

Características

- ❖ Alimentação simétrica +9/-9 V
- ❖ Três modos de saída:
 - Sinal bruto
 - Sinal DC
 - Sinal digital
- ❖ Ganho ajustável
- ❖ Filtro rejeita-faixa ajustável
- ❖ Proteção de saída do sinal DC para 5 V

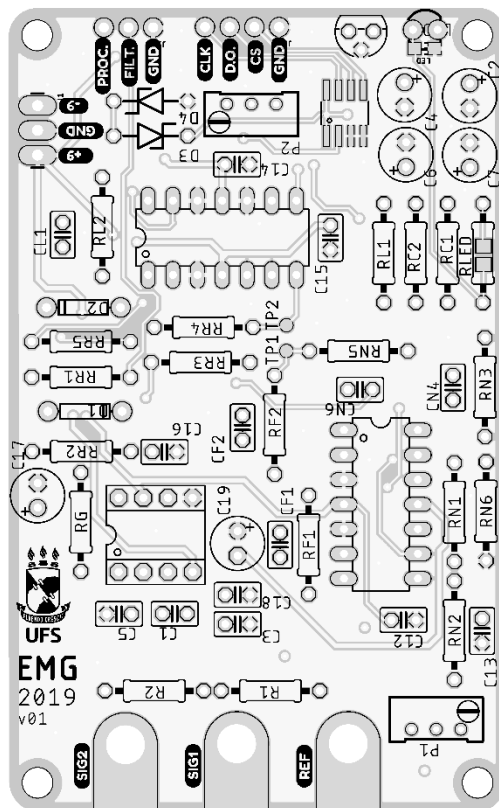
Aplicações

- ❖ Robótica
- ❖ Jogos
- ❖ Estudo da atividade muscular
- ❖ Testes de força, exaustão e fadiga muscular
- ❖ Fisioterapia esportiva

Descrição

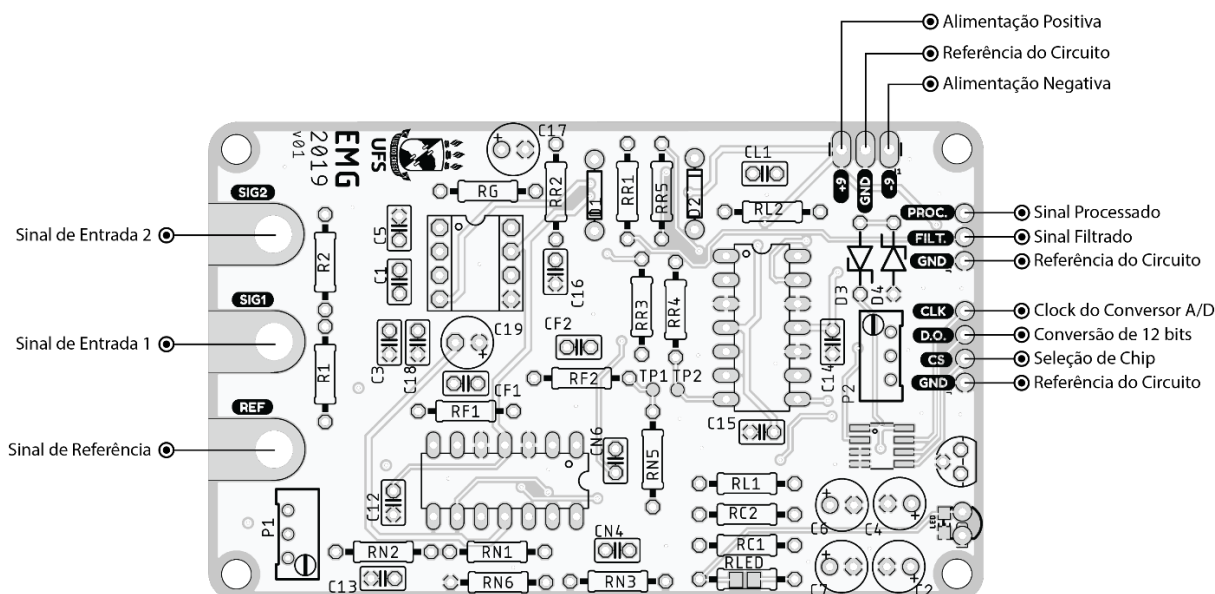
O Muquímetro é um dispositivo eletrônico que mede a ativação muscular a partir do potencial de ação gerado pelos neurônios motores. A medição ocorre na superfície da pele, por isso o nome Eletromiografia de Superfície (SEMG). A eletromiografia de superfície vem sendo bastante utilizada em diversas áreas, por exemplo, medicina, fisioterapia, robótica, terapia ocupacional. O Muquímetro foi desenvolvido por alunos e professores da Universidade Federal de Sergipe durante a disciplina Eletrônica Aplicada, ofertada pelo curso Engenharia Eletrônica do Departamento de Engenharia Elétrica.

