

Bakalářská práce



České  
vysoké  
učení technické  
v Praze

**F3**

Fakulta elektrotechnická  
Katedra řídicí techniky

## Simulátor skutečné lokomotivy pro modelovou železnici

**Martin Šturc**

Vedoucí: Ing. Jiří Zemánek  
Obor: Kybernetika a robotika  
Zaměření: Systémy a řízení  
Leden 2019



## I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Šturm** Jméno: **Martin** Osobní číslo: **434825**  
Fakulta/ústav: **Fakulta elektrotechnická**  
Zadávající katedra/ústav: **Katedra řídicí techniky**  
Studijní program: **Kybernetika a robotika**  
Studijní obor: **Systemy a řízení**

## II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

**Simulátor skutečné lokomotivy pro modelovou železnici**

Název bakalářské práce anglicky:

**Simulator of real locomotive for model railway**

Pokyny pro vypracování:

Cílem práce je vytvořit jednoduchý simulátor řízení lokomotivy, který pomocí hardwarových ovládacích prvků a simulace dynamiky přiblíží ovládání modelové železnice vedení skutečného vlaku .

1. Popište řízení a dynamiku lokomotivy v rozsahu nutném pro vytvoření simulátoru. Stručně popište používané způsoby řízení mašinek na modelové železnici.
2. Cílem simulátoru je zachytit základní charakter dynamiky lokomotivy (vlaku), není potřeba vytvořit věrný matematický model.
3. Navrhněte systém tak, aby byl modifikovatelný a rozšiřitelný: různé komunikační protokoly, lokomotivy bez dekodéru, simulace různých lokomotiv, rozšiřování řídicího pultu.
4. Vytvořte základní matematický model lokomotivy (vlaku), který bude simulovat rychlost pro zadané řídicí povely - jízdní kontrolér, směrový kontrolér, elektrodynamická brzda, brzdiče atd. Model by měl umožnit například simulaci různého počtu vagonů.
5. Sestavte jednoduchou testovací verzi fyzického řídicího pultu - stačí základní ovládací prvky, ukazatele a indikátory.
6. Navrhněte a realizujte systém pro připojení panelu, simulaci matematického modelu v reálném čase a řízení modelových lokomotiv.
7. Proveďte a zdokumentujte funkci celého systému - ovládání modelové lokomotivy pomocí řídicího pultu se simulací dynamiky.

Seznam doporučené literatury:

1. Brown, Forbes T. Engineering system dynamics: a unified graph-centered approach. CRC press, 2006.
2. Karnopp, Dean C., Donald L. Margolis, and Ronald C. Rosenberg. System dynamics: modeling, simulation, and control of mechatronic systems. John Wiley & Sons, 2012.
3. Moler, Cleve B. Numerical Computing with MATLAB, <https://www.mathworks.com/moler/chapters.html>

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

**Ing. Jiří Zemánek, katedra řídicí techniky FEL**

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **28.02.2018**

Termín odevzdání bakalářské práce: **25.05.2018**

Platnost zadání bakalářské práce: **30.09.2019**

Ing. Jiří Zemánek  
podpis vedoucí(ho) práce

prof. Ing. Michael Šebek, DrSc.  
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Ing. Pavel Ripka, CSc.  
podpis děkana(ky)

### III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Student bere na vědomí, že je povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací.  
Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

\_\_\_\_\_  
Datum převzetí zadání

\_\_\_\_\_  
Podpis studenta

## Poděkování

Děkuji ČVUT, že mi je tak dobrou *alma mater*. Děkuji mému vedoucímu Ing. Jiřímu Zemánkovi za poskytnutí množství cenných rad a informací, ochotu, trpělivost a čas, který mi věnoval při řešení dané problematiky.

Chtěl bych také poděkovat pracovníkům DKV Praha PJ Vršovice za poskytnutí přístupu k dostupné dokumentaci lokomotivy.

Rovněž bych chtěl poděkovat panu Olegu Davidovi za svolení s využitím částí jeho materiálů[9] v rámci této práce. Za svolení s využitím materiálů děkuji též vedení Českých drah[4].

## Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Praze, dne .....

.....

Podpis

## Abstrakt

Cílem práce je navrhnout a implementovat jednoduché mechanické, elektrické a softwarové řešení pro simulaci lokomotivy.

Práce se tedy zabývá návrhem ovládacího pultu lokomotivy a jeho prvků. Řeší jejich napojení na počítač simulující logiku řídicích obvodů lokomotivy a počítající dynamiku jejího pohybu.

Zabývá se rovněž napojením tohoto vzniklého modelu na modelovou železnici. Díky tomuto spojení je možné ovládat modelovou lokomotivu podobně jako její skutečnou předlohu.

**Klíčová slova:** Loco363, ModuCab, Modelová železnice

**Vedoucí:** Ing. Jiří Zemánek  
ČVUT FEL, Katedra řídicí techniky,  
Karlovo náměstí 13/E,  
Praha 2

## Abstract

The goal of this thesis is to design and implement a simple mechanical, electrical and software solution for simulation of locomotive.

The paper focuses on design of locomotive's control panel and its components. It also deals with connecting of this created panel to computer which simulates the control logic and also computes dynamics of its movement.

The paper also focuses on connection between the created dynamic model and model railroad. Thanks to this connection, it allows control of model railroad similarly to its adult template.

**Keywords:** Loco363, ModuCab, Model railway

**Title translation:** Simulator of real locomotive for model railway

# Obsah

<b>1 Úvod</b>	<b>1</b>		
<b>2 Lokomotiva</b>	<b>3</b>		
2.1 Konstrukce	3		
2.2 Odvozené typy	3		
2.3 Výkres	4		
2.4 Parametry	4		
2.5 Řídicí obvody	6		
2.5.1 Schéma	6		
2.5.1.1 Spínač řízení	6		
2.5.1.2 Přepínání směru	7		
2.5.1.3 Zadávání poměrného tahu, resp. rychlosti	7		
2.5.1.4 Brzdy	7		
2.5.1.5 Vazby mezi řídicími obvody	8		
2.5.2 ČŘČ = Centrální Řídicí Člen	8		
2.5.3 RT = Regulátor tahu	11		
2.5.4 PSO = Protiskluzová ochrana	11		
2.5.5 RR = Regulátor rychlosti	11		
2.5.6 Nouzová jízda	12		
<b>3 Řídicí stanoviště a jeho ovládací prvky</b>	<b>13</b>		
3.1 Panely	14		
3.1.1 P-D-L (pult - dolní - levý)	15		
3.1.2 P-D-S (pult - dolní - střední)	21		
3.1.3 P-D-P (pult - dolní - pravý)	23		
3.1.4 P-D-B (pult - dolní - brzdový)	27		
3.1.5 P-H-L (pult - horní - levý)	29		
3.1.6 P-H-S (pult - horní - střední)	32		
3.1.7 P-H-P (pult - horní - pravý)	34		
3.1.8 P-H-Z (pult - horní - zabezpečovací)	36		
3.1.9 D-L (dolní - levý)	37		
3.1.10 D-S (dolní - střední)	40		
3.2 Prvky	41		
3.2.1 Páka pro ovládání válců hlavního kontroléru	41		
3.2.1.1 Značení	41		
3.2.1.2 Konstrukce	42		
3.2.1.3 DPS	43		
3.2.1.4 Program	46		
3.2.2 Elektropřístroj T6	46		
3.2.2.1 Značení	47		
3.2.3 Stavebnicový/Modulární spínač	47		
3.2.3.1 Značení	47		
3.2.4 Terčový ukazatel	48		
3.2.4.1 Značení	48		
3.2.4.2 Konstrukce	48		
3.2.4.3 DPS	49		
3.2.4.4 Program	50		
3.2.5 Měřák	50		
3.2.5.1 Značení	50		
3.2.6 Měřák baterie	50		
3.2.6.1 Značení	51		
3.3 Propojení	51		
3.3.1 I <sup>2</sup> C	51		
<b>4 Hardware</b>	<b>53</b>		
4.1 Propojení s PC	53		
4.2 Pult	53		
<b>5 Software</b>	<b>57</b>		
5.1 ModuCab	57		
5.2 Model - Loco363	58		
5.3 Posílání výstupu do kolejistě	59		
5.4 Spouštění	59		
<b>6 Modelová železnice</b>	<b>61</b>		
6.1 Analogové ovládání	62		
6.1.1 Lineární řízení	62		
6.1.2 Pulzně šířková modulace (PWM)	63		
6.1.3 Více lokomotiv, úseky	63		
6.1.4 Ovládání přídavných funkcí	63		
6.1.5 Příslušenství	64		
6.2 Digitální řízení	65		
6.2.1 Příslušenství	65		
6.2.2 Detekce obsazení, úseky	65		
6.2.3 Lokomotivy bez dekodéru	66		
<b>7 Závěr</b>	<b>67</b>		
<b>A Panely</b>	<b>69</b>		
<b>B Páka hlavního kontroléru</b>	<b>79</b>		
<b>C Elektropřístroj T6</b>	<b>85</b>		
<b>D Modulární spínač</b>	<b>87</b>		
<b>E Terčový ukazatel</b>	<b>89</b>		
<b>F Měřák</b>	<b>95</b>		
<b>G Měřák baterie</b>	<b>97</b>		
<b>H Obsah příloženého CD</b>	<b>99</b>		
<b>I Literatura</b>	<b>101</b>		

## Obrázky

1.1 Lokomotiva 362.121-6 .....	1	3.40 Panel <b>PHP</b> - značení prvků ...	34
2.1 Vypočtené trakční charakteristiky	5	3.41 <b>PHPS1</b> .....	35
2.2 Vypočtené brzdové charakteristiky	5	3.42 <b>PHPS2</b> .....	35
2.3 Přední panel ČŘČ (horní polovina) .....	8	3.43 Panel <b>PHZ</b> - značení prvků ...	36
3.1 Řídicí pult lokomotivy 363.055-5	13	3.44 Panel <b>DL</b> - značení prvků .....	37
3.2 Značení jednotlivých panelů a prvků ovládacího pultu .....	14	3.45 <b>DLL1</b> .....	37
3.3 Panel <b>PDL</b> - značení prvků ...	15	3.46 <b>DLL2</b> .....	38
3.4 <b>PDLH1</b> .....	16	3.47 <b>DLL3</b> .....	38
3.5 <b>PDLH2</b> .....	16	3.48 <b>DLP1</b> .....	38
3.6 <b>PDLH3</b> .....	16	3.49 <b>DLP2</b> .....	39
3.7 <b>PDLH4</b> .....	17	3.50 <b>DLP3</b> .....	39
3.8 <b>PDLH5</b> .....	17	3.51 <b>DLP4</b> .....	39
3.9 <b>PDSL1</b> .....	18	3.52 Panel <b>DS</b> - značení prvků .....	40
3.10 <b>PDSL2</b> .....	18	3.53 Páka - tělo (3D model) .....	42
3.11 <b>PDSL3</b> .....	18	3.54 Páka - tělo .....	43
3.12 <b>PDSL4</b> .....	19	3.55 Páka - vnitřek .....	43
3.13 <b>PDL D1</b> .....	19	3.56 Osazené DPS A páky .....	45
3.14 <b>PDL D3..D2</b> .....	19	3.57 Osazené DPS B páky .....	46
3.15 <b>PDL D7..D4</b> .....	20	3.58 Vyrobený terčový ukazatel ...	48
3.16 Panel <b>PDS</b> - značení prvků ...	21	3.59 Ukazatel - osazené DPS .....	49
3.17 <b>PDSKS</b> .....	21	4.1 Univerzální deska rozvodu .....	54
3.18 <b>PDSKJ</b> .....	22	4.2 Realizovaná část řídicího pultu .	55
3.19 <b>PDSKB</b> .....	22	4.3 Ovládací box .....	55
3.20 <b>PDSBx</b> .....	22	6.1 Ovládací transformátor PIKO FZ1 .....	62
3.21 Panel <b>PDP</b> - značení prvků ...	23	B.1 Osazovací plánek DPS páky - horní strana .....	82
3.22 <b>PDPH1</b> .....	23	B.2 Osazovací plánek DPS páky - spodní strana .....	82
3.23 <b>PDPH2</b> .....	24	E.1 Osazovací plánek DPS ukazatele - horní strana .....	92
3.24 <b>PDPH3</b> .....	24	E.2 Osazovací plánek DPS ukazatele - spodní strana .....	92
3.25 <b>PDPH4</b> .....	24		
3.26 <b>PDPK</b> .....	25		
3.27 <b>PDPD1</b> .....	25		
3.28 <b>PDPD2</b> .....	25		
3.29 <b>PDPD3</b> .....	26		
3.30 <b>PDPD4</b> .....	26		
3.31 <b>PDPD5</b> .....	26		
3.32 Panel <b>PDB</b> - značení prvků ...	27		
3.33 <b>PDBP2..P3</b> .....	27		
3.34 <b>PDBP1</b> .....	28		
3.35 Panel <b>PHL</b> - značení prvků ...	29		
3.36 Panel <b>PHS</b> - značení prvků ...	32		
3.37 <b>PHSP</b> .....	32		
3.38 Indikátory rychlosti .....	33		
3.39 UniControls-Tramex RJI1xx ...	33		



## Tabulky

2.1 Vybrané parametry .....	4
6.1 Přehled modelových měřítek ...	61
B.1 Seznam mechanických dílů pro páku .....	79
B.2 Seznam elektronických součástek pro DPS páky .....	83
E.1 Seznam elektronických součástek pro DPS ukazatele .....	93

## Schémata

2.1 Schéma řídicích obvodů.....	6
2.2 Blokové schéma CRČ.....	9
5.1 Schéma spolupráce softwaru....	57
6.1 Zapojení motoru v lokomotivě ..	62
6.2 Zapojení ovládacího transformátoru PIKO FZ1 .....	63
6.3 Zapojení PWM regulátoru od p. Wimmera .....	64
B.1 Schéma páky - 1. strana.....	80
B.2 Schéma páky - 2. strana.....	81
E.1 Schéma ukazatele - 1. strana ...	90
E.2 Schéma ukazatele - 2. strana ...	91

## Výkresy

2.1 Typový výkres .....	4
A.1 Rozměry a vrtání panelu <b>PDL</b> .	70
A.2 Rozměry a vrtání panelu <b>PDS</b> .	71
A.3 Rozměry a vrtání panelu <b>PDP</b> .	72
A.4 Rozměry a vrtání panelu <b>PDB</b> .	73
A.5 Rozměry a vrtání panelu <b>PHL</b> .	74
A.6 Rozměry a vrtání panelu <b>PHS</b> .	75
A.7 Rozměry a vrtání panelu <b>PHP</b> .	76
A.8 Rozměry a vrtání panelu <b>PHZ</b> .	77
A.9 Rozměry a vrtání panelu <b>DL</b> ...	78
B.1 Výřez a vrtání panelu pro základní páku .....	79
C.1 Vrtání panelu pro prvky T6 ...	85
D.1 Vrtání panelu pro modulární spínač .....	87
E.1 Vrtání panelu pro ukazatel ....	89
F.1 Vrtání panelu pro měřák .....	95
G.1 Vrtání panelu pro měřák baterie	97

# Kapitola 1

## Úvod

Cílem práce bylo přiblížit ovládání modelové železnice reálné lokomotivě. To zahrnuje mj. vytvoření řídicího pultu jako ve skutečné lokomotivě, především vytvoření jeho jednotlivých softwarových i hardwarových komponent. Dále pak vytvoření dynamického modelu, který bude simulovat jízdu lokomotivy, příp. celého vlaku.

Finální částí je napojení výstupu z tohoto modelu do modelového kolejiště, aby se modelová lokomotiva chovala a ovládala realističtěji.

Zvolenou lokomotivou je elektrická dvousystémová lokomotiva Škoda 69E (ČD 363). Tato lokomotiva byla zvolena s ohledem na složitost modelu, především ovládacího pultu. Jedná se o elektrickou lokomotivu, což byl při výběru rovněž důležitý aspekt.



**Obrázek 1.1:** Lokomotiva 362.121-6 (zdroj: *Atlas lokomotiv*[1])

Práce se nejprve v kapitole 2 věnuje lokomotivě samotné, jejím součástem a celkům. Kapitola zdaleka neobsahuje vyčerpávající popis, jež by byl nutný coby podklad pro vytvoření kompletního a rozumně přesného simulátoru. Naopak se zabývá téměř výhradně částmi lokomotivy, jež byly do simulátoru alespoň z části implementovány.

V následující kapitole 3 jsou poměrně podrobně rozebrány ovládací prvky řídicího stanoviště (resp. především hlavního pultu). Je možné z ní získat dostatek informací pro výrobu většiny ovládacích prvků a jejich implementování do modelu. Protože jich však je značné množství, do finální podoby jich bylo dotaženo jen několik. Zbylé je možné snadno dodělat při případném rozšíření práce.

Dále je zařazena kapitola 4, kde je podrobněji rozeberán aktuální stav hardwarové části práce.

Po ní následuje kapitola 5 s popisem softwarové části. Je zde popsán samotný model a způsob jeho implementace. Rovněž se zabývá napojením na ovládací prvky a ukazatele.

V kapitole 6 jsou pak rozebrány způsoby ovládání modelové železnice a porovnány jejich možnosti.

## Kapitola 2

### Lokomotiva

#### 2.1 Konstrukce

Lokomotiva je skříňového typu se stanovišti strojvedoucího na obou koncích. Je postavena na dvou dvounápravových podvozcích, v každém podvozku jsou na obou osách uloženy trakční motory (TM) s cizím buzením. V každém podvozku jsou motory spojeny vždy sériově, podvozky pak paralelně. Buzení je spojeno sériově přes všechny motory s možností přemostění podvozku (motorové skupiny) při poruše.

Řízení motorů je provedeno přes pulzní měniče (PM), každá motorová skupina má vlastní blok měničů pro řízení kotev, buzení je (vzhledem k sériovému zapojení motorů) řízeno společným měničem. Jmenovité napětí trakčních motorů činí 1,3 kV při provozu na stejnosměrném systému a 1,15 kV na střídavém systému. Maximální trvalý proud kotev je 715 A.

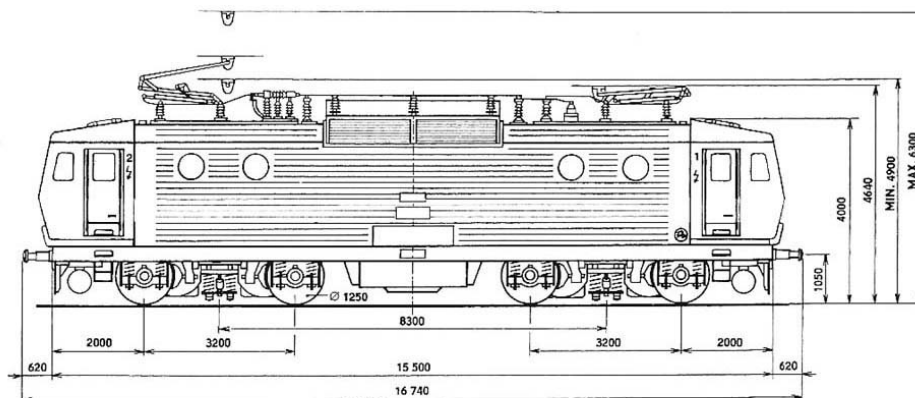
Lokomotiva je vybavena též elektro-dynamickou brzdou (EDB). Sběr proudu zajišťují dva polopantografové sběrače na střeše s pneumatickým olvádáním. Sběrače jsou univerzální a slouží pro oba napájecí systémy. Přepínání napájecího systému je provedeno kombinovanými přepínači/uzemňovači, jež jsou umístěny na střeše, a to až za sběrači. Tyto přepínače jsou ovládány pneumaticky z řídicího stanoviště při volbě trakčního systému. Odpojovače sběračů jsou ovládané ručně ze strojovny.

Řídicí stanoviště je vybaveno unifikovaným ovládacím pultem, na kterém je vedle místa strojvedoucího i prostor pro jeho pomocníka. Více v kapitole 3 *Řídicí stanoviště a jeho ovládací prvky*.

#### 2.2 Odvozené typy

Od lokomotivy 363 jsou odvozené typy 163 (pouze stejnosměrný napájecí systém) a 263 (pouze střídavá trakce). Modernizací pak vznikly typy 362, resp. 162, 262, které mají mj. odlišné zpřevodování a dosahují tak maximální rychlosti 140 km/h.

## 2.3 Výkres



**Výkres 2.1:** Typový výkres (zdroj: *Atlas lokomotiv*[1])

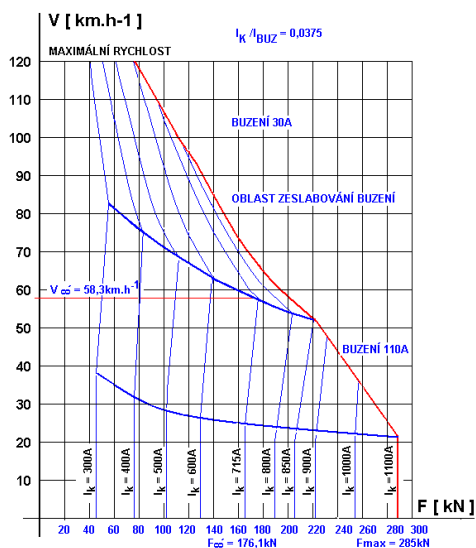
## 2.4 Parametry

Trakční systémy	3 kV = 25 kV / 50 Hz ~
Služební hmotnost	87 t
Průměr nových dvojkolí	1250 mm
Průměr opotřebovaných dvojkolí	1180 mm
Trvalá tažná síla	177 kN
Maximální tažná síla	260 kN
Maximální brzdná síla EDB	162 kN
Trvalý výkon [=]	3 480 kW
Trvalý výkon [~]	3 060 kW
Trvalý výkon EDB	3 000 kW
Maximální výkon	4 950 kW
Trvalý proud kotev	715 A
Maximální proud kotev	1 100 A
Maximální proud buzení	110 A
Trvalá rychlost [=]	66,5 km/h
Trvalá rychlost [~]	59 km/h
Maximální rychlost	120 km/h

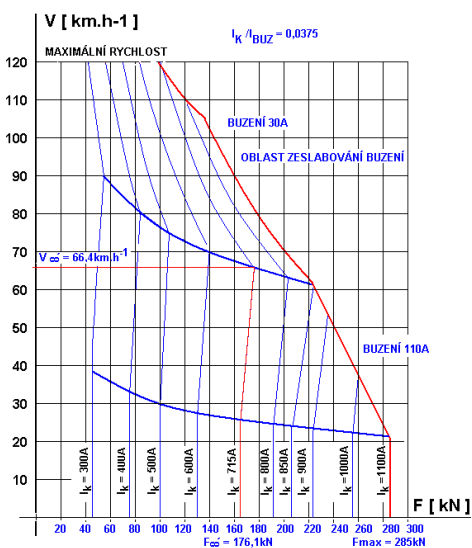
**Tabulka 2.1:** Vybrané parametry (zdroj: *Atlas lokomotiv*[1])

STŘÍDAVÉ AC NAPÁJECÍ NAPĚTÍ 25kV,50Hz  
 4 TRAKČNÍ MOTORY AL4542FIR 765kW, 1150V,715A, 910 ot.min<sup>-1</sup>  
 PŘEVOD 3,52 (81 / 23)  
 Ø KOL (STŘEDNÍ OJETÍ) 1215 mm

STEJNOSMĚRNÉ DC NAPÁJECÍ NAPĚTÍ 3kV  
 4 TRAKČNÍ MOTORY AL4542FIR 765kW, 1150V,715A, 910 ot.min<sup>-1</sup>  
 PŘEVOD 3,52 (81 / 23)  
 Ø KOL (STŘEDNÍ OJETÍ) 1215 mm



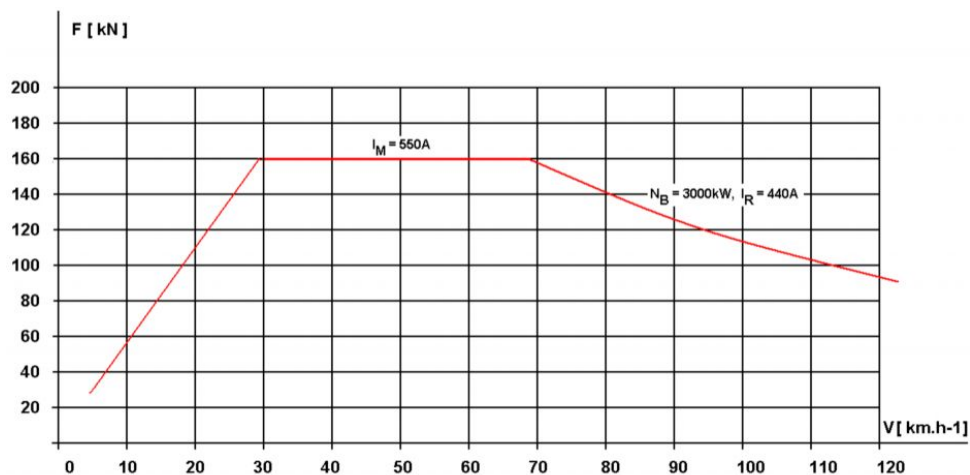
(a) : AC systém



(b) : DC systém

Obrázek 2.1: Vypočtené trakční charakteristiky[9]

BRZDOVÝ ODPOR 7,1013 Ω /400°C  
 4 TRAKČNÍ MOTORY AL4542FIR 765kW, 1150V,715A, 910 ot.min<sup>-1</sup>  
 PŘEVOD 3,52 (81 / 23)  
 Ø KOL (STŘEDNÍ OJETÍ) 1215 mm



Obrázek 2.2: Vypočtené brzdové charakteristiky[9]

## 2.5 Řídicí obvody

Řídicí obvody lokomotivy se stávají z Centrálního řídicího členu (CŘČ), Regulátoru tahu (RT), Elektronické protiskluzové ochrany (PSO) a Regulátoru rychlosti (RR či ARR). Lokomotivu lze v případě poruchy části obvodů řídit v režimu Nouzové jízdy (NJ).

### 2.5.1 Schéma

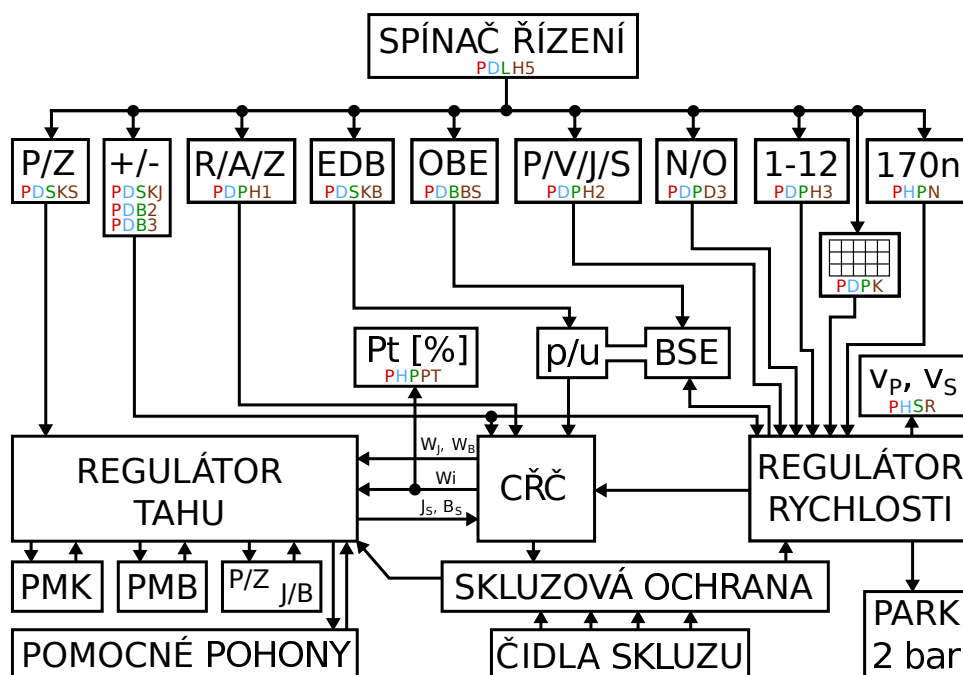


Schéma 2.1: Schéma řídicích obvodů [4]

Ve schématu 2.1 jsou vidět hlavní vazby mezi jednotlivými řídicími obvody a též jejich návaznosti na některé ovládací prvky na řídicím pultu na stanovišti. Do schématu je (oproti originálu) doplněno značení jednotlivých ovládacích prvků pultu, které bylo stanoveno v rámci této práce (viz. 3 Řídicí stanoviště a jeho ovládací prvky).

