



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

## ÚSTAV MECHANIKY TĚLES, MECHATRONIKY A BIOMECHANIKY

INSTITUTE OF SOLID MECHANICS, MECHATRONICS AND BIOMECHANICS

## NÁVRH A REALIZACE CYKLOPOČÍTAČE

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF CYCLOCOMPUTER

### BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Martin Šebek

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Jiří Krejsa, Ph.D.

BRNO 2025

# Zadání bakalářské práce

Ústav:	Ústav mechaniky těles, mechatroniky a biomechaniky
Student:	<b>Martin Šebek</b>
Studijní program:	Mechatronika
Studijní obor:	bez specializace
Vedoucí práce:	<b>doc. Ing. Jiří Krejsa, Ph.D.</b>
Akademický rok:	2024/25

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

## Návrh a realizace cyklopočítače

### Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Běžnou součástí cyklistiky jsou v současné době takzvané cyklopočítače, zařízení, která měří a zobrazují základní data o jízdě, jako je rychlost, ujetá vzdálenost, poloha, atd. Podstatou práce je navrhnout vlastní cyklopočítač, který bude jednak měřit výše zmíněné veličiny, a navíc bude schopen data (především polohu) odeslat na vyžádání vzdáleně pomocí GSM sítě.

### Cíle bakalářské práce:

1. Navrhněte architekturu cyklopočítače s využitím existujících modulů, která umožní následující funkcionalitu: měření, zobrazení a záznam polohy a rychlosti jízdy; odesílání dat z cyklopočítače pomocí GSM sítě na vyžádání.
2. Zařízení navrhněte a implementujte funkční prototyp.
3. Zařízení otestujte v běžných podmínkách použití.

### Seznam doporučené literatury:

- [1] Elecia White: Making Embedded Systems: Design Patterns for Great Software, OReilly Media
- [2] Cem UEnsalan, Huseyin Deniz Gurhan, Mehmet Erkin Yucel: Embedded System Design with ARM Cortex-M Microcontrollers, Springer, 2022

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2024/25

V Brně, dne

L. S.

---

prof. Ing. Jindřich Petruška, CSc.  
ředitel ústavu

---

doc. Ing. Jiří Hlinka, Ph.D.  
děkan fakulty

## Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem, sestavením a testováním vlastního cyklopočítače, který kromě základního sledování trasy pomocí GPS umožňuje také odesílání aktuální polohy zařízení prostřednictvím SMS zpráv přes GPRS modul. Práce zahrnuje výběr vhodného hardwaru, návrh vlastních DPS modulů, softwarovou implementaci a praktické ověření funkčnosti zařízení. Cílem bylo vytvořit otevřené, levné a modifikovatelné zařízení, které může být alternativou ke komerčním produktům. Výsledný prototyp byl testován v reálných podmínkách a jeho přesnost porovnána s komerčními zařízeními. Získané výsledky prokázaly, že zařízení je použitelné v praxi a má potenciál pro další vývoj.

## Summary

This bachelor thesis focuses on the design, assembly, and testing of a custom-built bicycle computer that, in addition to basic GPS-based route tracking, enables real-time position sharing via SMS messages using a GPRS module. The thesis covers the selection of suitable hardware, design of custom PCB modules, software implementation, and practical verification of the device's functionality. The goal was to develop an open-source, low-cost, and customizable device that can serve as an alternative to commercial solutions. The resulting prototype was tested in real-world conditions and its accuracy was compared with commercial devices. The results confirmed that the device is practically usable and offers potential for further development.

## Klíčová slova

cyklopočítač, GPS, GPRS, SMS, GPX, Arduino, mikrokontroler, sledování polohy, opensource

## Keywords

bike computer, GPS, GPRS, SMS, GPX, Arduino, microcontroller, location tracking, open-source

## Bibliografická citace

ŠEBEK, M. *Návrh a realizace cyklopočítače*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2025. 45 s., Vedoucí diplomové práce: doc. Ing. Jiří Krejsa, Ph.D.

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím uvedené literatury.

Martin Šebek

Brno \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

# Obsah

1.	Úvod.....	8
1.1.	Motivace k vývoji cyklopočítače.....	8
1.2.	Cíle práce a očekávané přínosy .....	8
2.	Rešerše .....	9
2.1.	GPS.....	9
2.2.	GPRS .....	9
2.3.	GPX .....	9
2.4.	Existující řešení na trhu .....	10
2.4.1.	Standardní cyklopočítače bez GPS.....	10
2.4.2.	Cyklopočítače s GPS .....	11
2.4.3.	GPS trackery .....	11
2.4.4.	GPS trackery s GPRS .....	12
2.4.5.	Mobilní aplikace.....	12
2.5.	Rozvaha nad potřebnými moduly.....	13
2.5.1.	Výběr použitých modulů.....	14
	Závěr rešerše .....	17
3.	Návrh.....	18
3.1.	Základní popis hardwaru cyklopočítače .....	18
3.2.	Podrobný návrh zapojení .....	19
3.3.	Integrace GPS modulu.....	20
3.4.	Integrace GPRS modulu .....	20
3.5.	Integrace MicroSD modulu .....	21
3.6.	Návrh vlastních DPS modulů .....	21
3.6.1.	Modul s tlačítky.....	21
3.6.2.	Modul s převodem logické úrovně pro GPS .....	22
3.6.3.	Modul pro spouštění cyklopočítače (ON/OFF).....	24
3.7.	Softwarový návrh.....	25
3.7.1.	Popis programu a funkcí.....	25
3.7.2.	GPS modul .....	25
3.7.3.	GPRS modul.....	25

3.7.4.	Display .....	26
3.7.5.	MicroSD modul.....	26
3.7.6.	Ostatní použité knihovny.....	26
4.	Výroba.....	27
4.1.	Sestavení hardwaru.....	27
4.2.	Výroba krabičky a držáku.....	28
4.3.	Uživatelské rozhraní .....	29
4.3.1.	Software cyklopočítače .....	30
5.	Testování a ověření funkčnosti.....	31
5.1.	Záznam trasy do GPX formátu .....	31
5.1.1.	Program pro porovnání GPX souborů s referenční mapou .....	35
5.1.2.	Výsledky programu pro porovnání souřadnic .....	36
5.2.	Spotřeba a výdrž baterie .....	37
6.	Závěr .....	38
6.1.	Shrnutí dosažených výsledků .....	38
6.2.	Srovnání s komerčními řešeními .....	38
6.3.	Možnosti dalšího vývoje a vylepšení.....	38
6.4.	Zhodnocení přínosu práce.....	39
	Seznam obrázků .....	40
	Zdroje.....	42
	Seznam příloh .....	45

# 1. Úvod

## 1.1. Motivace k vývoji cyklopočítače

Cyklistika je mou vášní a zároveň i praktickým způsobem dopravy, který využívám téměř denně. Proto jsem se začal zajímat o technologie, které by pomohly zlepšit bezpečnost a komfort jízdy na kole. Jedním z klíčových prvků moderní cyklistiky jsou cyklopočítače, které umožňují monitorování a analýzu trasy. Bezpečnostní funkce, například k ochraně kola před odcizením, nebo k okamžitému sdílení polohy s ostatními, však užívají ve většině případů vlastní aplikace, musí být připojeny k internetu nebo jsou závislé na dalších zařízeních.

## 1.2. Cíle práce a očekávané přínosy

Tato bakalářská práce se zaměřuje na návrh a výrobu vlastního cyklopočítače s GPS, který nejen zaznamenává data z jízdy, ale také umožňuje informování majitele o poloze kola prostřednictvím SMS zpráv v případě jeho krádeže.

V teoretické části práce budou popsány principy fungování cyklopočítačů, technologie používané pro měření rychlosti, vzdálenosti, polohy a přehled současných řešení na trhu. Praktická část se soustředí na návrh a realizaci prototypu zařízení, včetně výběru vhodného hardwaru a softwarového řešení, testování a optimalizace. Součástí bude také analýza dosažených výsledků a možné budoucí rozšíření funkcionality.

Mým cílem je vytvořit funkční prototyp, který bude sloužit nejen jako užitečný nástroj pro cyklisty, ale také jako základ pro další vývoj a inovace v této oblasti.

## 2. Rešerše

### 2.1. GPS

GPS (Global Positioning System) je americký družicový systém pro určení polohy kdekoli na světě. Systém byl dříve určen pro vojenské účely, ale dnes je dostupný i pro civilní využití. Na oběžné dráze kolem Země je aktuálně přibližně 30 satelitů. Každý satelit vysílá rádiový signál se svou polohou a časem. GPS přijímač v zařízeních zachytí tyto signály z několika družic a pomocí výpočtů určí svou polohu a čas.<sup>[1]</sup>

Dnes GPS moduly můžeme najít například v dopravě (letadla, auta, lodě), zemědělství (traktory, kombajny), bezpilotních systémech (AUS – Unmanned aircraft system) nebo i v chytrých zařízeních, jako jsou telefony, nebo hodinky.

### 2.2. GPRS

GPRS (General Packet Radio Service) je mobilní komunikační standard, který umožňuje přenos dat přes 2G a 3G síť pomocí paketově orientované technologie. Data jsou rozdělena na jednotlivé pakety a ty jsou následně posílány přes telefonní síť. U příjemce jsou data znovu složena do původní zprávy. Tento systém tak nahrazuje GSM (Global System for Mobile Communications), který data přenášel spojitě a pro uskutečnění komunikace muselo být rezervováno trvalé spojení příjemce s odesílatelem.<sup>[2]</sup>

### 2.3. GPX

GPX (GPS Exchange Format) je formát souborů, založený na jazyku XML (Extensible Markup Language). Tento formát ukládá data do textového souboru, který je snadno čitelný jak pro lidi, tak i pro počítače.

GPX formát slouží pro ukládání geologických dat, jako jsou:

stopy (Tracks) – skutečně prošlá trasa uživatelem

zájmové body (Waypoints) – důležitý bod s názvem a poznámkami

trasy (Routes) – cesta složená z několika bodů, kterými vás navigační zařízení provede

Každý typ bodu ukládá patřičné informace popisující body. Především však můžeme uložit data o zeměpisné šířce (latitude), zeměpisné délce (longitude), nadmořské výšce (elevation) a času (time).<sup>[3]</sup>

## 2.4. Existující řešení na trhu

Před zahájením návrhu vlastního cyklopočítače jsem provedl analýzu existujících řešení na trhu, abych zjistil, jaké funkce jsou běžně dostupné a jaké nedostatky bych mohl svým zařízením překonat.

### 2.4.1. Standardní cyklopočítače bez GPS

Jednodušší cyklopočítače obvykle měří pouze základní parametry, jako je rychlost, vzdálenost a doba jízdy. Tyto modely využívají magnet na výpletu kola a snímač umístěný na vidlici, který měří otáčky kola. Mezi známé výrobce těchto zařízení patří například firma Sigma.



Obrázek 1 - Cyklopočítač Sigma BC 9.16 ATS<sup>[4]</sup>



Obrázek 2 - Měřící snímač s magnetem<sup>[4]</sup>

### 2.4.2. Cyklopočítače s GPS

Pokročilejší modely cyklopočítačů s GPS, například Garmin Edge, nabízejí kromě základních funkcí také navigaci, analýzu výkonu a možnost propojení s dalšími senzory (např. měřiče tepu, výkonu). Nevýhodou těchto zařízení bývá jejich vysoká cena.



