

UNIVERZITA PARDUBICE
Fakulta elektrotechniky a informatiky

LABORATORNÍ MODEL OSOBNÍHO VÝTAHU

Martin Gladkov

Bakalářská práce

2020

Univerzita Pardubice
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Akademický rok: 2019/2020

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Martin Gladkov**
Osobní číslo: **I17064**
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Řízení procesů**
Téma práce: **Laboratorní model osobního výtahu**
Zadávací katedra: **Katedra řízení procesů**

Zásady pro vypracování

Cílem práce je návrh a realizace konstrukce laboratorního modelu osobního výtahu. Bude proveden návrh jak mechanické konstrukce, tak i elektronické řídicí jednotky výtahu.

V teoretické části práce bude provedena rešerše zadaného tématu se zaměřením na obdobná, komerčně vyráběná zařízení.

V praktické části práce bude proveden kompletní návrh a realizace konstrukce modelu výtahu. Základním stavebním prvkem konstrukce bude zvolený typ mikropočítače z řady ATmega. Konstrukce zařízení bude navržena a řešena jako modulární, díky tomu bude umožněna její snadná modifikace a případná modernizace. V rámci zpracování práce bude realizován 3D model navržené konstrukce v CAD software DesignSpark Mechanical. Mechanické díly konstrukce budou realizovány s podporou 3D tisku. Nedílnou součástí práce bude kompletní výrobní dokumentace, včetně okomentovaných zdrojových kódů mikropočítače a podrobného uživatelského a montážního návodu.

Rozsah pracovní zprávy: **40**
Rozsah grafických prací:
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

MATOUŠEK, D., Práce s mikrokontroléry ATMEL AVR-3.díl, edice uP a praxe, 2. vydání, BEN – technická literatura, 2006, ISBN 80-7300-209-4

ZÁHLAVA, V., Návrh a konstrukce DPS, BEN-technická literatura, 2010, ISBN 978-80-7300-266-4

MAIXNER, L. a kol., Mechatronika, Brno, Computer Press, 2006, ISBN 80-251-1299-3

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Libor Havlíček, Ph.D.**
Katedra řízení procesů

Datum zadání bakalářské práce: **17. prosince 2019**

Termín odevzdání bakalářské práce: **7. května 2020**

L.S.

Ing. Zdeněk Němec, Ph.D.
děkan

Ing. Daniel Honc, Ph.D.
vedoucí katedry

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnici Univerzity Pardubice č. 9/2012, bude práce zveřejněna v Univerzitní knihovně a prostřednictvím knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 14. 5. 2021

Martin Gladkov

Poděkování

Chtěl bych poděkovat Ing. Liboru Havlíčkovi, Ph.D., vedoucímu této bakalářské práce, za jeho odborné rady, připomínky a jeho čas. Dále bych chtěl poděkovat své rodině za podporu a rady.

V Pardubicích dne 14. 5. 2021

Martin Gladkov

ANOTACE

Práce je věnována problematice osobního výtahu. Byl proveden 3D model modelu osobního výtahu a následně byl na základě tohoto 3D modelu byl vyroben reálný model osobního výtahu. K tomuto modelu byla také navržena veškerá potřebná elektronika. Návrh plošných spojů byl proveden pomocí softwaru Eagle a následně byly tyto plošné spoje vyrobeny a veškerá elektronika zapojena. Nakonec byly oba řídicí čipy naprogramovány v jazyce C. V teoretické části se práce věnuje problematice výtahů obecně.

KLÍČOVÁ SLOVA

výtah, osobní trakční výtah, model osobního výtahu, řízení výtahu.

TITLE

LABORATORY MODEL OF PASSENGER LIFT

ANNOTATION

This work is oriented to the issue of passenger lift. The 3D model of model of passenger lift was designed and on base of this 3D model the real model of passenger lift was made. For this model all necessary electronics were designed. Design of printed circuit boards were made by using Eagle software and after that these printed circuit boards were made and all electronic components were connected. At the end both control chips were programmed in C language. Theoretic part work is oriented to the issue of lifts in general.

KEYWORDS

lift, passenger traction lift, model of passenger lift, control of lift.

OBSAH

	Seznam zkratk a značek	9
	Seznam symbolů a veličin.....	10
	Seznam ilustrací	11
	Seznam tabulek	12
	ÚVOD	13
1	TEORETICKÁ ČÁST	14
1.1	Historie.....	14
1.2	Typy výtahů a jejich dělení	14
1.2.1	Dělení podle pohonu	14
1.2.2	Dělení podle využití	16
1.2.3	Dělení podle řízení provozu	16
1.2.4	Dělení podle řízení pohonu	16
1.3	Pohon.....	17
1.3.1	Stejnoseměrný elektromotor	17
1.3.2	Asynchronní elektromotor	17
1.3.3	Synchronní elektromotor.....	17
1.3.4	Používané typy u výtahů	18
1.4	Bezpečnostní prvky.....	18
1.4.1	Brzdy	18
1.4.2	Zachycovač	18
1.4.3	Omezovač rychlosti.....	19
1.4.4	Další bezpečnostní prvky zavěšení kabiny.....	19
1.4.5	Zabezpečení dveří	19
1.4.6	Výpadek elektrické energie.....	20
1.5	Požadavky na konstrukci.....	20
1.5.1	Požadavky na výtahovou šachtu	20
1.5.2	Požadavky na kabinu.....	21
1.5.3	Požadavky na technické vybavení	21
2	ŘEŠENÍ.....	22
2.1	Volba typu výtahu a technického provedení	22
2.2	Konstrukce	22
2.2.1	Materiál	23

2.2.2	Zavěšení kabiny	23
2.2.3	Mechanika dveří.....	23
2.3	Elektronika	24
2.3.1	Motory.....	24
2.3.2	Senzory polohy.....	25
2.3.3	Ovládání výtahu	25
2.3.4	Mikroprocesory a pomocné obvody.....	25
2.3.5	Způsob připojení součástek.....	26
2.3.6	Napájecí obvody.....	26
2.3.7	Drivery motorů.....	27
2.4	Logická vrstva	27
2.4.1	Společná vrstva a vzájemná interakce.....	27
2.4.2	Deska interface čipu	28
2.4.3	Deska akčního čipu	30
2.4.4	Driver A4988 a ULN2003	31
2.4.5	Deska alfanumerického displeje	31
2.5	Popis funkce programů	33
2.5.1	Program interface čipu	33
2.5.2	Program akčního čipu	36
2.6	Montážní návod.....	39
2.6.1	Základní nosná konstrukce a stanice.....	39
2.6.2	Protizávaží a kabina	42
2.6.3	Uchycení a zavěšení kabiny a protizávaží	44
2.6.4	Rozmístění a upevnění elektroniky výtahu.....	46
2.6.5	Zapojení elektroniky	47
2.7	Uživatelský návod.....	49
2.7.1	Základní ovládání a obsluha.....	49
2.7.2	Diagnostika možných vad a způsob jejich odstranění	49
2.7.3	Údržba	51
3	DOSAŽENÉ VÝSLEDKY	52
4	ZHODNOCENÍ.....	53
5	ZÁVĚR	54
	POUŽITÁ LITERATURA.....	55
	PŘÍLOHY	56

SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK

PWM	pulsně šířková modulace
RxD	přijímač směřnice USART
TxD	vysílač sběrnice USART
USART	universal synchronous/asynchronous receiver and transmitter, universální synchronní/asynchronní přijímač a vysílač
XCK	hodinový signál sběrnice USART

SEZNAM SYMBOLŮ A VELIČIN

I	elektrický proud, A
P	výkon, W
R	elektrický odpor, Ω
U	elektrické napětí, V
v	rychlost, $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$

SEZNAM ILUSTRACÍ

Obr. 1.1 – Vlevo hydraulický, vpravo trakční výtah	14
Obr. 1.2 – Bubnový výtah.....	15
Obr. 2.1 – Blokové schéma zapojení	27
Obr. 2.2 – Schéma zapojení desky interface čipu.....	29
Obr. 2.3 – Schéma zapojení desky akčního čipu	30
Obr. 2.4 – Schéma zapojení desky alfanumerického displeje	32
Obr. 2.5 – Vývojový diagram interface čipu	33
Obr. 2.6 – Vývojový diagram akčního čipu – hlavní část kódu	37
Obr. 2.7 – Vývojový diagram akčního čipu – obsluha přerušení	38
Obr. 2.8 – Konstrukce stanice.....	40
Obr. 2.9 – Konstrukce základní nosné klece	40
Obr. 2.10 – Zkonstruovaný model osobního výtahu	41
Obr. 2.11 – Konstrukce kabiny a protizávaží	43
Obr. 2.12 – Zavěšení kabiny a protizávaží	44
Obr. 2.13 – Zavěšení a nosné lano.....	45
Obr. 2.14 – Konstrukce snímačů pozice dveří.....	46
Obr. 2.15 – Zapojení elektroniky.....	48

SEZNAM TABULEK

Tab. 2.1 – Seznam použitého konstrukčního materiálu.....	22
Tab. 2.2 – Použité součástky	24
Tab. 2.3 – Pořadí vyřízení požadavků	35

ÚVOD

Tato práce se zabývá problematikou výtahů obecně a v praktické části je podrobněji rozebrán konkrétně typ osobního výtahu.

Téma jsem si vybral, jelikož jde o řízení procesu především na úrovni logiky, což je jeden z okruhů, kterým se zabývám ve svém studijním oboru, které lze velmi dobře znázornit na skutečném funkčním modelu.

Cílem práce je návrh a realizace konstrukce laboratorního modelu osobního výtahu, a to jak po mechanické stránce navržením a konstrukcí výtahu, tak po elektronické stránce formou elektronické řídicí jednotky. Jeho konstrukce by měla být založena na komerčně používaných typech výtahů. Výsledkem práce by měl být funkční model osobního výtahu.

1 TEORETICKÁ ČÁST

1.1 HISTORIE

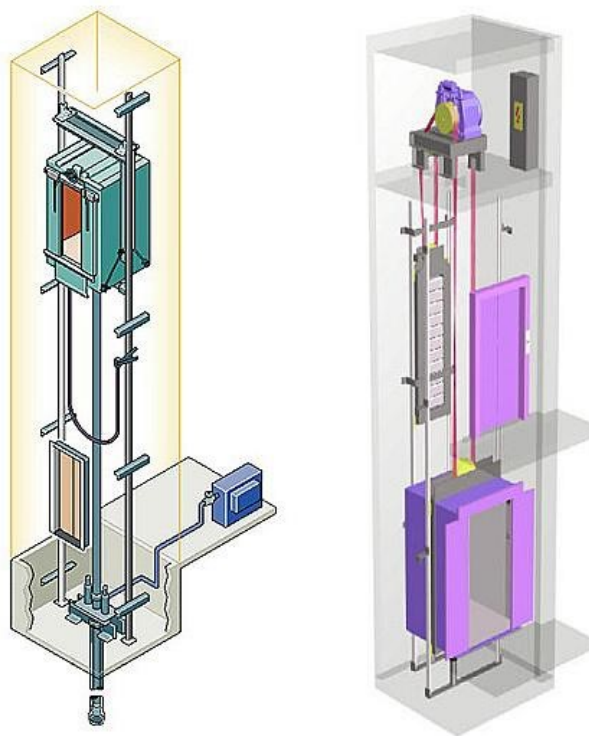
První zmínka o výtahu je kolem roku 236 před Kristem, kdy jejím autorem byl Archimédes. V moderní době, tak jak známe výtah dnes, byl první takovýto výtah sestaven roku 1853 a jeho autorem byl Američan Elisha Graves Otis. Jeho výtah se pohyboval rychlostí přibližně 0,2 m/s.

V Čechách byl první moderní výtah vyroben roku 1876 firmou Breitfeld-Daněk (později známá jako ČKD). Pohon výtahu byl realizován pomocí parního stroje a byl namontován v pivovaru Litoměřice. Avšak jeden z prvních výtahů u nás byl na zámku v Ploskovicích již ve dvacátých letech 18. století.

V dnešní době se k pohonu výtahu již běžně používá výhradně elektrická energie. V některých případech nejde přímo o elektromotor, ale o elektrický hydraulický pohon, jelikož jde o levné, snadné a velmi efektivní řešení. (Kone, 2018)

1.2 TYPY VÝTAHŮ A JEJICH DĚLENÍ

1.2.1 Dělení podle pohonu



Obr. 1.1 – Vlevo hydraulický, vpravo trakční výtah (Čech J., 2014)

Podle způsobu pohonu dělíme výtahy na trakční, hydraulické řetězové a bubnové.

a) Trakční výtahy: Trakční neboli lanový výtah je klasický elektrický výtah poháněný elektromotorem (viz obr. 1.1 vpravo). Rotor motoru je napojený na řídicí kladku, obvykle pomocí převodovky, která snižuje otáčky výstupní hřídele a zvyšuje krouticí moment neboli výslednou sílu motoru. Tento typ výtahu je zavěšený na laně vedoucím přes kladku a váha jeho kabiny bývá vyrovnána protizávažím, aby tak došlo k co nejlepšímu vyrovnání zátěže na obou stranách řídicí kladky a motor byl tak co nejméně zatížen. V praxi jde o nejrozšířenější typ díky jeho výhodám. Oproti hydraulickým výtahům dosahuje tento typ vyšší rychlosti, větší nosnosti, delší životnosti a nižším provozním nákladům.

b) Hydraulické výtahy: Hydraulický výtah využívá k pohonu elektrické čerpadlo, které dopravuje hydraulický olej do válce s pístem (viz obr. 1.1 vlevo). Ten se vlivem tlaku kapaliny pohybuje a s ním i samotná kabina. Jde o druhý nejrozšířenější typ. Jeho předností oproti trakčnímu výtahu jsou nižší pořizovací náklady, plynulý a tichý pohyb, jelikož čerpadlo běží pouze při pohybu směrem nahoru a strojovna může být umístěna i mimo výtahovou šachtu. Avšak mezi nevýhody patří například vysoké provozní náklady, nižší nosnost, kratší životnost a celkový zdvih bývá omezen na 24 metrů.



Obr. 1.2 – Bubnový výtah (MSV výtahy a.s., 2021)

c) Řetězové výtahy: Řetězový výtah je velmi podobný trakčnímu. Místo lana však používá řetěz. Výhodou oproti trakčnímu typu je nižší cena a možnost použít řídicí kladku o menším průměru. Mezi nevýhody oproti trakčnímu patří nižší nosnost, menší zdvih a rychlost.

d) Bubnové výtahy: Bubnový výtah nemá na rozdíl od trakčního nebo řetězového výtahu protizávaží. Řídicí kladka je místo toho osazena bubnem, na který se navíjí nosné lano (viz obr. 1.2). Díky tomu lze maximálně využít prostor výtahové šachty na kabinu výtahu, což je jedna z nejdůležitějších výhod. Mezi další výhody patří vyšší přesnost při zastavování ve stanicích a méně rázů, tedy plynulejší jízda kabiny. Avšak tento typ má podstatně vyšší spotřebu elektrické energie, jde přibližně o 40% nárůst, a vyšší hlučnost při provozu.