Os arquivos necessários para replicar este projeto estão disponíveis em:
<https://github.com/jeffsjunior/Muquimetro-SEMG>



Muquímetro - SEMG

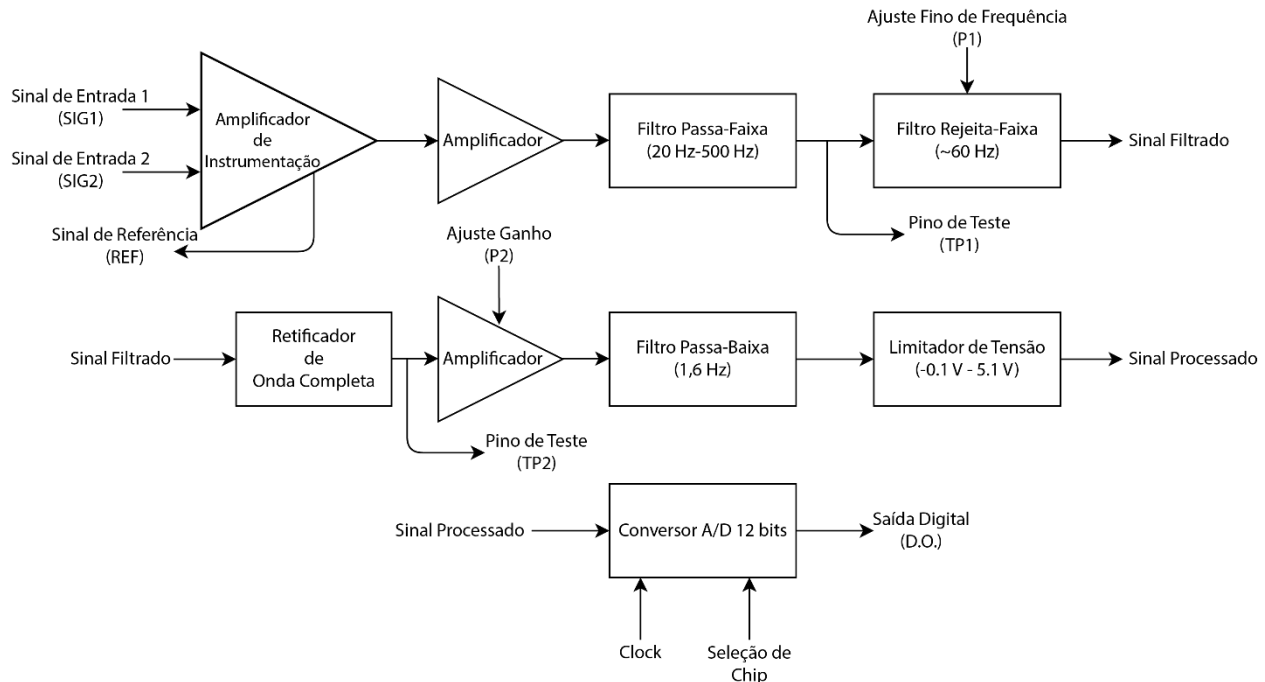
Layout do Muquímetro



Pinagem

Nome	Entrada/Saída	Analógico/Digital	Descrição
+9	Entrada	Analógico	Alimentação Positiva
-9	Entrada	Analógico	Alimentação Negativa
GND	Entrada	Analógico	Referência do Circuito
SIG2	Entrada	Analógico	Sinal de Entrada 2
SIG1	Entrada	Analógico	Sinal de Entrada 1
REF	Saída	Analógico	Sinal de Referência
PROC	Saída	Analógico	Sinal Processado
FILT	Saída	Analógico	Sinal Filtrado
CLK	Entrada	Digital	Clock do Conversor A/D
