

GERADOR DE ONDA TRIANGULAR

Por Eng. Roberto Bairros dos Santos

www.bairrospd.com

CANAL YOUTUBE: Professor Bairros.

Data: 02/03/2020 V2

Sumário

1	Prefácio.....	3
2	Introdução.....	4
3	O circuito.....	5
4	Funcionamento.....	8
5	Como determinar a tensão de transição.....	11
6	Conclusão.....	16
7	Créditos.....	17

1 PREFÁCIO.

Você verá neste tutorial como montar um circuito bastante popular para gerar onda triangular, mas vai aprender junto como fazê-lo funcionar sem problemas, mesmo no Proteus.

Este é mais um circuito da série para montar o circuito para gerar o sinal do tipo SPWM.

Para entender este trabalho você deve ter conhecimento de eletricidade básica, componentes eletrônicos, grandezas elétricas e como medi-las, "Lei de Ohm", definição da "Lei das Malhas" e "Lei dos Nós".

Quanto a matemática basta você conhecer as quatro operações que é o suficiente.

Equação de realimentação:

<https://www.youtube.com/watch?v=hg9FZyYnoAA>

VOCÊ SABE COMO GERAR UM SINAL DO TIPO SPWM:

<https://youtu.be/ACQ3qld4tjg>

GERANDO SENOIDE PARA O SPWM: Oscilador em ponte de Wien.

<https://youtu.be/rFkIVhQKKIE>

CARGA CONSTANTE: O integrador.

<https://youtu.be/NOB3U1oF1yk>

Lei das Malhas Prática.

Análise de circuitos usando a Lei das Malhas Prática Parte I: As regras do jogo.

<https://youtu.be/YkO4vmAEvOI>

2 INTRODUÇÃO.

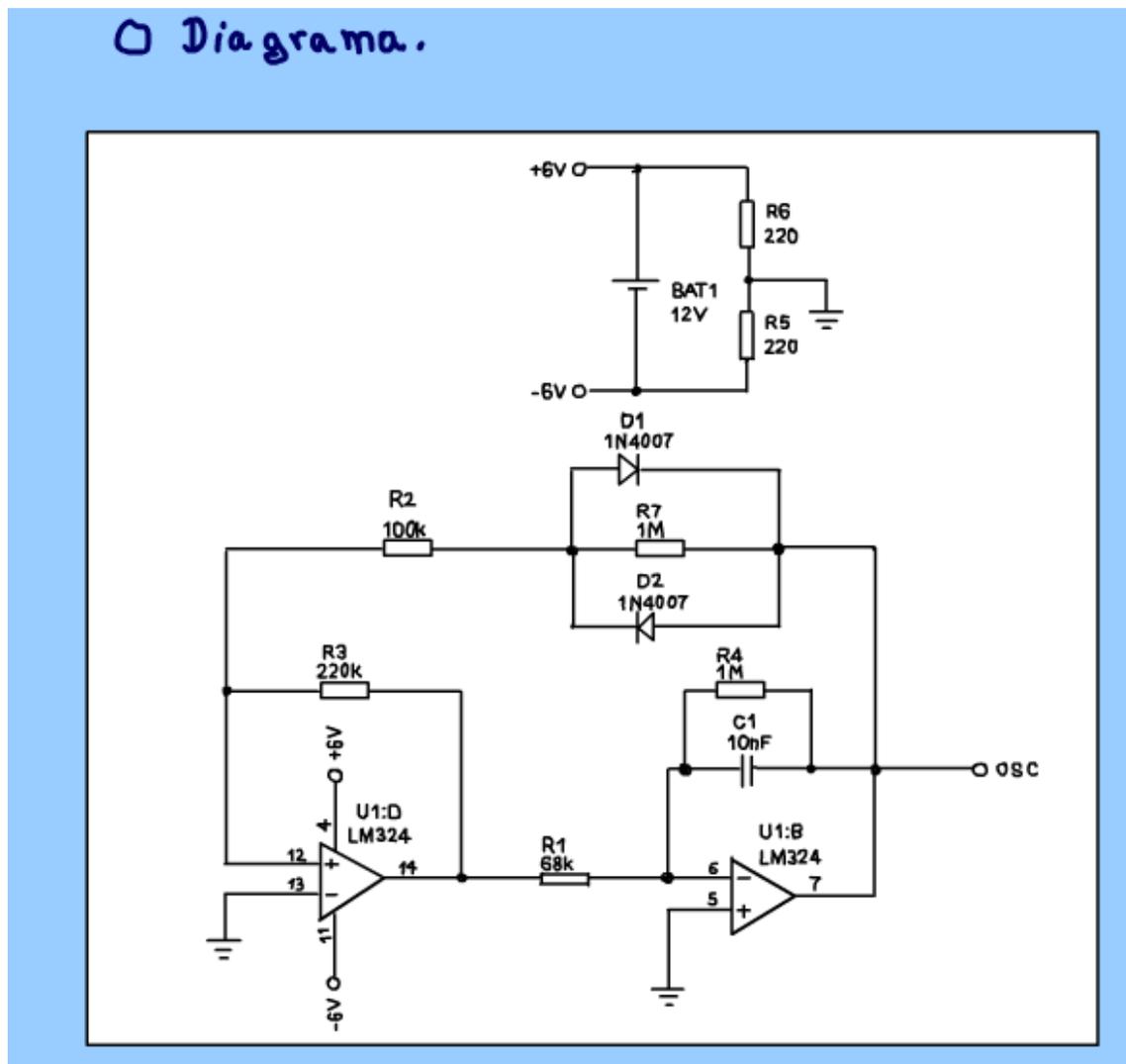
VOCÊ VAI APRENDER A SURFAR NAS ONDAS TRIANGULARES:

Circuito para gerar uma onda triangular.

