

**ARQUITECTURA DE COMPUTADORAS (E1213)**  
**CIRCUITOS DIGITALES Y MICROPROCESADORES (E0213)**  
**Curso 2023**

**ACTIVIDADES PRÁCTICAS PARA EL MÓDULO 0**  
**Diseño y simulación de circuitos digitales**

**Entrega obligatoria del Problema Integrador en Moodle**

**Contenidos de la práctica**

Software de simulación de circuitos digitales. Introducción a Proteus. Simulación de circuitos básicos. Herramientas de visualización. Elementos constitutivos de una arquitectura básica. Primera aproximación al diseño de un procesador.

Si bien solamente el último problema es de entrega obligatoria, se recomienda realizar los ejercicios en la secuencia indicada, a fin de incorporar gradualmente las habilidades necesarias para la entrega.

**Problema 0: Introducción**

Utilice los problemas resueltos que se encuentran en la “Guía de Instalación de Proteus” para familiarizarse con la interfaz del software de simulación. Ejercite con los instrumentos virtuales disponibles y los elementos de seteo y visualización.

Repaso: Familias lógicas, características principales: tiempo de respuesta, consumo, tensión de alimentación, inmunidad al ruido y conectividad entre familias. ¿Por qué la tecnología CMOS es predominante en los sistemas digitales?

**Problema 1: Circuitos aritméticos**

- a) Implementar con compuertas CMOS en Proteus un circuito sumador de 1 bit con y sin carry utilizando compuertas lógicas discretas.
- b) Utilizar 4 sumadores de 1 bit para implementar un sumador de 4 bits con ripple carry. Medir el tiempo de propagación del carry y la máxima frecuencia de operación del circuito.
- c) Implementar un predictor de carry y comparar su performance. Extrapolar los resultados para un sumador de 32 bits.

**Problema 2: Registros**

Agregue dos registros de entrada y uno de salida al sumador del ejercicio anterior. Utilice, por ejemplo, registros de 4 bits del tipo CD4076. ¿Cómo deberían manejarse los clocks para operar a la máxima frecuencia posible? Proponga una estrategia para verificar el correcto funcionamiento del circuito.

**Problema 3: Memorias**

Repaso: Clasificar los distintos tipos de memorias según su tecnología, tipo de acceso y volatilidad. Para cada uno de los casos verifique las características relevantes, ventajas y desventajas. Identificar los diferentes tipos de memoria disponibles en el microcontrolador ATmega328 y la función que tienen asignada.

- a) Diseñar con flip-flops tipo D una memoria de 4 posiciones de 4 bits con lógica de lectura/escritura. La memoria podrá ser escrita desde el contenido de un Registro de Datos (MBR) en la dirección seleccionada con un registro de direcciones (MAR) y su contenido visualizado en un registro de salida.

- b) Utilice dos chips 6116 (2048x8 RAM) para formar una memoria RAM de 4Kx8. Observe cuidadosamente la funcionalidad de las líneas de control. Observe los diferentes nombres que toman éstas según el fabricante. ¿Cómo conectaría dicho bloque de memoria a un bus compartido?
- c) Utilizando los mismos dispositivos diseñe una memoria RAM de 2Kx16. En ambos casos realizar un diagrama completo de conexiones de la memoria diseñada.
- d) ¿Cómo combinaría el bloque de memoria RAM del punto b) con un bloque compuesto por un chip 2732 (4Kx8 EPROM) para formar un único espacio de memoria de 8 bits?
- e) Consultando las hojas de datos de las memorias utilizadas, intente construir una especificación del sistema de memoria combinado.

#### Problema 4: Contador de programa

Implementar un circuito que, temporizado por un reloj de 1Hz, lea en forma secuencial el contenido de una memoria EPROM precargada. Para generar la secuencia de direcciones utilizar un contador binario al que llamaremos Contador de Programa (PC). En cada ciclo, el valor leído debe ser almacenado en un Registro de Instrucción (IR).

Elementos a utilizar:

- Memoria EPROM 32K (4Kx8)
- Contador Binario de 12 bits
- Reloj de frecuencia variable (1 Hz para visualización)
- Registro de 8 bits
- Elementos de seteo y visualización

#### Problema 5: Decodificador de instrucciones

Implementar un circuito con componentes de la familia HC cuya entrada sea un Registro de Instrucción (IR) de 10 bits, en el cual los 2 bits más significativos representan en código de operación y los siguientes 8 bits representan 2 operandos de 4 bits, a los que llamaremos A y B. El contenido de este registro debe comandar una Unidad Aritmético Lógica (ALU), utilizando el código de operación para seleccionar entre las siguientes operaciones:  $A + B$  (suma aritmética) y las operaciones lógicas  $A+B$ ,  $A.B$  y  $A^B$ . Utilizar una ALU integrada de 4 bits del tipo 74HC181. El resultado de la operación debe almacenarse en un registro de salida de 4 bits, utilizando un bit adicional para la indicación de carry.



#### Problema 6: Circuitos de salida

Suponga que desea visualizar el estado de un registro de 8 bits utilizando 8 leds. El registro está compuesto por 8 flip-flops tipo D 74LS74.

