

PSI2662 – Projeto em Sistemas Eletrônicos Embarcados: Sensores e Atuadores

Apresentação do Kit Freescale Freedom FDRM-KL25Z e Portas de Entrada e Saída

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

Prof. Gustavo Rehder – grehder@lme.usp.br



Segundo Semestre de 2015



Placa do kit

Placa FRDM-KL25Z



USB – mini B
USB SDA

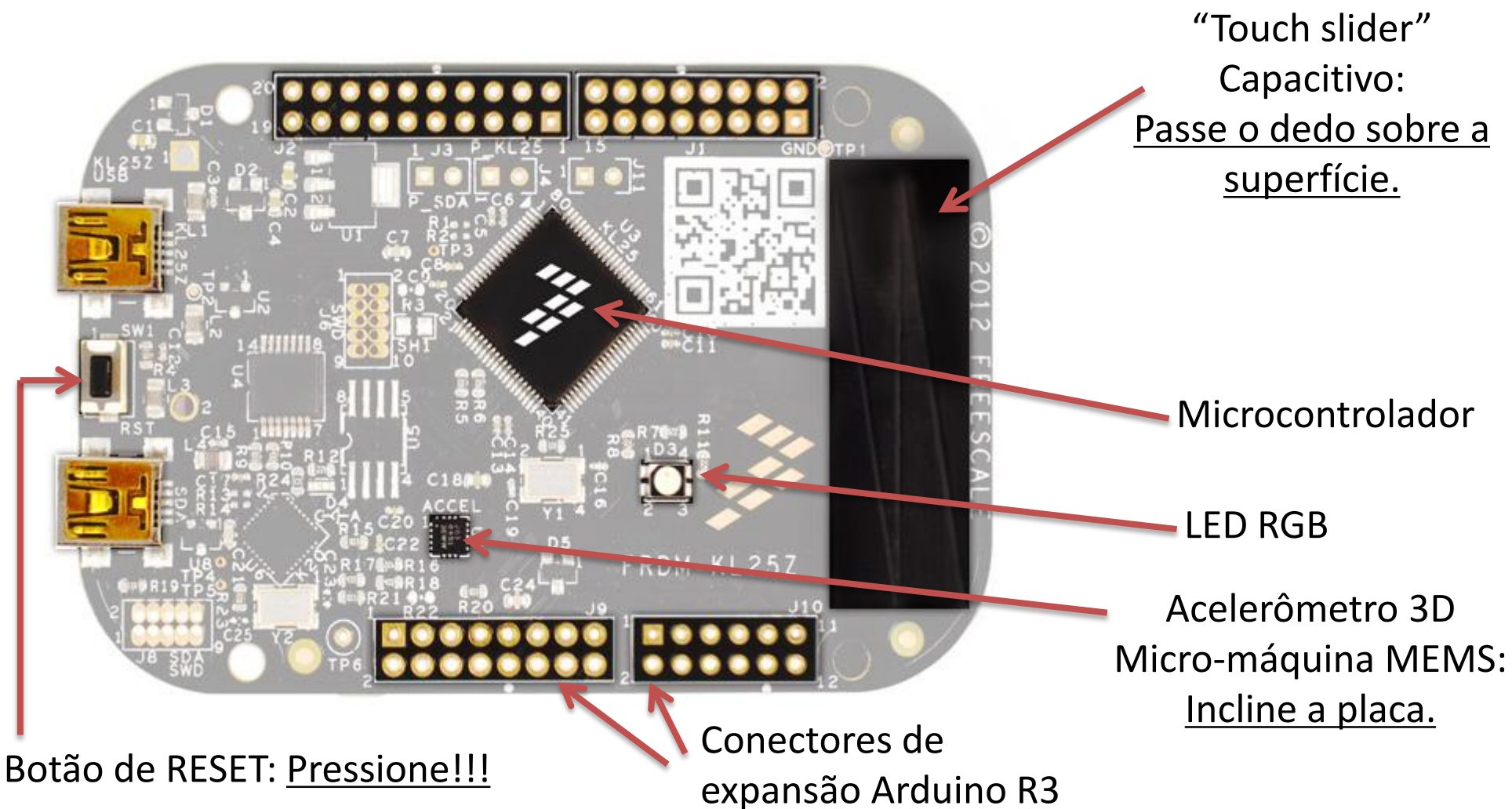
Botão de reset

USB – mini B
USB KL25Z

Observação: Há duas portas USB: uma denominada USB SDA e outra USB KL25Z.

Recursos e programa de demonstração

- O microcontrolador já vem programado com um software de exemplo dos periféricos embutidos na placa do kit





Arquitetura ARM Cortex-M0+

- Baixo consumo e alta integração
- Alto desempenho e clock (acima de 16,0 [MHz])
- 32 bits
- Alta quantidade de memória
- Amplo espectro de periféricos
- Freescale Kinetis KL25Z
 - ARM Cortex-M0+
 - Single core, 48,0 [MHz] de clock
 - 128,0 [KB] FLASH ROM e 16 KB SRAM



