

Relatório da Tarefa 6: Amplificadores Operacionais.

Alunos: Mairon Schneider Cardoso, Vinícius Renato Rocha Geraldo.

Data: 01/08/2020

1 Introdução

A integração de amplificadores operacionais na composição de blocos analógicos proporcionou aos desenvolvedores de circuitos integrados, diferentes ferramentas importantes para manipulação de sinal. Com esses dispositivos elétricos, somos capazes de realizar projetos para diferentes tipos de módulos desejados tais como somadores, diferenciadores e integrais que podem ser implementados em níveis de circuitos onde são introduzidos em aplicações para melhor desempenho.

Para cada circuito que utiliza amplificadores, existem diferentes abordagens que devem ser tomadas, isto é, quando queremos desenvolver um diferenciador de onda quadrada, precisamos estar preocupados em detecções de bordas de subida e descida, quando aplicamos o mesmo conhecimento em um circuito gerador de ondas quadrada dessa forma tratando o sinal referente.

Nos projetos de circuitos que abordam amplificadores precisa ser levando em conta vários fatores que estão presentes nas fabricações do próprio dispositivo, pois, o mesmo contém imperfeições e de maneira a apresentar erros e variações indesejáveis nos sinais de amplificação que podem acarretar em, resultados variáveis nas saídas ocasionando no mau funcionamento do circuito ou até mesmo levar ao desgaste do sistema. Nisso como projetista precisamos de toda a experiência em desenvolvimentos de circuitos para identificar esses problemas e fazermos a melhor análise possível com a utilização de osciloscópios. Essas imperfeições impactam diretamente a tensão de saída na amplitude do sinal de entrada relacionando com o ganho que existe entre a razão dos resistores de entrada do amplificador com o da realimentação ou podemos obter pela razão das tensões de saída com a entrada.

Dessa forma havendo essas características do amplificador existem erros que podem ser observado nas formas de onda geradas do projeto ou relacionando com as fórmulas de rejeição em modo comum onde a partir das tensões de entradas, positiva e negativa, o ganho do amplificador adicionando com a tensão de modo comum junto ao ganho de modo comum podemos obter esse erro na resposta do circuito, porém nessa fórmula obtemos uma resposta em decibéis precisando trabalhar com a resposta em frequência do projeto presente, onde temos como exemplo, filtros de aplicação.

2 Especificação da Tarefa

Levando em consideração o experimento 6.2 do livro texto, a configuração (figura 1) propõe-se a observar uma das topologia de amplificador operacional, é denominada de amplificador inversor a topologia que possui ganho ideal de $A_v = -v_i \cdot \frac{R_2}{R_1}$. A configuração proposta, permite ao usuário determinar o formato do sinal de entrada, escolhendo entre onda senoidal ou quadrada, possibilita também a troca de parâmetros resistivos, de tensão de alimentação e de ganho do amplificador operacional. Na tentativa de observar os diferentes comportamentos quando alteramos os parâmetros citados anteriormente, o circuito utiliza um osciloscópio com informações da onda de entrada, da onda de saída (realimentação) e da corrente que surge pela aproximação do curto-circuito virtual. Para a correta visualização das respostas do circuito em questão, foram utilizados os seguintes passos:

1. Defina o valor de ambas as resistências em 1 k Ω e a tensão de entrada não inversora V_{NI} e a tensão DC V_{DC} em 0,0 V. Defina o ganho de laço aberto em 10^5 : um valor que corresponde quase a uma operação ideal. Observe a relação entre entrada e saída e o ganho inversor em -1 ;

2. Aumente o valor da resistência R2 conectada na realimentação até 500 kΩ. Observe as formas de onda na saída. O que acontece com o ganho de tensão de laço fechado A_V ? Lembre-se: $A_V = \frac{V_{out}}{V_{in}}$.
3. Altere a tensão da entrada não inversora V_{NI} e observe o que acontece com as saídas para valores de ganho de laço fechado diferentes.
4. Altere o valor do ganho de laço aberto A_0 do AmpOp para 10^3 e 10^4 . Meça o erro (medido a partir das curvas vs calculado matematicamente) com relação a uma amplificação nominal de $A_V = -5$, $A_V = -50$ e $A_V = -500$. Observe o curto circuito virtual.

3 Resultados e Discussões

Como forma de análise do emprego do amplificador inversor em circuitos com blocos analógicos, foram observados comportamentos ideais para o componente, isto é, há a possibilidade de atingir um ganho diferencial muito grande independente da frequência do sinal e é implementado entre as entradas, um curto-circuito virtual ($V_{in-} \approx V_{in+}$), o amplificador inversor se mostrou fiel à equação de ganho ideal (Equação 1), sendo assim, foram realizadas simulações em ondas senoidais para obter o ganho inversor unitário -1 (Figura 2) utilizando valores iguais de R1 e R2.

$$A_v = -v_i \cdot \frac{R2}{R1} \quad (1)$$

Além disso, para observar as diversas relações de ganho que é possível estabelecer na senoide, foram alterados os valores de R2 para obter o maior ganho possível (seguindo a relação matemática vista anteriormente). Os resultados dessa alteração podem ser vistos nas figuras 3, 4 e 5 onde é evidenciado um grande aumento no ganho A_v conforme aumentamos o valor de R2 e fixamos um valor em R1.

Quando alteramos o valor da tensão V_{NI} na senoide, notamos uma translação vertical no eixo da tensão (Figuras 6, 7 e 8), esse V_{NI} funciona como um "*limitador*" da menor tensão que pode ser atingida, essa característica pode ser explicada empregando a equação 2 na análise do comportamento das simulações.

$$V_{out} = -\frac{R2}{R1 \cdot V_1} + V_{NI} \cdot \frac{R2}{R1 + 1} \quad (2)$$

A relação estabelecida pelo curto-circuito virtual, como visto anteriormente, nos diz que $V_{in-} = V_{in+}$ essa aproximação pode ser feita quando obtemos um ganho de malha aberta alto, entretanto, quando utilizamos um ganho menor, a diferença de tensão entre V_{in-} e V_{in+} se mostra mais significativa (Equação 3).

$$\frac{V_{out}}{A_v} = V_{in+} - V_{in-} \quad (3)$$

Para essa tarefa necessitamos analisar o impacto do erro produzido pelos ganhos de malha aberta A_0 e o ganho gerado do amplificador A_v para cada modelo de ganho no experimento em -5, -50 e -500. Deste modo utilizamos resistores de valores de 1k variando apenas os valores dos resistores em 5k, 50k e 500k de maneira a produzir esses ganhos desejados onde assim precisamos observar quais respostas adquirimos em detrimento dessas variações. Como primeira etapa colocamos o valor de ganho em laço aberto do AmpOp em 10^3 modificando os valores dos resistores da realimentação. Na Figura 11 podemos observar que o sinal contém o valor de ganho teórico da resposta de -5 para os resistores de ensaio, dessa forma podemos ver a relação do erro medido a partir das curvas vs calculado matematicamente notamos que o valor da amplitude não corresponde exatamente ao ganho desejado, pois temos um resultado de 4,97 e obtendo erro de 0,03. Dessa forma com a variação dos resistores de 50k e 500k

temos respectivamente os erros de 2,427 e 166,9 nas Figuras 12 e 13, com isso analisamos exatamente o conceito de curto-circuito virtual no ganho de -500, pois conforme temos um maior valor desejado para o mesmo vemos que a escala modificada de maneira a deixa a entrada com o valor próximo de zero. Em contrapartida necessitamos realizar testes com valor de ganho de malha aberta em A_0 para 10^4 , dessa maneira analisamos o impacto diretamente ao erro do amplificador quando aumentamos o ganho gerando valores de erro de 0,003, 0,254, 23,858 respectivamente para os resistores 5k, 50k e 500k notados nas Figuras 14, 15 e 16.

Quando alteramos o sinal de entrada para uma onda quadrada, conseguimos estabelecer também o ganho -1, baseando-se na equação 1 é observado na curva uma correspondência do sinal de entrada no eixo negativo (Figura 17). Quando aumentamos o valor de R2 e fixamos o valor de R1, conseguimos aumentar o ganho no canal 3 (Figura 18 e 19).

Alterando o valor da tensão de alimentação V_{NI} nas simulações com curvas quadradas, obtemos o mesmo deslocamento citado anteriormente (empregado no sinal senoidal) gerando uma componente DC que translada o gráfico para cima (Figuras 20, 21 e 22).

4 Conclusões

Quando se pretende desenvolver blocos analógicos de manipulação de sinais, é imprescindível como projetista, ter conhecimento sobre as diferentes topologias de amplificadores operacionais de forma a compor um maior conjunto de ferramentas necessárias para solucionar um problema e entregar um melhor desempenho. Nas simulações realizadas, foi observado o comportamento de resposta do amplificador inversor quando exposto a diferentes parâmetros de configuração.

Em relação às tarefas propostas pelo livro, foram observados na maioria das simulações, a necessidade de conhecer os valores de ganho em laço fechado da topologia, visto que, é possível calcular os valores de amplificação do sinal de entrada (junto com os valores de resistência), além de permitir também o cálculo do erro quando atribuímos valores semelhantes às entradas ($V_{in-} \approx V_{in+}$ - curto-circuito virtual). Além disso, conhecer o valor de ganho do amplificador em malha aberta nos permite, através das simulações, notar o erro que existe quando tentamos calcular teoricamente.

