Microcontroladores EL66A

Pinos de Entrada/Saída

Prof. Guilherme Peron

GPIO

GPIO

- *General Purpose Input/Output*
- Para que servem?

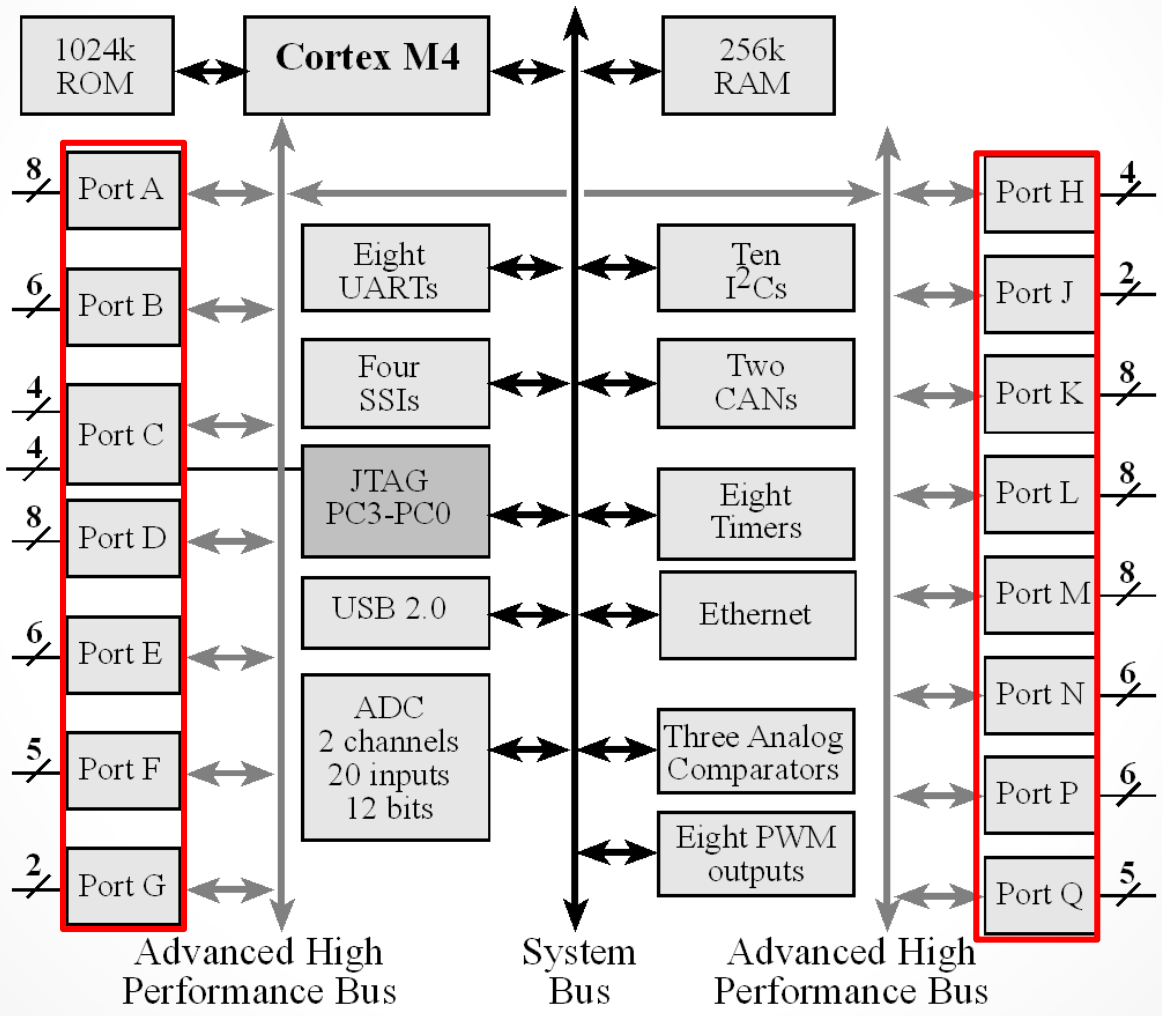
GPIO

- Para que servem?
- Para trocar informação digital com o mundo externo
- Exemplo:
  - Controlar LEDs
  - Controlar chaves

Pinos de I/O do TM4C

- A função regular de um pino é realizar I/O paralelo
- Entretanto a maioria dos pinos têm uma ou mais funções alternativas
  - UART
  - SSI (SPI)
  - I^2C
  - *Timer*
  - PWM
  - ADC
  - Comparador Analógico
  - USB
  - Ethernet
  - CAN

