



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

ÚSTAV MIKROELEKTRONIKY

DEPARTMENT OF MICROELECTRONICS

ZAŘÍZENÍ PRO TESTOVÁNÍ VÝROBY

PRODUCTION TESTING EQUIPMENT

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Jiří Vokřál

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Edita Hejátková

BRNO 2019

Diplomová práce

magisterský navazující studijní obor **Mikroelektronika**
Ústav mikroelektroniky

Student: Bc. Jiří Vokřál
Ročník: 2

ID: 195991
Akademický rok: 2018/19

NÁZEV TÉMATU:

Zařízení pro testování výroby

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Navrhněte a realizujte zařízení testující funkčnost elektronické i mechanické předmontované části mechatronické cylindrické vložky. Tester navrhněte včetně vhodného softwarového i hardwarového vybavení, tak aby umožňoval provést všechny specifikované testy a vyhodnotit případné místo poruchy. Navržené zařízení realizujte, vytvořte ovládací software a ověřte jeho funkčnost.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

Podle pokynů vedoucího práce

Termín zadání: 4.2.2019

Termín odevzdání: 21.5.2019

Vedoucí práce: Ing. Edita Hejátková
Konzultant:

doc. Ing. Lukáš Fucík, Ph.D.
předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor diplomové práce nesmí při vytváření diplomové práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

ABSTRAKT

Práce se zabývá návrhem a realizací testovacího zařízení pro předmontované bubínky mechatronických cylindrických vložek. Testovací zařízení je určeno pro otestování mechanické a elektronické části což zajistí, minimalizaci ztrát způsobených špatnou předmontáží, či vadnou elektronickou částí. Jelikož se nyní na závadu přijde až při závěrečném kompletním testování výrobku, bude ušetřen čas kompletní demontáže, výměny a montáže nových mechatronických částí, také bude ušetřen čas potřebný pro závěrečný test celého výrobku na testovacím přístroji.

KLÍČOVÁ SLOVA

Mechatronická cylindrická vložka, přístupový systém, předmontovaný bubínek, ATmega, zařízení pro testování výroby

ABSTRACT

The thesis introduces the design of a test device for preassembled mechatronic cylindrical locks. The device is designed to test the mechanical and electronic parts which ensure minimisation of loss caused by poor preassembling or defect due to electronic parts. Since the defect will only come to realisation upon the complete product testing, the time of complete dismounting, exchange and assembly of the mechatronic parts would be saved and also time required for the final test of the whole product on the device would be saved.

KEYWORDS

Mechatronic cylindrical lock, access control system, preassembled plug, ATmega, production testing equipment

Bibliografická citace:

VOKŘÁL, Jiří. *Zařízení pro testování výroby*. Brno, 2019. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/119603>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav mikroelektroniky. Vedoucí práce Edita Hejátková.

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucí práce Editě Hejátkové za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování projektu.

Dále děkuji svému zaměstnavateli za možnost vytvoření práce a svým kolegům za cenné rady ohledně výběru komponent.

V Brně dne 21. května 2019

.....

(podpis autora)

Experimentální část této diplomové práce byla realizována na výzkumné infrastruktuře
vybudované v rámci projektu CZ.1.05/2.1.00/03.0072

Centrum senzorických, informačních a komunikačních systémů (SIX)
operačního programu Výzkum a vývoj pro inovace.

OBSAH

Seznam symbolů, veličin a zkratk	ix
Seznam obrázků	x
Seznam Tabulek	xi
1 Úvod	1
2 O produktu	3
2.1 Mechatronická cylindrická vložka.....	3
2.2 Důvody vzniku zařízení pro testování výroby	5
2.3 Princip fungování mechatronické vložky	5
2.4 Hlavní části předmontovaného bubínku	6
2.4.1 Předmontovaný bubínek	6
2.4.2 Řídící čip elektroniky bubínku	8
2.4.3 Řídící čip krokového motorku	8
2.4.4 Sestava krokového motorku.....	9
2.5 Testovací procedura	9
2.5.1 Další testovací procedury.....	10
2.6 Popis funkcí zařízení pro testování výroby.....	10
3 Návrh Mechanických částí zařízení pro testování výroby	11
3.1 Adaptér pro vkládání bubínku	11
3.2 Adaptér pro ovládání spojky.....	12
3.2.1 Násuvný adaptér spojky.....	12
3.2.2 Odpružený adaptér spojky	13
3.2.3 Adaptér nahrazující spojku	13
3.3 Připojení elektroniky.....	14
3.3.1 ZIF konektor	14
3.3.2 Kontaktní jehly	14
3.3.3 Klipový konektor	15
3.4 Konstrukce zařízení pro testování výroby	16
4 Navržená elektronika zařízení pro testování výroby	17
4.1 Řídící a propojovací deska.....	17

4.2	Senzory	18
4.3	Pohon adaptéru spojky.....	19
5	Realizace	21
5.1	Výběr komponentů	22
5.1.1	Napájení	22
5.1.2	Elektronika.....	23
5.1.3	Mechanika.....	26
5.2	Struktura programu	28
5.2.1	Menu	29
5.2.2	Základní test.....	29
5.2.3	Rozšířený test.....	32
5.2.4	Upgrade FirmWare	35
5.2.5	Kompletní test.....	35
5.2.6	Test životnosti.....	35
6	Závěr	37
	Seznam použitých zdrojů	39

SEZNAM SYMBOLŮ, VELIČIN A ZKRATEK

HW	Hardware, součást, na kterou si můžeme sáhnout
SW	Software, napsaný program
SGHK	Systém generálního a hlavního klíče
FW	Firmware
DPS	Deska plošného spoje
PICC	Proximity Integrated Circuit Card
EAC	Elektronický přístupový systém
LAN	Local Area Network – místní počítačová síť

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Mechatronická cylindrická vložka profilu EURO, v provedení mechatronický + mechanický knoflík (zdroj[3]).....	4
Obrázek 2: Díly předmontovaného bubínku.....	7
Obrázek 3: Předmontovaný zavíčkovaný bubínek se spojkou evropského profilu	8
Obrázek 4: Sestava krokového motorku	9
Obrázek 5: Návrh adaptéru pro vkládání předmontovaného bubínku	11
Obrázek 6: Univerzální násuvný nástavec na spojku	12
Obrázek 7: Odpružený adaptér spojky.....	13
Obrázek 8: Adaptér nahrazující spojku	14
Obrázek 9: Klipový konektor Yokowo DS (zdroj [7])	15
Obrázek 10: Blokové schéma přístroje	17
Obrázek 11: Krokový motor Trinamic PD42-x-1141 s kontrolní deskou a enkodérem (zdroj [9])	20
Obrázek 12: Adaptér ZIF pro vkládání konektoru elektroniky bubínku	24
Obrázek 13: Schéma zapojení vnitřních elektronických komponent	25
Obrázek 14: Model základací části zařízení pro testování výroby	27
Obrázek 15: Blokovací kolík zasunutý ve výchozí pozici spojky	30
Obrázek 16 Vývojový diagram základního testu.....	31
Obrázek 17: Blokovací kolík v momentě, kdy nemůže sepnout spojku.....	33
Obrázek 18: Vývojový diagram rozšířeného testu	34
Obrázek 19: Zařízení pro testování výroby	36

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Seznam elektronických komponent.....	26
Tabulka 2: Seznam mechanických komponentů	28

1 ÚVOD

Tato práce se zabývá návrhem a realizací zařízením pro testování výroby, tedy přesněji řečeno elektroniky mechatronických cylindrických vložek, který bude odhalovat vadné kusy předmontovaných součástí, které vznikly při montáži, případně při výrobě komponent a eliminuje tak výrobu celé vadné mechatronické vložky.

Návrh vzniku zařízení byl navrhnout při poradách oddělení kvality, které zaznamenalo problémy při výrobě mechatronických zámků, a to konkrétně s elektronikou bubínku mechatronického zámku. Zde se projevují dvě nejčastější závady a těmi jsou výrobní nedostatky miniaturního krokového motoru, který ovládá spojku a otřepy či jiné nečistoty na mechanických částech. Tyto závady by mělo zařízení pro testování výroby detekovat. Dále byl tento návrh prodiskutován a byly nastíněny návrhy funkce s vývojovým oddělením. Následně byl schválen vývoj zařízení pro testování výroby předmontovaného bubínku vedením firmy.

V úvodní části je představena mechatronická cylindrická vložka, kterou bude zařízení pro testování výroby zkoušet. Je popsán princip mechatronické vložky, k čemu slouží, jak a kde se běžně používá. Je zde představena kritická předmontovaná součást bubínku, která se bude v zařízení pro testování výroby testovat, jak funguje a kde se nejčastěji vyskytují při výrobě závady. Vzhledem k častým závadám ve výrobě bylo tedy rozhodnuto, že bude vyvinut přístroj, který bude testovat předmontované bubínkové části. Toto zařízení bude identifikovat vadné kusy, pokud možno odhalí chybu předmontáže či vadného kusu elektroniky. Vadný kus bude následně poslán k opravě, tím pádem odpadne potřeba hledání závady až když je sestavena celá mechatronická vložka, to ušetří čas potřebný na opravu a zároveň i s tím spojené náklady. Toto testování navíc urychlí výrobu mechatronické vložky samotné, jelikož dosud byly vadné kusy předmontovaného bubínku odhalovány až na konci výroby.

Podle častých závad a způsobů použití mechatronické vložky byl navržen postup ručního testování. Tento postup byl následně implementován v závěrečném testovacím zařízení mechatronické vložky, z tohoto postupu ručního testování vychází také návrh testovacích kroků zařízení pro testování výroby.

V části zabývající se mechanickou konstrukcí zařízení pro testování výroby elektroniky jsou navrženy a popsány mechanické konstrukční části přístroje, které by se měly nakonec použít k jeho výrobě. Je zde představen návrh určení jednotlivých dílů pro umístění předmontovaného bubínku, nástavec pro test mechanické funkčnosti a možnosti propojení elektroniky předmontovaného bubínku s elektronikou zařízení pro testování výroby. Následně jsou zhodnoceny výhody a nevýhody navržených řešení. Většina těchto dílů bude ve finálním zařízení pro testování výroby vyrobena svépomocí, nebo zakoupena od externích dodavatelů.

V části zabývající se elektronikou jsou navrženy elektronické konstrukční prvky. Jádrem celého přístroje bude řídicí deska obsahující procesor. Na tuto řídicí desku bude připojena další deska, která obstará napájení, připojení periférií s řadiči a ovládacími prvky. Tyto prvky se budou starat o mechanický pohyb testovacích součástí a senzory starající se o vyhodnocování, zda byly jednotlivé kroky testu provedeny v pořádku, případně aby odhalily, v jakém kroku je závada. Je zde navrženo několik možných

řešení, která by mohla být zvolena, a která by pro zařízení pro testování výroby mohla být nejvhodnější.

V závěrečné části je popsáno hotové zařízení pro testování výroby. Jsou zde uvedeny a popsány komponenty, které byly zvoleny pro stavbu zařízení pro testování výroby a důvod jejich výběru. Jsou zde také popsány jednotlivé programové funkce a sekvence zařízení pro testování výroby.

Na závěr jsou uvedeny výsledky a shrnutí řešení při výrobě celého zařízení pro testování výroby. Včetně zhodnocení výsledků při tvorbě práce.

2 O PRODUKTU

V této kapitole je představena mechatronická vložka, k čemu slouží, jaké má funkce a z jakých dílů se skládá. Dále je zde podrobněji popsána funkce testovaného předmontovaného bubínku.

2.1 Mechatronická cylindrická vložka

Mechatronická cylindrická vložka patří do celého elektronického přístupového ekosystému spolu s elektronickým kováním, přístupovým řešením pro otvírače a další. Díky běžným technologiím se dají tyto systémy připojit ke stávajícím online přístupovým systémům pomocí HUBů, ať už na rozhraní RS 485, wiegand, LAN apod. U online přístupových systémů jsou přístupová práva předávána v reálném čase pomocí HUBů. Případně mohou mechatronické vložky fungovat v „offline režimu“, kde se přístupová práva zapisují do paměti PICC a jsou aktualizována při čtení karty.

Elektronický přístupový systém je komplexní řešení monitorování vstupu osob pomocí elektronických karet, čipů nebo mobilního telefonu. Sdružuje do jednoho celku ovládání dveří, vrat či oken, nebo elektroniky jako například projektor či PC, docházku a identifikaci osoby.

Mechatronická cylindrická vložka může také sloužit jako náhrada klasické mechanické vložky, převážně namísto systému generálního a hlavního klíče.

Kde je potřeba přístup různým osobám na různá místa při použití jednoho klíče, tam se použije SGHK různé klíče mají přístup k různým dveřím, ale není potřeba, aby jedna osoba měla několik klíčů, každá osoba má jeden vlastní klíč, který ji umožní odemknout jen příslušné mechanické vložky SGHK ke kterým je klíč přidělen.

Mechatronická vložka nahrazuje klíč klasického SGHK elektronickým čipem a přidává k němu výhody přístupového systému. Díky bateriovému provozu, použitím úsporných čipů a efektivnímu režimu spánku, vydrží mechatronická vložka fungovat i několik let na jednu baterii, samozřejmě že tato doba se odvíjí podle počtu přístupů. Několik let vydrží mechatronické vložky s přístupem několikrát za měsíc, při frekventovaném použití několikrát denně se pohybuje životnost baterie v rámci měsíců.

Vzhledem k bateriovému provozu není potřeba dělat stavební úpravy pro rozvody napájení. Při instalaci mechatronické vložky se jen vymění mechanická vložka za mechatronickou vloží baterie a nakonfiguruje se. V případě použití offline režimu jsou mechatronické vložky připraveny po konfiguraci k použití. V případě použití online systému je potřeba připojit v dostatečné vzdálenosti od mechatronických vložek komunikační HUBy, které je potřeba připojit k EAC.

Namísto klíčem je mechatronická vložka ovládána pomocí PICC tagu či karty na frekvenci 13,56MHz ve všech běžných variantách jako třeba Mifare, iClass, Legic apod. V dnešní době se také rozšiřuje použití pomocí dočasného klíče pro NFC telefonu, jež je samozřejmě také možné použít, odpadají tím náklady na nákup PICC čipů či karet.

Oproti mechanickému klíčovému systému generálního klíče disponuje

mechatronický systém, spoustou výhod, a naopak mají i své nevýhody.

Mechanické vložky mají vyšší bezpečnostní třídy, hodí se tedy k zabezpečení objektu převážně u vchodových dveří, vrat a podobně. Mechatronické vložky nejsou vhodné pro zabezpečení objektu proti násilnému vniknutí, používají se převážně pro nasazení uvnitř budov například v hotelových či kancelářských prostorách.