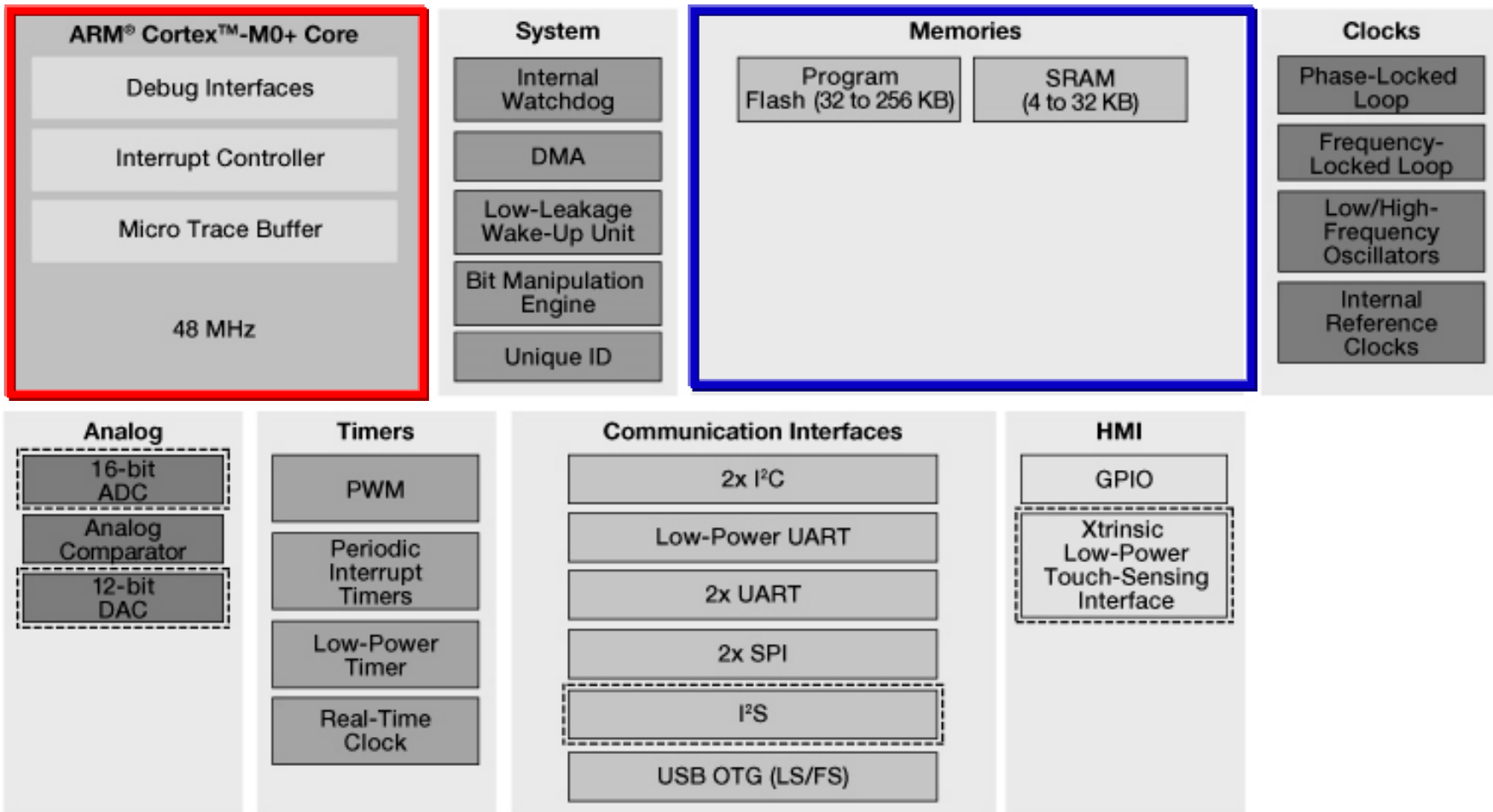
Kit Freescale Freedom FDRM-KL25Z

- Chip ARM CORTEX-M0+ Freescale Kinetis MKL25Z128VLK4
- Sensores
 - Acelerômetro MEMS triaxial
 - Sensor *touch slider* capacitivo
- Atuadores
 - Um LED RGB (três LEDs – vermelho, verde e azul integrados)
- Interface USB OTG ligada direto ao microcontrolador KL25Z
- Terminais GPIO (General Purpose Input and Output)
- Pinagem compatível com padrão Arduino Revisão 3 (R3)
- Cabo de programação OpenSDA embutido (outro ARM!) – interface USB SDA



Arquitetura simplificada do Kinetis KL25Z

Kinetis KL2x MCU Family Block Diagram



Standard Optional

Retirado de <http://www.freescale.com/>



Curiosidades

1. Você sabia que sua placa possui mais de um microcontrolador?

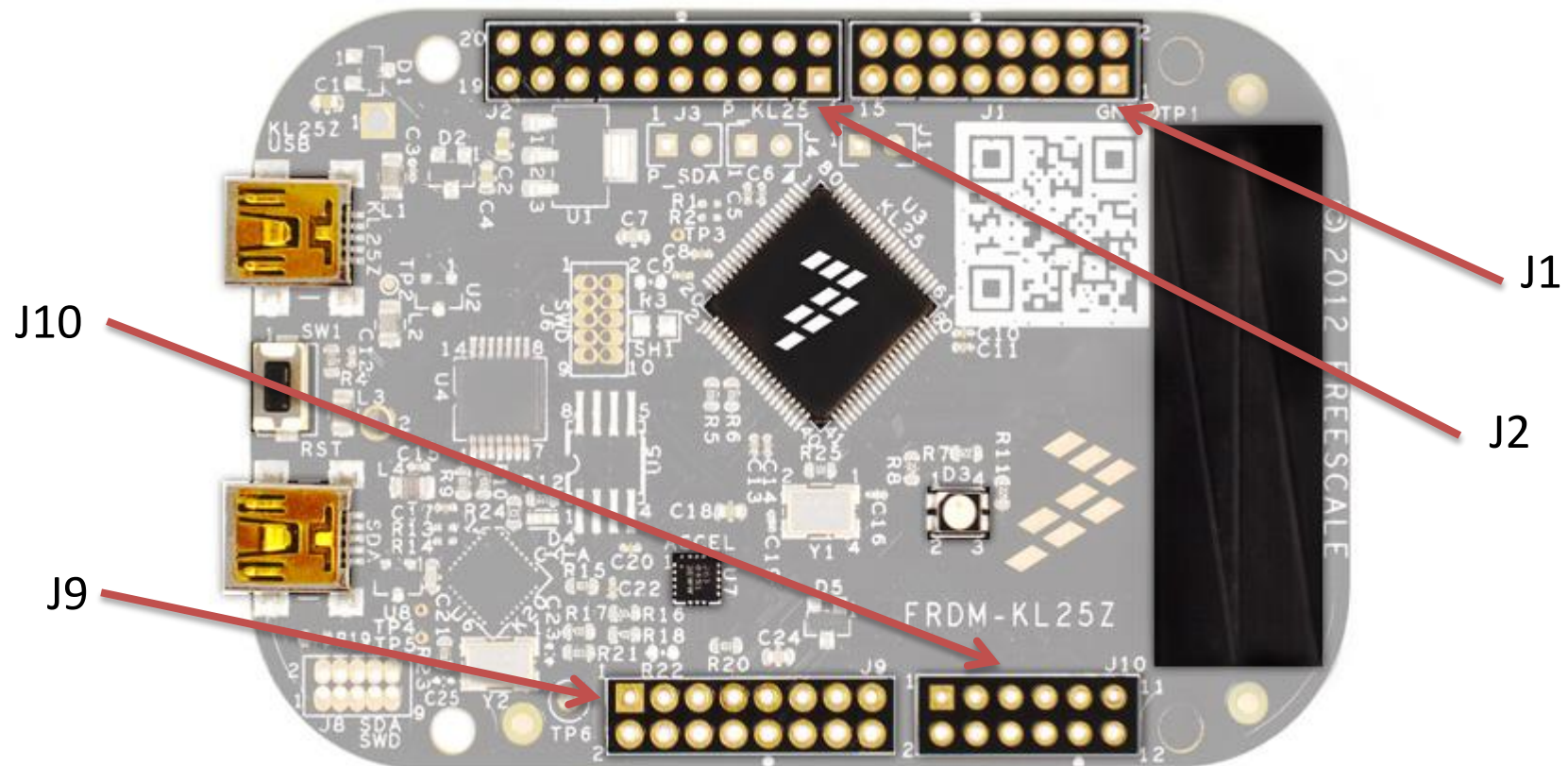
Localize na placa do kit o componente denominado **U6**. Esse é um outro microcontrolador da *freescale*, da linha Kinetis K20, que também possui arquitetura ARM CORTEX, mas do tipo M4 ao invés do M0+. Entre outras funções, esse dispositivo é responsável por:

- criar um disco virtual no PC através da interface USB
- realizar a programação do microcontrolador principal KL25Z quando novos arquivos são colocados no disco virtual
- criar uma porta serial virtual entre o KL25Z e o computador através da mesma interface USB



