

Estudio y Aplicación de los Microcontroladores RFPIC

Michael Alejandro Díaz Illa

Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú

RESUMEN: Antiguamente los grandes diseños electrónicos necesitaban circuitos complejos, hoy en día a medida que avanza la tecnología estos grandes circuitos se han reducido gracias a la aparición de los diminutos y potentes microcontroladores. El presente artículo muestra el estudio de la arquitectura interna de los microcontroladores RFPIC y de los receptores heterodinos RXD0420. Al final del artículo se describirá una aplicación demostrando una solución completa para sistemas unidireccionales de radio frecuencia a corta distancia.

I. INTRODUCCIÓN

No es novedad decir que los microcontroladores están invadiendo el mundo y cada vez se hacen imprescindibles en el interior de cualquier sistema electrónico. Las aplicaciones de los microcontroladores las encontramos en los sectores de consumo, automoción, informática, telecomunicaciones y en la industria. El manejo de los microcontroladores [3] sólo se obtiene haciendo diseños reales. Cuando se conoce un modelo de microcontrolador y se han desarrollado proyectos simples, es más fácil pasar a manejar otros microcontroladores y hacer proyectos más complejos.

Un microcontrolador es un circuito integrado programable que gobierna una sola tarea. Los microcontroladores generalmente tienen instrucciones especiales que permiten controlar procesos, todo depende de la habilidad del programador para generar el código para manejar el proceso. Un microcontrolador es simplemente un procesador con su memoria, puertos de E/S y otros dispositivos de propósitos especiales como conversores A/D, contadores, temporizadores y puertos de comunicación, o en otras palabras es un microcomputador con funciones especiales.

Los RFPIC's son microcontroladores de la empresa Microchip, poseen un transmisor ASK/FSK en la banda de UHF. Son usados en aplicaciones como las alarmas para automóviles y casas, telemetría de bajo poder, sensores inalámbricos y en cualquier aplicación donde se necesite operar en radio frecuencia.

II. EL RFPIC12F675

Es un microcontrolador de la familia 12F675 de Microchip [1] que posee un transmisor UHF, entre sus características más resaltantes están:

- 1) Arquitectura RISC sólo posee 35 instrucciones, cada instrucción tarda un sólo ciclo de reloj excepto las de salto que poseen 2 ciclos de reloj. Sus operaciones son rápidas y posee un oscilador interno de 4MHz el cual es calibrado. Tiene modos de direccionamiento directo e indirecto con capacidad de interrupciones.
- 2) Características Periféricas posee una memoria de programa FLASH de 1Kx 14, memoria de datos SRAM de 64 bytes, memoria de datos EEPROM 128 bytes y 6 puertos de entrada y salida
- 3) Características de Baja Potencia, posee un rango de voltaje de operación de 2a5.5 voltios.
- 4) Transmisor UHF, posee un transmisor RF en la banda UHF, y una potencia de salida de 10dBm.

En la figura 1, se puede apreciar el microcontrolador RFPIC.

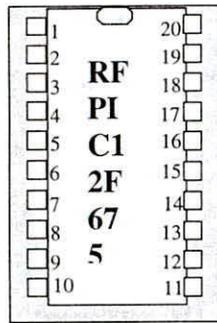


Fig. 1. Microcontrolador RFPIC.

TABLA I
DESCRIPCIÓN DE LAS PATITAS DEL RFPIC

Pines	Descripción
1	VDD Fuente de Poder
2	GP5 Puerto de E/S
3	GP4 Puerto de E/S
4	GP3 Puerto sólo de entrada (Vpp)
5	RFXTAL Cristal de cuarzo para RF
6	RFEN Habilitador para RF
7	No Utilizado
8	PS Selector de Potencia
9	VDDRF Fuente de Poder RF
10	VSSRF Tierra o Negativo RF
11	ANT Salida del AP para Antena
12	VSSRF Tierra o Negativo RF
13	No Utilizado
14	DataASK Datos Modulación ASK
15	DataFSK Datos Modulación FSK
16	FSKOUT
17	GP2 Puerto de E/S
18	GP1 Puerto de E/S RelojP
19	GP0 Puerto de E/S DataP
20	VSS Tierra o Negativo

A. Memoria de Programa.

El microcontrolador posee un contador de programa de 13 bits capaz de direccionar un espacio de memoria de programa de 8K x 14. El vector reset se ubica en la posición 0000h y el vector de interrupciones esta en la posición 0004h, la figura

siguiente muestra el mapeo de la memoria del programa y los niveles de pila.

