

PSI3441 – Arquitetura de Sistemas Embarcados

-
- Introdução à Plataforma Freedom – KL25Z
 - Portas de Entrada e Saída
-

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo



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

Prof. Sergio Takeo – kofuji@usp.br

Prof. Antonio Seabra – acseabra@lsi.usp.br

-
- **Introdução à Plataforma Freedom – KL25Z**
 - Portas de Entrada e Saída
-





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 da plataforma de desenvolvimento

“Touch slider”
Capacitivo:
Passa o dedo sobre a superfície.

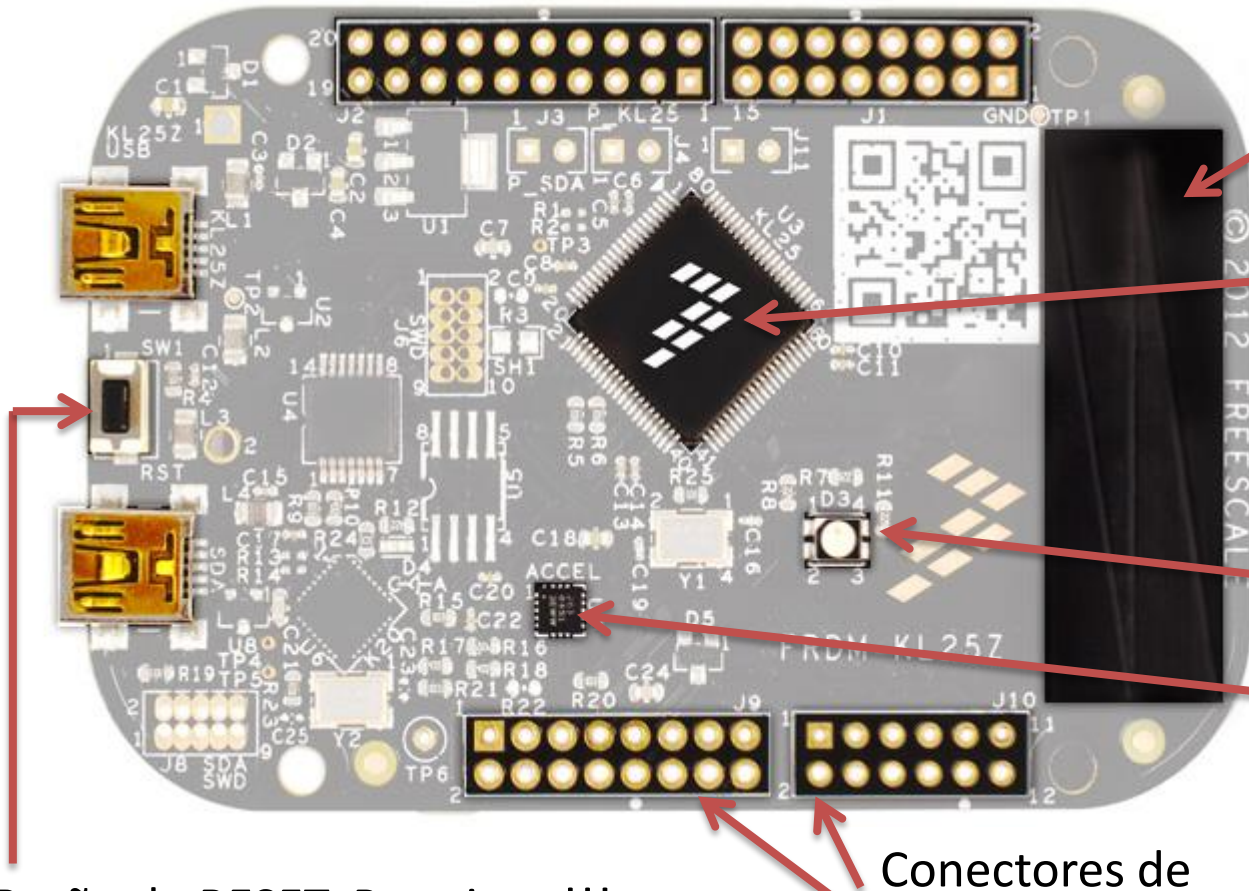
Microcontrolador
Chip ARM CORTEX-
M0+ Freescale Kinetis
MKL25Z128VLK4

LED RGB

Acelerômetro 3D
Micro-máquina MEMS:
Incline a placa.

Conectores de
expansão Arduino R3

Botão de RESET: Pressione!!!