Acesso a alguns ports e terminais

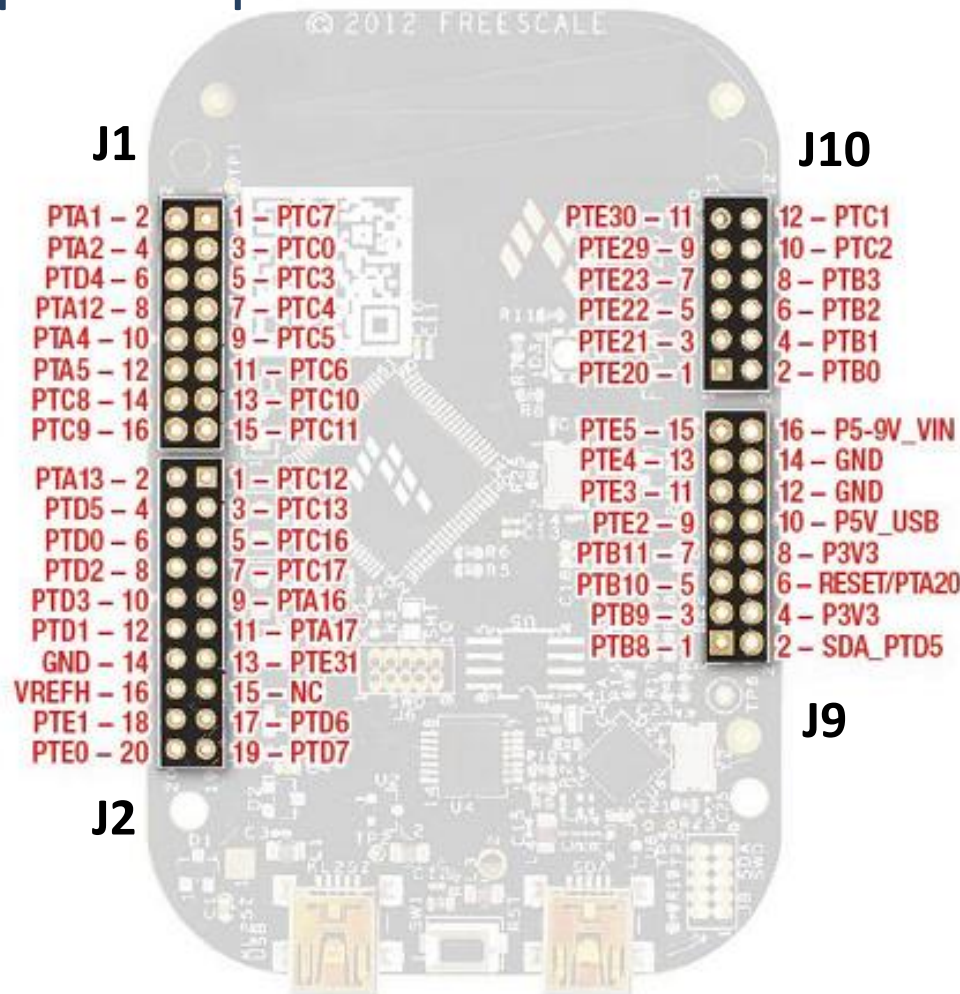
- Pode ser feito, principalmente, nos conectores de expansão J1, J2, J10 e J9 da placa Freedom.





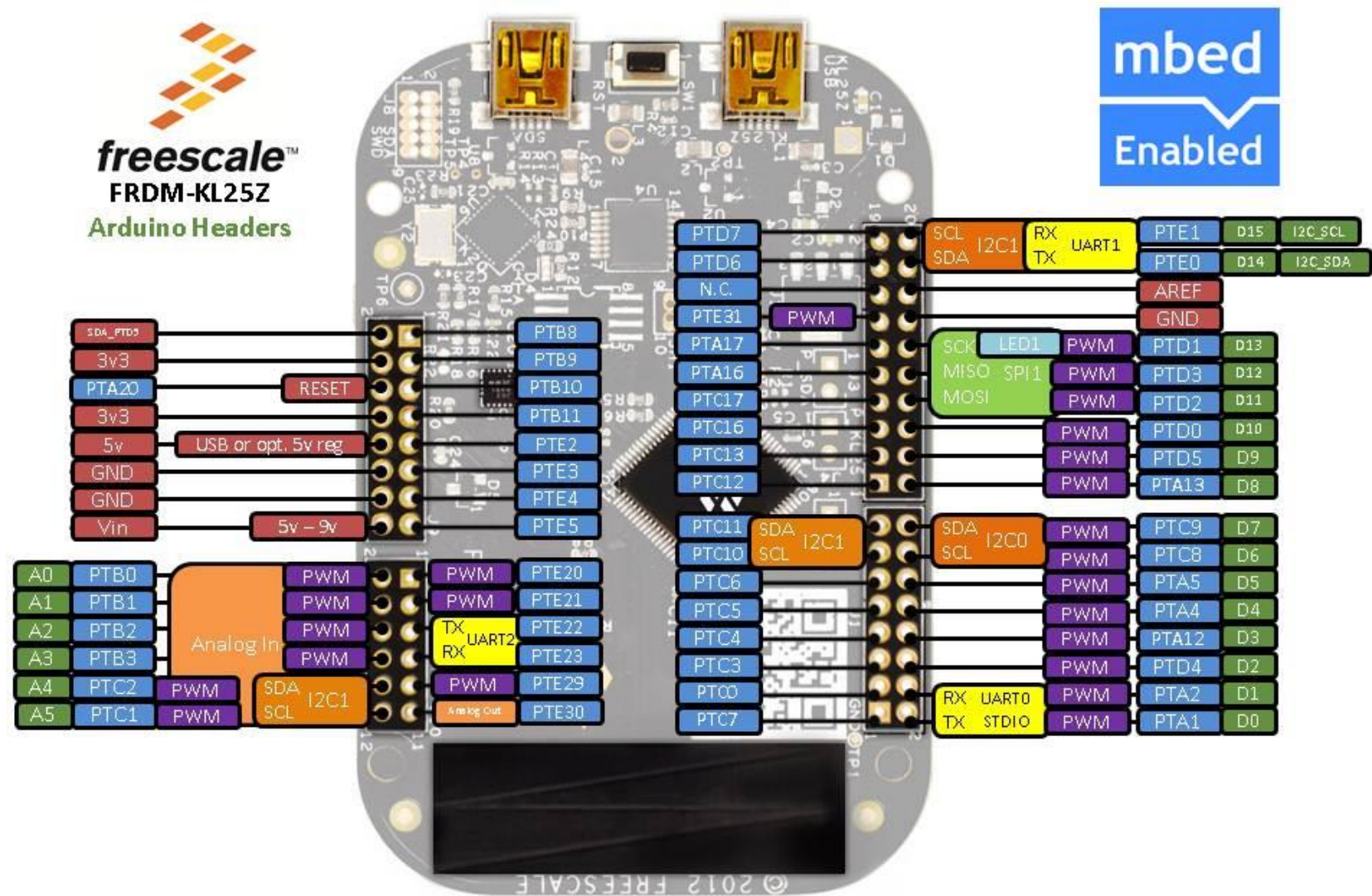
Lista de ports e funções no encarte

- No encarte da caixa do kit existe um guia de referência rápida dos pinos e ports.





