
EdC - GII-IC

Estructura de Computadores

Tema 1: Introducción. Memoria

2024/25



Dpto. Tecnología Electrónica US

Enero2025

T1 Intr - 1

Objetivos de este tema

- Conocer el ordenador como máquina electrónica programable
 - Establecer su organización en unidades funcionales, enunciar diferentes tareas e identificar la unidad funcional afectada
 - Distinguir entre hardware y software
- Comprender los rasgos, componentes y características de la jerarquía de la unidad funcional de memoria
- Reconocer las estructuras y tecnologías de los dispositivos ROM y RAM, así como su descripción formal a nivel RT
- Reconocer las memorias secuenciales, sus estructuras y su descripción formal a nivel RT
- Operar con dispositivos de memoria ROM, RAM y LIFO para leer y escribir datos y para estar ociosos

Contenidos

- Introducción a los computadores. Unidades funcionales
 - Definición de ordenador
 - Estructura y funcionalidad básica del ordenador
 - Hardware/software
- Introducción a la Unidad de Memoria
- Dispositivos ROM y RAM
 - Descripción RT
 - Arquitectura interna y tecnologías
- Memorias secuenciales

Introducción

- **Computador/a u ordenador** (es.wikipedia.org/wiki/Computadora, 2021):

Máquina digital programable que ejecuta una serie de comandos para procesar los datos de entrada, obteniendo convenientemente información que posteriormente se envía a las unidades de salida

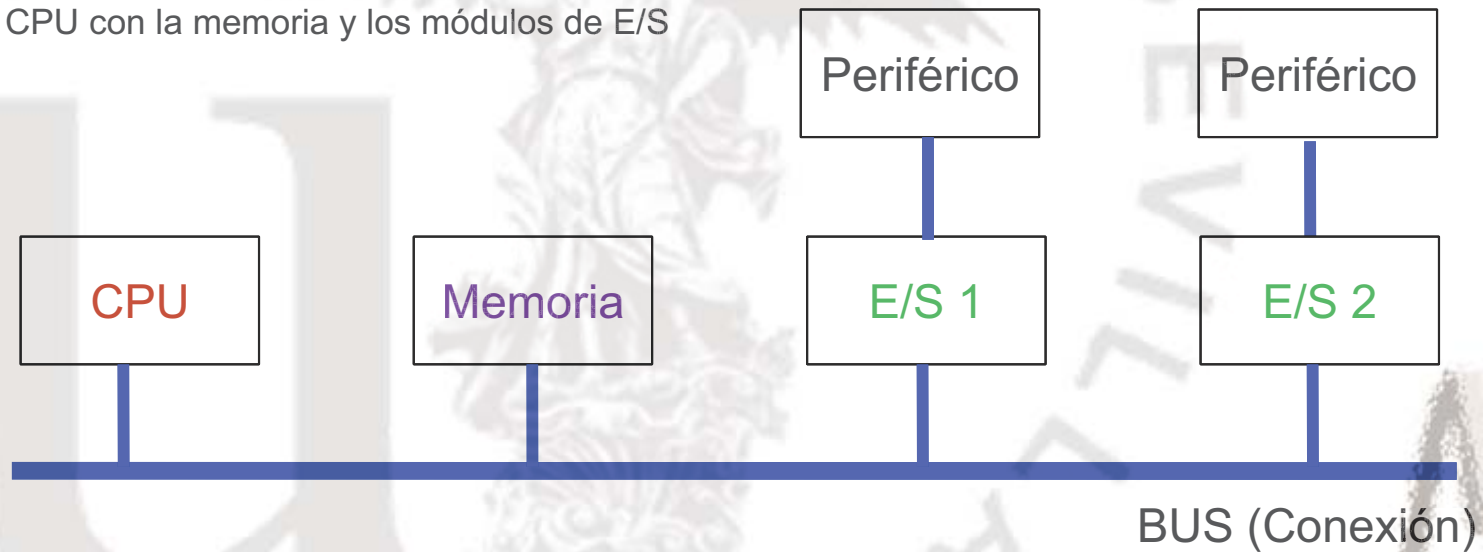
- **Funciones principales**

- Ejecutar programas
- Procesar datos (computar) de forma aritmética y lógica
- Almacenar datos: a corto plazo y a largo plazo
- Transferir datos: a corta distancia con periféricos (E/S) y a larga distancia con computadores remotos (comunicaciones, redes)
- Controlar y gestionar los recursos y unidades funcionales

Gran rango de aplicaciones

Estructura del computador

- **CPU** (Unidad central de proceso)
También llamado **procesador** (o, en un caso particular muy extendido, **microprocesador**)
 - cerebro del ordenador, ejecuta instrucciones, realiza operaciones lógicas y aritméticas
- **Memoria**
 - almacena datos y programas. Directamente accesible por la CPU
- **Entrada/Salida (E/S, o en inglés, *input/output* I/O)**
 - comunica la CPU con dispositivos "externos" (periféricos): monitor, teclado, red, modem, discos, etc.
- **Sistema de conexión**
 - comunica la CPU con la memoria y los módulos de E/S



- **Hardware:**

conjunto de componentes o sistemas electrónicos o mecánicos que componen el ordenador o sus periféricos

- **Software:**

programas destinados a ser ejecutados por la CPU del ordenador. Son cargados en la memoria principal para su ejecución

- **Firmware:**

programas *permanentes* (p.ej., drivers) grabados en memoria de sólo lectura. Suelen ir incluidos con el hardware "de serie"

Contenidos

- Introducción a los computadores. Unidades funcionales
- **Introducción a la Unidad de Memoria**
 - Características generales y términos básicos
 - Características de los dispositivos de memoria. Clasificación
 - Jerarquía de memoria
- **Dispositivos ROM y RAM**
 - Descripción RT
 - Arquitectura interna y tecnologías
- **Memorias secuenciales**

Características generales

- La memoria digital siempre almacena información binaria.
- Hay **gran diversidad**, con dos puntos de vista diferentes:
 - Ligado al **computador**: La memoria es una **unidad funcional** donde se escriben o leen palabras binarias caracterizadas por:
 - Su propia funcionalidad: Programas y datos.
 - El diseño del computador: CPU, anchuras del bus de direcciones y datos, etc.
 - La particularidad del uso: frecuente, volumen de datos, etc.
 - Ligado al **medio físico concreto** de almacenamiento, la memoria es un dispositivo donde se leen o escriben bits en celdas caracterizados por:
 - Propiedades físicas de almacenamiento, velocidad, permanencia del dato...
 - Peculiaridades de operación lógica y de conexión I/O.

Términos básicos

EdC - GII-IC

- **Sistema de memoria** de un computador: Conjunto de recursos relacionados con el almacenamiento de datos binarios.
- **Dispositivos de memoria:** Medios físicos donde se almacenan los datos binarios.
 - En informática, a veces se puntualiza la terminología como:
 - dispositivo de memoria** para referirse a las memorias tipo RAM y ROM
 - dispositivo de almacenamiento** para los discos y demás dispositivos externos.
 - De momento, aquí se usa *dispositivos de memoria* como término genérico
- **Hay gran variedad de sistemas de memoria** porque hay muchos tipos de dispositivos de memoria y de computadores, y son muy diferentes entre sí.
- El sistema de memoria se organiza en diferentes subunidades de memoria con una determinada **jerarquía** entre ellas.

Características de los dispositivos de memoria

EdC - GII-IC

- Tipo de almacenamiento físico
- Capacidad y organización
- Modo de acceso
- Operaciones con la memoria
- Mantenimiento de la información
- Tiempo y velocidad de acceso
- Coste

Tipos de almacenamiento físico:

Cada bit se almacena en una *celda*

Semiconductoras: La celda es un *condensador* o uno o varios *transistores*. Ejemplos: Biestables, Registros, ROM (*Read Only Memory*), RAM (*Random Access Memory*), Flash, CCD (*Charge Coupled Device*), ...

Magnéticas: La celda es un elemento que se magnetiza por campos EM. Ejemplos: Discos, Cintas, Ferritas, ...

Ópticas (magneto-ópticas): La celda se calienta por láser y se magnetiza; se lee por láser. Ejemplos: CDRoms, DVDs, ...

Otras: Tarjetas perforadas, criogénicas, etc.

Capacidad y organización

Capacidad: Cantidad de bits que almacenan.

Ejemplos: 16 Gbits, 64 kbits, 64 kB (1 B = 1 Byte = 8 bits).

Organización: Es la estructura o forma en que está guardada o se accede a la información.

Tipos de organización:

Por **paquetes, sectores, bloques**,... Son grupos de cientos o miles de bits.

Por **palabras**: dirección de la palabra y anchura de la palabra.

Ejemplos para la capacidad de **64 kbits**:

8k direcciones x **8bit**; **16k** direcciones x **4bits**; **4k** direcciones x **16bits**.

Modo de acceso

EdC - GII-IC

Aleatorio:

El acceso a una palabra no depende de su posición física.

Ejemplos: RAM y ROM.

Secuencial:

El acceso depende de la posición física, por lo que para acceder a una palabra hay que pasar antes por otras.

Ejemplos: Disco, Cinta, CCD, LIFO (*Last In First Out*)

Operaciones con memoria 1

Escritura (*Write*): Un dato se almacena en memoria

Lectura (*Read*): Se accede a un dato almacenado en la memoria

Lectura **destruictiva** (DRO: *Destructive Read Out*): se pierde el dato leído

Lectura **no destructiva** (NDRO: *No DRO*): el dato se conserva almacenado tras leerlo.