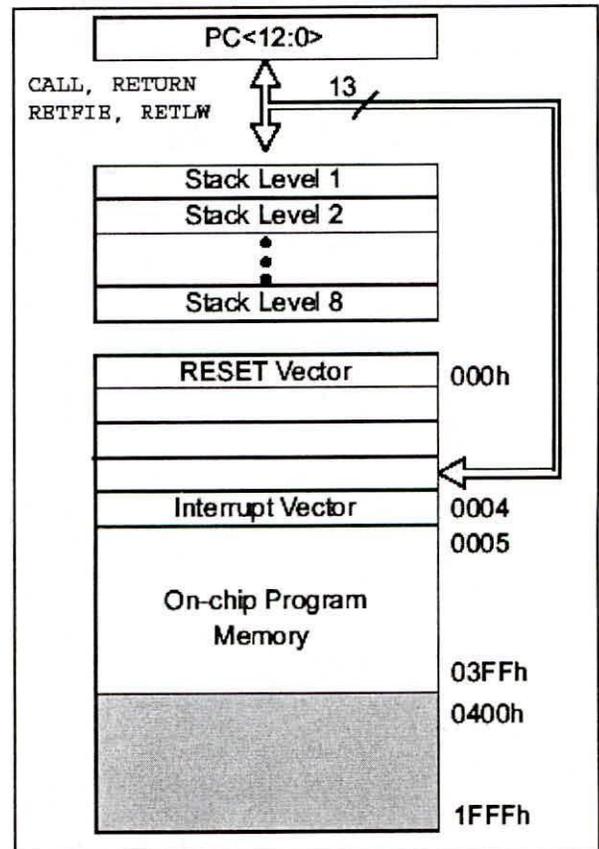


Fig. 2- Mapeo de la Memoria de Programa.

B. Memoria de Datos.

La memoria de datos está particionada en 2 bancos conteniendo el registro de propósito general y el registro de funciones especiales. Los registros de funciones especiales están localizados en las primeras 32 direcciones de cada banco las demás posiciones son ocupadas por el registro de propósito general. Para seleccionar un banco se deberá escribir en el bit 5 "RP0" del registro STATUS un cero para activar al banco 0 y un 1 para activar al banco 1. La figura 3, muestra la memoria de datos.

1) Registro STATUS

Es el registro más usado y ocupa la dirección 03h en el banco 0 y la dirección 83h en el banco 1 de la memoria de datos RAM. Este registro tiene:

- 1) Los estados aritméticos del ALU
- 2) Indica el estado de Reset
- 3) Selecciona el banco para acceder en la memoria de datos

File Address		File Address	
Indirect addr. ⁽¹⁾	00h	Indirect addr. ⁽¹⁾	80h
TMR0	01h	OPTION_REG	81h
PCL	02h	PCL	82h
STATUS	03h	STATUS	83h
FSR	04h	FSR	84h
GPIO	05h	TRISIO	85h
	06h		86h
	07h		87h
	08h		88h
	09h		89h
PCLATH	0Ah	PCLATH	8Ah
INTCON	0Bh	INTCON	8Bh
PIR1	0Ch	PIE1	8Ch
	0Dh		8Dh
TMR1L	0Eh	PCON	8Eh
TMR1H	0Fh		8Fh
T1CON	10h	OSCCAL	90h
	11h		91h
	12h		92h
	13h		93h
	14h		94h
	15h	WPU	95h
	16h	IOC	96h
	17h		97h
	18h		98h
CMCON	19h	VRCON	99h
	1Ah	EEDATA	9Ah
	1Bh	EEADR	9Bh
	1Ch	EECON1	9Ch
	1Dh	EECON2 ⁽¹⁾	9Dh
ADRESH	1Eh	ADRESL	9Eh
ADCON0	1Fh	ANSEL	9Fh
	20h		A0h
General Purpose Registers 64 Bytes		accesses 20h-5Fh	
	5Fh		DFh
	60h		E0h
	7Fh		Fh
Bank 0		Bank 1	

■ Unimplemented data memory locations, read as '0'.
1: Not a physical register.

Fig. 3. Mapeo de la Memoria de Datos.

A continuación se describe la función de los bits del registro Status:

- 1) Bit 7 (IRP), este bit es reservado y debe ser programado como 0.

