



- Keil
- Microcontrolador
- Instruções
- Periféricos
- Arquitetura
- Memória
- Referências

Microcontroladores: (LT36D)

Prof: DaLuz



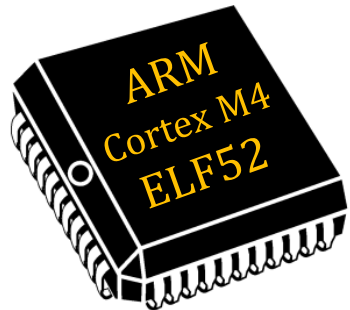
Keil MDK-ARM



- Keil
- Microcontrolador
- Instruções
- Periféricos
- Arquitetura
- Memória
- Referências

- 📖 Ambiente de desenvolvimento de *software* completo para as famílias **Cortex-M**.
- 📖 *Disponível apenas para Windows.*
- 📖 Grátis até **32 kB** de código.





Keil MDK-ARM

📖 Entrar no **site** e clicar na seção:



MDK-Arm

<https://www.keil.com/download/product/>



- Keil
- Microcontrolador
- Instruções
- Periféricos
- Arquitetura
- Memória
- Referências



Keil MDK-ARM

- ☐ Preencher seus **dados de contato** em todos os campos do formulário.
- ☐ Este procedimento **não custa** nada.
- ☐ Lembrando que este ambiente é **pago** para códigos maiores que **32 KB**.



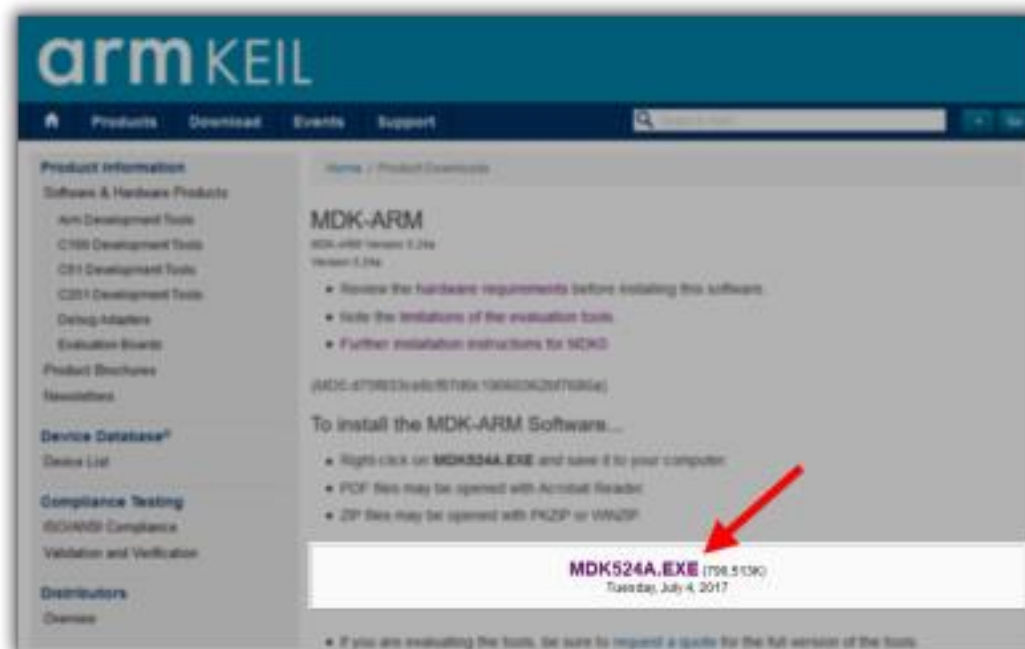
- Keil
- Microcontrolador
- Instruções
- Periféricos
- Arquitetura
- Memória
- Referências

The screenshot shows the 'armKEIL' website interface. The top navigation bar includes links for Products, Download, Events, and Support. A search bar is located on the right. The main content area is titled 'MDK-ARM' and 'MDK-ARM Versão 5.24a'. It instructs users to 'Complete the following form to download the Keil software development tools.' Below this is a section titled 'Enter Your Contact Information Below' with a form containing the following fields: First Name, Last Name, E-mail, Company, Address (multiple lines), City, State/Province (dropdown menu), Zip/Postal Code, Country (dropdown menu), and Phone. There is a checkbox for 'Send me e-mail when there is a new update.' and a 'NOTICE' section with red text explaining the checkbox. At the bottom, there is a field for 'Which device are you using? (eg. STM32)'.



Keil MDK-ARM

- 📖 Clicar no botão ***“submit”*** na parte inferior da página. Aparecerá um *link* para realizar o ***download*** do **MDKxxx.EXE**.





Keil MDK-ARM



- Keil
- Microcontrolador
- Instruções
- Periféricos
- Arquitetura
- Memória
- Referências

- ❏ Executar o arquivo de *download*. Seguir as instruções para instalar o MDK-Core no computador. A instalação irá adicionar os pacotes de *software* para **ARM CMSIS**, compilador **ARM** e o *Middleware* **MDK-Professional**.
- ❏ Quando encerrada a instalação, pode-se ativar uma licença ou pular este passo para utilizar a versão grátis (*lite*) de até **32 KB** de código.



Keil MDK-ARM

- Para versões do MDK superiores a **5.29**, foi removido o **Stellaris** como opção para fazer o **debug**. Assim, é necessária a instalação do **Add-on**;
- Baixar o arquivo disponível no site da disciplina na área de **“Recursos”** e executá-lo.

http://www.elf52.daeln.com.br/Recursos/MDK_Stellaris_ICDI_AddOn.exe




- Keil
- Microcontrolador
- Instruções
- Periféricos
- Arquitetura
- Memória
- Referências



Keil MDK-ARM



- Keil
- Microcontrolador
- Instruções
- Periféricos
- Arquitetura
- Memória
- Referências

- Depois da instalação do **MDK Core**, o **Pack Installer** é iniciado automaticamente, que permite adicionar pacotes de *software* complementares.
- O **Pack Installer** pode ser iniciado por meio do IDE Keil MDK-ARM clicando no botão **Pack Installer**.
- Ícone: 



Keil MDK-ARM

📖 No Tab **Devices**, expandir o **Texas Instruments** e selecionar **Tiva C Series**. Depois instalar os pacotes de família de dispositivos (DFP) na aba **Packs**. Instalar os seguintes pacotes:

- 📖 Device Specific ➤ **Keil::TM4C_DFP**
- 📖 Generic ➤ **ARM::CMSIS**
- 📖 Generic ➤ **Keil::ARM_Compiler**



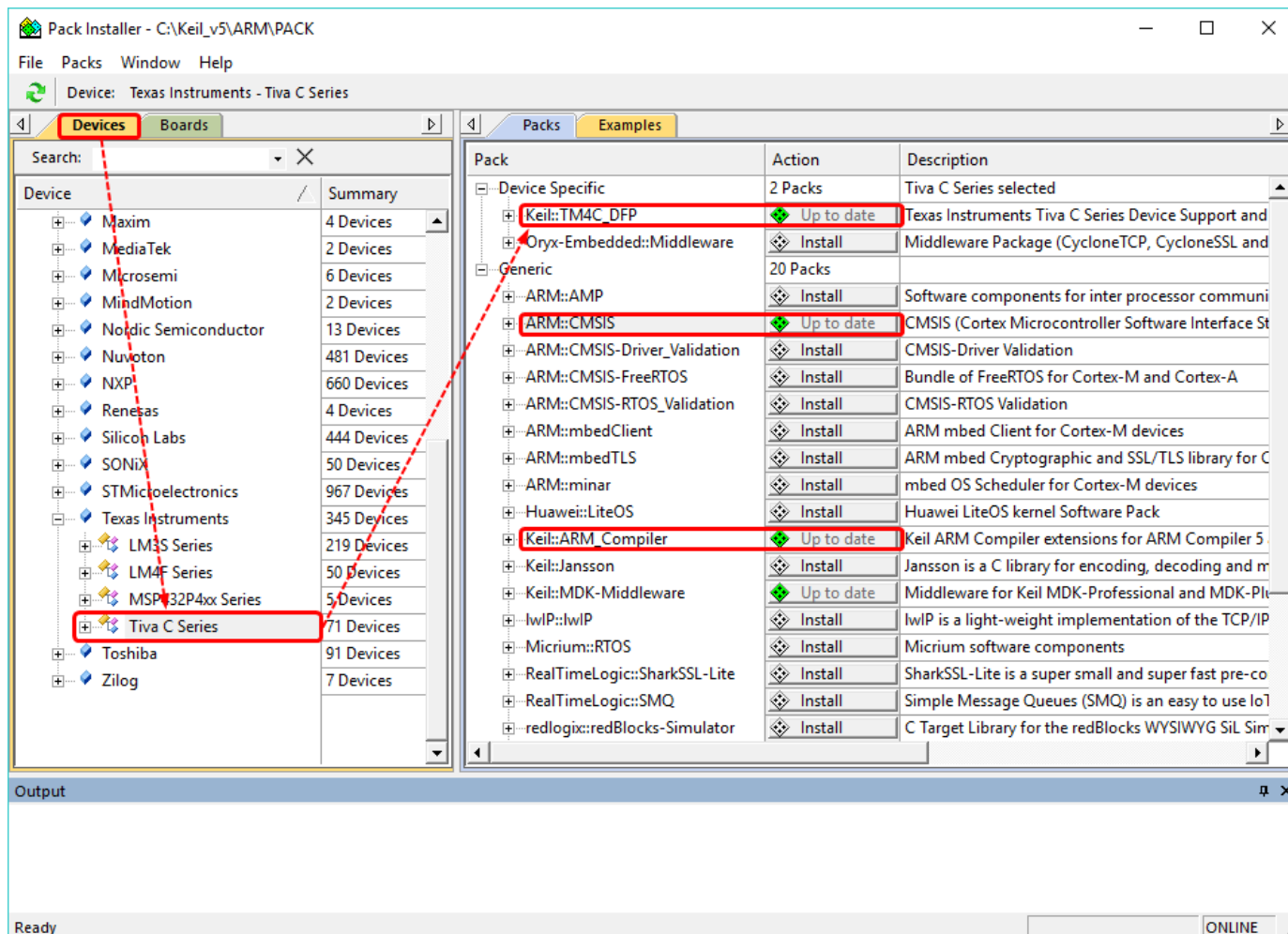
- Keil
- Microcontrolador
- Instruções
- Periféricos
- Arquitetura
- Memória
- Referências



