

Modifiche al modulo AD8232

Sebbene l'**AD8232** sia versatile, la sua configurazione standard sui moduli commerciali (quelli economici che trovi per Arduino) è ottimizzata per l'**ECG**, che ha una banda passante molto più stretta (tipicamente **0.5 Hz - 40 Hz**) rispetto all'**EMG** (**20 Hz - 500 Hz**).

Per ottenere un segnale EMG pulito, dovrai modificare i valori di alcuni componenti passivi (resistenze e condensatori) direttamente sul modulo.

Tabella dei valori consigliati (EMG vs ECG)

Se decidi di dissaldare e sostituire i componenti SMD sul modulo, ecco i valori di riferimento approssimativi:

Parametro	Valore ECG (Standard)	Valore EMG (Consigliato)
Banda Passante	0.5 Hz - 40 Hz	10 Hz - 500 Hz
Filtro Passa-Alto	10 μ F / 10 MOhm	0.1 μ F / 10 MOhm
Filtro Passa-Basso	10 nF / 1 MOhm	1 nF / 1 MOhm

(Nello schema sopra, identifica i blocchi HP e LP per individuare i condensatori da sostituire sul tuo modulo specifico).

Posso fare tutto via software senza dissaldare?

Non esattamente. Se il filtro passa-basso analogico del chip taglia a 40 Hz (come nel modulo standard), le frequenze EMG (che arrivano a 400 Hz) verranno attenuate fisicamente dall'hardware prima ancora di raggiungere il pin del tuo Arduino.

- **Il risultato:** Vedrai un segnale molto "morbido" e lento, perdendo tutti i dettagli rapidi della contrazione muscolare.
- **Consiglio:** Se non vuoi saldare, cerca un modulo AD8232 che dichiari esplicitamente una banda passante più ampia, oppure accetta una risoluzione minore focalizzandoti solo sulla "massa" del segnale a basse frequenze.

Le modifiche necessarie al modulo AD8232

1. Filtro Passa-Alto (High-Pass Filter)

Nello schema AD8232, questo filtro è gestito dai pin HPSENSE e HPDRIVE. Attualmente è impostato per tagliare frequenze bassissime (fisiologiche dell'ECG).

- **Componenti da modificare:** C4 e C6.
- **Valore attuale:** 0.33 uF.
- **Nuovo valore consigliato:** 0.1 uF (o 100 nF).
- **Effetto:** Alza la frequenza di taglio inferiore verso i 10-20 Hz, eliminando i grossi artefatti dovuti ai movimenti dei cavi e della pelle.

2. Filtro Passa-Basso (Low-Pass Filter)

Questo è il punto critico. Lo schema AD8232 usa l'op-amp interno come filtro Sallen-Key a due poli. I componenti attuali tagliano bruscamente sopra i 40 Hz, "mangiandosi" tutto il segnale EMG.

- **Componenti da modificare:** C3 e C1.
- **Valore attuale:** C3 = 10 nF, C1 = 1.5 nF.
- **Nuovo valore consigliato:**
 - **C3: 1 nF** (per spostare il taglio sopra i 400 Hz).
 - **C1: 220 pF** (per mantenere la stabilità del filtro).
- **Effetto:** Permette alle frequenze rapide delle fibre muscolari di arrivare all'uscita SIGNAL_OUT.

3. Guadagno (Gain)

L'EMG ha un'ampiezza maggiore dell'ECG.

Il guadagno dello stadio finale (Instr. Amp + OpAmp) è dato da: $\text{Gain} = 100 * (1 + R9 / R8)$

Con R9 = 1 MOhm e R8 = 100 kOhm, il guadagno totale è circa 1100.

