



Universidade Federal de Campina Grande

Centro de Engenharia Elétrica e Informática

Curso de Graduação em Engenharia Elétrica

GRACE DANIELLE PORTO DE FREITAS COLAÇO

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

Campina Grande, Paraíba
Dezembro de 2018

GRACE DANIELLE PORTO DE FREITAS COLAÇO

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

*Relatório de Estágio Supervisionado submetido
à Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica
da Universidade Federal de Campina Grande
como parte dos requisitos necessários para a
obtenção do grau de Bacharel em Ciências no
Domínio da Engenharia Elétrica.*

Área de Concentração: Processamento da Informação

Orientador:

Professor Jalberth Fernandes de Araujo, D. Sc.

Campina Grande, Paraíba
Dezembro de 2018

GRACE DANIELLE PORTO DE FREITAS COLAÇO

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

*Relatório de Estágio Supervisionado submetido à
Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica da
Universidade Federal de Campina Grande como parte
dos requisitos necessários para a obtenção do grau de
Bacharel em Ciências no Domínio da Engenharia
Elétrica.*

Área de Concentração: Processamento da Informação

Aprovado em / /

Professor Avaliador

Universidade Federal de Campina Grande
Avaliador

Professor Jalberth Fernandes de Araujo, D. Sc.

Universidade Federal de Campina Grande
Orientador, UFCG

Dedico este trabalho aos meus pais.

AGRADECIMENTOS

Acima de tudo, gratidão aos meus pais e à minha família, que concretizam hoje comigo o sonho de concluir a graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Campina Grande. Tantos foram os sonhos compartilhados quantas as vezes que recebi apoio para realizá-los.

Em especial, agradeço à minha mãe, que me ensina muito mais do que por palavras, por exemplos. E muito mais do que me ensina, motiva-me a ir além. A quem eu nunca agradei, toda a minha gratidão.

Hoje, sou eu que me orgulho de você, pai. Essa caminhada foi menos árdua com a sua presença. Espero poder recompensar todo o esforço a mim dedicado, muito obrigada por tudo.

Talvez, o que de mais importante a Engenharia Elétrica me proporcionou seja a amizade, momentos que ficarão eternizados em minha memória. Agradeço por cada um deles.

Finalmente, agradeço ao meu orientador Prof. Jalberth Fernandes por ter me oferecido a oportunidade de realizar este trabalho, que tanto significado carrega, e por toda atenção durante este período. E em especial ao Prof. Raimundo Freire, cujo suporte e disponibilidade têm como resultado este trabalho. Obrigada por me ajudarem a vencer esta etapa.

RESUMO

Neste documento, são descritas de maneira sequencial as principais atividades desenvolvidas pela estagiária Grace Danielle Porto de Freitas Colaço no âmbito do Estágio Supervisionado com carga horária de 180 horas junto ao Laboratório de Instrumentação e Metrologia Científicas. Alocada no projeto de manutenção do Laboratório, o objetivo principal foi reparar recursos defeituosos do laboratório a fim de proporcionar uma infraestrutura satisfatória aos usuários. As atividades foram divididas em duas etapas, projeto e execução. Inicialmente, a estagiária estudou as especificações necessárias para o desenvolvimento de pontas de prova e módulos auxiliares como um Oscilador Senoidal e um Filtro Passa-Faixa, essenciais para testes laboratoriais e experimentos de circuitos eletrônicos. Por fim, os protótipos foram submetidos a testes funcionais antes de serem disponibilizados para uso.

Palavras-chave: Estágio Supervisionado, Laboratório de Instrumentação e Metrologia Científicas, Manutenção Laboratorial, Pontas de Prova, Oscilador Senoidal, Filtro Passa-Faixa.

ABSTRACT

This document describes the main activities developed by the intern Grace Danielle Porto de Freitas Colaço as part of her Internship at Instrumentation and Scientific Metrology Laboratory, totalizing a workload of 180 hours. Allocated on support the maintenance project of Laboratory, such internship goal was to repair some defective resources in order to promote a satisfactory infrastructure for its users. The activities were organized in two steps, project and execution. Initially, the intern made a research about the specifications needed for the development of probes and auxiliary laboratory instruments such as sinusoidal oscillator and a bandpass filter. Lastly, functional tests were applied to the prototypes to ensure that they work as expected.

Keywords: Supervised internship, Instrumentation and Scientific Metrology Laboratory, Laboratory Equipment Maintenance, Probes, Sinusoidal Oscillator, Bandpass Filter.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Ilustração de um cabo coaxial desencapado.....	15
Figura 2 – Ilustração de cabos paralelos.....	17
Figura 3 – Ilustração de um cabo flexível.	18
Figura 4 – Imagem do conector <i>Bayonet Neill Concelman</i>	19
Figura 5 – Ilustração de conectores tipo jacaré.	20
Figura 6 – Ilustração de conectores do tipo banana.....	21
Figura 7 – Esquema funcional de um Oscilador Senoidal.....	23
Figura 8 - Circuito do Oscilador Senoidal projetado.....	24
Figura 9 – Resposta em frequência de alguns tipos de Filtros Elétricos	28
Figura 10 – Esquema dos pinos do circuito integrado LMF100.	30
Figura 22 – Esquema de montagem do Filtro Passa-Faixa a capacitores chaveados usando LMF100.....	32
Figura 11 - Bancada de Trabalho para confecção das novas Pontas de Prova.....	34
Figura 12 – Bancada de Trabalho referente às atividades 3 e 4.	35
Figura 13 – Ponta de Prova enrolada conector BNC para garras jacarés.	37
Figura 14 - Ponta de Prova conector BNC para garras jacarés.	37
Figura 15 – Ponta de Prova de terminais duplos.	38
Figura 16 – Ponta de Prova vermelha conector banana para jacaré.	39
Figura 17 - Ponta de Prova vermelha conector banana para banana.	40
Figura 18 - Ponta de Prova preta conector banana para jacaré.....	41
Figura 19 - Ponta de Prova preta conector banana para jacaré.....	41
Figura 20 – Montagem do circuito de um Oscilador Senoidal com ganho e nível DC ajustáveis.	43
Figura 21 – Montagem do circuito de um Oscilador Senoidal com ganho e nível DC ajustáveis sob outro ângulo.	43
Figura 25 – Sinal de saída do Oscilador Senoidal para um ganho de amplitude mínimo ajustável.	44
Figura 26 - Sinal de saída do Oscilador Senoidal para um ganho de amplitude ajustável.	45

Figura 27 - Sinal de saída do Oscilador Senoidal para um ganho de amplitude ajustável.	45
Figura 28 – Sinal de saída do Oscilador Senoidal para um ganho de amplitude máximo.	46
Figura 29 – Sinal de saída do Oscilador Senoidal para um ganho constante e nível DC máximo.	47
Figura 30 – Sinal de saída do Oscilador Senoidal para um ganho constante e nível DC mínimo.....	47
Figura 23 – Layout do circuito de um Filtro Passa-Faixa de 4ª ordem usando o circuito integrado LMF100.....	49
Figura 24 – Montagem de um circuito de um filtro Passa-Faixa a capacitores chaveados LMF100.....	50
Figura 31 – Representado pela cor verde, o sinal de entrada do filtro Passa-Faixa e, em azul, o sinal filtrado presente em sua saída pra uma frequência central igual à frequência do filtro.	51
Figura 32 – Sinais de entrada (verde) e saída (azul) do Filtro Passa-Faixa de 2ª ordem para uma frequência central diferente da frequência do sinal de entrada.....	52
Figura 33 – Sinais de entrada (verde) e saída (azul) do Filtro Passa-Faixa de 4ª ordem para uma frequência central diferente da frequência do sinal de entrada.....	53

SUMÁRIO

1	Introdução.....	11
2	Laboratório de Instrumentação e Metrologia Científicas	13
3	Fundamentação Teórica.....	14
3.1	Cabos Coaxiais	14
3.2	Cabos Paralelos.....	16
3.3	Cabos Flexíveis.....	17
3.4	<i>Bayonet Neill Concelman</i>	18
3.5	Conectores tipo Jacaré	19
3.6	Conectores tipo Banana	20
4	Oscilador Senoidal.....	22
5	Filtros Elétricos.....	26
5.1	Filtros Passa-Faixa.....	28
5.2	LMF100	29
6	Atividades desenvolvidas	32
6.1	Pontas de Prova BNC/Jacaré	35
6.2	Pontas de Prova Banana/Jacaré, e Banana/Banana.....	38
6.3	Oscilador Senoidal com Ganho de Amplitude e Nível CC.....	42
6.4	Filtro Passa-Faixa	48
7	Conclusão.....	54
	Referências Bibliográficas.....	55

1 INTRODUÇÃO

Neste documento, apresentado sob forma de relatório, são descritas de maneira sequencial as principais atividades desenvolvidas pela estagiária Grace Danielle Porto de Freitas Colaço sob a orientação do professor Jalberth Fernandes de Araujo e supervisão do professor Raimundo Carlos Silvério Freire. O estágio foi realizado no Laboratório de Instrumentação e Metrologia Científicas (LIMC) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), correspondente ao estágio supervisionado discente, prestado no período de 20 de setembro de 2018 a 05 de novembro de 2018, com uma carga horária de 30 horas semanais, totalizando uma carga horária de 201 horas, superior à carga horária mínima definida de 180 horas.

A estagiária foi alocada no projeto de Manutenção, Revitalização e Desenvolvimento, integrando a equipe de estagiários, técnicos e pesquisadores do Laboratório. O estágio de engenharia realizado teve como objetivo principal executar melhorias nas instalações do LIMC através de medidas corretivas em instrumentos e através de promoção de novos equipamentos úteis na prática laboratorial. Além da discente, a equipe de estágio possuía a seguinte composição:

- Coordenador Geral, doutor em Engenharia Elétrica, a qual a estagiária reportava suas atividades e recebia direcionamentos;
- 1 Graduando em Engenharia Elétrica;
- 1 Estagiário em Engenharia Elétrica

Os objetivos específicos traçados ao início do estágio, que foram listados no Plano de Estágio criado para a discente, foram:

- Levantamento de dispositivos e equipamentos defeituosos classificados seguindo um critério de prioridade;

- Especificação de componentes necessários para manutenção/reparação dos equipamentos/dispositivos;
- Compra dos itens especificados;
- Execução da atividade de manutenção/confecção dos materiais de acordo com o levantamento realizado inicialmente;
- Projeto de módulos auxiliares ao ensino e aprendizagem de disciplinas profissionais essenciais entre eles: oscilador senoidal com regulação de amplitude e nível CC; e filtro Passa-Faixa com frequência central regulável;

Com ênfase na área de Eletrônica, as atividades aqui detalhadas ajudaram na construção de módulos auxiliares às atividades de desenvolvimento de pesquisas do LIMC, proporcionando cada vez mais recursos aos seus pesquisadores e, conseqüentemente, favorecendo a aprendizagem dos graduandos integrantes.

Inicialmente, a estagiária passou por um treinamento, para assim, ter o embasamento necessário para a execução das atividades que lhes foram atribuídas. Além do conhecimento teórico, foi necessário compreender técnicas de soldagem .