- a) Proponer un circuito adecuado de salida, teniendo en cuenta las dos posibilidades de led encendido con bit en 1 y led encendido con bit en 0.
- b) Determinar todas las tensiones y corrientes y verificar si satisfacen los requerimientos eléctricos del dispositivo. Simular en Proteus con componentes no ideales.
- c) Proponer y simular un circuito alternativo de salida que utilice un dispositivo con salidas open-collector. ¿Cuál es la ventaja de esta configuración?

- d) ¿Cómo conectaría un display de 7 segmentos (ánodo común) a las salidas open-collector para visualizar alfanuméricamente el contenido del registro? Simule la solución en Proteus.
- e) ¿Cómo utilizaría una salida open-collector para accionar un relé con bobina de 12 V DC que permita comandar un segundo circuito de 220 V AC?

### Problema 7: Circuitos de entrada

- a) Proponer y simular un circuito que a través de un pulsador permita cambiar el estado de un flip-flop tipo D 74LS74 en cada flanco positivo del reloj. Explicar la necesidad de utilizar una resistencia de pull-up y un método para eliminar rebotes. Determinar tensiones y corrientes y verificar requerimientos eléctricos.
- b) Dado un teclado o keypad con una matriz de pulsadores de 4x4, simular en Proteus las conexiones, de manera que con un registro de 8 bits pueda detectarse qué pulsador es presionado. Explicar el funcionamiento del circuito propuesto. Analizar tensiones y corrientes en condiciones normales de un único pulsador activado o condiciones de error, con varios pulsadores activados a la vez.

### Proyecto Integrador

#### Entrega obligatoria en Moodle

- a) Combine en un único proyecto de Proteus los diseños de los problemas anteriores para obtener un sistema con las siguientes características:

- Memoria de programa 4Kx8, PC y reloj (problema 4)
- Decodificador de instrucciones (problema 5)
- Una unidad aritmética de 4 bits (puede ser el sumador de 4 bits diseñado en el problema 1 o puede reemplazar por una ALU integrada como la utilizada en el problema 5)
- Memoria de datos/banco de registros de 4x4 (problema 3)
- Una salida de 4 bits con display de 7 segmentos (problema 6)
- Formato de la instrucción:



- b) Implemente 4 operaciones diferentes con los recursos disponibles, como por ejemplo:

00: sumar el Operando de 4 bits (B0-B3) con el contenido del registro de 4 bits indicado por los bits Rn (B4-B5) y enviar el resultado a la salida.

- c) Proponga un programa de algunas instrucciones y colóquelo en la memoria de programa. Proponga una posible sintaxis en lenguaje ensamblador para las cuatro instrucciones y muestre cómo resultaría el código del programa propuesto. Recuerde entregar el proyecto junto con el archivo de contenido de la memoria (ver protocolo de entrega a continuación).

### Informe y entrega

El proyecto debe entregarse en Moodle, acompañado por un informe correctamente redactado que describa la funcionalidad del circuito (diagrama en bloques, instrucciones implementadas, descripción de los sub-circuitos, etc.), junto con las principales decisiones de diseño y las conclusiones que considere relevantes.

Tenga en cuenta que el informe acompaña al proyecto en Proteus, por lo que no hace falta repetir información. El objetivo del informe es que ayude a comprender el trabajo realizado.

A fin de facilitar la organización de la cátedra y el proceso de evaluación, debe respetarse el formato de entrega que se detalla a continuación.

### **Protocolo obligatorio de entrega para el problema integrador resuelto**

Cada alumno deberá entregar en Moodle su propia solución al problema integrador. Para ello deberá seguir los siguientes pasos para preparar la información entregada. Si la entrega no respeta el formato se considerará como no presentada.

- a) Nombrar el proyecto Proteus con el formato **NNNNN\_P\_E.pdsprj**, donde NNNNN es el número de alumno, P es el número de práctica (en este caso 0) y E es el número de ejercicio (para el proyecto integrador utilizar el 0). Este formato se utilizará también en forma obligatoria para las entregas subsiguientes.
- b) Nombrar también el archivo imagen del contenido de la memoria de programa con el formato **NNNNN\_P\_E.bin**. Organizar el proyecto para que, al abrirse, encuentre en el directorio actual el contenido de la memoria.
- c) Verifique que al realizar estas modificaciones no se haya alterado el correcto funcionamiento del proyecto.
- d) El proyecto debe acompañarse de un informe técnico en formato PDF, que también deberá ser nombrado con el formato **NNNNN\_P\_E.pdf**.
- e) Juntar los tres documentos en un único archivo comprimido llamado **NNNNN\_P.zip** y subirlo en el formulario de entrega en Moodle.

**No utilice directorios dentro del archivo comprimido.  
No incluya archivos que no respeten el formato.**

Ejemplo: Se considerará que el alumno número 54321/6 entregó la Práctica 0 si, dentro del plazo estipulado, subió en Moodle el archivo 54321\_0.zip, conteniendo los archivos:

54321\_0.zip -> 54321\_0\_0.pdsprj  
                  54321\_0\_0.bin  
                  54321\_0\_0.pdf

**Si la entrega no respeta el formato se considerará como no presentada.**

### **Evaluación**

La entrega dentro del plazo estipulado, el formato correcto de la misma y el correcto funcionamiento del proyecto aseguran la aprobación con 6. La nota entre 6 y 10 se determinará considerando el grado de elaboración propuesto, su correcta documentación y el nivel de optimización alcanzado.