

Svetelný rotujúci efekt riadený mikrokontrolérom

Rotary Light Effect Controlled by Microcontroller

Milan Lacko¹, Marián Bezeg

¹milan.lacko@tuke.sk

¹Katedra elektrotechniky a mechatroniky, Fakulta elektrotechniky a informatiky, Technická univerzita v Košiciach, Letná 9, Košice, Slovenská Republika

Abstrakt— Článok opisuje návrh a stavbu svetelného rotujúceho efektu, ktorý demonštruje biofyzikálny jav zotrvačnosti ľudského oka. Tento efekt je riadený pomocou mikrokontroléra ATmega. Je navrhnutá a vytvorená konštrukcia, pohon a riadenie celého zariadenia. Funkčnosť efektu bola overená vykresľovaním niekoľkých obrazcov.

Kľúčové slová— *Algoritmus, ATmega, mikrokontrolér, zotrvačnosť videnia*

Abstract— The article describes the design and construction of a light rotating effect, which demonstrates the biophysical phenomenon of inertia of the human eye, respectively, persistence of vision. This effect is controlled by the ATmega microcontroller. The construction, drive and control of the whole device are designed and built. Functionality of the effect was verified by rendering several images.

Keywords— *Algorithm, ATmega, microcontroller, persistence of vision*

I. ÚVOD

Zrak je jedným z najdôležitejších zmyslov človeka. Pomocou tohto vnemu sa orientujeme v priestore, vnímame svetlo, rozličné tvary, farby, ale predovšetkým slúži na celkové vnímanie okolia a orientáciu v priestore. Najväčší podiel pri vnímaní nových podnetov a informácii má na starosti práve tento vnem. Úzkym spojením oka s mozgom, kde sú nervové signály následne spracované a vyhodnocované, dokážeme vidieť a vnímať okolitý svet. Základným orgánom tohto vnemu je ľudské oko. Keďže človek má oči dve, dokáže odhadovať vzdialenosť predmetov.

A. Ľudské oko

Ľudské oko je hlavným zmyslovým orgánom zraku. Z biologického hľadiska sa delí na viaceré štruktúry a časti, ktoré sú vzájomne prepojené a spolu vytvárajú celistvý orgán. Základné tri časti členia ľudské oko na zložku periférnu, prevodnú a zložku centra, ktorá je uložená v mozgovej kôre.

Očnú guľu tvorí vonkajšia vrstva z kolagénového vlákna, kde 4/5 z vonkajšieho povrchu zaberá očné bielko. Zostatok, respektíve 1/5 z vonkajšej plochy oka, zaberá priehľadná rohovka, ktorá zabezpečuje prechod svetla z vonkajšieho prostredia do priestoru očnej gule. Stredná vrstva oka obsahuje viditeľnú časť nazývanú dúhovka, ktorá je silno pigmentovaná. Pigment tejto vrstvy udáva farbu oka. Časť, ktorou prechádza svetlo do priestoru oka sa nazýva zrenica. Súčasťou dúhovky

sú radiálne a kruhové hladké svalové vlákna, ktoré kontrolujú množstvo vstupujúceho svetla do ľudského oka. Tento jav sa nazýva pupilárny reflex. Pomocou tohto javu je sieťnica chránená pred dopadom veľkého množstva svetla, ktoré by ju mohlo poškodiť. Za dúhovkou sa nachádza vráskovec, ktorý obsahuje akomodačný sval a tvorí sa tu tekutina, tzv. komorový mok. Pre ostré videnie je dôležitá tzv. šošovka, ktorá je umiestnená za dúhovkou. Je priesvitná a skladá sa z viacerých vrstiev.

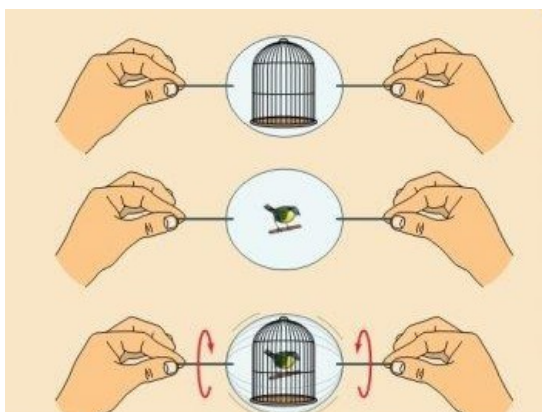
V strednej časti oka sa nachádza cievkovka, ktorá je najväčšou časťou ľudského oka. Má vyživovaciu funkciu. Nervová, respektíve vnútorná vrstva oka je vystlaná jemnou vrstvou tzv. sieťnicou. Jej povrch, ktorý prislúcha k cievkovke, obsahuje bunky citlivé na svetlo. Tieto špeciálne bunky dokážu premeniť svetelné podnety na nervové impulzy. Hlavným prvkom sú tyčinky a čapíky, zabezpečujúce túto funkciu. Zrakovým nervom sa tieto informácie odosielajú priamo do mozgu. Oko je vyplnené tzv. sklovcom, čírou látkou tvorenou prevažne z vody.

Počet tyčiniek je asi 120 000 000. Využívame ich hlavne pri nízkej úrovni vonkajšieho svetla, respektíve v tme alebo šere. Sú citlivejšie ako čapíky. Čapíkov je asi 7 000 000 a sú využívané na denné videnie. Medzi hlavné úlohy patrí farebné videnie a pozorovanie detailov pri jasnom svetle, preto pre ich činnosť je vysoký stupeň vstupujúceho svetla nutnosťou. Obe druhy týchto receptorov obsahujú tzv. zrakové pigmenty, ktoré premieňajú svetelné podnety na elektrické podráždenie receptorov [3].

