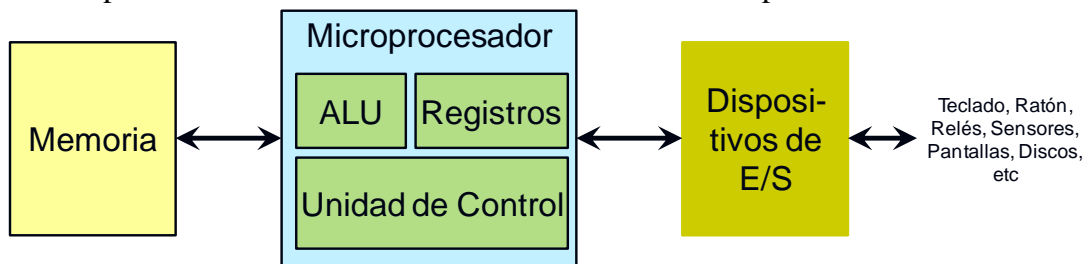




1. Completar la siguiente tabla:

Potencia 2	Decimal	Hex	Multiplicador	Potencia 2	Decimal	Hex	Multiplicador
$2^0$	1	1	-	$2^{17}$	131072	20000	128 K
$2^1$	2	2	-	$2^{18}$	262144	40000	256 K
$2^2$	4	4	-	$2^{19}$	524288	80000	512 K
$2^3$	8	8	-	$2^{20}$	1048576	100000	1 M
$2^4$	16	10	-	$2^{21}$	2097152	200000	2 M
$2^5$	32	20	-	$2^{22}$	4194304	400000	4 M
$2^6$	64	40	-	$2^{23}$	8388608	800000	8 M
$2^7$	128	80	-	$2^{24}$	16777216	1000000	16 M
$2^8$	256	100	-	$2^{25}$	33554432	2000000	32 M
$2^9$	512	200	-	$2^{26}$	67108864	4000000	64 M
$2^{10}$	1024	400	1 K	$2^{27}$	134217728	8000000	128 M
$2^{11}$	2048	800	2 K	$2^{28}$	268435456	10000000	256 M
$2^{12}$	4096	1000	4 K	$2^{29}$	536870912	20000000	512 M
$2^{13}$	8192	2000	8 K	$2^{30}$	1073741824	40000000	1 G
$2^{14}$	16384	4000	16 K	$2^{31}$	2147483648	80000000	2 G
$2^{15}$	32768	8000	32 K	$2^{32}$	4294967296	100000000	4 G
$2^{16}$	65536	10000	64 K	$2^{33}$	8589934592	200000000	8 G

2. Desarrolle un esquema con los componentes necesarios para que funcione un procesador digital. Haga una breve descripción de la funcionalidad de cada uno de estos componentes.



### Microprocesador (o simplemente procesador).

Es el bloque que ejecuta un programa. Está compuesto por:

- **Unidad de Control:** Es el núcleo del sistema ya que realiza la decodificación de las instrucciones. Esta decodificación implica generar las señales de control necesarias para que el sistema ejecute la tarea adecuadamente.
- **Unidad Aritmético-Lógica (ALU):** Sobre ella recae el peso de realizar las operaciones aritméticas y lógicas que sean necesarias al ejecutar las instrucciones.
- **Registros:** Almacenan temporalmente los datos importantes que utiliza el procesador al ejecutar las operaciones.

### Memoria.

Es el sistema de almacenamiento de los datos de que dispone el procesador para realizar su trabajo. Adicionalmente puede almacenar las instrucciones del programa que se ejecuta.

### Dispositivos de Entrada/Salida.

El procesador trabaja con señales eléctricas y por ende en el sistema de numeración binario. En el mundo real, generalmente, no se utiliza el sistema binario para representar información. Los propios humanos utilizamos el sistema decimal o un alfabeto para representar cantidades o comunicarnos. Por ello es necesario disponer de un conjunto de dispositivos de E/S que conviertan al sistema binario, las señales del mundo real o las órdenes que le damos a un procesador.



