

## CORSO DI SISTEMI DI ELETTRONICA DIGITALE

---

### Interpretazione di un segnale EMG

---

*Studenti:*

Brognoli Greta  
Bresciani Simone  
Dagani Federico

*Professoressa:*

Flammini Alessandra

**Ingegneria Informatica**

## Indice

<b>1</b>	<b>Introduzione</b>	<b>3</b>
1.1	Elettromiografia . . . . .	3
1.2	Obiettivo . . . . .	4
<b>2</b>	<b>Componentistica</b>	<b>4</b>
2.1	Elettrodi e posizionamento . . . . .	4
2.2	Olimex Shield EKG-EMG . . . . .	5
2.3	ESP32 . . . . .	7
2.4	Display LCD . . . . .	8
<b>3</b>	<b>Schema circuitale</b>	<b>9</b>
<b>4</b>	<b>Elaborazione software</b>	<b>10</b>

# 1 Introduzione

## 1.1 Elettromiografia

L'elettromiografia (EMG) è una tecnica diagnostica che registra l'attività elettrica dei muscoli. Funziona attraverso l'uso di elettrodi che rilevano e amplificano i segnali elettrici generati durante la contrazione e il rilassamento muscolare. Ecco come funziona in generale:

- **Generazione del segnale:** Quando un muscolo si contrae, le unità motorie all'interno del muscolo inviano segnali elettrici chiamati potenziali d'azione. Questi segnali sono generati dalle cellule nervose chiamate motoneuroni, che inviano impulsi elettrici ai muscoli per provocare la contrazione.
- **Rilevamento del segnale:** Gli elettrodi dell'EMG vengono posizionati sulla superficie della pelle sopra il muscolo di interesse. Gli elettrodi registrano le variazioni del potenziale elettrico nella zona circostante quando il muscolo si contrae o si rilassa. Questi segnali elettrici sono molto deboli e vengono rilevati dagli elettrodi come piccole correnti.
- **Amplificazione del segnale:** I segnali elettrici rilevati dagli elettrodi sono molto deboli e richiedono un'adeguata amplificazione per renderli più visibili e utilizzabili. Gli amplificatori dell'EMG amplificano il segnale registrato, aumentando la sua intensità e rendendolo più facilmente misurabile e analizzabile.
- **Visualizzazione e analisi del segnale:** I segnali amplificati vengono quindi visualizzati su un dispositivo di registrazione o un monitor. Possono essere rappresentati graficamente come onde che riflettono l'attività elettrica del muscolo nel tempo. Questi segnali possono essere analizzati ed elaborati per determinare la forza, la durata, la frequenza e la coordinazione delle contrazioni muscolari.

## 1.2 Obiettivo

L'obiettivo principale di questo progetto è quello di sviluppare un programma in grado di leggere i segnali real time provenienti da 3 elettrodi posizionati sul bicipite. Lo shield Olimex EKG-EMG è un dispositivo specializzato per la misurazione degli impulsi elettrici generati dal cuore (EKG) e dei segnali elettrici dei muscoli (EMG). I segnali acquisiti dallo shield vengono successivamente inviati e elaborati da un modulo ESP32.

Nel corso di questo progetto, abbiamo sviluppato un programma specifico per l'ESP32 che riceve i segnali EMG dagli elettrodi e li interpreta in base a determinati algoritmi. L'obiettivo è quello di identificare e analizzare le caratteristiche principali dei segnali elettrici del muscolo bicipite in modo da riconoscerne le diverse estensioni.

