

MICROPROCESSADORES E MICROCONTROLADORES



COMPARATOR_A+

Possui duas entradas, $V+$ e $V-$, e
uma saída, CAOUT:

$$\text{CAOUT}=1 \text{ se } V+ > V-$$

$$\text{CAOUT}=0 \text{ se } V+ < V-$$

COMPARATOR_A+

Funciona como um conversor A/D de 1 bit.

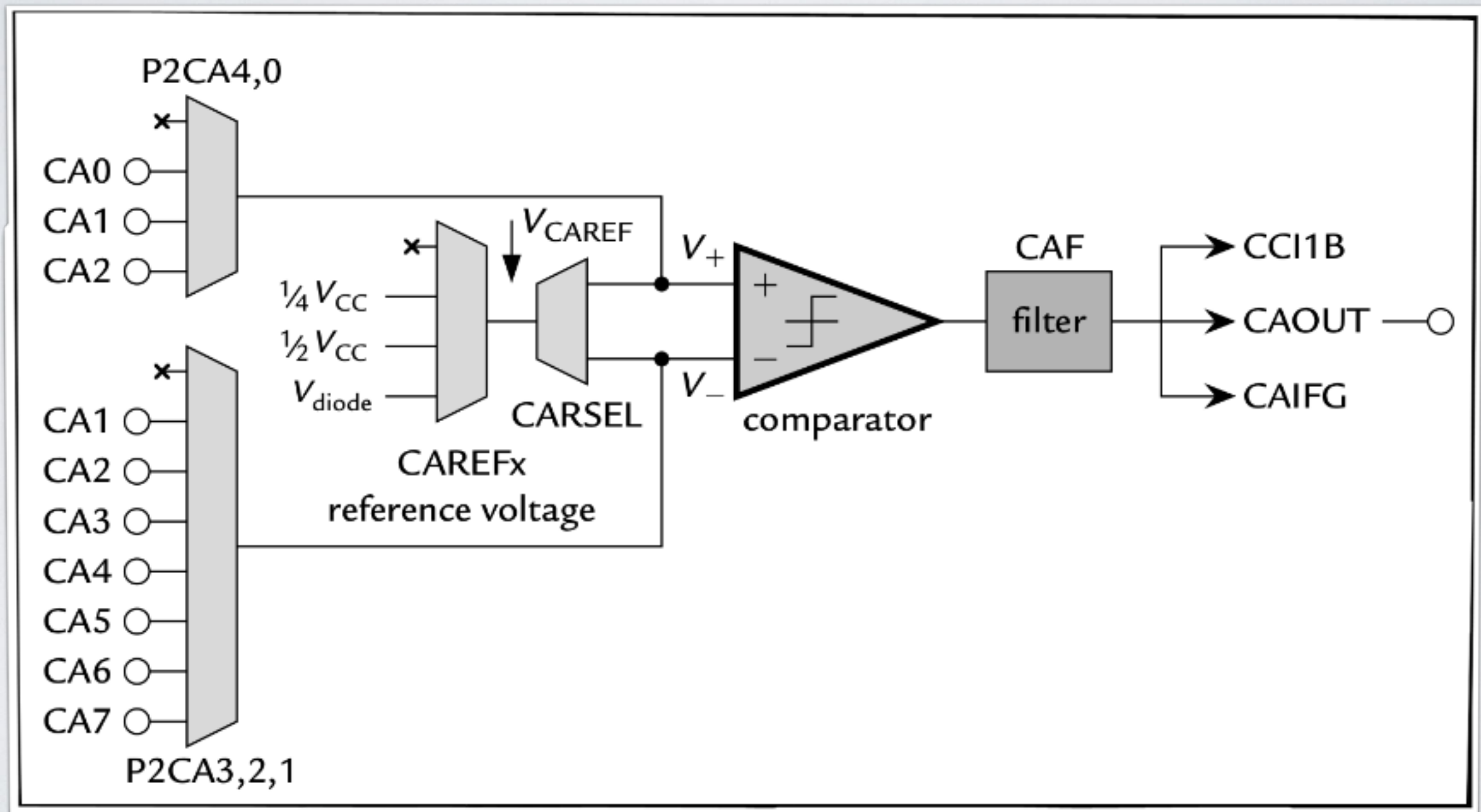
O circuito do Comparator_A+ é feito para CAOUT mudar de valor rapidamente, de 100 a 200 ns.

Possui uma pequena histerese de 1mV, aproximadamente.

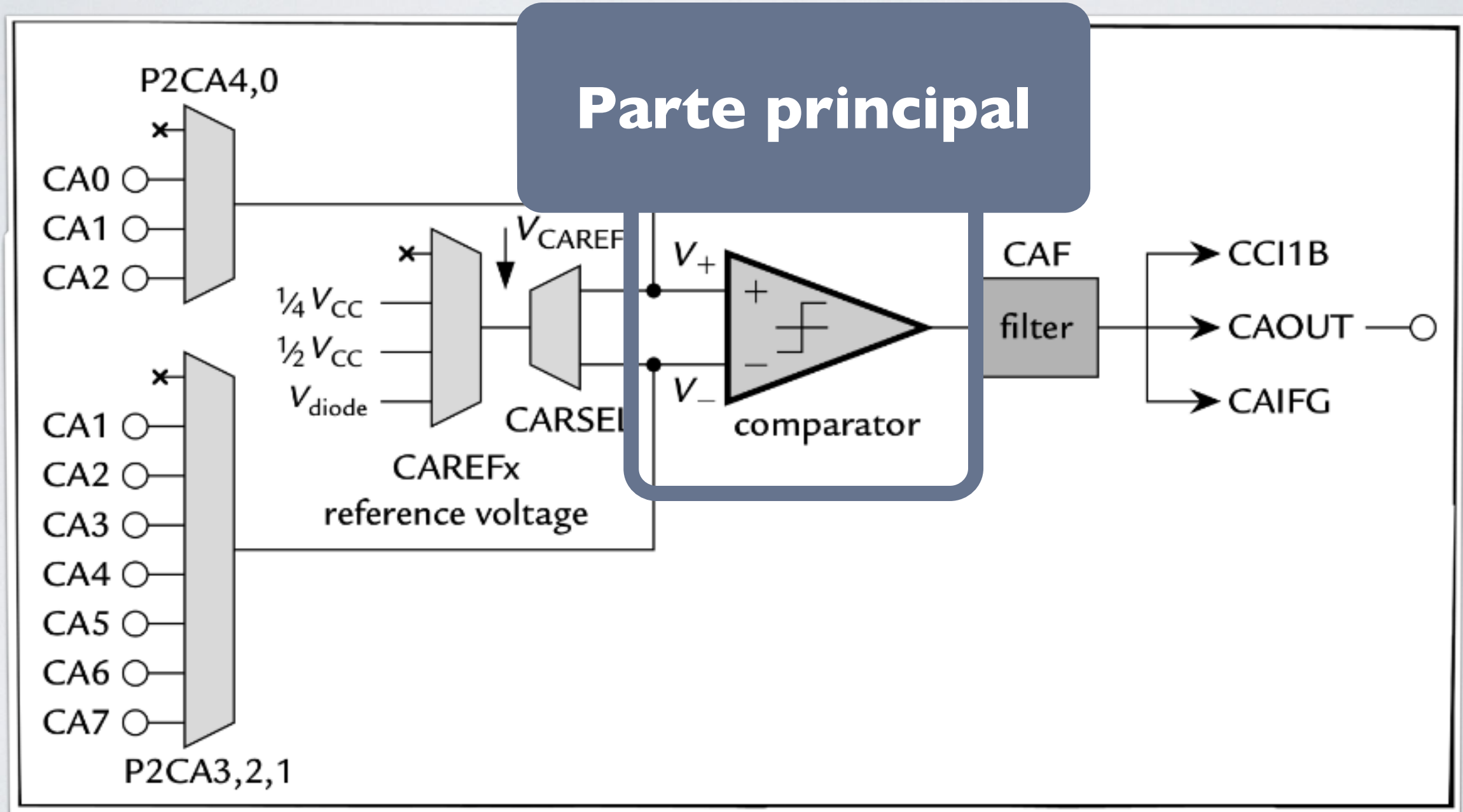
COMPARATOR_A+

NÃO CONFUNDIR com o modo de
comparação do Timer_A.

COMPARATOR_A+

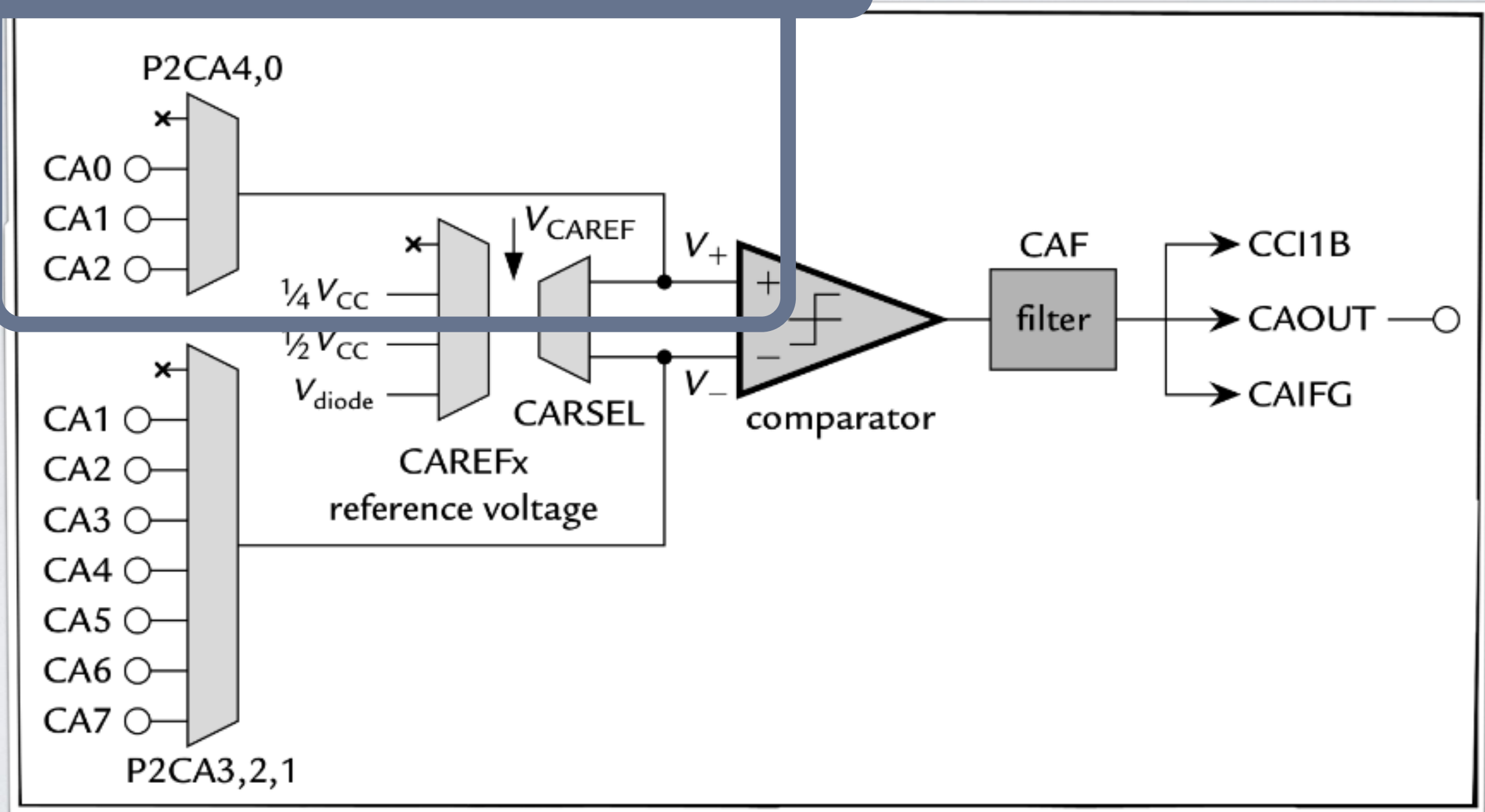


COMPARATOR_A+



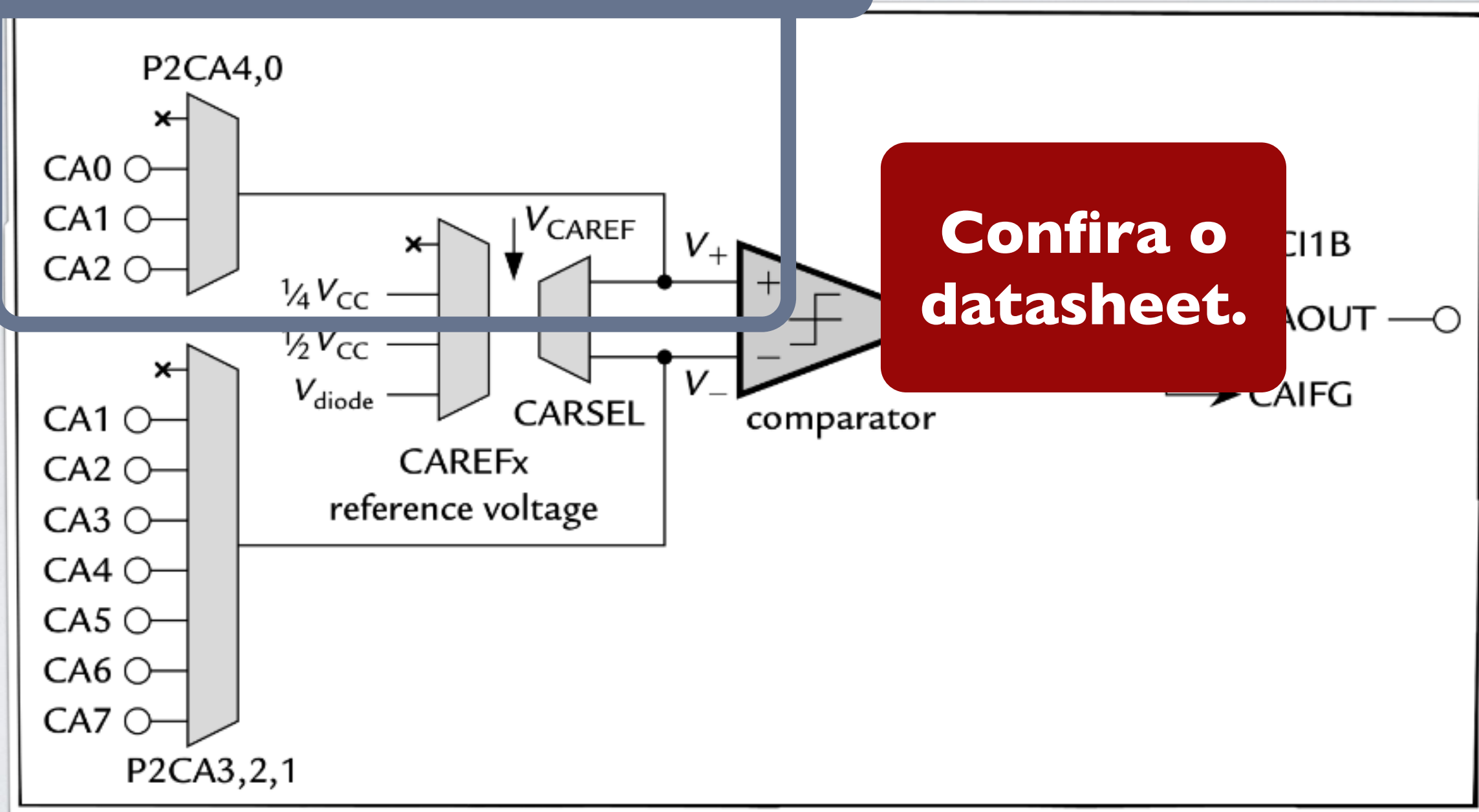
COMPARATOR_A+

V+ pode vir de um pino externo: CA0, CA1 ou CA2.