Pinos de I/O do TM4C1294



Pinos de I/O do TM4C1294

- Os pinos de I/O podem ser associados a até sete funções de I/O.
- Exemplo: PA0
  - I/O Digital
  - Entrada Serial
  - *Clock* I2C
  - *Timer* I/O
  - Receptor CAN

Pinos de I/O do TM4C1294

- A tabela 10-2 (páginas 743-746) do *Datasheet* do microcontrolador demonstra todas as funções dos pinos.
- Exemplo (PARTE da tabela extraída do Datasheet):
  - Coluna indica a posição os bits no registrador PCTL (4 bits)
  - Exemplo: Coluna 3 → PCTL = 0011

IO	Pin	Analog or Special Function[a]	Digital Function (GPIOPCTL PMCx Bit Field Encoding)[b]											
			1	2	3	4	5	6	7	8	11	13	14	15
PA0	33	-	U0Rx	I2C9SCL	T0CCP0	-	-	-	CAN0Rx	-	-	-	-	-
PA1	34	-	U0Tx	I2C9SDA	T0CCP1	-	-	-	CAN0Tx	-	-	-	-	-
PA2	35	-	U4Rx	I2C8SCL	T1CCP0	-	-	-	-	-	-	-	-	SSI0Clk
PA3	36	-	U4Tx	I2C8SDA	T1CCP1	-	-	-	-	-	-	-	-	SSI0Fss
PA4	37	-	U3Rx	I2C7SCL	T2CCP0	-	-	-	-	-	-	-	-	SSI0XDAT0

Pinos de I/O do TM4C1294

- Pinos PC3 – PC0 devem ser reservados para o depurador JTAG
- Pinos PA1 – PA0 já são usados para comunicação serial

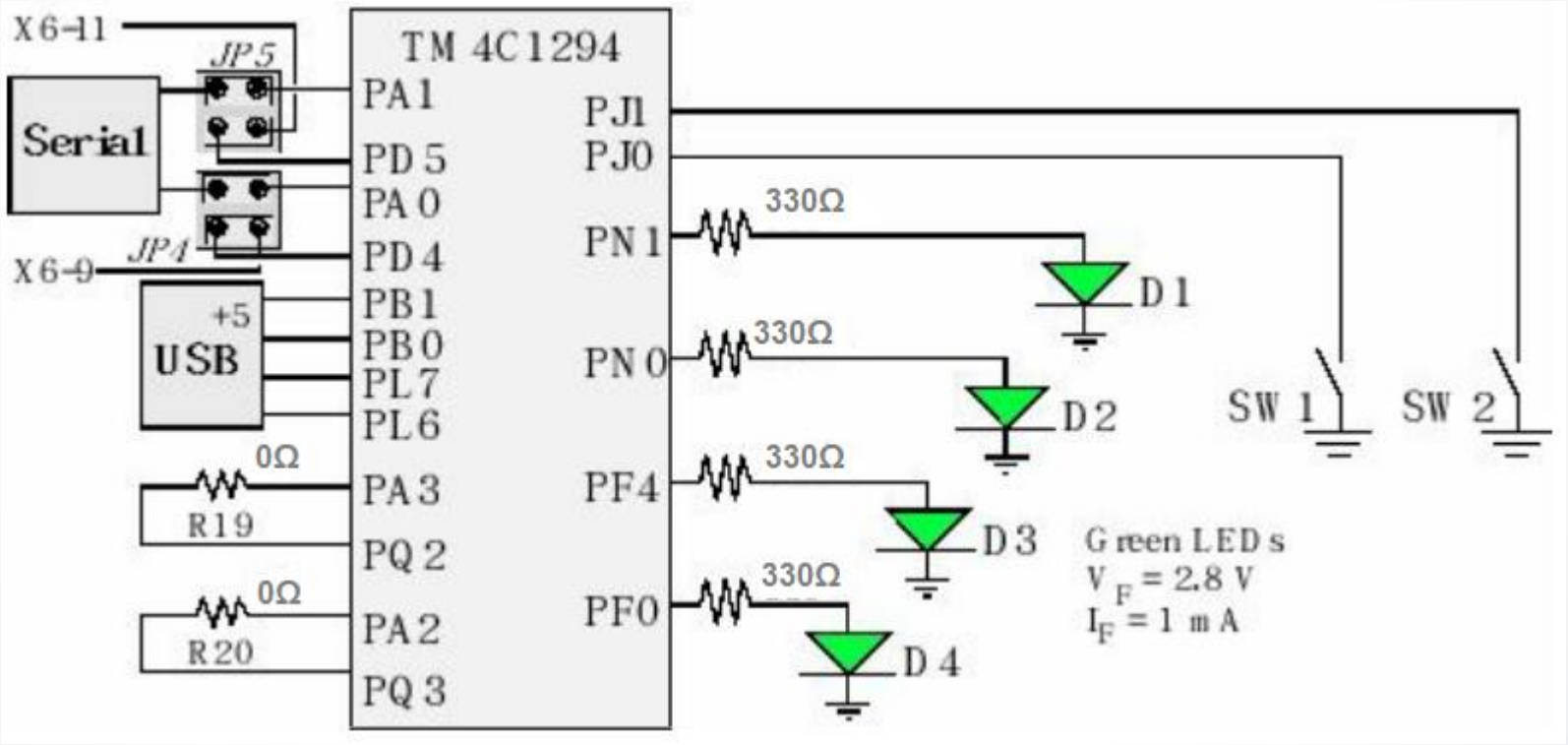
- Há funções que podem ser mapeadas em mais de um pino
  - Exemplo: T0CCP0 pode ser mapeado em PA0, PD0 ou PL4
- Há funções que só existem em um pino
  - Exemplo: U0Rx só existe em PA0

