

Stredná priemyselná škola techniky a dizajnu
Mnoheľova 828, 05846 Poprad

Automatizácia Hammer Boxu

Strojár - Inovátor

Mesto Poprad

Rok 2023

Riešiteľ

Samuel Pavličko

Ročník štúdia: štvrtý

Obsah

1. Úvod	2
2. Teoretická časť	3
2.1. Opis a priebeh súťaže	3
2.2. Význam a opis Hammer boxu	3
2.3. Snímače	4
2.4. Arduino UNO	6
2.5. Arduino IDE.....	7
3. Ciele práce.....	8
4. Materiál a metodika	9
4.1. Konštrukcia.....	9
4.1.1. Systém	9
4.1.2. Kalibrácia tenzometrických snímačov sily.....	11
4.1.3. Úderné platne.....	11
4.2. Výkresy, Modely	12
4.2.1. Úderné platne.....	13
4.2.2. Krabica pre systém	14
4.2.3. Stojan pre krabicu.....	15
4.3. Opis programov AutoCAD, Solid Edge	15
4.4. Snímače	16
4.4.1. Opis montáže snímačov	16
4.4.2. Prepoj snímačov s Arduinom	16
5. Záver.....	17
6. Prílohy	18

1. Úvod

Na úvod by som Vám chcel priblížiť obsah mojej práce, ktorej téma je veľmi špecifická. Názov „Automatizácia Hammer Boxu“ pravdepodobne väčšine ľudí nič nehovorí. Hammer Box je v skratke ocel'ová konštrukcia, do ktorej sa udiera kladivom. Toto sa využíva na súťažiach ŽH, TFA, a podobných. Tieto súťaže sú súčasťou komplexnejšej skupiny disciplín pod spoločným názvom „Hasičský šport“. Funkcia Hammer Boxu, ako som už načrtol, je v podstate jednoduchá. Súťažiaci pribehne ku konštrukcii, uchopí kladivo, vykoná požadovaný počet úderov a pokračuje k ďalšej časti. Práve spomínaný počet úderov zohráva v tomto projekte kľúčovú úlohu. Doposiaľ, počet vykonaných úderov súťažiacim počítal a porovnával s požadovaným počtom rozhodca, teda ľudská bytosť. A ako povedal Marcus Tullius Cicero „*Mýliť sa je ľudské*“, občas sa jednoducho stalo, že sa rozhodca pomýlil. A práve tento problém možnej ľudskej chyby som si nastavil ako primárny. Pomocou mojej práce som sa snažil ho eliminovať.

Dôvod prečo som si vybral práve túto tému je jednoduchý. Súťaží ŽH sa osobne zúčastňujem od roku 2019, v tom čase ešte ako žiak základnej školy. Po začatí štúdia na strednej škole som začal premýšľať nad spomínaným problémom. Druhým dôvodom pre tento výber je taktiež fakt, že - podľa slov môjho dobrého priateľa, ktorý vďaka súťažiam TFA a FCC precestoval „celý svet“ - niečo podobné mojej práci, videl možno len v jednej krajine. Hoci je možné, že niekde vo svete niečo podobné existuje, tak na bežnom ŽH u nás, v Slovenskej lige železných hasičov a podobne to nikto nepoužil. Z toho vyplýva, že takýmto Hammer Boxom sa zvýši úroveň súťaží v našich končinách.

Medzi hlavné prínosy pre nás, hasičov zúčastňujúcich sa ŽH, TFA a pod. by som zaradil elimináciu možných spomínaných omylom spolu s odstránením povinnosti rozhodcu priamo dohliadať na vykonaný počet úderov. Pri návrhu a programovaní systému som do neho zakomponoval aj pár vedľajších funkcií, ktoré celú súťaž môžu ozvláštniť. Prípadne môžu vzniknúť nové „podsúťaže“.

2. Teoretická časť

V nasledujúcej časti sa budeme venovať opisu a využitiu Hammer Boxu. Tak isto sa budeme venovať teoretickému rozboru jednotlivých využitých prvkov.

2.1. Opis a priebeh súťaže

Aj keď súťaže TFA, ŽH, FCC a pod. majú spoločných mnoho vecí, predsa len sa od seba odlišujú. Keďže ja mam osobné skúsenosti len so ŽH, v práci budeme zariadenie využívať práve na súťaži ŽH i keď v praxi sa dá rovnako uplatniť aj na ostatných variantoch. Pri ŽH sa jedná o modifikovanú verziu súťaží TFA v kombinácii s FCC. Pre vysvetlenie – súťaže TFA, ŽH, FCC a tak ďalej, sú simuláciou zásahovej činnosti hasičov. Vykonávajú sa tzv. „v plnej polnej“ teda súťažiaci má na sebe zásahový kabát (zvyčajne trojvrstvový), zásahové nohavice (zvyčajne tiež trojvrstvové), ťažkú zásahovú obuv, zásahovú prilbu na vnútorné požiare a zásahové rukavice (príloha 1). V poslednom rade, má na chrbte ADP ako záťaž (príloha 2). V ženskej kategórii sa výstroj môže trochu líšiť.