1.2.2 Dělení podle využití

a) Osobní výtah: Osobní výtah slouží především k přepravě osob a menších nákladů, jako jsou například osobní zavazadla, kočárky nebo nábytek. Standardně mají takovéto výtahy nosnost do 2000 kg.

b) Nákladní výtah: Běžná nosnost tohoto typu je od 500 kg až do 15 000 kg a slouží k přepravě od lehkých nákladů, jako je nádobí a jídlo v restauraci, až po těžké náklady, jako je výrobní materiál nebo automobily.

1.2.3 Dělení podle řízení provozu

a) Jednoduché řízení se samoobsluhou: Nejběžnější typ, systém výtahu si sám určuje pořadí vykonání požadavků.

b) Řízení s ustanoveným řidičem: Výtah se pohybuje pouze na základě příkazu řidiče, který je obvykle v kabině.

c) Sběrné řízení: Nejčastěji průmyslový výtah v automatizované výrobě, pohybuje se dle předem stanoveného harmonogramu.

d) Duplex nebo triplex: Jde o sadu výtahů, které se pohybují v závislosti na ostatních, aby se docílilo co největší efektivity.

1.2.4 Dělení podle řízení pohonu

a) Jednorychlostní: Řídicí elektronika motoru umí pouze tři stavy, pohyb jedním směrem, druhým směrem nebo je motor odpojen od napětí.

b) Dvourychlostní: Výstupní výkon řídicí elektroniky motoru lze omezit nebo nechat na maximálním výkonu.

c) Napěťové řízení: Výkon motoru se dá regulovat změnou napětí, avšak nejčastěji se používá řízení pomocí pulsně šířkové modulace, zjednodušeně jde o přerušování příkonu ve velmi krátkých intervalech a motor tak zabírá ve velmi krátkých pulsech.

d) Frekvenční řízení: Pokud je výtah vybaven motorem na střídavé napětí, tak lze pomocí speciálního modulu měnit frekvenci a tím docílit různé rychlosti otáčení motoru. (Výtahy, s.r.o., 2021)

1.3 POHON

1.3.1 Stejnoseměrný elektromotor

Existují dva základní typy stejnosměrných motorů, kartáčový a bezkartáčový.

a) Kartáčový: Stator motoru je tvořen permanentním magnetem, rotor motoru se skládá z cívk, která je napájena přes kartáče a díky nim se při pohybu mění polarita na cívkce rotoru. Rychlost otáčení se reguluje pomocí PWM nebo změnou napětí.

b) Bezkartáčový: Rotor motoru je tvořen permanentním magnetem, stator je tvořen cívkou. U tohoto typu je potřeba pravidelně přepínat polaritu na cívkce a proto se musí snímat otáčení motoru, nejčastěji Hallovými sondami. Regulace rychlosti otáčení se provádí změnou rychlosti přepínání cívkce statoru.

1.3.2 Asynchronní elektromotor

Rotor tohoto motoru je tvořen buďto cívkami spolu s kroužky, přes které se přenáší napětí na rotorové cívkce, nebo takzvanou klecí. Stator je vždy tvořen cívkami, na kterých je střídavé napětí.

Rychlost motoru je dána frekvencí střídavého napětí, za použití frekvenčního měniče tak lze měnit otáčky motoru. Tento typ je používanější než synchronní motor, jelikož se zde nemusí řešit rozběh, motor se umí sám roztočit z klidové pozice.

1.3.3 Synchronní elektromotor

Existuje několik typů, a to trojfázový, komutátorový (kartáčový stejnosměrný, viz kapitola 1.3.1), bezkartáčový (viz kapitola 1.3.1) a krokový motor.

a) Trojfázový synchronní motor: Konstrukce je velice podobná jako u asynchronního motoru, ale rotor je tvořen permanentním magnetem nebo cívkou, která je napájena stejnosměrným proudem. Je potřeba řešit rozjezd motoru, například pomocí frekvenčního měniče nebo pomocného motoru.

b) Krokový motor: Obvykle je tvořen permanentním magnetem na rotoru a více cívkami na statoru, minimálně pak 3 cívkami. Motor je napájen stejnosměrným napětím. Krokový motor může být zapojen buďto jako unipolární, kde se cívky vždy spínají stejnou polaritou, nebo bipolární, kde je stator motoru tvořen dvěma vedeními, na které je přivedeno napětí oběma směry. Jednou na první konec je připojeno napájecí napětí a druhý konec cívky se uzemní a později napájecí napětí je připojeno na druhý konec a ten první se uzemní.

1.3.4 Používané typy u výtahů

U výtahů se nejčastěji používají třífázové synchronní motory s frekvenčním měničem. Mají totiž dobrou účinnost, nižší hlučnost a dobrou přesnost a plynulost pohybu.

I ostatní typy lze samozřejmě použít, ale nejsou příliš rozšířené, jelikož například asynchronní má nižší přesnost při zastavování a otáčky nejsou pevně vázány na frekvenci jako u synchronního. Stejnosměrný motor, ať už kartáčový nebo bezkartáčový, také nemají přesnou regulaci otáček a krokový motor má sice vysokou přesnost, ale horší efektivitu. (MSV výtahy a.s., 2021)

1.4 BEZPEČNISTNÍ PRVKY

1.4.1 Brzdy

Kabina je v případě potřeby brzděna. U výtahů se používají rozpěrné brzdy. Jde o princip, kdy bez ovládacího signálu je brzda zabrzděna pomocí pružin a pro její uvolnění musíme, nejčastěji elektromagnetem, čelisti odtáhnout od brzdového kotouče. Proto by v případě výpadku elektrické energie, ani v případě utržení kabiny a poškození elektrických kabelů nemělo dojít k pádu kabiny a brzdy by měly kabinu bezpečně zastavit.

1.4.2 Zachycovač

Zachycovač je mechanické zařízení upevněné ke kabině výtahu, které v případě přetržení nosných lan nebo při překročení maximální přípustné rychlosti zbrzdí kabinu. Je potřeba, aby brzdou silou účinkoval na všechna vodítka kabiny a v případě výtahu

s protizávažím reagoval na překročení rychlosti v obou směrech pohybu, pokud výtah nemá protizávaží, tak stačí, aby uměl reagovat pouze v jednom směru pohybu (tj. směrem dolů).

1.4.3 Omezovač rychlosti

Omezovač rychlosti slouží k detekci a reagování na překročení maximální rychlosti. Jedná se o nekonečné lanko napnuté mezi dvěma kladkami. Toto lanko se označuje jako ovládací. Obvykle spodní kladka je pouze napínací a na horní detekujeme překročení rychlosti. Pokud k překročení rychlosti dojde, tak omezovač ovládací lanko zastaví a to je spojeno, i když ne pevně, s ovládací pákou zachycovače. Tato páka se následně pohne a aktivuje zachycovač.

1.4.4 Další bezpečnostní prvky zavěšení kabiny

V případě utržení nosných lan a pádu kabiny je na dně výtahové šachty nainstalován nárazník, který pohltí kinetickou energii kabiny, a dojde ke zbrzdění pádu. Nárazník musí být nainstalován i v horní části výtahové šachty, v případě, že jde o výtah s protizávažím.

Standardně je nosnost výtahu naddimenzovaná, aby se předešlo nehodě například v případě rychlé degradace nosných lan od poslední kontroly.

1.4.5 Zabezpečení dveří

Dveře ve stanicích, kde právě nestojí kabina výtahu, musejí být zcela uzavřeny a zablokovány proti pohybu, aby nemohlo dojít k pádu člověka nebo nějakého předmětu do výtahové šachty. V případě, že by došlo z nějakého důvodu k odblokování uzamčených dveří, tak se musí okamžitě kabina zastavit a musí se zablokovat její pohyb, aby nemohlo dojít ke zranění nějaké osoby.

V kabině nemusí být vždy dveře, nejčastěji se s tím setkáme u starších nákladních výtahů, avšak dnes by každý osobní výtah měl být vybaven dveřmi v kabině. Ve chvíli, kdy kabina není v nějaké stanici, tak tyto dveře musejí být také zablokovány proti otevření. Pokud je kabina právě v nějaké stanici, dveře jsou automatické a jsou otevřeny nebo se zavírají, tak v jejich prostoru bývá umístěna světelná závora pro detekci překážky a často při zavírání se také snímá pohyb dveří a případně detekce naražení dveří do překážky, pokud dojde k zastavení pohybu dveří, musí dojít k opětovnému otevření.

1.4.6 Výpadek elektrické energie

Jelikož jsou dnes snad všechny výtahy poháněny elektrickou energií, tak je potřeba řešit, co se stane v případě výpadku.

Starší výtahy se běžně zastaví v místě, kde se právě nacházejí a je potřeba ručně ze strojovny dopravit kabinu do nejbližšího patra. Moderní výtahy mívají záložní zdroj, který jim umožní po krátkou dobu pokračovat v provozu. Buďto tedy kabina dojede do určené stanice, pokud je záložní zdroj dostatečně silný, nebo pouze popojede do nejbližší stanice. V obou případech zde výtah zastaví a zablokuje se do doby, než dojde k obnovení dodávky elektrické energie. Existují i výtahy, které mají dostatečně výkonný záložní zdroj a mohou tak po určitou dobu pokračovat v běžném režimu. (Drápela J., 2008)

1.5 POŽADAVKY NA KONSTRUKCI

Základní požadavky stanovuje nařízení vlády číslo 122/2016 Sb. a v případě, že se vyskytne nějaké relevantní riziko, které není uvedeno v tomto nařízení, pak platí základní požadavky na ochranu zdraví a bezpečnost vztahující se na návrh a konstrukci strojních zařízení uvedené v příloze číslo 1 k nařízení vlády číslo 176/2008 Sb. Bod 1.1.2 v příloze číslo 1 ve vládním nařízení 176/2008 Sb. se použijí v každém případě.

1.5.1 Požadavky na výtahovou šachtu

a) Výtahová šachta musí být dostatečně odvětrávána mimo budovu a nesmí být využita k odvětrávání prostor, které nesouvisí s výtahem.

b) Ve výtahové šachtě nesmí být umístěno žádné vedení technického vybavení nebo jiná technická zařízení, která nejsou potřebná pro provoz a bezpečnost výtahu.

c) Výtahová šachta, mimo kabinu, musí být nepřístupná s výjimkou údržby a nouzových případů. Než osoba, která má oprávnění vstoupit do těchto prostor (servisní technik), vstoupí, musí se vyloučit běžné použití výtahu.

d) Servisní vstup do prostoru šachty musí být zabezpečen tak, aby v případě otevřeného nebo nezajištěného vstupu nemohlo dojít k pohybu kabiny.

e) Koncové polohy musí být konstruovány tak, aby nedošlo k riziku sevření osob v případě, že se nachází kabina v této koncové poloze. Pokud to jde, tak musí být vybaveny nárazníky, které pohlcují nebo akumulují energii, nebo musí být servisní prostor vymezen jiným způsobem.

f) Dveře ve stanicích, kde nestojí kabina výtahu, musí být zavřeny a zajištěny proti otevření a v případě jejich otevření musí dojít k zastavení chodu a znemožnění pokračování provozu výtahu, dokud nebudou dané dveře opět zajištěny. (TBZ-info, 2013)

1.5.2 Požadavky na kabinu

- a) Nosná část výtahu, což je kabina, musí mít podobu pevné klece.
- b) Kabina musí být zcela uzavřena, kromě větracích otvorů.
- c) Pokud výtah nemá dveře kabiny, tak nesmí být mezi výstupním otvorem a stěnou šachty volný prostor, aby nedošlo k pádu přepravované osoby do šachty výtahu.
- d) Pokud kabina dveře má, pak musí být za jízdy zavřeny a zajištěny proti otevření.
- e) Dveře vybaveny motorickým zavíráním musí být vybaveny detekcí sevření objektu v prostoru dveří.

1.5.3 Požadavky na technické vybavení

- a) Pokud je kabina zavěšena na lanech nebo řetězech, tak musí být použity minimálně 2 samostatná lana nebo řetězy, každé se samostatným upevněním a tato lana nesmí být spojena ani spletena, pokud to není nutné pro upevnění nebo k vytvoření ok.
- b) Řídicí systém výtahu musí umět detekovat překročení nosnosti a v případě detekce nezapočít jakýkoliv pohyb kabiny.
- c) Kabina i protizávaží, pokud výtah nějaké protizávaží má, musí být upevněna na pevných vodičkách. (Česko, 2016)

2 ŘEŠENÍ

2.1 VOLBA TYPU VÝTAHU A TECHNICKÉHO PROVEDENÍ

Zvolil jsem trakční typ výtahu, jelikož jde o jeden z nejrozšířenějších typů. Důvody pro výběr tohoto řešení jsou i relativně snadná realizace v malém měřítku a poměrně nízká spotřeba energie.

Dveře jsou vybaveny motorickým pohonem, který je umístěn přímo na kabině. Dveře ve stanicích nejsou vybaveny pohonem, a proto jsou spřaženy s dveřmi kabiny ve chvíli, kdy se kabina nachází v dané stanici.

Ovládání výtahu je rozděleno na několik částí. V každém patře jsou umístěna tlačítka na přivolání kabiny. Tlačítka, která jsou standardně umístěna v kabině pro volbu cílové stanice, jsou umístěna na konstrukci modelu výtahu k jejich snazšímu dosažení (dále jen „ve výtahu“).

2.2 KONSTRUKCE

Tab. 2.1 – Seznam použitého konstrukčního materiálu

Typ a materiál	Rozměry
Hliníkový profil L	20x20 mm
Hliníkový profil L	15x15 mm
Hliníkový profil jekl	20x20 mm
Hliníkový profil U	25x25 mm
Hliníkový profil T	20x20 mm
PLA plast – 3D tištěné díly	-
Sololit	3 mm
Permanentní magnet	17,9x9,5x4,8 mm
Kluzná tyč	8 mm
Držák kluzné tyče	8 mm
Šroub	M3, M8
Matka	M3, M8
Ložisko	8 mm
Ocelové lanko	2 mm
Svorky lanka	M4

2.2.1 Materiál

Celá konstrukce je tvořena z různých tvarů hliníkových profilů. Vzhledem k potřebné pevnosti a tvárnosti jde o dostatečně odolný a tvarově pevný materiál a zároveň lze dostatečně snadno upravit pro potřeby vhodného spojení jednotlivých dílů. Jednotlivé díly jsou spojeny šrouby, aby v případě potřeby bylo možné konstrukci snadno změnit.