3. Explique la diferencia entre ciclo de instrucción y ciclo de máquina.  
El ciclo de máquina es el período de ejecución de una operación completa por el procesador. Se puede entender una operación como una o varias fases de ejecución de la instrucción. El tiempo de duración depende de la frecuencia de la señal de reloj y es un múltiplo entero (definido por el fabricante) de un período de dicha señal.  
El ciclo de instrucción es el tiempo que emplea el procesador para ejecutar una instrucción completa. Se especifica en función de la cantidad de ciclos de máquina que dure la instrucción. Una instrucción sencilla puede ejecutarse en un ciclo de máquina pero una compleja puede necesitar varios de ciclos de máquina.
4. Las instrucciones de un procesador digital se ejecutan en tres ciclos de máquina. Cada ciclo de máquina demora 4 estados de reloj.  
En todos los casos el primer ciclo constituye la fase de búsqueda de la instrucción.  
El procesador se utiliza para ejecutar un programa que contiene 10 instrucciones con las características descritas anteriormente. Si la señal de reloj es de 4 MHz, determine:
- El tiempo que demora en ejecutarse una sola de estas instrucciones.  
Frecuencia de reloj del sistema = 4 MHz.  
1 estado:  $T = 1/4\text{MHz} = 0,25 \mu\text{seg}$   
1 ciclo de máquina (CM) =  $4 \times T = 4 \times 0,25 \mu\text{seg} = 1 \mu\text{seg}$   
1 ciclo de instrucción (CI) =  $3 \times \text{CM} = 3 \times 1 \mu\text{seg} = \mathbf{3 \mu\text{seg}}$
5. El ciclo de máquina de un determinado ordenador dura tres ciclos de reloj. El ciclo de instrucción requiere 10 ciclos de máquina. Si trabaja a una frecuencia de 13 MHz, ¿cuánto tarda en ejecutar una instrucción?
- $T = 1/f = 1/13 \text{ MHz} = 0,08 \mu\text{s}$
  - Si cada ciclo de reloj dura  $0,08 \mu\text{s}$ , y cada ciclo de máquina son 3 ciclos de reloj, entonces:
    - $\text{CM} = 3 \cdot 0,08 \mu\text{s} = 0,23 \mu\text{s}$
  - Si cada ciclo de máquina dura  $0,23 \mu\text{s}$ , y cada ciclo de instrucción son 10 ciclos de máquina, entonces:
    - $\text{CI} = 10 \cdot 0,23 \mu\text{s} = 2,3 \mu\text{s}$
  - Cada instrucción tarda  $2,3 \mu\text{s}$  en ejecutarse.**
6. ¿A qué se denomina registro de un procesador digital?  
Un registro es un bloque funcional del procesador que permite almacenar y acceder a datos utilizados con cierta frecuencia.  
Son muy rápidos.  
La capacidad de los registros determina el tamaño de datos con los que trabaja y la cantidad de memoria a la que puede acceder el procesador.
7. ¿Tiene sentido que los registros internos del procesador sean más lentos que la propia operación de su unidad de control? Explique.  
La función de los registros es almacenar datos utilizados con cierta frecuencia, por lo que el procesador accede continuamente a estos bloques. Si los registros fueran más lentos que la velocidad a la que el procesador puede realizar las operaciones se afectaría demasiado la capacidad global de procesamiento de la CPU.