#### 2.5.1.1 Spínač řízení

Téměř všechny prvky jsou v základu navázány na spínač řízení **PDLH5**. Výjimkami jsou ovladač přímočinné brzdy DAKO-BP a nouzová poloha ovladače samočinné brzdy DAKO-OBE1. V obou případech tyto ovladače obsahují přímo pneumatické ventily a nepotřebují tak k funkci elektrinu. U ovladače DAKO-OBE1 je nouzová poloha jediná ovládaná přímo na stanovišti, zbytek ovládají elektrický brzdič DAKO-BSE ve strojovně.

Spínače řízení obou stanovišť se pak navzájem blokují, takže v jednu chvíli může být sepnuto ovládaní jen jednoho z nich. Dle některých zdrojů by se



navíc samotný knoflík spínačů měl nacházet na lokomotivě jen jeden a mezi stanovišti se přenášet. Vzhledem k mnoha variacím i časovým proměnám jednotlivých lokomotiv však toto obecně platit nemusí/nemuselo.

Sepnutím spínače řízení dojde k připojení napájecího napětí na jednotlivé prvky panelu a tím i k jejich zprovoznění.

#### ■ 2.5.1.2 Přepínání směru

Volba směru se provádí přes směrový válec hlavního kontroléru **PDSKS**, který je napojený přímo do regulátoru tahu. Ten na základě jeho polohy a aktivního stanoviště ovládá směrové přepojovače.

Válec je za jízdy blokován elektromagnetickou západkou. Tu spíná PSO při rychlosti nad 1 km/h. Pro případ poruchy PSO je sepnuta i z RT při rychlosti větší než cca 9 km/h.

#### ■ 2.5.1.3 Zadávání poměrného tahu, resp. rychlosti

Pro úpravu požadovaného poměrného tahu do CRČ v ručním režimu řízení, resp. požadované rychlosti do ARR v automatickém režimu, slouží jízdní válec hlavního kontroléru **PDSKJ** a manévrovací tlačítka **PDBP2**, **PDBP3**. Vztah mezi válcem a tlačítky se mi nepodařilo dohledat. Předpokládám tedy, že manévrovací tlačítka jsou aktivní jen tehdy, je-li jízdní válec v neutrální poloze.

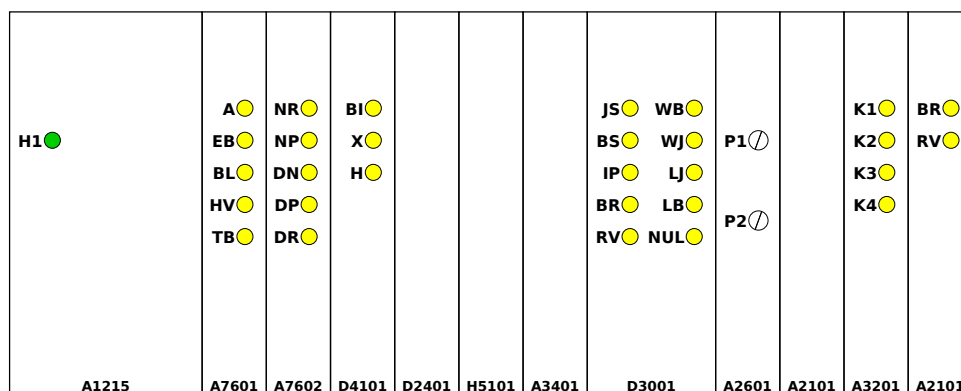
Volbu jednotlivých režimů řízení zajišťuje přepínač **PDPH1**. V ručním režimu se ovládacími prvky zadává požadavek na poměrný tah do CRČ. Poměrný tah na výstupu CRČ lze sledovat na ukazateli **PHPP**.

V automatickém režimu pak CRČ na tyto prvky nereaguje a požadovaný poměrný tah přebírá z ARR. Zmíněnými prvky se pak mění požadovaná rychlost. Požadovanou rychlost je také možné pohodlně zadat pomocí tlačítkové předvolby **PDPK**.

V režimu zkoušky RR je jeho výstup připojen na ukazatel **PHPPT**. Nepodařilo se rovněž dohledat přesný popis chování v tomto režimu, avšak považuji za rozumné předpokládat, že řízení lokomotivy je v tomto případě shodné s ručním režimem. Stejně tak předpokládám, že výše zmíněné základní ovládací prvky jsou napojené pouze do CRČ a do ARR lze během zkoušky zadávat rychlost pouze tlačítkovou předvolbou.

#### ■ 2.5.1.4 Brzdy

Brzdovým válcem hlavního kontroléru **PDSKB** se přes elektropneumatické ventily ovládá plnění elektropneumatického převodníku, kterým se řídí výkon elektrodynamické brzdy (EDB). Přes ovladač elektrického brzdiče DAKO-OBE1 **PDBBS** se ovládá elektrický brzdič samočinné brzdy vlaku DAKO-BSE ve strojovně. Ten je v automatickém režimu řízení ovládán též z ARR. ARR rovněž ovládá parkovací brzdu, resp. při její aktivaci vpouští elektropneumatickým ventilem vzduch o přetlaku 200 kPa do brzdových válců lokomotivy.



Obrázek 2.3: Přední panel CŘČ (horní polovina) [11]

### 2.5.1.5 Vazby mezi řídicími obvody

Ze schématu 2.1 lze vyčíst základní návaznosti mezi jednotlivými řídicími obvody. CŘČ zpracovává požadavky na kladný a záporný tah (jízda/brzda) z jízdního, resp. brzdového, válce hlavního kontroléru a podle toho zadává požadavek na jízdu  $W_J$  nebo brzdu  $W_B$  do regulátoru tahu s tím, že preferovaný je vždy režim brzdy. Když RT přestaví silové obvody do příslušného schématu a zkontroluje přes pomocné kontakty správnost přestavení, vydá zpět signály  $J_S$ , resp.  $B_S$ . Na jejich základě pak CŘČ odblokuje signál poměrného tahu  $W_i$  a s nastavenou strmostí předá žádanou hodnotu do RT. Podle něj pak RT řídí pulzní měniče kotev (PMK) a buzení (PMB) trakčních motorů. RT rovněž ovládá i pomocné pohony - podle velikosti kotevního proudu zadává požadavek na otáčky ventilátorů chlazení trakčních motorů.

Blok elektronické protiskluzové ochrany snímá otáčky všech 4 náprav a dle případného rozdílu vyhodnocuje jejich skluz. K tomu potřebuje znát z CŘČ jízdní režim - zda je lokomotiva v záběru nebo brzdí. V případě skluzu pak předává tuto informaci RT, který podle toho patřičně upraví signály pro PMK daného podvozku.

V automatickém režimu zadává poměrný tah do CŘČ jednotka ARR. Informaci o skutečné rychlosti získává z PSO.

### 2.5.2 CŘČ = Centrální Řídicí Člen

CŘČ pracuje dle schématu 2.2.

Bloky CŘČ a jejich signály, resp. kontroly dle obrázku 2.3, jsou:

- A1215 = Zdroj
  - H1 = přítomnost vstupního napětí +15 V a -15 V
- A7601 = Vstupní převodník
  - A = automatický režim řízení
  - EB = zavedení extrémního brždění při tlaku v potrubí průběžné samočinné vlakové brzdy pod 3 bar

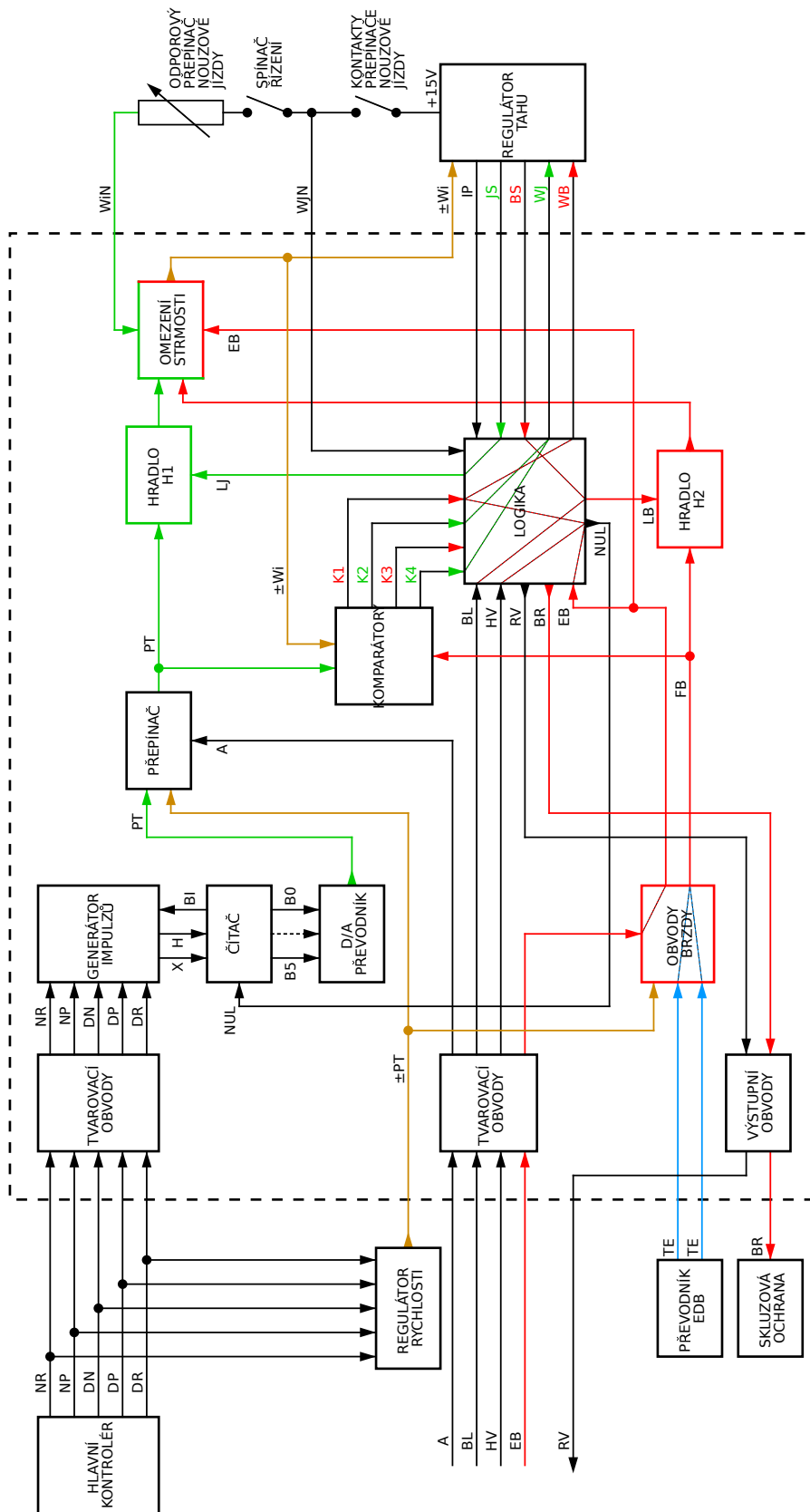


Schéma 2.2: Blokové schéma CRČ [9]

- $BL$  = blokování EDB (výluka)
- $HV$  = vypnutí hlavních vypínačů
- $TB$  = nezapojeno
- A7602 = Vstupní převodník
  - $NR$  = požadován rychlý nárůst poměrného tahu
  - $NP$  = požadován pomalý nárůst poměrného tahu
  - $DN$  = není požadována změna
  - $DP$  = požadován pomalý pokles poměrného tahu
  - $DR$  = požadován rychlý pokles poměrného tahu
- D4101 = Generátor impulzů
  - $BI$  = blokování výstupu impulzů do čítače - čítač ve stavu 0 nebo 63 (naplněn)
  - $X$  = zadán nárůst poměrného tahu; při poklesu  $X = 0$  a LED nesvítí
  - $H$  = indikace impulzů z generátoru do čítače
- D2401 = Bitový čítač
- H5101 = D/A převodník
- A3401 = elektronický přepínač PT + hradlo H1
- D3001 = Blok logických funkcí
  - $JS$  = silové obvody v jízdním režimu (signál z RT)
  - $BS$  = silové obvody v brzdovém režimu (signál z RT)
  - $IP$  = brzdový kotevní proud vyšší než 250 A
  - $BR$  = zaveden brzdový režim, příp.  $Wi < -5\%$   
( $BR = BS + \overline{K4}$ )
  - $RV$  = vyloučení EDB při rychlobrzdě, je-li v poruše
  - $WB$  = požadavek brzdového režimu do RT  
( $WB = K1.K3.\overline{BL} + \overline{K4}$ )
  - $WJ$  = požadavek jízdního režimu do RT  
( $WJ = WJn + K1.K2.K4 + \overline{K3}$ )
  - $LJ$  = silové obvody nejsou v jízdě, příp.  $Wi > -5\%$  a je požadavek jízdy - blokuje výstup signálu z hradla jízdy (H1)
  - $LB$  = silové obvody nejsou v brzdě, příp. brzda je blokována signálem  $BL$  - blokuje výstup signálu z hradla brzdy (H2)
  - $NUL$  = nulování čítače při vypnutí HV nebo při přechodu z automatického režimu řízení do ručního

- A2601 = obvody brzdy + hradlo H2
- A2101 = omezení strmosti nárůstu
- A3201 = Jednotka komparátorů
  - $K1$  = požadavek brzděné síly  $> 5\%$
  - $K2$  = požadavek tažné síly  $> 5\%$
  - $K3$  = výstupní signál  $+Wi < \text{než } 3\%$
  - $K4$  = výstupní signál  $-Wi < \text{než } 3\%$
- A2101 = Jednotka relé
  - $BR$  = zaveden brzdový režim, příp.  $-Wi < -5\%$
  - $RV$  = vyloučení EDB při rychlobrzdě, je-li v poruše

V automatickém režimu přebírá CŘČ z RR signál  $PT$  o požadovaném poměrném tahu. Zároveň do RR předává signál  $v_P$  o požadované rychlosti - signál získává jako výstup ze zadávací jednotky vynásobený 0.66. Díky tomu je zajištěna návaznost při přechodu z ručního do automatického režimu řízení během jízdy.

### ■ 2.5.3 RT = Regulátor tahu

Na základě požadavku poměrného tahu řídí pulzní měniče kotev a buzení trakčních motorů. Zároveň ovládá i měniče pomocných pohonů (ventilátorů chlazení TM, atd.).

### ■ 2.5.4 PSO = Protiskluzová ochrana

PSO snímá otáčky všech čtyř dvojkolí a vyhodnocuje rozdíly. Podle signálu  $BR$  z CŘČ vybírá referenční dvojkolí - v jízdním režimu nejpomalejší, v brzděném pak nejrychlejší. Vůči němu pak porovnává otáčky zbylých os a signál o skluzu prvního či druhého podvozku předává jako signál  $Ma$ , resp.  $Mb$  do RT. Protože však drobný rozdíl vzniká už při průjezdu oblouku, předává do RT zároveň i logický signál  $MLa$ , resp.  $MLb$ , které udávají platnost signálů o skluzu dle nastaveného prahu.

Dle obrázku 4 z dokumentace[27] k modernizované lokomotivě 363.5 jsou čidla otáček pro PSO umístěna na podvozcích vždy křížem - na jedné nápravě podvozku na levé straně, na druhé nápravě na pravé straně. Na straně těchto čidel je rovněž provedeno uzemňovací spojení podvozku s nápravou. Opačná strana náprav je k dispozici pro tachograf a vlakový zabezpečovač, příp. v modernizované verzi pro ETCS.

### ■ 2.5.5 RR = Regulátor rychlosti

Regulátor rychlosti (tempomat) usnadňuje strojvedoucímu řízení lokomotivy. Na základě požadované rychlosti a navolených omezení zadává do CŘČ požadovaný poměrný tah.

### ■ 2.5.6 Nouzová jízda

Pro přepnutí do režimu nouzové jízdy je nejprve nutno přepnout přepínač **DLL3** do polohy **NJ**. Dle některých zdrojů[4][9] je následně nutné knoflík vyjmout a vložit do přepínače nouzové jízdy. Podle mnoha fotografií a videí z jízdy je ale zřejmé, že v mnoha lokomotivách je knoflík v přepínači nouzové jízdy osazen trvale. Předpokládám však, že na postupu to nic nemění, a pro zavedení nouzové jízdy je třeba ve výše zmíněném pořadí použít oba přepínače.

Pro ovládání lokomotivy v režimu nouzové jízdy slouží přepínač **PDLH3**. Po jeho přepnutí do polohy „druhá nula“ dojde k odpojení napájení CŘČ a k připojení náhradního napájení +15 V (z RT). Vyřazením CŘČ z činnosti dojde k odpadnutí relátek v jeho výstupních obvodech. Nouzový signál  $W_JN$  o napětí +15 V se tak dostane do RT jako  $W_J$  (požadavek kladného poměrného tahu). Přes odporový dělič přepínače pak je přiváděn signál  $W_{iN}$  o napětí 0-10 V jako signál  $W_i$  do RT. Lokomotivu tak lze nouzově řídit v 10 stupních poměrného tahu, avšak volbu je třeba provádět pomalu, protože při vyřazeném CŘČ není prováděna kontrola signálu  $J_S$  (přípravenost silových obvodů a RT) před odblokováním signálu  $W_i$  a rovněž není omezena jeho strmost.

## Kapitola 3

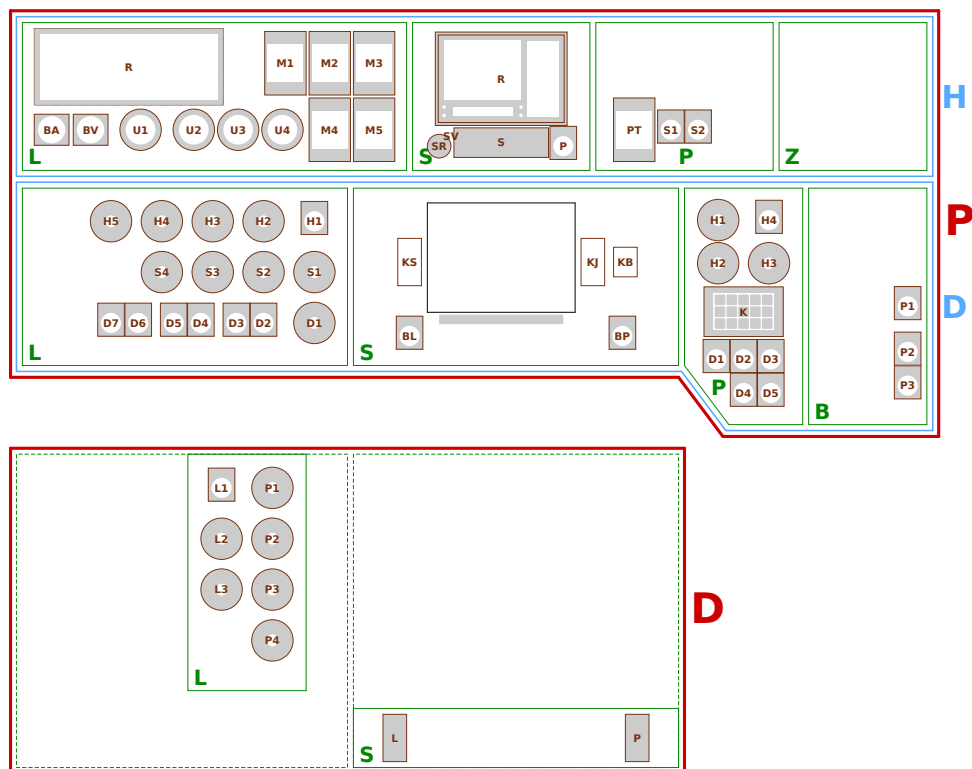
### Řídicí stanoviště a jeho ovládací prvky



Obrázek 3.1: Řídicí pult lokomotivy 363.055-5 (zdroj: *Atlas lokomotiv*[1])

### 3.1 Panely

Řídicí stanoviště je rozděleno na samostatné panely (prakticky stejně jako ve skutečnosti). Zatím však byly rozpracovány jen panely hlavního řídicího pultu. Pro zjednodušení orientace byly panely i jejich jednotlivé prvky označeny (viz. Obr. 3.2). Značení je nicméně vlastní, s reálným značením se neshoduje.



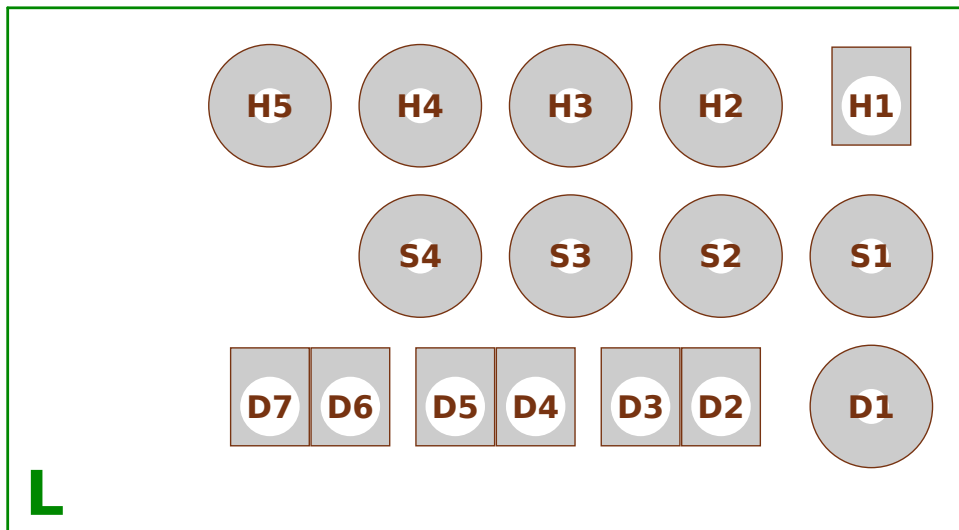
Obrázek 3.2: Značení jednotlivých panelů a prvků ovládacího pultu

Značení panelů i prvků vychází téměř výhradně z umístění (Horní, Prostřední/Pult, Dolní, Levý, Střední, Pravý) nebo funkce (Brzdový, Zabezpečovací, Kontrolér, Baterie, Ukazatel, Měřák). Takovéto značení se zdá být pro tuto práci mnohem vhodnější než originální, které vychází z elektrických schémat (a většina spínačů na pultu tak má označení *S1xy*, atd.).

Nad čelními okny se nachází ještě dva panely se signálkami. Většina z nich slouží pro přesnější lokalizaci poruchy, kterou signalizuje centrální kontrolka PHSP. Mimo nich jsou zde i kontrolky sepnutí pomocného kompresoru, nebo zapnutého vytápění odvodňovacích kohoutů hlavních vzduchojemů. U panelů se nachází ještě bzučák pro akustickou signalizaci.



### 3.1.1 P-D-L (pult - dolní - levý)

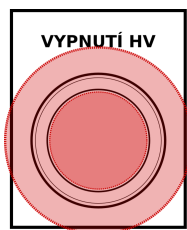


Obrázek 3.3: Panel PDL - značení prvků

Levý dolní panel sdružuje prvky pro ovládání systémů lokomotivy - sběračů, HV, kompresorů, osvětlení, atd.

- **H1** = vypnutí hlavního vypínače
- **H2** = přepínač systémů a ovládání hlavních vypínačů
- **H3** = ovládání tahu v režimu nouzové jízdy
- **H4** = spínač vlakového topení
- **H5** = spínač řízení
- **S1** = volič sběračů
- **S2** = ovládání kompresoru 1 a pomocného kompresoru
- **S3** = ovládání kompresoru 2
- **S4** = přepínač ventilátorů trakčních motorů
- **D1** = spínač dálkového reflektoru
- **D2..D3** = přepínače osvětlení měřicích přístrojů a kabiny
- **D4..D7** = přepínače návěstních světel

### 3.1.1.1 H1

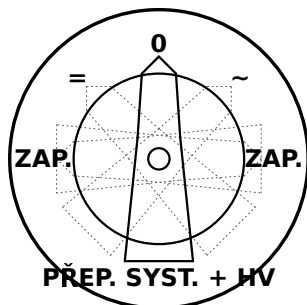


Obrázek 3.4: PDLH1

#### Vypnutí hlavního vypínače

T6H-R

### 3.1.1.2 H2



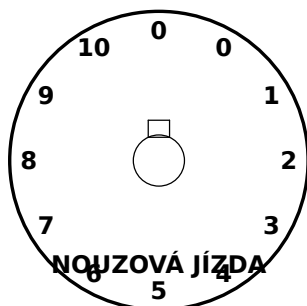
Obrázek 3.5: PDLH2

#### Přepínač systémů a ovládání hlavních vypínačů

MS8-6/1D→3A←1D

- **ZAP.** = zapnutí DC HV, start DC systému
- **=** = volba DC systému
- **0** = vypnutí hlavních vypínačů
- **~** = volba AC systému
- **ZAP.** = zapnutí AC HV, start AC systému

### 3.1.1.3 H3



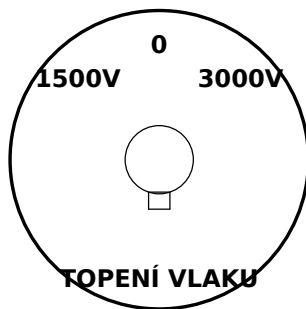
Obrázek 3.6: PDLH3

#### Ovládání tahu v režimu nouzové jízdy

MS12-0/12A

- **0** = vypnuto
- **0 („druhá nula“)** = aktivace režimu nouzové jízdy
- **1-10** = regulace tahu NJ

#### 3.1.1.4 H4



Obrázek 3.7: PDLH4

#### Spínač vlakového topení

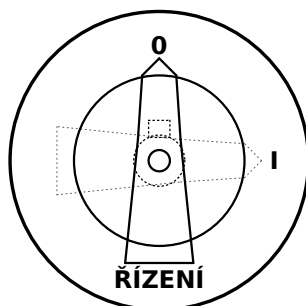
MS8-7/3A

- 1500V = vlakové topení připojené na 1,5 kV
- 0 = topení vypnuto
- 3000V = vlakové topení připojené na 3 kV

Tento spínač nemá standardní knoflík, ale pasuje do něj klíč od vnějších zásuvek vlakového topení. Z této zásuvky lze vyjmout jen v poloze, kdy je v ní připojená a zajištěná vidlice topení od vlaku. Na lokomotivě jsou tyto klíče vždy jen na počet zásuvek, což zajišťuje určitou ochranu, aby zásuvka nebyla pod napětím během připojování a odpojování.

Pro DC systém je topení připojené hned za hlavním vypínačem stejnosměrného systému a funguje tak pouze v poloze **3000V**, tj. na napětí 3 kV z troleje. U střídavého systému je topení připojeno na vlastní dvě sekundární vinutí trakčního transformátoru o jmenovitém napětí  $2 \times 1538 \text{ V}$  [9]. Volba výstupního napětí se pak provádí jejich sériovým či paralelním spojením a funkční jsou tedy obě polohy spínače.

#### 3.1.1.5 H5



Obrázek 3.8: PDLH5

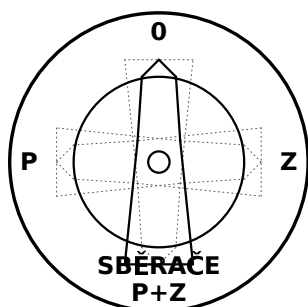
#### Spínač řízení

MS4-0/2A

- 0 = stanoviště vypnuté
- I = zapnutí řízení z tohoto stanoviště

Jak již bylo zmíněno v 2.5.1.1 *Spínač řízení*, spínače obou stanovišť jsou navzájem blokovány. V dokumentaci k modernizované lokomotivě [27, kap. 7.2.2] je pak i zmínka, že v případě sepnutí spínače řízení na obou stanovištích zároveň dojde z důvodu kolize k bezpečnostnímu vypnutí. Více tam není uvedeno, což ponechává značné množství otázek (zvláště vzhledem k dalším odstavcům o startu řídicího systému). V rámci práce tedy předpokládám odlišné chování, že při sepnutí jednoho spínače je druhý zcela odpojený od napájení a na chod lokomotivy už pak nemá vliv.

