



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
COORDENAÇÃO DE PESQUISA

PROGRAMA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA VOLUNTÁRIA – PICVOL

Aquisição de sinais de miografia através de circuitos SMD

Área do conhecimento: Ciências Exatas e da Terra

Subárea do conhecimento: Ciência da Computação

Especialidade do conhecimento: Hardware

Relatório Final

Este projeto é desenvolvido com bolsa de iniciação científica PICVOL

São Cristóvão – Sergipe

2019

Sumário

1	Introdução	2
2	Objetivos	3
3	Metodologia	4
4	Resultados e Discussões	12
5	Conclusão	14
6	Perspectivas	15
	Referências	16

1

Introdução

Eletromiografia trata-se de um método de registro dos potenciais elétricos gerados nas fibras musculares em ação. Enquanto técnica, consiste na aquisição e tratamento do sinal elétrico produzido na musculatura a partir da estimulação de unidades motoras (UMs) ([VILELA, 20-?](#)).

Os primeiros experimentos documentados de eletromiografia são de [Redi \(1617\)](#) que descobriu um músculo altamente especializado nos poraquês que era capaz de gerar eletricidade. No entanto, foi Étienne-Jules Marey quem realizou os primeiros registros do sinal e quem cunhou em 1890 o nome da técnica ([CRISWELL, 2010](#)).

Eletrodos intramusculares e eletrodos superficiais vem sendo usados como as principais formas de detectar e analisar atividades mioelétricas em músculos individuais ([ONISHI et al., 2000](#)). No entanto, o sinal possui baixa amplitude do nível de tensão com alta fonte de impedância e altos níveis de interferência e ruído. A energia útil do sinal está limitada na faixa de frequência de 0 a 500Hz com maior parte da energia dominante do sinal entre 50 a 150Hz ([LUCA, 2002](#)). Como consequência, para uma análise do sinal eletromiográfico é necessário não somente uma etapa de aquisição, como uma etapa de amplificação e uma etapa de filtragem do sinal.

Tendo em vista uma placa capaz de realizar tais funções e que fosse de dimensões reduzidas a fim de se obter portabilidade e praticidade foi então proposto o desenvolvimento de um circuito utilizando tecnologia SMD, tecnologia que consiste em componentes elétricos posicionados e soldados na superfície de uma placa de circuito impresso.

2

Objetivos

O objetivo geral deste trabalho é projetar um circuito especificamente para a aquisição de sinais de miografia, sendo o circuito de baixo custo e miniaturizado, utilizando componentes Surface-Mounted Devices (SMD).

Os objetivos específicos deste plano de trabalho buscaram:

- Implementar uma placa com circuito de amplificação, adição de voltagem e multiplexação usando componentes SMD;
- Realizar o projeto em multicamadas, contendo uma camada ground plane para evitar interferências e reduzir o ruído;
- Implementar o circuito com 4 canais inicialmente e em seguida com 8 canais;
- Realizar a digitalização do sinal e a possível comunicação com o computador através da placa TIVA Texas Instruments.

3

Metodologia

Na figura 1 é mostrado o diagrama esquemático da placa de aquisição de 4 canais, nesse circuito é possível utilizar 8 eletrodos, sendo 2 para cada canal. A seguir é listada a nomenclatura de cada terminal:

- ELECTRODES - Conector onde são ligados os 8 eletrodos além do DRL, circuito utilizado para eliminar a interferência eletromagnética que o próprio corpo humano insere no sistema ao agir como antena;
- INAMPX - Circuito de amplificação e filtragem de cada canal, onde o X varia de 1 a 4;
- OUT - Saída da placa depois das etapas de amplificação, filtragem, adição de voltagem e multiplexação;
- REG - Circuito regulador de tensão ligado à tensão de entrada;
- ADDER - Circuito de adição de voltagem à saída da multiplexação tendo em vista as limitações da TIVA em relação às tensões negativas;
- MUX - Circuito de multiplexação dos canais;
- BUS - Barramento conectado à tensão de entrada e entradas de seleção do multiplexador.

O Circuito Integrado utilizado para a etapa de amplificação e filtragem foi o amplificador de instrumentação AD620 (figura 2), o circuito é amplamente utilizado em aplicações de eletromiografia, tendo em vista ser um circuito de baixa potência, possuir um ruído bem baixo de cerca de $9nV/\sqrt{Hz}$ à 1 kHz e uma baixa corrente de polarização de no máximo 1 nA, necessária tendo em vista a diferença entre as tensões de entrada ser um valor muito baixo, em torno de alguns milivolts.

