

MÓDULOS DE RF PARA RADIOCONTROL

(Versión: 10-12-11)

Introducción

A la hora de pensar en diseñar sistemas radiocontrolados, surgen mas de una opción para llevar a cabo nuestro proyecto en lo que respecta al transmisor y receptor que emplearemos para el envío y recepción de las órdenes.

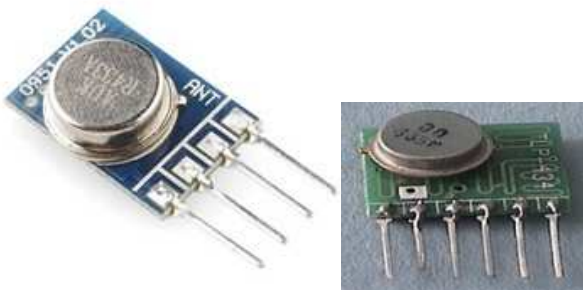
Hace un tiempo atrás la única posibilidad, económica, era la construcción y calibración del circuito transmisor y receptor, lo que implicaba dedicar un tiempo importante para conseguir este objetivo. Luego podíamos dedicarnos al resto de las partes del proyecto.

Hoy en día disponemos a un costo razonable módulos de RF, transmisor y receptor diseñados para ponerlos a funcionar con pocos componentes adicionales.

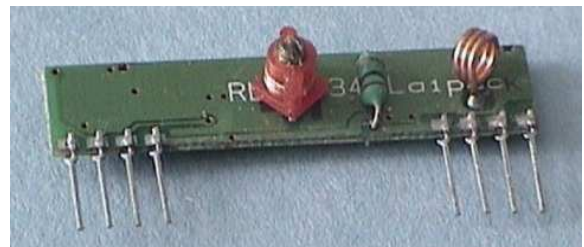
NOTA: Los módulos que se presentarán aquí son solo para transmisión de datos digitales. Es decir estos no sirven si lo que deseamos es transmitir audio o video. Y dado que la tasa de transmisión de datos es muy baja, tampoco podremos transmitir audio y video digitalizados. El diseñador que quiera transmitir audio o video deberá elegir otro tipo de componentes.

Vemos a continuación un ejemplo:

MODULO EMISOR



MODULO RECEPTOR



Ejemplos de módulos emisor y receptor.

Podemos encontrar en el mercado opciones interesantes en cuanto a frecuencia, potencia y alcance de estos módulos, el diseñador del sistema radiocontrolado deberá optar por alguno de acuerdo a sus necesidades y procurarse la hoja de datos correspondiente.












Un fabricante es **Wenshing Electronics CO L.T.D** cuyos módulos transmisores presentan las siguientes características.

| | Model | Frequency (MHz) | | Data Rate (Kbps) | | Voltage (V) | | Current (mA) | RF Power (dBm) |
|--|----------|-----------------|---------|------------------|---------|-------------|---------|--------------|----------------|
| | | Min | Max | Min | Max | Min | Max | | |
| | | ✓ ▲▼ | ✓ ▲▼ | ✓ ▲▼ | ✓ ▲▼ | ✓ ▲▼ | ✓ ▲▼ | ✓ ▲▼ | ✓ ▲▼ |
| | TWS-HSP | 315 | 433.92 | 8 | 8 | 4.5 | 5.5 | 487 | 32 |
| | TWS-DS | 303.875 | 433.92 | 8 | 8 | 1.5 | 12 | 53 | 20 |
| | TWS-CS | 315 | 433.92 | 8 | 8 | 2 | 12 | 8.5 | 8.8 |
| | TWS-HS | 315 | 868.35 | 8 | 8 | 4.5 | 5.5 | 270 | 27 |
| | TWS-4HIP | 400 | 500 | 8 | 8 | 3 | 5.3 | 250 | 33 |
| | TWS-BS | 303.875 | 916.5 | 8 | 8 | 3 | 12 | 8.4 | 14 |

Como se puede apreciar hay diferentes opciones para la selección, tensión de trabajo, corriente que consumen, frecuencia, potencia RF emitida.

