

EL256 - Microcontroladores

Semestre 2023-0

Semana 1

Profesor: Kalun José Lau Gan

1

Agenda

- Designación de delegado
- Lectura de sílabo
- Lectura de reglamento de evaluaciones en línea
- Requisitos de software/hardware
- Lista de materiales para el laboratorio
- Recomendaciones del curso
- Introducción a los microcontroladores

2

Informativo:

- Delegado EL53:

- Profesor:

- Kalun José Lau Gan (pcelklau@upc.edu.pe, kalun.lau@upc.edu.pe)

Sílabo

- Objetivos
- Competencias
- Evaluaciones
- Fórmula de evaluación

II. INFORMACIÓN GENERAL

CER001: Microcontroladores

CODIGO: EL174

CICLO: 2021B

CUERPO ACADÉMICO: Lau Gan, Kalun / Salas Arriarán, Sergio

CRÉDITOS: 4

SEMANAS: 8

HORAS: 4 H (Laboratorio) Semanal - 4 H (Teoría) Semanal

ÁREA O CARRERA: Ingierencia Electrónica

III. MISIÓN Y VISIÓN DE LA UPC

Misión: Formar líderes integros e innovadores con visión global para que transformen al Perú.

Visión: Ser líder en la educación superior por su excelencia académica y su capacidad de innovación.

III. INTRODUCCIÓN

El curso Microcontroladores explora el área de la Ingeniería Electrónica donde se integran las disciplinas de desarrollo integrado de hardware y software. Los microcontroladores son la base fundamental en el desarrollo electrónico hoy en día, todos los dispositivos electrónicos que usamos de manera cotidiana presentan uno. Muchas aplicaciones en el campo de automatización industrial, robótica, biomédicas, domótica, electrónica de consumo, telecontrol, electrónica de potencia y otros más requieren del uso de microcontroladores capaces de funcionar en base a un programa o fluir en forma eficiente. El estudiante desarrollará la capacidad de formular un proyecto sobre el diseño de un equipo electrónico digital basado en microcontroladores y aplicará técnicas de programación para implementar una solución a un problema real formulado.

El curso promueve el desarrollo de la competencia general de "Pensamiento Innovador" en el nivel medio y la competencia específica a nivel medio de "La capacidad de desarrollar y llevar a cabo la experimentación adecuada, analizar e interpretar datos, y usar el juicio de ingeniería para sacar conclusiones".

[Regresar Sílabos Digitales](#)

Competencias asignadas al curso:

- Competencia general UPC N°6 - Pensamiento innovador
 - Capacidad de generar propuestas sostenibles, creativas e inspiradoras de mejora o creación de un producto, servicio o proceso que impactan positivamente en un determinado contexto incorporando el ensayo y error como parte del proceso
- Competencia ABET N°6
 - La capacidad de desarrollar y llevar a cabo la experimentación adecuada, analizar e interpretar datos, y usar el juicio de ingeniería para sacar conclusiones.

5

Evaluación de las competencias

- La evaluación de las competencias asignadas al curso será en la DD con la siguiente rúbrica:

Rúbrica de evaluación de competencias asignadas al curso EL256 Microcontroladores			
Nombres completos del estudiante: Código: Carrera:	Cumple con las expectativas (C)	En desarrollo (D)	Insatisfactorio (I)
Competencia general UPC N°6 - Pensamiento innovador Elabora una propuesta considerando distintas características únicas y distintivas de un producto, servicio o proceso que impactan positivamente en un determinado contexto incorporando el ensayo y error como parte del proceso			
Dimensiones Nivel 2 Intermedio Elabora una propuesta considerando distintas características únicas y distintivas de un producto, servicio o proceso que impactan positivamente en un determinado contexto incorporando el ensayo y error como parte del proceso	18 a 20	13 a 17	0 a 12
Diseña una propuesta usando los conceptos de diferentes áreas de conocimiento aplicando metodologías de innovación o metodologías de análisis orientadas a la creación o mejora de un producto, servicio o proceso	Diseña una propuesta teniendo en cuenta las metodologías de innovación o metodologías de análisis para mejorar dicha propuesta	Diseña una propuesta de manera parcial teniendo en cuenta las metodologías de innovación o metodologías de análisis para mejorar dicha propuesta	Diseña una propuesta de manera insatisfactoria teniendo en cuenta las metodologías de innovación o metodologías de análisis para mejorar dicha propuesta
Elabora una propuesta cuyo valor proyecta un impacto positivo en un determinado contexto de manera argumentada	18 a 20	13 a 17	0 a 12
Elabora una propuesta que genera un impacto positivo en el desarrollo de aplicaciones con microcontroladores	Elabora parcialmente una propuesta que genera un impacto positivo en el desarrollo de aplicaciones con microcontroladores	Elabora insatisfactoriamente una propuesta que genera un impacto positivo en el desarrollo de aplicaciones con microcontroladores	Elabora una propuesta de manera insatisfactoria teniendo en cuenta las metodologías de innovación o metodologías de análisis para mejorar dicha propuesta
La capacidad de desarrollar y llevar a cabo la experimentación adecuada, analizar e interpretar datos, y usar el juicio de ingeniería para sacar conclusiones.	18 a 20	13 a 17	0 a 12
Competencia ABET N°6 6.1 Desarrolla y realiza experimentos 6.2 Analiza, interpreta datos y usa el juicio de ingeniería en las conclusiones	Cumple con las expectativas (C)	En desarrollo (D)	Insatisfactorio (I)
Realiza la experimentación siguiendo adecuadamente el procedimiento y registrando de manera correcta sus resultados	Realiza la experimentación siguiendo adecuadamente el procedimiento y registrando de manera parcial sus resultados	Realiza la experimentación de manera incorrecta y no registra adecuadamente sus resultados	Realiza la experimentación de manera incorrecta y no registra adecuadamente sus resultados
Analiza e interpreta los resultados obtenidos en forma acertada y siguiendo criterios técnicos e ingenieriles correctos	Analiza e interpreta los resultados obtenidos en forma parcial con ciertas inconsistencias y siguiendo criterios técnicos e ingenieriles correctos	Analiza e interpreta los resultados obtenidos en forma parcial con ciertas inconsistencias y siguiendo criterios técnicos e ingenieriles correctos	Analiza e interpreta los resultados de manera ineficiente y no clara, sin seguir criterios técnicos ni ingenieriles
Analiza e interpreta los resultados obtenidos en forma acertada y siguiendo criterios técnicos e ingenieriles correctos	18 a 20	13 a 17	0 a 12
Analiza e interpreta los resultados obtenidos en forma parcial con ciertas inconsistencias y siguiendo criterios técnicos e ingenieriles correctos	18 a 20	13 a 17	0 a 12
			Calificación DD
			Fórmula: (D1+D2+D3+D4+D5) / 5
			0

