



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETRÔNICA
CURSO SUPERIOR DE SISTEMAS ELETRÔNICOS

AMPLIFICADORES OPERACIONAIS
COMPARADORES

Relatório de Amplificadores Operacionais
Comparadores do Curso de Sistemas
Eletrônicos submetido ao Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia de Santa
Catarina como parte dos requisitos para
aprovação 2013/2.

Professor Orientador:
Luis Carlos Martinhago Schlichting

Karen Calliari de Freitas
FLORIANÓPOLIS, 2013

LISTA DE MATERIAIS EQUIPAMENTOS E SOFTWARES

03	Fontes de alimentação.....
01	Gerador de função.....
01	Osciloscópio Digital.....
01	Matriz de contato.....
01	Circuito Integrado LM741.....
01	Circuito Integrado LM311.....

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Amplificador operacional comparador em malha aberta	8
Figura 2 – Amplificador operacional com suas respectivas alimentações.....	9
Figura 3 – Amplificador operacional comparador com tensão de referência (VR) na entrada inversora (V-) igual a zero.	10
Figura 04 - Gráfico da função transferência do circuito não-inversor com referencia 0V.....	10
Figura 5 – Amplificador operacional comparador com tensão de referência (VR) na entrada inversora (V-) maior que zero.	11
Figura 6 - Gráfico da função transferência do circuito não-inversor com referencia maior que zero.	11
Figura 7 – Amplificador operacional comparador com tensão de referência (VR) na entrada não-inversora (V+) igual a zero.....	11
Figura 8 - Gráfico da função transferência do circuito inversor com referencia igual a 0V.....	12
Figura 9 – Amplificador operacional comparador com tensão de referência (VR) na entrada não-inversora (V+) maior que zero.....	12
Figura 10 - Gráfico da função transferência do circuito inversor com referencia maior que zero.....	13
Figura 11 – Curva de transferência em malha aberta, tensão de entrada (Vi) em mV, tensão de saída (Vs) em Volts.	13
Figura 12 – Comparador inversor com histerese, referência na entrada não-inversora igual a zero. .	14
Figura 13 – Curva de transferência em um grafico x-y onde x = Ve (tensão de entrada) e y = Vs (tensão de saída).	14
Figura 14 – Esquemático do circuito comparador inversor com referência na entrada não-inversora em 0V.	15
Figura 15 – Imagem do osciloscópio virtual do software de simulação Proteus.....	16
Figura 16 – A imagem do osciloscópio digital.	17
Figura 17 – Esquemático do circuito comparador inversor com referência na entrada não-inversora em -3V.	17
Figura 18 – Imagem do osciloscópio virtual do software de simulação Proteus.....	18
Figura 19 – Ponto de transição na subida do sinal senoidal de entrada.....	19
Figura 20 – Ponto de transição na subida do sinal saturado e descida do sinal senoidal é de 2,65V. Para cada quadrado da malha quadriculada 1V.	19
Figura 21 – A imagem do osciloscópio digital.	20
Figura 22 – Esquemático do circuito comparador inversor com referência na entrada não-inversora em 0V.	20
Figura 23 – Imagem do osciloscópio virtual do software de simulação Proteus.....	21
Figura 24 – A imagem do osciloscópio digital.	22
Figura 25 – Esquemático do circuito comparador inversor com referência na entrada não-inversora em -3V.	22
Figura 26 – Imagem do osciloscópio virtual do software de simulação Proteus demonstrando	23
Figura 27 – A imagem do osciloscópio digital.	23
Figura 28 – Circuito não-inversor, simulação no software Proteus.	25
Figura 29 – Imagem do osciloscópio virtual do software de simulação Proteus.....	25
Figura 30 - A imagem do osciloscópio digital.....	26
Figura 31 – Curva de transferência no modo x-y do osciloscópio digital obtida do circuito não-inversor.	26
Figura 32 – Circuito não-inversor, simulação no software Proteus.	27
Figura 33 – Imagem do osciloscópio virtual do software de simulação Proteus.....	28

Figura 34 - A imagem do osciloscópio digital real.....	28
Figura 35 – Curva de transferência no modo x-y do osciloscópio digital obtida do circuito não-inversor.	29
Figura 36 – Circuito não-inversor, simulação no software Proteus.	30
Figura 37 – Imagem do osciloscópio virtual do software de simulação Proteus.....	30
Figura 38 - A imagem do osciloscópio digital.....	31
Figura 39 – Circuito não-inversor, simulação no software Proteus.	32
Figura 40 – Imagem do osciloscópio virtual do software de simulação Proteus.....	32
Figura 41 - A imagem do osciloscópio digital.....	33

SUMÁRIO

LISTA DE MATERIAIS EQUIPAMENTOS E SOFTWARES	2
LISTA DE FIGURAS.....	3
1. INTRODUÇÃO	6
2. OBJETIVOS	7
3. AMPLIFICADORES OPERACIONAIS COMPARADORES DE TENSÃO	8
3.1 Definição	8
3.2 Simbologia	8
3.3 Alimentação	9
3.4 Comparador Não-Inversor	9
3.5 Comparador Inversor	11
3.6 Histerese.....	13
4. PARTE 1 – Comparadores de 1 nível com ampop 741 e 311	14
4.1 Comparador Inversor com nível 0V - LM741	15
4.2 Comparador Não-Inversor com nível -3V - LM741	17
4.3 Comparador Inversor com nível 0V – LM311.....	20
4.4 Comparador Não-Inversor com nível -3V – LM311.....	22
5. PARTE 1 – Comparadores de 2 níveis (Histerese –Schmitt Trigger) com ampop 741 e 311.....	24
5.1 EXPERIMENTOS COM LM 741	24
5.2 Não-Inversor com tensão central 0V , VSUP 3V E VINIF -3	24
5.3 Não-Inversor com tensão central 3V , VSUP 4V E VINIF 2	27
6.1 EXPERIMENTOS COM LM 311	29
6.2 Não-Inversor com tensão central 0V , VSUP 3V E VINIF -3	29
6.3 Não-Inversor com tensão central 3V , VSUP 4V E VINIF 2	31
7. CONCLUSÃO	33
8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34
ANEXO 1 – Datasheet LM741.....	35
ANEXO 2 – Datasheet LM311.....	36

1. INTRODUÇÃO

Será abordada toda teoria envolvendo amplificadores operacionais comparadores com e sem histerese, em malha aberta e fechada com circuitos integrados amplificadores LM741 e LM311, dentre os experimentos e análises que serão feitos incluem teoria das comparações tomando como referência um amplificador ideal, simulação no software proteus dos circuitos em malha aberta com referências distintas na entradas e assim obter a saturação e instantes de transição, em malha fechada será observado também os limites de saturação e transição mais a curva de transferencia em um grafico x-y do osciloscópio digital.

2. OBJETIVOS

- Descrever a teoria dos amplificadores comparadores.
- Diferenças circuitos amplificadores comparadores inversores e não-inversores e suas respectivas tensões de saída.
- Identificar os circuitos integrados a serem utilizados, relacionar suas entradas e saídas para o funcionamento idealizado na teoria em simulação no software Proteus.
- Comandar os ajustes do osciloscópio tanto virtual como o osciloscópio digital para obter sucesso na leitura dos resultados idealizados na teoria.
- Selecionar os Circuitos Integrados LM741 e LM311 com seus respectivos datasheets que serão utilizadas em montagem na matriz de contato.
- Fazer a comparação das diferentes configurações a serem analisadas em cada circuito integrado e em seguida entre os circuitos integrados distintos.
- Associar as fontes de alimentação para polarização e alimentação utilizando uma mesma referência.
- Comparar resultados idealizados em teoria, simulação no software Proteus e prática com montagem dos circuitos em matriz de contato, suas curvas características e instantes de transição, estes serão registrados em tabela.

3. AMPLIFICADORES OPERACIONAIS COMPARADORES DE TENSÃO

3.1 Definição

Um amplificador operacional comparador é um circuito com duas tensões de entrada, uma tensão na entrada inversora do amplificador e outra tensão na entrada não inversora do amplificador e mais uma tensão de saída.

Podem ser aplicadas nas entradas sinais distintos para comparação ou um sinal e uma referência (V_R). Quando a diferença entre os sinais for positiva ou seja:

$(V_+) - (V_-) > 0$ (zero) = $+V_{CC}$ onde V_+ é a tensão na entrada não inversora e V_- é a tensão da entrada inversora.

Quando a diferença entre os sinais for negativa ou seja:

$(V_+) - (V_-) < 0$ (zero) = $-V_{CC}$ onde V_- é a tensão da entrada inversora e V_+ é a tensão da entrada não-inversora.

Quando saturado, não será o sinal $+V_{CC}$ ou $-V_{CC}$ enviado para a saída mais sim valores menores que $+V_{CC}$ e maiores que $-V_{CC}$ pois parte dessa tensão de alimentação é utilizada para o funcionamento interno do componente por isso podemos dizer que $+V_{CC}$ e $-V_{CC}$ são os limites máximos de tensão na saída do amplificador operacional.

3.2 Simbologia

Configuração simples de um amplificador demonstrando na figura 1 suas alimentações, entradas inversora e não-inversora mais a saída, onde V_+ (não-inversora), V_- (inversora), $+V_{CC}$ (alimentação positiva), $-V_{CC}$ (alimentação negativa) e V_S tensão de saída.

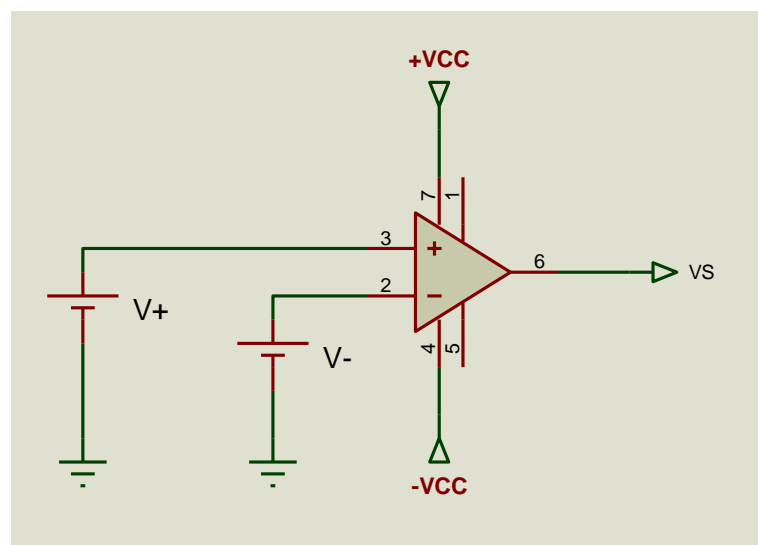


Figura 1 - Amplificador operacional comparador em malha aberta

3.3 Alimentação

Alimentação do amplificador operacional comparador segue os mesmos padrões de alimentação dos demais amplificadores operacionais podendo ser simétrica onde $-VCC$ é igual a $+VCC$ porém com sinal invertido ou seja se $-VCC = -15V$, $+VCC = +15V$.

Também poderá ser alimentado com tensões diferenciadas onde $-VCC = -15V$ e $+VCC = 0V$ e vice versa, podendo admitir quaisquer valores de tensão respeitando as características do componente amplificador.

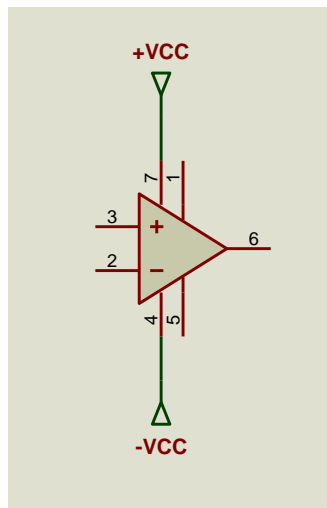


Figura 2 – Amplificador operacional com suas respectivas alimentações.

3.4 Comparador Não-Inversor

Comparador não-inversor com tensão de referência igual a $0V$ ou seja, se a diferença das tensões de entrada for maior que zero a saída será $+VCC$ e se for menor que zero será $-VCC$, representado na figura 3 a seguir.

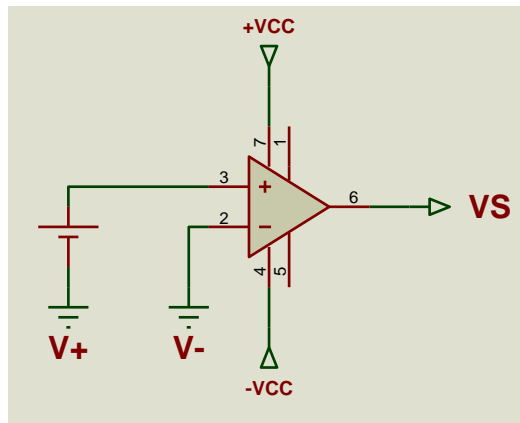


Figura 3 – Amplificador operacional comparador com tensão de referência (V_R) na entrada inversora (V_-) igual a zero.

A figura 04 a seguir representa a função de transferência do circuito.

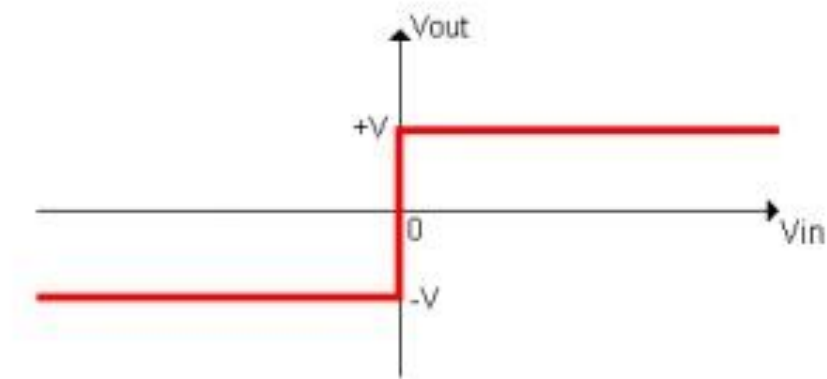


Figura 04 - Gráfico da função transferência do circuito não-inversor com referência 0V.

