

**PROYECTO FIN DE CARRERA**  
**INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

---

**DESARROLLO EN MANDO A**  
**DISTANCIA INFORMATROJOS**



*AUTOR: M<sup>a</sup> Henar García Chavida*

*TUTOR: Jesús M. Hernández Mangas*

**UNIVERSIDAD DE VALLADOLID** 27 de Septiembre de 2011-

# *Índice.*

---

- 1.- Objetivos**
- 2.- Introducción a los Microcontroladores**
- 3.- El Microcontrolador PIC16F84A**
- 4.- Transmisión de Señales Infrarrojas**
- 5.- El Bus Serie I<sup>2</sup>C**
- 6.- Implementación hardware**
- 7.- Funcionamiento y programación**
- 8.- Conclusiones**
- 9.- Demostración práctica**

# *Índice.*

---

- 1.- Objetivos**
- 2.- Introducción a los Microcontroladores**
- 3.- El Microcontrolador PIC16F84A**
- 5.- Transmisión de Señales Infrarrojas**
- 5.- El Bus Serie I<sup>2</sup>C**
- 6.- Implementación hardware**
- 7.- Funcionamiento y programación**
- 8.- Conclusiones**
- 9.- Demostración práctica**

# Objetivos

---

- *Desarrollo e implementación de un Mando a Distancia por Infrarrojos Reprogramable*

## REQUERIMIENTOS

- **Software**
  - Muestreo y grabación de una trama
  - Reproducción de una trama previamente grabada
- **Hardware**
  - Diseño y elaboración de la placa del circuito impreso.

# *Índice.*

---

- 1.- Objetivos**
- 2.- Introducción a los Microcontroladores**
- 3.- El Microcontrolador PIC16F84A**
- 4.- El Programa MPLAB**
- 5.- Transmisión de Señales Infrarrojas**
- 6.- El Bus Serie I<sup>2</sup>C**
- 7.- Implementación hardware**
- 8.- Funcionamiento y programación**
- 9.- Conclusiones**
- 10.- Demostración práctica**

# *Introducción a los Microcontroladores (I)*

---

**Microcontrolador Circuito integrado programable de alta densidad de integración capaz de ejecutar las órdenes o secuencias que se encuentran grabadas en su memoria.**

- ✓ El Microcontrolador es un computador dedicado
- ✓ **Ventajas**
  - Aumento de fiabilidad
  - Reducción del tamaño del producto acabado
  - Mayor flexibilidad

# *Introducción a los Microcontroladores (II)*

---

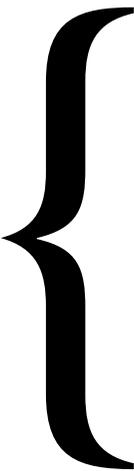
## ✓ Aplicaciones

- Industria Informática
- Electrodomésticos
- Comunicaciones y sistemas de transferencia de datos
- Instrumentación y electromedicina
- Sector automovilístico

# *Introducción a los Microcontroladores (III)*

---

## **Arquitectura Interna de un Microcontrolador**

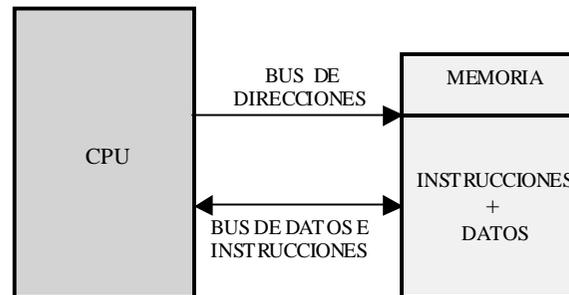
- Procesador
  - Memoria no volátil
  - Memoria de lectura y escritura
  - Líneas de E/S
  - Reloj
  - Recursos auxiliares
- 
- ◆ Temporizadores
  - ◆ Perro Guardián
  - ◆ Conversores A/D y D/A
  - ◆ Comparadores analógicos
  - ◆ Protección ante fallos de alimentación
  - ◆ Estado de reposo

# *Introducción a los Microcontroladores (IV)*

---

## Arquitectura Básica

### Arquitectura Von Neumann



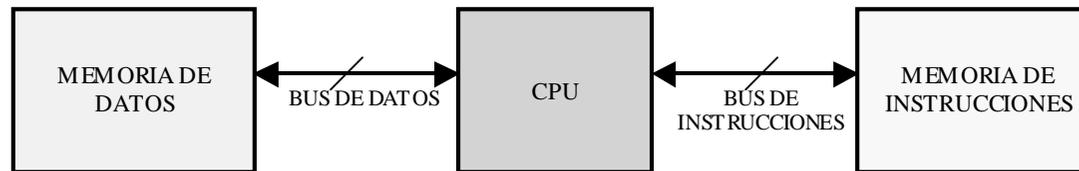
- Tamaño de unidad de datos limitado por el ancho del bus
- Velocidad limitada por un único bus para datos e instrucciones

# Introducción a los Microcontroladores (IV)

---

## Arquitectura Básica

### Arquitectura Harvard



- + Bus de datos e instrucciones de distintos tamaño
- + Tiempo de acceso a las instrucciones independiente al de los datos

# *Índice.*

---

- 1.- Objetivos**
- 2.- Introducción a los Microcontroladores**
- 3.- El Microcontrolador PIC16F84A**
- 4.- El Programa MPLAB**
- 5.- Transmisión de Señales Infrarrojas**
- 6.- El Bus Serie I<sup>2</sup>C**
- 7.- Implementación hardware**
- 8.- Funcionamiento y programación**
- 9.- Conclusiones**
- 10.- Demostración práctica**

# *El PIC16F84A (I)*

---

## **Principales Características de los PIC**

- Microcontroladores de arquitectura cerrada
- Arquitectura Harvard
- Técnica de segmentación (“pipe-line”)
- Longitud de las instrucciones constante
- Procesador RISC
- Instrucciones ortogonales
- Arquitectura basada en un banco de registros
- Gran variedad de modelos
- Herramientas de soporte potentes y económicas

## *El PIC16F84A (II)*

---

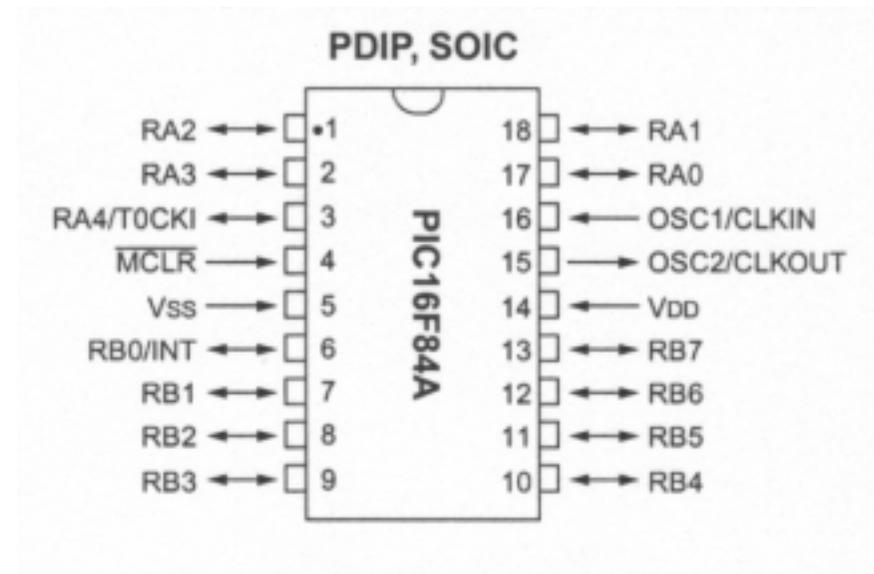
### **Características del PIC16F84A**

- Encapsulado de plástico DIP de 18 pines
- Repertorio de 35 instrucciones
- Memoria de programa Flash de 1K x 14 bits
- Memoria de datos RAM de 68 bytes
- 15 registros de funciones especiales (SFR)
- Pila con 8 niveles de profundidad
- 4 fuentes de interrupción
- 13 líneas de E/S
- Contador/Temporizador de 8 bits con divisor programable
- Watchdog