U mechatronického systému SGHK nelze jednoduše předělat klíč pro přístup k dalším dveřím a samozřejmě nelze nastavit omezená doba použití. Přístup u mechatronického řešení lze přidělovat pouze určitým osobám k některým dveřím a pouze ve stanovenou dobu, to zabraňuje zneužití vytvořením duplikátu klíče, či přístupu zaměstnanců v nočních hodinách apod., navíc můžou být všechny přístupy monitorovány, tedy víme, která osoba navštívila danou místnost v jaký čas. V případě potřeby mohou být jednoduše a rychle přístupy ke dveřím změněny.

V případě ztráty některého čipu, není potřeba nechávat předělávat všechny cylindrické vložky, jako u mechanického řešení SGHK, přístupová práva se v přístupovém systému danému čipu odeberou, ztráta PICC čipu je snadno a levně nahrazena novým čipem.

Podle typu mechatronické vložky se liší umístění mechatronických součástí. Běžným provedením je mechatronika na jedné straně vložky a na druhé straně mechanický knoflík, kde mechanický knoflík funguje vždy (vhodné například pro hotelové pokoje či kanceláře). Další provedení jsou mechatronické součásti na obou stranách vložky (vhodné například do dveří propojující budovy), půlová vložka s elektronikou v kombinaci s některým speciálním typem kování a zadlabacího zámku (například pro skříně, komory, sklady).

Dále se vložky dělí podle profilu samotné vložky, nejčastější verzí je EURO profil kompatibilní ve většině zemí Evropy. Dalším vyráběným profilem je SCAND profil, jež je určen pro skandinávský region. V menším množství se také vyrábějí vložky se SWISS profilem určeným pouze pro Švýcarský trh. [3]



Obrázek 1: Mechatronická cylindrická vložka profilu EURO, v provedení mechatronický + mechanický knoflík (zdroj[3])

2.2 Důvody vzniku zařízení pro testování výroby

Mechatronická cylindrická vložka je velmi sofistikované zařízení, kde se podařilo vložit elektromechanické části do prostoru bubínku o průměru 13 mm cylindrické vložky a vnější elektronické část do knoflíku vložky. Kde elektronika v knoflíku se stará o čtení PICC, komunikaci s přístupovým systémem a elektronické zabezpečení celého produktu a elektromechanika se stará o mechanickou funkci celé vložky. Z takto náročné konstrukce vyplývá i spousta nevýhod a komplikací při výrobě.

Sestavení celého mechatronického cylindrického zámku trvá v průměru 10 minut, z předmontovaných dílů. Po sestavení musí projít zámek celkovým testem funkčnosti a přepnutím z továrního modu na zákaznický, tento test trvá přibližně 7 minut.

V případě závady na mechatronické vložce během závěrečného testu, je test přerušen, vadný kus označen. Vadný kus je potřeba ho co nejrychleji opravit, diagnostika vady a následná oprava se pohybuje v rozmezí 5-10 minut, s tím že oprava bubínkové části je časově nejnáročnější. Když započteme čas předchozího testu, opravy a následného testu opravené jednotky dostáváme se k času závěrečného testování mezi 15 až 20 minutami, což je z dlouhodobého hlediska nepřijatelné.

Z předchozích sledování závad vyplývá, že největší množství vad je tvořeno právě chybou části bubínku mechatronické vložky, což je způsobeno jeho složitou komplexní konstrukcí a velikostí elektromotorických dílů. Bylo tedy rozhodnuto, že se budou předmontované bubínky testovat předem, aby se co nejvíce omezil výskyt závad při testu na závěrečném testovacím zařízení. Jelikož je možné na závěrečném testovacím zařízení, při trojsměnném provozu, otestovat denně přibližně 200 kusů mechatronických vložek, je třeba vzhledem k očekávanému nárůstu produkce se k tomuto počtu co nejvíce přiblížit počtem funkčních kusů, aby mohli být splněny požadavky objednavek zákazníka v domluveném termínu.

Zároveň však musí zařízení pro testování výroby testovat v časovém rozmezí do cca 3–4 minut, aby bylo jeho nasazení rentabilní a pouze neprodložoval čas výroby mechatronické vložky a zbytečně nezvyšoval náklady na výrobu celé mechatronické vložky.

2.3 Princip fungování mechatronické vložky

Princip mechatronické vložky je velice podobný mechanické vložce. Při uděleném přístupu je možno otočit knoflíkem stejně jako klíčem u mechanické vložky, tím pádem je možné odemknout či zamknout dveře a v případě kování s koulí místo kliky i otevřít dané dveře.

Pro odemčení dveří však není použito klíče, ale obsluhující osoba přiloží PICC čip (např. Mifare Classic karta/tag) nebo telefon s NFC aplikací ke čtečce v přední elektronické části ovládacího knoflíku. Řídící elektronika vyhodnotí, zda má daný čip přístup a pokud byl přístup udělen, podá řídící elektronika knoflíku světelnou signalizaci pro otevření dveří a vyšle šifrovaný příkaz, pro otevření řídicímu čipu v bubínku, ten zprávu zpracuje v příkaz odblokování a vyšle signál řídicímu čipu krokového motorku. Krokový motorek se otočí o daný počet kroků a přesune unašeč pružiny do protilehlé pozice. Druhý konec pružiny je vsazen v otvoru blokovacího

kolíku a předpruží blokovací kolík. V momentě, kdy zapadne předpružený kolík do otvoru ve spojce, je možno otočit knoflíkem i zubem mechatronické vložky a tím pádem odemknout či zamknout dveře. Po několika vteřinách vyše čip bubínku příkaz pro odblokování blokovacího kolíku do krokového motoru, ten předpruží pružinu do zpětné polohy. Následně při povolení síly na knoflík s elektronikou, pružina uvolní spojku a již není možné otočit zubem při otáčení knoflíkem, a tedy odemknout či zamknout dveře. V případě že obsluhující osoba nestihne po udělení přístupu otočit knoflíkem a otevřít či zavřít dveře. Je třeba znovu přiložit čip, a celý proces zopakovat.

Pokud daný čip nemá povolen přístup ke dveřím, případně když dojde k chybě čtení čipu, vydá elektronika pouze světelnou signalizaci nepovoleného přístupu a mechatronickou vložkou nelze otevřít.

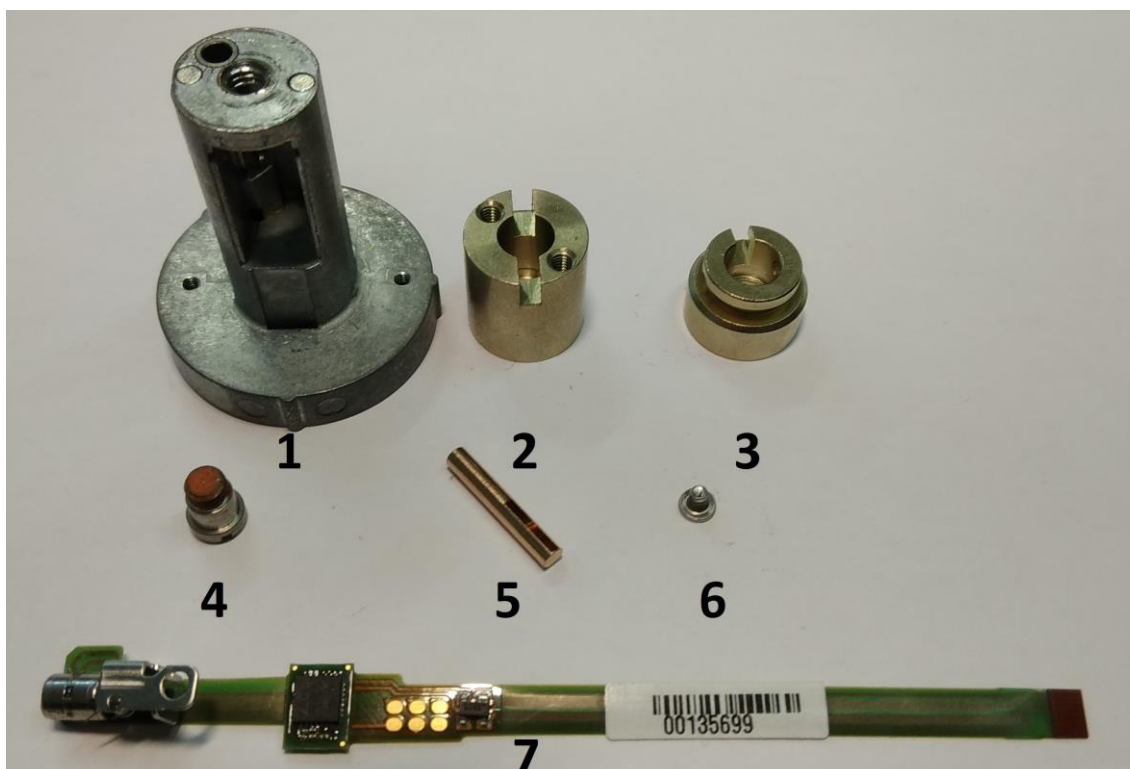
2.4 Hlavní části předmontovaného bubínku

Mechatronická cylindrická vložka se skládá za dvou hlavních mechatronických částí, jedná se o vnější elektroniku v knoflíku a vnitřní elektromechaniku v bubínku. Dále je pak tvořena hlavní mechanickou částí, tělesem cylindrické vložky a zubem spojky.

Jelikož se práce věnuje elektromechanické části, tedy předmontovanému bubínku, jsou následně představeny jeho nejdůležitější části.

2.4.1 Předmontovaný bubínek

Předmontovaný bubínek se skládá z mechanických a elektronických částí. Hlavní mechanickou nosnou částí je tělo bubínku (1), spojka zubu pro skandinávský profil (2), nebo spojka zubu pro evropský či švýcarský profil (3), šroub držící spojku (4), blokovací kolík (5), šroub upevňující sestavu krokového motoru (6) a elektronická část se sestavou krokového motorku (7), viz Obrázek 2.



Obrázek 2: Díly předmontovaného bubínku

Předmontáž bubínku je popsána pomocí Obrázku 2, spočívá ve vložení blokovacího kolíku (5) do tělesa bubínku (1), kolík musí být správně orientován tak aby otvor pro pružinku byl orientován směrem nahoru. Následně se vloží konec pružinky sestavy krokového motoru (7) do otvoru v blokovacím kolíku (5), opatrně se usadí sestava krokového motoru a zafixuje se šroubem (6). Následně se provede kontrola volnosti pohybu kolíku (5) a unašeč pružiny se přesune do koncové polohy, tak aby byl blokovací kolík zasunut v těle bubínku. Během přesouvání unašeče do koncové polohy se kontroluje, zda nezadrhává, či není zdeformovaný a zkontrolují se ostatní části, zda nebyly při montáži poškozeny.

Dále se blokovací kolík a šroubovice namažou trochou oleje. Nakonec se DPS sestavy krokového motorku zasune do upevňovacích drážek v tělese bubínku. Podle typu výsledné vložky se následně přišroubuje spojka pro skandinávský (2) nebo evropský profil (3) vložky. Nakonec se konektor protáhne otvorem v tělese bubínku (1) celá sestava zavíčkuje plastovou krytkou. Výsledná podoba předmontovaného bubínku viz Obrázek 3, takto sestavený bubínek se bude vkládat do zařízení pro testování výroby.



Obrázek 3: Předmontovaný zavíčkovaný bubínek se spojkou evropského profilu

2.4.2 Řídící čip elektroniky bubínku

Řídící čip elektroniky bubínku je 8bitový, nízkonapěťový procesor od Microchip ATmega168PA. Tento čip se stará o příjem příkazů od řídicí elektroniky v knoflíku a jejich zpracování a posílání příkazů do řídicího čipu krokového motorku. Veškerá komunikace mezi čipy knoflíku a bubínku je u finálního produktu šifrovaná pomocí proprietárního protokolu a elektronika v bubínku i v knoflíku je nakonec ve výrobě spárována a jsou do ní zapsány jedinečné šifrovací klíče. Tedy není možné, aby případný útočník přišel se svou elektronikou knoflíku, vyměnil ji a takto snadno si odemkl. Řídící čip elektroniky bubínku je navíc ukryt v zadní části bubínku, tedy není jednoduše možné se dostat k programovacím pinům. Čip je tedy velice dobře chráněn proti elektronickým útokům. [5]

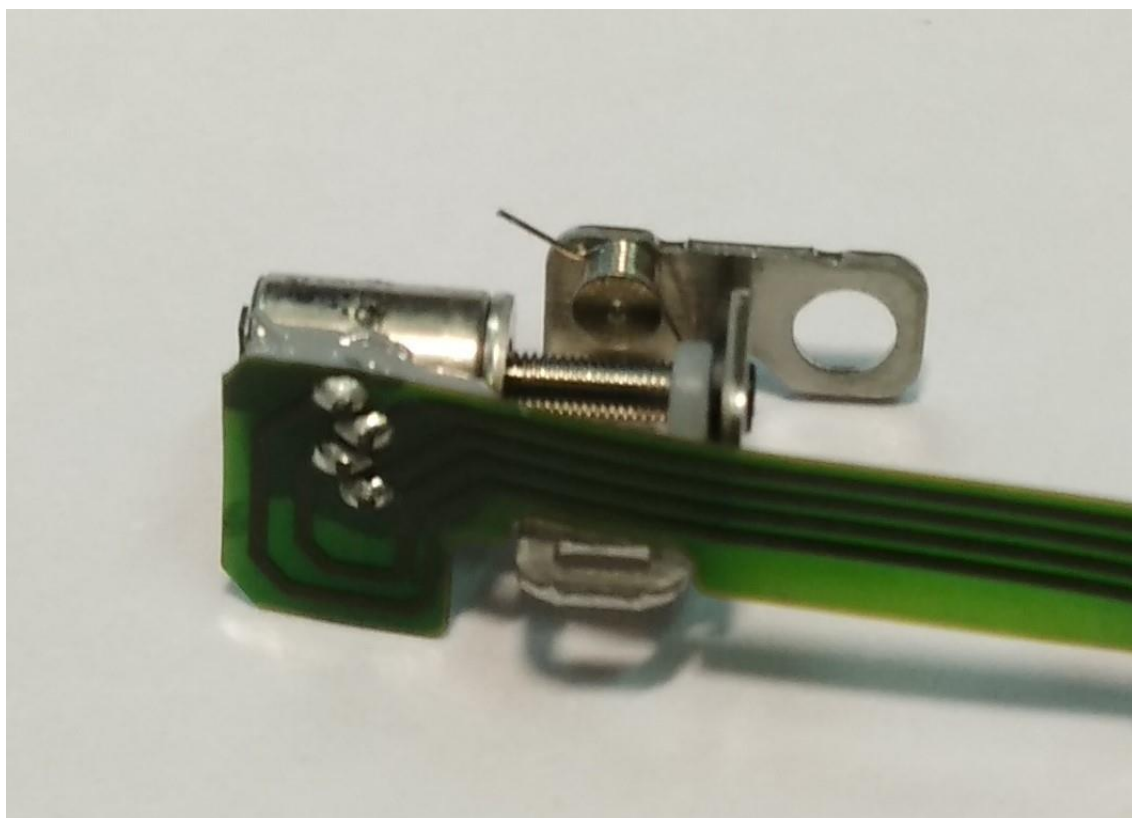
Řídící čip naneštěstí nedostává žádnou zpětnou vazbu od řídicího čipu krokového motorku, tedy neví, v jaké poloze se nachází unašeč pružinky, tato poloha je předpokládána podle předchozího příkazu čipu krokového motorku. To způsobuje, že díky odchylkám a tolerancím při výrobě tohoto motorku, kdy nemá dostatečný krouticí moment, může dojít k dotažení unašeče pružinky na jednom konci šroubovice a spojka se zablokuje v jedné pozici. Pokud je unašeč dotažen v koncové pozici, řídicí čip elektroniky bubínku se to nedozví, a ačkoliv se jeví elektronicky celá vložka funkční, mechanicky je vložka zablokována v jedné pozici spojky a je tedy nefunkční. Zařízení pro testování výroby elektroniky musí tedy tuto vadu motorku odhalit, sestavu označit za vadnou a v případě této vady musí být celá sestava krokového motorku vyřazena.

