



INSTITUTO FEDERAL

Paraíba

Campus Campina Grande

Sistemas Embarcados

Aula: Entradas digitais

Prof. Alexandre Sales Vasconcelos

alexandre.vasconcelos@ifpb.edu.br

Campina Grande, PB

Roteiro

- Introdução
- Debounce (Hardware/Software)
- Arranjo matricial
- Aplicações

Entradas digitais

Entradas digitais

Assim como nas saídas digitais, muitos componentes ou módulos periféricos são utilizados em sistemas embarcados para capturar dados externos, também geram apenas dois tipos de estados.

Verdadeiro ou falso; acionado ou solto; presente ou ausente; VCC ou GND; 0 ou 1.

Entradas digitais

Exemplos de componentes ou módulos tem-se:

- Chaves;
- Botões;
- Sensores de presença;
- redswitches;
- encoders, etc.



Entradas digitais

O funcionamento elétrico desses sensores são semelhantes, sendo gerado um sinal de tensão que varia entre os dois estados.

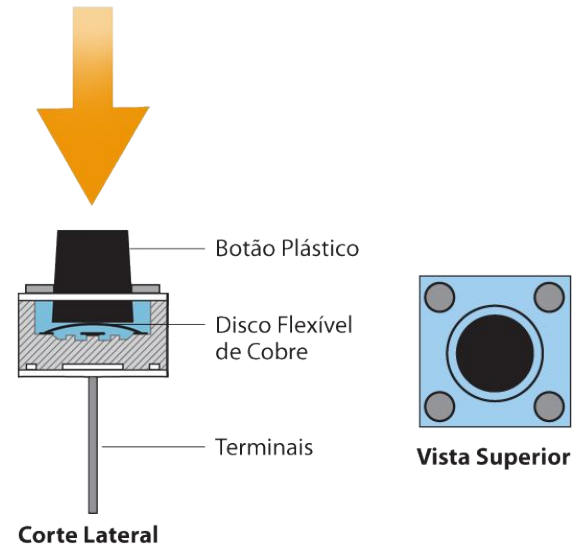
Para o sinal/estado baixo, ausente ou falso geralmente é representado por 0V (zero volts).

Já para o sinal alto, presente ou verdadeira utiliza-se a representação VCC.

Entradas digitais

Os componentes que convertem um efeito mecânico em sinal elétrico se utilizam de chaves, que podem estar abertas ou fechadas.

É o princípio de funcionamento das microswitches comumente utilizadas em dispositivos eletrônicos.



Circuitos de entradas digitais

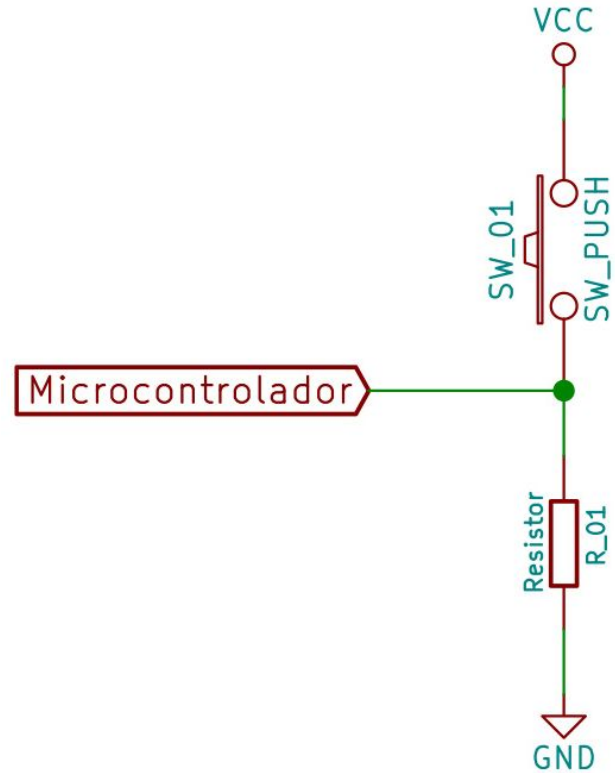
A conversão do estado físico da posição da chave em sinal elétrico é obtida por meio de um arranjo eletrônico da chave com um resistor e uma fonte de alimentação.

Esse arranjo pode ser implementado de duas formas diferentes.

Circuitos de entradas digitais

O circuito de leitura de chave com resistor de pull-down.

