



DCC
DEPARTAMENTO DE CIENCIA
DE LA COMPUTACIÓN

IIC2343

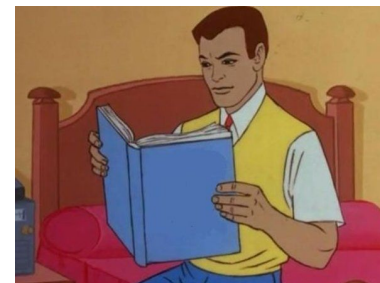
Arquitectura de Computadores

Clase 7 - Arquitecturas de Computadores

Profesor: Germán Leandro Contreras Sagredo

Bibliografía

- Apuntes históricos. Hans Löbel, Alejandro Echeverría
 - 6 - Arquitecturas de Computadores



Objetivos de la clase

- Conocer los componentes principales de la arquitectura de un computador.
- Conocer distintos tipos de diseño para la arquitectura de un computador.
- Conocer variantes de la arquitectura del computador básico vista en el curso.

Hasta ahora...

- Hemos visto cómo representar datos con números en base binaria (enteros y reales).
- Hemos visto cómo traducir dicha representación a circuitos digitales.
- Hemos construido una máquina programable (correspondiente al computador básico del curso) con componentes digitales.

Ahora, ¿cómo se **categoriza** nuestro computador en la práctica?

Arquitectura del computador básico

Nuestro computador cuenta con todas las funcionalidades **básicas**:

- Registros, unidades de ejecución y control.
- Realiza cálculos y operaciones de control de flujo (saltos).
- Modularidad limitada, pero existente (subrutinas).

No obstante, pueden existir arquitecturas **distintas**.

Arquitectura del computador básico - Otras arquitecturas

Nuestro computador es solo una de varias arquitecturas posibles. Otras pueden diferir en **funcionalidades básicas y fundamentales**.

Por otra parte, existen computadores que se **programan de la misma manera** (Intel vs. AMD x86-64), pero con construcción interna distinta.

Las decisiones que inciden en la cantidad de registros, tamaño de buses de datos/direccionamiento, memorias e instrucciones **definen la arquitectura de un computador**.

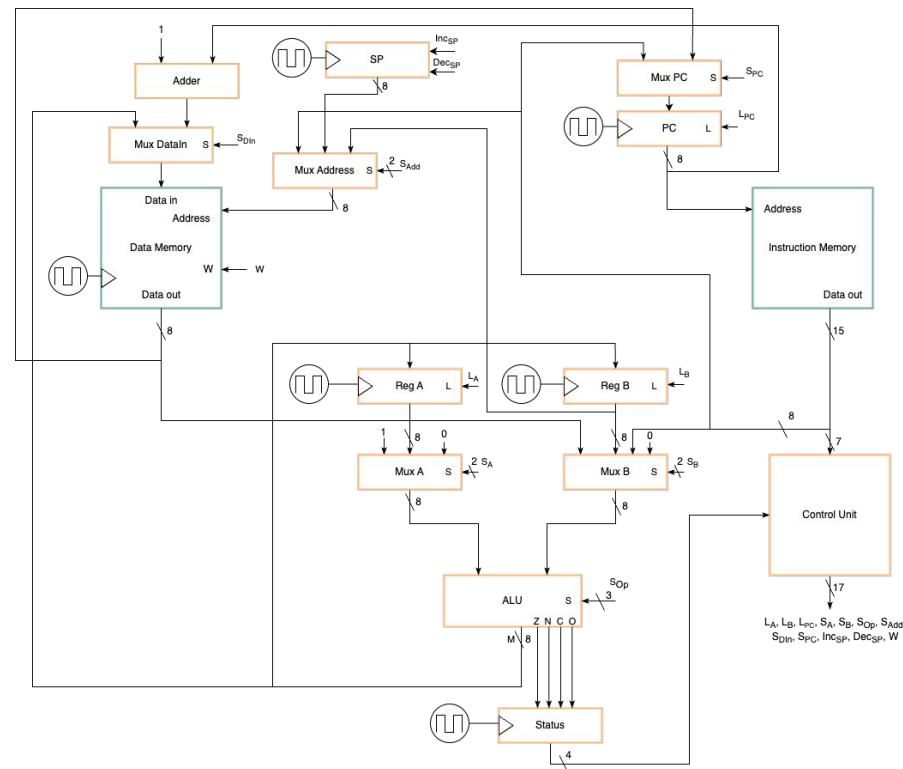
Arquitectura del computador básico - Definiciones