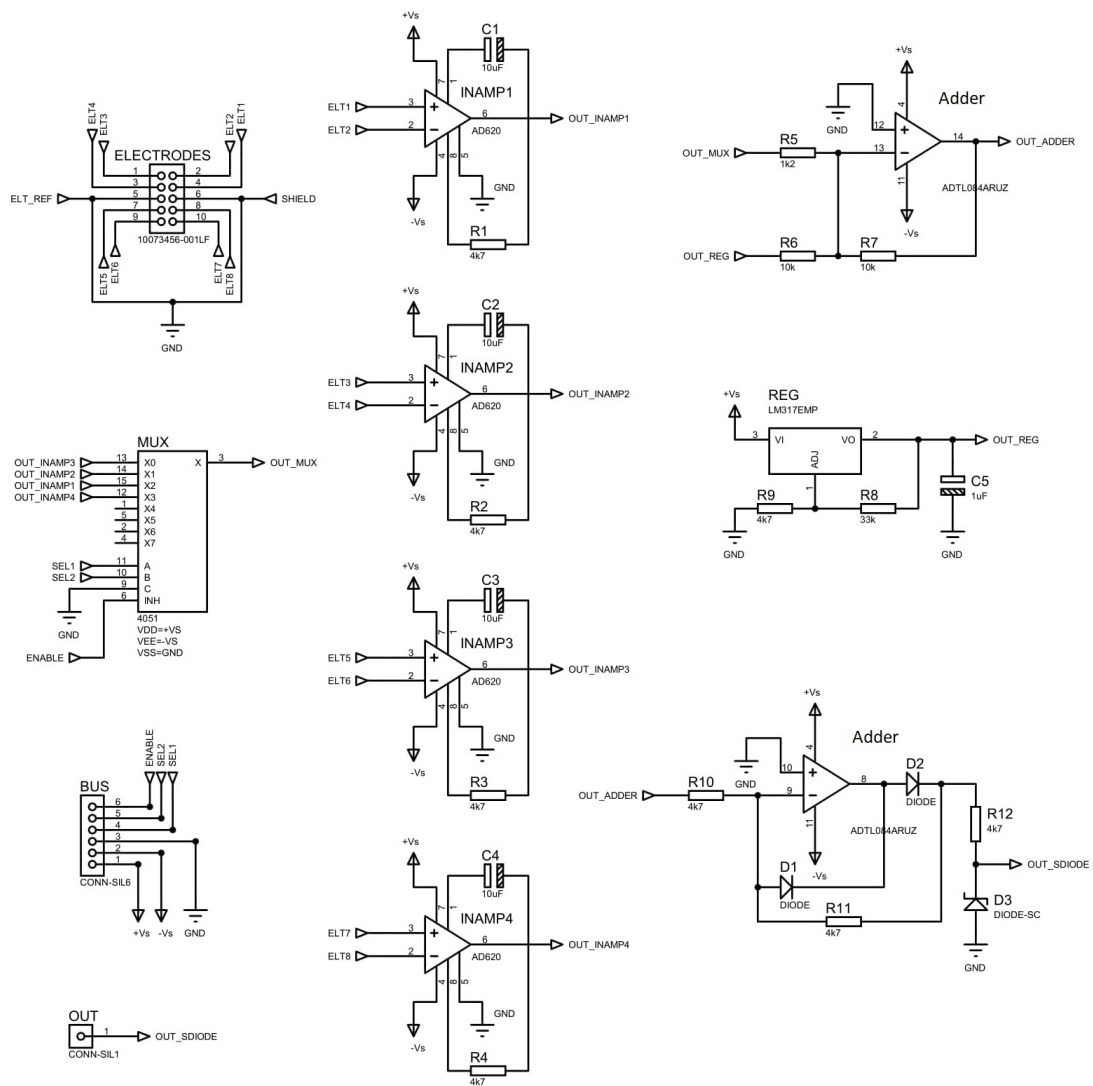


Figura 1 – Diagrama esquemático da placa de aquisição dos sinais mioelétricos.