Detalhes dos pinos com suas funções especiais





Lista de ports e terminais do KL25Z

Microcontrolador KL25Z Encapsulamento de 80 pinos		Kit FREEDOM BOARD		
Terminal do chip	Nome e número do port	Disponível no conector e pino do kit	Nome padrão Arduino™ R3	Periférico do kit já conectado ao port
1	PTE0	J2 20	D14	—
2	PTE1	J2 18	D15	—
3	PTE2	J9 09	—	—
4	PTE3	J9 11	—	—
5	PTE4	J9 13	—	—
6	PTE5	J9 15	—	—
13	PTE20	J10 01	—	—
14	PTE21	J10 03	—	—
15	PTE22	J10 05	—	—
16	PTE23	J10 07	—	—
21	PTE29	J10 09	—	—
22	PTE30	J10 11	—	—
23	PTE31	J2 13	—	—
24	PTE24	—	—	Acelerometro
25	PTE25	—	—	Acelerometro
27	PTA1	J1 02	D0	—
28	PTA2	J1 04	D1	—
30	PTA4	J1 10	D4	—
31	PTA5	J1 12	D5	—
32	PTA12	J1 08	D3	—
33	PTA13	J2 02	D8	—
34	PTA14	—	—	Acelerometro
35	PTA15	—	—	Acelerometro
36	PTA16	J2 09	—	—
37	PTA17	J2 11	—	—
42	PTA20	J9 06	—	Botão Reset
43	PTB0	J10 02	A0	—
44	PTB1	J10 04	A1	—
45	PTB2	J10 06	A2	—
46	PTB3	J10 08	A3	—
47	PTB8	J9 01	—	—

Microcontrolador KL25Z Encapsulamento de 80 pinos		Kit FREEDOM BOARD		
Terminal do chip2	Nome e número do port3	Disponível no conector e pino do kit4	Nome padrão Arduino™ R3	Periférico do kit já conectado ao port5
48	PTB9	J9 03	—	—
49	PTB10	J9 05	—	—
50	PTB11	J9 07	—	—
51	PTB16	—	—	Touch Slider
52	PTB17	—	—	Touch Slider
53	PTB18	—	—	Led Vermelho
54	PTB19	—	—	LED Verde
55	PTC0	J1 03	—	—
56	PTC1	J10 12	A5	—
57	PTC2	J10 10	A4	—
58	PTC3	J1 05	—	—
61	PTC4	J1 07	—	—
62	PTC5	J1 09	—	—
63	PTC6	J1 11	—	—
64	PTC7	J1 01	—	—
65	PTC8	J1 14	D6	—
66	PTC9	J1 16	D7	—
67	PTC10	J1 13	—	—
68	PTC11	J1 15	—	—
69	PTC12	J2 01	—	—
70	PTC13	J2 03	—	—
71	PTC16	J2 05	—	—
72	PTC17	J2 07	—	—
73	PTD0	J2 06	D10	—
74	PTD1	J2 12	D13	Led Azul
75	PTD2	J2 08	D11	—
76	PTD3	J2 10	D12	—
77	PTD4	J1 06	D2	—
78	PTD5	J2 04	D9	—
79	PTD6	J2 17	—	—
80	PTD7	J2 19	—	—



GPIO - General Purpose Input and Output

- Nome dado aos terminais que podem assumir a função de entradas **ou** saídas, com uso livre pelo usuário, conforme sua necessidade
- Um mesmo pino pode ser:
 - Entrada, que recebe um sinal digital proveniente de um sensor externo (por exemplo um botão), **ou**;
 - Saída, que envia um sinal digital para acionamento ou comando de um outro dispositivo (por exemplo, um LED ou relé eletromecânico).
- Quase todos os *ports* do microcontrolador podem ser usados como GPIO.



GPIOs – Configuração

- Os terminais de GPIO podem assumir um ou outro papel (entrada ou saída), mas:

Quem faz essa configuração?

- O “usuário-programador” !

Quando se faz essa configuração?

- Durante a execução do programa embutido!

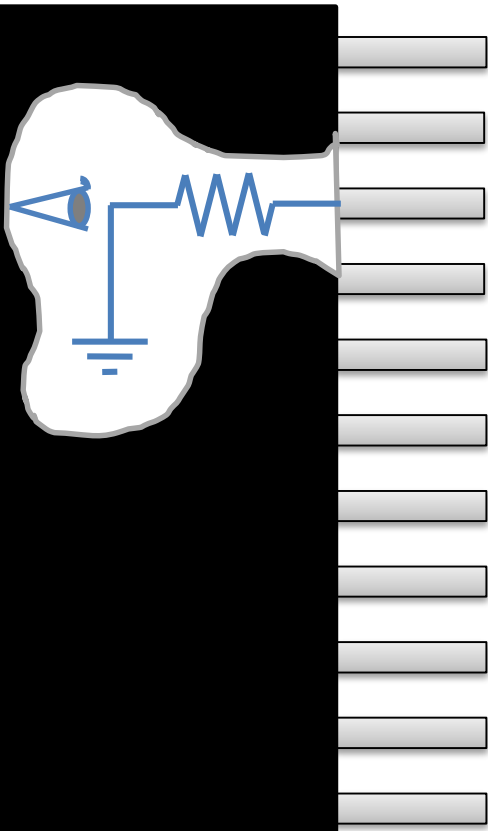
Onde se faz essa configuração?

- Em qualquer lugar do programa!



Terminais GPIO utilizados como entradas

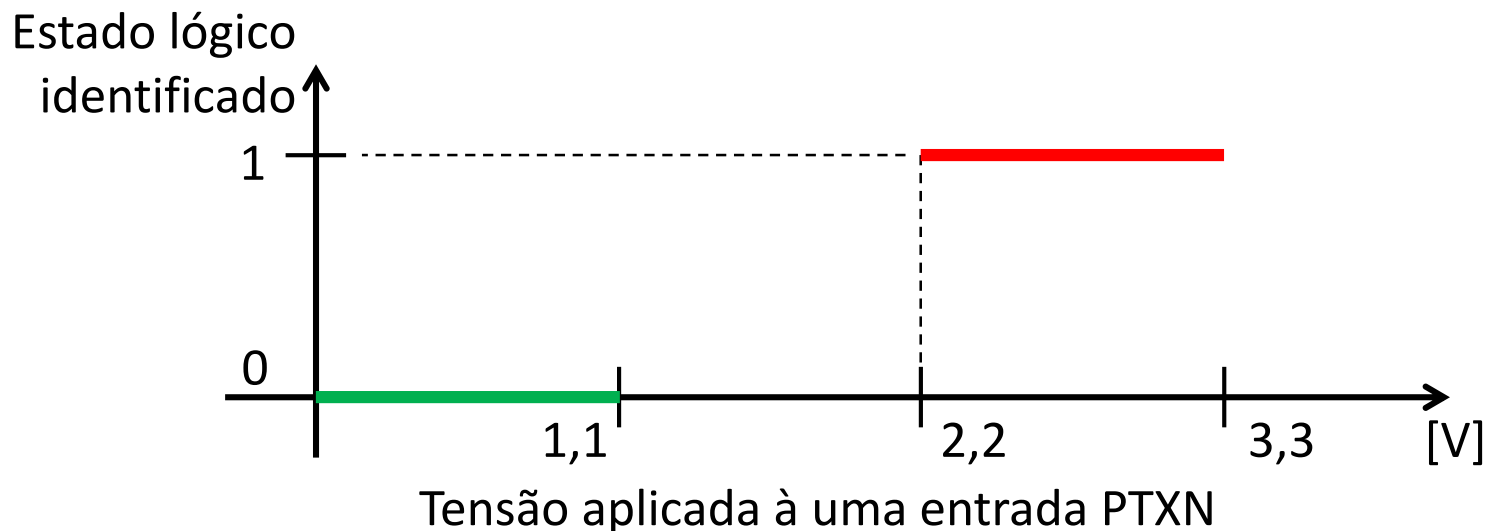
- Os pinos de GPIO configurados como entradas se comportam internamente como resistores com alto valor de resistência ($>100k\Omega$).
- Um equipamento externo pode ser ligado a esse terminal de entrada, para que o microcontrolador possa ler ou receber a informação desse dispositivo, codificada em uma determinada tensão ou nível lógico (sinal digital).





