

MICROPROCESSADORES E MICROCONTROLADORES



ENTRADAS E SAÍDAS DIGITAIS

Interação entre o microcontrolador e o sistema

ENTRADAS E SAÍDAS DIGITAIS

Interação entre o microcontrolador e o sistema

Sinais digitais - discretos:

Liga/desliga (LEDs, 7 segmentos, motores,
botões)

Abre/fecha (fechadura, ímãs)

Etc.

PORTAS PARALELAS

10-80 pinos de entrada/saída digital, dependendo
do modelo de MSP430

PORTAS PARALELAS

10-80 pinos de entrada/saída digital, dependendo do modelo de MSP430

Pinos são compartilhados com outros periféricos, devendo ser configurados

PORTAS PARALELAS

10-80 pinos de entrada/saída digital, dependendo do modelo de MSP430

Pinos são compartilhados com outros periféricos, devendo ser configurados

Pinos são agrupados em portas P1, P2 etc.

Porta P1 é a mais completa

PORTAS PARALELAS

Registradores da porta PI

PIIN - registrador somente de leitura, volátil, reflete os valores lógicos dos pinos de entrada.

Não precisa ser inicializado.

PORTAS PARALELAS

Registradores da porta PI

PIOUT - registrador de escrita, leva os pinos correspondentes ao nível alto ou baixo, se forem configurados como saída digital. Este registrador deve ser inicializado com algum valor.

PORTAS PARALELAS

Registradores da porta PI

PIOUT - Para os pinos não configurados como saída, os valores de PIOUT são bufferizados. Se o pino for posteriormente configurado como saída, o valor bufferizado será enviado ao pino.

PORTAS PARALELAS

Registradores da porta PI

PI DIR - define se o pino será de entrada ou saída.
Por exemplo, se $PI\ DIR = 0xF$, os pinos PI.0-PI.3
serão de saída digital, e os pinos PI.4-PI.7, de
entrada.

PORTAS PARALELAS

Registradores da porta PI

PIREN - setar um bit neste registrador habilita o resistor de pull-up ou de pull-down no pino correspondente. Todos são desabilitados por default.

PORTAS PARALELAS

Registradores da porta PI

PIREN - Se o pino for habilitado, o bit correspondente em PIOUT define se o resistor de pull-up ou pull-down será habilitado.

PORTAS PARALELAS

Registradores da porta P1

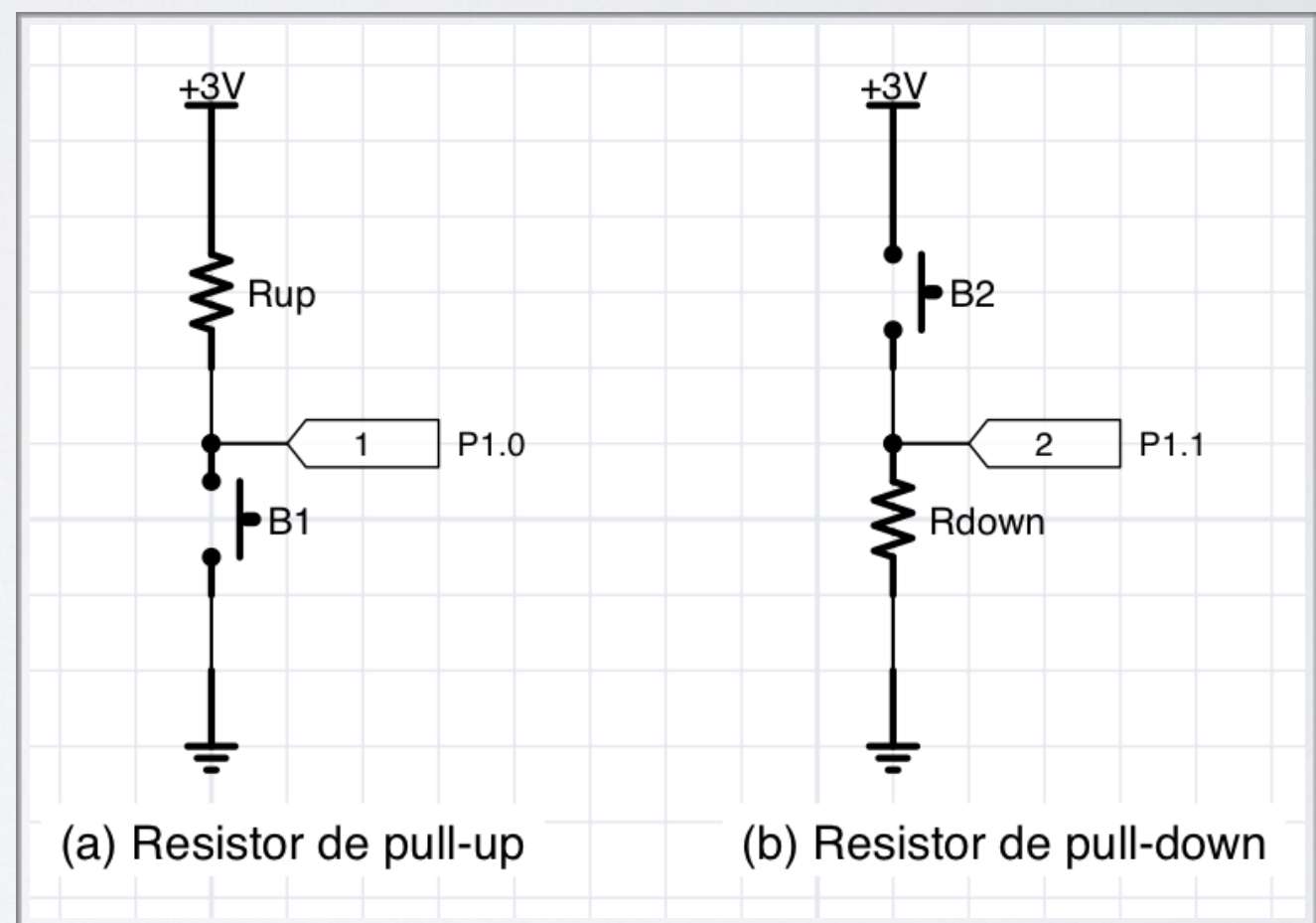
PIREN - Habilite os resistores de pull-up e pull-down quando o pino correspondente for de entrada digital.

PORTAS PARALELAS

Para obter a seguinte configuração, é necessário:

`P1DIR = ~0x3;`

`P1OUT = 0x1;`



Os botões $B1$ e $B2$ são externos, R_{up} e R_{down} são internos ao MSP430.

PORTAS PARALELAS

Registradores da porta P1

P1SEL - Define se o pino será de entrada/saída digital (bit = 0) ou para algum outro periférico, dependente do pino e do modelo de MSP430.

PORTAS PARALELAS

Registradores da porta PI

PIIE - Habilita (bit = 1) a interrupção no pino de entrada correspondente. A ISR é chamada quando o valor do pino for alterado. PIIE = 0 por default.

PORTAS PARALELAS

Registradores da porta PI

PIIE - Os pinos de PI compartilham um vetor de interrupção. Se $PIIE = 0x3$, tanto o pino $PI.0$ quanto o pino $PI.1$ podem a mesma ISR.

PORTAS PARALELAS

Registradores da porta PI

PI IES - define se a interrupção será
chamada por uma borda de subida (bit = 0)
ou de descida (bit = 1)

Deve-se configurar PI IES antes de PI IE

PORTAS PARALELAS

Registradores da porta PI

PI IES - Não é possível habilitar ambas bordas simultaneamente, mas é possível trocar a borda ao longo do código. Para evitar uma interrupção espúria, é melhor desabilitar a interrupção antes de inverter a borda.

PORTAS PARALELAS

Registradores da porta PI

PIIFG - Indica se uma a transição selecionada (borda de subida ou descida) foi gerada (bit = 1). Se a interrupção foi habilitada, a ISR é chamada.

PIIFG pode ser escrito, gerando uma interrupção por software.

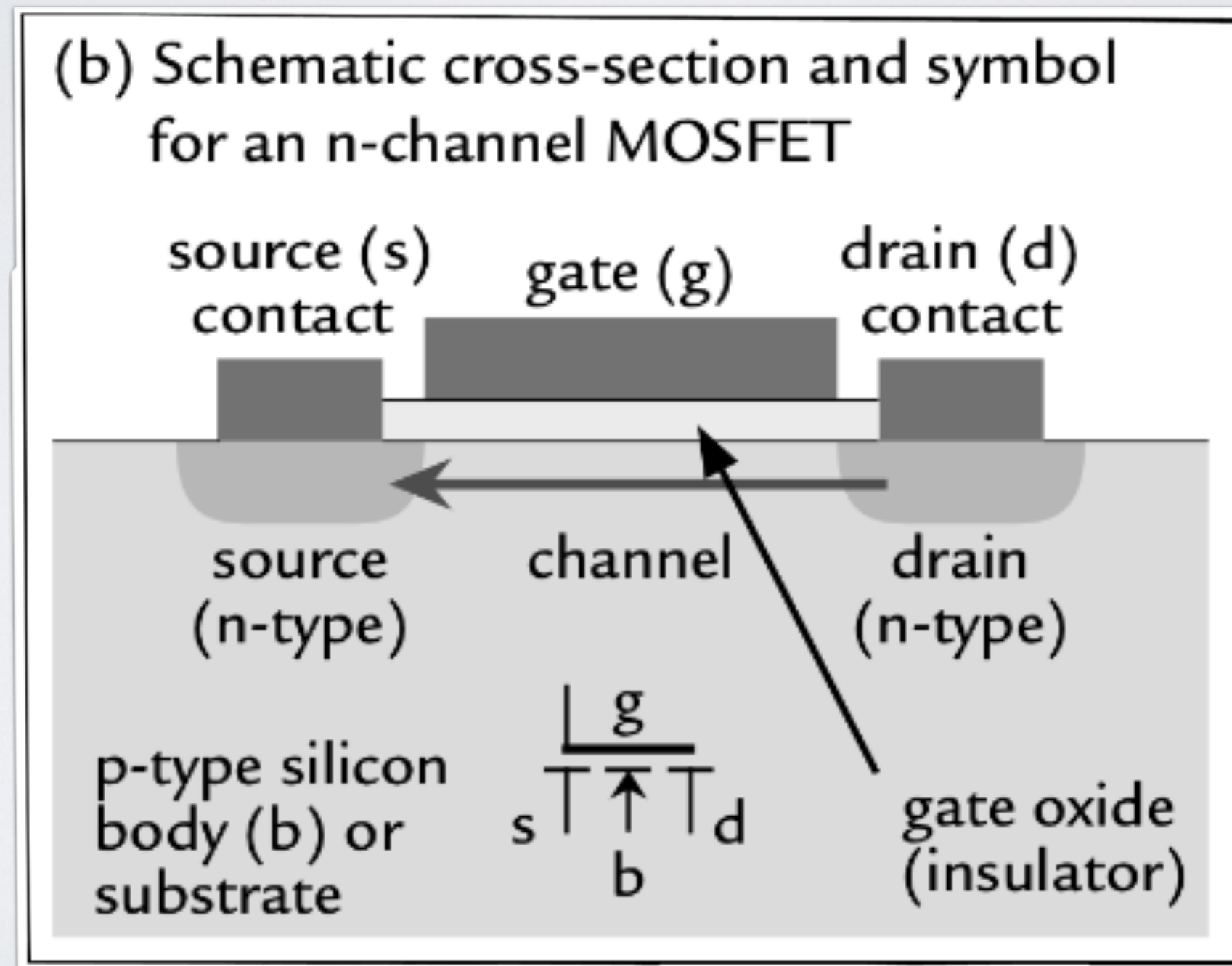
PORTAS PARALELAS

A porta P2 tem os mesmos registradores que P1.
As outras portas disponíveis possuem somente os registradores PxIN, PxOUT, PxDIR e PxSEL.

