

Elektro-mehanički rotirajući nosač kamere za praćenje objekata u pokretu

Igor Tomić

Student prvog ciklusa studija
Fakultet tehničkih nauka
Novi Sad, Srbija
teslabn@gmail.com

Igor Perić

Student prvog ciklusa studija
Slobomir P Univerzitet
Bijeljina, Bosna I Hercegovina
igorperic@live.com

Sadržaj—U ovom radu biće prikazan prijedlog rješenja elektro-mehaničke rotirajuće glave čija je osnovna namjena dobijanje funkcionalnosti dinamičke rotacije i agilnih prostornih pokreta statičkih kamera za nadzor ili praćenje. Sistem koristi PIC mikrokontroler i step ili servo motore da bi obezbijedio nesmetanu kontrolisanu rotaciju prilikom pomjeranja objekta koji kamera prati izvan okvira određenog trenutnom pozicijom kamere. Kontrola pokreta se vrši kroz serijski (USB) interfejs od strane softvera za praćenje objekata koji je pokrenut na računaru na koji je kamera, zajedno sa rotirajućom elektro-mehaničkom glavom, spojena.

Ključne riječi— Kamera; PIC; Step; Servo; USB;

I. UVOD

Postoji značajan broj algoritama za detekciju i praćenje objekata u video sekvenci koji pokazuju zavidne performace kada je vrijeme odziva u pitanju. Drugim riječima, brza detekcija i vrlo pouzdano praćenje objekta na sceni je lako ostvarivo. Dio ovih algoritama pretpostavlja postojanje statične kamere koja posmatra određen dio prostora i objekte koji se kreću kroz taj posmatrani prostor. U slučaju da se objekat izgubi sa scene neophodno je čekati da isti ponovo postane vidljiv i ponovo ga detektovati.

Drugi pristup koji se može primijeniti u ovoj situaciji je postavljanje kamere na postolje (nosač) čiji se položaj može programski kontrolisati a, samim tim, i upravljati područjem koje kamera posmatra. Poštovanjem tendencije da se postolje rotira u onom pravcu u kojem se objekat kreće garantuje se da će se objekat koji se prati uvijek nalaziti u centru područja koje kamera posmatra i nikada neće biti „izgubljen“ iz vidokruga zbog svog prirodnog kretanja već samo zbog eventualne djelimične ili potpune zaklonjenosti drugim objektom.

II. KOMPONENTE SISTEMA

Osnovni princip je da se putem step ili servo motora preko USB kontroliše vitalnost rotirajućeg mehanizma radi postizanja što veće pokrivenosti prostora sa objektivom kamere u svrhu praćenja objekata. Pored kontrole motora moguća je i kontrola infracrvenih LE dioda (eng. LED – Light Emitting Diode) za praćenje objekata u mraku.

III. KAMERA

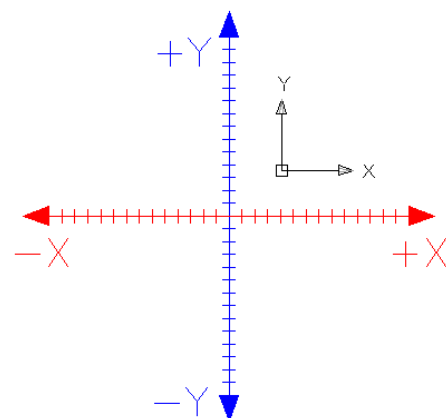
Radi postizanja što boljih rezultata u praćenju objekata potrebna je kamera sa što većim brojem frejmova (eng. fps – frame per second). Kod kamere sa velikim brojem frejmova je prednost što objekti koji se prate mogu da se kreću velikom brzinom (koja je ponovo ograničena brojem frejmova kamere).

Analiziranjem rezultata javlja se mogućnost postavljanja više od jedne kamere koje će biti okrenute na različite strane u stanju posmatranja prostora.

U stanju praćenja objekta sve kamere se mogu okrenuti prema tom objektu i pratiti njegovo kretanja radi dobijanja što boljih rezultata zbog geometrijskog razmaka između kamera kao i analizom slike (preklapanje) sa više kamera.

IV. MOTORI

Za pomjeranje vitalnih dijelova sistema namijenjeno je korištenje step (koračnih) ili servo motora. Za potpuno pokrivanje prostora po x i y osi potrebno je najmanje dva motora. Jedan motor za x osu, a drugi motor za y osu. Predstavljeno na slici Slika 1.



Slika 1. X i Y ose u prostoru

Pošto nije potrebna velika brzina pomjeranja step motora, motori sa malim brojem koraka imaju veliki moment sile koji se još može povećati napajanjem motora i načinom kontrole.