6

Fórmula PF

- Según sílabo:
- $$\text{PF} = 5\% \text{ LB1} + 5\% \text{ LB2} + 5\% \text{ LB3} + 5\% \text{ DD} + 15\% \text{ PC1} + 15\% \text{ PC2} + 20\% \text{ EA} + 30\% \text{ TF}$$

7

Cronograma de evaluaciones:

• LB1	Semana 2	Miércoles	Laboratorio	13:00
• PC1	Semana 3	Miércoles	Teoría	09:00
• LB2	Semana 3	Miércoles	Laboratorio	13:00
• EA	Semana 4	Miércoles	Teoría	09:00
• LB3	Semana 5	Miércoles	Laboratorio	13:00
• PC2	Semana 6	Miércoles	Teoría	09:00
• DD	Semana 7	Martes	Laboratorio	13:00
• TF	Semana 7	Miércoles	Laboratorio	13:00

8

Reglamento del curso y sus evaluaciones

- Además de lo estipulado en el sílabo se tienen los siguientes documentos normativos:
 - SICA-REG-26 REGLAMENTO DE DISCIPLINA DE ALUMNOS
 - SICA-REG-31 REGLAMENTO PARA LA PREVENCIÓN E INTERVENCIÓN EN CASOS DE HOSTIGAMIENTO SEXUAL
 - Indicaciones generales para las evaluaciones en línea

9

Reglamento del curso y sus evaluaciones

- El curso es de naturaleza teórico-práctico
- Aplicación de DPI si inasistencias superan el 30%
- Sesiones virtuales:
 - Tener sistemas multimedia (micrófono y webcam) en correcto funcionamiento durante las.
 - Se priorizará la atención consultas mediante audio y video antes del chat.
- Sesiones presenciales:
 - Restricción de tomas fotográficas y/o registro de video durante las sesiones.
- Revisar la lista de materiales que se emplearán en las sesiones de laboratorio.

10

Indicaciones de evaluaciones escritas:

- Dar lectura de las indicaciones antes de proceder a desarrollar la evaluación escrita.
- Son evaluaciones escritas:
PC1, PC2, EA, EREC

- La evaluación es de naturaleza individual y empieza a la hora establecida. Estudiante que llegue después de 15 minutos de iniciado será marcado como ausente a la evaluación corroborado con el reporte de asistencia de participantes del AV. Tener en cuenta que pasado los 15 minutos iniciales se bloqueará el acceso al documento enunciado.
 - El desarrollo sera de manera manual escrito con lapicero azul o negro en hoja bond A4 limpia, deberá **membratar** cada hoja usada con el nombre de la evaluación, su código UPC, nombre completo, carrera profesional cursando y número de página. No utilizar retazos de hojas y/o hacer collage en la hoja principal. De no seguir esta indicación primaria automáticamente se le otorgará la calificación de cero en cada hoja sin identificación, no permitiendo reclamos posteriores.
 - El desarrollo deberá ser de manera clara, detallada, ordenada y secuencial. Se anulará toda solución sin desarrollo y/o justificación, en desorden, con respuesta ambigua, doble, sin unidades o usando tipografías diferentes.
 - El uso excesivo de líquido corrector, así como borrones, dibujos de diagramas y circuitos en garabato, el evaluador podrá anular la resolución de la pregunta sin posibilidad a reclamos posteriores.
 - Luego del desarrollo se tomarán **fotografías bien enfocadas, iluminadas, en el sentido correcto (orientación) y sin sombras, o empleando sombra, o de color**, colgando colocando en el sistema de subida de archivos del Aula Virtual. Debe tener licencia de copyright, pasaporte o carnet universitario), revisar que la resolución de la toma de imagen sea la suficiente para ver los detalles de la resolución, cada captura de imagen deberá de tener adjunto el documento de identidad, luego emplearán el Microsoft Word para colocar toda la evidencia y posteriormente en formato PDF (opción 'grabar como' y seleccionar el formato de exportación) con el siguiente formato de **nombre de archivo**:
- EL256_[tu sección]_[tu apellido]_[tu nombre]_[código]_20222_EREC.pdf
- Ejemplo: **EL256_EL59_Perez_Carlos_u20022838_20222_EREC.pdf**
- Se obtendrá la calificación mínima en la evaluación de no cumplir esta indicación o hacer ediciones de imagen post toma de la fotografía, sin posibilidad a reclamos posteriores.
- Tener cuidado que **solo hay un intento de subida de archivo**, pasado el tiempo se bloqueará el sistema de subida. Se recomienda subir la documentación **20 minutos antes del término del periodo de tiempo** al Aula Virtual. Verificar si se subió correctamente (abrir el archivo subido y ver se tiene el nombre correcto). Una vez que se subió el archivo en proceso (🌐). Envíos de los archivos vía correo electrónico u otro medio que no sea el AV solo serán tomados en cuenta y recibirán la calificación mínima sin posibilidad a reclamo redame.
 - Envíos marcados con **TARDANZA** por el AV tendrán una penalización de -10p.
 - **Mantener iniciada la sesión de videoconferencia** mientras dure la evaluación. **No emplear el chat global o audio**. De desconectarse por más de 5 minutos deberá reportarlo al profesor encargado de la evaluación ó delegado caso contrario se anulará la evaluación sin posibilidad a reclamo posterior.
 - No habrá consultas relacionadas con el contenido de las preguntas. Deberá de emplear el criterio ingenieril para dar solución al problema.
 - Tener en consideración el reglamento de evaluaciones en línea publicado en el AV.
 - Se tendrá visto con **incertidumbre** de sistemas de las universidades por lo que deberán tener el **mirón** o cámara en correcto funcionamiento para una eventual solicitud de activación de dichos medios. El supervisor reportará al profesor para la **evaluación de la evaluación** en caso el alumno haga caso omiso o encuentre **faltas a la probidad** de la evaluación tal como lo estipula el reglamento de disciplina de alumnos SICA-REG-26.
 - Luego de haber **cumplido** con la carga de la documentación al Aula Virtual dejar un **mensaje** de constancia en el **chat** de la videoconferencia antes de retirarse. La omisión a esta indicación representará una penalidad de -5p en su calificación obtenida sin lugar a reclamo posterior.

