

Microprocessadores e Aplicações

Acetatos de apoio às aulas teóricas

Ana Cristina Lopes
Dep. Engenharia Electrotécnica
<http://orion.ipt.pt> anacris@ipt.pt

● Introd. Programação do PIC18

Contr. Perif. Status Bits

Portos de I/O

Registos de Configuração

Introd. à Programação

1. Acesso controlo de periféricos e bits de estado;
2. Portos de I/O;
3. Registos de configuração;
4. Iniciação à programação em C;
5. Introdução às interrupções;

● Introd. Programação do PIC18F458

Contr. Perif. Status Bits

● **Contr. Perif. Bits Estado**

Portos de I/O

Registos de Configuração

Introd. à Programação

Todos os registos e bits de configuração associados ao controlo dos vários periféricos de cada microcontrolador estão definidos no ficheiro:

<PROCESSADOR>.h

No caso do PIC18F458 o ficheiro que deve ser incluído no início de cada programa será:

p18fXXX.h

Para aceder aos bits dos registos associados a cada periférico:

<nome do registo>bits.<nome do bit>

Exemplo - Aceder ao bit GIEH do registo INTCON:

INTCONbits.GIEH

Para aceder a um registo completo basta escrever o nome do ficheiro:

INTCON

● Introd. Programação do PIC18F458

Contr. Perif. Status Bits

Portos de I/O

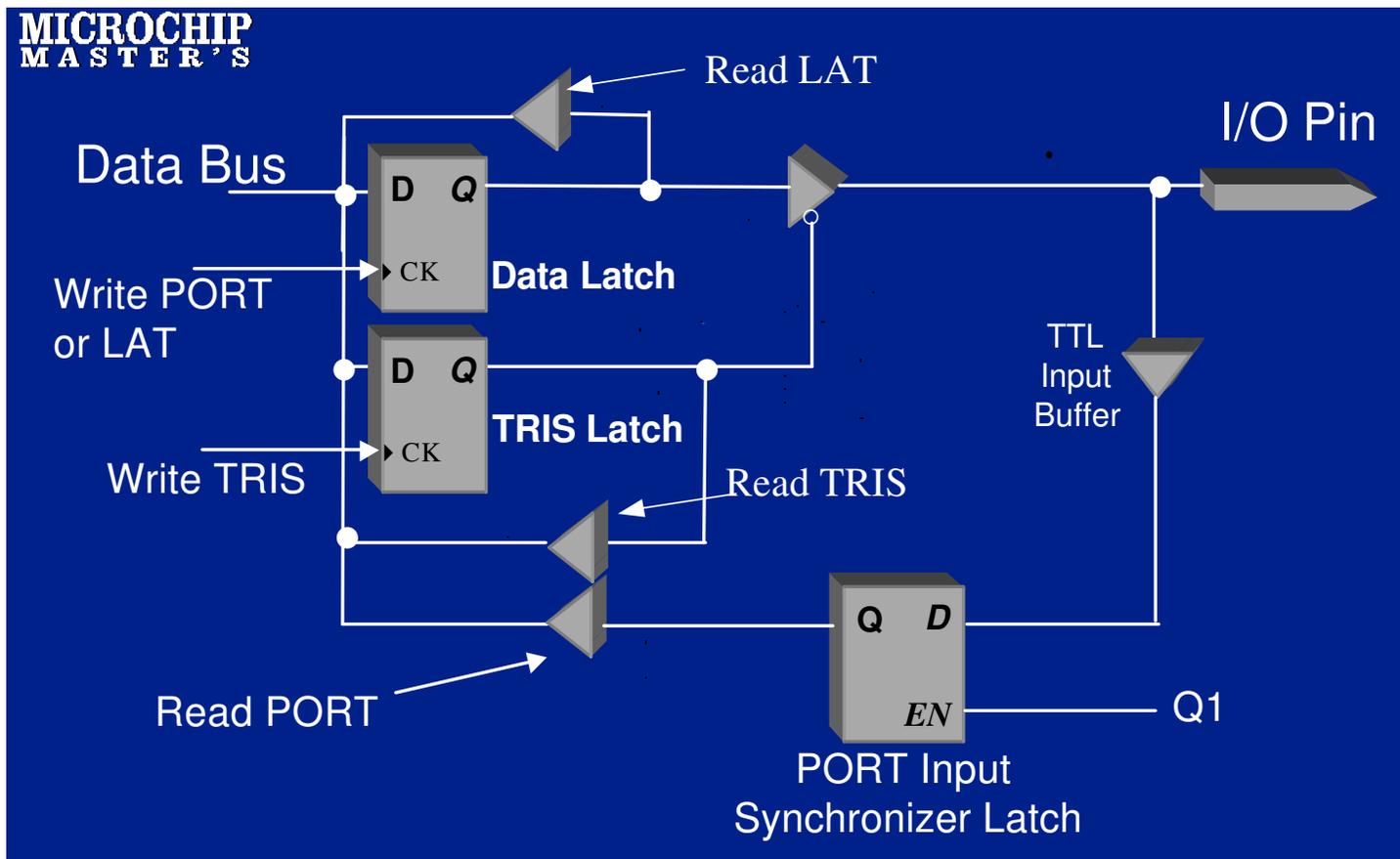
● Portos de I/O

Registos de Configuração

Introd. à Programação

- O PIC18F458 tem 5 portos de I/O;
- Grande parte dos pinos de I/O estão multiplexados com funções alternativas associadas aos periféricos do microcontrolador;
- Regra geral, sempre que um periférico está activo, os pinos que lhes estão associados não podem ser utilizados como pinos genéricos de I/O;
- Cada porto tem três registos associados:
 - ◆ Registo TRIS - registo que indica se os pinos são entradas ou saídas;
 - ◆ Registo PORT - registo utilizado para leitura dos pinos;
 - ◆ Registo LAT - registo utilizado para operações de *read-modify-write*;
Nota: o registo PORT também é utilizado na escrita dos portos.

