

Středoškolská odborná činnost

Obor: 10.

Elektrotechnika, elektronika a telekomunikace

Měřič úst'ové rychlosti pro airsoft

Autoři: Matěj Štěpán

**Škola: Střední škola spojů a informatiky
Bydlinkého 2474, Tábor, 39011**

Konzultant: Ing. Vladimír Čebiš

Tábor 2018

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem svou práci vypracoval samostatně. Použil jsem pouze podklady uvedené v příloženém seznamu a postup při zpracování a dalším nakládání s prací je v souladu se zákonem č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně.

V Táboře 5. dubna 2018

Matěj Štěpán

Poděkování:

Děkuji za obětavou pomoc při řešení mojí práce vyučujícím. Zejména panu Ing. Vladimíru Čebišovi, za rady a zkušenosti v oboru programování PIC a panu Jiřímu Vozábalovi za pomoc při návrhu a výrobě DPS.

Anotace:

Cílem práce je vytvořit funkční elektronický výrobek - měřič úst'ové rychlosti střel pro airsoftové zbraně. Výrobek má obdobné parametry jako komerční zařízení. Kromě rychlosti zobrazuje i hmotnost střely a úst'ovou energii. Hlavní předností výrobku je jeho nízká výrobní cena a možnost dalšího rozšíření funkcí.

Konstrukce obsahuje měřicí tubus osazený vstupním a výstupním hradlem. Hradla jsou tvořena infračervenými fototranzistory a LED. Řídícím prvkem je jednočipový mikropočítač PIC16F886 na jednostranné DPS s využitím SMT. Indikační prvek je inteligentní LCD. Napájení je řešeno pomocí dvojice Li-ion akumulátorů. Konstrukce je umístěna v plastové krabici. Krabice i tubus jsou vytištěny z materiálu ABS na 3D tiskárně.

Konstrukci lze použít pro praktické měření parametrů airsoftových zbraní při nácviku, v prodejnách nebo přímo na střeleckých akcích. Je navržena pro střelivo BB 6mm v rozmezí hmotnosti od 0,1 do 0,8 g vystřelované z libovolného typu airsoftové zbraně rychlostí do 250 ms s energií střely do xx J. V celém uvedeném rozsahu je tubus odolný proti nechtěnému zásahu vnitřní stěny. Konstrukci lze použít i pro měření parametrů vzduchových zbraní s tím, že není zaručena odolnost proti nechtěnému zásahu. Palné zbraně testovat NELZE.

Výrobek lze do budoucna rozšířit po stránce SW i HW. Řídící program je možné doplnit o možnost měření kadence střelby. Dále by bylo možné lépe zpracovávat naměřená data, například měřit průměrnou rychlost střely v dávce, rozptyl rychlostí nebo kadence střel v dávce. Možnosti rozšíření HW spočívají především v bezdrátovém propojení s počítačem nebo tabletem, případně chytrým telefonem.

Klíčová slova:

Airsoft, rychlost střely, úst'ová energie, měřič, hradlo, infračervený, PIC

Obsah:

Prohlášení	2
Poděkování	3
Anotace, Klíčová slova	4
Obsah	5
Úvod	6
Co je to Airsoft? (vybavení, výstroj, pravidla, bezpečnost, akce)	7
Balistika – základní pojmy (energie, hmotnost, rychlost, dostřel, ráže atd)	8
Zbraně pro airsoft (základní typy a parametry)	9
Měřiče úst'ové rychlosti (popis komerčních typů, parametry, ceny)	10
Princip činnosti měřiče (blokové schéma a princip obsluhy hradel)	11
Schéma zapojení	12
Popis činnosti	13
Seznam součástek	14
Osazovací výkres a motiv plošného spoje	15
Mechanické díly	16
Fotografie	17
Závěr	18
Seznam literatury, Zkratky a odborné termíny	19

Úvod:

Téma práce:

Práce se zabývá měřením úst'ové rychlosti airsoftových zbraní za pomoci měřicího přístroje vlastního návrhu. Komerčně dostupné měřicí přístroje jsou nelevná pomůcka. Měřič úst'ové rychlosti je kritickou pomůckou pro precizní vylepšování výkonu, dostřelu a přesnosti airsoftových zbraní a pro zajištění bezpečnosti hráčů eliminací neadekvátně výkonných zbraní.

Použité metody:

Základem práce je design a výroba mikroprocesorem řízeného měřicího přístroje. Hlavním částí práce je navrhnutí metody měření průletu projektilu a její následná realizace pomocí mikroprocesorem řízeného elektronického zařízení. Výrobek musí být jednoduchý na výrobu a obsluhu. Odolný tak, aby vydržel případný zásah a kompaktní natolik, aby se vešel do batohu.