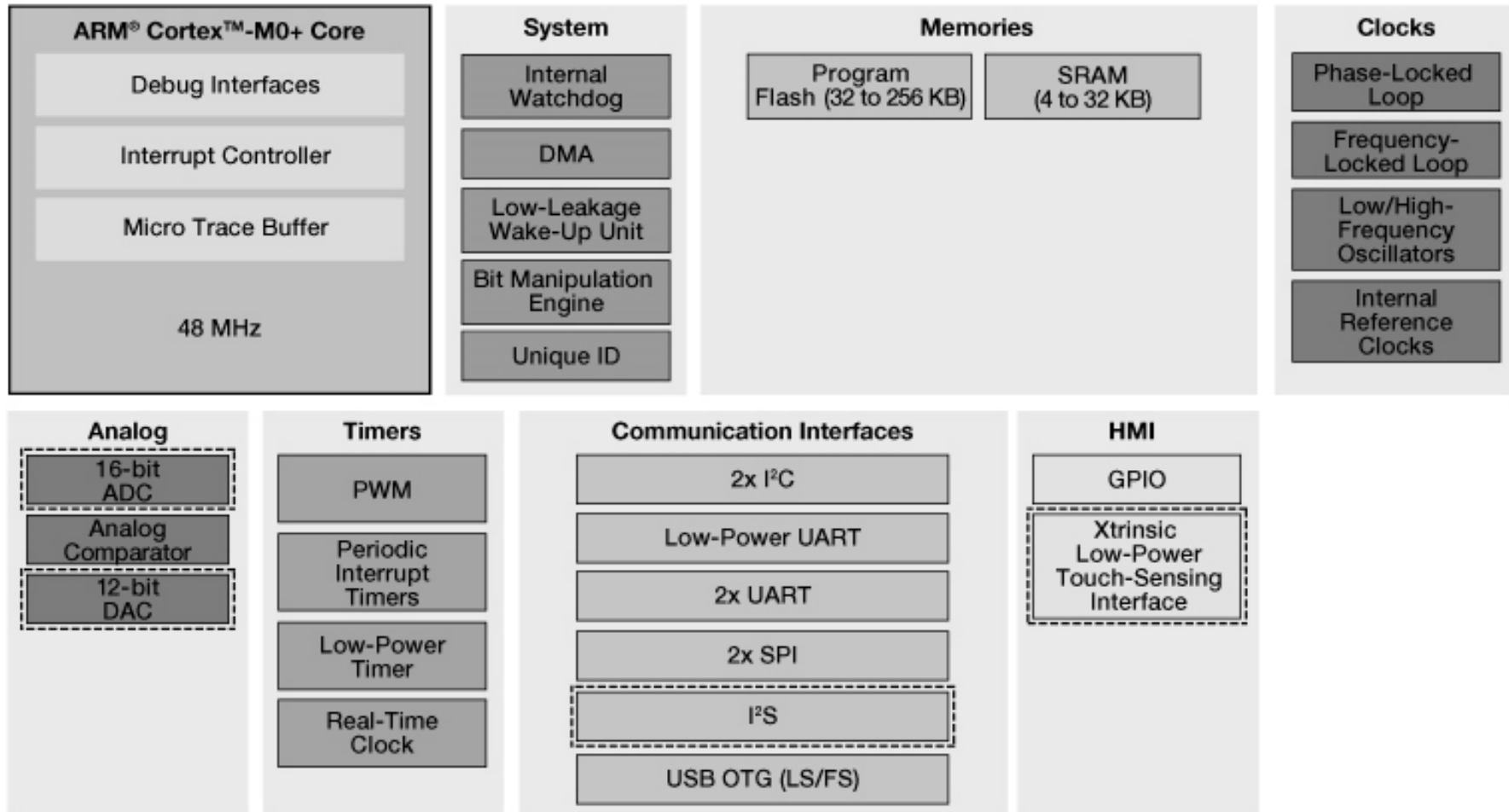
Microcontrolador KL25Z

- Baixo consumo e alta integração - Cortex M0+
- Alto desempenho e clock
 - Single core, 48,0 [MHz] de clock
- 32 bits
- Alta quantidade de memória
 - 128,0 [KB] FLASH ROM e 16 KB SRAM



