

STŘEDOŠKOLSKÁ ODBORNÁ ČINNOST
příloha k práci BlackBox

Obor: 10. Elektrotechnika, elektronika a telekomunikace

Mechanický BlackBox

Tomáš Vavrinec

Brno 2021

STŘEDOŠKOLSKÁ ODBORNÁ ČINNOST
příloha k práci BlackBox

MECHANICKÝ BLACKBOX

MECHANICAL BLACKBOX

AUTOR	Tomáš Vavrinec
ŠKOLA	Střední průmyslová škola a Vyšší odborná škola Brno, Sokolská, příspěvková organizace
KRAJ	Jihomoravský
ŠKOLITEL	Mgr. Miroslav Burda
OBOR	10. Elektrotechnika, elektronika a telekomunikace

Brno 2021

Anotace

Robotika se stává čím dál tím významnějším oborem, což s sebou nese i potřebu vzdělávání v tomto oboru. Pro naprosté začátečníky nebo lidi, kteří se nechtějí robotikou zabývat dlouhé stovky hodin, však nejsou vhodné relativně dražší elektronické stavebnice. Jedna z nich je například elektronická varianta BlackBoxu, který má ohromné možnosti, ale to s sebou pochopitelně nese i potřebu jistých znalostí a zkušeností. Z těchto důvodů jsem ze pustil i do vývoje BlackBoxu v čistě mechanické verzi.

Klíčová slova

trezor, BlackBox, jednoduchá stavebnice, mechanická konstrukce

Obsah

1	Úvod	5
2	Vývoj mechanického trezoru	6
2.1	První verze	6
2.2	Druhá verze	7
2.3	Třetí verze	8
3	Mechanický trezor	9
3.1	Popis součástí	10
3.2	Odolnost proti násilnému vniknutí	14
3.2.1	Západka	14
3.2.2	Kolík	15
4	Závěr	17
B.2	Seznam tabulek	17
A	Obrazová příloha	18
A.1	Vzhled první mechanické varianty	18
A.2	Vzhled druhé elektronické varianty	19
A.3	Vzhled poslední mechanické varianty	20
B	Ostatní přílohy	21
B.1	Seznam obrázků	21

Kapitola 1

Úvod

Tato práce rozšiřuje informace o zařízeních BlackBox, což jsou primárně elektronická zařízení určená pro výuku robotiky, programování a jako platforma pro návrh a realizaci zážitkových akcí a táborových her.

Tato práce se věnuje méně sofistikovaným verzím BlackBoxu, které nemají žádnou elektroniku a jejich schopnosti jsou omezené jen na schopnost uzamčení menších předmětů, pomocí mechanicky určeného hesla.

Cílem práce je rozvést informace o mechanických verzích BlackBoxu, popsat jejich vývoj a možnosti jejich užití, včetně již existující reálné aplikace.

Kapitola 2

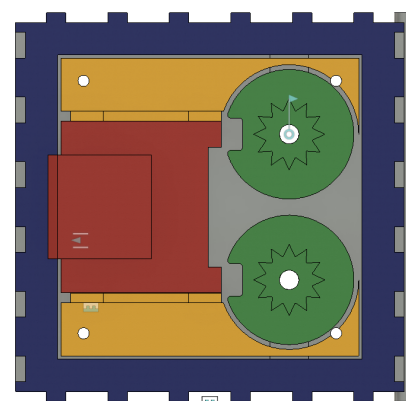
Vývoj mechanického trezoru

2.1 První verze

První čistě mechanická varianta, označovaná jako M1, vznikla začátkem srpna 2019, brzy po první elektronické variantě. Měla stále poměrně klasický vzhled trezoru – zamykatelná skříňka se dvěma kódovacími koly, která ovládala možnost pohybu jednoduché západky.

Tato verze byla také určena jako základ pro plánovaný upgrade na další elektronickou variantu. Na podobné vylepšení mělo stačit odstranění kódovacích kol a přidělení elektronické části. Toto sice fungovalo obstojně, zároveň i jako motivace, ale kvůli pozdější změně konceptu mechanismu uzavírání trezoru¹ tento nápad padl.

Tato varianta se také ukázala jako nevhodná² pro stavbu s malými dětmi, pro které byla určena jakožto předstupeň k variantě elektronické (která vyžaduje i znalosti programování nebo alespoň ochotu se jej učit).