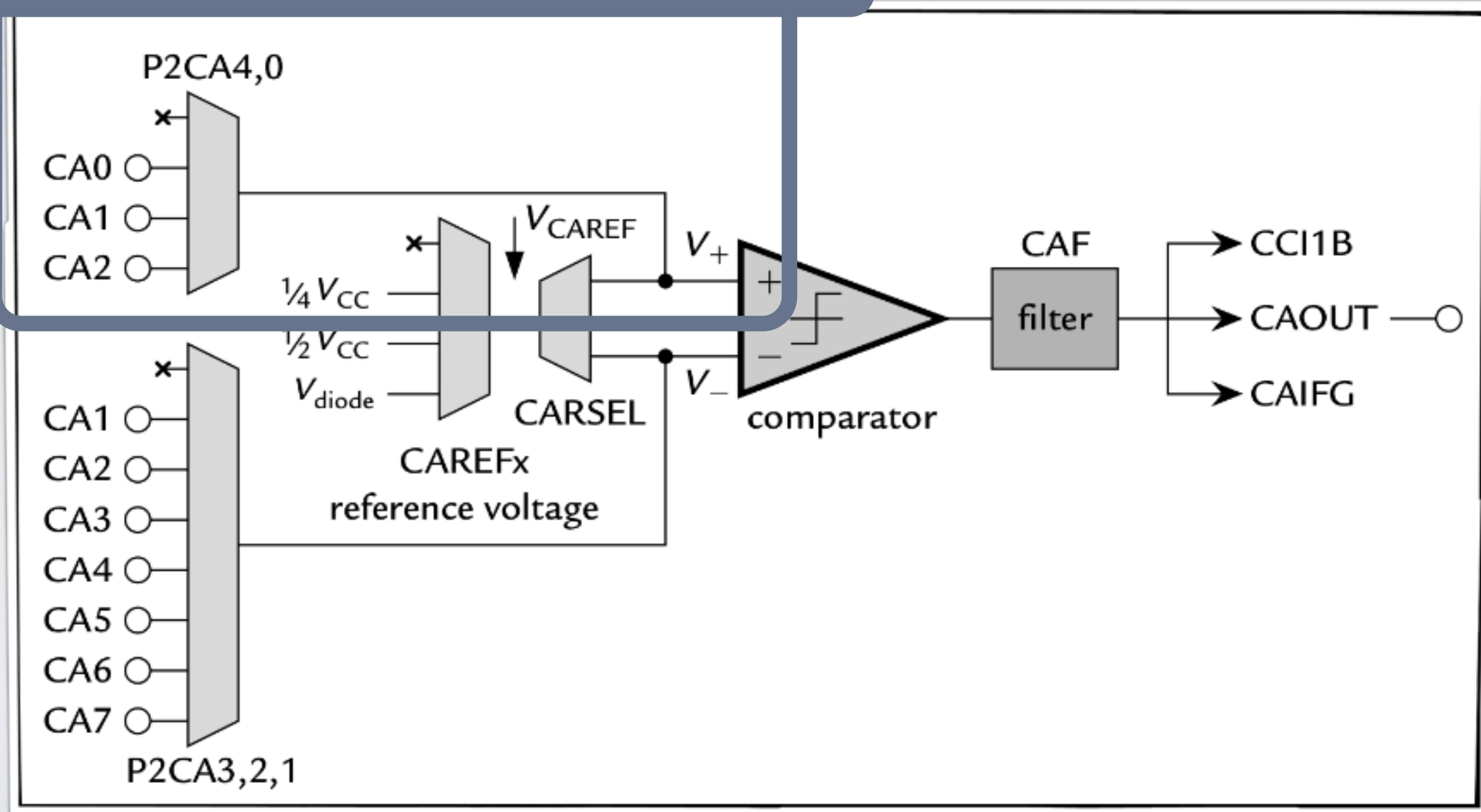
COMPARATOR_A+

V+ pode vir de um pino externo: CA0, CA1 ou CA2.



O pino é escolhido pelos bits
P2CA4 e P2CA0 no
registrador CACTL2.

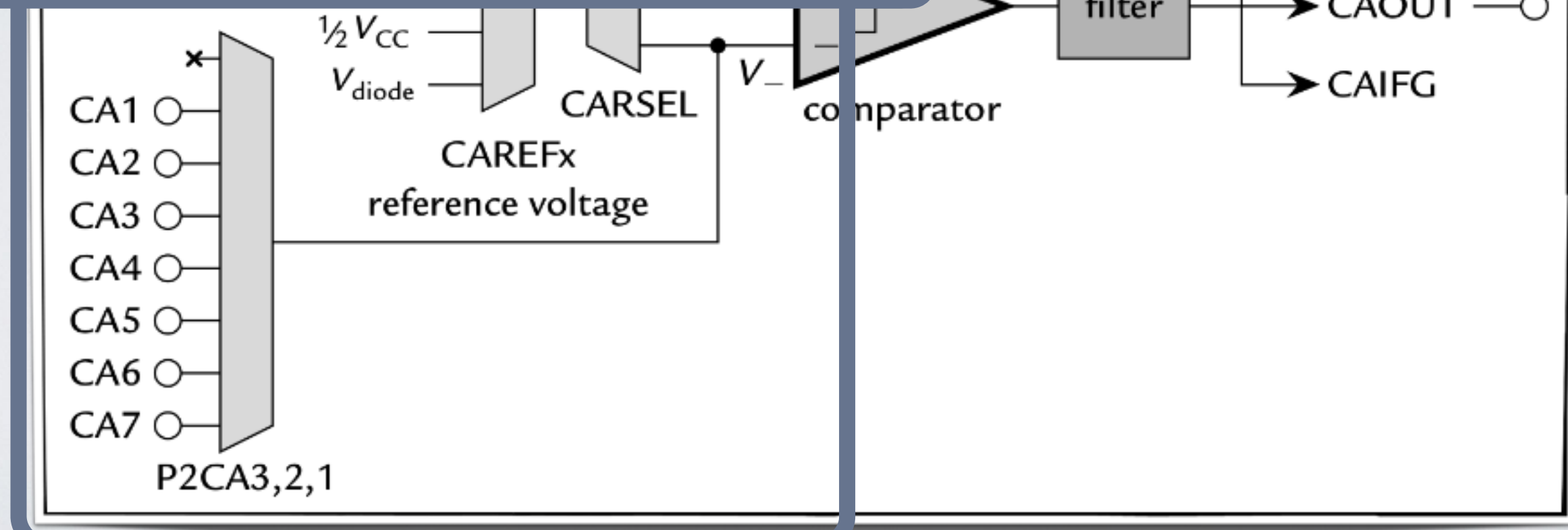
OR_A+



V- pode vir de um pino externo: CA1, CA2, ..., CA7.

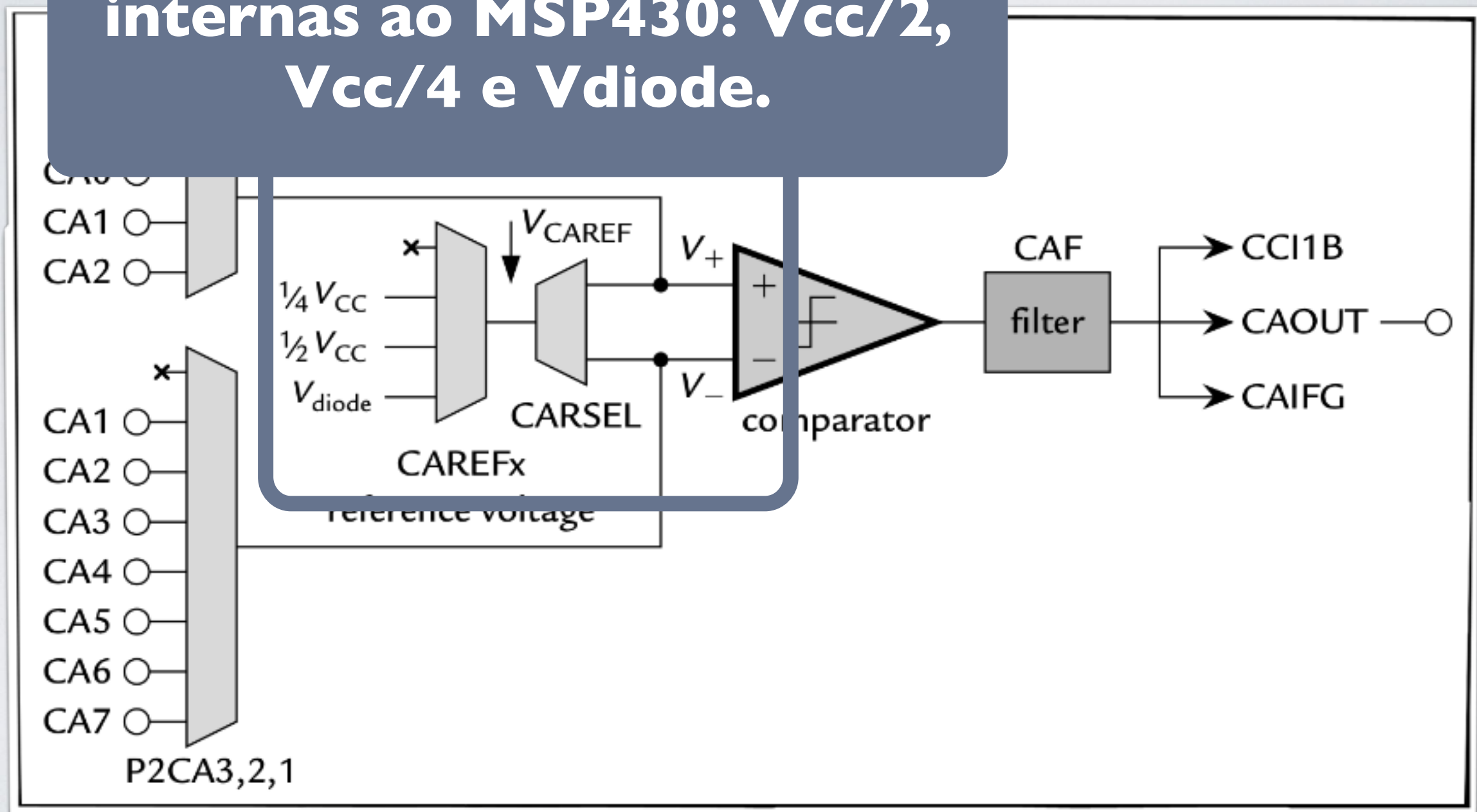
A escolha é feita pelos bits P2CA1, P2CA2 e P2CA3 em CACTL2.

OR_A+



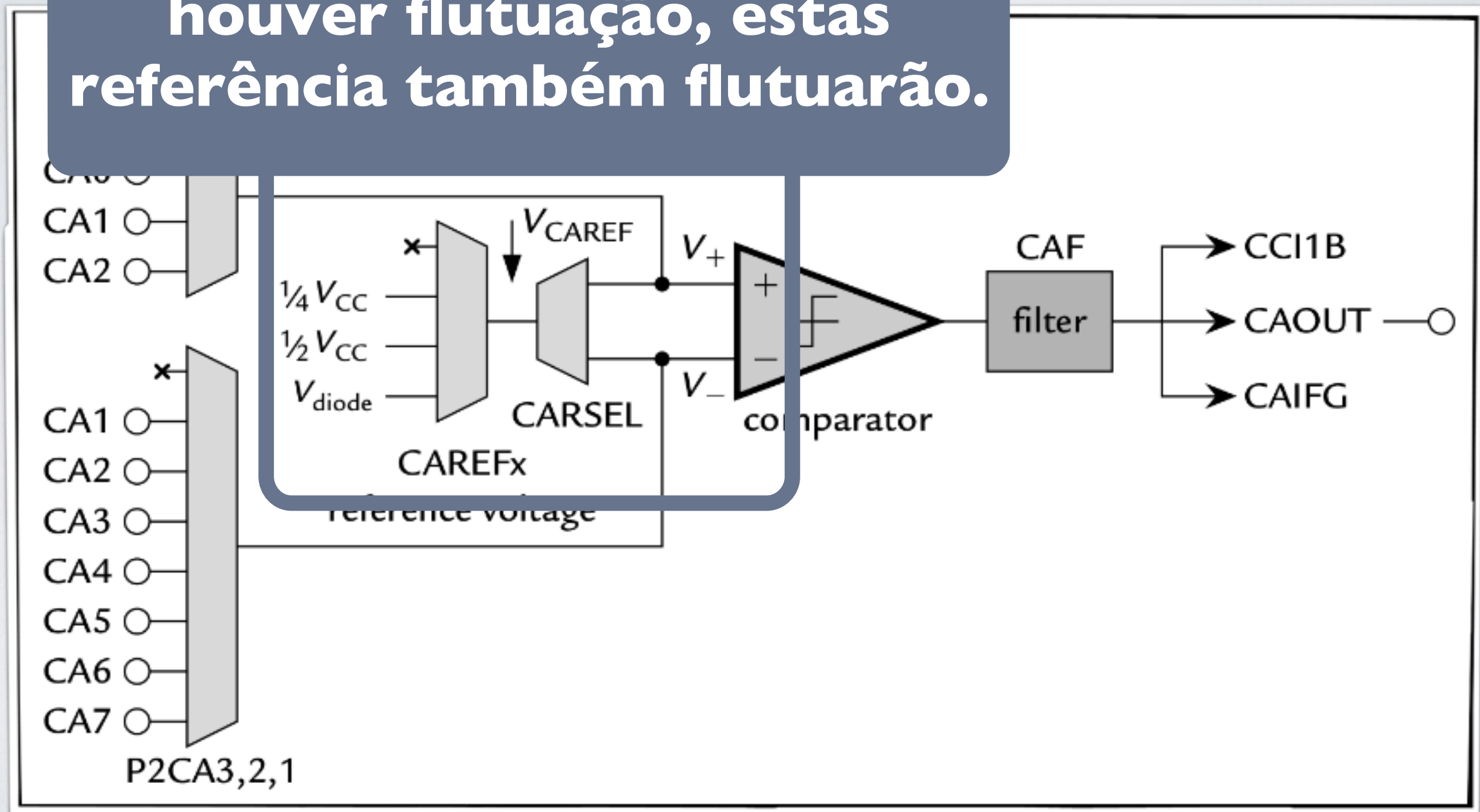
V+ e V- podem ser conectados a referências internas ao MSP430: $V_{CC}/2$, $V_{CC}/4$ e V_{diode} .

R_A+



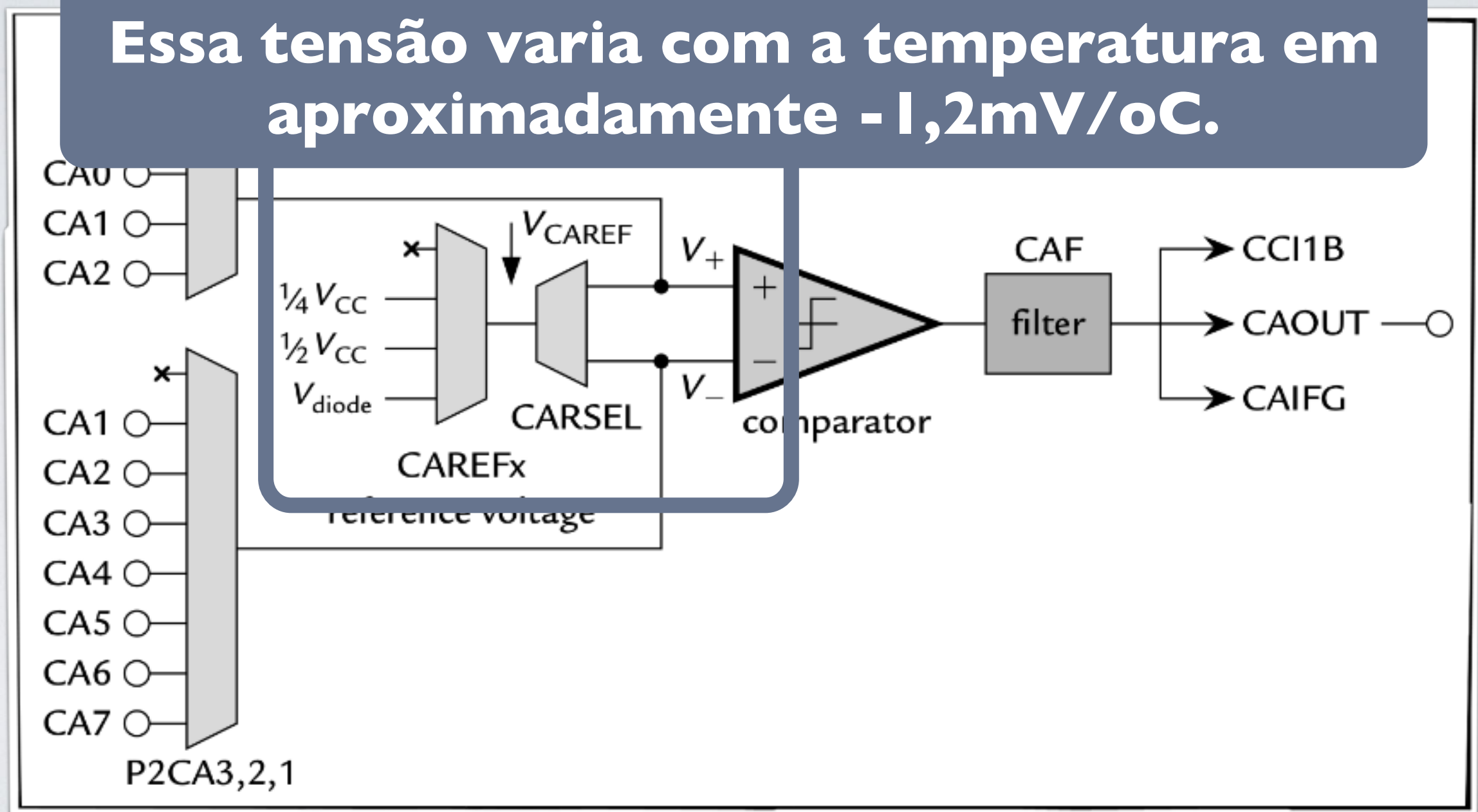
$V_{CC}/2$ e $V_{CC}/4$ refletem a alimentação do sistema: se houver flutuação, estas referência também flutuarão.