La arquitectura de un computador se define en base a dos elementos:

- **Microarquitectura:** Componentes de *hardware* presentes en el computador.
- **Arquitectura del set de instrucciones (ISA):** *Instruction Set Architecture*. Tipo, formato y características de las instrucciones soportadas por el computador. Esto es lo referido a su **programación**. Podemos tener dos computadores con la misma microarquitectura, pero distintas ISA (instrucciones que pueden estar soportadas en uno pero no en el otro).

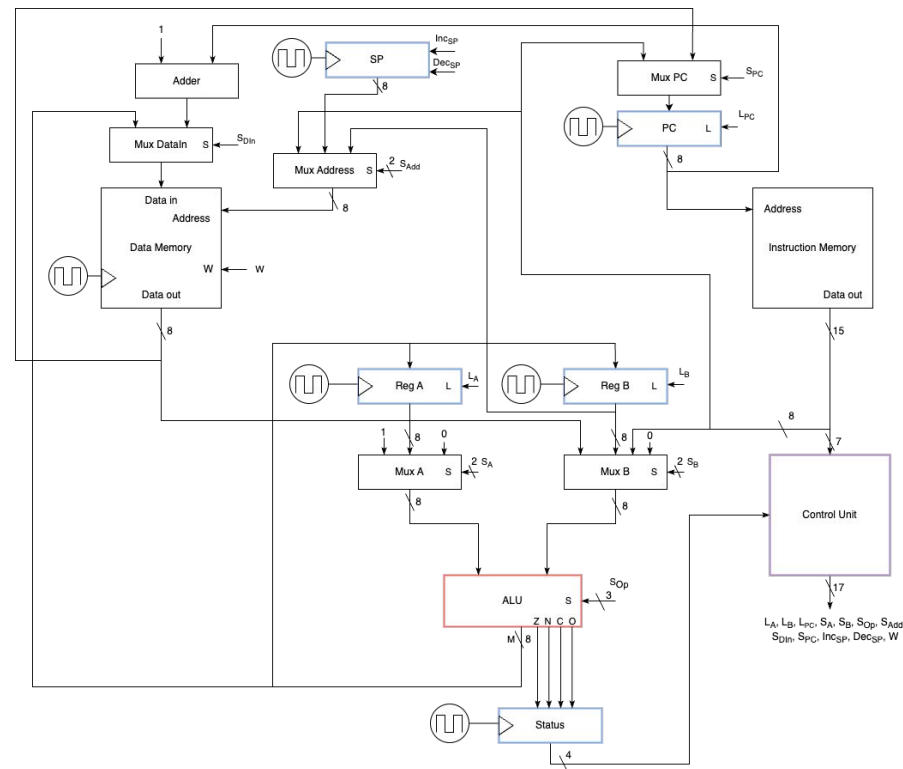
Arquitectura del computador básico - Microarquitectura

En la microarquitectura de nuestro computador podemos separar el **procesador (CPU)** de las **memorias** del mismo.



Arquitectura del computador básico - Microarquitectura

A su vez, podemos separar la CPU en lo que son sus **registros**, **unidad de ejecución** y **unidad de control**.



Arquitectura del computador básico - Microarquitectura

Entonces, la microarquitectura de nuestro computador es así:

- **Registros:** A , B , PC, SP.
- **Unidad de control:** Simple (*hardwired*).
- **Tamaños:** 8 bits (registros, direcciones de memoria).
- **Condition codes:** Z, N, O, C.
- **Stack:** Dentro de la memoria de datos.

