

# **STŘEDOŠKOLSKÁ ODBORNÁ ČINNOST**

**Obor: 7. Zemědělství, potravinářství, lesní a vodní hospodářství**

## **Postav si svého druhého robota**

**Tomáš Vavrinec**

**Brno 2020**

**STŘEDOŠKOLSKÁ ODBORNÁ ČINNOST**

**POSTAV SI SVÉHO DRUHÉHO ROBOTA**

**BUILD YOUR SECOND ROBOT**

**AUTOR** Tomáš Vavrinec

**ŠKOLA** Střední průmyslová škola a Vyšší odborná škola Brno, Sokolská, příspěvková organizace

**KRAJ** Jihomoravský

**ŠKOLITEL** Mgr. Miroslav Burda

**OBOR** 7. Zemědělství, potravinářství, lesní a vodní hospodářství

**Brno 2020**

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že svou práci na téma *Postav si svého druhého robota* jsem vypracoval samostatně pod vedením Mgr. Miroslava Burdy a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Dále prohlašuji, že tištěná i elektronická verze práce SOČ jsou shodné a nemám závažný důvod proti zpřístupňování této práce v souladu se zákonem č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a změně některých zákonů (autorský zákon) v platném změně.

V Brně dne: \_\_\_\_\_

---

Tomáš Vavrinec

## **Poděkování**

Děkuji svému školiteli Mgr. Miroslavu Burdovi za obětavou pomoc, podnětné připomínky a hlavně nekonečnou trpělivost, kterou mi během práce poskytoval.

Tato práce byla provedena za finanční podpory Jihomoravského kraje.



## **Anotace**

Robotika se stává čím dál tím významnějším oborem, což s sebou nese i potřebu vzdělávání v tomto oboru. Při výuce robotiky jsou proto potřeba různé pomůcky na kterých se mohou žáci učit potřebné dovednosti. Jednou s takovýchto pomůcek by mohl být například SchoolBoard (viz práce Postav si svého prvního robota), ale pokročilejším studentům již tento hardware nemusí stačit. Proto jsem začal pracovat na novém systémku který má více možností.

## **Klíčová slova**

trezor, ESP32, ESP32 wrover, inteligentní ledky, WS2812, BMX055, LDC1614, LDC1314, open-source hardware

## **Annotation**

Robotics is becoming an increasingly important field, which brings with it the need for education in this field. When teaching robotics, therefore, various aids are needed on which students can learn the necessary skills. Once with such aids could be, for example, SchoolBoard (see the work Build Your First Robot), but for more advanced students this hardware may no longer need suffice. That's why I started working on a new system that has more options.

## **Keywords**

safe, ESP32, ESP32 wrover, smart leds, WS2812, BMX055, LDC1614, LDC1314, open-source hardware

# Obsah

Úvod . . . . .	8
<b>vývoj</b>	<b>9</b>
první trezor . . . . .	9
první mechanická varianta . . . . .	11
druhá elektronická varianta . . . . .	12
druhá mechanická varianta . . . . .	14
Třetí elektronická varianta . . . . .	16
Dnešní mechanická varianta . . . . .	18
dnešní elektronická varianta . . . . .	18
<b>Mechanická varianta</b>	<b>21</b>
<b>Elektronická varianta</b>	<b>22</b>
úvodní shrnutí . . . . .	22
mechanika tlakové desky . . . . .	23
Zpětná západka . . . . .	27
Ukozy . . . . .	31
Elektronika tlakové desky . . . . .	33
<b>Přílohy</b>	<b>38</b>
<b>Literatura</b>	<b>38</b>
Seznam obrázků . . . . .	40
Seznam tabulek . . . . .	41

# Úvod

Na konci července roku 2019 jsem dostal za úkol navrhnout výrobek pro děti na příměstský tábor pobočky D.D.M.Helceletova Brno, Robotárny. Požadavkem byla jednoduchá a levná konstrukce, kterou děti zvládnou sestavit za pár dní a ve zbytku času tábora, si stihnou vyzkoušet základy programování s využitím tohoto výrobcu. Z tohoto důvodu jsem začal vyvíjet elektronický řízení trezor. Původní vize trezoru se ale rychle změnila na poměrně univerzální zařízení kterému zůstala schopnost sloužit jako trezor. Také se přidala čistě mechanická varianta pro mladší účastníky táborů.

# vývoj

Na konci července roku 2019 jsem dostal za úkol navrhnut výrobek pro děti na příměstský tábor pobočky D.D.M.Helceletova Brno, Robotárny. Požadavkem byla jednoduchá a levná konstrukce, kterou děti zvládnou sestavit za pár dní a ve zbytku času tábora, se jim ukážou základy programování s využitím tohoto výrobku. Proto, a i pro poněkud nižší věk účastníků, jsme se s vedoucím Robotárny, Jirkou Váchou, rozhodli jít cestou "trezoru". To byl rozdíl oproti našim běžným výrobkům, které většinou měly možnost pohybu, ale byly pro děti náročnější na výrobu a pochopitelně i cena u nich šla nahoru.

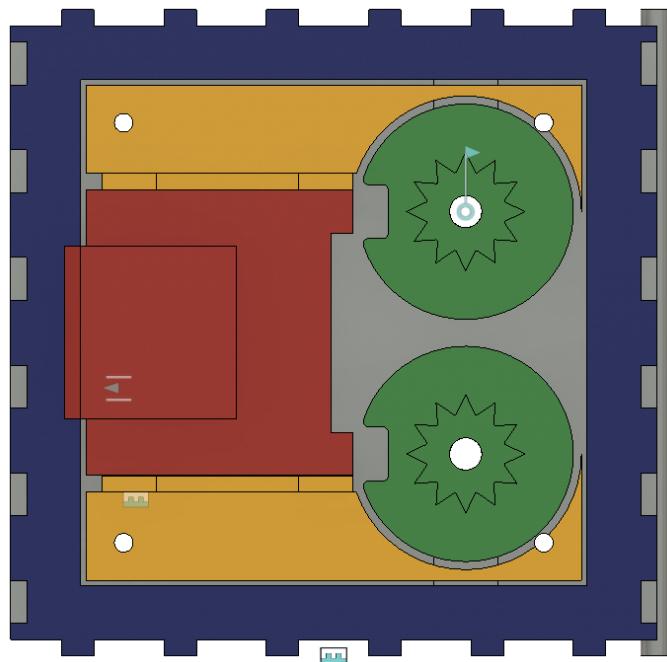
## první trezor

Dal jsem se tedy do kreslení trezoru, pochopitelně ne do nějaké nedobytné pevnosti, ale do malé krabičky, na které se dají ukazovat principy elektrotechnických zámků. Jelikož se mi na podobné výrobky osvědčila jako materiál překližka, navrhoval jsem vše s úmyslem výroby z překližky za využití laseru. Konstrukce byla z velké části přizpůsobená dostupné elektronice, kterou jsem měl k dispozici, a která musela být stejně použita poněkud odlišně než jak byla zamýšlena. Němel jsem totiž čas, a vlastně ani rozpočet, navrhovat a především vyrábět konkrétní elektroniku pro výrobek, který se měl předložit dětem ani ne za týden. Použil jsem tedy starší univerzální desku ALKS ([Arduino Learnikg Kit Starter](#)) kterých jsem měl dostatečnou zásobu. Ovládací prvky, dvě tlačítka, dva potenciometry a tři barevné ledky, tedy celý ALKS jsem umístil na horní stranu trezoru. ALKS má v původní vari-

antě tři tlačítka. Já jsem však jedno musel pomocí magnetu a jazýčkového magnetického konektoru použít jako kontrolu, zda jsou dveře otevřeny či zavřeny. Jako zámek jsem pak použil obyčejné servo SG90, které velice jednoduše zajelo svou páčkou do drážky ve dveřích, a tím jim zabránilo se otevřít. Celý systém pak napájela malá powerbanka, která se dala vyjmout a nabýt, a používala se i ve dvou dalších verzích. Tato konstrukce měla kvůli uspěchanému návrhu spoustu problémů. Většinou však šlo o problémy, které by nebylo těžké odstranit a nebylo tedy třeba předělávat celý koncept návrhu. V těsném závěsu za touto elektronickou variantou, jsem ale dostal požadavek i na čistě mechanickou verzi trezoru. To byl následně jeden z velkých důvodů velkých změn, a to i změny samotného konceptu zařízení.

