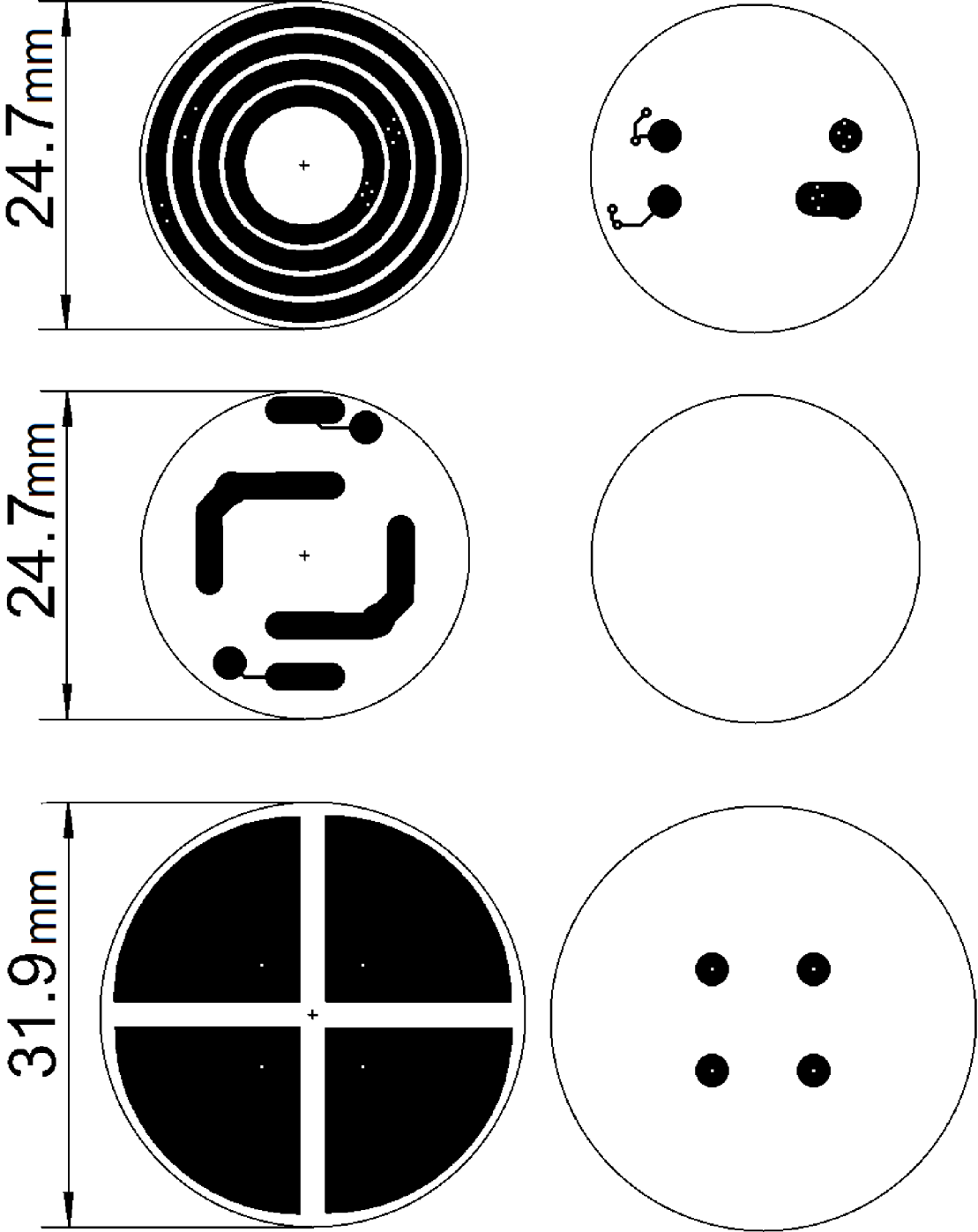
### E.11 Sledování spánku - Layout top, bottom