Arquitectura del computador básico - Microarquitectura

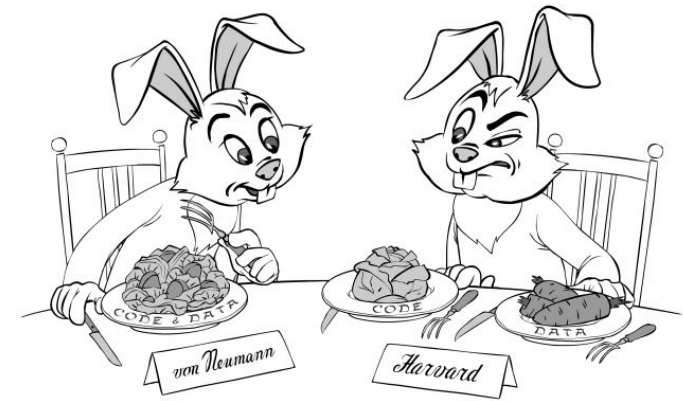
Nuestra microarquitectura puede modificarse de varias formas:

- Más registros (C , D , etc.).
- Aumentar tamaños (registros \rightarrow números más grandes; direcciones \rightarrow memorias más grandes).
- Usar unidad de control microprogramada.
- Separar memoria de *stack* y trabajar con las dos separadas; usar solo una memoria de *stack*.

Arquitectura del computador básico - Microarquitectura

Las memorias presentan dos paradigmas, que derivan en dos tipos de arquitectura:

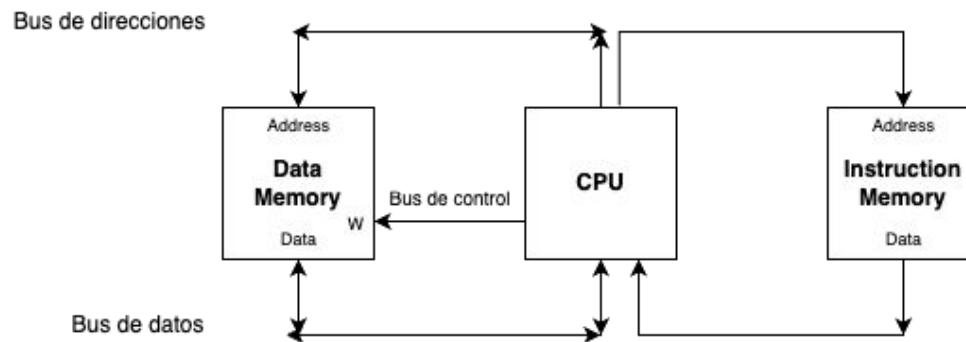
- **Arquitectura Harvard:** Memoria de datos e instrucciones **independientes**.
- **Arquitectura Von Neumann:** Memoria única que **comparte datos e instrucciones**. Permite escribir datos como si fueran instrucciones (**auto programabilidad**).



Arquitectura del computador básico - Microarquitectura

Si nos abstraemos de la microarquitectura y la vemos por bloques de CPU y memoria, este es el comportamiento de nuestro computador.

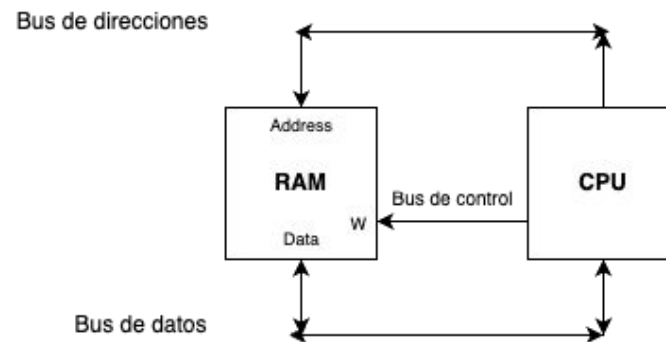
El bus de datos funciona de forma bidireccional entre la memoria de datos y la CPU, mientras que los datos de la memoria de instrucciones van en una única dirección a la CPU.



