



# 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

## INDIKÁTOR HLADINY PRO ZÁSOBNÍKY VODY

LEVEL INDICATOR FOR WATER RESERVOIRS

### BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

**Martin Hluší**

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

**Ing. Edita Hejátková**

**BRNO 2022**



# Bakalářská práce

bakalářský studijní program **Mikroelektronika a technologie**

Ústav mikroelektroniky

**Student:** Martin Hluší

**ID:** 216800

**Ročník:** 3

**Akademický rok:** 2021/22

**NÁZEV TÉMATU:**

## Indikátor hladiny pro zásobníky vody

### POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Navrhněte a realizujte vzorek systému pro vyhodnocování hladiny vody pro zásobníky vody, na principu měření elektrické vodivosti.

Zařízení musí splňovat následující parametry:

- provedení proti stříkající vodě (IPX4),
- bateriové napájení (alternativně z napájecího zdroje),
- optická indikace minimálně čtyř hladinových úrovní (0,  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{3}{4}$ , 1 ) max. stavu hladiny,- možnost komunikace pomocí BLUETOOTH s mobilním telefonem s vyhodnocením stavu.

Realizujte funkční prototyp zařízení.

### DOPORUČENÁ LITERATURA:

Podle pokynů vedoucího práce.

**Termín zadání:** 7.2.2022

**Termín odevzdání:** 2.6.2022

**Vedoucí práce:** Ing. Edita Hejátková

**Konzultant:** doc. Ing. Josef Šandera, Ph.D.

**doc. Ing. Jiří Háze, Ph.D.**  
předseda rady studijního programu

### UPOZORNĚNÍ:

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

## **Abstrakt**

Tato práce se zabývá problematikou návrhu zařízení pro vyhodnocování výšky vodní hladiny v zásobnících vody. V rešeršní části práce jsou popsány a porovnány druhy používaných hladinoměrů. Práce obsahuje proces návrhu řídicí logiky pro měření výšky vodní hladiny. Dále je popsán vytvořený program pro mikrokontroler a je vyřešena problematika výběru vhodného Bluetooth modulu. V rámci práce byl proveden návrh napájení zařízení se zaměřením na dlouhodobě autonomní provoz. Na základě znalosti jednotlivých subsystém byla navržena mechanická konstrukce výsledného zařízení, podle níž byla vyrobena deska plošného spoje. Nakonec je popsána vytvořená aplikace pro ovládání zařízení pomocí mobilního telefonu.

## **Klíčová slova**

Vodivostní hladinoměr, Schmittův klopný obvod, mikrokontroler, Bluetooth modul, Li-Ion, Fotovoltaický panel, Aplikace.

## **Abstract**

This thesis addresses the issue of designing a device for evaluating the water level in water reservoirs. The research part of this thesis introduces and compares types of level indicators in use. This thesis includes the description of designing the main logic for water level indication. The next chapter describes the program for the microcontroller and also addresses the choosing of the suitable Bluetooth module. Planning of the device's power supply layout with regard to long-term autonomous operation was also sorted out in the scope of this thesis. The mechanical structure of the device was designed based on the knowledge of the individual subsystems. Based on this mechanical structure, the printed circuit board was made. The application, specifically made for controlling this water level indicator using mobile phone, was described in the end.

## **Keywords**

Conductance level indicator, Schmitt trigger, microcontroller, Bluetooth module, li-Ion, Solar panel, Application.

## **Bibliografická citace**

HLUŠÍ, Martin. *Indikátor hladiny pro zásobníky vody*. Brno, 2022. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/142776>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav mikroelektroniky. 39 s., 12 s. příloh. Vedoucí práce Edita Hejátková.

# Prohlášení autora o původnosti díla

<b>Jméno a příjmení studenta:</b>	<i>Martin Hluší</i>
<b>VUT ID studenta:</b>	<i>216800</i>
<b>Typ práce:</b>	<i>Bakalářská práce</i>
<b>Akademický rok:</b>	<i>2021/22</i>
<b>Téma závěrečné práce:</b>	<i>Indikátor hladiny pro zásobníky vody</i>

Prohlašuji, že svou závěrečnou práci jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucí/ho závěrečné 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 závěrečné práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této závěrečné práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

V Brně dne: 2. června 2022

-----  
podpis autora

## **Poděkování**

Děkuji vedoucí práce Ing. Editě Hejátkové a konzultantovi bakalářské práce panu Doc.Ing. Josefovi Šanderovi Ph.D, za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé bakalářské práce.

V Brně dne: 2. června 2022

-----  
podpis autora

# Obsah

<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>8</b>
<b>ÚVOD .....</b>	<b>9</b>
<b>1 MĚŘENÍ VÝŠKY HLADINY .....</b>	<b>10</b>
1.1 MECHANICKÉ HLADINOMĚRY .....	10
1.2 ULTRAZVUKOVÉ HLADINOMĚRY .....	11
1.3 HYDROSTATICKÉ HLADINOMĚRY .....	12
1.4 PLOVÁKOVÉ HLADINOMĚRY .....	12
1.5 VODIVOSTNÍ HLADINOMĚRY .....	13
<b>2 KONCEPCE NÁVRHU HLADINOMĚRU .....</b>	<b>14</b>
2.1 MĚŘICÍ LOGIKA .....	15
2.1.1 <i>Návrh elektroniky pro vyhodnocování úrovní</i> .....	16
2.1.2 <i>Návrh indikace výsledků měření</i> .....	18
2.2 VYHODNOCOVACÍ A KOMUNIKAČNÍ LOGIKA .....	19
2.2.1 <i>Bluetooth modul</i> .....	19
2.2.2 <i>Výběr Bluetooth modulu</i> .....	19
2.2.3 <i>Mikrokontroler</i> .....	20
2.2.4 <i>Převod napěťových úrovní pro mikrokontroler</i> .....	26
2.3 NAPÁJENÍ ZAŘÍZENÍ .....	27
2.3.1 <i>Napájení měřicí logiky</i> .....	27
2.3.2 <i>Napájení vyhodnocovací a komunikační</i> .....	29
2.3.3 <i>Dobíjení Li-Ion článku pomocí fotovoltaického panelu</i> .....	31
2.4 MECHANICKÁ KONSTRUKCE .....	32
2.4.1 <i>Mechanická konstrukce hladinoměru</i> .....	32
2.4.2 <i>Deska plošného spoje</i> .....	34
2.4.3 <i>Mechanická konstrukce sondy</i> .....	36
2.5 APLIKACE PRO MOBILNÍ TELEFON .....	37
2.5.1 <i>Popis aplikace pro ovládání hladinoměru</i> .....	38
<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>47</b>
<b>LITERATURA .....</b>	<b>49</b>
<b>SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK .....</b>	<b>51</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH .....</b>	<b>52</b>

# SEZNAM OBRÁZKŮ

1.1 Princip funkce mechanického vztakového hladinoměru [1] .....	11
1.2 Princip funkce ultrazvukového hladinoměru [1] .....	12
1.3 Princip funkce měření hladiny vodivostními hladinoměry [3] .....	13
2.1 Koncepční schéma zařízení hladinoměru .....	14
2.2 Hysterezní smyčka Schmittova klopného obvodu [5] .....	15
2.3 Schéma realizace Schmittova klopného obvodu .....	16
2.4 Funkční diagram obvodu HEF40106BT [6] .....	17
2.5 Schéma základního členu obvodu pro měření úrovní .....	17
2.6 Popis vývodů mikrokontroleru ATmega328P v pouzdře TQFP-32 [11] .....	22
2.7 Schéma obvodu pro detekci vybití baterie s XC61CN3002MRN [12] .....	28
2.8 Schéma nabíječky Li-Ion akumulátorů s MAX1555EZK+T [16] .....	31
2.9 Vzhled mechanické konstrukce zařízení v otevřeném stavu .....	33
2.10 Vzhled mechanické konstrukce zařízení v uzavřeném stavu .....	34
2.11 Pohled na vrchní stranu neosazené DPS .....	35
2.12 Pohled na spodní stranu neosazené DPS .....	35
2.13 Mechanické konstrukce sondy hladinoměru [3] .....	36
2.14 Záložka Designer v prostředí MIT app inventor [17] .....	37
2.15 Záložka Blocks v prostředí MIT app inventor [17] .....	38
2.16 Vzhled aplikace pro dálkové ovládání hladinoměru .....	39
2.17 Vzhled aplikace s informačním oknem informujícím o vypnutém připojení Bluetooth .....	40
2.18 Seznam Bluetooth zařízení uložených v paměti telefonu .....	41
2.19 Vzhled aplikace s informačním oknem informujícím o nezdařeném pokusu o připojení .....	41
2.20 Vzhled aplikace po připojení k zařízení hladinoměru .....	41
2.21 Vzhled aplikace při indikaci zaplnění zásobníku ze 100 % .....	42
2.22 Vzhled aplikace při indikaci zaplnění zásobníku ze 75 % .....	42
2.23 Vzhled aplikace při indikaci zaplnění zásobníku z 50 % .....	42
2.24 Vzhled aplikace při indikaci zaplnění zásobníku z 25 % .....	43
2.25 Vzhled aplikace při indikaci zaplnění zásobníku z 0 % .....	43
2.26 Vzhled aplikace při indikaci neúspěšného pokusu o změření hladiny .....	43
2.27 Vzhled aplikace při předávání informace o stavu nabití 9 V baterie .....	44
2.28 Vzhled aplikace při ukončování spojení s připojeným zařízením .....	45
2.29 Vzhled aplikace po odpojení od zařízení hladinoměru .....	45
2.30 Vzhled aplikace po odpojení od zařízení pomocí roletkového menu systému Android .....	46
2.31 Vzhled aplikace při automatickém připojování k naposledy připojenému zařízení .....	46



# ÚVOD

Vodní zásobníky se používají k zásobě rodinných domů pitnou a užitkovou vodou, jako požární nádrže, zásobníky vody v karavanech a pro mnoho dalších aplikací. Při používání zásobníků vody je vhodné vědět, z jaké části jsou zásobníky zaplněny vodou, aby byla známa informace o tom, kolik vody je v zásobníku k dispozici. K tomuto účelu slouží takzvané hladinoměry, tato zařízení pracují na různých principech a jsou schopna poskytnout uživateli informaci o výšce hladiny vody s určitou přesností. Vodivostní hladinoměry fungují na principu uzavření měřicího obvodu přes měřenou kapalinu.

Před samotným návrhem vodivostního hladinoměru byly vytyčeny hlavní parametry, které by mělo výsledné zařízení splňovat. Zařízení by mělo být schopno měřit minimálně čtyři úrovně výšky hladiny, a to 0,  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{3}{4}$  a 1-násobek maximální výšky hladiny. Tyto výsledky měření musí být opticky indikovány. Dále musí být zařízení schopno komunikovat s mobilním telefonem pomocí Bluetooth. Zobrazování stavu pomocí mobilního telefonu může být výhodné tehdy, když se zařízení nachází na hůře přístupném místě, ale i tak musí být při komunikaci se zařízením mobilní telefon v jeho blízkém okruhu. Pomocí mobilního telefonu musí být tedy možné zjistit stav výšky hladiny v zásobníku vody. Zařízení má být napájeno pomocí baterií nebo akumulátorů tak, aby bylo zařízení dlouhodobě samostatné z hlediska napájení. Výsledné zařízení musí být provedeno tak, aby bylo odolné proti stříkající vodě podle stupně krytí IPx4.

Cílem této práce je zpracovat teorii vztahující se k metodám měření výšky vodní hladiny a určit výhody a nevýhody jednotlivých metod. Dalším cílem je navržení koncepce zařízení hladinoměru a postupný návrh jednotlivých subsystémů. Očekávanými subsystémy jsou měřicí logika, vyhodnocovací a komunikační logika a soustava pro zajištění napájení zařízení. Dalším cílem je navržení mechanické konstrukce zařízení. Následným úkolem je vytvoření aplikace pro mobilní telefon, která zajistí možnost bezkontaktního měření výšky vodní hladiny. Posledním cílem je realizace prototypu zařízení, jehož návrh je rozpracován v této práci.

V první části této práce budou rozděleny a popsány typy hladinměřů podle principu jejich funkce. V druhé kapitole bude pojednáno o samotném návrhu zařízení hladinoměru a rozdělí nám návrh do dalších podkapitol. V podkapitolách bude řešena problematika měření výšky hladiny, vyhodnocování výsledků měření a jejich indikace. Dále bude v podkapitolách rozebrána problematika komunikace pomocí Bluetooth a následně bude vybrán vhodný Bluetooth modul. Dále bude popsána problematika napájení jednotlivých subsystémů zařízení. Následně bude vytvořena a popsána koncepce mechanické konstrukce zařízení. Součástí poslední práce bude vytvoření a popis ovládání aplikace pro mobilní telefon, která zajistí bezkontaktní ovládání zařízení.

# 1 MĚŘENÍ VÝŠKY HLADINY

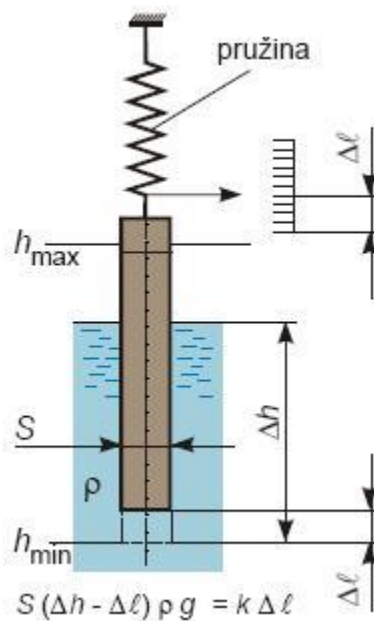
Zařízení pro měření výšky vodní hladiny neboli hladinoměry můžeme rozdělit do dvou kategorií podle spojitosti výsledků měření, a to na spojitě a nespojitě. Zařízení fungující na spojitém principu mají vysoké rozlišení a jejich informace o stavu výšky hladiny je z principu velmi přesná. Zařízení využívající princip nespojitého měření výšky hladiny mají naopak malé rozlišení a jejich měření je spíše jen orientační. Jsou však ve většině případů konstrukčně jednodušší a spolehlivější.

## 1.1 Mechanické hladinoměry

Nejjednodušším principem měření hladiny je mechanické měření výšky hladiny kapaliny nad dnem nádrže. Při měření je nutný přístup do vodní nádrže a je zde riziko chyby měření způsobené lidským faktorem. Pokud je nádrž se zařízením instalována pod zemí, může být velmi obtížné získat informaci o stavu výšky hladiny. Výhodou jsou nízké pořizovací náklady a spolehlivost zařízení.

Naprostojednodušším a nejstarším mechanickým hladinoměrem je těleso ve tvaru tyče. Toto měřidlo je buď pevně upevněno v nádrži, nebo se do nádrže při měření vloží a pro zjištění výsledků se vytáhne zpět ven. Takovéto měřicí tyče jsou většinou vybaveny stupnicí pro rychlý odečet výšky hladiny. Příkladem použití těchto měřidel je indikace výšky hladiny na vodních tocích. [1]

Další skupinou přístrojů pro měření výšky hladiny jsou hladinoměry využívající vztlakové síly působící na ponorné těleso. Ponorné těleso je u tohoto typu hladinoměru spojeno s pružinou, jejíž prodloužení je úměrné rozdílu tíhy ponorného tělesa a vztlakové síly působící na těleso podle Archimedova zákona. Při měření hladiny je nutným předpokladem, aby byla zachována konstantní hodnota hustoty kapaliny. Další nevýhodou může být malá hodnota zdvihu vztlakového tělesa při změně výšky hladiny. [1]

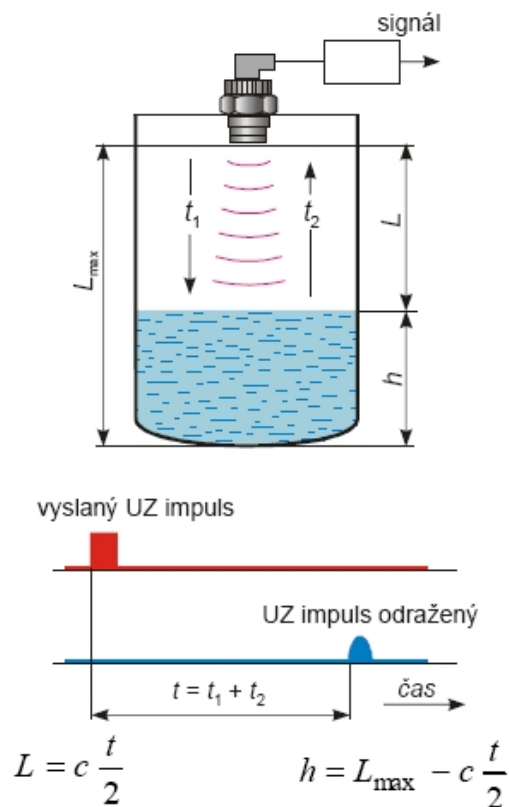


Obrázek 1.1 Princip funkce mechanického vztakového hladinoměru [1]

## 1.2 Ultrazvukové hladinoměry

V praxi velmi využívanou technologií pro měření výšky hladiny je ultrazvuk. Ultrazvukové hladinoměry jsou bezkontaktní a jsou založeny na principu měření času letu ultrazvukového signálu od zdroje na hladinu a zpět. Výhodou těchto hladinoměrů je možnost měření i vysoce reaktivních a hořlavých kapalin. Pro generování ultrazvukových signálů se využívá piezoelektrického krystalu. Tento krystal se také využívá ke snímání odraženého signálu. [2]

Ultrazvuk se ze své podstaty nešíří ve vakuu, a proto nelze tyto hladinoměry používat, pokud tlak plynu mezi vysílačem/snímačem a hladinou kapaliny klesne pod 60 kPa. Nevýhodou ultrazvukových hladinoměrů je i skutečnost, že piezoelektrický krystal není schopen ve stejný moment vysílat a zároveň přijímat ultrazvukový signál. Vzniká nám tedy určitý časový interval, během kterého není možné provádět záznam signálu. Z tohoto důvodu je nutné umístit zařízení do větší vzdálenosti od hladiny. Tato minimální vzdálenost je nazývána „mrtvá zóna“. Velikost mrtvé zóny závisí na velikosti piezoelektrického krystalu a na dosahu hladinoměru. Dalšími nevýhodami tohoto technického řešení jsou vysoká cena a složitost řídicí elektroniky. [1] [2]



Obrázek 1.2 Princip funkce ultrazvukového hladinoměru [1]

### 1.3 Hydrostatické hladinoměry

Dalším typem hladinoměru jsou hladinoměry hydrostatické. Tato měřidla využívají sondu, která měří tlak sloupce kapaliny nacházející se nad ní. Hodnota naměřeného tlaku je následně převedena na výšku hladiny. Je nutné si však uvědomit, že tlakový senzor v sondě neměří pouze hydrostatický tlak, ale také atmosférický tlak. Proto je nutné umístit druhý tlakový senzor nad vodní hladinu tak, abychom mohli následně odečíst hodnotu naměřeného atmosférického tlaku od tlaku naměřeného v kapalině. Podobně jako u předchozí metody měření výšky hladiny jsou i tady nevýhodami vysoké pořizovací náklady a složitější řídicí elektronika. [1]