## první mechanická varianta

První, čistě mechanická varianta, vznikla začátkem srpna 2019, chvíli po výše obšírněji popsané elektronické variantě. Měla stále poměrně klasický vzhled trezoru, tedy zamyskatelná skříňka, která obsahovala dvě kola, která ovládala možnost pohybu jednoduché západky. Na rozdíl od jeho elektronického předchůdce bylo vše zajímavé uvnitř dveří. Také byla určená jako základ pro případný upgrade na elektronickou variantu. Na podobné vylepšení mělo stačit odstranění kódovacích kol a přidělání elektronické části. Toto sice fungovalo obstojně, zároveň i jako motivace, ale kvůli pozdější změně konceptu mechanizmu tento nápad padl. Tato varianta však nebyla, kvůli přílišným nárokům na přesnost, vhodná pro stavbu s malými dětmi, pro které byla určena jakožto předstupeň k variantě elektronické (která vyžaduje i znalosti, nebo alespoň ochotu k učení, programování).

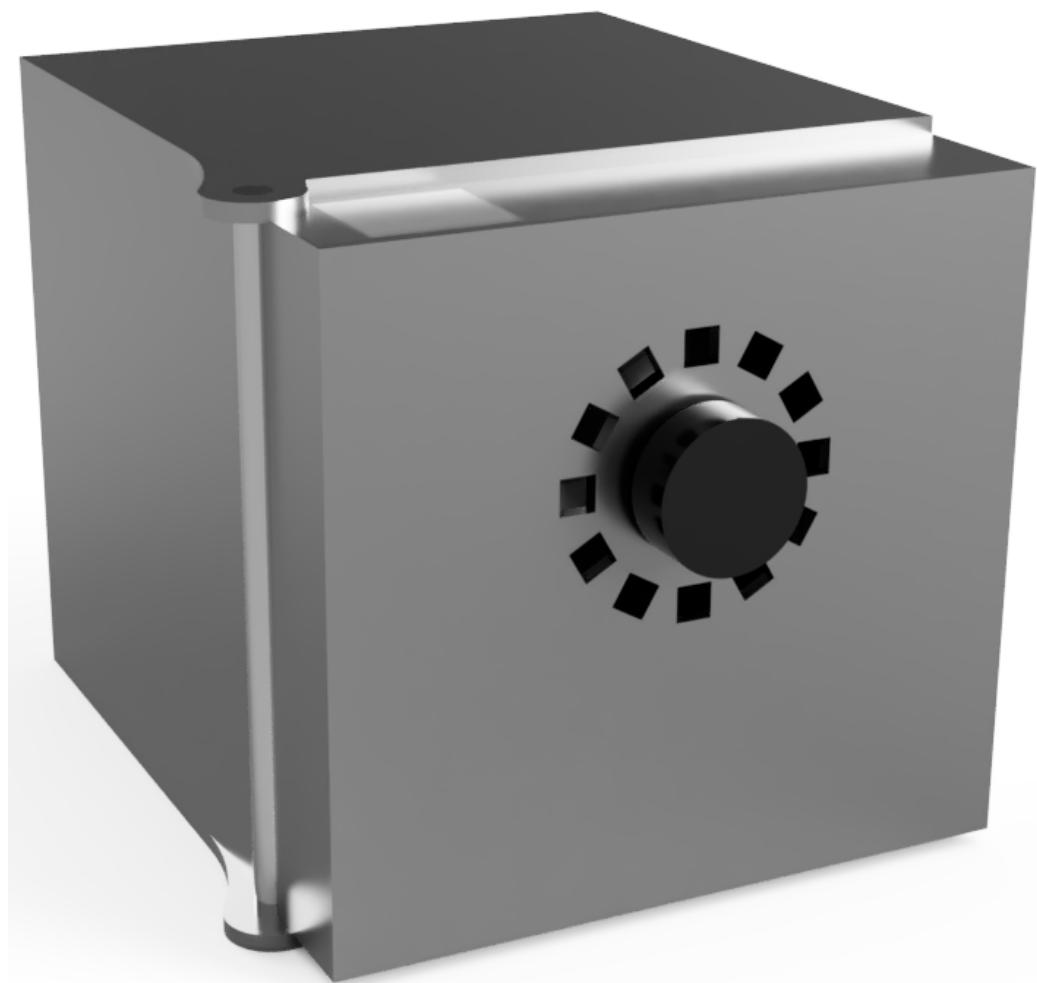


Obrázek 1: zelená značí kódová kola, červená západku, modrá pevnou část trezoru(otvor) a žluté díly tvoří distanci

## **druhá elektronická varianta**

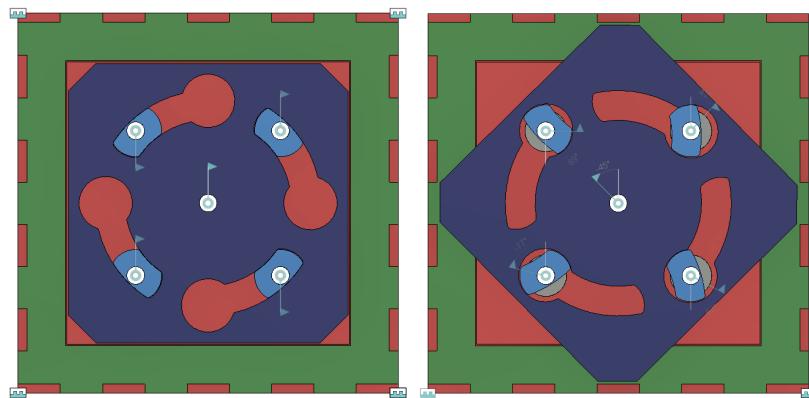
Druhá verze elektronické varianty testovala použitelnost signalizačního kruhu, o dvanácti ledkách, kolem uprostřed dveří umístěného enkodéru. Jako základ trezoru jsem použil první mechanickou variantu, ze které jsem odstranil zamykací kola a doplnil o servo, řídící elektroniku a již zmínění kruh ledek a enkodér. Vzhledem k tomu, že se jednalo jen o hrubý prototyp, tak neměl specializovanou desku a elektroniku - tedy tvořila jen změť kabelů a kousek univerzální desky, takže nemám elektronickou variantu tohoto zapojení.