O trabalho está dividido em 3 capítulos, sequenciados de modo a garantir a compreensão gradativa de todas as atividades realizadas. O Capítulo 2 contém alguns conceitos sobre as especificações necessárias para o desenvolvimento das atividades e estudo de cabos *Bayonet Neill Concelman* (BNC) para garras jacaré-jacaré ou banana-banana, além de outros tipos de pontas de prova; osciladores senoidais e filtros Passa-Faixa. Posteriormente, no Capítulo 3, são relatadas as atividades desenvolvidas pela estagiária, expondo sua importância e detalhando seu processo de execução. Finalmente, os resultados parciais obtidos são apresentados no Capítulo 4. Ao final, seguem as conclusões, e referências bibliográficas.

2 LABORATÓRIO DE INSTRUMENTAÇÃO E METROLOGIA CIENTÍFICAS

O Laboratório de Instrumentação e Metrologia Científicas (LIMC) é um dos principais laboratórios que compõe a estrutura destinada ao curso de Engenharia Elétrica com sede na Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

Segundo sua página disponível na *web*, o LIMC surgiu da interação entre equipes de pesquisadores de diversas instituições de ensino superior, tanto nacionais quanto internacionais. Atualmente, seu número de membros cresce cada vez mais, composto por professores e estudantes de universidades como Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Universidade Federal do Maranhão (UFMA), Universidade Federal do Pará (UFPA), Universidade Federal da Bahia (UFBA) e universidades francesas como Esisar e Phelma, que fazem parte do Instituto Nacional Francês Grénoble – INP, além da própria UFCG.

Inicialmente, o laboratório apoiava principalmente a formação de alunos de Mestrado e Doutorado das universidades parceiras. Posteriormente, o laboratório ampliou seus projetos, participando da formação científica dos alunos de graduação da UFCG. Atualmente, a sua equipe conta com nove alunos de Doutorado, três alunos de Mestrado e dezoito pesquisadores de iniciação científica. Todos eles desenvolvem atividades de pesquisa ou extensão, de acordo com suas linhas de estudos e afinidades acadêmicas.

Para completar a equipe, o LIMC conta com oito professores qualificados responsáveis também por orientar os demais pesquisadores em suas atividades. Voltado principalmente para a área da Eletrônica, o foco do laboratório é o estudo de métodos e técnicas de medição e processamento de sinais, desenvolvimento de circuitos e sistemas com esta finalidade. A grande área de concentração do LIMC é a Instrumentação Inteligente e são várias as sublinhas de pesquisas desenvolvidas pelos parceiros e colaboradores.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo visa trazer alguns conceitos sobre as especificações necessárias para o desenvolvimento das atividades do Estágio Supervisionado.

Fios são essenciais para execução de qualquer instalação ou circuito elétrico. Eles são condutores de corrente elétrica que atuam interligando dois ou mais pontos de um circuito. Normalmente são fabricados a partir de metais, materiais altamente condutores, diminuindo, assim, as perdas de energia na linha. Por outro lado, os cabos são definidos como diversos fios trançados ou colocados em paralelo envoltos por um material isolante.

Buscando maior eficiência energética, os cabos devem possuir a menor resistência possível, o que significa dizer que devem ser eletricamente contínuos. A resistência de um cabo será inversamente proporcional ao diâmetro do seu condutor e tanto maior quanto mais compridos eles forem.

Para que cabos possam cumprir seu papel conectando um ou mais pontos de um circuito elétrico ou instalação, redistribuindo, dessa forma, a corrente elétrica entre esses pontos, faz-se necessário que os seus terminais possuam conectores. Sua importância é permitir o acoplamento eficaz entre esses pontos.

Existem vários tipos de cabos e conectores, mas apenas três deles foram utilizados pela estagiária durante suas atividades.

3.1 CABOS COAXIAIS

Cabo coaxial trata-se de um cabo cujo núcleo é composto por um fio de cobre sólido protegido por um material isolante que, por sua vez, é envolto por uma malha metálica entrelaçada, servindo de condutor cilíndrico externo. Uma capa plástica é, por fim, disposta com o propósito de isolá-lo eletricamente. O seu nome deriva do fato de ambos os condutores que o compõem compartilharem o mesmo eixo geométrico. (OLIVEIRA, 2013).

A Figura 1 ilustra a estrutura de um cabo coaxial, evidenciando todas as camadas que o compõe.

Figura 1 – Ilustração de um cabo coaxial desencapado.



Fonte: *Bit Eletronics* disponível em <https://www.bitelectronics.com.br/Cabo-Coaxial-RGC-213-KMP-metro>. Acesso em novembro 2018.

São cinco os tipos de conectores específicos para cabos coaxiais: Conectores BNC; Conector BNC tipo “T”; Conector BNC tipo “I”; Conector *Transceiver* e conector BNC de Terminação. O conector BNC padrão macho com mola, ilustrado na Figura 4, foi escolhido para serem usados nas terminações dos cabos coaxiais para aplicações em equipamentos que possuem o mesmo conector padrão fêmea para encaixe.

As vantagens dos cabos coaxiais são que eles geralmente oferecem melhor imunidade ao ruído, consequência de sua blindagem. Também possuem baixa capacitância, que se mantém constante durante sua vida útil e uma fuga eletromagnética inferior comparada a outros tipos de cabos disponíveis. Entretanto, seu custo costuma ser mais elevado em comparação com os demais tipos de cabos usados em aplicações de baixa

tensão, por exemplo. Falhas ocasionadas por mau contato dos conectores são frequentemente relatadas pelos seus usuários. (OLIVEIRA, 2013).

Quanto ao seu diâmetro, é possível encontrar à venda cabos coaxiais finos e grossos e com impedâncias características de 50 Ω , 75 Ω , 93 Ω e 95 Ω . Para aplicações como pontas de prova de osciloscópios e geradores de funções, foram utilizados cabos coaxiais de baixa impedância, com uma impedância característica de 50 Ω . Pontas de prova não requerem o casamento de impedância ao contrário de outras aplicações. O casamento de impedâncias é essencial para evitar reflexões que ocasionam distorções nos sinais. Entretanto, o próprio cabo coaxial trata-se de um cabo de baixa distorção, ou seja, ao longo de seu comprimento, as reflexões são atenuadas e desaparecem. Com isso, exclui-se a necessidade do acoplamento de um resistor em sua terminação para realizar o casamento de impedância, fato que a própria característica do cabo não permitiria já que o diâmetro de seu condutor é pequeno, tornando-o frágil.

A conexão de cabos coaxiais, assim como os demais cabos, também podem ser feitas a partir de soldas apesar de não configurar o método mais adequado, já que, quando não bem executadas, podem ser facilmente rompidas, principalmente em cabos frequentemente manuseados. Ao invés da solda, os conectores BNC conectam-se pela pressão exercida por um parafuso sobre o fio, tornando o processo mais prático.

3.2 CABOS PARALELOS

Os cabos paralelos são constituídos por fios de cobre encapados por um material isolante dispostos paralelamente como o nome sugere, e, normalmente, em pares. A espessura pode variar entre 2 x 0,5 mm² e 2 x 4 mm², de acordo com uma pesquisa de mercado levantada em alguns sites de fabricantes e revendedores de materiais elétricos

É possível encontrar no mercado de materiais eletroeletrônicos cabos paralelos bicolores, nas cores preto e vermelho, por exemplo, como ilustrado na Figura 2.

Figura 2 – Ilustração de cabos paralelos.



Fonte: Walmart. Disponível em:
<https://www.walmart.com.br/cabo-paralelo-technoise-100-cobre-preto-vermelho-2x4-00-mm-50-metros/5323763/pr>. Acesso em dezembro de 2018.

3.3 CABOS FLEXÍVEIS

A principal característica é a facilidade do seu manuseio devido a sua ductibilidade ao contrário dos fios sólidos. Eles possuem uma variedade de espessuras, coerente com cada finalidade e são ilustrados na Figura 3.

Figura 3 – Ilustração de um cabo flexível.



Fonte: Bazar 339. Disponível em:
http://www.bazar339.com.br/exibe_produto.asp?cod_produto=582&area=Cabo%20Flexivel%20750V%202,50mm%20Metro%20Azul%20SIL.
Acesso em dezembro de 2018.

3.4 *BAYONET NEILL CONCELMAN*

O conector *Bayonet Neill Concelman*, Figura 4, é um tipo de conector elétrico de rádio frequência coaxial utilizado nos terminais de cabos coaxiais. Seu nome é originário de seu formato, bem como carrega o nome de seus inventores, Paul Neill, do *Bell Labs* e Carl Concelman, *Amphenol Corporation* (GRAVES, 2003).

Figura 4 – Imagem do conector *Bayonet Neill Concelman*.



Fonte: Net Computadores. Disponível em:
<https://netcomputadores.com.br/p/bnc-macho-mola-conector-bnc-macho-mola/24287>. Acesso em dezembro de 2018.

Esse conector surgiu como resultado de outro conector pensado também para uso em cabos coaxiais, que reduzia a reflexão e a perda de ondas eletromagnéticas pela superfície radial do cabo. A sua conexão ajustada proporcionada pelo conector BNC é um dos seus principais benefícios. A conexão é bloqueada pelo conector padrão macho que possui um pino que se encaixa ao principal fio condutor do cabo coaxial. O pino tem sua posição garantida graças a um anel que o impede de se movimentar. Esse é um tipo de conector largamente utilizado na área da eletrônica, fabricado sob a preocupação de corresponder à impedância do cabo de 50Ω ou 75Ω . Outro ponto sobre os conectores BNC é que eles são usualmente empregados em aplicações de vídeo e radio frequência menores que 4 GHz, de acordo com suas características técnicas, sua frequência de operação varia até 4 GHz. Em altas frequências, o dielétrico plástico que o compõe causa perdas crescentes.

3.5 CONECTORES TIPO JACARÉ

Prático para estabelecer conexões elétricas temporárias, os conectores do tipo jacaré possuem formato de garras com dentes serrados. As duas partes que formam a garra são

forçadas por uma mola para manter sua posição normalmente fechada, agarrando-se até mesmo aos mais pequenos objetos. A Figura 5 ilustra conectores do tipo jacaré.

Figura 5 – Ilustração de conectores tipo jacaré.



Fonte: Eletroinfo Cia. Disponível em:
<https://www.eletroinfocia.com.br/ferramentas-diversas/acessorios-diversos/kit-conector-garra-jacare-35mm-vermelho-preto-c-capa-par>.
Acesso em dezembro de 2018.

Quando aplicada em contextos de testes e avaliações eletrônicas, uma das partes que formam a garra é permanentemente soldada a um fio permitindo, dessa maneira, uma conexão rápida e temporária entre um ponto do circuito que está sob teste e um instrumento do laboratório ou outro circuito.

Tipicamente, a garra metálica é coberta por um plástico isolante possibilitando seu manuseio com segurança, evitando acidentes e curtos-circuitos.

Em laboratórios, as versões menores são mais utilizadas seus tamanhos podem variar entre 15 e 40 mm, porém possuem diversas outras aplicabilidades., como na indústria automobilística, em versões maiores, para recarregar baterias dos veículos, fins odontológicos etc.

