

Relatório Mini Projeto ECG

Guilherme Pinheiro (up201703867), Tomás Araújo (up201704738), *MIEEC A3, MSIN, I009, B04*

Resumo— Este relatório irá incidir na resolução do mini-projeto final da unidade curricular Medição, Sensores e Instrumentação (MSIN). O projeto realizado foi a projeção de um eletrocardiograma.

Palavras-Chave— Coração, Eletrocardiograma, Aquisição de sinal, BPM e Filtro.

I. INTRODUÇÃO

Neste projeto, foi-nos descrito brevemente o funcionamento do coração, assim como, o sinal ECG. Este é um sinal biológico produzido pelo músculo cardíaco, sendo que, quando medido nas mãos, tem uma gama de medidas na ordem dos mV (se medirmos mais perto do coração podemos detetar picos de 100 mV).

O desafio do projeto passa por utilizar os conhecimentos adquiridos na unidade curricular para realizar três etapas fundamentais para o seu desenvolvimento: aquisição do sinal; amplificação e filtragem deste; e, por último, conversão A/D. Na parte final do projeto, usamos ainda a ferramenta LabView para a componente software.

Para a parte inicial do trabalho, fizemos um diagrama de blocos (anexo 1) para organizar as ideias e também para definirmos funções para cada elemento do grupo, com o intuito de apresentar o trabalho nas duas aulas previstas.

II. AMPLIFICAÇÃO DO SINAL

Como foi dito anteriormente, sabemos que o sinal a ser analisado tem valores na ordem dos milivolts. Este é no fundo, um sinal relativamente pequeno no que toca à sua amplitude e procedemos, portanto, a uma amplificação deste. Para esta fase, projetamos um circuito utilizando um amplificador de instrumentação, INA126, com o objetivo de amplificar o sinal (ver anexo 2 na folha de anexos).

Devido à gama de valores pedidos pelo professor, o ganho devia ser 50. No entanto, após alguns testes, chegamos à conclusão de que o melhor seria usar um ganho de 25, uma vez que o amplificador, dessa forma, não saturava.

Definimos o valor da resistência, R_g , de $4k\Omega$ para termos um ganho de 25 do sinal de entrada para a saída. É importante referir que o divisor de resistivo que está presente no desenho do circuito serve para enviarmos ondas de 48mV do gerador para o circuito (no momento de teste) e conseguirmos que só entre no circuito cerca de 1mV (devido à razão de 48:1 introduzida pelo divisor resistivo).

No final, realizamos alguns testes com os valores pedidos pelo professor. Não esquecer que devido à montagem realizada,

temos de multiplicar o valor que queremos de entrada no *AMPOP* por 48 (visto que temos um divisor resistivo de 1k com 47k). Na saída vamos ver esse mesmo sinal amplificado 25 vezes. No anexo 3, pode-se ver os resultados dos testes realizados, assim como o seu erro.

III. FILTRO PASSA-BAIXO

Para esta fase do projeto, decidimos projetar um filtro analógico passa-baixo. Utilizamos o modelo *Sallen-Key Low-Pass* e dado que aprendemos noutra unidade curricular a dimensioná-lo de acordo com o pretendido para a frequência de corte (W_0) e para o fator de qualidade (Q), expomos aqui a nossa metodologia.

Em primeiro lugar, irá estar demonstrado no anexo 4 o circuito do filtro implementado.

Após isto, realizamos uma análise nodal no circuito exposto e utilizamos a ferramenta *Maxima* para manipular algebricamente as expressões obtidas anteriormente. Por último, adotamos um método, que irá ser descrito seguidamente, e fizemos uma última simplificação no papel para arbitrarmos apenas um valor e os restantes podem ser determinados a partir das expressões obtidas. No anexo 5, pode-se ver o resultado final das expressões e a última simplificação mencionada anteriormente.

Quanto à escolha dos valores das resistências e dos condensadores do circuito, no anexo 6, há uma explicação da escolha dos valores que escolhemos assim como os erros introduzidos pela escolha destes valores.

Para vermos que o filtro funciona e também para certificar que o nosso dimensionamento estava correto antes de iniciar a montagem na placa, experimentamos na ferramenta *Multisim* para certificar que tinha a frequência de corte pretendida. No anexo 7 e 8, pode-se ver o circuito na ferramenta Multisim e o respetivo digrama comprovando que a frequência para quando o $W_0 = 90^\circ$ (frequência de corte) é aproximadamente 50 Hz (o erro presente já estava previsto nas previsões realizadas na folha de cálculo).