A Figura seguinte mostra o diagrama de blocos genérico dos pinos dos portos do microcontrolador PICF458.



PORTA é um registo de 7 bits associado ao porto A bidireccional.

O registo que define cada entrada do porto A como entrada ou saída é o registo TRISA:

- 1 - corresponde a entrada (valor por defeito após um *power-on reset*);
- 0 - corresponde a uma saída - coloca os conteúdos do latch de saída nos pinos;

Como configurar os pinos do porto A como entradas ou saídas:

TRISAbits.TRISA5 = 0; RA5 é definido como saída

TRISA = 0b11110000; RA0:3 definidas como saídas e RA4:7 como entradas.

● Introd. Programação do PIC18F458 A tabela seguinte ilustra as diversas funções do Porto A:

Contr. Perif. Status Bits

Portos de I/O

● Portos de I/O

Registos de Configuração

Introd. à Programação

Nome	Bit#	Função
RA0/AN0/ CV_{REF}	bit0	I/O, entrada analógica ou saída do comparador analógico com tensão de referência
RA1/AN1	bit1	I/O, entrada analógica
RA2/AN2/ V_{REF-}	bit2	I/O, entrada analógica ou V_{REF-}
RA3/AN3/ V_{REF+}	bit3	I/O, entrada analógica ou V_{REF+}
RA4/TOCKI	bit4	I/O, entrada externa de relógio para Timer0
RA5/AN4/ \overline{SS} /LVDIN	bit5	I/O, entrada analógica, entrada de selecção de escravo para porta série síncrona ou entrada de detecção de tensão baixa
RA6/OSC2/CLK0/	bit6	I/O, Saída do oscilador

- Introd. Programação do PIC18F458

Contr. Perif. Status Bits

Portos de I/O

● Portos de I/O

Registos de Configuração

Introd. à Programação

As tabelas seguintes (nibbles mais e menos significativos) ilustra os registos associados com o porto A:

Nome	Bit7	Bit6	Bit5	Bit4
PORTA	RA7	RA6	RA5	RA4
LATA	Bit7	Bit6	Bit5	Bit4
TRISA	Bit7	Bit6	Bit5	Bit4
ADCON1	ADFM	ADCS2	-	-

Nome	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0
PORTA	RA3	RA2	RA1	RA0
LATA	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0
TRISA	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0
ADCON1	PCFG3	PCFG2	PCFG1	PCFG0

PORTB é um registo de 8 bits associado ao porto B bidireccional.