$R_{-}A+$



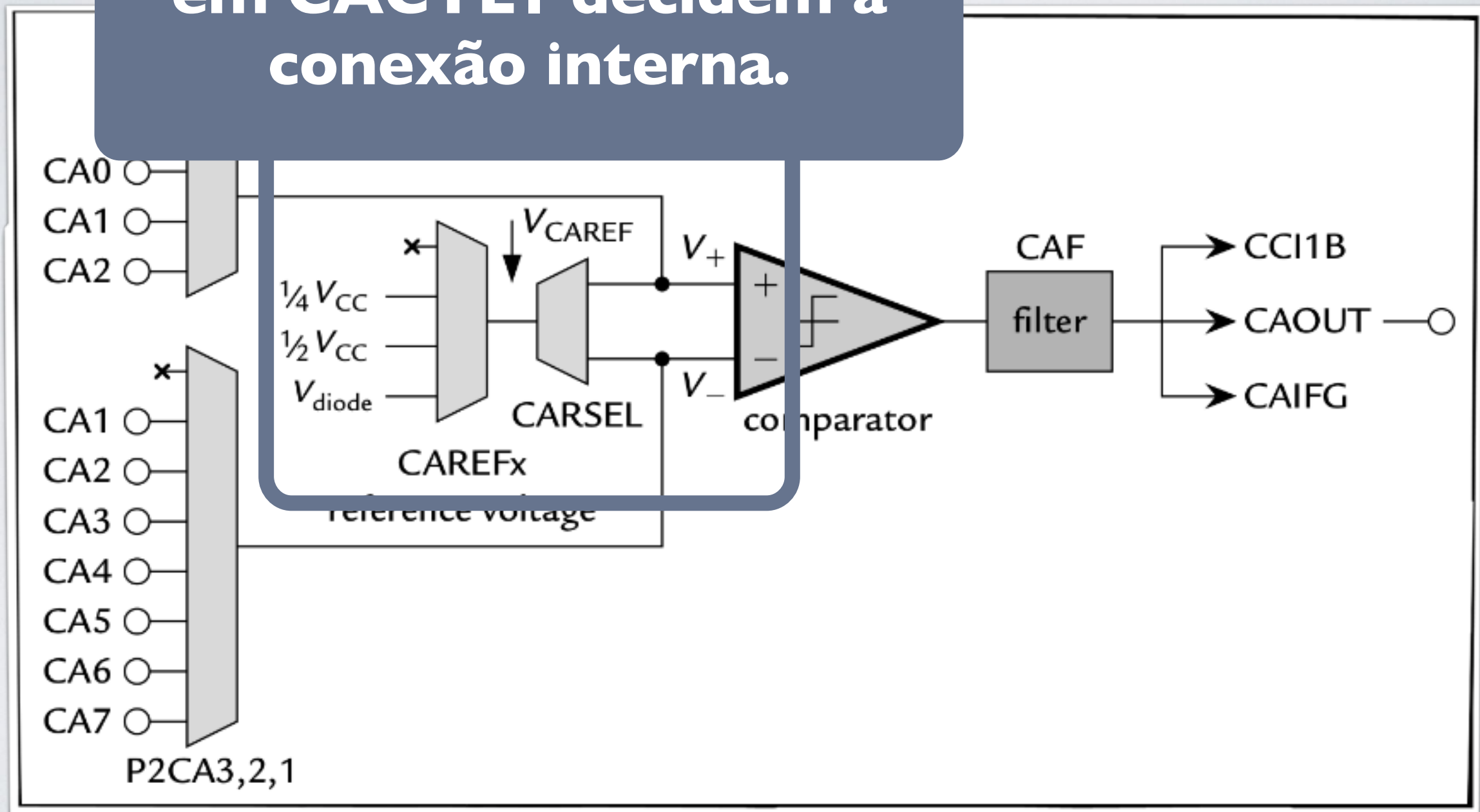
V_{diode} é a tensão porta-fonte de um transistor, tendo valor nominal de 0,55V.

Essa tensão varia com a temperatura em aproximadamente $-1,2\text{mV}/^{\circ}\text{C}$.



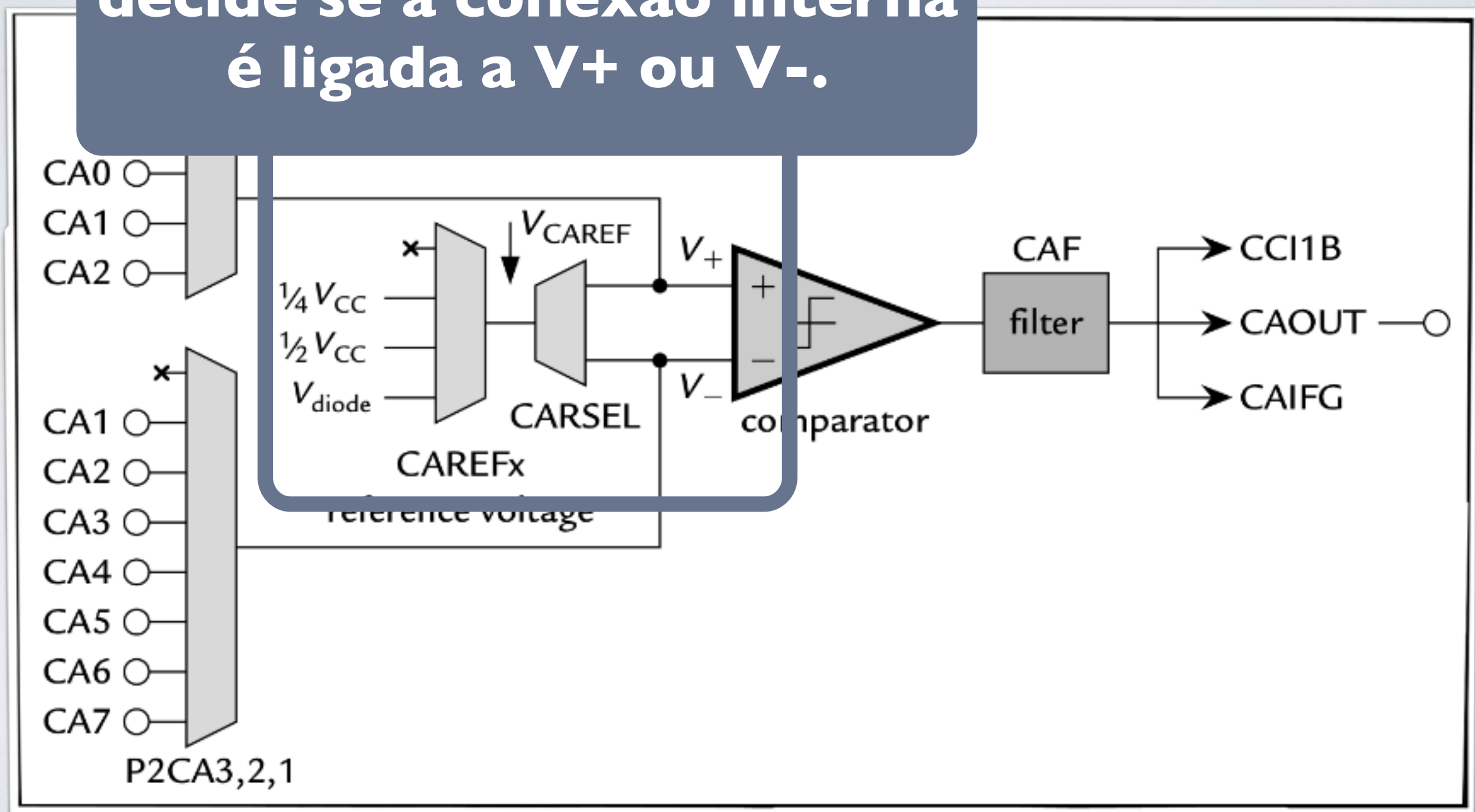
COMPARATOR_A+

Os bits CAREF0 e CAREF1 em CACTL1 decidem a conexão interna.

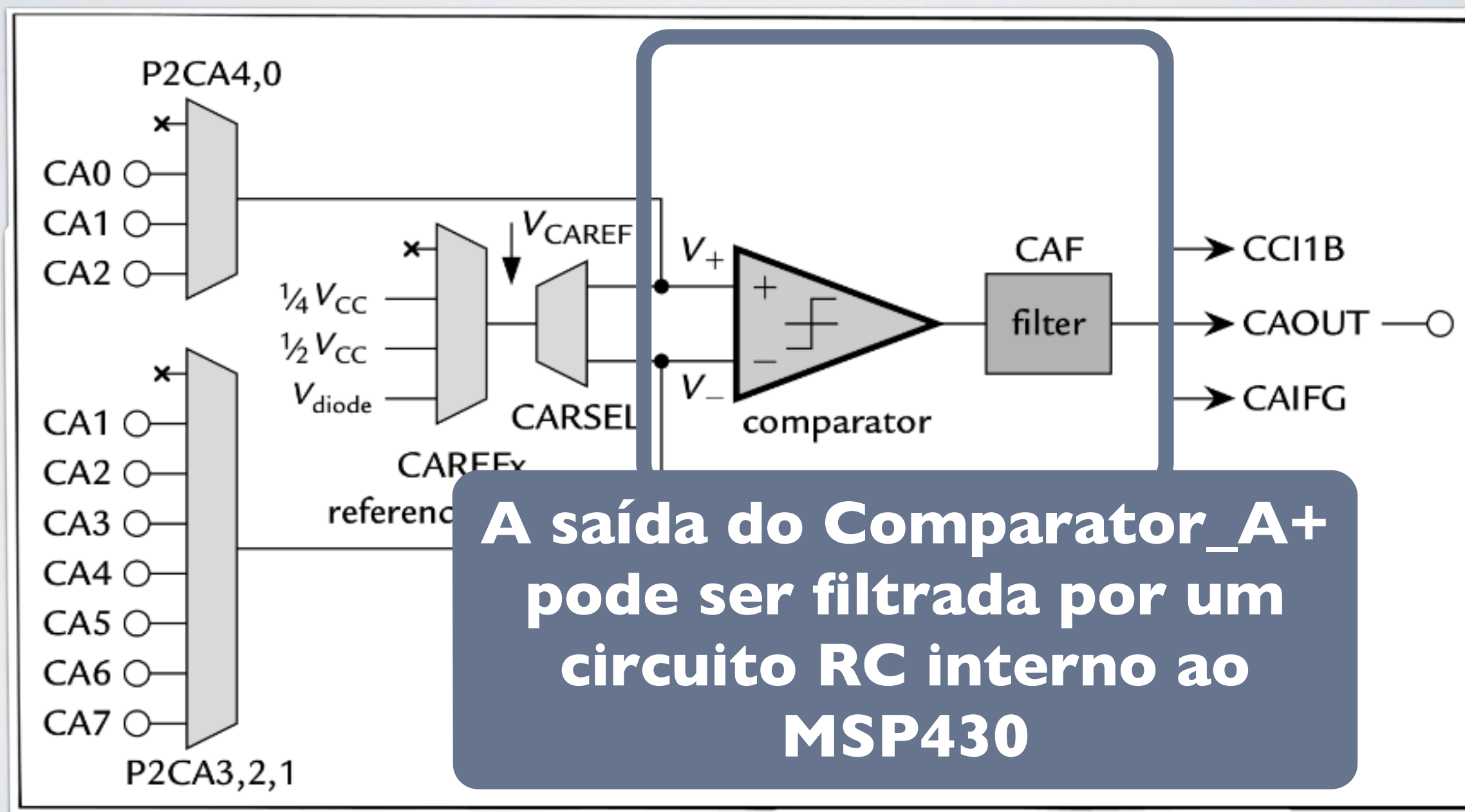


COMPARATOR_A+

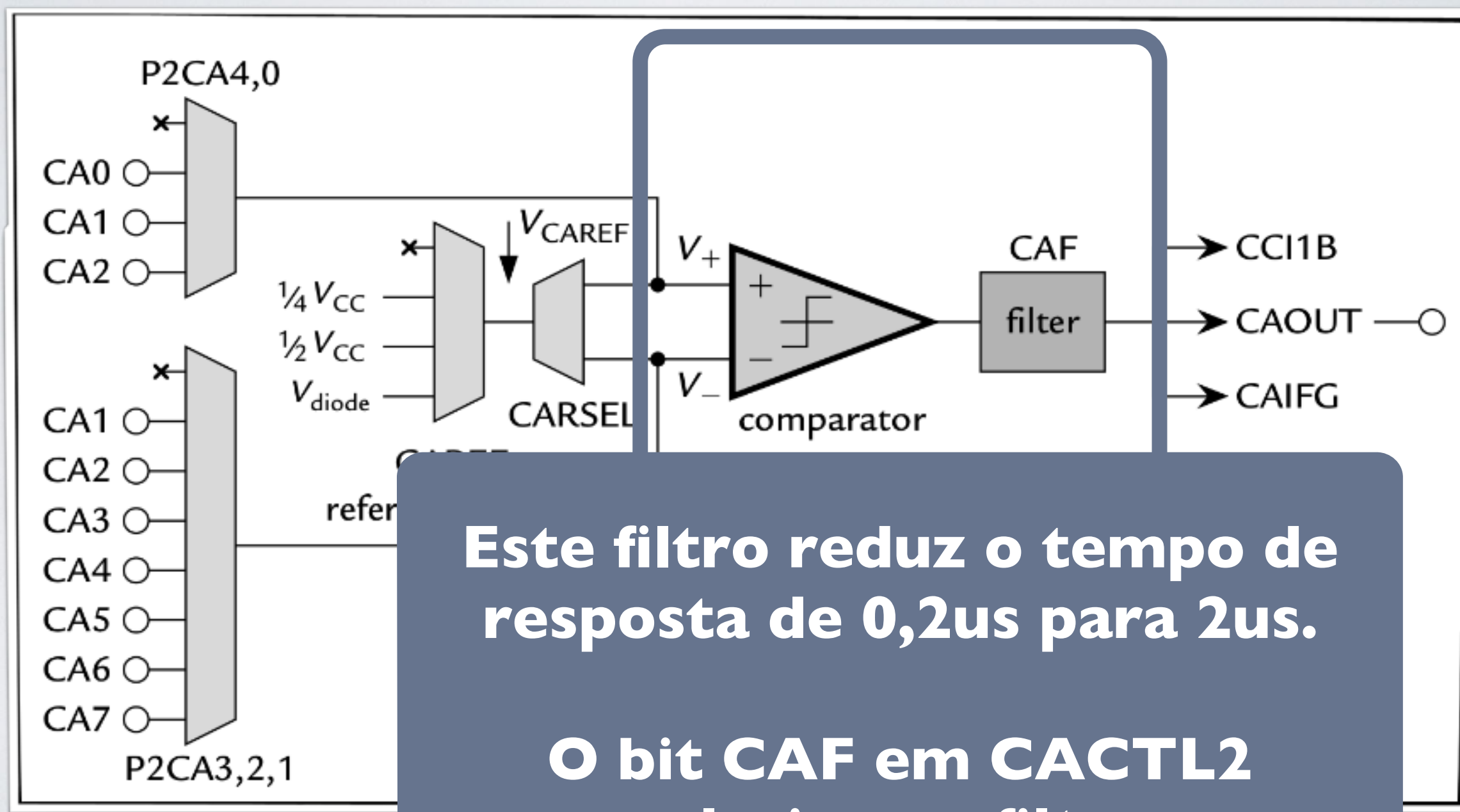
O bit **CARSEL** em **CACTLI** decide se a conexão interna é ligada a V_+ ou V_- .