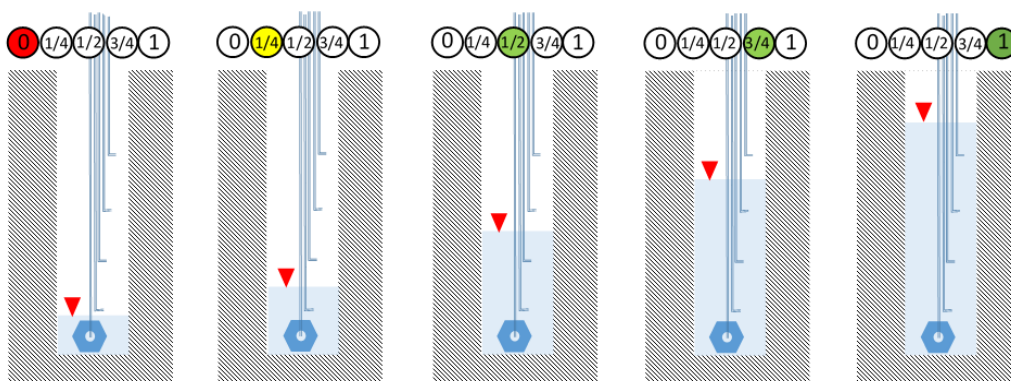
### 1.4 Plovákové hladinoměry

Plovákové hladinoměry fungují na bázi snímání svislého pohybu plováku. Tento svislý pohyb je převeden na pohyb rotační a poté je zaznamenáván bezkontaktně pomocí magnetického snímače. Výstupní signál ze snímače je zpracováván pomocí mikroprocesoru. Tělo plováku je vyrobeno z materiálu s hustotou menší, než je hustota vody, nebo se v plováku vytvoří vodotěsná dutina vyplněná vzduchem. [1]

Plovákové měření hladiny je hojně využíváno v nádržích vozidel, a to hlavně díky spolehlivosti systému a vhodnosti použití této metody pro hořlavé kapaliny. Značnou nevýhodou je, že pro kapaliny s různou hustotou musíme použít různé plováky, a tedy i různé protizávaží. Další nevýhodou plovákové metody měření hladiny je nerobustnost plováku a u nádrží provozních kapalin i nutnost použití mikroprocesoru pro vyhodnocení signálu příchozího z magnetického snímače. [1]

## 1.5 Vodivostní hladinoměry

Vodivostní hladinoměry jsou zkonstruovány pomocí elektrod umístěných v elektricky vodivé kapalině. Pokud je však tato kapalina hořlavá, nesmí dojít k přeskočení jiskry kdekoliv v zařízení, protože by mohlo dojít ke vznícení par kapaliny. Kladná elektroda je umístěna na dno nádrže a snímací konce jsou rovnoměrně rozmístěny v  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{3}{4}$  a 1-násobku z maximální kapacity nádoby. Pokud je hladina nad daným snímacím koncem, dojde k uzavření elektrického obvodu přes vodu. Po uzavření obvodu se dostane část napětí z katody na vstup řídicí logiky, kde je toto napětí detekováno pomocí řídicí logiky. [3] [4]



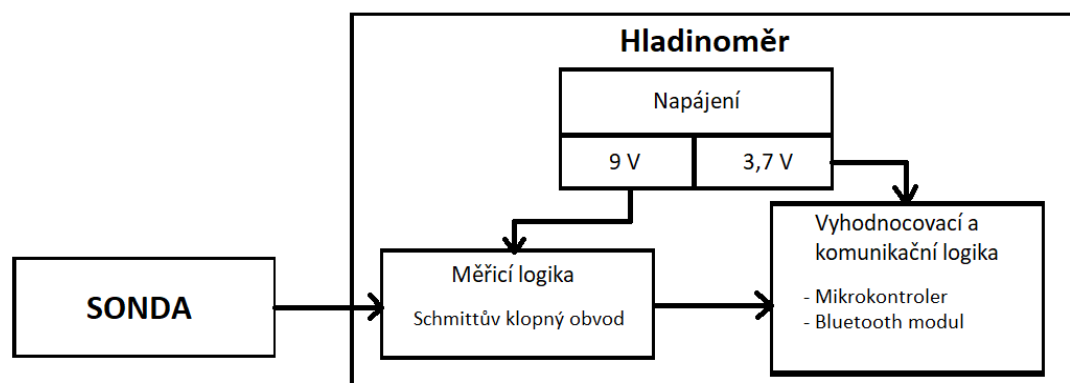
Obrázek 1.3 Princip funkce měření hladiny vodivostními hladinoměry [3]

K nevýhodám této metody patří nízká přesnost, protože se jedná o nespojitou metodu měření hladiny. Nespornou výhodou vodivostních hladinoměrů je nízká pořizovací cena a jednoduchost a spolehlivost řídicí logiky. [3]

## 2 KONCEPCE NÁVRHU HLADINOMĚRU

K vytvoření návrhu hladinoměru byla vybrána metoda měření na principu měření elektrické vodivosti kapaliny. Tato metoda byla vybrána k účelu měření výše hladiny v zásobnících vody, přičemž se předpokládá, že hodnota vodivosti vody může být různá v závislosti na teplotě, čistotě vody, obsahu minerálů atd. Protože měření výšky hladiny bude prováděno tak, že měřenou kapalinou bude téct stejnosměrný elektrický proud, mohlo by dojít k vyčerpání všech volných iontů v kapalině. Z tohoto důvodu je měřicí logika zařízení napájena pouze při samotném měření výšky hladiny. Při vyčerpání iontů v kapalině by již nebyl tok proudu kapalinou možný, a tudíž by zařízení nebylo funkční. Délka samotného měření závisí na uživateli zařízení, ale typicky nepřesáhne dobu 5 sekund. Z tohoto důvodu není nutné se zabývat problémem vyčerpání volných iontů v kapalině. Toto řešení využívající měření elektrické vodivosti kapaliny pro zjištění výšky hladiny bylo vybráno pro jeho univerzálnost a nízké výrobní náklady.

Hladinoměr je koncipován jako zařízení skládající se ze dvou částí. První částí je samostatná měřicí jednotka a druhou částí je sonda se závažím. Samotná měřicí jednotka se skládá z měřicí logiky, napájecího zdroje a vyhodnocovací a komunikační logiky. Měřicí logika má za úkol detekovat ponoření jednotlivých měřicích konců, tuto informaci poté posílá do vyhodnocovací logiky. Vyhodnocovací logika se skládá z mikrokontroleru a má za úkol zpracovat data přijatá z měřicí logiky. Součástí zpracování dat je i opticko-akustické indikace stavu výšky hladiny. Komunikační logika se stará o komunikaci zařízení s mobilním telefonem, a zajišťuje tedy možnost ovládat zařízení vzdáleně. Třetí částí zařízení je poté napájecí zdroj. Napájecí zdroj má za úkol napájet elektrickou energií jak měřicí, tak vyhodnocovací a komunikační logiku. Pro napájení vyhodnocovací a komunikační logiky je nutný zdroj o napětí 1,8 až 5,5 V, kdežto na napájení měřicí logiky je nutný zdroj s vyšším napětím (9 V).

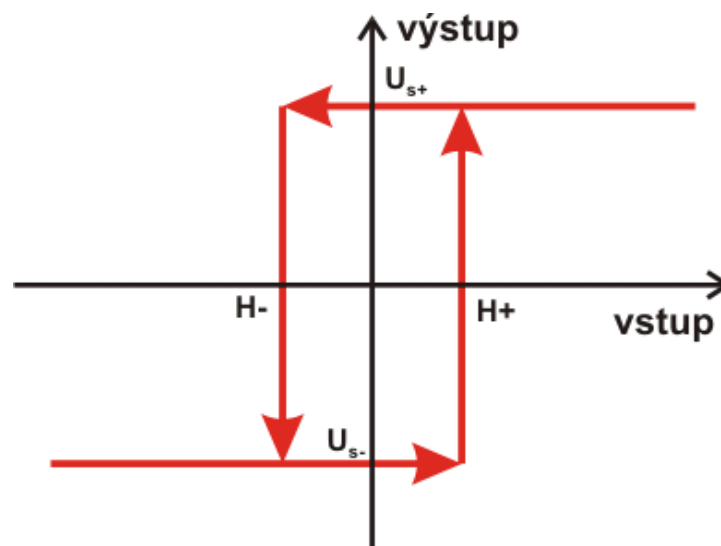


Obrázek 2.1 Konceptní schéma zařízení hladinoměru

## 2.1 Měřicí logika

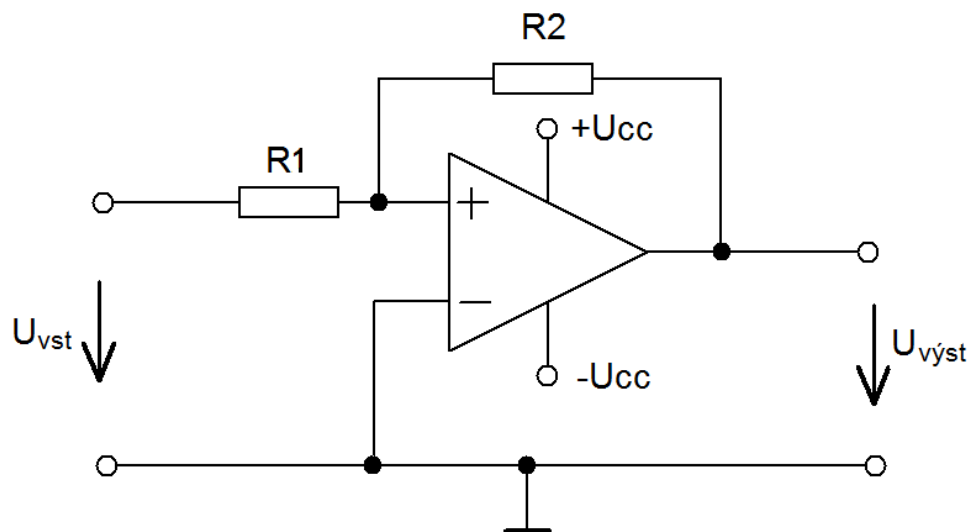
Nejosvědčenejším obvodem pro měření výšky hladiny vodivé kapaliny je tzv. Schmittův klopný obvod. Schmittův obvod je bistabilní obvod, který se chová jako komparátor s hysterezí. Změna stavu na výstupu nastane, pokud překročíme na vstupu určitou prahovou hodnotu napětí. Tato prahová hodnota napětí lze nastavit pomocí velikosti odporu rezistorů. [5]

Prahové hodnoty napětí jsou ve skutečnosti dvě, z toho jedna je vyšší a výstup při jejím překročení přechází na vysokou hodnotu a jedna nižší při níž výstup přechází na nízkou hodnotu. Vzhledem k tomu, že mezi kladnou a zápornou prahovou hodnotou napětí je určitý rozdíl, dochází zde ke vzniku takzvané hysterezní smyčky. Hysterezní smyčka je ohraničena prahovými hodnotami napětí na vstupu a hodnotami saturačního napětí na výstupu v obou stavech viz obrázek 2.2.



Obrázek 2.2 Hysterezní smyčka Schmittova klopného obvodu [5]

Vnitřní zapojení Schmittova obvodu se sestává z napětově řízeného operačního zesilovače a dvou rezistorů. Jeden je zapojen mezi neinvertujícím vstupem a výstupem zesilovače a druhý je zapojen v sérii s neinvertujícím vstupem. Invertující vstup zesilovače je připojen k zemi viz obrázek 2.3.



Obrázek 2.3 Schéma realizace Schmittova klopného obvodu

Napětí  $U_n$ , při kterém dojde k překlopení Schmittova obvodu je závislé na saturačním napětí  $U_s$  operačního zesilovače a na poměru odporů rezistorů  $R_1$  a  $R_2$ . [5]

$$U_n = \pm U_s \times \frac{R_1}{R_1 + R_2}, \quad (2.1)$$

Na vstup Schmittova klopného obvodu je tedy přiveden signál z měřicí sondy. Jelikož jsou 4 měřicí konce na sondě, tak musí řídicí logika sestávat ze čtyř klopných obvodů. Na každý vstup klopného obvodu je poté přiveden signál z daného měřicího konce měřicí sondy.

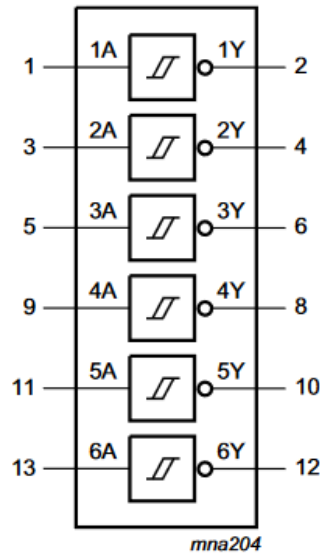
Po detekci výšky hladiny je nutné také zjištěnou výšku zobrazit uživateli zařízení. Nejčastější metodou zobrazení u nespojitých vodivostních hladinoměrů je použití diskrétních LED. Pokud obvod zaregistruje uzavření obvodu jedním nebo více snímacími konci, dojde k rozsvícení LED příslušící k nejvýše umístěnému snímacímu konci, který je v kontaktu s kapalinou. Další možností zobrazení výsledků měření je digitalizace výstupu Schmittova klopného obvodu a následný přenos této informace bezdrátově. K bezdrátovému přenosu se může využít standardu Bluetooth, Zigbee, nebo GSM. Po přenesení informace do jiného zařízení (např. mobilního telefonu) se v něm musí vytvořit prostředí pro zpracování přenesených signálů. V případě mobilního telefonu je výhodné vytvořit aplikaci s grafickým rozhraním. Toto grafické rozhraní zajistí snadnou obsluhu zařízení.

### 2.1.1 Návrh elektroniky pro vyhodnocování úrovní

Pro vyhodnocení výšky hladiny v nádrži je použit integrovaný obvod HEF40106BT. Tento již existující obvod byl vybrán pro jeho osvědčenost v praxi. Jedná se o šest nezávislých invertujících bufferů, z nichž každému je předřazen Schmittův klopný obvod.

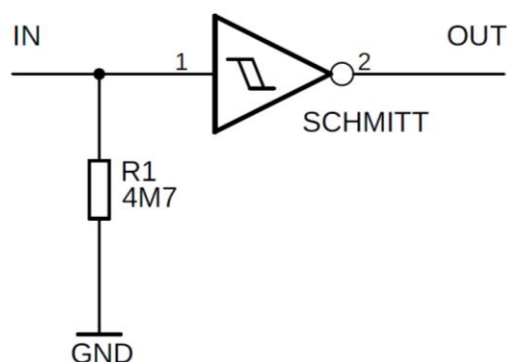


Jelikož má hladinoměr pouze 4 úrovně hladiny, jsou z tohoto obvodu pro měření hladiny využity pouze 4 stupně. Zbylé dva stupně jsou použity pro zvukovou signalizaci. Tento obvod lze napájet napětím v rozsahu od 3 do 15 V.



Obrázek 2.4 Funkční diagram obvodu HEF40106BT [6]

Signál z měřicí sondy je přiveden na vstup Schmittova klopného obvodu. Paralelně k tomuto vstupu (mezi vstupem a zemí) je připojen rezistor  $R_1$  (viz obrázek 2.5), který tvoří společně s odporem vody mezi měřicími konci napěťový dělič. Napětí na vstupu Schmittova obvodu je tedy dáno poměrem odporů děliče, a proto musí být odpor rezistoru  $R_1$  zvolen řádově stejný jako odpor vody mezi měřicími konci. V případě tohoto zařízení byl zvolen rezistor o hodnotě  $4,7 \text{ M}\Omega$ .



Obrázek 2.5 Schéma základního členu obvodu pro měření úrovní

### 2.1.2 Návrh indikace výsledků měření

Indikace výsledků měření je provedena pomocí 5 LED. Dvě světelné diody, které signalizují nepřítomnost žádného měřicího konce ve vodě (prázdna nádrž) a přítomnost 1 měřicího konce ve vodě (1/4 obsahu nádrže), jsou červené.

Při dosažení dané úrovně hladiny se rozsvítí příslušná indikační LED a všechny LED indukující dosažení úrovní nižších a vyšších přestanou svítit.

Výstupem měřicí logiky je 5 logických úrovní. Na výstupu daného Schmittova klopného obvodu je log. úroveň 0 tehdy, když je dosaženo patřičné výšky (úrovně) hladiny. Naopak je na daném výstupu log. úroveň 1, vždy když k dosažení patřičné výšky hladiny nedojde. Pokud bychom tedy pouze připojili katody LED k výstupům Schmittových klopných obvodů, svítily by všechny LED signalizující dosažení, a i přesáhnutí dané úrovně (byla by tedy plná nádrž, svítily by všechny LED). To by nemusel být až tak markantní problém, ale pokud chceme snížit celkovou spotřebu zařízení, je vhodné, aby se po dosažení příslušné výšky hladiny rozsvítila pouze patřičná LED. Toto spínání jednotlivých LED je řešeno pomocí mikrokontroleru v samotné vyhodnocovací části zařízení (viz kapitola 2.2.3).

Pro indikaci jsou použity LED, které mají svítivost okolo 150 mcd (červené LED mají svítivost 90 mcd) při procházejícím proudu 20 mA. Do série s LED musí být zařazeny rezistory pro limitaci procházejícího proudu. Maximální hodnota napájecího napětí části zařízení pro vyhodnocování a signalizaci úrovní hladiny je 4,2 V.

$$R = \frac{U}{I} = \frac{4,2}{0,02} = 210 \Omega$$

Pro zvýšení životnosti LED je zvolen rezistor o odporu vyšším, než je odpor teoreticky vypočítaný. Z řady odporů E12 byla vybrána hodnota rezistoru 680  $\Omega$ .

## 2.2 Vyhodnocovací a komunikační logika

### 2.2.1 Bluetooth modul

Bluetooth moduly jsou komponenty, které zajišťují bezdrátový přenos dat přivedených na jejich vstup. Při tomto přenosu dat používají standard zvaný Bluetooth.

Bluetooth je komunikační protokol používaný pro bezdrátový přenos dat. Data jsou přenášena skrze 79 kanálů pomocí rádiových vln ve frekvenčním rozsahu 2,402 GHz až 2,480 GHz. Toto pásmo rádiových frekvencí je nelicencované. Bluetooth protokol se hojně využívá pro přenos audio signálu mezi dvěma zařízeními. Příkladem jsou bezdrátové reproduktory, sluchátka nebo propojení mobilního telefonu s infotainmentem automobilu. [7] [8]

Bluetooth funguje na principu odesílání a přijímání datových balíčků ve formě rádiových vln. Aby bylo zařízení schopné komunikovat pomocí standardu Bluetooth, musí obsahovat příslušný komunikační adaptér. Tento adaptér se poté stará o komunikaci neboli odesílá a přijímá data. Tento adaptér má určitý dosah signálu, který určuje, jak blízko u sebe musí být adaptér zařízení komunikujícího s adaptérem druhého zařízení. Pokud jsou tyto dva adaptéry v dostatečné blízkosti (v dosahu), může dojít k navázání spojení mezi nimi. [8]

Pro snížení rušení v přenosovém pásmu se využívá princip frekvenčních skoků. Frekvenční skoky jsou opakované přepínání přenosové frekvence během bezdrátového přenosu dat. [8]

### 2.2.2 Výběr Bluetooth modulu

Pro indikátor hladiny byly vtypovány 3 Bluetooth moduly, které jsou běžně k dostání a cenově dostupné. Tyto moduly jsou HC-05, který je hojně používán s vývojovými deskami Arduino a modul SPP-C, který je výrobcem popisován jako alternativa modulu HC-05.

