



# Organización de Computadoras 2021

---

## Clase 6



## Tema de Clase

---

- Ciclo de Instrucción



## Función de la computadora(1)

- Ejecutar programas
- El programa está compuesto de instrucciones almacenadas en memoria
- La CPU *procesa* las instrucciones
  - Debe traerlas desde memoria una por vez
  - Debe cumplir cada operación ordenada



## Función de la computadora(2)

- Podemos descomponer el procesamiento de instrucciones en dos etapas:
  - ✓ Búsqueda: leer desde memoria.
    - ✓ Común a todas las instrucciones.
  - ✓ Ejecución: dependiendo de la instrucción puede implicar varias operaciones



## Función de la computadora(3)

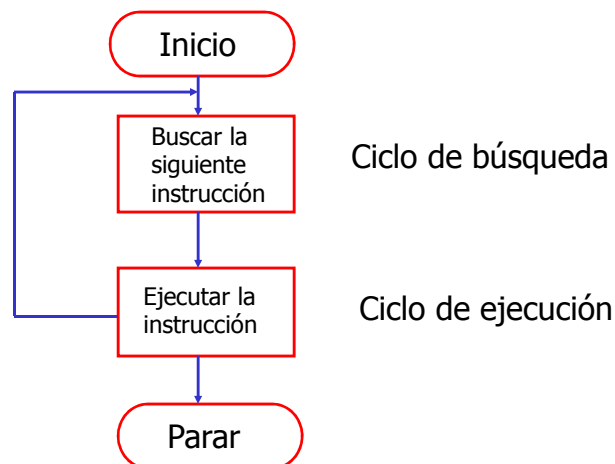
- El procesamiento requerido para una sola instrucción se llama ciclo de instrucción.
- Dos pasos:  
*ciclo de búsqueda* y *ciclo de ejecución*
- La ejecución del programa se interrumpe sólo si la máquina se apaga, hay un error ó una instrucción que interrumpa a la computadora.

Notas de Clase 6

5



## Ciclos de búsqueda y ejecución(1)



Notas de Clase 6

6



## Ciclos de búsqueda y ejecución(2)

- Al principio de cada ciclo, la CPU busca una instrucción en memoria.
- En la CPU hay un registro, llamado contador de programa (PC), que tiene la dirección de la próxima instrucción a buscar.
- La CPU, después de buscar cada instrucción, incrementa el valor contenido en PC; así podrá buscar la siguiente instrucción en secuencia.

Notas de Clase 6

7



## Ciclos de búsqueda y ejecución(3)

- La instrucción buscada se carga dentro de un registro de la CPU, llamado registro de instrucción (IR).
- La instrucción está en la forma de un código binario que especifica las acciones que tomará la CPU.
- La CPU interpreta cada instrucción y lleva a cabo las acciones requeridas.

Notas de Clase 6

8

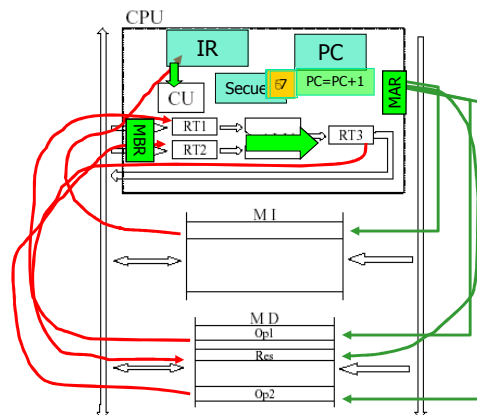
## Ciclos de búsqueda y ejecución(4)

- En general las acciones caen en 4 tipos:
- CPU – Memoria
    - datos pueden transferirse entre memoria y CPU.
  - CPU – E/S
    - datos pueden transferirse entre CPU y entrada/salida.
  - Procesamiento de datos
    - CPU efectúa operaciones aritméticas ó lógicas en datos.
  - Control
    - alterar la secuencia de ejecución de instrucciones.

