

## IZRADA JEDNOSTAVNOG MOBILNOG TELEFONA

### MAKING A SIMPLE MOBILE PHONE

Robert Babok<sup>1</sup>, Dean Fraj<sup>2</sup>, Toni Bjažić<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Končar – Institut za elektrotehniku d.d., programer, Zagreb, Hrvatska, Student

<sup>2</sup>Tehničko veleučilište u Zagrebu, Vrbik 8, 10000 Zagreb

#### Sažetak

U članku smo prikazali izradu prototipa jednostavnog mobilnog telefona u okviru završnog rada na preddiplomskom stručnom studiju Mehatronike, Tehničkog veleučilišta u Zagrebu. Za izradu mobilnog telefona koristili smo NXP-ov mikroupravljač mbed LPC1768 i GSM modul SIM808. Pri izradi mobilnog telefona pažnju smo usmjerili na funkcije neophodne za rad istoga te njihovu realizaciju. Realizirali smo funkcije dolaznog i odlaznog poziva te dolazne SMS poruke. Projekt smo realizirali na prototipnoj pločici, a u programskom alatu CircuitMaker projektirali smo i naposljetku izradili tiskanu pločicu mobilnog telefona.

**Ključne riječi:** mobilni telefon, mikroupravljač, mbed LPC1768, GSM modul SIM808, LCD, tipkovnica

#### Abstract

In the paper we have presented the design of a prototype of a simple mobile phone within the framework of the thesis on the undergraduate professional study of Mechatronics at Zagreb University of applied sciences. To make the mobile phone, we used the NXP microcontroller mbed LPC1768 and the GSM module SIM808. When designing the mobile phone, we have focused attention on the functions necessary for the proper work of the mobile phone and their realization. We have implemented incoming and outgoing calls as well as incoming SMS messages. We realized the project on a breadboard and designed the PCB in the CircuitMaker software program and finally created the same printed circuit board for the mobile phone.

**Keywords:** mobile phone, microcontroller, mbed LPC1768, GSM module SIM808, LCD, keypad

#### 1. Uvod

##### 1. Introduction

„Davne“ 1973. godine Martin Cooper je sa svojim Motorola timom izumio jedan od najvažnijih elektroničkih uređaja današnjice – mobilni telefon. Stupivši na ulice grada NewYork-a, uz pomoć svog prvog prototipa mobilnog telefona teškog preko 2 kilograma, nije mogao ni slutiti kakav će globalni utjecaj ostaviti prvi uspješno odrađen telefonski poziv s mobilnog telefona [1].

Razvoj mobilnog telefona od 1973. godine sve do danas je u konstantnom razvoju. Na kvartalnoj vremenskoj bazi uvode se noviteti. Mnogi smatraju da je Apple-ov iPhone prvi smartphone koji se pojavio na tržištu 2007. godine. Ipak, prvi pametni telefon izumljen je 1992. godine od strane IBM kompanije pod nazivom SIMON. Za razliku od svojih prethodnika SIMON je, uz osnovne funkcije, još podržavao kalkulator, kalendar, svjetski sat, imenik, crtanje, pisanje, slanje i primanje fax-a putem 9600 bps<sup>1</sup> modema [1].

Današnji pametni telefoni u potpunosti opisuju svoj epitet „pametnih“. Posjeduju širok spektar raznih mogućnosti te ponekad u potpunosti zamjenjuju osobna računala. Ono što je prije nekoliko desetljeća bilo primarno (odlazni i dolazni pozivi te SMS poruke) u današnjim mobilnim telefonima je gotovo sekundarno jer se pažnja usmjerava na sve ostale funkcije koje mobilni telefon može imati (razne igrice, aplikacije i slično) [1].

Više od polovice svjetske populacije posjeduje mobilni telefon, ali vrlo malo njih je zainteresirano pogledati „unutar crne kutije“<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Izraz označava brzinu prijenosa podataka – bits per second.

<sup>2</sup> Programerski izraz za proučavanje pozadinskog rada uređaja.