O AD620 possui 8 terminais, sendo 2 para a entrada, 2 para alimentação, sendo a tensão de operação entre 2,3 e 18V, tanto positiva como negativa, 1 terminal para a referência, usada para definir a tensão zero, sendo útil principalmente quando a carga não compartilha um terra com o resto do sistema, e 2 terminais para o RG, associação de resistores que determina o ganho da amplificação.

A equação de ganho do AD620 é dada por:

$$G = 1 + (49.4K\Omega/RG) \quad (3.1)$$

$$RG = 49.4K\Omega/(G - 1) \quad (3.2)$$

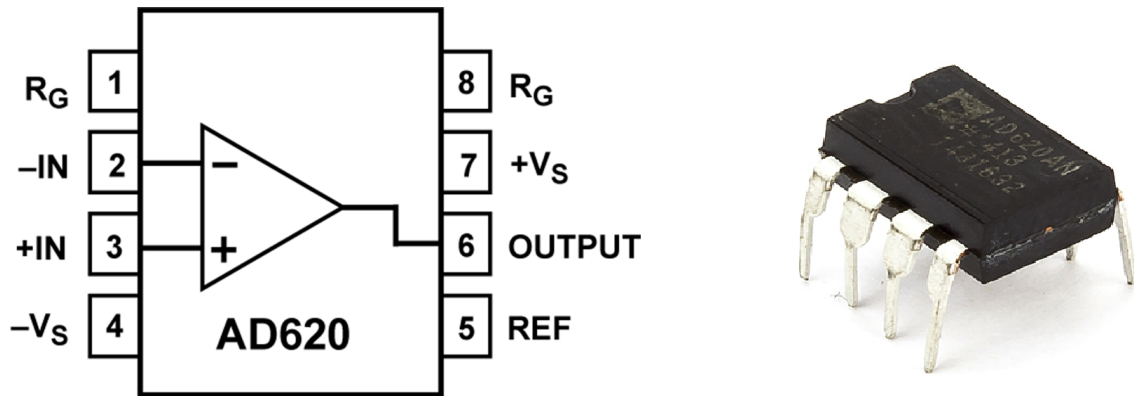


Figura 2 – Circuito Integrado AD620

Vale ainda salientar que na placa de aquisição anterior o circuito integrado utilizado havia sido o TL084, tendo em vista seu baixo custo, e por isso as etapas iniciais do desenvolvimento da placa SMD fora feito com ele em vez do AD620, enquanto mais testes eram feitos para assegurar a eficiência do novo circuito integrado.

Neste trabalho foi utilizado a placa de desenvolvimento Tiva-C series EK-TM4C123GXL (Figura 3), responsável por realizar a conversão analógico-digital do sinal mioelétrico e a seleção dos canais das placas conectadas ao multiplexador a uma dada frequência de chaveamento.

É uma plataforma de baixo custo que possui microcontrolador ARM Cortex M4 de 32 bits operando a 80 MHz. Este microcontrolador é encontrados em telefones celulares, calculadoras, periféricos de computadores, equipamentos eletrônicos em geral e aplicações industriais (SOUZA, 2015).



Figura 3 – Placa de Desenvolvimento EK-TM4C123G

A placa tiva opera com valores positivos de tensão em suas entradas conectadas ao seu conversor analógico-digital, então foi necessário utilizar um circuito que eleve o nível de tensão (off-set) em 1.6V após a etapa de multiplexação, pois o sinal mioelétrico é de natureza analógica tendo valores negativos e positivos de tensão.

Nos primeiros três meses foi feita a leitura dos artigos usados como referência para o projeto, tendo estes como foco dispositivos teleoperados com base em sinais de miografia. Ainda neste período foi analisada a placa anterior e foi feito um rascunho inicial da placa utilizando tecnologia SMD, tendo como foco a placa de 4 canais (Figura 4).

Foram feitos testes iniciais utilizando o CI AD620 em vez do TL084 utilizado anteriormente e foram feitos alguns designs de uma placa de 8 canais (Figura 5), ainda tendo como base a placa anterior. Durante o desenvolvimento foram feitos alguns ajustes na posição dos componentes e na disposição das trilhas da placa.