■ 3.1.1.6 S1



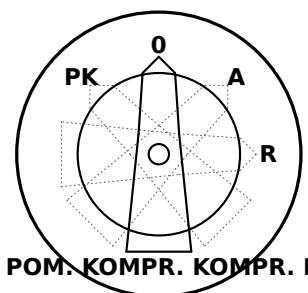
Obrázek 3.9: PDLS1

Spínač sběračů

MS4-X/4A

- 0 = sběrače staženy
- Z = zadní sběrač
- P+Z = oba sběrače
- P = přední sběrač

■ 3.1.1.7 S2



Obrázek 3.10: PDLS2

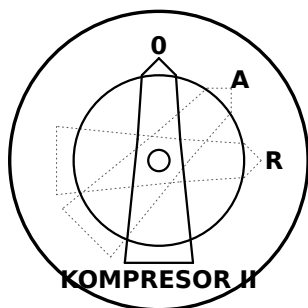
Spínač kompresoru 1 a pomocného kompresoru

MS8-7/4A

- PK = zapnutý pomocný kompresor
- 0 = kompresory vypnuty
- A = automatické spínání kompresoru 1
- R = zapnutý kompresor 1

Pomocný kompresor je určen především jako zdroj tlakového vzduchu pro prvotní zvednutí sběračů a sepnutí hlavního vypínače. Je napájen z lokomotivní baterie a lze ho tedy spustit nezávisle na trakčním napětí. Kompresor 1 (stejně jako shodný kompresor 2) pak je již výkonnější a je napájen přes měnič pomocných pohonů z trolejového vedení.

■ 3.1.1.8 S3



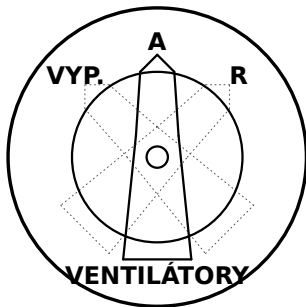
Obrázek 3.11: PDLS3

Spínač kompresoru 2

MS8-0/3A

- 0 = kompresor vypnut
- A = automatické spínání kompresoru 2
- R = zapnutý kompresor 2

### 3.1.1.9 S4



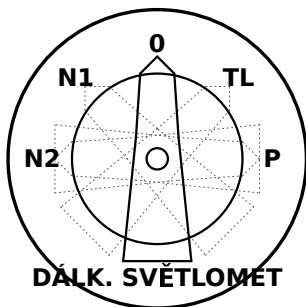
Obrázek 3.12: PDL S4

#### Přepínač ventilátorů trakčních motorů

MS8-7/1D→2A

- **VYP.** = zastavení ventilátorů (z dochlazovacího režimu)
- **A** = automatické řízení otáček ventilátorů
- **R** = ventilátory zapnuté na plný výkon

### 3.1.1.10 D1



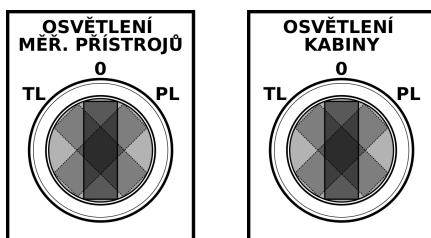
Obrázek 3.13: PDL D1

#### Spínač dálkového reflektoru

MS8-6/5A

- **N2** = zapnutý reflektor s přemostěním 1. výbojky (plný výkon 2. výbojky)
- **N1** = zapnutý reflektor s přemostěním 2. výbojky (plný výkon 1. výbojky)
- **0** = reflektor vypnut
- **TL** = tlumené světlo
- **P** = plné světlo reflektoru

### 3.1.1.11 D2..D3



(a) : PDL D3

(b) : PDL D2

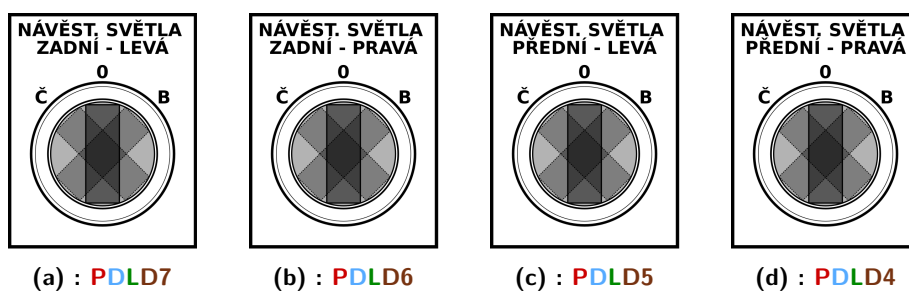
Obrázek 3.14: PDL D3..D2

#### Přepínače osvětlení

T6B-K

- **TL** = tlumené osvětlení
- **0** = osvětlení vypnuto
- **PL** = plné osvětlení

■ 3.1.1.12 D4..D7



Obrázek 3.15: PDL D7..D4

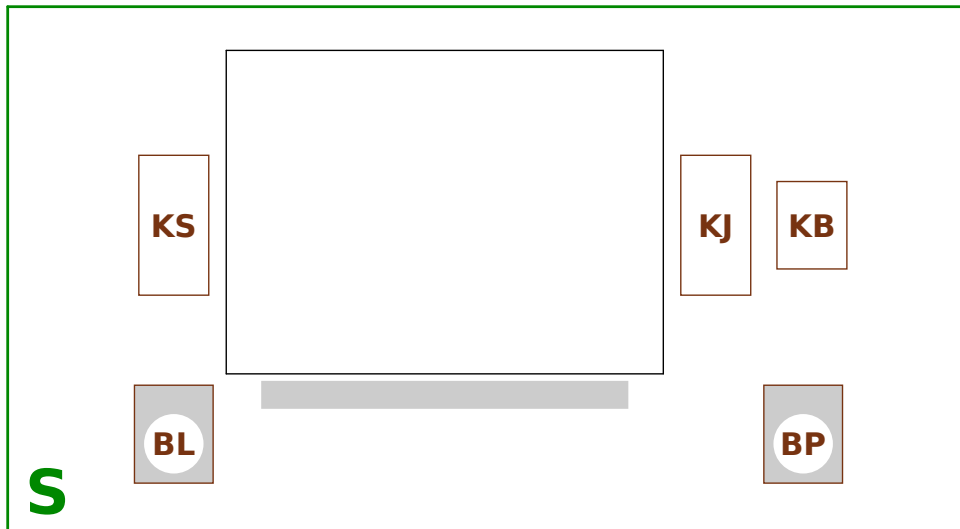
Přepínače návěstních světel

T6B-K

- Č = červené světlo
- 0 = vypnuto
- B = bílé světlo

Přepínač PDL D5 navíc v poloze B spíná i horní bílé návěstní světlo (umístěné u reflektoru) na daném čele lokomotivy. V modernizovaných lokomotivách má pak toto světlo obvykle vlastní spínač (v souladu se zavedeným značením by byl označen PDL D8).

### 3.1.2 P-D-S (pult - dolní - střední)

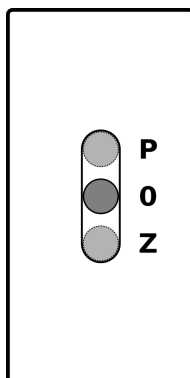


Obrázek 3.16: Panel PDS - značení prvků

Na tomto centrálním panelu (nachází se přímo před strojvedoucím) jsou umístěny hlavní ovládací prvky - páky válců hlavního kontroléru a tlačítka bdělosti. Je zde také místo pro jízdní řád s jeho „držákem“, který umožňuje přidržení jízdního řádu (či jiných papírů) pomocný posuvných pružin.

- **KS** = směrový válec kontroléru
- **KJ** = jízdní válec kontroléru
- **KB** = brzdový válec kontroléru
- **BL, BP** = tlačítka bdělosti

#### 3.1.2.1 KS



#### Páka směrového válce hlavního kontroléru

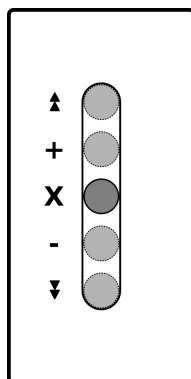
L3-n1/3A

- **P** = jízda vpřed
- **0** = neutrál
- **Z** = jízda vzad

Obrázek 3.17: PDSKS

Zadáva požadovaný směr jízdy do RT. Za jízdy blokována elektromagnetickou západkou.

### 3.1.2.2 KJ



Obrázek 3.18: PDSKJ

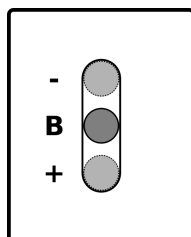
Zadáva požadavek tažné síly (kladného poměrného tahu) do CŘČ, resp. změnu požadované rychlosti do RR.

#### Páka jízdního válce hlavního kontroléru

L5-n2/1A-1D→1A←2D

- ↑ = narůstání rychlé
- + = narůstání pomalé
- X = nulová poloha (beze změny)
- - = snižování pomalé
- ↓ = snižování rychlé

### 3.1.2.3 KB



Obrázek 3.19: PDSKB

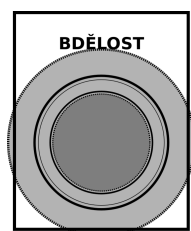
Ovládá plnění elektropneumatického převodníku EDB.

#### Páka brzdového válce hlavního kontroléru

L3-n1/1D→1A←1D

- - = snížení brzdné síly EDB
- B = nulová poloha (beze změny)
- + = zvýšení brzdné síly EDB

### 3.1.2.4 BL, BP



Obrázek 3.20: PDSBx

#### Tlačítka bdělosti

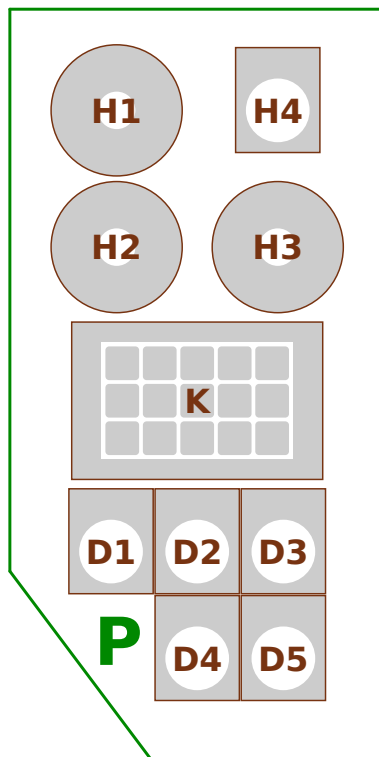
T6H-K

Napojená na VZ, kontrolují bdělost strojvedoucího v případě, kdy VZ nemá informace z tratě, příp. kdy tyto informace nedovolují jízdu signálem *VOLNO*. VZ rovněž kontroluje jejich správné obslužení - jejich držení je ignorováno a stisk je navíc registrován jen ve vyhrazeném časovém okně.

Obslužení VZ je nicméně zajištěno také používáním dalších prvků na panelu, viz. .



### 3.1.3 P-D-P (pult - dolní - pravý)

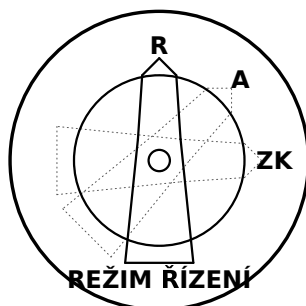


Obrázek 3.21: Panel PDP

Pravý dolní panel sdružuje prvky týkající se jízdy. Jsou zde voliče režimu řízení a jízdního režimu, ovladače pro RR, a přidružené spínače pro píšťalu, pískování, a další systémy související s jízdou.

- H1 = přepínač režimu řízení
- H2 = volič režimu jízdy RR
- H3 = omezení poměrného tahu v automatickém režimu
- H4 = volba frekvence VZ
- K = souprava tlačítkové předvolby rychlosti
- D1 = tlačítko píšťaly
- D2 = konec omezené rychlosti
- D3 = volba druhu vlaku
- D4 = tlačítko pískování
- D5 = tlačítko lokomotivního odbrzdovače

#### 3.1.3.1 H1



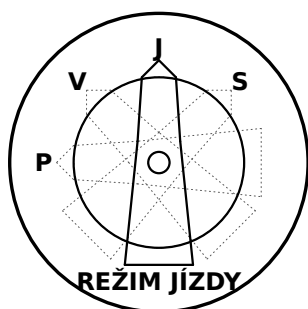
Obrázek 3.22: PDPH1

#### Přepínač režimu řízení

MS8-0/3A

- R = ruční (zadávání poměrného tahu)
- A = automatický s RR (zadávání požadované rychlosti)
- ZK = zkouška automatiky (RR)

### 3.1.3.2 H2



Obrázek 3.23: PDPH2

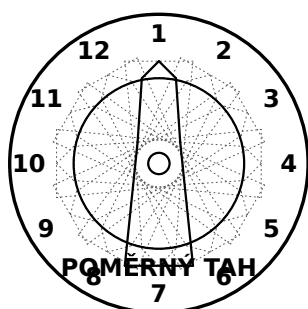
#### Přepínač režimu jízdy RR

MS8-6/3A←1D

- P = parkování
- V = výběh - blokován kladný poměrný tah
- J = jízda
- S = souhlas - povolení kladného poměrného tahu

Polohu „souhlas“ je nutné použít pro prvotní rozjezd (a držet spínač v této poloze až do rychlosti 1,5 km/h). Stejně tak je nutné touto polohou opětovně odblokovat kladný poměrný tah po ručním zásahu do řízení ovladačem EDB nebo ovladačem průběžné vlakové brzdy (PDSKB, resp. PDBBS).

### 3.1.3.3 H3



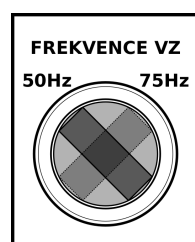
Obrázek 3.24: PDPH3

#### Omezení poměrného tahu v automatickém režimu

MS12-0/12A

- 1-12 = nastavení tahu
- 1 = EDB vyřazena
- 7-12 = výkon EDB je 100 %

### 3.1.3.4 H4



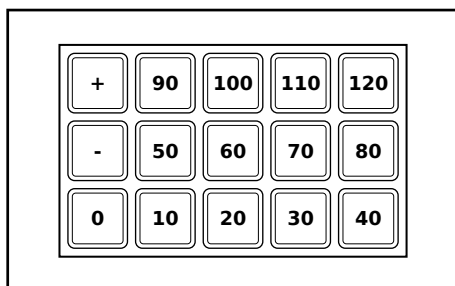
Obrázek 3.25: PDPH4

#### Nastavení frekvence vlakového zabezpečovače

T6G-K

- 50Hz
- 75Hz

### 3.1.3.5 K



Obrázek 3.26: PDPK

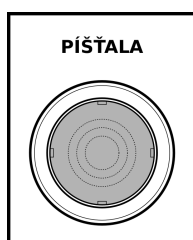
#### Předvolby rychlosti pro RR

KP

- + = zvýšení předvolené rychlosti o 2 km/h
- - = snížení předvolené rychlosti o 2 km/h
- 0-120 = předvolby rychlosti v km/h

Krok pro použití tlačítek + a - byl zvolen v této práci s ohledem na krok tlačítek předvolby, který je 10 km/h. Skutečný krok se dosud nepodařilo dohledat.

### 3.1.3.6 D1

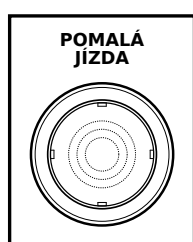


Obrázek 3.27: PDPD1

#### Tlačítko píšťaly

T6A-K

### 3.1.3.7 D2



Obrázek 3.28: PDPD2

#### Konec omezené rychlosti

T6C-W

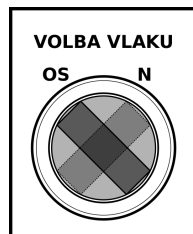
Rychlost platí od značky či návěstidla, které ji nařizují. Je-li nižší, musí strojvedoucí snížit rychlost již před tímto úsekem, aby do něj vjžděl maximálně touto předepsanou rychlostí. Povoluje-li značka či návěstidlo rychlost vyšší, musí před jejím zvýšením strojvedoucí počkat, dokud se celý vlak do tohoto úseku nedostane.

Při jízdě s RR může strojvedoucí využít soupravy pro měření ujeté dráhy, kdy při míjení začátku úseku stiskne toto tlačítko a následně může předvolit

rychlost v tomto úseku. Regulátor nejprve počká, než vlak ujede nastavenou vzdálenost (odpovídající délce vlaku), a pak teprve rychlost zvýší.

Při aktivovaném měření dráhy je toto tlačítko podsvíceno.

### 3.1.3.8 D3



Volba vlaku

T6G-K

- OS = osobní
- N = nákladní

Obrázek 3.29: PDPD3

Nastavuje parametry regulace do regulátoru rychlosti.

### 3.1.3.9 D4



Tlačítko pískování

T6A-K

Obrázek 3.30: PDPD4

### 3.1.3.10 D5

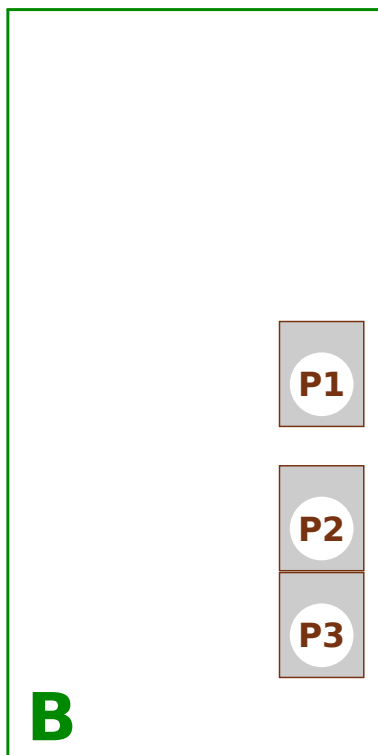


Tlačítko lokomotivního odbrzdovače

T6A-K

Obrázek 3.31: PDPD5

### 3.1.4 P-D-B (pult - dolní - brzdový)

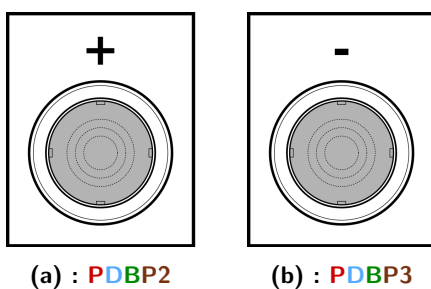


- **BP** = brzdič lokomotivní brzdy
- **BS** = ovladač vlakové brzdy
- **P1** = přepínač automatického spřáhla
- **P2, P3** = manévrovací tlačítka volby výkonu

Obrázek 3.32: Panel **PDB**

Ovladače brzd vyplňují většinu zbylé části panelu, nicméně jejich výkresy nejsou zpracovány. V horní části se nachází brzdič přímočinné lokomotivní brzdy **PDBBP**, v dolní části vlevo od tlačítek pak je umístěn ovladač brzdiče průběžné vlakové brzdy **PDBBS**.

#### 3.1.4.1 P2..P3



Obrázek 3.33: **PDBP2..P3**

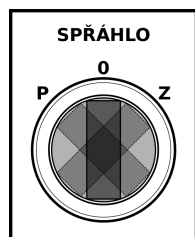
#### Manévrovací tlačítka volby výkonu

T6A-K

- **+** = zvýšení poměrného tahu nebo rychlosti
- **-** = snížení poměrného tahu nebo rychlosti

Tlačítka mají stejnou funkci jako polohy + a - jízdního válce hlavního kontroléru **PDSKJ**. Jejich umístění u okna umožňuje strojvedoucímu mj. rozjezd v ručním řízení zároveň s dobrým výhledem na nástupiště.

#### 3.1.4.2 P1



Obrázek 3.34: PDBP1

#### Vypínač automatického spřáhla

T6B-K

- P = přední spřáhlo
- 0 = spřáhla neaktivní
- Z = zadní spřáhlo

#### 3.1.4.3 BP

#### Brzdič přímočinné lokomotivní brzdy

DAKO-BP

Jedná se o pneumatický ovladač, který přímo ovládá tlak v brzdových obvodech lokomotivy. Úhel jeho natočení je přímo uměrný tlaku v brzdových válcích lokomotivy. Při plném účinku brzdy je rukojeť natočena směrem ke strojvůdci, odbržděna je při otočení po směru hodinových ručiček až téměř ke svislým panelům pultu.

#### 3.1.4.4 BS

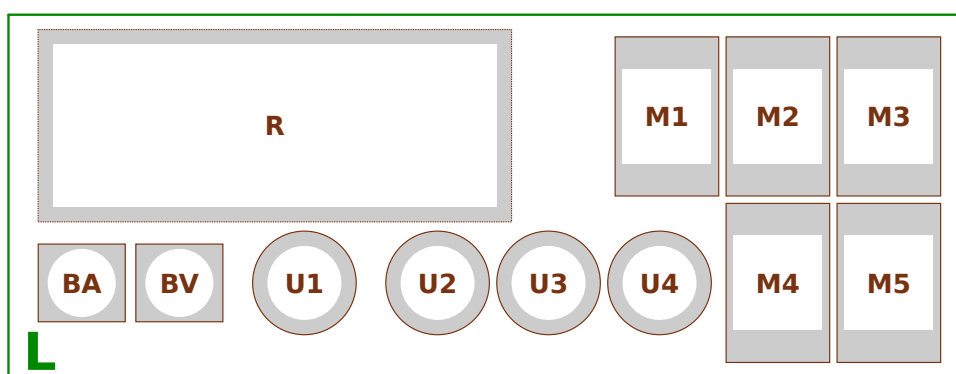
#### Elektrický ovladač brzdiče samočinné průběžné vlakové brzdy

DAKO-OBE1

- Š = vysokotlaký plnicí švih
- P = nízkotlaké přebití
- Z = závěr brzdiče
- O = provozní odbrzdění (snížení brzdné síly)
- J = jízdní poloha (beze změny zadané brzdné síly)
- B = provozní brzdění (zvýšení brzdné síly)
- R = rychlobrzda

Ovládá elektrický brzdič DAKO-BSE ve strojovně. Přímo pneumaticky účinkuje pouze v poloze rychlobrzdy, kdy ventilem (integrováním v ovladači) vypustí vzduch z průběžného potrubí vlakové brzdy.

### ■ 3.1.5 P-H-L (pult - horní - levý)



Obrázek 3.35: Panel PHL - značení prvků

Levý horní panel s indikačními prvky. Podobně jako panel PDL sdružuje ukazatele týkající se systémů lokomotivy - ukazatele baterie, trolejového napětí, sepnutí HV a proudy TM.

- BA = ampérmetr baterie
- BV = voltmetr baterie
- U1 = ukazatel zapnutí vlakového topení
- U2 = terčový ukazatel zapnutí DC HV
- U3 = terčový ukazatel napájecího systému
- U4 = terčový ukazatel zapnutí AC HV
- M1 = trolejové napětí DC
- M2 = trolejové napětí AC
- M3 = proud kotev první motorové skupiny (1-2)
- M4 = proud buzení
- M5 = proud kotev druhé motorové skupiny (3-4)
- R = radiostanice Tesla TRS

Pohledové výkresy prvků tohoto panelu zatím nebyly vytvořeny, dále je tedy uveden jen jejich seznam spolu s typovým označením.

#### ■ 3.1.5.1 BA

##### Ampérmetr baterie

BM-K-A-n?,?+?-?

Z dostupných fotografií či videí se bohužel zatím nepodařilo vyčíst stupnici tohoto měřáku, proto jsou v označení zatím otazníky.

### ■ 3.1.5.2 BV

#### Voltmetr baterie

---

BM-K-V-100+20-10,5

### ■ 3.1.5.3 U1

#### Terčový ukazatel zapnutí vlakového topení

---

TU-3

### ■ 3.1.5.4 U3

#### Terčový ukazatel napájecího systému

---

TU-3

---

- = = stejnosměrné napětí v troleji
- 0 = bez indikace (trolej bez napětí)
- ~ = střídavé napětí v troleji

### ■ 3.1.5.5 U2, U4

#### Terčové ukazatele zapnutí stejnosměrného (PHLU2), resp. střídavého (PHLU4) hlavního vypínače

---

TU-2

---

- vodorovně = HV vypnutý
- svisle = HV zapnutý

### ■ 3.1.5.6 M1

#### Voltmetr trolejového napětí pro DC systém

---

M-K-kV-4+1-0.5,0.1+G,2,3.6

### ■ 3.1.5.7 M2

#### Voltmetr trolejového napětí pro AC systém

---

M-K-kV-35+10,35-5,1+G,19,27



■ 3.1.5.8 M4

Ampérmetr budicího proudu TM

---

M-K-A-150+30-10,5

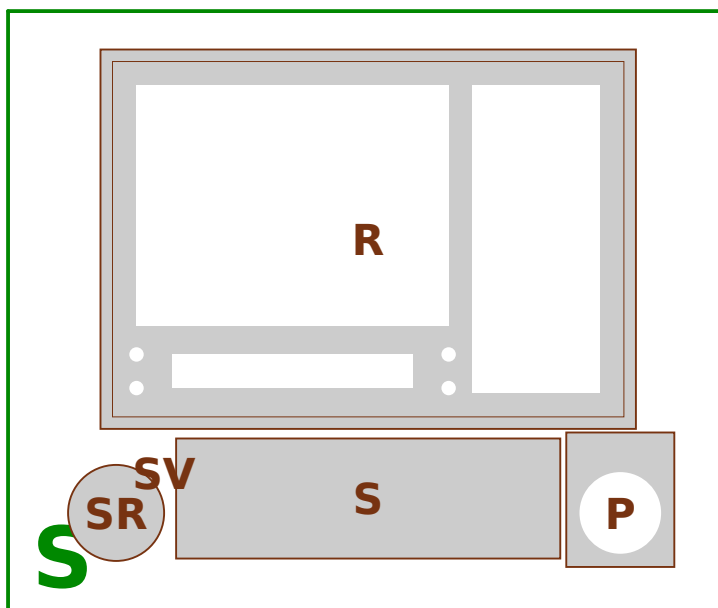
■ 3.1.5.9 M3, M5

Ampérmetry kotevního proudu TM první (PHLM3), resp. druhé (PHLM5) motorové skupiny

---

M-K-kA-1.5+0.3-0.05

### 3.1.6 P-H-S (pult - horní - střední)

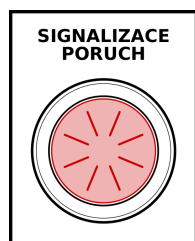


Obrázek 3.36: Panel PHS - značení prvků

Panel se nachází přímo před strojvedoucím a obsahuje tak nejdůležitější indikační prvky - rychloměr a centrální kontrolku zásahu ochran. Zároveň je k němu upevněna lampička pro osvětlení jízdního řádu na panelu PDS.

- **R** = rychloměr, viz. poznámka níže
- **P** = signálka poruch (zásahu ochran)
- **S** = lampička jízdního řádu
- **SV, SR** = vypínač lampičky jízdního řádu, příp. regulace intenzity osvětlení

#### 3.1.6.1 P



Centrální kontrolka zásahu ochran

T6E-R

Obrázek 3.37: PHSP

### 3.1.6.2 Rychloměr

V prvních verzích lokomotivy byl do panelu zastavěn indikátor rychlosti se dvěma stopami[4] (viz. Obr. 3.38a) a sloužil jen pro potřeby RR. Pro potřeby ručního řízení a kontrolu pak sloužily mechanické rychloměry umístěné nad pultem na svislé přepážce mezi čelními okny. Na prvním stanovišti byl instalován registrační rychloměr, na druhém pak už jen základní indikační.

Během oprav a modernizací byl indikátor se stopami nahrazen novým panelem, kde stopy nahradily řady LED (viz. Obr. 3.38b). Navíc na něm přibyly tři sedmi-segmentové LED displeje pro digitální zobrazení aktuální rychlosti[30].

V razantněji modernizovaných lokomotivách pak byl instalován elektronický rychloměr UniControls-Tramex RE1xx. Indikátory rychlosti byly na stanovištích nahrazeny indikačními jednotkami RJI1xx (obvykle horizontálními do 140 km/h s černým podkladem, tj. RJI16x2.31AB dle[29], viz. Obr. 3.39) a rychloměry nad pultem mezi čelními okny byly odstraněny.



