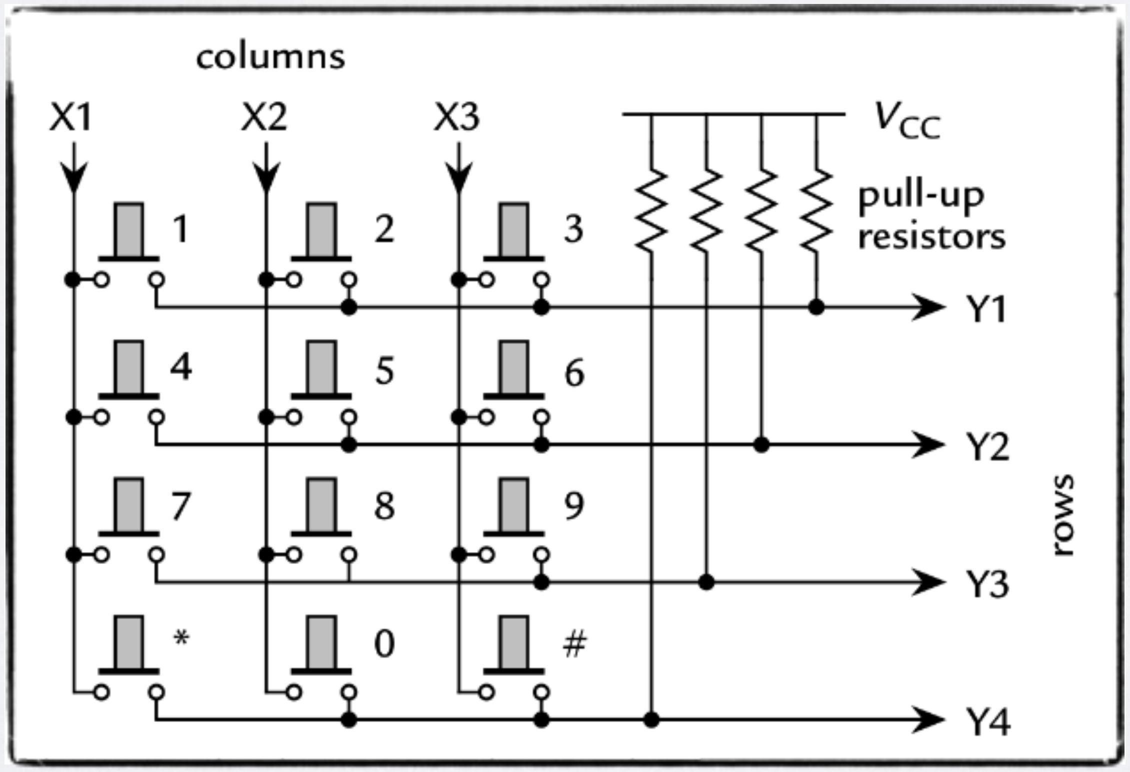
MICROPROCESSADORES E MICROCONTROLADORES

ENTRADAS MULTIPLEXADAS

Economia de pinos para a conexão de botões

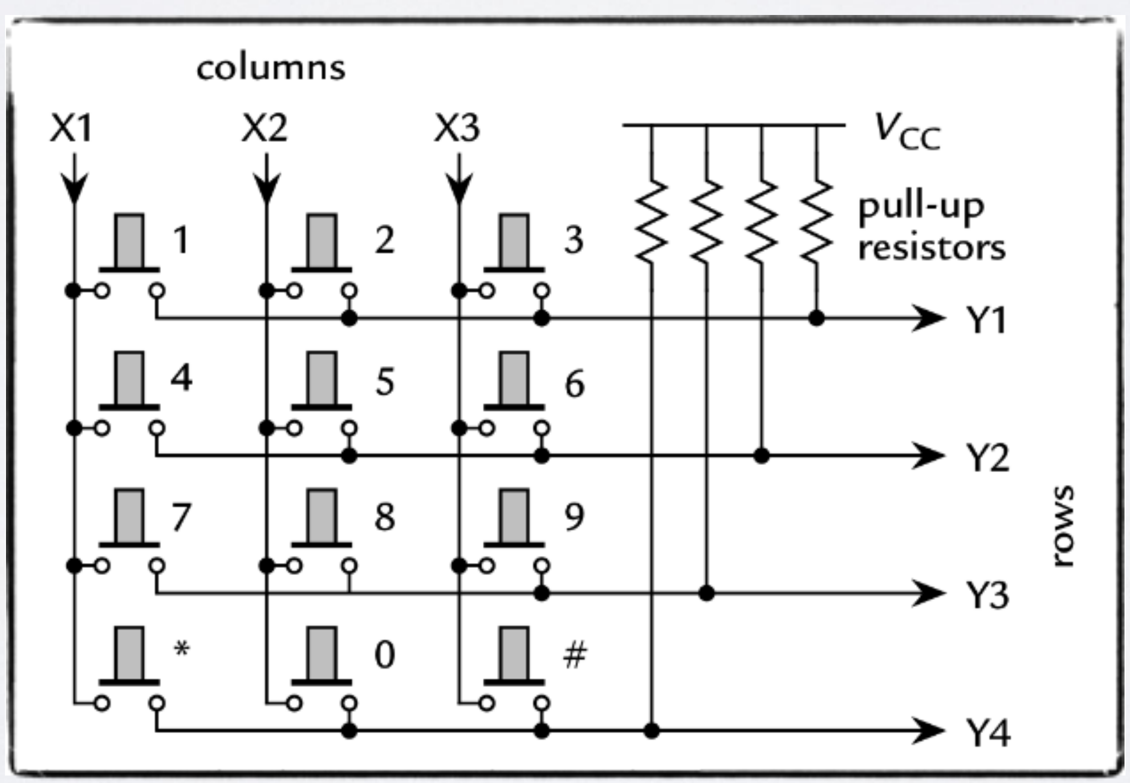


ENTRADAS MULTIPLEXADAS

Economia de pinos para a conexão de botões

X1, X2 e X3 são saídas digitais do MSP430

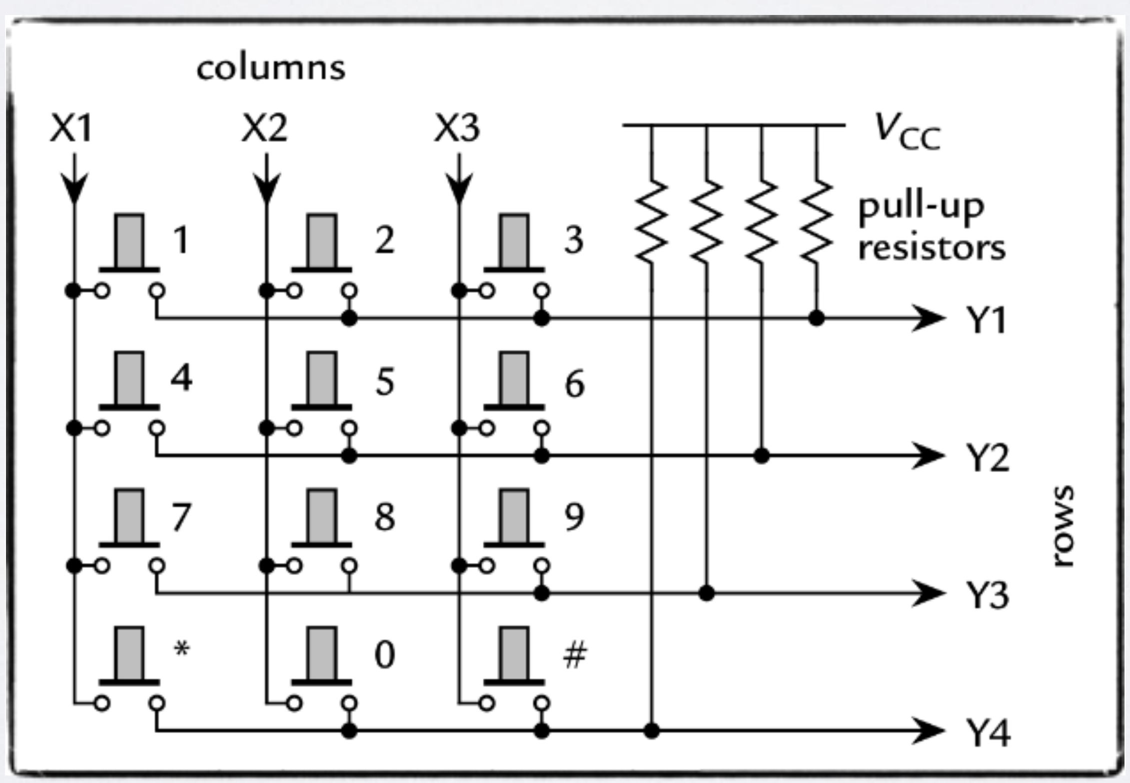
Y1, Y2, Y3 e Y4 são entradas



ENTRADAS MULTIPLEXADAS

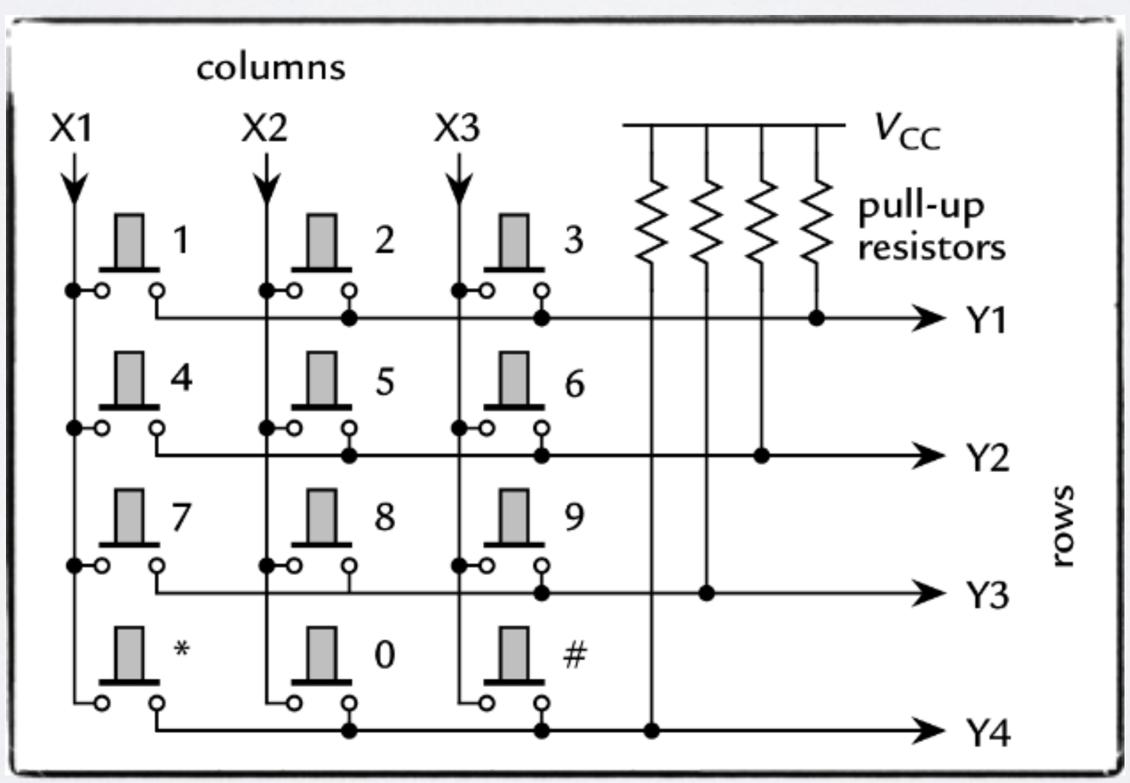
Assumindo que um botão é apertado por vez

Ignorando o debounce



ENTRADAS MULTIPLEXADAS

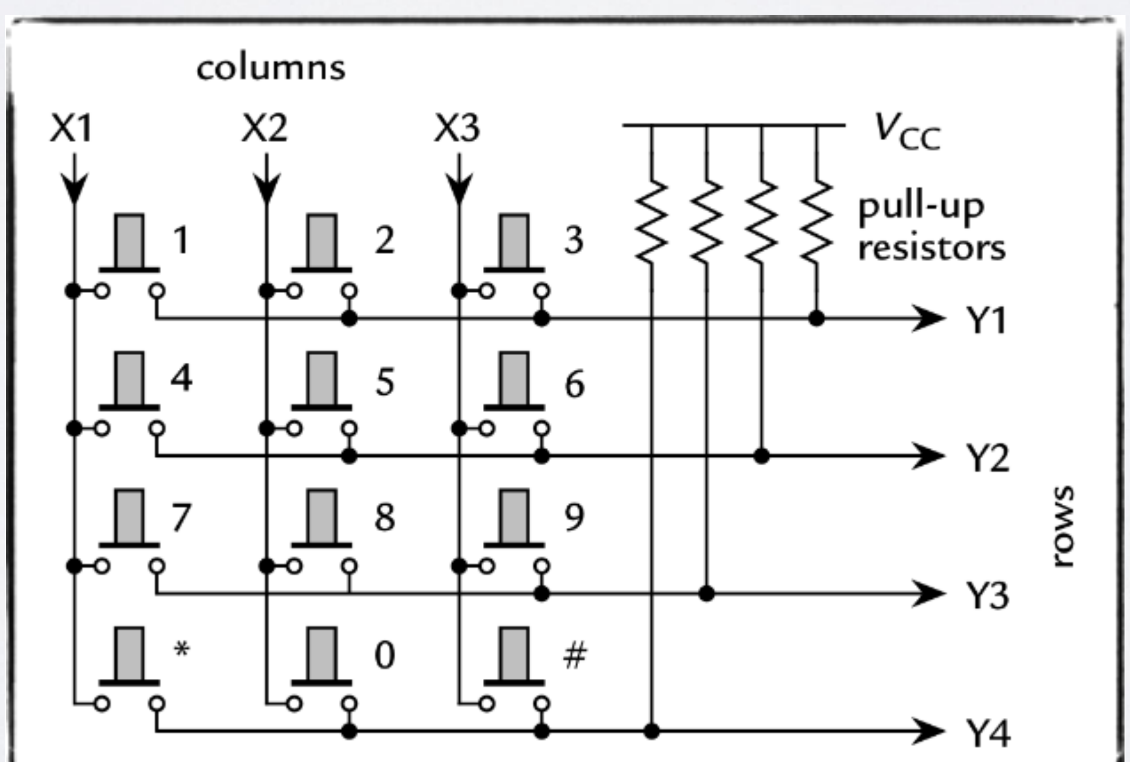
1. Faça X1 = 0 e X2 = X3 = 1, confira Y1-Y4. Se o botão 1 for pressionado, causará Y1 = 0 e Y2 = Y3 = Y4 = 1. Se o botão 4 for pressionado, Y2 = 0 e assim por diante.



ENTRADAS MULTIPLEXADAS

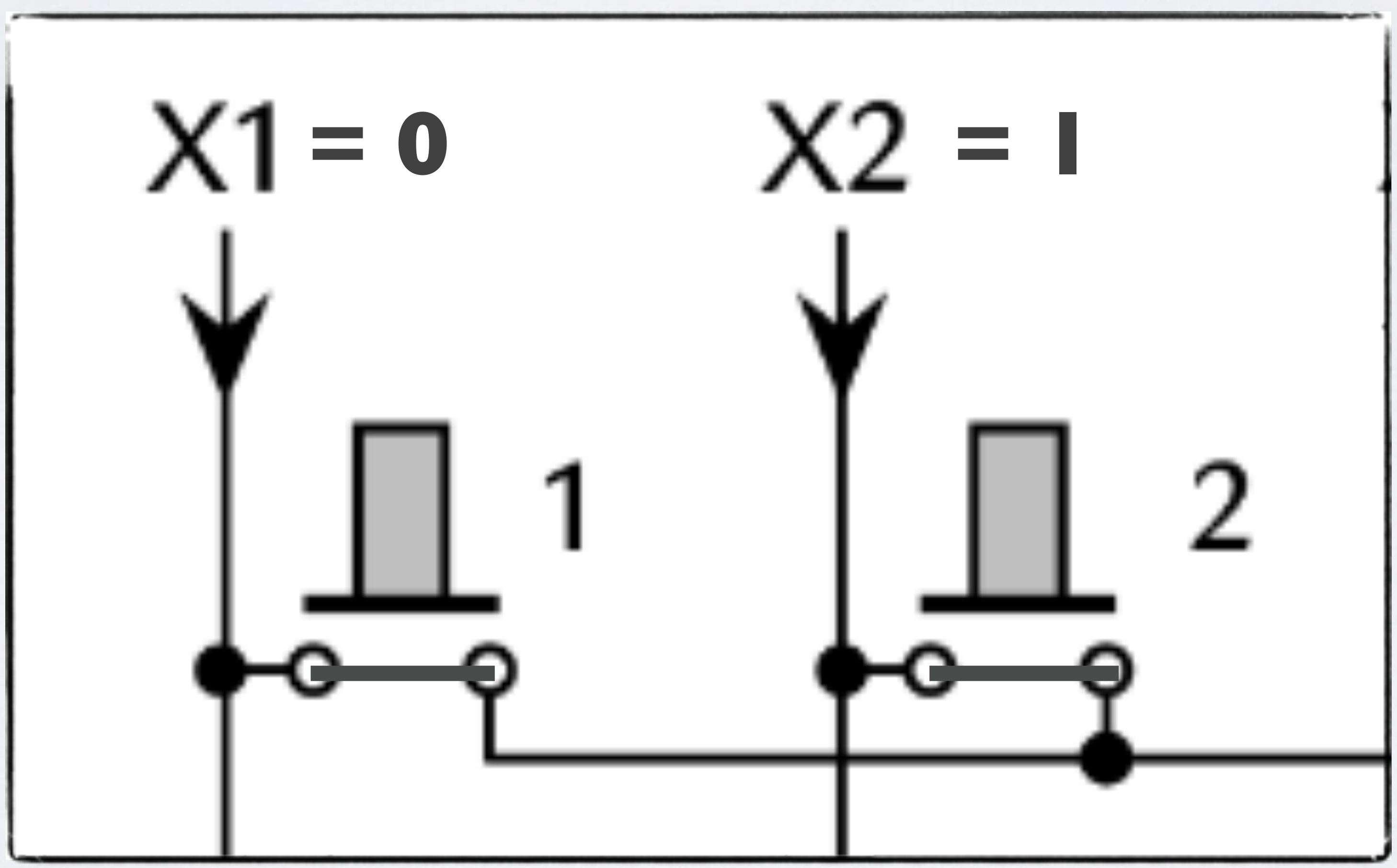
2. Faça X2 = 0 e X1 = X3 = 1, confira Y1-Y4.