### E.12 Sledování spánku - Osazovací plán top, bottom



**E.13 Magnetický spoj, tlačítka - Layout top, bottom**



## F Seznam součástek

Počet	Označení	Hodnota	Součástka	Pouzdro
3	D1, D2, D4		Dioda	SOD-323
1	LED8 – LED11		Alfanumerický displej	HDSP-A27C
1	D8		Dioda	DO35
1	U4		HT16K33_SOP28	SOP28_300MIL
6	LED4, LED5, LED6, LED23, LED32, LED33		LED dioda	LED-0603
1	U\$18		MMA865X	DFN_10_0P4_2X2
3	A0, A1, A2		Pad	Pad
1	L9	4.7UH	ELL6SH4R7M-6XH	IND_ELL6XH
1	R85	0,2R	Rezistor	R2010
3	C43, C44, C94	0,22uF	Kondenzátor	0603
4	C23, C24, C129, C130	0.1uF	Kondenzátor	0603
2	R121, R130	1,2k	Rezistor	0603
2	CIVKA, U\$50	1,5UH	Cívka	CIVKA1,5UH
4	R119, R120, R128, R129	1,5k	Rezistor	0603
1	R64	1,96k	Rezistor	0603
1	R63	10,2k	Rezistor	0603
1	R90	100k 1%	Rezistor	0603
30	C6, C9, C10, C13, C15, C16, C18, C19, C27, C29, C42, C48, C49, C51, C53, C54, C56, C57, C95, C96, C98, C106, C109, C111, C112, C114, C115, C116, C119, C121	100nF	Kondenzátor	0603
3	C41, C191, C195	100uF	Kondenzátor Tantal	EIA7343
9	R5, R13, R14, R19, R53, R67, R92, R125, R134	10k	Rezistor	0603
2	C4, C58	10nF	Kondenzátor	0603
6	C182, C189,	10uF	Kondenzátor	1206

	C193, C194, C197, C198			
8	C5, C8, C28, C30, C97, C105, C120, C122	10uF	Kondenzátor	0603
1	C87	10uF	Kondenzátor	0805
1	R133	12,4k	Rezistor	0603
6	R66, R89, R95, R96, R97, R98	130	Rezistor	0603
1	R60	130k	Rezistor	0603
2	R142, R145	140R	Rezistor	0603
4	R132, R137, R138, R139	150k	Rezistor	0603
4	C11, C12, C107, C108	15pF	Kondenzátor	0603
4	L1, L4, L11, L12	16nH	Cívka	0402
2	R141, R144	180k	Rezistor	0603
2	R140, R143	1Meg	Rezistor	0603
1	D3	1N4148	Dioda	SOD-323F
5	R27, R30, R32, R54, R55	1k	Rezistor	0603
11	C39, C46, C50, C52, C55, C99, C177, C179, C181, C186, C188	1uF	Kondenzátor	0603
1	R122	2,2k	Rezistor	0603
3	C31, C62, C123	2,2nF	Kondenzátor	0603
4	C40, C47, C192, C196	2,2uF	Kondenzátor	0603
2	C1, C124	2,7pF	Kondenzátor	0402
1	C184	2.2uF	Kondenzátor	0603
2	R56, R57	20R	Rezistor	0603
1	R86	218k1%	Rezistor	0603
6	C3, C21, C22, C117, C126, C128	220pF	Kondenzátor	0402
1	C100	220pF	Kondenzátor	0603
1	C63	22pF	Kondenzátor	0603
2	L25, L26	22uH	Dvojitá Cívka	SRF0703-220M
1	R91	24,9k 1%	Rezistor	0603
2	R126, R135	26,7k	Rezistor	0603
1	R124	270R	Rezistor	0603
4	L5, L6, L13,	27nH	Cívka	0402