2.2. Význam a opis Hammer boxu

Hammer box (príloha 7) je disciplína, ktorú súťažiaci musí vykonať. Radí sa medzi silové. Súťažiaci pribehne k oceľovej konštrukcii vysokej 130cm, uchopí kladivo s hmotnosťou 5kg a udiera ním do dvoch platní s rozmermi 50x50cm, pričom jedna je umiestnená 30cm nad zemou a ďalšia 130cm nad zemou, to znamená že medzi spodnou a vrchnou platňou je priestor 1m. Hoci sa dá kúpiť už hotový Hammer box, väčšinou je ekonomicky výhodnejšie si ho zostrojiť svojpomocne. Tento fakt je dôsledkom toho, že na Slovensku existuje viacero rôznych prevedení, používaných na súťažiach, ktoré však vždy musia spĺňať vyššie uvedené rozmery a parametre. Počet potrebných úderov nie je fixne daný, volí si ho usporiadateľ. Zvyčajne sa tento počet pohybuje v kategórii Muži okolo 60-tich, v kategórii Ženy cca 40 úderov. Tieto údery na súťaži počítal rozhodca a keď súťažiaci vykonal stanovený potrebný počet, dostal od rozhodcu znamenie, že môže pokračovať ďalej.

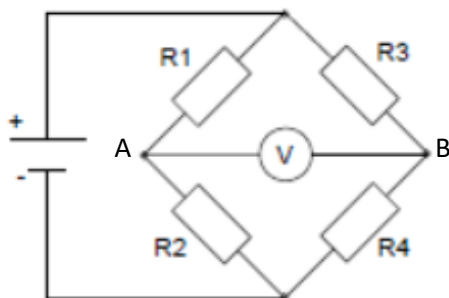
2.3. Snímače

Ako „náhradu rozhodcu“ sme sa rozhodli použiť tenzometrický snímač s polovičným (Wheatstonovým) mostíkom, vnútorným odporom 1000Ω a s maximálnou záťažou 50kg, zabudovaný v každej údernej platni.

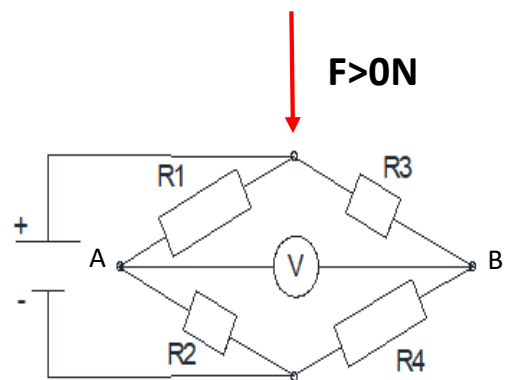


Obrázok 1 Tenzometrický snímač sily – online: <https://dratek.cz/arduino/2202-vahovy-senzor-50-kg.html?hp=&mena=2>

Pri meraní je aplikovaná správna sila na vnútornú stranu napínacej časti snímača v tvare písmena E a vonkajšej hrany pre vytvorenie šmykovej sily v opačnom smere, tj. uprostred ohybového ťahového napätia môže dôjsť k zmenám. Wheatstonov mostík je zapojenie rezistorov do tvaru diamantu, medzi ktorými je pripojený voltmeter, ktorý zaznamenáva zmeny napätia podľa Ohmovho zákona.



Obrázok 2 Wheatstonov mostík bez záťaže – online: https://www.researchgate.net/figure/Basic-components-of-a-full-Wheatstone-bridge-The-input-voltage-is-applied-at-the-corners_fig9_282976702



Obrázok 3 Wheatstonov mostík so záťažou

Na obrázku 2 vidíme schému zapojenia Wheatstonovho mostíka v pokojnom stave bez zaťažujúcej sily. Problematika tohto zapojenia je pomerne zložitá ale pre potreby práce bude toto stručné vysvetlenie postačujúce. Bod, v ktorom sa spájajú vývody R1, R2 s jedným vývodom voltmetra si označíme napr. ako bod A. Druhý bod R3, R4 a druhý vývod voltmetra označíme ako bod B. Rezistory R1 až R4 majú istý vnútorný odpor, ktorý kladú pretekajúcemu prúdu. Pri aplikovaní sily F na snímač sa tvar tohto zapojenia zdeformuje tak, ako vidíme na obrázku 3. Dvojica rezistorov R1 a R4 sú naťahované, pričom pri narastajúcej dĺžke vodiča narastá aj jeho odpor. Dvojica R2 a R3 sú naopak stláčané a ich odpor teda priamoúmerne klesá. Z Ohmového zákona: $I = \frac{U}{R}$, po úprave: $U = I * R$ nám vyplývam, že pri narastajúcom odpore nám priamoúmerne narastá aj napätie. V pokojnom stave je rozdiel napätí U_A a U_B rovný nule. Tento nulový stav získame programovou kalibráciou snímačov. Následný program Hammer Boxu využíva hodnotu tohto nulového stavu pre porovnanie s aktuálnymi nameranými hodnotami. Pri aplikovaní sily F platí, že $U_A - U_B \neq 0$. A práve túto zmenu zaznamenávame pomocou voltmetra. Keďže tieto zmeny sú príliš malé aby ich Arduino vedelo zaznamenať, použili sme analog-digital (AD) prevodník s čipom HX711. Ten je navrhnutý pre senzory hmotnosti a váhy. Modul je určený pre veľmi presné merania vďaka 24 bitovému prevodníku analógového signálu na digitálny a vnútornému programovateľnému zosilňovaču.