Operaciones con memoria 2

- Todas las memorias tienen lectura, pero no todas tienen escritura.
 - Ejemplos de memorias de **sólo lectura**: ROM, CD-ROM, tarjetas o cintas perforadas.
 - Ejemplos de memorias con **lectura y escritura** (**RWM**: *Read Write Memory*): disco, RAM, ferrita.
- Actualmente es discutible si hay o no escritura en algunas tecnologías como EAROM (*Electrically Alterable ROM*) y NVRAM (*No Volatil RAM*). A veces se dice que son memorias *híbridas* o *sobre todo de lectura* (**RMM**: *Read Mostly Memory*).

Mantenimiento de la información

Volatilidad:

Una memoria es volátil si pierde los datos almacenados si no hay alimentación.

Ejemplos de memoria.

Volátil: Registros, RAM

No volátil: ROM, DVD, Flash

En las RWM semiconductoras, dependiendo del tiempo:

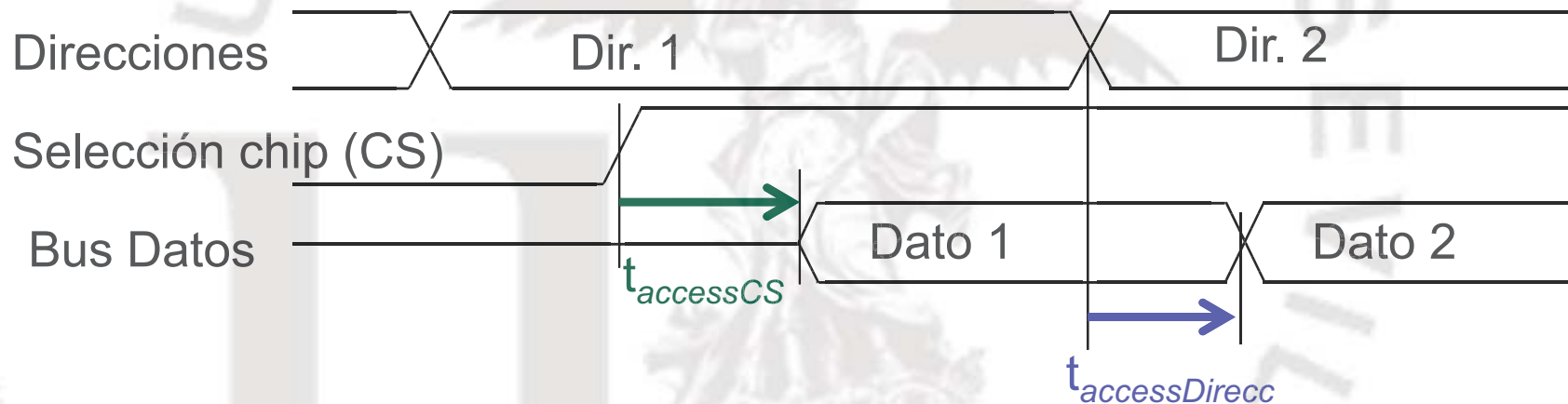
- **Estática (SRAM: *Static RAM*):** El bit se mantiene en el tiempo.
- **Dinámica (DRAM: *Dynamic RAM*):** El bit se pierde en el tiempo. Para evitarlo, se realiza una operación de **refresco**.

Velocidad y tiempo de acceso

Velocidad de acceso: Cantidad de bits que se transfieren por segundo (bits por segundo).

Tiempo de acceso (t_{access}): Intervalo de tiempo que transcurre entre la orden de acceso y el acceso al dato.

Ejemplo de acceso de lectura a ROM o RAM:



Coste y velocidad

- **Coste:** Es lo que vale almacenar un bit.
 - Desde los comienzos se está abaratando continuamente.
 - Depende mucho del tipo de dispositivo.
 - Entre los más baratos (los de mayor capacidad, cintas) y los más caros (biestables o registros específicos) hay varios órdenes de magnitud (1 a 1,000.000?).
- **Velocidad:** Varía enormemente (1 a 1.000,000.000?)
- **Coste y velocidad** suelen variar a la vez y en contra de la capacidad: **los más rápidos son los más caros y con menor capacidad.**

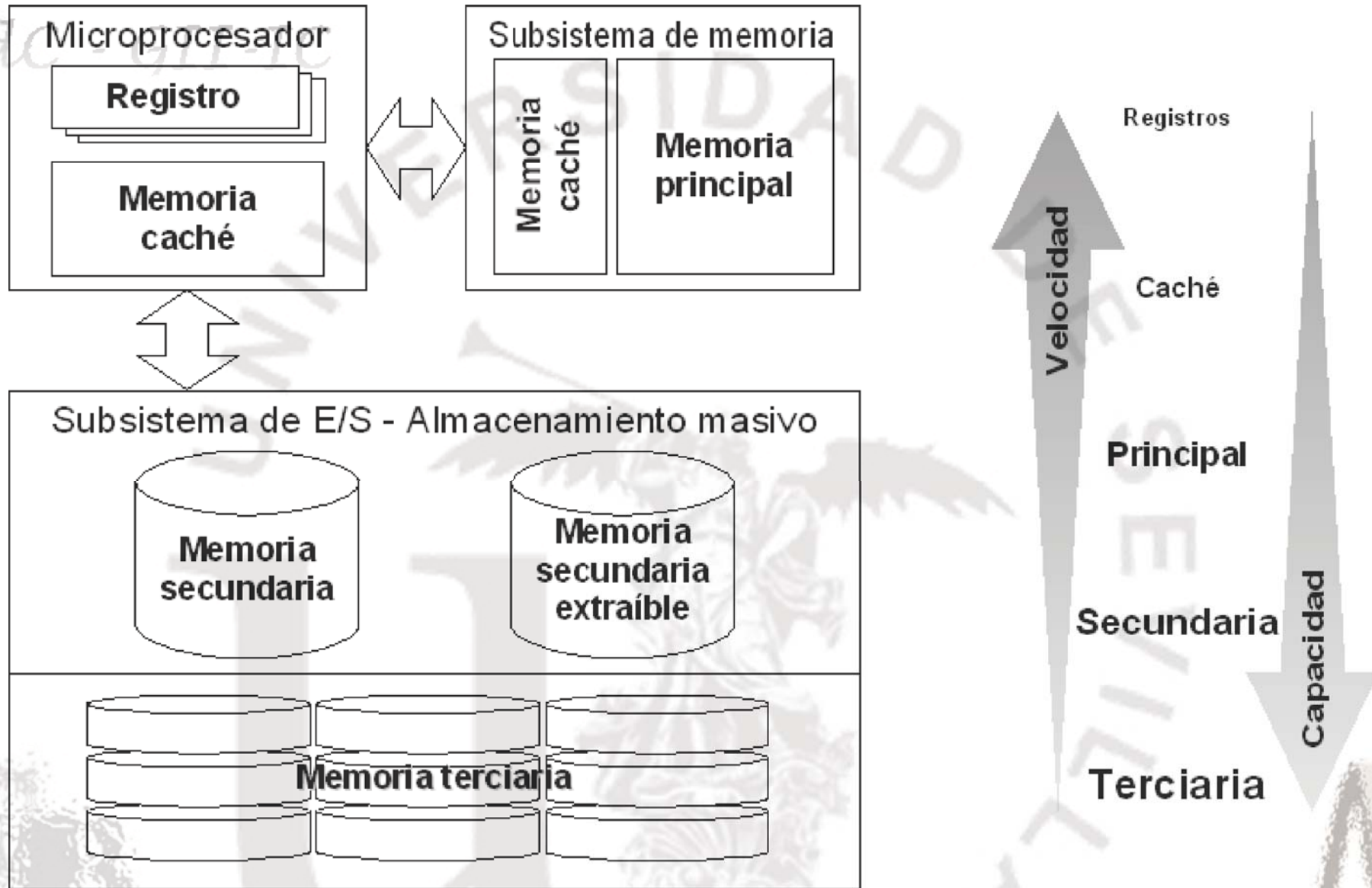
Clasificación de memorias

EdC - GII-IC

Característica		Cinta	HDD	RAM	ROM	FIFO	DVD
Tecnología	Magnética	X	X				
	Semiconductor			X	X	X	
	Óptica						X
Acceso	Aleatorio			X	X		
	Secuencial	X	X			X	X
Volatilidad	Volátil			X		X	
	No volátil	X	X		X		X

HDD: Hard Disk Drive. RAM: Random Access Memory. ROM: Read Only Memory; FIFO: First-In First-Out. DVD: Digital Versatile Disc