U slučaju da se koriste unipolarni step motori sa četiri faze. Takav motor ima šest žica na sebi, tako da će se dvije žice koje su srednji izvodi namotaja spojiti zajedno na pozitivan pol napona napajanja. Preostali izvodi će biti spojeni preko FET (eng. Field-Effect Transistor) snažnih prekidačkih tranzistora na masu (GND) napona napajanja koji je deklarisan modelom motora. Kontrola koraka se može vrlo precizno vršiti na više načina (spomenut ćemo samo dva).

- Pun korak – Samo jedna faza je aktivna u jednom trenutku. Mane su minimalna brzina i mali moment sile.
- Polu korak – Dvije susjedne faze su aktivne u jednom trenutku. Prednost je veći moment sile.

U slučaju da se koriste servo motori, kontrola pomjeraja će biti malo lošija nego kod step motora, ali za naše potrebe na zavidnom nivou. Takvi motori obično imaju dvije žice za napajanje i jednu žicu za kontrolu. Kontrola motora se vrši regulacijom napona (pored kontinualnog glavnog napajanja) na žici predviđenoj za to. Ako je napon napajanja servo motora 5V i želimo da se osovina motora nalazi u početnom položaju onda ćemo na treću žicu dovesti napon od 0V tj. masu (GND).

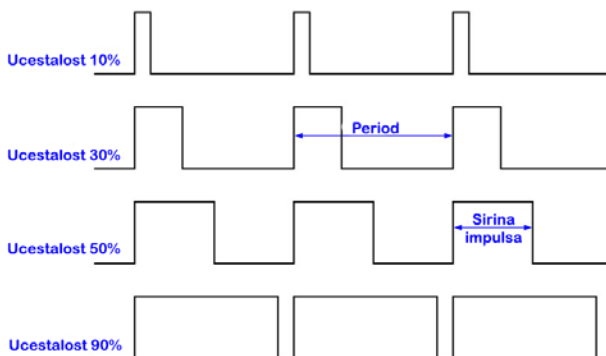
Ako želimo da se osovina motora nalazi na sredini onda je potrebno da se dovede napon od 2.5V na žici ili 5V da bi osovina bila u krajnjem položaju. Kontrolu step motora čija osovina može da se zakreće od 0° do 180° objašnjava i sledeća formula:

$$Sp(\text{po } V\text{-volt}) = 180 / V_n$$

Gdje je Sp – stepen pomjeraja po V-voltu napajanja i Vn – napon napajanja. Za slučaj kada je Vn = 5V, tada je Sp = 36 što znači da po V-voltu napajanja osovina servo motora se zakreće za 36°.

Za razliku od step (koračnih) motora kojima je dovoljan impuls reda par milisekundi (zavisi i od mehaničke realizacije motora) da bi im se osovina pomjerila za jedan korak, kod servo motora je potreban konstantan napon na žici za kontrolu kako bi osovina servo motora konstantno stajala u jednom položaju.

Konstantan programsko podešavajući napon se dobija programskim kreiranjem PWM signala ili korišćenjem već postojećeg hardverskog modula za PWM. Slika 2. grafički prikazuje izgled PWM signala.



Slika 2. Grafički prikaz PWM signala

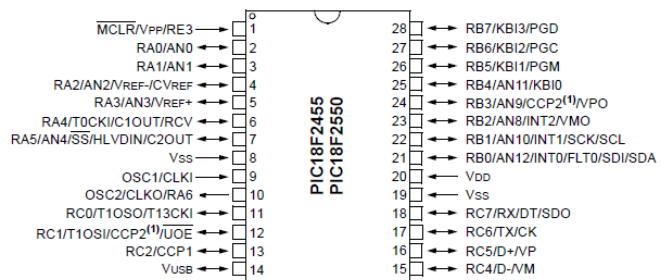
PWM (eng. Pulse-width modulation) je najčešće korištena tehnika za kontrolisanje napona i struje kod električnih uređaja. Frekvencija rada PWM signala je reda kHz, a radi tako što se dužinom trajanja impulsa u jednom periodu (minimalno može biti nula, a maksimalno jednak trajanju perioda) podešava željeni intenzitet kontrolisane veličine. To opisuje i sledeća formula:

$$\text{Intenzitet [\%]} = \text{Širina_impulsa} * 100 / \text{Period}$$

V. PIC MIKROKONTROLER

Za komunikaciju sa PC računarom i definisanje načina kontrole motora, predviđen je Microchip-ov mikrokontroler PIC18F2550 koji ima i podržava sledeće (navedeno je samo ono što je trenutno interesantno):

- Punu brzinu USB 2.0 konekcije (12Mbit/s)
- Radna frekvencija je 48 Mhz
- Broj pinova je 28
- Napon napajanja od 2V do 5.5V
- Broj PWM hardverskih modula je 2



Slika 3. Grafički prikaz PWM signala

Slika 3. Prikazuje raspored pinova na mikrokontroleru i njihove oznake.

