



Vyšší odborná škola a Střední průmyslová  
škola elektrotechnická Olomouc,  
Božetěchova 3

## PRAKTICKÁ ZKOUŠKA Z ODBORNÝCH PŘEDMĚTŮ

Krokometr s LCD displejem  
napájený akumulátorem

Autor	<b>Václav Kubeš</b>
Obor	<b>Elektrotechnika</b>
Vedoucí práce	<b>Mgr. Michal Dudka</b>
Školní rok	<b>2020/2021</b>



## ZADÁNÍ PRAKTIČKÉ ZKOUŠKY Z ODBORNÝCH PŘEDMĚTŮ

pro: **Václava KUBEŠE**

Obor vzdělání: **26-41-M/01 Elektrotechnika**

ŠVP: **Počítačové a informační systémy**

Třída: **4A**

Ředitelství Vyšší odborné školy a Střední průmyslové školy elektrotechnické Olomouc Vám podle vyhlášky Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy č. 177/2009 Sb., o blížších podmínkách ukončování vzdělávání ve středních školách maturitní zkouškou, ve znění vyhlášky č. 90/2010 Sb., vyhlášky č. 274/2010 Sb., vyhlášky č. 54/2011 Sb. a vyhlášky č. 273/2011 Sb., určuje tuto praktickou zkoušku z odborných předmětů.

**Téma:** **Krokoměr s LCD displejem napájený akumulátorem**

**Způsob zpracování a pokyny k obsahu:**

- Návrh krokoměru s LCD displejem napájeného akumulátorem.
- Realizace pomocí mikrokontroléra (STM8) na vlastní DPS.
- Tvorba dokumentace, která bude obsahovat popis funkce a výrobní podklady.
- Otestování hotového zařízení.
- Tvorba posteru prezentujícího maturitní práci.
- Příprava podkladů pro aktivní účast v jednotlivých kolech SOČ.
- Všechny body zadání jsou závazné, pokud je žák nedodrží, přechází praktická maturitní zkouška z formy maturitní práce na praktickou maturitní zkoušku jednodenní.

**Rozsah:** 25 až 35 stran

**Kritéria hodnocení:** Hodnocení práce probíhá ve třech fázích.

Průběžné hodnocení zohledňuje postupné plnění zadaných úkolů, dodržování termínů, míru samostatnosti žáka. Hodnocení závěrečné posuzuje míru splnění všech požadavků vyplývajících ze zadání práce a funkčnost produktů. Hodnocena je přehlednost, úplnost, srozumitelnost a formální stránka textové části práce. Hodnocení obhajoby práce zahrnuje způsob a srozumitelnost projevu, vzhled prezentace, odpovědi na dotazy.

**Délka obhajoby:** 15 minut

**Počet vyhotovení:** 1 výtisk

**Vedoucí práce:** Mgr. Michal DUDKA

Datum zadání: 1. října 2020

Datum odevzdání: 26. března 2021

V Olomouci dne 1. října 2020

ředitel školy

Zadání převzal dne ..... 1. 10. 2020 .....

podpis žáka

Prohlašuji, že jsem praktickou zkoušku z odborných předmětů vypracoval samostatně a všechny prameny jsem uvedl v citacích a seznamu použité literatury.

.....  
Václav Kubeš

Chtěl bych vyslovit poděkování panu Mgr. Michalu Dudkovi za odborné konzultace a poskytnuté informace.

.....  
Václav Kubeš

Prohlašuji, že nemám námitek proti půjčování nebo zveřejňování mé práce nebo její části se souhlasem školy.

.....  
Václav Kubeš

## ABSTRAKT

Tato práce se zabývá návrhem zařízení, které je schopno kvantifikovat počet lidských kroků (obecně známo jako krokoměr). Důvodem výběru tohoto tématu byla vzrůstající obliba takzvaných *wearables*, neboli nositelné elektroniky, která lidem zpříjemňuje život, dělá ho zdravějším či jinak zajímavým.

Cílem práce je navrhnout krokoměr, který bude zobrazovat počet kroků na LC displeji a napájen bude LiPol akumulátorem. Řídícím mikrokontrolerem je procesor STM8. Krokoměr bude realizován na vlastní desce plošných spojů. Celková velikost by neměla výrazně omezovat člověka v přirozeném pohybu.

K dosažení cíle práce bylo využito programování v programovacím jazyce C ve vývojovém prostředí ST Visual Develop, které umožňuje funkci debuggeru. Pro ovládání mikrokontroleru byly použity knihovny vydané společností STMicroelectronics (Standard Peripheral Library). Dále pak aplikace Eagle od společnosti Autodesk, pomocí jíž bylo vytvořeno schéma zapojení krokoměru a návrh desky plošných spojů. Obal krokoměru byl navržen pomocí webové aplikace TinkerCAD.

Mikrokontrolery od společnosti STMicroelectronics řady STM8L(AL) jsou vhodnými pro využití v oboru nositelné elektroniky, protože nabízejí širokou škálu výběru funkcí a zároveň kladou důraz na nízkou spotřebu. Krokoměr s LCD displejem napájený akumulátorem, který je předmětem této práce, používá mikrokontroler z této řady. Jeho funkčnost, nízká spotřeba a malé rozměry dokazují toto tvrzení.

# OBSAH

Obsah.....	5
Úvod .....	7
1. Návrh funkcí krokoměru a jejich realizace .....	8
1.1 Snímání počtu kroků .....	8
1.1.1 Princip funkce krokoměrového modulu STP100M .....	9
1.1.2 Pracovní parametry krokoměrového modulu STP100M .....	9
1.2 Zobrazování informací .....	10
1.3 Princip funkce LCD.....	10
1.4 Ukládání osobního rekordu a nulování.....	11
1.5 Snímání stavu baterie .....	11
1.5.1 Návrh děliče .....	11
1.5.2 Nevýhody snímání napětí pomocí rezistorového děliče .....	11
2. Mikrokontroler .....	13
2.1 Výběr mikrokontroleru od STMicroelectronics .....	13
2.2 Specifikace a funkce mikrokontroleru STM8AL3LE88.....	13
3. Nabíjení baterie a napájení .....	14
3.1 Napájení mikrokontroleru a krokoměrového modulu .....	14
3.2 Nabíjení LiPol baterie .....	15
3.3 Celková spotřeba .....	17
3.4 Low power mode .....	17
4. Program .....	19
4.1 Slovní popis hlavního programu .....	19
4.2 Vývojový diagram hlavního programu .....	20
5. Testování přesnosti a funkčnosti.....	21

## Krokoměr s LCD displejem napájený akumulátorem

6. Návod k použití .....	22
Závěr .....	24
Seznam použité literatury .....	25
Seznam obrázků a tabulek .....	26
Odkazy .....	27
Přílohy .....	28

## ÚVOD

Tato práce se zabývá návrhem a fyzickou realizací krokoměru s LCD displejem, který je napájen akumulátorem.

Mým vlastním cílem je navrhnout funkční krokoměr, který bude moci po všech stránkách konkurovat již na trhu dostupným krokoměrů. To znamená hlavně miniaturizace celého krokoměru a nabídka široké palety užitečných funkcí.

Dokumentace práce bude obsahovat několik kapitol, které se budou zabývat hlavními částmi návrhu a realizace krokoměru s LCD displejem napájeného akumulátorem. V kapitolách budou popsány důvody výběru použitých komponentů a zjednodušeně popsán hlavní program obsluhující krokoměr. V příloze budou uvedeny některé výrobní podklady a odkaz na ty, které nebylo možné k dokumentaci přiložit.

## 1. NÁVRH FUNKCÍ KROKOMĚRU A JEJICH REALIZACE

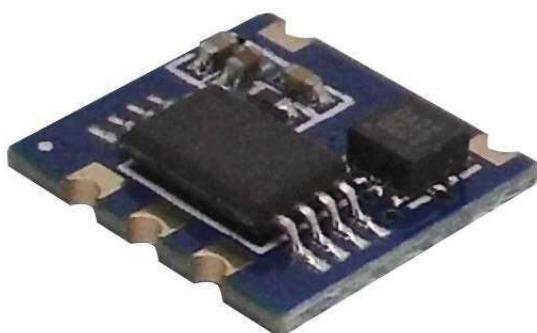
Nejdůležitějším aspektem návrhu nejen nositelné elektroniky, je správné určení její funkce a využití. Můžeme například navrhnut automatickou loupačku banánů, ale její funkce je zbytečná, využití nebude žádné a tím i žádná poptávka na potenciálním trhu.

Které funkce by ale měl mít krokoměr, aby bylo jeho užívání praktické a jednoduché? Základem je snímání počtu kroků, ale to je jen jedna ze základních funkcí. Uživatel by měl mít možnost vynulovat počet kroků, aby každý den mohl začít od začátku. Užitečnou funkcí by byla možnost zaznamenat svůj osobní rekord, nebo být informován o stavu baterie. Všechny tyto informace se musí někde zobrazovat – k tomu požijeme displej. V této kapitole uvedu funkce mého krokoměru a také to, jak jsem je realizoval.