Se il segnale risulta troppo distorto e "sbatte" contro i 3.3 V e lo 0 V, ridurre R9

- **Componenti da modificare:** R9 (collegata a OPAMP-).
- **Valore attuale:** 1 MOhm
- **Modifica:** Ridurre a **470 kOhm** o anche meno

Ricalcolo di controllo delle frequenze di taglio

Per calcolare le frequenze di taglio (f_c), utilizzeremo le formule dei filtri attivi implementati nell'AD8232 basandoci sui valori che abbiamo scelto per adattarlo all'EMG.

1. Filtro Passa-Alto (Taglio Inferiore)

L'AD8232 utilizza un filtro passa-alto a due poli. La frequenza di taglio è determinata dai componenti sui pin HPSPDRV e HPSEL. Con i nuovi valori:

- **Resistenze R11, R12, R13** : 10 MOhm e 1.4 MOhm (standard sul modulo).
- **Condensatori C4, C6** : 0.1 uF (nuovo valore proposto).

La formula approssimativa per il filtro a due poli è:

$$f_{c-high} = \frac{1}{2\pi \sqrt{R_{12} C_4 R_{13} C_6}}$$

Sostituendo i valori ($1.4 \text{ M}\Omega$ e $10 \text{ M}\Omega$ con $0.1 \mu\text{F}$):

$$f_{c-high} \approx \mathbf{13.3 \text{ Hz}}$$

Il risultato di 13 Hz è perfetto per l'EMG perché elimina i tremolii della mano e i movimenti dei cavi (solitamente < 10 Hz) senza intaccare il segnale muscolare.

2. Filtro Passa-Basso (Taglio Superiore)

Il filtro passa-basso è un Sallen-Key a due poli realizzato con l'op-amp interno.

- **Resistenze R7, R8, R9** : 1 MOhm e 100 kOhm (standard sul modulo).
- **Condensatori C3, C1** : 1 nF e 220 pF (nuovi valori proposti).

La formula per la frequenza di taglio è:

$$f_{c-low} = \frac{1}{2\pi \sqrt{R_7 R_8 C_3 C_1}}$$

Sostituendo i valori ($1 \text{ M}\Omega$ e $100 \text{ k}\Omega$ con 1 nF e 220 pF):

$$f_{c-low} \approx \mathbf{340 \text{ Hz}}$$

Rispetto ai 40 Hz originali del modulo ECG, ora abbiamo 340 Hz che è una banda sufficientemente larga per catturare la maggior parte dell'energia del segnale EMG, che decade rapidamente dopo i 400-500 Hz.

Riepilogo Banda Passante

ECG (Originale) : da 0.5 Hz a 40 Hz

EMG (Modificata) : da 40 Hz a 340 Hz

Riepilogo Sostituzioni (SMD sul modulo)

