Centro Universitário Senac (Santo Amaro)

Engenharia da Computação

Fundamentos de Telecomunicações

Professor: Sérgio Tavares

Modulação AM-DSB

Nomes: Alessandro da Costa Silva Kantousian

Luiz Guilherme das Chagas

São Paulo (2018)

Objetivo

Através do software LabView e MultiSim, desenvolver um modulador AM para poder caracterizar o índice de modulação, a quantidade de ruído admissível e a analise espectral da modulação AM, primeiro, e analisar o funcionamento de um circuito elétrico que faz o processo de modulação e a demodulação AM, MultiSim.

Teoria

A modulação AM continua sendo utilizada nos meios de transmissão comercial para informações a longa distância. Exemplos são o rádio na faixa de 540 KHz a 1600 KHz e a TV analógica em determinadas regiões do pais. No caso da TV, o vídeo é transmitido em AM e o áudio em FM.

Para que exista uma modulação é necessário existir uma portadora e uma informação. A portadora é um sinal senoidal de alta frequência. A informação pode ser um sinal de áudio, vídeo ou dados. Os moduladores podem ser classificados em ativos ou passivos. Os ativos conseguem modular e amplificar o sinal. Já os passivos fazem a modulação, mas com perdas de sinal.

Portanto a modulação é uma tecnologia importante para que a informação que está contida em uma corrente elétrica seja transformada em onda eletromagnética para que possa ser transmitida a longa distância na velocidade da luz. Então a modulação é um processo de se variar alguma das características de uma onda senoidal de alta frequência de acordo com o valor instantâneo do sinal a ser transmitido. Mas para que o sinal seja enviado a longa distância, será necessária uma antena. A antena deverá ter no mínimo o tamanho físico referente a metade do comprimento de onda da frequência de transmissão.

Antena dipolo

Onde:

c = 3.108 m/s

f = Frequência de operação.

A portadora é um sinal de alta frequência simples de regime cossenoide que irá transportar uma informação.

Considerando a informação como um sinal cossenoide de baixa frequência.

Sabendo que a frequência angular é:

Para a portadora f será f0. Portanto ω será ω0.

Para a modulação f será fm. Portanto ω será ωm.

Definimos:

e0 (t) = tensão instantânea da portadora, em volts

E0 (t) = tensão de pico da portadora, em volts

ω0 (t) = velocidade angular da portadora, em rads/s

em (t) = tensão instantânea do sinal modulador, em volts

Em (t) = tensão de pico do sinal modulador, em volts

ωm (t) = velocidade angular do sinal modulador, em rads/s

t = tempo em segundos.

O sinal modulado será expresso como:

Sendo:

e(t) = tensão instantânea do sinal modulado de RF em volts.

K = constante de proporcionalidade m.

O sinal modulado pode-se distinguir o módulo [E0+𝑲𝒆𝒎(𝒕)] cujo o valor depende da soma da tensão de pico da portadora com valor instantâneo da tensão do sinal modulador, e o ângulo 𝐜**os**(𝝕𝟎𝒕), que varia de acordo com o produto ω0t.

Substituindo (3) em (6) temos:

Colocando em evidencia E0 e usando (7) em (8).

Efetuando o produto em (9) e aplicando a propriedade:

Tem-se a modulação AM DSB

No domínio do tempo a modulação pode ser vista abaixo.



Figura 1: Modulação no domínio do tempo

Parte 1 – LabView

Instrumento de modulação AM DSB com controles de off-set (nível dc) e amplitude para a informação e portadora.