O registo que define cada entrada do porto B como entrada ou saída é o registo TRISB:

- 1 - corresponde a entrada (valor por defeito após um *power-on reset*);
- 0 - corresponde a uma saída;

A configuração dos pinos do porto B como entradas ou saídas é igual ao porto A:

- Cada pino do porto B tem uma pull-up interna fraca;
- Existe um bit the controlo, \overline{RBPU} , do registo INTCON2, que quando é limpo coloca todas as pull-up internas activas;
- Estas pull-ups são desligadas sempre que os pinos são configurados como saídas, estas também são desactivadas após um power-on reset;

● Introd. Programação do PIC18F458 A Figura seguinte mostra o diagrama de blocos dos pinos do Porto B.

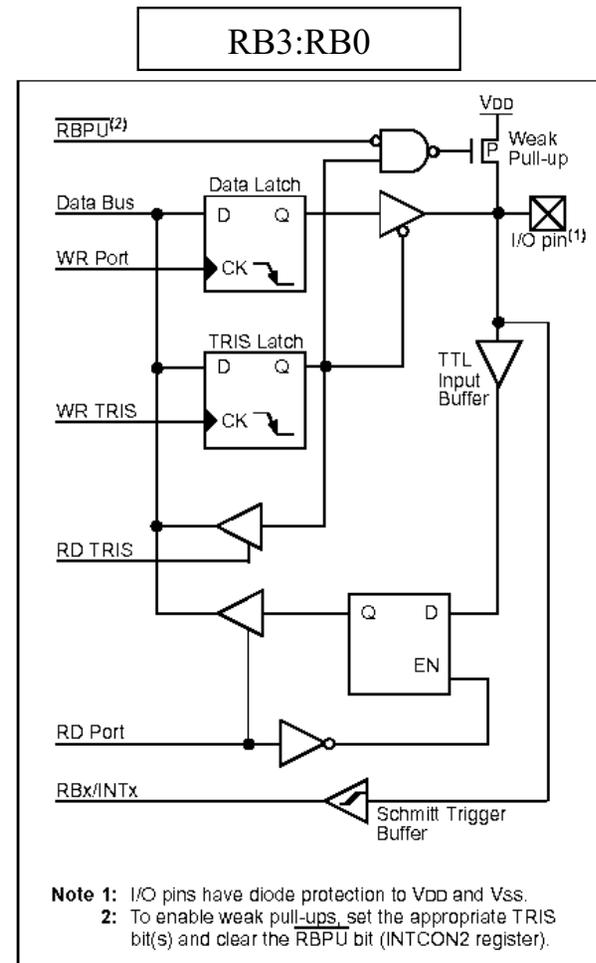
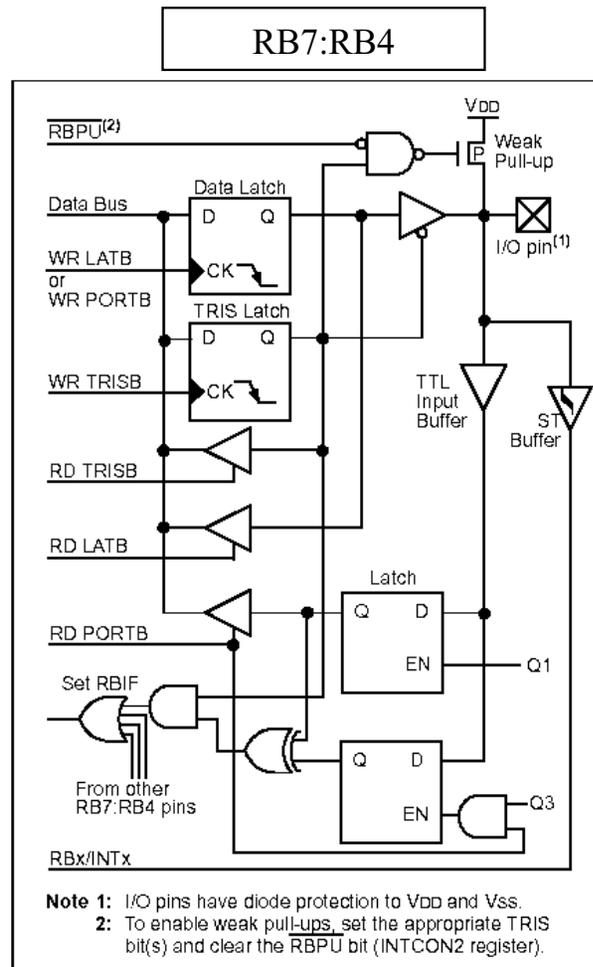
Contr. Perif. Status Bits

