

# Projektiranje nove generacije sustava za površinsku elektromiografiju visoke prostorne razlučivosti

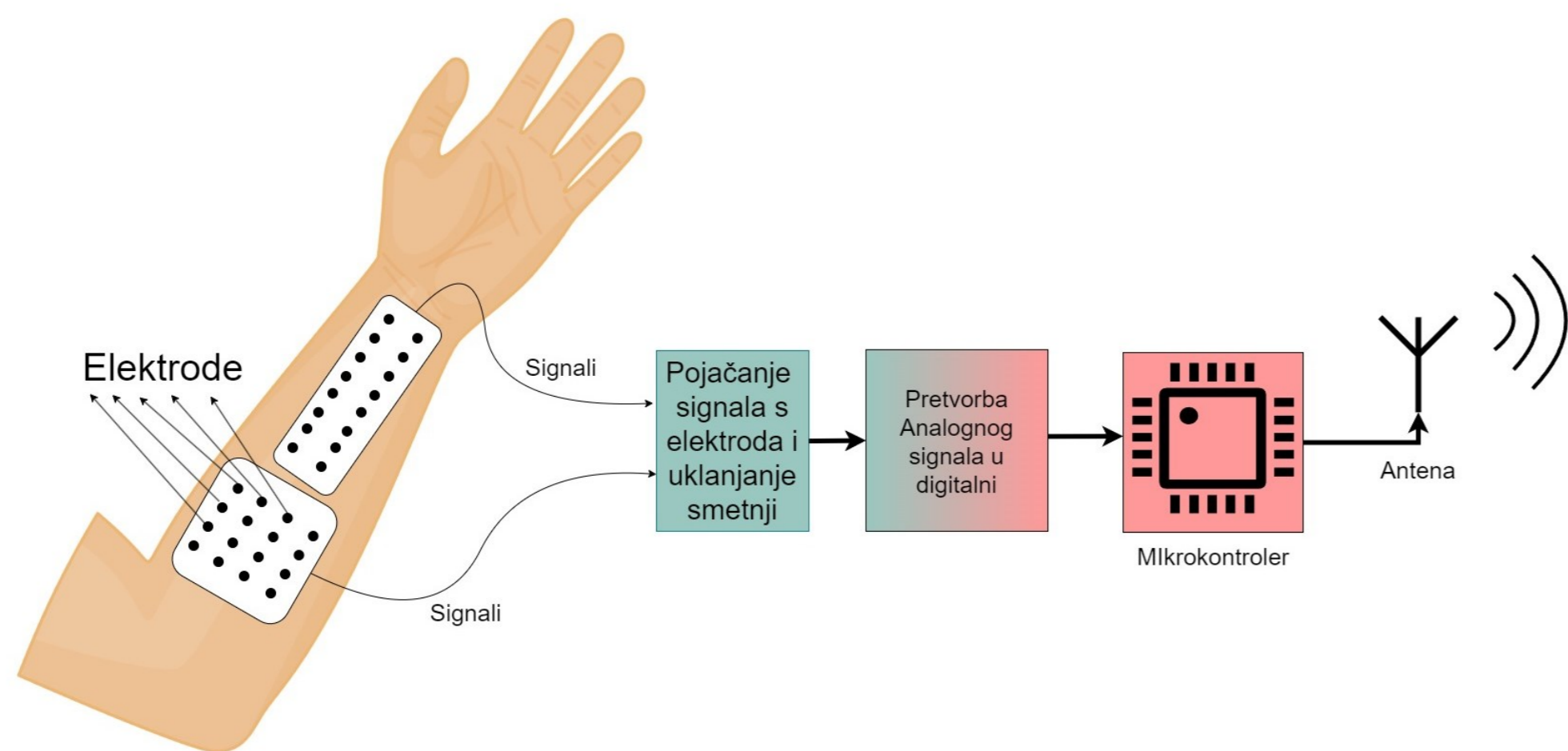


Autor: Gašpar Dončević Mentor: prof. dr. sc. Mario Cifrek  
Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet elektrotehnike i računarstva  
Zavod za elektroničke sustave i obradu informacija



## 1. Uvod

**Površinska elektromiografija** je dijagnostička metoda široke primjene u biomehaničkim istraživanjima i medicini. Površinska elektromiografije visoke prostorne razlučivosti (engl. *High Density Surface Electromyography*, HDsEMG) daje više informacija o inervaciji, radu i umoru mišića.