Obrázek 2.1: Zelená barva značí kódovací kola, červená západku, modrá pevnou část trezoru a žluté díly distanci

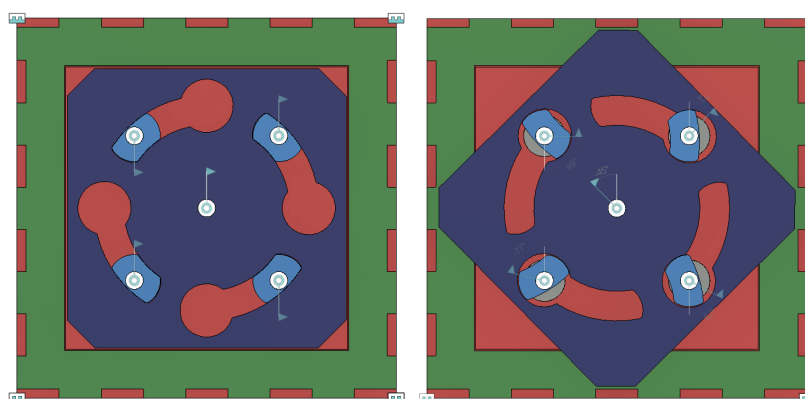
¹místo rotační západky mechanismus bajonetu – viz kapitola

²kvůli přílišné náročnosti na přesnost sesazení

2.2 Druhá verze

Druhá mechanická varianta (M2) má oproti první verzi daleko větší počet možných kombinací hesla. Ovládá se pěti koly. Čtyři z nich nastavují heslo a páté otáčí s rotační západkou, která drží dveře na svém místě.

Tato varianta taky přichází s možností dveře úplně oddělit od skříně trezoru. To by při využití jako trezor, který má za úkol jen ochraňovat svůj obsah, sice nepřinášelo žádný užitek, ale dveře potom půjde využít jako samostatný herní prvek. Vzhled tohoto trezoru je na obrázku [obr. A.3/str. 20].

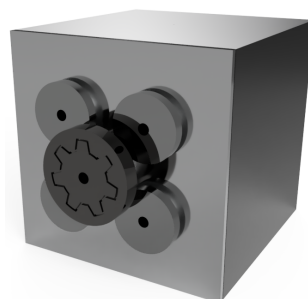


Obrázek 2.2: Zamykací mechanismus varianty M2

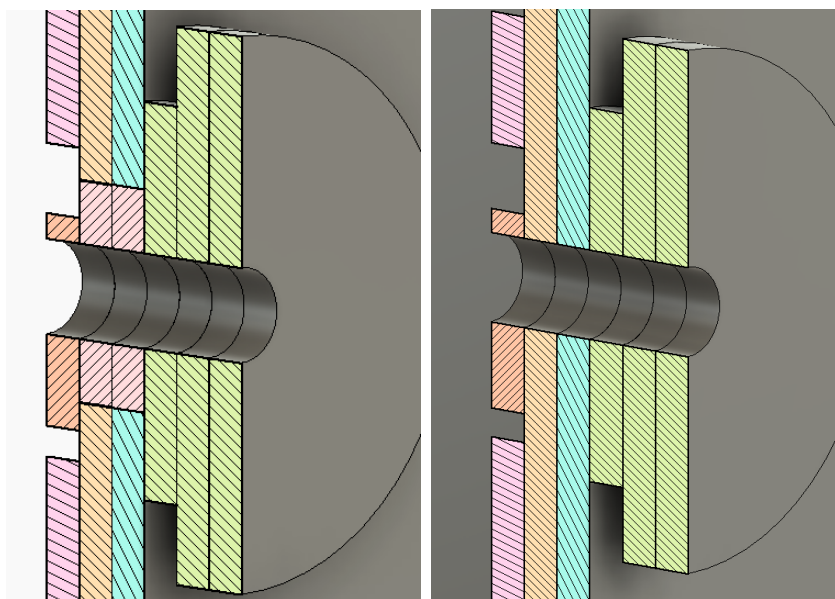
2.3 Třetí verze

Dnešní mechanická varianta (M3) je téměř stejná jako druhá verze, rozdíl je jen v uložení kol, které kolem hřídelů získalo distanční kroužky, které zjednodušují lepení.