Portos de I/O

● Portos de I/O

Registos de Configuração

Introd. à Programação



- Quatro pinos do Porto B (RB7:RB4) têm capacidade de gerar uma interrupção sempre que o seu nível é alterado;
- A interrupção mencionada só ocorre se os pinos estiverem configurados como entradas;
- Geração da interrupção:
 - ◆ O nível dos pinos de entrada RB7:RB4 são comparados com o valor do latch (valor do pino imediatamente anterior);
 - ◆ A comparação entre os dois níveis é feita com um EX-OR que, caso estes sejam diferentes, fica a "1" e faz "despertar" a interrupção;
 - ◆ Note-se que cada sinal proveniente da comparação de cada um dos quatro pinos é colocado nas quatro entradas de uma porta OU.
 - ◆ Basta que uma das entradas fique a 1 o bit RBIF (RB Port Change Interrupt Flag) fica activa a 1 (flag do registo INTCON correspondente às interrupções geradas pela alteração do nível de entrada das entradas RB7:4) e a interrupção é gerada.

A tabela seguinte ilustra as diversas funções do Porto B:

Nome	Bit#	Função
RB0/INT0	bit0	I/O, entrada para interrupção externa 0
RB1/INT1	bit1	I/O, entrada para interrupção externa 1
RB2/CANTX/INT2	bit2	I/O, pino de transmissão do CAN Bus, entrada para interrupção externa 2
RB3/CANRX	bit3	I/O, pino de recepção do CAN Bus
RB4	bit4	I/O com interrupção sempre que há alteração no nível do pino (apenas se o pino for entrada)
RB5/PGM	bit5	I/O com interrupção sempre que há alteração no nível do pino (apenas se o pino for entrada) ou low-voltage serial programming enable
RB6/PGC	bit6	I/O com interrupção sempre que há alteração no nível do pino (apenas se o pino for entrada) ou serial programming clock
RB7PGD	bit7	I/O com interrupção sempre que há alteração no nível do pino (apenas se o pino for entrada) ou serial programming data.

- Introd. Programação do PIC18F458

Contr. Perif. Status Bits

Portos de I/O

● Portos de I/O

Registos de Configuração

Introd. à Programação

As tabelas seguintes (nibbles mais e menos significativos) ilustra os registos associados com o porto B:

Nome	Bit7	Bit6	Bit5	Bit4
PORTB	RB7	RB6	RB5	RB4
LATB	Bit7	Bit6	Bit5	Bit4
TRISB	Bit7	Bit6	Bit5	Bit4
INTCON	GIE/GIEH	PEIE/GIEL	TMR0IE	INT0IE
INTCON2	\overline{RBPU}	INTEDG0	INTEDG1	-
INTCON3	INT2IP	INT1IP	-	INT2IE

Nome	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0
PORTB	RB3	RB2	RB1	RB0
LATB	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0
TRISB	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0
INTCON	RBIE	TMR0IF	INT0IF	RBIF
INTCON2	-	TMR0IP	-	RBIP
INTCON3	INT1IE	-	INT2IF	INT1IF

● Introd. Programação do PIC18F458

Contr. Perif. Status Bits

Portos de I/O

● Portos de I/O

Registos de Configuração

Introd. à Programação

PORTC é um registo de 8 bits associado ao porto C bidireccional.

