

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

Katedra aplikované elektroniky a telekomunikací

DIPLOMOVÁ PRÁCE

**Digitální přístrojový panel pro motocykl s funkcí
palubního počítače**

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
Fakulta elektrotechnická
Akademický rok: 2016/2017

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Bc. Jakub VOCELKA
Osobní číslo: E15N0081P
Studijní program: N2612 Elektrotechnika a informatika
Studijní obor: Dopravní elektroinženýrství a autoelektronika
Název tématu: Digitální přístrojový panel pro motocykl s funkcí palubního počítače
Zadávající katedra: Katedra aplikované elektroniky a telekomunikací

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Navrhňte a realizujte digitální přístrojový panel pro motocykl s funkcí palubního počítače.

1. Seznamte se s funkcemi a možnostmi realizace přístrojového panelu pro motocykl. Specifikujte základní prvky uživatelského ovládacího rozhraní a potřebné jednotlivé signály hardwarového rozhraní panelu.
2. Proveďte návrh obvodového řešení zařízení. Do návrhu zahrňte pokročilejší funkce měření množství a aktuální spotřeby paliva, snímání zařazeného rychlostního stupně, případně další funkce dle vlastního výběru. Pro zobrazení informací o použijte vhodný LCD panel. Při návrhu zohledněte požadavek na nízkou spotřebu panelu v klidovém režimu, pokud není motocykl v provozu.
3. Zařízení realizujte a oživte.
4. Do použitého mikrokontroléru implementujte odpovídající firmware a otestujte jeho funkci.
5. Porovnejte konkurenceschopnost výrobku s komerčně dostupnými zařízeními podobného druhu.

Rozsah grafických prací: podle doporučení vedoucího

Rozsah kvalifikační práce: 40 - 60 stran

Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

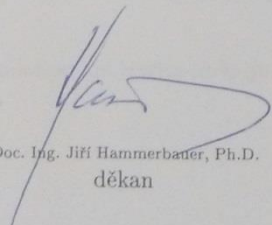
Student si vhodnou literaturu vyhledá v dostupných pramenech podle doporučení vedoucího práce.

Vedoucí diplomové práce: Ing. Petr Krist, Ph.D.

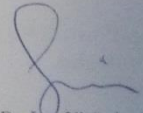
Katedra aplikované elektroniky a telekomunikací

Datum zadání diplomové práce: 14. října 2016

Termín odevzdání diplomové práce: 19. května 2017


Doc. Ing. Jiri Hammerbauer, Ph.D.
děkan




Doc. Dr. Ing. Vjačeslav Georgiev
vedoucí katedry

V Plzni dne 14. října 2016

Abstrakt

Předkládaná diplomová práce se zabývá návrhem a fyzickou realizací přístrojového panelu pro motocykl. Popisuje způsob snímání, vyhodnocování a zobrazování provozních veličin motocyklu. Dále se zabývá konkurenceschopností výrobku a možnostmi uvedení na trh.

Klíčová slova

Přístrojový panel, snímání provozních veličin, princip snímání otáček, spalovací motor, snímání okamžité rychlosti, měření průtoku paliva, firmware přístrojového panelu

Abstract

This master thesis focuses on designing and realizing a digital instrument panel for a motorcycle. It describes the ways used to measure, evaluate and display the information about selected parameters of the motorcycle on the dashboard. It also discusses the competitiveness of the dashboard and the possibilities of introducing the product to the market.

Key words

Dashboard, control panel, instrument panel, unit measurement, revolutions measurement principle, internal combustion engine, direct speed measurement, fuel flow measurement, dashboard firmware

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této diplomové práce, je legální.

.....
podpis

V Plzni, dne 18.5.2017

Jakub Vocelka

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval za cenné profesionální rady, připomínky a vedení práce panu Ing. Petru Kristovi, Ph.D.

Obsah

OBSAH	2
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK	3
1. ZÁKLADNÍ POŽADAVKY SPECIFIKOVANÉ PŘED VLASTNÍM NÁVRHEM ZAŘÍZENÍ	6
1.1 MECHANICKÉ POŽADAVKY	6
1.1.1 Řídicí jednotka	9
1.1.2 Ovládací panel	9
1.1.3 Provedení kabeláže	9
1.2 ELEKTRICKÉ POŽADAVKY	10
1.2.1 Napájení	10
1.2.2 Vstupy a výstupy	10
1.3 POŽADAVKY NA FUNKCE	11
2 NÁVRH HARDWARE PŘÍSTROJOVÉHO PANELU	12
2.1 PRINCIP KOMUNIKACE JEDNOTLIVÝCH MODULŮ	6
2.2 ZÁKLADNÍ KOSTRA PŘÍSTROJOVÉHO PANELU	7
2.3 POPIS JEDNOTLIVÝCH BLOKŮ ELEKTRONICKÉHO OBVODU	12
2.3.1 Řídicí jednotka	12
2.3.2 Zobrazovací panel	34
3 REALIZACE PŘÍSTROJOVÉHO PANELU	42
3.1 ŘÍDICÍ JEDNOTKA	42
3.1.1 Přístrojová krabička pro řídicí jednotku	42
3.1.2 DPS řídicí jednotky	43
3.2 ZOBRAZOVACÍ PANEL	44
3.2.1 Mechanické provedení přístrojového panelu	45
3.2.2 DPS přístrojového panelu	46
3.3 OŽIVENÍ OBVODŮ	47
4 FIRMWARE	50
4.1 PRINCIP ČINNOSTI FIRMWARE ŘÍDICÍ JEDNOTKY	50
4.2 PRINCIP ČINNOSTI FW ZOBRAZOVACÍHO PANELU	52
4.3 PRINCIP KOMUNIKACE	54
5 DOSAŽENÝ VÝSLEDEK	56
6 POROVNÁNÍ S KONKURENCÍ	57
ZÁVĚR	59
SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ	1
PŘÍLOHY	5

Seznam symbolů a zkratek

A.....	Ampér
A/D.....	Analog/Digital (Analogově-digitální)
ABS.....	Antilock Brake System (brzdový systém zabraňující prokluzu kol)
C.....	Kondenzátor
CAN.....	Controller Area Network (typ digitální sériové sběrnice)
D.....	Dioda
DPS	Deska plošných spojů
ECU	Electronic control unit (elektronická řídicí jednotka)
ESD.....	Electrostatic discharge (elektrostatický náboj)
F	Pojistka
HW.....	Hardware
IC	Integrated Circuit (integrovaný obvod)
LED.....	Light Emitting Diode (světlo vyzařující dioda)
mA... ..	Miliampér
MCU	Microcontroller unit (mikrokontrolér)
ms.....	Milisekunda
mW.....	Miliwatt
PC.....	Personal Computer (osobní počítač)
R.....	Rezistor
RTC.....	Real time counter (čítač skutečného času)
ŘJ.	Řídicí jednotka
K/W.....	Kelvin/Watt
°C	Stupeň celsia
S	Mechanický kontakt, tlačítko
SPI.....	Serial Peripheral Interface (sériové komunikační rozhraní periferií)
SV	Konektor
SW	Software
TC	Traction Control System (systém kontroly trakce)
USB.....	Universal Serial Bus (Univerzální sériový port)
USBDM	Universal serial background debugging module (zařízení pro komunikaci mezi MCU a PC)
V.....	Volt

VN..... Vysoké napětí

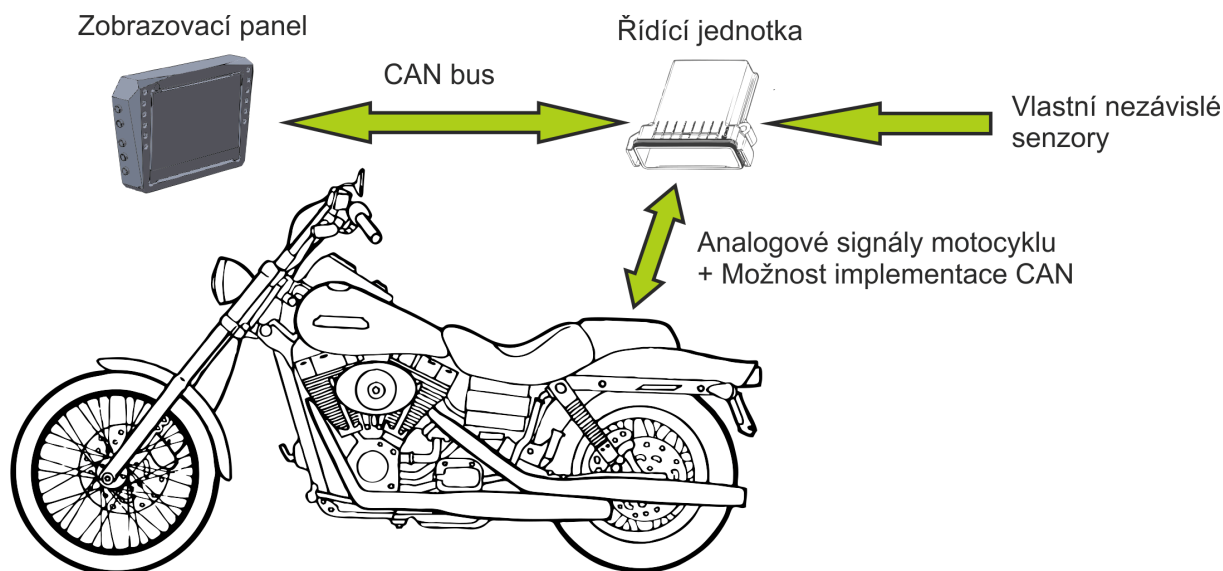
Úvod

Téma diplomové práce jsem si zvolil jako rozšíření bakalářské práce, která se zabývala návrhem a výrobou přístroje pro vyhodnocování zařazeného rychlostního stupně na motocyklu.

Cílem práce bylo vytvořit celý přístrojový panel motocyklu, vhodný jako náhrada originálního přístrojového panelu. Panel je po hardwarové stránce univerzální, aby jej bylo možno využít na různých typech motocyklů. Mechanická konstrukce panelu je dostatečně robustní a tak napomáhající dlouhodobé spolehlivosti. Panel není určen pro běžného uživatele motocyklu, který si jej pravděpodobně nekoupí kvůli poměrně složité montáži vyžadující pro plnou funkcionalitu poměrně velké množství kabeláže a alespoň nějaké elektrotechnické znalosti, ale je zacílen na dílny, jež se zabývají zakázkovými přestavbami motocyklů, kde bude možnost přístrojový panel zakomponovat do vlastního designového řešení, což komerčně dostupné výrobky většinou neumožňují. Zároveň však poskytne funkce, které jsou pro dnešní uživatele zajímavé a moderní.

1. Základní požadavky specifikované před vlastním návrhem zařízení

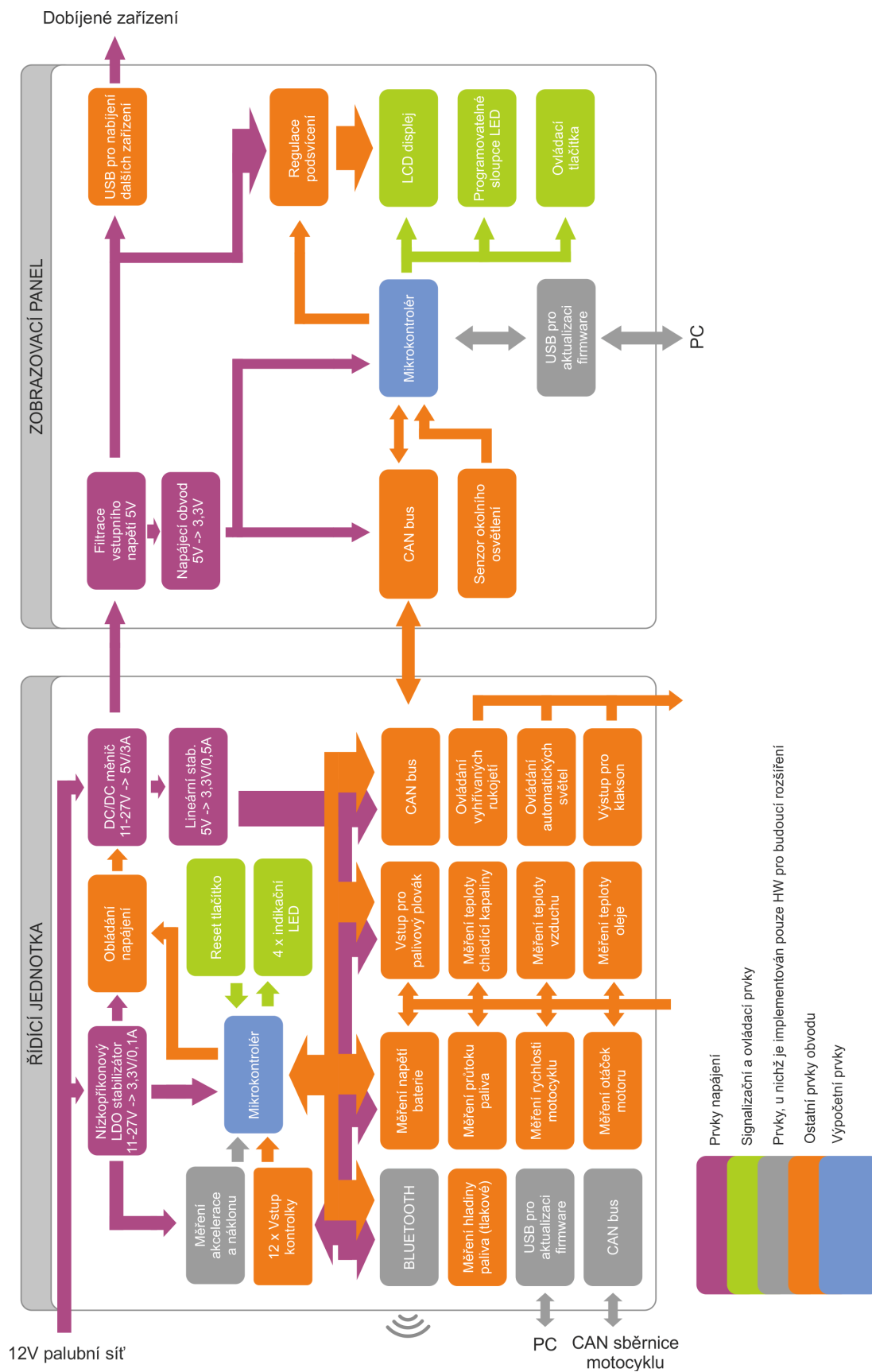
1.1 Princip komunikace jednotlivých modulů



Obr. č. 1 Schématické znázornění komunikace mezi jednotkami a motocyklem [1], [2]

Zařízení se skládá se dvou částí. Z řídicí jednotky a zobrazovacího panelu. Řídicí jednotka má na starost sběr signálů a provozních veličin, a následné přepočtení do srozumitelné podoby. Data pak odesílá po CAN sběrnici zobrazovacímu panelu, který má za úkol data zobrazovat na displeji. Tento způsob komunikace byl zvolen z toho důvodu, aby nebyla konstrukčně pevně svázána řídicí jednotka se zobrazovacím panelem. Zobrazovací panel tak může zůstat co nejjednodušší, což zjednoduší jeho případné přepracování do takové podoby, která se bude hodit do designu přestavovaného motocyklu. Řídicí jednotka je pak po hardwarové stránce osazena nejrůznějšími obvody pro možné budoucí využití, které budou doprogramovávány v závislosti na aktuálních požadavcích zákazníka. Pro potřeby této diplomové práce jsou osazeny a naprogramovány jen některé z možných funkcí.

1.2 Základní kostra přístrojového panelu



Obr. č. 2 Základní struktura zapojení

Obrázek č. 2, zjednodušeně popisuje jednotlivé bloky přístrojového panelu a vazby mezi nimi. Základem modulu pojmenovaného jako „řídící jednotka“ je výkonný mikrokontrolér s jádrem ARM Cortex M4. Modul je napájen z palubní sítě motocyklu. Mikrokontrolér společně s blokem pro měření akcelerace a náklonu, akcelerometrem a gyroskopem, jsou napájeny trvale nízkopříkonovým stabilizátorem. Tedy i v případě, že není motocykl v provozu. Tím je zajištěno, že nedojde k vynulování hodin a zařízení je tedy připraveno pro implementaci funkce alarmu. Po zapnutí spínací skříňky motocyklu, mikrokontrolér pomocí bloku pro ovládání napájení, aktivuje DC/DC měnič, který zajistí napájení zobrazovacího panelu a veškeré zbylé bloky. Výstupy všech bloků, obstarávajících a upravujících měřené signály, jsou svedeny do mikrokontroléru k dalšímu zpracování a následnému odeslání pomocí CAN sběrnice zobrazovacímu panelu.

Zobrazovací panel je rovněž postaven na mikrokontroléru ARM Cortex M4. Na panelu jsou umístěna ovládací tlačítka, LCD displej a dva sloupce LED. Zobrazovací panel je vybaven senzorem okolního osvětlení, jehož výstup je přiveden na mikrokontrolér a na jehož základě je generován PWM signál pro blok „regulace podsvícení“, který reguluje jas displeje, sloupců LED i podsvětlených ovládacích tlačítek. Napájení zobrazovacího panelu je vyfiltrováno od rušivých napětí pochytaných do vedení mezi řídící jednotkou a zobrazovacím panelem. Napětí 3,3V je vytvořeno z 5V větve pomocí lineárního stabilizátoru. Světelné prvky jsou kvůli vyššímu odběru napájeny přímo z výkonné, 5V větve.

1.3 Mechanické požadavky

1.3.1 Řídicí jednotka

Vzhledem k použití zařízení na motocyklu, kde přijde řídicí jednotka do kontaktu s vodou, blátem, prachem a v případě použití v zimním období také se solí, musí být její provedení kompletně vodotěsné a prachotěsné. To samé platí pro použité konektory, kterými jsou vyvedeny vodiče z přístrojové krabičky. Plošný spoj by měl být, pro ještě vyšší odolnost proti vlhkosti, zalakován ochranným lakem, nebo ošetřen jiným vhodným způsobem zamezujícím přístupu vlhkosti. Rozměry řídicí jednotky co nejmenší, aby nebyl problém s jejím umístěním na motocyklu. Krabička musí mít otvory pro šrouby, aby bylo možné ji bezpečně připevnit.

1.3.2 Ovládací panel

Ovládací panel bude umístěn na vrchu motocyklu a nebude za deštivého počasí pod takovým nápořem vody, jako řídicí jednotka. Lze tedy například vodiče vyvést neutěsněným vývodem za předpokladu, že vývod bude na spodní straně panelu a proveden tak, aby v běžné jízdní poloze neumožnil vniknutí vody dovnitř panelu. Plošný spoj musí být opět opatřen ochranou proti vlhkosti například ponořením do laku.

Vzhledem ke koncepci zařízení bude vyvinut přístrojový panel včetně krabičky moderního vzhledu, který by mohl splnit očekávání některých zákazníků. Případně může být po vyjmutí plošného spoje z krabičky zastavěn do jiné mechanické konstrukce, která bude lépe sedět k celkovému designu přestavovaného motocyklu.

1.3.3 Provedení kabeláže

Kabeláž musí odolat běžným provozním teplotám motoru kolem 90°C. Konektory i kabeláž musí být přizpůsobeny požadavku na dlouhodobou spolehlivost. Konektor připojující řídicí jednotku musí být vodotěsný. Vodiče pro sběrnici CAN, spojující řídicí jednotku se zobrazovacím panelem, musí být, ve snaze o potlačení rušení, provedeny jako kroucená dvojlinka. Všechny vodiče musejí být dostatečně proudově dimenzovány.

1.4 Elektrické požadavky

1.4.1 Napájení

1.4.1.1 Řídicí jednotka

Řídicí jednotka obsahuje akcelerometr a je připravena na implementaci funkce alarmu. Dále řídicí jednotka trvale počítá čas a musí být tedy schopna fungovat v režimu nízkého příkonu v případě, že není motocykl v provozu. V případě běžného provozu musí být schopna dodávat dostatečný proud (alespoň 1A), při napětí 5V, pro napájení USB portu, určeného pro dobíjení mobilního telefonu, navigace atd., umístěného na ovládacím panelu.

1.4.1.2 Zobrazovací panel

Zobrazovací panel bude napájen napětím 5V poskytovaným řídicí jednotkou. Napájecí napětí musí být dostatečně vyfiltrováno, jelikož se do vedení může naindukovat rušivé napětí produkované zapalovací soustavou, vstřikovači paliva atd..

1.4.2 Vstupy a výstupy

1.4.2.1 Analogové vstupy řídicí jednotky

- a) vstup pro snímání otáček motoru schopný bezkontaktního snímání pomocí antény, nebo kontaktního snímání z primární strany zapalovací cívky
 - vstupní impedance: $> 100 \text{ k}\Omega$
 - snímané napětí: $3 \div 18 \text{ V}$
 - ochrana proti záporné polaritě
- b) snímání rychlosti motocyklu
 - schopnost zaznamenat obdélníkový signál: $4 \div 15 \text{ V} = \log. „1“$; $0 \text{ V} = \log. „0“$
 - vstupní impedance: $> 1 \text{ k}\Omega$
- c) 2x vstup na termistor pro měření teploty chladicí kapaliny a oleje
 - použitý termistor: KTY81-220
- d) vstup pro připojení palivového plováku
 - s možností připojení libovolného plovákového snímače a volbou proudu plovákem
- e) vstup pro připojení průtokoměru
 - průtokoměr s obdélníkovým výstupem a tranzistorem s otevřeným kolektorem
 - proud tranzistorem průtokoměru při log. „1“: 5 mA

1.4.2.2 Analogové výstupy řídicí jednotky (výkonové)

- a) výstup pro automatické spínání světel (automatické denní svícení)
 - trvalá zatížitelnost > 60 W
- b) výstup pro napájení vyhřívaných rukojetí
 - trvalá zatížitelnost > 30 W
- c) výstup pro klakson potřebný kvůli funkci alarmu
 - zatížitelnost > 40 W

1.4.2.3 Analogové výstupy zobrazovacího panelu (výkonové)

- a) USB port pro nabíjení mobilního telefonu
 - výstupní napětí 5 V
 - dodaný proud ≥ 1 A

1.4.2.4 Digitální vstupy a výstupy řídicí jednotky

- a) 14x vstup nahrazující kontrolky
- b) 2x CAN – pro propojení řídicí jednotky se zobrazovacím panelem pro případné vyčítání veličin ze sběrnice motocyklu
- c) USB pro případné budoucí upgrady firmware řídicí jednotky a zobrazovacího panelu

1.4.2.5 Analogové vstupy a výstupy zobrazovacího panelu

- a) USB pro případné budoucí upgrady firmware

1.5 Požadavky na funkce

Zařízení musí být schopno nahradit přístrojový panel. Zobrazování bude probíhat na displeji, doplněném o 2 sloupce programovatelných indikačních LED. Bude schopno měřit rychlost motocyklu, otáčky motoru, stav paliva, aktuální spotřebu paliva, napětí baterie, teplotu oleje, vzduchu, chladicí kapaliny a zobrazovat aktuálně zařazený rychlostní stupeň.

