

# Desarrollo de una Aplicación de Radio-Frecuencia de bajo coste destinada para la Docencia

*Artal J.S., Caraballo J. y Bandrés R.*

*Departamento de Ingeniería Eléctrica. EINA, Escuela de Ingeniería y Arquitectura.*

*Universidad de Zaragoza, Campus Río Ebro. María de Luna nº 3.*

*Edificio Torres Quevedo, 50018. Zaragoza, Spain.*

*E-mail: [jsartal@unizar.es](mailto:jsartal@unizar.es). Tlfno: 976 762823. Fax 976 762226.*

**Abstract**— La utilización de pequeños experimentos como herramienta docente universitaria en el aula incrementa la motivación del estudiante, considerándose elementos útiles para la mejora de la docencia y en particular de las competencias, capacidades, destrezas y habilidades del futuro ingeniero. Este motivo le permite al estudiante dirigir su experiencia en el proceso de enseñanza/aprendizaje permitiéndole al mismo tiempo adquirir una serie de competencias transversales que podrá poner de manifiesto en el ejercicio de su profesión. Al mismo tiempo, el desarrollo de pequeños dispositivos electrónicos se muestra como una ciencia multidisciplinar flexible que se adapta de forma adecuada a los objetivos marcados; por un lado permite al profesorado aplicar diversas metodologías docentes innovadoras (Problem-Project Based Learning PBL, Challenge Problem CP, Método Caso MdC,...) y por otra parte el estudiante está claramente motivado por desarrollar habilidades y capacidades relacionadas con esta materia. En base a ello, se ha implementado un pequeño circuito de aplicación destinado al control del transceptor comercial de Radio-Frecuencia FM-RXQ1-433RF que maneja una frecuencia de operación de 433,92MHz con objeto de mostrar al estudiante un sencillo ejemplo de aplicación de la Electrónica Industrial.

**Keywords-component;** *Experimentos en el aula, Codificación Banda Base, Radio-Frecuencia, Project/Problem Based Learning, Challenge Problem, Microprocesadores.*

## I. INTRODUCCIÓN

La comunicación por radiofrecuencia es una de las más utilizadas por su probada eficacia y sencillez, derivada de la teoría electromagnética de James C. Maxwell, conocida desde finales del siglo XIX. Este tipo de comunicación proporciona la posibilidad de trabajar en el rango de frecuencias libres sin necesidad de licencia, respetando las regulaciones que limitan los niveles de potencia transmitida.

**Tabla 1.** *Bandas ISM (Industrial, Scientific and Medical) definidas por la norma ITU-R en los puntos 5.138 y 5.280*

Bandas	Frecuencia Central
6765 – 6795kHz	6780kHz
433,05 – 434,79MHz	433,92MHz
61 – 61,5GHz	61,25GHz
122 – 123GHz	122,5GHz
244 – 246GHz	245GHz

Muchas aplicaciones industriales y tecnologías actuales se basan en ella (RFID - Radio Frequency Identification) como medio de control e identificación, por medio de etiquetas, de diferentes materiales en almacenes o centros logísticos, [1 - 5]. El International Telecommunication Union (ITU) es el organismo especializado de las Naciones Unidas encargado de regular las telecomunicaciones a nivel internacional, entre las distintas administraciones y empresas operadoras. El rango de frecuencias libres para radiofrecuencia depende de la normativa vigente en cada país y de la normativa internacional. En el caso de España se rige por la ORDEN ITC/3391/2007 del Ministerio de Industria de 15 de noviembre de 2007. En las tablas 1 y 2 se muestran las diferentes bandas, rango de frecuencias y longitudes de onda que nos propone la norma en su punto 5.138.

**Tabla 2.** *Denominación de las diferentes bandas pertenecientes al espectro de frecuencias.*

Nombre	Rango de Frecuencias	Longitud Onda ( $\lambda$ )
HF. High Frequency	3 – 30MHz	100m – 10m
VHF. Very High Freq.	30 – 300MHz	10m – 1m
UHF. Ultra High Freq.	300 – 3000MHz	1m – 100mm
SHF. Super High Freq.	3 – 30GHz	100mm – 10mm
EHF. Extra High Freq.	30 – 300GHz	10mm – 1mm

El módulo seleccionado para la aplicación propuesta opera con una frecuencia central de 433,92MHz, perteneciente al espectro de frecuencias comprendida entre 433,05 - 434,79MHz. Así pues, es posible hacer uso de esta frecuencia puesto que pertenecemos a la región 1 y no nos encontramos dentro de la excepción marcada por el punto 5.280. En el ítem de la norma “UN-32 Aplicaciones ICM en 433MHz” se indica que esta banda está designada para aplicaciones industriales, científicas y médicas no servicios de radiocomunicaciones. La utilización de estas frecuencias para esta serie de aplicaciones se considera de uso común (aplicaciones ISM - Industrial, Scientific and Medical).

