

TEMA 5

MICROPROCESADORES. ESTRUCTURA. TIPOS. COMUNICACIÓN CON EL EXTERIOR

INDICE:

1. INTRODUCCIÓN	1
2. ESTRUCTURA.....	1
2.1. Ciclo de instrucción	2
2.2. Unidad de control	2
2.3. Unidad aritmético-lógica	3
2.4. Unidad coma flotante	3
2.5. Memoria caché	4
2.6. Procesador gráfico integrado	4
2.7. Controladores	4
3. TIPOS.....	5
3.1. Según su paralelismo	5
3.2. Según su conexión con la placa	6
3.3. Según su repertorio de instrucciones.....	6
3.4. Según su ancho de palabra	7
4. COMUNICACIÓN CON EL EXTERIOR	7
4.1. Buses	8
4.2. Interfaces	8
4.3. Sincronización con el sistema de entrada y salida.....	9
5. CONCLUSIÓN	9
6. BIBLIOGRAFÍA	9
7. NORMATIVA.....	10

Realizado por Cayetano Borja Carrillo

Tiempo de escritura: 2 horas y 20 minutos

1. INTRODUCCIÓN

El microprocesador es el circuito integrado más complejo de un sistema informático. Su función es la de ejecutar las instrucciones que recibe de otros dispositivos, como la memoria RAM o los periféricos.

La estructura de un microprocesador y, por tanto, sus características y funcionamiento, están definidas en la arquitectura en la que se basa. Existen varias arquitecturas de computadoras, siendo la más extendida y la usada en la mayoría de los ordenadores que usamos a diario (PC, portátil, tableta, videoconsola, teléfono móvil, etc.) la arquitectura Von Neumann.

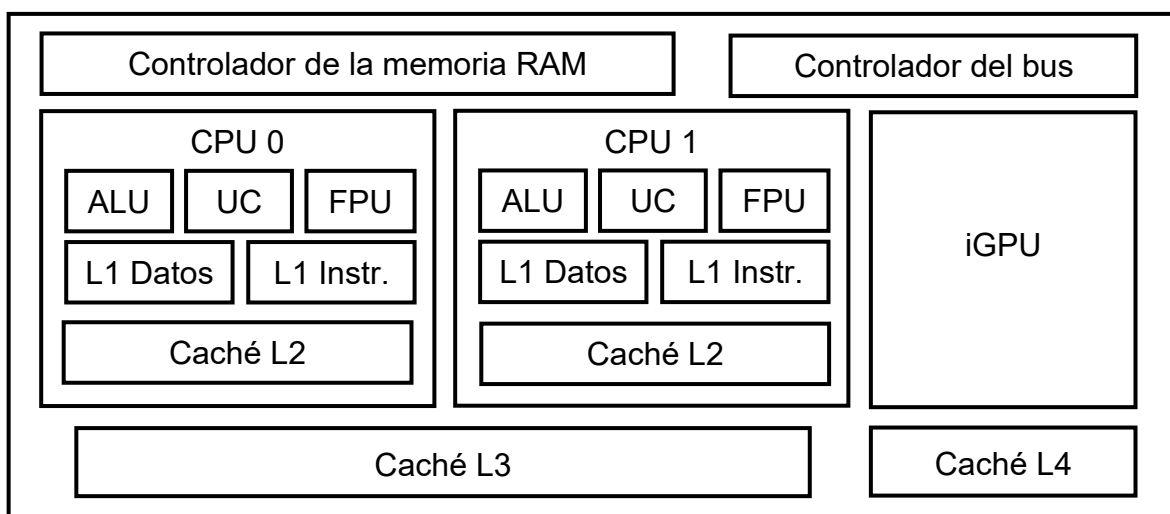
En este tema se desarrollan los principales conceptos de un microprocesador basado en dicha arquitectura, así como su estructura, tipos y comunicación con el exterior. Se trata de un tema de gran importancia dentro del campo de estudio del hardware, ya que es uno de los elementos fundamentales de un sistema informático.

2. ESTRUCTURA

De acuerdo con la arquitectura Von Neumann, un microprocesador debe de estar compuesto de, al menos, una unidad central de proceso o CPU (*Central Proccessing Unit*) que contenga, como mínimo, una unidad de control o UC, una unidad aritmético-lógica o ALU (*Arithmetic-Logic Unit*) y distintos registros internos.