B. Biofyzikálny jav – zotrvačnosť videnia

Chemické reakcie, ktoré sú sprievodným javom pri projekcii svetelných podnetov na elektrické impulzy receptorov majú určitú zotrvačnosť. Toto oneskorenie ľudské oko nezaznamená a obraz sa javy stále ako celistvý. Jedná sa o určitú nedokonalosť ľudského oka, ktoré sa nestíha adaptovať pri rýchlo sa meniacich obrazcoch, preto sa javia ako plynulý dej. Zotrvačnosť sa zvyčajne udáva ako 0,1 sekundy pre orgán ľudského oka.

V roku 1824 vedci John Ayrton Paris a Peter Mark Roget poukázali na fenomén zotrvačnosti ľudského oka pomocou zariadenia nazývaného *Taumatrop*. Na základne tohto javu Peter Mark Roget vydal publikáciu s názvom „*The persistence of vision with regard to moving objects*“, kde detailne popisuje tento jav. Tento objav sa stal základným míľnikom pre históriu kinematografie a filmového priemyslu.



Obr. 1. Taumatrop

Taumatrop (originál z angličtiny Thaumatrope) patril medzi prvé optické zariadenia použité na demonštráciu pohybu a jeho fenoménov. Slovo je zložené z dvoch slov a to, “thauma” – zázrak a “trope” – otáčanie. Toto optické zariadenie pozostávalo z dvoch kúskov papierov kruhového tvaru s priemerom od 50 do 250 milimetrov. Na každej strane bol jeden rozdielny, ale dopĺňajúci sa obrázok. Ďalším prvkom zariadenia boli dve pružné šnúry upevnené oproti sebe na koncoch zariadenia. Po navinutí a samotnom zatiahnutí za konce šnúrok môže pozorovateľ sledovať pohyb obrazcov, ktoré sa spájajú do jedného obrazca. Čím je rotácia predmetov rýchlejšia tým je obraz celistvejší. Ak by sme použili zariadenia navrhnuté na obrázku vyššie, výsledkom by bola ilúzia vtáčka v klietke. Tieto optické hračky boli neskôr použité pre domácu zábavu alebo ako detské hračky. [5]

Podobné zariadenia boli vyrábané aj neskôr. V roku 1832 Joseph Pateau vyvinul nové zariadenie, phenakistiscope, neskôr phenakistoscope, ktoré rovnako demonštrovalo zotrvačnosť videnia, respektíve zotrvačnosť ľudského oka. Existovali dve varianty tohto zariadenia. Zariadenie využíva rotujúci disk vo vertikálnej polohe. Jednotlivé obrazce boli rozmiestnené po obvode kruhu. Rozmiestnené obrazce boli odlišné, ale spolu vytvárali celistvý sled alebo príbeh. Na rozdiel od taumatropu, kde boli použité len dva obrázky, toto zariadenie umožňuje vykresľovať toľko obrazcov, koľko dokážeme umiestniť po obvode kruhu. Pri prvom variante je nutné použiť zrkadlo, keďže zariadenie používa len jeden rotačný disk. Na jednej strane disku, ktorá je otočená smerom k zrkadlu, je nakreslený sled obrázkov. Medzi každým obrázkom je vytvorená pozorovacia štrbina. Po ručnom roztočení zariadenia sa pozorovateľovi cez pozorovacie štrbiny javí pohyb ako plynulý.

Druhým variantom tohto zariadenia boli dva rotačné disky na spoločnom hriadeľi. Na prvom z nich, ktorý bol bližšie k pozorovateľovi, boli vyrezané pozorovacie štrbiny. Na druhom paralelnom disku boli nakreslené obrazce rovnako ako na predšlom variante, odlišné, ale sled vytváral celistvý príbeh. Použitím dvoch paralelných rotačných kruhov už nebolo nutné použiť zrkadlo. Rotáciou kruhov, rovnako ako pri prvom variante a pozorovaním cez pozorovacie štrbiny sa obraz javí ako spojitý a vytvára ilúziu pohybujúceho sa obrazca.

Neskôr v 19. storočí, bolo vyvinuté ďalšie zariadenie, Zoetrop, ktoré demonštrovalo tento jav zotrvačnosti. Vynálezcom bol William George Horner, ktorý zostavil svoje zariadenie na princípe phenakistiscopu. Neskôr bolo toto zariadenie



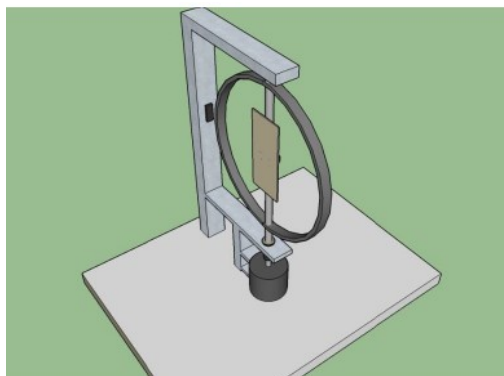
Obr. 2. Zoetrop

modernizované a modifikované ďalší vynálezcami. Zoetrop je tvorený rotujúcim valcom so štrbinami, do ktorého sa vkladal po obvode sled obrázkov. Pri následnej rotácii, rovnako ako v predchádzajúcich prípadoch sa obraz zdal spojitý a vytváral animácie. Čím zariadenie rotovalo rýchlejšie, tým bol obraz hladší. Naopak, ak valec spomaľoval, ilúzia pohybu sa rozpadla. Výhodou zariadenia bolo, že samotný vykresľovaný obrazec sa dal meniť pomocou výmeny vloženého papierového kruhu. Rovnako ako aj predošle zariadenia aj toto zariadenie pomáhalo k vývoju kinematografie. Zariadenie nepotrebovalo zrkadlo a mohlo byť použité viacerými pozorujúcimi v jednom okamihu [5].