Obrázek 3 – Cyklopočítač Garmin Edge 840 Solar<sup>[5]</sup>

### 2.4.3. GPS trackery

Existují specializovaná zařízení, která umožňují sledování polohy přes mobilní aplikaci v reálném čase. Patří sem například produkty od značek jako Samsung SmartTag, nebo Fixed Smart Tracker. Problémem bývá jejich omezená výdrž baterie, nutnost připojení k mobilní síti, závislost na jiných zařízeních, nebo jejich dosah.<sup>[6]</sup>



Obrázek 4 - Fixed Smart Tracker<sup>[6]</sup>

#### 2.4.4. GPS trackery s GPRS

Na trhu existuje jen malé množství GPS trackerů, které by umožňovaly přes GPRS síť odesílat svou polohu. GPRS trackery mají velkou výhodu ve svém velkém dosahu, díky telefonní síti. Tato zařízení se často prodávají jako odposlouchávací „špiónská“ zařízení s krátkou výdrží baterie v řádu jednotek dnů a neobsahují display pro kontrolu aktuálních informací o poloze, rychlosti, atd. Z těchto důvodů je není možné použít jako cyklopočítač.<sup>[7]</sup>



Obrázek 5 - Tracker s GPRS<sup>[7]</sup>

#### 2.4.5. Mobilní aplikace

Další možností jsou mobilní aplikace, které využívají GPS telefonu ke sledování trasy. Mezi nejznámější aplikace patří Mapy.cz, nebo Komoot. Hlavní nevýhodou tohoto řešení je nutnost mít telefon neustále na říditkách, snížená výdrž baterie telefonu a přesnost závislá na kvalitě GPS telefonu.



Obrázek 6 - Mapy.cz<sup>[8]</sup>



Obrázek 7 - Komoot<sup>[9]</sup>

## 2.5. Rozvaha nad potřebnými moduly

Mezi možné řešení samozřejmě patří i koupě jednoho modulu s integrovanými moduly, jako je například LilyGO TTGO T-SIM7000G ESP32-WROVER-B 18560 Solar <sup>[11]</sup>, který obsahuje již moduly jako GPS, GPRS, SD a nabíjecí obvod pro baterii Li-on 18650. Touto cestou jsem se ale nevydal z důvodu upřednostnění možnosti vlastní volby modulů, případné budoucí modifikovatelnosti cyklopočítače a v neposlední řadě také kvůli jeho vysoké ceně (cca 1950,- Kč).

Pro sestavení funkčního cyklopočítače jsem musel vybrat:

1. Řídící jednotku – pro řízení celého cyklopočítače, která zvládne komunikovat se všemi potřebnými moduly
2. GPS modul – pro zjištění aktuální polohy
3. Záznamový modul – pro ukládání projeté trasy
4. GPRS modul – pro přijetí a odesílání SMS zpráv
5. Display – pro zobrazení aktuálních údajů o trase
6. Napájení – pro udržení cyklopočítače v chodu bude zapotřebí vyřešit zdroj napájení s příslušnými ochranami a dobíjením

## 2.5.1. Výběr použitých modulů

### 2.5.1.1. Řídící jednotka

Při výběru řídicích modulů pro cyklopočítač jsem bral v úvahu především spotřebu energie, velikost modulu, výpočetní výkon, dostupnost periferií a jednoduchost integrace.

Nakonec jsem se rozhodl pro platformu Arduino nano Every, která disponuje:

- nízkou frekvencí procesoru (20MHz) a tedy i nižší spotřebu při běžném provozu
- malými rozměry
- podporou velkého množství knihoven
- jednoduchostí programování
- opensource systémem.



Obrázek 8 - Arduino Nano Every<sup>[10]</sup>

Na základě vybrané řídicí jednotky jsem dále posuzoval všechny ostatní moduly, které připadaly pro návrh cyklopočítače v úvahu.

### 2.5.1.2. GPS modul

Pro realizaci cyklopočítače jsem zvolil GPS modul L86-M33, který nabízí kompaktní rozměry (18.4 mm x 18.4 mm x 6.45 mm), vysokou přesnost (<2.5 m), nízkou spotřebu energie (max 30 mA) a rychlou lokalizaci (do 35 s). Tento modul jsem zvolil také z důvodu jeho snadné dostupnosti, kvality a velikosti, které společně převyšují většinu amatérských GPS modulů na trhu. <sup>[11]</sup>



Obrázek 9 - GPS L86-M33<sup>[11]</sup>

### 2.5.1.3. *MicroSD záznamový modul*

Pro záznam dat z cyklopočítače jsem si zvolil ukládání dat na MicroSD kartu, především kvůli její jednoduché obsluze, kontrole a exportování dat. Volil jsem mezi nejpoužívanějším MicroSD záznamovým modulem „*MicroSD Card modul*“ a „*LaskaKit MicroSD Card modul*“. Mezi těmito moduly je především velký rozdíl v požadovaném napětí pro jejich napájení a komunikaci s řídicí jednotkou. Standardní modul požaduje 5 V, zato modul od firmy LaskaKit pouze 3.3 V. Z důvodu volby Arduina Nano Every za řídicí jednotku, které používá 5 V řídicí logiku, jsem tedy zvolil standardní MicroSD modul.<sup>[12]</sup>



Obrázek 10 - *MicroSD Card modul*<sup>[12]</sup>

### 2.5.1.4. *GPRS modul*

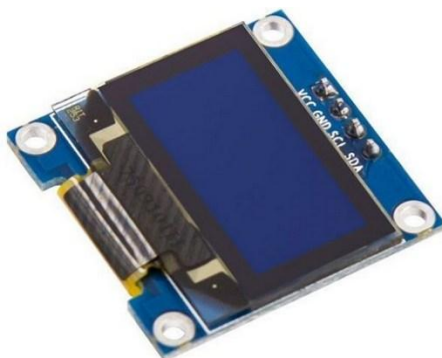
Pro účely přijímání a odesílání SMS zpráv jsem vybíral mezi moduly GPRS 1. a 2. řady SIM800L, které byly cenově dostupné a poskytovaly jednoduché zpracování dat. Tyto moduly se opět liší především požadovaným napájecím napětím, ale také svou spolehlivostí, která je, podle komentářů na stránkách obchodů a internetových fór, překvapivě vyšší u první generace modulu.<sup>[13]</sup>



Obrázek 11 - *GPRS SIM800L*<sup>[13]</sup>

### 2.5.1.5. Display pro výpis hodnot

Pro zobrazení aktuálních hodnot o trase jsem zvolil OLED display 0,96" s rozlišením 128 x 64 pixelů, z důvodu jednoduchého ovládání, snadného vykreslování a díky technologii OLED i nízké spotřebě.<sup>[14]</sup>



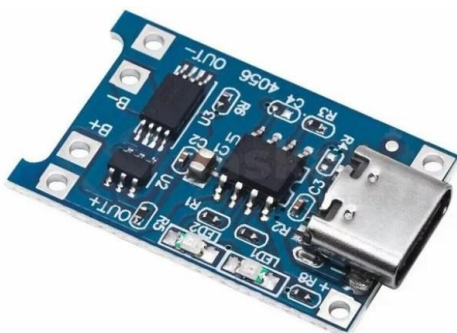
Obrázek 12 - OLED 128x64<sup>[14]</sup>

### 2.5.1.6. Napájení

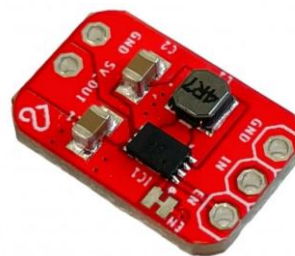
Pro napájení jsem se rozhodl mezi Li-ion a Li-po akumulátory. Z dostupných modelů jsem nakonec vybral Li-ion akumulátor INR18650 M29 řady 18650 s kapacitou 2850mAh z důvodu jeho nízké ceny, lepší dostupnosti, odolného kovového pouzdra a velkého rozsahu provozní teploty (-30°C – +60°C)<sup>[15]</sup>.

Zároveň se také perfektně hodil pro použití s nabíječkou TP4056, která zajišťuje bezpečné nabíjení Li-ion akumulátorů konstantním proudem, disponuje ochranami proti přepětí při nabíjení, proti podvybití a také nadproudovou zkratovou ochranou.<sup>[16]</sup>

Pro stabilizaci napájení všech modulů na napětí 5V jsem se dále rozhodl použít stabilizátor DIO6605B od firmy LaskaKit, který dokáže kontinuálně dodávat proud až 0,6A.<sup>[17]</sup>



Obrázek 13 – Nabíjecí obvod Li-ion baterií TP4056 s ochranou<sup>[15]</sup>

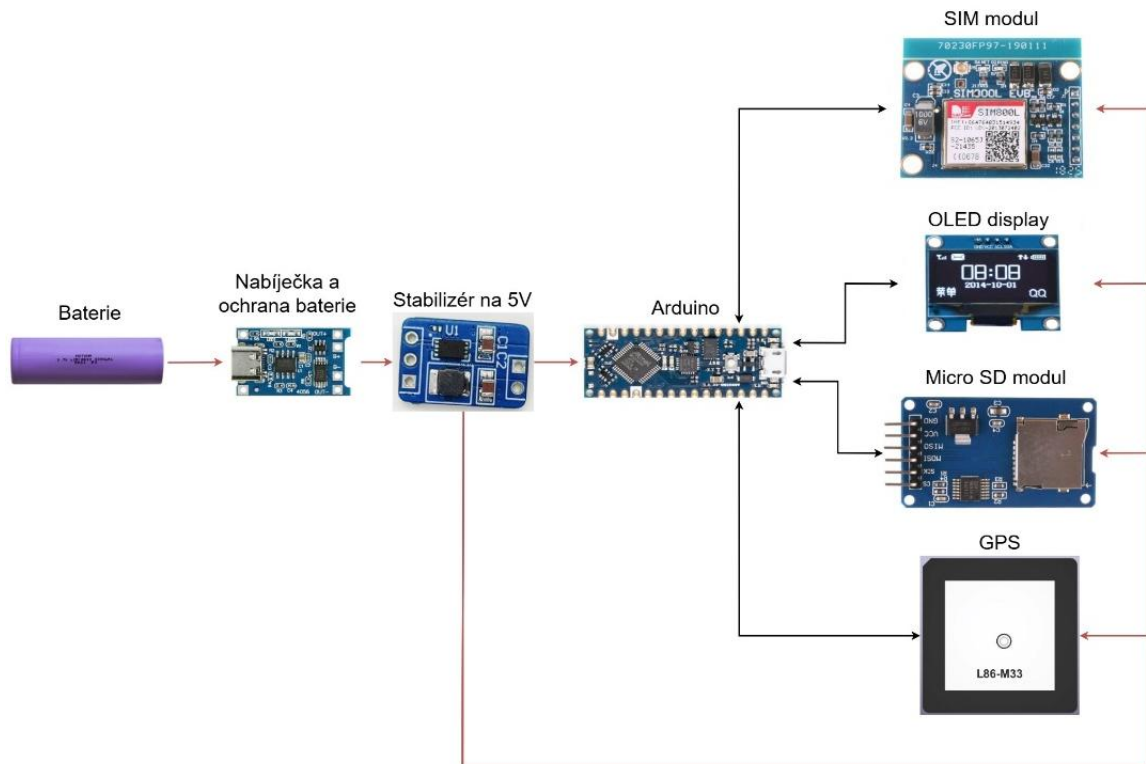


Obrázek 14 - stabilizátor DIO6605B<sup>[16]</sup>

## Závěr rešerše

Na základě průzkumu dostupných řešení na trhu, jsem zjistil, že žádné z existujících řešení nesplňuje požadavky na kombinaci cyklopočítače, GPS sledování a odesílání polohy přes SMS. Proto jsem se rozhodl navrhnout vlastní zařízení s pečlivě vybranými dostupnými moduly, které umožní efektivní a spolehlivý provoz, což bylo cílem mé práce.