	L14			
4	C14, C17, C110, C113	2pF	Kondenzátor	0603
1	R68	3,3k	Rezistor	0603
1	R123	3,9k	Rezistor	0603
4	C2, C20, C125, C127	3,9pF	Kondenzátor	0402
1	R116	330R	Rezistor	0603
2	C69, C70	33nF	Kondenzátor	0402
1	R61	37,4k	Rezistor	0603
1	R49	39,3K	Rezistor	0805
1	BAT1	3V	Pouzdro baterie	CR2032
5	R2, R3, R21, R22, R69	4,7k	Rezistor	0603
2	C26, C118	4,7pF	Kondenzátor	0402
4	C59, C60, C180, C187	4,7uF	Kondenzátor	0805
1	C45	4,7uF	Kondenzátor	0603
1	R52	430R	Rezistor	0603
3	R20, R23, R24	470R	Rezistor	0603
2	C7, C104	470nF	Kondenzátor	0603
2	R48, R50	47K	Rezistor	0805
3	R4, R58, R88	47k	Rezistor	0603
2	L7, L15	47nH	Cívka	0402
4	C64, C65, C183, C190	47uF	Kondenzátor	1206
1	R131	5,62k	Rezistor	0603
1	R62	51,1R	Rezistor	0603
2	L8, L16	51nH	Cívka	0402
2	R1, R87	56k 1%	Rezistor	0603
1	R59	665k	Rezistor	0603
3	C101, C102, C103	68uF/25V	Kondenzátor	Elektrolyt SMD
2	R6, R94	75k 1%	Rezistor	0603
2	R26, R29	9k	Rezistor	0603
1	Q7	32,768 kHz	Krystal	ABS07
1	U23, ANT	433 MHz	Anténa	PLANAR SMD
1	U1	APDS-9960	Senzor	APDS-9960
1	K4	ARK500/2	Svorka	ARK500/2
1	D9	B540C-13-F	Dioda	SMC
1	T1	BC547	Bipolární tranzistor	TO92
2	T5, T6	BC817	Bipolární tranzistor	SOT-23
7	T7, T8, T13,	BCW66G	Bipolární	SOT-23



	T14, T15, T16, T17		tranzistor	
2	L2, L10	BLM15HG102SN1D	Cívka	0402
2	U9, U10	BQ24266	Nabíjecí obvod	HVQFN24
2	T11, T12	BS170	Unipolární tranzistor	SOT23
2	IC1, IC2	CC430F513X	Procesor	RGZ48
1	U\$4	DS1307S	Integrovaný obvod	SO 08
1	FDS6680	FDS6680	FDS6680	SO 08
1	U19	FXAS21000	FXAS21000	QFN24 4X4
2	LED26, LED29	Green	LED dioda	0603
1	U3	HC_05	Modul Bluetooth	BLUETOOTH_SMD
1	L20	L4,7UH5A	Cívka	SMD7050
1	IO1	LE25ABZ	Tranzistor	TO-92
2	D6, D7	LED_3	LED dioda	LED_3
1	U\$17	MAX1730	MAX1730	SO08
1	U12	MAX668	Step Up	UMAX10
1	MBRS340T3	MBRS340T3	MBRS340T3	MBRS340T3
1	CON2	MLW14	Konektor	MLW14G
1	Q1	MOSFET-PCHANNEL	Unipolární tranzistor	SOT23
2	MPR121, U39	MPR121QFN20	MPR121QFN20	QFN-20-0.4 mm
10	PAD1, PAD2, PAD3, PAD4, PAD5, PAD6, PAD7, PAD8, PAD9, PAD11	PAD.02	Tlačítka	Ploška
2	PAD10, PAD12	PAD.03	Tlačítka	Ploška
1	POJ1	POJISTKYKS20	Pojistka	POJ KS20
2	Q2, Q3	Q26MHZ	Krystal	Q26MHZ SMD
2	LED27, LED30	Červená	LED dioda	0603
33	JUM5, JUM6, JUM7, JUM14, JUM15, JUM23, JUM24, JUM25, JUM26, JUM27, JUM28, JUM33, JUM34, JUM35, JUM36,	S1G2_JUMP	Hřebínek	S1G2 JUM