Arquitectura del computador básico - Microarquitectura

En el caso de la arquitectura Von Neumann, el bus de instrucciones se vuelve parte del bus bidireccional de datos.

Como se señaló anteriormente, las instrucciones se tratan como si fueran datos, por lo que recorren las mismas conexiones que las variables almacenadas.



Arquitectura del computador básico - Microarquitectura

¿Qué tipo de arquitectura presenta nuestro computador, en base a este paradigma?



Arquitectura del computador básico - ISA

Por su parte, la ISA especifica **cómo** escribir los programas en el computador.

- Tipos de instrucciones: cargas, aritméticas, saltos, etc.
- Tipos de datos.
- Modos de direccionamiento de memoria.
- Manejo del *stack*.
- Formato de instrucción.
- Palabras por instrucción.
- Ciclos por instrucción.

Arquitectura del computador básico - ISA

¡La ISA no es lo mismo que el código Assembly!

- Podemos tener dos computadores con la misma ISA pero con código Assembly distinto.
- Por ejemplo:
 - **ADD** **A**, **B** $\rightarrow A = A + B$
 - **SUM** **A**, **B** $\rightarrow A = A + B$

Podemos tener dos instrucciones que deriven en las mismas señales de control, pero con nomenclatura distinta.

Arquitectura del computador básico - ISA

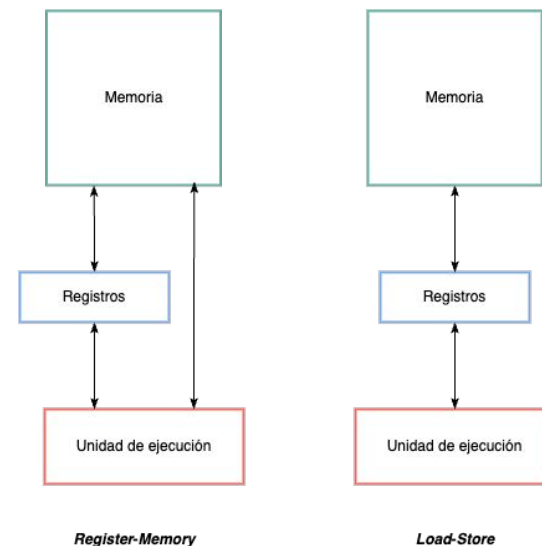
Al igual que con las memorias, las ISA presenta dos grandes paradigmas:

- **RISC:** *Reduced Instruction Set Computer*. Instrucciones pequeñas y simples. Su diseño permite simplificar el *hardware*, poniendo énfasis en el *software*.
- **CISC:** *Complex Instruction Set Computer*. Muchas instrucciones y con complejidad alta. Énfasis en un *hardware* más complejo para poder ejecutarlas.

Arquitectura del computador básico - ISA

A su vez, existen dos categorías según cómo se dividan las operaciones de la arquitectura:

- **Register-Memory:** Arquitectura que permite realizar operaciones directamente desde y hacia la memoria.
- **Load-Store o Register-Register:** Arquitectura que separa las operaciones de lectura/escritura de las que usan la ALU.



En otras palabras: La arquitectura *Register-Memory* permite usar valores de memoria como operandos en las instrucciones; *Load-Store* nos obliga a almacenar estos valores en registros para operar con ellos.

Arquitectura del computador básico - ISA

¿Qué tipo de ISA posee nuestro computador?

- Tipos de instrucciones: cargas, aritméticas, saltos, etc.
- Tipos de datos: Números binarios con y sin signo.
- Modos de direccionamiento de memoria: Directo e indirecto por registro.
- Manejo del *stack*: General.
- Formato de instrucción: Mixto (0, 1 o 2 argumentos).
- Palabras por instrucción: 1 (salvo por RET y POP).
- Ciclos por instrucción: 1 (salvo por RET y POP).
- División de instrucciones: No (valores de memoria como operandos).