2 Návrh hardware přístrojového panelu

2.1 Popis jednotlivých bloků elektronického obvodu

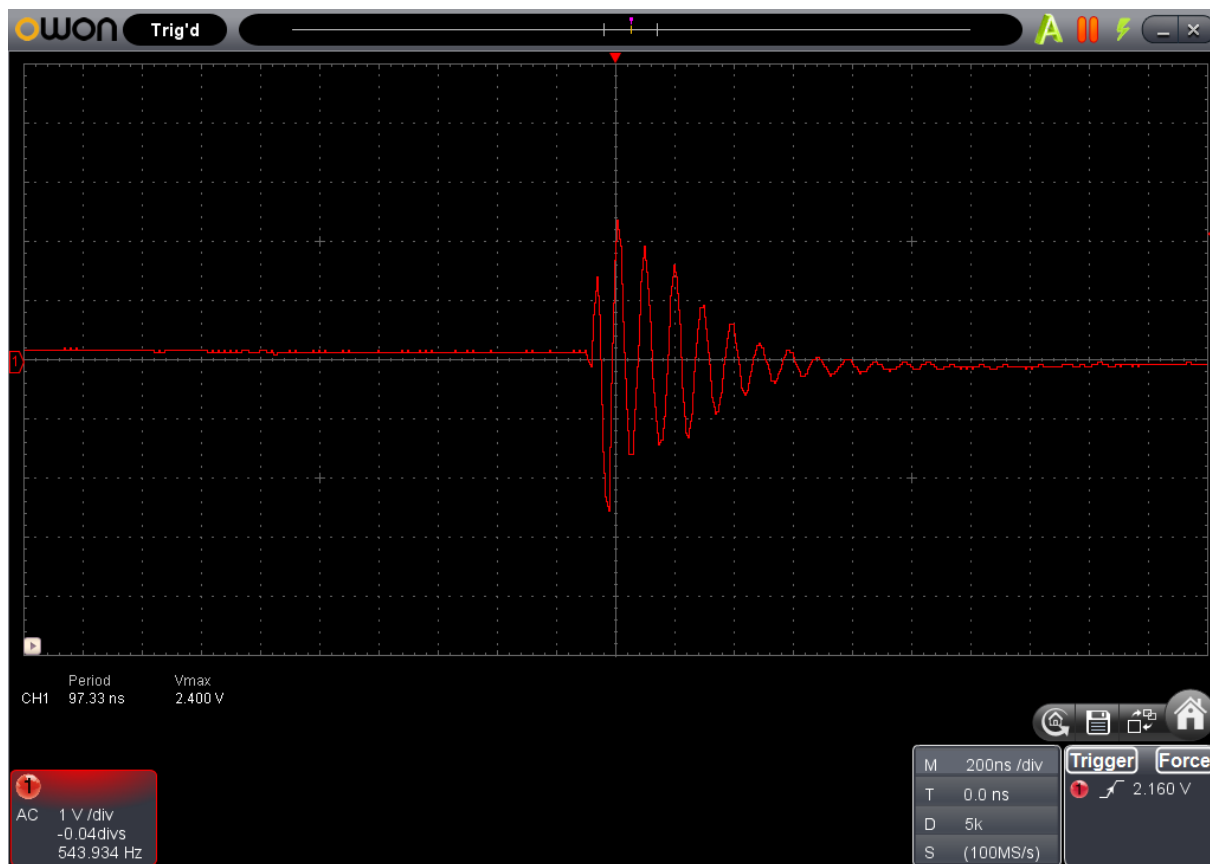
Následující kapitola popisuje jednotlivé části obvodu naznačeného na *obr. 2*, na straně č. 6.

2.1.1 Řídicí jednotka

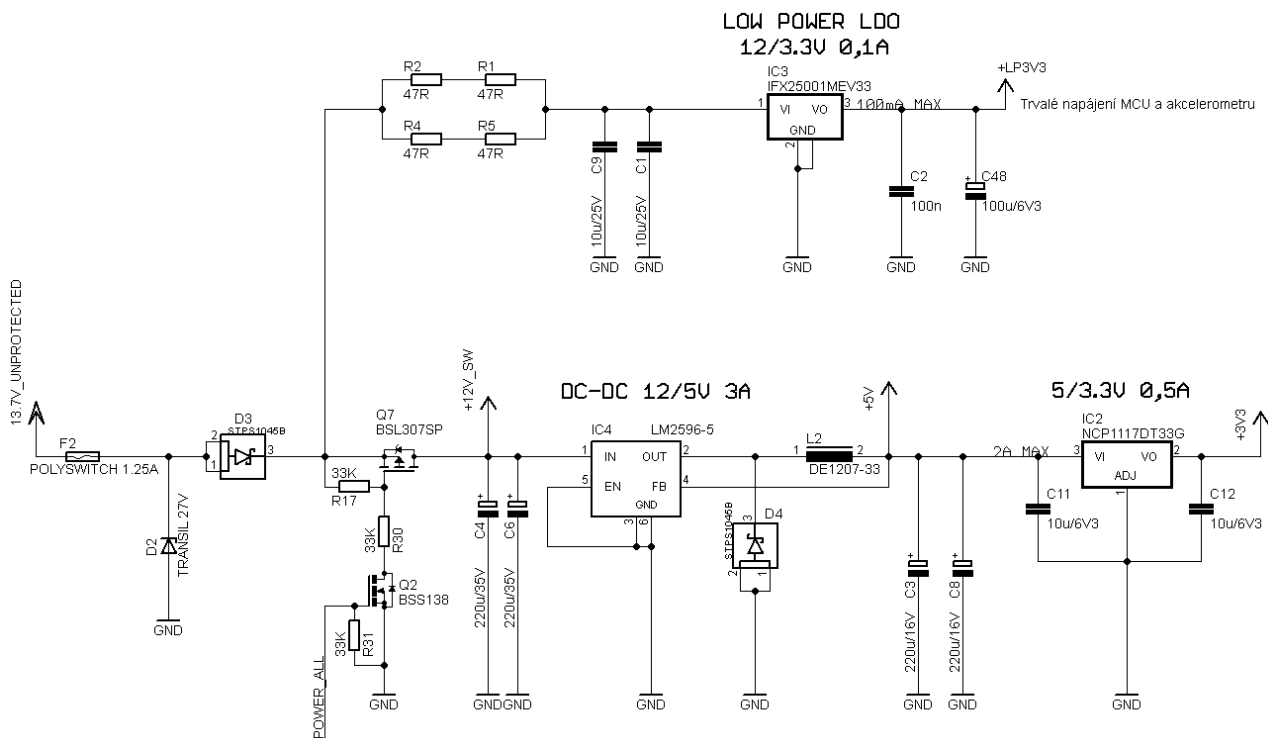
Kapitola 2.1.1 je věnována popisu jednotlivých bloků elektrického obvodu řídicí jednotky, jejíž celé schéma obsahuje *příloha A*.

2.1.1.1 Napájecí obvody

Napájecí obvod má na starost snížit palubní napětí motocyklu, vytvořit napěťové úrovně potřebné pro jednotlivé součástky a zabezpečit, aby tato napětí byla stabilní a nekolísala. Napětí palubní sítě se běžně pohybuje mezi $12 \div 14,5\text{V}$ dle typu motocyklu a stavu akumulátoru. Toto napětí vzrůstá po nastartování motocyklu a v některých případech také při zvýšení otáček motoru. Dále se v palubní síti objevuje rušení a napěťové špičky, vznikající činností zapalovací soustavy při spínání a rozpínání zapalovacích cívek. Další zase vlivem činnosti vstřikovačů, při startování motocyklu a tak dále. Příklad přepětí, indukujícího-se do palubní sítě vlivem činnosti zapalovací soustavy, je vidět na *obr. č. 2* níže.



Obr. č. 3 Přepětí indukované do palubní sítě motocyklu vlivem činnosti zapalovací soustavy



Obr. č. 4 Schéma napájecího obvodu řídicí jednotky

- **Ochrana proti tvrdému přepětí** je vytvořena pomocí supresorové diody (transilu) D2 společně s vratnou pojistkou F2 typu PPTC (polyswitch).

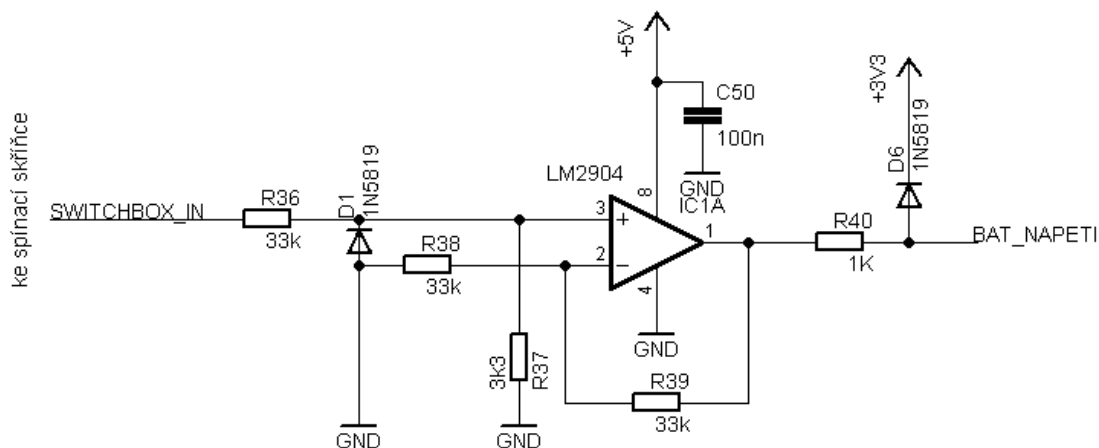
V případě překročení prahového napětí začne transil D2 vést v závěrném směru a tím dojde ke svedení přepět'ové vlny do země. Energie je spotřebována na samotném transilu, polyswitchi a přívodních vodičích, jimiž je omezen i maximální proud přepět'í. Při déletrvajícím přepět'í vybaví vratná pojistka a dojde k odpojení zařízení od palubní sítě. Zbytek přepět'ové vlny, propuštěné transilem, je pohlcen elektrolytickými kondenzátory C1, C4, C6 a C9. Maximální vstupní napět'í stabilizátorů je voleno s dostatečnou rezervou, tj. 37V pro IC4 [18] a 45V pro IC3 [17].

- Dioda D3 slouží jako **ochrana proti přepólování vstupu**. Není zde však nezbytně nutná, jelikož v případě přepólování, je transil D2 polarizován v propustném směru, propustí vyšší proud, než 1,25A, dojde k vybavení polyswitchu F2 a odpojení celého obvodu od palubní sítě motocyklu.
- Napájení mikrokontroléru a akcelerometru, které je nutno držet v provozu trvale, zajišťuje stabilizátor IC3 s nízkým klidovým proudem (kolem 0,1mA) [17]. Případná výkonová ztráta a s ní spojené zahřívání součástky při plném provozu akcelerometru a mikrokontroléru, je nepříliš vhodně omezeno čtveřicí rezistorů R1, R2, R4 a R5. Proudový odběr mikrokontroléru je v nejhorším možném případě dle datasheetu 65mA [19], a akcelerometr MMA8452 má katalogovou hodnotu max. 0,165mA [16]. Při běžném, provozním napájecím napět'í, je tedy výkonová ztráta na čtveřici rezistorů R1, R2, R4 a R5, 0,2W. Rezistory jsou použity v pouzdrech 1206 s maximální zatížitelností 0,1W pro každý z nich. Ztráta na stabilizátoru bude maximálně 540mW, což při tepelném odporu 75K/W [17], způsobí oteplení 40°C, což není kritické. Jedná se však o extrémní případ se všemi aktivními periferiemi mikrokontroléru a s taktovací frekvencí nastavenou na 100MHz. Zejména frekvence, způsobující největší část spotřeby, bude pro provoz plně dostačovat nižší.
- Přivedením signálu na hradlo tranzistoru Q2, dojde k sepnutí tranzistoru Q7, který slouží k připojení výkonového DC/DC měniče, čímž dojde ke spuštění všech obvodů řídicí jednotky.
- IC4 je monolytický obvod DC/DC měniče v zapojení step-down, s pevným výstupním napět'ím 5V. Jedná se o katalogové zapojení obvodu LM2596 [18]. Měnič poskytuje napájení pro některé části obvodu, a zároveň slouží k napájení

zobrazovacího panelu, včetně nabíjecího USB portu, umístěného rovněž na zobrazovacím panelu.

- Následuje katalogové zapojení stabilizátoru NCP1117DT33G – obvod IC2 [20], poskytující 3,3V pro napájení zbylých částí řídicí jednotky.

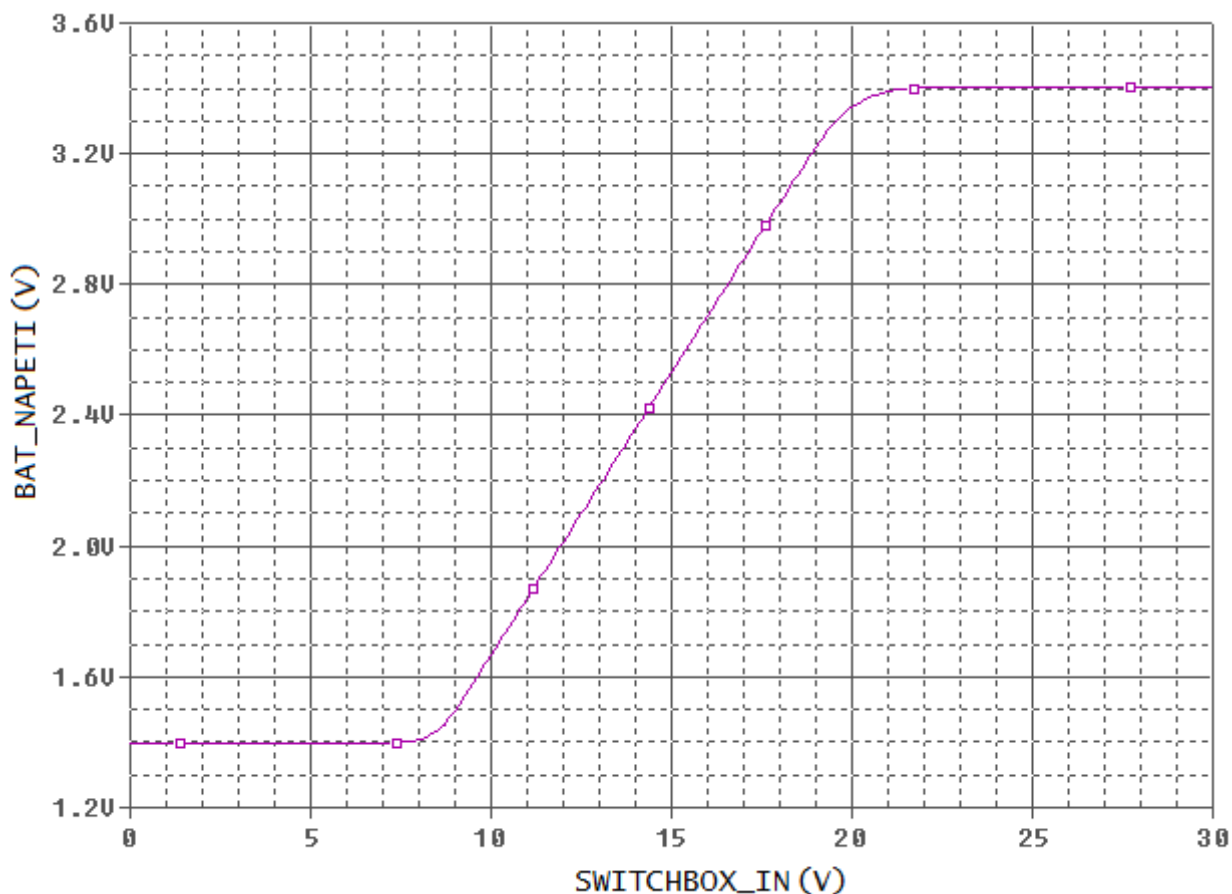
2.1.1.2 Obvod pro měření napětí baterie



Obr. č. 5 Schéma obvodu pro měření napětí baterie

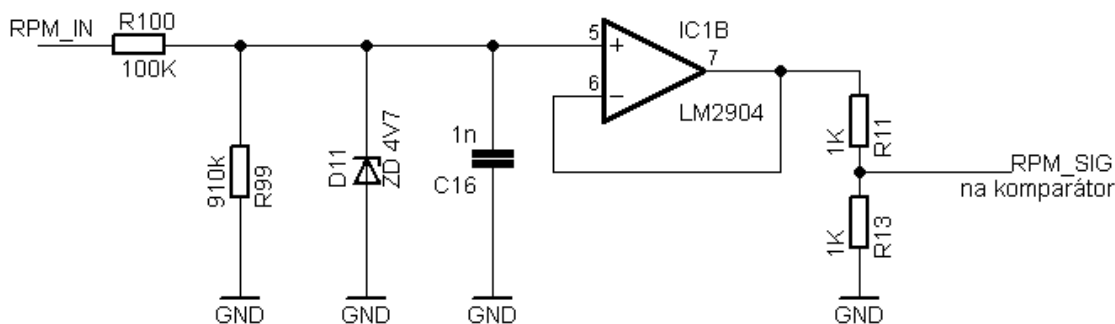
Obvod je koncipován jako rozdílový zesilovač a upraven tak, aby poskytoval napětí měřitelné A/D převodníkem v rozsahu napětí baterie od 9V do 19V. Jednotlivé prvky byly zvoleny experimentálně pomocí simulace, a výstupní napětí je patrné z výstupu simulace na obr. č. 6, níže.

Dioda D1 slouží jako ochrana před obrácenou polaritou, jelikož tato část obvodu je připojena signálním vodičem od spínací skříňky, a není tedy chráněna proti opačné polaritě kombinací transil/polyswitch tak, jako trvalé napájení z baterie. Rychlá schottkyho Dioda D6 pak slouží jako omezení horní hranice výstupního napětí z obvodu na maximálně cca 3,5V (dle simulace 3,4V), aby nemohlo ani při výrazném přepětí v palubní síti, dojít k poškození vstupu A/D převodníku.



Obr. č. 6 Simulace funkce obvodu pro měření napětí baterie

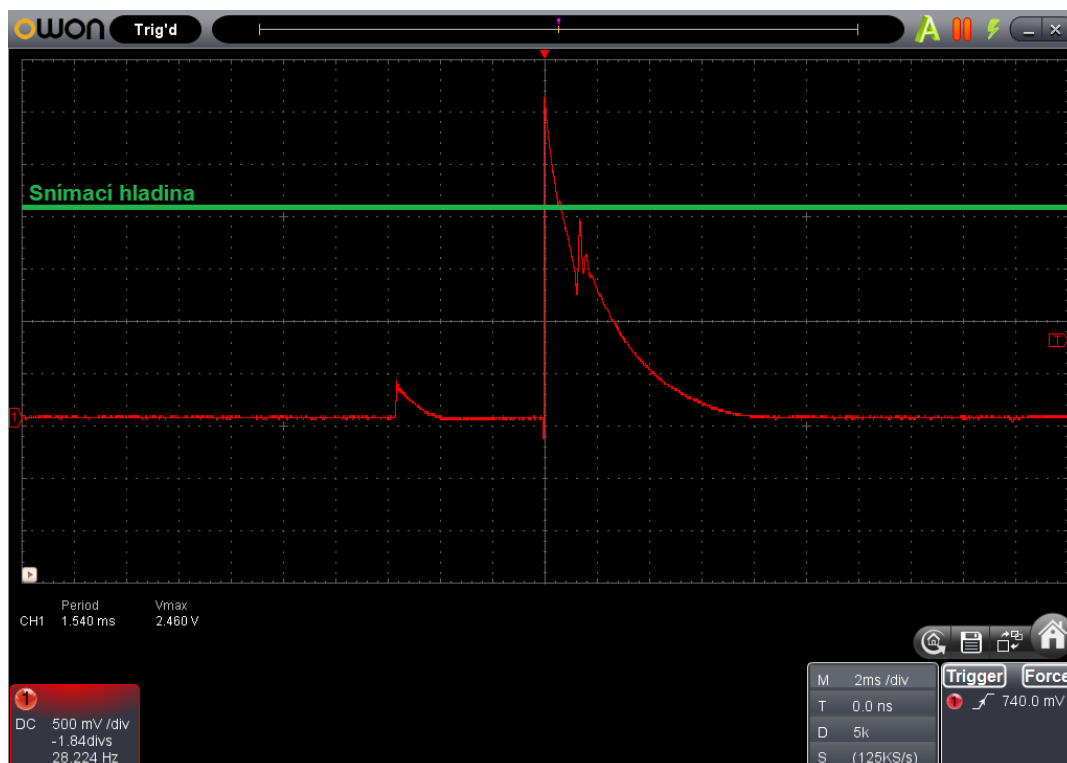
2.1.1.3 Obvod pro snímání otáček motoru



Obr. č. 7 Schéma obvodu pro snímání otáček motoru

Druhý operační zesilovač součástky LM2904 byl využit pro posílení signálu měřených otáček. Signál může být získáván jak bezkontaktně - navinutím antény okolo VN zapalovacího kabelu, tak přímým připojením k primární straně zapalovací cívky motocyklu.

- Průběh napětí na výstupu OZ při **bezkontaktním snímání** pomocí 4 závitů antény, namotané okolo VN kabelu k zapalovací svíčke, je vidět na *obr. č. 8*, níže. Snímací hladinou je míněno referenční napětí komparátoru, integrovaného v MCU.



Obr. č. 8 Průběh napětí na výstupu OZ při bezkontaktním snímání otáček – 4 závitů vodiče namotané okolo VN zapalovacího kabelu na motocyklu Honda XL600V Transalp

- Průběhy se lehce liší v závislosti na typu motocyklu a instalovaném systému zapalování. Z tohoto průběhu a pokusů na dalších motocyklech bylo zjištěno, že pro bezkontaktní snímání otáček motoru je vhodné využít náběžnou hranu v hladině 2V, tedy 1V za děličem R11/R13. R100 a C16 tvoří dolní propust pro odstranění zbylého rušení, které se do antény naindukují. R99 pak slouží pro pomalé vybíjení kondenzátoru C16, čímž dojde k prodloužení napěťového pulzu.
- Snímání otáček galvanickým připojením k primární straně zapalovací cívky je vhodné provádět při sestupné hraně pulzu a napěťové hladině 4,5V, což je patrné z obr. č. 9, níže. R100 a D11 zde tvoří stabilizaci napětí a výstupním signálem z obvodu jsou obdélníkové pulzy. Režim snímání bude možno zvolit v nastavení řídicí jednotky, případně nastavit na pevně dle požadovaného typu snímání již při programování řídicí jednotky. Hardware je takto připraven na obě varianty snímání otáček.



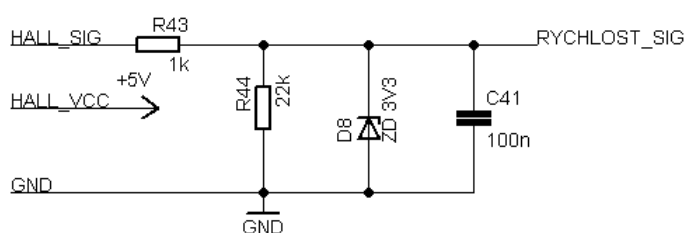
Obr. č. 9 Průběh napětí na primární straně zapalovací cívky a měřící hladina - BMW F650GS, ročník 2005

2.1.1.4 Obvod pro snímání okamžité rychlosti motocyklu

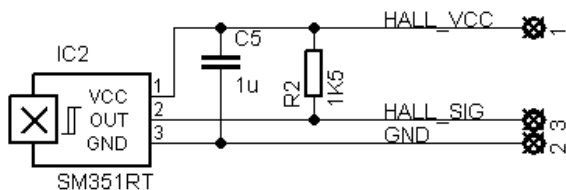
Obvod je koncipován tak, aby dokázal zpracovat signál ze snímače s magnetorezistivním senzorem (viz obr. č. 11, níže) i signál z originálního snímače rychlosti umístěného v převodovce motocyklu.

V případě snímání pomocí snímače

v převodovce, slouží kombinace R43 a D8 ke zmenšení amplitudy obdélníkového signálu s napětím 5, nebo cca 13,7 V (v závislosti na typu motocyklu), na 3,3V a kondenzátor C41 jako dolní propust pro potlačení naindukovaného rušení. R44 pak pro urychlení vybíjení kondenzátoru C41, čímž dojde ke zvýšení strmosti sestupné hrany pulzu. K obvodu na obr. č. 10, lze připojit také externí obvod s magnetorezistivním senzorem, navržený pro snímání rychlosti pomocí magnetu na zadním kole motocyklu – obr. č. 11.



Obr. č. 10 Schéma obvodu pro měření rychlosti motocyklu



Obr. č. 11 Schéma obvodu na samostatném DPS pro měření rychlosti motocyklu

Obr. č. 11 zobrazuje obvod realizovaný na samostatném plošném spoji, určený pro umístění na zadní, kyvné vidlici motocyklu, který bude pomocí magnetu připevněného k rozetě sekundárního převodu, poskytovat obdélníkový pulz při

každém otočení kola motocyklu. C5 slouží jako filtrace rušení na napájecích vodičích. Snímač pracuje v režimu open-drain a R2 tudíž slouží jako pullup rezistor pro definování výchozího stavu unipolárního snímače. Magnetorezistivní senzor byl zvolen namísto hallova snímače kvůli jeho výrazně vyšší citlivosti [21], a tak možné vyšší vzdálenosti mezi snímačem a magnetem. Obvod z obr. č. 10 je schopen s externím snímačem na obr. č. 11, umístěným 40cm od osy otáčení kola a s 1cm dlouhou dráhou, kdy je magnet zaznamenáván magnetorezistivním snímačem, schopen fungovat do okamžité rychlosti cca 200km/h. Umístěním magnetu a snímače blíže k ose kola lze maximální snímanou rychlost zvýšit.