Jako řídicí jednotku jsem zvolil Arduino Nano Every, které nabízí nízkou spotřebu, dostatečný výkon a snadnou rozšiřitelnost. Pro přesné sledování polohy byl vybrán GPS modul L86-M33, který vyniká malými rozměry, nízkou spotřebou a vysokou přesností. Záznam dat zajistí MicroSD modul kompatibilní s 5V logikou Arduina. Pro komunikaci prostřednictvím SMS jsem vybral GPRS modul SIM800L, který umožňuje spolehlivé odesílání polohy při nízkých provozních nákladech (předplacení SIM karty).



Obrázek 15 - Model předběžného zapojení

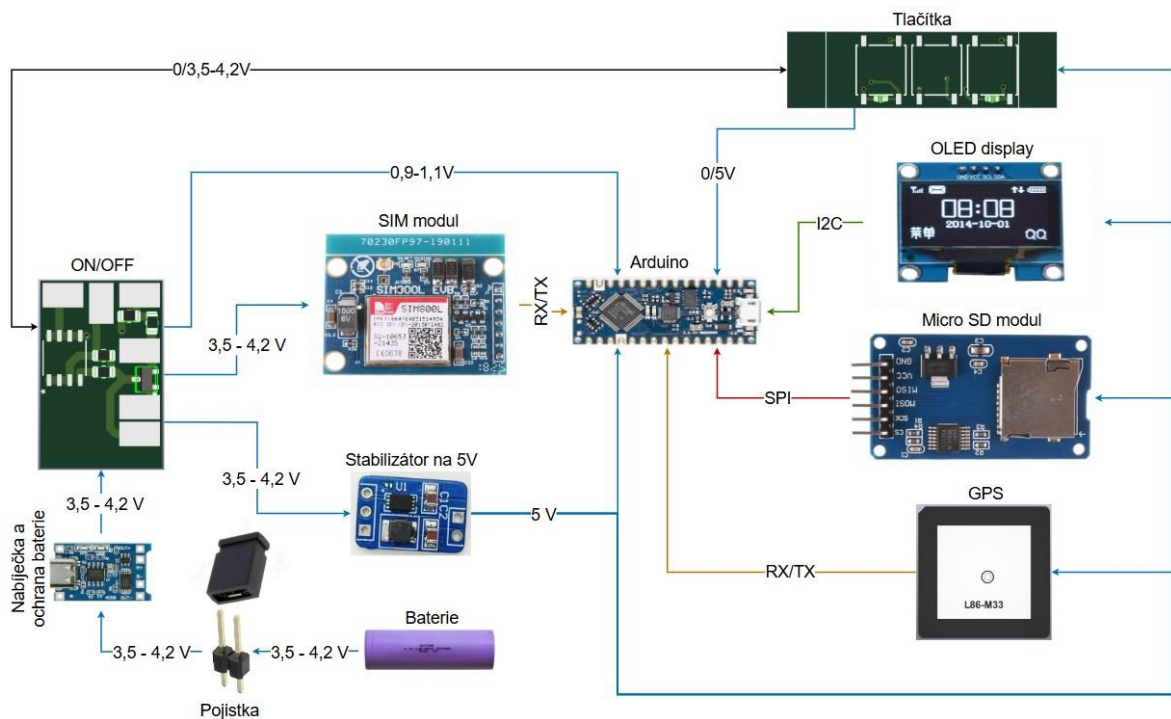
### 3. Návrh

#### 3.1. Základní popis hardwaru cyklopočítače

Baterie je přes pojistku pro nouzové odpojení připojena k nabíječe s ochrannou a následně k desce plošných spojů ON/OFF. ON/OFF je ovládáno pomocí desky plošných spojů. Po sepnutí modulu ON/OFF je napětí stabilizováno na 5V, kterým se začnou napájet všechny moduly na 5V. Pouze GPRS modul je napájený přímo z modulu ON/OFF, z důvodu, který je uveden v kapitole „Implementace GPRS modulu“. Moduly následně začnou interagovat s řídicí jednotkou přes své komunikační linky.

Dále je také přes modul ON/OFF měřeno napětí. Rozsah napětí baterie je upraven na 0,9-1,1V přes dělič napětí a tu následně zpracovává řídicí jednotka Arduino jako informaci o stavu napětí baterie.

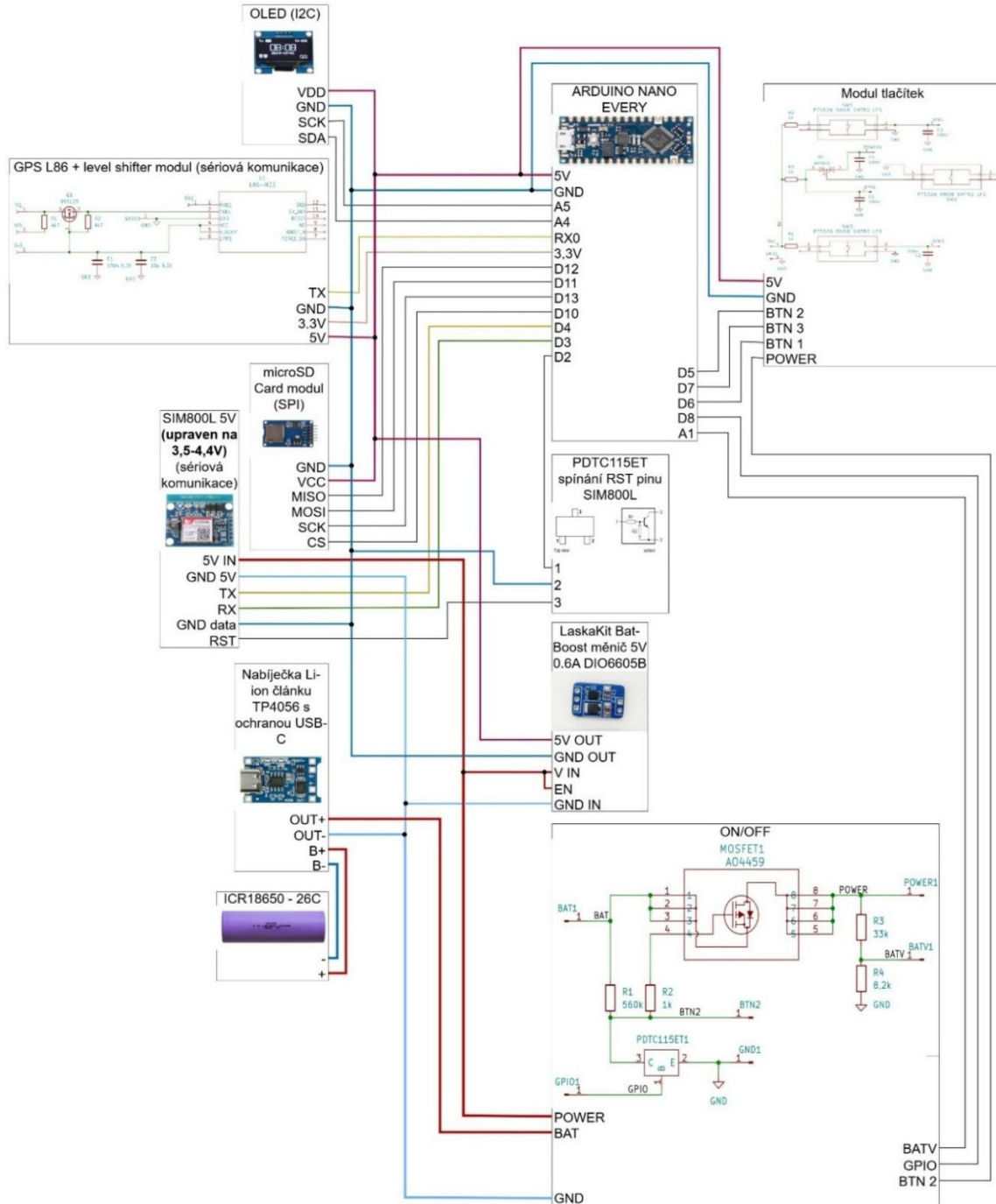
Následující obrázek popisuje základní princip zapojení mezi moduly a napěťové úrovně vůči zemi:



Obrázek 16 - Model principu zapojení s napěťovými úrovněmi

### 3.2. Podrobný návrh zapojení

Následující obrázek popisuje podrobné schéma konečného zapojení všech modulů. Celý obrázek bude postupně popsán v následujících kapitolách.



Obrázek 17 - Popis zapojení cyklopočítače<sup>[28]</sup>

### 3.3. Integrace GPS modulu

GPS modul L86-M33 komunikuje s řídicí jednotkou sériovou komunikací UART (Universal Asynchronous Receiver-Transmitter). Z důvodu odlišné úrovně napětí pro komunikaci, kdy Arduino vyžaduje komunikaci na napětí 5V a GPS na napětí 3.3V, jsem vytvořil modul pro změnu komunikační úrovně (nebo-li „level shifter“). Tento modul bude popsán v pozdější kapitole „Návrh vlastních DPS modulů“.

### 3.4. Integrace GPRS modulu

GPRS modul, stejně jako GPS modul, komunikuje s řídicí jednotkou sériovou komunikací UART. Při jeho implementaci se objevily dva velké problémy.

První problém nastal při testování modulu, kdy modul při spouštění vyžaduje nárazově poměrně vysoké proudy (až 2A) a velmi dobře stabilizované napájení. Jinak se modul nikdy nepřipojí k telefonní síti a neustále se dokola resetuje. Problém se poprvé objevil při pokusném napájení nekvalitními kabely přímo z laboratorního zdroje, protože ztráty na kabelech, po dodatečném testu uvedení zdroje do zkratu, byly 0,6V při 2A. Napájecí kabely byly tedy vyměněny za 10A a problém odezněl. Tento problém se však znovu objevil při napájení modulu pomocí 5V stabilizátoru napětí DIO6605B, který nebyl schopen poskytnout dostatečně stabilizované napětí. Na vstup GPRS modulu bylo proto potřeba připojit 2200uF elektrolytický kondenzátor pro jeho stabilizaci. Tato úprava mi ale přišla nepraktická a hledal jsem elegantnější řešení. Při podrobnějším prostudování datasheetu modulu jsem zjistil, že samotný řídicí modul SIM800L je stavěný na napájení 3.5-4.4V a že napájecí napětí bylo upravováno pomocí dvou sériově zapojených diod. Vzhledem k tomu, že originální napájecí napětí modulu vyhovuje svým rozsahem napájení z jednočláňkového akumulátoru, rozhodl jsem se tyto diody z modulu odstranit a modul tak napájet stabilním napětím přímo z baterie.