Você verá neste tutorial como montar um circuito bastante popular para gerar onda triangular, você verá como montá-lo e como fazê-lo funcionar, mesmo no Proteus.

Este é mais um circuito da série para gerar o sinal do tipo SPWM.

Veja o diagrama na figura.

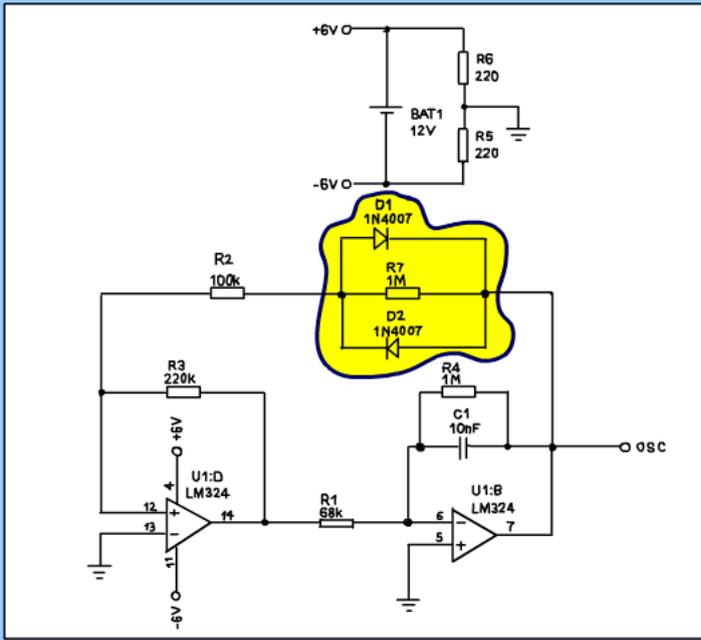


3 O CIRCUITO.

Vamos começar vendo os detalhes diferentes deste circuito.

O circuito composto pelos diodos D1; D2 e a resistência R7 de 1Megaohm formam o estabilizador.

O estabilizador

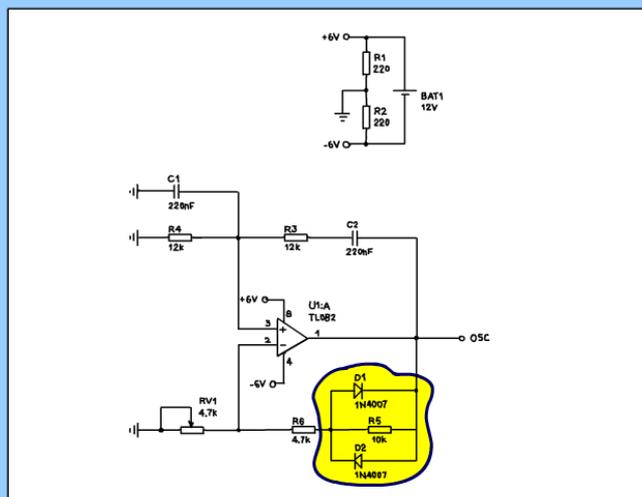


Aluno:

Eu já vi este tipo de circuito antes.

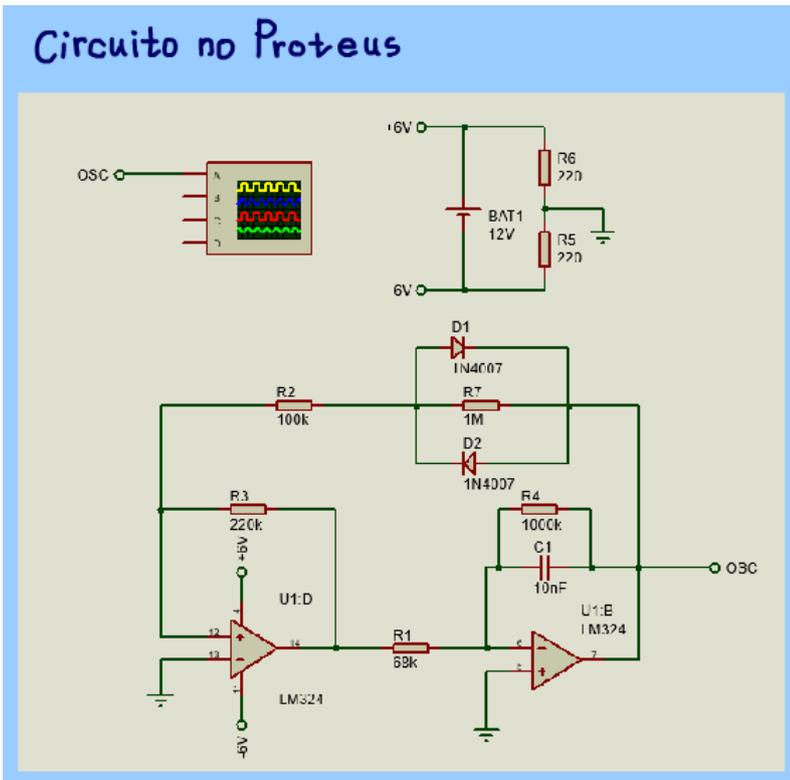
Sim, no oscilador em ponte de WIEN.