Kladky a některé drobné prvky, jako držáky snímače pozice kabiny jsou vyrobeny za pomoci 3D tiskárny z plastu. Dveře kabiny i dveře ve stanicích jsou z části tvořeny sololitem.

2.2.2 Zavěšení kabiny

Vodítka kabiny a protizávaží tvoří kluzné tyče a lineární ložiska. K zavěšení kabiny a protizávaží je použito splétané ocelové lanko.

Aby nebyla zatížená osa motoru, tak jsem použil dvě volné kladky a mezi nimi je umístěna řídicí (nebo také hnací) kladka, která je umístěna přímo na hřídeli motoru. Všechny kladky jsou vyrobeny ze dvou kusů plastu kvůli technologii 3D tisku. Volné kladky jsou složeny celkově z více kusů, jelikož uvnitř je uloženo ložisko pro volnější otáčení kladky.

2.2.3 Mechanika dveří

Dveře kabiny jsou spojeny přes dvě kladky, jedna je volná a druhá umístěna na ose motoru, kterým je poháněna. Obě jsou opět z technologických důvodů ze dvou částí. Pro snížení tření jsou obě poloviny dveří kabiny zavěšeny na kolejnici.

V okamžiku kdy je kabina ve stanici, tak se dveře ve stanici pohybují zároveň s těmi v kabině. Toho je docíleno pomocí několika profilů, dveře na kabině mají pouze jeden „L“ profil a dveře ve stanicích mají dva „L“ profily, které mezi sebou mají mezeru pro profil z dveří kabiny. Aby se snížilo riziko naražení těchto profilů na sebe při pohybu kabiny a zároveň byla zachována co nejmenší vůle ve volném spoji, tak hrany profilů jsou zešíkmeny, pro lepší zapadnutí do sebe.

2.3 ELEKTRONIKA

Tab. 2.2 – Použité součástky

Typ součástky	Označení/hodnota	Počet
Mikroprocesor	ATMega32-16PU DIL40	2
Driver krokového motoru	A4988	1
Driver krokového motoru	ULN2003	1
Krokový motor	42HB60-401A	1
Krokový motor	28BYJ-48	1
Mikrospínač do DPS 1-pólový		12
Stabilizátor napětí 5V	LF50CV	1
Step-up měnič DC-DC	XL6009E1	1
Alfanumerický displej	BD-E528JRD	1
Rezistor	220 Ω	17
Fototranzistor	L-53P3BT	5
Fotodioda	503IRC2E-2AC	5
Napájecí souosý konektor do DPS (5,5 mm/2,1 mm)	PC-GK2.1	1
Dutinková lišta		
Patice precizní 40 pinů	DIL40PZ	2
Unipolární tranzistor	BS170 TO92 RM 2,54	12
Hallova sonda s OZ	TLE4905L	4
Oboustranný kolík rovný		

2.3.1 Motory

K pohonu kabiny slouží bipolární krokový motor NEMA17, konkrétně typ 42HB60-401A. K jeho řízení je použit driver A4988. Motor sám o sobě má 1,8° krok (200 kroků na otočku) a driver je použit s mikro krokováním 1/16. Výsledný krok je tedy 0,1125° (3200 kroků na otočku). K řízení postačí pouze určení směru (jeden vodič s logickou úrovní) a krok (jeden vodič, krok se provádí na náběžnou hranu řídicího signálu).

Pro pohon dveří je použit malý unipolární krokový motor 28BYJ-48 ovládaný pomocí prodejcem motoru dodávaného driveru ULN2003. Tento driver se ovládá pomocí čtyř vodičů, každý vstup odpovídá sepnutí nebo rozepnutí jedné cívky motoru. Motor má převodovku, která tak zjemní plynulost otáčení, s převodovým poměrem 1/64. Celkem pomocí rozdělení

pohybu na nejmenší možné kroky lze dosáhnout minimálního kroku přibližně $0,7^\circ$ (512 kroků na otočku).

2.3.2 Senzory polohy

Pozice dveří je snímána pomocí celkem čtyř světelných závor umístěných na pravé straně kabiny. Jsou snímány koncové pozice a přibližně poslední čtvrtina dráhy před dojetím na koncovou pozici pro signalizaci na zpomalení chodu a jemnějšího dojetí dveří do koncové pozice.

Pozice kabiny je snímána pomocí čtyř Hallových sond a to pouze ve stanicích. K určení přibližné polohy mezi stanicemi je využit časovač mikropočítače, který řídí pohyb motoru kabiny, na základě kterého je rychlost v blízkosti cílové nebo počáteční stanice postupně snižována nebo zvyšována pro plynulejší dojezd nebo rozjezd. Zde se předpokládá, že motor nepřeskakuje při pohybu mezi jednotlivými přídržnými pozicemi elektromagnetů a pohybuje se plynule. Také se předpokládá, že hnací kladka neprokluzuje nebo zcela nepatrně, což by způsobilo takovou odchylku od předpokládané pozice, že by se neprojevila v plynulosti dojezdu kabiny do cílové stanice.

2.3.3 Ovládání výtahu

K ovládání výtahu slouží mikrospínače (dále jen tlačítka). Ta jsou umístěna ve stanicích, v koncových pouze po jednom tlačítku a v ostatních po dvou tlačítkách. Dále jsou na modelu tlačítka „ve výtahu“, mezi kterými je i tlačítko otevření dveří a tlačítko zvonku (nouzové znamení a zastavení chodu výtahu). Výtah také obsahuje servisní tlačítko, které zastaví běžný chod výtahu a ten je následně ovládán manuálně pro možnost servisu a diagnostiky.

Všechna tlačítka jsou vybavena signalizačními led diodami. V případě, že je led dioda rozsvícena, tak je tlačítko aktivní a čeká na stisk. Tlačítka, která nesvítí, tak jsou neaktivní a buďto jejich funkce není aktuálně dostupná, nebo je požadavek, který tlačítko aktuálně umožňuje, zpracováván a bude vykonán.

2.3.4 Mikroprocesory a pomocné obvody

K řízení celého výtahu jsou použity dva mikroprocesory. V obou případech jde o čip od společnosti Atmel, konkrétně typ ATMega32-16PU.

Jeden má na starost obsluhu všech tlačítek, kromě dvou, které obsluhuje druhý čip, a to tlačítko zvonku a servisní tlačítko. Druhý čip má na starost snímání polohy kabiny a dveří, řízení motorů a zobrazování aktuální pozice kabiny a směr jízdy na alfanumerickém displeji.

2.3.5 Způsob připojení součástek

Celé zapojení je rozděleno na několik samostatných desek, aby bylo možné snadno provést změnu části zapojení. Čipy, tranzistory, drivery motorů, alfanumerický displej a součástky napájecího obvodu jsou zapojeny ve svorkovnicích, aby v případě jejich poškození mohly být snadno vyměněny za nové.

Pro rozsvěcení všech led diod jsou použity unipolární tranzistory, aby bylo sníženo proudové zatížení mikroprocesorů. Alfanumerický displej je také rozsvěcen pomocí tranzistorů. Jelikož čip nemá neomezený počet vývodů, tak jsem přistoupil k zapojení displeje, tak abych využil co nejméně vývodů čipu. Proto některé jeho jednotlivé segmenty nejsou rozsvěceny samostatně, ale jsou rozsvěceny ve skupinách, kvůli ušetření potřebných řídicích signálů, a některé nejsou zapojeny, jelikož nejsou využity pro zobrazování potřebných informací.

2.3.6 Napájecí obvody

Veškerá elektronika je napájena ze samostatné desky napájení. Tato deska má jeden vstup a celkem 3 typy výstupů.

Jako vstup slouží souosý kolík (5,5/2,1 mm) ke kterému je připojen napájecí adaptér, ten je připojen do sítě (střídavé napětí 230 V) a jeho výstup respektive vstup napájecí desky je 12 V a jeho maximální proudové zatížení je 4 A.

První typ výstupu je 12 V, jde o přímé napojení ze vstupního adaptéru (proto je proudové omezení 4 A). Tento výstup může být využit pro připojení driveru A4988, avšak tento driver je připojen až na třetí typ výstupu.

Druhý typ výstupu je 5V. Tento výstup je realizován pomocí stabilizátoru napětí LF50CV (vstupem je adaptér 12 V/4 A). Stabilizátor je schopen poskytnout na jeho výstupu napětí 5 V a maximální proudovou zatížitelnost až 1 A. Tímto výstupem je napájen driver motoru dveří kabiny, desky obou čipů a všech jejich přilehlých pomocných obvodů.

Třetí typ výstupu je výstup step-up měniče XL6009E1. Tento měnič umožňuje pomocí potenciometru, který je umístěn na modulu měniče, nastavit výstupní napětí v rozmezí 5 až 32 V. Vstupem měniče je napájecí adaptér (12 V/4 A), proto je výstupní napětí možné

nastavit pouze v rozmezí 12 až 32 V. Maximální proudové zatížení tohoto měniče je až 4 A, avšak výsledné proudové omezení je dáno v závislosti na výstupním napětí (napájecí adaptér je chopen dodat maximálně 48 W). Na tento výstup je standardně připojen pouze driver A4988.

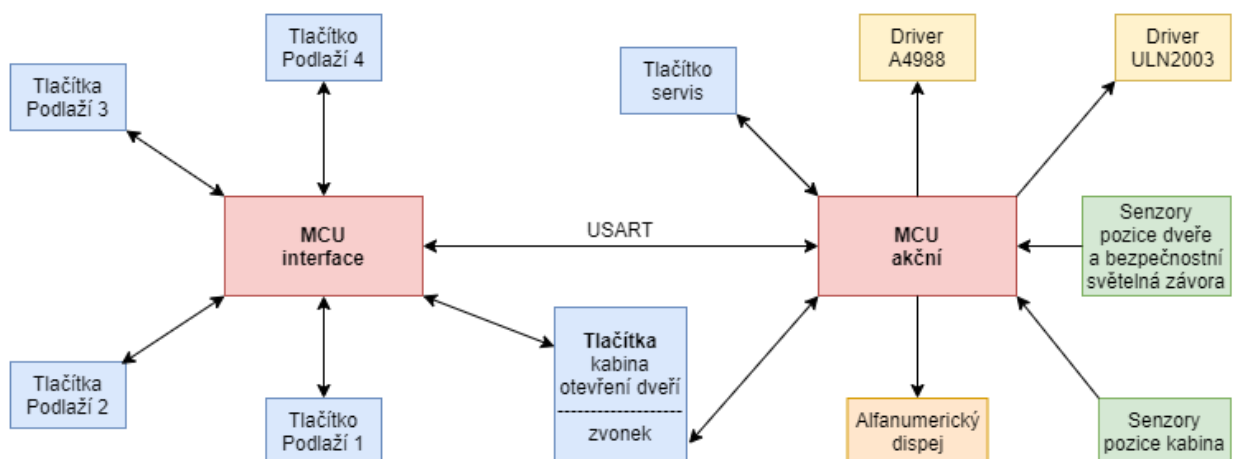
2.3.7 Drivery motorů

Pro řízení motoru kabiny je použit driver A4988. Ten umožňuje ovládat motor pouze pomocí dvou vodičů (směr a krok). Dále lze nastavit mikrokrokování a to 16, 8, 4 nebo 2 mezikroky (celkový počet kroků na vykonání jednoho celého kroku motoru) nebo lze driver používat bez mikrokrokování. Driver je potřeba napájet jak napětím logických signálů (3 až 5,5 V, použito 5 V), tak vyšším napětím pro napájení motoru (8 až 35 V). Je také možné driver například přepnout do režimu spánku nebo zakázat výstup na motor pomocí speciálních pinů. Jedna z posledních výhod tohoto driveru je možnost nastavit proudové omezení pomocí potenciometru a tím v případě potřeby snížit výkon motoru a tím i potřebný příkon a zatížení zdroje napětí.

Pro řízení motoru dveří je použit driver ULN2003. Obsahuje až 7 operačních zesilovačů, avšak využívají se pouze 4, jelikož je použit unipolární krokový motor, který má pouze 4 cívky (celkem použito 5 vodičů, všechny konce cívek jsou spojeny do pátého vývodu). Driver je napájen napětím 5 V stejně jako řídicí čip.

2.4 LOGICKÁ VRSTVA

2.4.1 Společná vrstva a vzájemná interakce



Obr. 2.1 – Blokové schéma zapojení

Celý výtah je ovládán celkem 2 čipy (na obr. 2.1 jsou značeny červenou barvou) a to především kvůli potřebě více výstupních pinů než má pouze jeden čip. Veškerá elektronika je napájena pouze z jednoho zdroje. Všechny úkony, které jsou potřeba vykonávat během chodu výtahu, jsou logicky rozděleny do dvou skupin mezi oba čipy.

Ke správné funkci je třeba, aby si čipy předávaly potřebné informace mezi sebou. Ke komunikaci je využito v čipech integrované komunikační technologie USART. Pro spolehlivější a rychlejší přenos dat je komunikace nastavena do synchronního módu. Komunikace probíhá duplexně (viz obr. 2.1, obousměrná spojnice s popisem USART), aby potřebné informace měly oba čipy včas s co nejmenší odezvou od vzniku dané informace.

Obr. 2.1 je dělen barevně na 5 základních prvků. Červeně jsou značeny mikroprocesory, modrou jsou označena všechna tlačítka (v každém bloku tlačítka je zahrnut mikrospínač i se signalizační led diodou), která jsou rozdělena na jednotlivé desky (vždy celá sada tlačítek na jedné desce). Blok tlačítek kabiny je připojen k oběma čipům, jelikož konkrétně tlačítko zvonku je připojeno k akčnímu čipu a zbytek tlačítek je připojen k interface čipu. Žlutou barvou jsou vyznačeny drivery motorů. Zelenou barvou jsou označeny všechny snímače polohy nebo překážky ve dveřích (nehledě na technologii snímání dané informace). Oranžovou barvou je značen informativní prvek, což je alfanumerický displej. Šipka vždy zobrazuje směr přenosu informace. Pokud je šipka obousměrná, tak se informace přenáší oběma směry (například blok tlačítek, čip získává informaci o stisku tlačítka a zároveň zobrazuje informaci o stisku pomocí signalizační led diody tlačítka).

2.4.2 Deska interface čipu

Na této desce je umístěn jeden z mikroprocesorů a pomocné tranzistory pro spínání signalizačních led diod tlačítek. Deska má celkem 12 logických vstupů a 13 logických výstupů. Dále má celkem 1 silový vstup a 5 výstupních zemnicích pinů.

