

# POR DENTRO DO 555

## Vamos dissecar o 555!



Professor Bairros (15/04/2024)

Por dentro do 555



The screenshot shows the homepage of the website 'bairrospd'. At the top left is the logo with the text 'bairrospd BAIROS PROJETOS DIDÁTICOS E ELETRÔNICOS'. Below the logo is a green banner with the text 'ESTUDE ELETRÔNICA NO SITE WWW.BAIROSPD.COM!'. The main content area features a section titled 'Um site para pesquisar eletrônica' with a sub-header 'APRENDA A LER RESISTORES' and an illustration of a person working with electronic components. A blue button at the bottom of the screenshot says 'AULAS OU ASSESSORIA COM O ENGENHEIRO E PROFESSOR ROBERTO BAIROS?' and 'CLIQUE AQUI!'. To the right of the screenshot, the text 'VISITE O NOSSO SITE e CANAL YOUTUBE' is written in large green letters, followed by the website URL 'www.bairrospd.com' and the name 'Professor Bairos'.

**VISITE  
O NOSSO  
SITE e  
CANAL  
YOUTUBE**

[www.bairrospd.com](http://www.bairrospd.com)  
Professor Bairos

[www.bairrospd.com](http://www.bairrospd.com)

VISITE O SITE DO PROFESSOR BAIROS LÁ EM O PDF E MUITO MAIS.  
PARA AULAS ONLINE CONTATE VIA SITE.

[www.bairrospd.com](http://www.bairrospd.com)

<https://www.youtube.com/@professorbairros>

## Por dentro do 555

### Sumário

1. Introdução .....	5
2. O circuito completo. ....	6
3. O diagrama em bloco.....	7
4. Os comparadores.....	8
5. O funcionamento do AMPOP comparador. ....	9
6. O FLIP-FLOP. ....	10
7. A memória do FLIP-FLOP. ....	11
8. O CLEAR. ....	12
9. Os transistores de saída.....	13
10. O transistor de descarga. ....	14
11. O comparador de threshold. ....	15
12. O comparador de trigger.....	16
13. O circuito do comparador de threshold. ....	17
14. ativando threshold. ....	18
15. Ligando os transistores. ....	19
16. Ligando a saída. ....	20
17. O sentido inversor.....	21
18. O comparador do trigger.....	22
19. Ativando o trigger.....	23

**Por dentro do 555**

20.	Ligando a saída. ....	24
21.	O flip flop. ....	25
22.	O flip-flop simplificado.....	26
23.	Ligando biestável do circuito 2. ....	27
24.	Desligando o biestável.....	28
25.	A memória. ....	29
26.	O biestável no 555. ....	30
27.	As chaves de SET e RESET.....	31
28.	Forçando RESET. ....	32
29.	O circuito de saída. ....	33
30.	Ligando a saída do 555. ....	34
31.	Desligando a saída do 555 ....	35
32.	O transistor de descarga. ....	36
33.	O pino de controle. ....	37
34.	aplicação do pino de controle.....	38
35.	Conclusão. ....	39
36.	Créditos.....	40

## Por dentro do 555

Por dentro do 555



YOUTUBE: <https://youtu.be/nE2BzzDnhwU>

## Por dentro do 555

### 1. INTRODUÇÃO



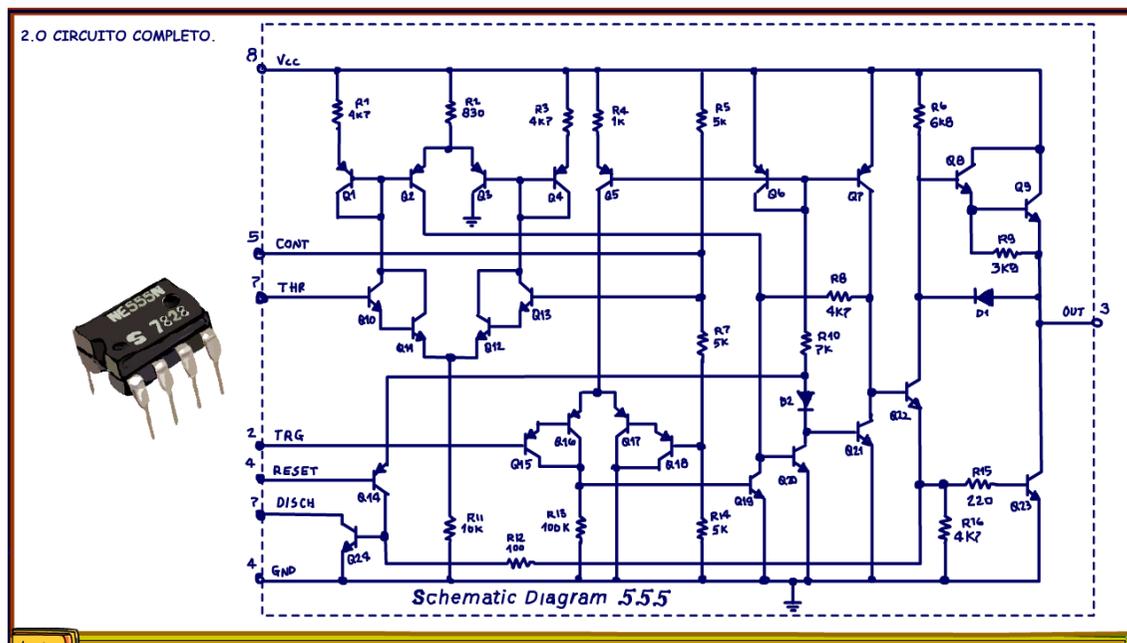
É isso mesmo, o Professor Bairros vai dissecar o 555, vamos abrir e ver por dentro o CI mais famoso do mundo, eu estou fazendo isso porque vi o Wagner Rambo montando o 555 só com transistores discretos, uma verdadeira obra de arte e também vi o mestre Burgos numa das suas lives, simulando o circuito interno do 555, mostrando como tudo funcionava por dentro, ima live fantástica.

Resultado, isso me deixou de água na boca, na verdade eu nunca tinha visto o 555 assim, por dentro, então resolvi fazer esse vídeo, mostrando o funcionamento, mas claro de um jeito diferente, do jeitinho do Professor Bairros.

Vamos lá.

## Por dentro do 555

### 2. O CIRCUITO COMPLETO.

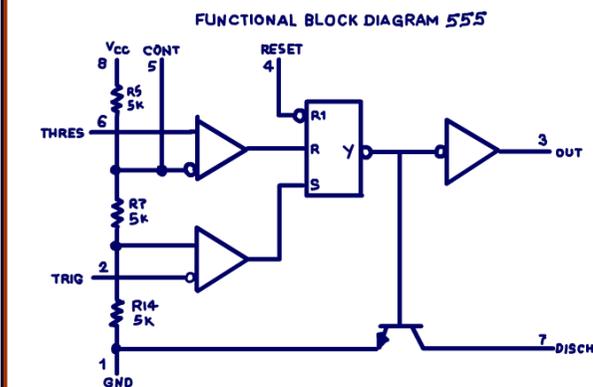


Veja o circuito completinho, que maravilha, que obra de arte, primeiro pela simplicidade, não parece ter nenhum circuito muito complexo, segundo pela criatividade, tudo feito de forma muito simples, mas extremamente funcional, sim esse CI merece a fama que tem.

## Por dentro do 555

### 3. O DIAGRAMA EM BLOCO.

3. O DIAGRAMA EM BLOCO.

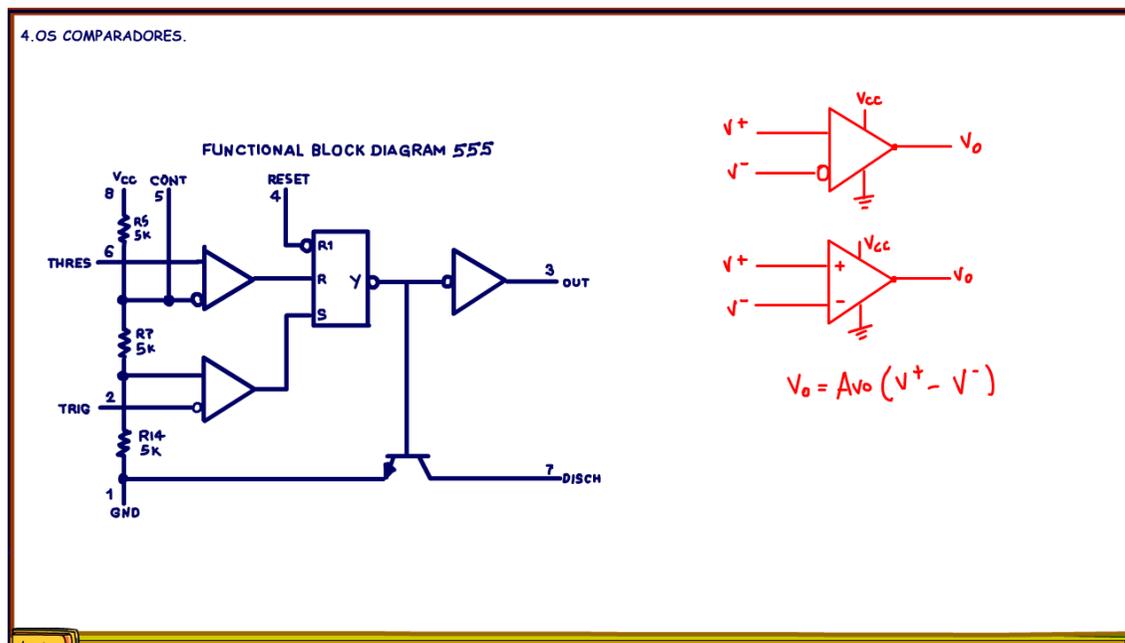


Para analisar o seu funcionamento vou mostrar antes o diagrama em bloco, ou como eles chamam também o diagrama funcional.

Um CI é como um equipamento, então para entender melhor, é bom separar em etapas, ou blocos, entendendo as partes simples vai ficar bem mais fácil entender o todo complexo.

## Por dentro do 555

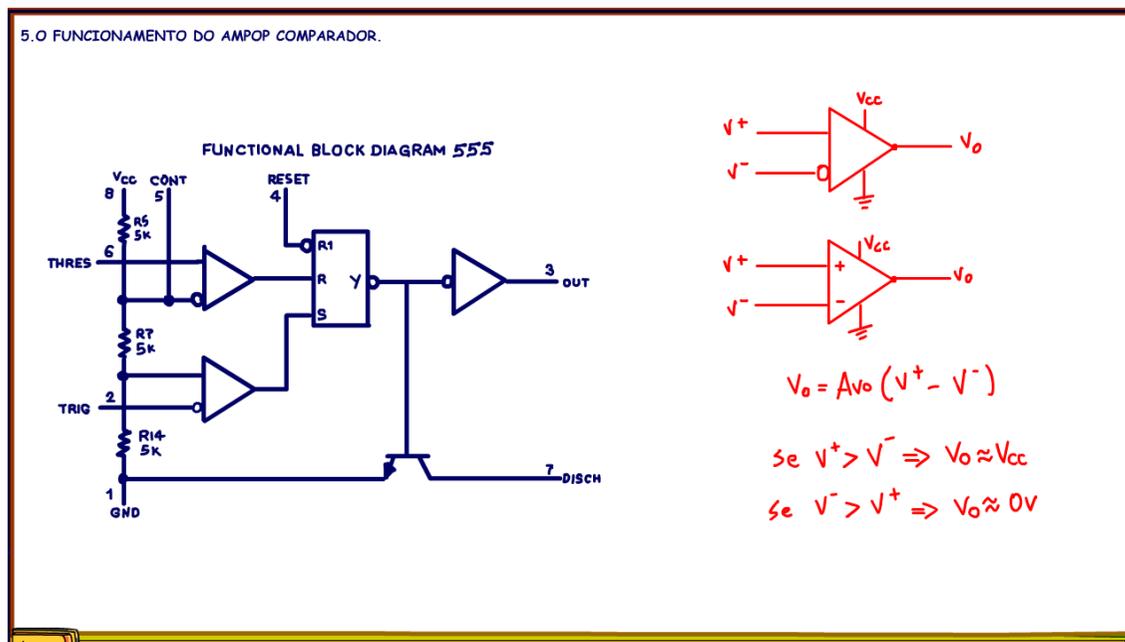
### 4. OS COMPARADORES.



