

# Electrónica II

## Apuntes de clase

Javier Rodrigo López <sup>1</sup>

20 de marzo de 2021



<sup>1</sup>E-mail: [javiolonchelo@gmail.com](mailto:javiolonchelo@gmail.com)



UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA  
DE MADRID



## Introducción

---

Esta pequeña recopilación de fórmulas, teoremas y demás apuntes de teoría ha sido elaborada durante el primer semestre del curso 2019-2020, en la escuela **ETSIST** de la **UPM** por Javier Rodrigo López, alumno de 2º curso de Ingeniería de Sonido e Imagen.

Muchas gracias al profesor **José Antonio Herrera Camacho** por hacer una labor excelente como docente y despertar en mí el interés por la Electrónica. Una gran parte de estos apuntes existiría si no hubiera asistido a sus clases.

# Índice general

Introducción . . . . .	2
<b>1. Bloque Temático 1</b>	<b>5</b>
1.1. Codificación de la información . . . . .	5
1.2. Codificación de números . . . . .	5
1.2.1. Código BN (Binario Natural) . . . . .	5
1.2.2. Código BCD (Binary Coded Decimal) . . . . .	5
1.3. Aritmética Binaria . . . . .	5
1.3.1. Suma de números . . . . .	5
1.3.2. Resta de números . . . . .	5
1.4. Ejercicios sobre codificación y Aritmética Binaria . . . . .	6
1.5. Álgebra de Boole . . . . .	6
1.5.1. Teoremas básicos . . . . .	6
1.6. Cronogramas . . . . .	6
1.7. Sistemas combinacionales complejos . . . . .	6
1.7.1. Divide y vencerás . . . . .	6
<b>2. Bloque Temático 2</b>	<b>7</b>
2.1. Arquitecturas digitales I . . . . .	7
2.1.1. Sistemas basados en microprocesador . . . . .	7
2.1.2. Sistemas cableados . . . . .	7
2.2. Conceptos básicos . . . . .	7
2.2.1. Nivel logico . . . . .	7
2.2.2. Células lógicas . . . . .	7
2.2.3. Modelo lógico de las células . . . . .	7
2.3. Tecnologías . . . . .	7
2.3.1. Circuitos cableados . . . . .	7
2.4. Arquitecturas digitales II . . . . .	8
2.4.1. Estructura de un sistema digital . . . . .	8
2.5. Tecnología II . . . . .	8
2.5.1. Introducción al modelado de CIs . . . . .	8
<b>3. Bloque Temático 3</b>	<b>9</b>
3.1. Introducción a los circuitos secuenciales . . . . .	9
3.2. Cronogramas funcionales de circuitos de flip-flops . . . . .	9
3.3. Registros . . . . .	9
3.4. Diseño de autómatas . . . . .	9
3.5. Contadores . . . . .	9
3.6. Metodología completa de diseño de sistemas . . . . .	9

Javier Rodrigo López

# Capítulo 1

## Bloque Temático 1

### 1.1 Codificación de la información

---

Para convertir una señal analógica en digital, tenemos que aplicarle una transformación denominada **codificación**.

La codificación

### 1.2 Codificación de números

---

#### 1.2.1. Código BN (Binario Natural)

La fórmula es

$$n \geq \log_2 m$$

Siendo  $n$  el número de bits y  $m$  el número de objetos. Aunque la mayoría de las veces

El rango de números naturales que se pueden codificar con  $n$  bits es:

$$(0, 2^n - 1)$$

Existen distintas opciones de asignación de códigos.

- A cada elemento del conjunto debe corresponderle un único código de 0s y 1s.
- Se debe utilizar el **menor número de bits** posible.
- La asignación debe favorecer las operaciones de codificar y decodificar.

#### 1.2.2. Código BCD (Binary Coded Decimal)

Representa cada una de las cifras decimales de un número expresado en decimal con 4 bits.

Un número decimal de  $n$  cifras necesita  $4n$  bits para expresarlo en BCD.

El BCD se utiliza mucho para interfaces con personas, ya que cada *nibble* representa

### 1.3 Aritmética Binaria

---

#### 1.3.1. Suma de números

De toda la vida. Aquí van algunos ejemplos...

Puede sobrepasar el número de bits con el que se trabaja y se produce un **acarreo** o **carry**.

#### 1.3.2. Resta de números

De toda la vida. Aquí van algunos ejemplos...

Puede producirse un error por no utilizar suficientes bits y que el resultado no sea fiel a la operación. A esto se le denomina **overflow**.