Bez zotrvačnosti videnia by filmový priemysel nemohol existovať. Obraz na televíznej obrazovke, ktorý sa nám zdá ako pohyblivý, je tvorený sériou statických snímok, ktoré sa rýchlo striedajú. Vedecké zistenia dokazujú, že ľudské oko vníma sled statických obrázkov ako pohyb už pri obrazovej frekvencii 24 obrazov za sekundu. Samotne filmový priemysel využíva 24 snímok za sekundu. Pri televíznom vysielaní je počet snímok 25. Kvôli nízkej frekvencii sa však tento obraz javí ako blikajúci alebo mihotajúci, čo ma za dôsledok únavu zraku. Pre tieto skutočnosti sa vo filmovom priemysle využíva štandard nazývaný aj prekladané riadkovanie. Prekladané riadkovanie rozdeľuje celistvý obraz na dva polo obrázky. Najprv sa vykresľujú párne a potom nepárne riadky, výsledná frekvencia je potom 50Hz, čo eliminuje blikanie televíznej obrazovky. Pri prekladanom riadkovaní je dôležité, aby samotný počet vykresľovaných riadkov bol nepárny. V kino priemysle sa daná snímka premieta v dvojitej frekvencii, respektíve 48 obrázkov za sekundu. Tento jav zotrvačnosti sa rovnako využíva v animovanom filme, kde je sled statických snímok, ktoré sú od seba len nepatrne odlišné, premietané vysokou rýchlosťou. Vďaka zotrvačnosti vzniká dojem pohybu objektu. [4]

II. NÁVRH A STAVBA ZARIADENIA

Pre demonštrovanie zotrvačnosti ľudského oka, resp. zotrvačnosti videnia je navrhnuté a postavené rotujúce zariadenie v tvare kruhu, ktoré na vytvorenie svetelného efektu využíva LED diódy. LED diódy sú umiestnené na polovici



Obr. 3. Návrh svetelného efektu

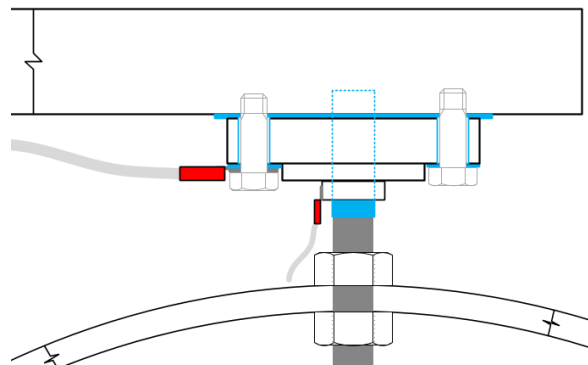
kruhu v počte 80, pre vykresľovanie obrazca a na opačnej strane kruhu v strede v počte 8 na vykresľovanie času, resp. dátumu. Návrh zariadenia bol vytvorený pomocou softvéru Google SketchUp a je na Obr. 3. Potrebná elektronika pre riadenie svetelného efektu je umiestnená vo vnútri kruhu na osi otáčania. Motor pre pohon rotačného efektu je umiestnený v dolnej časti zariadenia, pod rotujúcou obručou. Samotná obruč, rotujúci kruh, na ktorej sú umiestnené LED diódy je vyrobená z PVC rúry DIN 300. Výsledný rozmer prstenca je 300 mm vonkajší priemer, hrúbka steny je 8 mm a šírka prstenca je 50 mm. Rotujúci kruh je upevnený v kovovej konštrukcii z jaklových profilov (20x40) pomocou ložísk. Ako os rotácie je použitá závitová tyč M8. Celá konštrukcia zariadenia je prichytená na doske o rozmere 600 x 400 a celková výška svetelného rotujúceho efektu je 620 mm.

A. Napájanie

Ako zdroj jednosmerného napätia je použitý spínaný zdroj, ktorý nám vytvára stabilné výstupné jednosmerné napätie o hodnote 12 V zo vstupného striedavého napätia o hodnote 230V/50Hz. Zdroj je zaťažiteľný až do hodnoty 5 A a taktiež obsahuje ochranu proti preťaženiu. Vďaka jeho pomerne nízkej obstarávacej cene a hodnote maximálne zaťaženia je vhodný pre implementáciu do navrhovaného zariadenia. Napájací zdroj, s potrebnými vypínačmi a aj spolu s meničom pre riadenie otáčok motora je umiestnený v plastovej krabicike na základovej doske svetelného efektu. Odtiaľto je vyvedené napájanie pohonného motora umiestneného pod rotujúcou obručou a aj napájanie pre rotujúcu časť, čiže všetku elektroniku umiestnenú v rotujúcej obruči.

B. Pohon

Pre pohon zariadenia respektíve rotačného prstenca je nutné použiť elektromotor, ktorý dosiahne želané otáčky, teda dosiahne žiadanej frekvencie otáčania minimálne 25 Hz, čo sa rovná 1500 otáčok za minútu. Na základnej tejto požiadavky na pohon zariadenia je použitý jednosmerný elektromotor typového označenia JGB37-550 čínskeho výrobcu spolu so vstavanou prevodovkou v pomere 1:8, ktorého parametre sú vhodné pre realizáciu nášho zariadenia. Maximálna hodnota otáčok pre tento typ motora je 2000 ot./min. Odber prúdu pri nezaťaženom motore je 1,6 A, pri plnom zaťažení sa rovná hodnote 3A. Elektromotor je spojený s hriadeľom rotačného prstenca pomocou pružnej spojky, ktorá eliminuje veľké vibrácie spôsobené prípadnou nesúosovosťou hriadeľa motora a osi otáčania efektu. Elektromotor je napájaný zdrojom jednosmerného napätia a otáčky sú zadávané manuálne pomocou znižovacieho meniča. Keďže elektromotor ma pri štarte odber až 7A, ale maxi-



Obr. 4. Napájanie rotujúcej časti

málne zaťaženie zdroja je 5 A, je nutné použiť vhodný typ riadenia, inak by prúd odberaný motorom spôsoboval spúšťanie prúdovej ochrany spínaného zdroja. Preto bol zvolený jednoduchý znižovací menič riadený obvodom NE555, kde otáčky sa zadávali pomocou potenciometra.

