

# WakeMeUp - narukvičica za budenje

Fakultet elektrotehnike i računarstva, Sveučilišta u Zagrebu  
Zavod za elektroničke sustave i obradbu informacija  
Sveučilište u Zagrebu



- △ Svima zainteresiranim
- △ Mikrokontroleri, programiranje
- △ Bluetooth komunikacija
- △ Vibracijski motoriči

## Sažetak

U ovom projektu je razvijena narukvica za buđenje koja ima male vibracijske motorice te pomoći njih budi korisnika. Namijenjena je prvenstveno osobama koje imaju poteškoća sa sluhom, ali i svima drugima koji žele isprobati buđenje na drugačiji način od uobičajenog. Najbitniji dijelovi narukvice su mikrokontroler, Bluetooth modul, vibracijski motorici, korisničke tipke i aplikacija na mobitelu.

Prednosti razvijene narukvice su male dimenzije, velika jačina vibracija koja sigurno može probuditi korisnika te buđenje korisnika bez zvučnog alarma. Nedostatak narukvice je velika potrošnja struje, pogotovo ako su uključeni svi motorici, te samim time i kratka autonomija u slučaju baterijskog napajanja.

## Sadržaj

1. UVOD .....	3
2. OPIS KORIŠTENOG SKLOPOVLAJA .....	4
2.1. Razvojni sustav STM32F4 – Discovery .....	4
2.2. Bluetooth modul HC-05.....	5
2.3. Vibracijski motorici .....	6
3. SKLOPOVSKA IZVEDBA NARUKVICE.....	7
4. PROGRAMSKA PODRŠKA.....	10
4.1. Keil µVision .....	10
4.2. Firmware za mikrokontroler.....	11
4.3. Aplikacija za mobitel.....	13
5. ZAKLJUČAK.....	15
6. LITERATURA.....	16
7. POJMOVNIK .....	17

Ovaj seminarski rad je izrađen u okviru predmeta „Sustavi za praćenje i vođenje procesa“ na Zavodu za elektroničke sustave i obradbu informacija, Fakulteta elektrotehnike i računarstva, Sveučilišta u Zagrebu.

Sadržaj ovog rada može se slobodno koristiti, umnožavati i distribuirati djelomično ili u cijelosti, uz uvjet da je uvijek naveden izvor dokumenta i autor, te da se time ne ostvaruje materijalna korist, a rezultirajuće djelo daje na korištenje pod istim ili sličnim ovakvim uvjetima.

## 1. Uvod

Osobe koje imaju problema sa sluhom, ili u najgorem slučaju gluhe osobe, susreću se s mnogim poteškoćama u životu. Jedna od tih poteškoća je i buđenje u točno određeno vrijeme. Naime, oni ne mogu poput zdravih ljudi podesiti alarm na mobitelu i očekivati da će ih on probuditi – jer ne čuju alarm. Postoji mogućnost da će osjetiti vibraciju mobitela, ali te vibracije su uglavnom jako slabe. Druga mogućnost je zadužiti nekoga od ukućana da u točno određeno vrijeme probudi tu osobu, ali i to nije uvijek moguće zbog raznih obaveza koje imaju ostali ukućani.

Zbog toga je u ovom projektu razvijena narukvica za buđenje koja omogućuje lako i jednostavno buđenje takvim osobama. Narukvica se sastoji od 5 malih vibracijskih motorića koji signaliziraju alarm za buđenje te služe kao zamjena zvučnom alarmu. Alarmi se jednostavno postavljaju pomoću aplikacije na mobitelu koja se s narukvicom povezuje putem Bluetooth veze.

Osim osoba koje imaju problema sa sluhom, potencijalni korisnici narukvice su i svi ostali koji žele isprobati buđenje na drugačiji način od uobičajenog, ali i npr. bračni parovi ili cimeri koji spavaju u istoj sobi. Oni mogu koristiti narukvicu za buđenje umjesto zvučnog alarma te na taj način neće probuditi drugu osobu u sobi koja se mora probuditi nakon njih.