Estos módulos transmisores tienen sus correspondientes módulos receptores, especialmente preparados para su funcionamiento conjunto.

A continuación se muestra una tabla del mismo fabricante, pero de módulos receptores:

| | Model | Frequency (MHz) | | Data Rate (Kbps) | | Voltage (V) | | Current (mA) | Sensitivity (dBm) |
|---|-------------|-----------------|---------|------------------|---------|-------------|---------|--------------|-------------------|
| | | Min | Max | Min | Max | Min | Max | | |
| | | ✓ ▲▼ | ✓ ▲▼ | ✓ ▲▼ | ✓ ▲▼ | ✓ ▲▼ | ✓ ▲▼ | ✓ ▲▼ | ✓ ▲▼ |
|  | RWS-434N-LV | 315 | 433.92 | 0.050 | 20 | 3.0 | 5.5 | 7 | -118 |
|  | RWS-434N | 315 | 433.92 | 0.058 | 12 | 3.5 | 5.5 | 5.7 | -117 |
|  | RWS-375 | 315 | 433.92 | 4.8 | 4.8 | 4.9 | 5.1 | 4.8 | -108 |
|  | RWS-438 | 303.625 | 433.92 | 0.2 | 9.6 | 4.8 | 5.5 | 2.7 | -114 |
|  | RWS-436 | 315 | 433.92 | 4.8 | 4.8 | 4.5 | 5.5 | 7.5 | -108 |
|  | RWS-530 | 315 | 433.92 | 4.8 | 4.8 | 4.5 | 5.5 | 6.3 | -112 |
|  | RWS-374 | 303.375 | 433.92 | 4.8 | 4.8 | 4.9 | 5.1 | 4.8 | -108 |
|  | RWS-123B | 123 | 123 | 4.8 | 4.8 | * | 5 | * | -106 |
|  | RWS-371 | 303.325 | 433.92 | 4.8 | 4.8 | 4.9 | 5.1 | 4.8 | -108 |
|  | RWS-A868 | 300 | 1000 | 3 | 100 | 2.7 | 5.5 | 12 | -112 |
|  | RWS-A916 | 300 | 1000 | 3 | 100 | 2.7 | 5.5 | 12 | -112 |

Notemos que en cuanto a tensión de trabajo, este fabricante ofrece solo de 5volts.

Concepto de dBm (para comprender la tabla anterior)

El **dBm** es una unidad de medida utilizada principalmente en telecomunicación para expresar la potencia absoluta mediante una relación logarítmica.

El **dBm** se define como el nivel de potencia en decibelios en relación a un nivel de referencia de 1 mW.

El valor en dBm en un punto, donde tenemos una potencia P, viene dado por la fórmula siguiente:

$$dBm = 10 \times \log \frac{P}{1mW}$$

Al utilizarse un nivel de referencia determinado (1 mW) la medida en dBm constituye una verdadera medición de la potencia y no una simple relación de potencias como en el caso de la medida en decibelios. Así, una lectura de 20 dBm significa que la potencia medida es 100 veces mayor que 1mW y por tanto igual a 100 mW.

Puesto que se trata de una relación logarítmica, podemos cometer error al comparar por simple inspección potencias medidas en dBm. A continuación se agrega un cuadro que por medio de ejemplos nos muestra aplicaciones reales y las potencias involucradas. *Recopilado de Internet.

