

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

**KATEDRA APLIKOVANÉ ELEKTRONIKY A TELEKOMUNIKACÍ**

# **BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**Přestavník výhybky pro modelovou železnici**

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
Fakulta elektrotechnická  
Akademický rok: 2012/2013

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Miroslav MAJER**  
Osobní číslo: **E10B0325P**  
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**  
Studijní obor: **Elektronika a telekomunikace**  
Název tématu: **Přestavník výhybky pro modelovou železnici**  
Zadávající katedra: **Katedra aplikované elektroniky a telekomunikací**

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

Cílem práce je navrhnout a ověřit přestavník pro modelovou výhybku, který zohledňuje významné dynamické i bezpečnostní vlastnosti skutečné výhybky a jejího přestavníku.

1. Prostudujte technická řešení výhybek a přestavníků jak na modelové, tak na skutečné železnici a seznamte se se způsoby jejich řízení a zabezpečování.
2. Navrhněte mechanickou a elektrickou část modelového přestavníku a laboratorně proveďte jejich funkčnost a spolupráci.
3. Navrhněte řídicí elektroniku přestavníku tak, aby se využitím vlastností pohonu omezila potřeba mechanických spínačů a proveďte funkčnost celého zařízení. Zároveň dbejte na dobré napodobení chodu skutečné výměny.
4. Zohledněte způsob napájení vozidel a využijte přítomnosti trakčního napětí v kolejnicích pro detekci polohy jazyků.

Rozsah grafických prací: **podle doporučení vedoucího**  
Rozsah pracovní zprávy: **20 - 30 stran**  
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**  
Seznam odborné literatury:

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

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jiří Poucha**  
Katedra aplikované elektroniky a telekomunikací  
Konzultant bakalářské práce: **Ing. Jiří Poucha**  
Katedra aplikované elektroniky a telekomunikací


Datum zadání bakalářské práce: **15. října 2012**  
Termín odevzdání bakalářské práce: **7. června 2013**



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



L.S.



Doc. Dr. Ing. Vjačeslav Georgiev  
vedoucí katedry

V Plzni dne 15. října 2012

## **Abstrakt**

Tato bakalářská práce je zaměřena na návrh přestavníku pro modelovou železnici, jehož úkolem je reálně napodobit skutečný chod výhybky. Tento návrh musí zohledňovat jak dynamické, tak i bezpečnostní vlastnosti reálně používaného přestavníku. Zároveň je řídicí elektronika navržena tak, aby se co nejvíce omezila potřeba využití mechanických spínačů. Pro detekci polohy jazyků výhybky je využito napájení v kolejničích.

## **Klíčová slova**

Elektromotorický přestavník, mechanický přestavník, výhybka, servo, srdcovka, opornice, mikrokontrolér PIC 10F204, paměťový drátek, závorník, optotriak, optron

## **Abstract**

The goal of this bachelor thesis is a design of the switch machine of model railways. The design realistically simulates processes of switchmachines and takes the consideration of dynamic as well as safety properties of a real switch machine. Also, the controlling device of the switch machine is designed so that it reduces the usage of mechanical switches. The detection of a position of a railway switch is provided by railway electric supply.

## **Keywords**

Elektromotive switch machine, mechanical switch machine, railway switches, servo, switch blades, stockrails, microcontroller PIC 10F204, memory wire, reed, optotriac, optron

## **Prohlášení**

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

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



.....  
podpis

V Mirošově dne 20.4.2013

Miroslav Majer

## **Poděkování**

V této části bych rád poděkoval svému vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Jiřímu Pouchovi za skvělé vedení během vypracovávání práce, za poskytnutí důležitých informací, za jeho cenné rady i věcné připomínky.

# Obsah

<b>Obsah</b> .....	8
<b>Úvod</b> .....	10
<b>1 Skutečné výhybky a přestavníky užívané v železniční dopravě</b> .....	11
1.1 Výhybka.....	11
1.1.1 Jednotlivé části výhybky.....	11
1.1.2 Rozdělení výhybek.....	12
1.2 Přestavník a jeho typy.....	13
1.2.1 Výměník.....	13
1.2.3 Mechanický přestavník.....	14
1.2.4 Elektromotorický přestavník.....	14
1.3 Zabezpečení výhybek.....	15
1.4 Zabezpečovací zařízení.....	16
1.4.1 Závorník.....	16
1.4.2 Hákový závěr.....	17
1.5 Přestavník pro modelovou železnici.....	17
1.6 Mechanické přestavníky.....	18
1.7 Elektrické přestavníky.....	19
1.7.1 Elektromotorické přestavníky.....	16
1.7.2 Elektromagnetické přestavníky.....	20
1.7.3 Přestavníky s paměťovým drátkem.....	21
<b>2 Návrh přestavníku pro modelovou železnici</b> .....	24
2.1 Požadované vlastnosti přestavníku.....	24



2.2 Funkce navrženého přestavníku.....	24
2.3 Použité součástky.....	25
2.4 Ovládání serva.....	26
2.5 Napájení kolejnic a spínání srdcovky.....	26
2.6 Vstupy a výstupy mikrokontroléru.....	29
2.7 Desky plošného spoje.....	29
<b>Závěr.....</b>	<b>30</b>
<b>Seznam literatury a dalších informačních zdrojů.....</b>	<b>31</b>
<b>PŘÍLOHA 1 – Schéma zapojení.....</b>	<b>1</b>
<b>PŘÍLOHA 2 – Desky plošných spojů.....</b>	<b>3</b>
<b>PŘÍLOHA 1 – Vývojový diagram.....</b>	<b>6</b>

# Úvod

Tato bakalářská práce je zaměřena na návrh a realizaci přestavníku pro modelovou železnici, který zohledňuje jak dynamické, tak i bezpečnostní vlastnosti skutečné výhybky. Tento návrh zahrnuje detekci polohy jazyků pomocí trakčního napájení v kolejničích a zároveň omezuje potřebu mechanických spínačů.

# 1 SKUTEČNÉ VÝHYBKY A PŘESTAVNÍKY POUŽÍVANÉ V ŽELEZNIČNÍ DOPRAVĚ

## 1.1 Výhybka

Výhybka je jednou z nejdůležitějších částí železniční sítě. Kvalita a provedení mechanické konstrukce výhybky pak značně ovlivňuje bezpečnost, rychlost a plynulost železniční dopravy. Jedná se vlastně o drážní zařízení umožňující vozidlům přejet z jedné koleje na kolej druhou bez nutnosti jakkoli přerušit jízdu.

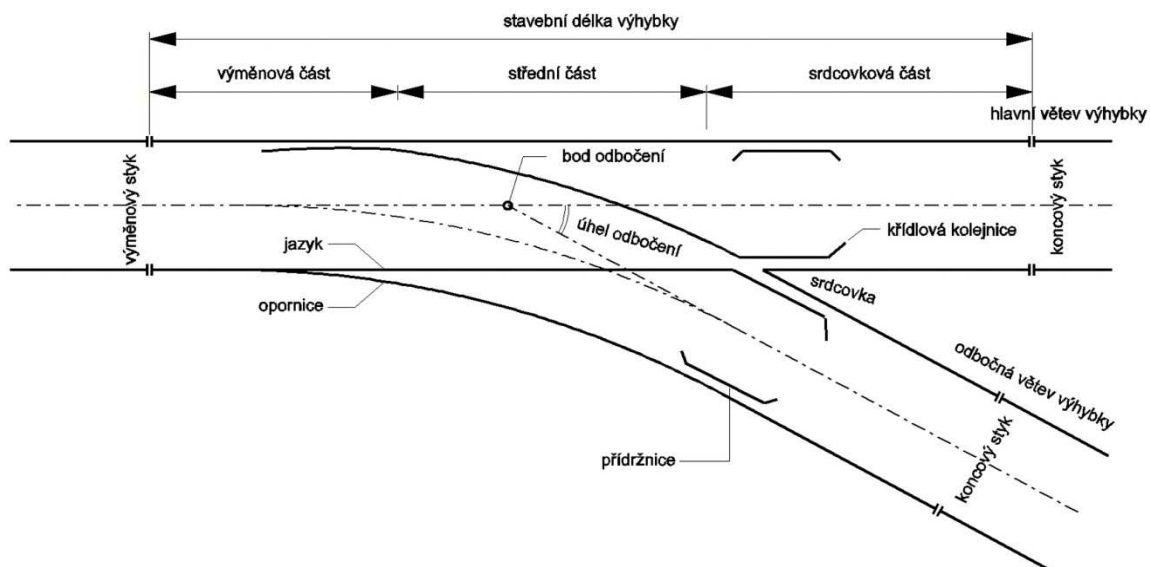
### 1.1.1 Jednotlivé části výhybky

Výhybka se skládá ze tří hlavních částí. Výměnové, střední a srdcovkové.

První, a také jednou z nejdůležitějších částí výhybky, je část výměnová. Obsahuje opornice, jazyky a další podpůrné části. V ní dochází k mechanickému pohybu samotných jazyků. Ty jsou k sobě spojené spojovací tyčí a dále napojené na přestavnou tyč, která je mechanicky ovládaná přestavníkem. Jazyky jsou zde vyrobeny ze směrově orientovaných profilů a jsou uzpůsobené tak, aby byl přejezd přes výhybku co možná nejplynulejší. Opornice tvoří nepohyblivou část výhybky a jsou vyráběny z klasických širokopatných kolejnic.