## 2. Opis korištenog sklopovlja

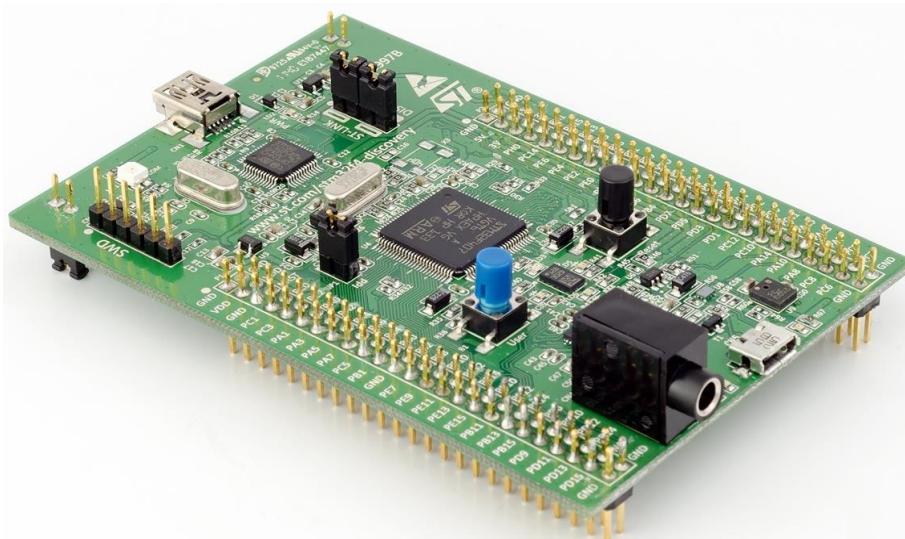
Razvijena narukvica za buđenje se sastoji od nekoliko glavnih dijelova:

- mikrokontrolera
- Bluetooth modula
- vibracijskih motorića
- korisničkih tipki
- aplikacije na mobitelu

U ovom poglavlju su pojedinačno opisani mikrokontroler, Bluetooth modul i vibracijski motorići. Budući da je ovo prototip narukvice, umjesto samostalnog mikrokontrolera je korišten razvojni sustav STM32F4 – Discovery, a za uspostavljanje Bluetooth veze je korišten Bluetooth modul HC-05.

### 2.1. Razvojni sustav STM32F4 – Discovery

Razvojni sustav STM32F4 – Discovery je prikazan na slici 1. Proizvodi ga tvrtka *STMicroelectronics*, a sadrži sve što je potrebno za brzi i jednostavni razvoj prototipa raznih uređaja. Glavni dijelovi od kojih se sastoji su: mikrokontroler STM32F407VGT6, programator i *debugger* ST-LINK/V2, akcelerometar LIS302DL, mikrofon MP45DT02, izlaz za slušalice i pripadajući audio digitalno-analogni pretvornik (eng. *digital-analog converter*, DAC) CS43L22, svjetleće diode (eng. *light-emitting diode*, LED) i korisničke tipke. Razvojni sustav se napaja preko USB Mini-B priključka čiji drugi kraj može biti spojen na računalo ili izravno na strujni adapter od 5 V. [1]



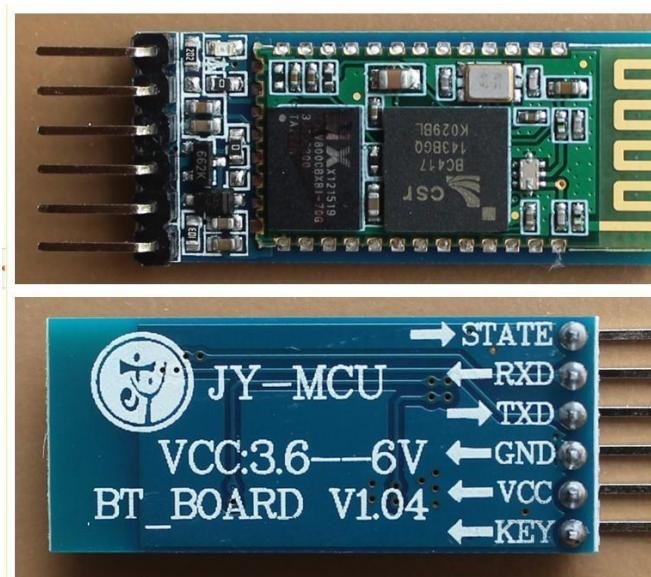
Slika 1: Razvojni sustav STM32F4 – Discovery

Na razvojnom sustavu su za potrebe ovog projekta korišteni mikrokontroler, programator i tipke. Gotovo svi priključci mikrokontrolera su dostupni putem dva konektora koji se nalaze sa lijeve i desne strane razvojnog sustava, a programiranje mikrokontrolera se obavlja izravno preko USB priključka. Mikrokontroler STM32F407VGT6 ima 100 priključaka, 32-bitnu jezgru tipa ARM Cortex-M4 koja radi na najviše 168 MHz, Flash memoriju kapaciteta 1 MB te statičku radnu memoriju SRAM kapaciteta 192 kB. Mikrokontroler sadrži tri 12-bitna A/D pretvornika, dva 12-bitna D/A pretvornika, 17 brojača, JTAG sučelje, DMA kontroler itd. Također podržava sve najpopularnije komunikacijske protokole kao npr. USART, SPI, I2C, CAN, Ethernet i USB. [2]

Razvojni sustav ima 2 tipke, jedna služi za reset mikrokontrolera, a druga se može korisnički definirati i ona u ovom slučaju služi za isključivanje alarma.