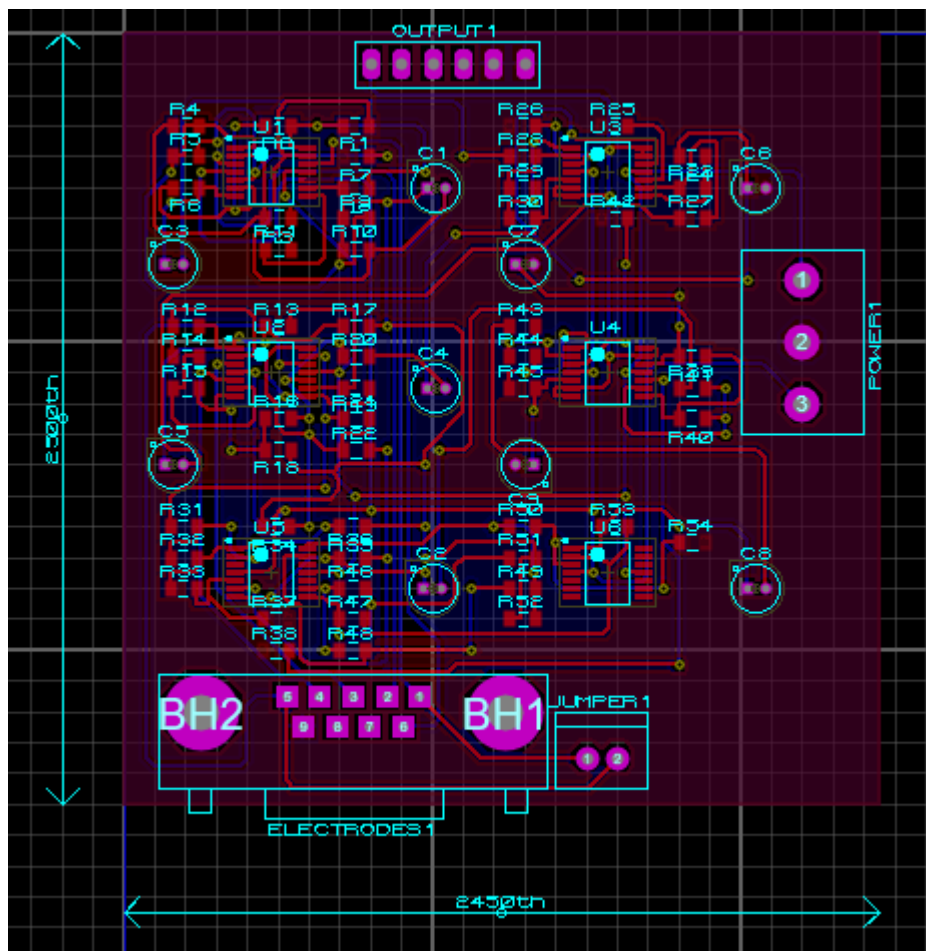


Figura 4 – Design Inicial da placa SMD de 4 canais utilizando o TL084

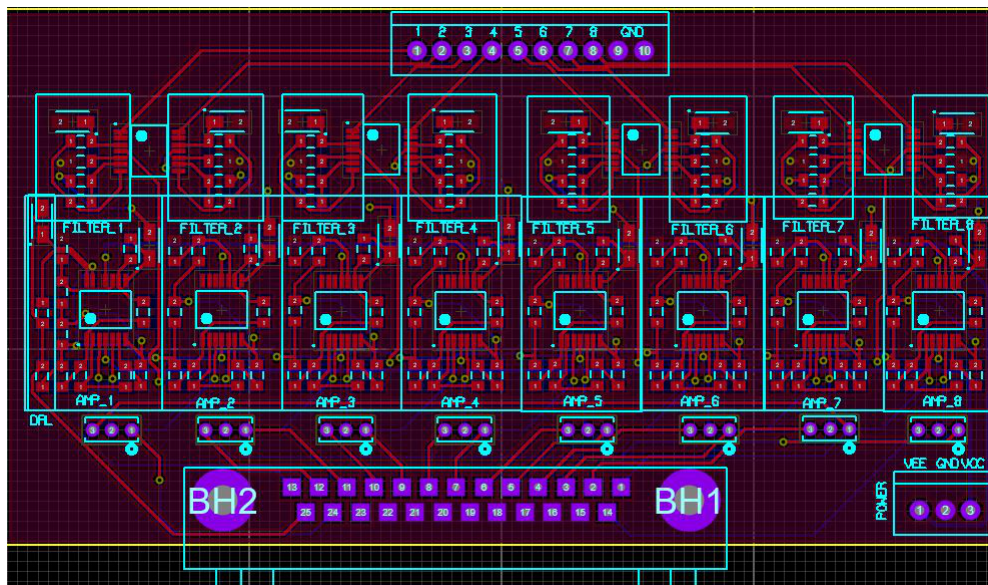


Figura 5 – Design Inicial da placa SMD de 8 canais utilizando o TL084

Entre Novembro e Janeiro o design da placa foi acordado e passaram a ser feitos ajustes menores, visando diminuir o tamanho das trilhas e permitir novas possibilidades com a placa, como a escolha entre quais eletrodos seriam as entradas dos canais, havendo duas escolhas por canal e esta escolha sendo feita através de jumpers. O design da placa de 4 canais (Figura 6) utilizando o TL84 foi finalizado assim como o de 8 canais (Figura 7).



Figura 6 – Modelo 3D da placa SMD de 4 canais utilizando o TL084

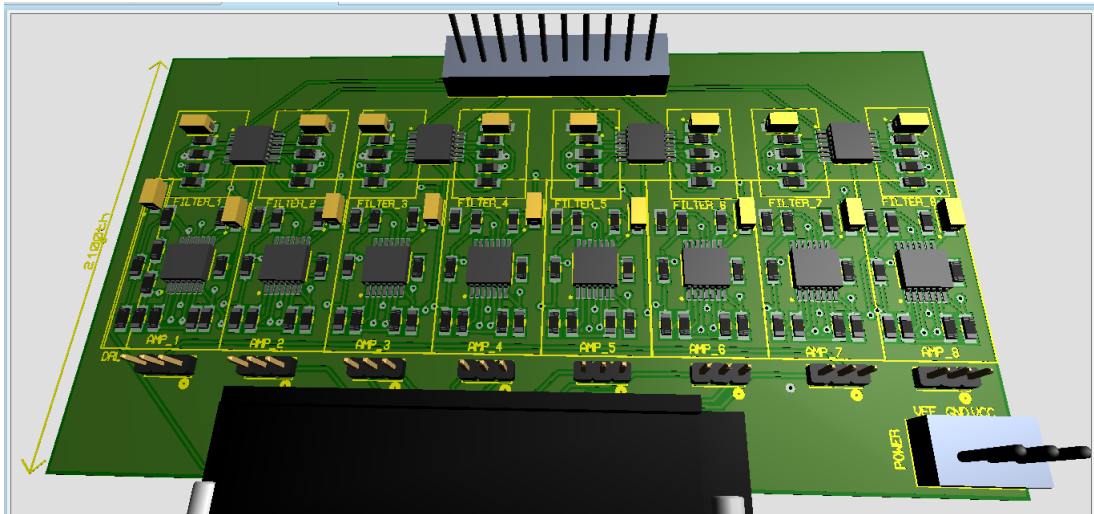


Figura 7 – Modelo 3D da placa SMD de 8 canais utilizando o TL084

Entre Fevereiro e Junho foram confirmados através dos testes em laboratório a eficiência e a praticidade do CI AD620 e foi iniciado o processo de adaptação da placa e mudança do design para o novo circuito integrado tendo como foco a placa de 4 canais. Os testes consistiram em montagens do circuito no Protoboard e algumas capturas de sinais humanos utilizando os eletrodos, foi testado assim primeiramente a etapa de amplificação e filtragem de forma isolada e em seguida esta aliada à multiplexação.

No entanto, foi percebido que o modelo dos capacitores poderia ser alterado, otimizando espaço na placa e foram realizadas algumas alterações no layout da placa a fim de padronizá-la de acordo com as placas anteriores, foi então feita uma nova versão realizando estas alterações e ficando esta como layout atual da placa de 4 canais.

Além disso foram também colocados furos na placa, tendo em vista que há a intenção de não só modularizar o projeto como fazê-lo de modo empilhável, ou seja, uma pilha de placas conectadas e parafusadas, cada uma com sua função específica no projeto e podendo ser substituída por outra placa de forma isolada sem alterar o funcionamento do projeto. O resultado final pode ser visto nas Figuras 8 e 9.