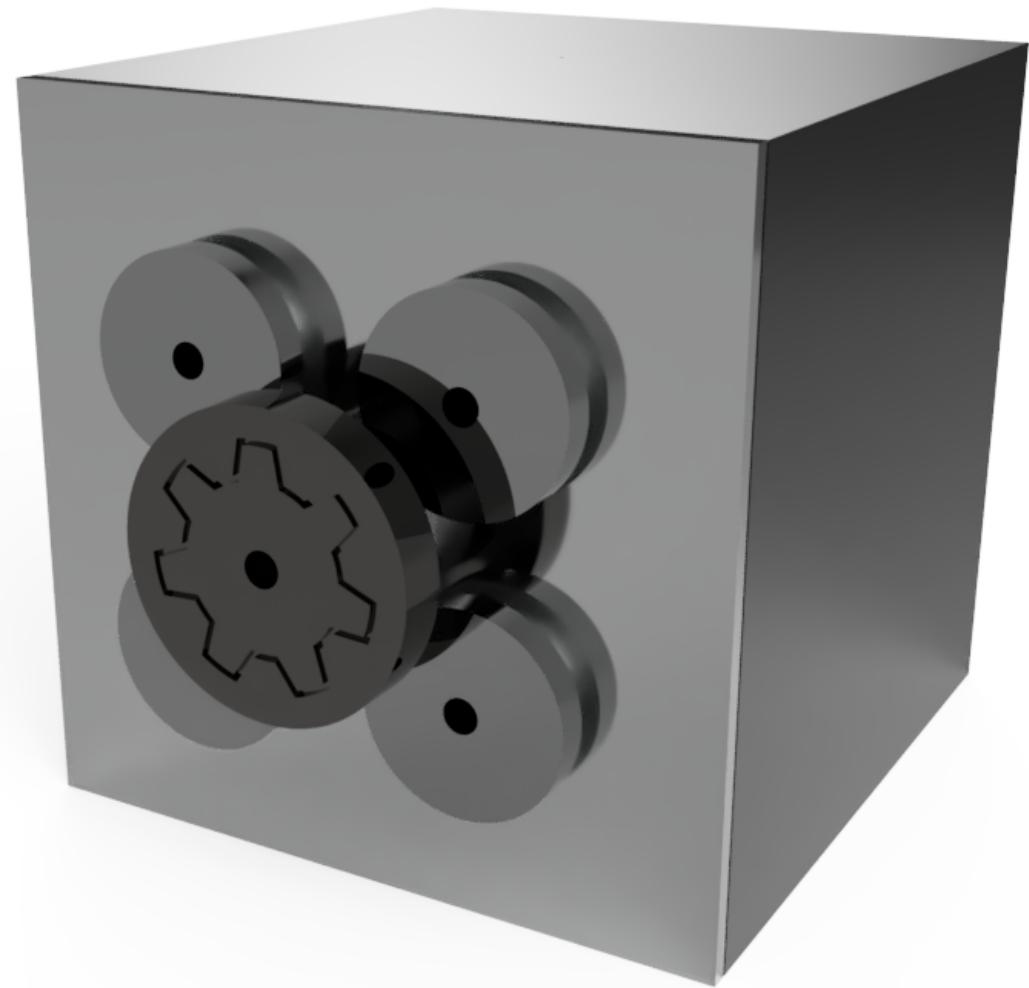
Trezor měl pro komunikaci s uživatelem tedy kruh o dvanácti ledkách a jeden vstupní prvek, enkodér s tlačítkem. Ovládání tedy bylo od tohoto odvozené a trezor se zmáčknutím zapnul a tlačítko pak dál sloužilo jako potvrzování výběru. Člověk tak mohl pomocí enkodéru otáčet jedinou rozsvícenou ledku a stiskem potvrdit, vstupní kód tedy mohl vypadat například jako čas, a uživatel ho zadal na kruhu odvozeném od ručičkových hodin, proto právě dvanáct ledek. Konkrétní ovládání je pochopitelně závislé na nahraném programu a mohlo by se tedy jednoduše změnit do libovolné podoby - to co popisují je jen konkrétní možnost, kterou jsem použil.



## druhá mechanická varianta

Druhá mechanická varianta má oproti první verzi daleko větší počet možných kombinací. Ovládá se pěti koly, z nichž čtyři zajišťují heslo a páté otáčí s rotační západkou, které drží dveře na svém místě. Tato varianta taky přichází z možností dveře úplně oddělit od skříně trezoru. To by při využití jako trezor, který má za úkol jen ochraňovat svůj obsah, sice nepřinášelo žádný velký užitek, ale při mé využití, spíše jako herní prvek než trezor, to může být užitečné.

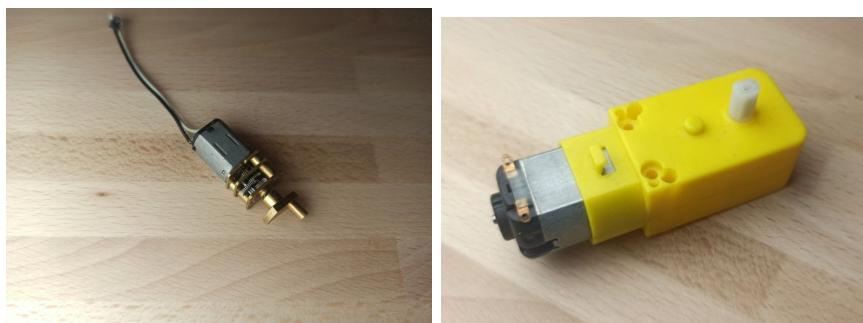




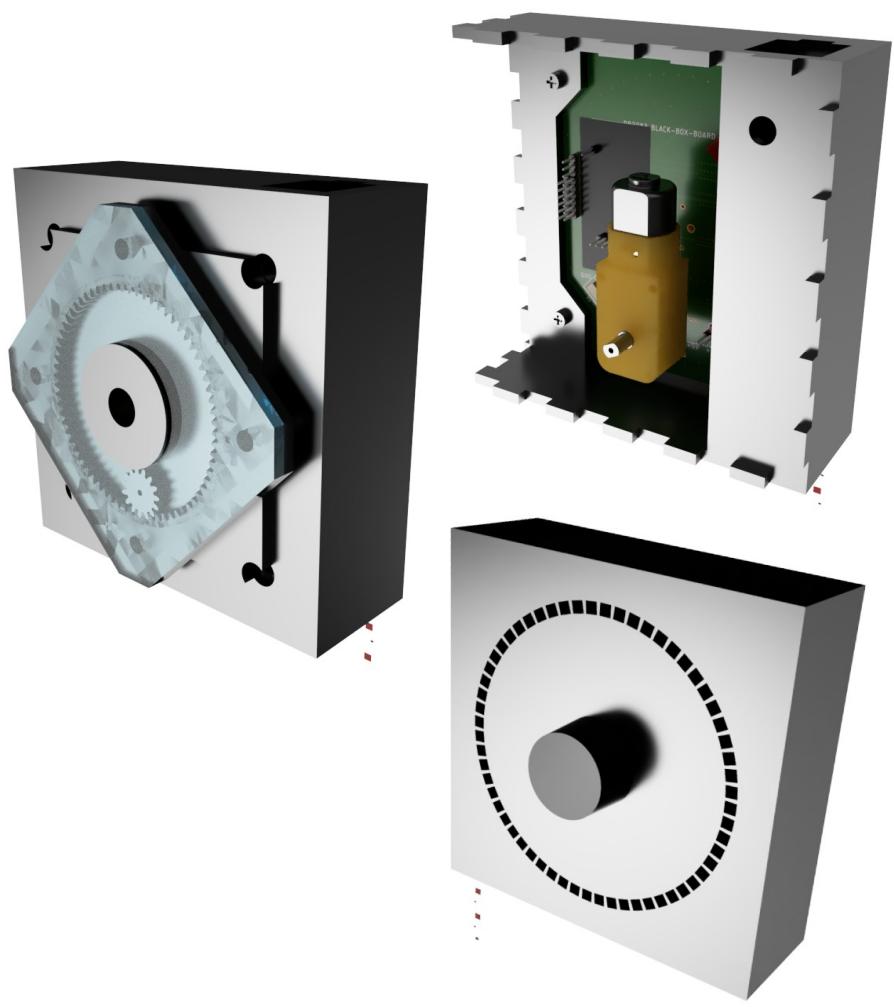
## Třetí elektronická varianta

Třetí verze elektronické varianty do značné míry vycházela z předchozí, druhé verze, a dále na ní stavěla. Asi nejzjevnější změna bylo navýšení počtu ledek z dvanácti, jakožto hodiny, na šedesát jakožto minuty, což pochopitelně znamenalo i zvětšení kruhu. Na desku se ale přidaly i nové funkcionality, a to gyroskop, pro možnost znalosti náklonu zařízení, akcelerometr, pro znalost směru a velikosti zrychlování, magnetický kompas, pro určení světových stran, RTC (Real Time Clock, hodiny reálného času), pro znalost přesného času a také GPS pro možnost určení své polohy. Také jsem použil, po vzoru mechanické varianty, rotační západku, což znamenalo, že na stejný trezor se daly použít jak mechanické tak elektronické dveře.

Tato verze měla dvě podverze, které se lišily motorem.



Přes velké množství funkcí jsem, kvůli několika věcem ale opět koncept přepracoval. Hlavním důvodem změn bylo náročné uložení rotační západky, které vyžadovalo ozubený věnec a několik dalších tisknutých dílů.



## Dnešní mechanická varianta

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



## dnešní elektronická varianta

Čtvrtá elektronická varianta byla co se elektroniky týče přímým pokračováním předchozí verze. Hlavní dvě věci, co se změnili, bylo ovládání a princip zamykání.