Para facilitar o desenvolvimento do módulo, utilizou-se a equação (10) considerando

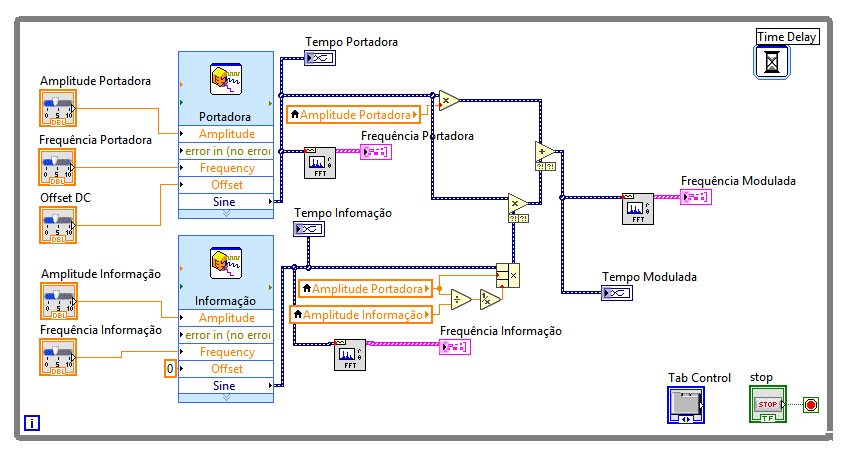


Figura 2: diagrama de blocos do modelo

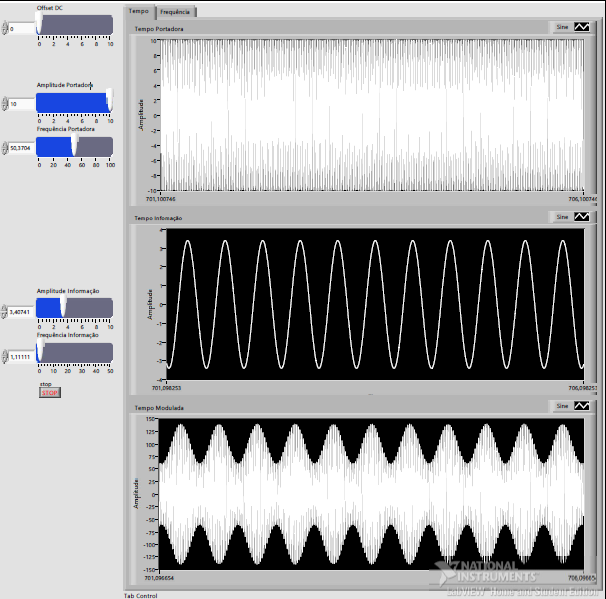


Figura 3: painel do modelo

Aplicando as condições do experimento: portadora de 750 Hz com amplitude de 6Vp, informação de 40 Hz com 2Vp e offset de 4Vdc, obteve-se a seguinte onda:

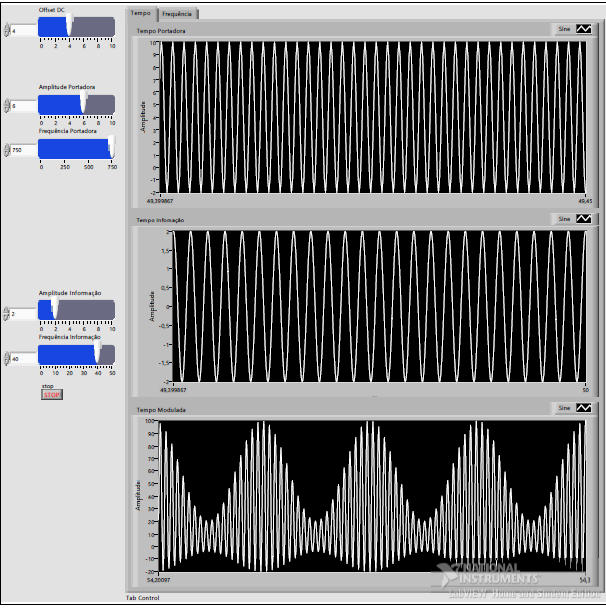


Figura 4: onda obtida no domínio do tempo

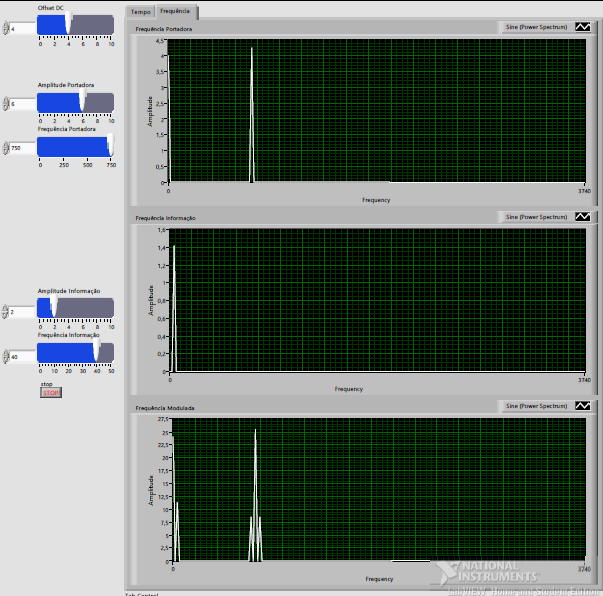


Figura 5: onda obtida no domínio da frequência

Parte 2 – MultiSim

O circuito a seguir foi montado na plataforma e, posteriormente, executaram-se as tarefas do experimento.

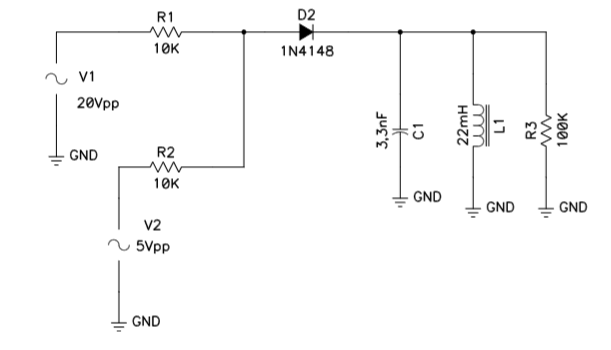


Figura 6: circuito modulador AM DSB

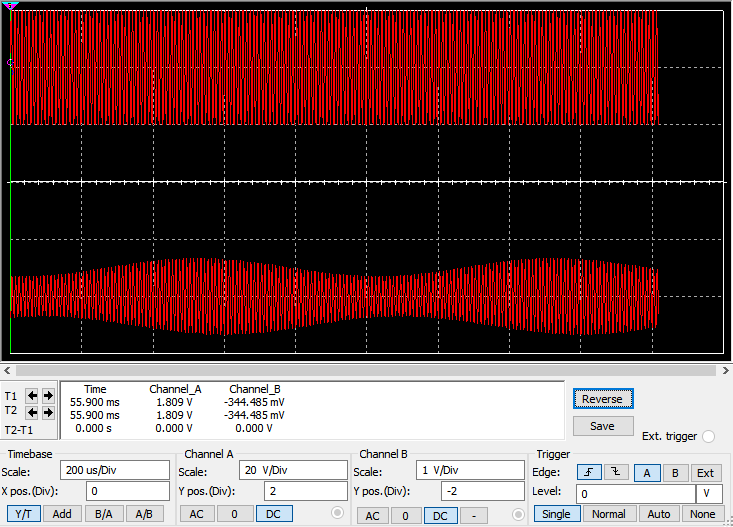


Figura 7: Forma de onda da portadora (canal A, primeira onda) e onda do sinal modulado (canal B, segunda onda)

A partir da onda visualizada no osciloscópio, calculou-se a amplitude, o índice de modulação e o fator K da onda modulada pelas fórmulas:

Os pontos utilizados foram:

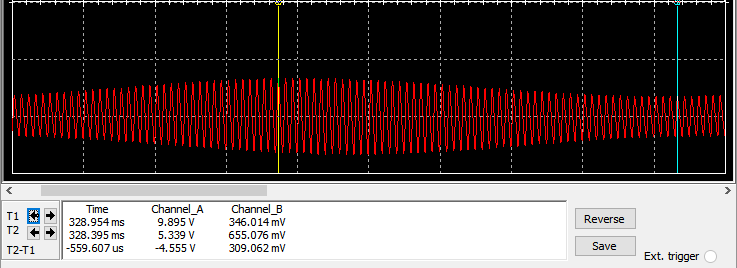


Figura 8: pontos utilizados para calcular a amplitude, canal B

H: ponto na reta amarela (T2), 655,076mV

h: ponto na reta azul (T1), 346,014mV

Retirando o capacitor e indutor do circuito, percebe-se que a onda na saída é retificada pelo diodo visualizando apenas o ciclo positivo dela no osciloscópio.

Alterando a amplitude da informação para os valores de: 2Vpp, 4Vpp, 6Vpp, 8Vpp, 10Vpp, 12Vpp, 14Vpp, 16Vpp, 18Vpp e 20Vpp; foi obtido as seguintes ondas moduladas:

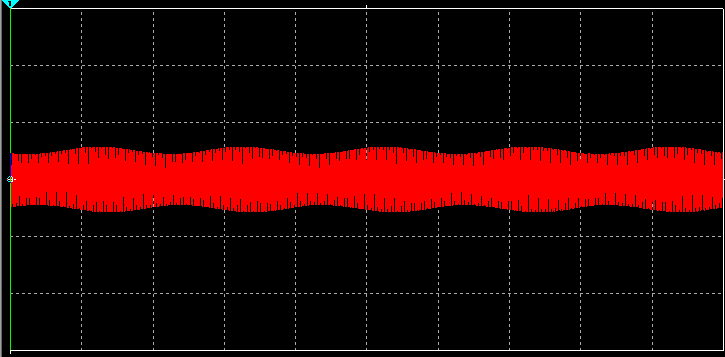


Figura 9: Informação com 2Vpp

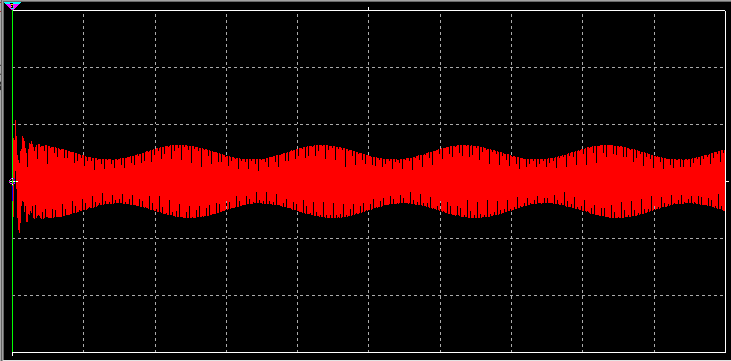


Figura 10: Informação com 4Vpp

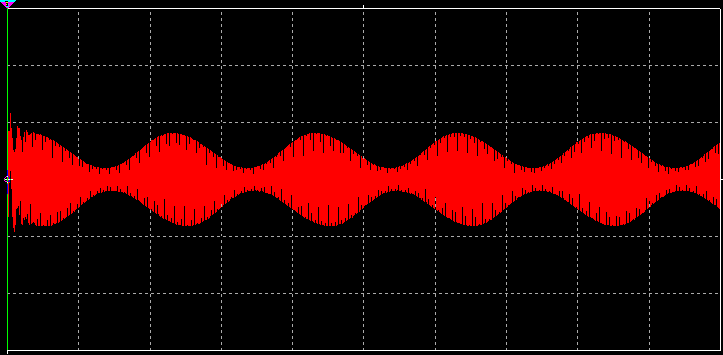


Figura 11: Informação com 10Vpp

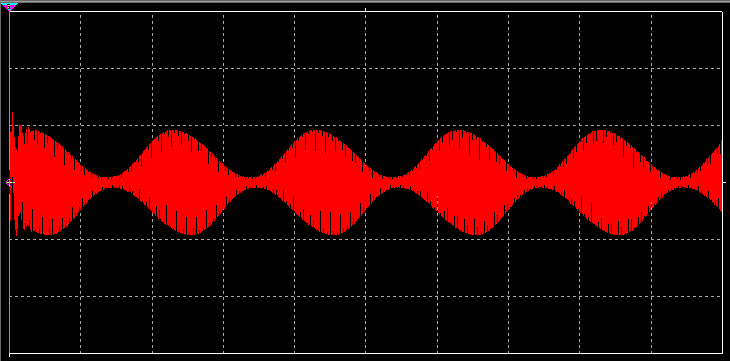


Figura 12: Informação com 14Vpp

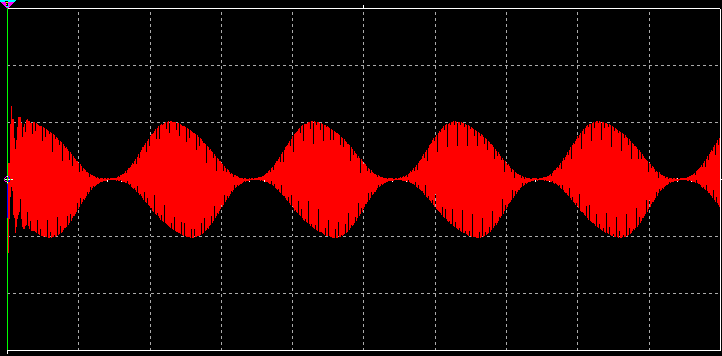


Figura 13: Informação com 18Vpp

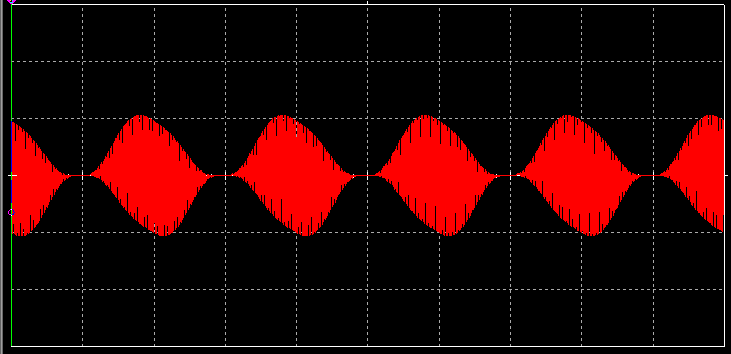


Figura 14: Informação com 20Vpp

Não foi mostrado imagens com todas as amplitudes pois apenas com essas é notável que à medida que a amplitude da informação aumenta, o índice de modulação aumenta também.

Demodulação

Foi adicionado no circuito de modulação do experimento anterior a parte de demodulação substituindo o modelo do segundo diodo (D1) para o mesmo que o primeiro e amplitude da informação em 10Vpp conforme a imagem:

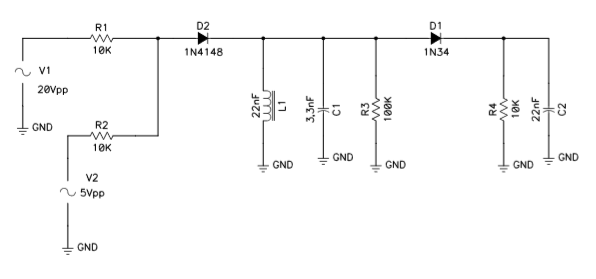


Figura 15: circuito com a parte de demodulação

Em seguida, foi utilizado o osciloscópio para verificar se o sinal estava sendo recuperado (canal A pós D2 e canal B pós D1).