Nejprve je nutné porovnat základní parametry obou modulů a z nich zjistit ten vhodnější pro aplikaci v indikátoru vodní hladiny. Z hlediska napájecího napětí jsou na tom oba moduly shodně, a to možnost napájení napětím v rozmezí od 1,8 do 5,5 V. Oba moduly obsahují vestavěné regulátory napětí, a tedy nevádí, když dojde k poklesu napájecího napětí u těchto modulů. Z hlediska spotřeby energie je výhodnější modul SPP-C, který odebírá maximálně proud 20 mA a v režimu „slave sniff 1.28s“ odebírá pouze 420  $\mu$ A. Modul HC-05 odebírá maximálně proud, a to 30 až 40 mA, navíc nemá funkci přepnutí do úspornějšího „sniff“ módu s nižší spotřebou. Dalším parametrem jsou fyzické rozměry. Modul SPP-C má délku 26,7 mm a šířku 13 mm. Modul HC-05 má délku 27 mm a šířku 12,7 mm. Protože bude zařízení používáno ve venkovních podmínkách je důležitý i rozsah provozní teploty okolí. Modul HC-05 je schopen pracovat při okolních teplotách v rozsahu od -25 do +75 °C. Modul SPP-C je schopen fungovat v rozsahu teplot

od -40 do 150 °C. Dalším parametrem je počet použitelných vstupně výstupních svorek. Modul SPP-C má 12 využitelných vstupně výstupních svorek, což je stejný počet jako u modulu HC-05. Jelikož však budou data do Bluetooth modulu posílána sériově není počet vstupně výstupních svorek důležitý. Oba moduly jsou tedy schopny komunikovat s mikrokontrolerem sériově pomocí UART. [9] [10]

Tabulka 2.1 Porovnání klíčových parametrů vybraných Bluetooth modulů

Parametr	SPP-C	HC-05
Napájecí napětí [V]	1,8 až 5,5	1,8 až 5,5
Proudový odběr [mA]	3	40
Délka/šířka [mm]	26,7/13	27/12,7
Provozní teplota [°C]	-40 až 150	-25 až 75
Sériová komunikace	UART	UART

Pro zařízení indikátoru vodní hladiny je použit Bluetooth modul SPP-C. Ten byl vybrán díky nižší spotřebě energie a s tím spojený provoz modulu v módu „slave sniff“, přijatelným rozměrům a vhodnému komunikačnímu protokolu sériové komunikace.

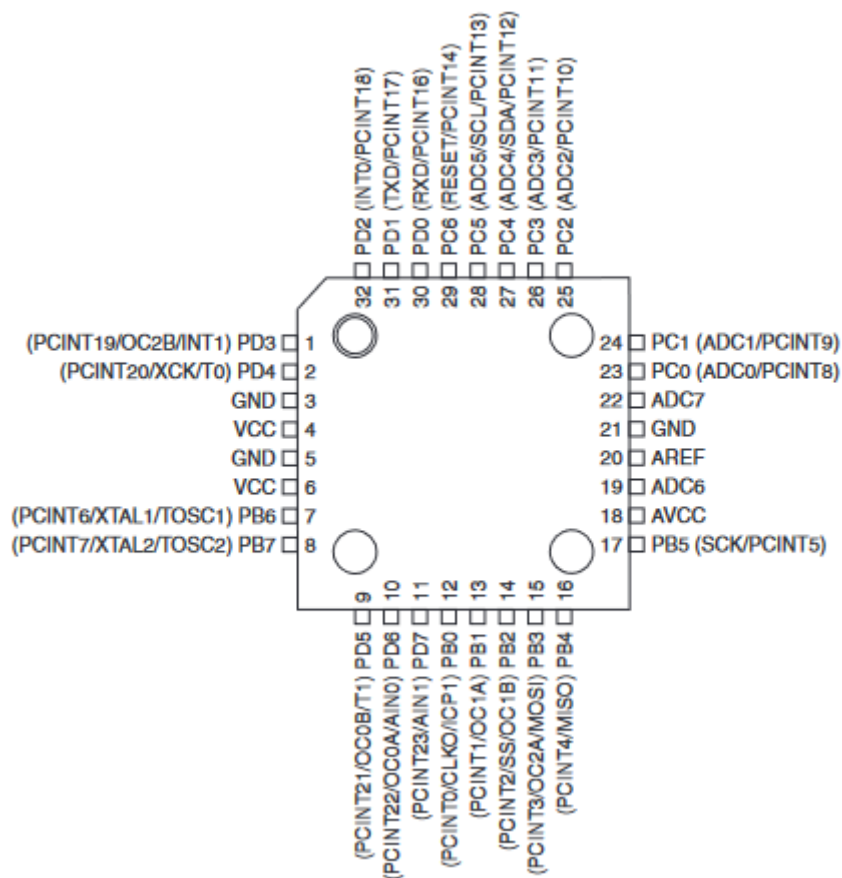
Před samotnými testy a programováním byl vybrán Bluetooth modul WT5105-M1 SMD, ten však nebylo možné ani po vícenásobných pokusech naprogramovat a uvést do provozuschopného stavu.

### 2.2.3 Mikrokontroler

Jako hlavní komponenta vyhodnocovací části obvodu hladinoměru je použit mikrokontroler ATmega328P. Jedná se o 8bitový mikrokontroler vytvořený pomocí CMOS technologie fungující na AVR RISC architektuře. Mikrokontroler disponuje 23 vstupně výstupními programovatelnými svorkami. Pro zařízení hladinoměru byl využit mikrokontroler v pouzdře TQFP-32. Mikrokontroler je možné provozovat pomocí napětí od 1,8 V do 5,5 V, kdy jeho absolutně maximální napájecí napětí je 6 V. Samotný proudový odběr mikrokontroleru je 12 mA (není zde započítán odběr periférií na vstupně výstupních svorkách). Každá vstupně výstupní svorka je poté schopna dodat proud maximálně 40 mA. Flash programová paměť mikrokontroleru je 32 KB, paměť EEPROM má velikost 1KB a interní paměť SRAM disponuje kapacitou 2KB. Uložená data v paměti jsou schopna zůstat po dobu 100 let při teplotě okolí 20 °C. [11]

Jak již bylo zmíněno, mikrokontroler disponuje 32 svorkami, z níž je 23 svorek vstupně výstupního charakteru. Z těchto 23 vstupně výstupních svorek je ve výsledném zařízení využíváno 21 těchto svorek. Svorky PC0 až PC4 (svorky číslo 23 až 27 viz obrázek 2.6) včetně jsou využívány k externí volbě úrovně při jejímž dosažení bude docházet ke zvukové signalizaci. Před těmito svorkami se nacházejí konektory, na kterých se pomocí zkratovací propojky nastavuje příslušná úroveň, jenž má být zvukově

signalizována. Svorka PC5 (svorka č. 28) je využívána pro detekci sepnutí tlačítka pro manuální měření výšky hladiny v zásobníku. Na svorky s označením PD0 až PD3 (svorky č. 30, 31, 32 a 1) jsou přivedeny výstupy z jednotlivých Schmittových klopných obvodů. Logická úroveň na jednotlivých vstupech se při dosažení patřičné úrovně hladiny změnění na logickou úroveň 0. Svorky PD4 a PD5 (svorky č. 2 a 9) jsou využity pro sériovou komunikaci s Bluetooth modulem. Svorka PD4 je používána pro přenos dat z mikrokontroleru do Bluetooth modulu a svorka PD5 je použita pro přenos dat z Bluetooth modulu do mikrokontroleru. Svorka PD6 (svorka č. 10) je používána jako vstupní svorka pro zjištění informace o stavu nabití 9V baterie. Pokud dojde k vybití této baterie pod hodnotu 7,5V, spojí integrovaný obvod XC61CN3002MRN tuto vstupní svorku se zemí. Svorka PD7 (svorka č. 11) je využívána jako výstupní a má za úkol spínání napájení řídicí logiky pomocí bipolárního tranzistoru typu NPN. Toto spínání je prováděno při požadavku zjištění stavu výšky hladiny v zásobníku za pomoci mobilní aplikace. Svorka PB0 (svorka č. 12) je využívána jako výstupní svorka a je připojena k zápornému pólu piezoměniče. Pokud tedy dojde k uzemnění této svorky, spustí se zvuková signalizace dosažení příslušné úrovně výšky hladiny v zásobníku. Svorky označené jako PB1 až PB5 (svorky č. 13 až 17) jsou využívány jako výstupní k vizuální signalizaci stavu výšky hladiny v zásobníku. Svorka PB1 je připojena na katodu zelené LED, jenž signalizuje to, že je nádrž s kapalinou zaplněna ze 100 %. Svorka PB2 je připojena na katodu žluté LED, která signalizuje zaplnění nádrže ze 75 %. Svorka PB3 je připojena na katodu oranžově svítící LED, jenž indikuje zaplnění zásobníku z 50 %. Svorky PD4 a PD5 jsou každá napojena na katodu červené LED, jenž jedna indikuje zaplnění nádrže z 25 % (PD4) a druhá z 0 % (PD5).



Obrázek 2.6 Popis vývodů mikrokontroleru ATmega328P v pouzdře TQFP-32 [11]

Samotný mikrokontroler je programován pomocí ICSP programátoru. Mikrokontroler je tedy možné programovat až po zapájení na desku plošného spoje a programování probíhá sériově. Pro samotné programování je použito zařízení USBASP V2.0. Výstupní svorky na zařízení USBASP V2.0 jsou popsány stejně jako svorky mikrokontroleru na které mají být připojeny. Toto zařízení je propojeno s programovacím konektorem na DPS pomocí 6 vodičů. Tyto vodiče korespondují se svorkami mikrokontroleru s názvy MISO (svorka č. 16), MOSI (svorka č. 15), SCK (svorka č. 17), RESET (svorka č. 29), VCC (svorky č. 4 a 6) a GND (svorky č. 5 a 3). Rozmístění těchto svorek je k nahlédnutí na obrázku nahoře.

Programování mikrokontroleru ATmega328P bylo provedeno pomocí softwarového prostředí Arduino IDE. Samotný program se skládá z inicializační části (setup) a stále se opakující části (loop). V inicializační části jsou nastaveny všechny vstupně výstupní piny jako buď vstupní, nebo výstupní, dále jsou nadefinovány svorky pro sériovou komunikaci s Bluetooth modulem. Nakonec je spuštěna sériová komunikace s Bluetooth modulem a je nastaven i takzvaný Baud rate, neboli rychlost komunikace (počet změn hodnoty signálu za sekundu) jako 9600 Baudů. V opakující se části programu jsou kladeny 3

klíčové dotazy. Nejprve je kladen dotaz, zda jsou v sériovém portu přítomny data k přečtení. Poté je kladen dotaz, jestli jsou přítomna již zpracovaná data k vyhodnocení. Nakonec je kladena otázka, zda nedochází k manuálnímu měření stavu hladiny pomocí tlačítka na DPS.

```
void loop()
{
    if (seriovePorty.available() > 0)
        { PrijimaniDat(); } /* jestliže jsou přítomny
data k přečtení, tak se zavolá funkce PrijimaniDat */
    if (novaData)
        { vyhodnocovaniDat(); } /* jestliže jsou přijatá
data zpracována, tak se zavolá funkce vyhodnocovaniDat */
    if (digitalRead(A5) == LOW)
        { ManualniMereni();} /* jestliže je prováděno
manuální měření, tak se zavolá funkce ManualniMereni */
    else
        { VypniVse();} // pokud ne, jsou vypnuty periferie
}
```

Pokud jsou v sériovém portu dostupná data pro přijetí, je zavolána funkce, která má za úkol data přijmout, získat z nich potřebné charaktery a ty zapsat do proměnné. Samotná data jsou posílána z mobilní aplikace ve tvaru „<XX>“, tedy počáteční uvozovací charakter (<) následně dva charaktery, jenž specifikují požadavek na zjištění potřebné informace, a nakonec ukončovací charakter (>). V současné době jsou využívány 2 požadavky, které se vysílají z mobilní aplikace do mikrokontroleru. Prvním požadavkem je požadavek na zjištění stavu výšky hladiny v zásobníku vody, v tomto případě je vyslán požadavek „<EN>“. Druhým požadavkem, který je možno vyslat je požadavek na zjištění, jestli není nutné vyměnit 9 V baterii, která napájí měřicí logiku. V tomto případě je vyslán požadavek „<BA>“.

```

void PrijimaniDat()
{
    static boolean posilaniDat = false;           // lokální ukazatel
    static byte poradi = 0;
    char zacatek = '<';
    char konec = '>';
    char mp;                                     // meziproměnná

    if (seriovePorty.available() > 0)
    {
        // pokud je na pinu RX informace z BT moduu
        mp = seriovePorty.read();
        // charakter informace z BT modulu se nahraje do meziproměnné mp
        if (posilaniDat == true)
        {
            if (mp == konec) // pokud je v meziproměnné zank '>'
            {
                prijateChar[poradi] = '\\0'; // ukončí se řetězec
                posilaniDat = false;
                poradi = 0; // rozměr pole se vrátí na 0
                novaData = true; // informace o přijetí nových dat
            }
            else
            {
                prijateChar[poradi] = mp;
                // nahrání zanku do char. pole
                poradi++; // posun o jednu položku v poli
            }
        }

        else if (mp == zacatek) { posilaniDat = true; }
        // pokud je v mezipaměti znak '<' dojde ke změně ukazatele posilaniDat
    }
}

```

Pokud jsou přítomna již přijatá a zpracovaná data k vyhodnocení, je zavolána funkce vyhodnocující data. Tato funkce zjistí, jestli byl vyslán požadavek na zjištění stavu výšky vodní hladiny (EN), nebo jestli byl vyslán požadavek na zjištění informace o nutnosti výměny 9V baterie (BA).

```

void vyhodnocovaniDat()
{
    novaData = false;
    // indikátor vyhodnocení dat se nastaví zpět na false

    if (vypis) { Serial.println( prijateChar ); }
    // vypsání přijatých a vyhodnocených dat do konzole

    if (prijateChar[0] == 'E' && prijateChar[1] == 'N' )
        {mereni ();} // Zavolání funkce měření
    if (prijateChar[0] == 'B' && prijateChar[1] == 'A')
        {stav9Vbaterie ();}
    // Zavolá funkci na zjištění stavu nabití 9V baterie
}

```



Pokud byl vyslán požadavek na zjištění výšky hladiny vody v zásobníku, zavolá tato funkce další funkci, která má za úkol zajistit měření výšky hladiny a následné odeslání výsledků měření do sériového portu. Samotné měření probíhá nastavením logické hodnoty na vstupně výstupním pinu PD7 (pin č. 11) na log. 1 (zapne se měřicí logika), následně je zařazeno časové zpoždění, aby došlo spolehlivě k provedení měření a následně jsou přečteny logické hodnoty na vstupních svorkách PD0 až PD3 (včetně). Dále je výsledek měření odeslán. Nakonec se nastaví logická hodnota vstupně výstupního pinu zpět na log. 0 (odpojí se napájení měřicí logiky).

Pokud je vyslán požadavek na zjištění informace o tom, zda je nutné vyměnit 9 V baterii, dojde k zavolání funkce, která zjišťuje, jestli je 9 V baterie dostatečně nabitá. Zjišťování informace o stavu nabití baterie probíhá ve čtyřech krocích. Prvním krokem je zapnutí měřicí logiky výstupním pinem PD7. Druhým krokem je časové zpoždění tak, aby obvod XC61CN3002MRN, který hlídá, jestli je 9 V baterie vybitá, spolehlivě vyhodnotil stav jejího nabití. Třetím krokem je přečtení logické hodnoty na vstupní svorce PD6 a následné vyhodnocení a odeslání informace o stavu nabití baterie. Odešle se tedy informace o tom, že je baterie buď nabitá, nebo vybitá. Posledním krokem je vypnutí měřicí logiky nastavením logické úrovně 0 na výstupní svorce PD7.

```
void stav9Vbaterie ()
{
    digitalWrite(7, HIGH);
    // zapne hlavní řídicí logiku
    delay(100);
    // prodleva aby bylo zajištěno, že je řídicí logika zapnuta
    if (digitalRead (6))
    {
        seriovePorty.print ("NABITA") ;
        /* pokud je na pinu D10 logická úroveň 1, vyšle pomocí Bluetooth text
        "NABITA" */
    }
    else
    {
        seriovePorty.print ("VYBITA") ;
        /* pokud je na pinu D10 logická úroveň 0, vyšle pomocí Bluetooth text
        "VYBITA" */
    }
    digitalWrite(7, LOW);
    // vypne hlavní řídicí logiku
}
```

Pokud je kladen dotaz na zjištění stavu výšky hladiny v zásobníku kladen manuálně (pomocí tlačítka na DPS), je zavolána funkce zajišťující měření a opticko-zvukovou signalizaci stavu výšky hladiny. Optická signalizace je provedena pomocí LED umístěných na hlavní DPS zařízení. Tyto LED jsou spínány pomocí mikrokontroleru. Zvuková signalizace je provedena pomocí piezoměniče s vlastním generátorem signálu, který je spínán opět pomocí použitého mikrokontroleru. Funkce zajišťující měření a

opticko-zvukovou signalizaci již měřicí logiku nezapíná (ta je zapínána tlačítkem). Tato funkce je tedy zavolána tehdy, když je zmáčknuto tlačítko pro manuální měření. Prvním příkazem v této funkci je časové zpoždění, tak aby bylo zajištěno spolehlivé měření výšky hladiny. Poté jsou přečteny logické hodnoty na vstupních svorkách PD0 až PD3 (výstupy ze Schmittových klopných obvodů) a zároveň jsou přečteny logické hodnoty na vstupních svorkách PC0 až PC4 (včetně). Hodnoty na svorkách PC0 až PC4 jsou používány pro nastavení úrovně, při jejímž dosažení dojde ke zvukové signalizaci. Navolení úrovně pro zvukovou signalizaci je uživatelsky nastavitelný parametr a je nastavován pomocí přesouvání zkratovací propojky mezi k tomu určenými konektory DPS. Podle hodnot získaných ze svorek PD0 až PD3 jsou následně sepnuty jednotlivé indikační LED. Zároveň je případně spuštěna zvuková signalizace dosažení patřičné úrovně hladiny podle logické úrovně na vstupních svorkách PC0 až PC4 (podle umístění zkratovací propojky).

#### **2.2.4 Převod napěťových úrovní pro mikrokontroler**

Mikrokontroler pracuje na napětí 2,4 až 4,2 V, ale vyhodnocovací logika je napájena napětím 9 V. Při vyslání dat z měřicí logiky do mikrokontroleru musíme tedy převést napětí z hodnoty 9 V na hodnotu maximálně napájecího napětí mikrokontroleru +0,5 V. Napětí při log. úrovni 1 však musí být vyšší než polovina napájecího napětí mikrokontroleru, tak aby byla zaregistrována log. úroveň 1. Napětí při log. úrovni 0 musí být naopak nižší než polovina napájecího napětí mikrokontroleru ke správnému vyhodnocení log. úrovně 0. Například napájecím napětí mikrokontroleru 4 V musí být napětí na I/O pinu větší než 2,1 V pro správné „přečtení“ log. 1 a menší než 1,7 V pro správné „přečtení“ log. 0. [11]

Při převodu napětí z úrovně napájení měřicí logiky na úroveň přijatelnou pro mikrokontroler jde vždy o převod z vyššího napětí na nižší. Zároveň je využíván přenos informace pouze jedním směrem (z měřicí logiky do mikrokontroleru). Díky těmto skutečnostem je možno pro převod napěťových úrovní použít místo převodníku pouhý dělič napětí (sníží se tak složitost i výrobní cena).

## 2.3 Napájení zařízení

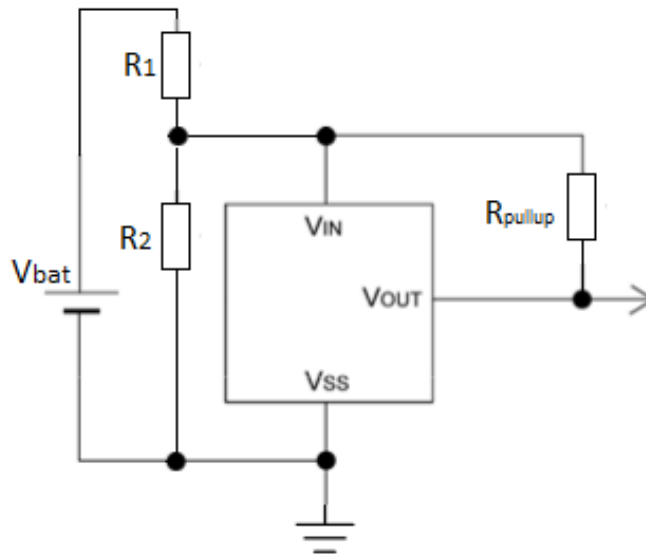
Jak měřicí logika, tak mikrokontroler a Bluetooth modul potřebují ke své funkci zdroje elektrické energie. Zařízení může být provozováno v oblastech bez dostupnosti elektrické energie ze sítě. Proto je vhodné řešení napájení za pomoci akumulátoru nebo baterie. Pro měřicí logiku je výhodné, aby byla napájena napětím zhruba 9 V. Bluetooth modul a mikrokontroler musí být napájeny zdrojem s napětím od 1,8 do 5,5 V.

