

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Santa Catarina

Engenharia de Telecomunicações

Disciplina: Sistema de Comunicação I

Orientador: Pedro Armando da Silva Jr, Ramon Mayor Martins, Elen

Macedo Lobato

Aluno: Alline Silva Domingos, Paula Cristina Grandó

LABORATÓRIO RÁDIO GALENA

São José, 22 de novembro de 2017

SUMÁRIO

1. HISTÓRIA	1
2. CONCEITOS BÁSICOS	2
2.1 CIRCUITO TRANSMISSOR BÁSICO.....	2
2.2 MODULAÇÃO.....	2
2.3 ANTENA.....	3
2.4 ONDAS ELETROMAGNÉTICAS.....	4
3. MATERIAIS NECESSÁRIO PARA A MONTAGEM	5
3.1 MATERIAIS NECESSÁRIOS PARA A CONSTRUÇÃO DO RÁDIO.....	5
3.2 MATERIAIS NECESSÁRIOS PARA A CONSTRUÇÃO DA BOBINA.....	5
3.3 MATERIAIS CONFECÇÃO ANTENA.....	5
3.4 CONTRUÇÃO DOS COMPONENTES.....	5
3.4.1 Bobina.....	5
3.4.2 Seletor.....	7
3.4.3 Diodo.....	7
3.4.4 Cabos (Antena e Terra).....	7
3.4.5 Conexão para Fone de Ouvido.....	7
3.4.6 Base.....	7
3.4.7 Antena.....	9
3.5 MONTAGEM.....	9
4. FUNCIONAMENTO DO RÁDIO GALENA	10
4.1 RECEPÇÃO.....	10
4.2 SINTONIA.....	10
4.3 DETECÇÃO DE SINAL/DEMODULAÇÃO.....	10
4.4 REPRODUÇÃO.....	10
5. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS	11

1. HISTÓRIA

O início para as inúmeras pesquisas na área de transmissão e recepção de sinais, se deu a partir da comprovação teórica da provável existência das ondas eletromagnéticas feita por James Clerk Maxwell em, 1863^[1].

Em 1887, Henrich Rudolph Hertz teria sido o primeiro a construir um aparelho semelhante ao rádio^[2], o aparelho era capaz de fazer com que faíscas carregadas eletricamente se deslocassem entre dois pontos, que ficaram conhecidas como ondas hertzianas. Comprovando assim a existência das ondas eletromagnéticas previstas teoricamente por James Maxwell^[3].

Apesar de inovador para a época, os rádio desenvolvidos até então permitiam apenas a transmissão de códigos/sinais^[4]. Todavia diversos pesquisadores de diferentes regiões do mundo, começaram a estudar um modo que fosse capaz de transmitir a voz humana por meio das ondas hertzianas. Em 1896, Guglielmo Marconi, conseguiu demonstrar transmissões de informações sem a utilização de fios entre telégrafos^[5]. Porém em Nova Iorque, o cientista Nikola Tesla apresentou seus estudos sobre as emissões de informações através de ondas eletromagnéticas. Apesar de ter conseguido as primeiras patentes de rádio em 1900, três anos depois de encaminhar o pedido inicial, Tesla teve os seus direitos pelo Departamento de Patentes dos Estados Unidos, que reviu decisões anteriores e transferiu para Guglielmo Marconi a autoria da invenção do rádio^[6].

Em 1896, surgiu o primeiro rádio que fazia o uso do mineral conhecido como galena como semicondutor, o detector de cristal foi patenteado por um coronel do exército norte-americano, H. H. C. Dunwoody. O rádio consistia em um fragmento de galena (sulfeto de chumbo natural), que se ligava a uma antena por meio de um arame fino. Todo o som transmitido pelo transmissor era captado pela antena, passava pelo cristal ou pedra de galena antes de poder ser ouvidas.

A função da pedra de galena nesse sistema era separar a radiofrequência da parte de modulação, fazendo com que chegasse ao fone de ouvido apenas o áudio. Com o passar do tempo, houve a necessidade de sintonizar diversas frequências, e foi necessário acrescentar ao circuito um capacitor variável e indutor variável (bobina) que conseguiam sintonizar mais de uma estação.

Atualmente, substituiu-se a pedra de galena por semicondutores(diodos) de germânio ou silício. Entretanto, modelos de receptores caseiros, continuam sendo chamado "radio-galena", mesmo que o semicondutor utilizado seja outro.