O estabilizador na Ponte de Wien



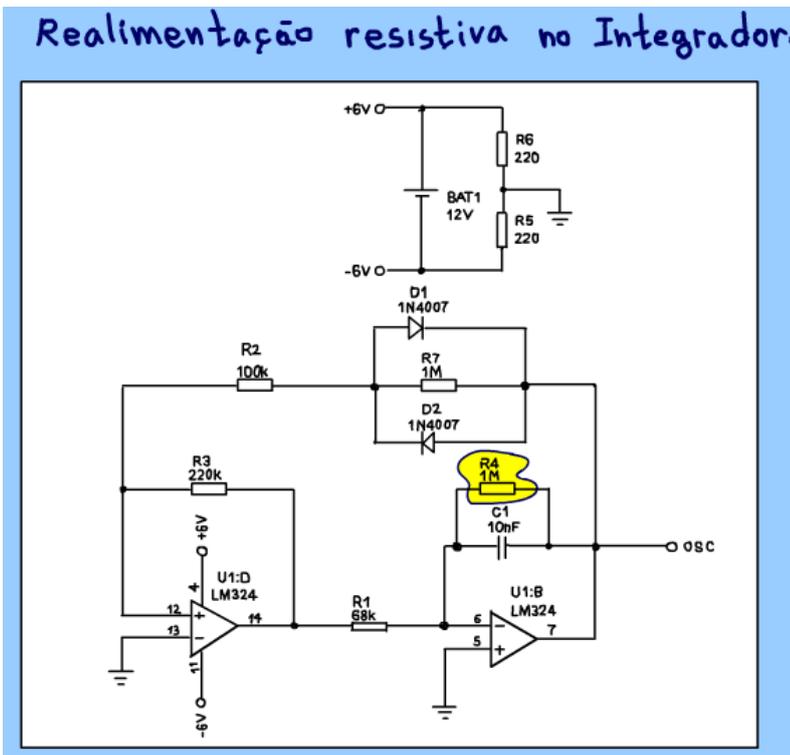
Se você for simular no Proteus não esqueça de montar o estabilizador para que o circuito funcione, esse é o pulo do gato.

Circuito no Proteus



Veja agora que este circuito tem um segundo gato escondido na tuba, é a resistência R4 de alto valor, 1Megaohm. Esta resistência é fundamental para fazer o integrador funcionar na prática.

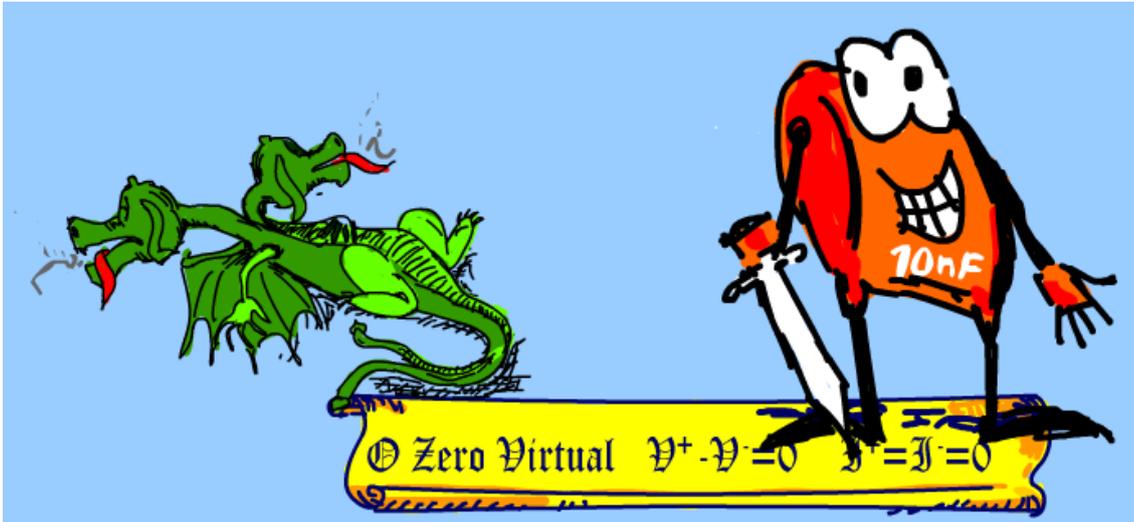
Realimentação resistiva no Integrador.



Na teoria gerar a rampa é muito fácil, mas na prática nem tanto. Enquanto o capacitor estiver carregando o circuito funciona perfeitamente, o zero virtual manda brasa.

Mas, quando o capacitor estiver totalmente carregado ele funciona como um circuito aberto!

Quando o circuito de realimentação abrir o zero virtual para de funcionar, e o circuito fica instável, "o dragão vai pro brejo".