### 2.3.1 Napájení měřicí logiky

Pro napájení obvodu měřicí logiky je potřebný zdroj o napětí v rozmezích udávaných v technických listech integrovaných obvodů, která jsou zde použity. Integrovaný obvod HEF40106BT použitý v měřicí logice lze napájet zdrojem napětí s velikostí od -0,5 do +15 V. Napětí však musí být dostatečně velké tak, aby docházelo k průchodu dostatečně velkého proudu mezi konci čidla. Proud mezi konci čidla závisí i na druhu kapaliny v nádrži. Pokud bude kapalinou voda, závisí tento proud i na obsahu nečistot, minerálů, na teplotě atd. Pokud by tyto konce byly blízko u sebe, stačilo by napájecí napětí o hodnotě zhruba 5 V. Pokud však chceme měřit výšku hladiny ve velmi hlubokých nádržích, je nutné, aby toto napájecí napětí bylo vyšší, a to minimálně 7 V.

Vzhledem k tomu, že měřicí logika bude k napájení připojena pouze v případě požadavku na zjištění stavu výšky hladiny v nádrži, je možné ji napájet pomocí baterie o nominální hodnotě napětí 9 V. Díky tomu, že výzvy na zjištění stavu hladiny budou probíhat pouze minimálně, je očekávána dlouhá výdrž baterie. Tuto baterii je však nutné po jejím vybití vyměnit.

Aby uživatel zařízení věděl, kdy je nutné baterii vyměnit, je součástí napájení i obvod pro signalizaci vybité baterie. Hlavní komponentou obvodu je detektor napětí XC61CN3002MRN. Jedná se o přesný detektor napětí s malou spotřebou. Tento integrovaný obvod disponuje vnitřní napětíovou referencí. Tuto napětíovou referenci poté detektor napětí porovnává s poměrově sníženou hodnotou napětí na vstupní svorce. Pokud poměrově snížená hodnota napětí na této svorce klesne pod hodnotu vnitřního referenčního napětí, je výstupní svorka tohoto obvodu uzemněna. Vybraný detektor napětí uzemní výstupní svorku „Vout“ tehdy, když hodnota napětí na vstupní svorce „Vin“ klesne pod 3 V. Aby tedy došlo k detekci vybité baterie při jejím napětí rovém 7 V, musíme před integrovaný obvod zařadit ještě napětíový dělič (viz obrázek 2.7). Proud, který protéká tímto děličem musí být nejméně 100krát větší, než je proud tekoucí do vstupní svorky obvodu. Velikost maximálního proudu tekoucího do vstupní svorky obvodu je 3  $\mu$ A. [12]



Obrázek 2.7 Schéma obvodu pro detekci vybití baterie s XC61CN3002MRN [12]

$$V_{MON} = \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) \times V_{REF}, \quad (2.2)$$

Po vyjádření  $R_1$  ze vzorce (2.2) dostaneme vzorec pro výpočet velikosti jednoho z dvou odporů v děliči.

$$R_1 = \left(\frac{V_{MON}}{V_{REF}} - 1\right) \times R_2$$

Napětí  $V_{MON}$ , při kterém má dojít k indikaci vybité baterie, je minimální napětí nutné ke správné funkci logiky vyhodnocování úrovní, a to tedy zhruba 7 V.  $V_{REF}$  je napětí na vstupní svorce integrovaného obvodu, při kterém dojde k uzemnění výstupní svorky, tedy 3 V. Velikost rezistoru  $R_2$  je zvolena tak, aby proud procházející děličem nebyl příliš velký, ale zároveň byl minimálně 100krát větší než proud tekoucí do svorky „Vin“ (3  $\mu$ A). Hodnota odporu  $R_2$  byla vybrána 10 k $\Omega$ . [12]

$$R_1 = \left(\frac{V_{MON}}{V_{REF}} - 1\right) \times R_2 = \left(\frac{7}{3} - 1\right) \times 10 \times 10^3 = 13,33 \text{ k}\Omega$$

Hodnota odporu  $R_1$  je vybrána z řady E12 podle předchozího výpočtu jako 15 k $\Omega$ . Z hodnot velikosti použitých odporů  $R_1$  a  $R_2$  a hodnoty napěťové reference je vypočítáno podle vzorce (2.2) napětí, při kterém dojde k signalizaci vybité baterie.

$$V_{MON} = \left(1 + \frac{15 \times 10^3}{10 \times 10^3}\right) \times 3 = 7,5 \text{ V}$$

Signalizace vybité baterie nastane při poklesu napětí 9 V baterie pod hodnotu 7,5 V.

Proudový odběr měřicí logiky je velmi malý, avšak pokud by byla měřicí logika stále napájena, mohlo by dojít k vyčerpání všech volných iontů v kapalině (vodě). V tomto případě by již nebylo možné provádět další měření, protože mezi měřicími konci by

neprocházel kapalinou žádný proud a zařízení by tedy nebylo funkční. Vhodné je tedy připojit napájení k obvodu jen v případě, požadavku na zjištění stavu výšky hladiny. Toto spínání lze provádět manuálně (pomocí tlačítka) nebo přes Bluetooth pomocí mobilní aplikace. Pro spínání za pomoci Bluetooth modulu je nutné napájení spínat buď pomocí relé, nebo pomocí tranzistoru.

Při spínání pomocí mechanických prvků (relé, tlačítko) může docházet k jiskření. Takto vzniklé jiskry mohou způsobit zapálení hořlavých plynů v nádrži s kapalinou. Z tohoto důvodu je vhodnější se v tomto případě mechanickým spínacím prvkům vyhnout. Pokud je však jejich použití nevyhnutelné, je nezbytně nutné, aby byly od nádrže s hořlavými výparry kapaliny hermeticky odděleny. Při použití vakuového spínacího relé jsou mechanické spínací kontakty uvnitř relé hermeticky odděleny od objemu nádrže. [13]

Spínání měřicí logiky je prováděno dvěma způsoby. Prvním způsobem spínání je použití tlačítka, které je využíváno při požadavku zjištění stavu výšky hladiny v zásobníku bez použití mobilního telefonu (kontaktní cestou). Po stisknutí tlačítka dojde k propojení záporného pólu baterie a takzvané „spínané země“ měřicí logiky. Na tuto spínanou zem měřicí logiky jsou připojeny vývody součástek, které by byly v typickém obvodu připojeny k zemi. Mezi tyto vývody součástek patří mimo jiné záporný napájecí pól integrovaného obvodu HEF40106BT.

Druhým způsobem spínání měřicí logiky je použití bipolárního tranzistoru typu NPN. Tento způsob je využíván při zjišťování výšky hladiny zásobníku s použitím mobilního telefonu. Po přijetí dat pomocí Bluetooth modulu mikrokontroler přepne logickou úroveň na výstupní svorce PD7, která je připojena přes rezistor na bázi NPN tranzistoru. Tento tranzistor je kolektorem připojen ke spínané zemi měřicí části zařízení a emitorem je připojen k záporné svorce 9V baterie. Tento tranzistor tedy zjednodušeně řečeno připojuje měřicí logiku k zemi.

### **2.3.2 Napájení vyhodnocovací a komunikační**

Pro napájení mikrokontroleru a Bluetooth modulu, je nutné použít zdroj elektrické energie s jmenovitou hodnotou napětí 1,8 V až 5,5 V. Pro napájení vyhodnocovací a komunikační logiky je použit jeden Li-Ion akumulátor typu 18650. Označení 18650 popisuje rozměry akumulátoru. Jedná se tedy o válcový akumulátor o průměru 18 mm a výšce 65 mm. Tyto rozměry však nejsou ve většině případů naprosto přesné a výrobci vyrábí tyto akumulátory mírně větší (o desetiny milimetru). [11]

Li-Ion akumulátory typu 18650 mají nominální hodnotu napětí zhruba 3,6 až 3,7 V, avšak při plném nabití těchto akumulátorů je jejich napětí 4,2 V. Jelikož se napětí těchto akumulátorů nachází v pracovním rozsahu napětí použitého mikrokontroleru a použitý Bluetooth modul má vlastní regulátor napětí, není nutné napětí akumulátoru nijak měnit.

Akumulátory využívající chemii Li-Ion jsou typické tím, že při vybití pod doporučenou úroveň může dojít k jejich poškození, nebo dokonce zničení. Proto je nutné do zařízení zabudovat obvod zajišťující ochranu akumulátorů proti pod vybití. V zařízení je použit ochranný obvod PCM-L01S3-136. Tento obvod zajišťuje ochranu akumulátorů jak proti pod vybití, tak proti příliš velkému vybíjecímu proudu. Napětí článků, při kterém dojde k jejich odpojení od zátěže je 2,4 V. I takto nízké napětí stále stačí pro napájení vyhodnocovací a komunikační logiky zařízení. K odpojení od zátěže dochází také v případě, že zátěž odebírá z akumulátoru proud větší než 4 A. [14]

Proudový odběr Bluetooth modulů závisí na jejich typu a výrobci. Při samotném přenosu dat přes modul však můžeme očekávat proudový odběr zhruba 8 mA u vybraného modulu (SPP-C). Při přechodu modulu do módu „standby“ se však proudový odběr sníží na hodnotu okolo 4 mA. [10]

Bluetooth modul je napojen napřímo na výstupní svorky ochrany proti pod vybití Li-Ion akumulátoru. GND svorky mikrokontroleru jsou připojeny na anodu Schottkyho diody, jejíž katoda je připojena ke spínané zemi měřicí logiky. Tímto je zajištěno zapnutí mikrokontroleru při kontaktním měření výšky hladiny (za použití tlačítka). Při bezkontaktním měření výšky hladiny je po připojení mobilního telefonu k Bluetooth modulu mikrokontroler připnut k zemi pomocí bipolárního tranzistoru typu NPN. Tento tranzistor je ovládán signálem ze svorky na Bluetooth modulu, která je pojmenována jako „EN“. Signál na této svorce je v nízké úrovni, pokud není k Bluetooth modulu připojeno žádné zařízení. Připojí-li se však k Bluetooth modul zařízení, dojde k přechodu signálu na vysokou úroveň.

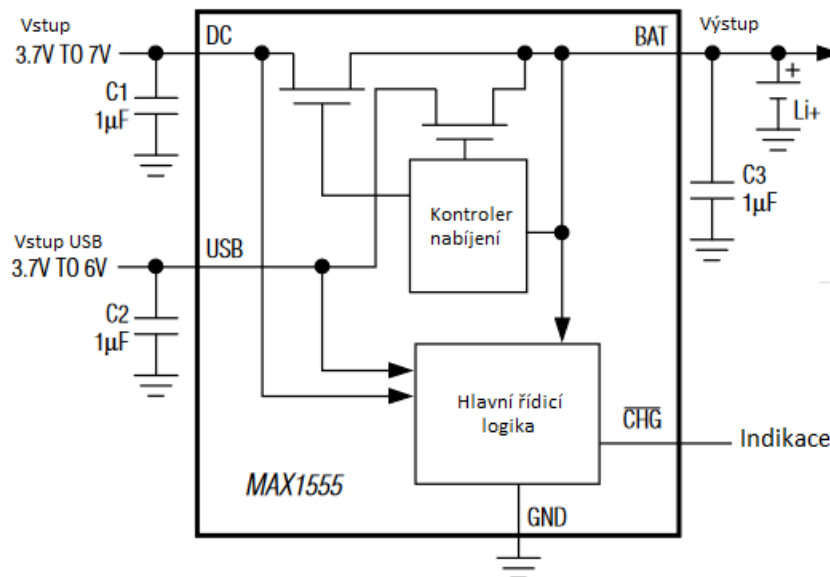
Aby byla zabezpečena funkce zařízení (v režimu kontaktního měření) i v případě, že by došlo k vybití Li-Ion akumulátoru, jsou svorky VCC mikrokontroleru společně se svorkami pro napájení LED a piezoměniče připojeny na společný terminál miniaturního relé. Společný terminál miniaturního relé (typ FTR-B3GA4.5Z-B10) je v klidovém stavu spojen s výstupem DC/DC měniče napětí (typ AMSRI-7805). Tento měnič napětí mění na vstupu napětí z baterie (9 V) na napětí 5 V vhodné pro napájení mikrokontroleru. Cívka použitého relé je připojena mezi kladný vývod z ochrany proti pod vybití akumulátoru, která je zařazena za tímto akumulátorem, a na svorkou GND mikrokontroleru. Pokud tedy budeme chtít zjistit výšku hladiny v zásobníku tehdy, když je akumulátor dostatečně nabitý, dojde ke zmagnetování cívky relé a mikrokontroler bude napájen z tohoto akumulátoru. Pokud však bude akumulátor v době vyslání požadavku (manuálně-tlačítkem) na zjištění stavu hladiny vybitý, ochrana proti pod vybití odpojí akumulátor od zbytku obvodu a cívka relé nebude zmagnetována. Napájení mikrokontroleru tak bude zajišťovat 9 V baterie a DC/DC měnič.

### 2.3.3 Dobíjení Li-Ion článku pomocí fotovoltaického panelu

Při provozu zařízení v oblastech bez dostupnosti elektrické energie ze sítě je zapotřebí Li-Ion akumulátory dobíjet. Pro zvýšení uživatelského komfortu při používání tohoto zařízení není nutné akumulátory ze zařízení vytahovat a dobíjet je v jiném zařízení. Dobíjení je řešeno pomocí fotovoltaického panelu a obvodu pro dobíjení akumulátorů s vnitřní chemií Li-Ion.

Jako fotovoltaický panel byl pro toto zařízení vytipován panel s jmenovitým napětím 6 V a maximálním dodávaným proudem 330 mA. Tento panel je dlouhý 135 mm a široký 110 mm. Tloušťka tohoto panelu je poté 3 mm. [15]

Pro nabíjení akumulátorů je použita energie získaná za pomoci solárního panelu. Výstup z fotovoltaického panelu však nelze připojit přímo na akumulátory. Proto je nutné použít kontrolér, který řídí nabíjení akumulátorů. Jako kontrolér nabíjení akumulátorů byla použit integrovaný obvod MAX1555EZK+T. Tento obvod se chová jako nabíječka jednoho Li-Ion článku a pracuje bez nutnosti zařazení externího unipolárního tranzistoru nebo diody zabráňujících zpětné vybíjení akumulátoru. Obvod zároveň obsahuje integrovanou tepelnou ochranu, která chrání jak proti zničení samotného chipu, tak před zničením okolních součástech na desce plošného spoje. Po dosažení tepelných limitů nedochází k přerušování procesu nabíjení, ale dochází k postupnému snižování nabíjecího proudu v závislosti na teplotě. [16]



Obrázek 2.8 Schéma nabíječky Li-Ion akumulátorů s MAX1555EZK+T [16]

## 2.4 Mechanická konstrukce

### 2.4.1 Mechanická konstrukce hladinoměru

Mechanická konstrukce výsledného zařízení musí splňovat nejméně stupeň ochrany krytí IP x4. Podle normy ČSN EN 60529 vyjadřuje druhá charakteristická číslice stupeň ochrany zařízení proti vniknutí vody. Stupeň IP x4 znamená odolnost zařízení proti stříkající vodě ze všech směrů.

Jako konstrukce zařízení hladinoměru je použita univerzální krabice NSYTBP1397T, která zajišťuje ochranu před vniknutím vody podle stupně krytí IP 66. Krabice je dlouhá 138 mm, 93 mm široká a 72 mm vysoká (v uzavřeném stavu). Krabice se skládá ze dvou částí, průhledného víka krabice a samotného těla krabice. Tyto dva díly jsou k sobě připevněny pomocí čtyř plastových šroubů umístěných v rozích krabice. Pro zamezení vniknutí vody do krabice je mezi těmito dvěma díly gumové těsnicí médium.

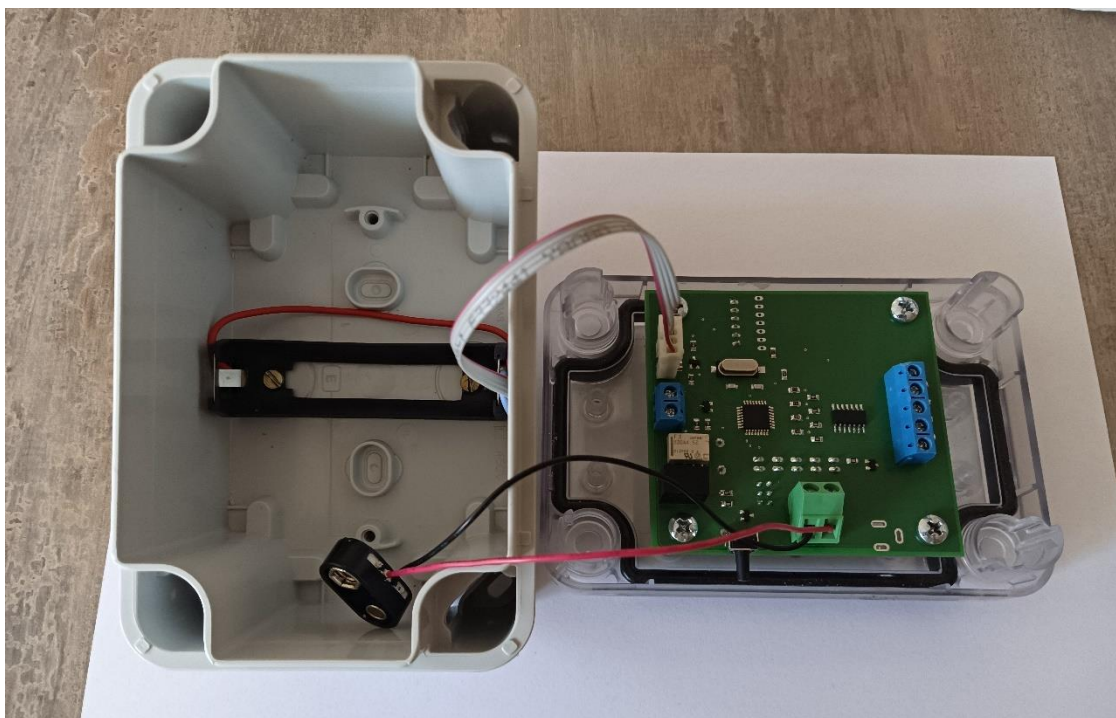
Ven z krabice je však nutno táhnout plochý kabel sondy. Pro vytažení kabelu ven ze zařízení je možné vytvořit do krabice otvor. Tímto otvorem by však do zařízení mohla vnikat voda. Dále je nutné vyřešit, jak bude ven ze zařízení vyvedeno tlačítko pro manuální měření výšky hladiny.

Pro zachování stupně krytí IP x4 je vyvedení vodičů na sondu provedeno mezi víkem a tělem krabice. Tento jednoduchý systém vyvedení vodičů může být použit, protože se mezi víkem a tělem krabice nachází poměrně měkké gumové těsnění. V případě tlačítka pro sepnutí hladinoměru je možné použít spínač určený pro montáž na panel. Takovýto spínač by musel poté disponovat patřičným stupněm krytí. Takováto tlačítka sice existují, ale jsou drahá a mají neadekvátní rozměry v poměru s rozměry krabice. Druhým a elegantnějším řešením je použití mikropsínače uvnitř krabice, jehož osička pro sepnutí je vyvedena do otvoru v krabici. Pro zachování stupně krytí je tento otvor přelepen nálepkou z elastického materiálu. Osička však musí mít správnou délku tak, aby její konec nebyl zapuštěn uvnitř krabice, ale zároveň aby příliš nevyčníval z krabice.