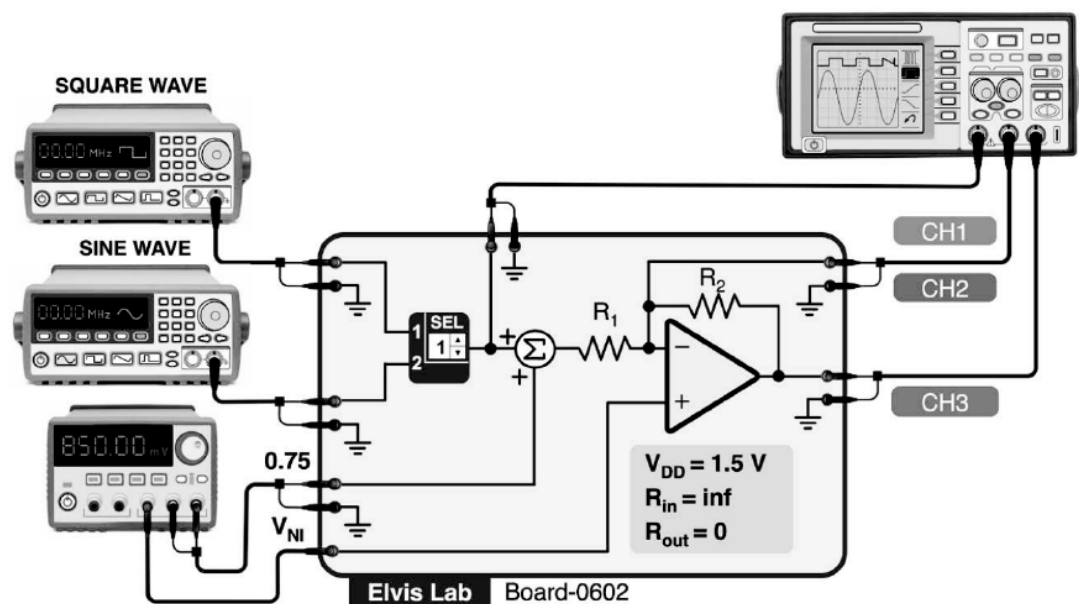


Figura 1: Configuração de medição

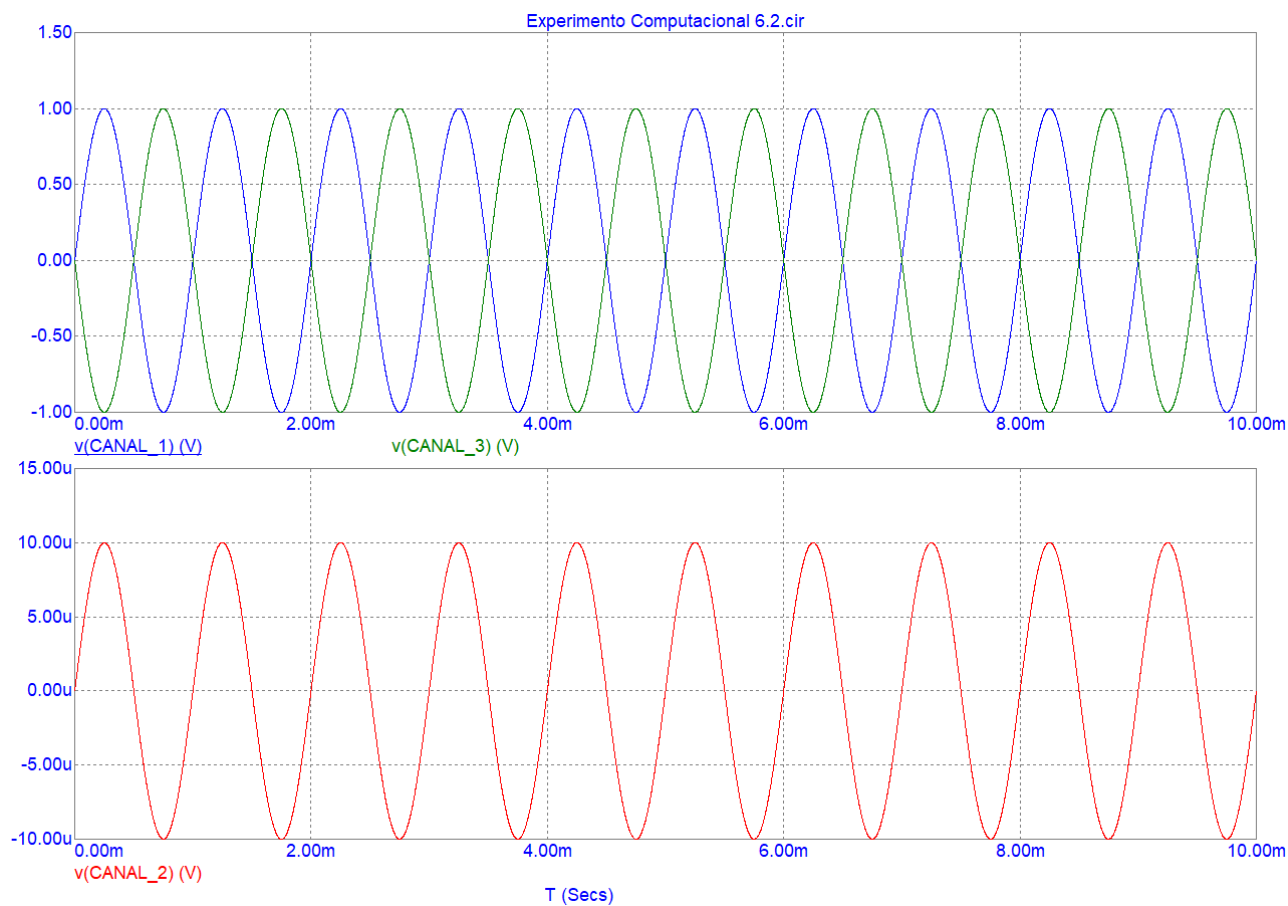


Figura 2: R_1 e $R_2 = 1\text{k}$; V_1 e $V_{NI} = 0\text{V}$; $A_0 = 10^5$

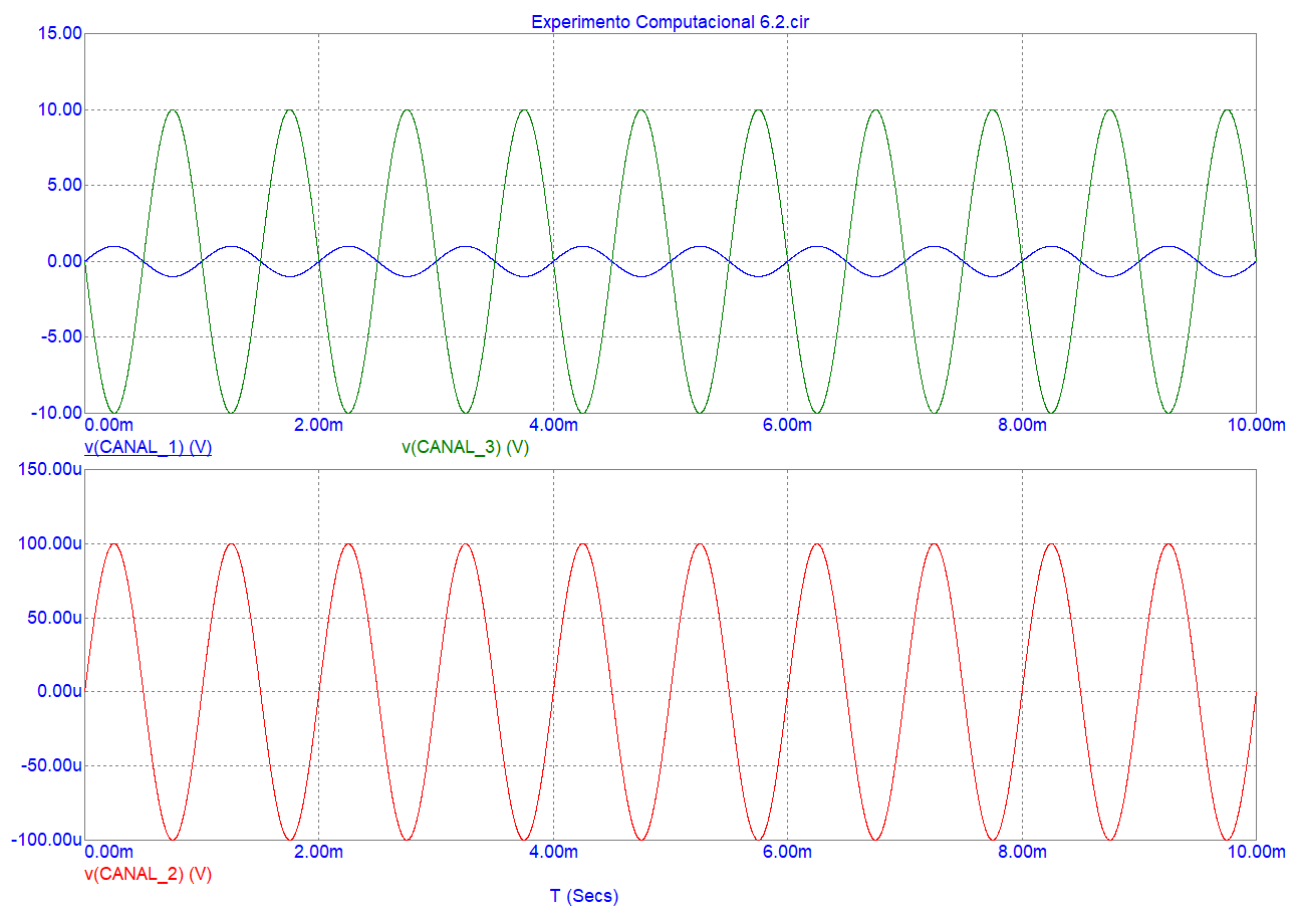


Figura 3: $R_1=1k$ e $R_2 = 10k$; V_1 e $V_{NI} = 0v$; $A_0 = 10^5$

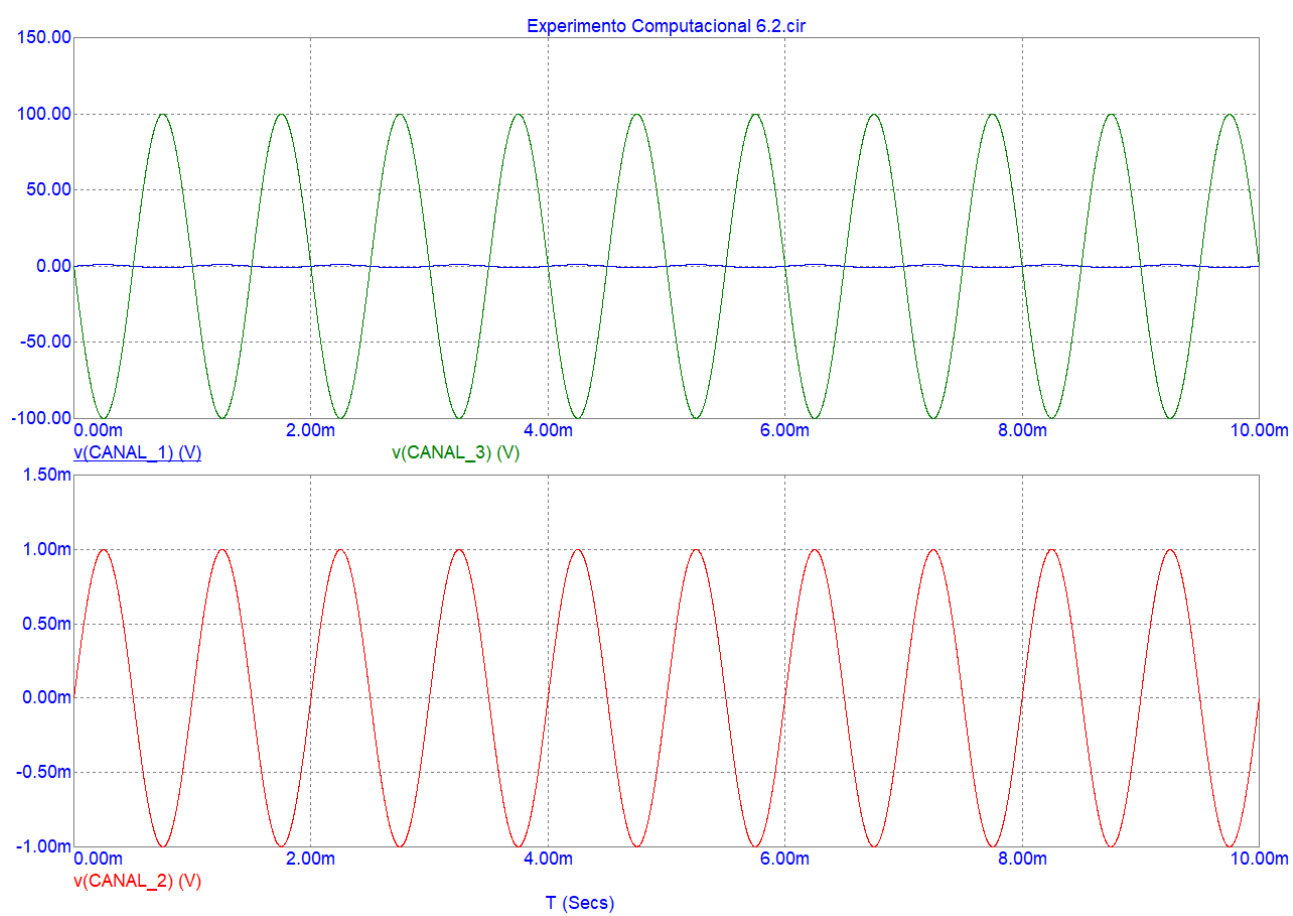


Figura 4: $R_1=1\text{k}$ e $R_2 = 100\text{k}$; V_1 e $V_{NI} = 0\text{v}$; $A_0 = 10^5$

