

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 čisté 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	12
4	Závěr	16
A	Obrazová příloha	17
A.1	Vzhled první mechanické varianty	17
A.2	Vzhled druhé elektronické varianty	18
A.3	Vzhled poslední mechanické varianty	19
B	Ostatní přílohy	20
B.1	Seznam obrázků	20
B.2	Literatura	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

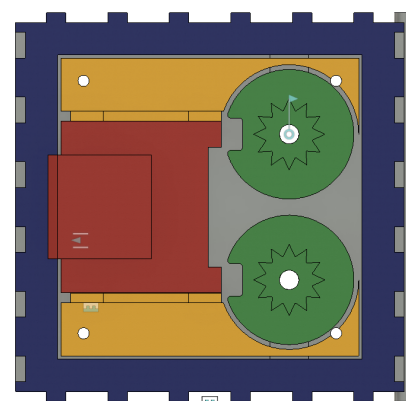
Vývoj mechanického trezoru

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 trezoru tento nápad padl.

Tato varianta se také ukázala jako nevhodná¹ 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).



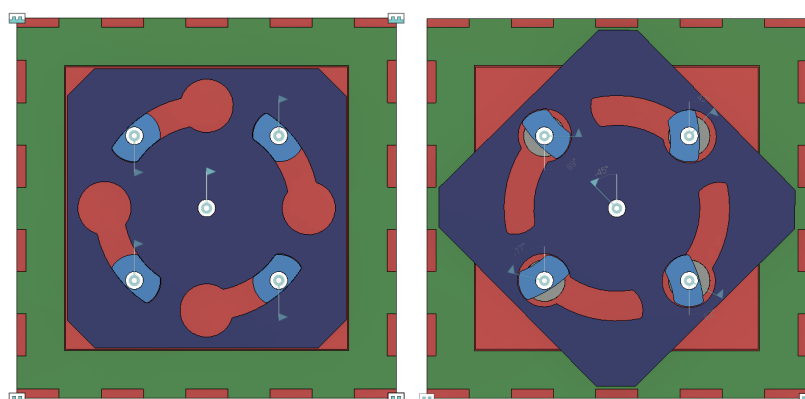
Obrázek 2.1: Zelená barva značí kódovací kola, červená západku, modrá pevnou část trezoru a žluté díly distanci

¹kvůli 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. 19].

