

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE I RAČUNARSTVA

DIPLOMSKI RAD br. 1234

**NOSIVI MJERNI SUSTAV ZA PREPOZNAVANJE
I KLASIFIKACIJU POREMEĆAJA TEČNOSTI
GOVORA**

Nikola Gudan

Zagreb, lipanj, 2024.

Student: Nikola Gudan

Naslov teme:

Nosivi mjerni sustav za prepoznavanje i klasifikaciju poremećaja tečnosti govora

Naslov teme (engleski):

Wearable measurement system for detection and classification of speech fluency disorders

Mentor:

Prof. dr. sc. Hrvoje Džapo

Profil:

Elektroničko i računalno inženjerstvo

Kratki opis:

Upoznati se s metodama određivanja poremećaja tečnosti govora u logopedskoj dijagnostici i terapiji. Istražiti postojeće sustave koji se koriste u dijagnozi i analizi poremećaja tečnosti govora. Proučiti karakteristike mikrofona prikladnih za snimanje govora u dijagnozi i analizi poremećaja tečnosti govora. Istražiti mogućnosti praćenja razine stresa ispitanika mjerenjem bioloških signala (EKG, psihogalvanski refleks, bioimpedancija kože, fotopletizmografija itd.) i odabrati veličine koje se mjere prikladne za integraciju u nosivi mjerni sustav. Razviti sklopovsko rješenje nosivog baterijski napajanog uređaja prikladnog za nošenje u svakodnevnim situacijama koje treba omogućiti: dugotrajno snimanje govora visokom kvalitetom pomoću odabranog mikrofona, prikupljanje odabranih bioloških signala u svrhu praćenja razine stresa ispitanika i pohranu podataka. Odabrati prikladni mikrokontroler koji će omogućiti snimanje i pohranu mjerenja te će imati dovoljne resurse za izvođenje modela strojnog učenja prilagođenih ugradbenim računalnim sustavima s ograničenim resursima. Integrirati funkcionalnost punjenja baterija, programiranja mikrokontrolera i bežične komunikacije u svrhu spajanja s pametnim telefonom (WiFi, Bluetooth). Izraditi i ispitati sklopovski prototip rješenja.

TO ROKI!

Sadržaj

1. Glavni dio	2
2. Glavna ploča	3
2.1. Mikrokontroler	4
2.1.1. Pierceov oscilator	6
2.1.2. Dizajn oscilatora	7
3. Rezultati i rasprava	10
4. Zaključak	11
Literatura	12
Sažetak	13
Abstract	14
A: The Code	15

1. Glavni dio

2. Glavna ploča

Sustav se sastoji od dva uređaja koji rade u simbiozi. Glavna ploča služi za snimanje, obradu i pohranu glasovnih podataka i obradu i pohranu biomedicinskih parametara. Za snimanje biomedicinskih parametara koristi se narukvica. U ovom poglavlju se opisuje glavna ploča.

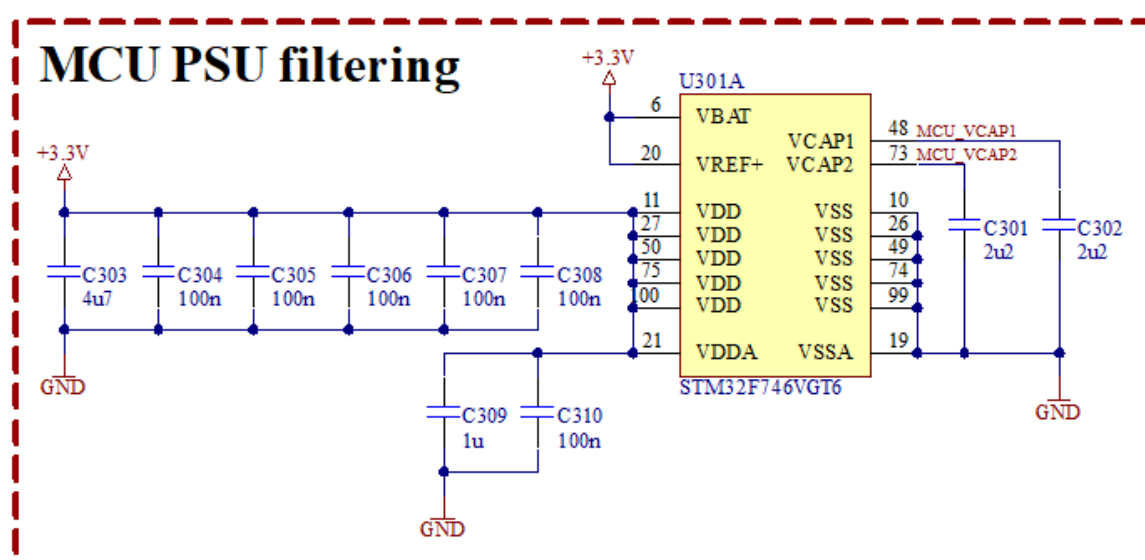
Zahtjevi na glavnu ploču su sljedeći:

