

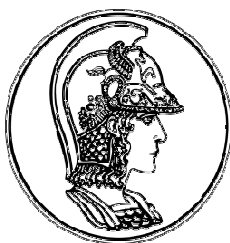
Introdução a Engenharia Elétrica - 323100

Aula S2

Apresentação dos kits

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

Departamentos da Engenharia Elétrica



PCS Computação e Sistemas Digitais

PEA Energia e Automação Elétricas

PSI Sistemas Eletrônicos

PTC Telecomunicações e Controle

V1.4

Agosto de 2018



Sumário

1. Microcontroladores

A. Um pouco de história

B. Conceito de arquitetura de um microcontrolador

C. Arquiteturas consagradas

D. ARM e sua arquitetura

E. O microcontrolador ARM CORTEX M0+

2. Kits ARM

3. Hands-on e programação





A. Senta que lá vem história...

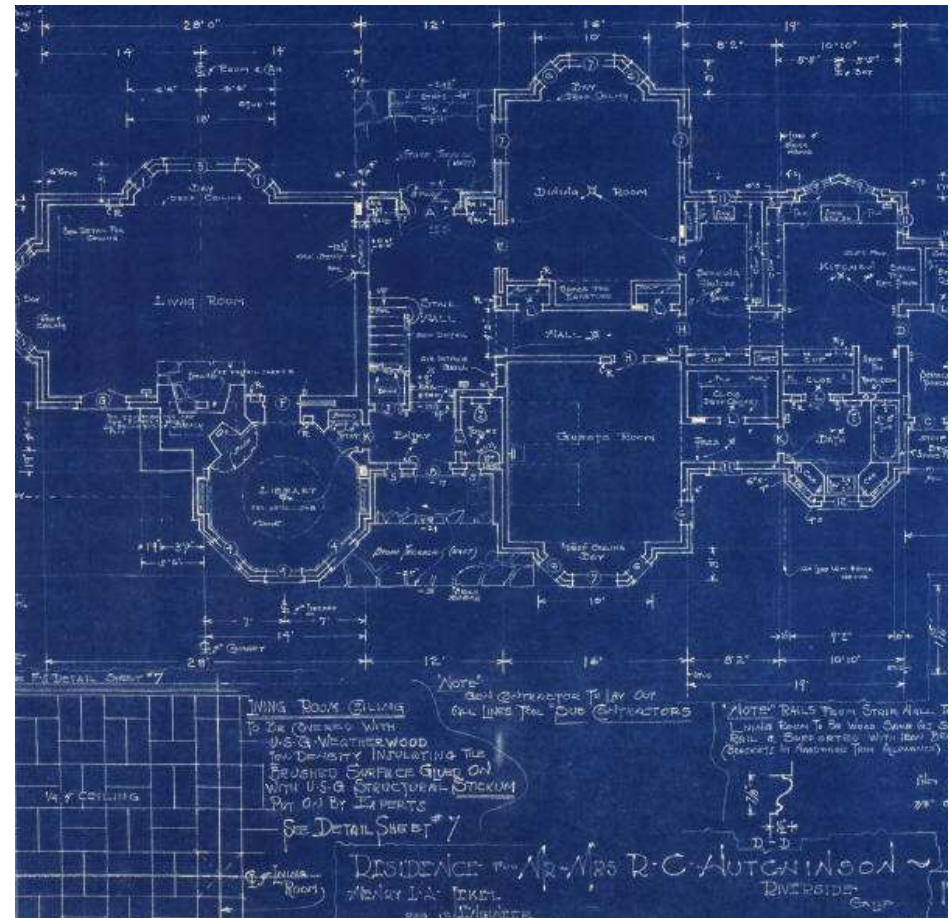
- Computadores
 - 1944, (Howard Aiken e Grace Hooper), Harvard Mark I (eletromecânico) – surgimento do primeiro “bug”
 - 1943-46, Colossus e ENIAC Computer, com válvulas
 - 1953, primeiro computador da IBM
 - Década de 1950~60, computadores com circuitos integrados (Jack Kilby / Robert Noyce)
 - **Década de 1970, Patinho feio – desenvolvido pela POLI**
 - Década de 1970, precursores dos computadores pessoais
 - Década de 1980, consagram-se algumas arquiteturas (IBM PC, Macintosh) para computadores pessoais

Computação
Pessoal



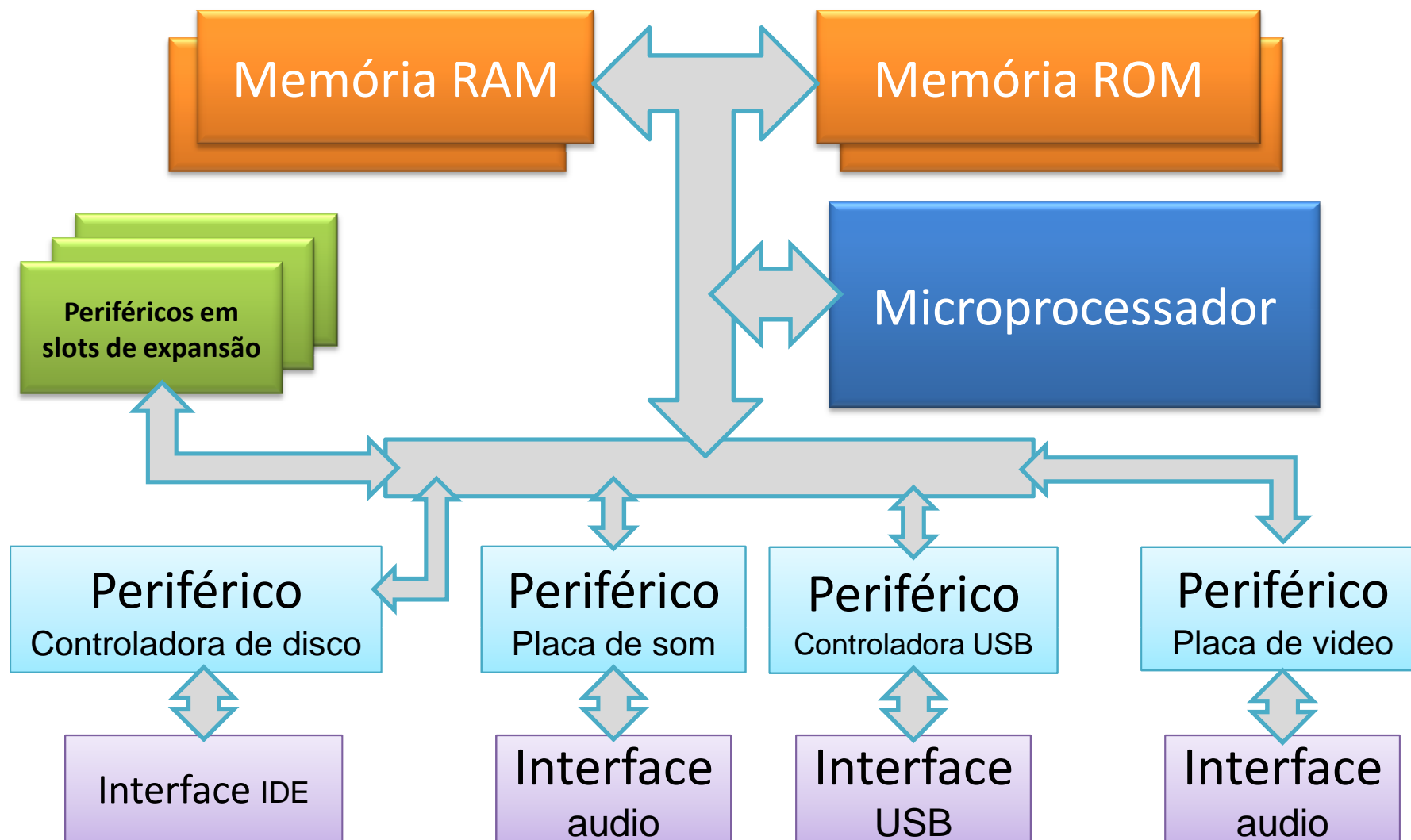
Computador a partir da década de 70

- A arquitetura de um computador descreve a organização dos seus componentes internos:
 - Processador
 - Memória RAM
 - Memória ROM
 - Barramentos
 - Interfaces e periféricos





Ex. de arquitetura de um computador pessoal contemporâneo



Vários componentes independentes, interconectados em um gabinete



Ex. de arquitetura de um computador pessoal contemporâneo

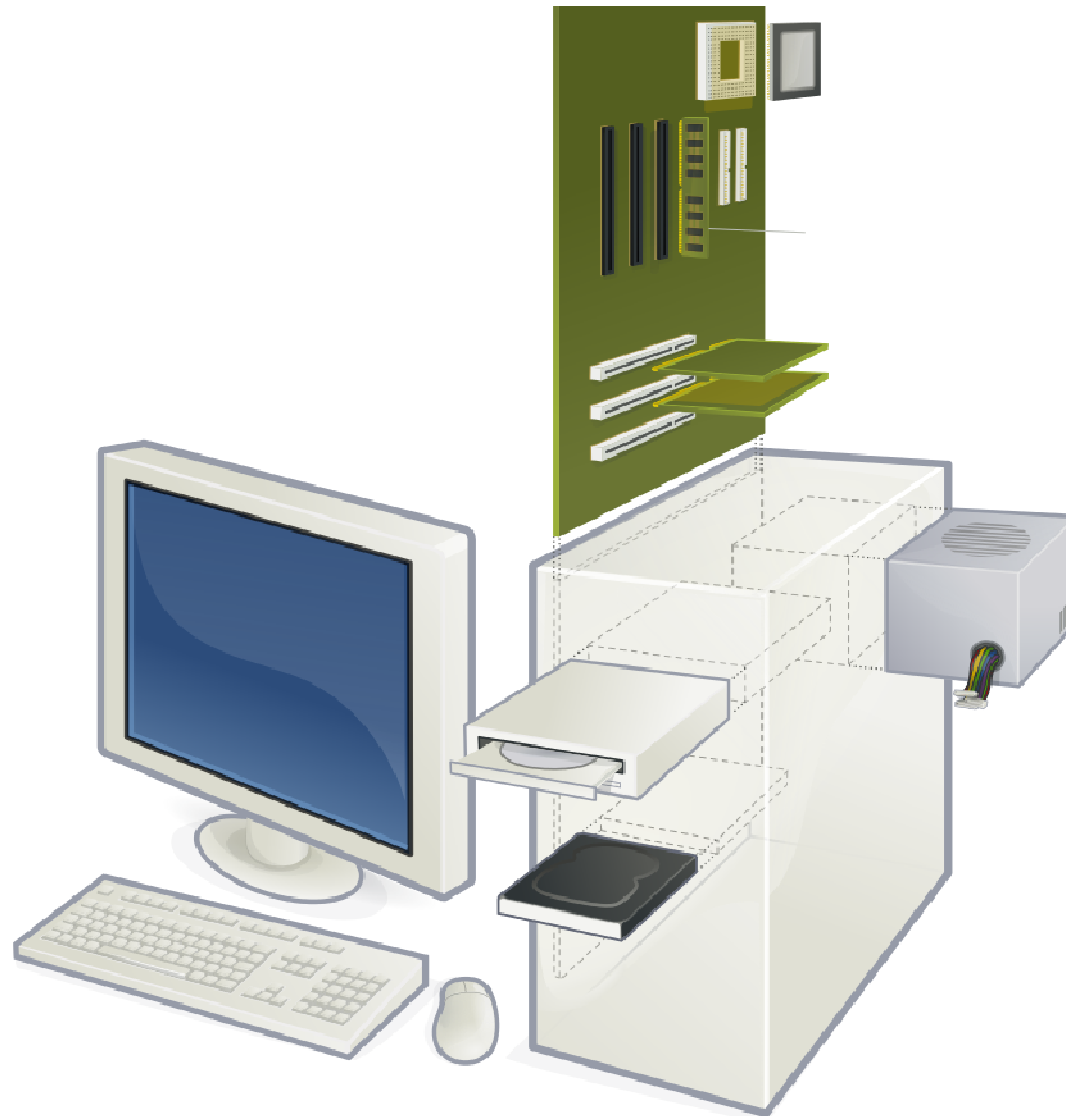


Figura adaptada de commons.wikimedia.org

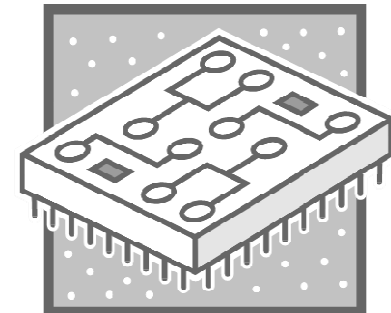


Enquanto isso: quando surgiram os microcontroladores?