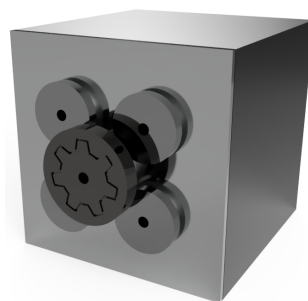


Obrázek 2.2: Zamykací mechanismus varianty M2

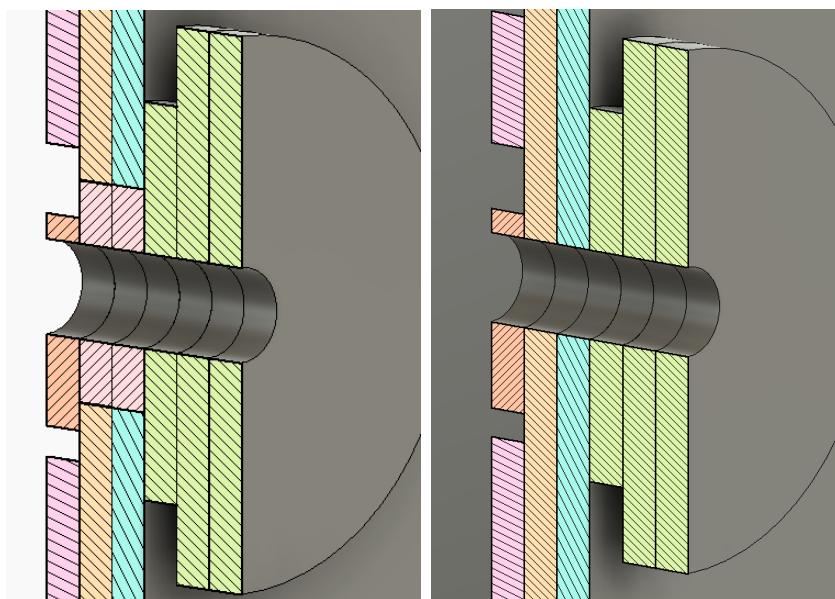
2.3 Třetí verze

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

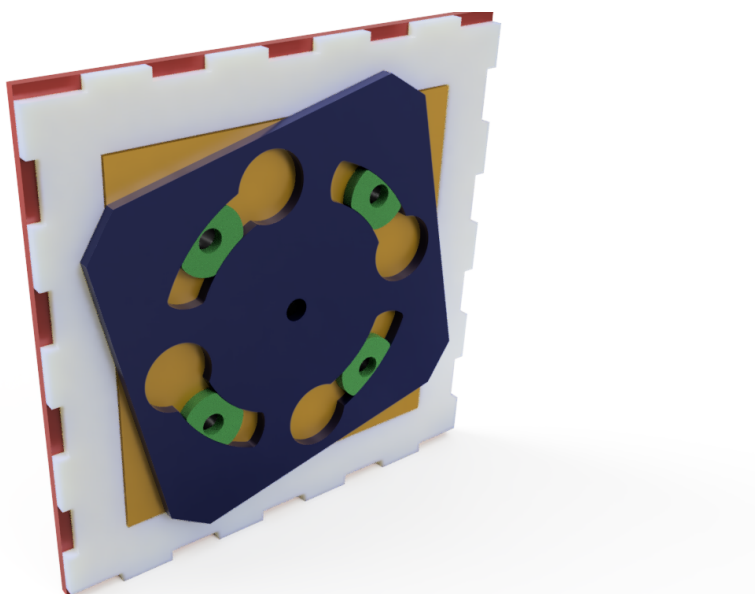


Obrázek 2.4: Řez kódovacím kolem trezoru M2 vpravo a řez kódovacím kolem trezoru M3 vlevo

Kapitola 3

Mechanický trezor

Dnes využívaná varianta je právě M3 s mechanismem zámku ukázaným na [obr. 3.1/str. 9]. V přílohách práce jsou také k této variantě výrobní výkresy.



Obrázek 3.1: Vzhled mechanismu zamykání u mechanické verze

3.1 Popis součástí

Trezor¹ má tvar krychle o délce hrany 128 mm. Násobek šestnácti jsem zvolil kvůli jednoduché návaznosti na tzv. dřívka.² 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].

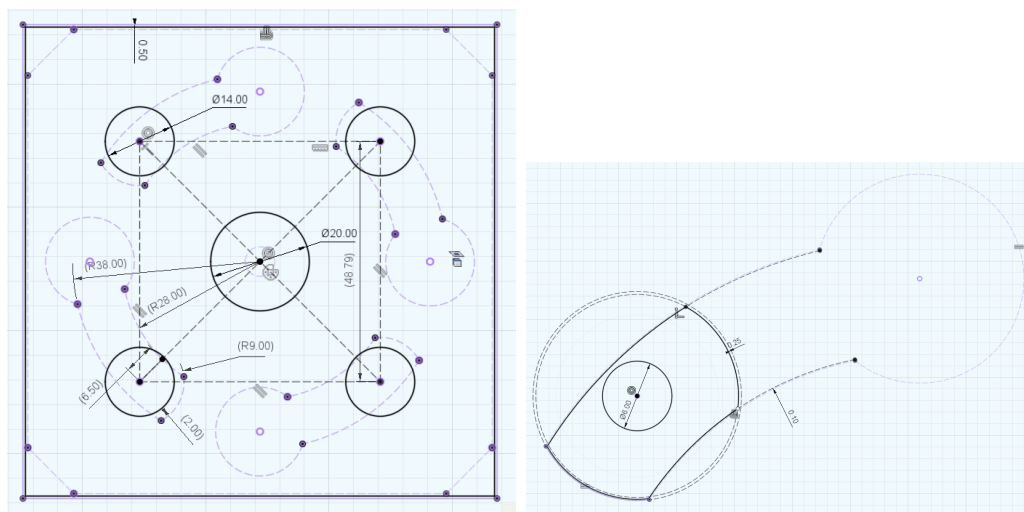
Geometrie západky Protože se západka otáčí, musí pro ni být zajištěn dostatek prostoru, zároveň však otvor pro dveře je lepší mít větší, protože se potom trezor dá použít pro větší objekty. Z tohoto důvodu jsou hrany západky definovány kružnicí o průměru délky vnitřní hrany trezoru. Západka má v rozích 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.

