

Interrupciones y entrada/salida

Departamento de Automática



Universidad de Alcalá



/gso>

Índice

- Mapa de entrada/salida
 - Instrucciones IN/OUT
- El temporizador periódico
 - Modo de operación
- El controlador de interrupciones
 - Registros
 - Habilitación de interrupciones
- Manejadores de interrupción
 - Marco de interrupción
 - Procesamiento de una interrupción
- Ejercicios propuestos

Mapa de entrada/salida

Descripción general

- Mapa de registros de 16 bits de los dispositivos hardware
- Cada registro tiene una dirección fija de 16 bits
- El acceso al mapa de registros se realiza mediante instrucciones específicas



IN / OUT

Input / Output Registers

Address	Name	Value
0000	IRQMASK	0000
0001	IRQSTATUS	0000
0002	IRQE0I	0000
0003	TMRPRELOAD	0000
0004	TMRCOUNTER	0000
0005	KPDSTATUS	0000
0006	KPDDATA	0000

Instrucciones IN/OUT

Instrucción IN

- Lee el valor de un registro de entrada/salida
- La dirección del registro se obtiene del primer y único operando
- El resultado se almacena siempre en el Registro A



- El primer operando puede ser:

opcode	Operando	Ejemplo
135 (0x87)	REGISTER_16BITS	IN B
136 (0x88)	REGADDRESS	IN [C+100]
137 (0x89)	ADDRESS	IN [0x0300]
138 (0x8A)	WORD	IN 0x2

Instrucciones IN/OUT

Instrucción OUT

- Escribe un valor en un registro de entrada/salida
- La dirección del registro se obtiene del primer y único operando
- El valor a escribir siempre se obtiene del Registro A

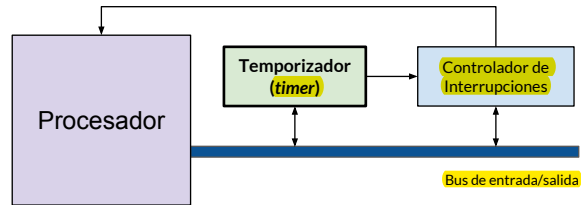


- El primer operando puede ser:


opcode	Operando	Ejemplo
139 (0x8B)	REGISTER_16BITS	OUT C
140 (0x8C)	REGADDRESS	OUT [B+100]
141 (0x8D)	ADDRESS	OUT [0x0200]
142 (0x8E)	WORD	OUT 0x1

El temporizador periódico

Descripción general



- Temporizador (timer) de 16 bits
- Permite generar interrupciones periódicas
- Implementa dos registros:
 - TMRPRELOAD: almacena el valor de pre-carga del contador
 - TMRCOUNTER: contiene el valor actual del contador
- Inicialmente el temporizador está desactivado

Mapa de entrada/salida El temporizador periódico El controlador de interrupciones Manejadores de interrupción Ejercicios propuestos		Descripción general Modo de operación	
Modo de operación			
Timer Preload Register (TMRPRELOAD)	Cuenta inicial	Cuenta actual	Timer Counter Register (TMRCOUNTER)
<ol style="list-style-type: none"> Se escribe en el registro TMRPRELOAD el valor inicial de la cuenta En el siguiente ciclo, se vuelca el valor de TMRPRELOAD en el registro TMRCOUNTER  Cada ciclo de ejecución se decrementa en una unidad el valor de TMRCOUNTER Cuando el valor de TMRCOUNTER llega a 0 se dispara la interrupción En el siguiente ciclo se vuelve a cargar la cuenta inicial de TMRPRELOAD en TMRCOUNTER 			

Probar el siguiente ejemplo:

```
MOV A, 20
OUT 3
HLT
```

A continuación, ir ejecutando paso a paso las instrucciones para ver cómo se decrementa el valor del contador.