- 2) Bit 6 (RP1), este bit es reservado y debe ser programado como 0.
- 3) Bit 5 (RP0), selecciona el banco (sólo se usa para direccionamiento directo). Es 1 para el Banco 1 y es 0 para el Banco 0.
- 4) Bit 4 (Time Out), 1 después del encendido y cuando se ejecutan las instrucciones Sleep y Clrwdt. 0= Se po 0 cuando se desborda el Watchdog.
- 5) Bit 3 (Power Down), es 1 después del encendido y cuando se ejecutan las instrucciones Clrwdt. Se pone automáticamente a 0 cuando se ejecuta, la instrucción sleep.
- 6) Bit 2 (Z), es 1 cuando el resultado de una Instrucción Lógico-Aritmético ha sido 0, es 0 cuando el resultado de una Instrucción Lógico-Aritmético no ha sido 0.
- 7) Bit 1 (DC), cuando se produce un acarreo en el cuarto bit. De interés en operaciones BCD, es 0 cuando no se produce acarreo. Trabajando con las instrucciones ADDWT, ADDLW, SDBLW, SUBWF.
- 8) Bit 0 (C), es 1 cuando se produce un acarreo en el bit de mas peso, es 0 cuando no se produce acarreo. Trabaja con las instrucciones ADDWf, ADDLW, SUBLW.

2) Registro OPTION

Este registro se encuentra la dirección 81h del banco 1 de la memoria de datos RAM. Posee varios bits que configuran:

- 1) El TMR0 y el divisor de frecuencia.
- 2) La Interrupción Externa del Pin GP2

A continuación se describe la función de los bits del registro OPTION.

- 1) Bit 7, habilita las resistencias PULL-UP del puerto GPIO, 1 es para desactiva, y 0 para activar.
- 2) Bit 6 (INTEDG), este bit selecciona el flanco de interrupción, (presente por el pin Gp2), es 1 para el flanco ascendente y 0 para el flanco descendente.
- 3) Bit 5 (TOCS), este bit selecciona la fuente del Reloj para el TMR0; es 1 para pulsos introducidos por el pin GP2, es 0 para pulsos del reloj interno (Fosc/4).
- 4) Bit 4 (TOSE); este bit selecciona el tipo de flanco; es 1 para el Incremento de TMRO por cada flanco descendente y 0 para cada flanco ascendente.

5) Bit 3 (PSA), asignación a el divisor, es 1 cuando el divisor es asignado al WDT, es 0 cuando El divisor es asignado al TMR0.

Bit 2-0 (PS2-PS1), selecciona el valor con el que actúa el divisor de frecuencias; como se observa en la tabla II.

TABLA II
DIVISOR DE FRECUENCIAS

Bit Value	TMR() Rate	WDT Rate
000	1:2	1:1
001	1:2	1:2
010	1:8	1:4
011	1:16	1:8
100	1:32	1:16
101	1:64	1:32
110	1:128	1:64
111	1:256	1:128

3) Registro OSCAL

Este registro se encuentra en la dirección 90h del banco 1 de la memoria de datos RAM. Es utilizado para calibrar el oscilador interno de 4MHz del RFPIC a través de 6 bits.

Bit 7-2 Cal5-Cal0 "Son los bits de calibración": 111111= Máxima Frecuencia, 100000= Frecuencia Media (4MHz), 000000= Mínima Frecuencia.

4) Puerto GPIO

El RFPIC12F675 posee seis pines que pueden funcionar como entradas o salidas, estos pines son: GPIO0, GPIO1, GPIO2, GPIO3, GPIO4 y GPIO5 los cuales deben ser configurados en el registro TRISIO.

5) Registro TRISIO

La configuración de los pines del RFPIC12F675 se hace a través del registro TRISIO. Para configurar un GPIO N como entrada se debe escribir un 1 en la posición N del registro TRISIO, y para configurar un GPIO N como salida se deberá escribir un 0. Esta configuración se hace tanto para entradas digitales como también para entradas analógicas ya que el RFPIC12F675 posee un ADC y un comparador para lo cual se deben de configurar también los registros CMCON(posición de memoria 9Fh) y ANSEL(posición de memoria 19h). El puerto GPIO3 siempre es un puerto de entrada digital.

A. Transmisor UHF

El RFPIC12F675[1] posee un transmisor ASK en UHF completamente integrado que contiene un

oscilador de cristal, un PLL (lazo de fase enganchado), un amplificador de potencia con salida de colector controlado por medio lógico.

Existen 3 clases de RFPIC los cuales se diferencian por la banda de frecuencias de operación como se muestran en la siguiente tabla.

TABLA III
MODELOS DEL RFPIC

Dispositivo	Frecuencia
RFPIC12F675K	290-350 MHz
RFPIC12F675F	390-450 MHz
RFPIC12F675H	850-930 MHz

La estructura interna del transmisor se muestra en la figura 4, El oscilador Collpis genera una frecuencia que es captada del cristal. El VCO convierte el voltaje del pin LF a una frecuencia que es dividida por 32 y comparada a la referencia del cristal. Si la frecuencia o fase no es igual a la referencia, el charge PUMP corrige el voltaje a través del LF pin. La señal de salida del VCO es también amplificada por el Amplificador de Potencia el cual está conectado con la antena.