Druhou část výhybky tvoří střední část. Ta je tvořena kolejnicí normálního tvaru, které mohou být buď přímé, nebo zahnuté v požadovaném poloměru. Střední část zahrnuje i tzv. bod odbočení, od kterého se následně určuje úhel odbočení.

Poslední částí je srdcovková část. Tu tvoří srdcovka, křídlové kolejnice a přídržnice. Přídržnice slouží k zajištění bezpečného přejezdu vozidel přes srdcovkovou část výhybky. Křídlová kolejnice je jakési zakončení klasické širokopatné kolejnice, ze které se přejíždí na srdcovku.



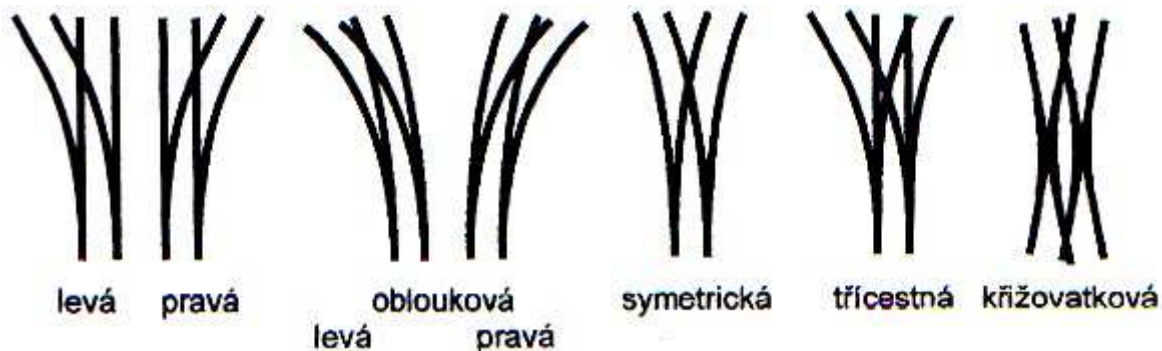
[5] Obr. 1 Schéma jednoduché výhybky

### 1.1.2 Rozdělení výhybek

Výhybky se dají rozdělit podle několika kritérií. Například podle úhlu odbočení, typu kolejnic, nebo podle tvaru výhybky.

Jako nejčastěji používané dělení je dělení podle tvaru výhybky. Výhybky podle tvaru dělíme takto:

výhybka levá, pravá, levá oblouková, pravá oblouková, symetrická, třícestná, křižovatková (viz obr. 2)



[6] Obr. 2 Druhy výhybek podle jejich tvaru

## 1.2 Přestavník a jeho typy

Přestavník je zařízení, které je určené k bezpečnému přestavování pohyblivých částí výhybky a zároveň ke kontrole jejich polohy. Přestavník tedy umožňuje vozidlům přejíždět z jedné koleje na kolej druhou.

..

### 1.2.1 Výměník

V průběhu historického vývoje přestavníků se vyvinula řada principů, jak ovládat výměny. Nejstarším, a dodnes stále rozšířeným, typem přestavování je přestavování místní za pomoci výměníku. Zmíněný typ přestavování je realizovaný pomocí stavěcí páky se závažím, jejíž pohybem se mění i poloha jazyků výhybky. Jazyky výhybky jsou k opornicím přidržovány jen vahou závaží. Každý výměník je zároveň doplněn návěstidlem signalizující aktuální polohu výhybky.



[7] Obr. 3 Výměník ručně stavěné výhybky

### 1.2.3 Mechanický přestavník

Dalším, později vzniklým, typem byl mechanického přestavníku, byl přestavník umožňující ústřední přestavování. Jeho princip byl založen na přítomnosti mechanického přestavníku s pružinou, drátového táhla a přestavné páky. Ze vzdáleného místa pak jen stačilo pověřené osobě zatáhnout za přestavnou páku. Její otočný pohyb byl následně přes drátové táhlo přenesen na přímočarý pohyb jazyků výhybky. Tento způsob přestavování byl dosahově omezený. Nejdelší používané vzdálenosti byly přibližně do jednohokilometru. S příchodem elektrických strojů a moderní elektroniky se však mechanické přestavníky postupně dostávají čím dál více do pozadí.

### 1.2.4 Elektromotorický přestavník

V současnosti je nejvíce rozšířený tzv. elektromotorický přestavník. A to zejména na hlavních tratích s frekventovanou železniční dopravou. Jako akční člen se používá elektromotor. Nejčastěji to bývá třífázový asynchronní motor s kotvou nakrátko nebo jednofázový asynchronní motor. Dříve používaná a v dnešní době již méně častá varianta elektromotorického přestavníku je za použití stejnosměrného motoru.

Elektromotorický přestavník se obecně skládá z několika částí:

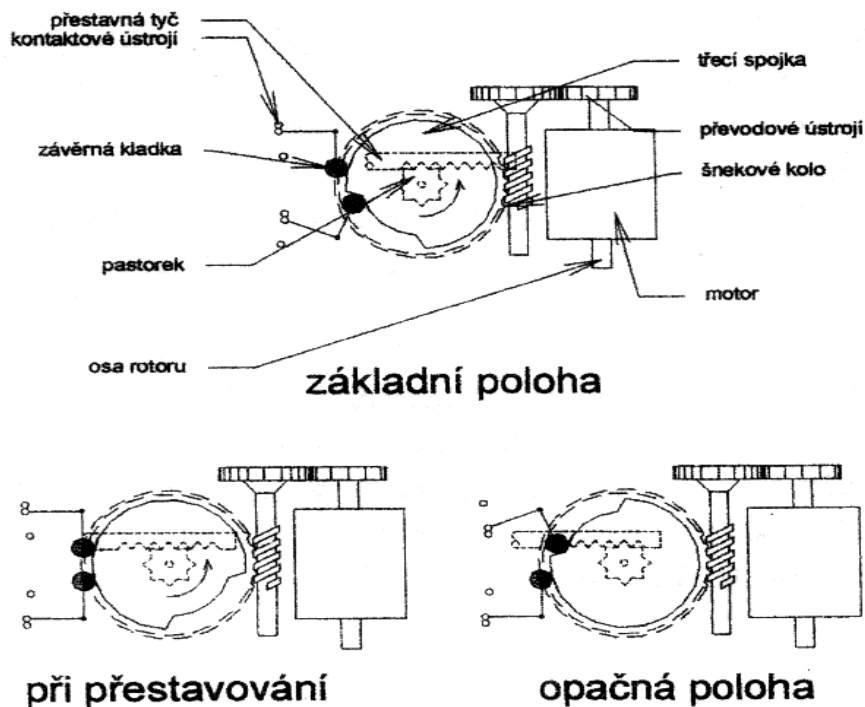
z přestavného ustrojí, jenž slouží k přeměně otáčivého pohybu rotorové části motoru na pohyb přímočarý.

z prepínacího zařízení, které vypíná a zapíná napájení elektromotoru podle toho, v jaké poloze se jazyky výhybky momentálně nacházejí. Dorazí-li jazyky k opornici, vypne prepínací ustrojí napájení a připraví obvody přestavníku na jejich opačný chod.

z přídržného ustrojí skládajícího se ze závěrné kladky, z přídržného a výtlačného kotouče. Funkce přídržného ustrojí je taková, že jakmile dorazí jazyky do koncové polohy, přídržné ustrojí zajistí, aby výhybkové jazyky v této poloze setrvaly.

a zkontrolního ústrojí. Jak je už podle názvu patrné, kontrolní ústrojí slouží ke kontrole polohy jazyků. Dává tak zpětnou vazbu přestavnému ústrojí, které celkový pohyb jazyků zprostředkovává.

Nejrozšířenějším elektromotorický přestavníkem u nás je přestavník AŽD typ EP600. Tento typ má několik výkonových variant. Nejvýkonnější variantou je s použitím třífázového motoru o výkonu 550 W. Dalšími variantami pak jsou 290 W s jednofázovým asynchronním motorem a 380 W se stejnosměrným motorem.



[8] Obr. 4 Schéma elektromotorického přestavníku

### 1.3 Zabezpečení výhybek

Bezpečnost v železniční dopravě byla, je i bude, stejně jako v každé jiné dopravě, nejvyšší prioritou. Hlavním účelem železničních zabezpečení je minimalizovat nebezpečí, které hrozí drážním vozidlům a to zejména, přejíždějí-li přes výměny. Jakékoli větvení a rozbíhání kolejí totiž toto nebezpečí zvyšují.

Nebezpečí hrozící přejezdům přes výměnu bývá dvojího druhu. Častým nebezpečím, se kterým se lze setkat je situace, kdy vlaková souprava sjede z koleje. K ní dochází v případě, jede-li vlak ve směru proti jazykům výhybky, které nejsou dostatečně opřené o opornice. Druhé velké nebezpečí nastává v situaci, je-li špatně přestavená výměna. Za této situace může vlaková souprava vjet na špatnou kolej a střetnout se s druhým vlakem.

Jediným možným způsobem, aby byla zajištěna co možná nejvyšší bezpečnost, je dbát na náležitě zabezpečení těchto výměn.

Zabezpečení výhybek lze dělit několika způsoby. Jedním způsobem dělení je rozdělit zabezpečení výhybek do několika úrovní. Nejnižší úrovní je tzv. nezabezpečená výhybka, vyššími úrovněmi jsou úroveň zabezpečení 1 až 4, přičemž úroveň zabezpečení 4 je tou nejvyšší. Pro každou z těchto úrovní je stanovena maximální rychlost přejezdu přes výhybku a to v závislosti na směru jízdy. Pro směr jízdy proti hrotu bývá obvykle maximální rychlost nižší než ve směru po hrotu. Tato skutečnost je daná mechanickou konstrukcí výhybky.