8. Una memoria tiene  $n$  localizaciones. ¿Cuántas direcciones iguales puede tener esta memoria? Explique la respuesta.  
Dado que la dirección de memoria es la referencia a una localización en concreto, en una memoria **no** pueden repetirse las direcciones ya que ocurriría una ambigüedad.
9. Realice una explicación razonada de la(s) diferencia(s) entre las siguientes categorías:
- Memoria de solo lectura y memoria de lectura/escritura.  
Solo lectura: Son memorias que, independientemente de la tecnología de fabricación, se utilizan solo para leer su contenido.  
Lectura/Escritura: Son memorias que, independientemente de la tecnología de fabricación, se utilizan para almacenar datos y posteriormente utilizarlos.
  - Memoria volátil y memoria no volátil.  
Volátil: Memoria en la que la información almacenada no se pierde cuando se retira la energía eléctrica. Ejemplos de estas memorias son las ROM, PROM, EPROM, E<sup>2</sup>PROM y Flash. Generalmente las memorias con estas características tienen tiempos de acceso altos y capacidades de almacenamiento reducidas.  
No volátil: Memoria en la que la información almacenada se pierde cuando se retira la energía eléctrica. Ejemplos de estas memorias son todos los tipos de memoria RAM.
  - RAM estática y RAM dinámica.  
RAM estática: La celda (bit) de almacenamiento está constituida por un circuito biestable. Por ello la información perdura hasta que se escriba un dato diferente al que está almacenado. Las celdas construidas a base de biestables están compuestas de muchos transistores, por lo que estas memorias tienen capacidad de almacenamiento reducida. Por otro lado, poseen tiempo de acceso muy bajos.  
RAM dinámica: La celda (bit) de almacenamiento está constituida por un condensador (capacitor). El dato almacenado se corresponde con el estado de carga del condensador ("1": condensador cargado; "0": condensador descargado). El condensador puede perder carga al cabo de un tiempo por lo que hay que "refrescar" periódicamente la información guardada en cada celda. Estas memorias tienen capacidades de almacenamiento muy grandes pero el tiempo de acceso es peor que el de las estáticas.
10. Un procesador posee un registro interno para almacenar la dirección de memoria a la que se va a acceder cuando se ejecutan determinadas instrucciones. Indique el rango de direcciones y la capacidad total de memoria, en bytes, que puede direccionar dicho procesador si el registro tiene:  
El tamaño del registro indica el rango de direcciones al que se puede acceder.
- 10 bits      Solución:  $(2^{10})$  0 - 3FF<sub>H</sub>; 1 KB      *Ver tabla del ejercicio 1*
  - 5 bits       $(2^5)$  0 - 1F<sub>H</sub>; 32 B
  - 17 bits       $(2^{17})$  0 - 1FFFF<sub>H</sub>; 128 KB
  - 19 bits       $(2^{19})$  0 - 7FFFF<sub>H</sub>; 512 KB
  - 20 bits       $(2^{20})$  0 - FFFFF<sub>H</sub>; 1 MB
  - 32 bits       $(2^{32})$  0 - FFFFFFFF<sub>H</sub>; 4 GB
  - 62 bits       $(2^{62})$  0 - 3FFFFFFFFFFFFFFF<sub>H</sub>; 4294967296 GB = 4194304 TB
11. Diga el concepto de BUS y describa las funciones que puede tener.  
Es un sistema que permite la transferencia de información entre la CPU y los demás componentes del sistema.  
Físicamente es un conjunto de líneas (conductores) que pueden compartirse con múltiples componentes de hardware para todos ellos se comuniquen entre sí.  
Usualmente es de tipo compartido (*broadcast*). Al haber varios dispositivos conectados, las señales que envía uno de ellos están disponibles para los demás. Esto implica la necesidad de hacer gestionar correctamente el uso del bus para evitar colisiones de

información, es decir, que dos o más dispositivos intenten colocar, al mismo tiempo, información en un bus.

En función del uso, se clasifican en tres tipos:

- **Datos.**

Permite transmitir datos entre módulos. También se pueden transferir, desde memoria, las instrucciones que ejecuta el procesador.

Posee una cantidad de líneas que determina el ancho del bus, que determina la cantidad máxima de bits que pueden transmitirse simultáneamente.

El ancho constituye un factor clave a la hora de determinar las prestaciones del sistema. Si el ancho es menor que la cantidad de bits de la información a transferir, se necesita utilizar el bus más de una vez por cada ciclo de instrucción.

Es un bus bidireccional.

- **Direcciones.**

Transmite la dirección de memoria o del dispositivo de E/S al que se va a acceder.

El ancho del bus de direcciones determina la capacidad máxima de direccionamiento de memoria del procesador. Por ejemplo, si una CPU tiene un bus de direcciones con una anchura de 32 líneas, solo puede acceder a  $2^{32} = 4.294.967.296$  (4 G) localizaciones de memoria.

Es un bus unidireccional.