Existem dois blocos comparadores, você deve pensar nesses blocos como os comparadores estudados nos operacionais, o funcionamento é exatamente o mesmo, o desenho é um pouco diferente, a entrada inversora tem aquela bolinha, que nos circuitos digitais significa inversão, essa é outra característica interessante desse componente, ele mistura eletrônica analógica e digital.

## Por dentro do 555

### 5. O FUNCIONAMENTO DO AMPOP COMPARADOR.



O comparador compara duas tensões.

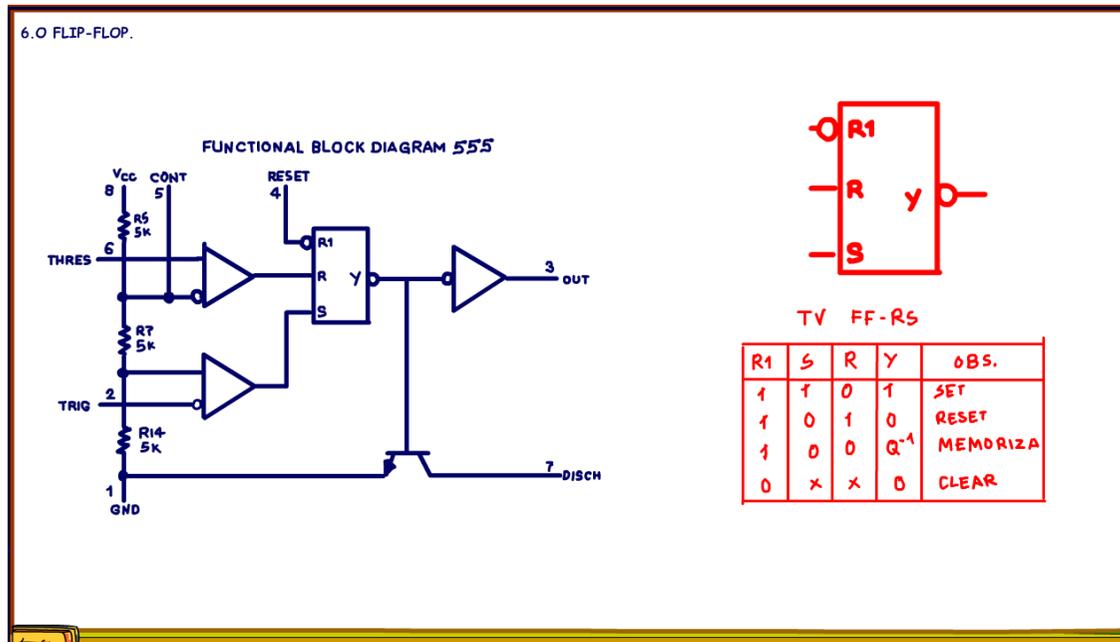
No comparador que você conhece, aquele com AMPOP, ele compara a entrada não inversora com a entrada inversora, as entradas diferenciais, se a tensão na entrada não inversora for maior, aquela com o sinal mais, então a saída vai para o valor positivo máximo, um valor próximo do VCC.

Se a tensão na entrada inversora for maior, aquela com o sinal menos, então a saída vai para o valor negativo, um valor próximo de menos VCC, ou se o valor negativo for o zero volt, vai para um valor próximo de zero!

Os valores das tensões nas entradas são comparados tendo o zero volt como referência, o terra.

## Por dentro do 555

### 6. O FLIP-FLOP.



O FLIP-FLOP é um componente da eletrônica digital, é uma memória eletrônica.

O FLIP-FLOP mais simples é chamado de FLIP-FLOP RS, é esse usado no 555.

Ele tem um pino de SET que liga a saída quando ativo, e tem um pino de RESET que desliga a saída quando ativo.

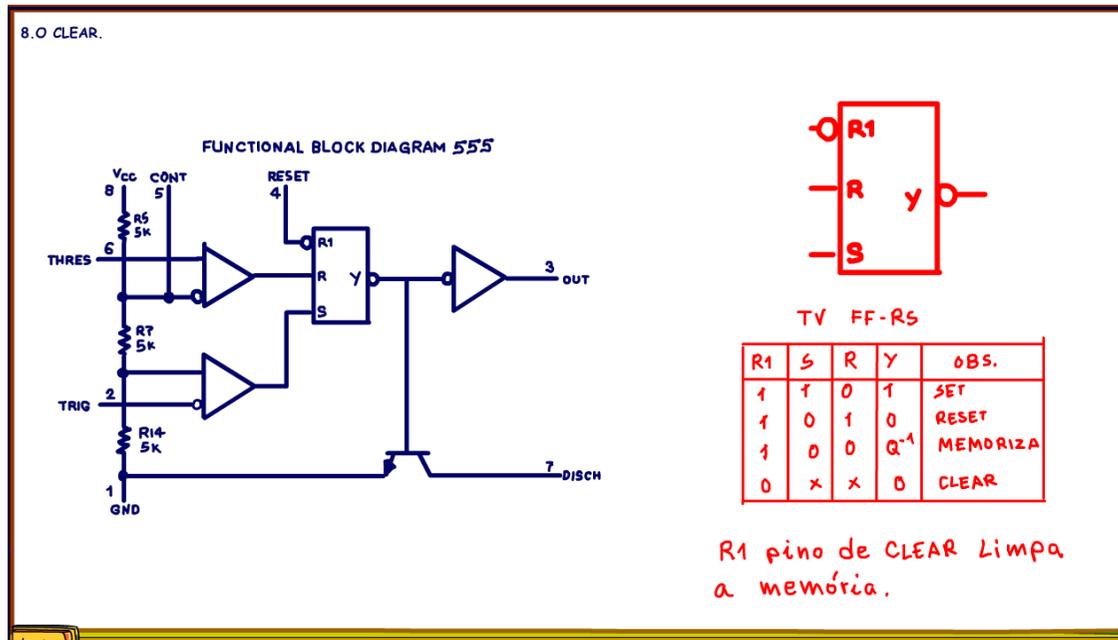
O interessante do FLIP-FLOP é que ele funciona como uma memória digital, uma vez ligada a saída ela fica ligada mesmo que o sinal de SET seja retirado, alguns dizem que a saída está setada, o mesmo acontece com o RESET, uma vez desligada a saída ela fica desligada, mesmo sem o sinal de RESET, essa ação também é conhecida como resetar, essa já é mais usada, mas são

palavras aportuguesadas, na realidade não constam nos dicionários, pelo menos por enquanto.



## Por dentro do 555

### 8. O CLEAR.



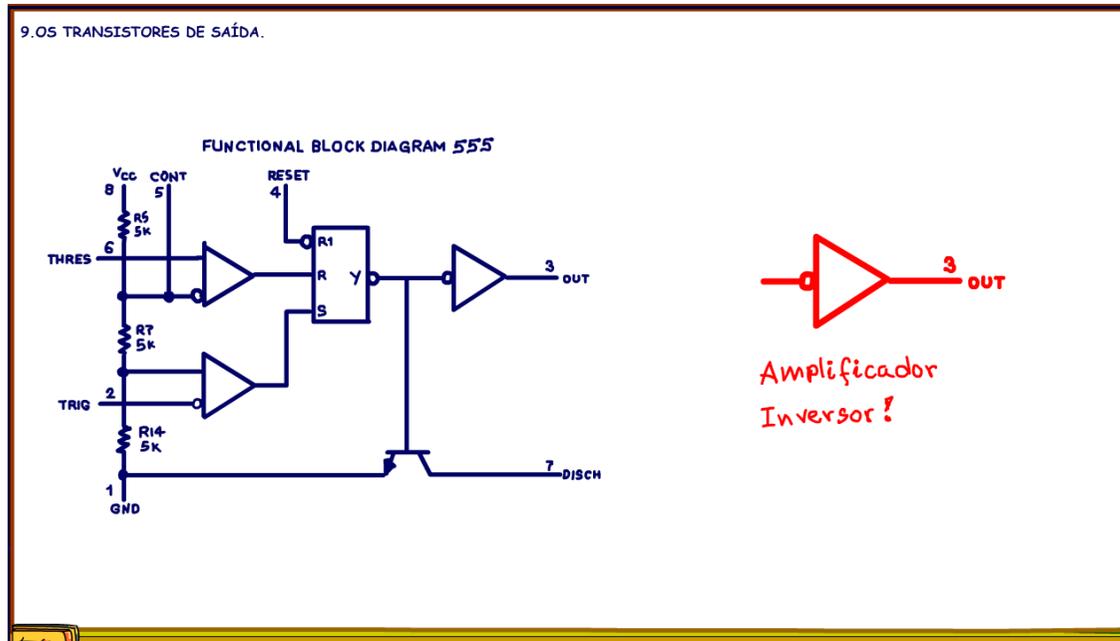
O FLIP-FLOP tem um pino especial, o CLEAR, uma vez esse pino acionado a saída desliga imediatamente, independente dos estados das entradas SET e RESET, a saída é forçada a desligar, esse pino é usado numa emergência, ou ainda quando o FLIP-FLOP é ligado, isso porque ao ligar, as tensões do circuito eletrônico demoram um tempo para estabilizar, o flip-flop pode sair ligado ou desligado, esse pino funciona como o famoso "control alt del do computador", que aliás é isso que ele faz, reseta toas as memórias do seu pc.

O pino de CLEAR limpa a memória, você já ouviu falar isso também!

Como esse pino força o reset da saída, muitas vezes é chamado de RESET, é o caso do nosso querido 555.

