

Introdução

Válvulas eletrônicas termoiônicas são dispositivos eletrônicos muito utilizados no século XX. Após o desenvolvimento da eletrônica digital, esse dispositivo foi substituído e se tornou cada vez mais raro em circuitos fabricados. Contudo, principalmente na aplicação de amplificação do sinal sonoro, válvulas termoiônicas tem características particulares relacionadas a qualidade do sinal obtido devido ao seu processo analógico de amplificação do sinal. Uma válvula triodo termoiônica possui dois eletrodos, os quais são polarizados com uma fonte de tensão. Se um dos eletrodos for aquecido, haverá emissão de elétrons por efeito termoiônico tornando o meio condutor. Nestas condições, se o eletrodo aquecido estiver à uma tensão elétrica menor do que o eletrodo que foi mantido frio, haverá uma corrente elétrica. Entre esses eletrodos é colocado uma grade de potencial que tem como objetivo regular a corrente, e todos os componentes são fixados dentro de uma cápsula de vidro a vácuo para que a corrente possa fluir entre os eletrodos sem a necessidade de uma tensão de ruptura muito elevada.

O objetivo do trabalho foi estudar o funcionamento teórico e prático de uma válvula eletrônica tipo triodo. Através de um modelo encontrado no mercado, foram realizados testes em laboratório para caracterizar o seu comportamento. Para fins de aplicação foi desenvolvido um projeto de um rádio de ondas curtas utilizando uma válvula. Por fim, a pesquisa visa dar suporte e continuidade para uma futura montagem do componente em laboratório.

Metodologia

Inicialmente, o aluno desenvolveu o estudo teórico para compreender mais detalhadamente o funcionamento de uma válvula eletrônica. Na bibliografia proposta encontram-se modelos eletromagnéticos para o dispositivo, aplicações prática e modelos de comportamento de campos eletromagnéticos no vácuo.

Em seguida, uma válvula triodo modelo 12AX7 foi adquirida pelo aluno para realizar a caracterização. A caracterização do dispositivo consiste em aplicar uma tensão fixa entre as placas e alterar gradativamente a tensão na grade coletando o valor da corrente elétrica.

Posteriormente foi projetado um circuito de rádio receptor regenerativo utilizando uma válvula tipo triodo com amplificador do sinal. De acordo com o circuito proposto, os componentes foram montados pelo aluno sobre uma placa de circuito impresso de fibra de vidro.



