

S11-Sistemas de Entrada/Salida

Andre Rosero, Ricardo León, Mauro Valencia, David Paredes, Adrián Trujillo

January 11, 2026

Tabla de Contenidos

- Sistemas de Entrada/Salida (E1,11,270)(E1, 7,229)
- Módulos de E/S (E2, 11,273)(E2, 7,236)
- E/S Programada (E4,11,276)(E4,7,239)
- E/S mediante Interrupción (E3,11,280)(E3,7,243)
- Acceso directo a Memoria DMA (E5,11, 290)(E5,7, 251)

EL MÓDULO DE E/S Esta sección explica la arquitectura: cómo se conecta el computador con el mundo. El Módulo de E/S y su Función

- **Definición:** Es el tercer elemento clave del computador (junto a CPU y Memoria). No es solo un conector: Un módulo de E/S no solo permite enchufar el dispositivo al bus de sistema; tiene cierta "inteligencia", para permitir la comunicación entre el periférico y el bus
- **Función principal:** Interfaz con el procesador y memoria (vía Bus del Sistema). Interfaz con uno o más dispositivos periféricos (vía enlaces de datos).

¿Por qué no conectar periféricos directamente?

- **Diversidad:** Existen demasiados tipos de periféricos con métodos de operación distintos.
- **Velocidad:** La mayoría son mucho más lentos que la CPU/RAM. A menudo la velocidad de transferencia de datos de los periféricos es mucho menor que la de la memoria o el procesador.
- **Formatos de Datos:** Los periféricos usan formatos y tamaños de palabra diferentes a los del computador.
- **Conclusión:** El Módulo de E/S actúa como traductor y regulador de velocidad.

Técnicas de Operación de E/S

- ① **E/S Programada:** La CPU controla todo directamente y debe "esperar" a que el dispositivo termine.
- ② **E/S mediante Interrupciones:** La CPU ordena la tarea y sigue trabajando. El módulo "interrumpe" a la CPU cuando termina.
- ③ **Acceso Directo a Memoria (DMA):** Un procesador especializado transfiere grandes bloques de datos directo a la memoria sin molestar a la CPU principal.

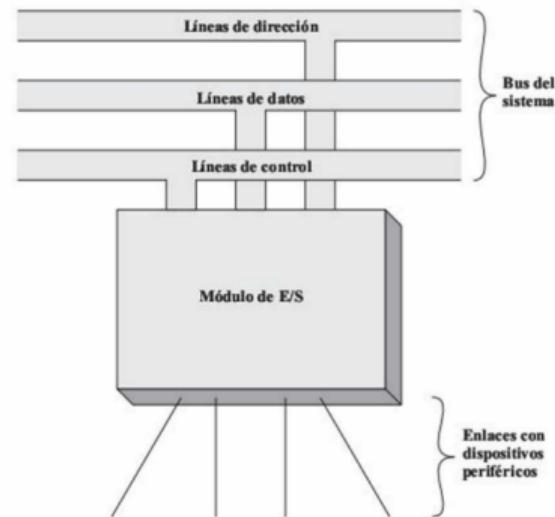


Figura 7.1. Módulo genérico de un módulo E/S.

Figure: Módulo genérico.

Dispositivos Externos

Clasificación de Dispositivos Externos (Periféricos) Se conectan al Módulo de E/S mediante un enlace.

Interacción con Humanos

Comunicación Usuario ↔ Computador (Pantallas, impresoras).

Interacción con Máquinas

Comunicación Equipo ↔ Equipo (Discos magnéticos, sensores).

De Comunicación

Intercambio con dispositivos remotos (Terminales, redes).

Estructura de un Dispositivo Externo

- **Los datos:** Se intercambian como bits enviados a, o recibidos desde, el módulo de E/S.
- **Señales de Control:** Determinan la función (ENTRADA, SALIDA, Estado).
- **Buffer:** Almacén temporal (aprox 8-16 bits) para compensar velocidades.