2.1.1.5 Obvody pro měření teploty

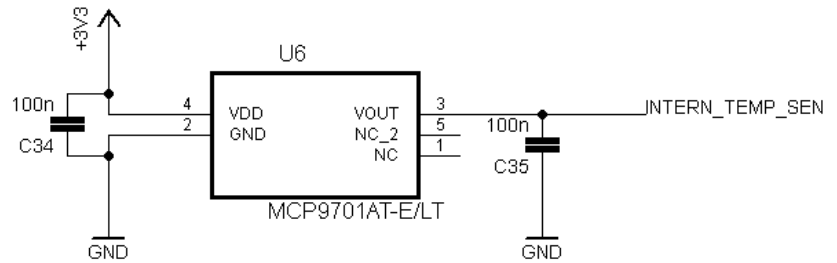
Řídicí jednotka obsahuje lineární teplotní senzor MCP9701AT-E/LT [12] s napětovým výstupem pro **měření teploty okolního prostředí**. Rozsah měřených teplot je od -40°C do $+125^{\circ}\text{C}$. Přesnost senzoru je $\pm 2^{\circ}\text{C}$ pro rozsah teplot od 0°C do 70°C . Relevantnost výsledků měření závisí na fyzickém

umístění řídicí jednotky na motocyklu, jelikož může docházet k ohřívání celé řídicí jednotky teplem z motoru. Zapojení

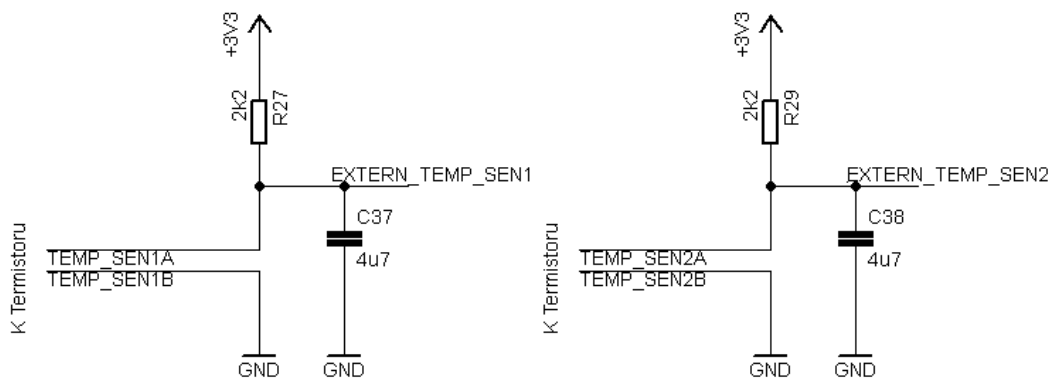
teplotního senzoru je vidět na obr. č. 12. Kondenzátor C35

je fyzicky umístěn těsně u vstupu A/D převodníku mikrokontroléru a slouží pro zvýšení stability měření.

Pro měření teploty oleje a chladicí kapaliny jsou k dispozici dva vstupy, určené k připojení termistorů KTY81-210, schopné se svým pracovním rozsahem teplot -50 do 150°C [22], pokrýt pracovní rozsah teploty oleje a chladicí kapaliny spalovacího motoru. Zapojení je naznačeno na obr. č. 13, níže.

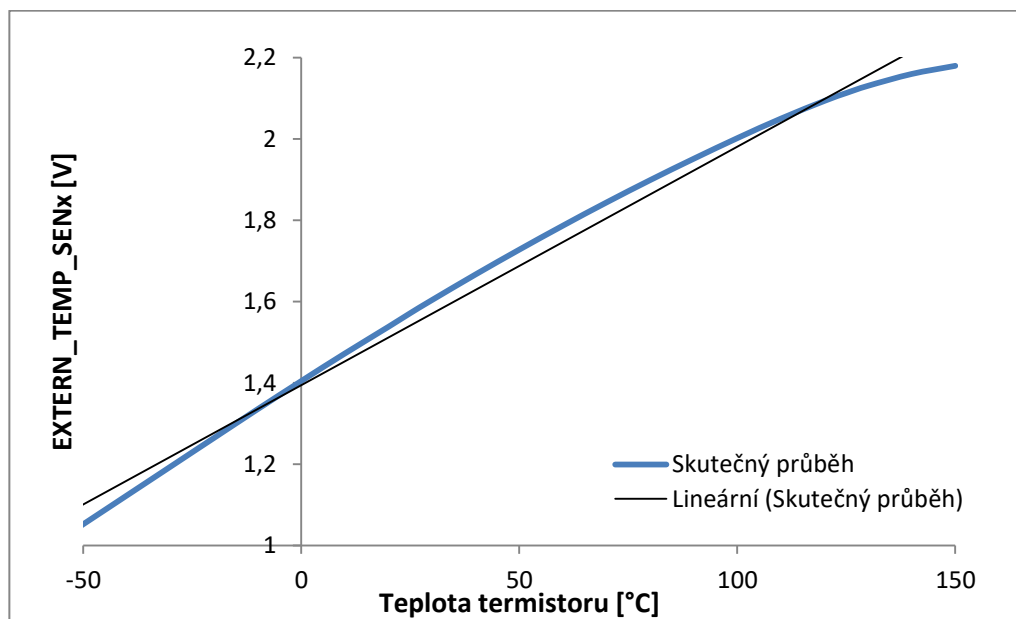


Obr. č. 12 Schéma zapojení teplotního senzoru pro měření teploty vzduchu



Obr. č. 13 Schéma zapojení extreních senzorů teploty

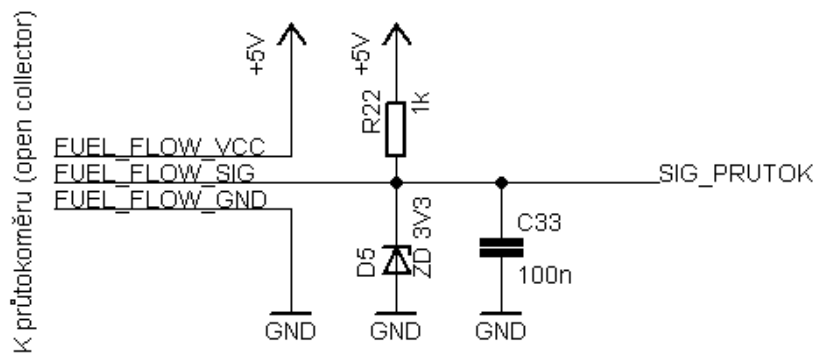
Odpor termistorů se s teplotou mění přibližně lineárně od $1\text{k}\Omega$ do $3,7\text{k}\Omega$ [22]. Výstupem z děliče napětí tvořeného rezistorem R27, příp. R29 a připojeným termistorem je tedy závislost zobrazená v grafu na obr. č. 14, níže. Není vyžadována velká přesnost měření a v rozsahu mezi -10°C a 120°C je tudíž možno závislost považovat za lineární, což je rovněž naznačeno v grafu na obr. č. 14, níže. Kondenzátor C37, resp. C38, slouží pro dostatečné prodloužení časové konstanty obvodu, která eliminuje možné rušení. Časová změna teploty je pomalá, proto není důvod nepoužít takto velkou hodnotu kapacity.



Obr. č. 14 Závislost výstupního napětí obvodů pro měření teploty chladiva a oleje na teplotě

2.1.1.6 Obvod pro měření průtoku paliva

Pro měření průtoku paliva je využit turbínový průtokoměr B.I.O-TECH e.K. FCH-m-POM-LC, s měřitelným rozsahem průtoku od 0,05 do 3 l/min., případně 0,03 až 1,8 l/min. po vložení dodané trysky [15]. Pro velmi klidnou jízdu je možno uvažovat okamžitou spotřebu na úsporném motocyklu cca 2,5l/100km. Při rychlosti 50km/h je spotřeba 0,02 l/min. Při prudké akceleraci neúsporného motocyklu a odhadované spotřebě 40l/100km je při rychlosti 50km/h spotřeba 0,3l/min. Průtokoměr bude tedy provozován s dodanou tryskou a při velmi úsporné jízdě nebude možno garantovat přesnost měření. Jedná se však o extrémní případy a v reálném provozu se bude snímač pohybovat v průtocích, ve kterých je výrobcem deklarována přesnost +/- 2% [15].

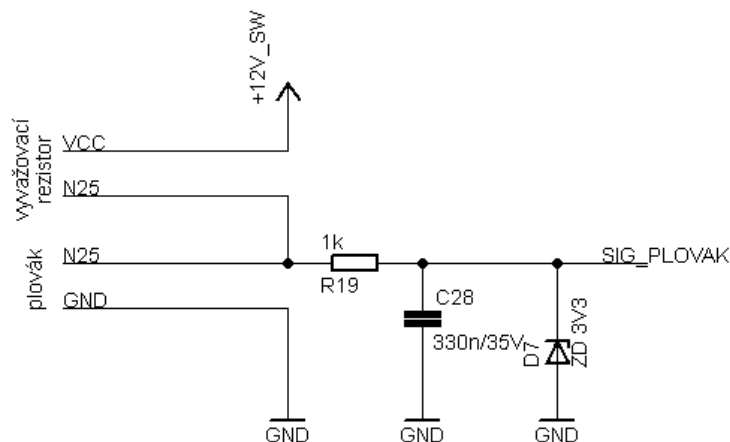


Obr. č. 15 Schéma obvodu pro připojení průtokoměru

Elektronika průtokoměru se skládá pouze z Hallova snímače s výstupem typu open-collector a výstupního konektoru. Obvod v řídicí jednotce na obr. č. 15, je tomuto faktu přizpůsoben a obsahuje pull-up rezistor R22. Průtokoměr je napájen napětím 5V, což je minimum deklarované výrobcem. Výstupní, obdélníkový signál je sražen Zenrovo diodou D5, na 3,3V, vyfiltrován kondenzátorem C33 od rušení nachytaného do signálového vodiče a přiveden na vstup časovače mikrokontroléru. Průtokoměr s vloženou tryskou generuje 8500 impulzů na 1 litr proteklého paliva. [15]

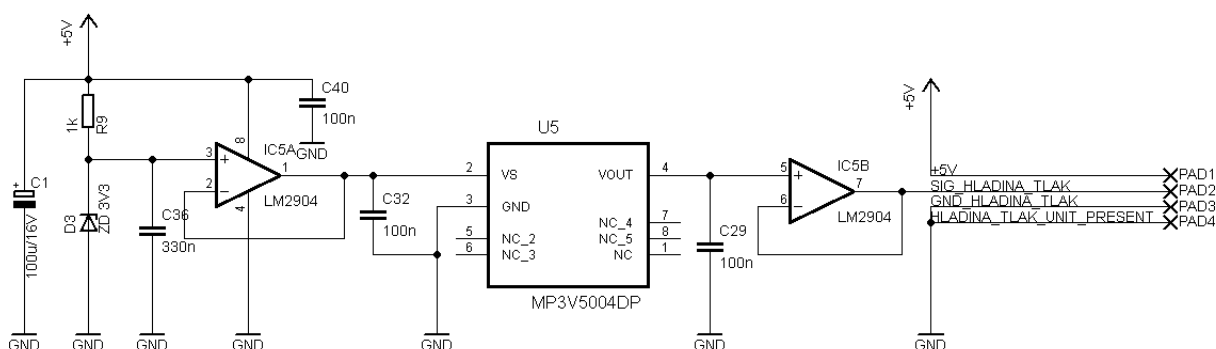
2.1.1.7 Obvody pro měření hladiny paliva

Hardware řídicí jednotky umožňuje měřit hladinu paliva dvěma způsoby. Připojením standardního odporového snímače s plovákem – obr. č. 16, nebo připojením externího tlakového snímače, schopného měřit hydrostatický tlak paliva – obr. č. 17.



Obr. č. 16 Schéma zapojení obvodu palivového plováku

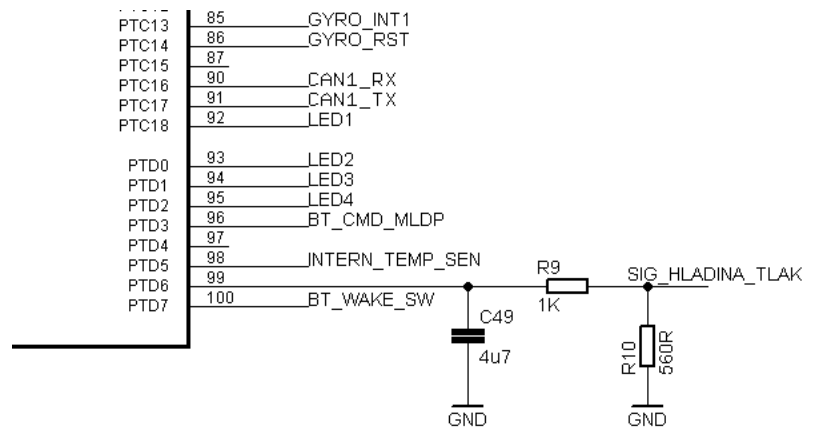
Aby byla zachována univerzálnost výrobku, a bylo tedy možné připojit různé druhy plovákových snímačů, jsou obě části děliče napětí vyvedeny na konektor řídicí jednotky a vyvažovací rezistor je připojen externě. Jeho odpor pak zvolen dle použitého plovákového senzoru. Vyvažovací rezistor by měl mít hodnotu odporu cca 4,5x vyšší, než je hodnota odporu plovákového snímače při plné výchylce. Maximální napětí na výstupu měniče pak bude 2,62V. R19 a D7 slouží jako ochrana vstupu A/D převodníku a jakékoli vyšší napětí, než 3,3V je stabilizováno na 3,3V. C28 v kombinaci s R1 pak slouží jako dolní propust filtrující případné rušení naindukované do připojených vodičů.



Obr. č. 17 Schéma zapojení externího snímače hydrostatického tlaku paliva

Na obr. č. 17, je schéma zapojení externího snímače hydrostatického tlaku paliva. Připojení je čtyřvodičové. Pro provoz snímače však stačí vodiče tři. Čtvrtý je využit pro snadné určení, zda je snímač připojen k řídicí jednotce, nebo není. V reálné konstrukci však

nebude signál využit, jelikož přítomnost připojeného snímače lze mikrokontrolérem odhadnout i dle hodnoty napětí na vodiči „SIG_HLADINA_TLAK“. Analogové napětí produkované tlakovým senzorem je nutné dovést skrz vodiče, vystavené rušení, do mikrokontroléru k převedení na digitální hodnotu (obr. č. 18). Je tedy nutno držet signálový vodič na co nejnižší impedanci. Výstup ze senzoru U5, je tedy posílen napěťovým sledovačem. Na opačném konci vedení, tj. v řídicí jednotce přístrojového panelu, je vedení zakončeno rezistorem R10, určujícím trvalý proud ve vedení cca 2 – 5 mA a opět snižujícím jeho impedanci. Dále je před vstupem do A/D převodníku mikrokontroléru, pomocí R9 a C49, vytvořen dolnoproustný filtr s časovou konstantou 4,7ms, pro eliminaci zbylého rušení.



Obr. č. 18 Schéma vstupu mikrokontroléru pro měření signálu z tlakového snímače hladiny paliva

V případě problémů nebude problém časovou konstantu zvýšit výměnou rezistoru R9.

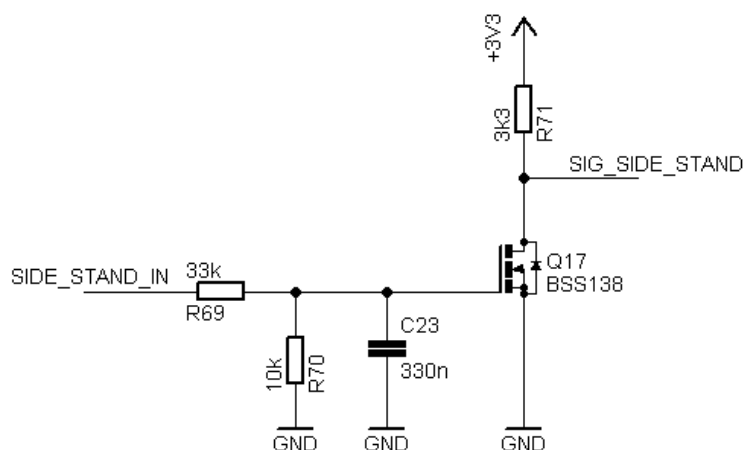
2.1.1.8 Vstupy signálů kontrollek

Řídicí jednotka disponuje celkem dvanácti vstupy pro připojení signálů standardních kontrollek. Signály se tedy namísto původních žároviček zavedou na tyto vstupy řídicí jednotky přístrojového panelu. Jednotka je připravena na následující signály:

- boční opěrka vysunuta, neutrál zařazen
- potkávací světlomet zapnut, dálkový světlomet zapnut
- levý směrový ukazatel, pravý směrový ukazatel
- nízký tlak motorového oleje, vysoká teplota chladicí kapaliny
- nízká hladina paliva
- 3x vstup pro případné další využití (kontrolka ABS, ECU, TC ...)
- signál ze snímače polohy spojkové páčky, který bude využit pro zlepšení funkce zobrazování zařazeného převodového stupně.

Pro všechny vstupy je realizováno stejné zapojení.

Jako příklad je zvoleno zapojení vstupu snímače polohy boční opěrky, zobrazené na obr. č. 19, vpravo. Celé schéma zapojení je přiloženo v Příloze A. Přivedený signál je nejprve zmenšen děličem R69 a R70 na 1/4,3

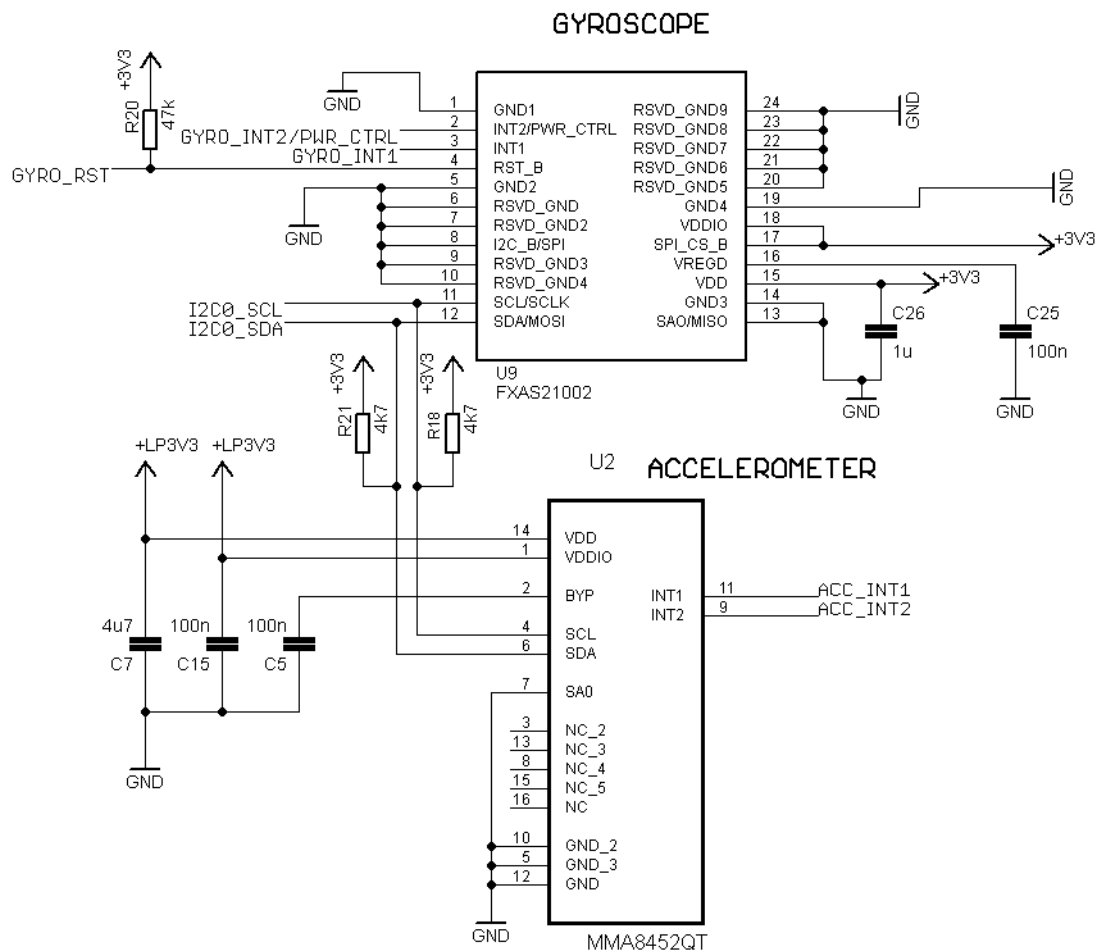


původní hodnoty, tedy na napětí mezi 2,8V ÷ 3,3V. Rezistor R69 rovněž funguje společně s kondenzátorem C23 jako filtrace případného přepětí s časovou konstantou cca 11ms. Vyfiltrovaný signál je využit k sepnutí unipolárního tranzistoru Q17, který připojí vstupní pin mikrokontroléru, jež je spojen se signálem „SIG_SIDE_STAND“, k logické nule. R71 je pullup rezistor. Ten však k chodu není nezbytně nutný, jelikož jej lze nahradit pullup rezistorem, integrovaným v mikrokontroléru.

Maximální vstupní napětí tranzistoru Q17 je 20V [23]. Využitím děliče R69 a R70 je tedy trvalá **napěťová odolnost vstupů**, zvýšena na 86V. V případě krátkých přepětí může být díky časové konstantě tvořené filtrem R69 a C23 i několikanásobně vyšší a závisí na délce přepěťové špičky.

2.1.1.9 Obvod akcelerometru a gyroskopu

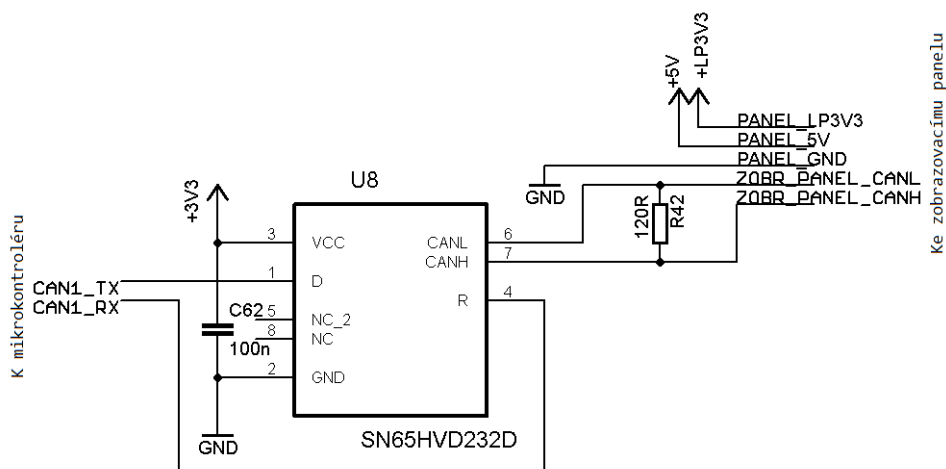
Akcelerometr a gyroskop jsou připojeny ke společné sběrnici I2C. Zapojení je katalogové [16, 24]. Akcelerometr i gyroskop mají vyvedeny signály pro přerušení a lze jimi tedy probudit mikrokontrolér z úsporného režimu. Akcelerometr je, spolu s mikrokontrolérem, napájen z úsporného stabilizátoru (viz strana 9, IC3 na obr. č. 4) trvale, i po vypnutí motocyklu, což jej umožňuje využít pro funkci alarmu. Pro účely této diplomové práce je akcelerometr a gyroskop nevyužit. Implementován je pouze hardware pro budoucí využití.



Obr. č. 20 Schéma zapojení akcelerometru a gyroskopu

2.1.1.10 Obvody budičů sběrnic CAN

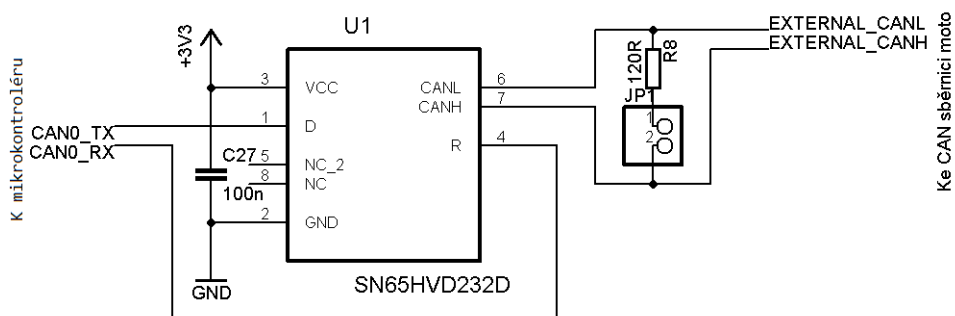
Zapojení na obr. č. 21, slouží k propojení řídicí jednotky se zobrazovacím panelem.