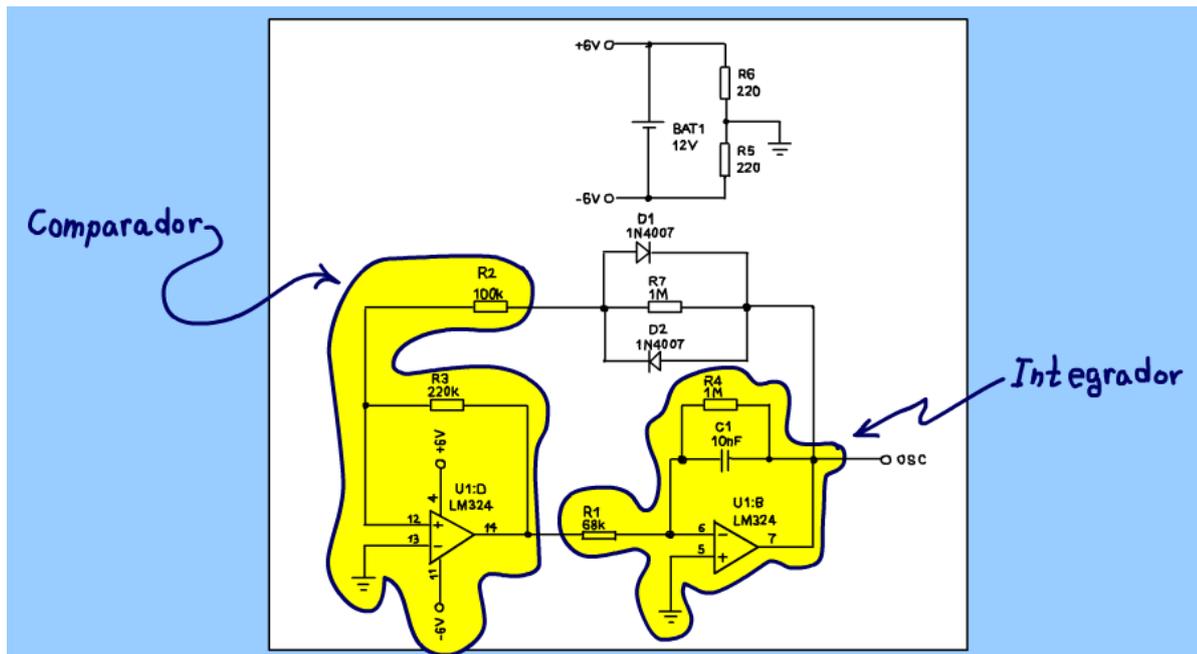
4 FUNCIONAMENTO.

Aluno:

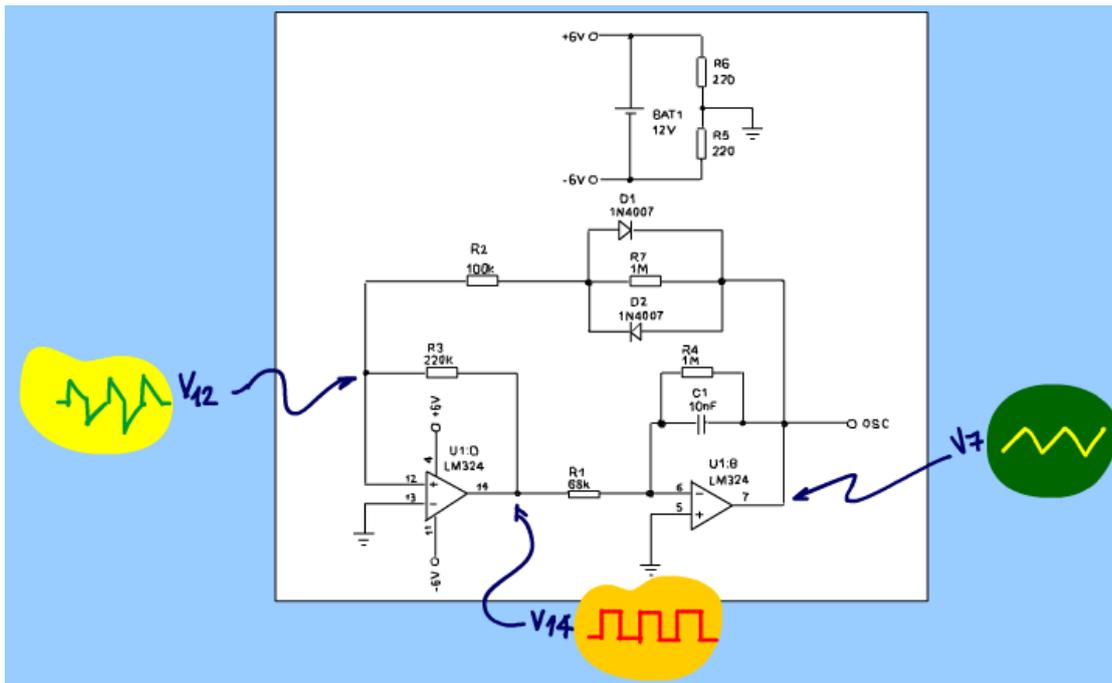
Sim, mas como este circuito funciona afinal?

Então, vamos ver agora o funcionamento deste circuito.