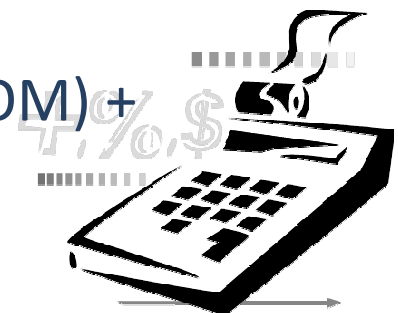
- Momento histórico: 1970 ~ 1971 (após corrida espacial)

- Intel produz o primeiro microprocessador (4004)
- Computador de uso geral
 - Muitos componentes de apoio (RAM, ROM, Periféricos)
- Complicações:
 - consumo energético do conjunto
 - montagem e manutenção complexa, *housing* (tamanho do computador)



- Oportunidade: computador para uso específico como calculadoras !!

- Texas Instruments (1972) – Gary Boone
- Microprocessador integrado + memórias (RAM e ROM) + periféricos (controlador de teclado e impressora)
- **Calculator on a chip !!!**





Primeira calculadora com microcontrolador: Texas Instr. "Cal Tech"

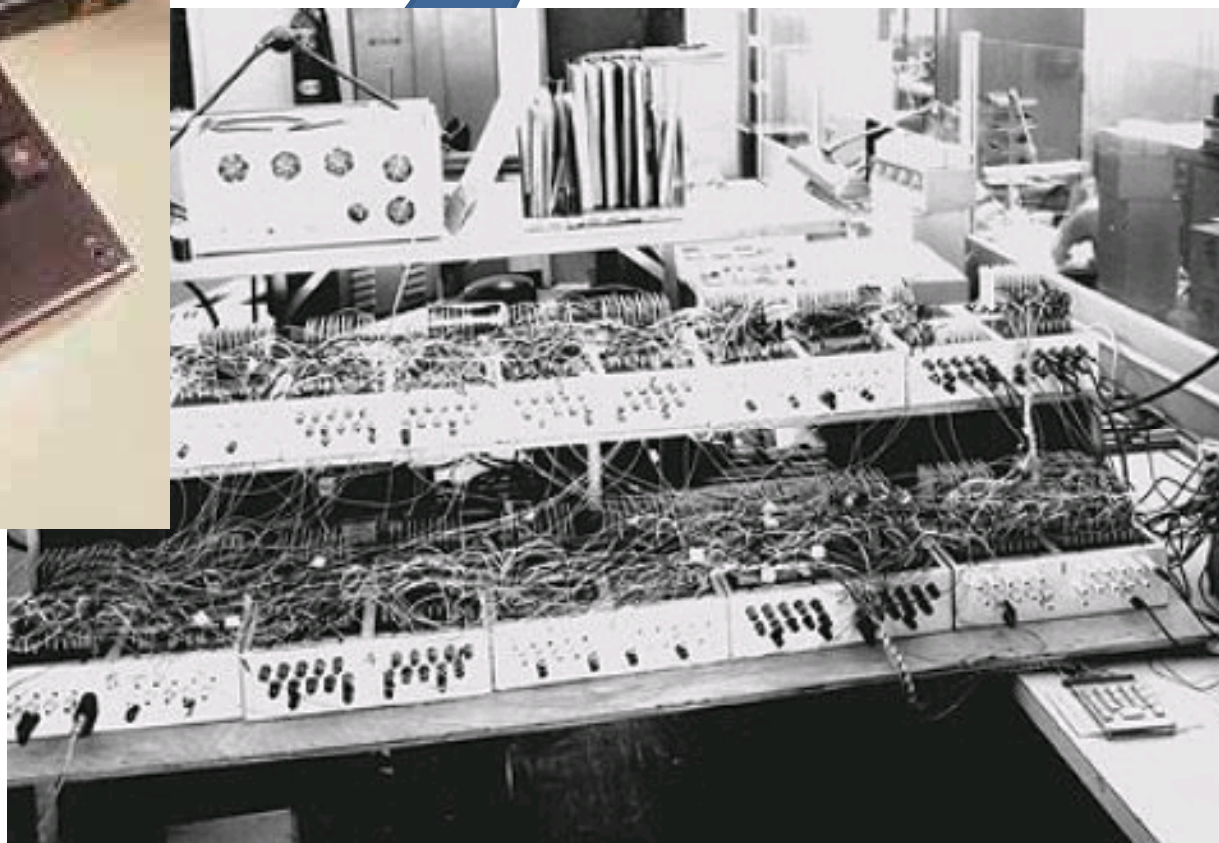
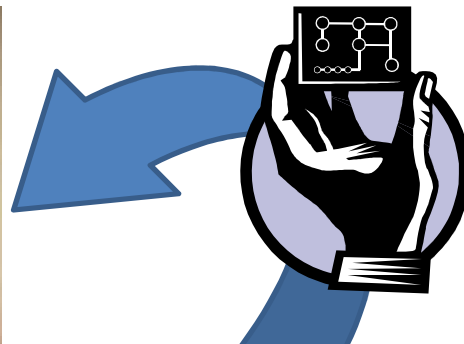
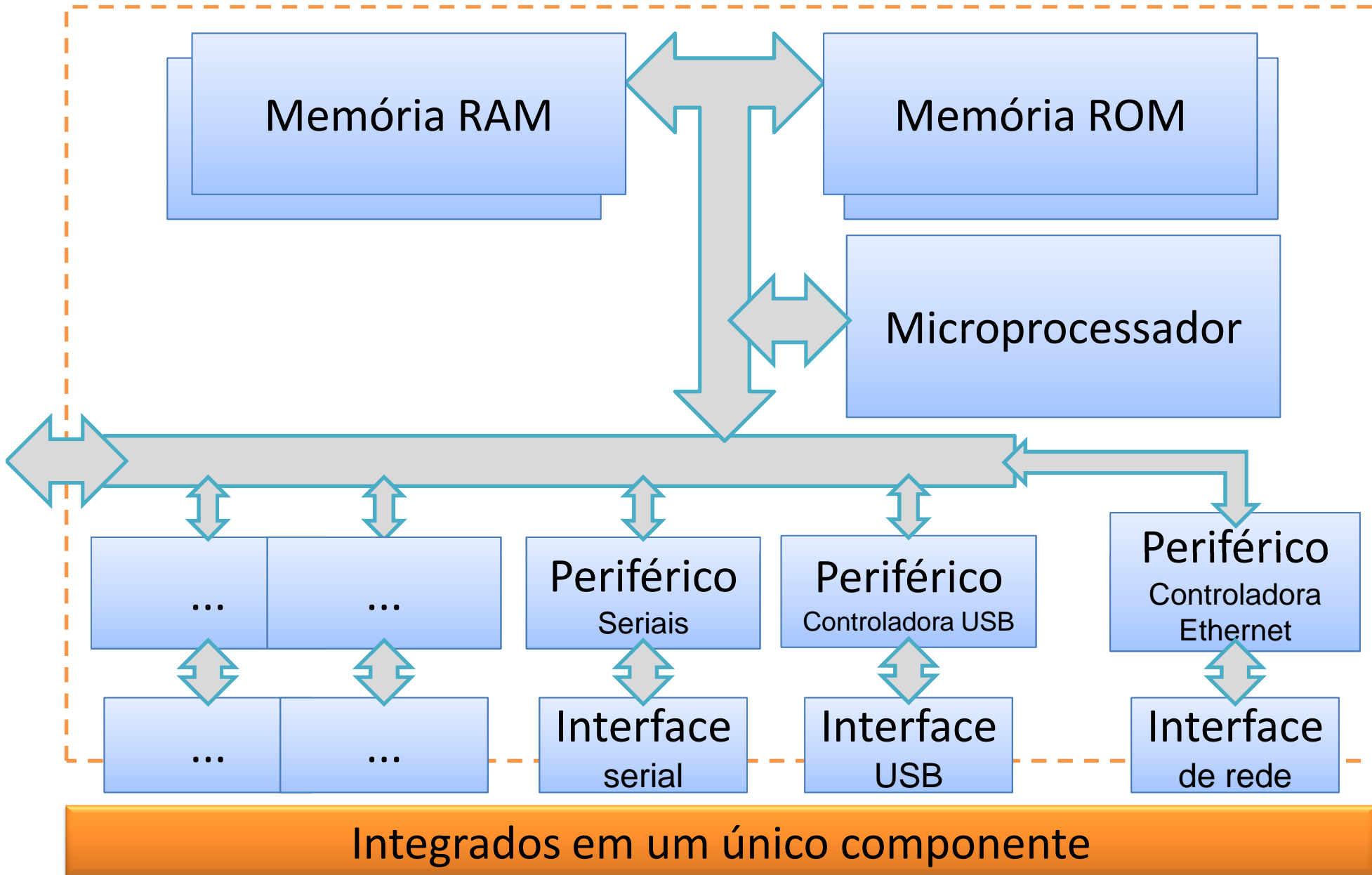


Figura obtida de www.oldcalculatormuseum.com



Ex. de arquitetura de um microcontrolador contemporâneo

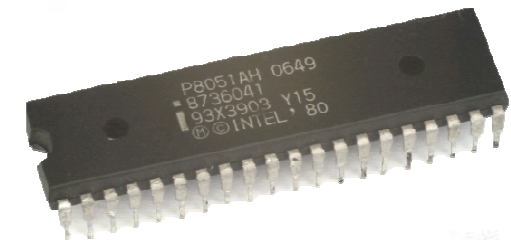




Microcontroladores (exemplos)

- Comerciais

- Texas TMS 1000 (1974)
- Intel 8048 (1977)
- Intel 8051 (1979) – muito famoso
- Zilog Z180 (1978)



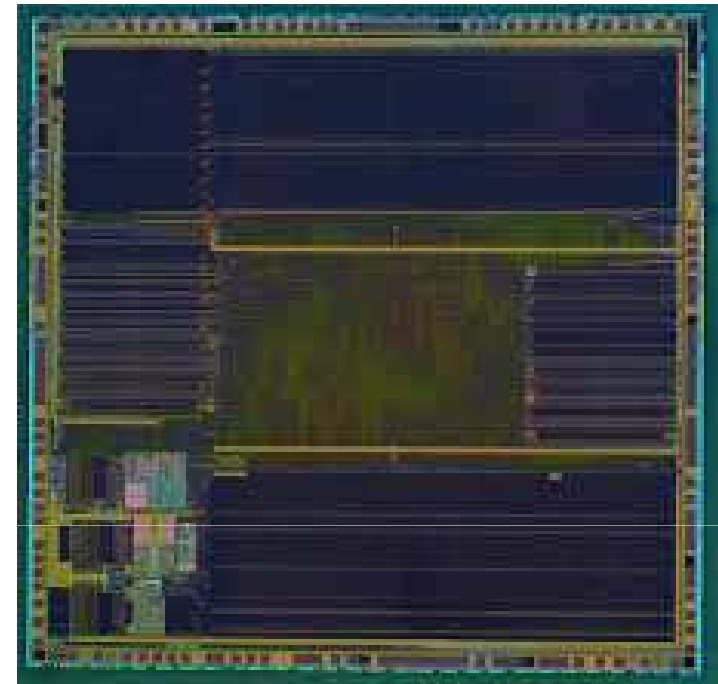
- Alguns outros exemplos...