| Nivel dBm | Potencia | Aplicaciones |
|-----------|----------|--|
| 80 dBm | 100 KW | Potencia típica de transmisión de una estación de radio FM con un alcance de 60 Km. aproximadamente. |
| 60 dBm | 1 KW | Radiación típica combinada de RF de un horno de microondas. |
| 40dBm | 10 W | Potencia entregada a las antenas de telefonía móvil. |
| 36 dBm | 4 W | Salida típica para banda de radio ciudadana (27MHz). |
| 33 dBm | 2 W | Máxima salida de potencia para un teléfono celular UMTS / 3G. (Teléfono de potencia clase 1). Máxima salida de potencia para teléfono celular GSM 850/900. |
| 30 dBm | 1 w | Fuga de RF típica de un horno microondas- Máxima salida de potencia para teléfono celular GSM1800/1900. |

| Nivel dBm | Potencia | Aplicaciones |
|-----------|--------------|--|
| 27 dBm | 500 mw | Potencia típica de transmisión de un teléfono celular. Máxima salida de potencia para un teléfono celular UMTS/3G (Teléfono de potencia clase 2) |
| 24 dBm | 250 mw | Máxima salida de potencia para un teléfono celular UMTS/3G (Teléfono de potencia clase 3) |
| 21 dBm | 125 mw | Máxima salida de potencia para un teléfono celular UMTS/3G (Teléfono de potencia clase 4) |
| 20 dBm | 100 mw | Bluetooth estándar Clase 1. Cobertura 100 m. Potencia típica de un router inalámbrico WIFI. |
| 15 dBm | 32 mw | Potencia típica de transmisión WIFI en computadoras portátiles. |
| 10 dBm | 10 mw | |
| 6 dBm | 4 mw | |
| 4 dBm | 2,5 mw | Bluetooth estándar Clase 2. Cobertura 10 m. |
| 3 dBm | 2 mw | |
| 2 dBm | 1,6 mw | |
| 1 dBm | 1,3 mw | |
| 0 dBm | 1mw =1000 uW | Bluetooth estándar Clase 3. Cobertura 1 m. |
| -1 dBm | 794 uW | |
| -10 dBm | 100 uW | Potencia de señal típica de una red inalámbrica WIFI (-10 a -30 dBm). |
| -70 dBm | 100 pW | Rango típico (-60 a -80 dBm) de potencia de señal inalámbrica (802.11x) recibida por una red. |
| -130 dBm | 0,1 fw | Potencia típica recibida por un receptor GPS (en tierra) |

Conclusión:

Esto nos dice que siempre desearemos que el transmisor emita con los mas dBm posibles (positivos) y que el receptor sea lo mas sensible posible, o sea mas dBm negativos.

Una de las especificaciones clave en los diseños de los receptores de RF de hoy en día es la sensibilidad. Esta indica la capacidad del receptor para capturar señales débiles y por tanto será una medida directa del alcance del sistema.

Criterios de calidad de un receptor

- **Sensibilidad:** Nivel mínimo de señal que es capaz de detectar con la calidad deseada.
- **Sensibilidad:** Nivel mínimo de señal que es capaz de detectar con la calidad deseada.
- **Fidelidad:** Capacidad de recibir y demodular la señal sin distorsión.

Tipo de modulación empleada por los módulos

Algunos conceptos previos:

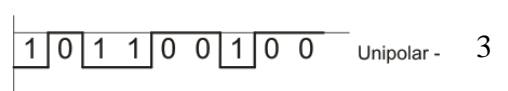
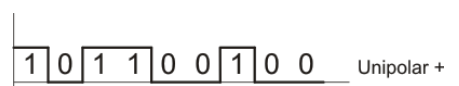
Banda base

Se denomina banda base al conjunto de señales que no sufren ningún proceso de modulación a la salida de la fuente que las origina, es decir son señales que son transmitidas en su *frecuencia original*. Dichas señales se pueden codificar y ello da lugar a los códigos de banda base.

Las señales empleadas en banda base se pueden clasificar de la siguiente forma:

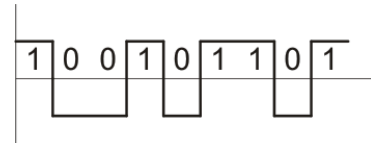
Unipolares

En este caso un 1 siempre toma una polaridad, positiva o negativa, mientras que un 0 vale siempre 0.