Los microprocesadores modernos, además de incluir esos componentes básicos, incorporan otros como varias CPU (núcleos), unidades coma flotante (FPU), procesador gráfico integrado (iGPU), memoria caché de varios niveles, controlador de memoria y controladores del bus trasero (BSB) y del bus frontal (FSB).

La estructura de un microprocesador típico de 2 núcleos podría ser la siguiente:



Antes de describir el funcionamiento de cada componente, se va a hacer un inciso para definir qué es un ciclo de instrucción.

2.1. Ciclo de instrucción

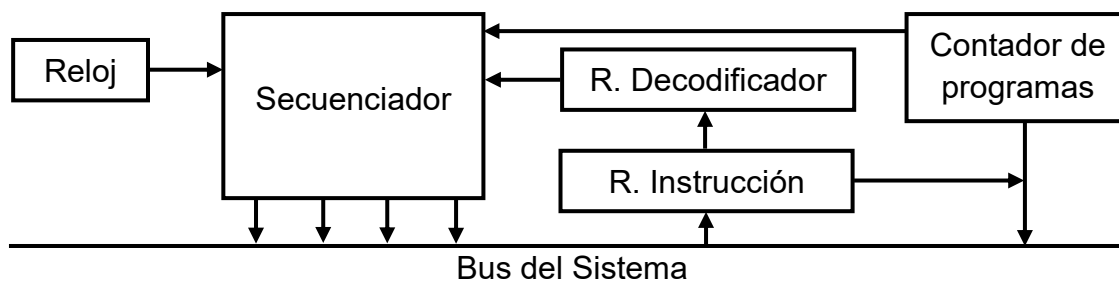
Un ciclo de instrucción es el periodo por el que pasa una instrucción durante su ejecución. Se compone de una serie de etapas, siendo las más básicas las siguientes:

- Fetch (Lectura): La instrucción llega al microprocesador y se coloca en los registros internos de la CPU o núcleo que la va a ejecutar.
- Decode (Decodificación): La instrucción se descodifica y se interpreta su tipo (aritmética, lógica, de E/S, de control, de transferencia de datos, etc.).
- Execute (Ejecución): La instrucción se ejecuta.
- WriteBack (Guardado): Se almacena el resultado generado.

2.2. Unidad de control

La unidad de control o UC se encarga de dirigir y coordinar la mayoría de las operaciones que se ejecutan. Su función es la de interpretar instrucciones, controlar el flujo de datos y garantizar que las operaciones se ejecuten en el orden correcto.

La estructura de una UC es la siguiente:



Su funcionamiento es el siguiente:

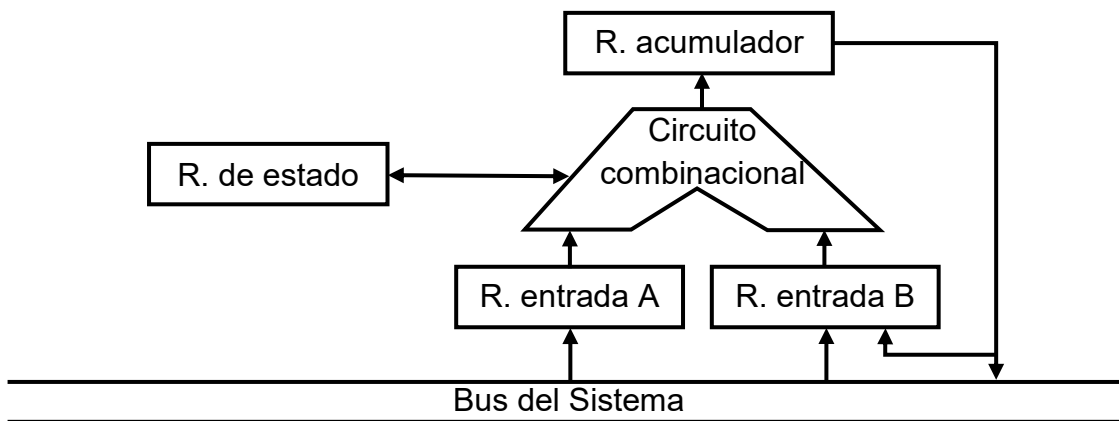
1. La instrucción a ejecutar viaja de la memoria RAM o de un periférico de entrada, según el tipo de instrucción, por el bus del sistema y se almacena en el registro instrucción (etapa *Fetch*).
2. La instrucción llega al registro decodificador donde se decodifica y se interpreta su tipo (etapa *Decode*). De forma simultánea, el contador de programas se actualiza con la dirección de la siguiente instrucción a ejecutar.
3. La instrucción llega al secuenciador, que genera microórdenes que permiten su ejecución (etapa *Execute*). Si la instrucción es de tipo lógico o aritmético, se hace uso de la ALU.
4. El resultado obtenido viaja del secuenciador a la memoria RAM o al periférico de salida, según la instrucción (etapa *Writeback*).