# El PIC16F84A (III)

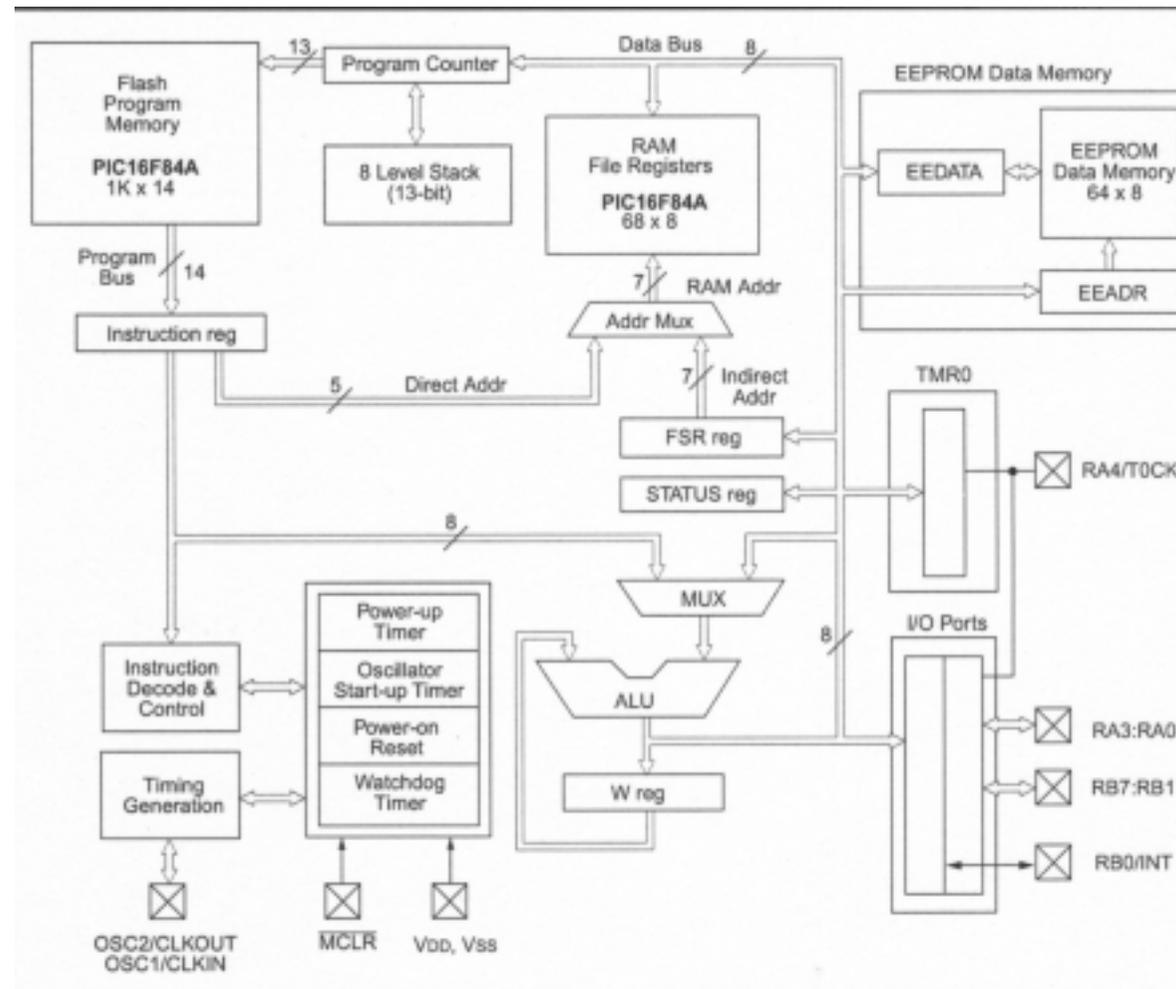
## Arquitectura externa del PIC16F84A

- Señales de alimentación
  - $V_{DD}$
  - $V_{SS}$
- OSC1/CLKIN
- OSC2/CLKOUT
- MCLR#
- RA0-RA4
- RB0-RB7



# El PIC16F84A (IV)

## Arquitectura interna del PIC16F84A



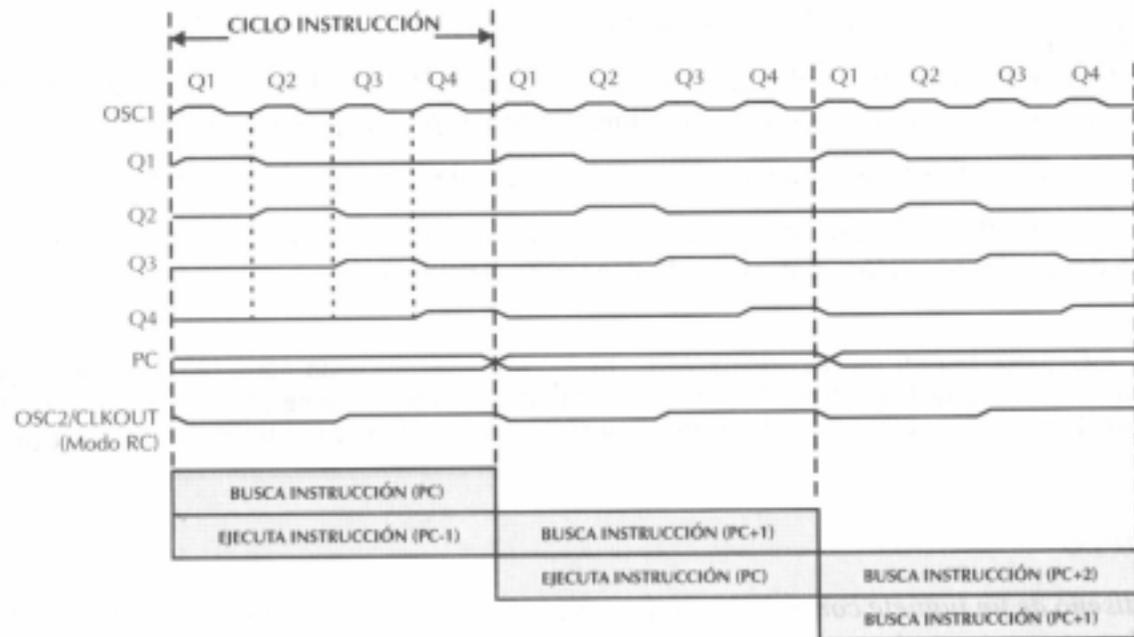




# El PIC16F84A (VII)

## Frecuencia de Funcionamiento

- ✓ Frecuencia máxima de funcionamiento 20 MHz
- ✓  $T_{\text{ciclo}} = 4 * (1/F_{\text{osc}}) = 200 \text{ ns}$



# *El PIC16F84A (VIII)*

---

## **Temporizadores**

### ✓ Temporizador principal TMR0

- Contador de sucesos
- Temporizador

### ✓ Perro Guardián o Watchdog

- Generación de un reset del sistema
- Refresco con las instrucciones *clrwdt* y *sleep*

# *El PIC16F84A (IX)*

---

## **Puertos de E/S**

### ✓ **Puerto A**

- 5 líneas RA0:RA4
- RA4 soporta dos funciones

- ◆ Línea de E/S
- ◆ Entrada de impulsos para el TMR0

### ✓ **Puerto B**

- 8 líneas RB0:RB7
- RB0 soporta dos funciones

- ◆ Línea de E/S
- ◆ Entrada de impulsos para interrupción

# *El PIC16F84A (X)*

---

## **Fuentes de Interrupción**

**Interrupción Desviación del flujo de control del programa originada asíncronamente por diversos sucesos.**

- ✓ Vector de Interrupción en la dirección 04h
- ✓ Habilitación por el bit GIE (Registro INTCON)
- ✓ Cuatro fuentes de interrupción
  - *Activación del pin RB0/INT*
  - *Desbordamiento del temporizador TMR0*
  - *Cambio de estado en RB7:RB4*
  - *Finalización de la escritura en la EEPROM*

## **Modo de reposo o de bajo consumo**

- ✓ Reducido consumo de energía requerido ( $< 10 \mu\text{A}$ )
- ✓ Ejecución de la instrucción SLEEP
- ✓ Tres alternativas para salir de este modo
  - *Activación externa de MCLR# (reset)*
  - *Desbordamiento del perro guardián*
  - *Generación de una interrupción*