Pinos de I/O do TM4C1294

- A placa EK-TM4C1294XL tem duas chaves e quatro LEDs
  - Chaves de usuário → Lógica negativa e necessitam habilitar um resistor de *pull-up* (PUR)
  - LEDs de usuário → Lógica positiva
  - Chave de *reset*
  - LED de energia

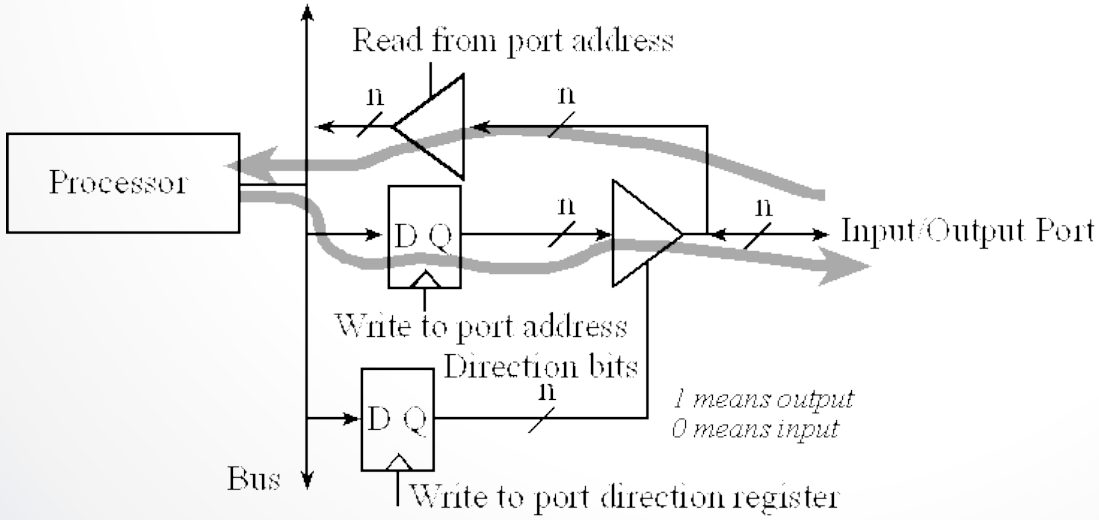
Pinos de I/O do TM4C1294

- EK-TM4C1294XL



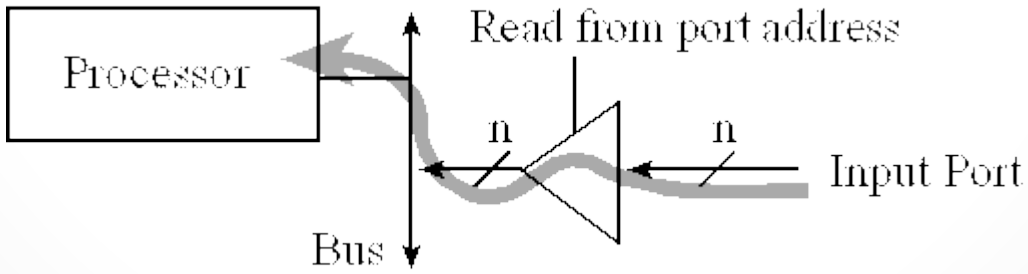
Pinos de I/O

- A porta de I/O mais simples em um µControlador é a porta paralela
  - Múltiplos sinais podem ser acessados ao mesmo tempo
  - Mecanismo simples que permite ao SW interagir com dispositivos externos