## 2.2. Bluetooth modul HC-05

Na slici 2 su prikazane prednja i stražnja strana Bluetooth modula HC-05 koji je korišten u ovom projektu. Jezgru modula čini zelena tiskana pločica sa slike 2 na kojoj se nalazi integrirani krug BC417 proizvođača CSR koji je zadužen za Bluetooth komunikaciju i podržava v2.0 standard te flash memorija MX29LV800 proizvođača MXIC kapaciteta 1 MB. Zelena tiskana pločica je zalemljena na malo veću plavu tiskanu pločicu koja, uz odgovarajuće pasivne komponente, sadrži konektor pomoću kojeg se Bluetooth modul može jednostavno spojiti na razvojni sustav.



Slika 2: Bluetooth modul HC-05

Konektor ima 6 priključaka. Priključci VCC i GND služe za napajanje i podržavaju napon napajanja od 3,6 V do 6 V. Priključci RXD i TXD služe za primanje odnosno slanje podataka. Priključak STATE služi za indikaciju veze, a priključak KEY služi za ulazak u konfiguracijski način rada. Ako je pri priključivanju napajanja na Bluetooth modul priključak KEY spojen također na napajanje, tada se ulazi u konfiguracijski način rada u kojem je pomoću AT naredbi moguće podešavati ime modula, lozinku za uparivanje, brzinu prijenosa podataka itd.

Bluetooth modul HC-05 može raditi u *Master* i *Slave* načinu rada. Inicijalne postavke su : *Slave* način rada, ime „HC-05“, lozinka za uparivanje „1234“, brzina prijenosa 9600 Bauda. Odlična stvar kod Bluetooth modula koji podržavaju standard v2.0 je to što se nakon povezivanja s računalom ili mobitelom uspostavi virtualna serijska veza te se slanje podataka obavlja kao putem klasične serijske veze. [3]

### 2.3. Vibracijski motoriči

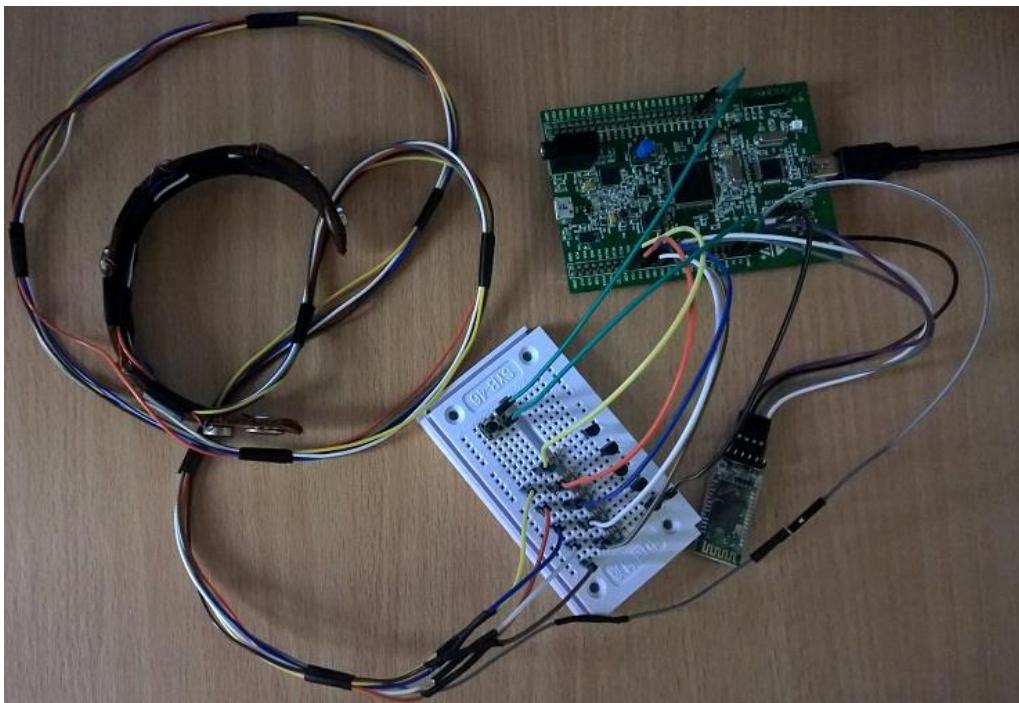
Narukvica za buđenje sadrži 5 vibracijskih motorića koji su prikazani na slici 3. Budući da su naručeni preko internet trgovine *AliExpress* [4] koja je nešto poput eBay-a, nema puno dostupnih podataka o njima. Poznato je samo da je promjer motorića 1 cm promjera, debljina 3 mm i najveća struja 60 mA. Eksperimentalno je određeno da je najmanja struja pri kojoj motoriči počinju vibrirati 25 mA i da je pri toj struji pad napona na njima 1,2 V. Pri najvećoj struji od 60 mA je pad napona na motorićima 2,6 V.