# El PIC16F84A (XII)

## El Programa MPLAB



# *Índice.*

---

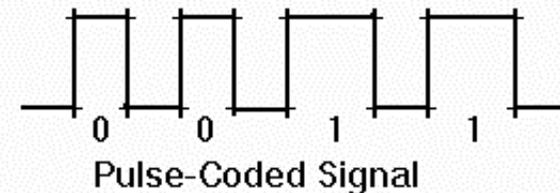
- 1.- Objetivos**
- 2.- Introducción a los Microcontroladores**
- 3.- El Microcontrolador PIC16F84A**
- 4.- Transmisión de Señales Infrarrojas**
- 5.- El Bus Serie I<sup>2</sup>C**
- 6.- Implementación hardware**
- 7.- Funcionamiento y programación**
- 8.- Conclusiones**
- 9.- Demostración práctica**

# Transmisión de Señales Infrarrojas (I)

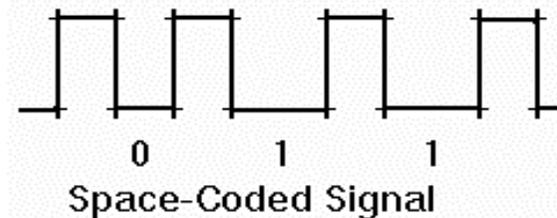
## Modulación y codificación de la señal

✓ Modulación en amplitud con portadora de frecuencia 20-40 KHz

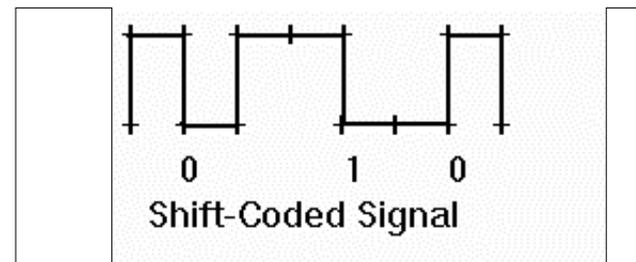
• Codificación por variación de la longitud de los pulsos



• Codificación por variación de la longitud de los espacios



• Codificación por variación del orden de los pulsos

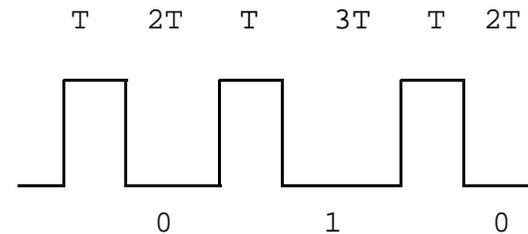


# *Transmisión de Señales Infrarrojas (II)*

## Protocolos de Transmisión

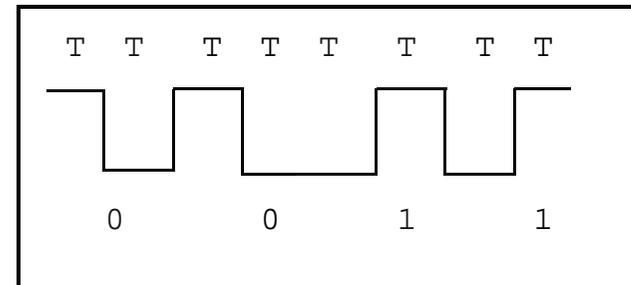
- **Protocolo RECS80**

✓ Codificación por variación de la longitud de los pulsos



- **Protocolo RC5**

✓ Codificación por variación del orden de los espacios de los pulsos



# *Transmisión de Señales Infrarrojas (II)*

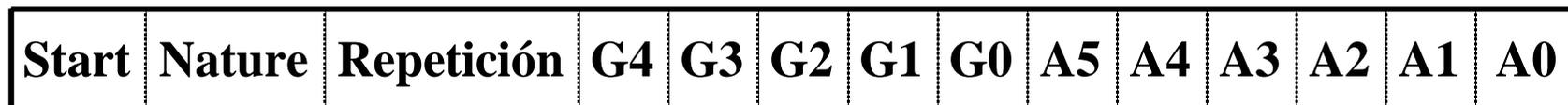
---

## **Formato de trama**

- **Protocolo RECS80**



- **Protocolo RC5**

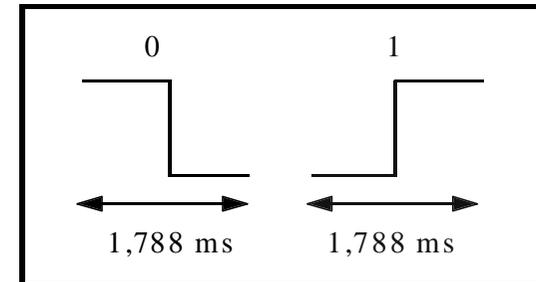


# Transmisión de Señales Infrarrojas (III)

## Algunos Fabricantes

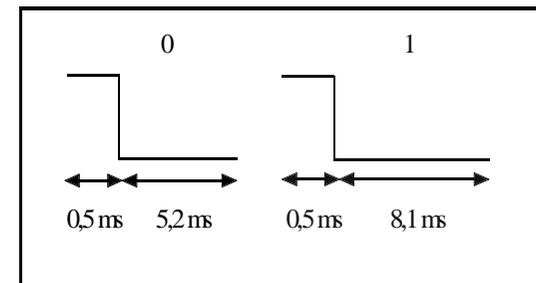
- **Philips**

- ✓ RC5, código bifásico
- ✓ Trama de 12 bits, portadora 37 KHz
- ✓ Espacio entre tramas de 25 ms



- **Thomson**

- ✓ RECS80, codificación por variación en la longitud de los espacios
- ✓ Trama de 12 bits, portadora 34 KHz

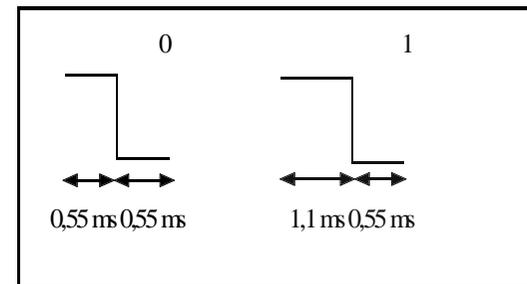


# Transmisión de Señales Infrarrojas (III)

## Algunos Fabricantes

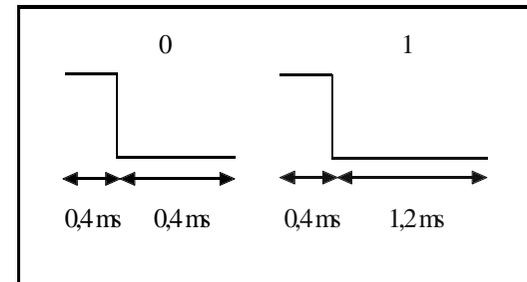
- **Sony**

- ✓ RECS80, codificación por variación de la anchura de los pulsos
- ✓ Trama de 12 bits, portadora 40 KHz
- ✓ Cabecera 4T, T ( $T = 550 \mu\text{s}$ )
- ✓ Espacio entre tramas de 25 ms



- **Panasonic**

- ✓ RECS80, codificación por variación en la longitud de los espacios
- ✓ Trama de 48 bits, portadora 37 KHz
- ✓ Cabecera 10T, T ( $T = 400 \mu\text{s}$ )
- ✓ Espacio entre tramas de 74 ms



# *Índice.*

---

- 1.- Objetivos**
- 2.- Introducción a los Microcontroladores**
- 3.- El Microcontrolador PIC16F84A**
- 4.- Transmisión de Señales Infrarrojas**
- 5.- El Bus Serie I<sup>2</sup>C**
- 6.- Implementación hardware**
- 7.- Funcionamiento y programación**
- 8.- Conclusiones**
- 9.- Demostración práctica**

# *El Bus Serie I<sup>2</sup>C (I)*

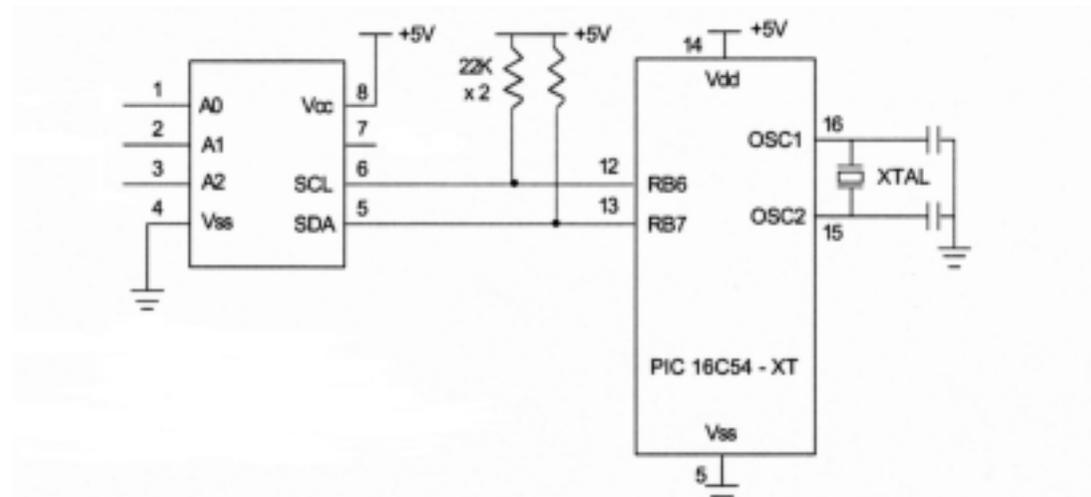
---

**Bus I<sup>2</sup>C** Bus de comunicaciones que emplea 2 hilos bidireccionales, *serial data (SDA)* y *serial clock (SCL)*.