Arquitectura del computador básico - ISA

Nuestro computador, entonces, presenta una arquitectura de tipo **RISC *Register-Memory***. ¿Cómo podría ser CISC? 🙄🙄

- Instrucciones más complejas: multiplicación, división, etc.
- Más modos de direccionamiento: direccionamiento indirecto por registro base, índice y *offset*.
- Manejo de *stack* por convención de llamada: `stdcall`, por ejemplo.
- Más de una palabra y ciclo por instrucción.

Arquitectura del computador básico - ISA

¿Y en qué casos se suele usar cada una?

- Si bien CISC provee instrucciones más complejas que facilitan la programación, son menos eficientes en términos energéticos. Por este motivo se utilizan en dispositivos que pueden proveer la fuente energética requerida, como computadores de escritorio y *laptops*.
- Las ISA RISC, al requerir menos gasto energético, suelen usarse en dispositivos móviles.

Arquitectura del computador básico - ISA

A nivel comercial, existen empresas que se dedican exclusivamente a diseñar ISAs.

- **ARM:** Empresa que se dedica al diseño de ISAs de bajo consumo energético (RISC). No fabrican CPUs, venden diseños de ISA y microarquitecturas. Así, otras empresas fabrican CPUs que corren bajo esta misma ISA, como ocurre con los celulares Android al correr con CPUs que soporten ISA ARM.



Arquitectura del computador básico - ISA

Un último tipo de ISA: **OISC** o *One Instruction Set Computer*.

- El número mínimo de instrucciones para definir un computador completo es uno, por lo que las ISA OISC solo poseen una.
- Ejemplo: **SUBLEQ** *a, b, c*
 - $\text{Mem}[a] = \text{Mem}[a] - \text{Mem}[b]$
 - $\text{if } \text{Mem}[a] \leq 0 \rightarrow \text{JMP } c$
- Con la instrucción anterior podemos emular muchas de las instrucciones de nuestro computador básico.

Errores comunes

Para este contenido, no hay errores comunes a revisar dado que solo se realizan preguntas conceptuales cuya respuesta es directa.



Ejercicios

Ahora, veremos algunos ejercicios.

Estos se basan en preguntas de tareas y pruebas de semestres anteriores, por lo que nos servirán de preparación para las evaluaciones.



Ejercicios

Compare las arquitecturas Harvard y Von Neumann desde el punto de vista del tiempo de ejecución de las instrucciones. Fundamente y explique claramente las diferencias.

Interrogación 2, 2015-2

Ejercicios

Dos computadores poseen la misma ISA, pero uno tiene microarquitectura Von Neumann, mientras que el segundo es Harvard. ¿Es posible ejecutar el mismo programa en ambos computadores, sin realizar modificaciones a este?

Interrogación 2, 2016-2

Ejercicios

Dada la microarquitectura del computador básico, ¿es posible crear una ISA distinta a la actual? Argumente su respuesta.

Interrogación 2, 2014-2

Ejercicios

Un programa en C es compilado para una ISA CISC y otra RISC.
¿Cual de las dos compilaciones tendrá como resultado un código de mayor tamaño y por qué ocurre esto?

Interrogación 2, 2011-2

Ejercicios

¿Por qué muchos de los dispositivos móviles, como *smartphones* y *tablets*, utilizan arquitecturas basadas en RISC? Argumente su respuesta.

Interrogación 2, 2014-2

Ejercicios

Describa situaciones en que se prefieran ISA RISC sobre CISC y viceversa.

Interrogación 2, 2013-1

Ejercicios

Responda “verdadero” o “falso” y justifique: OISC (*One Instruction Set Computer*) es un caso particular de la arquitectura Harvard.