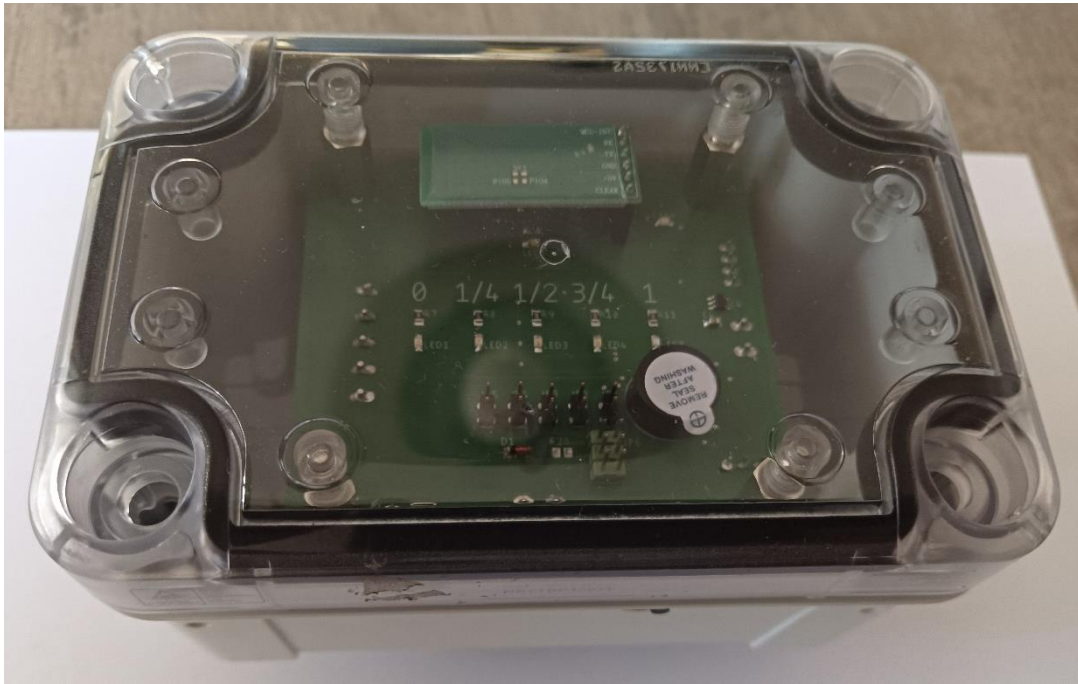
Akumulátor je v zařízení upevněn pomocí vyhrazené patice s kontakty pro elektrické propojení s obvodem hladinoměru. Z těchto kontaktů vedou vodiče, které jsou připojeny k ochrannému obvodu PCM-L01S3-136. Z tohoto obvodu poté vedou vodiče na hlavní DPS zařízení, ke kterému jsou připojeny pomocí čtyř pinového konektoru (viz obrázek 2.9). Samotná patice může být v krabici připevněna pomocí lepidla. Nevýhodou lepených spojů je pokles jejich pevnosti, a to hlavně u mechanicky a tepelně namáhaných spojů. Alternativou k upevnění patice pomocí lepení je její připevnění pomocí šroubovaného spoje. V těle krabice je v případě použití šroubovaného spoje nutné zhotovit otvory. Těmito otvory však může dovnitř krabice pronikat voda, a proto je nutné použít na obou stranách šroubovaného spoje těsnění. Druhým řešením, jak utěsnit otvory v krabici, je použití těsnících silikonových hmot k zamezení vniku vody do zařízení.



Na víku krabičky se nacházejí výstupky určené k fixaci zařízení umístěného v krabičce. Základním dílem celého zařízení hladinoměru je deska plošného spoje. V této DPS jsou montážní otvory, pomocí kterých lze desku fixovat k víku krabičky pomocí šroubů, protože motiv děr v DPS souhlasí s výstupky na víku krabičky. Desku však nelze fixovat přímo na výstupky, kvůli mikrospínači nacházejícím se na spodní straně desky. Osička tohoto spínače by totiž vycházela na zesílené místo hlavního těla krabičky. Proto je výhodnější desku uchytit k víku krabičky za pomoci distančních sloupků. Při použití distančních sloupků totiž posuneme desku níže do krabičky a otvor, který je nutný zhotovit pro osičku tlačítka je možné v místě, kde není tělo krabičky zesíleno.



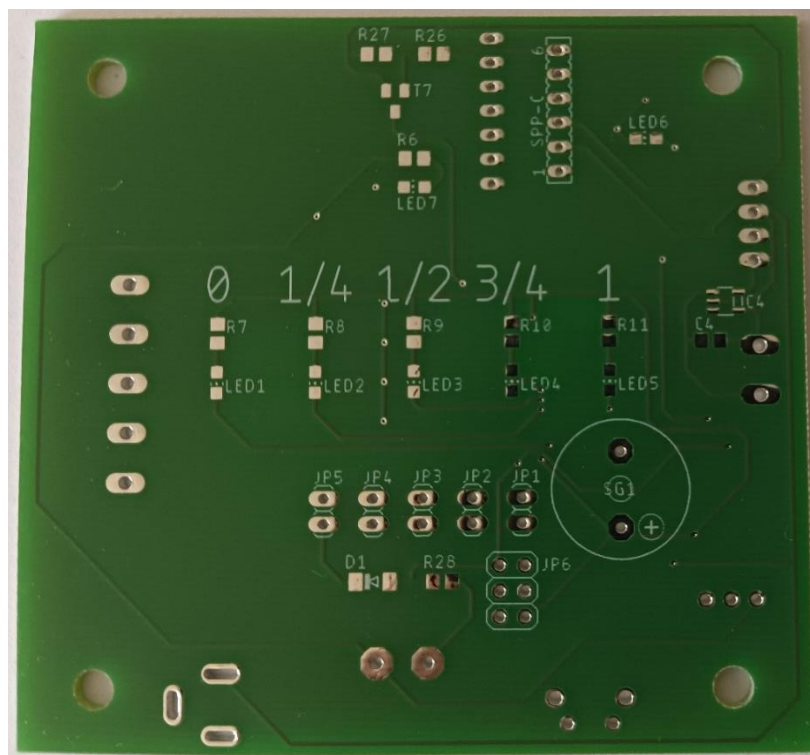
Obrázek 2.9 Vzhled mechanické konstrukce zařízení v otevřeném stavu



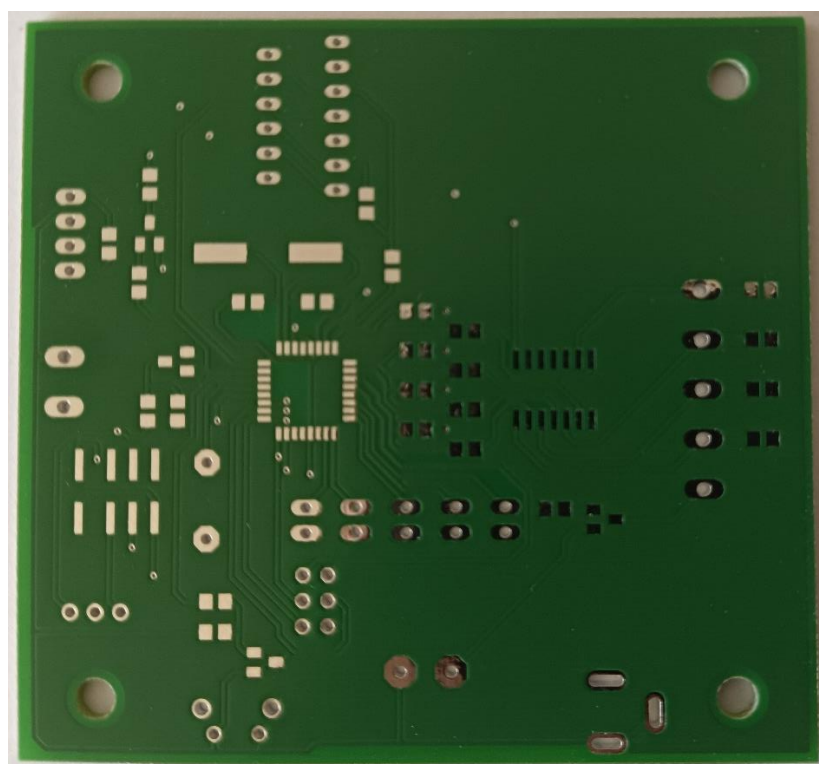
Obrázek 2.10 Vzhled mechanické konstrukce zařízení v uzavřeném stavu

#### 2.4.2 Deska plošného spoje

Hlavní částí celého zařízení je deska plošného spoje (DPS). Jedná se o dvouvrstvou desku vyrobenou z materiálu FR4 jejíž tloušťka je 1,5 mm. Deska má rozměry 80 x 75 mm (šířka x výška). Základní měď na obou stranách desky má tloušťku 18  $\mu\text{m}$ . Na obou stranách desky se nachází zelená nepájivá maska a na vrchní straně (strana s LED viditelná na obrázku 2.10) se nachází bílý potisk. Součástí bílého potisku jsou i čísla umístěná nad jednotlivými LED, která odpovídají jednotlivým úrovním výšky hladiny (viz obrázek 2.11). Montážní technologie použitá na DPS je smíšená (tedy povrchová i vývodová). Pájecí plošky jsou chráněny za pomoci povrchové úpravy bezolovnatý HAL (Hot Air Leveling). V DPS se nacházejí otvory pro její fixaci ke krabičce. Některé komponenty nejsou na desce finálního zařízení osazeny, tyto komponenty jsou určeny k provozu zařízení s GSM modulem namísto Bluetooth modulu.



Obrázek 2.11 Pohled na vrchní stranu neosazené DPS



Obrázek 2.12 Pohled na spodní stranu neosazené DPS

### 2.4.3 Mechanická konstrukce sondy

Konstrukce sondy, která bude ponořena v měřené kapalině, se skládá z plochého deseti žilového kabelu a závaží. Vzhledem k tomu že zařízení měří výšku hladiny pomocí 4 Schmittových klopných obvodů a na dno zásobníku je nutné dovést vodič připojen na kladný pól 9 V baterie, je pro každou úroveň použita jedna dvojice vodičů. Každý měřicí konec je tedy připojen paralelně dvěma vodiči do svorkovnice v zařízení. Na druhém konci je nutné jednotlivé páry vodičů zakončit. Zakončení je nutné provést tak, aby jednotlivé měřicí konce korespondovaly se zaplněním zásobníku ze 25, 50, 75 a 100 %. Na konci každého páru vodičů je nutné odstranit z vodičů jejich izolaci v délce přibližně 5 mm. Plochý kabel má jeden krajní vodič barevně označen, tento a jeho sousední vodič jsou použity pro přivedení napájecího napětí z kladného pólu 9V baterie na dno zásobníku. Na těchto dvou vodičích je zároveň připevněno závaží. Závaží je tvořeno nerezovou maticí typu M12. Tato matice je na sondě upevněna uzlem vytvořeným pomocí dvou spodních vodičů (vodiče kladného pólu). Mechanická konstrukce sondy je patrná na obrázku 2.13. [3]

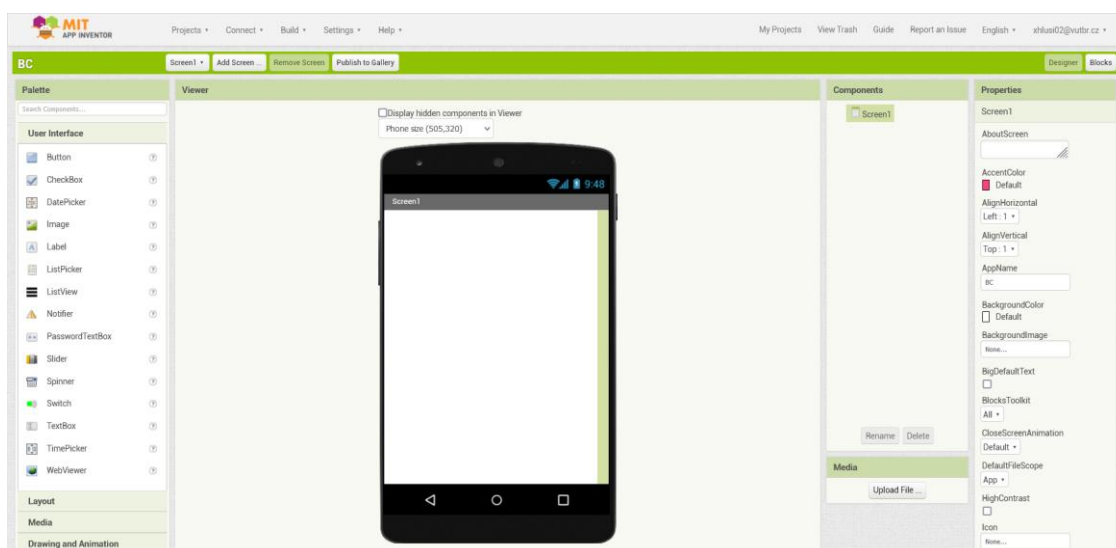


Obrázek 2.13 Mechanické konstrukce sondy hladinoměru [3]

## 2.5 Aplikace pro mobilní telefon

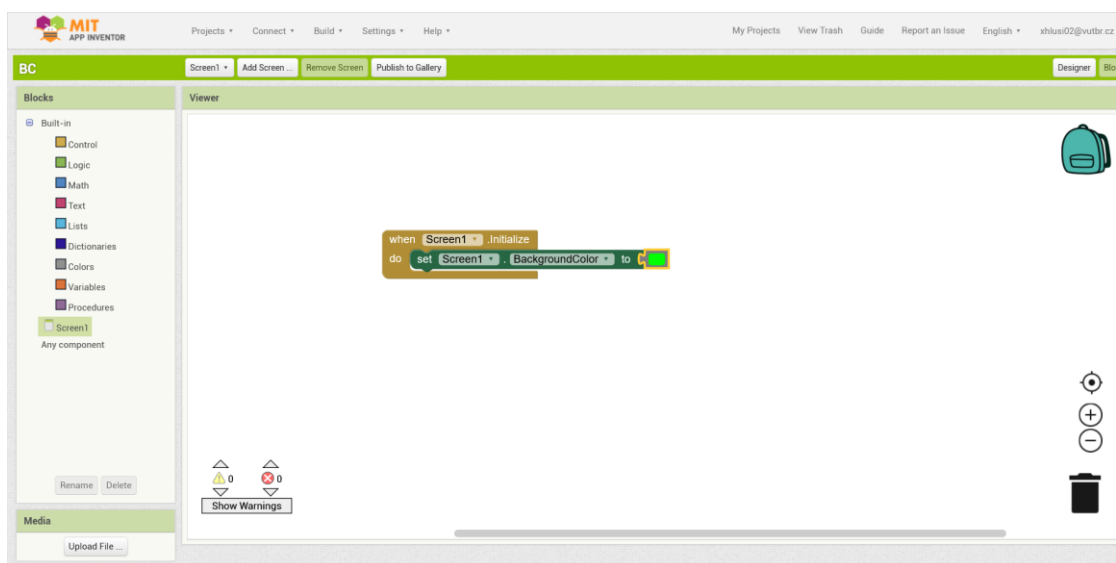
Aplikace pro dálkové ovládnání zařízení hladinoměru byla vytvořena pomocí prostředí MIT app inventor. Toto prostředí umožňuje tvorbu aplikací intuitivní a vizuální cestou. Jednotlivé aplikace je možné vytvořit jak pro mobilní telefony, tak pro tablety. Tvorba aplikace v tomto prostředí je rozdělena do dvou částí, první částí je práce v prostředí „Designer“ a druhou částí je tvorba samotného kódu v prostředí s názvem „Blocks“. [17]

V prostředí Designer je možná tvorba grafiky výsledné aplikace. Pomocí předem připravených sekcí s jednotlivými prvky může uživatel jednoduchým přetažením prvků na pracovní plochu navrhnout rozpořazení ovládacích prvků, indikačních prvků a textů v aplikaci. Pracovní plocha slouží také jako náhled toho, jak vypadá vytvořený design aplikace. Po vložení lze v sekci „Properties“ měnit vlastnosti jednotlivých prvků umístěných v pracovním prostoru. [17]



Obrázek 2.14 Záložka Designer v prostředí MIT app inventor [17]

V prostředí Bloks je možná vlastní tvorba programu, podle kterého následně aplikace reaguje na uživatelské vstupy. V tomto prostředí se samotný kód vytváří přetahováním jednotlivých předpřipravených bloků. Jednotlivé bloky jsou rozřazeny do 9 základních kategorií. Následným přidáváním jednotlivých prvků v prostředí designer se v prostředí blocks zpřístupňují další skupiny s bloky. V každé další zpřístupněné skupině bloků se nacházejí předpřipravené bloky, kterými je možno s daným prvkem interagovat a ovládat jej. Samotné napojování bloků na sebe je provedeno jejich přiblížením k sobě. Aby bylo možno jednotlivé prvky spojit musí spolu být kompatibilní, tato kompatibilita je uživateli sdělována vizuálně pomocí tvaru přípojných bodů. [17]

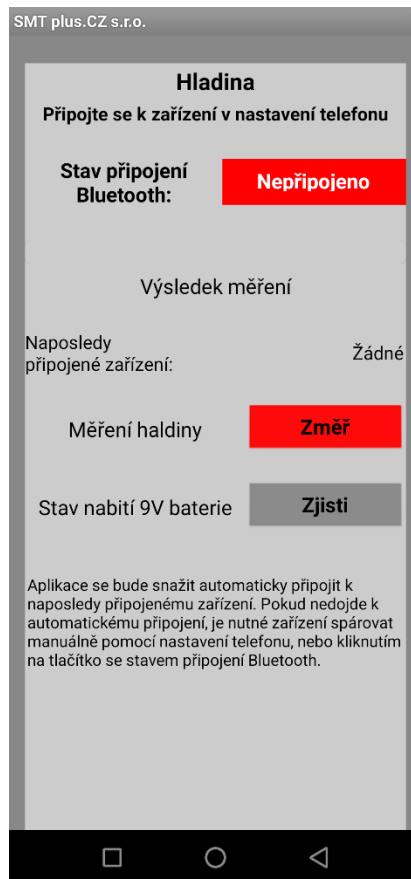


Obrázek 2.15 Záložka Blocks v prostředí MIT app inventor [17]

### 2.5.1 Popis aplikace pro ovládání hladinoměru

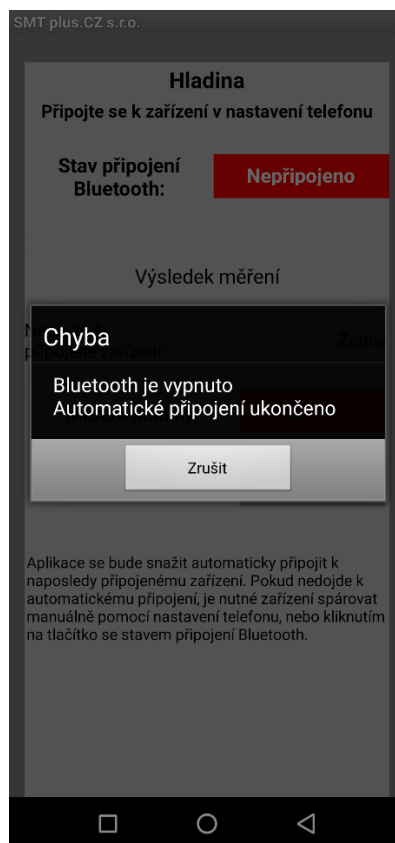
Aplikace pro ovládání hladinoměru byla vytvořena pro mobilní telefony s operačním systémem Android. Před prvním spuštěním aplikace „Hladina“ je nutné nejprve spárovat mobilní telefon s Bluetooth modulem hladinoměru v nastavení telefonu. Při dalším spuštění aplikace již není nutné se připojovat k Bluetooth modulu v nastavení telefonu.