Los componentes externos requeridos son un cristal que sirve para fijar la frecuencia de transmisión, capacitores y un arreglo de impedancias para obtener la máxima potencia en la antena.

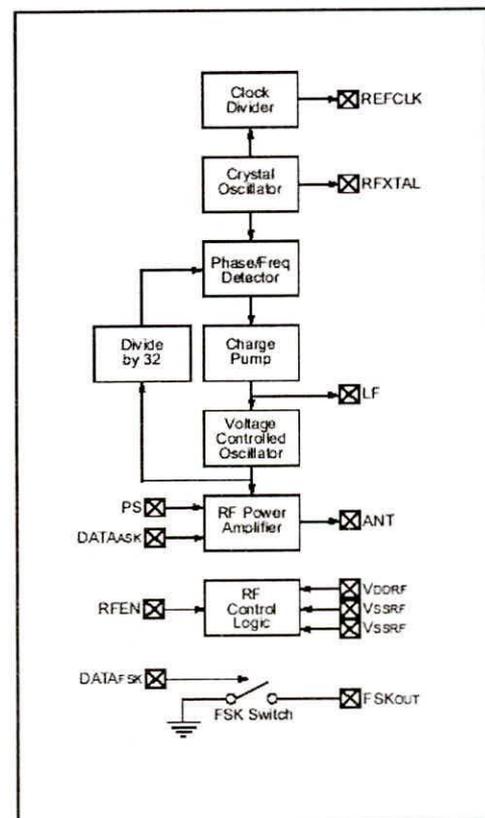


Fig. 4. Estructura interna del transmisor del RFPIC.

Los pines VDDRF y VSSRF son la fuente de poder y la tierra respectivamente del transmisor. Estos pines están separados de la fuente VDD y la tierra VSS del microcontrolador.

El oscilador de transmisión es un oscilador de Colpitts el cual alimenta con una frecuencia de referencia al PLL y es independiente del oscilador del microcontrolador. Un cristal externo debe ser conectado en el pin XTAL como referencia, ya que la frecuencia de transmisión está dado por:

$$F_{tx} = F_{RFXTAL} \times 32 \quad (1)$$

El factor 32 viene del lazo de realimentación del PLL (ver Figura 4). Para seleccionar la potencia de transmisión se varía el voltaje del pin PS conectando una resistencia, los valores se muestran en la tabla IV.

TABLA IV
LA POTENCIA DE SALIDA

Resistencia R1	Potencia de Salida (dBm)
Abierto	9
100k	2
47k	-4
22k	-12
Corto	-70

La figura 5, muestra como colocar la resistencia para seleccionar la potencia.

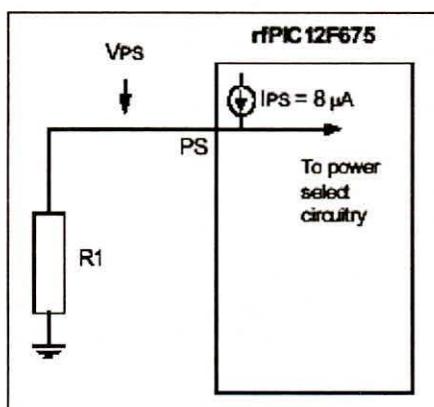


Fig. 5. Resistencia para seleccionar la potencia.

Se debe mencionar que el RFPIC tiene un control lógico para habilitar el funcionamiento del transmisor, mediante el pin RFEN. Mientras está en un nivel lógico 1 el transmisor se habilita.

III. RECEPTOR RFRXD0420

El RFRXD0420[2] es un receptor heterodino en la banda de UHF y recibe datos digitales para ASK. Posee una arquitectura simple y de bajo costo. Requiere pocos componentes para completar un sistema de recepción. La figura 6, muestra el diagrama de bloques del receptor.

Este receptor cubre un rango de recepción de frecuencia desde 300MHz hasta 450MHz y es compatible con el RFPIC (microcontrolador con transmisor). Las características que posee son las siguientes:

- 1) Ancho de banda angosto.
- 2) Ganancia LNA seleccionable a través de un control.
- 3) Ancho de banda del IF configurable a través de un filtro cerámico externo, desde 455KHz hasta 21.4MHz.
- 4) Posee un indicador de señal fuerte recibida (RSSI) para la demodulación ASK.
- 5) Rango ancho de operación de voltaje y consumo mínimo de corriente.
- 6) Posee 32 pines, 8 en cada lado.