Podrobnější popis mechanického trezoru M3 je v následující kapitole.



Obrázek 2.3: Render varianty M3

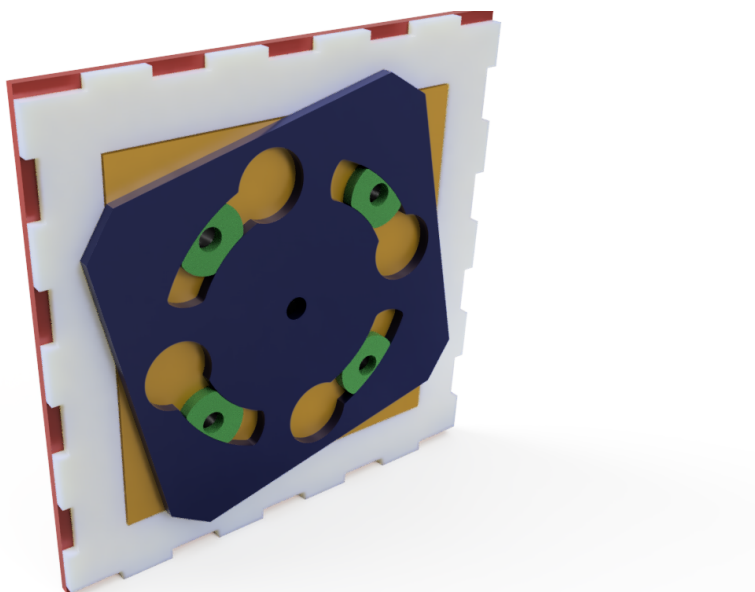


Obrázek 2.4: Řez kódovacím kolem trezoru M2 vpravo a řez kódovacím kolem trezoru M3 vlevo

Kapitola 3

Mechanický trezor

Vedle elektronické varianty jsem navrhl i variantu čistě mechanickou, abych měl jednodušší a levnější trezor pro mladší účastníky táborů a jiných akcí. Mechanická varianta měla opět několik vývojových verzí. Jednotlivé verze a jejich vlastnosti jsou popsány v samostatné příloze. V přílohách jsou také přiloženy výkresy poslední mechanické verze. Pro představu je v příloze tohoto souboru uveden obrázek poslední mechanické verze [A.3](#).

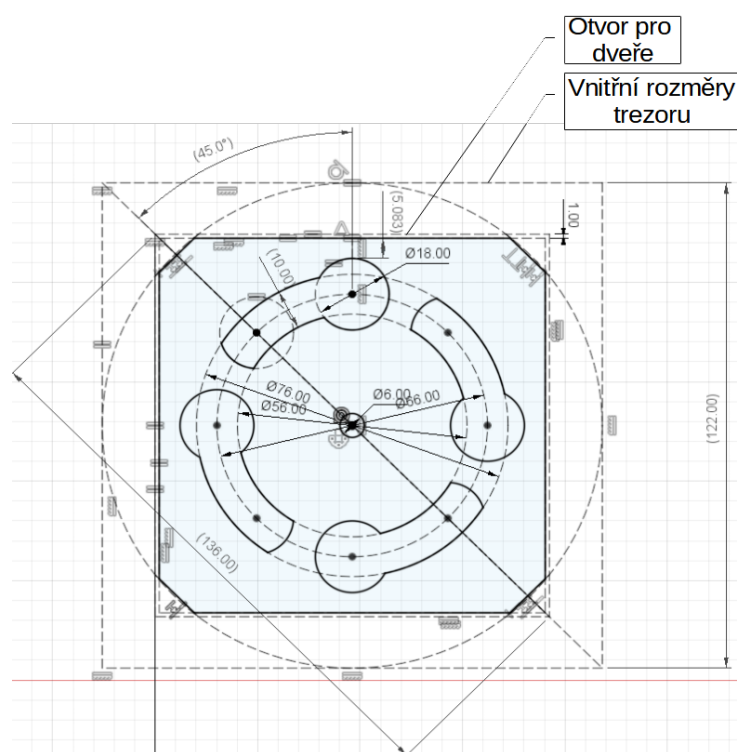


Obrázek 3.1: Vzhled mechanismu zamykání u mechanické verze

3.1 Popis součástí

Trezor (verze M3) má tvar krychle o délce hrany 128 mm. Násobek šestnácti jsem zvolil kvůli jednoduché návaznosti na tzv. dřívka.¹ Protože je trezor vyroben z překližky o síle 4 mm, jsou jeho vnitřní rozměry o 4 mm na každé straně menší (takže 122 mm).