Slika 3: Vibracijski motoriči

### 3. Sklopovska izvedba narukvice

Kao što je već ranije rečeno, za razvoj prototipa narukvice za buđenje korišten je razvojni sustav STM32F4 – Discovery, Bluetooth modul HC-05, vibracijski motoriči i dvije korisničke tipke. Na slici 4 je prikazan gotovi prototip narukvice.



Slika 4: Prototip narukvice za buđenje

Razvojni sustav se napaja pomoću strujnog adaptera od 5 V. Na konektorima s gornje i donje strane razvojnog sustava, osim svih priključaka s mikrokontrolera, postoje i priključci mase (GND) i napajanja (3 V i 5 V). Priključak od 3 V može dati najveću struju od 150 mA, a struja na priključku od 5 V je ograničena strujom korištenog strujnog adaptera, u ovom slučaju 1,5 A, što je i više nego dovoljno za napajanje cijele narukvice. Stoga se i Bluetooth modul i vibracijski motoriči napajaju putem priključka od 5 V na razvojnom sustavu.

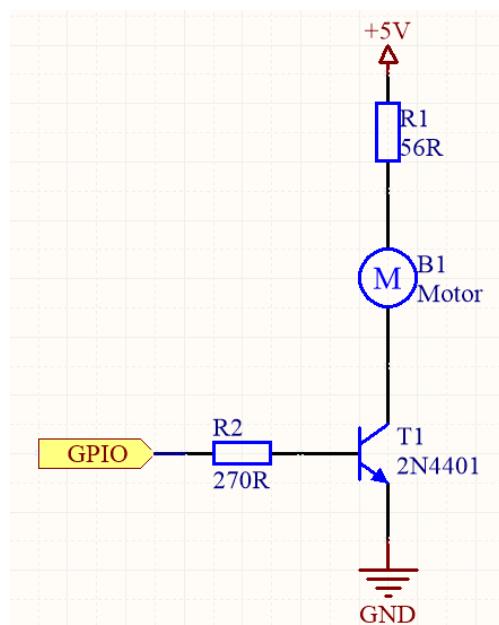
Podatkovni priključci RXD i TXD s Bluetooth modula su spojeni na priključke PB6 i PB7 na mikrokontroleru. Priključci PB6 i PB7 inače služe za komunikaciju putem UART protokola što je zapravo klasična serijska veza. Potrebno je samo obratiti pažnju na to da se dolazni podatkovni priključak s Bluetooth modula RXD spaja na odlazni podatkovni priključak mikrokontrolera PB6 (TX), i obrnuto.

Na slici 5 je prikazana sama narukvica s vibracijskim motorićima bez ostalih dijelova. Korištena je obična kožna narukvica širine 1,8 cm koja inače služi kao modni dodatak, ali je u ovom slučaju na nju prilijepljeno 5 vibracijskih motorića koji su žicama spojeni na razvojni sustav. Svaki vibracijski motorić je spojen na jedan izlazni priključak mikrokontrolera te se na taj način može podešavati 5 različitih jačina vibracija, ovisno o tome koliko je vibracijskih motorića uključeno u kojem trenutku.