2. CONCEITOS BÁSICOS

2.1 CIRCUITO TRANSMISSOR BÁSICO

O rádio de galena é um dos receptores mais simples de modulação AM. Ele demanda o uso uma antena de grande extensão (tipicamente 15 m) de fio cru, um circuito ressonante formado por uma bobina e um capacitor, em que um deles é variável sintonizado na frequência AM de interesse, passando por um circuito retificador (formado pelo diodo de galena) associado com um circuito "passa-baixa" do tipo RC (resistor-capacitor) que filtra as altas frequências. O sinal sintonizado, retificado e filtrado é transmitido diretamente a um transdutor de alta impedância do tipo transdutor de cristal como monofone (alto-falante). O rádio de galena não necessita de fonte de energia para produzir som audível no monofone pois toda a energia é captada pela antena de grandes dimensões, tipicamente de 1/2, 1/4 e 1/8 do comprimento de onda a ser sintonizado.^[7]

Quando há apenas uma estação de rádio transmitindo, não há necessidade de sintonizar a frequência. Porém com o crescimento do número de estações de rádio, foi necessário acrescentar ao circuito um capacitor variável e uma bobina, para que fosse possível sintonizar mais de uma emissora de rádio.

2.2 MODULAÇÃO

Modulação é o processo na qual o transmissor adiciona a informação à um sinal periódico, conhecido como portadora, para que a informação seja transmitida. A técnica de modulação permite alterar características de um sinal analógico de acordo com a informação a ser transmitida. As características que podem ser alteradas são: amplitude, fase e frequência.

No rádio galena o sinal modulado captado pela antena é a modulado em amplitude, esse tipo de modulação chamamos de Modulação AM. Esta é a forma de modulação que altera a amplitude de um sinal senoidal, chamado portadora, esta varia em função do sinal de informação, que é o sinal modulador. As demais características da portadora, como a frequência e a fase são mantidas constantes.

Na figura 1, é possível observar como a modulação altera a amplitude do sinal da portadora conforme o sinal de informação a ser transmitido.

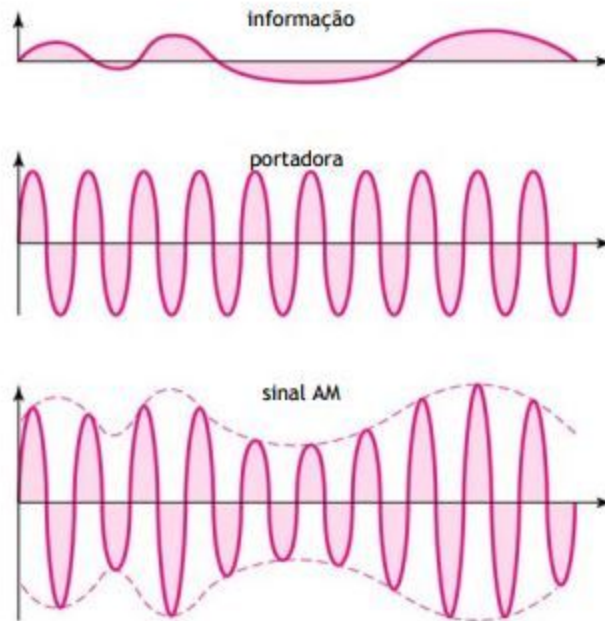


Figura 1: Modulação em AM

Fonte: [8]

Para recuperar a informação original o receptor faz o processo reverso, conhecido como demodulação^[8].

2.3 ANTENA

É um dispositivo metálico capaz de captar e emitir informações através de ondas eletromagnéticas. Quando ligada a um transmissor converte sinais elétricos em ondas eletromagnéticas. E se for ligada a um receptor, capta as ondas eletromagnéticas e as convertem em sinais elétricos.

As ondas eletromagnéticas viajam através do espaço em todas as direções, porém cada onda carrega informações diferentes, para distinguir as informações contida em cada onda é necessário fazer diferentes combinações entre duas grandezas, frequência e o comprimento de onda a fim de diferenciar uma onda de outra. Sendo assim mesmo que

chegue uma infinidade de ondas a antena receptora, ela irá captar apenas as ondas que estão na faixa de frequência sintonizada^[9].