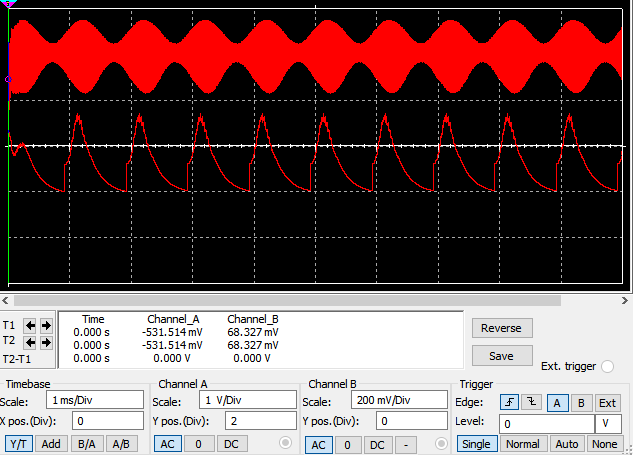


Figura 16: onda modulada, primeira onda; onda recuperada, segunda.

Analisando a imagem, percebe-se que a informação foi parcialmente recuperada.

Retirando C2 temos:

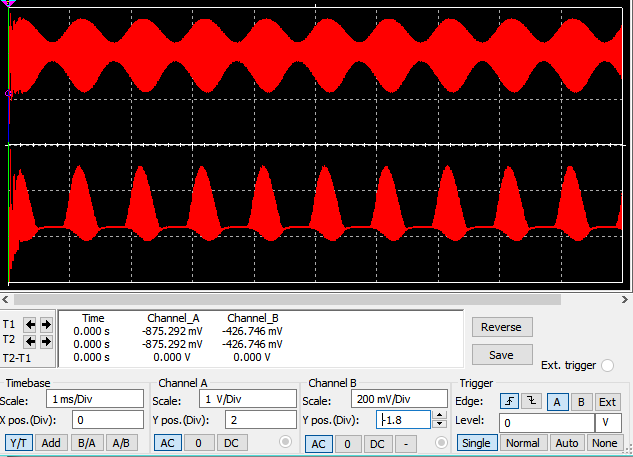


Figura 17: sinal modulado e informação sem C2

Agora, não há aproveitamento da informação.

Acrescentando um capacitor de 10nF e posteriormente substituindo-o por um de 100nF e 1uF:

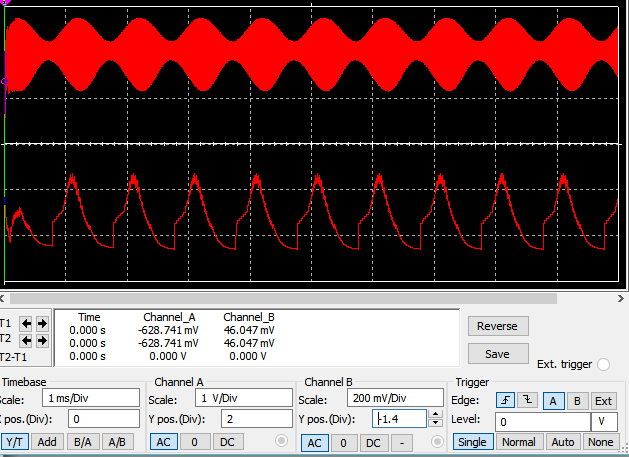


Figura 18: sinais com capacitor de 10nF

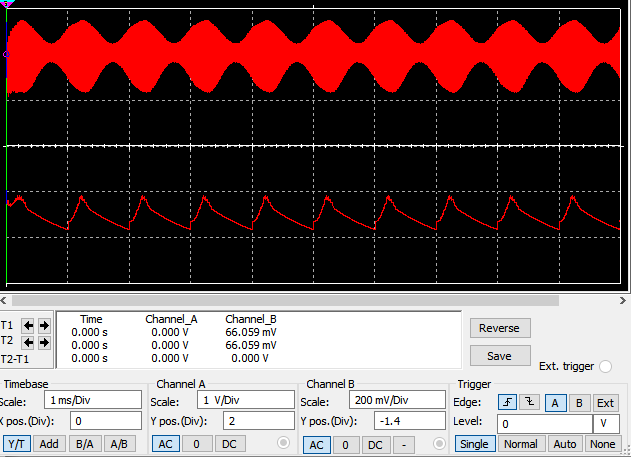


Figura 19: sinais com capacitor de 100nF

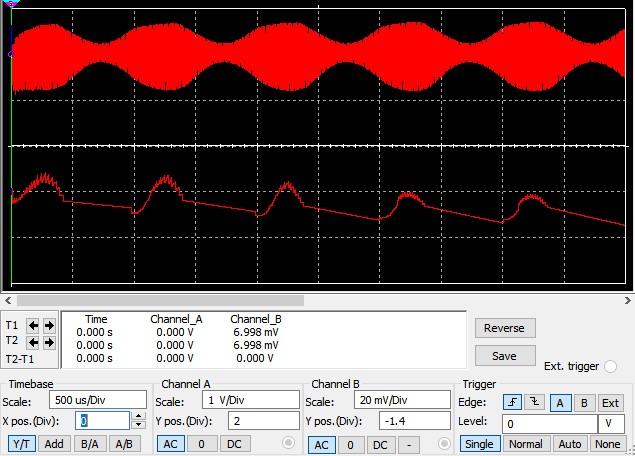


Figura 20: sinal com capacitor de 1uF

Nas especificações dos dois primeiros procedimentos (C10nF e C100nF) foi descrito que ocorreria alguma deformação no sinal analisando as imagens 18 e 19, observa-se essas deformações (ripple por falta de preenchimento da portadora na figura 18 e distorção do sinal na figura 19).

O capacitor de 22nF foi reinserido e a amplitude da informação foi alternada entre os valores 4Vpp, 14Vpp, 18Vpp e 20Vpp para observar simultaneamente os valores do índice de modulação e o sinal recuperado.