Hay que indicar que a diferencia de otras tecnologías la radiofrecuencia posee carácter omnidireccional, lo que le confiere una mayor robustez y permite la comunicación entre dispositivos móviles de una forma sencilla, dinámica y flexible; como ejemplo de aplicación didáctica puede citarse la comunicación entre varios robots móviles autónomos.

## II. CIRCUITO DE APLICACIÓN EN RADIO-FRECUENCIA

Se ha implementado un circuito de aplicación destinado al control del transceptor comercial de Radio-Frecuencia FM-RXQ1-433RF distribuido por Rfsolutions (módulo RF) que maneja una frecuencia de operación de 433,92MHz, ver figura 1. El circuito está constituido por el transceptor FM comercial, una pequeña antena para emisión-recepción (1/4 Wavelength Compressed Helical Antenna 433MHz) y por un microcontrolador PIC 16F876 (Microchip) que gobierna el módulo RF. En este supuesto para realizar el intercambio de datos no es necesario hacer uso de ningún periférico interno especial del  $\mu P$ . Por otra parte el módulo RF trabaja en sus terminales de entrada salida de información (RX/TX Data) con niveles de tensión TTL, al igual que el microcontrolador PIC, por lo que resulta innecesario un circuito intermedio de adaptación de niveles (p.e. MAX222). Así pues es posible realizar la conexión entre los puertos serie de ambos módulos de forma directa, figura 2.



Figura 1. Imagen del módulo de Radio-Frecuencia utilizado para el desarrollo de la aplicación, FM-RXQ1-433RF.

El módulo de Radio-Frecuencia es controlado por el  $\mu P$  por medio de tres pines de salida, que son necesarios para llevar a cabo la configuración del dispositivo en la comunicación. Así la selección del canal -pin Channel Select- correspondiente a la frecuencia 433,92 ó 434,33MHz es conectado al terminal RA0 del PIC. A través de sus salidas RA1 y RA2 se efectúa la selección del modo de funcionamiento (Emisor, Receptor, o Stand-by) del módulo RF -terminales TX/RX Select-. Mientras que los paquetes de información recibidos por el módulo RF -disposición modo Receptor- son enviados hacia el  $\mu P$  por medio del terminal RX Data (entrada pin RA4). De igual forma, la información emitida por el módulo RF -disposición modo Emisor- es enviada por el PIC (salida RA3) a través del pin TX Data.

Gracias a la configuración efectuada por el fabricante, el manejo del módulo de Radio-Frecuencia se simplifica notablemente; no precisando de ningún tipo de configuración previa por software, lo que permite incorporarlo fácilmente como experimento de aula, práctica de laboratorio o problema reto para los estudiantes. De esta manera, tras ser alimentado a +5V y completada su rutina de inicialización el módulo se encuentra preparado para funcionar de forma automática en alguno de los tres modos de operación posibles. La selección del modo de funcionamiento se realiza con los terminales RX/TX Select según el estado de sus niveles lógicos. Con solo TX Select en estado bajo (TX Select = low  $\rightarrow$  Emisor), se encuentra en modo emisor. Con solo RX Select en estado bajo

(RX Select = low  $\rightarrow$  Receptor) actúa en modo receptor, mientras que si ambos terminales se sitúan a nivel bajo, (TX Select = RX Select = low  $\rightarrow$  Stand-by) se encuentra en estado suspensión.

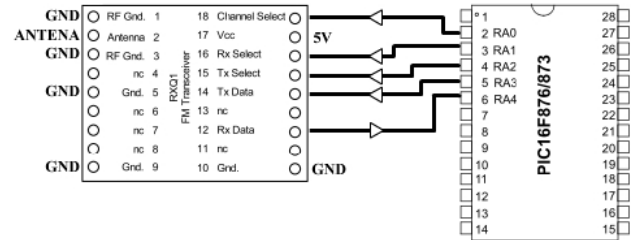


Figura 2. Conexión sencilla entre el módulo de Radio-Frecuencia FM-RXQ1-433RF y el  $\mu P$  PIC 16F876.