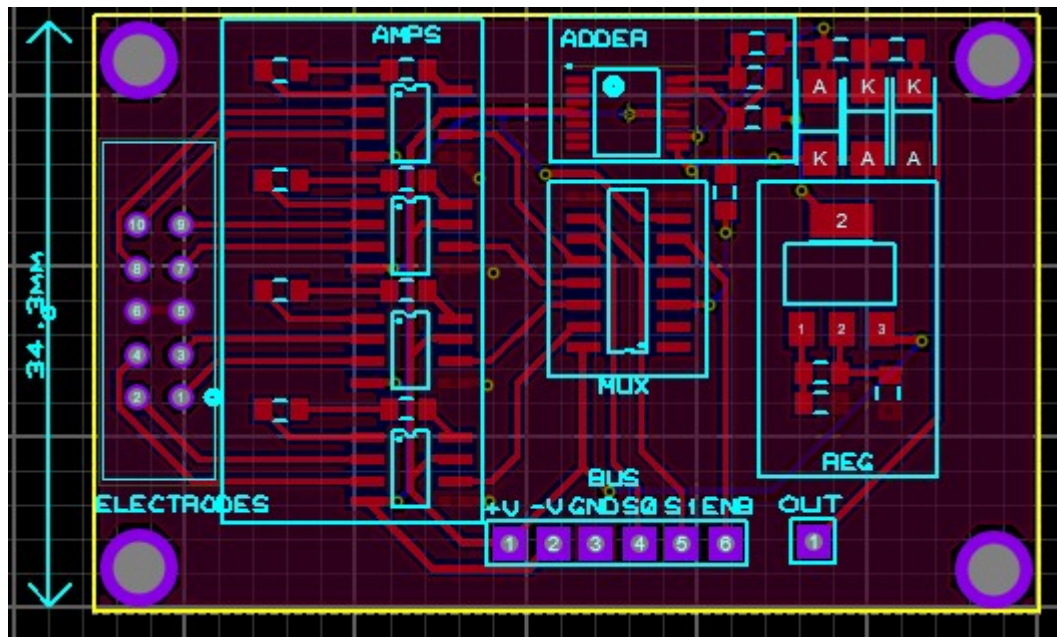


Figura 8 – Design Final da placa SMD de 4 canais utilizando o AD620

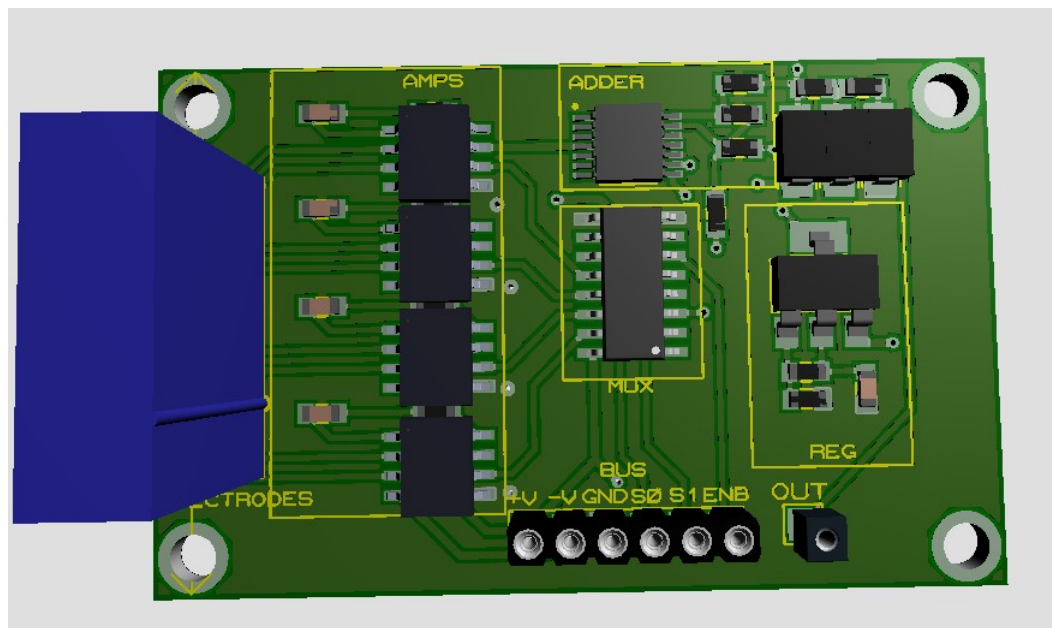


Figura 9 – Modelo 3D da placa SMD de 4 canais utilizando o AD620

Por fim, tendo em vista ainda a modularização do projeto foi feita uma placa (Figura 10) que funcionará como shield para a TIVA e permitirá o roteamento das vias de saída e do bus para os pinos adequados da TIVA.