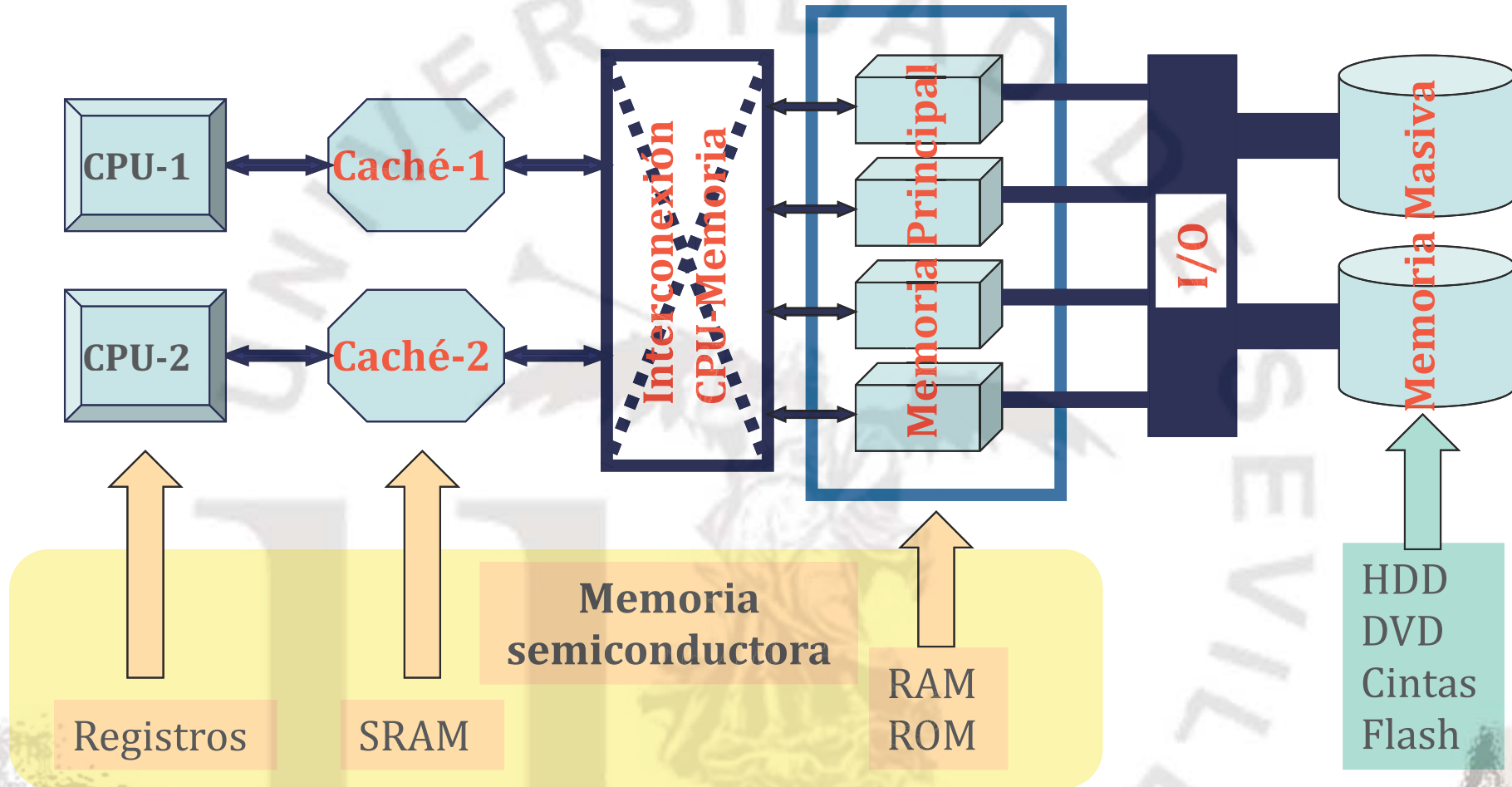
Memorias. Jerarquías



[Figura extraída de Díaz et al.]

Ejemplo de jerarquía

EdC - GII-IC



Contenidos

- Introducción a los computadores. Unidades funcionales
- Introducción a la Unidad de Memoria
- **Dispositivos ROM y RAM**
 - Descripción RT
 - Arquitectura interna y tecnologías
 - Otras formas de memoria digital.
- Memorias secuenciales

Memorias semiconductoras de acceso aleatorio:

Matriz de memoria básica

EdC - GII-IC

- Las memorias están formadas por **matrices de celdas**. **Celda**: Cada elemento que puede almacenar 1 bit. P.ej., celda 4 de fila 2

- **Palabra**: Cada **fila** de la matriz. En este caso hay 16. Se le asocia una dirección (*address*). P.ej., palabra 13 (o \$D)

- **Anchura**: Número de bits del dato, en este caso 8. Es la información que puede leerse o escribirse en cada acceso.

- **Capacidad**: Producto del número de palabras por la anchura. En este caso:

$$16 \cdot 8 \text{ bits} = 128 \text{ bits}$$

También se mide en B (1 B = 1 Byte) = 8 bits)

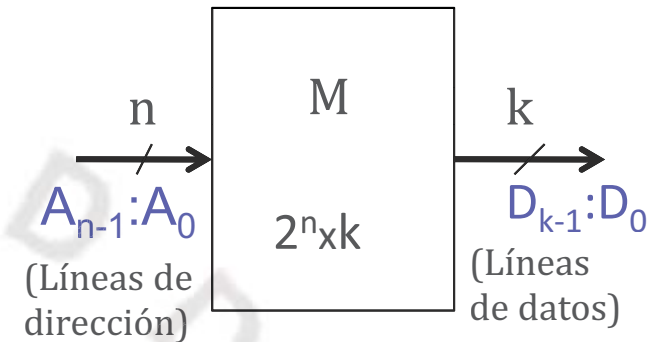
	7	6	5	4	3	2	1	0
0								
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								

Dispositivos de memoria: Líneas de dirección y de datos

Líneas de dirección: Son las “n” entradas que dan la posición de la palabra: $A_{n-1}:A_0 \Rightarrow$
Hay 2^n posibles direcciones

Líneas de datos: Son las “k” salidas (Dout)

[o “k” entradas (Din)] que dan acceso al dato almacenado: $D_{k-1}:D_0$



Capacidad (bits): Es el número de palabras por el número de bits/palabra: $2^n \times k$

Acceso aleatorio: Se accede con el mismo tiempo de acceso a cualquier palabra

- **Ejemplo:**

Capacidad: $2^3 \times 8 \text{ bits} = 8 \times 8 \text{ bits} =$
 $= 64 \text{ bits} = 8 \text{ B}$

Acceso: Palabra /dirección

$$A_2A_1A_0 = 101 = 5_{(10)}$$

Para
 $n=3$
 $k=8$

$A_2A_1A_0 =$

	7	6	5	4	3	2	1	0
0								
1								
2								
3								
4								
5	■	■	■	■	■	■	■	■
6								
7								

Memorias: Operaciones básicas y su selección

- **Operaciones básicas:**

Lectura (R: *read*): Se accede al dato almacenado en la palabra de una determinada dirección de la memoria: $D_{out} = M(A)$
ROM y RAM poseen lectura

Escritura (W: *write*): Se almacena el dato de entrada en la palabra determinada por las entradas de dirección: $M(A) \leftarrow D_{in}$
RAM posee escritura

NOP: No Operación, no cambia el contenido ($M \leftarrow M, \forall A$) ni se accede a ningún dato almacenado, normalmente $D_{out} = HI$

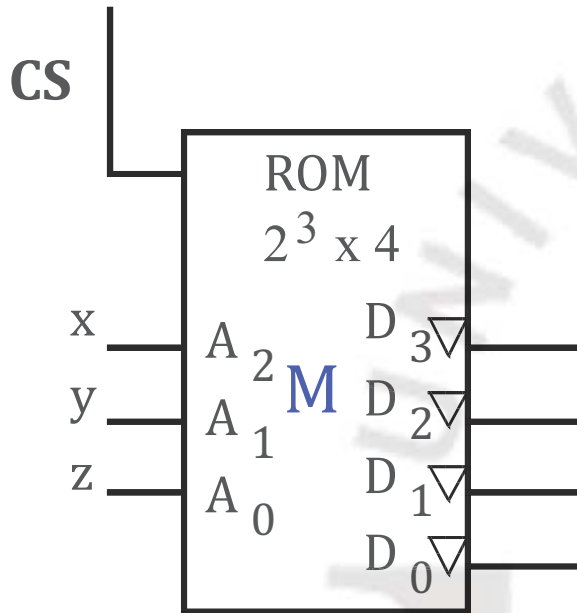
- **Entradas de selección o control de operación.**

Se usan diferentes tipos como son, para el caso de RAM:

- **R** y **W**: $RW=00$ para NOP; $RW=10$ para R; $RW=01$ para W
- **CS** y **R/W'**: $CS=0$ para NOP; $CS=1$ y $R/W'=1$ para R y $R/W'=0$ para W
- Otras: **EW**: *Enable write*, **EO**: *Enable output*,...