COMPARATOR_A+



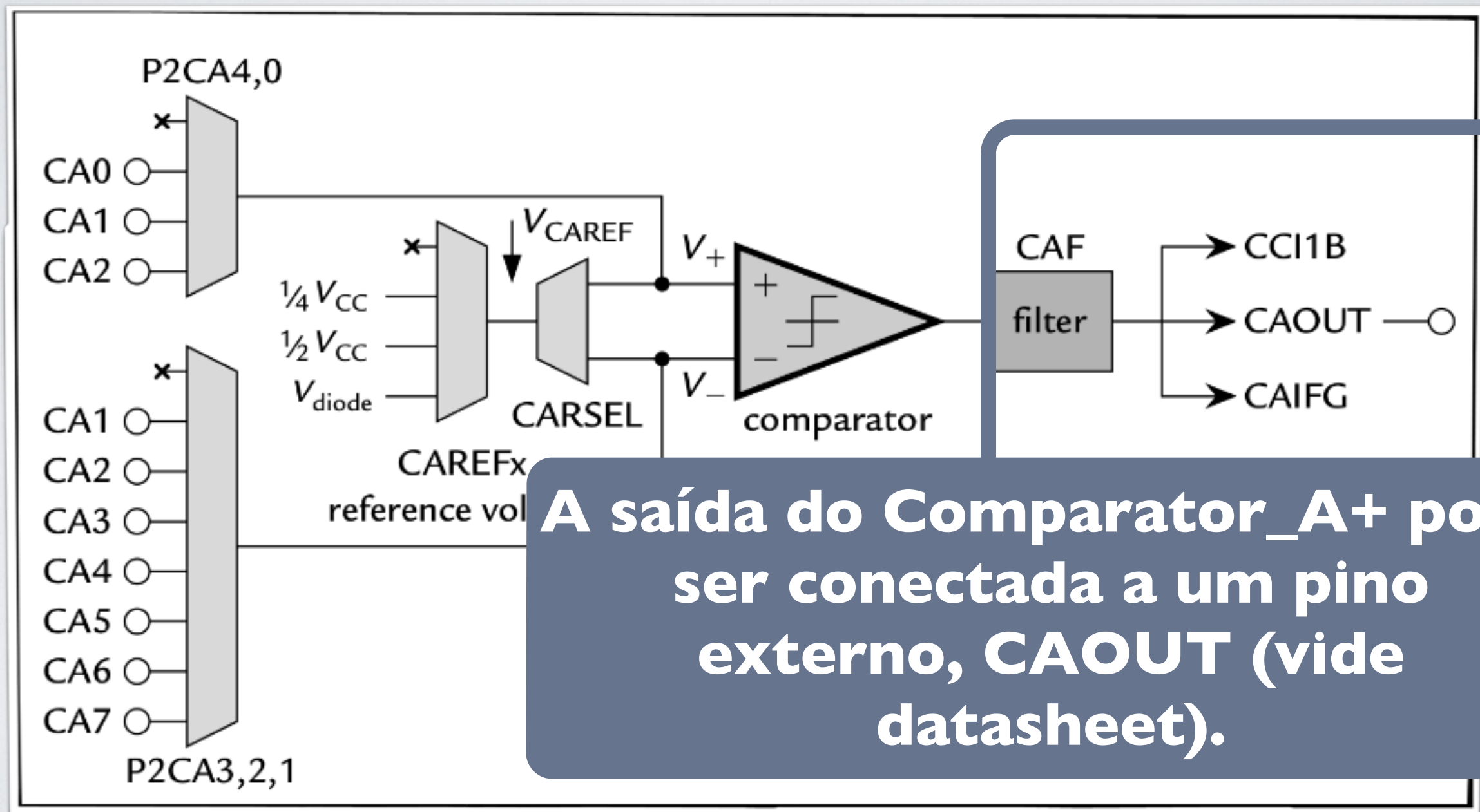
COMPARATOR_A+



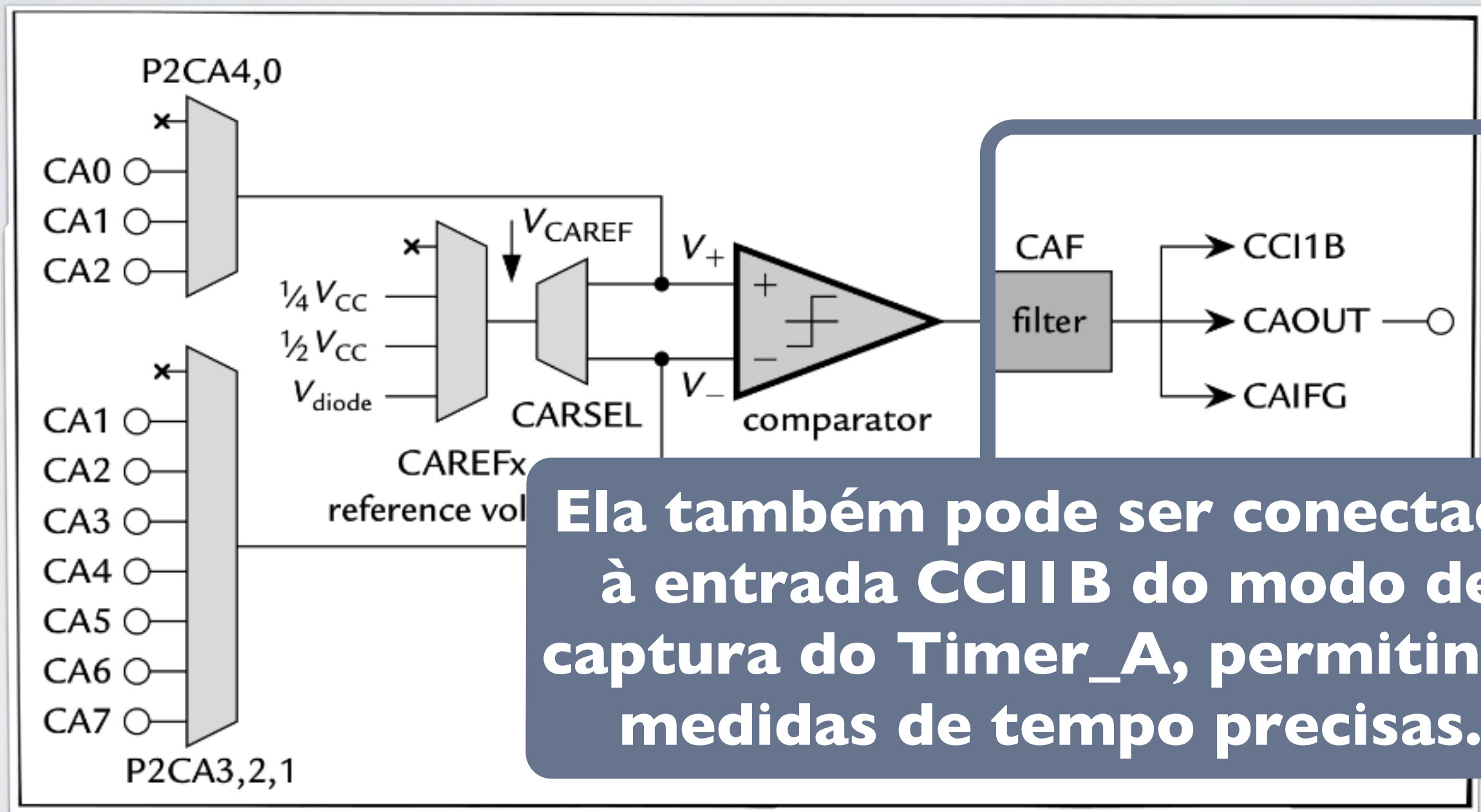
Este filtro reduz o tempo de resposta de 0,2us para 2us.

O bit CAF em CACTL2 seleciona o filtro.