Obr. č. 21 Schéma zapojení linky CAN1

Obvod obsahuje 3,3V budič CAN (U8) [25] s blokovacím kondenzátorem (C62) a 120Ω terminační rezistor linky CAN1 (R42), připojené formou bod-bod, k zobrazovacímu panelu. K zobrazovacímu panelu je rovněž vedeno napájecí napětí +5V. Vyvedeno je také trvalé napětí +3,3V z úsporného stabilizátoru, které však v aktuálním zobrazovacím panelu nebude využito a panel bude při vypnutém zapalování motocyklu, vypnut. Vyvedeno je z důvodu možného budoucího využití s jiným zobrazovacím panelem, kde může být například trvale zobrazován čas.

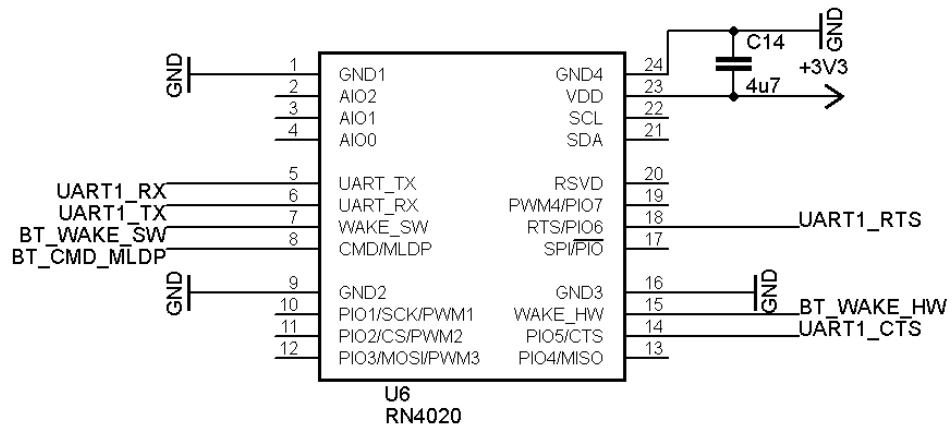
Zapojení na obr. č. 22 naopak slouží k připojení řídicí jednotky ke CAN sběrnici motocyklu, jež je na motocyklech novějších ročníků standardně instalována. Některé údaje, například okamžitou rychlost motocyklu a otáčky motoru, tak bude možné vyčítat přímo ze sběrnice, což usnadní montáž zařízení. U1 je opět 3,3V budič sběrnice [25] a R8 terminační rezistor, který je možno v případě potřeby aktivovat, či deaktivovat pomocí jednoduché propojky na DPS. Toto rozhraní CAN není pro účely diplomové práce implementováno a je určeno pro možné budoucí využití a zvýšení všestrannosti hardware.



Obr. č. 22 Schéma zapojení budiče CAN pro připojení ke sběrnici motocyklu

2.1.1.11 Bluetooth modul

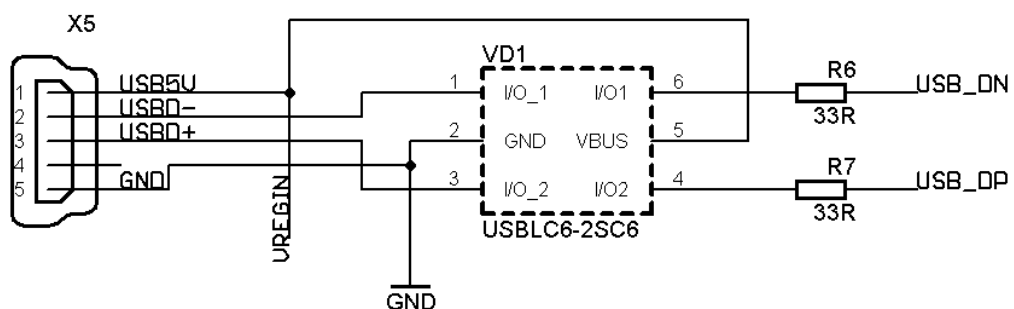
Na plošném spoji řídicí jednotky je připravena pozice pro osazení bluetooth modulu RN4020. Zapojení je katalogové [26]. Využití by mohl najít například při komunikaci se senzory tlaku v pneumatikách. Schéma je zde pouze pro úplnost a pro účely diplomové práce není modul na DPS osazen.



Obr. č. 23 Schéma zapojení modulu Bluetooth

2.1.1.12 USB port řídicí jednotky

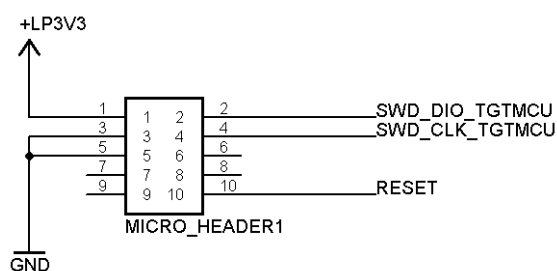
Na plošném spoji ŘJ je umístěn jeden konektor MINI-USB, zvenčí vodotěsné krabičky nepřístupný. Pro účely DP není jeho firmware implementován a v budoucnu bude sloužit pro upgrade firmware řídicí jednotky. Obvod VD1 je specializovaný obvod pro ochranu USB periferie před ESD [27]. Port je připojen k internímu napěťovému regulátoru mikrokontroléru, který z tohoto portu může být napájen.



Obr. č. 24 Schéma zapojení USB portu řídicí jednotky

2.1.1.13 SWD port

Poslední z komunikačních obvodů řídicí jednotky je SWD (single wire debug) port, určený pro instalaci a debugování firmware řídicí jednotky. Zapojení je velmi jednoduché a sestává se pouze z konektoru připojeného přímo k mikrokontroléru a k napájení.



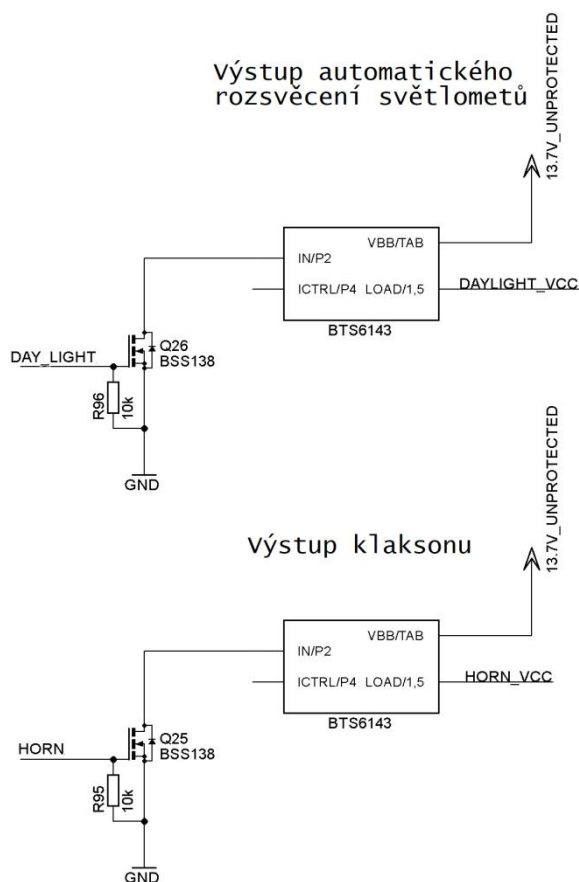
Obr. č. 25 Schéma zapojení SWD konektoru

2.1.1.14 Výstupy klaksonu a automatického ovládání světlometů

Oba výkonové výstupy mají identické zapojení využívající obvod BTS6143 [28]. Jedná se o Highside Power Switch s integrovaným N-Mosfet tranzistorem a nábojovou pumpou pro jeho spínání. Obvod integruje řadu ochran od přetížení přes tepelnou ochranu až po ochranu proti přepětí. Je schopen spínat trvalý proud až 8A a nárazový až 55A, kde zareaguje ochrana proti přetížení. Odpor integrovaného tranzistoru je v sepnutém stavu kolem 10mΩ. Na 12V síti motocyklu lze tedy obvody zatížit jmenovitým výkonem až 96W.

Potkávací světlomety motocyklů většinou využívají 55W halogenovou žárovku vpředu, a u koncového světlometu lze předpokládat odběr do 10W, což odpovídá celkovému proudu cca 5,4A. Tepelná ztráta na integrovaném obvodu BTS6143, tedy vychází na cca 0,3W. Při tepelném odporu max. 55K/W [28], je předpokládané oteplení součástky 16,5°C, což nepředstavuje žádný problém.

Výstup pro klakson ve spodní části obr. č. 27, bude využit pro funkci alarmu. Klakson může díky spínací frekvenci 2Hz se střídou 50%, odebírat proud blízký se 15A, který díky tepelné setrvačnosti integrovaného obvodu odpovídá tepelným ztrátám při trvalém zatížení



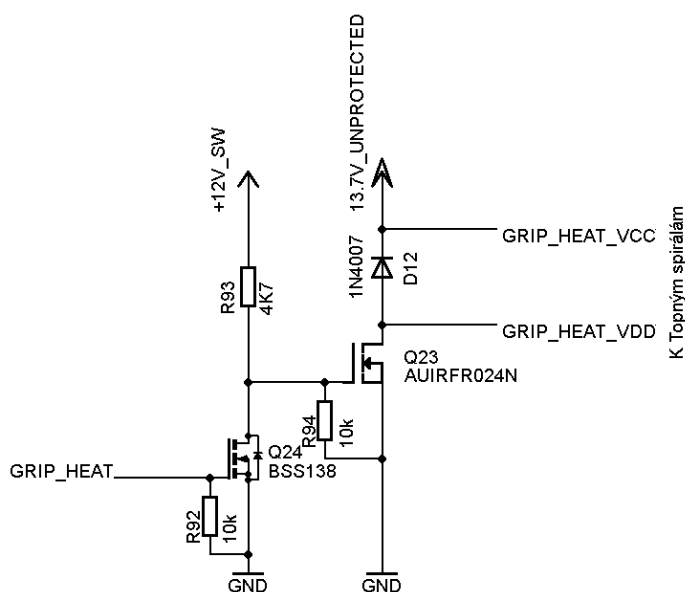
Obr. č. 26 Schéma zapojení výstupů pro automatické svícení a klakson

proudem 8A. Doba sepnutí obvodu je dle výrobce $0,25 \div 0,5\text{ms}$ a obvod tedy nelze zatížit plným dvojnásobkem proudu. Tranzistory Q25 a Q26 slouží k přizemnění ovládacího pinu obvodu a tím jeho aktivaci.

2.1.1.15 Výstup pro vyhřívání rukojetí

Obvod na obr. č. 27, slouží k připojení a ovládání topných spirál umístěných v rukojetích řídicích motocyklu. Rukojetě se prodávají s vlastním obvodem pro ovládání, který je však možno odpojit, a rukojetě připojit přímo k výstupu zde popsaného obvodu. Intenzitu výhřevu je následně možno ovládat pomocí přístrojového panelu, což je vzhledově i uživatelsky komfortnější. Vše pak působí jako ucelený systém, kde není nutné montovat externí ovládací panel pro systém vyhřívání.

Signál GRIP_HEAT je veden přímo z mikrokontroléru v řídicí jednotce a ovládá signálový tranzistor Q24. Jeho účelem je zvýšení ovládacího napětí pro výkonový tranzistor Q23, jenž spíná výkonovou část obvodu. Odpor tranzistoru Q23, v sepnutém stavu, je maximálně $75\text{m}\Omega$ [29], což umožňuje spínat trvalý proud



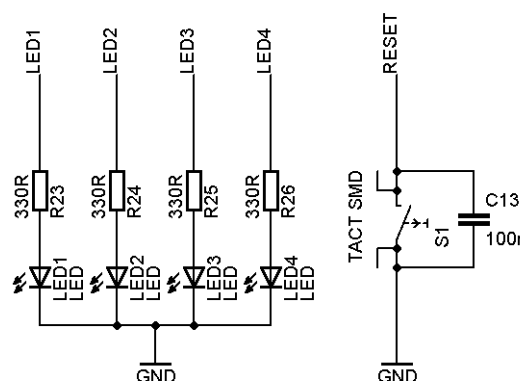
do cca 3,25A při oteplení tranzistoru kolem 40°C . Se snižující se střídou je možno připojit i vyšší zátěž a maximální střední výkon topných spirál je tedy 40W,

Obr. č. 27 Schéma zapojení výstupu pro ovládání vyhřívání rukojetí

což je dostatečné pro komfortní jízdu za chladného počasí. Při potřebě vyššího trvalého proudu je nutné tranzistor Q23 zaměnit za typ s nižším odporem v sepnutém stavu. Výstupní konektory řídicí jednotky jsou dimenzovány na proud až 10A. Dioda D12 slouží jako ochrana proti přepětí při odpínání indukční zátěže, kde při vypnutí tranzistoru Q23 dojde k uzavření proudu indukčnosti právě do této diody.

2.1.1.16 LED kontrolky a reset tlačítko řídicí jednotky

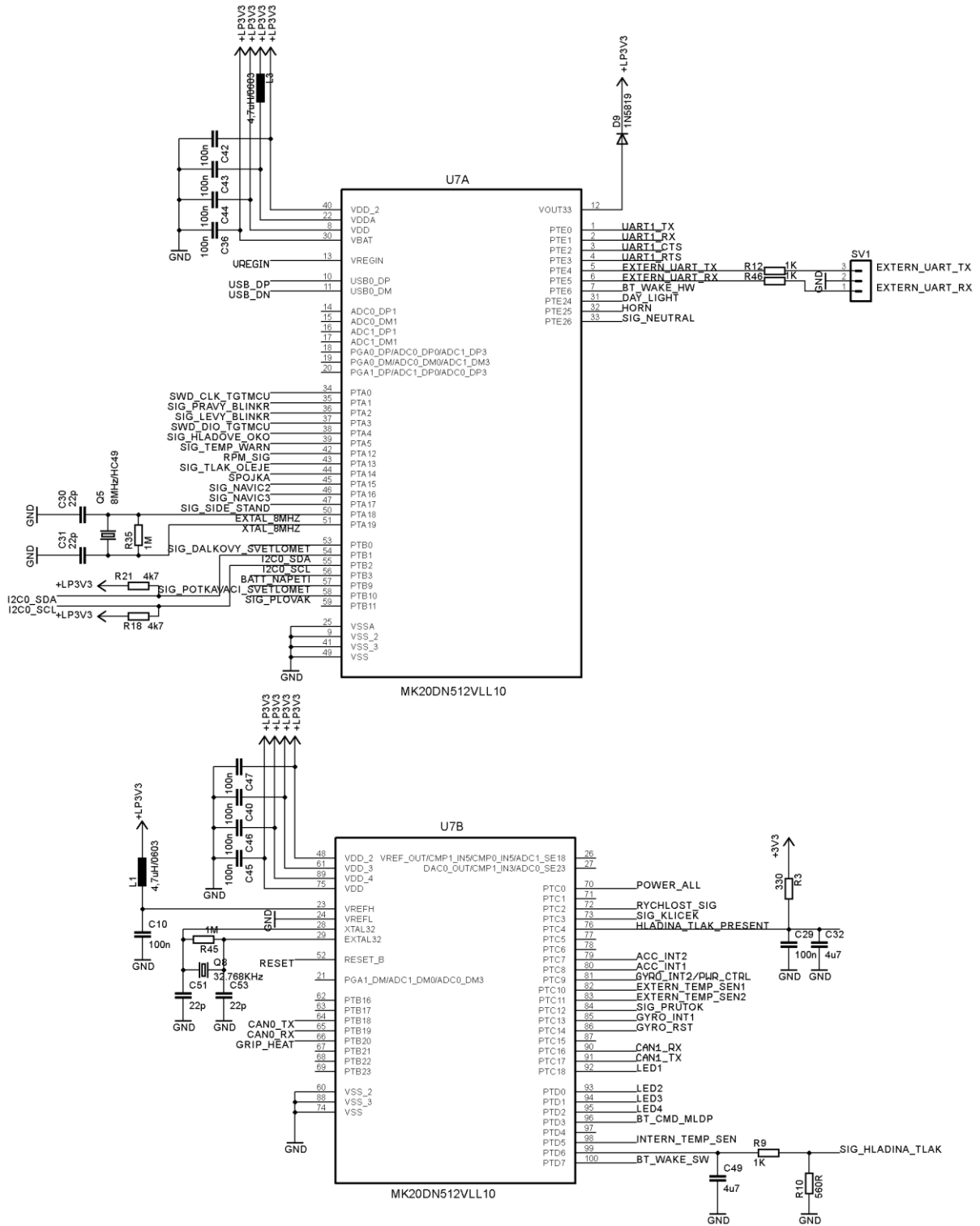
Pro účely debugování je řídicí jednotka vybavena reset tlačítkem, které připojí RESET pin mikrokontroléru k logické nule. Externí pullup rezistor není třeba – lze jej aktivovat v mikrokontroléru. Dále je vybavena čtyřmi signalizačními LED, které najdou uplatnění při debugování a následně mohou být použity i ve výsledné aplikaci, kde s nimi může být například indikováno, v jakém stavu se zařízení právě nachází, což může pomoci při diagnostice případných problémů. LED jsou napájeny přímo z MCU. Předřadné rezistory slouží k omezení proudu LED na jednotky mA, který však závisí na barvě a typu osazených LED čipů.



Obr. č. 28 Schéma zapojení reset tlačítka a indikačních LED

2.1.1.17 Mikrokontrolér

Srdcem celé řídicí jednotky přístrojového panelu je výkonný, 32-bitový mikrokontrolér Kinetis MK20DN512VLL10 od firmy NXP, s jádrem ARM Cortex M4 a maximálním hodinovým kmitočtem 100MHz [19]. Zapojení na obr. č. 29, níže, vyobrazuje mikrokontrolér se všemi přivedenými signály. Rozdělení na 2 části je pouze schématické a reálně se jedná o jednu součástku. Krystal Q5 slouží k odvození základního hodinového taktu mikrokontroléru a krystal Q8 k odvození taktu pro trvale aktivní RTC jednotku, jež bude měřit skutečný čas. Na svorkovnici SV1 je vyvedena sériová linka UART, využitelná při debugování a odladování firmware. Dioda D9 slouží k oddělení výstupu interního napěťového stabilizátoru mikrokontroléru, od nízkopříkonového regulátoru, v případě napájení MCU z USB. Pokud je MCU napájen pouze z USB, napájecí napětí, snížené o úbytek na diodě, přímo napájí mikrokontrolér. Pokud je však připojeno standardní napájení mikrokontroléru, a zároveň připojeno USB, díky úbytku na diodě D9 z interního regulátoru MCU nepoteče proud. Účel R10, R9 a C49 na obr. č. 29, je popsán v kapitole č. 2.3.1.7. Kondenzátory C10, C29, C36, C40, C42, C43, C44, C45, C46, C47 slouží jako blokovací. Indukčnosti L1 a L3 pak jako filtr pro zajištění co nejvyšší stability referenčního napětí analogových periférií mikrokontroléru.

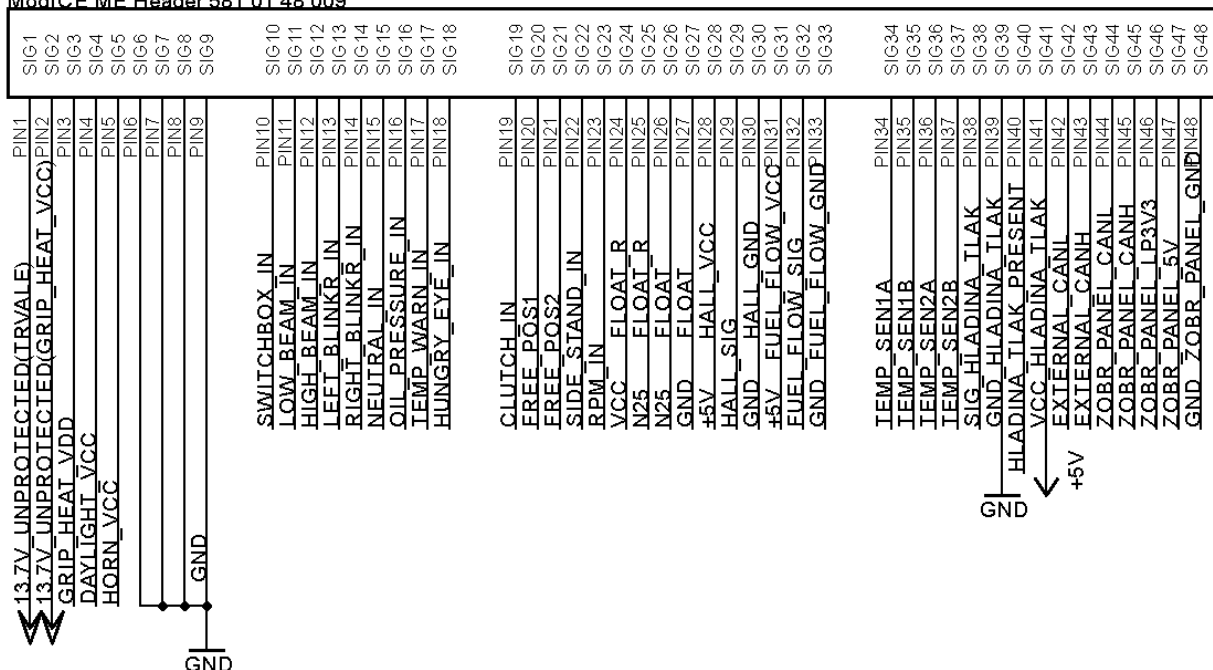


Obr. č. 29 Schéma zapojení mikrokontroléru řídicí jednotky

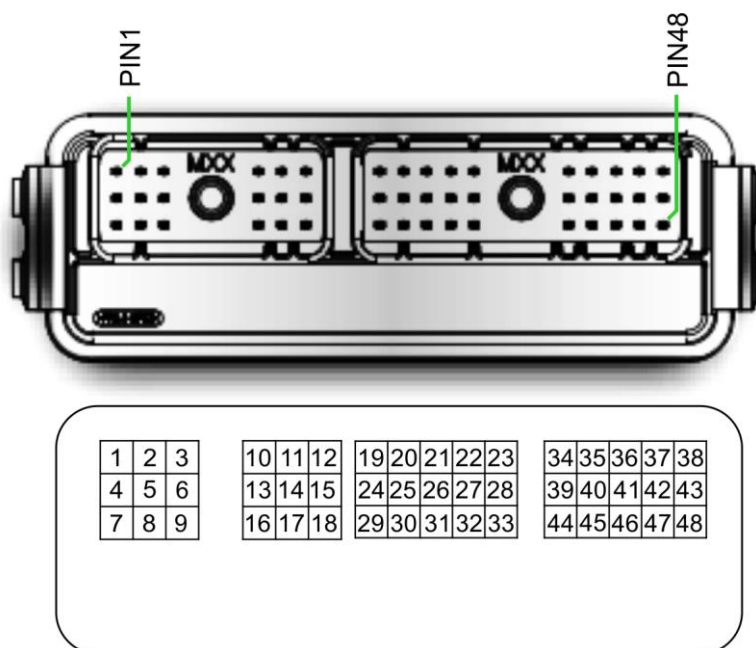
2.1.1.18 Výstupní konektor řídicí jednotky

Veškeré vstupní i výstupní signály řídicí jednotky přístrojového panelu jsou vyvedeny na společný, 48-mi pinový konektor. Zapojení jednotlivých signálů je patrné z *obr. č. 30, níže*. Konektor je určen pro použitou přístrojovou krabičku a sestava je vodotěsná. Více informací o systému krabičky a konektoru je popsáno v *kapitole 3.1.1 Zvolené krabičky a konektoru* je uzpůsoben celý plošný spoj řídicí jednotky přístrojového panelu.

