

LASER TARGET FOR SIMULATING SHOOTING SPORT

Martin Poloch

Bachelor Degree Programme (3), FEEC BUT

E-mail: xpoloc00@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Martin Friedl

E-mail: friedl@feec.vutbr.cz

Abstract: This work deals with complete design of a system for simulating shooting sport. Key aspects of the design are similarity with shooting from ordinary mechanical weapons, multifunctionality and low costs. The core of the simulation is a laser transmitter in the weapon and a photosensitive receiver in the target. The final version of the system is controlled by a group of microcontrollers and provides several types of feedback. For example lighting the place that has been hit with LED, sound signals, displaying shooting results, or evaluating them with a computer.

Keywords: LASER, microcontroller, ATmega8, LED, photosensor

1. ÚVOD

Sportovní střelba a její formy mohou být velmi nákladnou záležitostí. Například pro biatlon se využívají zbraně, které běžně stojí 50 000 – 100 000 Kč. Cena za vystřílené náboje za jeden trénink či závod se může pohybovat v rozmezí 500 – 1000 Kč. Klasické mechanické zbraně jsou navíc také nebezpečné a neekologické (likvidace vystřelených nábojů, zplodiny doprovázející výstřel, prostředky na čištění zbraně atd.) . Cílem tohoto projektu bylo tyto nedostatky odstranit a navrhnout tedy systém, který ze střelby vytvoří bezpečný, ekologický, levnější, a tedy celkově přístupnější sport. Návrh byl ověřen na dvou prototypyech nazvaných Gabriela a Rachel.

2. „STŘELBA LASEREM“

Jako vhodné řešení takového zadání byl zvolen systém zbraně vysílající laserový paprsek a elektronického terče pro zachycení a vyhodnocení „střelby“. Jako vysílač laserové „střely“ byly použity diody z běžně dostupných laserových ukazovátek s výkonem do 5 mW. Výběr světlocitlivého senzoru už byl obtížnější. Ze všech zvážených a otestovaných možností vyšlo nejlépe použití kapacity PN přechodu diody zapojené v závěrném směru.

2.1. SNÍMÁNÍ SVĚTLA POMOCÍ KAPACITY LED

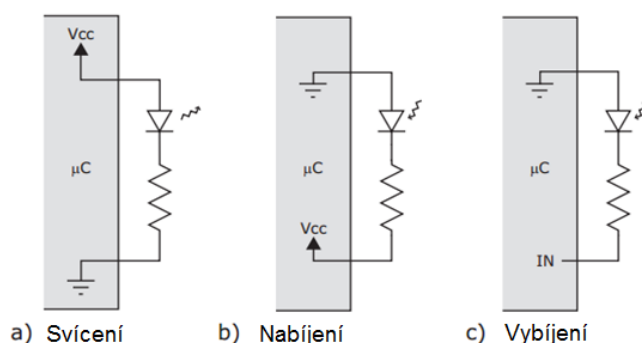
Dioda zapojená v závěrném směru se nabije a při osvětlení světlem určité vlnové délky se dioda vybíjí. Rychlost vybíjení je úměrná intenzitě dopadajícího světla. Průzkumem a testováním tohoto efektu bylo zjištěno, že LED je vybíjena prakticky pouze světlem o nižší vlnové délce, než je vlnová délka světla diodou emitovaného při klasickém zapojení. Nejlépe pak detekují záření o stejné vlnové délce (nebo o několik nm menší) jako je vlnová délka emitovaného záření při normálním zapojení. To tedy znamená, že například zelené světlo (vlnová délka okolo 540 nm) bude špatně vybíjet červené LED (vlnová délka okolo 680 nm), velmi dobře zelené diody, a modré LED (vlnová délka okolo 450 nm) prakticky vůbec. [1]

U všech podobných zařízení je těžké odfiltrovat světlo z laseru od běžného denního světla. Na přímém slunci pak zařízení často chybují nebo nefungují vůbec. Proto je takováto filtrace vlnových délek pro tento projekt velmi prospěšná. Pro splnění zadání bakalářské práce byly vybrány LED emitující na vlnové délce 415 nm. Tato vlnová délka je na hranici viditelného světla (modrá barva)

a UV záření. Odfiltruje nám tedy nejsilnější složku světelného spektra – zelené záření a zároveň umožňuje „střelbu“ z běžně dostupného laseru s nejnižší vlnovou délkou 405 nm.