## Por dentro do 555

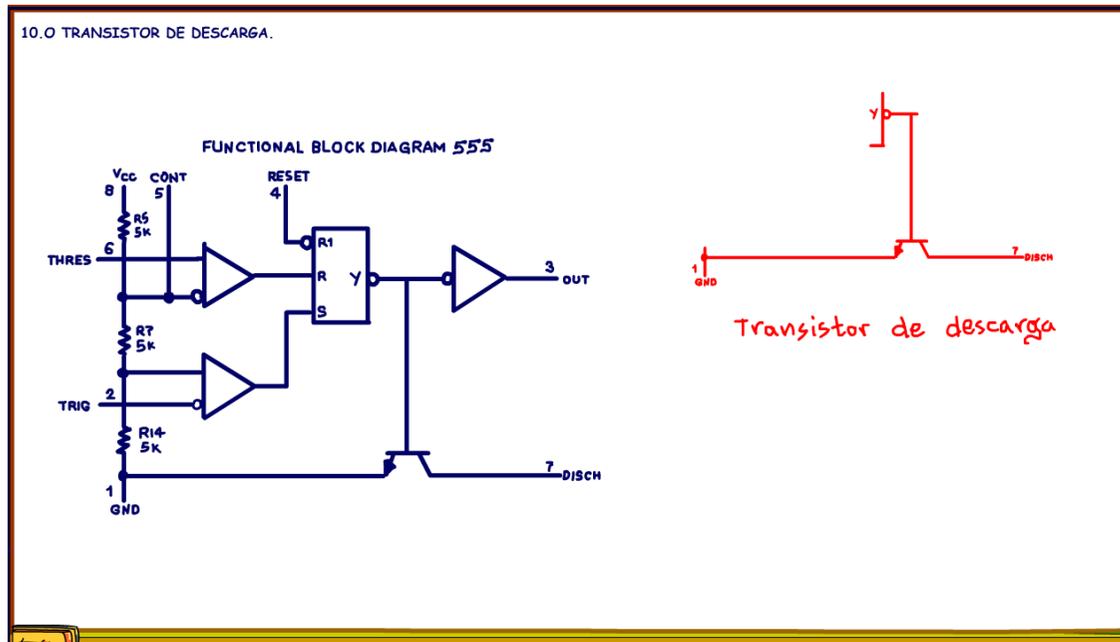
### 9. OS TRANSISTORES DE SAÍDA.



Claro que todas as etapas são construídas com transistores, mas a etapa de saída, a etapa de potência é feita como um circuito de potência, tipo a saída de som, com os transistores funcionando como chave, por isso no diagrama em bloco a saída é representada por esse triângulo, que significa amplificador, com a bolinha na entrada é um amplificador inversor.

## Por dentro do 555

### 10. O TRANSISTOR DE DESCARGA.

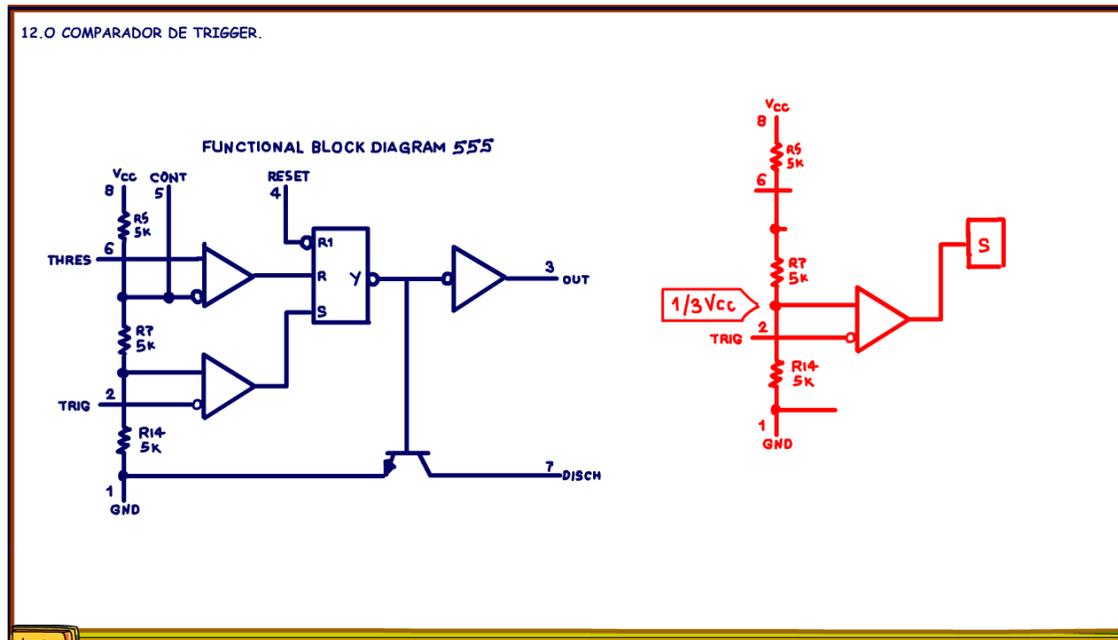


Dentro do CI também tem um transistor que liga quando a saída desliga, esse transistor é fundamental para os circuitos multivibradores estáveis, uma solução bem simples, elegante mesmo, que deixou o circuito extremamente flexível.



## Por dentro do 555

### 12. O COMPARADOR DE TRIGGER.

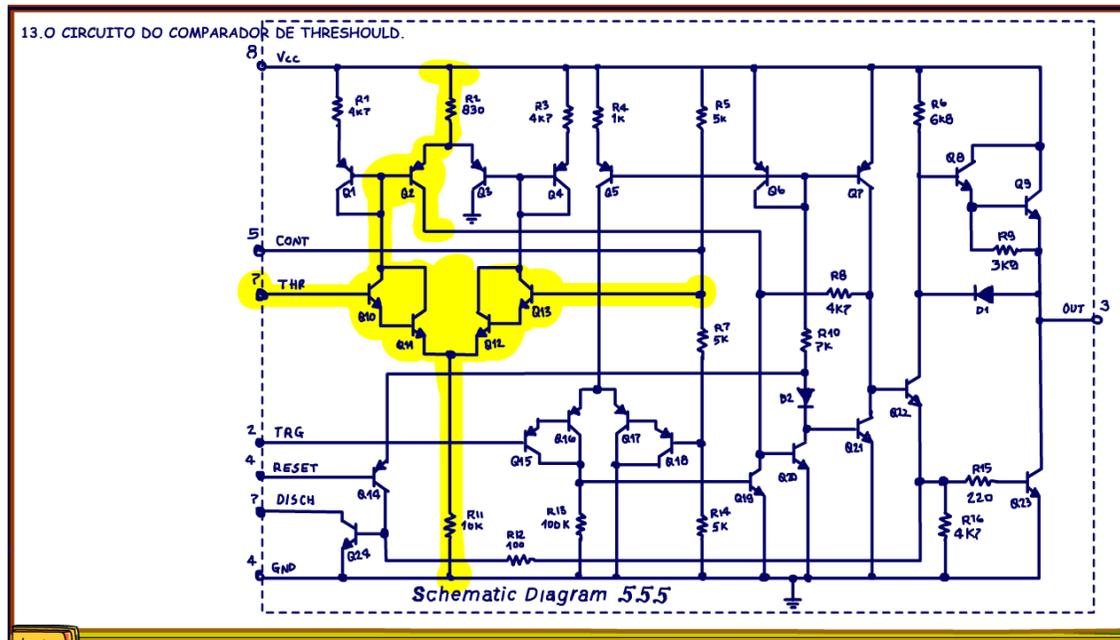


O comparador de trigger, compara a entrada inversora com a tensão de  $1/3$  de VCC gerada pelo divisor de tensão interno formado pelas 3 resistências de 5K.

Quando a tensão no pino de trigger for menor ou igual a  $1/3$  de VCC, então a saída do comparador vai para VCC, ativando o pino de SET do FLIP-FLOP, que leva a saída do 555 para um, setando a saída.

## Por dentro do 555

### 13. O CIRCUITO DO COMPARADOR DE THRESHOOLD.



Agora vamos a análise do circuito eletrônico propriamente dito, e vamos começar pelo mais interessante deles, o circuito do comparador de threshold.

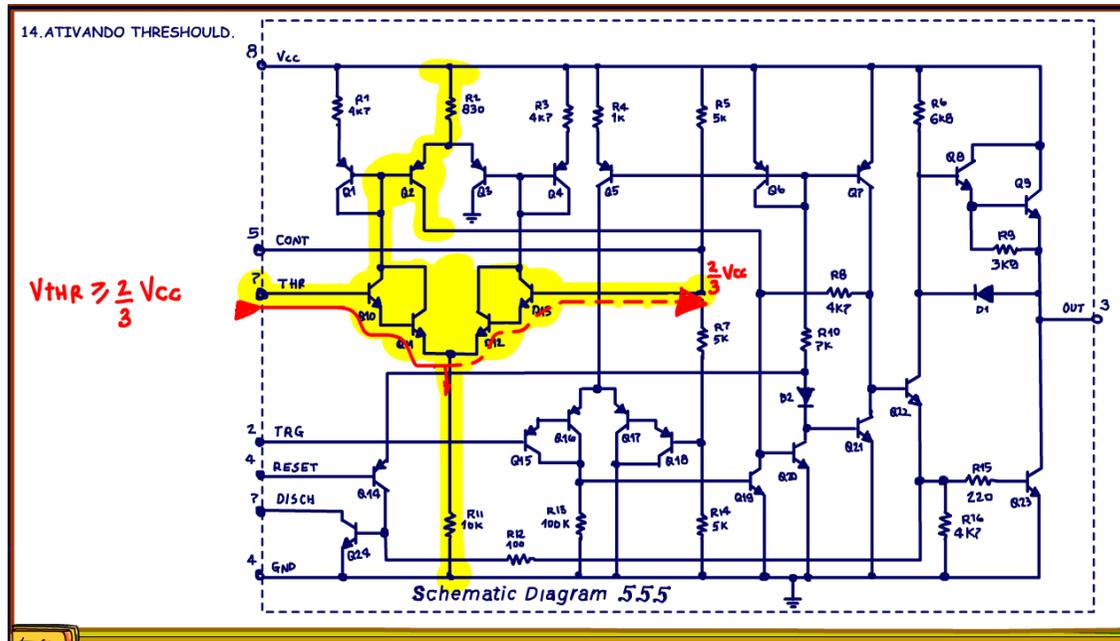
Você deve imaginar esse circuito como qualquer comparador com operacional.

Veja que o comparador é composto pelos transistores Q10, Q11, Q12 e Q13, a base de Q10 vai no pino de threshold, então esse é o comparador do threshold.

O transistor Q2 é a saída do comparador, ele que vai ativar o FLIP-FLOP.

## Por dentro do 555

## 14. ATIVANDO THRESHOULD.



contrário ele está desligado, eu marquei com uma curva hachurada.

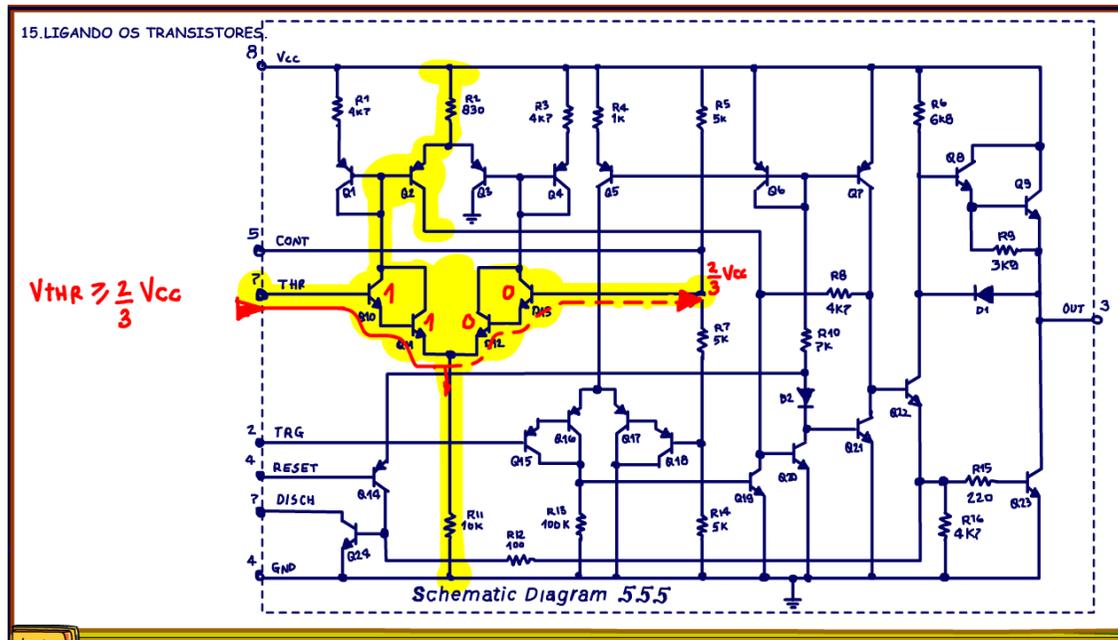
Para entender o funcionamento desse circuito eu vou usar um artifício bem simples, vou olhar para as duas entradas, a base de Q10 e a base de Q13 e vou desenhar a corrente circulando do maior potencial para o menor potencial, nada mais lógico.