Figura 1 – Válvula 12AX7

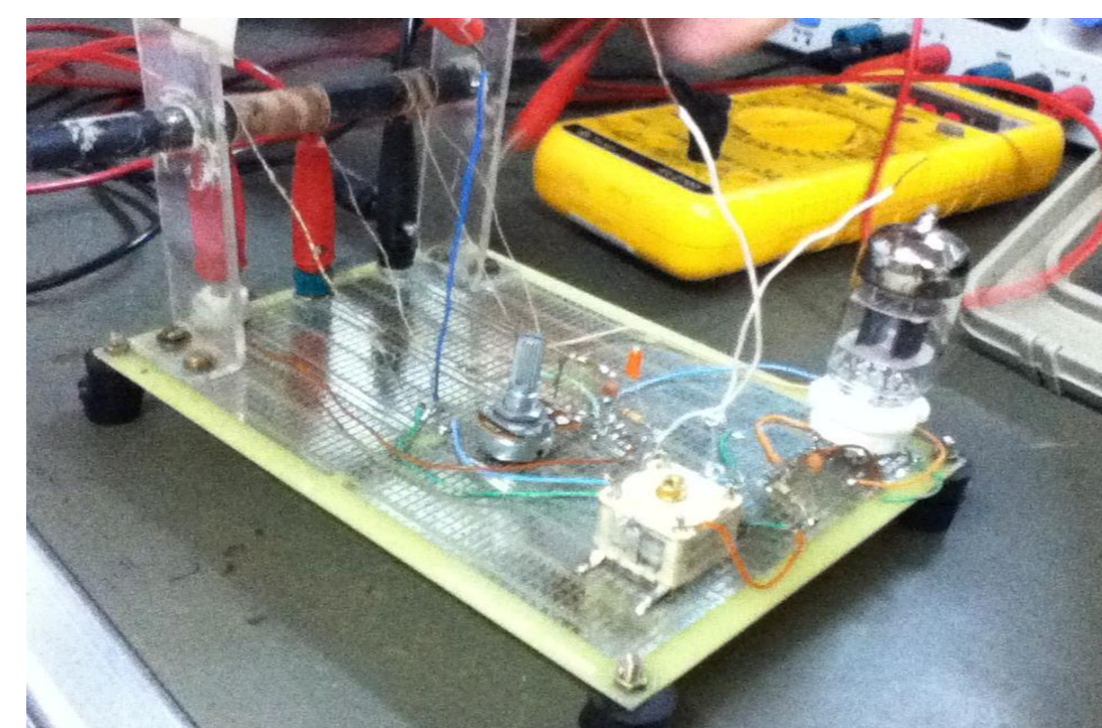


Figura 2 – Circuito de Rádio Receptor

Por fim, alguns testes foram realizados para a verificação do funcionamento correto do projeto, dentre eles: O teste do filtro de frequência utilizado no dispositivo de rádio e o teste de amplificação de um sinal utilizando a válvula e um sinal conhecido de entrada para verificar a saída amplificada.

Resultados e Discussão

O teste inicial de caracterização da válvula consistiu na aplicação de uma tensão fixa entre as placas (50V, 100V e 150V). Para cada um desses valores foi realizada a variação da tensão da grade e foi mensurada a corrente que passa pela válvula. Dessa maneira o funcionamento do componente foi testado. Todos os valores foram registrados em uma tabela e compilados para gerar o gráfico contido na Figura 3. Por fim, com base na especificação do fabricante (Figura 4) pode-se concluir que o dispositivo tinha um comportamento esperado e estava funcionando adequadamente.