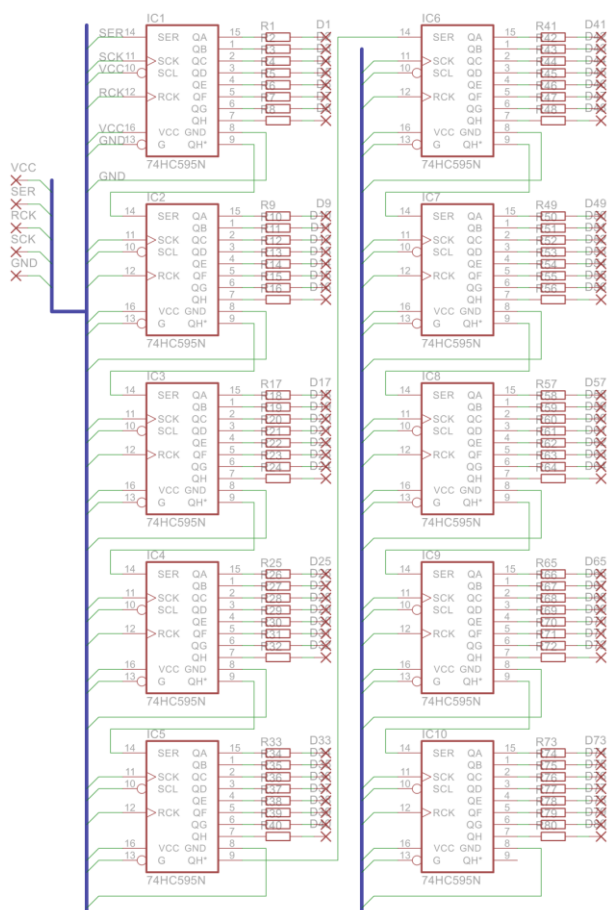
C. Napájanie rotujúcej časti

Vzhľadom na to, že celá riadiaca a časť riadiacej elektroniky je umiestnená na rotačnom prstenci, našim cieľom je nájsť vhodný spôsob prenosu elektrickej energie zo statickej časti jednosmerného zdroja na časť rotačnú, a to na prstenec. Na prenos kladného pólu zdroja napätia využívame uloženie ložiska, ktoré je odizolované od rámu zariadenia. Zároveň aj hriadeľ prstenca je odizolovaný od ložiska. Tým dosiahneme prenos napätia cez ložisko, ale toto napätie nie je pripojené na nijakú inú vodivú časť konštrukcie efektu. Odizolovanie uloženia ložiska je znázornené na Obr. 4. Medzi uložením rámu a ložiska je umiestnená nevodivá podložka a jednotlivé skrutky sú odizolované od uloženia pomocou zmršťovacích bužírok – vyznačené modrou farbou.

Vodič je pripojený na uloženie ložiska pomocou krimpovacej krúžkovej svorky. Na prenos záporného pólu zdroja je použité zapojenie vodiča priamo na kostru. Využívame rovnaké zapojenie pomocou druhého ložiska, ktoré však už nie je odizolované od rámu, keďže kontakt tohto ložiska s rámom je potrebný. Prípadne nedokonalosti prenosu elektrického prúdu cez ložiská sú eliminované pripojením malého kondenzátora na riadiacej doske rotačnej časti. Týmto konštrukčným riešením jednoducho a spoľahlivo dosiahneme prenos napájania na rotačnú časť efektu.

D. LED kontrolér

Ako riadiaci obvod pre ovládanie svetelného efektu bol použitý mikrokontrolér Atmega1284 od firmy ATMEL (Microchip), ktorý slúži len na vykresľovanie obrazca, jeho pohyb a synchronizáciu. Bolo potrebné vedieť ovládať 80 LED diód zelenej farby umiestnených odhora dole na jednej polovici kruhu. Akoby tieto LED-ky vytvárali jeden poludník od severu na juh. Pre takéto veľké množstvo výstupov (LED) je vhodné využiť posuvné registre. Najlepšou voľbou v tomto prípade je použitie 8 bitového posuvného registra, ktorým vieme ovládať 8 výstupov. Pre naše riešenie bol zvolený posuvný register typu 74HC595, ktorý umožňuje posúvať bity aj ďalej na výstup do vstupu ďalšieho posuvného registra. Zároveň umožňuje riadiacim pinom zapnúť alebo vypnúť výstup registra. Desiat posuvných registrov zapojených v kaskáde potom ovláda 80 LED diód pre vykresľovanie obrazu. Pre vykresľovanie času je



Obr. 5. Schéma zapojenia a reťazenia posuvných registrov

použitý jeden posuvný register tohto typu. Zaťažiteľnosť jedného paralelného pinu je 35 mA, čo vyhovuje našim požiadavkám, keďže maximálny odber LED diódy je 20 mA. Napájacie napätie sa rovná hodnote 5 V, ktorá je výstupom zo stabilizátora 7805, ktorý je zaťažiteľný do hodnoty 1,5 A. Maximálne napätie LED diódy je nižšie ako výstupný pin posuvného registra, preto každá dióda má svoj predradný odpor o hodnote 220 Ω . Pri hodnote tohto odporu je maximálny odber 14 mA. Pre vytvorenie kaskády využívame hardvérový pin s označením Q7S. Týmto pinom sa posúvajú hodnoty von smerom z prvého posuvného registra do nasledujúceho registra. Spojením desiatich takýchto registrov, pomocou sériovej komunikácie a vhodným algoritmom dokážeme odoslať 80 bitov pre ovládanie každej LED diódy nezávisle.