- Quem se habilita a dizer algum nome de microcontrolador?
- PIC, AVR, ARM, ... ?



O que difere um microcontrolador de outro? Arquitetura...

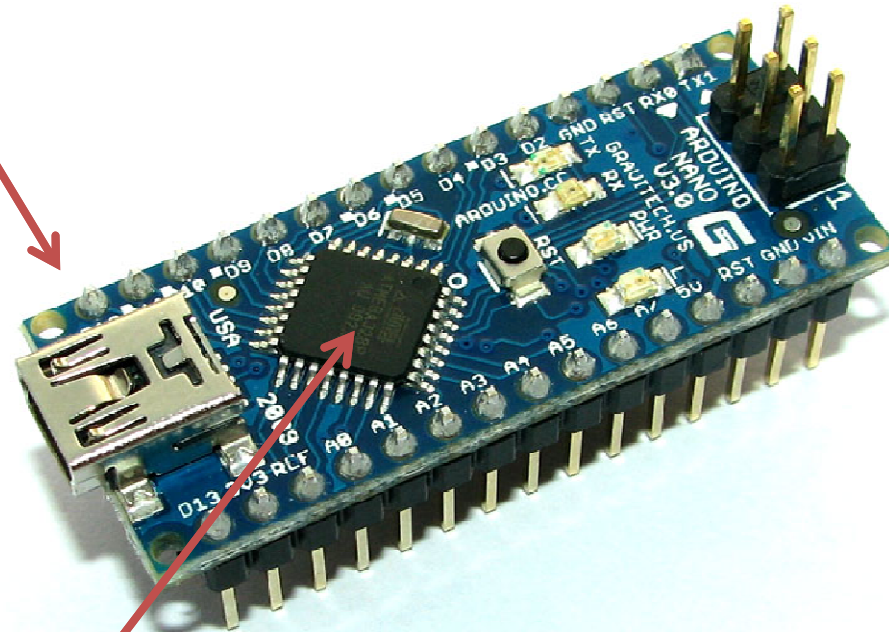
- Cada microcontrolador possui internamente uma coleção de
 - Microprocessador(es)
 - Periférico(s)
 - Interface(s)
 - Memória(s)
 - e de barramentos (vias) para interligar esses componentes
- Obs: o próprio microprocessador também possui uma arquitetura interna peculiar !





Kit encontrado no mercado: ARDUINO, versão nano.

Essa é a placa do kit
ARDUINO Nano



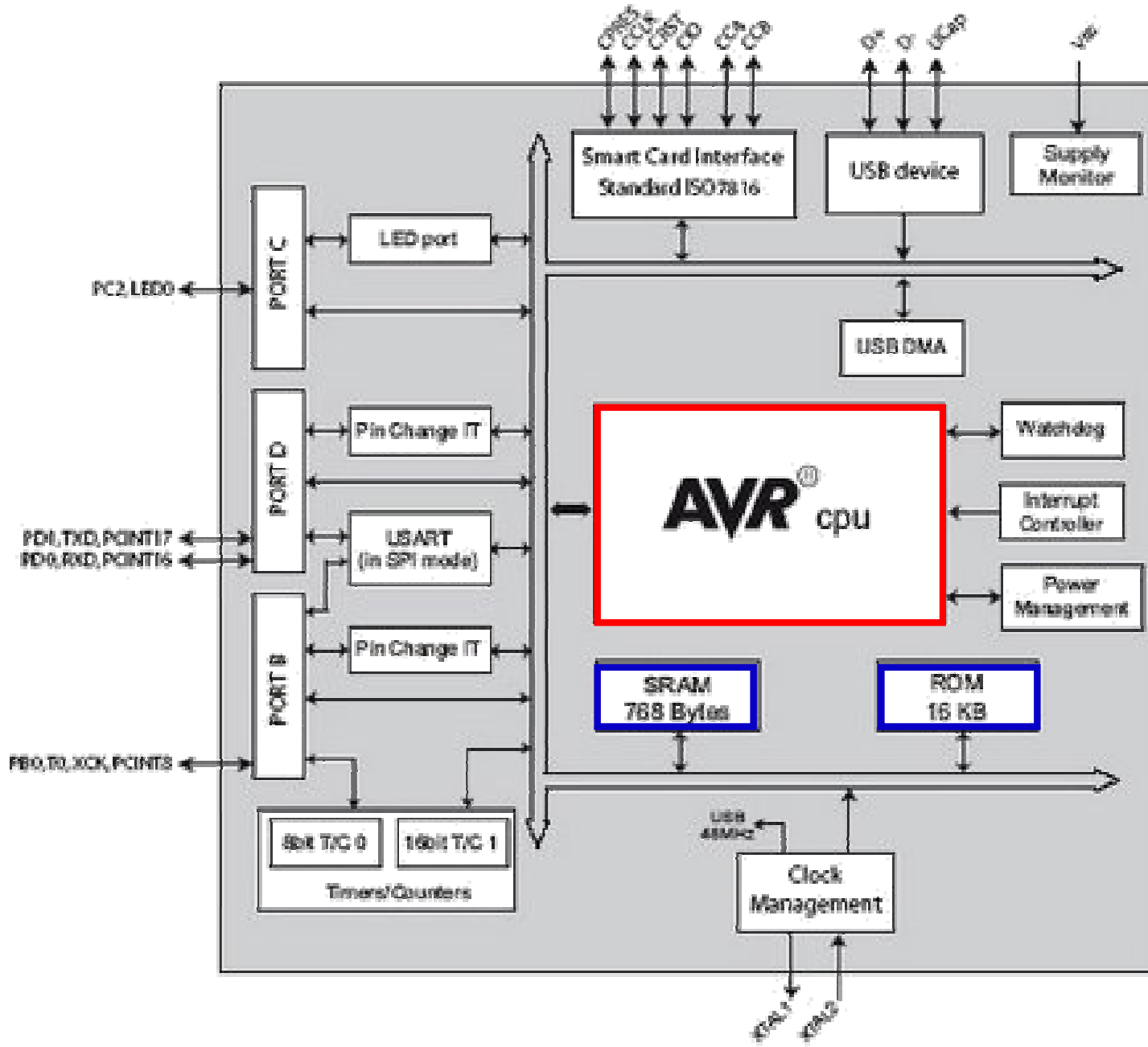
Esse é o chip do
microcontrolador do kit
ARDUINO Nano

Dentro do chip do microcontrolador,
há um microprocessador, memórias e
periféricos, dispostos segundo uma
arquitetura, nesse caso denominada
AVR, da empresa ATMEL

ARDUINO não é o nome do
microcontrolador !!



Arquitetura de um μ C – Ex. 1 (AVR do Arduino Nano)