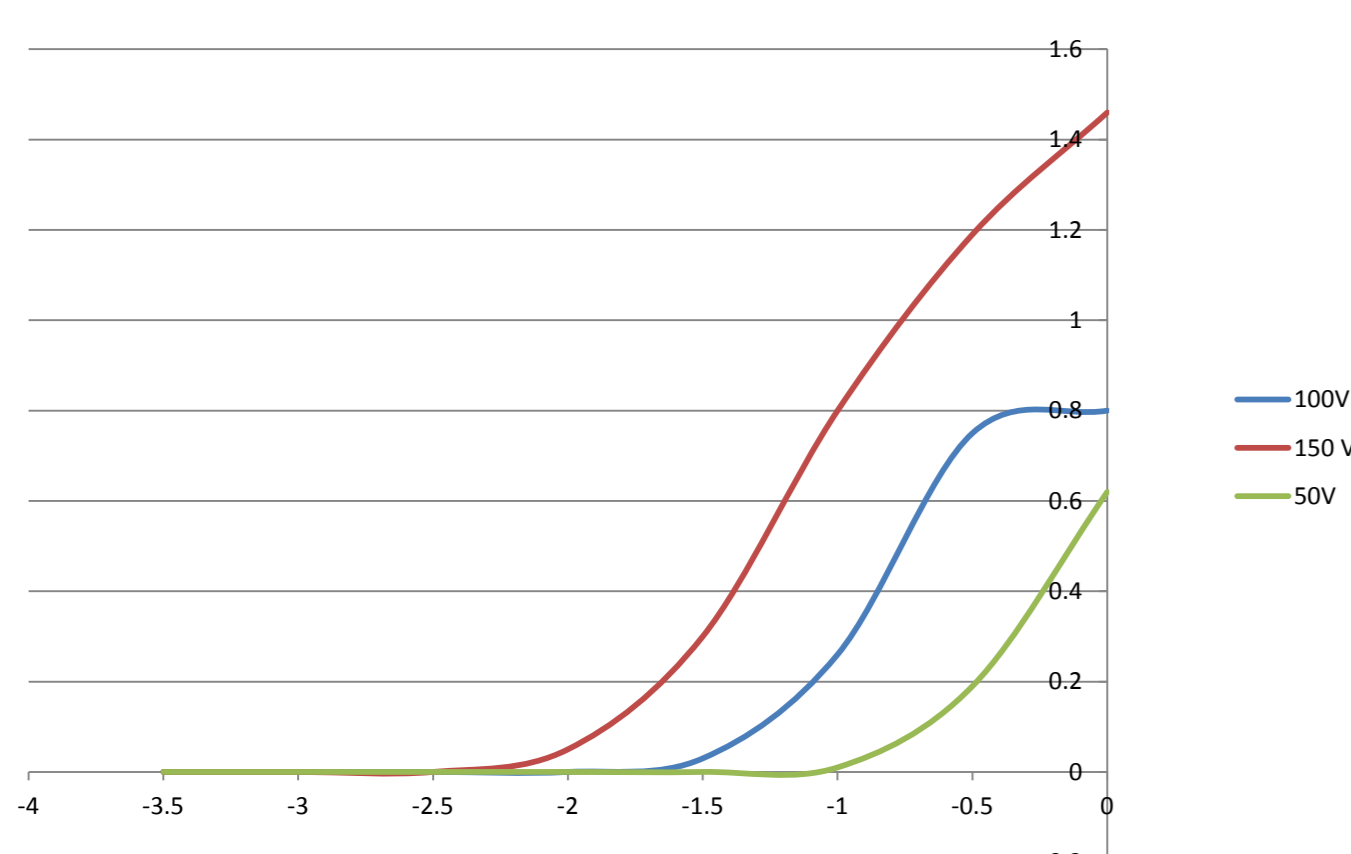


Figura 3 – Caracterização da Válvula.