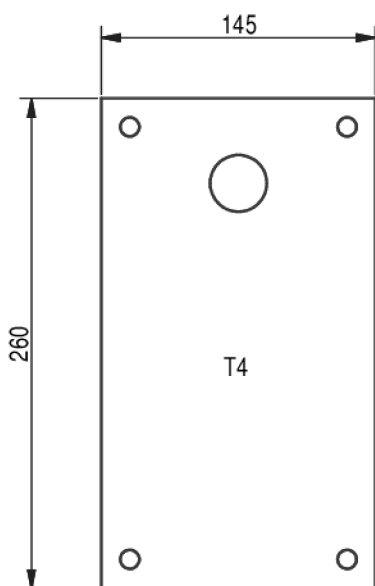
	JUM37, JUM38, JUM40, JUM42, JUM44, JUM45, JUM47, JUM48, JUM49, JUM50, JUM51, JUM52, JUM53, JUM54, JUM55, JUM58, JUM62, JUM63			
7	JUM1, JUM8, JUM12, JUM13, JUM17, JUM39, JUM43	S1G3_JUMP	Hřebínek	S1G3 JUM
4	JUM2, JUM9, JUM10, JUM21	S1G4_JUMP	Hřebínek	S1G4 JUM
4	JUM3, JUM4, JUM11, JUM61	S1G5_JUMP	Hřebínek	S1G5 JUM
1	JUM22	S1G6_JUMP	Hřebínek	S1G6 JUM
2	JUM56, JUM57	S1G7_JUMP	Hřebínek	S1G7 JUM
1	U2	SHT21	Senzor	DFN300X300X110
1	U16	TGS8100	Senzor	TGS8100
1	TPS54531	TPS54531	Step down	SO-8_POWERPAD
2	TPS61131, U11	TSP61131	Step up, Step down	TSSOP16
1	X1	USB A SMD	Konektor	USB A SMD