ModICE ME Header 581 01 48 009



Obr. č. 31 Schéma zapojení výstupního konektoru řídicí jednotky



Obr. č. 30 Rozmístění pinů na výstupním konektoru řídicí jednotky přístrojového panelu [3]

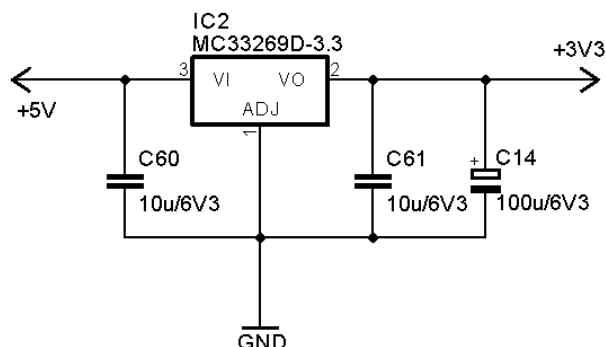
2.1.2 Zobrazovací panel

Kapitola 2.3.2 je věnována popisu jednotlivých bloků elektrického obvodu zobrazovacího panelu, jehož celé schéma obsahuje příloha B.

2.1.2.1 Napájecí obvod zobrazovacího panelu

Zobrazovací panel vyžaduje pro svou funkci dvě úrovně napájecího napětí: 3,3V a 5V. 5V je přivedeno ze spínaného stabilizátoru napětí, umístěného v řídicí jednotce přístrojového panelu, viz kapitola 2.3.1.1. Napětí 3,3V je získáno z napěťového regulátoru MC33269D-3.3

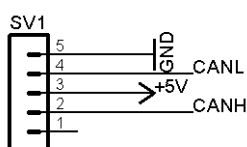
(obvod IC2 na obr. č. 31). Zatížitelnost stabilizátoru je při maximálním oteplení o 40°C, 0,43W [4]. Z obvodu lze tedy trvale odebírat proud až 250mA. Kondenzátory C61 a C14 slouží k zmírnění prudkých změn odebíraného proudu a zajištění stability IC2. C60 pak k zmírnění prudkých změn napětí na vstupu stabilizátoru IC2,



Obr. č. 32 Schéma napájecího regulátoru zobrazovacího panelu

které mohou nastat vlivem rušení na vodičích propojujících řídicí jednotku a zobrazovací panel a tím zlepšení stability IC2. Nezvyklé veliké kapacity, 10uF, jsou zvoleny dle datasheetu výrobce integrovaného obvodu [4].

2.1.2.2 Propojení s řídicí jednotkou

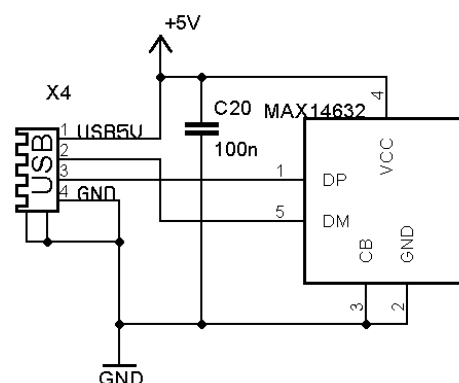


Obr. č. 33 Konektor pro propojení s řídicí jednotkou panelu

Pro propojení je připraven pětipinový konektor (SV1 na obr. č. 33, vlevo), na nějž je přivedeno 5V napájecí napětí z řídicí jednotky přístrojového panelu a CAN sběrnice, pomocí které komunikuje zobrazovací panel s řídicí jednotkou.

2.1.2.3 USB konektor pro nabíjení mobilních zařízení

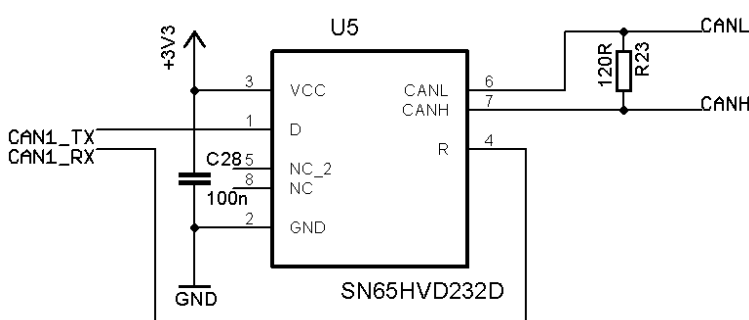
Na zobrazovacím panelu je umístěn konektor USB, typ A, pro nabíjení mobilních zařízení. Obvod MAX14632 [5], určený do nabíjecích adaptérů mobilních telefonů, umožní zařízením identifikovat USB port jako nabíjecí, s možností proudového odběru až 2A, na který je rovněž dimenzovaný 5V stabilizátor uvnitř řídicí jednotky přístrojového panelu. Obvod je dle výrobce [5] kompatibilní i se zařízeními Apple a Samsung Galaxy. X4 na obr. č. 34, je USB konektor. C20 je blokovací kondenzátor pro napájení obvodu MAX14632.



Obr. č. 34 Obvod nabíjecího portu USB

2.1.2.4 Obvod budiče sběrnice CAN

Zobrazovací panel disponuje totožným budičem CAN sběrnice, jako v řídicí jednotce

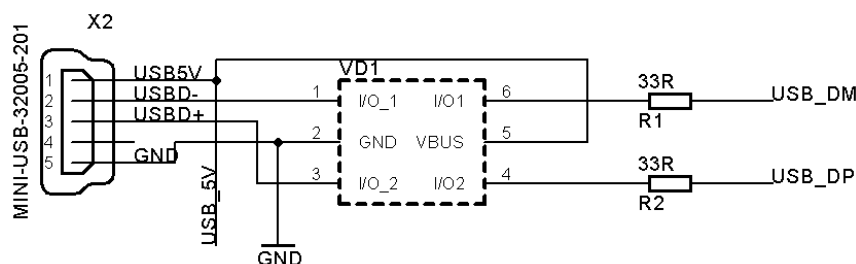


Obr. č. 35 Schéma zapojení budiče CAN pro komunikaci s ŘJ přístrojového panelu

přístrojového panelu - viz kapitola 2.3.1.10. Zapojení je rovněž totožné. R23 na obr. č. 35, vlevo, je terminační rezistor s odporem 120 Ω pro impedanční zakončení sběrnice, jež pracuje v režimu bod-bod.

2.1.2.5 USB port zobrazovacího panelu

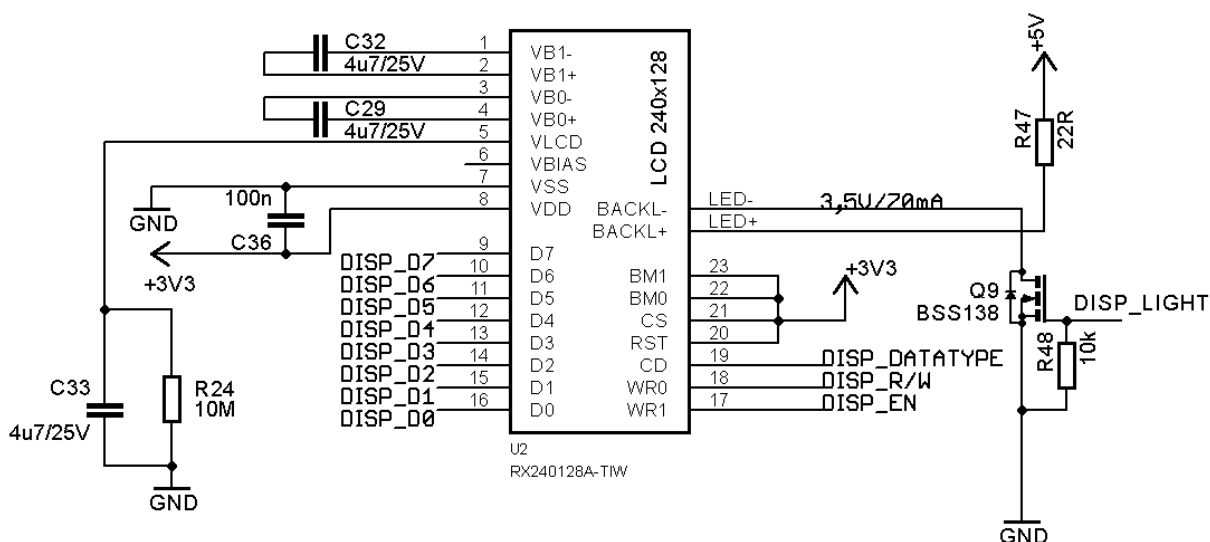
Na plošném spoji zobrazovacího panelu je umístěn jeden konektor MINI-USB. Pro účely DP není jeho firmware implementován a v budoucnu bude sloužit pro upgrade firmware zobrazovacího panelu. Obvod VD1 je specializovaný obvod pro ochranu USB periferie před ESD [27]. Port je připojen k internímu napěťovému regulátoru MCU, který může být z tohoto portu napájen. Zapojení je totožné se zapojením USB konektoru v řídicí jednotce přístrojového panelu – viz kapitola 2.3.1.12.



Obr. č. 36 Schéma zapojení USB portu zobrazovacího panelu

2.1.2.6 LCD displej

Pro zobrazovací panel byl zvolen černobílý, grafický LCD displej RX240128A-TIW [6], s technologií FSTN. Ta byla zvolena z důvodu nižší ceny, než OLED, a o něco lepšího kontrastu, než podobné panely s TN technologií. Rozlišení panelu je 240 x 128 bodů na ploše 84 x 45mm. Barva displeje je tmavě modrá, negativní. Tzn., že jsou zobrazovány světlé texty na tmavém pozadí. Barva displeje byla původně zamýšlena bílá, nicméně kvůli její momentální nedostupnosti byla zvolena právě modrá alternativa.

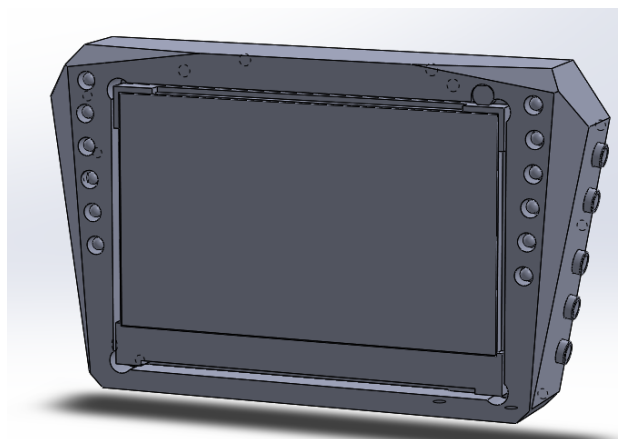


Obr. č. 37 Schéma zapojení LCD panelu

Zapojení LCD panelu je katalogové [6]. V panelu je integrován řadič UC1608. Displej pracuje v osmibitovém, paralelním režimu a pro komunikaci bude využit protokol 6800. Mezi výstupem VBIAS a GND je výrobcem řadiče doporučován kondenzátor s kapacitou 10 – 100nF [6], který byl v zapojení opomenut a na DPS bude doplněn. Kondenzátory C29, C32 a C33 využívá nábojová pumpa, integrovaná v řadiči UC1608, pro zvýšení napětí, ovládajícího segmenty LCD panelu. Regulace jasu podsvícení displeje je realizována PWM výstupem z mikrokontroléru, rovněž řídicího celou funkci zobrazovacího panelu. PWM signál je využit ke spínání tranzistoru Q9, jež ovládá střední hodnotu proudu LED čipů, podsvěčujících celý LCD displej. R47 pak určuje maximální proud podsvícení LCD, na cca 70mA. C36 je standardní blokovací kondenzátor.

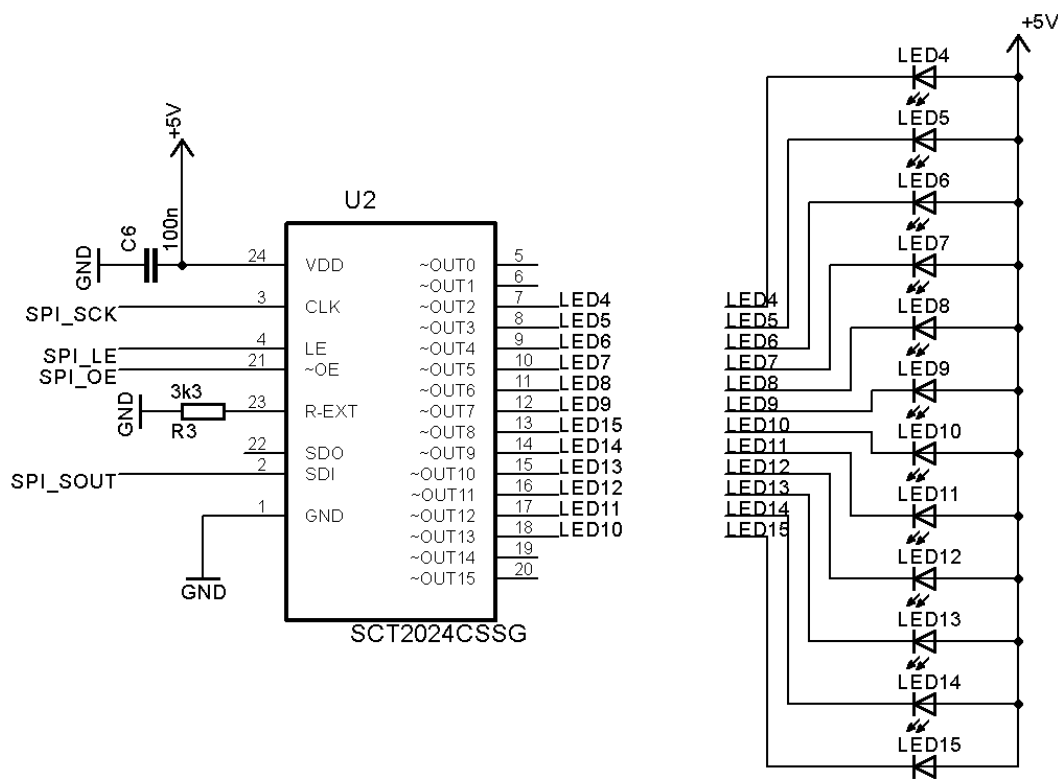
2.1.2.7 Obvod programovatelných sloupců LED

Zobrazovací panel disponuje dvěma programovatelnými sloupci LED, které mohou být využity v závislosti na požadavcích zákazníka například jako detekce vysokých otáček motoru, stavu paliva, zapnutých směrových ukazatelů atd. Sloupce jsou vidět na modelu zobrazovacího panelu (obr. č. 38, vpravo).



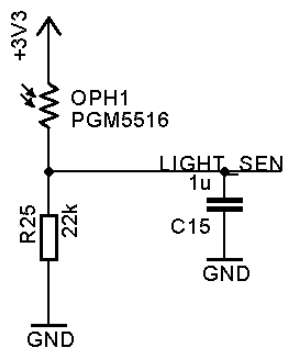
Obr. č. 38 Počítačový model zobrazovacího panelu

Pro jejich ovládání je využit obvod SCT2024 [30], fungující jako budič v režimu konstantního proudu, nastaveného rezistorem R3 na cca 7mA na každou LED. Proud je určený dle tabulky poskytované výrobcem [30]. Maximální oteplení U2, v případě, že budou všechny LED trvale zapnuty, pak bude cca 12°C při použití bílých LED s úbytkem napětí kolem 3V. Budič LED se ovládá pomocí 16-bit. SPI, vyvedeného z mikrokontroléru. Vstup „~OE“ slouží k odpojení, nebo připojení všech LED k výstupu. Na vstup je přiveden PWM signál z mikrokontroléru, čímž bude, v závislosti na okolním osvětlení, regulován jas LED tak, aby při noční jízdě řidiče neoslňovaly. Kondenzátor C6 na obr. č. 39, je opět standardní blokovací kondenzátor.



Obr. č. 39 Schéma zapojení programovatelných sloupců LED

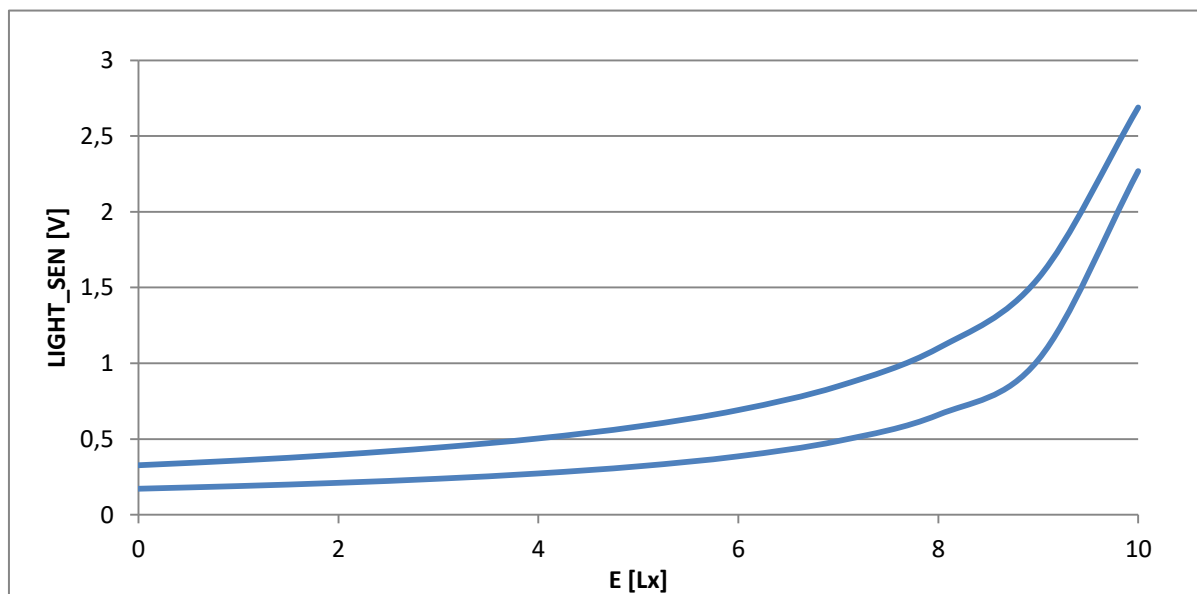
2.1.2.8 Obvod pro měření intenzity okolního osvětlení



Obr. č. 40 Schéma zapojení obvodu pro měření intenzity okolního osvětlení

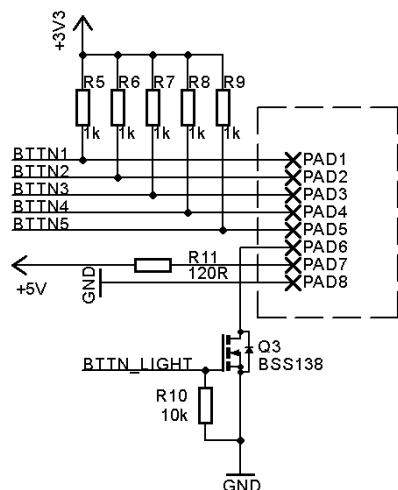
Všechny světelné prvky zobrazovacího panelu jsou vybaveny regulací jasu. Ta je prováděna na základě údaje o intenzitě okolního osvětlení. Pro měření intenzity osvětlení je implementován jednoduchý obvod s fotorezistorem PGM5516 [7] zapojeným v děliči napětí. Viz obr. č. 40. Velká přesnost měření není nutná a s použitím fotorezistoru jí ani není možné dosáhnout. Dostačující však je, aby bylo zařízení schopno rozeznat slunečný den, zamračenou oblohu a tmu. Výstup z celého obvodu je přiveden na vstup AD převodníku mikrokontroléru.

Výrobce senzoru deklaruje pouze dvě hodnoty odporu. $200 \div 400\text{k}\Omega$ ro intenzitu osvětlení 0lx a $5 \div 10\text{k}\Omega$ pro intenzitu osvětlení 10lx [7]. Pro účely sestavení grafu závislosti výstupního napětí na osvětlenosti senzoru, byl odpor senzoru uvažován jako lineární. Graf závislosti výstupního napětí děliče na osvětlenosti senzoru je přiložen na obr. č. 41.



Obr. č. 41 Graf závislosti výstupního napětí děliče na osvětlenosti fotoodporu

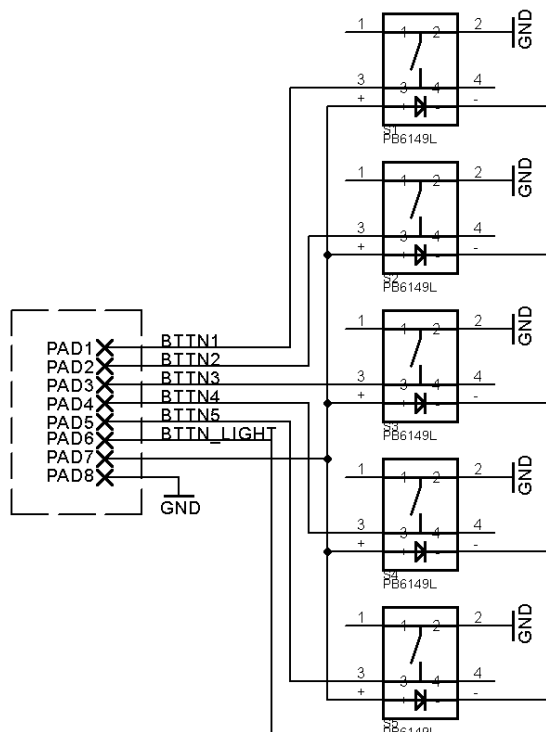
2.1.2.9 Obvod ovládacích tlačítek zobrazovacího panelu



Obr. č. 42 Schéma zapojení tlačítek na zobrazovacím panelu

Pro ovládání panelu je připraveno pět ovládacích tlačítek. Ta jsou z konstrukčních důvodů umístěna na samostatném plošném spoji (obr. č. 43, níže) a propojena s plošným spojem zobrazovacího panelu (obr. č. 42, vlevo) přes pájecí plošky „PAD1 ÷ PAD8“. Signály tlačítek jsou drženy pullup rezistory na log. „1“ a při stisku dojde ke stažení signálu na úroveň log. „0“. Tlačítka jsou podsvícená s regulovatelným jasnem pomocí PWM skrze tranzistor Q3. Maximální proud pro podsvícení tlačítek je omezen rezistorem R11 na cca 15mA v případě použití bíle podsvícených tlačítek.

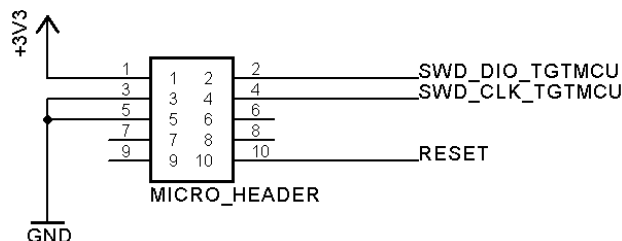
Plošný spoj s tlačítky, jehož schéma je na obr. č. 43, níže, obsahuje pouze tlačítka a pájecí plošky pro propojení s DPS zobrazovacího panelu. Filtrace zářivostí vznikajících při stisku tlačítek je řešena na desce přístrojového panelu, viz kondenzátory C10 ÷ C13 na obr. č. 49 na straně 39.



Obr. č. 43 Schéma zapojení plošného spoje s tlačítky

2.1.2.10 SWD port

Stejně jako řídicí jednotka, i zobrazovací panel je osazen konektorem, určeným pro debugování a instalaci firmware. Zapojení konektoru pro rozhraní SWD (single wire debug) je velmi jednoduché a sestává se pouze s konektoru připojeného přímo k pinům mikrokontroléru. Viz obr. č. 44, vpravo.