### 1.1 SNÍMÁNÍ POČTU KROKŮ

Ke snímání počtu kroků je použit krokoměrový modul STP100M od čínské společnosti NiceRF. Tato firma ho nabízí v několika variantách přizpůsobených pro nošení na zápěstí (např. do chytrých hodinek a fitness náramků), nebo pro nošení na jiných částech těla (např. na opasku či v botě). Já jsem zvolil variantu pro nošení na opasku, protože nejsem schopen krokoměr dostatečně miniaturizovat pro pohodlné nošení na zápěstí. Výrobce také zdůrazňuje velmi nízkou spotřebu tohoto modulu.

Obrázek 1: Krokoměrový modul STP100M

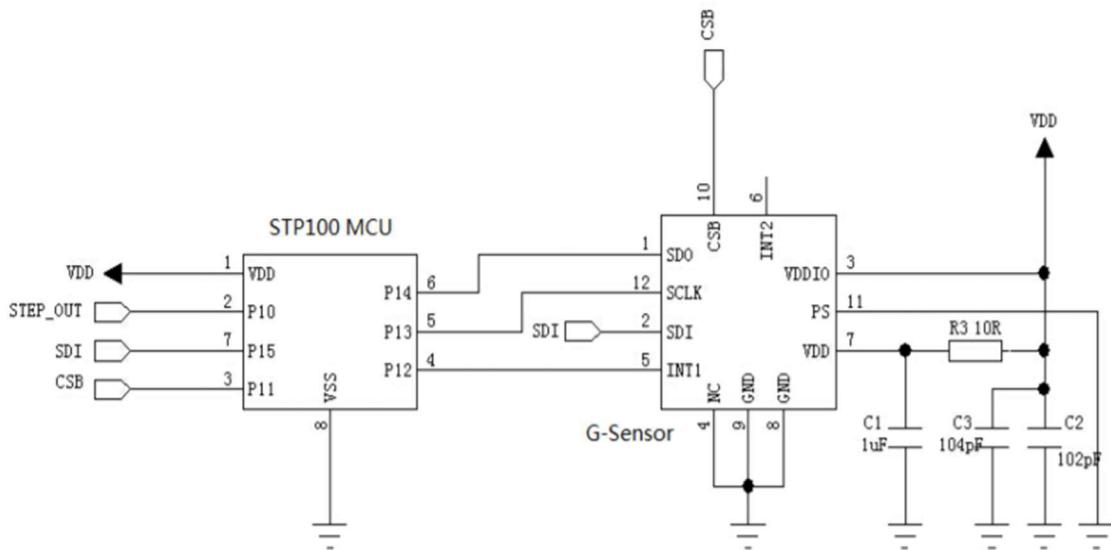


Zdroj: převzato z [1]

### 1.1.1 PRINCIP FUNKCE KROKOMĚROVÉHO MODULU STP100M

Principem detekování jednoho kroku je detekce změny gravitačního zrychlení pomocí elektronického senzoru. Tyto informace jsou předány po SPI sběrnici a zpracovávány v mikrokontroleru pomocí analyzačního algoritmu a je vyhodnoceno, zda se jednalo o skutečný krok, nebo jen o mírný otřes. Pokud šlo o krok a nejednalo se o pouhý otřes, mikrokontroler nastaví pin STEP\_OUT na hodnotu HIGH po dobu 50 ms.

*Obrázek 2: Vnitřní zapojení krokoměrového modulu STP100M*



Zdroj: převzato z [2]

### 1.1.2 PRACOVNÍ PARAMETRY KROKOMĚROVÉHO MODULU STP100M

Podle dokumentace výrobce modul pracuje ve dvou režimech:

- Pracovní režim – do tohoto režimu vstupuje modul po každém detekování kroku a má při něm spotřebu kolem  $25 \mu\text{A}$  při napájecím napětí 3 V.
- Úsporný režim – do tohoto režimu vstupuje modul pokud nebyl 20 sekund detekován žádný krok a má při něm spotřebu kolem  $4 \mu\text{A}$  při napájecím napětí 3 V.

Napájecí napětí se může pohybovat v rozmezí 2,3 V až 3,6 V. Přesnost detekce kroku jsou  $\pm 3\%$  během stálé chůze. Tato chyba se však zvětšuje, pokud se nejedená o stálou chůzi.

Tabulka 1: Pracovní parametry krokoměrového modulu STP100M

Parametr	Podmínka	Hodnoty			Jednotka
		MIN	TYP	MAX	
Pracovní napětí		2,3	3	3,6	V
Pracovní proud	Při 3 V		< 25		µA
Proud v režimu spánku			< 4		µA
c			1		krok
Chyba krokoměru	Stálá chůze		±3 %		krok

Zdroj: převzato z [3]

## 1.2 ZOBRAZOVÁNÍ INFORMACÍ

Pro zobrazování informací (např. aktuální počet kroků, osobní rekord, stav baterie) máme na výběr širokou škálu možností. Můžeme použít Bluetooth modul a uživatel krokoměru si bude moci zobrazit požadované informace ve svém telefonu, nebo máme na výběr pestrou paletu displejů. Ne každý se ale hodí pro tuto práci. Hlavním požadavkem je, aby jeho spotřeba byla co nejmenší. Pokud tento požadavek nastavíme jako hlavní výběrový parametr, nejlépe nám vychází LC displej. Ten jsem použil já. Jeho další výhodou jsou jeho malé rozměry i to, že některé mikrokontrolery STM8 v sobě mají zabudovaný driver, který umožňuje jejich ovládání.

## 1.3 PRINCIP FUNKCE LCD

Základem LC displeje jsou tekuté krystaly (Liquid Crystal), což jsou podlouhlé molekuly, jejichž natočení v prostoru lze měnit pomocí napětí přivedeného na elektrody. Natočením v prostoru se vytváří polarizační filtr. Světlo do displeje vchází přes polarizační filtr, odráží se od zadní čisti displeje a vrací se skrz vrstvu tekutých krystalů. Ty polarizují vracející se světlo tak, že ho otočí o 90° a tím vzniká černá plocha. Nebo krystaly světlo nepolarizují, a tak může projít zpět z displeje. To znamená, že se na displeji nic nezobrazí.

## 1.4 UKLÁDÁNÍ OSOBNÍHO REKORDU A NULOVÁNÍ

Nezbytnou funkcí pro krokoměr je možnost vynulovat aktuální počet kroků, aby mohl uživatel měřit počet kroků za určitou dobu. Tato funkce se provede po podržení ovládacího tlačítka. Při nulování se také zkontroluje, zda nebyl překonán rekord a pokud ano, uloží se do dlouhodobé paměti, aby nedošlo ke ztrátě při vypnutí krokoměru. Rekord je také možno nulovat.

## 1.5 SNÍMÁNÍ STAVU BATERIE

Aby měl uživatel přehled o stavu baterie a potřebném dobití, měl by krokoměr obsahovat funkci pro zjištění stavu baterie. Já při jeho zjišťování vycházím ze snímaného napětí baterie i když se nejedná o nejpřesnější metodu.

Abychom mohli snímat napětí baterie, jež se pohybuje v rozpětí, které přesahuje pracovní napětí mikrokontroleru, musíme ho snížit. To nám zajistí jednoduchý dělič.

### 1.5.1 NÁVRH DĚLIČE

Na výstupu děliče by mělo být při maximální napětí baterie 3,3 V. Protože se jedná o LiPo baterii, maximální napětí bude 4,2 V. Musíme ale počítat s určitou rezervou, jelikož rezistory nejsou úplně přesné a může se měnit i napětí mikrokontroleru.

Hodnoty rezistorů děliče, použitého v krokoměru, jsou  $2,7\text{ M}\Omega$  a  $1,5\text{ M}\Omega$  (výpočet v příloze č. 7). Zvolená rezerva na výstupu děliče je 0,6 V. Teoretický rozsah měřitelného napětí je 0 až 5,13 V na vstupu děliče.

### 1.5.2 NEVÝHODY SNÍMÁNÍ NAPĚТИ POMOCÍ REZISTOROVÉHO DĚLIČE

Nevýhoda snímání napětí pomocí rezistorového děliče je v naší aplikaci několik. První z nich je spotřeba. I když zrovna nepotřebujeme zjistit napětí, stále přes dělič protéká proud a tím vybíjí baterii. Tento nežádoucí jev můžeme minimalizovat výběrem rezistorů s velkým odporem.