Za rad mikrokontrolera neophodan je PULL-UP otpornik na MCLR pinu i kondenzator između MCLR i mase, koji osigurava stabilan visok potencijal MCLR pina. Potrebno je i napajanje na pinove predviđene za to.

Upotrebljeni mikrokontroler ima interni oscilator koji može raditi na maksimalno 8 MHz. S obzirom da je za USB komunikaciju neophodno je 48 MHz upotrebljen je keramički rezonator. Oscilator pruža brojne mogućnosti prilikom izbora radnog takta koji je ujedno i takt za periferije. PLL (eng. Phase Locked Loop) služi za podizanje frekvencije takta kontrolera na radnu frekvenciju USB-a. Pomoću PLL-a je omogućeno priključivanje kristala koji ima mnogo manju radnu frekvenciju od frekvencije USB-a. Pomoću PLL-a se ova frekvencija podiže na radnu frekvenciju USB-a. Prednost PIC-a u odnosu na konkurenciju je u tome što omogućava da taj takt bude nezavisan od takta za CPU i druge jedinice.

USB port je spojen direktno na mikrokontroler a pin RC3 je spojen preko kondenzatora na masu. Čim PC računar pošalje novu vrijednost koju treba prikazati, mikrokontroler čita te vrijednosti, obrađuje ih i prikazuje na motorima.

VI. USB I HID PROTOKOL

Najbitnija karakteristika PIC18F2550 koja ga izdvaja od ostalih iz familije je USB komunikacioni modul i interfejs. USB komunikacija je veoma složena i nije jedinstvena zbog čega ćemo samo ukratko opisati osobine USB modula korištenog mikrokontrolera.

Fizička veza ostvaruje se preko dva pina D+ i D- dok se ostali koriste za povezivanje eksternog transivera. Podaci se primaju i prenose preko posebnog bafera kapaciteta 1KB koji je podjeljen na 16 tzv. endpointa (eng. End Point) i njihove deskriptore (eng. Descriptor) koji sadrže podatke o karakteru endpointa (smjeru toka podataka), veličini endpointa i njegovoj početnoj adresi. Pristup podacima koji se primaju ili šalju se obavlja preko ovih endpointa.

USB serijski interfejs vrši primopredaju podataka. Modul ima ugrađen 3.3V regulator koji služi za napajanje PULL-UP otpornika na D+ liniji što je bitno kod početne faze prepoznavanja od strane USB hosta. Njime se određuje i brzina prenosa (spor ili brz transfer).

Komunikacija se zasniva na interaptima kojih ima nekoliko. Za komunikaciju je najvažniji onaj interapt koji se generiše kada se primi neki token (podatak). Tada se u odgovarajućim registrima može pročitati u kom endpointu se podatak nalazi kako bi mu se pristupilo. Postoje i drugi prekidi koji se okidaju u slučaju greške, reseta, zagušenja ili aktivnosti na liniji. Svi oni se mogu iskoristiti za kontrolu komunikacije.

Zbog svoje kompleksnosti koja uglavnom višestruko premašuje složenost većine aplikacija rad sa USB portom i mikrokontrolerom se najčešće izvodi pomoću gotovih modula. Pogotovo treba imati u vidu da je za oživljavanje usb komunikacije potrebno pisanje posebnog drajvera uređaja na strani hosta kao i odgovarajućeg programa u mikrokontroleru.

Zahvaljujući HID standardu i gotovim programskim modulima ovaj veliki problem se veoma lako rješava pogotovo ako se radi sa PIC mikrokontrolerima. Sve detaljnije informacije vezane za USB komunikacioni standard se mogu naći na zvaničnom sajtu standarda www.usb.org.