Aplikace obsahuje 3 ovládací prvky, kterými uživatel interaguje s aplikací. Těmito prvky jsou tlačítko stavu Bluetooth připojení, tlačítko pro vyslání požadavku na zjištění stavu hladiny a tlačítko pro zjištění stavu nabití 9 V baterie. Aplikace dále obsahuje textové pole s názvem aplikace (Hladina), textové pole, do kterého se po připojení k hladinoměru vypíše jeho MAC adresa a jeho název. V nejnižší části obrazovky se poté nachází krátký návod pro připojení mobilního telefonu k hladinoměru. Vzhled aplikace je k nahlédnutí na obrázku níže (2.16).



Obrázek 2.16 Vzhled aplikace pro dálkové ovládání hladinoměru

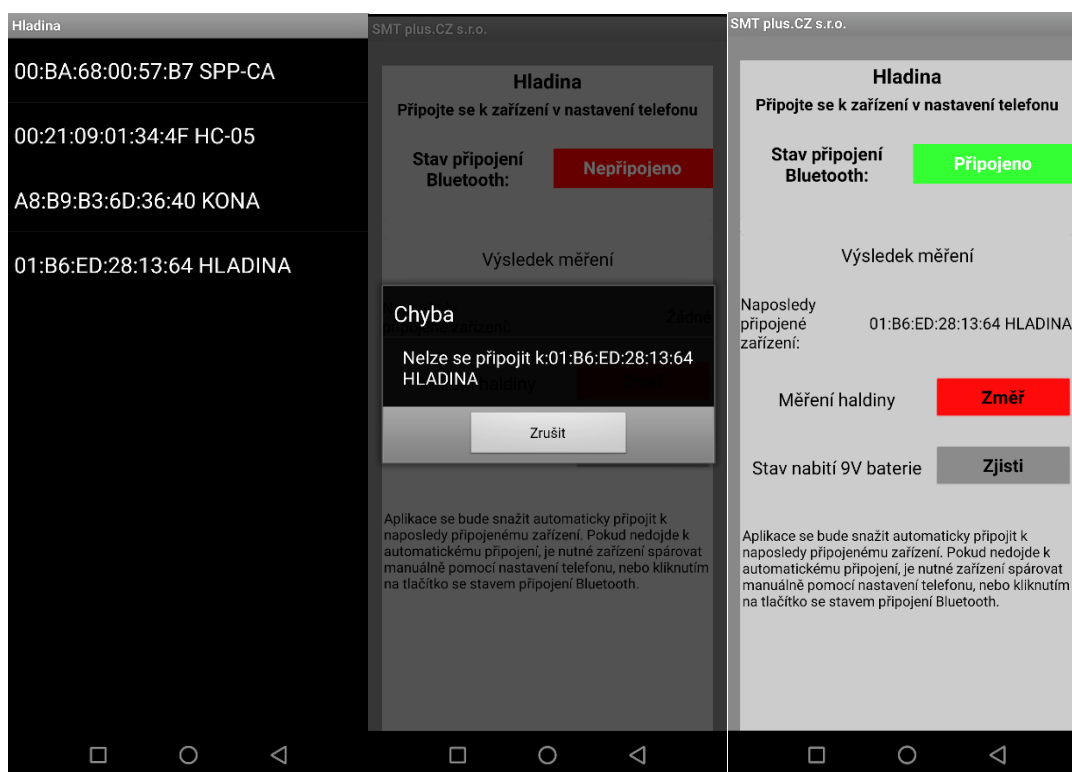
Pokud při spuštění aplikace nebude v mobilním telefonu zapnuto připojení Bluetooth, zobrazí se na v popředí před aplikací informační okno s nadpisem „Chyba“. V tomto okně je poté vysvětleno proč k chybě došlo, tedy že je vypnuto připojení Bluetooth, a tedy muselo být vypnuto automatické připojení k zařízení. Pro zavření okna je v jeho spodní části umístěno tlačítko s nápisem „Zrušit“. Po stisknutí tohoto tlačítka se aplikace vrátí zpět do svého původního stavu viz obrázek 2.16. Vzhled informačního okna je vyobrazen na obrázku níže (2.17).



Obrázek 2.17 Vzhled aplikace s informačním oknem informujícím o vypnutém připojení Bluetooth

Pokud jsme se již připojili pomocí Bluetooth k hladinoměru v nastavení telefonu, a tedy MAC adresa zařízení hladinoměru je uložena v paměti telefonu, můžeme v aplikaci stisknout tlačítko stavu připojení Bluetooth. Po stisknutí tohoto tlačítka dojde k zobrazení seznamu Bluetooth zařízení, jejichž adresy jsou uloženy v paměti mobilního telefonu (viz obrázek 2.18). Z tohoto listu uživatel poté vybere zařízení s názvem hladina a připojí se k němu stiskem příslušné položky v seznamu zařízení. Následně se mobilní telefon snaží připojit k vybranému zařízení. Pokud není zařízení zapnuté, nebo je mimo dosah, zobrazí se na popředí aplikace informační okno, které informuje uživatele o nezdařeném pokusu o připojení k vybranému zařízení (viz obrázek 2.19). Toto okno lze opět zavřít zmáčknutím tlačítka s nápisem „Zrušit“. Pokud je zařízení zapnuté a v dosahu, mobilní telefon se k němu připojí a aplikace se vrátí na svou domovskou stránku. Po přechodu na domovskou stránku se spustí časovač, který vytváří zpoždění mezi připojením k zařízení a možností vyslat požadavek na měření hladiny, nebo na zjištění stavu nabití 9 V baterie. Toto zpoždění je zařazeno z důvodu, aby se mikrokontroler, který se zapíná při připojení k Bluetooth modulu, stihl zapnout. Po konci zpoždění se změní barva tlačítka indikujícího stav Bluetooth připojení na zelenou a jeho text se změní na „Připojeno“ (viz obrázek 2.20) a odblokuje se možnost pro vyslání požadavku na zjištění stavu hladiny nebo stavu nabití 9 V baterie.





Obrázek 2.18 Seznam Bluetooth zařízení uložených v paměti telefonu

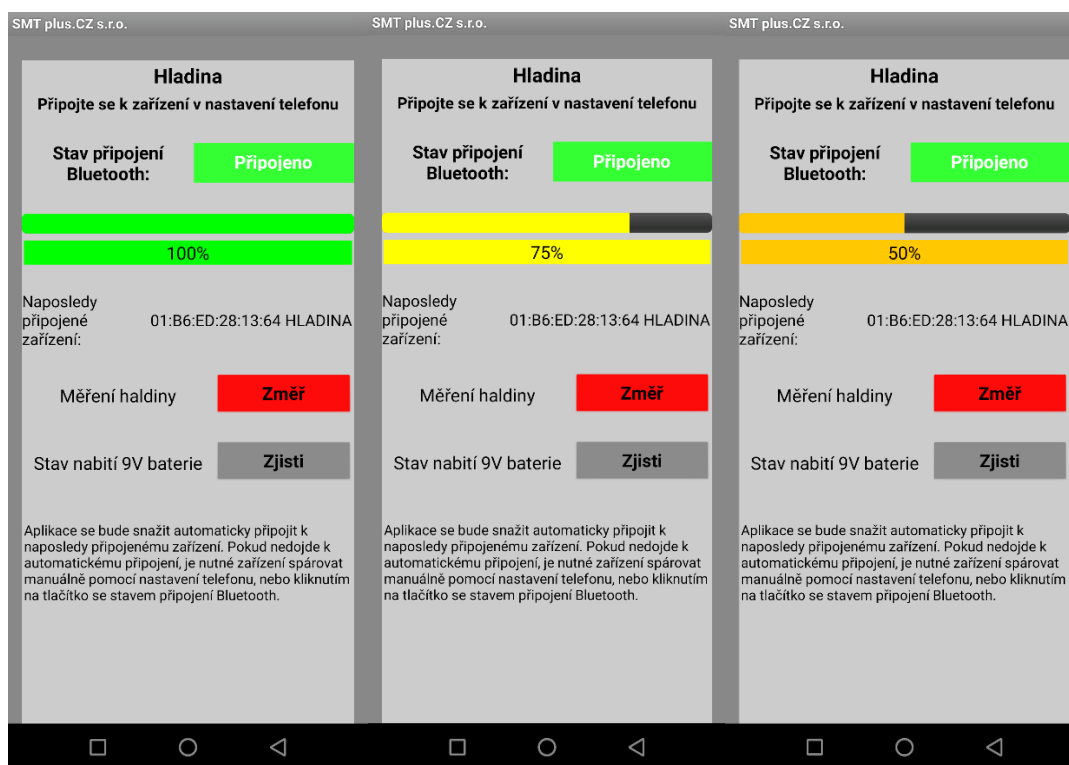
Obrázek 2.19 Vzhled aplikace s informačním oknem informujícím o nezdařeném pokusu o připojení

Obrázek 2.20 Vzhled aplikace po připojení k zařízení hladinoměru

Po připojení k zařízení se do kolonky „Naposledy připojené zařízení“ vypíše MAC adresa a název zařízení, ke kterému je mobilní telefon aktuálně připojen (viz obrázek 2.20). Hodnota v kolonce zůstane až do spárování mobilního telefonu s jiným zařízením pomocí této aplikace.

Nyní lze vyslat požadavek na zjištění stavu hladiny zmáčknutím červeného tlačítka s nápisem změř. Pokud tlačítko zmáčkne dlouze bude výsledek měření viditelný jen po dobu, kdy je toto tlačítko zmáčkuté. Po uvolnění tlačítka dojde k vymazání výsledků měření. Při krátkém stisku tlačítka je výsledek měření zobrazován do té doby, než dojde k příchodu informace o výsledku následujícího měření. Výsledky měření jsou pro úspěšné měření zobrazovány graficky pomocí takzvaného slideru. Tento slider mění svou pozici a barvu v závislosti na změřené výšce hladiny v zásobníku. Pokud je výsledkem měření informace o zaplnění nádrže ze 100 % barva slideru je zelená a jeho pozice je taková, že zelenou barvu má celý slider (pozice hmatníku je v maximální hodnotě). Dále se pod slider vypíše procentuální zaplnění nádrže, tedy 100 % (viz obrázek 2.21). Při zaplnění nádrže ze 75 % se barva slideru změní na žlutou, jeho pozice se posune na polohu

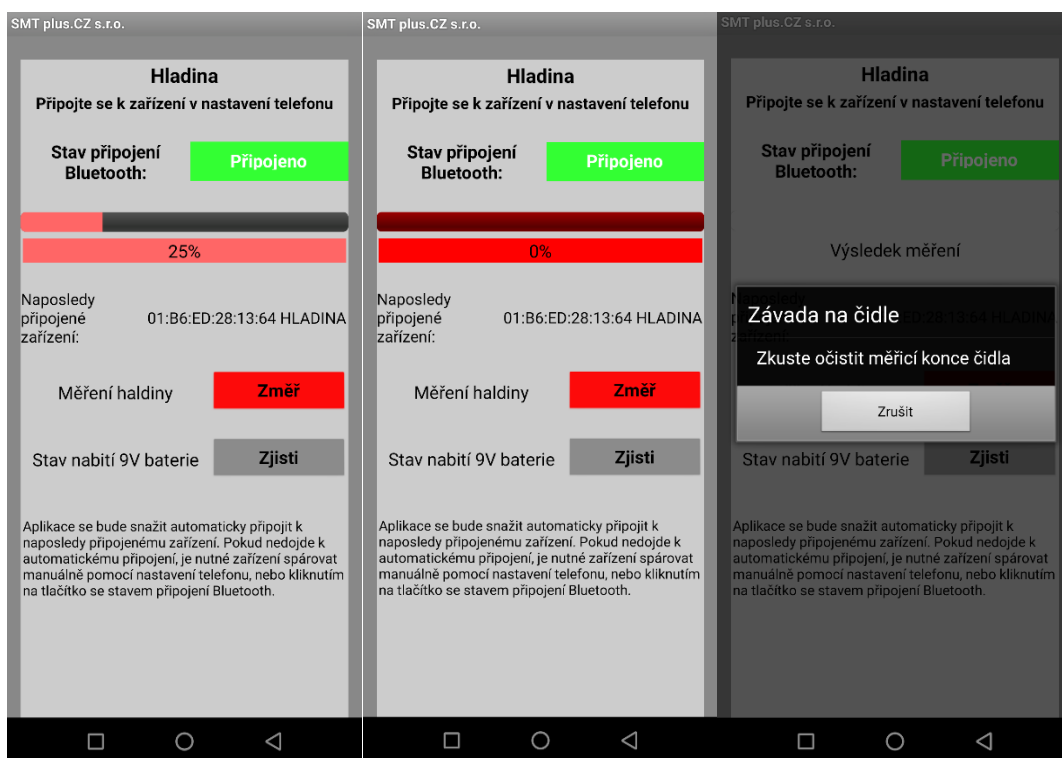
75 % zleva a pod něj se vypíše procentuální zaplnění nádrže, tedy 75 % (viz obrázek 2.22). Obdobně se vyobrazí i výsledky pro zaplnění zásobníku z 50, 25 a 0 % (viz obrázky 2.23, 2.24 a 2.25). Pokud dojde k neúspěšnému měření, v popředí se vyobrazí informační okno, které informuje uživatele o neúspěšném měření a vybízí ho k pokusu o očištění měřicích konců čidla (viz obrázek 2.26), protože zanesené měřicí konce čidla jsou nejčastější příčinou neúspěšného měření.



Obrázek 2.21 Vzhled aplikace při indikaci zaplnění zásobníku ze 100 %

Obrázek 2.22 Vzhled aplikace při indikaci zaplnění zásobníku ze 75 %

Obrázek 2.23 Vzhled aplikace při indikaci zaplnění zásobníku z 50 %

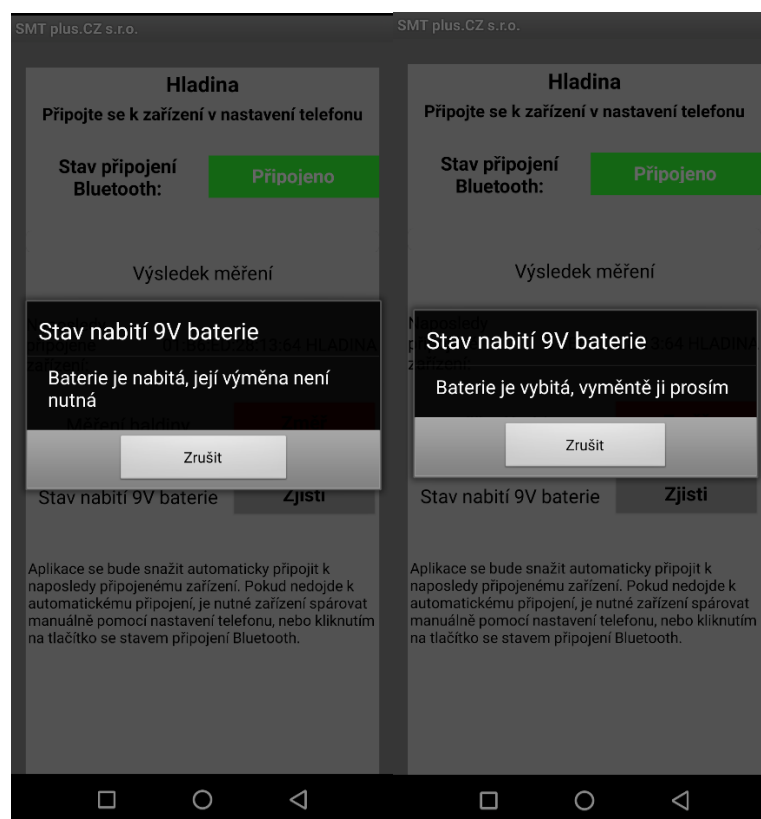


Obrázek 2.24 Vzhled aplikace při indikaci zaplnění zásobníku z 25 %

Obrázek 2.25 Vzhled aplikace při indikaci zaplnění zásobníku z 0 %

Obrázek 2.26 Vzhled aplikace při indikaci neúspěšného pokusu o změření hladiny

Kromě vyslání požadavku na zjištění stavu výšky hladiny může uživatel aplikace ještě odeslat požadavek na zjištění stavu nabití 9 V baterie, jenž napájí měřicí logiku hladinoměru. Tento požadavek je možné vyslat zmáčknutím tlačítka pro zjištění stavu nabití 9 V baterie (tlačítko má na sobě text „Zjistí“). Po stisku tohoto tlačítka se v popředí objeví informační okénko s informací o stavu nabití 9 V baterie (viz obrázek 2.27). Výsledný stav nabití může být buď takový, že je baterie nabitá, a tedy její výměna není nutná. Nebo je její stav opačný, tedy baterie je vybitá a je nutné ji tedy vyměnit. Informační okno lze opět zavřít pomocí tlačítka s nápisem „Zrušit“.



Obrázek 2.27 Vzhled aplikace při předávání informace o stavu nabití 9 V baterie

Po zjištění všech potřebných informací je možné s hladinoměrem ukončit Bluetooth spojení. To je provedeno stisknutím zeleného tlačítka popisujícího stav Bluetooth připojení. Po stisku tohoto tlačítka se zobrazí informační okno, které se uživatele otáže, zdali chce opravdu ukončit spojení s daným zařízením (za dotazem je název zařízení a jeho MAC adresa). Ve spodní části okna jsou dvě tlačítka, jedno pro potvrzení odpojení od zařízení a druhé pro odmítnutí odpojení od zařízení (viz obrázek 2.28). Následně se aplikace vrátí zpět na základní obrazovku aplikace, a tlačítko stavu Bluetooth připojení změní svou barvu zpět na červenou a text na tlačítku se změní na „Odpojeno“ (viz obrázek 2.29).



Obrázek 2.28 Vzhled aplikace při ukončování spojení s připojeným zařízením

Obrázek 2.29 Vzhled aplikace po odpojení od zařízení hladinoměru

Odpojení od zařízení hladinoměru je možno provést také pomocí vypnutí Bluetooth připojení v roletkovém menu systému Android. Po vypnutí připojení touto metodou se v popředí aplikace objeví informační okno, které upozorní uživatele na to, že došlo k vypnutí Bluetooth připojení. Tlačítko stavu Bluetooth připojení zároveň změní svou barvu na červenou a jeho text se změní na „Odpojeno“ (viz obrázek 2.30).



Obrázek 2.30 Vzhled aplikace po odpojení od zařízení pomocí roletkového menu systému Android

Obrázek 2.31 Vzhled aplikace při automatickém připojování k naposledy připojenému zařízení

Pokud jsme se pomocí aplikace již dříve připojili k hladinoměru, a tedy MAC adresa a název Bluetooth modulu hladinoměru je uložena v paměti aplikace, je možné využívat funkci automatického připojení k naposledy připojenému zařízení. Funkci je možné využívat tím způsobem, že před samotným spuštěním aplikace zapneme Bluetooth připojení a aplikaci spustíme. Jakmile se načte základní obrazovka aplikace, tak se aplikace bude snažit automaticky připojit k naposledy připojenému zařízení. Text na tlačítku signalizujícím stav Bluetooth připojení se změní na „Připojování“ (viz obrázek 2.31). Pokud dojde k navázání spojení, barva tlačítka se změní na zelenou a jeho text se změní na „Připojeno“ stejně jako v případě manuálního připojení. Pokud nedojde k automatickému navázání spojení (zařízení je mimo dosah nebo není zapnuto) v popředí aplikace se objeví informační okno informující uživatele o neúspěšném pokusu o připojení stejně tak, jako v případě nezdařeného pokusu o manuální připojení.

# ZÁVĚR

Cílem této práce bylo navrhnout zařízení pro měření výšky hladiny vody v zásobnících na vodu s možností komunikace s mobilním telefonem pomocí protokolu Bluetooth.