Pinos de I/O - Entrada

- Porta de entrada permite o SW ler sinais digitais externos
- Um ciclo de leitura ao endereço da porta retorna o valor de todas as entradas naquele momento
- O *driver tristate* direciona o sinal de entrada para o barramento de dados

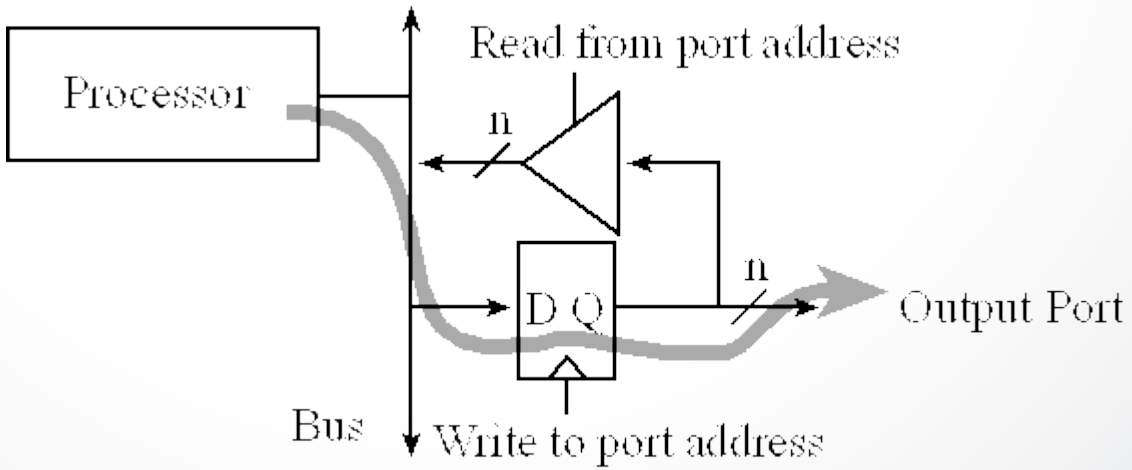


Pinos de I/O - Entrada

- Para fazer um pino de entrada escrever 0 no registrador de direção
- Desta forma um acesso de escrita não tem efeito nenhum
- A maioria dos pinos são tolerantes a 5V de entrada
  - Valores entre 2V e 5V serão considerados ALTOS
  - Valores entre 0V e 1,3V serão considerados BAIXOS

Pinos de I/O - Saída

- Porta de saída permite o SW escrever sinais digitais externos, mas também permite ler o que foi escrito
- Um ciclo de escrita no endereço porta escreve os valores nos pinos de saída
- Para fazer um pino de saída escrever 1 no registrador de direção



Programação dos GPIO

- Como acessar os GPIOs na Tiva?

Programação dos GPIO

- Como acessar os GPIOs na Tiva?
  - Na Tiva e em vários outros microcontroladores as portas de I/O são mapeadas em memória;
  - Cada porta deve seguir uma série de configurações na memória (em registradores) antes de ser utilizada
  - Para escrever e ler nos pinos de cada porta também deve-se escrever ou ler em endereços específicos da memória.

Programação dos GPIO

- As operações com I/O mapeado em memória se parecem com operações com memória, mas não agem igual memória
  - Alguns bits são *read-only*
  - Alguns bits são *write-only*
  - Alguns bits só podem ser setados (1)
  - Alguns bits só podem ser limpos (0)

Registradores dos GPIO

- Cada registrador segue o endereço base de uma porta + o endereço de configuração
- Endereços base de cada porta (Datasheet Seção 10.5 - pag 759)

GPIO Port	Endereço Base
GPIO Port A	0x4005.8000
GPIO Port B	0x4005.9000
GPIO Port C	0x4005.A000
GPIO Port D	0x4005.B000
GPIO Port E	0x4005.C000
GPIO Port F	0x4005.D000
GPIO Port G	0x4005.E000
GPIO Port H	0x4005.F000

GPIO Port	Endereço Base
GPIO Port J	0x4006.0000
GPIO Port K	0x4006.1000
GPIO Port L	0x4006.2000
GPIO Port M	0x4006.3000
GPIO Port N	0x4006.4000
GPIO Port P	0x4006.5000
GPIO Port Q	0x4006.6000