Trezor se zamyká pomocí rotační západky a čtyř kódovacích kol, která blokují západku v zamčeném stavu. Princip mechanismu je na obrázku [obr. 2.2/str. 7].

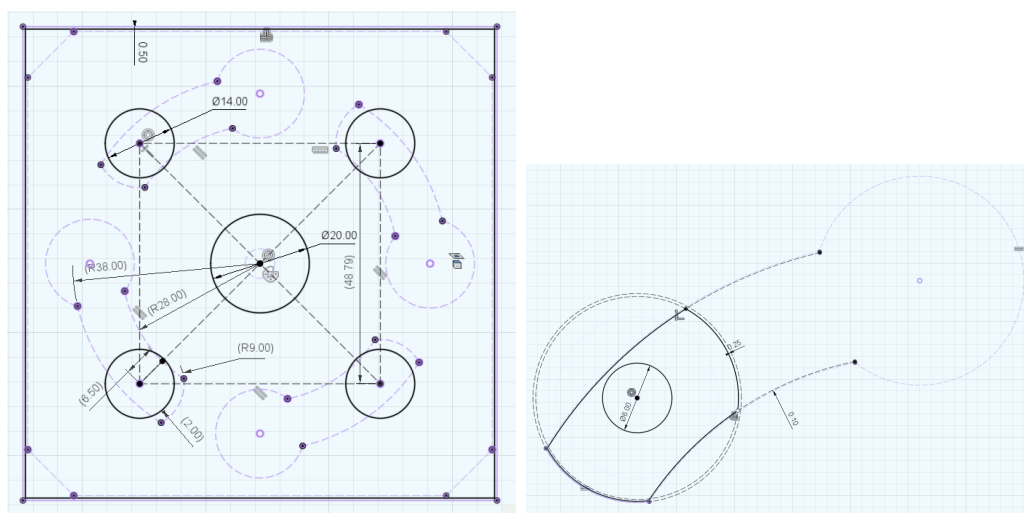


Obrázek 3.2: Náčrt západky

¹Jedná se o pevná dřevěná dřívka s obdélníkovým průřezem 3x16 mm nebo 2x16 mm. Tato dřívka používáme s dětmi na Robotárně se skvělým ohlasem již několik let. Jedná se vlastně o dřevní odpad z výroby skládacích metrů. Proto jsou velmi přesně vyrobená a nádherně se z nich staví nejrůznější modely nebo jednoduše a velmi rychle vyrobitelné doplňky a rozšíření k robotům.

Geometrie západky Protože se západka otáčí, musí pro ni být zajištěn dostatek prostoru, zároveň však otvor pro dveře je lepší mít větší, protože se potom trezor dá použít pro větší objekty. Z tohoto důvod jsou hrany západky definovány kružnicí o průměru délky vnitřní hrany trezoru. Západka má v rozích sražení ze dvou důvodů. Za prvé, aby byl otvor pro dveře větší a za druhé, aby namáhání působící v západce působilo na větší délce.

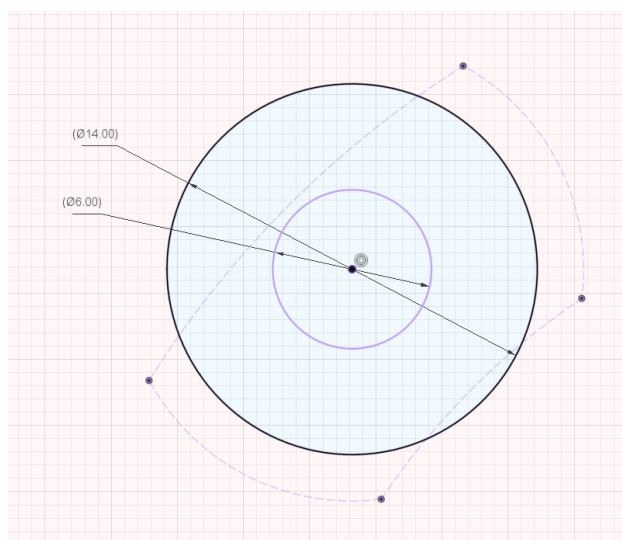
Distanční deska Aby se západka dostala za desku přední stěny bedny trezoru, je potřeba jí od přední stěny dveří posunout právě o tloušťku stěny. To zajišťuje jednoduchá čtvercová deska jen s pěti otvory pro průchod ovládacích kol.