Legenda
desse e
de outros
slides

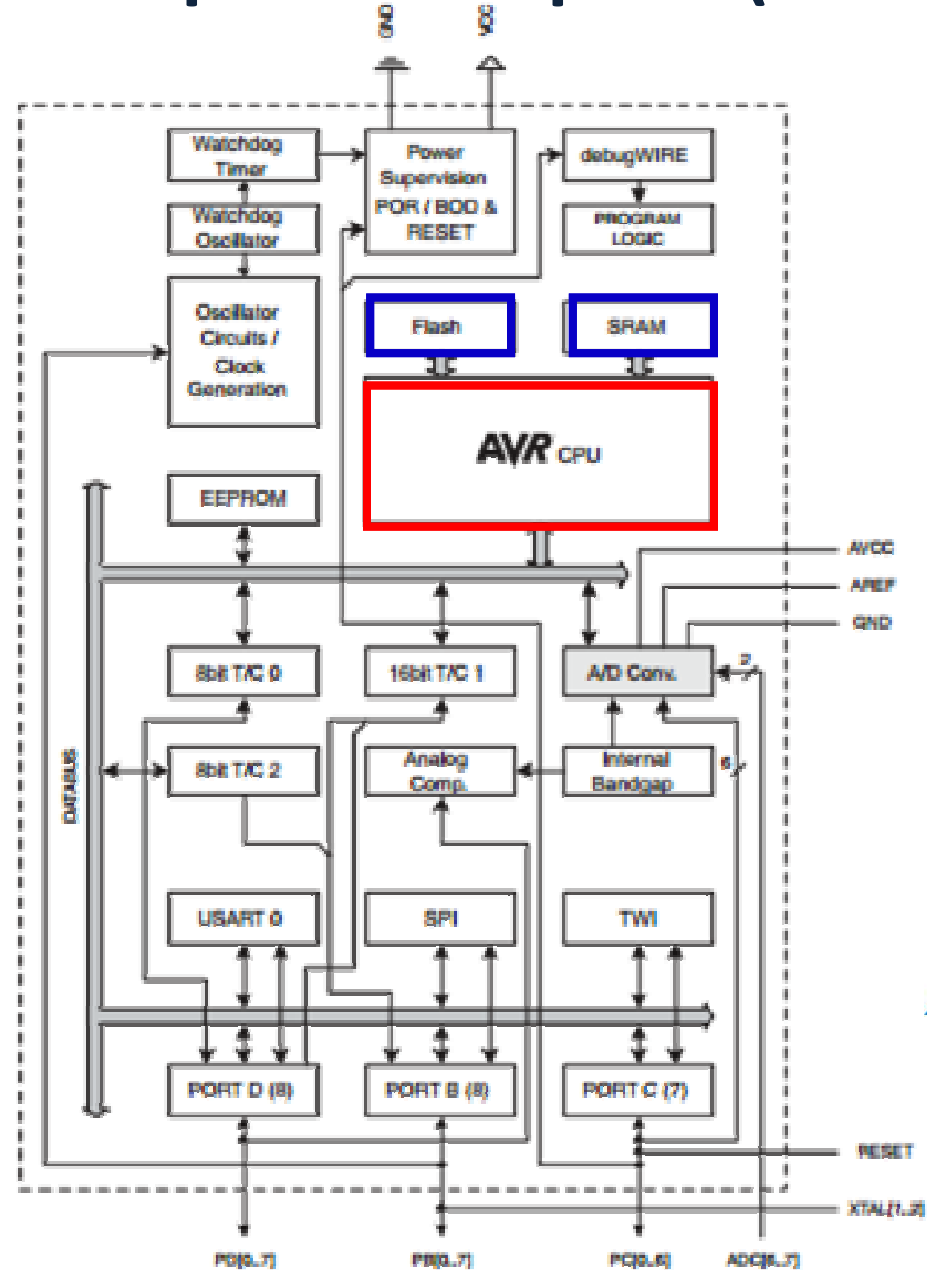
Em vermelho
CPU

Em azul
Memórias



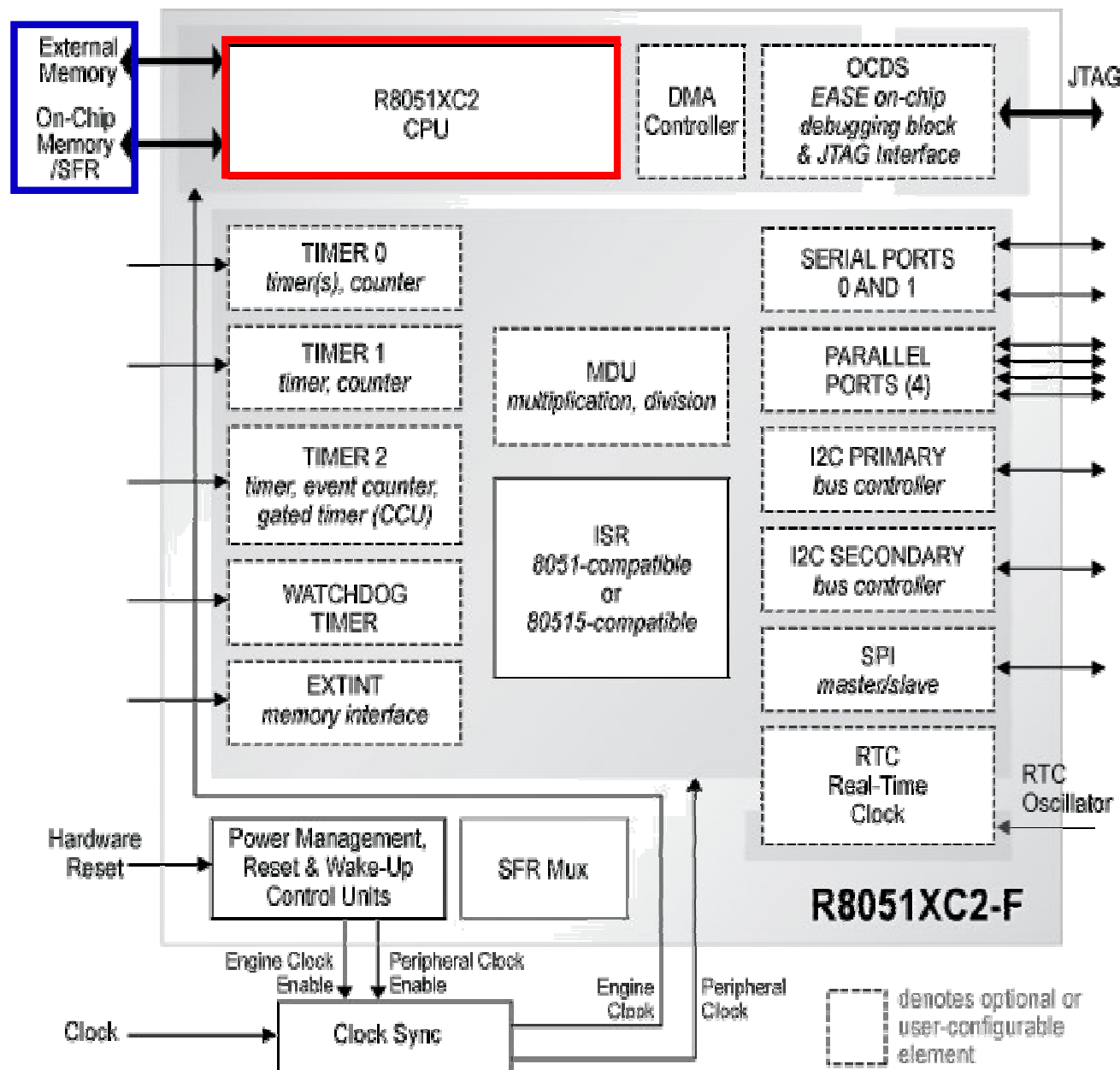


Arquitetura de um μC – Exemplo 2 (Arduino Uno)



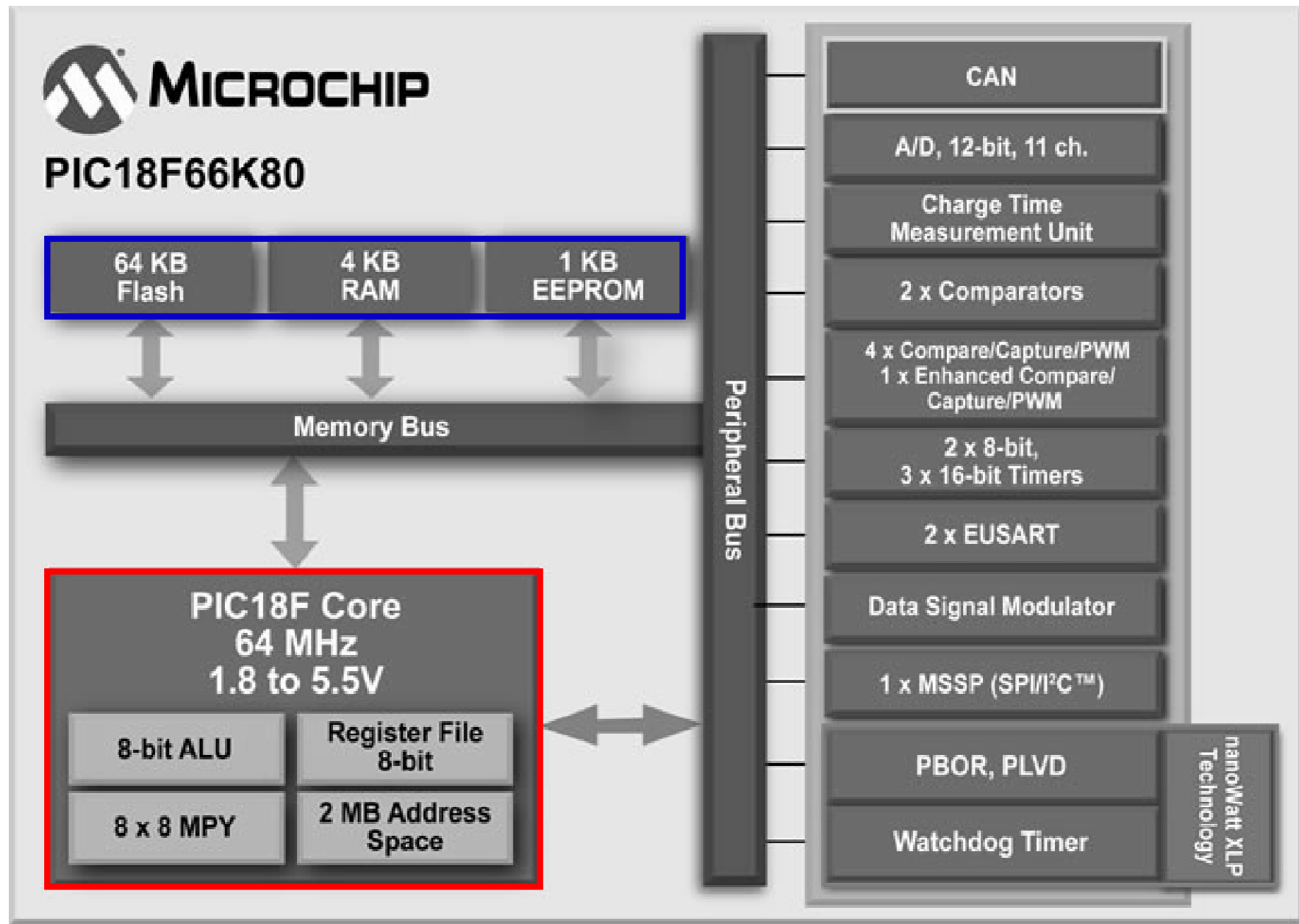


Arquitetura de um μC – Exemplo 3 (Intel 8051)



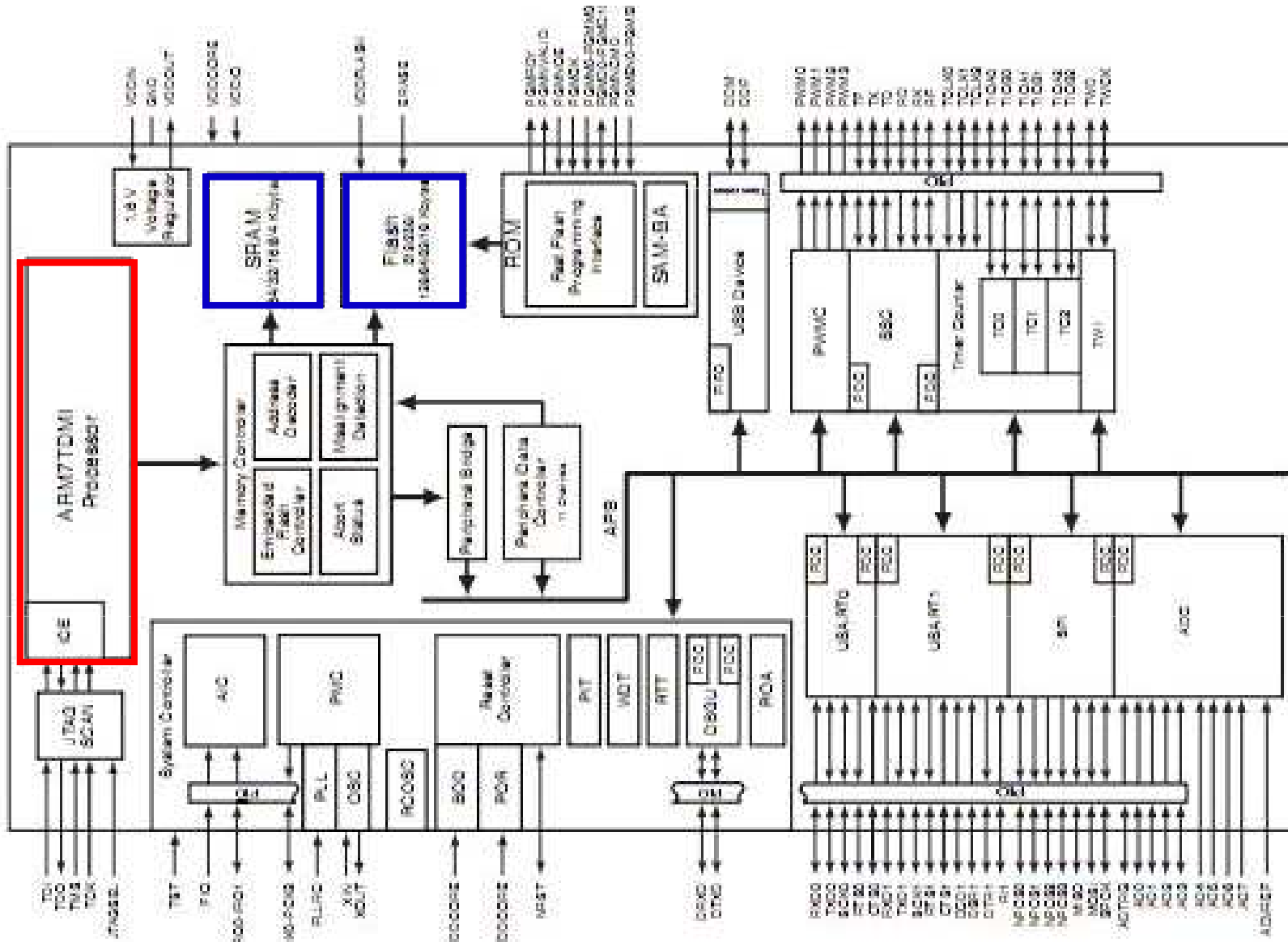


Arquitetura de um μC – Ex. 4 (PIC da Microchip)



