



Complementos de Electrónica e Sistemas Digitais

(2º semestre / 2ºano)

Amplificador de Instrumentação

Guia de Execução

1 TP 6 – Amplificador de Instrumentação

1.1 Introdução

São diversos os sistemas electrónicos que se utilizam para auxílio à monitorização e diagnóstico usando biopotenciais. Entre eles temos o EMG (eletromiograma), o EOG (eletro-oculograma), o EEG (eletroencefalograma) e o ECG (ecocardiograma). Para medir este tipo de sinais é necessário utilizar, pelo menos, um par de eléctrodos que liga à entrada de um amplificador de instrumentação e posteriormente à electrónica de aquisição e processamento.

Dos referidos, o sinal mais difícil de medir é o EEG e o mais fácil é, normalmente, o EMG. A facilidade de leitura está associada à amplitude, que é maior para o EMG. No entanto, a sua forma de onda não permite observar qualquer característica relevante a olho nu. Deste grupo, um dos sinais mais conhecidos é o ECG, que também é relativamente fácil de observar com um circuito apropriado, mas simples. Com esta experiência pretende-se medir o seu ECG. Para o efeito é necessário utilizar dois eléctrodos (que permitem medir uma derivação do ECG) que ligam à entrada de um amplificador de instrumentação, bem como um terceiro que serve como eléctrodo de referência.

1.1.1 Objectivos

- Compreender o funcionamento de um amplificador multi-andar.
- Perceber o funcionamento de um amplificador de instrumentação.
- Fazer a aquisição de um biopotencial (ECG) e processá-lo usando o LabView.

1.1.2 Material

- Eléctrodos para ECG (fornecidos depois de ter o amplificador de instrumentação a funcionar)
- Digital Lab, BreadBoard, Multímetro digital, Osciloscópio
- Amplificador operacional (LM324 ou TL084)

1.1.3 Calendarização

- 2 Aulas

1.1.4 Bibliografia

- Guia do trabalho.
- Apontamentos das aulas de Complementos de Electrónica.
- Textos de apoio anteriores sobre montagens com amplificadores operacionais.

1.2 Amplificadores em cascata

Pretende-se usar o TL084 (ou LM324) (4 AmpOps) para construir um amplificador de dois andares. Esse amplificador deve permitir que um biopotencial (μV -mV) possa controlar um LED (4-5 V). Neste caso em particular, o ECG deverá permitir a ativação de um LED em cada pulsação cardíaca.

- 1 - Alimente os AmpOps com $\pm 12\text{V}$.

Ponto Teórico

I – Utilize um dos AmpOps para obter uma montagem amplificadora não inversora com um ganho de ~ 15 .

- 2 - Coloque uma senoide de 1 kHz e 0.5 Vpp na entrada da montagem não inversora, verifique e registre o sinal à saída.
- 3 - Meça o ganho e a largura de banda da montagem anterior (atenção ao efeito do *slew-rate*. Para medir a largura de banda, tem que variar a frequência enquanto garante que a onda de saída é uma senoide).

Ponto Teórico

I – Utilize outro AmpOp para obter uma montagem amplificadora inversora com um ganho de ~ 20 .

- 4 - Coloque uma senoide de 1 kHz e 0.5 Vpp na entrada da montagem inversora, verifique e registre o sinal à saída.
- 5 - Meça o ganho e a largura de banda. O que conclui relativamente à largura de banda?
- 6 - Ligue a saída da primeira montagem à entrada da segunda. Coloque uma senoide com 1 kHz e 0.5 Vpp na entrada. Registre e justifique o sinal à saída.
- 7 - Qual é o ganho e qual é a largura de banda total da montagem? Compare com o resultado do ponto 3.
- 8 - O que pode concluir relativamente ao ganho e à largura de banda total da associação de amplificadores em série/cascata?
- 9 - Como representaria, em termos de diagrama de blocos, a montagem formada pelos dois amplificadores?
- 10 - Use agora um único AmpOps e dimensione as resistências de forma a obter uma montagem com um ganho aproximadamente igual ao obtido no ponto 7.
- 11 - Meça o ganho e a largura de banda (se conseguir uma onda com uma amplitude suficientemente pequena e estável. Se não conseguir chame o docente para auxiliar) para o amplificador projetado no ponto 10. Compare com os valores obtidos no ponto 8.
- 12 - Ligue a saída da montagem do ponto 10 a um dos LEDs do DigitalLab. Chame o docente e explique como é que um sinal com uma amplitude de alguns milivolts e corrente aproximadamente nula consegue controlar um LED, que necessita cerca de 2 V e alguns miliampères. Como são fornecidas a tensão e a corrente?