(a) : se stopami[4]

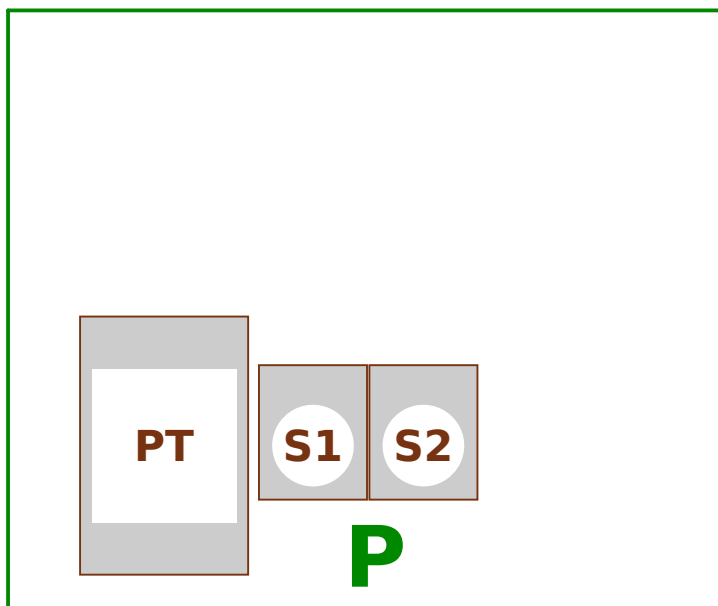
(b) : s řadami LED[30]

Obrázek 3.38: Indikátory rychlosti



Obrázek 3.39: UniControls-Tramex RJI16x2.31AB[28]

### ■ 3.1.7 P-H-P (pult - horní - pravý)



Obrázek 3.40: Panel PHP - značení prvků

Panel sdružuje ukazatele související s jízdou a bržděním lokomotivy i vlaku, tj. manometry, ukazatel tahu a kontrolky stavů brzdíče DAKO-BSE. Navíc se na tomto pultu nachází i ovládací prvek - zadávací číselník pro soupravu měření délky vlaku.

- **T1** = dvojitý manometr pro tlak v hlavním vzduchojemu a v potrubí průběžné brzdy vlaku
- **T2** = dvojitý manometr pro tlak v brzdových válcích lokomotivy a tlak v elektropneumatickém převodníku EDB
- **PT** = ukazatel poměrného tahu
- **S1** = signálka závěru brzdíče DAKO-BSE
- **S2** = kontrolka zvýšeného průtoku v potrubí průběžné vlakové brzdy
- **N** = číselník pro nastavení počtu náprav

Manometry **T1** a **T2** zabírají horní část panelu. Číselník **N** pak zabírá pravý dolní roh. Prvky nejsou zakreslené, protože skripty pro generování jejich výkresů nebyly zatím zpracovány.

#### ■ 3.1.7.1 T1

**Dvojitý manometr pro tlak v hlavním vzduchojemu a v potrubí průběžné brzdy vlaku**

---

PG-R,K-bar-16+1-0.2+R,10-K,5

### ■ 3.1.7.2 T2

Dvojitý manometr pro tlak v brzdových válcích lokomotivy a tlak v elektropneumatickém převodníku EDB

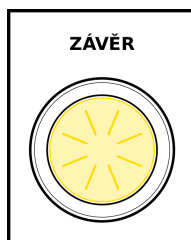
PG-R,K-bar-12+1-0.2+R,6.8-K,4

### ■ 3.1.7.3 PT

Ukazatel poměrného tahu

M-K-F-n10,10+5-2.5,0.5

### ■ 3.1.7.4 S1

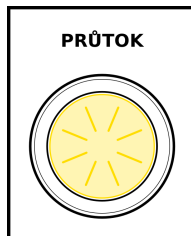


Signálka závěru brzdiče DAKO-BSE

T6E-Y

Obrázek 3.41: PHPS1

### ■ 3.1.7.5 S2



Kontrolka zvýšeného průtoku v potrubí průběžné vlakové brzdy

T6E-Y

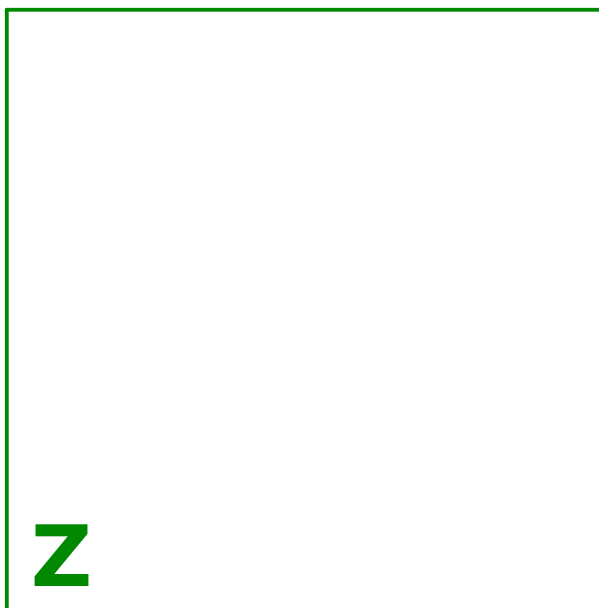
Obrázek 3.42: PHPS2

### ■ 3.1.7.6 N

Číselník pro nastavení počtu náprav

Pomocí něj se nastavuje délka vlaku do RR, přičemž jedna náprava odpovídá délce šesti metrů (a maximálně lze nastavit 170 náprav)[4].

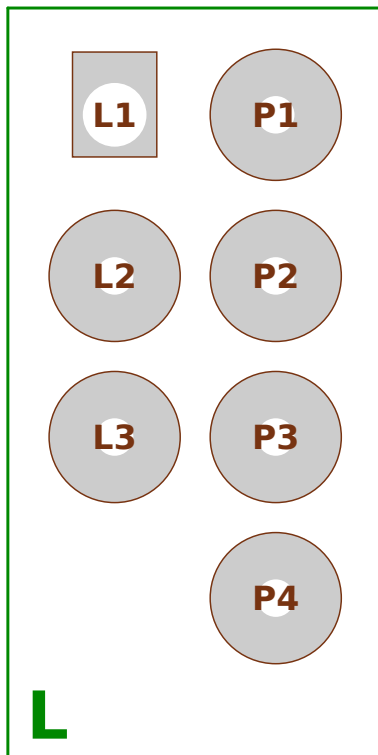
### ■ 3.1.8 P-H-Z (pult - horní - zabezpečovací)



Obrázek 3.43: Panel PHZ - značení prvků

Panel obsahuje v levé části návěstní opakovač vlakového zabezpečovače LS IV, jehož výkres však zatím nebyl zpracován. Na některých lokomotivách je zde osazen opakovač novějšího zabezpečovače LS 06[12], spolu s ovládacím panelem (u LS IV k tomu slouží samostatný panel nalevo od hlavního pultu).

### ■ 3.1.9 D-L (dolní - levý)



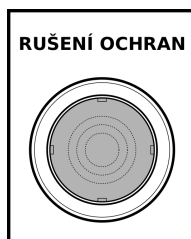
Obrázek 3.44: Panel **DL**

Panel **DL** tvoří svislou střední konzoli pod ovládacím pultem - nachází se tedy po levé straně místa strojvedoucího. Jsou na něm podružné prvky pro ovládání topení či stěračů a přepínače diagnostiky, příp. nouzového dojetí lokomotivy při poruše některých jejích částí.

- **L1** = tlačítko rušení ochran / start UNIPULSu
- **L2** = vypínač motorových skupin
- **L3** = spínač nouzové jízdy
- **P1** = spínač stěračů a ostřikovačů čelních skel
- **P2** = přepínač topení stanoviště
- **P3** = spínač topení odvodňovacích kohoutů hlavních vzduchojemů a jejich dálkového ovládání
- **P4** = přepínač rozmrazovačů čelních skel

V originálu panel rovněž obsahuje osvětlení, prostorový termostat, nebo zásuvku pro potřeby strojvedoucího. Tyto prvky jsou pro model zcela zbytečné a panel byl tedy zmenšen jen na rozměry ovládacích spínačů. Díky tomu je možné tento panel, coby samostatnou část pultu, zavěsit podle potřeby pod rám hlavní části.

#### ■ 3.1.9.1 L1



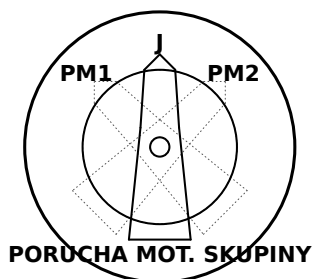
Obrázek 3.45: **DL**L1

**Tlačítko rušení signalizace ochran**

T6A-K

Toto tlačítko slouží rovněž pro start měniče UNIPULS během přípravy lokomotivy k provozu.

### 3.1.9.2 L2



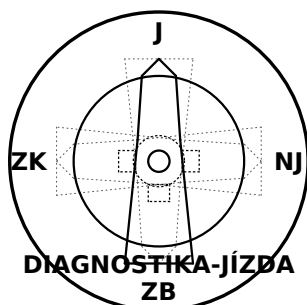
Obrázek 3.46: DLL2

#### Vypínač motorových skupin

MS8-7/3A

- **PM1** = vyřazení první motorové skupiny (pulzních měničů kotev prvního podvozku)
- **J** = jízda / běžný stav (aktivní obě skupiny)
- **PM2** = vyřazení druhé motorové skupiny (pulzních měničů kotev druhého podvozku)

### 3.1.9.3 L3



Obrázek 3.47: DLL3

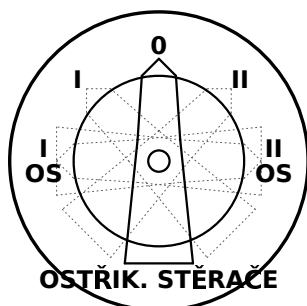
#### Spínač nouzové jízdy

MS4-0/4A

- **J** = jízda
- **NJ** = nouzová jízda
- **ZB** = zkouška pulzních měničů buzení TM
- **ZK** = zkouška pulzních měničů kotev TM

Mimo polohu jízdy je možné vyjmout ovládací knoflík z přepínače a použít ho do přepínače **PDLH3**, zadávajícího tah v režimu nouzové jízdy, resp. během zkoušek měničů.

### 3.1.9.4 P1



Obrázek 3.48: DLP1

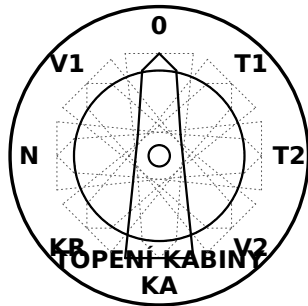
#### Spínač stěračů a ostřikovačů čelních skel

MS8-6/5A

- **I+OS** = stěrače rychlost 1 a ostřikovače
- **I** = stěrače rychlost 1
- **0** = stěrače vypnuty
- **II** = stěrače rychlost 2
- **II+OS** = stěrače rychlost 2 a ostřikovače



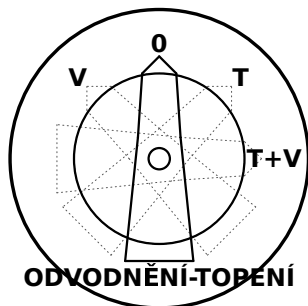
### 3.1.9.5 P2



Obrázek 3.49: DLP2

Pro účely této práce je tento spínač zcela postradatelný, více informací je možné nalézt např. v návodu k modernizované lokomotivě [27, 6. Ovladače, jističe a signalizační přístroje lokomotivy (str. 57)].

### 3.1.9.6 P3



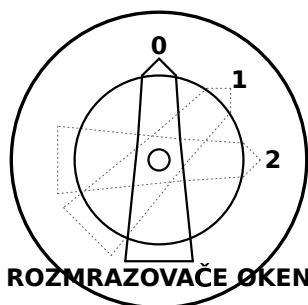
Obrázek 3.50: DLP3

#### Spínač topení odvodňovacích kohoutů hlavních vzduchojemů a jejich dálkového ovládní

MS8-7/4A

- V = odvodnění hlavních vzduchojemů
- 0 = klidová poloha
- T = vytápění odvodňovacích kohoutů hlavních vzduchojemů
- T+V = vytápění a odvodnění

### 3.1.9.7 P4



Obrázek 3.51: DLP4

#### Přepínač rozmrazovačů čelních skel

MS8-0/3A

- 0 = rozmrazovače vypnuty
- 1 = 1. stupeň - odmlžování čelních skel
- 1 = 2. stupeň - rozmrazování čelních skel

### ■ 3.1.10 D-S (dolní - střední)



Obrázek 3.52: Panel **DS** - značení prvků

Tento panel, resp. stupínek pod nohy strojvedoucího, obsahuje dva pedály:

- **L** = houkačka
- **P** = pískování

U lokomotiv vybavených vlakovým zabezpečovačem pro provoz na tratích v Maďarsku (např. Mirel VZ1), je mezi těmito dvěma základními pedály umístěn ještě třetí, rozměrnější, pedál pro kontrolu bdělosti strojvedoucího tímto zabezpečovačem[13].

## ■ 3.2 Prvky

Jednotlivé prvky mají v rámci této práce vždy nějaké označení typu. Většina tohoto značení je však vymyšlena vlastní - výjimkou jsou jen prvky ze stavebnice T6, kde je použito originální značení, ke kterému je doplněna část s barvou.

Všechny prvky jsou navrhovány s ohledem na možnost podsvitu všech částí i popisků. To sice neodpovídá realitě, kde podsvit mají jen měřicí přístroje a ukazatele, nicméně je to výhodné pro provoz pultu spolu s modelovou železnicí. Umožní to bezproblémové ovládání i během modelové noci (která je vizuálně efektní, avšak je pro ní potřeba tma).

Schémata, seznamy součástí a další dokumentace k vyrobeným prvkům jsou vždy v příslušné příloze.

### ■ 3.2.1 Páka pro ovládání válců hlavního kontroléru

Hlavní kontrolér se skládá celkem ze tří řídicích válců - směrového, jízdního a brzdivého. Tyto válce jsou ovládány pákami jdoucími skrz pult. Pro potřeby této práce byla navržena maketa těchto pák, sestavená z několika plastových dílů a dvou plošných spojů. Poloha je u ní snímána pomocí optických závor a clonky. Do systému se připojuje na sběrnici I<sup>2</sup>C přes standardizovaný 10-pinový konektor.

#### ■ 3.2.1.1 Značení

Vymyšlené značení pro páky:

$$L \langle \text{počet poloh} \rangle - \langle \text{první poloha} \rangle / \langle \text{polohy} \rangle$$

Dle skutečnosti jsou třeba páky jen pro 3 a 5 poloh, nicméně díky modulárnímu návrhu by nebyl problém udělat i páku s libovolným počtem a typem poloh (maximálně 5).

První poloha označuje tu polohu, od které se pak udává jejich typ a počet. Pro číslování je použit směr „od sebe“ - polohy „k sobě“ jsou značeny jako záporné. Celkově tedy má páka směrem „od sebe“ polohy: -2, -1, 0, 1, 2. První poloha tedy označuje počáteční a další polohy jsou pak udané v tomto pořadí. Aby nebyl problém se zápornou polohou za pomlčkou, je v rámci tohoto značení nahrazeno mínus písmenem „n“.

**Polohy.** Jsou značené dle schématu:

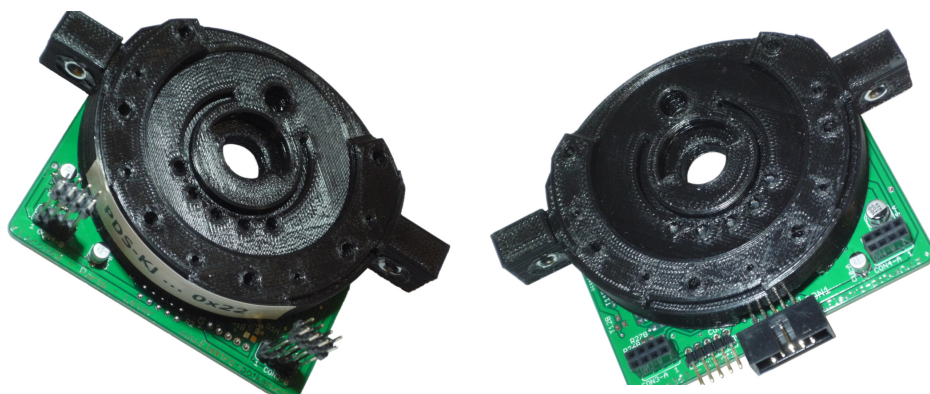
$$\langle \text{počet} \rangle \langle \text{typ} \rangle - \langle \text{počet} \rangle \langle \text{typ} \rangle - \dots$$

Každá část tedy vždy udává počet po sobě jdoucích poloh daného (stejného) typu. Jednotlivé části jsou spojené pomlčkou, příp. šipkou pro označení směru návratu z dočasné polohy.

Typy:

- **A** = aretovaná poloha

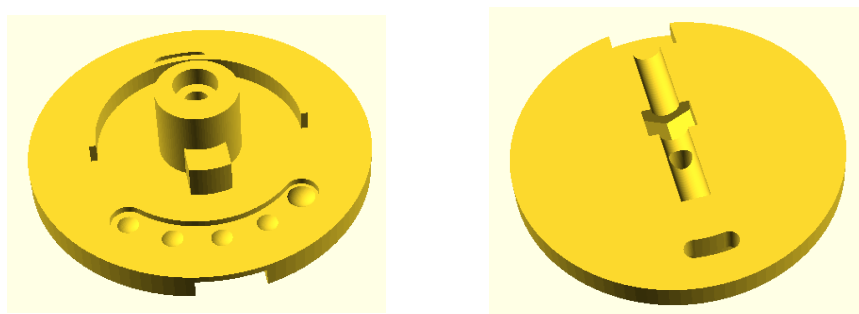




Obrázek 3.54: Páka - tělo

Do jednoho z dílů je potřeba natlačit infračervené LED, do druhého pak infračervené fototranzistory. Přes ně pak přijde z každé strany specificky osazené DPS, které se k dílu zajistí pomocí pěti vrtů. V těle jsou ještě drážky pro možná stínítka na vnitřních „kolech“, která případně více zakryjí snímací fototranzistory před vnějšími vlivy.

**Vnitřek.** Vnitřní „kolo“ je pro tisk rozdělené na dvě poloviny, které jsou následně slepeny acetonem (vzhledem k tisku z ABS). Pro zajištění a zároveň pro zesílení osy je skrz udělaný otvor pro šroub M3 včetně pouzdra pro matku v jedné straně. Pro připevnění madla je pak uvnitř prostor pro zalepení pojistné matky M4.



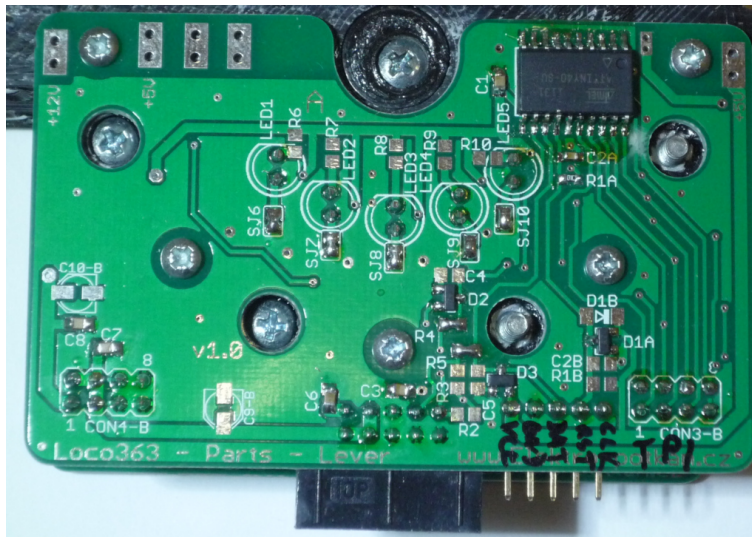
Obrázek 3.55: Páka - vnitřek

V „kole“ je vynechán malý otvor pro optickou závoru aktuální polohy, nad ním je přídavné stínítko celého prostoru s fototranzistory. V horní části „kola“ je vytvořená dráha pro zajišťovací mechanismus poloh, kdy podle parametrů modelu je (či není) pro každou polohu vytvořená odpovídající prohlubeň.

### ■ 3.2.1.3 DPS

Páka se skládá ze dvou identických plošných spojů, které musí být specificky osazené a propojené. Tyto plošné spoje se pak osazují vždy z opačné strany - na celek pak lze koukat téměř jako na jeden plošný spoj osazený z obou stran,





**Obrázek 3.56:** Osazené DPS A páky

Dále je potřeba osadit připojovací *CON1*, kondenzátory na napájení *C3*, *C6* a vstupní část I<sup>2</sup>C sběrnice. Tato by měla vždy mít osazené ochranné diody *D2* a *D3*. Pokud to další obvody na sběrnici dovolí, je vhodné osadit i filtr skládající se z odporů *R4*, *R5* a kondenzátorů *C4*, *C5*. Pull-up odpory *R2* a *R3* jsou obvykle neosazené, protože na sběrnici by měly být jen jedny.

Pro spojení s deskou B jsou třeba konektory *CON3-A* a *CON4-A*. Kondenzátory napájení na této desce pak jsou *C7*, *C8*, *C9-A* a *C10-A*. Pro signalizaci napájení obou větví je třeba osadit *LED6*, *LED7* spolu s odpory *R28*, *R29*.

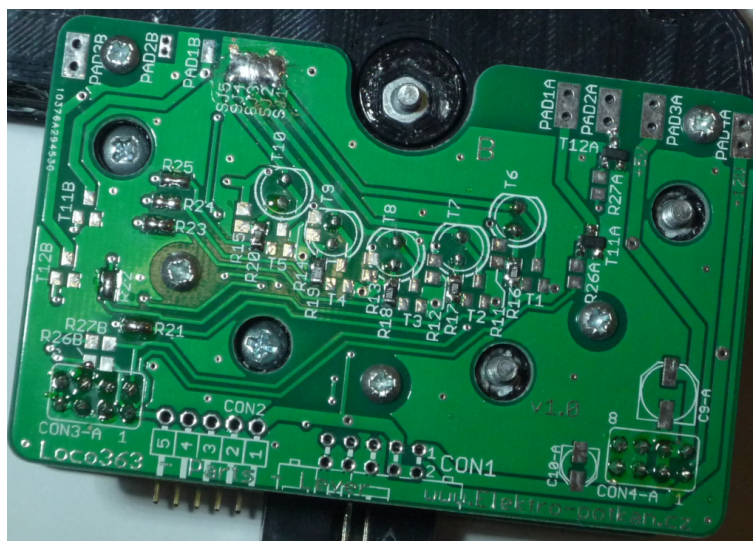
Pro snímání polohy je potřeba osadit fototranzistory *T6* až *T10* a spojit jumpery *SJ6* až *SJ10*. Procesor obsahuje (a ve výchozím firmwaru má zapnuté) interní pull-up odpory, nicméně pokud by nestačily, lze na desku doplnit dedikované *R6* až *R10*.

V nové verzi PCB pak lze osadit mimo LED napájení i diagnostické LED k procesoru, jejichž zprovoznění však vyžaduje úpravu firmwaru. Jsou to *LED8* až *LED10* spolu s odpory *R30* až *R32*.

**Osazení - deska B (vysílací a podsvitová).** Základem jsou propojovací konektory *CON3-B*, *CON4-B* a kondenzátory napájení *C7*, *C8*, *C9-B* a *C10-B*. Rovněž je možné osadit i signalizační LED napájení +5 V *LED6* spolu s odporem *R28*.

U podsvitu je možné zvolit variantu A či B podle vhodnější strany DPS vzhledem k umístění vývodních plošek. Vzhledem k větším ploškám ve variantě A je však tato lehce preferovaná. Podle zvolené varianty je tedy třeba osadit *T11*, *T12* a *R26*, *R27*. Odpory je potřeba zvolit dle připojených LED pro optimální nastavení tranzistorů.

Zapojení vysílacích *LED1* až *LED5* umožňuje značnou variabilitu. Základní (a odzkoušenou) variantou je osazení odporů *R16* až *R20*, překlenutí *R21* až *R25* kapkou cínu a spojení jumperů *SJ1* až *SJ5*. Tím jsou LED



Obrázek 3.57: Osazené DPS B páky

napojené přímo na výstupy procesoru. Pokud by však bylo třeba tyto výstupy posílit, lze místo zmíněných odporů a jumperů osadit  $R11$  až  $R15$ , tranzistory  $T1$  až  $T5$  a pro jejich optimální nastavení dodat odpory  $R21$  až  $R25$ .

#### 3.2.1.4 Program

Firmware se skládá z několika samostatných modulů a jednoduché funkce *main*, která tyto moduly spojuje.

Asi nejdůležitější částí je knihovna TWISO pro komunikaci po sběrnici I<sup>2</sup>C prostřednictvím dedikovaného rozhraní procesoru. Knihovnu bylo nutno napsat vlastní, protože se nepovedlo nalézt již existující. Rozhraní TWI ve zvoleném procesoru je totiž trochu ošizené a standardně dostupné knihovny z *Atmel AVR311 / Microchip AN2565*[2] tak nelze použít.

Samostatnou částí pak je ovládání podsvitu i snímání optické závery - obě části využívají přerušení procesoru (podsvit přerušení časovače Timer1, snímání pak přerušení vyvolané skončením A/D převodu).

Funkce *main* pak pouze v nekonečné smyčce kontroluje dostupnost dat ze sběrnice a reaguje na ně.

U snímání se uvažovalo o více variantách potlačení vlivu okolí, avšak ukázalo se, že funguje spolehlivě i bez jakékoliv filtrace. Pouze se tedy ve smyčce prochází ADC vstupy a jako aktuální poloha se zvolí ta, pro kterou má ADC nejnižší hodnotu (fototranzistory spínají k zemi, tj. nejvíce nasvícenému fototranzistoru odpovídá nejnižší napětí na pinu procesoru).

#### 3.2.2 Elektropřístroj T6

Jedná se o již starší průmyslovou stavebnici ovládacích prvků s průměrem montážního otvoru pro hlavice 30 mm. Při shánění materiálu se povedlo



od místního prodejce sehnat dostatek ovládacích hlavice, avšak pouze typu T6C-R, tedy tlačítkové. Samotné spínací či signálové kostičky pak už však žádné. Tyto hlavice tak jsou doplňovány 3D výtisky pro uchycení běžných mikropínačů, atd. Rovněž pro signálky byl navržen 3D výtisk, do kterého pasují 16 mm LED signálky na 12 V=.

Samozřejmě by nebyl problém použít některou aktuální stavebnici, avšak průmyslové provedení je pro účely této práce zbytečně drahé.

### ■ 3.2.2.1 Značení

**T6**<typ>-<barva>

Ovládací hlavice:

- T6A = tlačítková (nepodsvětlená)
- T6B = otočná, 3 pozice (pevné)
- T6C = tlačítková s podsvitem
- T6E = signálka
- T6G = otočná, 2 pozice (pevné)
- T6H = hříbová

Barvy pak jsou doplněny dle běžného anglického značení:

- K = černá
- R = červená
- Y = žlutá
- W = bílá

### ■ 3.2.3 Stavebnicový/Modulární spínač

#### ■ 3.2.3.1 Značení

Vymyšlené značení pro spínače:

**MS**<počet poloh>-<první poloha>/<polohy>

Poloh může být 4, 8 nebo 12. Nultá poloha je směrem nahoru.

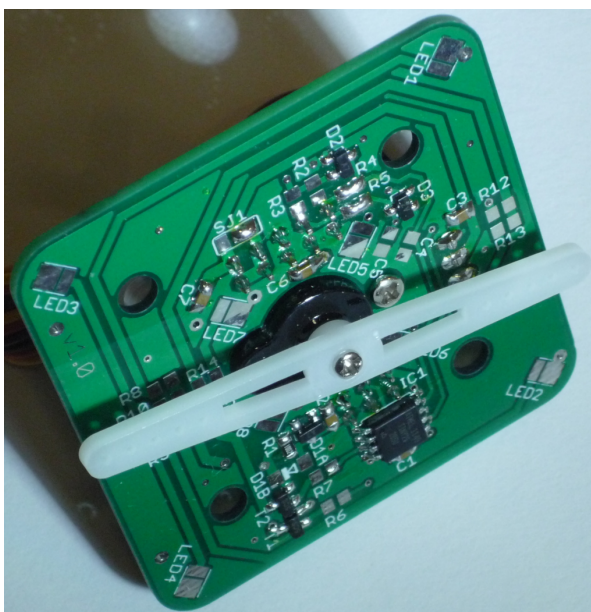
Jejich značení je pak shodné jako u páky. Pouze první poloha může navíc obsahovat písmeno „X“. Pak jsou polohy spínače udané od nulté polohy a spínač nemá omezení (je otočný o 360°).

### 3.2.4 Terčový ukazatel

Terčový ukazatel je simulovaný servem, které se natáčí dle požadavků programu. V originálu je poháněn patrně elektromagnetem, nicméně servo je levné, snadné na řízení a lehce přizpůsobitelné.