Comparador não-inversor com tensão de referência maior que zero ou seja, se a diferença das tensões de entrada for maior que a tensão de referência a saída será $+V_{CC}$ e se for menor que a tensão de referência será $-V_{CC}$.

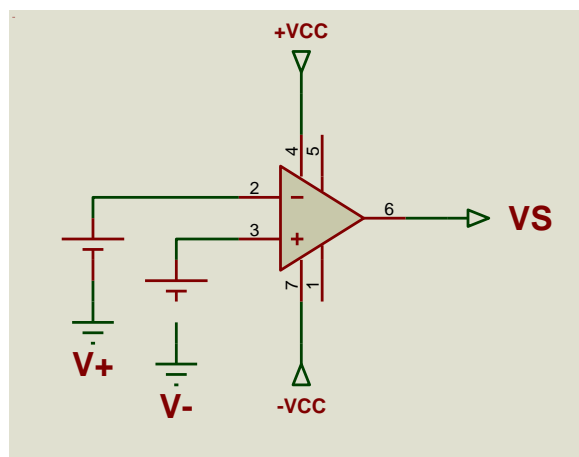


Figura 5 – Amplificador operacional comparador com tensão de referência (VR) na entrada inversora (V-) maior que zero.

A figura 06 representa a função de transferência do circuito.

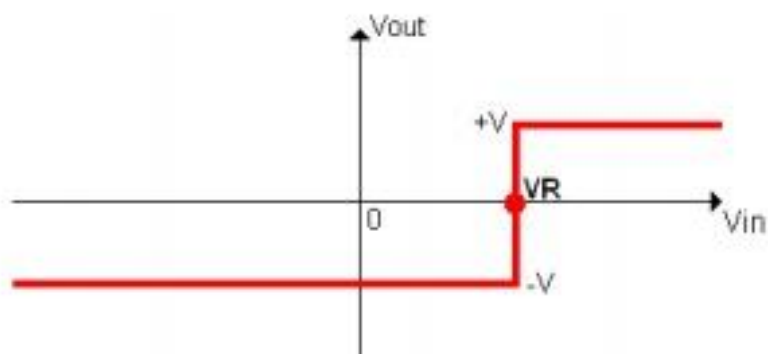


Figura 6 - Gráfico da função transferência do circuito não-inversor com referencia maior que zero.

3.5 Comparador Inversor

Comparador inversor com tensão de referência igual a 0V ou seja, se a diferença das tensões de entrada for maior que zero a saída será $-V_{CC}$ e se for menor que zero será $+V_{CC}$, vide esquemático figura 7.

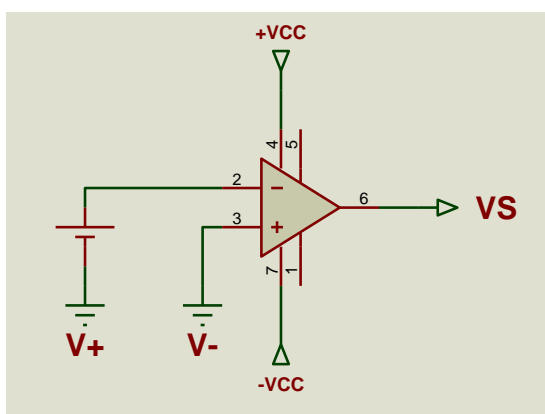


Figura 7 – Amplificador operacional comparador com tensão de referência (VR) na entrada não-inversora (V+) igual a zero.

A figura 8 a seguir representa a função de transferência do circuito.

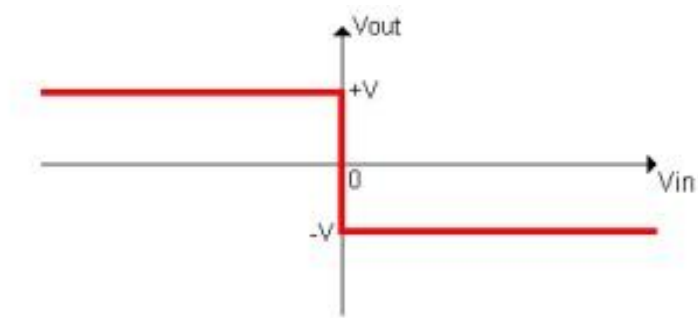


Figura 8 - Gráfico da função transferência do circuito inversor com referencia igual a 0V.

Comparador inversor com tensão de referência maior que zero (0V), representado na figura 9, se a diferença das tensões de entrada for maior que a tensão de referência a saída será $-V_{CC}$ e se for menor que a tensão de referência será $+V_{CC}$.

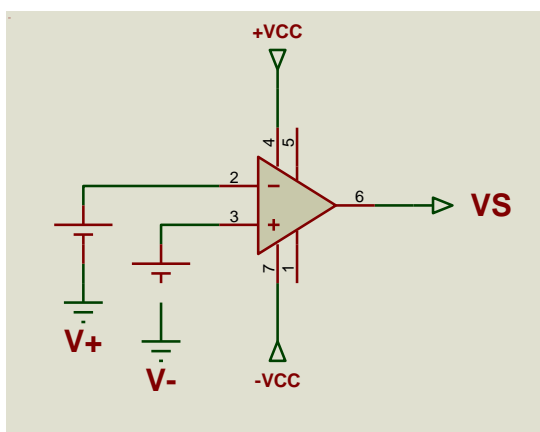


Figura 9 – Amplificador operacional comparador com tensão de referência (V_R) na entrada não-inversora ($V+$) maior que zero.

O grafico a seguir representa a função de transferência do circuito.

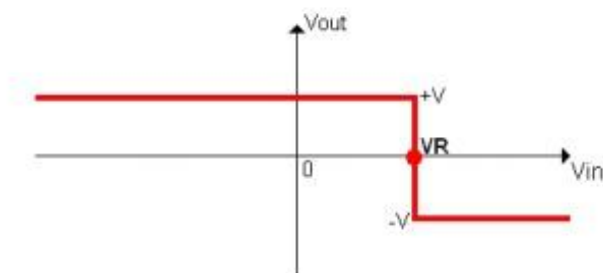


Figura 10 - Gráfico da função transferência do circuito inversor com referencia maior que zero.

3.6 Histerese

Quando em malha aberta o amplificador operacional tem um alto ganho mesmo que a diferença de tensões nas entradas seja mínima. A seguir na figura 11 será demonstrada a curva característica de transferência que explica porque esta diferença por menor que seja leva a saturação.

Neste grafico está sendo demonstrada a curva de transferência em malha aberta de um amplificador comparador ideal onde a linha vermelha mostra o ganho ideal e a linha preta o ganho real

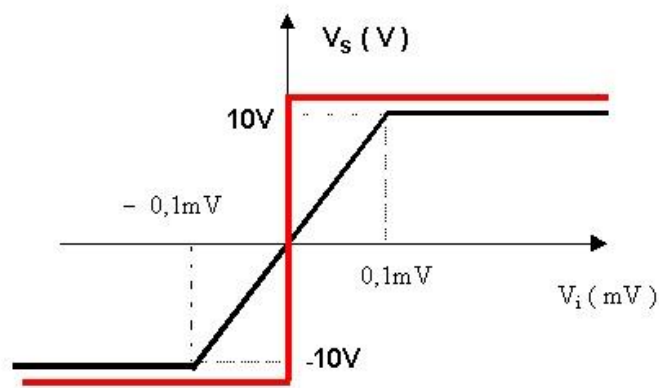


Figura 11 – Curva de transferência em malha aberta, tensão de entrada (V_i) em mV, tensão de saída (V_s) em Volts.

Devido ao alto ganho, os circuitos comparadores como da figura 12 são sensíveis à ruídos, quando a entrada passa pelo zero, se houver ruído na entrada a saída irá alternar entre +VCC e -VCC até que a amplitude do sinal supere a do ruído, para evitar isso deve ser colocada uma imunidade contra ruído chamada de Histerese e sua curva pode ser analisada na figura 13.

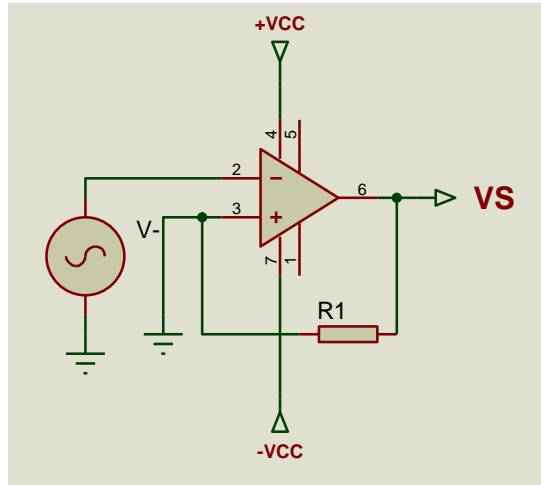


Figura 12 – Comparador inversor com histerese, referência na entrada não-inversora igual a zero.

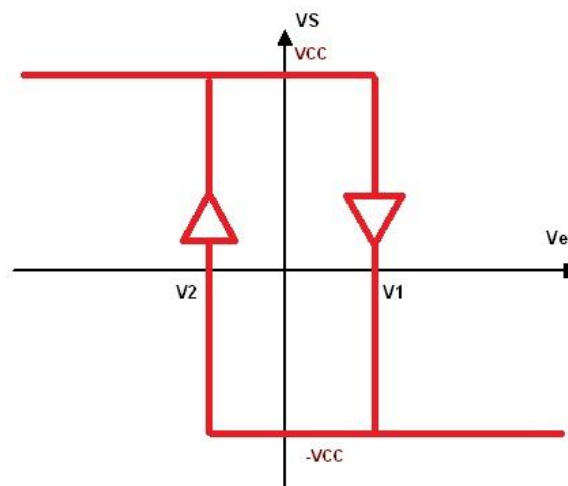


Figura 13 – Curva de transferência em um grafico x-y onde $x = V_e$ (tensão de entrada) e $y = V_s$ (tensão de saída).

Um Schmitt trigger é um circuito eletrônico simples que também exibe essa propriedade. Geralmente, uma quantidade de histerese é intencionalmente adicionada ao circuito eletrônico para prevenir chaveamentos (troca de estados) rápidos.

4. PARTE 1 – Comparadores de 1 nível com ampop 741 e 311

Analisar e comparar teoriam simulação e prática de comparadores de 1 nível utilizando os amplificadores LM741 e LM311, ambos com entrada senoidal de 6V de pico a pico. Alimentação $+VCC = 15V$ e $-VCC = -15V$ (alimentação simétrica).

- Comparador inversor com nível 0V
- Comparador não-inversor com nível -3V
- Comparar tempos, instantes de transição e os níveis de saturação dos ampops

4.1 Comparador Inversor com nível 0V - LM741

Teóricamente para o comparador inversor quando a diferença dos sinais de entrada for maior que a referência a saturação será em $-V_{CC}$ e quando a diferença for menor a referênciaca será em $+V_{CC}$.

Montagem no software de simulação Proteus do comparador inversor em malha aberta com entrada senoidal de 6V de pico a pico e entrada não-inversora como referência em 0V, alimentação $+V_{CC} = 15V$ e $-V_{CC} = -15V$.

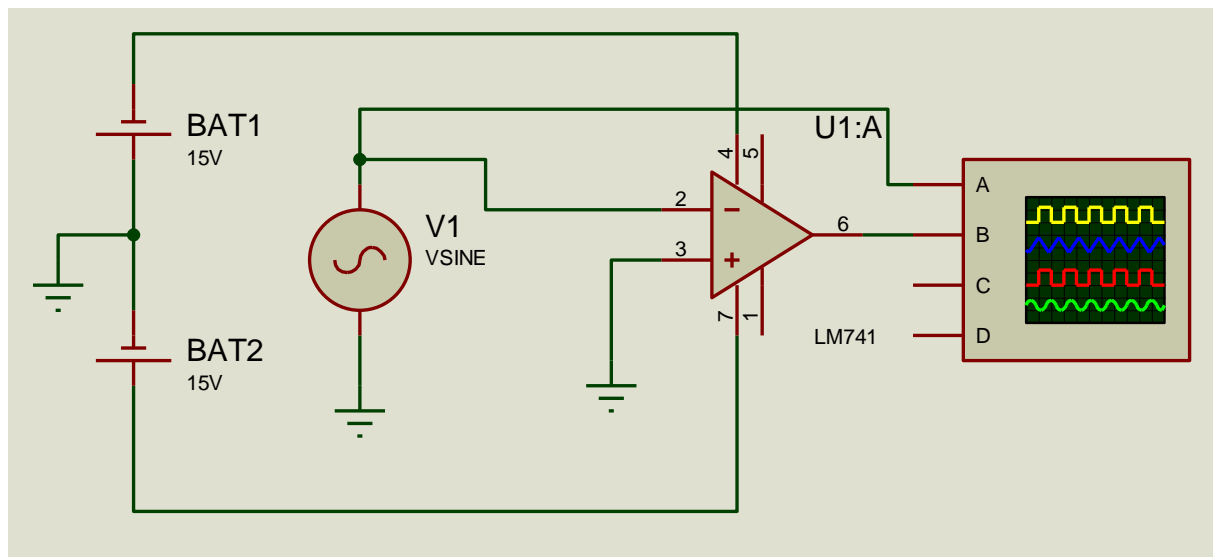


Figura 14 – Esquemático do circuito comparador inversor com referência na entrada não-inversora em 0V.