- ✓ Los dispositivos se clasifican en:
  - *Emisor / Receptor*
  - *Maestro / Esclavo*
- ✓ El bus I<sup>2</sup>C es un bus **multimaestro**
- ✓ **Ejemplo:** Microcontrolador -> Maestro  
Memoria EEPROM -> Esclavo

# El Bus Serie I<sup>2</sup>C (II)

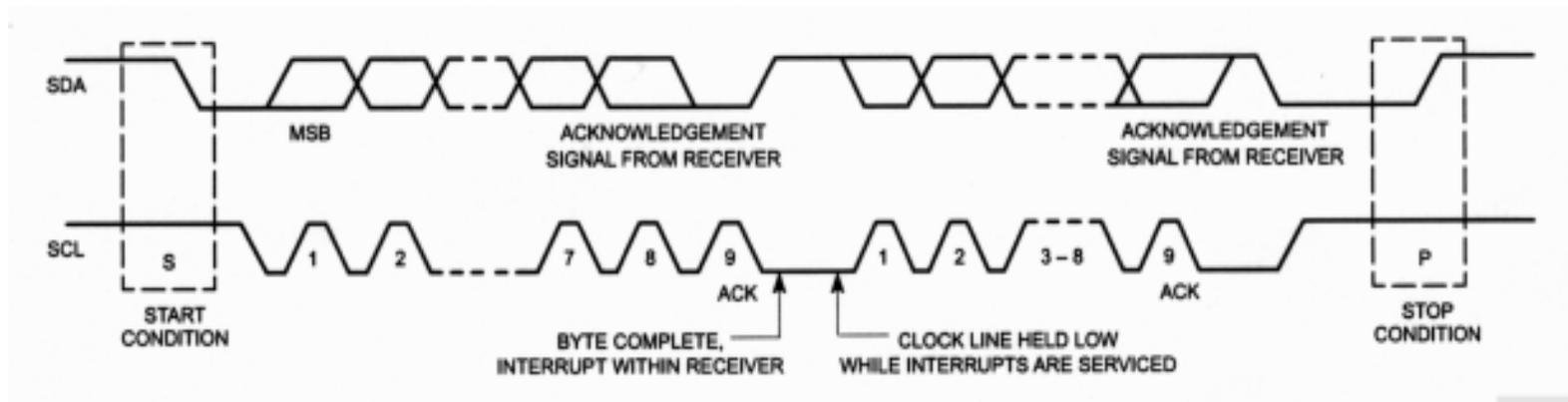
## Características Generales



- ✓ Dos modalidades de **velocidad de transmisión**:
  - Modo estándar: 100 Kbits/s
  - Modo rápido: 400 Kbits/s

# El Bus Serie I<sup>2</sup>C (III)

## Transmisión de Datos

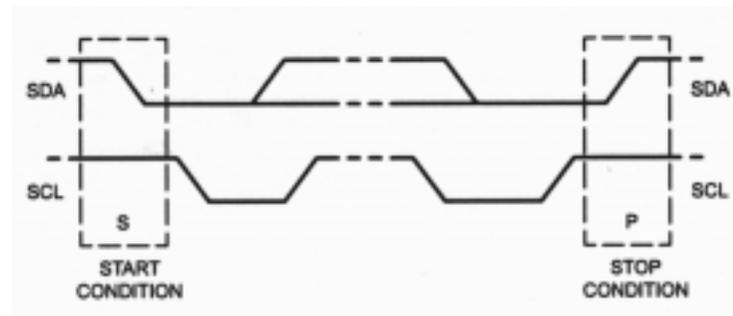


- ✓ El tamaño de la información enviada es de 8 bits
- ✓ Condición de ACK para confirmar recepción

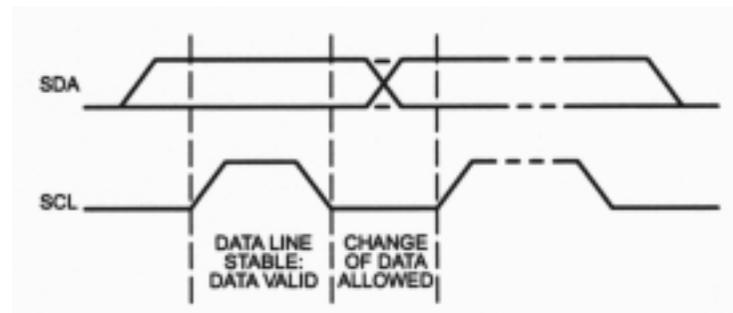
# *El Bus Serie I<sup>2</sup>C (IV)*

## Transmisión de Datos

**Condiciones  
de  
START y STOP**



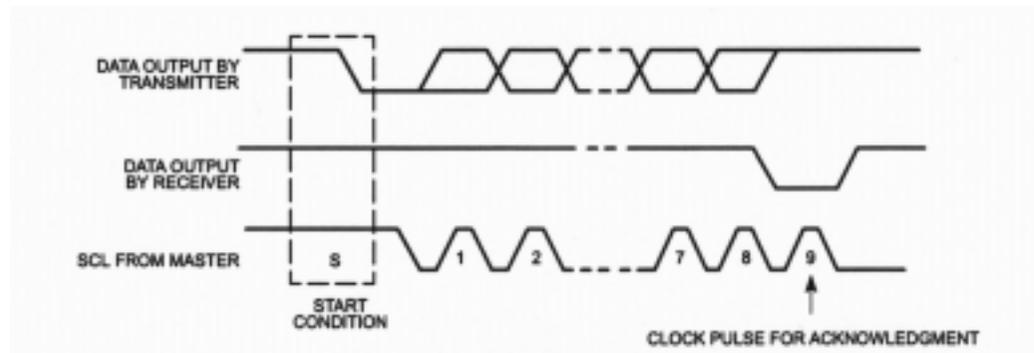
**Condición  
de  
Dato válido**



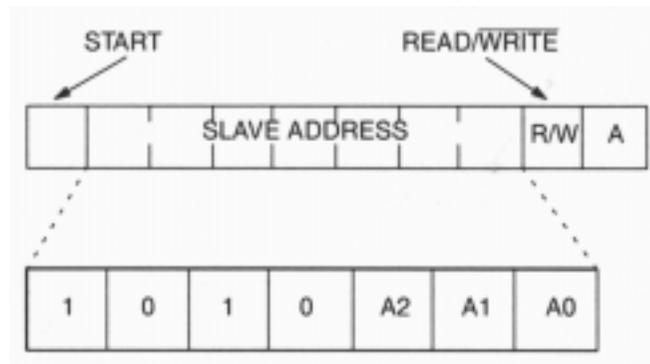
# El Bus Serie I<sup>2</sup>C (V)

