

# Assembly AVR

Registradores I/O

Prof. Roberto de Matos

[roberto.matos@ifsc.edu.br](mailto:roberto.matos@ifsc.edu.br)



**INSTITUTO  
FEDERAL**  
Santa Catarina

---

Câmpus  
São José

# Objetivos

# Objetivo

- Conhecer os registradores de entrada e saída (I/O)
- Entender as instruções `in`, `out`, `cbi`, `sbi`, `sbic` e `sbis`
- Utilizar a diretiva `.INCLUDE` para facilitar a codificação.

## Referências:

- Datasheet do ATmega328p
- Manual online do montador
- Manual do conjunto de instruções do AVR



# Motivação

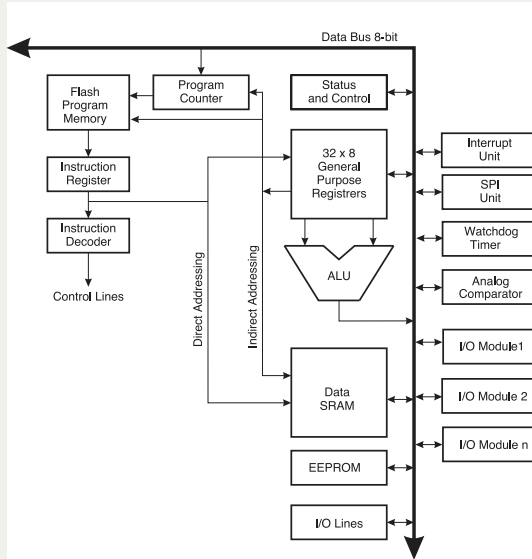
# O que define um controlador?

- Já sabemos como processar dados:
  - Precisamos trazer as informações para os registradores da CPU (R0 a R31)
  - Utilizar as instruções lógicas e aritméticas
- Mas como interagir com o mundo externo?
- Como podemos controlar periféricos?

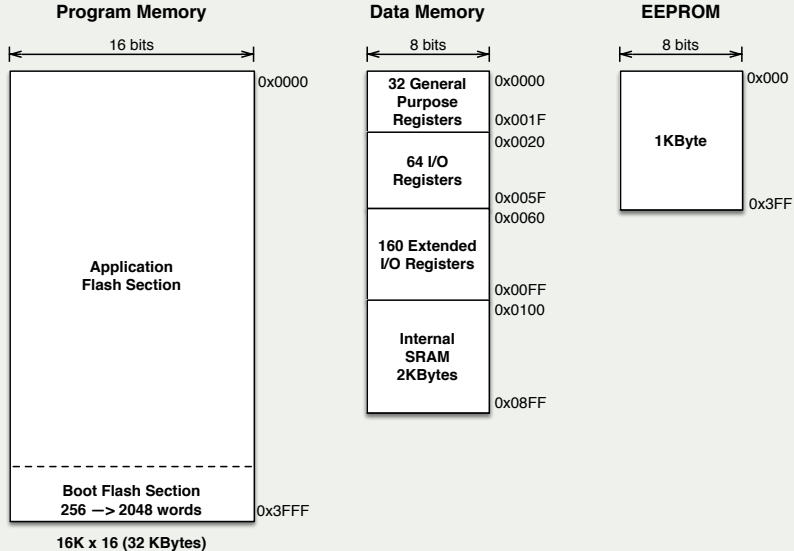


Relembrando ...

# Núcleo do AVR



# Memórias ATmega328p





# Registradores de I/O

# O que são os registradores de I/O?

Painel de controle e de estado do microcontrolador.