Obrázek 3.3: Náčrt distanční desky a stavítka

Stavítko, který zajišťuje kód, má z části tvar drážky, ve které jezdí, a z části tvar kruhu, který se může otáčet v kruhovém otvoru na jedné straně drážky. Uprostřed má kruhový otvor o průměru 8 mm pro kolík, který stavítkem otáčí.

Lepicí distanční kroužek Tyto distanční kroužky jsou zde čistě z technologického důvodu. Při lepení kolíku totiž měly děti problém s lepidlem, které jim zatékalo do prostoru mezi kolíkem a stěnou dveří, čímž znemožňovalo otáčení kol. Proto jsem přidal tyto kroužky, do kterých když zateče lepidlo, tak se nic neděje.



Obrázek 3.4: Náčrt lepicího distančního kroužku

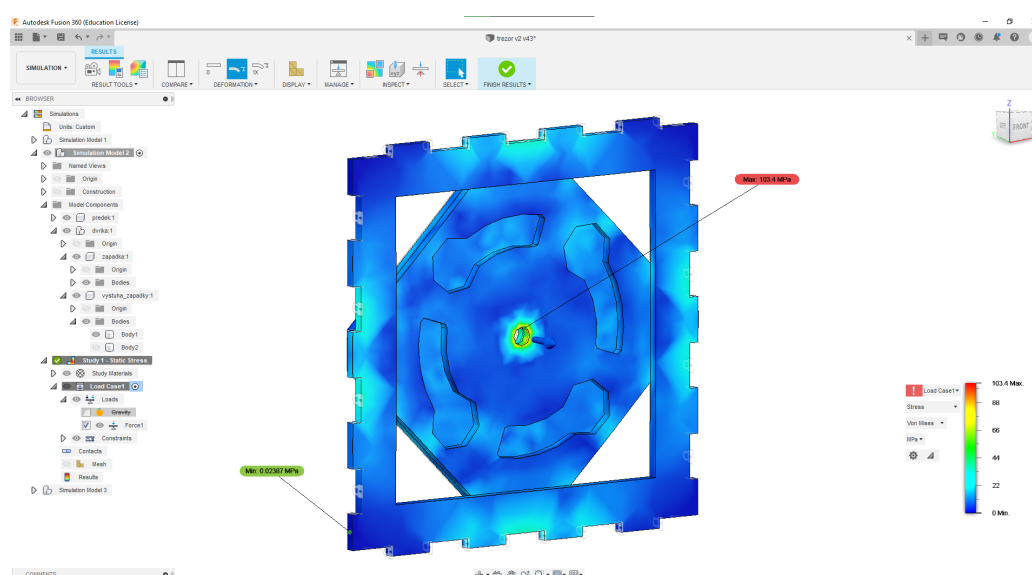
3.2 Odolnost proti násilnému vniknutí

Základní druhy namáhání, kterým musí trezor odolat, jsou

- snaha o vytržení dveří
- snaha o odemčení bez znalosti hesla

Vytržení dveří Jedním ze způsobů namáhání mechanismu je vytržení dveří z trezoru.

3.2.1 Západka



Obrázek 3.5: Simulace pokusu o vytržení dveří silou 4 000 N

Ke kompletní simulaci se můžete dostat [zde](#) [simulase_mechnickÃř] po kliknutí v levém horním rohu na „Simulation“ a „Simulation Model 2“. V tabulce napravo se pak můžete přepínat mezi barevným zobrazením několika veličin.

3.2.2 Kolík

Při pokusu o vytržení je celá síla přenášena kolíkem.