## **1.4 Zabezpečovací zařízení**

Aby bylo znemožněno přestavit nepovolené osobě výměnu těsně před projetím vozidla nebo ji jen chybně přestavit v nevhodnou dobu, je nutné, aby byly veškeré výměny zajištěny po celou dobu jízdy vozidla. K tomuto účelu slouží řada zabezpečení, jako je třeba následně zmíněný závorník.

### **1.4.1 Závorník**

Závorník je drážní zařízení, které kontroluje správnou polohu jazyků výhybky a zajišťuje, aby byly a také zůstaly ve správné poloze, tj. aby jeden jazyk doléhal na opornici a druhý od ní odléhal. Závorník je zařízení nerozříznutelné. To znamená, že zajišťuje polohu jazyků po celou dobu přejezdu vozidla přes výhybku. Dojde-li přesto k rozříznutí, závorník se poškodí. Funkce závorníku je taková, že pokud je výhybka zajištěná závorníkem, nelze výhybku přestavit. Až poté, co se výhybka odzávoruje, je teprve možné výhybku přestavit. Závorník tedy zabraňuje nepovoleným osobám přestavovat výhybky.

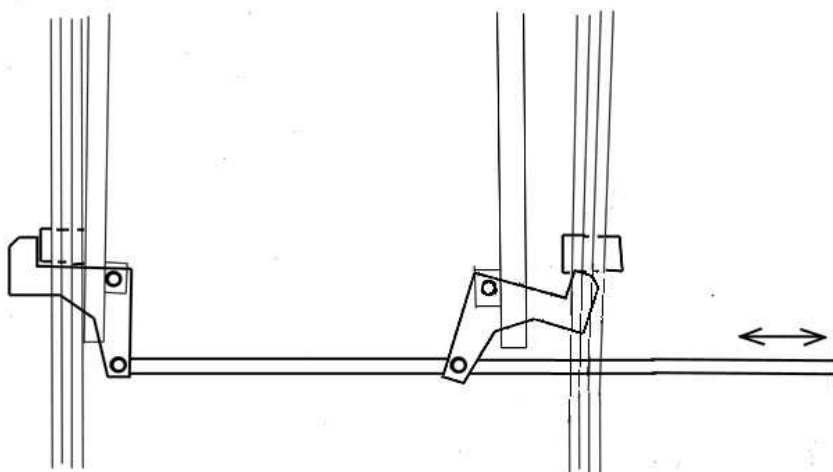
Obecně existují dva druhy závorníků. Mechanický a elektromagnetický.



## 1.4.2 Hákový závěr

Dalším, často používaným, zabezpečením výhybek je hákový závěr. Jedná se o mechanické zařízení zajišťující jazyky v koncových polohách. Je-li výhybka doplněna hákovým závěrem, nejsou jazyky k sobě spojeny spojovací tyčí, nýbrž pomocí tohoto závěru.

Přestavování výhybky s hákovým závěrem probíhá ve třech fázích. V první fázi přestavování se levý hák (viz. Obr. 5) u přilehlého jazyka začíná otevírat a pravý hák u odlehlého jazyka se posouvá blíž k opornici. Ve druhé fázi se pohybují oba háky a pravý hák se začíná závorovat. Ve třetí fázi se pravý hák zcela uzávěruje a pravý hák je plně otevřený.



[16] Obr. 5 Schéma hákového závěru

## 1.5 Přestavníky pro modelovou železnici

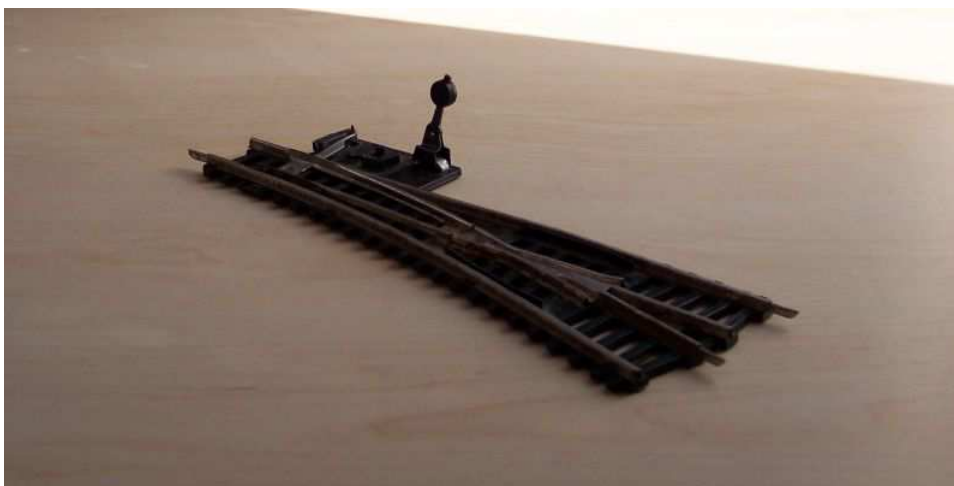
Stejně jako u skutečné železnice, tak i u modelové železnice slouží přestavník k přestavování výhybek. Tyto výhybky jsou však mnohonásobně zmenšeny a vyráběny z plastu. Nejpodstatnější na nich ale je, že na jejich bezpečné ovládání nejsou kladeny tak velké nároky, jako je tomu u skutečné železnice. Vzhledem k výše uvedenému, lze na modelové železnici použít přestavník založený na principech, které by nikdy ve skutečných přestavnících nešly použít, vyjímaje elektromotorické přestavníky.

V dnešní době již existuje celá řada variant přestavníků pro modelovou železnici. Liší se způsobem a rychlostí přestavování, kvalitou zpracování, od níž se odvíjí i jeho životnost, a řadou dalších vlastností. S ohledem na tyto vlastnosti se liší i cena přestavníků. Ta se nejčastěji pohybuje v řádu stovek korun.

Obecně lze přestavníky pro modelovou železnici rozdělit do dvou skupin. První skupinou jsou mechanické přestavníky a tou druhou skupinou jsou elektrické přestavníky.

## 1.6 Mechanické přestavníky

Mechanické přestavníky jsou tou nejjednodušší variantou, kterou lze na modelové železnici pro přestavování výhybek použít. K jejich ovládnutí není potřeba žádná řídicí elektronika a ani k nim není potřeba rozvádět elektrické napájení. Další nespornou výhodou mechanických přestavníků je jejich cena. Ta je výrazně nižší než u elektrických přestavníků. Přes tyto všechny výhody se mechanické přestavníky příliš často nepoužívají. Nelze je totiž ovládat dálkově, neboť každý mechanický přestavník se musí přestavovat ručně. Pro tuto jejich jednoduchost se používají spíše v dětských hračkách než na modelových železnicích. Na obrázku číslo 6 je vyobrazen mechanický přestavník vyráběný v jednom celku s výhybkou.



[3] Obr. 6 Výhybka s mechanickým přestavníkem

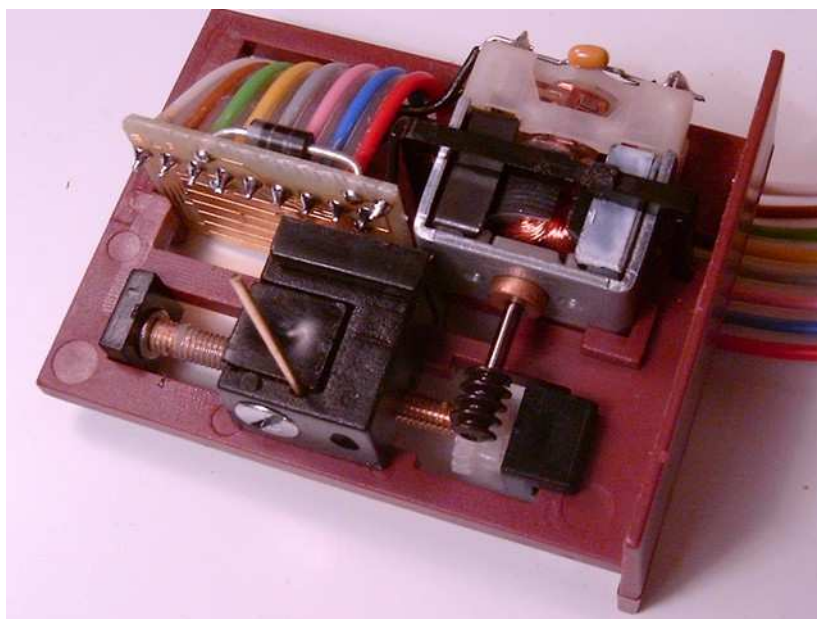
## 1.7 Elektrické přestavníky

Nejčastěji používanými přestavníky na modelové železnici jsou přestavníky elektrické. Existuje jich celá řada v různých provedeních a cenových kategoriích. Jejich nespornou výhodou oproti mechanickým přestavníkům je, že se nemusí přestavovat ručně a lze je elegantně přestavovat na dálku pomocí tlačítek, či jakýchkoli jiných přepínačů. Toto řešení ovládání je zvláště výhodné, pokud je modelová železnice rozsáhlá a její ovládání je použito více přestavníků. Nevýhodou elektrických přestavníků je zejména jejich cena a náročnější výstavba a zapojení.