Zahvaljujući HID standardu, komunikacija između računara i PIC mikrokontrolera se odvija na sledeći način. Računar šalje bafer (eng. Buffer) sa vrijednostima koje mikrokontroler prima i obrađuje tako što svaki put kada stignu nove vrijednosti provjerava ih sa predhodnim vrijednostima i ako postoji razlika tada se mijenja stanje na motorima. Na svaki primljeni bafer u mikrokontroler, on mora da odgovori makar to bio i prazan bafer jer slanje novog bafera sa PC računara neće početi dok se ne primi odgovor. Slanje bafera iz aplikacije na PC računaru se vrši svakih 10ms. Za komunikaciju je korišten mCHID.dll koji se brine o konekciji, slanju i prijemu bafera na niskom nivou, tako da u aplikaciji na PC računaru je potrebno samo pozivanje funkcija za slanje i prijem sa prosljeđivanjem određenog bafera. Izgled bafera koji se šalje sa PC računara izgleda ovako:

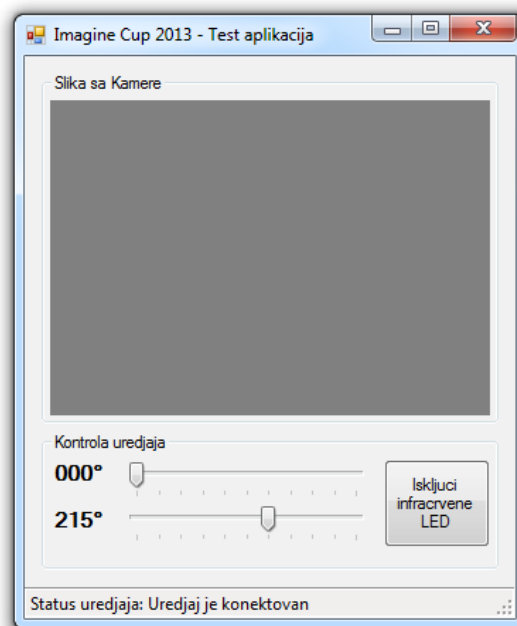
- `UsbBufferOut[0] = 0; //Identifikacioni bajt konekcije`
- `UsbBufferOut[1] = 223; //Identifikacioni bajt prijema`
- `UsbBufferOut[2] = 0; //Vrijednost motora X ose`

- `UsbBufferOut[3] = 210; //Vrijednost motora Y ose`
- `UsbBufferOut[4] = 0; //Vrijednost za LED`

Identifikacioni bajt prijema se provjerava u programu mikrokontrolera i ako je on jednak (u ovom slučaju 223) broju onda se čitaju i obrađuju vrijednosti za motore.

VII. PC TEST APLIKACIJA

Aplikacija na PC računaru je napisana u programskom jeziku C#, koji je dio razvojnog okruženja Microsoft Visual Studio 2011. Na aplikaciji se nalaze dva klizača (eng. trackBar) koja služe za pozicioniranje osovina na motorima, dugme (eng. button) za uključivanje i isključivanje infracrvenih LE dioda (eng. LED – Light Emitting Diode) koje služe za osvjetljavanje u mraku kao i okvir sa slikom (eng. pictureBox) u kome se prikazuje trenutna slika sa kamere. Izgled aplikacije prikazan je na Slika 4.



Slika 4. Izgled PC Test aplikacije

VIII. MEHANIKA

Kao što je već spomenuto potrebna su najmanje dva motora kako bi se postigla potpuna vitalnost po X i Y osi. Mehanički dio je zamišljen tako da osovina jednog motora stoji vertikalno na površinu na kojoj se nalazi a sam motor da bude pričvršćen nosačem za stalak ili držač. Stalac je ploča sa malim gumenim nogarama koje bi apsorbivale trznje motora i bolje prijanjale na površinu na kojoj se stalak nalazi, a sve to u svrhu sprječavanja klizanja ili mrdanja uređaja. Taj motor bi služio za zakretanje kamere po X osi, tj. na lijevu ili desnu stranu.

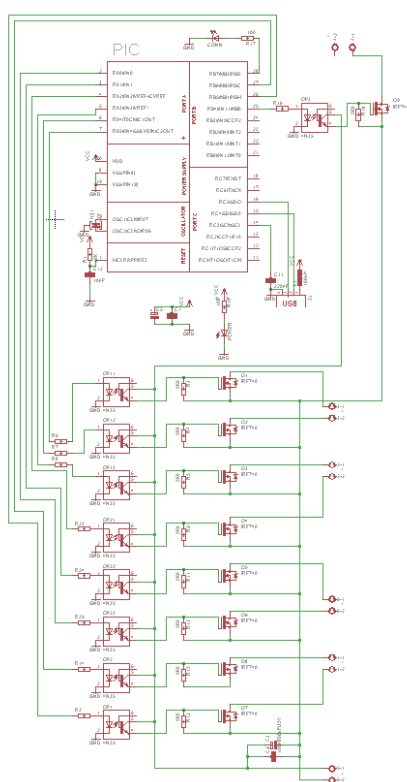
Na osovinu prvog motora je zamisljeno montiranje malog L profila od lima debljine 1mm a dužine polu prečnika motora. Na jednom kraju bi se nalazila čaura sa bočnim šarafom koja bi se stavljala na osovinu motora, a šaraf bi služio za stezanje L profila na osovini. Na drugom kraju L profila se nalazi rupa