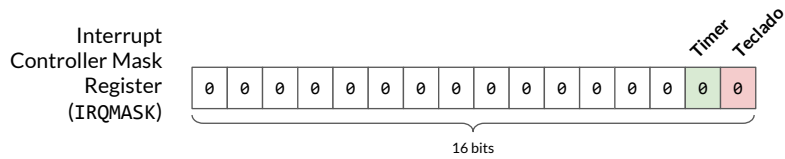
<div> Mapa de entrada/salida El temporizador periódico El controlador de interrupciones Manejadores de interrupción Ejercicios propuestos </div> <div> Descripción general Registros Habilitación de interrupciones </div>	
<h2>El controlador de interrupciones</h2> <p>Descripción general</p> <pre> graph LR A[Teclado numérico] -- IRQ0 --> C[Controlador de interrupciones] B[Temporizador (timer)] -- IRQ1 --> C C -- IRQ2 --> D[...] C -- IRQ3 --> E[...] C -- IRQ4 --> F[...] C -- IRQ15 --> G[...] C -- IRQ --> H[Procesador] </pre> <p>El diagrama muestra un controlador de interrupciones centralizado que recibe señales de varios dispositivos. El teclado numérico está conectado al IRQ0, el temporizador al IRQ1, y hay líneas para IRQ2, IRQ3, IRQ4 y IRQ15. Una única línea etiquetada como IRQ conecta el controlador con el procesador.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Permite controlar hasta 16 fuentes de interrupción distintas • Las fuentes se pueden habilitar (desenmascarar) o deshabilitar (enmascarar) de forma independiente 	
Sistemas Operativos	Interrupciones y entrada/salida <div>8 / 15</div>

La CPU tiene una única fuente de interrupción. El controlador de interrupciones es el encargado de activar y desactivar la señal de interrupción general del procesador en función del estado de las fuentes de interrupción. Cada fuente de interrupción propia del control se puede habilitar o deshabilitar de forma independiente. Si se produce una señal de interrupción por una de las fuentes del control, únicamente se propagará hacia el procesador si la fuente correspondiente está habilitada.

Los términos desenmascarar y enmascarar son sinónimos de habilitar y deshabilitar respectivamente.

Registros del controlador de interrupciones

Interrupt Controller Mask Register (IRQMASK)

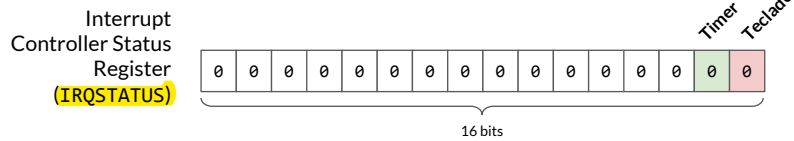


El registro máscara del controlador de interrupciones (IRQMASK) permite habilitar y deshabilitar las fuentes de interrupción:

- Si el bit correspondiente a la fuente está a 1 ⇒ habilitada
- Si el bit correspondiente a la fuente está a 0 ⇒ deshabilitada

Registros del controlador de interrupciones

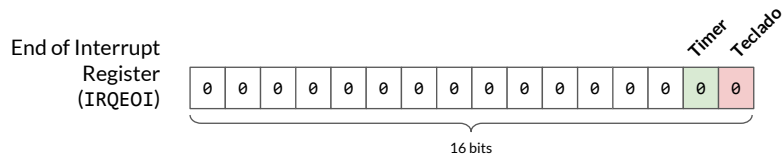
Interrupt Controller Status Register (IRQSTATUS)



- El **registro** de **estado** del **controlador** de **interrupciones** (**IRQSTATUS**) indica si una **fuentes de interrupción** está **activada**:
 - Si el bit correspondiente a la fuente está a **1** ⇒ **activada**
 - Si el bit correspondiente a la fuente está a **0** ⇒ **desactivada**
- Es un **registro** de **sólo lectura**
- **Para** que se **propague** la **interrupción**, la **fuentes** debe **estar** **activada y habilitada**