Ejemplo de memoria ROM

EdC - GII-IC



CS	D _{3:0} =
0	HI
1	M(A _{2:0})

CS	A ₂	A ₁	A ₀	D ₃	D ₂	D ₁	D ₀
0	-	-	-	HI	HI	HI	HI
1	0	0	0	0	0	1	1
1	0	0	1	1	0	0	0
1	0	1	0	1	0	1	0
1	0	1	1	1	0	1	1
1	1	0	0	0	1	1	1
1	1	0	1	0	1	0	1
1	1	1	0	1	1	0	0
1	1	1	1	0	1	0	0

Hex

38AB75C4

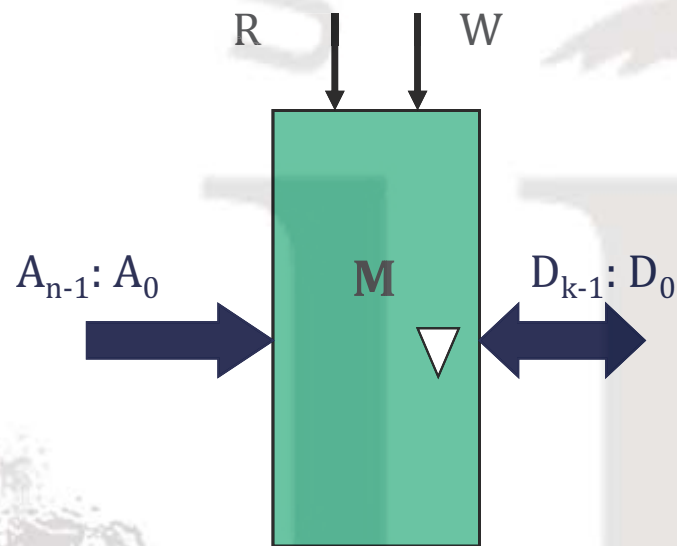
En cada columna se realiza una función (cuando CS=1). P. ej.

$$D_0(x, y, z) = \Sigma(m_0, m_3, m_4, m_5) = \Pi(M_1, M_2, M_6, M_7)$$

Ejemplo de memoria RAM

Puede tener las líneas de datos **unidireccionales** (entradas y salidas separadas) o **bidireccionales**.

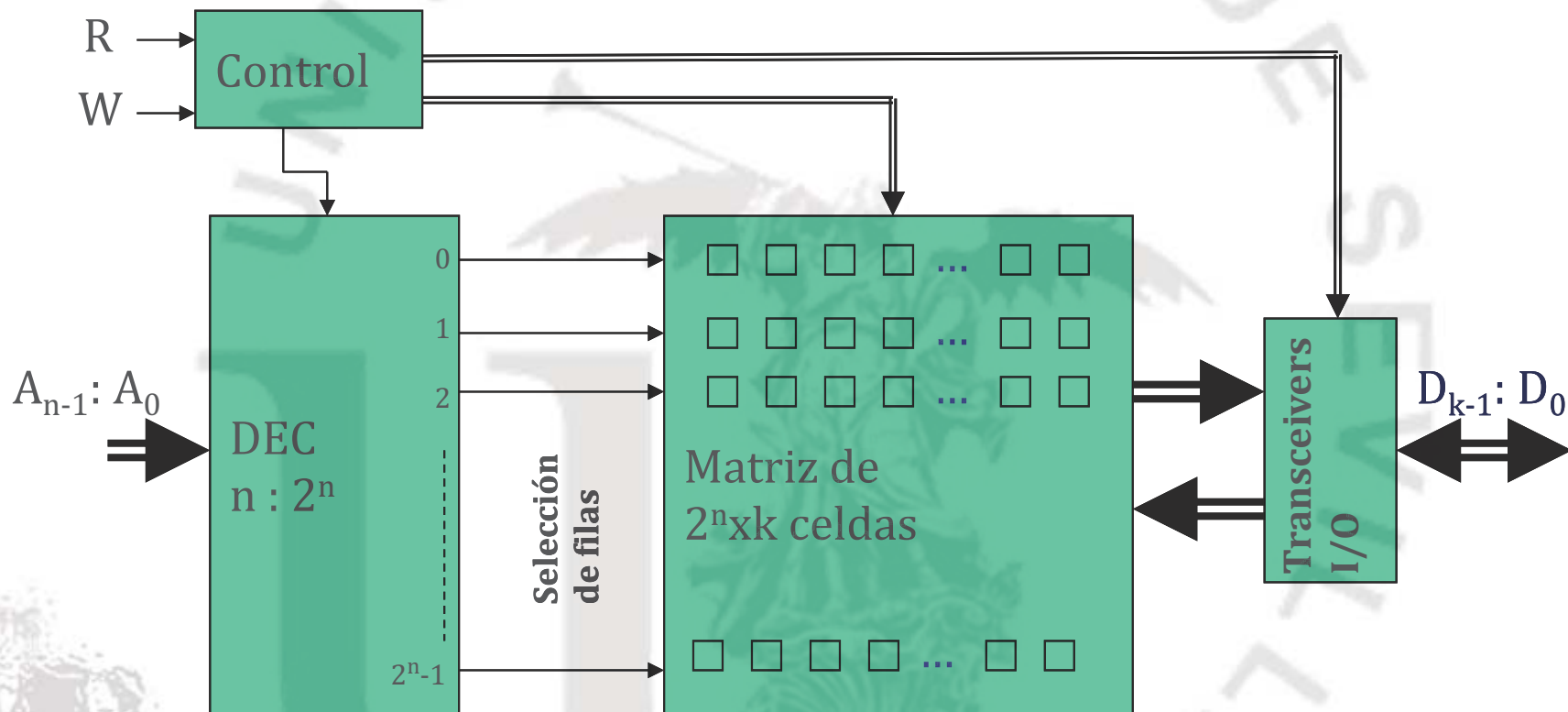
Descripción de RAM $2^n \times k$ con líneas de datos bidireccionales:



RW	M ←	D =
00	M ← M	HI
01	M(A) ← D	[Din]
10	M ← M	D = M(A)
11	Prohibido	

Estructura interna (RAM y ROM)

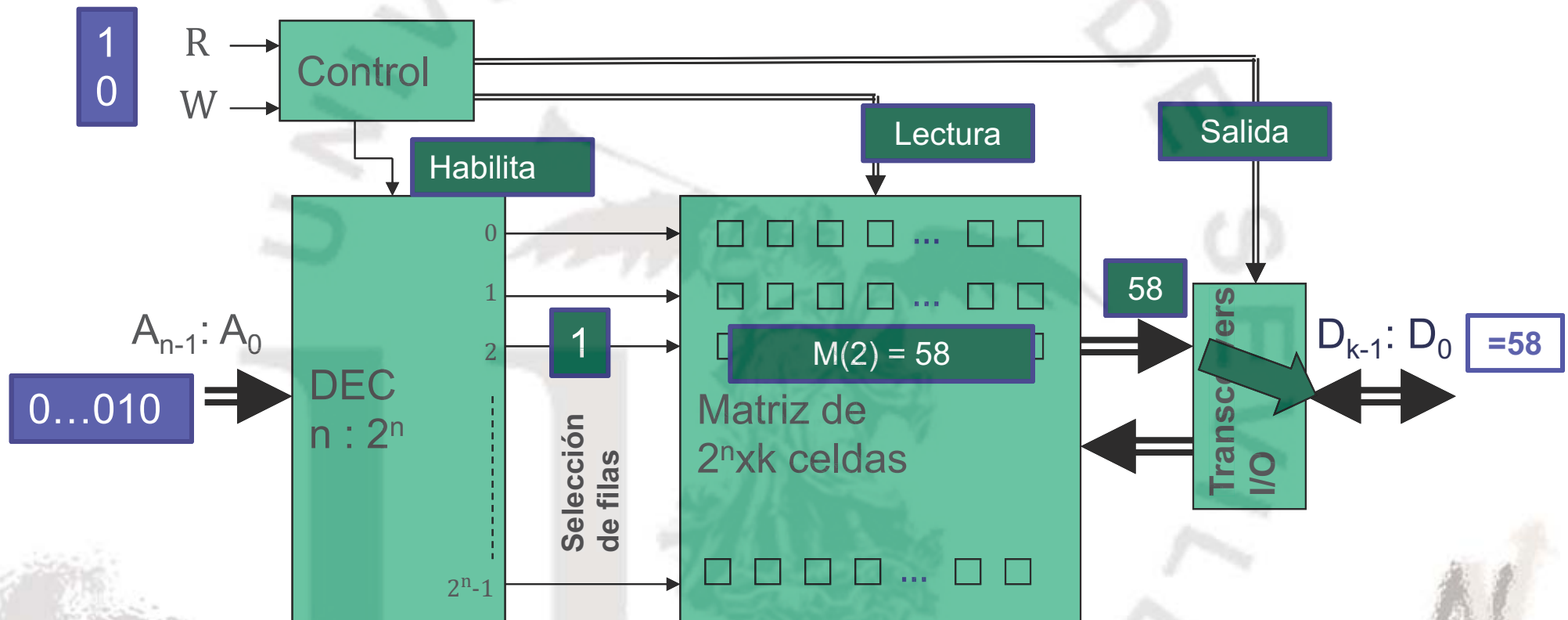
EdC - GII-IC Estructura interna básica (RAM) $2^n \times k$:



Ejemplo de lectura $D = M(A)$

EdC - GII-IC

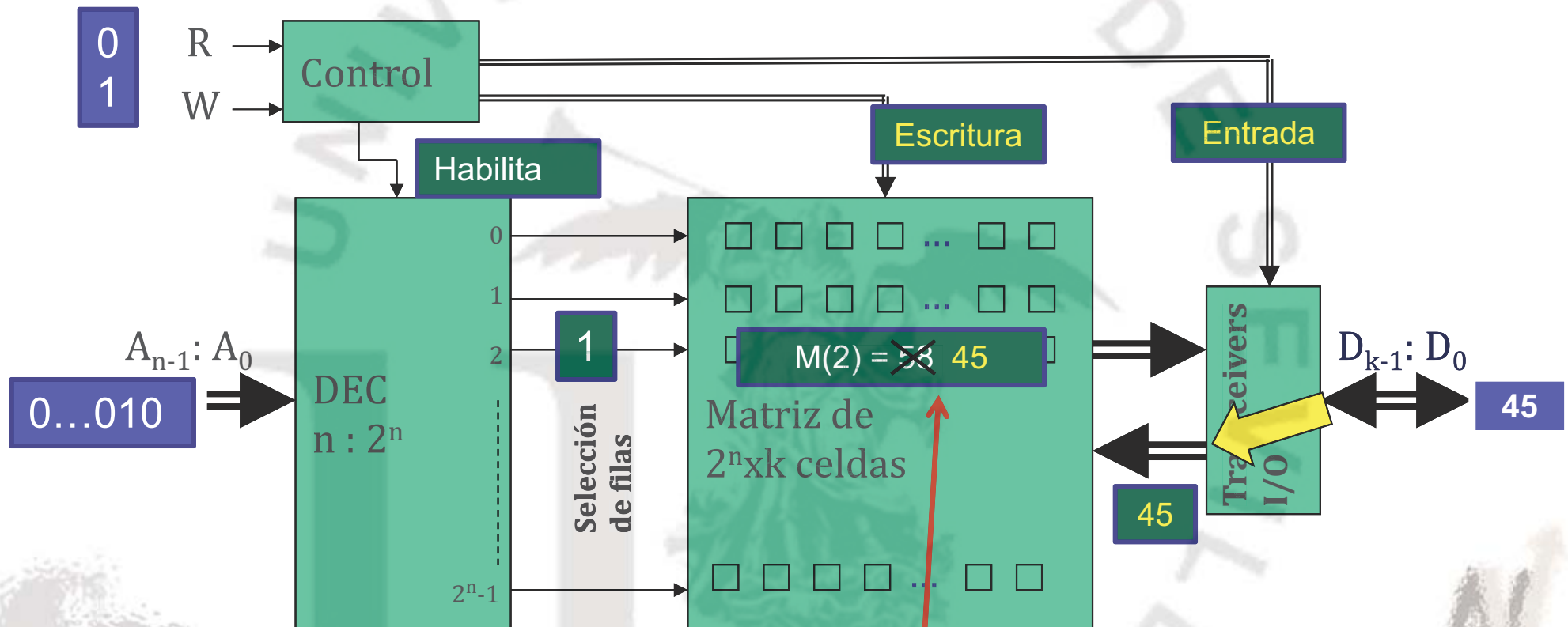
Particularización a: $A = 2$ suponiendo $M(2) = 58$



Ejemplo de escritura $M(A) \leftarrow D$

EdC - GII-IC

Particularización a: $A = 2$ suponiendo $D = 45$



Pasa del valor inicial (p. ej. $M(2)=58$) al final, 45

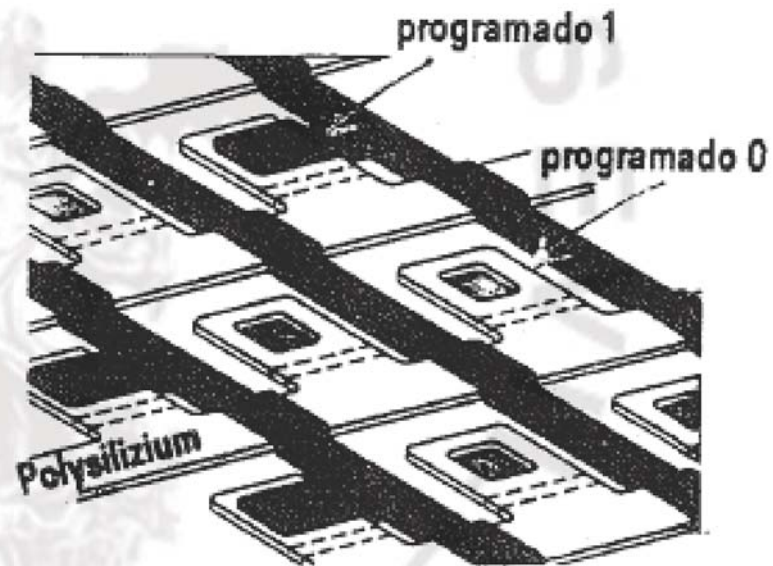
Tecnologías de ROM

• TTL y MOS IC

- Con metalización
- Con fusibles

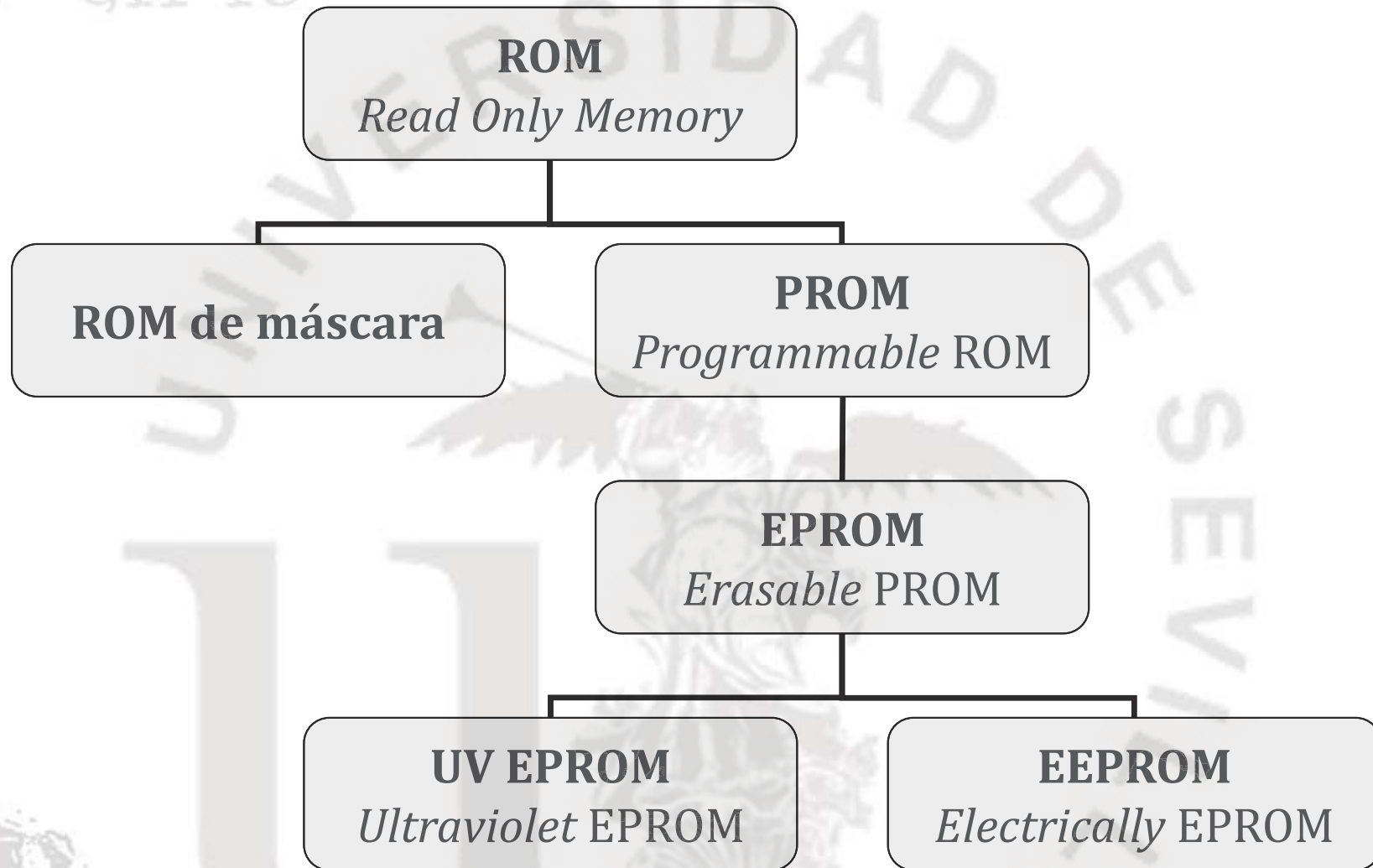
ROM
Módulos programados
con máscaras
por el fabricante;

sin posibilidad
de modificar la información



Familia de memorias ROM

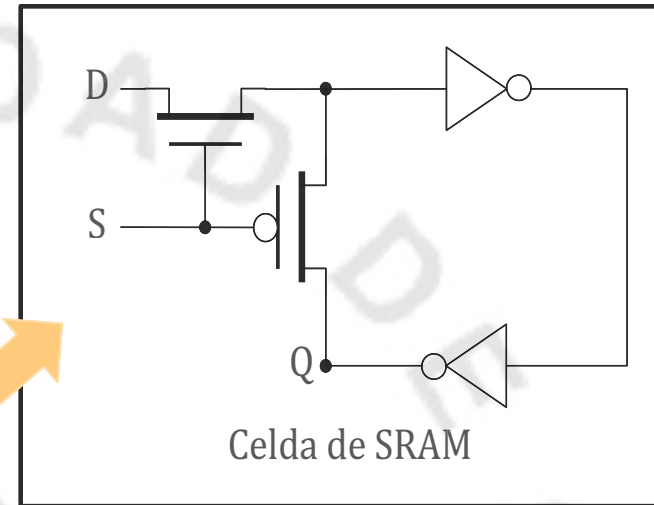
EdC - GII-IC



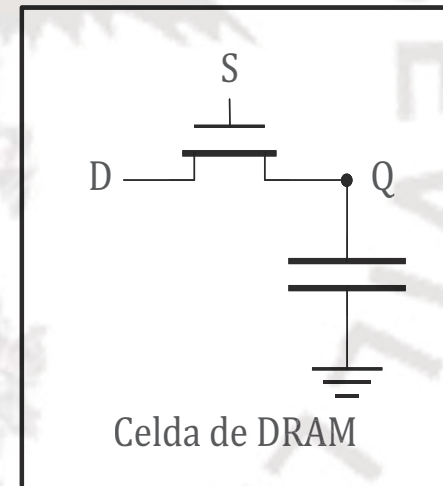
Tecnologías de RAM

Las dos categorías principales de memorias RAM son:

–**SRAM** (*Static RAM*): realizada con *biestables*, 6 transistores.



