

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)
    {
        putchar('\r');    // cursor regressa ao inicio da linha no ecrã
        printInt(counter, 10 | 4 << 16);    // Ver nota de rodapé 1
        resetCoreTimer();
        while(readCoreTimer() < 200000);
        counter++;
    }
    return 0;
}
```

- a) Qual a frequência de incremento da variável `counter`?

$$T = 200000 \times \frac{1}{20\,000\,000} = \frac{1}{100}$$

- 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()
    ...
    j       while                    # }
    jr      $ra                      #
```

$$= 0,01$$

$$\rightarrow f = 100 \text{ Hz}$$

¹ 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, e teste o resultado.
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);
}
```

- 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, 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()**.

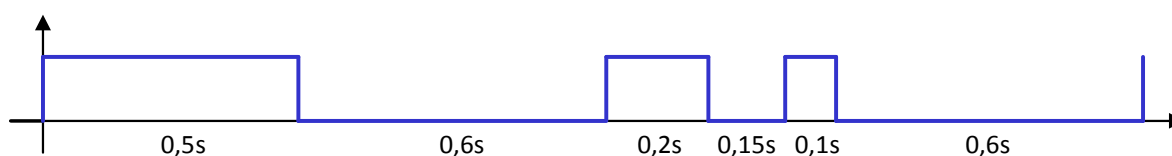
Traduza para *assembly* do MIPS a função **delay()** e teste-a com diferentes valores de entrada (para o teste utilize como base o código C fornecido no ponto 1).

Notas:

- Para as operações de multiplicação e divisão de inteiros devem, obrigatoriamente, ser usadas as instruções virtuais: "**mul \$Rdst, \$Rsrc1, \$Rsrc2**", "**div \$Rdst, \$Rsrc1, \$Rsrc2**", "**rem \$Rdst, \$Rsrc1, \$Rsrc2**" (ou **mulu**, **divu**, **remu**).
- 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. Escreva um programa em linguagem C que mostre no LED **D11** da placa DETPIC32, em ciclo infinito, o padrão apresentado na figura seguinte. O programa deverá começar por chamar a função **configD11()**, que configura o hardware para permitir o controlo do estado do LED **D11**. Para controlar o estado do LED deverá utilizar a função **outD11()**, passando como argumento o valor 1 para ligar ou 0 para desligar. Para a temporização, deverá utilizar a função **delay()**.



2. Traduza o programa, que escreveu no ponto anterior, para *assembly* do MIPS e teste-o na placa DETPIC32. Para as funções **configD11()** e **outD11()** deve usar a implementação que é apresentada a seguir. Na tradução para *assembly* deverá respeitar rigorosamente a convenção de utilização dos registos do MIPS.

```
# void configD11(void)
configD11:
```

```
    lui    $t0, 0xBF88
    lw     $t1, 0x6080($t0)
    andi   $t1, $t1, 0xBFFF
    sw     $t1, 0x6080($t0)
    jr     $ra
```

```
# void outD11(int val)
```

```
outD11:
```

```
    lui    $t0, 0xBF88
    lw     $t1, 0x60A0($t0)
    andi   $t1, $t1, 0xBFFF
    sll    $a0, $a0, 14
    or     $t1, $t1, $a0
    sw     $t1, 0x60A0($t0)
    jr     $ra
```

Exercícios adicionais

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()`.
5. 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).
6. Retome o exercício 1 desta secção 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'**.

PDF criado em 10/02/2025