**Slika 5: Narukvica s vibracijskim motorićima**

Budući da je struja na izlaznim priključcima mikrokontrolera ograničena na najviše 20 mA, nije bilo moguće spojiti vibracijske motorice izravno na mikrokontroler jer je eksperimentalno određeno da je jačina vibracija najbolja ako je struja motorića oko 50 mA. Stoga su izlazni priključci mikrokontrolera spojeni na bipolarni tranzistor 2N4401 NPN tipa koji radi u zasićenju te zapravo glumi sklopku. Shema spajanja jednog motorića je prikazana na slici 6. Kada je izlazni priključak mikrokontrolera u visokoj razini, tranzistor vodi struju te motorići vibriraju, a kada je u niskoj razini, tranzistor prestaje voditi te motorići prestaju vibrirati. GPIO označava izlazni priključak mikrokontrolera, a otpornik R2 otpora  $270\ \Omega$  određuje baznu struju tranzistora koja u ovom slučaju iznosi 8,5 mA. Emiter tranzistora je spojen na masu, a na kolektor tranzistora su serijski spojeni otpornik R1, vibracijski motorić i napajanje od 5 V. Napajanje od 5 V je dovedeno s razvojnog sustava, a otpornik R1 određuje struju od 50 mA koja teče kroz motorić. Pri toj struji je pad napona na motoriću otprilike 2,2 V iz čega se može jednostavno odredi da otpor otpornika R1 treba iznositi 56  $\Omega$ .



Slika 6: Spajanje motorića na mikrokontroler

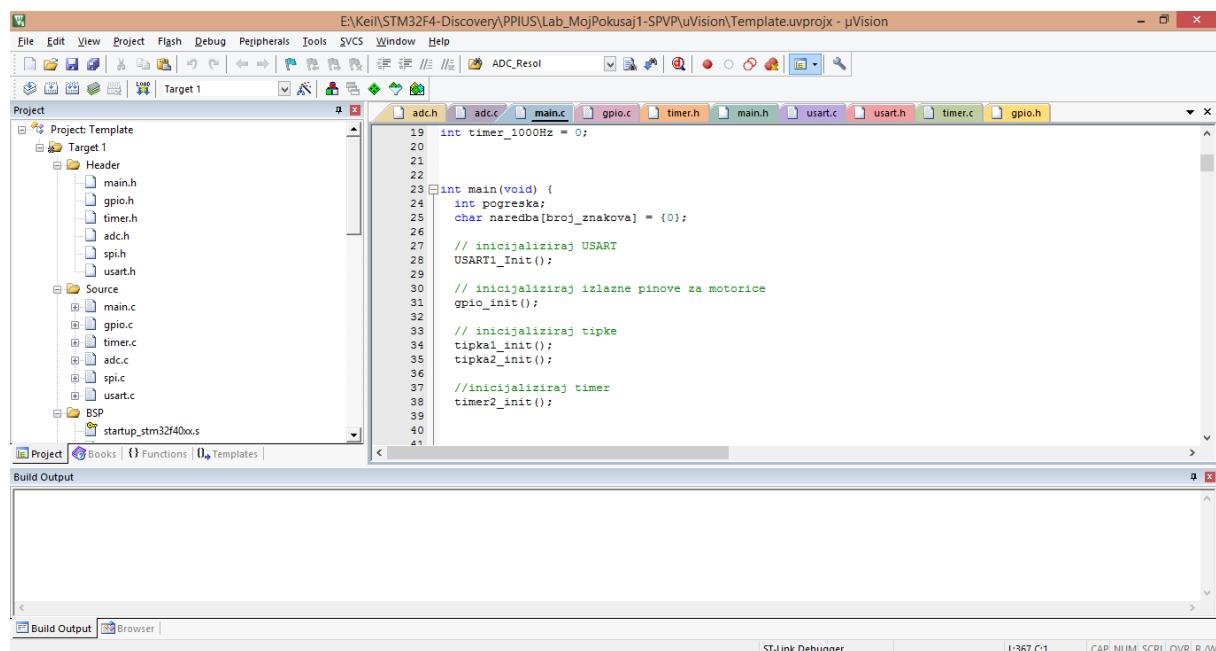
Na slici 5 se može vidjeti da su tranzistori i pripadajući otpornici spojeni na *protoboardu* te da su s jedne strane *protoboarda* spojeni izlazni priključci mikrokontrolera, a s druge strane vibracijski motoriči. Za uključivanje i isključivanje pojedinih motorića su iskorišteni sljedeći izlazni priključci s mikrokontrolera: PD1, PD2, PD3, PD6, PD7. Na *protoboard* je također spojena jedna tipka koja služi za odgodu alarma, a druga tipka koja služi za isključivanje alarma se nalazi na razvojnog sustavu. Na jednu stranu tipke s *protoboarda* je spojen ulazni priključak PC1 s mikrokontrolerom, a na drugu stranu priključak od 3 V s razvojnog sustava. To znači da kada je tipka pritisnuta, na priključku PC1 se pojavi visoka razina, što je znak da treba odgoditi alarm.

## 4. Programska podrška

U ovom poglavlju je opisano sve što ima veze s upravljanjem narukvicom za buđenje te razvojem programske podrške za nju. Prvo je objašnjena razvojna okolina *Keil µVision* u kojoj je pisan *firmware* za mikrokontroler. Zatim je objašnjen *firmware* koji je pisan u programskom jeziku C. Na kraju je objašnjena aplikacija za mobitel te upravljanje narukvicom.