En la configuración Emisor, previa selección de la frecuencia de emisión, no es necesario ningún protocolo predeterminado para el envío de paquetes de información. Básicamente el módulo transmite por FM codificado el estado en que se encuentra el terminal TX Data, lo que disminuye la dificultad a la hora de realizar una comunicación. Los paquetes de datos enviados en la comunicación wireless pueden utilizar los códigos de banda base o ser encriptados mediante diferentes técnicas como, la codificación Manchester, retardo o Miller, Multipolar, HDBn,... lo que permite al estudiante comparar las ventajas e inconvenientes entre las diferentes técnicas utilizadas en la comunicación asíncrona, así como su complejidad de implementación.

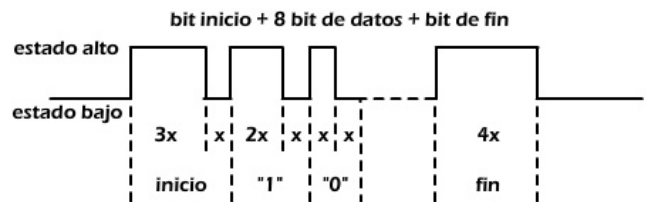


Figura 3. Ejemplo de codificación usada "tipo SONY" implementada por el  $\mu P$  para la comunicación con el módulo.

Por ejemplo un caso sencillo de implementación es la codificación seguida por el fabricante SONY en sus antiguos módulos de infrarrojos IrDA, donde los paquetes de datos enviados a través del canal de comunicación se encuentran adaptados a un paquete de 8 bits, acorde a la capacidad de procesamiento del  $\mu P$  utilizado. Todo paquete de información comienza con un bit de inicio, formado por un estado alto de 1500 $\mu s$  y un estado bajo de 500 $\mu s$ ; 8 bits de datos donde el "1 lógico" está constituido por un estado alto de 1000 $\mu s$  y un estado bajo de 500 $\mu s$  mientras que el "0 lógico" está compuesto por un estado alto y bajo de 500 $\mu s$  respectivamente. Por último un bit de finalización, formado únicamente por 2000 $\mu s$  de estado alto, ver ejemplo de codificación mostrado en la figura 3. En el diseño planteado el  $\mu P$  es el encargado de codificar o decodificar, mediante su temporización interna -timer-, los diferentes estados altos y

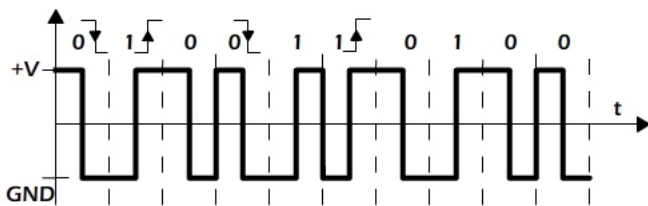
bajos correspondientes a los estados lógicos de la señal de datos.

En disposición de Receptor, el módulo RF decodifica y remite al PIC el conjunto de señales recibidas en la frecuencia seleccionada. En el circuito de aplicación -ver figura 2- el  $\mu P$  se ha programado para filtrar las señales, comprobando los flancos de subida y bajada así como el tiempo transcurrido entre ambos. Las pruebas experimentales desarrolladas han revelado que se trata de un sistema de filtrado robusto y fiable ante las perturbaciones ocasionadas. Indicar también que cuando un módulo está en estado emisor siempre envía información (estado alto o bajo) ocupando el canal de comunicación creado.

**A. Ejemplo de Codificación: Manchester.**

La interconexión entre el usuario y la red de comunicación se efectúa a través de topologías físicas, en árbol, point to point, estrella, etc... Sus prestaciones y costes son función del medio empleado. Este tipo de codificaciones son técnicas muy populares para la transmisión de datos y se usan comúnmente como señales de entrega para los sistemas de modulación en fibra óptica, así por ejemplo el código Manchester es utilizado con relativa frecuencia en redes de área local.

La codificación Manchester, denominada también codificación bifase-L, es un método de codificación de una señal binaria donde en cada tiempo de bit hay una transición entre los dos niveles de tensión. Su principal utilización es en redes LAN Ethernet. Una desventaja es que consume el doble de ancho de banda que una transmisión asíncrona, como por ejemplo la codificación NRZ (Non Return to Zero).



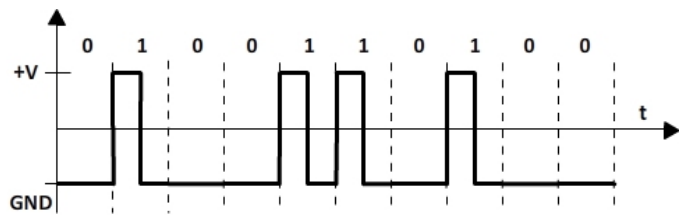
**Figura 4.** Ejemplo de un diagrama representativo en una codificación Manchester.