Elektrické přestavníky lze rozdělit podle principu přestavování na tři typy. Na elektromotorický přestavník, elektromagnetický a na přestavník s paměťovým drátkem, anglicky memorywire.

### 1.7.1 Elektromotorické přestavníky

Elektromotorické přestavníky pro modelovou železnici jsou v principu přestavování velmi podobné těm skutečným. Jako akční člen přestavníku je použit stejnosměrný motorek, jehož otáčky rotoru jsou přes převody převáděny na posuvný přímočarý pohyb. Modelové elektromotorické přestavníky mají oproti elektromagnetickým tu výhodu, že pomaleji přestavují, a tak více reálně napodobují skutečné přestavování výhybky. Skutečné elektromotorické přestavníky přestavují výhybku přibližně do tří vteřin, čehož lze u modelových elektromotorických přestavníků docílit. Nevýhodou těchto přestavníků je jejich hluchost během přestavování a časté opotřebení kontaktů přestavníku kontrolující polohy jazyků.



[9] Obr. 7 Modelový elektromotorický přestavník TILLIG

### 1.7.2 Elektromagnetické přestavníky

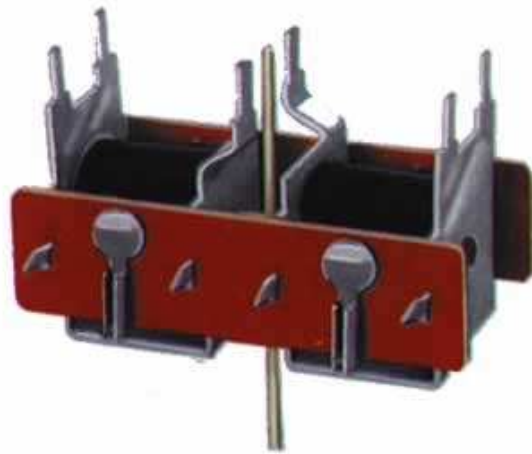
Modelové elektromagnetické přestavníky jsou dalším často používaným typem modelových přestavníků. Avšak v posledních letech jsou spíše nahrazovány elektromotorickými přestavníky z důvodů větší spolehlivosti.

Elektromagnetický přestavník je založen na dvou podlouhlých cívkách kruhového tvaru, které spolu mají společné jádro. Toto jádro je pevně spojené s přestavnou tyčí, která je přitahována cívkami. Přitáhnutím jádra k jedné či druhé cívce se mění poloha jazyků výhybky.

Jedním z velkých problémů elektromagnetických přestavníků je jejich skutečně nízká spolehlivost. Při více frekventovaném přestavování dochází k zahřívání cívek. Tyto cívky bývají nejčastěji namotané na plastové trubičce spojené s kostrou přestavníku. Zahřeje-li se cívka příliš, hrozí roztavení celé kostry přestavníku a tím i jeho zničení. Toto zničení je pak o to nepříjemnější, je-li i přestavník součástí výhybky. V případě jeho zničení nelze vyměnit jen přestavník, ale je třeba ho vyměnit i s výhybkou. O něco lepším řešením je, je-li celá kostra přestavníku kovová a cívka je také navinutá na kovovou trubičku. Tímto řešením jsou tepelné účinky na přestavník minimalizovány, ale bohužel ne zcela odstraněny.

Další, ne zcela zanedbatelnou, nevýhodou elektromagnetických přestavníků je jejich velikost. U přestavníků montovaných z vrchu na desku vedle výhybky kazila jejich velikost a nepřírozenost estetický dojem. Modernější elektromagnetické přestavníky se dnes montují pod desku s kolejištěm a tím se tento problém v podstatě eliminuje.

Jak bylo už zmíněno, elektromagnetické přestavníky se od elektromotorických liší i rychlostí přestavování. Elektromagnetický princip přestavování není totiž schopný volit rychlost přestavování. To probíhá prakticky okamžitě a narušuje tak reálné napodobení chodu skutečné výhybky.

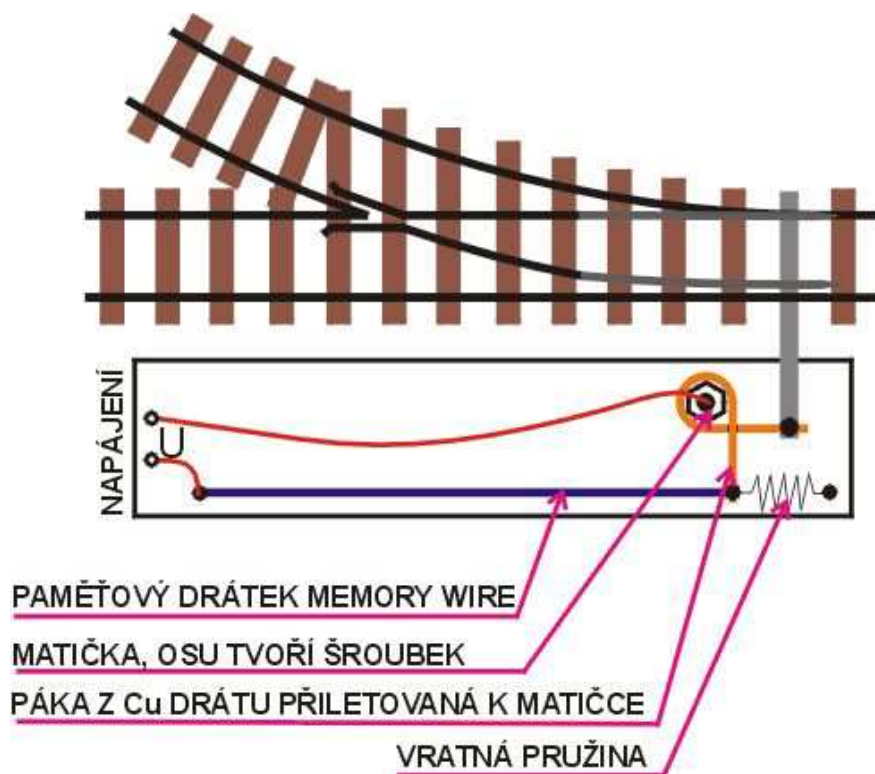


[10] Obr. 8 Elektromagnetický přestavník

### 1.7.3 Přestavníky s paměťovým drátkem

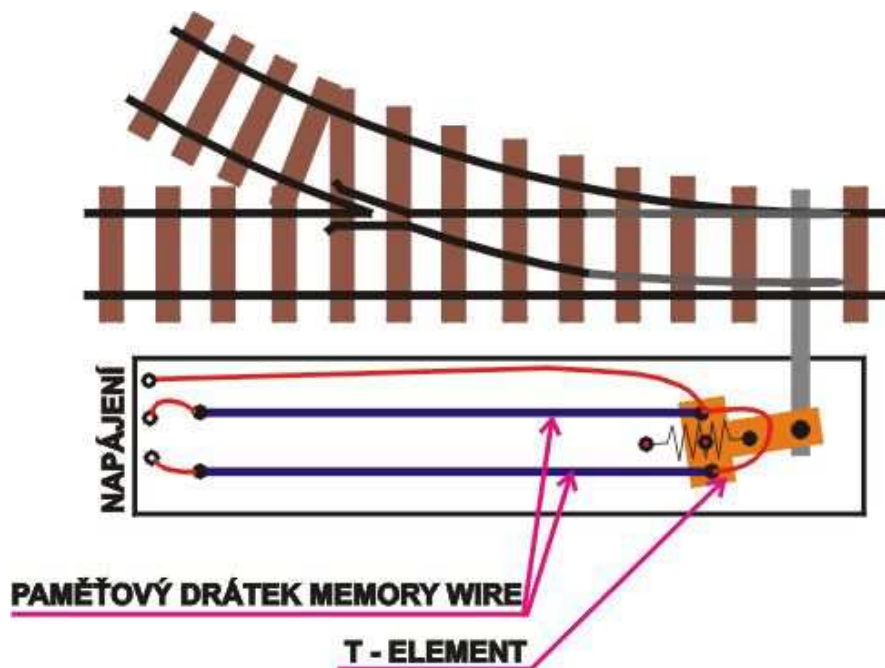
Přestavníky s paměťovým drátkem nebo-li přestavníky memory wire jsou patrně nejnovější alternativou, jak přestavovat výhybky modelové železnice. V současné době nejsou ještě zdaleka tak rozšířené, jako zmíněné elektromotorické modelové přestavníky, avšak vzhledem k několika jejich dobrým vlastnostem můžeme očekávat jejich použití na modelových železnicích.

Přestavování tohoto přestavníku je založené na speciálním tenkém drátku, který při zahřátí zkrátí svou délku a po vychladnutí se opět s velkou přesností roztáhne na svou původní délku. Existuje celá řada variant zapojení. Mezi nejčastější používaná jsou zapojení, u kterých je paměťový drátek pevně spojený s pružným drátkem či s pákou, jenž je pevně spojená s přestavnou tyčí modelové výhybky. Zároveň je do proti pohybu paměťového drátku zapojena vratná pružina, umožňující po vychladnutí drátku vrátit polohu výhybky zpět. Obrázek 8 ukazuje jednu z variant zapojení memorywire přestavníku s měděnou pákou zabudovanou podélně vedle výhybky.