Tím ale vzniká druhý problém. Při převádění hodnoty napětí v analogově digitálním převodníku, uvnitř mikrokontroleru, je odebíráno proud. Tento proud se sice pohybuje v desetinách až jednotkách mikroampér, ale i to výrazně změní napětí na

## Krokoměr s LCD displejem napájený akumulátorem

děliči, protože je složen z tak velkých odporů. Tento problém řeší kondenzátor, který je umístěn paralelně s rezistorem  $R_2$ . Při zatížení děliče analogově digitálním převodníkem je proud odebírána právě z něho a díky tomu nedochází k výkyvům napětí při zatížení děliče.

Poslední nevýhodou je nepřesnost použitých rezistorů. Já jsem použil rezistory z řady E12, které mají toleranci  $\pm 10\%$ .

## 2. MIKROKONTROLER

Mikrokontroler má v mého krokoměru velmi důležité místo, protože obstarává většinu jeho funkcí. V této kapitole bych chtěl zdůvodnit výběr konkrétního mikrokontroleru od společnosti STMicroelectronics a uvést některé jeho specifikace a možnosti.

### 2.1 VÝBĚR MIKROKONTROLERU OD STMICROELECTRONICS

V zadání mé dlouhodobé maturitní práce je uvedeno, že se má jednat o řadu STM8. Tato řada má osmibitovou architekturu a nabízí velké množství podskupin, zaměřených různými směry:

- **STM8S** – běžně požíváno, neklade důraz na spotřebu, ale spíše na funkce a výkon
- **STM8L** – klade důraz na nízkou spotřebu
- **STM8AF/STM8AL** – určeno hlavně pro automobilový průmysl, splňuje některé bezpečnostní normy pro automobilový průmysl (ISO 26262 ASIL B), STM8AL klade důraz i na nízkou spotřebu a širokou paletu funkcí

Mé požadavky byly hlavně na co nejmenší spotřebu a LCD driver, jehož pomocí bych mohl ovládat LC displej. Proto jsem se rozhodl použít mikrokontroler **STM8AL3LE88**, který tyto požadavky splňuje.

### 2.2 SPECIFIKACE A FUNKCE MIKROKONTROLERU STM8AL3LE88

Zde uvádím některé klíčové funkce a specifikace tohoto mikrokontroleru:

- CMOS logika s operačním napětím 1,8 až 3,6 V
- Harvardská architektura
- 64 Kbytová flash paměť, 4 Kbytová RAM, 2 Kbytová EEPROM
- CISC procesor
- Frekvence až 16 MHz
- Vnitřní oscilátory 16 MHz a 38 kHz
- LCD driver
- 12 bitový AD převodník
- Pouzdro LQFP 48

### 3. NABÍJENÍ BATERIE A NAPÁJENÍ

V této kapitole se zaměřím na napájecí stránku mého krokoměru. Chtěl bych zde zmínit, jak jsem vyřešil napájení mikrokontroleru a nabíjení LiPol baterie. A také uvést důvody výběru požitých specializovaných integrovaných obvodů a popsat využitý způsob snížení spotřeby mikrokontroleru a celkovou spotřebu krokoměru.

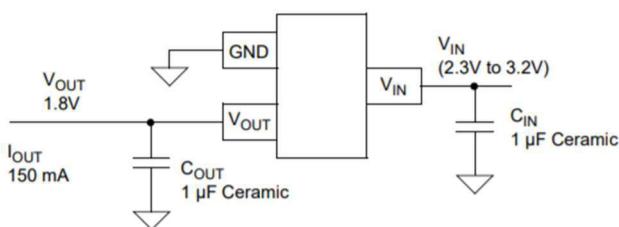
#### 3.1 NAPÁJENÍ MIKROKONTROLERU A KROKOMĚROVÉHO MODULU

Mikrokontroler STM8AL3LE88, jež pro řízení krokoměru využívám, i krokoměrový modul STP100M mohou být napájeni stabilním napětím 3,3 V. To hrálo podstatnou roli při výběru regulátoru, který by stabilizoval napětí z jednočlánkové LiPol baterie, které se pohybuje v rozmezí cca 3,2 V – 4,2 V. Dalším požadavkem byla malá vlastní spotřeba stabilizátoru, aby zbytečně nezatěžoval baterii.

Pro tuto aplikaci se hodí takzvané LDO napěťové regulátory, které jsou schopny regulovat výstupní napětí, i když je rozdíl mezi vstupním a výstupním napětím velmi malý. Mají malou spotřebu a jednoduché zapojení. Důležitým parametrem těchto integrovaných obvodů je klidový proud označovaný  $I_Q$ , který je stále odebírá pro napájení vnitřního řídícího obvodu.

Já jsem si vybral LDO regulátor od společnosti Microchip s označením MCP1700. Jeho klidový proud se pohybuje okolo 1,6  $\mu$ A. A jeho typické aplikační (obrázek č. 3) zapojení obsahuje pouze dva mikrofaradové kondenzátory mezi zemí a vstupem a výstupem regulátoru. Je nabízen v různých provedeních i s různými fixními výstupními napětími. Já jsem si vybral variantu MCP1700-3302 s fixním napětím 3,3 V v pouzdru SOT-23.

*Obrázek 3: Typické aplikační zapojení MCP1700*



Zdroj: převzato z [4]

### 3.2 NABÍJENÍ LiPOL BATERIE

Pro nabíjení LiPol baterie jsem si vybral nabíjecí integrovaný obvod od společnosti Microchip MCP73832, který mimo jiné umožňuje programovatelný nabíjecí proud až 500 mA a má výstup pro signalizaci stavu nabíjení. Jedná se o CC/CV nabíjecí integrovaný obvod, který je dostupný například v pouzdro SOT-23.

LiPol baterie, která je v krokoměru použita má podle prodávajícího kapacitu 900 mAh a doporučuje nabíjecí proud 0,5C tedy 450 mA. Podle vzorce pro výpočet programovacího rezistoru (vzorec č. 3), jež u MCP73832 nastavuje nabíjecí proud, který uvádí výrobce v dokumentaci si vypočítáme jeho velikost:

$$I_{NAB} = \frac{1000}{R_{PROG}} \text{ } ^1 \quad (3)$$

$$R_{PROG} = \frac{1000}{I_{NAB}}$$

$$R_{PROG} = \frac{1000}{450 \cdot 10^{-3}}$$

$$\underline{\underline{R_{PROG} = 2222,2 \Omega}}$$

Tato hodnota zhruba odpovídá hodnotě 2,2 kΩ v řadě E12. Já jsem radši zvolil následující hodnotu v této řadě 2,7 kΩ, při které je nabíjecí proud 370 mA. Prodlouží se tím životnost baterie i nabíjecího integrovaného obvodu.

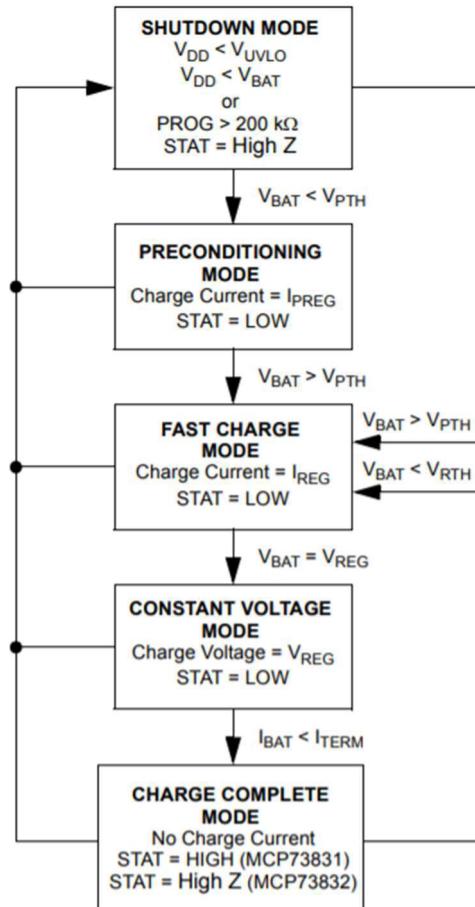
Pin STAT, nabíjecího integrovaného obvodu MCP73832, má sloužit pro informování o stavu nabíjení a je s otevřeným kolektorem. To znamená, že proud do něj může pouze vtékat. V tom případě je na pinu nulové napětí, nebo se pin pohybuje ve stavu vysoké impedance a my na něj můžeme napětí přivést pomocí ochranného rezistoru, nazývaného pull-up rezistor, připojeného na napájecí napětí. Ten má za úkol omezit proud, který teče do mikrokontroleru.

---

<sup>1</sup> Zdroj: *Vzorec pro výpočet programovacího rezistoru*. In: Miniature Single-Cell, Fully Integrated Li-Ion, Li-Polymer Charge Management Controllers [online]. Revision H (June 2020). Arizona, USA: Microchip Technology, ©2005-2020, November 2005, s. 15 [cit. 2021-02-22]. ISBN 978-1-5224-6185-2. Dostupné z: <https://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/MCP73831-Family-Data-Sheet-DS20001984H.pdf>

Pin STAT nabývá vysoké impedance pouze když je baterie nabitá, jinak je pin zkratován se zemí (obrázek č. 4).