2.4.3 Řídící čip krokového motorku

Na desce plošného spoje se nachází řídicí čip Texas Instruments DRV8836. Ten přijímá příkazy od řídicího čipu elektroniky bubínku a se stará o buzení jednotlivých fází krokového motoru, zajišťuje tak přesun unašeče pružinky do jedné z koncových poloh na šroubovici krokového motorku. [4, 6]

2.4.4 Sestava krokového motorku

Sestavu tvoří speciální miniaturní krokový motorek se šroubovicí, na které je maticový unašeč pružinky viz Obrázek 4 bílá část na šroubovici. Do unašeče je zasunut jeden konec pružinky a pružinka samotná je upevněná na tělese sestavy, druhý konec pružinky se při sestavování vkládá do blokovacího kolíku. Celá tato sestava je umístěna na kovovém montážním prvku, který drží součásti sestavy na správném místě, a umožňuje zamontování do tělesa bubínku. Celá sestava drží na flexibilní DPS vedoucí k řídicím čipům elektroniky bubínku.



Obrázek 4: Sestava krokového motorku

2.5 Testovací procedura

Testovací procedura musí odhalit správnou funkci elektroniky a blokovacího kolíku elektronické části. Procedura nejdříve otestuje elektroniku, zda je funkční a komunikuje. Poté simuluje běžné použití, jako by byl předmontovaný bubínek smontovaný již v mechatronické vložce a použit při otevírání dveří.

Po zaslání příkazu povolení přístupu by se měla aktivovat spojka a zámek standardně odemkne či zamkne. Po vypršení časového limitu se přesune do výchozí polohy a již není možné dveře odemknout či zamknout.

Další metoda řeší případ, když někdo vložku nestandardně použije, například že odemkne až na doraz a bude knoflík držen delší dobu v záběru. Po uvolnění knoflíku

musí vložka opět normálně fungovat. Poslední test simuluje otáčení knoflíkem ještě dříve, než je vysunut blokovací kolík, například když uživatel nečeká na optickou zpětnou vazbu od vložky a ihned po přiložení PICC otáčí knoflíkem.

Běžná testovací procedura by nejdříve měla otestovat komunikaci s čipy na elektronické části. Poté by měl být proveden test zamčení a odemčení spojky. Tedy vyslat příkaz, který vysune blokovací kolík, zařízení zkusí otočit adaptérem spojky a ten se nesmí otočit. Pokud tato část dopadne dobře, bude vyslán příkaz pro zasunutí kolíku zpět a následně se odzkouší, zda se adaptér spojky může volně protáčet.

Pokud byl předchozí test úspěšný, provede se rozšířený test. Vyšle se příkaz pro vysunutí blokovacího kolíku, kolík bude adaptérem spojky sevřen menším krouticím momentem. Následně se vyšle příkaz pro zasunutí kolíku. Kolík bude tím pádem skřípnutý ve vysunuté poloze, poté se adaptér spojky přesune zpět a uvolní kolík. Ten by se měl vrátit zpět a neblokovat spojku, na závěr se ozkouší, zda se adaptér spojky může znovu volně otáčet.

Dále se provede opačný test. Adaptér spojky se natočí do polohy, aby kolík nemohl zapadnout do spojky, poté bude vyslán příkaz pro vysunutí kolíku, kolík bude pružinkou předpružený, následně se otočí adaptérem spojky a otestuje se, zda během otočení kolík zapadl a tím pádem zablokoval spojku. Na závěr uvede kolík do odemknutého výchozího stavu. Podle potřeby se tyto testy provedou případně několikrát.

2.5.1 Další testovací procedury

Pro případ dlouhodobých testů životnosti a zkoušku nových revizí plošného spoje či krokového motoru, bude vytvořena smyčka, provádějící celou testovací proceduru, případně pouze některou z jeho částí. Počet testovacích cyklů by měl být volitelný v menu přístroje.

Další testovací procedurou bude opětné odzkoušení elektronické komunikace, jež bude obsažen v každé testovací proceduře, jelikož se při manipulaci může špatně zasunout do konektoru flex kabel anebo může některý z vodičů je poškozený.

2.6 Popis funkcí zařízení pro testování výroby

Hlavním účelem zařízení pro testování výroby bude běžné otestování předmontovaného bubínku ve výrobě před tím, než se sestaví kompletní mechatronická vložka. Bude třeba dbát na snadnou obsluhu přístroje a vysokou životnost vzhledem k častému a téměř nepřetržitému provozu. V základním režimu bude pouze spouštět hlavní test, který otestuje všechny funkce předmontovaného bubínku popsané v Testovací proceduře.

Pro případ nutnosti nestandardního testu, bude možno vstoupit do menu a vybrat některý z rozšířených testů pro cyklické testování.

Při nasazení přístroje ve výrobě bude pro snadnou obsluhu minimalizován počet kroků obsluhy. Těmito kroky jsou vložení předmontovaného bubínku do zařízení, upevnění flex konektoru, a spuštění testu jedním tlačítkem případně automaticky, pokud se to bude jevit jako vhodnější, nakonec se sestava předmontovaného bubínku vyjme ze zařízení pro testování výroby.

3 NÁVRH MECHANICKÝCH ČÁSTI ZAŘÍZENÍ PRO TESTOVÁNÍ VÝROBY

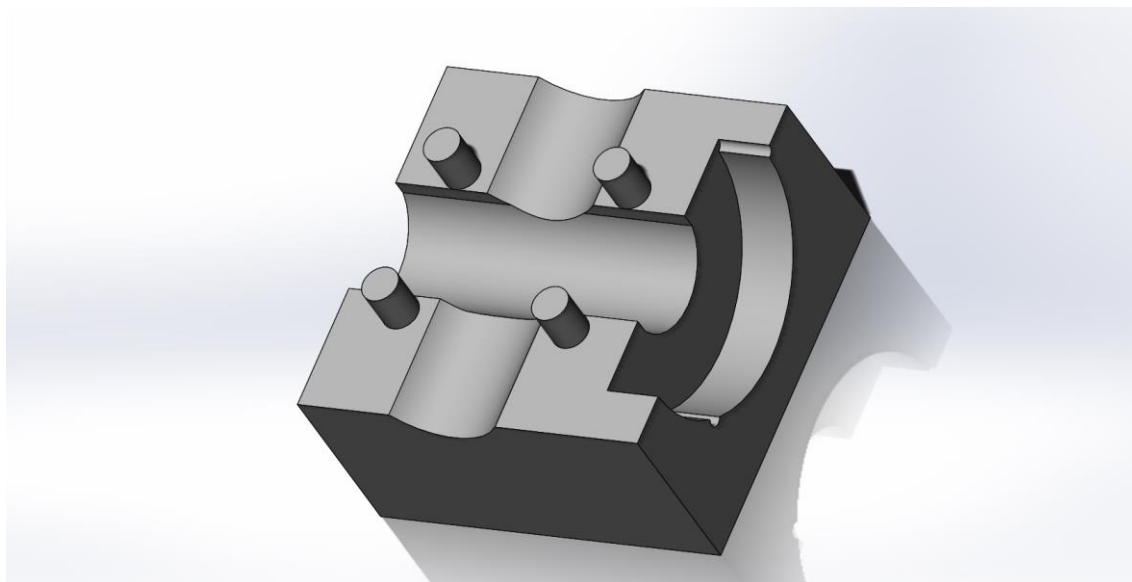
Mechanická část řeší testování pohyblivých částí předmontovaného bubínku, dále pak upevnění do předem připraveného adaptéru a uživatelskou přívětivost pro obsluhu. Zařízení musí být tedy snadno, bezproblémově a bezpečně obsluhovatelné, samozřejmě vyrobeno z běžně dostupných dílů, pro snadnou údržbu a servisovatelnost.

Prototypy dílů budou vytisknuty na 3D tiskárně, po spasování a doladění rozměrů mohou být některé součástky vyrobeny z mosazi, či jiných kovů na soustruhu a frézce.

3.1 Adaptér pro vkládání bubínku

Jedná se o část testovacího zařízení, která slouží pro přesné a pevné umístění předmontovaného bubínku do přístroje. O přesné vložení do adaptéru se starají upevňovací body na tělese bubínku. Zároveň však musí být vkládání snadné a rychlé pro efektivní manipulaci. Tento adaptér byl navržen, podle již používaného přípravku, který se využívá při předmontáži bubínku k fixaci sestavy při montáži součástí dovnitř tělesa bubínku, tento přípravek byl upraven pro požadavky testovacího zařízení. Vzhledem k osvědčené konstrukci se jeví tento adaptér jako ideální.

Návrh adaptéru pro vkládání bubínku viz Obrázek 5. Je využito bočních plochých stran bubínku a fixační body pro víko mechatronického zámku pro vždy stejné a pevné umístění předmontovaného bubínku. Boční prohlubně jsou vytvořeny pro snadnější manipulaci, hlavně při vkládání bubínku.



Obrázek 5: Návrh adaptéru pro vkládání předmontovaného bubínku

3.2 Adaptér pro ovládání spojky

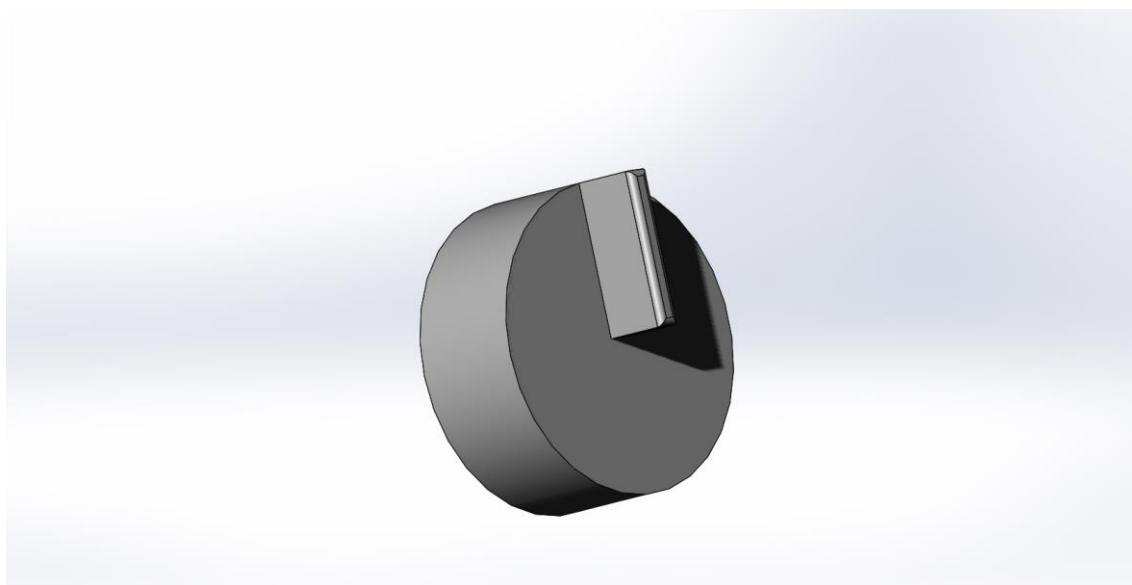
Jelikož existují dvě verze spojky, které se mírně liší svojí délkou, šířkou a tvarem, je třeba navrhnout zařízení tak, aby v něm bylo možné použít obě verze spojky a nemusely se dělat nějaké zásadní úpravy při testování jiné spojky. Na jednom konci adaptéru spojky bude umístěn pohon zajišťující testování otočení spojky a senzory snímající tyto pohyby. Na straně druhé se bude adaptér zasouvat do našroubované spojky, nebo bude adaptér spojku nahrazovat.

Byly vytvořeny tři návrhy řešení adaptéru spojky. A to univerzální adaptér, který se bude zasouvat do spojky a pasuje do obou typů spojek. Dále byla vymyšlena odpružená verze násuvného adaptéru spojky, který vychází z prvního uvedeného, řeší problém různé délky spojek. Případně byl navržen ještě adaptér nahrazující spojku, kdy spojka bude k tělesu bubínku přišroubována až po otestování v zařízení pro testování výroby.

3.2.1 Násuvný adaptér spojky

Násuvný adaptér se bude zasouvat do zářezu ve spojce, s tím že tvar adaptéru bude upraven tak aby pasoval do obou tipů spojek.

Návrh adaptéru pasujícího na evropskou i skandinávskou verzi spojek, viz Obrázek 6. Je zde vytvořen výběžek, který využívá co největší opěrné plochy ve spojce, zároveň je délkově a šířkově upravený tak aby pasoval do obou typů spojek. Vzhledem k rozdílným délkám spojek, bude muset být vzdálenost adaptéru od spojky nějakým způsobem nastavitelná. Tato verze adaptéru spojky řeší kompletní funkčnost předmontovaného bubínku, vylučuje možnost mechanicky vadné spojky našroubované na předmontovaný bubínek.