Princip mechanizmu Zamykání je založeno na mechanizmu bajonetu a zamčení je zajištěno západkou, která zabraňuje zpětnému otočení. Západka je ovládána motorem, který otáčí magnetem a tak přitahuje nebo odpuzuje magnet na západce. Důvodem pro magnetické ovládání byla možnost západku ovládat i přes pevnou stěnu a také pružné spojení které takto vznikne, takže se trezor například dá zavřít i když je už zamčen (když například dveře nejsou dovrženy).

**Shrnutí změn z minulé verze** Trezor získal možnost komunikace pomocí IR, pro možnost identifikace různých dveří, dále získal magnetický enkodér, pro možnost snazšího ovládání motoru zámku. Další inovací byl programovací systém s USB-C, na místo USB-micro jako dřív. Tento programátor si má možnost úplně odpojit napájení, a to v rámci šetření energie, když ho trezor nevyužívá, a zároveň možnost zákazu přeprogramování. Podstatnou změnou také bylo rozdělení elektroniky do dvou různých desek, protože na jedné by nebyl dostatek místa. Jedna deska tak obsahuje ledkový kruh a čip



LDC1614 nebo LDC1314 se čtyřmi cívkami, které měří vzdálenost tlakové desky. Na druhé desce pak bylo vše ostatní, tedy procesor, akcelerometr, gyroskop, magnetický kompas, RTC (Real Time Clock, hodiny reálného času), barometr, IR vysílač a přijímač, magnetický enkodér, programátor, řešení napájení, řízení motoru a nabíječka.

**Ovládání** Předchozí varianty měli jako hlavní ovládací prvek enkodér s tlačítkem, ten jsem v nynější variantě odstranil, aby přední stěna neměla podobný velký výstupek. Proto jsem tento prvek nahradil indukční tlakovou deskou, která vyplnila vnitřek kruhu ledek. Zbytek ovládání víceméně přetrval, jen kvůli nedostatku času a pandemií způsobenému nedostatku součástek, trezor přišel o GPS. Na druhou stranu získal barometr s rozlišením schopným detektovat změnu výšky o půl metru.

**Napájení** Předchozí verzím sloužila jako napájení powerbanka. Ta však kladla poměrné velké omezení, dokázala poskytnout proud pouze jedné ampéry, a proto jsem jí nahradil vlastním zdrojem, dvěma baterkami 18650. To však samozřejmě znamenalo nutnost vlastního řešení stabilizace napětí, díky čemuž trezor dostal stepup, který spíná napětí z 3.5V až 4.2V na 5V, a původně stepdown, později lineární stabilizátor, který poskytoval 3,35V. Trezor také dostal vlastní nabíječku, aby stačilo připojit kabel, stejně jako třeba u mo-

bilu.

# Mechanická varianta

# Elektronicka varianta

## úvodní shrnutí

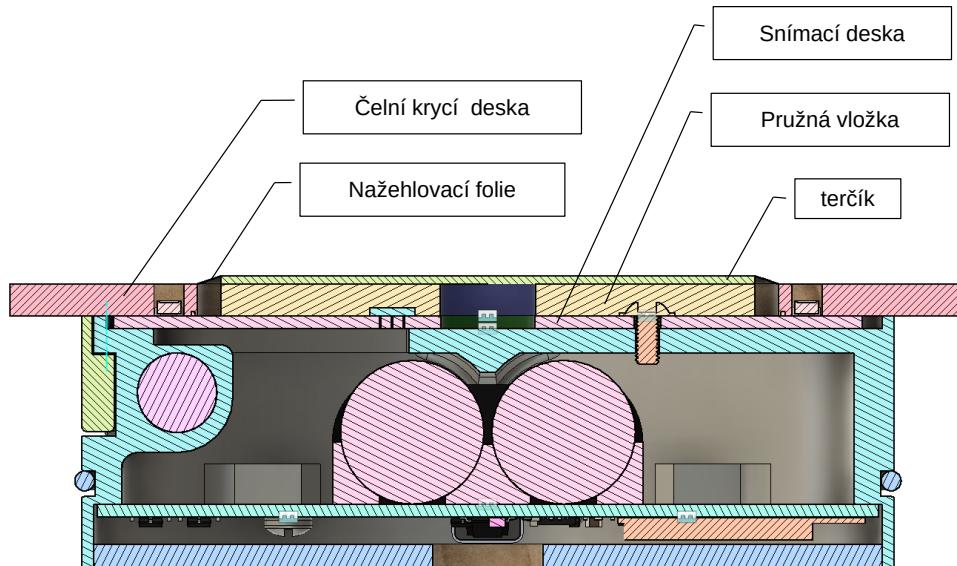
Dnešní vzhled elektronické varianty, se zamyká pomocí mechanizmu bajonetu a magneticky řízené zpětné západky. Elektronika je pak vybavena čipem ESP32, který obsahuje dva procesory Xtensa LX6, WiFi a bluetooth. Dále je trezor vybaven čipem BMX055 nebo dvojicí čipů MPU6050 a QMC5883 které poskytují gyroskop, akcelerometr a magnetický kompas. Dále je sde SPL06, barometr s přesností měření 0,06hPa což umožňuje rozeznat změnu nadmořské výšku o polovinu metru. Další systém trezoru je IR přijímačem a vysílačem, který je zde pro možnost jednoznačné identifikace dveří ale pochopitelně muže sloužit i pro jiný učel. Deska je také vybavena hodinami reálného času, vlastní programátor pro usnadnění programování a vedle ESP32 asi nejvýznamnějším čipem, LDC1614, případne LDC1314, který umožňuje funkci tlakové plochy.

<b>ESP32</b>	dva procesory Xtensa LX6, WiFi a bluetooth	
<b>BMX055</b>	gyroskop, akcelerometr, magnetický kompas	můžno nahradit dvojicí čipů MPU6050 a QMC5883
<b>SPL06</b>	barometr	rozlišení až 0,06hPa což umožňuje rozeznat změnu nadmořské výšky o 0,5m
<b>IRM-H936 a IR led</b>	IR komunikace	
<b>LDC1614</b>	snímání tlakové desky	počítá se s možnou záměnou za LDC1314
<b>CP2102</b>	programátor	s hardwarově zajištěným odpojováním napájení pokud není využíván

Tabulka 1: shrnutí elektronického vybavení

## mechanika tlakové desky

Indukčně snímaná tlaková deska, funguje díky čtyřem cívkám, na desce plošných spojů, které mění svojí indukčnost podle vzdálenosti snímané desky, terčíku. Z tohoto důvodu se terčík při používání naklání, čímž zároveň mění svojí vzdálenost od jednotlivých cívek. Z toho také plyne nutnost uložit terčík částečně volně. Terčík je proto od snímací desky oddělen pružnou vložkou, která je zároveň předepnuta pomocí nažehlovací folie která kryje přední stranu dveří, a spojuje terčík s čelní krycí deskou. Díky nažehlovací folii je také přední část dveří voděodolné.

