



BELL TELEPHONE LABORATORIES  
INCORPORATED

Murray Hill, New Jersey, U.S.

Srs. William Shockley, John Bardeen e Walter Brattain,

Primeiramente parabéns por sua descoberta aqui dentro do Bell Labs dos transistores de ponto de contato em dezembro de 1947 e mais recentemente do transistor de junção bipolar (BJT), um claro avanço em relação ao tríodo, ou seja, a válvula termiônica do Lee De Forest.

Vislumbramos a possibilidade de montar sistemas digitais com esses componentes, substituindo as volumosas e caras válvulas. Fizemos um estudo teórico onde acreditamos que transistores poderiam ser usados para a construção de portas lógicas.

Aproveitando que ainda não divulgamos maiores informações para a comunidade. Por favor, vocês poderiam avaliar a proposta enviada e sugerir mais alguma implementação para outro tipo de porta lógica?

Acreditamos ser possível construir computadores completos com esses transistores. Assim vamos manter contato para tornar isso viável.

Saudações cordiais

*Claude Shannon*

CLAUDE ELWOOD SHANNON  
Engenheiro Elétrico e Matemático

Obs: Esta conversa entre Claude Shannon com Shockley, Bardeen e Brattain é inventada,

Este material faz parte da disciplina de Elementos de Sistema. As informações são educacionais, mas baseadas em fatos reais. Todas as marcas comerciais e registradas são propriedade dos seus respectivos proprietários.  
Prof. Luciano Soares <[lpsoares@insper.edu.br](mailto:lpsoares@insper.edu.br)>

## Elementos de Sistema - Handout - Transistores

Rafael Corsi - rafael.corsi@insper.edu.br

Fevereiro - 2018

### Descrição

Esse Handout tem como objetivo trabalhar com os conceitos básicos de portas lógicas do tipo RTL realizadas a base de transistores discretos do tipo BJT . Assim como desenvolver o trabalho em grupo via a fragmentação das atividades em módulos.

### Exemplo

Para implementarmos uma equação lógica, devemos primeiramente identificar por quais portas lógicas básicas a mesma é constituída : NOT, AND, NAND, OR, NOR, XOR. Por exemplo :

$$Q = (A.B)+C$$

É equivalente a :

$$Q = (A \text{ AND } B) \text{ OR } C$$

Que pode ser fracionada em duas etapas :

$$I = A \text{ AND } B$$

$$Q = I \text{ OR } C$$

Podendo ser implementado com uma AND (.) e uma OR (+). Cada porta lógica (AND, OR) por sua vez pode ser implementada a partir de transistores e resistores (Resistor-Transistor logic gates - **RTL**).

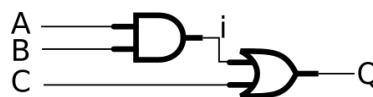


Figure 1:  $(A.B)+C$

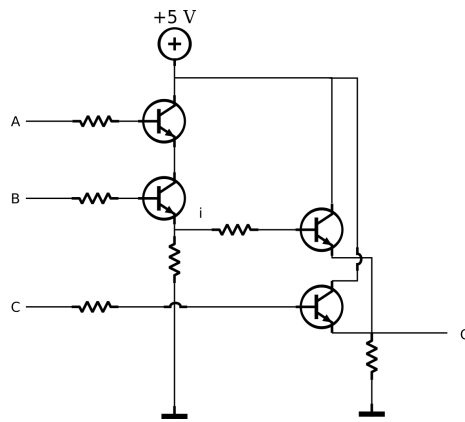


Figure 2: RTL

## Materiais

Cada grupo receberá :

- Duas protoboards
- Duas baterias 9V
- Jumpers macho-macho
- 12 transistores BJT-N BC337
- 24 resistores de  $2k\ \Omega$
- 6 LEDs coloridos (Vermelho, amarelo e verde)

Poderão utilizar a quantidade que material recebido que acharem necessário para realizarem a equação lógica, não podendo superar a quantidade aqui descrita.

! Esse será o mesmo material utilizado para o projeto 1 - Transistores

## Simulador

Existem basicamente três níveis de simulação, a primeira, puramente lógica utiliza de portas lógicas “ideias” (<https://simulator.io/board>). Um simulador mais preciso irá utilizar transistores para a implementação dessas portas lógicas porém não leva em consideração todos os fatores físicos-eletrônicos dos componentes ([www.falstad.com/circuit/](http://www.falstad.com/circuit/)). Já um simulador que leva em consideração as propriedades dos componentes é chamado de SPICE e irá gerar uma simulação mais precisa em termos físicos do circuito original ([www.circuitlab.com](http://www.circuitlab.com)).