Obrázok 2 HX711 AD prevodník – online:

<https://opencircuit.shop/product/hx711-weigh-sensor-module-dual-channel>

2.4. Arduino UNO

V súčasnosti je to asi najpoužívanejší typ Arduina vo svete. Na doske sa nachádza procesor ATmega328, USB-B port, napájací konektor DC F 2,35x6,0mm. Na doske nájdeme 14 vstup/výstup digitálnych pinov, 6 vstup/výstup analógových pinov a mnoho elektronických súčiastok. Súčasťou Arduina je aj EEPROM. V tejto pamäti je možné uložiť údaje, s ktorými potrebujeme pracovať aj po tom čo sa program v Arduine zmení resp. odstráni. UNO, v preklade z taliančiny znamená „jedna“. Toto označenie dostal z dvoch dôvodov:

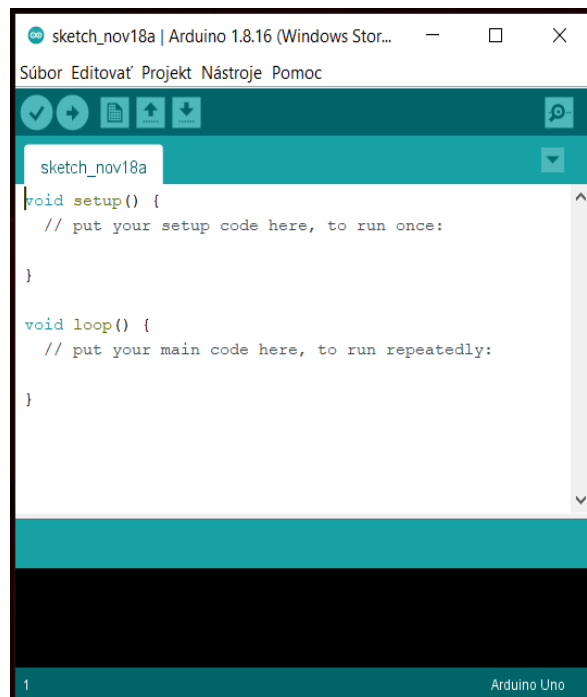
1. UNO je prvá doska zo série Arduino USB.
2. Arduino UNO bolo na trhu predstavené spoločne s prvou verziou vývojového prostredia Arduino IDE 1.0.



Obrázok 3 Arduino UNO – online: <https://store.arduino.cc/products/arduino-uno-rev3>

2.5. Arduino IDE

IDE (*integrated development enviroment*) - integrované vývojové prostredie je napísané v jazyku Java. Výukové prostredie Processing, používané na začiatku, bolo mierne upravené. Boli tu pridané ďalšie funkcie a rovnako aj podpora jazyka Wiring, ktorú by sme mohli prirovnať k C alebo C++. I keď Wiring nie je oficiálne považované za programovací jazyk, ale len ako knižnica. Avšak vďaka svojej komplexnosti by kľudne jazykom mohol byť. Hoci Wiring je rozsiahla knižnica, je aj rovnako jednoduchá i pre úplných začiatčovníkov. Práve v tomto prostredí sme tvorili celý zdrojový kód programu.



Obrázok 4 Arduino IDE

Na začiatok kódu sa zadávajú knižnice, použité v programe; premenné, či už konštanté (väčšinou označovanie pinov) alebo dynamické (tie, ktorých hodnoty sa počas priebehu programu budú meniť) atď. V časti „setup“ nastavujeme napríklad piny buď ako vstupy alebo výstupy a všeobecné veci, ktoré majú prebiehať hneď od zapnutia dosky. Do časti „loop“ píšeme samotný zdrojový kód celého programu opakujúci sa počas doby spustenia Arduina.

3. Ciele práce

Hlavným cieľom práce je skonštruovanie funkčného prototypu systému. Vedľajšími cieľmi sú:

1. Oboznámiť sa s Arudinom a naučiť sa programovať v prostredí Arduino IDE.
2. Oboznámiť sa s programom Solid Edge.
3. Navrhnuť a vytvoriť 3D modely a 2D výkresy potrebných komponentov.
4. Navrhnuť funkčný obvod riadiacej jednotky a signalizácie.
5. Skonštruovať Hammer Box ako taký.
6. Skonštruovať úderné platne.
7. Zapojiť obvod riadiacej jednotky a signalizácie podľa navrhutej schémy.
8. Vytvoriť obal pre riadiacu jednotku a signalizáciu.

4. Materiál a metodika

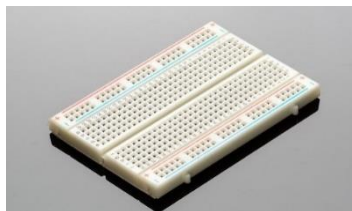
V tejto časti sa budeme zaoberať celým postupom tvorby projektu od nápadov cez návrhy, programovanie, 3D modelovanie až po samotnú výrobu.

4.1. Konštrukcia

Podkapitola „Konštrukcia“ sa venuje navrhnutiu a skonštruovaniu úderných platní a systému, ktorý počíta a vyhodnocuje údery.

4.1.1. Systém

Prvé konkrétnejšie myšlienky začali vznikať vo februári 2021, kedy som sa ako úplný začiatočník začal venovať Arduino ako takému. Ako prvé sme sa začali zaoberať problematikou programovania Arduina tak, že za pomoci rôznych návodov, dokumentov a podkladov vznikli jednoduché projekty ako jednoduchý blikač, zložitejší blikač, pri použití LCD displeja aj projekt „Hello World“. Následne sme začali pracovať na konkrétnom zapojení a zdrojovom kóde projektu. Prvé dva mesiace, kedy sme kód tvorili, bolo zapojenie len provizórne ako prototyp v tzv. breadboardke – nepájivom kontaktnom poli. Toto obdobie by sme mohli nazvať aj ako „Pokus omyl“, počas ktorého sme navrhovali a testovali rôzne variácie zapojení. Paralelne s týmito pokusmi vznikali rovnako aj časti kódu. Primárny problém sme vyriešili pomerne rýchlo i keď len provizórne. Namiesto tenzometrických snímačov sily sme použili iba dva tlačidlá. Tie mali byť prvotne použité aj v praxi ale nakoniec sme sa rozhodli použiť práve tenzometre. Pri dosiahnutí požadovaného počtu úderov sa zapol bzučiak, ktorý vydával tóny v dvoch frekvenciách, teda tvoril sirénu.