σ	napětí v materiálu
D	průměr kolíku
F	působící síla
S	plocha průřezu kolíku

Tabulka 3.1: Tabulka značení veličin pro napětí v kolíku v tahu

$\sigma_{max} = 132 \text{ MPa}$ ([dubové dřevo ve směru vláken při vlhkosti 12 %](#) [pevnost_dreva])

$$D = 6 \text{ mm}$$

$\sigma_{max} = F/S \Rightarrow F = \sigma_{max} \cdot S = 132 \cdot (\pi \cdot D^2/4) = 3\,732,21 \text{ N}$, z toho a ze simulace vyplývá, že kolík je při namáhání nejslabším členem.

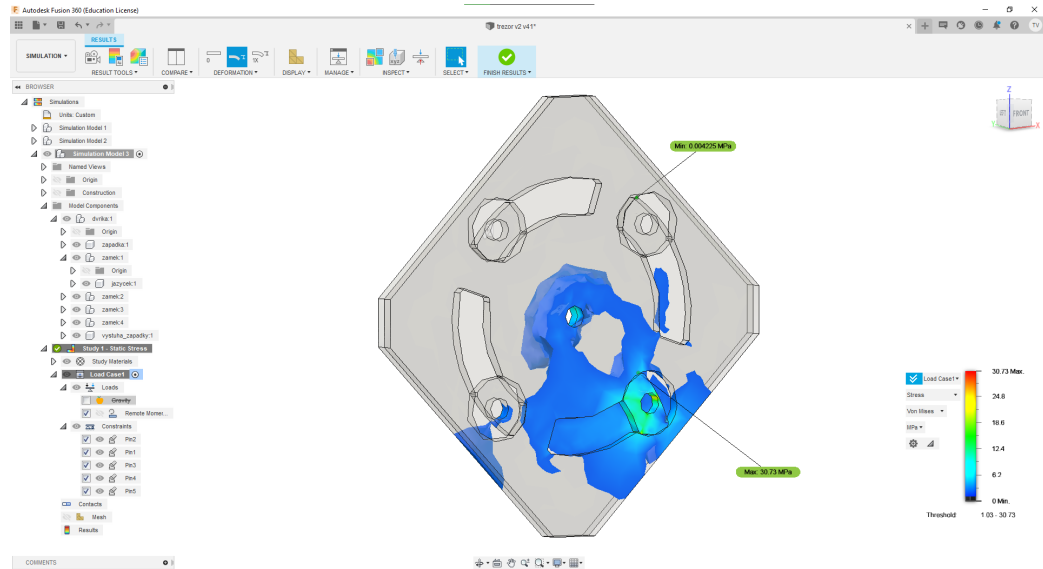
Otevření bez odemčení Dalším způsobem namáhání může být snaha otočit západkou bez zadání správného hesla.

Západka Ke kompletní simulaci se můžete dostat [zde](#) [simulase_mechnickAI] po kliknutí v levém horním rohu na „Simulation“ a „Simulation Model 3“. V tabulce napravo se pak můžete přepínat mezi barevným zobrazením několika veličin.

Kolík Krouticí moment, který je dřevěný kolík o průměru $D = 6 \text{ mm}$ schopen přenést.

τ	napětí v materiálu při krutu
D	průměr kolíku
M_k	krouticí moment
W_k	průřezový modul v krutu

Tabulka 3.2: Tabulka značení veličin pro napětí v kolíku v krutu



Obrázek 3.6: Simulace pokusu o otevření bez předchozího odemčení při kroutícím momentu 10 000 N·mm, (zobrazeno jen napětí nad 1 MPa)

$\tau_{max} = 52,3 \text{ MPa}$ (dubové dřevo ve směru vláken při vlhkosti 12 % [pevnost_dreva])

$$\tau_{max} = \frac{M_k}{W_k} \Rightarrow M_k = \tau_{max} \cdot W_k = \tau_d \cdot \frac{\pi \cdot D^3}{16}$$

$M_k = 52,3 \cdot \frac{\pi \cdot 6^3}{16} = 2\,218,16 \text{ N} \cdot \text{mm}$. Z výpočtu a ze simulace plyne, že kolík je při namáhání v krutu nejslabším místem. Pro zvýšení odolnosti by proto bylo potřeba zvětšit kolík nebo změnit materiál.