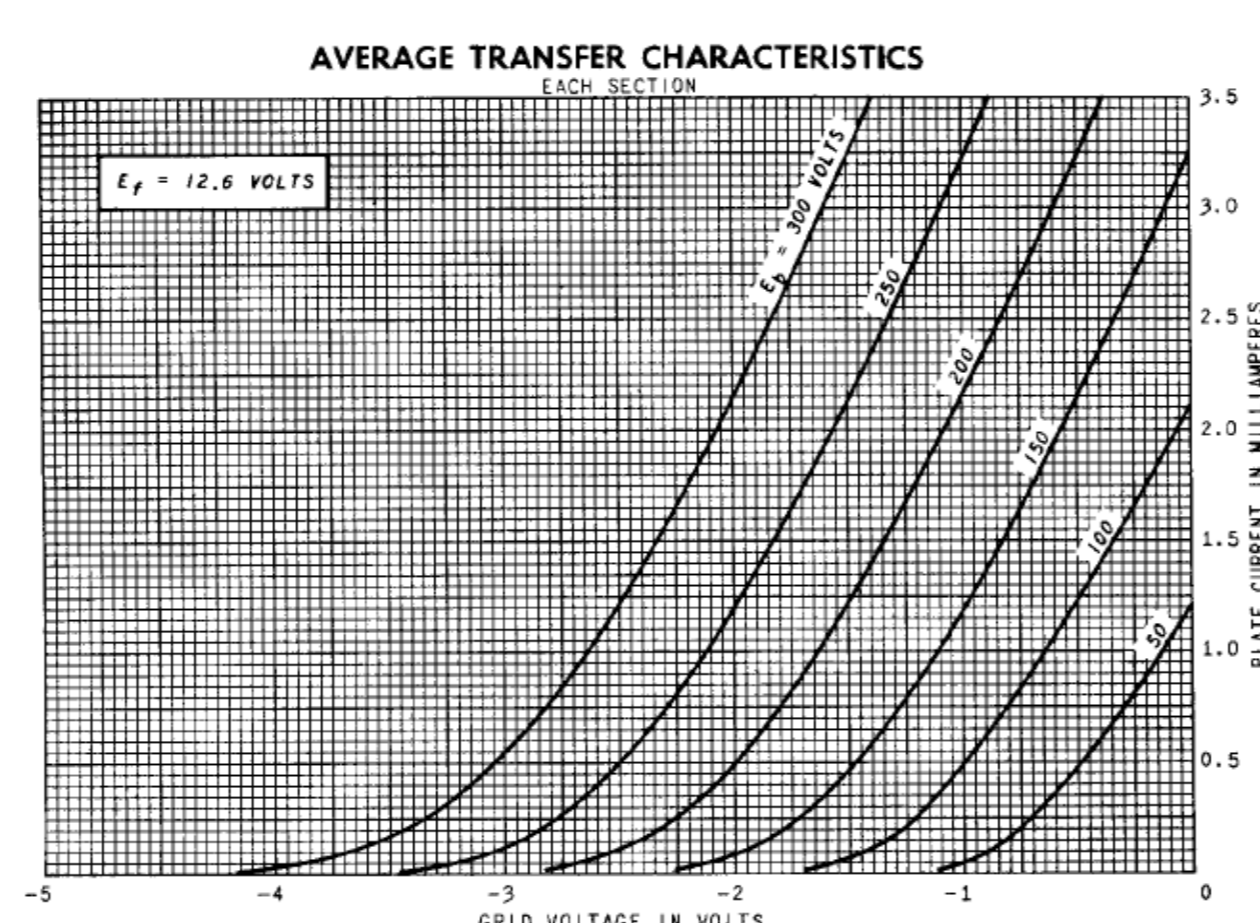


Figura 4 – Especificação do Fabricante.

O projeto do rádio receptor tem duas partes com funcionalidades distintas e básicas. A primeira é o circuito filtro para sintonizar uma frequência desejada e a segunda é a amplificação do sinal sintonizado. No projeto desenvolvido foi utilizado um circuito oscilatório LC onde é necessário a variação da capacitância para alterar a constante de tempo e consequentemente a frequência de oscilação do circuito.

Um capacitor variável foi adquirido e após a realização de alguns testes pôde-se concluir que com uma combinação correta dos terminais do capacitor era possível variar a capacitância de cerca de 5 pF até 180 pF. O capacitor deve aparecer em paralelo com uma bobina de fio de cobre que terá o efeito indutivo. Foi definido que a bobina enrolada em uma superfície cilíndrica de modo a obter uma outra bobina no mesmo eixo com uma relação de aproximadamente 20% da indutância.

Para calcular o número de voltas que a bobina em paralelo com o capacitor foi necessário a análise da frequência que se deseja filtrar.

$$f \cong 10^6 \text{ Hz} \quad \omega \cong 2\pi 10^6 \text{ rad/seg}$$

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad \text{Logo para um } C \cong 100 \cdot 10^{-12} \text{ F} \rightarrow L \cong 253 \mu\text{H}$$

$$L = \frac{\mu_0 \cdot \pi \cdot A^2 \cdot N^2}{l}$$

De posse dos valores das constantes e sabendo que a área de uma seção circular equivale a $A = \pi \cdot R^2$. Foi medido o raio do tubo que ficou em 5,5 mm e dimensionado a extensão do enrolamento em $l = 10$ cm. Com isso foi encontrado o valor de N igual a aproximadamente 260 voltas. A outra bobina do circuito regenerativo para esse diâmetro de tubo deve ser de aproximadamente 52 voltas (20%).