Obrázok 5 Breadboard – online: <https://www.adafruit.com/product/64>

Prvá verzia programu pracovala s konštantným počtom potrebných úderov. V praxi by ale tento program nebol univerzálny keďže na súťažiaci sa tento počet líši minimálne medzi kategóriami Muži a Ženy, ale rovnako medzi súťažami všeobecne. Pre odstránenie tohto problému sme teda použili 4x3 numerickú klávesnicu, pomocou ktorej vie rozhodca aj počas priebehu súťaže nastavovať počet stanovený organizátorom.

Aby rozhodca videl čo zadáva, pripojili sme LCD displej, na ktorom sa tieto údaje zobrazujú. Konkrétne sme použili LCD displej so spájkovaným I2C modulom (obr. 8), ktorý zjednodušuje zapojenie. Pre tento modul sme do programu zahrnuli knižnicu LiquidCrystal_I2C, s ktorou program ďalej pracuje.



Obrázok 8 LCD displej s I2C modulom online:
<https://techfun.sk/produkt/led-display-16x2-zlte-podsvietenie-spajkovany-i2c-modul/>



Obrázok 9 4x3 klávesnica online:
<https://techfun.sk/produkt/membranova-klavesnica-4x3-klavesy/>

V tejto fáze je vlastne celý primárny problém vyriešený. Snímače zabudované v úderných platniach detegujú prítomnosť vonkajšej sily – úder kladivom – signál vyšlú do HX711 AD, ten ho spracuje a pošle do Arduina. Spôsob prepojenia snímač – prevodník – Arduino si spoločne aj so spôsobom uchytenia snímačov rozoberieme neskôr. Arduino tento signál z prevodníka vyhodnotí a pripočíta 1 úder k vykonanému počtu. Keď sa vykonaný počet rovná požadovanému, začne vysielat' signály do reproduktora, ktorý nahradil bzučiak z provizórneho zapojenia. Táto siréna je znamením pre súťažiaciho, že môže pokračovať ďalej. Vďaka splneniu primárnej úlohy sme sa mohli začať sústrediť na sekundárne doplnky, ktoré na úplnom začiatku ani neboli plánované. Prvým takýmto doplnkom je časomiera. Funkcia, ktorá beží na pozadí a meria čas od prvého úderu kladivom až po zaznenie sirény. Toto je možné vďaka funkcii, ktorú má Arduino zabudovanú od výroby a to konkrétne, že zaznamenáva čas v milisekundách, ktorý ubehol od spustenia programu. Druhá prídavná funkcia je meranie veľkosti vyvinutej sily pomocou tenzometrov a následné vyhodnocovanie a zobrazovanie výsledku v kilogramoch s presnosťou 0,01kg. Toto je zase možné vďaka vysokej citlivosti senzorov, ktoré sa používajú napríklad aj v kuchynských váhach, osobných váhach atď. Ako posledná funkcia programu je časť „Stíšiť“. Tá pomocou pripojeného tlačidla zabezpečuje vypnutie sirény po stlačení tlačidla a zobrazenie výsledného času spoločne s maximálnou silou, ktorú program pomocou komparácie vyhodnotí. Toto môže slúžiť napr. pre zapísanie údajov ale zároveň nemusí byť použitá. Naopak nutnosťou je stlačenie tlačidla Reset, ktoré program vyresetuje a nastaví na počiatočný stav.

4.1.2. Kalibrácia tenzometrických snímačov sily

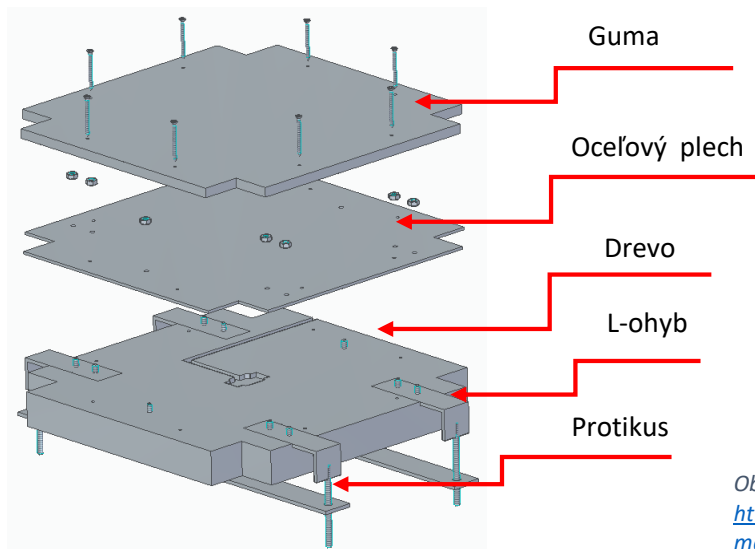
Väčšina tenzometrických snímačov funguje tak, že jeden jeho bod je pevne a nehybne uložený. Následne namerané hodnoty sa porovnávajú s hodnotou v danom pevnom bode. Tenzometre použité v tejto práci fungujú trochu ináč. Na obrázku 2 a 3 je schéma vnútorného zapojenia snímačov. Princíp jeho fungovania je nasledovný. Po pripojení k prevodníku a následne k Arduinu sa do Arduina nahrá kalibračný program. Po spustení programu sa celá kalibrácia vykonáva v Arduino IDE – konkrétnejšie pomocou tzv. Serial Monitoru – teda priamou komunikáciou medzi čipom ATmega328 a počítačom. Na začiatku nám program dá pokyn aby sme zadali do Serial Monitoru pomocou klávesnice počítača „t“¹. Týmto krokom program zistí, že v tomto stave majú snímače pomocou prevodníka ukazovať 0. Následne je potrebné snímače zaťažiť nami známou hmotnosťou (napr. 100g). Túto hmotnosť je potrebné zadať do Serial Monitoru. Pomocou týchto dvoch krokov je program schopný vypočítať kalibračný koeficient. Tento koeficient sa uloží do pamäte EEPROM. Následne sa nahrá hlavný program Hammer Boxu. Snímače následne pracujú z daným koeficientom.