–**DRAM** (*Dynamic RAM*): realizada con un interruptor (un transistor) y condensadores parásitos. Más economía).

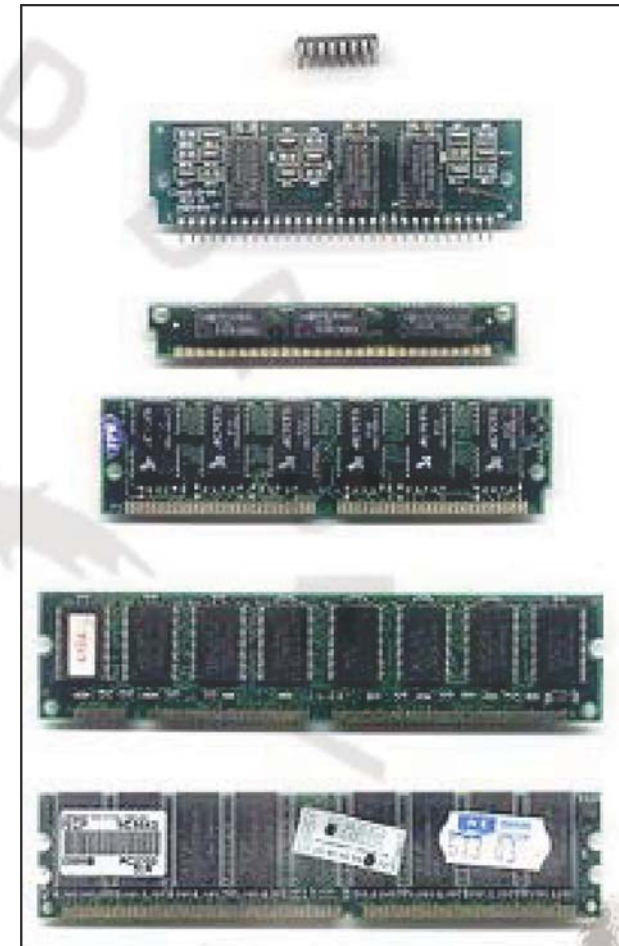


Memoria interna: tipos y tecnologías de memorias

EdC - GII-IC

Tipos de RAM

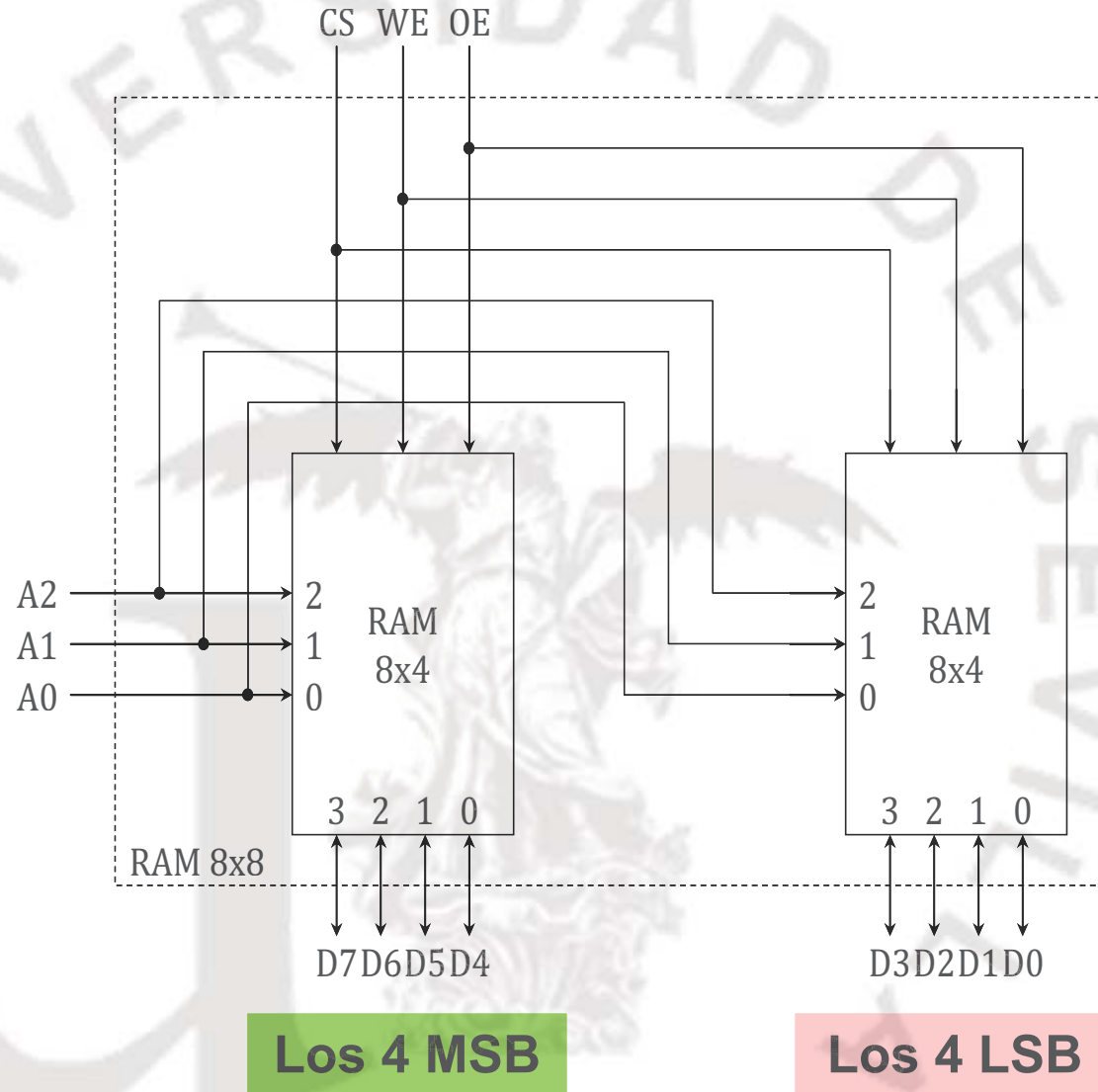
- Gran variedad de capacidades: En *amidata*, SRAM de 2Kbits a 9Mbits y DRAM hasta 256Mbits
- Pueden ser asíncronas, síncronas de varios tipos y *pipelined*
- Varios tipos de módulos. En la figura: DIP, DIP switch, SIMM 30 contactos, SIMM 72 contactos, DIMM 168 contactos, DIMM 184 contactos



Expansión en memorias: doble ancho de palabra

EdC - GII IC Conseguir una RAM $2^3 \times 8$ con dos RAM $2^3 \times 4$

CS: Chip select
WE: Write enable
OE: Output enable



Los 4 MSB

Los 4 LSB

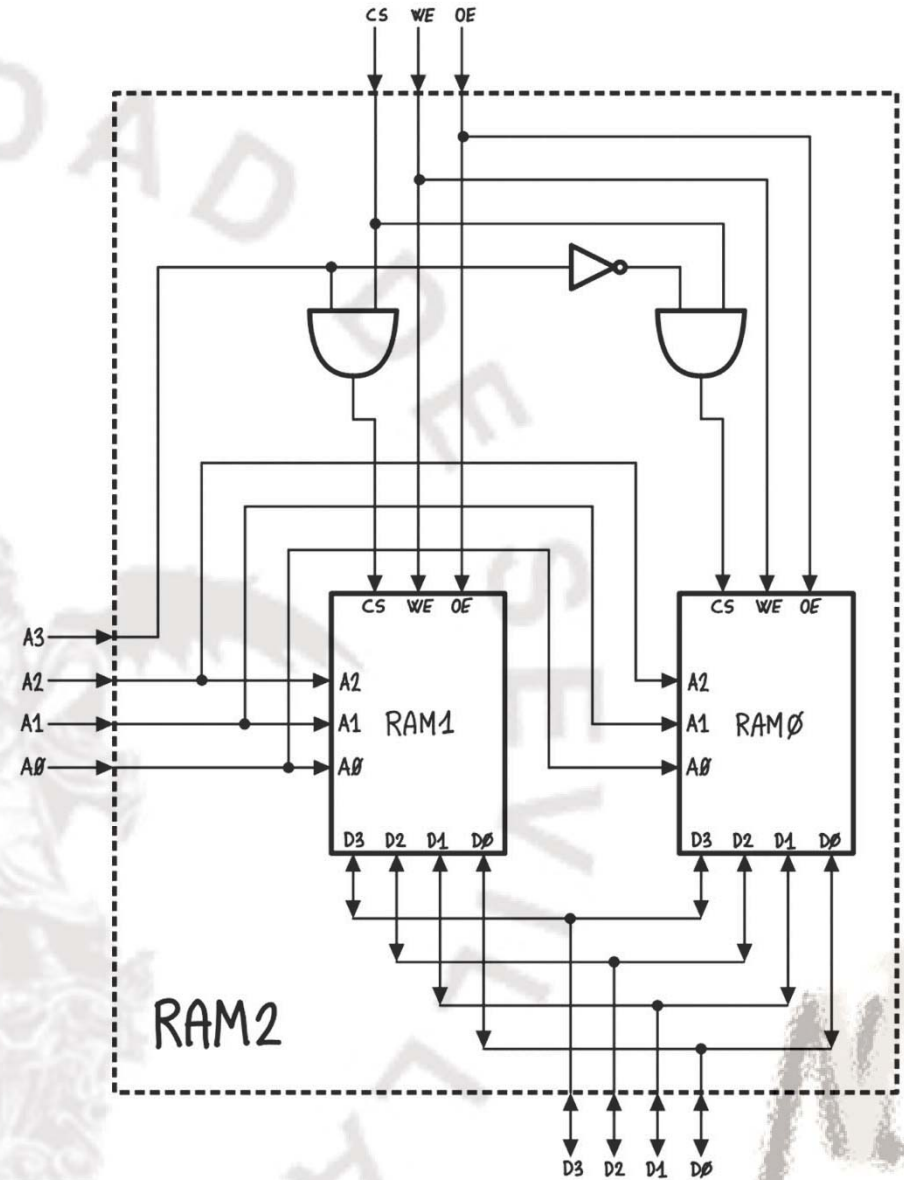
Expansión de número de palabras en memorias RAM