## 1.4 Ejercicios sobre codificación y Aritmética Binaria

---

## 1.5 Álgebra de Boole

---

### 1.5.1. Teoremas básicos

- Teorema de idempotencia:

$$a + a = a$$

$$a \cdot a = a$$

- Teorema de absorción:

$$a + ab = a$$

$$a \cdot (a + b) = a$$

- Teorema de adyacencia:

$$ab + a\bar{b} = a$$

$$(a + b)(a + \bar{b}) = a$$

- Teorema de simplificación:

$$a + \bar{a}b = a + b$$

$$a(\bar{a} + b) = ab$$

- Teorema de De Morgan:

$$\overline{a_0 \cdot a_1 \cdot \dots \cdot a_n} = \bar{a}_0 + \bar{a}_1 + \dots + \bar{a}_n$$

$$\overline{a_0 + a_1 + \dots + a_n} = \bar{a}_0 \cdot \bar{a}_1 \cdot \dots \cdot \bar{a}_n$$

## 1.6 Cronogramas

---

Un cronograma es un diagrama donde se representan las entradas, nodos intermedios y salidas en función del tiempo.

Para esta parte del temario, y a falta de laboratorio en esta asignatura, intentaremos utilizar la aplicación Quartus. Esta herramienta CAD nos permitirá trabajar con puertas lógicas.

## 1.7 Sistemas combinacionales complejos

---

La complejidad de un circuito combinacional depende sobre todo del **número de entradas**, ya que con  $N$  entradas la tabla de verdad tendrá  $2^N$  filas.

Hemos encontrado casos en los que los circuitos tenían muy poquitos unos o muy poquitos ceros en su tabla de verdad, o que se podían escribir de forma resumida.

### 1.7.1. Divide y vencerás

La estrategia principal consiste en dividir el circuito en otros más pequeños que, al agruparlos, sean fácilmente descriptibles.

Por ejemplo, un sumador de  $N$  bits. Podemos hacer un sumador de 1 bit y con

# Capítulo 2

## Bloque Temático 2

### 2.1 Arquitecturas digitales I

---

#### 2.1.1. Sistemas basados en microprocesador

#### 2.1.2. Sistemas cableados

Pros:

- Velocidad y eficiencia.

Contras:

- Complejidad del hardware.
- Versatilidad.

### 2.2 Conceptos básicos

---

#### 2.2.1. Nivel logico

La representación de ceros y unos se define por intervalos de tensiones.

Es decir, si el nivel alto se corresponde con una tensión  $V_{CC}$

#### 2.2.2. Células lógicas

Son circuitos electrónicos que realizan operaciones lógicas.

#### Nodos lógicos

---

Un nodo lógico es una interconexión entre células lógicas.

#### 2.2.3. Modelo lógico de las células

Células estándar: Función lógica prefijada en el diseño de la célula. Por ejemplo, una NOR de dos entradas, construida con transistores CMOS.

### 2.3 Tecnologías

---

#### 2.3.1. Circuitos cableados

##### SSI. Circuitos de baja escala de integración

---

Tecnología de los años 60. Métodos manuales de diseño. Aplicación marginal. Lógica auxiliar (Glue logic)

##### Circuitos de media escala de integración

---

MSI. Como mucho, 100 transistores.

---

**ASIC. Circuitos de media escala de integración**

---

Tecnología VLSI (Very Large Scale Integration).

---

**Lógica configurable**

---

Tecnología VLSI. Funcionamiento lógico configurable mediante la descarga de un fichero.

---

**2.4 Arquitecturas digitales II**

---

**2.4.1. Estructura de un sistema digital**

PCB (Printed Circuit Board). Es básicamente la placa donde se colocan los componentes

Alimentación Interfaces Disipadores

---

**2.5 Tecnología II**

---

**2.5.1. Introducción al modelado de CIs**

Necesitamos modelos simplificados para abordar el diseño de sistemas muy complejos. Hay tres modelos:

1. Lógico. Función lógica e interfaz.
2. Eléctrico. Características eléctricas de la interfaz.
3. Dinámico.

---

**Modelo lógico**

---

Describe el funcionamiento y la interfaz del chip.

---

**Modelo eléctrico**

---

Es muy importante para conectarlo



## Capítulo 3

# Bloque Temático 3

### 3.1 Introducción a los circuitos secuenciales

---

### 3.2 Cronogramas funcionales de circuitos de flip-flops

---

### 3.3 Registros

---

### 3.4 Diseño de autómatas

---

Un **autómata de Moore** es un autómata en el que la salida depende únicamente del estado actual de la memoria.

Diagrama de estados para autómatas de Moore:

Un **autómata de Mealy** es un autómata en el que la salida depende del estado actual de la memoria y de las entradas.

Diagrama de estados para autómatas de Mealy:

### 3.5 Contadores

---

### 3.6 Metodología completa de diseño de sistemas

---