# Cockpit 757 (Fonte e detalhes por Kent Wien)



# Registradores de I/O do ATmega328p

■ Todos:

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
0x0F (0x0F)	SREG	I	T	H	S	V	N	Z	C
0x0E (0x0E)	SPH	-	-	-	-	-	(SP10)	SP9	SP8
0x0D (0x0D)	SPL	SP7	SP6	SP5	SP4	SP3	SP2	SP1	SP0
0x0C (0x0C)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-
0x0B (0x0B)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-
0x0A (0x0A)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-
0x09 (0x09)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-
0x08 (0x08)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-
0x07 (0x07)	SPRCSR	SPRSE	(RW)SPR2	SPRSD	(RW)SPR0	BLSRST	PCSRWT	PCSRIS	SPRSM
0x06 (0x06)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-
0x05 (0x05)	MCUCR	-	BODS	BODSE	PUD	-	-	IVSEL	MCE
0x04 (0x04)	MCLR	-	-	-	-	WDRF	BORF	EXTRF	PORF
0x03 (0x03)	SMCR	-	-	-	-	SM2	SM1	SM0	SE
0x02 (0x02)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-
0x01 (0x01)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-
0x00 (0x00)	ACSR	ACD	ACBG	ACO	AC1	AC0E	AC1C	AC0S1	AC0S0
0x0F (0x0F)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-
0x0E (0x0E)	SPDR	-	-	-	-	SPI Data Register			
0x0D (0x0D)	SPSR	SPIF	WCOL	-	-	-	-	-	SPIF2
0x0C (0x0C)	SPOR	SPH	SPE	DOR0	MSTR	OPOL	CPHA	SPH1	SPH0
0x0B (0x0B)	SPDR2	General Purpose IO Register 2							
0x0A (0x0A)	SPDR1	General Purpose IO Register 1							
0x09 (0x09)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-
0x08 (0x08)	OCR0B	Timer/Counter0 Output Compare Register B							
0x07 (0x07)	OCR0A	Timer/Counter0 Output Compare Register A							
0x06 (0x06)	TCNT0	Timer/Counter0 (8-bit)							
0x05 (0x05)	TCCR0B	FOC0A	FOC0B	-	-	WM0G	CS00	CS01	CS02
0x04 (0x04)	TCCR0A	COM0A1	COM0A0	COM0B1	COM0B0	-	-	WM0S1	WM0S0
0x03 (0x03)	OTCCR	TSM	-	-	-	-	-	PSRASY	PSRASYNC
0x02 (0x02)	EEARH	EEPROM Address Register High Byte							
0x01 (0x01)	EEARL	EEPROM Address Register Low Byte							
0x00 (0x00)	EEDR	EEPROM Data Register							
0x0F (0x0F)	EECR	-	-	EEPW	EEPMS	EEFUSE	EEPFR	SEPE	SERF
0x0E (0x0E)	DATA0	General Purpose IO Register 0							
0x0D (0x0D)	EMSK	-	-	-	-	-	-	INT1	INT0
0x0C (0x0C)	IFR	-	-	-	-	-	-	INTF1	INTF0
0x0B (0x0B)	PCFR	-	-	-	-	-	PCF2	PCF1	PCF0
0x0A (0x0A)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-
0x09 (0x09)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-
0x08 (0x08)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-
0x07 (0x07)	TCR2	-	-	-	-	-	OCF2B	OCF2A	TOV2
0x06 (0x06)	TCR1	-	-	ICF1	-	-	OCF1B	OCF1A	TOV1
0x05 (0x05)	TCR0	-	-	-	-	-	OCF0B	OCF0A	TOV0
0x04 (0x04)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-
0x03 (0x03)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-
0x02 (0x02)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-
0x01 (0x01)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-
0x00 (0x00)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-
0x0F (0x0F)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-
0x0E (0x0E)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-
0x0D (0x0D)	PORTD	PORTD7	PORTD6	PORTD5	PORTD4	PORTD3	PORTD2	PORTD1	PORTD0
0x0C (0x0C)	DDRD	DD07	DD06	DD05	DD04	DD03	DD02	DD01	DD00
0x0B (0x0B)	PN0	PN07	PN06	PN05	PN04	PN03	PN02	PN01	PN00
0x0A (0x0A)	PORTC	-	PORTC6	PORTC5	PORTC4	PORTC3	PORTC2	PORTC1	PORTC0
0x09 (0x09)	DDRC	-	DDC6	DDC5	DDC4	DDC3	DDC2	DDC1	DDC0
0x08 (0x08)	PN1	-	PN16	PN15	PN14	PN13	PN12	PN11	PN10
0x07 (0x07)	PORTB	PORTB7	PORTB6	PORTB5	PORTB4	PORTB3	PORTB2	PORTB1	PORTB0
0x06 (0x06)	DDRB	DDB7	DDB6	DDB5	DDB4	DDB3	DDB2	DDB1	DDB0
0x05 (0x05)	PN2	-	PN26	PN25	PN24	PN23	PN22	PN21	PN20
0x04 (0x04)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-
0x03 (0x03)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-
0x02 (0x02)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-
0x01 (0x01)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-
0x00 (0x00)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-