### 4.1. Keil µVision

*Keil µVision* proizvođača *Keil Elektronik GmbH* je jedna od najpoznatijih razvojnih okolina za mikrokontrolere i sadrži sve što je potrebno za razvoj *firmwarea*. Namijenjena je radu na osobnom računalu pod operacijskim sustavom Windows, a posljednja inačica nosi oznaku 5.15. Glavni dijelovi su prevodilac (eng. *compiler*) za asembler, prevodilac za programski jezik C, program za povezivanje relokabilnog koda te njegovo smještanje u memoriju (eng. *linker/loader*), skup programa za simulaciju rada mikrokontrolera i pripadajuće programske podrške (eng. *debugger*) te skup programa za rad s bibliotekama (eng. *libraries*). Na slici 7 je prikazana razvojna okolina *Keil µVision*.



Slika 7: Razvojna okolina Keil µVision

## 4.2. Firmware za mikrokontroler

Kao što je već rečeno, *firmware* za mikrokontroler narukvice za buđenje je pisan u programskom jeziku C. Korišten je skup biblioteka pod nazivom *STM32F4 Standard Peripheral Library* koji je razvijen od strane tvrtke *STMicroelectronics*, također proizvođača korištenog razvojnog sustava i mikrokontrolera. *STM32F4 Standard Peripheral Library* pruža jednu višu razinu apstrakcije u odnosu na klasično programiranje mikrokontrolera na razini registara. Sadrži već gotove biblioteke za rad s bilo kojim dijelovima mikrokontrolera što omogućuje brži i jednostavniji razvoj *firmwarea*. Tako npr. za inicijalizaciju UART komunikacijskog protokola nije potrebno istraživati pojedinačne registre nego je dovoljno pozvati funkciju kojoj se preda pokazivač na strukturu (čiji oblik je unaprijed definiran) koju je potrebno prije toga „popuniti“ odgovarajućim vrijednostima (koje se mogu naći u pripadajućim bibliotekama) i UART je spremna za upotrebu.

Razvijeni *firmware* je prilično složen te nema smisla objašnjavati svaki njegov dio. Zbog toga je objašnjena samo glavna `main()` funkcija i odgovarajuće funkcije koje se pozivaju iz nje te prekidna funkcija `TIM2_IRQHandler()` koja služi za posluživanje prekida izazvanog brojačem *Timer2* koji odbrojava sekunde.

U nastavku je prikazan programski kod funkcije `main()`:

```
int main(void) {
    int pogreska;
    char naredba[broj_znakova] = {0};

    // inicijaliziraj USART
    USART1_Init();

    // inicijaliziraj izlazne pinove za motorice
    gpiod_init();

    // inicijaliziraj tipke
    tipkal_init();
    tipka2_init();

    //inicijaliziraj timer
    timer2_init();

    USART1_SendString("\r\nZadaj naredbu oblika ChhmssJO!\r\nC -
kontrolni byte\r\nhhmmss - vrijeme\r\nJ - jacina\r\nO - odgoda\r\n");

    while(1) {
        primi_naredbu(naredba, broj_znakova);

        switch(naredba[0]) {
            case '1':
                pogreska = postavi_alarm(naredba); // postavi alarm
                USART1_SendString("\r\nAlarm je postavljen!");
                break;
            case '2':
                prikazi_alarme(); // prikazi postavljeni alarm
        }
    }
}
```

```

        break;
    case '3':
        obrisi_alarme(naredba); // obrisi alarm
        break;
    case '4':
        test(naredba); // test, pokreni odmah
        break;
    default:
        pogreska = 2; // kriva naredba
        break;
    }
    if (pogreska == 0) {
        USART1_SendString("\r\nPrimljena naredba: ");
        USART1_SendString(naredba);
        USART1_SendString("\r\n");
    }
    else {
        ispisi_pogresku(pogreska);
        pogreska = 0;
    }
}
}