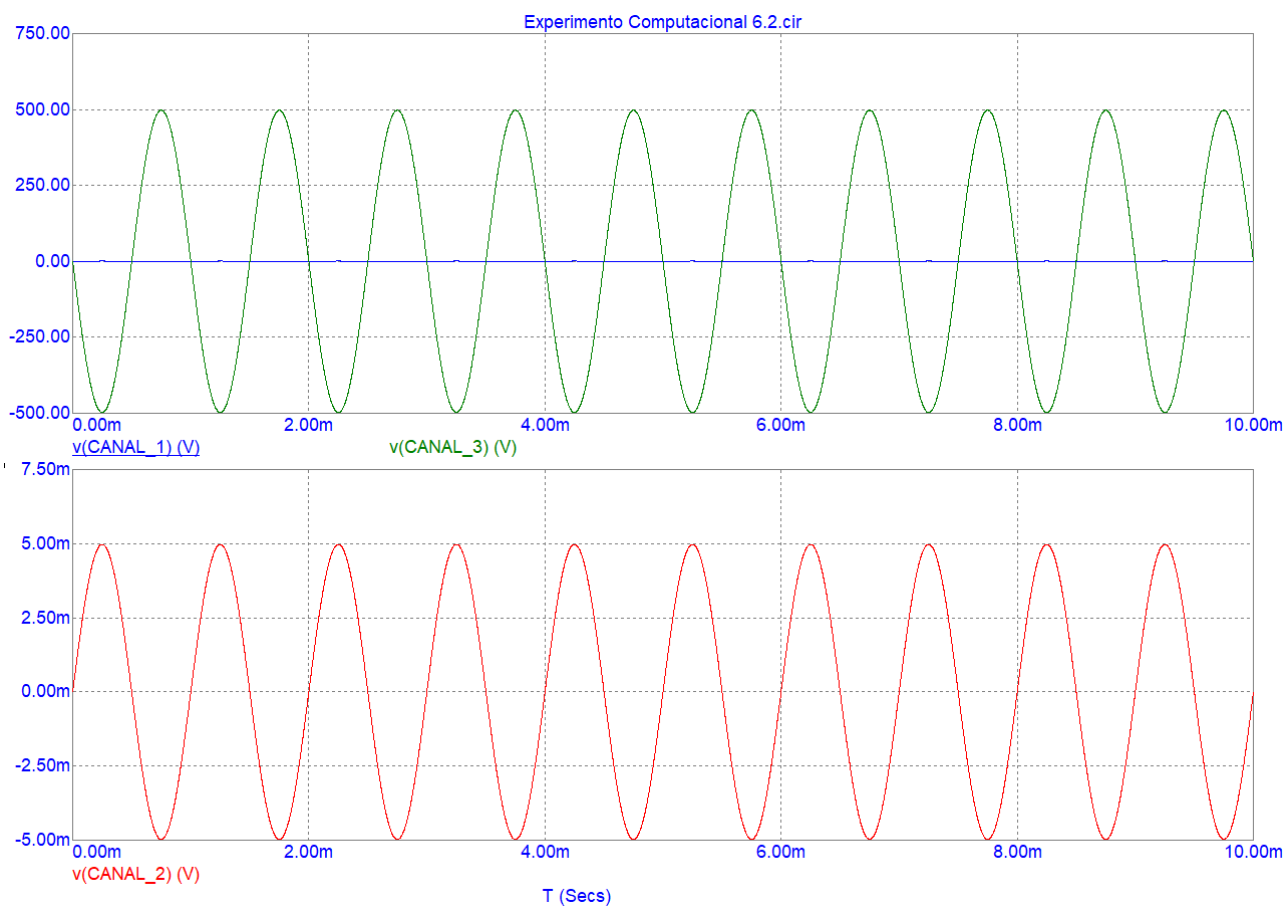


Figura 5: $R_1=1k$ e $R_2 = 500k$; V_1 e $V_{NI} = 0v$; $A_0 = 10^5$

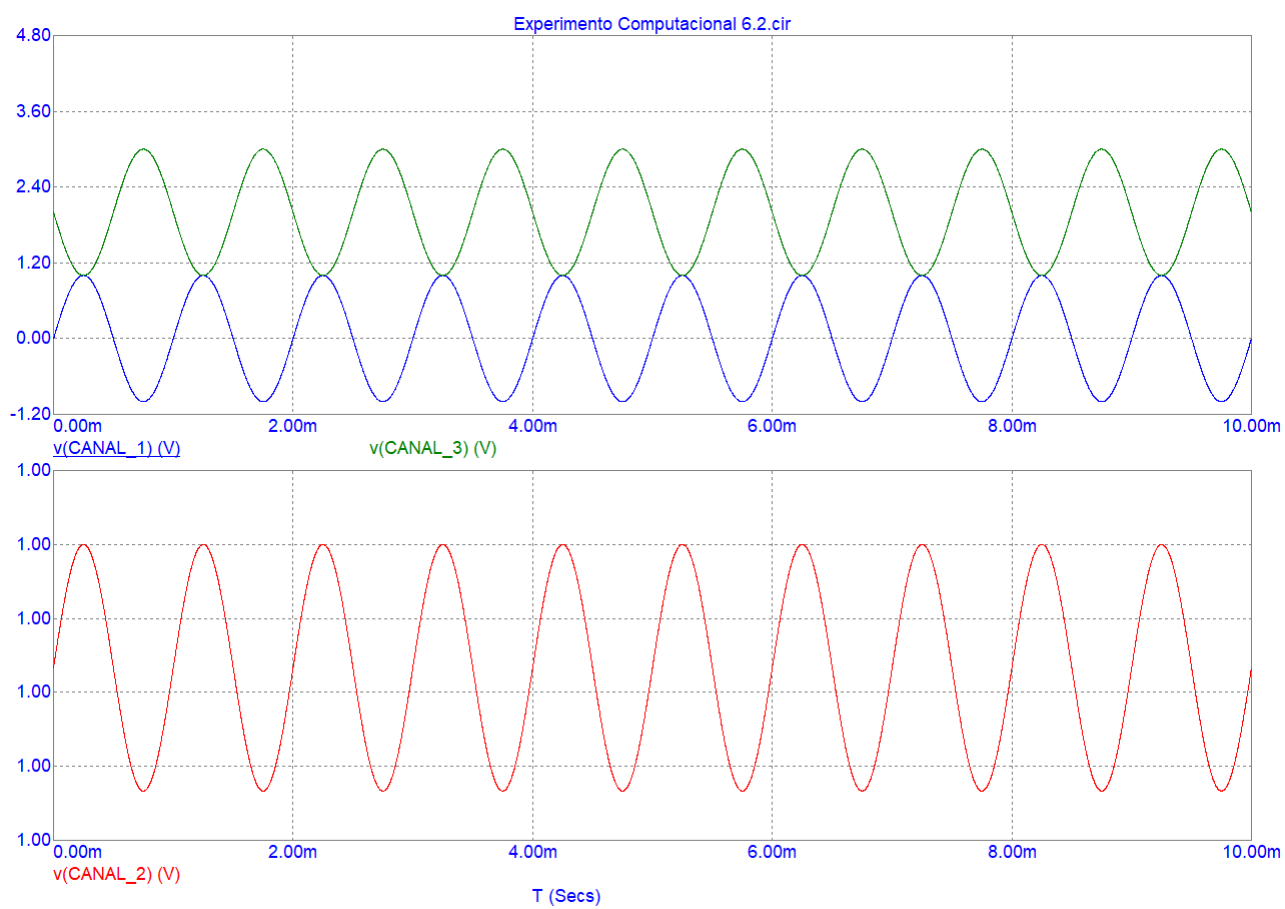


Figura 6: $R1=1k$ e $R2 = 1k$; $V1=0$ $V_{NI} = 1v$; $A_0 = 10^5$

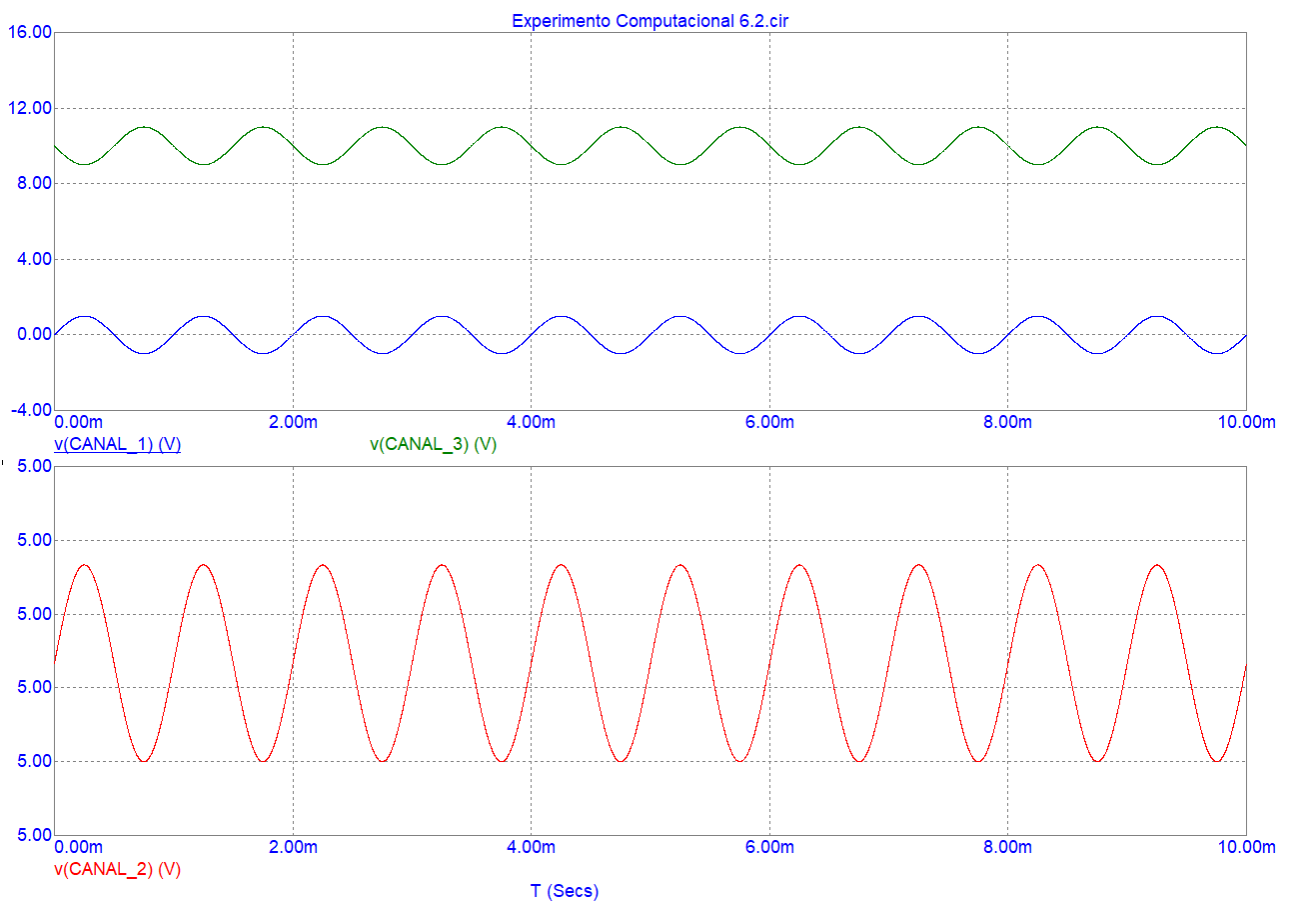


Figura 7: $R_1=1k$ e $R_2 = 1k$; $V_1=0$ $V_{NI} = 5v$; $A_0 = 10^5$

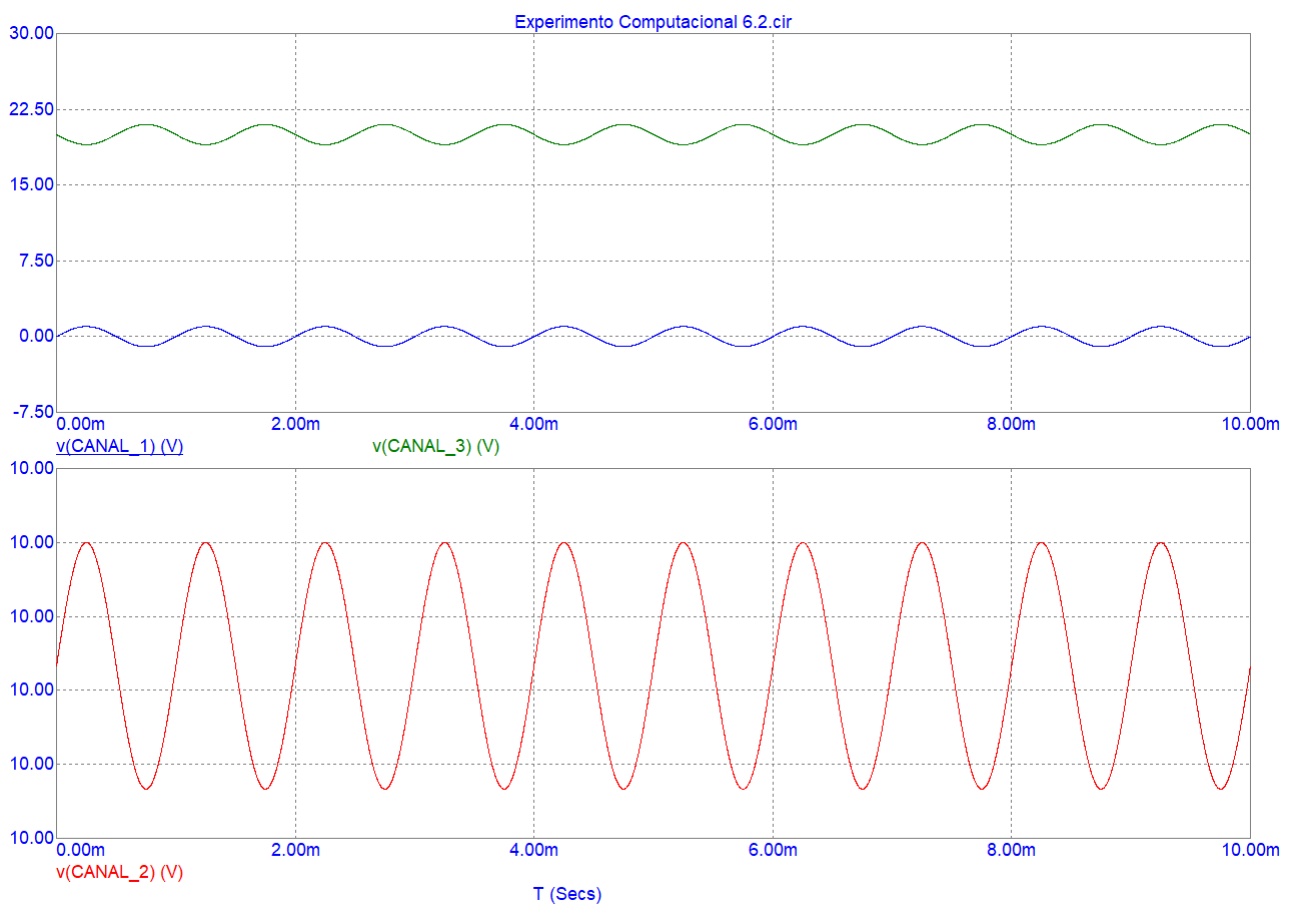