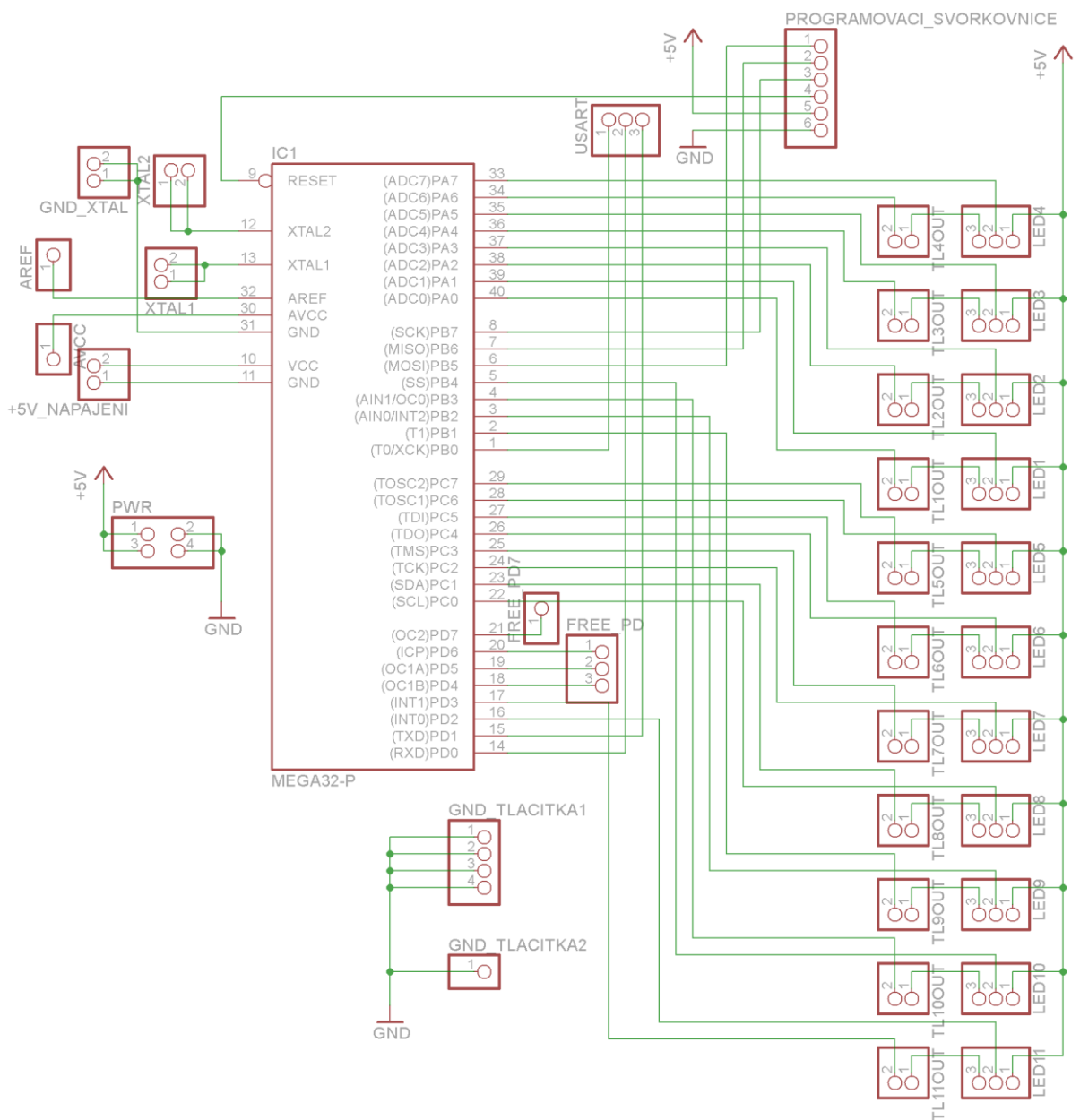
11 logických vstupů je využito pro připojení tlačítek (jde o kolíky pro připojení kabeláže) a poslední logický vstup je využit sběrnicí USART pro komunikaci s druhým mikroprocesorem (konkrétně RxD, přijímač). 11 logických výstupů je využito pro připojení signalizačních led diod tlačítek. Avšak led diody nejsou připojeny přímo k čipu, ale čip spíná unipolární tranzistory, které jsou zapojeny v precizních patičkách (deska je jimi osazena), a těmi je přivedeno napětí na výstupní kolík.

Deska je napájena 5 V z napájecí desky pomocí propojek. Jelikož jsou při čtení všech vstupů (tlačítek) použity pull-up rezistory, tak všechny desky těchto tlačítek jsou připojeny

na výstupní zemnicí kolíky desky interface čipu. Deska také obsahuje 2 nevyužité napájecí svorkovnice, které mohou být využity v případě potřeby rozšíření elektroniky výtahu.

Interface čip obsluhuje většinu tlačítek výtahu. Obstarává vyhodnocení stisku těchto tlačítek a zpětnou vazbu o stisku uživateli pomocí signalizačních led diod tlačítek.

Pro správné fungování interface čipu je třeba, aby mohl spolehlivě komunikovat s druhým čipem. To je zajištěno pomocí sběrnice USART, která běží v duplexním synchronním módu. Pro chod programu je zapotřebí, aby včas získával informace o pozici a aktuálním stavu kabiny výtahu a dveří kabiny. Tyto informace využívá ke správnému vyhodnocení následujícího cíle kabiny a pro správnou funkci tlačítek umožňujících otevření dveří kabiny výtahu. Také musí druhému čipu na základě získané informace o pozici kabiny a



Obr. 2.2 – Schéma zapojení desky interface čipu

pozice kabiny. Deska ještě obsahuje 4 výstupní silové piny, které jsou výstupem driveru A4988 a je na nich připojen motor kabiny.

Tento akční čip má na starost obsluhu obou motorů výtahu, snímání pozice kabiny a dveří kabiny včetně bezpečnostní světelné závory ve dveřích, obstarává obsluhu dvou tlačítek (tlačítko zvonku a servisní tlačítko) a zajišťuje zobrazování aktuálních informací na alfanumerickém displeji (podrobněji popsán v pododdíle 2.4.5).

Obě obsluhovaná tlačítka jsou během chodu výtahu dostupná. Servisním tlačítkem lze výtah přepnout do servisního režimu a tlačítkem zvonku lze výtah buďto zastavit na aktuální pozici nebo přepnout výtah do nouzového stavu (blíže popsáno v pododdíle 2.5.2).

Většina akcí akčního čipu je řízena pomocí vnitřního časovače tohoto mikropočítače. Slouží například k ovládání driverů motorů nebo správnému zobrazování informací na displeji.

2.4.4 Driver A4988 a ULN2003

Driver A4988 je součástí desky akčního čipu a slouží k řízení bipolárního krokového motoru, který tvoří pohon kabiny. Maximální proud driveru na jednu fázi je až 1,2 A. Možné napěťové rozmezí napájení motoru je od 8 do 35 V, čím vyšší je použito napětí, tím větší sílu motor bude mít. Pro chod výtahu však není potřeba využívat maximální výkon driveru.

Driver ULN2003 je samostatně umístěn v kabině výtahu a slouží k řízení unipolárního krokového motoru, který pohání kladku dveří. Jeho maximální proud je až 500 mA a pro dosažení vyššího proudu (výkonu) lze použít více těchto driverů spojených paralelně. Driver běží na 5 V, jelikož není potřeba dosáhnout vyššího výkonu motoru a tím pádem není potřeba použít převodník napětí pro ovládací signály. Driver má jednu vstupní 5V napájecí svorkovnici, celkem až 7 vstupních logických pinů (z toho jsou využity pouze 4) a obsahuje jednu 5 pinovou výstupní svorkovnici pro připojení motoru, která se využívá, a 7 výstupních pinů pro připojení jiného typu motoru, které nejsou využity.

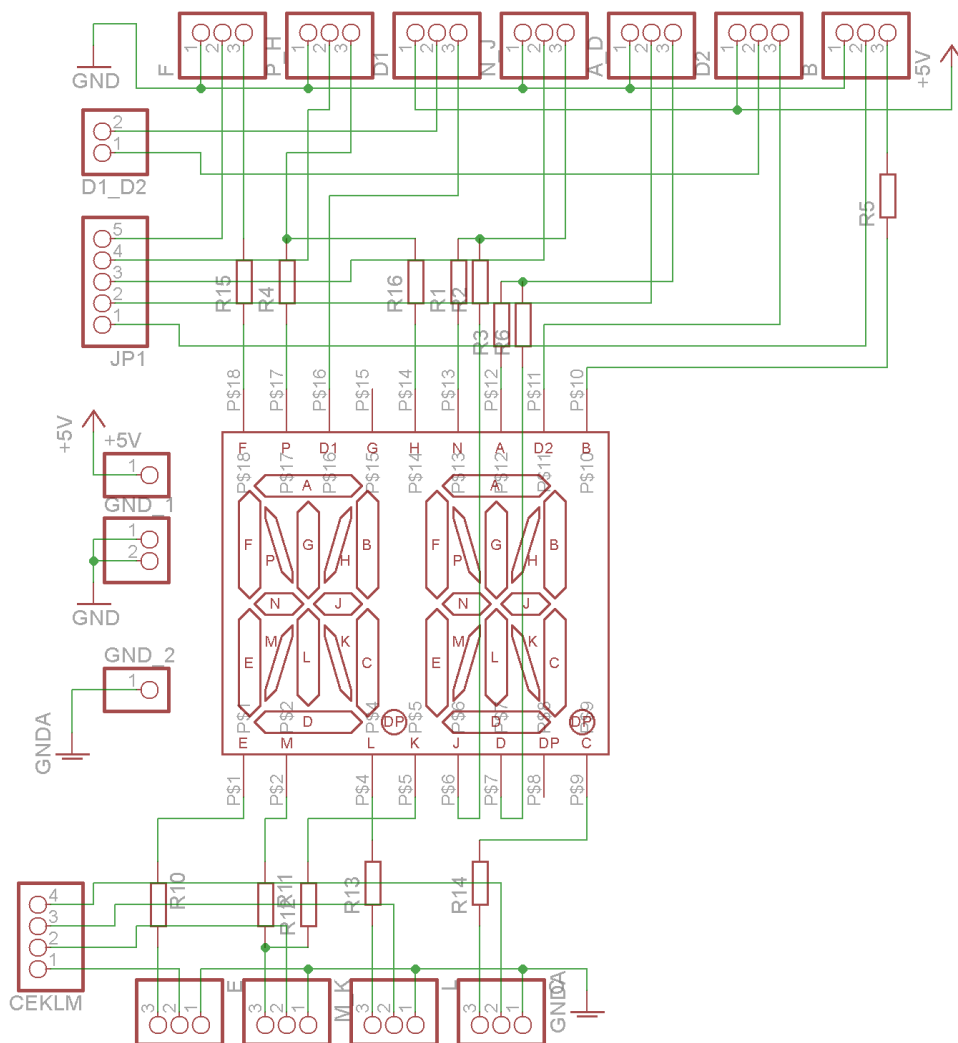
2.4.5 Deska alfanumerického displeje

Deska alfanumerického displeje má celkem 11 logických vstupů, z toho je jeden nevyužit, 2 slouží pro volbu zobrazované pozice a zbylými 8 vstupy jsou ovládány jednotlivé segmenty. Deska je napájena jednou 5V svorkovnicí a obsahuje ještě 2 zemnicí piny, které slouží jako přemostění, jelikož z technických důvodů nebylo možné uzemnění vést vodivou

cestou na plošném spoji. Deska je osazena samotným displejem, rezistory, tranzistory pro oddělení logické a silové části a vstupními piny pro propojení s deskou akčního čipu.

K informování uživatelů o aktuální pozici kabiny a směru jízdy je použit konkrétně alfanumerický displej BD-E52BJRD. Tento displej má celkem 2 zobrazovací pozice. Levá je využita pro zobrazení čísla podlaží a pravá pro zobrazení směru jízdy.

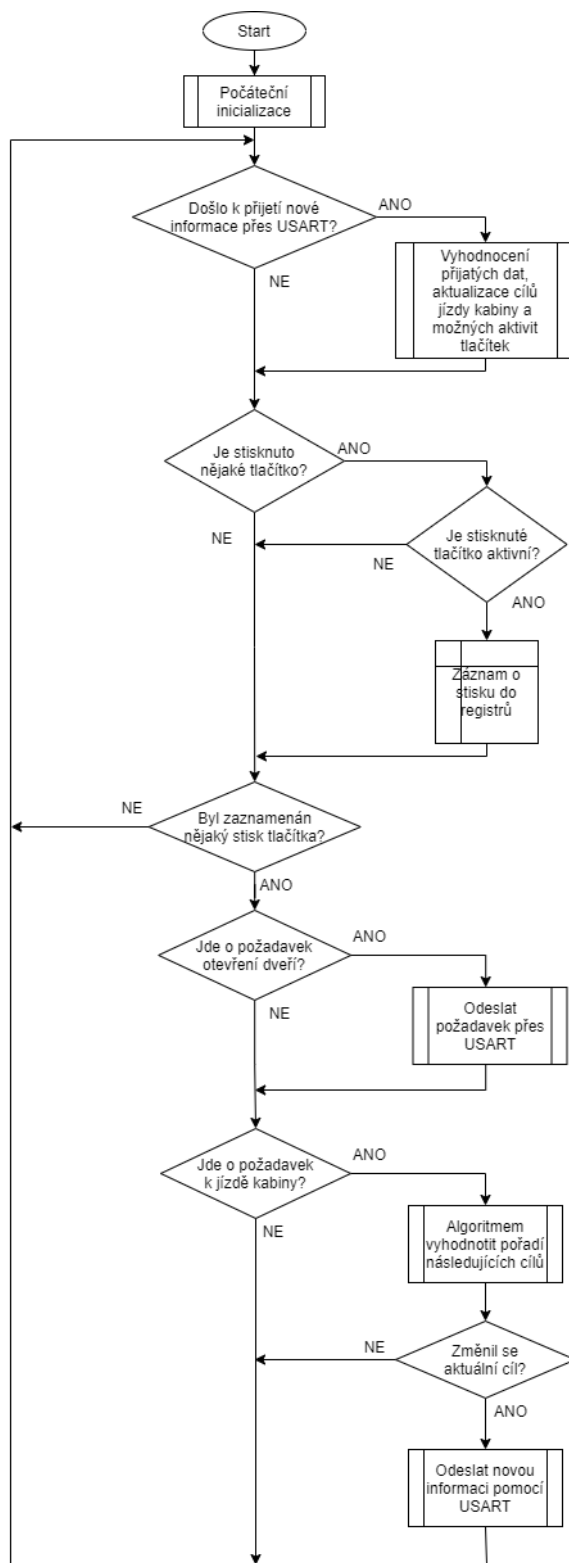
Vlevo se zobrazují číslice od 1 do 4 (výťah má celkem 4 podlaží). Vždy se dané číslo zobrazuje, dokud kabina nedojede na snímač jiného podlaží. Vpravo (aby se pomlčka nespletla se záporným znaménkem) se zobrazuje šipka nahoru, šipka dolů a pomlčka. Pokud je kabina v pohybu, tak se zobrazuje příslušná šipka signalizující směr jízdy. Pokud kabina stojí, zobrazuje se pomlčka. V případě, že není definován následující směr jízdy, tak se zobrazuje pouze pomlčka, pokud je dán následující směr jízdy, zobrazí se zároveň s pomlčkou i šipka příslušného budoucího směru jízdy. Pokud je výťah přepnut do servisního módu, tak se na displeji zobrazují znaky „SE“ (zkratka pro servis).