- **Control.**

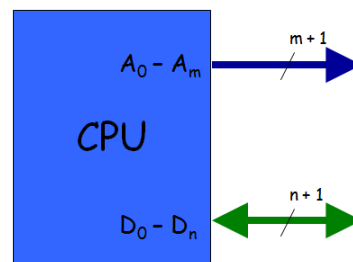
Transporta las órdenes y las señales de sincronización que provienen de la unidad de control y viajan hacia los distintos componentes de hardware. Se trata de un bus bidireccional en la medida en que también transmite señales de respuesta del hardware.

12. Describa los principales inconvenientes que se presentan a la hora de conectar varios dispositivos a un bus.

- Cuantos más dispositivos, mayor es el retardo de la propagación de la información. Este retardo determina el tiempo que necesitan los dispositivos en la coordinación para utilizar el bus.
- La posibilidad de que el bus derive en un cuello de botella a medida que las peticiones de transferencia acumuladas se aproximan a la capacidad del bus.

13. Se tiene procesador digital como el mostrado en la figura, en la que se especifica el bus de direcciones (A) y el bus de datos (D). Indique, para cada uno de los apartados siguientes, la capacidad total de direccionamiento (utilizando los multiplicadores de bytes apropiados) de dicho procesador.

- $n = 7; m = 14$
- $n = 7; m = 17$
- $n = 15; m = 12$
- $n = 15; m = 19$
- $n = 15; m = 31$



a. Bus de direcciones: 15 líneas

Capacidad de direccionar  $2^{15} = 32768 = 32$  k-localizaciones

Bus de datos: 8 líneas (8 bits = 1 byte)

Capacidad total: **32 kB.**

b. Bus de direcciones: 18 líneas

Capacidad de direccionar  $2^{18} = 262144 = 256$  k-localizaciones

Bus de datos: 8 líneas (8 bits = 1 byte)

Capacidad total: **256 kB.**

- c. Bus de direcciones: 13 líneas

Capacidad de direccionar  $2^{13} = 8192 = 8 \text{ k-localizaciones}$

Bus de datos: 16 líneas (16 bits = 2 bytes)

Capacidad total: **16 kB.**

- d. Bus de direcciones: 20 líneas

Capacidad de direccionar  $2^{20} = 1048576 = 1 \text{ M-localizaciones}$

Bus de datos: 16 líneas (16 bits = 1 bytes)

Capacidad total: **2 MB.**

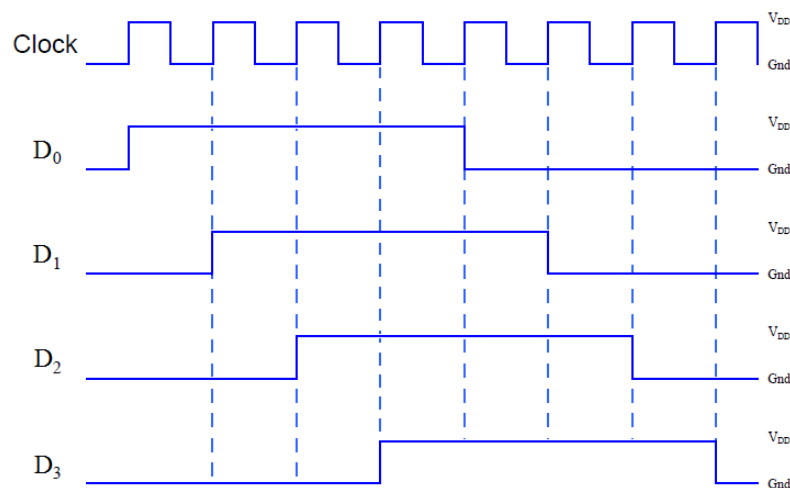
- e. Bus de direcciones: 32 líneas

Capacidad de direccionar  $2^{32} = 4294967296 = 4 \text{ G-localizaciones}$

Bus de datos: 16 líneas (16 bits = 1 bytes)