Para o circuito comparador inversor o ganho obtido para o sinal senoidal de entrada 6V de pico a pico na entrada inversora, para +6V na entrada uma saída saturada em $-V_{CC} = -14V$ e quando -6V uma saída saturada $+V_{CC} = +14V$. Os instantes de transição aqui coincidem com a linha vermelha que representa o zero.

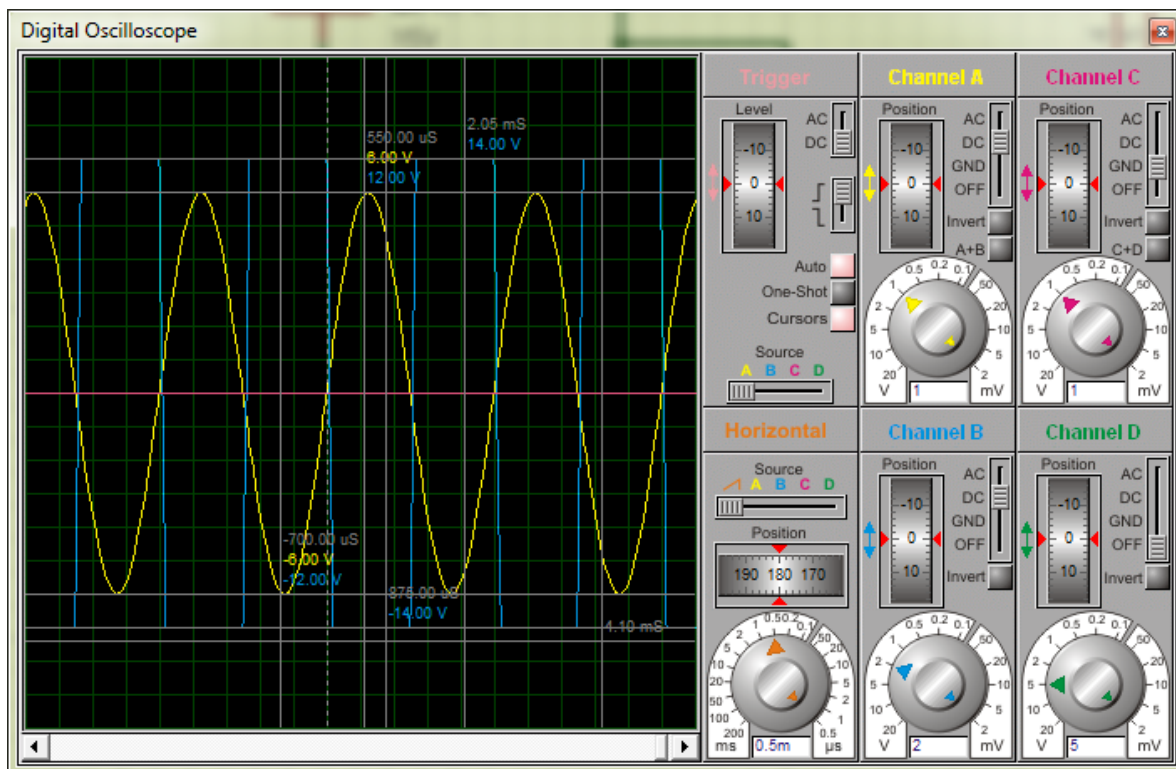


Figura 15 – Imagem do osciloscópio virtual do software de simulação Proteus

Montagem em matriz de contato do circuito comparador inversor em malha aberta fazendo uso de um gerador de função ajustado para sinal senoidal em 400Hz e 6V, para alimentação duas fontes associadas para se obter +15V e -15V aproximadamente.

A partir da montagem em matriz de contato se fez uso do osciloscópio digital para leitura dos sinais de entrada e saída na imagem a seguir.

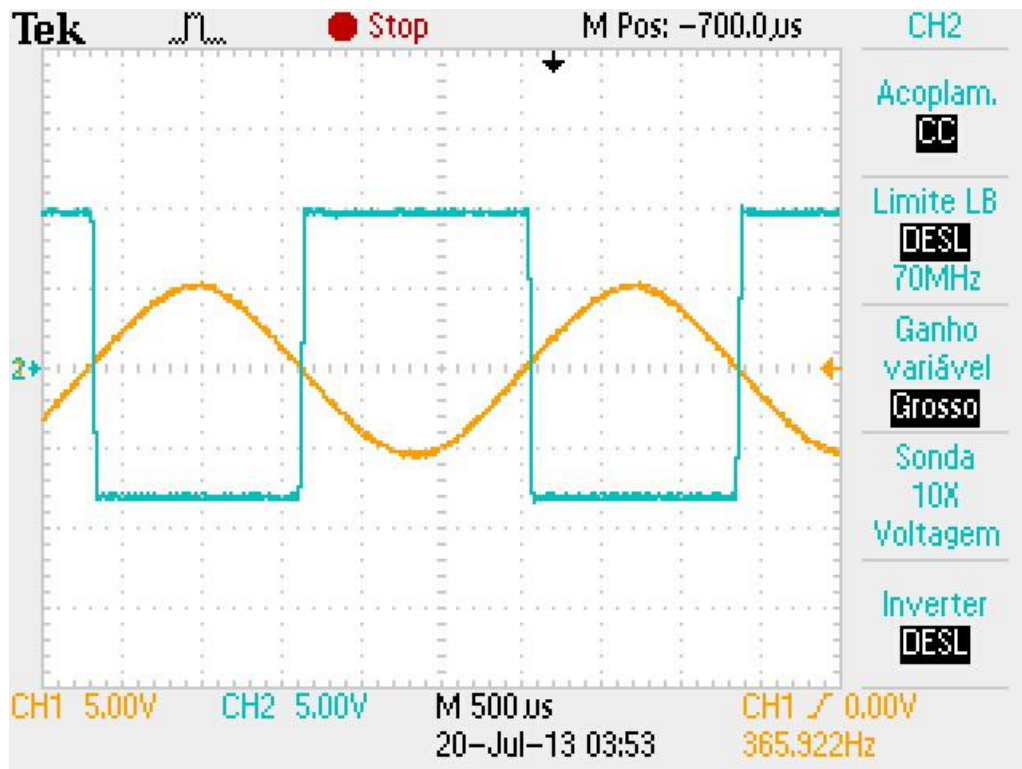


Figura 16 – A imagem do osciloscópio digital.

4.2 Comparador Não-Inversor com nível -3V - LM741

Montagem no software de simulação Proteus do comparador inversor em malha aberta com entrada senoidal de 6V de pico a pico e entrada não-inversora como referência em -3V, alimentação +VCC = 15V e -VCC = -15V.

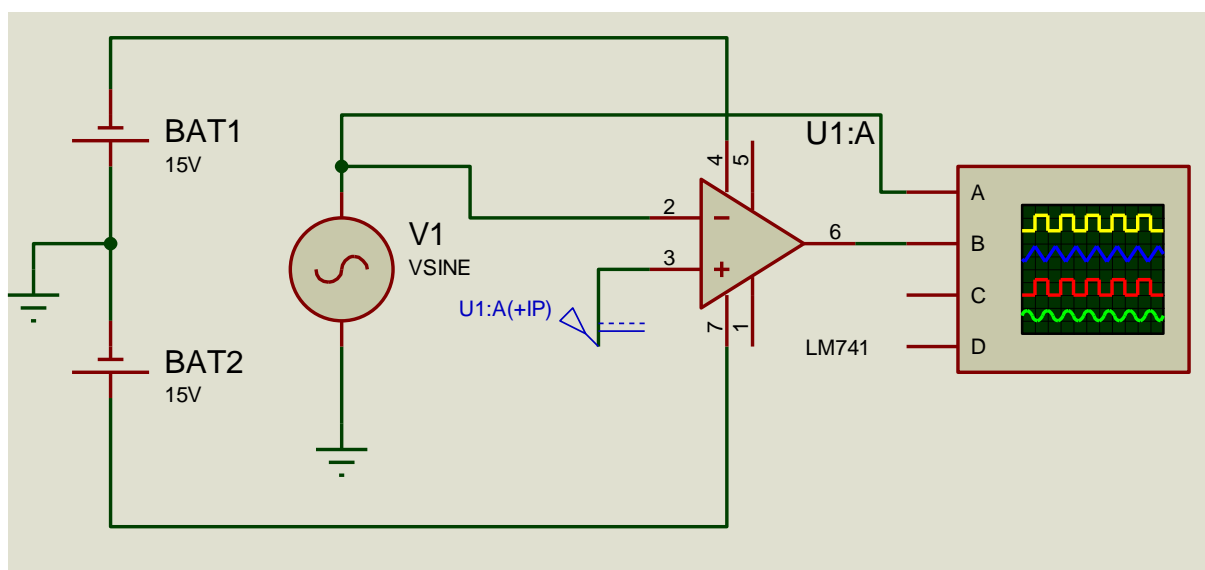


Figura 17 – Esquemático do circuito comparador inversor com referência na entrada não-inversora em -3V.

Para o circuito comparador inversor o ganho obtido para o sinal senoidal de entrada 5V de pico a pico na entrada inversora é para +5V uma saída saturada em $-V_{CC} = -9V$ e quando -5V uma saída saturada $+V_{CC} = +9V$.

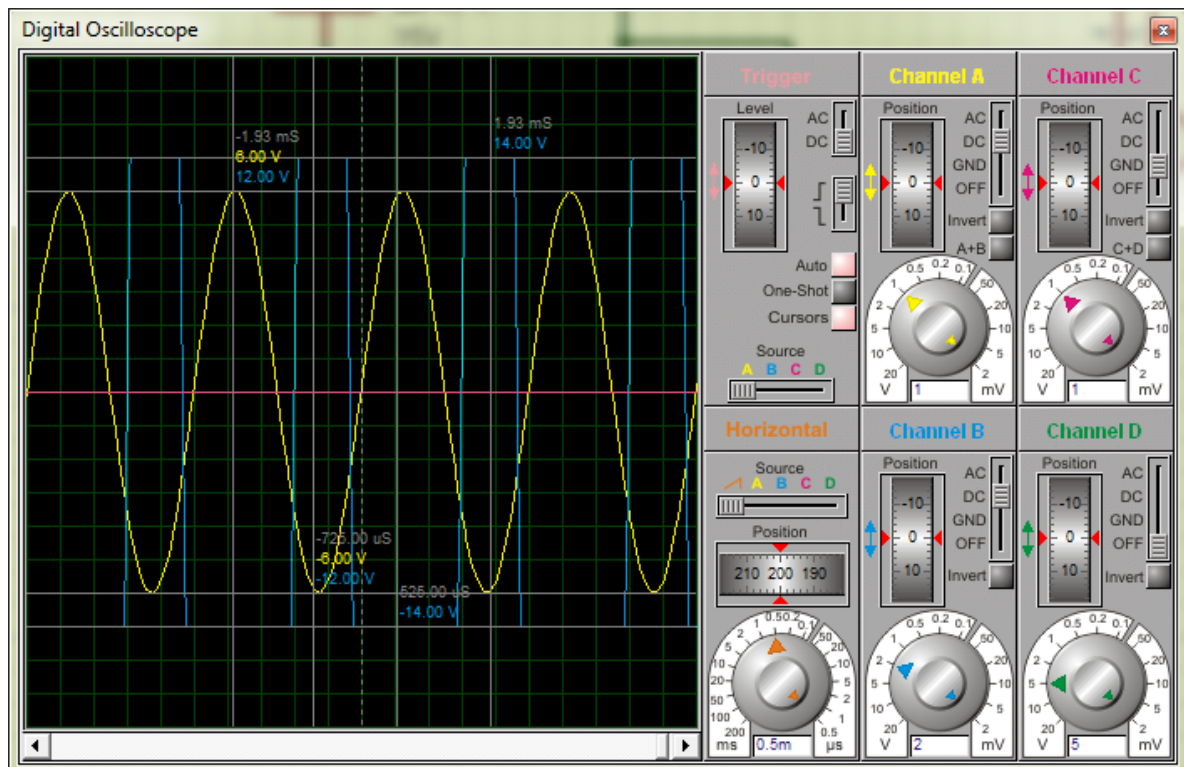


Figura 18 – Imagem do osciloscópio virtual do software de simulação Proteus

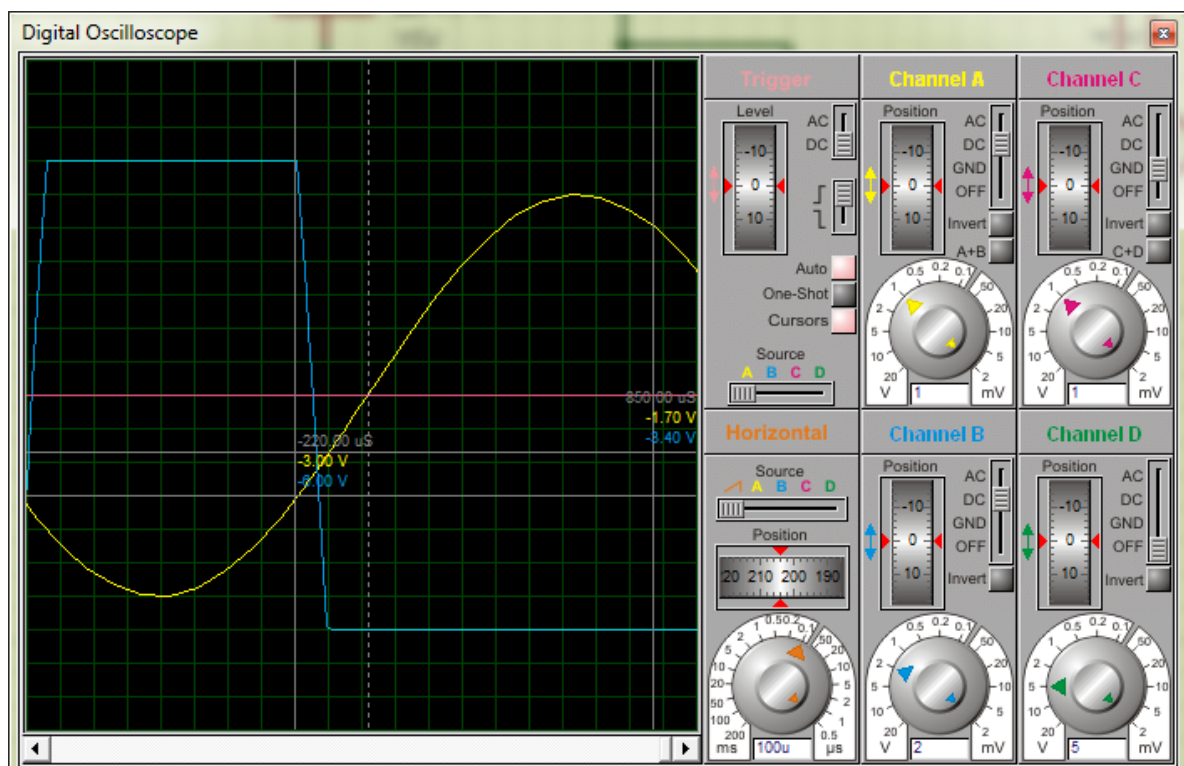


Figura 19 – Ponto de transição na subida do sinal senoidal de entrada..