Pogled unutar crne kutije gotovo nikad nije omogućen korisnicima, već samo programskim inženjerima koji su radili programsku podršku (engl. Software) za uređaj. To je razlog zbog kojeg ovaj članak nije baziran na proučavanju programske podrške i mogućnosti raznih mobilnih telefona, nego je rezultat izazovne ideje autora (studenta [1]) da u okviru svog redovnog studiranja na preddiplomskom stručnom studiju Mehatronike izradi funkcionalan mobilni telefon, koristeći znanja stečena na studiju i osnovne komponente poput mikroupravljača [2], GSM modula SIM808, LCD zaslona i ostalih popratnih komponenti.

## 2. Komponente mobilnog telefona

### 2. Mobile phone components

Mobilni telefon, izradili smo koristeći mikroupravljač mbed LPC1768 kao upravljačku jedinicu sustava, GSM modul SIM808 za spajanje na telekomunikacijsku mrežu, LCD zaslon za prikaz podataka, tipkovnicu za unos podataka te ostalu popratnu opremu poput zvučnika, mikrofona, tipkala i baterije.

Mbed je ARM-ova platforma bazirana na NXP mikroupravljaču LPC1768 s 32-bitnim ARM-ovim procesorom Cortex-M3 koji radi na frekvencijama do 96 MHz uključujući 512 kB FLASH memorije i 32 kB RAM-a. Imaju široki raspon periferne podrške u svojoj klasi, uključujući ethernet modul, USB 2.0 Host/Device, 2xSPI, 2xI2C, 3xUART, CAN, 6xPWM, 6xADC, DAC, GPIO i druga ulazno-izlazna sučelja [2].

Dizajneri izrađuju i slažu ugrađeni softver koristeći online integrirano razvojno sučelje (engl. Integrated development environment - IDE) nazvano „mbed Compiler“ te ga nakon prevođenja jednostavno prebacuju koristeći drag-and-drop funkciju na sam mbed. LPC1768, smješten u LQFP pakiranju, postavljen je na mbed pločici koja koristi 40 pinova u dva reda (engl. Dual in line package - DIP) s korakom od 2,54 mm (0.1 inch). Za rad mu je potrebno 5 V USB napajanje ili od 4,5 do 9 V vanjskog napajanja [2].

GSM modul SIM808 nalazi se na svom vlastitom sklopovlju koju je izradila tvrtka „Adafruit“. Sklopovlje se naziva „Adafruit Fona 808 mini

cellular GSM + GPS breakout“. „Adafruit Fona SIM808 breakout“ odabrali smo iz razloga što je konstrukcija sklopovlja (engl. hardware) puno jednostavnija od one koju bi trebali izraditi ako bi koristili samo modul SIM808. Razlog tome je što se modul napaja, odnosno za rad koristi napon od 2,8 V što znači da bi trebali konstruirati naponsko dijelilo kako bi se napon baterije ili nekog vanjskog izvora spustio na 2,8 V. „Adafruit breakout“ u sebi ima integrirani regulator napona (dijelilo) koje spušta napon na potrebnih 2,8 V. GSM modul smo s mikroupravljačem povezali preko asinkronog protokola (UART) [2].