Padrão CMOS

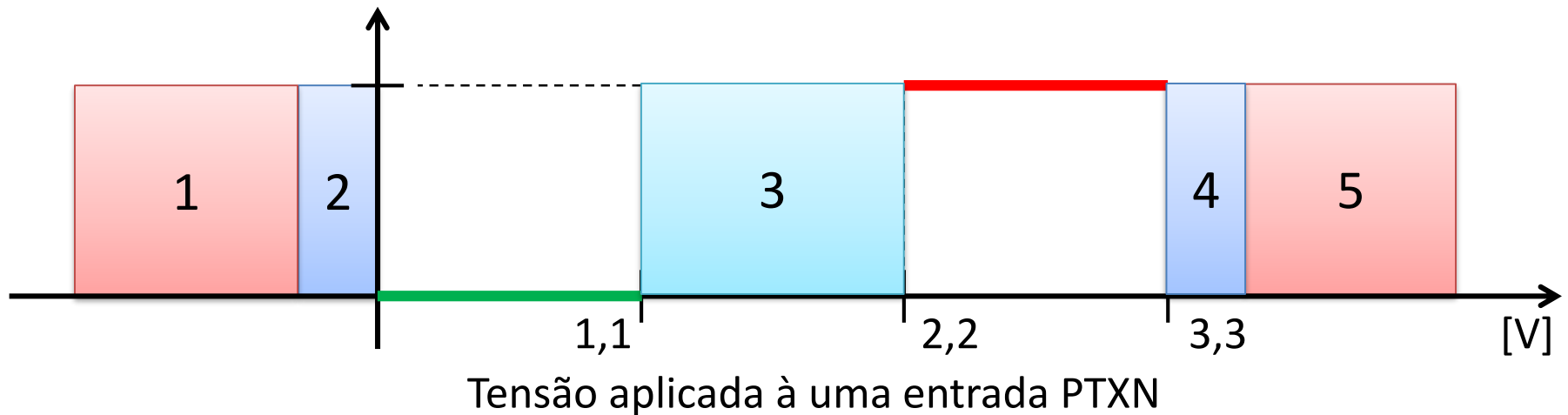
- O KL25Z aceita em suas entradas o padrão CMOS de tensões nominais. Ex:
 - Caso a tensão de alimentação VDD seja 3,3 V...
 - Estado lógico zero → tensões inferiores a 1/3 de VDD
 - Estado lógico um → tensões superiores a 2/3 de VDD





E para as demais tensões aplicadas?

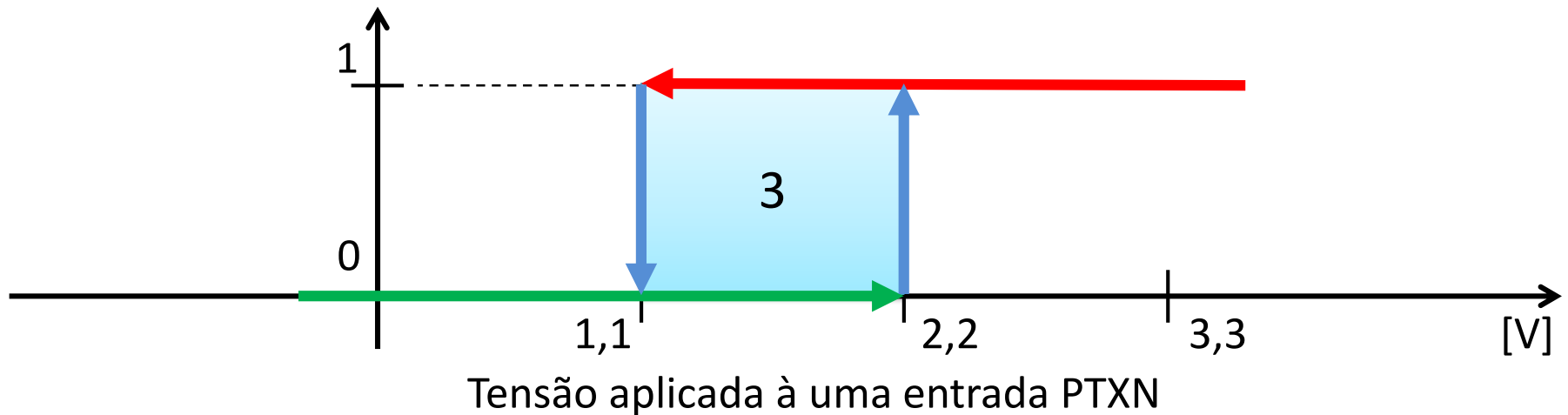
- Existem cinco situações
 1. Tensões muito menores que 0,0 [V] ou GND
 2. Tensões pouco menores que 0,0 [V] ou GND
 3. Tensões entre $1/3$ e $2/3$ de VDD
 4. Tensões pouco maiores que VDD
 5. Tensões muito maiores que VDD





Situação indeterminada

- Situação 3: estado lógico, a princípio, indeterminado.
- O microcontrolador admite como estado lógico, o último estado válido identificado.
- A variação da tensão aplicada e os estados lógicos resultantes delimitam a região 3.
- Essa região delimita uma banda morta ou zona de histerese.





Tensões nas entradas digitais do KL25Z

- Deve-se **garantir** que todas as tensões aplicadas estejam dentro dos valores nominais do dispositivo:

- $V_{min} > -0,3$ [V]
- $V_{max} < 3,6$ [V].

Curiosidade: Durante a energização de um circuito, as tensões podem assumir, instantaneamente, valores além dos máximos e mínimos permitidos!! Mas são **transitórios**, como as descargas de ESD, e possuem pouca energia.

1.4 Voltage and current operating ratings

Table 4. Voltage and current operating ratings

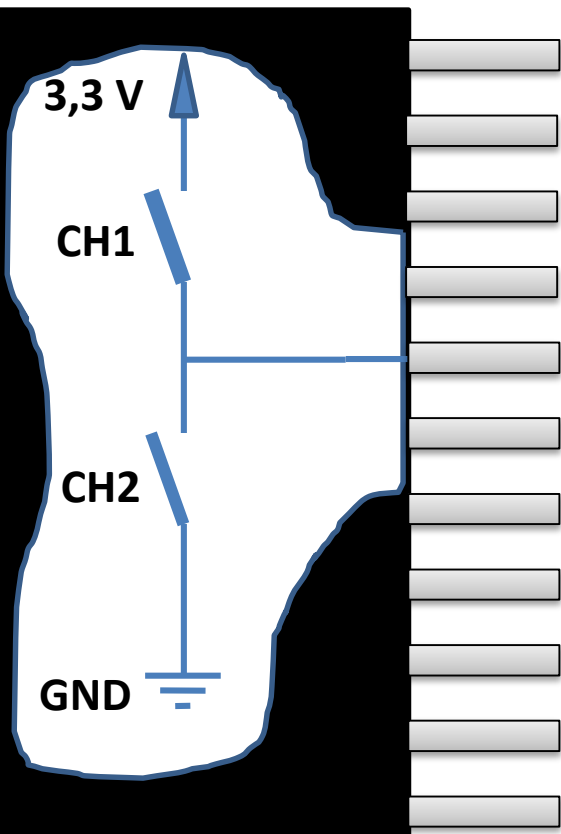
Symbol	Description	Min.	Max.	Unit
V_{DD}	Digital supply voltage	-0.3	3.8	V
I_{DD}	Digital supply current	—	120	mA
V_{IO}	IO pin input voltage	-0.3	$V_{DD} + 0.3$	V
I_D	Instantaneous maximum current single pin limit (applies to all port pins)	-25	25	mA
V_{DDA}	Analog supply voltage	$V_{DD} - 0.3$	$V_{DD} + 0.3$	V
V_{USB_DP}	USB_DP input voltage	-0.3	3.63	V
V_{USB_DM}	USB_DM input voltage	-0.3	3.63	V
V_{REGIN}	USB regulator input	-0.3	6.0	V