Pomocou pinu SHCP povolíme zobrazovanie hodnoty bitov vložených v posuvnom registri. Táto vlastnosť nám dovoľuje zapínať a vypínať zobrazovanie v daný okamih. Vypnutím zobrazovania počas prenosu dát nevidíme jednotlivé posúvanie bitov, ale pri následkom zapnutí po ukončení sériového prenosu jednotlivých bitov vidíme bity na svojich definovaných pozíciách.

Pre vykresľovanie času resp. dátumu slúži 8 LED diód umiestnených v strede opačného polkruhu ako na vykresľovanie obrazcov. Riadenie behu času, dátumu a samotné vykresľovanie je riešené v mikrokontroléri Atmega8 pomocou jedného posuvného registra.

E. Snímanie otáčok a synchronizácia

Ako už názov zariadenia napovedá, jedná sa o rotujúci svetelný efekt, tzn. určitá časť zariadenia rotuje určitými otáčkami.

Ako bolo uvedené vyššie, otáčky je možné voliť manuálne pomocou potenciometra. Avšak zmena otáčok má vplyv na vykresľovaný obrazec. V závislosti na otáčkach prstenca a podľa vykresľovaného obrazca je potrebné meniť časy, okamihy, v ktorých sa majú tie-ktoré LED-ky zapínať a vypínať. Preto je potrebné snímať otáčky, ktorými sa aktuálne otáča prstenec. Na základe týchto otáčok sa potom v programe prispôbujú časy, ako dlho a ktoré LED diódy majú byť zapnuté. Tým sa dosiahne, že vykresľovaný obrazec je statický a správne vykresľovaný pri rôznych otáčkach a nie je potrebné presne regulovať otáčky. Ak by toto nebolo zabezpečené, tak pri rôznych otáčkach by vykresľovaný obrazec rotoval, čiže menila by sa jeho pozícia vzhľadom na zariadenie, alebo by vykresľovaný obraz nebol zobrazovaný správne (napr. neúplne). Samozrejme, úpravou programu vieme uskutočniť aj rotáciu obrazca definovanou rýchlosťou, ale opäť je potrebné poznať otáčky a na základe otáčok prstenca nastavovať pohyb vykresľovaného obrazca.

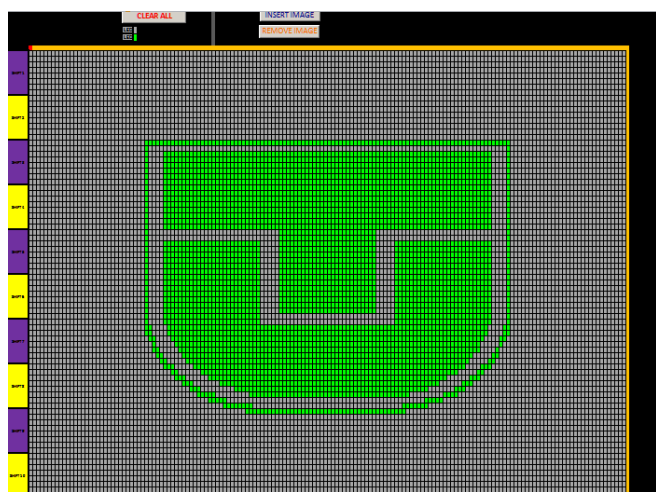
Snímač otáčok je tvorený unipolárnym halovým senzorom s typovým označením TLE4905L. Tento senzor je citlivý na magnetické pole. Ak sa senzor dostane do blízkosti kladného elektromagnetického poľa, dátový pin senzoru nadobudne napäťovú hodnotu logickej nuly. Táto vlastnosť v kombinácii s vhodným algoritmom a hardvérovým zapojením, je využívaná na meranie otáčok. Magnet, ktorého magnetické pole detekujeme, je umiestnený na ráme zariadenia v strede, v mieste, kde sa rotujúci prstenec najviac približuje ku konštrukcii, teda v mieste „rovníka“.

III. RIADENIE SVETELNÉHO EFEKTU

A. Vykresľovanie obrazca – statický obraz

Zadefinovaním vhodného algoritmu už v základnej analýze predídeme chybám, ktoré sa môžu vyskytnúť počas samotnej realizácie. Hlavnou ideou je vytvorenie rotačného prstenca, ktorý vykresľuje nami zadefinovaný obrazec. Využívame pri tom jav zotrvačnosti ľudského oka. Obraz, ktorý je vykresľovaný je zadefinovaný v pravouhlej sieti bodov. Tento raster je následne rozdelený na jednotlivé stĺpce, respektíve poludníky. Snímač otáčok a časovač merajú čas jednej otáčky rotačného prstenca, ktorý je následne delený počtom zadefinovaných poludníkov (v našom prípade 160). Táto hodnota je importovaná do druhého časovača, ktorý vykresľuje zadefinovaný poludník obrazca vzhľadom na tento čas. Počet LED diód na polkruhu rotačného prstenca pre vykresľovanie obrazu je 80. Výsledný raster zobrazuje obrazec zadefinovaný na sieti o rozmeroch 160 x 80 bodov. Ako základné použité periférie mikrokontroléra Atmega1284 sú použité časovače T0 a T1 a jedno externé prerušenie INT0, ktoré je spúšťané halovým snímačom otáčok