- mikrokontroler (engl.*Microcontroller Unit, MCU*), dovoljno moćan za pokretanje neuralnih mreža i obradu podataka
- konektor za SD karticu
- bežična komunikacija putem Wi-Fi ili Bluetooth sučelja
- praćenje vremena putem RTC-a
- mikrofonski za prikupljanje govora korisnika
- sučelja za testiranje i prženje koda na mikrokontroler
- napajanje i punjenje baterije preko USB C priključka
- baterijsko napajanje putem litij-ionske baterije

U daljnjem tekstu ovog poglavlja opisane su odabrane komponente, kao i razlog njihova odabira, način, razlozi i proračuni dizajna pojedinih podsustava, te dizajn, proizvodnja i testiranje PCB-a.

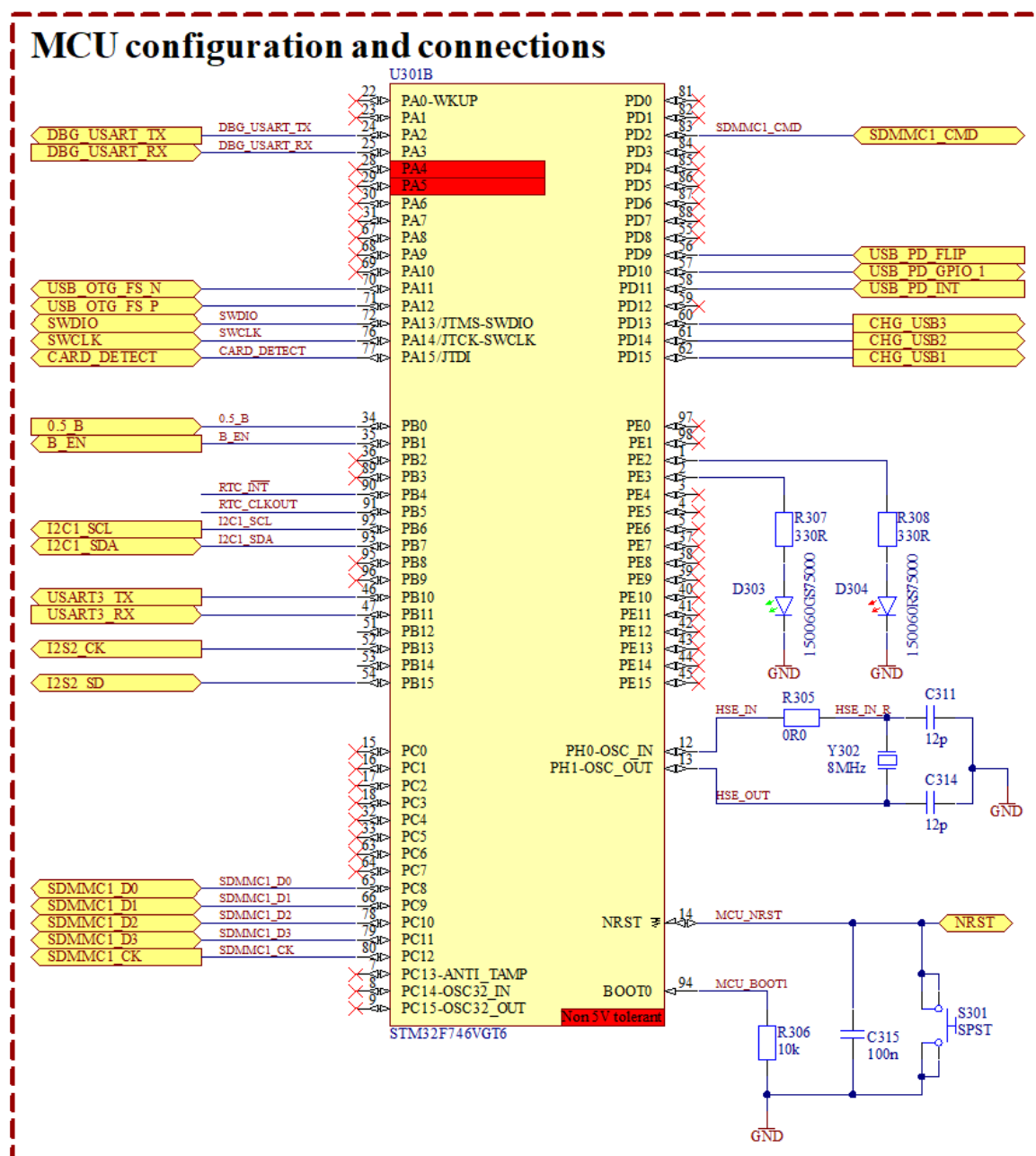
2.1. Mikrokontroler

Za mikrokontroler odabran je STM32F746VG baziran na Cortex-M7 arhitekturi koji integrira funkcionalnosti digitalne obrade signala, bogat sa svim potrebnim periferijama za integriranje s ostatkom sustava i dovoljno procesorske snage za obavljanje zadanog zadatka. Također, programska potpora je razvijena na razvojnom sustavu BLABLABLA, pa je ovaj mikrokontroler odabran radi lakšeg razvoja cjelokupnog sustava. Shema napajanja mikrokontrolera prikazana je na slici 2.1., a shema spajanja mikrokontrolera s ostatkom sustava prikazana je na slici 2.2.



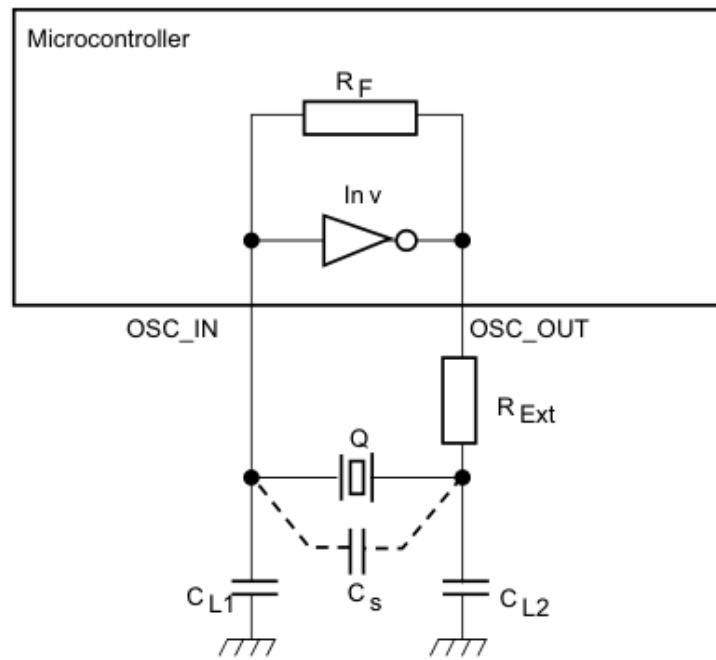
Slika 2.1. Shema napajanja mikrokontrolera