Keil MDK-ARM



- Keil
- Microcontrolador
- Instruções
- Periféricos
- Arquitetura
- Memória
- Referências





Keil MDK-ARM



- Keil
- Microcontrolador
- Instruções
- Periféricos
- Arquitetura
- Memória
- Referências

- ❏ Cada placa **Tiva** tem uma interface de depuração, chamada **In-Circuit Debug Interface** (ICDI) que permite programar e depurar o microcontrolador. Para controlar esta interface, os **drivers** devem ser instalados.
- ❏ Baixar o arquivo disponível no site da disciplina na área de “**Recursos**” e executá-lo.

http://www.elf52.daeln.com.br/Recursos/Stellaris_ICDI_Drivers.zip



Keil MDK-ARM



- Keil
- Microcontrolador
- Instruções
- Periféricos
- Arquitetura
- Memória
- Referências

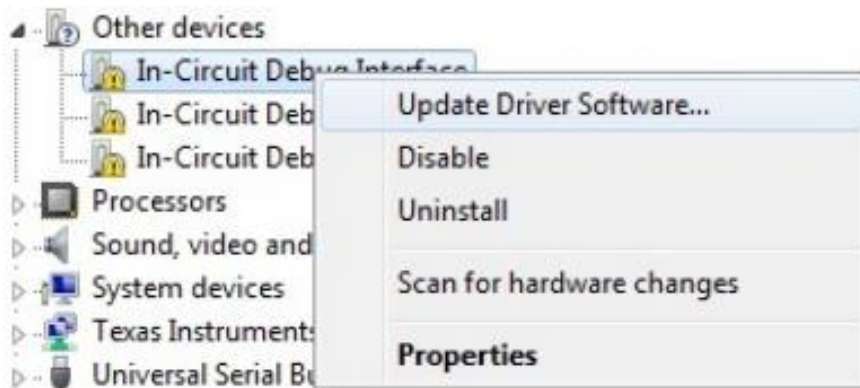
- ❏ Conectar a placa na interface **USB** do PC.
- ❏ Executar o **Gerenciador de Dispositivos** no **Painel de Controle** do Windows.
- ❏ Verificar na seção Outros Dispositivos há alguns dispositivos que necessita de **drivers**.





Keil MDK-ARM

- ❏ Clicar com o direito em uma das entradas e selecionar **Atualizar Driver**:



- Keil
- Microcontrolador
- Instruções
- Periféricos
- Arquitetura
- Memória
- Referências

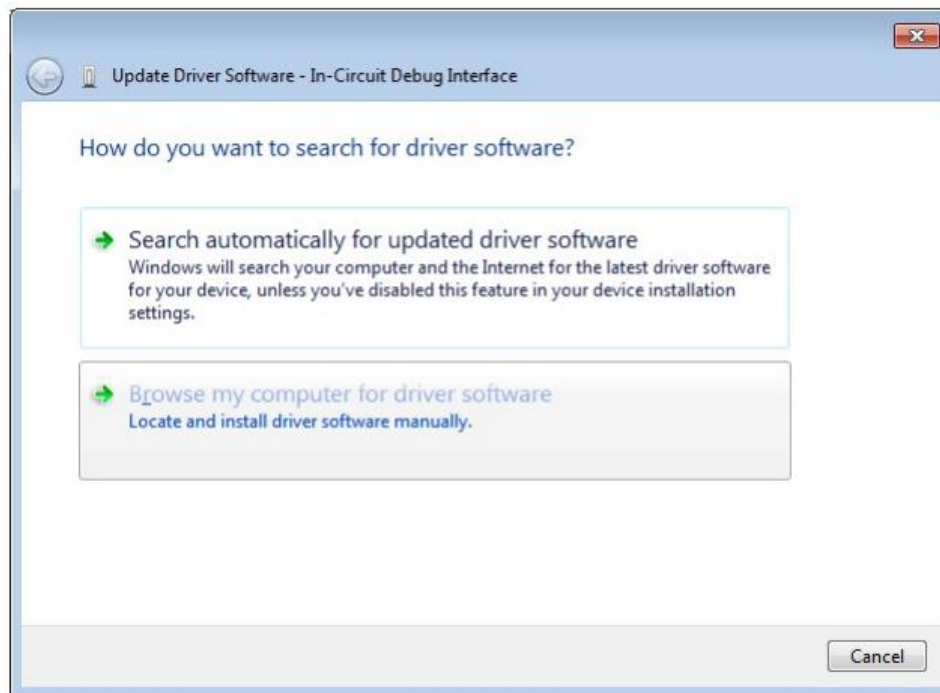


Keil MDK-ARM

- Uma janela irá aparecer perguntando se deseja procurar automaticamente ou procurar no computador. Selecione: **procurar no computador**



- Keil
- Microcontrolador
- Instruções
- Periféricos
- Arquitetura
- Memória
- Referências





Keil MDK-ARM

- Escolher a pasta temporária onde **descompactou** os **drivers** e clique em Avançar.



- Keil
- Microcontrolador
- Instruções
- Periféricos
- Arquitetura
- Memória
- Referências

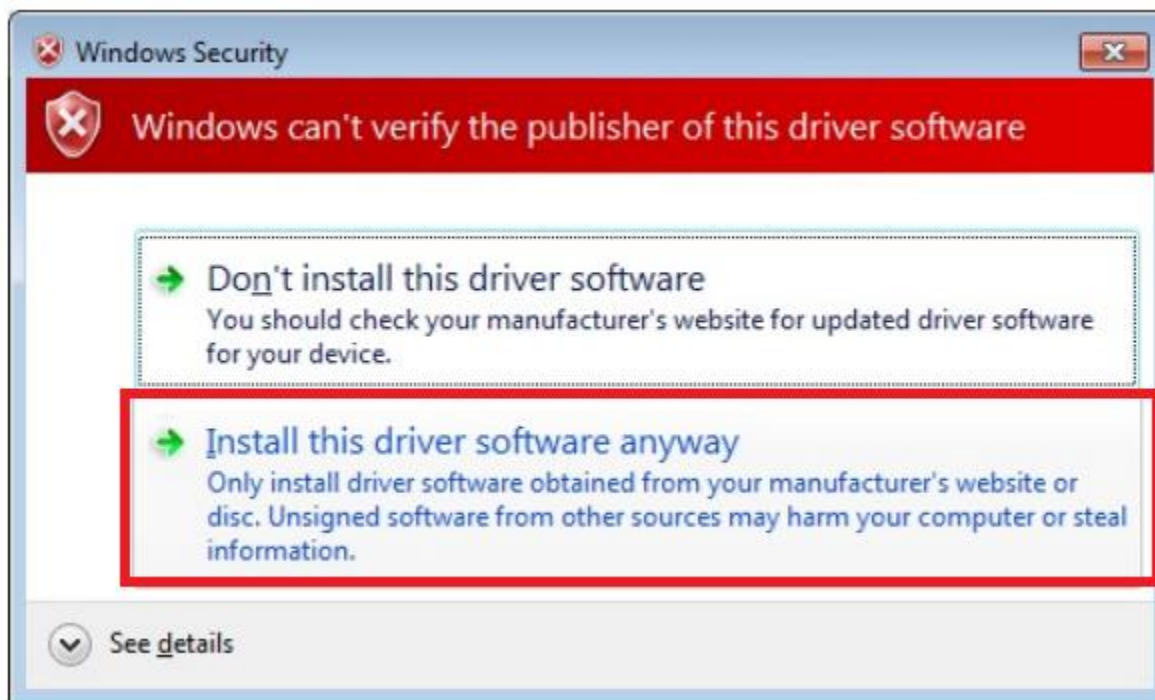


Keil MDK-ARM

- ❏ Pode aparecer uma janela avisando que o Windows não pode verificar o *software* instalado. Clicar em Instalar o **driver**.



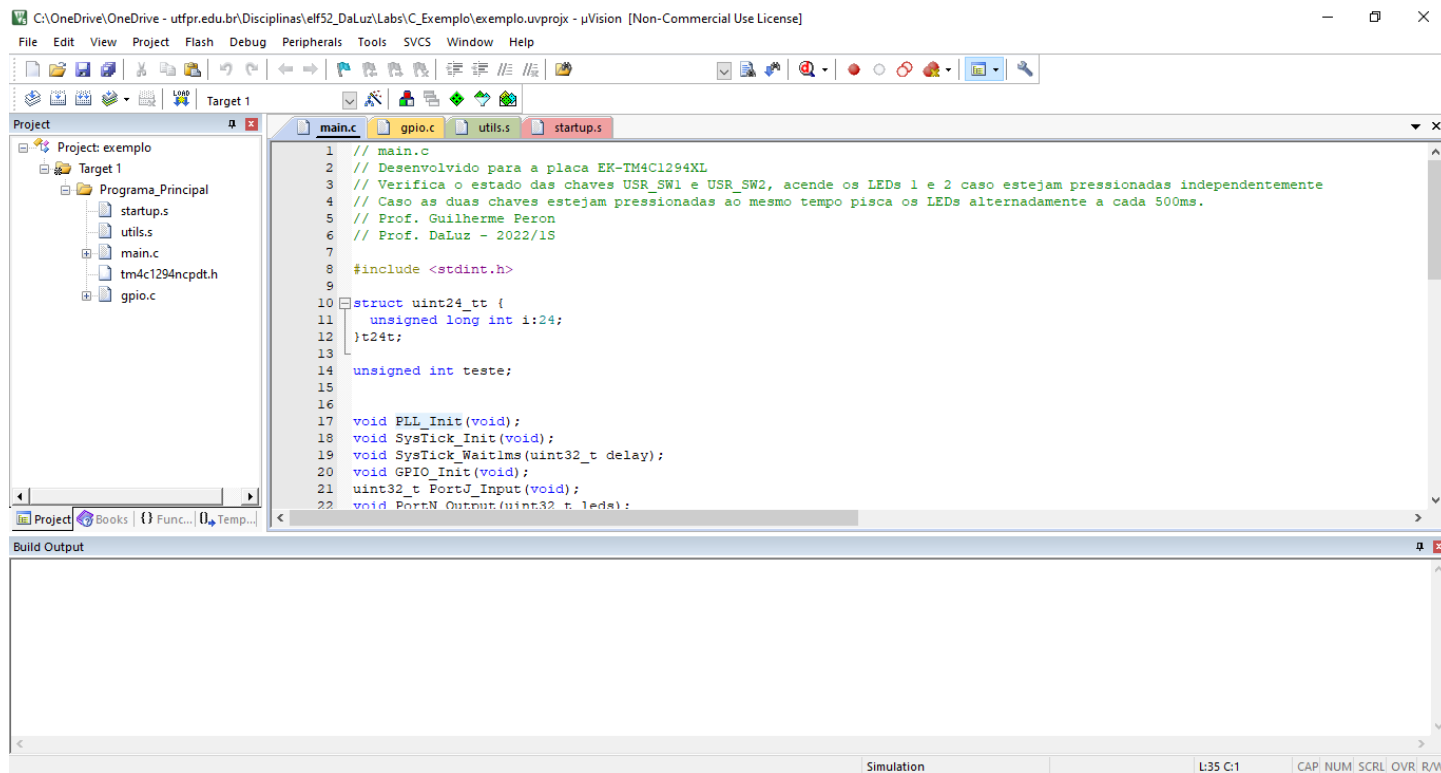
- Keil
- Microcontrolador
- Instruções
- Periféricos
- Arquitetura
- Memória
- Referências



