

Guía de presentación del tema 4

El procesador

El objetivo de este tema es presentar la estructura y el funcionamiento de un procesador elemental. Para ello, se describe cómo se ejecutan las instrucciones en un procesador y cómo funciona y se diseña la unidad de control de un procesador. En este tema se presentan los siguientes contenidos:

1. Elementos y organización de un procesador
2. Ejecución de instrucciones
3. Modos de ejecución y arranque de un computador
4. Interrupciones
5. Diseño de la unidad de control
6. Prestaciones y paralelismo

1. Elementos y organización de un procesador

En este apartado se describen todos los elementos que forman parte de un computador con arquitectura Von Neumann: memoria, procesador, buses y módulos de entrada/salida, con especial atención al procesador. Se describen todos los elementos del procesador: registros, unidad aritmético-lógica y unidad de control. También se define el lenguaje de nivel de transferencia de registros, el concepto de operaciones elementales y el concepto de señales de control, como paso previo a la ejecución de instrucciones y diseño de la unidad de control.

El tema se ilustra con el simulador WepWIM (<https://wepsim.github.io/wepsim/>) desarrollado por los autores de este curso.

2. Ejecución de instrucciones

Una vez descritas las partes de un procesador, se describe, en detalle, las fases de ejecución de una instrucción:

- Lectura de la instrucción
- Decodificación
- Ejecución

Se presenta diversos ejemplos de instrucciones y para cada una de ellas se define su compartimiento mediante operaciones elementales y señales de control.

3. Modo de ejecución y arranque de un computador

El modo de ejecución de un procesador determina qué tipo de programa se está ejecutando y qué instrucciones máquina puede ejecutar y cuáles no. De forma básica, un procesador incluye al menos un modo usuario y un modo núcleo. El modo usuario está destinado a la ejecución de programas de usuario y en él, los programas no pueden ejecutar instrucciones privilegiadas. Ejemplos de instrucciones privilegiadas son las instrucciones de entrada/salida. El modo núcleo está reservado a la ejecución del sistema operativo y en él, el programa que está ejecutando en el procesador tiene acceso completo a todo el juego de instrucciones del procesador. En este apartado, también se describen los pasos que realiza un computador durante el proceso de arranque.

4. Interrupciones

Una interrupción es una señal que llega a la unidad de control y que rompe la secuencia normal de ejecución de un programa (una división por cero, acceso a una posición de memoria ilegal, etc.). Cuando se genera una interrupción se detiene el programa que actualmente se está ejecutando en el procesador y se transfiere la ejecución a otro programa que atiende la interrupción. El programa encargado de atender y procesar la interrupción forma parte del sistema operativo. En este bloque se describen los distintos tipos de interrupciones que puede haber y los pasos que realiza la unidad de control cuando se produce una interrupción. También se describe el mecanismo de interrupciones vectorizadas, que es el que se emplea mayoritariamente para determinar las direcciones donde se encuentran almacenadas las rutinas que deben tratar y procesar las diferentes interrupciones que ocurren en un procesador.

5. Diseño de la unidad de control

La unidad de control es elemento del procesador que se encarga de la ejecución de instrucciones. Se encarga, por tanto, de generar todas las señales de control necesarias para que se ejecuten las diferentes instrucciones máquina que forman parte de los programas. La unidad de control toma como entrada el registro de instrucción, que almacena la instrucción que actualmente se está ejecutando en el procesador, el registro de estado que almacena información sobre el estado del programa que se está ejecutando, la señal que indica si ha habido interrupciones o no y la señal del reloj. Con todos estos elementos, se encarga de generar todas las señales de control necesarias. En este apartado del tema, se ilustra cómo son los pasos para diseñar una unidad de control y se describen dos tipos de unidades de control:

- Unidad de control cableada
- Unidad de control microprogramada

El tema dedica especial atención a las unidades de control microprogramadas, que disponen de una memoria de control donde se almacenan todas las señales de control que debe activar la unidad de control en el proceso de ejecución de instrucciones. El concepto de microprogramación se ilustra con el simulador WepSIM.

6. Paralelismo y aumento de prestaciones

El tema finaliza con una pequeña introducción a computadores que utilizan paralelismo a nivel de instrucciones con el objetivo de mejorar las prestaciones. Se describen brevemente los procesadores segmentados, que emplean técnicas de segmentación o pipeline para poder procesar varias instrucciones simultáneamente. Los procesadores superescalares, que son procesadores segmentados que pueden ejecutar varias instrucciones máquina en paralelo, una de ellas en una unidad segmentada diferente. También se presenta el concepto de procesador multicore, que combina dos o más procesadores independientes en un solo chip o empaquetado.

Material asociado

Como material asociado a este tema se incluye el material de teoría y una colección de ejercicios propuestos y resueltos sobre los aspectos tratados en el tema. También se proporciona acceso al simulador WepSIM. WepSIM es un simulador Web, que simula el funcionamiento de un procesador elemental con unidad de control microprogramada y que permite definir diferentes tipos de juegos de instrucciones. Se propone una práctica, que emplea el simulador WepSIM, para comprender cómo mediante la microprogramación se puede diseñar el juego de instrucciones de un procesador.

En otros recursos se proporciona un enlace a diversos simuladores de otros procesadores y simuladores que ilustran el funcionamiento del pipeline.

Lecturas recomendadas

- Capítulo 5 del libro “Problemas resueltos de estructuras de computadores” (GARCIA CARBALLEIRA, Félix et al.).
- Capítulo 4 del libro “Computer organization and design. The hardware/software interface” (PATTERSON, David, et al).
- Capítulo 14, 20 y 21 del libro “Computer Organization and Architecture” (STALLINGS, William).
- Capítulo 10 del libro de “Fundamentos de los sistemas digitales” (FLOYD, Thomas L.).