Figura 8: $R_1=1k$ e $R_2 = 1k$; $V_1=0$ $V_{NI} = 10v$; $A_0 = 10^5$

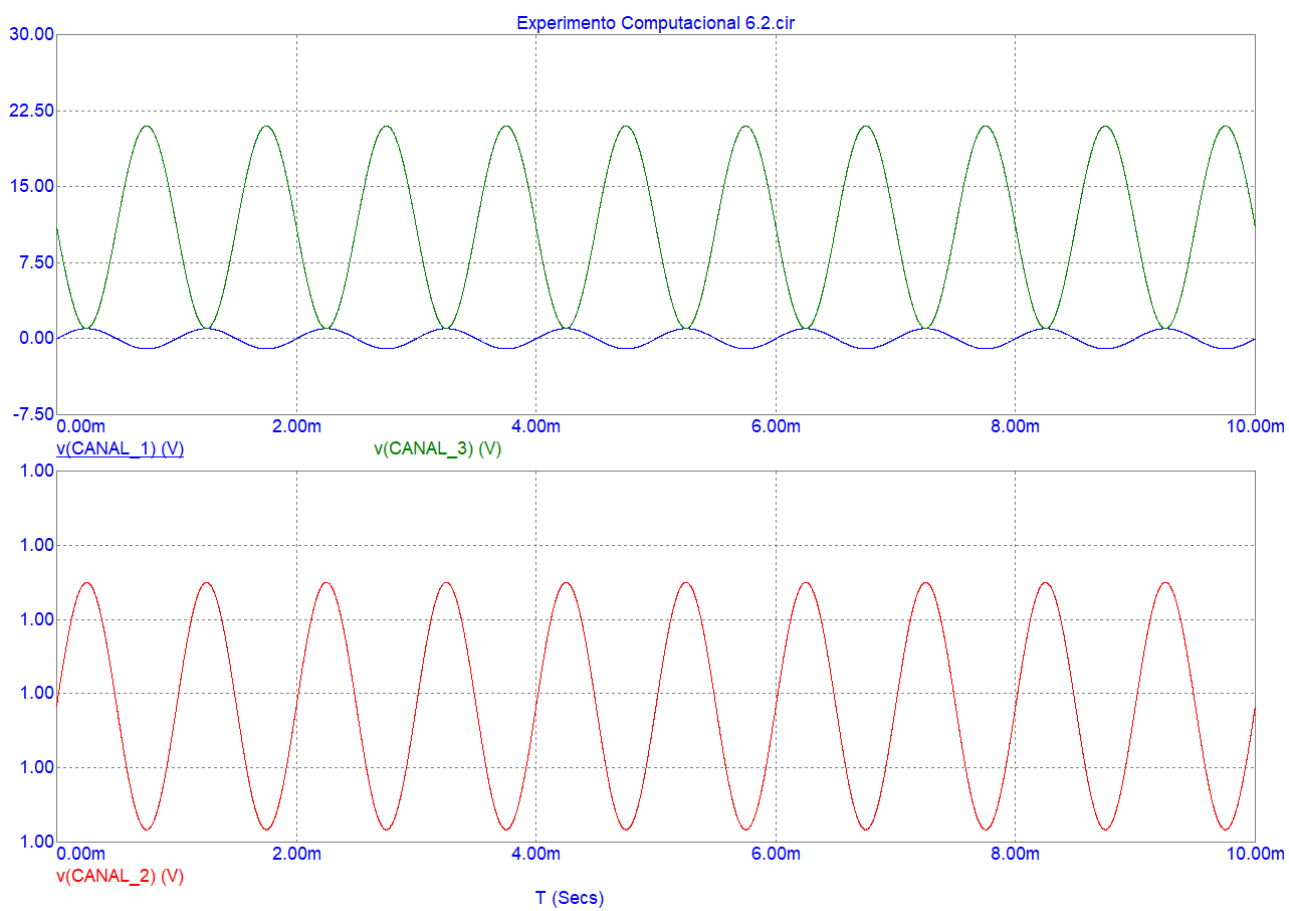


Figura 9: $R_1=1k$ e $R_2 = 10k$; $V_1=0$ $V_{NI} = 1v$; $A_0 = 10^5$

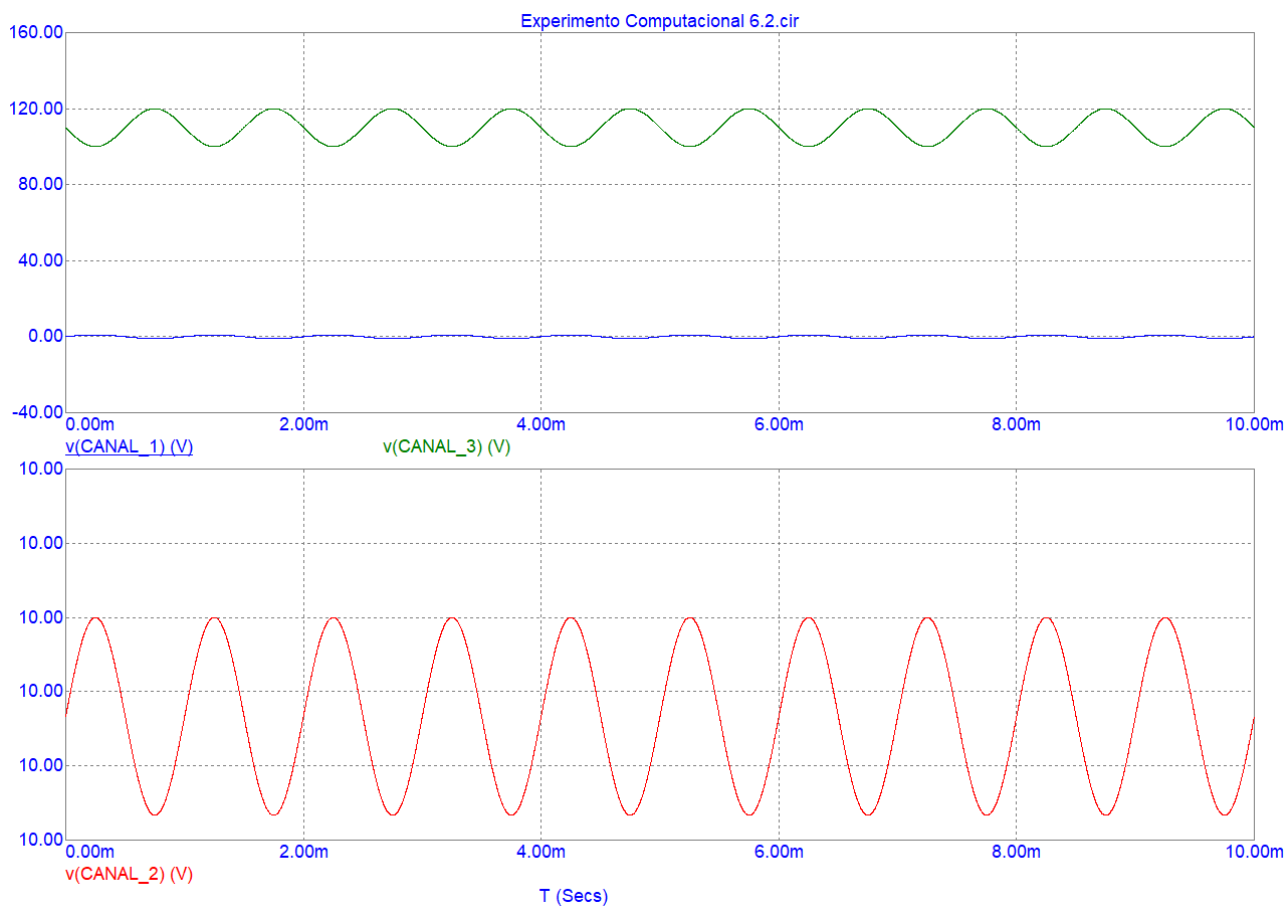


Figura 10: $R_1=1k$ e $R_2 = 10k$; $V_1=0$ $V_{NI} = 10v$; $A_0 = 10^5$

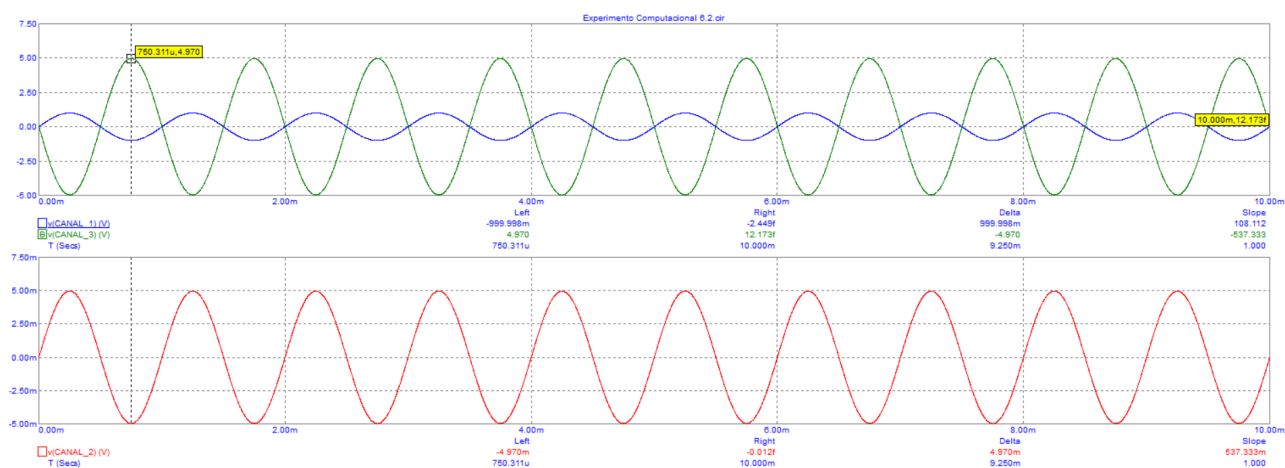


Figura 11: $R_1 = 1k$ e $R_2 = 5k$; $V_1 = 0$; $V_{NI} = 0v$; $A_0 = 10^3$; $A_v = -5$