Microcontrolador KL25Z

Kinetis KL2x MCU Family Block Diagram



□ Standard □ Optional

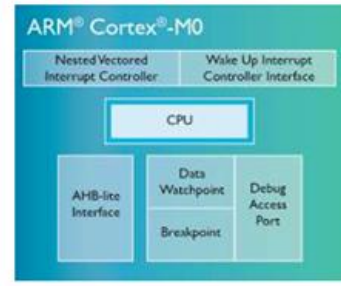


ARM Cortex M

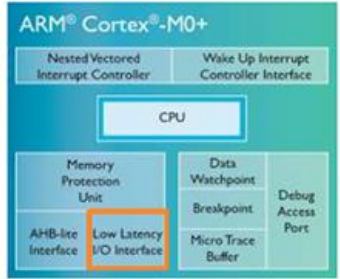
ARM Cortex-M Product Line

Consistent 32 bit processor architecture across all applications

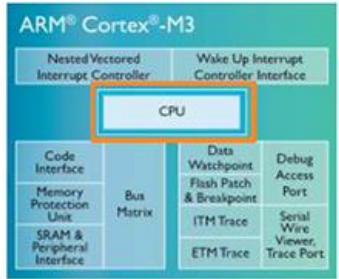
YABS	YADD	YCMP
VLDR	VMMLA	VMMLS
VNMLA	VNMLS	VNMUL
VSUB	VFMA	VFMS
PKH	QADD	QADD14
QSUB	QSUB14	QSUB8
SHADDE	SHA5X	SHA5X
SMLATT	SMLAD	SMLALBB
SMLAWT	SMLS0	SMLS0D
ADC	ADD	ADR
CLZ	BFC	BFI
CBNZ	CBZ	CMN
LDmia	LDmDB	LDR
LDREX	LDREXB	LDREXH
LDRSBT	LDRSHT	LDRSH
LSR	MCRR	MLS
MRC	MRR0	MUL
ORR	PLD	PLD0
RBIT	REV	REV14



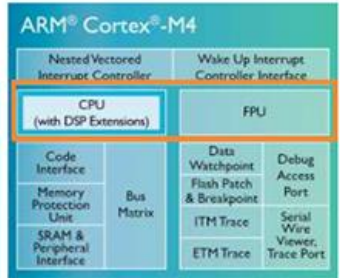
Lowest cost
Low power



Lowest power
Outstanding energy efficiency



Performance efficiency
Feature rich connectivity



Digital Signal Control
Processor with DSP
Accelerated SIMD
Floating point

BKPT	BLX	ADC	ADD	ADR
BX	CPS	AND	ASR	B
DMB	BL	BIC		
DSB	CMN	CHP	EOR	
ISB	LDR	LDRB	LDM	
MRS	LDRH	LDRSB	LDRSH	
MSR	LSL	LSR	MOV	
NOP	REV	MUL	MYN	ORR
REV14	REVSH	POP	PUSH	ROR
SEY	SXTB	RSB	SBC	STM
SXTH	UXTB	STR	STRB	STRH
UXTH	WFE	SUB	SVC	TST
WFI	YIELD			

Cortex-M0/M1

RSB	SBC	SBFX
SDIV	SEV	SMLAL
SMULL	SSAT	STC
STMIA	STMDB	STR
STRB	STRBT	STRD
STREX	STREXB	STREXH
STRH	STRHT	STRT
SUB	SXTB	SXTH
TBB	TBBH	TEQ
TST	UBFX	UDIV
UMLAL	UMULL	USAT
UXTB	UXTH	WFE
WFI	YIELD	IT