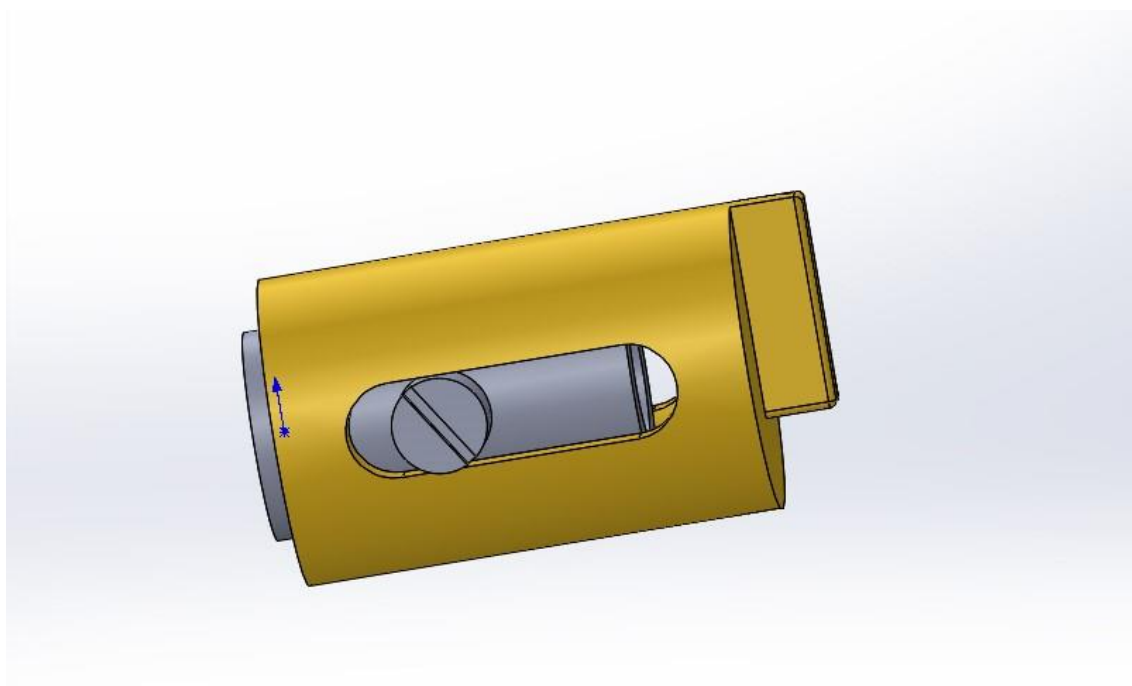


Obrázek 6: Univerzální násuvný nástavec na spojku

3.2.2 Odpružený adaptér spojky

Jelikož mají spojky různou délku, je třeba měnit vzdálenost adaptéru od spojky, k tomu byl vymyšlen návrh adaptéru s pružinovým mechanismem založený na násuvném adaptéru spojky. Ve standardní funkci je adaptér v délce pro evropskou spojku, při vložení skandinávské spojky, je zatlačen proti pružině. Šrouby drží jeho vnitřní část na ose motoru a zároveň brání vypadnutí vnitřní části z vnější, která je pružinou stále odtlačována. Na Obrázku 7 můžeme návrh adaptér u vidět bez namodelované roztažné pružiny.

Tento adaptér odstraňuje nutnost měnit vzdálenost adaptéru od spojky a zároveň testuje předmontovaný bubínek jako celek se spojkou. Jeho nevýhodou je relativně složitá konstrukce a možnost vůlí mezi díly, která může způsobovat chybovost při testu v zařízení pro testování výroby.



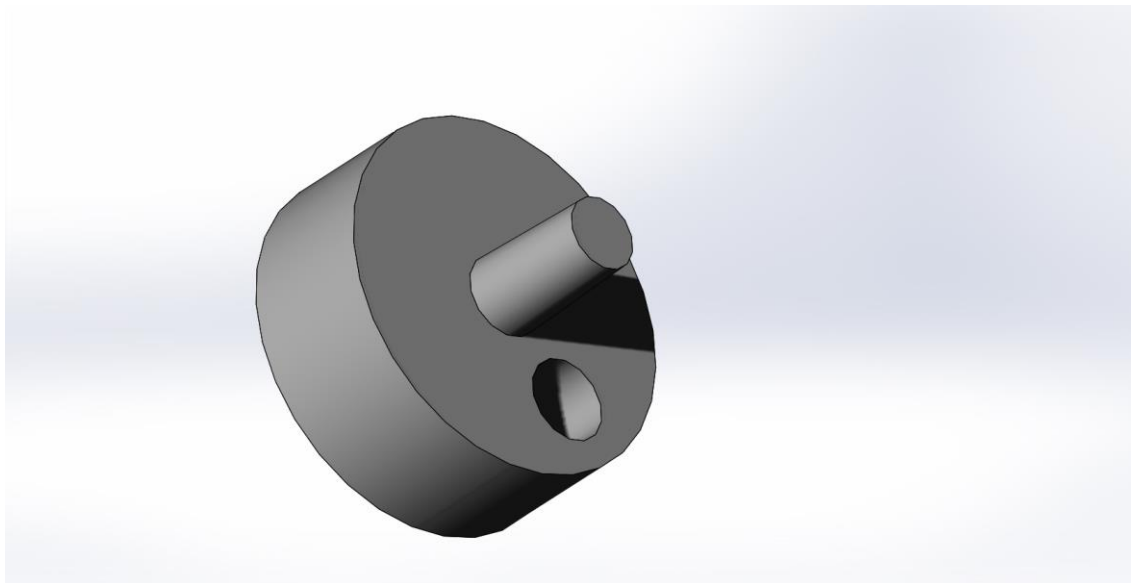
Obrázek 7: Odpružený adaptér spojky

3.2.3 Adaptér nahrazující spojku

Další možností je adaptér nahrazující spojku, jež testuje přímo funkci a pohyb blokovacího pinu.

U tohoto adaptéru viz Obrázek 8, bude třeba najít vhodný materiál, aby zásuvný trn nepoškozoval závit v předmontovaném bubínku, případně trn nahradit a zajistit přesné usazení s co minimální vůlí jiným způsobem. Tento nástavec bude univerzálně nahrazovat spojku, jelikož vychází z její konstrukce. Oproti předchozímu adaptéru není nutné měnit vzdálenost adaptéru od spojky. Na druhou stranu toto řešení netestuje celý

předmontovaný bubínek, může se tedy vyskytnout závada po přišroubování spojky, například vlivem otřepu na spojce, jejím špatným tvarem, nebo použitím vadného šroubu a silným dotažením.



Obrázek 8: Adaptér nahrazující spojku

3.3 Připojení elektroniky

Pro připojení k flex kabelu elektroniky předmontovaného bubínku, bylo navrženo několika způsobů. A to použít klasický konektor ZIF konektor, kontaktní pole jehel na konektor, nebo na kontaktní body, případně klipový konektor.

3.3.1 ZIF konektor

Tento konektor je použit na straně elektroniky knoflíku finálního produktu, takže se jeví jako ideální volbou, je tedy odzkoušený, snadno získatelný, testuje celou délku vodičích spojů na flex kabelu a je relativně levný. Navíc je použit v Elektronice knoflíku, tedy důvěryhodně simuluje reálné použití. Jeho značnou nevýhodou je složitá manipulace, vysoká pravděpodobnost ulomení zasunovací západky a nevhodnost pro mnohanásobné použití.

3.3.2 Kontaktní jehly

Pole kontaktních jehel je velice často používané v podobných přístrojích, je velice variabilní, jeho rozložení záleží na návrhářovi připojení. Ceny jehel jsou relativně nízké, také je velký výběr délek a tvarů jejich konců. Nevýhodou je snadné zničení konce jehel v případě zavadění o jejich konec a možnost poranění obsluhy. Pro připojení pomocí kontaktních jehel se nám nabízí dvě možnosti, a to připojení přímo na konektor flex kabelu anebo na kontaktní plošky určené pro počáteční naprogramování čipů u výrobce elektroniky.

Při napojení přímo na konektor získáváme výhody jako u ZIF konektoru, navíc při správném návrhu je tu možnost snadné a rychlé obsluhy. Nevýhodou je nutnost při každém vkládání flex kabelu, přesného umístění flex kabelu, jelikož kontaktní plošky konektoru na flex pásku jsou úzké. Dále je nutné použití tenkých kontaktních jehel tak aby se jehly nedotýkaly a dosedaly na správné místo konektoru flex kabelu. Další požadavek je vytvoření mechanismu, aby se jehly skryly při manipulaci kvůli bezpečnosti obsluhy, vyšší životnosti a vysunuli se až po vložení předmontovaného bubínku. Zároveň musí být vytvořen přitlačný mechanismus, aby byl konektor pevně přitlačen k jehlám, aby ho nenadzdvihly.

Druhým řešením je kontakt jehel přímo na přípojný body, určené pro výrobce DPS pro počáteční nahrání FW a otestování funkce elektroniky na PCB. Výhodou je použití bodů určených pro kontaktní jehly, velikost těchto bodů, jejich vzdálenost od sebe, a tedy i snadná manipulace. Další výhodou je přímá komunikace s oběma procesory sestavy krokového motoru a jejich nezávislé programování. Nevýhodou je nepřístupnost při zavíčkované elektronice již v těle knoflíku a netestování celé délky vodivých spojů, jelikož může být poškozený flex pásek v místě poblíž konektoru, mohli by zařízením pro testování výroby procházet kusy s vadným flex jako funkční. Navíc není opěrné místo pro opření kontaktovacích bodů, flex by se musel nějakým způsobem ohýbat na přitlačnou podložku. Dále pak stejné nevýhody jako u řešení s jehlami na konektor.

3.3.3 Klipový konektor

Speciální konektor vyvinutý firmou YokowoDS jako je na Obrázku 9, určený pro testovací účely. Tento konektor nahrazuje klasický ZIF konektor, navíc se vyznačuje snadnou manipulací a velkým množstvím opakovaných použití vycházející z konstrukce pro nasazení v průmyslu. Jeho nevýhodou je jeho cena značně převyšující předchozí řešení a mnohem větší zabírající prostor. I vzhledem k ceně se však jeví toto řešení jako nejvhodnější. [7]



Obrázek 9: Klipový konektor Yokowo DS (zdroj [7])

3.4 Konstrukce zařízení pro testování výroby

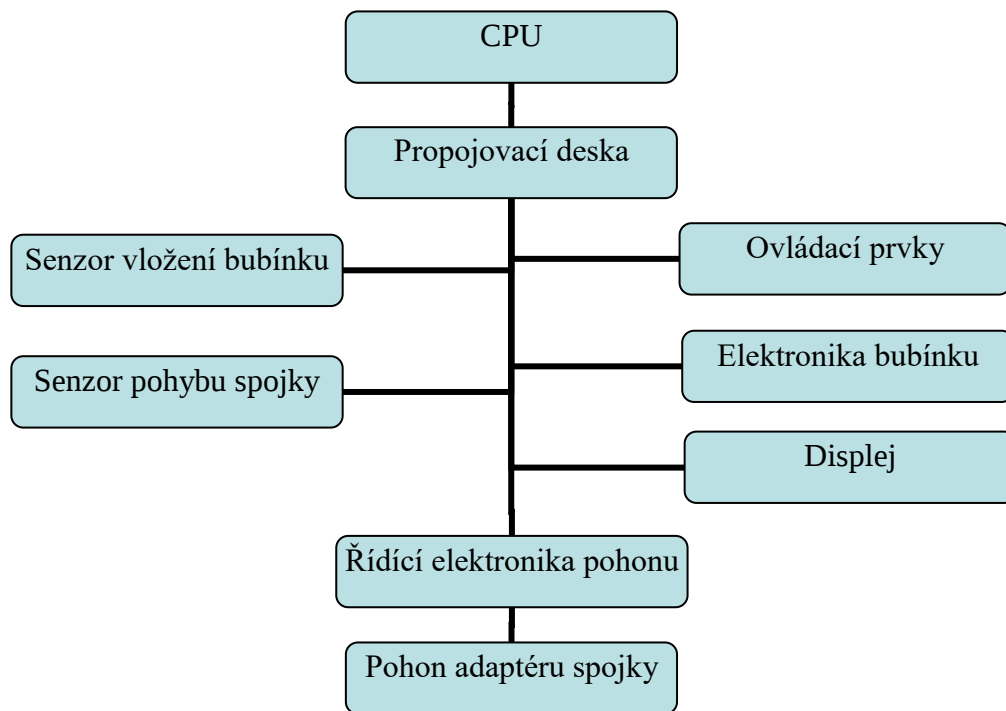
Ke konstrukci zařízení pro testování výroby bude použita konstrukce pravděpodobně od některé firmy zabývající se výrobou testovacích zařízení, jako je třeba ATX, Feinmetall nebo Ingun. Případně se bude jednat o přestavbu již nepoužívaného zařízení. Vlastnoruční výroba nějakého mechanismu by byla časově náročná a finančně nerentabilní.

Bude se jednat o přístroj co nejmenších rozměrů, aby nezabíral mnoho pracovního prostoru, ale aby se do něj vešli všechny potřebné součásti. Bude kladen důraz na snadnou a bezpečnou obsluhu, tak aby obsluhující pracovník nemohl zapříčinit závadu na elektronice bubínku, způsobenou špatným vložením předmontovaného bubínku do zařízení pro testování výroby. Také nesmí dojít ke zranění obsluhy o pohyblivé či ostré části přístroje. Je tedy třeba zakrytí pohyblivých částí přístroje při testu.

4 NAVRŽENÁ ELEKTRONIKA ZAŘÍZENÍ PRO TESTOVÁNÍ VÝROBY

Řídící procesor bude zvolen ze dvou platforem, a to Atmel nebo ARM, díky jejich snadné dostupnosti, ceně, dostačujícím výkonu a vzájemné kompatibilitě. Periferie budou připojeny na propojovací desce, která bude obstarávat propojení a oddělené napájení, vzhledem k možnostem různých napájecích napětí pro připojená zařízení. V případě poruchy procesoru, se propojovací deska odpojí a nainstaluje se nová deska s řídicím procesorem.

Dalšími použitými zařízeními jsou motory, čidla polohy a obslužné periferie, u těchto periférií máme mnoho možností na výběr. Pro ovládání ATmega68PA na elektronické sestavě s krokovým motorkem, bude použito přímo řídicí procesor. Celkové zapojení by mělo být, jako na následujícím blokovém schématu přístroje viz Obrázek 10.



Obrázek 10: Blokové schéma přístroje

4.1 Řídící a propojovací deska

Řídícím prvkem celého zařízení pro testování výroby se ideálně nabízí dvě již vlastněné platformy, a to použití procesoru ATmega328, na kitu Arduino, případně výkonnější ARM STM32 na kitu Nucleo. K němu bude připojena propojovací deska, která bude zajišťovat propojení s perifériemi a napájení.

Vzhledem k relativně výkonnému procesoru ATmega328, jež byl již použit při

jiných podobných projektech, by měl být výkon procesoru dostačující pro naše potřeby. Jelikož v zařízení pro testování výroby bude použito relativně málo metod v testovacím programu, předpokládá se, že integrovaná paměť v procesoru 2 MB plně dostačující.

V případě že se řídicí deska s procesorem ATmega bude jevit jako nevhodná, ať už svým výkonem nebo možnostmi pro rozšíření funkcí zařízení pro testování výroby, bude snadné ji nahradit řídicí deskou s procesorem ARM STM32, vzhledem ke stejnému rozmístění výstupních/výstupních portů. Programovací rozhraní pro procesory ARM STM je kompatibilní s programy pro ATmega, lze tedy nahrát původní program pro ATmega do ARM procesoru pomocí dodaného kompilátoru.