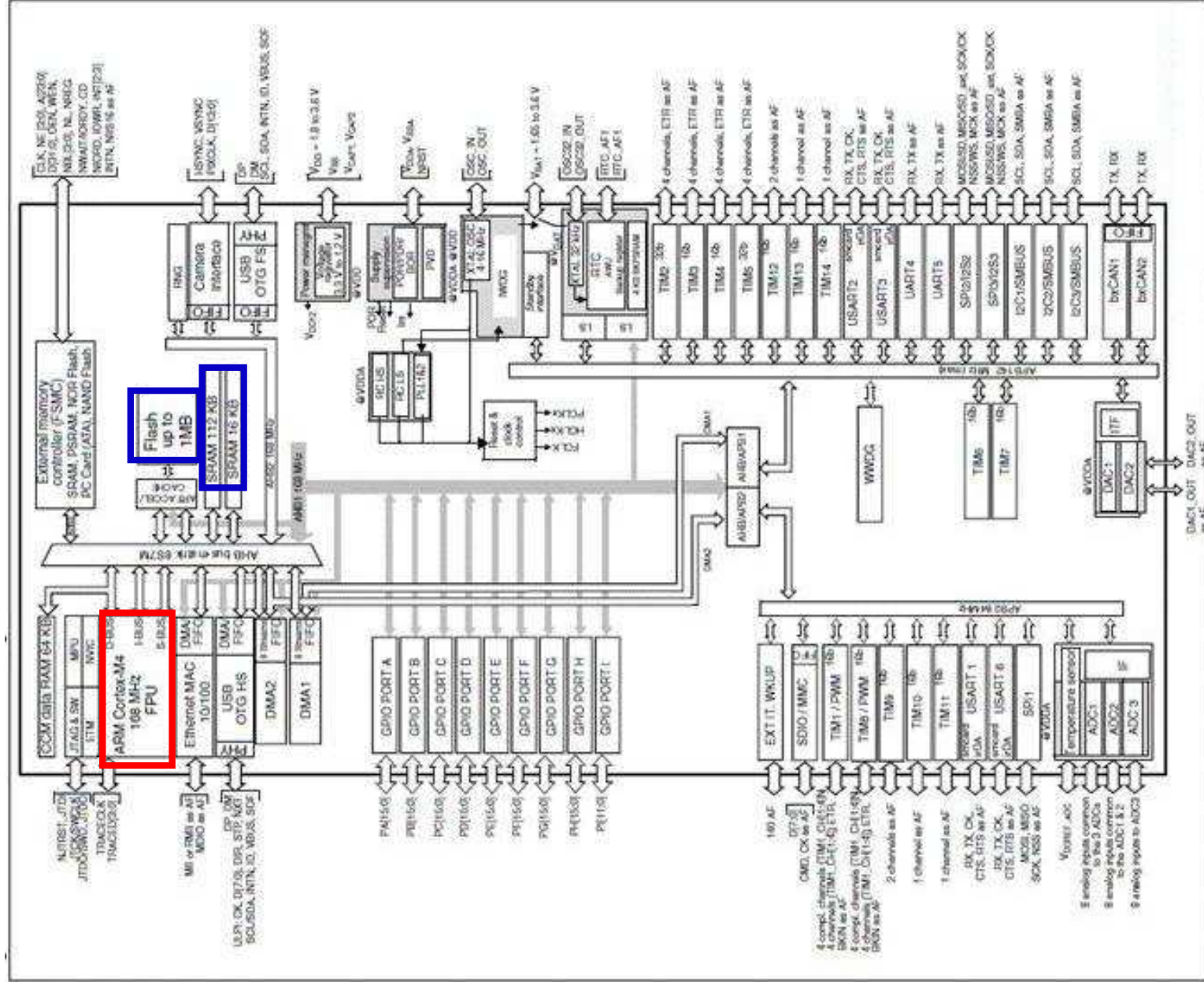


Arquitetura de um μC – Exemplo 5 (ARM7 da NXP)





Arquitetura de um μC – Ex.6 (ARM CORTEX-M4 da STMicro)





Mas o que/quem é ARM?

- ARM Holdings
 - Empresa britânica
 - Raízes em 1983 – Acorn Computers (ARM2)
 - Joint venture da Apple Computer + Acorn Computer + VLSI Technology em 1990
- Produz arquiteturas de processadores RISC
 - Quase todas em 32 bits (mais recentemente 64bits)
 - ARMv1, ARMv2, ARMv3, ARMv4 (ARM7TDMI)
 - ARMv6, ARMv7 (ARM CORTEX-M, CORTEX-R, CORTEX-A)
- Licenciamento de arquiteturas (blueprints)



ARM licencia processor e serviços a terceiros...



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



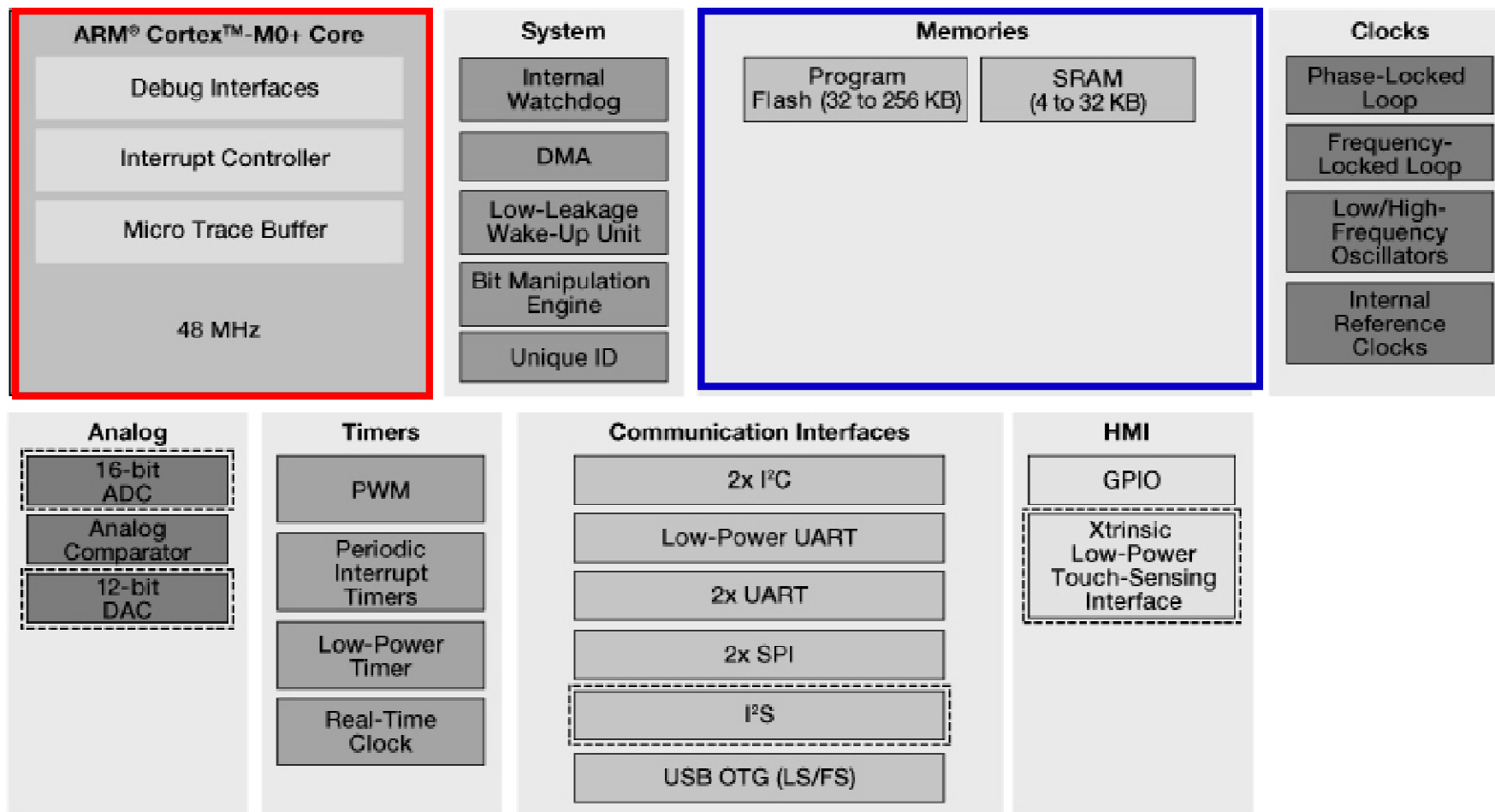
Arquitetura ARM Cortex-M

- 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 e STMicroelectronics STM32F072
 - ARM Cortex-M0+
 - Single core, 48,0 [MHz] de clock
 - 128,0 [KB] FLASH ROM e 16 KB SRAM



Arquitetura simplificada do Kinetis KL25Z

Kinetis KL2x MCU Family Block Diagram

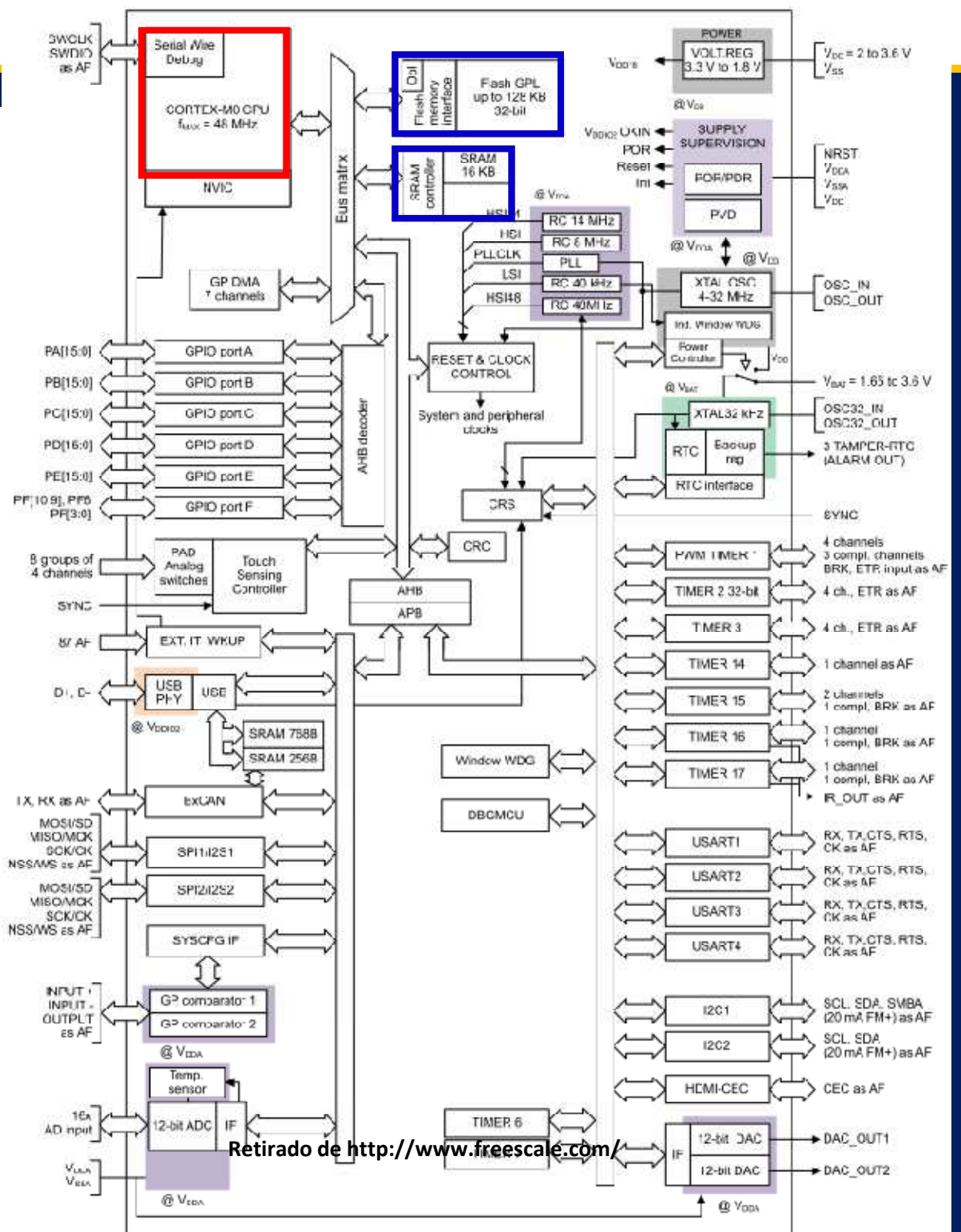


Standard Optional

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



Arquitetura completa do STM32F072 NUCLEO-64



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



Kit 1: 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 vermelho 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



Kit 2: STMicroelectronics STM32F072 NUCLEO-64

- Chip ARM CORTEX-M0+ STMicroelectronics STM32F072RB
- Atuadores
 - Um LED verde (LED1)
 - Um botão de usuário
- Terminais GPIO (General Purpose Input and Output)
- Pinagem compatível com padrão Arduino Revisão 3 (R3)
- Cabo de programação STLINK/V2 embutido (outro ARM!)