Základný algoritmus meria otáčky rotačného prstenca pomocou externého prerušenia a časovača T1. Čas jednej otáčky je delený hodnotou 160, ktorá reprezentuje počet vykresľovaných poludníkov. Následne sú dané poludníky, teda prvky dátového poľa vykresľované vo svojom poradí, jeden vykreslený poludník v prerušení od časovača T0. Prerušenie od časovača T0 je spúšťané práve za dobu 1/160 celej otáčky. Počítadlo x je inkrementované v každom jednom prerušení od časovača T0, čo zabezpečí vykresľovanie ďalšieho poludníka v nasledujúcom prerušení od T0. Takto je vykreslený celý obrazec, čiže 160 poludníkov za jednu otáčku. Samotný vykresľovaný obrazec, ktorý bude vykresľovaný na povrchu pomyselné gule je uložený v hlavičkovom súbore „globe_led.h“. Ide o dvojrozmerné pole o rozlohe [10][160]. Pri deklarácii využívame



Obr. 6. Náhľad do aplikácie pre generovanie dvojrozmerného poľa

dátový typ `uint8_t`, ktorým dokážeme zdefinovať jednotlivé bity pre posuvné registre. Pole pre svoj rozsah je uložené v osobitnom hlavičkovom súbore, čím ho oddelíme od samotného zdrojového súboru vo formáte „.c“.

Vzhľadom nato, že manuálne zadefinovanie bitov pre 160 x 80 zobrazovacích bodov by bolo zdĺhavé a práčne, bola vytvorená aplikáciu v programovom rozohraní Microsoft Excel. Ukážka tejto aplikácie je znázornená na Obr. 6. Pomocou tejto aplikácie dokážeme rýchlym spôsobom vytvoriť obrazec, z ktorého nám aplikácia vygeneruje dvojrozmerné pole. Aplikácia pracuje pomocou základných funkcií a kódu nazývaného Visual Basic for Applications (VBA) vyvinutého spoločnosťou Microsoft. Aplikácia dovoľuje nahratie vlastnej predlohy, respektíve obrázku, ktorý sa automaticky prispôsobí rozmerom poľa. Následne pohybom smerovými šípkami na pozície, kde požadujeme vykreslenie, zapíšeme hodnotu „1“, respektíve hodnotu „0“ pre bity, ktoré sa nemajú vykresľovať vo výslednom obraze. V ďalšom kroku pomocou tlačidla „Generate Array“ je pole vytvorené na základe zadefinovaných bitov. Toto pole je nutné prekopiovať do nášho hlavičkového súboru „globe_led.h“ a potom celý program skompilovať. Aplikácia taktiež obsahuje tlačidlo „CLEAR ALL“, ktorým sa všetky bity prestavia na základnú hodnotu „0“.

Pomocou tejto aplikácie dokážeme vykresliť ľubovoľný obrázok, buď s obrazovou predlohou alebo bez. Pri vytváraní samotného obrazu je nutné si uvedomiť, že tvar vykresľovaného obrazka je priestorová guľa. Vzhľadom k vykresľovanému tvaru si teda body bližšie k pólu vykresľované odlišne (zhusnene) ako body bližšie pri pomyselnom rovníku.

B. Vykresľovanie reálneho času

Vykresľovanie času zabezpečuje 8 LED diód, umiestnených na opačnej strane prstenca. Keďže poludníkov je 160, potom výsledný raster pre zobrazovanie času je 160 x 8 bodov. Pre vykresľovanie času je použitý podobný algoritmus ako pre vykresľovanie obrazca, ale program vykresľuje len jedno pole. Celkový čas je najprv rozdelený na jednotlivé číslice, ktoré zodpovedajú desiatkam a jednotkám hodín, minút a sekúnd. Samozrejme ako oddeľovače hodín, minút a sekúnd je použitá dvojbodka. Jednotlivé číslice od 0 po 9 a oddeľovacia dvojbodka sú zadefinované pomocou jednorozmerného dátového poľa o veľkosti piatich členov. Takto vytvorené číslice a dvojbodka sú znázornená na Obr. 7.

RASTER						
ARRAY	<pre>unit8_t num_0[5]={0b0 1111110, 0b100001001, 0b100010001, 0b100010001, 0b011111110};</pre>	<pre>unit8_t num_1[5]={0b1 0000010, 0b10000010, 0b11111111, 0b10000000, 0b10000000};</pre>	<pre>unit8_t num_2[5]={0b1 0000010, 0b11000001, 0b10100001, 0b10010001, 0b10011110};</pre>	<pre>unit8_t num_3[5]={0b0 1000010, 0b10000001, 0b10000001, 0b10010001, 0b01100110};</pre>	<pre>unit8_t num_4[5]={0b0 1001100, 0b00010100, 0b00010100, 0b11111111, 0b00010000};</pre>	<pre>unit8_t num_5[5]={0b1 1001111, 0b10001001, 0b10001001, 0b10001001, 0b01110001};</pre>
RASTER						
ARRAY	<pre>unit8_t num_6[5]={0b0 1111110, 0b100001001, 0b100001001, 0b100001001, 0b01111110};</pre>	<pre>unit8_t num_7[5]={0b0 0000001, 0b00000001, 0b11110001, 0b00000100, 0b00000111};</pre>	<pre>unit8_t num_8[5]={0b0 1110110, 0b10001001, 0b10001001, 0b10001001, 0b01111110};</pre>	<pre>unit8_t num_9[5]={0b0 1000110, 0b10001001, 0b10001001, 0b10001001, 0b01111110};</pre>	<pre>unit8_t num_10[5]={0b0 0000000, 0b01110010, 0b00000000, 0b01110010, 0b00000000};</pre>	<pre>unit8_t num_11[5]={0b0 10000000, 0b00000000, 0b00000000, 0b00000000, 0b00000000};</pre>

Obr. 7. Zadefinovanie polí pre jednotlivé číslice

Hodiny sú vykresľované na LED poli o počte 8 svetelných diód. Jednotlivé číslice sú potom vykresľované v poradí, ako je to znázornené v Tabuľka I. Každý segment, teda vykresľovaná číslica, má zadefinovanú aj svoju pozíciu, kde sa bude nachádzať v rámci vykresľovanej guľovej plochy, teda v rámci poludníkovej.