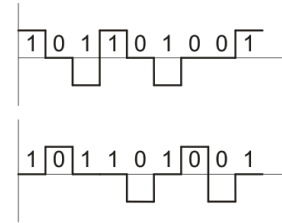
Polares

En este caso la señal tomara valores positivos para un 1 lógico y negativos para un 0 lógico pero nunca toma el valor 0.



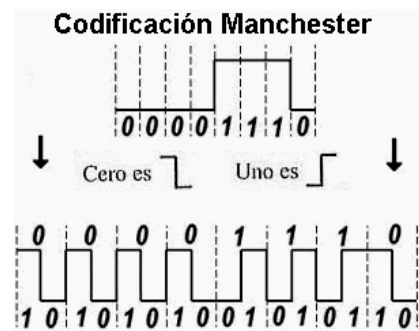
Bipolares

En este caso un dígito toma valor con polaridad alternada mientras que el otro permanece siempre en 0.



La transmisión en banda base es utilizada para cortas distancias debido a su bajo costo, por ejemplo en una red LAN cableada la información que viaja por el cable UTP lo hace en banda base.

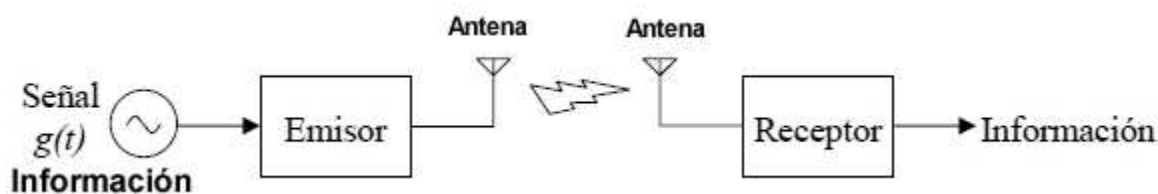
Básicamente esto quiere decir que la información (digital) viaja tal como se genera, y eventualmente lo hace codificada. Notemos que si se tiene una larga secuencia de ceros o de unos, la señal permanece constante durante un tiempo bastante largo en la línea y el receptor no puede identificar el principio y fin de cada bit. Este inconveniente se resuelve justamente con la codificación. Por ejemplo en las redes LAN (Ethernet) cableadas se utiliza banda base pero con codificación Manchester.



Hasta ahora hemos mencionado la transmisión de señales digitales en banda base. En la práctica, ya sea por que se debe compartir el canal (por ejemplo el aire, el cable coaxil) o para poder usar antenas de dimensiones razonables (recordemos que las dimensiones de una antena dependen de la longitud de onda de la señal que desea transmitir), es necesario modular.

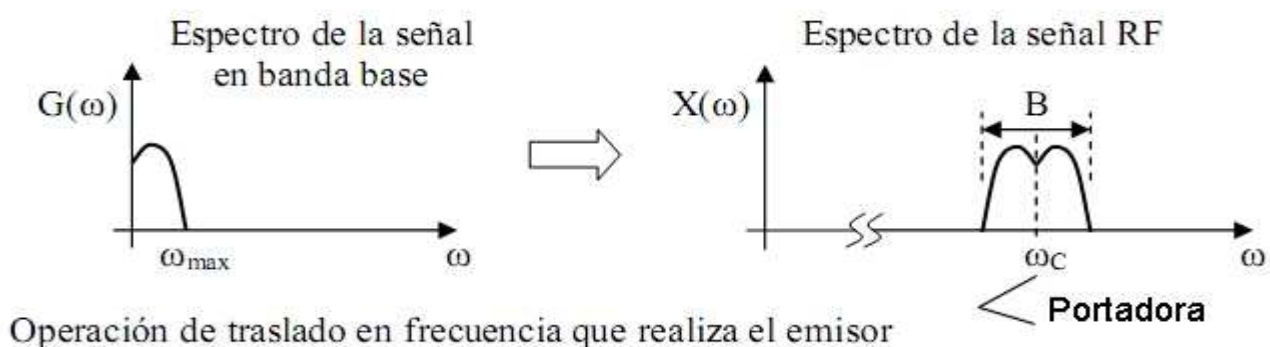
Modular significa modificar la **amplitud**, la **frecuencia** o la **fase** de una señal portadora (que puede ser una senoide), en función del mensaje. Esa señal portadora siempre es una señal de frecuencia elevada, cuanto mas elevada es la frecuencia de la portadora, mas pequeña será la antena necesaria. Por supuesto que tal elección también dependerá de prestaciones y costos.