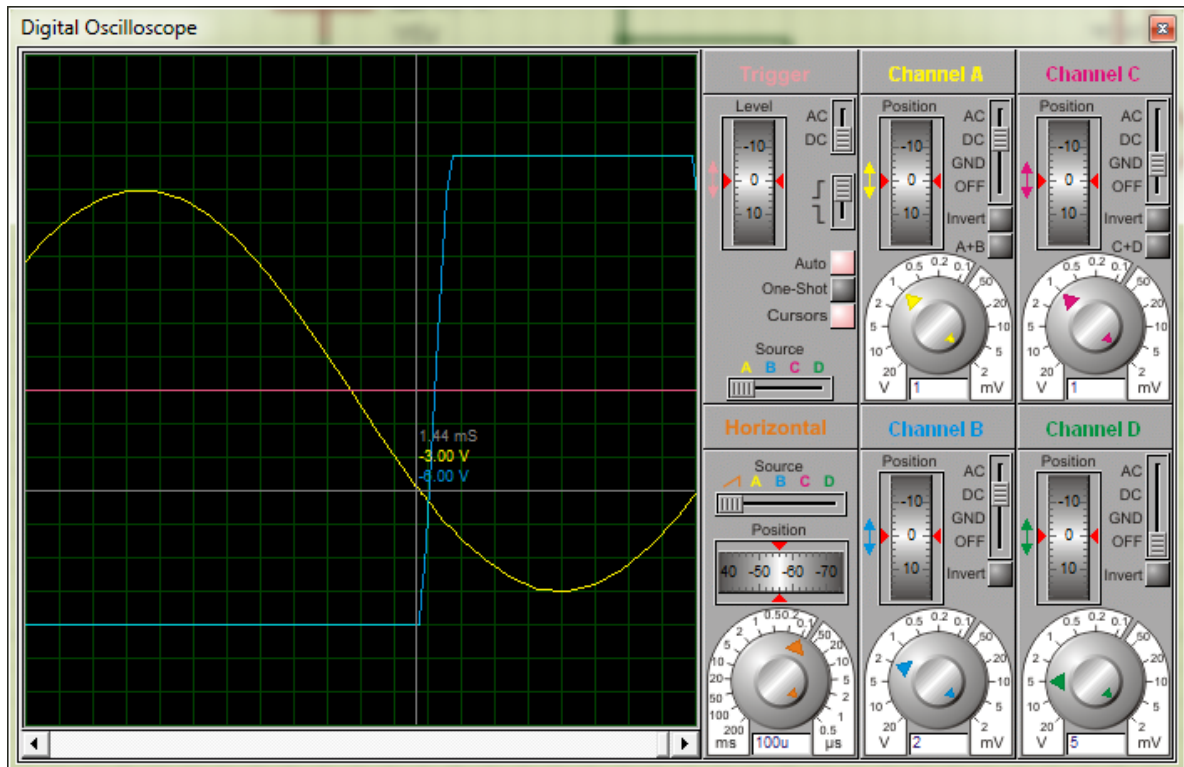


Figura 20 – Ponto de transição na subida do sinal saturado e descida do sinal senoidal é de 2,65V. Para cada quadrado da malha quadriculada 1V.

Montagem em matriz de contato do circuito comparador inversor em malha aberta fazendo uso de um gerador de função ajustado para sinal senoidal em 412Hz e 5V, para alimentação duas fontes associadas para se obter +10V e -10V, e uma bateria ajustada em 2,5V para referência, valores reais da associação das fontes de +9,9V e -9,9V. Osciloscópio digital para leitura dos sinais.

A partir da montagem em matriz de contato se fez uso do osciloscópio digital para leitura dos sinais de entrada e saída na imagem a seguir.

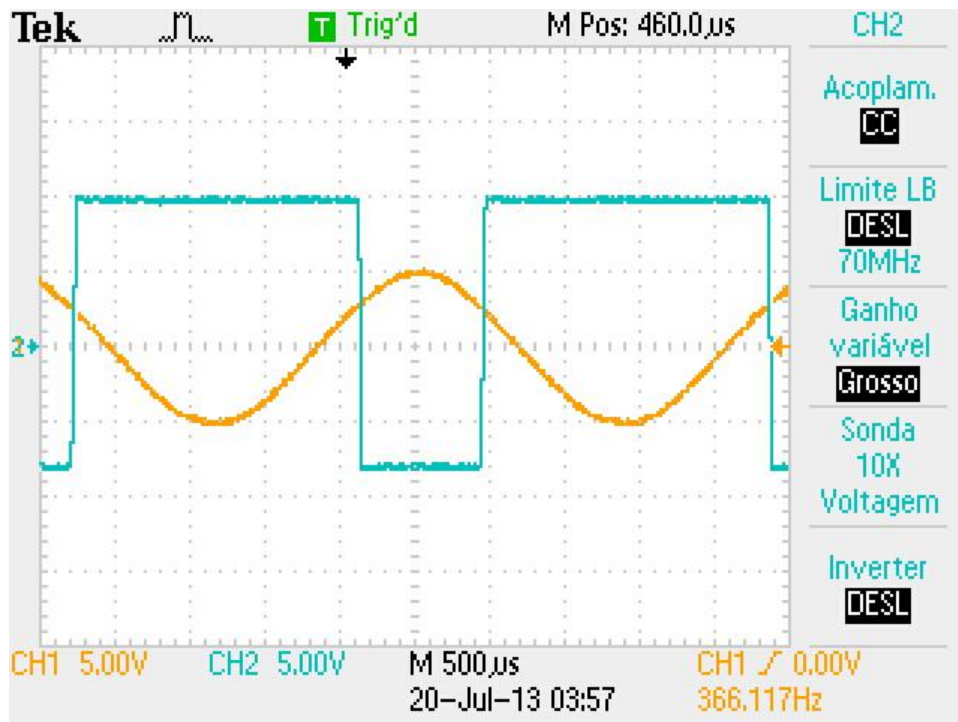


Figura 21 – A imagem do osciloscópio digital.

4.3 Comparador Inversor com nível 0V – LM311

Teóricamente para o comparador inversor quando a diferença dos sinais de entrada for maior que a referência a saturação será em $-V_{CC}$ e quando a diferença for menor a referênciacia será em $+V_{CC}$.

Montagem no software de simulação Proteus do comparador inversor em malha aberta com entrada senoidal de 6V de pico a pico e entrada não-inversora como referência em 0V, alimentação $+V_{CC} = 15V$ e $-V_{CC} = -15V$.

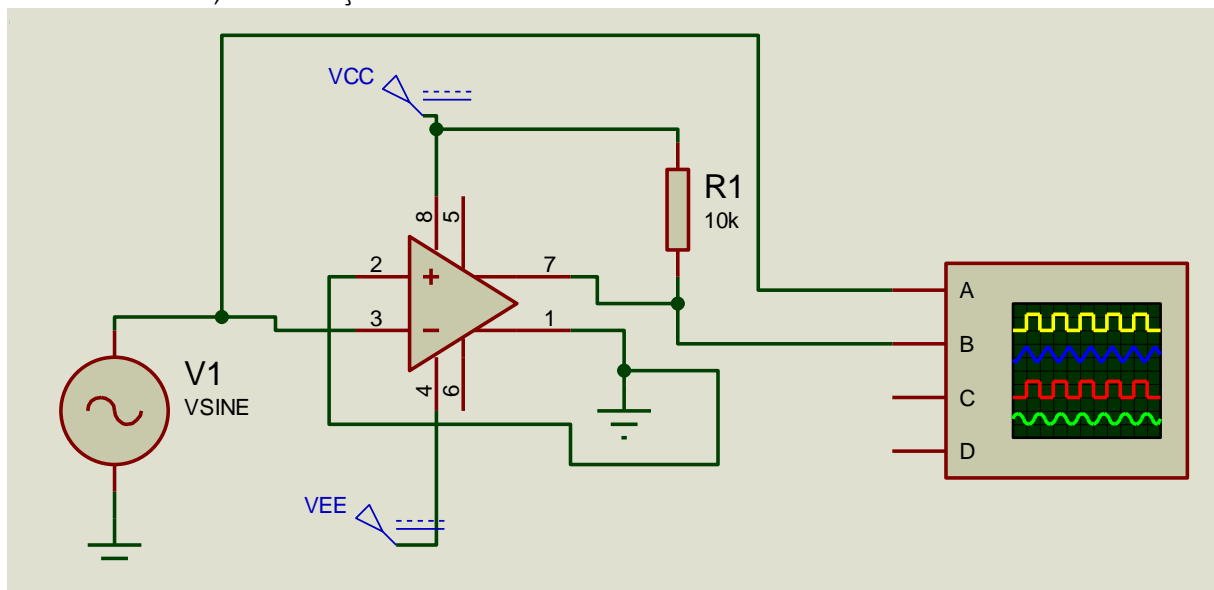


Figura 22 – Esquemático do circuito comparador inversor com referência na entrada não-inversora em 0V.

Para o circuito comparador inversor o ganho obtido para o sinal senoidal de entrada 6V de pico a pico na entrada inversora, para +6V na entrada uma saída saturada em $-V_{CC} = -14V$ e quando -6V uma saída saturada $+V_{CC} = +14V$. Os instantes de transição aqui coincidem com a linha vermelha que representa o zero.

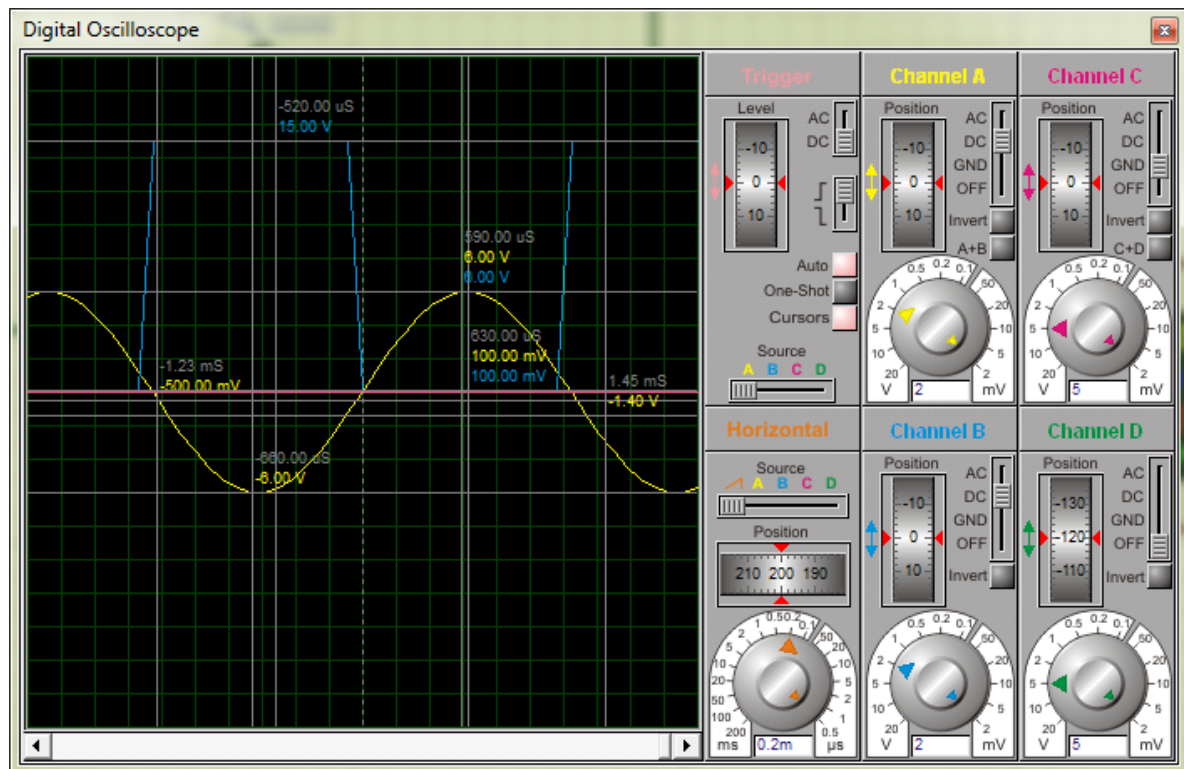


Figura 23 – Imagem do osciloscópio virtual do software de simulação Proteus

Montagem em matriz de contato do circuito comparador inversor em malha aberta fazendo uso de um gerador de função ajustado para sinal senoidal em 412Hz e 6V, para alimentação duas fontes associadas para se obter +15V e -15V aproximadamente.