3.6 CONECTORES TIPO BANANA

Consiste de um pino cilíndrico de metal de aproximadamente 20 mm de comprimento, sendo posteriormente fabricados em outros comprimentos como 15 mm. 11

mm e o menos comum, 25 mm. O diâmetro do pino é normalmente equivalente a 4 mm e pode ser ilustrado pela Figura 6. Ao observar o pino, destacam-se uma ou mais molas longitudinais, criando uma protuberância que o confere a aparência de uma banana, de onde seu nome foi retirado. Assim, quando não conectado, seu diâmetro real pode ultrapassar o número anteriormente citado, caso contrário, as molas longitudinais são acionais exercendo uma força contra o pino e aumentando o contato elétrico diminuindo riscos de mau contato (HALLAS, 2012).

Figura 6 – Ilustração de conectores do tipo banana.



Fonte: Som Melhor. Disponível em:
<https://www.sommelhoraudiovideo.com.br/produtos/ver/conector-tipo-banana-diamond-cable-dmd-jc1161-par-dmd-diamond-cable-cabos-conectores-banana,3032>.
Acesso em dezembro de 2018.

A outra extremidade do conector trata-se também de um conector do tipo *lug*, um anel que viabiliza fixação de um fio através de uma solda, por exemplo. Os conectores banana encontrados para uso laboratorial também são revestidos de material plástico isolante para fins de prevenção de acidentes.

Esses conectores seguem um padrão de código de cores, sendo as cores preta e vermelha as mais procuradas.

São aplicados quando há a necessidade de unir equipamentos a fios/cabos e apesar da grande variedade de tamanhos, seu conceito baseia-se em molas longitudinais que variam em quantidade e formatos para garantir uma boa condutividade elétrica.

4 OSCILADOR SENOIDAL

Osciloscópios e geradores de funções são equipamentos de base em um laboratório. São essenciais em análises de circuitos e testes funcionais, respectivamente. Entretanto, ambos equipamentos representam um alto investimento devido ao seu custo, tornando-os não acessíveis, uma adaptação se faz necessária para manuseá-los corretamente. (SILVA; FILHO; ANDRADE, .2003

Por outro lado, um oscilador senoidal configura uma opção acessível à substituição de um Gerador de Funções. São necessários componentes eletrônicos acessíveis para confeccioná-lo, o oscilador senoidal proporciona maior versatilidade com o mesmo resultado de um Gerador de Sinais Senoidais para fins laboratoriais.

Um oscilador proporciona um sinal alternado em sua saída sem a necessidade de nenhum tipo de fonte de alimentação de corrente alternada. Diferentemente de um amplificador que é capaz de aumentar a amplitude de um determinado sinal de entrada, um oscilador não requer um sinal de entrada para obter um sinal em sua saída. Para isso, o oscilador necessita apenas de uma fonte de alimentação contínua. Esta configura a principal diferença entre ambos. Um amplificador converte a energia fornecida pela fonte de alimentação CC em um sinal alternado da frequência do sinal de entrada. O oscilador senoidal é capaz de produzir um sinal oscilante. Para um amplificador, a frequência, amplitude e forma de onda do sinal alternado produzido é controlado pelo sinal de entrada. Comparado ao oscilador, esses parâmetros podem ser controlados pelos componentes eletrônicos presentes no circuito, assim, nenhum sinal de tensão externo torna-se necessário.

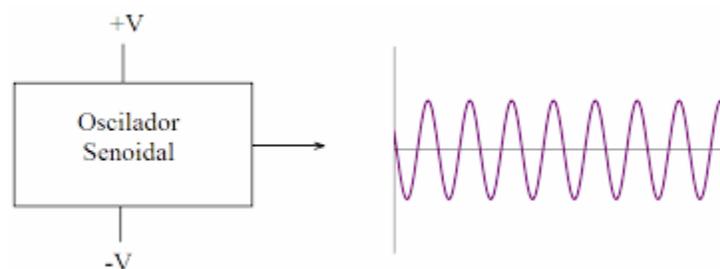
Um alternador também é capaz de gerar ondas senoidais em sua saída, sendo a frequência determinada pelo número de polos e pela velocidade de rotação da armadura.

Sua principal diferença é que um alternador converte energia mecânica em energia elétrica, já o oscilador converte energia contínua em energia alternada.

Osciladores podem ser classificados em senoidais e não-senoidais. Os osciladores senoidais conseguem apresentar em suas saídas ondas sob forma de senóides dentro da faixa de frequência de 20 Hz até 1 GHz. Osciladores também podem produzir outros tipos de formas de onda como ondas quadradas, retangulares e triangulares, essas podendo variar de uma frequência de 0 Hz até 20 MHz.

Finalmente, um oscilador eletrônico é um circuito não-linear com, pelo menos, dois componentes de memória, baseado na carga, fluxo ou histerese. Quando excitado com uma fonte de alimentação de corrente contínua responde com um sinal de estado permanente que varia periodicamente sua polaridade. O projeto de um Oscilador Senoidal pode ser executado em duas etapas: primeiramente desenvolvendo um oscilador linear, analisando sua realimentação positiva no domínio da frequência, em seguida, um mecanismo não linear para controle da amplitude deve ser empregado. Basicamente, um oscilador senoidal consiste de um amplificador e uma malha de retroalimentação positiva responsável por selecionar a frequência desejada (SEDRA, 2004)

Figura 7 – Esquema funcional de um Oscilador Senoidal.



Fonte : Material Didático de Eletrônica Prof. Gutemberg Lira.
Disponível em: <http://liraeletronica.weebly.com>.

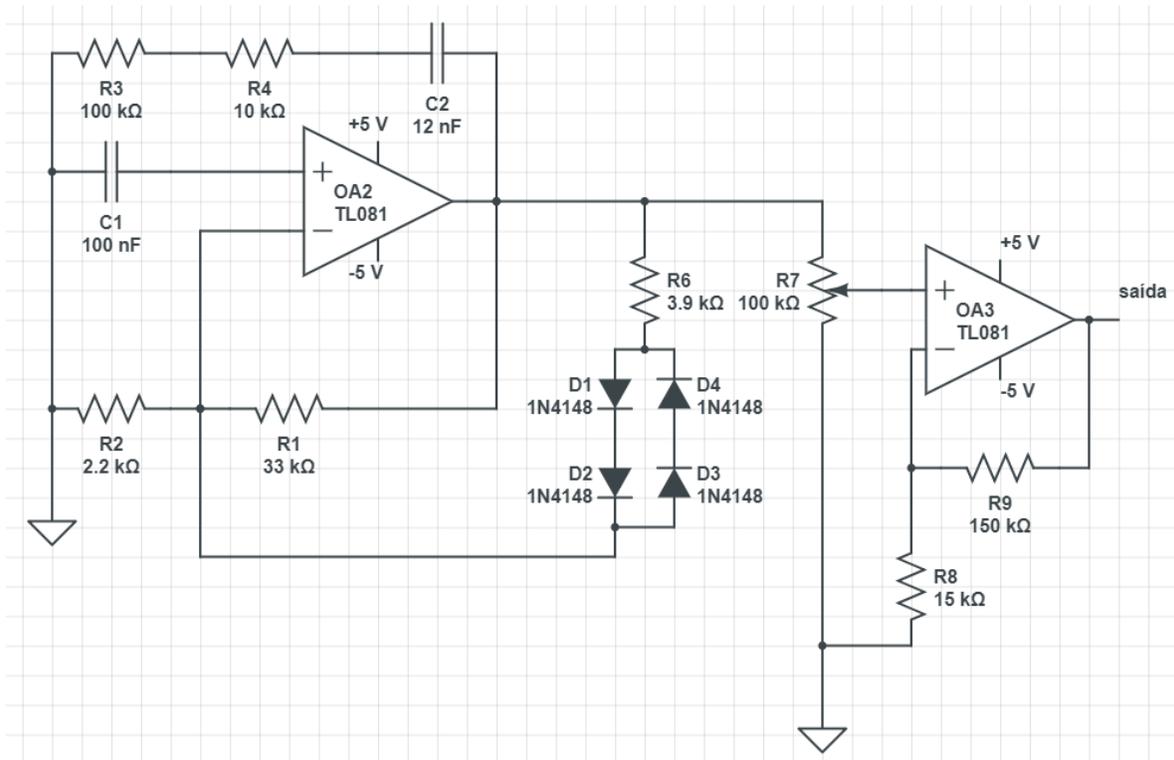
A seguir serão definidos os principais componentes responsáveis pelo funcionamento do Oscilador Senoidal. São eles o próprio amplificador operacional citado acima, diodos, resistores e potenciômetros. Com apenas alguns poucos componentes a um

custo baixo, é possível desenvolver um instrumento capaz de substituir, com suas limitações, um gerador de funções.

Tem-se a equação de ganho de um amplificador operacional mostrada pela equação (1).

$$e^+ = av_0 \quad (1)$$

Figura 8 - Circuito do Oscilador Senoidal projetado.



Fonte: A autora.

Analisando o circuito de um oscilador senoidal apresentado na Figura 8, é possível obter a equação (2) a partir da equação (1).

$$e^+ = \frac{\frac{R_1}{1 + R_1 s C_1}}{R_2 + \frac{1}{s C_2} + \frac{R_1}{1 + R_1 s C_1}} v_0 \quad (2)$$

A fim de simplificar a equação anterior, algumas substituições e reduções podem ser realizadas como as das equações a seguir.

$$\omega = \frac{1}{RC} \quad (3)$$

$$R_1 = R \quad (4)$$

$$R_2 = \frac{R}{k} \quad (5)$$

$$C_1 = kC \quad (6)$$

$$C_2 = C \quad (7)$$

Obtém-se, por fim, a seguinte relação de igualdade.

$$a = \frac{R_1 C_2}{R_1 C_1 + (R_1 R_2) C_2} \quad (8)$$

$$a = \frac{k}{k^2 + k + 1} = \frac{R_3}{R_3 + R_4} \quad (9)$$

Alguns valores foram sugeridos pela estagiária para facilitar os cálculos do projeto de um Oscilador Senoidal de frequência central de 1 kHz. Para isso, o valor da constante k foi arbitrado igual a dez como uma manipulação matemática para se obter um resultado ao sistema de equações obtido.

$$f = 1 \text{ kHz} \quad (10)$$

$$k = 10 \quad (11)$$

Ainda é possível substituir ω pela equação (3), encontrando, assim, uma relação entre R e C .

$$\omega = 2\pi f \quad (12)$$

O valor da capacitância foi arbitrariamente escolhido para ser igual a 10 nF.

$$C = 10 \text{ nF} \quad (13)$$

Substituindo esse valor, foi encontrado um valor de resistência igual a $15,9 \text{ k}\Omega$

$$R = 15,9 \text{ k}\Omega \quad (14)$$

Aplicando esses valores nas relações (5), (6), (7) e (8), tem-se os valores dos componentes necessários para projetar um oscilador senoidal na frequência de 1 kHz. Algumas aproximações foram realizadas de acordo com a disponibilidade dos componentes no mercado.

Tabela 1 – Componentes e parâmetros usados no projeto do Oscilador Senoidal.