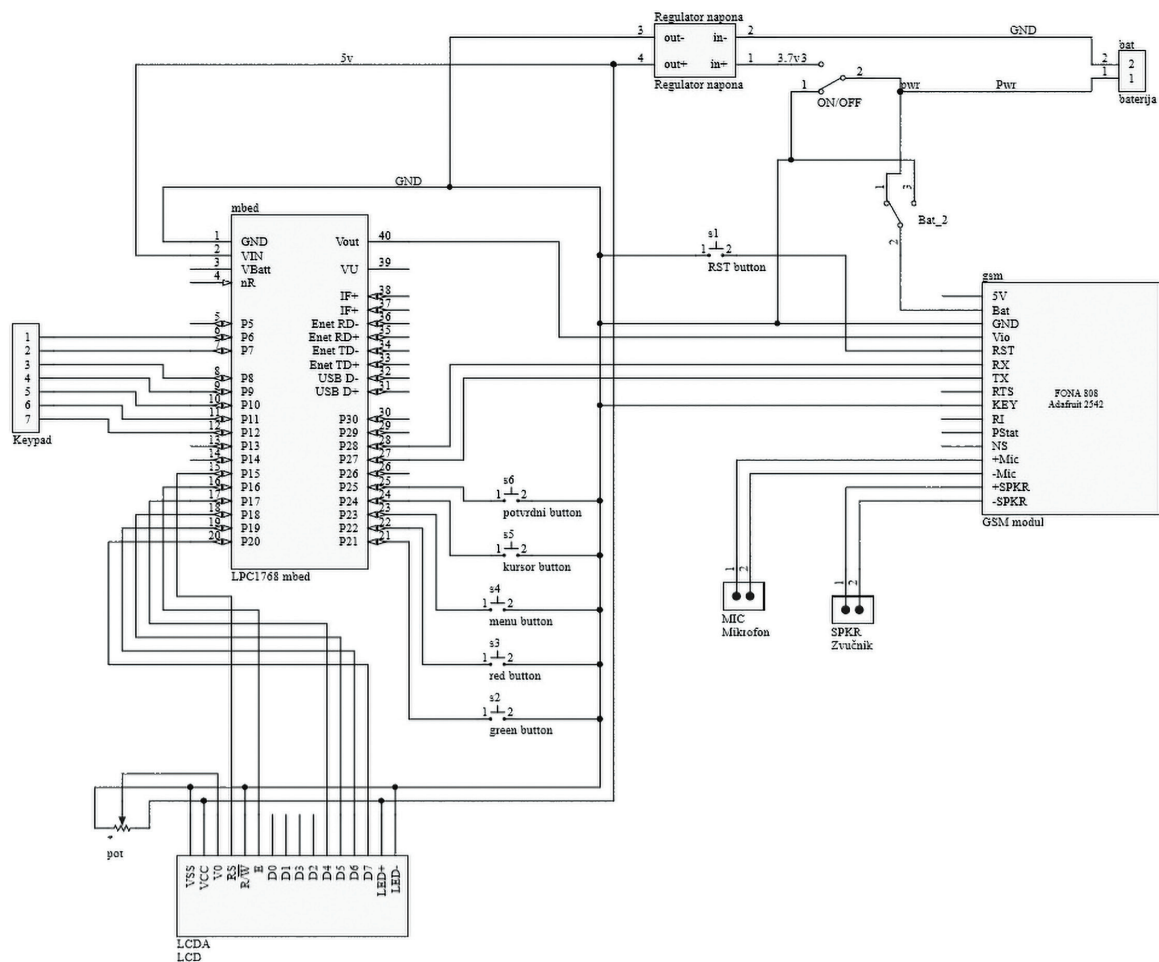
Za detekciju dolaznog poziva koristili smo 32 ohmski „piezzo buzzer“ s dvije žice (+ i -) koje smo spojili na pinove Spk + i - na „Adafruit“ pločici. Također, prilikom telefonskog razgovora „buzzer“ služi kao pretvarač impulsa u zvučne signale pomoću kojih možemo slušati što osoba „s druge strane“ govori [2].

Za pretvaranje zvuka (razgovora) u električni impuls koristili smo kondenzatorski mikروفon. GSM modul na svom sklopovlju ima „izvučene“ pinove (Mic + i Mic -) te smo direktno na njihov mikروفon, bez dodatne obrade signala [2].

Na LCD zaslonu s 20 stupaca i 4 retka moguće je ispisati maksimalno 80 znakova te smo njega putem paralelne komunikacije spojili na mikroupravljač. Njegov rad se odvija u 4 bitnom modu što znači da smo koristili 4 podatkovne linije i 3 upravljačke linije. Na LCD smo doveli napajanje od +5 V s mikroupravljača.