Se o potencial na base de Q10, o threshold for maior do que o potencial na base de Q13, isso é a tensão no pino de threshold for maior do que  $\frac{2}{3}$  de VCC, então a corrente está circulando da base de Q10 para a base de Q13.

Agora vem a chave para a análise desse tipo de circuito, observe o sentido da corrente e o sentido da seta dos emissores, se a corrente está passando no mesmo sentido da seta o transistor está ligado, no caso

## Por dentro do 555

## 15. LIGANDO OS TRANSISTORES.



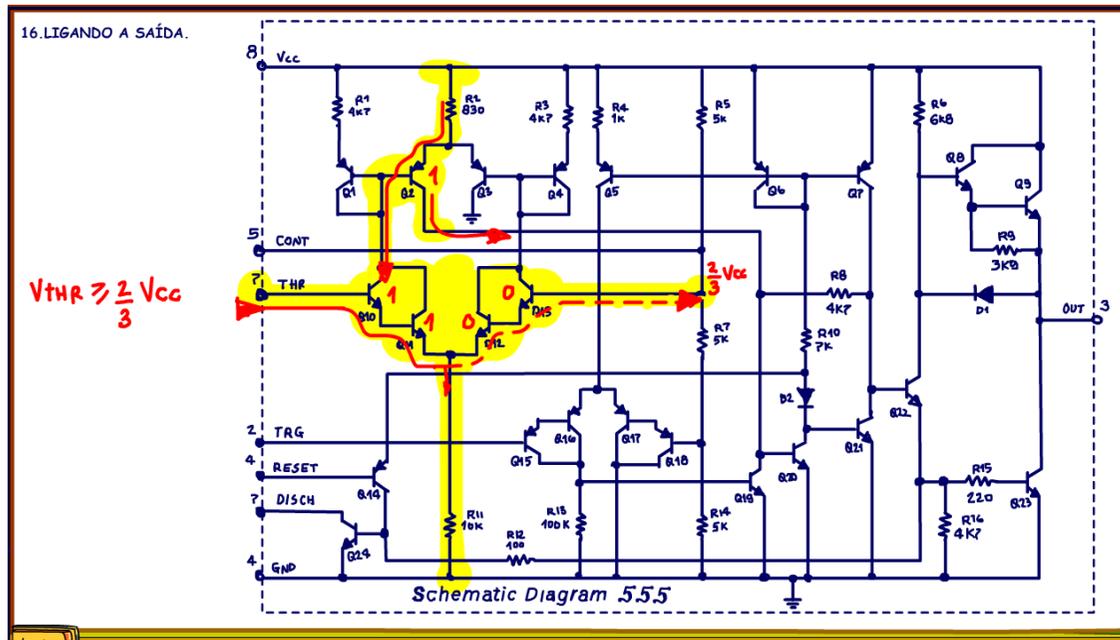
Note que Q10 e Q11 estão diretamente polarizados, a corrente está circulando no sentido das setas dos emissores, Q12 e Q13 estão inversamente polarizados, então é isso que acontece, Q13 e Q12 desligam e Q10 e Q11 ligam.

Vou marcar com um, para indicar o transistor ligado e zero para indicar o transistor desligado.

A base do transistor Q10 está ligada a entrada de threshold e a base de Q13 está ligada ao potencial de  $\frac{2}{3}$  da tensão de alimentação.

## Por dentro do 555

## 16. LIGANDO A SAÍDA.



Agora o transistor Q2 liga, a corrente de base consegue circular via Q10 e Q11 ligado.

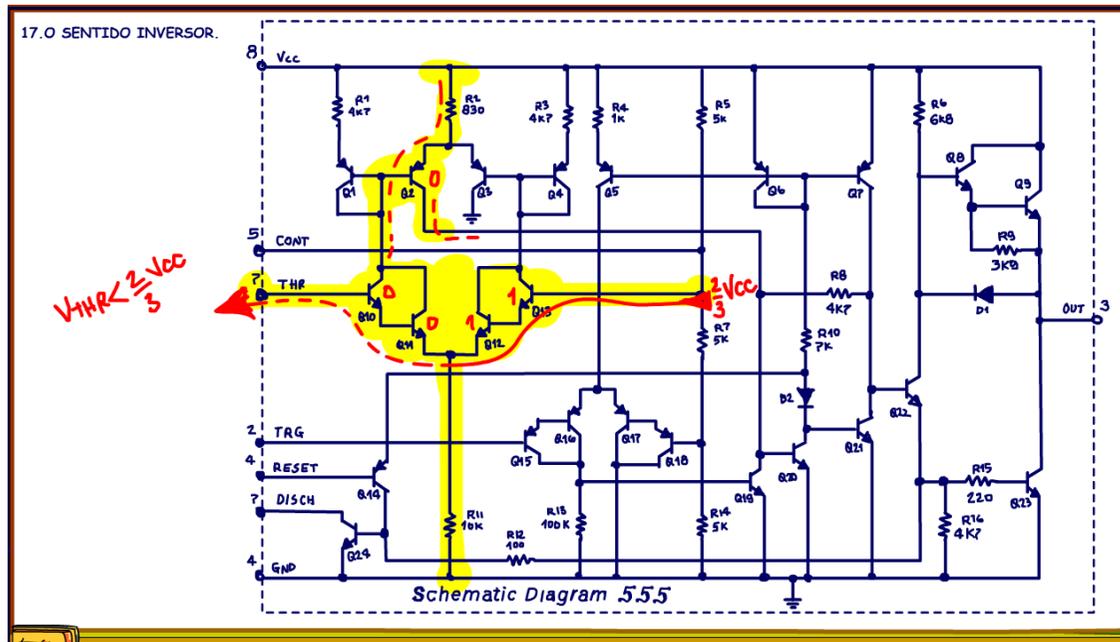
Agora Q2 funciona como uma chave fechada e pode mandar corrente para o FLIP-FLOP, isso vai acontecer porque a tensão na entrada de threshold é maior do que  $\frac{2}{3}$  da tensão da alimentação, um comparador.

Viram que combinação interessante, o transistor NPN ligado ao terra liga o transistor PNP ligado ao positivo.

Agora você está vendo o comparador por dentro!

## Por dentro do 555

### 17. O SENTIDO INVERSOR.

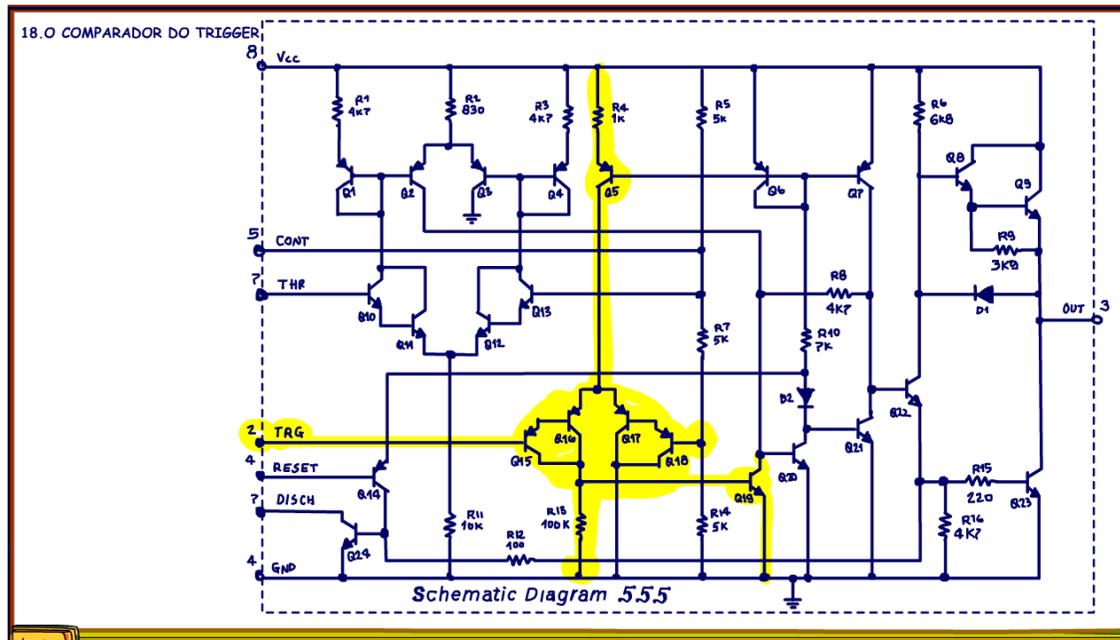


Se o sentido for o inverso, então os transistores que ligam e desligam também invertem, só existem dois estados estáveis possíveis.

Nesse caso o transistor Q2 desliga, desligando a saída do comparador.

## Por dentro do 555

### 18. O COMPARADOR DO TRIGGER.



O comparador do trigger é composto pelos transistores Q15, Q16, Q17 e Q18, esse circuito estão na mesma configuração do comparador de threshold, mas agora eles estão de cabeça para baixo, eles usam transistores PNP.

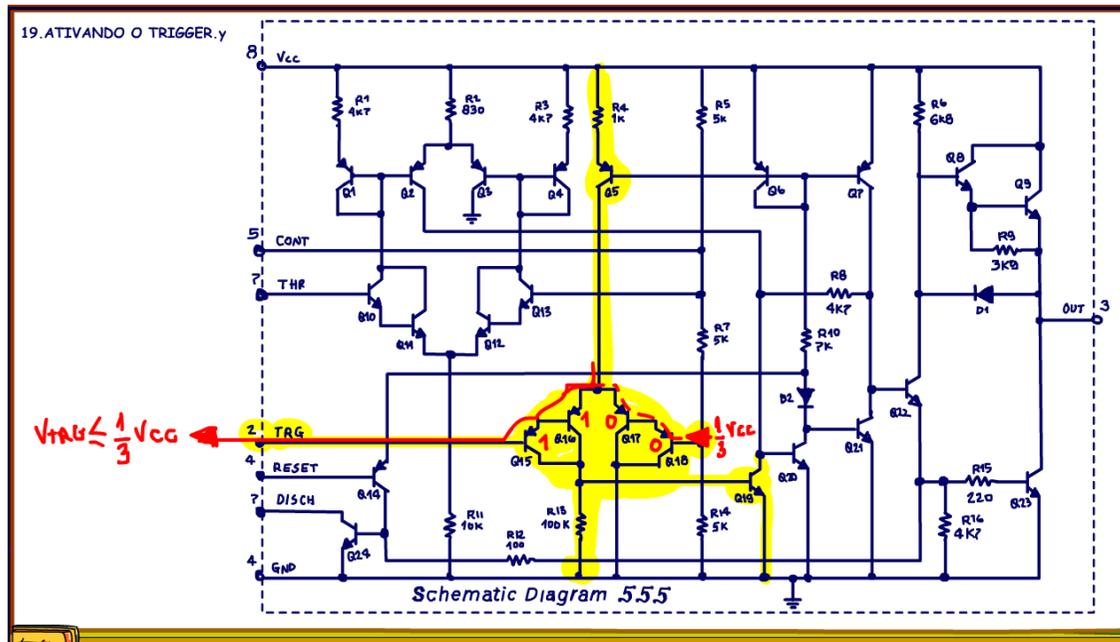
O transistor Q5 é uma fonte de corrente que alimenta o comparador, Q5 junto com Q6 e Q7 formam um espelho de corrente.