D.O.	Saída	Digital	Conversão de 12 bits
CS	Entrada	Digital	Seleção de Chip

Diagrama



Utilizando o Muquímetro

O Muquímetro foi desenvolvido para que possa ser utilizado com um microcontrolador ou sistema de aquisição de dados. Durante sua utilização, é extremamente importante que o Muquímetro e todos os dispositivos conectados a ele estejam isolados da rede elétrica. Assim, a segurança do usuário pode ser garantida, evitando danos caso haja surto na rede elétrica. O diagrama abaixo mostra como o Muquímetro deve ser utilizado. O Muquímetro deve ser instalado conforme a figura abaixo.

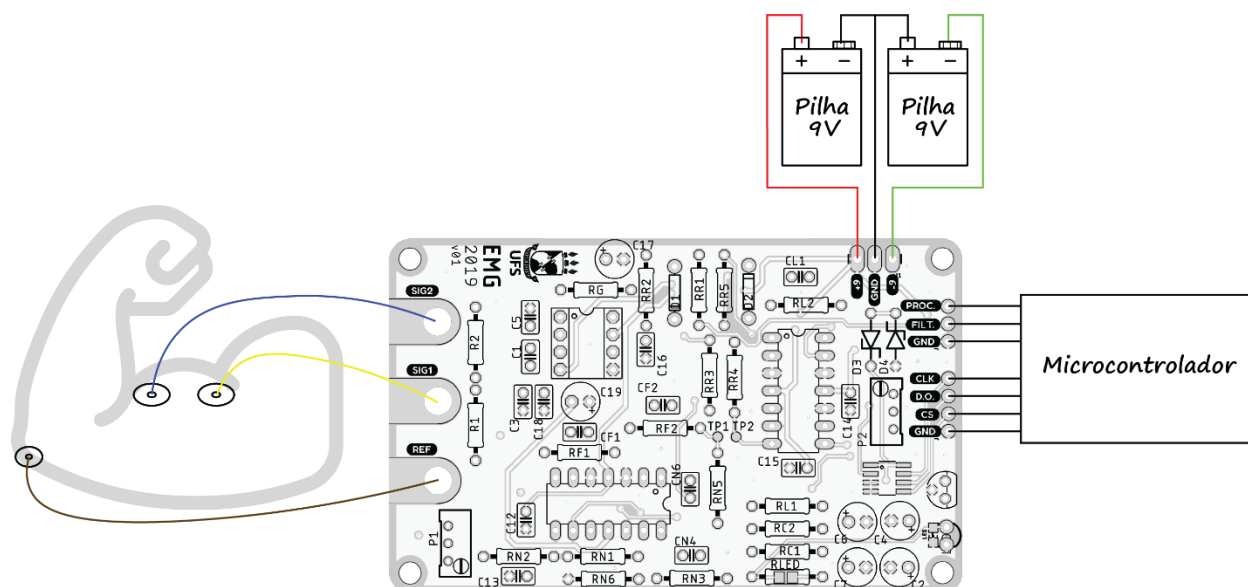
Atenção!!!