## Transmisión de Datos

**Condición  
de  
Acknowledge**



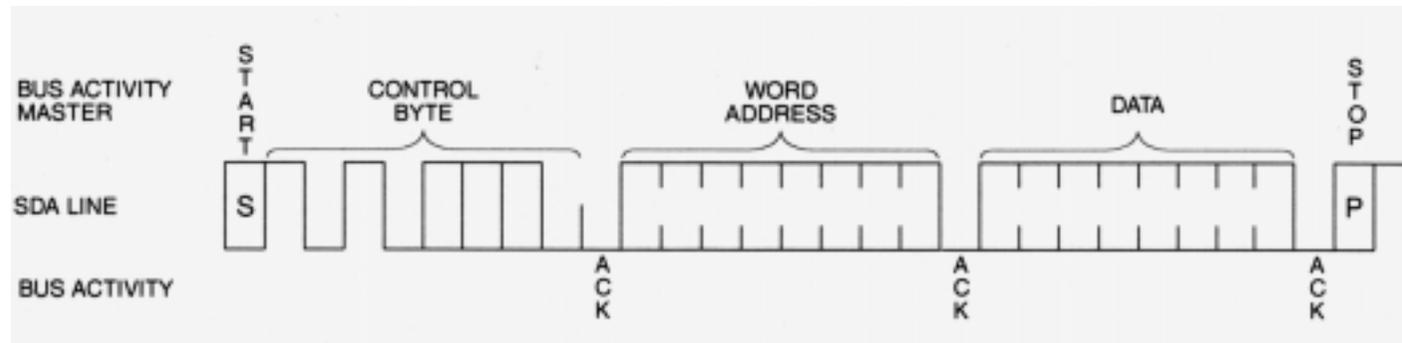
**Dirección  
del  
Esclavo**



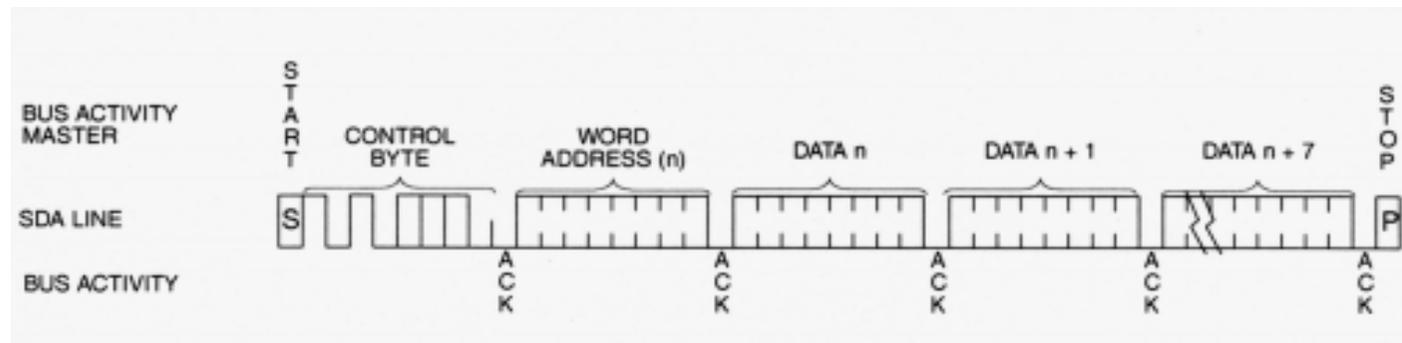
# El Bus Serie I<sup>2</sup>C (VI)