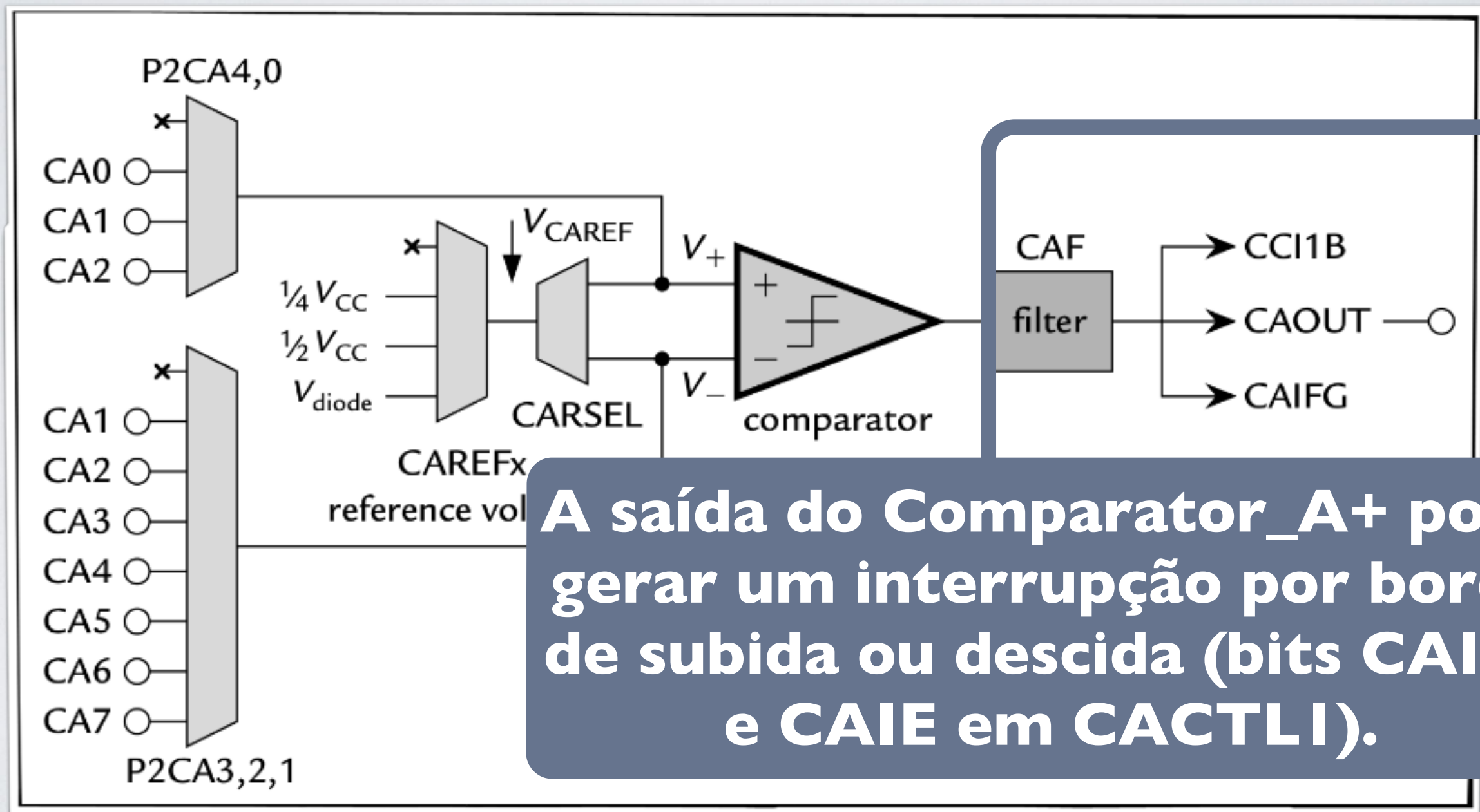
COMPARATOR_A+



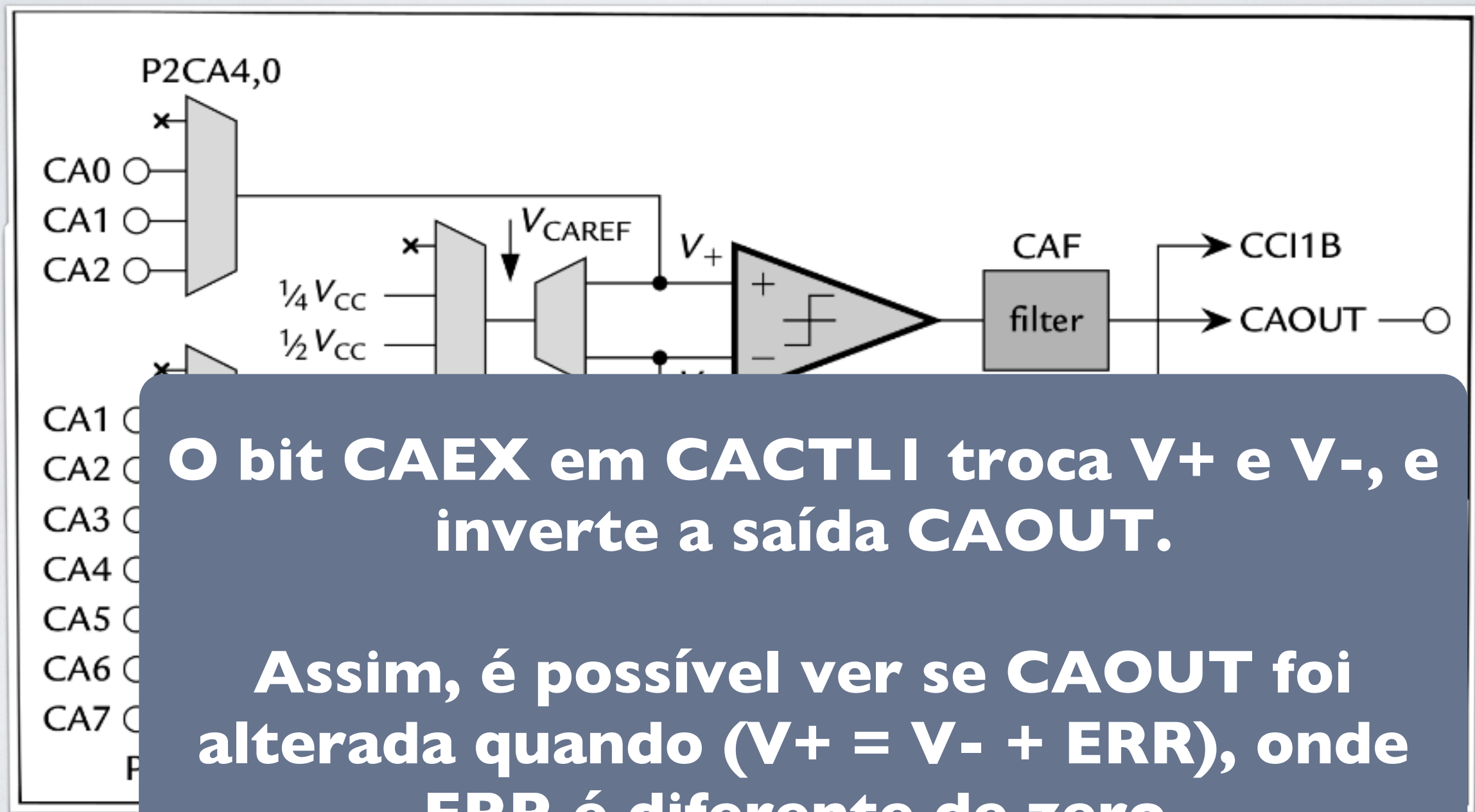
COMPARATOR_A+



COMPARATOR_A+



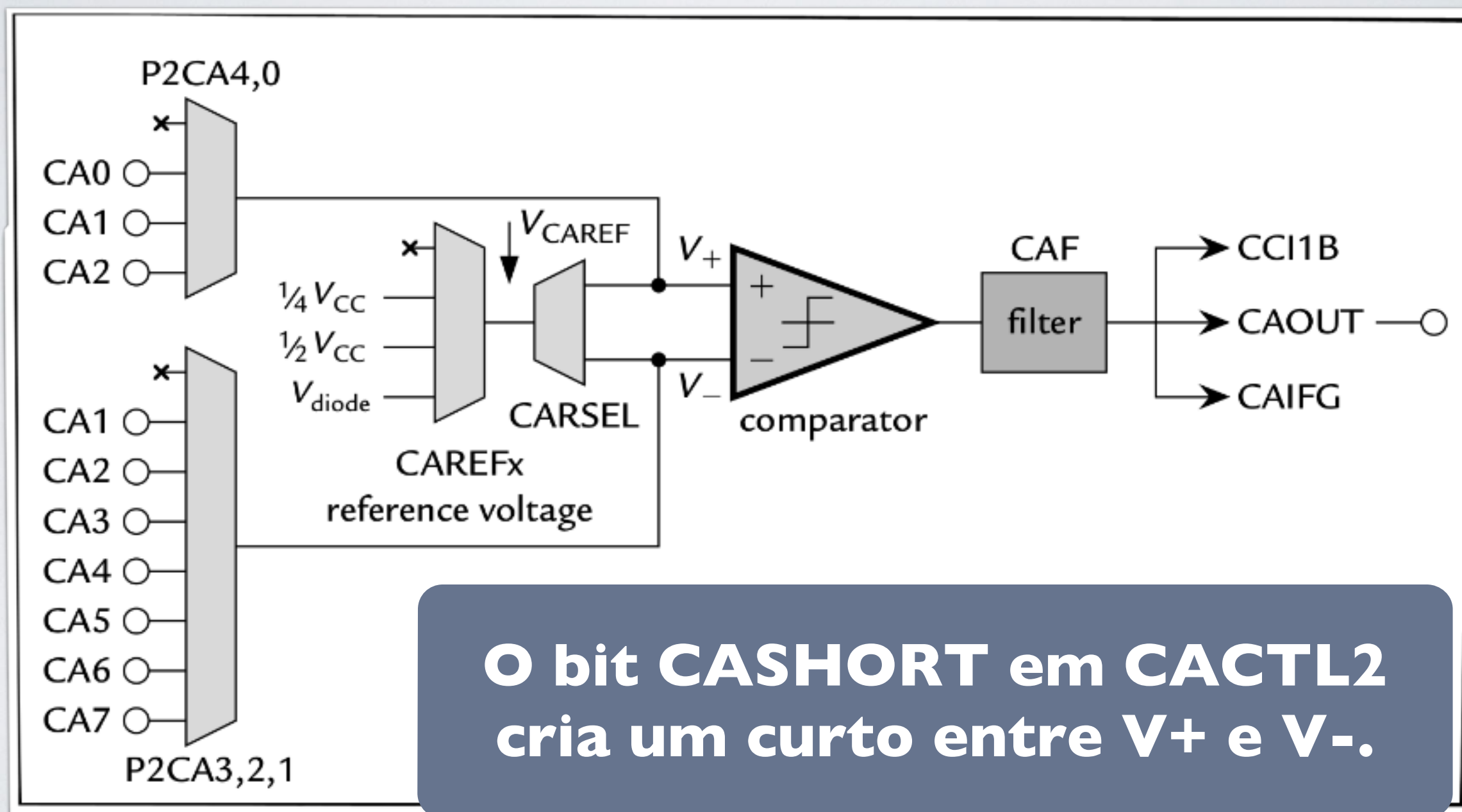
COMPARATOR_A+



○ bit **CAEX** em **CACTLI** troca V_+ e V_- , e inverte a saída **CAOUT**.

Assim, é possível ver se **CAOUT** foi alterada quando ($V_+ = V_- + ERR$), onde **ERR** é diferente de zero.

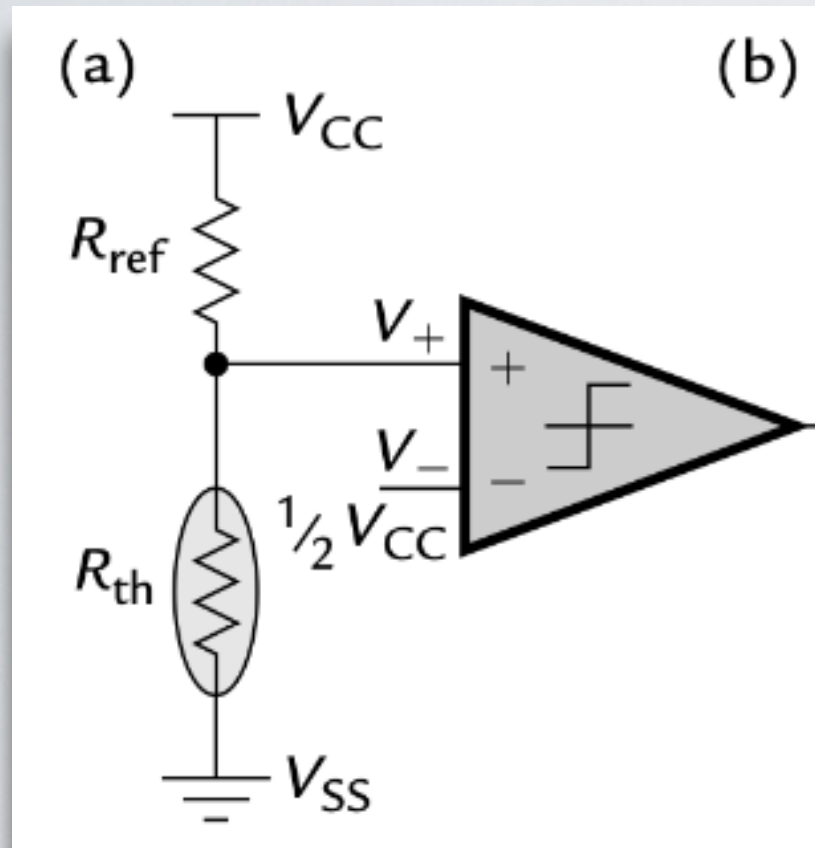
COMPARATOR_A+



COMPARATOR_A+

○ Comparator_A+ pode ser usado para medir temperatura, resistência, capacitância, entre outros.

TEMPERATURA

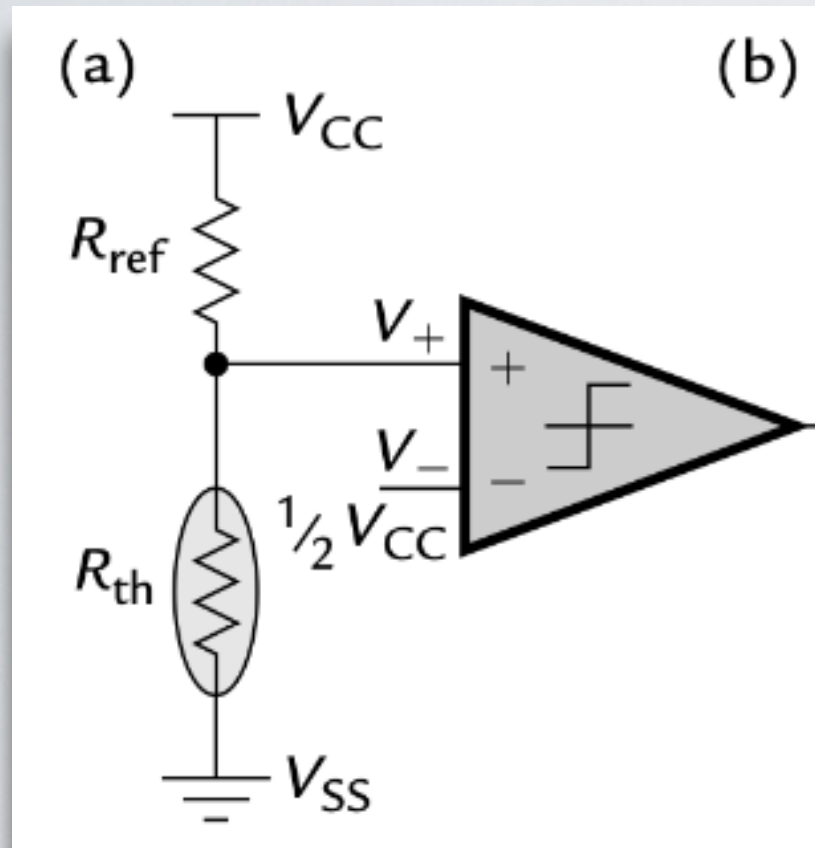


$$R(T) = R_0 \exp(x) \left(\frac{B}{T} - \frac{B}{T_0} \right),$$

Circuito simples para avaliar se a temperatura está acima ou abaixo de uma temperatura fixa.

R_{th} é um termistor, um resistor que depende da temperatura.

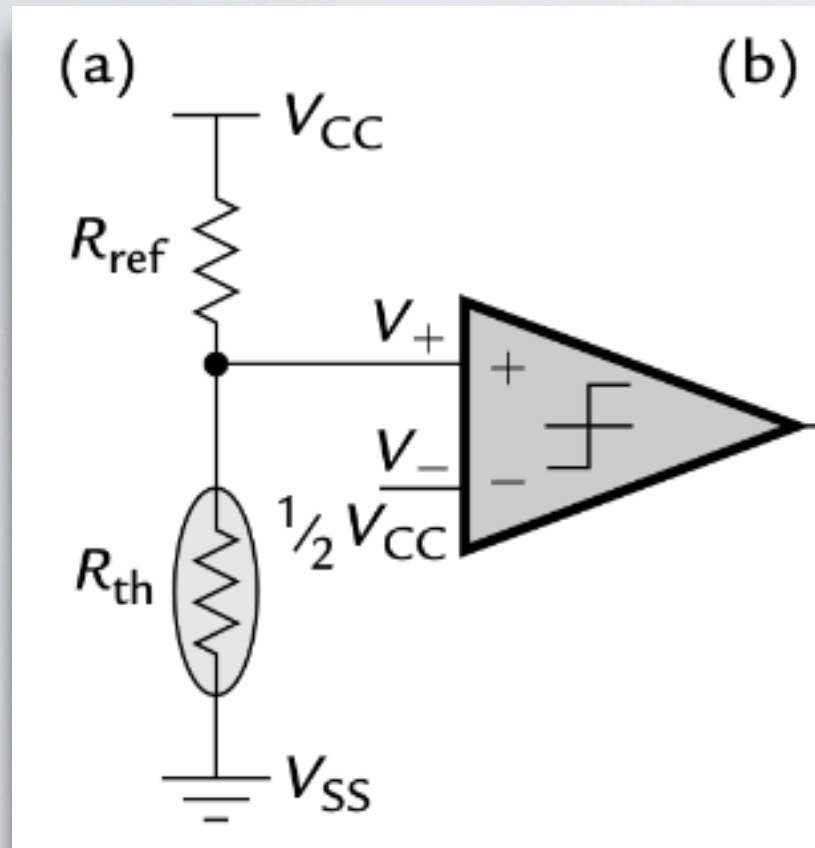
TEMPERATURA



$$R(T) = R_0 \exp(x) \left(\frac{B}{T} - \frac{B}{T_0} \right),$$

$R(T)$ é a resistência do termistor
 R_{th} , T é a temperatura em Kelvins,
 B é um coeficiente (3600 K, por exemplo) e R_0 é a resistência a T_0 Kelvin (10 kOhm e 298 K, por exemplo).

TEMPERATURA

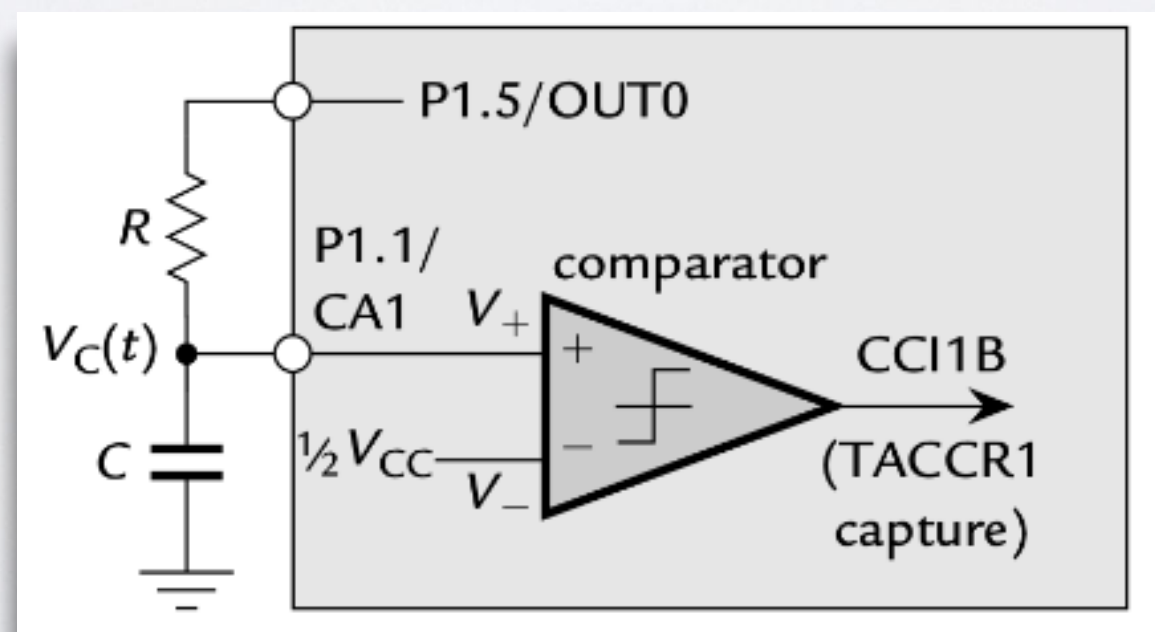


$$R(T) = R_0 \exp(x) \left(\frac{B}{T} - \frac{B}{T_0} \right),$$

Termistores podem ter outros modelos, e podem ser do tipo PTC (coeficiente de temperatura positivo) ou NTC (coeficiente de temperatura negativo).

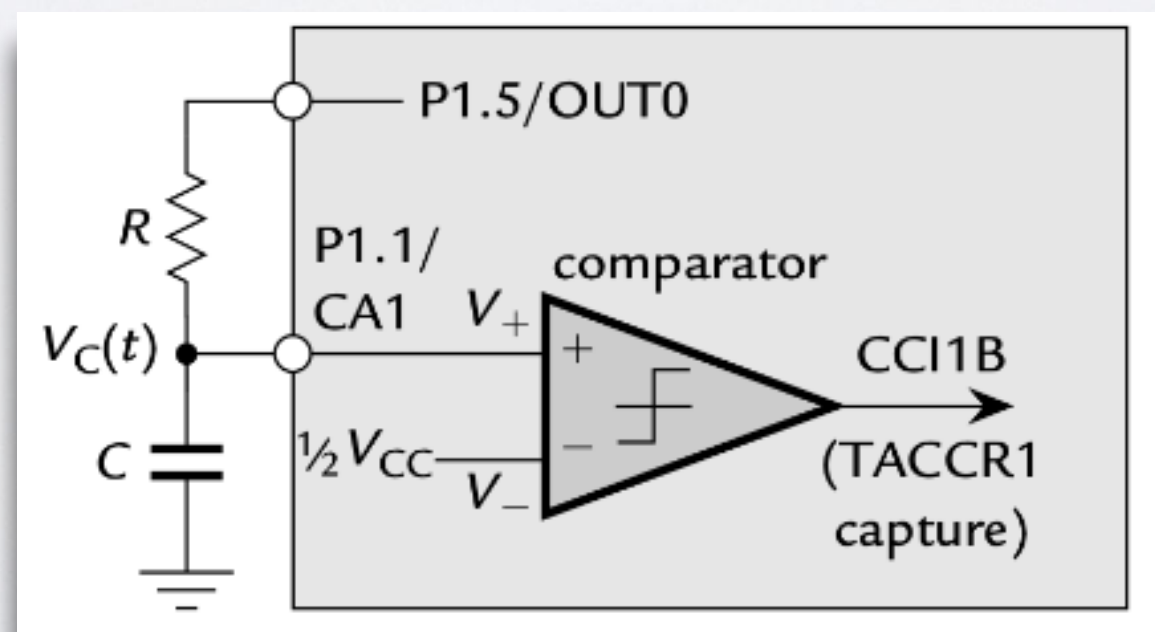
RESISTÊNCIA

O circuito abaixo permite a medição de resistência, sabendo os valores de C e da frequência do clock do Timer_A.



RESISTÊNCIA

1. Faça $P1.5=1$ até o capacitor carregar.
2. Faça $P1.5=0$ e meça o tempo que leva para $V+ = V-$ (utilize o modo de captura do Timer_A para maior precisão).