TABUĽKA I. PORADIE VYKRESĽOVANIA POLÍ ČASU

čas	HODINY			MINÚTY			SEKUNDY	
pole	10-tky	1-tky	:	10-tky	1-tky	:	10-tky	1-tky

C. Rotácia vykresľovaného obrazca

Jednou z úloh je navrhnutie algoritmu, ktorý zabezpečí rotáciu obrazca. Pomocou algoritmu zadefinovaného v kapitole III podkapitole A je obraz statický. Jednotlivé vykresľované poludníky majú rovnaké trvanie v určitom poradí. Avšak pri rotácii obrazca musíme jednotlivé pozície poludníkov meniť v danom čase, aby sme dosiahli želaný efekt rotácie vykresľovaného obrazca. Samotná rotácia je daná nasledujúcimi podmienkami a prepočtami. V celkovom algoritme máme zadefinované okrem základnej premennej „hodnota pozície poludníka“ ďalšie dve dôležité premenné:

- hodnota oneskorenia
- hodnota posunu

Hodnota pozície poludníka je inkrementovaná každým zobrazením poludníka. Keďže naše pole má rozmer 160 prvkov, adresa posledného stĺpca poľa má maximálnu hodnotu 159. Tak to funguje aj pri statickom vykresľovaní obrazca.

Hodnota oneskorenia je daná užívateľom. Táto hodnota udáva, koľko reálnych otáčok je potrebných na inkrementáciu hodnoty posunutia o hodnotu 1. Týmto prepočtom udávame rýchlosť samotnej rotácie.

Hodnota posunu inkrementovaná pomocou hodnoty oneskorenia vykonáva samotný posun vykresľovaného poludníka. Platia tu dve základné podmienky:

- 1) Ak je súčet hodnoty poludníka a hodnoty posunu väčší ako 159

- 2) Ak je súčet hodnoty poludníka a hodnoty posunu menší a rovný 159

V prvej podmienke je pozícia, respektíve index vykresľovaného prvku daný výpočtom:

$$\text{pozícia poludníka} = \text{hodnota poludníka} + \text{hodnota posunu} - 160$$

Táto podmienka zabezpečuje vykresľovanie poludníkov aj nad hodnotu indexu poľa 159. Pre druhú podmienku je výpočet podobný, len od súčtu hodnôt už neodpočítavame hodnotu 160.

$$\text{pozícia poludníka} = \text{hodnota poludníka} + \text{hodnota posunu}$$

Zvolený postup vykresľovania obrazca aj s realizáciou rotácie vzhľadom na pozorovateľa je uvedený v algoritme na Obr. 8, kde ľavá strana predstavuje obsluhu prerušenia od halového snímača otáčok, čiže po prejdení jednej otáčky, a pravá strana predstavuje úkony pre vykresľovanie jedného poludníka obrazca aj s implementáciou jeho rotáciou.

IV. FYZIKÁLNY MODEL

Na základe vyššie uvedeného návrhu bolo skonštruované celé zariadenie svetelného rotujúceho efektu, ktorý demonštruje biofyzikálny jav zotrvačnosti videnia. Výsledný fyzikálny model svetelného efektu je znázornený na Obr. 9

Celé zariadenie bolo postavené a bol vytvorený aj riadiaci program pre procesor, ktorý riadi vykresľovanie obrazca pomocou 80 LED diód. Pri rotovaní efektu je výsledný obrazec vykresľovaný na povrchu gule, keďže rotovaním prstenca (kruhu) dostávame pri zohľadnení zotrvačnosti videnia povrch gule.

Takto vykreslený obrazec je uvedený na Obr. 10, kde je znázornený obraz povrchu Zeme, čiže vykreslené sú jednotlivé kontinenty, tak ako na glóbose. Na Obr. 11 je znázornené vykresľovanie času pomocou 8 červených LED diód, ktoré riadi druhý mikrokontrolér. Pre demonštráciu svetelného efektu sú na Obr. 12 a Obr. 13 uvedené ďalšie vykresľované obrazce.



Obr. 9. Pohľad na svetelný rotujúci efekt

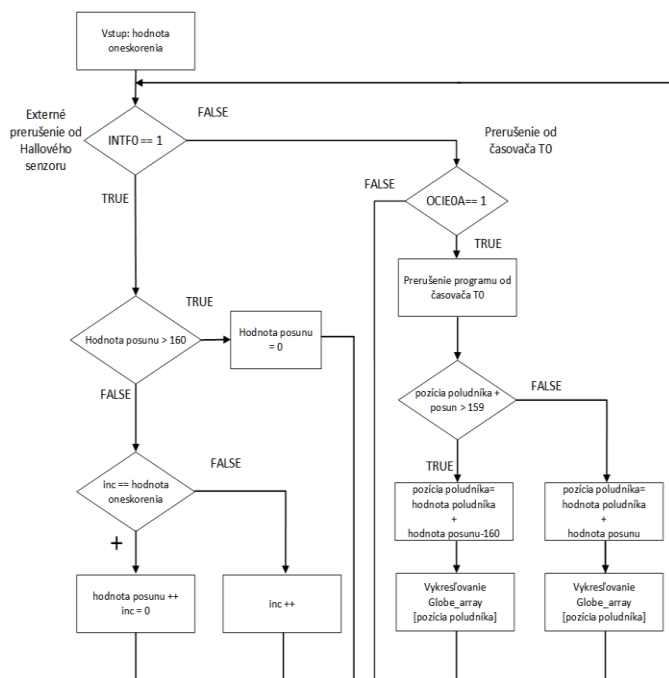
Uvedený fyzikálny model neumožňuje za chodu meniť činnosť efektu.