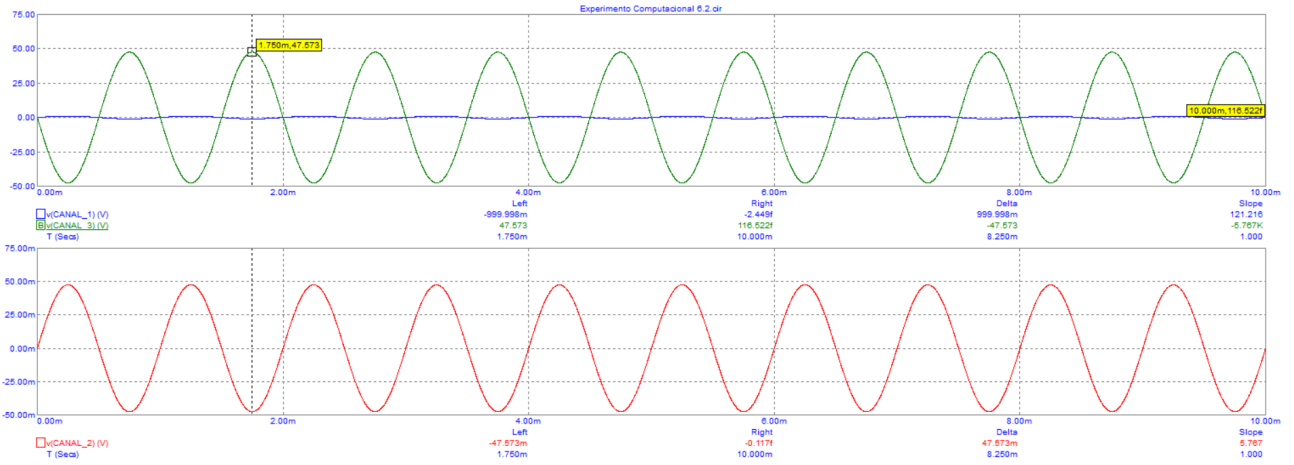


Figura 12: $R_1 = 1k$ e $R_2 = 50k$; $V_1 = 0$; $V_{NI} = 0v$; $A_0 = 10^3$; $A_v = -50$

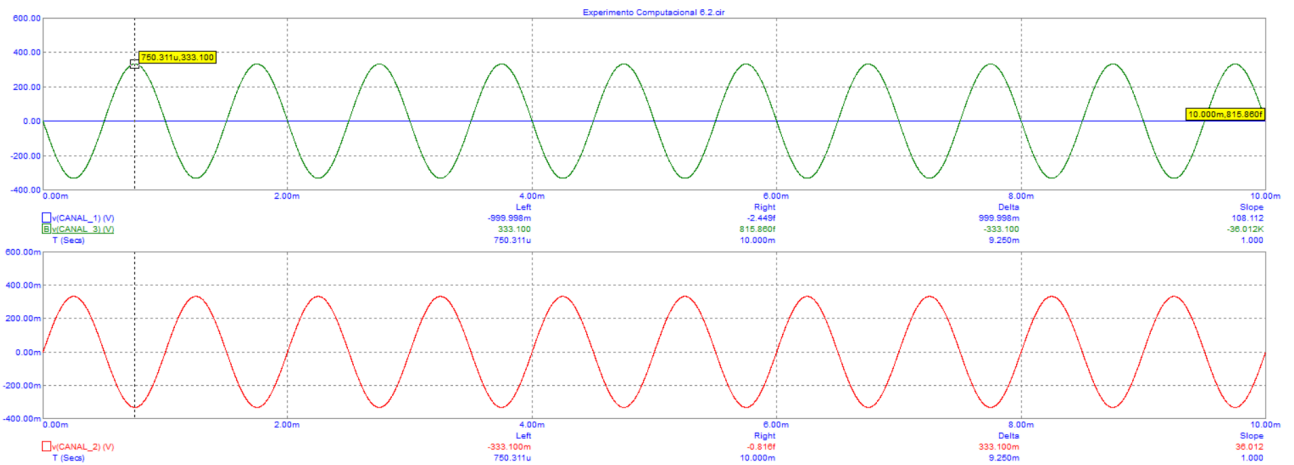


Figura 13: $R_1 = 1k$ e $R_2 = 500k$; $V_1 = 0$; $V_{NI} = 0v$; $A_0 = 10^3$; $A_v = -500$

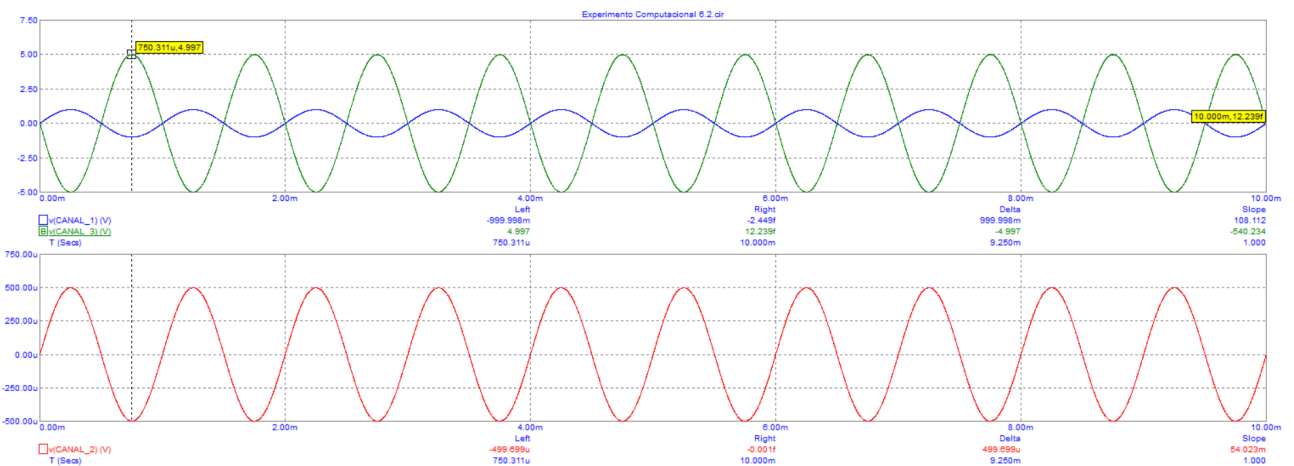


Figura 14: $R_1 = 1k$ e $R_2 = 5k$; $V_1 = 0$; $V_{NI} = 0v$; $A_0 = 10^4$; $A_v = -5$

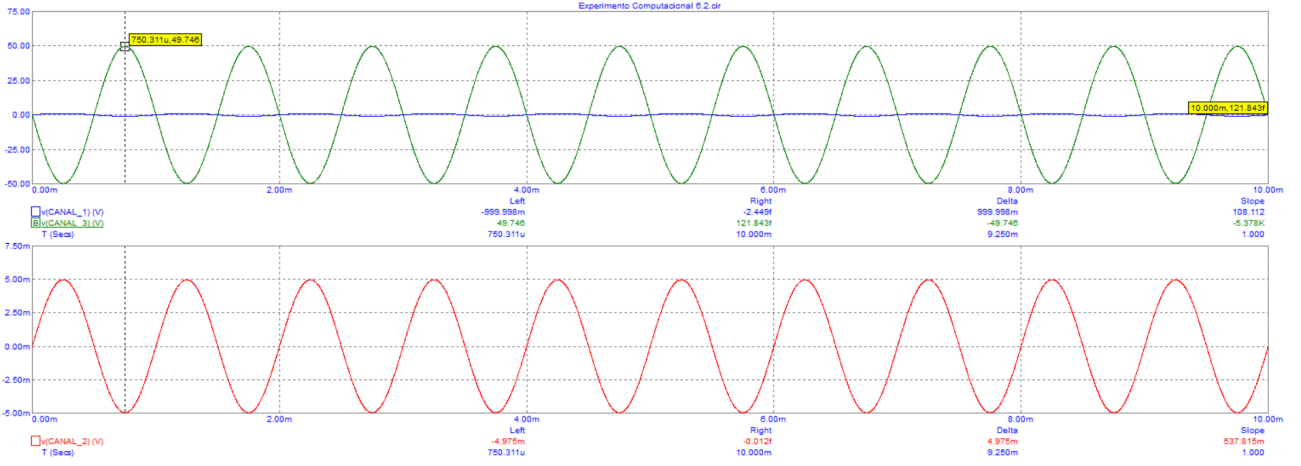


Figura 15: $R_1 = 1k$ e $R_2 = 50k$; $V_1 = 0$; $V_{NI} = 0v$; $A_0 = 10^4$; $A_v = -50$

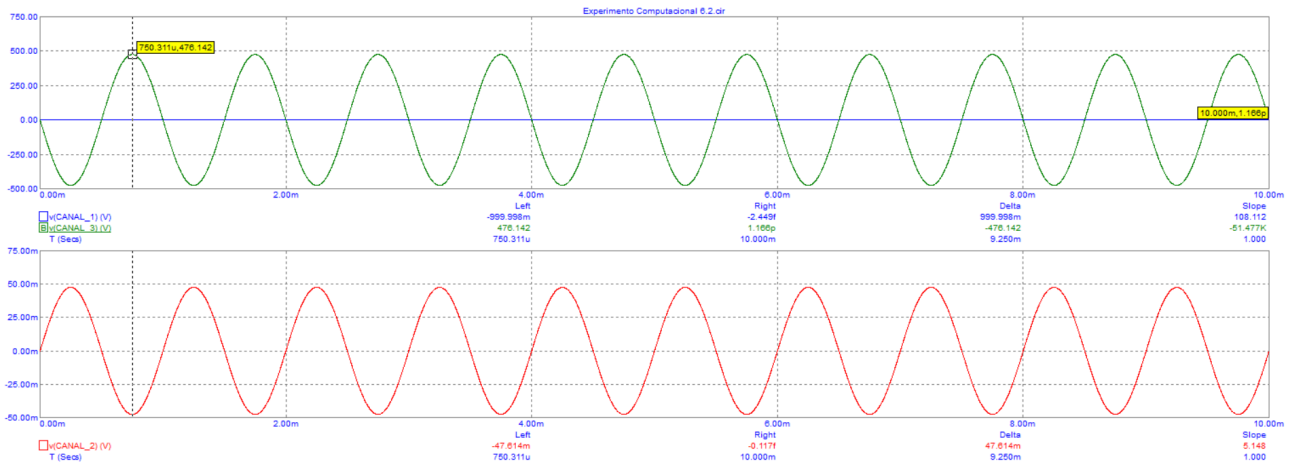


Figura 16: $R_1 = 1k$ e $R_2 = 500k$; $V_1 = 0$; $V_{NI} = 0v$; $A_0 = 10^4$; $A_v = -500$