Očekávané řešení:

Kompaktní zařízení s výstupem na displeji, ovládacími prvky a otvorem pro měření.

Co je to Airsoft?

Airsoft je moderní týmový sport s původem v Japonsku. Hráči při něm po sobě střílejí plastovými kuličkami ze vzduchových zbraní zpravidla napodobujících realné modely palných zbraní. Airsoft se dá hrát mnoha způsoby, od čistě sportovního (hráči hrají na malých hřištích s překážkami, podobně jako paintball, tzv. speedsoft), až po téměř reálnou simulaci bojových scénářů (hráči hrají na hřištích o rozloze několika čtverečních kilometrů, používají taktiky, postupy a vybavení ozbrojených složek, tzv. Milsim).

Pravidla airsoft jsou založena na poctivosti a férovosti každého hráče. Základním pravidlem hry je povinnost každého hráče po zásahu zvednout ruku a verbálním znamením (zakřičením „mám“ nebo „hit“) potvrdit své vyřazení ze hry. Pravidla hry se mohou lišit podle scénáře akce, či místních pravidel hřiště.

Hráči se snaží taktickou eliminací členů nepřátelského týmu dosáhnout cíle hry, což může být např.: celková eliminaci nepřátelského týmu, obsazení a udržení určité oblasti po danou dobu nebo získání nepřítelovy vlajky.

Pro vlastní bezpečnost je povinností každého hráče používat alespoň ochranné brýle. Na toto pravidlo je kladen takový důraz, že pokud by se někdo chtěl zúčastnit hry bez ochranných brýlí, ostatní hráči mu to prostě neumožní. Dalšími ochrannými prvky mohou být obličejové masky, helmy, chrániče kloubů a imitace či realné balistické vesty.

Základní vybavení hráče se skládá z:

Primární zbraň: to může být útočná puška, SMG (z angličtiny *Sub machine gun*, neboli samopal), DMR (z angličtiny *Designated Marksman Rifle*) nebo odstřelovací puška.

Maskovací uniformy různých vzorů.

Ochranných pomůcek: min. ochranné brýle, obličejová maska

Dalším vybavením může být:

Sekundární zbraň, např. pistole

Taktická vesta: na tuto vestu se dají upevnit sumky na zásobníky, lékárničky, vysílačky nebo cokoli jiného.

Helma, ať už balistická nebo imitace.

Maskovací oblek, neboli hejkal.

Balistika-základní pojmy

Jedním z hlavních pojmů v balistice je ráže. Ráže je označení pro sled údajů udávajících kalibr (zpravidla vnitřní průměr hlavně, někdy průměr střely), rozměry náboje a nábojnice, množství střelného prachu a další. Např. 9mm Luger a 9mm Browning jsou dvě odlišné ráže.

Dalším z pojmů je energie projektilu, zpravidla úst'ová, tzn. energie projektilu když opouští ústí hlavně. Úst'ovou energii projektilu jsme schopni spočítat

pomocí vzorce pro výpočet kinetické energie: $E_k = \frac{1}{2}mv^2$, kde m je hmotnost projektilu v kilogramech a v jeho úst'ová rychlost v metrech za sekundu. Výsledek se udává v Joulech [J].

Asi vůbec nejdůležitějším pojmem v balistice, zvláště pak pro střelce, je balistická křivka. Balistická křivka je dráha letu střely. Balistickou křivku jsme schopni vypočítat pomocí výše zmíněných údajů a několika dalších jako je rychlost a směr větru v oblasti dráhy letu střely, vlhkost, tlak a teplota vzduchu. Čím více takovýchto proměnných jsme schopni efektivně změřit, tím přesněji jsme schopni spočítat její balistickou křivku.

Výpočet základní bal. křivky je poměrně snadný, výsledná síla působící na střelu je:

$$F = F_g + F_{od}$$

kde:

F_g = vektor gravitační síly

F_{od} = je vektor síly odporu vzduchu.

Tuto rovnici je možné rozepsat do směru x, y a z pro započtení vlivu příčného větru.

Pro velikost sil F_g a F_{od} platí:

$$F_g = mg$$

$$F_{od} = \frac{1}{2} C S \rho v^2$$

kde:

m = hmotnost střely

C = součinitel odporu prostředí,

S = plocha průřezu střely

ρ = hustota vzduchu (zde je možné vzít v potaz atmosférické podmínky)

v = rychlost střely

Zbraně pro airsoft

Airsoftové zbraně fungují na principu stlačeného vzduchu, který pohání plastové kuličky. Takzvané BB's [bíbís]. První firma, která kdy vyráběla airsoftové zbraně byla firma Tokyo Marui. Její tehdejší modely střílely kuličky o průměru 8mm. Dnes se standartně používají kuličky s průměrem 6mm z důvodu nižší ceny výroby, skladnosti a lepších balistických vlastností.