O circuito é dividido em duas partes, o integrador que gera a rampa e o comparador por zero, que compara a tensão na entrada mais V+ com o zero volt do terra.



Para entender este circuito vamos fixar a nossa atenção em três pontos chaves.



Aluno:

Não tem o ponto do seu Madruga não?

Não, mas tem V7, tensão na saída do integrador, aqui aparecerá a onda triangular.

V14, a tensão na saída do comparador, este ponto irá apresentar uma onda quadrada entre

E, V12, a tensão na entrada v+ do comparador, sempre que a tensão neste ponto transitar por zero a saída irá inverter.

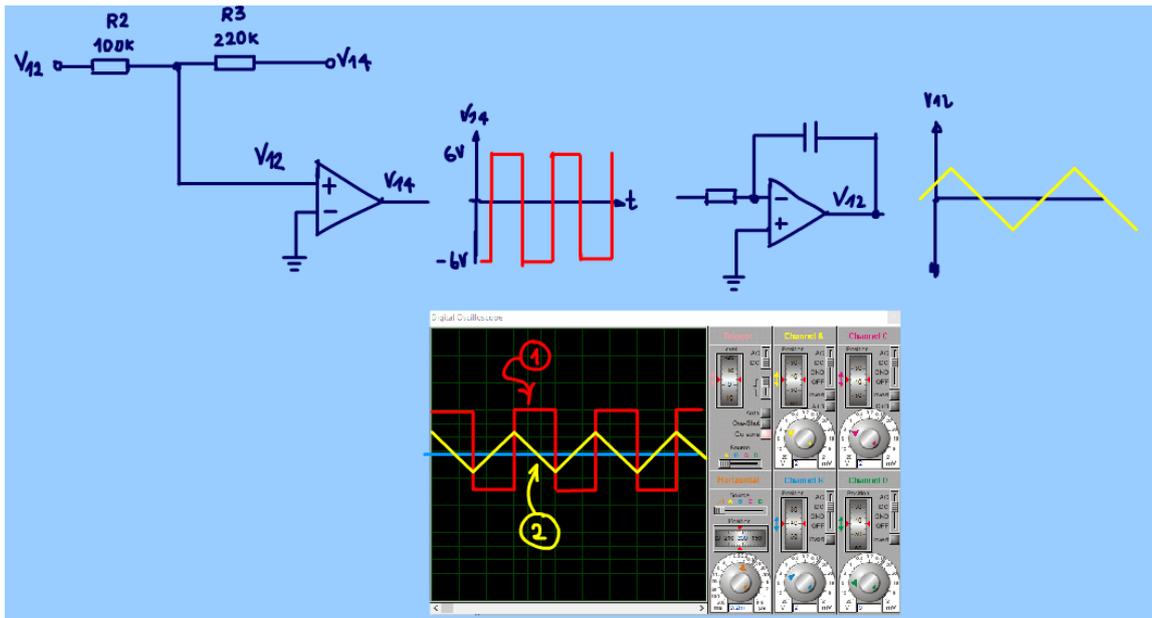
Vamos fixar dois conceitos:

Primeiro a tensão em rampa na saída V7 tem a polaridade invertida em relação a tensão V14

Segundo:

A tensão de comparação V12 é a composição da tensão V7 em rampa com a tensão da saída do próprio comparador V14.

Quando parte da saída do comparador é usado na sua própria comparação, esse comparador é chamado de comparador por histerese.



Vejam agora ver como o circuito funciona.

Suponha que a saída do comparador V14 esteja no ciclo positivo, ponto 1 na linha vermelha da figura.

Neste caso a saída V12 do integrador gera a rampa no sentido da polaridade negativa, ponto 2 da linha amarela.

Então, a tensão da rampa no primeiro ciclo irá descer até um valor tal que V12 seja igual a zero, este é o valor de transição, neste circuito esta tensão é de aproximadamente em 3,20V.

Na transição a saída V14 irá inverter, assumirá a tensão de -6V.

Quando V14 inverter a tensão do capacitor C1 do integrador inverte a polaridade, passando a carregar no sentido contrário, a tensão em rampa V7 passa a crescer no sentido da tensão de transição positiva.

Quando V7 alcançar a tensão de transição positiva, o comparador irá inverter a tensão V14 e tudo começa novamente.