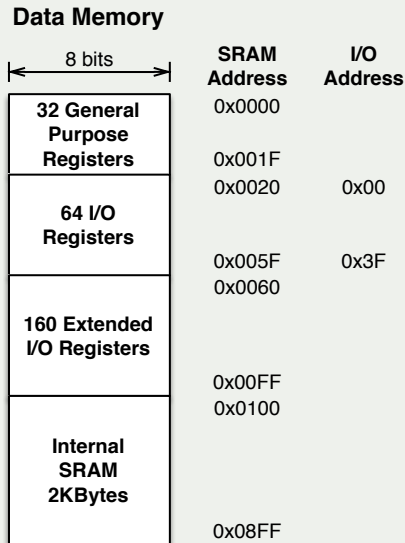


# Registradores de I/O do ATmega328p

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
0x3F (0x5F)	SREG	I	T	H	S	V	N	Z	C
0x3E (0x5E)	SPH	—	—	—	—	—	(SP10)	SP9	SP8
0x3D (0x5D)	SPL	SP7	SP6	SP5	SP4	SP3	SP2	SP1	SP0
0x37 (0x57)	SPMCSR	SPMIE	(RWWSB)	SIGRD	(RWWSRE)	BLBSET	PGWRT	PGERS	SPMEN
0x35 (0x55)	MCUCR	—	BODS	BODSE	PUD	—	—	IVSEL	IVCE
0x34 (0x54)	MCUSR	—	—	—	—	WDRF	BORF	EXTRF	PORF
0x33 (0x53)	SMCR	—	—	—	—	SM2	SM1	SM0	SE
0x30 (0x50)	ACSR	ACD	ACBG	ACO	ACI	ACIE	ACIC	ACIS1	ACIS0
0x2E (0x4E)	SPDR	SPI Data Register							
0x2D (0x4D)	SPSR	SPIF	WCOL	—	—	—	—	—	SPI2X
0x2C (0x4C)	SPCR	SPIE	SPE	DORD	MSTR	CPOL	CPHA	SPR1	SPR0
0x2B (0x4B)	GPIOR2	General Purpose I/O Register 2							
0x2A (0x4A)	GPIOR1	General Purpose I/O Register 1							
0x28 (0x48)	OCR0B	Timer/Counter0 Output Compare Register B							
0x27 (0x47)	OCR0A	Timer/Counter0 Output Compare Register A							
0x26 (0x46)	TCNT0	Timer/Counter0 (8-bit)							
0x25 (0x45)	TCCR0B	FOC0A	FOC0B	—	—	WGM02	CS02	CS01	CS00
0x24 (0x44)	TCCR0A	COM0A1	COM0A0	COM0B1	COM0B0	—	—	WGM01	WGM00
0x23 (0x43)	GTCCR	TSM	—	—	—	—	—	PSRASY	PSRSYNC
0x22 (0x42)	EEARH	(EEPROM Address Register High Byte)							
0x21 (0x41)	EEARL	EEPROM Address Register Low Byte							
0x20 (0x40)	EEDR	EEPROM Data Register							
0x1F (0x3F)	EECR	—	—	EEPM1	EEPM0	EERIE	EEMPE	EEPE	EERE
0x1E (0x3E)	GPIOR0	General Purpose I/O Register 0							
0x1D (0x3D)	ELSK	—	—	—	—	—	—	INT1	INT0
0x1C (0x3C)	EIFR	—	—	—	—	—	—	INTF1	INTF0
0x1B (0x3B)	PCIFR	—	—	—	—	—	PCIF2	PCIF1	PCIF0
0x17 (0x37)	TIFR2	—	—	—	—	—	OCF2B	OCF2A	TOV2
0x16 (0x36)	TIFR1	—	—	ICF1	—	—	OCF1B	OCF1A	TOV1
0x15 (0x35)	TIFR0	—	—	—	—	—	OCF0B	OCF0A	TOV0
0x0B (0x2B)	PORTD	PORTD7	PORTD6	PORTD5	PORTD4	PORTD3	PORTD2	PORTD1	PORTD0
0x0A (0x2A)	DDRD	DDD7	DDD6	DDD5	DDD4	DDD3	DDD2	DDD1	DDD0
0x09 (0x29)	PIND	PIND7	PIND6	PIND5	PIND4	PIND3	PIND2	PIND1	PIND0
0x08 (0x28)	PORTC	—	PORTC6	PORTC5	PORTC4	PORTC3	PORTC2	PORTC1	PORTC0
0x07 (0x27)	DDRC	—	DDC6	DDC5	DDC4	DDC3	DDC2	DDC1	DDC0
0x06 (0x26)	PINC	—	PINC6	PINC5	PINC4	PINC3	PINC2	PINC1	PINC0
0x05 (0x25)	PORTB	PORTB7	PORTB6	PORTB5	PORTB4	PORTB3	PORTB2	PORTB1	PORTB0
0x04 (0x24)	DDRB	DDB7	DDB6	DDB5	DDB4	DDB3	DDB2	DDB1	DDB0
0x03 (0x23)	PINB	PINB7	PINB6	PINB5	PINB4	PINB3	PINB2	PINB1	PINB0

