

Trabajo de Estructura y Organización de Computadores

Diseño de una CPU

1 Planteamiento y objetivos

En el marco de la arquitectura de von Neumann, los bloques Ruta de Datos y Unidad de Control forman lo que conocemos como CPU (*Central Processing Unit*) o Unidad Central de Proceso. El diseño *hardware* de la misma es el resultado de acomodar una serie de requisitos de cómputo, de coste y de rendimiento con unas especificaciones *software* marcadas por el Repertorio de Instrucciones.

El objetivo del trabajo es diseñar desde cero y con absoluta libertad una CPU que atienda a unas especificaciones tomadas del mundo real y cuya configuración individual va a ser aleatoria.

El trabajo se plantea como un ejercicio de ingeniería que contribuya al proceso de aprendizaje en estos momentos tan especiales. Es, por tanto, valioso en sí mismo, sea cual sea el sistema de evaluación que haya de llevarse a cabo cuando finalice esta crisis. La valoración del mismo, en definitiva, no se puede establecer en este momento. Bien podría ser parte del 10% de la calificación por actividades propuestas como podría servir para conferir una parte más alta de la calificación final. Todo dependerá del tiempo que dure el confinamiento y de las decisiones que adopte la autoridad competente. En cualquier caso, el trabajo tiene carácter **individual** y **obligatorio**.

2 Normas y plazo de presentación

Las normas y plazo de presentación son absolutamente inapelables de manera que su falta de cumplimentación conlleva una calificación de 0.

El formato de presentación es el siguiente:

- Tipo de letra “Times New Roman” o similar para el texto y “Arial” para código y nombres de instrucciones.
- Tamaño de letra 12pt.
- Interlineado a doble espacio.
- Tamaño de página DIN-A4, con todos los márgenes de 2cm y a doble página.
- Los esquemas y figuras deberán ser confeccionados preferentemente con aplicaciones de dibujo o de edición de circuitos si es el caso. De no utilizar dichas aplicaciones por algún motivo totalmente justificado, se realizarán a mano con precisión y limpieza y serán incluidos en el fichero usando una fotografía de suficiente calidad.
- La portada debe incluir los datos identificativos (nombre y apellidos, DNI, titulación y grupo) y la configuración de diseño que haya resultado seleccionada aleatoriamente.

El trabajo se presentará la semana del 20 de abril de 2020. Si para dicha fecha se han restablecido las clases presenciales, se entregará impreso antes de la correspondiente clase de teoría según titulación y grupo. Si no se ha reanudado la docencia presencial, el trabajo deberá enviarse a la dirección de correo electrónico rafael.rico@uah.es en un único fichero en formato pdf antes del viernes 24 de abril de 2020 a las 23:59.

3 Advertencia sobre plagio

En las actuales circunstancias debemos ser más conscientes que nunca de la importancia de actuar con franqueza. El fin del trabajo es el aprendizaje y la adquisición de competencias no cumplir un trámite. Por todo ello, el fraude será castigado con severidad ya sea plagio o copia entre alumnos.

Recordamos que el plagio se define como la apropiación de palabras o ideas ajenas sin citar de manera apropiada en el texto. Es decir, el plagio puede ser tanto de frases como de ideas incluidas sin referenciar a su autor.

Además, el trabajo tiene carácter individual y, fuera de la configuración aleatoria, existe libertad total para adoptar las decisiones de diseño que se considere oportuno. Encontrar dos soluciones iguales será motivo suficientemente sospechoso como para realizar una investigación exhaustiva acerca de la verdadera autoría del trabajo. Si se demuestra que el trabajo se ha realizado en grupo, todos los implicados serán calificados con 0.

En cualquier caso, serán de aplicación las normas y reglamentos de la Universidad de Alcalá al respecto.

4 Especificaciones

RUTA DE DATOS: operadores

Algoritmo de selección: aplicar la función módulo 5 a la cifra de las unidades del DNI.

$$\text{opción} = \text{unidades_DNI} \bmod 5$$

Ejemplo:

Sea el DNI 12345678 Z

La cifra de las unidades es 8 con lo que la opción que resulta seleccionada es:

$$\text{opción} = 8 \bmod 5 = 3$$

OPCIÓN 0

- Tamaño de palabra de 16 bits
- Operadores lógicos AND, OR, NOT
- Operador de desplazamiento a derecha e izquierda de 1 bit
- Detector de cero y signo
- Sumador-restador de enteros
- Multiplicador sin signo

OPCIÓN 1

- Tamaño de palabra de 32 bits
- Operadores lógicos AND, OR, XOR, NOT
- Operador de desplazamiento y rotación a derecha e izquierda de n bits
- Detector de cero, signo y paridad
- Sumador-restador de enteros y coma flotante
- Multiplicador de enteros y coma flotante
- Divisor de enteros

OPCIÓN 2

- Tamaño de palabra de 8 bits
- Operadores lógicos NAND y NOR
- Operador de desplazamiento a derecha e izquierda de 1 bit
- Detector de cero y signo
- Sumador-restador de enteros

OPCIÓN 3

- Tamaño de palabra de 16 bits
- Operador lógico NOT
- Detector de cero
- Restador de enteros

OPCIÓN 4

- Tamaño de palabra de 64 bits
- Todos aquellos operadores lógicos y aritméticos en coma fija y coma flotante que se consideren precisos para una máquina orientada al cálculo matemático intensivo

RUTA DE DATOS: registro de estado

Algoritmo de selección: opción 0 si la cifra de las decenas del DNI es par o cero; opción 1 si es impar.

