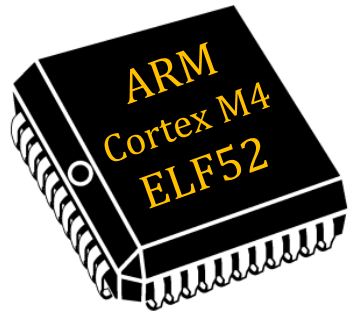


- GPIO

- Referências

# Microcontroladores: (LT36D)

## Prof: DaLuz



# INTERRUPÇÕES - GPIO

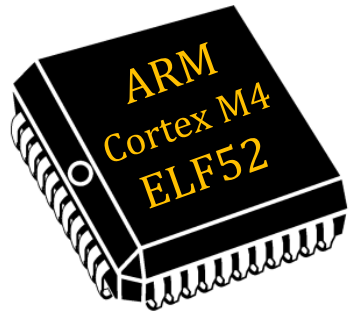
## *General Purpose Input/Output*



- GPIO

- Referências

- Utilizadas para reconhecer quando um *hardware* altera o estado de **1** para **0** ou **0** para **1**.
- Há **dois** tipos:
  - Por **borda**
  - Por **nível**
- Qual a diferença entre esperar por *polling* e **interrupção**?



# INTERRUPÇÕES - GPIO

## *General Purpose Input/Output*



- GPIO

- Referências

- Além dos registradores do **NVIC**, os seguintes registradores do **GPIO** também realizam o **controle** das interrupções a nível de periférico.
- Similarmente a outros registradores do **GPIO**, cada bit controla um pino do port.



# INTERRUPÇÕES - GPIO

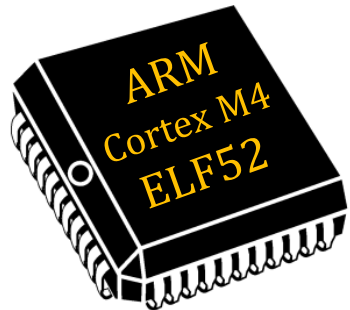
## Registradores Especiais INT-GPIO



- GPIO

- Referências

- 📖 **GPIOIS** – Borda ou nível;
- 📖 **GPIOIBE** – Uma borda apenas ou ambas as bordas;
- 📖 **GPIOIEV** – Borda de subida ou borda de descida, nível alto ou nível baixo;
- 📖 **GPIOIM** – Habilita a interrupção;
- 📖 **GPIORIS** – Indica se as condições para a interrupção aconteceram mesmo se não está habilitada no **GPIOIM**;
- 📖 **GPIONIS** – Indica que as condições engatilharam uma interrupção no periférico. Neste caso, ela está habilitada no **GPIOIM**;
- 📖 **GPIOICR** – Ao setar o bit, realiza a limpeza do **GPIORIS** e **GPIONIS**, (**ACK** da interrupção) permitindo uma nova interrupção.



# INTERRUPÇÕES - GPIO

## Registradores Especiais INT-GPIO

- ☞ Para configurar se a interrupção é por **borda** ou **nível** utiliza-se a combinação dos seguintes registradores:

GPIOIS	GPIOIBE	GPIOIEV	Modo
0	0	0	Borda de descida
0	0	1	Borda de subida
0	1	-	Ambas as bordas
1	0	0	Nível Baixo
1	0	1	Nível alto

UTFPR

- GPIO

- Referências



# INTERRUPÇÕES - GPIO

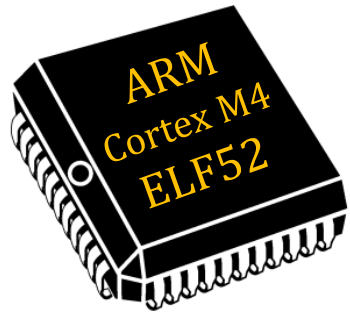
## Registradores Especiais INT-GPIO



- GPIO

- Referências

- ☐ Para **habilitar**/**desabilitar** a interrupção utilizar o registrador **GPIOIM**, **setar** o bit do respectivo pino para **habilitar** a interrupção e **limpar** para **desabilitar** a interrupção.
- ☐ Quando uma condição de interrupção **acontece**, o sinal do estado da interrupção pode ser visto em **dois** locais:
  - ☐ **GPORIS**: As condições foram atendidas, mas a interrupção não foi necessariamente enviada para o controlador de interrupções.
  - ☐ **GIOMIS**: Mostra somente as condições que são permitidas serem passadas para o controlador de interrupções **NVIC**.