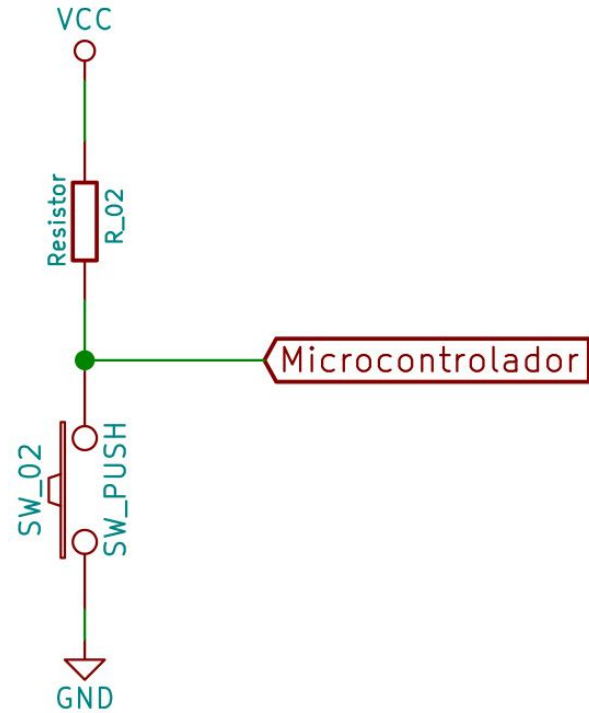
No qual a interpretação do estado da chave é diretamente similar ao sinal presente na entrada digital.



Circuitos de entradas digitais

O circuito de leitura de chave com resistor de pull-up.

No qual a interpretação do estado da chave deve ser inverso ao sinal presente na entrada digital (lógica negativa).



Leitura de entradas digitais

O procedimento de leitura do sinal presente na entrada digital deve ser realizado em duas etapas:

De inicialização da GPIO no modo entrada;

E dentro do loop infinito realizar a leitura do bit da posição de memória correspondente a GPIO.

Problemas na leitura

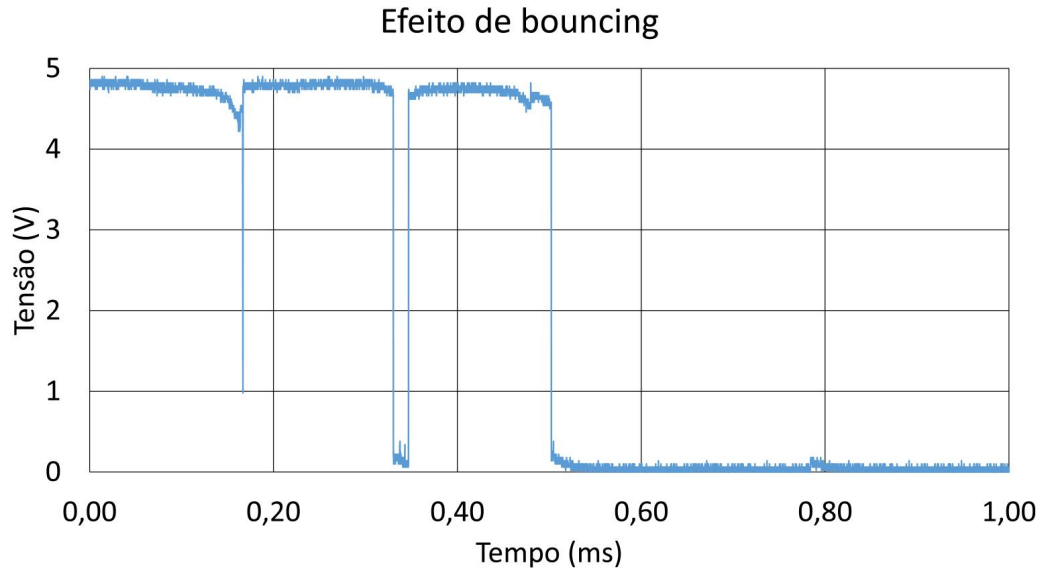
O funcionamento deste tipo de arranjo apresenta um problema.

As chaves podem apresentar um efeito de oscilação no sinal (ruído) quando é acionada.

Este ruído é conhecido como bouncing.

Problemas na leitura

Sinal gerado por um circuito de leitura implementado com um circuito de pull-up ao ser acionado uma chave.



Problemas na leitura

Quando a chave é acionada, a tensão na GPIO cai para zero volts (arranjo pull-up).

No entanto, a chave é um componente mecânico que ao ser acionado pode vibrar (ligar e desligar várias vezes rapidamente).

Problemas na leitura

Estas oscilações podem ser interpretadas pelo microcontrolador como vários acionamentos da chave gerando uma falha de leitura.

Para evitar esta falha, pode-se utilizar duas técnicas de debounce:

- Debounce por hardware;
- Debounce por software.