## 2 Componentistica

### 2.1 Elettrodi e posizionamento

Per poter acquisire il segnale abbiamo utilizzato 3 elettrodi posizionati come nella seguente figura:

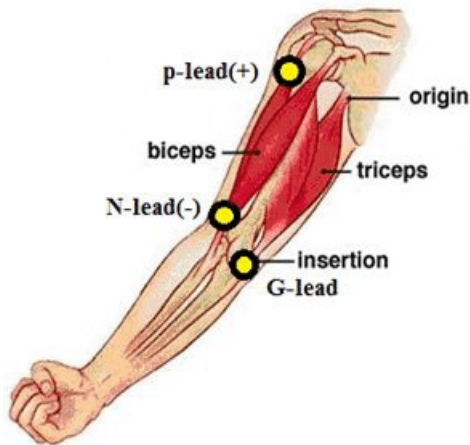


Figure 1: Posizionamento degli elettrodi

Utilizzando tre elettrodi, possiamo creare una configurazione di misurazione differenziale che consente di registrare la differenza di potenziale tra due elettrodi centrali e utilizzare l'elettrodo di riferimento come punto di riferimento comune. Questo approccio aiuta ad eliminare il rumore elettrico e le interferenze esterne, fornendo una misurazione più pulita dell'attività muscolare. Riguardo i 2 elettrodi vicini, la loro posizione e orientamento può essere ottimizzato tramite l'allineamento con la direzione delle fibre muscolari. Questo consente di massimizzare la sensibilità degli elettrodi alla contrazione muscolare e ottenere una registrazione più precisa dell'attività muscolare.

## 2.2 Olimex Shield EKG-EMG

Abbiamo utilizzato un Olimex Shield EKG-EMG (Fig. 4), è una scheda di sviluppo progettata per rilevare segnali elettrocardiografici (EKG) ed elettromiografici (EMG). Questo shield è progettato per essere utilizzato con schede di sviluppo basate su Arduino o altre piattaforme compatibili con lo standard Arduino.

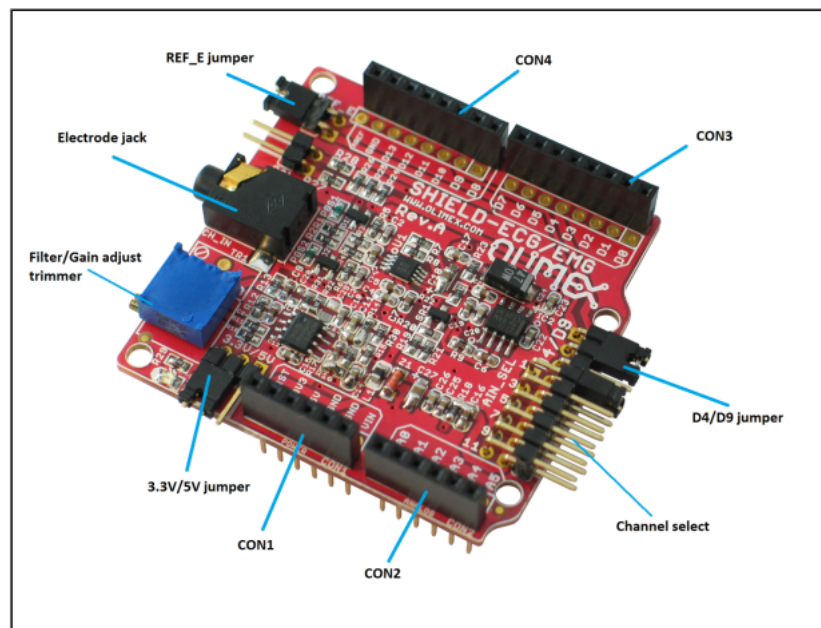


Figure 2: Olimex Shield EKG-EMG

Pin #	POWER CON1	ANALOG CON2	DIGITAL CON3	DIGITAL CON4
1	RST	A0	D0	D8
2	3.3V	A1	D1	D9
3	5V	A2	D2	D10
4	GND	A3	D3	D11
5	GND	A4	D4	D12
6	V <sub>in</sub>	A5	D5	D13
7	-	-	D6	GND
8	-	-	D7	AREF

Figure 3: Pin presenti sullo shield

Il componente Olimex Shield EKG-EMG offre canali di ingresso per collegare elettrodi per la registrazione dell'attività elettrica. Dispone di un circuito di condizionamento dei segnali che amplifica e filtra i segnali elettrofisiologici per renderli adatti all'elaborazione da parte del microcontrollore a cui è collegato.