3. Faça X3 = 0 e X1 = X2 = 1, confira Y1-Y4.



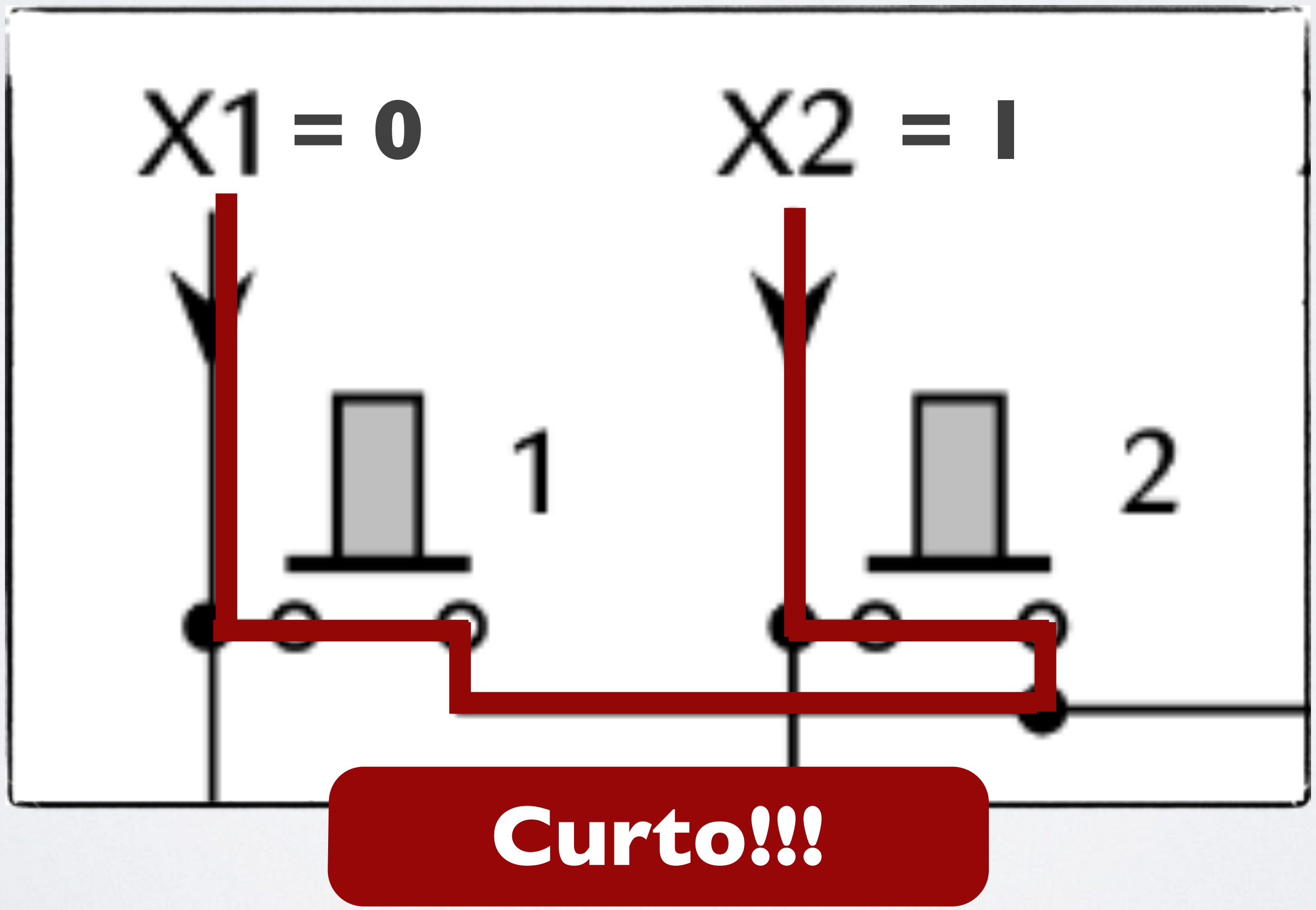
ENTRADAS MULTIPLEXADAS

O que acontece se os botões 1 e 2 forem pressionados simultaneamente?



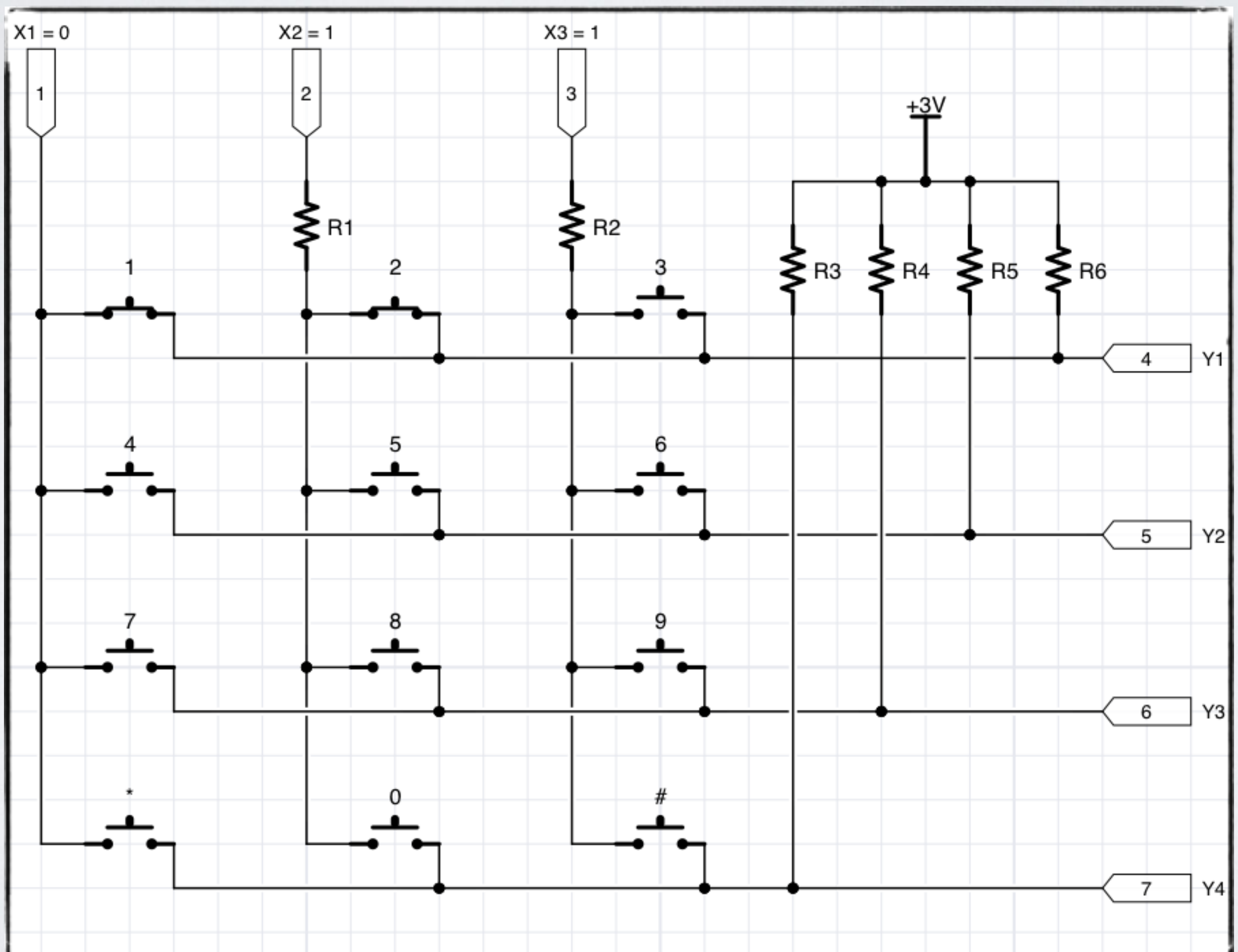
ENTRADAS MULTIPLEXADAS

O que acontece se os botões 1 e 2 forem pressionados simultaneamente?



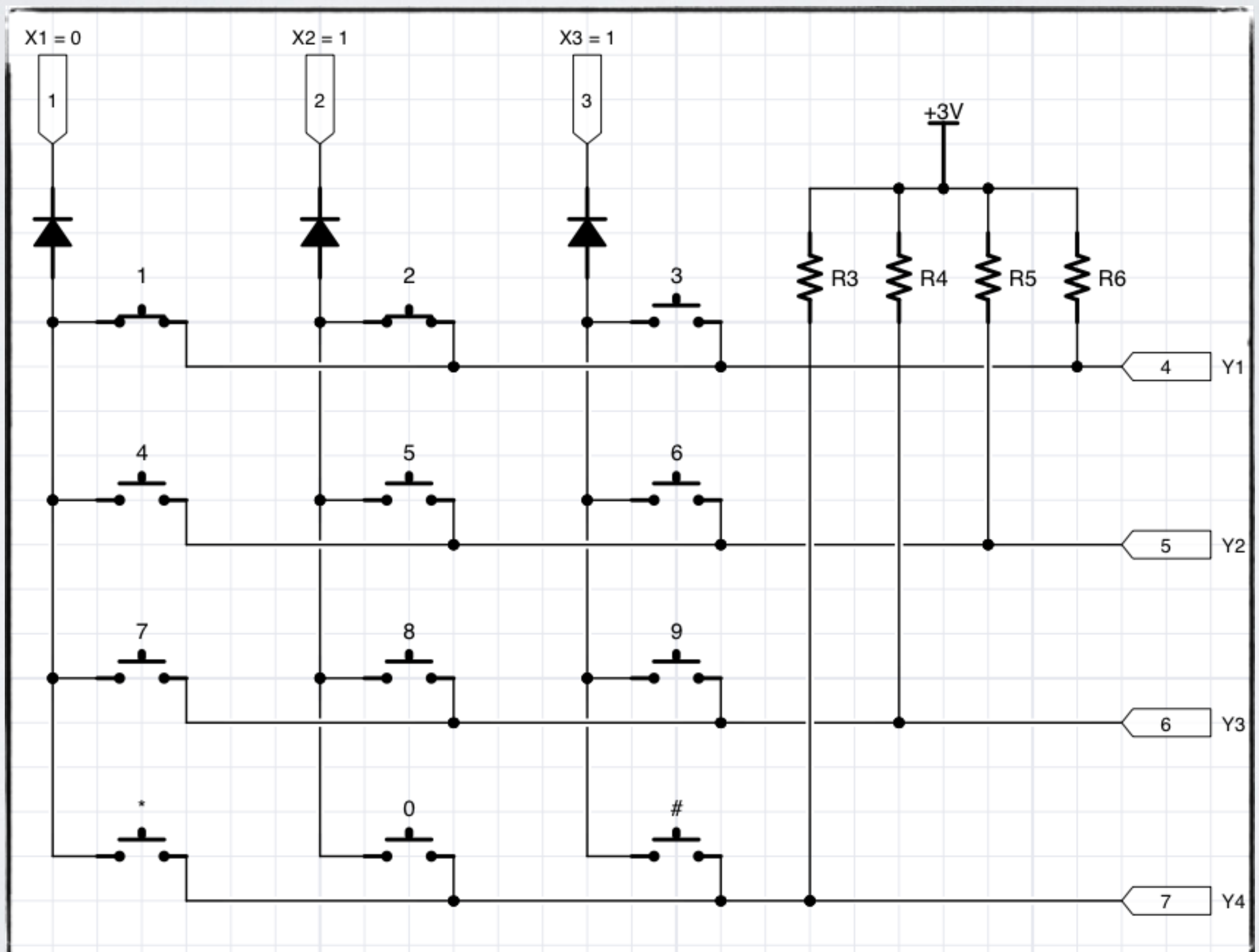
ENTRADAS MULTIPLEXADAS

Solução 1



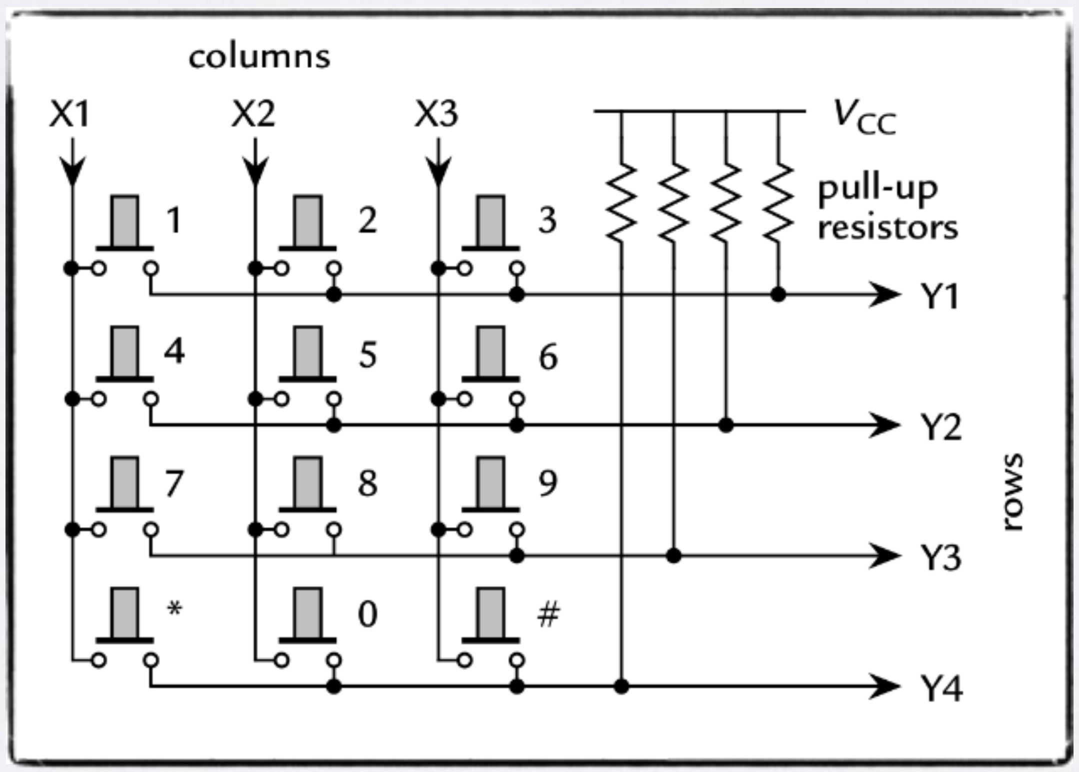
ENTRADAS MULTIPLEXADAS

Solução 2



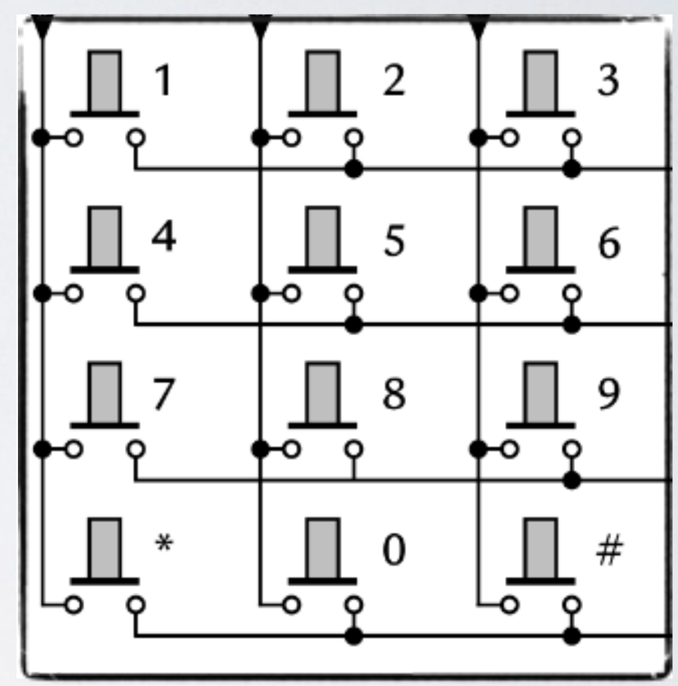
ENTRADAS MULTIPLEXADAS

Pode-se também fazer X1 = X2 = X3 = 0
e habilitar a interrupção da porta usada
(para economia de energia)



ENTRADAS MULTIPLEXADAS

Outra ideia interessante é fazer X1 = X2 = X3 = 0 e Y1, Y2, Y3 e Y4 como entradas com pull-up para definir a linha, e depois fazer Y1 = Y2 = Y3 = Y4 = 0 e X1, X2 e X3 como entradas com pull-up para definir a coluna.



ASPECTOS ANALÓGICOS

Quais valores de tensão correspondem aos níveis 0 e 1?

ASPECTOS ANALÓGICOS

Quais valores de tensão correspondem aos níveis 0 e 1?

Para Vss = 0 V,

O nível lógico 0 de saída corresponde a 0,1 Vcc.

O nível lógico 1 de saída corresponde a 0,9 Vcc.

ASPECTOS ANALÓGICOS

Quais valores de tensão correspondem aos níveis 0 e 1?

Para Vss = 0 V,

O nível lógico 0 de entrada corresponde a valores entre 0 e 0,3 Vcc.

O nível lógico 1 de entrada corresponde a valores entre 0,7 Vcc e Vcc.