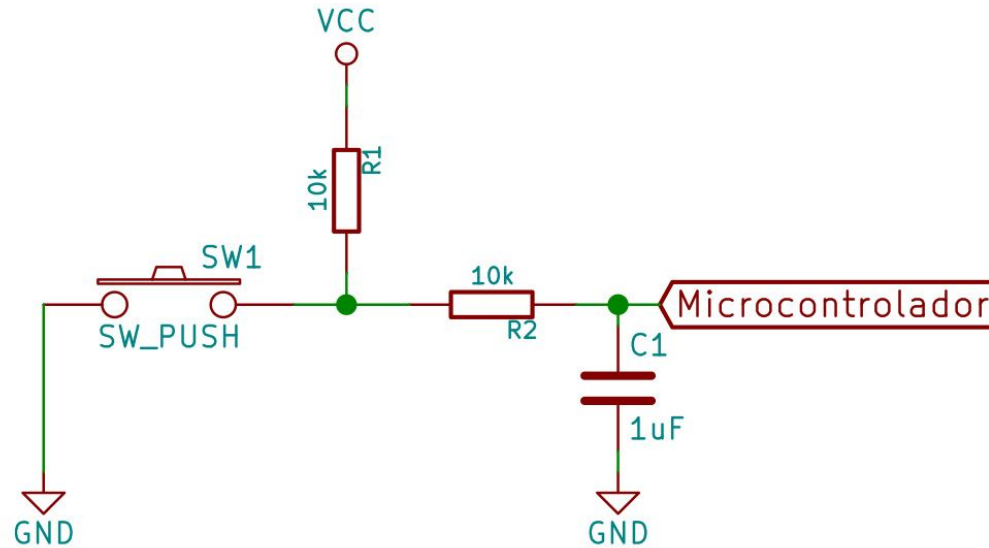
Debounce por hardware

Debounce por hardware

A técnica de debounce por hardware consiste em adicionar componentes eletrônicos que sejam capazes de reduzir ou eliminar os ruídos elétricos gerados pela oscilações da chave ao ser acionada.

Circuito de debounce

O circuito de debounce utilizando capacitores em paralelo a entrada do microcontrolador.



Circuito de debounce

O capacitor é um componente que ao ser aplicado uma tensão (ddp) entre seus terminais ele irá iniciar um processo de acumulação de energia.

Até que seja atingido o equilíbrio de tensão entre a fonte de alimentação e o capacitor, leva-se um determinado tempo (τ) que depende dos valores da resistência de R e da capacitância de C.

Circuito de debounce

No circuito de debounce, apresentado na figura anterior, C1 levará um tempo para ser carregado ou descarregado, que depende do valor do R2 e dele mesmo.

Logo, o microcontrolador só irá detectar a mudança da tensão após o tempo (τ) do circuito RC.

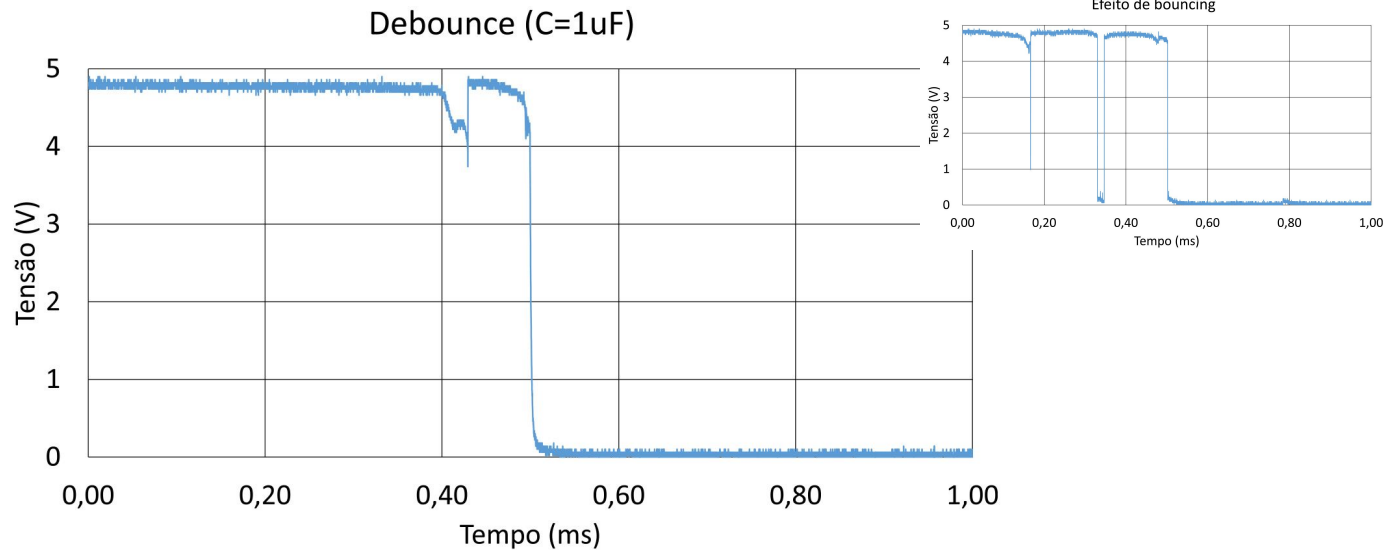
Circuito de debounce

Este comportamento fará que oscilações dos sinal de alimentação gerada pela vibração da chave sejam amortecidas ou eliminadas.