5 COMO DETERMINAR A TENSÃO DE TRANSIÇÃO.

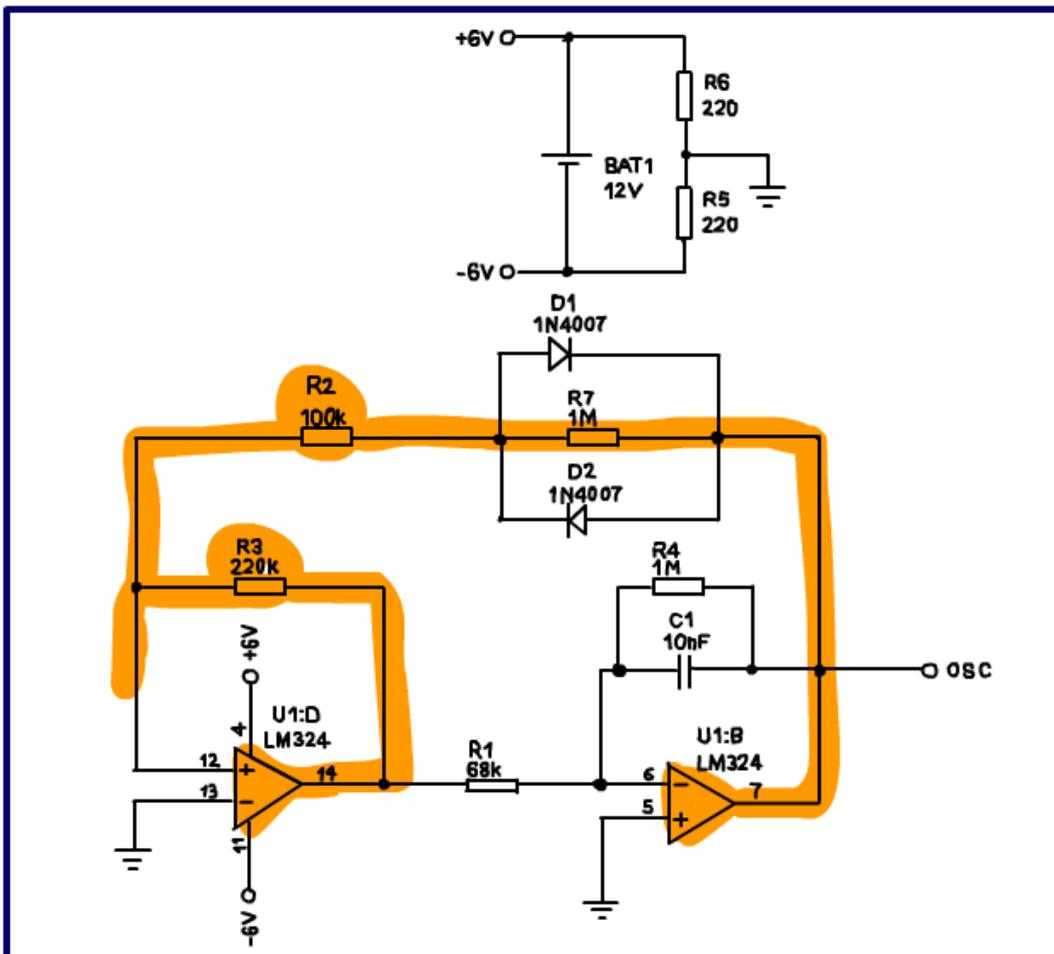
Aluno:

Mas, como calcular esta tensão?

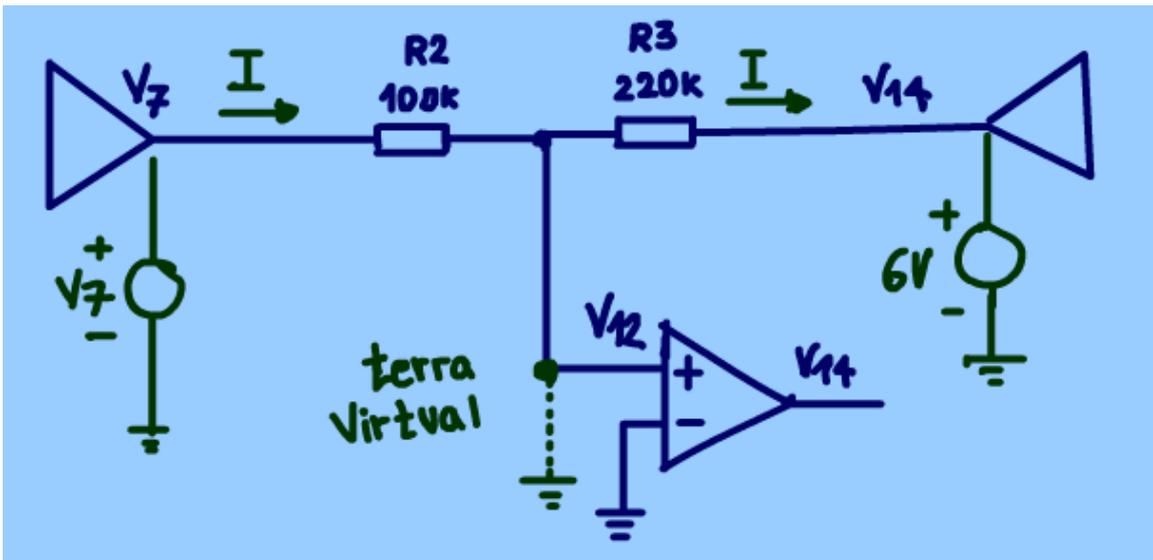
Veja agora como o Professor Bairros vai mostrar de forma simples como esta tensão pode ser calculada.

Vamos a mágica!

Para calcular a tensão de transição vamos modificar um pouquinho o circuito da figura, alterando as linhas em laranja.



Esticando um pouquinho o desenho ele se transforma no circuito da figura.



Para facilitar a análise vamos substituir as saídas V7 e V14 por fontes de alimentações e vamos ligar a entrada V12 do comparador ao terra, pois na transição este ponto deverá ser igual a zero volt.

Aluno:

Outro pulo do gato!