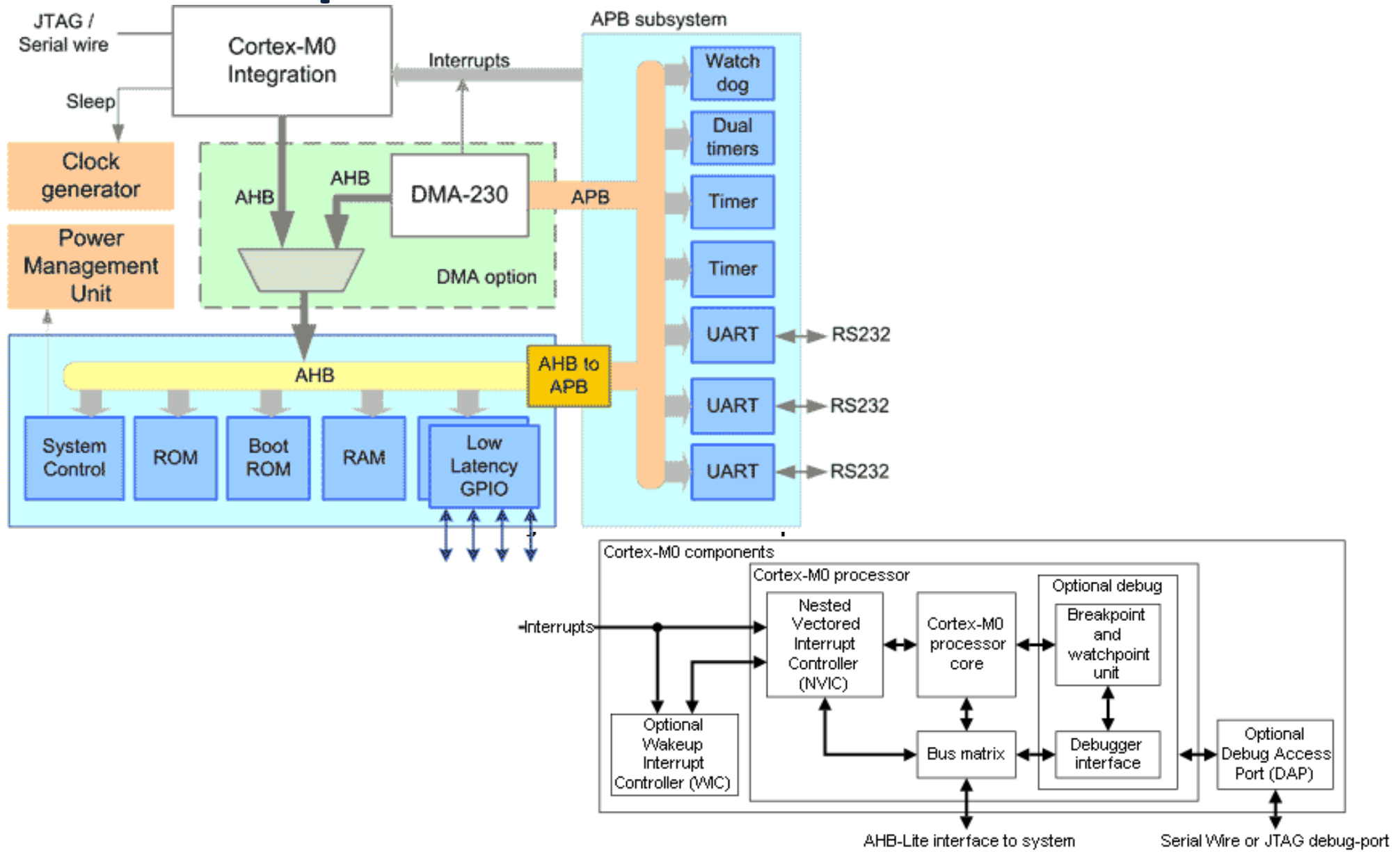
Cortex-M3

UHADD8	UHASX
UHSAX	UHSUB14
UHSUB8	UMAAL
UQADD14	UQADD8
UQASX	UQSAX
UQSUB14	UQSUB8
USAD8	USADA8
USAT14	USAX
USUB14	USUB8
UXTAB	UXTAB14
UXTAH	UXTB14

Cortex-M4



Microarquitetura do Cortex M0+





Curiosidade

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:

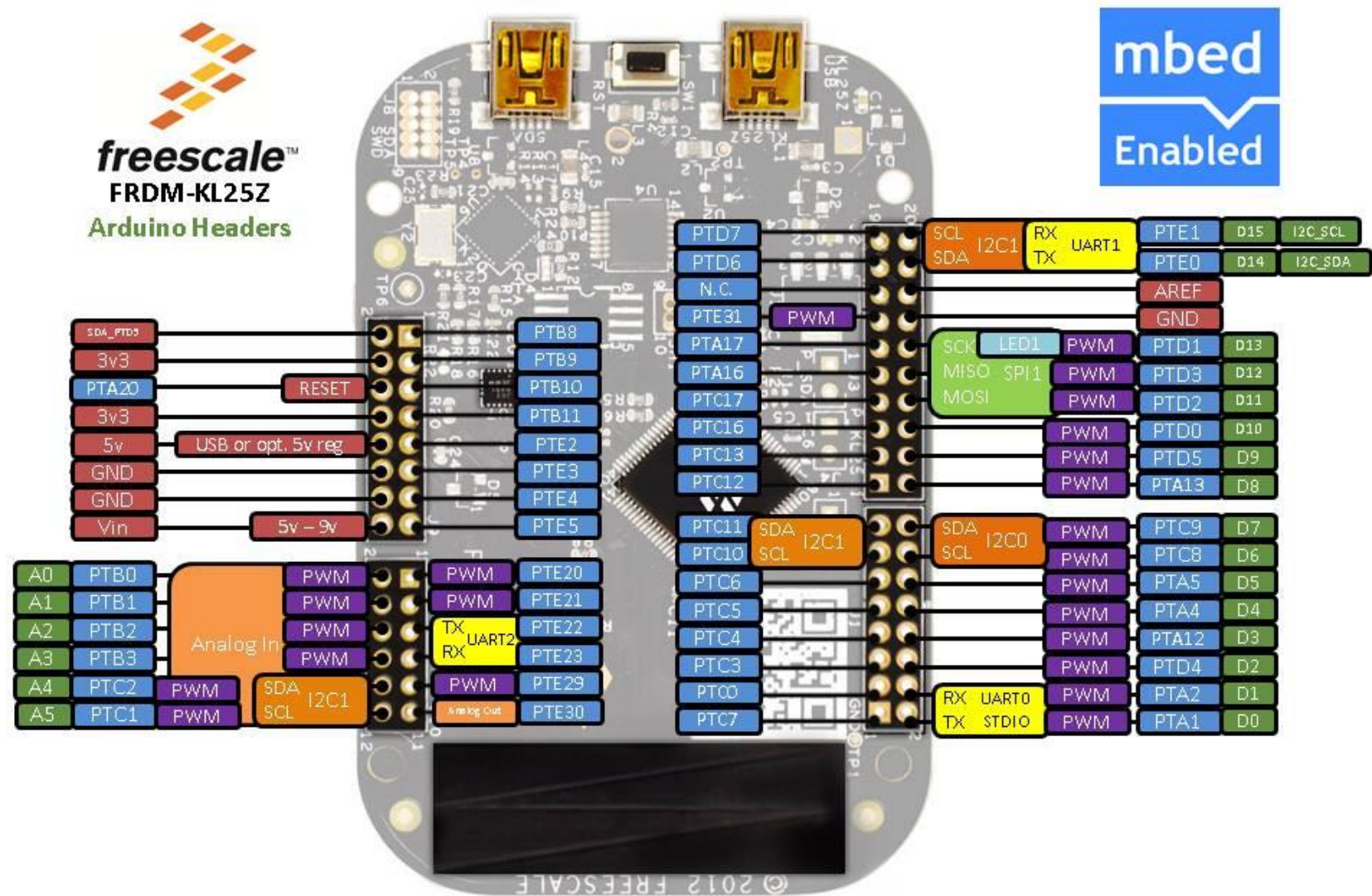
- criar um disco virtual no PC através da interface USB
- realizar a programação do microcontrolador principal KL25Z quando novos arquivos são colocados no disco virtual
- criar uma porta serial virtual entre o KL25Z e o computador através da mesma interface USB