El esquema general de la radiodifusión es el que se muestra en la figura:



La antena, es el transductor que convierte la señal eléctrica en ondas electromagnéticas de RF. Pero la señal que llega a la antena tiene que tener la frecuencia apropiada.

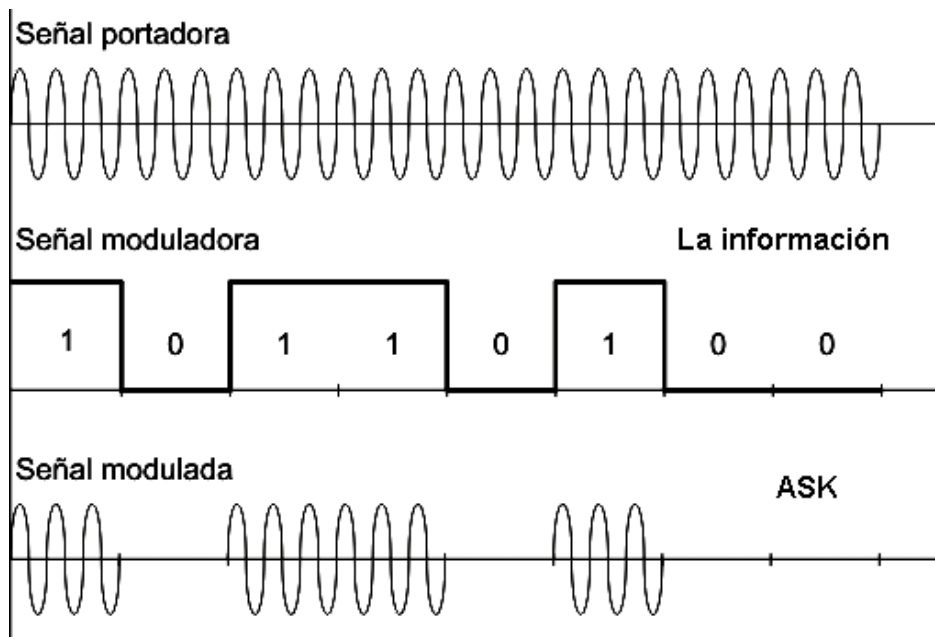
La modulación consiste en trasladar el espectro (componentes de frecuencias) de la señal $g(t)$ (que es la información que se desea transmitir) desde la componente continua, $\omega = 0$, hasta ω_C . Sucede además que el espectro se dobla alrededor de ω_C , es decir, aparece una copia especular del espectro además del inicial..



Modulación empleada en los módulos que estamos estudiando

Los módulos transmisores de RF aquí mencionados, en su mayoría, utilizan un esquema de modulación **ASK (Amplitude Shift Keying -modulación por desplazamiento de amplitud)**. Esto les confiere ciertas particularidades propias del esquema de modulación y de su forma de detección, que deberán ser tenidas en cuenta por aquellos que diseñen su propio sistema de codificación y decodificación, o de comunicaciones.

En el esquema de modulación **ASK**, las señales de datos ocasionan que la amplitud de la portadora varíe entre dos estados. Generalmente, se utiliza lo que se conoce como **OOSK** u **OOK (On-Off Shift Keying u On-Off Keying)**, que consiste en transmitir portadora ante un estado lógico y anularla en el otro.