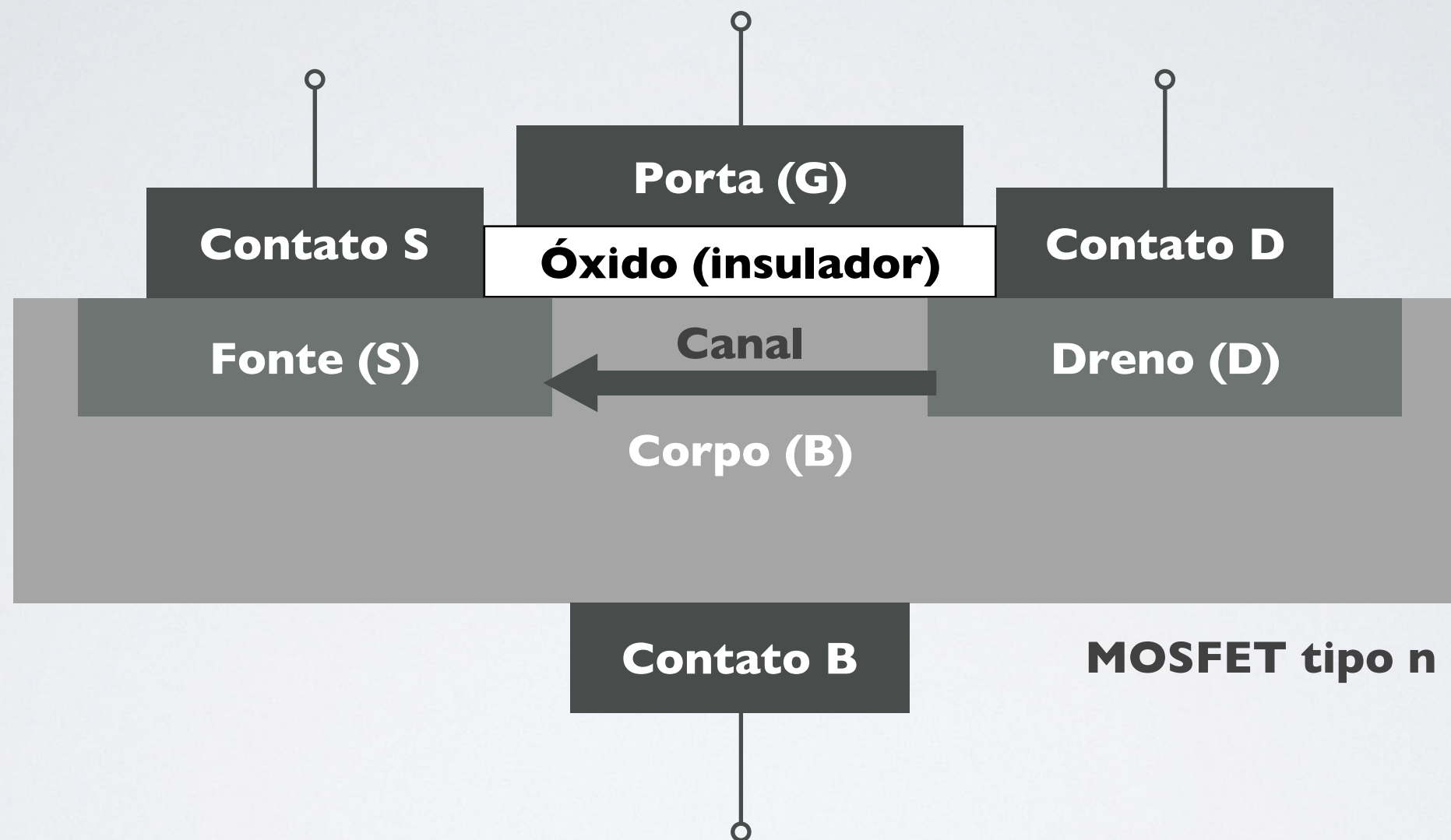
CIRCUITO DE DIG. I/O

Apesar de serem digitais, as conexões dos pinos de entrada e saída são circuitos analógicos, baseadas em transistores MOSFET

CIRCUITO DE DIG. I/O

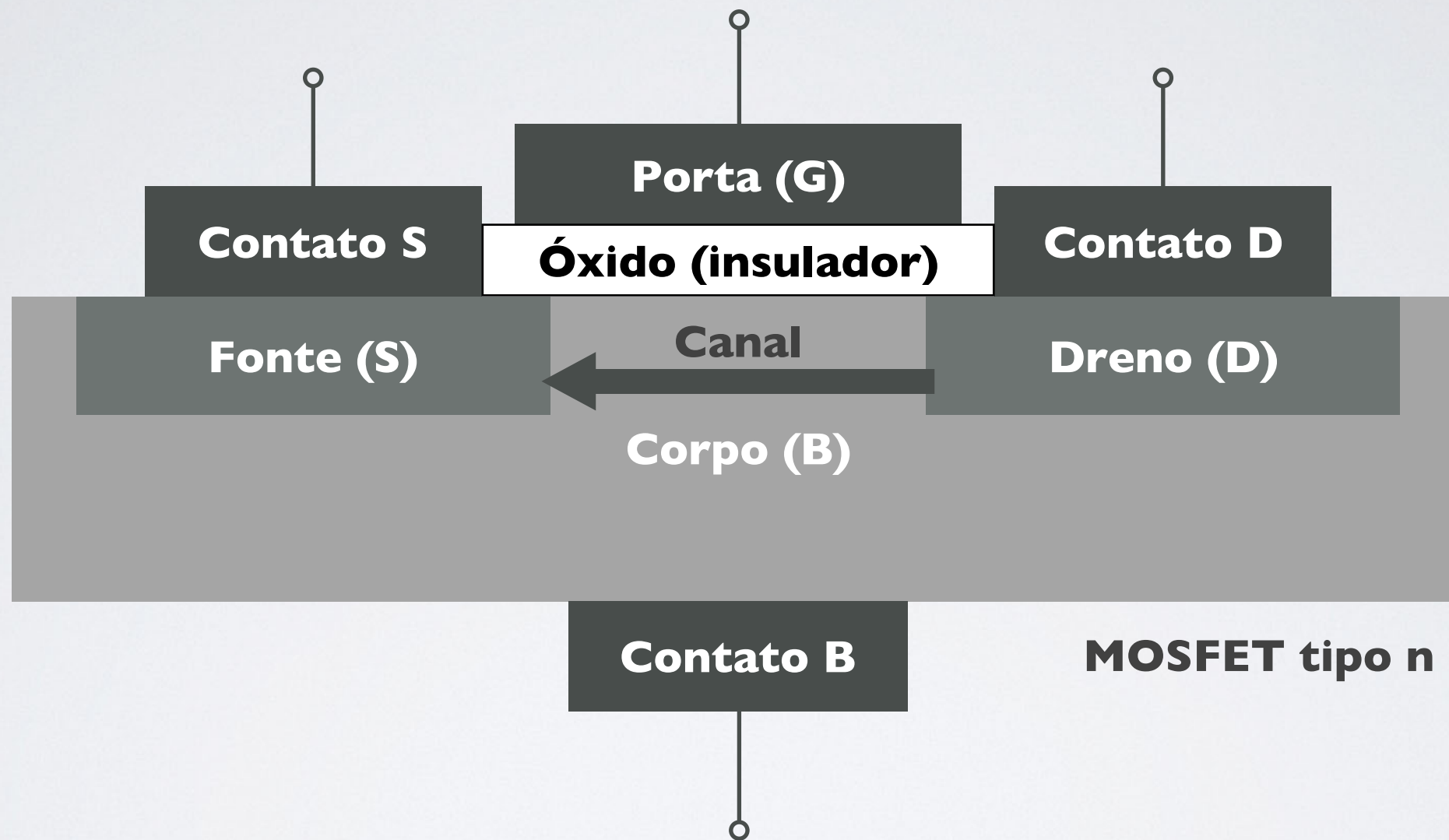


CIRCUITO DE DIG. I/O



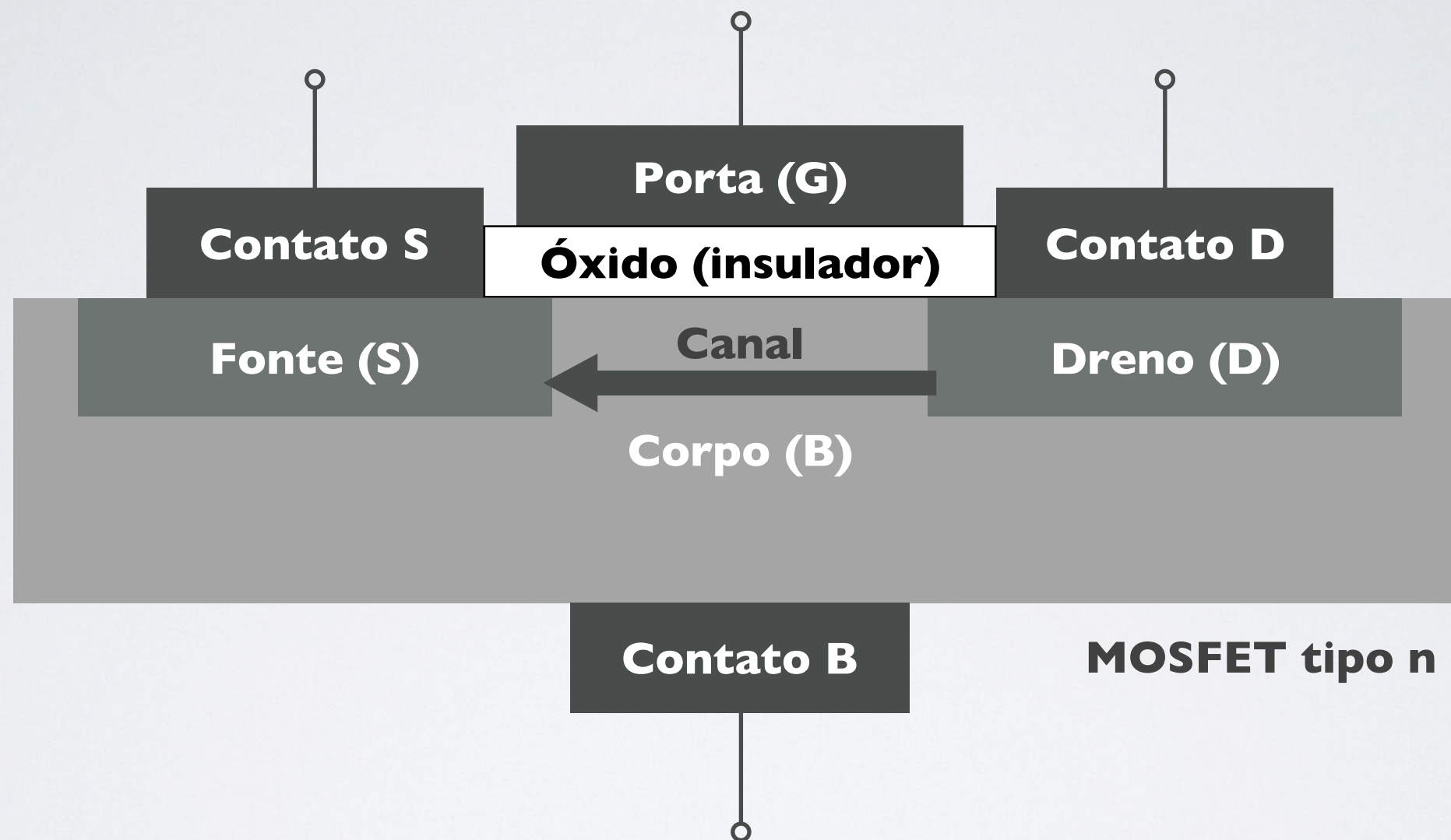
Uma tensão $V_{GS} > V_t$ cria um canal que permite a passagem de corrente de D para S

CIRCUITO DE DIG. I/O



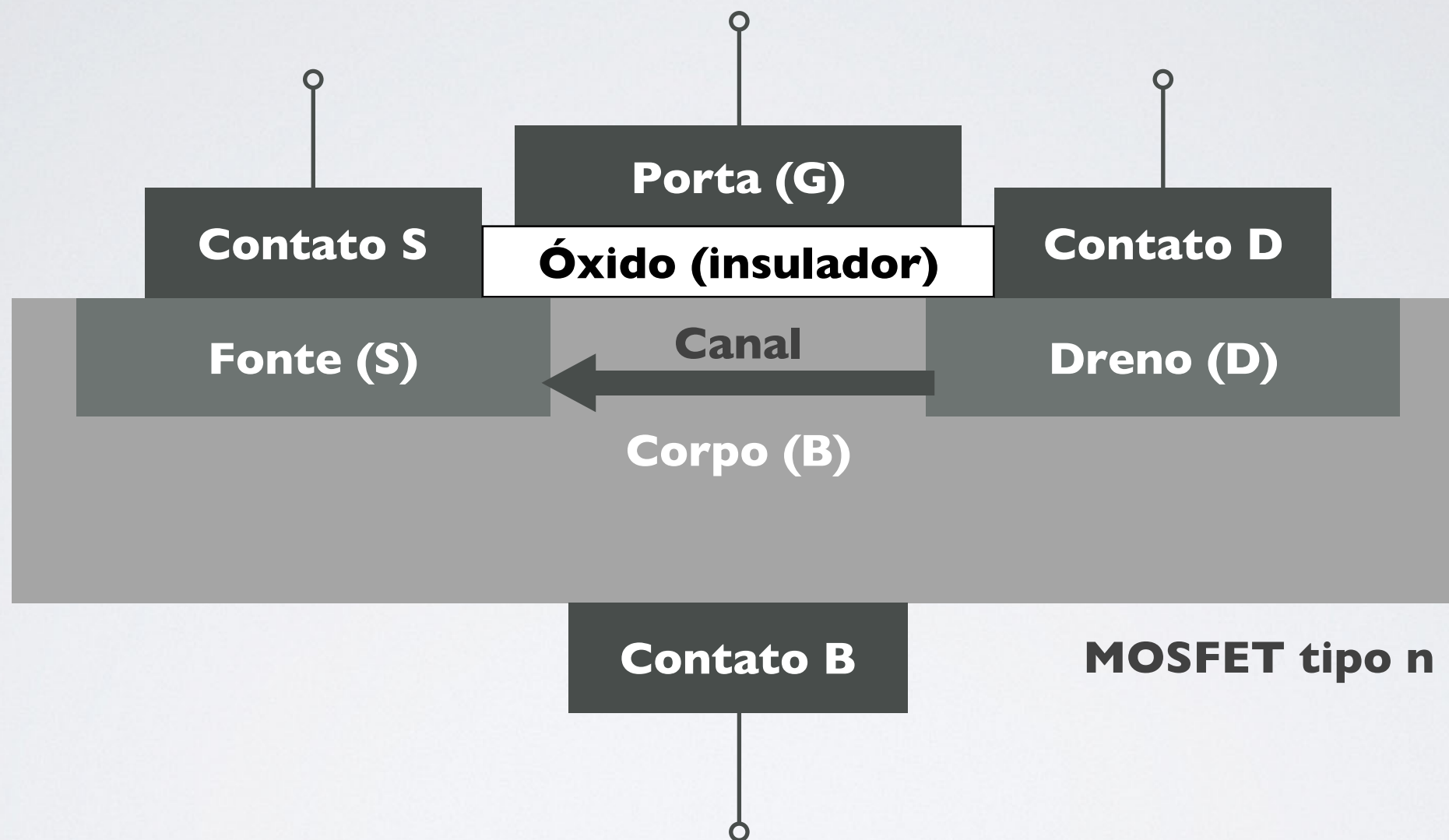
Em circuitos integrados, o corpo B é aterrado, e em dispositivos discretos, ele é conectado à fonte S