Druhý problém se objevil při prvních testech GPRS modulu současně s GPS. GPRS jsem připojil přes fyzický port UART a zároveň ho nastavil na programovou komunikaci, protože použitá knihovna pro obsluhu GPRS modulu umožňuje komunikaci pouze přes programovou UART komunikaci (programové piny na řídicí jednotce nastavím jako RX a TX). Knihovna ovšem nedovolovala použití dalšího programového portu UART a tedy nebylo možné používat GPS a GPRS moduly současně. Problém jsem tedy vyřešil záměnou portů UART u modulů.

### 3.5. Integrace MicroSD modulu

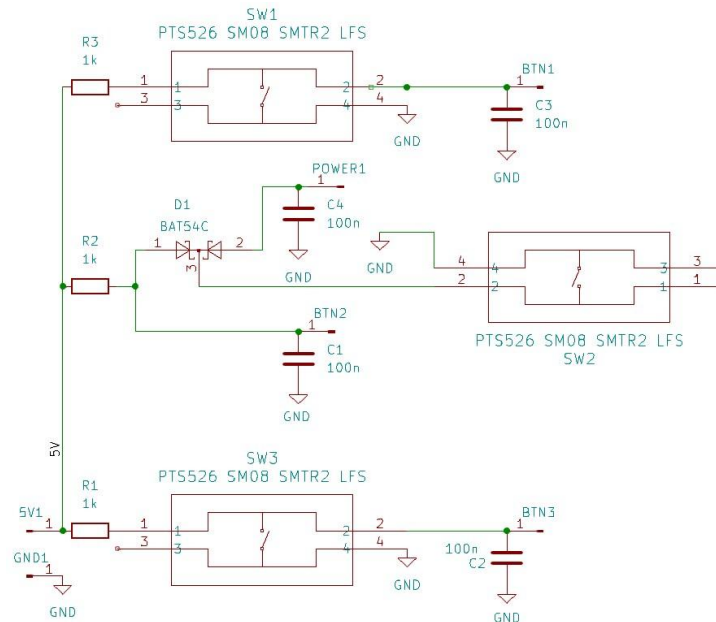
MicroSD modul komunikuje s řídicí jednotkou sériovou synchronní komunikací SPI (Serial Peripheral Interface). A byl tak jednoduše připojen na programovatelné piny řídicí jednotky.

### 3.6. Návrh vlastních DPS modulů

Pro cyklopočítač jsem se také rozhodl navrhnout 3 samostatné moduly z důvodu komfortnějšího ovládání a sestavování celého cyklopočítače

#### 3.6.1. Modul s tlačítky

Na dalším obrázku je podrobné schéma modulu s tlačítky a popis jeho pinů:



Obrázek 18 - schéma modulu s tlačítky<sup>[29]</sup>

#### Popis vstupů a výstupů

5V – pin pro připojení kladného pólu napájení

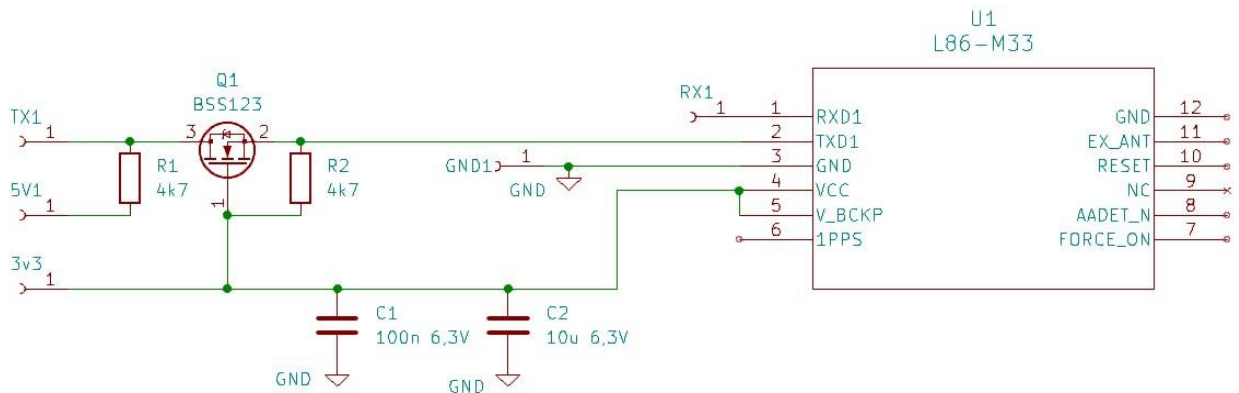
GND – pin pro připojení záporného pólu napájení

BTN1-3 – logické piny pro připojení tlačítek – použita logika PULL-DOWN

POWER – pin pro spuštění cyklopočítače – dále rozveden v kapitole o modulu ON/OFF

### 3.6.2. Modul s převodem logické úrovně pro GPS

Na dalším obrázku je podrobné schéma modulu pro převod logické úrovně GPS:



Obrázek 19 - schéma modulu GPS<sup>[30]</sup>

#### Popis vstupů a výstupů

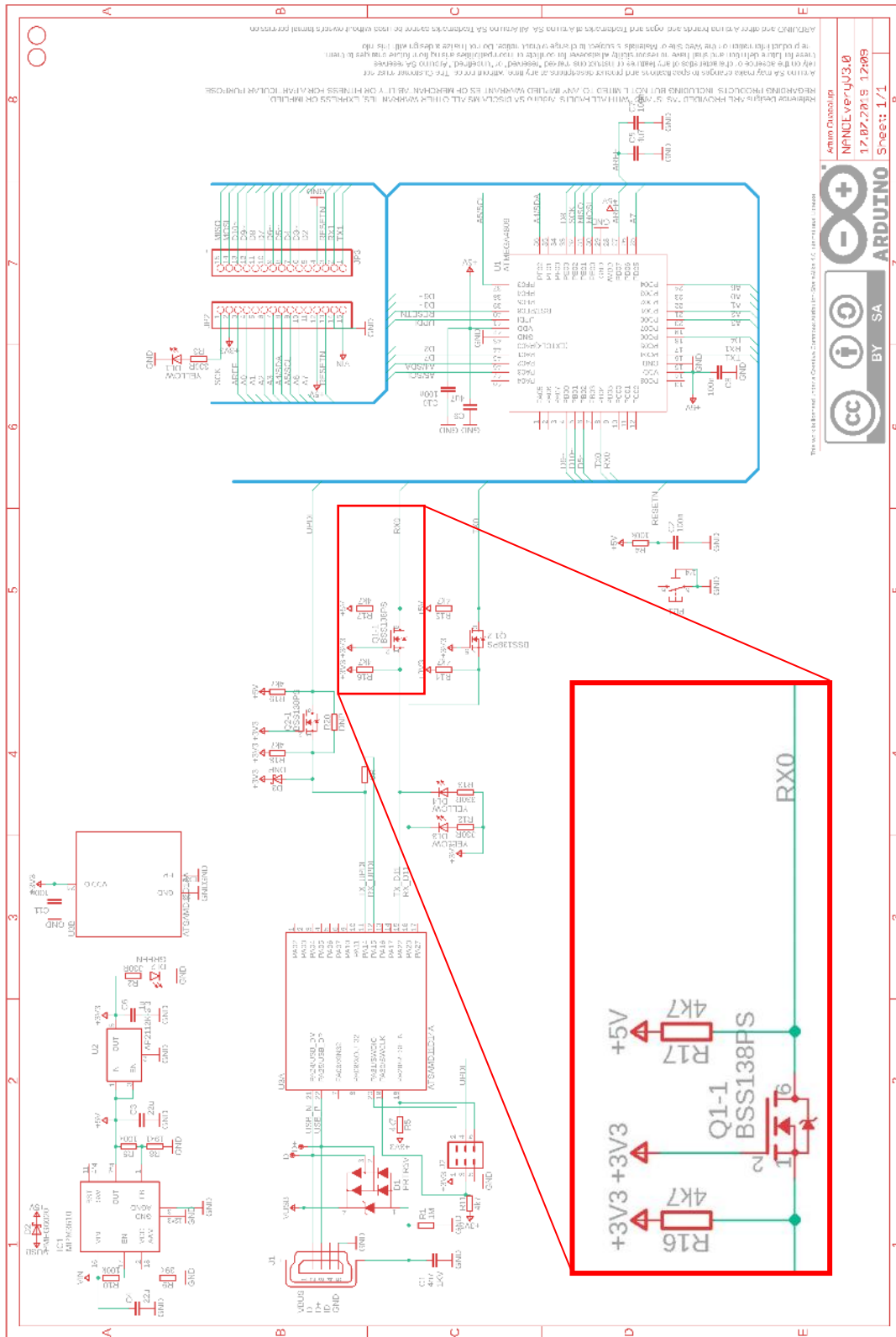
5V – pin pro připojení kladného pólu napájení

GND – pin pro připojení záporného pólu napájení

3V3 – pin pro připojení kladného pólu napájení 3,3V

RX – UART pin pro případné přijímání informací z řídicí jednotky – v aktuálním provedení cyklopočítače není potřebná komunikace s GPS modulem a je tedy nepoužívaný, v případě jeho použití je třeba mezi řídicí jednotku a GPS modul připojit i dělič napětí z 5V na 3,3V

TX – UART pin pro odesílání informací z GPS do řídicí jednotky, kde je pro převod logické úrovně, použito stejné zapojení, které používá i řídicí modul Arduino Nano Every pro komunikaci u svého fyzického UART pinu RX, jak můžete vidět na obrázku níže.



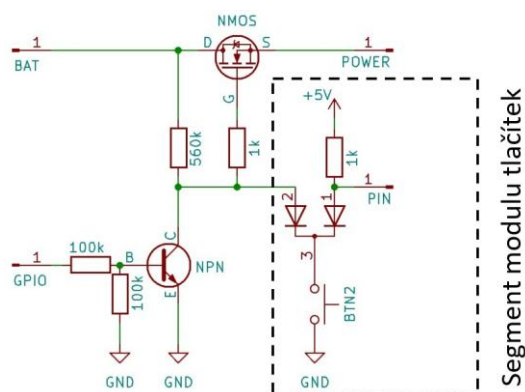
ARDUINO

Author: **Armin Chahouki**  
 Project: **NPINCE ver 1.03.0**  
 Date: **17.02.2019 S. 1.2989**  
 Sheet: **1/1**

Obrázek 20 - Schéma architektury Arduino Nano Every



Níže přiložený obrázek slouží pro ilustraci zapojení modulu ON/OFF s tlačítkem 2:



Obrázek 22 - Dělič napětí

### 3.7. Softwarový návrh

#### 3.7.1. Popis programu a funkcí

Základem cyklopočítače je modul TinyGPS++, který zpracovává data ze satelitů a určuje aktuální souřadnice, rychlost, nadmořskou výšku a počet viditelných satelitů. Tyto informace se zobrazují na OLED displeji a zároveň se využívají k výpočtu celkově ujeté vzdálenosti.