4.1.3. Úderné platne

Úderné platne sú dva kusy drevených dosiek s rozmermi 500x500mm o hrúbke ktorú sme zvolili 50mm, v ktorých sú vyfrézované drážky pre umiestnenie snímačov. Ďalšiu vrstvu tvorí oceľový plech o hrúbke 5mm, ktorého úlohami sú ochrániť drevo a snímače a zároveň rozložiť silu po celej ploche. K uchyteniu plechu sme zvolili kombinovanú skrutky – na spodnej polovici sa nachádza vrut do dreva a na vrchnej časti metrický závit M8. Plech sa nasunie cez otvory v ňom vyvítané a pomocou matice M8 upevní. Pre tlmenie rázov sme ako ďalšiu vrstvu pomocou skrutiek do dreva s veľkým priemerom $\Phi 4,8$ pripevnili gumu z dopravníkového pásu o hrúbke 14mm. Keďže tento projekt by mal byť využívaný aj v praxi na súťažiacich, museli sme ako ďalší krok vyriešiť spôsob uchytávania týchto externých platní k existujúcim konštrukciám poskytnutým organizátorom. Ako sme spomenuli v kapitole 2.2, je výhodnejšie si konštrukciu urobiť svojpomocne. Predpisy však hovoria len o rozmeroch plochy úderných platní a o výške platní od zeme. To znamená, že kostra teda 4 nohy Boxu môže byť skonštruovaná z rôznych profilov: rúry, L-profilu, U-profilu, profily štvorcového prierezu s rôznymi dĺžkami strán atď. Rovnako hrúbka údernej platne nie je pevne stanovená. Môžu byť použité dosky s oceľovým plechom, iba oceľový plech, plech s gumou...

¹ „Tare Weight“ – z angl. „čistá hmotnosť“ – stav kedy snímače vykazujú nulovú hodnotu (ak sa na nich nachádza napr. doska, jej hmotnosť sa neberie do úvahy)

Keďže naše platne musia byť univerzálne, tieto problémy s rozdielmi v jednotlivých Hammer Boxoch sme museli premyslieť a vyriešiť a to nasledovným spôsobom. Rôzne prevedenia nôh sme vyriešili vyrezaním štvorca s rozmermi 60x60mm z každého rohu platne. 60x60mm sme zvolili s rezervou, ktorú pravdepodobne žiaden Hammer Box neprekoná. Toto síce nevieme povedať s istotou ale osobne som sa nestretol s Boxom, ktorý by mal rozmery nôh väčšie. Na elimináciu problému s rôznymi hrúbkami platní sme vymysleli úchyt, skladajúci sa z pásoviny s hrúbkou 5mm, šírkou 45mm a dĺžkou 190mm, ktorú sme na 145mm ohli do pravého uhla. Na kratší koniec sme následne privarili závitovú tyč M8. Na každú platňu sme pripevnili 4ks takýchto úchytov pomocou spomínanej kombinovanej skrutky a matice M8. Následne sme vyrobili protikusy. Z rovnakej pásoviny sme odrezali kusy dlhé 635mm a vyvrtali diery tak, aby boli v osovej súmernosti so závitovými tyčami.



Obrázok 6 Úderná platňa

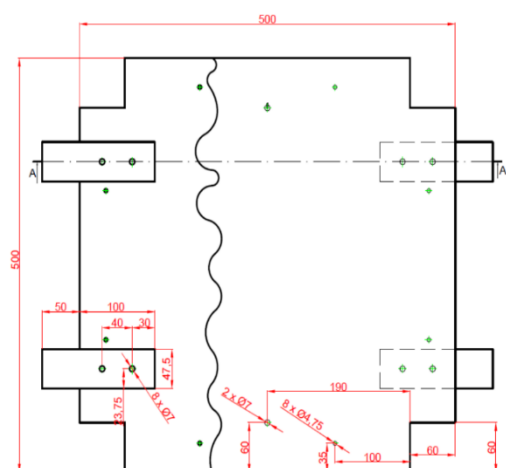


Obrázok 7 Kombinovaná skrutka – online:
<http://stavpro.sk/spojovaci-material/nabytkarske/kombi-skrutka>

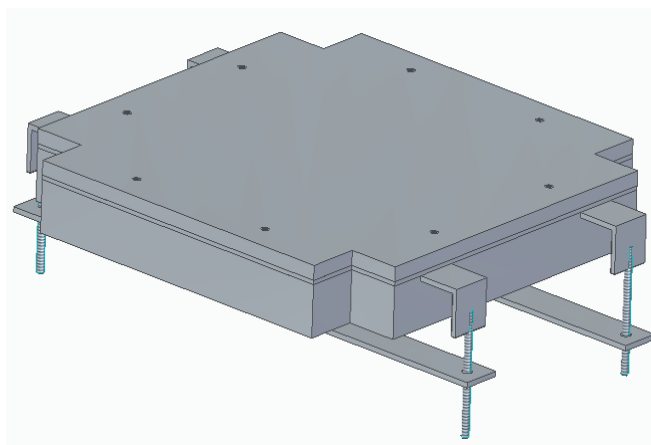
4.2. Výkresy, Modely

V nasledujúcej časti si predstavíme technickú dokumentáciu projektu v podobe 2D výkresov, tvorených pomocou programu AutoCAD a zároveň 3D modelov vytvorených v programe Solid Edge. Začneme údernými platňami, keďže tie tvoria 50% celej konštrukcie.