El tipo de codificación Manchester asocia dos niveles de tensión a cada valor lógico, efectuándose la transición a mitad del intervalo de cada bit. Cuando se tienen bits iguales y consecutivos se produce una transición al inicio del segundo bit, la cual no es tenida en consideración por el receptor en el momento de decodificar, ver figura 4, solo las transiciones separadas uniformemente en el tiempo son las consideradas por el receptor. Hay algunas transiciones que no ocurren a mitad de bit. Estas transiciones no llevan información útil, y solo se utilizan para colocar la señal en el siguiente estado donde se llevará a cabo la siguiente transición. De este modo el cero lógico "0" se codifica como la transición +VCC/GND -flanco descendente- mientras que el uno lógico "1" se codifica como la transición o cambio GND/+VCC -flanco ascendente-, ver figura 4. El encargado de analizar por muestreo los diferentes niveles de tensión en la red de comunicación (detección de los "1 y/o 0 lógicos") es el  $\mu P$  conectado al módulo RF Emisor con

objeto de decodificar la información digital. Esta labor de muestreo es desarrollada en la zona intermedia del intervalo, lo que permite detectar los diferentes flancos ascendentes o descendentes.

**B. Ejemplo de Codificación: RZ (Return to Zero).**

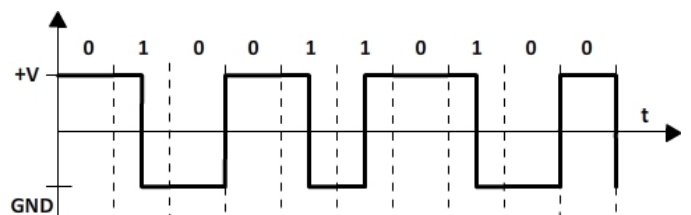
En el código RZ unipolar, para caracterizar al "1 lógico" se mantiene en alto el valor de la señal de línea durante la primera mitad del intervalo de bit y a cero en la otra mitad, ver figura 5. Mientras que al "0 lógico" se le asigna el valor nulo durante todo el tiempo de bit. Por ello el intervalo del impulso más estrecho corresponde siempre con T/2. La principal cualidad de este tipo de codificación es su sencillez de implementación, mientras que como inconveniente posee una componente continua significativa y un alto contenido de bajas frecuencias. Este tipo de formato de señal encuentra aplicación en la grabación magnética de datos.



**Figura 5.** Ejemplo de un diagrama representativo en una codificación RZ -Return to Zero-.

**C. Ejemplo de Codificación: Miller.**

Este tipo de código no posee más de una transición por tiempo de bit, pero tiene al menos una por cada dos intervalos de bit, ver ejemplo mostrado en la figura 6. El criterio de codificación consiste en dar una sola transición en el centro del intervalo cuando se trata de un "1 lógico" mientras que no se produce cambio en el interior del intervalo cuando se trata de un "0 lógico", a no ser que vaya seguido de otro "0 lógico". En esta situación se efectúa la transición al final del intervalo. Posee el inconveniente de incrementar su complejidad de implementación con respecto a los códigos mostrados con anterioridad.

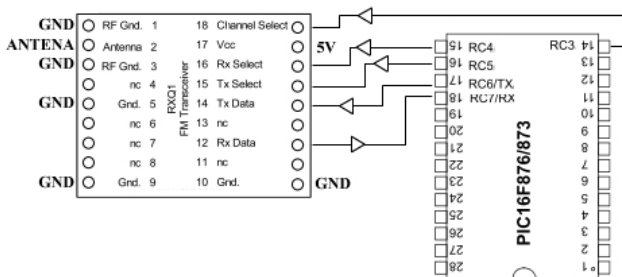


**Figura 6.** Ejemplo de un diagrama representativo en una codificación Miller.

**III. IMPLEMENTACIÓN DE LA COMUNICACIÓN ASÍNCRONA**

Debido al protocolo elegido para la transmisión de paquetes de datos, no es preciso el uso de los puertos especiales de comunicación integrados en el PIC 16F876. Ello no impide el uso de los mismos si se considera necesaria una transmisión serie asíncrona. En este supuesto, la comunicación de los datos