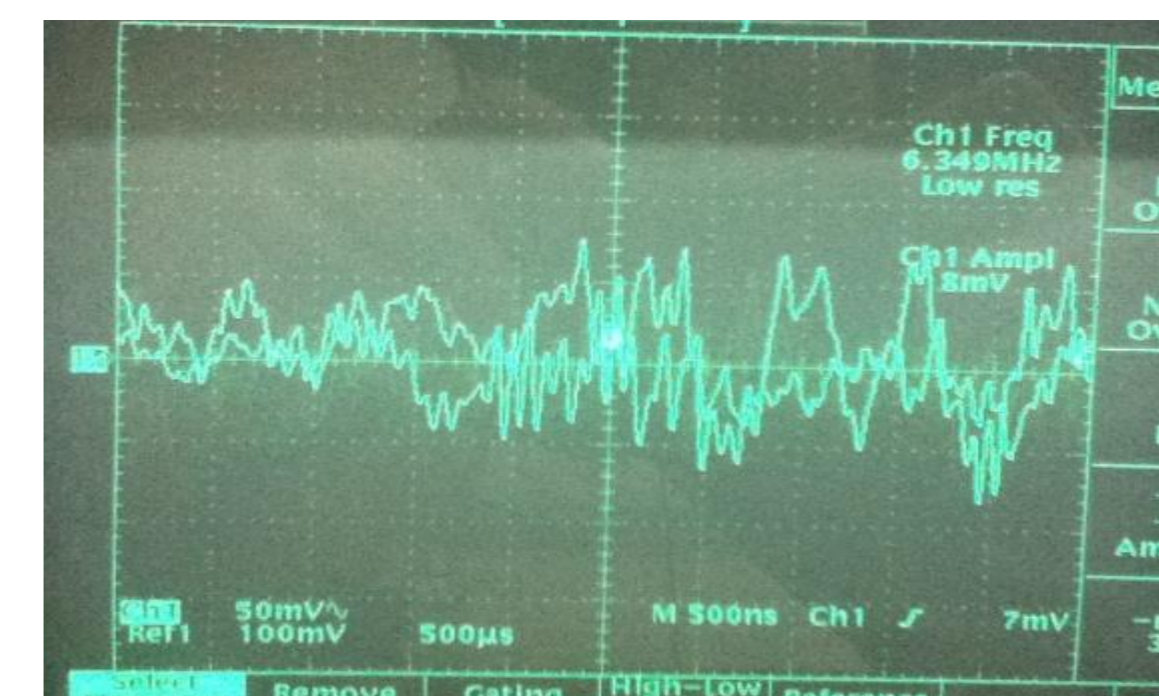


Figura 5 – Sinal recebido da antena.