IEC601 é um padrão que define testes e requerimentos que dispositivos médicos devem satisfazer para que possa ser utilizado em humanos. No entanto, o Muquímetro não foi testado de acordo com tal norma. Portanto, qualquer dispositivo baseado no Muquímetro não deve ser usado para aplicações médicas.

Muquímetro - SEMG

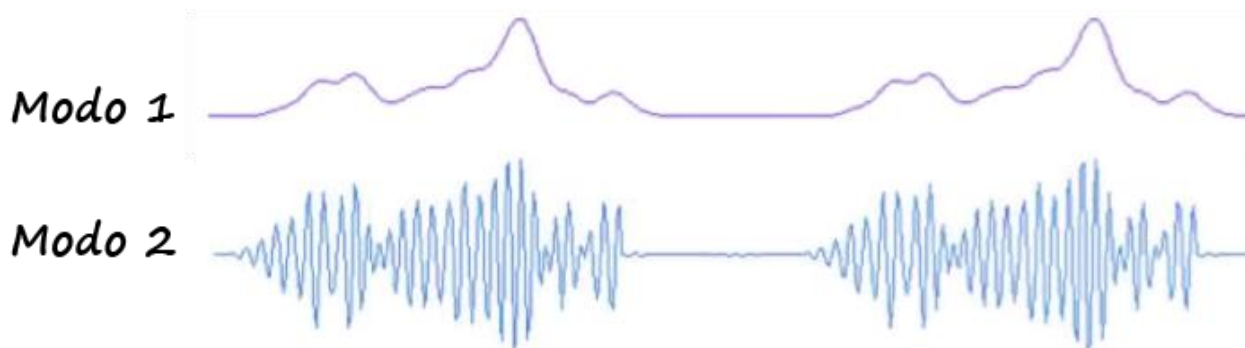


CONECTAR UM DISPOSITIVO VIA ELETRODOS EM HUMANOS OU ANIMAIS É POTENCIALMENTE PERIGOSO E PODE RESULTAR EM CHOQUE ELÉTRICO. PARA MINIMIZAR OS RISCOS, O MUQUÍMETRO DEVE SER SEMPRE UTILIZADO ISOLADO DA REDE ELÉTRICA.



O Muquímetro possui três modos de saída:

- a) **Modo 1:** Neste modo o pino PROC é usado e o sinal passa pelas etapas de filtragem, retificação e suavização. Neste modo, há uma etapa de proteção em que o sinal estará sempre no intervalo de 0 V a 5 V, para a proteção do microcontrolador.
- b) **Modo 2:** Neste modo o pino FILT é usado e o sinal apenas passa pela etapa de filtragem. Neste modo, o sinal é do tipo AC e pode ultrapassar os 5 V, portanto deve-se tomar cuidado ao utilizar este modo. Porém, é bastante útil quando se deseja analisar o sinal gerado pelo músculo no seu formato original.
- c) **Modo 3:** Neste modo o pino D.O. é usado e é equivalente ao Modo 1, porém é feita uma conversão A/D de 12 bits para reduzir o custo de processamento no microcontrolador.



Posicionamento dos Eletrodos

As entradas do Muquímetro podem ser obtidas mediante a utilização de três eletrodos biomédicos conectados nos terminais SIG1, SIG2 e REF. Assim, são obtidos os sinais de atividade muscular (contração e relaxamento) aplicados na extensão do músculo (ou conjunto de músculos) em relação ao eletrodo de referência (REF) aplicado numa região próxima ao músculo de interesse, porém com uma camada considerável de tecido/ossos que garante uma baixa interferência do movimento muscular ao local aplicado. O eletrodo recomendado é o de Ag/AgCl, ilustrado na figura abaixo.



Eletrodo recomendado do tipo descartável

Para a utilização do Muquímetro, o primeiro passo é limpar bem o local desejado com sabão neutro. Em seguida colocar os eletrodos no músculo alvo. Os eletrodos referentes aos terminais SIG1 e SIG2 devem estar alinhados na direção do comprimento do músculo e com uma distância de aproximadamente 2 cm a 4 cm. Em seguida, basta posicionar o eletrodo referente ao sinal REF em um local próximo ao músculo porém em uma região em que não há ativação muscular, por exemplo, próximo a um osso.