kroz koju prolazi osovina drugog motora i dvije male rupe kroz koje se drugi motor pričvršćuje za L profil. Tako se dobija da se osovina drugog motora nalazi horizontalno na površinu na kojoj se uređaj nalazi ili pod pravim uglom prema osovini prvog motora. Na osovini drugog motora se montira kamera koja je okrenuta normalno na površinu na kojoj se uređaj nalazi. Pomjeranjem drugog motora se vrši zakretanje kamere po Y osi, tj. gore i dole.

Tako realizovanim sistemom se postiže nezavisno pomjeranje kamere po X i Y osi, ili na sve četiri strane tj. lijevo-desno i gore-dole. Montiranje uređaja je moguće na bilo koju površinu i pod bilo kojim uglom jer će kontrolna aplikacija moći pratiti objekte ma kako god on bio postavljen.

IX. ŠEMA ELEKTRONIKE

Na šemi se nalazi PIC mikrokontroler sa komponentama potrebnim za pravilan rad i snažni tranzistori za kontrolu step motora. Slika šeme je prikazana ispod na Slika 5.



Slika 5. Električna šema

Pored FET (eng. Field-Effect Transistor) prekidačkih snažnih tranzistora nalaze se i optokapleri koji služe da galvaniski odvoje krug sa napajanjem mikrokontrolera od napajanja step motora. Napajanje mikrokontrolera se vrši preko USB porta sa +5V napona, a napajanje motora se vrši pomoću odvojenog kruga napajanja radnog napona na kome

su motori deklarirani. Za kontrolisanje dva unipolarna step motora potrebno je osam tranzistora i optokaplera. Kontrola LED osvjetljenja se vrši takođe preko tranzistora zbog mogućnosti kontrolisanja intenziteta osvjetljenosti ispred kamere.

ZAKLJUČAK

Ovakvim dizajnom i predloženom implementacijom sistema pokazali smo da je moguće vršiti selektivnu kontrolu obje ose nezavisno i time postići jako visok stepen agilnosti nosača kamere prilikom kontrole putem softvera na računaru. Sistem je moguće primijeniti u industrijskim rješenjima pravilnim odabirom modela step ili servo motora i upotrebom kamera sa visokim brojem frejmova u sekundi, čime bi se postigla vrlo velika brzina odziva. Sistem sa opisanim arhitekturom slabijih karakteristika (sa izborom ekonomičnijih komponenata) može naći primjenu i u potrošačkom svijetu.

ZAHVALNICA

Rad je pisan neposredno pred takmičenje Microsoft Imagine Cup 2013 i rezultat je dosadašnjeg rada na projektu kojim će ekipa „SPU Team“ predstavljati Bosnu i Hercegovinu u kategoriji Innovation Design. Zahvalnice upućujemo...

LITERATURA

- [1] http://en.wikipedia.org/wiki/Stepper_motor
- [2] http://en.wikipedia.org/wiki/Servo_motor
- [3] Igor Perić i Igor Tomić, “Konceptualno rješenje sistema za pomoć osobama sa djelimično ili potpuno oštećenim vidom – ICU”, INFOTEH-AHORINA Vol. 11, March 2012.
- [4] Zuhdin Curić, “USB KOMUNIKACIJA SA PIC18F4550”, Univerzitet u Nisu, Elektronski fakultet.
- [5] Vojo Milanović, “Programiranje interfejsa u C#”, InfoElektronika, Niš 2011.
- [6] Vojo Milanovic, “Programiranje mikrokontrolera PicBasic-om”, Radio Klub, Beograd.

ABSTRACT

In this paper we have shown suggestion for implementation of electro-mechanical rotating head whose basic purpose is to provide dynamic rotation and agile spatial movements of static cameras for surveillance and tracking. System uses PIC microcontroller and step or servo motors to enable unobstructed controlled rotation while objects followed by camera are moving outside of the frame determined by the current camera location. Movement control commands are issued through serial (USB) interface and are sent by the object tracking software running on a computer to which camera and rotating electro-mechanical carrier are connected.

Description of electro-mechanical camera carrier for tracking moving objects

Igor Tomic, Igor Peric