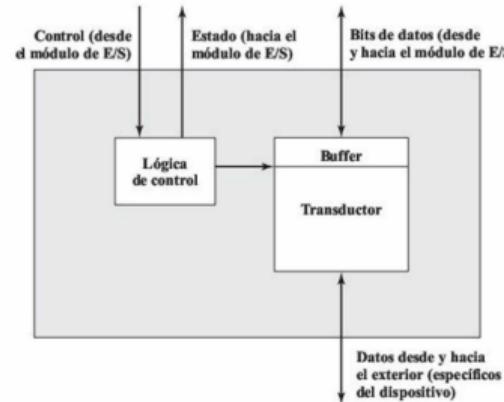


Figura 7.2. Diagrama de bloques de un dispositivo externo.

Figure: Figura 7.2: Diagrama de bloques interno de un dispositivo externo. Diagrama de bloques interno de un dispositivo externo.

Teclado / Monitor

- El teclado funciona como un dispositivo de entrada, mientras que el monitor actúa como un dispositivo de salida.
- La unidad básica de intercambio de información es el carácter. Cada carácter está asociado a un código, generalmente representado mediante 7 u 8 bits.
- Uno de los códigos más utilizados es el código IRA (International Reference Alphabet), también conocido como ASCII.



Figure: Ejemplo de dispositivo de interacción con humanos (Teclado).

Código ASCII (IRA)

- El código ASCII (IRA – International Reference Alphabet) es un estándar que asigna un valor numérico a cada carácter.
- Cada carácter se representa mediante un patrón binario de 7 bits, permitiendo un total de 128 caracteres.
- Existen dos tipos de caracteres:
 - **Imprimibles:** letras, números y símbolos.
 - **De control:** utilizados para funciones como salto de línea, tabulación o retorno de carro.
- Este código permite que el teclado, el monitor y el computador intercambien información de forma uniforme.

Código ASCII (IRA)

bit posición				0	0	0	0	1	1	1	1	1
				b ₇	0	0	1	1	0	0	1	1
				b ₆	0	1	0	1	0	1	0	1
b ₄	b ₃	b ₂	b ₁		NUL	DLE	SP	0	@	P	'	p
0	0	0	0		SOH	DC1	!	1	A	Q	a	q
0	0	0	1		STX	DC2	"	2	B	R	b	r
0	0	1	0		ETX	DC3	#	3	C	S	c	s
0	0	1	1		EOT	DC4	\$	4	D	T	d	t
0	1	0	0		ENQ	NAK	%	5	E	U	e	u
0	1	0	1		ACK	SYN	&	6	F	V	f	v
0	1	1	0		BEL	ETB	'	7	G	W	g	w
1	0	0	0		BS	CAN	(8	H	X	h	x
1	0	0	1		HT	EM)	9	I	Y	i	y
1	0	1	0		LF	SUB	*	:	J	Z	j	z
1	0	1	1		VT	ESC	+	;	K	_	k	{
1	1	0	0		FF	FS	,	<	L	\	l	
1	1	0	1		CR	GS	-	=	M]	m	}
1	1	1	0		SO	RS	.	>	N	^	n	~
1	1	1	1		SI	US	/	?	O	-	o	DEL

Figure: Ejemplo de codificación de datos y bits de posición.

Controlador de Disco (Disk Drive)

- El controlador de disco es el componente encargado de gestionar la comunicación entre el módulo de E/S y el almacenamiento secundario.
- Se encarga de controlar el mecanismo de lectura/escritura y el movimiento del brazo.
- Utiliza un buffer para almacenar temporalmente los datos.
- El transductor convierte patrones magnéticos en señales eléctricas.



Figure: Ejemplo (Disco Duro).

Controladores de Disco (Interfaces actuales)

- **SATA (Serial ATA):** Interfaz ampliamente utilizada para discos duros (HDD) y unidades de estado sólido (SSD). Ofrece una buena relación entre costo, capacidad y velocidad.
- **NVMe (Non-Volatile Memory Express):** Interfaz moderna que funciona sobre el bus PCI Express. Diseñada específicamente para SSD, permite velocidades de transferencia muy superiores a SATA.
- **SAS (Serial Attached SCSI):** Utilizada principalmente en servidores y centros de datos. Ofrece alta fiabilidad, mayor velocidad y soporte para múltiples dispositivos.
- **USB / Thunderbolt:** Interfaces empleadas para dispositivos de almacenamiento externo. Permiten conexión rápida y portátil de discos duros y SSD.