Registradores dos GPIO

- Direction Register **(GPIO_PORT**x**_DIR_R)**
  - Especifica se os pinos são de entrada ou saída. 1 bit por pino.
- Alternate Function Register **(GPIO_PORT**x**_AFSEL_R)**
  - Especifica se alguma função alternativa será utilizada. 1 bit por pino.
- Port Control Register **(GPIO_PORT**x**_PCTL_R)**
  - Especifica qual a função alternativa (tabela 10-2 do *datasheet*) será utilizada. 4 bits por pino.
- Digital Enable Register **(GPIO_PORT**x**_DEN_R)**
  - Se o pino deve ser utilizado como entrada ou saída digital. 1 bit por pino.
- Analog Mode Select Register **(GPIO_PORT**x**_AMSEL_R)**
  - Especifica se o pino será usado como entrada analógica. 1 bit por porta

Registradores dos GPIO

- Data Register **(GPIO_PORTx_DATA_R)**
  - Realiza entrada e saída na porta. 1 bit por pino.
- Run Mode Clock Gating **(RCGCGPIO)** **pag 382**
  - Habilita o *clock* de cada porta. Obrigatório para habilitar uma porta. 1 bit por porta.
- Peripheral Ready **(PRGPIO)** **pag 499**
  - Indica se a porta de GPIO já está pronta para o uso. 1 bit por porta.

Programação dos GPIO

- Passo-a-passo para ativar uma porta como entrada e saída (Resumo da seção 10.4 do DS)
  1. Ativar o *clock* para a porta setando o bit correspondente no registrador RCGCGPIO e, após isso, verificar no PRGPIO se a porta está pronta para uso.
  2. Desabilitar a funcionalidade analógica, limpando os bits no registrador GPIO_PORTx_AMSEL_R
  3. Selecionar a funcionalidade de GPIO limpando os bits no registrador GPIO_PORTx_PCTL_R
  4. Especificar se o pino é de entrada ou saída limpando ou setando, respectivamente os bits no registrador GPIO_PORTx_DIR_R

Programação dos GPIO

- Passo-a-passo para ativar uma porta como entrada e saída (continuação)
  5. Como o objetivo é utilizar os pinos como GPIO e não função alternativa limpar os bits correspondentes no registrador GPIO_PORTx_AFSEL_R
  6. Habilitar a funcionalidade de entrada e saída digital no registrador GPIO_PORTx_DEN_R

  (Opcional) Habilitar um resistor de *pull-up* para entrada importante para operação com chaves no registrador GPIO_PORTx_PUR_R

Leitura e Escrita dos GPIO

- E depois que inicializamos uma GPIO como fazemos para ler ou escrever na GPIO?

Leitura e Escrita dos GPIO

- Data Register **(GPIO_PORTx_DATA_R)**
  - Através do Data Register realiza-se a leitura e escrita do valor desejado dos pinos de dada porta
  - Um STR para o endereço do DATA Register fará com que os pinos sejam modificados, ou seja, é realizada uma ESCRITA nos pinos
  - Um LDR do endereço do DATA Register fará com que os pinos sejam lidos, ou seja, é realizada uma operação de LEITURA

Leitura e Escrita dos GPIO

- Data Register **(GPIO_PORTx_DATA_R)**

GPIO Port	Endereço
GPIO Port A	0x4005.83FC
GPIO Port B	0x4005.93FC
GPIO Port C	0x4005.A3FC
GPIO Port D	0x4005.B3FC
GPIO Port E	0x4005.C3FC
GPIO Port F	0x4005.D3FC
GPIO Port G	0x4005.E3FC
GPIO Port H	0x4005.F3FC

GPIO Port	Endereço
GPIO Port J	0x4006.03FC
GPIO Port K	0x4006.13FC
GPIO Port L	0x4006.23FC
GPIO Port M	0x4006.33FC
GPIO Port N	0x4006.43FC
GPIO Port P	0x4006.53FC
GPIO Port Q	0x4006.63FC

Leitura e Escrita dos GPIO

- Entretanto se uma escrita é feita modificando todos os bits de uma porta corre-se o risco de sobrescrever outros pinos indesejadamente.
- Para evitar alterações em pinos indesejados há duas formas (escrita “amigável”):
  - Usar o trio: read-modify-write
  - Usar endereçamento de bit específico (disponível em alguns microcontroladores). O Data Register apresenta uma estrutura complexa, permitindo o acesso individualmente de cada um dos bits ou de todos os bits da porta apenas modificando os endereços de acesso.