Valores de C1 maiores farão aumentar o (τ) e consequentemente o circuito conseguirá aumentar sua imunidade aos ruídos gerados pela chave.

Circuito de debounce

Pode-se notar que o sinal ainda apresenta uma pequena oscilação, mas que não chega a zerar.



Problemas com o debounce por hardware

O maior problema dessa técnica é o aumento no custo de produção das PCBs.

Mesmo que o custo de um resistor e um capacitor seja relativamente baixo, sua adição pode impactar no custo total da PCB.

O que pode tornar essa solução inadequada para algumas situações.

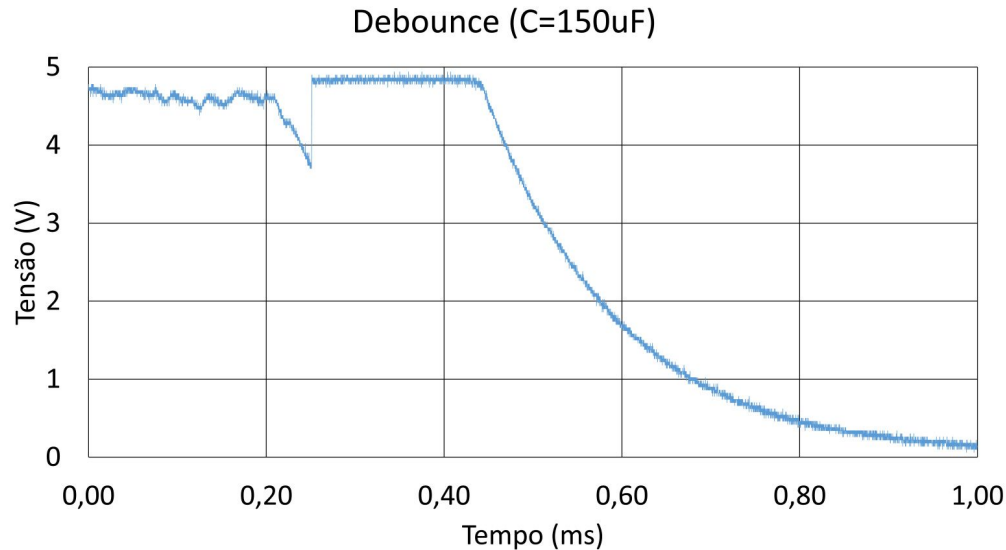
Problemas com o debounce por hardware

Outro problema é que essa técnica adiciona um atraso na detecção do acionamento da chave.

Ao acionar a chave, o microcontrolador só perceberá a mudança do estado na GPIO após o tempo de carga ou descarga do capacitor.

Problemas com o debounce por hardware

Pode-se notar que ao ser utilizado um capacitor com maior capacitância o tempo de descarga aumenta.



Problemas com o debounce por hardware

Para alguns dispositivos esse aumento no tempo de detecção também pode inviabilizar o uso do debounce por hardware.

Uma opção para o aumento do custo e em alguns casos para o aumento do tempo é a utilização da técnica de debounce por software.

Debounce por software

Debounce por software

O debounce por software tenta copiar o efeito utilizado no debounce por hardware sem a adição de componentes.