Componente	Valor
C	10 nF
R	15,9 k Ω
C ₁	100 nF
C ₂	10 nF
R ₁	15 k Ω
R ₂	1,5 k Ω
R ₃	33 k Ω
R ₄	33 k Ω

Fonte: A autora

5 FILTROS ELÉTRICOS

Na teoria de circuitos elétricos, um filtro é uma rede elétrica que altera as características de amplitude e/ou fase de um sinal no que se refere a sua frequência. Idealmente, um filtro não adiciona novas componentes de frequência ao sinal de entrada, nem irá alterar suas componentes de frequência. Entretanto, ele irá atuar modificando as amplitudes correspondentes às várias componentes de frequência e/ou suas relações de fase (VALKENBURG, 1982)

Filtros são comumente usados em circuitos eletrônicos com o objetivo de enfatizar sinais em certas faixas de frequências e reduzir sinais que estejam em outras faixas de

frequência. Cada filtro é definido por um ganho que depende da faixa de frequências que se encontra o sinal.

Conhecendo-se a faixa de frequência do sinal original, é possível eliminar o ruído e recuperar o sinal desejado na saída do filtro, o ruído, neste caso, deve ser suficientemente atenuado.

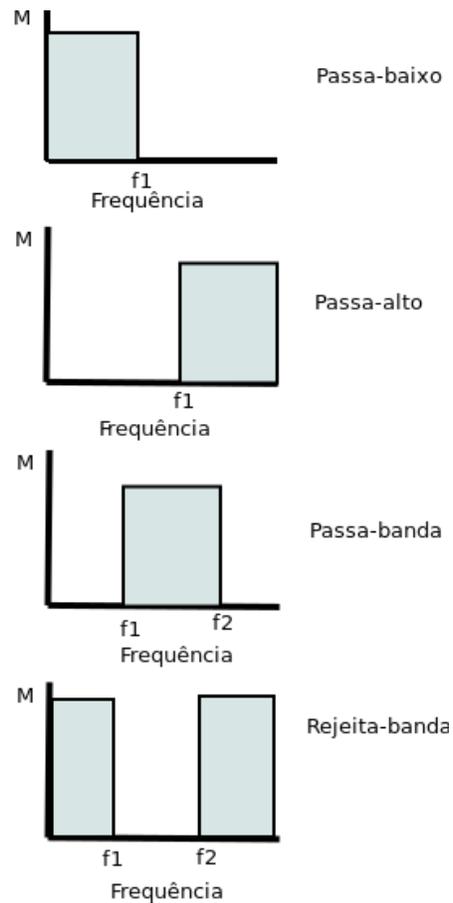
Filtros normalmente são analisados no domínio da frequência, tornando visualmente mais fácil a identificação da atuação do filtro. Assim, curvas de ganho versus frequência ou fase versus frequência são frequentemente usados para ilustrar as características de um filtro, além disso, as ferramentas matemáticas para se projetar um filtro também são descritas no domínio da frequência.

O comportamento no domínio da frequência de um filtro é descrito matematicamente em termos de funções de transferência. Essas funções de transferências, $H(s)$, são deduzidas a partir de transformadas de Laplace, essas funções definem uma relação entre o sinal de saída e o sinal de entrada do circuito no domínio da frequência.

$$H(s) = \frac{V_{saída}(s)}{V_{entrada}(s)} \quad (15)$$

A função de transferência define a resposta do filtro para qualquer sinal de entrada arbitrário. Conhecer a amplitude de $H(s)$ para cada componente de frequência permite analisar quão bem o filtro é capaz de distinguir sinais de diferentes frequências. A magnitude ou ganho da função de transferência em função da frequência é conhecida como resposta em amplitude do filtro. Existem filtros de diversas características, aqueles que permitem a passagem de sinais em altas frequências, baixas frequências e até mesmo os que permitem a passagem de todas as componentes de frequência de um sinal. O escopo deste trabalho, entretanto, foi desenvolver um Filtro Passa-Faixa. É possível observar a resposta em frequência de alguns tipos filtros na Figura 9.

Figura 9 – Resposta em frequência de alguns tipos de Filtros Elétricos .



Fonte : Caderno de Laboratório. Projeto de Filtros utilizando Amplificadores Operacionais.

Disponível em:

<https://cadernodelaboratorio.com.br/2015/05/21/projeto-de-filtros-utilizando-amplificadores-operacionais/>. Acesso em dezembro 2018.

5.1 FILTROS PASSA-FAIXA

Filtro Passa Faixa (FPF) são filtros eletrônicos que permitem a passagem das frequências de uma certa faixa e rejeita (atenua) as frequências fora dessa faixa. A principal qualidade de um filtro desse tipo é a sua seletividade, dada pelo fator de qualidade ou fator Q. Um fator Q elevado significa que o filtro é capaz de rejeitar sinais numa faixa bastante estreita. Esses filtros, quando operam numa faixa muito estreita de frequências, também

podem ser denominados filtros sintonizados. Eles podem ser usados em telecomunicações, eletrônica médica, etc. Na Figura 9, o terceiro item de cima para baixo mostra a resposta em frequência ideal de um Filtro Passa Faixa representada pela banda de passagem (f_1 , f_2) e atenuação máxima, A_{\max} (dB) assim como a banda de rejeição ($[0, f_1]$; f_2, ∞) e atenuação mínima, A_{\min} (dB).

Com o objetivo de projetar um filtro passa-faixa com frequência central ajustável e com fator de qualidade e ganho facilmente calculáveis, expressos pelas equações (18) e (19) mostradas posteriormente, fez-se uso do componente LMF100. Sua frequência central é determinada por uma relação matemática com um sinal *clock* de entrada.

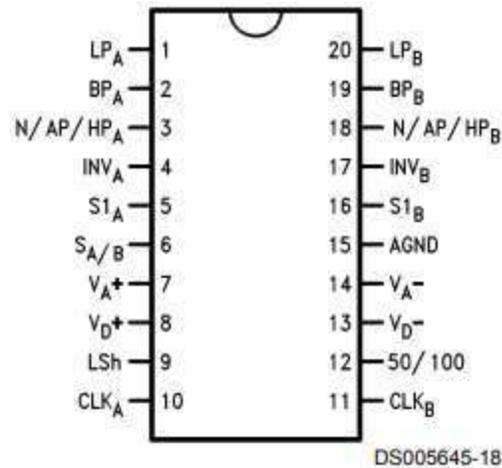
5.2 LMF100

LMF100 trata-se de um filtro de capacitor chaveados de alta performance. Com um *clock* externo e dois a quatro resistores, diversos filtros de primeira e segunda ordens podem ser realizados por cada bloco. Cada bloco tem três saídas. Uma saída pode ser configurada para funcionar tanto um filtro Passa-Tudo, Passa-Alta ou função *Notch*. As outras duas saídas funcionam como filtros Passa-Faixa ou Passa-Baixa. A frequência central de cada filtro é configurada usando um sinal de *clock* externo ou uma combinação do sinal de *clock* e resistores (*LMF100 High Performance Dual Switched Capacitor Filter Datasheet; Texas Instruments*).

Utilizando apenas um LMF100 pode ser realizada um filtro biquadrático de quarta ordem. Filtros de ordens mais elevadas pode ser atingidos apenas conectando em cascada outros blocos. Todas as aproximações clássicas dos filtros elétricos como Butterworth, Bessel, Elíptica e Chebyshev podem ser realizadas apenas com o LMF100.

O LMF100 é fabricado pela *National Semiconductor*, sua pinagem como mostrado na Figura 10 é compatível com o padrão da indústria e seu antecessor, MF10, porém proporciona grades melhorias de desempenho.

Figura 10 – Esquema dos pinos do circuito integrado LMF100.



Fonte : LMF100 High Performance Dual Switched Capacitor Filter Datasheet. National Semiconductor.

A seguir, o resumo descritivo de cada um dos pinos:

- LP_A : Saída dos Filtros Passa-Baixa de segunda ordem;
- BP_A : Saída dos Filtros Passa-Faixa de segunda ordem;
- $N/AP/HP_A$: Saída dos Filtros Notch, Passa-Tudo e Passa-Alta de segunda ordem, respectivamente;
- INV_A : Entrada inversora do amplificador de cada filtro;
- $S1_A$: Sinal de entrada usado em alguns modos de operações descritos no Datsheet;
- $S_{A/B}$: Este pino ativa uma chave que conecta a entrada de cada um dos filtros para a o terra;
- V_A^+ : Fonte analógica ou digital;

- V_D^+ : Este pino deve ser conectado para a tensão contínua de referência exceto quando for alimentado apenas com 5 V.
- LS_h : Do inglês, *Level Shift Pin*. É usado quando se deseja operar em frequências de *clock* diferentes, caso contrário, deve ser conectado ao nível terra;
- CLK_A : Entrada do sinal de clock do circuito integrado a capacitor chaveado;
- $AGND$: Trata-se do pino analógico da tensão de terra;
- $50/100$: Quando conectado à tensão positiva de referência, ele determina uma relação de 50:1 entre a frequência de clock e a frequência central do filtro. Já, quando conectado ao terra, ele estabelece uma relação de 100:1 entre essas duas frequências.

Nota-se que existe dois pinos de cada tipo, representados pelas letras A e B, sendo assim, com um circuito integrado é possível executar até 2 tipos de filtros de segunda ordem ou conectá-los em cascata, formando um filtro de quarta ordem.

Além do componente LMF100, foram necessários três resistores cujos valores de grandeza foram calculados de acordo com o especificado pelo datasheet do filtro a capacitor chaveado. De acordo com o datasheet, existe uma relação entre os dois resistores que determina o ganho e o fator de qualidade do filtro dados por:

$$H_{PF} = \frac{-R_3}{R_1} \quad (16)$$

A equação determina o ganho aplicado ao sinal de saída do filtro para um sinal de frequência igual à frequência central (f_0) do filtro Passa-Faixa.

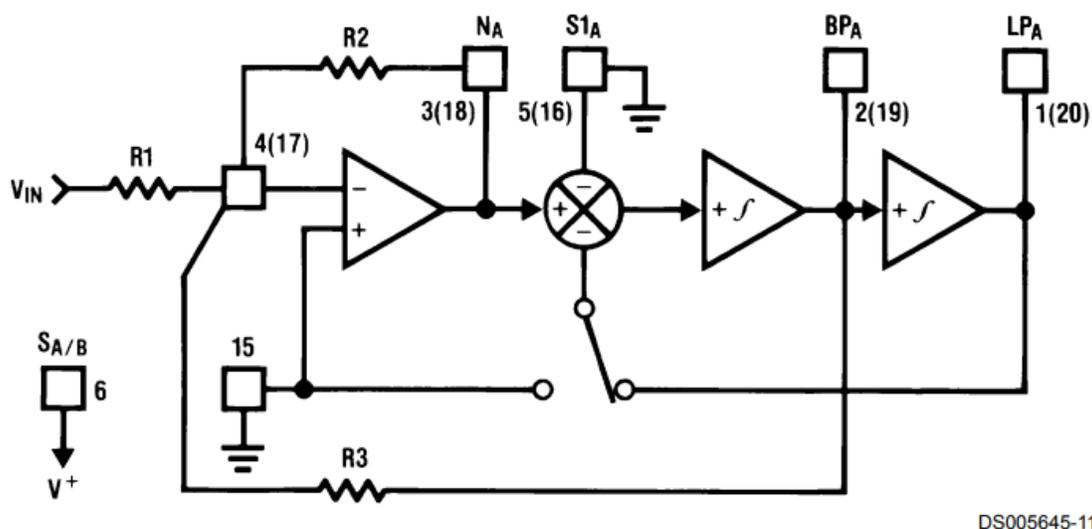
$$Q = \frac{R_3}{R_2} \quad (17)$$

A equação define o fator de qualidade do filtro Passa-Faixa. Sugerindo valores desejáveis tanto para o ganho quanto para o fator de qualidade, obtêm-se possíveis valores para os resistores R_1 , R_2 e R_3 . Para o projeto em questão, esses valores foram respectivamente iguais a $3,9 \text{ k}\Omega$ para se obter tanto um ganho quanto um fator de qualidade unitário.