O transistor Q19 é a saída do comparador.

A técnica para a análise contínua exatamente a mesma, é só observar as tensões nas bases de Q18 e Q15, então traçar o caminho da corrente.

## Por dentro do 555

### 19. ATIVANDO O TRIGGER.

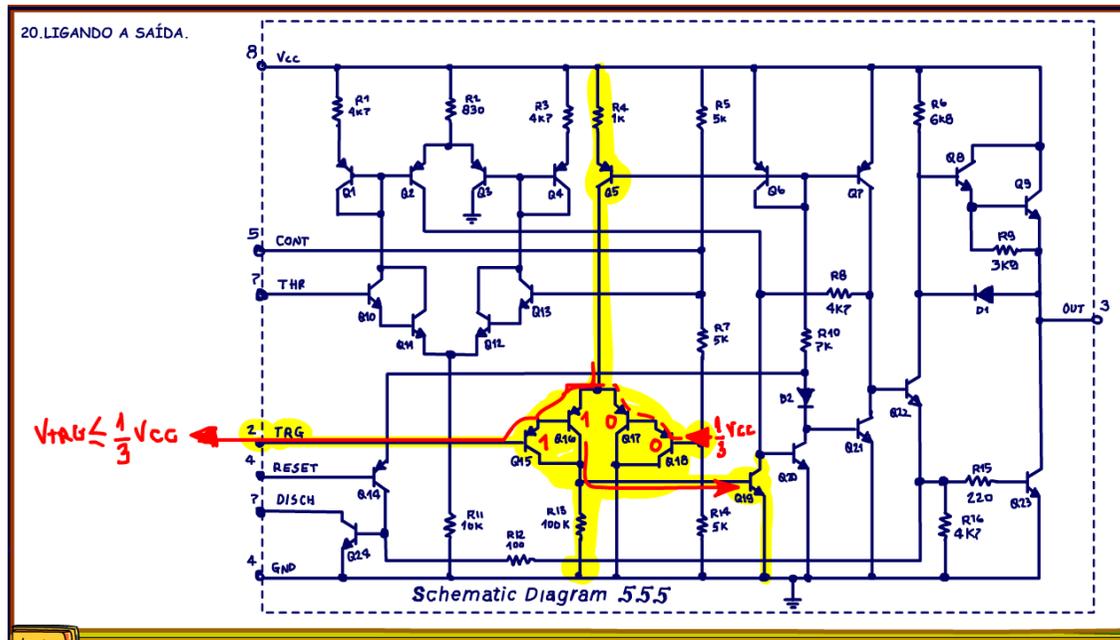


Se o potencial na base de Q13 é maior do que o potencial na base de Q15, a tensão no pino de threshold, então os transistores Q15 e Q16 estão ligados.

Note os potenciais são medidos em relação ao terra, para ligar Q15 e Q16 o pino de threshold tem que estar com uma tensão próxima do zero, isso porque os emissores desses transistores estão ligado no positivo, veja que lance de mestre, só invertendo o circuito do comparador, o nível de comparação também inverte.

## Por dentro do 555

## 20. LIGANDO A SAÍDA.

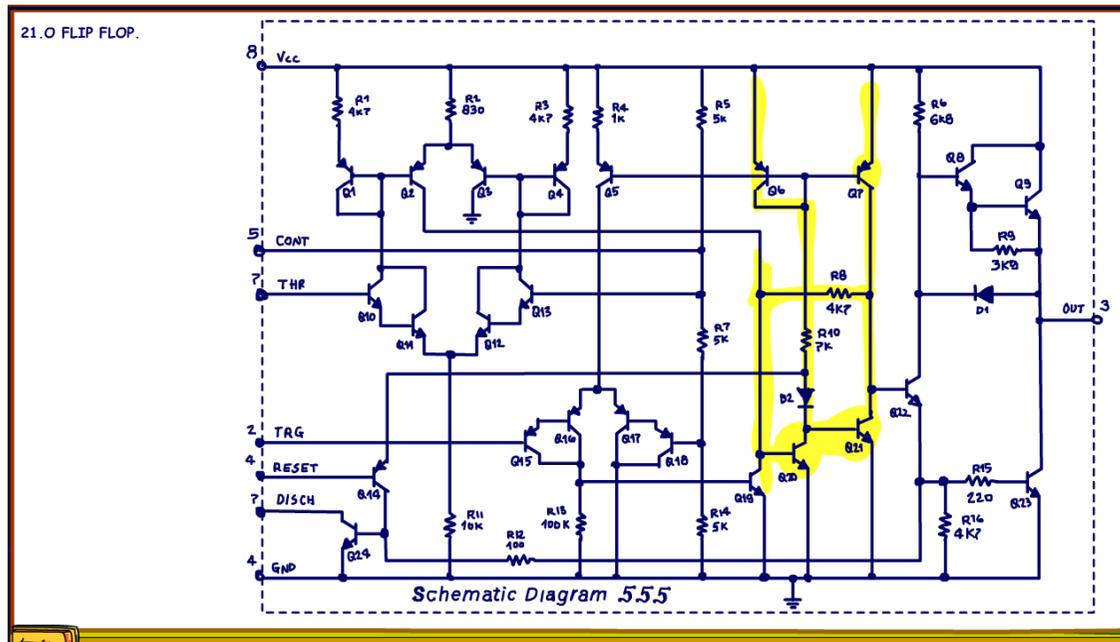


Agora com Q15 e Q16 ligados, o transistor Q19 também liga, mas observe ele liga o coletor para o terra.

Aqui ao lidar com transistores é melhor pensar nas correntes e não nas tensões, claro o transistor é um componente que é ativado por corrente.

## Por dentro do 555

### 21. O FLIP FLOP.



O flip-flop é mais uma obra de arte, um circuito fantástico.

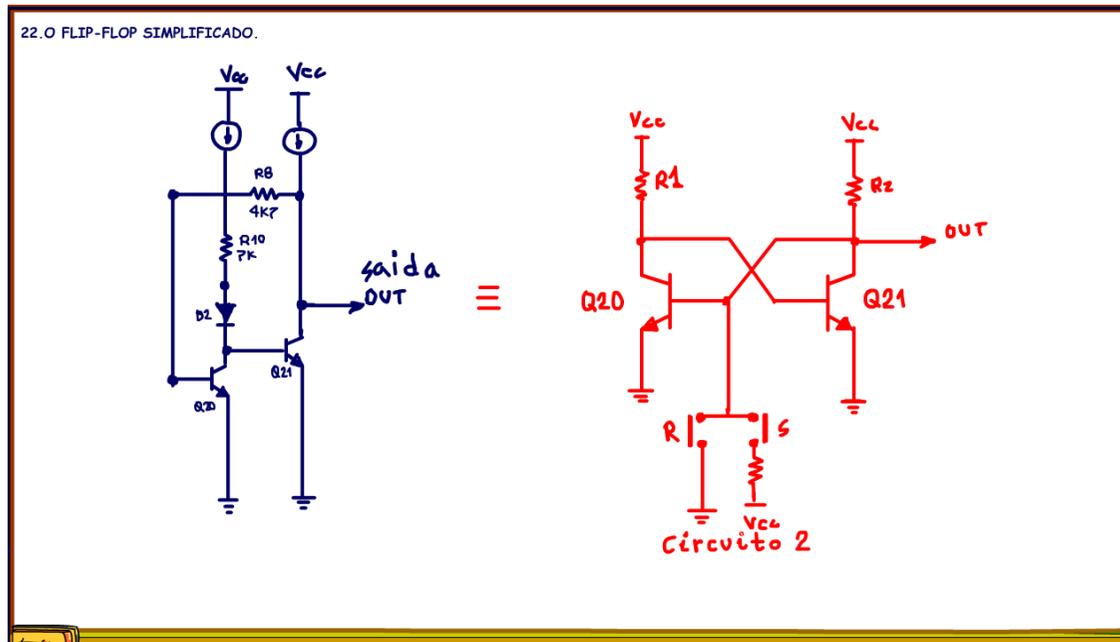
O flip-flop é composto pelos transistores Q20 e Q21 e olhando assim de relance fica difícil de identificar o circuito do FLIP-FLOP.

O circuito do FLIP-FLOP é na verdade um circuito biestável, exatamente igual aquele circuito para fazer pisca-pisca.

Os transistores Q6 e Q7 alimentam o flip-flop, novamente é usado uma fonte de corrente, um espelho de corrente.

## Por dentro do 555

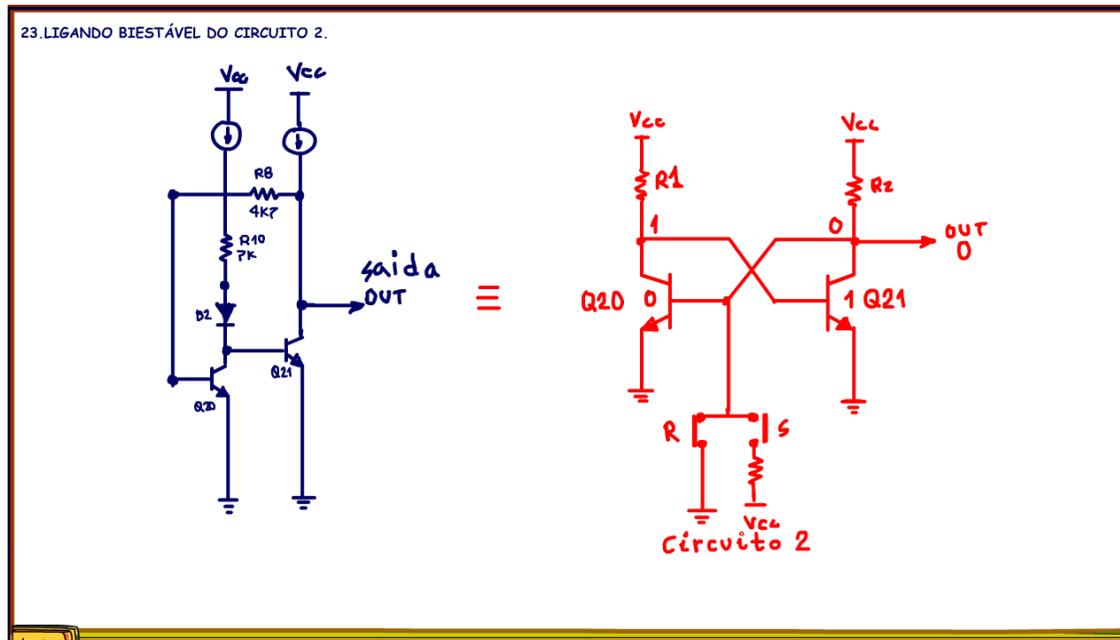
### 22. O FLIP-FLOP SIMPLIFICADO.