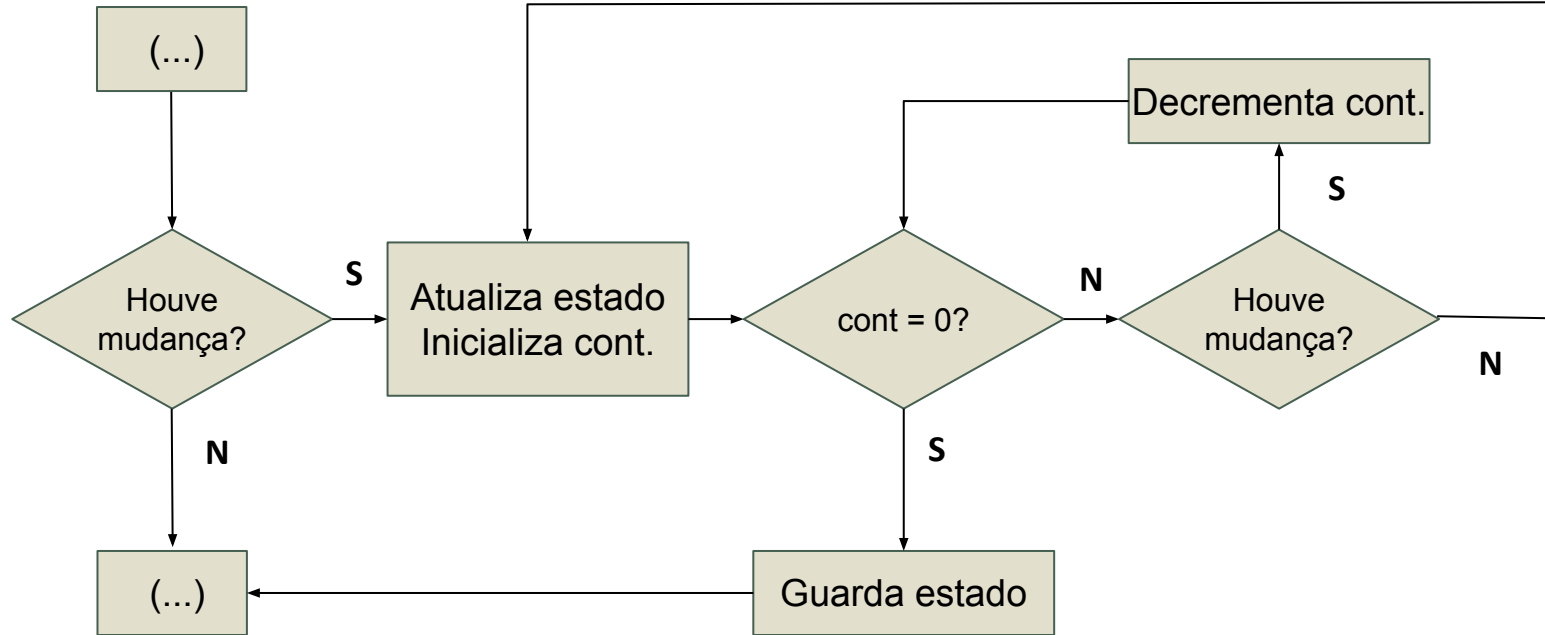
A lógica utilizada para implementar o debounce consiste em aguardar, por um tempo pré definido, a estabilização no estado da GPIO.

Debounce por software

Enquanto não for detectado a estabilidade, o algoritmo precisa continuar lendo a GPIO.

Ao ser detectado a estabilidade, o algoritmo poderá concluir a leitura da GPIO e guarda o último estado lido para ser usado posteriormente.

Debounce por software



Problemas com o debounce por software

A maior desvantagem da utilização do debounce por software é a inserção de um atraso na detecção da mudança do estado.

Uma forma de reduzir esse atraso é conhecer o tempo de estabilização da chave que varia de uma chave para outra.

Problemas com o debounce por software

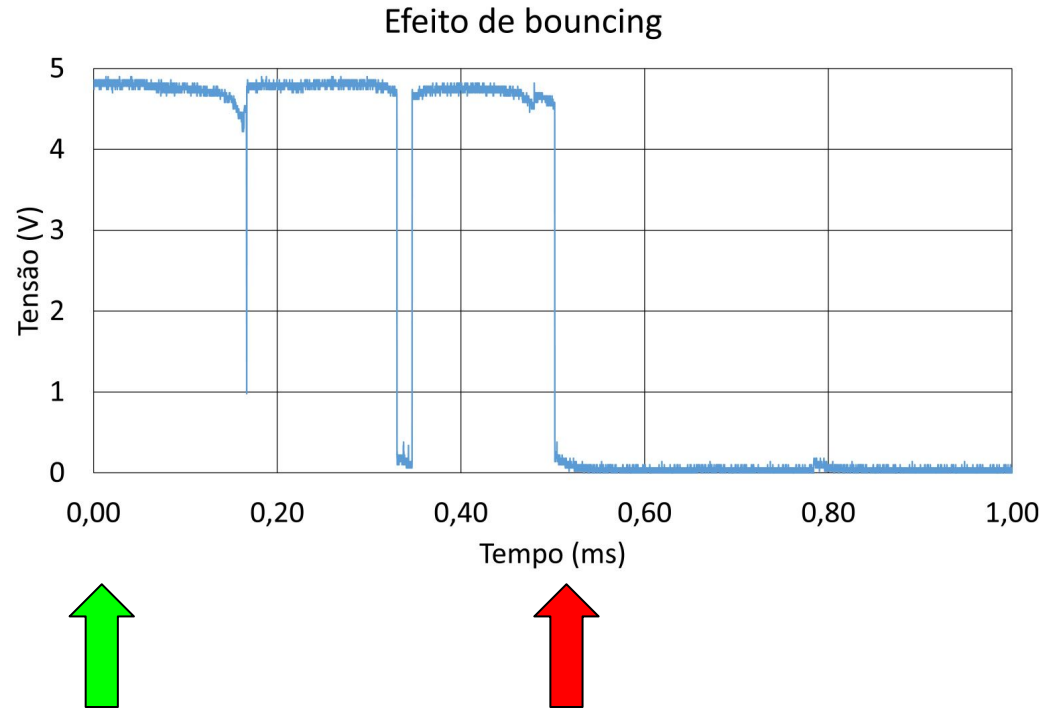
Uma das maneiras de se obter essa informação é de forma empírica.