## Nível 1 - Lógica

Abra o site :

- <https://simulator.io/board/Hwf7pzFS1Y/1>

## Nível 2 - Transistores

O simulador lógico do exemplo está localizado na pasta da aula (03-Transistores) com o nome de 03-Simulador-RTL-Exe1.txt. O mesmo deve ser carregado no site :

- <http://www.falstad.com/circuit/>

## Nível 3 - SPICE

Abra a página : <https://www.circuitlab.com/circuit/8kqd6b55q67e/bjt-not/>

## Entradas

Pode-se utilizar como entrada do sistema (A,B,C,...) *jumpers* que estarão hora conectados em GND (0) ou VCC (1).

! A cada entrada um LED de cor diferente pode ser utilizado para de forma fácil saber quais são as entradas do sistema.

## Saída

A saída final do sistema deve ser representada com um LED, sendo aceso indicando lógica 1 e apagado lógica 0.

## Validação

Uma tabela verdade do circuito deve ser apresentada e em aula demonstrado que o circuito representa a tabela.

## Desafios

### 1a - NOT

Cada grupo deve realizar **duas** implementações do circuito a seguir que representa uma NOT :

Para isso, deveremos utilizar a protoboard e o transistor recebido, a pinagem do transistor pode ser encontrada na página do datasheet em anexo a esse Handout.