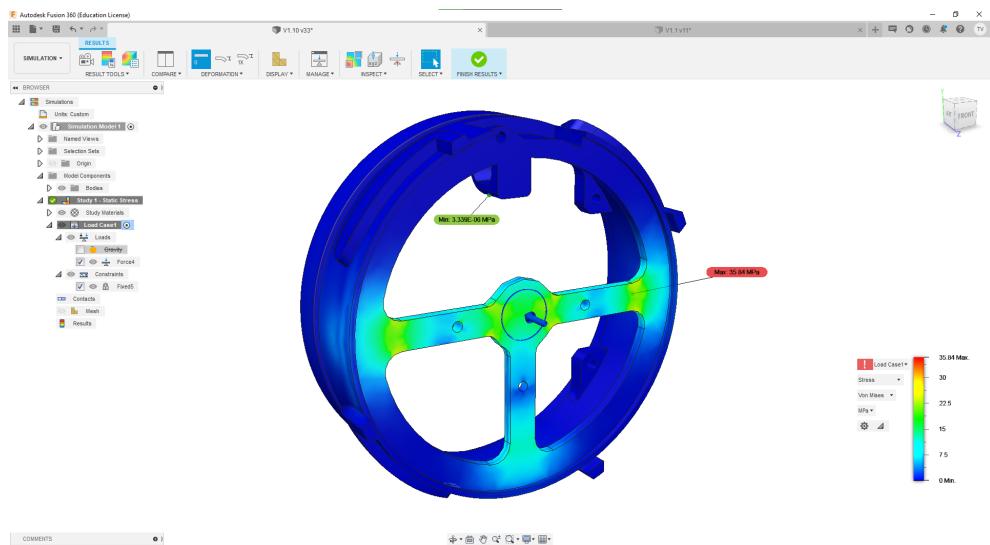


Obrázek 2

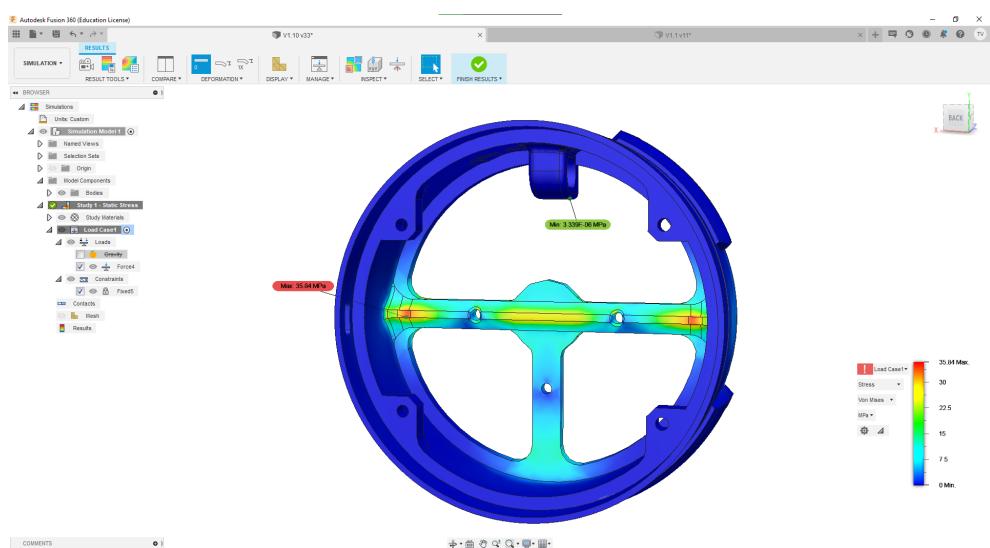
Tlaková deska zárově počítá s možností působení síly o velikosti až 500N, což samozřejmě zároveň znamená že tělo dveří tomuto zatížení musí odolat. Vzhledem k tomu že nemám možnost vyrobit tělo z kovu, a jsem odkázán na 3D tisk a laserovou řezačku, a zároveň chci mít dveře co možná nejmenší,

musel jsem napočítat kritické části napřesno. Z tohoto důvodu jsem v programu Fusion 360, ve kterém jsem trezor vyvíjel, dělal simulace, kterou zde přikládám.

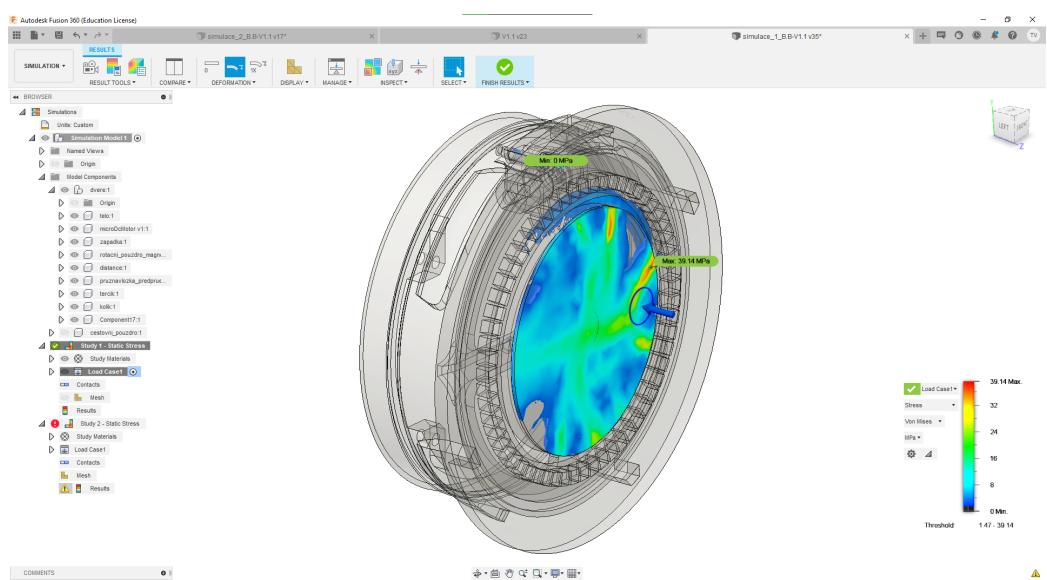
Jako materiál těla jsem v první fázi zvolil standardní fotopolimer pro tiskárny typu SLA, s pevností v tahu 46 až 67 MPa. V budoucnu bych ale chtěl tělo odlévat z nějakého houževnatého polyuretanu, aby se zlevnila výroba a zároveň stoupala odolnost.



Obrázek 3



Obrázek 4: Tato simulace testuje působení síly přímo na tělo, což není působení které by v provozu nastávalo. Takovéto namáhání je ale o dost náročnější než to které by reálně nastalo.



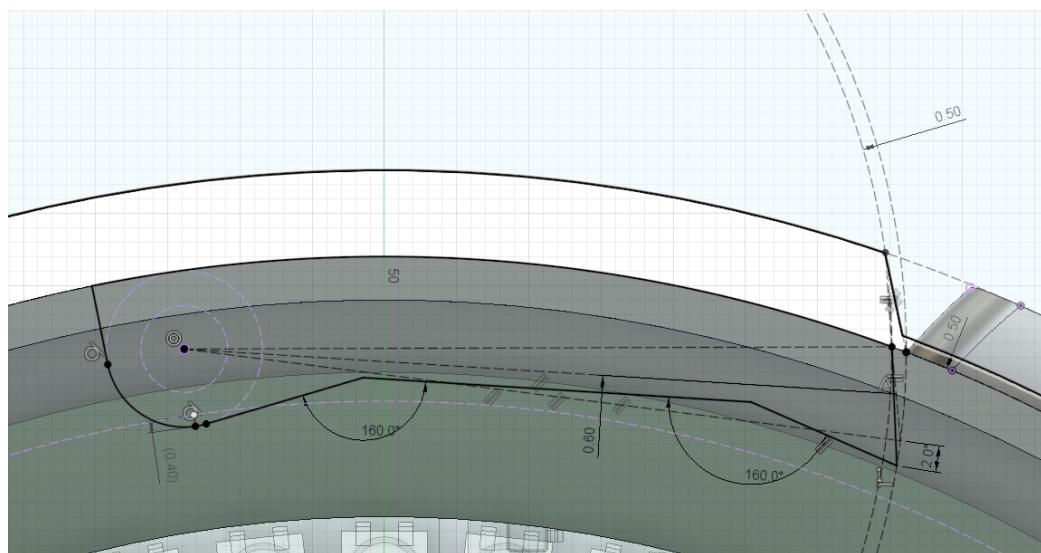
Obrázek 5: jak je vidět tak i silu 100N dokaže sendvič z terčíku, pružné podložky a snímací desky, rozložit na dostatečnou plochu aby napětí v těle nestouplo nad cca 3MPa. Na obrázku je zobrazené jen napětí nad 1.5MPa

## Zpětná západka



Obrázek 6: Zpětnou západkou pohybuje motor pomocí magnetu. Pro zajištění voděodolnosti je motor od západky oddělen stěnou, což je také jeden z důvodů použití magnetického spojení.