Obr. 2.4 – Schéma zapojení desky alfanumerického displeje

2.5 POPIS FUNKCE PROGRAMŮ

2.5.1 Program interface čipu



Obr. 2.5 – Vývojový diagram interface čipu

Program obsluhuje celkem 25 výstupů. Z toho 3 výstupy jsou použity pro USART, 11 z nich je nastaveno jako vstup a zbylých 11 jako výstup. USART používá konkrétně RxD (PD0), TxD (PD1) a XCK (PB0). Na všech 11 vstupech jsou připojena tlačítka a na všech 11 výstupech jsou připojeny led diody (podsvícení tlačítek), které slouží k signalizaci zaznamenání stisku tlačítka.

Program běží ve smyčce a pravidelně kontroluje vstupy (zda nebylo stisknuto tlačítko). V okamžiku, kdy je detekován stisk nějakého tlačítka, tak se tento stisk zaznamená a následně vyhodnotí. Tento čip také rozhoduje o následujícím cíli kabiny výtahu a to na základě aktuální pozice a požadavcích získaných od uživatelů pomocí tlačítek. Informace o aktuální pozici kabiny je získána od druhého čipu skrze sběrnici USART.

Vyhodnocení stisku tlačítka také doprovází zpětná vazba uživateli podsvícenými tlačítky pomocí led diod. Výchozí stav tlačítka je, když tlačítko aktuálně umožňuje žádat provedení nějaké akce. Při tomto stavu podsvícení tlačítka svítí (informuje o tom, že je aktivní). Pokud bylo tlačítko stisknuto a daný požadavek ještě nebyl vykonán nebo tlačítko aktuálně neumožňuje provést žádnou akci, tak podsvícení tlačítka je zhasnuto, aby uživatel věděl, že nemá smysl opakovat stisk, jelikož na něj řídicí elektronika nebude nijak reagovat.

Skrze sběrnici USART tento čip získává velmi důležité informace pro správné vyhodnocování řady úkonů. Dostává informaci o každé změně pozice, což se výrazně promítne do algoritmu vyhodnocení následujícího cíle. Mimo informace, v kterém patře se kabina aktuálně nachází, také získává informaci o tom, že je kabina v pohybu (výtah nestojí v určité stanici). Dále je informován o pozici dveří. Druhému čipu zase předává požadavek na jízdu do určité stanice nebo k otevření dveří.

Jelikož tento čip má připojeno tlačítko, které je umístěno „v kabině“, kterým se dává požadavek k otevření dveří, a také má připojena všechna tlačítka ve stanicích, tak signál k otevření musí zpracovat tento čip a požadavek předat druhému čipu. Je důležité znát aktuální pozici kabiny i dveří, jelikož tento požadavek je třeba předat, pouze pokud se dveře zrovna neotevírají a kabina stojí v dané stanici, jinak tato funkce není dostupná (nelze otevírat dveře za jízdy).

Algoritmus vyhodnocení následujícího cíle kabiny je založen na přijatých požadavcích od uživatelů pomocí tlačítek ve stanicích, tlačítek „v kabině“ výtahu a aktuální pozici kabiny. Pomocí tlačítek v prostředních stanicích můžeme algoritmus informovat o našem požadovaném směru jízdy, a ten tak může následně lépe přizpůsobit průběh jízdy. Algoritmus má vždy určen prioritní směr jízdy, a pokud ne, tak je určen z nejstaršího zaznamenaného požadavku. Slouží k tomu, aby pokud možno výtah jel z 1. podlaží do 4. s mezizastávkami a

zpět, jelikož je neefektivní například jezdit z 1. podlaží do druhého a zpět, pokud je požadavek na jízdu dolů ve 3. podlaží, proto výtah vyjede nahoru a všechny cestující postupně sveze tam, kam chtějí. Snaha je o co nejkratší jízdní dráhu a co nejméně zastávek během jízdy, což docílí rychlejší obsluhy cestujících.

Pokud je výtah přepnut do servisního režimu, tak se všechna tlačítka deaktivují pro běžný chod a tento čip dále nevyhodnocuje požadavky běžných uživatelů. Čtyři tlačítka v patrech se v servisním režimu používají pro manuální ovládání výtahu. Běžně by tlačítka manuálního ovládání byly samostatné, ale v případě modelu jsem se rozhodl ušetřit potřebné vývody a materiál a převedl tuto funkci na tlačítka ve stanicích.

Tab. 2.3 – Pořadí vyřízení požadavků

Aktuální patro	Vyřízení požadavku (směr jízdy nahoru)	Vyřízení požadavku (směr jízdy dolů)
P1	K2	Nelze
	P2 nahoru	
	K3	
	P3 nahoru	
	K4	
	P4	
	P3 dolů	
	P2dolů	
P2	K3	K1
	P3 nahoru	P1
	K4	K3
	P4	P3 nahoru
	P3 dolů	K4
	K1	P4
	P1	P3 dolů
P3	K4	K2
	P4	P2 dolů
	K2	K1
	P2 dolů	K4

Tab. 2.3 – Pořadí vyřízení požadavků - pokračování

Aktuální patro	Vyřízení požadavku (směr jízdy nahoru)	Vyřízení požadavku (směr jízdy dolů)
P3	K1	P4
	P1	P1
	P2 nahoru	P2 nahoru
P4	Nelze	K3
		P3 dolů
		K2
		P2 dolů
		K1
		P1
		P2 nahoru
		P3 nahoru

Vysvětlivky k tab. 2.3: P – tlačítko v patře/stanici, K – tlačítko v kabině, 1 až 4 – číslo podlaží, nahoru/dolů – požadovaný směr jízdy. Požadavky jsou vyhodnocovány od shora dolů (pokud neexistuje, pokračuje se, dokud se nenajde existující požadavek) a pokud žádný neexistuje, tak výtah zůstane stát na aktuální pozici, dokud není přijat nový požadavek k jízdě.

2.5.2 Program akčního čipu

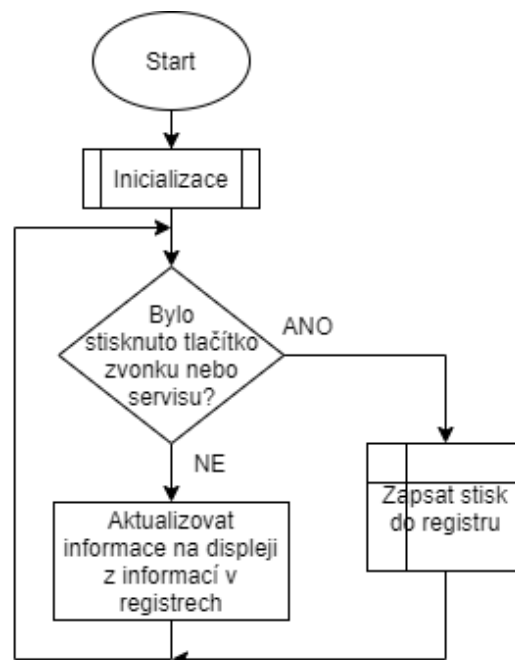
Program druhého čipu obsluhuje celkem 32 vývodů. Z toho je celkem použito 18 vývodů jako výstup, 11 vývodů jako vstup a 3 vývody jsou využity pro sběrnici USART. Na 4 výstupy je připojen driver motoru dveří, na 2 výstupech je připojen driver motoru kabiny, z toho jeden je výstup časovače. Na jednom výstupu je signalizace stisku tlačítka zvonku (nouzové tlačítko, jde o podsvícení pomocí led diody) a na jednom je signalizace servisního tlačítka. Na zbylých 10 výstupech je připojen alfanumerický displej (celkem 8 vývodů pro ovládání jednotlivých segmentů a 2 vývody pro volbu pozice). Na 5 vstupech jsou snímače pozice dveří a bezpečnostní světelná závora, další 4 jsou použity na snímače pozice kabiny a poslední dva jsou připojeny na tlačítko zvonku a na servisním tlačítku.

Program běží ve smyčce, v hlavní části se kontroluje, zda nebylo stisknuto tlačítko zvonku nebo servisní tlačítko a provádí se zde obsluha stisku. Dále se v hlavní části na základě informací v globálních proměnných (ty se aktualizují na základě senzorů poloh)

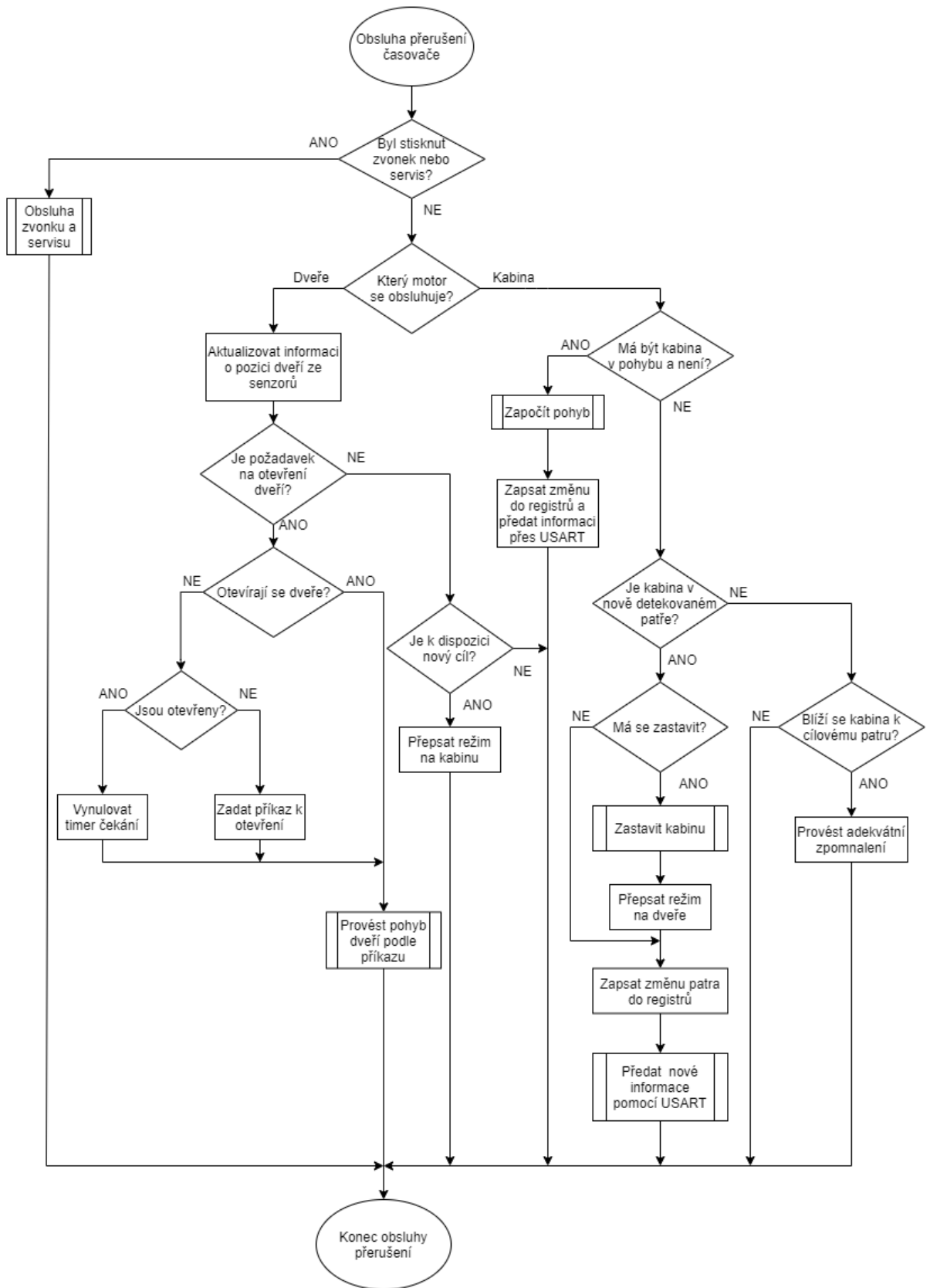
zobrazují informace na alfanumerickém displeji o aktuálním stavu výtahu. Obsluha motorů se provádí v obsluze přerušení přetečení časovače. Vždy se provádí řízení jen jednoho motoru naráz.

Když kabina přijede do cílové stanice, tak se automaticky dveře otevřou, vyčká se určitý čas, aby uživatelé stihli nastoupit a vystoupit a pak se dveře opět uzavřou. Pokud program má již následující cíl jízdy kabiny, tak se po uzavření dveří kabina rozjede určeným směrem. Pokud program nemá následující cíl, tak je umožněno otevírat dveře, dokud není získán další cíl od druhého čipu.

Motor kabiny se řídí pomocí PWM signálu (ten má stále stejně dlouhý puls, ale mění se čas mezi jednotlivými pulsy), který je vyveden na výstupu časovače a jednoho logického signálu, který určuje směr jízdy. Pokud motor stojí, tak signál PWM je nastaven na střihu 0 (na výstupu je konstantní logická 0). Pokud je motor v pohybu, tak má signál PWM střihu vyšší než 0 a každý krok motoru (respektive mikro krok driveru) se provede s náběžnou hranou PWM signálu. Přítomnost kabiny ve stanici je detekována pomocí Hallových sond (na kabině výtahu je umístěn permanentní magnet) a ostatní pozice jsou odhadovány na základě počtu pulsů řídicího signálu.