Svaki mobilni uređaj ima, ili fizički ili „on-screen“, izvedenu tipkovnicu pomoću koje se upisuju brojevi ili slova, ovisno o funkciji koja se želi postići, stoga je potrebna tipkovnica kako bi se vrijednosti mogle unositi u program. Tipkovnica koju smo koristili u ovom projektu radi na principu ispitivanja redova i stupaca u kojima pronalazi vrijednost suprotnu zadanoj u programu. Na taj način program može detektirati koja je tipka pritisnuta. Za komunikaciju smo koristili 7 pinova od kojih njih 4 predstavljaju redove (ulaze), a ostala 3 pina predstavljaju stupce (izlaze) [2].

Punjiva litijska baterija koju smo koristili u projektu ima nominalni napon od 3,7 V te kapacitet 1200 mAh.



Slika 1 Električna shema mobilnog telefona [1]

Figure 1 Electrical scheme of a mobile phone [1]

GSM modul se napaja naponom u rasponu od 3,5 – 4,2 V dok se mbed napaja minimalnim naponom od 4,5 V. Iako je razlika u samo 0,3 V, GSM modul i mbed ne mogu raditi na istom naponu, stoga smo u sustav ubacili regulator napona koji je povećao nominalni napon baterije na minimalno 4,5 V, a koji je potreban za rad mikroupravljača. Pretvarač je izveden tako da ima 4 pina (IN+, IN-, OUT+, OUT-) te je izrazito jednostavan za korištenje. Pomoću „trimmera“ smo namjestili željeni izlazni napon [2]. Električnu shemu (slika 1) i dizajn tiskane pločice napravili smo u programu „Circuit Maker“.