CIRCUITO DE DIG. I/O



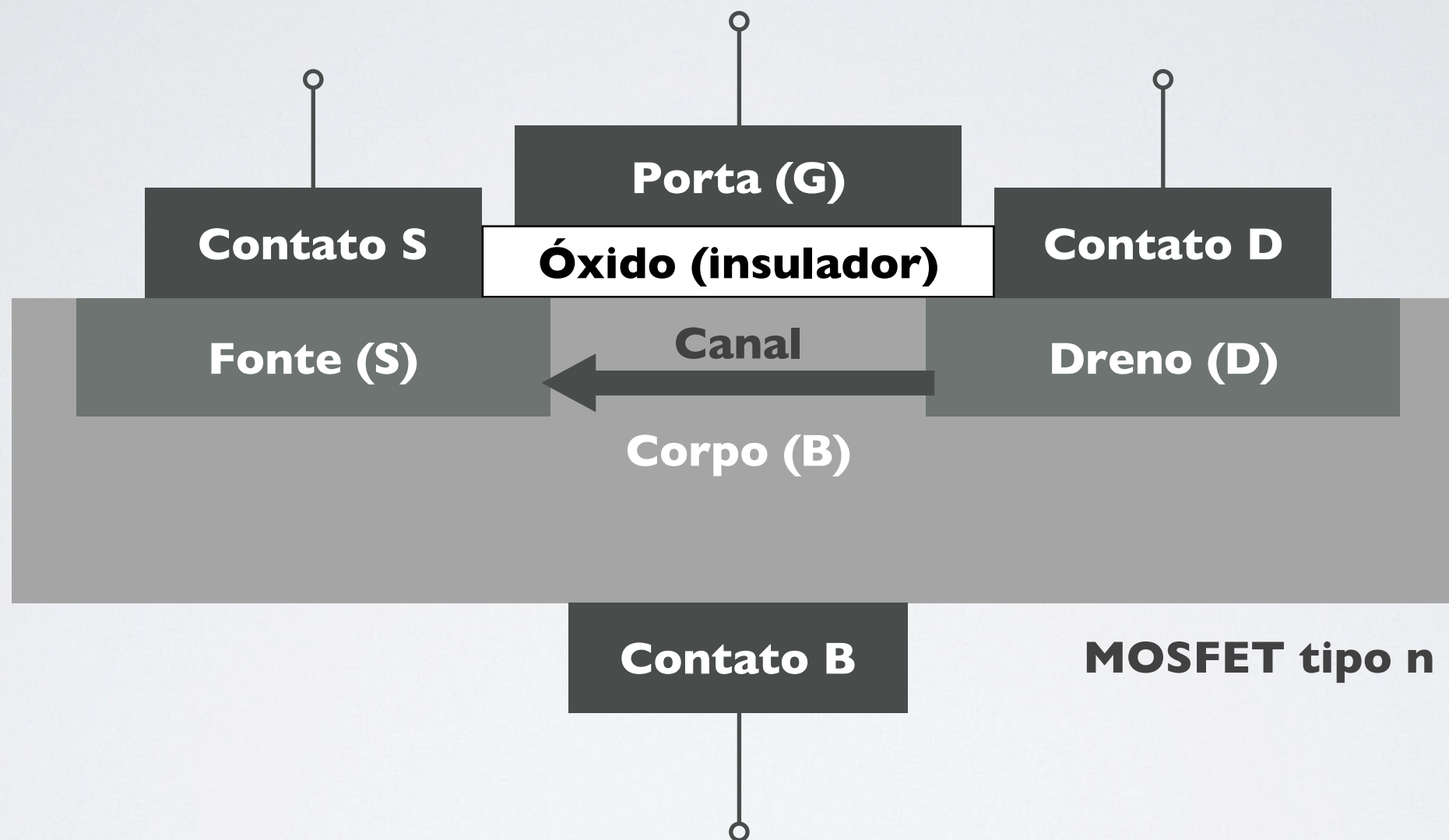
A porta G e o canal são separados por um insulador, compondo um capacitor, que não conduz corrente para tensões V_{GS} constantes (baixo consumo)

CIRCUITO DE DIG. I/O



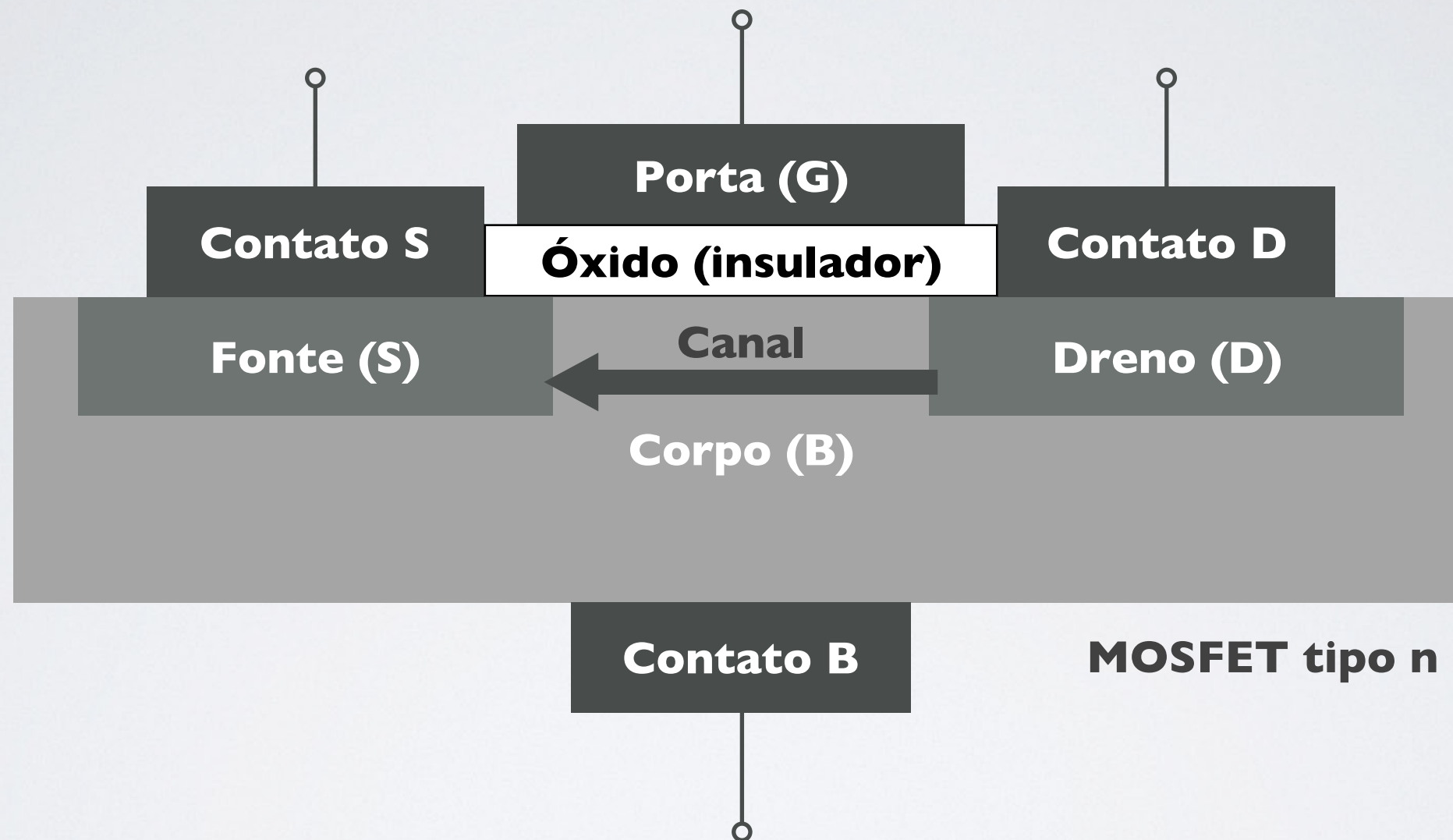
O insulador conduz quando V_{GS} é muito alta, sendo necessário trabalhar utilizando aterramento, para evitar eletricidade estática, por exemplo

CIRCUITO DE DIG. I/O



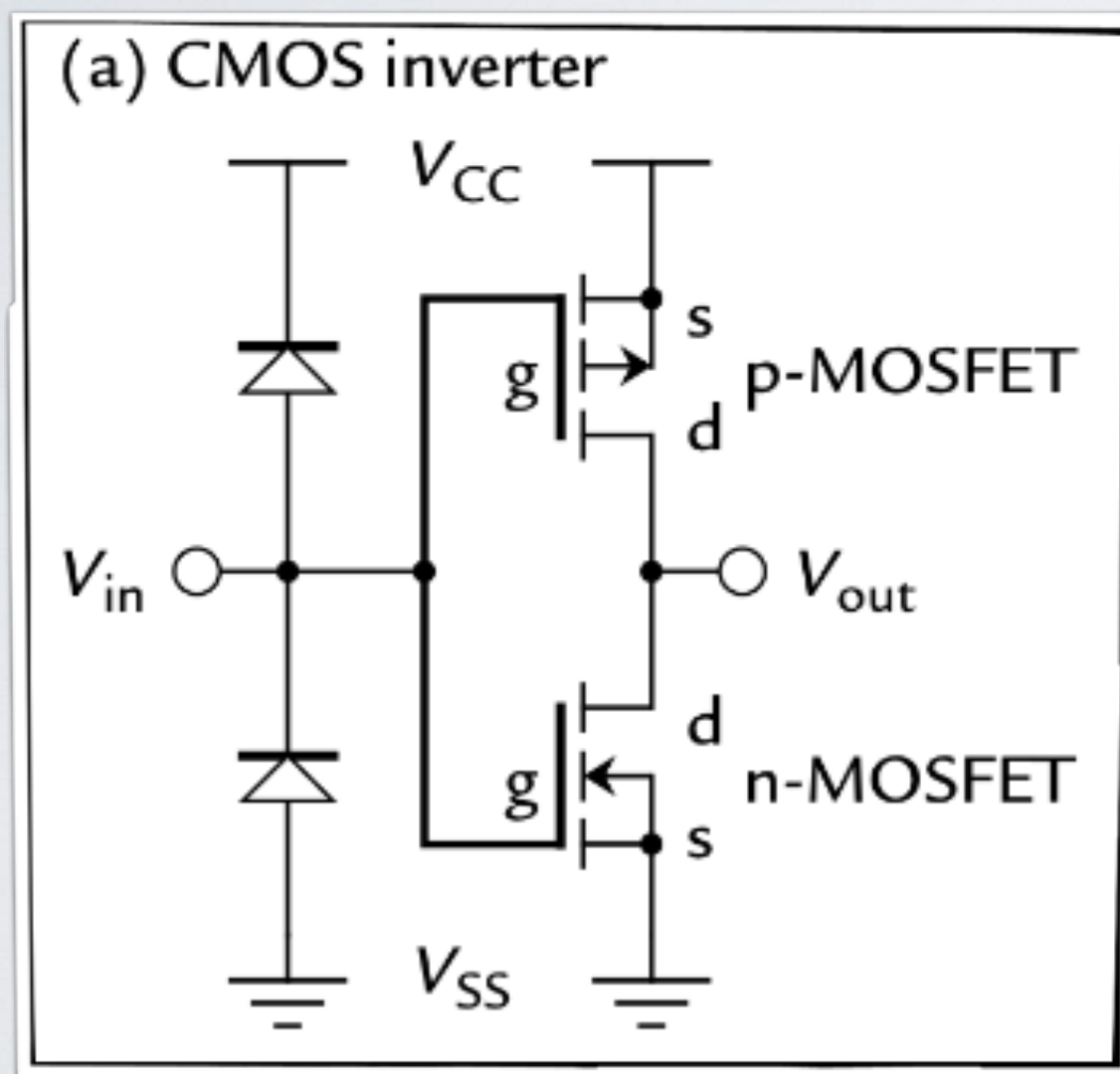
Em circuitos integrados, o corpo B é aterrado, e em dispositivos discretos, ele é conectado à fonte S