El Receptor RFRXD0420 esta compuesto de:

- 1) LNA amplificador de bajo ruido.
- 2) Mezclador de conversión baja para señales de RF para la frecuencia intermedia IF seguido de un preamplificador IF.
- 3) Un PLL totalmente integrado, sintetizador de frecuencia para la generación de un oscilador local LO. La frecuencia sintetizadora consiste de un oscilador de cristal, un detector de frecuencia en fase, oscilador controlado por voltaje VCO, divisor por 16 estable con realimentación, un amplificador de límite IF para limitar la señal IF y recibir el indicador de señal fuerte en la recepción (RSSI), demodulador y un OPAM que se configura para trabajar como comparador de data ASK.

A. Descripción del Circuito Receptor

Esta sección describe la circuitería interna del RFRXD0420.

- 1) Circuito Habilitador, el pin 28 ENRX actúa como habilitador del receptor, la tabla V muestra su descripción.

TABLA V
EL ENABLE DEL RX

RX	Descripción
0	Modo reposo
1	Receptor Habilitado

Sintetizador de Frecuencia, el PLL genera un oscilador local LO que consiste de un oscilador de cristal, un detector de fase-frecuencia, un charge pump, un VCO y un divisor por 16 estable realimentado.

Amplificador de bajo ruido- El LNA es un amplificador de alta ganancia cuyo propósito general es disminuir el ruido y así mejorar la sensibilidad del receptor. La entrada del LNA es el pin 31 y tiene una impedancia de $26\Omega // 2pF$. La ganancia del LNA es seleccionada por un nivel alto o bajo con entradas CMOS a través del pin 2.

- 2) Mezclador1 y en preamplificador IF, el mezclador realiza la conversión de la señal de RF a una Frecuencia intermedia (IF) y luego lleva la señal a un preamplificador de IF.
- 3) Amplificador limitante IF con RSSI, el amplificador limitante IF amplifica y limita la señal IF. Esto genera el indicador fuerte de señal recibida.
- 4) Amplificador Operacional, el OPAM sólo se configura para la salida ASK.

Para la configuración de este receptor se debe hallar los siguientes valores de frecuencia siguiendo estos pasos:

- Paso 1- Identificar la frecuencia de recepción (F_{rf}) y la frecuencia intermedia (F_{if})
- Paso 2- Calcular la frecuencia del cristal para una baja inyección. El divisor del PLL es de 16.

$$F_{xtal} = \frac{(F_{rf} - F_{if})}{PLL(divisor)} \quad (2)$$

- Paso 3- Calcular la frecuencia del oscilador local frecuencia (F_{io})

$$F_{io} = F_{xtal} \times PLL(divisor) \quad (3)$$

- Paso 4- Calcular la frecuencia imagen ($F_{rf-imagen}$)

$$F_{rf-imagen} = F_{rf} - (2 \times F_{if}) \quad (4)$$

La frecuencia imagen [4] debe ser filtrada por un preselector para cualquier aplicación.

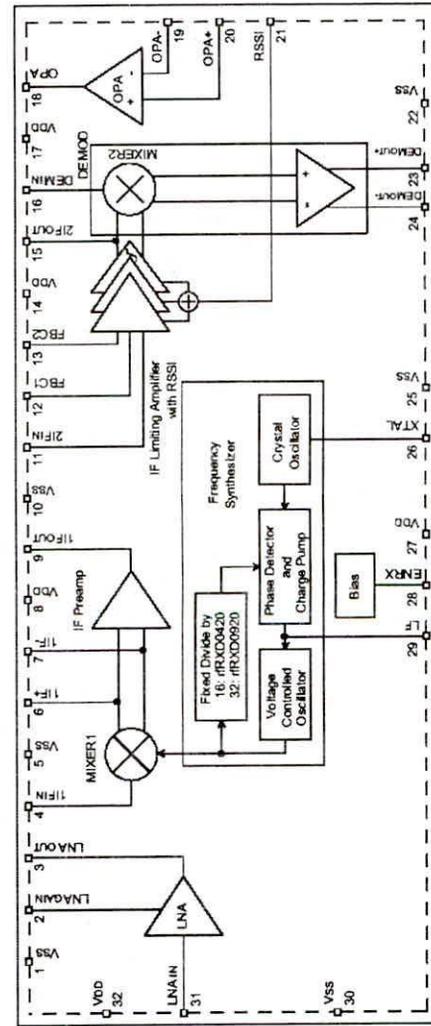


Fig. 6. Diagrama de bloques del receptor RFRXD0420.