Obr. 2.6 – Vývojový diagram akčního čipu – hlavní část kódu



Obr. 2.7 – Vývojový diagram akčního čipu – obsluha přerušeni

Motor dveří kabiny je ovládán pomocí 4 signálů, každý z nich spíná jednotlivou cívku motoru. Ve chvíli, kdy se dveře dostanou do koncové polohy (jsou otevřeny), tak se spustí časovač, který určuje, za jak dlouho dojde opět k uzavření dveří. Po uplynutí zvoleného času dojde k započetí zavírání dveří. V okamžiku, kdy běží časovač dveří, dveře se zavírají nebo jsou zavřeny a zároveň není započat pohyb kabiny, tak je možné dveře opět otevřít nebo vynulovat časovač stiskem tlačítka otevření dveří v kabině, stiskem přivolávacího tlačítka ve stanici, kde se kabina právě nachází nebo přerušением bezpečnostní světelné závory ve dveřích (na světelnou závoru bude program reagovat pouze v případě, že dveře nejsou uzavřeny).

Displej umožňuje zobrazit určitý symbol v jednom okamžiku pouze na jedné pozici nebo stejný symbol na obou pozicích naráz. Proto se aktuální pozice kabiny (číslo podlaží poslední známé pozice kabiny) zobrazuje krátký okamžik na jedné pozici a následně je na druhé pozici zobrazen směr jízdy, ale nikdy nejsou obě informace zobrazeny současně, avšak rychlost přepínání mezi pozicemi displeje je natolik rychlá, že to lidské vnímání nepostřehne a vidí obě informace naráz. Střídání probíhá pravidelně za pomoci časovače.

Tlačítko zvonku má 2 módy. Pokud je stisknuto krátce, tak se pouze chod výtahu zastaví, dokud není tlačítko znovu stisknuto. Pokud je stisknuto dlouze, tak se výtah také zastaví a zároveň přejde do nouzového stavu a stejně jako u prvního módu, krátký stisk opět uvede výtah do chodu. Když je výtah zastaven, signalizační dioda tlačítka bliká, aby bylo zřejmé, že je výtah tímto tlačítkem zastaven, a aby zároveň bylo vidět, že je tlačítko aktivní (umožňuje provést akci).

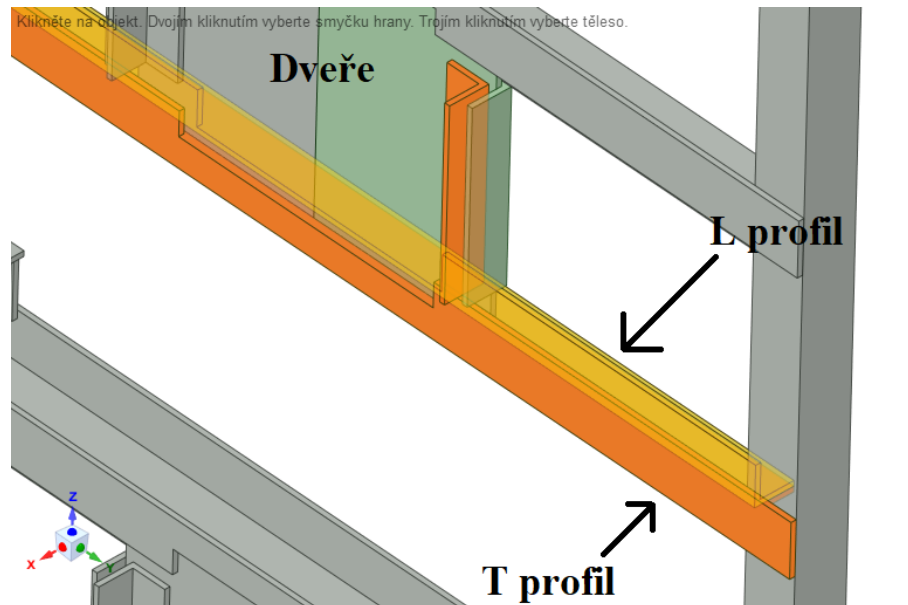
Tlačítko servisu postačí stisknout pro jeho aktivaci krátce a program na něj bude reagovat dojetím kabiny do nejbližší stanice, kde se kabina zastaví, a tam dojde k otevření dveří. Zároveň se zapomenou všechny dříve přijaté požadavky od uživatelů a deaktivují se všechny běžné funkce tlačítek (kromě tlačítka zvonku). Možnost ovládat výtah ručně nastane ve chvíli, kdy se ukončí automatické zastavení kabiny a otevření dveří. Podsvícení tlačítka stejně jako u tlačítka zvonku signalizuje přepnutí do servisního režimu blikáním a běžný režim výtahu stálým svícením signalizační led diody.

2.6 MONTÁŽNÍ NÁVOD

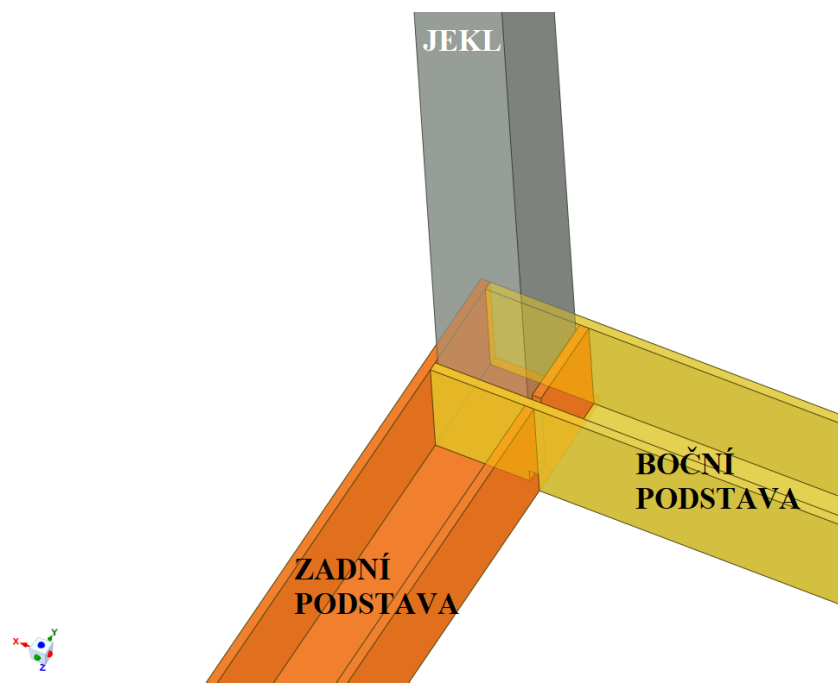
2.6.1 Základní nosná konstrukce a stanice

Před započatím výroby modelu výtahu byl navržen 3D model pomocí softwaru DesignSpark Mechanical. Model byl využit jako nástroj pro snadné otestování všech

možných mechanických způsobů realizace. Bylo vybráno nejvhodnější a nejefektivnější řešení z hliníkových profilů, sololitu a tištěného plastu pomocí 3D tiskárny. Také slouží jako část montážního návodu.



Obr. 2.8 – Konstrukce stanice



Obr. 2.9 – Konstrukce základní nosné klece

Základem je kvádřová nosná konstrukce vyrobená z profilů typu „U“ a čtvercového jeklu. Nejprve je třeba pravit „U“ profily (viz obr. 2.9), tak aby do sebe zapadly a bylo možné z nich vytvořit obdélník, kde v jeho rozích vznikne prostor pro vsunutí jeklů a tím vytvoření základní nosné klece. U zadních a předních U profilů je třeba na 20 mm od konce a na jejich krajích vyříznout z jedné boční stěny průřez (šířka průřezu je 2 mm). Boční U profily je třeba upravit ve spodní části, konkrétně jim uříznout dno v délce 25 mm. Celá tato základní konstrukce je spojena pomocí šroubů (je třeba průběžně vyvrtávat díry pro šrouby během výroby celého modelu), každý spoj na této hlavní nosné konstrukci je zdvojen (jsou použity 2 šrouby na spoj, celkem 4 šrouby v každém rohu), aby se dosáhlo vyšší pevnosti. Postupně je třeba každý roh konstrukce složit dohromady a spojit šrouby (vždy je potřeba zasadit jekl do U profilu a spojit ho s ním a následně vložit druhý U profil a ten také spojit s jeklem).



Obr. 2.10 – Zkonstruovaný model osobního výtahu

Následně je možné vytvořit jednotlivé stanice. Ty jsou vyrobeny z „L“ o rozměru 15 na 15 mm a „T“ profilů, kde T profil je třeba upravit na jeho koncích tak, že se vyřízne stěna profilu v délce přibližně 20 mm na obou stranách (stěna, která je na jedné straně spojena uprostřed druhé stěny, viz obr. 2.8). Tyto dva profily je následně potřeba spojit s vytvořenou přesnou mezerou (3 mm, nebo podle tloušťky použitého sololitu na dveře), která souží jako kolejnice pro posuvné dveře, při spojování lze využít rozměrů profilů a zarovnat si jejich dlouhé hrany k sobě a tím vznikne přesná mezera (viz obr. 2.8). Po vyrobení dostatku těchto dílů (kolejnic, celkem 4 spodní a 4 horní) je třeba správně rozměřit jejich rozmístění a připevnit je k nosné konstrukci (díly jedné stanice jsou od sebe tak, aby vznikla mezera 100 mm mezi kolejnicemi a jednotlivé stanice přibližně 145 mm od sebe (vzdálenost mezi spodkem horní stanice a vrškem dolní stanice), zde je také třeba dodržovat přesnou mezeru mezi díly kolejnic, aby díl dveří dobře držel a nevypadal a zároveň neměl příliš velké tření při pohybu (může se lišit podle přesnosti vyrobených dílů dveří). Dveře v každé stanici jsou vyrobeny z 2 dílů sololitu, kde ke každému jsou na vnější hraně připevněny „L“ profily (viz obr. 2.8), sloužící k volnému spoji s dveřmi kabiny. Díly tvoří s dveřmi „sendvič“ (z každé strany jeden profil) a mezera mezi nimi (části, které vystupují do prostoru) je okolo 3 mm. Jejich kraje jsou skoseny pro vytvoření větší vůle při zajíždění profilu dveří kabiny do štěrbin dveří stanice (lze využít 3D model výtahu pro lepší pochopení konstrukce stanice).

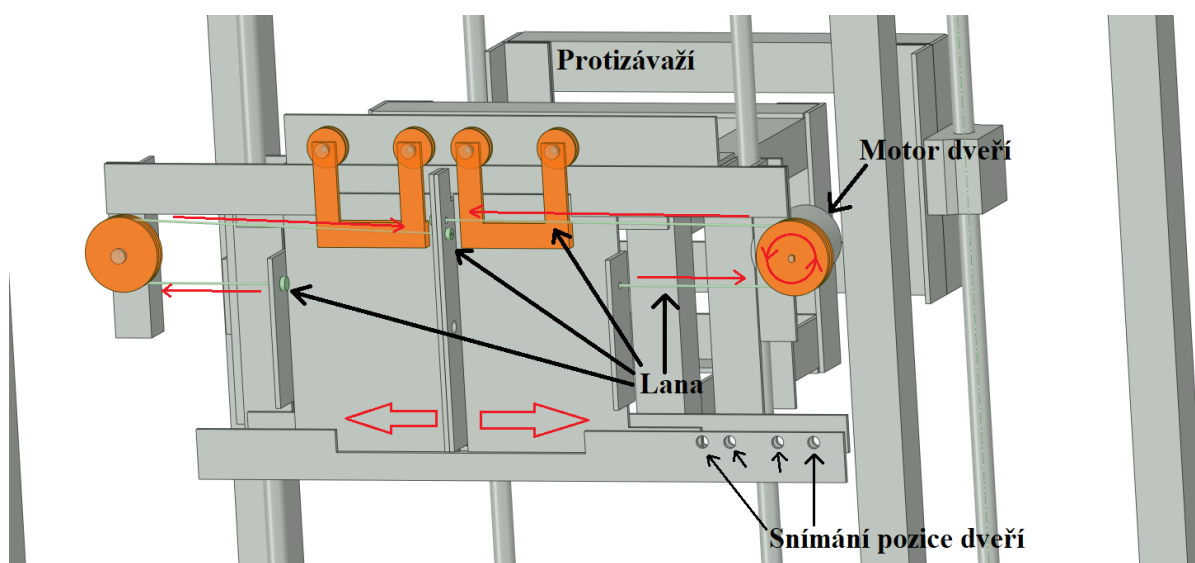
2.6.2 Protizávaží a kabina

Protizávaží je tvořeno z několika „L“ profilů o rozměrech 20 na 20 mm pospojovaných do tvaru obdélníku (je třeba při spojování dodržovat pravý úhel spojů). Na bočních stranách je vytvořena větší plocha pomocí dvou L profilů pro uchycení lineárních ložisek (viz obr. 2.11). Po dokončení kabiny a zavěšení na kladky je třeba správně vyvážit protizávaží, aby mělo stejnou hmotnost jako kabina. K tomu stačí ke konstrukci protizávaží přidělat cokoli o dobré hmotnosti do středu těžiště protizávaží, aby nedošlo k nadměrnému zatěžování ložisek a nedošlo k jejich zaseknutí.

Kabina je tvořena z různých typů profilu. Nejprve je vhodné vytvořit zadní stranu, která má tvar obdélníku, a následně k ní přidat boční profily (viz 3D model výtahu). Princip vytvoření zadní stěny je stejný jako u protizávaží. Následně lze přidělat přední boční „L“ pro zpevnění tvaru. Zbytek přední stěny (horní a dolní část) je tvořena z pojezdu dveří. Princip vytvoření je stejný jako ve stanicích. Tyto profily je třeba ještě upravit, aby zapadly

do bočních sloupků (musí se vyříznout drážka, aby profil dosedl na boční nosníky). Po vhodné úpravě je třeba při přidělávání dodržet vhodnou mezeru, aby dveře neměly při pohybu příliš velké tření. K přednímu hornímu profilu na jeho koncích je třeba přidělat držáky, na levém konci je umístěna pouze volná kladka a na pravém konci je připevněn motor dveří k držáku a na něm připevněna hnací kladka (viz obr. 2.11). Tím je konstrukce již pevná a drží svůj tvar. Nakonec se připevní držáky na boky kabiny pro lineární ložiska a na vršku kabiny nosník, ke kterému následně bude připevněno nosné lano. Umístění těchto držáků ložisek a nosníku pro zavěšení je třeba umístit doprostřed těžiště kabiny, aby ložiska nebyla zbytečně zatěžována více, než je nutné.