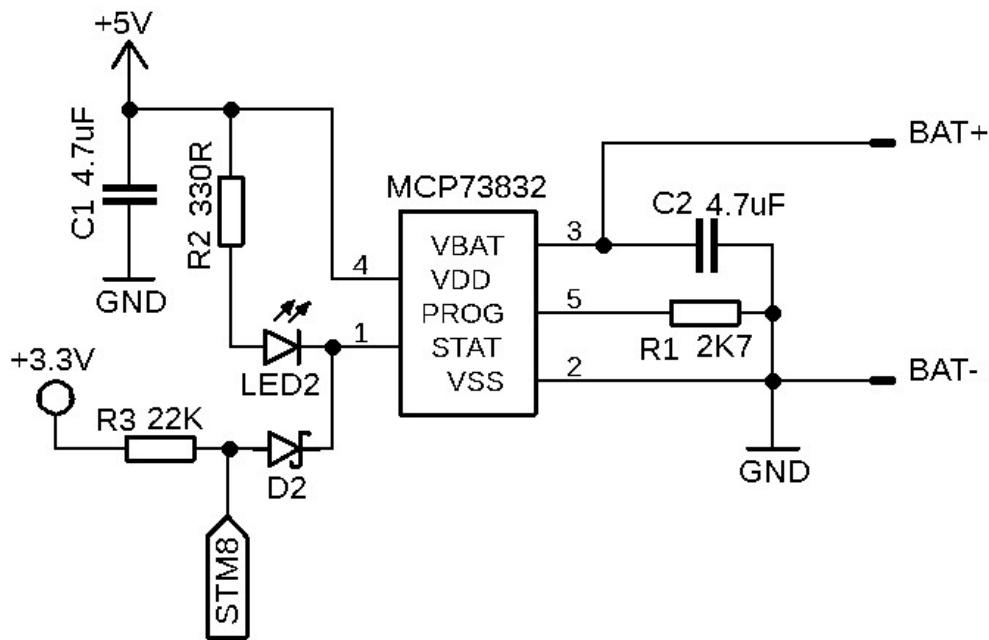
Obrázek 4: Vývojový diagram stavů pinu STATE



Zdroj: Převzato z [5]

Toho lze využít při indikaci stavu nabíjení. LED dioda (LED2) na schématu (obrázek č. 5) tedy svítí právě při nabíjení baterie, protože přes ni protéká proud. Pro signalizaci mikrokontroleru je použita schottkyho dioda, která zabraňuje zbytkovým proudům v protékání do mikrokontroleru a pull-up rezistor, který je připojen na napájecí napětí mikrokontroleru. Když je na pinu stav vysoké impedance, přes schottkyho diodu neprotéká žádný proud a na výstupu, označeném ve schématu jako STM8, je napájecí napětí. Pokud se na STAT objeví nízká hodnota L (pin je spojen se zemí), přes shottkyho diodu protéká proud a na výstupu, označeném ve schématu jako STM8, je pouze úbytek napětí, který vzniká na diodě. Proto je použita schottkyho dioda, která má nízké prahové napětí a proto by neměla překročit zakázané pásmo napěťové úrovně a tak způsobit falešnou detekci nabíjení.

Obrázek 5: Schéma typického zapojení MCP73832



Zdroj: vlastní zpracování

### 3.3 CELKOVÁ SPOTŘEBA

Celková spotřeba je především ovlivněna četností používání a jejím způsobem.

Pokud je krokomér zapnut a je v klidovém stavu, pohybuje se jeho spotřeba okolo 150  $\mu$ A. Při běžném používání bez použití podsvícení displeje, je spotřeba asi 230  $\mu$ A. Při zapnutí podsvícení displeje je spotřeba 12,3 mA.

Použitá baterie má kapacitu 900 mAh. Budeme-li předpokládat, že doba běžného používání je 15 hodin denně, display potřebujeme podsvítit 10 krát za dobu běžného používání a zbytek času je krokomér v klidovém stavu, pak je denní spotřebovaná kapacita 5,133 mAh a celková doba provozu vychází na 175 dní.

### 3.4 LOW POWER MODE

Mikrokontrolery STM8AL3LE umožňují použít několik úsporných režimů. Každý z nich má podmínky, které je nutno splnit pokud do tohoto režimu chceme vstoupit. Proto je důležité vybrat ten správný, který neomezí fungování periferií, které chceme používat.

Tabulka 2: Úsporné režimy mikrokontroleru STM8AL3LE

Low Power mode	Vstup	Oscilátor	CPU	Periferie	Probuzení	Maximální spotřeba
Wait	wfi() / wfe()	Zap.	Vyp.	Zap.	Přerušení/událost/reset	100 µA
Low power run	Sekvence nastavení	Pouze LSI/LSE	Zap.	Zap.	Sekvence nastavení/reset	6,5 µA
Low power wait	Sekvence nastavení + wfe()	Pouze LSI/LSE	Vyp.	Zap.	Událost	3,3 µA
Active-halt	halt()	Pouze LSI/LSE	Vyp.	Zap. pouze RTC a LCD	Exter. přerušení/RTC přeruš./reset	8,7 µA
Halt	halt()	Vyp.	Vyp.	Vyp.	Exter. přerušení/reset	0,9 µA

Zdroj tabulka: vlastní zpracování

Zdroj informací uvedených v tabulce: převzato z [6]

Krokomér využívá LCD driver a ADC. Displej potřebujeme mít neustále zapnutý ADC ale neustále zapnuté mít nepotřebujeme. Pokud tyto dvě podmínky uplatníme při výběru úsporného režimu, vyjde nám **Active-halt** režim jako ten správný.

Od režimu Halt se liší právě tím, že není zastavena funkce LCD driveru ani RTC, které jsou zdrojem hodinové signálu pro LCD. Do režimu Active-halt vstoupíme příkazem *halt()*. Zastaví se taktovací signál z oscilátoru a vykonávání programu se zastaví. Před tím je ale nutné zapnout RTC a LCD driver, jinak bychom vstupovali do Halt režimu.

Z Active-halt režimu se mikrokontroler probudí pokud je detekováno externí přerušení, nebo přerušení z RTC, což nám umožňuje využít wakeup timer, který je součástí RTC. Ten po uplynutí nastavené doby vyvolá přerušení.

Při programování je nutno myslit na to, že se napsaný program vykonává dokud nedojde na příkaz *halt()* a po zpracování tohoto příkazu je chod programu zastaven.

Další metodou, která je využita pro snížení spotřeby mikrokontroleru, je snížení taktovací frekvence a použití vnitřního oscilátoru. Proto je využit vnitřní úsporný oscilátor s frekvencí 38 kHz.

## 4. PROGRAM

Tato kapitola se zabývá popisem programu, který ovládá chod celého krokoměru. Popis (at' už grafický nebo slovní) je zjednodušen za účelem snadnějšího pochopení a demonstrace chodu programu.