-
- Introdução à Plataforma Freedom – KL25Z
 - **Portas de Entrada e Saída**
-





Detalhes dos pinos com suas funções especiais





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 pinos do microcontrolador podem ser usados como GPIO.



Mapa da Memória do Cortex M0+

Memória do ARM é mapeada em 4 Gb

KL25Z

	Allocated size	Allocated address
Flash	128KB	0x00000000 to 0x0001FFFF
SRAM	16KB	0x1FFFF000 to 0x20002FFF
I/O	All the peripherals	0x400FF000 to 0x400FFFFF

Table 2-1: Memory Map in KL25Z128VLK4

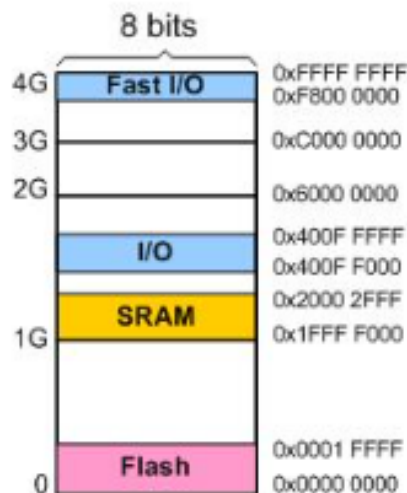


Figure 2-3: Memory Map

- Flash – Código do Programa e dados fixos como tabelas no ROM
- SRAM – variáveis
- Periféricos - endereços para registradores associados a I/Os, Timers, ADCs etc.

Olhar página 177 do KL25 Sub-Family Reference Manual para definições do registrador



General Purpose I/O (GPIO)

- 5 portas (A, B, C, D e E);
- 32 pinos por porta (PTA0 .. PTA31; PTB0 .. PTB21 etc.);
- Nem todos pinos são implementados;
- Chips da ARM têm dois barramentos: APB (Advanced Peripheral Bus) e o AHB (Advanced High-Performance Bus);
- AHB muito mais rápido que o APB.

Enderaçamento

- GPIO Port A (APB): 0x400F F000
 - GPIO Port B (APB): 0x400F F040
 - GPIO Port C (APB): 0x400F F080
 - GPIO Port D (APB): 0x400F FoC0
 - GPIO Port E (APB): 0x400F F100
-
- GPIO Port A (AHB): 0xF80F F000
 - GPIO Port B (AHB): 0xF80F F040
 - GPIO Port C (AHB): 0xF80F F080
 - GPIO Port D (AHB): 0xF80F FoC0
 - GPIO Port E (AHB): 0xF80F F100