Stavítko, které 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.

¹všechny mechanické verze

²Jedná 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.



Obrázek 3.3: Náčrt distanční desky a stavítka

3.2 Odolnost proti násilnému vniknutí

Základní druhy namáhání, kterým musí trezor odolat, jsou

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

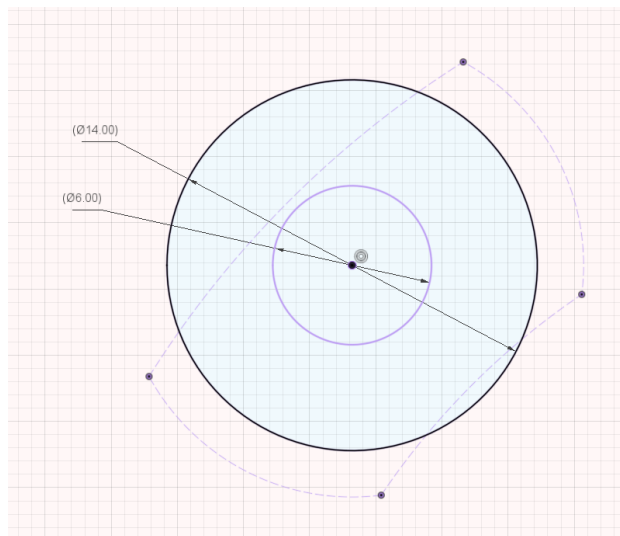
Vytržení dveří

Jedním ze způsobů namáhání mechanismu je vytržení dveří z trezoru.

Západka Ze simulace na obrázku [obr. 3.5/str. 14] vyplývá, že západka odolá pokusu o vytržení se silou 4 000 N.

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



Obrázek 3.4: Náčrt lepícího distančního kroužku

Kolík Při pokusu o vytržení je celá síla přenášena kolíkem.

$\sigma_{max} = 132 \text{ MPa}$ (dubové dřevo ve směru vláken při vlhkosti 12 % [1])