Como dito anteriormente, a frequência e o comprimento de onda são duas características das ondas eletromagnéticas. A frequência é o número de oscilações produzidas pelos campos elétrico e magnético durante o intervalo de um segundo, e o comprimento de onda é a distância entre valores iguais sucessivos em um padrão de onda. É usualmente representado pela letra grega lambda (λ).^[10]

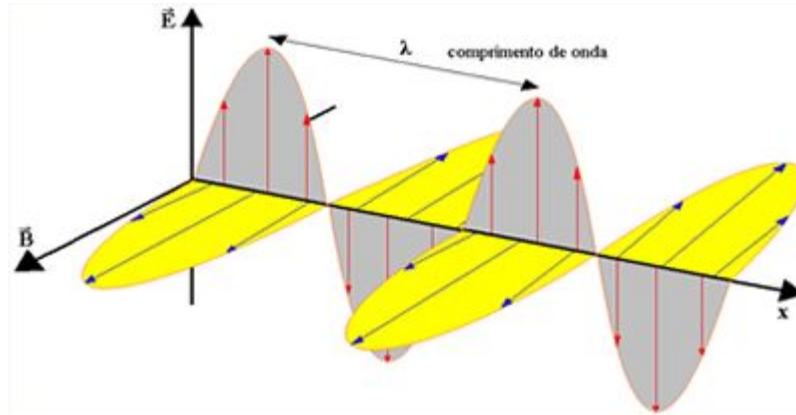


Figura 2: Comprimento de onda.

Fonte: [10]

Pode-se ter diversas antenas, dependendo da sua aplicação e do seu formato, uma vez que essas características físicas estão relacionados com a frequência do sinal que queremos captar. As mais comuns são as Yagi - Uda, Dipolo Meia Onda, Dipolo Dobrado, Antenas Omnidirecionais, Antena plano Terra (Marconi), entre outras^[11].

A antena de transmissão de rádio AM, normalmente é uma Antena Plano terra - monopolo e trabalha na frequência de 535 KHz a 1.7 MHz, com o comprimento de onda igual a $\lambda/4$. Elas possuem uma grande mastro, onde normalmente essa estrutura é a própria antena^[12].

Já a antena receptora de rádio AM, pode ser uma Dipolo Básica, que é constituída por basicamente por duas hastes condutoras, onde o comprimento físico das hastes é igual ao comprimento de onda.

2.4 ONDAS ELETROMAGNÉTICAS

As ondas eletromagnéticas são emitidas por partículas eletricamente carregadas quando são aceleradas ou desaceleradas. Essa oscilação das partículas, faz com que se dê origem a campos magnéticos, que por sua vez, dão origem a campos elétricos, assim como a variação de fluxo de campos elétricos dá origem a campos magnéticos. Essa interação é responsável pelo surgimento das ondas eletromagnéticas e sua propagação^[13]. Os campos elétricos e o magnético são perpendiculares entre si e também perpendiculares à direção de propagação da onda^[14].

As ondas eletromagnéticas são classificadas quanto à frequência ou o comprimento de onda, constituindo assim o espectro eletromagnético. Vale ressaltar que a luz visível constitui apenas uma pequena parte do espectro^[15].

O processo de emissão de ondas eletromagnéticas pode ser realizado quaisquer estruturas, porém é mais comum emitir e captar ondas eletromagnéticas, através de antenas emitem com maior eficiência.

3. MATERIAIS NECESSÁRIO PARA A MONTAGEM

3.1 MATERIAIS NECESSÁRIOS PARA A CONSTRUÇÃO DO RÁDIO

- Uma base de madeira, com dimensões de 22x25cm;
- Um diodo germânio/silício;
- Uma cápsula ou fone de ouvido;
- Bobina;
- Antena;
- Estanho para solda dos fios;
- Cabos e fios de cobre ;
- Conectores banana (macho e fêmea);
- Furadeira;
- Martelo;
- Pregos;
- Broca 3mm;
- Ferro de solda;

3.2 MATERIAIS NECESSÁRIOS PARA A CONSTRUÇÃO DA BOBINA

- Fios esmaltados;
- Um cano de PVC, com 3 cm de diâmetro e 9 cm de comprimento;
- Fita Crepe;
- Lixa nº 150;

3.3 MATERIAIS CONFECÇÃO ANTENA

- 20m de fio de cobre
- Um conector jacaré

3.4 CONTRUÇÃO DOS COMPONENTES

3.4.1 Bobina

Para construir a bobina é necessário enrolar 120 voltas de fio de cobre esmaltado em torno de um pedaço de cano de PVC aproximadamente 32mm de diâmetro. Os fios devem ficar próximos uns dos outros, porém sem se sobreporem. Para evitar que a bobina se desfaça, é necessário que a primeira e a última volta sejam fixadas ao tubo com fita crepe. Deixe um pedaço de 10 cm de fio em cada extremidade, para fazer as devidas ligações com o restante do circuito. Como o cobre é esmaltado, para que seja possível fazer o contato é necessário fazer a retirada do esmalte do fio, para isso lixe as pontas. Após lixado, solde dois conectores banana em ambas as extremidades. É necessário também que seja lixado cerca de 2cm de largura ao longo de todo o comprimento da bobina, pois essa faixa servirá para fazer contato elétrico com seletor, que por sua vez é responsável por sintonizar uma estação de rádio.