Todos estos pasos van dirigidos por impulsos eléctricos a intervalos constantes generados por el reloj. La frecuencia de estos intervalos se mide en hercios (Hz).

2.3. Unidad aritmético-lógica

La unidad aritmético-lógica o ALU es un dispositivo encargado de ejecutar las instrucciones aritméticas (suma, restas, etc.) y lógicas (AND, OR, NOT, XOR, etc.) que recibe de la UC. Para realizar la operación, la ALU necesita la orden indicada por la instrucción, la dirección donde están ubicados los datos u operandos y la dirección donde se almacenará el resultado.

La estructura de una ALU es la siguiente:



La función de cada elemento es la siguiente:

- Registro entrada A: Almacena el primer operando.
- Registro entrada B: Almacena el segundo operando.
- Registro de estado: Almacena condiciones que se quedaron pendientes en la última operación, como el acarreo.
- Registro acumulador: Almacena los resultados de las operaciones que se están llevando a cabo.
- Circuito operacional: Realiza la operación con los datos que hay en los registros.

2.4. Unidad coma flotante

La unidad coma flotante o FPU (*Floating Point Unit*) es un dispositivo especializado en ejecutar operaciones aritméticas en coma flotante, es decir, con números reales.

Una ALU por si sola también es capaz de realizar estos cálculos, pero el coste computacional es muy alto, ya que tiene que emular la función mediante microcódigos, por lo que la FPU libera a la ALU de realizar este trabajo.

Al principio, las FPU eran coprocesadores separados de las CPU, pero a finales de los años 80, los fabricantes comenzaron a incorporar las FPU en el interior de las CPU. La primera CPU en tener una FPU integrada fue el Intel 80486DX.

2.5. Memoria caché

La caché es un conjunto de memorias (niveles) de gran velocidad, pero de poca capacidad debido a su alto coste, que hace de intermediaria entre la RAM y los registros internos de la CPU. Su función es la de almacenar temporalmente los datos que se prevé que van a ser consultados pronto o con más frecuencia. Los niveles de una memoria de caché pueden ser los siguientes:

- Caché L1: Es la más pequeña y rápida de todas. Se compone de 2 memorias: una para almacenar exclusivamente datos y otra para instrucciones.
- Caché L2: De mayor capacidad que la L1, pero más lenta.
- Caché L3: Es más grande y lenta que las anteriores, pero aun así es muy veloz. Normalmente es compartida por todos los núcleos.
- Caché L4: Aunque no es habitual que un sistema incorpore esta memoria, algunos microprocesadores como el Intel i7-5775C la incluyen para servir de apoyo a las gráficas integradas o iGPU.

Es importante tener en cuenta que no todos los microprocesadores incorporan en su interior los mismos niveles de caché. Por ejemplo, algunos microprocesadores antiguos como el 80486 y el primer Pentium solo tienen una caché L1 integrada en el chip, aunque pueden utilizar de forma opcional una caché L2 ubicada en la placa base. En la actualidad, lo común es que incluyan los 3 primeros niveles (L1, L2 y L3).

2.6. Procesador gráfico integrado

La iGPU (*Integrated Graphics Processing Unit*), también llamada gráfica integrada, es un coprocesador especializado en ejecutar operaciones gráficas llamadas primitivas, que se encargan de dibujar rectángulos, calcular vértices, aplicar texturas, ejecutar sombreadores (*shaders*), etc.

Algunos microprocesadores de gama alta, especialmente los destinados al uso “*gaming*”, no incluyen iGPU porque se da por hecho que el usuario le instalará una tarjeta gráfica dedicada más potente y el hueco que deja libre puede ser aprovechado para integrar más núcleos.