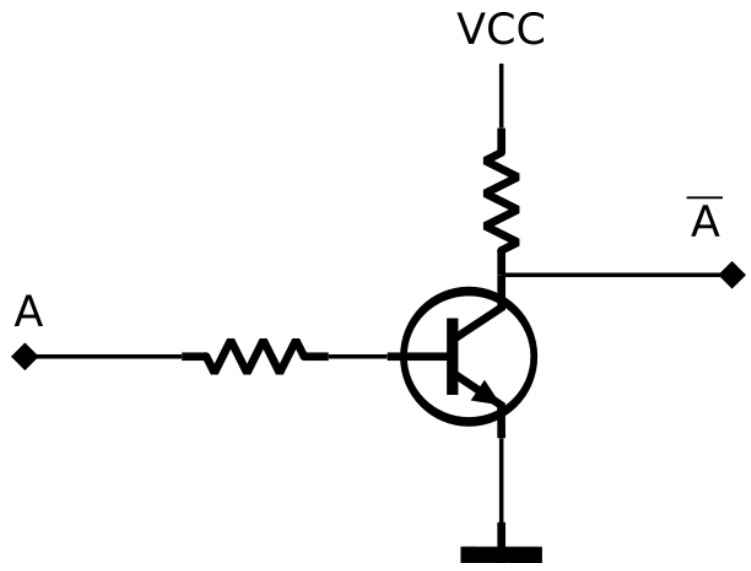


Figure 3: RTL Not

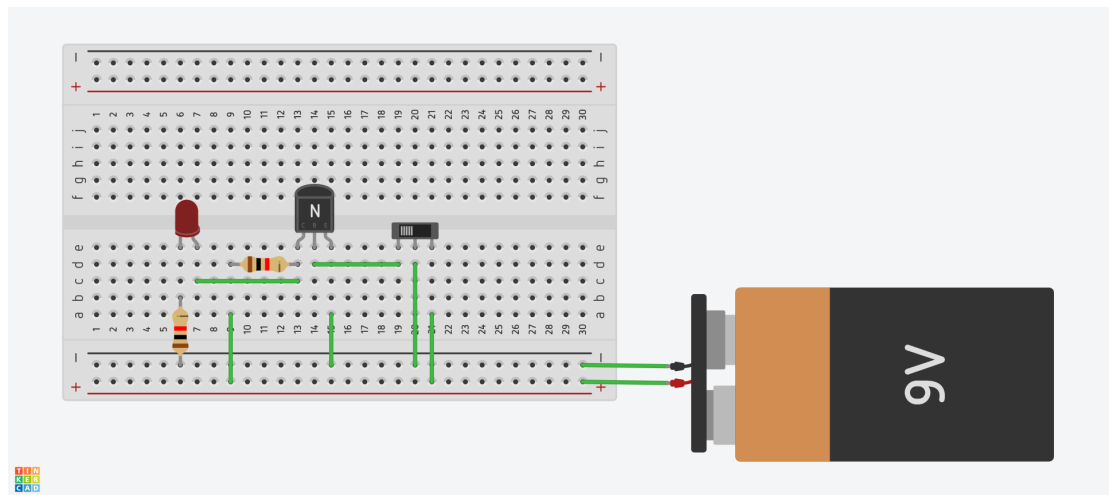


Figure 4: Protoboard

Levante a tabela verdade do circuito recém montado

! Se você perceber que algum transistor está aquecendo, desconecte a bateria e verifique novamente a montagem. Isso é um sinal que alguma coisa está errada.

## 1b - NOT NOT

Agora que as duas nots foram implementadas, testadas e estão funcionando, conecte a saída de uma na entrada da outra. Isso vai fazer com que a saída siga o valor de referência da entrada.

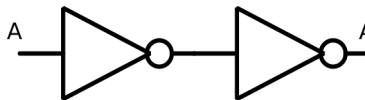


Figure 5: not not A

Levante a tabela verdade do circuito recém montado

## 2 - Equação

Implemente de forma modular (cada parte do grupo faz uma parte e no final junta-se a fim de montar a equação original) a equação lógica a seguir em um circuito do tipo RTL.

$$Q = A \cdot (A \cdot (A+B) + A \cdot C)$$

Levante a tabela verdade do circuito recém montado

## Simuladores

Se achar necessário utilize o simulador <https://www.tinkercad.com> para montar e testar os circuitos em um ambiente simulado.

## Referências

A página : <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/Electronic/trangate.html#c4> possui exemplos de diversas portas lógicas que podem ser implemen-

tadas via RTL. Já o site [https://www.electronics-tutorials.ws/logic/logic\\_1.html](https://www.electronics-tutorials.ws/logic/logic_1.html) possui uma parte teórica mais trabalhada.

# BC337, BC337-25, BC337-40

## Amplifier Transistors

### NPN Silicon

#### Features

- These are Pb-Free Devices

#### MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	Value	Unit
Collector – Emitter Voltage	$V_{CEO}$	45	Vdc
Collector – Base Voltage	$V_{CBO}$	50	Vdc
Emitter – Base Voltage	$V_{EBO}$	5.0	Vdc
Collector Current – Continuous	$I_C$	800	mA <sub>dc</sub>
Total Device Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Derate above $25^\circ\text{C}$	$P_D$	625 5.0	mW mW/ $^\circ\text{C}$
Total Device Dissipation @ $T_C = 25^\circ\text{C}$ Derate above $25^\circ\text{C}$	$P_D$	1.5 12	W mW/ $^\circ\text{C}$
Operating and Storage Junction Temperature Range	$T_J, T_{stg}$	-55 to +150	$^\circ\text{C}$

#### THERMAL CHARACTERISTICS

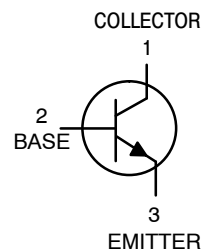
Characteristic	Symbol	Max	Unit
Thermal Resistance, Junction-to-Ambient	$R_{\theta JA}$	200	$^\circ\text{C/W}$
Thermal Resistance, Junction-to-Case	$R_{\theta JC}$	83.3	$^\circ\text{C/W}$

Stresses exceeding those listed in the Maximum Ratings table may damage the device. If any of these limits are exceeded, device functionality should not be assumed, damage may occur and reliability may be affected.

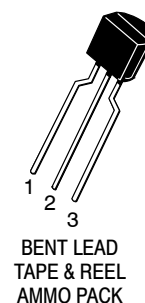
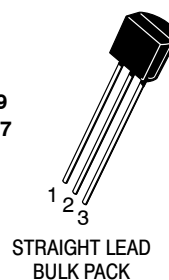


ON Semiconductor®

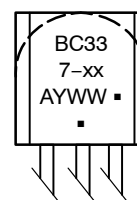
<http://onsemi.com>



TO-92  
CASE 29  
STYLE 17



#### MARKING DIAGRAM



BC337-xx = Device Code  
(Refer to page 4)

A = Assembly Location

Y = Year

WW = Work Week

▪ = Pb-Free Package

(Note: Microdot may be in either location)

#### ORDERING INFORMATION

See detailed ordering and shipping information in the package dimensions section on page 4 of this data sheet.