CIRCUITO DE DIG. I/O



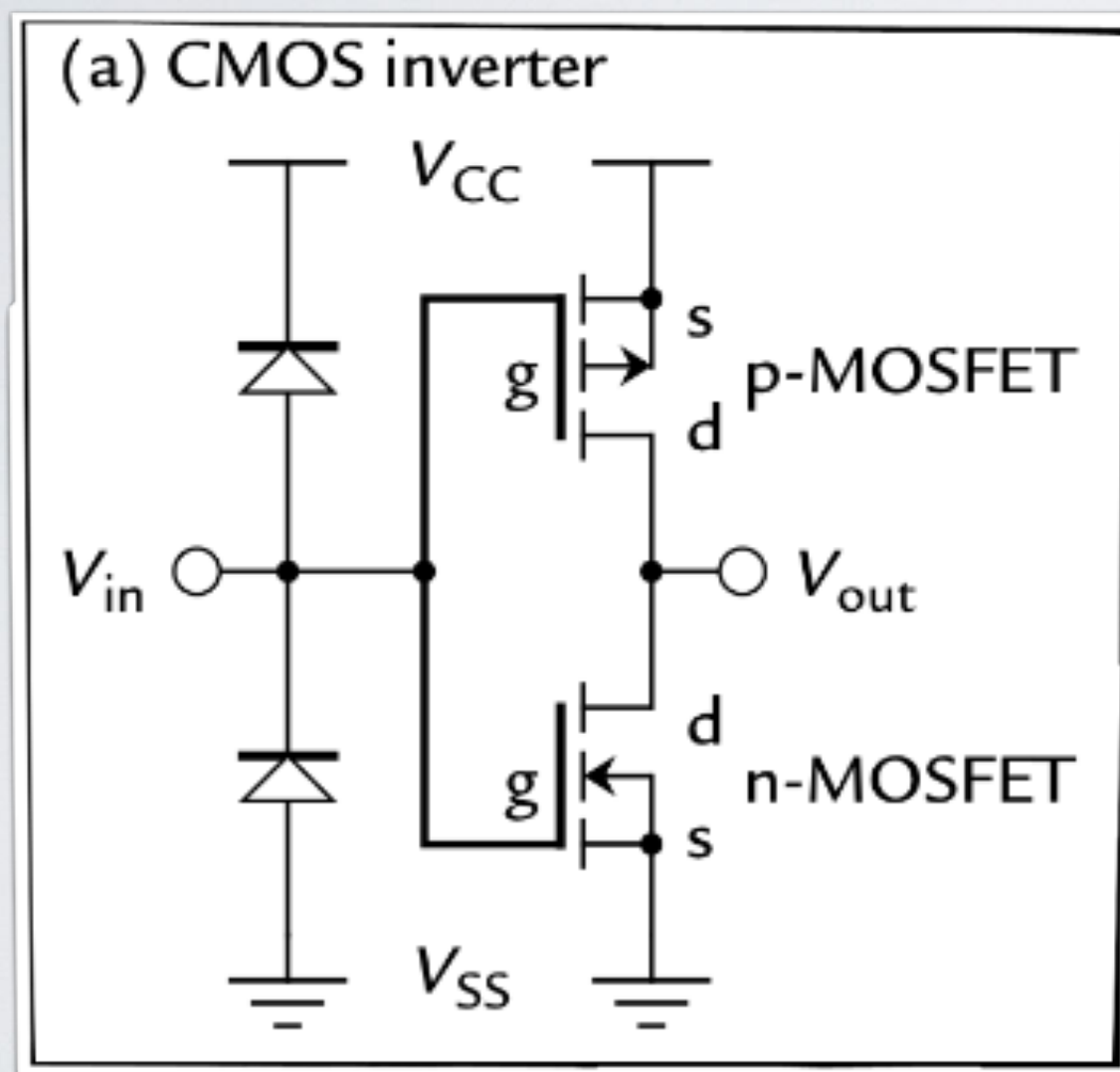
O MOSFET tipo P tem tensões e correntes de sinais invertidos em relação ao MOSFET tipo n

CIRCUITO DE DIG. I/O



Circuito inversor CMOS, que ilustra as características de circuitos mais complicados de entrada e saída digitais do MSP430

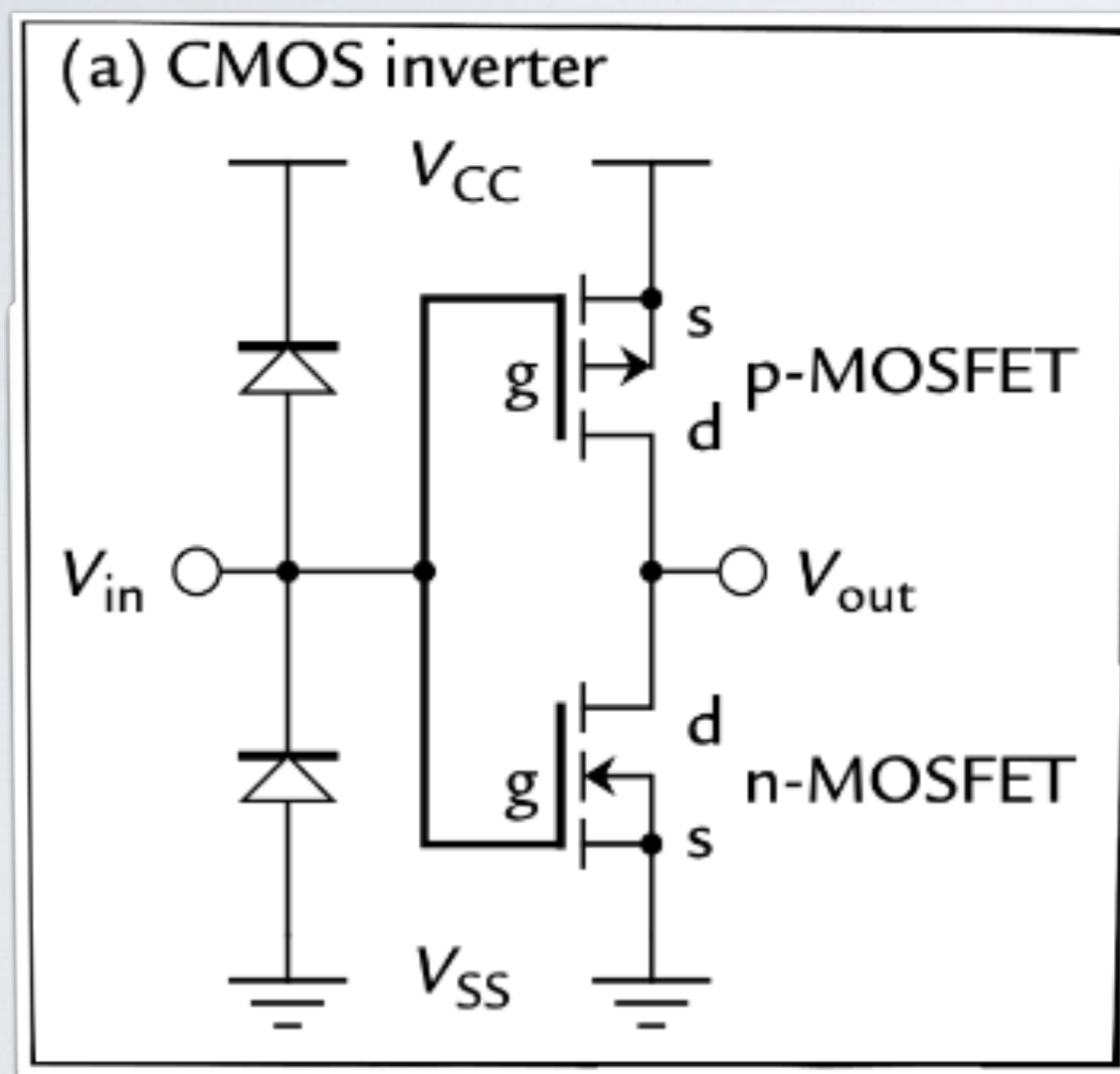
CIRCUITO DE DIG. I/O



Os diodos protegem contra tensões maiores que V_{CC} e menores que V_{SS}

Se $V_{in} > V_{CC}$, o diodo superior conduz, reduzindo a corrente entrando na porta dos MOSFETs