```

Na početku funkcije se inicijalizira varijabla pogreška i niz naredba u koji se spremo primljena naredba s mobitela. Zatim slijedi inicijalizacija UART protokola, izlaznih priključaka mikrokontrolera, tipki i brojača. Nakon toga se na mobitel šalje ispis početne poruke. Mikrokontroler zatim ulazi u beskonačnu while(1) petlju u kojoj prvo čeka na primanje naredbe s mobitela te nakon toga, ovisno o primljenoj naredbi, poziva jednu od funkcija postavi\_alarm(), prikazi\_alarame(), obrisi\_alarame() ili test() i zatim, ukoliko je sve u redu, ispisuje na mobitel primljenu naredbu ili, ukoliko je došlo do pogreške ili je naredba krivo zadana, ispisuje na mobitel poruku o pogrešci. Funkcija postavi\_alarm() postavlja alarm, funkcija prikazi\_alarame() ispisuje na mobitel sve postavljene alarne, funkcija obrisi\_alarame() briše iz memorije prethodno podešeni alarm, a funkcija test() pokreće vibriranje narukvice nakon 2 s u svrhu testiranja. Naredba koja se šalje s mobitela mora imati 9 znakova oblika ChhmmssJO. Prvi znak (C) određuje je li potrebno postaviti alarm, prikazati postavljene alarne, obrisati alarne ili pokrenuti test. Ukoliko je potrebno postaviti alarm, idućih 6 znakova (hhmmss) određuje vrijeme za koliko je potrebno postaviti alarm, hh određuje sate, mm minute, a ss sekunde. Predzadnji znak (J) može sadržavati brojeve od 1 do 5 te određuje jačinu vibracija, broj 1 označava najslabije vibracije, a broj 5 najjače. Posljednji znak (O) određuje nakon koliko vremena je potrebno odgoditi alarm ako se pritisne tipka za odgodu. Može sadržavati brojeve od 1 do 5, a broj 1 označava odgodu od 5 min, broj 2 odgodu od 10 min, broj 3 odgodu od 20 min, broj 4 odgodu od 30 min te broj 5 odgodu od 60 min.

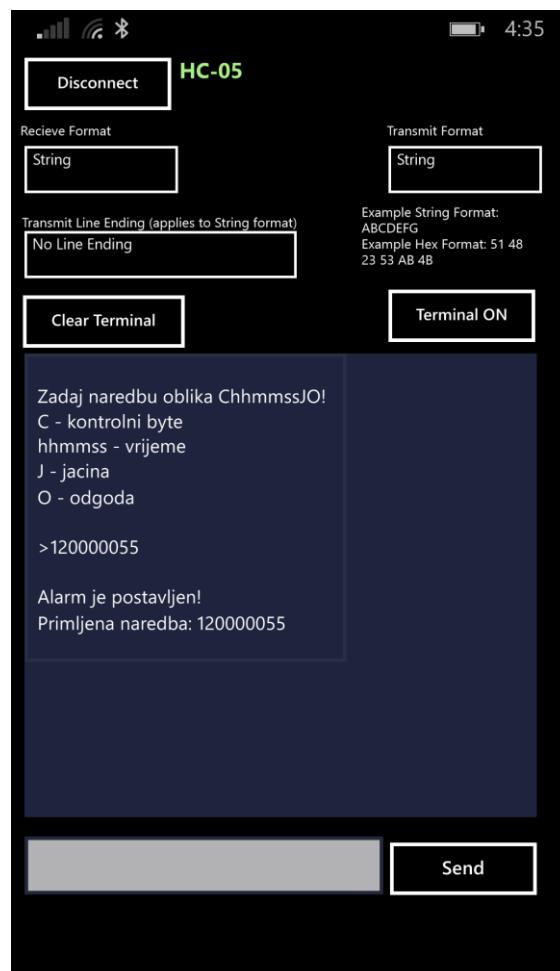
U nastavku je prikazan programski kod funkcije `TIM2_IRQHandler()`:

```
void TIM2_IRQHandler(void) {
    if (TIM_GetITStatus(TIM2, TIM_IT_Update) != RESET) {
        TIM_ClearITPendingBit(TIM2, TIM_IT_Update);
        obradi_prekid();
        tipka2_prekid();
    }
}
```

Funkcija `TIM2_IRQHandler()` služi za posluživanje prekida izazvanog brojačem *Timer2* koji odbrojava sekunde. Nakon ulaska u prekidnu funkciju, potrebno je prvo provjeriti je li prekid stvarno izazvan brojačem *Timer2*. Zatim, ako je prekid izazvan brojačem *Timer2*, potrebno je obrisati odgovarajuću zastavicu te pozvati funkcije `obradi_prekid()` i `tipka2_prekid()`. Funkcija `obradi_prekid()` provjerava je li u toj sekundi potrebno pokrenuti neki od alarma, a funkcija `tipka2_prekid()` provjerava je li pritisnuta tipka za odgodu alarmu te odgađa alarm ako je tipka pritisnuta.