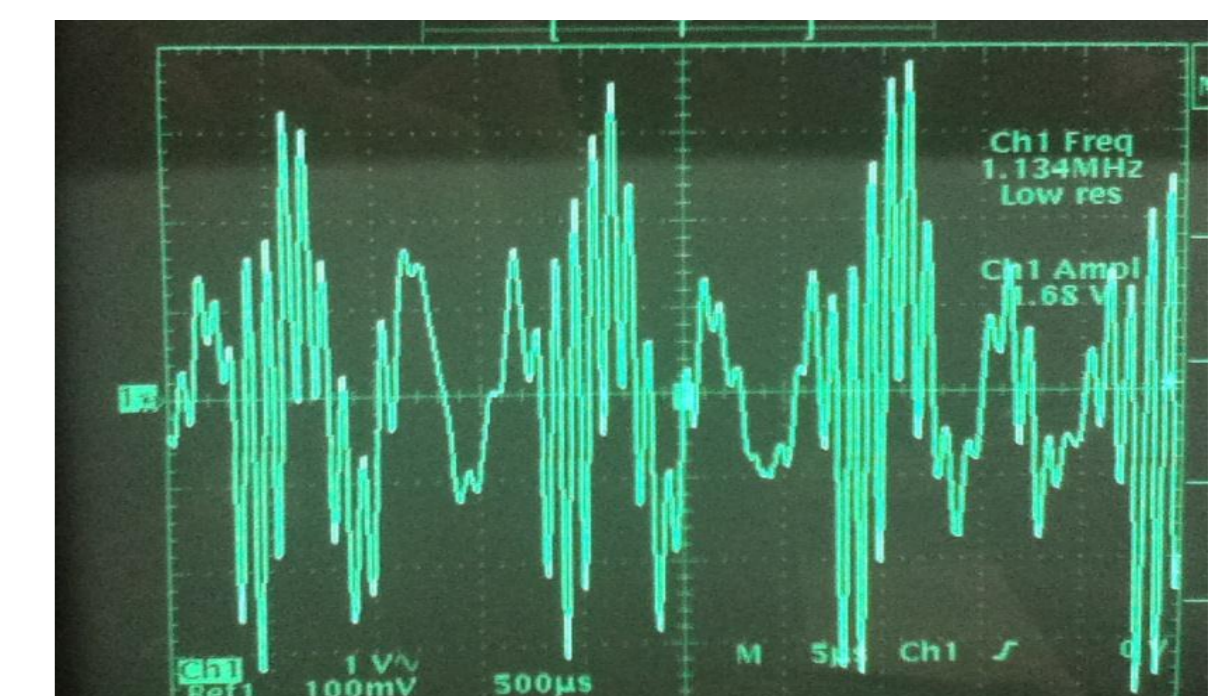


Figura 6 – Sinal de saída do filtro.

O sinal obtido do filtro de frequência é muito fraco e necessita ser amplificado. No circuito do rádio proposto a válvula eletrônica exerce essa função. Isso é possível devido ao sinal fraco apenas controlar a tensão da grade. A corrente que flui pelo arranjo catodo+grade+placa é fornecida pela fonte que tensão que polariza a válvula e pelo filamento de tungstênio.

Um teste de amplificação com um sinal senoidal conhecido foi realizado para atestar essa funcionalidade da válvula. O resultado pode ser conferido nas Figura 8 e demonstram uma amplificação de cerca de 7x com relação ao sinal de entrada. Os valores das constantes realizadas nos testes são: $R_{g1} = R_p = R_s = 100 \text{ K}\Omega$ $R_k = 1000 \Omega$ $C = 200 \text{ pF}$ $E_{bb} = 150 \text{ V}$