# INTERRUPÇÕES - GPIO

## Registradores Especiais INT-GPIO



- GPIO

- Referências

- ☐ Para permitir **outra** interrupção no mesmo periférico, é obrigatório **setar** o bit correspondente do registrador **GPIOICR**, no início da **ISR**;
- ☐ Este processo se chama **ACK** (*acknowledgment*) da interrupção;
- ☐ Quando o **GPIOICR** é **setado**, o **GPPIORIS** e o **GPPIOMIS** são **limpos**. Estes últimos são **READ-ONLY**, ou seja, não podem ser escritos, somente lidos.



# INTERRUPÇÕES - GPIO

## Interrupção OK:

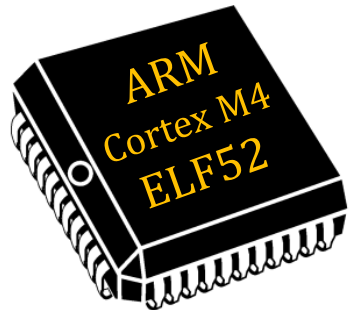
- ☐ Uma **interrupção** de **GPIO** irá acontecer quando:
  - ☐ A chave geral estiver **habilitada** (bit I do **PRIMASK** tem que ser 0)
  - ☐ A fonte da interrupção estiver **habilitada** no **NVIC**;
  - ☐ O nível de **prioridade** da fonte de interrupção do **GPIO** for menor que o **BASEPRI** (a interrupção mais prioritária que **BASEPRI**);
  - ☐ O **bit** do pino correspondente no **GPIOIM** estiver **setado**;
  - ☐ O evento acontecer, por exemplo, **borda** ou **nível**. Neste caso o *flag* no **GPIORIS** será **setado** automaticamente.

UTFPR

- GPIO

- Referências





# INTERRUPÇÕES - GPIO

## Configuração:

📖 Sequência para **habilitar** uma interrupção no **GPIO** (Além da inicialização do GPIO):

1. Desabilitar a interrupção no registrador **GPIOIM**;
2. Configurar o tipo de interrupção (0=borda, 1=nível) no registrador **GPIOIS**;
3. Configurar **GPIOIBE** (0=borda única, 1=borda dupla), **GPIOIEV** (0= nível baixo ou borda de descida, 1=nível alto ou borda de subida);
4. Limpar o registrador GPIORIS, escrevendo 1 no **GPIOICR**;
5. Habilitar a interrupção no registrador **GPIOIM**;
6. Habilitar a interrupção no **NVIC**;
7. Setar a prioridade no **NVIC**.

**UTFPR**

- GPIO

- Referências



# INTERRUPÇÕES - GPIO

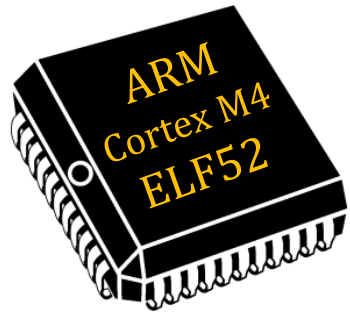
## Configuração:

- ❏ A função de tratamento da interrupção (**ISR**) pode ser declarada em qualquer arquivo, no entanto deve ter o mesmo nome que as declarações no arquivo *startup.s*. Não esquecer do **EXPORT**;
- ❏ A primeira coisa a se fazer na **ISR** é realizar o **ACK**. Setar o bit respectivo no registrador **GPIOICR**, para limpar o **GPIORIS** e **GPIOMIS**;
- ❏ Como as portas têm mais de um pino, se houver interrupções **ativadas** em mais de um pino na porta, verificar através do registrador **GPIORIS** para saber de qual pino é a interrupção e depois realizar o tratamento para a interrupção naquele pino.



- GPIO

- Referências



# INTERRUPÇÕES - GPIO

## Exemplo:

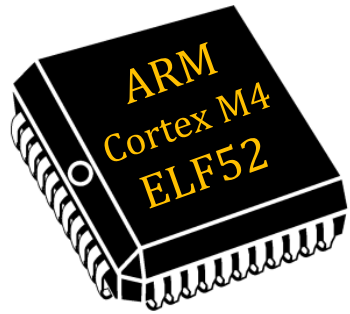
Exemplo de tratamento de interrupção de **GPIO** para o pino **PC4** (pode ser declarado em qualquer arquivo desde que faça o **EXPORT**)

```
GPIOPortC_Handler
    LDR R1, =GPIO_PORTC_ICR_R
    MOV R0, #0x10                ;bit 4 do PortC 00010000b
    STR R0, [R1]                 ;limpando a interrupção (ack)
    ;
    ; código de Atendimento
    ;
    BX LR                        ;retorno
```