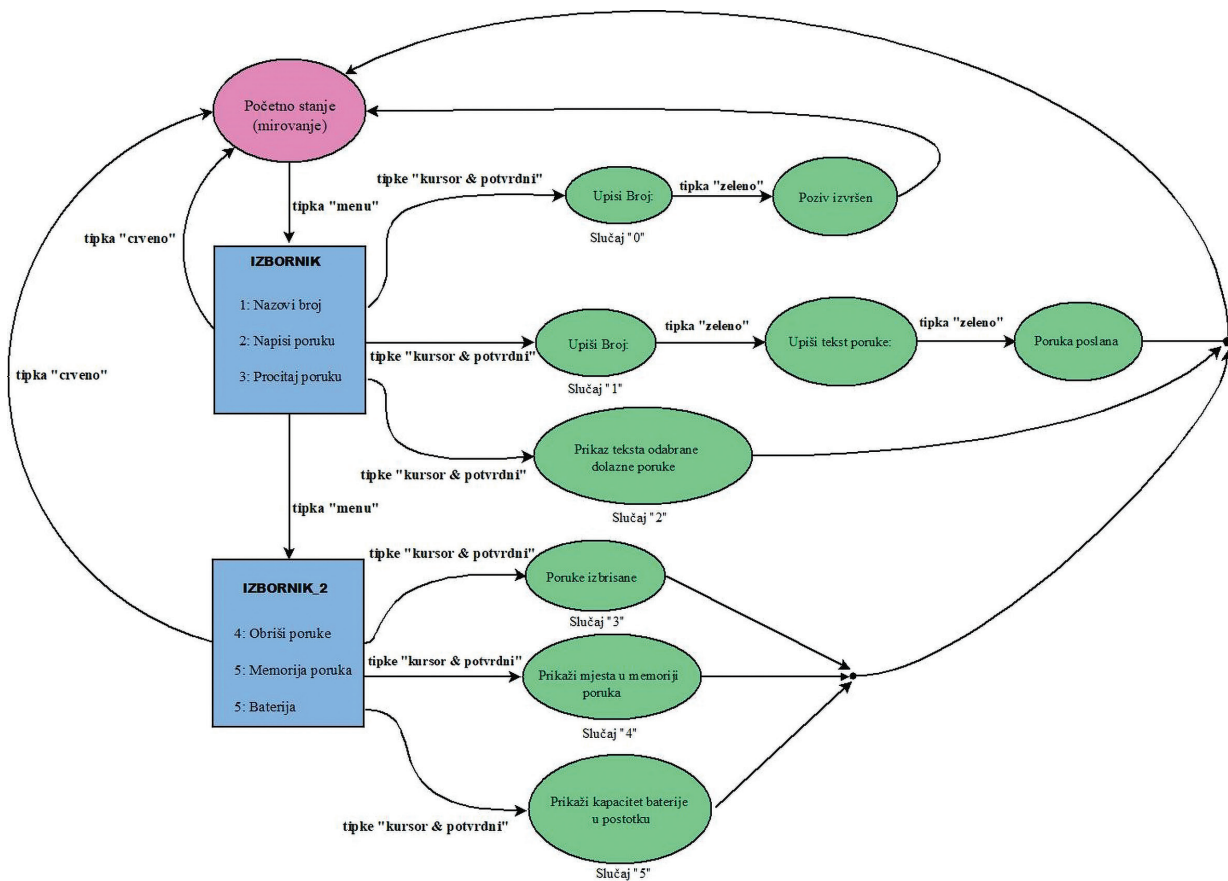
### 3. Operacije mobilnog telefona

#### 3. Mobile phone operations

Možda i najteži, odnosno najzahtjevniji zadatak, je osmišljavanje operacija koje bi se mogle izvršavati korištenjem mobilnog telefona.

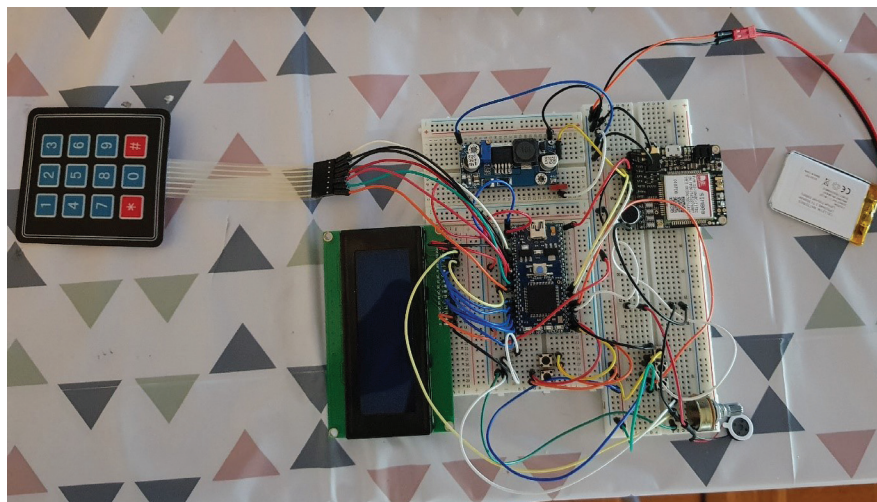
Svima je opće poznato da, ako netko posjeduje mobilni telefon, može njime uspostavljati odlazne i dolazne pozive, te slati i primiti SMS poruke. To je bila vodilja po kojoj smo došli do kompletne ideje, koje bi sve funkcije trebao imati mobilni telefon. Za bolju vizualizaciju i predodžbu operacija izradili smo dijagram toka koji pokazuje kojim se redoslijedom i na koji način izvršavaju pojedine operacije [1].

Nakon što uključimo mobitel, on ostaje u stanju mirovanja, tj. čeka koje ćemo (korisnici) naredbe odabrati za izvršenje. Osim prije navedenih komponenti, u sustav smo dodali i SPST (engl. Single pole – single throw) sklopke tj. tipkala koja smo spojili s mikroupravljačem te smo svakom tipkalu dodijelili ulogu određene tipke. Mobilni uređaj ima „centralnu“ tipku kojom se ulazi u izbornik. Zbog ograničenosti zaslona postoje dvije stranice izbornika i sveukupno šest naredbi koje možemo odabrati. Naredbe i stranice izbornika prikazali smo na dijagramu toka (slika 2).