Escrita Amigável nos GPIO

- Read-modify-write
  - Se desejar setar o pino PK7 para 1

```
LDR R1, =GPIO_PORTK_DATA_R    ;Carrega-se o endereço
LDR R0, [R1]                  ; Lê para carregar o valor
                              ; anterior da porta inteira
ORR R0, R0, #0x80  ; Faz o OR bit a bit para manter os valores
                   ; anteriores e setar somente o bit
STR R0, [R1]       ; Escreve o novo valor da porta
```

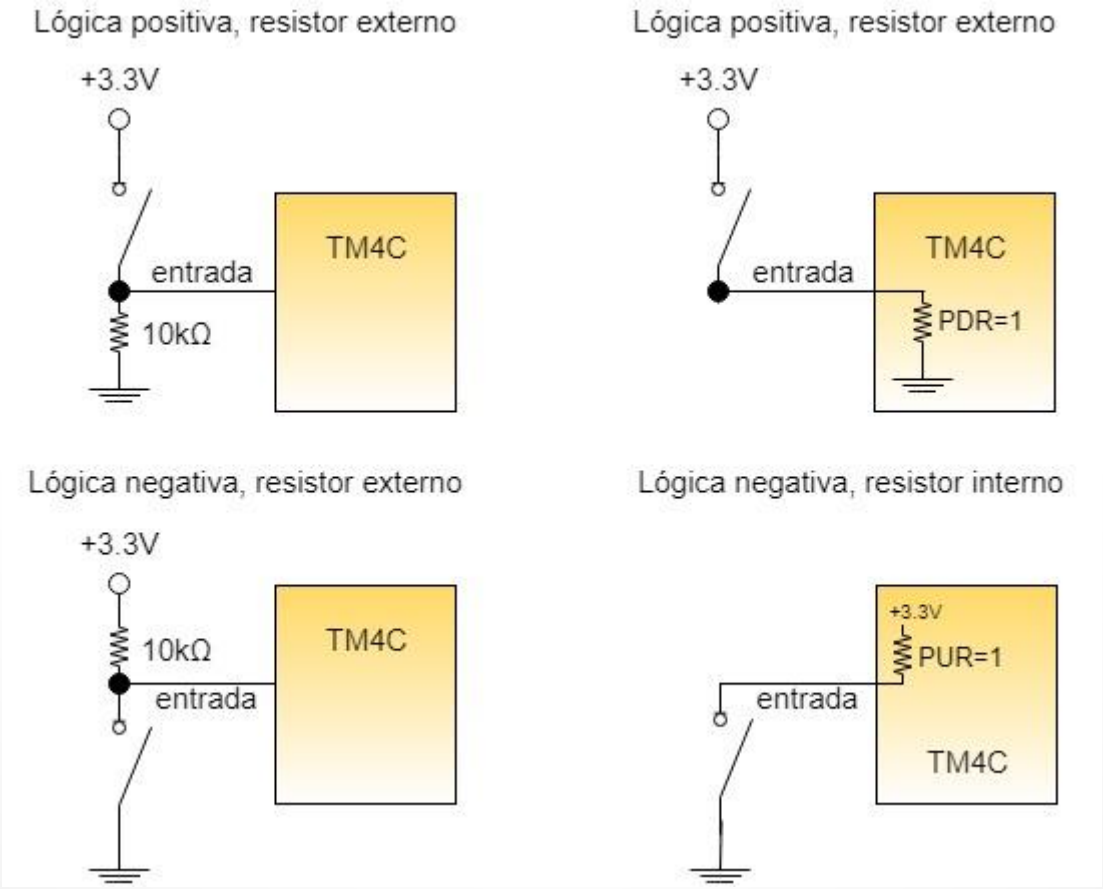
  - Se desejar limpar o pino PK7

```
LDR R1, =GPIO_PORTK_DATA_R    ;Carrega-se o endereço
LDR R0, [R1]                  ; Lê para carregar o valor
                              ; anterior da porta inteira
BIC R0, R0, #0x80 ; Faz o AND negado bit a bit para manter os
                  ; valores anteriores e limpar somente o bit
STR R0, [R1]      ; Escreve o novo valor da porta
```