Data se zaznamenávají na SD kartu ve formátu GPX, přičemž uživatel může pomocí tlačítek nahrávání spustit, pozastavit, nebo ukončit. Program kontroluje přítomnost SD karty, zajišťuje správnou inicializaci a pojmenování souborů tak, aby se záznamy nepřepisovaly a vytvořil se vždy nový záznam. Dále je implementována kontrola stavu baterie, která v případě nízkého napětí zobrazí varování a bezpečně ukončí činnost zařízení.

Cyklopočítač dále obsahuje GPRS modul, který na základě příchozí zprávy ve tvaru „?“; odešle aktuální polohu odesílateli zprávy.

#### 3.7.2. GPS modul

Pro zpracování informací z GPS jsem se rozhodl použít populární knihovnu **TinyGPS++**, pomocí které mohu jednoduše vyčítat informace z GPS, jako například: polohu, rychlost, počet satelitů, nebo vzdálenost mezi dvěma body.<sup>[18]</sup>

#### 3.7.3. GPRS modul

Pro práci s GPRS modulem jsem použil knihovnu **Sim800L**, která mi byla doporučena na stránkách Arduina. Tato knihovna umožňuje zpracovávat, číst, odesílat a mazat SMS zprávy.<sup>[19]</sup>

Pro získávání telefonního čísla jsem dále musel vytvořit vlastní funkci, kterou jsem se inspiroval z knihovny **Sim800l**, protože tato funkce v původní knihovně Sim800L byla chybná. Dále jsem se také inspiroval v knihovně Sim800l i způsobem zapojení tranzistoru pro resetování modulu.<sup>[20]</sup>

#### 3.7.4. Display

Pro ovládání OLED displeje jsem využil grafickou knihovnu **Adafruit\_GFX** pro jednoduché vykreslování na display, společně s knihovnou **Adafruit\_SSD1306**, kterou se ovládá samotný display.<sup>[21][22]</sup>

#### 3.7.5. MicroSD modul

Po tento modul jsem použil standardní knihovnu **SD**, která se stará o komunikaci s MicroSD kartou pro ukládání dat a o tvorbu GPX souboru.<sup>[23]</sup>

#### 3.7.6. Ostatní použité knihovny

Následující seznam knihoven jsem použil pro zjednodušení práce a pro komunikace jednotlivých modulů s řídicí jednotkou:

**SoftwareSerial** – vytvoření virtuálních sériových portů <sup>[24]</sup>

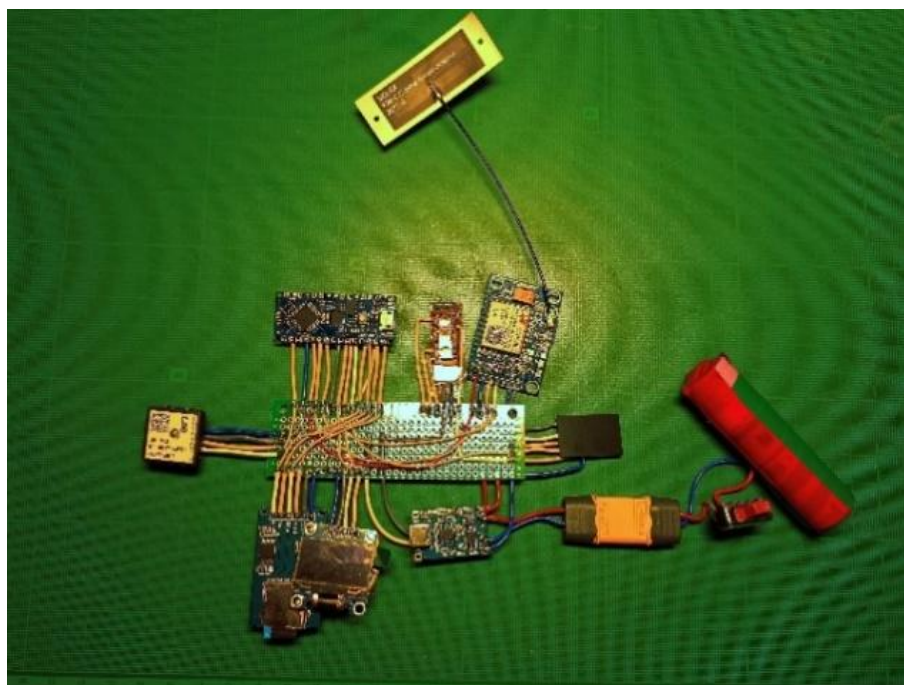
**SPI** – zprostředkování komunikace přes SPI <sup>[25]</sup>

**Wire** - zprostředkování komunikace přes I<sup>2</sup>C sběrnici <sup>[26]</sup>

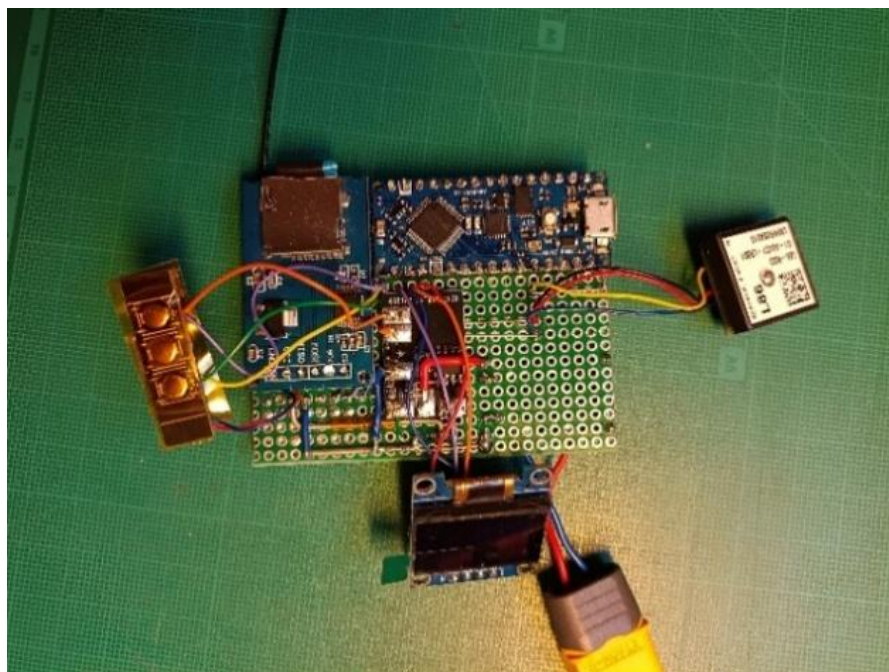
## 4. Výroba

### 4.1. Sestavení hardwaru

Po úspěšném otestování všech modulů a jejich vzájemné konektivity (viz první obrázek) jsem vytvořil návrh rozložení a zapojení jednotlivých modulů. K tomu jsem využil webové stránky GrabCAD <sup>[27]</sup>, které poskytují volně dostupné CAD modely. Na této platformě jsem dohledal všechny potřebné moduly použité při konstrukci cyklopočítače. Na základě vytvořeného modelu jsem jednotlivé moduly osadil a zapájel na pájecí pole (viz druhý obrázek).



*Obrázek 23 - Testovací zapojení všech modulů*

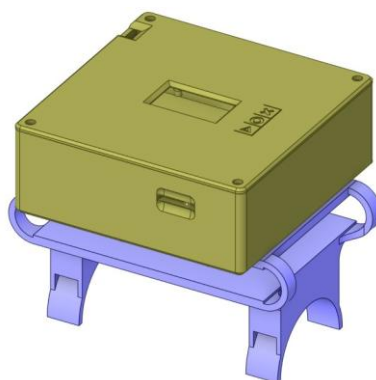


Obrázek 24 - Konečné zapojení všech modulů

## 4.2. Výroba krabičky a držáku

Po dokončení a opětovném otestování hotového modulu jsem vytvořil krabičku pro cyklopočítač a držák pro snadné upevnění na řídítka s proti nárazovou vložkou pro ochranu cyklopočítače před vibracemi za jízdy.

Pro výrobu jsem zvolil 3D tisk z důvodu jednoduché výroby prototypů. Na krabičku jsem použil materiál PET-G kvůli vyšší odolnosti a pevnosti. Pro držák na řídítka jsem použil materiál TPU pro jeho flexibilní a tlumící vlastnosti.



Obrázek 25 - Model cyklopočítače s držákem na řídítka

### 4.3. Uživatelské rozhraní

Na obrázcích níže je názorný popis všech uživatelských prvků cyklopočítače.



Obrázek 26 - Popis prvků krabičky cyklopočítače



Obrázek 27 - Popis ovládacích tlačítek cyklopočítače

SAT: Počet spárovaných satelitů pro určování polohy

BAT: Napětí baterie cyklopočítače

DIS: Ujetá vzdálenost

ALT: Aktuální nadmořská výška

V prostředku monitoru cyklopočítače se velkými číslicemi zobrazuje aktuální rychlost jízdy v km/h pro jednodušší čitelnost.

✘ – tlačítko pro příkaz vypnutí cyklopočítače

○ – tlačítko pro zapnutí cyklopočítače, spuštění a vypnutí nahrávání trasy a potvrzování příkazu pro mazání ujeté vzdálenosti a vypnutí cyklopočítače

▲ – tlačítko pro příkaz mazání ujeté vzdálenosti a pozastavení trackingu

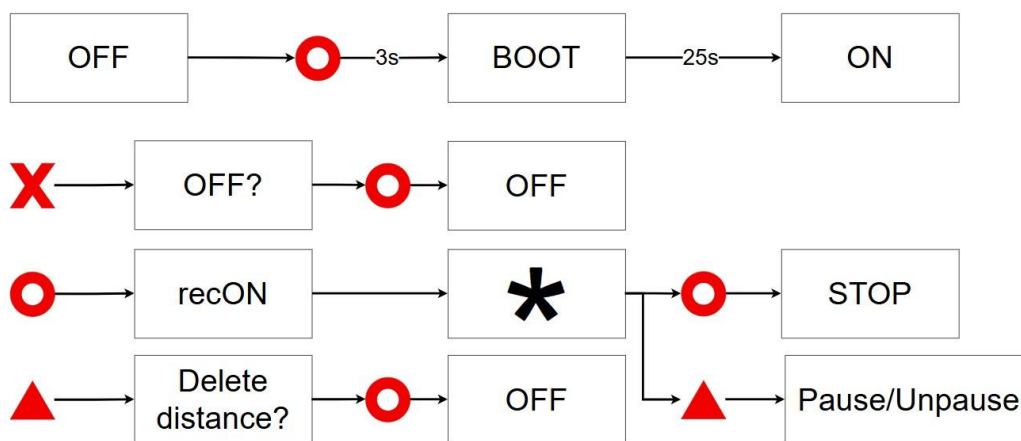
Na horní straně zařízení, konkrétně v levém horním rohu, je umístěna pojistka sloužící k úplnému odpojení napájení cyklopočítače. Uživatel ji může v případě potřeby snadno vyjmout, čímž dojde k fyzickému přerušení napájení celého systému. Tento prvek je vhodný zejména při dlouhodobějším odstavení zařízení, kdy se cyklopočítač nepoužívá.