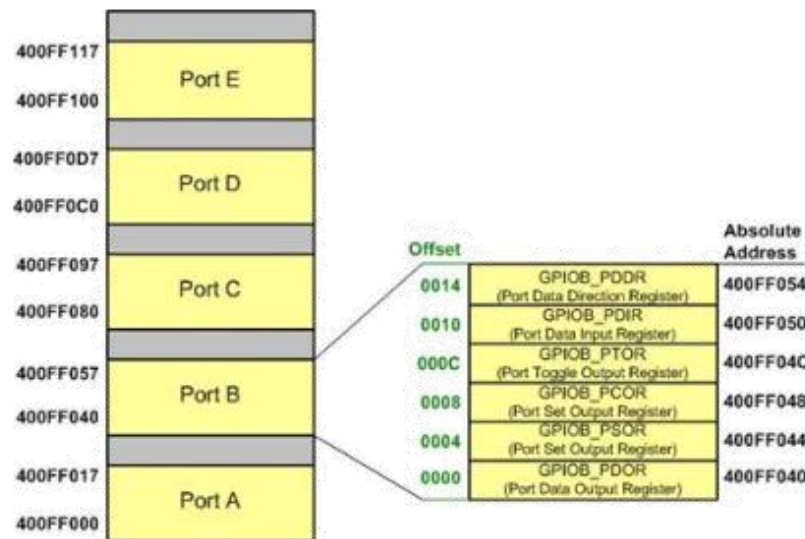
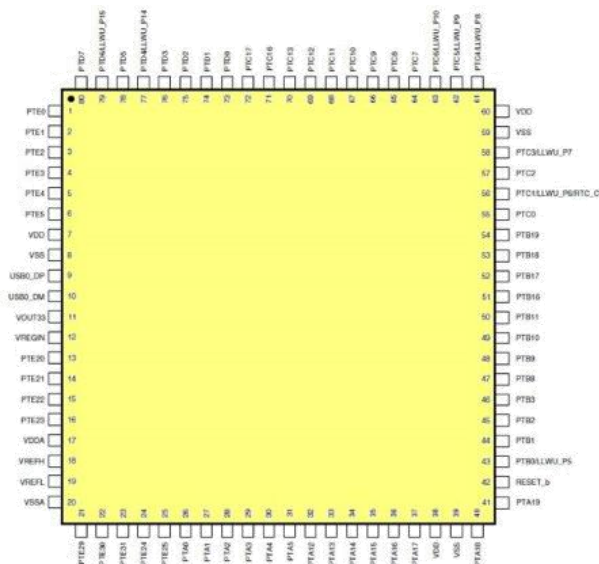


Figure 2-4: GPIO Memory Map



Registadores das GPIO

- Existem dois registradores associados a cada porta:
 - Direction Register – define se o pino é uma entrada ou saída;
 - Data Register – escreve ou lê dados do pino

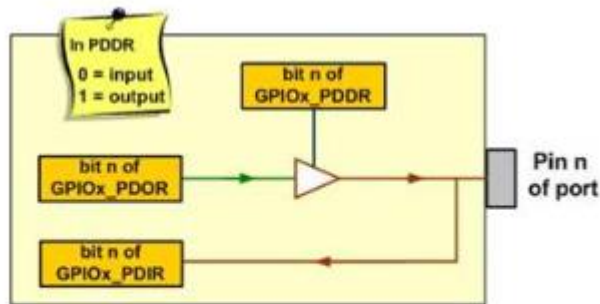


Figure 2-7: The Data and Direction Registers and a Simplified View of an I/O pin

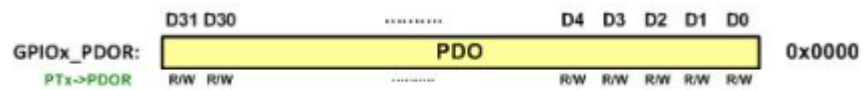


Figure 2-8: GPIOx_PDOR (Port Data Output Register)

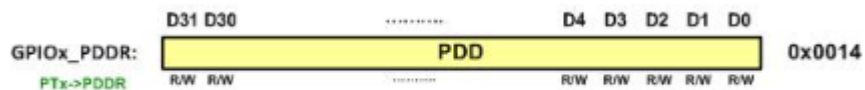


Figure 2-9: GPIOx_PDDR (Port Data Direction Register)

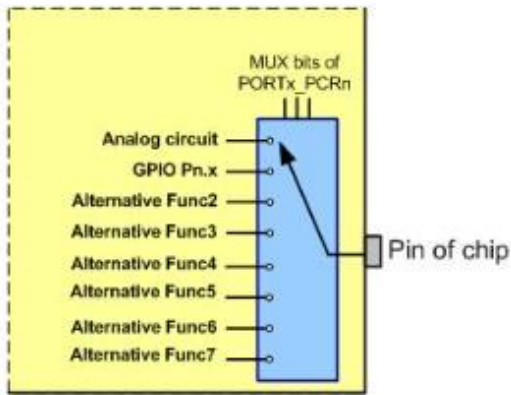
Address	Name	Description	Type	Reset Value
0x400F F000	GPIOA_PDOR	Port Data Output Register	R/W	0x00000000
0x400F F004	GPIOA_PSOR	Port Set Output register	W (always reads 0)	0x00000000
0x400F F008	GPIOA_PCOR	Port Clear Output Register	W (always reads 0)	0x00000000
0x400F F00C	GPIOA_PTOR	Port Toggle Output Register	W (always reads 0)	0x00000000
0x400F F010	GPIOA_PDIR	Port Data Input Register	R	0x00000000
0x400F F014	GPIOA_PDDR	Port Data Direction Register	R/W	0x00000000

Table 2-3: Some GPIO Registers for PORTA



Funções alternativas dos pinos

- Pin multiplexing
- Função controlado pelo PORTx_PCRn (Port x Pin n Control Register)
- Bits mais importantes: D10-D8 (Mux Control)



Address: Base address + 0h offset + (4d × i), where i=0d to 31d

Bit	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
R	0							ISF	0				IROC			
W								w1c								
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bit	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
R	0					MUX			0	DSE	0	PFE	0	SRE	PE	PS
W						MUX				DSE		PFE		SRE	PE	PS
Reset	0	0	0	0	0	x*	x*	x*	0	x*	0	x*	0	x*	x*	x*

* Notes:
• x = Undefined at reset.