Slika 2 Dijagram toka - operacije mobilnog telefona [1]

Figure 2 Flowchart - Mobile phone operations [1]



Slika 3 Prototip mobilnog telefona [1]

Figure 3 Mobile phone prototype [1]

Nakon što odaberemo naredbu, drugom tipkom možemo birati odnosno „listati“ naredbe kako bi označili točno onu koju želimo izvršiti. Kao indikator koja naredba je označena, pojavljuje se strelica na kraju retka u kojemu se nalazi naredba. Na kraju, tipkom „potvrde“ započinjemo izvršavanje naredbe. Tipka „potvrde“ registrira na kojoj stranici izbornika se nalazimo i na koju smo naredbu postavili „kursor“ odnosno strelicu.

U ovisnosti o ta dva parametra izvršava se odabrana naredba. Mobilni uređaj, također, ima tipku „crveno“ koja, ako se nalazimo na jednoj od stranica izbornika, vraća mobitel u stanje mirovanja. Istu tipku koristimo kako bi prekinuli tekući poziv. Sukladno tipki „crveno“ u mobilni telefon smo implementirali i tipku „zeleno“ pomoću koje se možemo javiti na dolazni poziv [1].

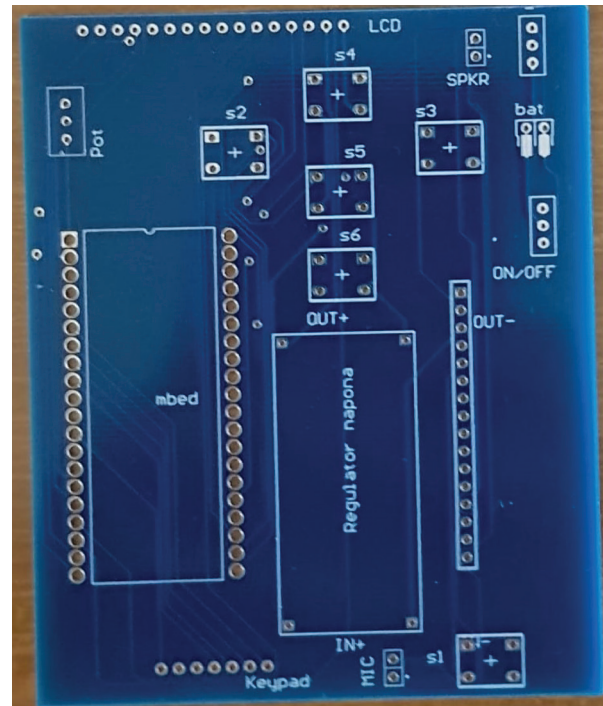
## 4. Rezultati

### 4. Results

Rezultate ovog rada predočili smo fotografijama stranica izbornika (slika 4). S obzirom da fotografije prikazuju samo trenutno stanje mobilnog uređaja, za prikaz obavljanja dolaznih/ odlaznih poziva te čitanja dolaznih poruka predočili smo Internet linkove videozapisa<sup>3</sup>. Također, osim prototipa uređaja, izradili smo i tiskanu pločicu (slika 5) za mobilni telefon.