O registo que define cada entrada do porto C como entrada ou saída é o registo TRISC:

- 1 - corresponde a entrada (valor por defeito após um *power-on reset*);
- 0 - corresponde a uma saída - coloca os conteúdos do latch de saída nos pinos;

A configuração do porto C como entrada ou saída é idêntica aos casos anteriores

O porto C encontra-se multiplexado com várias funções associadas aos diversos periféricos do microcontrolador. Deve-se ter em atenção que alguns periféricos passam por cima da configuração do registo TRIS para forçar o pino a uma entrada e outros passam por cima do registo TRIS e forçam o pino a uma saída. A Tabela seguinte mostra quais os periféricos que ignoram o registo TRIS.

● Introd. Programação do PIC18F458

Contr. Perif. Status Bits

Portos de I/O

● Portos de I/O

Registos de Configuração

Introd. à Programação

Pino	IGNORA TRIS	Periférico
RC0	Sim	Saída Oscilador Timer1 ou Entrada de relógio para Timer1/Timer3
RC1	Sim	Entrada Oscilador para Timer1
RC2	Não	-
RC3	Sim	SPI/ I2C Master Clock
RC4	Sim	Saída de Dados I2C
RC5	Sim	Saída de Dados SPI
RC6	Sim	USART ASYNC XMIT, Sync Clock
RC7	Sim	Saída de dados síncrona USART

● Introd. Programação do PIC18F458 A tabela seguinte ilustra as funções do Porto C:

Contr. Perif. Status Bits

Portos de I/O

● Portos de I/O

Registos de Configuração

Introd. à Programação

Nome	Bit#	Função
RC0/T1OSO/T1CKI	bit0	I/O, saída oscilador Timer1 ou entrada de relógio para Timer1/Timer3
RC1/T1OSI	bit1	I/O, entrada oscilador para Timer1
RC2/CCP1	bit2	I/O, entrada Capture1 ou saída Compare1 ou saída PWM1
RC3/SCK/SCL	bit3	I/O, relógio síncrono série para SPI e I2C
RC4/SDI/SDA	bit4	I/O, entrada de dados SPI (modo SPI) ou dados I/O (modo I2C)
RC5/SDO	bit5	I/O, saída de dados SPI
RC6/TX/CK/	bit6	I/O, transmissão USART ou relógio síncrono USART
RC7/RX/DT/	bit6	I/O, recepção USART ou dados síncrono USART

● Introd. Programação do PIC18F458 Os registos associados ao Porto C são apenas:

Contr. Perif. Status Bits

Portos de I/O

● Portos de I/O

Registos de Configuração

Introd. à Programação

■ PORTC;

■ LATC;

■ TRISC.

PORTD é um registo de 8 bits associado ao porto D bidireccional.

O registo que define cada entrada do porto D como entrada ou saída é o registo TRISD:

- 1 - corresponde a entrada (valor por defeito após um *power-on reset*);
- 0 - corresponde a uma saída - coloca os conteúdos do latch de saída nos pinos;

A configuração do porto D como entrada ou saída é idêntica aos casos anteriores.

O porto D pode ainda ser utilizado como PSP (*Parallel Slave Port*). Para tal, o bit de controlo PSPMODE (bit4 do registo TRISE) deve ser colocado a 1.

O porto D encontra-se ainda multiplexado com o módulo de comparação analógica e com o módulo ECCP.