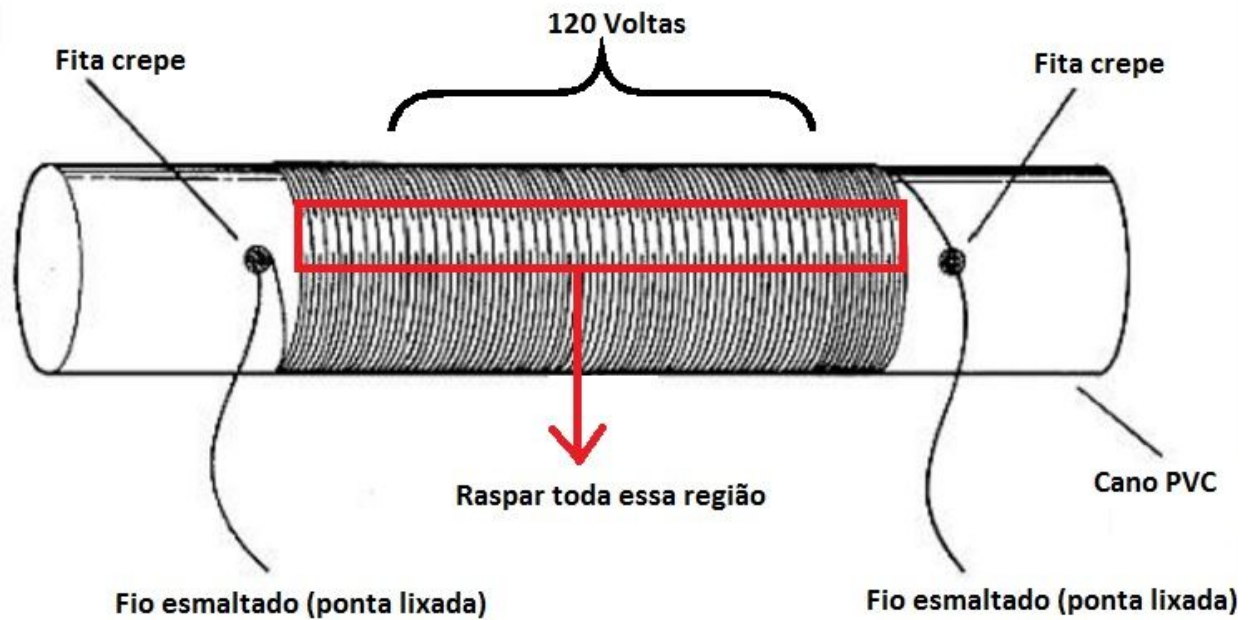


Figura 3: Detalhes da confecção da bobina. Fonte: Autor

3.4.2 Seletor

O seletor tem como base para a sua construção um fio rígido de 3mm de diâmetro e 12cm de comprimento. Com o auxílio de um alicate de corte, desencape ambas as extremidades do fio e as lixe. Em uma das pontas solde um cabo flexível e passe fita isolante em torno dessa ligação.

Desencape a outra ponta do cabo flexível e solde o conector banana, que depois será conectado ao circuito.