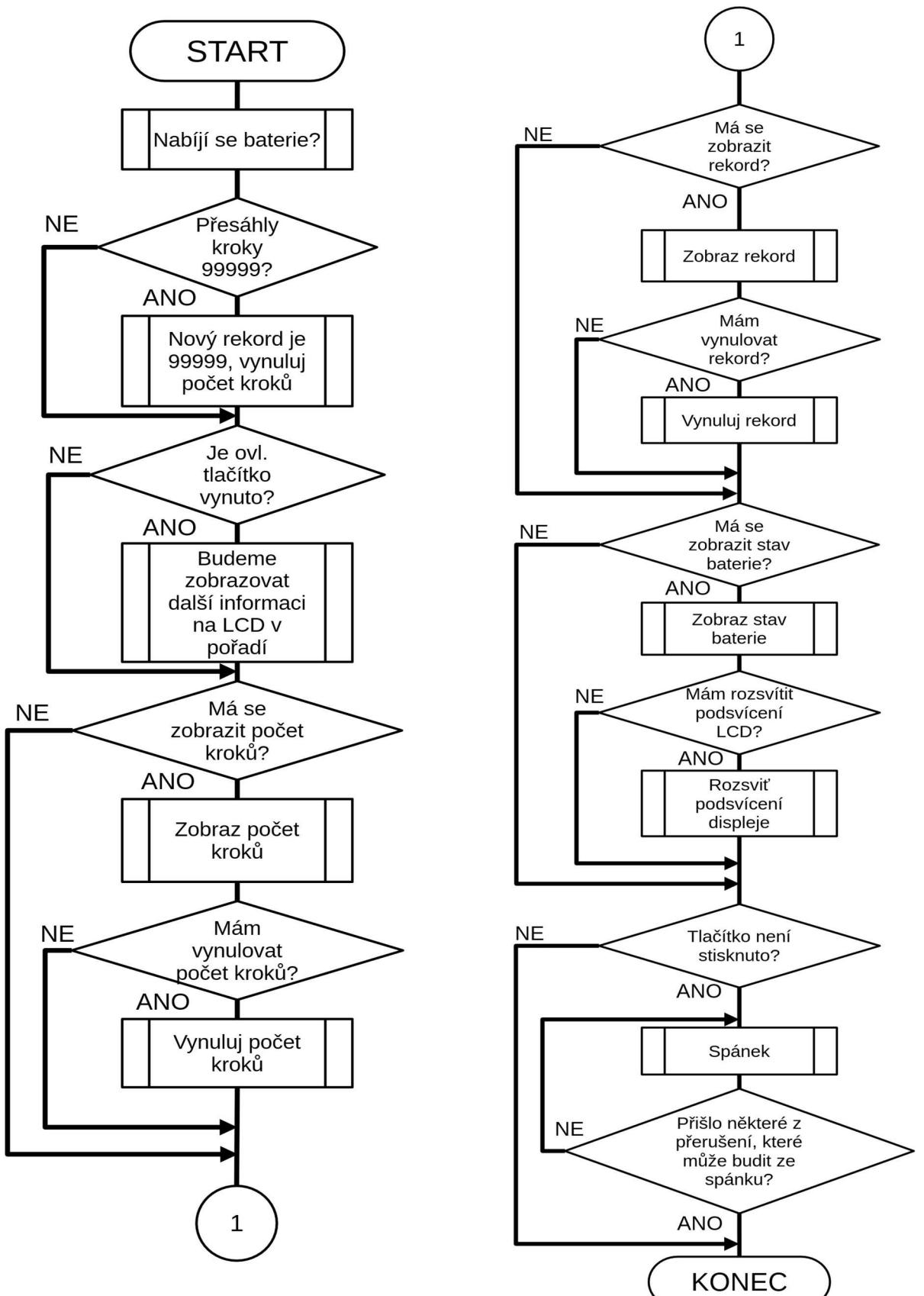
### 4.1 SLOVNÍ POPIS HLAVNÍHO PROGRAMU

Po spuštění krokoměru se inicializují používané periferie a je nastaven zdroj hlavního hodinového signálu na LSI, který kmitá s frekvencí 38 kHz. Jsou nastaveny vnější přerušení, které přicházejí z ovládacího tlačítka, modulu krokoměru a také při připojení a odpojení nabíjení. Je nastaven ADC převodník a LCD driver, kterému je, mimo jiné, potřeba určit obnovovací frekvenci displeje a piny, na které je displej připojen. Také je nastaven časovač 5 jako zdroj určitých časových úseků.

Po probuzení je zkонтrolováno jestli se nenabíjí baterie a jestli nebyl přesažen zobrazitelný počet kroků na displeji. Dále je zkonzolován stav tlačítka a podle něj se zobrazí informace na displeji. Je testována délka stisku tlačítka a pokud je přesažena určitá doba vykoná se určitá funkce (zapnutí podsvícení, vynulování počtu kroků, vynulování rekordu). Pokud není ovládací tlačítko stisknuto vstoupí mikrokontroler do režimu spánku. Probuzen je externím přerušením, nebo přerušením z Wakeup timeru.

## 4.2 VÝVOJOVÝ DIAGRAM HLAVNÍHO PROGRAMU

Obrázek 6: Vývojový diagram hlavního programu



Zdroj: vlastní zpracování

## 5. TESTOVÁNÍ PŘESNOSTI A FUNKČNOSTI

Pro testování skutečné přesnosti krokoměru byla zvolena následující metoda měření: S krokoměrem připevněným na opasek kalhot bylo uděláno sto kroků následně byl zjišťován počet kroků, které krokoměr napočítal.

Těchto měření bylo provedeno deset. Terén na kterém se testovací osoba pohybovala byl různý. Sklon roviny se také různil.

*Tabulka 3: Tabulka naměřených kroků*

Číslo měření	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Průměrná chyba na 100 kroků
Kroky spočítané krokoměrem	102	107	99	102	99	101	101	100	101	101	+1,3 kroku

Zdroj: vlastní zpracování

Z měření vyplývá, že přesnost měření počtu kroků tímto krokoměrem je velmi vysoká, dokonce lepší než jakou uvádí výrobce.

Chybavost se ale násobně zvyšuje pokud se nejedná o stálou chůzi. Z testování mohu říci, že krokoměrový modul je citlivý i na otřesy, které nejsou způsobeny chůzí. Například při připínání krokoměru na opasek, nebo při energičtějším zmáčknutí ovládacího tlačítka. Proto doporučuji, pokud chce uživatel co nejpřesnější údaje, počet kroků vynulovat po nasazení krokoměru. Čím častěji je počet kroků nulován tím přesnější jsou tyto údaje.

## 6. NÁVOD K POUŽITÍ

### 1) Zapnutí a vypnutí krokoměru

- Pro **zapnutí** krokoměru použijte přepínač 1
  - a) Z aktuální polohy ho přesuňte do druhé polohy, kterou přepínač umožňuje.
  - b) Na displeji byste měli vidět zobrazenou nulu případně jiné číslo.
- Pro **vypnutí** krokoměru použijte přepínač 1
  - c) Před vypnutím vždy resetujte počet kroků (postup uveden v odstavci 3).
  - d) Z aktuální polohy přesuňte přepínač 1 do druhé polohy, kterou přepínač umožňuje.
  - e) Po vypnutí by na displeji nemělo být zobrazeno žádné číslo ani znak.

### 2) Pohyb v menu

- Po zapnutí krokoměru je na displeji zobrazován aktuální počet kroků.
- Krátkým stiskem tlačítka 2 zobrazíte svůj osobní rekord.
- Dalším krátkým stiskem tlačítka 2 zobrazíte aktuální stav baterie krokoměru, uváděný v procentech. Pokud je baterie právě nabíjena, jsou na displeji zobrazeny dvě pomlčky a svítí červená LED dioda. Jakmile je baterie nabita jsou zobrazeny procenta a červená LED dioda nesvítí.
- Krátkým stiskem tlačítka 2 se vrátíte zpět k zobrazení aktuálního počtu kroků.

### 3) Resetování počtu kroků a osobního rekordu

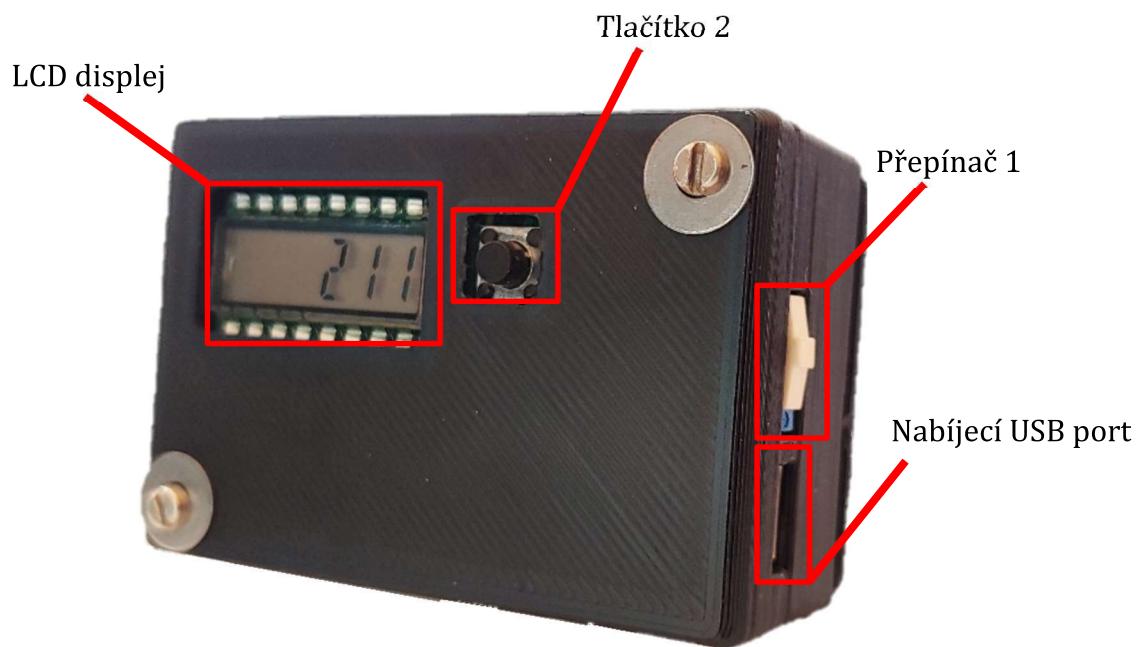
- Pro **resetování počtu kroků** zobrazte na displeji aktuální počet kroků (postup uveden v odstavci 2).
  - a) Stiskněte tlačítko 2 a držte jej po dobu asi tří sekund.
  - b) Na displeji by se měla zobrazit nula a pokud aktuální počet kroků přesáhl váš osobní rekord, byla tato hodnota nastavena jako váš nový osobní rekord.
- Pro **resetování osobního rekordu** zobrazte na displeji váš osobní rekord (postup uveden v odstavci 2).