Shema napajanja napravljena je prema uputama proizvođača [1]. S obzirom na to da na ovoj ploči nema analognih signala, nije potrebno raditi analogno-digitalnu pretvorbu, pa su stezaljke za napajanje analognog dijela mikrokontrolera spojene sa stezaljkama za napajanje digitalnog dijela. Također, nije potrebna precizna naponska referenca, a baterijskim napajanjem će upravljati vanjski čip, pa su te dvije stezaljke spojene na napajanje od +3.3 V.



Slika 2.2. Shema periferije mikrokontrolera

Postavljene su dvije svjetleće diode za pomoć pri programiranju i tipka za reset mikrokontrolera. Kod određivanja korištenih stezaljki za pomoć je korišteno razvojno okruženje STM32CubeIDE. Dizajn oscilatora opisan je u priručniku proizvođača STMicroelectronics [2]. Oscilator koji mikrokontroler koristi je Pierceov oscilator (slika 2.3.).



Slika 2.3. Shema Piercovog oscilatora [2]

2.1.1. Pierceov oscilator

Pierceov oscilator se sastoji od invertera Inv , koji radi kao pojačalo, kristala Q , otpornika u povratnoj vezi R_F , vanjskog otpornika za ograničenje izlazne struje invertera R_{Ext} , vanjskih kapaciteta opterećenja C_{L1} i C_{L2} , parazitskog kapaciteta PCB-a i kapaciteta između stezaljki mikrokontrolera C_s .

Uloga otpornika R_F je da natjera inverter da se ponaša poput pojačala. Otpornik povratne veze je spojen između izlaza i ulaza pojačala čime se ulaz i izlaz drže na istom naponi i prisiljava pojačalo da radi u linearnom području rada. Ovaj otpornik je integriran u mikrokontroleru zajedno s pojačalom.