Dveře kabiny jsou stejně jako dveře ve stanicích umístěny v kolejničích. Vnější konce dveří jsou osazeny „L“ profilem, který slouží jako volný spoj s dveřmi ve stanicích (jejich umístění je dobře vidět na 3D modelu). Pohyb dveří je zajištěn pomocí dvou kladek, které jsou méně zatížené, proto na nich nevzniká velké tření při otáčení a není potřeba je umísťovat na ložisko. Levá kladka je upevněna pouze na šroubu a pravá přímo na hřídeli motoru. Aby provázek, který má oba konce upevněny ke dveřím (každý z konců k jiné polovině dveří) a vede přes kladku, nebyl v prostoru průchodu dveří, tak je umístěn v horní části (viz obr. 2.11). Jelikož tedy není pohon dveří umístěn v ose tření při pohybu dveří (dveře by měly při pohybu tření ve spodní části), tak by docházelo k vyklápění horní části dveří ve směru pohybu a tím ke vzpříčení dveří. Proto jsou dveře zavěšeny na kolejniči (viz obr. 2.11). Zavěšení je třeba dle volného prostoru na dveřích správně rozměrově navrhnut a vytisknout na 3D tiskárně. Tím dojde k posunu osy tření dveří směrem nahoru a snížení celkového tření dveří při pohybu

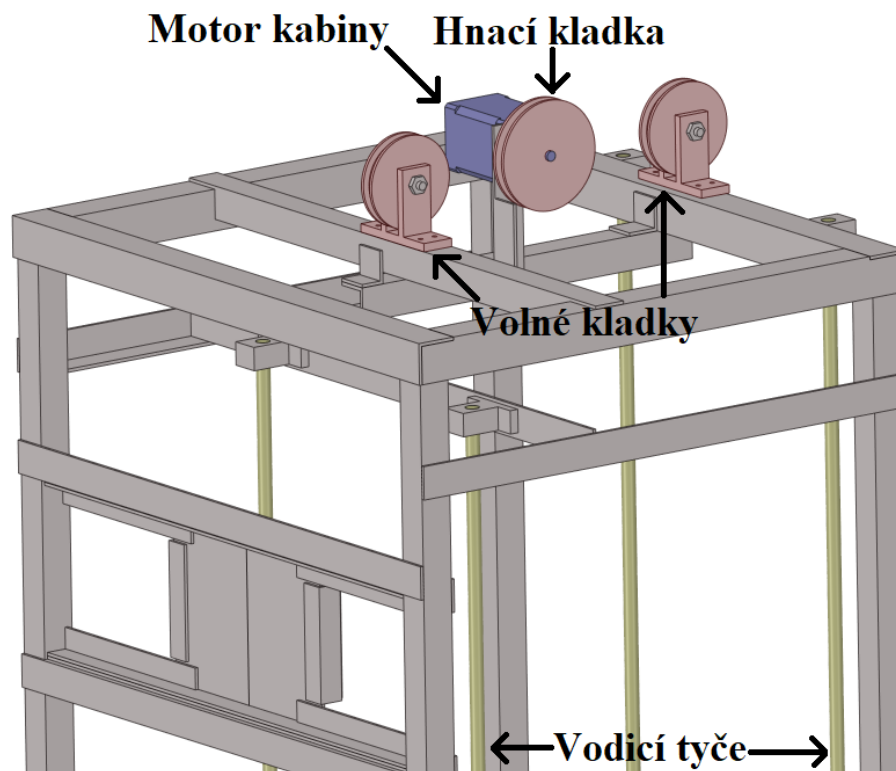


Obr. 2.11 – Konstrukce kabiny a protizávaží

a dveře se tak při pohybu již nevzpříčují. Mechanika spřažení dveří je vidět na obr. 2.11 (jednoduché šipky naznačují směr pohybu provázku a větší šipky bez výplně naznačují směr pohybu dveří). Ta umožňuje použít pouze jeden motor k pohonu dveří kabiny výtahu, při pohybu dveří je zajištěna vždy stejná pozice dveří v poloze při zavření či otevření a umožňuje snímat polohu pouze jednoho křídla dveří pro určení pozice obou křídel dveří.

2.6.3 Uchycení a zavěšení kabiny a protizávaží

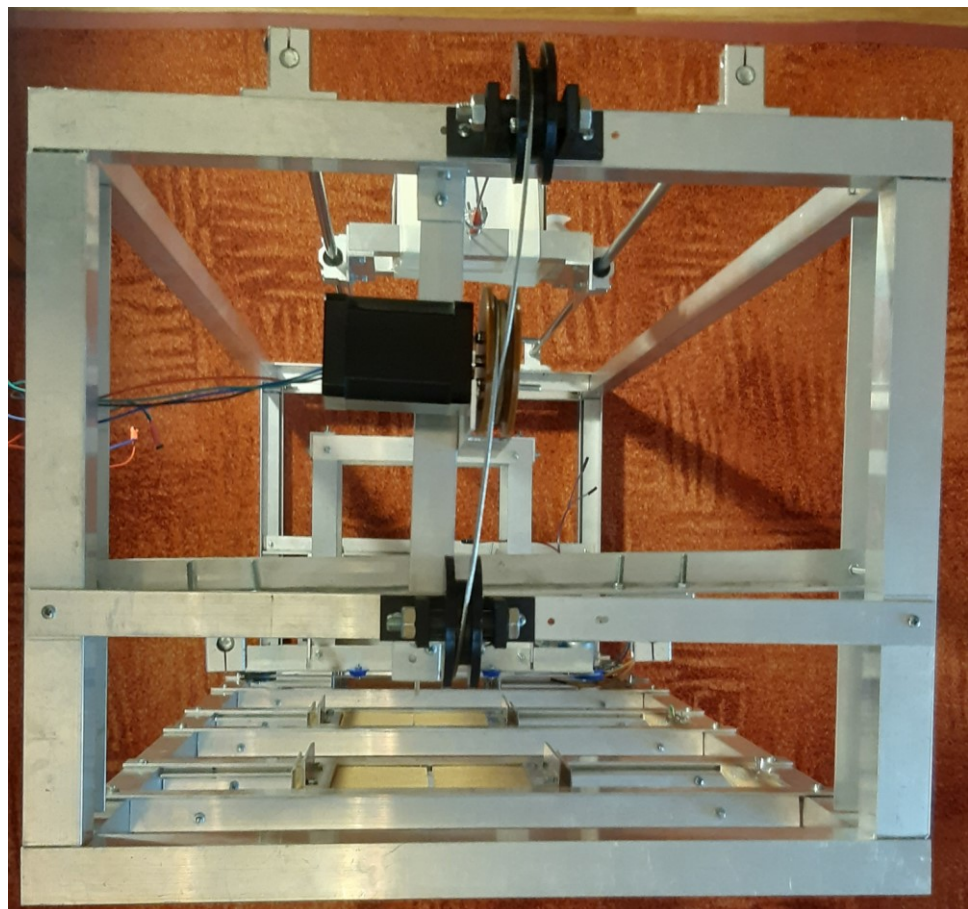
Nyní je možné upevnit protizávaží a kabinu k nosné konstrukci na kluzné tyče. Horní držáky tyčí u protizávaží lze upevnit přímo na základní nosnou konstrukci a pro spodní držáky je třeba vytvořit příčku (je třeba ji upravit podobně jako T profily ve stanicích, viz 3D model výtahu) ve spodní části (celková výška základní nosné konstrukce modelu výtahu je 110 cm a kluzné tyče se dají běžně koupit v délce 100 cm). Držáky se umístí na vnější stranu konstrukce, jelikož protizávaží se pohybuje vně nosné konstrukce. Uchycení kabiny je trochu složitější, jelikož se nachází více ve volném prostoru a proto je potřeba vytvořit z 3 L profilů tvar písmene „H“ a to jak ve spodní, tak v horní části (boční profily je třeba upravit stejně jako příčku spodních držáků protizávaží). Je třeba dbát na přesné umístění uchycení tyčí a to v obou vodorovných osách, aby měly správnou rozteč a všechny tyče směřovaly kolmo



Obr. 2.12 – Zavěšení kabiny a protizávaží

k zemi. Zároveň je třeba dodržet vzdálenost kabiny od stanic, aby profily volných spojů dveří do sebe správně zapadly (ani nenarážely do stanic při pohybu, ani nebyly příliš daleko a tím pádem by nevznikl spoj). V případě, že se kabina nebo protizávaží nebude pohybovat volně a ložiska se budou zasekávat, je třeba uchycení ložiska na jedné straně uvolnit a nechat ložisku určitou vůli. To je způsobeno tím, že tyč může být lehce prohnutá. Pokud povolení ložiska nepomůže, je třeba překontrolovat průměr tyče a případně tyč zbrousit na menší průměr a vyleštit.

Následně je možné kabinu a protizávaží zavěsit. K tomu složí celkem 2 volné kladky vytištěné na 3D tiskárně a jedna hnací (viz obr. 2.13). Kladka nad protizávažím je umístěna na nosné konstrukci přesně uprostřed mezi kluznými tyčemi nad středem těžiště protizávaží. Pro kladku nad kabinou je třeba přidělat příčku (opět je třeba upravit její konce, aby šla dobře přidělat ke konstrukci) nad středem těžiště kabiny (příčka je mírně posunuta dozadu, aby nosné lano bylo přesně nad středem těžiště, nikoliv samotná nosná příčka). Kladky se skládají z držáku a samotné kladky, ta je tvořena ze dvou částí a samotného ložiska, které je vloženo dovnitř kladky. Kolo kladky je následně uchyceno na šroubu (M8), na kterém je uloženo



Obr. 2.13 – Zavěšení a nosné lano

ložisko (je použito ložisko určené například pro skateboard nebo kolečkové brusle, jeho vnitřní průměr je 8 mm a vnější je 22 mm) a kolo je vystředěno v uchycení pomocí distančních kroužků, které se používají například u skateboardů a kolečkových bruslí (běžně v balení s ložisky, jejich vnitřní průměr je lehce přes 8 mm a jejich šířka okolo 10 mm). Hnací kladka není na samotném ložisku, ale je upevněna přímo na hřídeli motoru. Její žlab je případně potřeba (pokud dochází k prokluzu kola) vyplnit například gumičkou nebo jakýmkoliv materiálem s vyšším koeficientem tření pro zvýšení tření mezi hnacím kolem a nosným lanem. Motor je třeba uchytit ve středu mezi volnými kladkami. K tomu je vytvořena příčka připevňovaná zespoda příček volných kladek (mírně z osy, aby hnací kolo bylo v ose lana), podrobněji lze vidět uchycení na obr. 2.13. Lano na hnacím kole vytváří jednu smyčku (vznikne tak větší pnutí a tím dojde ke zvýšení tření a větší celkové použitelné síle než hnací kladka začne prokluzovat), ale při pohybu kabiny může dojít k tření lana o sebe v horní části hnací kladky, a proto je vhodné kabinu a protizávaží umístit mírně mimo střed konstrukce, aby tím došlo ke snížení tření tohoto lana (viz obr. 2.13).

2.6.4 Rozmístění a upevnění elektroniky výtahu



Obr. 2.14 – Konstrukce snímačů pozice dveří

V tomto bodě je mechanika výtahu již hotová a je třeba výtah doplnit o elektroniku. Ke snímání polohy dveří jsem použil světelné závory vyrobeny z infračervených led diod a fototranzistorů. Jelikož pouzdra diod a tranzistorů jsou relativně rozměrná, je třeba je upevnit na speciální držáky po pravé straně kabiny (viz obr 2.14). Pravá polovina dveří kabiny je v dolní části na vnější straně prodloužena, aby snímače mohly být umístěny mimo průchod dveří. Snímají se koncové polohy a poslední přibližně čtvrtina dráhy na obou stranách (u obou koncových poloh), pro zpomalený dojezd dveří na koncovou polohu. Diody a tranzistory jsou umístěny v přesně vyvrtaných otvorech v držácích umístěných dostatečně daleko od sebe, aby nedošlo k zatarasení cesty dveří, a v držácích jsou upevněny pomocí lepidla z tavné pistole. Všechny kabely od senzorů polohy a motoru dveří jsou vedeny v jednom svazku zavěšeny ve volném prostoru vedle kabiny (viz obr. 2.14, na pravém kraji černý a šedý kabel). Driver motoru dveří je umístěn v kabině.

Na levé straně kabiny je umístěn magnet, který je použit pro detekci pozice kabiny (viz obr. 2.14. na levé straně přibližně uprostřed černý objekt) Na nosných prvcích stanic jsou umístěny Hallovy sondy (viz obr. 2.14, v levém horním rohu černý objekt s kabeláží), které snímají magnetické pole vytvořené tímto permanentním magnetem na kabině. V každém patře je umístěna jedna Hallova sonda. Na pravé straně stanic jsou umístěna přivolávací tlačítka. Ta jsou upevněna v upraveném sololitu na rozměry, aby šel zasunout do vodičích kolejnic ve stanicích. Kabely od tlačítek jsou vedeny ve svazku po jeklu k řídicí elektronice.

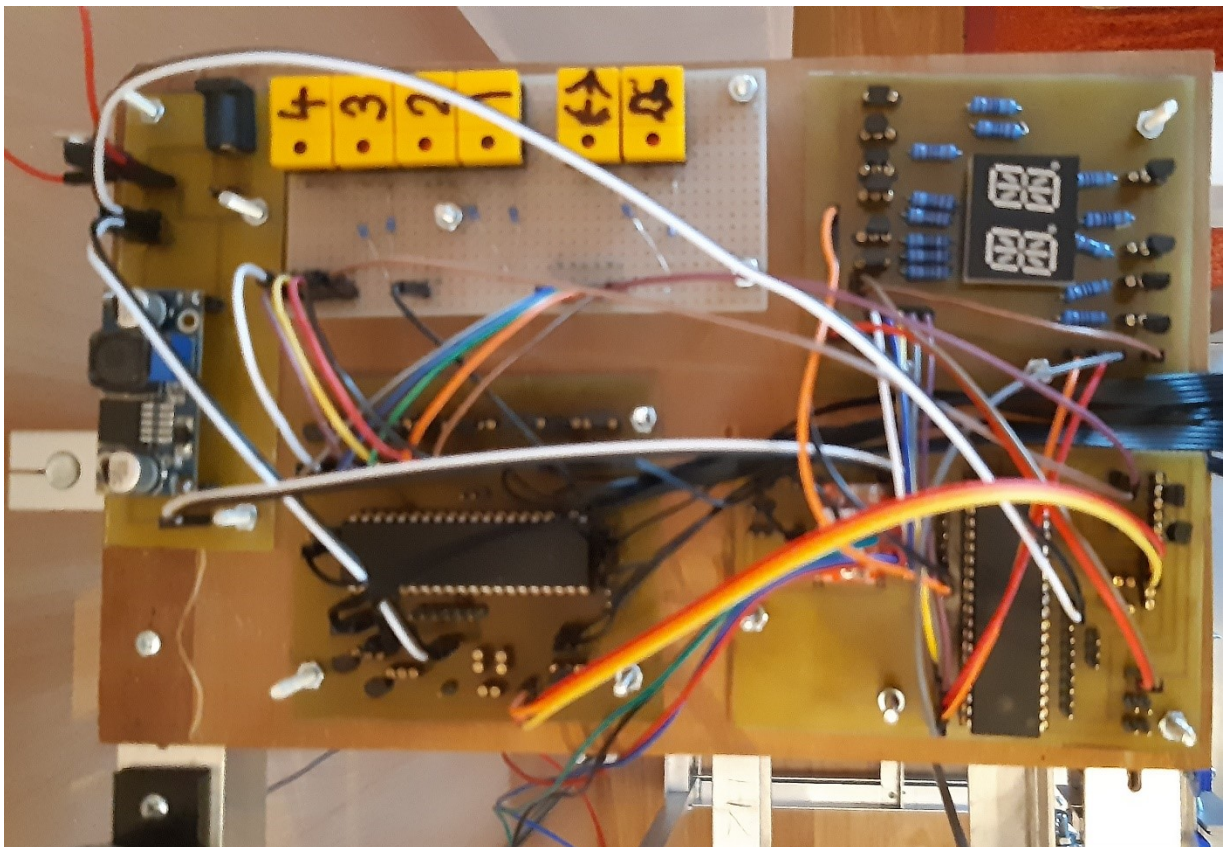
Veškerá řídicí elektronika je umístěna v horní části výtahu na pravé straně vedle zavěšení kabiny a protizávaží. Tlačítka „uvnitř výtahu“ jsou umístěna na okraji, aby byla snadno dostupná. Stejně tak alfanumerický displej je umístěn na okraji vedle tlačítek, aby byl dobře viditelný. Napájecí deska je umístěna v zadní části a uprostřed jsou umístěny desky s řídicími čipy (viz obr. 2.15).