● Introd. Programação do PIC18F458

A tabela seguinte ilustra as funções do Porto D:

Contr. Perif. Status Bits

Portos de I/O

● Portos de I/O

Registos de Configuração

Introd. à Programação

Nome	Bit#	Função
RD0/PSP0/C1IN+	bit0	I/O, bit 0 do PSP ou entrada do comparador1
RD1/PSP1/C1IN-	bit1	I/O, bit 1 do PSP ou entrada do comparador1
RD2/PSP2/C2IN+	bit2	I/O, bit 2 do PSP ou entrada do comparador2
RD3/PSP3/C2IN-	bit3	I/O, bit 3 do PSP ou entrada do comparador2
RD4/PSP4/ECCP1/P1A	bit4	I/O, bit 4 do PSP ou ECCP1 ou pino P1A
RD5/PSP5/P1B	bit5	I/O, bit 5 do PSP ou pino P1B
RD6/PSP6/P1C	bit6	I/O, bit 6 do PSP ou pino P1C
RD7/PSP7/P1D	bit6	I/O, bit 7 do PSP ou pino P1D

● Introd. Programação do PIC18F458 Os registos associados ao Porto D são:

Contr. Perif. Status Bits

Portos de I/O

● Portos de I/O

Registos de Configuração

Introd. à Programação

- PORTD;
- LATD;
- TRISD;
- TRISE, devido à configuração do PSP.

PORTE é um registo de 3 bits associado ao porto E bidireccional.

O registo que define cada entrada do porto E como entrada ou saída é o registo TRISE<2:0>:

- 1 - corresponde a entrada (valor por defeito após um *power-on reset*);
- 0 - corresponde a uma saída - coloca os conteúdos do latch de saída nos pinos;

A configuração do porto E como entrada ou saída é idêntica aos casos anteriores.

O registo TRISE também é responsável por controlar a operação do PSP através do nibble mais significativo do registo TRISE.

Sempre que o modo PSP está activo, os pinos do Porto E funcionam como as suas entradas de controlo.

O porto E encontra-se ainda multiplexado com entradas do conversor A/D e saídas do comparador analógico. Os pinos têm de estar configurados como entradas se estiverem a ser utilizados como entradas analógicas.

● Introd. Programação do PIC18F458 A tabela seguinte ilustra as funções do Porto E:

Contr. Perif. Status Bits

Portos de I/O

● Portos de I/O

Registos de Configuração

Introd. à Programação

Nome	Bit#	Função
RE0/AN5/ \overline{RD}	bit0	I/O, ou entrada analógica ou entrada de controlo leitura do PSP
RE1/AN6/ \overline{WR} /C1OUT	bit1	I/O, ou entrada analógica ou entrada de controlo escrita do PSP ou saída do comparador1
RE2/AN7/ \overline{CS} /C2OUT	bit2	I/O, ou entrada analógica ou entrada de controlo do PSP ou saída do comparador2

● Introd. Programação do PIC18F458 Os registos associados ao Porto E são:

Contr. Perif. Status Bits

Portos de I/O

● Portos de I/O

Registos de Configuração

Introd. à Programação

■ PORTE;

■ LATE;

■ TRISE;

As tabelas seguintes (nibbles mais e menos significativos) ilustra o registo TRISE:

Nome	Bit7	Bit6	Bit5	Bit4
TRISE	IBF	OBF	IBOV	PSPMODE

Nome	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0
TRISE	-	TRISE2	TRISE1	TRISE0

● Introd. Programação do PIC18F458

Contr. Perif. Status Bits

Portos de I/O

Registos de Configuração

● Registos de Configuração

Introd. à Programação

Os bits dos registos de configuração (CONFIG) podem ser ou não programados, por forma a seleccionar determinadas configurações do dispositivo.

Estes registos estão situados na memória de programa a partir do endereço 300000h, estando este último para além da zona de memória de programa.

De facto, os endereços correspondentes aos registos CONFIG (300000-3FFFFFF) estão situados numa zona designada por zona de memória de configuração, podendo apenas ser acedidos por instruções de leitura e escrita de tabelas (TBLRD e TBLWT).

A Tabela seguinte mostra os conteúdos dos registos de configuração associados ao PICF458.

