



UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO
ELETRÔNICA PARA CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO (ECC0001)
01/2022

ANNA PAULA MENEGHELLI DE OLIVEIRA
LÍVIA MAYUMI ALVES

RELATÓRIO DO LABORATÓRIO DE PORTAS LÓGICAS

JOINVILLE/SC
2022

1. INTRODUÇÃO

A lógica TTL (Lógica Transistor-Transistor) utiliza transistores de junção bipolares (TJB) para simular portas lógicas. Os transistores bipolares são dispositivos com três terminais e pode ser entendido como a junção de uniões PN (junção dos diodos). Podem ser do tipo PNP ou NPN, dependendo da sua união. Os transistores são compostos pela base, o coletor e o emissor. A base é a parte central do dispositivo e é ela que controla a passagem de corrente. Quando a base é energizada, há a passagem de corrente do coletor para o emissor, já quando não há sinal na base, não existe essa condução.

As três portas lógicas mais simples são a porta lógica inversora (NOT), a porta lógica E (AND), e a porta lógica OU (OR). A porta lógica inversora é composta por um transistor, e ela funciona invertendo o sinal de entrada. A porta lógica OU é composta por dois transistores, e ela permite que haja um sinal de saída caso um dos transistores esteja conduzindo corrente. Já a porta lógica E, também composta por dois transistores, permite que haja um sinal de saída apenas se os dois transistores estiverem conduzindo corrente.

No caso da porta lógica inversora, pode-se entender o transistor como um interruptor. Temos a base do transistor conectada a um resistor, conectado a uma fonte de tensão alternada V_i , o coletor conectado a um resistor, conectado a uma fonte de tensão contínua V_{cc} , e o emissor conectado ao *ground*. A tensão de saída V_c é a tensão entre o coletor e o *ground*. Se aplicada uma tensão V_i suficiente, o transistor entra na zona de saturação e o interruptor (transistor) “fecha”, havendo a conexão emissor/coletor, e, portanto, passa corrente entre eles. Nesse caso, a tensão de saída V_c tende a 0. Já quando a tensão de entrada V_i é pequena, o transistor fica na zona de corte e o interruptor “abre”, logo, não passa corrente do emissor para o coletor. Nesse caso, a tensão de saída V_c é igual a tensão da fonte de tensão contínua V_{cc} , conectada ao coletor.

Este relatório tem o objetivo de realizar os cálculos e as medições necessárias para o entendimento da porta lógica inversora, simular o funcionamento de uma para acionar um LED no Software TinkerCad e analisar e discutir os resultados obtidos.

2. CÁLCULO TEÓRICO DO CIRCUITO

O diagrama da figura 1 representa uma porta lógica inversora. Quando a tensão recebida em V_i é 0V, a tensão de saída observada em V_c é 10V, já se a tensão recebida é 10V, a tensão de saída é 0V, como mostram os gráficos.

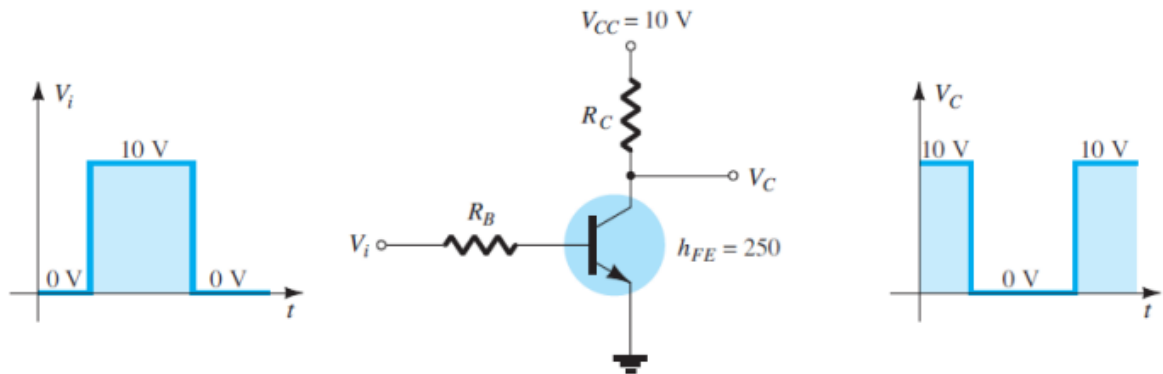


Figura 1: Diagrama do circuito da porta lógica inversora. Fonte: Roteiro-Relatório da Experiência Lógica TTL. Autor: Anelize Zomkowski Salvi

Os valores de resistência de R_b e R_c que aparecem no diagrama do circuito da figura 1 podem ser determinados teoricamente. Para os cálculos, foi considerado que a corrente de saturação do diodo coletor é de 10mA. A figura 2 apresenta os cálculos realizados.