Conseguir una RAM $2^4 \times 4$ (RAM2) con dos RAM $2^3 \times 4$ (RAM0 y RAM1).

Las 16 (2^4) direcciones se dividen de forma fácil en dos grupos de 8 (2^3) según el valor de A_3 y cada grupo se asocia a una de las dos RAMs 2^3 . Cada RAM activará su CS si, además de estar activo el CS de la RAM 2^4 el valor de A_3 coincide con el asociado con dicha RAM:

$$A_3 = 0 \rightarrow \text{RAM0} \rightarrow CS_{\text{RAM0}} = CS \cdot \neg A_3$$

$$A_3 = 1 \rightarrow \text{RAM1} \rightarrow CS_{\text{RAM1}} = CS \cdot A_3$$



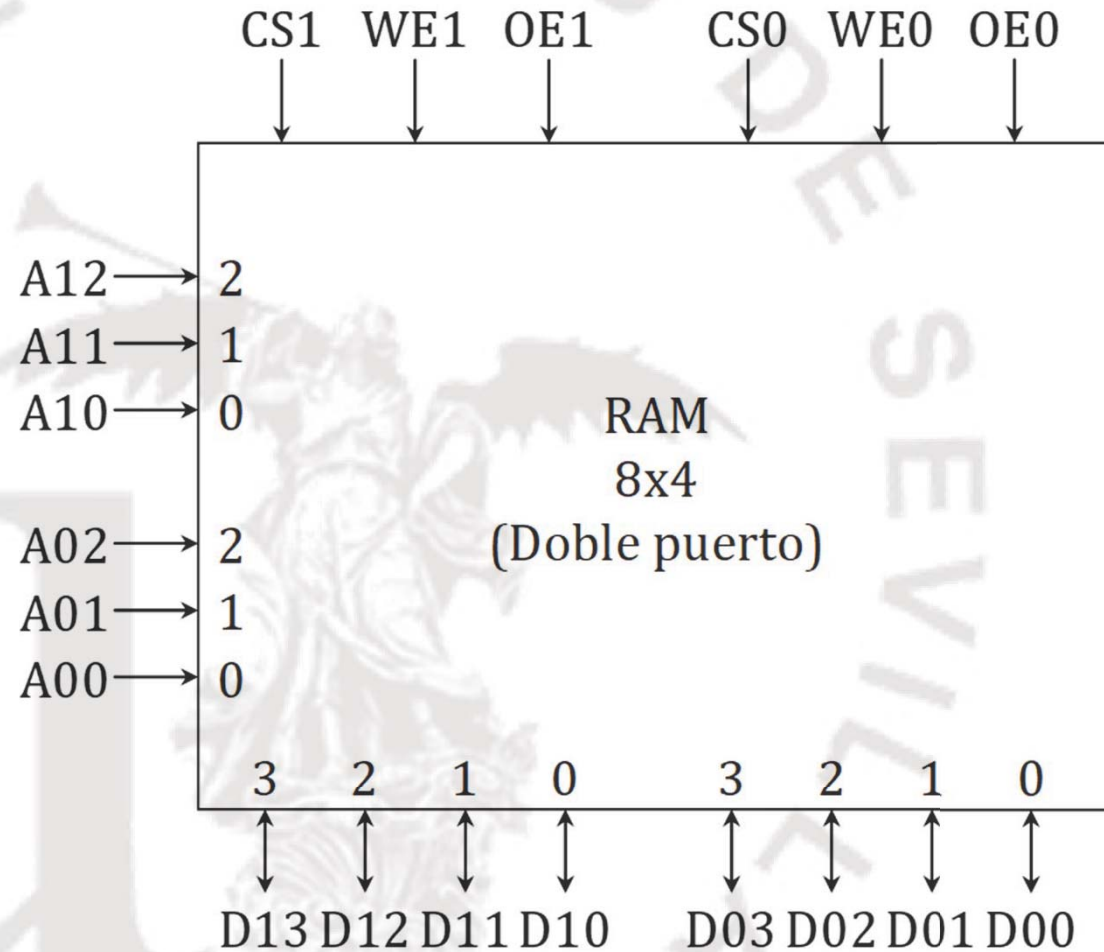
Otras formas de memoria digital

EdC - GII-IC

Memorias de doble puerto

Cuentan con 2 puertos independientes por lo que permiten simultanear:

- 2 Lecturas
- 2 Escrituras
- 1 Lectura + 1 Escritura

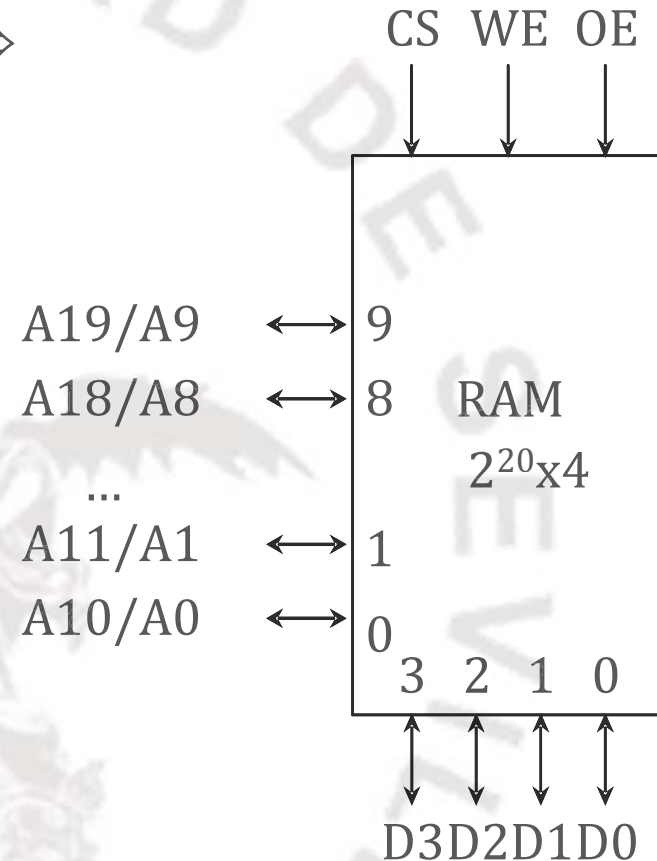


Otras formas de memoria digital

EdC - GII IC Memorias con bus de direcciones multiplexado

Se ahorran líneas de conexión utilizando un bus más estrecho que el necesario para suministrar la dirección \Rightarrow

\Rightarrow Son más lentas ya que para suministrar la dirección completa hay que hacerlo por partes.