O circuito, após conectado todos os pinos e inseridos todos os resistores pode ser visto na Figura 22. A frequência central do filtro pode ser alterada através da relação

$$f_0 = \frac{f_{clock}}{100} \quad (18)$$

Figura 11 – Esquema de montagem do Filtro Passa-Faixa a capacitores chaveados usando LMF100.



Fonte: LMF100 High Performance Dual Switched Capacitor Filter Datasheet. National Semiconductor..

6 ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

Para oferecer o suporte necessário às atividades de seus integrantes, o LIMC investe regularmente na aquisição de equipamentos, dispositivos e materiais essenciais à execução

de seus projetos. Com o tempo, manutenções periódicas são previstas para garantir suas funcionalidades.

Uma consulta realizada pela estagiária junto à equipe do LIMC foi aplicada visando investigar a necessidade de itens básicos essenciais para o desenvolvimento de suas atividades laboratoriais. Entre os itens apontados estão:

- Equipamentos como Osciloscópios, Fontes de Alimentação CC (Corrente Contínua) e Geradores de Funções defeituosos;
- Problemas organizacionais;
- Número reduzido de pontas de prova dos equipamentos funcionais;

Visto que o terceiro tópico poderia ser facilmente resolvido e ciente do rápido retorno do investimento e da melhoria das condições de trabalho no laboratório, a estagiária dedicou-se à:

- Identificação dos tipos de pontas de prova mais requisitados;
- Separação das pontas de prova em duas categorias, de acordo com seu estado de uso;
- Verificação dos materiais já disponíveis no laboratório para confecção de novos cabos para testes;
- Apontamento da necessidade da compra de materiais segundo a demanda de pontas de prova pedida;

O LIMC também oferece apoio a algumas disciplinas da graduação em Engenharia Elétrica da UFCG e visando melhorar a experiência prática em disciplinas como Circuitos para Comunicações, foram pensadas em módulos que pudessem auxiliar na aprendizagem do conteúdo.

No decorrer do estágio, foram realizadas atividades estabelecidas de acordo com a programação mensal de atividades do projeto. Foram propostas atividades mensais correspondentes às etapas de desenvolvimento do sistema:

- Atividade 1:
 - ✓ Levantamento da Lista de materiais;

- Atividade 2:
 - ✓ Confecção de Pontas de Prova (bancada de trabalho ilustrada na Figura 11 contendo os materiais e equipamentos utilizados para a confecção de postas de provas);

Figura 12 - Bancada de Trabalho para confecção das novas Pontas de Prova.



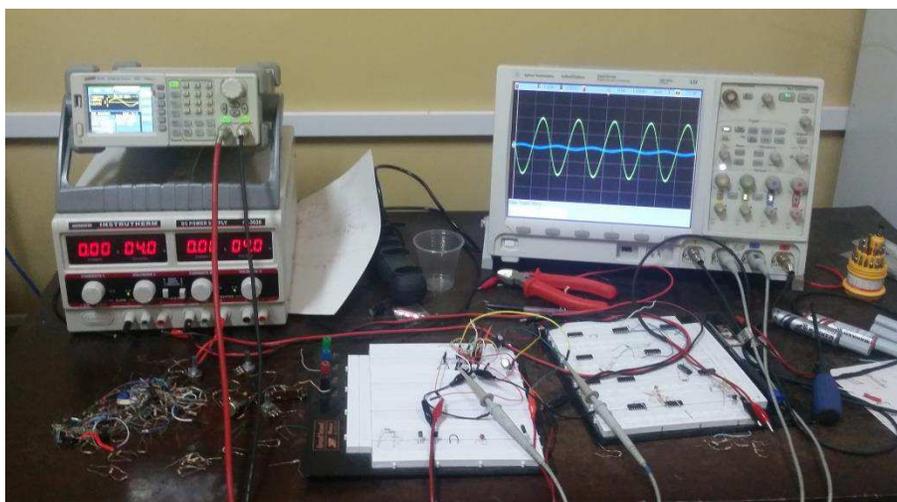
Fonte: A autora..

- Atividade 3:
 - ✓ Protótipo de um Oscilador Senoidal, amplitude e nível CC ajustáveis para uso interno dos integrantes do LIMC.

- Atividade 4:

- ✓ Protótipo de um Filtro Passa-Faixa com frequência central regulável (bancada de trabalho ilustrada na Figura 12). A decisão de projetar um filtro passa-faixa baseou-se na possibilidade de criar um filtro elétrico com frequência central ajustável de acordo com a necessidade do usuário.

Figura 13 – Bancada de Trabalho referente às atividades 3 e 4.



Fonte: A autora.

Neste capítulo, as atividades desenvolvidas pelo estagiário serão listadas e, para cada uma delas, os objetivos, a importância e os resultados serão detalhados.

6.1 PONTAS DE PROVA BNC/JACARÉ

Esse tipo de ponta de prova requer mais tempo e atenção para sua confecção. Usualmente, estes tipos de cabos são encontrados em comprimentos de , aproximadamente 1,20 metros. No LIMC, alguns equipamentos permaneciam subutilizados devido à falta de cabos adequados e em bom estado de funcionamento para utilização em experimentos e pesquisas. Graças à crescente demanda dos pesquisadores em suas atividades, percebeu-se a necessidade de produzir e reparar os cabos disponíveis no laboratório. A primeira etapa é fixar o conector BNC em uma das extremidades do cabo coaxial. O conector BNC possui um sistema com um pequeno parafuso que dispensa a necessidade de soldá-lo ao pino do

conector. Como é comum em aplicações para pontas de prova a necessidade de garantir um nível de terra, a malha do cabo coaxial foi soldada junto à carcaça do conector.

Na outra extremidade do cabo coaxial, foi realizada a junção em outro tipo de cabo a fim de obter duas extremidades de ponta de prova, sendo uma delas o terra. O fio preto, que representa o terra, foi soldado à malha metálica do cabo coaxial e o fio vermelho, por sua vez, ao fio sólido central do cabo coaxial. Uma estratégia de proteção da junção realizada foi pensada, visando fortalecê-la e prevenir eventuais acidentes. A estratégia foi colocar um tipo de revestimento termo retrátil e isolante que se ajusta perfeitamente à forma do objeto que encobre quando submetida a fontes de calor.

Nas extremidades tanto do fio preto quanto do vermelho, um conector jacaré de cor correspondente foi soldado. Este procedimento requer a retirada de sua capa protetora. Para garantir a qualidade de soldas em fios, a técnica de banhá-los em estanho é relevante. Por fim, duas garras são ajustadas para manter a posição do fio e a capa protetora pode ser novamente recolocada.

A confirmação do funcionamento da ponta de prova foi obtida testando a continuidade do cabo com a ajuda de um multímetro, estes também foram minuciosamente realizados nas conexões comprovando a qualidade da solda realizada, bem como sua robustez.

O resultado é apresentado na Figura 13, com ênfase nos conectores de suas extremidades, em uma ponta, um conector BNC e na outra, dois conectores tipo jacaré.

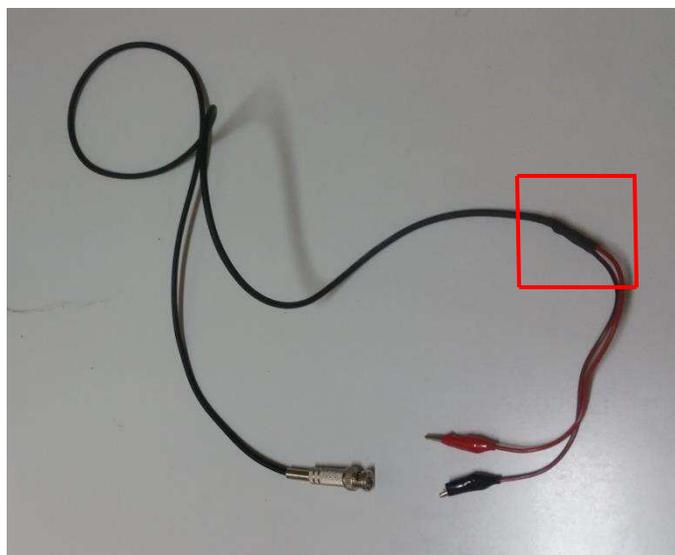
Figura 14 – Ponta de Prova enrolada conector BNC para garras jacarés.



Fonte: A autora.

Na Figura 14 é possível observar destacada a estratégia de junção dos dois tipos de cabos, na cor preta. Discreta e eficaz para preservar sua integridade e promover a segurança de sua utilização.

Figura 15 - Ponta de Prova conector BNC para garras jacarés.



Fonte: A autora.

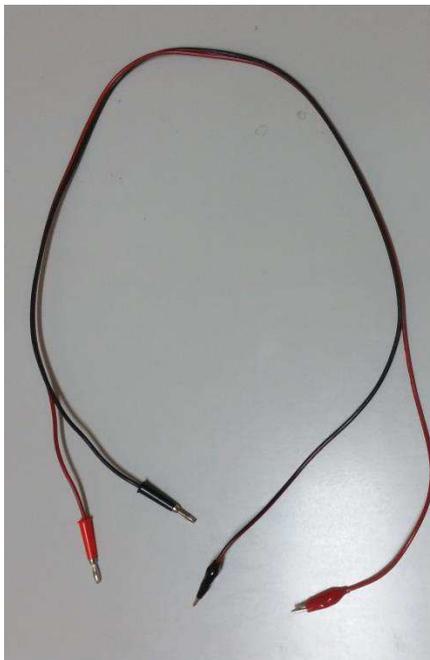
6.2 PONTAS DE PROVA BANANA/JACARÉ, E BANANA/BANANA

São pontas de provas mais simples e, conseqüentemente, mais utilizadas em laboratórios, por isso foram feitas em maior quantidade e projetadas em tamanhos um pouco menores, variando entre 90 cm e 1,20 m.

Com a ajuda de pinças e um tripé, é possível manuseá-los de forma a garantir uma solda sólida entre o fio e o conector. Técnicas de solda e desencapamento de fios foram bastante utilizadas.

A ponta de prova de terminais duplos pode ser bastante prática em algumas aplicações e, por isso, também foi confeccionada como mostrado na Figura 15.

Figura 16 – Ponta de Prova de terminais duplos.



Fonte: A autora.

Apesar da praticidade e maior organização proporcionada pela menor quantidade de fios utilizados durante um experimento, por esse esse motivo, ele pode não ser o mais adequado para um determinado teste, já que dois terminais condutores poderiam ser subutilizados e poderiam, inclusive, representar risco ao usuário. Pontas de provas simples

com os dois tipos de conectores, tanto banana quanto jacaré e nas cores preto e vermelho foram também produzidos pela estagiária.