Samotná elektronika prakticky zajišťuje pouze překlad požadavků mezi servem a I<sup>2</sup>C sběrnici. K dispozici jsou rovněž dva kanály PWM podsvitu, v tomto případě jsou LED již přímo na hlavní DPS.

Připojení k systému je opět přes standardizovaný 10-pinový konektor, v tomto případě v modifikaci s V+ na pinu 1.



Obrázek 3.58: Vyrobený terčový ukazatel

#### 3.2.4.1 Značení

Pro potřeby této lokomotivy stačí dva třípolohové a dva dvoupolohové ukazatele. Proto bylo zvoleno jednoduché značení:

**TU-**<počet poloh>

Dvoupolohový má polohy „vodorovně“ a „svisle“, zatímco třípolohový má polohy  $-45^\circ$ ,  $0^\circ$  a  $+45^\circ$ , kde poloha  $0^\circ$  je svisle.

Samotné provedení terčového ukazatele servem však umožňuje mnohem větší množství poloh, které mohou být v libovolném úhlu natočení serva (v rámci jeho rozsahu, který činí přibližně  $200^\circ$ , a s přihlédnutím k omezení daným počtem zářezů na výstupní ose).

#### 3.2.4.2 Konstrukce

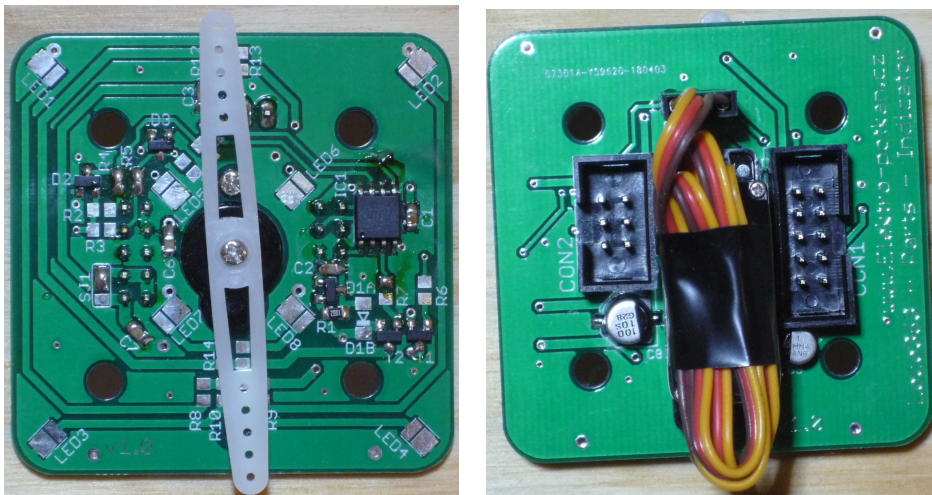
Ukazatel je tvořen jednou deskou plošného spoje, která slouží zároveň jako nosná část celého ukazatele. Skrz tuto desku je prostrčeno servo.

Z časových důvodů již nebyl vytvořen 3D model pro tisk. Předpokladem však je složení těla ukazatele ze tří dílů. Připevnění k panelu se předpokládá pomocí dvou dílů (z každé strany panelu jeden), které ukazatel upevní ve vyvrtaném otvoru. Vzhledem k rozměrům a proporcím ukazatele není možné provést uchycení k panelu přímo otvory v desce plošného spoje. Tyto naopak slouží k sešroubování těchto vytisknutých dílů.

Třetí díl pak shora vytvoří kuželovitý tvar jako v originálu. Čtvrtým dílem je samotný terč pro upevnění na osu serva.

### 3.2.4.3 DPS

Schéma (viz. Příloha E - schémata E.1, E.2) je z velké části shodné se schématem páky. Stejná je vstupní část I<sup>2</sup>C sběrnice i obvod na resetovacím pinu procesoru. Pro filtraci napájecích větví slouží keramické kondenzátory *C6*, *C7* a elektrolytické kondenzátory *C8*, *C9*. Rovněž procesor má navíc ještě vlastní kondenzátor *C1*.



Obrázek 3.59: Ukazatel - osazené DPS

Použitým procesorem je Atmel/Microchip AVR ATtiny25 (*IC1*). Pro jeho programování je vyvedeno rozhraní AVR-ISP na *CON2*.

Servo je připojeno přes *CON3* a pomocí jumperu *SJ1* lze zvolit jeho napájení z hlavní větve +5 V (společné s procesorem), nebo z externího V+. Zkušenosti ukazují, že napájení z V+ samostatným zdrojem bude lepším řešením (aktuálně vyrobené indikátory mají společnou +5 V větev serva a procesoru). Těsně u konektoru serva je přidán i keramický kondenzátor *C3*. Zkušenosti z provozu ukazují, že (minimálně pro případ napájení serva z V+) by bylo vhodné do napájecí větve serva doplnit ještě větší elektrolytický kondenzátor.

Deska má opět k dispozici dva PWM kanály pro podsvit dílu, v tomto případě je již vše součástí hlavní desky. Pro podsvit tak slouží *LED1* až *LED8* spolu s předřadnými odpory *R8* až *R15*. Jejich spínání mají na starosti tranzistory *T1* a *T2*, spolu s nastavovacími odpory *R6* a *R7*.

Protože byla tato deska navržena ještě před osazením desek páky, i zde chybí indikace činnosti, resp. přítomnosti napájení (použitý procesor je již téměř plně využit a použití většího jen kvůli indikaci běhu nemá smysl). Přiložena je nicméně původní verze, protože na opravu zjištěných nedostatků již nezbyl čas.

#### ■ 3.2.4.4 Program

Firmware indikátoru není plně dokončený, chybí v něm ovládání podsvitu. Z důvodu nedostatku času pak není ani oddělena část pro řízení serva do samostatného modulu, nicméně vzhledem k celkové délce kódu to nijak nevadí.

Komunikaci po I<sup>2</sup>C sběrnici zde zajišťuje knihovna USI TWI Slave (původním autorem je Donald R. Blake). Pro ovládání serva se využívá přerušení časovače Timer0 doplněného o softwarový čítač.

#### ■ 3.2.5 Měřák

##### ■ 3.2.5.1 Značení

$$M- \langle \textit{barva\ ručičky} \rangle - \langle \textit{značení\ stupnice} \rangle$$

Barva ručičky je uvedena anglickou zkratkou.

**Stupnice.** Samotná stupnice je značena dle schématu:

$$\langle \textit{jednotka} \rangle - \langle \textit{rozsah} \rangle + \langle \textit{krok\ pro\ popisky\ hodnot} \rangle - \langle \textit{krok\ pro\ čárky\ hodnot} \rangle + \langle \textit{barevné\ zvýraznění} \rangle$$

Rozsah je uveden buď jako maximum pro stupnici začínající od nuly, nebo jako minimum a maximum oddělené čárkou. Kroků pro hodnoty a čárky může být více, pak se oddělují čárkou. Tyto kroky se počítají vždy od nuly.

Barevné zvýraznění stupnice je volitelné a na konci celého řetězce. Může jich být i více, pak se oddělují pomlčkou. Každé zvýraznění se skládá ze dvou nebo tří hodnot oddělených čárkami. První hodnotou je barva dle anglického značení. Zvýraznění může být buď jen jako jedna výraznější čárka, pak je použito jen dvou hodnot a druhá označuje polohu na stupnici. V případě tří hodnot bude použito druhé a třetí coby začátku a konce podbarvení stupnice.

Všechna čísla ve značení používají desetinnou tečku. Pro záporná čísla je znaménko mínus nahrazeno písmenem „n“.

#### ■ 3.2.6 Měřák baterie

Pro měřák baterie se podařilo nalézt vyráběnou řadu podobných měřáků, a sice Flash Star MU-45. Prvek skončil pouze ve fázi návrhu, pro jeho řízení se jako vhodný jevil D/A převodník Microchip MCP4706.

### ■ 3.2.6.1 Značení

BM- <značení stupnice>

Značení pro stupnici je shodné se značením stupnice u univerzálního měřáku.

## ■ 3.3 Propojení

Propojení prvků pultu je plánované jako dvouúrovňové. Na úrovni propojení panelů, příp. složitějších prvků, je plánováno využití sběrnice CAN (příp. některé její obdoby). V rámci samotných panelů (příp. uvnitř složitějších prvků) je využito sběrnice I<sup>2</sup>C. Protože však zatím byla realizována jen malá část pultu, resp. jeho prvků, na využití vyšší úrovně, tj. CANu, zatím vůbec nedošlo (viz. 4 *Hardware*).

Celek je napájen externím zdrojem, dodávajícím proud o napětí 12 V stejnosměrných. Toto napájení je rozvedeno mezi jednotlivé panely, resp. uzly CANu. V nich je vždy stabilizátor na 5 V pro napájení uzlů lokální sběrnice I<sup>2</sup>C.

### ■ 3.3.1 I<sup>2</sup>C

Jednotlivé prvky panelu (páky, ukazatele) jsou připojené přes „standardizovaný“ 10-pinový konektor. Jedná se o konektory 2×5 pinů se zámkem (někdy značené jako MLW-10). V konektoru je kromě sběrnice I<sup>2</sup>C vedené i napájení +5 V pro elektroniku (především řídicí mikroprocesor). Na prvním pinu pak je k dispozici i pomocné napájení - většinou +12 V, nicméně někdy jako obecnější V+, které může sloužit specifickým potřebám daného prvku (např. ukazatele umožňují z něj napájet serva).

Zapojení konektoru je následující:

+12 V (V+)	1	2	+5 V
+5 V	3	4	+5 V
GND	5	6	GND
SDA	7	8	GND
SCL	9	10	GND

Toto zapojení bylo zvoleno s ohledem na možné použití jednoduchého plochého kabelu i kabelu s kroucenými páry. V případě plochého kabelu jsou tak datové vodiče co nejdále od napájení a navíc oddělené zemí (GND). Poloha SCL a SDA byla zvolena s ohledem na standard, který zmiňuje možnost spárovat SDA s napájením, pokud to nejde jinak [16, 7.5 Wiring pattern of the bus lines]. Na základě této zmínky je tedy SDA vodič blíže k napájecím a SCL až na druhém konci konektoru. Při použití kabelu s kroucenými páry pak dojde ke spárování hodin (SCL) i dat (SDA) vždy s jednou sousední zemí. Tato volba má však i svá negativa - při použití kroucených párů se sice

datové vodiče spárují se zemí, dále však bude jeden pár tvořen čistě zeměmi, jeden čistě +5 V a jeden pak dokonce spáruje +5 V a +12 V. Jedná se však o kompromis vůči celkovému počtu vodičů.

## Kapitola 4

### Hardware

#### 4.1 Propojení s PC

Protože bylo vyrobeno jen několik málo prvků, zatím nebyla rozpracována vyšší vrtva komunikace (viz. 3.3 *Propojení*). Propojení všech prvků tedy zajišťuje jediná I<sup>2</sup>C sběrnice, kde jako master zařízení slouží vývojářský nástroj BusPirate v4 [3]. Tento je připojen k počítači přes USB.

Připojení k prvkům pak zajišťuje univerzální deska osazená dvěma 10-pinovými konektory pro rozvod mezi prvky, dvěma 4-pinovými headery pro vyvedení napájení a sběrnice do expanderů (3x PCF8574 + 1x PCF8591), a lineárním 5 V stabilizátorem L7805. Napájení zajišťuje externí 12 V adaptér.

Rozvod mezi prvky (pákami a ukazateli) je 10-žilovým plochým kabelem. Vzhledem ke vzdálenostem mezi panely a pro snadnější manipulaci je však kabel k panelu PHL (obsahující ukazatele) již značně dlouhý. Naštěstí nedochází k problémům s přenosem po sběrnici, takže pro účely testování to nevádí. Jediným problémem je výrazný pokles napětí při pohybu serv. Pokud se pohnou všechna v jeden okamžik, napětí poklesne až pod nastavenou úroveň Brown-Out detekce v procesoru a ten se resetuje. Problém je eliminován doplněním malého zpoždění do řídicího programu, díky čemuž se serva rozjedou s mírným časovým rozestupem a k výpadkům nedochází.

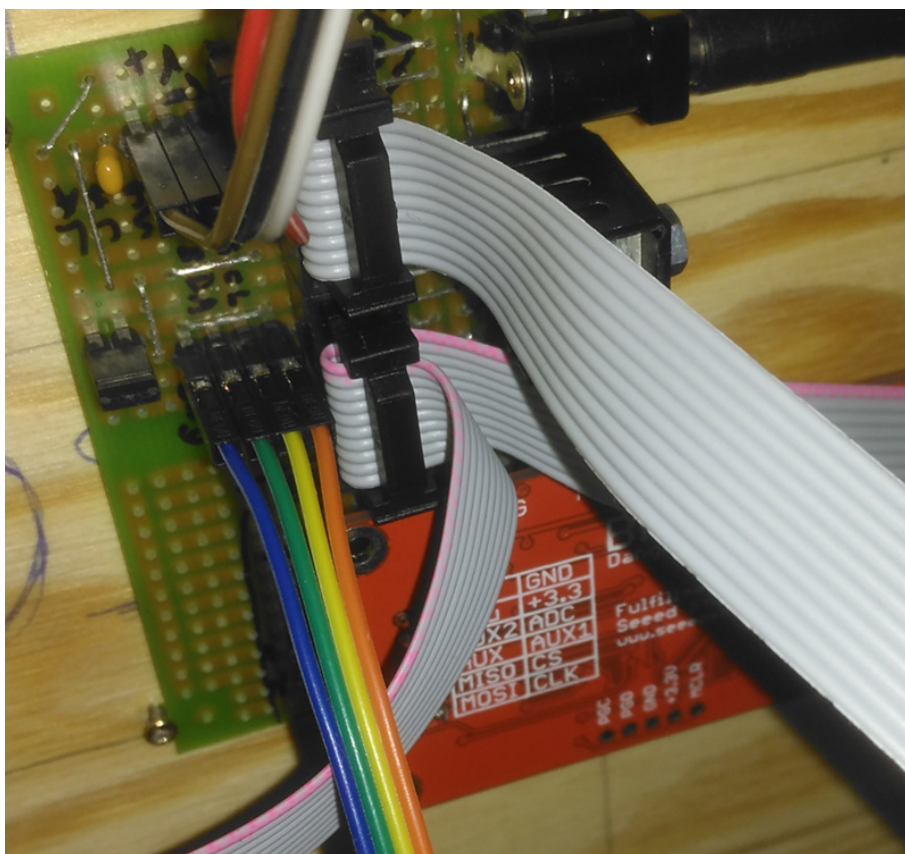
Pokud by serva byla napojena dle celkového plánu do lokálního uzlu v panelu, výpadky by měly být eliminovány. DPS navíc umožňuje přepojit napájení serva z +5 V na V+ (pin 1) a tak ho oddělit od napájení procesoru.

#### 4.2 Pult

Z řídicího pultu byla realizována jen malá část. Jsou funkční páky pro ovládní hlavního kontroléru z panelu **PDS** a terčové ukazatele z **PHL**.

Aby bylo možné ovládat nejdůležitější spínače lokomotivy, bylo využito existujícího boxu (viz. Obr. 4.3) s tlačítky a přepínači. Uvnitř boxu jsou tři DPS s 8-bit I/O expandery PCF8574 s doletovanými 10 k $\Omega$  pull-up odpory. Všechny spínače a tlačítka spínají proti zemi.

Pro zobrazení výstupů je použito ještě voltmetru napájeného z D/A převodníku expanderu PCF8591. Tento voltmetr se pro testování přepíná mezi



**Obrázek 4.1:** Univerzální deska rozvodu

režimy ukazatele poměrného tahu, rychloměru a manometru převodíku (přepínačem v boxu - druhá řada odspoda vlevo).

Zde se naplno projevila určitá flexibilita zvoleného softwarového řešení, kde ani takto rozmanité testovací prostředí nemělo vliv na model samotný.





Obrázek 4.2: Realizovaná část řídicího pultu



Obrázek 4.3: Ovládací box



## Kapitola 5

### Software

Softwarová část byla rozdělena na několik samostatných částí popsaných v této kapitole. Tyto části spolu komunikují podle schématu 5.1. Černě zakreslené části schématu jsou zprovozněné a funkční, šedé pak dokreslují plánované části, které nebyly dokončeny.

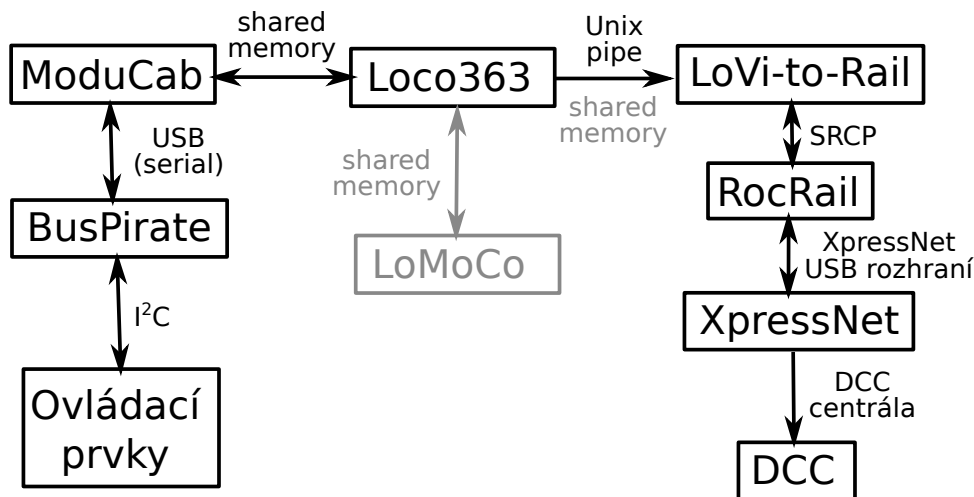


Schéma 5.1: Schéma spolupráce softwaru

### 5.1 ModuCab

Softwarový framework, který tvoří spojení mezi hardwarem a modelem.

Je postaven na myšlence práce s neznámými bajty, jejichž obsah zná až konec řetězce (model, či vstupní/výstupní zařízení). Jeho jádro zajišťuje předání dat z modelu do zařízení a stejně tak opačně.

Dále obsahuje množství rozhraní (I<sup>2</sup>C, sériový port), jejich ovladačů (BusPirate I<sup>2</sup>C, Posix serial) a dílů k nim připojených (páka, ukazatel, expander).

Díky této struktuře je případně možné tyto programy za sebe řetězit (např. zobrazení na displeji přes síť může zajišťovat podřízená instance, která předává data mezi displejem, příp. tlačítky, a hlavní instancí běžící u modelu. Zároveň je možné do tohoto řetězce vložit „override“ blok, který pak umožní

běh modelu či hardwaru zvlášť pro testování. Takovýto blok je ve zdrojových kódech i rozpracován, avšak kvůli času nebyl dokončen.

Tato myšlenka má však i poměrně stinnou stránku v podobě mnoha explicitních přetypování v kódu, která tak mohou velmi snadno skrýt chybu. Během vývoje se nicméně projevovala spíše pozitiva v podobě univerzálnosti a modulárnosti tohoto řešení.

Současná data předávaná mezi modelem a ModuCab-em obsahují téměř kompletní prvky na hlavním pultu. Protože model rovněž bere ohled na některé zatím nevyrobené prvky, resp. ovládá zatím nevyrobené indikátory, je čistě záležitostí ModuCab-u, co s těmito daty udělá. Při výrobě dalšího prvku tak již není třeba vůbec zasahovat do modelu, pouze se pro něj přidají ovladače do ModuCab-u a přiřadí se jemu příslušná data.

Právě díky této architektuře bylo možné jednoduchým přidáním ovladače do ModuCab-u realizovat dočasný panel s tlačítky, aniž by bylo nutné zasahovat do modelu, pro který se tyto tváří stejně, jako kdyby se jednalo o plnohodnotný otočný spínač.

## ■ 5.2 Model - Loco363

Jednoduchý model zajišťující celou simulaci. V současnosti obsahuje prakticky plně implementovaný CRČ. Dále obsahuje částečně implementovaný převodník EDB, kdy tento umožňuje ovládat EDB, avšak bez návaznosti na pneumatické systémy lokomotivy. Ty implementovány zatím vůbec nebyly a společně s nimi tudíž nebyly implementovány ani pneumatické brzdiče. Pokud se tedy zvolí nenulový sklon trati, nelze vlak zcela zastavit (EDB funguje jen do určité rychlosti, kdy pak již vlivem poklesu proudu v TM ztrácí účinek).

V modelu je dále velmi jednoduše implementovaný regulátor tahu společně s „výpočtem“ síly lokomotivy - podle požadavku poměrného tahu a podle aktuálního napájecího systému se vybere příslušný graf trakčních charakteristik (či graf brzdové charakteristiky EDB) uvedený v kapitole 2. Z něj se vybere obalová křivka a podle aktuální rychlosti se z ní vybere vyvinutá trakční nebo brzdňá síla lokomotivy  $F_{Lmax}$ .

Tato hodnota se následně přenásobí poměrným tahem  $PT$ :

$$F_L = F_{Lmax} \frac{PT}{10} \quad , \quad (5.1)$$

kde  $F_L$  je výsledná síla lokomotivy.

Od ní se odečte složka tíhové síly podle sklonu trati:

$$F = F_L - \operatorname{atan}\left(\frac{s}{1000}\right) Mg \quad , \quad (5.2)$$

kde  $s$  je sklon trati v promile,  $g$  je gravitační zrychlení v  $\text{m/s}^2$  a  $M$  je celková hmotnost vlaku v tunách (lokomotiva + zadaný náklad).

Tato výsledná síla se dosadí do vztahu pro výpočet rychlosti:

$$\Delta v = \frac{F}{M} \Delta t \quad , \quad (5.3)$$

kde  $\Delta v$  je změna rychlosti pro daný krok o délce  $\Delta t$ .

Parametry simulace (sklon trati, hmotnost nákladu, napájecí systém) se v současné verzi zadávají jen při startu modelu jako argumenty programu. Nebylo by ovšem problémem rozšířit model tak, aby si parametry přebíral každý krok ze sdílené paměti, apod.

## 5.3 Posílání výstupu do kolejiště

Z modelu je po každém kroku odeslán na standardní výstup řetězec s daty pro modelovou železnici. Toto řešení není nejvhodnější, kvůli vypnutým bufferům (které jsou nutností pro tento způsob použití roury) je tu riziko zdržování modelu, pokud by ve výstupní části došlo k čekání na server, apod. Jak je naznačeno ve schématu 5.1, tento problém by měl být eliminován použitím sdílené paměti. Toto řešení by rovněž umožňovalo napojit (bez nutnosti dalších prostředníků) více výstupních programů (např. grafické okno s vyobrazením stavu, apod.). Ve zdrojových kódech je tato varianta částečně rozpracovaná, avšak z časových důvodů již nebyla dotažena.

Výstup tedy na svém standardním vstupu přebírá program Lovi2Rail-SRCP, který z dat modelu vybere potřebná pro ovládání modelové lokomotivy. Dále zajistí převod vypočítané skutečné rychlosti lokomotivy na jednotlivé jízdní stupně lokomotivního dekodéru a stavy světel a reflektoru převede na přídatné funkce. Nakonec tyto informace odešle přes protokol SRCP do řídicího serveru RocRail.

K serveru RocRail je již připojené kolejiště. Pro řízení kolejiště slouží DCC centrála, která je vybavena rozhraním XpressNet pro jednotlivé ovladače. Mezi počítačem a touto sběrnici je tedy ještě vložen odpovídající převodník na, připojený k počítači přes USB.

## 5.4 Spouštění

Z časových důvodů již nedošlo na implementaci spouštěcího programu, který by zodpovídal za správu potřebné sdílené paměti. Pro spuštění je však možné použít z ModuCab-u test „main\_shmem“, který vytvoří a inicializuje potřebnou sdílenou paměť pro komunikaci s modelem, a rovněž spustí samotnou instanci ModuCab-u komunikující s hardwarem.

Po jeho spuštění (na standardní výstup posílá stavy sdílené paměti mezi modelem a ModuCab-em) je možné v druhém terminálu spustit model a výstup do kolejiště (v obou GIT repozitářích je nutné přepnout do větve „demo“) příkazem:

```
<model-main> \
    'Loco-363_Modu-Cab_test_UP' \
    'Loco-363_Modu-Cab_test_DOWN' \
    <sklon v promile [+/-50]> \
    <systém [AC/DC]> \
    <hmotnost nákladu v tunách [>0]> \
```

```
| | <lovi2rail-srcp/stream2srcp/main.py> \  
    --host <IP adresa RocRail serveru>
```

## Kapitola 6

### Modelová železnice

Způsoby řízení modelové železnice se mohou lišit podle měřítka, ve kterém jsou jednotlivá vozidla zpracována. Níže popisované varianty jsou patrně nejčastější ve všech měřítkách - v každém případě však platí pro měřítko TT (1:120), které je pro tuto práci použito.

Přehled běžně používaných měřítek je v tabulce 6.1. Vychází ze standardů *NMRA S-1.2 - General Standard Scales*[22] a *NEM 010 - Maßstäbe, Nenngrößen, Spurweiten*[18], nicméně jen částečně, protože každá z norem definuje měřítko trochu odlišně.

Měřítka	Poměr
G	1:22,5
0	1:45
H0	1:87
TT	1:120
N	1:160
Z	1:220

**Tabulka 6.1:** Přehled modelových měřítek

Z přehledu je zřejmé, že jiné možnosti jsou ve velikosti zahradní železnice (G, 0) a jiné právě v TT. V TT typicky lokomotivy kromě pojezdu obsahují jen osvětlení. Ovládání sběračů či spřáhel se prakticky nevidí, protože do stísněného prostoru lze jen těžko dostat potřebné komponenty.

I proto pro test použité lokomotivy ( ) využívají z vytvořeného modelu jen informace o rychlosti a osvětlení.

Základní dva používané způsoby řízení jsou analogový a digitální s přenosem řídicí informace po kolejkách.

Jsou sice např. i analogové systémy, kde obě „pojezdové“ kolejnice tvoří jeden pól a pro druhý se používá třetí kolejnice uprostřed, nebo systémy s druhým pólem tvořeným trolejemi, nicméně tyto nejsou tak časté. Podobně existují systémy s bezdrátovým přenosem řídicí informace.

## 6.1 Analogové ovládání

V analogovém systému je použito přímého řízení motoru lokomotivy napětím v kolejiích. Podle standardu *NMRA S-9 - Electrical*[23] je pro maximální rychlost používáno napětí alespoň 12V, kdy kladný pól je na pravé kolejnici ve směru jízdy. Pro velikosti H0 a menší se pak běžně používá rozsahu 0-12V.

V lokomotivě se pak nachází jen motor s odrušovacím kondenzátorem a tlumivkami pro připojení ke kolejím (viz. Schéma 6.1). Právě díky tlumivkám je pak možné do kolejí pustit ještě vysokofrekvenční signál (např. pro napájení osvětlení vozů nezávisle na trakčním napájení), aniž by tento přídatný signál měl vliv na motor (který by se jinak zbytečně zahříval, protože by se na něm jen mařil výkon). Více v *6.1.4 Ovládání přídatných funkcí*.

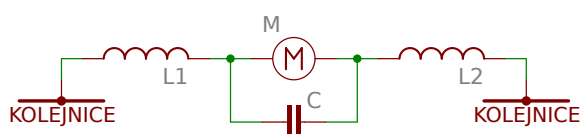
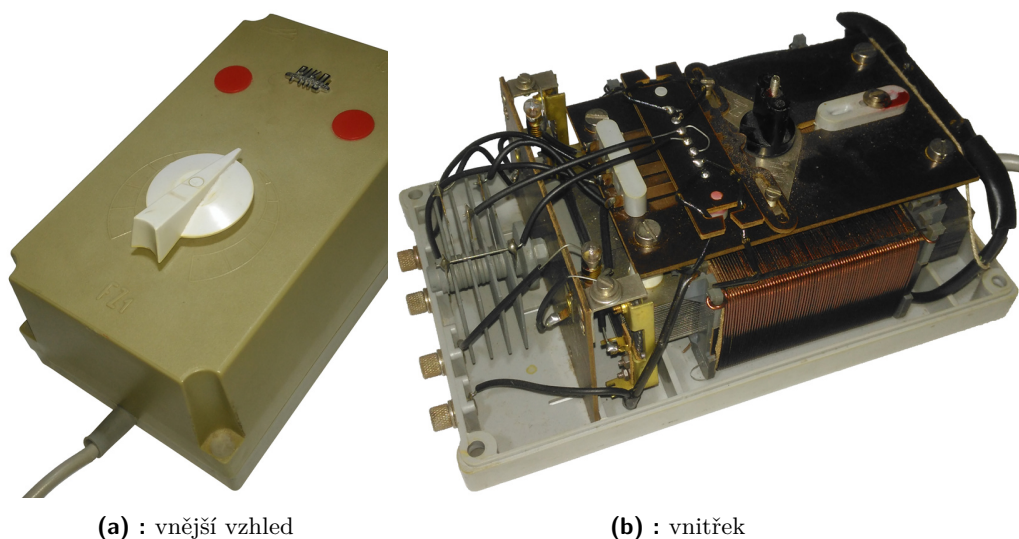


Schéma 6.1: Zapojení motoru v lokomotivě

### 6.1.1 Lineární řízení

Nejjednodušším způsobem je lineární řízení, kdy se napětí do kolejí reguluje např. potenciometrem, případně posíleným o výstupní výkonový prvek. Tento způsob řízení používá např. klasický ovládací transformátor PIKO FZ1 (Obr. 6.1), jehož známé zapojení (Schéma 6.2) obsahuje kromě síťového transformátoru (s regulací pomocí změny počtu závitů na sekundárním vinutí) jen usměrňovač, prepínač směru a bimetalovou ochranu pro odpojení napájení při zkratu.