- GPIO

- Referências



# INTERRUPÇÕES - GPIO

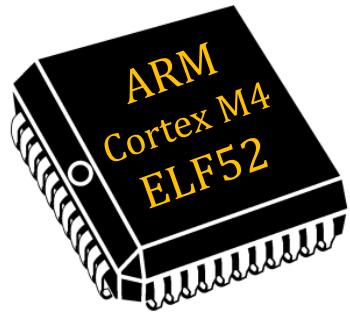
## Exemplo:

- Programar uma interrupção por borda de descida na **USR\_SW1 (PJ0)** e uma interrupção por borda de subida na **USR\_SW2 (PJ1)**. Para que quando o usuário pressione a chave **USR\_SW1** acenda o **LED1 (PN1)** e quando soltar a chave **USR\_SW2** apague o **LED1**.



- GPIO

- Referências



# INTERRUPÇÕES - GPIO

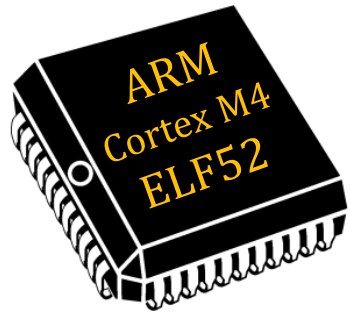
## Passo a Passo:

- ▣ A seguir será demonstrado o passo-a-passo para a configuração da interrupção no **GPIO Port J**;
- ▣ Antes de configurar a interrupção, deve-se realizar a configuração dos **GPIOs** conforme a aula de **GPIOs**.



- GPIO

- Referências



# INTERRUPÇÕES - GPIO

## Passo a Passo:

- ▣ A seguir será demonstrado o passo-a-passo para a configuração da interrupção no **GPIO Port J**;
- ▣ Antes de configurar a interrupção, deve-se realizar a configuração dos **GPIOs** conforme a aula de **GPIOs**.
- ▣ **Passo 0:**
  - ▣ Configurar os ports **J** e **N**, conforme a aula de **GPIO**.
  - ▣ **J0** e **J1** ⇒ Entrada
  - ▣ **N1** ⇒ Saída



- GPIO

- Referências



# INTERRUPÇÕES - GPIO

## Passo a Passo:

- 📖 **Passo 1:** Antes de configurar as interrupções, devemos **desabilitar** (para depois **habilitar** novamente ao final) no registrador **GPIOIM**. Como vamos usar os pinos **J0** e **J1**, desabilitar os dois bits;

GPIO\_PORTJ\_AHB\_IM\_R

31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
reserved															
Type	RO	RO	RO	RO	RO	RO	RO	RO	RO	RO	RO	RO	RO	RO	RO
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
reserved								DMAIME				IME		0	0
Type	RO	RO	RO	RO	RO	RO	RO	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

**Zerar estes bits**

**J1 J0**

Pag. 764



# INTERRUPÇÕES - GPIO

## Passo a Passo:

- 📖 **Passo 2:** Como vamos capturar a interrupção durante o pressionamento ou liberação das chaves, a interrupção deve ser configurada como **borda** em ambos os pinos no registrador **GPIOIS**;

GPIO\_PORTJ\_AHB\_IS\_R

	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
	reserved															
Type	RO	RO	RO	RO	RO	RO	RO	RO	RO	RO	RO	RO	RO	RO	RO	RO
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
	reserved								IS							
Type	RO	RO	RO	RO	RO	RO	RO	RO	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Pag. 761

Zerar estes bits

J1 J0





# INTERRUPÇÕES - GPIO

## Passo a Passo:

- Passo 3.a: Configurar borda **única** em ambos pinos no registrador **GPIOIBE**;

Pag. 762

GPIO\_PORTJ\_AHB\_IBE\_R

	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
	reserved															
Type	RO	RO	RO	RO	RO	RO	RO	RO	RO	RO	RO	RO	RO	RO	RO	RO
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
	reserved								IS							
Type	RO	RO	RO	RO	RO	RO	RO	RO	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Zerar estes bits

J1 J0



# INTERRUPÇÕES - GPIO

## Passo a Passo:

- Passo 3.b: Configurar borda de **descida** para **J0** e borda de **subida** para **J1** no registrador **GPIOIEV**;