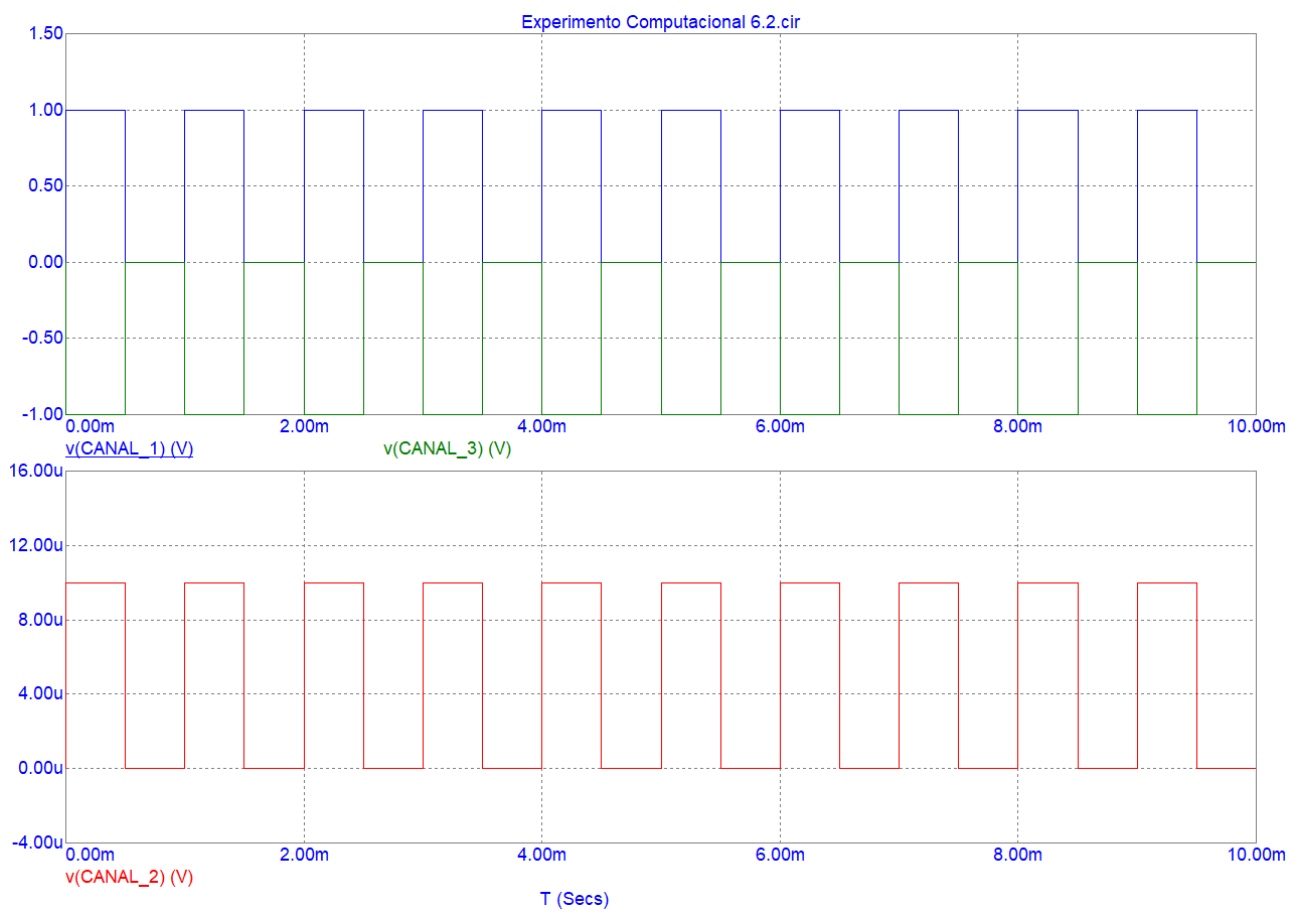


Figura 17: $R_1=1\text{k}$ e $R_2 = 1\text{k}$; $V_1=0$ $V_{NI} = 0\text{v}$; $A_0 = 10^5$