2.7. Controladores

Los controladores son circuitos electrónicos encargados de gestionar el intercambio de información entre el microprocesador y el resto de los componentes. Los controladores más importantes son los siguientes:

- Controlador de memoria: Gestiona las comunicaciones entre el microprocesador y la RAM. El controlador de memoria más extendido es el DDR (*Double Data Rate*) y sus versiones DDR2, DDR3, DDR4 y DDR5.
- Controlador del bus frontal (FBS): Gestiona las comunicaciones entre el procesador y el puente norte (*Northbridge*) del *chipset*. Esto permite al microprocesador comunicarse con la BIOS o UEFI, periféricos, tarjetas de expansión, sistemas de almacenamiento, etc.
- Controlador del bus trasero (BSB): Gestiona las comunicaciones entre el microprocesador y la memoria caché si ésta se encuentra en el exterior, por ejemplo, en la placa base.

3. TIPOS

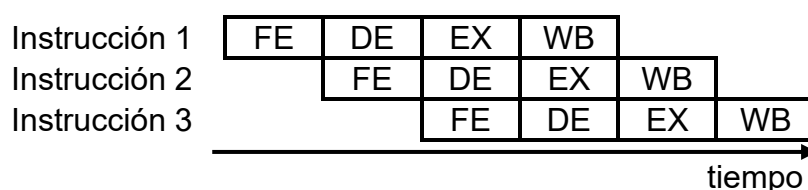
Existen varios tipos de microprocesadores cuya clasificación se ha hecho dependiendo de una serie de criterios como son los siguientes:

3.1. Según su paralelismo

El paralelismo es la capacidad de un microprocesador de ejecutar varios flujos de instrucciones simultáneamente. Algunas formas de lograr el paralelismo son:

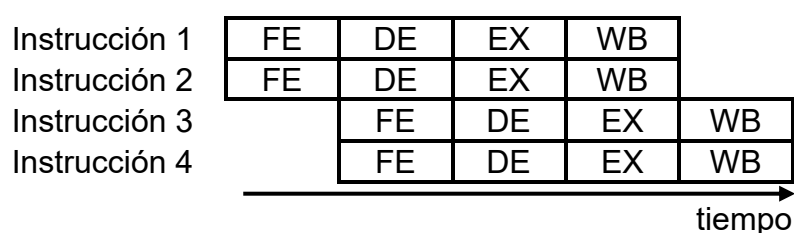
Paralelismo por segmentación (*pipeline*)

La ejecución de una instrucción en etapas permite que se ejecuten varias instrucciones a la vez, cada una en una etapa distinta. Por ejemplo, mientras una instrucción se encuentra en la etapa “*Fetch*”, otra puede estar en la etapa “*Decode*”. La siguiente ilustración muestra la ejecución simultánea de 3 instrucciones:



Microarquitectura superescalar

Una CPU con microarquitectura superescalar es aquella que incluye varias unidades de ejecución en su interior (varias ALU, FPU y registros internos). Esto permite que se ejecuten varias instrucciones a la vez en la misma etapa. La siguiente ilustración muestra la ejecución de 6 instrucciones en una CPU con 2 unidades de ejecución:



Multinúcleo

Un microprocesador multinúcleo o *multi-core* es aquel que incluye 2 o más unidades de CPU completas e independientes en un mismo encapsulado. Para que todos los núcleos puedan ser aprovechados, tanto el sistema operativo como los programas en ejecución deben de estar diseñados para ser capaces de ramificar el flujo de ejecución en múltiples flujos independientes. Hoy en día, es habitual que los microprocesadores incluyan núcleos de rendimiento y núcleos de bajo consumo, para que se activen unos u otros según las necesidades requeridas.

Hyperthreading

Hyperthreading es una tecnología que permite a un microprocesador simular una CPU virtual por cada CPU real. El sistema operativo trata a las CPU virtuales como si fueran reales y les manda trabajo. Con esto se consigue que los núcleos reales se mantengan más tiempo activos, aumentando considerablemente el rendimiento.

3.2. Según su conexión con la placa

Dependiendo del tipo de conexión, un microprocesador se puede clasificar en:

- LGA (Land Grid Array): Un microprocesador con conexión LGA es aquel donde la conexión con la placa se realiza mediante contactos lisos chapados en oro. El fabricante Intel suele usar este tipo de conexión.
- PGA (Pin Grid Array): La conexión con la placa se realiza mediante un conjunto de pines repartidos por toda la superficie inferior del microprocesador. El fabricante AMD suele usar este tipo de conexión.
- BGA (Ball Grid Array): En este tipo de microprocesador, la conexión con la placa se realiza mediante la soldadura de unas bolas de estaño u otra aleación similar. Los microprocesadores de los teléfonos móviles son de este tipo.