Existují tři základní druhy airsoftových zbraní:

AEG: Z angličtiny *Airsoft Electric Gun*, fungují na principu válce a pístu s ozubenou lištou. Píst je přes sérii ozubených kol natahován elektrickým motorkem. Celý mechanismus je uschován v tzv. mechaboxu. Díky tomuto principu jsou zbraně schopné plně automatické střelby. Jejich standartní ústňová rychlost se pohybuje mezi 80-130m/s (se střelivem o váze 0.2g), s kadencí běžně od 10 do 20 RPS (z angličtiny *Rounds per second*, neboli počet ran za sekundu). Útočná puška, DMR, SMG, pistole a některé modely odštělovacích pušek mohou fungovat na tomto principu.

Manuální zbraně: stejně jako u AEG je vzduch stlačován pístem ve válci, ale píst je natahován manuálně. Výhodou je, že k provozu takovéto zbraně jsou potřeba pouze BB's. Nevýhodou je absence automatické střelby. Všechny typy airsoftových zbraní, mohou být manuální, ale při hře jsou efektivní pouze odštělovací pušky. Výkon pušek se běžně pohybuje okolo 130m/s (s BB's 0.2g) „přímo z krabice“. Proto je nutné pro je nutné je vylepšit, aby měli větší výkon (okolo 180m/s s BB's 0,2g) a přesnost. Tím jsou schopny docílit většího dostřelu a díky tomu v určitých situacích získat převahu nad ostatními zbraněmi na herním poli.

Zbraně poháněné stlačeným plynem: Jsou zbraně, které se svým mechanismem nejvíce podobají palným zbraním. Jejich princip funguje téměř stejně, ale místo toho aby úderník vznítil zápalku, tak na moment otevře ventil rezervoáru plynu (ten je většinou v zásobníku), malé množství plynu unikne a pohání kuličku ven z hlavně. Plynem pro tyto zbraně jsou CO₂, směsy propanu (tzv. GreenGas) nebo stlačený vzduch (systémy HPA, *High Pressure Air*). Všechny typy zbraní mohou fungovat na tomto principu. Většinou se ve výbavě hráče objevují v podobě záložní zbraně, tedy pistole. Někteří však používají primární zbraně na tomto principu (útočné pušky, DMR a odštělovací pušky). Jejich nevýhodou je, že se snižující se teplotou klesá výkon a jejich vyšší náklady na provoz.

Měřiče úst'ové rychlosti

Měření úst'ové rychlosti je u komerčních měřičů uskutečňováno pomocí několika metod, z nichž asi nejpoužívanější je metoda infračervených hradel. Tato metoda spočívá v měření doby průletu projektilu mezi dvěma měřicími místy, se známou vzdáleností od sebe. Průlet střely měřeným místem je zaznamenán přerušením paprsku světla z IR diody do fototranzistoru.

Výsledná rychlost je spočítána pomocí vzorce $v = \frac{s}{t}$ kde s je známá vzdálenost mezi hradly a t je naměřená doba průletu.

Dalšími metodami měření jsou:

Měření narušení elektromagnetického pole prolétající střelou. Tato metoda ovšem funguje pouze s kovovými projektily. Není tak přesná jako metoda IR hradel.

Měření prolétajícího projektilu za pomoci Dopplerova jevu, tato metoda je však účinná s velkými projektily letícími vysokou rychlostí. Také není tak přesná jako metoda IR hradel.