4.2.1. Úderné platne



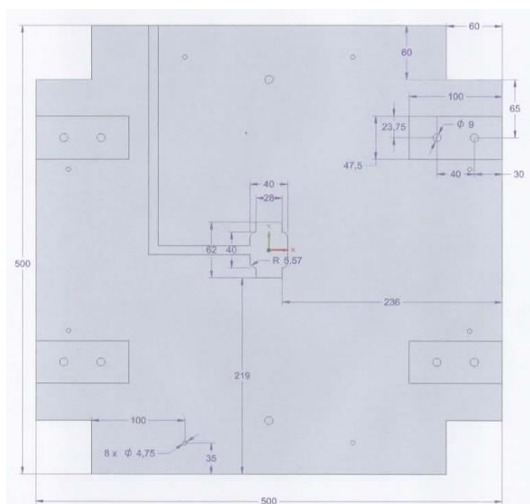
Obrázok 8 Úderná platňa – pôdorys



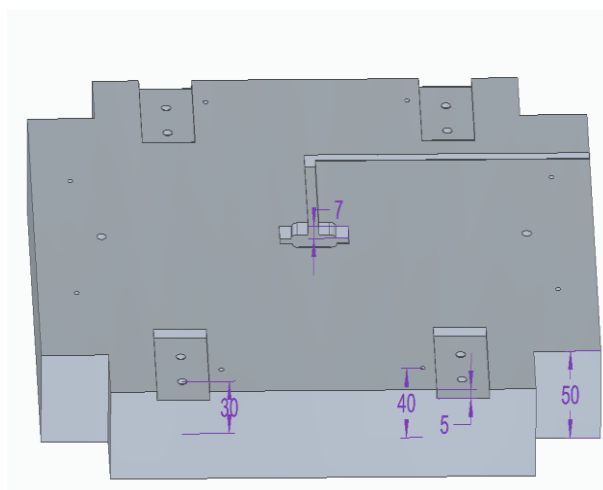
Obrázok 9 3D model údernej platne

Na obrázkoch 12 a 13 môžeme vidieť pôdorys a 3D vizualizáciu zostavy údernej platne. Obrázok 13 je v podstate ten istý model ako obrázok 10, s tým rozdielom, že tu sme vytvorili už všetky väzby, tak ako aj v skutočnej konštrukcii.

4.2.1.1. Drevená doska



Obrázok 11 Drevený základ platne – pôdorys



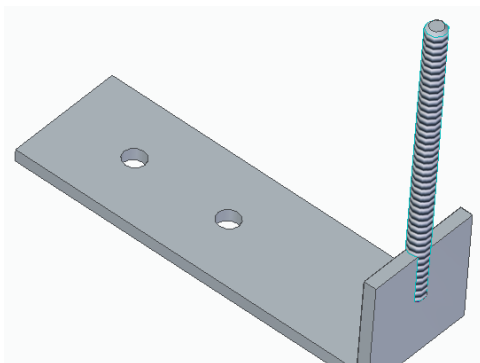
Obrázok 10 Pohľad zhora a spredu

Na týchto obrázkoch vidíme výrobný výkres spoločne s modelom drevenej dosky, ktorá tvorí základ celej údernej platne. Zvolili sme hrúbku materiálu 50mm. Vzhľadom na to, že do tejto platne bude udierané kladivom ženami i mužmi v rôznom veku. Nedá sa presne teda určiť

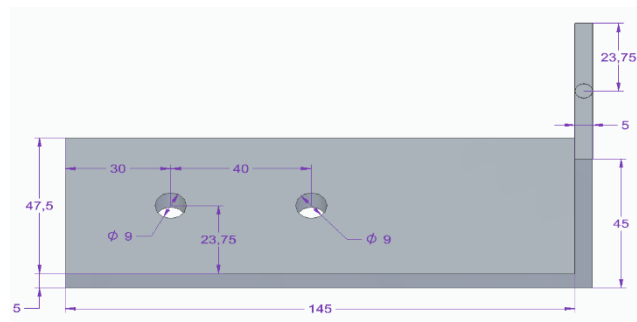
zaťažujúca sila. To znamená, že ani pri dimenzovaní materiálu neboli použité žiadne výpočty, len odhad s prídavkom. V tomto dreve sú vyfrézované drážky pre snímač, ako aj pre kábel vedený od snímača a zároveň aj drážky pre uchyťavací L-ohyb so závitovou tyčou. Nepriechodné otvory znázornené vo výkrese sme nevrátili dopredu, keďže sme v týchto miestach použili vruty do dreva či už v podobe klasického vrutu alebo kombinovanej skrutky, ktoré si otvor vytvorili samé.

4.2.1.2. L-ohyb so závitom

Tu máme model L-ohybu spolu so zostavou spoločne so závitovou tyčou M8 prizváranou k L-ohybu.