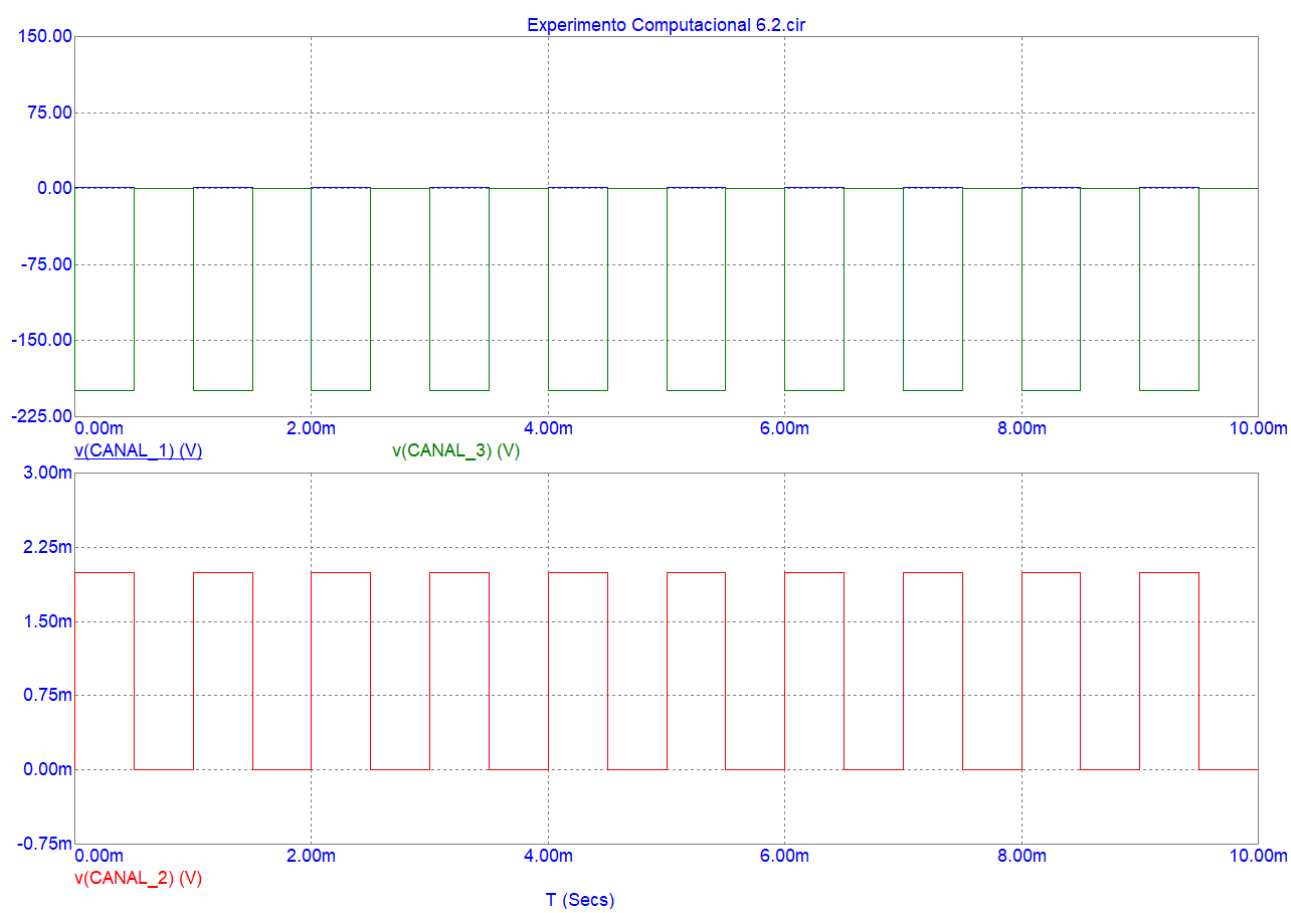


Figura 18: $R_1=1k$ e $R_2 = 200k$; $V_1=0$ $V_{NI} = 0v$; $A_0 = 10^5$

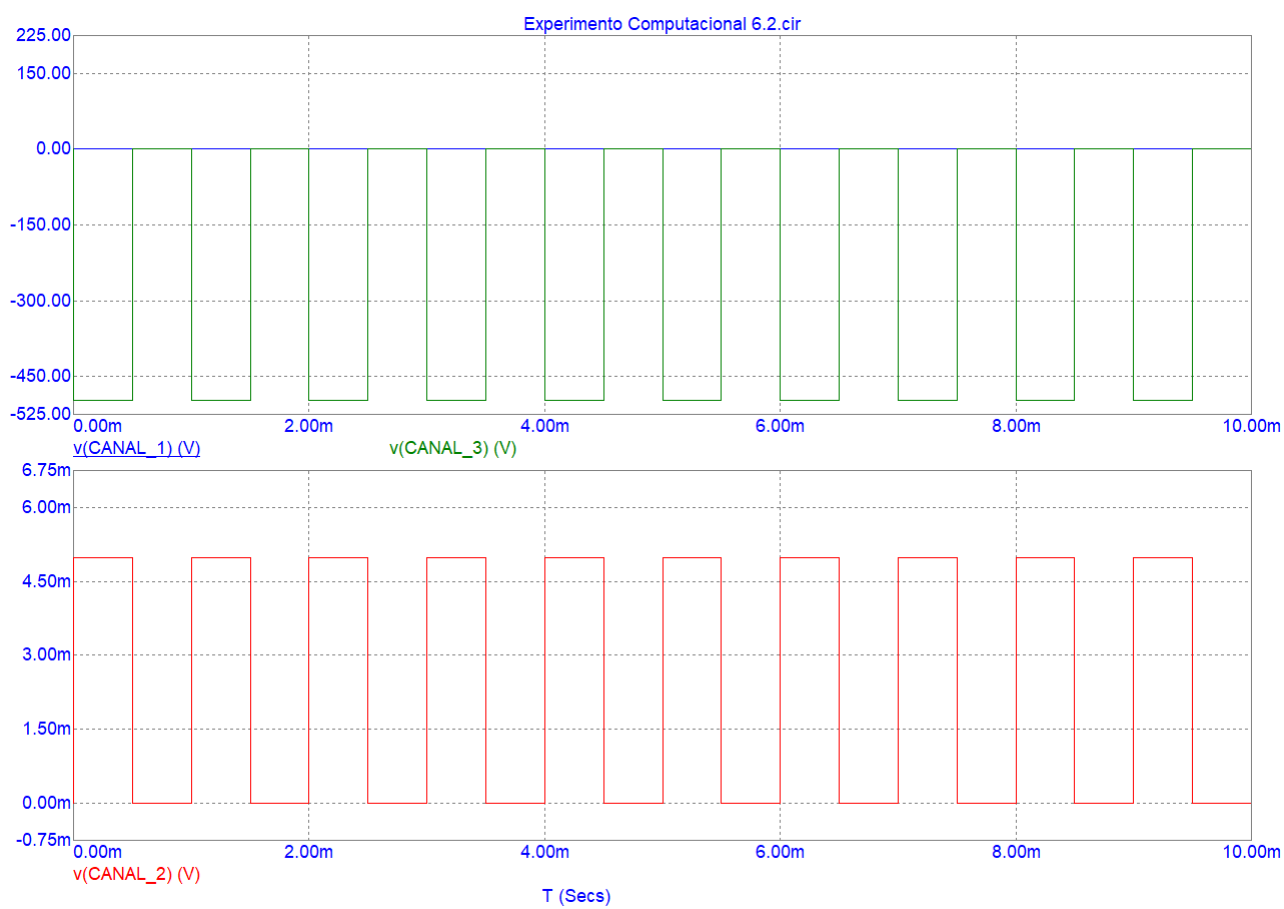


Figura 19: $R_1=1k$ e $R_2 = 500k$; $V_1=0$ $V_{NI} = 0v$; $A_0 = 10^5$

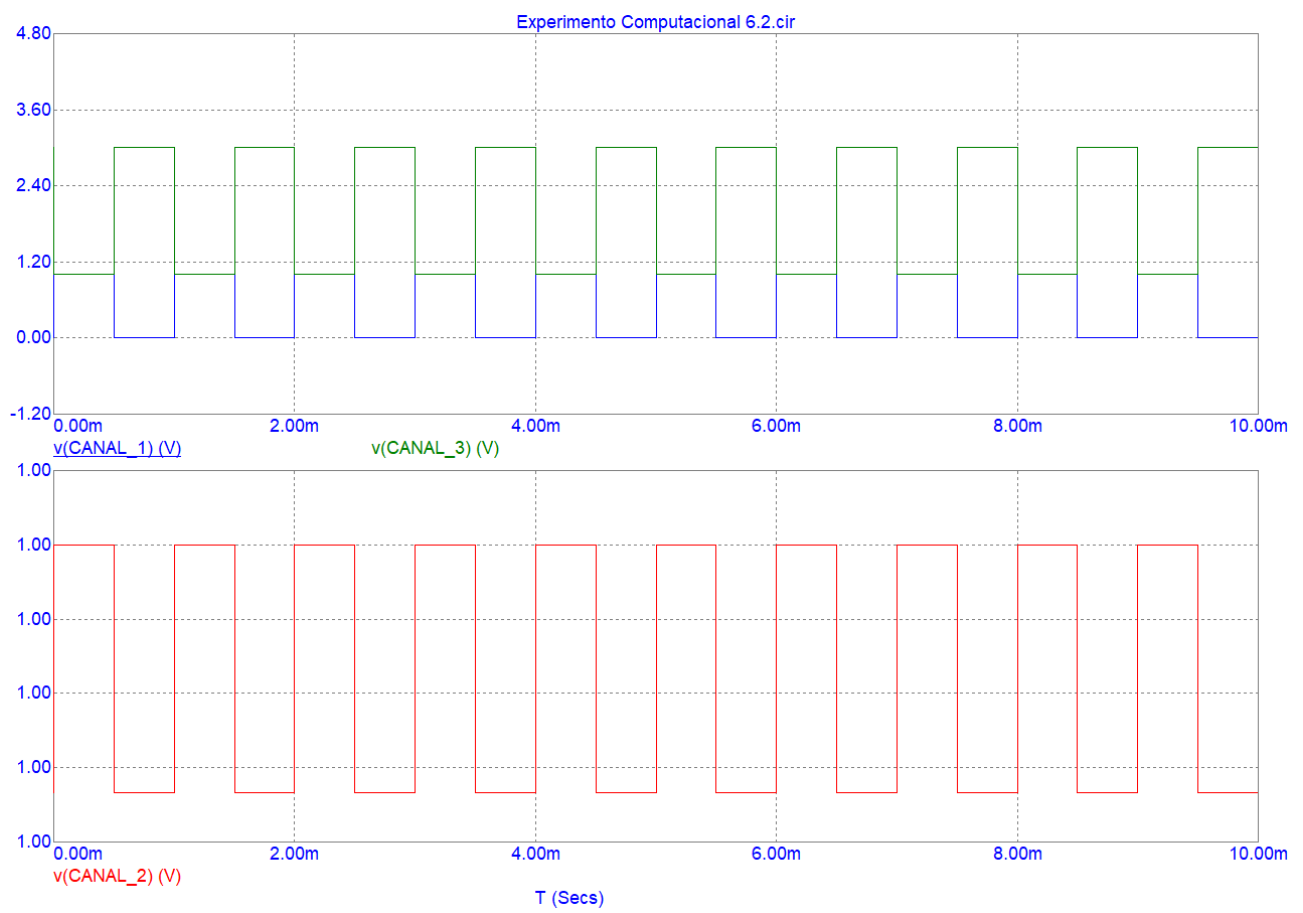


Figura 20: $R_1=1k$ e $R_2 = 2k$; $V_1=0$ $V_{NI} = 1v$; $A_0 = 10^5$

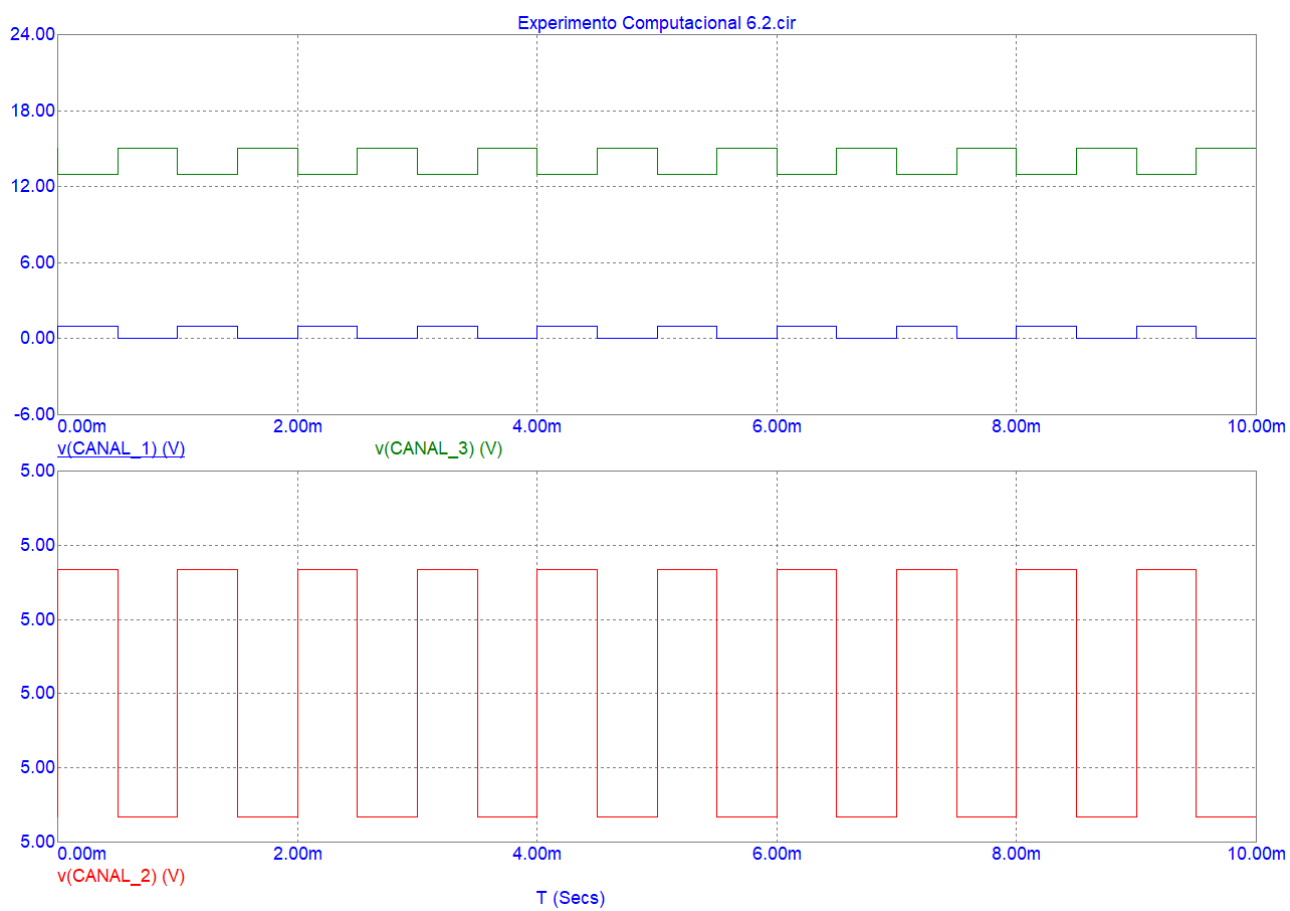


Figura 21: $R_1=1k$ e $R_2 = 2k$; $V_1=0$ $V_{NI} = 5v$; $A_0 = 10^5$