# G Výkresová dokumentace

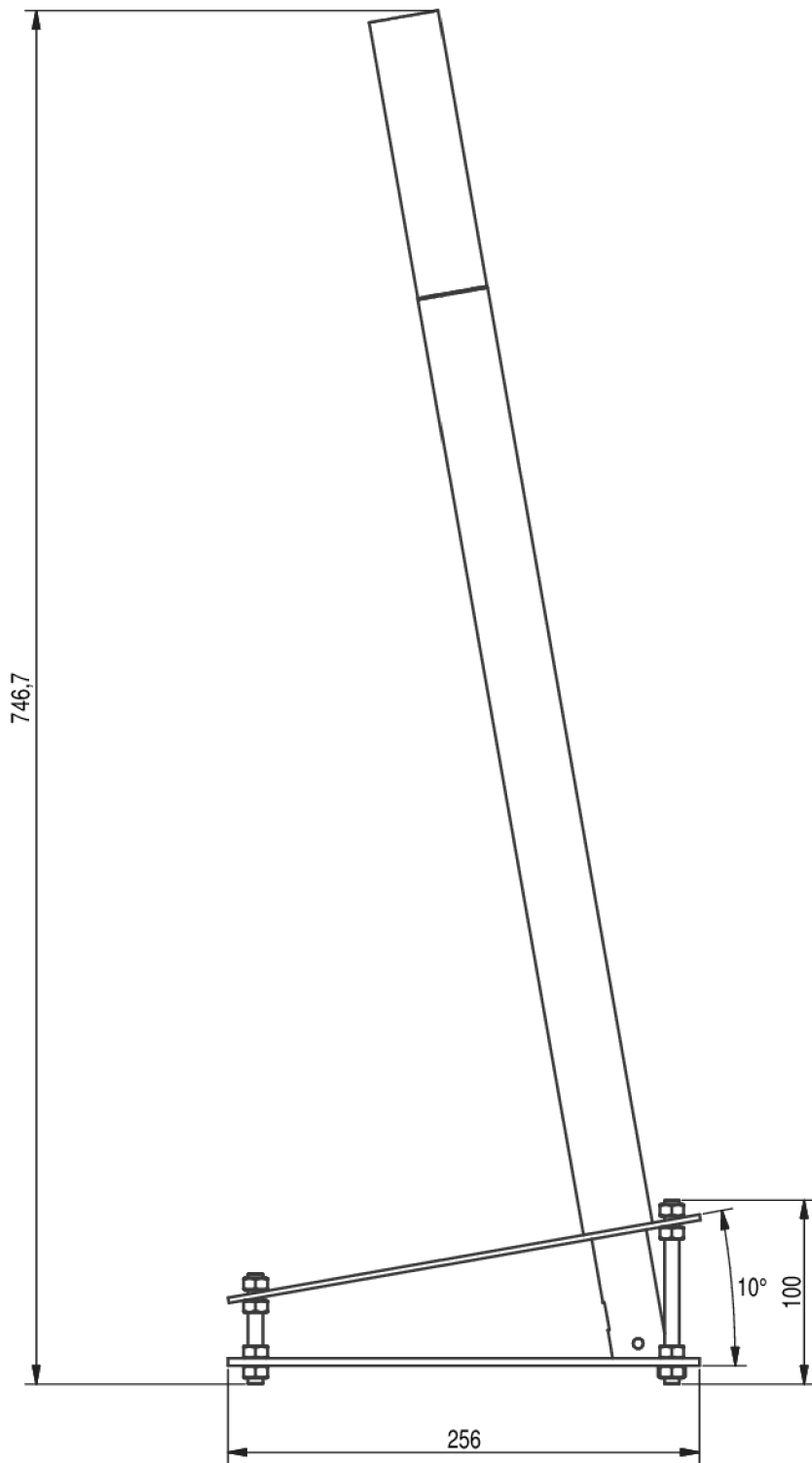
## G.1 Jednotlivé díly

PŘENOSNÁ ČÁST LAMPY (1:4)

SKLO KRYCÍ (1:4)

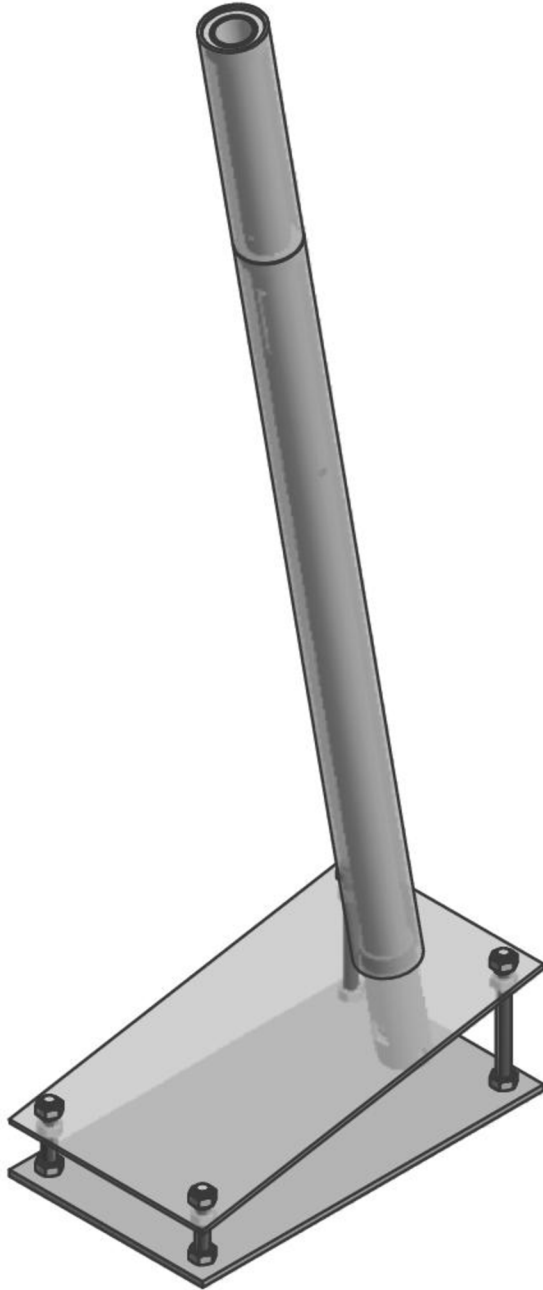


## G.2 Výkres celek



# H INVENTOR

## H.1 3D výstup



## H.2 3D výstup - řez