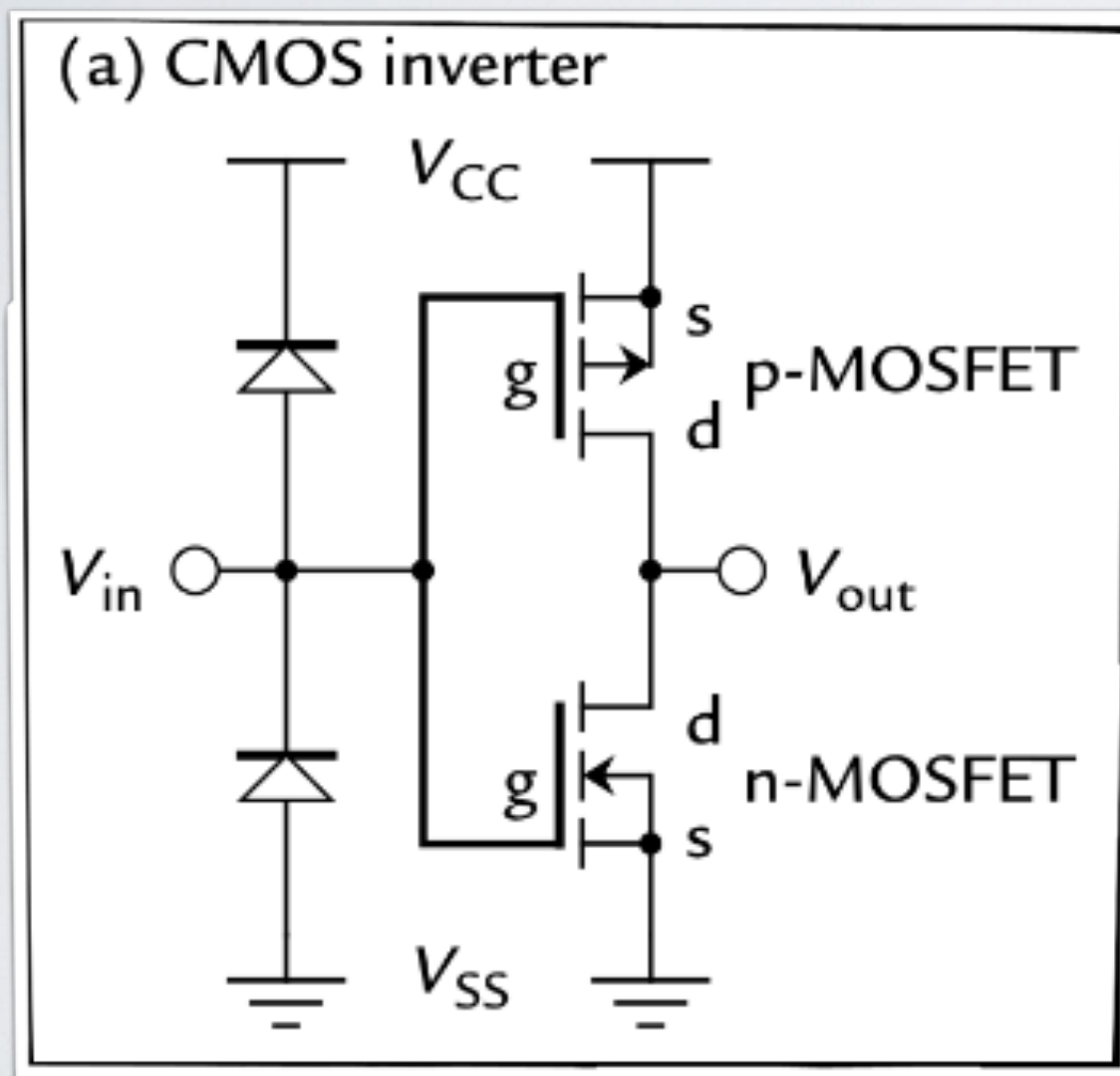
CIRCUITO DE DIG. I/O



Os diodos protegem
contra tensões maiores que
 V_{CC} e menores que V_{SS}

Se $V_{in} < V_{SS}$, o diodo
inferior conduz

CIRCUITO DE DIG. I/O



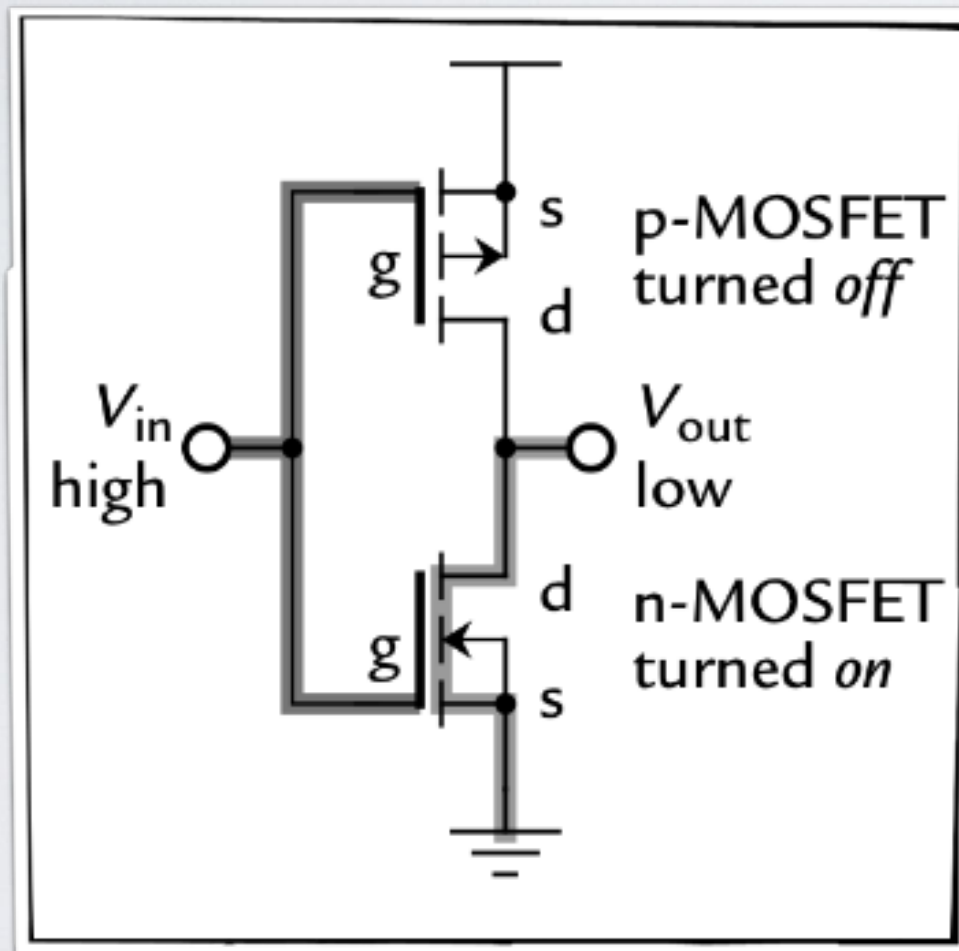
Se $V_{in} = V_{CC}$:

$V_{GS_p} = 0$ no MOSFET tipo P (superior)

$V_{GS_n} = V_{CC} > V_t$ no MOSFET tipo n (inferior)

CIRCUITO DE DIG. I/O

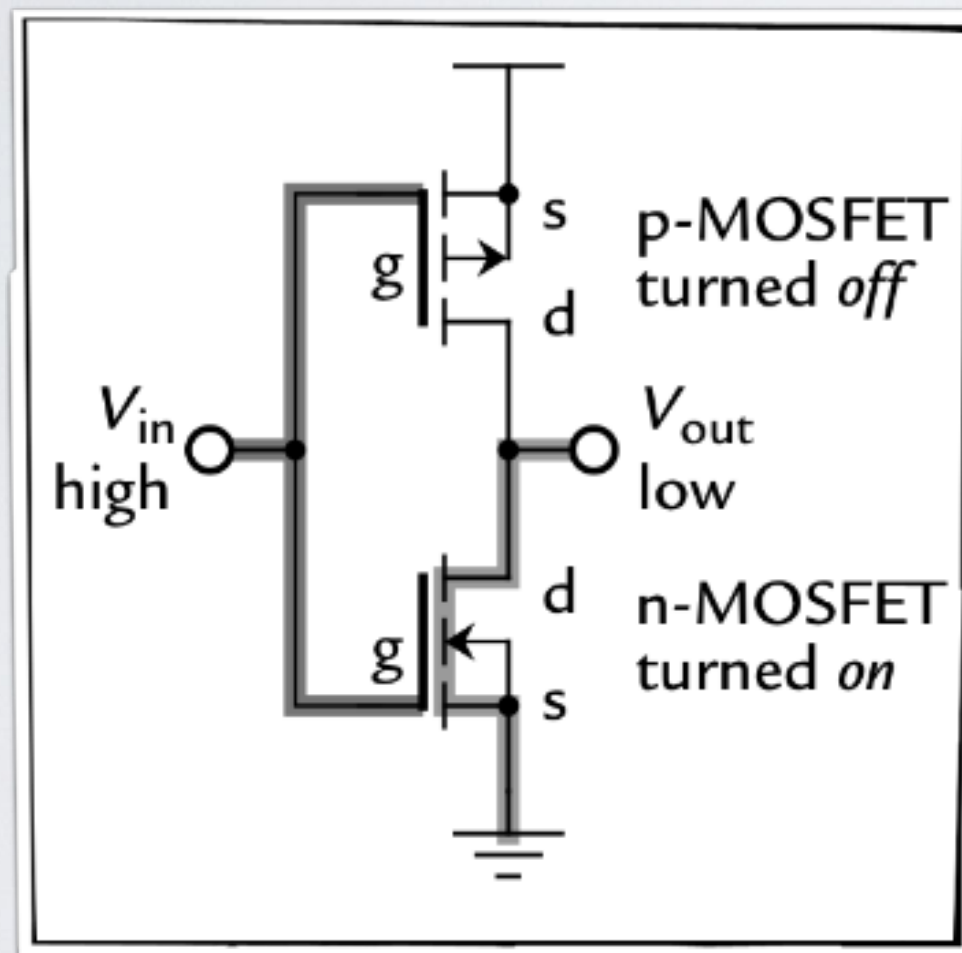
Se $V_{in} = V_{cc}$:



**MOSFET tipo n conduz, e
 $V_{out} = 0$**

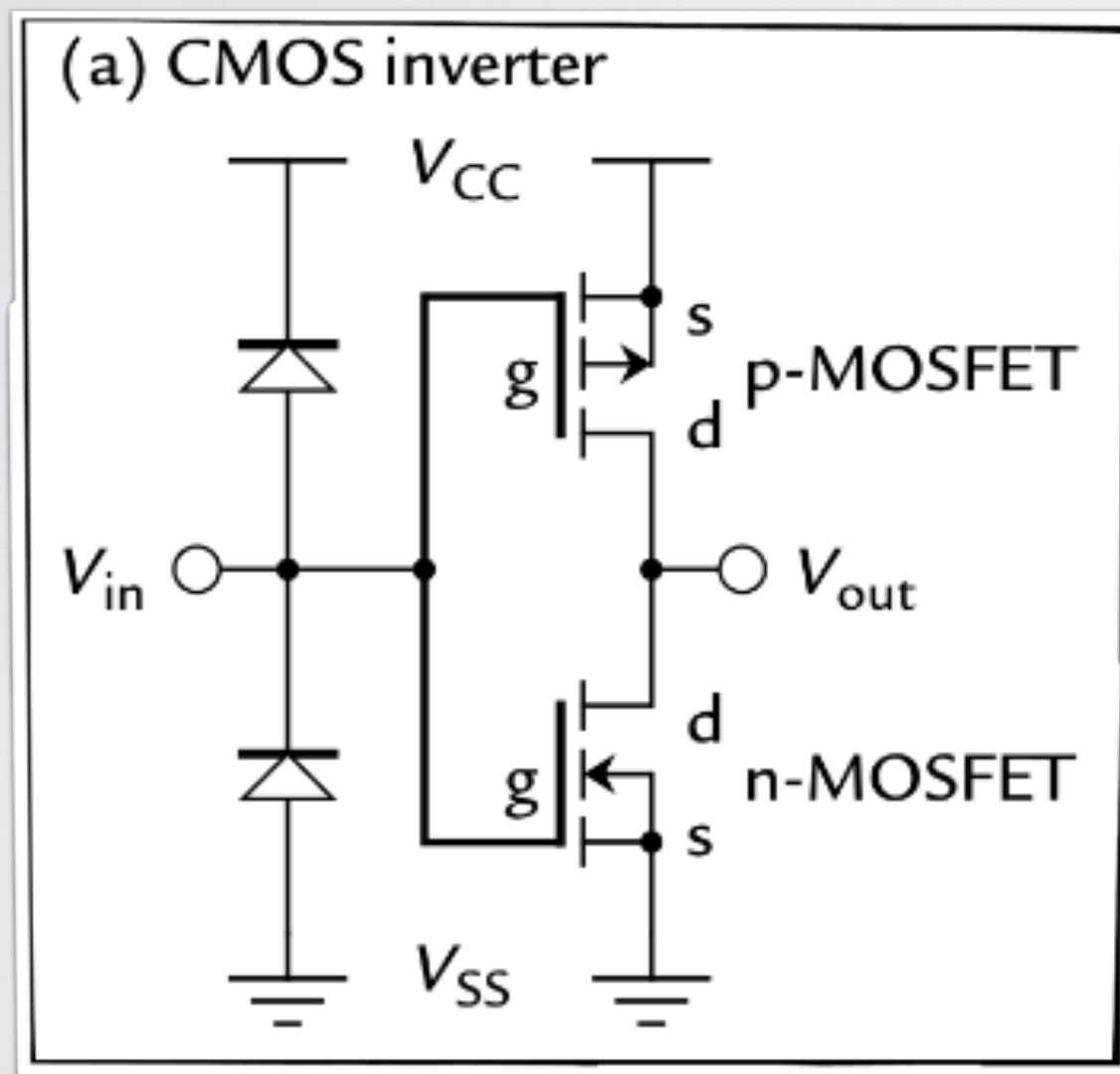
CIRCUITO DE DIG. I/O

Se $V_{in} = V_{cc}$:



**Nenhuma corrente flui
diretamente entre V_{cc} e V_{ss}
(baixo consumo)**

CIRCUITO DE DIG. I/O



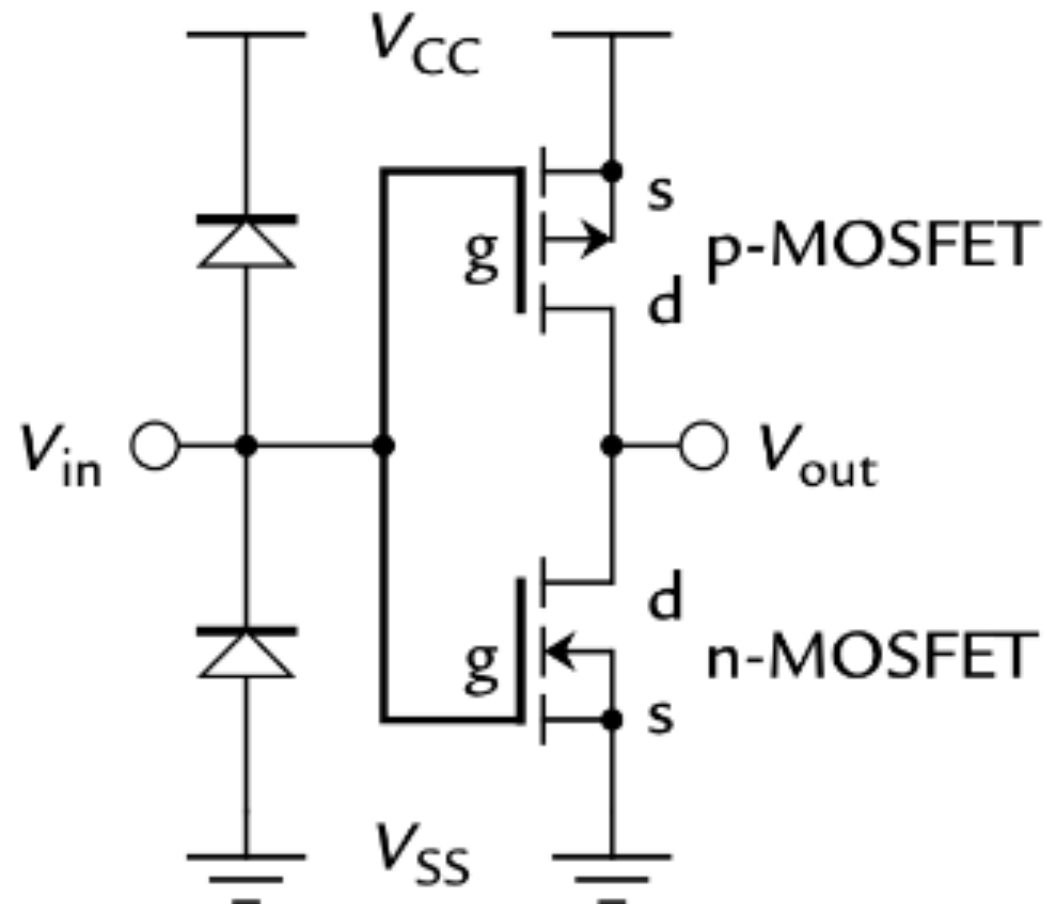
Se $V_{in} = V_{ss} = 0$:

$V_{GS_p} = -V_{cc} < -V_t$ no MOSFET tipo P (superior)

$V_{GS_n} = 0$ no MOSFET tipo n (inferior)

CIRCUITO DE DIG. I/O

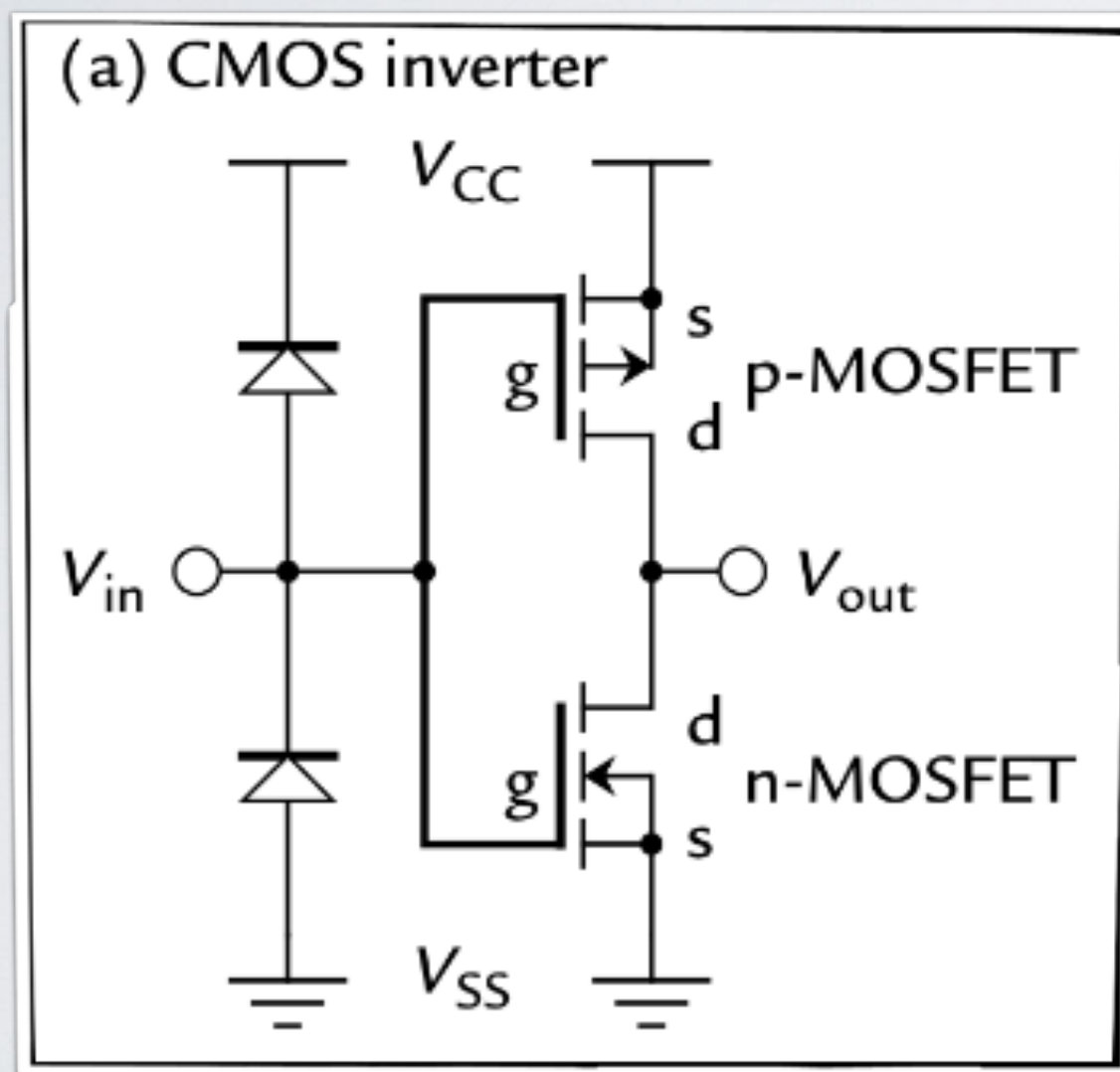
(a) CMOS inverter



Se $V_{in} = V_{ss} = 0$:

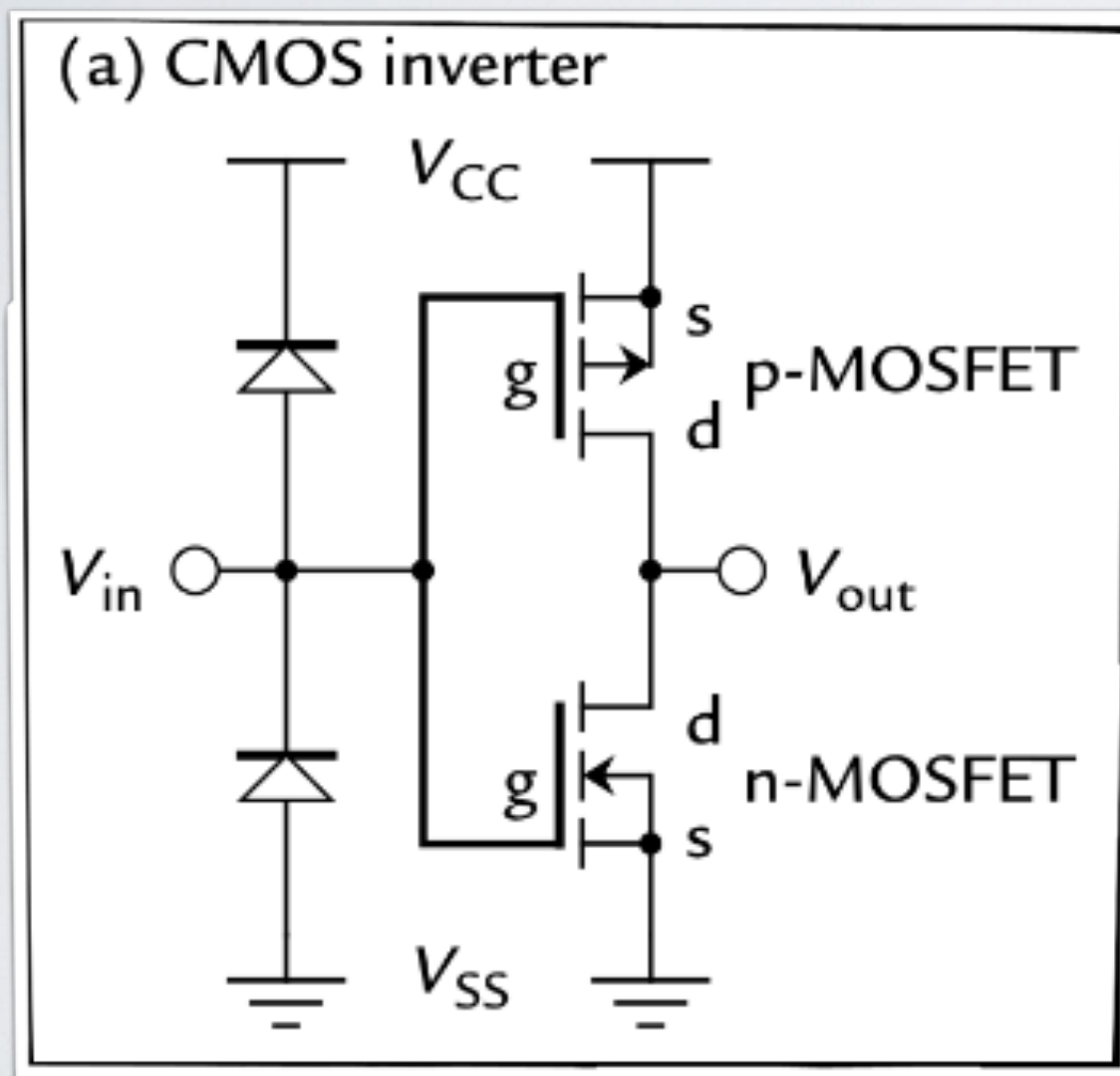
**MOSFET tipo p conduz, e
 $V_{out} = V_{ss} = 0$**

CIRCUITO DE DIG. I/O



V_{in}	V_{out}
0 (V_{ss})	1 (V_{cc})
1 (V_{cc})	0 (V_{ss})

CIRCUITO DE DIG. I/O



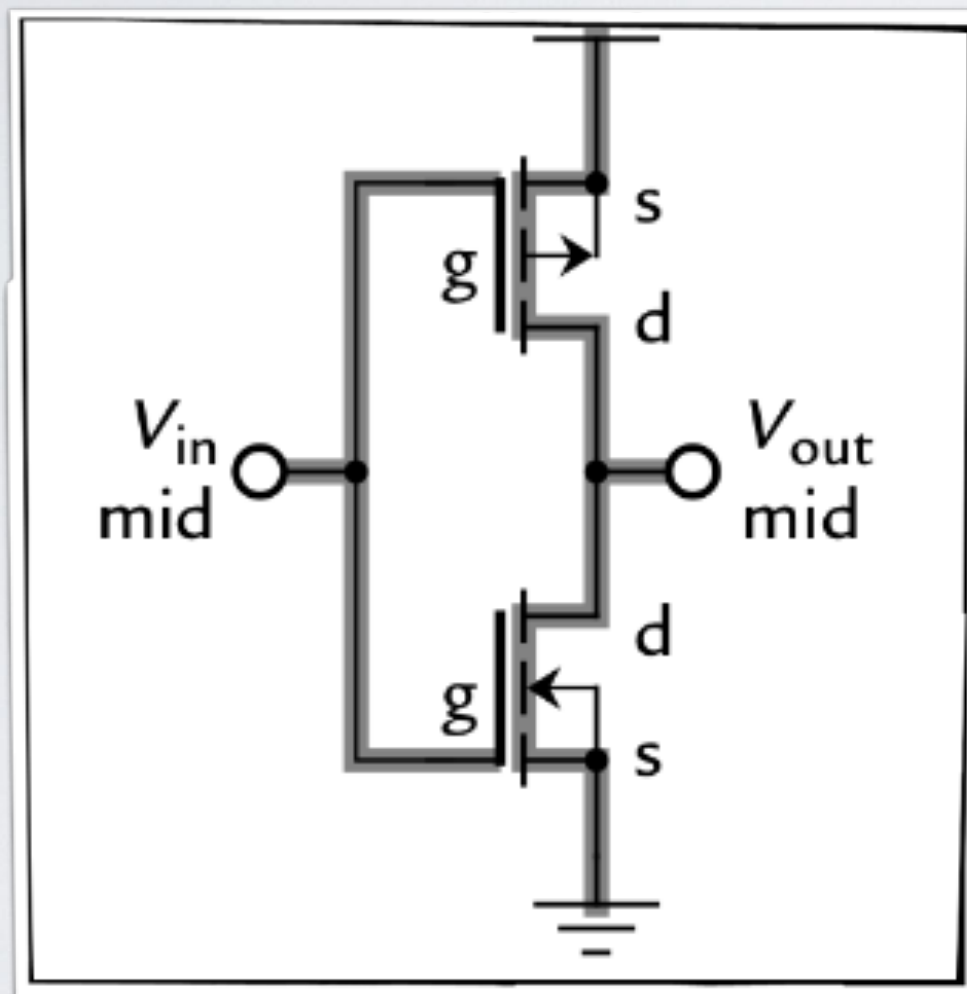
Se $V_{in} = V_{cc}/2$:

$V_{GS_p} = -V_{cc}/2 < -V_t$ no MOSFET tipo P (superior)

$V_{GS_n} = V_{cc}/2$ no MOSFET tipo n (inferior)