Pro připojení periferií bude navržena propojovací deska kompatibilní s rozhraním řídicí desky a na ní budou připojeny všechny testovací periferie. Výhodou tohoto provedení je snadný upgrade na jinou platformu, nebo snadná oprava v případě poruchy na řídicí desce. Vzhledem k rozdílným napájecím napětím a velkému proudovému odběru, jež není schopna procesorová deska dodat, je nutné na desce vytvořit dodatečné napájení, dostatečně dimenzované pro připojené periferie, zvláště motorů, v závislosti na použitých součástech.

K propojovací desce bude také připojen LCD displej, který bude zobrazovat informace o průběhu a stavu testování, dále bude display zobrazovat menu s nabídkou možností testu. Zároveň budou na testovacím zařízení tlačítka pro ovládání menu a odděleně tlačítko spouštění testu. [1,2,6,10]

4.2 Senzory

Pro zjištění správné polohy spojky je třeba použít polohové senzory. Jelikož je ve spojení několik magnetů, nabízí se jednoduché řešení buď s jazýčkovým relé, nebo pomocí hallového senzoru.

V případě nevhodnosti magnetických senzorů, může být použito některé z optických čidel, či v případě nutnosti, řešení pomocí kamery. Použití kamery je však náročné na výkon a vzhledem ke své náročnosti nemá dostatečnou přidanou hodnotu.

Dále může být měřen krouticí moment pomocí proudu motoru otáčejícího adaptérem spojky, v případě volné spojky by měl být proud slabý, pokud by byla spojka zablokována, proud motoru by byl mnohem větší. Toto řešení nemusí být kompatibilní se všemi typy motorů, jeho nasazení bude tedy záležet na použitém motorku.

Ideální možností se jeví pohony se zabudovanými čidly kroutícího momentu a polohy natočení hřídele, toto řešení by eliminovalo vytváření senzorových desek, a zjednodušilo by celkové programování zařízení pro testování výroby.

Dalším použitým senzorem by mohl být tlačítkový spínač pro průmyslové nasazení, který bude testovat, zda byl vložen předmontovaný bubínek do adaptéru. Toto řešení je sice velice jednoduché a dalo by se nahradit jinými senzory, ale ze zkušeností z předchozích projektů je konstrukčně a programově nejjednodušší. Životnost několik set tisíc sepnutí je plně dostačující a jeho případná výměna je snadná a finančně nenáročná.

Verzi spínače s delší životností a stále jednoduchou konstrukcí by mohla také představovat optická závora s mechanickou indikací.

4.3 Pohon adaptéru spojky

Pro pohyb nastavci spojky lze vybrat mezi použitím některého z elektromotorických pohonů, nebo užití pneumatického pohonu.

Pneumatické řešení má však z dřívějších zkušeností mnoho nevýhod, hlavní je nutnost přívodu stlačeného vzduchu, který není všude přístupný, drahé díly, v namáhaných místech krátkou životnost a vysokou složitost konstrukce. Toto řešení bylo tedy zavrženo.

Výběr tedy padne na elektrické pohony, které používají stejnosměrné napájení, tak jako zbytek celého testovacího zařízení, což značně zjednodušuje konstrukci zařízení.

Prvním navrženým řešením pohonu adaptéru spojky je modelářský servomotor, vzhledem k jeho dobré dostupnosti a snadnému použití s knihovnami pro ATmega. Velkou výhodou je snadné a přesné nastavení úhlů natočení, což nám umožní i nestandardní testy spojky se skřípnutým blokovacím kolíkem a podobně. Vzhledem k velkému zatěžování, bude potřeba servomotoru s kovovými převody a vyšším kroutivým momentem, ale zároveň takovým, aby nedeformoval blokovací kolík. Vzhledem k častému namáhání se vyskytuje otázka životnosti tohoto řešení.

Jako lepší možnost se jeví průmyslový servomotor s řídicí deskou obsahující senzory kroutivého momentu a další. Tyto servomotory jsou již určeny pro vysokou zátěž v provozu, tedy je předpokládána jejich dlouhá životnost. Zároveň se počítá s možností snadného programování.

Dále se jeví jako vhodný krokový motor, vzhledem k mnoha dostupným programovacím knihovnám pro ATmega a však je třeba k němu pořídit ještě řídicí čip, starající se o převod PWM signálu od řídicí desky na sekvence ovládající kroky motoru. Nebude to tedy tak jednoduché zapojení jako při použití servomotoru. Bude však nutné sehnat motor s potřebnou jemností velikosti kroku motoru a s dostatečným krouticím momentem, aby dokázal také nestandardní testy spojky.

Lepší variantou je použití krokového motoru se zabudovaným kontrolérem a senzorovým enkodérem, jako je například krokový motor od firmy Trinamic, viz Obrázek 11. Tento servomotor nám umožní získat informace o krouticím momentu a úhlu natočení přímo z jeho elektroniky, nebude třeba vyvíjet a vyrábět některé senzory a čidla [11]. Navíc je tento motor navržen pro průmyslové nasazení, tedy se předpokládá jeho dlouhá životnost. Toto řešení se jeví jako nejvhodnější k použití v zařízení pro testování výroby.



Obrázek 11: Krokový motor Trinamic PD42-x-1141 s kontrolní deskou a enkodérem (zdroj [9])

Asi nejlevnějším řešením by bylo použití klasického DC motorku s H můstkem pro ovládání jeho směru. Avšak v tomto případě není možné rozumně sledovat počet otáček a přesné úhly natočení, bylo by třeba k motorku vyrobit převodovku se senzory polohy, prakticky bychom z něho museli vyrobit Servomotor. Tato možnost se nejví tedy jako nejvhodnější.

5 REALIZACE

Bylo rozhodnuto, že zařízení bude co nejjednodušší na obsluhu a i výrobení. Všechny potřebné prvky budou integrovány uvnitř přístroje. Podmínkou vytvoření byla absence externího obslužného PC, zařízení musí tedy samo o sobě fungovat i bez připojeného počítače. Důraz byl také kladen na obsluhu, kdy předem navržené funkce přístroje byly zamítnuty a nahrazeny co nejmenším množstvím ovládacích prvků.

Dlouhodobým sledováním výrobních problémů a zákaznických reklamací byly zjištěny nejčastější závady, způsobující mechanickou či elektronickou nefunkčnost vložky, či její nespolehlivost.

Mezi nejčastější závady vyskytující se ve výrobě patří nedostatečný krouticí moment krokového motoru. To je způsobeno jeho miniaturními rozměry, hraničícími s vyrobiteľností takto malého krokového motoru. Motorek s nedostatečným krouticím momentem se může zaseknout v jedné z koncových poloh, případně unašec pružinky nedojede ke koncové poloze a je možné odemknout dveře i v případě, že by to jít nemělo. Tyto krokové motorky je třeba odhalit a vyřadit.

Druhou objevující se závadou jsou špatně vlepené magnety mezi bubínkem a spojkou, případně otřep na obráběném díle spojky. V některých případech povolí lepidlo, magnet vypadne a drhne. Může se stát, že je nadávkováno moc lepidla do dutinky, případně nějaká nečistota a magnet není domáčkut nebo drhne přeteklé lepidlo. Vyčuhující magnet způsobuje zasekávání, a tedy nesprávnou funkčnost zařízení. Tyto závady jsou v některých případech opravitelné, to znamená, že dojde k diagnostice a následné opravě. V případě nemožnosti opravy mechanické části je elektronika vyjmuta a zasazena do nové mechanické části bubínku.

V poslední době se vyskytl požadavek spojený s vydáváním nových firmware. Firmware výrobku se průběžně mění a je stále nahrazován novějšími verzemi. U výrobce sestavy krokového motorku se vytváří určitá skladová zásoba se starším FW, stává se tedy, že je potřeba během výroby FW upgradovat, to však zdržuje výrobní proces v závěrečném testovacím zařízení. Zařízení pro testování výroby bude tedy po provedení úspěšného testu provádět upgrade FW na nejnovější verzi.

Dále vznikl také požadavek na testování životnosti. Jelikož se občas mění dodavatelé dílů, je třeba zajistit, aby výrobek byl stále stejné kvality a vydržel garantovanou hodnotu cyklů otočení krokového motorku a s ním spojených třecích částí spojky a celého předmontovaného bubínku. Obvyklým minimálním počtem cyklů testu životnosti je minimálně 100 000 cyklů, což při předpokládaném použití vložky 10krát za den, zaručuje životnost více jak 30 let. Tato hodnota, i s rezervami, převyšuje morální a technologickou životnost celého výrobku. Zařízení bude tedy cyklicky dlouhodobě testovat předmontované bubínky podle nastavených počtů opakování v případě spuštění testu životnosti.

Funkce testování spojky a upgrade FW je již dlouhou dobu implementována v závěrečném testovacím zařízení. Toto testování je dlouhodobě prověřené a velice úspěšné. Avšak test spojky a upgrade FW je jeden z časově nejnáročnějších úkolů, proto je vhodné, ho přesunout do Zařízení pro testování výroby a tím pádem ušetřit mnoho

času. Převzetím stejných principů testů a implementováním do Zařízení pro testování výroby, se zkrátí doba testu na závěrečném testovacím zařízení a tím pádem se může i navýšit počet vyrobených mechatronických vložek.

5.1 Výběr komponentů

Většina komponent byla vybrána podle požadavků na zařízení nebo jejich cenu. Zvolené finální komponenty se snaží řídit doporučeními v předchozích kapitolách, ale často se vybrané díly neshodují s komponenty doporučenými a v některých případech byly vybrány jiné komponenty než navržené.

Pomocí 3D tisku byl vytvořen základací přípravek pro usazení všech komponentů a přípravek pro upevnění předmontovaného bubínku v zařízení pro testování výroby.

Jelikož konstrukce celého zařízení pro testování výroby je postavena na základech starého přístroje, byly zachovány některé jeho mechanické prvky a bylo využito kontrolky a spínače již zabudovaného v přístroji.

5.1.1 Napájení

Napájení pro jednotlivá elektronická zařízení se liší, ale jelikož mají široký rozsah napájecího DC napětí, dává nám to značnou výhodu. Pro napájení elektroniky mechatronické vložky je třeba 3 V až 3,3 V, pro signální LED bude využito napájení přímo z ponu řídicí desky. Krokový motor je možné napájet 7 V až 34 V, řídicí deska podporuje vstupní napětí 6 V–15 V, tato zařízení jsou tedy napájeny 12 V, přímo ze zdroje přístroje. [3, 9, 12]

Pro napájení elektroniky mechatronické vložky, bylo zamýšleno použít napájení přímo z řídicí desky, ale tento integrovaný zdroj nedodává spolehlivě napětí především při proudových špičkách.

Dále byl zamýšlen jako napájecí zdroj lineární stabilizátor 7803 díky jeho jednoduchosti zapojení a minimálním zabírajícím místem se zdál být ideálním. Ale z testů použití vyplynulo, že jeho ztrátový výkon je vysoký. Při dlouhodobém provozu docházelo k přehřívání, a tedy i k nestabilitě výstupního napětí, což způsobovalo chyby ve funkčnosti elektroniky náhodné restarty některých elektronik, tedy falešnou chybivost. Vzhledem k těmto okolnostem byl zavrhnut.

Napájení je nakonec řešeno pomocí regulovatelného modulu step down DC-DC spínaného regulátoru napětí s řídicím čipem LM2596, který se osvědčil již v jiných přístrojích. Při použití se vyznačuje dobrou stabilitou výstupního napětí i při náhodných proudových špičkách. Zdroj byl na stolním voltmetru nastaven na svou referenční hodnotu 3,2 V, pro zkoušku spolehlivosti a funkčnosti byl zdroj zatížen laboratorní aktivní zátěží proudem 2 A po dobu jedné hodiny. Ani po této době nevykazoval zdroj problémy s napájením.

Pro zajištění ochrany vnitřních součástek byla k napájení elektroniky mechatronické vložky přidána vratná pojistka typu PTC s hodnotou 1,5 A, to nám zajišťuje dostatečnou hodnotu pro špičkové proudy a zároveň dobrou ochranu vnitřní elektroniky zařízení. Při zkratu či nadproudu zhasne kontrolka napájení 3,3 V.

Zdroj pro elektroniku mechatronické vložky je stále zapnut, avšak přívod do elektroniky je spínán řídicí deskou pomocí relé. Toto řešení bylo implementováno z důvodu ochrany elektroniky při vkládání a vyjímání ze základacího přípravku. Druhým důvodem je to že integrovaná elektronika knoflíku se musí znovu zapnout při připojení nového bubínku. V případě problému komunikace může pomocí vypnutí přívodu řídicí deska elektroniku mechatronického zámku restartovat.

5.1.2 Elektronika

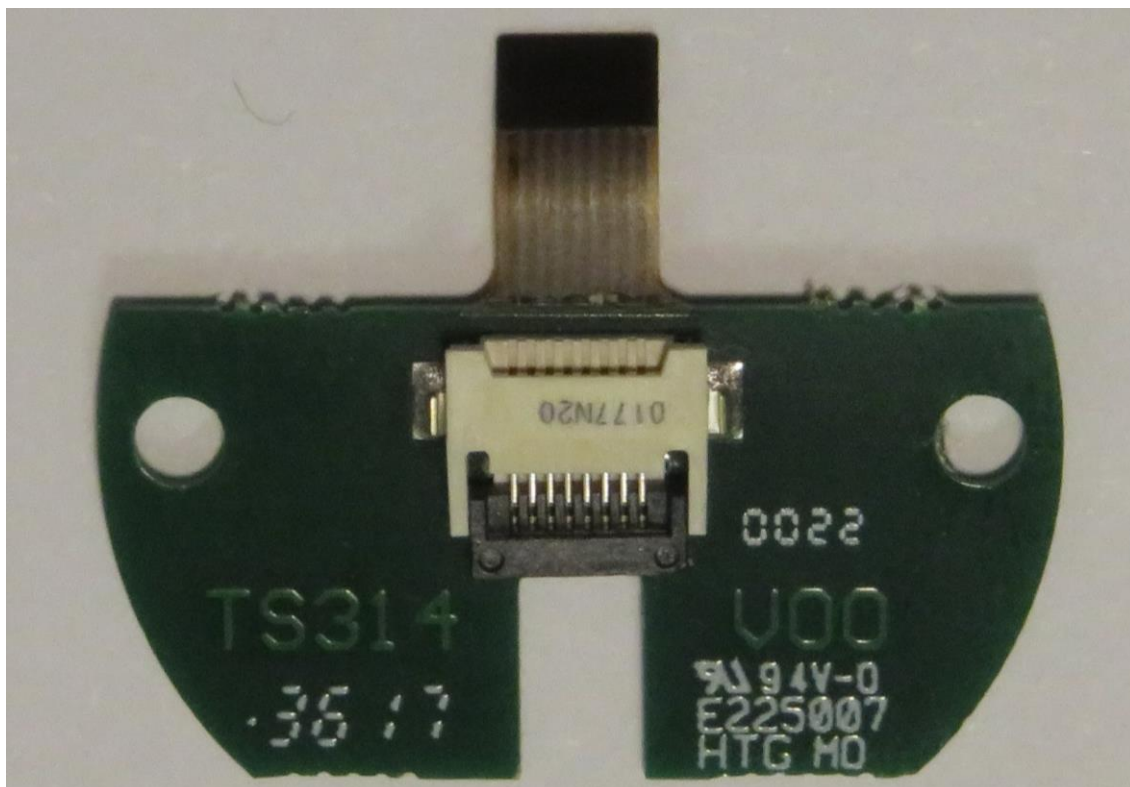
Jako hlavní řídicí čip zařízení pro testování výroby byl zvolen procesor ATmega328, na desce Arduino Uno, tato kombinace tvoří celou řídicí desku.