Montam-se o circuito da chave e com o auxílio de um osciloscópio verifica-se o tempo que o sinal gerado pela chave leva para estabilizar.

Problemas com o debounce por software

Na figura pode-se observar o sinal gerado pelo acionamento de uma chave.

Qual foi o tempo para estabilização do sinal?



Arranjo matricial

Múltiplas entradas

Para cada nova chave adicionada no dispositivo, também é necessário reservar uma GPIO dedicada a leitura do seu estado.

A depender do dispositivo que esteja sendo projetado esse número de entradas pode inviabilizar o uso de muitos microcontroladores devido sua limitação de GPIOs.

Múltiplas entradas

Uma solução para atender a necessidade de muitas GPIOs será utilizar microcontroladores que disponibilizem a quantidade necessária.

Em consequência os custo do projeto também irá subir, pois microcontroladores com muitas GPIOs são maiores e mais caros.

Múltiplas entradas

O custo está diretamente ligado ao tamanho do encapsulamento podendo aumentar de 5 a 30% seu valor.

O processo de inserção e soldagem também é mais caros dependendo do tipo de encapsulamento

E o tamanho da PCB também será afetado aumentando seu custo de produção.

Múltiplas entradas

Outra solução, para aumentar o número de entradas digitais, é utilizar a técnica de multiplexação similar a solução adotada e usada com os display de sete segmentos.

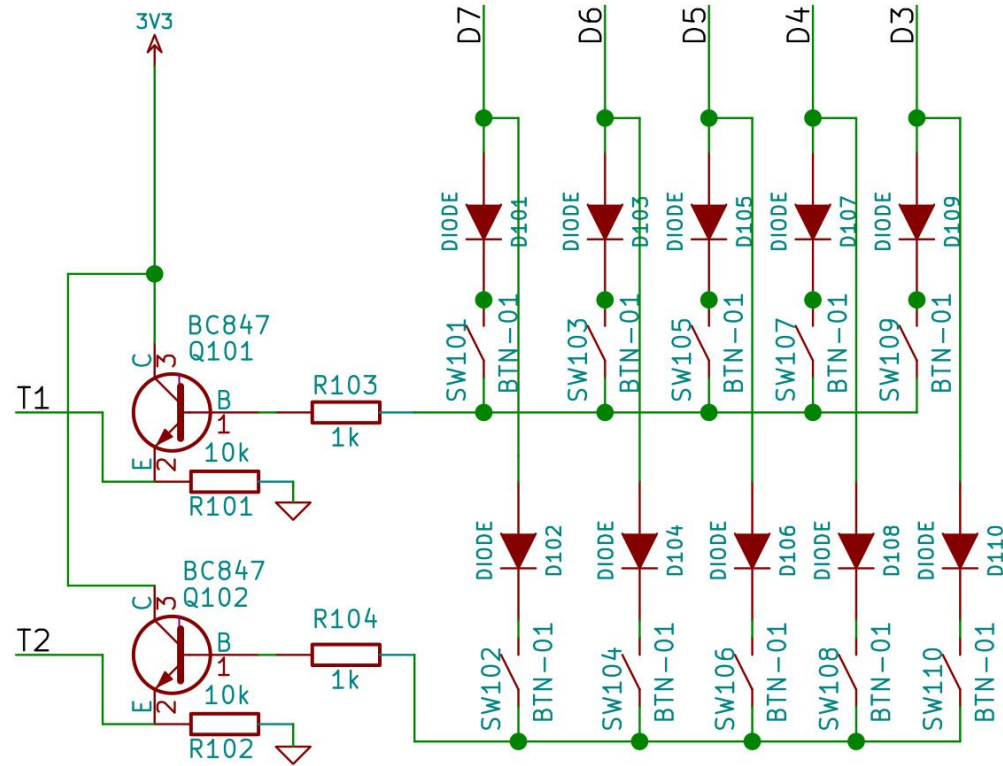
Arranjo matricial

Uma das formas mais eficientes para controlar a leitura de um teclado é o arranjo matricial.

Ao utilizar essa configuração é possível controlar $(N/2)^2$ chaves utilizando N GPIOs.

Existem no mercado teclados construídos no formato matricial para facilitar seu uso com microcontroladores.

Arranjo matricial



Arranjo matricial

Neste formato, as chaves são arranjadas por linhas e colunas de forma a implementar a matriz.