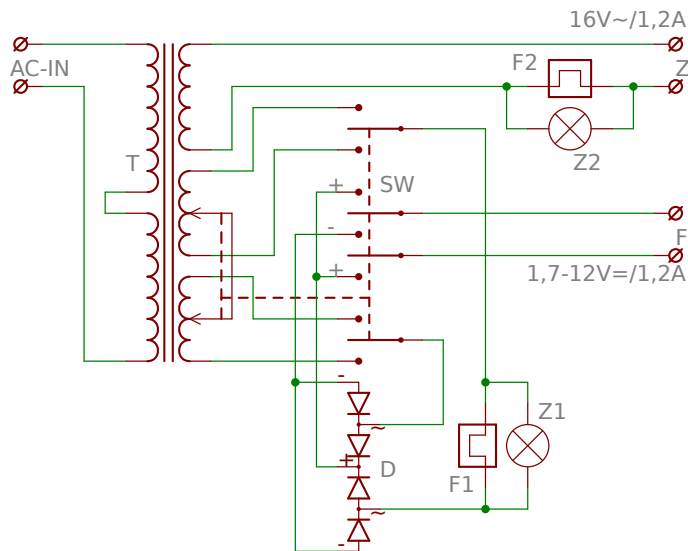


(a) : vnější vzhled

(b) : vnitřek

Obrázek 6.1: Ovládací transformátor PIKO FZ1





**Schéma 6.2:** Zapojení ovládacího transformátoru PIKO FZ1

Transformátor FZ1 je kombinovaný - regulovaná větev 0-12 V = je pro pohon lokomotiv (F = Fahrtransformator), druhá 16 V ~ je pro napájení příslušenství (Z = Zuberhör) jako přestavníky elektromagnetických výhybek či modelů mechanických návěstidel.

### 6.1.2 Pulzně šířková modulace (PWM)

Pokročilejší metodou je řízení motorů lokomotiv pomocí PWM modulace. Příkladem může být konstrukce používaná panem Wimmerem ze Žďáru nad Sázavou [15] (Schéma 6.3).

Tato konstrukce je velmi jednoduchá a využívá čistě diskretních součástek. Samozřejmě by bylo možné využít pro generování PWM signálu časovače 555 a nebo ho rovnou generovat pomocí procesoru. Odtud však již není daleko k adresaci jednotlivých lokomotiv a jejich nezávislému řízení. Pak už se však nejedná o ovládání analogové, nýbrž digitální.

### 6.1.3 Více lokomotiv, úseky

Pokud chceme v analogovém systému provozovat více lokomotiv nezávisle, je třeba rozdělit koleje na úseky, které pak lze nezávisle připojovat k (různým) regulátorům.

### 6.1.4 Ovládání přidavných funkcí

Přidavné funkce lokomotiv a vagonů lze při analogovém řízení ovládat jen těžko. Asi jediným používaným způsobem je přidání vysokofrekvenčního signálu (např. 20 kHz), kterým se napájí osvětlení vagonů či celého vlaku včetně lokomotivy nezávisle na trakčním napájení. Samozřejmě tímto způsobem nelze rozsvítit každý vagon zvlášť, či snad jen jeho část. Tento signál je pak rovněž

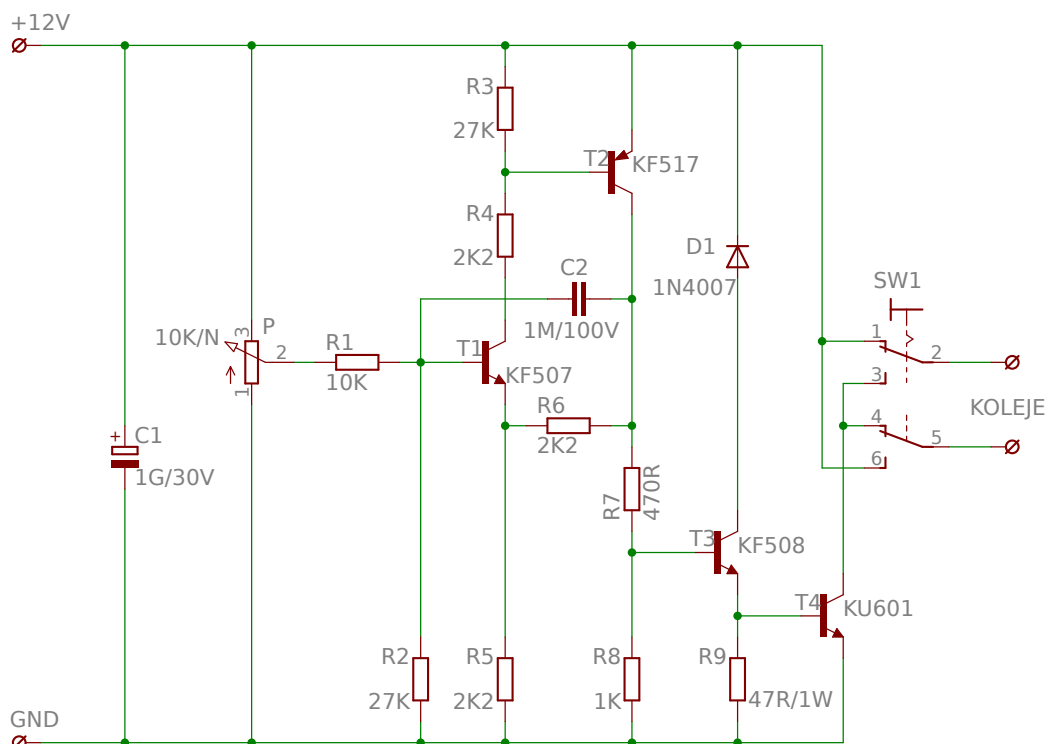


Schéma 6.3: Zapojení PWM regulátoru od p. Wimmera

nutno ovládat spolu s trakčním napájením, aby se dostal jen do úseků, ve kterých je souprava, jejíž svícení tímto zajišťujeme.

Aby toto fungovalo, je nutné správně oddělit zdroj VF signálu a trakci. Mezi každý trakční regulátor a spoj s VF generátorem je tedy třeba přidat správně napočítanou tlumivku (nejlépe na oba póly), taktéž ve hnacích vozidlech musí být umístěny tlumivky mezi sběrače proudu a motor. U hnacích vozidel se nicméně jedná o součást standardního vybavení pro analogovou trakci. Na straně VF je pak třeba odfiltrout trakční napájení pomocí správně napočítaného kondenzátoru, zapojeného v sérii na vývodech generátoru i na přívodech k osvětlení uvnitř vozidel. Samozřejmě je pak nutné ve vozidlech ještě VF signál usměrnit a vyhladit kondenzátory před přivedením k samotným LED osvětlení.

Ovládání spráhel či nějakých servopohonů, umístěných přímo ve vozidlech, pak jednoduše realizovat patrně nelze. V menších velikostech (jako např. v TT) to nicméně stejně moc nevádí, protože do stísněných prostorů, daných modelovým měřítkem, se málokdy vejde něco více než osvětlení.

### 6.1.5 Příslušenství

V zásadě je možné pro ovládání přestavníků výhybek, návěstidel a dalšího příslušenství použít jakýkoliv způsob. Většinou se nicméně k analogově řízenému kolejišti používá čistě systém vyvedení drátů od každého prvku až na ovládací pult k jednotlivým spínačům.

Někdy se pro řízení kolejiště používá reléového zabezpečení po vzoru „velké“ železnice (viz. kolejiště pana Wimmera[14]), někdy též mikroprocesorů implementujících zabezpečení v softwaru (např. moduly Zhlavík pana Báni[21]). Samotný přenos povelů k prvkům v kolejišti je však obvykle i tak realizován vodiči od každého prvku, sběrnice se zde povětšinou nevyskytují.

Trochu výjimkou jsou zde návěstidla, ke kterým právě pan Báňa vymyslel jednoduchou sběrnici S-com[19] a dekodéry[20] ke každému návěstidlu, umožňující ovládat jakékoliv návěstidlo včetně předvěsti a signalizace na ovládacím panelu pomocí tří drátů. Tato sběrnice je však mnohem častěji používána na digitálně řízených kolejištích.

## 6.2 Digitální řízení

Digitální řízení je založené na předávání řídicích povelů z centrály do každé lokomotivy. Koleje jsou trvale napájeny střídavým napětím a řídicí povely jsou do něj namodulované. Každá lokomotiva je pak vybavena vlastním dekodérem, který informace přijímá, a na jejich základě ovládá motor i přídatné funkce (např. osvětlení). Protože součástí povelu je vždy adresa dotyčné lokomotivy (dekodéru), lze tak nezávisle na sobě řídit lokomotivy, i když stojí na stejné koleji těsně u sebe. V podstatě tedy není nutné dělit kolejiště do úseků, nicméně toto dělení se stejně obvykle provádí pro detekci obsazení (viz. 6.2.2 *Detekce obsazení, úseky*).

Pro „digitál“ existuje několik systémů, nicméně nejpoužívanějším je patrně DCC (Digital Command Control). Tento systém řízení byl vyvinut firmou Lenz Elektronik GmbH jako *Digital plus System*[17] a následně převzat do standardů *NMRA S-9.1 DCC Electrical Standard*[24], *NMRA S-9.2 DCC Communications Standard*[25] a dalších.

### 6.2.1 Příslušenství

Protože je z principu ovládání příslušenství (výhybky, návěstidla, apod.) od řízení jízdy oddělené, není jejich ovládání přes DCC nutností. Často se používá kombinace digitálního řízení jízdy (+ osvětlení vozů, apod.) s analogovým ovládáním výhybek a návěstidel. Standard DCC nicméně umožňuje příslušenství ovládat stejnou sběrnici, což pro menší kolejiště bohatě stačí, a umožňuje to jednoduše zapojit do řízení provozu počítač. Zpětná vazba pro detekci obsazení úseků a správného přestavení výhybek však již součástí není, je nutné ji řešit odděleně (viz. 6.2.2 *Detekce obsazení, úseky*).

### 6.2.2 Detekce obsazení, úseky

V digitálním řízení není třeba (až na vratné smyčky) dělit koleje do úseků. Většinou se však nad digitálně řízeným kolejištěm začne dříve či později experimentovat s řízením pomocí počítače, který zpětnou odezvu vyžaduje. K tomu se pak s výhodou využívá faktu, že koleje jsou napájené trvale a každý dekodér ve vozidle má alespoň minimální spotřebu danou během procesoru.

Pro vozidla bez dekodérů se pak využívá přídavných odporů mezi koly (vyžaduje pak sběrače proudu stejně jako vozidlo s dekodérem) či natírání dvojkolí odporovým lakem. Vzhledem k jednoduchosti a i nízké ceně proudových čidel (obvykle jde o dvě diody či diodový můstek doplněný optočlenem a odporem) se jen málokdy používá jiný způsob.

DCC standard však část pro zpětnou vazbu neobsahuje, každý výrobce si to tedy řeší po svém. Mezi rozšířené sběrnice pro zpětnou vazbu patří třeba „RS“[17] od firmy Lenz Elektronik GmbH. Značně rozšířenou, zvláště mezi modeláři s vyráběnými centrály, je pak sběrnice S88, využívající jen jednoduché posuvné registry[26].

### ■ 6.2.3 Lokomotivy bez dekodéru

Díky použitému kódování DCC singálu[24][25], kde doba trvání obou půlperiod logické nuly nemusí být vždy stejná, lze na kolejišti řízeném pomocí DCC ovládat též jednu analogovou lokomotivu. Podmínkou je centrála, která tuto funkci podporuje. Pro řízení této lokomotivy z ovladačů se pak používá adresy 0, která je jinak pro lokomotivní dekodér neplatná. Podle zvoleného jízdního stupně pak centrála mění poměr délek půlperiod logické nuly signálu. Na motoru této analogové lokomotivy se tak mění střední hodnota napětí a motor se díky tomu rozjede.

Tento způsob je však spíše nouzový a nedoporučovaný. Motorem neustále protéká proud a ten se tak značně zahřívá. U některých typů motorů navíc tento způsob ani nelze použít a vede k jeho poškození[10].

## Kapitola 7

### Závěr

Z celého projektu se povedlo z velké části dokončit software ModuCab, který univerzálním a modulárním způsobem zajišťuje komunikaci mezi hardwarem a samotným modelem.

Model je nicméně velmi jednoduchý, jeho rozšíření však díky odložení HW části do ModuCab-u nemusí řešit téměř nic jiného, než simulaci samotnou.

Fyzický pult byl realizován ve značně omezené verzi, nicméně nejzákladnější prvky pro ovládání jízdy byly vyrobeny. Jeho rozšíření by nemělo být velkým problémem, jak ostatně ukazuje i využití tlačítek v demu namísto rotačních spínačů.

Simulace v reálném čase není v současné implementaci zcela možná. Model příliš spoléhá na nic negarantující systémové volání sleep (resp. usleep), stejně tak předávání výstupu každého kroku přes standardní výstup opět zatěžuje systém a čeká na jeho odezvu. Využití sdílené paměti na všech vstupech a výstupech by tento nedostatek mohlo zmírnit.

Ovládání modelové železnice přes protokol SRCP má jistá úskalí. Tím největším je fakt, že příkazy nelze posílat rychleji než každých 800 ms. Při rychlejším odesílání už dochází jen k plnění bufferů po cestě. Vzhledem k modulárnosti celého řešení by však nemělo být problémem doplnit jinou možnost komunikace (např. přímo s převodníkem USB - XpressNet).



# Příloha A

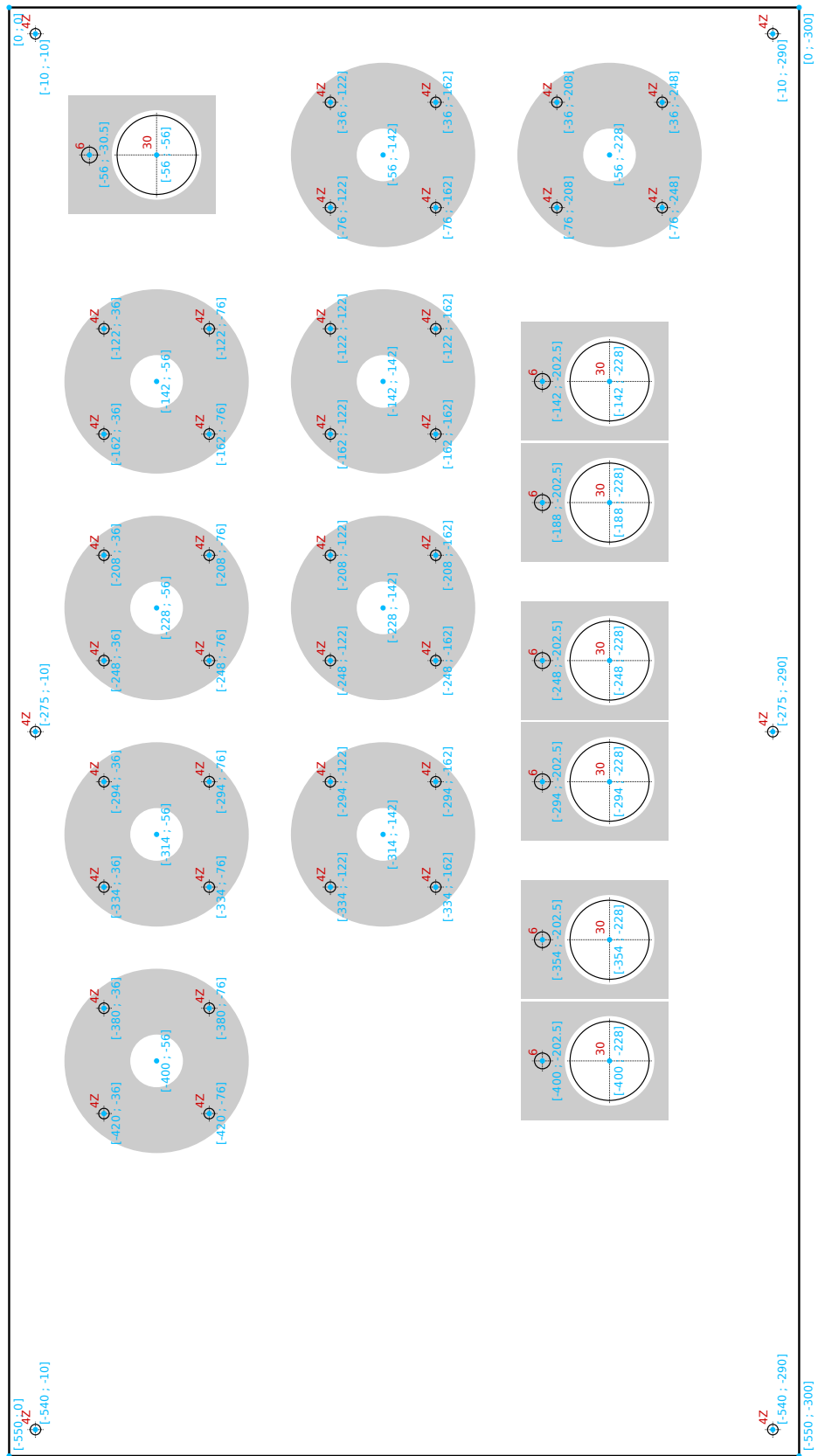
## Panely

V této sekci jsou uvedeny výkresy pro vrtání (a vyřezávání) jednotlivých panelů.

Všechny díry mají vždy přiřazené souřadnice (světle modrou barvou) středu vzhledem k souřadnicím panelu. Je použita kartézská soustava souřadnic s vodorovnou osou X a svislou osou Y, kladné směry jsou doprava a nahoru. Jednotlivé panely pak mají vždy zvolený počátek souřadnic v jednom z rohů dle výkresu (počátky byly zvoleny dle potřeb během rozvrhování umístění jednotlivých prvků).

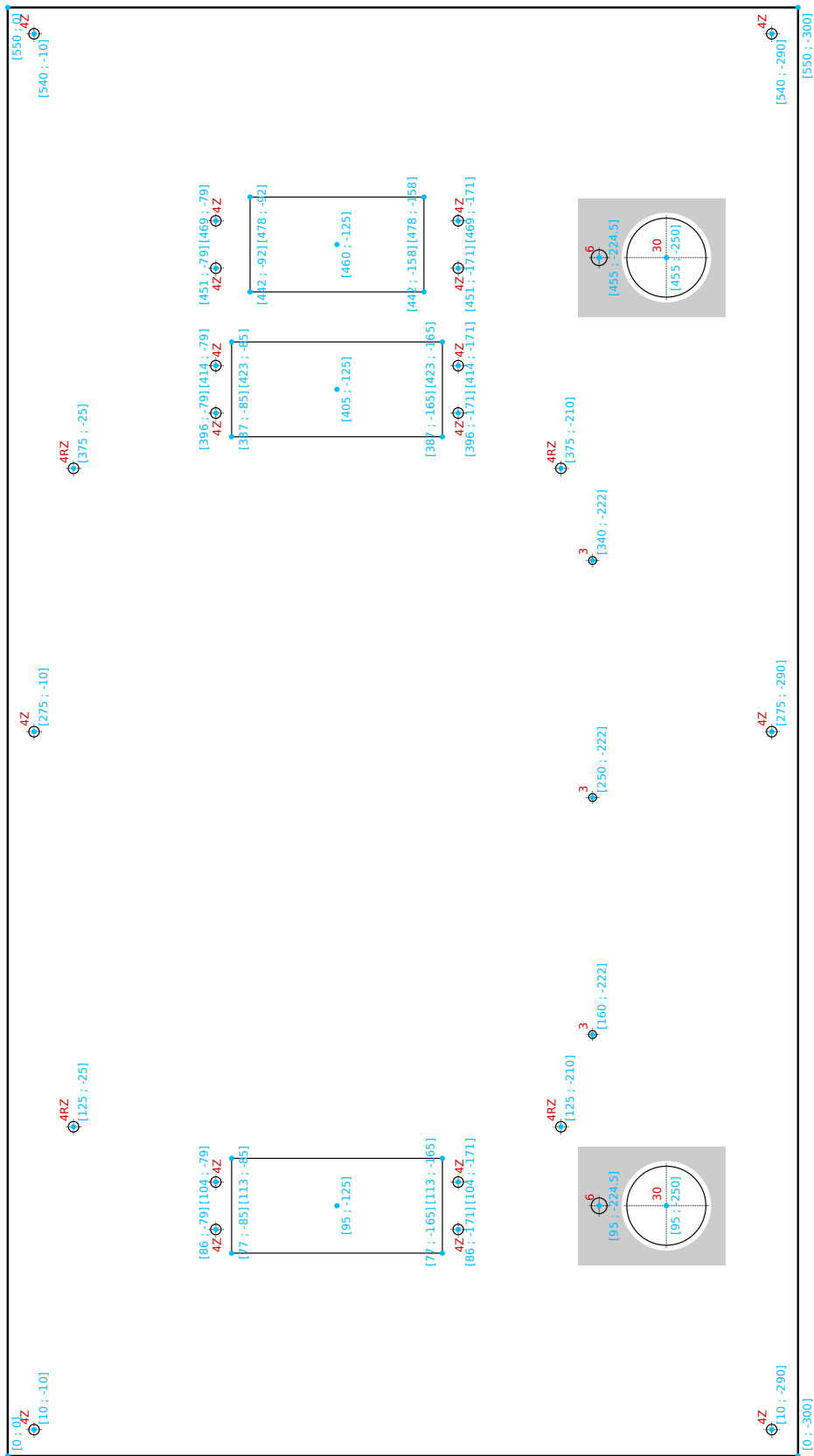
Každá díra pak má zapsaný i průměr, resp. typ, a to červenou barvou. Použité typy, resp. určení jednotlivých otvorů:

- bez typu = běžný jednoduchý otvor
- **Z** = zápusťná = pro šroub se zápusťnou hlavou (upevnění panelů k rámu, příp. přišroubování některých prvků umístěných zespod panelu)
- **N** = narážecí = pro narážecí matky. Uvedený průměr pak udává průměr šroubu a samotný otvor v panelu musí být větší. Proto je uveden ještě druhý průměr pro průměr vrtáku a to s typem **RZ** (viz. níže), kvůli tvaru samotných narážecích matek
- **RZ** = reverzně-zápusťná = pro šroub se zápusťnou hlavou zespod panelu, příp. pro narážecí matky (zapuštění je zespod panelu)