Notas de Clase 6

9

## Ejemplo de búsqueda y ejecución



Notas de Clase 6

10



## Ejemplo

- ❖ El siguiente ejemplo muestra la ejecución de un fragmento de programa que tiene tres instrucciones:
  - ❖ Cargar en el registro D el contenido de la posición de memoria  $940_{16}$
  - ❖ Sumar el contenido de la posición de memoria  $941_{16}$  al registro D y guardar el resultado en D
  - ❖ Almacenar el valor del registro D en la posición de memoria  $941_{16}$

Notas de Clase 6

11



## Ejemplo (cont)

- Consideremos que cada posición de memoria almacena 16 bits. Los primeros 4 bits indican la operación a realizar, los siguientes 12 bits indican una dirección de memoria.
  - $0001_2=1$  = cargar D desde la memoria
  - $0010_2=2$  = almacenar D en memoria
  - $0101_2=5$  = sumar D con un dato en memoria

Notas de Clase 6

12



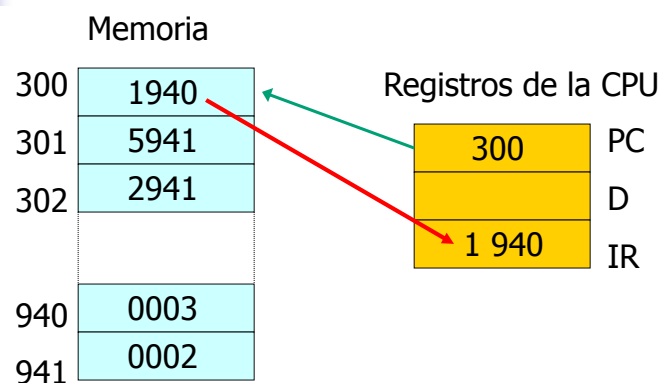
## Ejemplo: paso 1

- ❖ El contador de programa (PC) contiene  $300_{16}$  como la dirección de la primera instrucción. El contenido de esta dirección se carga en el registro de instrucción (IR).

Este proceso implica usar MAR y MBR. Para simplificar por ahora los ignoramos.



## Ejemplo: paso 1



Paso 1

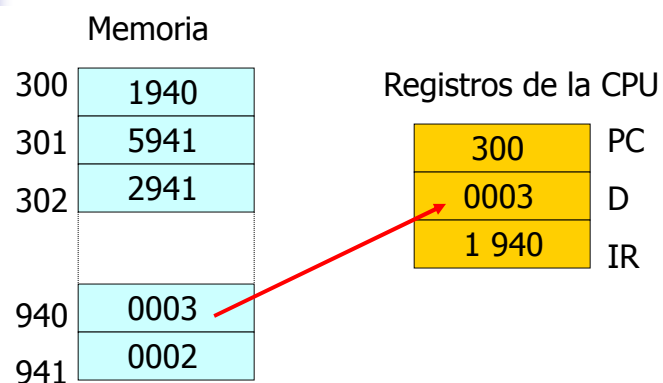


## Ejemplo: paso 2

- ❖ Los primeros 4 bits en IR indican que el registro D se cargará con un dato proveniente de la dirección especificada en los restantes 12 bits de la instrucción. En este caso tal dirección es  $940_{16}$ .



## Ejemplo: paso 2



Paso 2



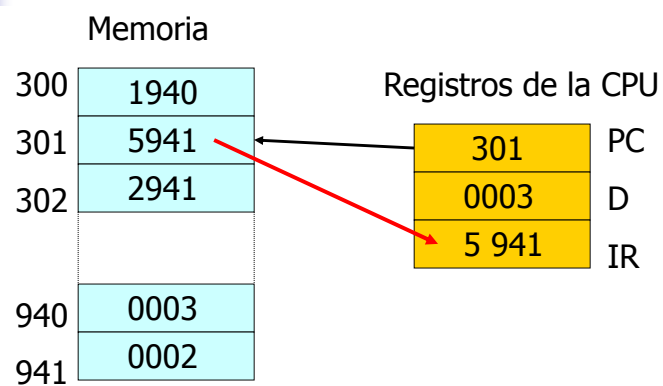


## Ejemplo: paso 3

- ❖ Se incrementa el contador de programa y se busca la siguiente instrucción en la dirección  $301_{16}$ .