Assim, ao ser acionado uma das chaves, apenas uma coluna é conectada a apenas uma linha.

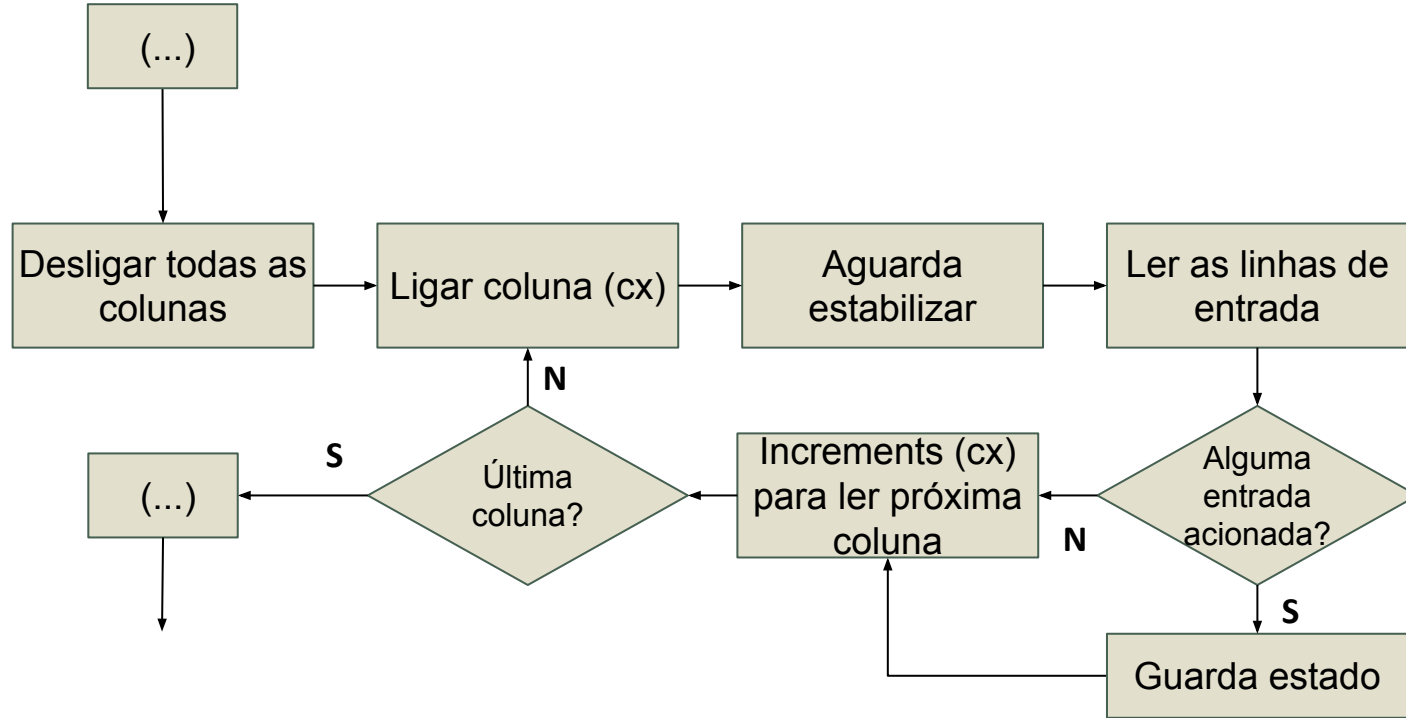
Arranjo matricial

Na saída T1 e T2 são utilizados um circuito transistorizado com a função de conversor de nível de tensão.

Quando a tensão na base (B) é zero, a saída no emissor (E) se mantém em zero.

Já quando tem-se de 1 a VCC em (B), a saída (E) será levada a 3,3V, compatível com a entrada do microcontrolador.

Fluxograma para leitura do arranjo matricial



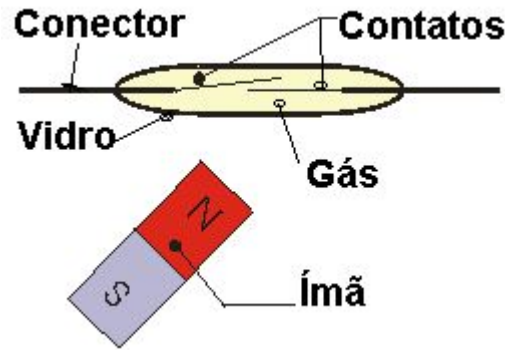
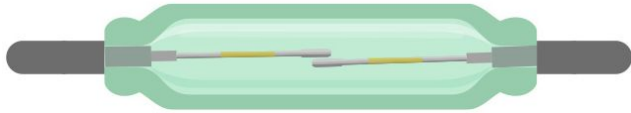
Aplicações

Reed Switch

- Os microswitch não são os únicos componentes que fazem uso das entradas digitais dos microcontroladores para transmitir informações.
- Foram desenvolvidos uma série de componentes para atender demandas específicas de cada aplicação.
- Uma dessas aplicações, por exemplo, são os sistemas de alarme que utilizam sensores de portas baseados em reed switches.