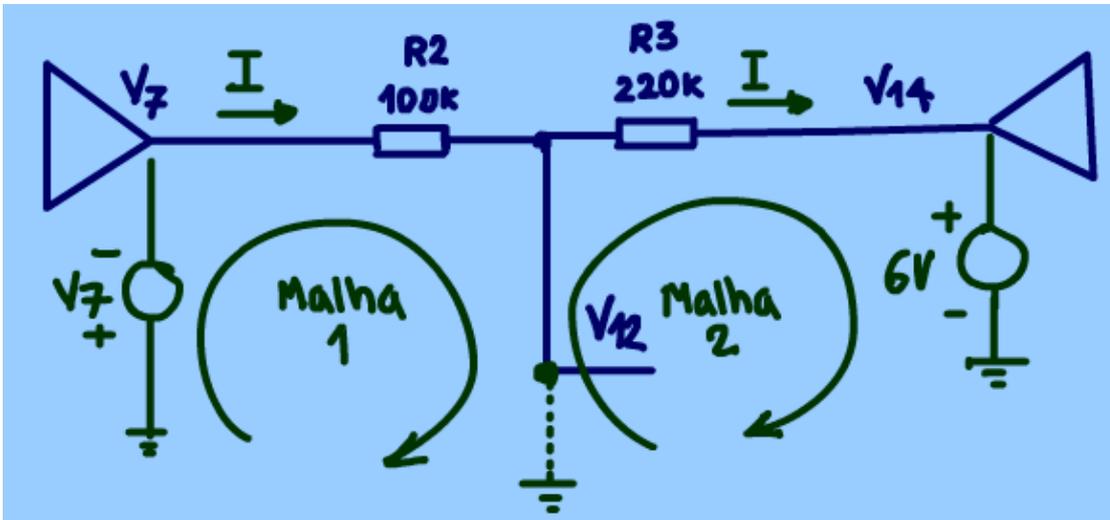
Notar que a corrente que circula por R2 tem a mesma intensidade da corrente que circula por

Agora a nossa pergunta é, qual o valor de V7 quando a tensão na saída V14 for +6V neste circuito com a entrada V12 com o terra virtual?

Para analisar este circuito vamos usar a nossa conhecida lei das malhas práticas.

Se você não recorda como usar a lei das malhas, favor dar uma olhada no link na descrição do

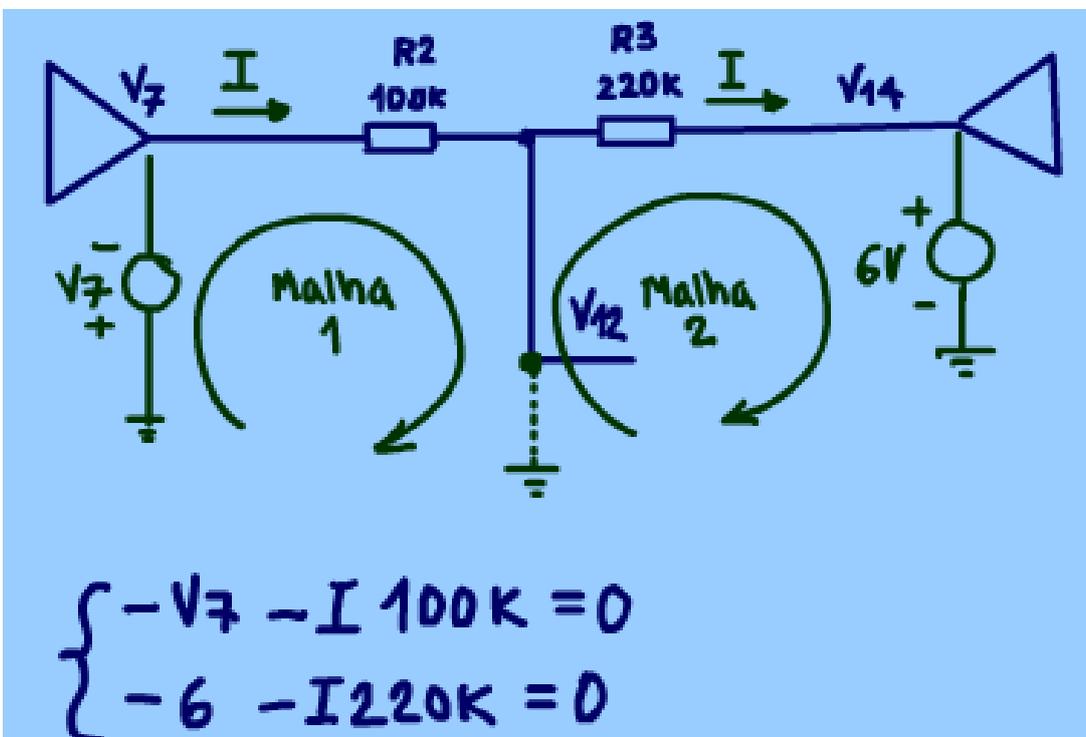
Primeiro vamos traçar as malhas no sentido horário.



Vão vamos considerar as correntes comuns que circulam no ramo de V12 pois não existe

Aluno:

Outro pulo do gato.