Los módulos receptores, en su mayoría, suelen ser circuitos super-regenerativos, con un detector de umbral a la salida. Un receptor de este tipo presenta un ruido a la salida bastante importante, en ausencia de señal. El detector trata de ajustar el umbral automáticamente, y en ausencia de portadora se ajustará al valor medio de excursión del receptor, pudiendo responder a picos de ruido, y presentando a la salida del módulo pequeñas transiciones muy breves y esporádicas, ocasionadas por la excursión de la señal de ruido a la salida del receptor, que momentáneamente excede el umbral del detector y su histéresis

Si bien el comportamiento específico dependerá del diseño de cada módulo receptor en particular y del estado de la banda de operación en el lugar de funcionamiento, es de esperar tener pequeños y frecuentes "pulsitos" a la salida cuando no tenemos señal de entrada, es decir, cuando el módulo transmisor no está transmitiendo.

En presencia de una portadora constante, la señal de salida del módulo receptor permanecerá indicando el estado correspondiente (generalmente 1 lógico) durante un tiempo, pero en muchos casos retornará nuevamente al estado inactivo, debido a que estos módulos suelen estar diseñados para trabajar con señales que varían constantemente (señales de datos) y no para transmitir estados lógicos permanentes.

En presencia de una señal de datos, el detector ajustará el umbral a la excursión del receptor y tratará de reproducir lo más fielmente la señal de datos, no obstante, debido a detalles constructivos como por ejemplo el tiempo de arranque del oscilador del transmisor, demora en la detección del receptor, y capacidades circuitales que agregan tiempos de carga y descarga, es posible que aparezca una pequeña modificación del ciclo de trabajo de la señal, es decir, puede que si se transmiten unos y ceros de igual duración, resulte uno de los períodos levemente distinto del otro. Esta modificación, si existe, suele ser del orden de los microsegundos.

Obviamente, la presencia de ruido puede llegar a ocasionar transiciones no deseadas aún en presencia de señal, que producirán la detección de bits erróneos, como en todo sistema de comunicaciones digitales.

Es por estas razones, y algunas otras más, que los sistemas de comunicaciones suelen utilizar bits "extras" para detectar errores o incluso corregirlos, y los sistemas de control remoto suelen esperar a recibir varias veces seguidas una clave antes de darla por válida e incluir preámbulos al inicio de la transmisión para detectarla presencia de una señal válida frente al ruido.

El receptor súper-regenerativo es un circuito cuyas prestaciones distan mucho de las que ofrece el más simple de los receptores súper-heterodinos (la clásica radio de AM portátil). Un receptor súper - regenerativo es básicamente un receptor simple y económico, y generalmente se trata de módulos sin ningún tipo de estabilización en frecuencia (SAW o cristal), por lo que no es posible garantizar la frecuencia central de operación ni su estabilidad.

No obstante, el diseño del súper-regenerativo permite ganar sensibilidad sacrificando selectividad, por lo tanto estos módulos son generalmente sensibles, pero son poco selectivos, teniendo un ancho de banda bastante amplio (1MHz es común), haciendo que la sintonía no sea demasiado crítica. Estos mismos detalles de diseño hacen que la presencia de grandes capacidades hacia el plano de tierra (cuerpos metálicos, blindajes, la mano del usuario, la antena), puedan ocasionar corrimientos de la frecuencia de sintonía. Esto puede compensarse, para situaciones particulares, operando sobre la bobina ajustable que el módulo trae. Otra característica a tener en cuenta es que los receptores súper-regenerativos tienen un ancho de banda que cambia de acuerdo a la intensidad de la excitación, presentando mayor ancho de banda a señales fuertes, por lo que un transmisor de frecuencia relativamente cercana a una corta distancia puede interferir, y por supuesto ser sintonizado si no hay nada que lo enmascare.