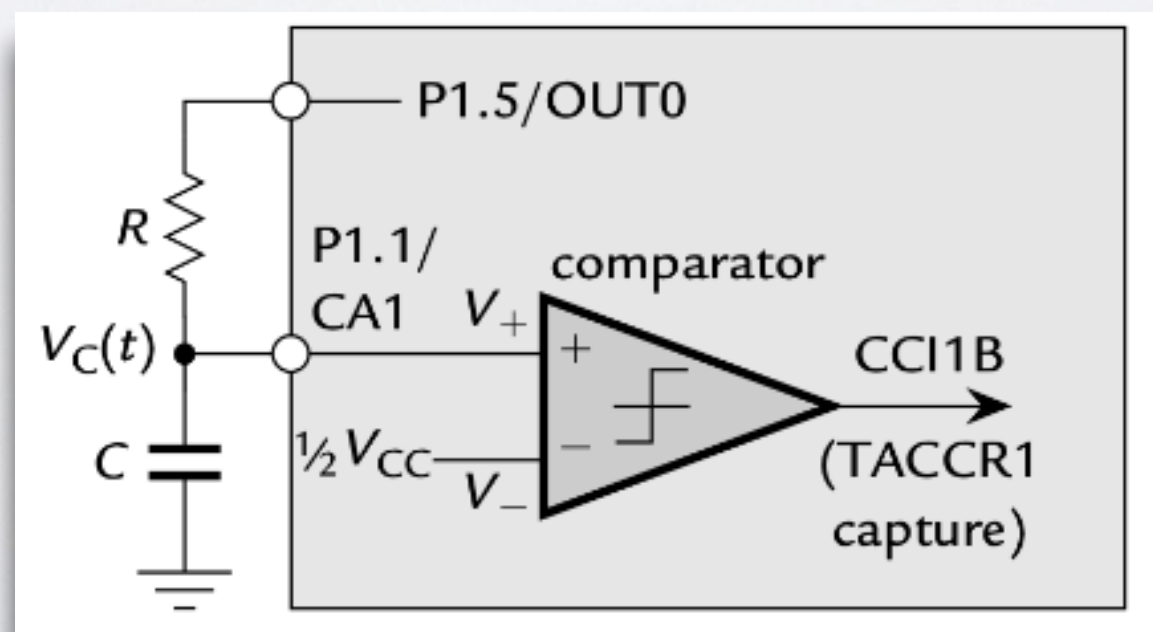


RESISTÊNCIA

$$V_+(t) = V_{cc} \exp(-t/RC)$$

$$V_+(0) = V_{cc}$$

$$V_+(t_1) = V_{cc}/2 = V_{cc} \exp(-t_1/RC)$$

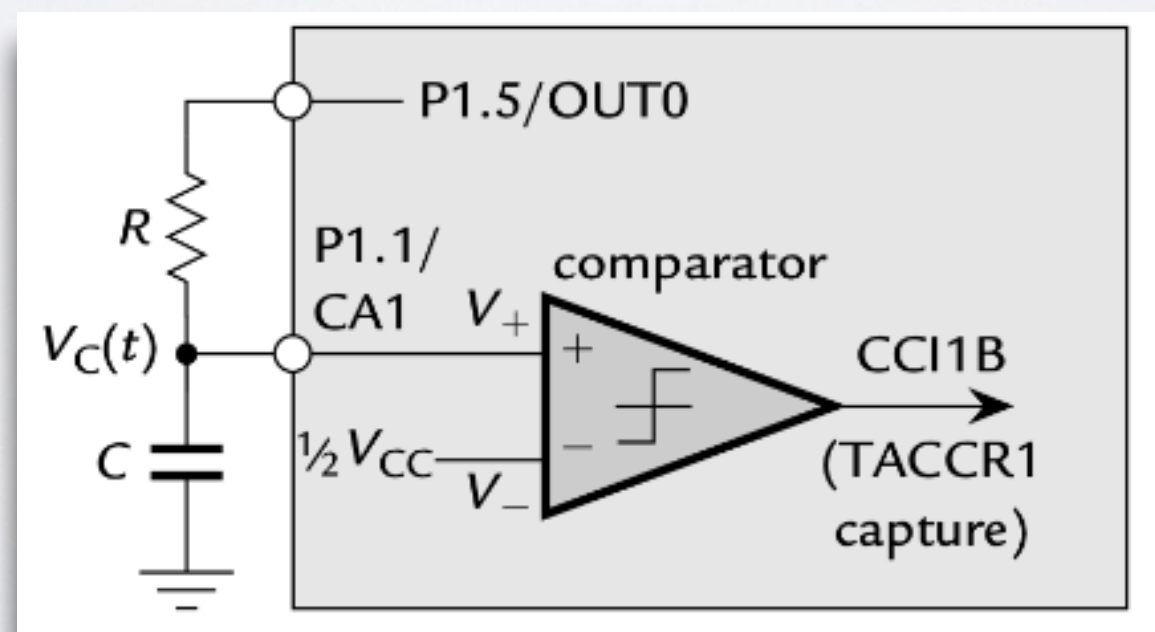


RESISTÊNCIA

$$V_+(t) / V_+(0) = V_{cc} \exp(-t / RC) / V_{cc}$$

$$(V_{cc}/2) / V_{cc} = \exp(-t / RC)$$

$$t = RC \ln(2)$$

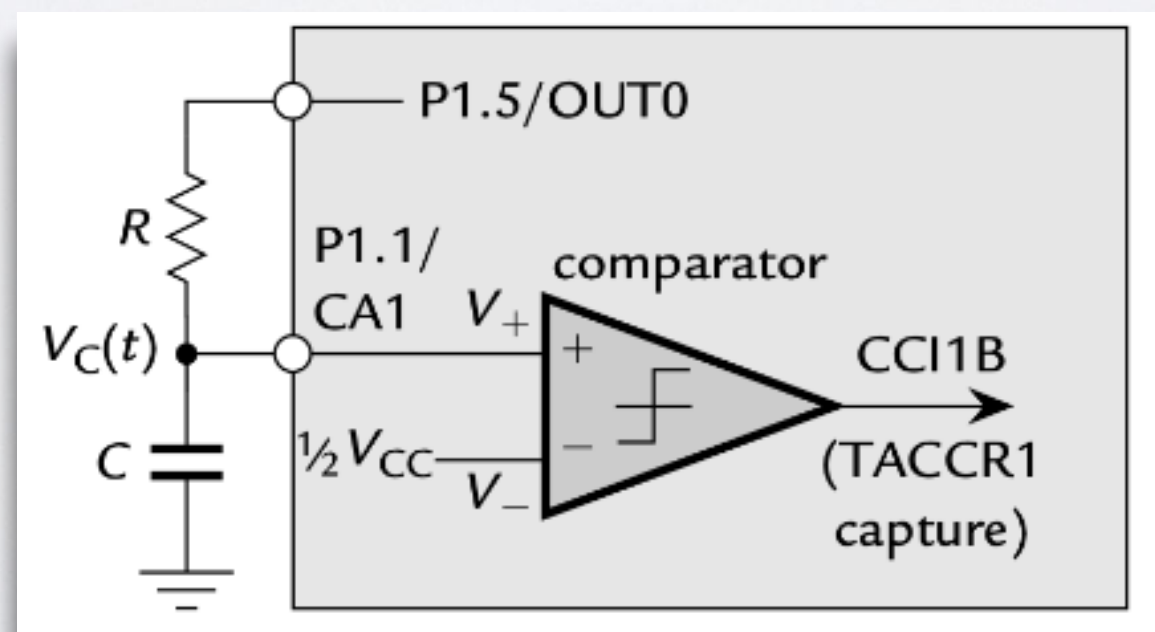


RESISTÊNCIA

$$R = t_l / (C \ln(2))$$

$$t_l = \text{TAR} / \text{clock}(\text{Timer_A})$$

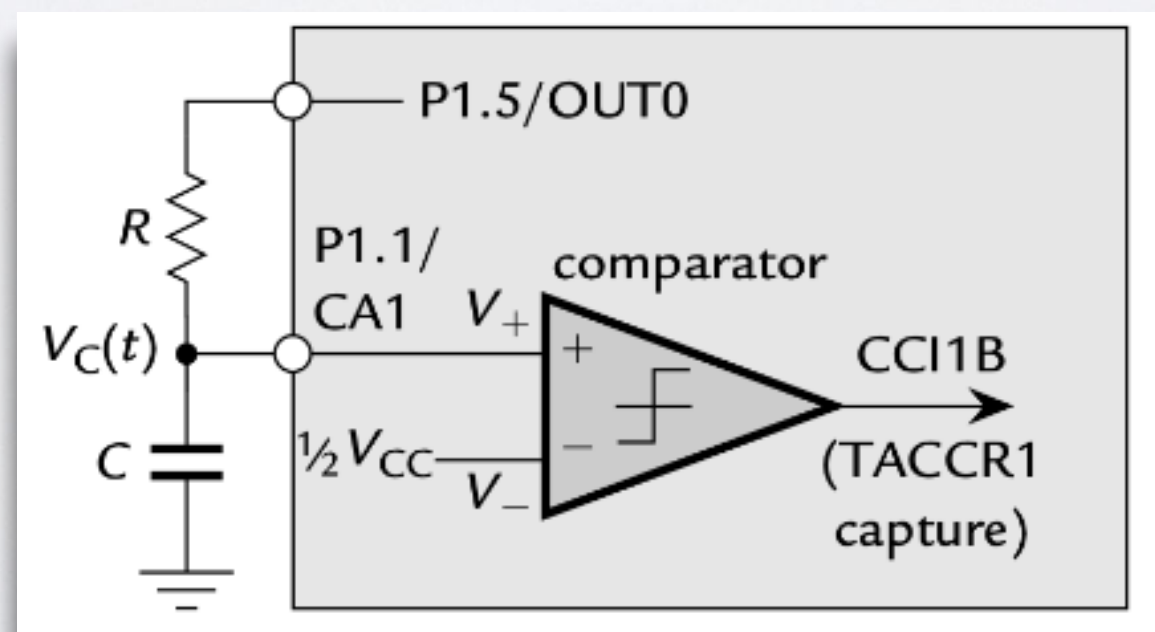
$$R = \text{TAR} / (C \ln(2) \text{ clock}(\text{Timer_A}))$$



RESISTÊNCIA

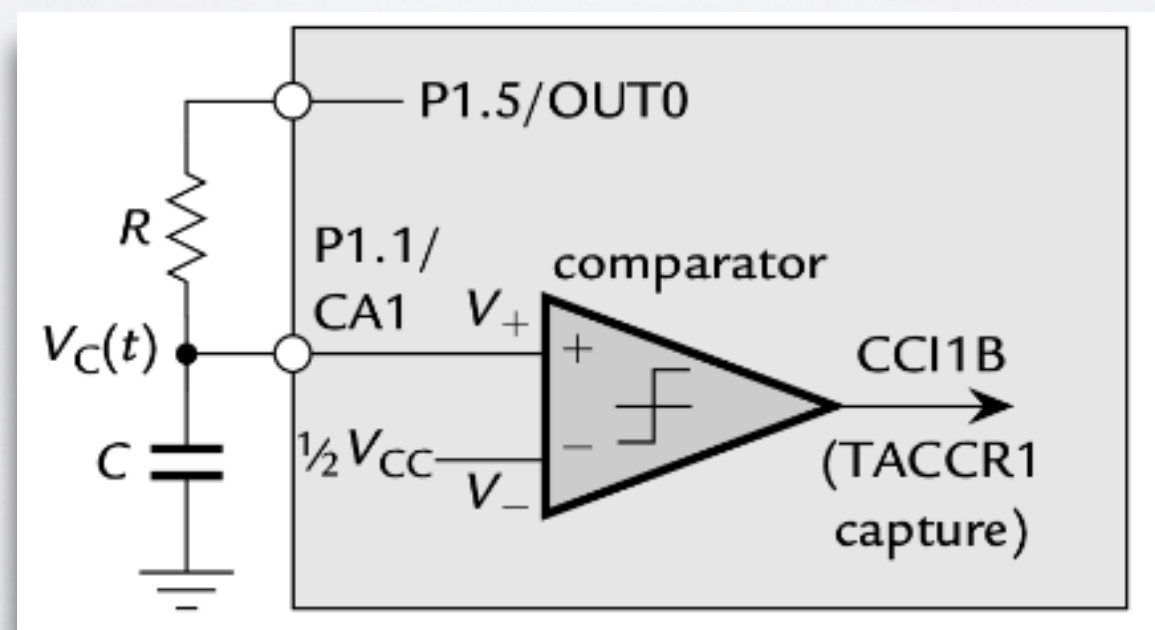
$$R = TAR / (C \ln(2) \text{ clock}(\text{Timer_A}))$$

A medida de resistência depende do valor do capacitor e do clock do Timer_A.



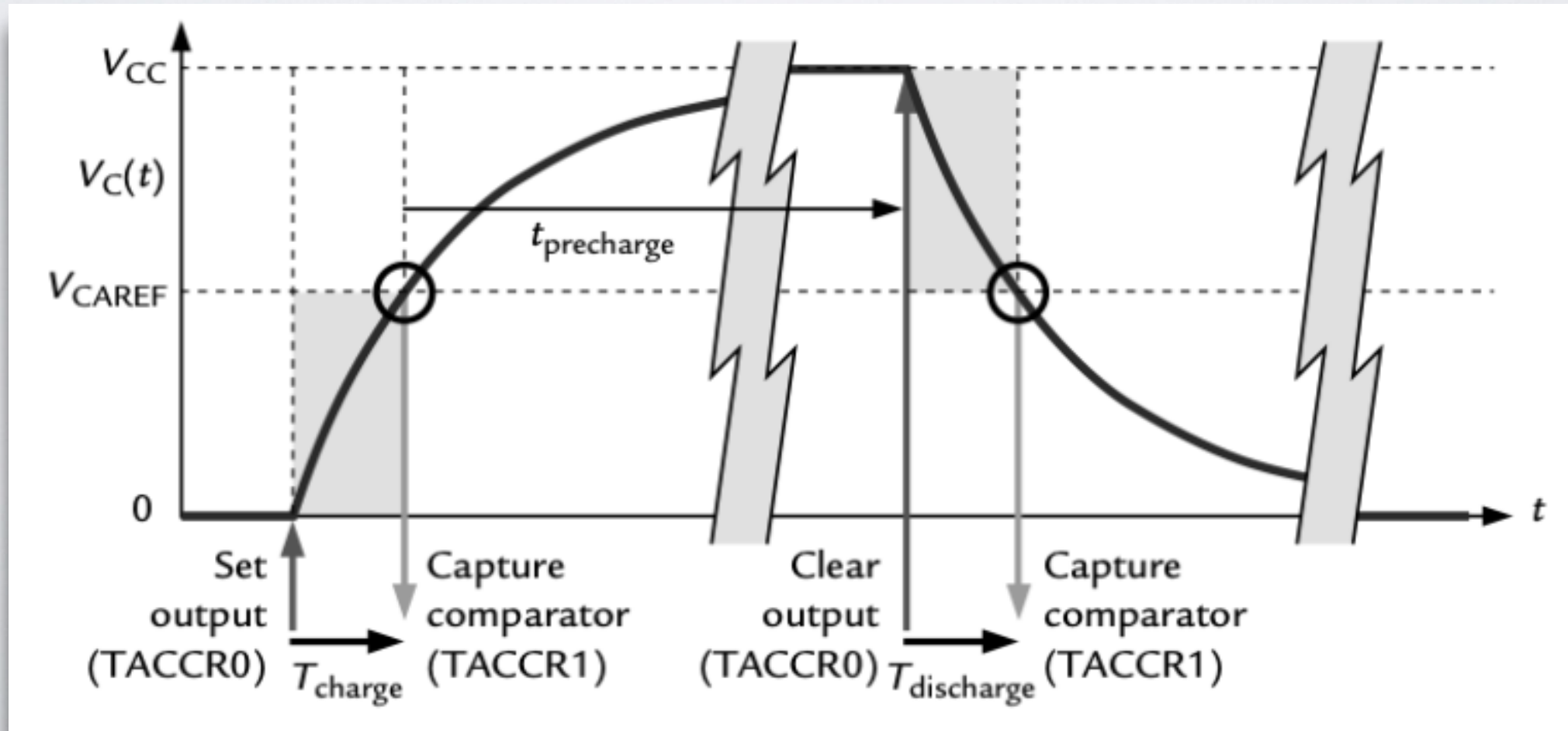
RESISTÊNCIA

Se forem necessárias mais medições,
descarregue o capacitor e repita o processo
carregando o capacitor.