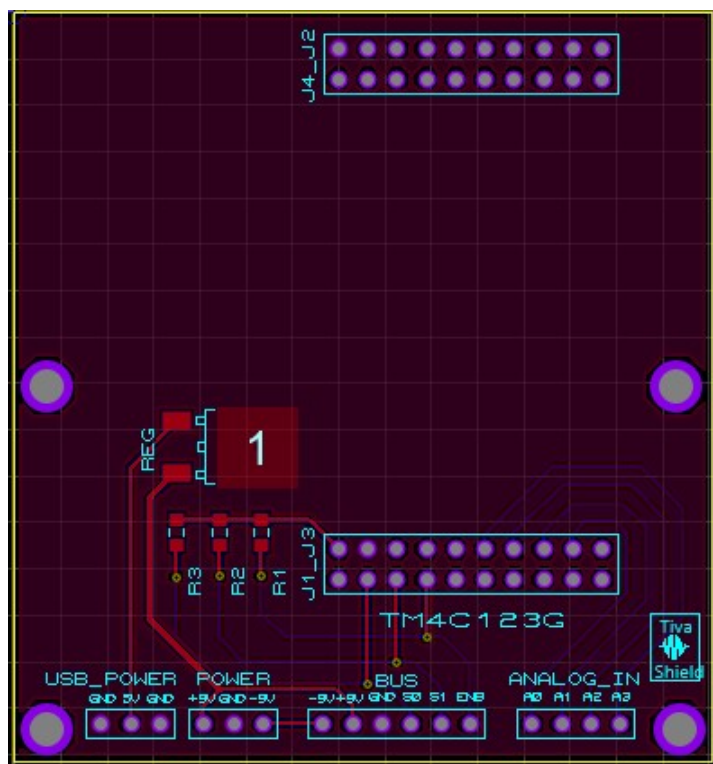


Figura 10 – Design da placa SMD do Shield para a TIVA

4

Resultados e Discussões

Ao término do primeiro ciclo de 6 meses e após a finalização do design da placa de aquisição utilizando o TL084 foi montado um novo circuito de aquisição utilizando o AD620 (Figura 11).

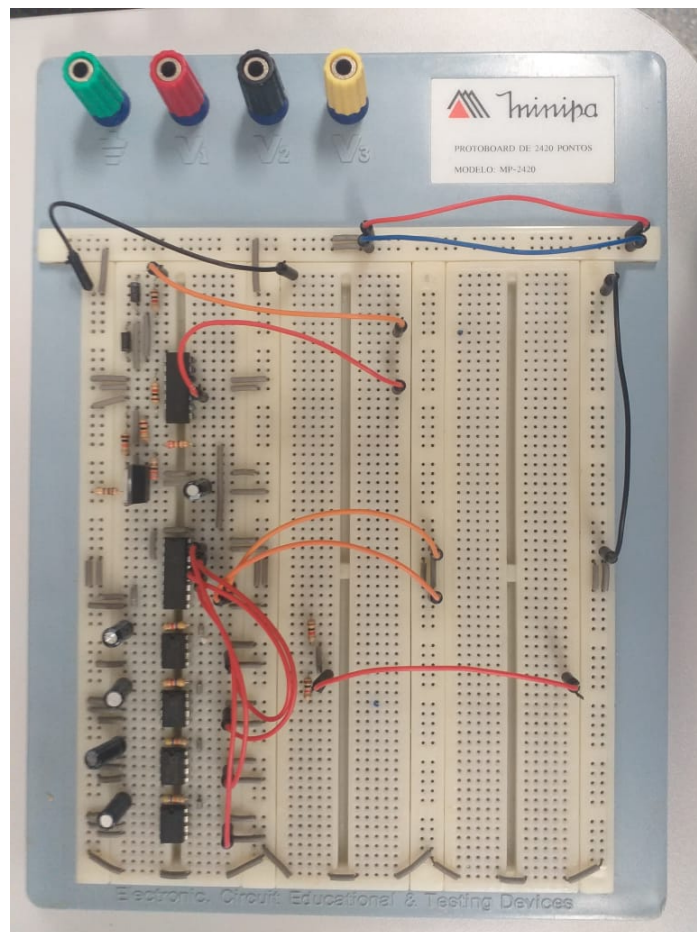


Figura 11 – Circuito de aquisição utilizando o AD620 montado em protoboard

Os resultados obtidos com os primeiros testes se mostraram promissores e devido a