Registros del controlador de interrupciones

End of Interrupt Register (IRQEOI)



- El registro de fin de interrupción (IRQEOI) se emplea para indicar al controlador que ya ha atendido la interrupción
- Es necesario escribir un 1 en el bit correspondiente a la fuente para desactivar la interrupción
 - Si la interrupción queda correctamente desactivada, el bit correspondiente del IRQSTATUS quedará a 0

Mapa de entrada/salida El temporizador periódico El controlador de interrupciones Manejadores de interrupción Ejercicios propuestos	Descripción general Registros Habilitación de interrupciones
<h2>Habilitación de interrupciones</h2> <ol style="list-style-type: none">1. Poner a 1 los bits del registro IRQMASK correspondientes a la/s fuente/s que se desean habilitar2. Habilitar las interrupciones en el procesador <p>➤ La CPU implementa dos instrucciones para habilitar y deshabilitar las interrupciones de forma global</p> <div><p>Instrucción STI</p><p>Habilita las interrupciones en el procesador</p></div> <div><p>Instrucción CLI</p><p>Deshabilita las interrupciones en el procesador</p></div>	
Sistemas Operativos	Interrupciones y entrada/salida 12 / 15

Por ejemplo, para habilitar la interrupción del **timer** periódico habría que codificar las siguientes instrucciones:

```
MOV A, 2  
OUT 0  
STI
```

El procesador siempre comienza con las interrupciones deshabilitadas.

El estado de las interrupciones se puede comprobar en el bit M (Interrupt Mask Bit) del Registro de Estado.

Manejadores de interrupción

Descripción general

- El **manejador** es la **rutina** que se **ejecuta** cuando se **dispara** una **interrupción**
- Cuando se produce la **interrupción**, el **procesador** realiza las **siguientes operaciones**:
 - Si la **CPU** estaba en **modo usuario** \Rightarrow **modo supervisor**
 - Guarda el **marco de interrupción** (*interrupt frame*)
 - Modifica el **registro puntero de instrucción**



Mapa de entrada/salida El temporizador periódico El controlador de interrupciones Manejadores de interrupción Ejercicios propuestos	Descripción general Marco de interrupción Procesamiento de una interrupción			
<h2>Marco de interrupción</h2> <ul style="list-style-type: none"> El marco de interrupción contiene la información necesaria poder retornar al estado previo al disparo: <ul style="list-style-type: none"> El valor previo del puntero de instrucción El valor previo del puntero de pila El valor previo del registro de estado El marco se almacena en la pila <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px 0;"> <p>El valor de los registros de propósito general no se guarda, es necesario hacerlo explícitamente en el manejador</p> </div> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 20px;"> <p>SP →</p> <p>↑</p> <p>SP →</p> </div> <table border="1" style="border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 2px 5px;">Registro puntero de instrucción anterior</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px 5px;">Registro puntero de pila anterior</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px 5px;">Registro de estado anterior</td> </tr> </table> </div>		Registro puntero de instrucción anterior	Registro puntero de pila anterior	Registro de estado anterior
Registro puntero de instrucción anterior				
Registro puntero de pila anterior				
Registro de estado anterior				
Sistemas Operativos	Interrupciones y entrada/salida			

Comentar paso a paso el Ejemplo 4 (Sample 4) del simulador. Ver cómo se carga el marco de interrupción.

Ejercicios propuestos

Implementar un programa que haga lo siguiente:

- Instalar un manejador de interrupción para el temporizador
- El código principal debe escribir un valor fijo de 8 bits en todas las posiciones del display visual de forma cíclica
- Cuando salte la interrupción, el manejador tiene que incrementar el valor en 10 unidades y retornar la ejecución al código principal

- El valor fijo ha de ser almacenado en una posición fija de memoria
- El valor inicial a escribir es 0 decimal

MOV 0x30 - 0x39 - 0x3A