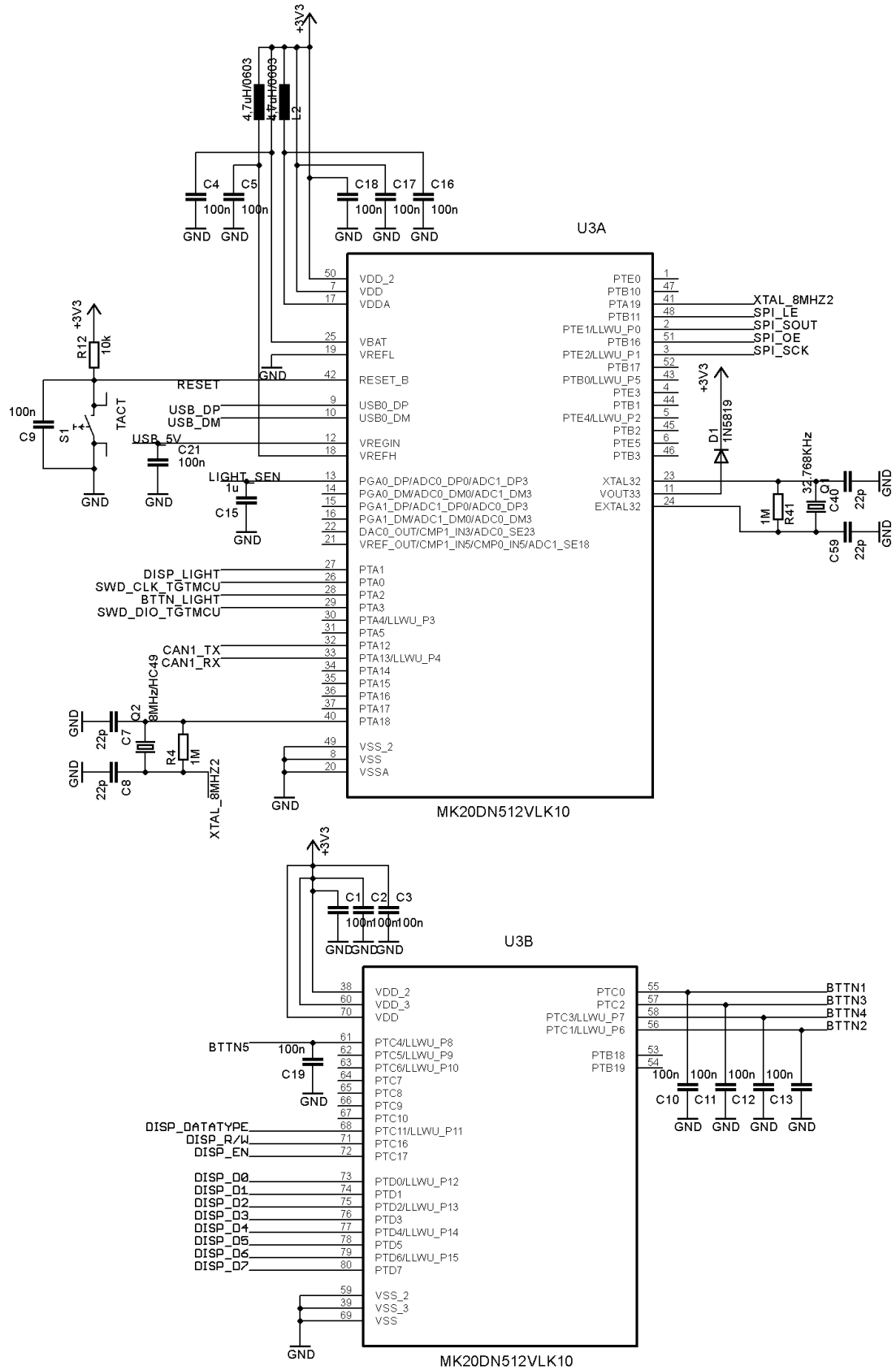
Obr. č. 44 Schéma zapojení konektoru SWD rozhraní

2.1.2.11 Mikrokontrolér

Stejně tak, jako řídicí jednotka, i zobrazovací panel je řízen výkonným 32-bitovým mikrokontrolérem Kinetis od firmy NXP. Zde je použit stejný model, avšak namísto 100-vývodového pouzdra bylo zvoleno pouzdro s 80-ti vývody. Označení MCU je MK20DN512VLK10 [31]. Výrobcem je firma NXP. Jádro mikrokontroléru je opět ARM Cortex M4 a maximálním hodinový kmitočet 100MHz. Kapacita FLASH paměti činí 512kB. Přímou na čipu je také datová paměť RAM o kapacitě 125kB. Tato konfigurace je dostačující pro uložení základní sady písma a jednoduchých piktogramů pro zobrazení na použitém LCD displeji. Zapojení na obr. č. 45, níže, pak vyobrazuje mikrokontrolér se všemi přivedenými signály. Rozdělení na 2 části je pouze schématické. Reálně se jedná o jednu součástku.

Krystal Q2 slouží k odvození základního hodinového taktu mikrokontroléru a krystal Q1 k odvození taktu pro RTC jednotku. Q1 však není využit, jelikož hodiny jsou řešeny v řídicí jednotce a údaj o aktuálním čase zasílán zobrazovacímu panelu pomocí CAN sběrnice. Dioda 1N5819 (D1 na obr. č. 45) slouží stejně tak, jako v řídicí jednotce, k oddělení výstupu interního napěťového stabilizátoru mikrokontroléru od hlavního regulátoru napětí, pro případ napájení MCU z USB. Pokud je MCU napájen pouze z USB, napájecí napětí, snižené o úbytek na diodě D1, přímo napájí mikrokontrolér. Pokud je však připojeno standardní napájení mikrokontroléru a zároveň připojeno USB, díky úbytku na diodě D9, z interního regulátoru MCU, nepoteče proud. Kondenzátory C1, C2, C3, C4, C5, C16, C17, C18 a C21 slouží jako blokovací. Indukčnosti L1 a L2 jako filtr pro zajištění co nejvyšší stability referenčního napětí analogových periférií mikrokontroléru. C10, C11, C12, C13 a C19, slouží pro vyhlazení zákmitů při stisku tlačítek a zabraňují tak vícenásobným reakcím během jednoho stisku tlačítka. Tlačítko S1 spolu s pullup rezistorem R12 slouží jako reset mikrokontroléru, využitelný pro účely odladění firmware. Kondenzátor C15 je zmíněn

v kapitole 2.3.2.8. a slouží pro zajištění plynulejších změn při měření intenzity okolního osvětlení.



Obr. č. 45 Schéma zapojení mrokontroléru zobrazovacího panelu

3 Realizace přístrojového panelu

3.1 Řídicí jednotka

3.1.1 Přístrojová krabička pro řídicí jednotku

Vzhledem k umístění řídicí jednotky přístrojového panelu v motorovém prostoru motocyklu, byl kladen důraz na kvalitní mechanické provedení krytu. Zvolen byl tedy systém krabičky a konektoru ModICE® ME od firmy Cinch Connectivity Solutions [8], kterému je přizpůsoben celý plošný spoj řídicí jednotky přístrojového panelu. Trvalá proudová zatížitelnost jednotlivých pinů je 10A při teplotě okolí 85°C [8] a není tedy nutné piny pro výkonové obvody zdvojit. Systém je ve zvoleném provedení vodotěsný a výrobce uvádí stupeň krytí IP67. Krabička je pro podobné využití přímo určena, a tak nechybí ani úchyty pro přišroubování. Po designové stránce působí velmi robustně a kvalitně, což by v případných zákaznících mělo vzbuzovat dostatečnou důvěru. Krabička nebyla z důvodu vysoké ceny pro účely DP fakticky zakoupena.



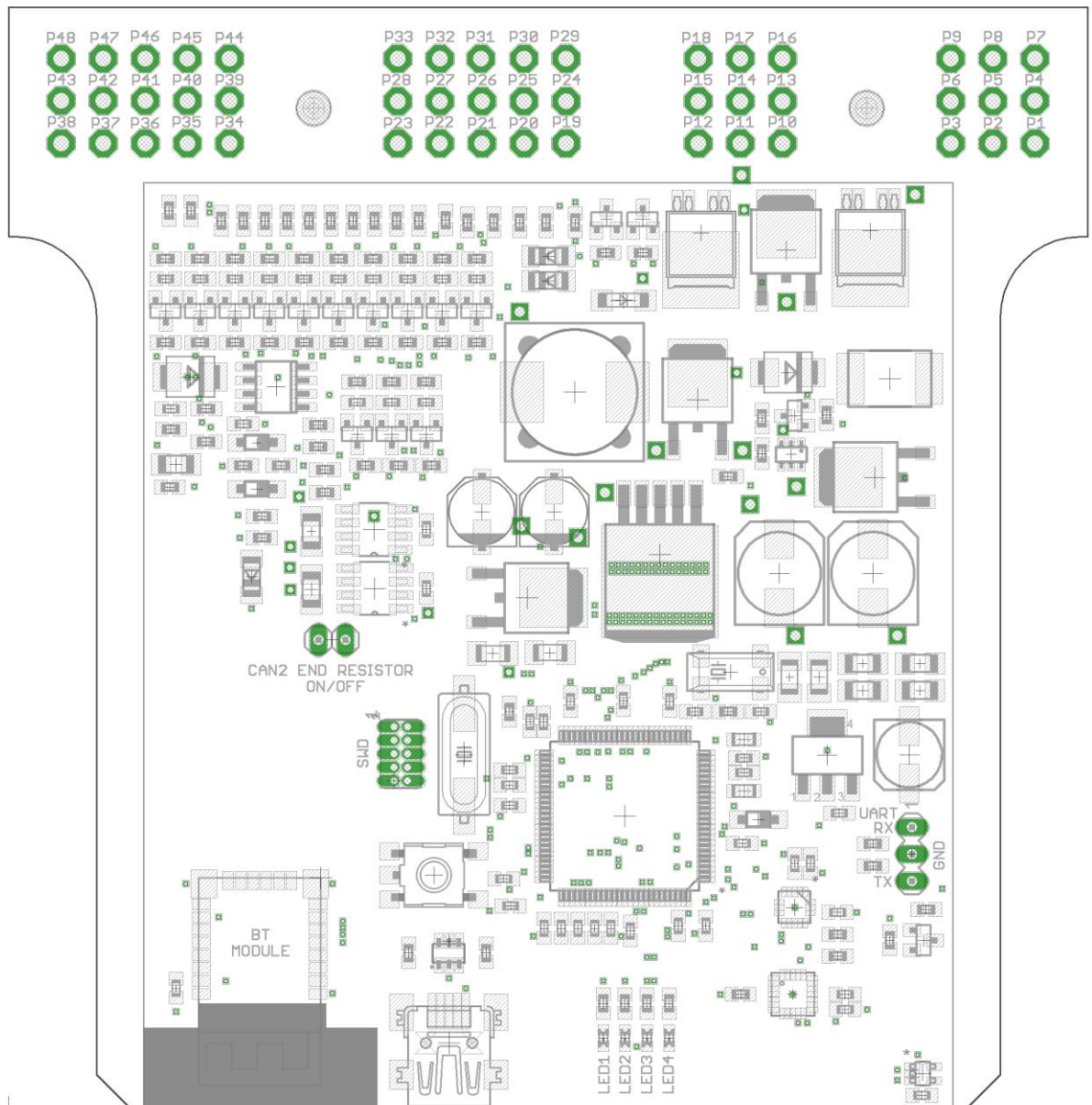
Obr. č. 46 Přístrojová krabička Cinch Connectivity Solutions ModICE ME [8]

3.1.2 DPS řídicí jednotky

Plošný spoj byl kvůli velkému množství součástek, vysoké proudové zatížitelnosti a také možnosti vyvedení velkého množství signálů na konektor, navržen jako čtyřvrstvý. Tvar DPS je přizpůsoben přístrojové krabičce, popsané v kapitole 3.1.1. Minimální izolační mezery DPS jsou 0,1 mm a šířky cest minimálně 0,254 mm. Základní údaje o DPS jsou popsány níže.

- d) konstrukční třída: VIII
- e) tloušťka laminátu: 1,5 mm
- f) průměry prokovených otvorů: 0,3 mm; 0,6 mm; 1 mm
- g) rozložení vrstev je následující:
 - vrstva TOP: signálové cesty
 - vrstva IN2: +3V3, +5V, některé signálové cesty
 - vrstva IN3: signálové cesty, GND
 - vrstva BOT: GND

Ilustrativní náhled rozmístění součástek je vidět na obr. č. 47, na další straně. Celá výrobní data i projekt s konkrétním rozmístěním součástek, vytvořený v návrhovém systému Eagle, je přiložen v elektronické podobě na CD [33, 34, 35]

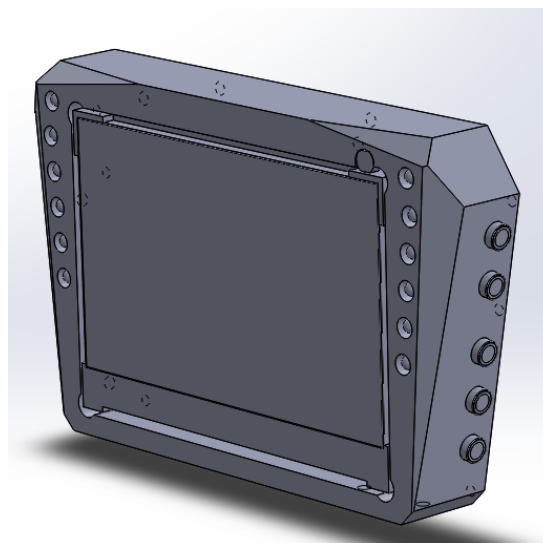


Obr. č. 47 DPS řídicí jednotky

3.2 Zobrazovací panel

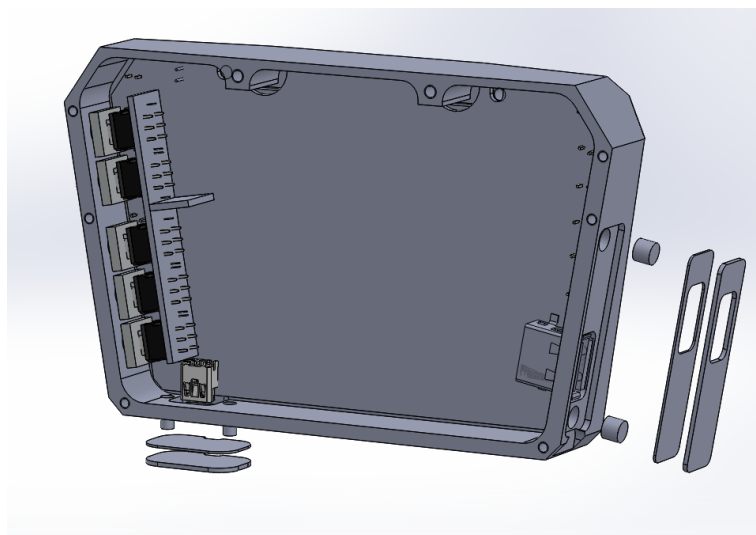
3.2.1 Mechanické provedení přístrojového panelu

Pro přístrojový panel byl v návrhovém systému Solidworks vytvořen 3D model krabičky [39], vhodné pro vyfrézování z hliníku. Jelikož půjde jen o kusovou výrobu, je toto řešení nejsnadněji dostupnou variantou. Frézované hliníkové díly navíc vypadají precizně a z toho důvodu se pro motocyklové doplňky velmi často používají. Přední plocha krabičky bude překryta voděodolným přístrojovým štítkem, který zajistí ochranu proti vodě, zakryje mezery okolo displeje a sloupců LED a nakonec doplní požadovaný design



Obr. č. 48 Model zobrazovacího panelu - pohled zepředu

panelu. Plošný spoj je mechanicky uzpůsoben pro navržený zobrazovací panel. Z levé strany panelu je vyveden USB konektor pro napájení další elektroniky. Konektor je zakryt krytkou z ocelového plechu, připevněnou pomocí dvojice magnetů. Jejím otáčením lze port zpřístupnit, nebo zakrýt. Stejným způsobem je řešena i krytka programovacího USB konektoru ve spodní části panelu, kterou již však nelze nechat nasazenou s připojeným

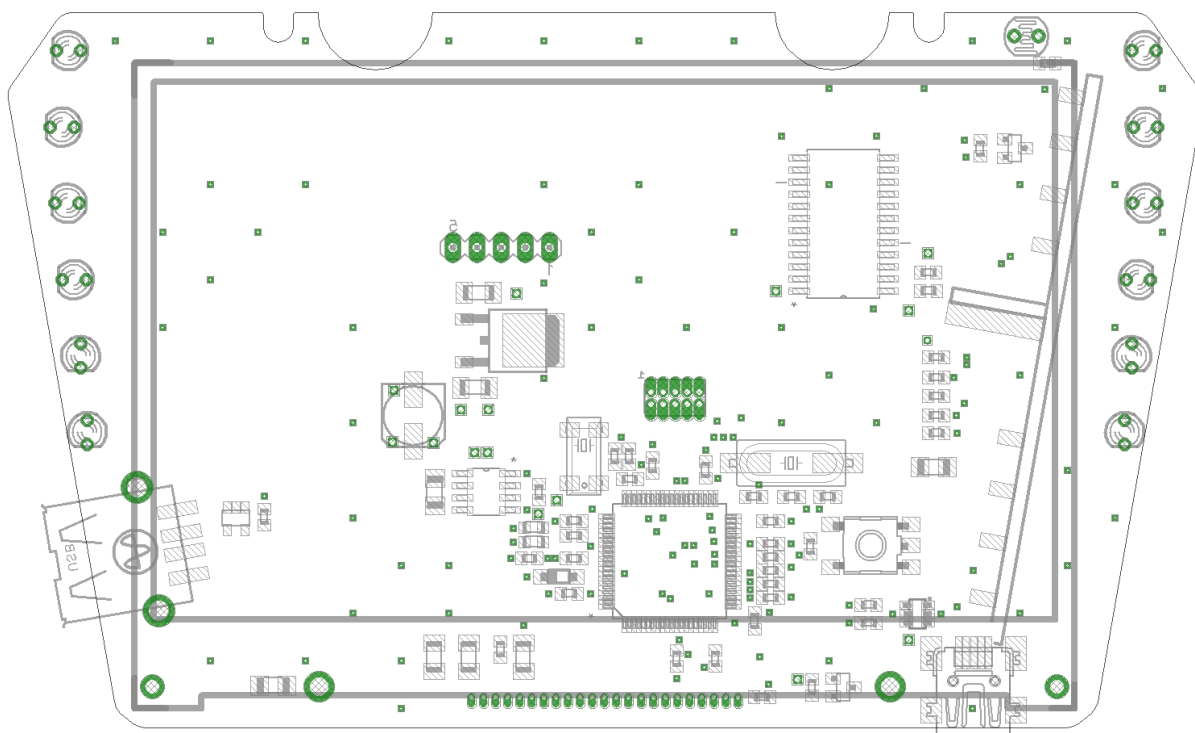


Obr. č. 49 Model zobrazovacího panelu - pohled zezadu

miniUSB vodičem. Není to zde třeba, jelikož port bude využit jen velmi zřídka a jen při případném přeprogramování firmware panelu, bude-li tato možnost implementována. Krytky jsou navíc podloženy těsněním z měkké pryže, chránícím otvory před vniknutím vody a nečistot.

3.2.2 DPS přístrojového panelu

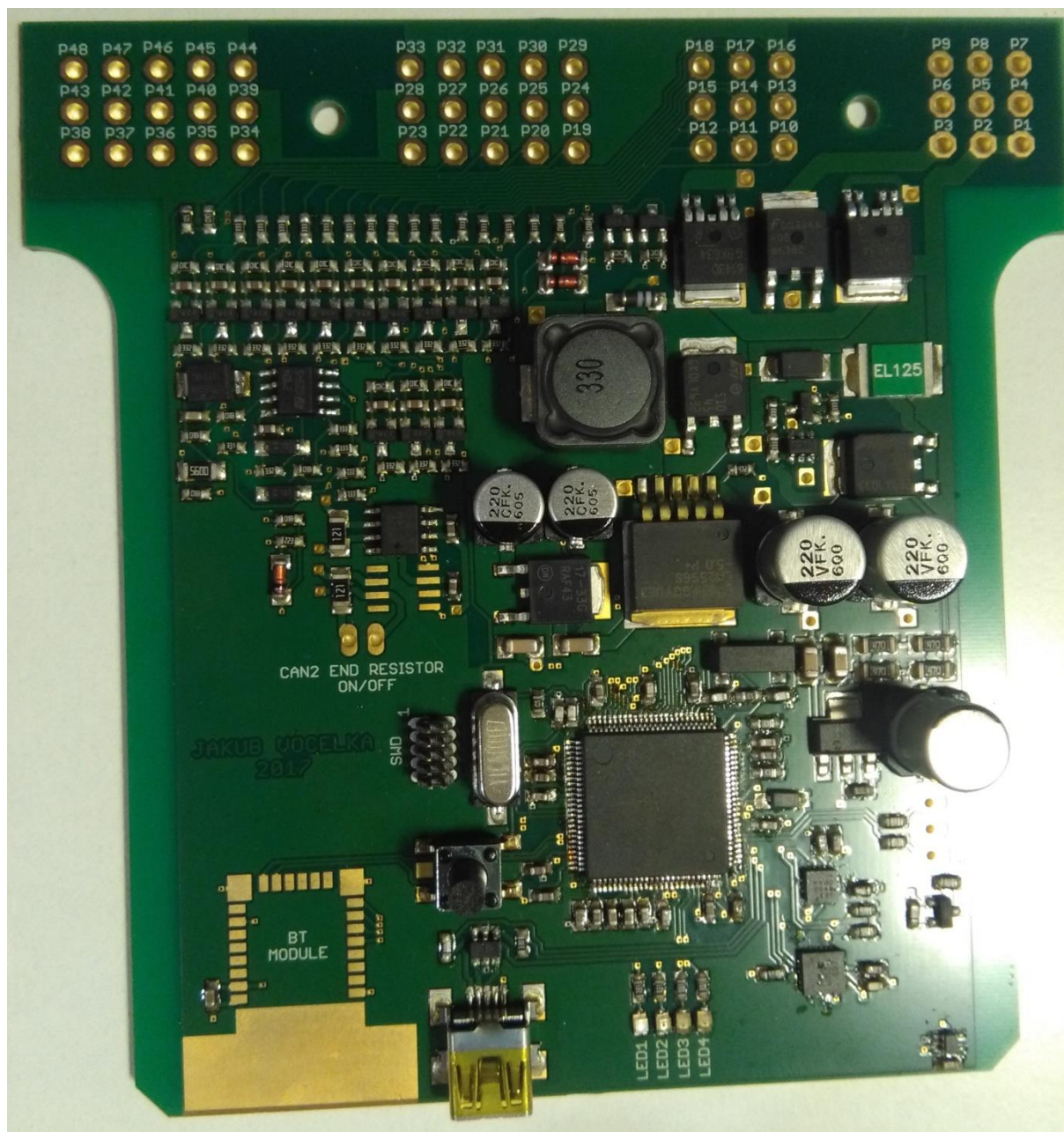
Plošný spoj zobrazovacího panelu je vyroben ve stejné konstrukční třídě se stejnými parametry, jako plošný spoj řídicí jednotky přístrojového panelu (viz kapitola 3.1.2). Čtyřvrstvá konstrukce nebyla zvolena z důvodu příliš vysoké koncentrace součástek, nýbrž kvůli vyrobiteľnosti obou spojů společným výrobním procesem zároveň. Je tedy možné na jednom přířezu vyrobit DPS pro řídicí jednotku i zobrazovací panel zároveň, což vede na drobné snížení ceny DPS v kusovém množství. Spoj je jednostranně osazen součástkami a z druhé strany je připevněn LCD displej pomocí lepicí pásky 3M VHB4912 o tloušťce 2 mm. Dodržení tloušťky pásky je kritické, aby displej svou výškou přesně licoval s čelní plochou krabičky. Ilustrativní náhled rozmístění součástek je vidět na obr. č. 50, níže. Celá výrobní data i projekt s konkrétním rozmístěním součástek, vytvořený v návrhovém systému Eagle, je přiložen v elektronické podobě na CD [36, 37, 38]:



Obr. č. 50 DPS zobrazovacího panelu

3.3 Oživení obvodů

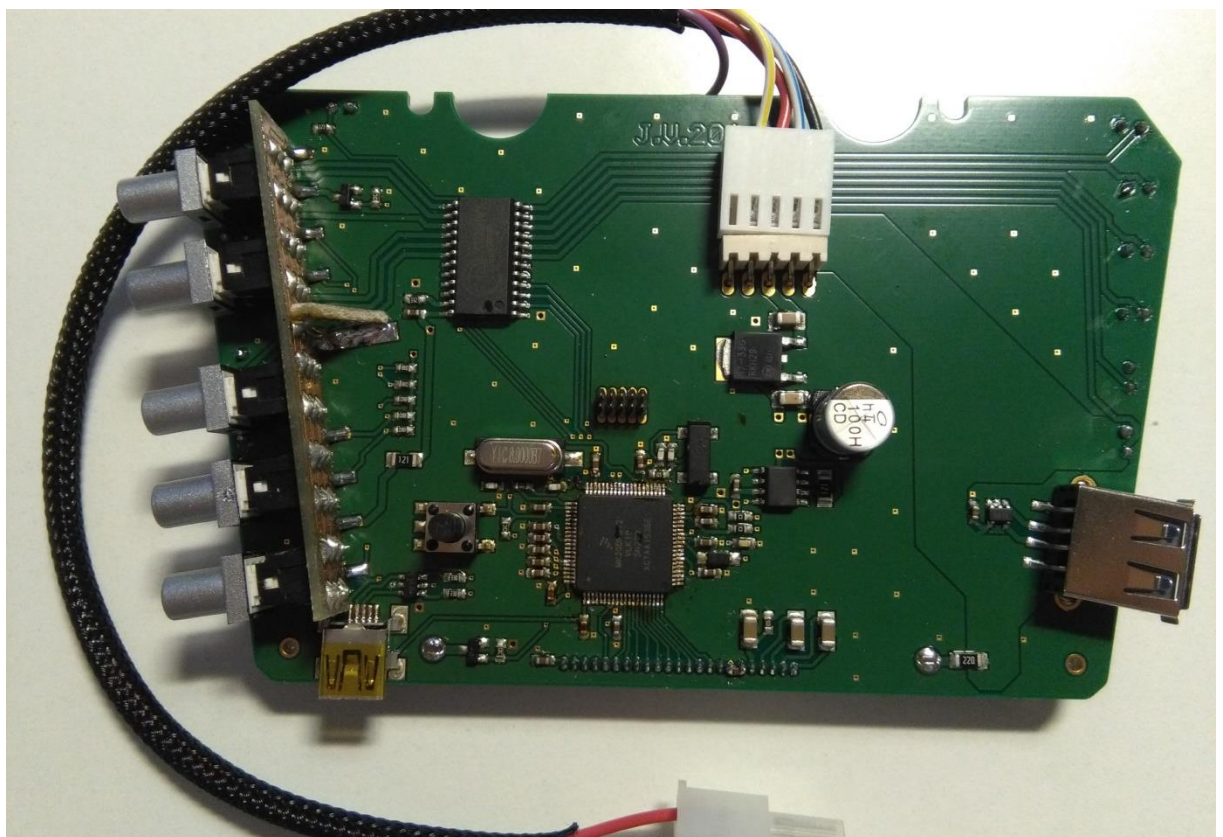
Obvody byly sestaveny a zkontrolovány pro případné chyby v pájení. Fotografie osazených DPS, jsou na *obr. č. 51*, *obr. č. 52* a *obr. č. 53*, níže.