[3] Obr. 9 Přestavník s paměťovým drátkem

Výhodami memorywire přestavníků je jejich vysoká spolehlivost, pomalé přestavování, které je přibližně kolem dvou vteřin, velmi nízká cena a jednoduchost. Naproti tomu jejich velkou nevýhodou je jejich velký proudový odběr, Tenčiny kolem 200 mA může na velkých kolejištích dělat problém. Zároveň je nutné tyto přestavníky neustále napájet v jedné z koncových poloh. I tento problém se dá ale eliminovat. Jeho řešením je použití přestavníku s tzv. T-elementem. Tento přestavník přestaví výhybku do koncové polohy a už není potřeba ho napájet, neboť jazyky jsou přitlačovány k opornicím už jen pružinou. Nevýhodou tohoto řešení je potřeba dvojnásobné délky paměťového drátku a ztráta pomalého přestavování.



[3] Obr. 10 Přestavník memorywire s T-elementem

## **2 NÁVRH PŘESTAVNÍKU PRO MODELOVOU ŽELEZNICI**

### **2.1 Požadované vlastnosti přestavníku**

Jak už bylo zmíněno, zadáním této bakalářské práce bylo navrhnout elektrickou a mechanickou část modelového přestavníku, který by měl reálně napodobit skutečný chod výměny. To znamená, že by přestavník měl být schopný přestavit výhybku přibližně od jedné vteřiny do tří a přestavení by mělo být plynulé.

Zároveň měl návrh omezit potřebu mechanických spínačů, které jsou pak v provozu mechanicky namáhané a dochází pak u nich k mechanickému opotřebení.

Posledním požadavkem mého návrhu bylo využití napájení v kolejnicích pro detekci polohy jazyků.

### **2.2 Funkce navrženého přestavníku**

Většina elektrických přestavníků je navržena tak, že po zapnutí napájení přestavník automaticky začne přestavovat výhybku, aby zjistil, v jaké poloze se výhybka nachází. Tento návrh může vyvolávat značné problémy s napájením kolejiště. A to zejména v modelových kolejištích s více výhybkami, neboť se v jeden moment začnou všechny přestavníky přestavovat.

Autorem navržený přestavník je navržen tak, aby po zapnutí napájení modelového přestavníku, přestavník nejprve detekoval polohu jazyků výhybky, poté ji indikoval pomocí LED diod a počkal, dokud jedním ze dvou tlačítek nedostane povel přestavit výhybku.



## 2.3 Použité součástky

V návrhu bylo jako přestavník a jeho ovládání zvoleno obyčejné modelářské servo doplněné mikrokontrolérem a obvody pro spínání srdcovky a detekci jazyků.

V návrhu je použito mikro servo GO-03, které funkčně dostačuje požadované aplikaci a zároveň je cenově dobře dostupné.

Mikrokontrolér byl po domluvě s vedoucím bakalářské práce zvolen PIC 10F204. Tento mikrokontrolér má celkem osmipinové pouzdro, přičemž je použitelných celkem šest pinů. Čtyři piny jsou programovatelné a pátý a šestý pin je určen pro napájení a zem. Součástí mikrokontroléru PIC 10F204 je komparátor, který je v návrhu použit jako zpětná vazba detekce polohy jazyků výhybky.

V obvodě pro spínání srdcovky napájené stejnosměrným napětím je srdcovka přepínána relé HF7FD. V případě napájení jinými napětími jsou jako bezkontaktní spínače použity optotriaky Motorola MOC řady 3020. Je tedy potřeba před osazením desky plošných spojů zvolit, jakým napětím budou kolejnice napájeny.

Pro zaručení stálého napájecího napětí 5 V byl vybrán regulátor napětí 7805, který je schopný dodávat do obvodu proud až 1 A, čímž spolehlivě dostačuje požadované aplikaci.

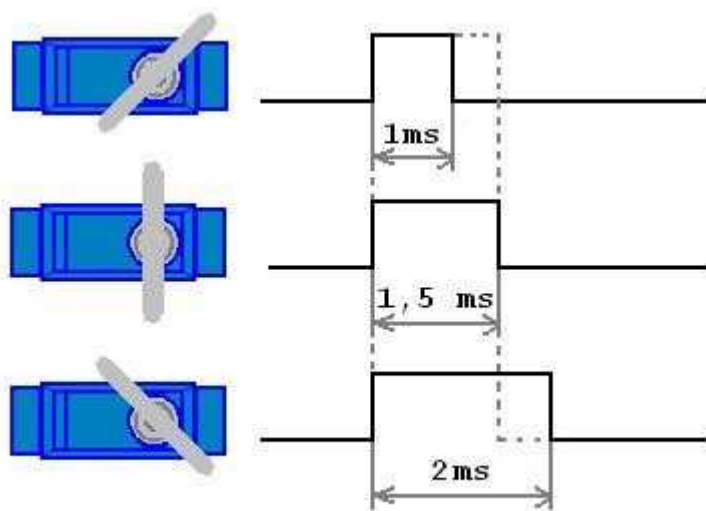


[12] Obr. 11 Servo GO-03

## 2.4 Ovládání serva

Každé servo má třípinový konektor, do něhož jsou zapojeny tři barevně rozlišené vodiče. Černě, popřípadě hnědě označený vodič je zpravidla použit jako uzemnění. Červeně označený vodič je určen k napájení a oranžový, popřípadě žlutý vodič se použít pro přivádění řídicích pulzů do serva.

Servo je řízeno pulzním signálem o frekvenci 50 Hz. Šířkou pulzů je přesně definovaná poloha serva. Nejčastěji se tato šířka pohybuje od 0,5 do 3 ms. V mém návrhu přestavníku je zdrojem řídicího signálu mikrokontrolér.

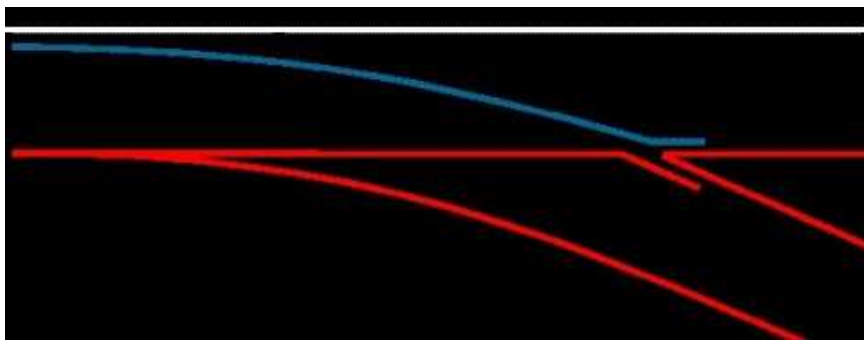


[11]Obr. 12 Řídicí signál serva a jeho příslušná poloha

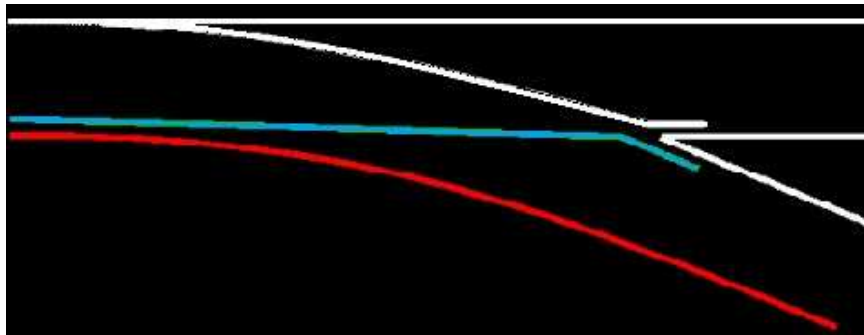
## 2.5 Napájení kolejnic a spínání srdcovky

Návrh modelového přestavníku je realizovaný na klasické modelové výhybce velikosti TT. Tato modelová výhybka má k sobě vodivě spojené křídlové kolejnice, které je nutno pro změnou směru přepínat.

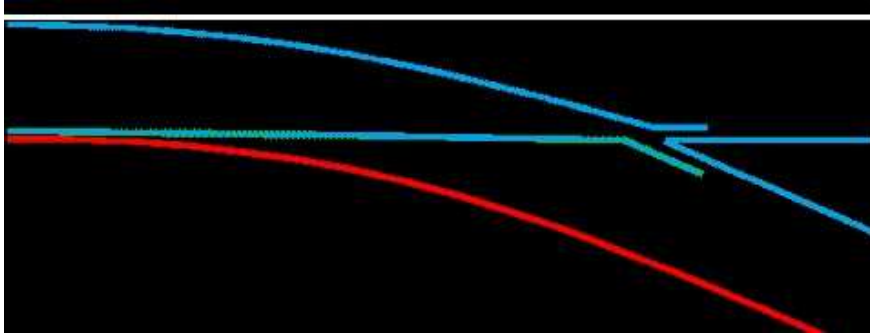
Následující tři obrázky zobrazují, jak jsou jednotlivé kolejnice napájeny v poloze pro přímý směr jízdy, pro směr do odbočky a jak jsou kolejnice napájeny, jsou-li jazyky v mezipoloze, tedy když ani jeden z jazyků nedoléhá k opornicím. Bíle znázorněné kolejnice jsou přivedeny buď na plus nebo na zem, podle směru jízdy (pro směr po hrotu a pro směr proti hrotu) a červeně označené kolejnice jsou připojeny na opačné úrovně napětí. Modře označené kolejnice jsou nepřipojené.