$$\begin{aligned}
 R_B &= ? \\
 R_C &= ? \\
 I_{C_{sat}} &= 10 \text{ mA} \\
 \beta &= h_{FE} = 250
 \end{aligned}
 \quad
 \begin{aligned}
 I_{C_{sat}} &= \frac{V_{CC}}{R_C} \\
 10 \text{ mA} &= \frac{10 \text{ V}}{R_C} \\
 R_C &= 1 \text{ k}\Omega
 \end{aligned}
 \quad
 \begin{aligned}
 I_B &\text{ mínimo para saturação:} \\
 I_B &= \frac{I_{C_{sat}}}{\beta} \\
 I_B &= \frac{10 \text{ mA}}{250} \\
 I_B &= 40 \mu\text{A} \\
 \text{por segurança, } I_B &= 40 + 20 \text{ (50\%)} \\
 I_B &= 60 \mu\text{A}
 \end{aligned}
 \quad
 \begin{aligned}
 R_B &= \frac{V - 0,7 \text{ V}}{I_B} \\
 R_B &= \frac{10 \text{ V} - 0,7 \text{ V}}{60 \mu\text{A}} \\
 R_B &= \frac{9,3 \text{ V}}{60 \mu\text{A}} \\
 R_B &= 155 \text{ k}\Omega \\
 \text{Arredondado: } &150 \text{ k}\Omega
 \end{aligned}
 \quad
 \begin{aligned}
 \text{Com } R_B &= 150 \text{ k}\Omega \\
 R_B &= \frac{V - 0,7}{I_B} \\
 150 &= \frac{10 \text{ V} - 0,7 \text{ V}}{I_B} \\
 I_B &= 62 \mu\text{A}
 \end{aligned}$$

Figura 2: Cálculo das resistências R_b e R_c . Fonte: Autores.

Os valores de resistência encontrados foram $1 \text{ k}\Omega$ para R_c e $155 \text{ k}\Omega$ para R_b . O cálculo foi realizado considerando a margem de segurança da corrente de saturação como sendo 50% a mais de seu valor mínimo. Como $155 \text{ k}\Omega$ não é um valor encontrado em resistores

comercializados, foi escolhido o valor de $150k\Omega$ para o R_c . Realizando o cálculo da corrente para $V_i = V_{cc} = 10V$, encontramos que I_b será $62\mu A$, o qual está dentro do valor de corrente necessário para o transistor entrar na região de saturação. Quando V_i é 0, o transistor estará na região de corte, então $I_b = I_c = I_e = 0A$.

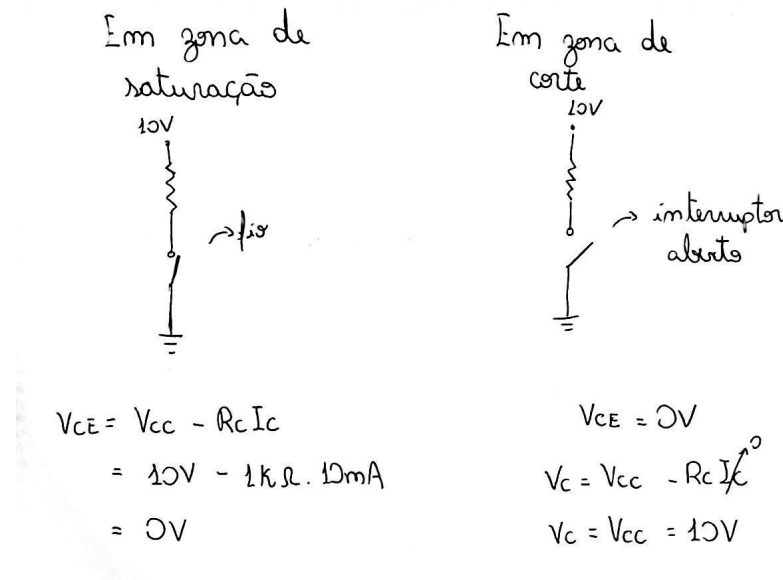


Figura 3: Cálculo da tensão V_{ce} . Fonte: Autores.

O cálculo de V_{ce} pode ser observado na figura 3. Quando V_i é 10V, o transistor está na região de saturação e pode ser interpretado como um interruptor fechado, ou seja, um fio. Nesse caso, a tensão entre o coletor e o emissor será 0V. Quando V_i é 0V, o transistor está na região de corte e pode ser interpretado como um interruptor aberto, então não haverá tensão entre o coletor e o emissor.