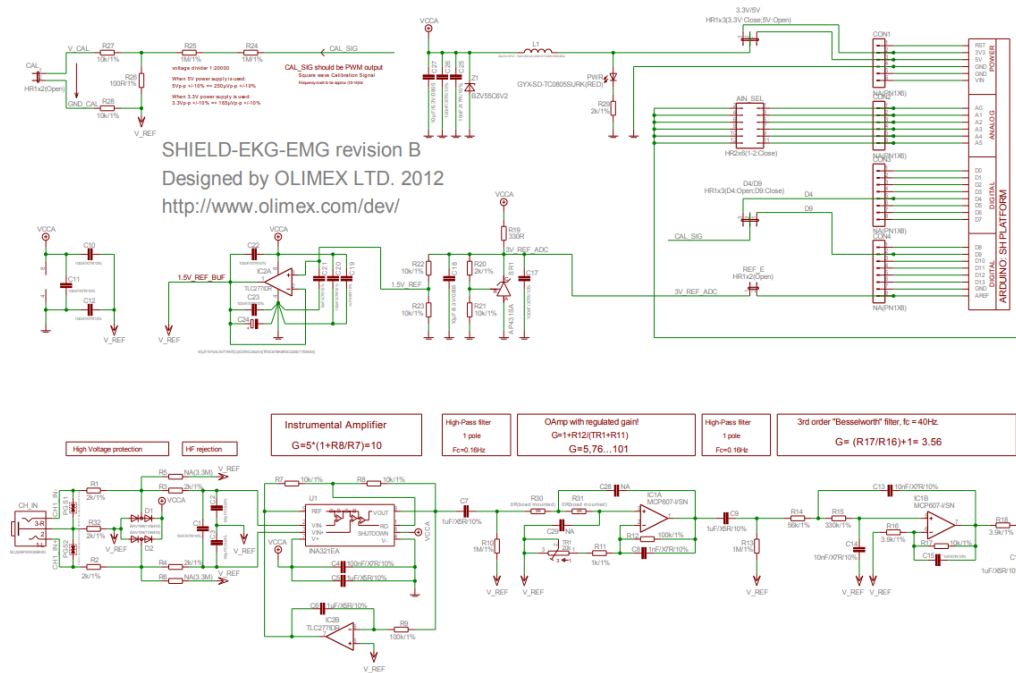


Figure 4: Schema circuitale Olimex Shield EKG-EMG

Questa scheda di sviluppo è dotata di un pin analogico in uscita che permette la lettura da parte di un microcontrollore tramite segnali analogici.

Inoltre un altro elemento rilevante è il trimmer che permette di regolare il guadagno della scheda, permettendo di scegliere l'amplificazione applicabile al segnale.

## 2.3 ESP32

L'ESP32 (Fig. 5) è un microcontrollore a basso costo ed alte prestazioni che può essere utilizzato per l'elaborazione in tempo reale di segnali EMG grazie alla sua CPU dual-core e altre funzionalità integrate, come la connettività Wi-Fi e Bluetooth.

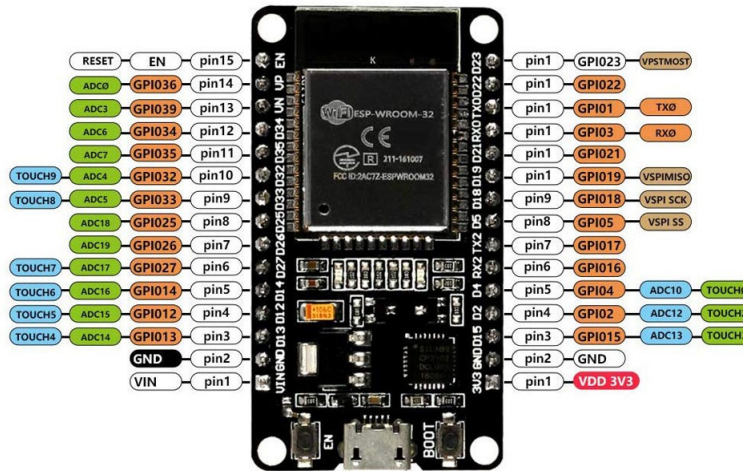


Figure 5: ESP32

## 2.4 Display LCD

Il display LCD 4x20 di Freenove è un modulo a caratteri che può visualizzare testo su quattro righe e venti colonne. Utilizza la tecnologia LCD (Liquid Crystal Display) per mostrare il testo. È dotato di retroilluminazione regolabile tramite un trimmer posto sul retro.