Pro komunikaci s řídicí deskou krokového motoru adaptéru spojky je použita sériová komunikace s přidaným převodníkem MAX3232CSE TTL na RS232. Převodník je potřeba vzhledem k rozdílným signálovým úrovním z řídicí desky motoru jde signál v úrovních -12 V až 12 V a řídicí procesor na desce pracuje s úrovněmi 0 V až 5 V. Bez tohoto převodníku by sériová komunikace nefungovala a mohlo by dojít i k poškození řídicího procesoru.

Pro otáčení adaptérem spojky byl tedy zvolen krokový motor od společnosti Trinamic PD-110-42 s integrovanou kontrolní deskou a enkodérem komunikující pomocí RS232. Toto komplexní řešení zajistí spolehlivost výsledků, jelikož řídicí deska je vyrobena a otestována s dodaným krokovým motorem. Není tedy nutné vymýšlet jakou elektroniku senzorů vybrat a jak ji sladit s motorem.

Pro simulaci co nejdůvěryhodnějšího testu bylo zvoleno zabudování elektroniky knoflíku do testovacího zařízení. K této elektronice se připojují testované elektroniky předmontovaného bubínku a zároveň s touto elektronikou knoflíku komunikuje řídicí deska. To umožňuje snadno zajistit ovládání krokového motoru bubínku pomocí integrovaných příkazů ve FW. Řídicí elektronika knoflíku komunikuje s řídicí deskou zařízení po sběrnici I²C.

Pro připojení elektroniky předmontovaného bubínku a elektroniky knoflíku, slouží deska se ZIF konektorem viz Obrázek 12. Byla zvolena pro její snadnou dostupnost, jelikož je součástí nového výrobku a je tedy snadno vyměnitelná. [13,15]

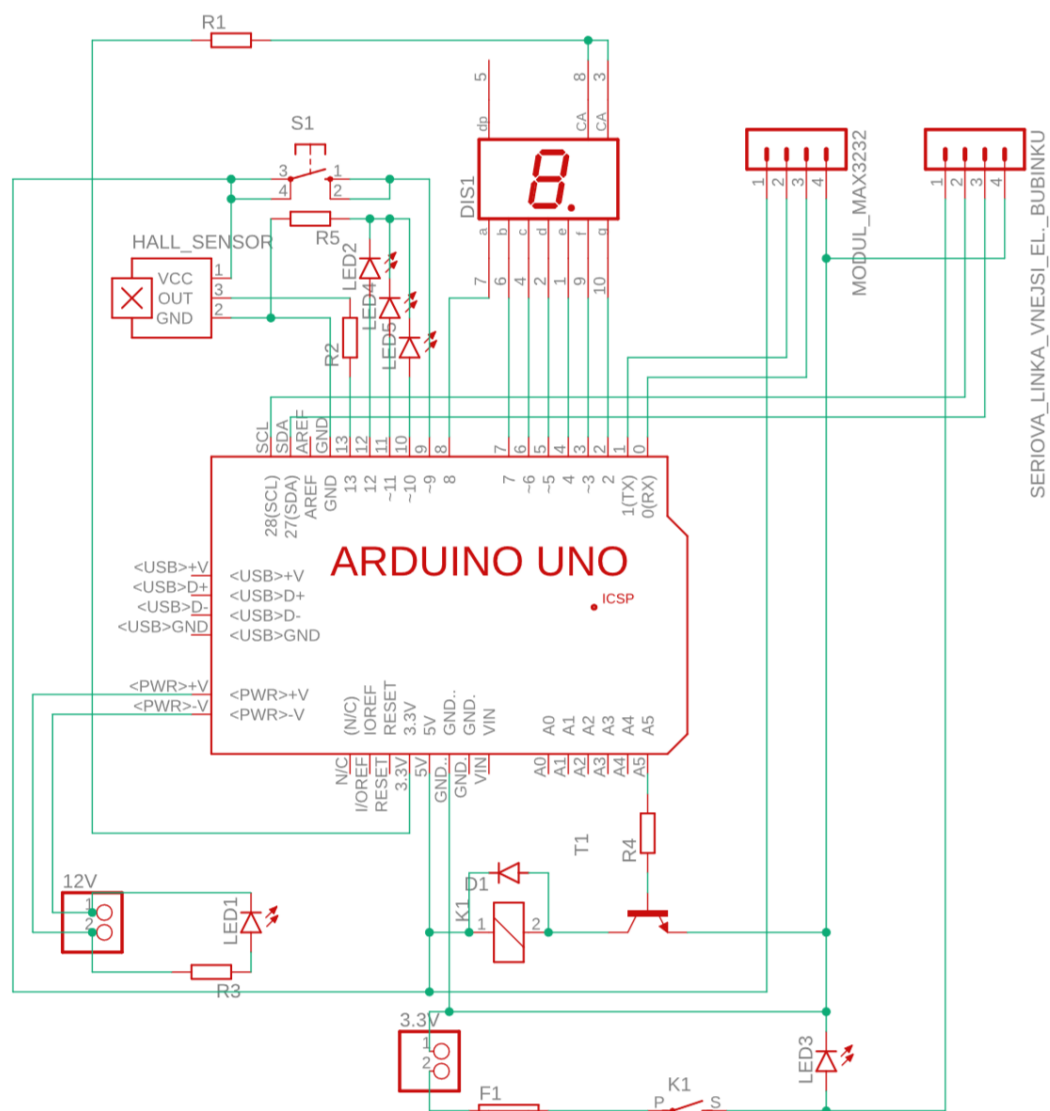


Obrázek 12: Adaptér ZIF pro vkládání konektoru elektroniky bubínku

Pro co nejjednodušší manipulaci je zařízení pro testování výroby vybaveno pouze sedmisegmentovým LED displejem a jedním tlačítkem pro změnu volby v menu. Pro spuštění testů je využito zabudovaného magnetu ve víku zařízení a hallova senzoru v těle zařízení. Pro zobrazení výsledku testu je v přístroji zabudovaná vícebarevná LED kontrolka značící chybu v testu červeným světlem, test prošlý v pořádku zeleným světlem a oranžovým světlem je značen probíhající test.

V zadní části zařízení pro testování výroby se nachází USB port pro připojení notebooku. Lze tedy snadno upravovat nahraný program a parametry testů. Samozřejmostí je možnost stažení logů testů.

Schéma zapojení bylo navrženo ve schematickém editoru Eagle, zdroje a vývody do elektroniky knoflíku a do krokového motoru jsou znázorněny pouze jako konektory, které jsou popsány viz Obrázek 13. V případě dokončení vývoje řídicí desky bude v tomto editoru vytvořen i návrh pro výrobu plošného spoje.



Obrázek 13: Schéma zapojení vnitřních elektronických komponent

Tabulka 1: Seznam elektronických komponentů

Komponenta	Informace
Řídící deska	Arduino Uno
Krokový motor otáčení spojky	Trinamic PD2-110-42-232
Elektronika bubínku	-
Sedmisegmentový displej	Neznámý výrobce a model
Relé	Omron G6S-2-Y
LED	Klasické červené, zelené, oranžové
Převodník RS232	Max 3232
Tlačítko	Neznámý výrobce a model
Regulovatelný napájecí modul	LM2596 DC-DC
Rezistory	100R, 500R a 10k
Hallův spínač	Neznámé označení
Dioda	1N4007
PTC vratná proudová ochrana	PTC265V15

5.1.3 Mechanika

Celé zařízení pro testování výroby bylo zabudováno do základního zařízení od firmy Feinmetall. Toto zařízení má již kvalitně vyrobený mechanismus pro zavírání a přitlačení víka, zároveň má také prostorný box pro integrování potřebné elektroniky. Dříve toto zařízení sloužilo pro jiný výrobek, byla z něj vyjmuta původní nepotřebná elektronika, přitlačná deska pro skrytí kontaktovacích jehel a byly i demontovány kontaktní jehly i s dutinkami.

Jelikož se jedná o použité zařízení, bylo třeba zakrýt některé otvory a kontrolky černou páskou, aby nepoužité kontrolky nemátly uživatele či nevzniklo poranění o odhalené části. Ve vrchní části zařízení byly původní otvory využity pro vedení kabelů a částečně zakryty komponenty.

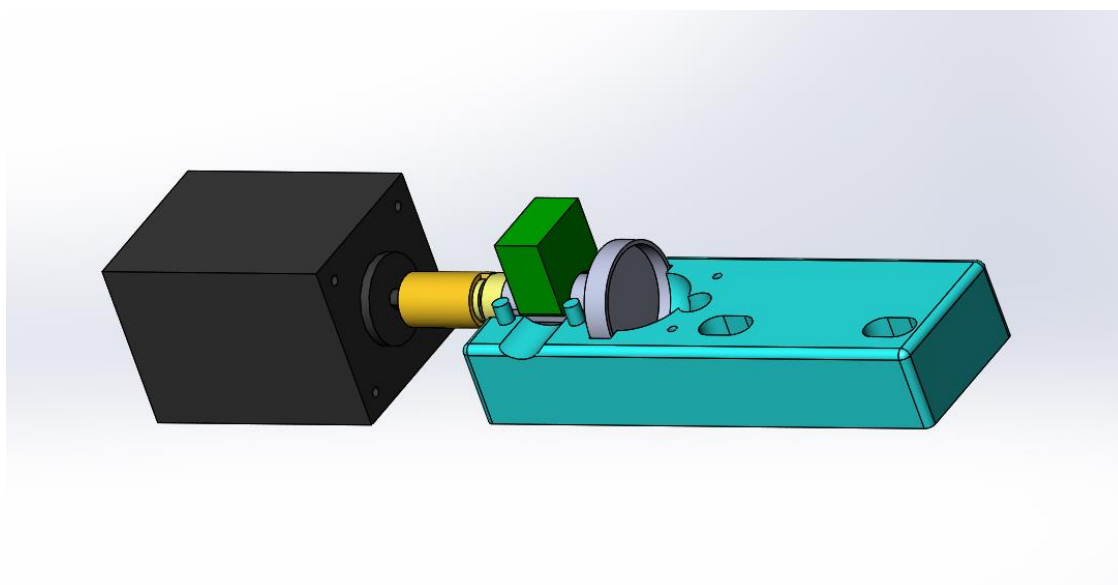
Toto zařízení má výborně vyřešené uzavírání, jež se otvírá do polohy o 90° natočené oproti desce, což umožňuje snadnou manipulaci při obsluze zařízení. Zároveň při zavírání je pohyb přitlačného víka během posledních pár centimetrů svisle lineární. To zajišťuje přímé přitlačení bubínkové části, na rozdíl od kruhovitěho přitlačení u klasických vík. Nemůže dojít tedy při zavírání víka k posunu vložených součástí. Navíc je víko přístroje osazeno velkou deskou z ochranného polykarbonátu, jež brání poranění obsluhy od pohyblivých částí zařízení.

Do obslužné části, kam se vkládají předmontované bubínky a připojuje se zde elektronika bubínku, byl připevněn řídicí krokový motor Trinamic s adaptérem spojky a základací přípravek, tak jak je znázorněno na Obrázku 14. Pro zamezení poškození řídicí elektroniky krokového motoru byl navržen a vytištěn jednoduchý kryt bránící

dotyku elektroniky krokového motoru (viz Obrázek 19 oranžový díl na krokovém motoru).

Jak z předchozího textu vyplývá, byla zvolena varianta testování předmontovaného bubínku s již namontovanou spojkou, aby se zamezilo vadám neotestovaných spojek. Jelikož byla zvolena tato varianta testování předmontovaného bubínku s namontovanou spojkou, bylo nutné vytvořit mechanismus pro změnu vzdálenosti od testovacího motorku, jelikož spojky mají různé délky. Krokový motor je připevněn nastálo a základací přípravek pro předmontované bubínky bude nastavitelný.

Mechanismus pro nastavení délky byl navržen jednoduchým způsobem pomocí oválných děr v základacím přípravku. Konce těchto oválných děr vymezují nejdelší a nejkratší typ spojky. Šrouby držící přípravek jsou zašroubovány v nosné desce testovacího zařízení a dotaženy z druhé strany kontramatkou, aby nedocházelo k povolení. Aby bylo zamezeno přesunutí přípravku během testu, byl navrhnut přítlačný přípravek z flexibilního materiálu podobnému pryži, jež má dobré třecí vlastnosti a tvarově se přizpůsobí menším nerovnostem, při zachování jeho dostatečné pevnosti, viz zelený prvek na Obrázku 14.



Obrázek 14: Model základací části zařízení pro testování výroby

Vzhledem ke stálému vývoji zařízení bylo zvoleno vytištění mnoha dílů na 3D tiskárně. To zajišťuje nízkou cenu výroby, jednoduchou upravitelnost a rychlou opravu těchto dílů v případě poškození nebo požadavku na úpravu některého dílu. Nejnamáhanější díl zařízení, tedy adaptér spojky, byl vyroben z mosazi pro jeho delší životnost.

Pro vytvoření modelů použitých pro 3D tisk či ukázkou nápadu byl použit modelovací software Solidworks 2018. Pro tvorbu g-kódu pro 3D tiskárnu byl použit Slicer PE, všechny tištěné díly byly vytištěny na 3D tiskárně Prusa MK2,5.

Tabulka 2: Seznam mechanických komponentů

Komponenta	Informace
Zakládací zařízení	Výrobce Feinmetall
Zakládací přípravek	Vytištěno na 3D tiskárně
Přítlačný přípravek	Vytištěno na 3D tiskárně
Adaptér spojky	Vyrobeno z mosazi

5.2 Struktura programu

Vzhledem k tomu, že nebylo dovoleno zveřejnit zdrojový kód programu zařízení pro testování výroby, jsou všechny testovací procedury a cykly popsány v této kapitole pomocí vývojových diagramů.

Celý testovací program byl navržen v několika základních cyklech, které jsou podle potřeby upraveny a budou se opakovat. Pro volání funkcí elektroniky bubínku jsou použity speciální příkazy, které jsou implementovány ve FW řídicí elektroniky. Tyto příkazy se posílají do elektroniky knoflíku po seriové lince. Tato komunikace je samozřejmě u finálního produktu šifrovaná, ale ve výrobním režimu mají všechny elektroniky nahraný výchozí klíč. Než dojde ke spárování tedy zapsání jiného než výchozího klíče elektroniky bubínku a elektroniky vnějšího knoflíku, je možno elektroniky libovolně zaměňovat. Použitím těchto příkazů navíc bude zajištěno stejné chování jako u finálního produktu.