Memorias NVRAM (*Non-Volatile RAM*)

Se implementan siguiendo varias estrategias, p.ej.:

SRAM + Pila

Cuando la energía cesa, la SRAM pasa a estar alimentada por la pila

RAM + EEPROM

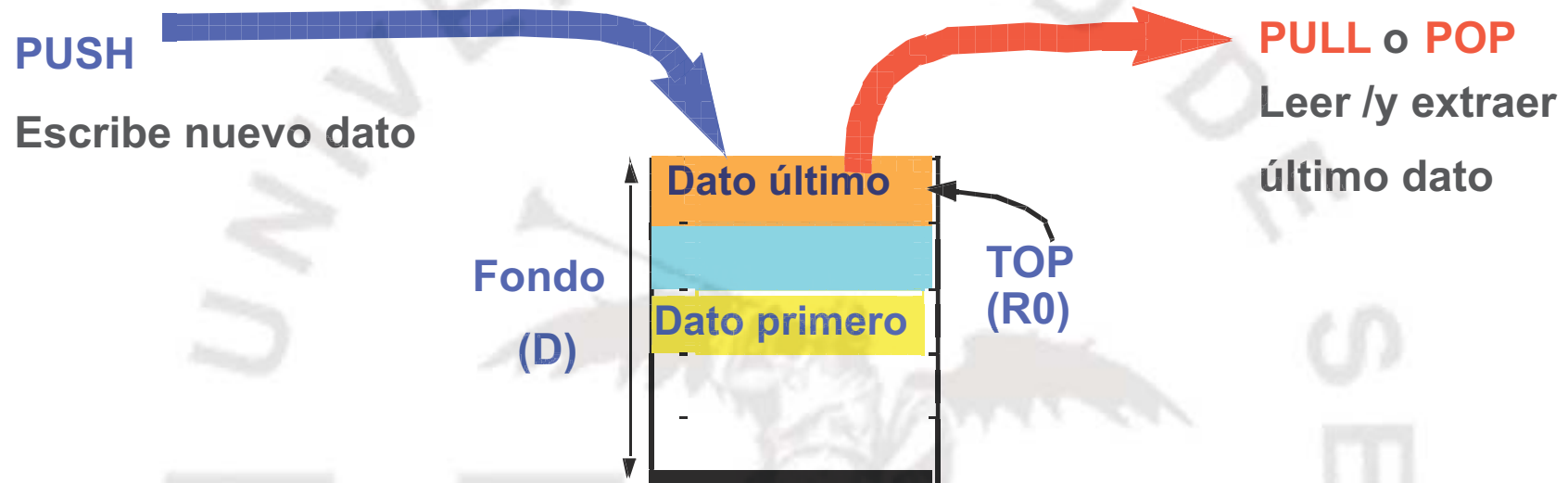
Cuando la energía comienza a decaer, se detecta y, con la energía que aún hay, se vuelca el contenido de la RAM en una EEPROM “gemela”.

Contenidos

- Introducción a los computadores. Unidades funcionales
 - Introducción a la Unidad de Memoria
 - Dispositivos ROM y RAM
 - Descripción RT
 - Arquitectura interna y tecnologías
 - **Memorias secuenciales**
 - LIFO
 - FIFO

Memorias secuenciales: LIFO

Memorias LIFO (Last In-First Out), también llamadas stacks (pilas)



PILA VACÍA: Cuando no se ha escrito ningún dato

PILA LLENA: Cuando están escritos D datos

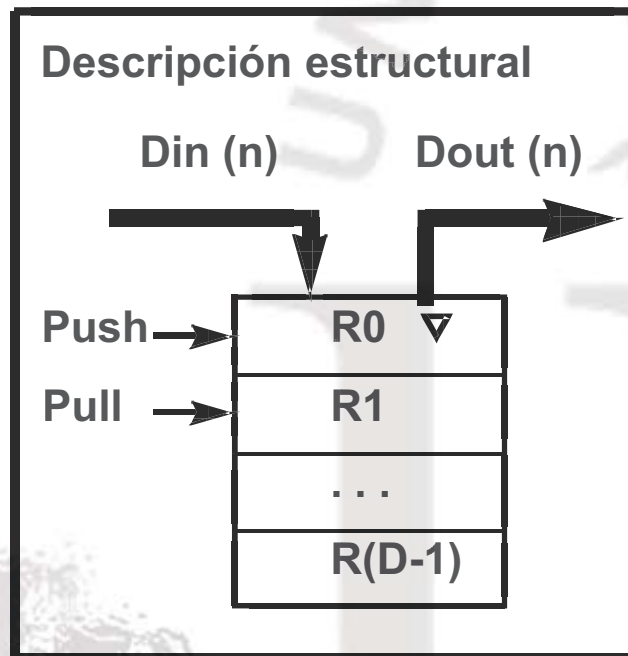
PILA OCIOSA: Cuando no hay Pull ni Push

Memorias LIFO

Operaciones:

Push (Apilar): se escribe en la cabecera de la pila (siguiente posición libre).

Pull (Desapilar): se lee el dato más nuevo y se libera la posición.



Descripción funcional

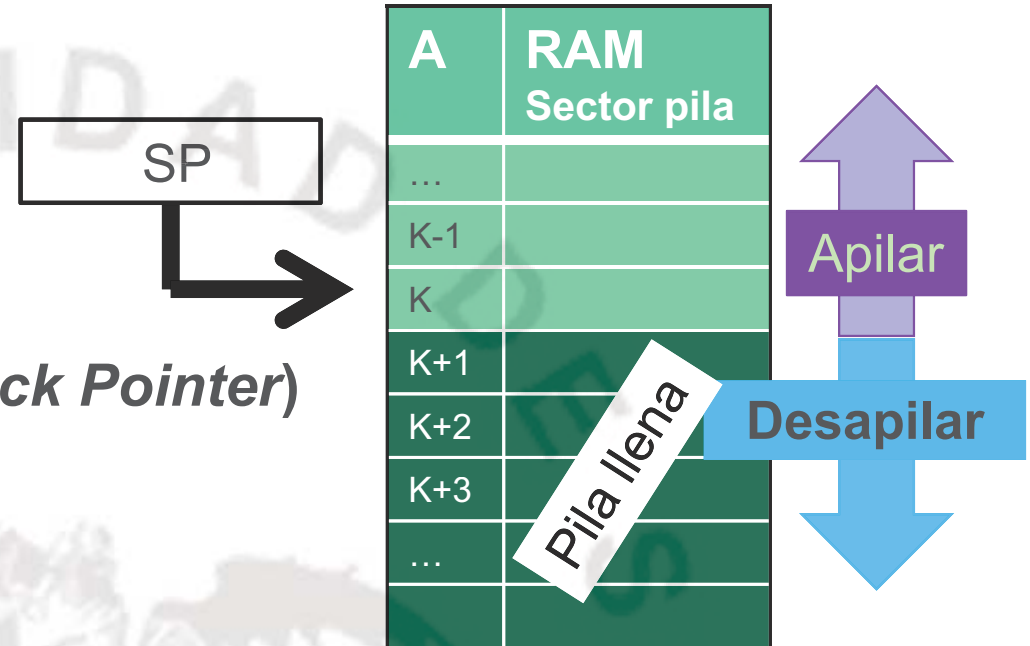
Push Pull	$R_x \leftarrow$	Dout =
0 0	$R_x \leftarrow R_x$	Dout = HI
0 1	$R_x \leftarrow R_{(x+1)} ; R_{(D-1)} \leftarrow 0$	Dout = [R0]
1 0	$R_x \leftarrow R_{(x-1)} ; R_0 \leftarrow D_{in}$	Dout = HI
1 1	Prohibida	

Memorias LIFO: Realización con punteros

EdC - GII-IC

Fundamentos:

- Datos en un sector de RAM
- TOP está apuntado por **SP (Stack Pointer)**



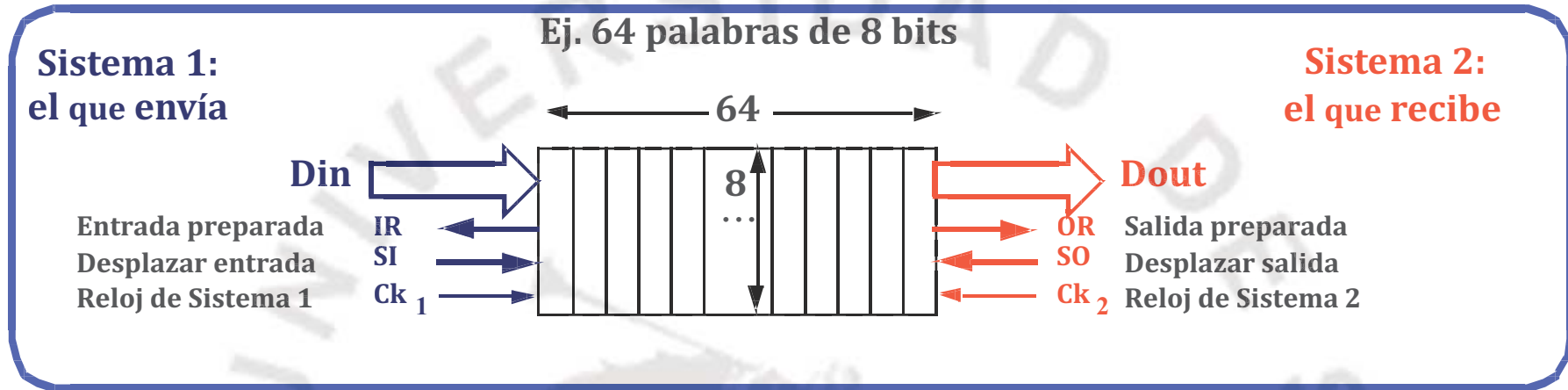
Acuerdos a tomar:

- Concretar sector de pila en RAM
- Apilar hacia direcciones menores
- TOP es la primera palabra vacía

PUSH, Apilar: 1/ $RAM(SP) \leftarrow Din$
2/ $SP \leftarrow SP-1$
PULL, Desapilar: 1/ $SP \leftarrow SP+1$
2/ $Dout = RAM(SP)$

Memorias FIFO (*First In-First Out*)

EdC - GII-IC



1° IR activo:
Sistema 1 (con Ck₁)
SI activo y,
secuencialmente,
Din: D, a, t, o, s

2° Almacenamiento en las
posiciones vacías más
próximas a la salida



3° OR activo:
Sistema 2 (con Ck₂)
SO activo y,
secuencialmente,
Dout: D, a, t, o, s