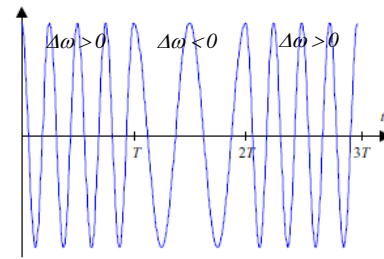
del dispositivo de Radio-Frecuencia debe realizarse por medio del módulo interno USART (Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter) integrado en el  $\mu P$ . Al mismo tiempo, este módulo USART es configurado para realizar una comunicación serie asíncrona. Los terminales TX/RX del PIC son los encargados de la transmisión y recepción de los paquetes de datos serie, debiendo conectarse a los pines TX/RX Data del módulo RF, ver figura 7. En este supuesto, la limitación en la configuración del USART y por tanto en la transferencia de información, viene indicada por el fabricante al igual que la velocidad máxima de transferencia del módulo de Radio-Frecuencia de valor 19,2kbps. Dejar libre la USART en la comunicación con el módulo RF, nos permite utilizar este puerto en la integración del circuito dentro de un sistema constituido por la comunicación de varios  $\mu P$ s -cuya comunicación puede ser realizada a través del protocolo serie asíncrono-.



**Figura 7.** Módulo de Radio-Frecuencia en comunicación serie asíncrona con el  $\mu P$  PIC 16F876.

Para la posible integración del módulo RF en una red compuesta por varios dispositivos, se ha empleado una configuración master-slave, donde se produce un pequeño diálogo bilateral iniciado siempre por el master. La comunicación se efectúa mediante el intercambio de varios paquetes de datos y cambios en los modos de operación de los diferentes módulos (emisor  $\leftrightarrow$  receptor). Por seguridad, estos cambios se realizan por medio del modo stand-by con una duración aprox. 15ms (fabricante recomienda  $t_{CHANGE} \geq 3ms$ ). Para evitar colisiones o interferencias en el intercambio de los paquetes de datos, los módulos RF slave permanecen en modo receptor a la espera de la llamada del módulo RF master para entablar diálogo (Red comunicación master-slave). En los bits de menor peso se codifica el identificador del módulo RF al que va destinado el paquete de datos, de este modo la información puede ser fácilmente desechada por el resto de los dispositivos que conforman la red de comunicación.

El módulo de Radio-Frecuencia utilizado FM-RXQ1-433RF opera siguiendo el principio de modulación GFSK -Gaussian Frequency Shift Keying-, donde el "1 lógico" se representa mediante una desviación positiva ( $\Delta\omega > 0$ ) de la frecuencia de la señal portadora, mientras que un "0 lógico" se caracteriza mediante una desviación negativa ( $\Delta\omega < 0$ ) de la misma. El sistema planteado es una versión mejorada de la modulación por desplazamiento de fase FSK -Frequency Shift Keying-, permitiendo mayores velocidades de transferencia de información sobre un mismo canal de comunicación, ver principio de operación en la figura 8.



**Figura 8.** Tipo de modulación digital GFSK, donde se observa la desviación  $\Delta\omega > 0$  ó  $\Delta\omega < 0$  en función del bit a transmitir por el canal de comunicación.

Una posible mejora en la aplicación desarrollada consiste en la incorporación de un controlador específico RF600T (RfSolutions) para transceiver de baja potencia. Este componente permite el control del módulo RF a través de un protocolo serie síncrono o asíncrono (convierte el sistema en un módem conectable a un puerto serie del PC) realizando además una codificación Manchester de la información -encriptación de datos-. Entre las características que aporta al sistema destaca la capacidad de direccionamiento, un buffer de 190 bytes y un bit de chequeo CRC (cyclic redundancy check). En el caso que nos ocupa se desestima esta opción puesto que se pretende que los estudiantes sean capaces de implementar un sencillo algoritmo de codificación de los datos en el  $\mu P$ .

El dispositivo de Radio-Frecuencia FM-RXQ1-433RF utilizado es un módulo de bajo coste que presenta pequeñas dimensiones (23x48mm), permitiendo comunicaciones en un rango óptimo  $d \leq 200m$  siempre según información proporcionada por el fabricante. Indicar del mismo modo que posee una potencia de emisión de 5dBm (transmitter) junto con una sensibilidad en la recepción de -100dBm (receiver). Su consumo de corriente -supply current- es función del modo de operación del dispositivo: transmit mode = 26mA, receive mode = 12mA y stand-by mode = 8 $\mu$ A. Este elemento dispone de 2 canales de comunicación seleccionables (433,92 ó 434,33MHz) con una desviación  $\pm 15kHz$ . Los paquetes de datos son transferidos a través de una señal intermedia portadora invisible para el usuario en el rango 65kHz / 85kHz. La frecuencia de esta señal limita la velocidad máxima de transmisión del dispositivo, por lo que el máximo baud rate permitido para una transmisión serie estándar es 19,2kbps.