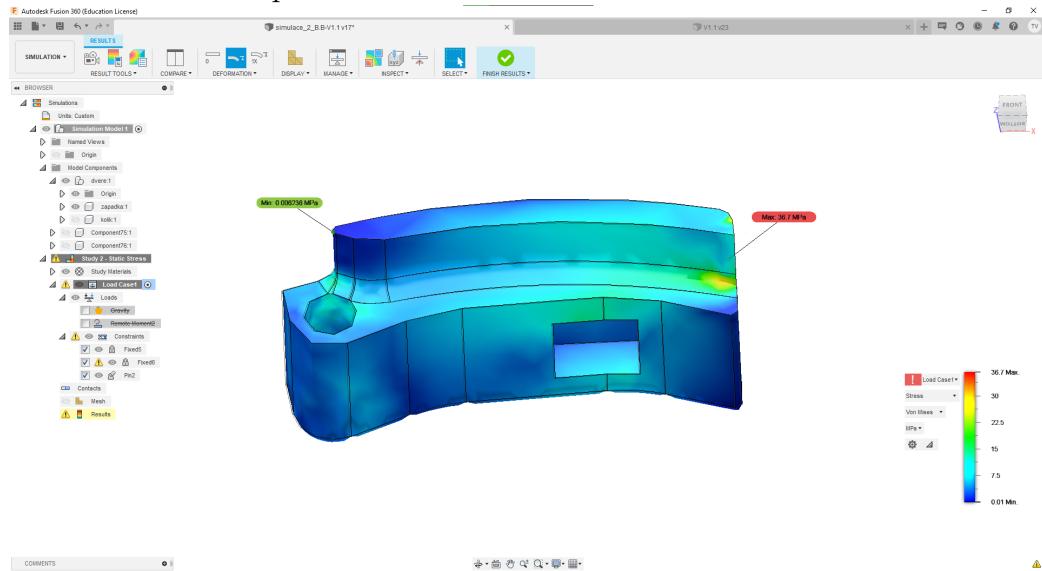
**Sklon čela** Aby při zamčení západka doléhala na otvor trezoru, a zároveň neměla příliš velkou vůli, je potřebné správně navrhnut tvar západky. Jednou z možností je navrhnout čelní plochu jako část válcové plochy. Tato plochu také musí být zároveň v otvoru pro dveře. Sice teoreticky není problém jí na FDM tiskárně vytisknout, pro západku, a na laseru vypálit v otvoru, ale výsledná plocha je hlavně u tisku nevzhledná a je třeba jí obrousit do požadovaného vzhledu. Obrousit válcovou plochu je však náročnější než plochu rovnou, zvlášť v otvoru trezoru, a je tedy pro mě výhodnější navrhnout tuto plochu jako rovinu a jen jí správně sklonit. Špatně navržený sklon by se projevil bud' přílišnou vůlí což by znamenalo, že by se dveře v trezoru viklaly a nebo by západka nebyla samosvorná což by se projevilo možností trezor otevřít větší silou i bez jeho odemčení.



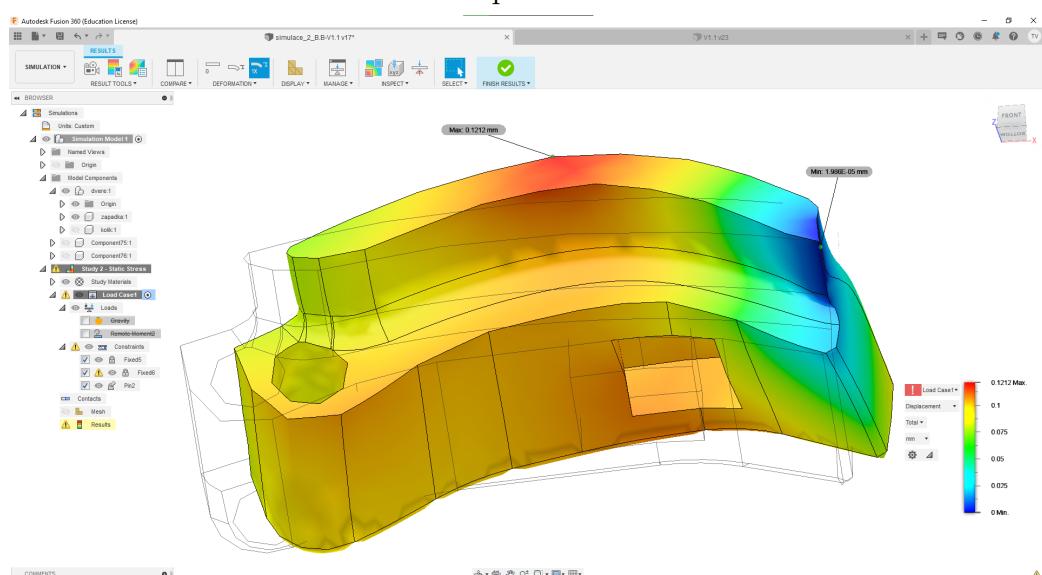
Obrázek 7

**západka v průběhu vývoje** Západka se ve vývoji pochopitelně objevila společně s bajonetem ale v první verzi byla jen částí těla dveří a teprve v dalších verzích se stala samostatnou součástkou. První tělo využívající bajonet jsem tiskl na FDM tiskárně z plastu PLA a západka byla jen jeho pružnou částí. Toto řešení sice z počátku fungovalo a mělo výhodu jednoduší výroby, ale PLA po několika měsících začalo ztráct pružnost a západka se už nepohybovala v celém rozsahu. Toto jsem z počátku chtěl řešit samostatnou západkou ve spojení s tažnou pružinou. Pružina však nebyla třeba a naprostě stačí magnet na motoru a v západce. Západka proto zůstala v této podobě a jen se přidala mechanická přepážka kvůli voděodolnosti.

**simulace odolnosti proti násilnému vniknutí** Vzhledem k tomu že západka je součást která při zamčení brání otevření je třeba aby odolala při pokusech dveře otevřít bez odemčení.



Obrázek 8: simulace napětí v západce při kroutícím momentu 5000 N\*mm což na rameni 48mm znamená sílu působící na kolík 104N

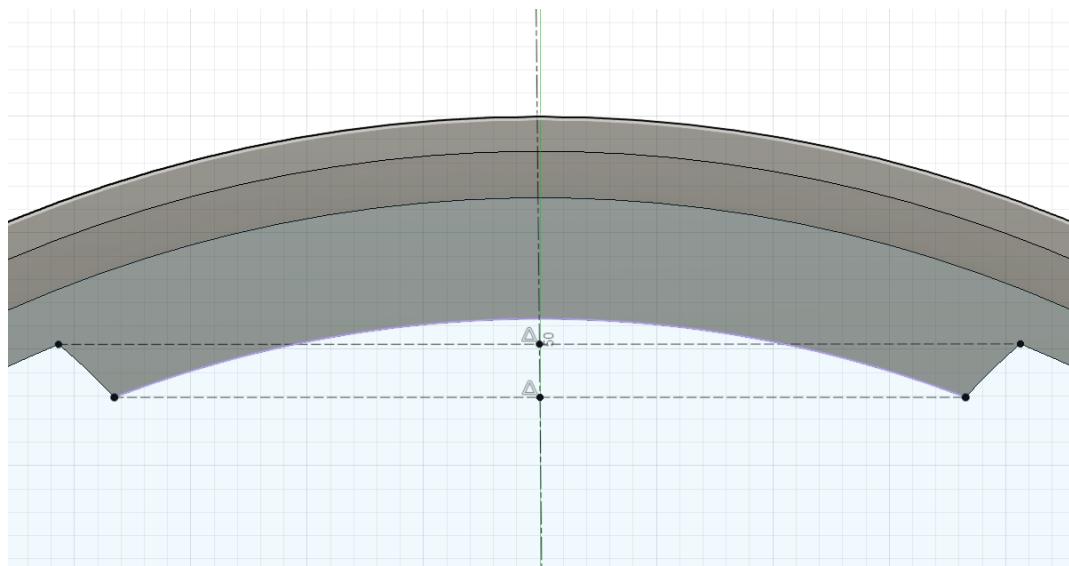


Obrázek 9: zobrazení deformace, pro lepší zobrazení je deformace zdesezinásobená

## Ukozy



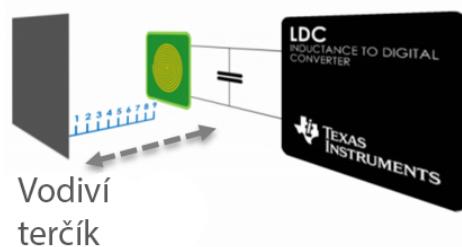
Obrázek 10: Aby bylo jednoduší při zavírání dveře správně natočit, mají zarážky na vnitřní straně velké úkosy, které tak zvětšují na vnitřní straně vůli a při zasouvání navedou dveře do správné pozice.