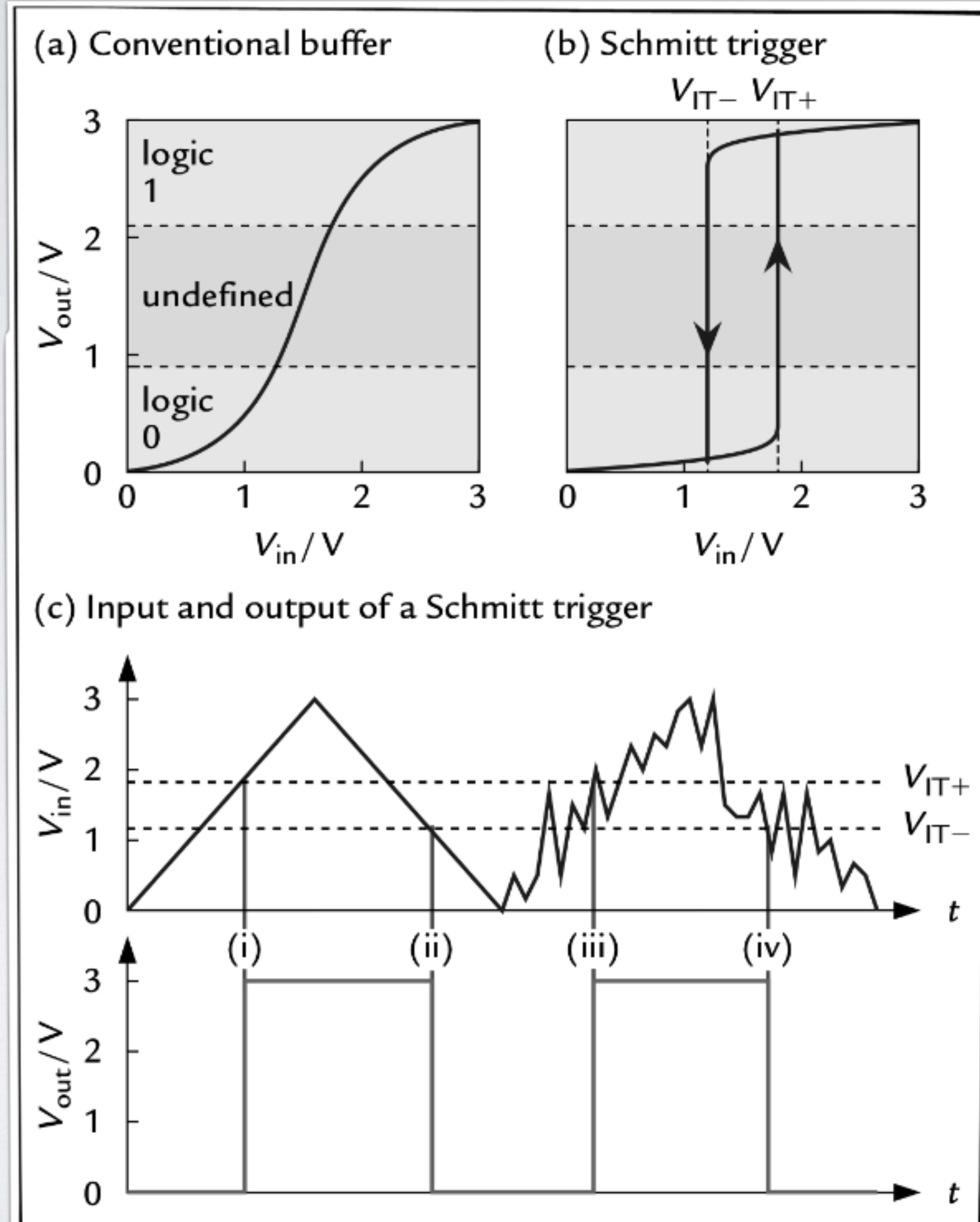
ASPECTOS ANALÓGICOS

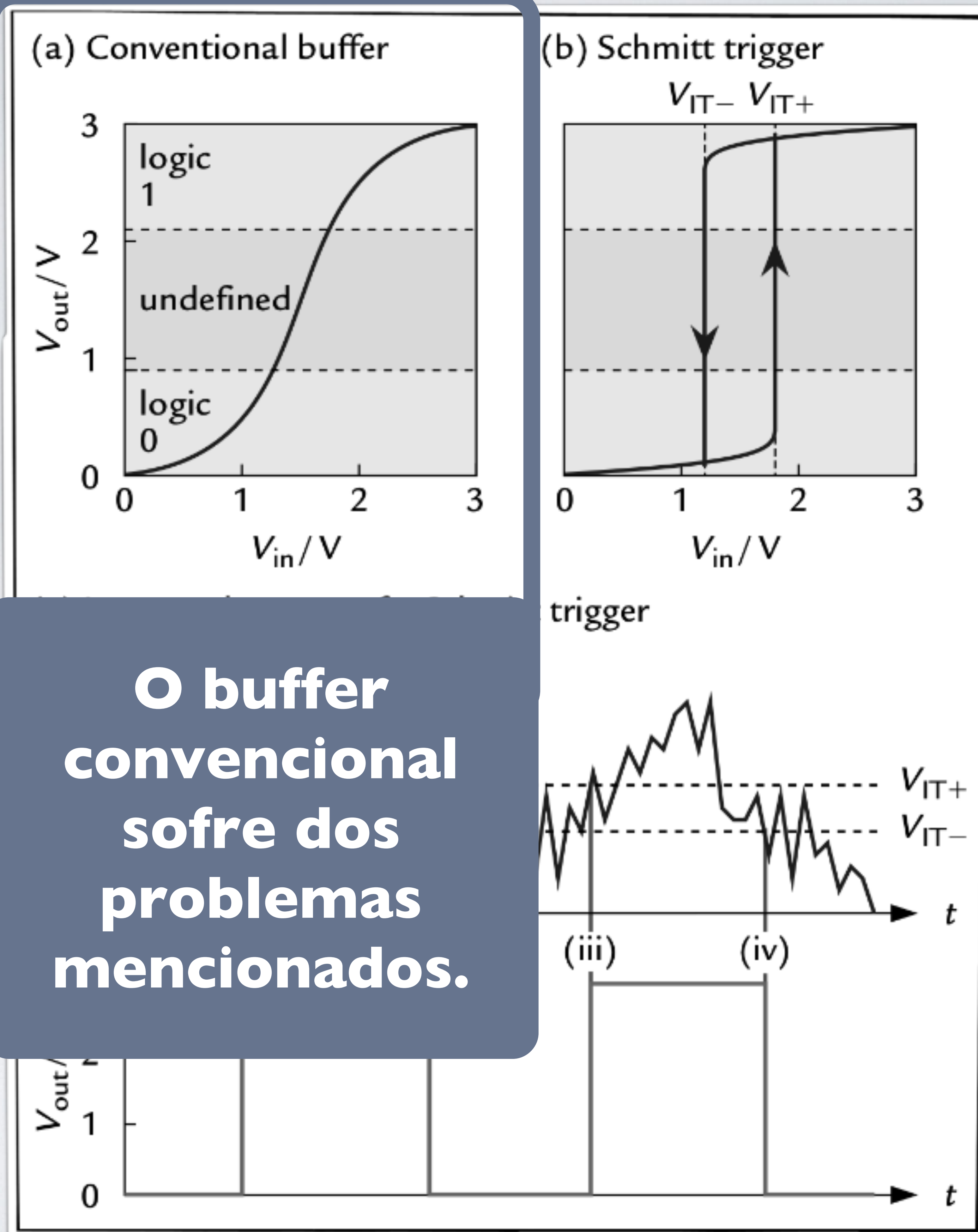
Valores de entrada entre 0,3 Vcc e 0,7 Vcc causam o aumento no consumo de energia.

Se a tensão de entrada for muito ruidosa, ela aumentará este consumo, e o microcontrolador enxergará diversas transições entre 0 e 1.

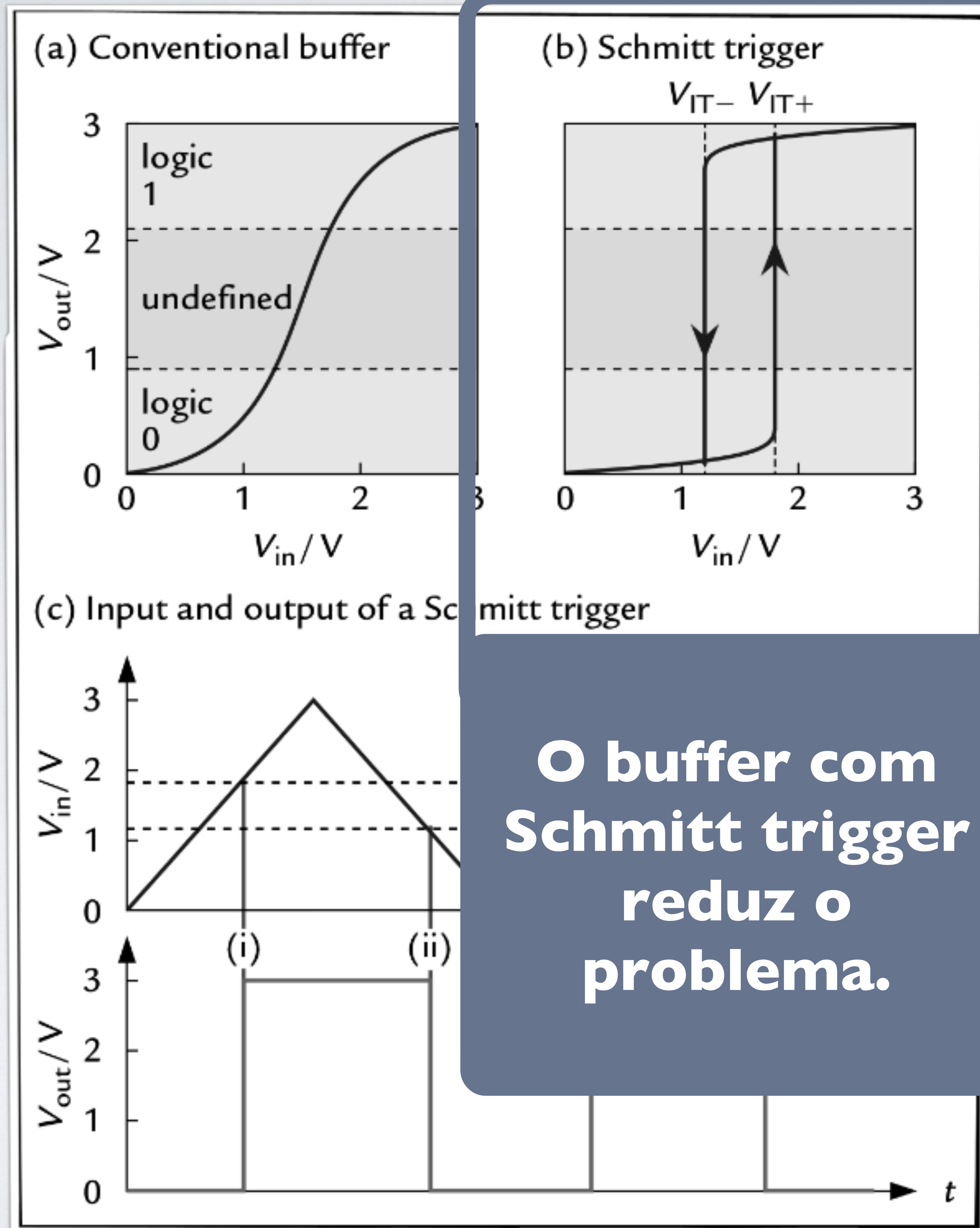
ASPECTOS ANALÓGICOS

Para resolver estes problemas, as entradas digitais do MSP430 possuem Schmitt triggers.

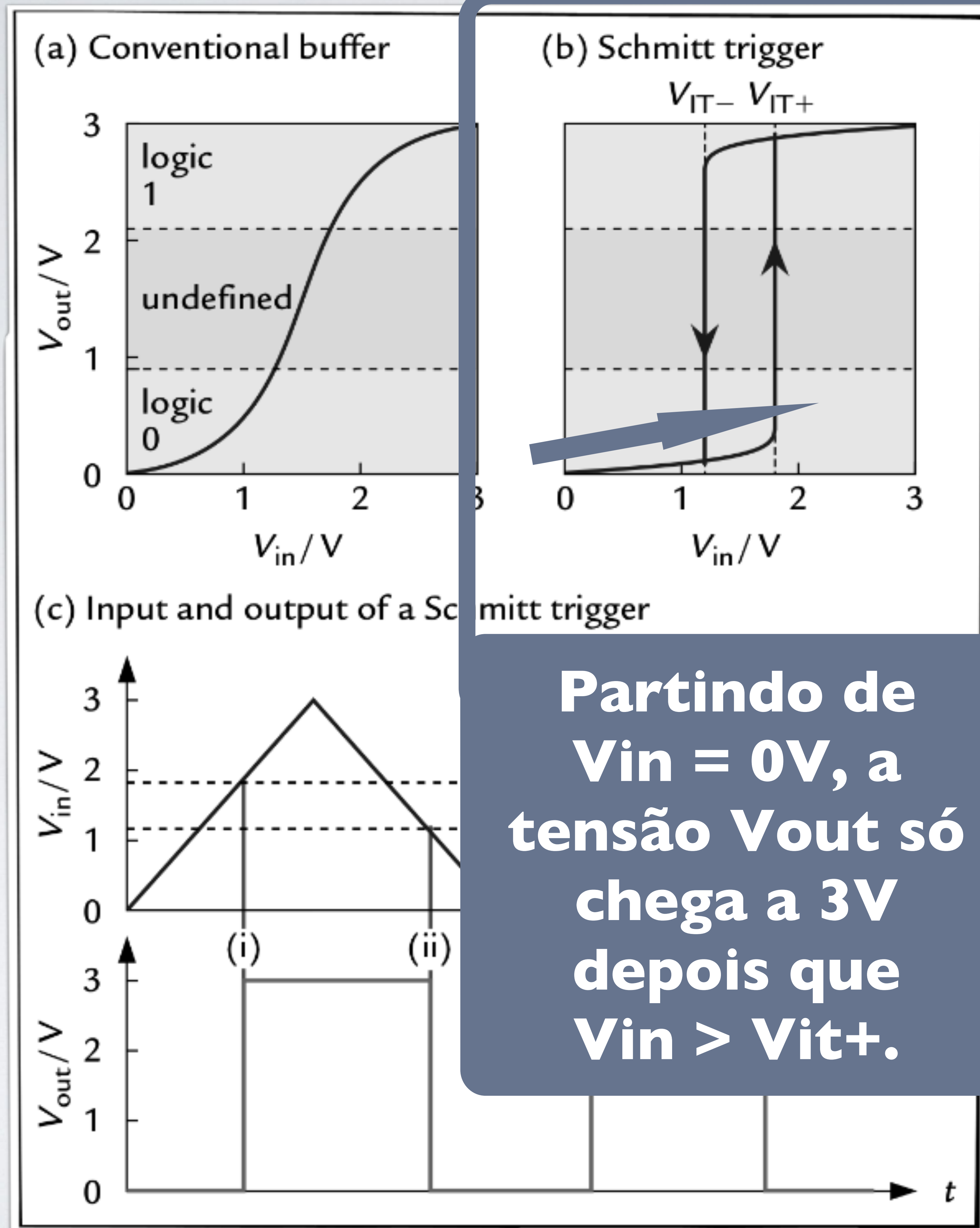

(a) Conventional buffer
(b) Schmitt trigger
logic 1
undefined
logic 0
V_{out} / V
V_{in} / V
V_{IT-} V_{IT+}
0
1
2
3
(c) Input and output of a Schmitt trigger
V_{in} / V
V_{out} / V
V_{IT+}
V_{IT-}
t
(i)
(ii)
(iii)
(iv)



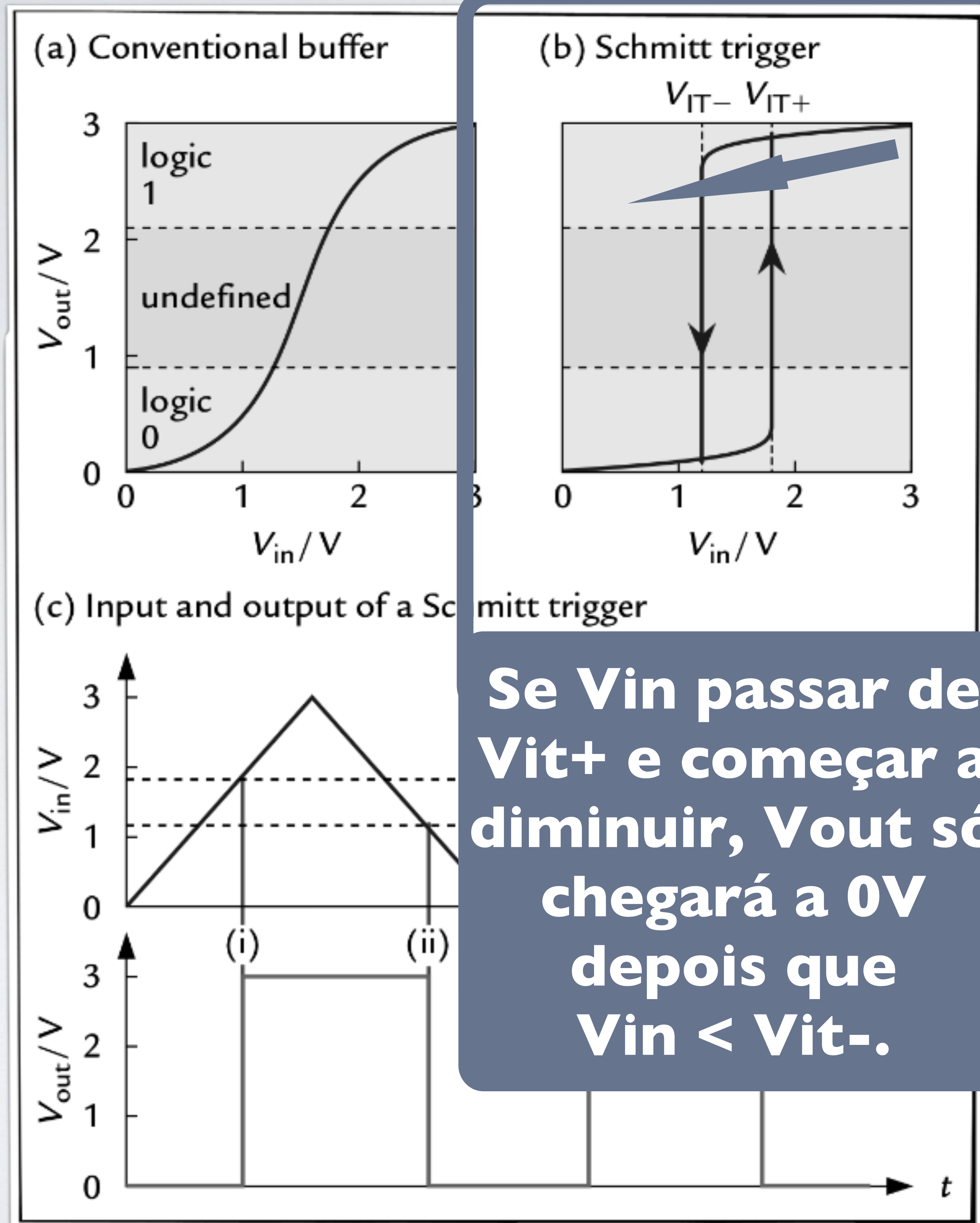
O buffer convencional sofre dos problemas mencionados.



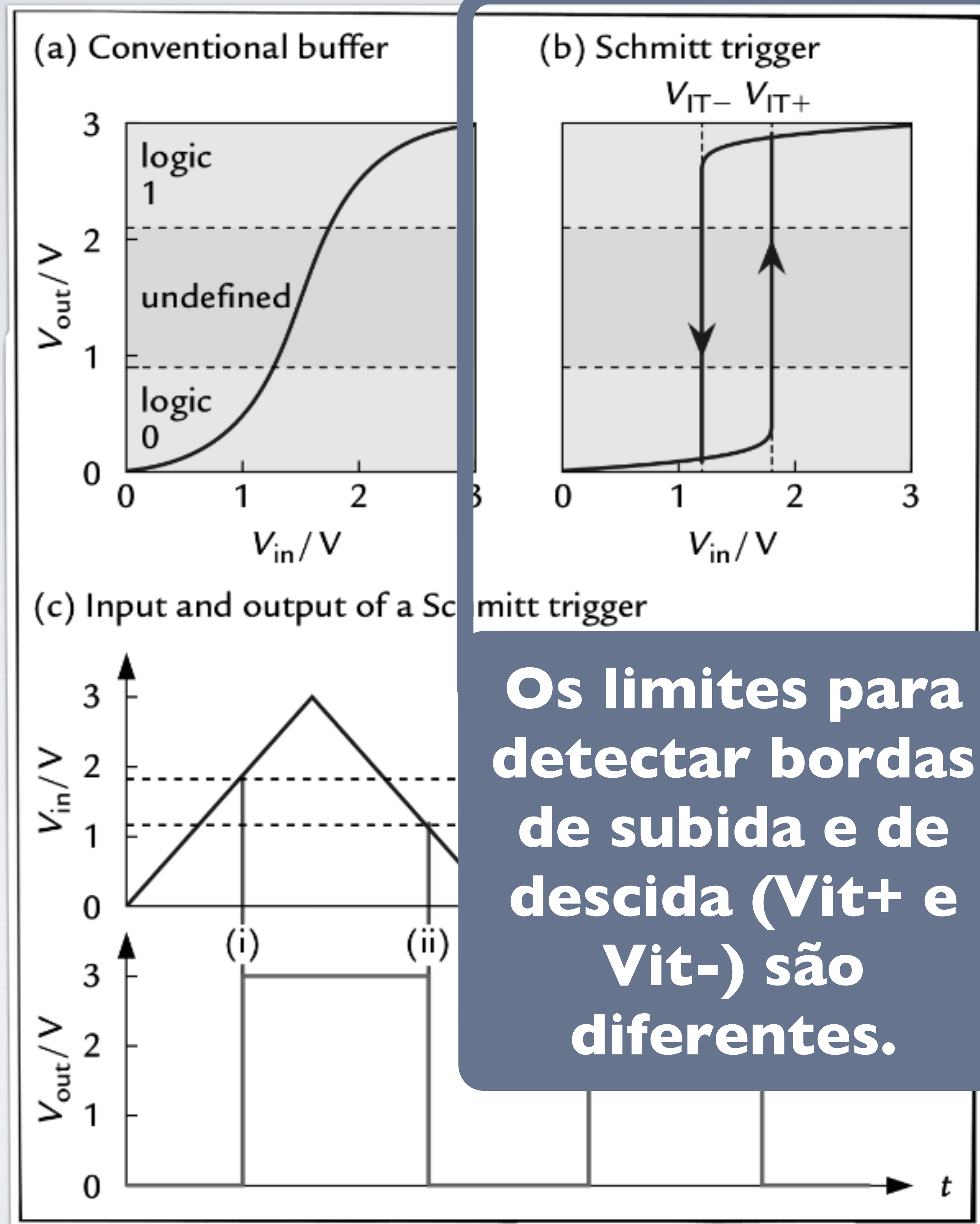
O buffer com Schmitt trigger reduz o problema.