IV. APLICACIONES

Para realizar un enlace de radiofrecuencia es muy importante conocer la frecuencia de transmisión. La frecuencia de transmisión está ligada a la ecuación (1), por lo tanto la transmisión se realizó a 433.92 MHz debido a que se utilizó un cristal de cuarzo de 13.56MHz.

Para realizar las pruebas de campo se implementó el módulo transmisor llegando a cubrir una distancia de 8 metros. Con el analizador de espectros del laboratorio se pudo observar la frecuencia de transmisión central 433.92 MHz. La figura 7, muestra el circuito implementado.

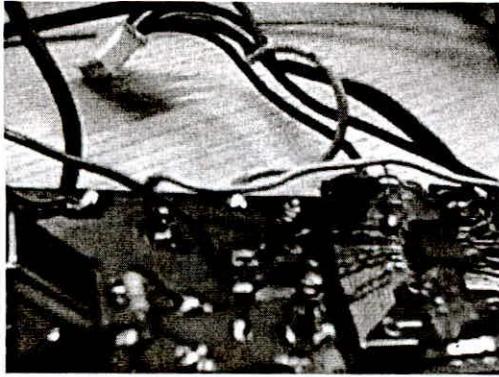


Fig. 7. Módulo del Tx del RFPIC en forma artesanal.

Los dispositivos implementados de manera artesanal (como son las bobinas), una mala placa impresa (la cual puede ser mejorada si se utiliza los equipos adecuados) y soldaduras indeseables causaron la atenuación de la señal perjudicando la transmisión. Además que a frecuencias UHF se requieren condensadores y bobinas de bajos valores los cuales son escasos de conseguir comercialmente en nuestro país, las bobinas se pueden implementar y probar con equipos (no existentes en el laboratorio de la facultad) que trabajen a altas frecuencias. Estos son las razones por la que no se produjo una máxima transferencia de potencia a la antena lo cual, impedía cubrir una mayor distancia.

Posteriormente se hicieron pruebas con un módulo de microchip como se observa en la figura 8, llegándose a realizar pruebas de campo obteniendo distancias de cobertura de hasta 70 metros.

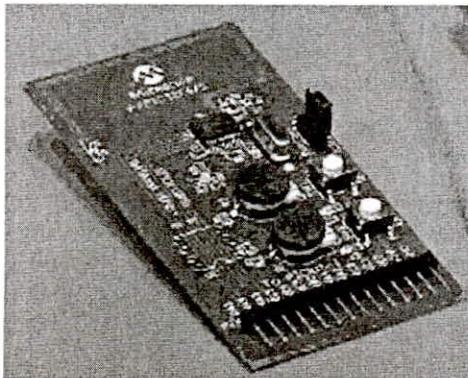


Fig. 8. Módulo comercial del Tx del RFPIC.

La potencia 10dBm que irradia la antena de lazo circular de este módulo es la adecuada para realizar una transmisión sin necesidad de permisos al Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones por concepto de uso de espectro. Por este motivo se ha creído conveniente utilizar el módulo comercial para realizar las pruebas de campo.

V. MÓDULO DEL RECEPTOR RFRX0420

La frecuencia de recepción es fijada por un cristal de cuarzo (F_{xtal}) y una frecuencia intermedia IF.

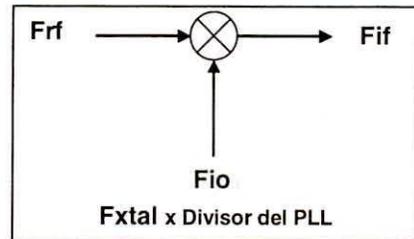


Fig. 9. Relación de la frecuencia de Tx con la frecuencia I

El cálculo del valor de F_{xtal} está dado por la ecuación (2), de donde reemplazando valores se tiene:

$$F_{xtal} = \frac{(433.92\text{MHz} - 10.7\text{MHz})}{16} = 26.451\text{MHz}$$

El cálculo del oscilador local (F_{io}) usando F_{xtal} está dado por la ecuación (3):

$$F_{io} = 26.451\text{MHz} \times 16 = 423.22\text{MHz}$$

El cálculo de la frecuencia imagen está dada por la ecuación (4):

$$F_{rf_imagen} = 433.92\text{MHz} - (2 \times 10.7\text{MHz}) = 412.52$$

Esta frecuencia imagen debe ser filtrada por un preselector. El preselector tiene la función de dar un mejor rendimiento al receptor porque filtra las señales indeseadas y el ruido que entra al receptor. La señal más importante que debe ser filtrada es la frecuencia imagen. El preselector está constituido por filtro SAW FILTER (Surface Acoustic Wave), que agrega una ventaja en el filtrado del ruido y mejora la relación señal a ruido del receptor. La segunda finalidad del filtro SAW es mejorar el arreglo de impedancias entre la antena y LN_{in} (pin 31). La antena del receptor es un simple alambre de longitud L que es un cuarto de la longitud de onda. El cálculo de L se hace a través de la ecuación 5.