11

Requerimientos generales del curso:

- Conocimientos previos:
 - Teoría de circuitos eléctricos
 - Teoría de circuitos lógicos
 - Desarrollo de algoritmos en diagramas de flujo
 - Programación de computadoras (lenguaje C)
 - Implementación de prototipos de circuitos electrónicos en protoboard
 - Dibujo CAD
- Software:
 - Proteus para simulación de circuitos
 - Microchip MPLABX IDE v6.05
 - Microchip XC8 v2.40
 - PuTTY v0.78
- Hardware:
 - Computador con Windows 10 ó 11
 - Uso correcto de instrumentos de medición y herramientas de laboratorio (multímetro, osciloscopio, etc)
 - Lo detallado en la lista de materiales
- Documentación:
 - Manejo de las hojas técnicas de dispositivos electrónicos y demás herramientas

12

Detalle de software y documentación :

- Software:

- Microchip MPLAB X v6.05 (**la mas actual, no soporta MPASM**)
- Microchip MPLAB X v5.35 (para los que usan PICKIT3, soporta MPASM)
- Microchip MPLAB X v5.30 (para los que usan PICKIT2, soporta MPASM)
- Proteus VSM a partir de v8
 - Laboratorio virtual UPC: <https://labvirtual.upc.edu.pe/>
- PuTTY v0.78

- Documentación:

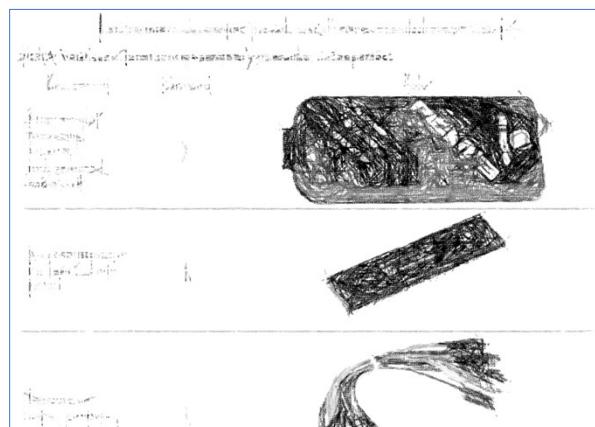
- Hoja técnica del PIC18F45K50
 - <http://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/30000684B.pdf>

13

Lista de materiales

- Ubicado en semana 1 en AV
- Mínimo de materiales para el desarrollo de los laboratorios.
- Se emplearán tanto para las sesiones de laboratorio como para las asignaciones.

<https://www.microchip.com/development-tools/pic-and-dspic-downloads-archive>



14

Introducción a los microcontroladores

15

¿Qué es un microcontrolador?

- Es un circuito programable ✓
- una herramienta para control de dispositivos electrónicos ✗
- dispositivo programable ✓
- Dispositivo electrónico, donde podemos asignarle una tarea o algún proceso en específico ✗
- un pequeño controlador que ejecuta un programa en su memoria ✗
- un componente que permite dar órdenes a otros componentes ✗
- una tarjeta que puede ejecutar acciones mediante un código programable
- una computadora en miniatura ✓
- equipo parecido a una computadora pequeña, con características similares
- Un equipo pequeño que puede hacer el proceso que se le ordena
- un dispositivo programable capaz de realizar órdenes
- dispositivo que lee y ejecuta instrucciones ⚡
- un circuito integrado que permite la comunicación de la persona con la máquina a través de un lenguaje
- Es un mini CPU ✓
- un circuito integrado que tiene componentes que le permiten tener un funcionamiento autónomo ✓
- cerebro y motor de un equipo
- dispositivo que activa el funcionamiento de un aparato electrónico ✗
- un dispositivo usado para la ejecución de instrucciones dadas por la computadora que interactúa con sensores, circuitos, etc
- circuito integrado que ejecuta órdenes grabadas en su memoria ↗
- circuito integrado programable ✓ *instrucciones* ↗

16

¿Qué es un microcontrolador?

tecnología microelectrónica /

- Un circuito integrado programable
- un dispositivo que actúa de acuerdo a las órdenes programadas
- un hardware que soporta un lenguaje de programación, y que puede ser utilizado como cerebro de un proyecto mas grande
- un circuito integrado que da "órdenes" (mediante señales) a otras partes de un determinado circuito, es decir, sirve para controlar el resto del sistema...~~X~~
- Un chip que posee ciertas propiedades de una computadora
- Es económico? ~~X~~
- es un CPU ~~X~~
- es un circuito que se puede programar para ejecutar órdenes programadas es lo que iba a poner pero es similar a la 2da :v

17

¿Qué es un microcontrolador?

- Es un dispositivo microelectrónico (basado en tecnología de semiconductores) programable que posee casi todos los componentes para un funcionamiento autónomo.
- Componentes: CPU, memorias de programa y de datos (RAM y ROM), periféricos (E/S, temporizadores, A/D, etc), gestión energética, fuentes de reloj
- Se requiere de un programa (hecho con un lenguaje de programación desde un entorno de desarrollo en una PC) y de un programador para que transporte el código compilado hacia la memoria de programa del microcontrolador antes de iniciar su operación
- Su funcionamiento es de manera secuencial (necesita de una fuente de reloj).
- Para dar soluciones "compactas" (embedded) a determinado problema.
 - Portátil (autonomía, tamaño, consumo, etc)

18

¿Por qué no enseña Arduino en lugar de PIC? Arduino no es mas fácil?

- Arduino consume mas energía
- Arduino se programa a un nivel mas alto y por ende consume mas recursos.
- Trabajar con PIC puedes alcanzar mayores niveles de eficiencia en términos de desempeño, costo, consumo energético, uso de memoria.
- Arduino es un entorno de desarrollo open-source el cuál el microcontrolador destino posee un firmware inicial para la interacción con el software IDE en la PC. Como consecuencia de esto el microcontrolador tendrá menor desempeño frente a usar lenguaje Assembler.
- Cuando se tiene que atender aplicaciones o procesos críticos, en Arduino no tenemos velocidad de respuesta a menos que se emplee microcontroladores de mayor desempeño. Esto no representaría problema alguno si se desarrolla en Assembler.

19

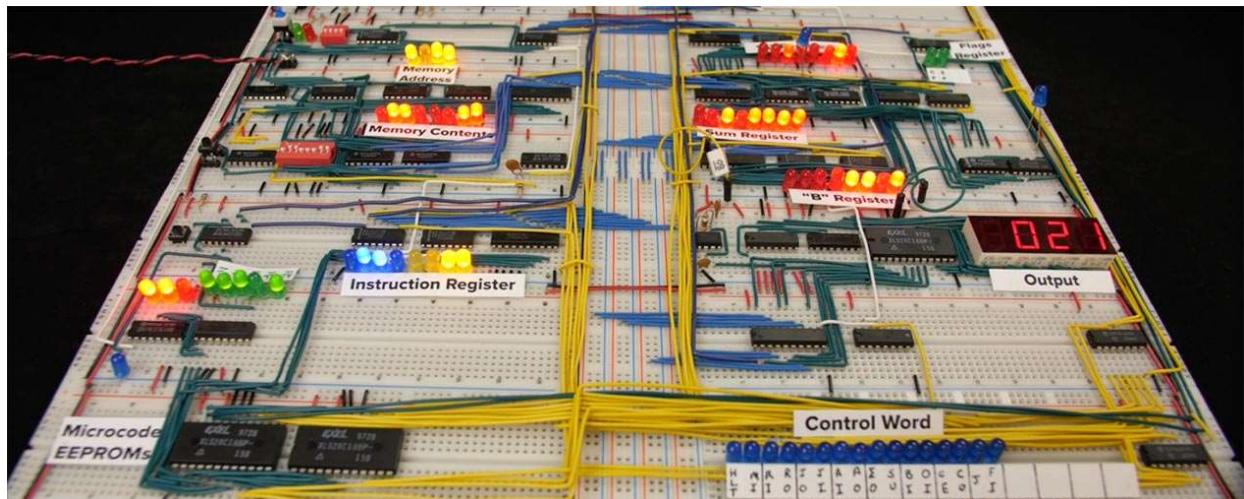
¿Esto es un microcontrolador?