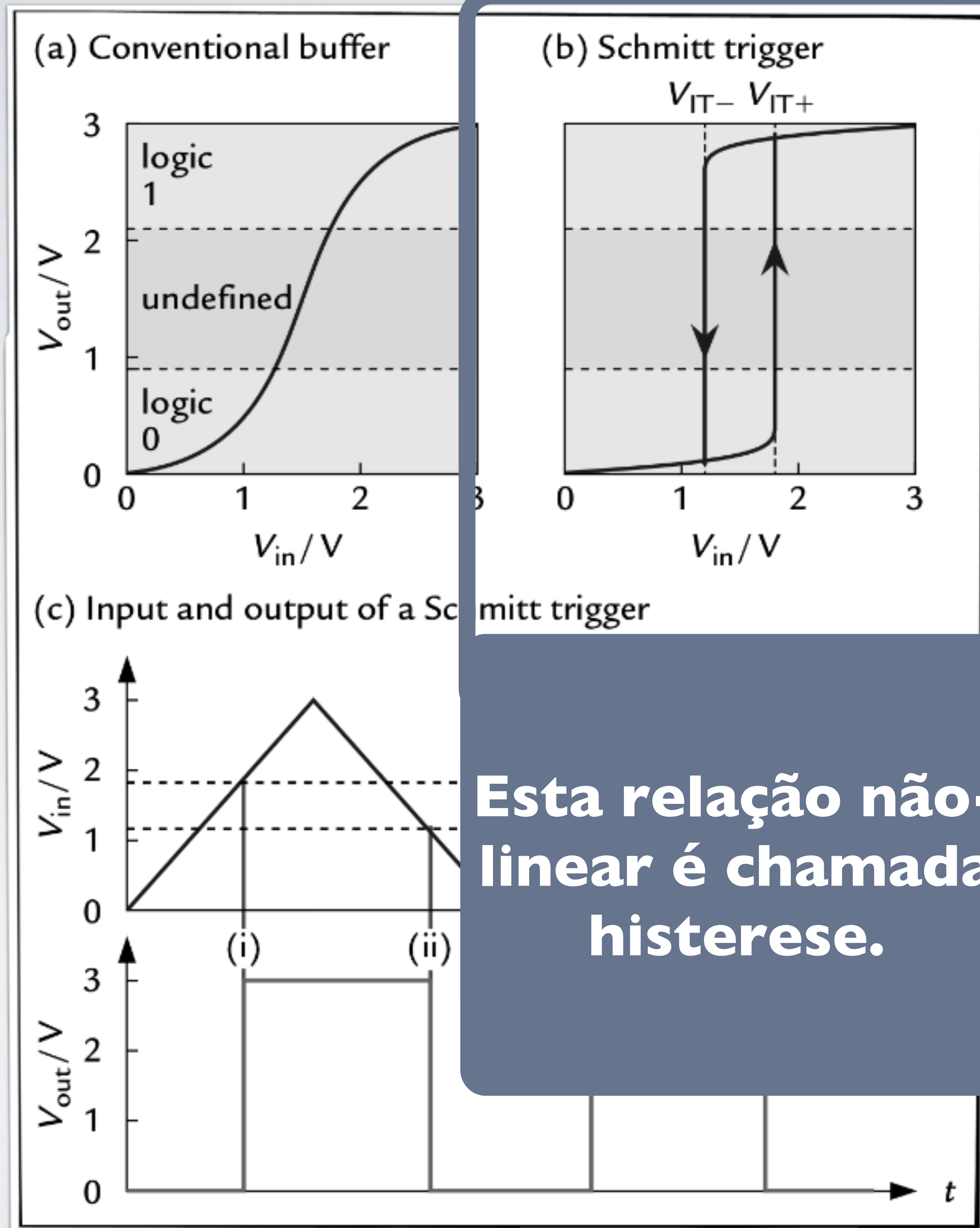
Partindo de Vin = 0V, a tensão Vout só chega a 3V depois que Vin > Vit+.



Se Vin passar de Vit+ e começar a diminuir, Vout só chegará a 0V depois que Vin < Vit-.

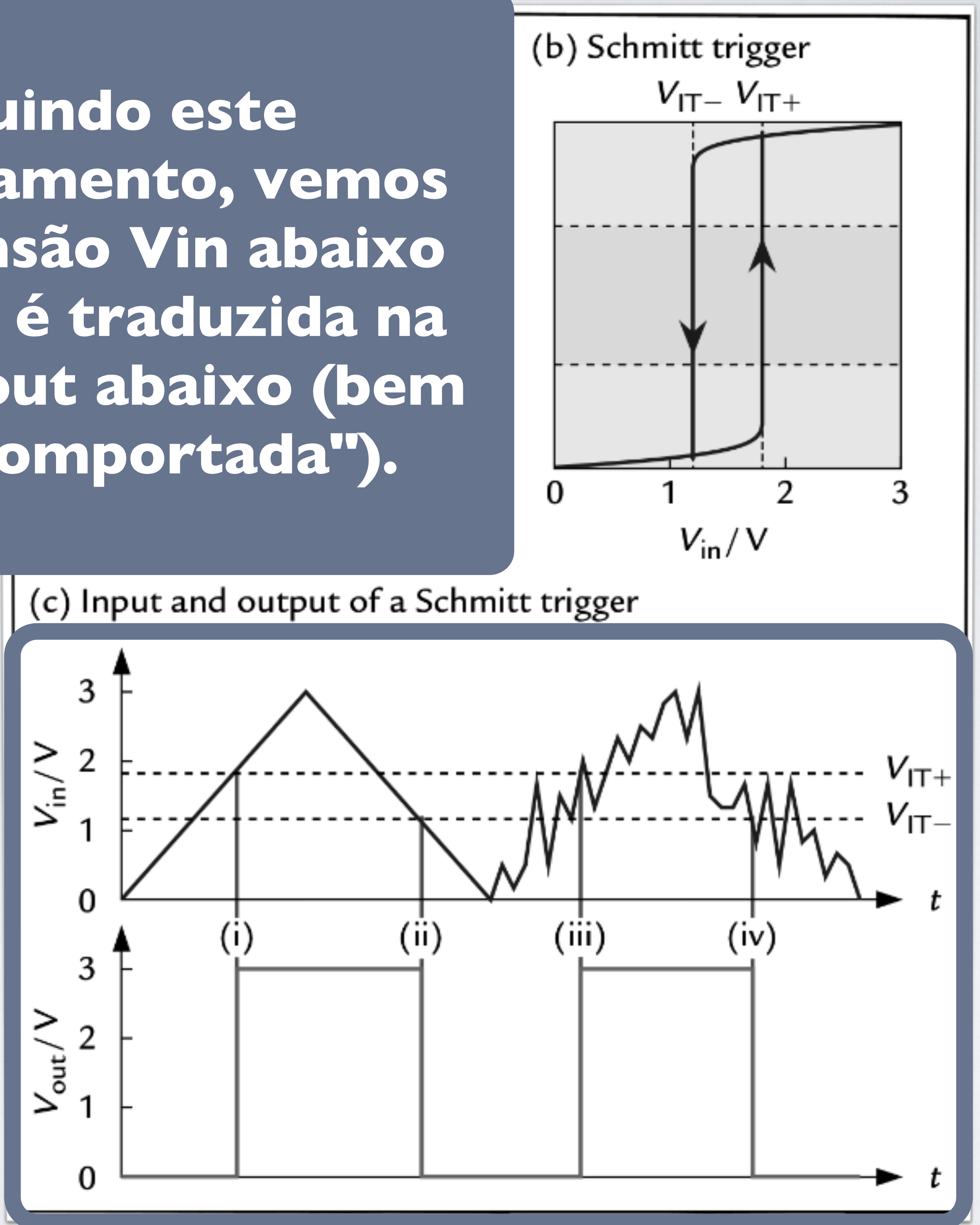


Os limites para detectar bordas de subida e de descida (Vit+ e Vit-) são diferentes.

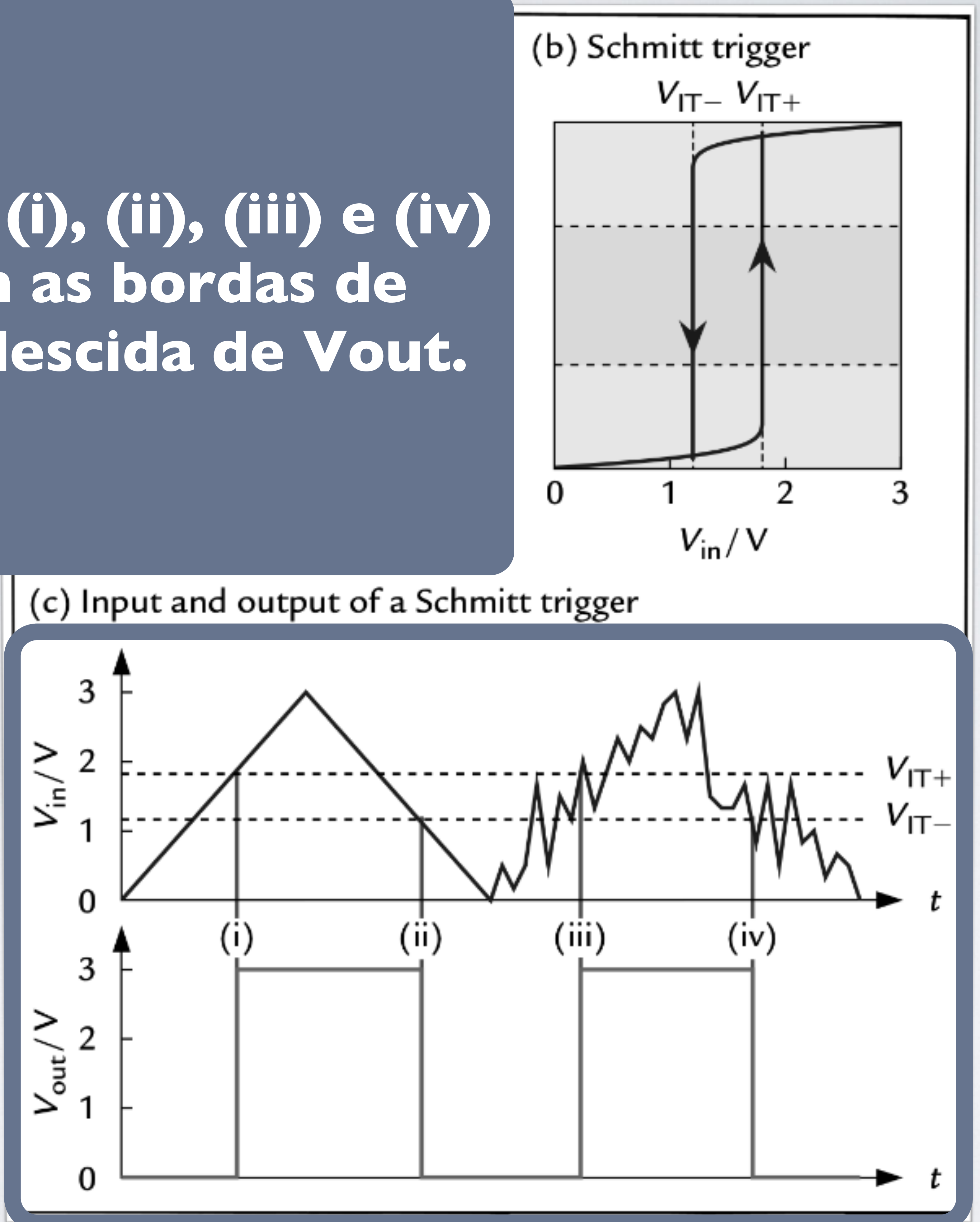


Esta relação não-linear é chamada histerese.

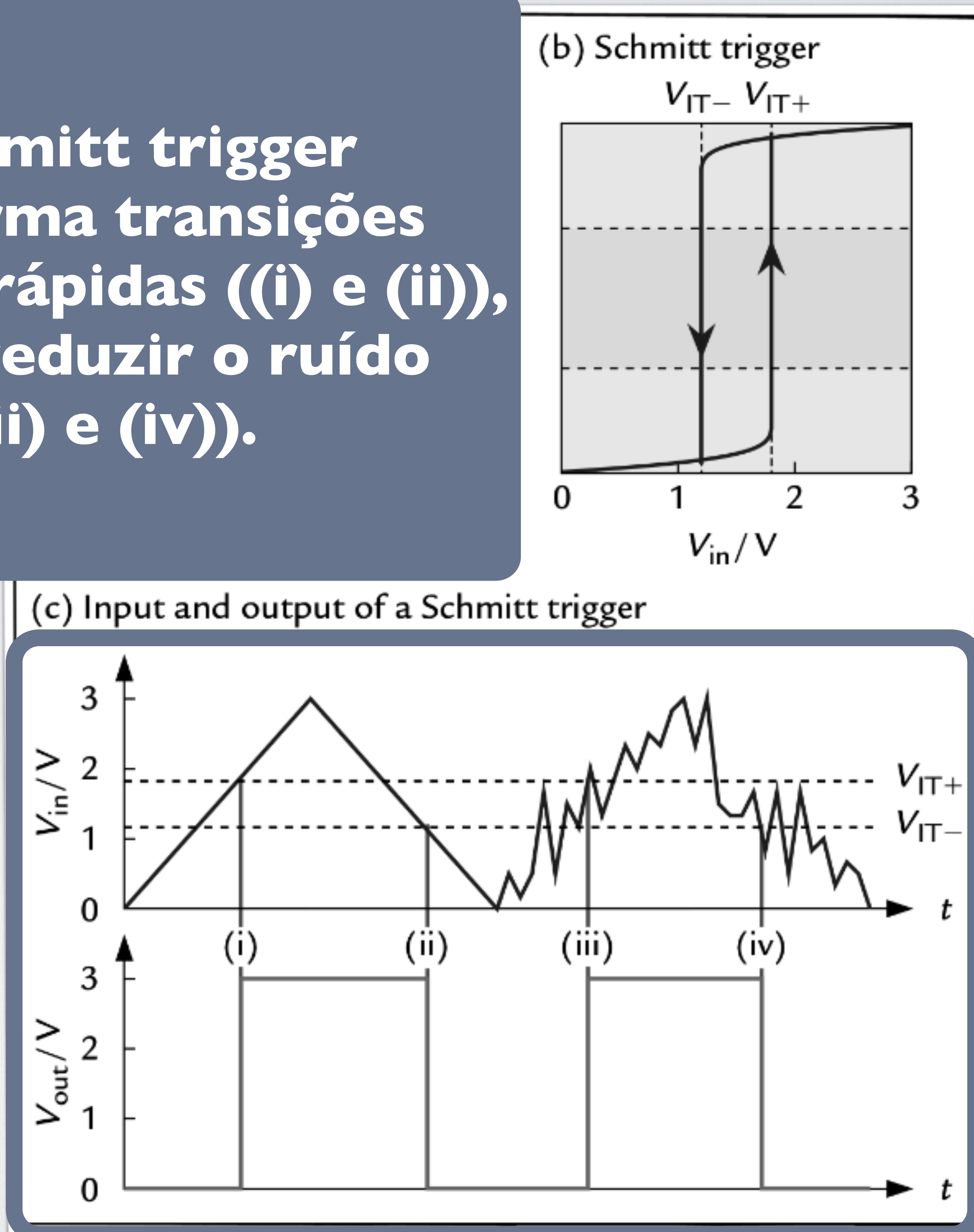
Seguindo este comportamento, vemos que a tensão Vin abaixo (ruidosa) é traduzida na tensão Vout abaixo (bem mais "comportada").



Os pontos (i), (ii), (iii) e (iv) marcam as bordas de subida e descida de Vout.



O Schmitt trigger transforma transições lentas em rápidas ((i) e (ii)), e pode reduzir o ruído ((iii) e (iv)).



DEBOUNCE

Botões são conexões mecânicas externas ao microcontrolador. O metal de conexão pode quicar (bounce) antes de estabilizar.

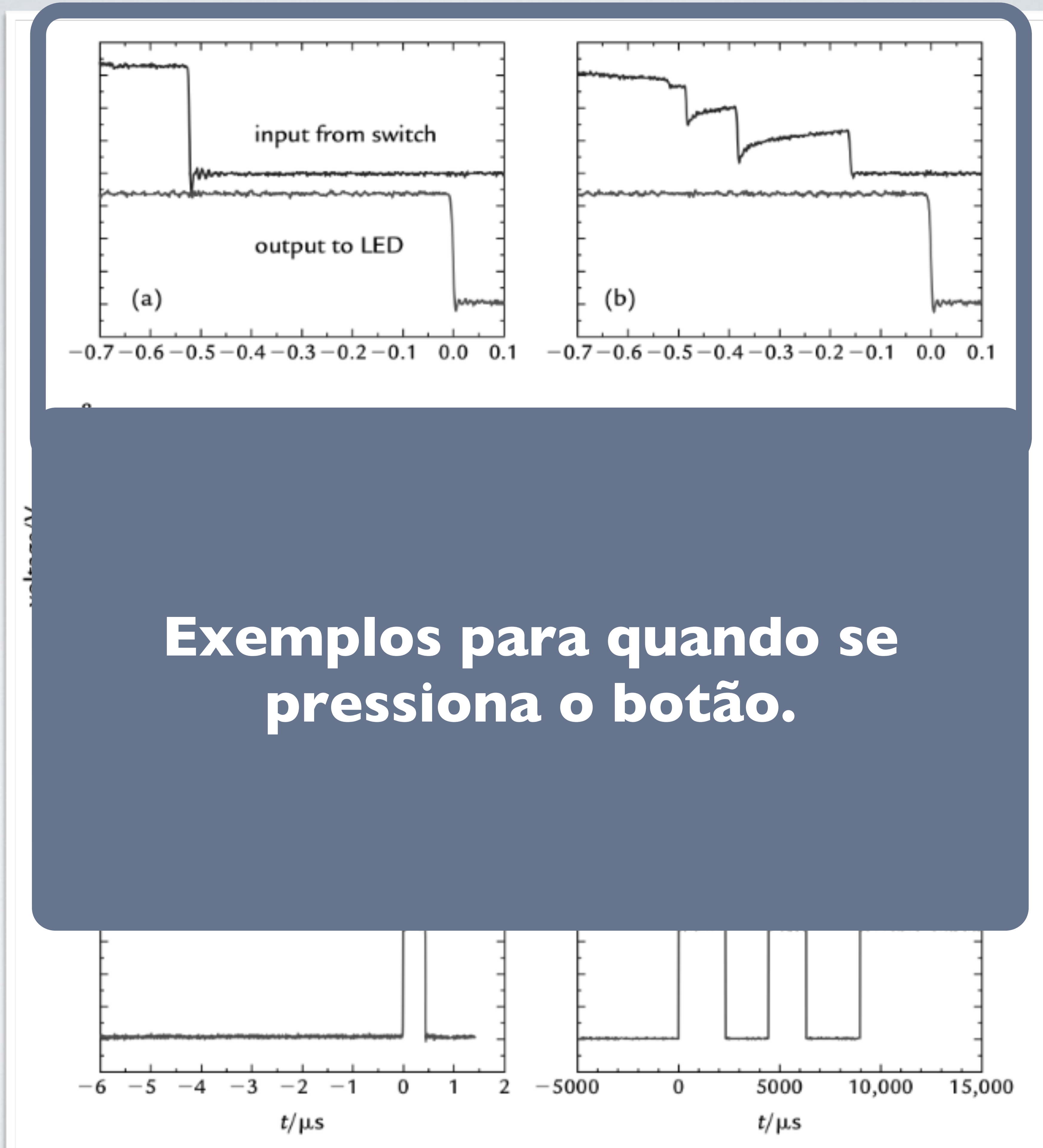
DEBOUNCE

Botões são conexões mecânicas externas ao microcontrolador. O metal de conexão pode quicar (bounce) antes de estabilizar.