Olhar página 183 do KL25 Sub-Family Reference Manual para definições do registrador

Figure 2-10: Alternative Functions of Pins

BIT	Field	Description
0	Pull Select (PS)	If the PE field is set, the field chooses between pull-up and pull-down resistors. 0: pull-down resistor, 1: pull-up resistor
1	Pull Enable (PE)	0: Disable the internal pull resistors 1: Enable the internal pull resistors
2	Slew Rate Enable (SRE)	0: Fast slew rate 1: Slow slew rate
4	Passive Filter Enable (PFE)	0: Passive input filter is disabled 1: Passive input filter is enabled
6	Drive Strength Enable (DSE)	0: Low drive strength 1: High drive strength
10-8	Pin Mux Control (MUX)	

Pin Mux Control

- 000 Pin disabled (analog).
- 001 Alternative 1 (GPIO).
- 010 Alternative 2 (chip-specific).
- 011 Alternative 3 (chip-specific).
- 100 Alternative 4 (chip-specific).
- 101 Alternative 5 (chip-specific).
- 110 Alternative 6 (chip-specific).
- 111 Alternative 7 (chip-specific).



Exemplo

- Configurar Pinos PTB18 e PTB19 para output:
 - $\text{GPIOB_PDDR} = 0x000C\ 0000 \rightarrow 0b0000\ 0000\ 0000\ 1100\ 0000\ 0000\ 0000\ 0000$

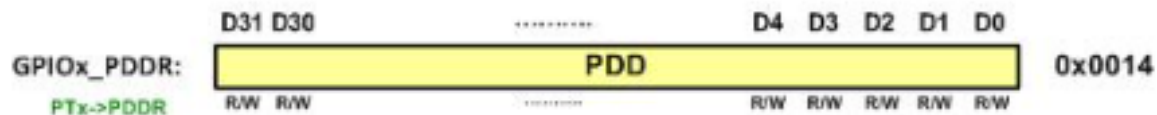


Figure 2-9: GPIOx_PDDR (Port Data Direction Register)

- Endereço do registrador GPIOB_PDDR:
 - Para Porta B = 0x4000 F040
 - Offset de 0x0014
 - Endereço do 0x4000 F054

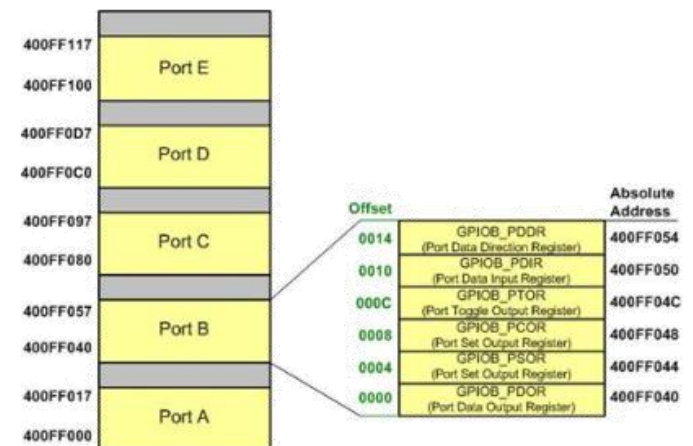


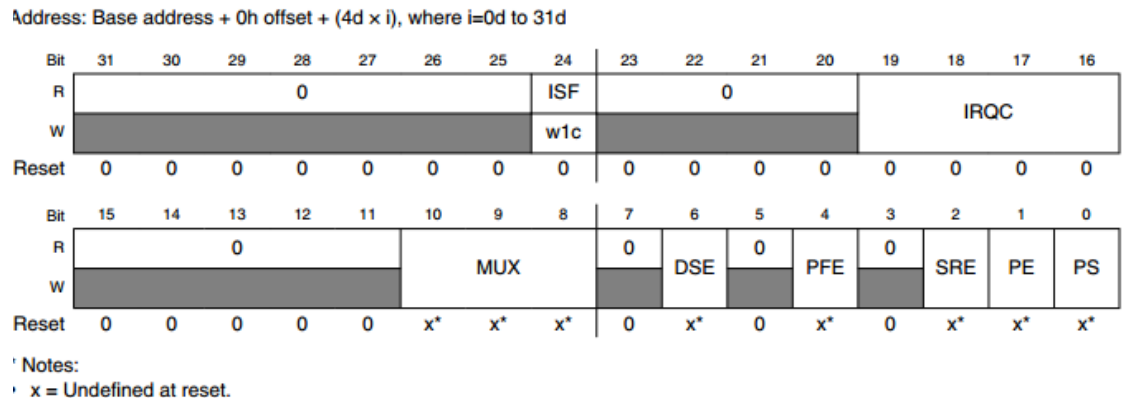
Figure 2-4: GPIO Memory Map



Exemplo

- Configurar Pino PTB18 com slow slew rate, high drive e sem pull-up:
 - Registrado PORTB_PCR18:
 - 0b0000 0000 0000 0000 0000 0001 0100 0100
 - 0x0000 0144
- Endereço:
 - PORTB_PCR18 = 4004 A048