## 2. Opis problema

Dosadašnji HDsEMG sustavi imaju ograničene performanse zbog kompromisa između značajki obrade signala, šuma i potrošnje, broja kanala i bežičnog prijenosa podataka. Korištenjem novijih elektroničkih komponenti, **moguće je ukloniti postojeće kompromise**. Česti nedostaci proučenih sustava su **nedostatak razmatranja cijena komponenti sustava i nedostatak bežičnog prijenosa**.

**Cilj je projektirati sustav:**

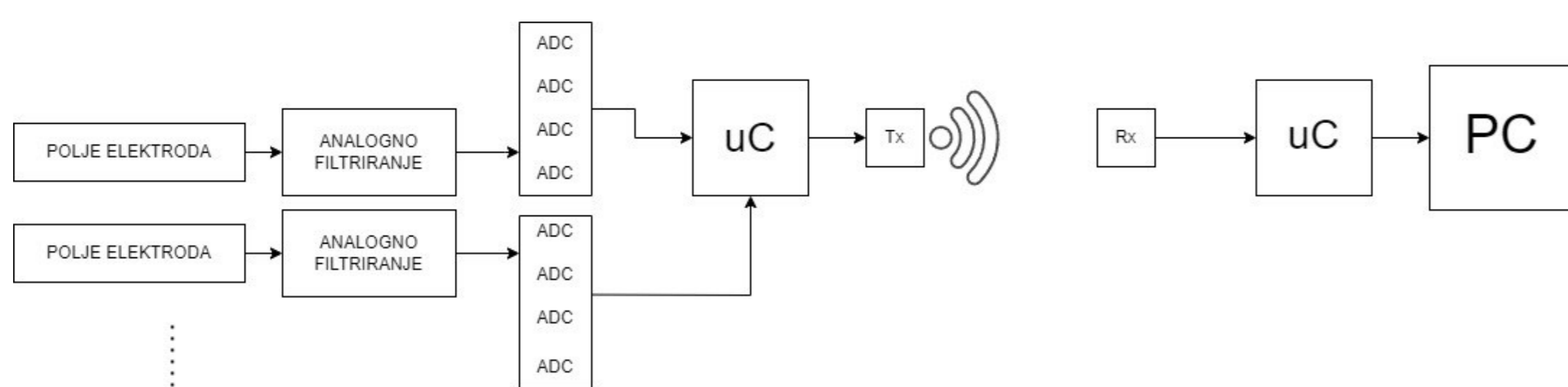
- jednakih ili boljih performansi;
- s niskom cijenom izvedbe sustava;
- s bežičnim prijenosom;
- s poljem od najmanje 16 elektroda.

## 3. Dizajn sustava

Za cjenovnu pristupačnost sustava osmišljen je dizajn koji koristi:

- ulančane AD pretvornike;
- jednostavne RC pasivne filtre;
- unipolarno napajanje;
- cjenovno pristupačan mikrokontroler.

Sustav je dizajniran kako bi bio **modularan i prilagodljiv**. To omogućava **promjenjivu veličinu polja elektroda** uz minimalnu potrebu prilagodbe programskog kôda i **ostvarivanje mreže sustava**.