Muquímetro - SEMG

Montando o Muquímetro

O Muquímetro possui duas configurações que podem ser escolhidas.

a) Filtro com frequência de corte calibrável

Neste modo, deve-se instalar o potenciômetro JP1 de valor 1 k Ω , deixar o jumper JP1 que está localizado no fundo da placa em aberto e trocar o resistor RN2 de 1,5 k Ω para 560 Ω . Desta forma, será possível ter uma variação de 50 Hz até 70 Hz no filtro elimina-faixa.

b) Filtro com frequência de corte fixa

Neste modo, não é necessário instalar o potenciômetro JP1, o jumper JP1 deve estar em curto e o resistor RN2 deve possuir seu valor padrão de 1,5 k Ω . Neste modo, o filtro está projetado para se obter em torno de -20 dB na frequência 60 Hz com atenuação entre 50 Hz e 70 Hz.

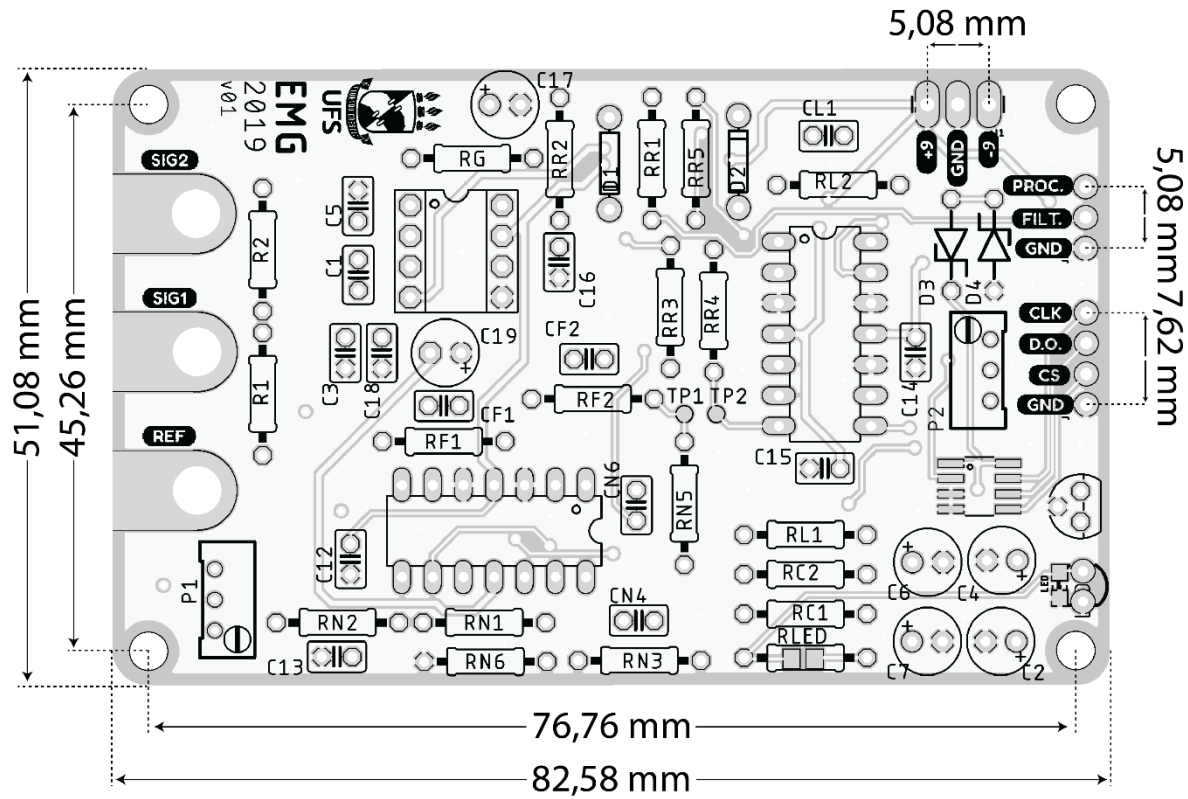
É importante salientar que as incertezas dos valores dos capacitores são suficientes para fazer a frequência de corte desviar pra 70 Hz, o que fica praticamente fora da faixa de atenuação, portanto sugere-se utiliza o modo de frequência de corte calibrável. Caso seja inviável, é possível reduzir o resistor RN2 para em torno de 1 k Ω afim de reduzir a frequência de corte do filtro e se aproximar dos 60 Hz, mas não há garantias que irá ficar com um valor mais próximo.