Testovací cykly simulují stejný testovací mechanismus, který je implementovaná v závěrečném testovacím zařízení, s tím rozdílem, že v závěrečném testovacím zařízení je užito k testování pneumatických pístků a elektronických čidel. V zařízení pro testování výroby je použito pouze elektromotorických pohonů a elektronických senzorů.

Při testování je tedy použit princip, kdy elektroniku předmontovaného bubínku připojujeme k elektronice knoflíku zabudované v zařízení pro testování výroby. S elektronikou knoflíku komunikujeme po lince I²C a podle zaslaných proprietárních příkazů elektronika vykonává pohyby krokového motorku u testovaného předmontovaného bubínku. Podobně to platí pro ovládání krokového motorku adaptéru spojky, tomu jsou zasílány po seriové lince příkazy dostupné ve Firmware manuálu k řídicí desce krokového motoru. [14]

Při manipulaci s přístrojem svítí po zapnutí kontrolky napájení a výchozí číslo testu na displeji. Po vložení předmontovaného bubínku a zavření víka se sepne magnetický kontakt víka, spustí se oranžová kontrolka indikující průběh testu a začne testovací program. V případě že test proběhl úspěšně, ukončí se procesy testu, odpojí se napájení k řídicí elektronice bubínku a rozsvítí se zelená kontrolka, která svítí až do otevření víka. V případě neúspěchu testu se ukončí testovací procedury, odpojí se napájení od řídicí desky elektroniky bubínku a rozsvítí se červená signalizační LED svítící také až do okamžiku otevření víka.

Po otevření víka kontrolka stavu zhasne a zařízení je připraveno k vložení dalšího kusu, nebo změně programu.

Vývojové diagramy jsou vytvořeny v online editoru LucidChart. Vzhledem k omezením účtu zdarma, jsou vývojové diagramy zjednodušeny, což na druhou stranu usnadňuje jejich čtení. Reálné programy byly upraveny, tak aby byly cykly odpovídající testu a obohaceny o další funkce zajišťující stabilitu programu. Přes veškerou snahu program vyladit, se stále stává, že se vyskytne nečekaná chyba, tyto chyby se zaznamenávají a následně se opravují.

5.2.1 Menu

V menu zařízení pro testování výroby je možné navolit, prováděné funkce vykonané po zavření víka. Volba daných funkcí se provádí pomocí tlačítka a na sedmi segmentovém displeji se zobrazují číselné hodnoty testu. Výchozím nastavením je (1) kompletní test, tedy základní a rozšířený test jdoucí za sebou. Volbou (2) se aktivuje pouze základní test, volbou (3) se aktivuje pouze test rozšířený. Poslední test pod volbou (4) je test životnosti, tedy neustálé opakování základního a rozšířeného testu podle nastavených počtů cyklů, nebo až do vyskytnutí chyby případně do přerušení testu otevřením víka. Změna může být prováděna pouze při otevřeném víku přístroje, během testu se nepřijímají signály od tlačítka pro změnu programu.

5.2.2 Základní test

Základní test simuluje standartní použití mechatronické vložky. Nejdříve je spuštěno napájení elektronické části mechatronické vložky. Vyzkouší se komunikace s elektronikou. Následuje test základní funkčnosti předmontovaného bubínku.

Spojka je ve výchozí pozici, magnety spojky a bubínku jsou zarovnané, blokovací kolík se volně vysune do spojky při signálu pro odemčení tak, jak je to znázorněno na Obrázku 15. Otočení krokovým motorem adaptéru spojky se simuluje odemykání/zamykání dveří. Pokud správně vysunutý kolík spojky zapadne do spojky, adaptér spojky se neprotočí, řídicí elektronika krokového motorku to pozná a znamená to, že by dveře šly odemknout či zamknout, to je správný výsledek. Poté program pokračuje k další části testu.

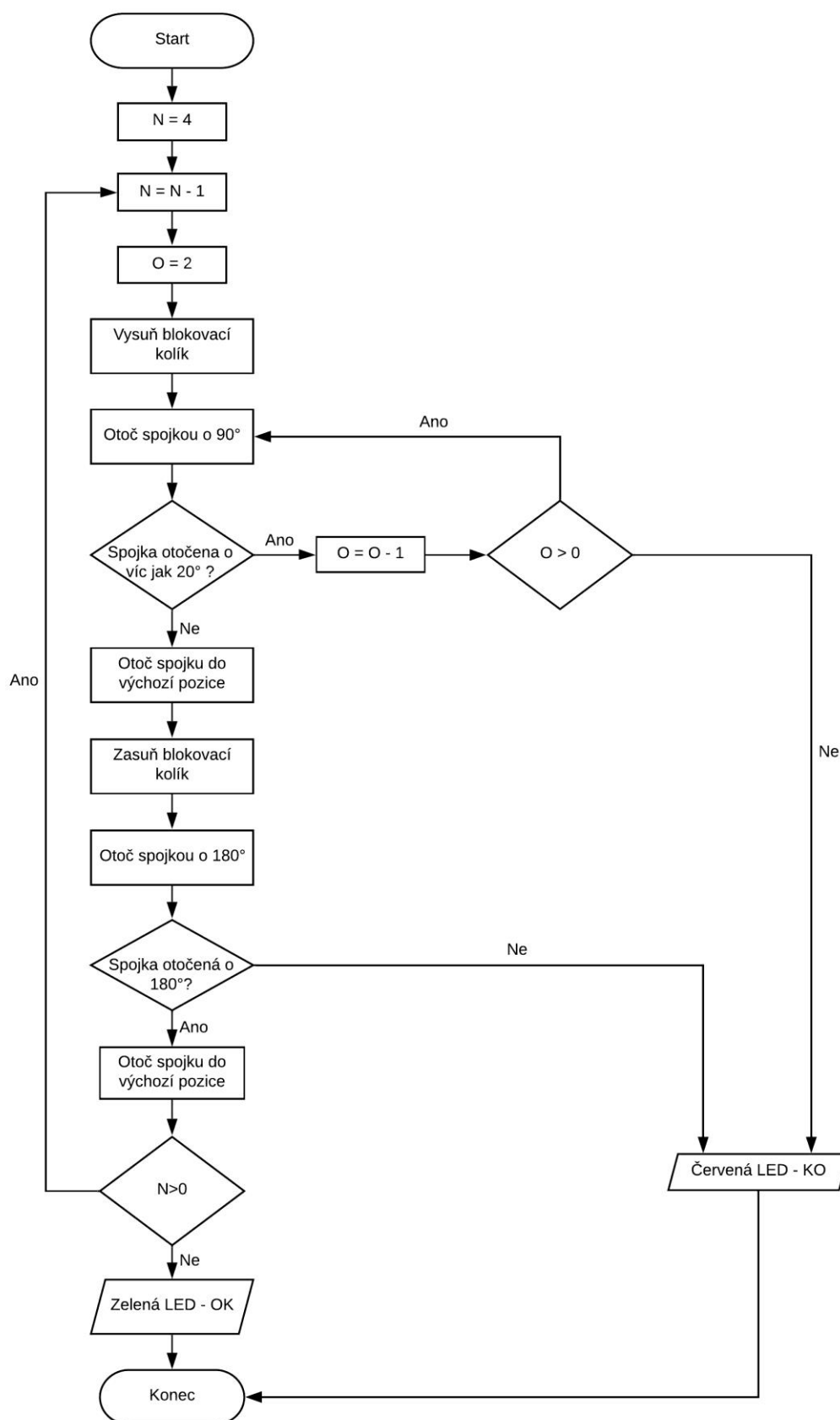


Obrázek 15: Blokovací kolík zasunutý ve výchozí pozici spojky

Pokud se adaptér spojky v momentu vysunutí blokovacího kolíku otočí, znamená to problém s vysunutím blokovacího kolíku. Zopakuje se otočení adaptérem spojky, pro případ, že blokovací kolík nestihl zapadnout do své pozice. Když se po třetím pokusu spojka stále protáčí je předmontovaný bubínek vadný, ukončí se test a rozsvítí se červená kontrolka.

Pokud byl předchozí cyklus úspěšný, následuje opačný test. Adapter spojky je ustaven do výchozí pozice, magnety jsou zarovnané a blokovací kolík není v záběru. Blokovací kolík je ustaven zpět do tělesa bubínku a při otočení adaptérem spojky musí jít spojka otočit s minimálním odporem. Pokud celý cyklus proběhl v pořádku, je ještě čtyřikrát zopakován, poté v případě spuštění pouze základního testu, se spustí zelená kontrolka, případně se pokračuje dalším testem.

Pokud se po otočení adaptéru spojky do výchozí pozice a zasunutí blokovacího kolíku spojka volně neprotáčí, je vadný krokový motorek spojky, nebo mechanický problém se spojkou. Na přístroji se tedy rozsvítí červená kontrolka, test selhal a předmontovaný bubínek je vadný.



Obrázek 16 Vývojový diagram základního testu

5.2.3 Rozšířený test

V rozšířeném testu, jsou simulovány podmínky, kdy je nestandardně dlouhé otáčení knoflíkem při povoleném vstupu, například když je zamčeno na 2 západy a je třeba otevřít dveře, které nemají kliku.

Nejdříve je spuštěno napájení elektronické části mechatronické vložky. Vyzkouší se komunikace s elektronikou.

Poté se nastaví adaptér spojky do výchozí pozice, magnety spojky a bubínku jsou zarovnané, blokovací kolík se volně vysune do spojky při signálu pro odemčení. Blokovací kolík zůstane vysunutý ve spojce a otáčíme adaptérem spojky. Podržíme adaptér spojky v záběru tak, aby byl blokovací kolík skřípnutý ve spojce.

Pokud se blokovací kolík z nějakého důvodu neskřípl ve spojce, je předchozí proces zopakován. V případě že se blokovací kolík nepodaří dvakrát vysunout a zablokovat, je předmontovaný bubínek vadný, skončí test a rozsvítí se červená kontrolka.

Pokud je blokovací kolík správně skřípnut ve spojce, je vydán příkaz k zasunutí blokovacího kolíku do tělesa bubínku, pružinka blokovacího kolíku se předpruží a adaptér spojky drží blokovací kolík stále ve spojce. Po přesunutí adaptéru spojky do výchozí pozice by měla předpružená pružina blokovacího kolíku zasunout blokovací kolík zpět do tělesa bubínku. Adaptér spojky se následně otočí, pokud se volně protočil je cyklus úspěšný a pokračuje se další částí cyklu.

V případě že se z nějakého důvodu adaptér spojky volně neprotočí, je předmontovaný bubínek vadný a test skončí a rozsvítí se červená kontrolka.

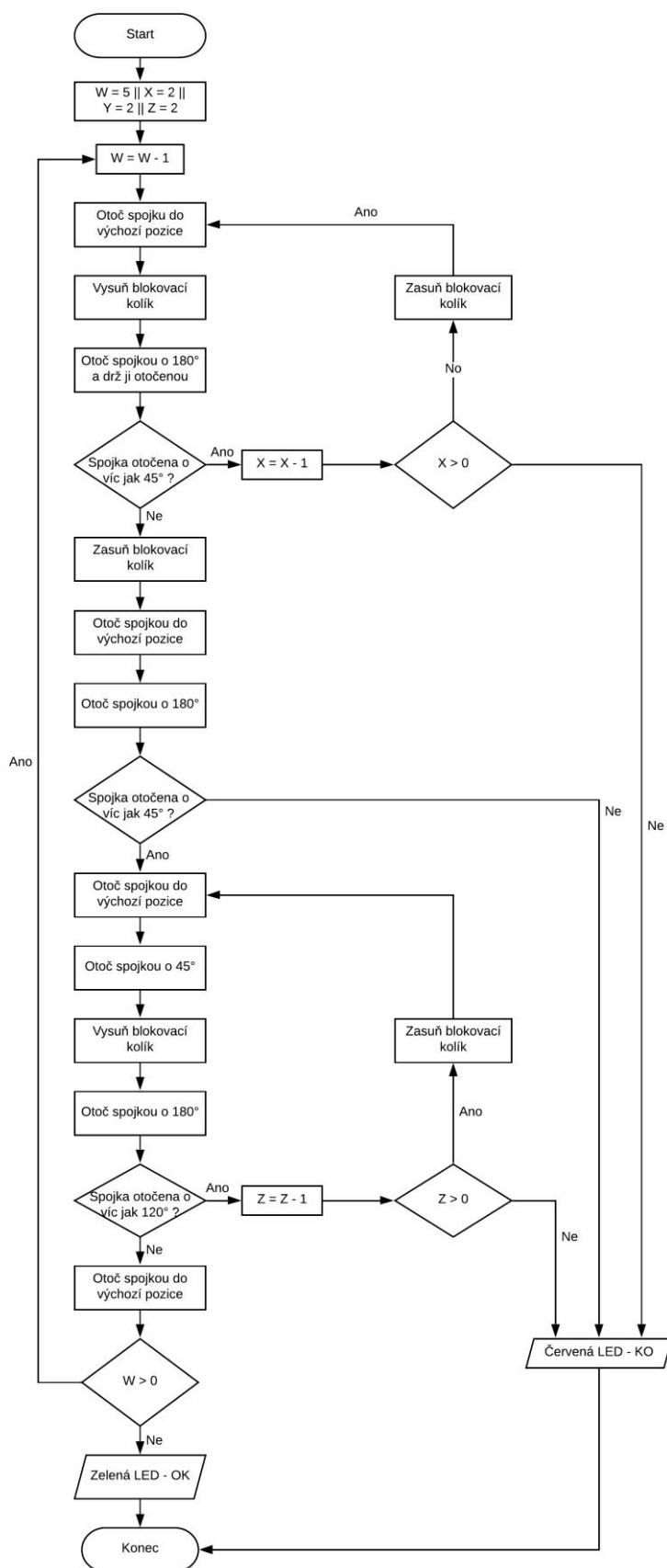
Další částí cyklu je případ kdy uživatel otočí knoflíkem mechatronické vložky dříve, než je potvrzen vstup. To znamená, že se blokovací kolík nemůže volně vysunout do spojky. Názorně je tento případ zobrazen na Obrázku 17



Obrázek 17: Blokovací kolík v momentě, kdy nemůže sepnout spojku

Nejdříve se adaptér spojky nastaví do výchozí pozice, a následně se otočí o úhel 45° . Vydá se příkaz pro vysunutí blokovacího kolíku, ale kolík nemůže do spojky v tomto bodě zapadnout, tedy se předpruží pružinka blokovacího kolíku. Nyní se otočí s adaptérem spojky, předpružená pružina blokovacího kolíku by měla blokovací kolík zasunout do spojky, během otáčení adaptérem spojky. Pokud blokovací kolík zapadne do spojky, úhel natočení adaptéru spojky nepřesáhne 120° , test je vyhodnocen jako úspěšný. Pokud se adaptér spojky protočí volně o 180° , blokovací kolík se nezasunul do spojky a je tento cyklus zopakován. V případě že test dvakrát neuspěje, je předmontovaný bubínek vadný, test skončí a rozsvítí se červená kontrolka.