Chaves e LEDs

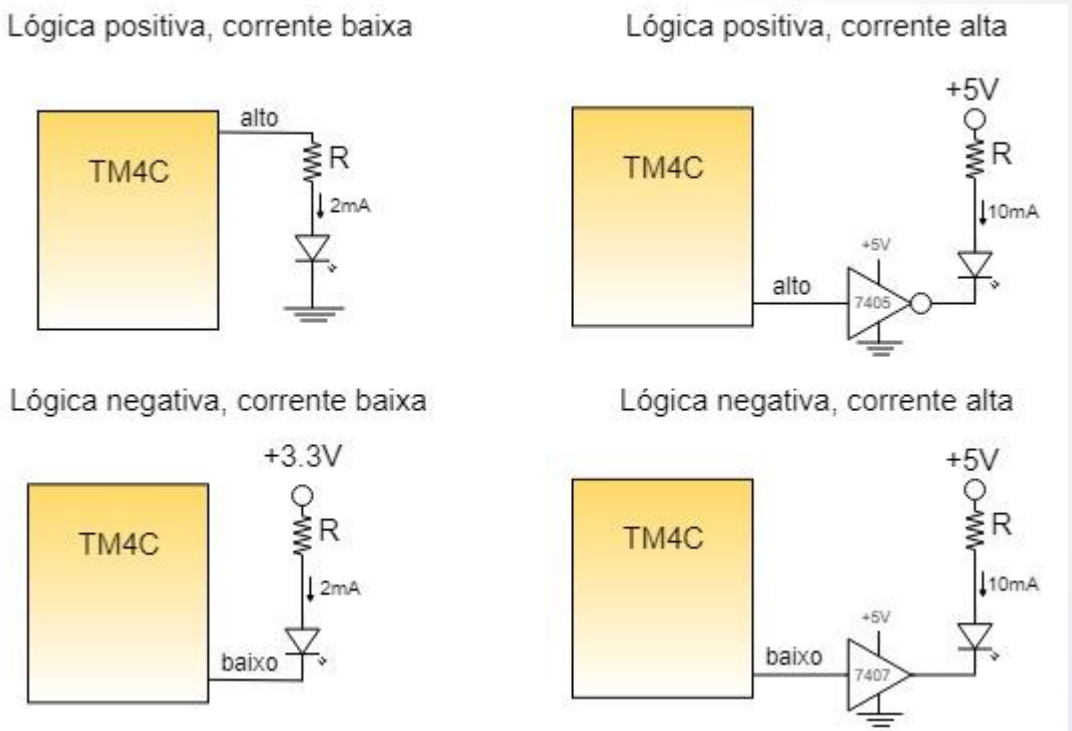
Entrada com Chaves

- Há as seguintes formas de interfacear com uma chave:



Saída com LEDs

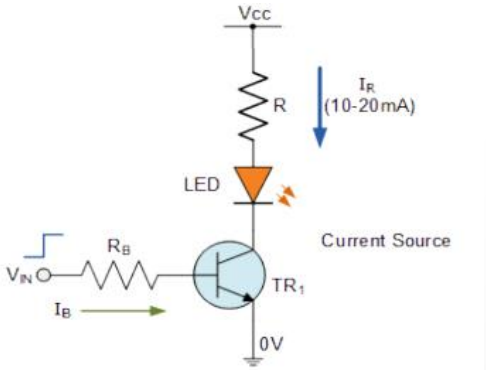
- Há as seguintes formas de interfacear com uma chave:
  - Uma porta no TM4C1294 suporta no máximo 12mA, mas o microcontrolador não suporta todas as portas drenando/suprindo este máximo de corrente para todas as portas. (Ver *Datasheet* seção 27.3.2.1)
  - O valor *default* é cada porta drenar/suprir 2mA por porta.

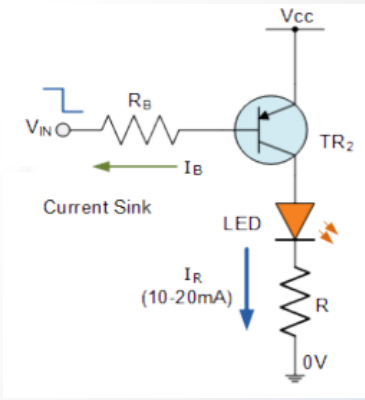


  - Se precisar que uma porta forneça mais corrente que ela suporta, deve-se utilizar um *driver* com circuito integrado ou transistor.