3.3. Según su repertorio de instrucciones

No todos los microprocesadores entienden y pueden ejecutar las mismas instrucciones, sino que solo comprenden las que están definidas en su repertorio de instrucciones o ISA (*Instruction Set Architecture*).

Existen diferentes arquitecturas de ISA, siendo la RISC (*Reduced Instruction Set Computer*) y la CISC (*Complex Instruction Set Computer*) las más utilizadas.

RISC

Un microprocesador con arquitectura RISC se caracteriza por tener una ISA reducida de instrucciones simples. El uso de instrucciones sencillas reduce los accesos a la memoria RAM y facilita el paralelismo por segmentación, ya que todas sus instrucciones tienen el mismo tamaño y son más uniformes.

Los microprocesadores RISC consumen poca energía y generan poco calor. Esto los hace ideales para ser usados en dispositivos móviles como teléfonos móviles, tabletas, relojes inteligentes y portátiles ligeros.

Algunos ejemplos de ISA que utilizan el modelo RISC son ARCV2, ARMv7, ARMv8, MIPS, PowerPC y SPARC.

CISC

Un microprocesador con arquitectura CISC se caracteriza por tener un amplio repertorio de instrucciones complejas que realizan mucho trabajo en pocos ciclos de reloj. CISC tiene problemas para ejecutar instrucciones en paralelo, por esta razón, los microprocesadores modernos implementan un sistema que convierte una instrucción compleja CISC en varias microinstrucciones de tipo RISC.

Al usar instrucciones potentes, los microprocesadores CISC consumen bastante energía y generan mucho calor, por lo que es necesario acoplarle un sistema de refrigeración para evitar un sobrecalentamiento. Este tipo de arquitectura se utiliza principalmente en ordenadores personales, portátiles y servidores.

Algunos ejemplos de ISA que utilizan el modelo CISC son Z80, 8080 y x86.

Aunque tradicionalmente CISC ha sido la arquitectura más potente, es importante mencionar que RISC ha experimentado una impresionante evolución en los últimos años y ya hay microprocesadores RISC, como el Apple M2, que han alcanzado un rendimiento similar a los microprocesadores CISC de última generación, pero manteniendo sus ventajas de consumo y generación de calor.

3.4. Según su ancho de palabra

Un microprocesador opera con valores binarios (ceros y unos) llamados bits. El número de bits con los que trabaja o, mejor dicho, la longitud de las instrucciones que puede manejar, viene determinado por el tamaño de sus registros internos. Dicha longitud se llama ancho de palabra y puede ser de 8, 16, 32 o 64 bits.

El ancho de palabra no solo determina el tamaño de los registros internos, sino que también, la capacidad de procesamiento de la ALU y la cantidad de memoria RAM que un microprocesador puede direccionar. Por ejemplo, un microprocesador de 32 bits podrá direccionar como máximo 2^{32} bits (4GB) de memoria RAM.

4. COMUNICACIÓN CON EL EXTERIOR

Un microprocesador debe de poder comunicarse con otros dispositivos externos llamados periféricos. La conexión entre estos 2 elementos no es directa, sino que el periférico se conecta a una interfaz que comunica, a través de un bus, con el microprocesador.



4.1. Buses

Un bus de comunicaciones es un canal que permite la transferencia de datos entre dispositivos informáticos. Puede ser una línea metálica soldada en una placa de silicio, un cable, un conjunto de pines, resistores, condensadores, etc.

Dependiendo del tipo de transferencia, un bus puede ser de 2 tipos:

- Bus en serie: La información se transmite bit a bit. Algunos ejemplos son USB, PCI-Express y Serial ATA.
- Bus en paralelo: Permite la transferencia de varios bits a la vez. Algunos ejemplos son ISA, PCI y ATA.

Independientemente de si se trata de un bus en serie o en paralelo, un bus está compuesto por 3 líneas también denominadas buses y son:

- Bus de datos: Transporta datos entre el microprocesador y el resto de los componentes.
- Bus de direcciones: Contiene la dirección de memoria RAM donde se encuentra la instrucción a ejecutar o la posición del periférico al que se desea acceder.
- Bus de control: Como un mismo bus puede ser compartido por varios dispositivos, existe la posibilidad de que diferentes flujos de datos que provienen de distintos componentes choquen y se mezclen. El bus de control hace de arbitraje y evita la colisión de datos.