Capacidad total: **8 GB.**

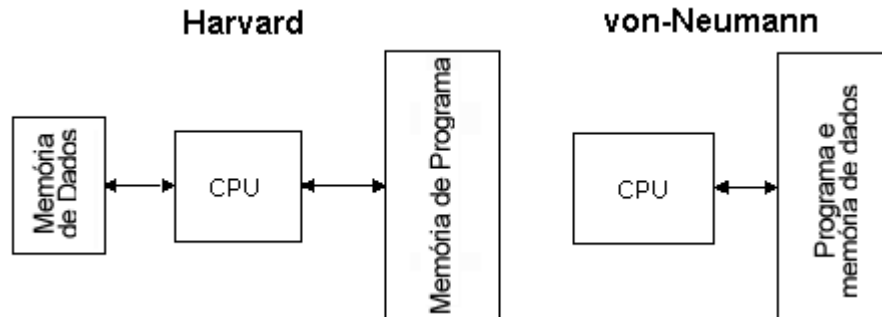
14. En la figura siguiente se muestra la forma de onda de cuatro líneas de datos adyacentes ( $D_0 - D_3$ ) durante una determinada operación en la que interviene el bus de datos.  $D_0$  constituye el bit menos significativo.



Rellene la tabla que aparece a continuación con los estados que adquieren las líneas  $D_0$  a  $D_3$  en cada uno de los ciclos de reloj (Clock) que se indican en el diagrama. Considere que el ciclo comienza en el flanco de subida.

Ciclo de reloj	$D_3$	$D_2$	$D_1$	$D_0$	Hex.
1	0	0	0	1	1
2	0	0	1	1	3
3	0	1	1	1	7
4	1	1	1	1	F
5	1	1	1	0	E
6	1	1	0	0	C
7	1	0	0	0	8

15. Describa las arquitecturas Harvard y Von Neumann. Haga una comparación en cuanto al rendimiento de cada una de ellas.



La arquitectura Von Neumann tiene un solo espacio de memoria para almacenar tanto de programa y como los datos. Esto significa que es necesario buscar instrucciones y datos en el mismo espacio de memoria, mediante un único bus de direcciones y un único bus de datos

La velocidad de transferencia de información es limitada ya que sólo puede transmitir un dato o una instrucción a la vez.

La arquitectura interna de la CPU es más simple.

En la arquitectura Harvard hay dos espacios de memoria separados, uno para instrucciones y otro para datos.

Cada espacio de memoria tiene su propio bus de direcciones y de datos, lo que permite que la CPU pueda acceder de forma independiente y simultánea a la memoria de datos y a la de instrucciones.

El rendimiento aumenta porque al leer una instrucción para ejecutarla, el procesador todavía puede estar escribiendo el resultado de la instrucción anterior. Otra ventaja es que la memoria de datos y la memoria de programa pueden tener localizaciones de tamaños diferentes.

La arquitectura interna de la CPU es más compleja.

16. Describa la función principal de los dispositivos de Entrada/Salida (E/S) en un sistema con procesador digital programable.

Los dispositivos de E/S habitualmente reciben el nombre de periféricos ya que en su gran mayoría son externos a la CPU.

Los periféricos convierten información externa a la CPU en señales eléctricas que pueden ser gestionadas e interpretadas por el procesador, o viceversa.

Los dispositivos de E/S deben estar conectados al procesador. La transferencia de información se realiza a través de los buses del sistema. Es posible que haya varios dispositivos conectados a un mismo bus.

Dado que cada dispositivo de Entrada/Salida tiene su propia forma de funcionamiento, es necesario un mecanismo que permita realizar eficazmente la comunicación dispositivo-procesador. Este mecanismo es un circuito electrónico denominado Interfaz o Controlador, y es el puente entre el dispositivo y el bus que lo comunica con la CPU.

17. Describa las funciones de un controlador de un dispositivo de E/S.

- Control y temporización del flujo de datos
- Comunicación con la CPU.
  - Decodificación de comandos.
  - Intercambio de datos con la CPU.
  - Informe del estado del dispositivo.
  - Reconocimiento de la dirección del dispositivo.
- Control del bloque de comportamiento del sistema.
- Almacenamiento temporal de datos (buffer).
- Detección de errores de comunicación.