#### 4.3.1. Software cyklopočítače

Cyklopočítač se ovládá třemi tlačítky. Zůstává ve vypnutém stavu, dokud uživatel nestiskne prostřední tlačítko (podrobnější popis fungování cyklopočítače je rozepsán v následujících kapitolách). Řídící jednotka začne odpočítávat 3 sekundy, během kterých vyčkává, zda uživatel opravdu má v úmyslu cyklopočítač spustit. Poté se řídící jednotka spustí, začne kontrolovat komunikaci se všemi moduly a vymaže přijaté SMS zprávy, které mohly na GPRS modul přijít během vypnutého stavu (proto tento proces trvá přibližně 25 sekund). Přibližně do 35s, po spuštění na otevřeném prostranství a s jasným výhledem na oblohu, GPS modul zjistí polohu cyklisty a umožní tak použít funkci trackingu a odesílání SMS zpráv. Uživatel tak nyní může začít cyklopočítač používat.

Během doby zjišťování polohy GPS modulem, uživatel již může zahájit funkci trackingu, aby se automaticky (ihned po zjištění polohy) mohla začít zaznamenávat poloha cyklisty. V takovém případě může dojít k záznamu nepřesných dat, především nadmořské výšky, na začátku trasy, protože cyklopočítač začal teprve komunikovat se satelity. Cyklista může během jízdy tracking také pozastavit a znovu spustit. A nebo během neaktivního trackingu může vymazat aktuálně najeté kilometry.

Po skončení jízdy může uživatel cyklopočítač jednoduše vypnout pomocí dalšího tlačítka. Během vypínání cyklopočítač ukončí případně i probíhající trackování cyklisty a cyklista se tak nemusí bát, že by přišel o data o své trase.



Obrázek 28 - Mapa ovládání cyklopočítače

## 5. Testování a ověření funkčnosti

### 5.1. Záznam trasy do GPX formátu

Pro první testy jsem zvolil jízdu autobusem kvůli jednodušší kontrole cyklopočítače během jízdy. Při vyšší rychlosti jsem zjistil nepravidelné ukládání dat na SD kartu, jehož příčinou byla chyba v programu při časování zápisu na kartu a získávání nových dat z GPS. Po úpravě programu s přidáním kontroly příchodu nových dat z GPS, jsem trasu zpřesnil z 59 průjezdních bodů na 858.

Obrázky níže ukazují záznam dat před a po úpravě:



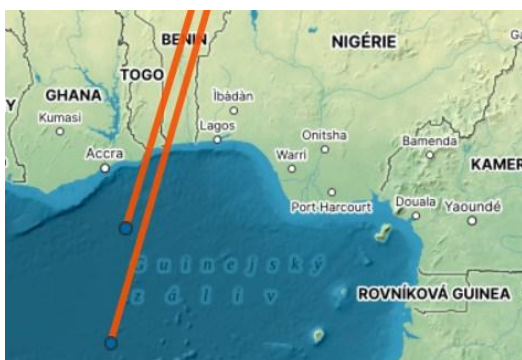
Obrázek 29 - GPX data před úpravou zápisu



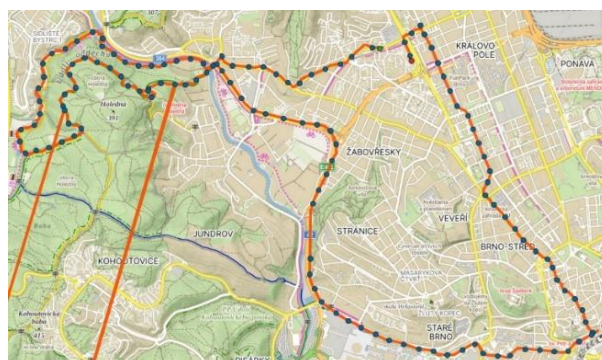
Obrázek 30 - GPX data po úpravě

Při dalším pěším testování jsem odhalil problém se záznamem velmi nepřesných dat, které pocházely z chyby záznamu GPS modulu. Tuto chybu jsem odstranil kontrolou vzdálenosti mezi posledním a novým bodem.

Na obrázcích níže je příklad nalezené chyby:



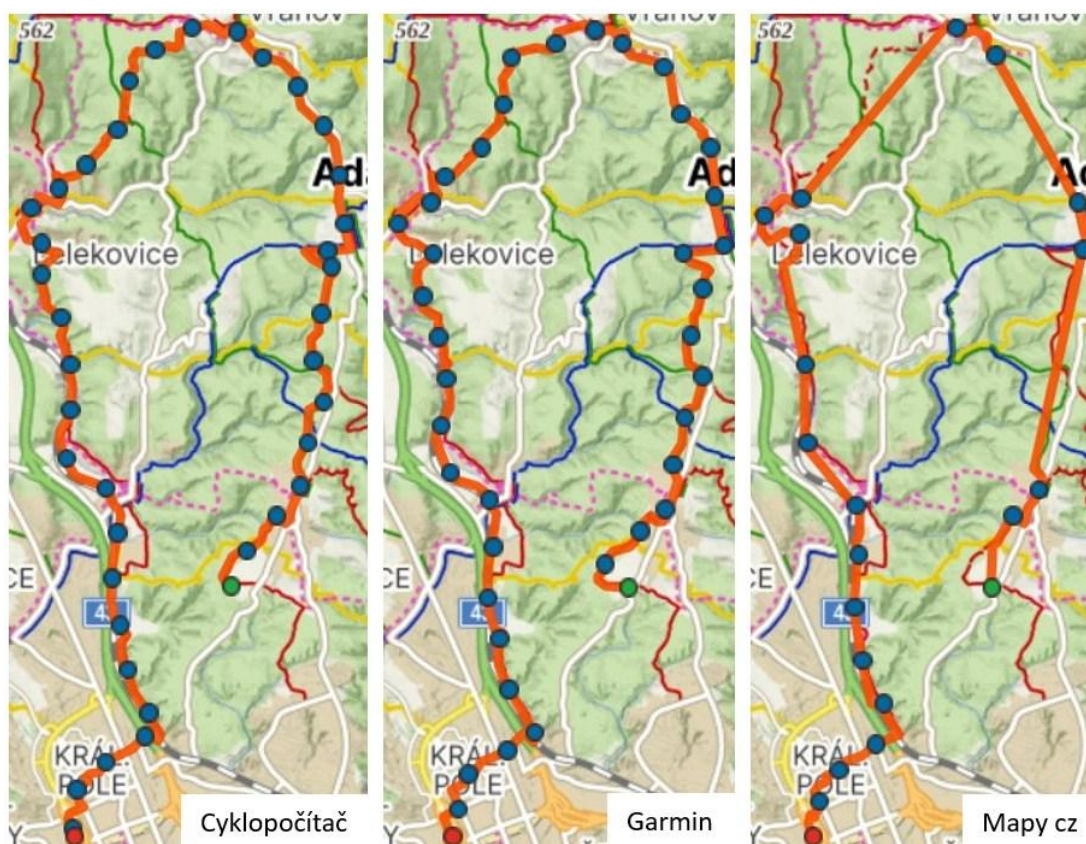
Obrázek 31 - Konečné umístění chybných bodů



Obrázek 32 - Mapa prošlé testovací trasy

Následně jsem cyklopočítač připevnil na své kolo a záznam trasy jsem porovnával s hodinkami Garmin Venu SQ a se stopařem v aplikaci Mapy cz na telefonu VYVO Y72 5G.

Z výsledků níže je patrné, že cyklopočítač a hodinky Garmin na první pohled zaznamenávaly trasu velmi kvalitně, oproti Mapám cz v telefonu VYVO Y72 5G:

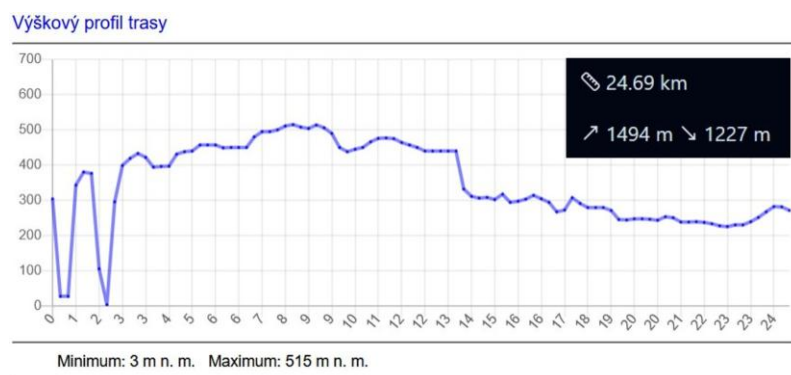


Obrázek 33 - Porovnání záznamu dat

**Změřená data funkcí Stopař v Mapách cz dále nepoužívám pro porovnání, protože nejsou dostatečně validní.**

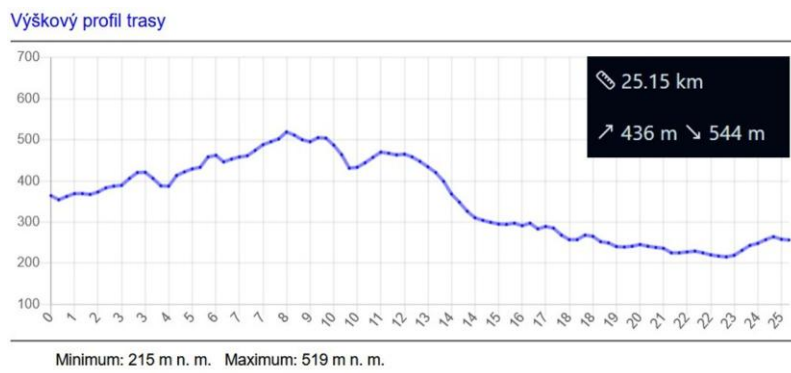
Jako další data pro porovnání jsem použil celkově naměřené údaje (celková dráha, nadmořská výška) obou tras a porovnal je s ručně vyznačenou trasou na Mapách cz. Trasu z Map cz jsem následně vyexportoval do GPX formátu pro kvalitnější porovnání v programech GPX editor a GPX studio. Vyznačenou trasu na Mapách cz budu dále považovat za referenční hodnotu pro porovnání záznamu hodinek Garmin a cyklopočítače.

## Cyklopočítač



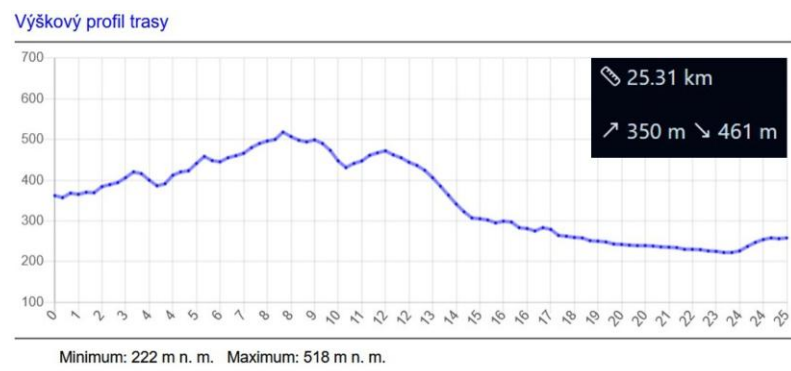
Obrázek 34 - Graf záznamu nadmořské výšky z cyklopočítače

## Hodinky Garmin



Obrázek 35 - Graf záznamu nadmořské výšky z hodinek

## Vyznačená trasa na Mapách.cz



Obrázek 36 - Referenční graf záznamu nadmořské výšky

Z naměřených dat je patrné, že délkou trasy jsou všechny záznamy téměř stejné. Cyklopočítač se záznamem začal také přibližně o 300m později, než hodinky Garmin.