## Escritura en una Memoria EEPROM

### Modo de escritura byte



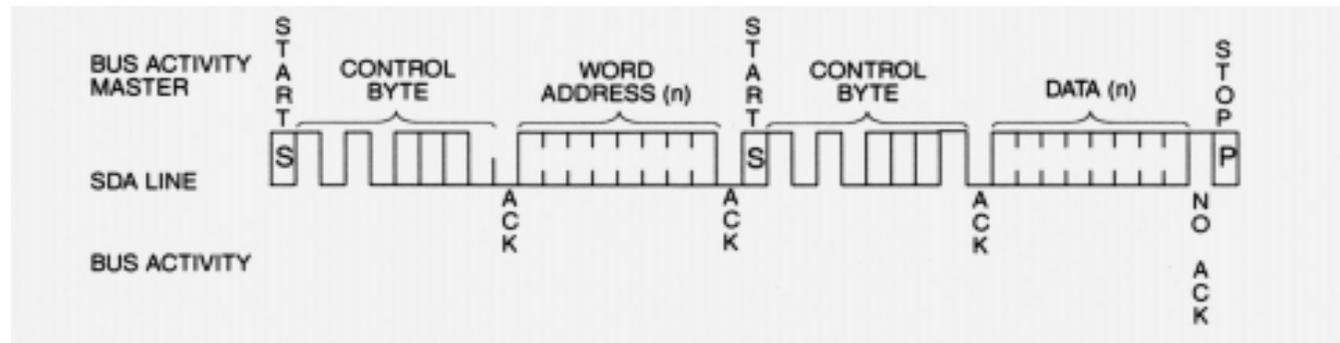
### Modo de escritura página



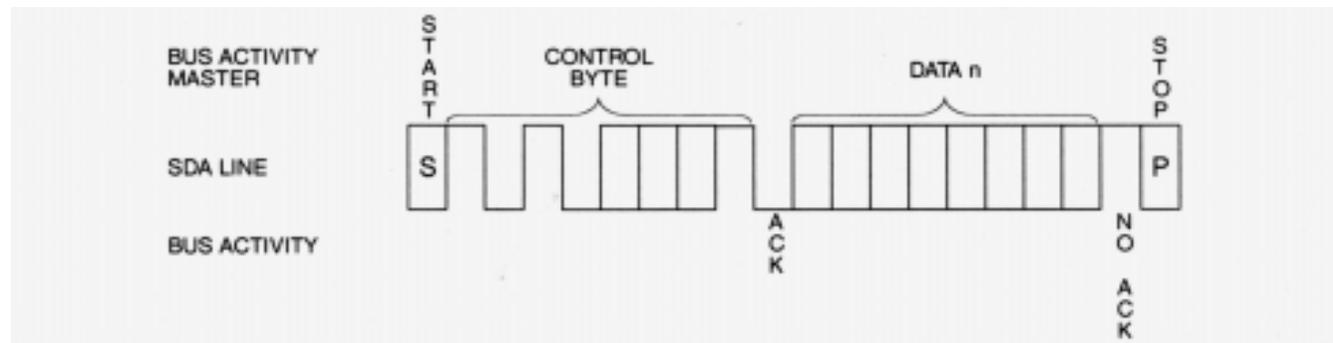
# *El Bus Serie I<sup>2</sup>C (VII)*

## Lectura de una Memoria EEPROM

### Lectura de una dirección



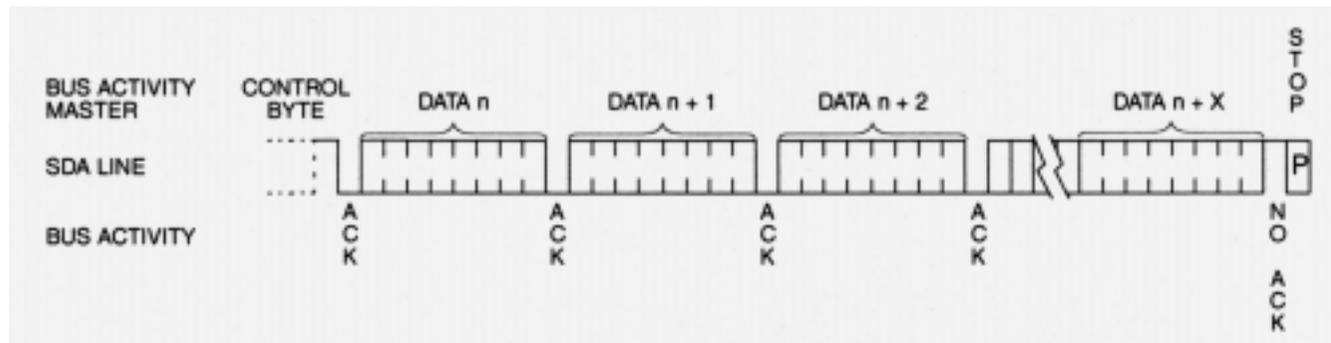
### Lectura de la dirección actual



# *El Bus Serie I<sup>2</sup>C (VIII)*

## Lectura de una Memoria EEPROM

### Lectura secuencial



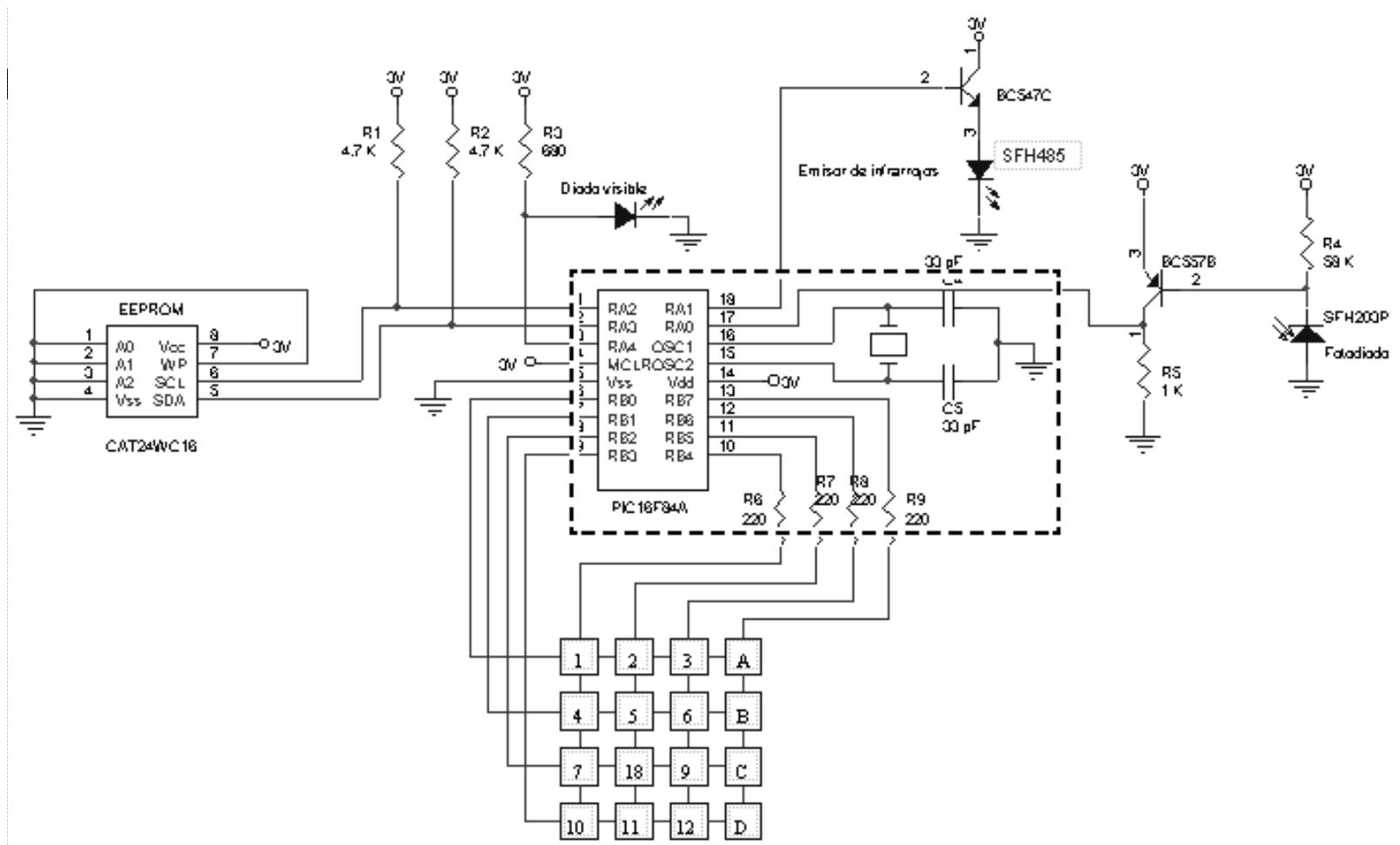
# *Índice.*

---

- 1.- Objetivos**
- 2.- Introducción a los Microcontroladores**
- 3.- El Microcontrolador PIC16F84A**
- 4.- El Programa MPLAB**
- 5.- Transmisión de Señales Infrarrojas**
- 6.- El Bus Serie I<sup>2</sup>C**
- 7.- Implementación hardware**
- 8.- Funcionamiento y programación**
- 9.- Conclusiones**
- 10.- Demostración práctica**