A partir da montagem em matriz de contato se fez uso do osciloscópio digital para leitura dos sinais de entrada e saída na imagem a seguir.

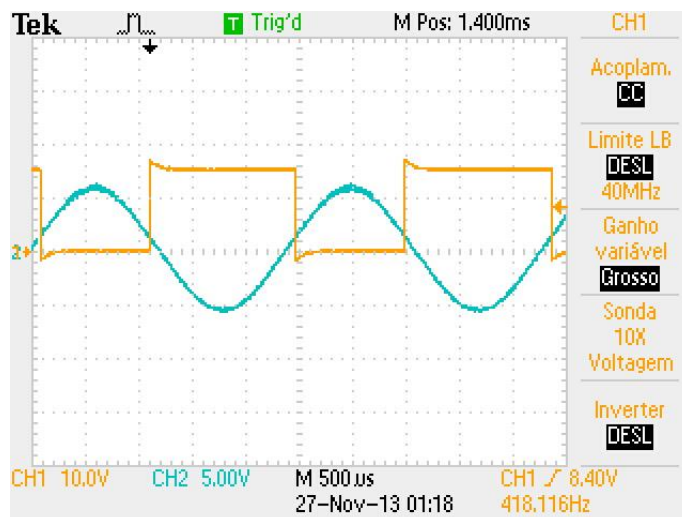


Figura 24 – A imagem do osciloscópio digital.

4.4 Comparador Não-Inversor com nível -3V – LM311

Montagem no software de simulação Proteus do comparador inversor em malha aberta com entrada senoidal de 6V de pico a pico e entrada não-inversora como referência em -3V, alimentação +VCC = 15V e -VCC = -15V.

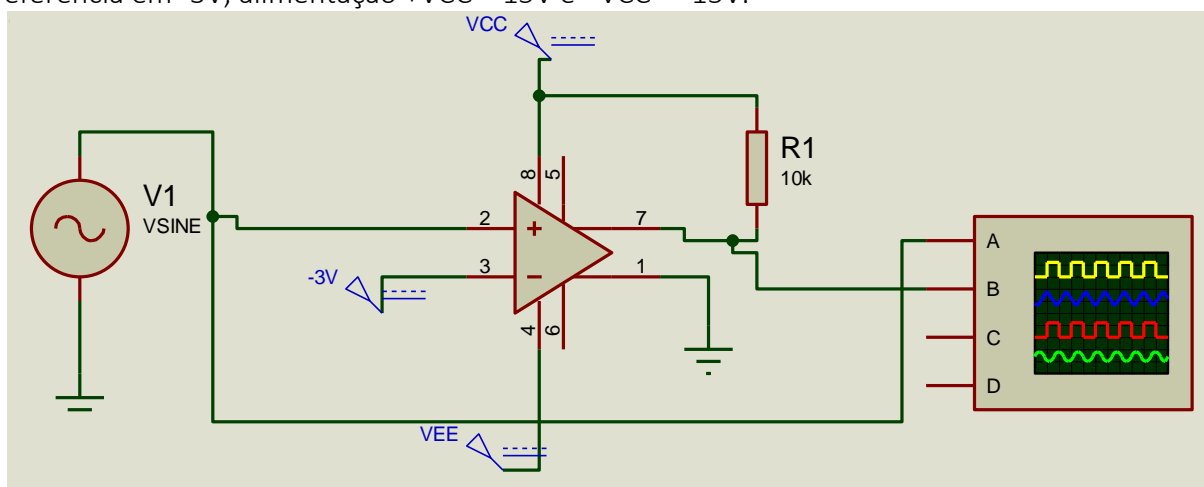


Figura 25 – Esquemático do circuito comparador inversor com referência na entrada não-inversora em -3V.

Para o circuito comparador inversor o ganho obtido para o sinal senoidal de entrada 5V de pico a pico na entrada inversora é para +5V uma saída saturada em $-VCC = -9V$ e quando -5V uma saída saturada $+VCC = +9V$.

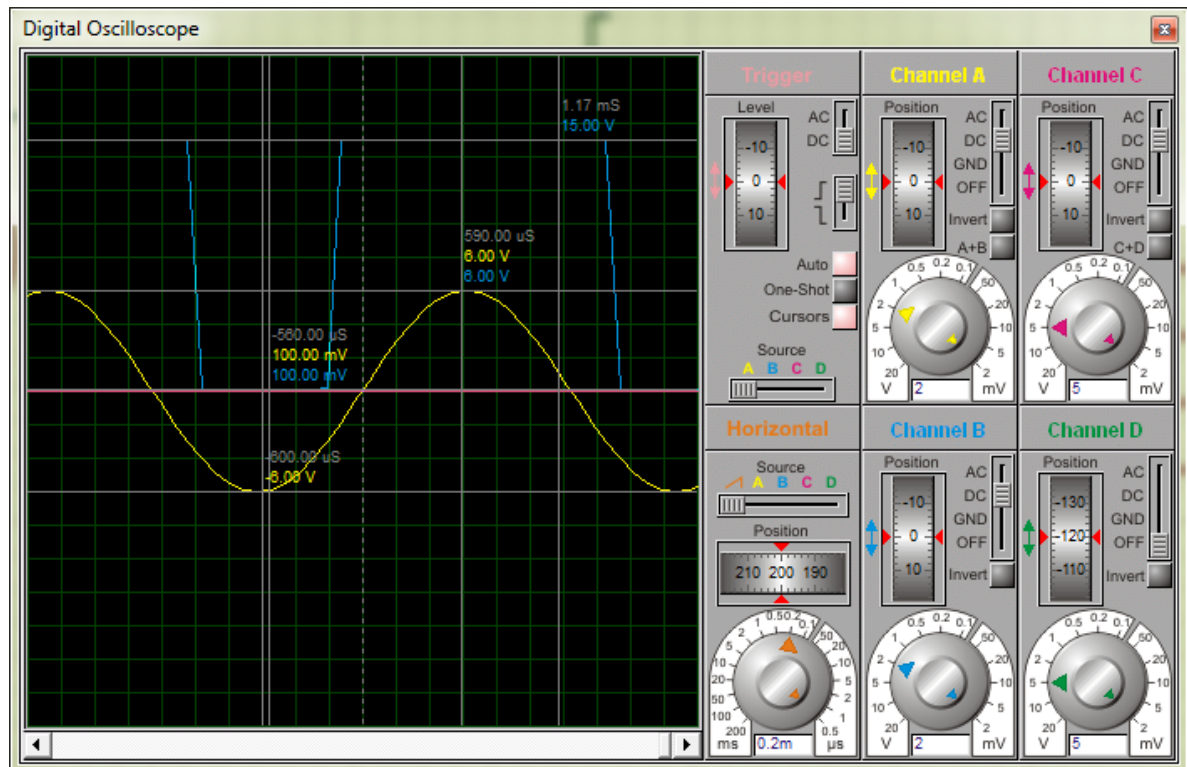


Figura 26 – Imagem do osciloscópio virtual do software de simulação Proteus demonstrando

Montagem em matriz de contato do circuito comparador inversor em malha aberta fazendo uso de um gerador de função ajustado para sinal senoidal em 412Hz e 5V, para alimentação duas fontes associadas para se obter +10V e -10V, e uma bateria ajustada em 2,5V para referência, valores reais da associação das fontes de +9,9V e -9,9V. Osciloscópio digital para leitura dos sinais.

A partir da montagem em matriz de contato se fez uso do osciloscópio digital para leitura dos sinais de entrada e saída na imagem a seguir.

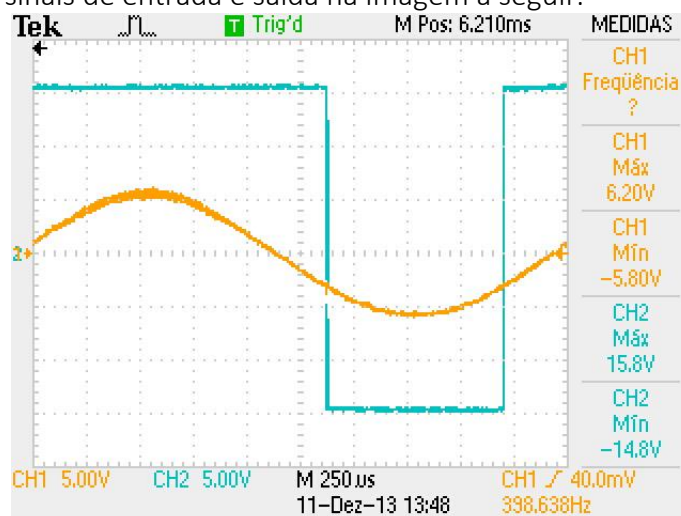


Figura 27 – A imagem do osciloscópio digital.

Foi observado que a teoria e simulação diferem em 1V na saturação, na teoria a comparação se faz em cima de componetes ideais sem as perdas que ocorrem no circuito prático e na em matriz de contato como pode ser observado na tabela.

Os níveis de transição também diferem mais pricipalmente quando não se faz uso de uma referência zero e sim de uma referência diferente de 0V como no caso 2,5V na simulação e 2,4V na prática.

Pontos de transição de subida e descida dos sinais ocorre no ponto onde ambos cortam a linha vermelha zero.

Foi observado que a teoria e simulação e prática se assemelham por fazer comparação e simulação em cima de componetes ideais sem as perdas que ocorrem no circuito prático em matriz de contato porém não houve nenhuma grande diferença como pode ser observado na tabela.

Os níveis de transição também não diferem tanto com referência zero e referência 2,5V na simulação e 2,4V na prática.

5. PARTE 1 – Comparadores de 2 níveis (Histerese –Schmitt Trigger) com ampop 741 e 311

Analisar e comparar teoria simulação e prática de comparadores de 2 nível com Histerese utilizando os amplificadores LM741 e LM311, ambos com entrada triangular de 5V de pico a pico e quando tensão central de 3V com V_{sup} 4v e V_{inf} 2V a entrada triangular sera 6V pico a pico. Alimentação $+VCC = 15V$ e $-VCC = -15V$ (alimentação simétrica).

5.1 EXPERIMENTOS COM LM 741

5.2 Não-Inversor com tensão central 0V , V_{SUP} 3V E V_{INF} -3

Amplificador operacional não-inversor em malha fechada que recebe um sinal triangular de 6V de pico a pico com frequencia de 400Hz, tensão central de 0V. Tensão superior de transição de sinais de 2V e transição inferior de -2V.

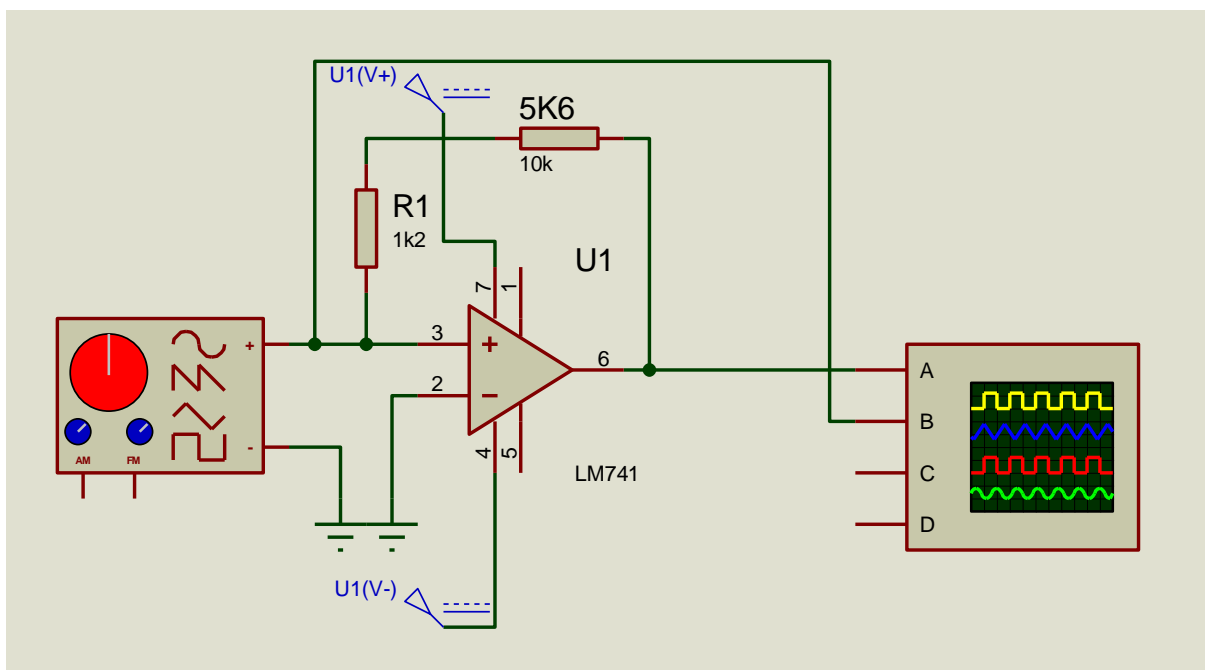


Figura 28 – Circuito não-inversor, simulação no software Proteus.