Para poder explicar melhor eu vou separar o circuito do FLIP-FLOP do diagrama, olhando assim fica difícil identificar onde está o biestável, aquele circuito similar ao biestável usado no pisca-pisca, como o circuito 2?

## Por dentro do 555

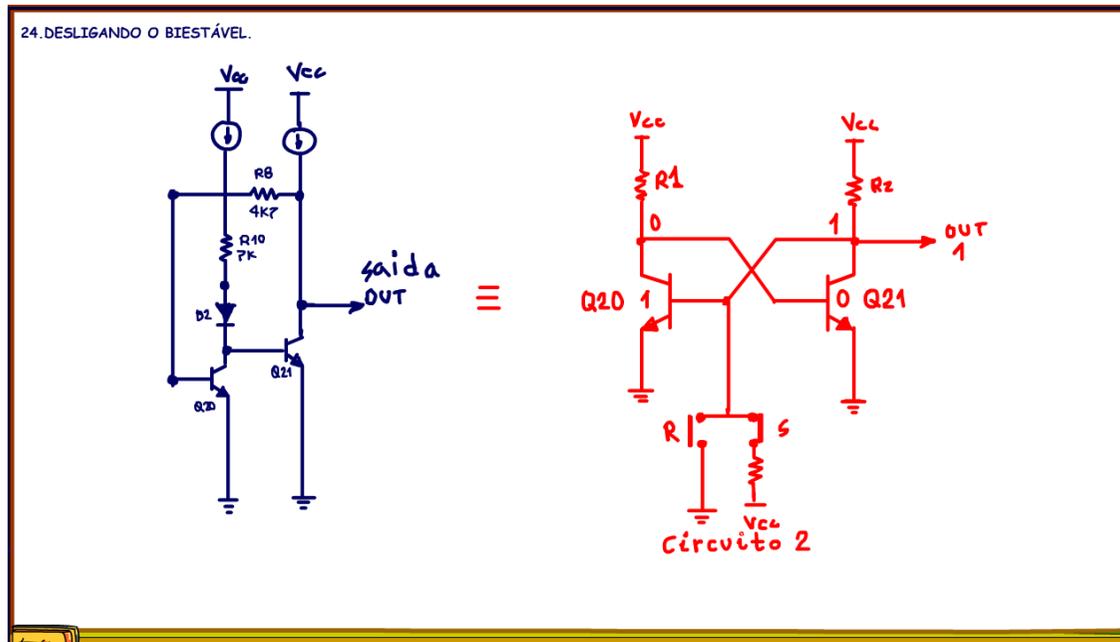
### 23. LIGANDO BIESTÁVEL DO CIRCUITO 2.



No biestável do circuito 2, quando o botão de RESET é pressionado, a base de  $Q_{20}$  é aterrada vai para zero volt, então o coletor vai para um, o transistor é um inversor, mesmo nos circuitos digitais, esse um é aplicado a base de  $Q_{21}$  e sai invertido do coletor zero, desligando a saída, viu como é simples os circuitos digitais, é só zero e um.

## Por dentro do 555

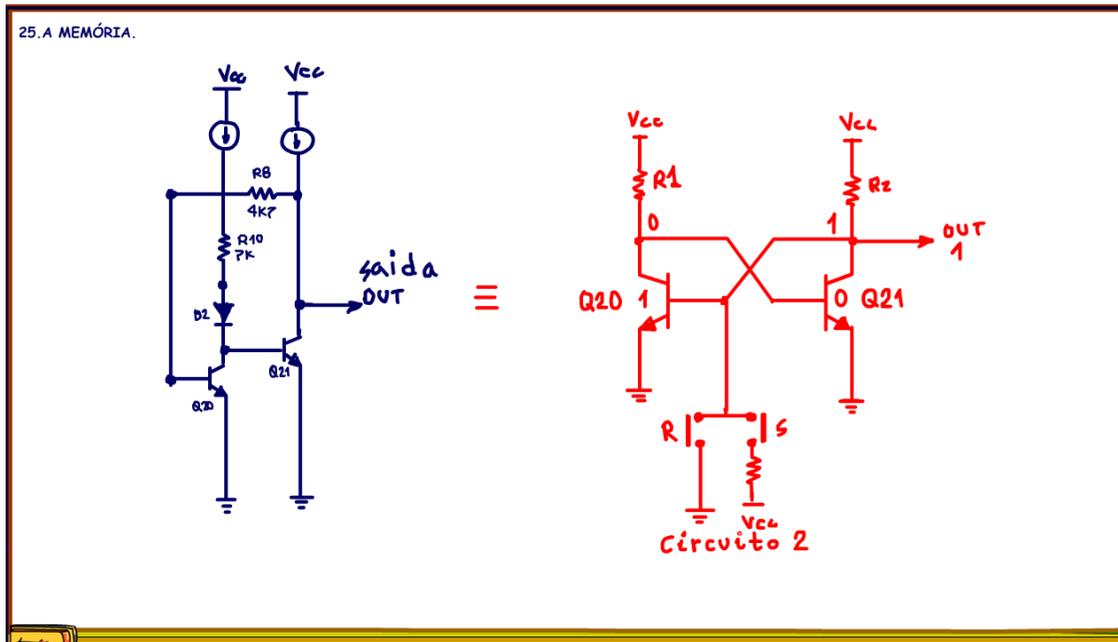
### 24. DESLIGANDO O BIESTÁVEL.



Quando o botão de SET é pressionado o positivo é aplicado a base de Q20, um na base, sai zero no coletor zero que é aplicado a base de Q21, sai um no coletor, inverte, então a saída vai para um, liga a saída, essa eletrônica digital é muito fácil

## Por dentro do 555

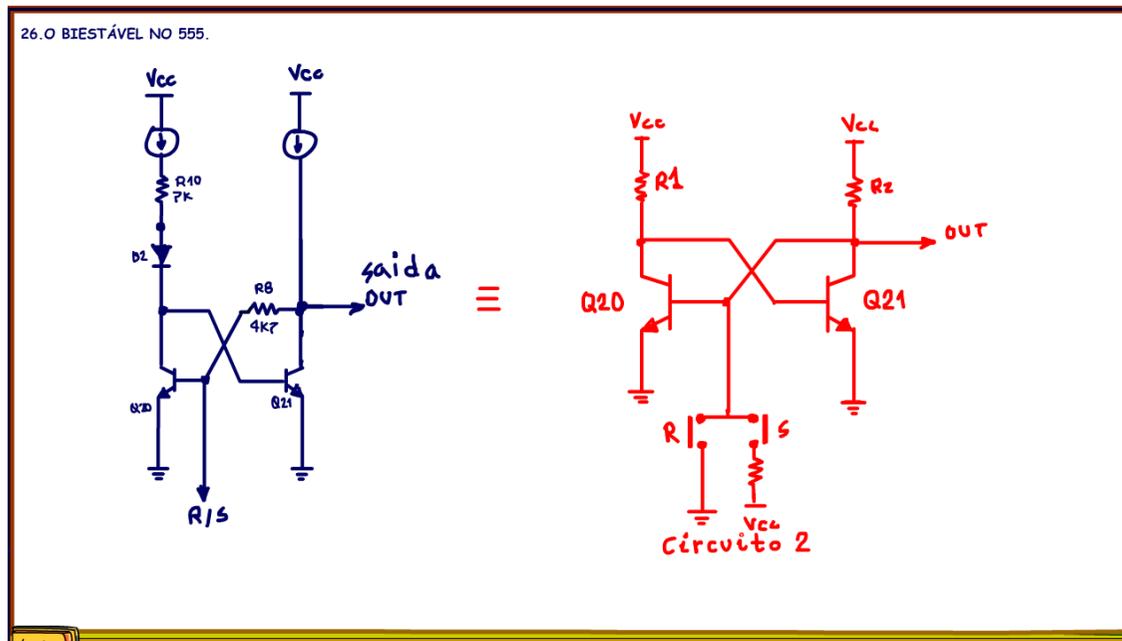
### 25. A MEMÓRIA.



E se não apertar botão nenhum, a saída fica memorizada, na verdade o transistor  $Q_{21}$  fica realimentando o sinal para o transistor  $Q_{20}$ ,  $Q_{21}$  funciona como um transistor de retenção, um transistor de memória.

## Por dentro do 555

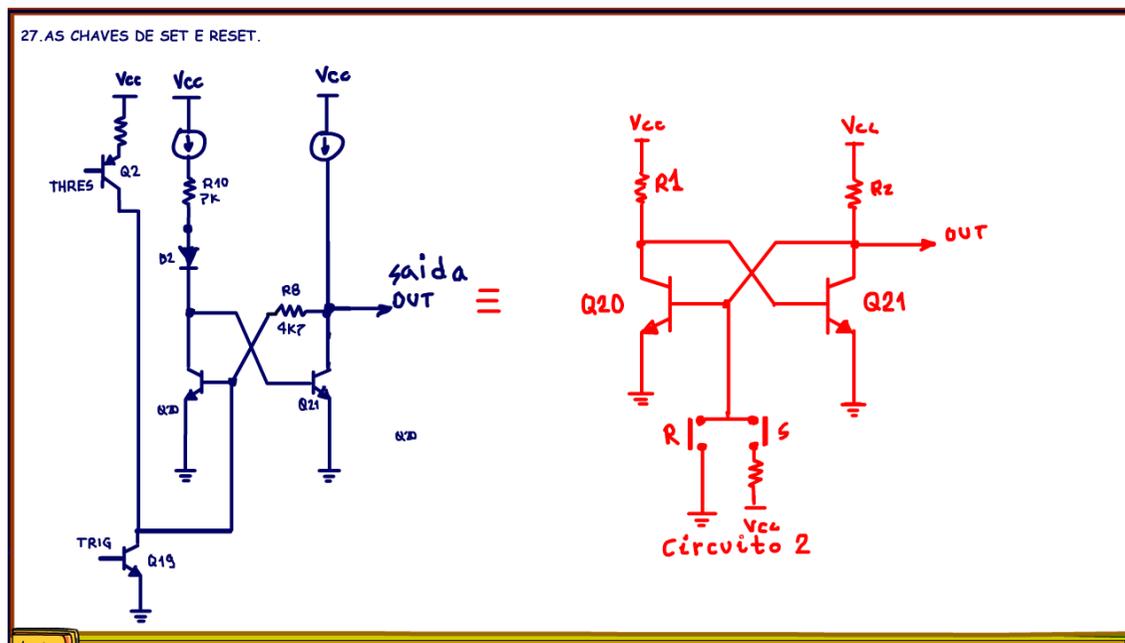
### 26. O BIESTÁVEL NO 555.



Vou redesenhar o biestável, que é formado pelos transistores  $Q20$  e  $Q21$ , veja agora, ficou mais fácil de visualizar, mas onde estão as chaves de SET e RESET?