Figure 6: Display LCD di Freenove

In questo progetto il display viene utilizzato prima dell'elaborazione per comunicare le varie fasi (in concomitanza con i diversi lampeggi dei led presenti nel circuito).

Durante l'elaborazione mostrerà i dati significativi utilizzati dall'algoritmo.



### 3 Schema circuitale

Lo schema circuitale complessivo è mostrato in figura:

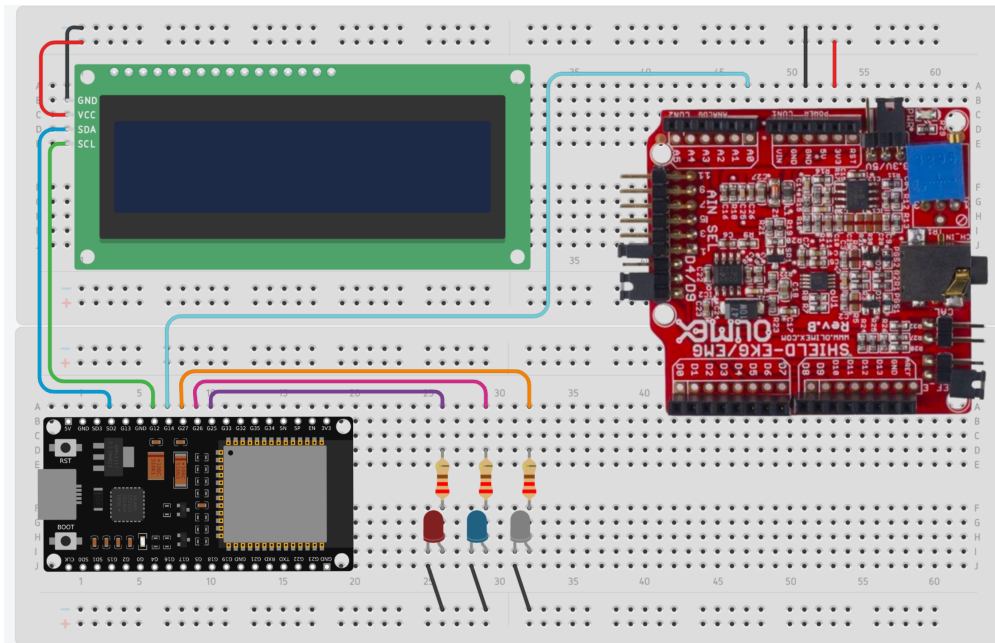


Figure 7: Schema circuitale

É presente lo shield alimentato a 3.3 V che comunica con l'ESP32 tramite un collegamento che parte da un pin analogico (A0) e arriva al microprocessore in un pin GPIO (G12) configurato in INPUT.

L'ESP32 oltre ad essere alimentata a 5 V, ha 2 collegamenti che partono da 2 pin GPIO (G13 e G14) configurati in OUTPUT verso il display lcd, entrando rispettivamente nei pin SDA e SCL. Il display viene alimentato a 3.3 V. In aggiunta sono collegati tre led all'ESP32 mediante tre resistori da  $220\ \Omega$  utilizzati guida alla configurazione dell'applicativo.

## 4 Elaborazione software

L'elaborazione applicata al segnale EMG in questo progetto può essere visualizzata in figura:

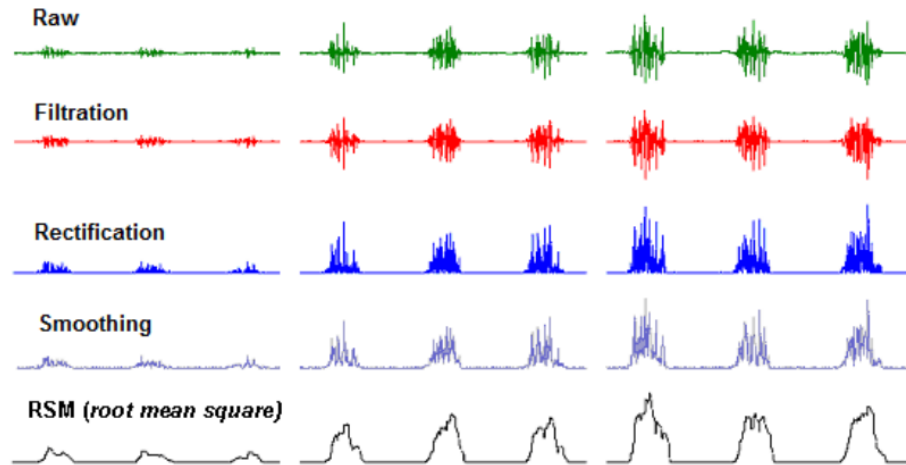


Figure 8: Elaborazione software

Partendo dal segnale filtrato (tramite un filtro passa-alto interno allo shield) lo abbiamo reso a media nulla per poi rettificarlo, ottenendo così il segnale blu in figura (Fig. 8).

Dopo la rettifica abbiamo calcolato la derivata a valori discreti con una finestra di dimensione 5 in modo tale da avere un segnale più lineare (Smoothing). L'ultima elaborazione applicata è il calcolo del valore efficace tramite Root Mean Square su 20 valori, rendendo il segnale adatto alla determinazione dell'onset. L'onset è un valore posto a 1 quando il segnale è sopra la soglia di riposo (threshold) e posto a 0 quando al di sotto di essa.

Per evitare attivazioni indesiderate abbiamo stabilito un tempo minimo durante il quale il segnale deve oltrepassare la soglia per poter essere considerato una reale contrazione (e analogamente durante la fase di discesa).

La determinazione della threshold è effettuata una volta sola e all'inizio dell'esecuzione del programma: abbiamo calcolato la deviazione standard al segnale elaborato con muscolo a riposo in modo tale da ottenere una soglia di attivazione del muscolo (Fase led rosso).

Il calcolo del valore massimo registrato viene fatto una volta per inizializzare correttamente il grafico normalizzato visualizzato nel plotter seriale (Fase led blu) e poi ripetuto ad ogni misura per riscalare il grafico se si ottengono valori maggiori.

Dopo l'inizializzazione si ottiene dunque un threshold ed un valore massimo del segnale che ci permette di mostrare l'andamento del segnale catturato real-time sul plotter seriale, di pilotare un led (led bianco) mediante il segnale dell'onset, di mostrare su display lcd il valore del threshold calcolato e il valore efficace real-time.

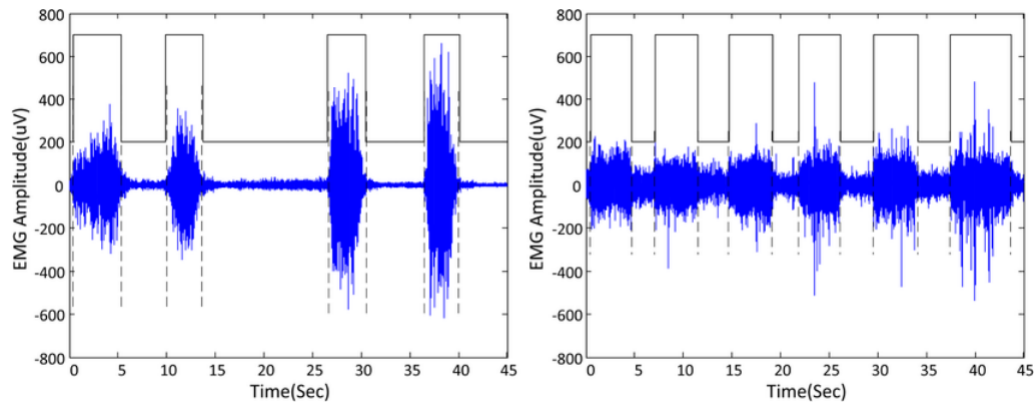


Figure 9: Determinazione dell'onset del segnale