Para esta simulação deverá se encontrar os pontos de saturação e de transição idealizados e $V_{sup} = +2V$ e $V_{inf} = -2V$

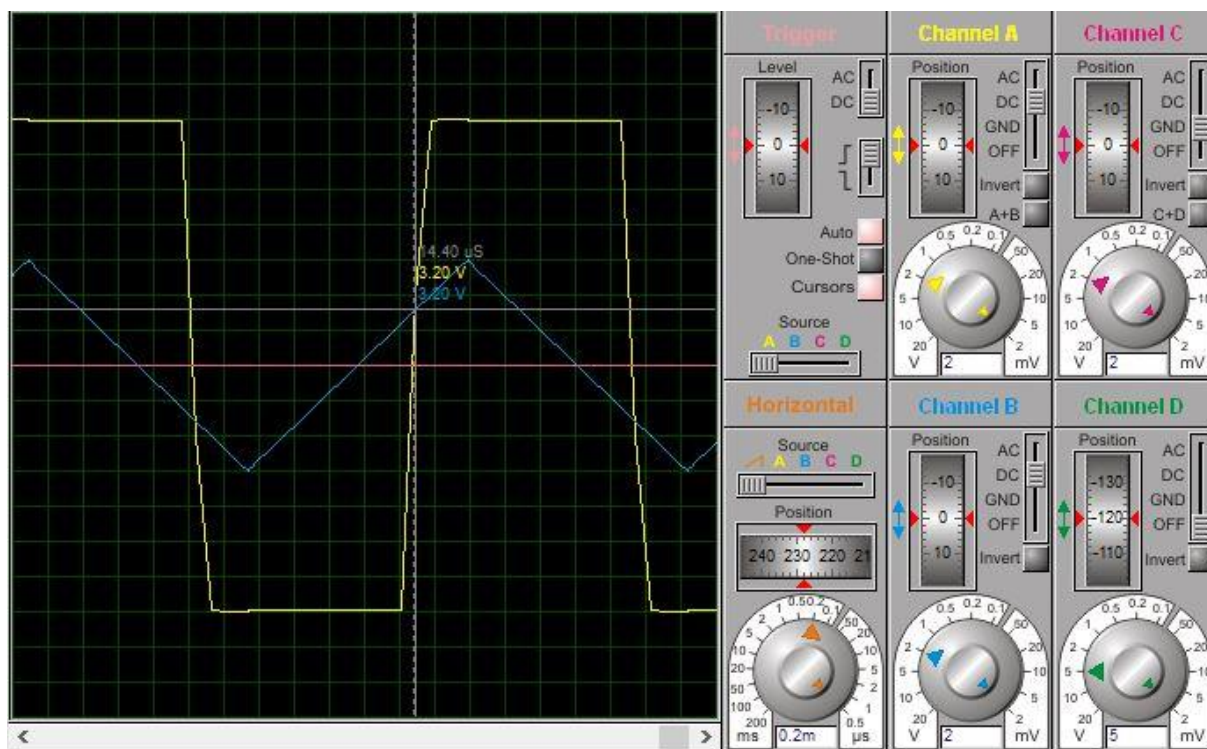


Figura 29 – Imagem do osciloscópio virtual do software de simulação Proteus.

Os instantes de transição serão demonstrados a seguir partir da mesma simulação e imagem do osciloscópio ampliando a imagem em seus pontos de transição para melhor leitura.

Montagem em matriz de contato do circuito comparador não-inversor com histerese em malha fechada fazendo uso de um gerador de função ajustado para sinal senoidal em 411Hz e 6V, para alimentação duas fontes associadas para se obter +15V e -15V, 0V para referência. Osciloscópio digital para leitura dos sinais.

Na leitura da imagem do osciloscópio digital foi registrado na entrada um sinal triangular de +5V e -4V e na saída uma saturação +15 para o sinal de entrada +5V e -13V para entrada -4V, como houve pequeno desvio na regulação dos sinais o ganho aparece como saturando em +16V mais deveria estar levemente abaixo.

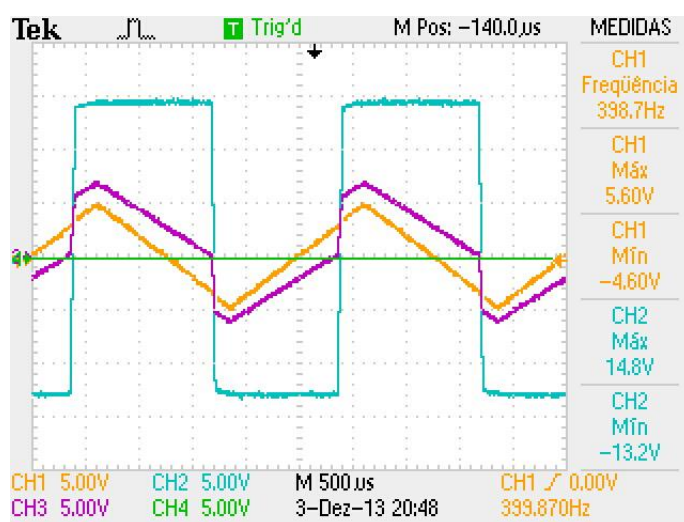


Figura 30 - A imagem do osciloscópio digital.

A imagem a seguir mostra a curva característica de transferência, a histerese é o espaço horizontal entre as linhas verticais pontilhadas amarelas.

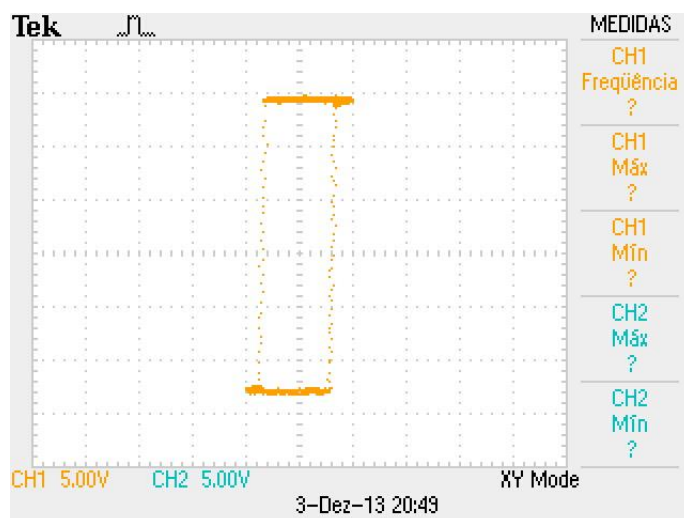


Figura 31 – Curva de transferência no modo x-y do osciloscópio digital obtida do circuito não-inversor.

5.3 Não-Inversor com tensão central 3V , VSUP 4V E VINIF 2

Amplificador operacional não-inversor em malha fechada que recebe um sinal triangular de 6V de pico a pico com frequência de 400Hz, tensão central de 2V. Tensão superior de transição de sinais de 3V e transição inferior de -1V.

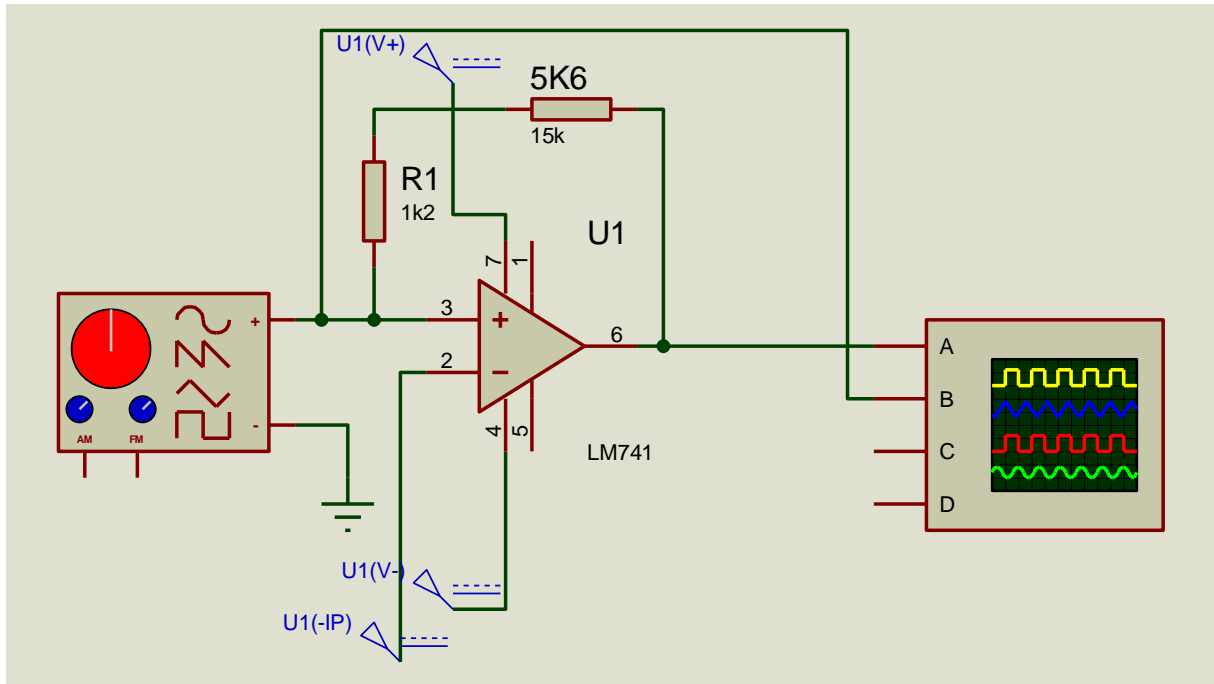


Figura 32 – Circuito não-inversor, simulação no software Proteus.

Para esta simulação deverá se encontrar os pontos de saturação e de transição idealizados e $V_{sup} +3V$ e $V_{inf} -1V$

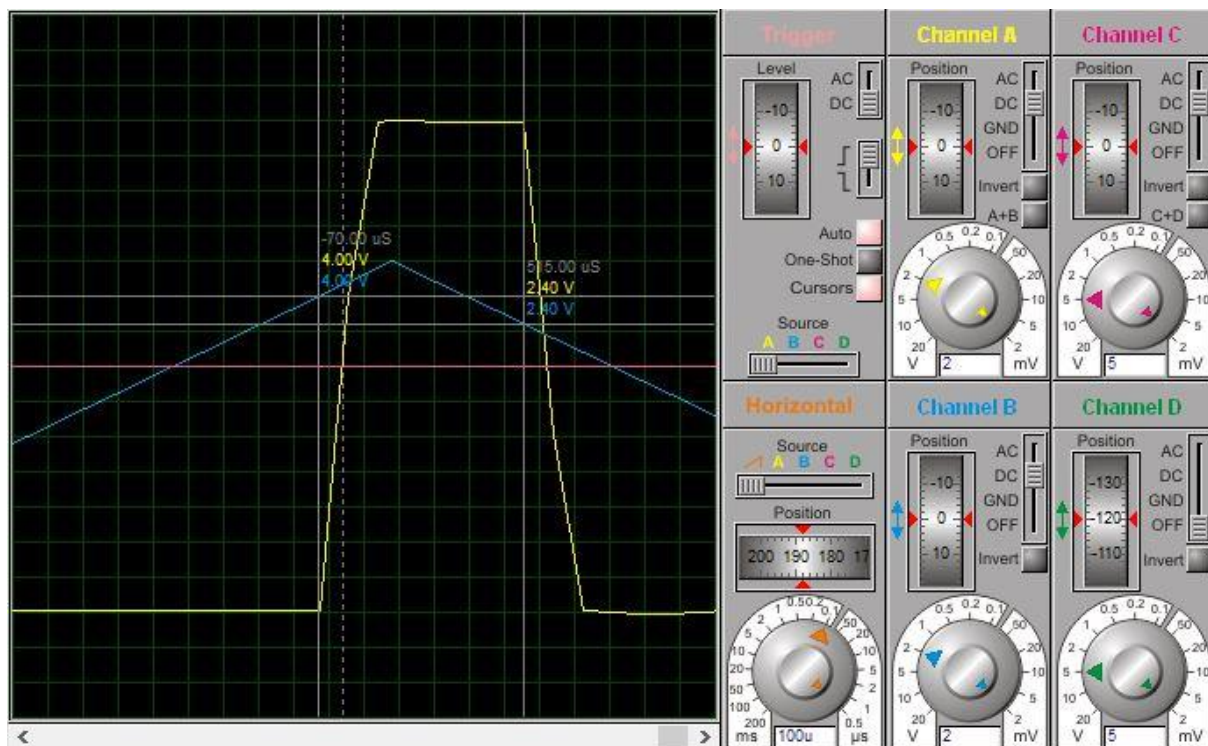


Figura 33 – Imagem do osciloscópio virtual do software de simulação Proteus.

Montagem em matriz de contato do circuito comparador não-inversor com histerese em malha fechada fazendo uso de um gerador de função ajustado para sinal senoidal em 431Hz e 6V, para alimentação duas fontes associadas para se obter +15V e -15V ajustado nas fontes em +14,6V e -15,1V, 2V para referência, ajustado na fonte em 2,2V. Osciloscópio digital para leitura dos sinais.

Na leitura da imagem do osciloscópio digital foi registrado na entrada um sinal triangular de +5V e -5V e na saída uma saturação +14V para o sinal de entrada +5V e -12V para entrada -5V.