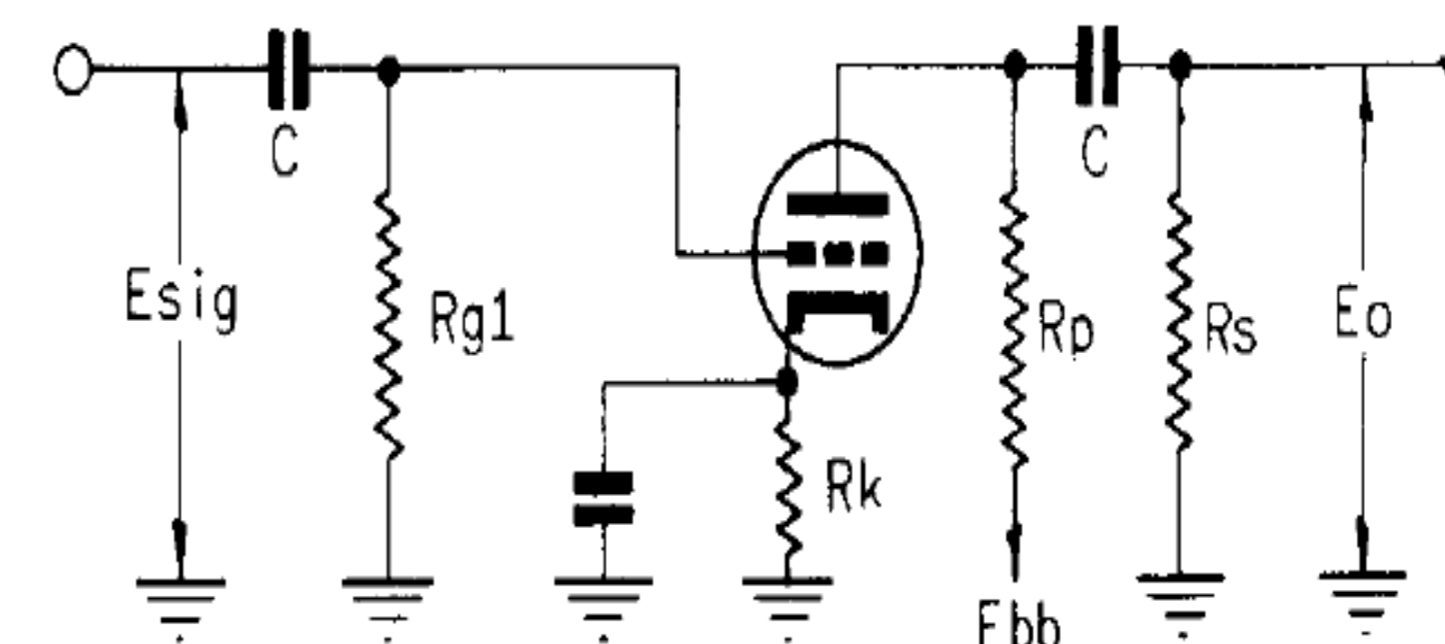


Figura 7 – Circuito amplificador.

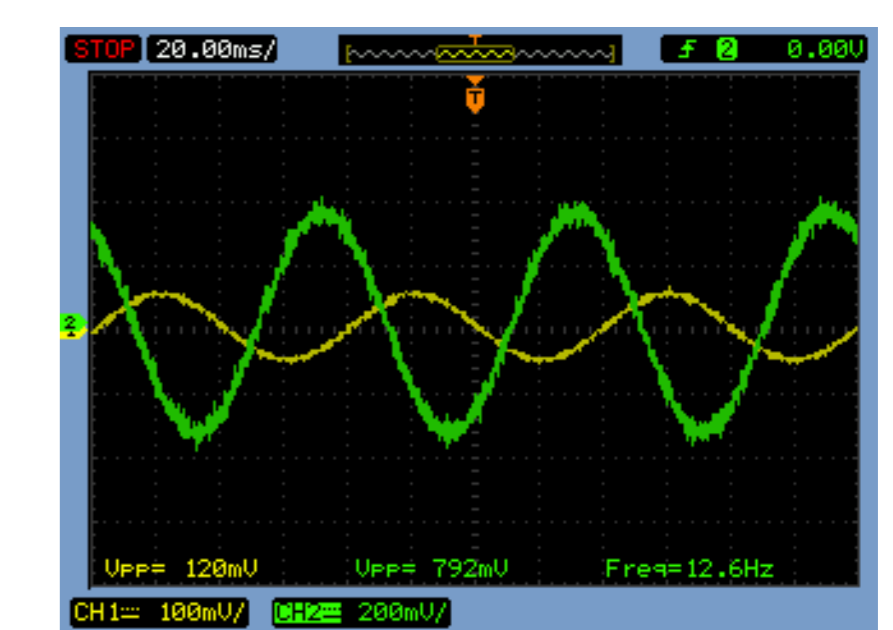


Figura 8 – Resultado teste de amplificação.

O ganho pode ser ajustado de acordo com as constantes escolhidas no circuito. O sinal conhecido na entrada do teste foi proveniente de uma fonte de sinal estável que possibilitou a visualização da amplificação de maneira clara.

Por fim os dois circuitos (amplificador e filtro) foram conectados em uma placa padrão para formar o rádio de acordo com a Figura 2.

Conclusão

A caracterização do dispositivo mostrou que válvulas eletrônicas tipo triodo permitem o controle da corrente de elétrons entre dois terminais através da alteração da tensão de uma grade inserida entre eles. Com essa funcionalidade, um circuito utilizando a válvula consegue amplificar sinais inseridos na grade utilizando os elétrons provenientes da fonte de tensão entre as suas placas para gerar o novo sinal amplificado. É possível construir um rádio regenerativo utilizando uma válvula termoiônica e um circuito filtro seletor de frequência. Um capacitor variável deve ser colocado em série com uma bobina de efeito indutivo para que forme um circuito oscilatório com constante de tempo variável.

Os estudos apresentados dão o suporte para o aluno possa dar continuidade a linha de pesquisa e desenvolver um projeto para a construção física do dispositivo futuramente.