2.2. ŘÍZENÍ SNÍMÁNÍ MIKROKONTROLÉREM

Pro použití LED jako světelného senzoru je ji třeba nabít a poté sledovat, jak rychle se vybila. K řízení tohoto cyklu v tomto zařízení slouží mikrokontroléry. Každá LED je zapojena na 2 digitální piny mikrokontroléru (obr. 1) a proto není problém ji nabít. Na anodu se přivede kladné napětí – log. 1 a katoda se ponechá v log. 0. Tento proces trvá pouze několik μs . Poté se pin zapojený na anodu převede do vstupního režimu a zkoumá se, jak rychle se na pinu objeví log. 0 (dioda je vybita). Výhodou tohoto zapojení je, že ze stejné diody se může snímat a vhodným přepnutím pinů s ní i svítit. V tomto projektu je využito periodického střídání fáze svícení a fáze snímání vysokou rychlostí, takže lidské oko není schopno tyto fáze rozlišit, a je tedy možné snímat i ze zdánlivě svítící diody. Dioda přitom svítí jen krátký úsek z celkové periody, takže snímání zůstává spolehlivé.



Obrázek 1: Průběh řízení chování LED z mikrokontroléru [1]

Pro vytvoření laserového terče je třeba vytvořit pole desítek až stovek LED. Každá LED tedy nemůže být zapojena na 2 piny mikrokontroléru. Bylo tedy použito zapojení se společnou katodou, kdy katody všech diod jsou zapojeny na stejný pin mikrokontroléru. Úspěšně bylo také vytvořeno maticové zapojení, kde byly společné anody a katody, ale tím se několikanásobně snížila citlivost snímání a ta nakonec dostala přednost před úsporou mikrokontrolérů. Proto je v prototypu Gabriela použito k ovládání snímacích LED 13 mikrokontrolérů a v prototypu Rachel dokonce 25.

3. ZVOLENÝ MIKROKONTROLÉR

Hlavním mikrokontrolérem tohoto projektu se stal typ ATmega8 od společnosti Atmel. Kromě jednoduchosti programování byla hlavním kritériem co nejnižší cena na jeden vstupně/výstupní pin. ATmega jich má sice „pouze“ 20 (po odečtení pinu pro společnou katodu a jednoho pinu na komunikaci), ale jeho cena na 1 pin byla stále nejnižší z uvažovaných mikrokontrolérů.

Kromě mikrokontrolérů ovládajících snímací LED jsou v obou prototypech ještě další k ovládání segmentových displejů zobrazující informace o střelbě, mikrokontroléry ve zbraních a hlavní mikrokontrolér sbírající informace ze všech ostatních. Všechny tyto mikrokontroléry jsou opět ATmega8, kromě hlavního mikrokontroléru v prototypu Rachel, který byl natolik složitý, že požadavky na paměť převyšovaly možnosti tohoto čipu, a bylo tedy sáhnuto k mikrokontroléru s větší pamětí – ATmega16. Všechny tyto mikrokontroléry spolu komunikují pomocí jednodrátové komunikace (kvůli úspoře pinů) založené na protokolu, který byl vytvořen speciálně pro tento projekt.