- Es una plataforma de desarrollo electrónico basado en un microcontrolador (ATMEL ATMega 328P)

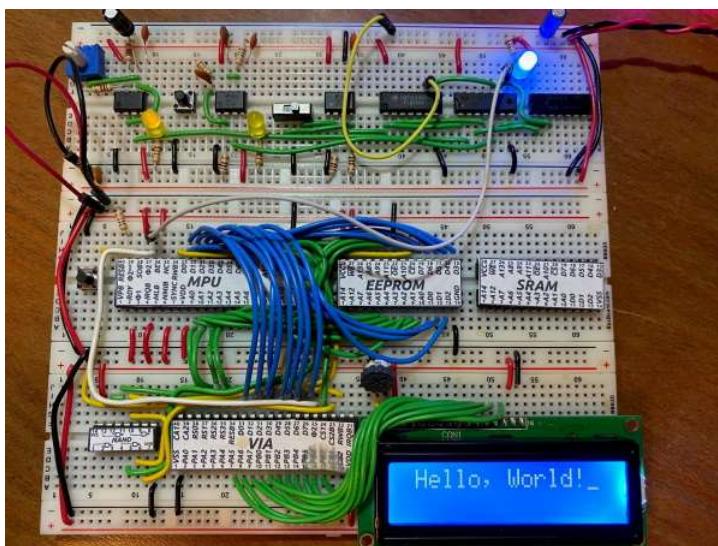
20

Evolución de los microcontroladores



21

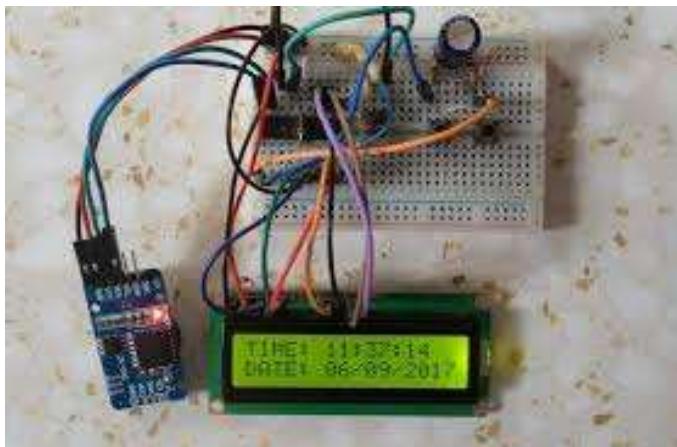
Evolución de los microcontroladores:



Plataforma de desarrollo para el 6502

22

Evolución de los microcontroladores



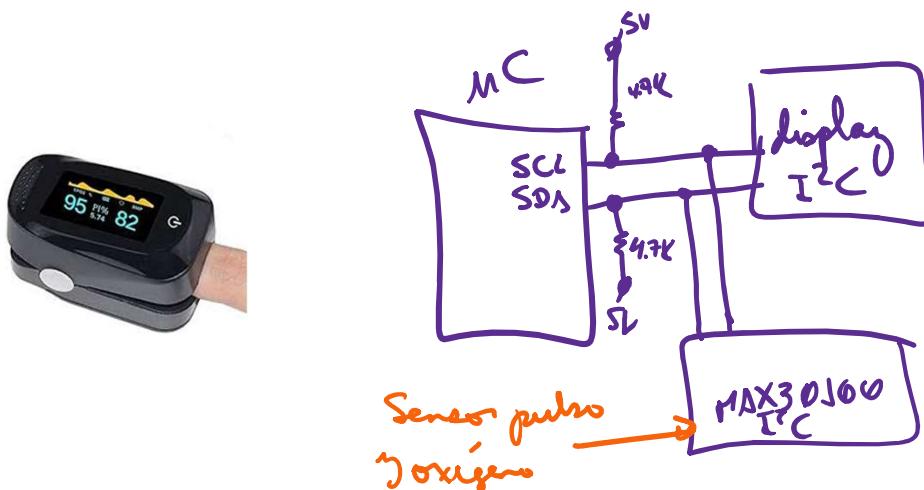
23

Microcontroladores

- Fabricantes
 - ¿Microchip?
 - #1 en ventas de microcontroladores de 8 bits
 - Portafolio inmenso de microcontroladores
 - PIC (10, 12, 16, 18, 24, 32)
 - AVR
 - Cypress Semiconductor (PSoC)
 - NXP (ex Phillips)
 - TI (Texas Instruments)
 - Renesas
 - Intel
 - ST Semiconductor
 - Líder en 32bits (STM32)
 - etc

24

Ejemplo de aplicación empleando microcontroladores: Pulsioxímetro



25

Microcontroladores

- Herramientas de desarrollo
 - Software de Simulación: Proteus, Tina
 - Software de Desarrollo: Depende de la familia y fabricante
 - Microchip PIC: MPLAB X (XC8 Assembler, XC8)
 - Microchip AVR: AVR Studio
 - ST Semiconductor STM32: STM32 CubeIDE
 - Cypress Semiconductor PSoC: PSoC Creator
 - Multiplataforma: Arduino
 - Micropython: Raspberry Pi Pico
- Versiones anteriores de MPLAB X:
<http://www.microchip.com/development-tools/downloads-archive>

26

Importancia del algoritmo

- Los algoritmos son representaciones gráficas de una tarea que va a hacer el microcontrolador
- Pueden ser representados en diagramas de flujo, NS, pseudocódigo

27

Repaso de conocimientos previos

- Álgebra de Boole, circuitos digitales (Fund. Sist. Digit. Thomas Floyd)
- Algoritmos, diagramación en diagrama de flujo
- Arquitectura de computadoras (Org. Y Arq de PCs de William Stallings)
- Circuitos eléctricos (interfaces de potencia, sensores)
 - Transistores en corte y saturación, diodos rectificadores, LEDs.
 - Optoacopladores
 - Relés
- Señales analógicas y digitales (señales y sistemas)
 - Op-Amp: Modos de trabajo (amplificador (noinv, inv), oscilador, comparador, sumador, integrador, diferencial, compresor, filtrado, etc)
 - Conversión A/D y D/A, Teorema de muestreo