Hands-On !!!

- Materiais
 - Computador com sistema operacional Microsoft Windows
 - Caixa do kit FRDM da *Freescle* ou STM32F072 da STMicro
 - Cabo USB tipo A – mini B
 - Conexão com a internet



Atenção: Não abra a caixa ou embalagem do microcontrolador ainda!



Cuidados no manuseio!

- Corpo do usuário pode acumular cargas elétricas (atrito, fricção, ...)
- Placa de circuito exposta
- Sujeita a descargas eletrostáticas (ESD)
- ESD ocasiona problemas por
 - Descargas diretas
 - Descargas indiretas (interferências)
- Os efeitos da ESD podem ser
 - Permanentes (destruição ou degradação)
 - Transitórias

ATENÇÃO
Dispositivos
sensíveis a
eletricidade
estática





Proteção contra ESD

- Uso de uma pulseira anti-estática corretamente conectada a um condutor de proteção ou aterramento
- Recomendação mínima: contato com uma superfície metálica conectada à terra (Ex.: chassi de um computador corretamente aterrado)





Cuidados na utilização!

- Kit projetado para uso com outros dispositivos e interfaces **COMPATÍVEIS**
- Terminais e conectores de expansão **NÃO** podem ser ligados a qualquer componente, de qualquer forma, com qualquer tensão ou especificação
- Enquanto energizado, mantenha o kit afastado de objetos metálicos, condutores, fios, grafite, líquidos,...





Abrindo a caixa do kit

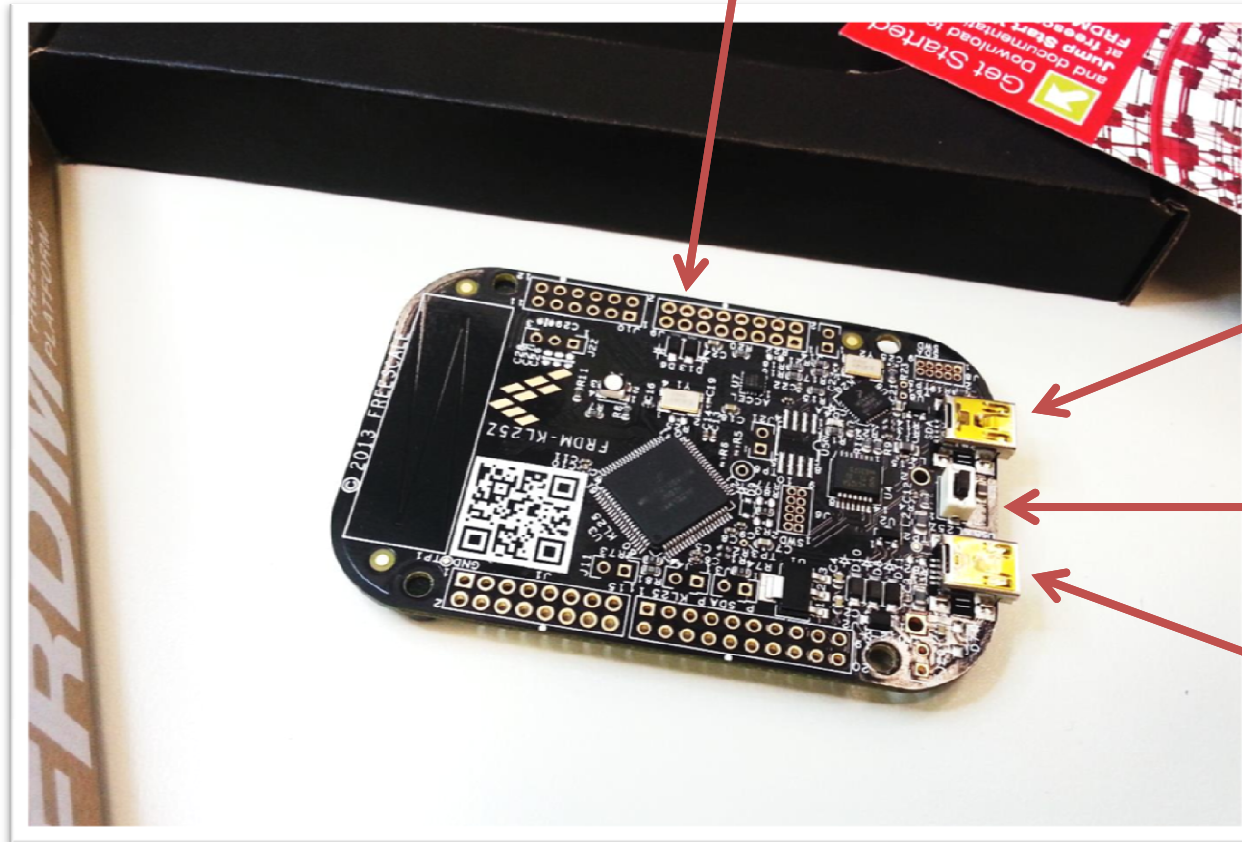


Atenção: Abra o kit com cuidado sobre uma mesa. A placa pode se soltar da caixa e cair. No caso do Kit STM32 a placa se solta de sua embalagem ao pressionar gentilmente a placa através do plástico.



Placa do kit 1

Placa FRDM-KL25Z



USB – mini B
USB SDA

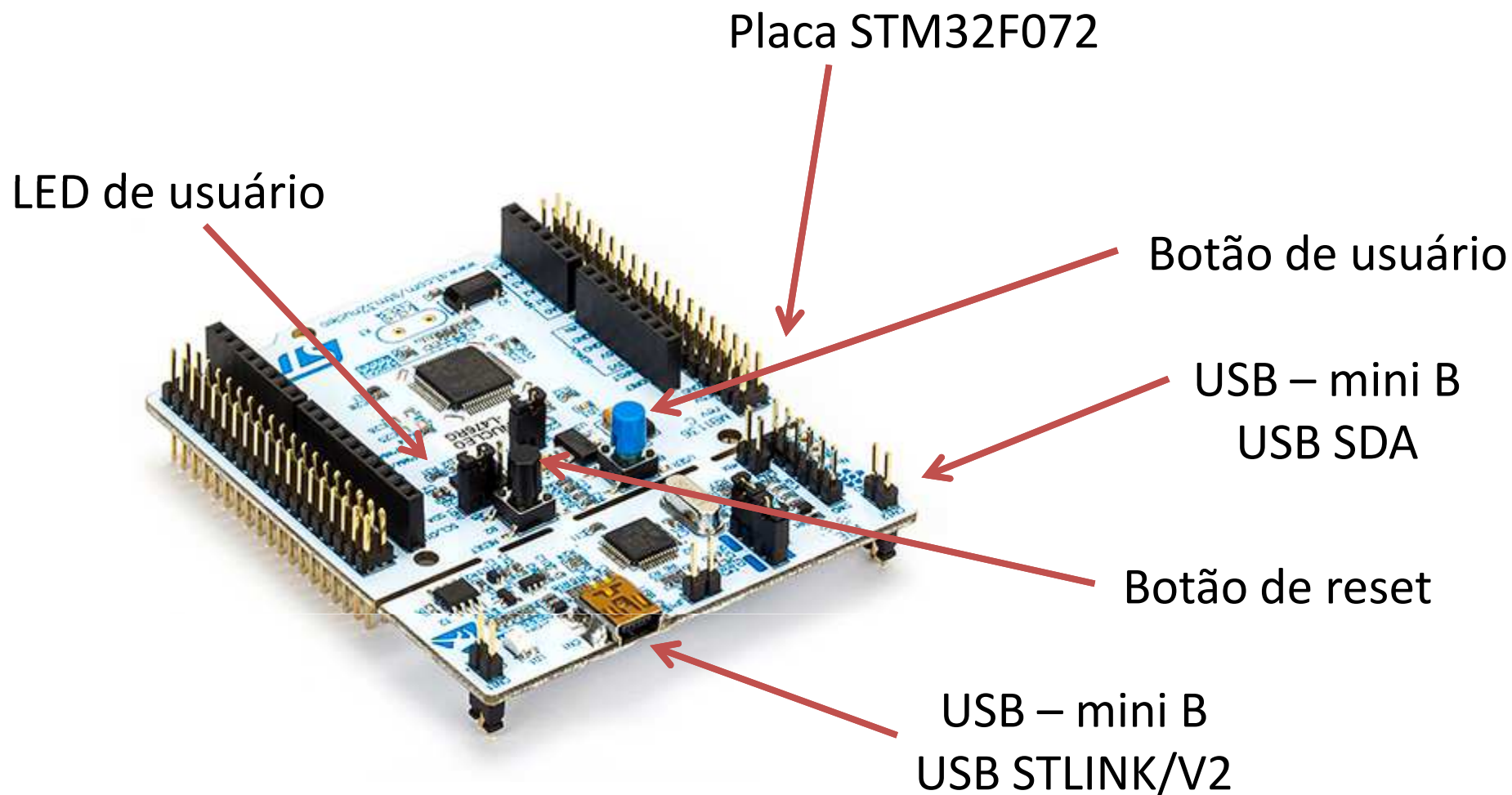
Botão de reset

USB – mini B
USB KL25Z

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



Placa do kit 2



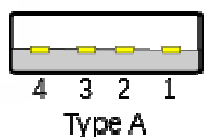
Observação: Há conectores com barras de pinos, denominado MORPH CONNECTOR e conectores com orifícios, compatíveis com o padrão ARDUINO.



Cabo USB

- Necessário um cabo com uma extremidade padrão A e a outra padrão mini-B.

Padrão USB
Tipo A



Padrão USB
Tipo mini-B



PS3, Câmeras
fotográficas, HDs
externos

Atenção: USB tipo
Micro-B, usado
como carregador de
smartphones, não é
compatível!