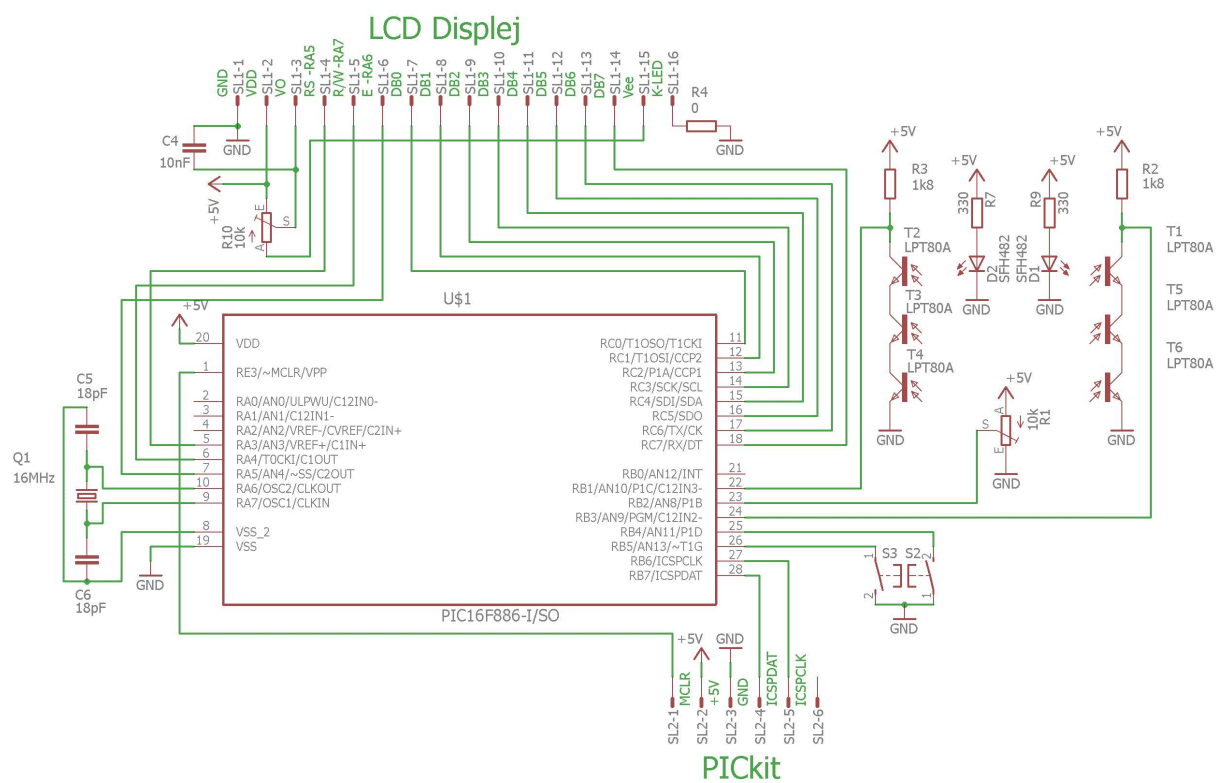
Komerčně prodávané měřiče se liší podle použití a to dvou hlavních kategorií: Pro palné zbraně, luky, kuše a jiné podobné zbraně, kde přítomen výšleh z hlavně, projektil má vysokou úst'ovou energii nebo je nadměrně velký.

A pro vzduchové zbraně a zbraně s nižší úst'ovou energií.

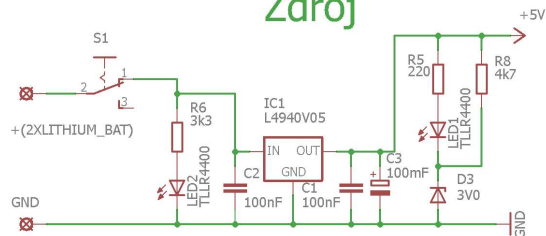
Měřicí přístroje pro palné zbraně jsou větší a odolnější a jsou navrhnuté pro měření vysokých úst'ových rychlostí. Kdežto přístroje pro měření vzduchových zbraní jsou menší a nemusí vydržet takové rázy jako přístroje pro palné zbraně a ani nemusejí umět měřit tak vysoké rychlosti.

Ceny těchto přístrojů se pohybují od 1500,- do několika tisíc korun.

Schéma zapojení



Zdroj



Popis činnosti

Zařízení je napájeno z dvojice Li-ion akumulátorů 4,2 V / 2000 mAh. Po sepnutí hlavního vypínače S1 je přivedeno napětí 8,4V z akumulátorů na vstup nízkoubytkového stabilizátoru IC1, který stabilizuje napětí pro logiku na hodnotu 5V. Přítomnost napětí z baterií indikuje modrá LED2. Přítomnost stabilizovaného 5V napětí indikuje identická modrá LED1, která je podepřena zenerovou diodou 3,0 V D3. o má za následek, že při poklesu napětí pro logiku pod asi 4,8 V LED1 zhasne a svítí jen LED2, při dalším poklesu zhasne i LED2. Uživatel má tak k dispozici HW indikaci stavu akumulátoru. Kondenzátory C1 a C2 blokují stabilizátor proti zákmitům z mikroprocesoru, C3 funguje jako filtrační kondenzátor. Rezistory R6 a R5 určují pracovní proudy LED2 a LED1, rezistor R8 nastavuje pracovní bod zenerovy diody D3.

Zařízení je řízeno jednočipovým mikropočítačem PIC16F886 s 28 vývody. Mikropočítač je taktován pomocí krystalu Q1 o frekvenci 16 MHz. Kondenzátory C5 a C6 jsou vazební kondenzátory oscilátoru. Mikropočítač lze programovat pomocí rozhraní ICSP pomocí programátoru PICKit2.