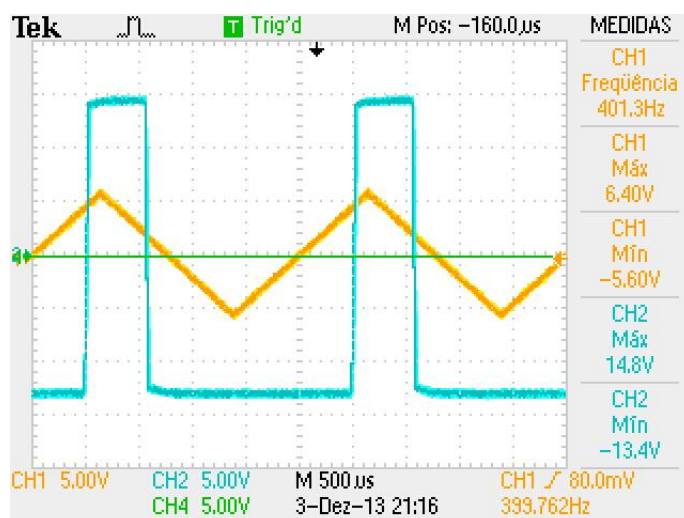


Figura 34 - A imagem do osciloscópio digital real.

A imagem a seguir mostra a curva característica de transferência, a histerese é o espaço horizontal entre as linhas verticais pontilhadas amarelas.

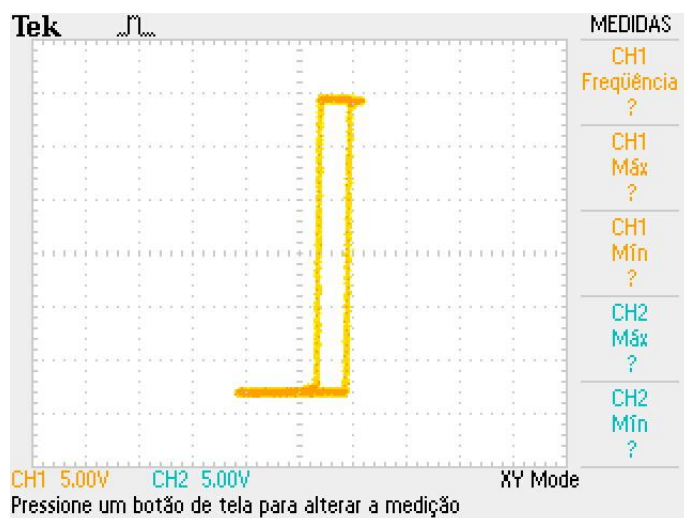


Figura 35 – Curva de transferência no modo x-y do osciloscópio digital obtida do circuito não-inversor.

Foi observado que a teoria por comparação em cima de componetes ideais sem as perdas que ocorrem no circuito prático em matriz de contato as saturações ocorrem exatamente em +VCC e -VCC em simulação ocorre em ambas as saturações 1V a menos para +VCC e -VCC e na prática os níveis de saturação tem menor diferença que em -VCC.

Os níveis de transição também não diferem tanto com os níveis de transição idealizados na teoria.

6.1 EXPERIMENTOS COM LM 311

6.2 Não-Inversor com tensão central 0V , VSUP 3V E VIN F -3

Amplificador operacional não-inversor em malha fechada que recebe um sinal triangular de 6V de pico a pico com frequencia de 400Hz, tensão central de 0V. Tensão superior de transição de sinais de 2V e transição inferior de -2V.

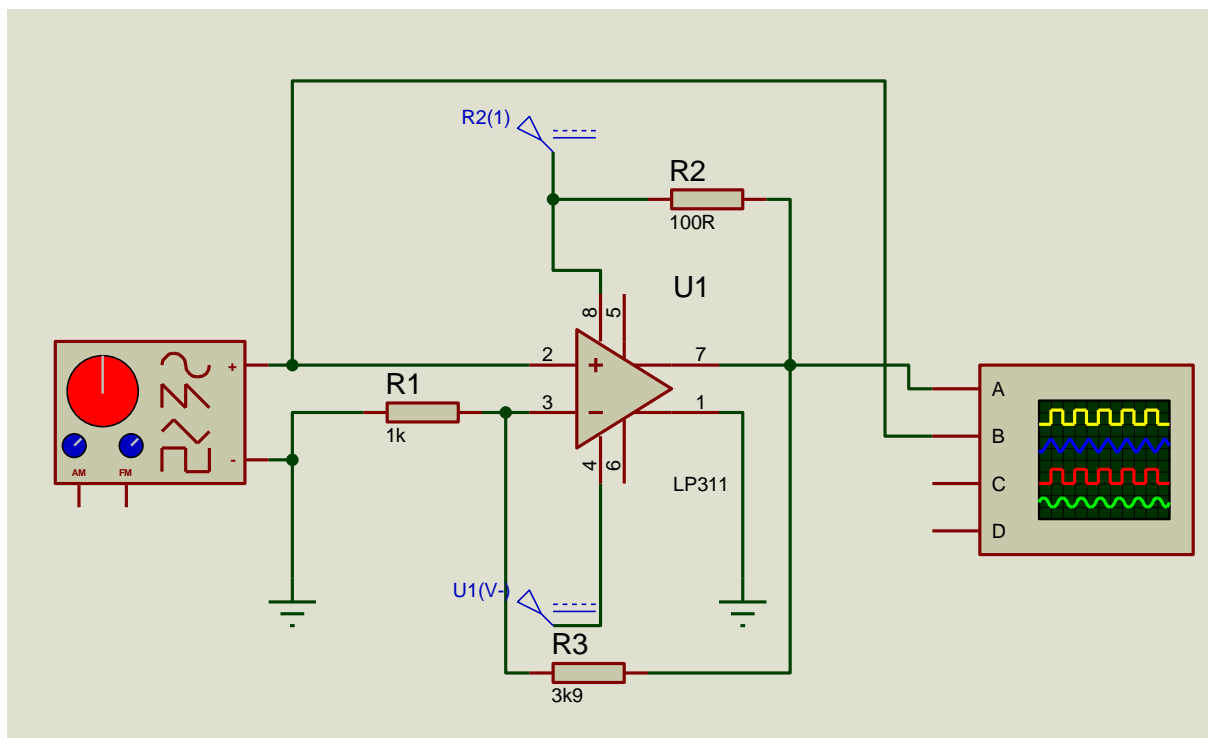


Figura 36 – Circuito não-inversor, simulação no software Proteus.

Para esta simulação deverá se encontrar os pontos de saturação e de transição idealizados e $V_{sup} = +2V$ e $V_{inf} = -2V$

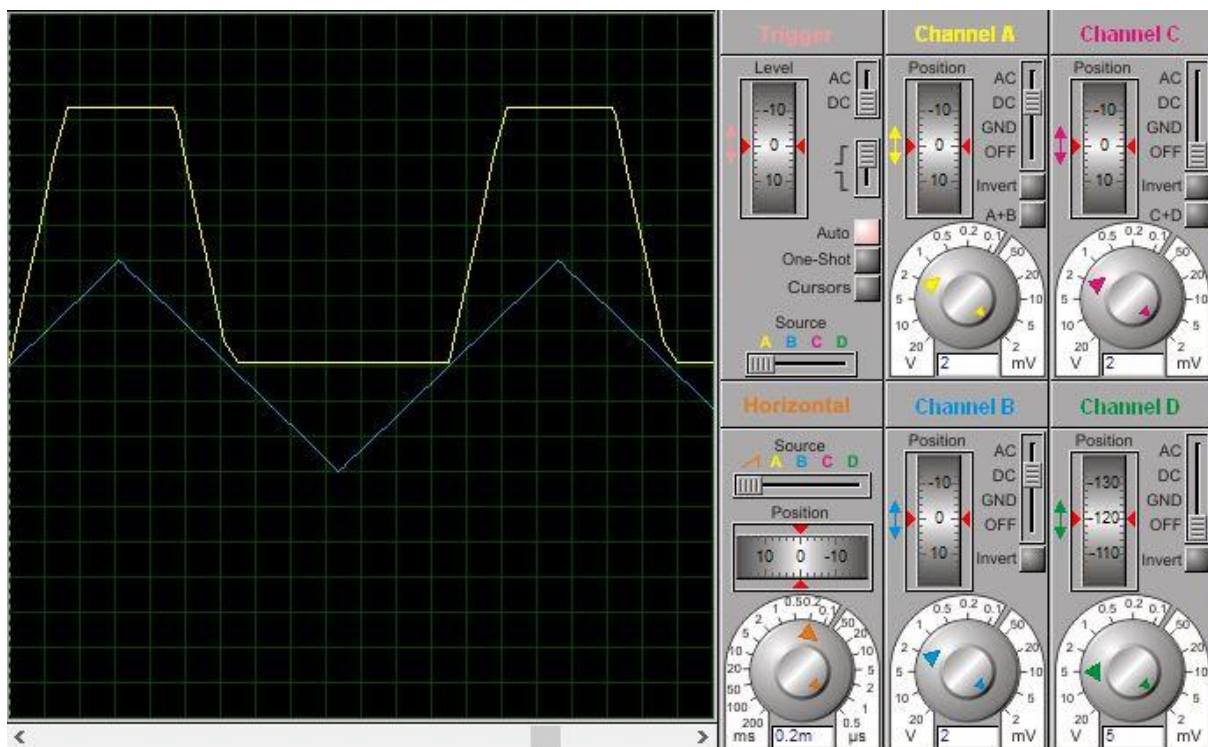


Figura 37 – Imagem do osciloscópio virtual do software de simulação Proteus

Os instantes de transição serão demonstrados a seguir partir da mesma simulação e imagem do osciloscópio ampliando a imagem em seus pontos de transição para melhor leitura.

Montagem em matriz de contato do circuito comparador não-inversor com histerese em malha fechada fazendo uso de um gerador de função ajustado para sinal senoidal em 411Hz e 6V, para alimentação duas fontes associadas para se obter +15V e -15V, 0V para referência. Osciloscópio digital para leitura dos sinais.

Na leitura da imagem do osciloscópio digital foi registrado na entrada um sinal triangular de +5V e -4V e na saída uma saturação +15 para o sinal de entrada +5V e -13V para entrada -4V, como houve pequeno desvio na regulação dos sinais o ganho aparece como saturando em +16V mais deveria estar levemente abaixo.

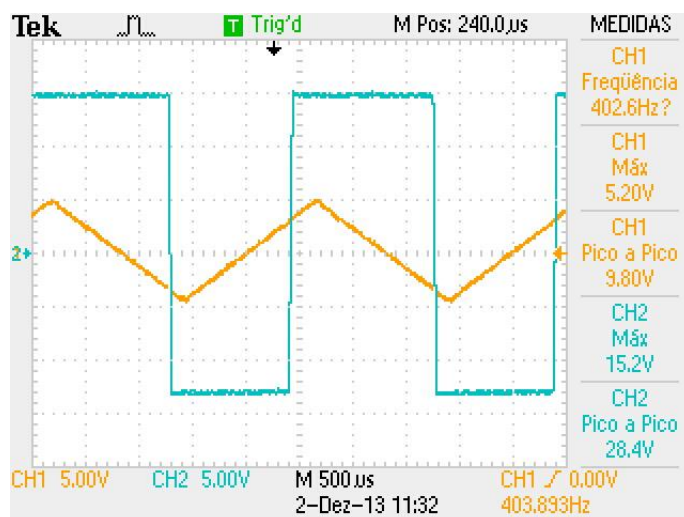


Figura 38 - A imagem do osciloscópio digital.

6.3 Não-Inversor com tensão central 3V , VSUP 4V E VIN F 2

Amplificador operacional não-inversor em malha fechada que recebe um sinal triangular de 6V de pico a pico com frequência de 400Hz, tensão central de 2V. Tensão superior de transição de sinais de 3V e transição inferior de -1V.

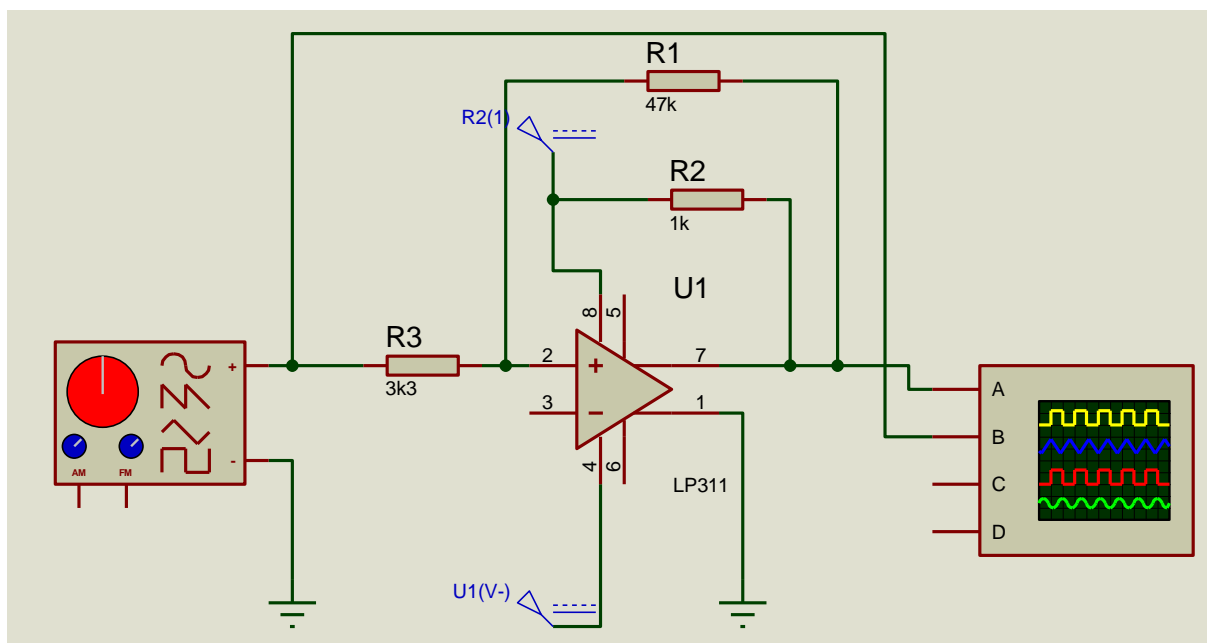


Figura 39 – Circuito não-inversor, simulação no software Proteus.