[4] Obr. 13 Napájení kolejnic pro přímý směr jízdy



[4] Obr. 14 Napájení kolejnic pro směr jízdy do odbočky



[4] Obr. 15 Napájení kolejnic v mezipolozce

Kolejnice modelové železnice se zpravidla můžou napájet čtyřmi druhy napětí. Stejnoseměrným napětím 0 V až 15 V, napětím z transformátoru usměrněným můstkem 5 V až 18 V, pulzním napětím 12 V až 20 V a DCC napětím 10 V až 16 V.

Aby bylo možné takto kolejnice napájet je zapotřebí vhodného obvodu pro spínání srdcovky. Je potřeba, aby zaručoval správné přepnutí srdcovky do odpovídající napěťové úrovně.

Samotné zapojení obvodu pro spínání srdcovky se bude lišit podle druhu napájecího napětí kolejnic. Pro napájení kolejnic DCC, z transformátoru usměrněným, nebo pulzním napětím, je pro spínání použito bezkontaktních spínacích prvků, konkrétně optotriaků. Použití optotriaků je v případě napájení stejnosměrným napětím vyloučeno. Optotriaky by se se změnou polohy výhybky neuzavřely a došlo by ke zkratu.

Funkce optotriaků je následovná. Dojde-li ke kontaktu jazyku s opornicí, sepne se optotriak a přivede tak na srdcovku potřebnou úroveň napětí. Aby bylo zapojení funkční pro směr po hrotu i proti hrotu, je zapotřebí dvou těchto spínacích obvodů.

Pro spínání srdcovky stejnosměrně napájených kolejnic je tedy použito relé. Které není-li buzeno, je na srdcovce stejná napěťová úroveň jako na přímé kolejnici. A je-li relé buzeno, srdcovka má napěťovou úroveň kolejnice do odbočky

## 2.6 Vstupy a výstupy mikrokontroléru

Použitý mikrokontrolér PIC 10F204 má celkem čtyři programovatelné piny. Z toho tři piny GP0, GP1 a GP2 jsou použitelné jako vstup a výstup zároveň a čtvrtý pin GP3 je použitelný jen jako vstup.

Pro detekci polohy jazyků je využit čtvrtý pin GP3. Dorazí-li jeden z jazyků výhybky k opornici, sepne se příslušný optron a na vstupu GP3 se objeví buďto stejnosměrných 5 V pro přímý směr nebo řídicí signál serva pro směr do odbočky.

Pin mikrokontroléru GP2 je využit pro spínání indikačních LED diod a zároveň pro zjišťování stisku ovládacích tlačítek. Pin GP2 tedy funguje jako vstup i výstup.

Pin GP1 slouží jako výstup řídicího PWM signálu, kterým je ovládáno servo.

Posledním využitelným pinem je pin GP0. Ten je využit pro snímání proudového odběru serva. V případě, že dojde ke zvýšení proudového odběru, servo dorazilo buďto na opornici nebo na nedetekovatelnou překážku, která stojí v cestě mezi jazykem a jeho přilehlou opornicí. Tyto dva stavy lze však od sebe odlišit, neboť v případě dolehnutí jazyku k opornici se na pinu GP3 objeví napětí odpovídající příslušnému jazyku.

## 2.7 Desky plošného spoje

Obvody celého návrhu přestavníku pro modelovou železnici byly rozvrženy do dvou desek plošného spoje. Do jedné menší, na které se nachází indikační LED diody a dvě tlačítka pro ovládání polohy modelové výhybky a do druhé větší, na které se nachází napájecí obvod, obvod pro spínání srdcovky a obvod pro řízení serva zahrnující mikrokontrolér, konektor pro připojení serva a řadu dalších součástí. Obě tyto desky byly z důvodů častého křížení vodivých cest navrženy jako oboustranné.

## Závěr

Text této bakalářské práce je rozdělen do dvou hlavních částí. V první části práce jsou popsány vlastnosti a druhy přestavníků, jak skutečných, tak i modelových. Další součástí první části je soupis jejich zabezpečení.

Druhá část práce je zaměřena na samotný návrh přestavníku pro modelovou železnici. V návrhu je spolehlivě vyřešeno spínání srdcovky pro oba směry jízdy a zároveň detekce přilehnutí jazyků k opornicím. Pro kontrolu polohy výměny je v návrhu využito blikavého svícení LED diod, díky kterým je na první pohled vidět, v jaké poloze se výhybka nachází.

Tento návrh je nejvíce užitečný pro modelové kolejiště s více výhybkami, neboť je v něm softwarově vyřešen problém přestavování výhybek přestavníky po připojení kolejiště na napájení.

Návrh také počítá s použitím několika druhů napájecího napětí kolejnic. Podle volby napájecího napětí kolejnic se osadí deska plošných spojů příslušnými komponenty, na které je návrh desky již připravený.

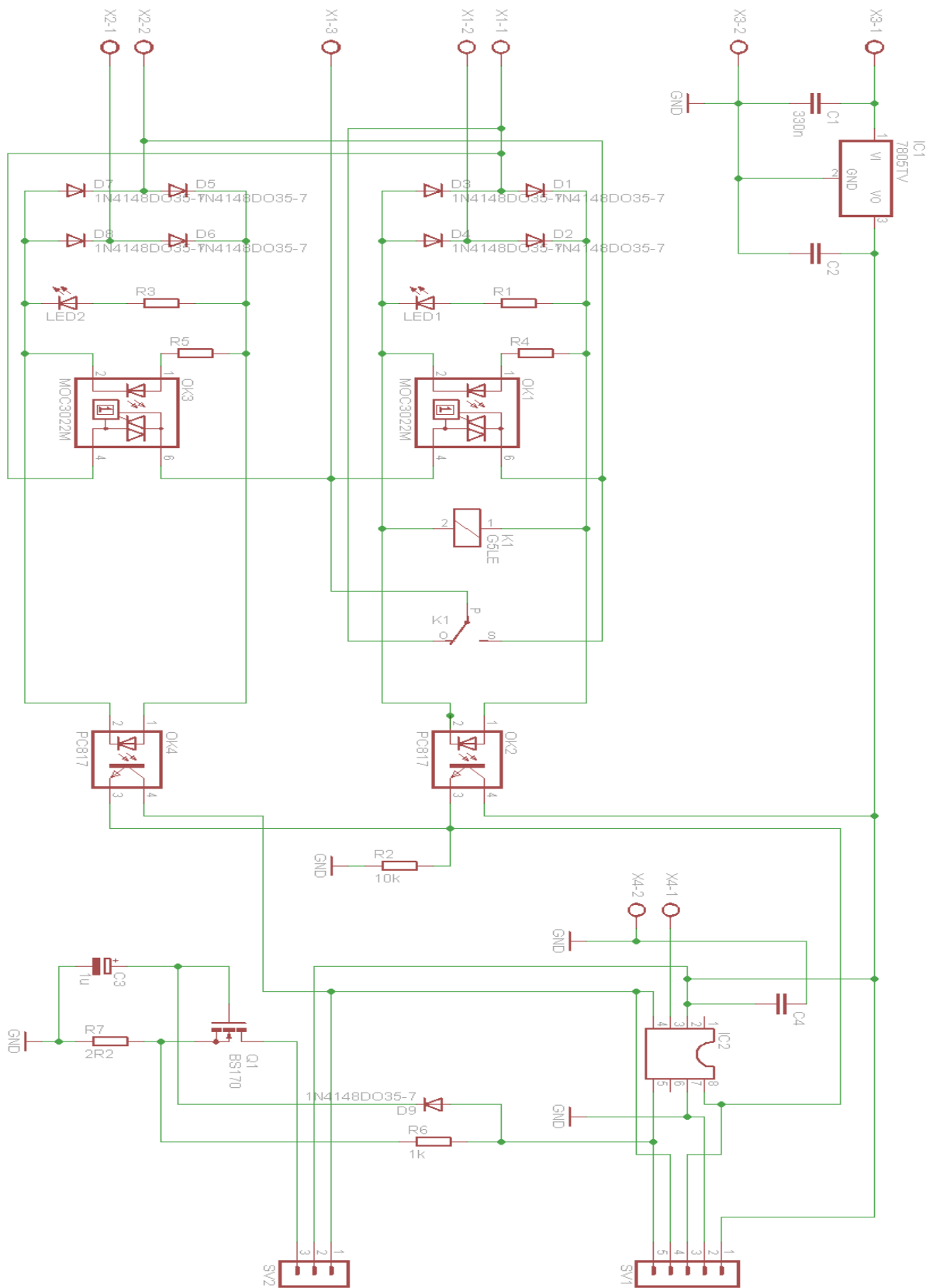
## Seznam literatury a dalších informačních zdrojů