2.6.5 Zapojení elektroniky

Celé zapojení je rozděleno na několik částí (samostatných desek). Tyto desky jsou mezi sebou propojeny pomocí propojovacích vodičů typu samice-samice, s výjimkou zapojení motorů, které mají kabeláž dodávanou od výrobce. Motor dveří má neodnímatelný kabel se svorkovnicí, která přesně zapadá do příslušného driveru. Motor kabiny má odnímatelný kabel, kde na jednom konci je již předem nainstalovaná svorkovnice, která se zapojuje k motoru a na druhé straně je vytvořen konektor typu samec (rozdělen na 2 části po cívkách, každá cívka má vývody svých konců u sebe).

Některé součástky nejsou přímo zapojeny k řídicímu čipu, ale jsou zapojeny do samostatné desky a až z ní jsou napojeny k řídicímu čipu, jde o snímače pozice dveří, kde na samostatné desce jsou umístěny rezistory a všechny infračervené led diody jsou zapojeny společně k napájení (tím dojde ke snížení potřebných vodičů). Dále jsou tlačítka ve stanicích zapojena na samostatných deskách, kde jsou umístěny rezistory potřebné u podsvícení tlačítek, a ve stanicích, kde jsou 2 tlačítka, mají společný vodič pro připojení k zemi.

Zbytek elektroniky, pokud to je možné, je zapojen ve svorkovnicích nebo jsou připájeny přímo na desku plošného spoje. Vše je rozděleno do 5 základních desek: napájení, interface čip, akční čip (včetně driveru A4988), tlačítka „v kabině“ a informační led displej (viz obr. 2.15). Pak je ještě celkem 6 doplňkových desek: driver ULN2003 (sériově vyráběno), pomocná deska senzorů pozice dveří a překážky ve dveřích a desky tlačítek ve stanicích (celkem 4). Kabeláž k doplňkovým deskám je třeba vyrobit na míru, jelikož je potřeba výrazně delší vzdálenost kabelů, než se dá běžně zakoupit.



Obr. 2.15 – Zapojení elektroniky

2.7 UŽIVATELSKÝ NÁVOD

2.7.1 Základní ovládání a obsluha

K ovládání výtahu slouží celkem 13 tlačítek. 6 tlačítek je rozmístěných ve stanicích a slouží k přivolávání kabiny do dané stanice. Ve stanicích, které nejsou krajní, jsou umístěna 2 tlačítka, aby uživatel mohl sdělit svůj požadovaný směr jízdy. Další tlačítka jsou umístěna „v kabině“, 4 tlačítka slouží k určení cílového patra, jedno slouží k otevření dveří, pokud výtah zrovna stojí ve stanici a poslední slouží jako nouzové tlačítko (tlačítko zvonku) nebo k zastavení chodu výtahu. Poslední tlačítko slouží k přepínání do servisního režimu a zpět do běžného režimu.

Tlačítka svítí (jsou podsvícená) pokud mohou vykonávat nějakou akci v dané chvíli. Pokud tlačítko neumožňuje akci, tak nesvítí. Tlačítka ve stanicích mohou také sloužit otevření dveří, pokud zrovna kabina stojí v dané stanici. Požadavky nejsou vykonávány v pořadí, v jakém byly přijaty (časově), ale podle aktuální pozice kabiny a předem definovaného budoucího směru jízdy, avšak algoritmus je navržen tak, aby nedošlo k „vyhladovění“ požadavku (nedojde k odkládání požadavku po příliš dlouhou dobu, ale je vykonán v určitý nejdelší čas). Blíže k algoritmu vyhodnocování požadavků v pododdíle 2.5.1 a v tab. 2.3.

2.7.2 Diagnostika možných vad a způsob jejich odstranění

Pokud podsvícení tlačítka nesvítí i přesto, že tlačítko umožňuje akci, pak je třeba zkontrolovat a popřípadě vyměnit vadný tranzistor, který spíná podsvícení. Pokud je tranzistor v pořádku, pak může být poškozen kabel nebo může být špatně zapojen (špatný kontakt na spoji, je třeba konektor připojit až na doraz) nebo může být poškozeno tlačítko a je třeba ho vyměnit za nové.

Pokud by tlačítko mělo umožňovat akci, ale výtah na stisknutí nereaguje, je třeba zkontrolovat funkčnost tlačítka (například pomocí multimetru) a pokud tlačítko funguje, pak je třeba zkontrolovat příslušnou kabeláž a její správné zapojení. Pokud jsou všechny spoje v pořádku, pak jako krajní řešení tohoto problému může být restart elektroniky (odpojí se napájení na krátkou chvíli, a následně opět zapojit napájení), jelikož by mohlo dojít k chybě v programu. Pokud ani přesto řídicí elektronika nebude reagovat na stisk tlačítka, tak je třeba otestovat samotný řídicí mikroprocesor a případně ho vyměnit za nový.

Pokud motor dveří nechce otevírat dveře, pak může být vadný driver motoru, či samotný motor, to je vhodné samostatně otestovat pomocí servisního režimu a manuálně ovládat dveře pomocí tlačítek. V případě, že se motor ani manuálně nechce pohybovat, je třeba vyměnit driver nebo motor dveří. Pokud se motor pohybuje při manuálním ovládání pomocí servisního režimu, pak je vhodné provést restart elektroniky výtahu. Pokud se motor bude pohybovat, pak je špatný některý ze snímačů pozice dveří, nejprve je dobré zkontrolovat jejich správné připojení a kabel, následně otestovat jednotlivé infračervené led diody a fototranzistory a případně vyměnit vadné kusy. Pokud motor dveří nahodile běží příliš dlouho po dojetí na koncovou polohu nebo nezpomaluje při dojíždění ke koncové poloze, tak může jít o rušení fototranzistorů vnějším osvětlením. K otestování je vhodné model umístit mimo přímé sluneční záření a snížit intenzitu osvětlení prostoru, kde se model nachází.

Pokud motor kabiny (hlavní hnací motor na vrchu modelu) nejede, pak je potřeba překontrolovat kabeláž motoru a vizuálně zkontrolovat, zda není poškozen driver motoru. Pokud je na pohled vše v pořádku, tak je třeba přepnout výtah do servisního režimu a motor zkusit ovládat ručně. Pokud se motor nepohybuje ani v servisním režimu, je vhodné změřit výstup driveru motoru při odpojeném motoru, vždy odpojíte motor při vypnutém napájení, aby nedošlo k poškození driveru, motoru nebo jiné části elektroniky modelu. Pokud na výstupu driveru (tam, kde je běžně připojen motor) nenaměříme multimetrem žádné nebo nepatrné napětí (v řádech desetin voltu), tak je driver rozbitý a je třeba ho vyměnit, avšak pokud na výstupu je odpovídající napětí a proudové omezení driveru není nastaveno příliš nízko, tak je třeba zkontrolovat motor (změřit, zda nejsou cívky spáleny) a případně ho vyměnit za nový.

Pokud kabina v některé ze stanic zastavuje mimo správnou pozici, je třeba snímač pozice kabiny v dané stanici přemístit na správné místo, tak aby kabina v běžném režimu zastavovala na správném (určeném) místě. Změnu pozice snímače je třeba dělat ve chvíli, kdy je kabina v jiné stanici než opravovaný snímač nebo při odpojeném napájení nebo v servisním režimu. Pokud však kabina zastavuje ve všech stanicích špatně a směr a vzdálenost od správné pozice je stejný, pak je třeba opravit umístění magnetu umístěného na kabině. Pokud kabina stanici, kde má zastavit zcela přejede, tak dojde k zastavení chodu výtahu a je třeba otestovat funkčnost snímače polohy a jeho správného připojení. Po opravě daného snímače je třeba provést restart elektroniky (odpojit a opět připojit napájení).

2.7.3 Údržba

Pro správný chod modelu je třeba ho udržovat čistý a vodící tyče kabiny a protizávaží pravidelně naolejovat vhodným olejem (například WD-40). Také je třeba pravidelně kontrolovat pevnost celé konstrukce a všech mechanických prvků a spojů a v případě potřeby povolený šroub dotáhnout, nebo pokud je poškozen, tak ho vyměnit za nový. Ložiska zavěšení kabiny a protizávaží není potřeba příliš často olejovat, ideální je použít bezúdržbová ložiska, která se v případě zaseknutí vymění za nová.

Zvláštní pozornost je potřeba zaměřit na samotné nosné lano, je třeba pravidelně kontrolovat pevnost uchycení kabiny a protizávaží a kontrolovat vizuálně celou délku lana, jestli nedošlo k jeho mechanickému poškození. Pokud by došlo k poškození lana, je třeba neprodleně přestat model používat a vyměnit celé nosné lano, jinak by mohlo dojít k pádu kabiny nebo protizávaží a tím k poškození modelu.

Stejně tak je potřeba pravidelně kontrolovat stav kabelového vedení a to především kabeláže motorů. Pokud by docházelo k nadměrnému zahřívání některé ze součástí nebo kabeláže, tak je potřeba elektroniku výtahu odpojit od napájení a příslušnou součástku či kabeláž vyměnit za novou, aby nedošlo k dalšímu poškození elektroniky.

3 DOSAŽENÉ VÝSLEDKY

Naprojektoval jsem přesný 3D model v softwaru DesignSpark Mechanical modelu osobního výtahu. Vyrobil jsem funkční model osobního výtahu, který má celkem 4 podlaží a řízení provozu je vysoce efektivní. Vybral jsem všechnu potřebnou elektroniku pro automatické řízení výtahu, navrhnul jsem plošné spoje, vyrobil je, připájel, zapojil všechny součástky a vyrobil část potřebné kabeláže. Naprogramoval jsem vše, co oba řídicí čipy mohou provádět dle technických možností modelu.

4 ZHODNOCENÍ

Mezi 3D modelem a vyrobeným modelem mohou být drobné odlišnosti v závislosti na přesnosti výroby modelu, avšak v zásadních konstrukčních bodech se shodují nebo jde o zcela nepatrný rozdíl, který neovlivňuje funkčnost modelu. Elektronické součástky byly vybírány s dostatečnou rezervou od minimálních přípustných hodnot tam, kde to je možné, například dostatečně výkonné rezistory nebo driver motoru s vyšším výkonem, než se předpokládá pro funkčnost modelu. Programy obou čipů jsou dostatečně robustně naprogramovány, aby se výtah nezačal chovat nahodile při jakékoliv chybě.

5 ZÁVĚR

Práce úspěšně splnila všechny zadané cíle. Celý model je tvořen dostatečně modulárně a umožňuje provést jakoukoliv drobnou změnu konstrukce či elektronického zapojení. Model výtahu neobsahuje některé bezpečnostní prvky, které je možné k modelu dále přidat a to jak co se týče konstrukce, tak elektrického zapojení, jelikož všechny nevyužité vývody mikročipu jsou vyvedeny pro jejich možné budoucí využití.

POUŽITÁ LITERATURA

- ČECH J., 2014, *Výtahy mohou být i v rodinném domě* [on line]. Praha: VLTAVA LABE MEDIA a.s. [cit. 16. 4. 2021]. Dostupné z <https://media.dumazahrada.cz/photos/2014/02/26/47727-vytah.jpg>
- DRÁPELA J., 2008. *Návrh nákladního výtahu*. Diplomová práce. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, ústav automobilního a dopravního inženýrství. Vedoucí: J. Malášek.
- KONE, 2018. *Jak funguje výtah?* [on line]. Praha: Prima DOMA MEDIA [cit. 16. 4. 2021]. Dostupné z <https://ceskykutil.cz/clanek-10197-jak-funguje-vytah>
- MSV Výtahy a.s., 2021. *Pohony výtahů* [on line]. Hradec Králové: MSV Výtahy [cit. 16. 4. 2021]. Dostupné z <https://www.msv-vytahy.cz/pohony-vytahu>
- ČESKO. 2016. Nařízení vlády č. 122/2016 Sb. ze dne 18. 4. 2016, Nařízení vlády o posuzování shody výtahů a jejich bezpečnostních komponent. In: *Sbírka zákonů, Česká republika*
- TBZ-info, 2013. *Požadavky na technická řešení výtahů v bytových domech* [on line]. Praha: Topinfo [cit. 16. 4. 2021]. Dostupné z <https://stavba.tzb-info.cz/regenerace-domu/326-pozadavky-na-technicka-reseni-vytahu-v-bytovych-domech>
- VÝTAHY, s.r.o., 2021. *Výroba a modernizace výtahů* [on line]. Velké Meziříčí: VÝTAHY [cit. 16. 4. 2021]. Dostupné z <https://www.vytahy.com/cs/vyroba-a-modernizace-vytahu>

PŘÍLOHY

A-CD

Příloha k bakalářské práci
Laboratorní model osobního výtahu
Martin Gladkov

CD

Obsah

- 1 Text bakalářské práce ve formátu PDF
- 2 Úplné zdrojové kódy mikroprocesorů
- 3 3D model osobního výtahu
- 4 3D modely tisknutých částí modelu osobního výtahu
- 5 Schémata a návrhy plošných spojů