OPCIÓN 0

- Con registro de estado
- Banderas disponibles: cero, signo, paridad, acarreo y desbordamiento

OPCIÓN 1

- Sin registro de estado

REPERTORIO DE INSTRUCCIONES: almacenamiento temporal

Algoritmo de selección: aplicar la función módulo 5 a la cifra de las centenas del DNI.

$$\text{opción} = \text{centenas_DNI} \bmod 5$$

Ejemplo:

Sea el DNI 12345678 Z

La cifra de las centenas es 6 con lo que la opción que resulta seleccionada es:

$$\text{opción} = 6 \bmod 5 = 1$$

OPCIÓN 0

- Sin almacenamiento temporal

OPCIÓN 1

- Registro acumulador

OPCIÓN 2

- Banco de 8 registros organizados como pila

OPCIÓN 3

- Banco de 16 registros de propósito general
- Las operaciones de proceso admiten un operando ubicado en memoria

OPCIÓN 4

- Banco de 32 registros de propósito general
- Las operaciones de proceso sólo admiten operandos ubicados en registros

REPERTORIO DE INSTRUCCIONES: soporte para subrutinas

Algoritmo de selección: aplicar la función módulo 3 a la cifra de las unidades de millar del DNI.

$$\text{opción} = \text{unidades_millar_DNI} \bmod 3$$

Ejemplo:

Sea el DNI 12345678 Z

La cifra de las unidades de millar es 5 con lo que la opción que resulta seleccionada es:

$$\text{opción} = 5 \bmod 3 = 2$$

OPCIÓN 0

- Pila
- La pila crece de posiciones bajas a altas
- El puntero de pila apunta a posición libre
- El *clean-up* es responsabilidad del llamador

OPCIÓN 1

- Pila
- La pila crece de posiciones altas a bajas
- El puntero de pila apunta a posición ocupada
- El *clean-up* es responsabilidad del llamado

OPCIÓN 2

- Pila
- La pila crece de posiciones altas a bajas
- El puntero de pila apunta a posición libre
- El *clean-up* es responsabilidad del llamado

REPERTORIO DE INSTRUCCIONES: criterios de diseño del formato

Algoritmo de selección: opción 0 si la cifra de las decenas de millar del DNI es par o cero; opción 1 si es impar.

OPCIÓN 0

- Regularidad
- Todas las instrucciones se han de codificar sobre el mismo tamaño
- Todos los campos deben estar situados sobre los mismos bits

OPCIÓN 1

- Minimizar el tamaño de representación

UNIDAD DE CONTROL: microprogramación

Algoritmo de selección: aplicar la función módulo 5 a la cifra de las centenas de millar del DNI.

$$\text{opción} = \text{centenas_millar_DNI} \bmod 4$$

Ejemplo:

Sea el DNI 12345678 Z

La cifra de las centenas de millar es 3 con lo que la opción que resulta seleccionada es:

$$\text{opción} = 3 \bmod 4 = 3$$

OPCIÓN 0

- Microprogramación horizontal
- Secuenciamiento explícito

OPCIÓN 1

- Microprogramación horizontal
- Secuenciamiento implícito

OPCIÓN 2

- Microprogramación vertical con factor de compresión $c = 0.75$
- Secuenciamiento implícito

OPCIÓN 3

- Nanoprogramación
- Primer nivel con secuenciamiento explícito
- Segundo nivel con factor de compresión $c = 0.62$

5 Relación de tareas mínimas a completar

A continuación se ofrece una lista de tareas mínimas a cumplimentar que en modo alguno pretende ser exhaustiva y que no limita cualquier aportación original que se desee incluir. Todas las respuestas deberán estar debidamente justificadas.

- Esquema de un operador lógico y otro aritmético con especificación de su tiempo de retardo en función del retardo r_g genérico de una puerta lógica.
- Máxima velocidad de reloj que podría alcanzar la máquina diseñada.
- Relación de posibles mejoras que se podrían abordar sobre el diseño de los operadores para mejorar el rendimiento.
- Repertorio de instrucciones lo más completo posible especificando las operaciones y los modos de direccionamiento que soporta cada una. Entendiendo por “completo” no el repertorio con más operaciones sino aquel que mejor se adapta al fin para el que se diseña la máquina, fin que es elección del alumno salvo en el caso de la opción 4 de los operadores de la Ruta de Datos.
- Diseño del formato de instrucción justificando todas las decisiones tomadas (número de direcciones, tipo de codificación, etc.).
- Cálculo del tamaño promedio del repertorio de instrucciones.

- Secuencia de código ejemplo para las siguientes operaciones (tengan o no instrucción específica):
 - intercambio de dos operandos ubicados en memoria
 - suma de dos operandos ubicados en memoria
 - producto de dos operandos ubicados en memoria
 - comparación de dos operandos enteros ubicados en memoria y salto si el primero es mayor que el segundo
- Secuencia de invocación de subrutina con especificación del estado de la pila en cada paso. Suponemos que la subrutina devuelve el área de un rectángulo en una posición de memoria pasada como referencia.
- Secuencia de retorno de subrutina con especificación del estado de la pila en cada paso. La subrutina es la anterior.
- Esquema de la máquina propuesta incluyendo ruta de datos, unidad de control, unidades de direccionamiento, banco de registros si es el caso y bloque de memoria (similar a la “máquina de pizarra” propuesta en la hoja de problemas del tema Unidad de Control).
- Cronograma de ejecución de una instrucción de transferencia, de una de proceso y de una de bifurcación sobre la máquina propuesta anteriormente.
- Estimación del *CPI* de la máquina propuesta para un uso equitativo de todas las instrucciones del repertorio.
- Cálculo del tamaño de la ROM de control en número de celdas en función de las opciones de microprogramación dadas por la configuración.
- Discusión acerca de los puntos fuertes y débiles de la máquina diseñada así como propuestas de mejora y aceleraciones estimadas (*S*) si se llevaran a cabo.

30 de marzo de 2020

versión 3.00