Kapacitet opterećenja je ukupni kapacitet povratne veze oscilatora i mora biti jednak je kapacitetu između stezaljki kristala kako bi oscilator prooscilirao. Kapacitet opterećenja specificira proizvođač kristala i označava se s C_L . Vanjskim kondenzatorima C_{L1} i C_{L2} se postavlja kapacitet opterećenja povratne veze kako bi odgovarao kapacitetu opterećenja kristala. Kapacitet opterećenja računa se prema sljedećoj jednadžbi:

$$C_L = \frac{C_{L1} \cdot C_{L2}}{C_{L1} + C_{L2}} + C_s \quad (2.1)$$

Kod dizajna oscilatora potrebno je izračunati kritično pojačanje petlje:

$$g_{m_{crit}} = 4 \cdot ESR \cdot (2\pi F)^2 \cdot (C_0 + C_L)^2 \quad (2.2)$$

gdje je F frekvencija oscilatora, ESR serijski otpor kristala i C_0 serijski kapacitet kristala. Ovaj parametar je potrebno izračunati kako bi se moglo provjeriti hoće li se oscilator upaliti i prooscilirati. Dobiveni podatak se uspoređuje sa specificiranim vrijednostima transkonduktivnosti g_m u dokumentaciji mikrokontrolera. Da bi oscilator proradio mora se proračunati margina pojačanja i treba vrijediti:

$$gain_{margin} = \frac{g_m}{g_{m_{crit}}} > 5 \quad (2.3)$$

Kako ne bi došlo do kvara kristala potrebno je ograničiti snagu koja se na njemu disipira s pomoću vanjskog otpornika R_{Ext} . Maksimalna snaga koja se može disipirati na kristalu naznačena je u dokumentaciji proizvođača. Ovaj otpornik s kondenzatorom C_{L2} formira niskopropusni filter kako bi oscilator proradio na osnovnoj frekvenciji, a ne na višim harmonicima. Ako snaga disipirana na kristalu bude veća od maksimalne dozvoljene onda je vanjski otpornik obavezan i mora se proračunati, u suprotnom ga nije potrebno stavljati. Vrijednost otpornika se računa na sljedeći način:

$$R_{Ext} = \frac{1}{2\pi F C_{L2}} \quad (2.4)$$

2.1.2. Dizajn oscilatora

Oscilator je vidljiv na slici 2.2. Odabran je kristal NX8045GB proizvođača NDK. Njegove karakteristike su sljedeće:

- $C_L = 2 \text{ pF}$
- $ESR = 200 \Omega$
- $F = 8 \text{ MHz}$

C_0 nije naznačen pa se uzima vrijednost 0. Uzimajući za parazitni kapacitet $C_s = 2 \text{ pF}$, i koristeći formulu 2.1 dobiju se vrijednosti kondenzatora $C_{L1} = C_{L2} = 12 \text{ pF}$. Odabir pa-

razitnog kapaciteta je odokativan jer se ne može znati unaprijed bez mjerenja dovršene tiskane pločice. Kod odabira kondenzatora potrebno je obratiti pažnju na dielektrik kondenzatora i tolerancije. Kako bi frekvencija oscilatora bila što stabilnija potrebno je koristiti temperaturno stabilan dielektrik, odnosno kondenzatore klase 1. Korišteni kondenzatori imaju C0G dielektrik. Koristeći jednadžbu 2.2 dobiva se $g_{m_{crit}} = 0.1294 \text{ mA/V}$. Iz dokumentacije mikrokontrolera se dobiva $g_m = 1 \text{ mA/V}$. Iz uvjeta 2.3 dobiva se $gain_{margin} = 7.73$, čime je uvjet zadovoljen. S obzirom na to da nije moguće odrediti koliko će se kristal grijati, za vanjski otpornik postavljen je otpornik vrijednosti 0Ω , pa u slučaju prevelike disipacije snage na kristalu moguće je na njegovo mjesto zalemiti otpornik odgovarajuće vrijednosti prema jednadžbi 2.4

Nešto

3. Rezultati i rasprava

Nešto

4. Zaključak

Literatura

- [1] *Getting started with STM32F7 Series MCU hardware development*, STMicroelectronics, Veljača 2017., rev. 5.
- [2] *Oscillator design guide for STM8AF/AL/S, STM32 MCUs and MPUs*, STMicroelectronics, Travanj 2023., rev. 19.

Sažetak

Nosivi mjerni sustav za prepoznavanje i klasifikaciju poremećaja tečnosti govora

Nikola Gudan

Unesite sažetak na hrvatskom.

Ključne riječi: prva ključna riječ; druga ključna riječ; treća ključna riječ

Abstract

Wearable measurement system for detection and classification of speech fluency disorders

Nikola Gudan

Enter the abstract in English.

Keywords: the first keyword; the second keyword; the third keyword

Privitak A: The Code