● Introd. Programação do PIC18F458

Contr. Perif. Status Bits

Portos de I/O

Registos de Configuração

● Registos de Configuração

Introd. à Programação

File Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Default/ Unprogrammed Value
300001h CONFIG1H	—	—	OSCSEN	—	—	FOSC2	FOSC1	FOSC0	--1- -111
300002h CONFIG2L	—	—	—	—	BORV1	BORV0	BOREN	PWRTEN	---- 1111
300003h CONFIG2H	—	—	—	—	WDTPS2	WDTPS1	WDTPS0	WDTEN	---- 1111
300006h CONFIG4L	DEBUG	—	—	—	—	LVP	—	STVREN	1--- -1-1
300008h CONFIG5L	—	—	—	—	CP3	CP2	CP1	CP0	---- 1111
300009h CONFIG5H	CPD	CPB	—	—	—	—	—	—	11-- ----
30000Ah CONFIG6L	—	—	—	—	WRT3	WRT2	WRT1	WRT0	---- 1111
30000Bh CONFIG6H	WRTD	WRTB	WRTC	—	—	—	—	—	111- ----
30000Ch CONFIG7L	—	—	—	—	EBTR3	EBTR2	EBTR1	EBTR0	---- 1111
30000Dh CONFIG7H	—	EBTRB	—	—	—	—	—	—	-1-- ----
3FFFFEh DEVID1	DEV2	DEV1	DEV0	REV4	REV3	REV2	REV1	REV0	(1)
3FFFFFh DEVID2	DEV10	DEV9	DEV8	DEV7	DEV6	DEV5	DEV4	DEV3	0000 1000

Sintaxe:

_config < termo > ou _config < endereço >, < termo >

Exemplo: Definir o tipo de oscilador e a utilização do watchdog e do circuito de reset interno.

_CONFIG_CP_OFF & _WDT_OFF & PWRTEN_ON & _XT_OSC

Como realizar a configuração destes registos?

Hipótese 1: Criar um ficheiro CONFIG.asm (tal como no exemplo seguinte) e incluir no projecto.

```
#include p18f458
__CONFIG _CONFIG1L,0xFF
__CONFIG _CONFIG1H,_OSCS_OFF_1H&_HSPLL_OSC_1H
__CONFIG _CONFIG2L,_BOR_OFF_2L&_BORV_20_2L&_PWRT_OFF_2L
__CONFIG _CONFIG2H,_WDT_OFF_2H&_WDTPS_128_2H
__CONFIG _CONFIG3L,0xFF
__CONFIG _CONFIG3H,_CCP2MX_OFF_3H
__CONFIG _CONFIG4L,_STVR_ON_4L&_LVP_OFF_4L&_DEBUG_OFF_4L
__CONFIG _CONFIG4H,0xFF
__CONFIG _CONFIG5L,_CP0_OFF_5L&_CP1_OFF_5L&_CP2_OFF_5L&_CP3_OFF_5L
__CONFIG _CONFIG5H,_CPB_OFF_5H&_CPD_OFF_5H
__CONFIG _CONFIG6L,_WRT0_OFF_6L&_WRT1_OFF_6L&_WRT2_OFF_6L&_WRT3_OFF_6L
__CONFIG _CONFIG6H,_WRTC_OFF_6H&_WRTB_OFF_6H&_WRTD_OFF_6H
__CONFIG _CONFIG7L,_EBTR0_OFF_7L&_EBTR1_OFF_7L&_EBTR2_OFF_7L&_EBTR3_OFF_7L
__CONFIG _CONFIG7H,_EBTRB_OFF_7H
end
```

● Introd. Programação do PIC18F458

Como realizar a configuração destes registos?

Contr. Perif. Status Bits

Hipótese 2: Realizar a configuração dos registos directamente no MPLAB.

Portos de I/O

Registos de Configuração

● **Registos de Configuração**

Introd. à Programação

Como realizar a configuração destes registos?