- [1] MACHYTKA, Viktor, *Zabezpečení vlakové dopravy na československý chdrahách*1. Vyd. Praha: Nakladatel I. L. Kobler, 1938. 281 s.
- [2] HEROUT, Pavel, *Učebnice jazyka C - 1 díl*, České Budějovice: Nakladatelství Kopp, 2009. 271 s.
- [3] <http://modelyh0.com/tema/prestav/prestav.htm> [27.5.2013]
- [4] <http://www.zababov.cz/vs/Moduly/Stavba/ElZapVy/ElZapVym.htm>[27.5.2013]
- [5] <http://www.4-koridor.cz/index.php?t=article&n=clanek-technika-46> [27.2013]
- [6] <http://maturita-ztd4.kvalitne.cz/zt/02.doc> [4.6.2013]
- [7] <http://vlaky.bestsite.cz/zeleznice/vyvoj-navestidel-csd-cast-iv-vyhybky-a-vyhybkova-navestidla-2-9.htm> [4.6.2013]
- [8] <http://maturita-ztd4.kvalitne.cz/zt/12.doc> [4.6.2013]
- [9] <http://lokopin.wz.cz/kolejivo/testy3.htm> [4.6.2013]
- [10] [http://www.modelyvlacku.cz/index.php?main\\_page=product\\_info&cPath=71\\_168\\_523&products\\_id=3732&zenid=d0c190cd8c71927963e83178fef755b7](http://www.modelyvlacku.cz/index.php?main_page=product_info&cPath=71_168_523&products_id=3732&zenid=d0c190cd8c71927963e83178fef755b7) [4.6.2013]
- [11] <http://www.pojezdy.eu/view.php?cisloclanku=2011070004> [4.6.2013]
- [12] <http://www.rcm.cz/e-shop/serva-nahradni-dily/ostatni-serva/go-03-servo-3-7g-id:22778.eshop> [4.6.2013]
- [13] <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/41239D.pdf> [4.6.2013]
- [14] <http://www.gme.cz/dokumentace/634/634-059/dsh.634-059.1.pdf>[4.6.2013]

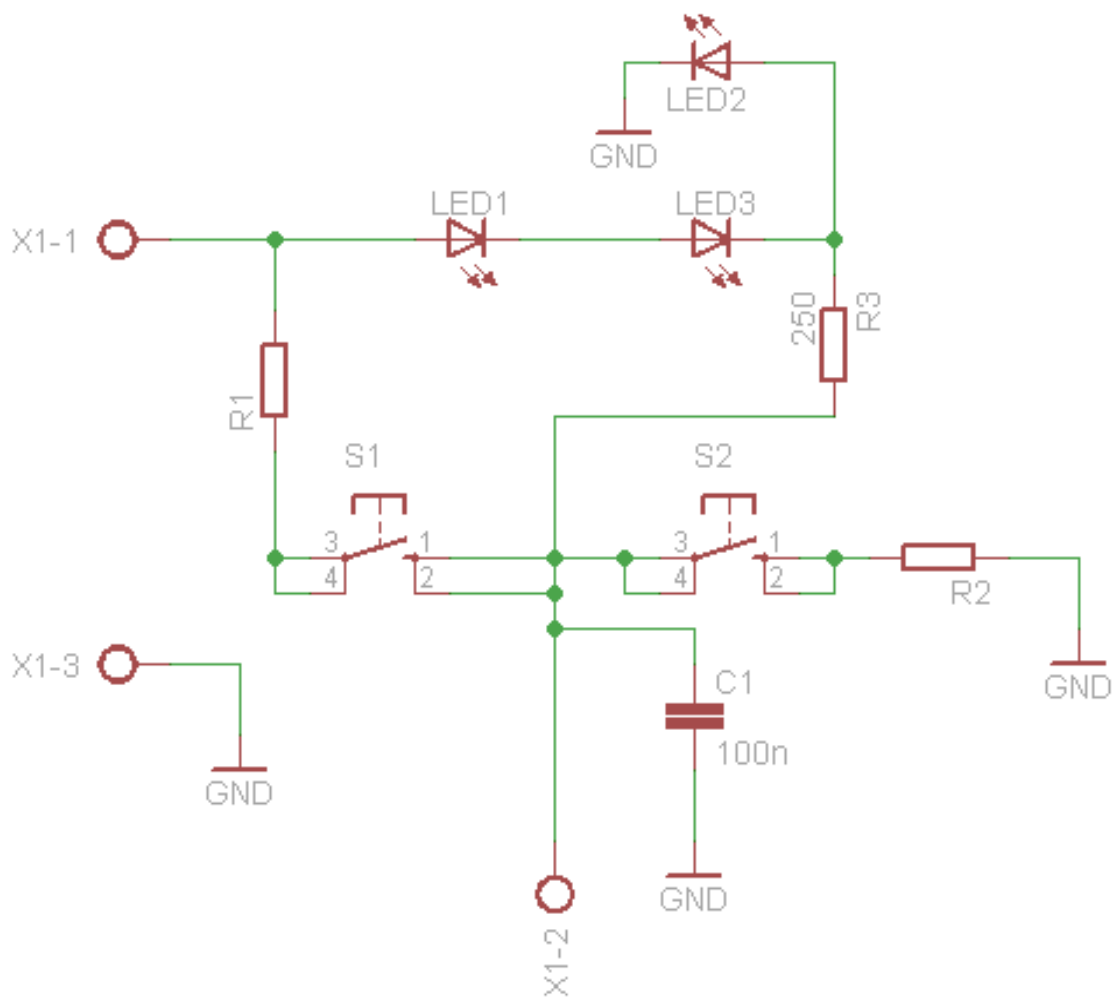
- [15] <http://www.gme.cz/dokumentace/523/523-032/dsh.523-032.1.pdf>  
[4.6.201]
- [16] [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/63/Zaver\\_hakovy\\_schema.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/63/Zaver_hakovy_schema.jpg)[4.6.201]
- [17] <http://www.azd.cz/admin/files/Dokumenty/pdf/Produkty/Kolejove/38-EP600.pdf>[4.6.201]