## Por dentro do 555

### 27. AS CHAVES DE SET E RESET.



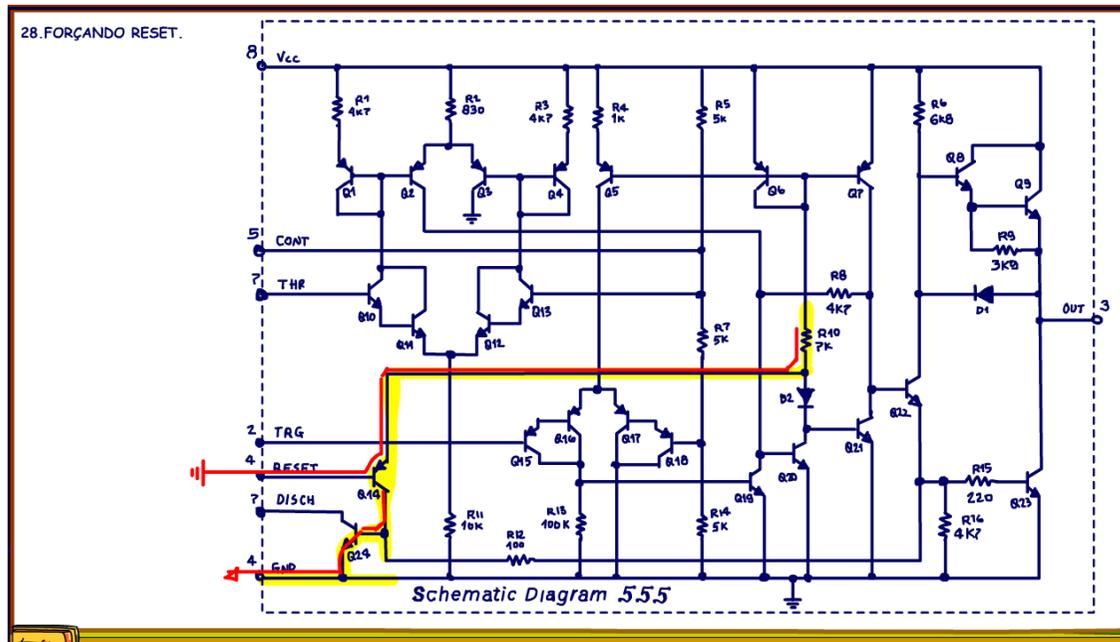
As chaves são os transistores de saída dos comparadores.

A chave de RESET que coloca a base do transistor Q20 para o terra é o transistor Q19 acionado pela saída do comparador do trigger e chave de SET é o transistor Q2, a saída do comparador de threshold, que coloca VCC na base do transistor Q20.

Viu ficou tudo bem claro agora.

## Por dentro do 555

### 28. FORÇANDO RESET.



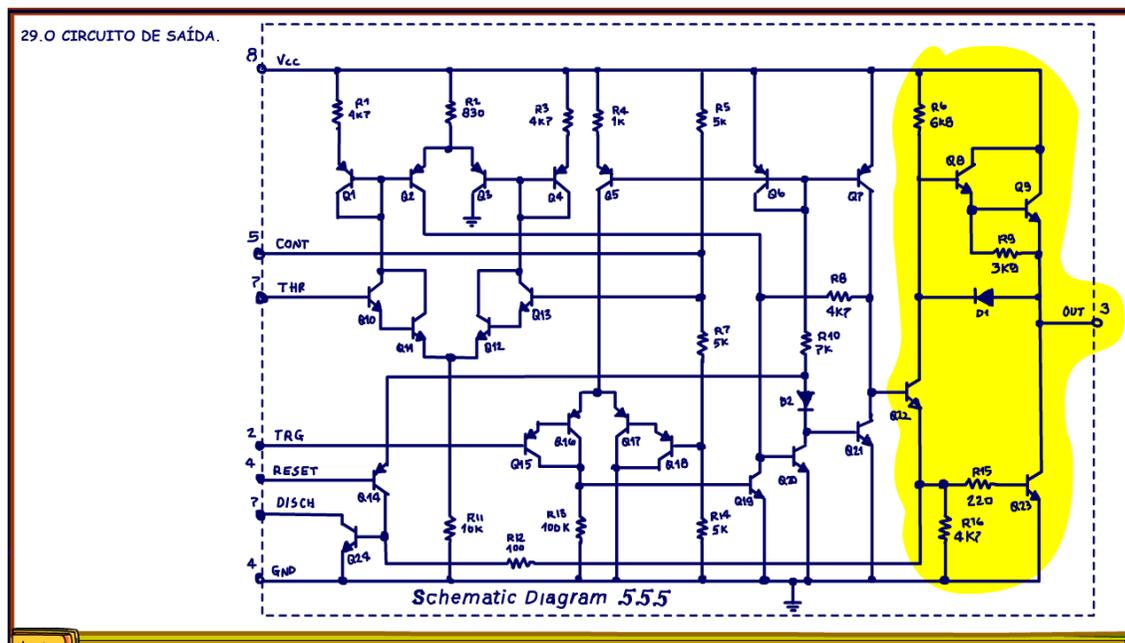
Quando o pino de RESET é aterrado, ele liga o transistor Q14 que cria um caminho que desvia a corrente da base de Q21 que desliga.

Note que a corrente no coletor do Q14 segue pelo transistor Q24, o transistor de descarga, então durante o RESET, que força a saída do 555 para o nível zero, o transistor de descarga é ligado.

Esse é um caminho que independe dos estados dos transistores de saída dos comparadores, ele força a saída a ir para zero.

## Por dentro do 555

### 29. O CIRCUITO DE SAÍDA.

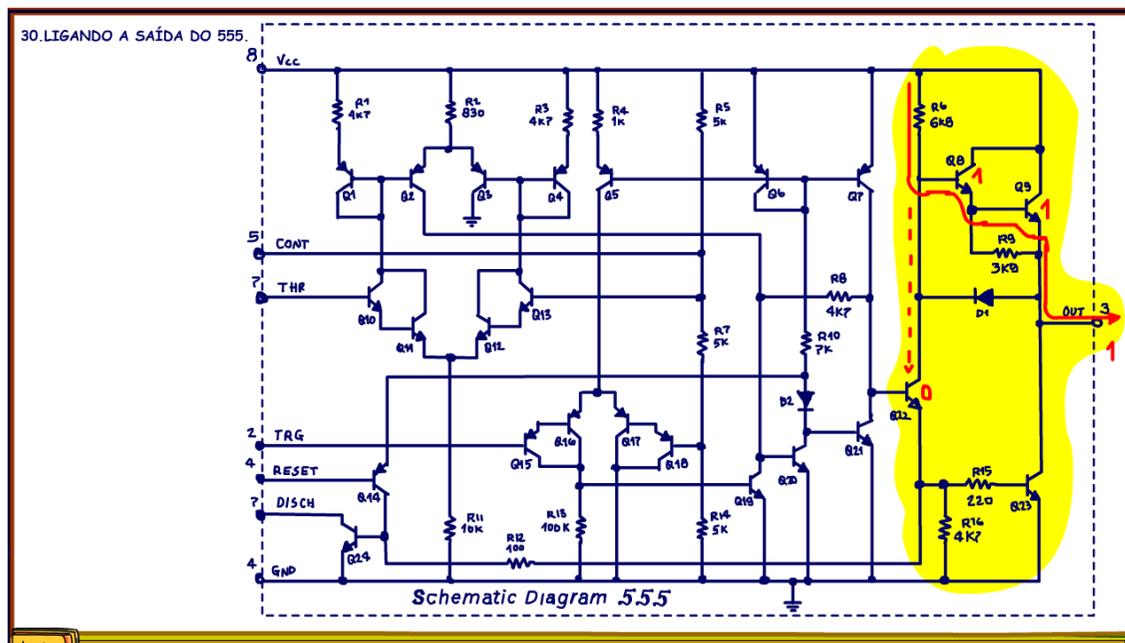


A saída não tem segredo é como a saída de um amplificador, ela é composta pelos transistores Q8, Q9, Q22 e Q23.

O transistor Q22 é o driver, ele inverte o sinal de entrada.

## Por dentro do 555

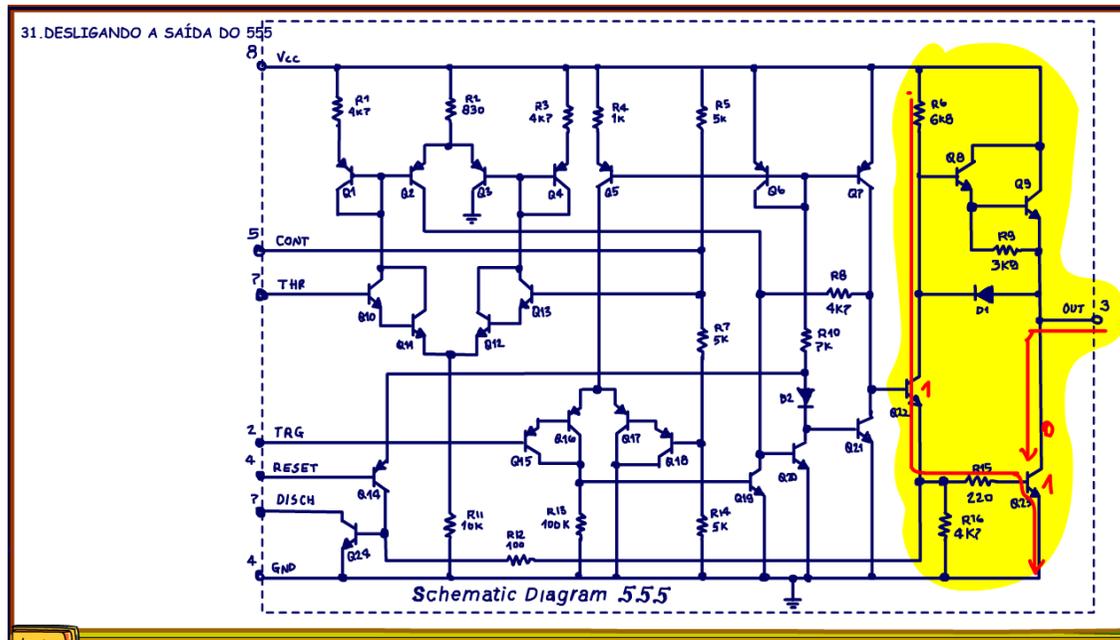
### 30. LIGANDO A SAÍDA DO 555.



Se o transistor Q22 está cortado, então a corrente que vem via R6, circula direto para a base do transistor Q8, que liga o transistor Q9 e então o positivo da alimentação é colocado na saída do 555, que passa para o nível alto.

## Por dentro do 555

### 31. DESLIGANDO A SAÍDA DO 555



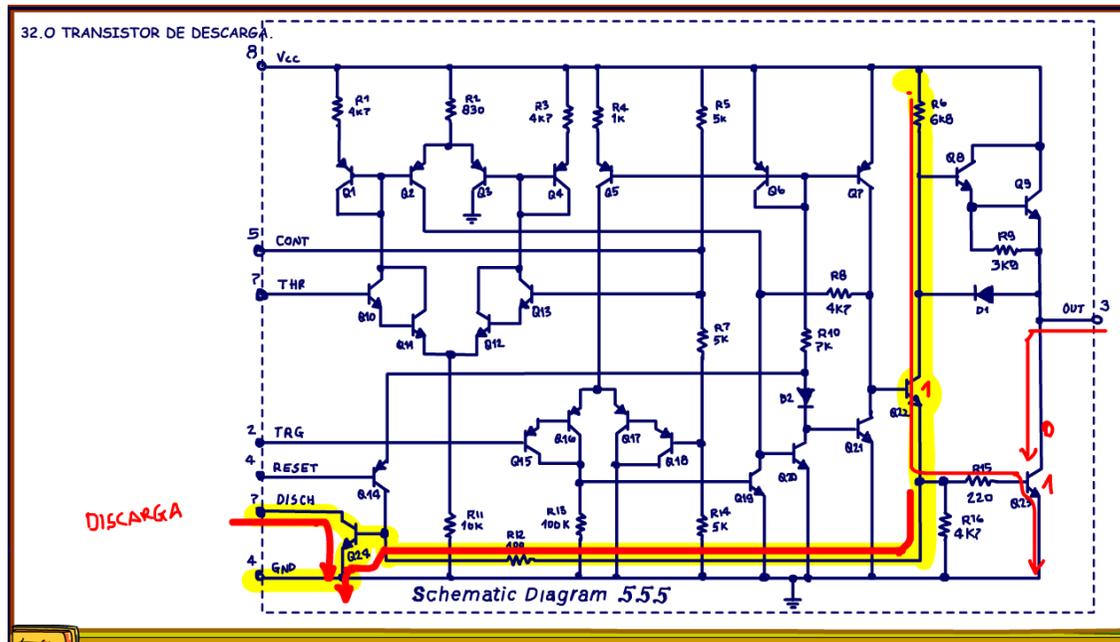
Quando o transistor Q22 está ligado, agora a corrente de R6 é desviada e polariza o transistor Q23 que liga, aterrando a saída, a saída vai para nível baixo.