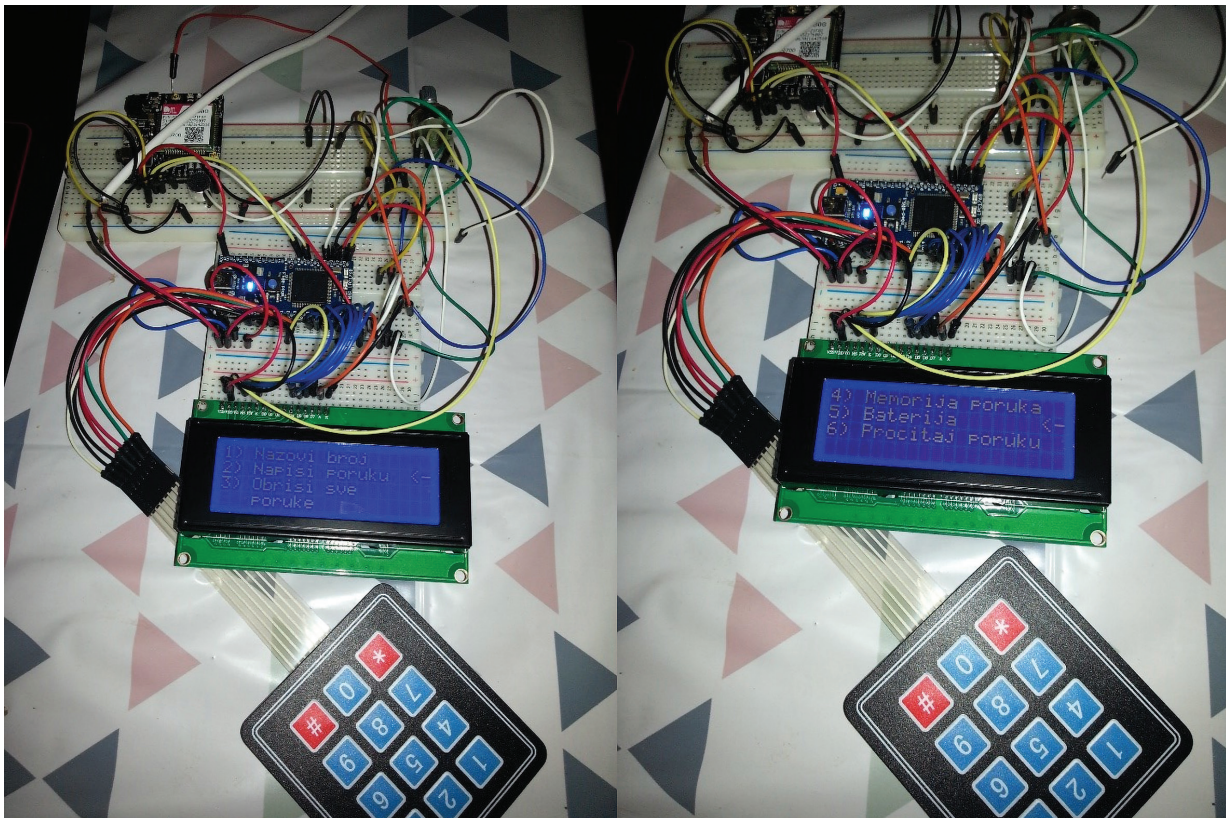
Na sljedećim poveznicama nalaze se demonstracijski videozapisi pod nazivima:

- Prikaz dolaznog poziva  
[http://yt.vu/9QLD\\_Xq85QM](http://yt.vu/9QLD_Xq85QM)
- Prikaz odlaznog poziva  
<http://yt.vu/1PfdZ0CEU1M>
- Prikaz i čitanje dolazne SMS poruke  
<http://yt.vu/rxL8KyNUei8>



Slika 5 Tiskana pločica mobilnog telefona [1]

Figure 5 Mobile phone PCB [1]



Slika 4 Prva i druga stranica izbornika mobilnog telefona [1]

Figure 4 First and second page of the mobile phone menu [1]

<sup>3</sup> Robert Babok; YouTube kanal,  
<http://yt.vu/+robert-babok>.

## 5. Zaključak

### 5. Conclusion

Mobilni telefoni su jedni od najzastupljenijih uređaja u današnjem vremenu i rijetko tko ga ne posjeduje. Od svoje prve pojave na svjetskoj sceni do danas, mobilni telefoni su predstavljeni u raznim veličinama, oblicima, sposobnostima i slično. Interesantno, ali prije svega izazovno, bilo nam je pokušati realizirati ideju izrade vlastitog mobilnog telefona. Stečenim znanjem tokom tri godine preddiplomskog stručnog studija mehatronike to je bilo i omogućeno. Projekt mobilnog telefona bazirali smo najviše na znanju iz kolegija „Komunikacijske tehnike u mehatronici“ i „Projektiranje ugrađenih računalnih sustava“ koje je bilo baza za pisanje programske podrške telefona.