3. RESULTADOS DA SIMULAÇÃO

O circuito da figura 1 foi interpretado e reproduzido no programa de modelagem Tinkercad¹, como mostra a figura 4. Para simular as duas tensões de entrada, 0V e 10V, foi utilizado um botão, conectado à uma fonte de 10V, que só fecha o circuito quando pressionado. A figura 4 (a) mostra o circuito quando a tensão de entrada é 0V, já a figura 4 (b) mostra o circuito quando a tensão de entrada é 10V. Para identificar visualmente a tensão de saída, foi utilizado um LED. Quando a tensão de entrada é 0V, a tensão de saída é suficiente para ligar o LED, já quando a tensão de entrada é 10V, a tensão de saída não liga o LED, o que corresponde ao gráfico da porta inversora, mostrado na figura 1.

¹ Link da simulação:

<https://www.tinkercad.com/things/3QFDNHwKYOz-copy-of-porta-logica-inversora/editel?sharecode=DY2fhGvylgu6CQA-rOmHr470UR8ugVLPTK5LbOMMwfl>

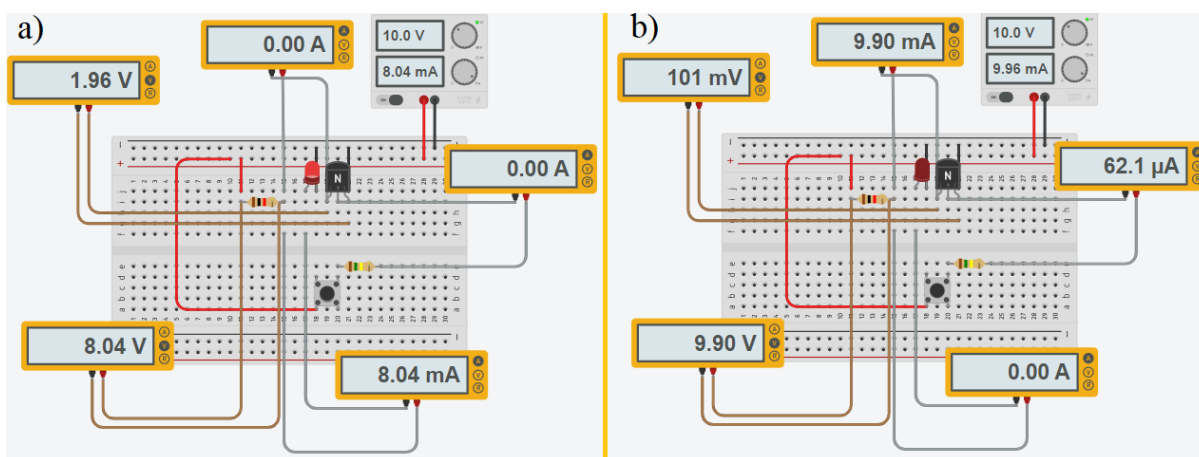


Figura 4: Simulação desenvolvida no Tinkercad. a) Botão solto. b) Botão pressionado. Fonte: autores.

A tabela 1 apresenta os valores de tensão e corrente calculados teoricamente e medidos na simulação. Como o LED foi utilizado para sinalizar a tensão de saída, V_c foi tomado como a tensão no LED, diferente dos cálculos teóricos.

Tabela 1: Valores teóricos e práticos de corrente e de tensão.

		I_b	I_c	V_c	V_{ce}
$V_i = 0V$	Valor calculado	0A	0A	10V	0V
	Valor medido	0A	0A	1,96V	1,96V
$V_i = 10V$	Valor calculado	62µA	10mA	0V	0V
	Valor medido	62,1µA	9,90mA	101mV	101mV

Analisando a tabela 1, é possível perceber uma incoerência nos valores: quando $V_i = 0V$, a tensão V_{ce} teórica é 0V e a tensão V_{ce} medida é 1,96V. Além disso, a tensão V_c é igual a tensão V_{ce} para os dois valores medidos. Concluímos que não foi possível medir a tensão V_{ce} no circuito, o que foi medido foi apenas a tensão V_c . Isso ocorre pois estamos trabalhando com as tensões externas do circuito. Tanto para medir V_c quanto para medir V_{ce} , foi escolhido um ponto entre o coletor e o resistor R_c e outro ponto no *ground*, já que o emissor está conectado ao *ground*. Nesse caso, não foi possível medir a tensão interna do transistor, que teoricamente é 0V na região de corte, e o valor lido no voltímetro foi 1,96V.

Outra discrepância que pode ser percebida na tabela 1 é a diferença entre os valores de corrente I_b e I_c calculados e medidos para a tensão $V_i = 10V$. Este erro pode ser devido a uma resistência interna do transistor, que não foi considerada no cálculo teórico.

4. CONCLUSÃO

Através das análises teóricas e cálculos realizados, foi possível interpretar e simular um circuito composto por um transistor operando como uma porta lógica inversora. Com isso, foi possível compreender melhor o funcionamento de transistores de junção bipolar e sua operação zona de corte e em zona de saturação. O botão e o LED, que não estavam presentes no diagrama do circuito e foram adicionados na simulação, facilitaram a interpretação do resultado.