# Implementación hardware (I)

## Esquema eléctrico

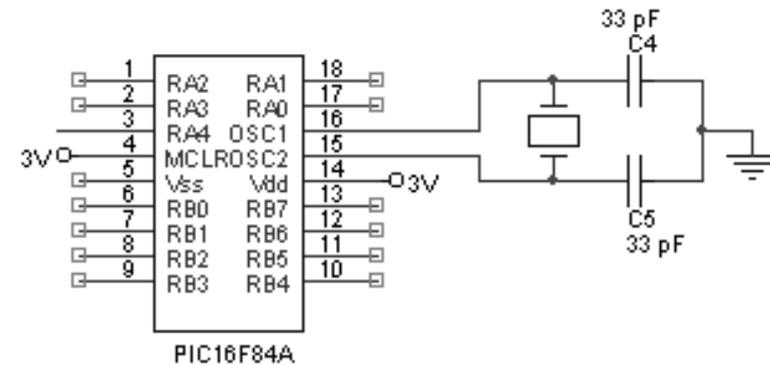


# Implementación hardware (II)

## Esquema eléctrico

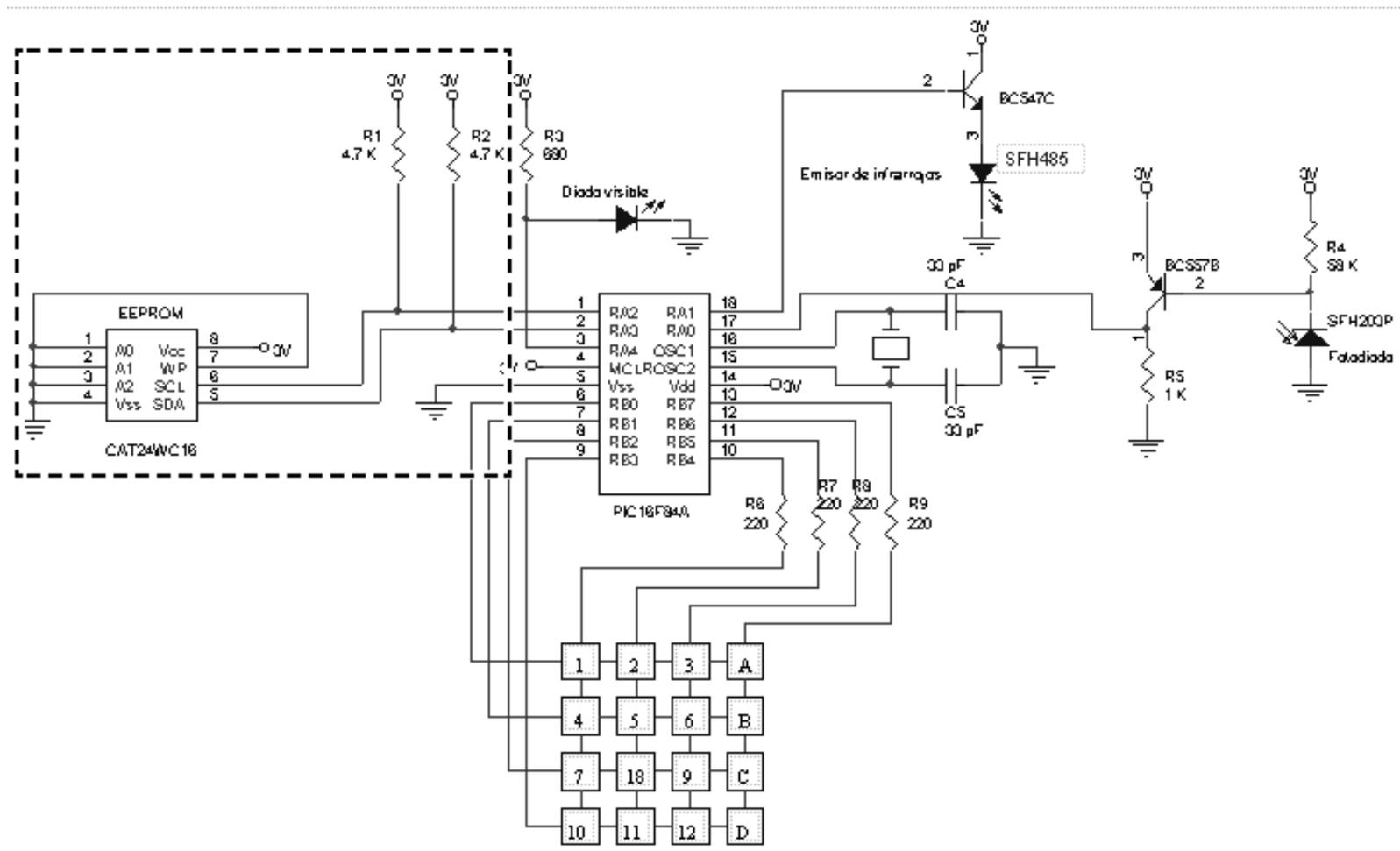
### Microcontrolador PIC16F84A

- Cristal oscilador de 4 MHz
- $V_{dd} = 3V$



# Implementación hardware (II)

## Esquema eléctrico

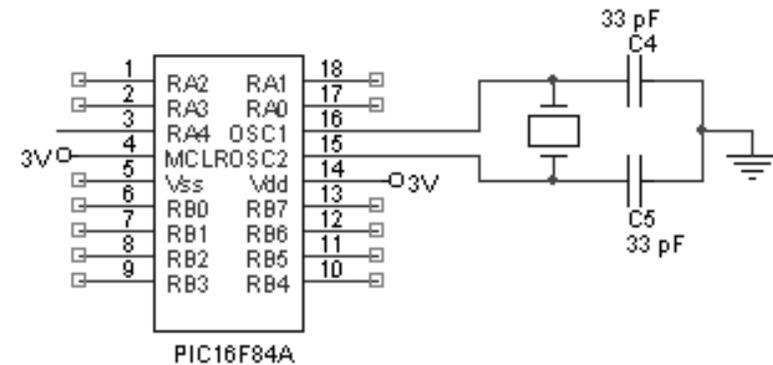


# Implementación hardware (II)

## Esquema eléctrico

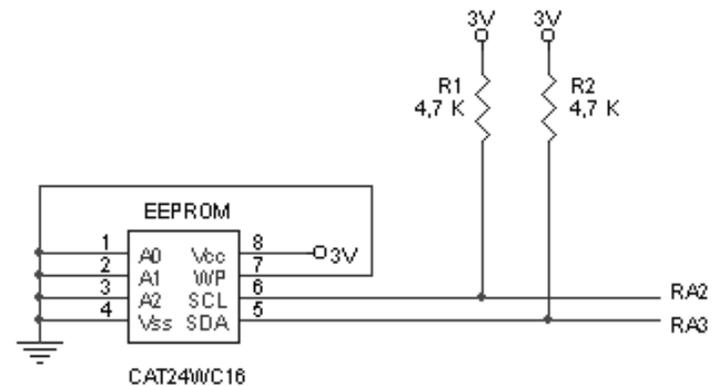
### Microcontrolador PIC16F84A

- Cristal oscilador de 4 MHz
- $V_{dd} = 3V$



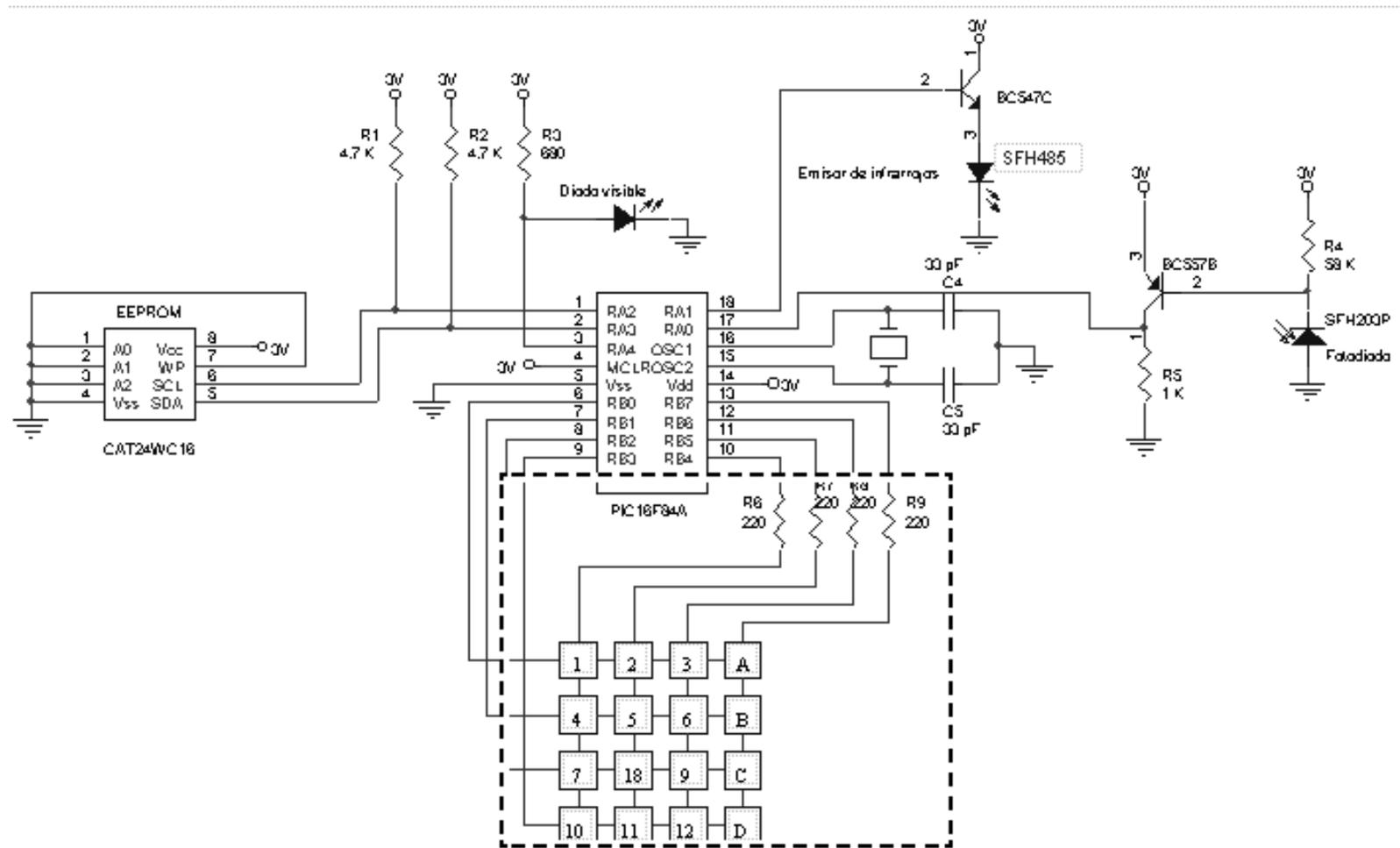
### Memoria EEPROM

- A0, A1, A2
- WP
- SCL
- SDA



# Implementación hardware (III)

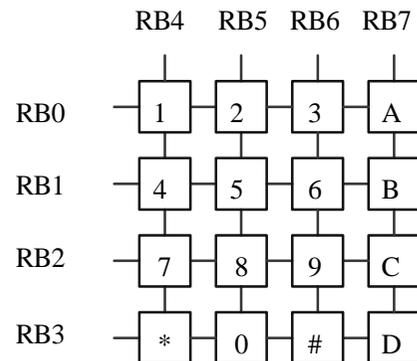
## Esquema eléctrico



# Implementación hardware (III)

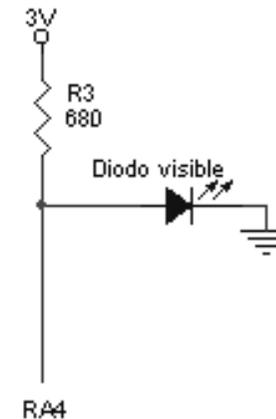
## Esquema eléctrico

### Teclado matricial



- Configuración en filas y columnas
- Ocho líneas del PIC
  - ♦ RB0-RB3 -> Filas
  - ♦ RB4-RB7 -> Columnas

### Diodo led visible



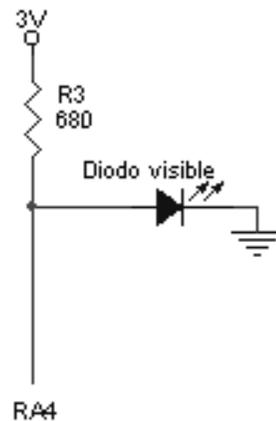
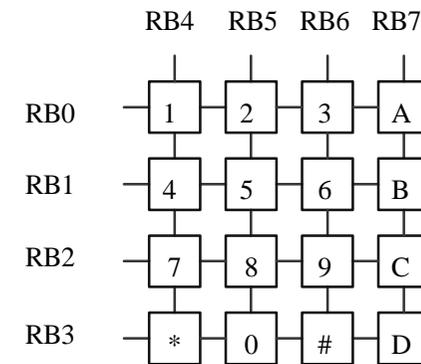
- Función informativa
  - ♦ Etapa de muestreo
  - ♦ Etapa de emisión

# Implementación hardware (III)

## Esquema eléctrico

### Teclado matricial

- Configuración en filas y columnas
- Ocho líneas del PIC
  - ♦ RB0-RB3 -> Filas
  - ♦ RB4-RB7 -> Columnas