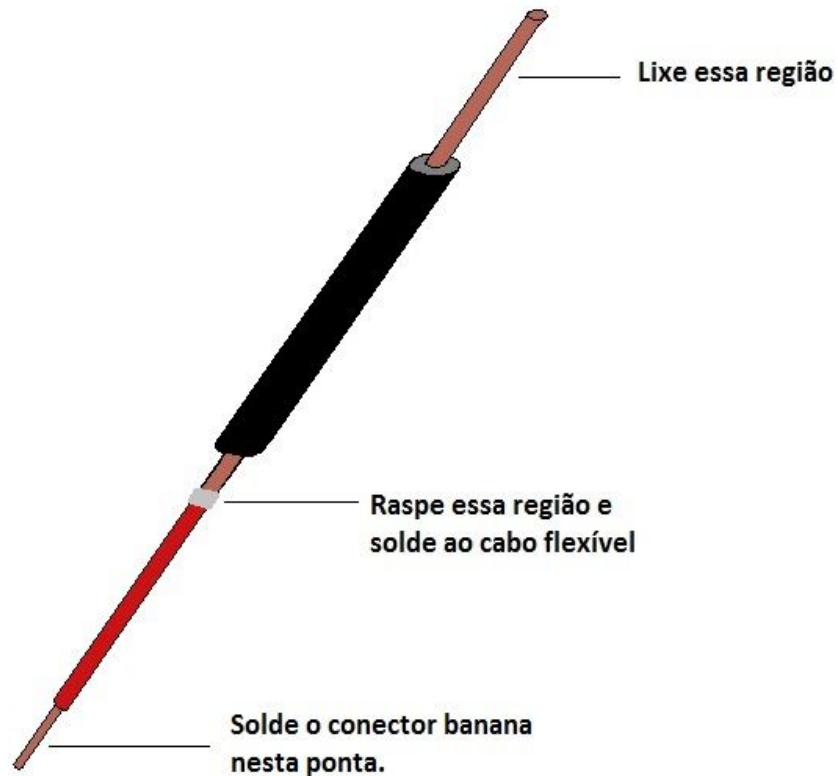


Figura 4: Detalhes da confecção do seletor. Fonte: Autor

3.4.3 Diodo

O diodo usado para essa experiência foi o diodo de silício e o de germânio, ambos apresentam um bom funcionamento. Com o diodo correto em mãos, você deve soldar um fio flexível em cada extremidade do componente, e que por sua vez devem ser soldados ao conector banana. Lembre-se que este componente possui polaridade, sendo necessário que este seja conectado ao circuito de forma correta para o perfeito funcionamento do componente.

3.4.4 Cabos (Antena e Terra)

Para que a antena e o terra integrem-se ao circuito, é necessário construir dois cabos, e em uma de suas extremidades deve-se soldar um conector banana e na outra desencapar.

3.4.5 Conexão para Fone de Ouvido

Assim como no caso do diodo, é necessário apenas soldar dois cabos flexíveis nas extremidades do conector do fone, e um conector banana em cada uma das extremidades

3.4.6 Base

Para fixar os elementos do circuito foi utilizada uma base de madeira de 22x25cm, 9 bornes banana fêmea e dois suportes de 2,5x 3,5cm. Para fixar os bornes, é necessário perfurar a madeira. Os dois suportes são usados para apoiar a bobina, logo a distância entre eles é relativa ao comprimento da bobina. Para a fixação dos mesmos, a melhor forma encontrada foi pregá-los a base, uma vez que o prego nos permite ter uma flexibilidade melhor caso ocorra pequenos erros de medição do comprimento da bobina.