Vstupní signály mikropočítače jsou dvě tlačítka S2 a S3 pro volbu režimů měření. Tlačítka jsou připojena na digitální vstupy PIC a potenciometr R1 pro nastavení hmotnosti střely je připojen na AD převodník PIC. Měřicími vstupy jsou výstupy dvou trojic fototranzistorů T1,T5,T6 a T2,T3,T4. Tyto fototranzistory jsou nepřetržitě ozařovány pomocí dvou IR LED D1 a D2. Rezistory R7 a R9 nastavují proud do IR LED na hodnotu kolem 10 mA. Kolektorové rezistory R2 a R3 nastavují pracovní bod fototranzistorů tak, že na jejich kolektorech je stále napětí kolem 2,5 V. Při přerušení osvitů alespoň jednoho z trojice tranzistorů vznikne na kolektoru puls o napětí nad 4,0 V. Tyto pulsy jsou dále zpracovány pomocí komparátorů v PIC16F886.

Indikace je vyřešena pomocí inteligentního LCD displeje s alfanumerickým zobrazením dvou řádků po 16 znacích firmy Raystar RC1602-TIW-CSV. Datová sběrnice je osmibitová a je připojena k portu C. Řídící sběrnice má 3 bity (RS, RW a E) připojené na port A. Trimr R10 nastavuje kontrast displeje, kondenzátor C4 filtruje nastavené napětí. Rezistor R12 nastavuje proud podsvitu pomocí bílých vestavěných LED. Jeho hodnota je 0 Ohmů pro maximální svit.

Seznam součástek

Rezistory:

R1,R10	10k
R2,R3	1k8
R5	220
R6	3k3
R7,R9	330
R8	4k7
R12	0

Kondenzátory:

C1,C2	100nF
C3	100mF
C4	10nF
C5,C6	18pF

Diody:

D1,D2	IR LED OSI5LA56A1A
D3	3VO Zenerova dioda
LED1,LED2	modrá LED, průměr 3mm

Integrované obvody:

U\$1	PIC16F886-I/SO
IC1	L4940V05

Tlačítka:

S1,S2	vertikální tlačítko okroj
-------	---------------------------

Konektory:

SL1	patice DIL 1x16 pinů
SL2	kolíková lišta 1x6 pinů

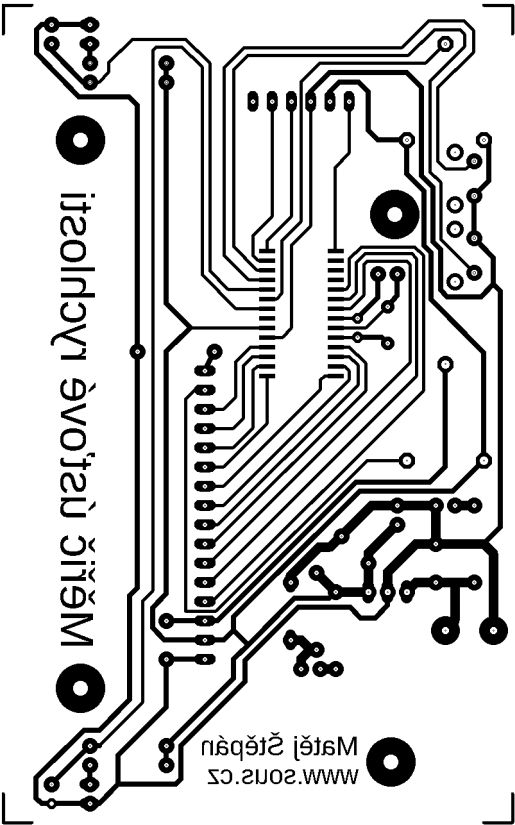
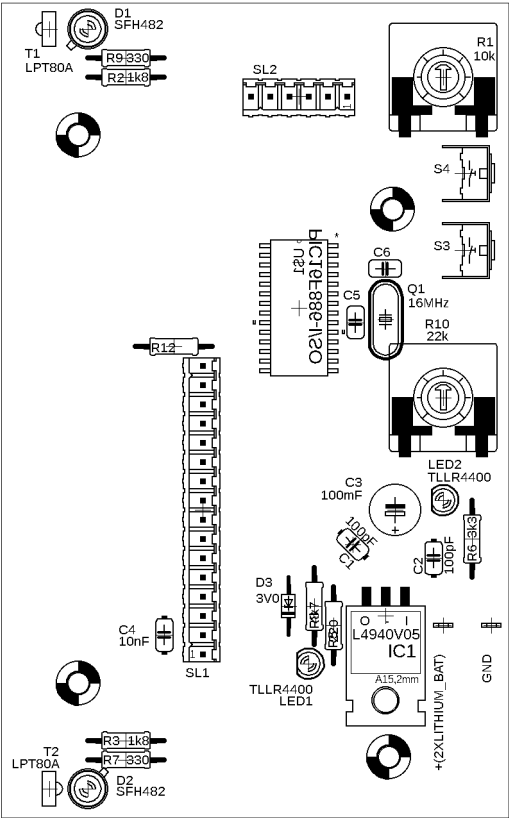
Krystaly:

Q1	16MHz
----	-------

Fototranzistory:

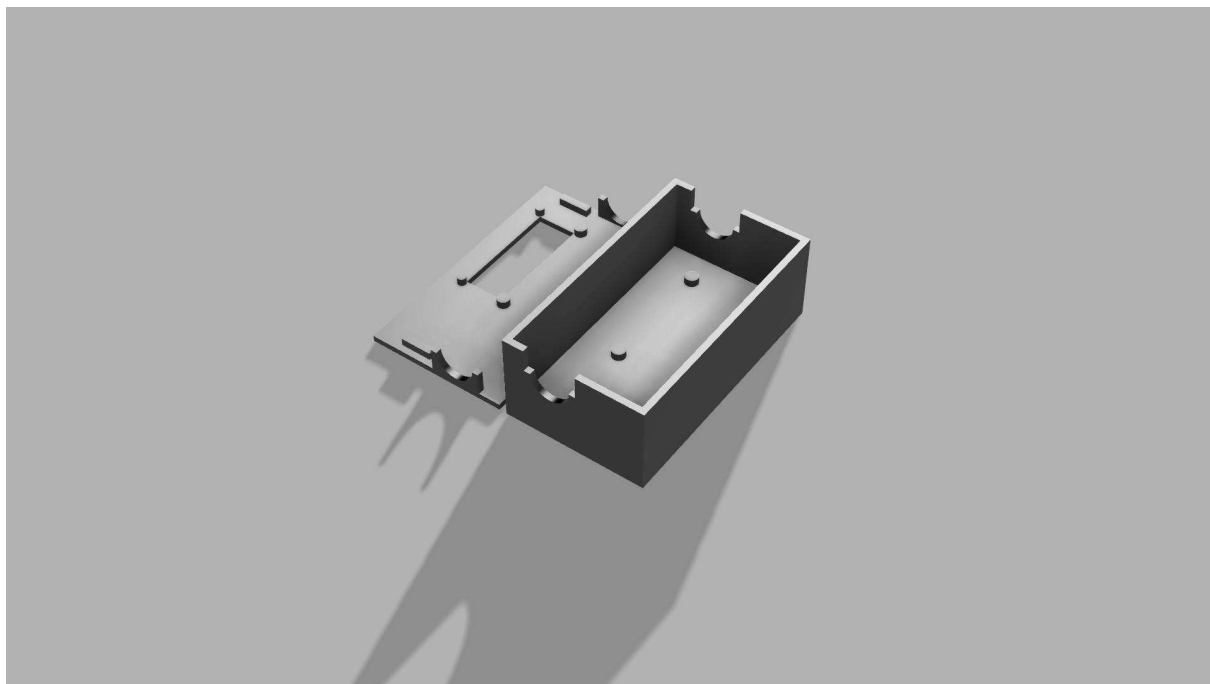
T1-T6	LTR-4206E
-------	-----------

Osazovací výkres a motiv plošného spoje



Mechanické díly

3D model krabičky



Rozměry: 60x90x160

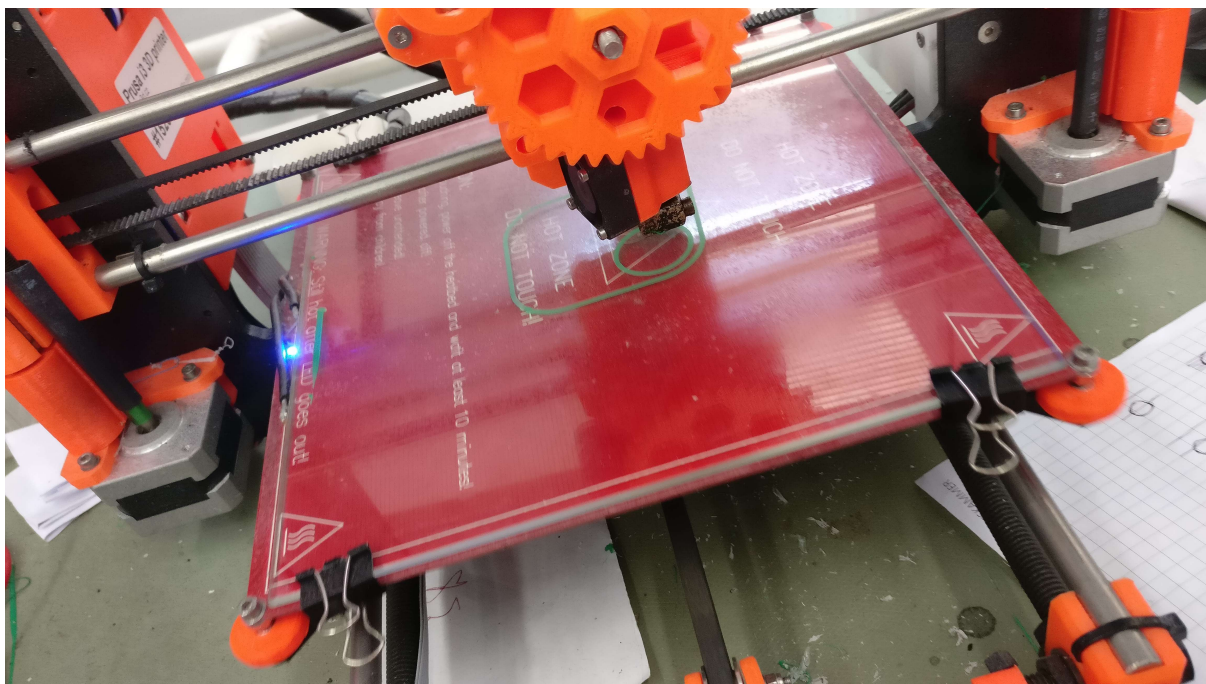
Tloušťka stěny: 4mm

Materiál: ABS

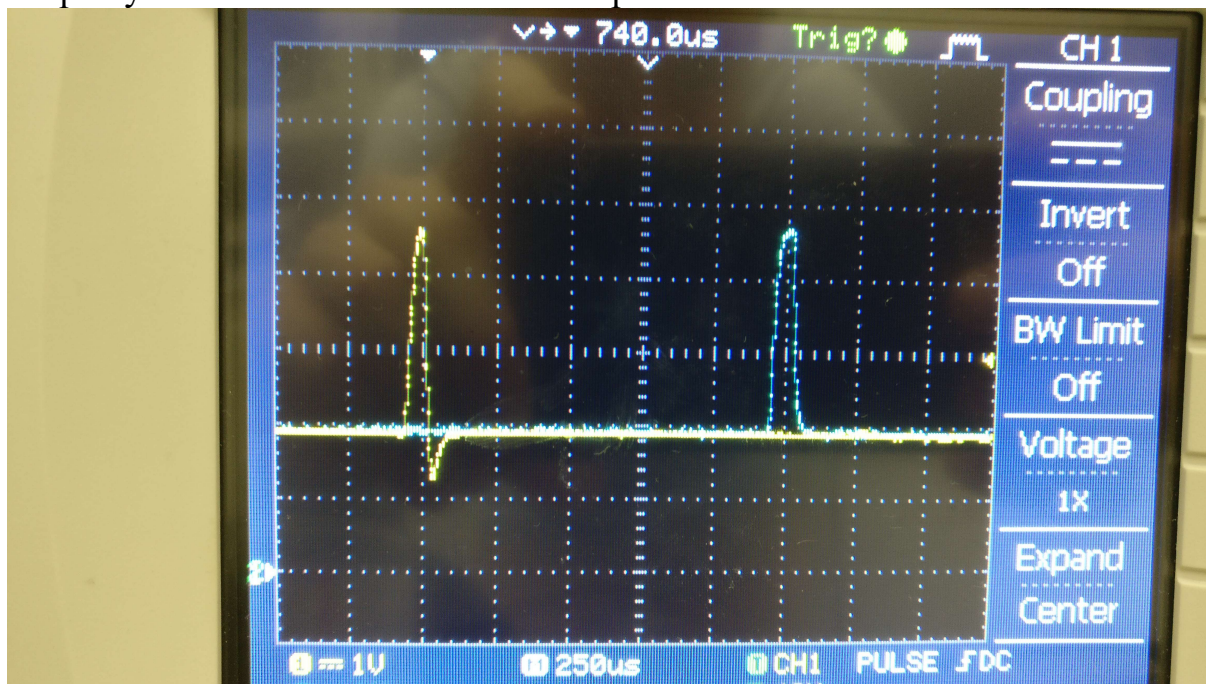
Výrobní proces: 3D tisk

Fotografie

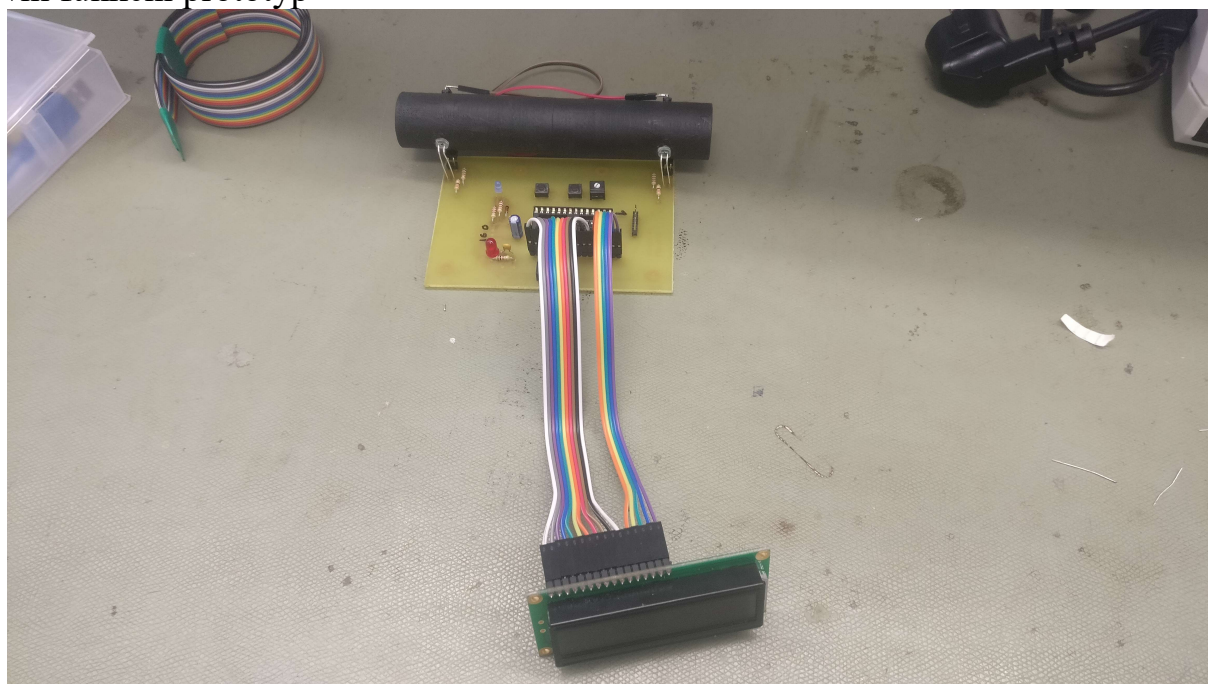
3D tisk tubusu



První pulzy na hradlech změřené osciloskopem



První funkční prototyp



Závěr

Podařilo se postavit funkční zařízení pro měření úst'ové rychlosti střel pro airsoftové zbraně. Zařízení splňuje všechny očekávané požadavky, tedy je mobilní, napájené z baterií, dostatečně odolné pro outdoorové použití a levné.