$$\lambda = \frac{c}{F_{rf}} = \frac{3 \times 10^8 \text{ m/s}}{433.92 \times 10^6 \text{ Hz}} = 0.69\text{m} \quad (5)$$

Por lo tanto se tiene:

$$L = 0.25\lambda = 17.3\text{cm}$$

En la figura 10, se muestra el módulo del receptor implementado de manera artesanal. Este circuito se

probó con el módulo transmisor implementado también de manera artesanal.

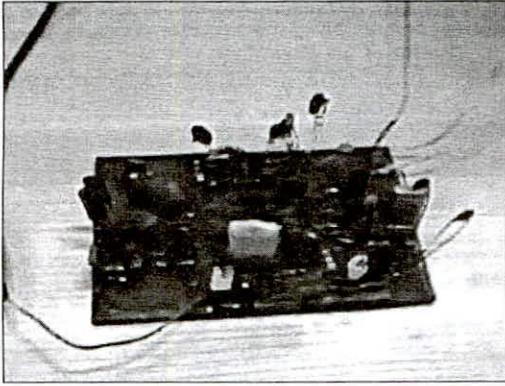


Fig. 10. Módulo del Rx RFRX0420 en forma artesanal.

La figura 11, muestra la transmisión y recepción de datos digitales de los módulos artesanales a una distancia de 2 metros realizados en los laboratorios de la Facultad.

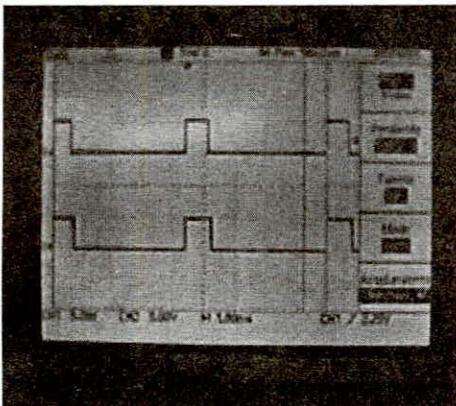


Fig. 11. Muestra las señales de transmisión y recepción

Debido a los problemas expuestos anteriormente (con respecto al módulo transmisor) se utilizó el módulo receptor de microchip mostrado en la figura 12.

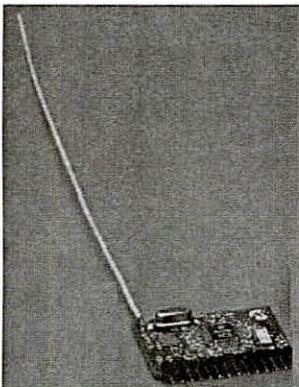


Fig. 12. Módulo Rx elaborado en forma comercial.

VI. ENCENDIDO DE UN MOTOR PASO A PASO EN FORMA INALÁMBRICA

Los motores paso a paso[3] son ideales para la construcción de mecanismos en donde se requieren movimientos muy precisos. La característica principal de estos motores es el hecho de poder moverlos un paso a la vez por cada pulso que se le aplique. Este paso puede variar desde 90° hasta pequeños movimientos de tan solo 1.8° , es decir, que se necesitarán 4 pasos en el primer caso (90°) y 200 para el segundo caso (1.8°), para completar un giro completo de 360° . Estos motores poseen la habilidad de poder quedar enclavados en una posición o bien totalmente libres. Si una o más de sus bobinas están energizadas, el motor estará enclavado en la posición correspondiente y por el contrario quedará completamente libre si no circula corriente por ninguna de sus bobinas.

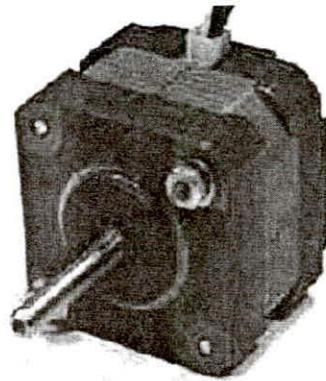


Fig. 13. Motor Paso a Paso.

Básicamente estos motores están constituidos normalmente por un rotor sobre el que van aplicados distintos imanes permanentes y por un cierto número de bobinas excitadoras bobinadas en su estator.