- a) Stiskněte tlačítko 2 a držte jej po dobu asi čtyř sekund.
- b) Na displeji by se měla zobrazit nula – váš osobní rekord byl vynulován.

#### 4) Zapnutí/vypnutí podsvícení LCD displeje

- Pro **zapnutí podsvícení displeje** zobrazte na displeji stav baterie (postup uveden v odstavci 2).
  - a) Stiskněte tlačítko 2 a držte jej po dobu asi dvou sekund.
  - b) Zapne se podsvícení displeje a po deseti sekundách se samo vypne.
- Pokud podsvícení displeje svítí a **chcete jej vypnout** zobrazte na displeji stav baterie (postup uveden v odstavci 2).
  - a) Stiskněte tlačítko 2 a držte jej po dobu asi dvou sekund.
  - b) Vypne se podsvícení displeje.

Obrázek 7: Popis ovládacích prvků krokoměru



Zdroj: vlastní zpracování

## ZÁVĚR

Mým cílem bylo navrhnout a realizovat funkční krokoměr s LCD displejem napájený akumulátorem. Jako mikrokontroler mělo být použito STM8. Dílčími kroky byl návrh napájecí části, která měla obsahovat i nabíjecí obvody, vytvoření programu, který bude řídit chod krokoměru, návrh desky plošných spojů a samotná realizace. Mým záměrem, který nebyl uveden v zadání, bylo co nejvíce návrh miniaturizovat, aby se tak můj krokoměr co nejvíce blížil reálně prodejnemu a použitelnému výrobku.

Mikrokontroler STM8 byl pro mě něčím úplně novým, a tak jsme se nejdříve s jeho programováním a prací s ním seznamoval. Zjistil jsem, že je kriticky důležité řídit se informacemi v datasheetu a referenčním manuálu. Po seznámení se s tímto typem mikrokontroleru jsem napsal program pro obsluhu krokoměru. Vybral jsem vhodnou řadu STM8 a sestavil prototyp na nepájivém poli. Na tomto prototypu jsem kód testoval a upravoval.

Dále jsem vybral vhodné součástky pro zdrojovou a nabíjecí část. V programu Eagle jsem navrhl schéma zapojení a desku plošných spojů. Kód jsem pak doladil na hotovém výrobku. Jako poslední jsem navrhl krabičku a nechal vytisknout na 3D tiskárně.

Největší problém jsem měl se sjednocením softwarové a hardwarové části, protože se navzájem ovlivňovaly.

Za největší úspěch, mimo celkové dokončení této práce, považuji část kódu, která algoritmizuje postup ukládání dat do LCD driver registrů, podle kterých se na displeji zobrazují znaky.

Další vylepšení a rozvoj funkcí krokoměru spatřuji zvláště v jeho komunikaci s chytrým telefonem a zpracování dat ve speciálně navržené aplikaci, která by podávala grafický informační výstup uživateli. Pro zpřesnění měření kroků, ale třeba i vzdálenosti, by mohl být využit modul GPS. Dalším směrem, kterým by se mohlo vylepšení mého krokoměru ubírat, je miniaturizace.

Tuto práci hodnotím pozitivně, protože jsem splnil všechny její části a rozšířil jsem si své znalosti nejen v elekrotechnice ale i programování.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

*Datasheet STM8AL31E8x STM8AL3LE8x: Automotive 8-bit ultra-low-power MCU, 64 KB Flash, EEPROM, RTC, AES, LCD, timers, USARTs, I2C, SPIs, ADC, DAC, COMPs* [online]. In: . Geneva, Switzerland: STMicroelectronics, © 2015, April 2015 [cit. 2021-03-02]. Dostupné z: <https://cz.mouser.com/datasheet/2/389/stm8al31e88-1851436.pdf>

*MCP1700: Low Quiescent Current LDO* [online]. In: . Arizona, USA: Microchip Technology, © 2005, November 2005 [cit. 2021-03-02]. Dostupné z: <https://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/MCP1700-Data-Sheet-20001826F.pdf>

*MCP73831/2: Miniature Single-Cell, Fully Integrated Li-Ion, Li-Polymer Charge Management Controllers* [online]. In: . Arizona, USA: Microchip Technology, © 2005, November 2005 [cit. 2021-03-02]. Dostupné z: <https://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/MCP73831-Family-Data-Sheet-DS20001984H.pdf>

*RM0031 Reference manual: STM8L050J3, STM8L051F3, STM8L052C6, STM8L052R8 MCUs and STM8L151/L152, STM8L162, STM8AL31, STM8AL3L lines* [online]. In: . Geneva, Switzerland: STMicroelectronics, ©2009, Augst 2009 [cit. 2021-03-02]. Dostupné z: [https://www.st.com/resource/en/reference\\_manual/cd00218714-stm8l050j3-stm8l051f3-stm8l052c6-stm8l052r8-mcus-and-stm8l151l152-stm8l162-stm8al31-stm8al3l-lines-stmicroelectronics.pdf](https://www.st.com/resource/en/reference_manual/cd00218714-stm8l050j3-stm8l051f3-stm8l052c6-stm8l052r8-mcus-and-stm8l151l152-stm8l162-stm8al31-stm8al3l-lines-stmicroelectronics.pdf)

*STP100M pulse output for Non-Wrist application 3D pedometer module* [online]. In: . V2.0. Shenzhen, China: NiceRF Wireless Technology Co., © 2015, September 2015 [cit. 2021-03-03]. Dostupné z: <https://www.nicerf.com/products/detail/pulse-output-for-non-wrist-application-3d-pedometer-module-stp100m.html>

## SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

Obrázek 1: Krokoměrový modul STP100M.....	8
Obrázek 2: Vnitřní zapojení krokoměrového modulu STP100M.....	9
Obrázek 3: Typické aplikační zapojení MCP1700.....	14
Obrázek 4: Vývojový diagram stavů pinu STATE.....	16
Obrázek 5: Schéma typického zapojení MCP73832.....	17
Obrázek 6: Vývojový diagram hlavního programu.....	20
Obrázek 7: Popis ovládacích prvku krokoměru .....	23
Obrázek 8: Deska plošných spojů - vrchní část.....	35
Obrázek 9: Deska plošných spojů - spodní část.....	35
Obrázek 10: Krokoměr - přední pohled.....	35
Obrázek 11: Krokoměr .....	36
Tabulka 1: Pracovní parametry krokoměrového modulu STP100M .....	10
Tabulka 2: Úsporné režimy mikrokontroleru STM8AL3LE .....	18
Tabulka 3: Tabulka naměřených kroků .....	21

## ODKAZY

- 1 *Krokoměrový modul STP100M.* In: Nicerf.com [online]. 309-314, 3/F, Bldg A, Hongdu business building, Zone 43, Baoan Dist, Shenzhen, China: NiceRF Wireless Technology Co., © 2016 [cit. 2021-01-21]. Dostupné z: <https://www.nicerf.com/upload/mult/201610/20/201610200358204098.jpg>
- 
- 2 *Schéma vnitřního zapojení STP100M.* In: Nicerf.com [online]. 309-314, 3/F, Bldg A, Hongdu business building, Zone 43, Baoan Dist, Shenzhen, China: NiceRF Wireless Technology Co. [cit. 2021-01-21]. Dostupné z: <https://www.nicerf.com/Upload/ueditor/files/2016-09-26/STP100%203D%20Pedometer%20Chipset%20V2.0-79363fae-a0c1-4eb2-a5e0-9047c13535db.pdf>
- 
- 3 *Pracovní parametry krokoměrového modulu STP100M.* In: Nicerf.com [online]. 309-314, 3/F, Bldg A, Hongdu business building, Zone 43, Baoan Dist, Shenzhen, China: NiceRF Wireless Technology Co. [cit. 2021-01-21]. Dostupné z: <https://www.nicerf.com/Upload/ueditor/files/2016-10-21/STP100M%203D%20pedometer%20module%20datasheet-078f3664-fe2d-4384-9090-86d65e6a0c03.pdf>
- 
- 4 *Typické aplikační zapojení MCP1700.* In: MCP1700 Low Quiescent Current LDO [online]. Revision F (December 2020). 2355 West Chandler Blvd. Chandler, AZ 85224-6199, USA: Microchip Technology Incorporated, © 2005-2020, s. 2 [cit. 2021-01-24]. ISBN 978-1-5224-7381-7. Dostupné z: <https://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/MCP1700-Data-Sheet-20001826F.pdf>
- 
- 5 *Vývojový diagram práce MCP73831/2.* In: Miniature Single-Cell, Fully Integrated Li-Ion, Li-Polymer Charge Management Controllers [online]. Arizona, USA: Microchip Technology, ©2005-2020 [cit. 2021-02-25]. Dostupné z: <https://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/MCP73831-Family-Data-Sheet-DS20001984H.pdf>
- 
- 6 *Tabulka úsporných režimů STM8AL3LE88.* In: RM0031 Reference manual [online]. Geneva, Switzerland: STMicroelectronics, © 2009, s. 72-73 [cit. 2021-02-25]. Dostupné z: [https://www.st.com/resource/en/reference\\_manual/cd00218714-stm8l050j3-stm8l051f3-stm8l052c6-stm8l052r8-mcus-and-stm8l151l152-stm8l162-stm8al31-stm8al31-lines-stmicroelectronics.pdf](https://www.st.com/resource/en/reference_manual/cd00218714-stm8l050j3-stm8l051f3-stm8l052c6-stm8l052r8-mcus-and-stm8l151l152-stm8l162-stm8al31-stm8al31-lines-stmicroelectronics.pdf)

## PŘÍLOHY

Následující strany obsahují přílohy k dokumentaci.