- **Definición:** Los módulos de E/S son un tipo de intermediario inteligente entre el procesador y los periféricos. Los módulos permiten ignorar el funcionamiento físico de cada dispositivo externo, limitándose a solo ejecutar órdenes simples, garantizando una comunicación eficiente y transparente entre el sistema y periféricos.

Funciones del Módulo de E/S

Control y Temporización (Control & Timing)

- **Objetivo:** Coordinar el flujo de tráfico entre recursos internos y dispositivos externos.
- **Escenario de transferencia (5 pasos):**
 - 1 CPU interroga al módulo para verificar el estado.
 - 2 El módulo devuelve el estado del dispositivo.
 - 3 Si está listo, la CPU envía un comando de transferencia.
 - 4 El módulo obtiene el dato (8 o 16 bits) del periférico.
 - 5 Los datos se transfieren del módulo a la CPU.

Comunicación con el Procesador Involucra el uso del bus del sistema para cuatro tareas:

- **Decodificación de comandos:** Aceptar señales de control (ej. READ SECTOR, SEEK, WRITE).
- **Intercambio de datos:** Movimiento de bits sobre el bus de datos.
- **Informe de estado:** Señales para reportar disponibilidad (ej. BUSY o READY).
- **Reconocimiento de dirección:** Identificar la dirección única asignada a cada periférico.

Comunicación con el Dispositivo

- El módulo debe realizar la interfaz directa con el periférico.
- Gestiona el envío de comandos específicos del hardware.
- Recibe información de estado y datos propios del dispositivo.

Almacenamiento Temporal (Data Buffering)

- **Problema:** La velocidad de la memoria es órdenes de magnitud mayor a la de los periféricos.
- **Solución:** El módulo actúa como un "reservorio".
 - Recibe datos de la memoria en ráfagas rápidas.
 - Los envía al periférico a su ritmo lento (y viceversa).
- **Beneficio:** No se bloquea la memoria durante operaciones lentas.

Funciones del Módulo de E/S

Detección de Errores El módulo reporta fallos a la CPU:

- **Errores físicos:** Mal funcionamiento mecánico o eléctrico (ej. atasco de papel, sector defectuoso).
- **Errores de transmisión:** Cambios accidentales en los patrones de bits.
 - **Ejemplo:** Uso de bits de paridad (par o impar) para verificar la integridad de cada carácter.

Estructura de Módulos de E/S

En los módulos la complejidad y cantidad de dispositivos externos varían considerablemente según el dispositivo.

- **Conexión con el sistema:** El módulo de E/S se conecta al computador mediante el bus del sistema.
 - Líneas de datos
 - Líneas de dirección
 - Líneas de control
- **Registros:**
 - Registro de datos: Los datos que se transfieren a, y desde, el módulo se almacenan temporalmente en los registros.
 - Registro de estado y control: Contiene la información sobre el estado actual del dispositivo y puede recibir información de control del procesador.

Estructura de Módulos de E/S

- **Lógica de E/S:**

- El módulo interactúa con el procesador a través de líneas de control. En donde se interpreta las órdenes del procesador. También, pueden ser utilizadas por el modulo para señales de arbitraje y estado.
- Además, el modulo debe reconocer y generar direcciones únicas para los dispositivos.
- Tiene una lógica específica para cada dispositivo a su control.
- El módulo oculta detalles al procesador como: temporización, formato de datos y operaciones electromecánicas.

- **Tipos de modulos de E/S:**

- Canal de E/S o procesador de E/S: Se encarga de la mayoría de detalles, generando una interfaz de alto nivel.
 - Se utiliza en grandes computadores.
- Controlador de E/S o controlador de dispositivo: Es simple y requiere un control detallado normalmente.
 - Se utilizan en microcomputadores.