Examen, 2011-2

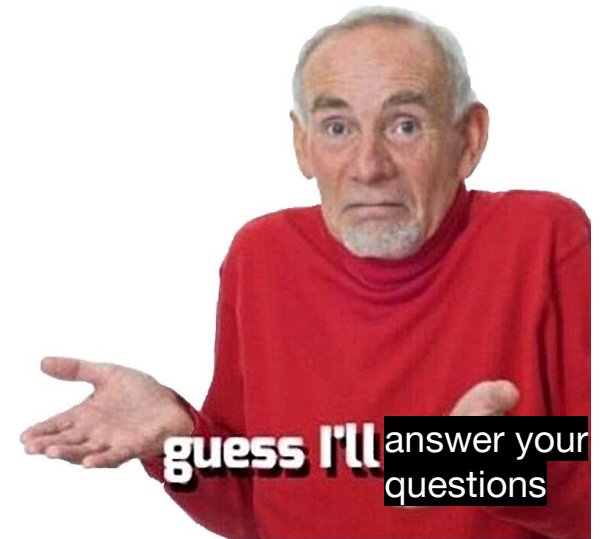
Antes de terminar

¿Dudas?

¿Consultas?

¿Inquietudes?

¿Comentarios?





DCC
DEPARTAMENTO DE CIENCIA
DE LA COMPUTACIÓN

IIC2343

Arquitectura de Computadores

Clase 7 - Arquitecturas de Computadores

Profesor: Germán Leandro Contreras Sagredo

Anexo - Resolución de ejercicios

¡Importante!

Estos ejercicios pueden tener más de un desarrollo correcto. Las respuestas a continuación no son más que soluciones que **no excluyen** otras alternativas igual de correctas.



Ejercicios - Respuesta

Compare las arquitecturas Harvard y Von Neumann desde el punto de vista del tiempo de ejecución de las instrucciones. Fundamente y explique claramente las diferencias.

Al necesitar como mínimo dos accesos a memoria no simultáneos para ejecutar una instrucción arbitraria, la arquitectura Von Neumann es en teoría más lenta que la Harvard, que necesita solo un ciclo para hacer lo mismo.

Ejercicios - Respuesta

Dos computadores poseen la misma ISA, pero uno tiene microarquitectura Von Neumann, mientras que el segundo es Harvard. ¿Es posible ejecutar el mismo programa en ambos computadores, sin realizar modificaciones a este?

Sí. Si ambos computadores usan la misma ISA, la ejecución del programa será independiente de la microarquitectura.

Ejercicios - Respuesta

Dada la microarquitectura del computador básico, ¿es posible crear una ISA distinta a la actual? Argumente su respuesta.

Es posible crear nuevas ISAs usando un subconjunto de las instrucciones soportadas por la ISA actual. Además, es posible utilizar también un superconjunto, utilizando instrucciones que no tienen un *opcode* asignado, pero que tienen una combinación de señales de control (por ejemplo, guardar el resultado de una operación en los registros *A* y *B* simultáneamente).

Ejercicios - Respuesta

Un programa en C es compilado para una ISA CISC y otra RISC.
¿Cual de las dos compilaciones tendrá como resultado un código de mayor tamaño y por qué ocurre esto?

El código para la ISA RISC tendrá un tamaño de compilación mayor, ya que RISC define *sets* de instrucciones muy simples que redundan en una mayor cantidad de instrucciones en comparación a CISC para hacer una tarea específica.

Ejercicios - Respuesta

¿Por qué muchos de los dispositivos móviles, como *smartphones* y *tablets*, utilizan arquitecturas basadas en RISC? Argumente su respuesta.

La arquitectura RISC, al estar basada en pocas instrucciones muy básicas, utiliza *hardware* simple que requiere poca energía. Esto la hace una arquitectura ideal para dispositivos donde el consumo de energía es un parámetro crítico.

Ejercicios - Respuesta

Describa situaciones en que se prefieran ISA RISC sobre CISC y viceversa.

Una ISA RISC es preferida en situaciones en que el consumo de energía es un aspecto crítico, por lo que se necesita *hardware* muy simple y de poco consumo. De manera análoga, en situaciones en que lo principal es el rendimiento y el aspecto energético no es el central, se prefiere una ISA CISC.

Ejercicios - Respuesta

Responda “verdadero” o “falso” y justifique: OISC (*One Instruction Set Computer*) es un caso particular de la arquitectura Harvard.

Falso. OISC es un caso particular de una ISA RISC: Su arquitectura se reduce a una única instrucción simple, lo que complejiza al máximo el *software*.