28

Ruta para el desarrollo de aplicaciones con microcontroladores:

1. Formulación de los requerimientos de la aplicación
2. Desarrollo del hardware
 - a) Prototipado en físico usando protoboard
 - b) Prototipado en simulador (Proteus)
3. Desarrollo del algoritmo en diagrama de flujo
4. Codificación del algoritmo en un lenguaje de programación (XC8)
5. Pruebas en físico como en simulación
6. Elaboración de PCB (Autodesk Eagle)
7. Elaboración de carcasa (Autodesk Fusion 360)

29

Fin de sesión

30

Revisión de documentos

- Hoja técnica del PIC18F45K50
 - <http://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/30000684B.pdf>
- Hoja técnica del PIC18F57Q43
 - <https://ww1.microchip.com/downloads/aemDocuments/documents/MCU08/ProductDocuments/DataSheets/PIC18F27-47-57Q43-Data-Sheet-40002147F.pdf>
- Hoja técnica del Curiosity Nano PIC18F57Q43
 - <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/PIC18F57Q43-Curiosity-Nano-HW-UserGuide-DS40002186B.pdf>

31

Softwares

- MPLAB X – Entorno integrado de desarrollo para los microcontroladores PIC, en v6.05 no integra compilador alguno
- XC8 – Compilador para XC8 PIC Assembler y C
- Proteus – Simulador virtual

32

Diagrama de pines del PIC18F45K50

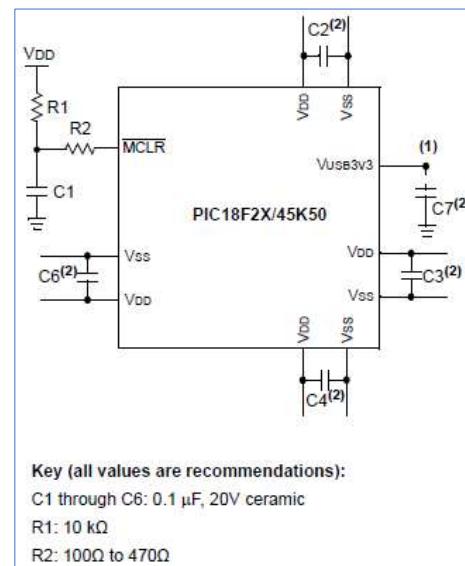
MCLR/VPP/RE3	1	40	RB7
RA0	2	39	RB6
RA1	3	38	RB5
RA2	4	37	RB4
RA3	5	36	RB3
RA4	6	35	RB2
RA5	7	34	RB1
RE0	8	33	RB0
RE1	9	32	Vdd
RE2	10	31	Vss
Vdd	11	30	RD7
Vss	12	29	RD6
RA7	13	28	RD5
RA6	14	27	RD4
RC0	15	26	RD7
RC1	16	25	RD6
RC2	17	24	D+
Vusb3v3	18	23	D-
RD0	19	22	RD3
RD1	20	21	RD2

- No hay RC3, RC4 ni RC5
- Dos pines para Vdd y Vss
- ~MCLR: Master RESET, activo en bajo
- RA, RB y RD completos (8bits cada uno)

33

Detalles técnicos iniciales

- Voltaje de alimentación del PIC18F45K50
 - Voltajes menores a -0.5V son perjudiciales
 - Voltaje de operación máximo 5.5V
 - Voltaje de operación mínimo 2.3V

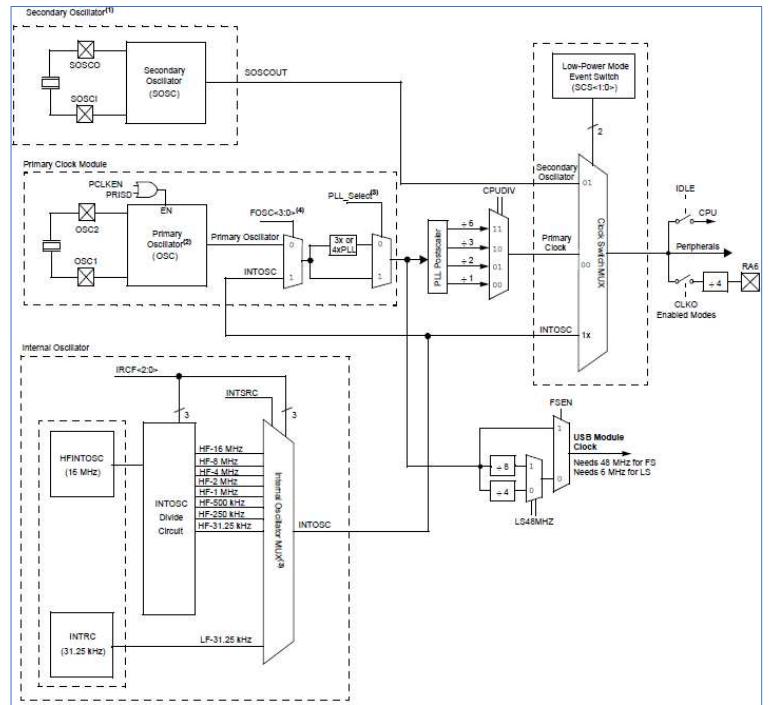


34

Detalles técnicos iniciales

- Fuente de reloj

- Oscilador secundario sirve para colocar un cristal de 32.768KHz y hacer aplicaciones de reloj en tiempo real con el Timer1.
- El PLL de este microcontrolador sirve para incrementar la frecuencia de trabajo, hasta 48MHz. El PLL trabaja desde 8MHz en adelante.
- Usaremos el oscilador interno para todas nuestras aplicaciones



35

Configuración inicial de fuente de reloj

Para obtener 4MHz al CPU y periféricos a partir del oscilador interno:

1. Habilitaremos el funcionamiento del oscilador interno (HFINTOSC) de 16MHz – Esto se hace en el bit de configuración FOSC = INTOSCCLKO
2. Configuramos el divisor para obtener 4MHz (IRCF)
3. Seleccionamos INTSRC para que pase los 4MHz que salen del divisor
4. Seleccionaremos como fuente de reloj a INTOSC (SCS 1x)