■ Válidos:





- 64 registradores de controle e estado (*status*). Podem ser acessados com as instruções *in/out*
- A disponibilidade depende do hardware da família/dispositivo.
- Registradores marcados como reservados não devem ser escritos.
- Existem outros registradores na área estendida. Esses registradores são acessados como *SRAM* (*lds/sts*).

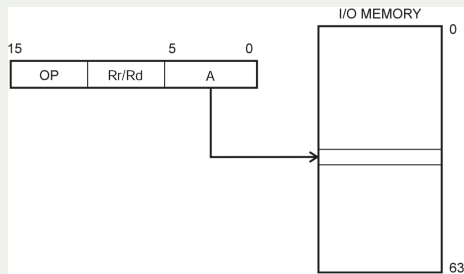


<b>Mnemonic</b>	<b>Descrição</b>
in	lê um registrador de I/O
out	escreve em um registrador de I/O
cbi	zera um bit de um registrador de I/O
sbi	seta um bit de um registrador de I/O
sbic	salta se o bit do um registrador de I/O é zero
sbis	salta se o bit do um registrador de I/O é um



# Movimentando dados

- Endereçamento de I/O Direto
- Movimentação de leitura e escrita intermediada pelos 32 registradores de uso geral.



## Exemplo:

```
1 INC R0      ; Incrementa R0
2 OUT 0x1E, R0 ; Escreve no GPIORO (0x1E) o R0
3 IN R1, 0x1E  ; Lê do GPIORO (0x1E) para o R1
```

## Sintaxe:

■ `in Rd, A` ;  $Rd \leftarrow A$

■ `out A, Rr` ;  $A \leftarrow Rr$

## Onde:

■  $0 \leq r/d \leq 31$

■  $0 \leq A \leq 63$





# Instruções bit a bit

- Setar e zerar um bit diretamente.
- Funciona somente nos registradores de I/O “baixos”, ou seja, os primeiros 32 registradores.