Z grafů dále vyplývá, že hodinky Garmin daleko věrohodněji kopírují křivku nadmořské výšky Map.cz.

Výpadek nadmořské výšky cyklopočítače na začátku trasy byl způsoben nedostatkem připojených satelitů a nebyl tak schopný přesného určení nadmořské výšky.

Pro podrobnější analýzu naměřených dat jsem vytvořil program v jazyce Matlab.

#### 5.1.1. Program pro porovnání GPX souborů s referenční mapou

Program v první řadě každý GPX záznam rozdělí na jednotlivé body záznamu a následně uloží zeměpisnou délku, šířku a nadmořskou výšku. Data pak následně uloží do matice.

Program pak přistupuje ke každému bodu a porovnává jeho vzdálenost, pomocí Haversinovy formule pro výpočet vzdálenosti mezi dvěma body na kulové ploše, s každým bodem referenční mapy. Tímto způsobem najde nejbližší referenční bod, se kterým bude porovnávat vzdálenost od testovaného bodu a nadmořskou výšku.

Po projití všech testovaných bodů program spočítá průměrnou odchylku, medián odchylky, směrodatnou odchylku a maximální odchylku jak pro vzdálenost, tak i pro nadmořskou výšku.

### 5.1.2. Výsledky programu pro porovnání souřadnic

	Průměr odchylky [m]	Medián odchylky [m]	Max. odchylka [m]	Směrodatná odchylka [m]
Pozice				
Garmin	10,26	6,72	114	11,67
Cyklo PC	12,35	8,18	113,38	13,05
Nadmořská výška				
Garmin	4,85	4	22,6	6,05
Cyklo PC	25,54	9,9	388,37	70,64

Počet referenčních bodů: 1496

Počet zaznamenaných bodů Garmin: 1685

Počet zaznamenaných bodů Cyklopočítače: 2168

Pokud se budeme řídit podle mediánu odchylek, tak z naměřených dat je patrné, že pro horizontální pozici jsou hodinky Garmin i cyklopočítač téměř srovnatelné. Zato v nadmořské výšce je cyklopočítač mnohem horší, než Garmin. Důvodem tohoto rozdílu, může být především kvalita použité GPS v hodinkách Garmin, nebo způsob zpracování surových dat z GPS, oproti cyklopočítači, který pracuje pouze se surovými daty z GPS. Vzhledem k uzavřenému systému hodinek Garmin, ovšem nejsem schopen tyto odlišnosti v záznamu přesně zjistit. Chybná data o nadmořské výšce jsem se pokoušel odfiltrovat podobným způsobem, jako jsem to provedl u dat o poloze. Tento jednoduchý postup však nepřinesl požadované zpřesnění dat, nýbrž výsledky jen dále zhoršoval. Pro odstranění této chyby by tak bylo zapotřebí navrhnout složitější postup filtrace.

## 5.2. Spotřeba a výdrž baterie

Jako další důležitý test cyklopočítače byla jeho výdrž baterie a jeho spotřeba.

Ve vypnutém stavu, s neodpojenou baterkou pomocí pojistky, cyklopočítač spotřebovává přibližně  $2\mu\text{A}$ , během bootovací sekvence a hledání telefonního signálu GPRS modulem  $180\text{mA}$  a při plnohodnotném provozu se zapnutým ukládáním trasy  $130\text{mA}$ .

Pokud zanedbáme bootovací sekvenci při zapínání cyklopočítače, tak odhadovaný čas výdrže baterie  $t$  můžeme spočítat z poměru kapacity baterie  $C = 2850\text{mAh}$  a odebíraného proudu  $i = 130\text{mA}$ .

$$\frac{C}{i} = \frac{2850}{130} = t = 21,92h$$

Výdrž cyklopočítače jsem také přesně změřil pomocí záznamu trasy do GPX formátu, kde se ukládá i čas uložení jednotlivých bodů. Na cyklopočítači jsem tedy spustil trackování s plně nabitou baterií a čekal, dokud řídicí jednotka sama neuloží trasu a neodpojí cyklopočítač od baterie z důvodu nízkého napětí baterie. Z výsledného záznamu jsem vyčetl celkovou dobu záznamu.

Tento test jsem provedl pro dvě různé limitní napětí cyklopočítače, protože baterie je provozu schopná až do  $2,5\text{V}$  (limit byl při měření posunut na  $2,6\text{V}$  z důvodu bezpečné ochrany baterie), ale GPRS modul, který je připojen k baterii bez stabilizátoru napětí, je schopen fungovat, podle datasheetu, pouze do  $3,4\text{V}$ .

Stabilizátor napětí pro GPRS modul jsem nepoužil z důvodu vysoké citlivosti modulu na napájení, která je popsána v kapitole o návrhu cyklopočítače.

Naměřená výdrž baterie, při limitu  $2,6\text{V}$  byla **23 hodin a 4 minuty** a při limitu na  $3,5\text{V}$  byla výdrž **18 hodin a 40 minut**.

Z výsledných časů záznamu je patrné, že plně funkční cyklopočítač je schopen fungovat o 4 hodiny a 24 minut kratší dobu, než když jej nechám v provozu až do limitu baterie. Pro delší výdrž cyklopočítače jsem tedy zachoval limitní napětí pro odpojení cyklopočítače na  $2,6\text{V}$  s vědomím, že cyklopočítač není schopen odesílat SMS zprávy pod limitem  $3,4\text{V}$ .

## 6. Závěr

### 6.1. Shrnutí dosažených výsledků

Cílem této bakalářské práce bylo navrhnout, sestavit a otestovat vlastní cyklopočítač, který nejen zaznamenává trasu pomocí GPS, ale také umožňuje sdílení aktuální polohy prostřednictvím SMS zpráv. Během práce jsem se zaměřil na výběr vhodných komponent, jejich propojení, dosažení spolehlivého provozu a jednoduchého ovládání zařízení.

Rozhodl jsem se zvolit cestu sestavení zařízení z cenově dostupných a snadno vyměnitelných modulů, což mi umožnilo plně kontrolovat výslednou funkčnost. Jako hlavní řídicí jednotku jsem zvolil Arduino Nano Every, polohové údaje zajišťoval modul L86-M33, komunikaci s mobilní sítí modul SIM800L a záznam tras na MicroSD kartu umožnil standardní MicroSD modul. Pro zobrazení údajů jsem využil OLED displej a k řízení napájení i ovládání jsem navrhl vlastní DPS moduly – modul tlačítek, spínací modul ON/OFF a převodník napětíových úrovní. Celková cena za všechny použité komponenty nepřekročila částku 1500,- Kč.

Podařilo se mi vytvořit plně funkční prototyp, který dokázal spolehlivě zaznamenávat trasy, zobrazovat klíčové jízdní údaje, detekovat stav baterie a podle požadavku odeslat aktuální polohu přes SMS. Funkčnost jsem ověřil v praxi při reálném nasazení – zařízení jsem testoval a porovnával jeho výkon s hodinkami Garmin Venu SQ a aplikací Mapy.cz. Výsledky testování ukázaly, že v oblasti horizontálního určování polohy byl cyklopočítač téměř srovnatelný s profesionálními přístroji. Největší odchylky se objevily v měření nadmořské výšky.

Navíc jsem během testování změřil i spotřebu energie a výdrž baterie – zařízení vydrželo v provozu až 23 hodin a 4 minuty při bezpečné dolní hranici napětí 2,6 V, což považuji za velmi uspokojivý výsledek vzhledem k použitým komponentům.

### 6.2. Srovnání s komerčními řešeními

V rámci rešerše i testování jsem analyzoval dostupná komerční řešení v oblasti cyklopočítačů a GPS trackerů. Většina těchto zařízení byla buď příliš drahá, nebo jim chyběla některá klíčová funkce – například možnost odesílat zprávy bez nutnosti použití mobilní aplikace či internetu. Můj cyklopočítač naproti tomu kombinuje otevřený hardware, snadnou přizpůsobitelnost, nízkou pořizovací cenu a samostatnou funkčnost.

### 6.3. Možnosti dalšího vývoje a vylepšení

Během testování a používání cyklopočítače jsem identifikoval několik oblastí, kde bych chtěl zařízení dále vylepšit:

- Přidání **barometrického senzoru** pro přesnější měření nadmořské výšky a odstranění nepřesností při startu jízdy.

- Přidání **post procesingu a filtrace** dat o nadmořské výšce
- **Prodloužení výdrže baterie** integrací solárního nabíjení nebo optimalizovat spotřebu
- **Vylepšení grafického rozhraní**, například přidáním grafu výškového profilu trasy, nebo lepší vizualizací ujeté vzdálenosti a rychlosti.
- **Zvýšení bezpečnosti** zařízení implementací automatického varování při detekci neautorizovaného pohybu kola.

Tyto úpravy by mohly výrazně zvýšit použitelnost cyklopočítače i v náročnějších podmínkách a rozšířit jeho cílovou skupinu.

## 6.4. Zhodnocení přínosu práce

Tato práce pro mě byla velmi cennou zkušeností – nejen po technické stránce, ale také v oblasti praktického návrhu, testování a řešení reálných problémů. Měl jsem možnost vyzkoušet si komplexní práci od návrhu schémat, výroby DPS, výběru a použití modulů, až po programování a testování hotového zařízení.

Výsledný cyklopočítač podle mého názoru prokázal, že i s omezenými prostředky a dostupnými komponenty lze vytvořit zařízení, které se dá srovnávat s profesionálními produkty v některých klíčových funkcích. Věřím, že moje práce má nejen praktický přínos pro cyklisty, ale zároveň může sloužit jako základní inspirace pro další zdokonalování cyklopočítačů.

Závěrem mohu s klidným svědomím říci, že jsem dosáhl všech stanovených cílů a vytvořil plně funkční cyklopočítač, který mohu nadále používat, rozvíjet nebo nabídnout k dalšímu zlepšování.