Hipótese 3: Utilizar uma MACRO, da seguinte forma:

Primeiro é necessário perceber a utilização da directiva pragma, cuja sintaxe se apresenta de seguida:

`# pragma tipo_de_seccao`

As pragmas são declarações de secção e servem para alterar a secção actual, onde o MPLAB C18 coloca a informação associada a um determinado tipo.

Uma secção é uma porção de uma dada aplicação e que está localizada num determinado endereço de memória.

Note-se que as secções podem estar localizadas na memória de programa ou na memória de dados.

● Introd. Programação do PIC18F458 Existem dois tipos de secções para cada tipo de memória:

Contr. Perif. Status Bits

Portos de I/O

Registos de Configuração

● Registos de Configuração

Introd. à Programação

1. Memória de Programa:

- (a) code: contém as instruções executáveis;
- (b) romdata: contém variáveis e constantes;

2. Memória de dados:

- (a) udata: contém as variáveis do utilizador não inicializadas;
- (b) idata: contém as variáveis do utilizador inicializadas;

Uma secção cujo endereço é explícito através da directiva pragma denomina-se por secção absoluta.

Como realizar a configuração destes registos?

Hipótese 3: Utilização da Macro `_CONFIG_DECL` da seguinte forma:

```
#include <p18f458.h>
#pragma romdata CONFIG
_CONFIG_DECL (_CP_ON_1L,
              _OSCS_ON_1H & _OSC_LP_1H,
              _PWRT_ON_2L & _BOR_OFF_2L & _BORV_42_2L,
              _WDT_OFF_2H & _WDTPS_1_2H,
              _CCP2MUX_OFF_3H,
              _CONFIG4L_DEFAULT);

#pragma romdata

void main (void)
{
  ...
}
```

● Introd. Programação do PIC18F458

A Tabela seguinte mostra o significado da configuração anterior:

Contr. Perif. Status Bits

Portos de I/O

Registos de Configuração

● Registos de Configuração

Introd. à Programação

Configuração	Descrição
<i>_CP_ON_1L</i>	Toda a memória de programa é <i>code protected</i> , não permite leituras ou escritas externas
<i>_OSCS_ON_1H</i>	Permite a opção de trocar a fonte do relógio do sistema - da principal para uma alternativa (neste caso a principal é um oscilador de baixa frequência e a alternativa a associada ao Timer1)
<i>_SC_LP_1H</i>	Oscilador do sistema - LP
<i>_PWRT_ON_2L</i>	Power-up Timer activo
<i>_BOR_OFF_2L</i>	Brown-Out Reset desligado
<i>_BORV_42_2L</i>	A tensão de referência para BOR é 4,2V
<i>_WDT_OFF_2H</i>	Watchdog Timer desligado
<i>_WDTPS_1_2H</i>	Watchdog Timer post scale 1:1
<i>_CCP2MUX_OFF_3H</i>	I/O de CCP2 está multiplexada com RB3
<i>_CONFIG4L_DEFAULT</i>	Configuração por defeito para este byte

● Introd. Programação do PIC18F458

Contr. Perif. Status Bits

Portos de I/O

Registos de Configuração

Introd. à Programação

● Introd. Programação

Exercício 1: Escreva sequencialmente os valores de 1 até 15 nas saídas do porto B do microcontrolador PIC18F458.

Durante a configuração dos registos CONFIG, deve ter em conta os seguintes critérios:

Pretende-se uma frequência de relógio de 40MHz, e que o Brown-Out Reset, o Watchdog Timer e que a opção *Low Voltage Programming* estejam desactivados.

● Introd. Programação do PIC18F458

Contr. Perif. Status Bits

Portos de I/O

Registos de Configuração

Introd. à Programação

● Introd. Programação

Exercício 2: Realize o mesmo exercício, mas agora deve existir um atraso entre cada afectação das saídas do porto B.

Como realizar o atraso?

1. No início do programa deve incluir o ficheiro `delays.h`;
2. Neste ficheiro poderá ir buscar a instrução `"Delay10KTCYx"`;
3. A linha de instrução `Delay10KTCYx (255)` causa uma pausa de 255×10000 ciclos.