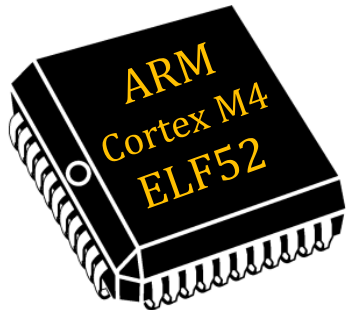


Keil MDK-ARM

Depois do **driver** ser instalado, as vezes é necessário repetir o último processo para os outros **drivers**.



- Keil
- Microcontrolador
- Instruções
- Periféricos
- Arquitetura
- Memória
- Referências



Explicação Intuitiva



- Keil
- Microcontrolador
- Instruções
- Periféricos
- Arquitetura
- Memória
- Referências

Bolo de Chocolate

pg. XYZ

Ingredientes:

- 01 x Xícara de açúcar
- 02 x Xícaras de farinha
- -----

Confecção:

- -----
- -----

Cobertura de Chocolate: (vide pg. XYW)

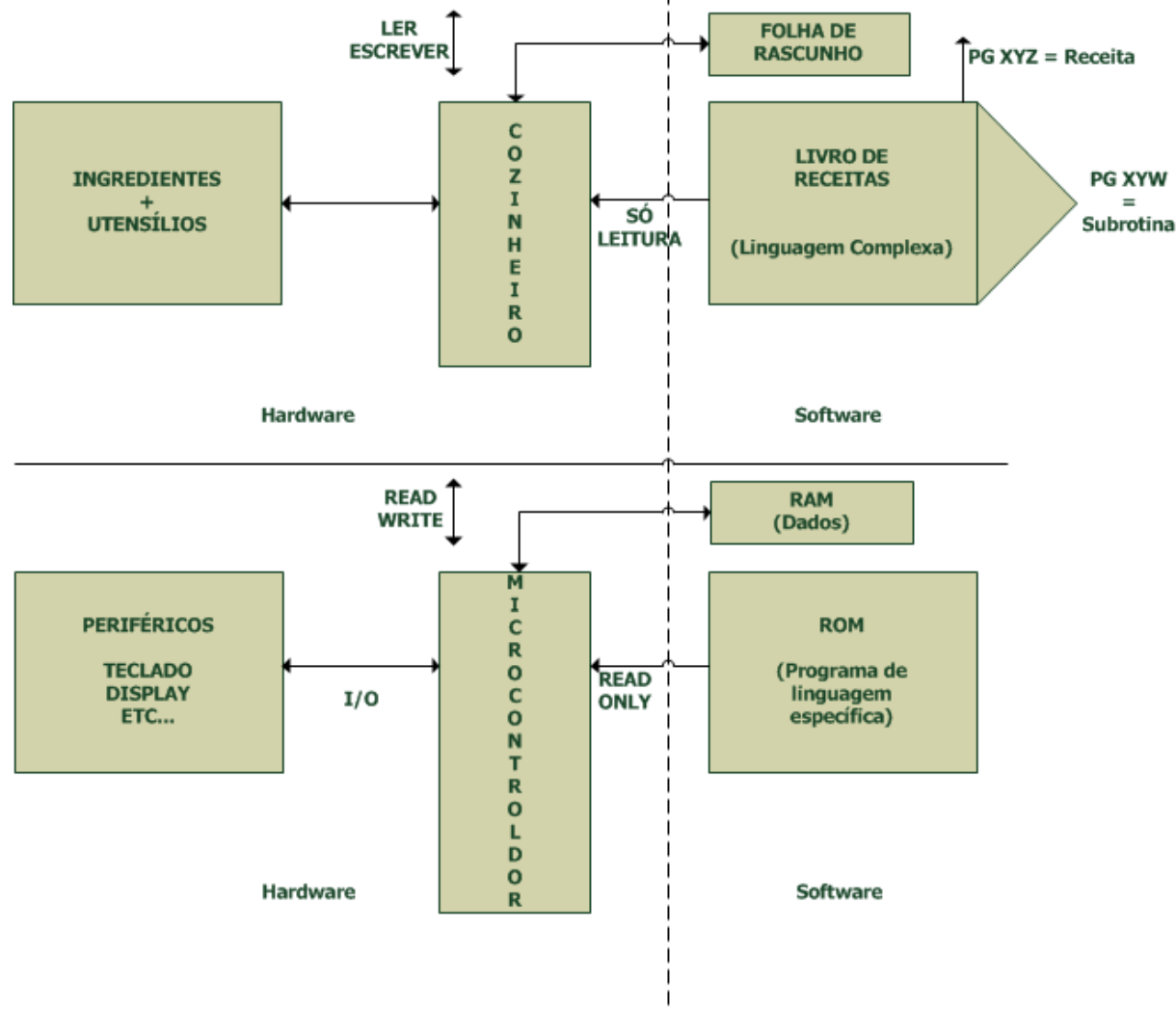
* A cobertura de chocolate está escrita em outras páginas, pois várias receitas a utilizam, a qual só se escreve uma vez (isto é uma sub-rotina de *software*)



Explicação Intuitiva



- Keil
- Microcontrolador
- Instruções
- Periféricos
- Arquitetura
- Memória
- Referências

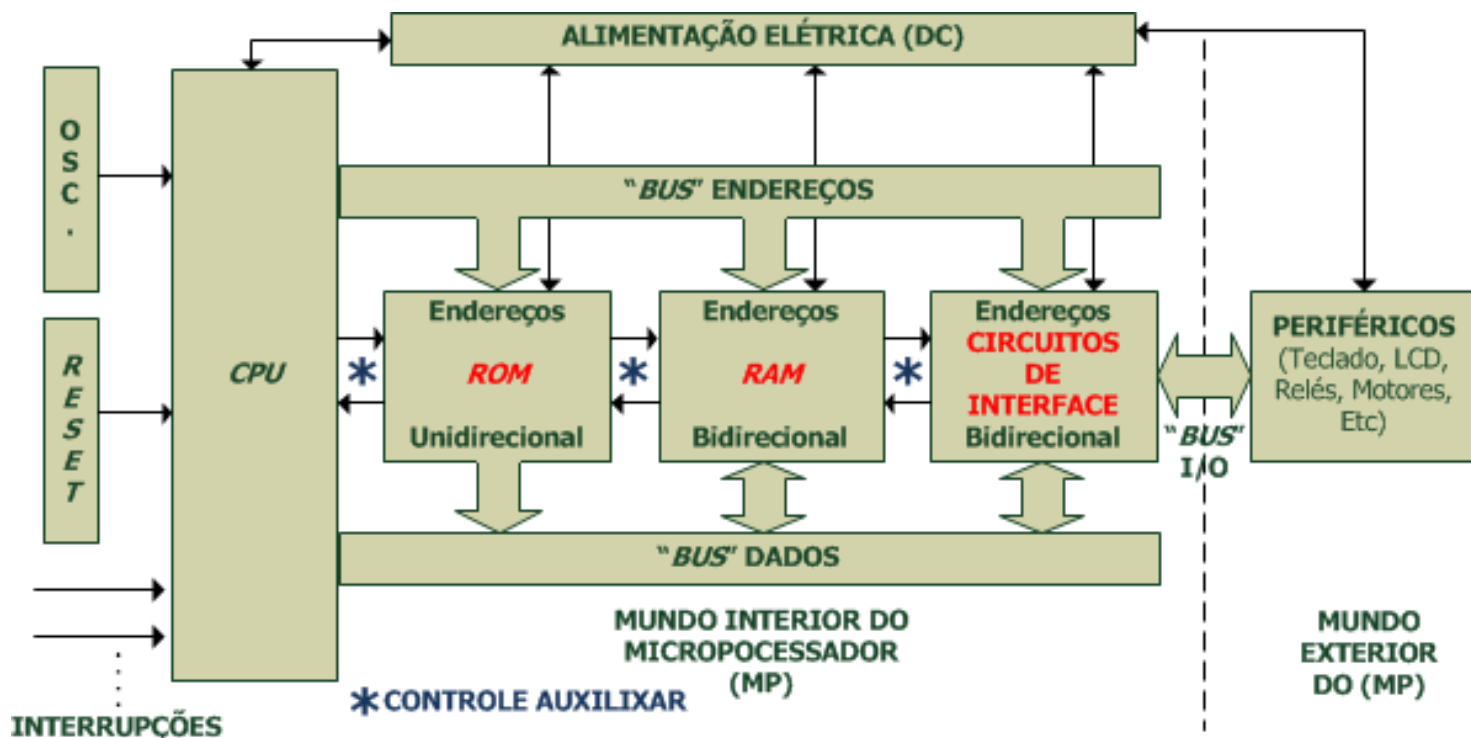




Microprocessador – Explicação Técnica



- Keil
- Microcontrolador
- Instruções
- Periféricos
- Arquitetura
- Memória
- Referências





- Keil
- Microcontrolador
- Instruções
- Periféricos
- Arquitetura
- Memória
- Referências

Blocos e Funções

- 📖 **Barramento de Endereços:** Selecionar com qual posição de memória ou periférico deseja se comunicar;
- 📖 **Controle:** Permitem o microprocessador acionar a **RAM** e a **ROM** em um certo tempo específico e vice-versa (ligar/desligar);
- 📖 **Barramento de E/S (I/O):** Comunicação com o mundo externo;
- 📖 **CPU:** Se comunicar e acionar todos os barramentos, obedecendo a **ROM**.