IV. CIRCUITO COMPLETO

Em primeiro lugar, utilizámos também um regulador de tensão. Este foi implementado com o objetivo de, se quisermos ligar uma bateria ou uma pilha que dê 9V ao circuito, conseguirmos apenas passar para o nosso circuito 5V. Nesta parte do circuito, poderemos ver também dois condensadores que foram implementados de acordo com a informação disponível na datasheet.

Adicionalmente, adjacente a todo este circuito, temos um circuito de massa virtual. Este circuito foi implementado para

alimentar o INA 126, *AMPOP* usado no circuito de amplificação. Isto porque o uso de um simples divisor de tensão tem alguns inconvenientes tais como: o divisor apenas pode fornecer uma pequena parte da corrente que consome; e a tensão no seu ponto medio varia consoante a corrente fornecida.

Explicando agora a montagem desta massa virtual, a entrada não-inversora do *AMPOP* é alimentada por um divisor constituído por resistências idênticas (ambas de 100 kohms). Deste modo, a tensão no ponto intermédio do divisor é 2.5V. O mesmo se sucede com a tensão à saída do OPA134. Por se tratar de um amplificador operacional, a impedância de entrada extremamente alta possibilita o uso de resistências de grande valor no divisor de tensão.

Com isto, podemos estabilizar o valor da referência do circuito, uma vez que o amplificador tentará manter o mesmo valor nas suas duas entradas (positiva e negativa).

No anexo 9 e 10, pode-se ver o desenho do circuito e a alteração realizada no circuito de amplificação onde é ligado diretamente o valor de referência proveniente do circuito de massa virtual.

Para concluir este ponto, mostramos no anexo 11 o circuito total projetado sob a forma de diagrama de blocos e no anexo 12 o circuito final montado na placa. Da esquerda para a direita, temos primeiro o regulador de tensão, seguido do filtro passa-baixo, o circuito de amplificação e, por fim mais à direita, o circuito de massa virtual. Para percebermos bem a ligação destes blocos todos do circuito, fizemos mais um pequeno diagrama de blocos.

V. LABVIEW

No que toca à componente de software, projetamos inicialmente um diagrama de blocos (anexo nº13) para demonstrar o nosso pensamento. Podemos ver neste uma seta que vai da etapa final para a etapa inicial simbolizando o “*while loop*” implementado na ferramenta.

Especificando, é notável referir que para este procedimento, foi necessário guardar os valores num “*array*” e depois realizar operações com base no seu índice e no que lá se tem guardado.

No anexo seguinte (anexo nº14), pode-se ver no labview o resultado produzido por uma onda de 1Hz. Esta onda serve para estar presente no relatório como um exemplo do funcionamento normal da componente software. Consideramos que os testes essenciais foram realizados com o docente no decorrer da última aula. Há ainda que referir o uso de dois gráficos. Isto deve-se ao facto de numa fase inicial andarmos com problemas e, portanto, estávamos a aplicar um filtro digital no labview para além do filtro analógico. Com a introdução do circuito de massa virtual, deixamos de ter esses problemas, mas deixamos na mesma o gráfico devidamente anotado que pertencia ao sinal com filtro digital aplicado.

VI. CONCLUSÃO

Este projeto foi em toda a sua dimensão interessante, visto que nos ajudou a relacionar várias técnicas aprendidas ao longo deste semestre. Para além disso, poder pela primeira vez relacionar os conhecimentos obtidos até agora com um dos ramos mais interessantes da área científica atual, a engenharia biomédica, foi algo que nos deu motivação a pesquisar e a perceber mais sobre este projeto.

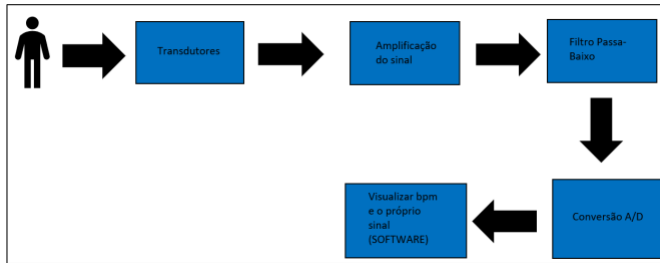
Em suma, foi definitivamente o trabalho proposto mais interessante da unidade curricular e, deu-nos certamente motivação não só para concluir o projeto, mas também para a conclusão do semestre e, consequentemente, da unidade curricular.