Las bobinas son parte del estator y el rotor es un imán permanente. Toda la conmutación (o excitación de las bobinas) deber ser externamente manejada por un controlador. Existen dos tipos de motores paso a paso:

- **Bipolar:** Estos tiene generalmente cuatro cables de salida. Necesitan ciertos trucos para ser controlados, debido a que requieren del cambio de dirección del flujo de corriente a través de las bobinas en la secuencia apropiada para realizar un movimiento. Esto hace que la controladora se vuelva más compleja y costosa. Debido a que su uso no es tan común, no profundizaremos sobre este tipo de motores.

- **Unipolar:** Estos motores suelen tener 8, 6 o 5 cables de salida, dependiendo de su conexionado interno (ver figura 12). Este tipo se caracteriza por ser más simple de controlar. Este tipo de motor P-P será el analizado para nuestra aplicación.

Existen tres secuencias posibles para mover este tipo de motores, de los cuales sólo se detalla uno. La secuencia comienza por el paso 1 hasta el paso final 4. Para revertir el sentido de giro, simplemente se deben ejecutar las secuencias en modo inverso. Esta secuencia es llamada secuencia normal, es la secuencia más usada y la que generalmente recomienda el fabricante. Con esta secuencia el motor avanza un paso por vez y debido a que siempre hay al menos dos bobinas activadas, se obtiene un alto torque de paso y de retención.

TABLA VI
SECUENCIAS DEL MOTOR P-P

PASO	Bobina A	Bobina B	Bobina C	Bobina D
1	ON	ON	OFF	OFF
2	OFF	ON	ON	OFF
3	OFF	OFF	ON	ON
4	ON	OFF	OFF	ON

En diversas aplicaciones se necesita que estos motores puedan ser movidos en forma inalámbrica, como por ejemplo para comandar el movimiento de robots y autómatas etc.

Para darle solución a estos problemas es conveniente establecer un sistema unidireccional de radio frecuencia. La figura 14, muestra el diagrama de bloques del sistema para el encendido de un motor paso a paso en forma inalámbrica.

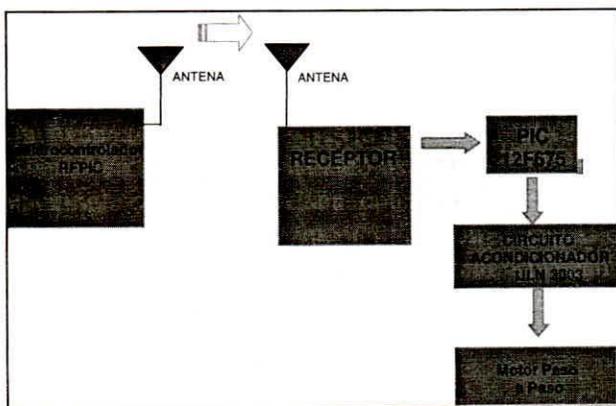


Fig.14. Diagrama de Bloques de la Aplicación

El microcontrolador RFPIC pone un dato a su transmisor, luego estos bits del dato son modulados en ASK y enviados a través de radio frecuencia al receptor. Después de que el receptor capture ese dato lo envía a un segundo microcontrolador (PIC12F675). Cuando este microcontrolador detecte la presencia del dato que trae el encendido del motor, este enviará la secuencia al circuito acondicionador UNL 2003 para hacer girar el motor paso a paso.

VII. CONCLUSIONES

Se estudió y aplicó los microcontroladores RFPIC's, la programación de estos microcontroladores se hizo en lenguaje ensamblador de Microchip, llegándose a utilizar los siguientes recursos: temporizadores, puertos, osciladores internos y el transmisor UHF. El uso del microcontrolador con transmisor integrado nos permite reducir espacio en placa y el ruido.

Se aplicó la modulación ASK, este debido a que no se requirió grandes transferencias de datos. Si se quisiera cubrir mayores distancias se debe aumentar la potencia en el transmisor o variar las ganancias de las antenas, especialmente de la antena receptora.

Se desarrolló una aplicación en el cual se movió un motor paso a paso en forma inalámbrica. Esperamos que el presente trabajo de investigación sirva como fuente de información para futuros proyectos relacionados con la radio frecuencia.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] RFPIC12f675 *Datasheet*, <http://www.microchip.com>, fecha de acceso Octubre 2003.
- [2] RXD0420 *Datasheet*. <http://www.microchip.com>, fecha de acceso Octubre 2003.
- [3] Agulo Usategui, et al., *Microcontroladores Pic*, McGraw-Hill, Diciembre 2000.
- [4] W. Toms, *Comunicaciones digitales*, Prentice Hall Hispanoamericana, 1996.