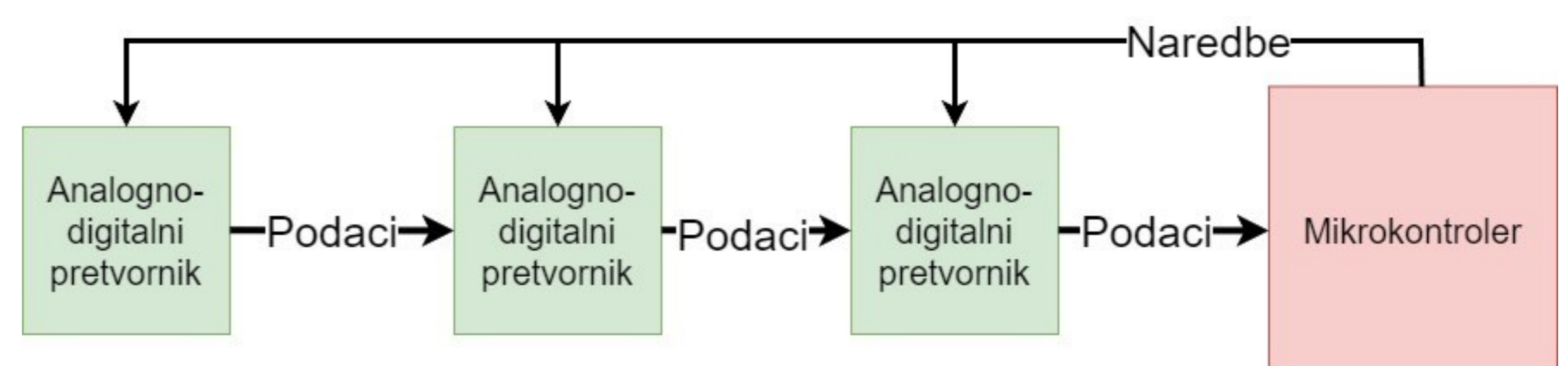


Za projektiranje sustava, odabrani su diferencijsko pojačalo s diferencijskim izlazom ADA4945, AD pretvornik AD7761 i mikrokontroler ESP32-S3. Bežični prijenos podataka je ostvaren s pomoću **ESPNOV protokola**, koji je baziran na Wi-Fi protokolu i omogućava bežični prijenos bez korištenja svih nepotrebnih zaglavlja potrebnih za Wi-Fi protokol. Primjenom ESPNOV protokola, značajno se **skraćuje vrijeme potrebno za pripremu i bežični prijenos podataka**.

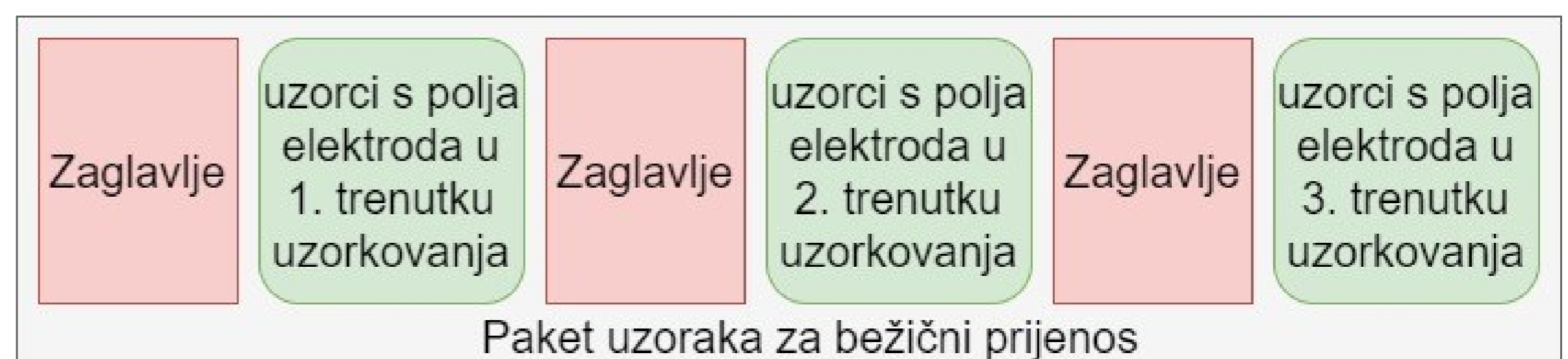
## 4. Rezultati

Izrađen je sklop za analognu obradu elektromiografskog signala. Ispitane su različite inačice sklopa i odabrana je inačica bez ulaznog pasivnog visokopropusnog filtra. Sklop postiže raspon **pojačanja od 90 puta do 500 puta**.

Razvijen je programski kôd u kojem jedna jezgra mikrokontrolera upravlja sustavom i dohvaća podatke s analognog sučelja, dok druga jezgra bežično prenosi dohvaćene podatke. Ulančanim AD pretvornicima se upravlja SPI međusklopom i svakim AD pretvornikom u lancu se može zasebno upravljati.



Signal na svakoj elektrodi se uzorkuje frekvencijom od 1 kHz. Za sustav sa 16 elektroda postignuta je **brzina bežičnog prijenosa od 16 kSps** (uzoraka u sekundi). Grupiranjem uzoraka u veće pakete za bežični prijenos može se postići **frekvencija uzorkovanja iznad 2 kHz**.



## 5. Zaključak

Implementirani su podsustavi za analognu obradu elektromiografskog signala, upravljanje sustavom, prikupljanje podataka i **bežično slanje podataka**. Omogućeno je korištenje polja s **najmanje 16 elektroda pri frekvenciji uzorkovanja od 1 kHz**. Polje elektroda moguće je **proširiti do 48 elektroda** pri istoj frekvenciji uzorkovanja elektroda.

**Procijenjena cijena komponenti razvijenog sustava za 16 elektroda je 198€, a za 32 elektroda 366€**