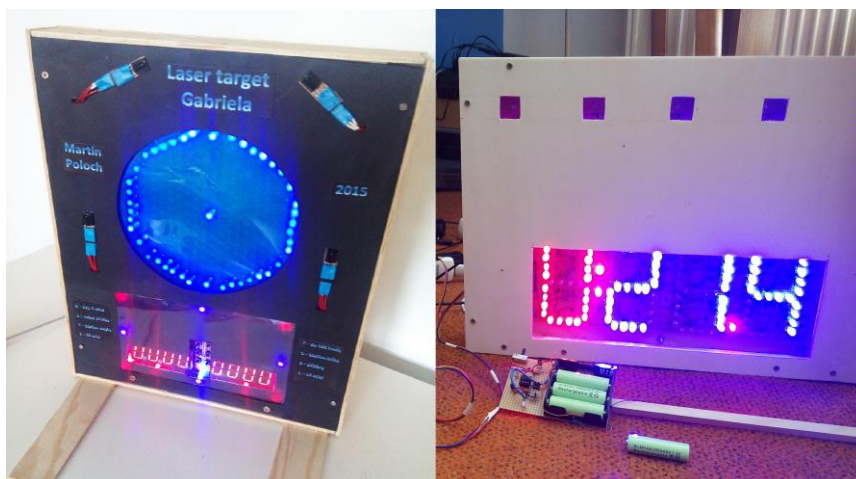
4. KOMUNIKACE ZBRANĚ A TERČE

Zbraň při stisku spouští vyšle laserový signál, který zasáhne jednu z LED. Terč to zaznamená a patřičně se podle toho zachová. Běžně se ale stává, že výstřel terč nezasáhne. Ten ale informaci o výstřelu musí dostat, aby byl schopen vyhodnocovat i netrefení terče. V prototypu Gabriela byla

k tomuto účelu použita infračervená komunikace pomocí IR LED a IR přijímače TSOP 1738. Tato komunikace neměla dostatečné parametry, zejména dosah se nepodařilo zvětšit nad 20 metrů. Navíc byla rušena slunečním zářením, proto v prototypu Rachel byla použita komunikace pomocí nRF24 modulů. Řešení to bylo několikanásobně dražší, ale dosah komunikace se zvýšil spolehlivě nad 50 metrů. Díky těmto modulům navíc terč může posílat informace i do dalších zařízení (jako např. osobní počítač), čehož je v prototypu Rachel plně využito.

5. PROTOTYP GABRIELA

Tento starší model je zaměřen kromě sportovní i na zábavní střelbu. Obsahuje 10 prstenců vytvořených z 253 LED. Tyto prstence jsou vytvořeny pro obodování střel od 1 do 10 bodů. Terč má 8 unikátních režimů střelby např. 10 střel, biatlon, moderní pětiboj, rychlopalba a další. V závislosti na zvoleném režimu svítí krajní nebo jiný prstenec LED a prostřední dioda, jak je vidět na obrázku 2. Vždy se také rozsvítí aktuálně zasažená LED. Vyhodnocování dosažených výsledků probíhá v reálném čase na sedmi-segmentových displejích, ať už zakomponovaných do terče, nebo v externím modulu velkého displeje (obrázek 2 vpravo). Jedná se o časové údaje, celkový počet bodů, počet bodů poslední střely a počet zbývajících střel. Pro prodloužení zmíněné nespolehlivé IR komunikace byla vytvořena sada dalších modulů s nimiž již terč spolehlivě funguje na 20 metrů.



Obrázek 2: Terč prototypu Gabriela, modul velkého displeje a prodlužovací modul

6. PROTOTYP RACHEL

Prototyp Rachel byl navrhován se zaměřením na biatlon a obsahuje tedy 5 terčů se 6 prstenci LED. Multifunkčnost byla ale zachována a rozšířena a terč tak obsahuje dokonce 54 režimů střelby. Kromě spolehlivější komunikace se zbraní byl doplněn zvukovým modulem pro poskytování ještě lepší zpětné vazby střelci a počítačovou aplikací, která slouží nejen jako zaznamenávání údajů, ale také jako simulace závodění s virtuálními protivníky.

7. ZÁVĚR

Pomocí popsaných postupů a technologií byl úspěšně vytvořen ekologický a bezpečný systém simulující sportovní střelbu, jehož pořizovací cena je nižší v porovnání s existujícími systémy. Díky multifunkčnosti terčů má navíc projekt obrovský potenciál z hlediska komerční využitelnosti.

REFERENCE

- [1] Very Low-Cost Sensing and Communication Using Bidirectional LEDs. *MITSUBISHI ELECTRIC RESEARCH LABORATORIES* [online]. [cit. 2015-12-12]. Dostupné z: <http://www.merl.com/publications/docs/TR2003-35.pdf>