Ejemplo de un módulo de E/S

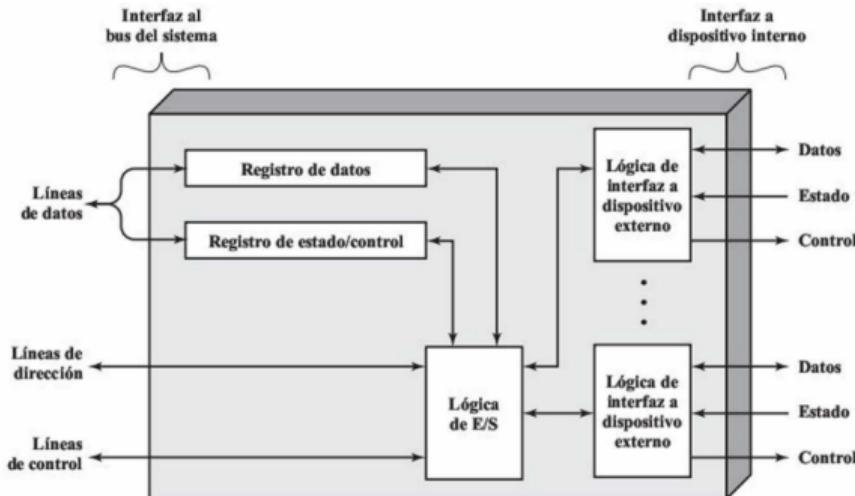


Figura 7.3. Diagrama de bloques de un módulo de E/S.

Figure: Ejemplo de del Intel 82C55A.

E/S Programada

Comandos de E/S

Instrucciones de E/S

E/S mediante Interrupción

Procesamiento de la Interrupción

Problemas de diseño

El Problema (Inconvenientes E/S)

La E/S programada y con interrupciones requiere intervención activa de la CPU, lo que trae dos problemas:

- La velocidad de transferencia se limita a la velocidad de respuesta del procesador.
- El procesador pierde tiempo ejecutando instrucciones de gestión por cada dato transferido.

La Solución

Para transferir grandes volúmenes de datos se usa el **DMA**, una técnica que evita que los datos pasen a través del procesador, liberándolo para otras tareas.

Concepto y Necesidad del DMA

- **El Problema:** La E/S Programada y por Interrupciones limita el rendimiento porque la CPU debe gestionar cada dato ("Busy-waiting" o "Context Switching").
- **La Solución (DMA):** Un módulo especializado que toma el control del bus para transferir bloques completos directamente a memoria.
- **Diferencia:** La CPU solo interviene al inicio (delegación) y al final (interrupción por finalización).

Table 8.1 I/O Techniques

No Interrupts	Use of Interrupts
I/O-to-memory transfer through processor	Programmed I/O
Direct I/O-to-memory transfer	Interrupt-driven I/O Direct memory access (DMA)

Figure: Tabla 8.1: El DMA es la única técnica con acceso directo a memoria.

Arquitectura Interna del Módulo

El DMA actúa como un procesador simplificado.
Para operar independientemente usa registros clave:

- **Address Register (AR)**: Apunta a la dirección de memoria de destino/origen.
- **Data Count (DC)**: Cuenta cuántas palabras faltan por transferir.
- **Control Logic**: Gestiona el "Handshake" (DREQ, DACK, HRQ, HLDA).

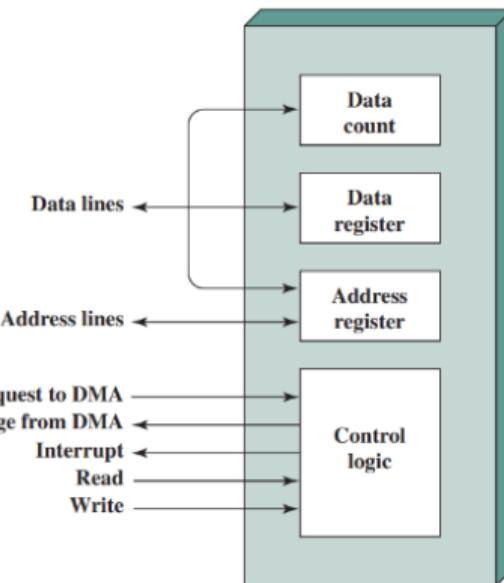


Figure 8.12 Typical DMA Block Diagram

Figure: Figura 8.12: Registros internos y lógica de control.