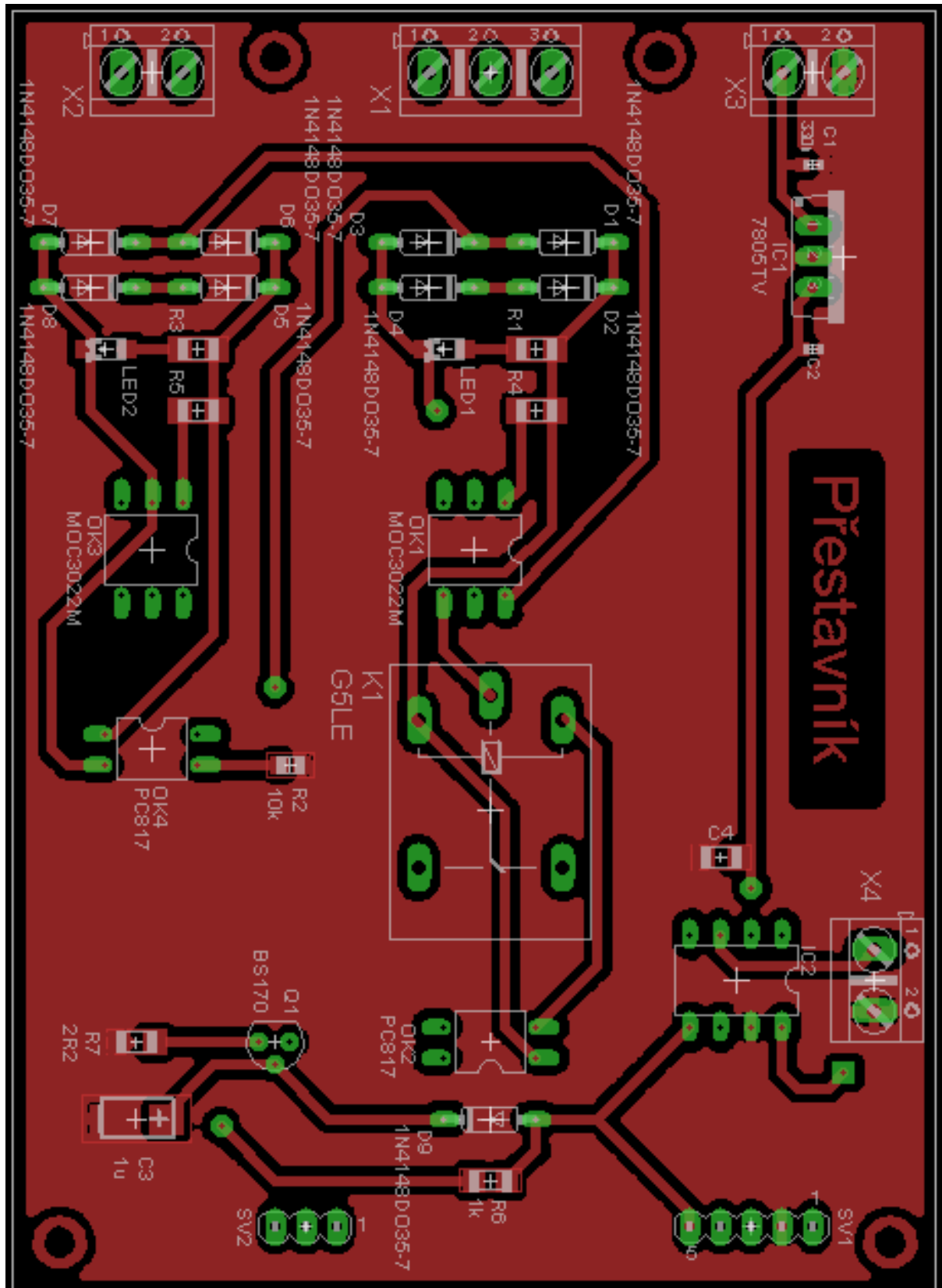
# Příloha 1– schéma zapojení



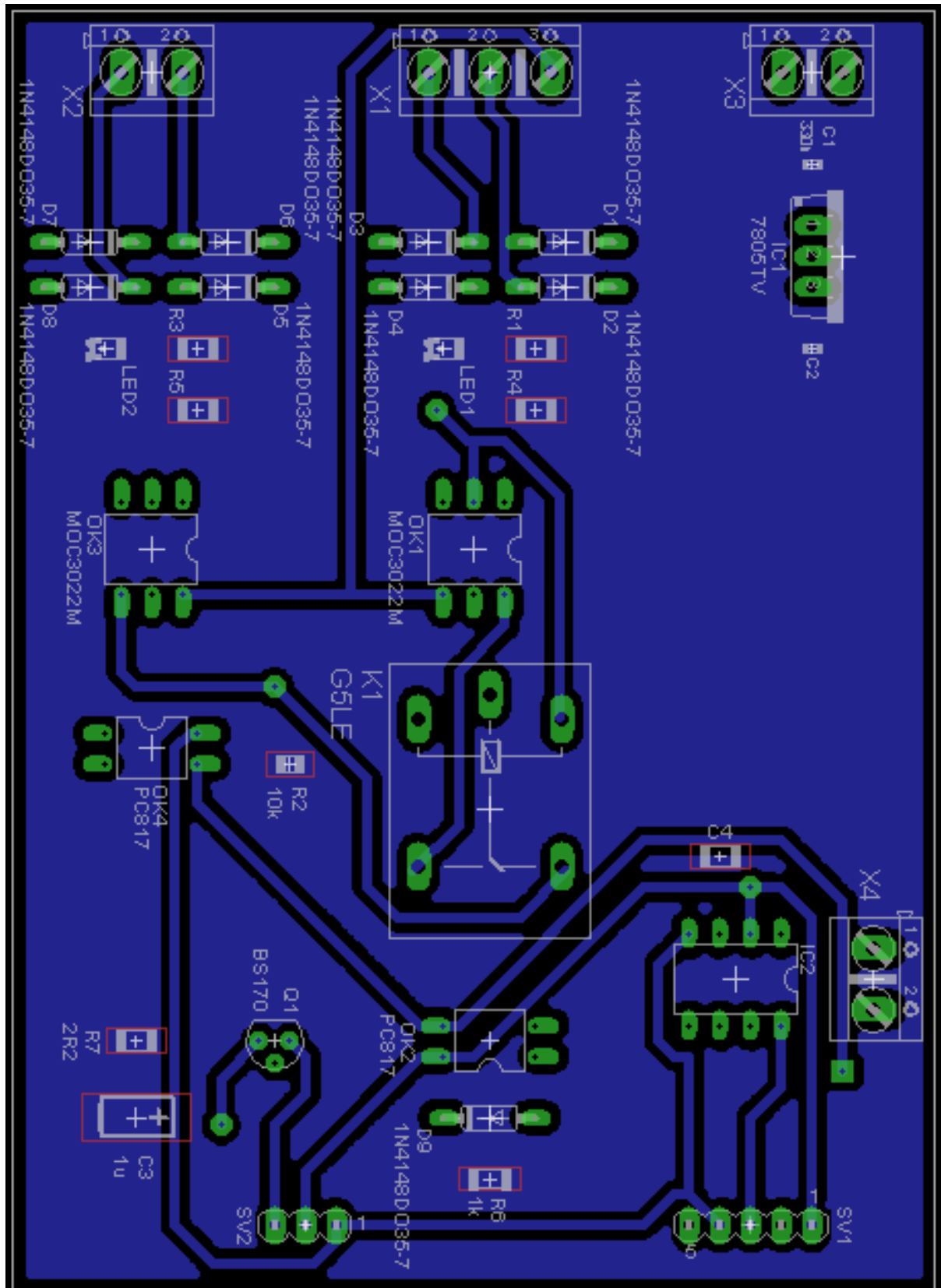
## Příloha 1 – schéma zapojení



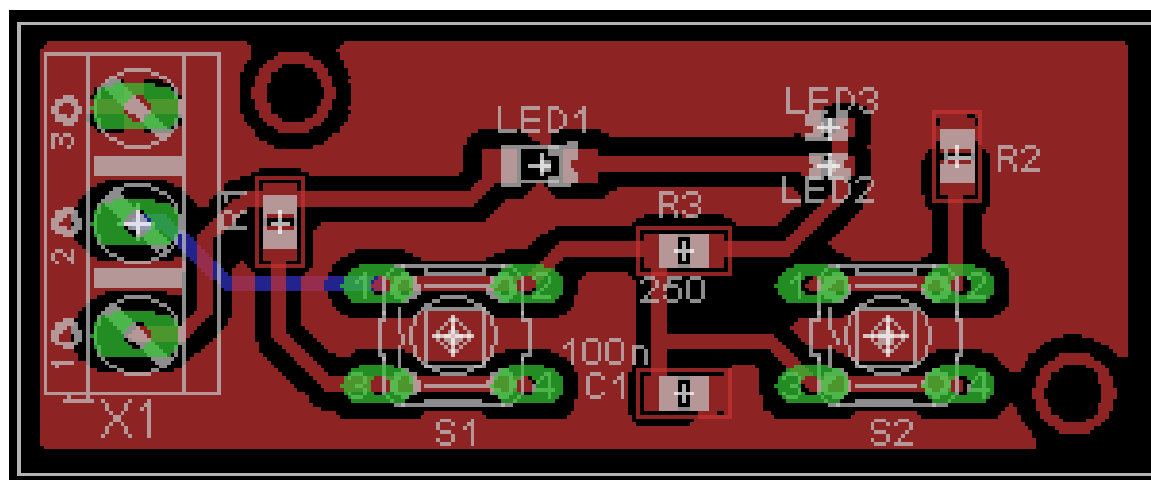
## PŘÍLOHA 2 - Deska plošného spoje



## PŘÍLOHA 2 - Deska plošného spoje

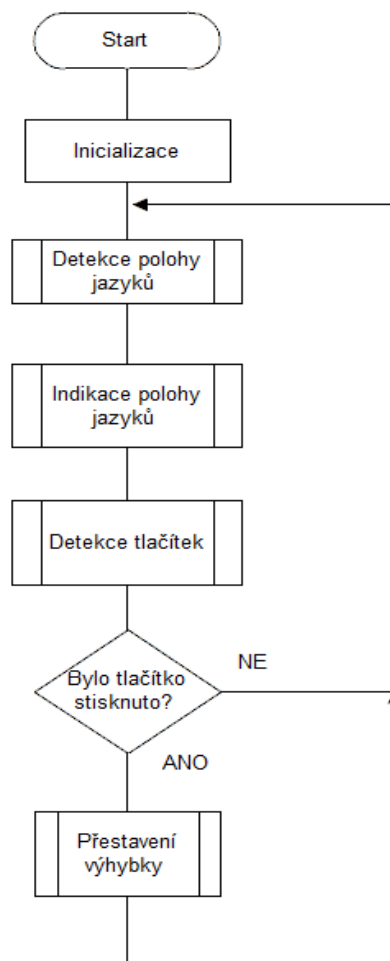


## PŘÍLOHA 2 - Deska plošnéhospoje



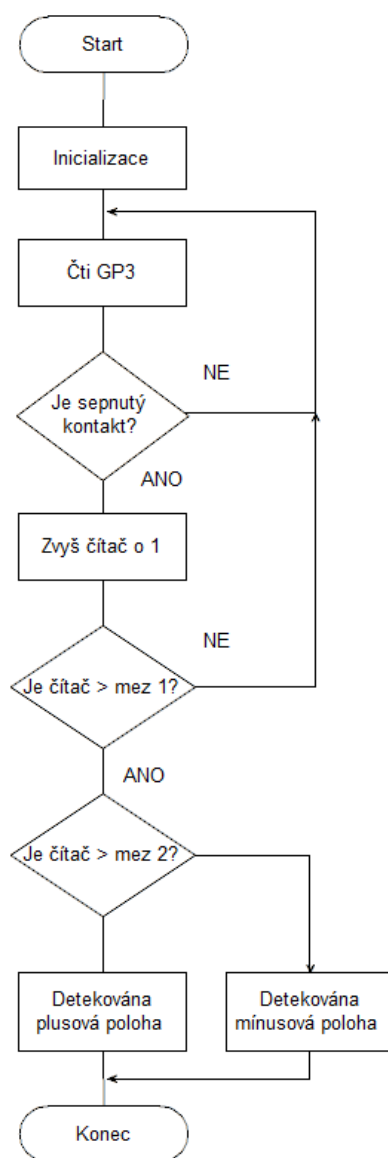
# PŘÍLOHA 3 – Vývojový diagram

## Hlavní diagram



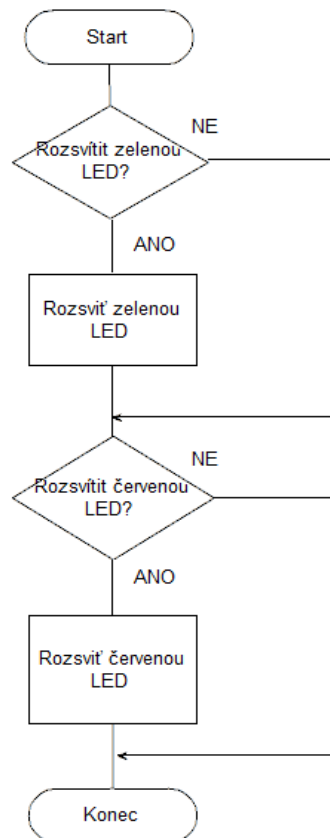
# PŘÍLOHA 3 – Vývojový diagram

## Blok detekce polohy jazyků



## PŘÍLOHA 3 – Vývojový diagram

### Blok Inicializace polohy jazyků





# Blok detekce tlačítek