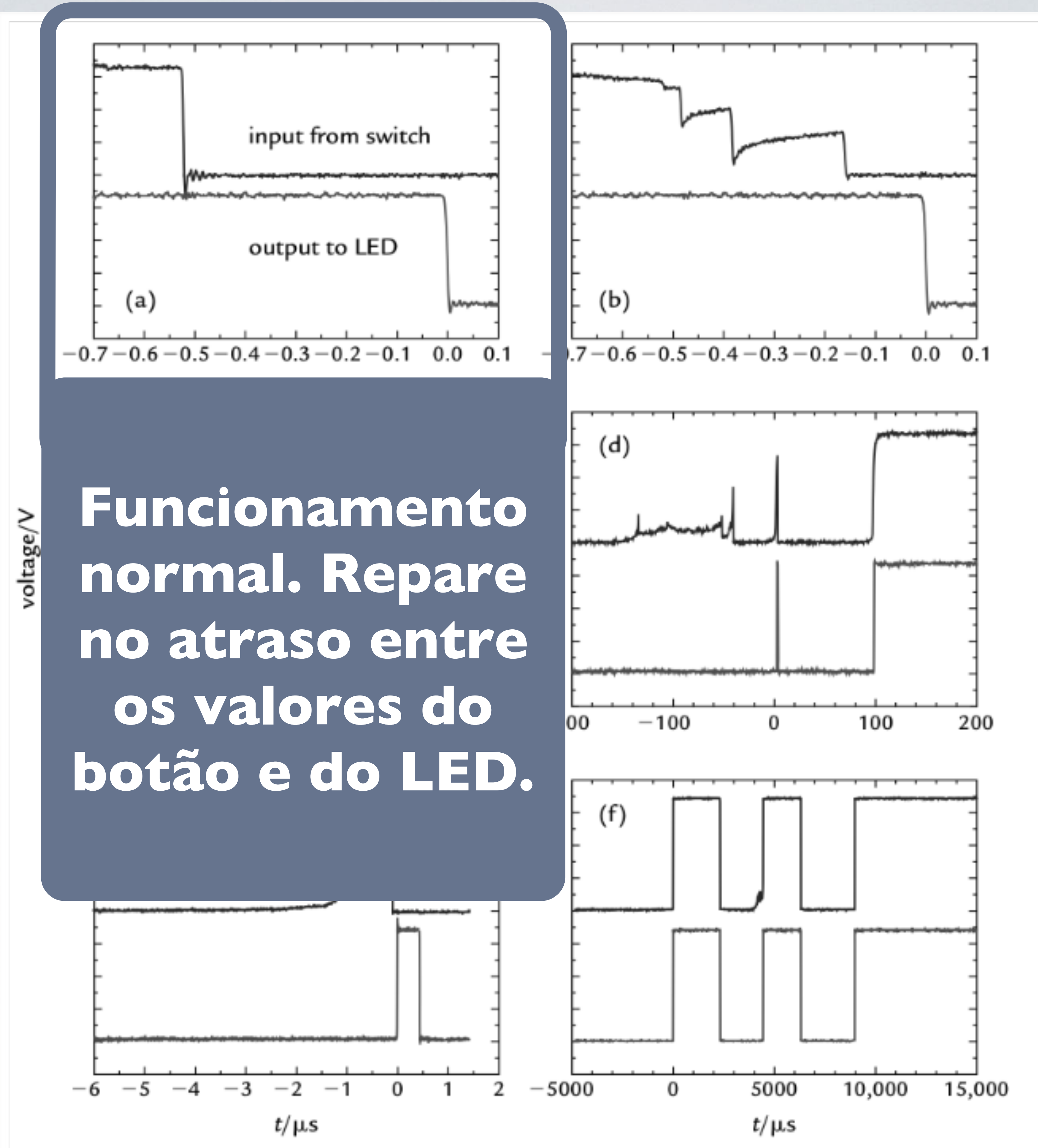
Quando se pressiona um botão, pode-se detectar diversas bordas de subida e de descida antes do sinal estabilizar.

DEBOUNCE

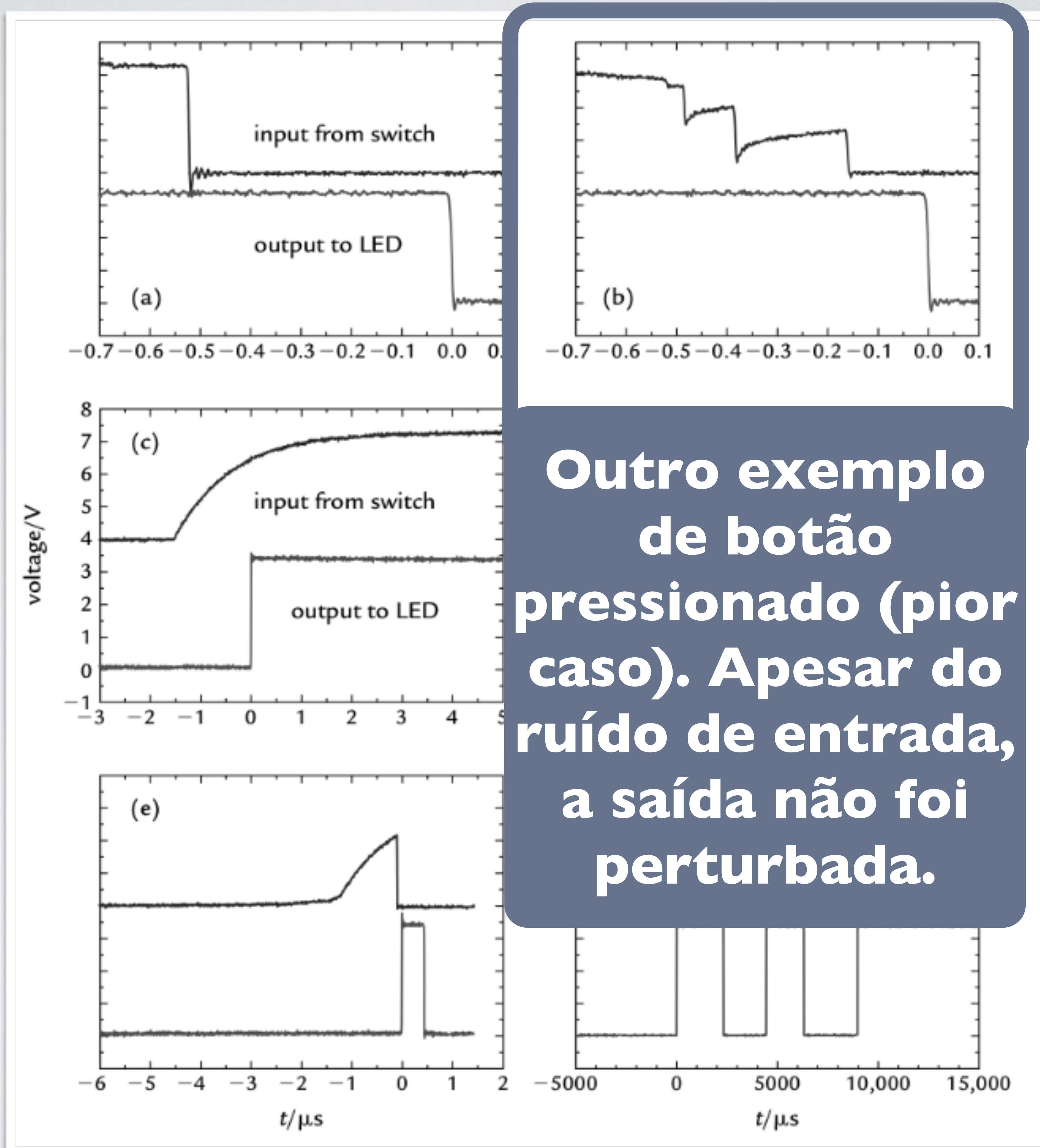
Considerando um botão conectado a uma porta de entrada com resistor de pull-up ligado, e um código que copia o valor do pino de entrada para um LED em outro pino, aceso em nível alto.



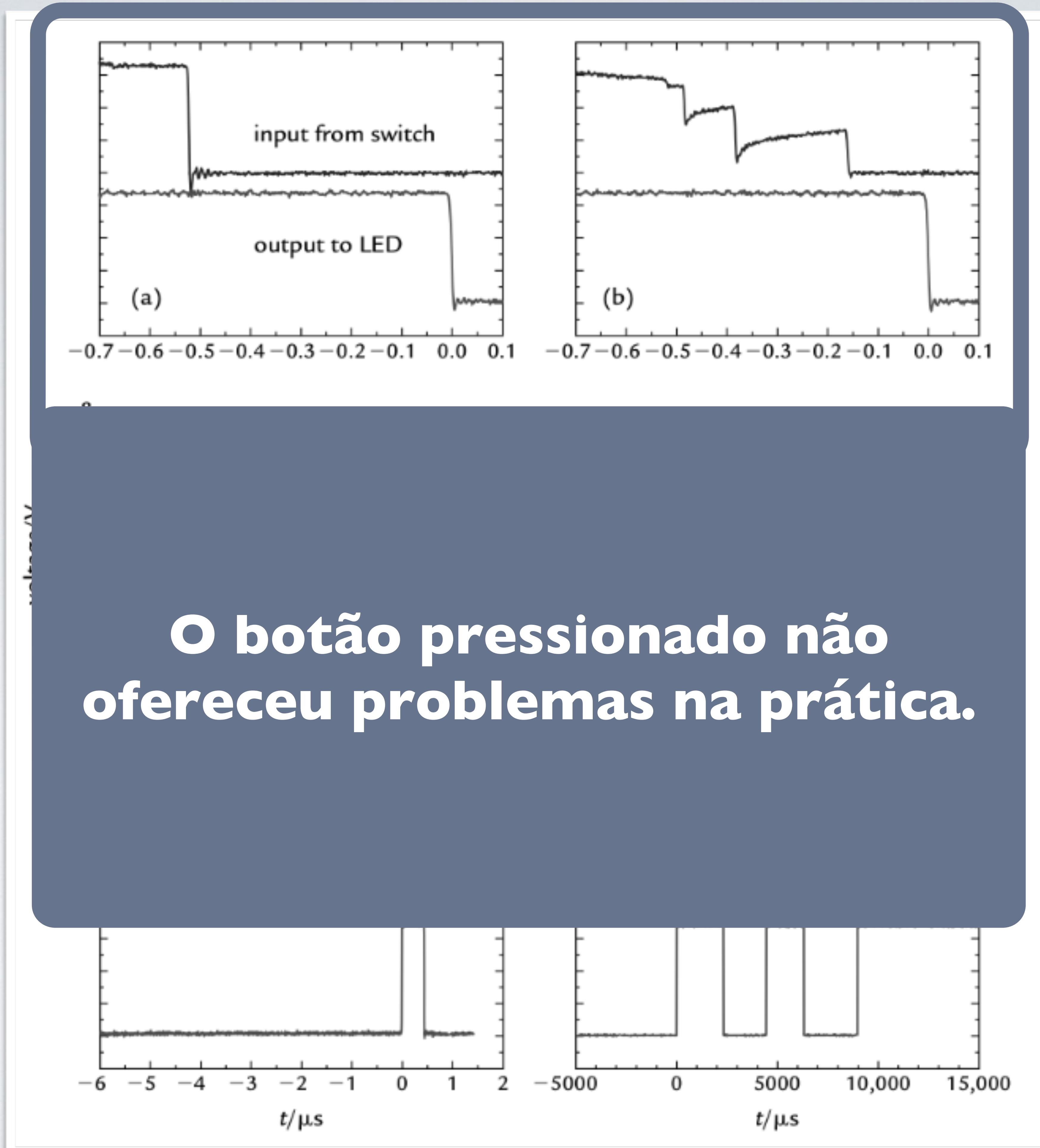
Exemplos para quando se pressiona o botão.



Funcionamento normal. Repare no atraso entre os valores do botão e do LED.

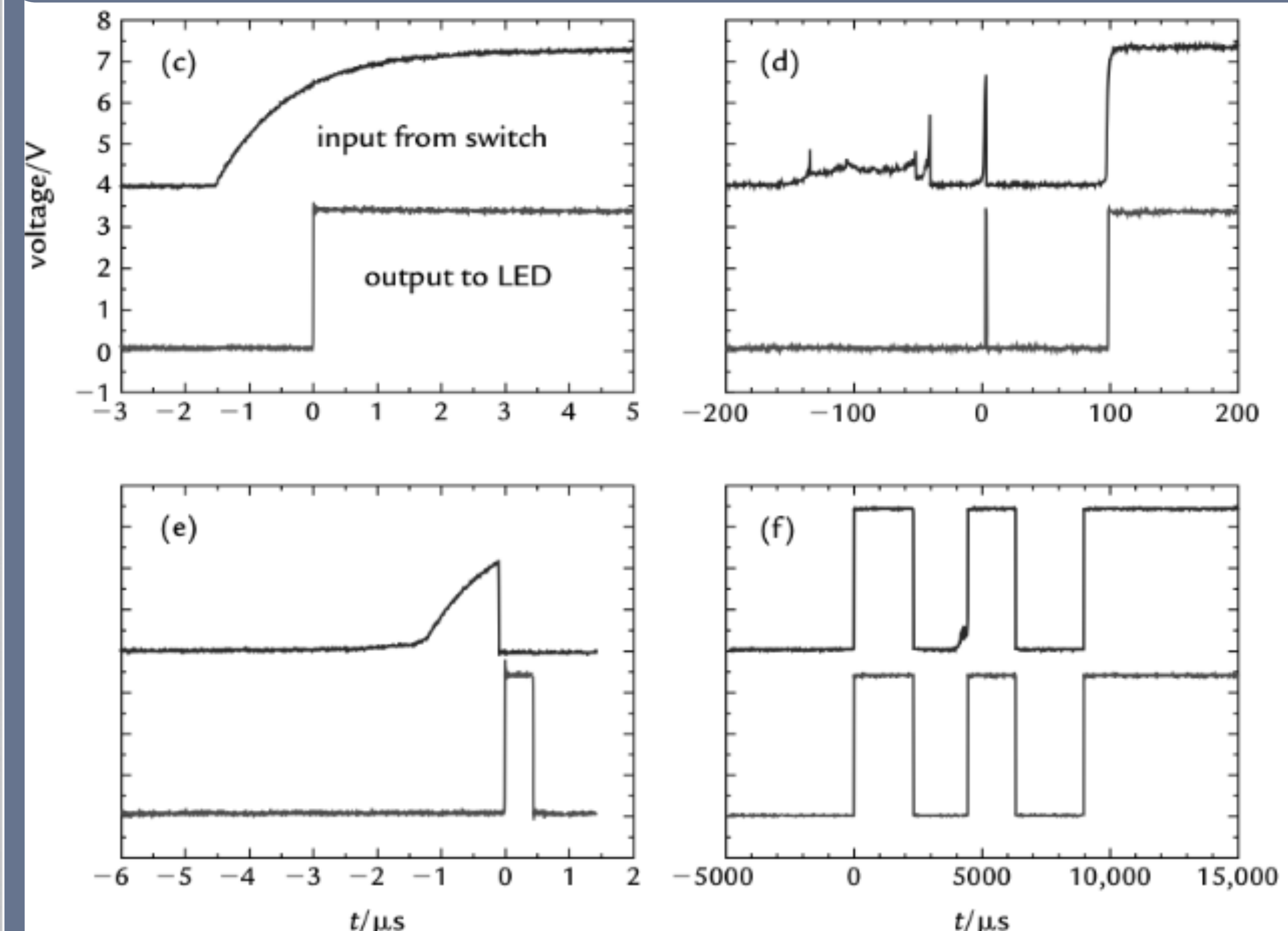


Outro exemplo de botão pressionado (pior caso). Apesar do ruído de entrada, a saída não foi perturbada.

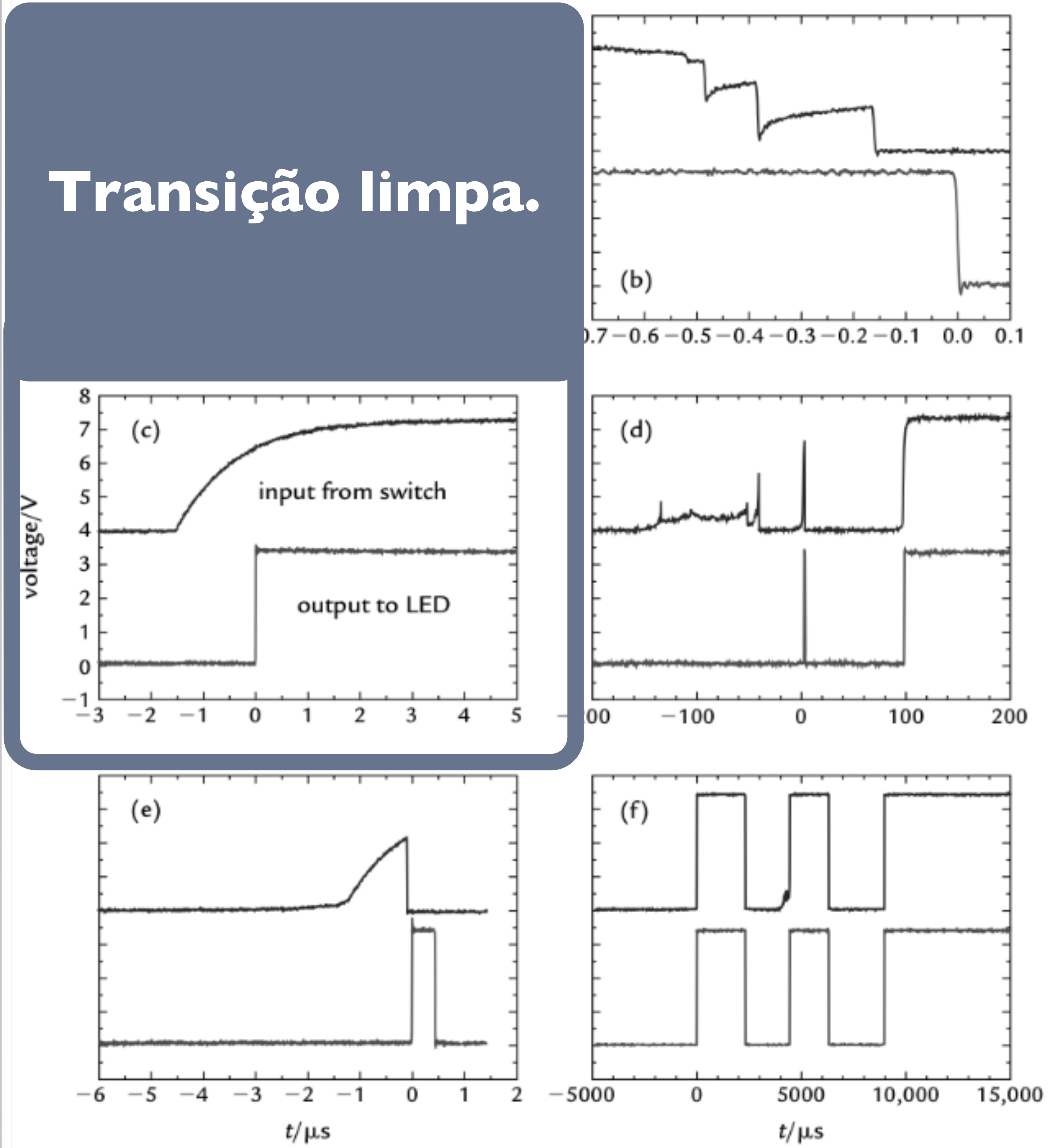


O botão pressionado não ofereceu problemas na prática.

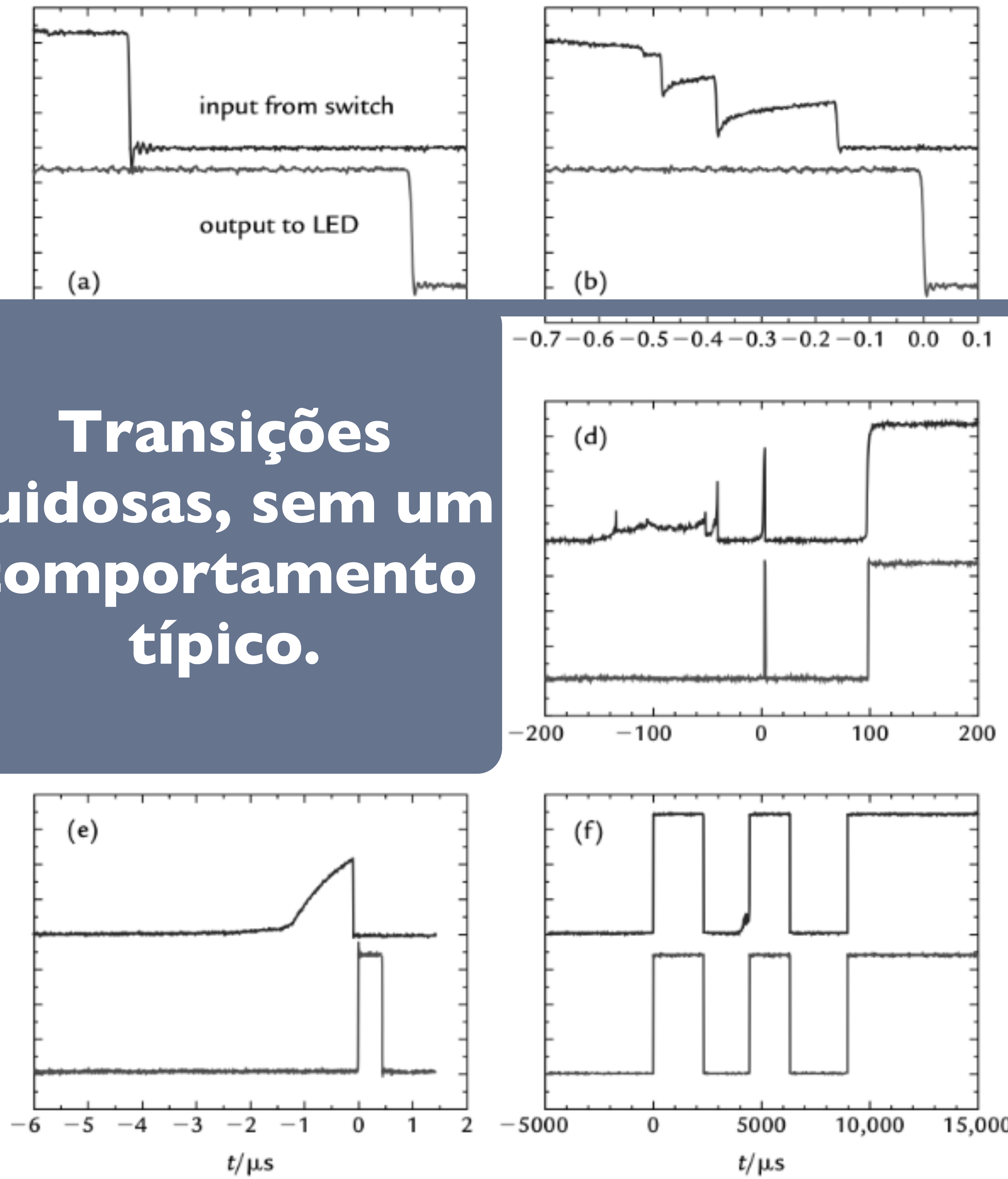
Exemplos para quando se solta o botão.