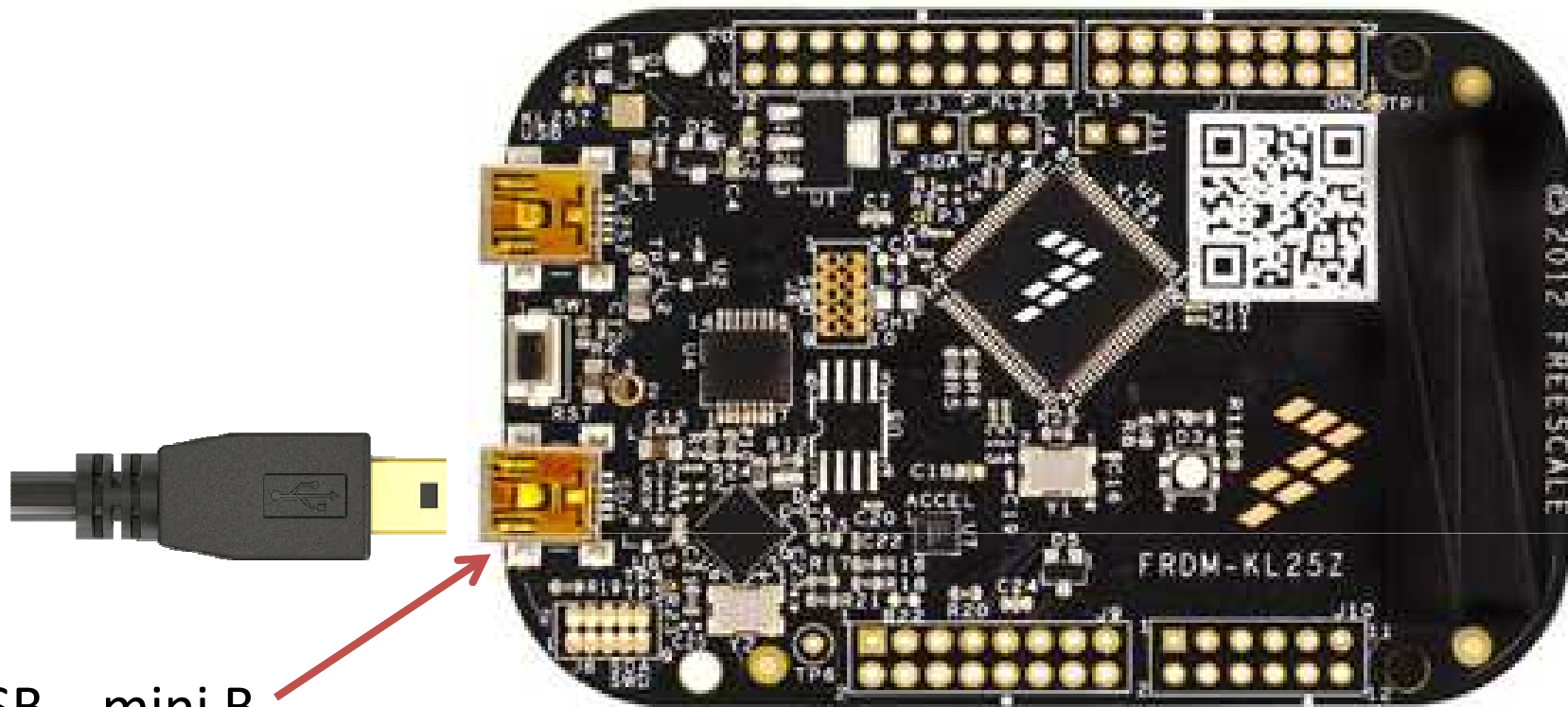


USB
Tipo micro-B



Ligando ao PC o Kit 1

- Cabo USB padrão mini-B ligado na porta USB SDA



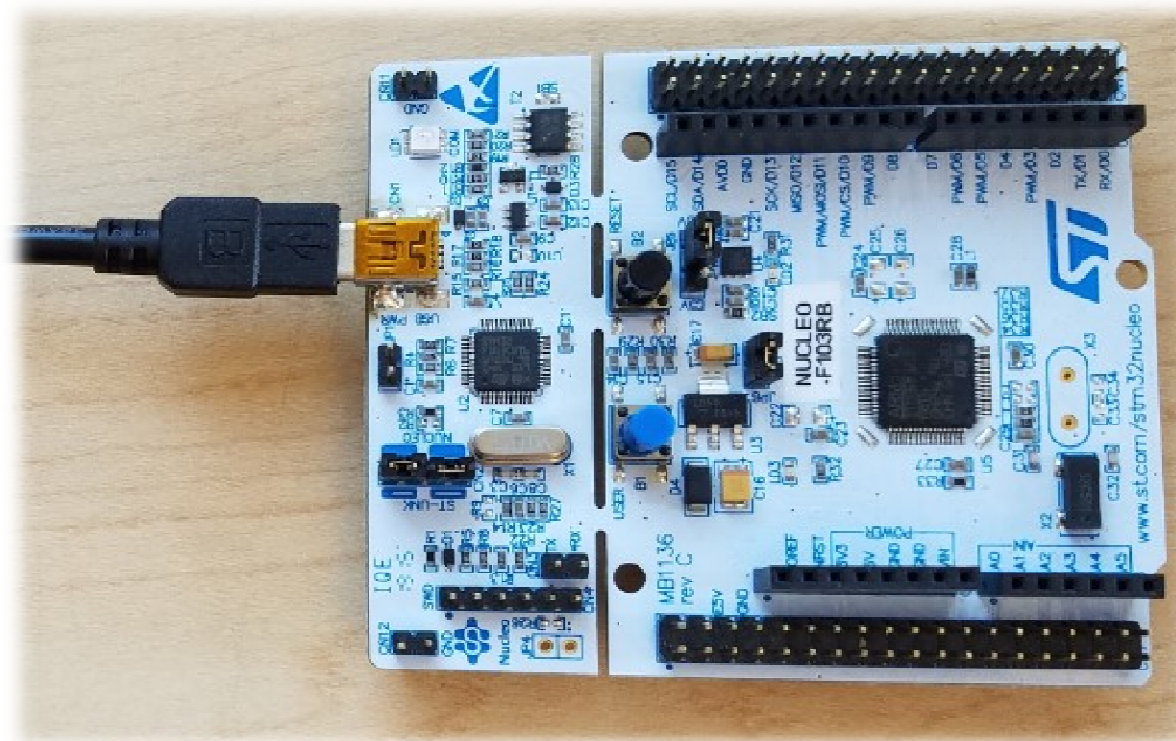
USB – mini B
USB SDA

- Ligue a porta USB padrão A no microcomputador



Ligando ao PC o Kit 2

- Cabo USB padrão mini-B ligado na porta USB

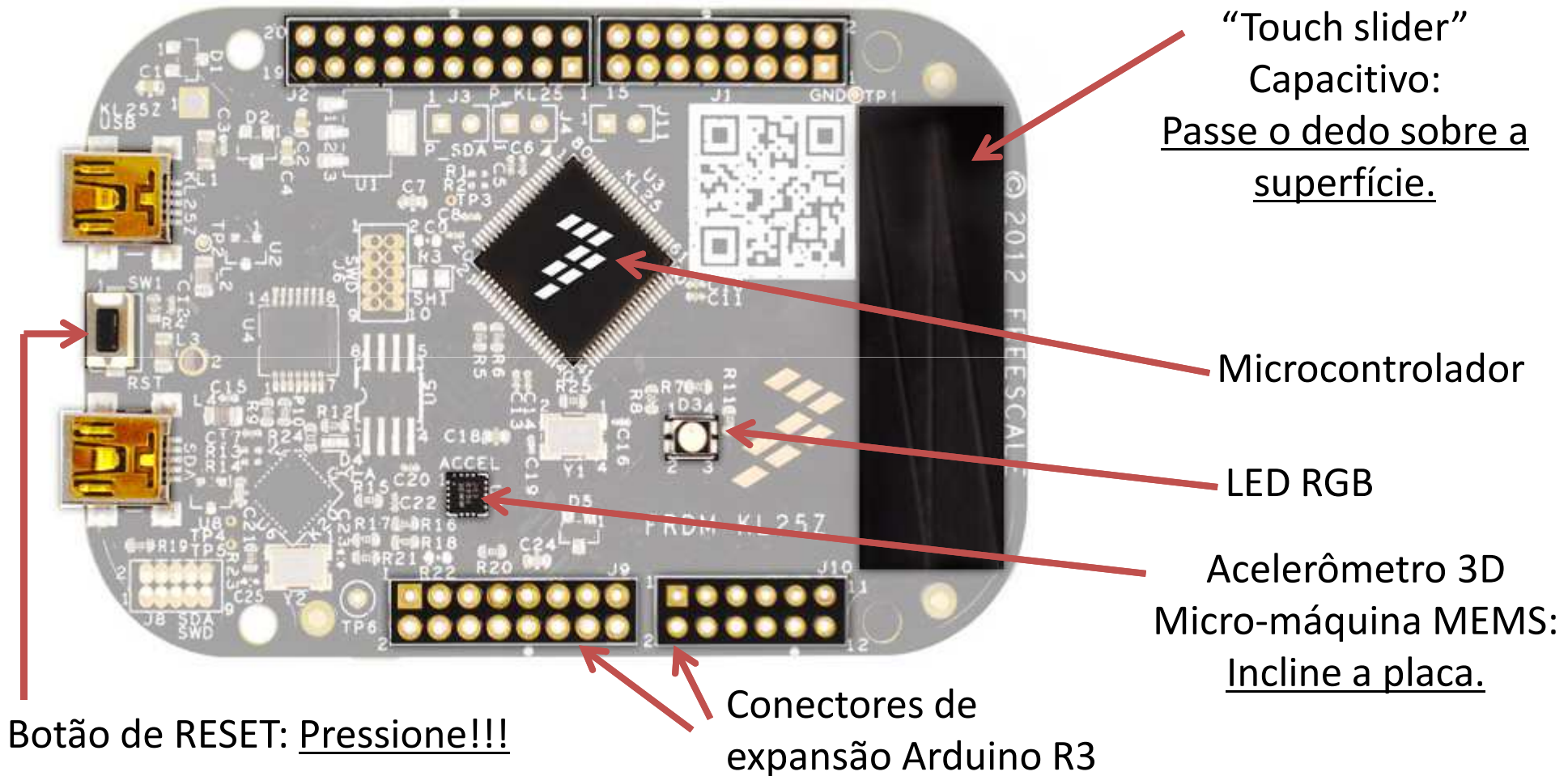


- Ligue a porta USB padrão A no microcomputador



Recursos e programa de demonstração

- O microcontrolador já vem programado com um software de exemplo dos periféricos embutidos na placa do kit
- Pressione os botões e veja o comportamento dos kits





Enquanto isso, no seu computador...

- Surge um flash-drive junto aos demais dispositivos do seu computador
- Esse drive será utilizado para gravar novos programas no microcontrolador dos kits



Ou esse disco!

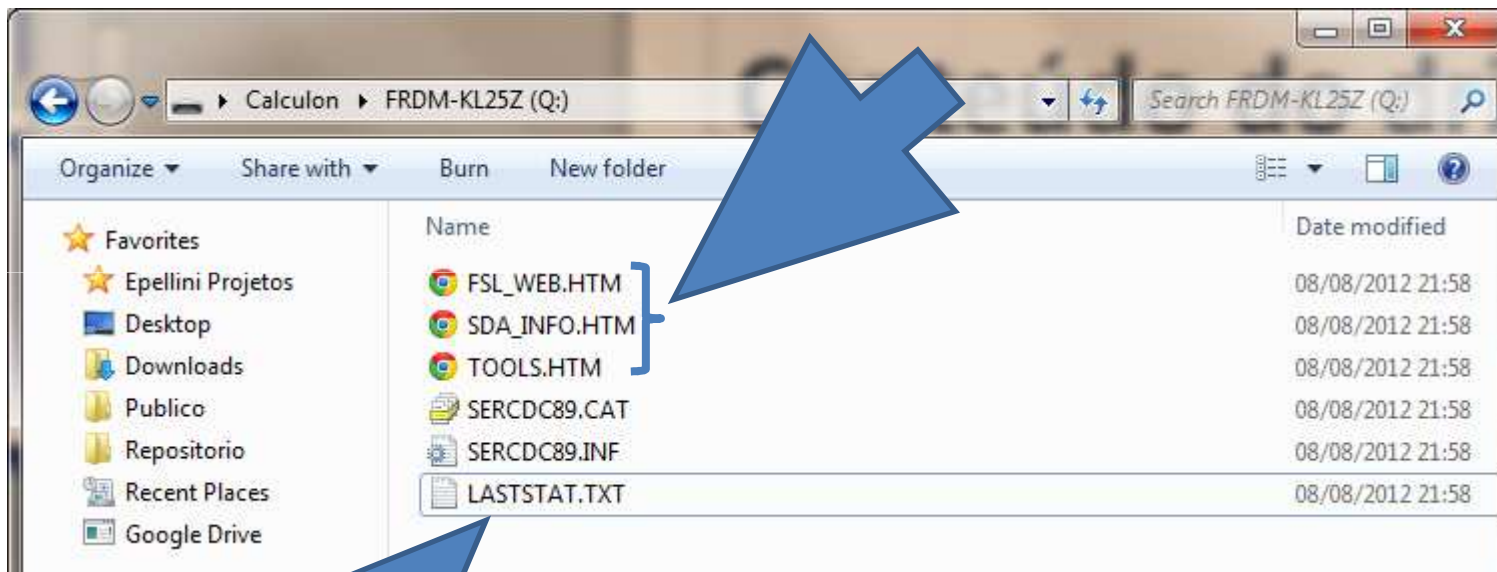
- Se seu kit não for reconhecido, talvez seja necessário instalar drivers no seu computador. Veja o eDisciplinas e procure pelos drivers nos arquivos de apoio da aula S2.