Reed Switch

- Os reed switches são chaves que sua ativação é realizada quando ela é exposta a um campo magnético.



Reed Switch

- Assim, para monitorar o estado de uma porta (aberta ou fechada) coloca-se o reed switches no batente ou alisar da porta e um imã na porta para gerar o campo magnético.



Reed Switch

- Assim, como nos microswitch sua interface elétrica com o microcontrolador também necessita de um circuito com resistor de pull-up ou pull-down.
- E também deve ser implementado um sistema de tratamento do efeito bounce, seja por hardware ou software.

Encoder

- Encoders são componentes utilizados para aplicações que necessitem obter informações sobre a posição e ou sentido de rotação de um eixo.
- Eles possuem um elemento rotativo (cursor) que trabalhando em conjunto com seu circuito elétrico interno é capaz de gerar informações de rotação e sentido.

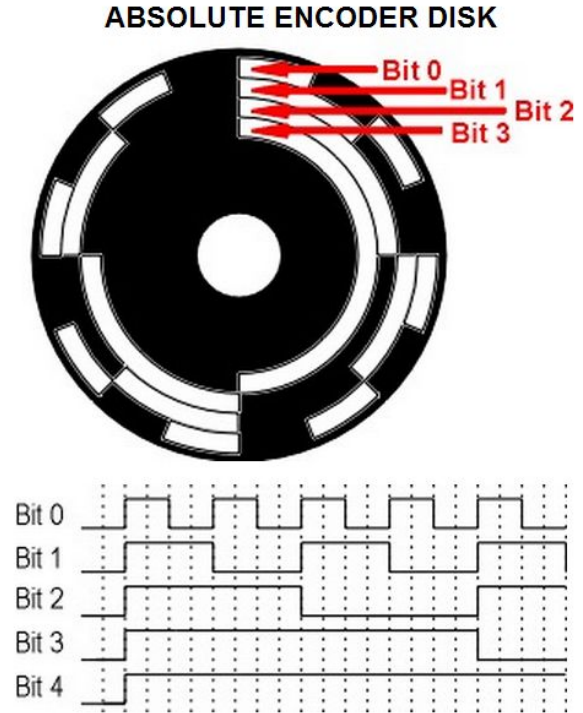
Encoder

- Existem no mercado dois tipos de encoder (absoluto ou relativo) que determinam sua capacidade de identificar tanto a posição como o sentido.



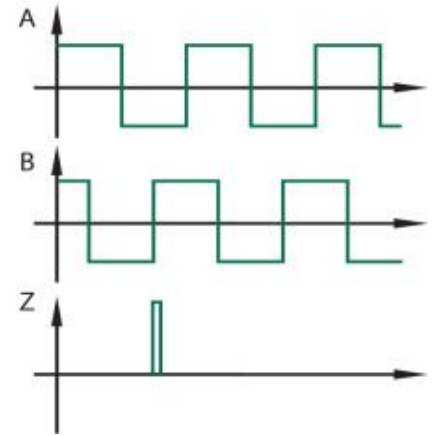
Encoder

- Os encoder absolutos possuem um disco interno que pode ser codificado em binário ou código gray.
- Cada faixa do disco é lida individualmente, e o número de faixa define o nível de precisão do encoder.



Encoder

- Os encoders relativos possuem apenas duas trilhas, o que limita a identificação da posição real do curso.
- Mas, com as duas trilhas é possível identificar o sentido de rotação e o ângulo que o curso rotacionou.



Referências

- DE ALMEIDA, Rodrigo Maximiano Antunes; DE MORAES, Carlos Henrique Valério; SERAPHIM, Thatyana de Faria Piola. **Programação de Sistemas Embarcados: Desenvolvendo Software para Microcontroladores em Linguagem C**. Elsevier Brasil, 2017.
- AVR® Microcontroller Hardware Design Considerations (AN2519). Acessado em 15 de maio de 2022. Disponível em <<http://ww1.microchip.com/downloads/en/AppNotes/00002519A.pdf>>.
- EMC Design Considerations (AVR040). Acessado em 15 de maio de 2022. Disponível em <http://ww1.microchip.com/downloads/en/appnotes/atmel-1619-emc-design-considerations_applicationnote_avr040.pdf>.
- ESP32 Hardware Design Guidelines. Acessado em 15 de maio de 2022. Disponível em <https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_hardware_design_guidelines_en.pdf>.