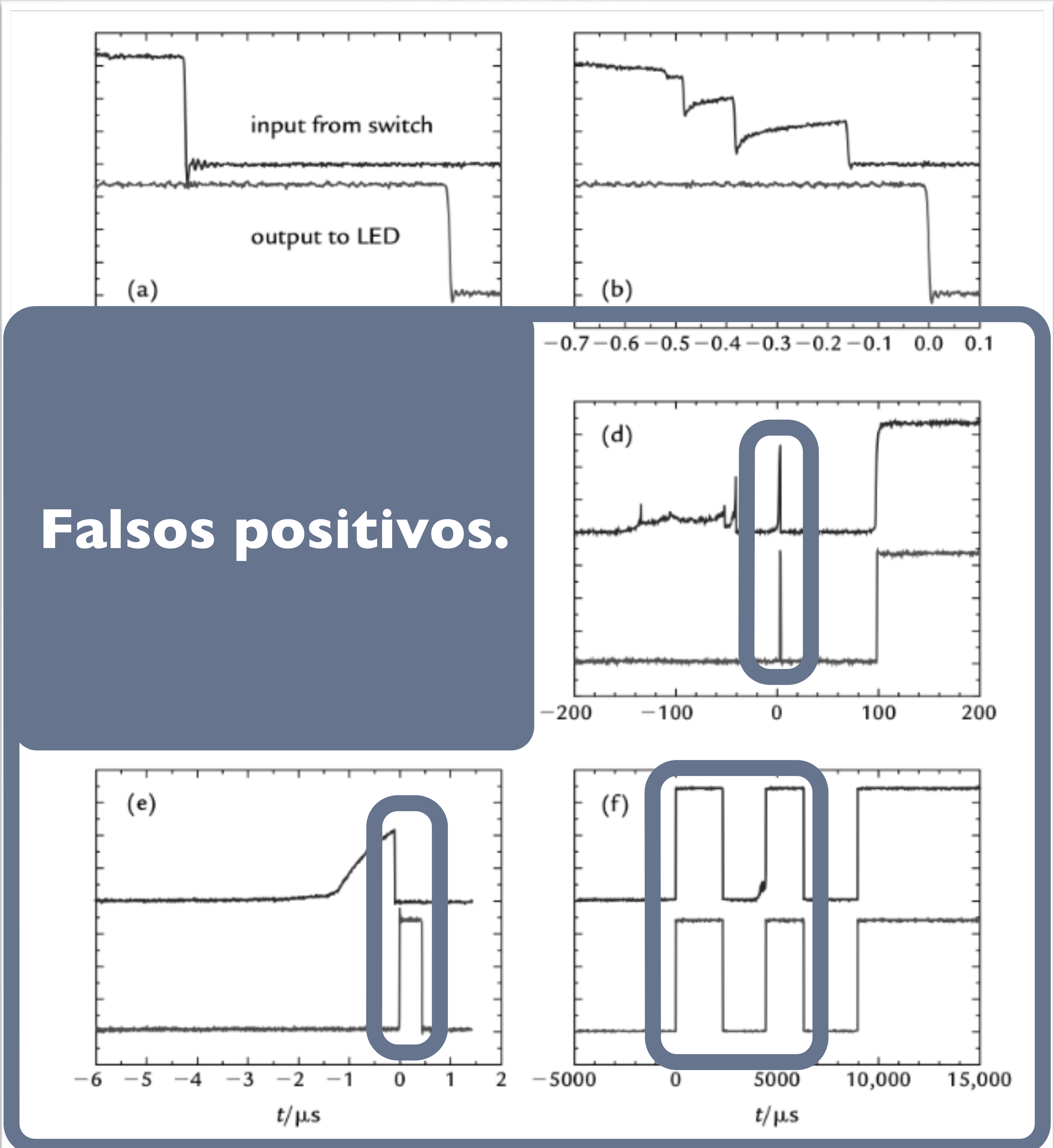
Transição limpa.



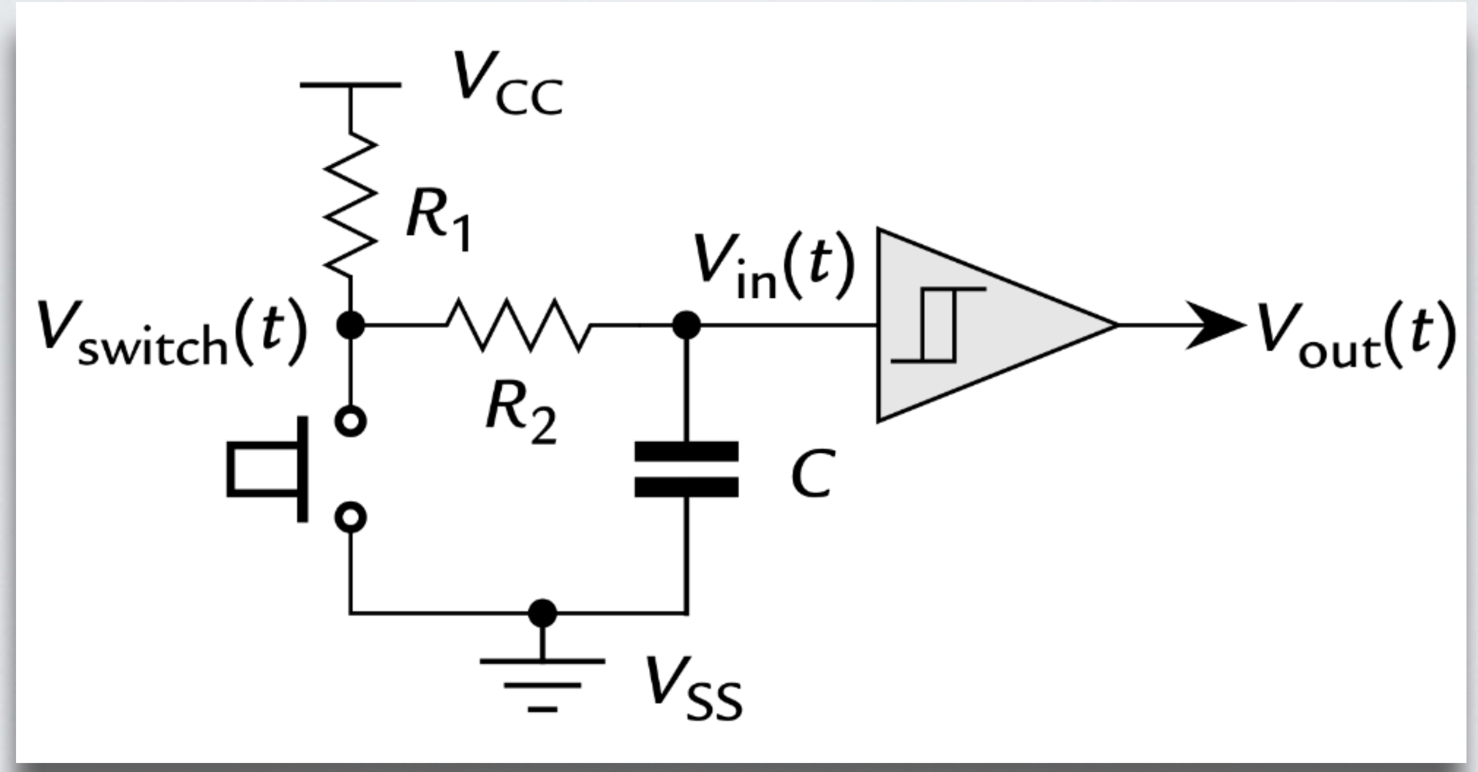
Transições ruidosas, sem um comportamento típico.



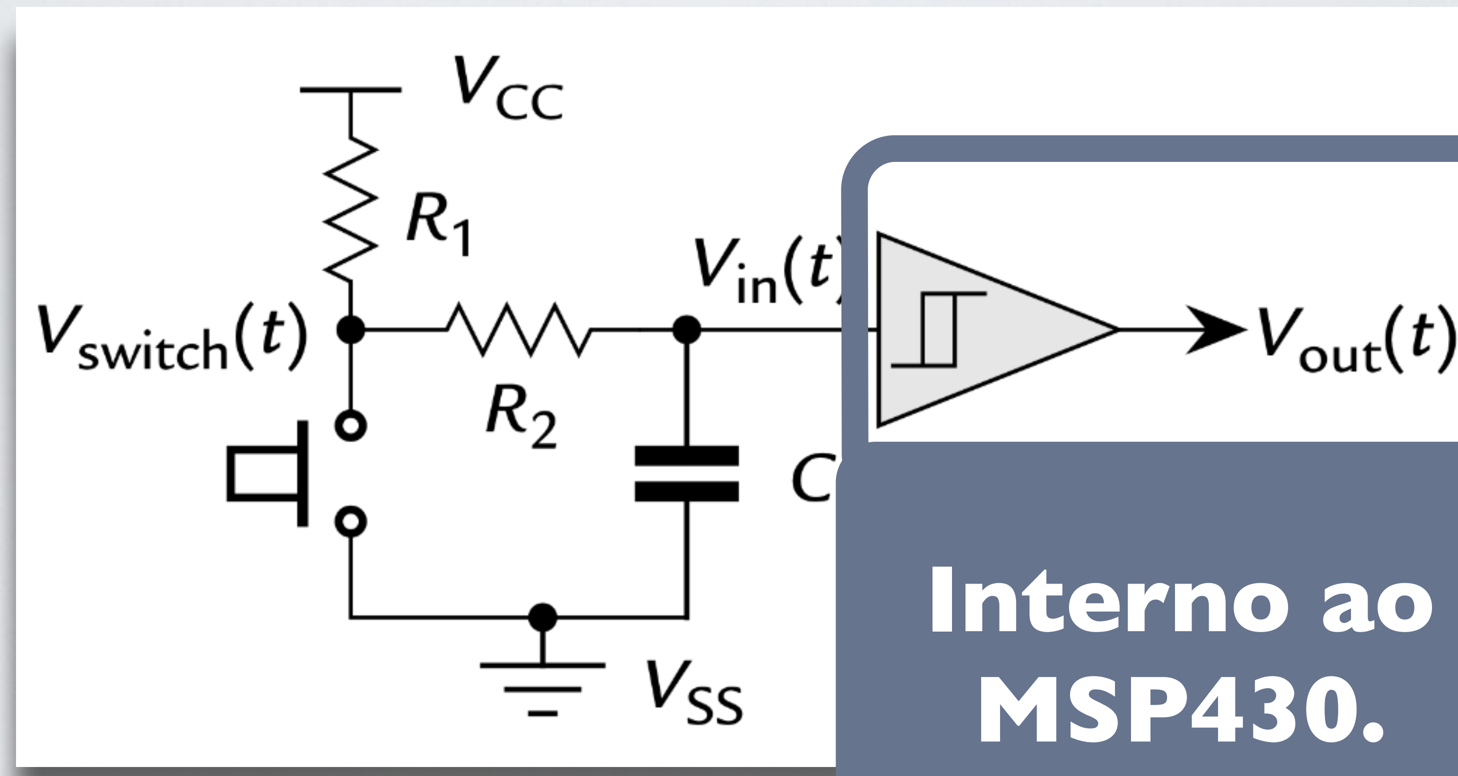
Falsos positivos.



DEBOUNCE EM HARDWARE

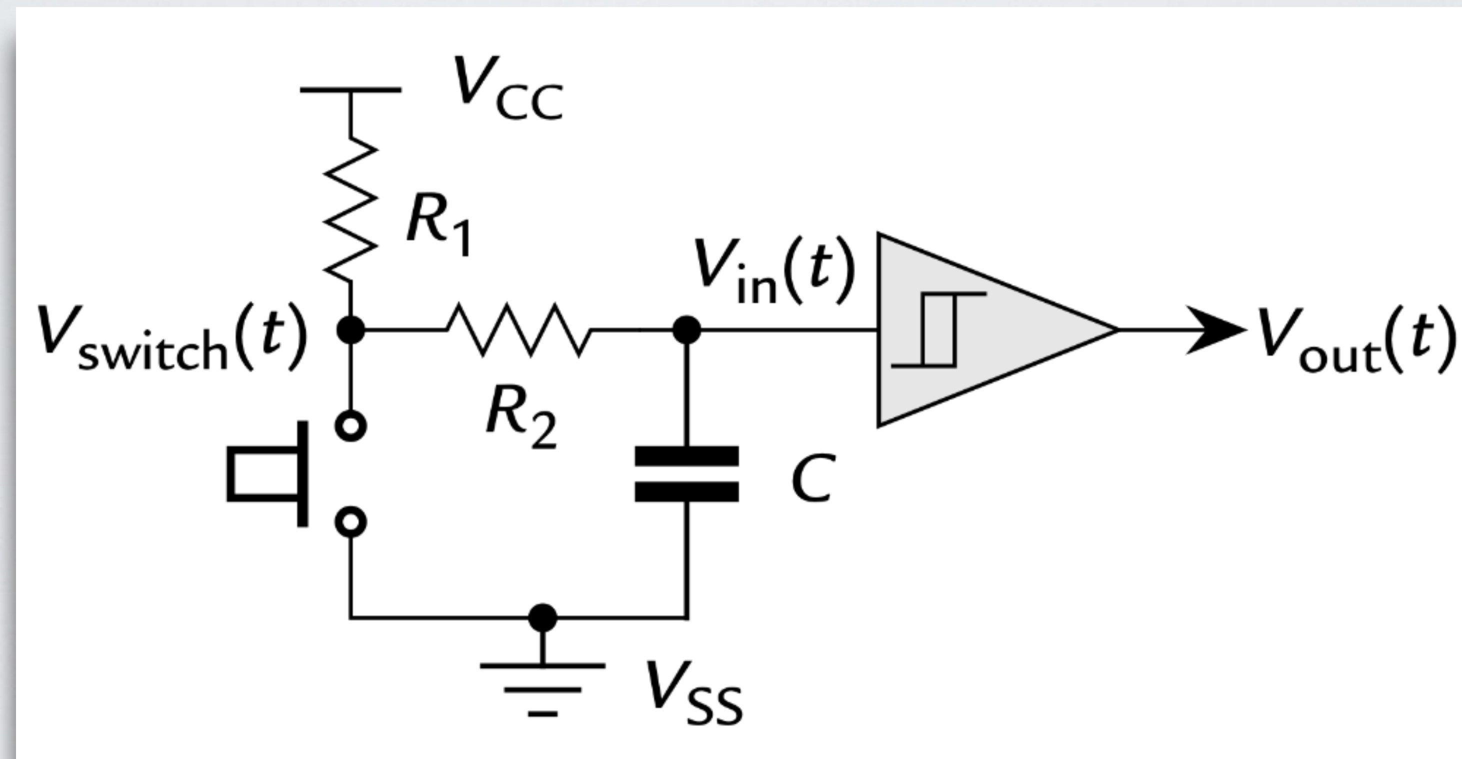


DEBOUNCE EM HARDWARE



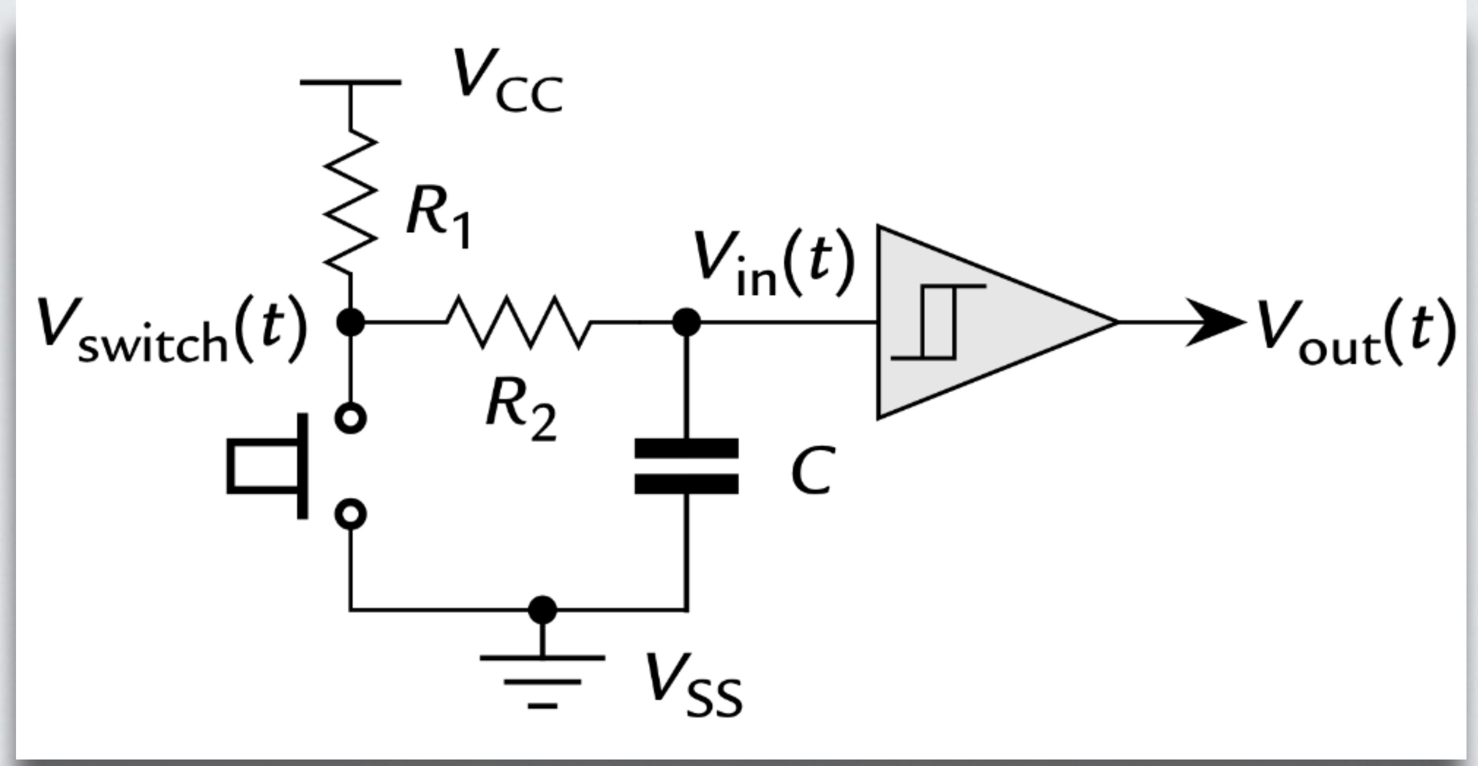
Interno ao MSP430.