Obr. č. 51 Osazený plošný spoj řídicí jednotky přístrojového panelu

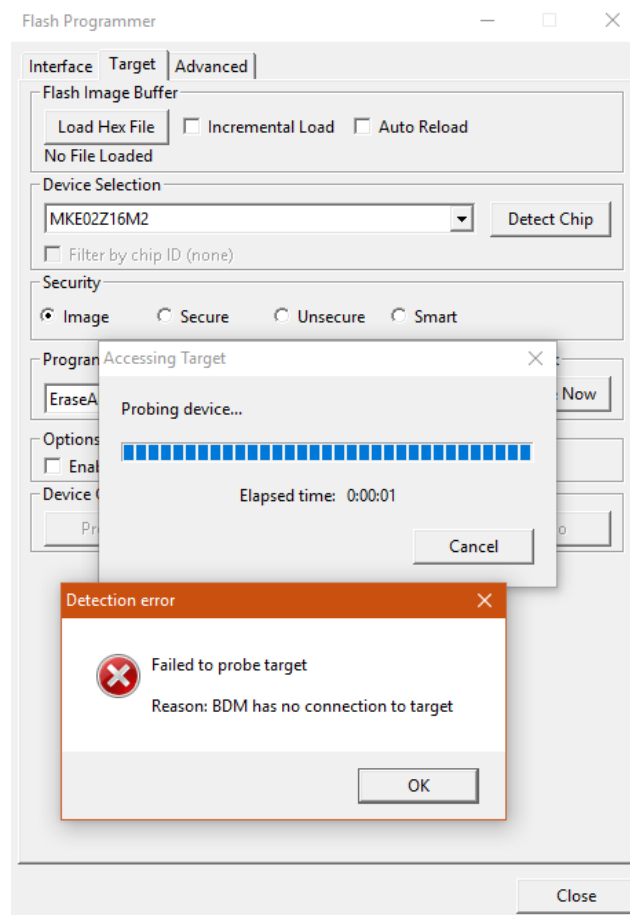


Obr. č. 52 Plošný spoj zobrazovacího panelu – pohled na přední stranu



Obr. č. 53 Plošný spoj zobrazovacího panelu - pohled na zadní stranu

Při pokusu o propojení mikrokontrolérů s programátorem USBDM, byla hlášena chyba, jež je vidět na obr. č. 54, vpravo. Následně proběhla důkladná kontrola zapájení, možných zkratů i chyb v návrhu. Zakoupeny byly nové mikrokontroléry, které však vykazovaly stejný problém. Programátor, zapůjčený od katedry aplikované elektroniky ZČU, jež obsahoval firmware verze 4.10.6, nebylo možno upgradovat na novější, a tak byl sestaven nový programátor USBDM s nejnovější dostupnou verzí firmware (4.12.130). Ani toto však problém nevyřešilo. Následovalo sestavení nových DPS a z důvodu vyloučení jakékoli závady byly desky osazeny novými součástkami. Problém se však odstranit nepodařilo. Oživení obvodu tak bylo přes veškeré snahy neúspěšné. Problém je dále popsán v kapitole č. 5, věnující-se dosaženým výsledkům. Za původem chyby stojí, dle mého názoru a zkušeností, nekompatibilita použitého USBDM programátoru s mikrokontroléry řady MK20D.

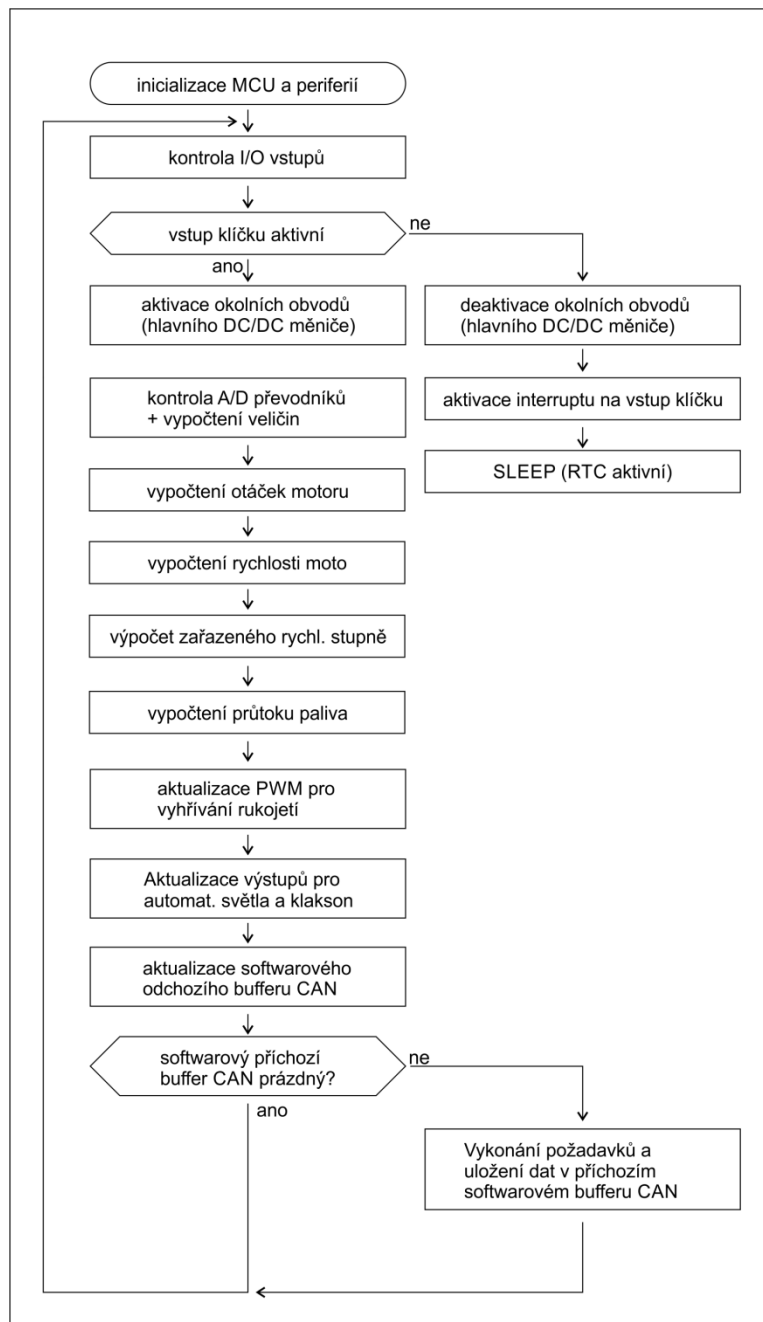


Obr. č. 54 Výpis chyby při pokusu o komunikaci s PC

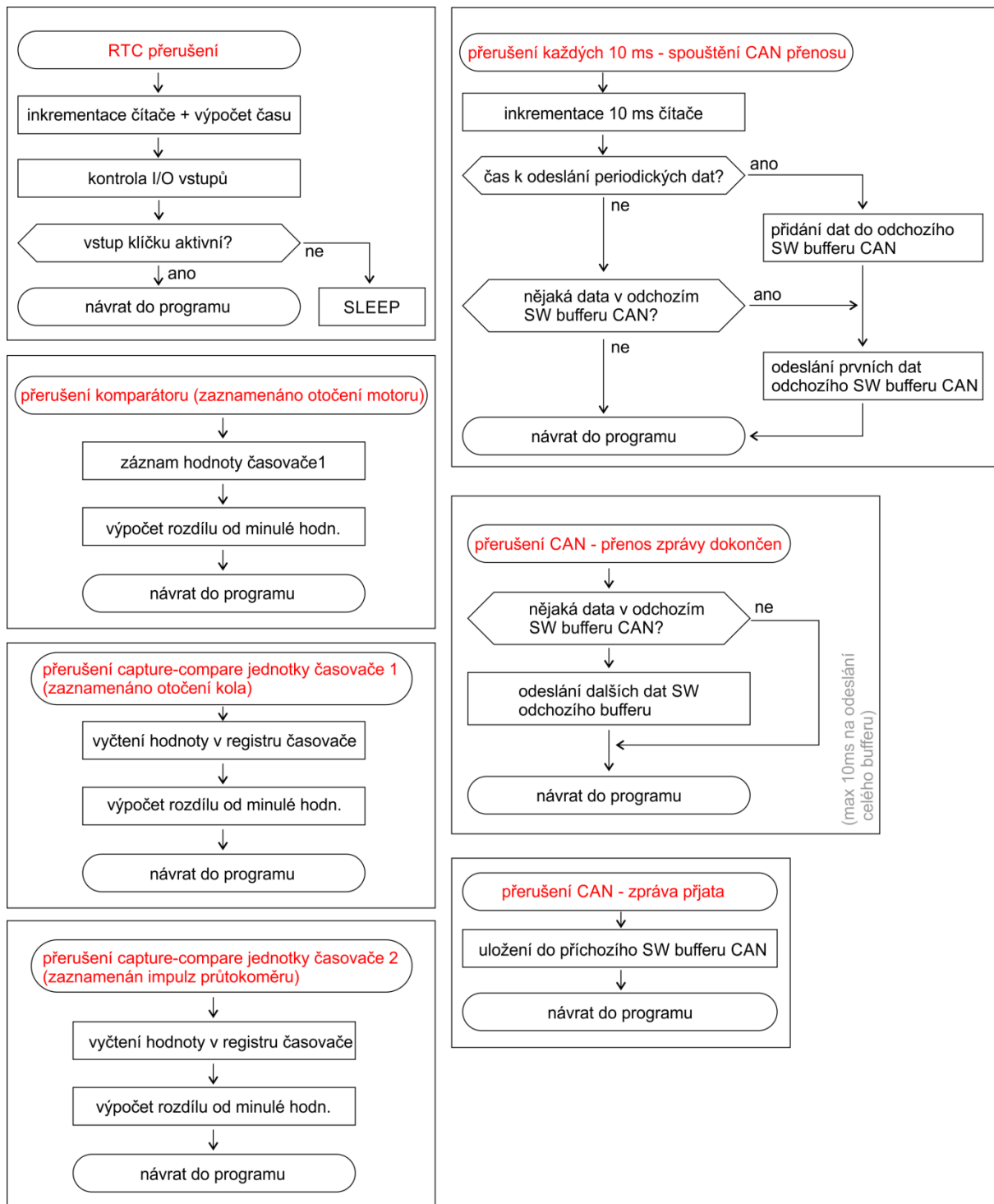
4 Firmware

4.1 Princip činnosti firmware řídicí jednotky

Vzhledem k nemožnosti propojení mikrokontroléru s počítačem, popsané v kapitole 3.3, nebylo možné vyvinout firmware přístrojového panelu a následující kapitola je tak pouze shrnutím zamýšleného řešení. Vývojový diagram na obr. č. 55, popisuje hlavní programovou smyčku firmware řídicí jednotky přístrojového panelu. Na obr. č. 56 jsou následně popsány obslužné rutiny přerušení programu.



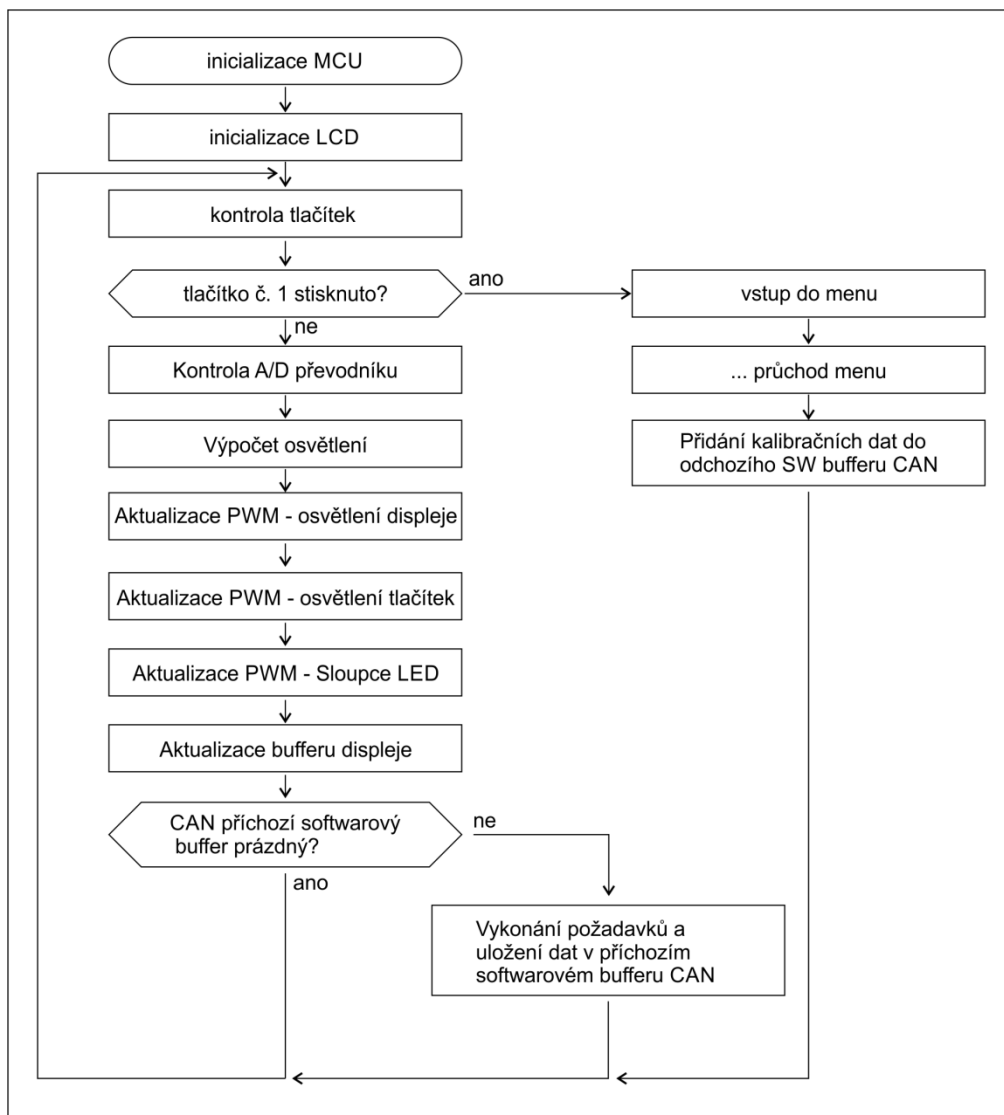
Obr. č. 55 Vývojový diagram hlavní programové smyčky řídicí jednotky přístrojového panelu



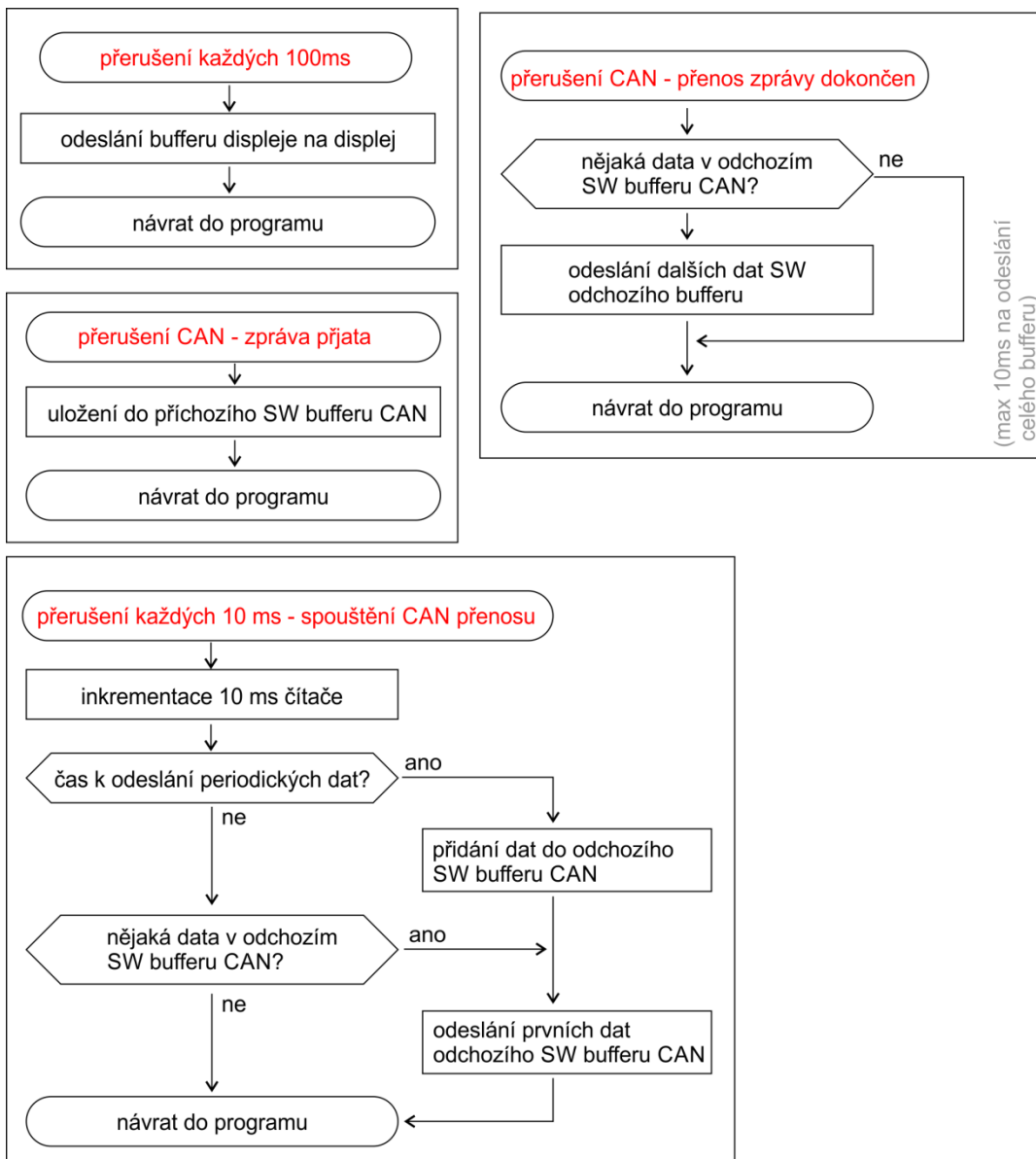
Obr. č. 56 Vývojové diagramy obslužných rutin přerušení programu řídicí jednotky přístrojového panelu

4.2 Princip činnosti FW zobrazovacího panelu

Stejně tak jako kapitola 4.1, je následující kapitola, kvůli nemožnosti propojení mikrokontroléru s PC, pouze shrnutím zamýšleného řešení firmware, které by bylo při reálném vývoji, pravděpodobně dále upraveno. Obr. č. 57 vyobrazuje činnost hlavní programové smyčky zobrazovacího panelu a obr. č. 58 pak smyčky obslužných rutin přerušení programu.



Obr. č. 57 Vývojový diagram hlavní programové smyčky zobrazovacího panelu



Obr. č. 58 Vývojové diagramy obslužných rutin přerušení programu zobrazovacího panelu

4.3 Princip komunikace

Následující kapitola se kvůli problémům popsaným v kapitole 3.3, věnuje opět pouze zamýšlenému řešení komunikace.

Řídicí jednotka a zobrazovací panel mezi sebou komunikují po sběrnici CAN. Obr. č. 59, na následující stránce, vyobrazuje zamýšlený protokol komunikace mezi oběma jednotkami. Jedná se o čistě proprietární řešení navržené pro konkrétní potřeby tohoto zobrazovacího panelu.

Většina kalibračních hodnot je po zapnutí zapalování, a tedy i zobrazovacího panelu, zaslána řídicí jednotkou zobrazovacímu panelu. Ten si data uloží do datové paměti, aby bylo možné je zobrazovat v menu. Komunikace je koncipována tak, že řídicí jednotkou jsou odesílána reálná data, která už není nutno v zobrazovacím panelu dále dopočítávat. Tímto způsobem je zajištěna přehlednost celé komunikace. V případě uživatelské změny některé z kalibračních konstant, tj. úpravy intenzity vyhřívání rukojetí motocyklu atd., je zobrazovacím panelem zaslána zpráva řídicí jednotce s požadavkem na úpravu nastavení. Aby nedocházelo k přílišnému opotřebování FLASH paměti řídicí jednotky při častých změnách nastavení, data jsou uložena do FLASH až po přijetí zprávy s požadavkem na trvalé uložení aktuálních změn. V praxi to je například po vyskočení z menu zobrazovacího panelu. Protokol komunikace by byl v případě realizace pravděpodobně dále rozšiřován.