Datasheet



Terminais GPIO utilizados como saídas

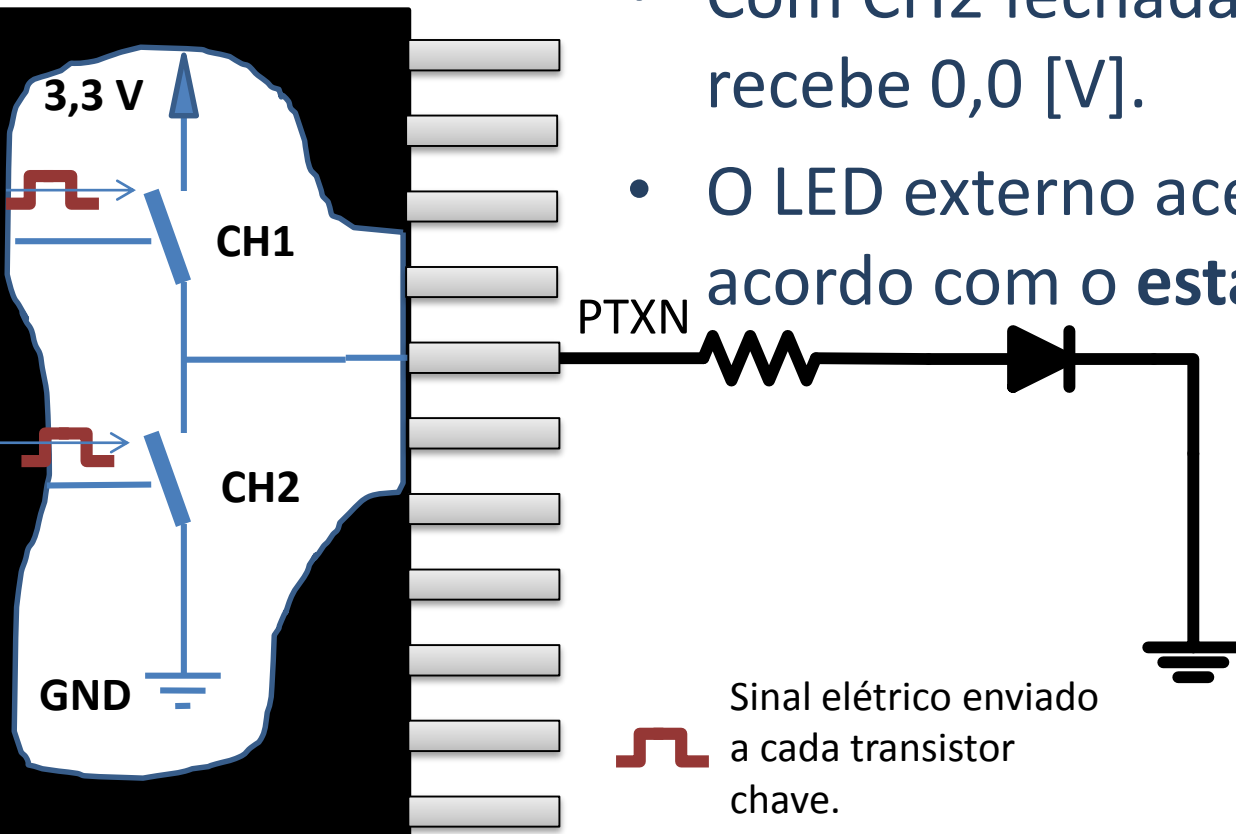
- Os pinos de GPIO configurados como saídas se comportam internamente como chaves controladas.
- Existem várias configurações de saídas, dependendo do microcontrolador.
- No nosso caso, cada saída possui duas chaves controladas (CH1 e CH2), numa configuração chamada *push-pull*.
- Quem aciona as chaves é o programa feito pelo usuário.
- A potência necessária vem pela porta USB do micro para dentro do microcontrolador.





Funcionamento

- Cada chave controlada é um transistor.
- Um sinal elétrico digital é enviado para cada chave para que ela feche ou abra.
- Com CH1 fechada e CH2 aberta, o port PTXN recebe a tensão de 3,3 [V].
- Com CH2 fechada e CH1 aberta, o port recebe 0,0 [V].
- O LED externo acenderá ou apagará, de acordo com o **estado** de CH1 ou CH2.



Pergunta: E se alguém pedir para acionar CH1 e CH2 simultaneamente?