Conteúdo do drive FRDM-KL25Z

- Alguns arquivos são links para páginas de internet
- Outros arquivos são os drivers de uma porta serial virtual que você precisa instalar no seu Windows

Links

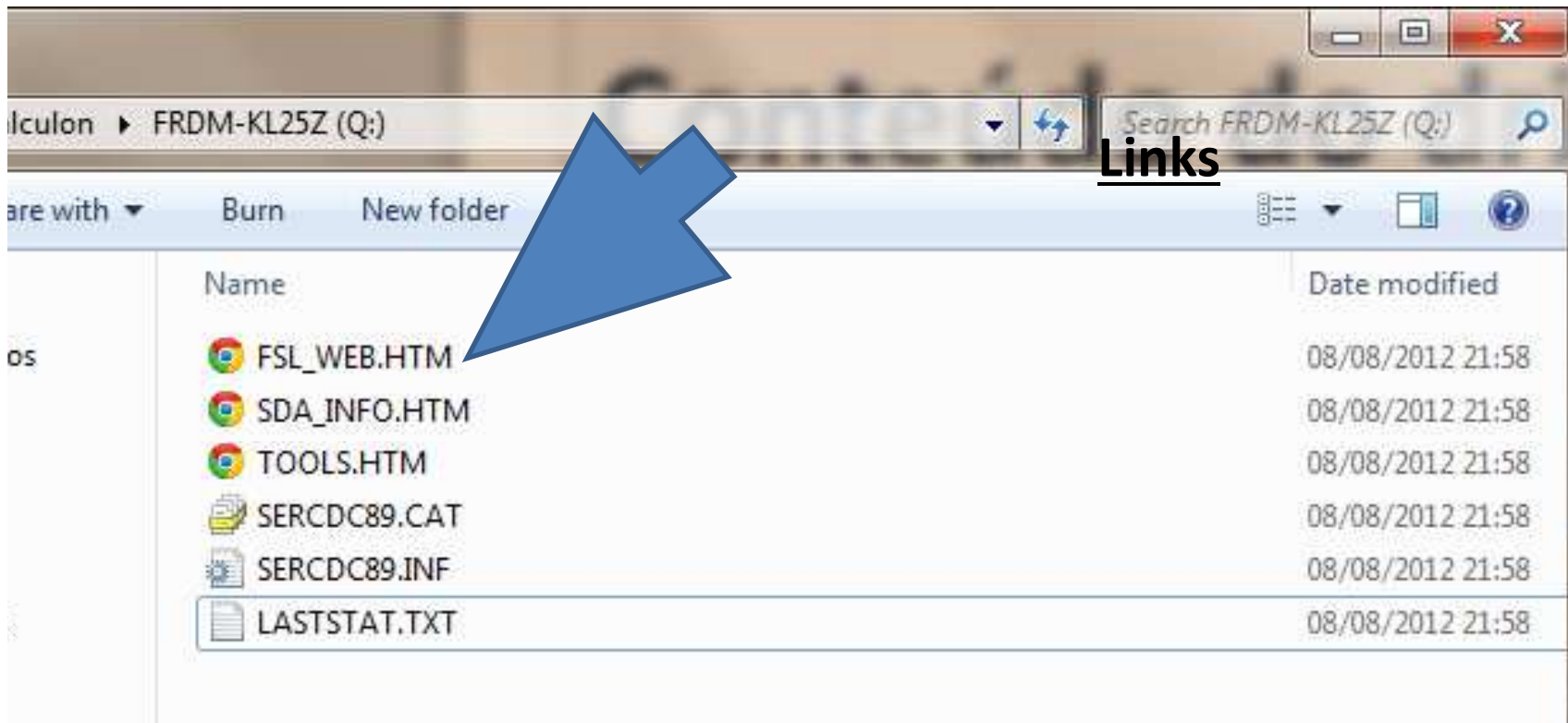


Arquivo de
Status



Visitando o site dos fabricantes ou MBED

- No drive clique duas vezes sobre os arquivos com extensão .HTM e veja para onde você será direcionado...





MBED – Programação na nuvem

- Acesse o site <http://mbed.org> ou <http://developer.mbed.org>
- Clique na área *Developer site*

The screenshot shows a web browser window with the URL mbed.org. The page features the ARM mbed logo on the left and a navigation menu on the right with the following items: Technology, Solutions, Ecosystem, About, and Developer Site. The 'Developer Site' link is highlighted with a green background and a blue arrow pointing to it from the right. Below the navigation menu, the main content area has a green background with the text 'Let's Connect Everything' in large white font. Below this, there is a paragraph of text: 'ARM and its Partners share a disruptive vision where the creation and deployment of commercial, standards-based Internet of Things devices is possible at scale.' At the bottom of the main content area, there is a video player showing a group of people holding signs with various phrases like 'MY WARDROBE NEEDS A SOFTWARE UPDATE' and 'PARTS'. A mouse cursor is visible over the video player.



MBED – Programação na nuvem

- Clique em *login* ou *signup* e crie uma conta pessoal
- Explore o *Dashboard* e o *Compiler*

The screenshot shows the mbed.org website interface. At the top, there is a navigation bar with links for Platforms, Components, Handbook, Cookbook, Code, Questions, Forum, Dashboard, and Compiler. Below this is the mbed logo, a search bar with the text "Search mbed.org...", and a "Go" button. To the right of the search bar is a green button labeled "Login or signup". Below the search bar are four blue arrow-shaped buttons labeled "Explore", "Getting Started", "Prototype", and "Production".

The main content area features a section titled "Development Platform for Devices" with the following text:

The mbed development platform is the fastest way to create products based on ARM microcontrollers.

The project is being developed by ARM, its Partners and the contributions of the global mbed Developer Community.

Find out why you should base your next ARM microcontroller powered product on the mbed platform »

To the right of this text is a promotional banner for Freescale microcontrollers. It features the text "FRDM KL05Z KL46Z" in green and red, followed by "mbed with your Kinetis!". Below this is the Freescale Semiconductor logo and several images of microcontroller boards. A blue circular mbed logo is also present in the bottom right corner of the banner.



MBED – Compiler (programação na nuvem)

- Suporte a várias plataformas, usuários e grupos
- Clique no canto superior direito e adicione a plataforma do kit FRDM-KL25Z ou do STM32F072 no seu compilador.

Workspace Management

FRDM-KL25Z

Program Workspace

My Programs

Workspace Management

Manage your Program Workspace

Choose which programs are open in your Program Workspace.

Listing all programs in your Program Workspace

<input type="checkbox"/>	Name	Tags	Modified
Your Program Workspace is empty. You can import a program or create a new one .			

Workspace Details

elpellini

Total Programs 0

Modified 6 hours, 6 minutes ago

Recently Modified



MBED – Compiler – Primeiro programa

- Dentro do Compiler, clique em New, escolha a plataforma do seu KIT e o *template* “Empty Program”
- Escolha um nome para seu primeiro programa (Teste) e clique em OK

The screenshot displays the mbed IDE's Workspace Management interface. The main window is titled "mbed Workspace Management" and shows a toolbar with options like New, Import, Save, Save All, Compile, Commit, and Revisions. The current platform is identified as FRDM-KL25Z. The interface is divided into three main sections: "Program Workspace" (containing "My Programs"), "Workspace Management" (with instructions to manage the workspace and a table for listing programs), and "Workspace Details" (showing user "elpellini" and 0 total programs). A "Create new program" dialog box is open in the foreground, titled "Create new program for FRDM-KL25Z". It explains that a new C++ program will be created for the FRDM-KL25Z platform. The dialog prompts the user to specify a program name, with "Teste" entered in the "Program Name" field. The "Platform" is set to "FRDM-KL25Z" and the "Template" is set to "Empty Program".



MBED – Compiler – Biblioteca mbed

- Na seção *Program Workspace* clique com o botão direito sobre o seu programa (Teste), escolha *Import Library..., From Import Wizard...*
- Na janela *Import a library from mbed.org*, escolha a opção “**mbed**”, do autor “**mbed oficial**”, e clique no botão *Import*. Aceite as demais opções como padrão.

The screenshot shows the mbed IDE interface. On the left, the 'Program Workspace' shows a program named 'Teste'. A right-click context menu is open over 'Teste', with the 'Import Library...' option selected, and a sub-menu showing 'From Import Wizard ...' highlighted. A blue arrow points from this option to the 'Import Wizard' dialog box on the right. The 'Import Wizard' dialog has the 'Libraries' tab selected, showing a table of published libraries on mbed.org. A blue arrow points from the 'mbed' library entry in the table to the 'Import!' button.

Name	Tags	Author	Imports	M
★ mbed		mbed oficial	232640	07
★ TextLCD	HD44780 TextLCD	Simon Ford	19840	02
★ mbed-rtos	cmsis rtos RTX	mbed oficial	9907	02
★ EthernetInterface	ethernet ip mbed		5912	08
★ m3pi	3pi m3pi robot		5501	12
★ Servo	PwmOut Servo		3950	02



MBED – Compiler – Primeiro código fonte

- Clique com o botão direito no seu projeto (Teste) e escolha *New File...*
- Escolha como nome para o arquivo: main.cpp
- Como conteúdo do arquivo main.cpp, digite seu primeiro programa em C para a plataforma do kit:

```
#include "mbed.h"
DigitalOut myled(LED1);
int main() {
    while(1) {
        myled = 1;
        wait(0.2);
        myled = 0;
        wait(0.2);
    }
}
```

- Atenção à sintaxe.
- Cuidado com maiúsculas e minúsculas.
- Clique em **Compile**
- Se tudo estiver correto, será gerado um arquivo com extensão .bin
- Salve-o dentro do drive do Kit!!!



Pense a respeito e pesquise

- O que esse programa faz?
- Para que serve o `#include "mbed.h"`
- O que é `DigitalOut`?
- Porque o programa possui um laço do tipo `while(1)...`?
- O que faz a instrução `wait(0.2)`?
- Quem é `LED1`? Será que existe `LED2`? E `LED3` e `LED4`?
- Mas o que é `LED`?



Proposta

- Modifique o primeiro programa para:
 - Piscar outros padrões ou cores (dependendo do kit)
 - Piscar com outros padrões e códigos, por exemplo, S.O.S. do código morse
 - Variar o brilho de uma das cores, ligando e desligando o respectivo led, com intervalos bastante pequenos (experimente trocar a chamada à função `wait(X.X)` por um loop ocioso, do tipo:

```
long n;  
  
for(n=1000; n>=0; n--);
```

OU

```
long n;  
n=1000;  
while(n>=0)  
{  
    n--;  
}
```



MBED – Experiências para mais tarde

- Explore novos programas
- Utilize outros *Templates* e exemplos
- Sabote os programas existentes
- **Exercício:** Faça um programa que produza misturas de cores em placas de KIT que possuem LED RGB. Em outros KITS, produza padrões ou códigos de pisca-pisca, rítmicos, de acordo com alguma lógica, seguindo uma música por exemplo.



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

2. Tente identificar os demais componentes da placa. Existem resistores, capacitores, indutores, diodos e outros circuitos integrados. Tente ler seus códigos e procure-os no GOOGLE.



Para saber mais

- Computer History Museum, www.computerhistory.org, 2014.
- InventorsAbout.com, Computer History Timeline, inventors.about.com/library/blcoindex.htm, 2014.
- Homepage FREEDOM BOARD FDRM-KL25Z, http://www.freescale.com/webapp/sps/site/prod_summary.jsp?code=FRDM-KL25Z
- Homepage STMicro no MBED para o STM32F072, <https://os.mbed.com/platforms/ST-Nucleo-F072RB/>
- MBED, <http://mbed.org>