miniaturização do circuito que poderia ser obtida com a mudança de CI decidiu-se que não haveria ganhos em fabricar a placa SMD com o TL084, tendo em vista que os testes até então podiam ser feitos utilizando a placa *Through Hole* que já havia sido fabricada, e que a fabricação da placa SMD seria feita na China, logo, os custos e o tempo envolvido não compensavam já que o novo circuito se mostrava promissor.

Foi feita então uma comparação (Quadro 1) entre o design SMD utilizando o TL084 e o design SMD utilizando o AD620. Além dos parâmetros físicos analisados vale salientar que a placa utilizando o AD620 incorporou a etapa de multiplexação dos canais, adquirindo portanto mais funcionalidades do que a placa anterior.

Quadro 1 – Comparação entre os designs SMD

Circuito Integrado	Dimensões	Ganho Teórico	Número de Componentes
TL084	50 mm x 50 mm	7.27	76
AD620	55.5 mm x 35 mm	11.52	30

Decidiu-se portanto pela confecção da placa utilizando o AD620, tanto pelas dimensões reduzidas, como pela redução do número de componentes e pelas funcionalidades incorporadas além da original, no entanto, a confecção não se concretizou até o momento deste relatório.

5

Conclusão

Tendo em vista que a placa ainda não foi confeccionada existem poucos resultados, tendo o resultado majoritário vindo dos testes em laboratório do circuito em protoboard que demonstrou funcionar da maneira esperada, tanto amplificando como filtrando o sinal e permitindo que fosse multiplexado. Após a confecção da placa de processamento do sinal serão feitos mais alguns testes com a TIVA e com o conjunto para analisar possíveis melhorias e/ou alterações.

Ainda assim, a conclusão deste plano de trabalho foi satisfatória tendo em vista que os testes em laboratório corroboraram os dados esperados e que o design da placa já foi finalizado.

6

Perspectivas

Como trabalho futuro espera-se realizar os devidos testes com as placas, tanto a versão SMD com o AD620 como o shield para a TIVA, além de ser feito o design para a placa de 8 canais. Além disso, pretende-se comparar o seu desempenho ao utilizar o TL084 ou o AD620 para a etapa de amplificação do sinal, além de se avaliar possíveis alternativas para a etapa de filtragem do sinal.

Nesta etapa é importante analisar a qualidade do sinal após o processamento, além do tamanho da placa e sua qualidade, seja em design ou escolha de componentes para um produto final. Além disso, deve ser testado o sistema como um todo a fim de avaliar o funcionamento da placa com tecnologia SMD em conjunto com as outras placas e em comparação com a placa anterior.

Referências

- CRISWELL, E. Cram's introduction to surface electromyography. *Barlett Publishers*, 2010. Citado na página 2.
- LUCA, C. J. de. Sufarce eletromyography: Detection and recording. *Delsys incorporated*, 2002. Disponível em: <http://www.delsys.com/Attachments_pdf/WP_SEMGintro.pdf>. Citado na página 2.
- ONISHI, H. et al. Relationship between emg signals and force in human vastus lateralis muscle using multiple bipolar wire electrodes. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 2000. Disponível em: <[https://doi.org/10.1016/S1050-6411\(99\)00020-6](https://doi.org/10.1016/S1050-6411(99)00020-6)>. Citado na página 2.
- REDI, F. Esperienze intorno a diverse cose naturali, e particolarmente a quelle, che ci son portate dall'indie. 1617. Citado na página 2.
- SOUZA, S. A. de. Introdução aos microcontroladores arm cortex-m4 tiva c series da texas instruments. 2015. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAgv0gAJ/introducao-aos-microcontroladores-arm-cortex-m4-tiva-c-series-texas-instruments>>. Citado na página 6.
- VILELA, G. de B. Fundamentos da eletromiografia. In: _____. [s.n.], 20–? Disponível em: <<http://www.cpaqv.org/mtpmh/eletromiografia.pdf>>. Acesso em: 30 jun. 2019. Citado na página 2.