## ■ Sintaxe:

■ `cbi A, b` ;  $I/O(A, b) \leftarrow 0$

■ `sbi A, b` ;  $I/O(A, b) \leftarrow 1$

## ■ Onde:

■  $0 \leq A \leq 31$

■  $0 \leq b \leq 7$

## ■ Exemplo:

```
1 SBI 0x04, 5 ; Seta o bit 5 do registrador DDRB (0x04)
2 CBI 0x04, 5 ; Reseta o bit 5 do registrador DDRB (0x04)
```

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
0x04 (0x24)	DDB7	DDB6	DDB5	DDB4	DDB3	DDB2	DDB1	DDB0	DDRB
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	



- Testa um único bit do registrador de I/O e salta a próxima instrução dependendo do estado do bit:
  - sbic: salta se for zero
  - sbis: salta se for um
- Funciona somente nos registradores de I/O “baixos”, ou seja, os primeiros 32 registradores.

## ■ Exemplo:

```
1 waitUM:
2   SBIS 0x09,7      ; Salta a próxima instrução se o bit 7 do registrador PIND (0x09) é UM.
3   RJMP waitUM      ; Bit 7 do PIND não setado. Salta para wait.
4 waitZERO:
5   SBIC 0x09,7      ; Salta a próxima instrução se o mesmo bit é ZERO.
6   RJMP waitZERO    ; Senão, aguarda.
7   NOP              ; Continua o programa (instrução "não faz nada")
```

## ■ Sintaxe:

- sbic A, b

- sbis A, b

## ■ Onde:

- $0 \leq A \leq 31$

- $0 \leq b \leq 7$



# Diretivas do montador<sup>a</sup>

---

<sup>a</sup> Manual online do montador

## .INCLUDE: Incluindo arquivos para montagem

- Informa ao montador para incluir um arquivo durante a montagem.
- No primeiro formato (" ") o montador primeiro procura no diretório local no segundo não.
- Pode ser utilizado para incluir o arquivo com as definições dos nomes dos registradores.

### ■ Sintaxe:

```
.INCLUDE "filename"
```

```
.INCLUDE <filename>
```



# .INCLUDE: Exemplo

## ■ Antes:

```
1 ; SEM INCLUDE
2
3 start:
4 ; Exemplo in/out
5 INC R0           ; Incrementa R0
6 OUT 0x1E, R0     ; Escreve no GPIORO (0x1E) o R0
7 IN R1, 0x1E      ; Lê do GPIORO (0x1E) para o R1
8
9 ; Exemplo sbi/cbi
10 SBI 0x04, 5      ; Seta o bit 5 do registrador DDRB (0x04)
11 CBI 0x04, 5      ; Reseta o bit 5 do registrador DDRB (0x04)
12
13 ; Exemplo sbis/sbic
14 waitUM:
15 SBIS 0x09,7      ; Salta a próxima instrução se o bit 7 do PIND (0x09) é UM.
16 RJMP waitUM      ; Bit 7 do PIND não setado. Salta para wait.
17 waitZERO:
18 SBIC 0x09,7      ; Salta a próxima instrução se o mesmo bit é ZERO.
19 RJMP waitZERO    ; Senão, aguarda.
20 NOP              ; Continua o programa (instrução "não faz nada")
21
22 RJMP start
```

## ■ Depois:

```
1 .INCLUDE <m328Pdef.inc>
2
3 start:
4 ; Exemplo in/out
5 INC R0
6 OUT GPIORO, R0
7 IN R1, GPIORO
8
9 ; Exemplo sbi/cbi
10 SBI DDRB, 5
11 CBI DDRB, 5
12
13 ; Exemplo sbis/sbic
14 waitUM:
15 SBIS PIND,7
16 RJMP waitUM
17 waitZERO:
18 SBIC PIND,7
19 RJMP waitZERO
20 NOP
21
22 RJMP start
```



# Experimentos

- Simule todos os trechos de códigos apresentados.
- Encontre o arquivo “m328Pdef.inc” no seu sistema e responda as questões.



FIM!