BIBLIOGRAFIA

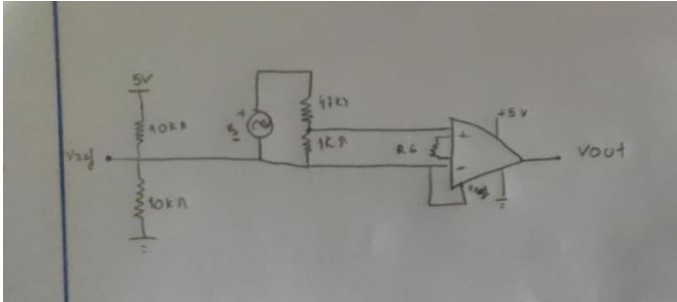
- 1.G. R. Faulhaber, “Design of service systems with priority reservation,” in *Conf. Rec. 1995 IEEE Int. Conf. Communications*, pp. 3–8.
- 2.<https://web.stanford.edu/class/archive/engr/engr40m.1178/labs/ecg.pdf>

ANEXOS

A. ANEXO 1



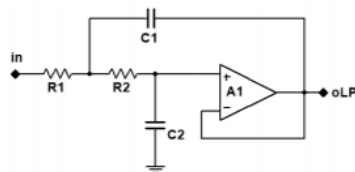
B. ANEXO 2



C. ANEXO 3

TESTES- CIRCUITOS DE AMPLIFICAÇÃO					
GERADOR(V)	ENTRADA CIRC AMPLIFICAÇÃO(mV)	SAÍDA ESPERADA(mV)	SAÍDA MEDIDA(mV)	ERRO	
0,48	10	250	242	3,20%	
0,24	5	125	123	1,60%	
0,096	2	50	49	2,00%	
0,048	1	25	24	4,00%	

D. ANEXO 4



Sallen-Key Low-Pass

E. ANEXO 5

Método: pegar nas expressões de ω_0 e ω_0/Q e obter as expressões finais
Neste aqui optamos por assumir $R_1=R_2=r$.

$$\begin{aligned} \text{eq2: } \omega_0^2 &= \frac{1}{C_1 C_2 R_1 R_2} \\ \text{eq3: } \omega_0 &= \frac{1}{\sqrt{C_1 C_2 R_1 R_2}} \\ \omega_0^2 &= \frac{1}{C_1 C_2 R_1 R_2} \\ \frac{C_1 R_1 R_2 \omega_0^2}{R_2 + R_1} &= Q \\ \text{subst[R2=r, R1=r, eq2]} \\ \text{subst[R2=r, R1=r, eq3]} \\ \omega_0^2 &= \frac{1}{C_1 C_2 r^2} \\ \frac{C_1 r \omega_0^2}{2} &= Q \end{aligned}$$

Usamos $Q=1$ e $\omega_0=2\pi \cdot 50$.

$$\begin{aligned} \frac{C_1 \omega_0^2}{2} &= Q & \omega_0^2 &= \frac{1}{C_1 C_2 r^2} \\ \Rightarrow \omega_0^2 &= \frac{Q}{C_1 r} & \omega_0^2 &= \frac{1}{C_1 C_2 r^2} \\ \Rightarrow \omega_0^2 &= \frac{Q}{C_1 r} & \Rightarrow \omega_0^2 &= \frac{1}{C_1 C_2 r^2} \end{aligned}$$

$R(\omega_0, Q, C_1)$ fica com a expressão $R=(2 \cdot Q)/(C_1 \cdot \omega_0)$. Neste caso, como referido acima, usamos $Q=1$. e $\omega_0=2 \cdot 50 \cdot \pi$. Só arbitramos portanto o valor de C_2 ($C_1=4C_2$ como demonstrado acima).

F. ANEXO 6

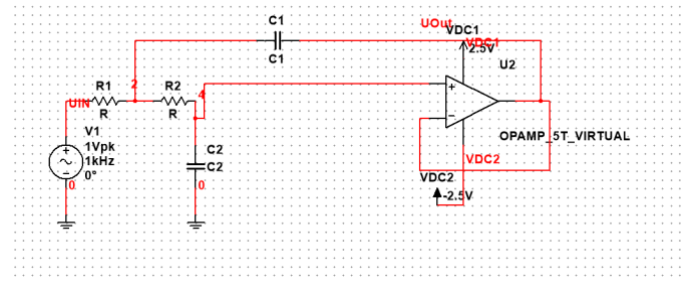
C1	C2	R	Arbitrando vários valores podemos ver que a melhor opção para o Q e W0 desejados, é a primeira opção: C2=100nF, C1=400nF (em lab temos 398nF com 330nF e 68 nF em paralelo) e R=16000ohm (temos 16000 em LAB com 1500ohm + 100ohm)	W0	Q
0,0000004	0,0000001	15915,49431		314,1593	1
0,00000088	0,00000022	7234,315595			
0,000000256	0,00000064	24867,95986			
0,00000088	0,00000022	7234,315595			