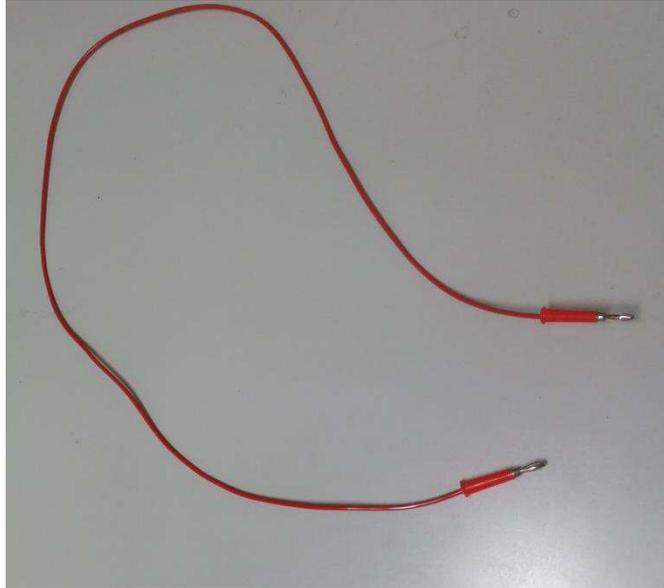
Na Figura 16 é possível observar uma ponta de prova vermelha cujos terminais são conectores do tipo banana e do tipo jacaré. Na Figura 17 tem-se um exemplo de uma ponta de prova vermelha do tipo banana/banana.

Figura 17 – Ponta de Prova vermelha conector banana para jacaré.



Fonte: A autora.

Figura 18 - Ponta de Prova vermelha conector banana para banana.



Fonte: A autora.

Os mesmos cabos foram fabricados pela estagiária também na cor preta como ilustrado na Figura 18 e na Figura 19, respectivamente.

Figura 19 - Ponta de Prova preta conector banana para jacaré.



Fonte: A autora.

Figura 20 - Ponta de Prova preta conector banana para jacaré.



Fonte: A autora.

Totalizando, foram dezoito cabos coaxiais de BNC para jacaré/jacaré; Cabos com terminais duplos de banana para jacaré somaram nove; Cabos simples banana para jacaré na cor vermelha contaram-se cinco e outros cinco do tipo banana para banana na mesma cor. Na cor preta, foram onze e cinco cabos, respectivamente. Adicionalmente ao trabalho proposto, alguns cabos foram reparados, entre eles, alguns são específicos para multímetro, cinco deles estão atualmente funcionando Outros 9 cabos para variadas finalidades também foram verificados e consertados.

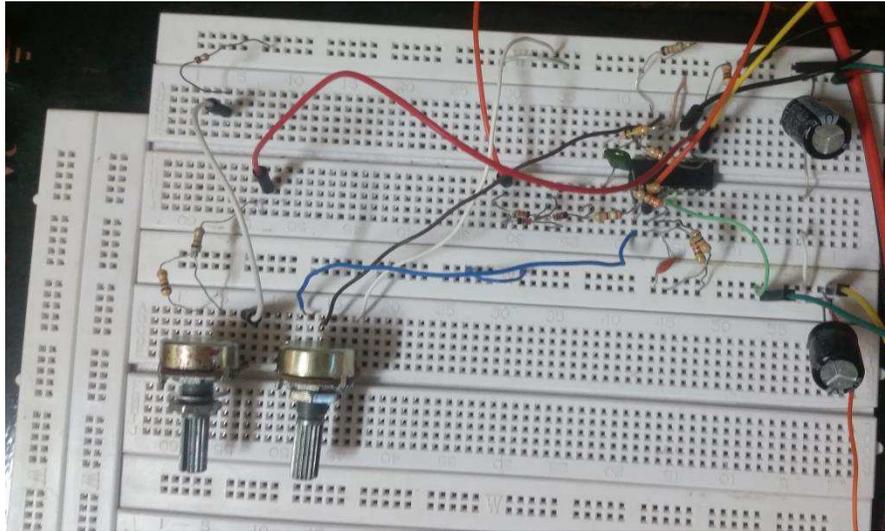
A fim de reaproveitar todo o material que o laboratório tinha disponível, evitando-se desperdício e sua subutilização, todo ele foi empregado nesta atividade. Ao final do trabalho, o LIMC possui 53 novas pontas de prova e mais 14 que foram reparados.

6.3 OSCILADOR SENOIDAL COM GANHO DE AMPLITUDE E NÍVEL CC

Visando substituir a necessidade de um Gerador de Sinais para execução de experimentos laboratoriais como forma de apoio a disciplinas da grade curricular, pensou-se na execução de um projeto de um oscilador senoidal. O projeto de um oscilador senoidal foi feito por etapas até atingir todas os parâmetros desejados, regulação de amplitude e nível CC. Desde o início, o projeto foi executado para gerar uma onda senoidal de aproximadamente 1 kHz. Ao decorrer do projeto, algumas adaptações nos parâmetros dos componentes foram necessárias para atender à disponibilidade de materiais aos quais a estagiária tinha acesso, sendo assim, a frequência de oscilação da onda senoidal gerada se aproxima do valor de 1 kHz definido inicialmente.

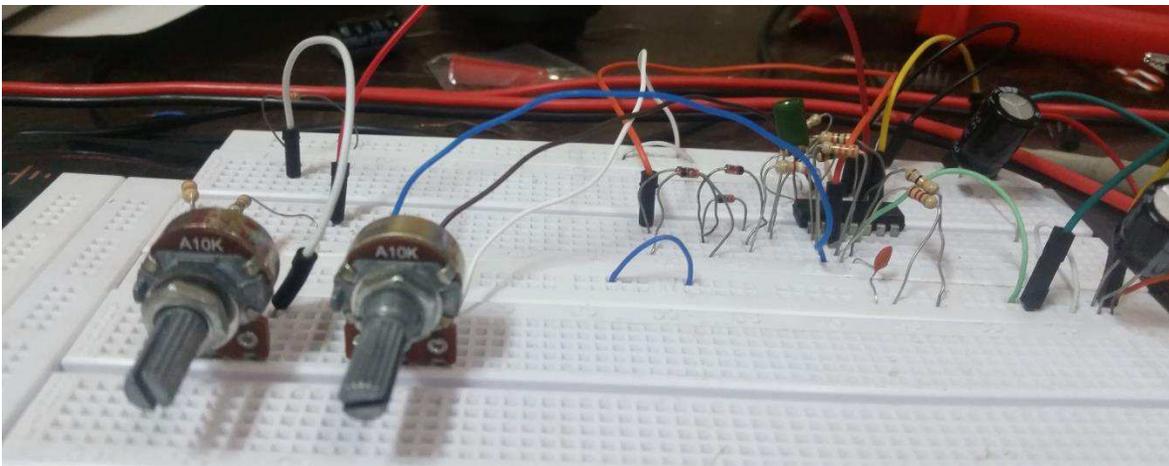
As Figura 20 e Figura 21 apresentam o resultado final da montagem do Oscilador Senoidal projetado na Figura 8. A lista de materiais contém dois potenciômetros, um de 10 k Ω , cuja função é controlar o ganho de amplitude e outro de 100 k Ω para ajustar o nível CC. Resistores de 100 k Ω ; 10 k Ω ; 2,2 k Ω ; 33 k Ω ; 3,9 k Ω ; 15 k Ω e 150 k Ω . Capacitores de 100 nF e 12 nF. Diodos 1N4148 totalizando quatro diodos e dois amplificadores operacionais. A ponte de diodos garante que o sinal irá oscilar na saída sem a necessidade de um potenciômetro extra.

Figura 21 – Montagem do circuito de um Oscilador Senoidal com ganho e nível DC ajustáveis.



Fonte: A autora.

Figura 22 – Montagem do circuito de um Oscilador Senoidal com ganho e nível DC ajustáveis sob outro ângulo.

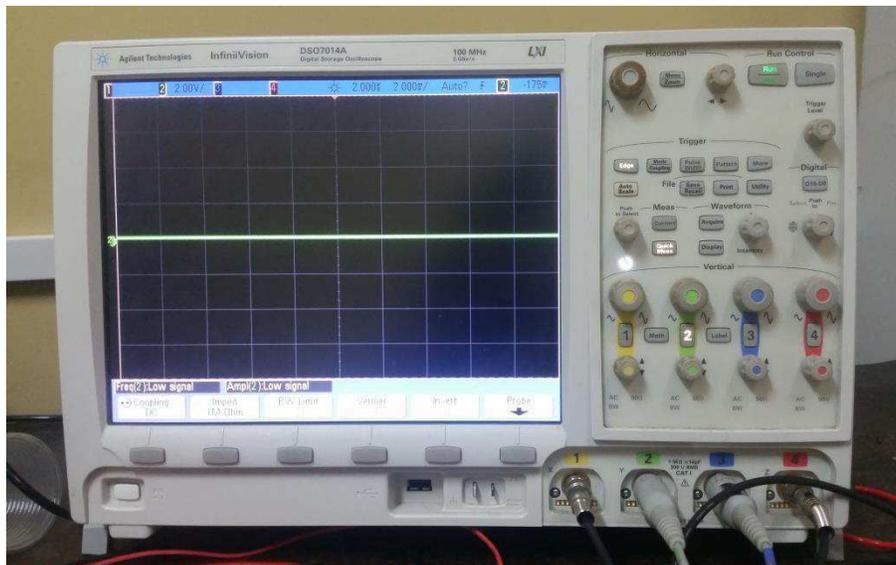


Fonte: A autora.

Uma verificação se o Oscilador projetado e montado atendia às especificações desejadas foi realizada através de uma análise do sinal de saída do Oscilador Senoidal. A análise só foi possível graças ao uso de um osciloscópio.

Com o potenciômetro na posição de ganho mínimo, o sinal de saída não oscila como observado na Figura 25.

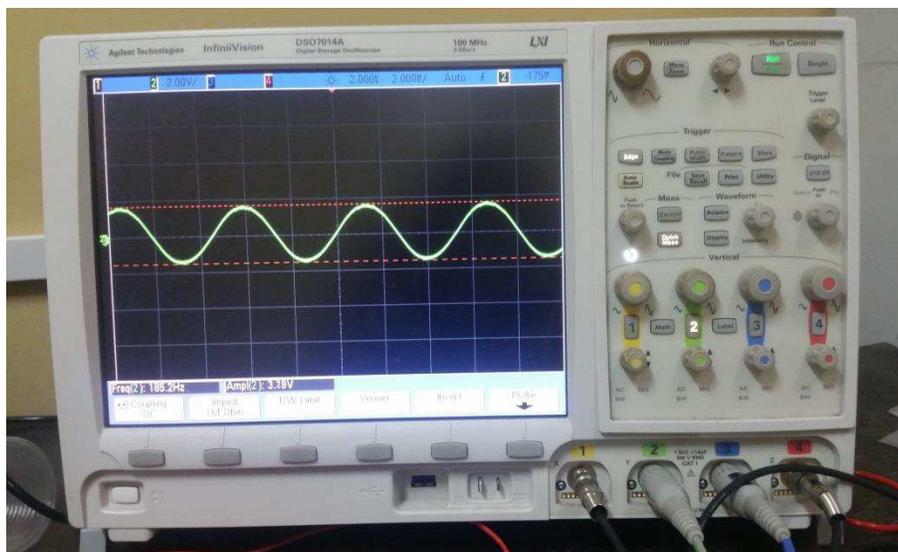
Figura 23 – Sinal de saída do Oscilador Senoidal para um ganho de amplitude mínimo ajustável.