Obrázek 11: Zarážky na obvodu otvoru mají obě kontaktní plochy stejné. Sice by mohlo být výhodné přizpůsobit tvar strany, kolem které se pohybuje západka, pohybu západky. Západka by tak mohla mýt vedení v průběhu celého pohybu. Pro symetrii jsem se však rozhodl kvůli možnosti díl s otvorem otočit. To je výhodné při stavbě s dětmi, kvůli zmenšení počtu chyb kterých se děti můžou při stavbě dopustit, a stráta vedení není tak zásadní.

## Elektronika tlakové desky

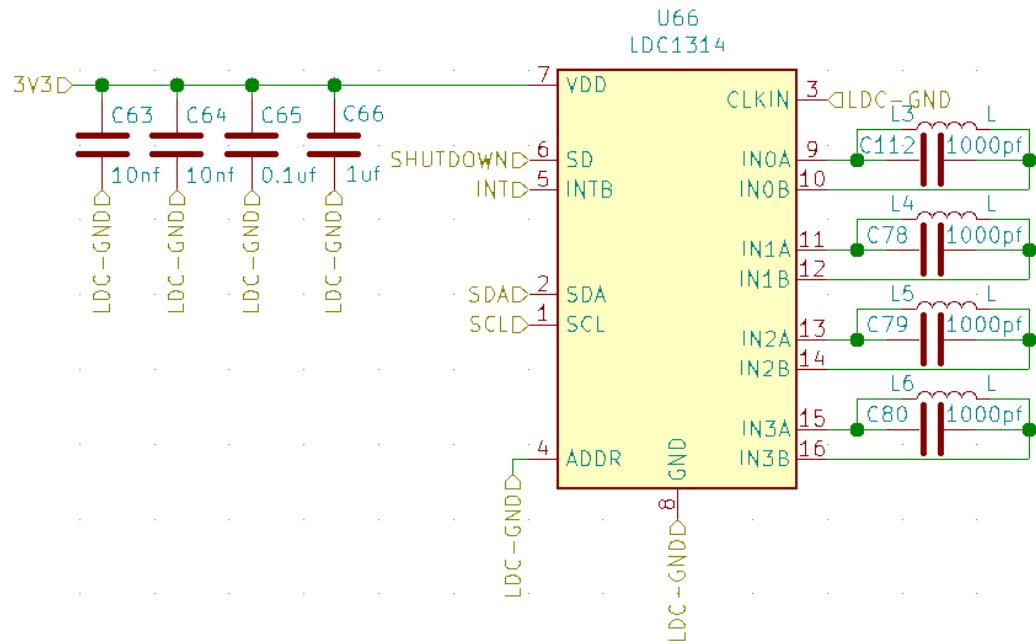
Tlaková plocha se díky pružné podložce a nažehlovací folii muže ve všech směrech naklánět a díky tomu se při používání mění vzdálenost od čtyř snímacích cívek. Tlaková plocha je primárně terčík, který slouží jako jádro cívky, která zvětšuje svou indukčnost když se terčík přibližuje a naopak.



Obrázek 12

Pro snímání indukčnosti používám čip [LDC1614](#) nebo [LDC1314](#) které se liší prakticky jen rozlišením. LDC1314 disponuje dvanáctibitovým AD převodníkem a LDC1614 dvacetiosmibitovým AD převodníkem, a je tak schopen detektovat pohyb terčíku s rozlišením až na 10 nm.

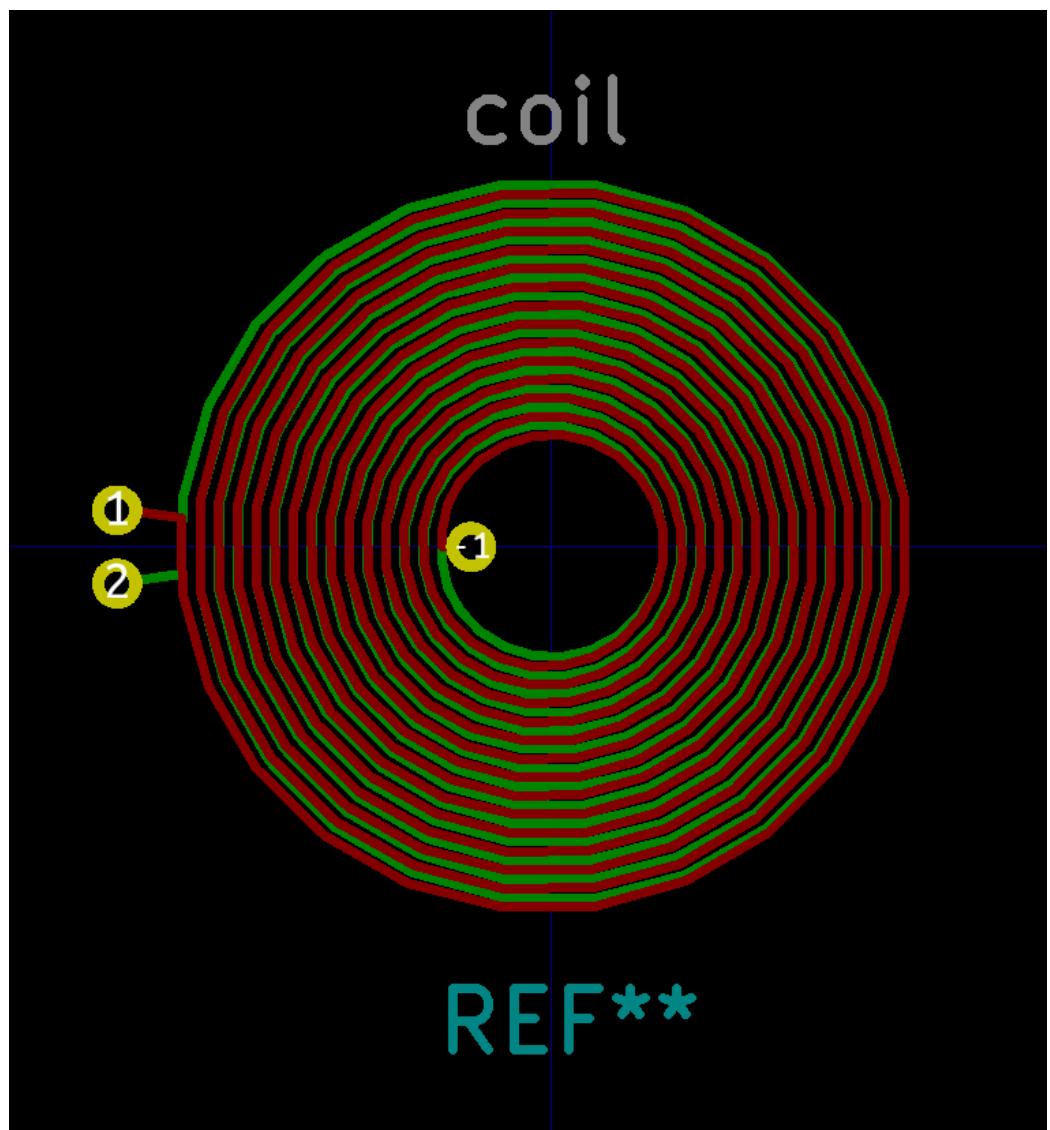
Čip LDC komunikuje po sběrnici I2C která umožňuje komunikaci jednoho mastera, čip který řídí komunikaci, a až 128 sliv, čipy které přijímají příkazy od mastra a maximálně mu odpovídají. LDC také umožňuje volbu ze dvou I2C adres, aby se dali použít dva tyto čipy na jednom I2C, nebo aby se dala změnit případná kolize s jiným čipem který by měl stejnou adresu.