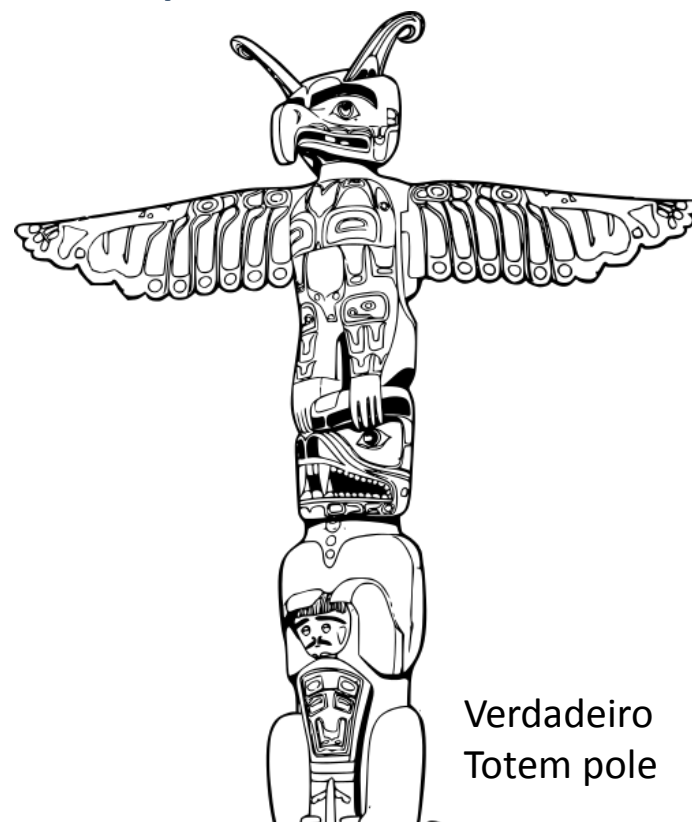
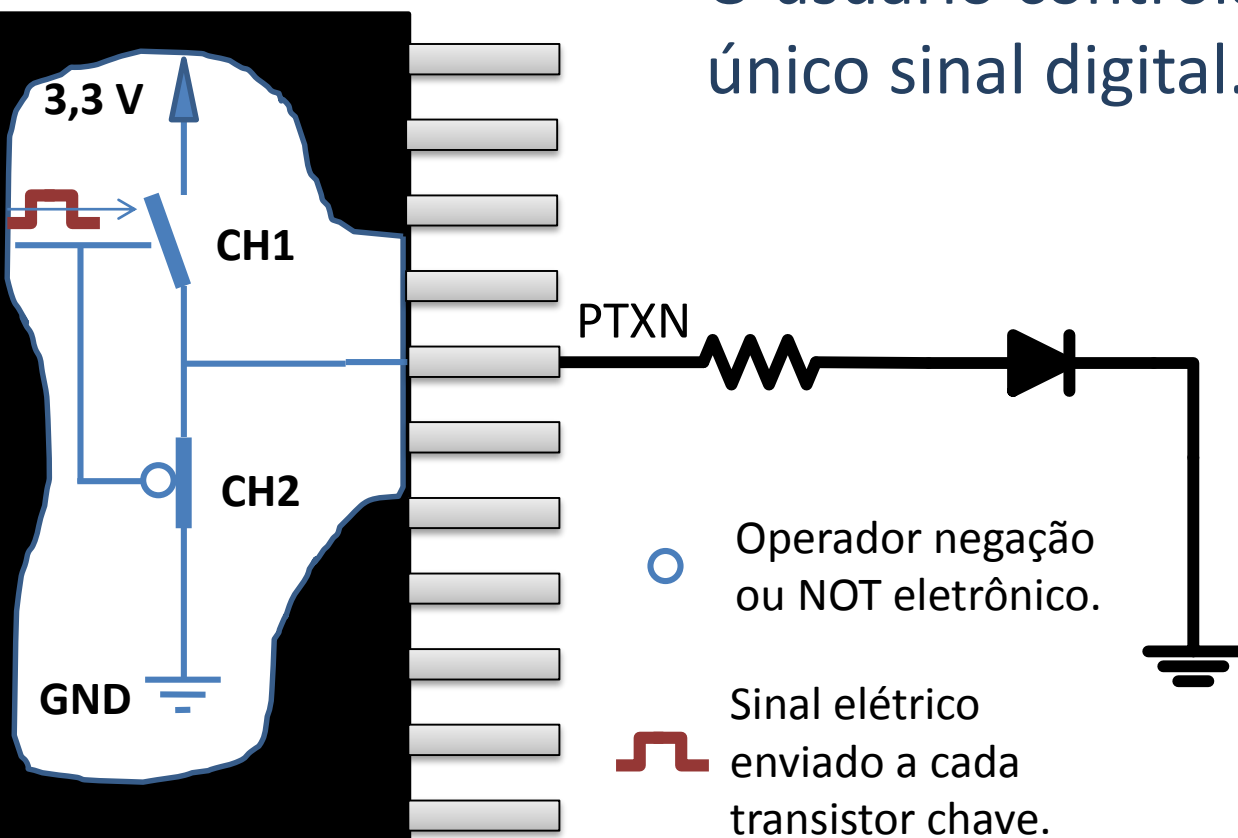
Poderia haver um curto-circuito!!!



Saídas tipo Push-Pull (ou “totem-pole”)



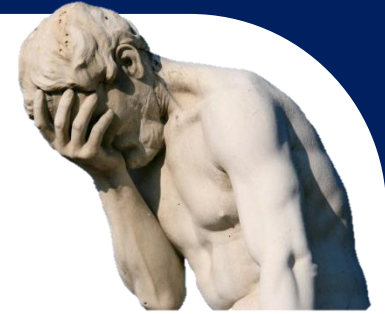
- Na configuração *push-pull*, uma eletrônica dedicada impede o acionamento de ambas as chaves simultaneamente.
- Enquanto uma está ligada a outra está desligada, e vice-versa.
- O usuário controla ambas por meio de um único sinal digital.





Pergunta ingênua importante

- Posso ligar err... digamos, uma geladeira com um pino de um microcontrolador?



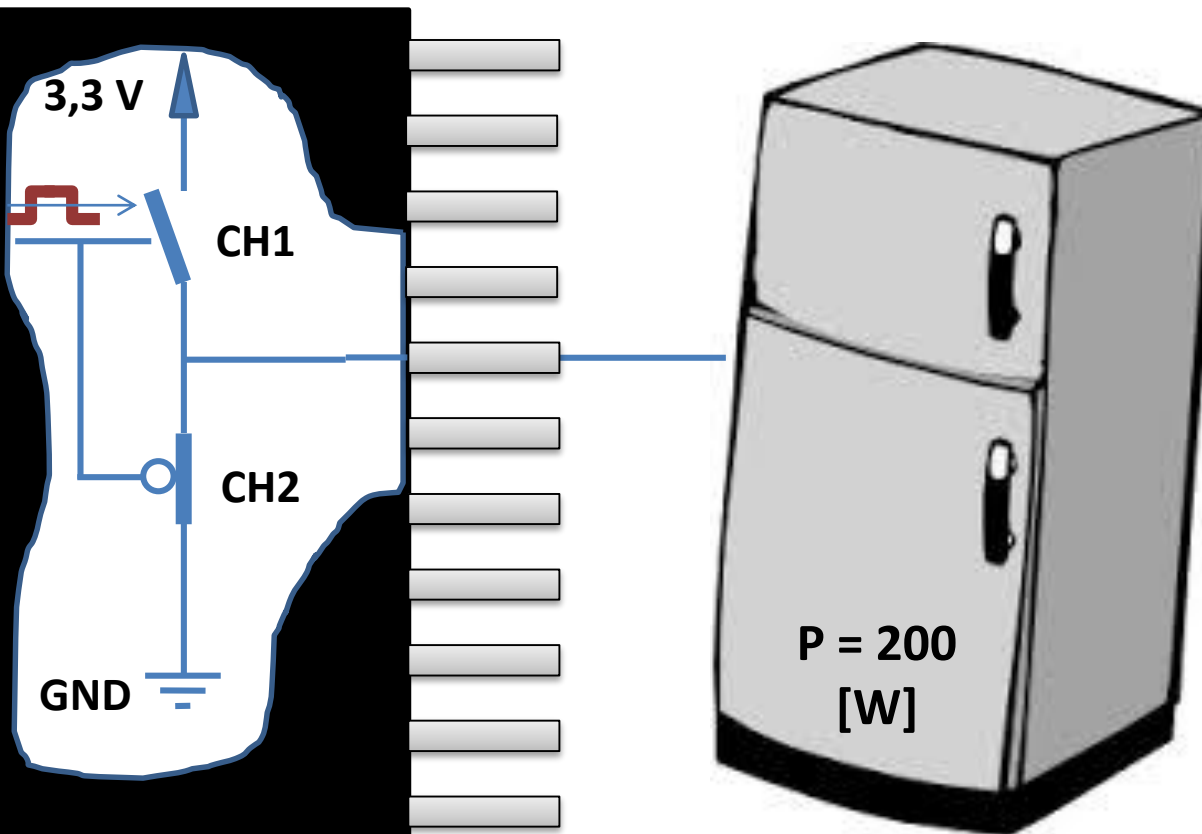
- Resposta 1:

Não, pois a tensão da geladeira deve ser maior (115 V), e alternada (AC).