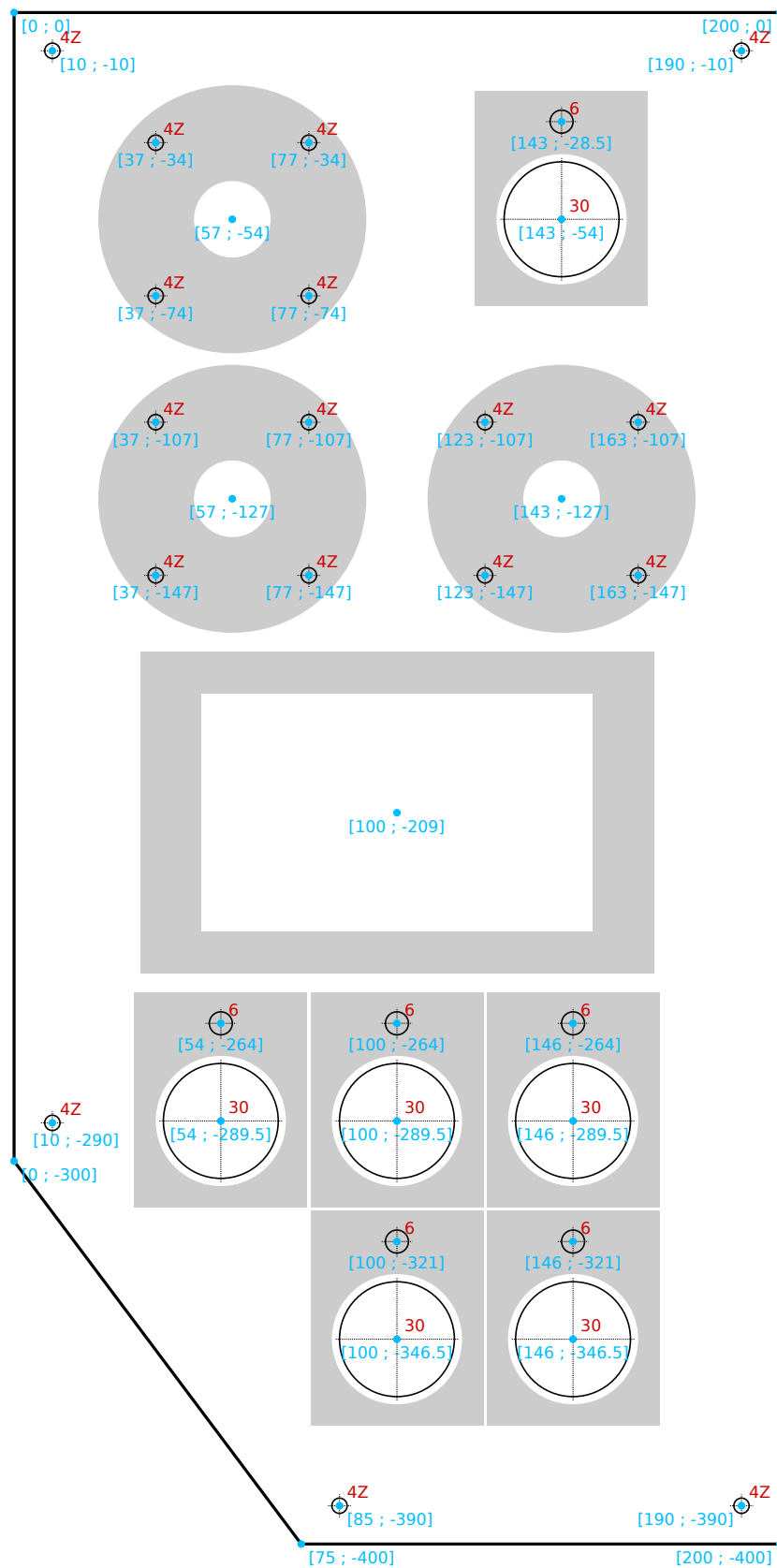


Výkres A.1: Rozměry a vrtání panelu PDL

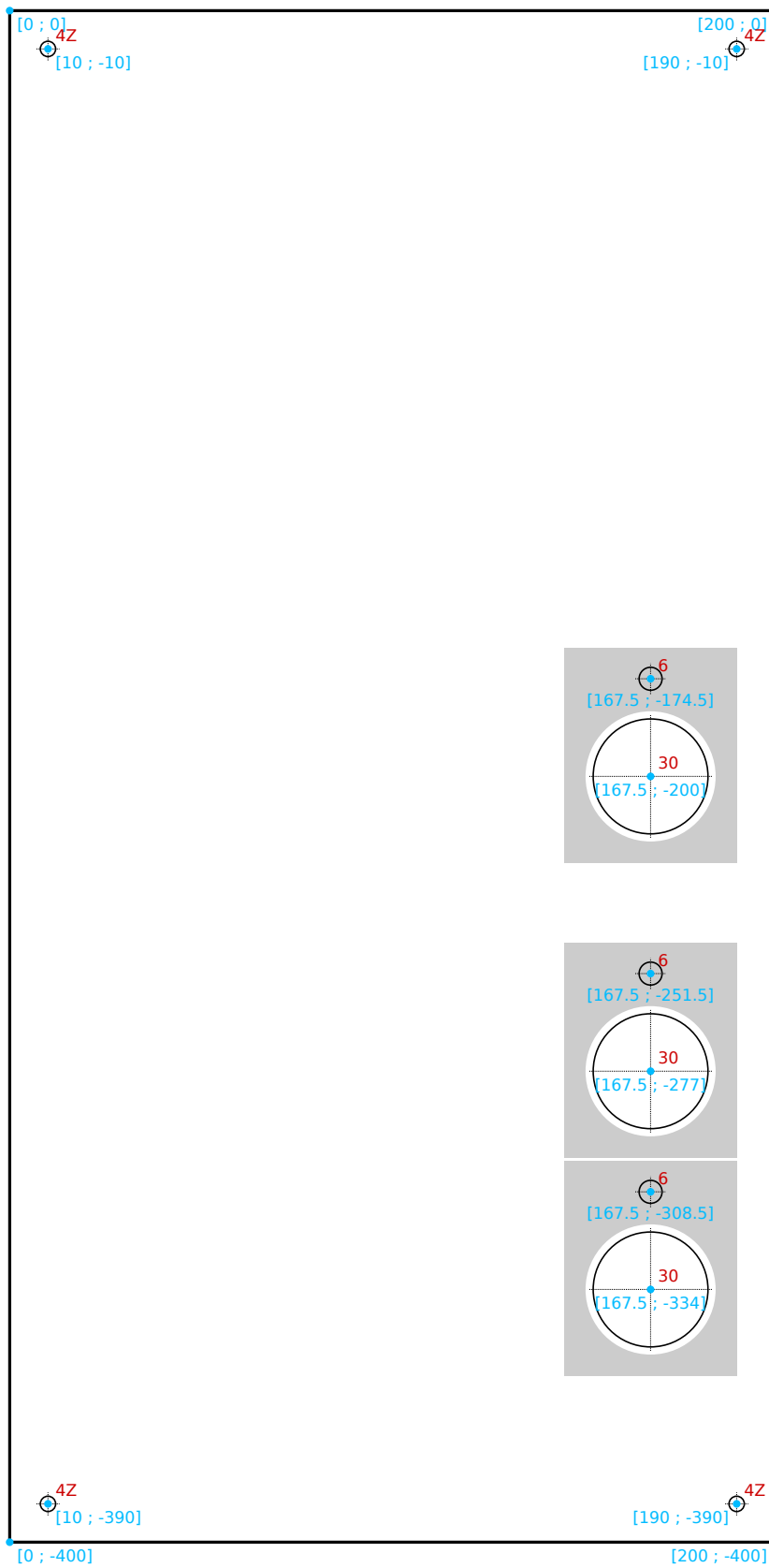




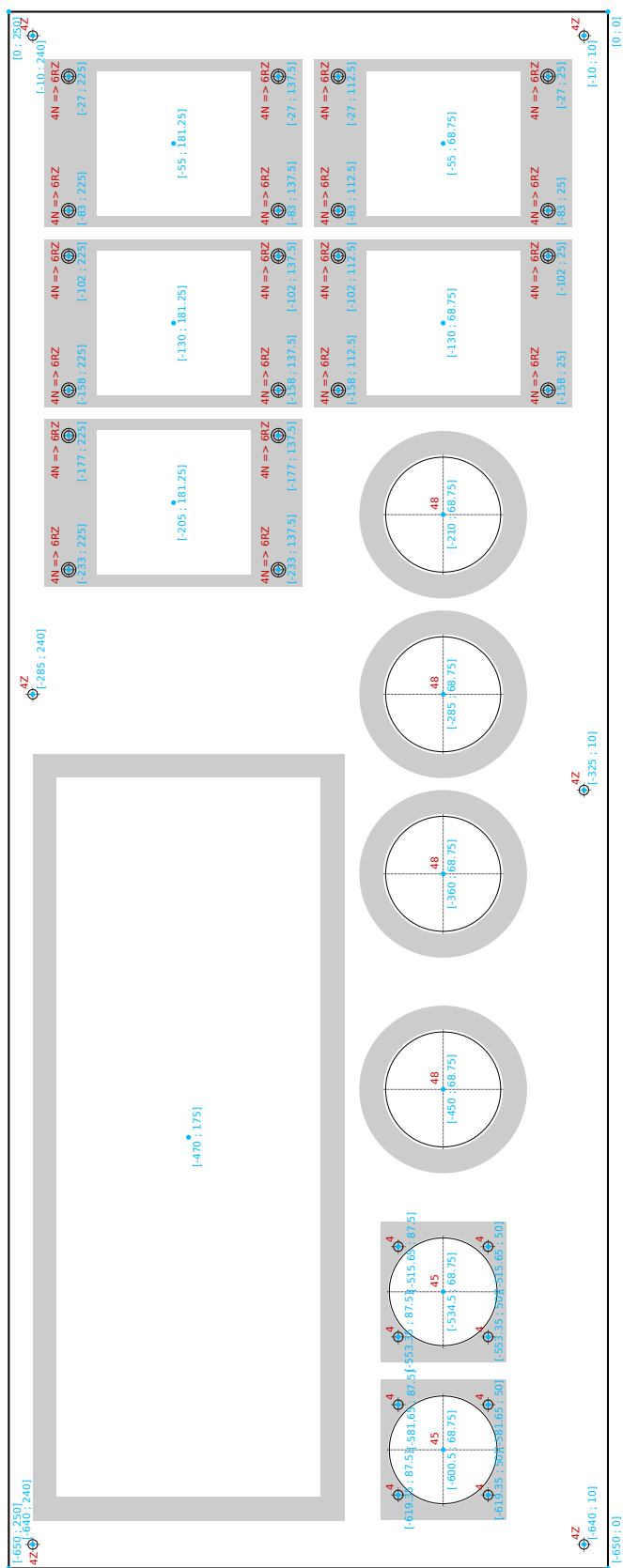
Výkres A.2: Rozměry a vrtání panelu PDS



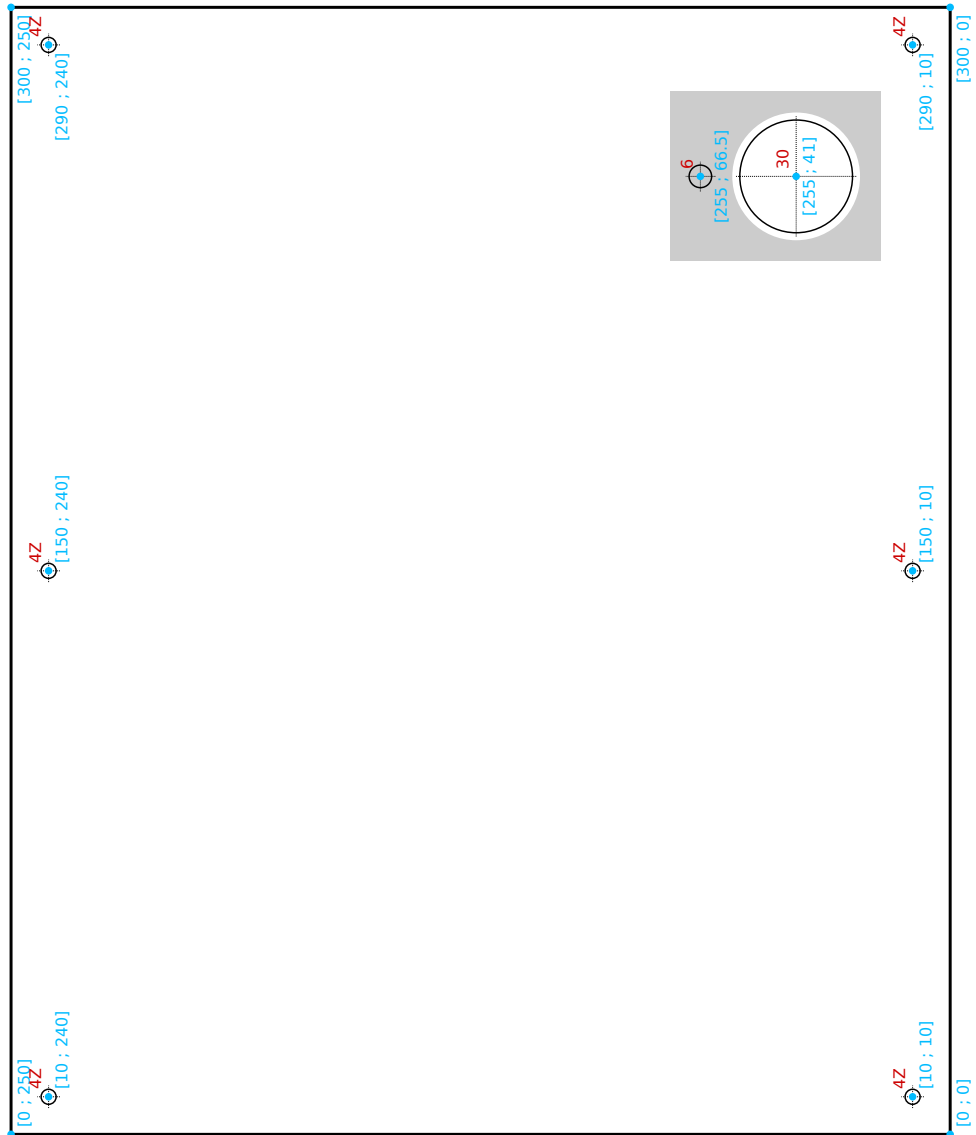
Výkres A.3: Rozměry a vrtání panelu PDP



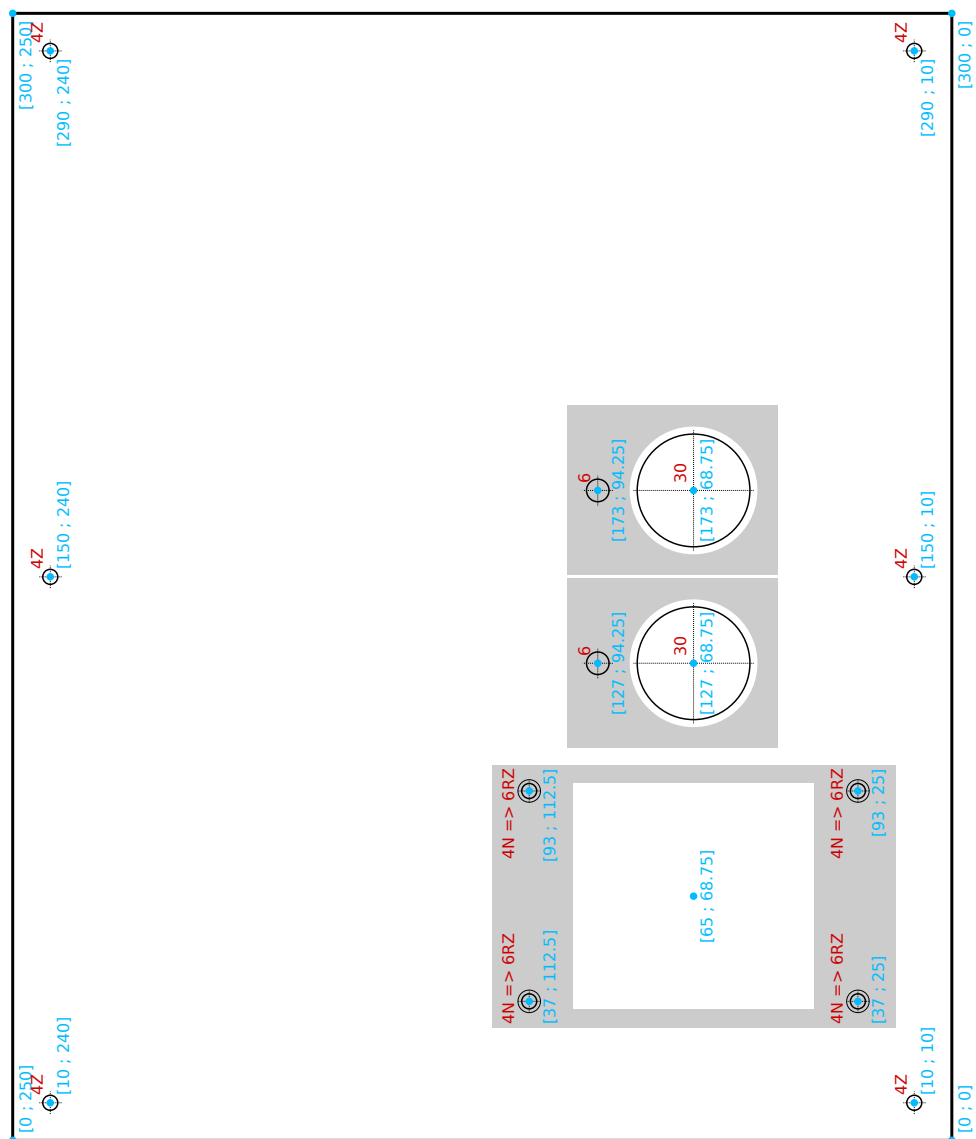
Výkres A.4: Rozměry a vrtání panelu PDB



Výkres A.5: Rozměry a vrtání panelu PHL



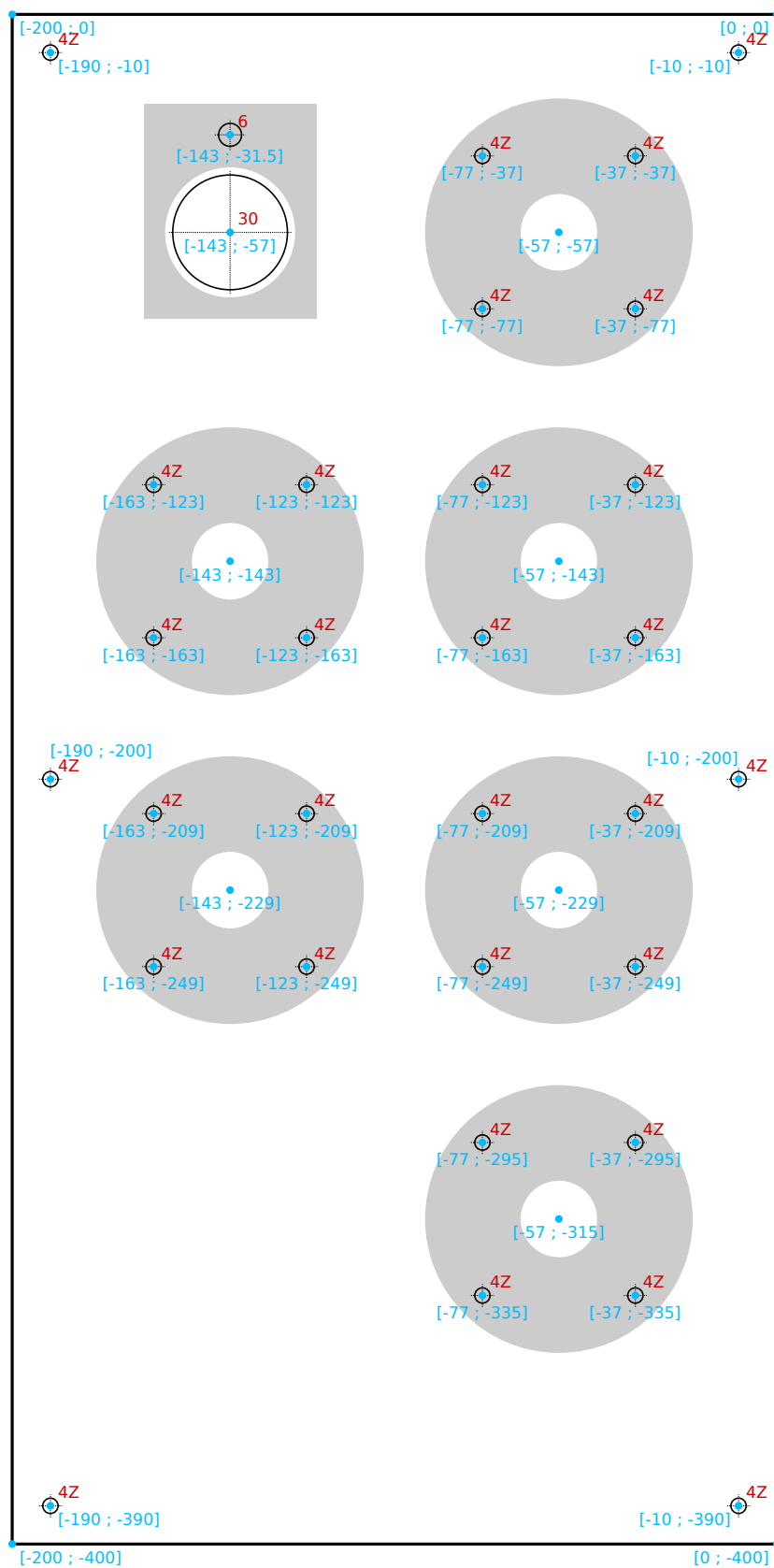
Výkres A.6: Rozměry a vrtání panelu PHS



Výkres A.7: Rozměry a vrtání panelu PHP



Výkres A.8: Rozměry a vrtání panelu PHZ



Výkres A.9: Rozměry a vrtání panelu DL

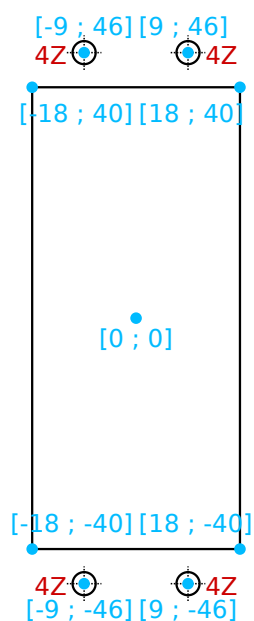


## Příloha B

### Páka hlavního kontroléru

Použití	Díl	Počet [ks]
uchycení DPS	vrut 2,5×12 mm univerzální s půlkulatou hlavou	10
sešroubování těla	matka M3	6
	šroub M3×30 s válcovou hlavou	6
sešroubování vnitřku	matka M3	1
	šroub M3×30 s válcovou hlavou	1
zajištění madla	matka M4 pojistná	1
přichycení k panelu	matka M4	4
	šroub M4×16 se zápustnou hlavou	4

Tabulka B.1: Seznam mechanických dílů pro páku



Výkres B.1: Výřez a vrtání panelu pro základní páku

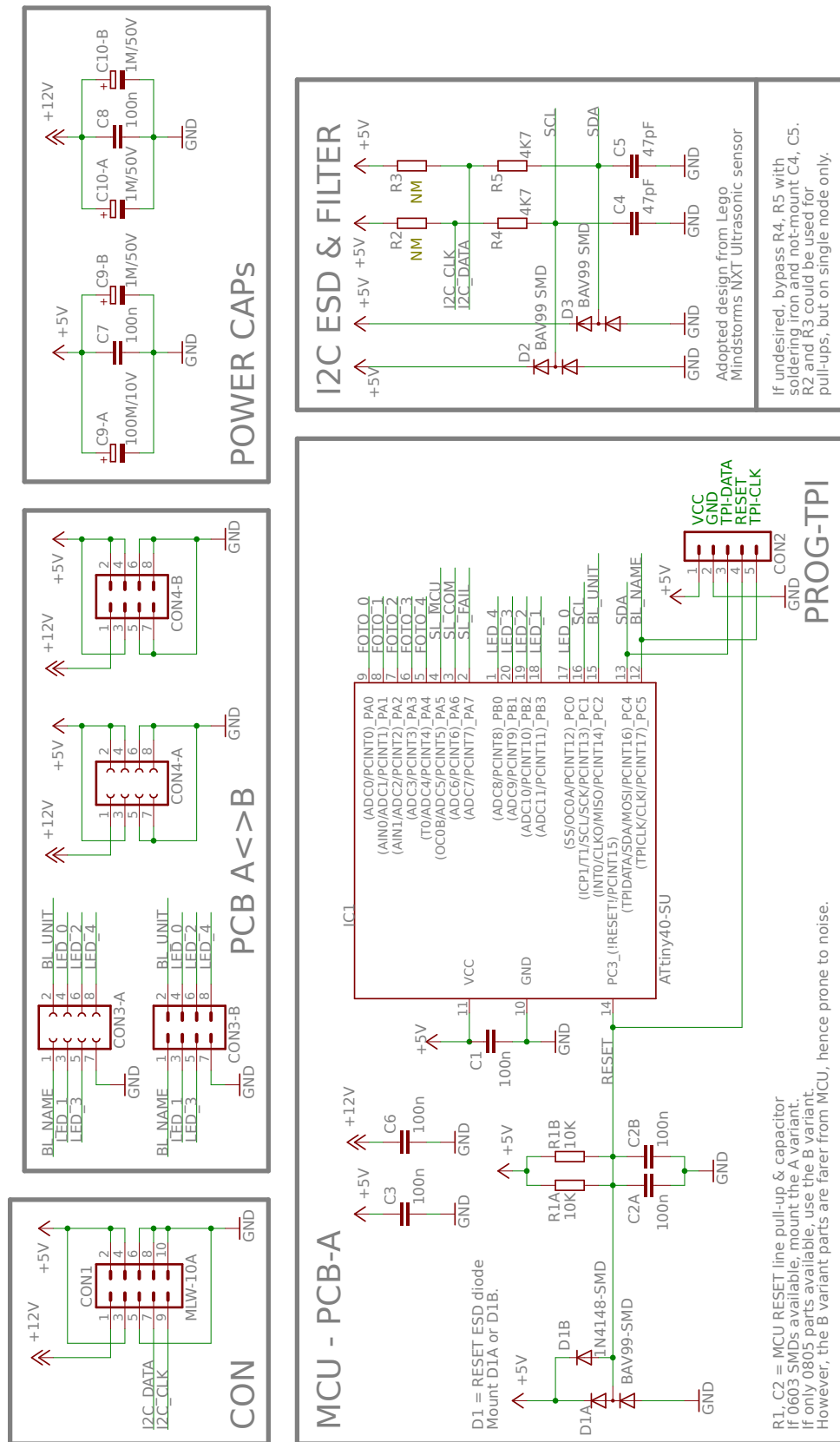


Schéma B.1: Schéma páky - 1. strana

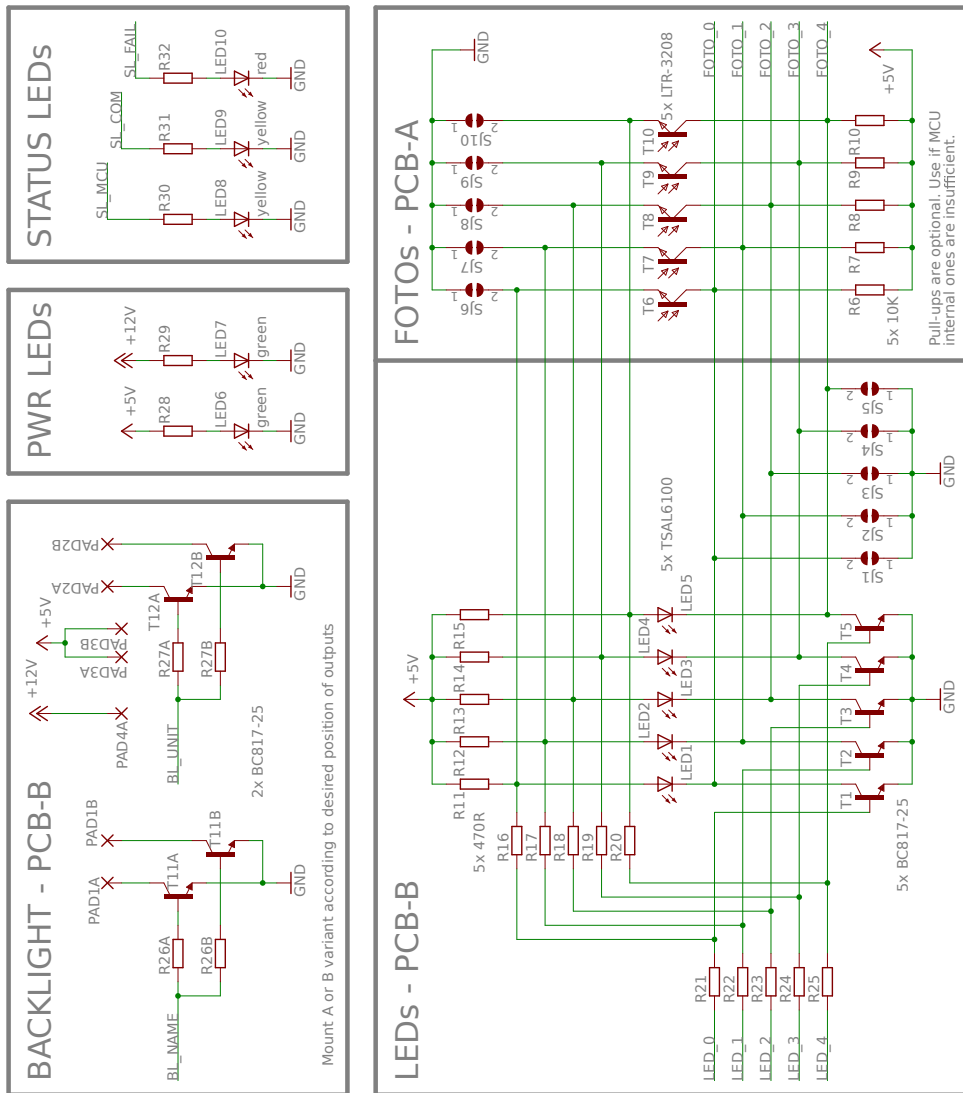
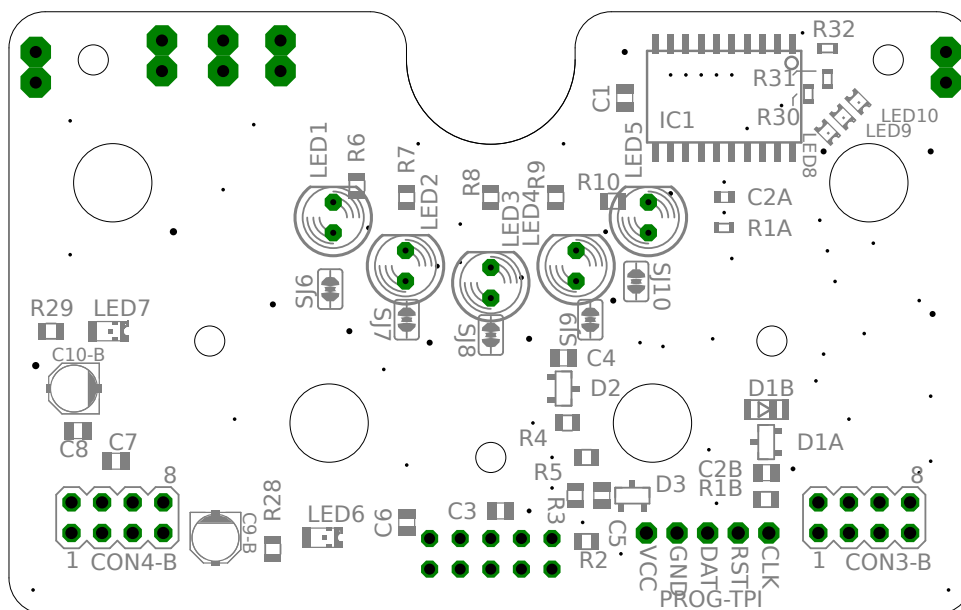
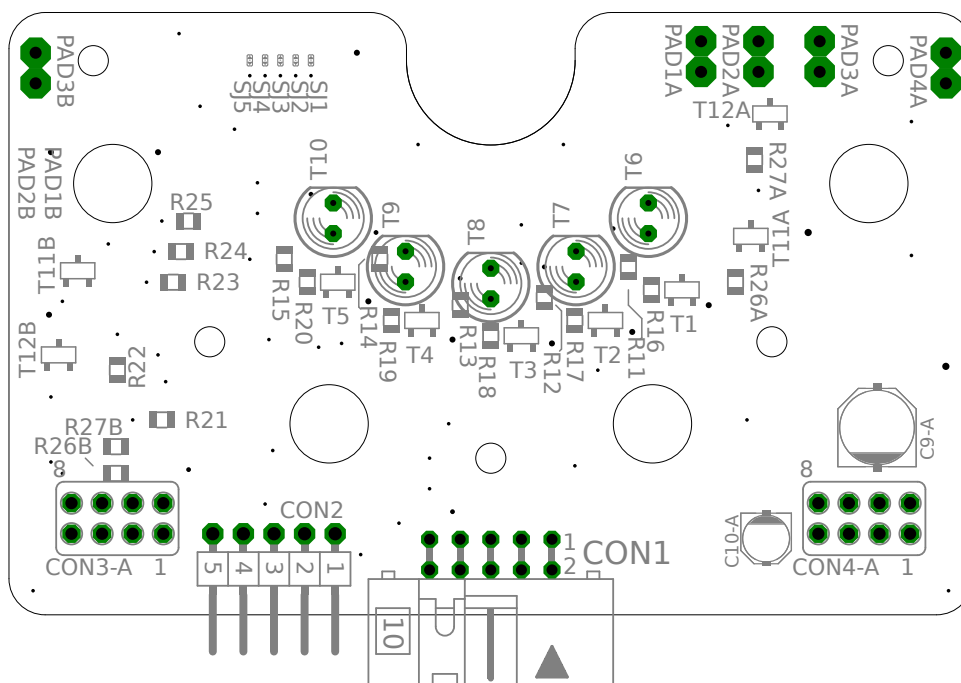