Zařízení umožňuje měřit úst'ovou rychlost střeliva BB 6mm v rozsahu od 1,5 m/s do 250 m/s s přesností 0,25 % pro nejvyšší rychlost. Pro nižší rychlosti se přesnost zvyšuje, neboť doba průletu je měřena s přesností na jednotky mikrosekund pomocí krystalového oscilátoru.

Měřič je schopen vypočítat v reálném čase i energii střely, která odpovídá zadané hmotnosti střely a naměřené rychlosti. Rozsah hmotnosti je od 0,10 g do 0,72 g. Rozsah výpočtu energie je od 0,01 J do 9.99 J, v celém rozsahu je výsledek zobrazován s platnými číslicemi.

Zařízení je ve stavu funkčního prototypu. Bude následovat výroba ověřovací série a ověření během letní airsoftové sezóny v polních podmínkách. V dalším školním roce mám v plánu úpravy konstrukce na základě zkušeností z provozu a realizace finální verze. Svou konstrukci mám v plánu nabízet komerčně v podobě stavebnice airsoftovým uživatelům za cenu do 500,- Kč.

Zdroje:

- [1] www.balistika.cz
- [2] www.wikipedia.org

Zkratky a odborné termíny

IR	Infračervený
LED	Light emitting diode
SW	Software
HW	Hardware
CPU	Central processing unit
ICSP	In-Circuit Serial Programming
DPS	Deska-Plošných-Spojů
PIC	Mikrokontrolér
Hz	Hertz (jednotka frekvence)
RPS	Rounds per Second (počet výstřelů za sekundu)
SMT	Surface Mounted Technology
ABS	Akrylonitrilbutadienstyren, běžně používaný plast