- Resposta 2:

Não, pois mesmo se a tensão fosse correta, toda a potência requerida pela geladeira passaria pelo microcontrolador, mas seus transistores de push-pull, ou a USB, **NÃO SUPORTAM** tanta potência ou corrente elétrica!

Os limites operacionais devem ser respeitados !!!





Limites operacionais do microcontrolador

- No datasheet do KL25Z (microcontrolador), além das informações sobre as tensões máximas e mínimas, há uma informação a respeito das correntes máximas.
- Cada terminal individual pode fornecer ou receber corrente com valor até 25,0 [mA], mas não é só...

1.4 Voltage and current operating ratings

Table 4. Voltage and current operating ratings

Symbol	Description	Min.	Max.	Unit
V_{DD}	Digital supply voltage	-0.3	3.8	V
I_{DD}	Digital supply current	—	120	mA
V_{IO}	IO pin input voltage	-0.3	$V_{DD} + 0.3$	V
I_D	Instantaneous maximum current single pin limit (applies to all port pins)	-25	25	mA
V_{DDA}	Analog supply voltage	$V_{DD} - 0.3$	$V_{DD} + 0.3$	V
V_{USB_DP}	USB_DP input voltage	-0.3	3.63	V
V_{USB_DM}	USB_DM input voltage	-0.3	3.63	V
V_{REGIN}	USB regulator input	-0.3	6.0	V

Datasheet



Limites operacionais (cont).

- Todos os pinos de GPIO juntos só podem consumir ou fornecer no máximo 100,0 [mA]!!

5.1.3 Voltage and current operating behaviors

Table 4. Voltage and current operating behaviors

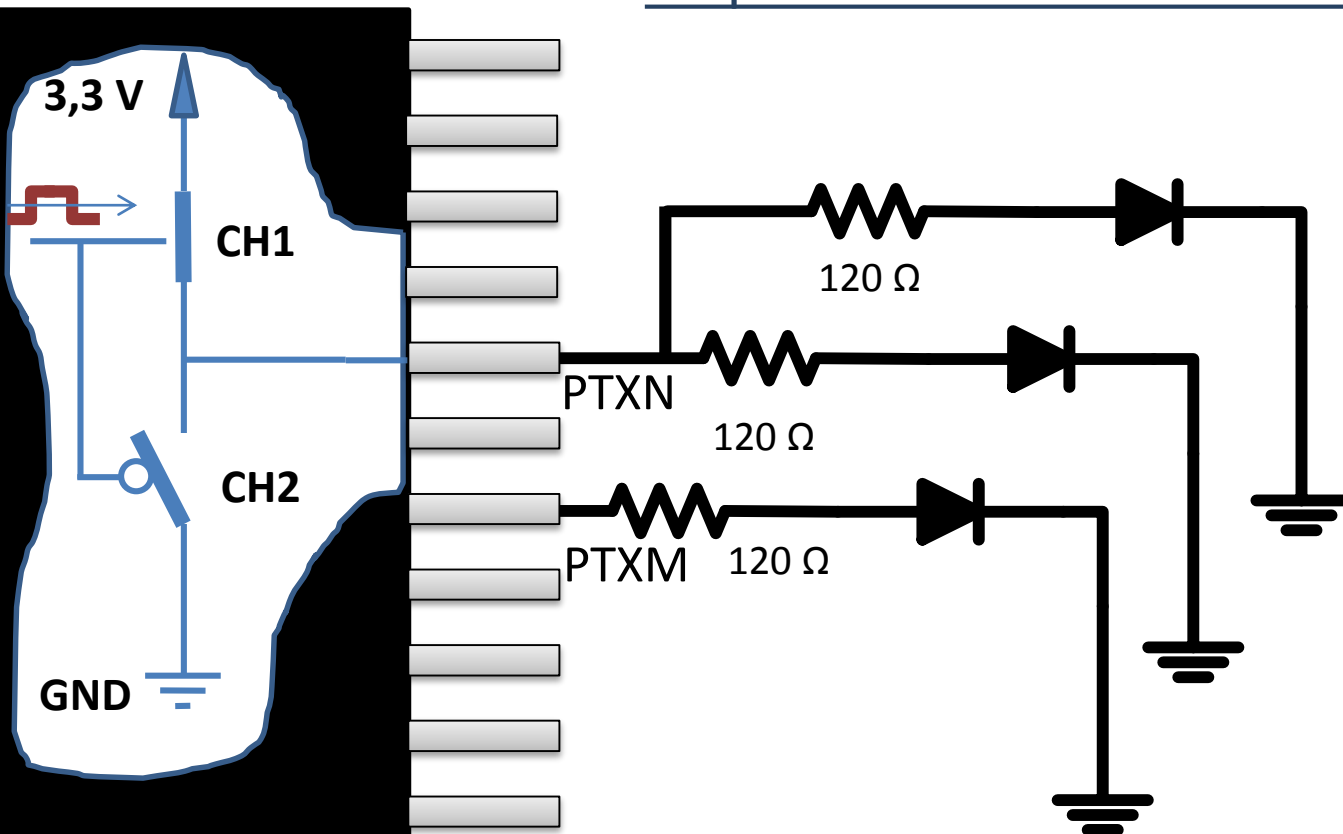
Symbol	Description	Min.	Max.	Unit	Notes
V_{OH}	Output high voltage — high drive strength <ul style="list-style-type: none"> • $2.7\text{ V} \leq V_{DD} \leq 3.6\text{ V}$, $I_{OH} = -10\text{mA}$ • $1.71\text{ V} \leq V_{DD} \leq 2.7\text{ V}$, $I_{OH} = -3\text{mA}$ 	$V_{DD} - 0.5$	—	V	
	Output high voltage — low drive strength <ul style="list-style-type: none"> • $2.7\text{ V} \leq V_{DD} \leq 3.6\text{ V}$, $I_{OH} = -2\text{mA}$ • $1.71\text{ V} \leq V_{DD} \leq 2.7\text{ V}$, $I_{OH} = -0.6\text{mA}$ 	$V_{DD} - 0.5$	—	V	
I_{OHT}	Output high current total for all ports	—	100	mA	
V_{OL}	Output low voltage — high drive strength <ul style="list-style-type: none"> • $2.7\text{ V} \leq V_{DD} \leq 3.6\text{ V}$, $I_{OL} = 10\text{mA}$ • $1.71\text{ V} \leq V_{DD} \leq 2.7\text{ V}$, $I_{OL} = 3\text{mA}$ 	—	0.5	V	
	Output low voltage — low drive strength <ul style="list-style-type: none"> • $2.7\text{ V} \leq V_{DD} \leq 3.6\text{ V}$, $I_{OL} = 2\text{mA}$ • $1.71\text{ V} \leq V_{DD} \leq 2.7\text{ V}$, $I_{OL} = 0.6\text{mA}$ 	—	0.5	V	
I_{OLT}	Output low current total for all ports	—	100	mA	
I_{IL}	Input leakage current (per pin)	—	1	μA	1

Datasheet



Exemplos de ligação para vários LEDs

- Pode-se ligar até dois LEDs externos por port, cada um com corrente de 10,0 [mA].
- Podem ser ligados até 10 LEDs simultaneamente, em vários pinos de saída do microcontrolador.
- Para mais LEDs, ou acionamento de cargas de maior corrente ou potência, são necessários amplificadores e fontes de energia auxiliar.



Também é possível trabalhar com LEDs com menos corrente e menor brilho, com resistores maiores.