Fonte: A autora.

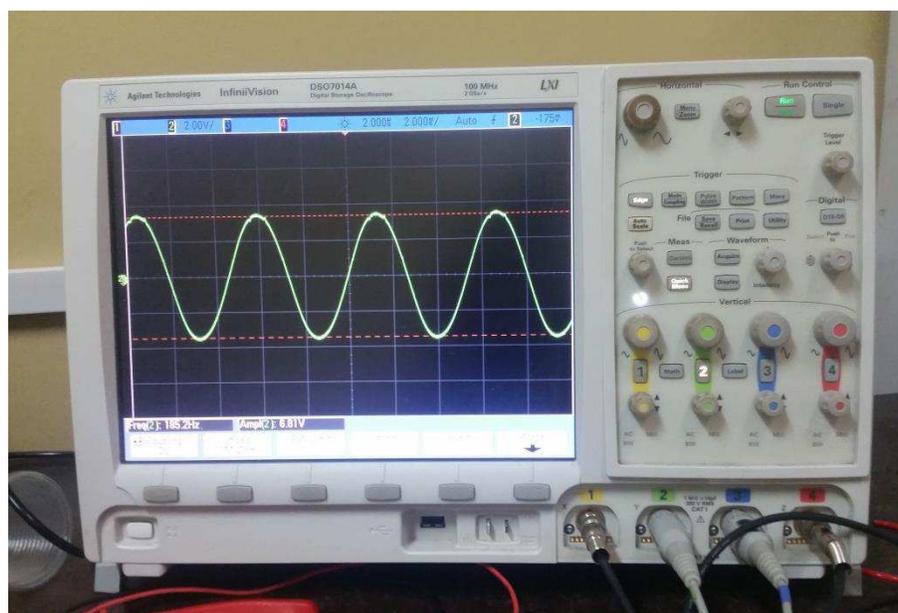
À medida que o ganho aumentado pelo controle do potenciômetro, é possível identificar um sinal senoidal em sua saída cuja amplitude aumenta proporcionalmente à posição do potenciômetro e consequente ganho como apresentado na Figura 26 e Figura 27.

Figura 24 - Sinal de saída do Oscilador Senoidal para um ganho de amplitude ajustável.



Fonte: A autora.

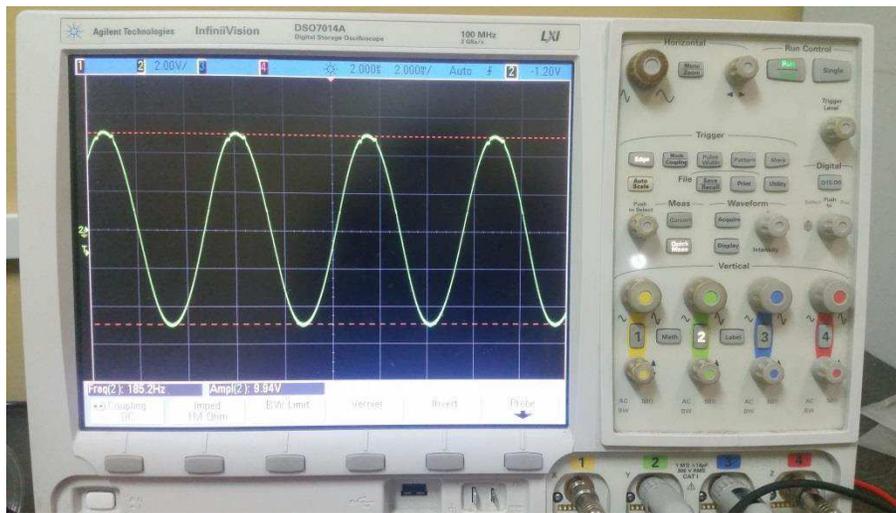
Figura 25 - Sinal de saída do Oscilador Senoidal para um ganho de amplitude ajustável.



Fonte: A autora.

Ao atingir a posição máxima, o valor de ganho máximo é aplicado ao sinal de saída. O sinal de saída com máxima amplitude possível para o Oscilador Senoidal projetado é observado na Figura 28.

Figura 26 – Sinal de saída do Oscilador Senoidal para um ganho de amplitude máximo.

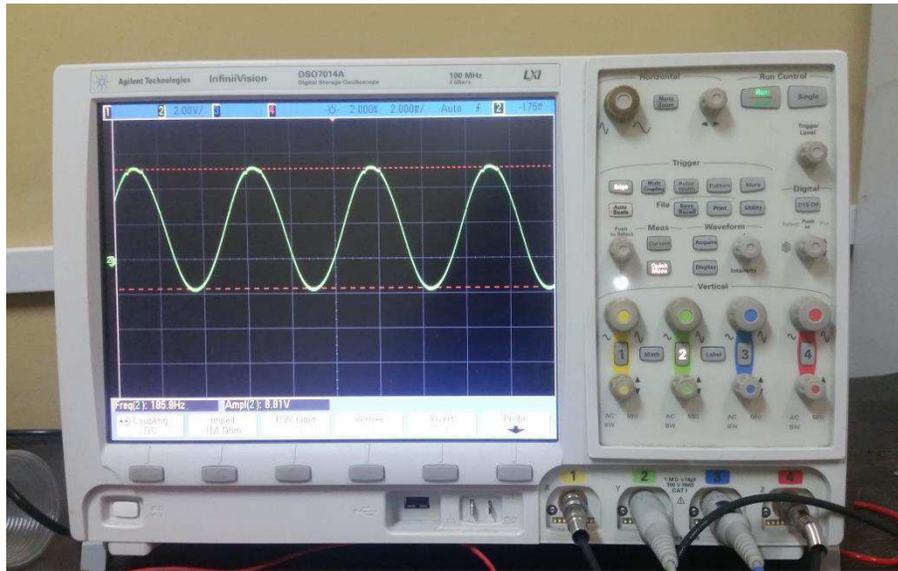


Fonte: A autora.

Confirmada a possibilidade de controlar a amplitude do sinal de saída do oscilador através de um potenciômetro, verificou-se na sequência se o segundo potenciômetro presente no circuito é realmente capaz de controlar o nível CC do sinal de saída.

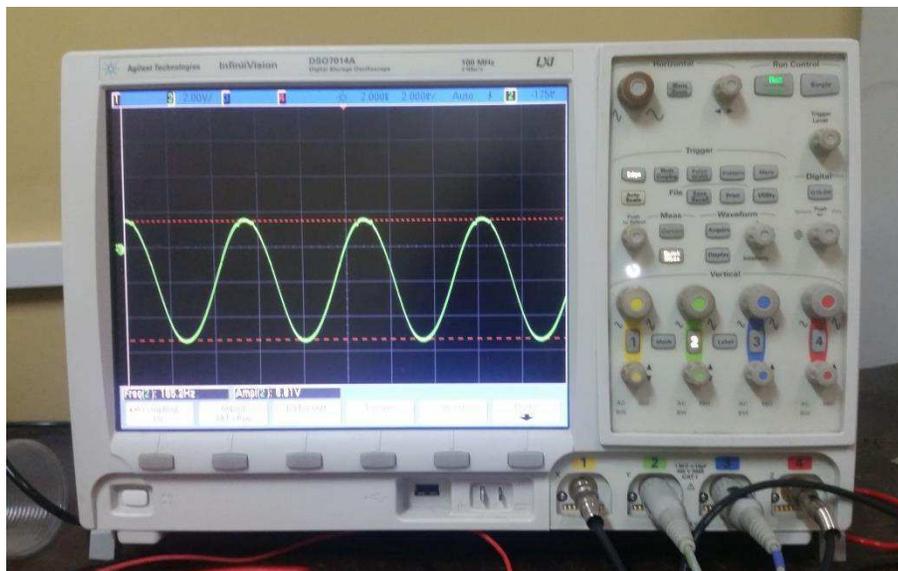
O nível CC máximo atingido pela onda senoidal é apresentado na Figura 29 e na Figura 30 observa-se o nível CC mínimo possível de ser regulado. O circuito foi pensado para garantir que não haja saturação em ambos pontos de nível CC.

Figura 27 – Sinal de saída do Oscilador Senoidal para um ganho constante e nível CC máximo.



Fonte: A autora.

Figura 28 – Sinal de saída do Oscilador Senoidal para um ganho constante e nível CC mínimo.



Fonte: A autora.

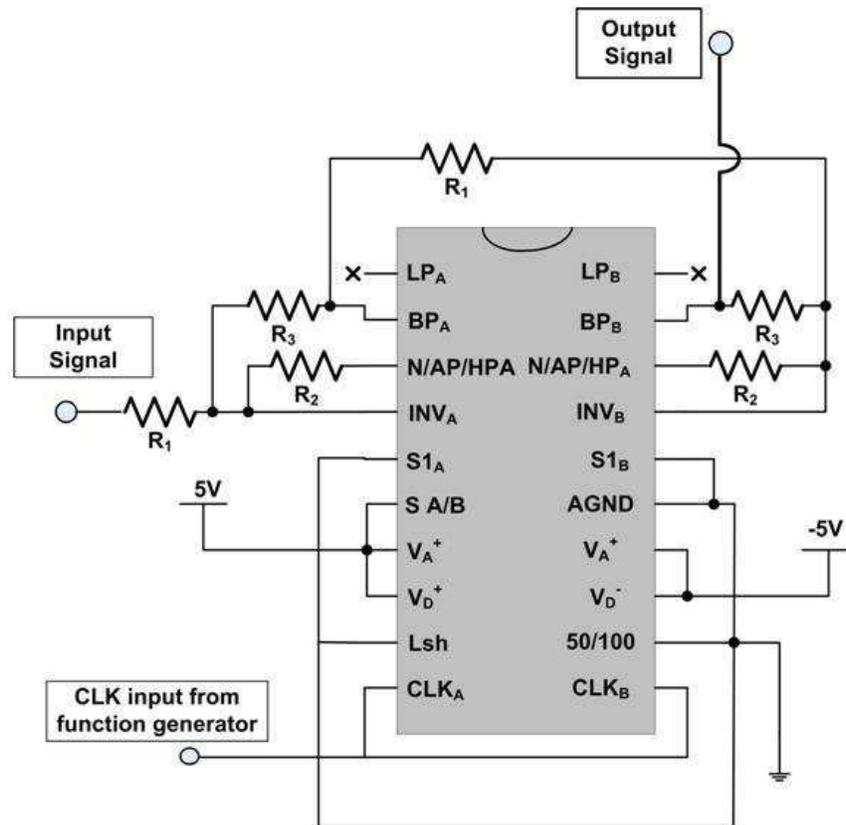
6.4 FILTRO PASSA-FAIXA

Seguindo o esquema sugerido pelo Datasheet da *National Semiconductor* do circuito integrado LMF100, para obtenção de um Filtro Passa-Faixa de segunda ordem apresentado na figura 1, e verificando a funcionalidade de cada um dos pinos, verificou-se inicialmente a operacionalidade desse filtro, para em seguida, implementar o projeto de um filtro de maior ordem, no caso o filtro passa faixa de quarta ordem.

De maneira simplificada, a Figura 23 mostra o layout do circuito seguido para implementação de dois filtros Passa-Faixa de segunda ordem conectados em cascata a fim de obter um único filtro Passa-Faixa de quarta ordem.

