

## Aula prática N.º 2

### Objetivos

- Utilizar o *core timer* do MIPS para gerar atrasos programáveis.

### Introdução

O *core* MIPS disponível no microcontrolador PIC32 implementa, no coprocessador 0, um contador crescente de 32 bits (designado por *core timer*) atualizado a cada dois ciclos de relógio do CPU. Na placa DETPIC32 o relógio do CPU está configurado a 40 MHz, pelo que o contador é incrementado a uma frequência de relógio de 20 MHz. Isto significa que o tempo necessário para incrementar o contador desde o valor 0 até 20.000.000 é 1 segundo.

A placa DETPIC32 disponibiliza dois *system calls* para interagir com esse contador: ler o valor atual do contador (`readCoreTimer()`) e reiniciar a zero o seu valor (`resetCoreTimer()`).

### Trabalho a realizar

#### Parte I

1. O programa seguinte incrementa o valor de uma variável e, de cada vez que a variável é atualizada, o seu valor é apresentado no ecrã do PC.

```
int main(void)
{
    int counter = 0;
    while(1)
    {
        resetCoreTimer();
        while(readCoreTimer() < 200000);
        printInt(counter++, 10 | 4 << 16);    // Ver nota1
        putchar('\r');                        // cursor regressa ao inicio da linha
    }
    return 0;
}
```

- a) Qual a frequência de incremento da variável `counter`?
- b) Traduza o código C fornecido para *assembly* do MIPS, e teste-o na placa.

```
.equ    READ_CORE_TIMER, 11
.equ    RESET_CORE_TIMER, ?
.equ    PUT_CHAR, ?
.equ    PRINT_INT, ?
.data
.text
.globl  main
main:   li      $t0, 0                # counter=0
while: # while (1) {
        li      $v0, RESET_CORE_TIMER #
        syscall # resetCoreTimer()
        ...
        jr      $ra                  #
```

<sup>1</sup> O *system call* `printInt` permite formatar o resultado da impressão, através da parametrização do número mínimo de dígitos com que o valor é impresso. Essa configuração é feita nos 16 bits mais significativos do registo usado para determinar a base da representação. Por exemplo, para a impressão em decimal com 4 dígitos, o valor a colocar no registo `$a1` é `0x0004000A`, ou, em C, `(10 | 4 << 16)`.

- c) Altere sucessivamente o código que escreveu de forma a que a variável seja incrementada com uma frequência de 10 Hz, 5 Hz e de 1Hz. Teste e verifique o código para cada um desses casos.
2. O objetivo da função `delay()`, apresentada a seguir, é gerar um atraso temporal programável múltiplo de 1ms.

```
void delay(unsigned int ms)
{
    resetCoreTimer();
    while(readCoreTimer() < K * ms);
}
```

Testar a partir daqui

- a) Determine o valor da constante "K", de modo a que para "ms" igual a 1 o atraso gerado seja de 1ms (note que  $K=20 \cdot 10^6 \cdot t$ , em que "t" é o valor do atraso que se pretende gerar, em segundos).
- b) Com o valor de "K" que obteve na alínea anterior, calcule o valor máximo de atraso que é possível gerar com a função `delay()`.

Traduza para *assembly* do MIPS a função `delay()` e teste-a com diferentes valores de entrada (para o teste utilize como base o código C fornecido no ponto 1).

#### Notas:

- Para as operações de divisão devem, obrigatoriamente, ser usadas as instruções virtuais: "`div $Rdst, $Rsrc1, $Rsrc2`" ou "`rem $Rdst, $Rsrc1, $Rsrc2`".
- As funções devem obrigatoriamente ser colocadas (no segmento de código), após a função `main()`.
- Para valores de atraso que não sejam múltiplos de 1ms, a função `delay()`, tal como implementada anteriormente, não pode ser usada.

## Parte II

1. Usando como base a função `delay()`, escreva um programa em linguagem C que incremente, em ciclo infinito, 3 variáveis inteiras: a variável `cnt1` deve ser incrementada a uma frequência de 1Hz, a variável `cnt5` deve ser incrementada a uma frequência de 5Hz, e a variável `cnt10` deve ser incrementada a uma frequência de 10Hz.

O valor das 3 variáveis deve ser mostrado no ecrã, sempre na mesma linha, formatado em base 10 com 5 dígitos. Exemplo de visualização:

```
00020    00100    00200
```

**Nota:** para imprimir sempre na mesma linha deve começar por imprimir o carácter '\r', usando o *system call* `putChar()`.

2. Traduza o programa, que escreveu no ponto anterior, para *assembly* do MIPS e teste-o na placa.
3. Altere o programa de modo a que quando for premida a tecla 'A', a frequência de incremento dos contadores passe para o dobro, i.e., 2Hz, 10Hz e 20Hz. Premindo a tecla 'N', a frequência de incremento dos contadores deve voltar ao valor normal. Para a leitura do carácter utilize o *system call* `inkey()`.
4. Altere o programa que resultou do ponto anterior de modo a que quando for premida a tecla 'S', a contagem dos contadores seja suspensa e quando for premida a tecla 'R' a contagem seja retomada. Para a leitura do carácter utilize o *system call* `inkey()`.

### Exercícios adicionais

1. Considere agora a função `timeDone()` que se apresenta a seguir. Esta função permite verificar se já decorreu um determinado tempo (múltiplo de 1ms) desde a última vez que foi efetuado o seu *reset*. Caso o tempo não se tenha esgotado a função devolve o valor 0 (zero). Caso contrário devolve o número de milissegundos que decorreram desde o último *reset* ao *core timer*.

**Nota:** Este código não pode ser usado juntamente com a função `delay()`, uma vez que ambas as funções efetuam, ou podem efetuar, *reset* ao *core timer*.

```
unsigned int timeDone(int ms, unsigned char reset)
{
    unsigned int curCount;
    unsigned int retValue = 0;

    if (reset > 0)
    {
        resetCoreTimer();
    }
    else
    {
        curCount = readCoreTimer();
        if (curCount > (K * ms))
            retValue = curCount / K;
    }
    return retValue;
}
```

NOTA: use o valor de "K" que determinou no exercício 2 da parte 1.

- a) Traduza para *assembly* do MIPS a função `timeDone()` e teste-a com diferentes valores de entrada (para o teste adapte o código C fornecido no ponto 1).
2. Retome o exercício 1 da parte 2 e reescreva o programa de modo a utilizar a função `timeDone()`. Por cada segundo decorrido o código deve enviar para o terminal o carácter '\n'.