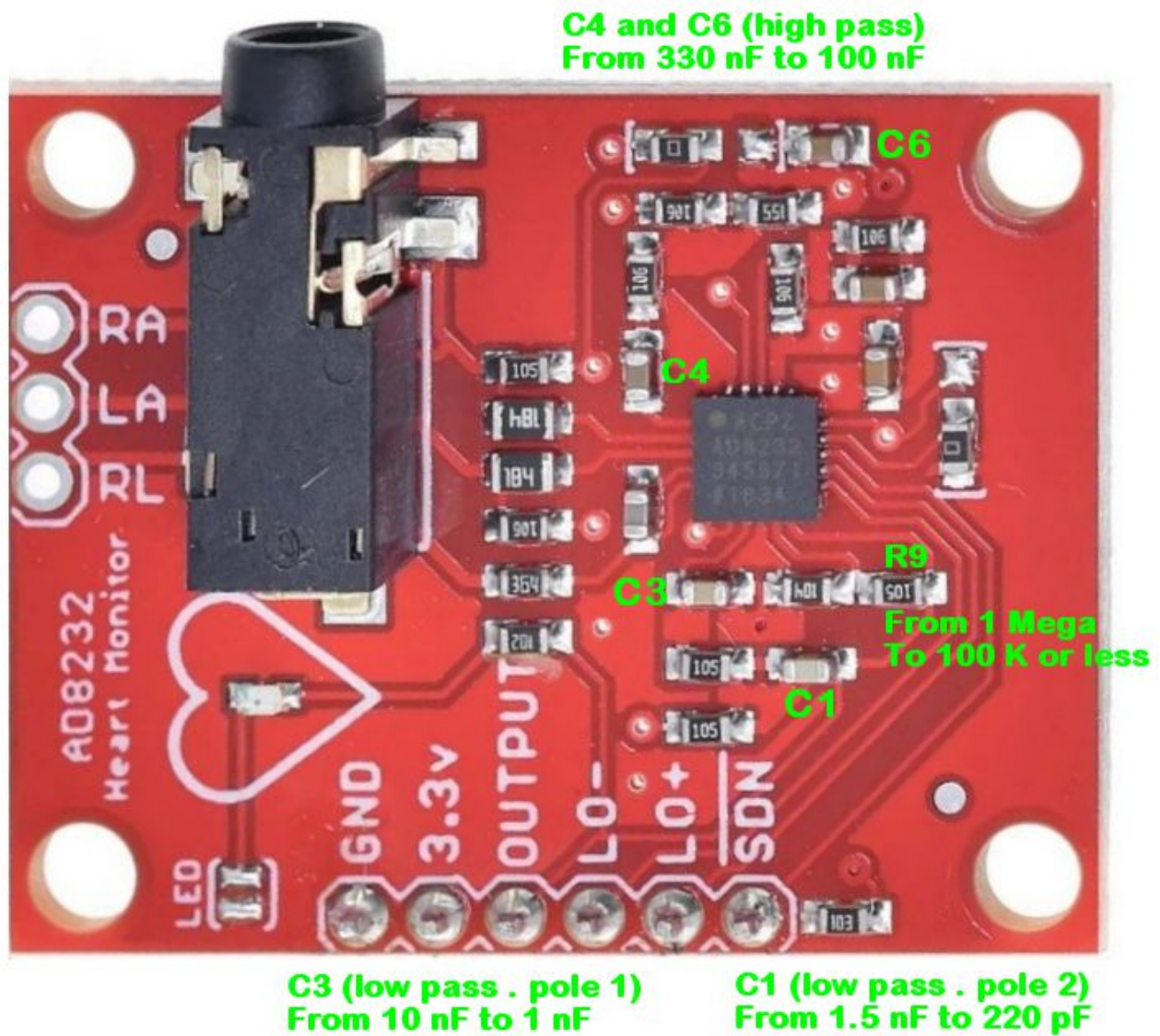
Etichetta	Funzione	Valore Originale	Nuovo Valore (EMG)
C4	Passa-alto (Polo 1)	0.33 uF	100 nF
C6	Passa-alto (Polo 2)	0.33 uF	100 nF
C3	Passa-basso (Polo 1)	10 nF	1 nF
C1	Passa-basso (Polo 2)	1.5 nF	220 pF

Note per la realizzazione

1. **Saldatura:** I componenti sul modulo sono solitamente in formato **0603**. Ti servirà un saldatore a punta fine o una stazione ad aria calda.
2. **Elettrodo C:** Come vedi nello schema Myoware, l'elettrodo di riferimento (C) è fondamentale. Sul modulo AD8232 collegalo al pin **RL** (Right Leg).
3. **Software:** Una volta fatte queste modifiche hardware, il pin SIGNAL_OUT ti darà l'**EMG RAW** (quello che nello schema Myoware esce dal primo blocco). A quel punto potrai applicare il raddrizzamento (abs) e l'integratore (media mobile) via software come spiegato nel secondo PDF.

Modifiche al PCB

Sostituire C1, C3, C4, C6 e R9 come da immagine seguente.



Schemi dello AD8232

Questo è lo schema dello AD8232 con i componenti per ECG (prima delle modifiche per EMG).