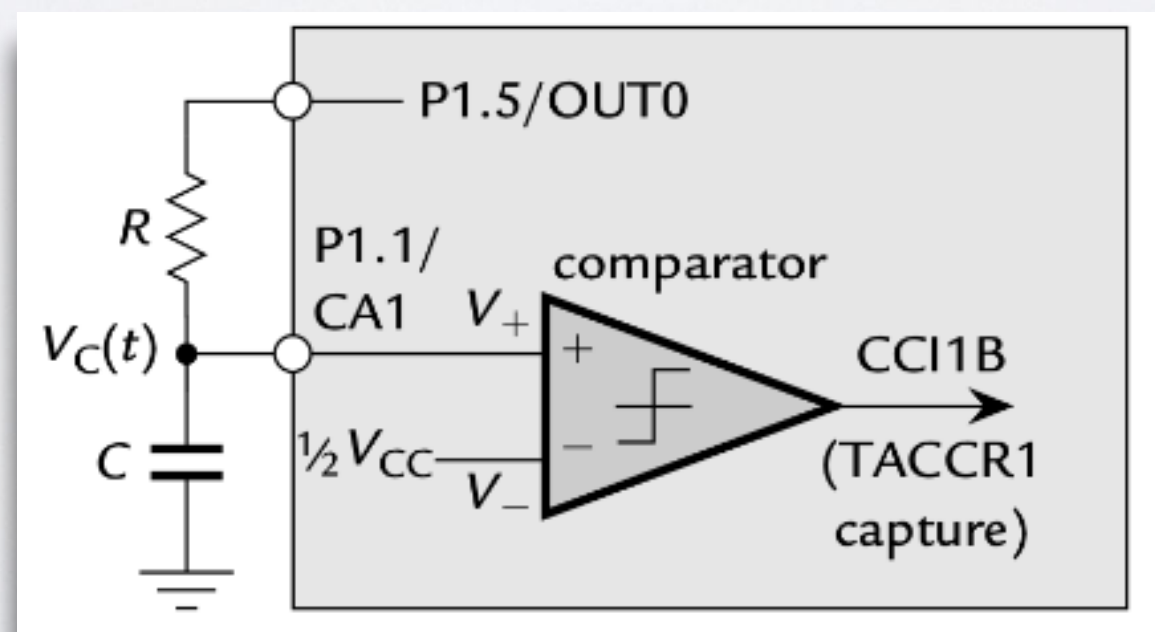
RESISTÊNCIA

Se forem necessárias mais medições, descarregue o capacitor e repita o processo carregando o capacitor.

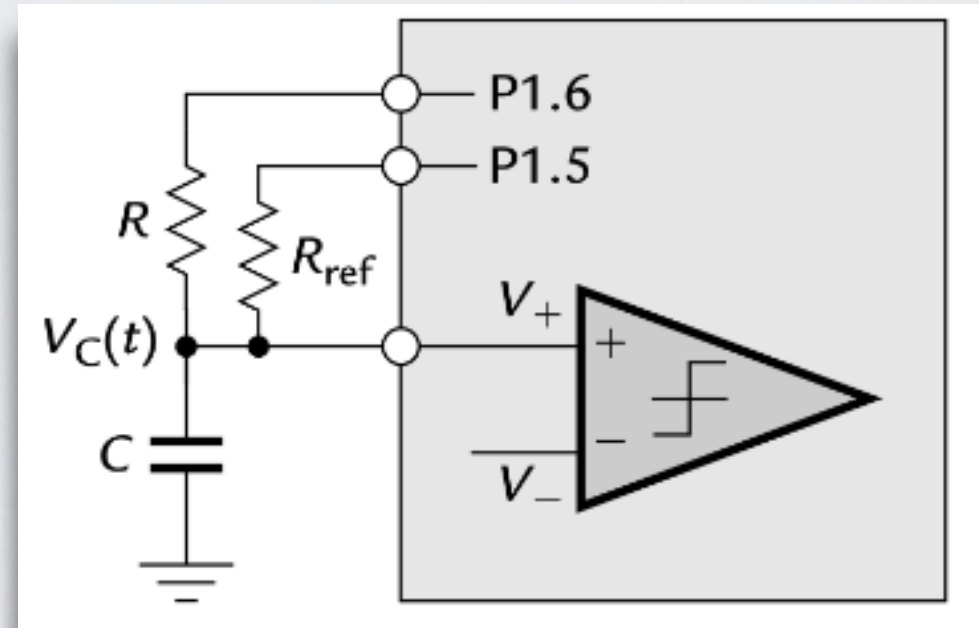


RESISTÊNCIA

Trocando o resistor por um termistor e conhecendo as características deste, pode-se medir temperatura.

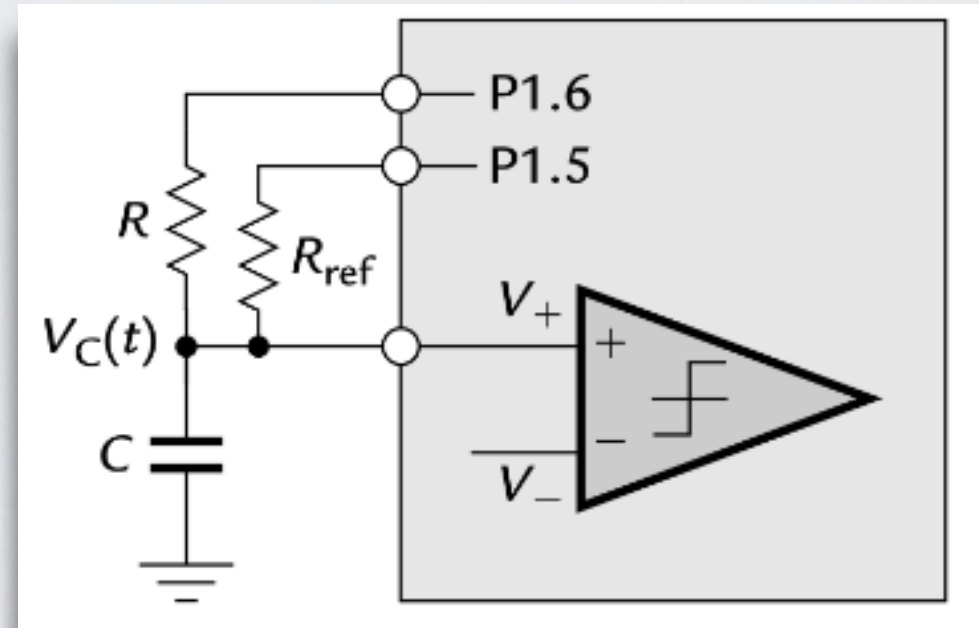


RESISTÊNCIA



○ circuito acima elimina a dependência do resultado com os valores de C e de $\text{clock}(\text{Timer}_A)$.

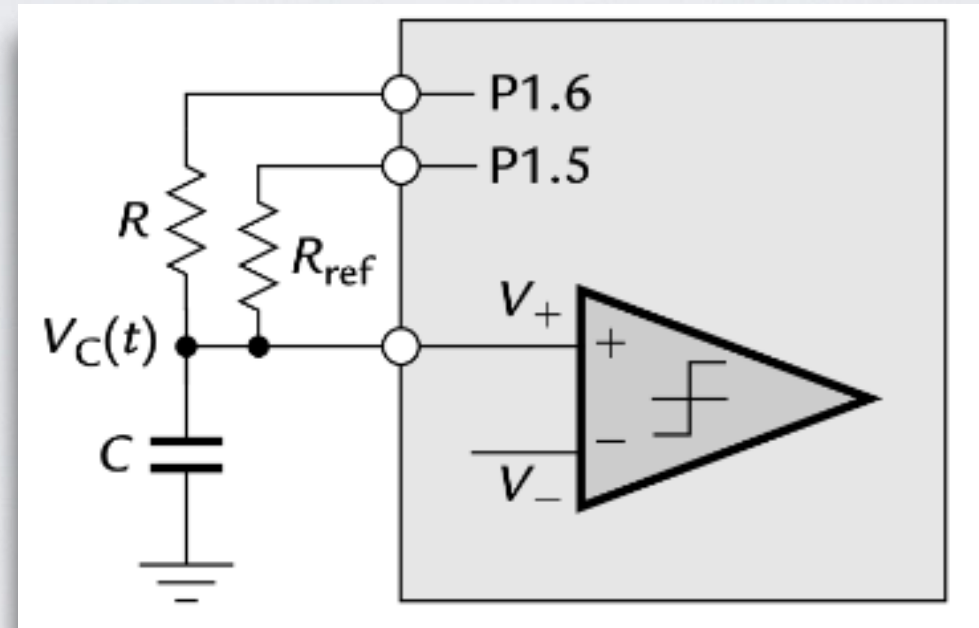
RESISTÊNCIA



1. Faça $P1.6 = 1$ e $P1.5 = 0$, carregue o capacitor, faça $P1.6 = 0$ e meça o tempo de descarregamento de C via R .

$$R = \text{TAR}(R) / (C \ln(2) \text{ clock}(\text{Timer_A}))$$

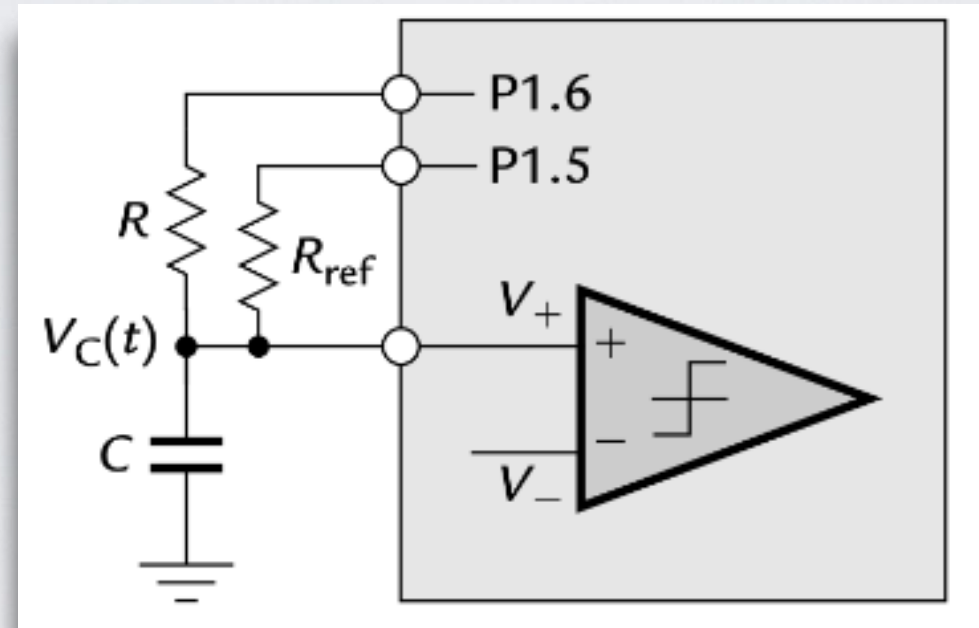
RESISTÊNCIA



2. Faça $P1.6 = 0$ e $P1.5 = 1$, carregue o capacitor, faça $P1.5 = 0$ e meça o tempo de descarregamento de C via R_{ref} .

$$R_{ref} = \text{TAR}(R_{ref}) / (C \ln(2) \text{ clock}(\text{Timer_A}))$$

RESISTÊNCIA

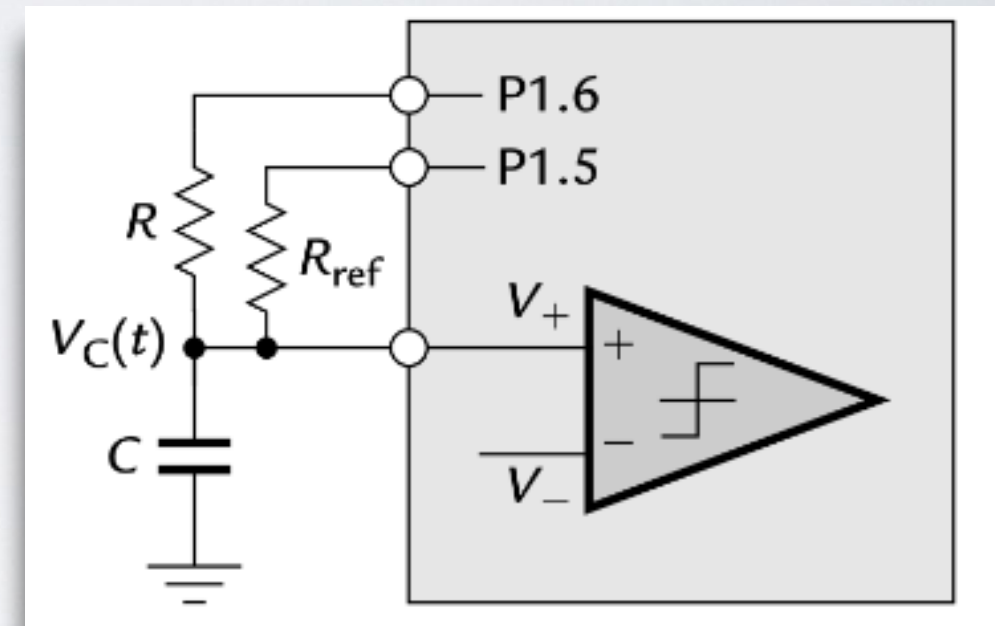
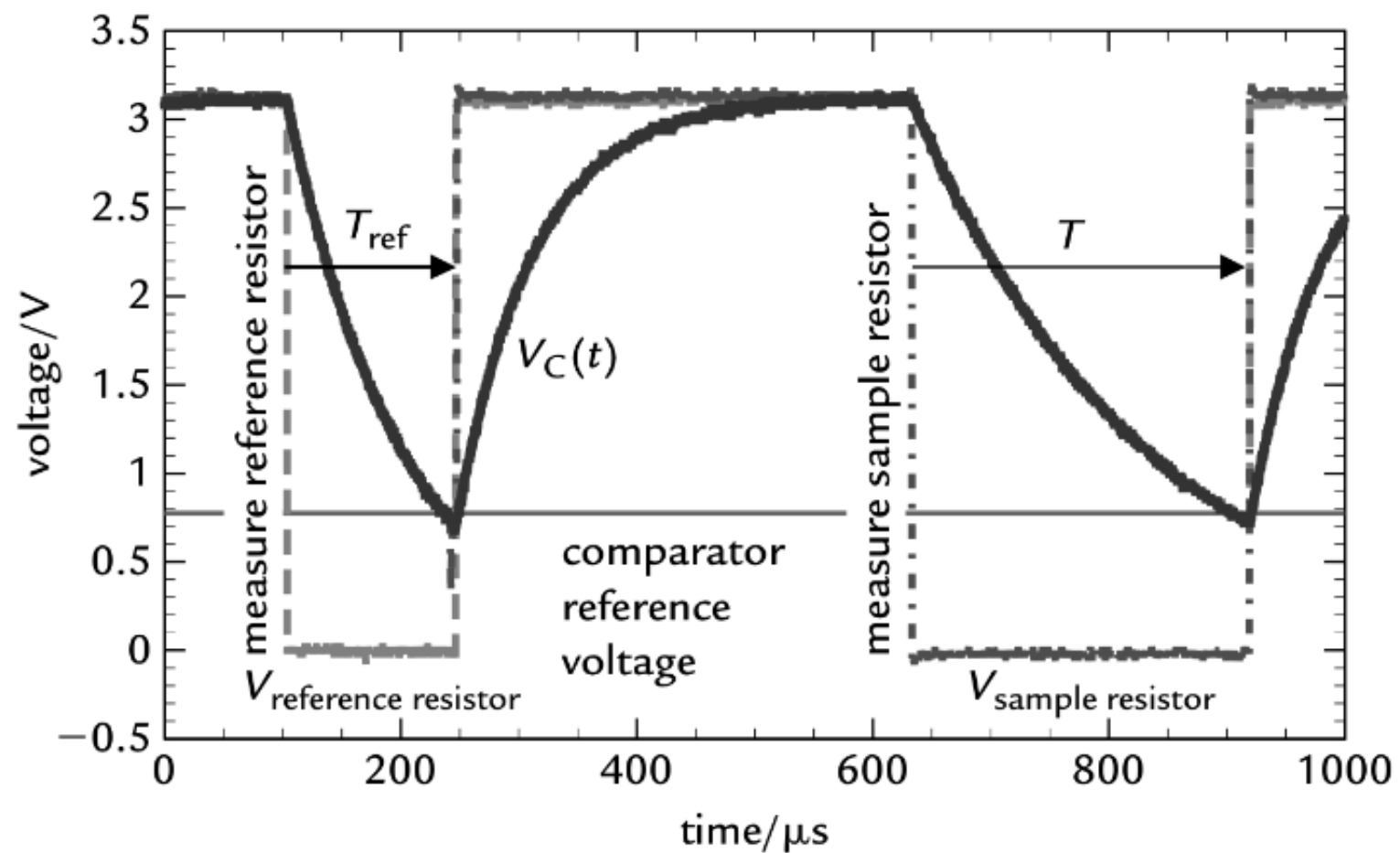


$$R / R_{ref} = TAR(R) / TAR(R_{ref})$$

$$R = R_{ref} \cdot TAR(R) / TAR(R_{ref})$$

Basta acrescentar um resistor R_{ref} preciso.