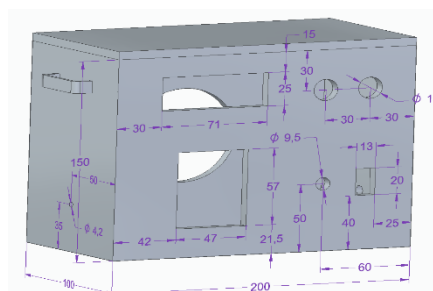
Obrázok 13 L-ohyb so závitovou tyčou



Obrázok 12 Model L-ohybu

4.2.2. Krabica pre systém

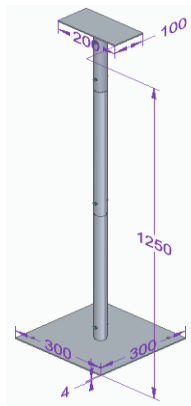
Na tomto modeli sa nachádza krabica vyrobená z plastu o hrúbke 6mm, v ktorej sa nachádza celý zapojený systém. Na prednej strane krabice vidíme vyrezané otvory pre displej, klávesnicu, kolískový vypínač, LED diódu, ktorá svieti ak je systém pripojený k elektrickej sieti. Posledné dva otvory sú pre tlačidlá „Stíšiť“ a „Reset“. Na zadnej strane sa nachádza reproduktor. Na bočných stranách sú vývody pre pripojenie do elektrickej siete a snímačov, plus sa na ľavej strane nachádza zámok na uzamknutie krabice, keďže krabica sa dá z vrchu otvárať. Vrchná časť je pripevnená pomocou klávesového závesu.



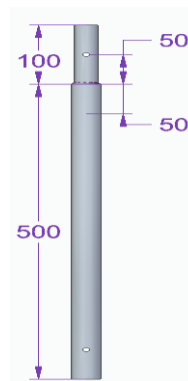
Obrázok 14 Krabica pre Arduino a zvyšok systému

4.2.3. Stojan pre krabicu

Toto je stojan, ktorý sme vyrobili za účelom umiestnenia krabice so systémom mimo konštrukcie Hammer Boxu aby sme ju ochránili od rázov a otrasov. Skladá sa zo spodnej platne ku ktorej je privarený kus rúry s vonkajším priemerom $\Phi 25$. Na ňu sa nasunie tyč z obrázku 20. Tá pozostáva z 50cm kusu rúry s vnútorným priemerom $\Phi 26$ a vonkajším $\Phi 32$, pričom na jednom konci je do nej vložený 15cm kus rúry $\Phi 25$. 10cm tejto rúry vyčnieva nad rúrou $\Phi 32$ a 5cm je zasunutých v nej. Spojené sú pomocou kútového zvaru. Krabica sa pokladá na vrchnú platňu a uchycuje pomocou pákového uzáveru.



Obrázok 15 Zostava stojanu



Obrázok 16 Jeden diel stojana

4.3. Opis programov AutoCAD, Solid Edge

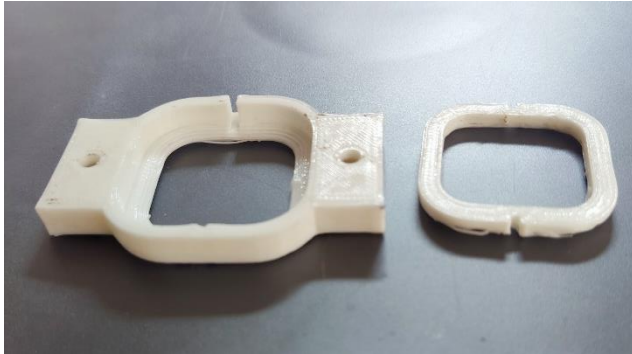
AutoCAD – jedná sa o software určený na 2D a 3D projektovanie a modelovanie. Skratka CAD znamená v preklade s anglického jazyka *počítačom podporované projektovanie*. Vydanie prvej verzie sa uskutočnilo v roku 1982 spoločnosťou Autodesk. Pre používanie programov vytvorených spoločnosťou Autodesk je potrebné vlastniť licenciu, ktorá sa dá kúpiť alebo získať zadarmo pre potreby štúdia a výučby. V tomto programe sme tvorili všetky 2D výkresy súvisiace s projektom.

Solid Edge – je to portfólio ľahko použiteľných softvérových nástrojov, ktoré riešia všetky časti procesu vývoja produktu. Solid Edge spája rýchlosť a jednoduchosť priameho modelovania s flexibilitou a kontrolou parametrického dizajnu. Určený je primárne pre tvorenie 3D modelov. Je to výborný nástroj pre vizualizáciu nápadov a na rozdiel od 2D výkresov v AutoCade vidíme ako bude produkt vyzerat' v skutočnosti a nemusíme si ho predstavovať. Práve preto sme aj my všetky 3D modely tvorili práve v programe Solid Edge.

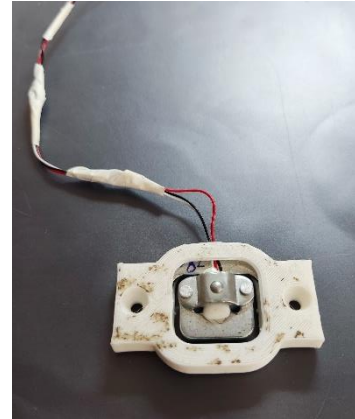
4.4. Snímače

4.4.1. Opis montáže snímačov

Tenzometrické snímače sú uložené v puzdrách vytlačených pomocou 3D tlačiarne. Puzdro so snímačom je následne vložené do vyfrézovanej drážky v strede drevenej časti údernej platne a uchytené vrtmi do dreva. Od puzdra je ďalej vyfrézovaná drážka smerujúca von z platne, v ktorej je umiestnený kábel s tromi vodičmi pripojený ku snímaču a k prevodníku.