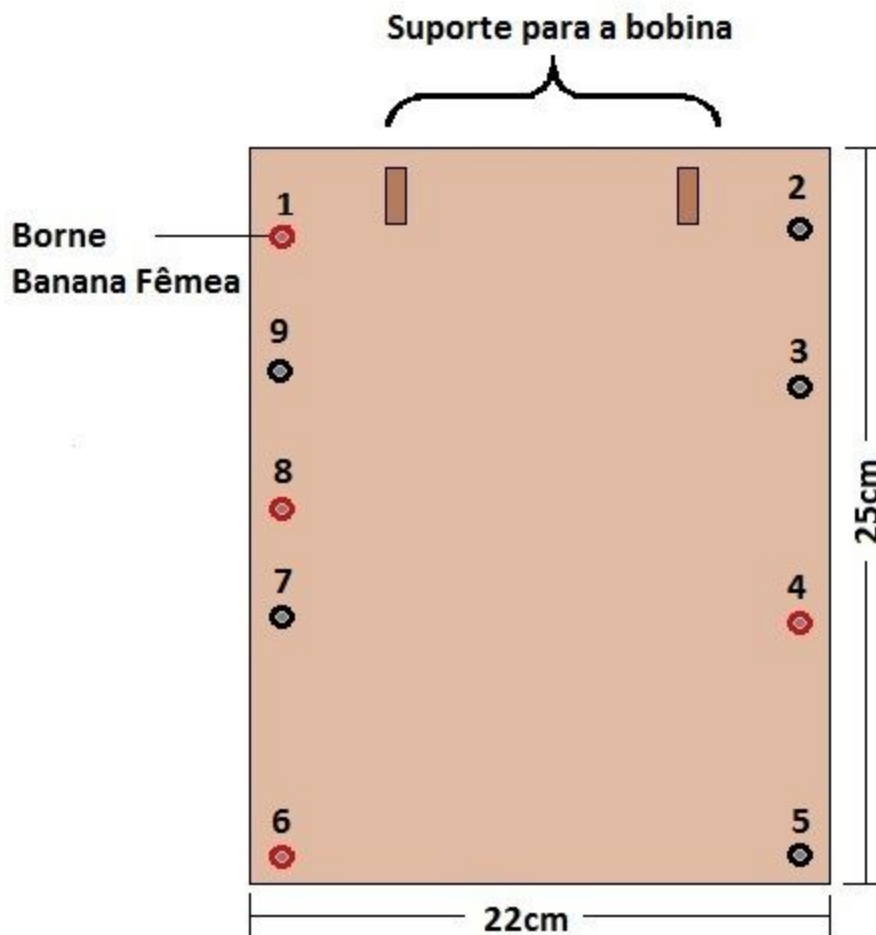


Figura 5: Vista frontal da base. Fonte: Autor

Para fazer as ligações, foi feita conexões na parte traseira, e as demais conexões são feitas conectando os elementos desenvolvidos acima na base. Para saber como conectar, siga o modelo exposto na figura 6.

Foi adicionado suportes na parte traseira para evitar que os parafusos dos bornes danificassem as superfícies durante o manuseio do rádio.

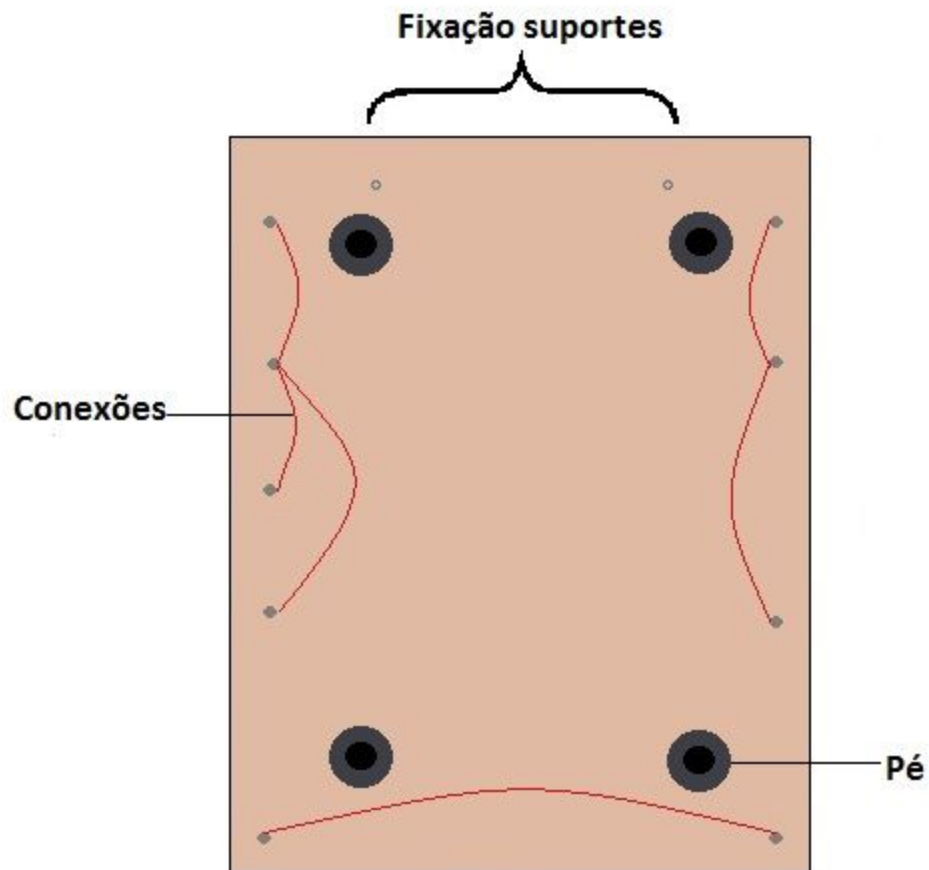


Figura 6: Vista traseira da base. Fonte: Autor

3.4.7 Antena

Estenda o fio de cobre em uma área aberta a uma boa altura do chão, pelo menos uns 5m, para que seja possível o funcionamento do rádio de galena, é necessário que chegue sinais de rádios AM naquela localidade.

Após instalada a antena, lixe umas das pontas e solde o conector jacaré para facilitar a conexão da antena ao rádio.

3.5 MONTAGEM

Após todos os componentes do rádio feitos é necessário montá-los na base, deste modo todas as conexões necessárias estarão sendo feitas.