36

Configuración inicial de fuente de reloj

Registro OSCCON:01010010 = 52H

- IRCF en 101 para 4MHz

REGISTER 3-1: OSCCON: OSCILLATOR CONTROL REGISTER							
R/W-0	R/W-0	R/W-1	R/W-1	R-q	R-0	R/W-0	R/W-0
IDLEN		IRCF<2:0>		OSTS ⁽¹⁾	HFIOS	SCS<1:0>	
bit 7							
Legend:							
R = Readable bit -n = Value at POR	W = Writable bit '1' = Bit is set	U = Unimplemented bit, read as '0' '0' = Bit is cleared	q = depends on condition x = Bit is unknown				
bit 7 IDLEN: Idle Enable bit 1 = Device enters Idle mode on SLEEP instruction 0 = Device enters Sleep mode on SLEEP instruction							
bit 6-4 IRCF<2:0>: Internal RC Oscillator Frequency Select bits 111 = HFINTOSC – (16 MHz) 110 = HFINTOSC/2 – (8 MHz) 101 = HFINTOSC/4 – (4 MHz) 100 = HFINTOSC/8 – (2 MHz) 011 = HFINTOSC/16 – (1 MHz) ⁽²⁾ 010 = HFINTOSC/32 – (500 kHz) 001 = HFINTOSC/64 – (250 kHz)							
bit 3 If INTSRC = 1: 000 = HFINTOSC/512 – (31.25 kHz)							
bit 2 If INTSRC = 0: 000 = INTRC – (31.25 kHz)							
bit 1-0 OSTS: Oscillator Start-up Time-out Status bit 1 = Device is running from the clock defined by FOSC<3:0> of the CONFIG1H register 0 = Device is running from the internal oscillator (HFINTOSC or INTRC)							
bit 2 HFIOS: HFINTOSC Frequency Stable bit 1 = HFINTOSC frequency is stable 0 = HFINTOSC frequency is not stable							
bit 1-0 SCS<1:0>: System Clock Select bit 1x = Internal oscillator block 01 = Secondary (SOSC) oscillator 00 = Primary clock (determined by FOSC<3:0> in CONFIG1H).							
Note 1: Reset state depends on state of the IESO Configuration bit. 2: Default output frequency of HFINTOSC on Reset.							

37

Configuración inicial de fuente de reloj

Registro OSCCON2:00000000 = 00H

- Desactivamos osciladores primario y secundario

REGISTER 3-2: OSCCON2: OSCILLATOR CONTROL REGISTER 2							
R-0/0	R-0/q	R/W-0	R/W-0/0	R/W-0/u	R/W-1/1	R-0/0	R-0/0
PLLRDY	SOSCRUN	INTSRC	PLLEN	SOSCGO ⁽¹⁾	PRISD	HFIOPR	LFIOPS
bit 7							
Legend:							
R = Readable bit '1' = Bit is set -n/n = Value at POR and BOR/Value at all other Resets	W = Writable bit '0' = Bit is cleared	U = Unimplemented bit, read as '0' '0' = Bit is cleared	q = depends on condition x = Bit is unknown				
bit 7 PLLRDY: PLL Run Status bit 1 = System clock comes from PLL 0 = System clock comes from an oscillator, other than PLL							
bit 6 SOSCRUN: SOSC Run Status bit 1 = System clock comes from secondary SOSC 0 = System clock comes from an oscillator, other than SOSC							
bit 5 INTSRC: HFINTOSC Divided by 512 Enable bit 1 = HFINTOSC used as the 31.25 kHz system clock reference – high accuracy 0 = INTRC used as the 31.25 kHz system clock reference – low power.							
bit 4 PLLEN: Software PLL Enable bit If FOSC<3:0> = 100x, 010x or 001x 1 = PLL enabled 0 = PLL disabled Else, No effect on PLL operation.							
bit 3 SOSCGO⁽¹⁾: Secondary Oscillator Start Control bit 1 = Secondary oscillator is enabled. 0 = Secondary oscillator is shut off if no other sources are requesting it.							
bit 2 PRISD: Primary Oscillator Drive Circuit Shutdown bit 1 = Oscillator drive circuit on 0 = Oscillator drive circuit off (zero power)							
bit 1 HFIOPR: HFINTOSC Status bit 1 = HFINTOSC is running 0 = HFINTOSC is not running							
bit 0 LFIOPS: INTRC Frequency Stable bit 1 = INTRC is stable 0 = INTRC is not stable							
Note 1: The SOSCGO bit is only reset on a POR Reset.							

38

Configuración inicial de fuente de reloj

Registro OSCTUNE:00000000 = 00H

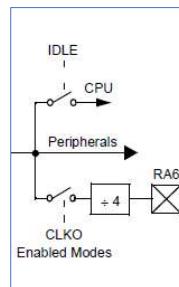
- Sirve para la calibración fina de la frecuencia de salida del HFINTOSC, generalmente no se tiene que modificar.
- Se tiene también el selector de configuración del PLL que no lo modificamos si es que no usamos el PLL

REGISTER 3-3: OSCTUNE: OSCILLATOR TUNING REGISTER							
R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
SPLLMULT	TUN<6:0>						
bit 7	bit 0						
Legend:							
R = Readable bit -n = Value at POR	W = Writable bit '1' = Bit is set	U = Unimplemented bit, read as '0' '0' = Bit is cleared	x = Bit is unknown				
bit 7 SPLLMULT: Software PLL Multiplier Select bit If PLL Enabled, SPLLMULT changes are ignored. Else, Selects which PLL multiplier will be used: 1 = 3xPLL is selected 0 = 4xPLL is selected							
bit 6-0 TUN<6:0>: Frequency Tuning bits – affects HFINTOSC ⁽¹⁾ 0111111 = Maximum frequency 0111110 = ... 0000001 = 0000000 = Center frequency. Oscillator module is running at the factory calibrated frequency. 1111111 = ... 1000000 = Minimum frequency							

39

Configuración del módulo de oscilador

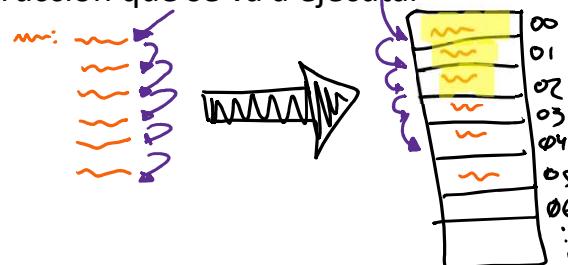
- Se tiene la opción de CLKO para poder obtener la señal de reloj dividido entre 4 por el puerto RA6 para efectos de medir la frecuencia de manera externo con un instrumento ya sea un contómetro de frecuencia o un oscilloscopio