DEBOUNCE EM HARDWARE



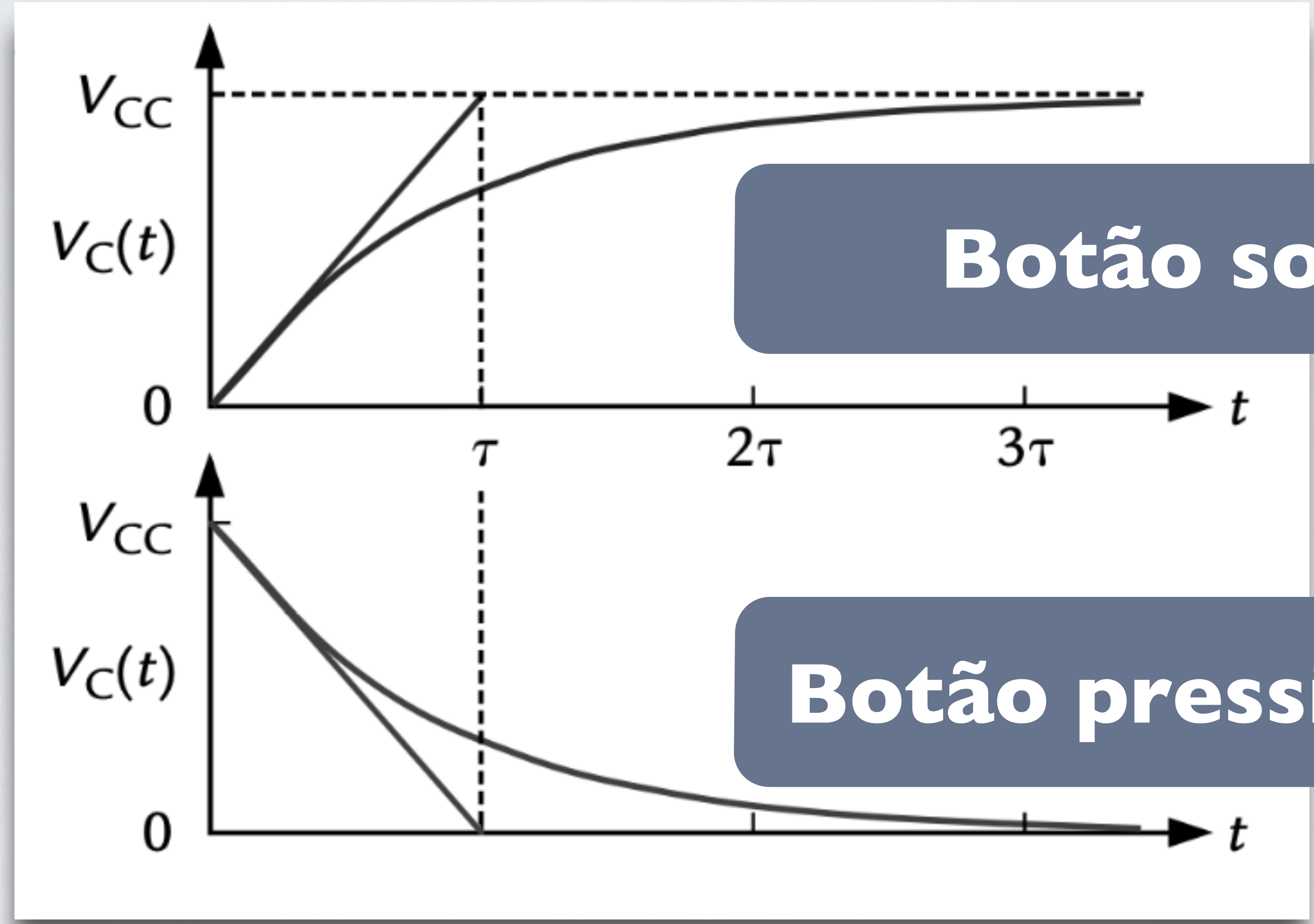
Quando se pressiona o botão,
Vin(t) = Vcc exp(-t/R2/C)

DEBOUNCE EM HARDWARE



Quando se solta o botão,
Vin(t) = Vcc[1-exp(-t/(R1+R2)/C))]

DEBOUNCE EM HARDWARE

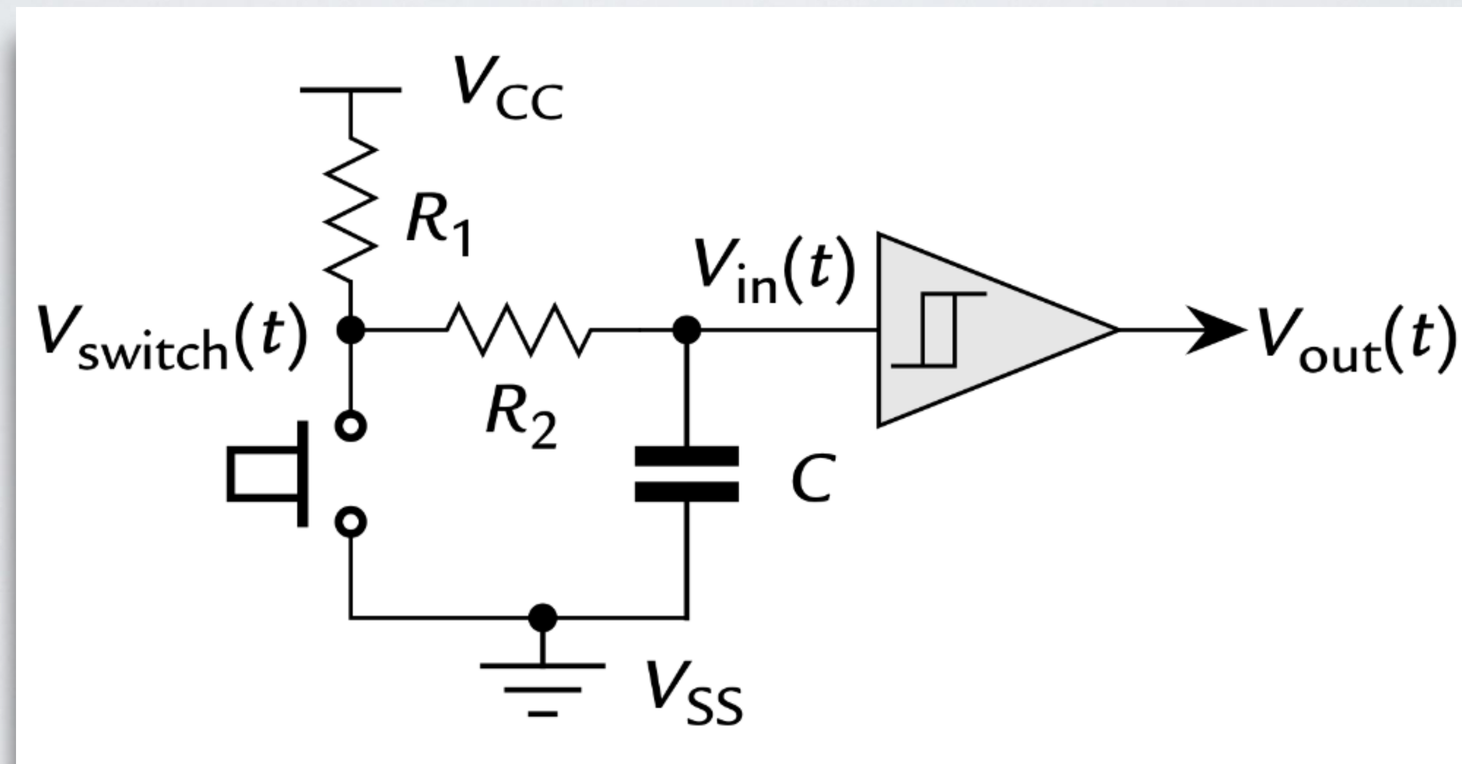


Botão solto.

Botão pressionado.

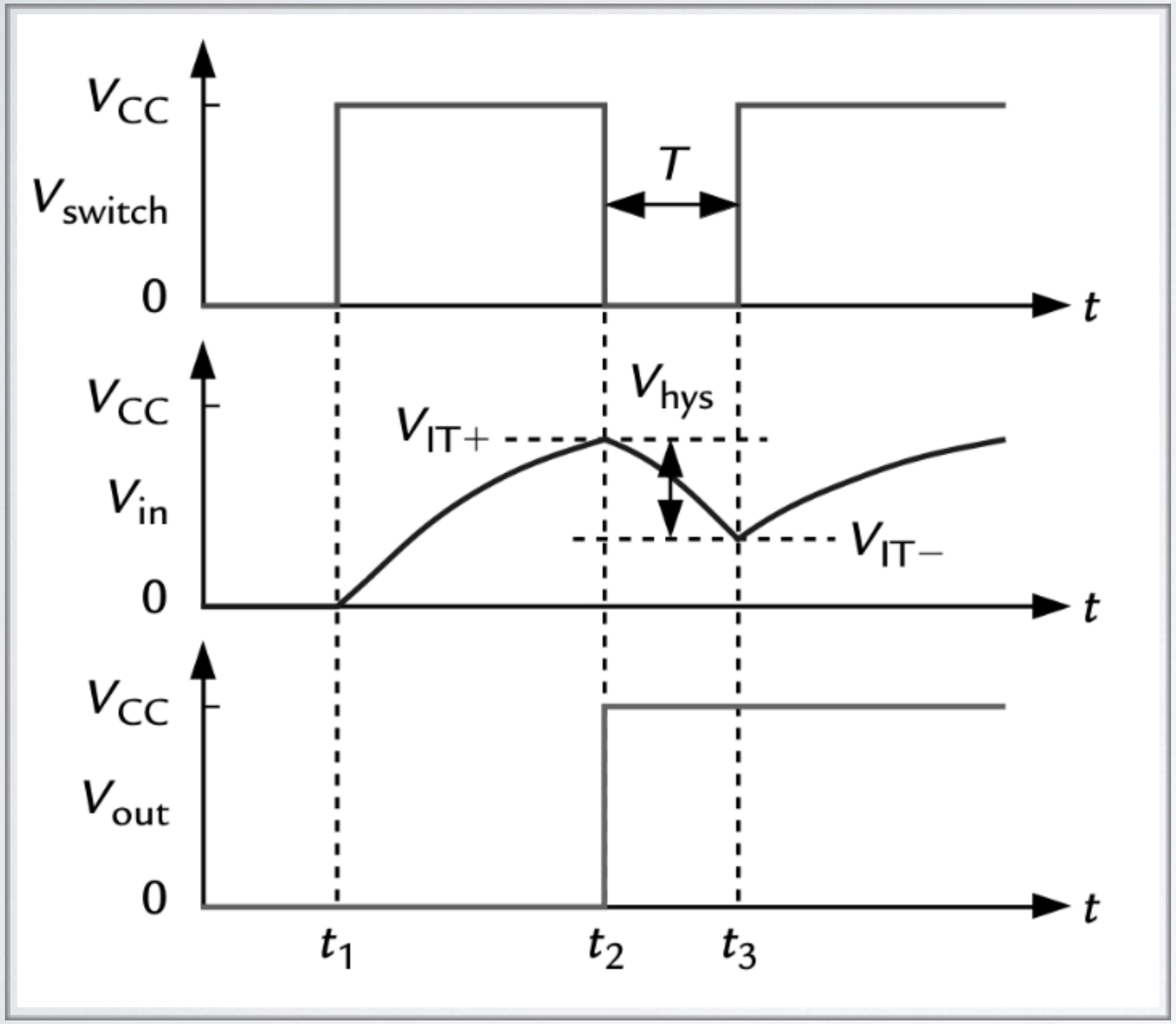
Gráficos não estão em escala.

DEBOUNCE EM HARDWARE



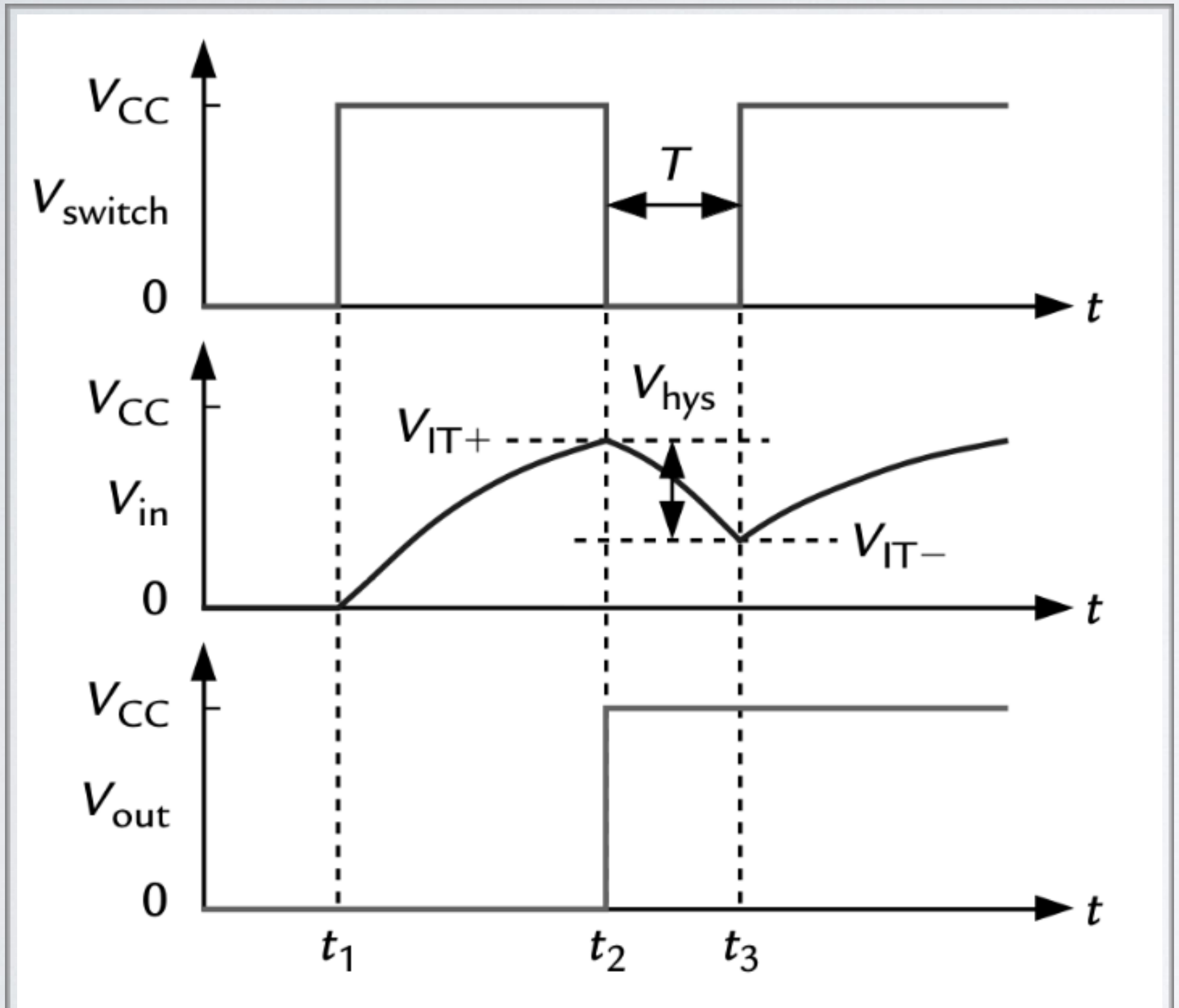
O circuito RC torna as transições menos abruptas. Para definir os valores de R1, R2 e C, deve-se conhecer as características do botão e do Schmitt trigger.

DEBOUNCE EM HARDWARE



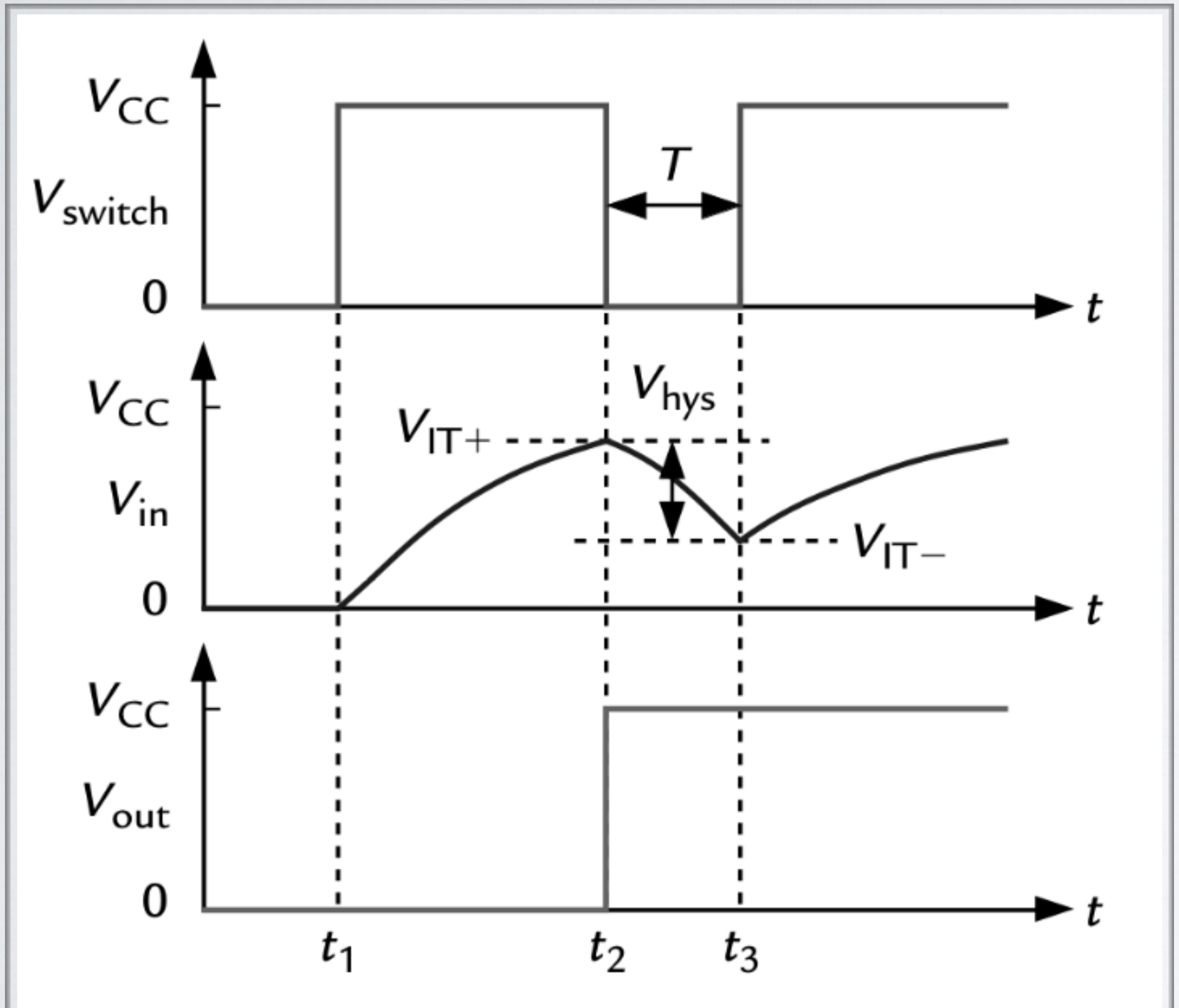
Pior caso acontece quando se solta o botão, o que acontece no instante t1, levando a tensão no botão de 0 a Vcc.