Encaixe sua bobina o suporte confeccionado para ela, conecte um conector banana no *borne 1* e o outro conector banana no *borne 2*. Feito isso, conecte o diodo ao circuito, é necessário lembrar que o diodo tem polaridade, sendo necessário conectar o catodo no *borne 4* e o anodo no *borne 5*. Nos *bornes 6 e 7*, conecte o fone de ouvido. Por sua vez o seletor é conectado no *borne 8*.

O conector da antena é conectado no *borne 9*, e o conector do terra no *borne 3*.

4. FUNCIONAMENTO DO RÁDIO GALENA

4.1 RECEPÇÃO

As ondas eletromagnéticas são enviadas de uma estação de rádio e são recebidas pela antena e entregues ao circuito através de um cabo coaxial que conecta ambos.

Ao chegar no circuito do rádio de galena o sinal captado pela antena passa pela bobina

4.2 SINTONIA

Conforme a *equação 1*, ao alterar o valor de indutância, ao alterarmos o valor de indutância, ou seja, alterarmos o tamanho da bobina, a frequência é alterada.

$$f = \frac{1}{2*\pi*\sqrt{LC}} \quad (1)$$

Para que o tamanho da bobina seja alterado é utilizado o seletor. Ao passarmos o seletor pela região da bobina que foi lixada, o seletor interrompe o fluxo de corrente de modo que para o sistema aquela bobina pareça de menor comprimento.

4.3 DETECÇÃO DE SINAL/DEMODULAÇÃO

Na modulação AM, a informação está contida na envoltória do sinal e para ser identificar qual informação que está contida no sinal que chegou até a antena, é necessário fazer o processo reverso a modulação, a de demodulação.

O processo de demodulação utilizado no rádio de galena é p demodulador conhecido como detector de envoltória. A detecção de envoltória consiste em passar o sinal modulado

por um dispositivo não -linear, seguido de uma filtragem para eliminar as altas frequências. No rádio descrito acima, esse circuito é composto pelo indutor, diodo e o fone de ouvido^[16].

4.4 REPRODUÇÃO

O sistema de recepção pode captar diversas ondas de rádio-difusão através da antena, porém para que ocorra a reprodução do som, além de captar as ondas de rádio é necessário que ocorra, a sintonização, a retificação, a filtragem do ruído.

Após recebida as ondas eletromagnéticas, é necessário sintonizar uma determinada estação, para isso é necessário que a bobina esteja ligada por um lado pela antena e, por outro, à terra, e com o seletor alteramos o comprimento da bobina, de modo a reduzir ou aumentar o número de voltas.

Após sintonizada uma estação, é necessário retificar o sinal sintonizado, para isso é necessário que o sinal captado passe por um diodo de germânio/silício, para que a apenas a parte positiva da onda seja enviada ao fone. Porém essa parte positiva possui alguns ruídos inseridos pelo meio, para isso é necessário que o sinal passe por um capacitor antes de ser reproduzido pelo fone.

Atualmente os fones de ouvido já vem com um capacitor embutido internamente, dessa forma ao conectar o fone no sistema, o seu sinal já será filtrado. Somente após as ondas eletromagnéticas passarem por todas essas mudanças é que o sinal elétrico chega ao fone de ouvido. Porém para ser reproduzido pelo fone de uma forma audível, é necessário que o fone de ouvido transforme os sinais elétricos em ondas sonoras. Isso ocorre da seguinte forma, o fone de ouvido capta os sinais elétricos, e os envia a uma bobina que ele tem internamente. Ao circular corrente na bobina, surge um campo magnético que atrai ou repele um ímã que fica próximo a ela. Esse movimento de atrair ou repelir o ímã faz o ar dentro do fone vibrar, produzindo as ondas sonoras^[17].

5. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS

[1] SILVA, Cibelle Celestino. **Biografia: James Clerk Maxwell**. Instituto de Física de São Carlos - USP. Disponível em: <http://www.ghtc.usp.br/Biografias/Maxwell/Maxwellelm1.html>
Acesso em: 03 ago. 2017

[2] Heinrich Hertz. Disponível em:
<http://wikipedia.unicefuganda.org/latest/A/Heinrich%20Hertz.html> Acesso em: 03 ago. 2017

[3] MIRANDA, Juliana. **Onde foi inventado o primeiro rádio?** Grupo escolar. Disponível em:
<http://www.grupoescolar.com/pesquisa/onde-foi-inventado-o-primeiro-radio.html> Acesso em: 03 ago. 2017

[4] PAIS, Júlia Sakamoto e Couto, Marcos Vinicius Bentes. **RFID - Histórico.** Universidade Federal do Rio de Janeiro. Disponível em:
https://www.gta.ufrj.br/grad/09_1/versao-final/rfid/historico.html Acesso em: 03 ago. 2017