### GPIO\_PORTJ\_AHB\_IEV\_R

	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
	reserved															
Type	RO	RO	RO	RO	RO	RO	RO	RO	RO	RO	RO	RO	RO	RO	RO	RO
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
	reserved								IEV							
Type	RO	RO	RO	RO	RO	RO	RO	RO	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
															J1	J0

Pag. 763



# INTERRUPÇÕES - GPIO

## Passo a Passo:

- Passo 4: Garantir que a interrupção será atendida limpando o **GPPIORIS** e **GPPIOMIS**, realizando o **ACK** no registrador **GPIOICR** para ambos os pinos. **Setar** os bits;

### GPIO\_PORTJ\_AHB\_ICR\_R

	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
	reserved															
Type	RO	RO	RO	RO	RO	RO	RO	RO	RO	RO	RO	RO	RO	RO	RO	RO
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
	reserved								IEV							
Type	RO	RO	RO	RO	RO	RO	RO	RO	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1

Setar estes bits

J1 J0

Pag. 769



# INTERRUPÇÕES - GPIO

## Passo a Passo:

- 📖 **Passo 5:** Ativar a interrupção em ambos os pinos do Port J, no registrador **GPIOIM**;

### GPIO\_PORTJ\_AHB\_IM\_R

	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
	reserved															
Type	RO	RO	RO	RO	RO	RO	RO	RO	RO	RO	RO	RO	RO	RO	RO	RO
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
	reserved							DMAIM				IME			1	1
Type	RO	RO	RO	RO	RO	RO	RO	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Pag. 764

Setar estes bits

J1 J0



# INTERRUPÇÕES - GPIO

## Passo a Passo:

- 📖 **Passo 6.a:** **Ativar** a fonte de interrupção no **NVIC**;  
Obs: Primeiramente consultar a **Tabela 2-9** que começa na página **116** do *datasheet*, para saber o **número** da interrupção do Port J. A fonte do Port J é a número **51**.

Table 2-9. Interrupts (*continued*)

Vector Number	Interrupt Number (Bit in Interrupt Registers)	Vector Address or Offset	Description
62	46	0x0000.00F8	ADC1 Sequence 0
63	47	0x0000.00FC	ADC1 Sequence 1
64	48	0x0000.0100	ADC1 Sequence 2
65	49	0x0000.0104	ADC1 Sequence 3
66	50	0x0000.0108	EPI 0
67	51	0x0000.010C	GPIO Port J
68	52	0x0000.0110	GPIO Port K
69	53	0x0000.0114	GPIO Port L
70	54	0x0000.0118	SSI 2
71	55	0x0000.011C	SSI 3



- GPIO

- Referências



# INTERRUPÇÕES - GPIO

## Passo a Passo:

- 📖 **Passo 6.b:** **Ativar** a fonte de interrupção no **NVIC**;  
 Obs: Sabendo que o número da fonte de interrupção é o **51**, encontrar qual **ENx** habilitará a fonte de interrupção do Port J. Da **tabela 3-8** (página 146) encontra-se que o **EN1** habilita as interrupções **32 a 61**. **Setar** o bit deste registrador que habilita a interrupção, no bit **19**.

NVIC\_EN1\_R

Pag. 154

	63	62	61	60	59	58	57	56	55	54	53	52	51	50	49	48
	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
	INT															
Type	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
	INT															
Type	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW	RW
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32



## - GPIO

## - Referências

# INTERRUPÇÕES - GPIO

## Passo a Passo:

-  **Passo 7:** Configurar a prioridade da fonte de interrupção no **NVIC**;

Obs: Sabendo que o número da fonte de interrupção é o **51**, encontrar qual **PRIx** configura a prioridade da fonte de interrupção do Port J. Da **tabela 3-8** (página 146), encontra-se que o **PRI12** configura a prioridade das interrupções **48 a 51**. Configurar os bits **29 a 31**, com a prioridade desejada. Vamos **setar** a prioridade com **5**, como exemplo.