- Keil
- Microcontrolador
- Instruções
- Periféricos
- Arquitetura
- Memória
- Referências

Blocos e Funções

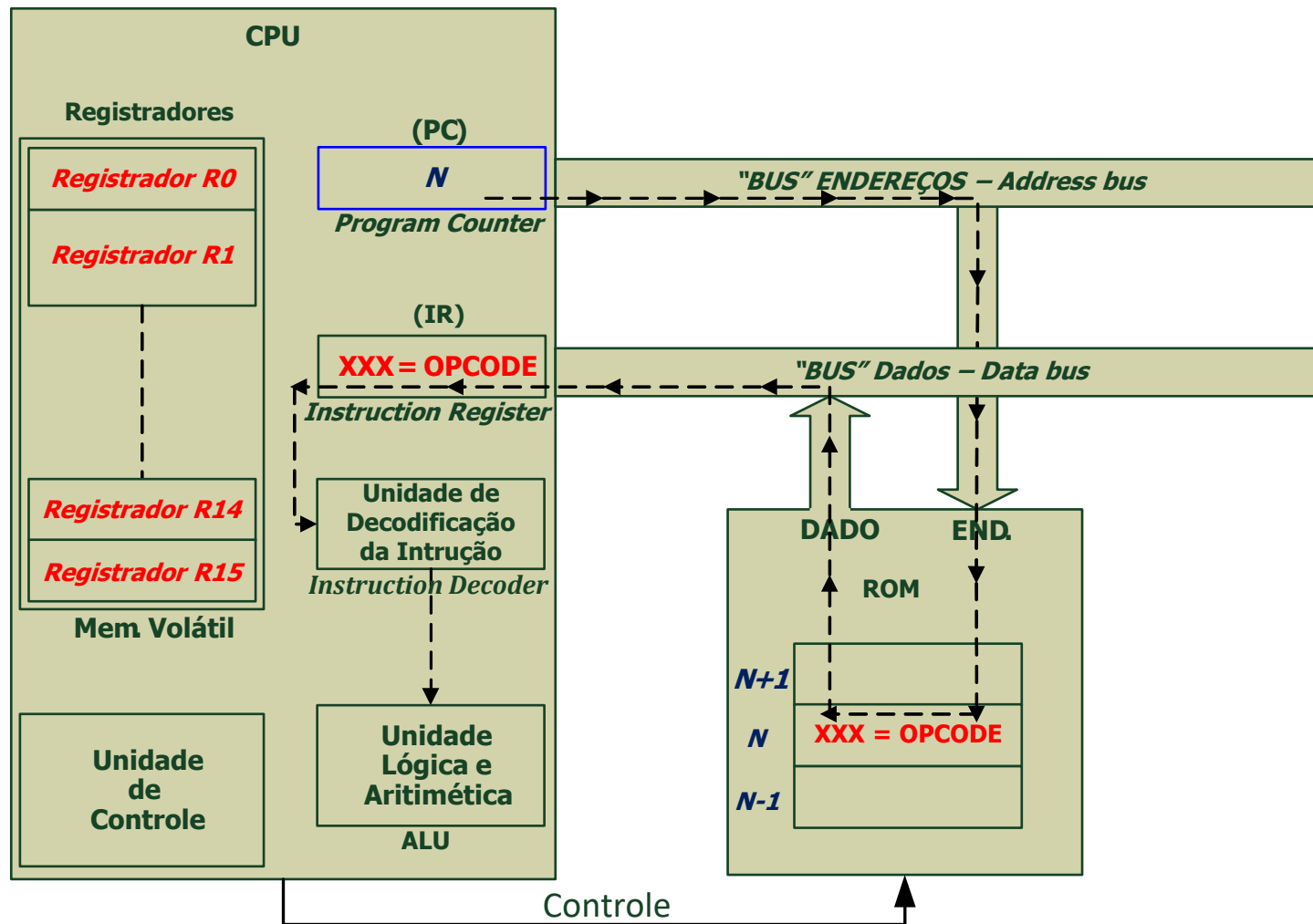
- 📖 **Oscilador**: Tarefas internas e externas sincronizadas e com uma velocidade predeterminada;
- 📖 **Reset**: Iniciar as rotinas e realizar a leitura no primeiro endereço;
- 📖 **Interrupções**: Pinos de acesso externo que interrompem o microprocessador.
- 📖 **Registradores**: Armazenamento de alta velocidade dentro do microprocessador
- 📖 **Barramento**: Conjunto de fios utilizados para passar informação entre os módulos



A CPU Internamente



- Keil
- Microcontrolador
- Instruções
- Periféricos
- Arquitetura
- Memória
- Referências





Funções da CPU



- Keil
- Microcontrolador
- Instruções
- Periféricos
- Arquitetura
- Memória
- Referências

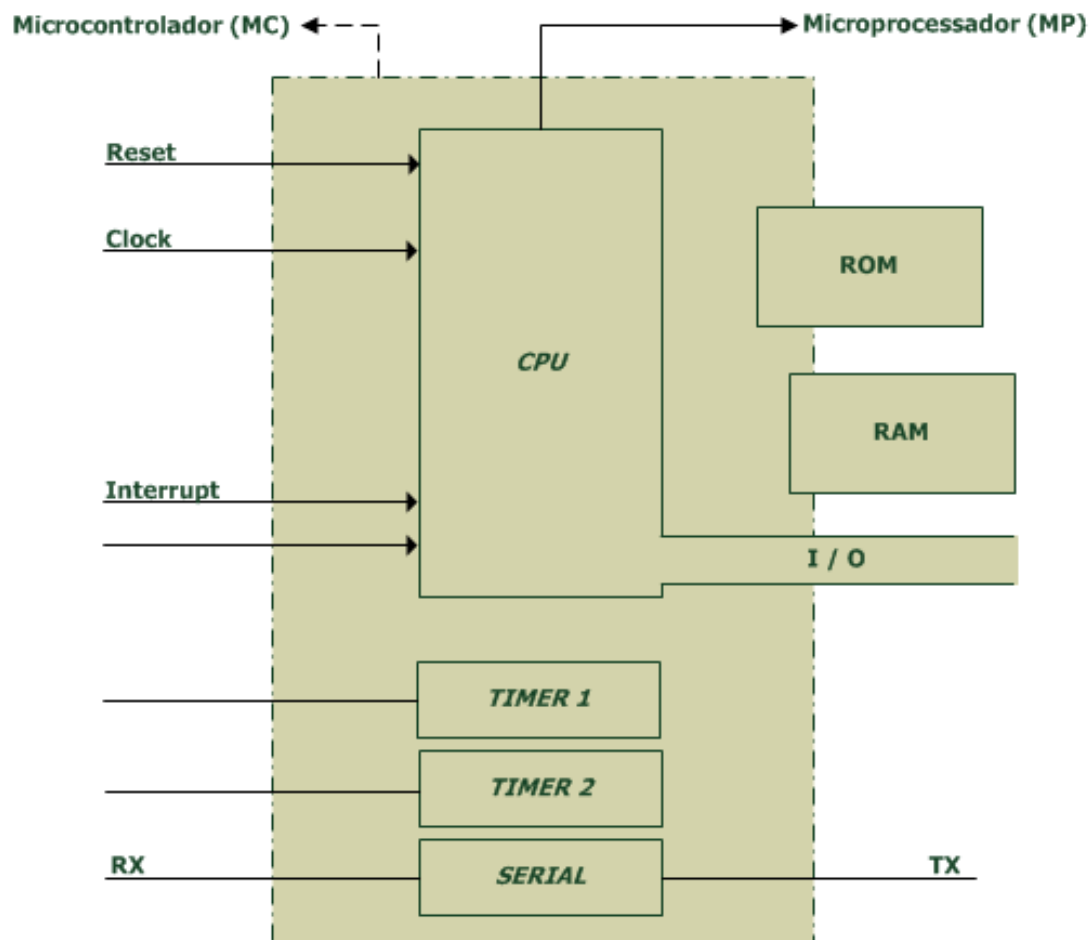
- 📖 **Buscar** instruções continuamente na ROM;
- 📖 **Executar** essas instruções;
- 📖 **Executar** funções lógicas;
- 📖 **Executar** funções aritméticas;
- 📖 **Executar** transferências de dados (internas e externas);
- 📖 **Executar** comparação de dados ↔ tomada de decisão;

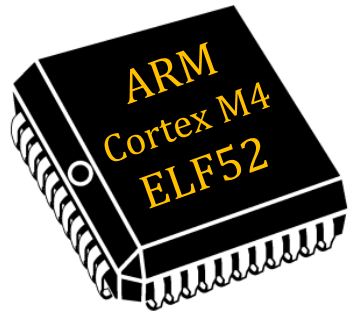


A ≠ entre (MP) e (MC)



- Keil
- Microcontrolador
- Instruções
- Periféricos
- Arquitetura
- Memória
- Referências





Grupo de Instruções



- Keil
- Microcontrolador
- **Instruções**
- Periféricos
- Arquitetura
- Memória
- Referências

Aritméticas (+, -, ·, ÷)

Ramificação (Desvio, Salto)

Lógicas (And, Or, Exor, operando com Byte)