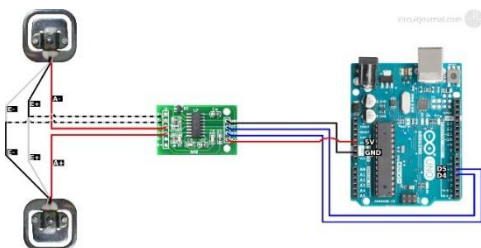
Obrázok 17 Puzdro



Obrázok 18 Snímač uložený v puzdre

4.4.2. Prepoj snímačov s Arduinoom

Medzi snímačmi a Arduinoom je pripojený už spomínaný HX 711 AD prevodník a to spôsobom zobrazením na obrázku 32. Keďže platne sú odoberateľné a prenosné, zapojenia snímač-snímač a následne snímače-prevodník musia byť tiež rozoberateľné. To sme docielili pomocou prepojovacích káblov s konektormi tak ako môžeme vidieť na obrázku 33 a následne na obrázku 34 celé prepojenie mimo Hammer Boxu.



Obrázok 20 Schéma zapojenia – online:
<https://circuitjournal.com/50kg-load-cells-with-HX711#2x50>



Obrázok 21 Skutočné zapojenie



Obrázok 19 Konektory

5. Záver

Na záver môžeme konštatovať, že vďaka splneniu všetkých vedľajších cieľov sa nám úspešne podarilo vytvoriť prototyp automatizovaného Hammer Boxu, to znamená že sme naplnili aj hlavnú úlohu projektu. Nebojím sa tvrdiť, že výsledok našej práce prekonal očakávania.

Hoci som si na začiatku myslel, že tento projekt bude jednoduchý, stretol som sa s problémami. Jednoduchšie problémy týkajúce sa hlavne samotného programovania som dokázal vyriešiť často krát pomerne rýchlo. Čo sa týka konštrukcie úderných platní, tam to už bolo o niečo náročnejšie. V kapitole 4.1.3. sme sa venovali práve platniam, kde bolo spomenuté aj finálne riešenie uchytávania platní k Hammer Boxom. Cesta k nemu bola komplikovaná najmä preto, že som chcel spôsob uchytania chcel vyriešiť čo najjednoduchšie. Vo výsledku som nakoniec aj tak musel vyskúšať asi 3 rôzne spôsoby, z dôvodu toho, že stále sa objavovali problémy. Niektoré riešenie nevydržalo rázy kladivom, niektoré zase nebolo univerzálne a pod.

Prvý test prototypu prebehol nasledovne. Úderné platne sme uchytali na pozváranú konštrukciu. Snímače uložené v platniach sme pripojili k riadiacej jednotke. Riadiacu jednotku sme pripojili do elektrickej siete. Pri teste boli prítomní traja figuranti, ktorý kladivom udreli do platní - každý 100-krát. Týmto sme nasimulovali aspoň čiastočne podmienky na súťaži. Test prebehol bez komplikácií, po uskutočnení sto úderov zaznela siréna a pokus bol ukončený.

Ako najväčší prínos tohto projektu vidím to, že sa možnosť omylu pri počítaní zníži na minimum, v ideálnom prípade úplne eliminuje. Či sa nám to podarilo, aj napriek vykonanému testu, povedať s istotou nevieme, keďže traja ľudia pri teste nedokážu nasimulovať všetky podmienky súťažného prostredia. Najmä rozdielnosť súťažiacich, teda rozdiely pohlavia, veku, sily, vytrvalosti a rýchlosti udierania. V prípade, že sa nám to skutočne podarilo bude tento projekt prínosom pre súťažiacich TFA a ŽH, rozhodcov i organizátorov. Hoci súťaž môže prebiehať aj bez nášho systému, s jeho prítomnosťou sa daná súťaž posunie na vyššiu úroveň. Ako ďalšie prínosy patrí minimálne ozvláštnenie súťaží niečím novým ale i možnosti samostatných „podsúťaží“ ako napríklad „Najrýchlejší Hammer Box“ alebo „Najsilnejší úder“.

6. Prílohy



Príloha 2 Zásahový komplet – online: <https://shop.dobraci.sk/Hasiccky-zasahovy-oblek-GoodPRO-FR3-FireRex-d116.htm>



Príloha 1 Zostava ADP – online: <https://www.tophasici.sk/adp/autonomny-dychaci-pristroj-sigma-2-typ-2-komplet-sada/>



Príloha 3 Kôš na hadice – online: <https://www.fire-shop.sk/hasiccky-vystroj/hadice/kose-na-hadice>



Príloha 4 Násilný vstup – online: https://en.wikipedia.org/wiki/Firefighter's_Combat_Challenge#/media/File:FFCC_Forcible_Entry.jpg



Príloha 6 "Hose Advance" – online:
https://en.wikipedia.org/wiki/Firefighter's_Combat_Challenge#/media/File:FFCC_Hose_Advance.jpg



Príloha 5 Figurína – online:
https://en.wikipedia.org/wiki/Firefighter's_Combat_Challenge#/media/File:The_Red_Side.jpg



Príloha 7 Hammerbox – online: <https://www.vyzbrojna.cz/sk/3228/3348/hammer-box.html>