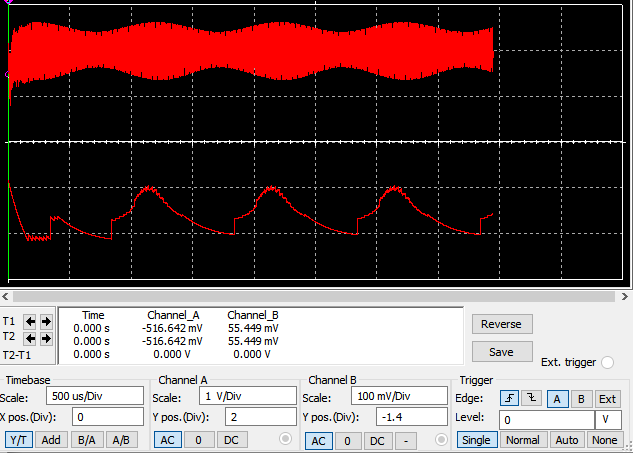


Figura 21: 4 Vpp, sinal modulado com índice de 26,94% e sinal demodulado

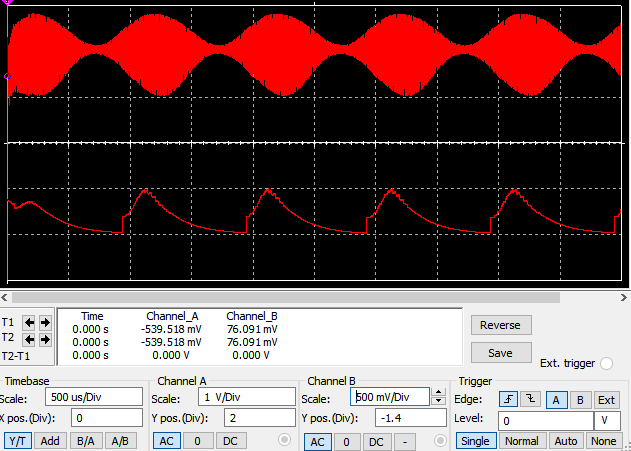


Figura 22: 14 Vpp, sinal modulado com índice de 82,13% e sinal demodulado

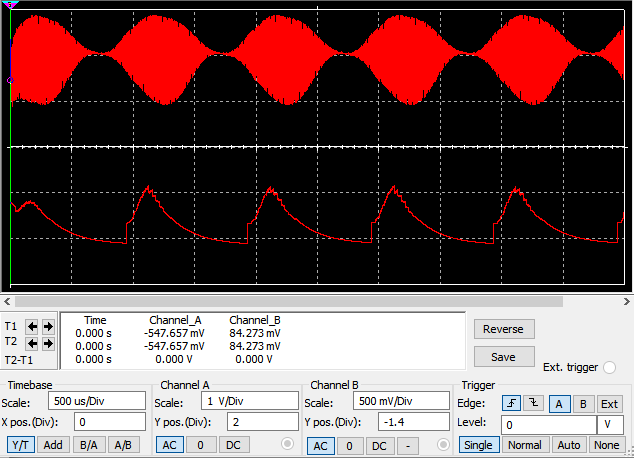


Figura 23: 18 Vpp, sinal modulado com índice de 97,98%

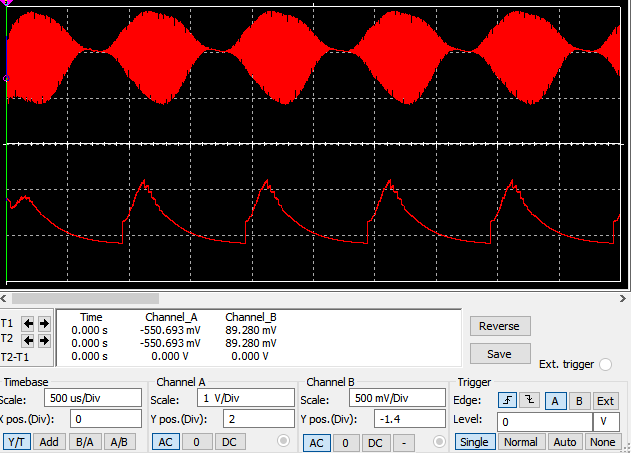


Figura 24: 20 Vpp, índice de 98,79%

Colocando-se o capacitor em paralelo com o resistor R, ele se carrega durante o semicírculo positivo da portadora e se descarrega no intervalo entre os picos positivos, segundo uma constante de tempo RC.

A escolha do valor de RC é de fundamental importância para o funcionamento do detector de envoltória. Se ele for muito menor que o período da portadora, o capacitor se descarregará rapidamente quando a portadora cai abaixo do seu valor de pico, o que fará com que a saída do detector não siga a envoltória desta onda. Se, por outro lado, o valor de RC for muito maior que a máxima variação do sinal modulado, então o capacitor se descarregará muito lentamente e a saída do detector não seguirá a envoltória da onda AM.

Conclusão

A prática de modulação AM foi muito interessante pelo fato de analisar circuitos de modulação e demodulação AM cuja importância histórica foi grande ao ponto de ainda ser utilizado nos dias de hoje. Observou-se que, para o circuito montado, o índice de modulação se tornava melhor à medida que a amplitude da informação ficava mais próxima da portadora. E na demodulação, ao desenvolver um circuito demodulador, dada a onda modulada, escolher uma capacitância cujo cálculo a partir do RC não supere em muito o período da portadora.

Referências

Demodulação AM e FM. Disponível em:< http://www.decom.fee.unicamp.br/~candido/resources/EXP5-EE882-1S2018.pdf>

Modulação em amplitude. Disponível em: <https://wiki.sj.ifsc.edu.br/wiki/images/0/00/Mod\_AM\_aula2.pdf>

Aquivos fornecidos pelo professor orientador.