NVIC\_PRI12\_R

	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
Type	RW	RW	RW	RO	RO	RO	RO	RO	RW	RW	RW	RO	RO	RO	RO	RO
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Type	RW	RW	RW	RO	RO	RO	RO	RO	RW	RW	RW	RO	RO	RO	RO	RO
Reset	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



# INTERRUPÇÕES - GPIO

## Passo a Passo:

- ❏ **Passo 8:** Criar a rotina de ISR:
  - ❏ Verificar no arquivo **startup.s** qual é a função de tratamento de interrupção.
  - ❏ No caso é a **GPIOPortJ\_Handler**.
  - ❏ Declarar o **label GPIOPortJ\_Handler** em qualquer arquivo que não seja o **startup.s**, por exemplo **gpio.s**.
  - ❏ Primeiramente realizar um teste para saber qual interrupção foi gerada, se foi causada pelo **J0** ou pelo **J1**, por meio do **GPJORIS**.
  - ❏ Se o **bit 0** estiver **setado**, foi causada pelo **J0**. Se o **bit 1** estiver **setado**, foi causada pelo **J1**.
  - ❏ Realizar o **ACK** da interrupção escrevendo **1** no bit respectivo do registrador **GPIOICR**.
  - ❏ Escrever no pino para acender ou apagar o **LED**.
  - ❏ Sair da interrupção com **BX LR**.



- GPIO

- Referências





# GPIO

## Vídeos - Passo a Passo:

- 📖 **IMPORTANTE:** Verificar os exemplos feitos em:
- 📖 **GPIO1 e GPIO2** - <http://www.elf52.daeln.com.br/Labs/GPIO.pdf>
- 📖 **GPIO3 e GPIO4** - [http://www.elf52.daeln.com.br/Labs/GPIO\\_IRQ.pdf](http://www.elf52.daeln.com.br/Labs/GPIO_IRQ.pdf)
- 📖 **Exercício 1: Gpio1.zip** – Assistir dois vídeos da disciplina remota:
  - 📖 Abrir o *link* para *download* da disciplina remota.
  - 📖 Após fazer o *download*, descompactar tudo.



..\Tópico 07 - GPIO\04-Exercício1\_Parte1.mp4



..\Tópico 07 - GPIO\04-Exercício1\_Parte2.mp4



- GPIO

- Referências



# GPIO

## Vídeos - Passo a Passo:

- 📖 **IMPORTANTE:** Verificar os exemplos feitos em:
- 📖 **GPIO1 e GPIO2** - <http://www.elf52.daeln.com.br/Labs/GPIO.pdf>
- 📖 **GPIO3 e GPIO4** - [http://www.elf52.daeln.com.br/Labs/GPIO\\_IRQ.pdf](http://www.elf52.daeln.com.br/Labs/GPIO_IRQ.pdf)
- 📖 Exercício 2: Gpio2.zip – Assistir o vídeo da disciplina remota:
  - 📖 Abrir o *link* para *download* da disciplina remota.
  - 📖 Após fazer o *download*, descompactar tudo.



..\Tópico 07 - GPIO\07-Exercício2.mp4



- GPIO

- Referências



# GPIO

## Vídeos - Passo a Passo:

- 📖 **IMPORTANTE:** Verificar os exemplos feitos em:
- 📖 **GPIO1 e GPIO2** - <http://www.elf52.daeln.com.br/Labs/GPIO.pdf>
- 📖 **GPIO3 e GPIO4** - [http://www.elf52.daeln.com.br/Labs/GPIO\\_IRQ.pdf](http://www.elf52.daeln.com.br/Labs/GPIO_IRQ.pdf)
- 📖 Exercício 3: Gpio4.zip – Assistir o vídeo da disciplina remota:
  - 📖 Abrir o *link* para *download* da disciplina remota.
  - 📖 Após fazer o *download*, descompactar tudo.



.\Tópico 08 - Interrupções\06-Exemplo.mp4

**Obs:** o Gpio4.zip é praticamente o Lab04 ...



- GPIO

- Referências



# Referências:



- GPIO

- Referências

Atividade Prática 3:  
Adaptado por Prof. DaLuz

[http://www.elf52.daeln.com.br/Labs/Laboratorio\\_AP3.pdf](http://www.elf52.daeln.com.br/Labs/Laboratorio_AP3.pdf)

Atividade Prática 4:  
Adaptado por Prof. DaLuz

[http://www.elf52.daeln.com.br/Labs/Laboratorio\\_AP4.pdf](http://www.elf52.daeln.com.br/Labs/Laboratorio_AP4.pdf)

▣ \* Refs ↔ Renesas.com, Pixabay.com, wikimedia.org, flickr, community.arm.com, Undergraduated course Renesas / CWS71-Sistemas Embarcados (Prof. Douglas P. B. Renaux e Robson Linhares), ytchannel Gustavo W. Dernardin, *ARMv7-M Architecture Reference Manual*, CSW40-Sistemas Microcontrolados – Prof. Peron, [toshiba.semicon-storage.com](http://toshiba.semicon-storage.com), [microncontrollerslab.com](http://microncontrollerslab.com), [lfelectronics.com.br](http://lfelectronics.com.br)