Po dosažení úspěšného testu, se test ještě čtyřikrát zopakuje a v případě spuštění pouze rozšířeného testu se rozsvítí zelená kontrolka.



Obrázek 18: Vývojový diagram rozšířeného testu

5.2.4 Upgrade FirmWare

Vzhledem k častým úpravám ve firmware je vhodné ho aktualizovat již v testovacím zařízení a ne až při závěrečném testování mechatronické vložky. Původně proces aktualizace FW probíhal zjišťováním aktuální verze FW v elektronice, následně byl porovnán s aktuální verzí v přístroji a následně byl teprve přehrán na novou verzi v případě, že byl v elektronice starý FW.

Dlouhodobým sledování bylo však zjištěno, že skladové zásoby u nás a v předvýrobě výrobce jsou tak velké, že většina sestav krokového motorku ve výrobě obsahuje starší verzi FW. Bylo tedy rozhodnuto, že se nebude kontrolovat verze FW v elektronice, ale nahraje se rovnou nový firmware. Toto řešení uspořilo spoustu času, jelikož zjištění verze FW trvá jen o několik málo vteřin kratší dobu než jeho kompletní přehraní.

Funkce upgrade FW nebyla zatím do zařízení pro testování výroby implementována, vzhledem k potřebě externí paměti, v které by byl nahrán obraz FW, by bylo potřeba návrh elektronického zapojení značně upravit. Vzhledem k náročnosti implementace upgrade FW v předmontovaném bubínku, tato funkce bude implementována až při budoucím vývoji zařízení.

5.2.5 Kompletní test

Kompletní test je výchozí program zařízení pro testování výroby, kdy jsou za sebou použity postupně Základní test a Rozšířený test. Výsledky testu jsou zobrazovány světelnou indikací.

V případě že bude do zařízení implementována funkce upgrade FW bude po úspěšném testu předmontovaného bubínku nakonec nahrán aktuální firmware. Program je upraven oproti jednotlivým testům tak, aby testy šly správně za sebou, svítily správně kontrolky a aby se v průběhu neresetovala elektronika mezi testy, pokud to není vyžadováno.

5.2.6 Test životnosti

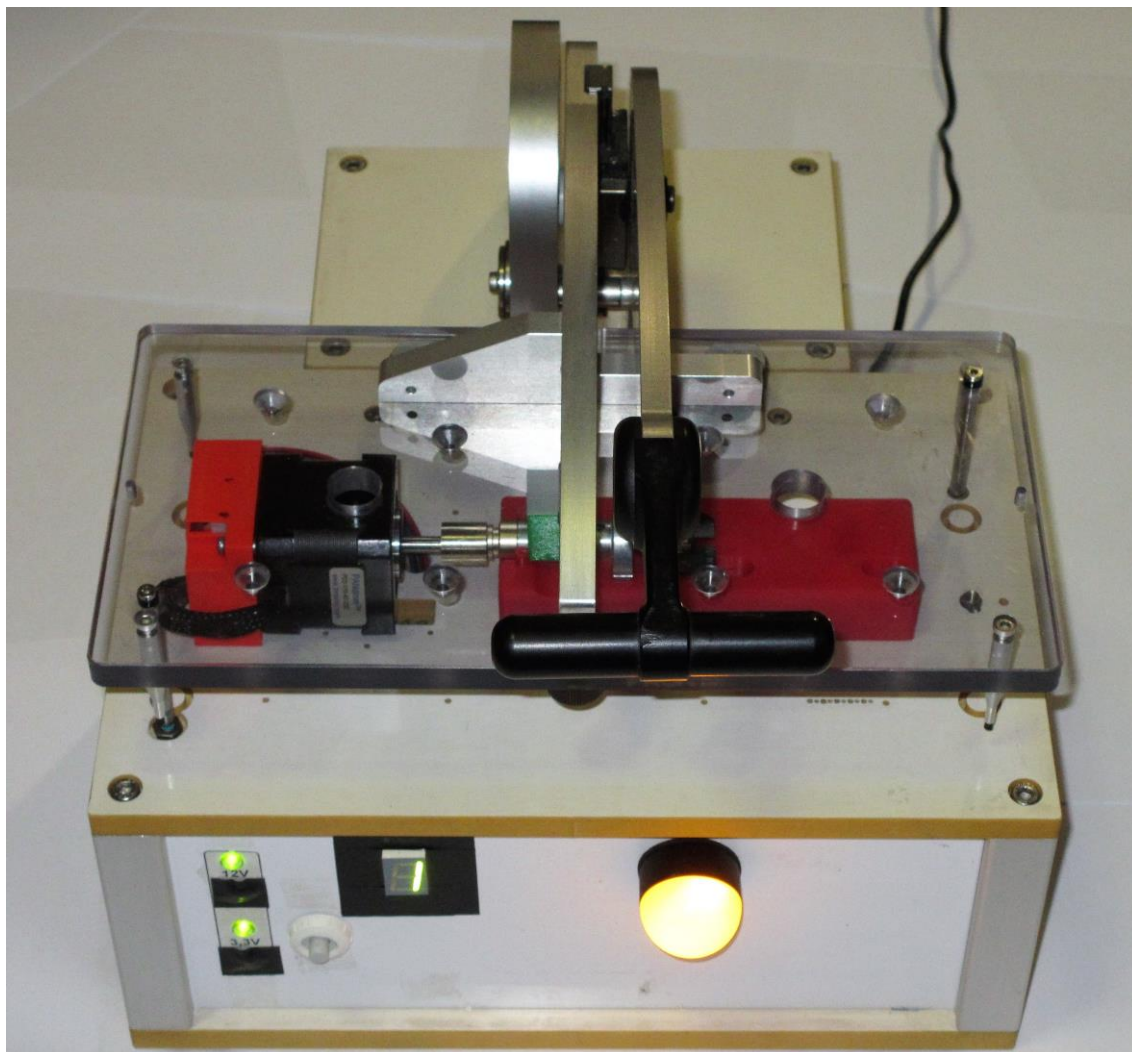
Test životnosti představuje neustálé opakování Základního a Rozšířeného testu. Test je nastaven na 200 tisíc cyklů podle vnitřního standardu firmy. Případně, test probíhá do selhání předmontovaného bubínku, tedy některé jeho části, nebo do otevření víka testovacího zařízení.

Tento test slouží pro zjištění skutečné životnosti pohyblivých a elektronických částí výrobku. Může pomoci v hledání případného slabého místa v konstrukci produktu, nebo odhalit kvalitativní rozdíl nově použitých dílů.

Pro zjištění podrobných výsledků testu životnosti je třeba se k zařízení pro testování výroby připojit pomocí USB konektoru a stáhnout si soubor logu testu.

Zařízení pro testování výroby

Výsledná podoba zařízení pro testování výroby je vidět na Obrázku 19, kde je zařízení pro testování výroby zachyceno v průběhu kompletního testu. Vzhledem k tomu že je zařízení pro testování výroby vyrobeno již z použitého testeru, bylo třeba zakrýt některé kontrolky a přebytečné otvory. K zakrytí byla použita černá páska, která lze v případě úpravy zařízení pro testování výroby snadno odstranit a otvor či kontrolky se mohou znovu použít. V případě rozhodnutí nasazení testeru do plného provozu je možné přední panel jednoduše vyjmout a nahradit ho novým, vyrobeným přesně na míru použitým součástkám.



Obrázek 19: Zařízení pro testování výroby

6 ZÁVĚR

V práci byly představeny mechatronické cylindrické vložky, jejich princip, použití, a také rozdíly užití a vlastností oproti mechanickým cylindrickým vložkám.

Byl představen důvod tvorby zařízení pro testování výroby předmontovaného bubínku, jež vyplývá ze stávajících problémů při výrobě mechatronických zámeků, především při montáži jeho bubínkové části.

Dále byly představeny elektronické a mechanické části předmontovaného bubínku, které by měly být zařízením pro testování výroby zkoušeny na funkčnost elektronickou, mechanickou i elektromechanickou. Pro případ testu byla navržena testovací sekvence kroků, které by měly být s předmontovaným bubínkem prováděny.

V druhé části práce byl představen návrh konstrukce jednotlivých mechanických prvků zařízení pro testování výroby. Tyto části byly navrženy podle mechanických vlastností celého zámku a přípravků určených k předmontáži. Měly by tedy vyhovovat pro výrobu zařízení pro testování výroby, avšak vzhledem ke zkušenostem z předchozích přístrojů, spousta mechanismů vytvořených z návrhů nefunguje, jak bylo původně navrženo. Vzhledem k tolerancím při výrobě, opotřebení při používání a odchylkám tabulkových hodnot materiálů od reálných, se často nechovají výrobky předem zamýšleným způsobem. Vzhledem k teoretickému vývoji bude nutné v další části vývoje zařízení pro testování výroby navržené díly prototypově vyrobit. Testovací metodou zvolit nejvhodnější díly pro výrobu zařízení pro testování výroby a případně nevhodné části vylepšit či navrhnout jiné.

Následující část představuje návrhy řešení elektronické konstrukce zařízení pro testování výroby, možnosti použitých součástí. Některé návrhy jsou inspirovány zkušenostmi z předchozích testovacích zařízení, které jsou již použity v jiných přístrojích a osvědčily se či u nich byly zjištěny nedostatky v praxi. Dále bude pracováno s procesorovými jednotkami, se kterými jsou nějaké zkušenosti, což usnadní vývoj SW a sníží dobu potřebnou pro vývoj SW samotného.

V poslední části je popsána samotná realizace zařízení pro testování výroby. Popis jeho součástí jak mechanických, tak i elektronických, a také struktura testovacích programů a jejich cyklů. Dále jsou též uvedené problémy vzniklé při vývoji a jejich řešení.

Dle pokynů pro vypracování diplomové práce se podařilo splnit požadavky zadání. Byl vytvořen návrh mechanických, elektronických a programových součástí zařízení pro testování výroby předmontovaných bubínků. Při následné realizaci byly navržené části vyrobeny, upraveny nebo namontovány podle fyzických a výrobních požadavků. Postupným zkoušením a spasováním byla vytvořena konstrukční část zařízení.

Následně bylo vytvořeno programové vybavení zařízení pro testování výroby, které bylo podle reálných testů laděno. V průběhu vývoje vznikl nový požadavek a tím byl upgrade firmware předmontovaného bubínku. Tato funkce však nestihla být implementována vzhledem k nutnosti přidavné paměti a programové náročnosti.

Vzhledem k neustálému vychytávání chyb a požadavkům na další funkce je zařízení stále ve stádiu ladění a vývoje, kdy je používáno k testování, případně chyby se

zapisuji a postupně odlad'ují.

Vzhledem k neustálému vývoji zařízení nebyla realizována propojovací deska k řídicí desce profesionální formou, tedy leptáním plošného spoje. Všechna propojení jsou realizována na prototypové desce a pospojována různými drátovými propojkami. Zde je do budoucna krom programového ladění prostor pro zlepšení. Avšak vzhledem ke stálým změnám požadavků na zařízení pro testování výroby bude nějakou dobu ještě trvat, než se ustálí finální verze propojovací desky. Avšak toto zapojení nemá vliv na funkčnost zařízení pro testování výroby. Další v budoucnu hodící se funkcí je připojení na LAN, tato funkce by zvýšila jednoduchost změny programu a stahování log souborů výsledků testů

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] VODA, Zbyšek. Průvodce světem Arduina. Bučovice: Martin Stříž, 2015. ISBN 978-80-87106-90-7.
- [2] SELECKÝ, Matúš.: uživatelská příručka. Přeložil Martin HERODEK. Brno: Computer Press, 2016. ISBN 978-80-251-4840-2.
- [3] Aperio: Systém bezdrátové kontroly vstupu. *Assa Abloy* [online]. [cit. 2017-11-27]. Dostupné z: <https://www.assaabloy.cz/cs/local/cz/pristupove-systemy/aperio/technologie/>
- [4] EISEMANN, Frank. Aperio V3 – C100 Secure Board: Schematics standard. Albstadt, 2015.
- [5] ATmega168PA. *Microchip* [online]. Arizona [cit. 2017-12-02]. Dostupné z: <http://www.microchip.com/wwwproducts/en/ATmega168PA>
- [6] ATmega328. *Microchip* [online]. Arizona [cit. 2017-12-14]. Dostupné z: <http://www.microchip.com/wwwproducts/en/ATmega328>
- [7] DRV8836: 1.5A Low Voltage Stepper or Single/Dual Brushed DC Motor Driver. Texas Instruments [online]. [cit. 2017-12-02]. Dostupné z: <http://www.ti.com/product/DRV8836/datasheet>
- [8] Yokowo DS [online]. [cit. 2017-12-11]. Dostupné z: http://www.yokowods.co.jp/ev/clip_connector/index.html
- [9] Trinamic: PD42-x-1141 [online]. [cit. 2017-12-11]. Dostupné z: <https://www.trinamic.com/products/drives/pandrive-details/pd42-x-1141/>
- [10] ST: *life.augmented* [online]. 2017 [cit. 2017-12-11]. Dostupné z: <http://www.st.com/en/evaluation-tools/nucleo-f072rb.html>
- [11] LESSNER, Dan. Vývojové diagramy. *Informatika pro každého* [online]. 11. 8. 2018 [cit. 2019-04-10]. Dostupné z: https://popelka.ms.mff.cuni.cz/~lessner/mw/index.php/U%C4%8Debnice/Algoritmus/V%C3%BDvojov%C3%A9_diagramy
- [12] ING. SVOBODA, Aleš. Vše o napájení Arduina. *Arduino Návodý* [online]. 2018, 3. 9. 2018 [cit. 2019-04-11]. Dostupné z: <https://navody.arduino-shop.cz/technikuv-blog/napajeni-arduina.html>
- [13] ROBERTSON, Dave. Serial Port Mini RS232 to TTL Converter Adaptor Module Board MAX3232 with Arduino. *Davy's Bliki (Blog Wiki): Software Engineering, Architecture and Arduino* [online]. 2.6.2013 [cit. 2019-04-16]. Dostupné z: <https://daverobertson63.wordpress.com/2013/06/02/serial-port-mini-rs232-to-ttl-converter-adaptor-module-board-max3232-with-arduino/>
- [14] PDx-110-42 and TMCM-110: *TMCLTM Firmware Manual* [online]. 2009, 93 [cit. 2019-04-16]. Dostupné z: <https://www.trinamic.com/support/help-center/old-products/not-recommended-for-new-designs/pdx-110-42/>
- [15] Luboš. Arduino ovládání relé. *Arduino návody: Všechny informace na jednom místě* [online]. 1.1.2018 [cit. 2019-04-17]. Dostupné z: <http://arduinonavody.cz/arduino-rele/>