# Seznam obrázků

Obrázek 1 - Cyklopočítač Sigma BC 9.16 ATS <sup>[4]</sup> .....	10
Obrázek 2 - Měřicí snímač s magnetem <sup>[4]</sup> .....	10
Obrázek 3 – Cyklopočítač Garmin Edge 840 Solar <sup>[6]</sup> .....	11
Obrázek 4 - Fixed Smart Tracker <sup>[7]</sup> .....	11
Obrázek 5 - Tracker s GPRS <sup>[8]</sup> .....	12
Obrázek 6 - Mapy cz <sup>[9]</sup> .....	12
Obrázek 7 – Komoot <sup>[10]</sup> .....	12
Obrázek 8 - Arduino Nano Every <sup>[11]</sup> .....	14
Obrázek 9 - GPS L86-M33 <sup>[12]</sup> .....	14
Obrázek 10 - MicroSD Card modul <sup>[13]</sup> .....	15
Obrázek 11 - GPRS SIM800L <sup>[14]</sup> .....	15
Obrázek 12 - OLED 128x64 <sup>[15]</sup> .....	16
Obrázek 13 - Nabíječka Li-ion baterií TP4056 s ochranou <sup>[16]</sup> .....	16
Obrázek 14 - stabilizátor DIO6605B <sup>[17]</sup> .....	16
Obrázek 15 - Model předběžného zapojení.....	17
Obrázek 16 - Model principu zapojení s napět'ovými úrovněmi .....	18
Obrázek 17 - Popis zapojení cyklopočítače .....	19
Obrázek 18 - schéma modulu s tlačítky .....	21
Obrázek 19 - schéma modulu GPS .....	22
Obrázek 20 - Schéma architektury Arduina Nano Every .....	23
Obrázek 21 - Schéma zapojení modulu ON/OFF .....	24
Obrázek 22 - Dělič namětí .....	25
Obrázek 23 - Testovací zapojení všech modulů.....	27

Obrázek 24 - Konečné zapojení všech modulů.....	28
Obrázek 25 - Model cyklopočítače s držákem na řídítka.....	28
Obrázek 26 - Popis prvků krabičky cyklopočítače.....	29
Obrázek 27 - Popis ovládacích tlačítek cyklopočítače.....	29
Obrázek 28 - Mapa ovládání cyklopočítače.....	30
Obrázek 29 - GPX data před úpravou zápisu.....	31
Obrázek 30 - GPX data po úpravě .....	31
Obrázek 31 - Konečné umístění chybných bodů .....	32
Obrázek 32 - Mapa prošlé testovací trasy .....	32
Obrázek 33 - Porovnání záznamu dat .....	32
Obrázek 34 - Graf záznamu nadmořské výšky z cyklopočítače .....	34
Obrázek 35 - Graf záznamu nadmořské výšky z hodinek.....	34
Obrázek 36 - Referenční graf záznamu nadmořské výšky.....	34

# Zdroje

- [1] Catherine G. Manning. *GPS* [online]. [cit. 2025-05-03]. Dostupné z: <https://www.nasa.gov/directorates/somd/space-communications-navigation-program/gps/>
- [2] Chiradeep BasuMallick. *What is GPRS?* [online]. [cit. 2025-05-03]. Dostupné z: <https://www.spiceworks.com/tech/networking/articles/what-is-gprs/>
- [3] HIKING GUY. *What is a GPX File?* [online]. [cit. 2025-05-03]. Dostupné z: <https://hikingguy.com/how-to-hike/what-is-a-gpx-file/>
- [4] VELO-SPORT. *Computer Sigma BC 9.16 ATS bezdrátový* [online]. [cit. 2025-05-03]. Dostupné z: <https://www.VELO-sport.cz/Computer-Sigma-BC-9-16-ATS-bezdratovy-d918.htm>
- [5] PULSMETRY.cz. *Garmin Edge 840 Solar* [online]. [cit. 2025-05-03]. Dostupné z: <https://www.pulsmetry.cz/garmin-edge-840-solar/>
- [6] SMARTY. *FIXED Tag Smart tracker s podporou Find My bílý* [online]. [cit. 2025-05-03]. Dostupné z: <https://www.smarty.cz/FIXED-Tag-Smart-tracker-s-podporou-Find-My-bily-4p108243>
- [7] DÁREK V AKCI. *VERK 10051 Mini GPS lokátor GF-07* [online]. [cit. 2025-05-03]. Dostupné z: <https://www.darekvakci.cz/verk-10051-mini-gps-lokator-gf-07>
- [8] MAPY.COM.CZ. *Facebook profil* [online]. [cit. 2025-05-03]. Dostupné z: <https://www.facebook.com/Mapy.comcz/>
- [9] MAPY.COM.CZ. *YouTube kanál* [online]. [cit. 2025-05-03]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/channel/UCpy8n-F08Ls7yiS1CLjwTQg>
- [10] ARDUINO. *Arduino Nano Every* [online]. [cit. 2025-05-03]. Dostupné z: <https://store.arduino.cc/en-cz/products/arduino-nano-every>
- [11] MOUSER. *Quectel L86-M33* [online]. [cit. 2025-05-03]. Dostupné z: <https://cz.mouser.com/ProductDetail/Quectel/L86-M33?qs=GedFDFLaBXFvEvNOo6IDYg%3D%3D>
- [12] LASKAKIT. *MicroSD Card modul SPI* [online]. [cit. 2025-05-03]. Dostupné z: <https://www.laskakit.cz/en/microsd-card-modul-spi/>
- [13] LASKAKIT. *Miniaturní SIM800L V2.0 5V GPRS GSM modul* [online]. [cit. 2025-05-03]. Dostupné z: <https://www.laskakit.cz/en/miniaturni-sim800l-v2-0-5v-gprs-gsm-module--microsim/>
- [14] DRÁTEK.cz. *IIC I2C OLED displej 0.96" 128×64* [online]. [cit. 2025-05-03]. Dostupné z: <https://dratek.cz/arduino/1569-iic-i2c-oled-display-0-96-128x64-bily.html?gQT=0>

- [15] TME.eu. *LG Chem INR18650-M29* [online]. [cit. 2025-05-03]. Dostupné z: <https://www.tme.eu/cz/details/accu-inr18650-m29/akumulatory/lg-chem/inr18650-m29/>
- [16] LASKAKIT. *Nabíječka Li-ion článků TP4056 s ochranou USB-C* [online]. [cit. 2025-05-03]. Dostupné z: <https://www.laskakit.cz/nabijecka-li-ion-clanku-tp4056-s-ochranou-usb-c/>
- [17] LASKAKIT. *BAT Boost měnič 5V 0.6A DIO6605B* [online]. [cit. 2025-05-03]. Dostupné z: <https://www.laskakit.cz/laskakit-bat-boost-menic-5v-0-6a-dio6605b/>
- [18] MIKAL HART. *TinyGPSPlus* [online]. GitHub. [cit. 2025-05-03]. Dostupné z: <https://github.com/mikalhart/TinyGPSPlus/tree/master>
- [19] VITTORIO ESPOSITO. *Sim800L Arduino Library (revised)* [online]. GitHub. [cit. 2025-05-03]. Dostupné z: <https://github.com/vittorioexp/Sim800L-Arduino-Library-revised>
- [20] CRISTIAN STEIB, Cristian. *Sim800L Library* [online]. GitHub. [cit. 2025-05-03]. Dostupné z: <https://github.com/cristiansteib/Sim800L>
- [21] TYETH GUNDRY. *Adafruit GFX Library* [online]. GitHub. [cit. 2025-05-03]. Dostupné z: <https://github.com/adafruit/Adafruit-GFX-Library>
- [22] TYETH GUNDRY. *Adafruit SSD1306* [online]. GitHub. [cit. 2025-05-03]. Dostupné z: [https://github.com/adafruit/Adafruit\\_SSD1306](https://github.com/adafruit/Adafruit_SSD1306)
- [23] PHILIPP BIEDENKOPF. *ES Arduino GPX Datalogger* [online]. GitHub. [cit. 2025-05-03]. Dostupné z: <https://github.com/PBiedenkopf/ES-Arduino-GPX-datalogger/tree/main>
- [24] PAUL STOFFREGEN, Paul. *SoftwareSerial* [online]. GitHub. [cit. 2025-05-03]. Dostupné z: <https://github.com/PaulStoffregen/SoftwareSerial>
- [25] PER TILLISCH. *ArduinoCore-avr* [online]. GitHub. [cit. 2025-05-03]. Dostupné z: <https://github.com/arduino/ArduinoCore-avr/tree/master>
- [26] MAX PROKHOROV. *Arduino for ESP8266* [online]. GitHub. [cit. 2025-05-03]. Dostupné z: <https://github.com/esp8266/Arduino/tree/master>
- [27] MODELÝ. *Knihovna modelů* [online]. [cit. 2025-05-03]. Dostupné z:
- Piny k modulům: <https://grabcad.com/library/ds1021-colored-male-pin-header-100mil-2-54mm-collection-1>
- Nabíjecí obvod: <https://grabcad.com/library/tp4056-charging-module-type-c-1>
- Arduino Nano Every: <https://grabcad.com/library/arduino-nano-10>
- microSD modul: <https://grabcad.com/library/tf-micro-sd-card-memory-modul-arduino-1>

OLED display: <https://grabcad.com/library/pantalla-oled-0-96-128x64-1>

GPRS modul: <https://grabcad.com/library/sim800l-evaluation-board-1>

Baterie 18650: <https://grabcad.com/library/sony-murata-vtc5a-18650-2600mah-25a-battery-1>

Stabilizátor 5V: <https://github.com/LaskaKit/DIO6605B-bat-boost/tree/main/3D>

GPS modul: <https://grabcad.com/library/l86-m33-quectel-1>

Pájivé pole: <https://grabcad.com/library/prototype-pcb-70x90mm-1>

Pojistka: <https://grabcad.com/library/header-jumper-1>

[28] OBRÁZKY MODULŮ. *Knihovna modulů* [online]. [cit. 2025-05-03]. Dostupné z:

GPRSmodul: <https://www.laskakit.cz/miniaturni-sim800l-v2-0-5v-gprs-gsm-module--microsim/>

OLED display: <https://dratek.cz/arduino/3181-iic-i2c-oled-1-3-displej-128x64-bily.html>

Arduino Nano Every: <https://rpishop.cz/arduino-nano/2378-arduino-nano-every.html>

microSD modul: <https://www.laskakit.cz/microsd-card-modul-spi/>

Stabilizátor 5V: [https://chiptron.cz/articles.php?article\\_id=324](https://chiptron.cz/articles.php?article_id=324)

Nabíjecí obvod: <https://robu.in/product/tp4056-1a-li-ion-lithium-battery-charging-module-with-current-protection-type-c/>

Pojistka: <https://www.pselectronic.cz/k5003-052-jumper-2-54mm-cerny-doprodej.html>

Piny k pojistce: <https://www.amazon.co.uk/DS1021-1-2SF1-1B-header-strips-male/dp/B01M9AMDF6>

[29] C&K. *PTS526SM08SMTR2 LFS* [online]. [cit. 2025-05-03]. Dostupné z: <https://www.digikey.com/en/models/10056623>

[30] QUECTEL. *L86-M33* [online]. [cit. 2025-05-03]. Dostupné z: <https://cz.mouser.com/ProductDetail/Quectel/L86-M33?qs=GedFDFLaBXFvEvNOo6IDYg%3D%3D>

[31] ALPHA & OMEGA SEMICONDUCTOR INC. *AO4459* [online]. [cit. 2025-05-03]. Dostupné z: <https://www.digikey.com/en/models/1855808>

## Seznam příloh

- Program pro porovnání GPX souborů
- Schémata zapojení modulů vlastní výroby
- Firmware cyklopočítače
- 3D model cyklopočítače ve formátu .step