### Diodo led visible

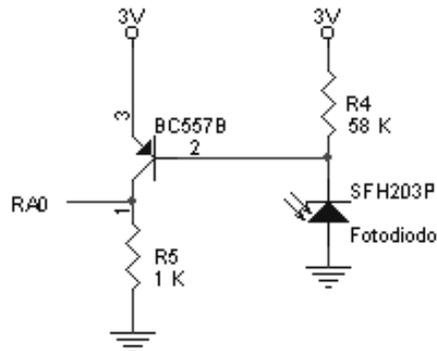
- Función informativa
  - ♦ Etapa de muestreo
  - ♦ Etapa de emisión



# Implementación hardware (IV)

## Esquema eléctrico

### Circuito receptor de señales infrarrojas



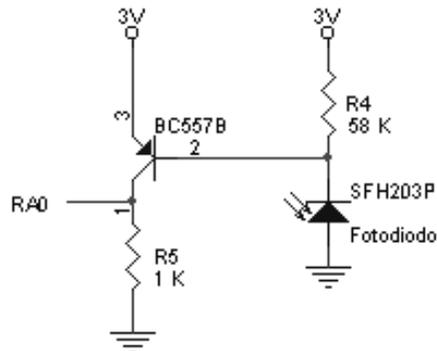
- Fotodiodo SFH203P
  - ♦  $\lambda = 850 \text{ nm}$
  - ♦  $\varphi = \pm 75 \text{ grados}$
- Transistor PNP BC557B



# Implementación hardware (III)

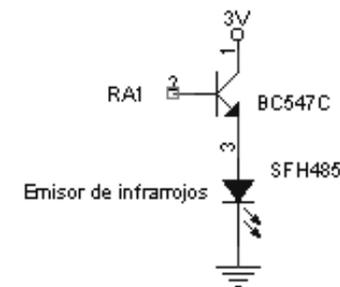
## Esquema eléctrico

### Circuito receptor de señales infrarrojas



- Fotodiodo SFH203P
  - ♦  $\lambda = 850 \text{ nm}$
  - ♦  $\varphi = \pm 75 \text{ grados}$
- Transistor PNP BC557B

### Circuito emisor de señales infrarrojas



- Emisor de infrarrojos SFH485
  - ♦  $\lambda = 880 \text{ nm}$
  - ♦  $\varphi = \pm 20 \text{ grados}$
- Transistor NPN BC547C

# *Implementación hardware (IV)*

---

## **Coste económico**

### ✓ Coste de diseño

- **Coste del material  $\Rightarrow$  4.356 ptas**
- **Coste de diseño**  
**1 diseñador, 7 meses, 1.600 ptas/hora  $\Rightarrow$  1.792.000 ptas**

### ✓ Coste de producción (1000 unidades)

- **Coste del material (35% descuento)  $\Rightarrow$  2.831.400 ptas**
- **Mano de obra**  
**1 obrero, 30 minutos, 1.000 ptas/hora  $\Rightarrow$  500.000 ptas**

**Precio unidad: 5.123 ptas**

**+ 15% beneficios + carcasa  $\Rightarrow$  6.392 ptas**

# *Índice.*

---

- 1.- Objetivos**
- 2.- Introducción a los Microcontroladores**
- 3.- El Microcontrolador PIC16F84A**
- 4.- El Programa MPLAB**
- 5.- Transmisión de Señales Infrarrojas**
- 6.- El Bus Serie I<sup>2</sup>C**
- 7.- Implementación hardware**
- 8.- Funcionamiento y programación**
- 9.- Conclusiones**
- 10.- Demostración práctica**

# *Funcionamiento y programación (I)*

---

## **Funcionamiento**

### ✓ **Modo grabación**

- Muestreo y grabación de la señal emitida por otro mando a distancia
- 16 señales
- Protocolo RC5 y RECS80

### ✓ **Modo emisión**

- Emisión de la señal grabada anteriormente

# Funcionamiento y programación (II)

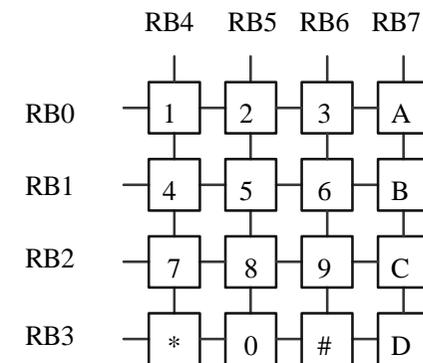
## Funcionamiento

### Modo grabación

- Inicialización con las teclas \* y #
- Diodo led para visualizar el funcionamiento
- Sistema de protección contra bloqueo

### Modo emisión

- Pulsación de la tecla correspondiente
- Diodo led para visualizar el funcionamiento
- Emisión de la señal durante la pulsación de la tecla



# *Funcionamiento y programación (III)*

---

## **Programa diseñado**

### ✓ **Programa Principal**

- Inicialización registros
- El microcontrolador es sumido en un estado de bajo consumo

### ✓ **Subrutina de atención a la Interrupción**

- Muestreo de las teclas pulsadas
- Muestreo o emisión de la señal

# Funcionamiento y programación (IV)

## Subrutina de atención a la Interrupción

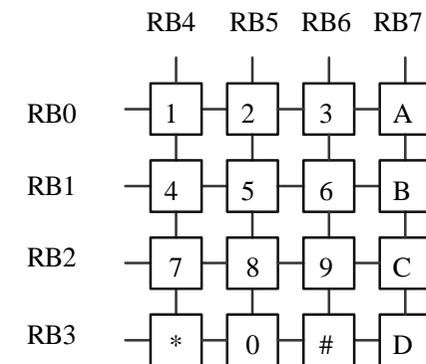
### ✓ Muestreo del teclado

#### • *Grabación*

- ♦ Muestreo de las teclas \* y #
- ♦ Muestreo de la tecla pulsada

#### • *Emisión*

- ♦ Muestreo de la tecla pulsada

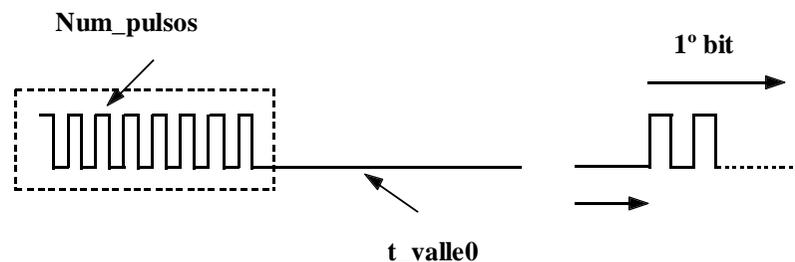


# Funcionamiento y programación (V)

## Subrutina de atención a la Interrupción

### ✓ Muestreo de una señal recibida

- Muestreo de la cabecera
- Muestreo del primer bit
- Muestreo de los bits restantes
- Grabación en la memoria EEPROM



# *Índice.*

---

- 1.- Objetivos**
- 2.- Introducción a los Microcontroladores**
- 3.- El Microcontrolador PIC16F84A**
- 4.- El Programa MPLAB**
- 5.- Transmisión de Señales Infrarrojas**
- 6.- El Bus Serie I<sup>2</sup>C**
- 7.- Implementación hardware**
- 8.- Funcionamiento y programación**
- 9.- Conclusiones**
- 10.- Demostración práctica**

# *Funcionamiento y programación (V)*

---

- ✓ **Puesta en práctica la aplicación de un microcontrolador**
- ✓ **Prototipo de un mando a distancia**
  - **Muestrea y graba la señal**
  - **Reproduce la señal previamente grabada**

# *Índice.*

---

- 1.- Objetivos**
- 2.- Introducción a los Microcontroladores**
- 3.- El Microcontrolador PIC16F84A**
- 4.- El Programa MPLAB**
- 5.- Transmisión de Señales Infrarrojas**
- 6.- El Bus Serie I<sup>2</sup>C**
- 7.- Implementación hardware**
- 8.- Funcionamiento y programación**
- 9.- Conclusiones**
- 10.- Demostración práctica**

**PROYECTO FIN DE CARRERA**  
**INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

---

**DESARROLLO EN MANDO A**  
**DISTANCIA INFORMATROJOS**



*AUTOR: M<sup>a</sup> Henar García Chavida*

*TUTOR: Jesús M<sup>a</sup> Hernández Mangas*

**UNIVERSIDAD DE VALLADOLID** 20 de Julio de 2000