Transferência de Dados

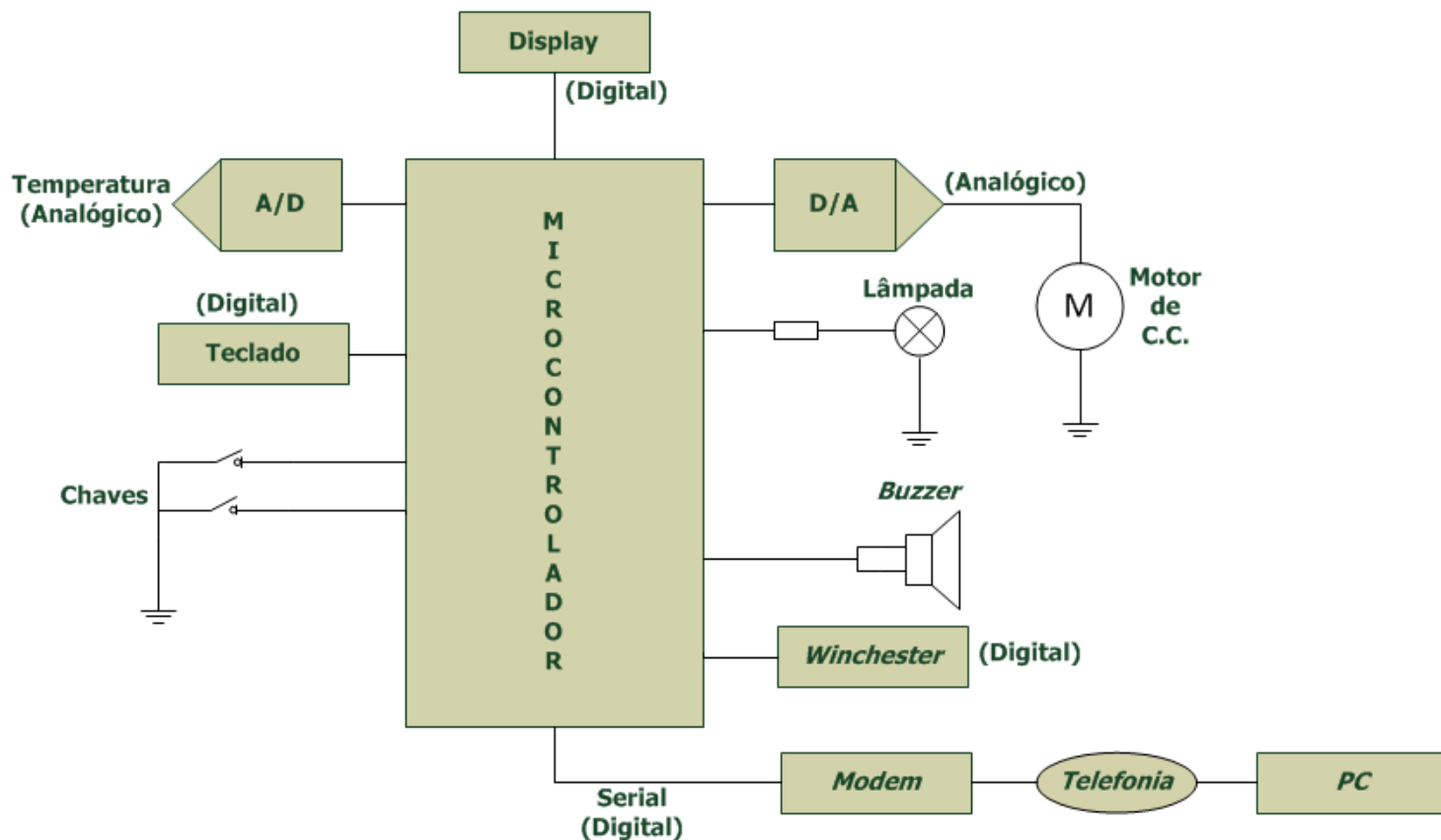
Booleanas (And, Or, Exor, operando com bit)



Mundo Exterior I/O e Periféricos



- Keil
- Microcontrolador
- Instruções
- Periféricos
- Arquitetura
- Memória
- Referências



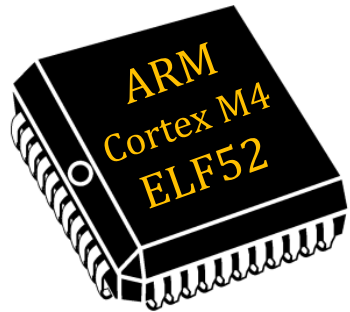


Periféricos



- Keil
- Microcontrolador
- Instruções
- Periféricos
- Arquitetura
- Memória
- Referências

- 📖 **Memórias;**
- 📖 **Temporizadores;**
- 📖 **Portas** de Entrada/Saída;
- 📖 **Teclados;**
- 📖 **Displays;**
- 📖 **Impressoras;**
- 📖 **Sensores;**
- 📖 **Atuadores;**
- 📖 **Motores;**



MC x HW com Lógica Fixa



- Keil
- Microcontrolador
- Instruções
- Periféricos
- Arquitetura
- Memória
- Referências

Cortex M4 – 25 Mhz – 0,04 μ s

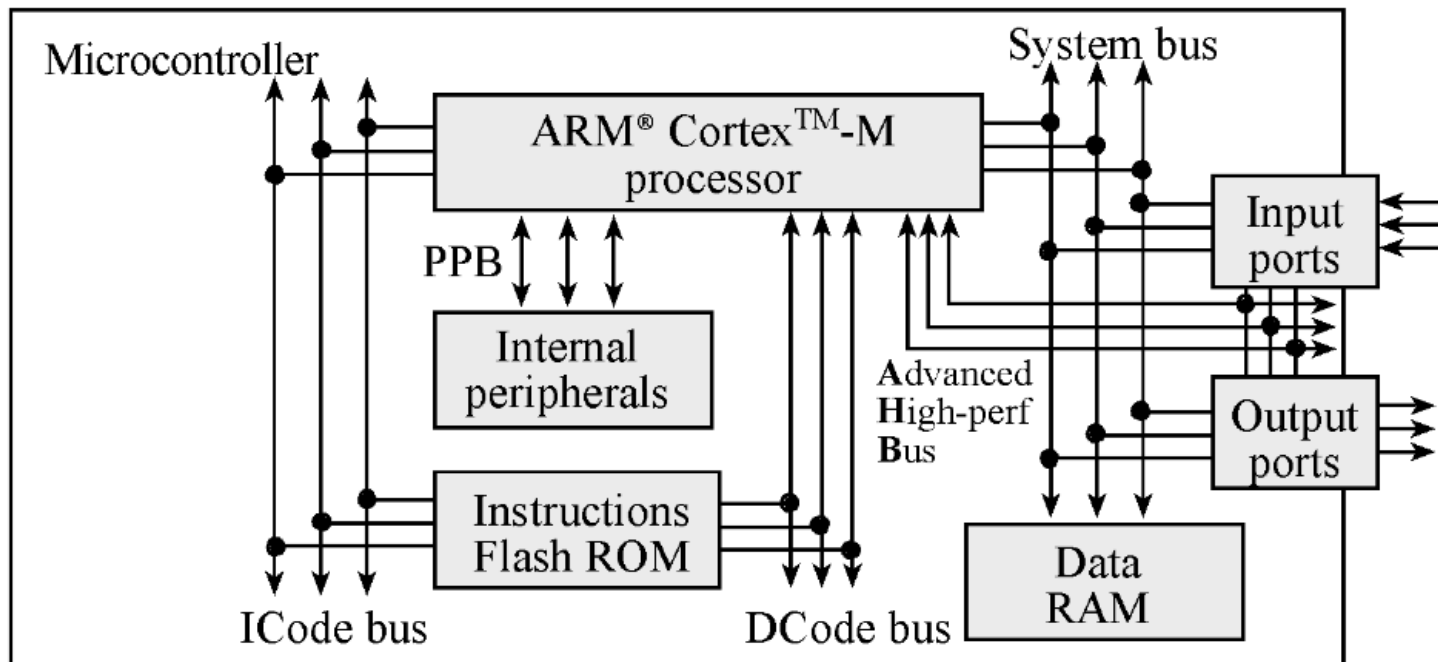
Gate (Porta) – 1ns



Arquitetura Cortex M4



- Keil
- Microcontrolador
- Instruções
- Periféricos
- **Arquitetura**
- Memória
- Referências



- Processador **ARM Cortex-M4**
- Arquitetura **Harvard**: Diferentes barramentos para instruções e dados. (**RISC**)



Arquitetura Cortex M4

*Bus Endereços
(32bits)*

 Memória: ?

*Bus dados
(32bits)*

*Registradores
(32bits)*

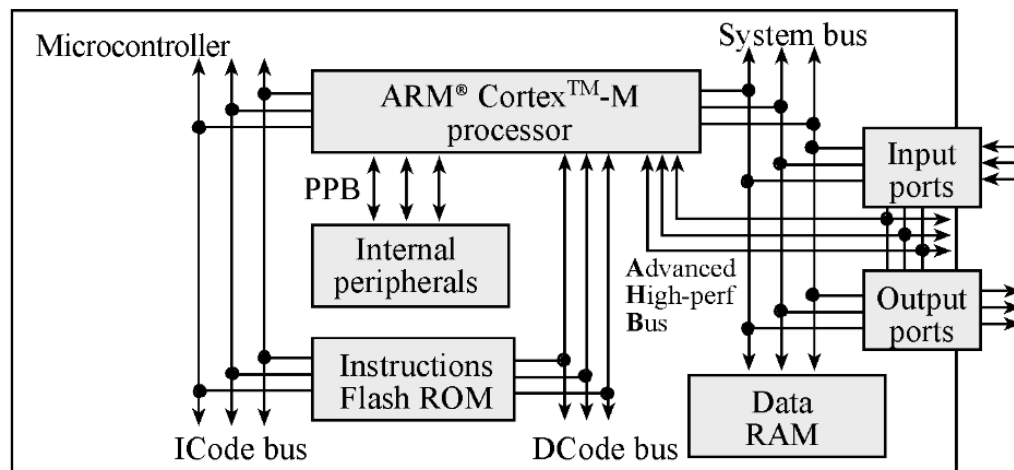
*Registradores Especiais
(variável 1 a 32bits)*



- Keil
- Microcontrolador
- Instruções
- Periféricos
- Arquitetura
- Memória
- Referências



Arquitetura Cortex M4



- 📖 **ICode**: busca *opcodes* da **ROM**;
- 📖 **DCode**: lê dados constantes da **ROM**;
- 📖 **System**: lê/escreve dados da **RAM** ou I/O, busca *opcodes* da **RAM**;
- 📖 **PPB**: lê/escreve dados de periféricos internos;
- 📖 **AHB**: lê/escreve dados de portas I/O de alta velocidade;