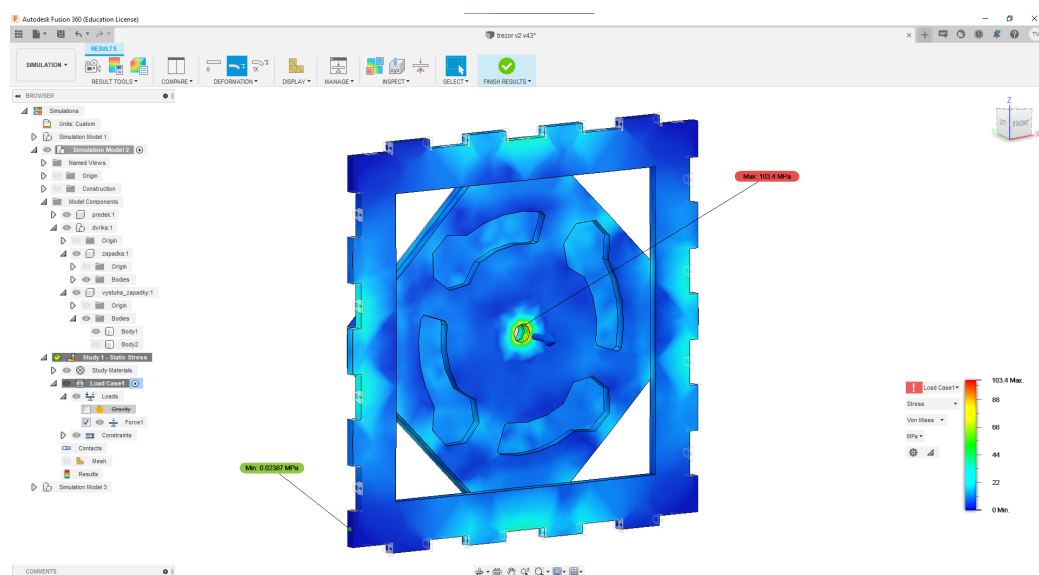
$D = 6 \text{ mm}$

$\sigma_{max} = F/S \Rightarrow F = \sigma_{max} \cdot S = 132 \cdot (\pi \cdot D^2/4) = 3732,21 \text{ N}$, z toho a ze simulace vyplývá, že kolík je při namáhání nejslabším členem.

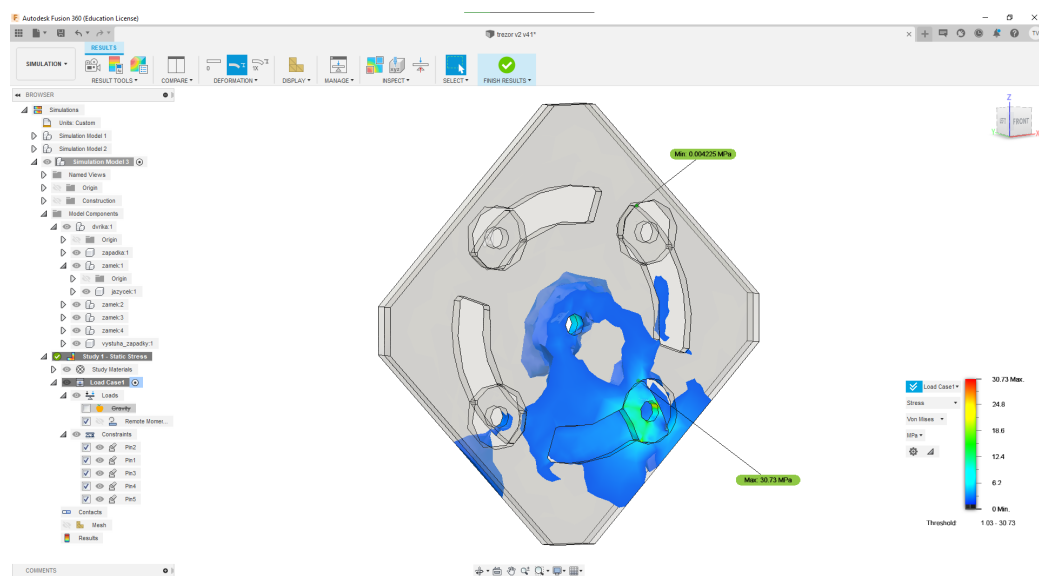
Otevření bez odemčení

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

Západka Ze simulace na obrázku [obr. 3.6/str. 14] vyplývá, že západka odolá pokusu o otevření bez předchozího odemčení za užití kroutícího momentu o velikosti 10 000 N·mm.