Signálová skupina	Signál	Původce signálu	Jednotka	Rozlišení	Tvar vysílaných dat	Frekvence [ms]	ID	Počet bajtů dat	Minimální platná hodnota	Maximální platná hodnota	Doplnění
Stav	V provozu	ZP	-	-	[SH]	1000	1	2	-	-	ID zařízení + Verze FW
	V provozu	ŘJ	-	-	[SH]	1000	0	2	-	-	ID zařízení + Verze FW
Napětí baterie	Napětí baterie	ŘJ	V	0,01	[SH] x 100	1000	200	2	900	1900	
	Kalibrace napětí	ŘJ-I/ZP-Z	V	0,01	[SH] x 100	-	201	2	0	1000	pozn. č. 1
Okamžitá rychlost	Okamžitá rychlost	ŘJ	km/h	1	[SH]	200	900	2	0	299	
	Obvod kola	ŘJ-I/ZP-Z	mm	1	[SH]	-	901	2	50	5000	
Hladina paliva	Hladina paliva	ŘJ	-	1	[SH]	3000	500	1	0	255	
	Volba zdroje dat	ŘJ-I/ZP-Z	-	1	[SH]	-	501	1	0	1	pozn. č. 2
	Celková kapacita nádrže	ŘJ-I/ZP-Z	ml	1	[SH]	-	502	2	500	65000	
	Ulož aktuální hladinu	ZP	-	1	[SH]	-	503	1	0	10	<min, max> ~<0, 10>
Otáčky motoru	Aktuální otáčky	ŘJ	ot./min.	1	[SH]	100	1000	2	0	30000	
	Snímací napětí	ŘJ-I/ZP-Z	V	0,1	[SH] x 10	-	1001	1	5	66	pozn. č. 3
	Kalibrace otáček	ŘJ-I/ZP-Z	pulzů/ot.	1	[SH]	-	1002	1	0	4	
Průtok paliva	Aktuální průtok	ŘJ	ml/min.	1	[SH]	200	402	1	0	255	
	Aktuální spotřeba	ŘJ	l/100km	0,01	[SH] x 100	500	401	2	0	10000	
	Dojezd	ŘJ	km	0,1	[SH] x 10	500	400	2	0	20000	
	Kalibrace - počet pulzů/litr	ŘJ-I/ZP-Z	-	1	[SH]	-	403	2	1	65000	
Zařazená rychlost	Aktuální zařazená rychlost	ŘJ	-	1	[SH]	300	800	1	0	6	0 = vyřazeno
	Aktuální převodový poměr	ŘJ	1 : X	0,01	[SH] x 100	300	801	2	50	500	
	Kalibrace - převodový poměr	ŘJ-I/ZP-Z	1 : X	0,01	[SH] x 100	-	802	8	50	500	pozn. č. 4
Teploty	Teplota vzduchu	ŘJ	°C	0,1	[SH] x 10	5000	100	2	0	600	pozn. č. 5
	Teplota oleje	ŘJ	°C	0,1	[SH] x 10	5000	101	2	0	2000	pozn. č. 6
	Teplota chladicí kapaliny	ŘJ	°C	0,1	[SH] x 10	5000	102	2	0	2000	pozn. č. 7
Výhřev rukojetí	Výkon výhřevu rukojetí	ZP-Z	%	1	[SH]	-	300	1	0	100	
	Maximální povolena střída PWM	ŘJ-I/ZP-Z	%	1	[SH]	-	301	1	0	100	
Čas	Aktuální čas	ŘJ	HH:MM:SS	24/60/60	[SH]	1000	700	3	0:00:00	23:59:59	pozn. č. 8
	Nastavení času	ZP-Z	HH:MM:SS	24/60/60	[SH]	-	701	3	0:00:00	23:59:59	pozn. č. 9
Kontrolky	Aktivní vstupy kontrolkek	ŘJ	zap/vyp	1	[SH]	200	600	2	-	-	pozn. č. 10
	Nastavení aktivní polaritě	ŘJ-I/ZP-Z	zap/vyp	1	[SH]	-	601	2	-	-	pozn. č. 11
Obecné příkazy	Práce s pamětí	ZP-Z	-	1	Příkaz	-	-	1	-	-	pozn. č. 12
pozn. č. 1	bit 0 + bit 9 = data; bit 15 = znaménko (1="+")										
pozn. č. 2	0 = Plovákový senzor, 1 = Tlakový snímač										
pozn. č. 3	Skutečné napětí snímání										
pozn. č. 4	bit 0 + bit 8 = 1ST; bit 9 + bit 17 = 2ST; bit 18 + bit 26 = 3ST; bit 27 + bit 35 = 4ST; bit 36 + bit 44 = 5ST; bit 45 + bit 53 = 6ST; bit 54 + bit 56 = počet aktivních										
pozn. č. 5	bit 0 + bit 9 = data; bit 15 = znaménko (1="+")										
pozn. č. 6	bit 0 + bit 10 = data; bit 15 = znaménko (1="+")										
pozn. č. 7	bit 0 + bit 10 = data; bit 15 = znaménko (1="+")										
pozn. č. 8	bit 0 + bit 5 = Sekundy; bit 6 + bit 11 = Minuty; bit 12 + bit 16 = Hodiny										
pozn. č. 9	bit 0 + bit 5 = Sekundy; bit 6 + bit 11 = Minuty; bit 12 + bit 16 = Hodiny										
pozn. č. 10	bit 0 = stojánek; bit 1 = potkávací světlomet; bit 2 = dálkový světlomet; bit 3 = levý směrový ukazatel; bit 4 = pravý směrový ukazatel; bit 5 = neutral; bit 6 = tlak oleje; bit 7 = kritická teplota motoru; bit 8 = hladové oko; bit 9 = páčka spojky; bit 10 = navíc 1; bit 11 = navíc 2										
pozn. č. 11	0 = aktivní v nule, 1 = aktivní v kladné polaritě										
pozn. č. 12	0x01 = Ulož aktuální nastavení do FLASH; 0x02 = Obnov tovární nastavení										
							SH = Skutečná hodnota ZP = Zobrazovací panel ŘJ = Řídicí jednotka ŘJ-I = Řídicí jednotka po zapnutí napájení displeje ZP-Z = Zobrazovací panel v případě změny				

Obr. č. 59 Zamýšlený protokol komunikace mezi zobrazovacím panelem a řídicí jednotkou přístrojového panelu

5 Dosažený výsledek

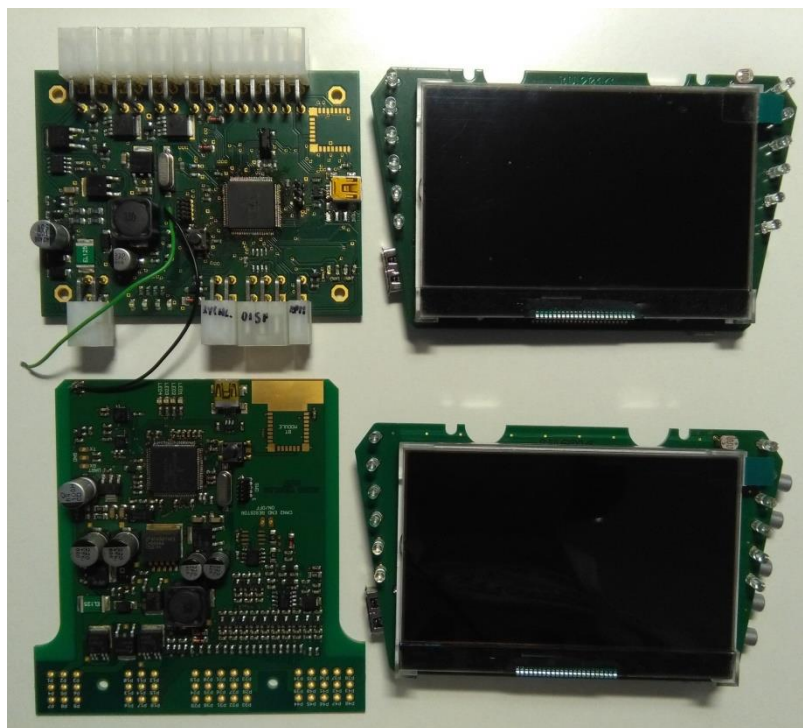
Přístrojový panel vznikl celkem ve dvou verzích. Zobrazovací panel první verze vykazoval problém, popsany v kapitole č. 3.3, tedy, že mikrokontrolér nekomunikoval s programátorem USBDM, což znemožnilo jakékoli pokusy o oživení zbylých částí obvodu. Řídicí jednotka první verze s počítačem komunikovala a dokonce byla napsána část firmware [40]. Místo toho však nastal problém se spínaným měničem napětí, který měl poskytovat napájení pro zobrazovací panel. Měnič byl zapojen chybně a tak vykazoval extrémně nízkou účinnost. Rovněž mechanické provedení s konektory vyvedenými do stran a oboustranně osazenými SMD součástkami, viz obr. č. 60, níže, se ukázalo jako nevhodné. Bylo tedy rozhodnuto zařízení kompletně přepracovat.

Ve snaze předejít problémům s nekompatibilitou MCU a USBDM programátoru, byl stejný MCU, který v řídicí jednotce fungoval, umístěn i do zobrazovacího panelu a kvůli této změně z velké části přepracován plošný spoj.

Plošný spoj řídicí jednotky byl upraven pro umístění do vodotěsné krabičky a opraveny byly rovněž drobnější chyby v obvodech, včetně špatně zapojeného spínaného měniče napětí.

Po sestavení nových obvodů, nastal, i s dříve fungujícím typem MCU, problém popsany v kapitole 3.3. Oba spoje tedy ani po několikanásobné kontrole zapojení nebylo možné propojit s PC a naprogramovat.

Po časově náročném návrhu nových DPS, opakované výrobě celého přístrojového panelu, sestavování nového programátoru (viz kapitola č. 3.3) a dlouhém zjišťování příčiny, již nezbyl dostatek času pro další pokusy o nalezení řešení problému a zařízení tak zůstalo nedokončeno. Všechna sestavená zařízení jsou vidět na obr. č. 60, vpravo.



Obr. č. 60 Fotografie sestavených panelů.
Nahoře první verze, dole verze druhá

6 Porovnání s konkurencí

Na trhu je dostupné velké množství zařízení podobného typu. Těmto zařízením se věnuje například firma KOSO, která nabízí nemalé množství různorodých doplňkových ukazatelů pro motocykly [33]. Zařízení prezentované v této práci však nabízí některé funkce, které jsou u podobných, neoriginálních zařízení ojedinělé. Unikátní je funkce měření hladiny paliva pomocí hydrostatického tlaku, použitelná na motocyklech, kde není v palivové nádrži instalován plovák, výkonná USB nabíječka nebo možnost připojení ke stávající CAN sběrnici motocyklu a omezení nutnosti použití množství externích senzorů. Zařízení je však určeno dílnám, zabývajícím-se přestavbami motocyklů a nikoli pro masový prodej koncovým zákazníkům. Je tedy předpokládána úzká spolupráce mezi výrobcem a danou dílnou, kde může být zajištěna úprava firmware dle představ zákazníka i technická podpora při montáži. Díky tomu by zařízení mělo dosahovat vyšší kvality, než masově prodávaná konkurenční řešení, kde je hleděno na cenu, čemuž často odpovídá provedení a životností se tak přiblížit originálním přístrojovým panelům.

Cena zařízení by se pohybovala kolem 20 000 korun včetně podpory při montáži a případné úpravy firmware na míru přestavovanému motocyklu. Cenu materiálu, použitého na výrobu jednoho přístrojového panelu osazeného všemi obvody a včetně veškerého příslušenství, lze odhadnout přibližně na 6 000 korun při výrobě v kusovém množství.

Za konkurenční zařízení, avšak cílené na jinou kategorii zákazníků, lze považovat například panel Koso DB-02R, vyobrazený na obr. č. 61, vpravo. Cena panelu ke dni 14. 5. 2017 je 5 039 korun. Panel však, oproti vyvíjenému, nabízí pouze zlomek funkcí (viz obr. č. 63, níže) a provedení je plastové s nevodotěsnou kabeláží.



Obr. č. 61 Přístrojový panel Koso DB-02R, nabízený na webu www.mtt-brno.cz [9]

Dalším příkladem konkurenčního zařízení, je panel Motoscope PRO od firmy Louis, jehož fotografie je přiložena na obr. č. 62, vpravo. Provedení panelu působí robustním dojmem, avšak funkcionality je opět oproti vyvinutému panelu poměrně omezená. Panel je opět cílený na jinou skupinu zákazníků. Cena panelu na e-shopu www.mtt-brno.cz ke dni 14. 5. 2017 je 10 329 korun.



Obr. č. 62 Přístrojový panel Louis Motoscope PRO, nabízený na webu www.mtt-brno.cz[10]

Obr. č. 63 stručně porovnává funkcionalitu výše popsaných panelů.

	Panel popsáný v DP	Louis Motoscope PRO	Koso DB-02R
Okamžitá rychlost	Ano	Ano	Ano
Otáčky motoru	Ano	Ano	Ano
Teplota oleje	Ano	Čtením z CAN*	Ano
Teplota chladicí kapaliny	Ano	Čtením z CAN*	Ano
Teplota ovzduší	Ano	Ne	Ne
USB nabíječka	Ano	Ne	Ne
Měření akcelerace a náklonu	Ano	Akcelerace softwarově	Ne
Vstupy kontrolky	Ano	Ne	Ne
Hladina paliva - plovákový senzor	Ano, senzor s libovolným odporem	Ano, senzor s odporem 0 ÷ 100Ω	Ano, senzor s odporem 100Ω, nebo 510Ω
Hladina paliva - senzor hydrostat. tlaku	Ano	Ne	Ne
Okamžitá spotřeba paliva	Ano	Ne	Ne
Napětí baterie	Ano	Ano	Ne
Připojení k CAN	Ano	Ano	Ne
Alarm	Ano	Ne	Ne
Automatické spínání světlometů	Ano	Ne	Ne
Ovládání vyhřívaných rukojetí	Ano	Ne	Ne
Regulace jasu displeje	Automaticky	Ne	Manuálně
Nastavitelné sloupce LED	Ano	Pouze shift light	Pouze shift light
Upgrade firmware přes USB	Ano	Ne	Ne
Čas	Ano	Ano	Ano
Zařazený rychlostní stupeň	Ano	Ano	Ne
Cena panelu	cca 20 000 Kč	10 329 Kč	5 039 Kč

* Dle dostupných informací pouze Triumph na motocyklech Street Triple a Triumph Speed Triple

Obr. č. 63 Porovnání vybraných konkurenčních panelů

Závěr

V *první kapitole* byly stanoveny požadavky na elektrické a mechanické provedení řídicí jednotky i zobrazovacího panelu. Popsány byly požadavky na provedení kabeláže, potřebné vstupy a výstupy a také upřesněno, které funkce budou implementovány pouze hardwarově, pro zachování co nejvyšší univerzálnosti vyvíjeného zařízení a které budou zprovozněny pro účel této práce.

Kapitola č. 2 popisuje nejprve způsob propojení jednotlivých modulů, jednotlivých částí elektronických obvodů a následně se věnuje popisu jednotlivých bloků elektrických obvodů přístrojového panelu.

V *kapitole č. 3*, jež se věnuje realizaci přístrojového panelu, je popsán kryt pro řídicí jednotku a kryt pro zobrazovací panel, navržený na míru v prostředí Solidworks [39], jež je vhodný pro výrobu z hliníku. Následující část kapitoly je věnována konstrukci plošných spojů pro řídicí jednotku i zobrazovací panel. *Závěr kapitoly č. 3* se věnuje sestavení zařízení a nezdařeným pokusům o oživení obvodů. Problém je dále rozepsán v *kapitole č. 5*.

Čtvrtá kapitola je věnována popisu firmware, jehož implementace byla znemožněna problémy s propojením mikrokontrolérů s PC. Popisuje zamýšlený princip činnosti řídicí jednotky i zobrazovacího panelu a způsob vzájemné komunikace pomocí sběrnice CAN, popsány mj. přehlednou tabulkou.

Problém s komunikací mezi MCU a PC je shrnut v *kapitole č. 5*, věnující se dosaženým výsledkům, kde je rovněž umístěna fotografie všech modulů sestavených za dobu vývoje tohoto přístrojového panelu. Kapitola rovněž zmiňuje, že nejen kvůli problémům s propojením MCU a PC skrze programátor USBDM, byly sestaveny nové DPS řídicí jednotky i zobrazovacího panelu a tato práce je věnována druhému sestavenému řešení, jehož mikrokontroléry se opět nepodařilo s dostupnými programátory USBDM oživit.

Jednoduché porovnání s konkurencí je shrnuto v *kapitole č. 6*, kde je poukázáno na fakt, že přímá konkurence tohoto zařízení není příliš veliká. V případě dokončení a odladění, by bylo možné jej nabídnout zákazníkům z řad dílen, zabývajících se přestavbami motocyklů. Díky tomu, že se v těchto dílnách provádí na přání zákazníků četné neschválené úpravy motocyklů, které neslouží pro běžný provoz na veřejných komunikacích, nevádí zákazníkům fakt, že přístrojový panel není schválen k provozu na pozemních komunikacích. Z důvodu absence barevných kontrolky by přístrojový panel s největší pravděpodobností ani homologaci nezískal.

Původní myšlenka přístrojového panelu, popsaná v této diplomové práci, bude v budoucnu dokončena. Mikrokontroléry firmy NXP lze, z důvodu horší kompatibility neoriginálních a vysoké ceny originálních programátorů, vyměnit za kontroléry firmy ST Microelectronics, jejichž užití se v malosériové výrobě jeví jako výhodnější a bezproblémovější už kvůli ceně originálních programátorů, které lze získat společně s vývojovými kity NUCLEO za cenu v řádu stokorun.

Seznam literatury a informačních zdrojů

- [1] CINCH Connectivity Solutions, *CINCH ModICE Enclosure Drawing: 581 01 30 065* [online]. 2009 [cit. 2017-22-4]. Dostupné z:
[http://www.cinch.com/pdfs/5810130065S rev A.pdf](http://www.cinch.com/pdfs/5810130065S_rev_A.pdf)
- [2] *BEAUTIFUL MOTORCYCLE COLORING COLOUR DRAWING HD WALLPAPER* [online]. 2014 [cit. 2017-22-4]. Dostupné z
<http://coloursdrawingwallpaper.blogspot.com/2014/03/beautiful-motorcycle-coloring-colour.html>
- [3] CINCH Connectivity Solutions, *CCS ModICE SHS Brochure* [online]. 2015 [cit. 2017-8-5]. Dostupné z
<https://belfuse.com/resources/CCS%20ModICE%20SHS%20Brochure.pdf>
- [4] ON Semiconductor, *800 mA, Adjustable Output, Low Dropout Voltage Regulator* [online]. Dostupné z: <https://www.onsemi.com/pub/Collateral/MC33269-D.PDF>
- [5] Maxim Integrated, *USB Charger Adapter Emulators MAX14630/MAX14632* [online], dostupné z: <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/MAX14630-MAX14632.pdf>
- [6] Raystar optronics, *RX240128A-TIW LCD display datasheet* [online]. Dostupné z:
<http://www.tme.eu/cz/Document/9050272daa211b9c3264ab70a4bc65c0/RX240128A-TIW.pdf>
- [7] TOKEN PGM CSD Photoresistors, *CDS Light-Dependent Photoresistors datasheet* [online]. Dostupné z:
<http://www.tme.eu/cz/Document/0b7aec6d26675b47f9e54d893cd4521b/PGM5506.pdf>
- [8] *ModICE ME Headers* [online]. Dostupné z:
<http://www.powerandsignal.com/pagecontent/CinchMEMX>
- [9] *Digitální budík Koso DB-02R* [online]. 2017. Dostupné z: <https://www.mtt-brno.cz/tachometry-otackomery/564-digitalni-budik-koso-db-02r.html>
- [10] *Digitální palubní přístroj Motoscope Pro* [online]. 2017. Dostupné z:
<https://www.mtt-brno.cz/tachometry-otackomery/611-digitalni-palubni-pristroj-motogadget.html>
- [11] PINKER, Jiří. *Mikroprocesory a mikropočítače*. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2004, 159 s. ISBN 80-7300-110-1.

- [12] Microchip, *Low-Power Linear Active Thermistor ICs, MCP9701 data sheet* [online]. Dostupné z:
<http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/21942e.pdf>
- [13] *Pístové stroje: Učíme v prostoru* [online]. 2015 [cit. 2015-06-02]. Dostupné z:
http://uvp3d.cz/drtic/?page_id=2267
- [14] ŠTĚRBA, Pavel. *Elektronika a elektrotechnika motorových vozidel: seřizování, diagnostika závad a chybové kódy OBD*. 1. vyd. Brno: CPress, 2013, 191 s. ISBN 978-80-264-0271-8.
- [15] BIO-TECH, *Mini FlowMeter FCH-m-POM-LC* [online]. Dostupné z:
http://www.produktinfo.conrad.com/datenblaetter/150000-174999/150391-da-01-ml-DURCHFLUSSM__G1_8_2XM5_FCH_M_POM_L_de_en.pdf
- [16] NXP Semiconductors, *MMA8452Q, 3-axis, 12-bit/8-bit digital accelerometer datasheet* [online]. Dostupné z:
<http://www.nxp.com/assets/documents/data/en/data-sheets/MMA8452Q.pdf>
- [17] Infineon technologies, *IFX25001 Low Dropout Voltage Regulator datasheet* [online]. Dostupné z: http://www.infineon.com/dgdl/Infineon-IFX25001-DS-v01_02-en.pdf?fileId=db3a304320d39d590120f620f1e269da
- [18] TEXAS INSTRUMENTS, *LM2596 Simple Switcher Power Converter 150KHz 3-A Step-Down Voltage Regulator datasheet* [online]. Dostupné z:
<http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm2596.pdf>
- [19] Freescale Semiconductor, *K20 Sub-Family Data Sheet* [online]. Dostupné z:
<http://www.nxp.com/assets/documents/data/en/data-sheets/K20P100M100SF2.pdf>
- [20] ON Semiconductor, *NCP1117, 1.0 A Low-Dropout Positive Fixed and Adjustable Voltage Regulators* [online]. Dostupné z:
<https://www.onsemi.com/pub/Collateral/NCP1117-D.PDF>
- [21] Honeywell, *Magnetoresistive Sensors ICs, SM351RT datasheet* [online]. Dostupné z: <http://www.mouser.com/ds/2/187/honeywell-sensing-magnetoresistive-standard-power--773867.pdf>
- [22] NXP Semiconductors, *KTY81 series, Silicon temperature sensors data sheet* [online]. Dostupné z:
https://www.nxp.com/documents/data_sheet/KTY81_SER.pdf
- [23] Fairchild Semiconductor, *BSS138, N-Channel Logic Level Enhancement Mode Field Effect Transistor Data Sheet* [online]. Dostupné z:
<https://cdn.sparkfun.com/datasheets/BreakoutBoards/BSS138.pdf>

- [24] Freescale Semiconductor, *3-Axis Digital Angular Rate Gyroscope FXAS21002C Data Sheet* [online]. Dostupné z:
<http://www.nxp.com/assets/documents/data/en/data-sheets/FXAS21002.pdf>
- [25] Texas Instruments, *SN65HVD23x 3.3-V CAN Bus Transceivers* [online].
Dostupné z: <http://www.ti.com/lit/ds/slos346n/slos346n.pdf>
- [26] Microchip Technology, *RN4020 Bluetooth® Low Energy Module User's Guide* [online]. Dostupné z:
<http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/70005191B.pdf>
- [27] ST Microelectronics, *USBLC6-2, Very low capacitance ESD protection Data Sheet* [online]. Dostupné z:
<http://www.st.com/content/ccc/resource/technical/document/datasheet/06/1d/48/9c/6c/20/4a/b2/CD00050750.pdf/files/CD00050750.pdf/jcr:content/translations/en.CD00050750.pdf>
- [28] Infineon Technologies, *Smart Highside Power Switch, BTS6143D, Data Sheet* [online]. Dostupné z: <http://www.farnell.com/datasheets/85598.pdf>
- [29] Infineon Technologies, *AUIRFR024N Data Sheet* [online]. Dostupné z:
<http://www.infineon.com/dgdl/airfr024n.pdf?fileId=5546d462533600a4015355b1e0af145a>
- [30] StarChips Technology, *16-bit Serial-In/Parallel-Out Constant-Current LED Driver, SCT2024 Data Sheet* [online]. Dostupné z:
http://www.starchips.com.tw/pdf/datasheet/SCT2024V01_03.pdf
- [31] Freescale Semiconductor, *K20 Sub-Family Data Sheet* [online]. Dostupné z:
<http://www.nxp.com/assets/documents/data/en/data-sheets/K20P81M100SF2V2.pdf>
- [32] KOSO Co. [online]. Dostupné z:
<http://www.koso.com.tw/products.php?id=187&lang=en>
- [33] Zdroj na příloženém CD, dostupné v adresáři: CD:\B_Projekty Eagle\Ridici_jednotka.brd
- [34] Zdroj na příloženém CD, dostupné v adresáři: CD:\B_Projekty Eagle\Ridici_jednotka.brd
- [35] Zdroj na příloženém CD, dostupné v adresáři: CD:\A_Podklady k výrobě\Gerbery\Řídicí jednotka*
- [36] Zdroj na příloženém CD, dostupné v adresáři: CD:\B_Projekty Eagle\Zobrazovací_panel.brd

- [37] Zdroj na přiloženém CD, dostupné v adresáři: CD:\B_Projekty
Eagle\Zobrazovací_panel.brd
- [38] Zdroj na přiloženém CD, dostupné v adresáři: CD:\A_Podklady k
výrobě\Gerbery\ Zobrazovací panel*
- [39] Zdroj na přiloženém CD, dostupné v adresáři: CD:\D_3D model*
- [40] Zdroj na přiloženém CD, dostupné v adresáři:
CD:\E_Firmware\DP_Mainboard.rar

Přílohy

Přílohy v tištěné podobě

- A) Celé schéma zapojení řídicí jednotky
- B) Celé schéma zapojení zobrazovacího panelu
- C) Celé schéma zapojení klávesnice a externích senzorů

Přílohy v elektronické podobě na CD

- A) Výrobní podklady DPS
- B) Projekty jednotlivých DPS, vytvořené v návrhovém systému Eagle
- C) Použité data sheety v elektronické podobě
- D) Trojrozměrné modely krabičky pro zobrazovací panel
- E) Rozpracovaný firmware řídicí jednotky