C1	C2	R	Aqui vemos os valores de W0 e Q se utilizarmos os valores escolhidos acima.	W0	Q
0,000000398	0,0000001	16000		313,2842	0,997497

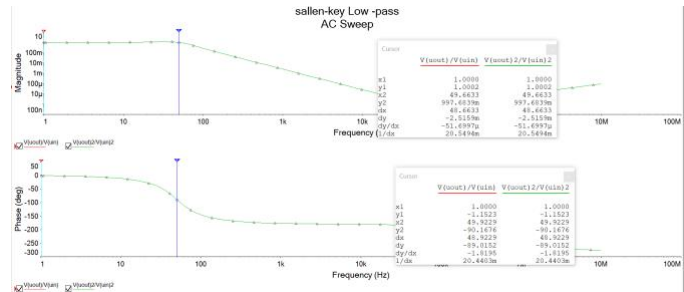
Em baixo podemos ver o erro introduzido pelo o uso dos valores escolhidos. Erros bastante pequenos.

Maior erro calculado %	
Q	0,25%
W0	0,28%

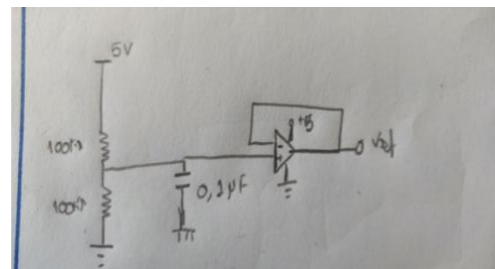
G. ANEXO 7



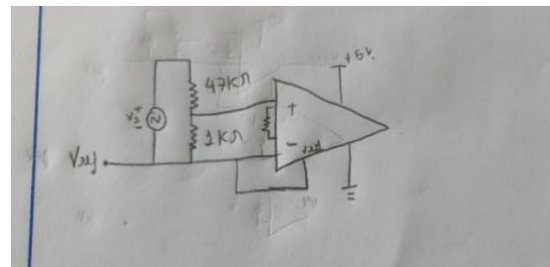
H. ANEXO 8



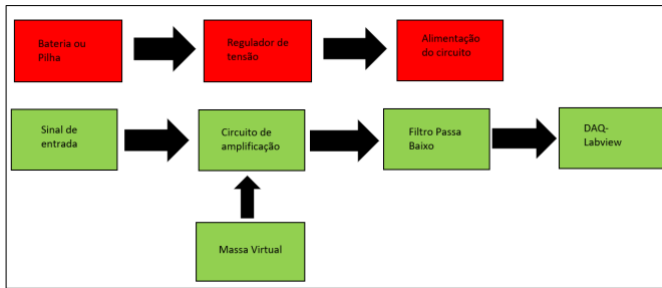
I. ANEXO 9



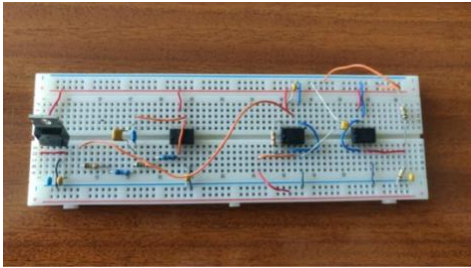
J. ANEXO 10



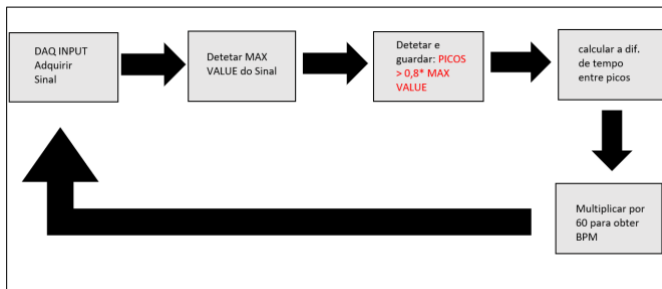
K. ANEXO 11



L. ANEXO 12



M. ANEXO 13



N. ANEXO 14