Para esta simulação deverá se encontrar os pontos de saturação e de transição idealizados e $V_{sup} +3V$ e $V_{inf} -1V$

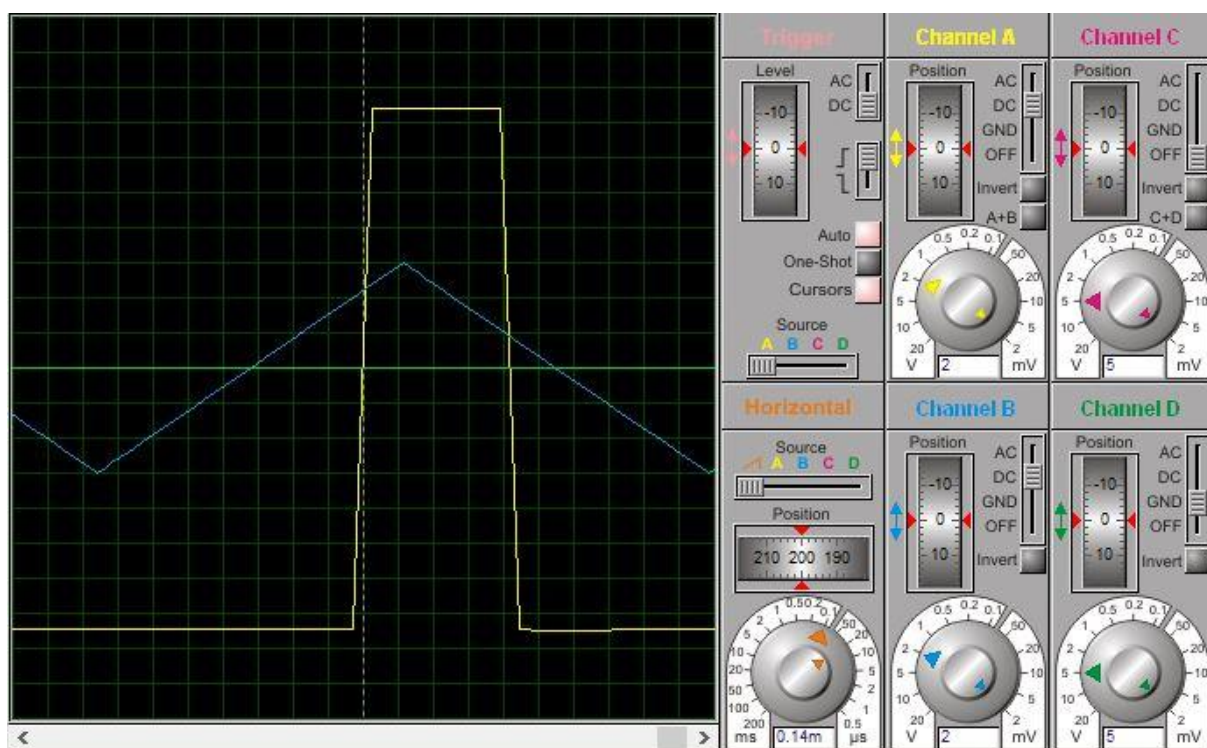


Figura 40 – Imagem do osciloscópio virtual do software de simulação Proteus.

Montagem em matriz de contato do circuito comparador não-inversor com histerese em malha fechada fazendo uso de um gerador de função ajustado para sinal

senoidal em 431Hz e 6V, para alimentação duas fontes associadas para se obter +15V e -15V ajustado nas fontes em +14,6V e -15,1V, 2V para referência, ajustado na fonte em 2,2V. Osciloscópio digital para leitura dos sinais.

Na leitura da imagem do osciloscópio digital foi registrado na entrada um sinal triangular de +5V e -5V e na saída uma saturação +14V para o sinal de entrada +5V e -12V para entrada -5V.

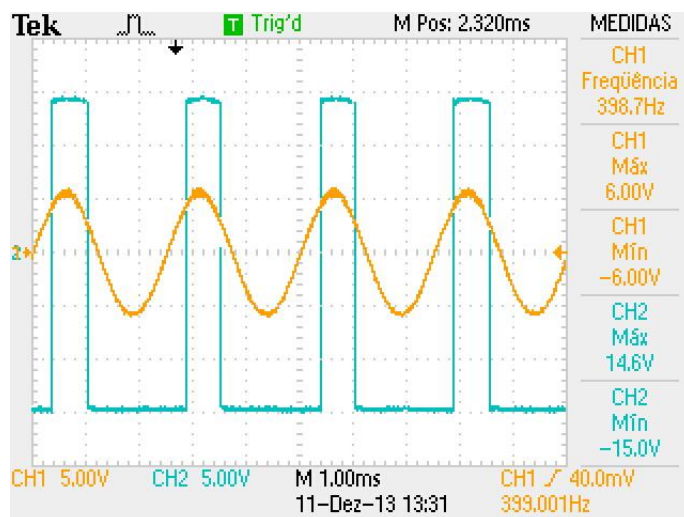


Figura 41 - A imagem do osciloscópio digital.

Foi observado que a teoria por comparação em cima de componetes ideais sem as perdas que ocorrem no circuito prático em matriz de contato as saturações ocorrem exatamente em +VCC e -VCC em simulação ocorre em ambas as saturações 1V a menos para +VCC e -VCC e na prática os níveis de saturação tem menor diferença que em -VCC.

Os níveis de transição também não diferem tanto com os níveis de transição idealizados na teoria.

7. CONCLUSÃO

Com base nas tabelas de saturação e níveis de transição analisados nos circuitos comparadores inversores e não inversores é nítida diferença de exatidão dos resultados obtidos com o componente LM741 e LM 339 este tem seus resultados muito mais aproximados da teoria do que o LM 741 que demonstra diferenças mais grosseiras.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Wikipédia. **Histerese**. Enciclopédia livre, 2008. Disponível em: <

<http://pt.wikipedia.org/wiki/Histerese>>. Acesso em 20 de julho de 2013.

ALBUQUERQUE, Rômulo Oliveira. **AMPLIFICADORES OPERACIONAIS E CI555..** Disponível em: <

<http://www.eletronica24h.com.br/CURSOAO/indexAO.htm>>. Acesso em 20 de julho de 2013.

LEITE, Vanessa souza e FIGUEIREDO, Wagner. Departamento de Física. **DETERMINAÇÃO DE CURVAS DE HISTERESE**. Universidade Federal de Santa Catarina, 2007. Disponível em: <

<http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/060607.pdf>>. Acesso em 20 de julho de 2013.

BRAGA, Instituto Newton C. **FÓRMULAS PARA AMPLIFICADORES OPERACIONAIS**. Instituto Newton C. Braga, 2013. Disponível em:

<<http://www.newtoncbraga.com.br/index.php/matematica-para-eletronica/4653-formulas-para-amplificadores-operacionais-m251.html>>. Acesso em 20 de maio de 2013.

WENDLING, Marcelo. **AMPLIFICADORES OPERACIONAIS**. Universidade Estadual Paulista, Campus Guaratinguetá, Colégio Técnico Industrial de Guaratinguetá “Professor Carlos Augusto Patrício Amorim”, 2010. Disponível em:

<<http://www2.feg.unesp.br/Home/PaginasPessoais/ProfMarceloWendling/3---amplificadores-operacionais-v2.0.pdf>>. Acesso em 20 de maio de 2013.

AMPLIFICADOR OPERACIONAL. COPPE/UFRJ, Programa de Engenharia Biomédica, 2011.

Disponível em: <<http://www.peb.ufrj.br/cursos/COB781/Ref-05.pdf>>. Acesso em 20 de maio de 2013.

FERREIRA, Franclim F. **AMPLIFICADORES OPERACIONAIS**. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Departamento de Engenharia Electrotécnica e de Computadores, 1998. Disponível em: <http://paginas.fe.up.pt/~fff/Homepage/Ficheiros/E1_Cap2.pdf>. Acesso em 20 de maio de 2013.

DUARTE, Marcello. **AMPLIFICADOR OPERACIONAL**. UNILINS – Centro Universitário de Lins. Disponível em:

<[ftp://ftp.unilins.edu.br/marcello/CONTROLE%20MD%204%20ANO%202013/SEG%20SEMESTRE/PID%20AMP%20OP/AMP%20OP/Amp%20Op%20II%20\(informa%E7%F5es%20compelmentares\).pdf](ftp://ftp.unilins.edu.br/marcello/CONTROLE%20MD%204%20ANO%202013/SEG%20SEMESTRE/PID%20AMP%20OP/AMP%20OP/Amp%20Op%20II%20(informa%E7%F5es%20compelmentares).pdf)>. Acesso em 20 de maio de 2013.



LM741

www.ti.com

SNOSC25C –MAY 1998–REVISED MARCH 2013

LM741 Operational Amplifier

Check for Samples: [LM741](#)

FEATURES

- Overload Protection on the Input and Output
- No Latch-Up When the Common Mode Range is Exceeded

DESCRIPTION

The LM741 series are general purpose operational amplifiers which feature improved performance over industry standards like the LM709. They are direct, plug-in replacements for the 709C, LM201, MC1439 and 748 in most applications.

The amplifiers offer many features which make their application nearly foolproof: overload protection on the input and output, no latch-up when the common mode range is exceeded, as well as freedom from oscillations.

The LM741C is identical to the LM741/LM741A except that the LM741C has their performance ensured over a 0°C to +70°C temperature range, instead of –55°C to +125°C.

Connection Diagrams

LM741H is available per JM38510/10101

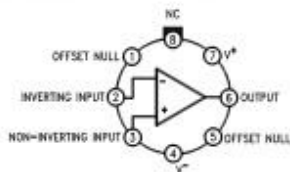


Figure 1. TO-99 Package
See Package Number LMC0008C

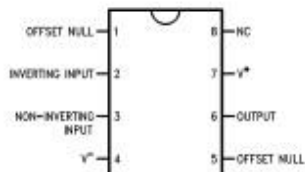


Figure 2. CDIP or PDIP Package
See Package Number NAB0008A, P0008E

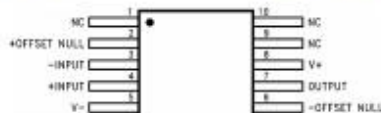


Figure 3. CLGA Package
See Package Number NAD0010A



Please be aware that an important notice concerning availability, standard warranty, and use in critical applications of Texas Instruments semiconductor products and disclaimers thereto appears at the end of this data sheet.
All trademarks are the property of their respective owners.

PRODUCTION DATA information is current as of publication date.
Products conform to specifications per the terms of the Texas Instruments standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.

Copyright © 1998–2013, Texas Instruments Incorporated

ANEXO 2 – Datasheet LM311



www.fairchildsemi.com

LM311

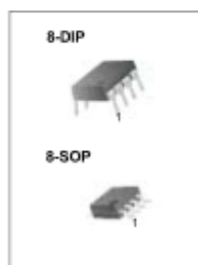
Single Comparator

Features

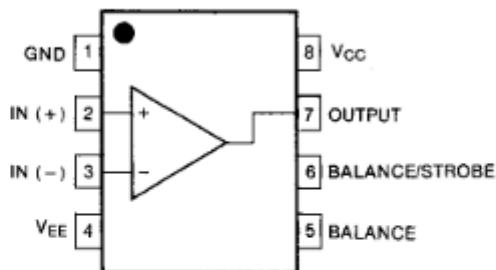
- Low input bias current : 250nA (Max)
- Low input offset current : 50nA (Max)
- Differential Input Voltage : $\pm 30V$
- Power supply voltage : single 5.0V supply to $\pm 15V$.
- Offset voltage null capability.
- Strobe capability.

Description

The LM311 series is a monolithic, low input current voltage comparator. The device is also designed to operate from dual or single supply voltage.



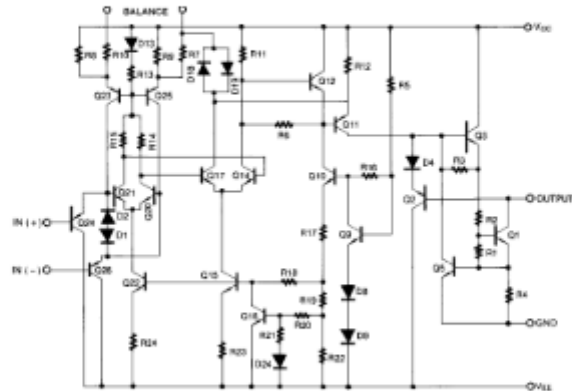
Internal Block Diagram



Rev. 1.0.1

©2001 Fairchild Semiconductor Corporation

Schematic Diagram



Absolute Maximum Ratings

Parameter	Symbol	Value	Unit
Total Supply Voltage	VCC	36	V
Output to Negative Supply Voltage LM311	VO - VEE	40	V
Ground to Negative voltage	VEE	-30	V
Differential Input Voltage	VI(DIFF)	30	V
Input Voltage	VI	±15	V
Output Short Circuit Duration	-	10	sec
Power Dissipation	PD	500	mW
Operating Temperature Range	TOPR	0 ~ +70	°C
Storage Temperature Range	TSTG	- 65 ~ +150	°C