Značným vylepšením by bolo pripojenie napr. bluetooth modulu k riadiacemu mikrokontroléru, pomocou ktorého by bolo možné posilať jednoduché pokyny pre zmenu vykresľovaného obrazca, nastavovať smer a rýchlosť rotácie vykresľovaného obrazca, zapínať, vypínať príp. nastavovať čas a dátum. Všetky tieto činnosti je potrebné na terajšom modeli vykonať pred samotným spustením rotácie.

V. ZÁVER

Predložený článok opisuje návrh a konštrukciu svetelného rotujúceho efektu, ktorý demonštruje zotrvačnosť videnia. Podobné, samozrejme značne jednoduchšie zariadenia, ktoré skúmali tento biofyzikálny jav zotrvačnosti videnia, sa v minulosti výrazne zaslúžili o rozvoj kinematografie, ako je uvedené v úvode článku.

V druhej časti článku je opísaný návrh a samotná konštrukcia svetelného efektu, ktorý je riadený mikrokontrolérom. Stručne sú uvedené aj spôsoby riadenia základných častí efektu pomocou mikrokontrolérov. Záver článku tvorí ukážka zhotoveného zariadenia aj so znázornenými ukážkami viacerých efektov vytvorených na tomto zariadení.



Obr. 8. Vývojový diagram rotácie vykresľovaného obrazu



Obr. 10. Vykresľovanie obrazu - zemeguľa



Obr. 11. Vykresľovanie času – 10:12:21

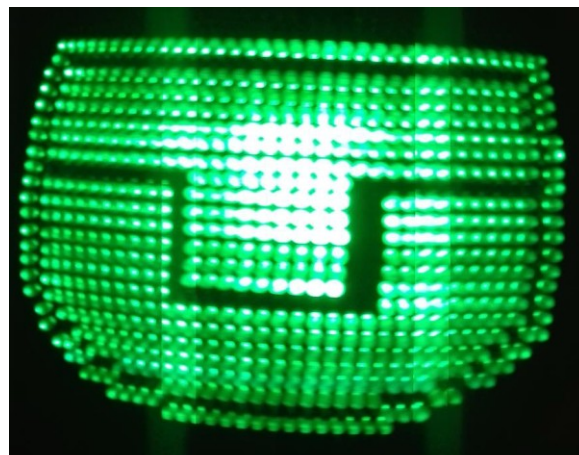


Obr. 12. Vykresľovanie obrazu – mriežka „wireframe“ guľa

POĎAKOVANIE

Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-16-0270

Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe Zmluvy č. APVV-16-0206“.



Obr. 13. Vykresľovanie obrazu – logo TUKE

LITERATÚRA

- [1] Bezeg, M.: Svetelný rotujúci efekt riadený mikrokontrolérom, Diplomová práca, 2017, Košice, KEM, FEI, TU v Košiciach
- [2] Atmel Corporation: ATmega1284P Datasheet complete [online]. 2016, REV.: Atmel-42719C-ATmega1284P Datasheet_Complete-10/2016 Dostupné na internete: http://www.atmel.com/Images/Atmel-42719-ATmega1284P_Datasheet.pdf
- [3] Oko ako optická sústava [online]. [cit. 2017.02.12]. Dostupné na internete: <http://www.slideserve.com/dewitt/oko-ako-optick-s-stava>
- [4] Chmiel, Pavel; Kostka, Tomáš; Navrátilova Eva: Televizní přenosový řetězec [online]. [cit. 2017.04.12]. Dostupné na internete: http://www.outech-havirov.cz/skola/files/knihovna_el-tech/ea/tv_prenos_r.pdf
- [5] Huhtamo, Erkki; Parikka, Jussi: Media Archaeology. University of California Press, 2011. ISBN 978-0-520-26273-7
- [6] Atmel Corporation: ATmega8A Datasheet complete [online]. 2015, REV.: Atmel-8159F-8-bit AVR Microcontroller_Datasheet_Complete-09/2015 [cit. 2017.02.12]. Dostupné na internete: http://www.atmel.com/Images/Atmel-8159-8-bit-AVR-microcontroller-ATmega8A_datasheet.pdf
- [7] Nexperia: 74HCS95; 74HCT595 8-bit serial-in, serial or parallel-out shift register with output latches; 3-state [online]. 2016, REV.: 8 — 25 February 2016 [cit. 2016.12.10]. Dostupné na internete: http://assets.nexperia.com/documents/data-sheet/74HC_HCT595.pdf

M. Lacko ukončil inžinierske štúdium na Katedre elektrotechniky a mechatroniky Fakulty elektrotechnicky a informatiky Technickej univerzity v Košiciach v roku 2005 s vyznamenaním. Následne pokračoval v dennom doktorandskom štúdiu v odbore Silnopráúdová elektrotechnika a v roku 2010 úspešne obhájil dizertačnú prácu. V súčasnosti autor pôsobí ako borný asistent na Technickej univerzite v Košiciach, kde sa venuje oblasti kontrolérov a signálových procesorov, výkonovej elektronike a riadeniu meničov. Taktiež je v súčasnosti členom Mechatronickej a elektrotechnickej spoločnosti – METS.



M. Bezeg ukončil inžinierske štúdium na Katedre elektrotechniky a mechatroniky Fakulty elektrotechnicky a informatiky Technickej univerzity v Košiciach v roku 2017.