DEBOUNCE EM HARDWARE



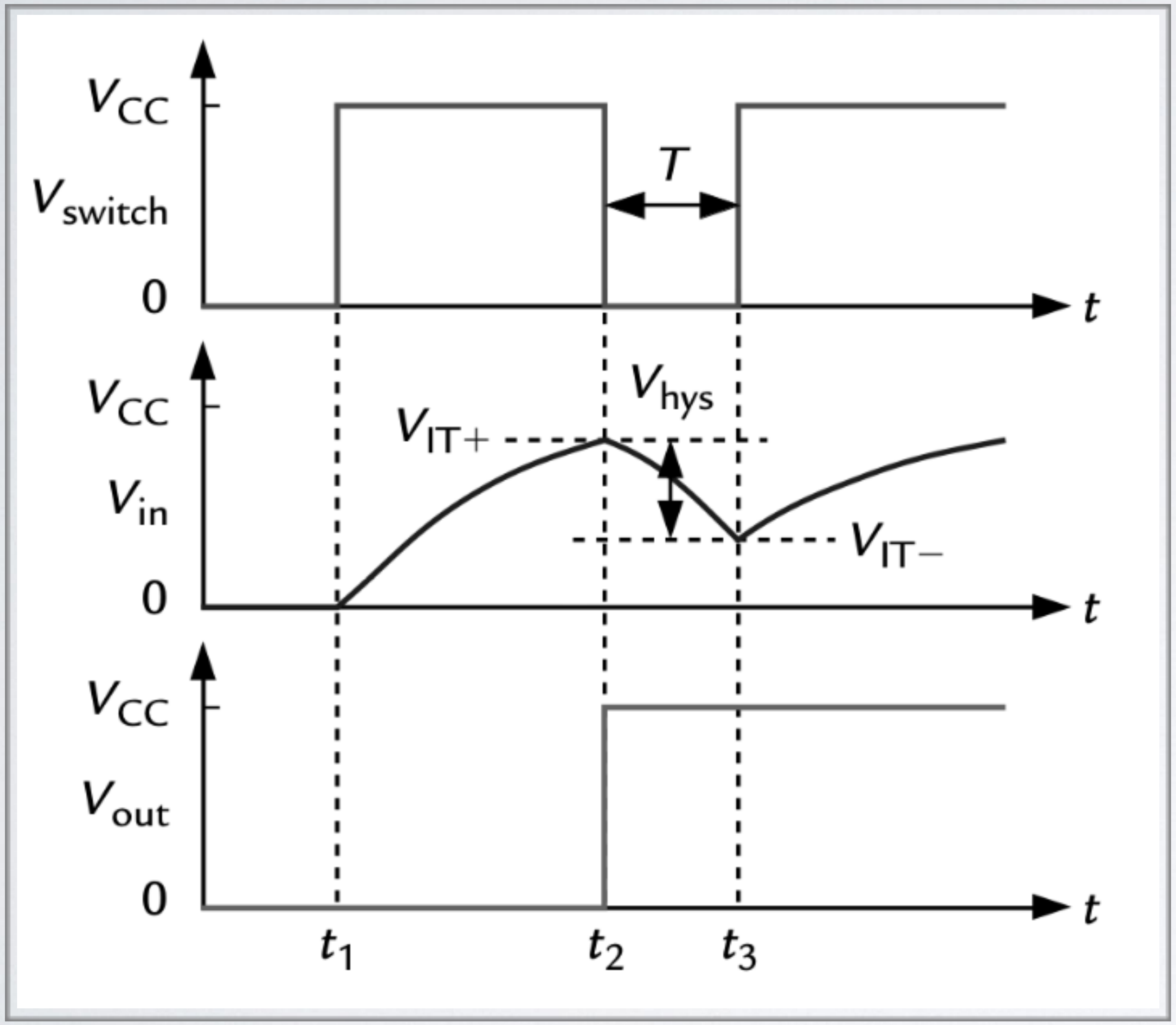
Em t2, a tensão no capacitor atinge Vit+, levando a saída do Schmitt trigger de nível 0 para 1.

DEBOUNCE EM HARDWARE



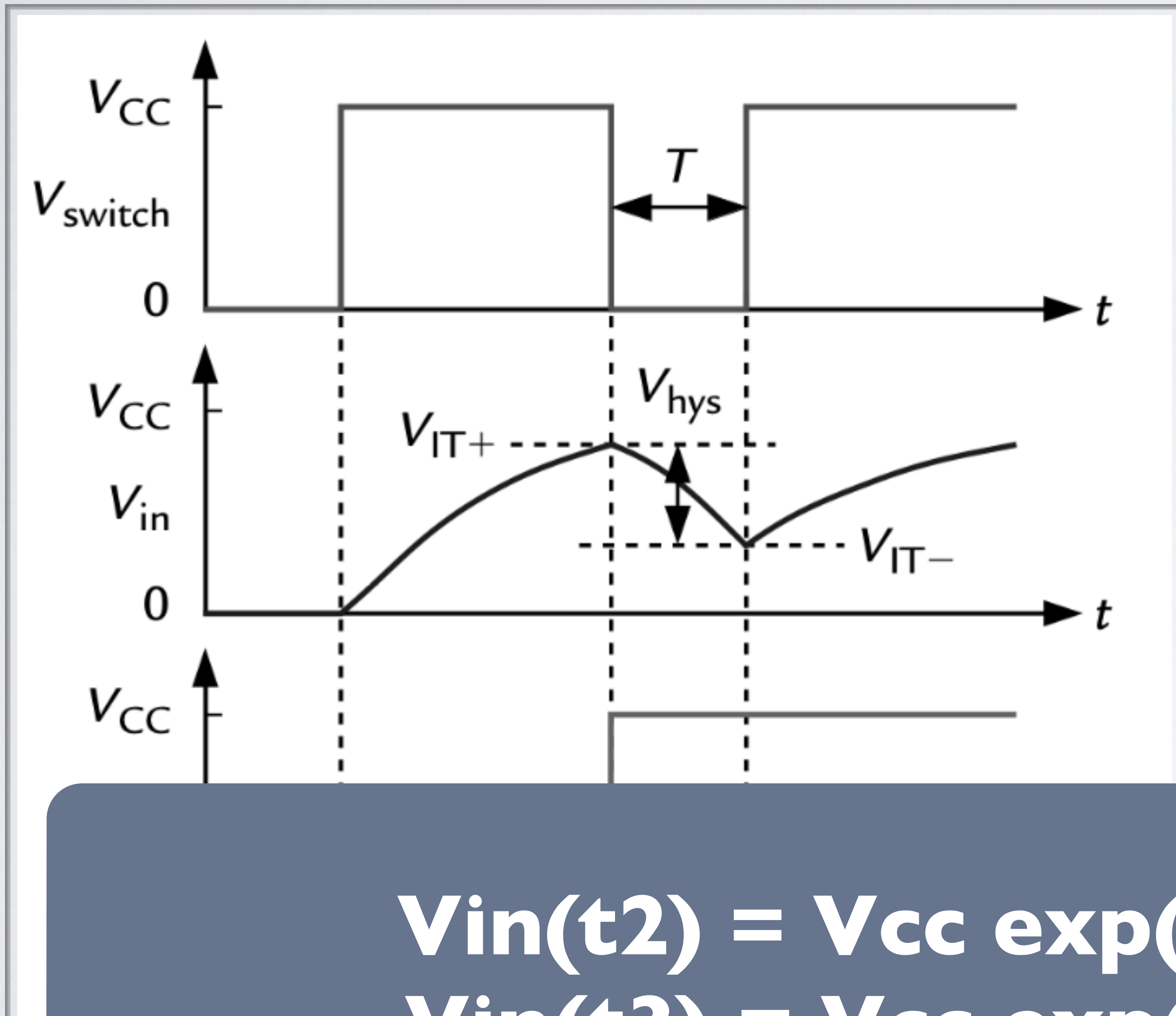
Infelizmente, ocorre um bounce em t2, de duração de T segundos (maior bounce possível).

DEBOUNCE EM HARDWARE



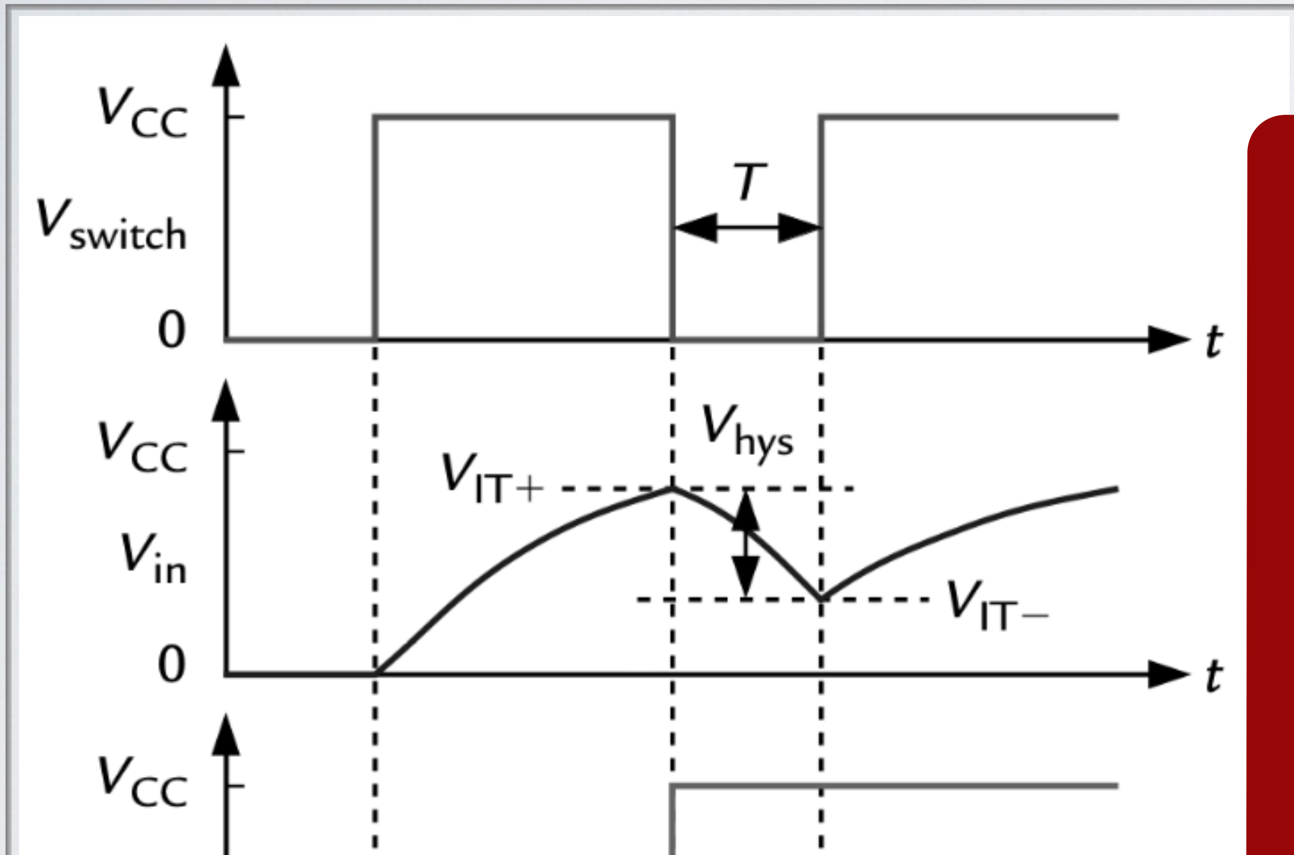
Se em t3 a tensão Vin(t) atingir Vit-, a saída do Schmitt trigger irá para 0 (falso positivo). Temos de evitar isso.

DEBOUNCE EM HARDWARE



Vin(t2) = Vcc exp(-t2/R2/C) = Vit+
Vin(t3) = Vcc exp(-t3/R2/C) = Vit-

DEBOUNCE EM HARDWARE

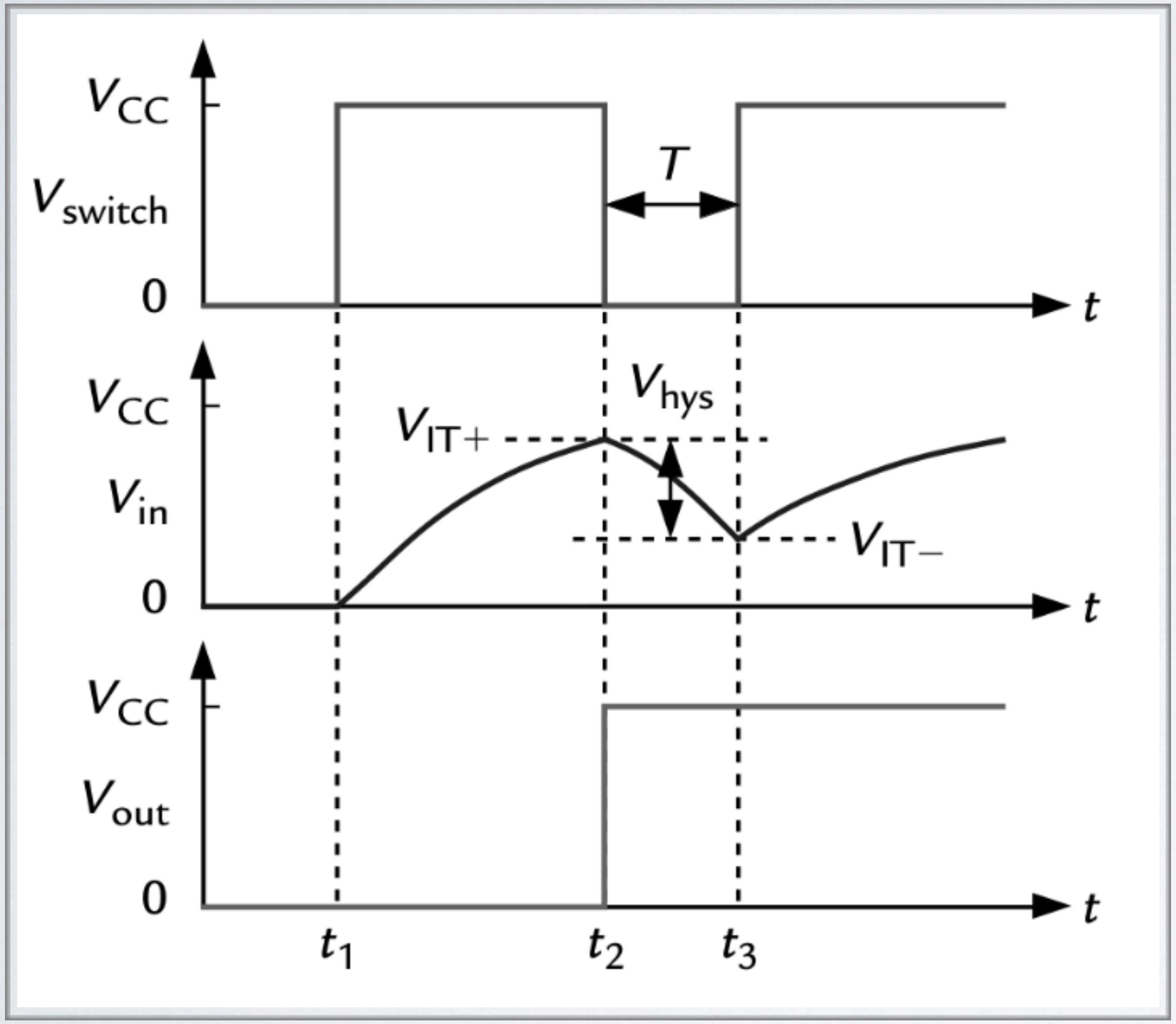


Vin(t2)/Vin(t3) =
Vit+/Vit- =
exp((t3-t2)/R2/C) =
exp(T/R2/C)

R2*C = T/ln(Vit+/Vit-)

Vin(t2) = Vcc exp(-t2/R2/C) = Vit+
Vin(t3) = Vcc exp(-t3/R2/C) = Vit-

DEBOUNCE EM HARDWARE



Para T = 5ms,

Vit+ = 1,65V,

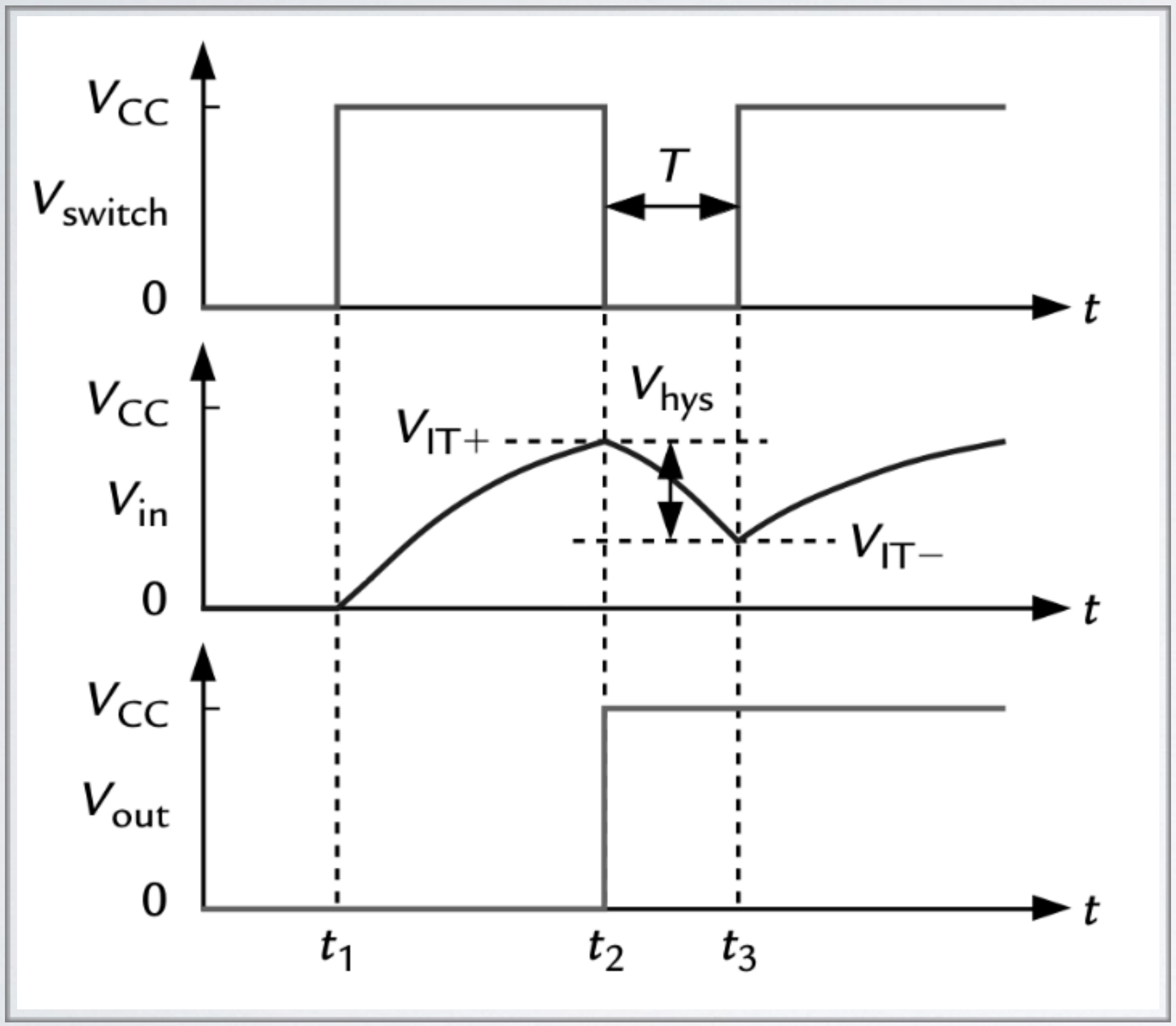
Vit- = 1,35V,

R2*C = 0,0249

Se C = 0,1uF, então

R2 = 250 kOhms.

DEBOUNCE EM HARDWARE



R1 tem efeito quando se pressiona o botão, o que não oferece problemas. Faça R1 grande, tal como 100 kOhms.

DEBOUNCE EM SOFTWARE

Opção 1: detecte uma transição e ignore a entrada pelos próximos x segundos (10ms, por exemplo).

DEBOUNCE EM SOFTWARE

Opção 2: detecte uma transição e inicie um contador. Se a entrada for diferente do estado pré-transição, decremente o contador; se for igual, reinicie-o. Repita até o contador zerar.

DEBOUNCE EM SOFTWARE

Opção 3: semelhante ao anterior, mas deslocando bits para a direita no contador, ao invés de decrementar.