#### IV. APLICACIÓN DEL MÓDULO DE RADIO-FRECUENCIA COMO HERRAMIENTA DOCENTE.

Como punto de partida se tiene en consideración que las clases magistrales de teoría y problemas indican una baja motivación del alumnado. Independientemente del tema teórico, descriptivo o aplicado, la participación en el aula en forma de preguntas, comentarios o ejercicios es escasa. De ahí la necesidad de aplicar la metodología de aprendizaje basada en proyectos en asignaturas inicialmente pensadas de teoría y problemas. Mientras que en las clases de laboratorio los estudiantes trabajando en grupo muestran un carácter mucho más dinámico y participativo, comentando con sus compañeros la tarea a realizar, con continuas preguntas y comentarios al profesor.



Numerosos autores han usado y utilizan el desarrollo de pequeños problemas reto y/o desafío (llamados coloquialmente Challenge Problem) [6] como una herramienta docente; siendo la conclusión común el fuerte factor de motivación que representa para el estudiante el hecho de poder interactuar de forma física y real con conceptos abstractos transmitidos en sesiones teóricas impartidas de forma magistral.

De esta manera, un pequeño proyecto es una herramienta de docencia universitaria en el ámbito de las ingenierías que permite la transmisión, adquisición, descubrimiento y evaluación de habilidades y conocimientos de los estudiantes de forma objetiva y global. Se trata pues de un proceso formador único que implica la coordinación de elementos humanos, técnicos y sociales hacia la consecución de un objetivo específico en un marco de tiempo prefijado y con una cantidad determinada de recursos [7, 8].

La utilización de este dispositivo tiene por objeto acercar y dar a conocer a los estudiantes una tecnología de comunicación inalámbrica -wireless- de fácil aplicación. En la actualidad casi todo el mundo hace uso de este tipo de tecnología de una u otra manera. El uso diario de las redes GSM de telefonía o las redes WiFi para conexión a Internet son dos claros ejemplos del uso de esta tecnología. La gran mayoría de los estudiantes nunca han tenido una toma de contacto con los dispositivos que gestionan este tipo de comunicaciones wireless, por lo que se encuentran motivados frente a la utilización de un dispositivo de comunicación por Radio-Frecuencia.

Bits				5	0	1	0	1	0	1	0	1
1	2	3	4	6	0	0	1	1	0	0	1	1
1	2	3	4	7	0	0	0	0	1	1	1	1
0	0	0	0	NUL	DEL	SP	0	@	P	,		p
1	0	0	0	SOH	DC1	!	1	A	Q	a		q
0	1	0	0	STX	DC2	"	2	B	R	b		r
1	1	0	0	ETX	DC3	#	3	C	S	c		s
0	0	1	0	EOT	DC4	%	4	D	T	d		t
1	0	1	0	ENQ	NAK	\$	5	E	U	e		u
0	1	1	0	ACK	SYN	&	6	F	V	f		v
1	1	1	0	BEL	ETB	'	7	G	W	g		w
0	0	0	1	BS	CAN	(	8	H	X	h		x
1	0	0	1	HT	EM	)	9	I	Y	i		y
0	1	0	1	LF	SUB	*	:	J	Z	j		z
1	1	0	1	VT	ESC	+	;	K	[	k		{
0	0	1	1	FF	FS	,	<	L	\	l		
1	0	1	1	CR	GS	-	=	M	]	m		}
0	1	1	1	SO	RS	.	>	N	^	n		~
1	1	1	1	SI	US	/	?	O	-	o		DEL

Tabla 3. Código ASCII. Caracterización en binario, pesos de los bits  $b_8...b_5$   $b_4...b_1$

Como medio de introducción en el PBL-Problem Based Learning se ha hecho uso de la tarjeta de control descrita en los apartados anteriores. Dicha tarjeta es capaz de transmitir y recibir señales a una frecuencia base de 433,92MHz, siendo el estudiante quien mediante la programación del  $\mu P$  genera la señal portadora (con un valor de frecuencia variable), en función del bit que se desea transmitir, ver figura 8. De igual forma el alumno, por medio de los métodos de codificación descritos con anterioridad, desarrolla un algoritmo de

encriptación con objeto de codificar/decodificar la información a transmitir por los módulos de Radio-Frecuencia.