1.3 Amplificador de instrumentação

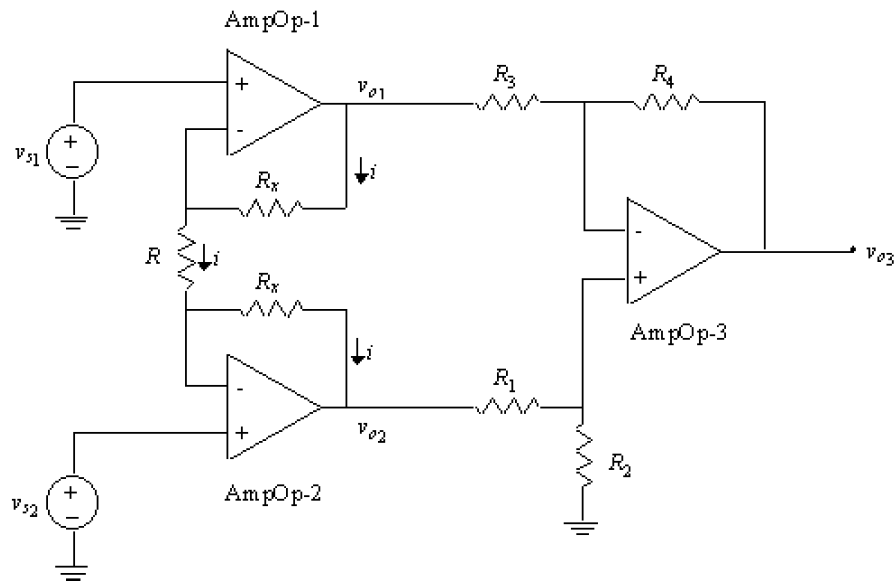


Figura 1 – Amplificador de instrumentação.

Ponto Teórico

I – Considerando $R = 2.2 \text{ k}\Omega$, dimensione R_x de forma a que o ganho do 1º andar seja ~ 5 . Projete o amplificador do segundo andar de forma a que o ganho seja de ~ 10 .

13 - Implemente o circuito da Fig. 1 e teste o seu funcionamento, colocando nas entradas os sinais que considera convenientes. Registre a sua experiência.

1.4 Aquisição e processamento de um ECG

Ponto Teórico (aula 2)

I – Usando os componentes que tem disponíveis na sua caixa de material, dimensione o filtro para que seja um *notch* com frequência central em 50 Hz. Desenhe a sua resposta em frequência.

Para prever o funcionamento deste circuito pode usar um simulador ou, e.g., o endereço: <http://sim.okawa-denshi.jp/en/TwinTCRkeisan.htm>.

14 - Implemente um filtro rejeita banda que permita eliminar uma interferência cuja frequência seja 50 Hz. Utilize um filtro *notch* baseado na configuração Twin-T, como apresentado na imagem seguinte e de acordo com o desenho do ponto teórico:

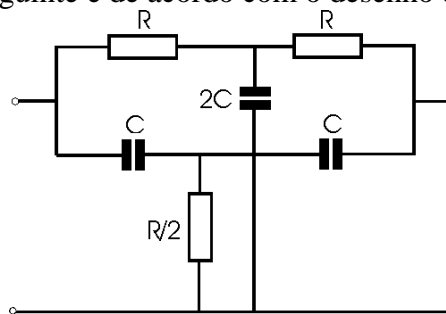
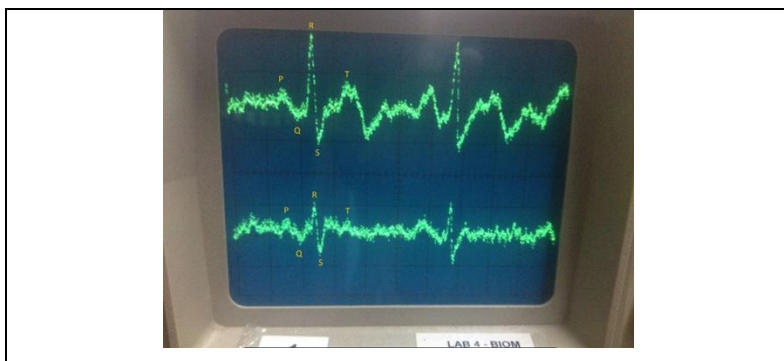
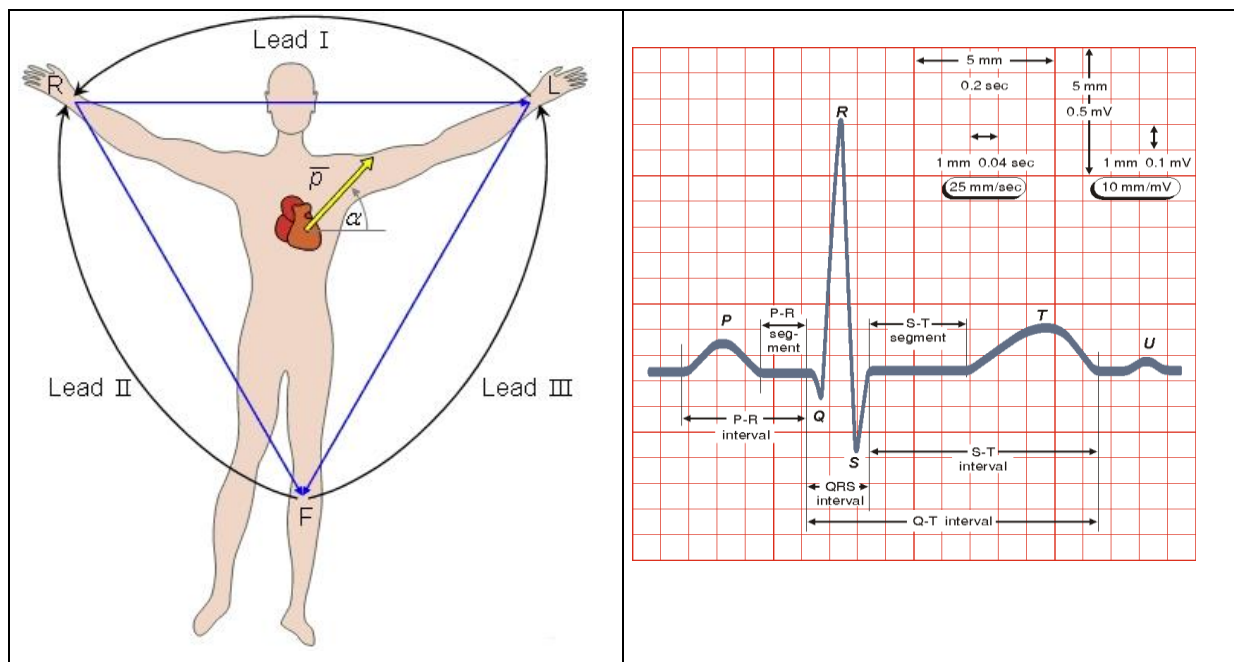


Figura 2 – Filtro rejeita banda.

Meça a resposta em frequência do filtro para garantir que está a funcionar correctamente.

- 15 - Ligue agora a saída do amplificador de instrumentação à entrada do filtro *notch*. Verifique o funcionamento desse sistema.
- 16 - Com o amplificador que resta no seu CI, implemente um amplificador não inversor com ganho ~ 10 e ligue à saída do filtro *notch*.
- 17 - Finalmente, coloque um filtro passa-baixo RC à saída de todo o sistema. A largura de banda deverá ser entre 30 e 100 Hz. Teste o funcionamento de todo o sistema.
- 18 - Numa implementação prática ir-se-ia agora ligar os eléctrodos às entradas do amplificador de instrumentação e observar o ECG de cada um no osciloscópio. Tal permitiria medir a derivação I do ECG (figura abaixo). No osciloscópio deveria visualizar uma onda semelhante à da imagem que mostra um osciloscópio com o sinal de ECG visualizado. Qual é a amplitude máxima observada?



- 19 - Dimensione agora o ganho da montagem não inversora para amplificar o sinal da alínea anterior, visualizado na figura, de forma a que este possa acender um LED sempre que aparece uma onda R.