### 4.3. Aplikacija za mobitel

Aplikacija za mobitel nije razvijena u sklopu ovog projekta nego je korištena gotova aplikacija *Bluetooth Serial Terminal* [5] namijenjena mobitelima s operacijskim sustavom Windows Phone. Slične aplikacije postoje i za mobitele koji imaju operacijski sustav Android ili iOS. Prije pokretanja aplikacije, potrebno je na mobitelu uključiti Bluetooth vezu te upariti mobitel s Bluetooth modulom HC-05. Zatim je potrebno pokrenuti aplikaciju *Bluetooth Serial Terminal* te se spojiti na Bluetooth modul čime se uspostavlja serijska veza između mobitela i Bluetooth modula te je moguće vrlo jednostavno upisati željenu naredbu i poslati ju preko Bluetooth veze na narukvicu za buđenje. Odgovori koje pošalje narukvica za buđenje se također ispisuju unutar aplikacije *Bluetooth Serial Terminal*. Na slici 8 je prikazana aplikacija *Bluetooth Serial Terminal*.



**Slika 8: Aplikacija *Bluetooth Serial Terminal***

## 5. Zaključak

U ovom radu je opisan razvijeni prototip narukvice za buđenje. Sve opisane stvari su uspješno realizirane te narukvica obavlja svoju svrhu. Korištenje narukvice je u ovoj fazi razvoja nezgodno jer mora biti žicama povezana s razvojnim sustavom.

Mjesta za napredak ima jako puno. Trebalo bi prvo projektirati tiskanu pločicu na kojoj će biti mikrokontroler, Bluetooth modul, tranzistori, baterija i sve ostale prateće stvari. Na taj način narukvica više ne bi trebala biti povezana žicama s razvojnim sustavom te bi se mogla samostalno koristiti. Dobra stvar je to što je u ovom projektu potpuno razvijen *firmware* za mikrokontroler te bi bile potrebne možda samo malo izmjene u konačnoj verziji narukvice. Također bi bilo potrebno razviti novu aplikaciju za mobitel koja bi bila preglednija i jednostavnija za korištenje, a možda i aplikaciju za računalo. Osim toga, trebalo bi riješiti i problem punjenja baterije.

## 6. Literatura

- [1] UM1472 – Discovery kit for STM32F407/417 lines, 2014  
URL: [http://www.st.com/st-web-ui/static/active/en/resource/technical/document/user\\_manual/DM00039084.pdf](http://www.st.com/st-web-ui/static/active/en/resource/technical/document/user_manual/DM00039084.pdf) (2015-06-10)
- [2] STM32F407xx Datasheet, 2015  
URL: <http://www.st.com/st-web-ui/static/active/en/resource/technical/document/datasheet/DM00037051.pdf> (2015-06-10)
- [3] HC Serial Bluetooth Products.  
URL: [http://www.tec.reutlingen-university.de/uploads/media/DatenblattHC-05\\_BT-Modul.pdf](http://www.tec.reutlingen-university.de/uploads/media/DatenblattHC-05_BT-Modul.pdf) (2015-06-10)
- [4] Internet trgovina AliExpress.  
URL: <http://www.aliexpress.com/item/5x-10mm-Diameter-Flat-Button-Type-3V-4-5V-CellPhone-Micro-Vibrator-Motor-0-06A/2046658451.html> (2015-06-10)
- [5] Aplikacija *Bluetooth Serial Terminal*.  
URL: <http://www.windowsphone.com/hr-hr/store/app/bluetooth-serial-terminal/59d3cfee-90ae-4d5f-a5e5-0bf180c66d93> (2015-06-10)

## 7. Pojmovnik

Pojam	Kratko objašnjenje	Više informacija potražite na
STM43F4 – Discovery	Razvojni sustav s mikrokontrolerom	<a href="http://www.st.com/web/catalog/tools/FM116/SC959/SS1532/PF252419">http://www.st.com/web/catalog/tools/FM116/SC959/SS1532/PF252419</a>
Bluetooth	Bežična komunikacija	<a href="https://hr.wikipedia.org/wiki/Bluetooth">https://hr.wikipedia.org/wiki/Bluetooth</a>
Bipolarni tranzistor	Poluvodički elektronički element	<a href="https://hr.wikipedia.org/wiki/Tranzistor">https://hr.wikipedia.org/wiki/Tranzistor</a>
Firmware	Glavni program na mikrokontroleru	<a href="https://hr.wikipedia.org/wiki/Firmware">https://hr.wikipedia.org/wiki/Firmware</a>
Keil µVision	Razvojna okolina za mikrokontrolere	<a href="http://www.keil.com/uvision/">http://www.keil.com/uvision/</a>