### Příloha č. 1: Poster

Povinnou přílohou je poster k dlouhodobé maturitní práci ve formátu A4. Protože by se na tuto stranu nevešel, je umístěn na následující straně (str. 29).

Zdroj posteru uvádím zde ze stejného důvodu:

Zdroj obrázku na pozadí posteru: Freepik.com

Zdroj posteru jako celku: vlastní zpracování

# Krokometr

## Věděli jste že:

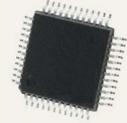
- Dospělý člověk by měl denně ujet alespoň deset tisíc kroků?
- Pravidelnou chůzí snižuje riziko srdečního onemocnění až o 25 %?
- Pokud za týden spláte zvýšenou fyzickou aktivitou tisíc a více kalorií, prodlouží se vám doba života až o dva roky?
- Při zvýšené fyzické aktivitě dochází k tvorbě nových neuronů v mozku?

## Funkce krokometru:

- Zobrazení aktuálního počtu kroků
- Vynulování aktuálního počtu kroku
- Uložení a zobrazení vašeho osobního rekordu
- Informování o stavu baterie
- Podsvícení LCD displeje



- Řídícím mikrokontrolerem je STM8AL3LE od společnosti STMicroelectronics



- Pro detekci kroků využívá krokometrový modul STP100M, který má přesnost až  $\pm 3\%$