- Keil
- Microcontrolador
- Instruções
- Periféricos
- Arquitetura
- Memória
- Referências

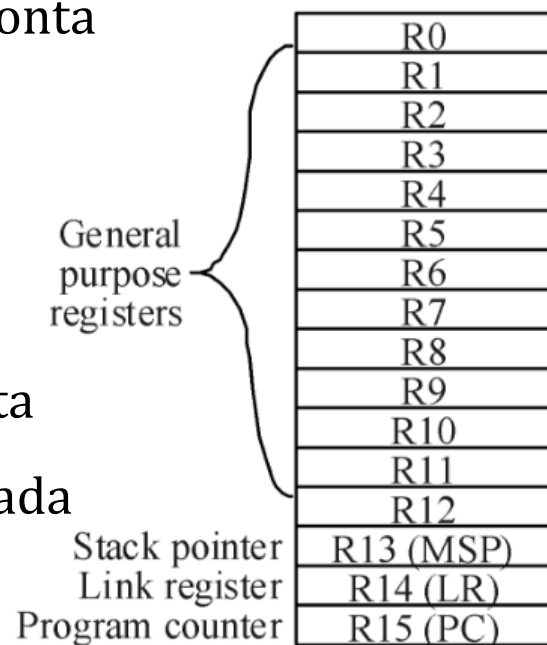


Registradores (32 bits)



- Keil
- Microcontrolador
- Instruções
- Periféricos
- Arquitetura
- Memória
- Referências

- ❏ Registradores **R0 a R15** - **13** de uso geral;
- ❏ **R13** \Rightarrow MSP (*Main Stack Pointer*) aponta para o topo da pilha.
- ❏ **R14** \Rightarrow LR (*Link Register*) guarda o endereço de retorno para funções.
- ❏ **R15** \Rightarrow PC (*Program Counter*) aponta para a próxima instrução a ser buscada da memória. Processador busca a instrução que está no PC e incrementa o PC.





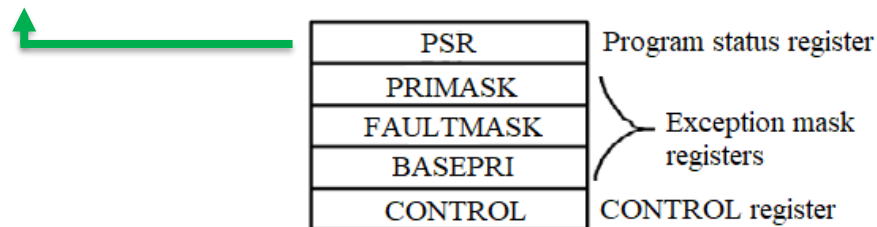
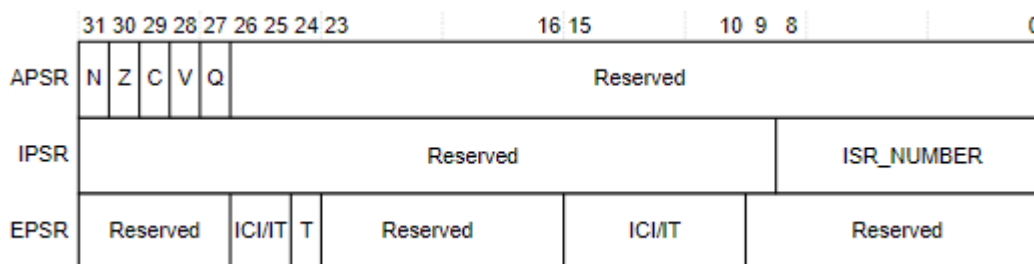
Registradores (32 bits)



- Keil
- Microcontrolador
- Instruções
- Periféricos
- Arquitetura
- Memória
- Referências

- Registradores Especiais:
- PSR** (*Program Status Register*);
- APSR** \Rightarrow *Application*
- IPSR** \Rightarrow *Interrupt*
- EPSR** \Rightarrow *Execute*

Bits do APSR	Indicação
N	Resultado é negativo
Z	Resultado é zero
V	Overflow com sinal
C	Carry ou overflow sem sinal
Q	Saturação

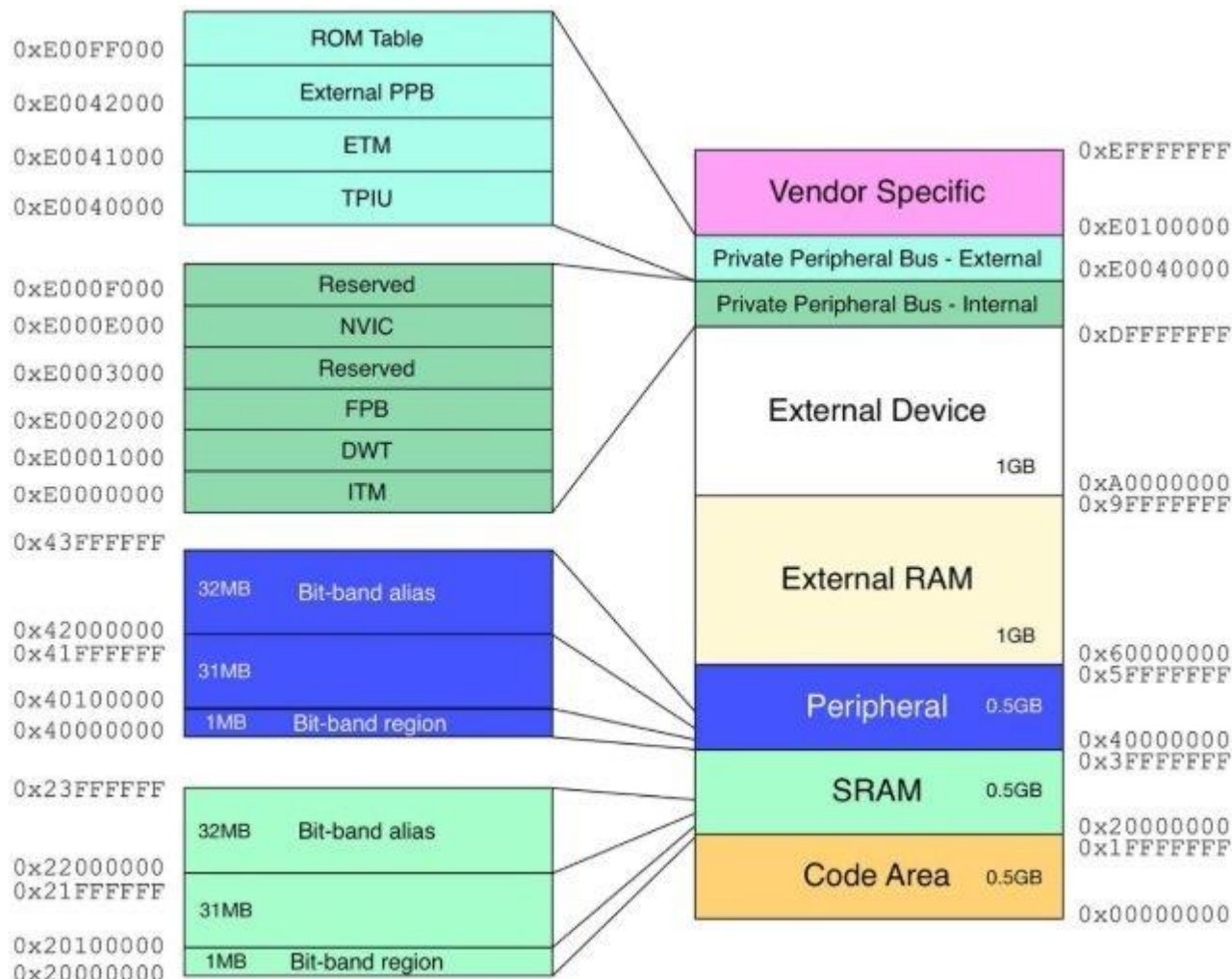




Memórias - Endereçamento



- Keil
- Microcontrolador
- Instruções
- Periféricos
- Arquitetura
- Memória
- Referências





Memórias - Endereçamento

- Endereça até **4GB** de memória \Rightarrow **32 bits**, Em geral:
- Flash **ROM** \Rightarrow começa em **0x0000.0000**
- RAM** \Rightarrow começa em **0x2000.0000**
- I/O** \Rightarrow entre **0x4000.0000** e **0x5FFF.FFFF**
- I/O PPB** Interno \Rightarrow entre **0xE000.0000** e **0xE004.1FFF**

TM4C1294:

1024k Flash ROM	0x0000.0000
	0x000F.FFFF
256k RAM	0x2000.0000
	0x2003.FFFF
I/O	0x4000.0000
	0x400F.FFFF
I/O PPB Interno	0xE000.0000
	0xE004.1FFF

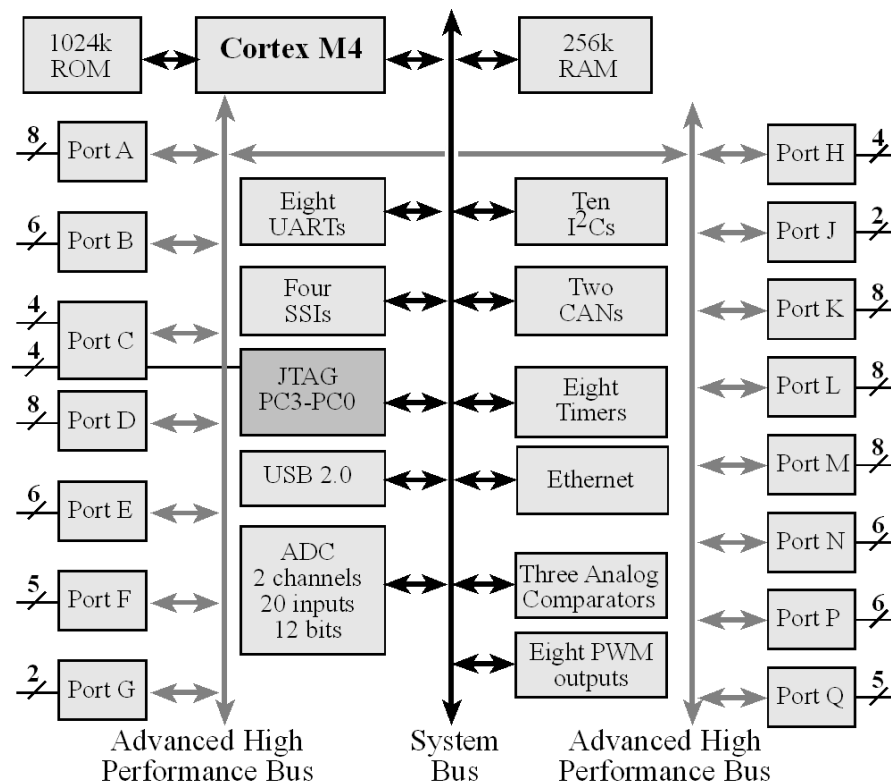


- Keil
- Microcontrolador
- Instruções
- Periféricos
- Arquitetura
- Memória
- Referências