Saída com LEDs

- Para *drivers* com CIs:
  - Para lógica positiva: Exemplo → 74xx05 ou 74xx06
  - Para lógica negativa: Exemplo → 74xx07
- Para transistores:
  - Operação como chave
    - Calcular R_C e R_B
    - Região corte-saturado
    - **Como calcular?**

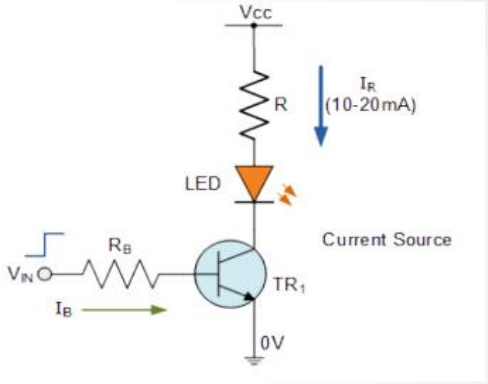


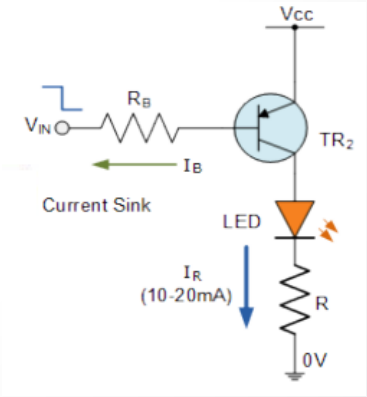


Saída com LEDs

- Para transistores:
  - Operação como chave
    - Calcular R_C e R_B
    - Região corte-saturado

$I_C = (V_{CC} - V_{LED} - V_{CE})/R_C$
$I_B = I_C/\beta$
$I_B' = 5I_B$ (para garantir a saturação)
$R_B = (V_{IN} - V_{BE}) / I_B'$





Exercícios

1) Exemplo de inicialização do GPIO.

Verificar a inicialização da porta J e porta N. Os pinos J0 e J1 estão ligados às chaves tácteis USR_SW1 e USR_SW2, respectivamente e os pinos N0 e N1 estão ligados aos LEDs 2 e 1, respectivamente.

- Baixar e abrir o projeto GPIO1 no moodle.
- Fazer o build e executar passo-a-passo para verificar a inicialização das portas.
- Executar e testar pressionando os dois botões e verificar se os LEDs acendem.
- Fazer um fluxograma do código.

Configuração de *Clock* e *Systick*

Clock

- Microcontroladores podem ter *clock*
  - Externo: provido geralmente por um cristal
  - Interno: geralmente um oscilador R-C mais impreciso e de menor frequência

PLL

- Normalmente a velocidade de execução de um microcontrolador é determinada pelo cristal externo, no caso do TM4C1294 é 25MHz
- Muitos microcontroladores possuem um **PLL** que possibilita **ajustar a velocidade** de execução por *software*
- Normalmente a frequência é um *tradeoff* entre velocidade de execução e potência elétrica
- Para informações avançadas sobre o gerenciamento de clock (Seção 5.2.5 do DS)

Gerando Atrasos
(SysTick)

SysTick

- Contador simples para gerar **atrasos** e gerar interrupções periódicas em todos os Cortex-M.
- Fácil de portar para outros microcontroladores.
- 4 passos para ativar:
  1. Limpar o bit **ENABLE** no registrador **NVIC_ST_CTRL_R** para desligar o SysTick durante a inicialização;
  2. Setar o registrador **NVIC_ST_RELOAD_R**;
  3. Escrever qualquer valor no registrador **NVIC_ST_CURRENT_R** para limpar o contador.
  4. Setar os bits **CLK_SRC** e **ENABLE** no registrador **NVIC_ST_CTRL_R.** Como interrupções ainda não serão tratadas não é necessário setar o bit INTEN.

SysTick

- Quando a contagem no registrador **CURRENT** mudar de 1 para 0, o flag COUNT será setado.
- Se ativar o PLL para rodar o microcontrolador em 80MHz então o contador do SysTick decrementa a cada 12,5 ns.
- Em geral se o período do *clock* de barramento é *t* o flag de contagem será setado a cada **(n+1)t**, tal que n é o valor do registrador **RELOAD**.
- Se escrever no registrador **CURRENT**, o contador será zerado e o flag de contagem no registrador **CTRL** será limpado.

Exercícios

2) Piscar um LED.

Baseando-se no exemplo anterior, criar um projeto que pisque um LED a cada intervalo, quando pressionado um botão.

- Baixar o projeto gpio2 do moodle;
- Abrir o projeto no Keil MDK;
- Fazer um fluxograma do problema proposto;
- Modificar o arquivo gpio.s para inicializar os GPIO para uma chave e um LED;
- Modificar o arquivo main.s para fazer o que foi pedido no enunciado;
- Primeiramente faça apenas o LED acender;
- Depois que esta parte estiver pronta, faça o LED piscar;
- Para fazer o LED piscar utilize a rotina SysTick_Wait1ms.