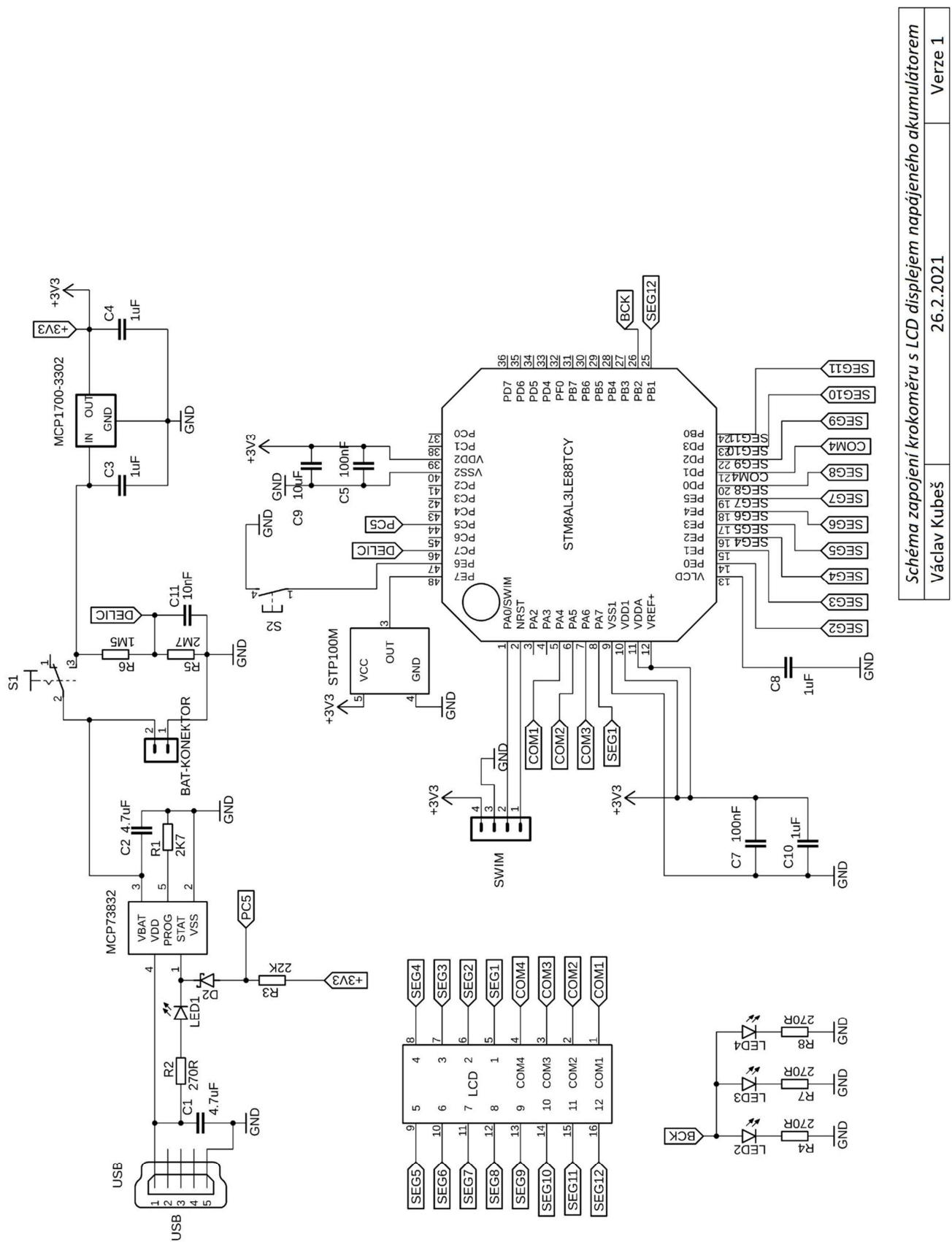


- Krokometr má zabudovaný nabijecí integrovaný obvod s indikací nabíjení

- Krokometr je napájen akumulátorem s kapacitou 900 mAh

- Krokometr je malý a neomezuje v přirozeném pohybu

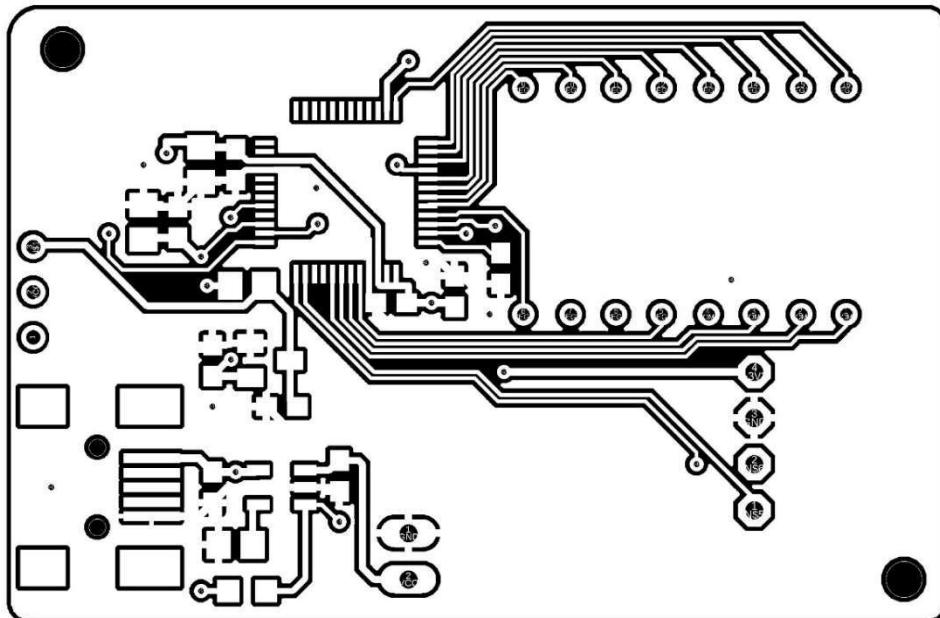
Příloha č. 2: Schéma zapojení krokoměru



Zdroj: vlastní zpracování

## Krokoměr s LCD displejem napájený akumulátorem

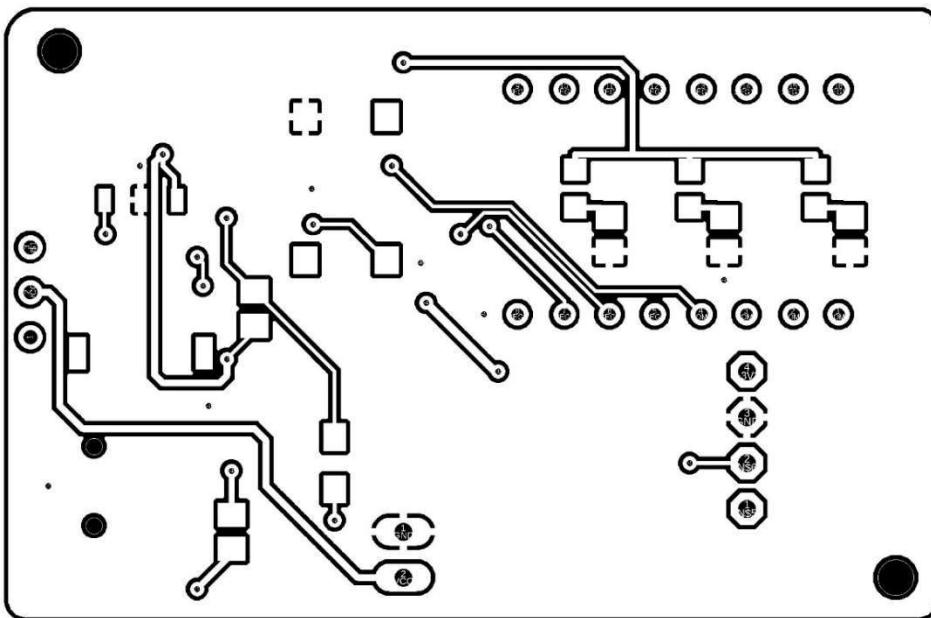
Příloha č. 3: Návrh desky plošných spojů pro krokoměr – horní strana



Návrh desky plošných spojů pro krokoměr – horní vrstva  
Václav Kubeš | 26.2.2021 | Verze 1

Zdroj: vlastní zpracování

Příloha č. 4: Návrh desky plošných spojů pro krokoměr – spodní strana



Návrh desky plošných spojů pro krokoměr – spodní vrstva  
Václav Kubeš | 26.2.2021 | Verze 1

Zdroj: vlastní zpracování

## Příloha č. 5: Tabulka použitých komponent

Označení ve schématu	Typ komponenty	Vlastnosti komponenty	Množství [ks]
USB	USB B mini	Fmale, 5 pin, SMD	1
LCD	LCD displej	Minimálně 5 místný, multiplexovaný, THT	1
STP100M	Modul krokoměru	Typ STP100M	1
MCP73832	Nabíjecí integrovaný obvod	Typ MCP73832, SOT-23-5	1
MCP1700-3302	Napěťový regulátor	Typ 3.3 V, 3-Pin SOT-23	1
STM8AL3LE88TCY	Mikrokontroler STM8	STM8AL3LE88TCY	1
BAT-KONEKTOR	Konektor pro přip. baterie	Konektor KK254, 2 piny, THT	1
SWIM	Konektor pro přip. programátoru	Konektor KK254, 4 piny, THT	1
S1	Přepínač	ESP1010 ECE, THT	1
S2	Tlačítko	Mikrospínač tact, 6x6, SMD	1
C1, C2	Keramický kondenzátor	4.7 $\mu$ F, SMD, 0603	2
C3, C4, C8, C10	Keramický kondenzátor	1 $\mu$ F, SMD, 0603	4
C5, C7	Keramický kondenzátor	100 nF, SMD, 0603	2
C11	Keramický kondenzátor	10 nF, SMD, 0603	1
C9	Keramický kondenzátor	10 $\mu$ F, SMD, 0805	1
R1	Rezistor	2.7 k $\Omega$ , SMD, 0805	1
R2, R4, R7, R8	Rezistor	270 $\Omega$ , SMD, 0805	4
R5	Rezistor	2.7 M $\Omega$ , SMD, 0805	1
R6	Rezistor	1.5 M $\Omega$ , SMD, 0805	1
R3	Rezistor	22 k $\Omega$ , SMD, 0805	1
LED1	LED dioda	Červená, SMD, 0805	1
LED2, LED3, LED4	LED dioda	Žlutá, SMD, 0805	3
D2	Schottkyho dioda	SOD323	1

Zdroj: vlastní zpracování

Krokoměr s LCD displejem napájený akumulátorem

Příloha č. 6: Odkaz s QR kódem na sdílenou složku obsahující všechny potřebné výrobní podklady

Odkaz:

[https://drive.google.com/drive/folders/1LgAzlymOE\\_TJlmKWPiOZCjxuE7eEpWq  
Z?usp=sharing](https://drive.google.com/drive/folders/1LgAzlymOE_TJlmKWPiOZCjxuE7eEpWqZ?usp=sharing)

QR kód:



Příloha č. 7: Výpočet napěťového děliče

$$U_{R_1} = 3,3 \text{ V}$$

$$U_{BAT_{max}} = 4,2 \text{ V}$$

$$U_{R_2} = U_{BAT_{max}} - U_{R_1} \quad (1)$$

$$U_{R_2} = 4,2 - 3,3$$

$$\underline{U_{R_2} = 0,9 \text{ V}}$$

$$\frac{U_{R_1}}{U_{R_2}} = \frac{R_1}{R_2} \quad (2)$$

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{3,3}{0,9} \cdot \frac{k}{k}; k \in \mathbb{R}^+ - \{0\}$$


---

Rezistory musí být v tomto poměru, přičemž poměr můžeme rozšířit jakýmkoliv kladným reálným číslem různým od nuly (označeno jako  $k$ ). To je výpočet pro ideální stav. Jak jsem ale psal, musíme počítat s nepřesnostmi rezistorů a možnými výchylkami referenčního napětí mikrokontroleru, což by mohlo způsobit to, že by bylo měřené napětí mimo měřitelný rozsah. Proto zvolím rezervu 0,6 V. Výpočet pak vypadá stejně, jen se změní hodnoty.

$$U_{R_2} = U_{BAT_{max}} - U_{R_1} \quad (1)$$

$$U_{R_1} = 2,7 \text{ V}$$

$$U_{BAT_{max}} = 4,2 \text{ V}$$

$$U_{R_2} = 4,2 - 2,7$$

$$\underline{U_{R_2} = 1,5 \text{ V}}$$

$$\frac{U_{R_1}}{U_{R_2}} = \frac{R_1}{R_2} \quad (2)$$

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{2,7}{1,5} \cdot \frac{k}{k}; k \in \mathbb{R}^+ - \{0\}$$


---

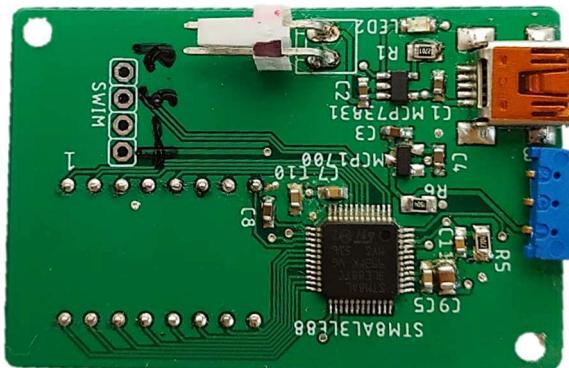
Zdroj: vlastní zpracování

## Krokoměr s LCD displejem napájený akumulátorem

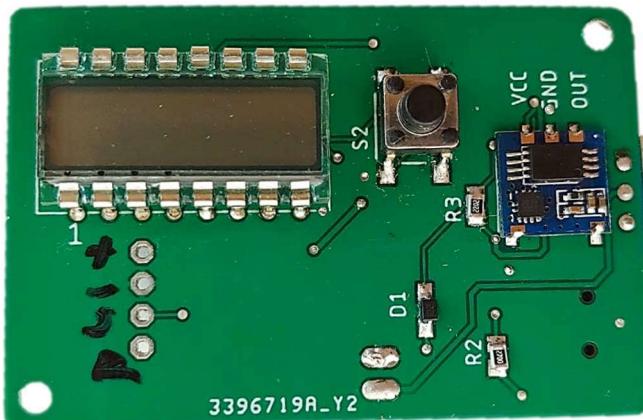
Aby měl dělič malou spotřebu a zbytečně nevybíjel baterii, zvolím  $k = 1000000$ . Tím dostávám dělič složený z rezistorů  $R_1 = 2,7 \text{ M}\Omega$  a  $R_2 = 1,5 \text{ M}\Omega$ . Tyto hodnoty se nachází v hodnotové řadě E12.

### Příloha č. 8: Fotodokumentace

Obrázek 9: Deska plošných spojů - spodní část



Obrázek 8: Deska plošných spojů - vrchní část



Obrázek 10: Krokoměr - přední pohled



## Krokoměr s LCD displejem napájený akumulátorem

*Obrázek 11: Krokoměr*



Zdroj všech fotografií v příloze č. 9: vlastní zpracování