Obrázek 13: zamojení čipu LDC1314 na desce trezoru

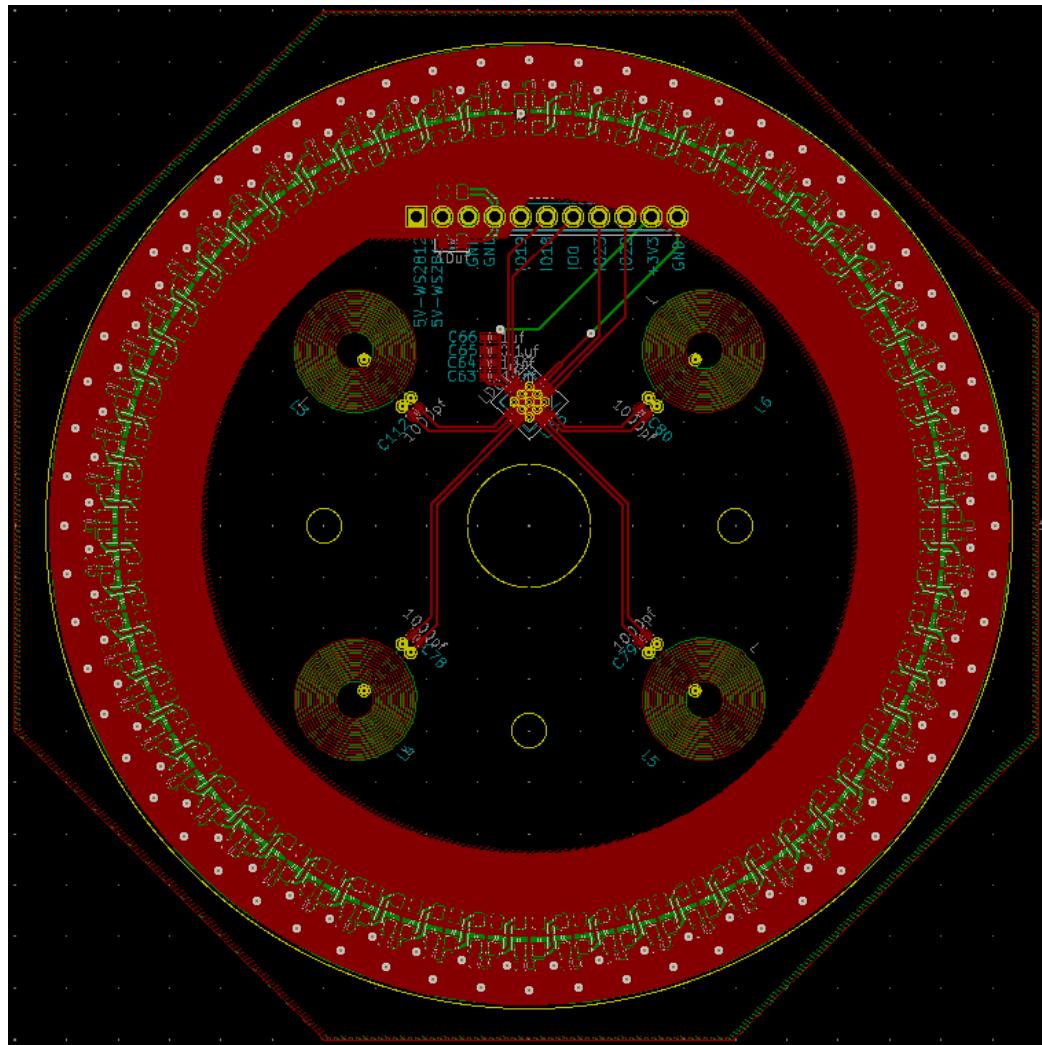
Cívky použité na trezoru jsou vyrobeny jako reliéf v vrstvě mědi přímo na DPS. Jejich vzhled jsem navrhoval v simulátoru od Texas Instruments, vytvořeného konkrétně pro LDC čipy, a s pomocí popisů dřívějších aplikací které firma Texas Instruments zveřejňuje.

Výsledná cívka je vytvořena na dvouvrstvé desce a na každé vrstvě má patnáct závitů s drahou o síle 0.152mm se stejně velkou mezerou.



Obrázek 14: vzhled reliéfu cívky

Celí trezor obsahuje dvě samostatné elektronické desky přičemž na jedné je osazen jen, kruh z ledek WS2812, a právě snímání tlakové desky které zabírá většinu teto desky.



Obrázek 15: vzhled desky s kruhem WS2812 a snímáním tlakové desky

# Závěr

V závěru by mělo být:

- Rekapitulace cíle práce
- Dosáhnul jsem jej? Ano, nebo ne?
- Zhodnocení průběhu práce
- Co mi práce dala?

# Literatura

1. AOSONG ELECTRONICS CO.,LTD. *AM2321 product manual* [online] [cit. 2020-02-20]. Dostupné z: [http://akizukidensi.com/download/ds/aosong/AM2321\\_e.pdf](http://akizukidensi.com/download/ds/aosong/AM2321_e.pdf).
2. HOLEKA, Lukáš. *Zavlažovací systém skleníku*. 20. únor 2020. Dostupné také z: [http://stretech.fs.cvut.cz/2018/sbornik\\_2018/pdf/69.pdf](http://stretech.fs.cvut.cz/2018/sbornik_2018/pdf/69.pdf). Střední průmyslová škola elektrotechnická a Vyšší odborná škola Pardubice.
3. AOSONG ELECTRONICS CO.,LTD. *DHT22 datasheet* [online] [cit. 2020-02-10]. Dostupné z: <https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Temperature/DHT22.pdf>.
4. MAXIM INTEGRATED. *DS18B20 datasheet* [online] [cit. 2020-02-10]. Dostupné z: <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS18B20.pdf>.

# Seznam obrázků

1	zelená značí kódová kola, červená západku, modrá pevnou část trezoru(otvor) a žluté díly tvoří distanci . . . . .	11
2	. . . . .	23
3	. . . . .	25
4	Tato simulace testuje působení síly přímo na tělo, což není působení které by v provozu nastávalo. Takovéto namáhání je ale o dost náročnější než to které by reálně nastalo. . . . .	25
5	jak je vidět tak i silu 100N dokaže sendvič z terčíku, pružné podložky a snímací desky, rozložit na dostatečnou plochu aby napětí v těle nestouplo nad cca 3MPa. Na obrázku je zobrazené jen napětí nad 1.5MPa . . . . .	26
6	Zpětnou západkou pohybuje motor pomocí magnetu. Pro zajištění voděodolnosti je motor od západky oddělen stěnou, což je také jeden z důvodů použití magnetického spojení. . . . .	27
7	. . . . .	28
8	simulace napětí v západce při kroutícím momentu 5000 N*mm což na rameni 48mm znamená sílu působící na kolík 104N . .	30
9	zobrazení deformace, pro lepší zobrazení je deformace zdese- tinásobená . . . . .	30
10	Aby bylo jednodušší při zavírání dveře správně natočit, mají zarážky na vnitřní straně velké úkosy, které tak zvětšují na vnitřní straně vůli a při zasouvání navedou dveře do správné pozice. . . . .	31

11	Zarážky na obvodu otvoru mají obě kontaktní plochy stejné. Sice by mohlo být výhodné přizpůsobit tvar strany, kolem které, se pohybuje západka, pohybu západky. Západka by tak mohla mýt vedení v průběhu celého pohybu. Pro symetrii jsem se však rozhodl kvůli možnosti díl s otvorem otočit. To je výhodné při stavbě s dětmi, kvůli zmenšení počtu chyb kterých se děti můžou při stavbě dopustit, a stráta vedení není tak zásadní. . . . .	32
12	. . . . .	33
13	zamovení čipu LDC1314 na desce trezoru . . . . .	34
14	vzhled reliéfu cívky . . . . .	35
15	vzhled desky s kruhem WS2812 a snímáním tlakové desky . . .	36

# **Seznam tabulek**

1	shrnutí elektronického vybavení	22
---	---------------------------------	----