CIRCUITO DE DIG. I/O

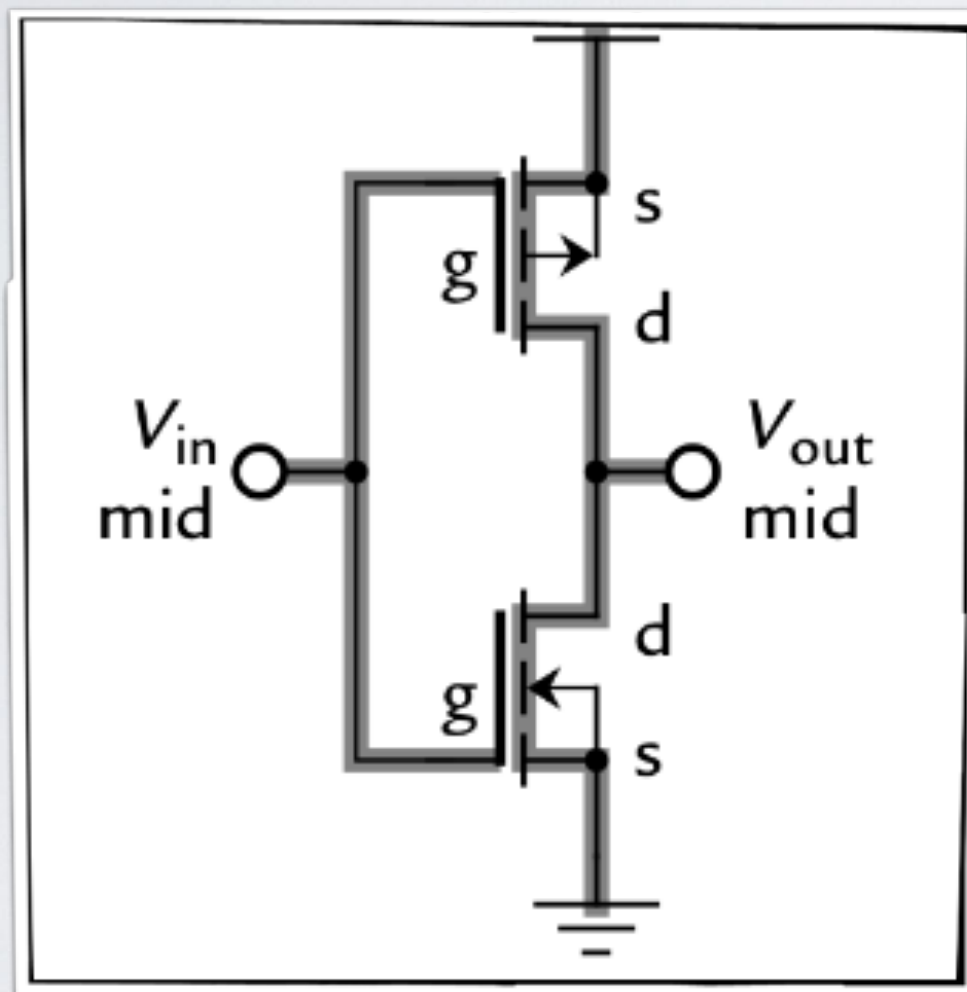
Se $V_{in} = V_{cc}/2$:



**Os dois MOSFETs conduzem,
e $V_{out} = V_{cc}/2$**

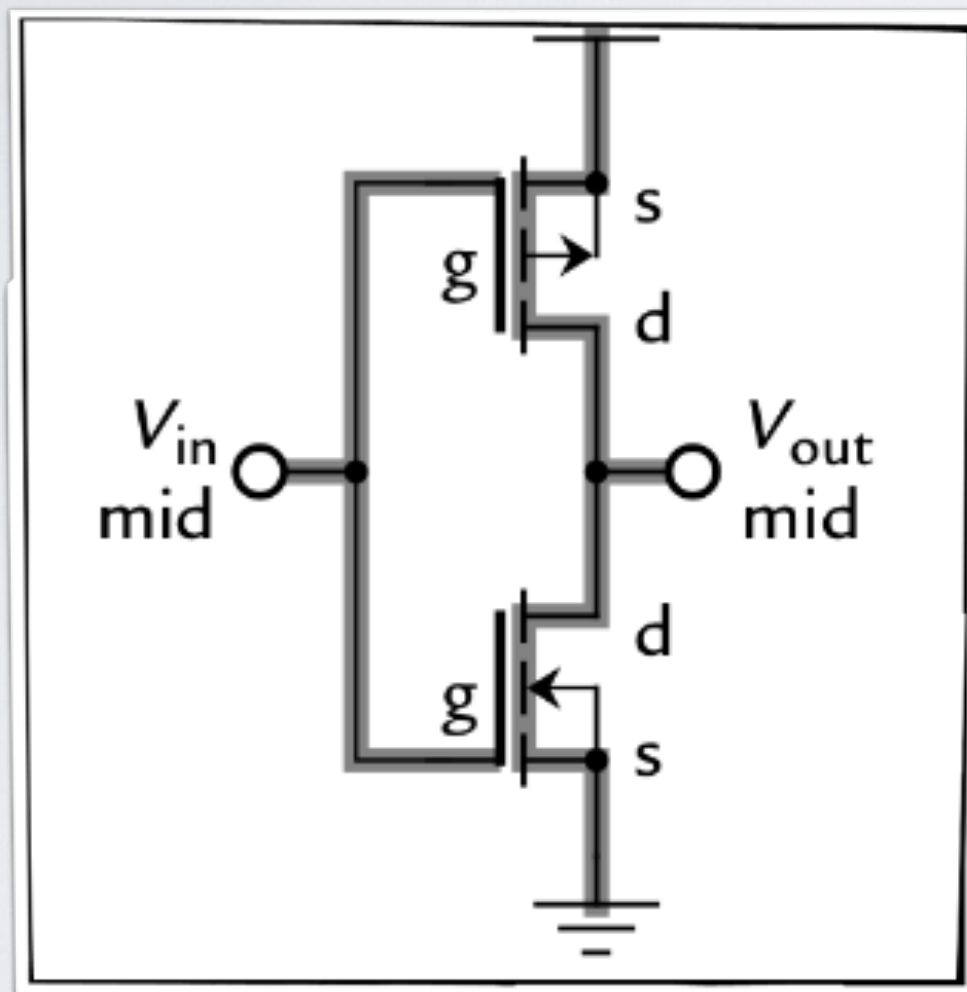
CIRCUITO DE DIG. I/O

Se $V_{in} = V_{cc}/2$:



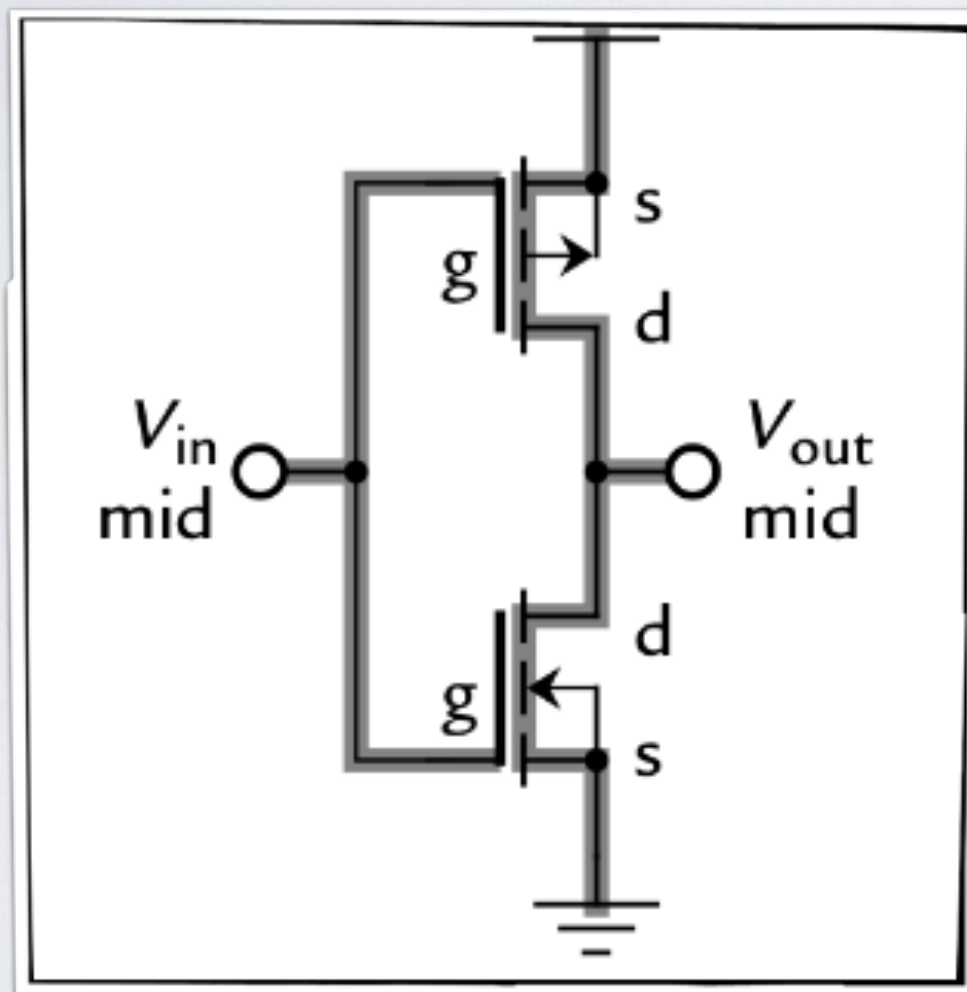
**Corrente flui entre V_{cc} e V_{ss}
(shoot-through current):
maior consumo de energia**

CIRCUITO DE DIG. I/O



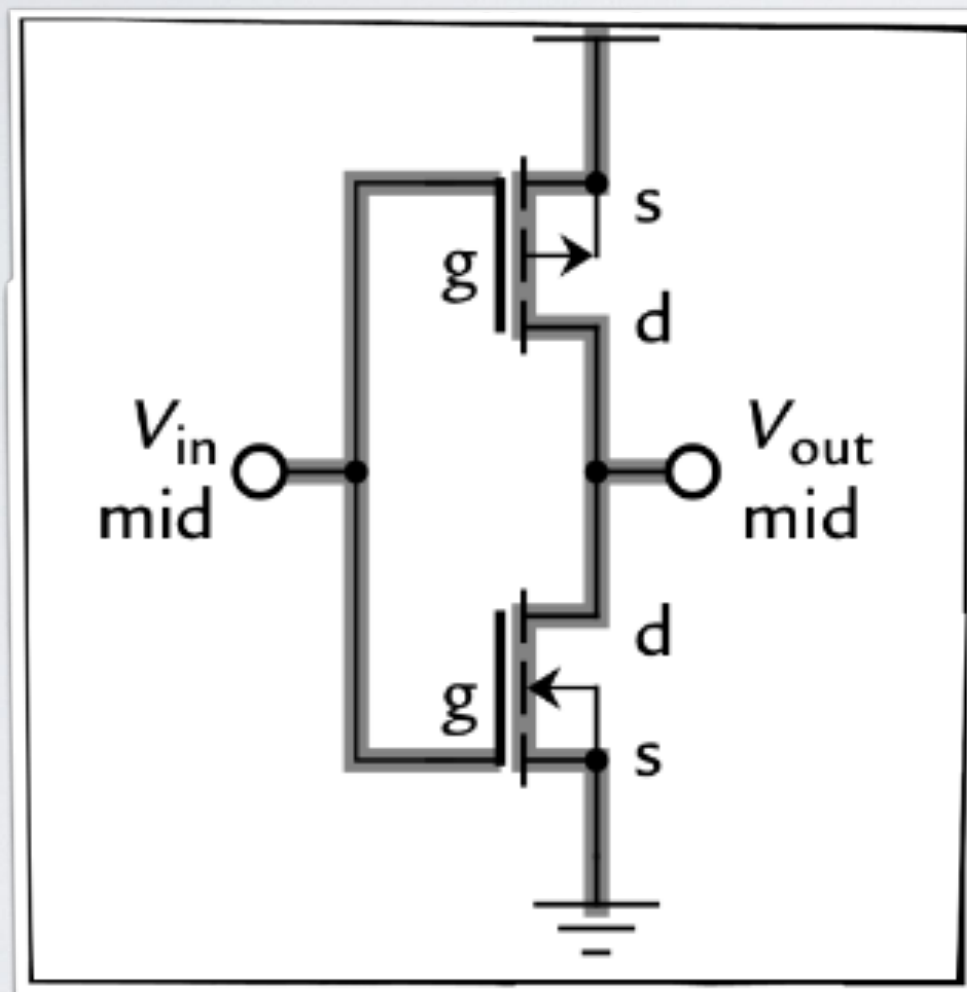
Quanto mais lenta a transição entre V_{cc} e V_{ss} (e vice-versa), maior o consumo de energia

CIRCUITO DE DIG. I/O



Pinos ociosos não devem permanecer desconectados como entradas, para evitar esta situação de desperdício de energia