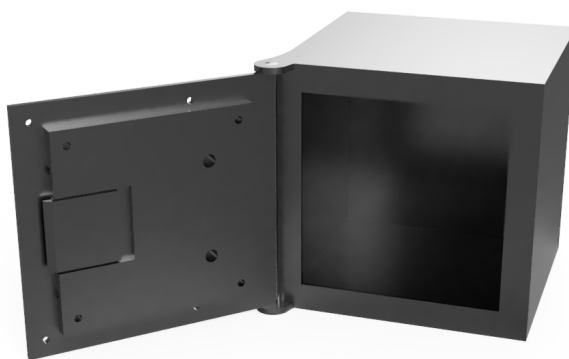
Kapitola 4

Závěr

Příloha A

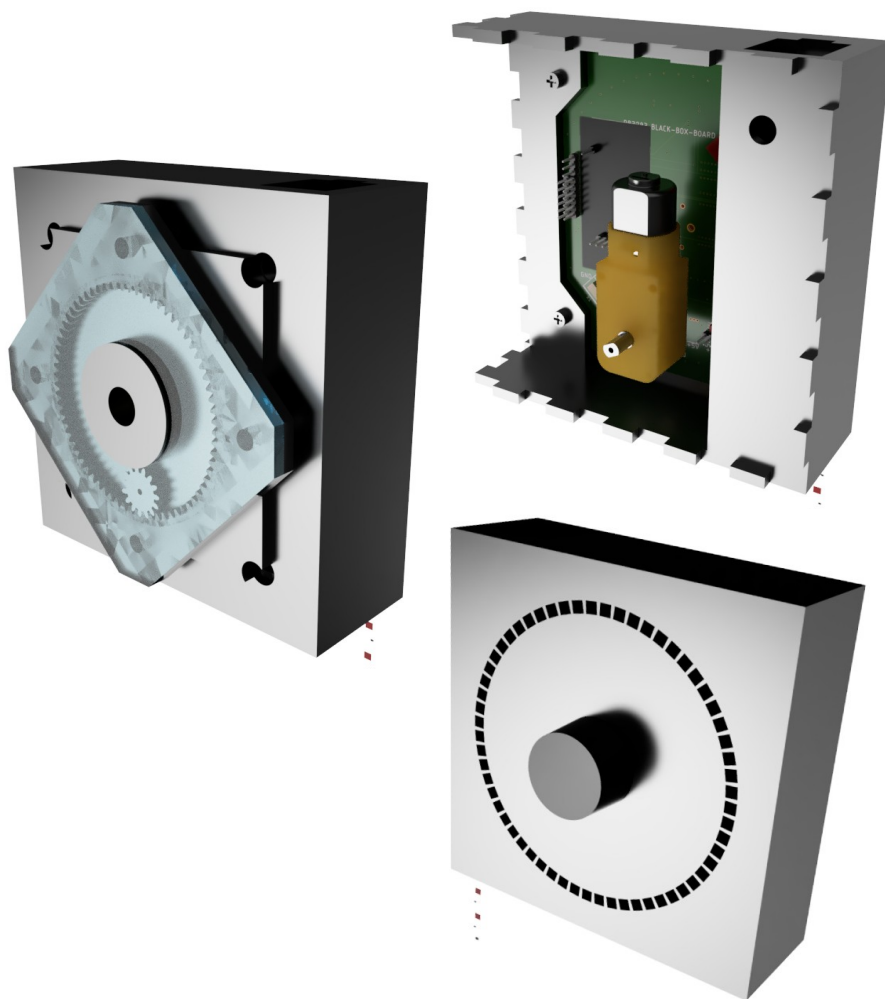
Obrazová příloha

A.1 Vzhled první mechanické varianty



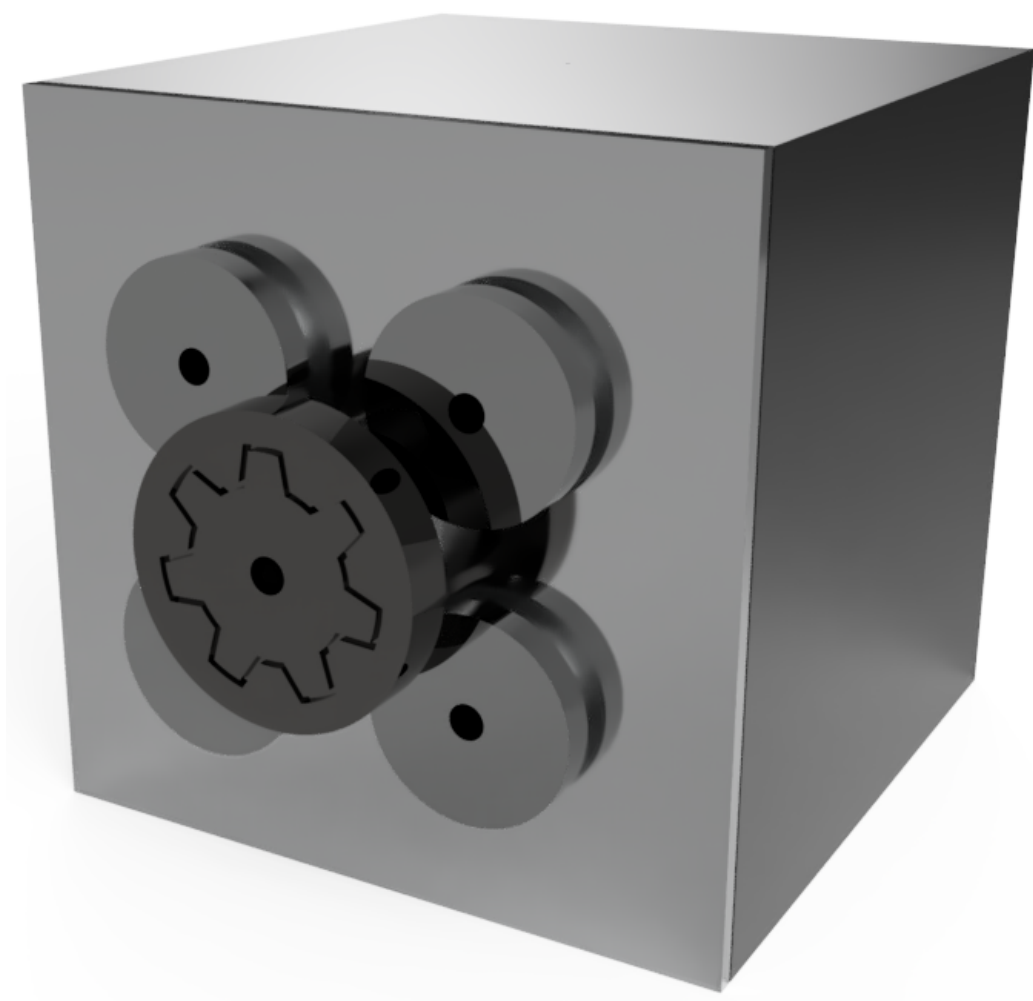
Obrázek A.1: Render varianty M1

A.2 Vzhled druhé elektronické varianty



Obrázek A.2: Render varianty M2

A.3 Vzhled poslední mechanické varianty



Obrázek A.3: Render varianty M3

Příloha B

Ostatní přílohy

Seznam obrázků

2.1	Zelená barva značí kódovací kola, červená západku, modrá pevnou část trezoru a žluté díly distanci	6
2.2	Zamykací mechanismus varianty M2	7
2.3	Render varianty M3	8
2.4	Řez kódovacím kolem trezoru M2 vpravo a řez kódovacím kolem trezoru M3 vlevo	8
3.1	Vzhled mechanismu zamykání u mechanické verze	9
3.2	Náčrt západky	10
3.3	Náčrt distanční desky a stavítka	12
3.4	Náčrt lepícího distančního kroužku	13
3.5	Simulace pokusu o vytržení dveří silou 4 000 N	14
3.6	Simulace pokusu o otevření bez předchozího odemčení při kroutícím momentu 10 000 N·mm, (zobrazeno jen napětí nad 1 MPa)	16
A.1	Render varianty M1	18
A.2	Render varianty M2	19
A.3	Render varianty M3	20

Seznam tabulek

3.1	Tabulka značení veličin pro napětí v kolíku v tahu	15
3.2	Tabulka značení veličin pro napětí v kolíku v krutu	15