RESISTÊNCIA



CAPACITÂNCIA

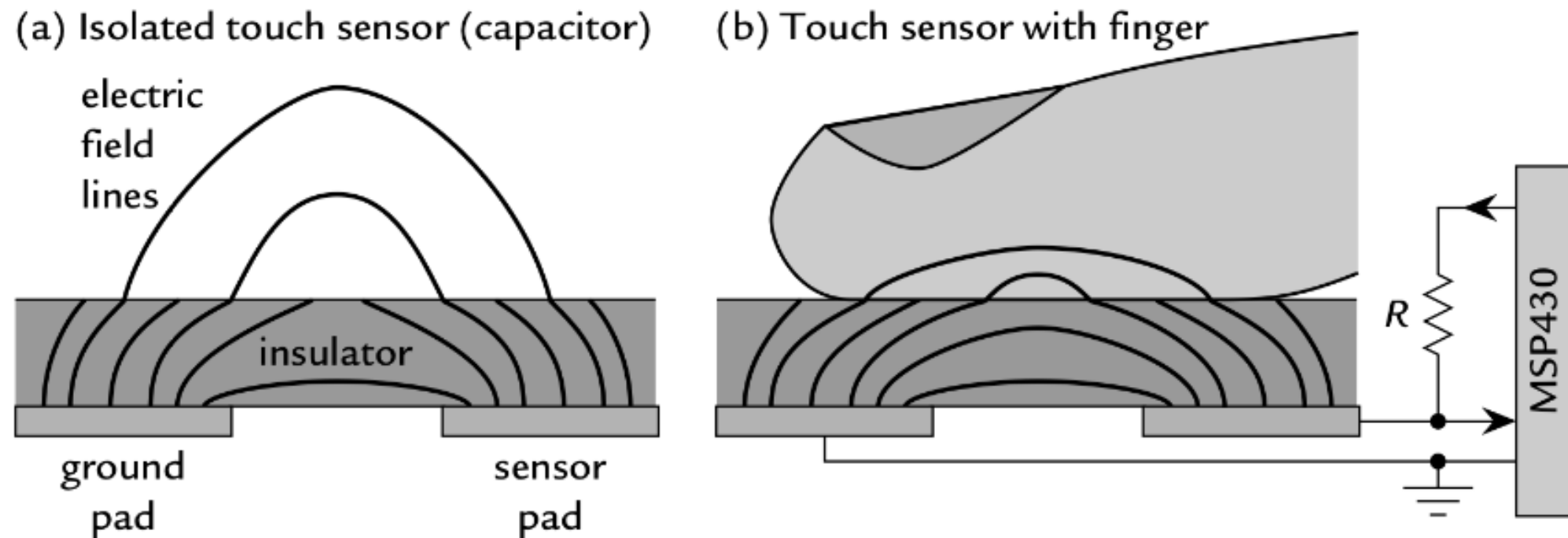
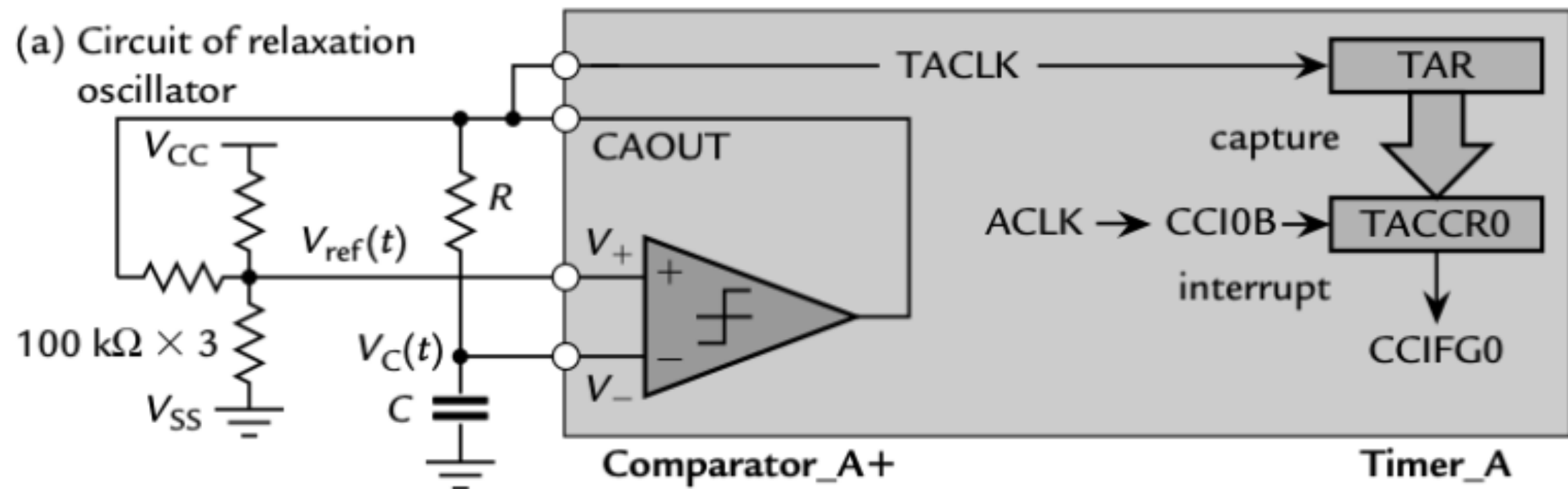


Figure 9.8: Operation of a simple capacitive touch sensor. (a) Two conducting pads on the bottom of an insulating sheet form a capacitor, whose electric field extends outside the top of the sheet. (b) A finger on top of the insulator distorts the electric field and increases the capacitance between the pads.

Podemos medir capacitância seguindo os mesmos princípios.

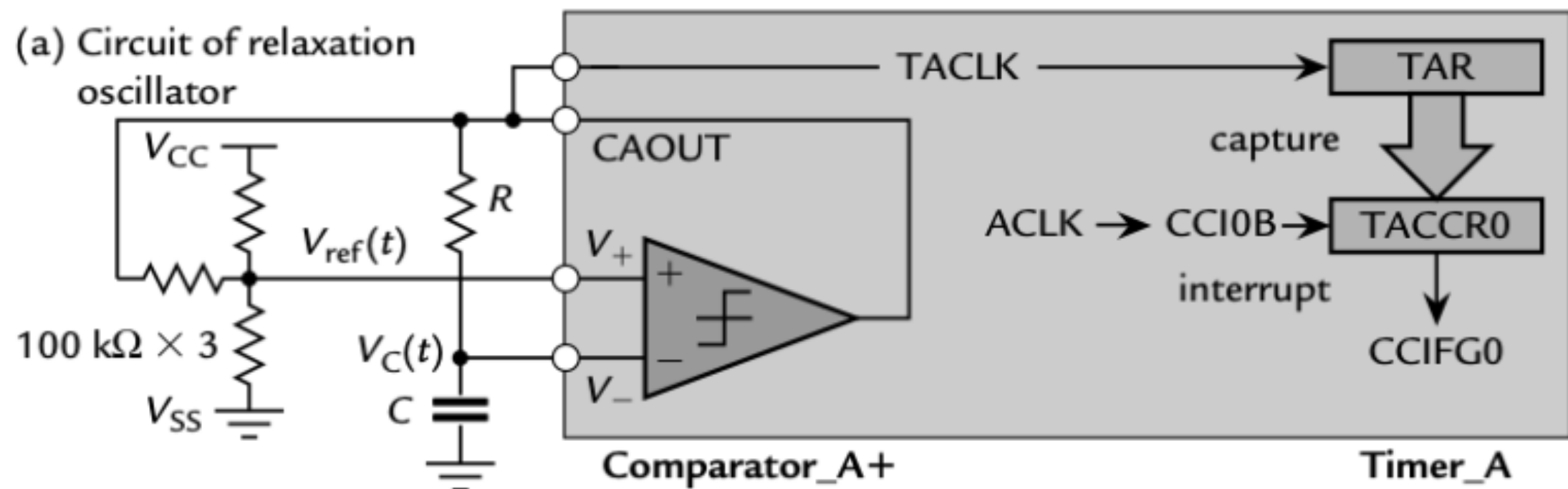
OSCILADOR

Realimentando a saída do Comparator_A+,
cria-se um oscilador.



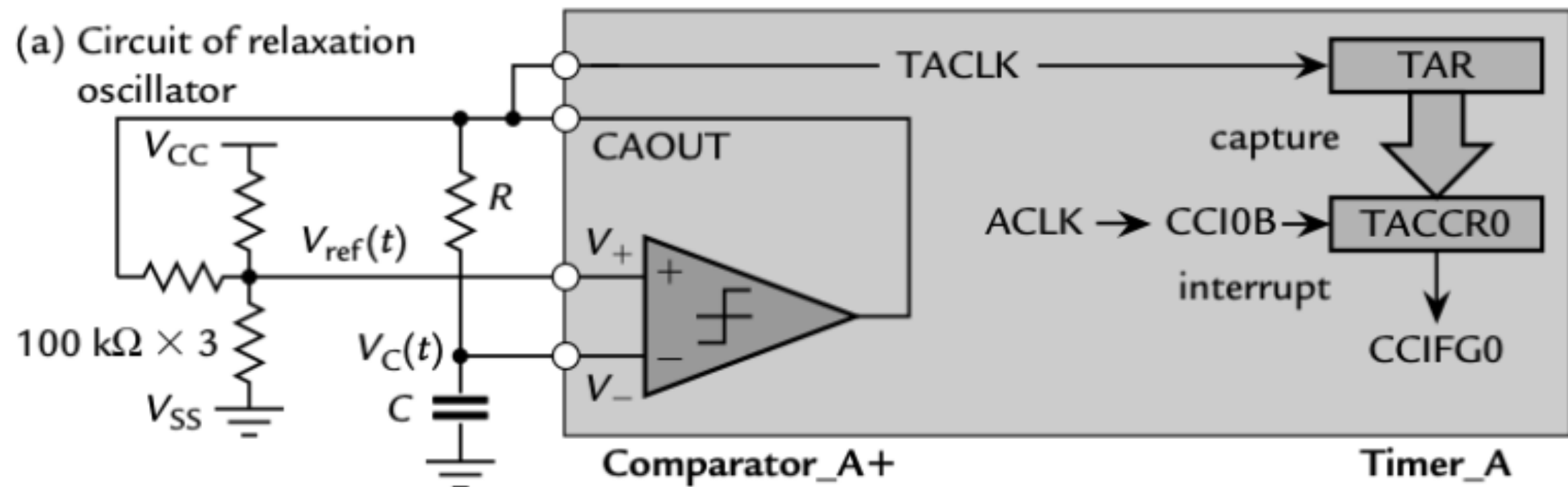
OSCILADOR

Quando $CAOUT = V_{cc}$, $V_+ = 2V_{cc}/3$. O capacitor carrega até passar $2V_{cc}/3$, o que faz $V_- > V_+$ e $CAOUT = 0$.



OSCILADOR

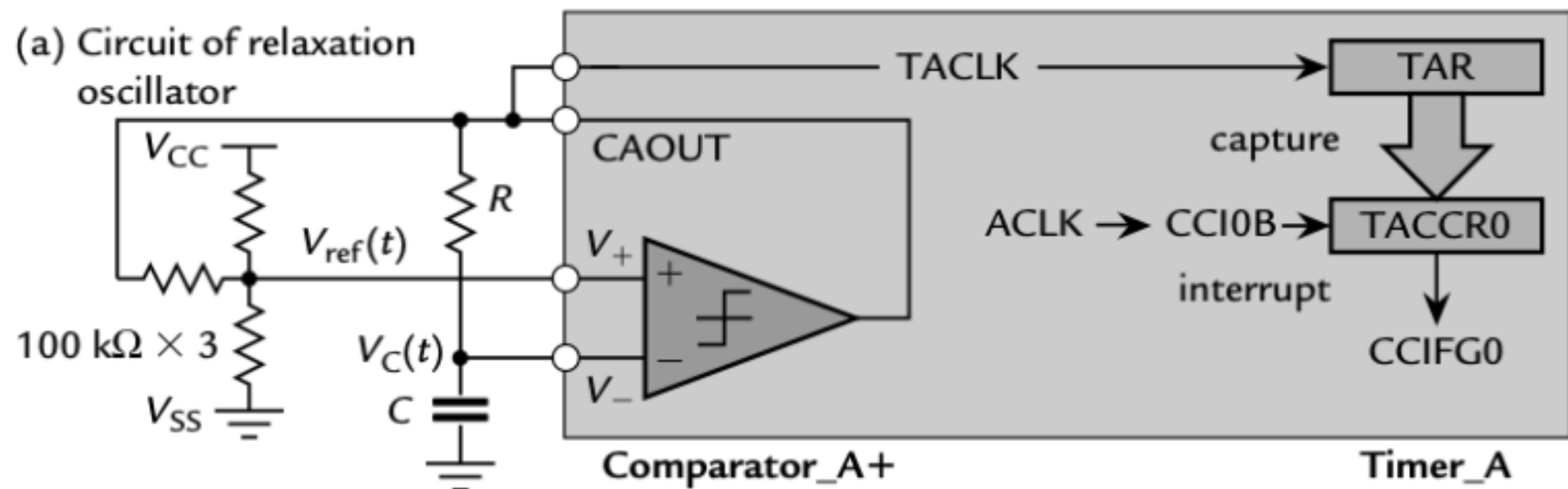
Quando $CAOUT=0$, $V+=V_{cc}/3$. O capacitor descarrega até passar $V_{cc}/3$, o que faz $V-<V+$ e $CAOUT=1$.



OSCILADOR

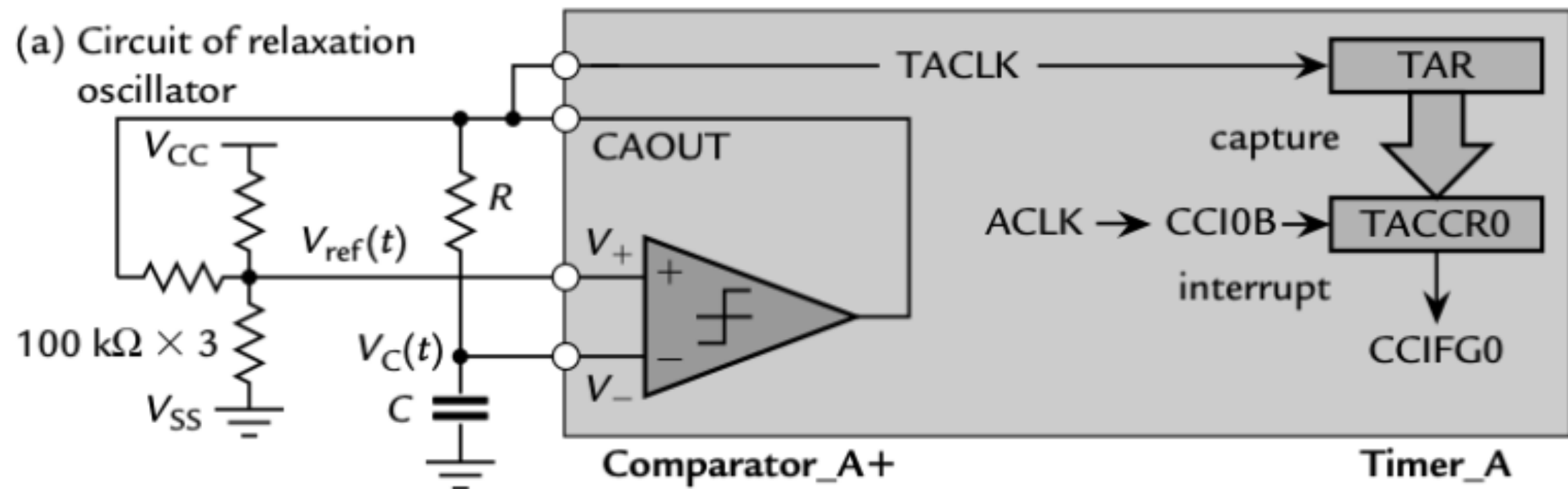
O ciclo continua indefinidamente, gerando uma onda quadrada em CAOUT.

$$T = (2 \ln(2)) RC$$



OSCILADOR

Se R for um potenciômetro, pode-se variar a frequência de oscilação da onda.



OSCILADOR

Este sinal pode ser usado como entrada de clock TACLK para o Timer_A.