V úvodu práce byly hladinoměry rozděleny podle principů na jejichž základě hladinoměry pracují. Každý typ hladinoměru byl v této části popsán a zároveň byl vysvětlen fyzikální princip jeho funkce. V další části byl popsán Schmittův klopný obvod, jež byl poté použit při návrhu elektroniky pro měření výšky hladiny. Následující část práce popisuje návrh indikace výsledků měření. Dále byla vysvětlena podstata Bluetooth modulu a na základě těchto znalostí byly porovnány dva Bluetooth moduly, z nichž jeden byl vybrán pro výsledné zařízení. Následná podkapitola se zabývá subsystémem pro vyhodnocení výsledků měření za použití mikrokontroleru a jeho komunikací s Bluetooth modulem. Poté následuje popis převodu napětíových úrovní z napětí použitého měřicí logiku na napětí vhodné pro zvolený mikrokontroler. Následně bylo popsáno napájení zařízení. První podkapitola se zabývala napájením měřicí logiky, následující se zabývala napájením mikrokontroleru a Bluetooth modulu. Třetí podkapitola se zabývala možností nabíjení Li-Ion článků pomocí fotovoltaického panelu. Předposlední kapitola podává nahlédnutí do problematiky mechanické konstrukce zařízení. Závěrečná kapitola popisuje funkci a ovládání aplikace pro mobilní telefon.

Výsledkem této práce je hotové zařízení pro měření výšky vodní hladiny. Toto zařízení pracuje na principu měření elektrické vodivosti a k měření využívá 4 Schmittovy klopné obvody. Výstupy z těchto Schmittových klopných obvodů jsou přivedeny na mikrokontroler, na který jsou zároveň připojeny LED, které opticky indikují změřenou úroveň hladiny. K mikrokontroleru je zároveň připojen piezoměnič, zajišťující zvukovou signalizaci dosažení příslušné hladiny. Výstupem kapitoly o Bluetooth modulech bylo zvolení vhodného modulu (SPP-C) pro zařízení a zjištění informací potřebných pro napájení modulu. Napájení zařízení se skládá ze 3 hlavních částí. První částí je napájecí sestava pro měřicí logiku. Tato část sestává z 9 V baterie a obvodu pro signalizaci vybité baterie. Druhou částí je napájení mikrokontroleru a Bluetooth modulu a skládá se z jednoho Li-Ion akumulátoru typu 18650 a ochranného obvodu pro akumulátor. Díky použití DC-DC měniče je možné mikrokontroler napájet z 9 V baterie v případě vybití akumulátoru. Poslední částí je systém určený pro dobíjení akumulátoru. Tento systém využívá fotovoltaického panelu a integrovaného obvodu pro nabíjení Li-Ion akumulátoru. Dále byla vyřešena mechanická konstrukce zařízení jejímž základem je univerzální krabička se stupněm krytí IP 66 ve které je umístěna navržená DPS, baterie a akumulátor v příslušné patici. Nakonec byla vytvořena aplikace pro mobilní telefon, která umožňuje ovládání hladinoměru bezkontaktně.

Cílem dalšího pokračování je zprovoznit sestavené zařízení a provést na něm funkční zkoušky. Jako možné vylepšení funkce zařízení je jeho přestavba pro komunikaci pomocí modulu GSM. Další vylepšení, které je plánováno je přepracování principu měření výšky

hladiny. Vylepšení spočívá v měření výšky hladiny pomocí odrazu laserového paprsku od hladiny, nebo plovoucí překážky.



## LITERATURA

- [1] Měření hladiny. In: *JSP.cz* [online]. Jičín: JSP, 2013 [cit. 2021-9-28].  
Dostupné z:  
[http://www.jsp.cz/cz/sortiment/seznam\\_dle\\_kategorii/snimace\\_hladiny/teorie-hladina/](http://www.jsp.cz/cz/sortiment/seznam_dle_kategorii/snimace_hladiny/teorie-hladina/)
- [2] *Hladinoměry na měření výšky hladiny* [online]. Hradec Králové: IMPEA [cit. 2021-9-28]. Dostupné z: <https://www.e-cerpadla.cz/hladinometry-na-mereni-vysky-hladiny-c-504.html>
- [3] Měření hladiny kapalin přístrojem "HLADINA1". In: *SMT plus.CZ* [online]. Brno: SMT plus.CZ, 2021 [cit. 2021-9-28]. Dostupné z:  
<http://www.smtplus.cz/?page=merenihladiny1>
- [4] KOLÁČEK, Martin. *Monitorování hladiny kapaliny*. Ostrava, 2017. Bakalářská práce. Technická univerzita Ostrava, Fakulta elektrotechniky a informatiky, Katedra elektroniky. Vedoucí práce Petr Palacký.
- [5] Napěťový komparátor. In: *Elektronická učebnice* [online]. Olomouc: ELUC, 2015 [cit. 2021-10-13]. Dostupné z: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/695>
- [6] *HEF40106B* [online katalogový list]. Nijmegen: Nexperia, 2015 [cit. 2021-11-24]. Dostupné z: <https://cz.mouser.com/datasheet/2/916/HEF40106B-1319898.pdf>
- [7] Bluetooth® Wireless Technology. In: *Bluetooth* [online]. Lake Washington: Bluetooth [cit. 2021-10-13]. Dostupné z: <https://www.bluetooth.com/learn-about-bluetooth/tech-overview/>
- [8] HODULÍK, Hynek. *Monitorování celistvosti skupiny pomocí bluetooth*. Brno, 2021. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta informačních technologií, Ústav počítačových systémů. Vedoucí práce Zdeněk Vašíček.
- [9] *HC-05 Data Sheet* [online katalogový list]. ShenZhen: SHENZHEN SHSD Technology, 2011 [cit. 2021-11-14]. Dostupné z:  
<https://www.gme.cz/data/attachments/dsh.774-003.1.pdf>
- [10] *SPP-C Bluetooth* [online katalogový list]. ShenZhen: ElectroPeak, 2021 [cit. 2022-03-01]. Dostupné z: <https://electropeak.com/learn/download/spp-c-bluetooth-module-datasheet/>
- [11] *ATmega328P: 8-bit AVR Microcontroller with 32K Bytes In-System Programmable Flash* [online katalogový list]. San Jose: Atmel Corporation,

- 2015 [cit. 2022-02-09]. Dostupné z: <https://www.microchip.com/en-us/product/ATmega328P#document-table>
- [12] *XC61C Series: Standard Voltage Detectors* [online katalogový list]. Tokyo: TOREX SEMICONDUCTOR, 2004 [cit. 2022-03-01]. Dostupné z: <https://www.torexsemi.com/products/single-type-voltage-detectors/series/?name=xc61c>
- [13] *Elektro*. Ostrava: FCC Public, 2010, , 12 s. Dostupné také z: <http://www.odbornecasopisy.cz/res/pdf/41113.pdf>
- [14] *PCM-L01S3-136* [online katalogový list]. ShenZhen: AYAA TECHNOLOGY, 2017 [cit. 2021-11-29]. Dostupné z: <https://www.tme.eu/Document/326f643953576d2a4529240ec92037cb/PCM-L01S3-136.pdf>
- [15] *Fotovoltaiický solární panel FSP 110x136mm, 6V/330mA* [online]. Praha: GM electronic, 2021 [cit. 2021-11-29]. Dostupné z: <https://www.gme.cz/fotovoltaiicky-solarni-panel-110x136mm-6v-333ma>
- [16] *MAX1551/MAX1555: SOT23 Dual-Input USB/AC Adapter 1-Cell Li+ Battery Chargers* [online katalogový list]. San Jose: Maxim, 2003 [cit. 2022-03-08]. Dostupné z: <https://cz.farnell.com/maxim-integrated-products/max1555ezk-t/battery-charger-li-ion-280ma-sot/dp/2516725>
- [17] *MIT app inventor* [online]. Cambridge (Massachusetts): Massachusetts Institute of Technology, 2012 [cit. 2022-04-12]. Dostupné z: <https://appinventor.mit.edu/about-us>

# SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK

## Zkratky:

mcd	Milikandela
X	Schmittův klopný obvod
LED	Elektroluminiscenční dioda
GSM	Globální systém pro mobilní komunikaci
dBm	Decibel nad miliwattem
Li-Ion	Lithium-iontový
DPS	Deska plošných spojů
IP	Stupeň krytí

## Symboly:

$S$	průřez ponorného tělesa	( $m^2$ )
$\Delta h$	změna výšky hladiny	(m)
$\Delta l$	změna délky pružiny	(m)
$\rho$	hustota kapaliny	( $kg \cdot m^{-3}$ )
$g$	tíhové zrychlení	( $m \cdot s^{-2}$ )
$k$	tuhost pružiny	( $N \cdot m^{-1}$ )
$L$	vzdálenost hladiny od snímače	(m)
$c$	rychlost ultrazvuku v daném prostředí	( $m \cdot s^{-1}$ )
$t$	naměřený čas	(s)
$L_{max}$	vzdálenost snímače od dna nádrže	(m)
$h$	výška hladiny	(m)
$U_S$	saturační napětí	(V)
$U_{S+}$	kladné saturační napětí	(V)
$U_{S-}$	záporné saturační napětí	(V)
$U_P$	napětí přechodu do saturace	(V)
$U_N; H_-$	napětí přechodu do záporné saturace	(V)
$U_P; H_+$	napětí přechodu do kladné saturace	(V)
$U_{in}; U_{vst}$	vstupní napětí	(V)
$U_{výst}$	napětí na výstupu	(V)
$+U_{CC}; V_{DD}; V_{CC}$	kladné napájecí napětí	(V)
$V_{SS}; -U_{CC}$	záporné napájecí napětí/uzemnění	(V)
$V_{mon}$	monitorované napětí	(V)
$V_{IN-}$	napětí vnitřní reference	(V)
$V_{PULLUP}$	vytahovací napětí	(V)
$f$	frekvence	(Hz)

## **SEZNAM PŘÍLOH**

<b>PŘÍLOHA A - ZDROJOVÝ KÓD MIKROKONTROLERU .....</b>	<b>53</b>
<b>PŘÍLOHA B - KOMPLETNÍ SCHÉMA ZAŘÍZENÍ .....</b>	<b>59</b>
<b>PŘÍLOHA C - VODIVÝ MOTIV HORNÍ STRANY DPS .....</b>	<b>60</b>
<b>PŘÍLOHA D - VODIVÝ MOTIV SPODNÍ STRANY DPS.....</b>	<b>61</b>
<b>PŘÍLOHA E - POKLÁDACÍ VÝKRES HORNÍ STRANY DPS.....</b>	<b>62</b>
<b>PŘÍLOHA F - POKLÁDACÍ VÝKRES SPODNÍ STRANY DPS .....</b>	<b>63</b>
<b>PŘÍLOHA G - KÓD APLIKACE PRO MOBILNÍ TELEFON .....</b>	<b>64</b>

## Příloha A - Zdrojový kód mikrokontroleru

```
// Hladina_01 (kód pro ATmega328P)

boolean vypis = true;
#include <SoftwareSerial.h>

SoftwareSerial seriovePorty(5,4); // Inicializace sériových svorek RX a TX
char prijateChar[2];              // pole pro přijaté charaktery
boolean novaData = false;         // indikátor přijetí a vyhodnocení dat

// pojmenování I/O pinů
byte Schmitt_01 = 0;
byte Schmitt_02 = 1;
byte Schmitt_03 = 2;
byte Schmitt_04 = 3;

byte Baterie = 6;
byte Zapni = 7;
byte Piezo = 8;
byte Stav_100 = 9;
byte Stav_75 = 10;
byte Stav_50 = 11;
byte Stav_25 = 12;
byte Stav_0 = 13;

byte Propoj_100 = A0;
byte Propoj_75 = A1;
byte Propoj_50 = A2;
byte Propoj_25 = A3;
byte Propoj_0 = A4;
byte Manual = A5;

void setup()
{
    // nastavení I/O pinů
    pinMode(0, INPUT_PULLUP);
    // Pin 0-3 jsou nastaveny jako vstup s interním Pull-up rezistorem
    pinMode(1, INPUT_PULLUP); // Vstupy ze Schmittů
    pinMode(2, INPUT_PULLUP);
    pinMode(3, INPUT_PULLUP);

    pinMode(6, INPUT_PULLUP); // stav 9V baterie
    pinMode(7, OUTPUT);      // Zapínání
    pinMode(8, OUTPUT);      // Piezoměnič
    pinMode(9, OUTPUT);      // Zelená LED
    pinMode(10, OUTPUT);     // Žlutá LED
    pinMode(11, OUTPUT);     // Oranžová LED
    pinMode(12, OUTPUT);     // Červená LED
    pinMode(13, OUTPUT);     // Červená LED

    pinMode(A0, INPUT_PULLUP); // Zkratovací propoj pro 0%
    pinMode(A1, INPUT_PULLUP); // Zkratovací propoj pro 25%
    pinMode(A2, INPUT_PULLUP); // Zkratovací propoj pro 50%
```

```

pinMode(A3, INPUT_PULLUP); // Zkratovací propoj pro 75%
pinMode(A4, INPUT_PULLUP); // Zkratovací propoj pro 100%
pinMode(A5, INPUT_PULLUP); // Snímání manuálního měření

delay(100);
seriovePorty.begin(9600);
// inicializace sériové komunikace pomocí pinů TX a RX
VypniVse();
}

void loop()
{
    if (seriovePorty.available() > 0)
        { PrijimaniDat(); } // jestliže jsou přítomny
data k přečtení, tak se zavolá funkce PrijimaniDat
    if (novaData)
        { vyhodnocovaniDat(); } // jestliže jsou přijatá
data zpracována, tak se zavolá funkce vyhodnocovaniDat
    if (digitalRead(Manual) == LOW)
        { ManualniMereni(); } // jestliže je prováděno
manuální měření, tak se zavolá funkce ManualniMereni
    else
        { VypniVse(); }
}

void vyhodnocovaniDat()
{
    novaData = false;
// indikátor vyhodnocení dat se nastaví zpět na false

    if (vypis) { Serial.println( prijateChar ); }
// vypsání přijatých a vyhodnocených dat do konzole

    if (prijateChar[0] == 'E' && prijateChar[1] == 'N' )
        {mereni ();} // Zavolání funkce měření
    if (prijateChar[0] == 'B' && prijateChar[1] == 'A' )
        {stav9Vbaterie ();}
// Zavolá funkci na zjištění stavu nabití 9V baterie
}

void PrijimaniDat()
{
    static boolean posilaniDat = false; // lokální ukazatel
    static byte poradi = 0;
    char zacatek = '<';
    char konec = '>';
    char mp; // meziproměnná

    if (seriovePorty.available() > 0)
    {
// pokud je na pinu RX informace z BT moduu
        mp = seriovePorty.read();
// charakter informace z BT modulu se nahraje do meziproměnné mp

```

```

        if (posilaniDat == true)
        {
            if (mp == konec)
// pokud je v meziproměnné zank '>'
            {
                prijateChar[poradi] = '\0';    // ukončí se řetězec
                posilaniDat = false;
                poradi = 0;                    // rozměr pole se vrátí na 0
                novaData = true; // informace o přijetí nových dat
            }
            else
            {
                prijateChar[poradi] = mp;
// nahrání zanku do char. pole
                poradi++;                    // posun o jednu položku v poli
            }
        }

        else if (mp == zacatek) { posilaniDat = true; }
// pokud je v mezipaměti znak '<' dojde ke změně ukazatele posilaniDat
    }
}

void mereni ()
//funkce zodpovědná za zapnutí měřicí logiky a odeslání výsledků měření
{
    digitalWrite(Zapni, HIGH);                // zapne řídicí logiku
    delay(100);
// prodleva aby bylo zajištěno, že je řídicí logika zapnuta

    if (digitalRead(Schmitt_01) == LOW && digitalRead(Schmitt_02)
== LOW && digitalRead(Schmitt_03) == LOW && digitalRead(Schmitt_04) ==
LOW)
    {
        seriovePorty.print ("FULL") ;
// pokud je zásobník plný, vyšle pomocí Bluetooth modulu text "EMPTY"
    }

    else if (digitalRead(Schmitt_01) == LOW &&
digitalRead(Schmitt_02) == LOW && digitalRead(Schmitt_03) == LOW &&
digitalRead(Schmitt_04) == HIGH)
    {
        seriovePorty.print ("THREE_QUARTERS") ;
// pokud je zásobník zaplněn z 3/4, vyšle pomocí Bluetooth modulu text
"THREE_QUARTERS"
    }

    else if (digitalRead(Schmitt_01) == LOW &&
digitalRead(Schmitt_02) == LOW && digitalRead(Schmitt_03) == HIGH &&
digitalRead(Schmitt_04) == HIGH)
    {
        seriovePorty.print ("HALF") ;
// pokud je zásobník zaplněn z 1/2, vyšle pomocí Bluetooth modulu text
"HALF"
    }

    else if (digitalRead(Schmitt_01) == LOW &&

```

```

digitalRead(Schmitt_02) == HIGH && digitalRead(Schmitt_03) == HIGH &&
digitalRead(Schmitt_04) == HIGH)
    {
        seriovePorty.print ("QUARTER") ;
// pokud je zásobník zaplněn z 1/4, vyšle pomocí Bluetooth modulu text
"QUARTER"
    }

    else if (digitalRead(Schmitt_01) == HIGH &&
digitalRead(Schmitt_02) == HIGH && digitalRead(Schmitt_03) == HIGH &&
digitalRead(Schmitt_04) == HIGH)
    {
        seriovePorty.print ("EMPTY") ;
// pokud je zásobník prázdný, vyšle pomocí Bluetooth modulu text "EMPTY"
    }

    else
    {
        seriovePorty.print ("CHYBA") ;
// pokud nenastane ani jeden z předchozích stavů, vyšle pomocí Bluetooth
text "CHYBA"
    }

    digitalWrite(Zapni, LOW); // vypne řídicí logiku
}

void ManualniMereni()
{
    delay(100);
    VypniVse();

    if (digitalRead(Schmitt_01) == LOW && digitalRead(Schmitt_02) ==
LOW && digitalRead(Schmitt_03) == LOW && digitalRead(Schmitt_04) == LOW)
    {
        digitalWrite(Stav_100, LOW);
// Pokud je zásobník Plný, rozsvítí se zelená LED
        if (digitalRead(Propoj_100) == LOW)
            {digitalWrite(Piezo, LOW); }
// Pokud je zkratovací propojka na 5. pozici, zapne se zvuková
signalizace
    }
    else if (digitalRead(Schmitt_01) == LOW &&
digitalRead(Schmitt_02) == LOW && digitalRead(Schmitt_03) == LOW &&
digitalRead(Schmitt_04) == HIGH)
    {
        digitalWrite(Stav_75, LOW);
// Pokud je zásobník zaplněn z 3/4, rozsvítí se žlutá LED
        if (digitalRead(Propoj_75) == LOW)
            {digitalWrite(Piezo, LOW); }
// Pokud je zkratovací propojka na 4. pozici, zapne se zvuková
signalizace
    }
    else if (digitalRead(Schmitt_01) == LOW &&
digitalRead(Schmitt_02) == LOW && digitalRead(Schmitt_03) == HIGH &&
digitalRead(Schmitt_04) == HIGH)
    {
        digitalWrite(Stav_50, LOW);