[5] RODRIGUES, Adriano Costa. **Jornalismo nas Ondas do Rádio Estudo de caso: Análise crítica do programa “O Ministério Público e a Cidadania”.** Pg: 11. Universidade Federal do Maranhão, 2006. Disponível em:
<http://www.bocc.ubi.pt/pag/rodrigues-adriano-jornalismo-ondas-radio.pdf> Acesso em: 03 ago. 2017

[6] MOREIRA, Sonia Virginia. **Nikola Tesla, o inventor no ambiente de criação da transmissão sem fio.** Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Disponível em:
https://www.researchgate.net/profile/Sonia_Moreira3/publication/268439261_Nikola_Tesla_o_inventor_no_ambiente_de_criacao_da_transmissao_sem_fio/links/54cfb7e10cf24601c0958029/Nikola-Tesla-o-inventor-no-ambiente-de-criacao-da-transmissao-sem-fio.pdf Acesso em: 03 ago. 2017

[7] SANTOS, Luiz Carlos; MATTOS, Henrique Casarin; BREUNIG, Giordan - **Radio Galena-** CAFW/UFSM

[8] BEZERRA, Romildo Martins. **Redes de Computadores I.** CEFET/BA. Disponível em:
https://dfef2689-a-62cb3a1a-s-sites.googlegroups.com/site/bioengenharia1/home/arquivo-biblioteca-leithold/transmissao-digital-analogica.pdf?attachauth=ANoY7cpc74LGwhUMavgcEZAPtxHwefVioXUo33qHxUzMXGBHGkVkJDolgpmiFqacdIWXOBIJanx_ewVY4saBDNLimgOrPvMSGcfqhR8IDnfJ2OEzQ5Pc8R7cqeUo8YntaclzT-JztPK3XAbD7vdJKALBkOdQpz0M8fvldfBFoKgO

OkUrHswQ-2EEELLVdilbSty_MRY0jE0djGSuDa3X1fyG35oaOWJ8uhxDeImJDGQ9rcXoOdqsTz7CpxcOlyngEV8IKulxUIAvj3ZRQJgwMPUkSSZSGMrVirQweyMKpLnEjb57gXUvEyQ8%3D&attredirects=0 Acesso em: 16 ago. 2017

[9] SILVA, Paulo Soares. **Antenas**. Mundo Educação. Disponível em: <http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/antena.htm> Acesso em: 22 ago. 2017

[10] Da SILVA, Domiciano Correa Marques. **Frequência e comprimento de ondas**. Alunos Online. Disponível em: <http://alunosonline.uol.com.br/fisica/frequencia-comprimento-onda.html> Acesso em: 08 nov. 2017

[11] MARTINS, Ramon Mayor. **Antenas e Propagação**. IFSC - São José. Disponível em: https://wiki.sj.ifsc.edu.br/wiki/images/d/d4/5_1IFSC_Engenharia_ANT_2016_1.pdf Acesso em: 22 ago. 2017

[12] ANDREOLA, Clementina Verginia. **Tipos de Antenas**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Disponível em: <http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnicaAula.html?aula=48927> Acesso em: 22 ago. 2017

[13] TEXEIRA, Mariane Mendes. **Ondas Eletromagnéticas**. Disponível em: <http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/o-que-sao-ondas-eletromagneticas.htm> Acesso em: 22 ago. 2017

[14] FIORIO, Peterson Ricardo e MORAES, Elisabete Caria. **Fundamentos de Sensoriamento Remoto**. Disponível em: http://www.ler.esalq.usp.br/disciplinas/Topo/LEB5838/Peterson/Fundamentos_energia_pos.pdf Acesso em: 22 ago. 2017

[15] WESTERA, Pieter. **Ondas**. UFABC. Disponível em: http://professor.ufabc.edu.br/~pieter.westera/Quantica_anexo_1_Ondas_texto_5_EM.pdf Acesso em: 22 ago. 2017

[16] YACOUB, Michel Daoud e et al. **Demodulação AM e FM**. Unicamp. Disponível em: <http://www.dca.fee.unicamp.br/~nadalim/EE882-exp5.pdf> Acesso em: 22 ago. 2017

[17] FRANÇA , ANDRÉ e FURUKAWA , CLÁUDIO H. **Por dentro do fone**. Revista Recreio. Disponível em: <http://recreio.uol.com.br/noticias/curiosidades/como-funciona-o-fone-de-ouvido.phtml> Acesso em: 08 nov. 2017