- Keil
- Microcontrolador
- Instruções
- **Periféricos**
- Arquitetura
- Memória
- Referências

Periféricos TM4C1294



- 📖 Cada **port** tem um número de pinos:
- 📖 Exemplo: PA0, PA1, PA2, PA3, PA4, PA5, PA6, PA7



Atividade



- Keil
- Microcontrolador
- Instruções
- Periféricos
- Arquitetura
- Memória
- Referências

- 📖 Abrir o *datasheet* do **TM4C1294**
- 📖 1) - Verificar a seção dos Registradores (**pg 85 a 99**)
- 📖 2) - Verificar a seção das Memórias (**seção 2.4**)

http://www.elf52.daeln.com.br/Pdfs/Datasheet_TM4C1294NCPDT_v1.01.pdf



Arquitetura:



- Keil
- Microcontrolador
- Instruções
- Periféricos
- **Arquitetura**
- Memória
- Referências

CISC

Complex Instruction Set Computer



- Ênfase do Hardware
- Maior qt. de instruções
- Operações com memória nas intruções
- Alta taxa de ciclos / s, para pouco código
- Maior qt. de transistores para armazenar intruções complexas

x86

RISC

Reduced Instruction Set Computer



- Ênfase do *Software*
- Menor qt. de instruções que CISC
- Execução otimizada de *calls func.*
- Menor qt. modos de endereçamento
- Utilização: larga escala de *pipelining*
- Maior qt. transistores para Registradores

ARM

MIPS

RISC-V

<https://pt.wikipedia.org/wiki/RISC>



- Keil
- Microcontrolador
- Instruções
- Periféricos
- Arquitetura
- Memória
- Referências

Arquitetura:





Arquitetura:

As arquiteturas puras são raras atualmente:

☞ HCS08 da Freescale (**CISC**)

☞ PIC da Microchip (**RISC**)

x86 é **CISC**, mas suas instruções são decodificadas em microinstruções **RISC**

Principais Processadores atualmente RISC:

ARM

MIPS

RISC-V

PowerPC

SPARC

Etc.



- Keil
- Microcontrolador
- Instruções
- Periféricos
- **Arquitetura**
- Memória
- Referências



- Keil
- Microcontrolador
- Instruções
- Periféricos
- **Arquitetura**
- Memória
- Referências

Arquitetura:

Premissas da Abordagem RISC

Reduced Instruction Set Computer

- 📖 Maior desempenho pode ser obtido se cada instrução ocupar exatamente uma palavra de memória.
- 📖 Esta restrição reduz a complexidade e o número de instruções que podem ser incluídas na CPU.



- Keil
- Microcontrolador
- Instruções
- Periféricos
- **Arquitetura**
- Memória
- Referências

Arquitetura:

Premissas da Abordagem RISC

Reduced Instruction Set Computer

- 📖 Todos os operandos de instruções aritméticas e lógicas devem estar nos registradores do processador.
- 📖 Propício para implementar unidades de processamento nas quais várias operações necessárias para processar uma sequência de instruções são executadas em ***pipeline***.



- Keil
- Microcontrolador
- Instruções
- Periféricos
- **Arquitetura**
- Memória
- Referências

Arquitetura:

Pipeline

- ▣ Conceito de **“linha de produção”**.
- ▣ A organização em fila de processos eleva a **“produtividade”**.

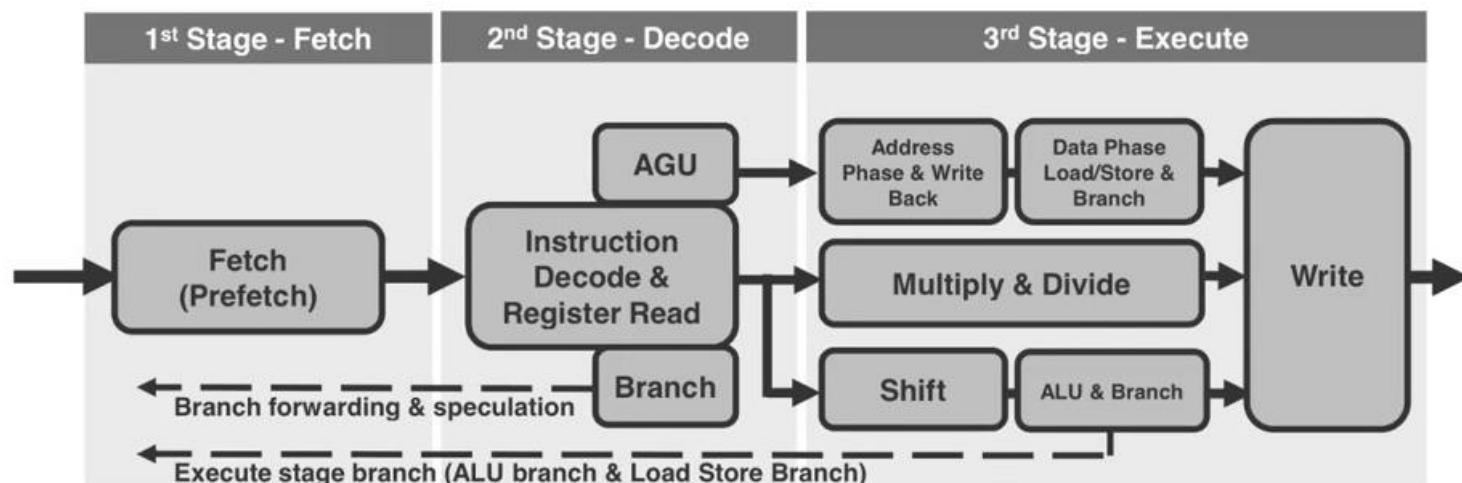




- Keil
- Microcontrolador
- Instruções
- Periféricos
- Arquitetura
- Memória
- Referências

Arquitetura: Pipeline

- ❏ Cortex-M4 possui 3 estágios de *pipeline*: 1:Fetch, 2:Decode, 3:Execute.
- ❏ Cortex-M4 faz mais em cada estágio para aumentar a performance.



Ref. *



Arquitetura:

Pipeline

- Cortex-M4 possui 3 estágios de *pipeline*: 1:Fetch, 2:Decode, 3:Execute.

Cycle		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Operation										
ADD		F	D	E						
SUB			F	D	E					
ORR				F	D	E				
AND					F	D	E			
ORR						F	D	E		
EOR							F	D	E	

F - Fetch D - Decode E - Execute

Ref. *



Arquitetura:

Pipeline

📖 Cortex-M4 – *flush* após um salto

Cycle		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Address	Operation									
0x8000	BX r5	F	D	E						
0x8002	SUB		F	D						
0x8004	ORR			F						
0x8FEC	AND				F	D	E			
0x8FEE	ORR					F	D	E		
0x8FF0	EOR						F	D	E	

F - Fetch D - Decode E - Execute

Ref. *



Arquitetura:

Pipeline

- Cortex-M4 – A arquitetura **Harvard** permite o acesso simultâneo entre as memórias de **código** e **dados**.

Cycle		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Operation										
ADD		F	D	E						
SUB			F	D	E					
STR				F	D	Ea	Ed			
STR					F	D	Ea	Ed		
ORR					F	D	E			
EOR						F	D	E		

F - Fetch D - Decode E - Execute S - Stall
 Ea - Execute / STR address phase Ed - STR data phase

Ref. *

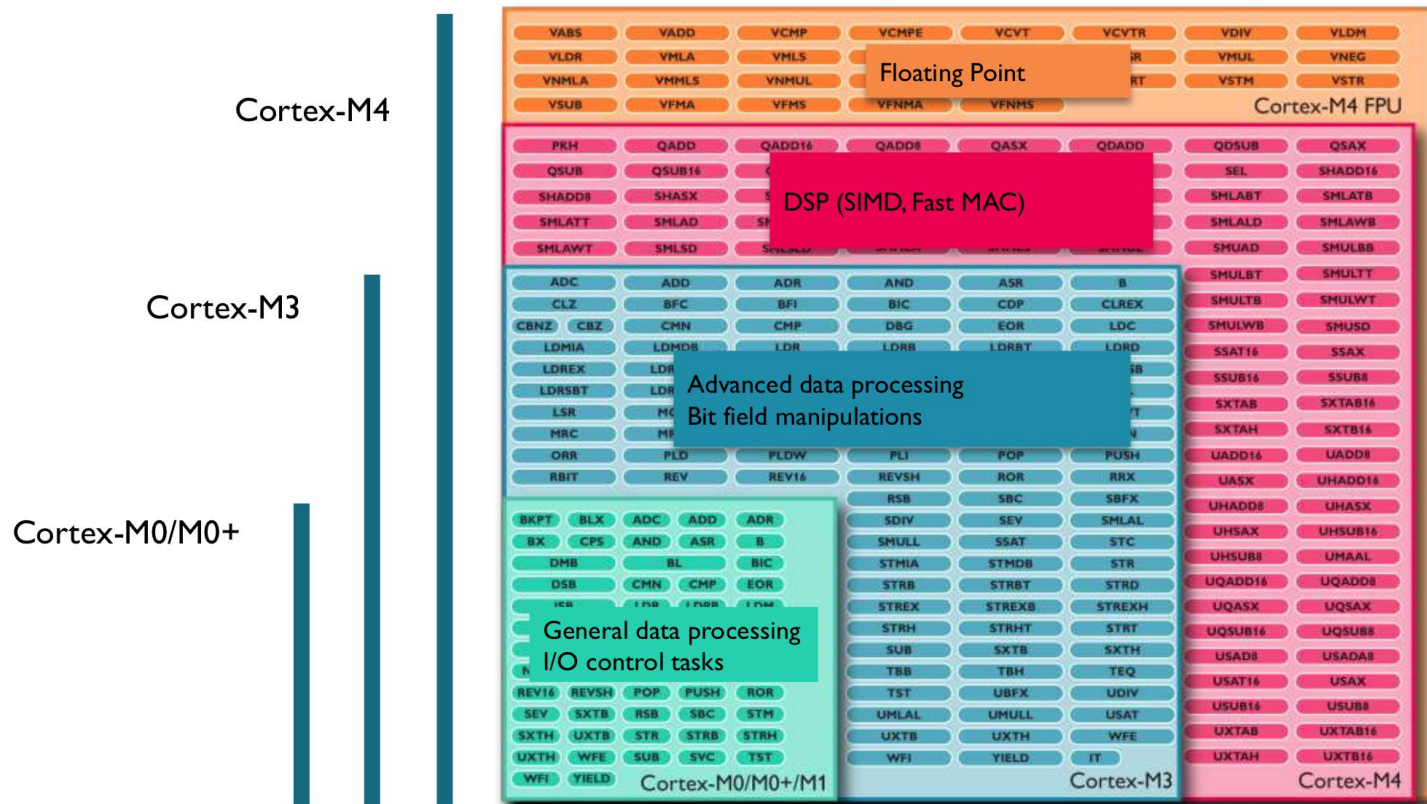


Arquitetura:

ARM Cortex-M Instruction Set Architecture



- Keil
- Microcontrolador
- Instruções
- Periféricos
- Arquitetura
- Memória
- Referências



SIMD – Single instruction, multiple data.

MAC – Multiply and Accumulate

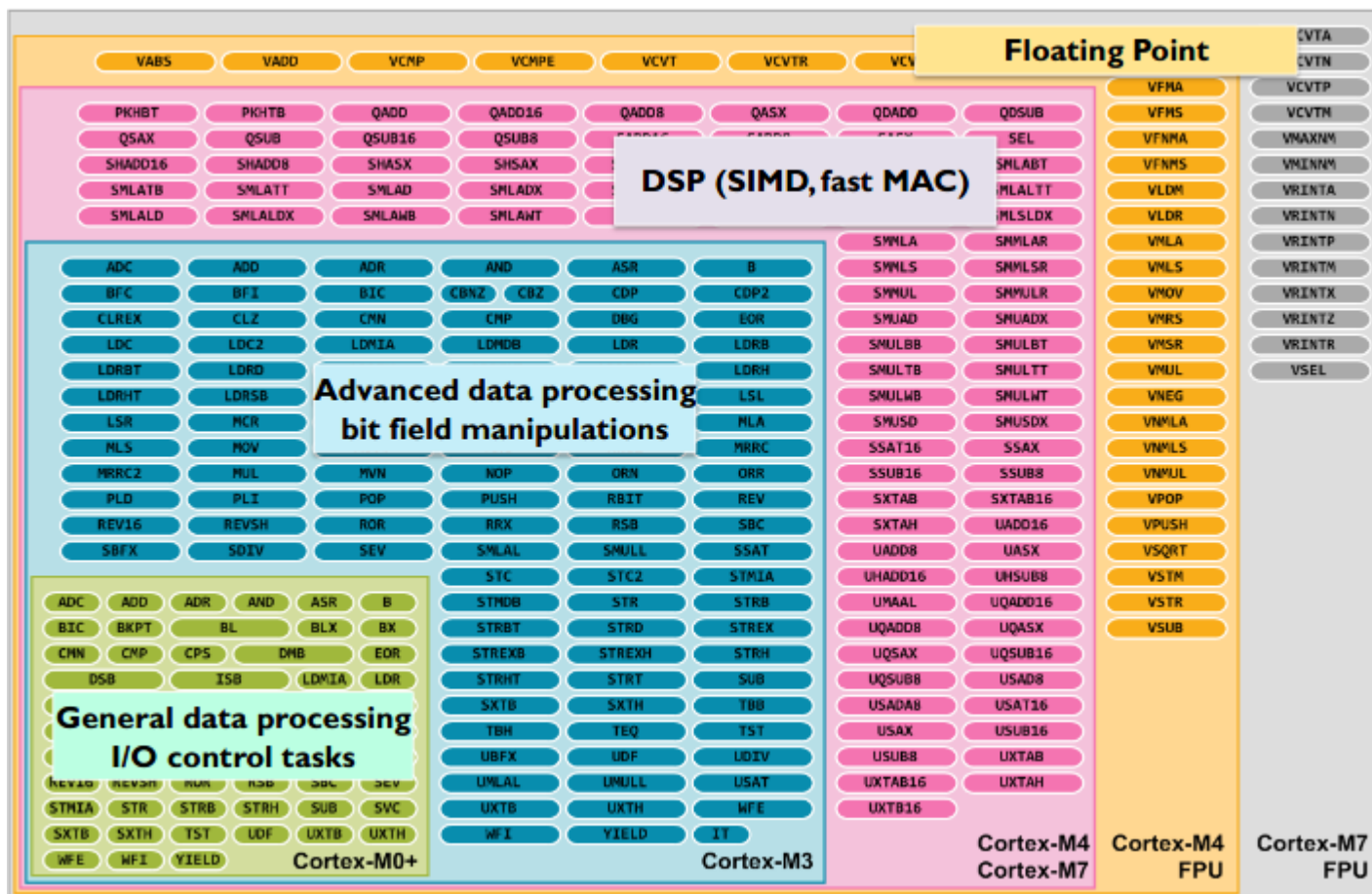
Ref. *



Arquitetura:



- Keil
- Microcontrolador
- Instruções
- Periféricos
- Arquitetura
- Memória
- Referências



SIMD – Single instruction, multiple data.

MAC – Multiply and Accumulate

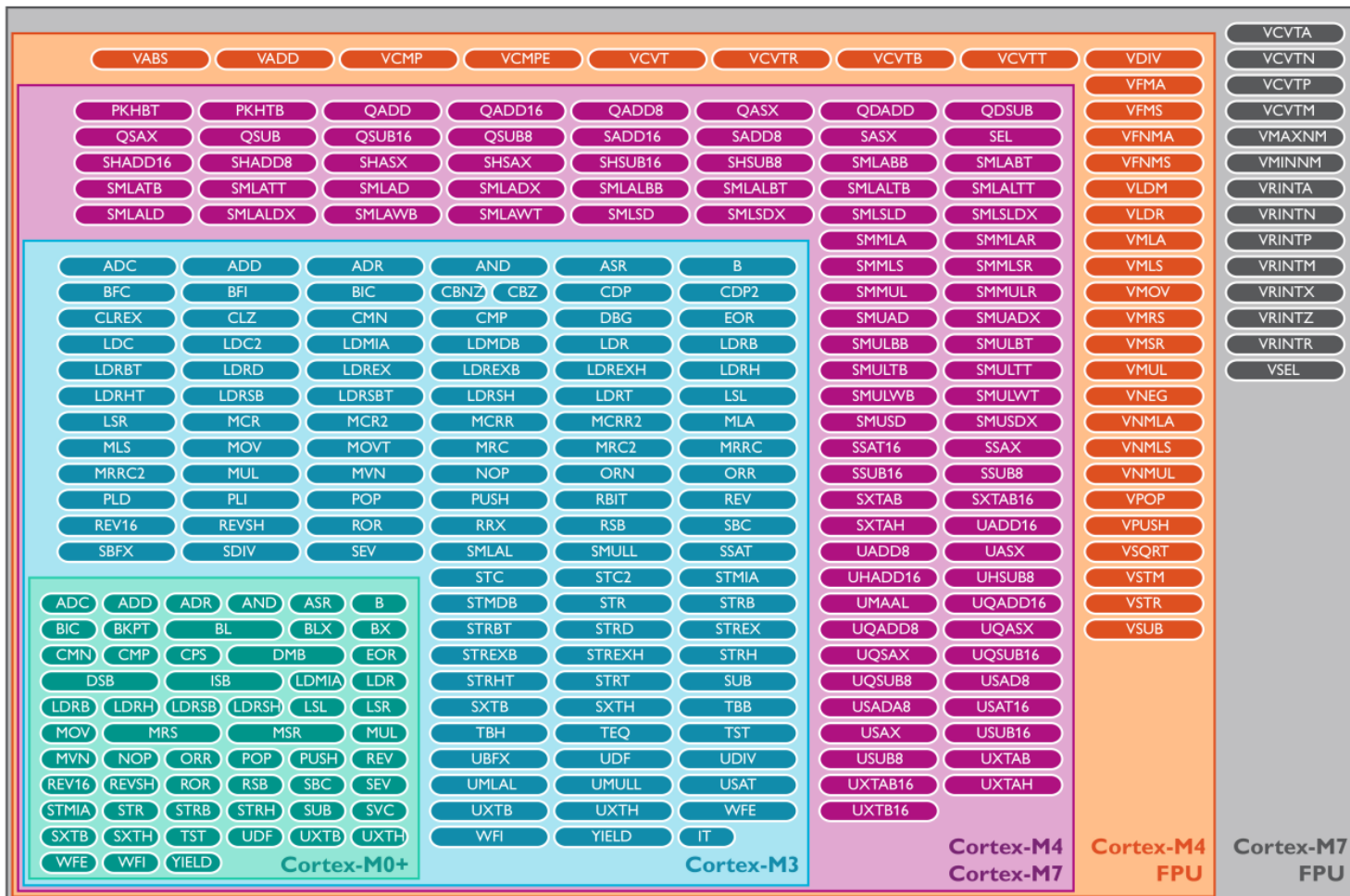
*Ref. **



Arquitetura:



- Keil
- Microcontrolador
- Instruções
- Periféricos
- Arquitetura
- Memória
- Referências



Ref. *



Referências:



- Keil
- Microcontrolador
- Instruções
- Periféricos
- Arquitetura
- Memória
- Referências

📖 * Refs ↔ Renesas.com, Pixabay.com, wikimedia.org, flickr, community.arm.com, Undergraduated course Renesas (Prof. Douglas P. B. Renaux e Robson Linhares), ytchannel Gustavo W. Dernardin.