40

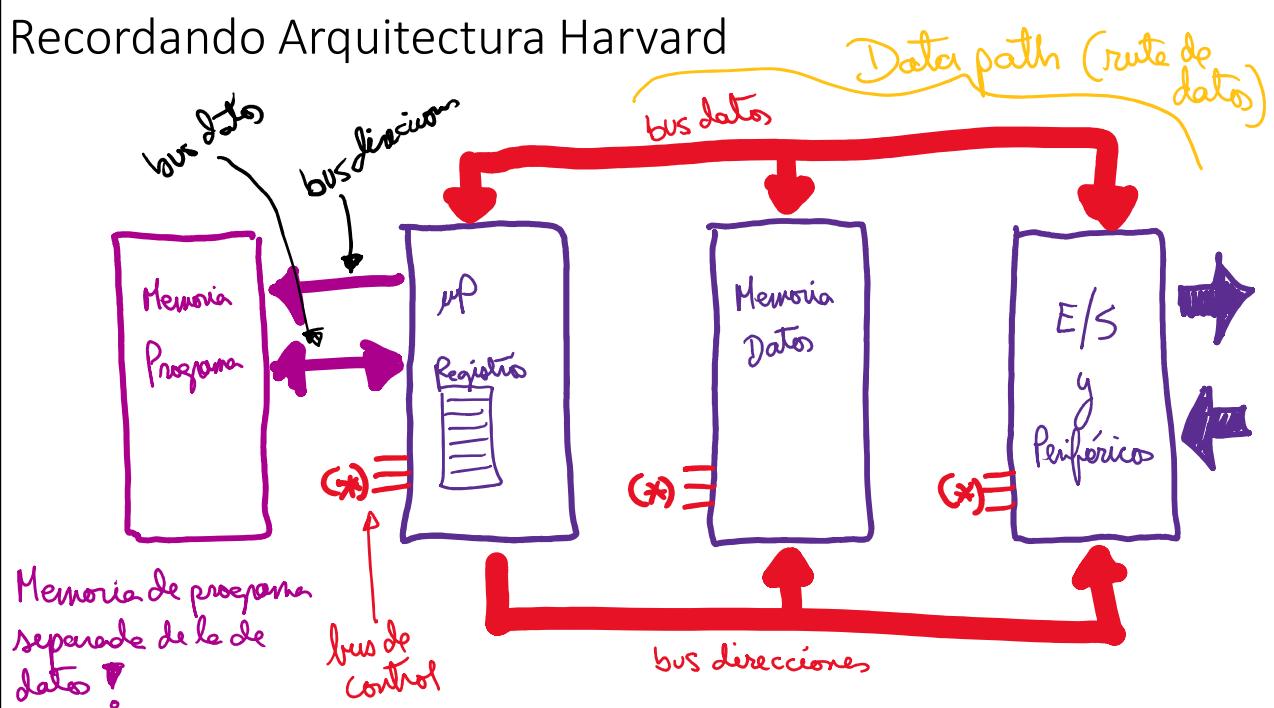
El contador de programa del PIC18xxxx

- El microcontrolador es un sistema secuencial (ejecuta órdenes de manera ordenada)
- El contador de programa (PC) almacena la dirección de la siguiente instrucción que se va a ejecutar



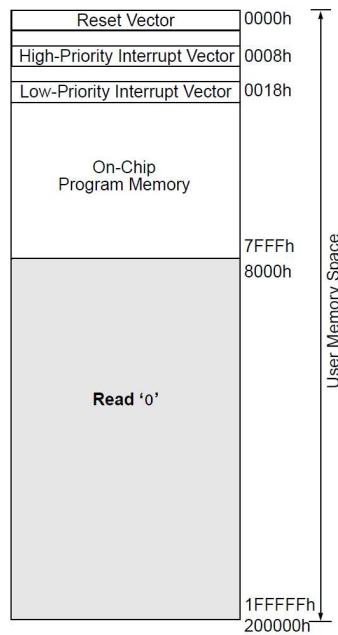
41

Recordando Arquitectura Harvard



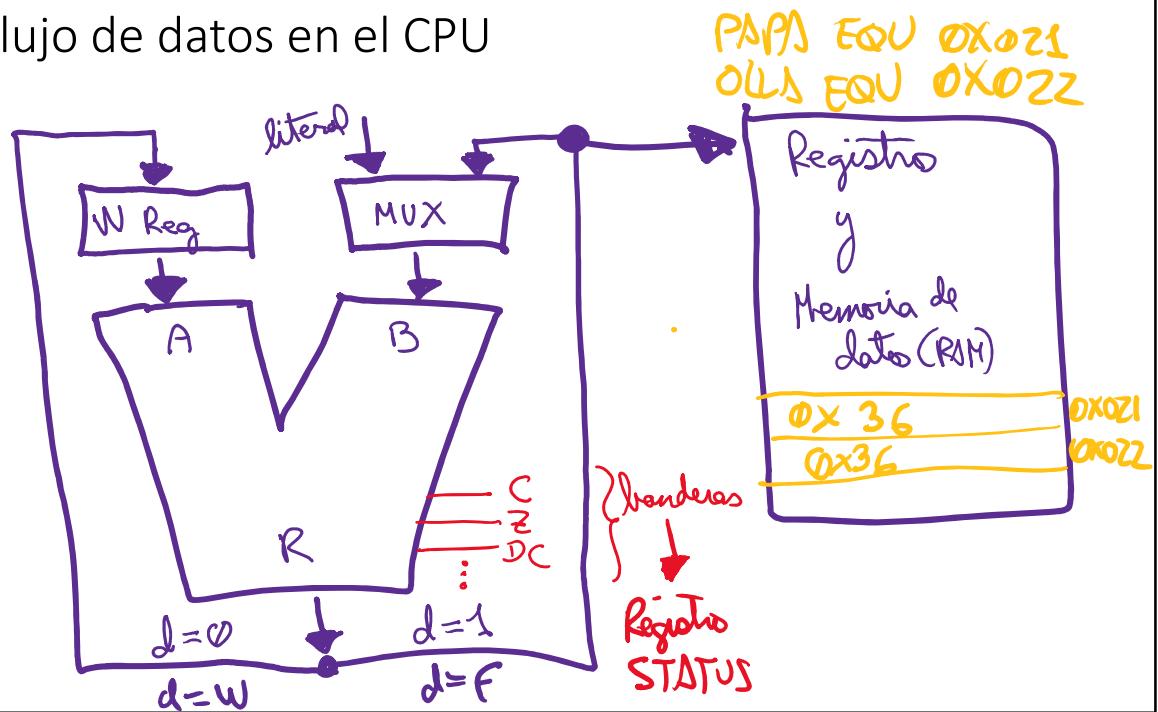
42

Memoria de Programa



43

Flujo de datos en el CPU



44

Ejemplo inicial

- Configuration bits:

Field	Option	Category	Setting
-	-	-	-
PLLSEL	PLL4X	PLL Selection	4x clock multiplier
CFGPLLLEN	OFF	PLL Enable Configuration bit	PLL Disabled (firmware controlled)
CPUDIV	NOCLKDIV	CPU System Clock Postscaler	CPU uses system clock (no divide)
LS48MHZ	SYS24X4	Low Speed USB mode with 48 MHz system clock	System clock at 24 MHz, USB clock div:
-	-	-	-
POSC	INTOSCCLKRO	Oscillator Selection	Internal oscillator, clock output on C
PCLKEN	OFF	Primary Oscillator Shutdown	Primary oscillator shutdown firmware
FCMEN	OFF	Fail-Safe Clock Monitor	Fail-Safe Clock Monitor disabled
IESO	OFF	Internal/External Oscillator Switchover	Oscillator Switchover mode disabled
-	-	-	-
nPWRTEN	ON	Power-up Timer Enable	Power up timer enabled
BOREN	OFF	Brown-out Reset Enable	BOR disabled in hardware (SBOREN is i
BORV	190	Brown-out Reset Voltage	BOR set to 1.9V nominal
nLPBOR	OFF	Low-Power Brown-out Reset	Low-Power Brown-out Reset disabled
-	-	-	-
WDTEN	OFF	Watchdog Timer Enable bits	WDT disabled in hardware (SWDTEN igno
WDTPS	32768	Watchdog Timer Postscaler	1:32768
-	-	-	-
CCP2MX	RC1	CCP2 MUX bit	CCP2 input/output is multiplexed with
PBADEN	OFF	PORTB A/D Enable bit	PORTB<5:0> pins are configured as dig
T3CMX	RC0	Timer3 Clock Input MUX bit	T3CKI function is on RC0
SDOMX	RB3	SDO Output MUX bit	SDO function is on RB3
MCLR	ON	Master Clear Reset Pin Enable	MCLR pin enabled; RE3 input disabled
-	-	-	-
STVREN	ON	Stack Full/Underflow Reset	Stack full/underflow will cause Reset
LVP	OFF	Single-Supply ICSP Enable bit	Single-Supply ICSP disabled
ICPRT	OFF	Dedicated In-Circuit Debug/Programming Po...	ICPORT disabled
XINST	OFF	Extended Instruction Set Enable bit	Instruction set extension and Indexed

47

Ejemplo inicial

- Plantilla de un programa en XC8 PIC Assembler:

```

1      PROCESSOR 18F45K50
2      #include "cabecera.inc"
3
4      PSECT principal, class=CODE, reloc=2, abs
5      principal:
6          ORG 000000H           ;Vector de RESET
7          goto configuro
8
9          ORG 000020H           ;Zona de programa de usuario
10     configuro:
11         ;Configuraciones de la aplicacion
12
13     inicio:
14         goto inicio
15
16     end principal

```

48

Ejemplo inicial

- Nota: No funciona el CLKO en la simulación en Proteus, queda pendiente validar en implementación física

49

Sumador binario de 4 bits



50

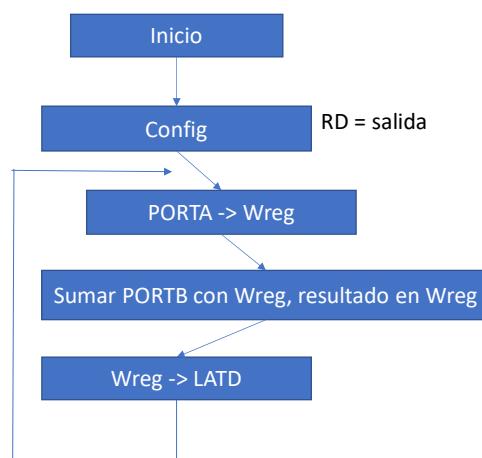
Sumador binario de 4 bits

Pasos:

1. Declarar los puertos de entrada/salida y digitales
2. Leer el contenido de A y mandarlo a Wreg
3. Sumar contenido de B con Wreg, resultado alojarlo en Wreg
4. Mover el contenido de Wreg hacia puerto de salida
5. ¿Y el acarrero? (pendiente)

51

Diagrama de flujo



52

Observaciones del datasheet

- Tener en cuenta lo siguiente:

Note: On a Power-on Reset, RA₅ and RA<3:0> are configured as analog inputs and read as '0'. RA₄ is configured as a digital input.

Note: On a Power-on Reset, RB<5:0> are configured as analog inputs by default and read as '0'; RB<7:6> are configured as digital inputs.

When the PBADEN Configuration bit is set to '0', RB<5:0> will alternatively be configured as digital inputs on POR.

Note: On a Power-on Reset, these pins are configured as analog inputs.

Note: On a Power-on Reset, RE<2:0> are configured as analog inputs.

53

Código en XC8 PIC Assembler

```

1  PROCESSOR 18F45K50
2  #include "cabecera.inc"
3
4  temporal1 EQU 000H
5  temporal2 EQU 001H
6
7  PSECT principal, class=CODE, reloc=2, abs
8  principal:
9    ORG 000000H      ;Vector de RESET
10   goto configuro
11
12  ORG 000020H      ;Zona de programa de usuario
13 configuro:
14  ;Configuraciones de la aplicación
15  movlw 0FH
16  movlw 52H
17  movwf OSCCON      ;HFINTOSC a 4MHz / Internal oscillator block
18  clrf OSCCON2
19  movlw 0F0H
20  movwf TRISD      ;RD3:RD0 como salidas
21  movwf ANSEL0      ;RA3:RA0 como puertos digitales de entrada
22  movwf ANSELB      ;RB3:RB0 como puertos digitales de entrada
23  movwf ANSELD      ;RD3:RD0 como puertos digitales de salida
24  bcf TRISE,0       ;RE0 como salida
25  bcf ANSELE,0      ;RE0 como digital

27  inicio:
28    movff PORTA, temporal1      ;Mover PORTA hacia temporal1
29    movff PORTB, temporal2      ;Mover PORTB hacia temporal2
30    movlw 0FH                  ;Valor de enmascaramiento
31    andwf temporal1, f         ;Enmascaramiento a temporal1
32    andwf temporal2, f         ;Enmascaramiento a temporal2
33    movf temporal1, W          ;Mueve contenido de temporal1 hacia Wreg
34    addwf temporal2, W          ;Sumo contenido de temporal2 con Wreg y resultado en Wreg
35    movwf LATD                ;Mueve contenido de Wreg (resultado de suma) a RD
36    btfss LATD, 4              ;Pregunto si bit4 de LATD es uno
37    goto noes
38    bsf LATE, 0                ;Si hubo acarreo
39    bra inicio                 ;Repito proceso
40  noes:
41    bcf LATE, 0                ;No hubo acarreo
42    bra inicio
43
44  end principal

```

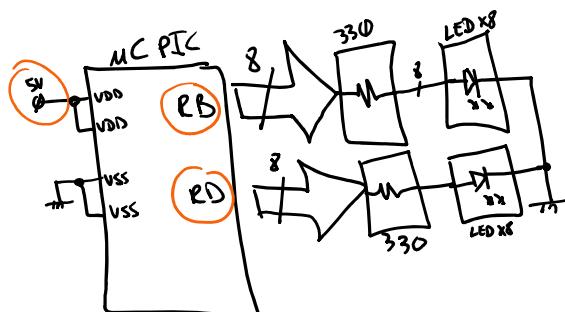
54

Simulación



55

Hay dos pines de Vdd y dos pines de Vss, es necesario conectar todos?



Se deben de conectar todos los pinos de alimentación para que el microcontrolador pueda obtener mayor capacidad de corriente en caso lo requiera la aplicación.