Note nessa lógica digital que o sinal da base sai invertido no coletor, mas no emissor sai o mesmo valor digital da base, é o seguidor de emissor.

Outro detalhe é que a saída do 555 vai para zero porque Q23 conduz e os transistores Q8 e Q9 cortam, então essa é uma saída chamada totem-pole, hora conduz o transistor para o positivo, hora conduz o transistor para o terra.

## Por dentro do 555

### 32. O TRANSISTOR DE DESCARGA.

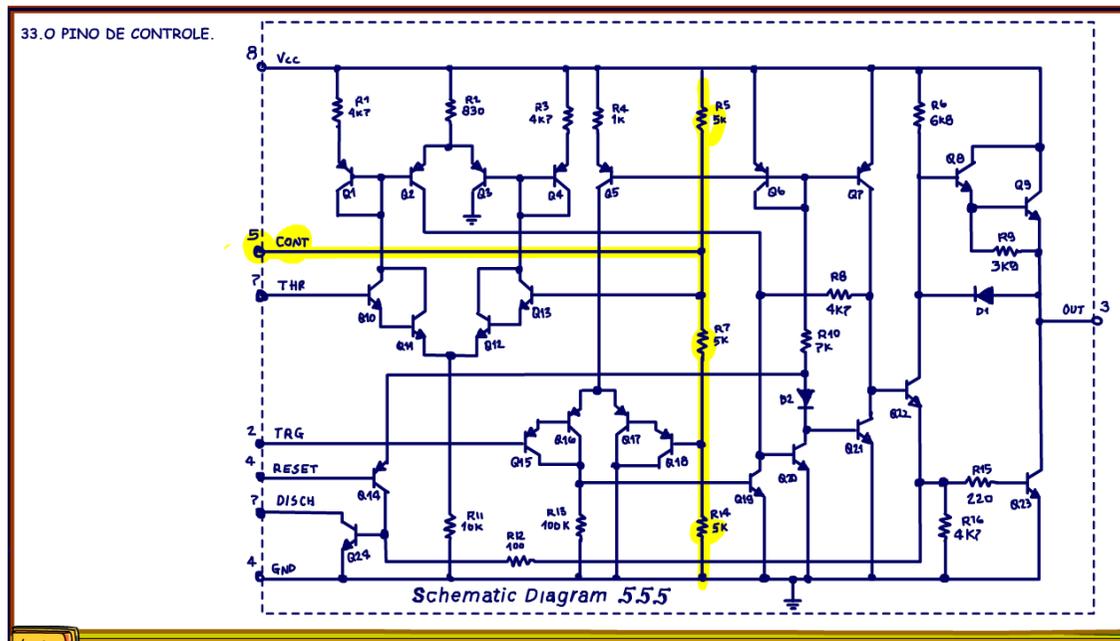


Note que ao ligar o transistor Q22, ele também manda corrente de polarização para o transistor Q24, o transistor de descarga, então o transistor de descarga liga, quando a saída do 555 desliga.

Note que o transistor de descarga é do tipo coletor aberto, a corrente de coletor vai depender do circuito externo, como a corrente máxima no 555 é de 200mA, então essa deverá ser a máxima corrente nesse transistor, cuidado não ligue o pino 7 de descarga direto na alimentação.

## Por dentro do 555

### 33. O PINO DE CONTROLE.



Por último tem o pino de controle.

Esse pino altera o divisor de tensão, se uma tensão é aplicada ao pino de controle, então a tensão do comparador de threshold vai ser a tensão do pino de controle, não vai ser mais  $2/3$  de VCC, e mais a tensão do comparador de trigger agora vai ser metade da tensão de controle.

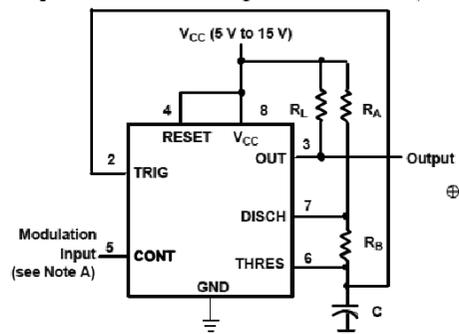
## Por dentro do 555

## 34. APLICAÇÃO DO PINO DE CONTROLE.

## 34. APLICAÇÃO DO PINO DE CONTROLE.

**Pulse-Position Modulation**

As shown in Figure 20, any of these timers can be used as a pulse-position modulator. This application modulates the threshold voltage and, thereby, the time delay, of a free-running oscillator. Figure 21 shows a triangular-wave modulation signal for such a circuit; however, any wave shape could be used.



Pin numbers shown are for the D, JG, P, PS, and PW packages.

NOTE A: The modulating signal can be direct or capacitively coupled to CONT. For direct coupling, the effects of modulation source voltage and impedance on the bias of the timer should be considered.

Figure 20. Circuit for Pulse-Position Modulation

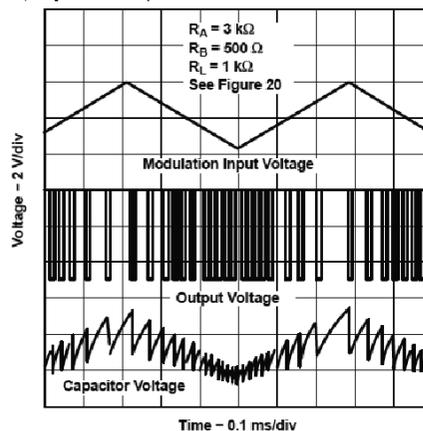
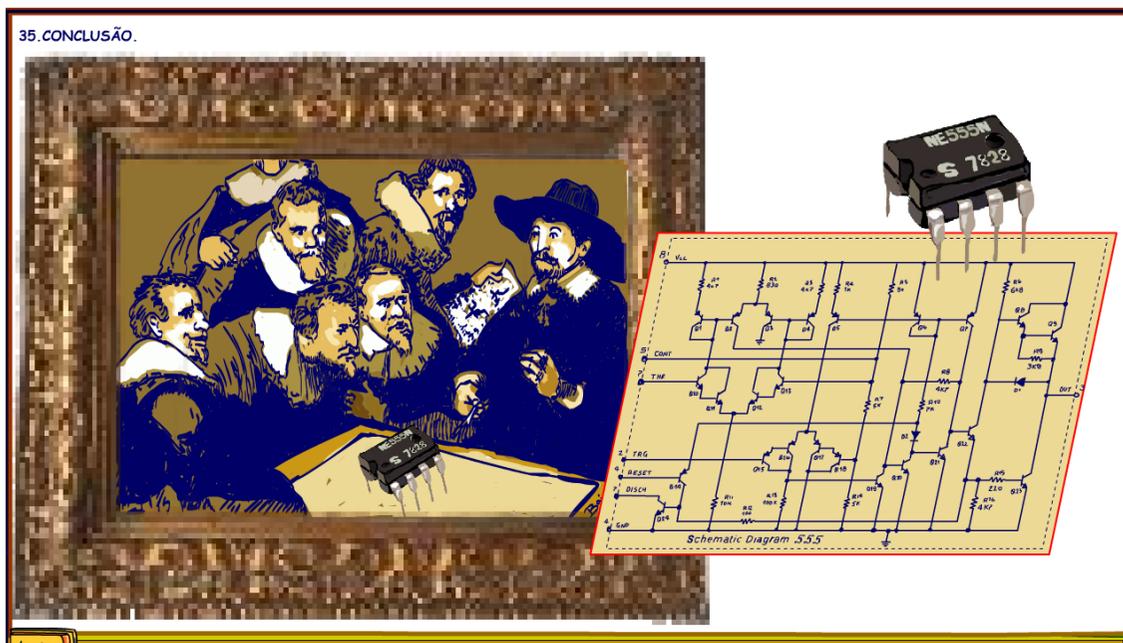


Figure 21. Pulse-Position-Modulation Waveforms

O pino de controle serve para modular o circuito do tipo PWM, se nesse tipo de circuito for aplicado uma tensão senoidal ao pino de controle a largura do pulso PWM vai ser modulada pela tensão senoidal.

## Por dentro do 555

### 35. CONCLUSÃO.



Você viu nesse tutorial o 555 por dentro, claro que eu vou mostrar ele funcionando num circuito astável, mas isso será em outro tutorial, e tem mais, já vou avisando que existe a versão com transistores CMOS, como o TLC555, essa letrinha C indica um CI da família CMOS, quem sabe a gente analisa em um próximo tutorial. Aguarde.

## Por dentro do 555

### 36. CRÉDITOS

E por favor, se você não é inscrito, se inscreva e marque o sininho para receber as notificações do canal e não esqueça de deixar aquele like e compartilhar para dar uma força ao canal do professor bairros.

**Arthurzinho: E não tem site.**

Tem sim é [www.bairrospd.com](http://www.bairrospd.com) lá você encontra o PDF e tutoriais sobre esse e outros assuntos da eletrônica

E fique atento ao canal do professor bairros para mais tutoriais sobre eletrônica, até lá!

INSCRIÇÃO YOUTUBE: <https://www.youtube.com/@professorbairros>

VISITE O SITE DO PROFESSOR BAIROS LÁ TEM O PDF E MUITO MAIS

PARA AULAS ONLINE CONTATE VIA SITE

[www.bairrospd.com](http://www.bairrospd.com)

SOM: pop alegre Mysteries -30 (fonte YOUTUBE)

## Por dentro do 555

20240414 Por dentro do 555

# Por dentro do 555

É isso mesmo o Professor Bairros, vai dissecar o 555, vamos abrir e ver por dentro o CI mais famoso do mundo, eu estou fazendo isso porque vi o Wagner Rambo montando o 555 só com transistores discretos uma obra de arte e também vi o mesmo Burgos numa das suas lives, simulando o 555, isso me deixou de água na boca, na verdade eu nunca tinha visto o 555 assim, por dentro, então resolvi fazer esse vídeo, mostrando o funcionamento do jeitinho do Professor Bairros.

Assuntos relacionados.

Quanta teoria eu preciso para trabalhar com eletrônica?: <https://youtu.be/-5T6T3sljDo>

YOUTUBE: <https://youtu.be/nE2BZzDnhwU>

Como funciona o 555, funcionamento do 555, o circuito do 555,

Vamos dissecar o 555!