BIT	Field	Description
0	Pull Select (PS)	If the PE field is set, the field chooses between pull-up and pull-down resistors. 0: pull-down resistor, 1: pull-up resistor
1	Pull Enable (PE)	0: Disable the internal pull resistors 1: Enable the internal pull resistors
2	Slew Rate Enable (SRE)	0: Fast slew rate 1: Slow slew rate
4	Passive Filter Enable (PFE)	0: Passive input filter is disabled 1: Passive input filter is enabled
6	Drive Strength Enable (DSE)	0: Low drive strength 1: High drive strength
10-8	Pin Mux Control (MUX)	



Olhar página 177 do KL25 Sub-Family Reference Manual para definições do registrador



Clock para GPIO

- O clock deve ser habilitado antes de configurar a porta;
- Registrador SIM_SCGC5 habilita o clock para todas as portas;
- Para economizar energia o clock das portas que não são utilizadas não devem ser habilitado;
- Endereço do SIM_SCGC5:
 - $0x4004\ 7000 + 0x1038 = 0x4004\ 8038$

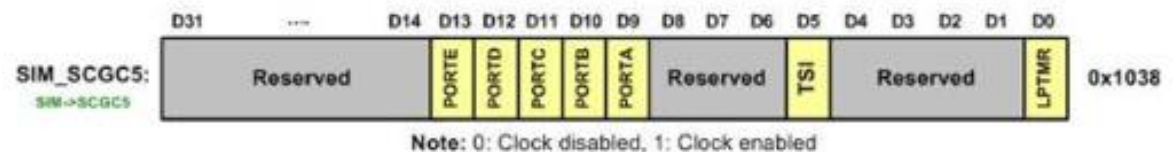


Figure 2-13: SIM_SCGC5 (System Clock Gating Control Register 5) Register



Exemplo

- Habilitar clock somente para porta B:

- $SIM_SCGC5 = 0b0000\ 0000\ 0000\ 0000\ 0000\ 0100\ 0000\ 0000$
- $SIM_SCGC5 = 0x0000\ 0400$
- $SIM_SCGC5 |= 0x0400$ (OR binário - *bitwise*)
 - $SIM_SCGC5 = SIM+SCGC5 | 0x0400$ (seta somente o bit de interesse)

- Operações Booleanas Binárias:

- OR | $0x04 | 0x68 = 0x6C$
- AND & $0x35 \& 0x0F = 0x05$
- XOR ^ $0x54 | 0x78 = 0x2C$
- Invert ~ $\sim 0x55 = 0xAA$
- Shift << ou >>

$0b0001\ 0000 \gg 3 = 0b0000\ 0010$

$1 \ll 3 = 0b0000\ 1000$

Qualquer número | 1 = 1

Qualquer número | 0 = sem mudança

Qualquer número & 1 = sem mudança

Qualquer número & 0 = 0

Qualquer número ^ 1 = complemento

Qualquer número | 0 = sem mudança



Exemplo

- Piscar LED Verde com 2 segundo de período
 - Fazer no programa Codewarrior (C:\Freescale\Eclipse\cwide.exe)
 - Sequência do programa
 - (1) Habilitar clock da porta B;
 - (2) Configurar Pino 19 (Pin Control Register);
 - (3) Setar a direção do Pino;
 - (4) Habilitar saída;
 - (5) Função de espera;
 - (6) Desabilitar saída;
 - (7) Função de espera;
 - Repetir passos (4)-(7).



Definir Endereço dos Registradores

Exemplo

```
/* Define o endereço do registrador SIM_SCGC5 */  
#define SIM_SCGC5 (*((volatile unsigned int*)0x40048038))
```

Função de espera

```
/* no main */
```

```
void delayMs (int n);
```

```
/* Função: Espera n milisegundos */
```

```
/* esta função depende do clock default do microcontrolador. Para o KL25Z a frequência é  
21 MHz aproximadamente. O valor do contador deverá ser ajustado para se conseguir o  
tempo de espera desejado. */
```

```
Void delayMs (int n) {  
    int i;  
    int j;  
    for (i = 0; i < n; i++)  
        for (j = 0; j < 7000; j++) {}  
}
```