```



```

// Pokud je zásobník zaplněn z 1/2, rozsvítí se oranžová LED
    if (digitalRead(Propoj_50) == LOW)
        {digitalWrite(Piezo, LOW); }
// Pokud je zkratovací propojka na 3. pozici, zapne se zvuková
signalizace
    }
    else if (digitalRead(Schmitt_01) == LOW &&
digitalRead(Schmitt_02) == HIGH && digitalRead(Schmitt_03) == HIGH &&
digitalRead(Schmitt_04) == HIGH)
    {
        digitalWrite(Stav_25, LOW);
// Pokud je zásobník zaplněn z 1/4, rozsvítí se červená LED
        if (digitalRead(Propoj_25) == LOW)
            {digitalWrite(Piezo, LOW); }
// Pokud je zkratovací propojka na 2. pozici, zapne se zvuková
signalizace
    }
    else if (digitalRead(Schmitt_01) == HIGH &&
digitalRead(Schmitt_02) == HIGH && digitalRead(Schmitt_03) == HIGH &&
digitalRead(Schmitt_04) == HIGH)
    {
        digitalWrite(Stav_0, LOW);
// Pokud je zásobník prázdný, rozsvítí se červená LED
        if (digitalRead(Propoj_0) == LOW)
            {digitalWrite(Piezo, LOW); }
// Pokud je zkratovací propojka na 1. pozici, zapne se zvuková
signalizace
    }
}

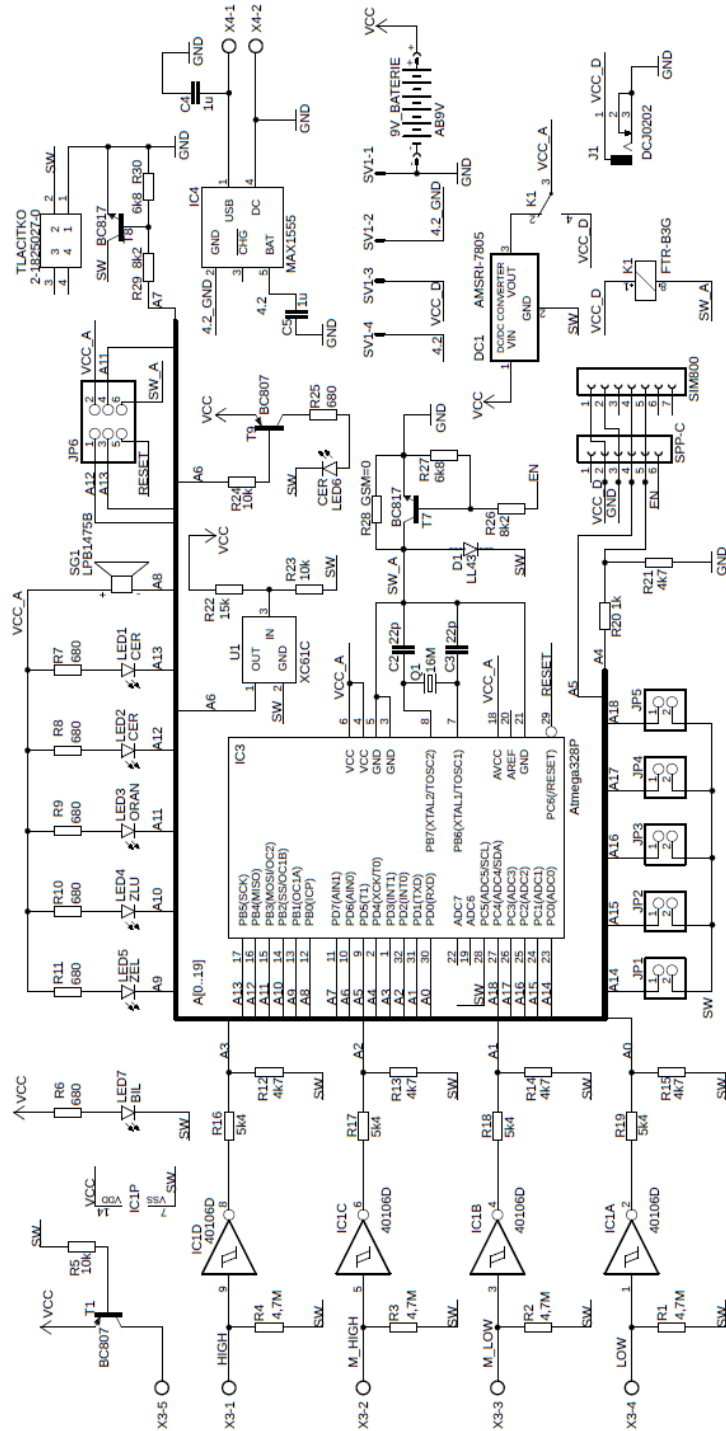
void VypniVse () // Dojde k vypnutí všech LED i piezoměniče
{
    digitalWrite(Stav_100, HIGH);
    digitalWrite(Stav_75, HIGH);
    digitalWrite(Stav_50, HIGH);
    digitalWrite(Stav_25, HIGH);
    digitalWrite(Stav_0, HIGH);
    digitalWrite(Piezo, HIGH);
}

void stav9Vbaterie ()
{
    digitalWrite(Zapni, HIGH); // zapne hlavní řídicí logiku
    delay(50);
// prodleva aby bylo zajištěna správnost měření
    if (digitalRead (Baterie))
    {
        seriovePorty.print ("NABITA") ; // pokud je na pinu D10
logická úroveň 1, vyšle pomocí Bluetooth text "NABITA"
    }
    else
    {
        seriovePorty.print ("VYBITA") ; // pokud je na pinu D10
logická úroveň 0, vyšle pomocí Bluetooth text "VYBITA"
    }
}

```

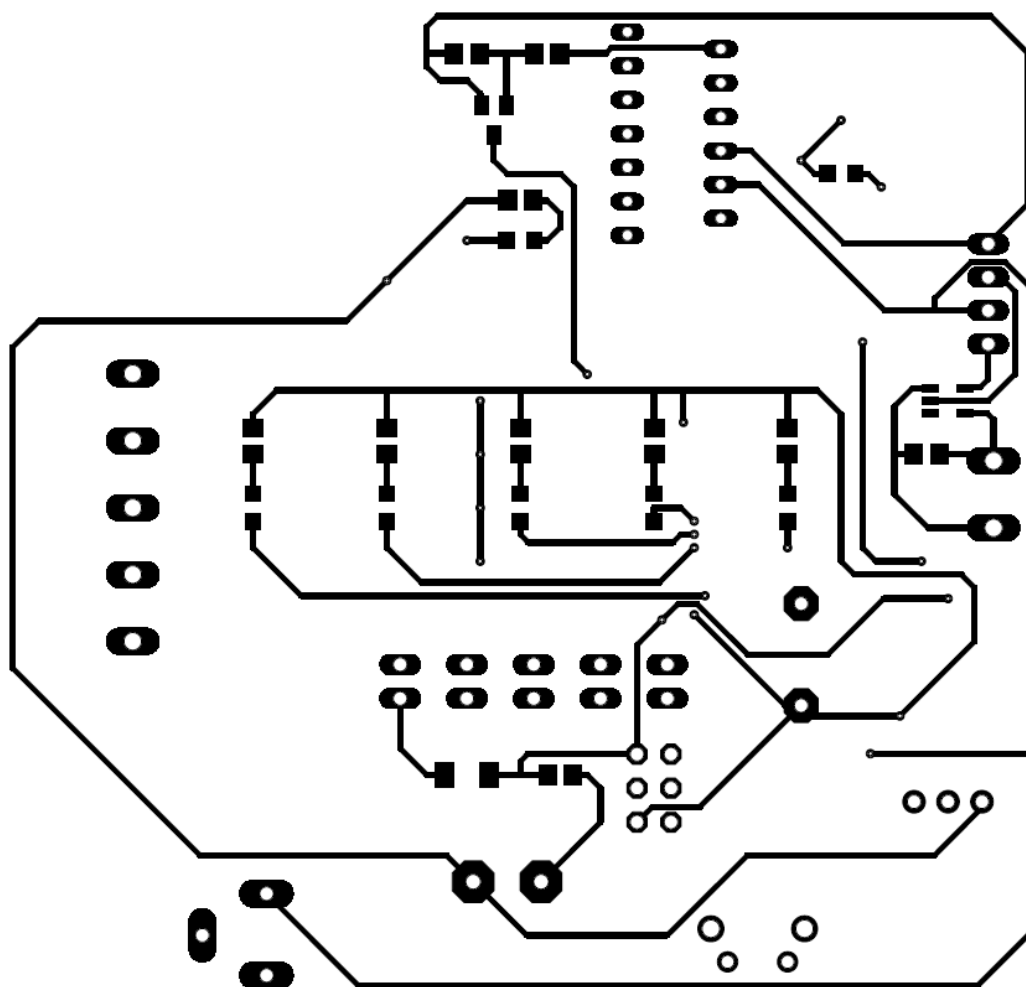
```
    delay(200);  
    digitalWrite(Zapni, LOW);           // vypne hlavní řídící logiku  
}
```

# Příloha B - Kompletní schéma zařízení

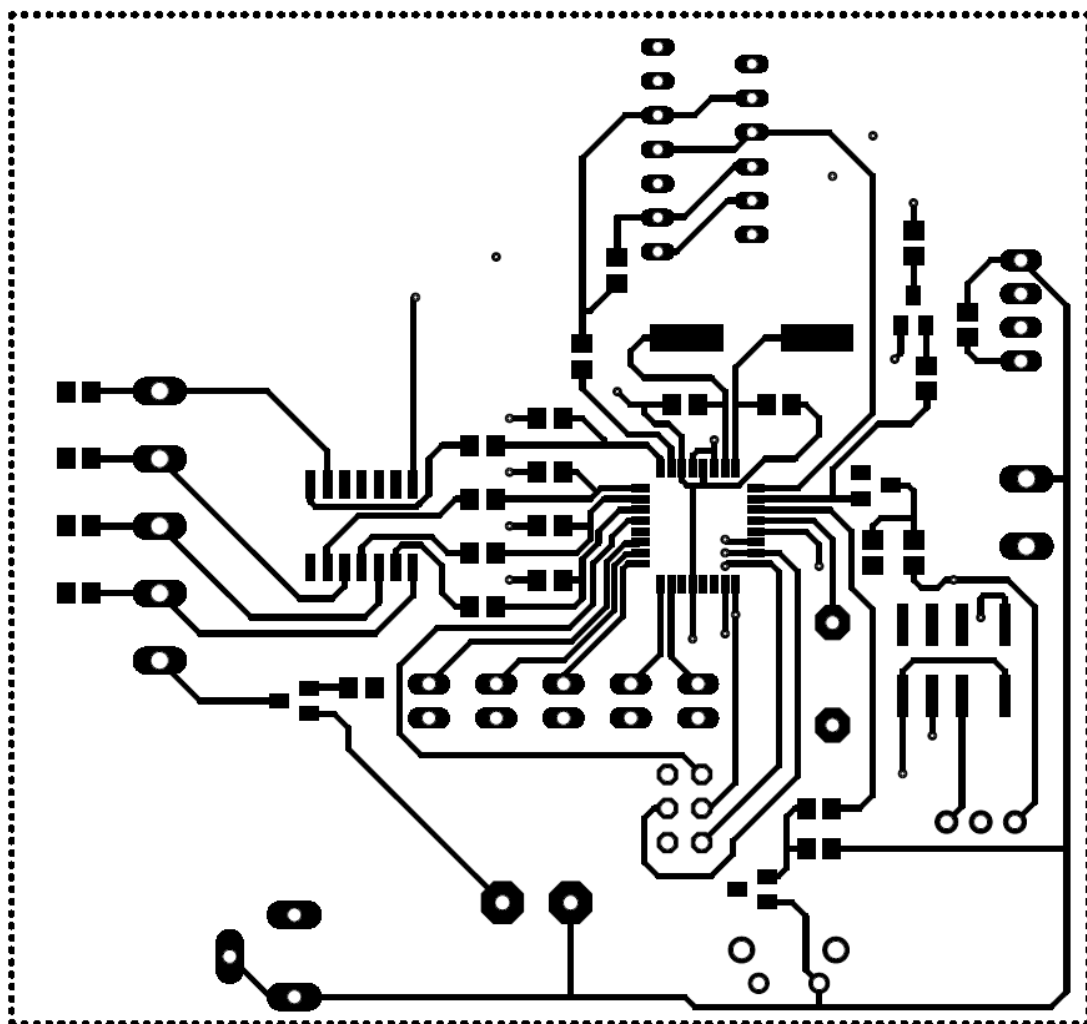


03.05.2022 17:31 C:\Users\marti\Desktop\Bakalářská práce\Layout\_DPSiBez dekod\Hladina\_V02.sch (Sheet: 1/1)

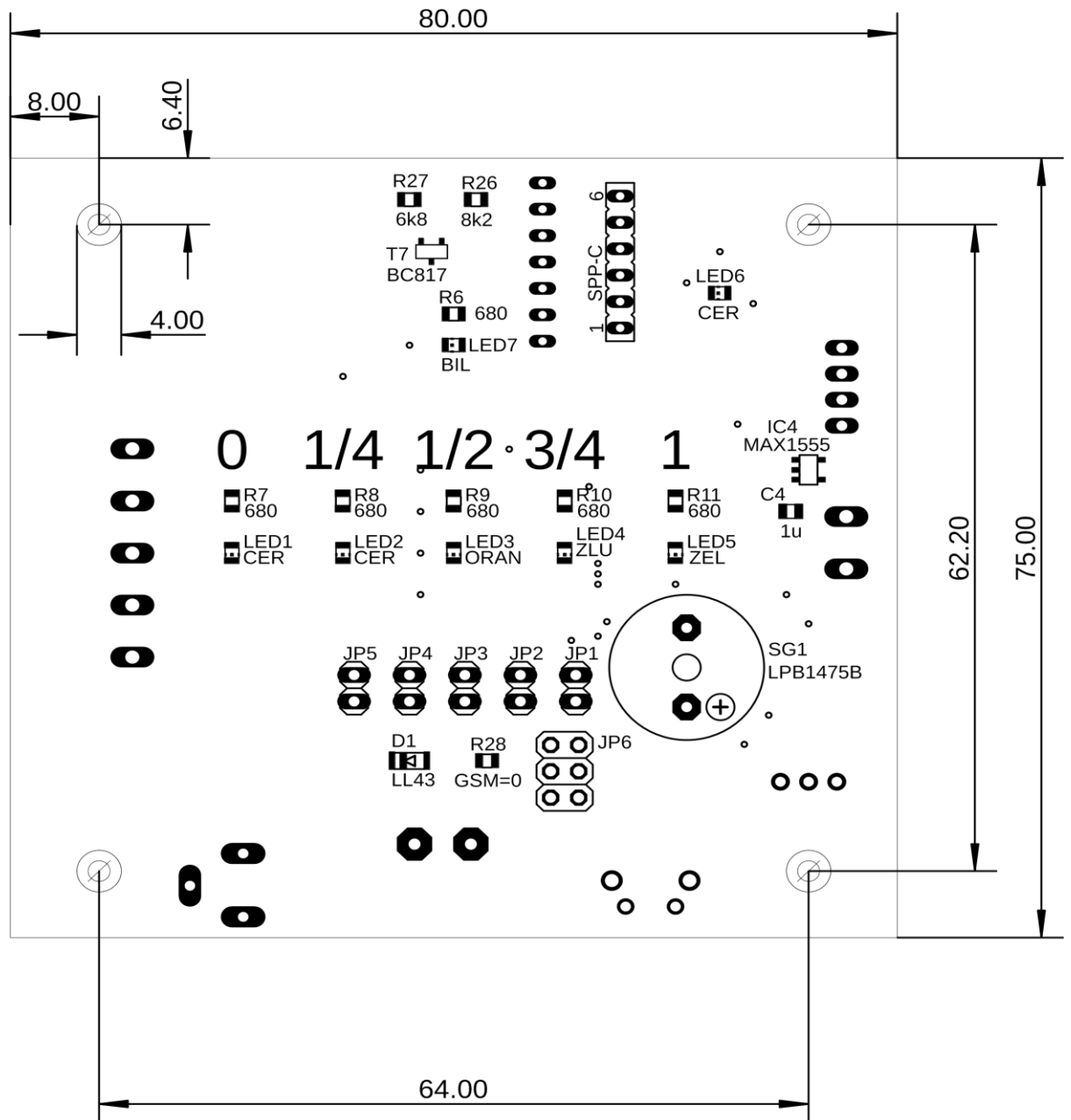
## Příloha C - Vodivý motiv horní strany DPS



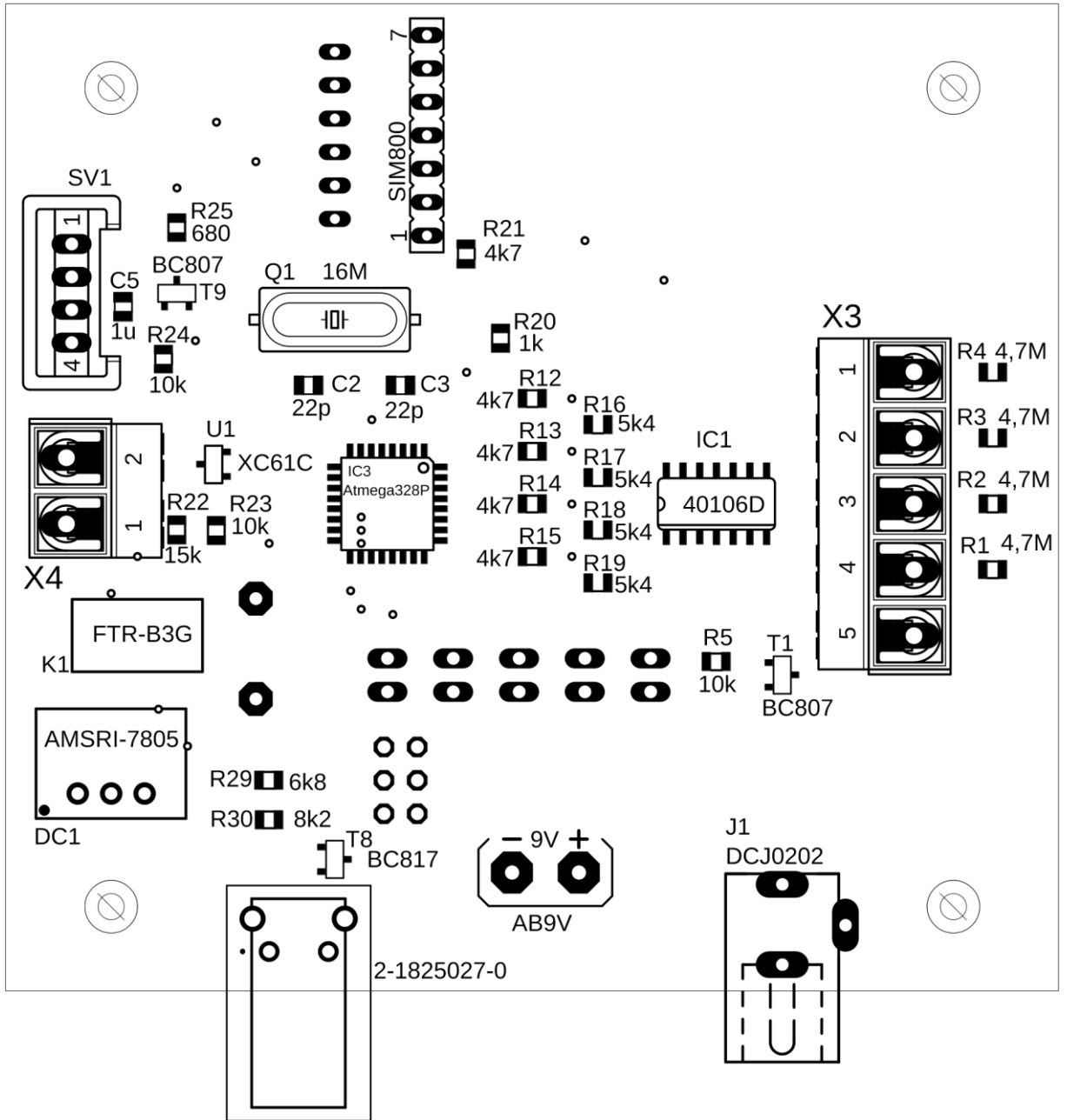
## Příloha D - Vodivý motiv spodní strany DPS



# Příloha E - Pokládací výkres horní strany DPS



# Příloha F - Pokládací výkres spodní strany DPS



## **Příloha G - Kód aplikace pro mobilní telefon**



Aplikace-kód.pdf