Especificações Elétricas

Parâmetro	Mínimo	Típico	Máximo	Unidade
Tensão de Alimentação	+/- 7,0	+/- 9,0	+/- 18,0	V
Resistência de Entrada		10 ⁹		Ω
Ganho	1030	-	5710	V/V
Rejeição de modo comum (CMR)	83	94		dB
Tensão de saída no pino PROC	- 0,1	-	5,1	V
Tensão saída no pino FILT	VEE + 1,6	-	VCC - 1,6	V

Nota: VEE é a alimentação negativa (ex. -9V), e VCC a positiva (+9V).

Dimensões



Licença

Todo o material e o Muquímetro estão licenciados de acordo com TAPR Open Hardware License (OHL). O documento contendo informações a respeito da licença encontra-se na mesma pasta em que este datasheet se encontra e possui o nome "LICENSE.pdf".

Muquímetro - SEMG

Lista de Componentes

Quantidade	Valor	Nome	Descrição
2	-	Barra de pinos 1x3	Barra de pinos 1x3
1	-	Barra de pinos 1x4	Barra de pinos 1x4
1	-	LED ou LED1 ¹	LED SMD ou THT
1	0,047 uF	C1	Capacitor
2	1000 pF	C3, C5	Capacitor
8	100 nF	C12 a C16, C18, CN4, CN6	Capacitor
2	1 uF	CF1, CL1	Capacitor
1	470 pF	CF2	Capacitor
3	1 uF	C6, C17, C19	Capacitor polarizado
1	0,01 uF	C2	Capacitor polarizado
1	0,33 uF	C4	Capacitor polarizado
1	10 uF	C7	Capacitor polarizado
1	560 Ω ou 1,5 k Ω	RN2 ²	Resistor
2	100 k Ω	RL1, RL2	Resistor
3	10 k Ω	RN1, RN3, RN5	Resistor
1	4,7 k Ω	RG	Resistor
6	220 k Ω	RN6, RR1 a RR5	Resistor
1	22 k Ω	RC2	Resistor
2	2,2 k Ω	R1, R2	Resistor
2	1 k Ω	RLED, RLED1 ³	Resistor
1	47 k Ω	RC1	Resistor
1	6,8 k Ω	RF1	Resistor
1	680 k Ω	RF2	Resistor
1	1 k Ω	P1 ⁴	Trimpot vertical 3296W
1	100 k Ω	P2	Trimpot vertical 3296W
2	1n4148	D1, D2	Diodo
2	5,1 V	D3, D4	Diodo zener
1	78L05	IC3	Regulador de tensão 5V
1	INA126	IC1	Amplificador de instrumentação
2	TL084	IC2, IC5	Amplificador operacional
1	MCP3201 ⁵	-	Conversor A/D 12 bits

¹LED e LED1 são mutuamente exclusivos. ² 560 Ω para filtro calibrável e 1,5 k Ω para filtro fixo. ³Os valores de RLED e RLED1 vão depender do tipo de LED escolhido. ⁴Deverá ser adquirido apenas se desejar calibrar a frequência de corte. ⁵Item opcional que habilita o modo 3 de funcionamento.

Esquemático