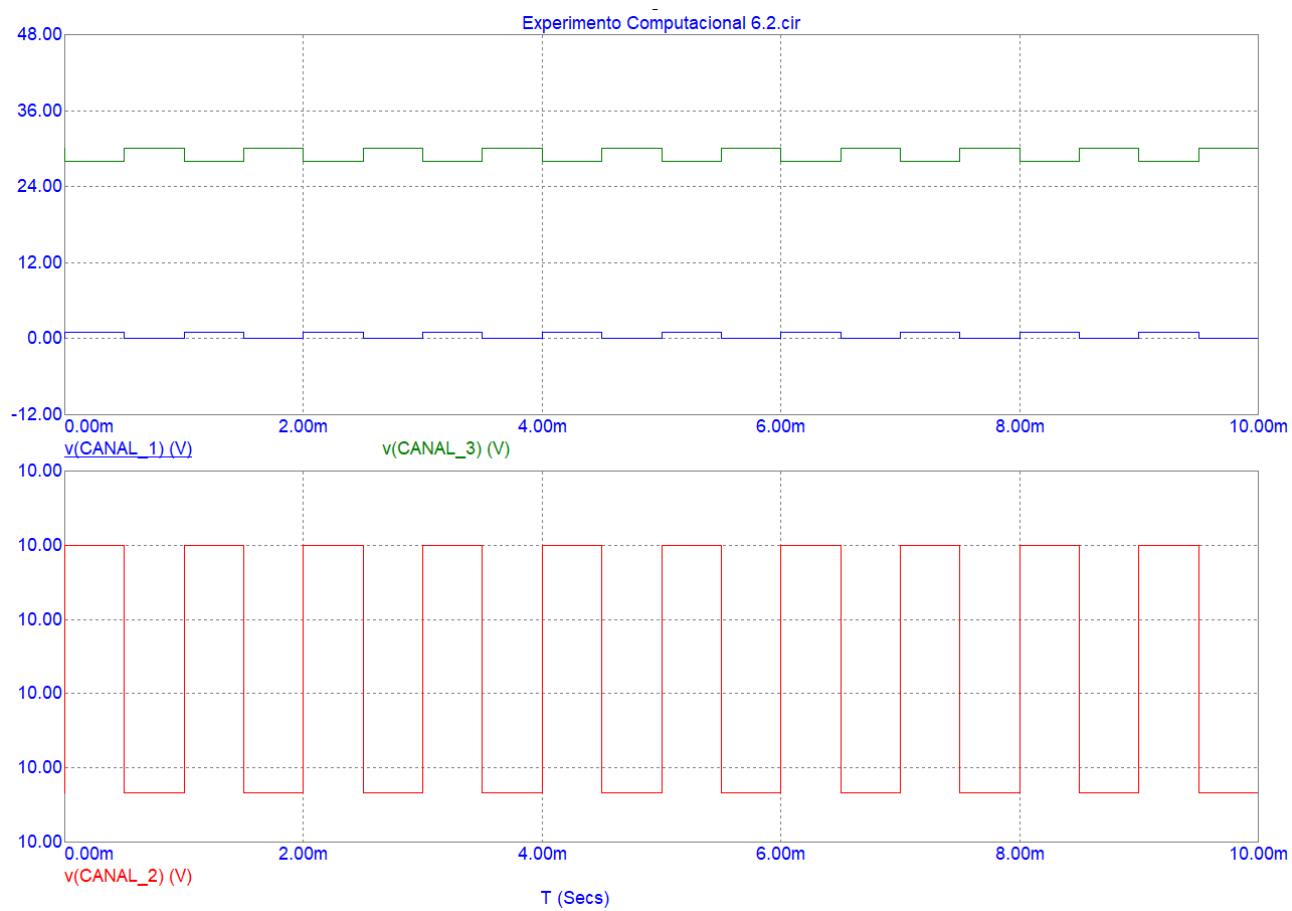


Figura 22: $R_1=1k$ e $R_2 = 2k$; $V_1=0$ $V_{NI} = 10v$; $A_0 = 10^5$

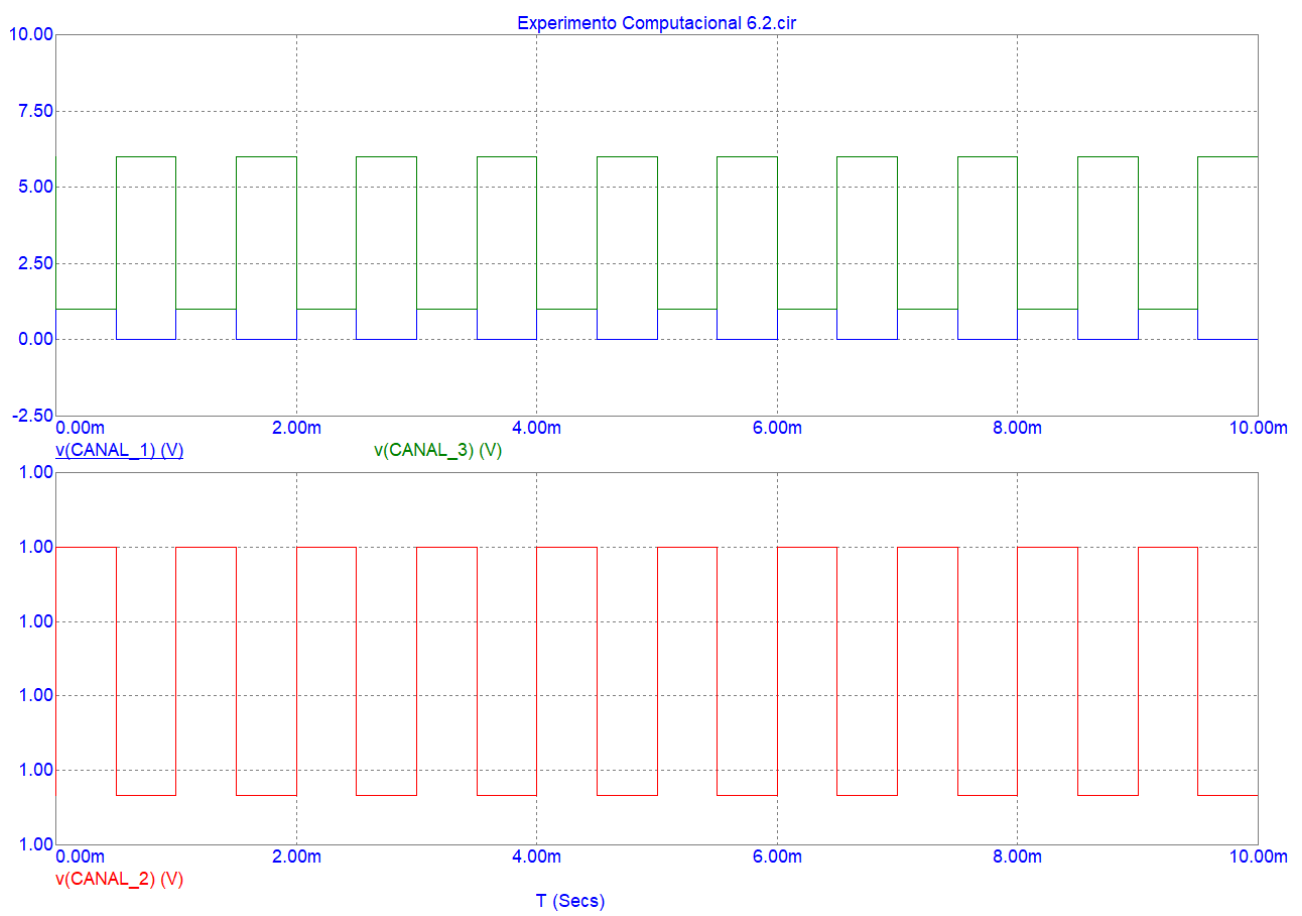


Figura 23: $R_1=1k$ e $R_2 = 5k$; $V_1=0$ $V_{NI} = 1v$; $A_0 = 10^5$

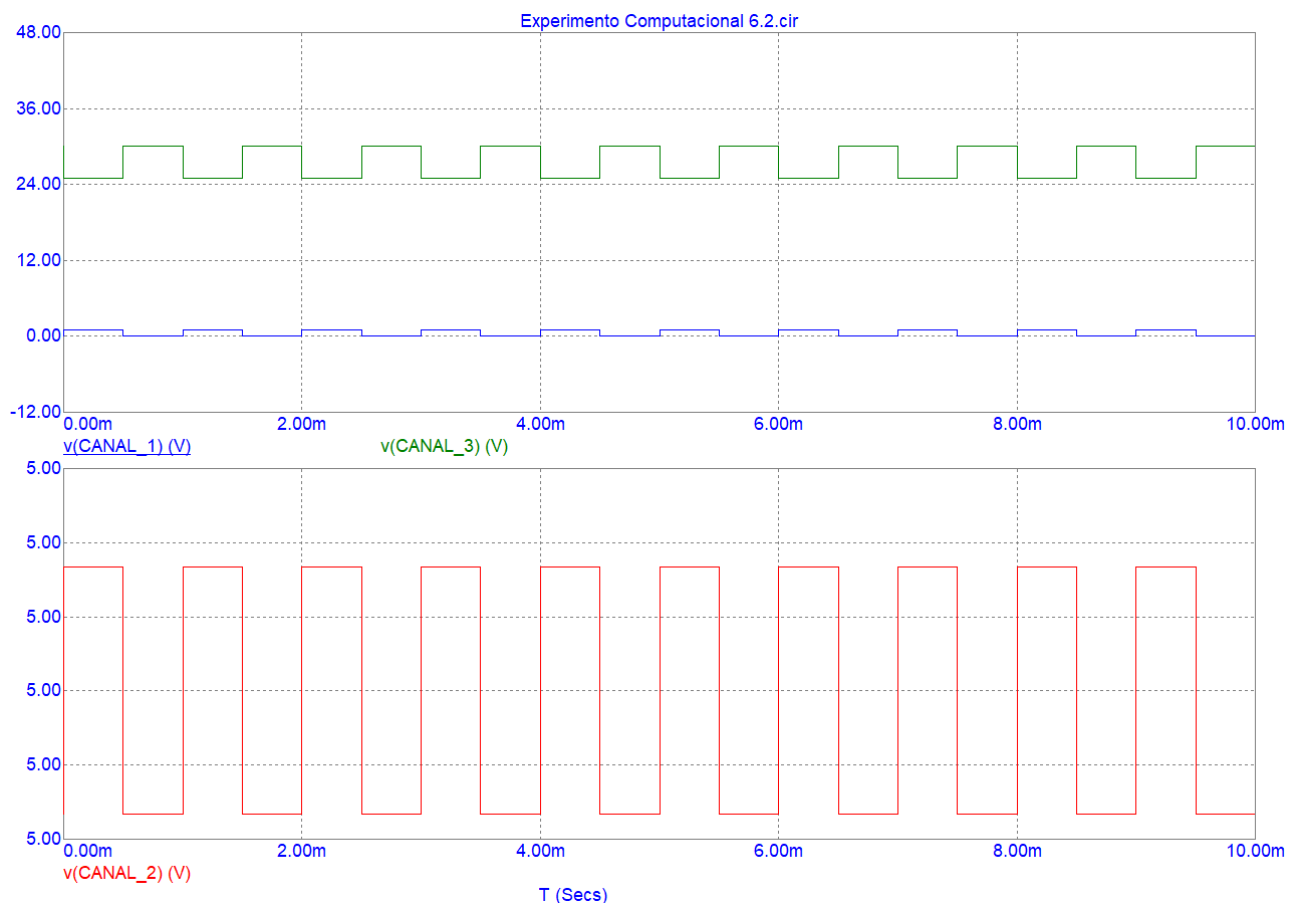


Figura 24: $R_1=1k$ e $R_2 = 5k$; $V_1=0$ $V_{NI} = 5v$; $A_0 = 10^5$

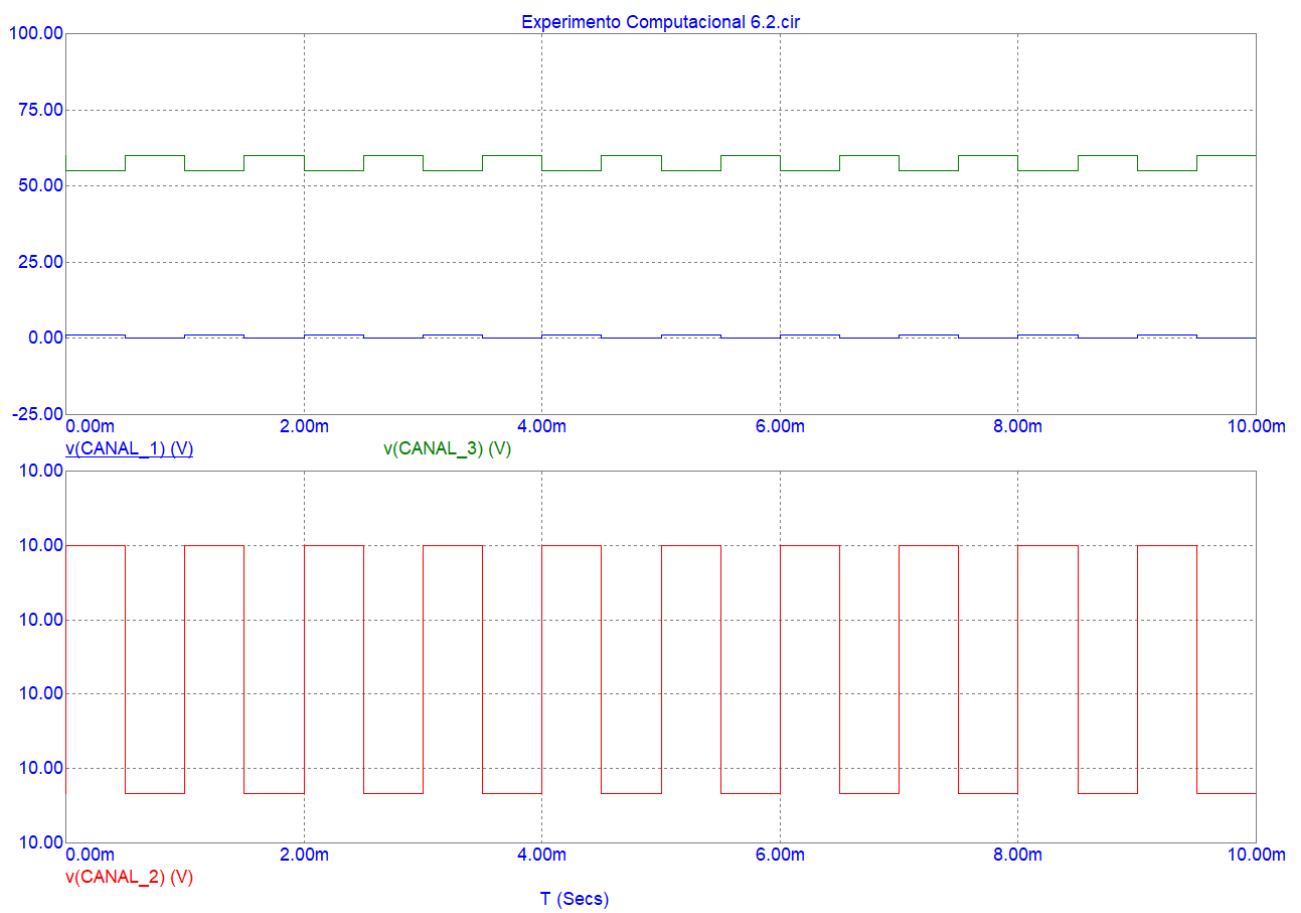


Figura 25: $R_1=1k$ e $R_2 = 5k$; $V_1=0$ $V_{NI} = 10v$; $A_0 = 10^5$