Schéma B.2: Schéma páky - 2. strana



Obrázek B.1: Osazovací pláněk DPS páky - horní strana



Obrázek B.2: Osazovací pláněk DPS páky - spodní strana

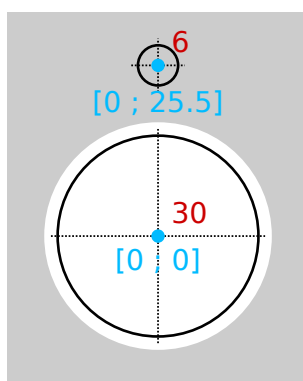
Jméno	Hodnota	Popis	Počet [ks]
<i>C1, C2B, C3, C6, 2×C7..8</i>	CK 0805 100n	keramický SMD kondenzátor 100 nF	7 (8)
<i>C2A</i>	CK 0603 100n	keramický SMD kondenzátor 100 nF	1 (0)
<i>C4..5</i>	CK 0805 47p	keramický SMD kondenzátor 47 pF	2
<i>C9-A</i>	CE 100M/10V D	elektrolytický SMD kondenzátor 100 µF/10 V, velikost D	1
<i>C9-B, C10-A, C10-B</i>	CE 1M/50V B	elektrolytický SMD kondenzátor 1 µF/50 V, velikost B	3
<i>CON1</i>	MLW-10A	konektor 2×5 pinů se zámkem, 90°	1
<i>CON2</i>		kolíková lišta 1×5 pinů, 90°	1
<i>CON3-A, CON4-A</i>		dutinková lišta 2×4 pinů	2
<i>CON3-B, CON4-B</i>		kolíková lišta 2×4 pinů, prodloužená (cca 30 mm)	2
<i>D1A, D2..3</i>	BAV99 SMD	dvojitá dioda v pouzdru SOT23	3 (2)
<i>D1B</i>	1N4148 SMD	dioda v pouzdru SOD80C	0 (1)
<i>IC1</i>	ATtiny40-SU	mikroprocesor Atmel AVR, pouzdro SOIC 20 pin	1
<i>LED1..5</i>	TSAL6100	IR LED, 5 mm kulaté pouzdro, 940 nm	5
<i>2×LED6, LED7</i>	LED 1206 GREEN	SMD LED zelená	3
<i>LED8..9</i>	LED 0805 YELLOW	SMD LED žlutá	2
<i>LED10</i>	LED 0805 RED	SMD LED červená	1
<i>R1A</i>	R 0603 10K	SMD rezistor 10 kΩ	1 (0)
<i>R1B, R6..10</i>	R 0805 10K	SMD rezistor 10 kΩ	5 (6)
<i>R2..3</i>	R 0805 ?	SMD rezistor, podle I <sup>2</sup> C sběrnice (pull-up rezistory)	0 (2)
<i>R4..5</i>	R 0805 4K7	SMD rezistor 4,7 kΩ	2
<i>R11..15 / R16..20</i>	R 0805 470R	SMD rezistor 470 Ω	5
<i>R21..25</i>	R 0805 ?	SMD rezistor, dle potřeb <i>T1..5</i>	0 (5)
<i>R26A/B, R27A/B</i>	R 0805 ?	SMD rezistor, dle potřeb <i>T11A/B, T12A/B</i>	2
<i>2×R28, R29</i>	R 0805 ?	SMD rezistor, dle použitých <i>LED6..7</i>	3
<i>R30..32</i>	R 0603 ?	SMD rezistor, dle použitých <i>LED8..10</i>	3
<i>T1..5</i>	BC817-25 SMD	NPN tranzistor, pouzdro SOT23	0 (5)
<i>T11A/B, T12A/B</i>	BC817-25 SMD	NPN tranzistor, pouzdro SOT23	2
<i>T6..10</i>	LTR-3208 (IRE5)	IR fototranzistor, 5 mm kulaté pouzdro, 940 nm	5

Tabulka B.2: Seznam elektronických součástek pro DPS páky



## Příloha C

### Elektropřístroj T6



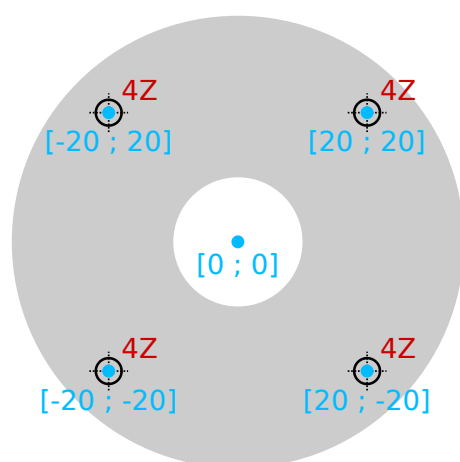
Výkres C.1: Vrtání panelu pro prvky T6





## Příloha D

### Modulární spínač

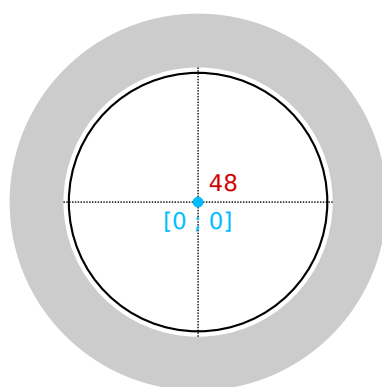


**Výkres D.1:** Vrtání panelu pro modulární spínač



## Příloha E

### Terčový ukazatel



Výkres E.1: Vrtání panelu pro ukazatel

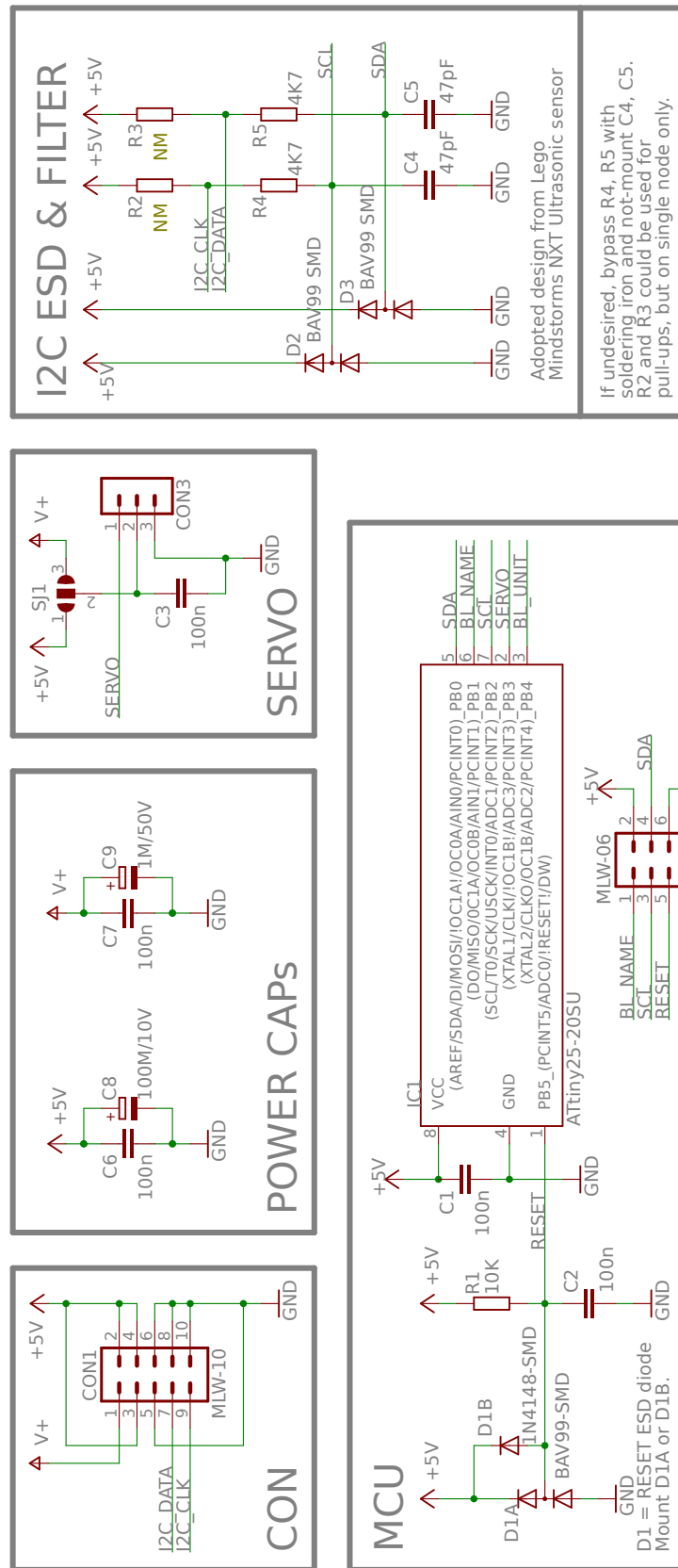


Schéma E.1: Schéma ukazatele - 1. strana

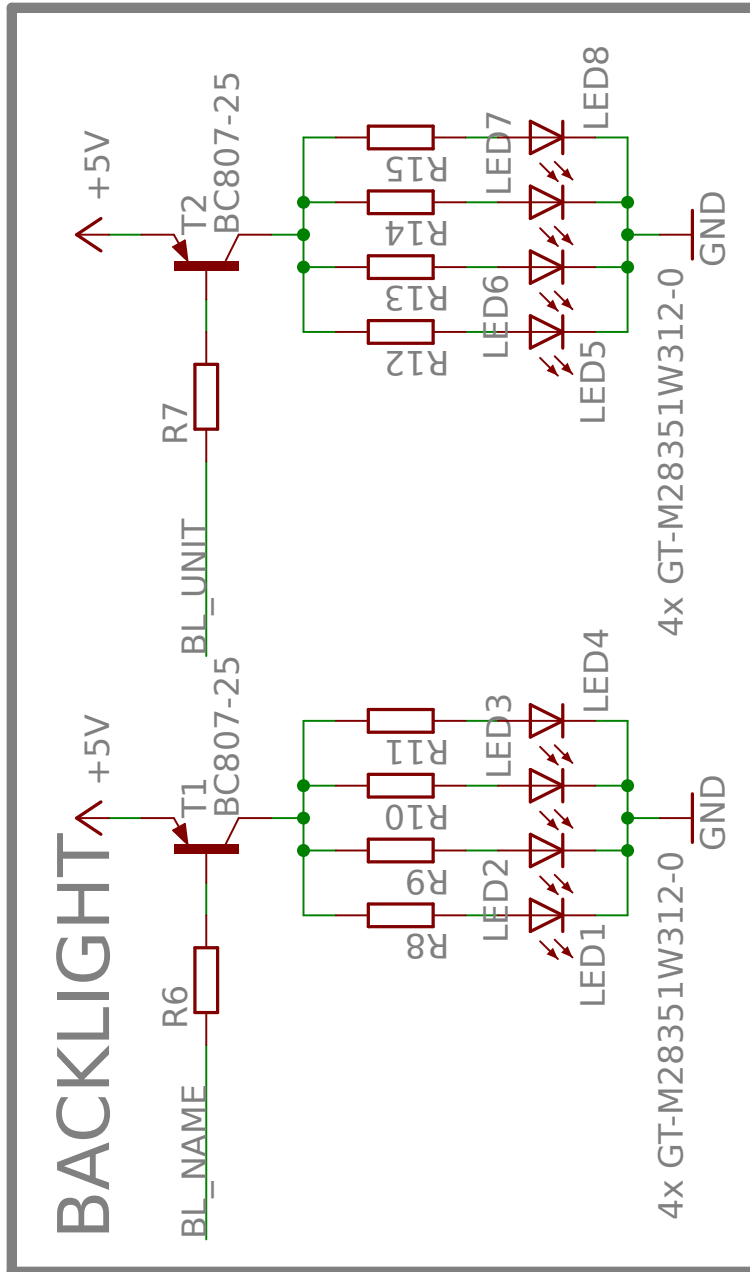
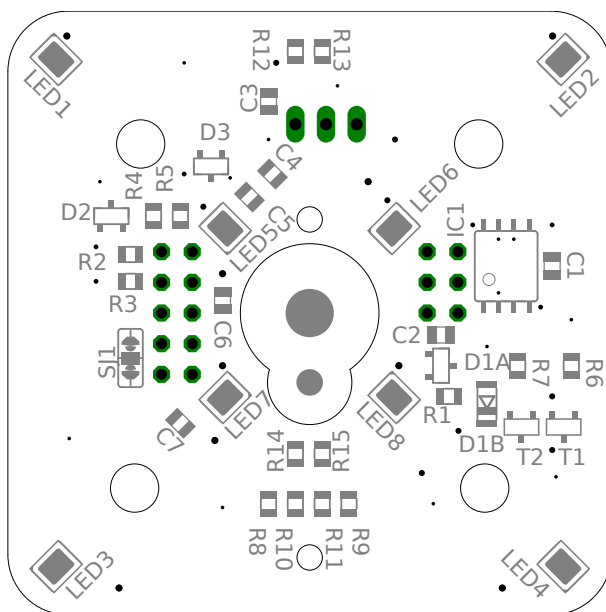
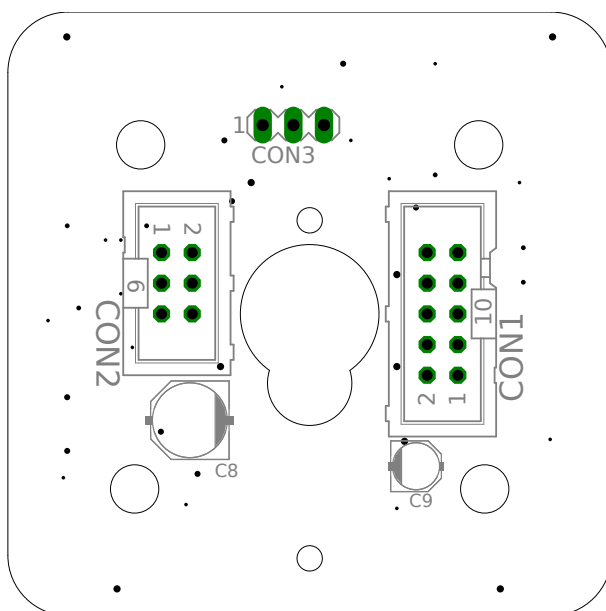


Schéma E.2: Schéma ukazatele - 2. strana



Obrázek E.1: Osazovací plánek DPS ukazatele - horní strana



Obrázek E.2: Osazovací plánek DPS ukazatele - spodní strana

Jméno	Hodnota	Popis	Počet [ks]
<i>C1..3, C6..7</i>	CK 0805 100n	keramický SMD kondenzátor 100 nF	5
<i>C4..5</i>	CK 0805 47p	keramický SMD kondenzátor 47 pF	2
<i>C8</i>	CE 100M/10V D	elektrolytický SMD kondenzátor 100 $\mu$ F/10 V, velikost D	1
<i>C9</i>	CE 1M/50V B	elektrolytický SMD kondenzátor 1 $\mu$ F/50 V, velikost B	1
<i>CON1</i>	MLW-10	konektor 2 $\times$ 5 pinů se zámkem	1
<i>CON2</i>	MLW-06	konektor 2 $\times$ 3 piny se zámkem	1
<i>CON3</i>		kolíková lišta 1 $\times$ 3 piny	1
<i>D1A, D2..3</i>	BAV99 SMD	dvojitá dioda v pouzdru SOT23	3 (2)
<i>D1B</i>	1N4148 SMD	dioda v pouzdru SOD80C	0 (1)
<i>IC1</i>	ATtiny25-20SU	mikroprocesor Atmel AVR, pouzdro SOIC 8 pin	1
<i>LED1..8</i>	GT-M28351W312-0	vysoce svítivá SMD LED, teplota bílá, velikost 2835	8
<i>R1</i>	R 0805 10K	SMD rezistor 10 k $\Omega$	1
<i>R2..3</i>	R 0805 ?	SMD rezistor, podle I <sup>2</sup> C sběrnice (pull-up rezistory)	0 (2)
<i>R4..5</i>	R 0805 4K7	SMD rezistor 4,7 k $\Omega$	2
<i>R6..7</i>	R 0805 ?	SMD rezistor, dle potřeb <i>T1..2</i>	2
<i>R8..15</i>	R 0805 ?	SMD rezistor, dle potřeb <i>LED1..8</i>	8
<i>T1..2</i>	BC807-25 SMD	PNP tranzistor, pouzdro SOT23	2
	EMAX ES08A-II	modelářské servo	1

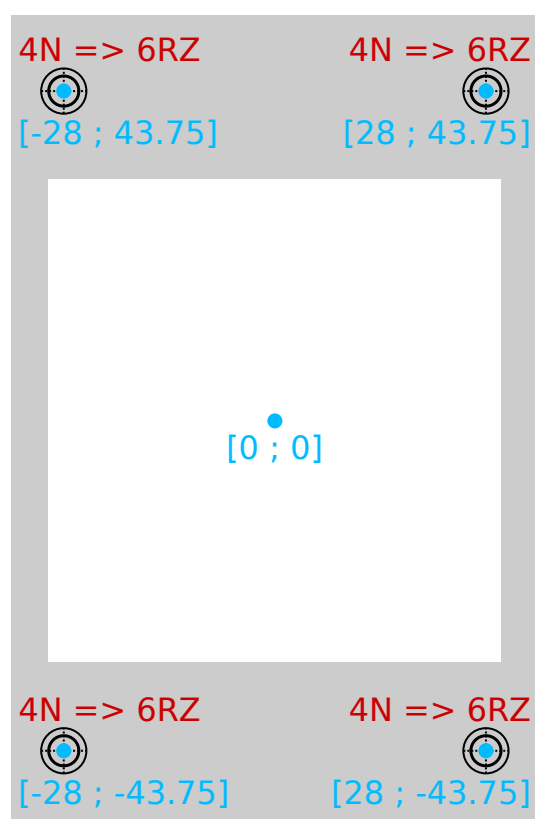
Tabulka E.1: Seznam elektronických součástek pro DPS ukazatele





# Příloha F

## Měřák

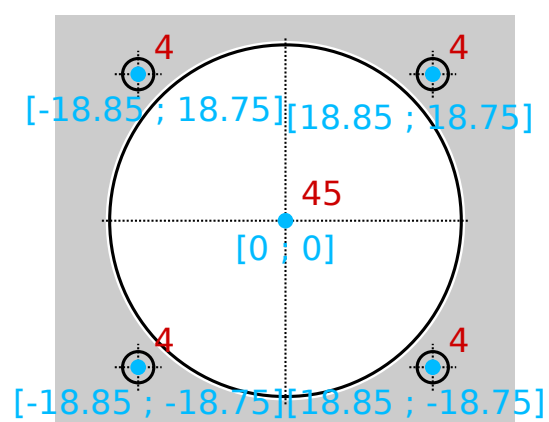


Výkres F.1: Vrtání panelu pro měřák



## Příloha G

### Měřák baterie



Výkres G.1: Vrtání panelu pro měřák baterie



## Příloha H

### Obsah přiloženého CD

**BAP.pdf** Text této práce.

**zadani.pdf** Zadání práce.

**GIT/** Adresář obsahuje serverové („bare“) GIT repozitáře jednotlivých částí práce.

**bap.git** Zdrojový kód této práce v  $\text{\LaTeX}$ -u.

**elektro-potkan** Složka s repozitáři pomocných knihoven a skriptů. Tyto jsou rovněž veřejně dostupné na serveru *GitLab.com* (<https://gitlab.com/elektro-potkan>).

**loco-363** Repozitáře jednotlivých součástí modelu lokomotivy - softwaru i hardwaru.

**modu-cab** Repozitáře vztahující se k obecnému frameworku *ModuCab* pro napojení modelu na hardware.

**dps/** Výrobní data pro navržené desky plošných spojů (formát dle požadavků *ITEAD.cc*)

**vykresy/** Vrtací (a řezací) výkresy jednotlivých panelů pultu ve formátu SVG

Pro přístup ke zdrojovým kódům jednotlivých částí je potřeba nejprve naklonovat „bare“ repozitáře z CD:

```
git clone <path-to-.git-directory>
```

Většina repozitářů (včetně zdrojových kódů práce) spoléhá na GIT submodule, které je proto potřeba po naklonování ještě inicializovat:

```
git submodule update --init --recursive
```

Pro sestavení jsou dále potřeba různé knihovny, atd. - tyto jsou uvedeny vždy v souboru **README.md** konkrétního repozitáře.



# Příloha I

## Literatura

- [1] ŠVESTKA, David; AtlasLokomotiv.net. *Lokomotivní řady 363 (ES499.1), 362* [online].  
<<http://www.atlaslokomotiv.net/loko-363.html>>,  
(25. 5. 2018)
- [2] Atmel / Microchip. *AVR311/AN2565: Using the TWI Module as I2C Slave* [online].  
<[http://ww1.microchip.com/downloads/en/AppNotes/atmel-2565-using-the-twi-module-as-i2c-slave\\_applicationnote\\_avr311.pdf](http://ww1.microchip.com/downloads/en/AppNotes/atmel-2565-using-the-twi-module-as-i2c-slave_applicationnote_avr311.pdf)>,  
(25. 5. 2018)
- [3] Dangerous Prototypes. *Bus Pirate v4 design overview* [online].  
<[http://dangerousprototypes.com/docs/Bus\\_Pirate\\_v4\\_design\\_overview](http://dangerousprototypes.com/docs/Bus_Pirate_v4_design_overview)>,  
(25. 5. 2018)
- [4] Československé státní dráhy (ČSD). *Koncepce lokomotivy řady 363* [online].  
<<https://www.youtube.com/watch?v=voIpxChh7nE>>,  
(10. 12. 2018)
- [5] HÁLA, Jindřich a Jan KRATOCHVÍL. *Dvouproudová elektrická lokomotiva řady ES499.0*. Praha: NADAS, 1979.
- [6] KOLEKTIV autorů bývalého Lokomotivního Depa Jihlava. *Lokomotiva 69E*. 1983.
- [7] KOLEKTIV autorů Škoda Plzeň. *Lokomotiva 76Em*.
- [8] LATA, Michael. *Konstrukce kolejových vozidel II*. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2004. ISBN: 80-719-4696-6.
- [9] DAVID, Oleg. *Lokomotiva ŠKODA 69E* [online]. Olomouc: Internetová publikace, 2008.  
<[http://technika.707.cz/362\\_363\\_d5276db13027212c270082c6e42570d3/](http://technika.707.cz/362_363_d5276db13027212c270082c6e42570d3/)>,  
(10. 12. 2018)

- [10] DCC Wiki. *Zero Stretching* [online].  
<[https://dccwiki.com/Zero\\_Stretching](https://dccwiki.com/Zero_Stretching)>,  
(7. 1. 2019)
- [11] KOLEKTIV autorů Lokomotivního Depa Plzeň. *Centrální řídicí člen (řada 362 + 363)* [online].  
<<http://www.strojvedouciplzen.cz/index.php?page=menu&id=175>>,  
(2. 1. 2019)
- [12] PELÍŠEK, Michal; Lokomotivní Depo Plzeň. *Zabezpečovač LS 06* [online].  
<<http://www.strojvedouciplzen.cz/index.php?page=menu&id=64>>,  
(7. 1. 2019)
- [13] HMH Bratislava. *Mirel VZ1 - Návod na obsluhu* [online].  
<[http://telegrafroad.sweb.cz/mirel\\_komplet.pdf](http://telegrafroad.sweb.cz/mirel_komplet.pdf)>,  
(4. 1. 2019)
- [14] WIMMER, Radislav. *Domácí kolejiště* [online].  
<<http://www.kolejiste-zdar.cz>>,  
(25. 5. 2018)
- [15] WIMMER, Radislav. *Výroba trakčního regulátoru pro jízdu* [online].  
<<http://www.kolejiste-zdar.cz/web/postupy/regulator/regulator.html>>,  
(25. 5. 2018)
- [16] NXP. *UM10204 - I<sup>2</sup>C-bus specification and user manual (Rev. 6 — 4 April 2014)* [online].  
<<https://www.nxp.com/docs/en/user-guide/UM10204.pdf>>,  
(25. 5. 2018)
- [17] Lenz Elektronik GmbH. *Digital plus System* [online].  
<<http://www.lenz-elektronik.de/digitalplus-system.php>>,  
(25. 5. 2018)
- [18] MOROP. *NEM 010 - Maßstäbe, Nenngrößen, Spurweiten* [online].  
<[http://www.morop.org/downloads/nem/de/nem010\\_d.pdf](http://www.morop.org/downloads/nem/de/nem010_d.pdf)>,  
(25. 5. 2018)
- [19] BÁŇA, Vítězslav. *Digitální signalizace návěstidel S-com* [online].  
<<https://www.mtb-model.com/elektro/s-com.htm>>,  
(25. 5. 2018)
- [20] BÁŇA, Vítězslav. *Dekodér S-com pro světelná návěstidla ČSD* [online].  
<<https://www.mtb-model.com/elektro/s-com-nav.htm>>,  
(25. 5. 2018)



- [21] BÁŇA, Vítězslav. *Modul pro řízení zhlaví modelové stanice a návěstidel S-com ZHLAVÍK-V2* [online].  
<<https://www.mtb-model.com/elektro/s-com-zhl2.htm>>,  
(25. 5. 2018)
- [22] NMRA. *S-1.2 - General Standard Scales* [online].  
<<https://www.nmra.org/sites/default/files/standards/sandrp/pdf/S-1.2%202009.07.pdf>>,  
(25. 5. 2018)
- [23] NMRA. *S-9 Electrical* [online].  
<[https://www.nmra.org/sites/default/files/standards/sandrp/pdf/s-9\\_1984.08.pdf](https://www.nmra.org/sites/default/files/standards/sandrp/pdf/s-9_1984.08.pdf)>,  
(25. 5. 2018)
- [24] NMRA. *S-9.1 DCC Electrical Standard* [online].  
<[https://www.nmra.org/sites/default/files/standards/sandrp/pdf/s-9.1\\_electrical\\_standards\\_2006.pdf](https://www.nmra.org/sites/default/files/standards/sandrp/pdf/s-9.1_electrical_standards_2006.pdf)>,  
(25. 5. 2018)
- [25] NMRA. *S-9.2 DCC Communications Standard* [online].  
<<https://www.nmra.org/sites/default/files/s-92-2004-07.pdf>>,  
(25. 5. 2018)
- [26] CAŇADA, F. M.. *S88 Feedback module* [online].  
<[http://usuaris.tinet.cat/fmco/s88\\_en.html](http://usuaris.tinet.cat/fmco/s88_en.html)>,  
(7. 1. 2019)
- [27] Škoda Transportation. *Návod k obsluze dvousystémové elektrické lokomotivy ŠKODA 71Em, ČD 363.5* [online].  
<[http://telegrafroad.sweb.cz/71em\\_verze1.pdf](http://telegrafroad.sweb.cz/71em_verze1.pdf)>,  
(25. 5. 2018)
- [28] UniControls-Tramex s.r.o.. *Elektronický rychloměr RE1xx* [online].  
<<http://www.unicontrols-tramex.cz/cz/produkty/Elektronicky-rychlomer-RE1xx-8/>>,  
(5. 1. 2019)
- [29] UniControls-Tramex s.r.o.. *Elektronický rychloměr RE1xx - Uživatelský manuál* [online].  
<<http://www.unicontrols-tramex.cz/soubory/2012-06/MU0004A-008-CZ-manual-s-prilohami-2106201213025129623.pdf>>,  
(5. 1. 2019)
- [30] YouTube uživatel "lok fuhrer". *363 - přepínání systému v úseku Klášterec n.O. - Kadaň Pruněřov* [online].  
<<https://www.youtube.com/watch?v=cfm4b6DR9cQ>>,  
(5. 1. 2019)