Como objetivo de aprendizaje, el estudiante debe ser capaz de enviar y recibir información mediante las tarjetas implementadas. Como ejemplo de aplicación se toman los siguientes mensajes de texto "HELLO" y/o "THINK" que se codifican mediante caracteres ASCII, ver tabla 3. En esta tabla están representados los 127 códigos ASCII incluyendo algunos caracteres especiales; en este supuesto el bit más significativo del código "b<sub>8</sub>" se considera en estado bajo  $b_8 = 0$ . De este modo el paquete de información queda integrado en la señal portadora. En hexadecimal este pequeño paquete de datos está formado por los siguientes bytes:

HELLO → 0x48, 0x45, 0x4C, 0x4C, 0x4F.  
 THINK → 0x54, 0x48, 0x49, 0x4E, 0x4B.

La información contenida en el texto esta constituida por una secuencia de caracteres alfanuméricos, de esta forma cuando se transmiten digitalmente primero son codificados en una secuencia denominada cadena de bits, ver figura 9. Así el codificador de forma de onda utiliza dos señales diferentes para representar el "1 y/o el 0 binario". En este ejemplo se puede observar la relación entre "mensaje", "carácter" y "bit".

En la figura 10 se muestra un ejemplo de partición de una cadena de bits. El mensaje textual muestra las palabras "HELLO" y "THINK". De este modo, utilizando el código ASCII de 8bits (ver tabla 3) se proporciona una cadena de 40bits. El sistema en su conjunto considera los caracteres como una cadena de dígitos a ser transmitida; sólo el usuario final interpreta el significado en la secuencia final de bits recibidos.

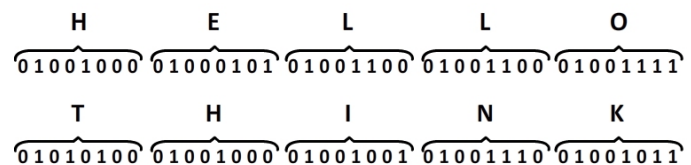
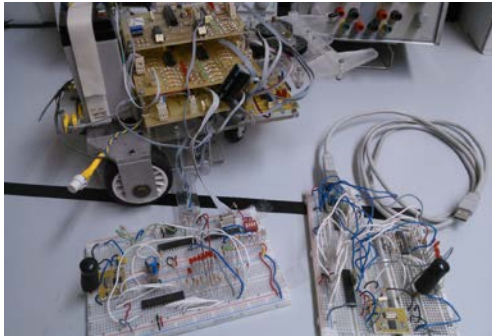


Figura 9. Ejemplo de codificación ASCII, se aprecia la diferencia entre mensajes, caracteres y símbolos.

Debido a que la mayor parte de los estudiantes no poseen una formación específica en este microcontrolador, el programa del mismo se encuentra constituido por una plantilla, donde el alumno solo debe añadir una serie de funciones básicas, como bucles, delays, etc..., operaciones típicas de cualquier lenguaje de programación estructurado. En este caso, el lenguaje a utilizar es el "ensamblador", principalmente debido a que no requiere de ninguna licencia de pago para su utilización. Así por ejemplo, en el protocolo de comunicación RS-232, el estudiante solo debe realizar un pequeño bucle con los 5 bytes que conforman la palabra "HELLO" y/o "THINK" a transmitir. Con objeto de evitar errores en la comunicación, cada paquete de datos es enviado en 3 ocasiones de manera consecutiva. El resto de programa, contiene la parte más compleja de la programación, como es la configuración de los puertos de entrada-salida, etc... De esta manera el estudiante puede apreciar las ventajas e inconvenientes de la comunicación serie asíncrona -donde los bits que componen

cada carácter se transmiten en  $n$  ciclos de 1bit cada uno- frente a la comunicación paralelo -donde los  $n$  bits que componen cada byte o carácter se transmiten en un solo ciclo de reloj-.

Durante el desarrollo del problema el estudiante utiliza varios métodos de comunicación: protocolo de comunicación serie asíncrono para aplicaciones cableadas, protocolo SONY destinado a aplicaciones inalámbricas (utilizado por algunos fabricantes de electrodomésticos en los mandos a distancia IrDA) y protocolo de comunicación codificado (codificación Manchester, RZ -return to Zero- o Millar).