## Ejemplo: paso 3

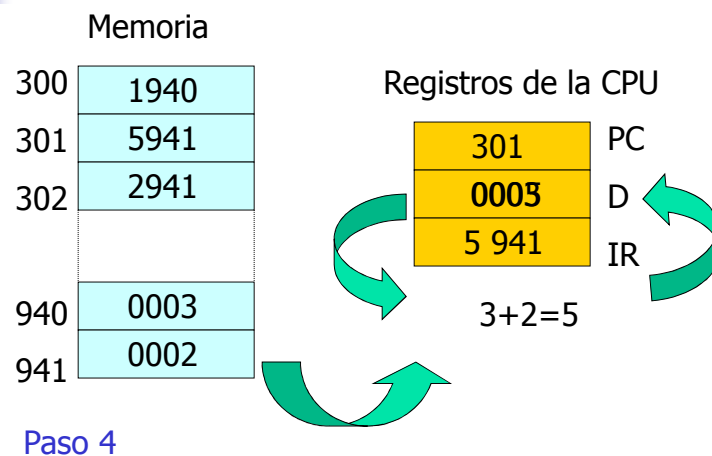


Paso 3

## Ejemplo: paso 4

- ❖ El  $5_{16}$  en IR indica que se debe sumar el contenido de una dirección de memoria especificada, en este caso la dirección es  $941_{16}$ , con el contenido del registro D y almacenar el resultado en el registro D.

## Ejemplo: paso 4



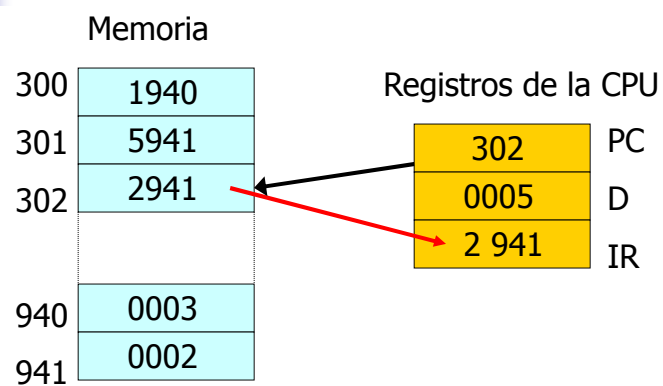


## Ejemplo: paso 5

- ❖ Se incrementa el PC y se busca la siguiente instrucción en  $302_{16}$



## Ejemplo: paso 5



Paso 5

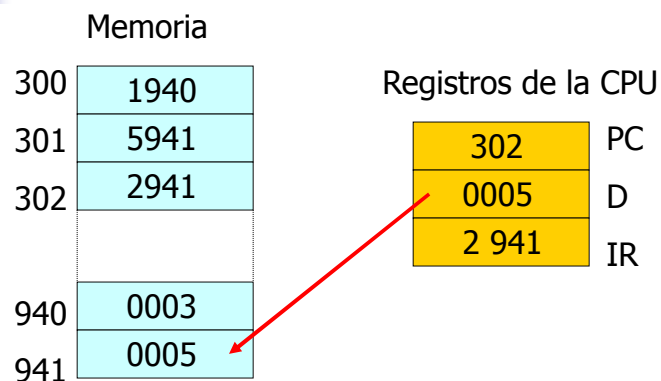
## Ejemplo: paso 6

- ❖ El  $2_{16}$  en IR indica que el contenido del registro D se almacena en la dirección  $941_{16}$ , que está especificada en los bits restantes de la instrucción.
- ❖ En este ejemplo, se necesitan 3 ciclos de instrucción, cada uno con un ciclo de búsqueda y un ciclo de ejecución.

Notas de Clase 6

23

## Ejemplo: paso 6



Paso 6

Notas de Clase 6

24



## Ciclo de instrucción

- Con este ejemplo podemos ahora tener una visión más detallada del ciclo de instrucción básico. La figura siguiente está en forma de diagrama de estados. Para cualquier ciclo de instrucción dado, algunos estados pueden no estar y otros pueden repetirse.