Funcionalidad: Robo de Ciclo (Cycle Stealing)

- El DMA **no** ejecuta instrucciones, solo transfiere datos.
- **Cycle Stealing:** El DMA pausa a la CPU durante **un ciclo de bus** para transferir una palabra.
- **Ventaja:** No es una interrupción (no guarda contexto), por lo que la CPU sigue trabajando internamente (caché/registros) casi sin impacto.

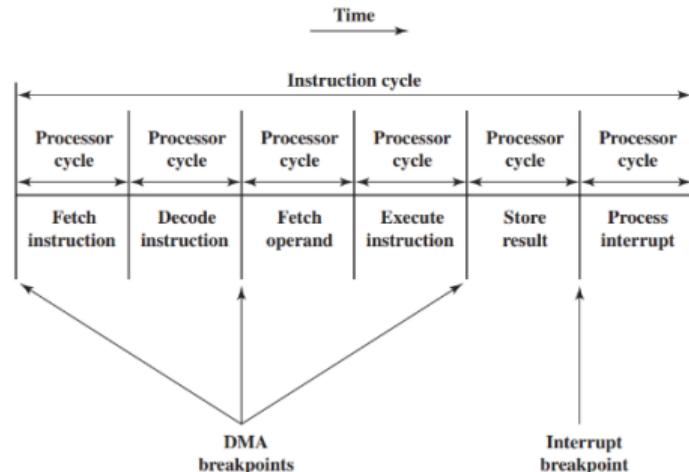


Figure 8.13 DMA and Interrupt Breakpoints during an Instruction Cycle

Figure: Figura 8.13: El DMA se inserta dentro del ciclo de instrucción.

Configuraciones de Interconexión

La ubicación del DMA define la eficiencia:

- ① **Bus Único:** Todos comparten el bus. Ineficiente (doble ciclo por dato).
- ② **Bus de E/S (Recomendado):** El DMA aísla el tráfico de los periféricos en un bus privado, liberando el bus del sistema para la CPU y la Memoria.

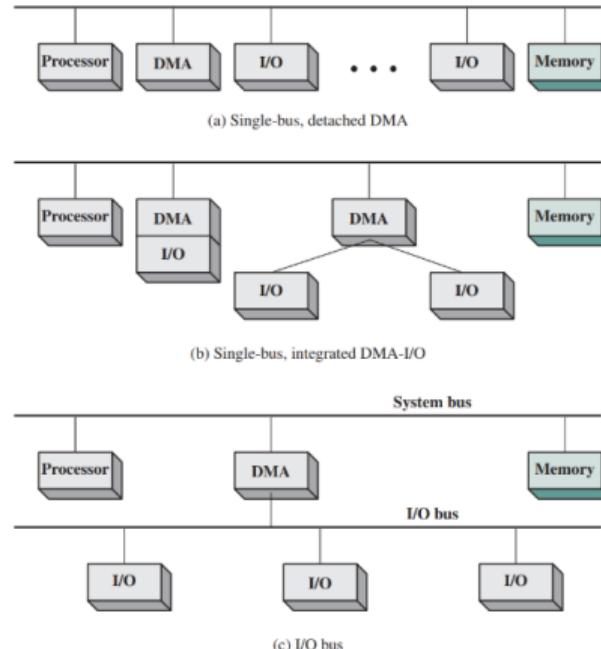


Figure 8.14 Alternative DMA Configurations

Figure: Figura 8.14: Evolución hacia el Bus de E/S (c).

Funcionalidad de DMA

Delegación de la Orden

El procesador envía una orden al módulo DMA con la información clave: si es lectura/escritura, la dirección del dispositivo, la posición en memoria y la cantidad de datos.

Robo de Ciclo (Cycle Stealing)

El DMA toma el control del bus imitando al procesador. Fuerza a la CPU a suspenderse temporalmente (un ciclo) para transferir datos directamente a la memoria.

Eficiencia

El procesador continúa trabajando en paralelo y solo recibe una interrupción al final, cuando el bloque entero ya se transfirió.

¡Muchas Gracias!

¿Preguntas?

ricardo.leon02@epn.edu.ec, andre.rosero@epn.edu.ec, mauro.valencia@epn.edu.ec; david.paredes01@epn.edu.ec