4.2. Interfaces

Una interfaz permite la conexión de un periférico o dispositivo con el bus que comunica con el microprocesador. Existen 3 tipos de interfaces:

- Puerto: Interfaz externa que permite una conexión física del periférico. Algunos puertos son PS/2, USB, HDMI, VGA, DVI, Firewire y DisplayPort.
- Ranura de expansión: Interfaz interna donde el dispositivo se conecta a una ranura de expansión que hay en placa base. Estos dispositivos son tarjetas gráficas, de sonido, de red, etc. Algunas ranuras son ISA, PCI, AGP y PCI-E.
- Interfaz inalámbrica: El periférico se comunica con el ordenador a través de ondas electromagnéticas que viajan por el aire. El ordenador debe de tener un receptor que sea capaz de captar e interpretar dichas ondas. Algunos medios inalámbricos son Wi-Fi, Bluetooth, infrarrojos y NFC.

4.3. Sincronización con el sistema de entrada y salida

El microprocesador tiene que estar permanentemente sincronizado con el sistema de entrada y salida para poder enviar o recibir información de los periféricos. Existen varias técnicas de sincronización como las siguientes:

- Sondeo o Polling: El microprocesador se encarga de sondear todos los periféricos cada cierto tiempo para comprobar si alguno tiene una petición. Este método es muy ineficiente, ya que se consume tiempo constantemente en realizar todas las instrucciones de sondeo. Los periféricos con interfaz USB 2.0 y versiones anteriores utilizan esta técnica de sincronización.
- Interrupciones: El microprocesador recibe una señal llamada IRQ (*Interrupt Request*) indicando que debe interrumpir el flujo de ejecución normal para pasar a ejecutar las peticiones del periférico. De esta forma, no se pierde el tiempo sondeando constantemente a los periféricos. Los periféricos con interfaz PS/2 o USB 3.0 y versiones posteriores usan este método.

5. CONCLUSIÓN

El microprocesador es el componente más importante de un ordenador, ya que se encarga de ejecutar las instrucciones de los programas y procesar los datos. Se podría decir que es el cerebro de un sistema informático.

Cada microprocesador tiene una estructura diferente y puede integrar distintos elementos especializados que, aunque algunos no sean obligatorios para su funcionamiento, pueden mejorar la eficiencia y el rendimiento general del sistema.

En el mercado podemos encontrarnos con una gran cantidad de microprocesadores de diferentes características, como su paralelismo, arquitectura del repertorio de instrucciones, conexión con la placa y tamaño del ancho de palabra.

Cabe mencionar que un microprocesador por sí solo carece de utilidad, y es que debe de ser capaz de comunicarse con el exterior de forma sincronizada para poder recibir y enviar información.

En el transcurso del tiempo, se han ido volviendo más complejos y potentes, pero su estructura básica ha permanecido inalterada, ya que todos están diseñados bajo los mismos principios teóricos.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Mano, M. M. (1994). *Arquitectura de computadoras (3ª ed.)*. Pearson Educación.
- López Ureña, L. A. et al. (1997). *Fundamentos de Informática (1ª ed.)*. Ra-ma.

- Prieto Espinosa, A. et al. (2006). *Introducción a la informática (4ª ed.)*. McGraw-Hill.
- Brookshear, J. G. (2012). *Introducción a la computación (11ª ed.)*. Pearson Educación.

7. NORMATIVA

Para el desarrollo de este tema, se ha tenido en cuenta la siguiente normativa, donde se especifican los contenidos, competencias y criterios de evaluación de los Ciclos Formativos y Bachillerato en Andalucía:

- Orden 7 de julio de 2009 (SMR). La parte correspondiente al módulo “Montaje y Mantenimiento de Equipos”.
- Orden 19 de julio de 2010 (ASIR). La parte correspondiente al módulo “Fundamentos del Hardware”.
- Orden 16 de junio de 2011 (DAW/DAM). La parte correspondiente al módulo “Sistemas Informáticos”.
- Instrucción 13/2022 (Bachillerato). La parte correspondiente a la asignatura “Tecnologías de la Información y Comunicación”