**Figura 10.** Implementación del sistema de comunicaciones por Radio-Frecuencia en un robot móvil autónomo.

El estudiante por medio del osciloscopio digital puede observar, en todo instante, las señales de salida del microcontrolador con objeto de apreciar el correcto funcionamiento del transceiver de RF. Esta herramienta resulta de gran interés debido a la frecuencia de las señales portadoras, de modo que algunas funciones del osciloscopio como "stop" o "trigger" permiten obtener una correcta visualización de la señal con objeto de efectuar su análisis y una correcta comprensión del funcionamiento del sistema. Ya por último a modo de ejemplo, los sistemas de RF desarrollados son implementados en un grupo de pequeños robots con objeto de comprobar el correcto funcionamiento de sus comunicaciones.

## V. CONCLUSIONES

La enseñanza dentro del ámbito universitario se ha basado tradicionalmente en la impartición de clases magistrales por parte del profesorado. Este modelo tradicional se ha caracterizado por clases fundamentalmente expositivas; con la incorporación, en ocasiones de experimentos de cátedra, donde el profesor actúa como transmisor de conocimientos y donde el estudiante se limita a tomar apuntes de forma metódica. Este modelo favorece un aprendizaje memorístico provocando, a su vez, una comunicación unidireccional en el binomio profesor-alumno. Así el estudiante recibe gran cantidad de información en poco tiempo, que debe interiorizar a través de apuntes y textos reflexionando sobre su contenido bajo la dirección y tutela de sus profesores.

De ahí la necesidad de un modelo de enseñanza-aprendizaje alternativo en el que las clases sean dialogadas; donde el profesor actúe de estimulador de la participación (planteando actividades variadas y formulando preguntas al alumnado) el

estudiante adopte un papel activo; clases donde se fomente el aprendizaje comprensivo, la aplicación de conocimientos y la toma de decisiones; de forma que la comunicación en el binomio profesor-alumno sea bidireccional.

Muchos autores coinciden en que la utilización de pequeños experimentos como herramienta docente universitaria incrementa la motivación del estudiante, considerándose como elementos útiles en la mejora de la docencia y en particular de las competencias, capacidades, destrezas y habilidades del futuro ingeniero. En este sentido el documento presentado muestra un circuito de aplicación de RadioFrecuencia, donde al mismo tiempo que se muestran los principios de funcionamiento del dispositivo es posible introducir al estudiante en la implementación de diferentes protocolos de codificación de señal observando las ventajas e inconvenientes que presenta su uso.

## ACKNOWLEDGMENT

Los autores agradecen la ayuda financiera concedida por la Universidad de Zaragoza para el desarrollo del presente trabajo, a través del Programa de Incentivación de la Innovación Docente, línea 2: proyectos de implantación de actividades de aprendizaje innovadoras en el ámbito de la docencia de una materia o asignatura específica PIIDUZ\_11\_2\_419 y del Programa de Enseñanza Semipresencial, línea 5: utilización de herramientas TIC en nuevas metodologías de aprendizaje PESUZ\_11\_5\_555.

## REFERENCIAS

- [1] B. Nath, F. Reynolds and R. Want. "RFID Technology and Applications". IEEE Pervasive Computing. Vol. 5, issue 1. Jan-March 2006, pp 22 to 24.
- [2] W. Gueaieb and S. Miah. "An intelligent Mobile Robot Navigation Technique using RFID Technology". IEEE Transaction on Instrumentation and measurement. Vol. 57, issue 9. September 2008. pp 1908 to 1917.
- [3] C.M. Roberts. "Radio Frequency Identification (RFID)". Elsevier Computer & Security. Vol. 25, issue 1, February 2006. pp 18 to 26.
- [4] T. Sanpechuda and L. Kovavisaruch. "A review of RFID localization: Applications and Techniques". 5th International Conference on ECTI-CON 2008. Electrical Engineering Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology 2008. Vol. 2, 14/17 May 2008. pp 769 to 772.
- [5] Hickman Ian "Practical RF Handbook". Third Edition (EDN Series for Design Engineers). ISBN: 978-0750653695.
- [6] C. Hsieh, L. Knight, "Problem-Based Learning for Engineering Students: An Evidence-Based Comparative Study". The Journal of Academic Librarianship, Vol. 34, pp. 25-30, (2008).
- [7] N.J. Powell, A. Renfrew, W.S. Truscott, P.J. Hicks and B. Canavan. "Seeding Enquiry-Based Learning in Electrical and Electronic Engineering: Case Study 1 - Optoelectronics". International Conference on Engineering Education, ICEE Coimbra, 2007.
- [8] N.J. Powell, A. Renfrew, W.S. Truscott, P.J. Hicks and B. Canavan. "Seeding Enquiry-Based Learning in Electrical and Electronic Engineering: Case Study 2 - Robotics". International Conference on Engineering Education, ICEE Coimbra, 2007.