Glavni cilj ovoga projekta bio nam je implementirati osnovne funkcije mobilnog telefona (primanje i slanje poruka, uspostavljanje dolaznih i odlaznih poziva te prikaz informacija na LCD zaslonu odabranih operacija) u programskom jeziku C++ korištenjem GSM modula SIM808 i mikroupravljača mbed LPC1768 uz popratne komponente opisane u članku.

Glavni nedostatak ovog mobilnog telefona jest taj što (korisnici) nismo u mogućnosti sastaviti SMS poruku pomoću tipkovnice, već mobilni telefon moramo povezati s računalom kako bi preko terminalnog programa upisali željenu poruku. Također, pojavilo se pitanje napajanja iz razloga što GSM modul i mikroupravljač za rad koriste različite vrijednosti napona te ako napon baterije (3,7 V) podignemo na 4,5 V, što je minimalni napon potreban za rad mikroupravljača, ista se puno brže prazni što rezultira neispravnim radom mobilnog telefona. Jedan od nedostataka također može biti ograničenost LCD zaslona koji može ispisati maksimalno 80 znakova.

Iako smo glavne funkcije uspješno realizirali, postoji dakako, puno prostora za napredak i daljnje usavršavanje uređaja. Prvo što bi mogli unaprijediti, bio bi sustav napajanja mobilnog telefona, zatim implementirati zaslon većih prikazanih mogućnosti i minimalizirati veličinu samog mobilnog uređaja, uz izradu nove tiskane pločice i kućišta.

## 6. REFERENCE

### 6. REFERENCES

- [1.] Babok R.; Izrada jednostavnog mobilnog telefona / završni rad br. 202. Zagreb: Tehničko veleučilište u Zagrebu, 2018.
- [2.] Fraj D.; JavaFX aplikacija za integraciju sa sustavom za očitavanje parametara okoline / diplomski rad br. E766. Zagreb: Tehničko veleučilište u Zagrebu, 2017, 7 str.

## AUTORI · AUTHORS

### Robert Babok

Rođen je 31.7.1993. godine u Sisku. Osnovnu školu je pohađao u Sisku, a srednju u Zagrebu. Preddiplomski stručni studij mehatronike je završio 2018. godine na Tehničkom veleučilištu u Zagrebu. Trenutno radi kao programer i „tester“ software-a ugrađenih računalnih sustava u Končar Institutu za elektrotehniku.

### Dean Fraj

Rođen je 26.10.1993. godine u Puli. Osnovnu i srednju školu pohađao je u Puli. Preddiplomski i diplomski studij završio je 2017. godine na Tehničkom veleučilištu u Zagrebu. Trenutno radi kao asistent na Strojarskom odjelu Tehničkog veleučilišta u Zagrebu.

### Korespodencija

dean.fraj@tvz.hr

### Toni Bjažić

Rođen je 1980. godine. Diplomirao je 2004. i doktorirao 2010. na Fakultetu elektrotehnike i računarstva, Sveučilišta u Zagrebu. Od 2004. do 2012. radio je kao asistent i viši asistent na Fakultetu elektrotehnike i računarstva, a od 2012. radi na Tehničkom veleučilištu u Zagrebu kao viši predavač, te od 2017. kao profesor visoke škole. Područja njegovog znanstveno-istraživačkog i stručnog interesa su optimalno i adaptivno upravljanje procesima, posebno elektromotornim pogonima, zatim napredno upravljanje sustavima s obnovljivim izvorima energije i elektroničkim energetskim pretvaračima, te ugrađeni računalni sustavi.

### Korespodencija

tbjazic@tvz.hr