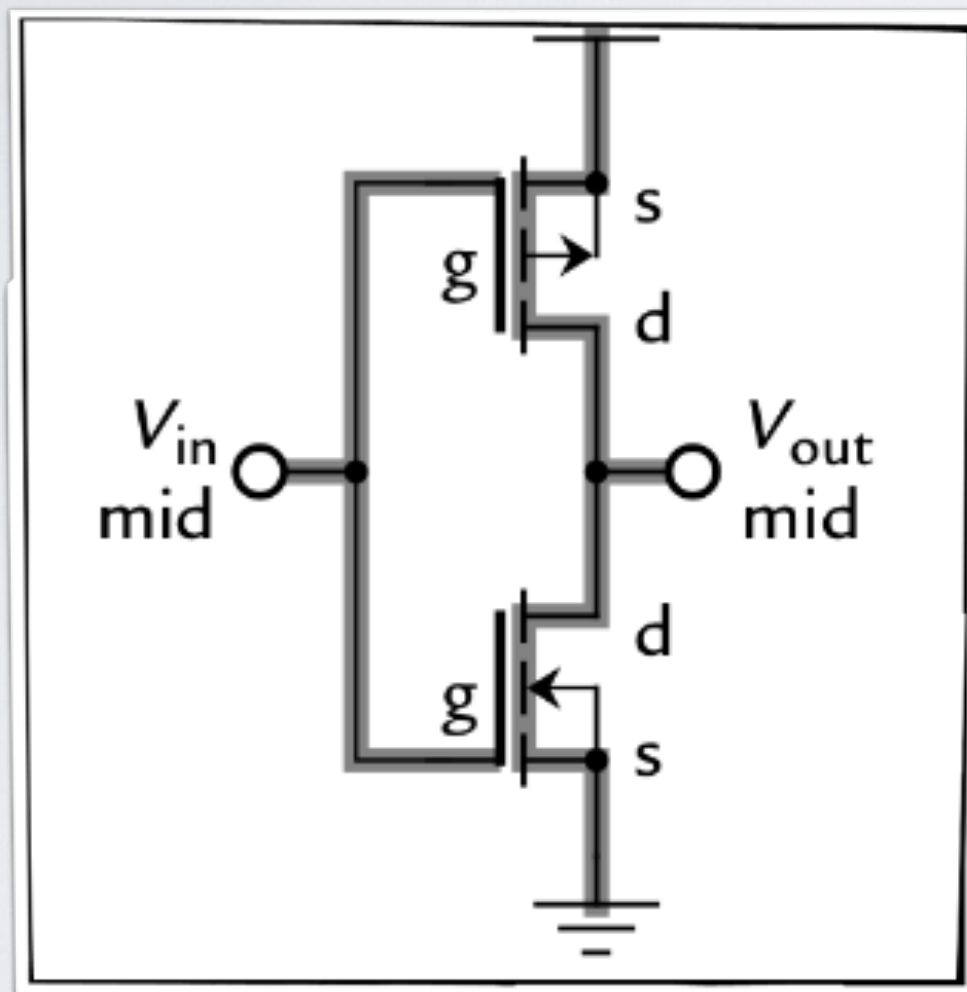
CIRCUITO DE DIG. I/O



Soluções para pinos ociosos:

Conectar externamente a V_{cc} ou V_{ss} , e configurar como entrada

CIRCUITO DE DIG. I/O

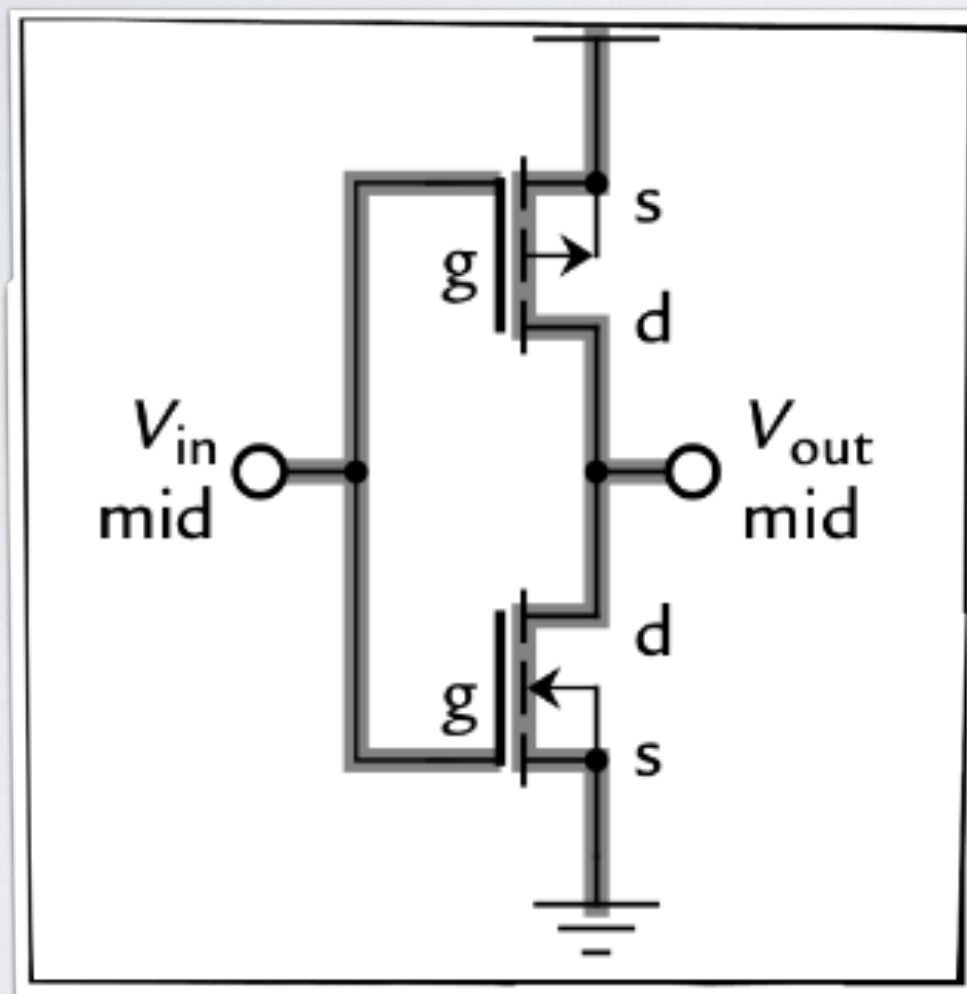


Soluções para pinos ociosos:

Conectar externamente a V_{cc} ou V_{ss} , e configurar como entrada

Danifica o MSP430 se o pino for acidentalmente configurado como saída

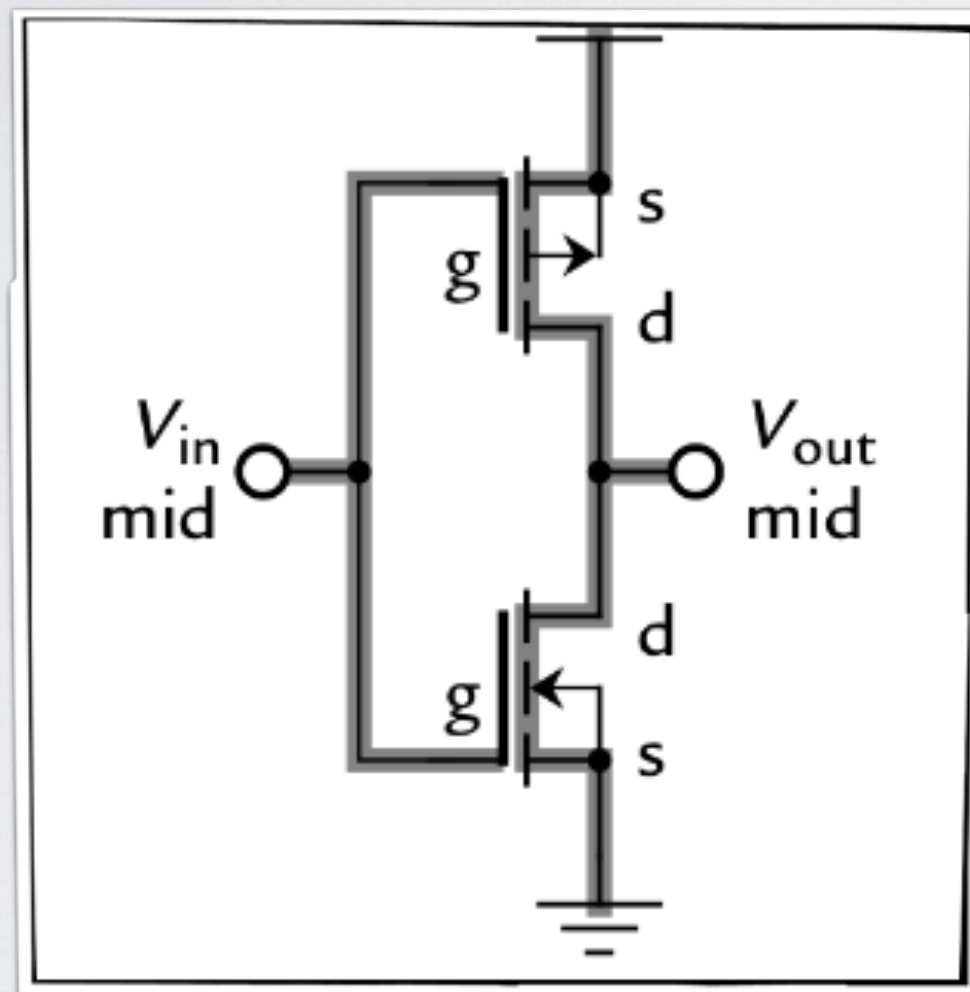
CIRCUITO DE DIG. I/O



Soluções para pinos ociosos:

Conectar internamente a V_{cc} ou V_{ss} via resistor de pull-up ou pull-down, e configurar como entrada

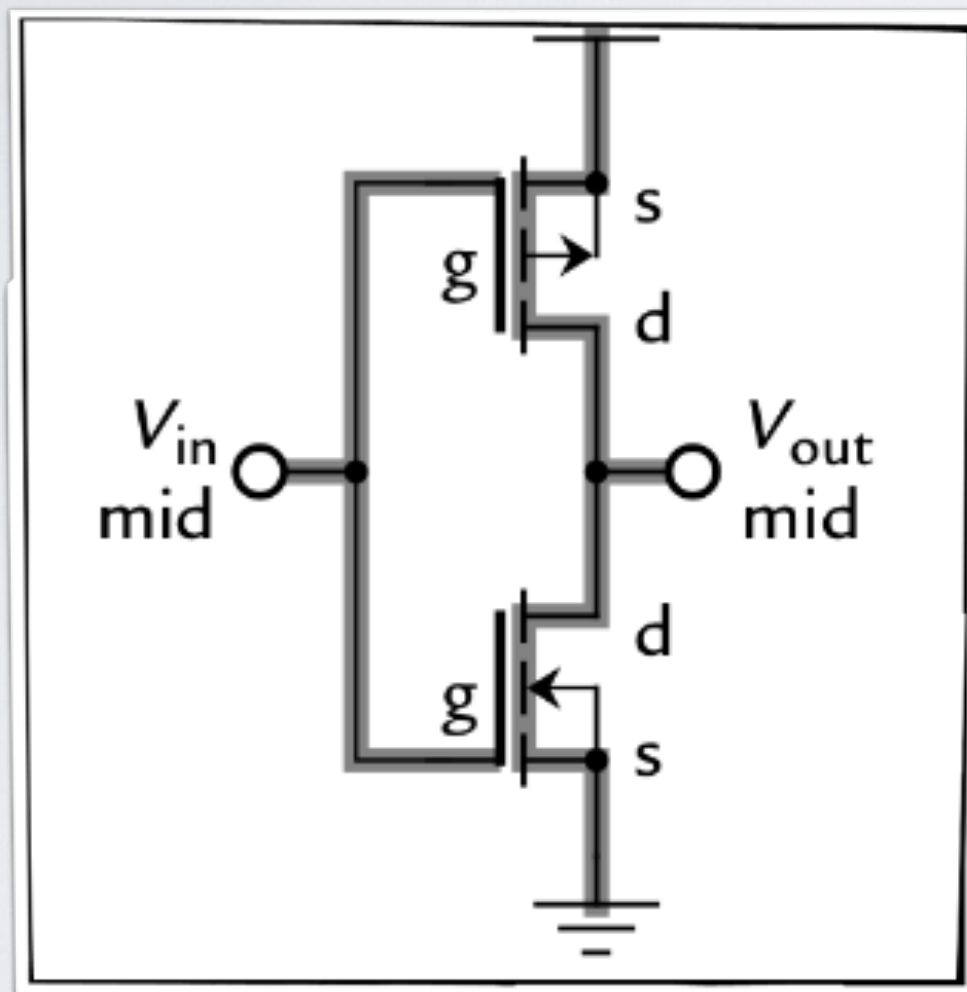
CIRCUITO DE DIG. I/O



Soluções para pinos ociosos:

Configurar como saída

CIRCUITO DE DIG. I/O



Soluções para pinos ociosos:

Configurar como saída

Danifica o MSP430 se a ponta de prova curto-circuitar o pino com outro