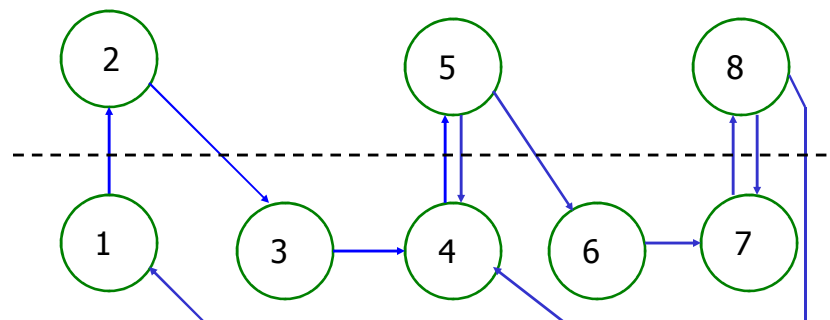
Notas de Clase 6

25



## Diagrama de estados (1)

Acceso de CPU a memoria ó E/S



Operación interna de la CPU



## Diagrama de estados (2)

1. cálculo dirección instrucción: determina la dirección de la siguiente instrucción a ejecutarse
2. búsqueda instrucción: lee la instrucción de su posición de memoria a la cpu.
3. decodificación de la instrucción: analiza la instrucción para determinar el tipo de operación a realizar y los operandos que se usarán.



## Diagrama de estados (3)

4. cálculo dirección operando: si la operación implica la referencia a un operando en la memoria ó e/s, entonces se determina la dirección.
5. búsqueda del operando: busca el operando en la memoria ó e/s.
6. operación sobre los datos: ejecuta la instrucción.
7. cálculo dirección resultado.
8. almacenamiento resultado.



## Diagrama de estados (4)

- Los estados en la parte superior implican un intercambio entre la cpu y la memoria ó e/s.
- Los estados en la parte inferior implican sólo operaciones internas en la cpu.



## Ejemplo: ADD

➤ Supongamos la siguiente instrucción :

ADD referencia a registro, dirección de memoria

↓                      ↓                      ↓

                    ref 1<sup>er</sup> operando                      dir 2<sup>do</sup> operando

↓

Código de operación



## ADD: paso a paso (1)

- Buscar la instrucción en memoria.
- Incrementar el PC.
- Decodificar la instrucción.
- Si es necesario, buscar una constante en una dirección de memoria.
- Si es necesario, incrementar PC para que apunte más allá de la constante.

Notas de Clase 6

31



## ADD: paso a paso (2)

- Si es necesario calcular la dirección del operando.
- Buscar uno de los operandos, desde memoria ó registro.
- Buscar el otro operando desde registro.
- Realizar la Suma.
- Almacenar el resultado.

Notas de Clase 6

32





## Paso a paso (1)

- ❖ En el primer paso, la CPU busca la instrucción en memoria. Para esto copia el valor del PC al MAR y de ahí al bus de direcciones. La UC envía las señales necesarias para una operación de lectura. Se pueden leer uno ó más bytes. A través del bus de datos al MBR y luego al IR.



## Paso a paso (2)

- ❖ Después de buscar la instrucción, la CPU debe incrementar el PC para apuntar a "*lo que sigue*". Puede ser un dato, dirección ó la siguiente instrucción.



## Paso a paso (3)

- ❖ El paso siguiente es decodificar la instrucción para saber que operación hacer (suma, resta, etc.). En este momento la CPU no sólo se entera de la operación, sino también dónde se encuentran los datos sobre los cuales operar. La instrucción es *auto-contenida*, en ella "todo está dicho".



## Paso a paso (4)

- ❖ En el paso anterior la CPU determinó si tiene que ir a buscar un operando a memoria, que ocupa una celda o más (byte/s) y lo hace en este momento.
- ❖ Si existió el paso anterior la CPU debe incrementar el PC en el valor adecuado de celdas (1, 2 o mas).



## Paso a paso (5)

- ❖ En este paso si es necesario, calcula la dirección del operando.
- ❖ Buscar los operandos.
- ❖ Sumar, restar...
- ❖ Almacenar el resultado.



## Ejemplos adicionales

### Simulación de Instrucciones en MSX88

- Ejecutar aplicación MSX88.exe
- Almacenar en memoria:
  - e 2000 b8002081c000e0
- Analizar la ejecución ciclo de instrucción a ciclo de instrucción con <F6>



## mas información ...

Ciclo de instrucción:

- Capítulo 3 apartado 3.2.
- Capítulo 11 apartados 11.1. y 11.3.
  - Stallings, W., 5º Ed.
- Lenguaje Assembly
  - Apunte 4 de cátedra
- Simulador MSX88
  - En Descargas de página web de cátedra
  - <http://weblidi.info.unlp.edu.ar/catedras/organiza/>