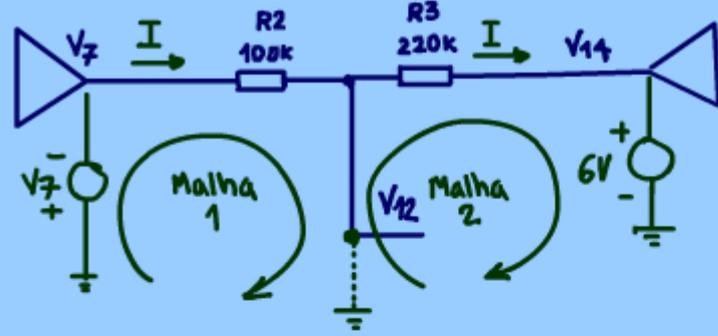
Agora vamos resolver por substituição!

Primeiro isole as correntes nas duas equações.

Agora iguale a primeira equação com a segunda, as duas são iguais!

Agora é só isolar V_7 , que é a nossa pergunta.

Pronto V_7 é igual a 2,7V!



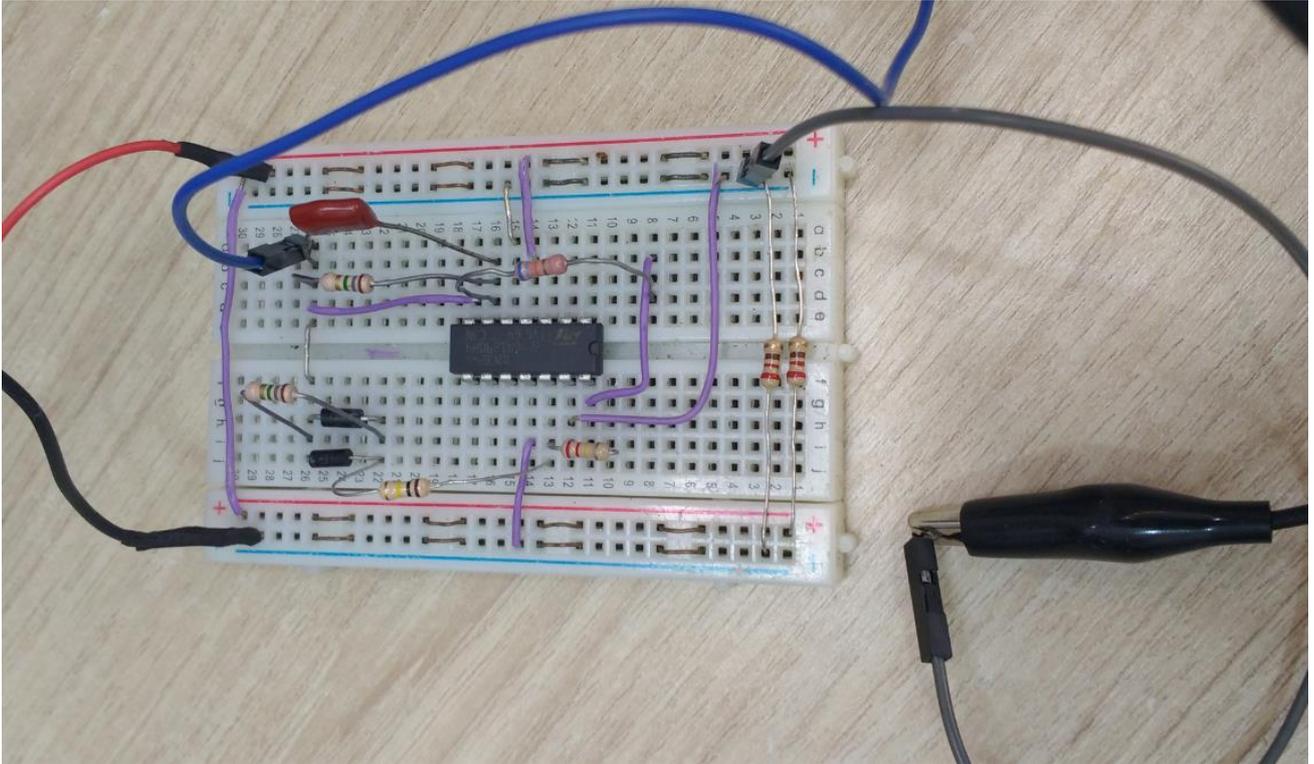
$$\begin{cases} -V_7 - I \cdot 100K = 0 \\ -6 - I \cdot 220K = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} -I \cdot 100K = +V_7 \\ -I \cdot 220K = +6 \end{cases}$$

$$\begin{cases} -I = \frac{V_7}{100K} \\ -I = \frac{+6}{220K} \end{cases} \Rightarrow \frac{+V_7}{100K} = \frac{+6}{220K}$$

$$V_7 = \frac{100K}{220K} \cdot 6 = 0,45 \cdot 6 = 2,7V$$

$V_7 = 2,7V$

Veja o circuito na protoboard.



6 CONCLUSÃO

Você viu neste tutorial como montar um circuito gerador de onda triangular.

Você também revisou o circuito do comparador.

No próximo tutorial você irá montar o circuito do gerador do SPWM.

Até lá.

7 CRÉDITOS.

Bibliografia.

Manuais:

PDF:

Título YOUTUBE:

Sites: www.bairrospd.com

SEO: www.bairrospd.com, Professor Bairros, eletrônica, tutorial