As resistências são importantes para determinar o fator de qualidade do filtro e seu ganho em amplitude, como explicitado pelas equações (18) e (19). Já o sinal de clock é um sinal de pulsos quadrados gerado pelo gerador de sinais na frequência de 100 Hz e amplitude de 4 V.

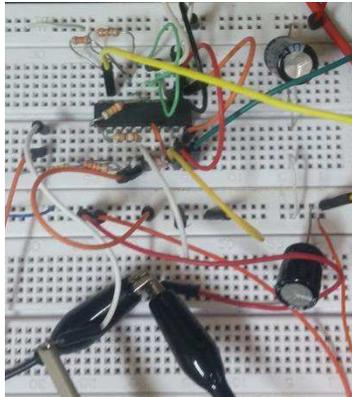
Figura 29 – Layout do circuito de um Filtro Passa-Faixa de 4ª ordem usando o circuito integrado LMF100.



Fonte: NxR Neuroscience and Robotics Lab. Disponível em:
http://hades.mech.northwestern.edu/index.php/Filtering_with_the_LMF100. Acesso
em outubro de 2018.

O circuito montado de um filtro Passa-Faixa com frequência central regulável é apresentada na Figura 24.

Figura 30 – Montagem de um circuito de um filtro Passa-Faixa a capacitores chaveados LMF100.

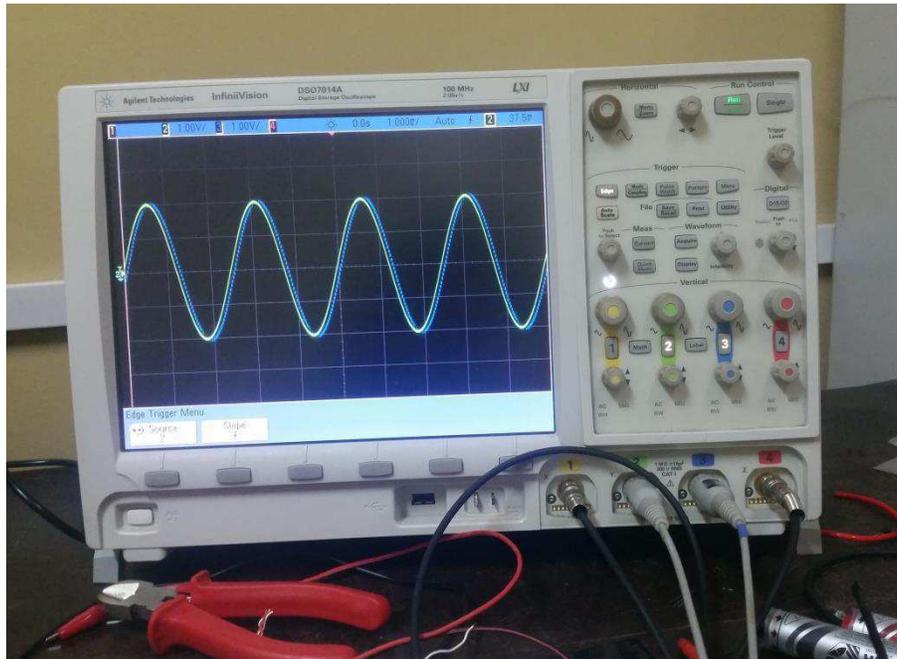


Fonte: A autora.

A fim de validar o correto funcionamento do Filtro Passa-Faixa projetado, a metodologia utilizada foi comparar com a ajuda de um osciloscópio os sinais de entrada e saída. Sabe-se que, pelo princípio de funcionamento de um filtro, componentes de frequência diferentes da frequência central do filtro devem ser anuladas, estando presente na saída apenas componentes com frequências correspondentes.

Inicialmente, um sinal de mesma frequência da frequência central do filtro Passa-Faixa foi aplicado à entrada. O sinal verde é o sinal presente na entrada do circuito e o sinal azul trata-se do sinal filtrado. Para este caso, espera-se que a saída seja igual à entrada, resultado que pode ser confirmado pela Figura 31.

Figura 31 – Representado pela cor verde, o sinal de entrada do filtro Passa-Faixa e, em azul, o sinal filtrado presente em sua saída pra uma frequência central igual à frequência do filtro.

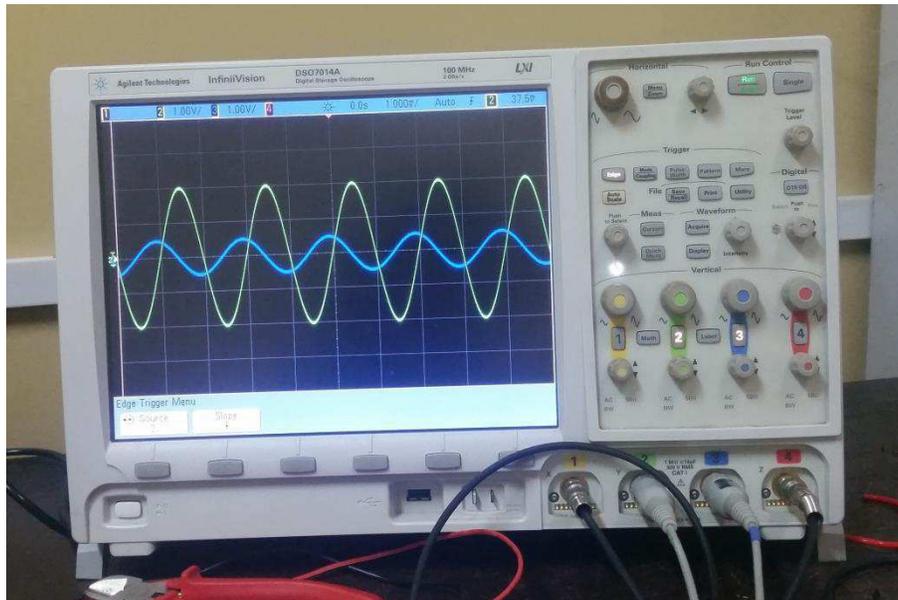


Fonte: A autora.

Primeiramente, foi executado o projeto de um filtro Passa-Faixa de segunda ordem, para facilitar a implementação. Verificada sua funcionalidade, para melhorar a qualidade do filtro aumentando sua ordem, é necessário apenas conectar em cascata outro filtro de segunda ordem como mostrado na Figura 23.

A Figura 32 comprova a atenuação do sinal da saída (azul) quando a entrada não possui a mesma frequência da frequência central do filtro.

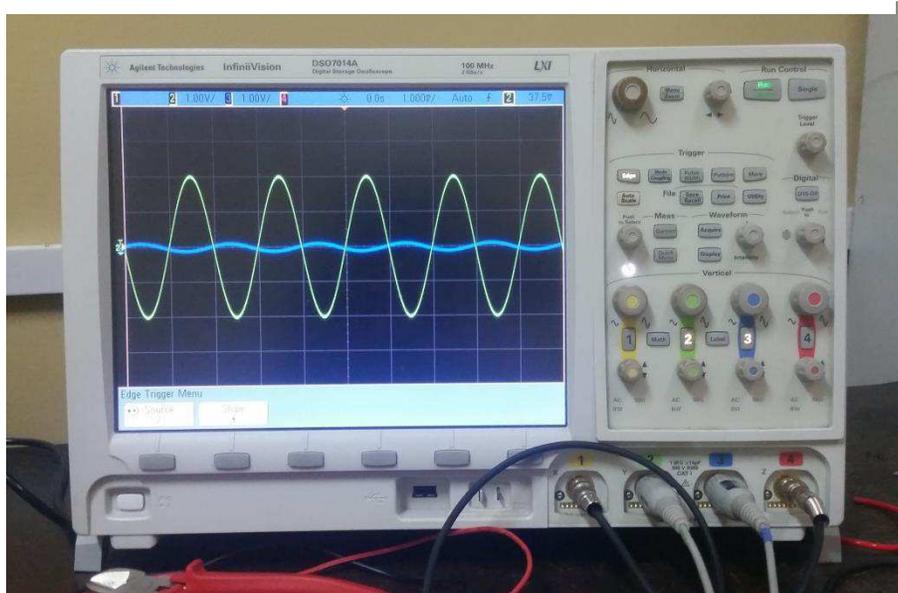
Figura 32 – Sinais de entrada (verde) e saída (azul) do Filtro Passa-Faixa de 2ª ordem para uma frequência central diferente da frequência do sinal de entrada.



Fonte: A autora.

Uma maior atenuação do sinal de saída foi possível ao conectar em cascata outro filtro de segunda ordem, formando, assim, um filtro Passa-Faixa de 4ª ordem. Quanto maior a atenuação para frequências fora da faixa de frequências do filtro, melhor sua qualidade. A atenuação desejada é a máxima possível e pôde ser obtida de acordo com a Figura 33.

Figura 33 – Sinais de entrada (verde) e saída (azul) do Filtro Passa-Faixa de 4ª ordem para uma frequência central diferente da frequência do sinal de entrada.



Fonte: A autora.

7 CONCLUSÃO

Neste Relatório de Estágio supervisionado abordou-se algumas das atividades desenvolvidas no Laboratório de Instrumentação e Metrologia Científicas da UFCG. A carga horária de 201 horas foi planejada e cumprida atendendo aos padrões de funcionamento do laboratório, à hierarquia estabelecida dentro do projeto, e ao máximo dos objetivos propostos pelo supervisor do estágio.

O estágio foi extremamente enriquecedor e importante por proporcionar a oportunidade de se trabalhar alinhado com experiências práticas e básicas das atividades laboratoriais, e assim vivenciar aspectos práticos atuando na manutenção da estrutura laboratorial. O trabalho em equipe também permitiu a convivência com uma equipe diversificada composta por indivíduos de diferentes níveis, proporcionando uma interessante consolidação e aquisição de conhecimentos específicos da Engenharia Elétrica. Os materiais confeccionados estão disponibilizados para os pesquisadores do laboratório e tem como objetivo principal auxiliar disciplinas como Circuito para Comunicações e atividades de Extensão.

O discente foi capaz de alcançar seus objetivos com a realização do estágio, colocar em prática os seus conhecimentos teóricos, adquirindo experiência e aperfeiçoando sua desenvoltura no âmbito profissional. Os resultados obtidos ao fim das atividades atenderam às expectativas, aproximando o discente de seus interesses profissionais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

OLIVEIRA, Paola; Relatório Técnico – Conectividade – Cabo Coaxial, 2013

LMF100 High Performance Dual Switched Capacitor Filter Datasheet. Literature Number: SNOSBG9A. Texas Instruments.

NxR Neuroscience and Robotics Lab. Disponível em: http://hades.mech.northwestern.edu/index.php/Filtering_with_the_LMF100. Acesso em outubro de 2018.

GRAVES, Michael; *The Complete Guide to Networking and Network+*; THOMSON Delmar Learning, 2003.

HALLAS, Joel R.. *Care and Feeding of Transmission Lines*. Newington, CT: American Radio Relay League. ISBN 978-0872594784, 2012.

SILVA, Marcus; FILHO, Rogério; ANDRADE, Fabíola; Oscilador Senoidal, 2003.

SEDRA, Smith; *Microelectronics Circuits*, 7ª edição, 2004.

VAN VALKENBURG, Mac; *Analog Filter Design*, 1982.