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



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

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

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

$\tau_{max} = 52,3$ MPa (dubové dřevo ve směru vláken při vlhkosti 12 % [1])

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

$M_k = 52,3 \cdot \frac{\pi \cdot 6^3}{16} = 2218,16$ N · 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

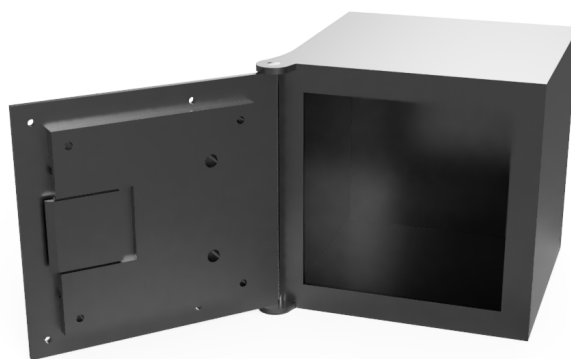
Závěr

Cílem této části mé práce bylo vyvinout čistě mechanický BlackBox pro mechanické stavby a náplň různých kolektivních her. Cíle jsem dosáhl, zařízení je vyrobeno z překližky a dá se jednoduše sestavit za několik desítek minut.

Příloha A

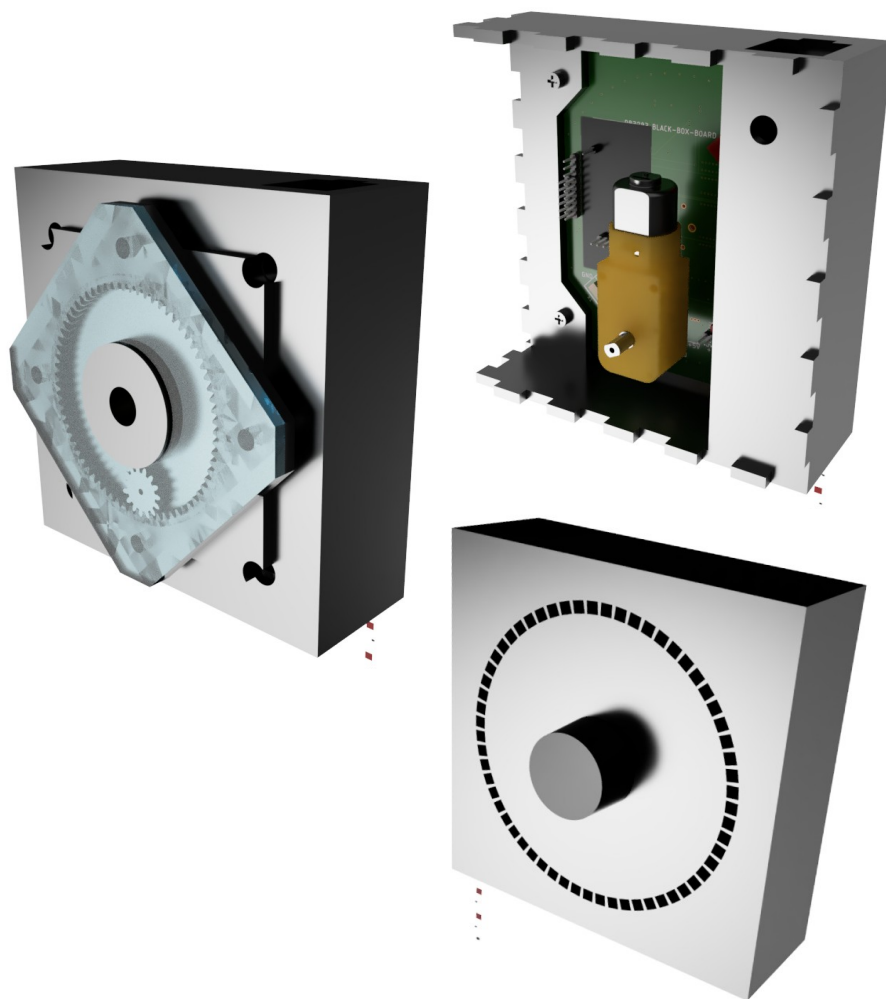
Obrazová příloha

A.1 Vzhled první mechanické varianty



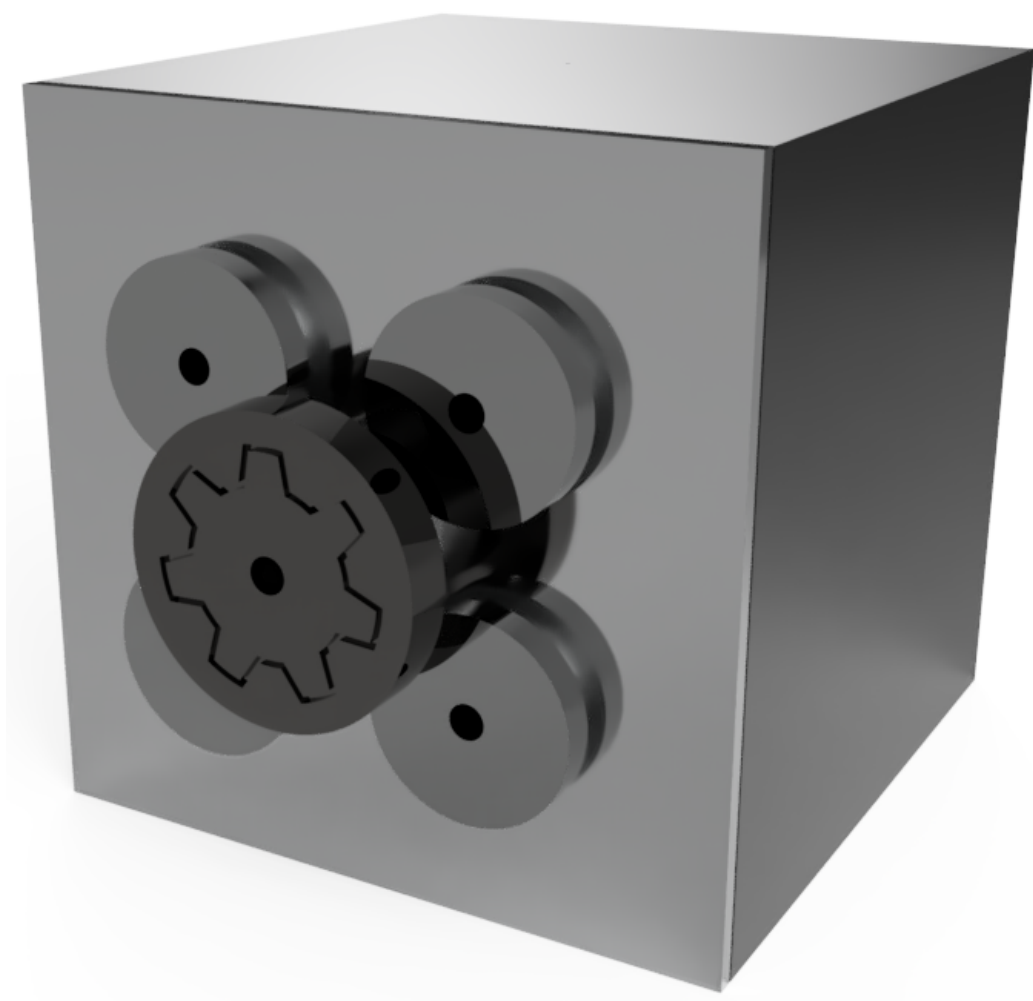
Obrázek A.1: Render varianty M1

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	11
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)	14
A.1	Render varianty M1	17
A.2	Render varianty M2	18
A.3	Render varianty M3	19

Literatura

- [1] *Mechanické vlastnosti dřevin*. URL: https://is.mendelu.cz/eknihovna/opory/zobraz_cast.pl?fit_w=1;cast=9190 (cit. 03.01.2021).
- [2] *DDM Helceletova Brno Robotárna*. URL: <https://helceletka.cz/robotarna/> (cit. 03.01.2021).
- [3] RoboticsBrno. *projekt ALKS*. URL: <https://github.com/RoboticsBrno/ArduinoLearningKitStarter/projects> (cit. 03.01.2021).