Por último, por detalles de diseño de los receptores súper-regenerativos, el "oscilador local" es forzado a funcionar de forma pulsante, y esto puede ocasionar patrones de emisión no deseados (EMI/EMC).

EMI: interferencia electromagnética; presencia de voltajes o corrientes no deseados que pueden aparecer en un equipo o en sus circuitos, como resultado de la operación de otro aparato eléctrico, o por fenómenos naturales.

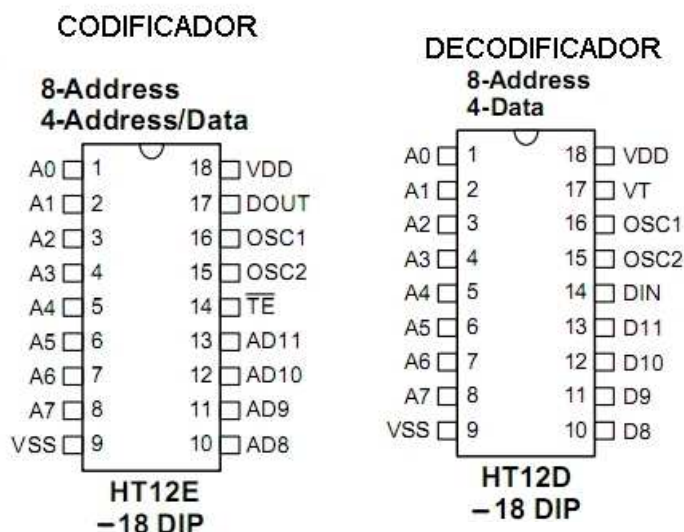
EMC: Compatibilidad Electromagnética. Es la habilidad de los equipos y sistemas para funcionar correctamente sin degradación o mal funcionamiento en el ambiente electromagnético, para el cual están diseñados. Además, el equipo o sistema no debería afectar la operación de cualquier otro equipo o sistema, ni a su vez ser negativamente afectado por estos.

Terminada la breve introducción, se procederá a estudiar como utilizar estos módulos de RF.

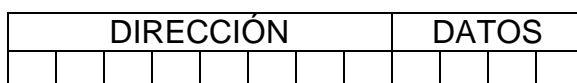
FUNCIONAMIENTO DE LOS MÓDULOS DE RF

Los módulos se deben utilizar (es conveniente) con algún codificador del lado del transmisor y un decodificador del lado del receptor. De este modo se asegura que las órdenes que deseamos que se ejecuten del lado del receptor lleguen adecuadamente y sin errores, mientras estemos dentro del alcance del enlace RF creado.

Los codificadores y decodificadores recomendados son los utilizados para control remoto en sistemas de seguridad, **HT12E** (codificador) y **HT12D** (decodificador), respectivamente.



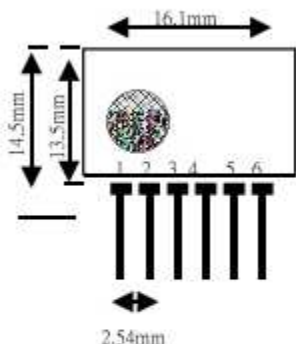
Este juego de integrados codifica y decodifica una palabra de 12 bits, compuesta por una dirección de 8 bits y una sección de datos de 4 bits. Con esta cantidad de bits se pueden comandar **256 dispositivos diferentes**, enviándoles hasta 16 comandos distintos a cada uno.



O sea la DIRECCIÓN me identifica el dispositivo al que le vamos a enviar el DATO.

Presentemos un modulo transmisor: (Recuerde que hay distintos modelos)

TWS- 434 TRANSMITTER



- pin 1 : Vcc
- pin 2 : Vcc
- pin 3 : Gnd
- pin 4 : Gnd
- pin 5 : RF Output
- pin 6 : Code Input

Frequency 300 433,92 MHz Band

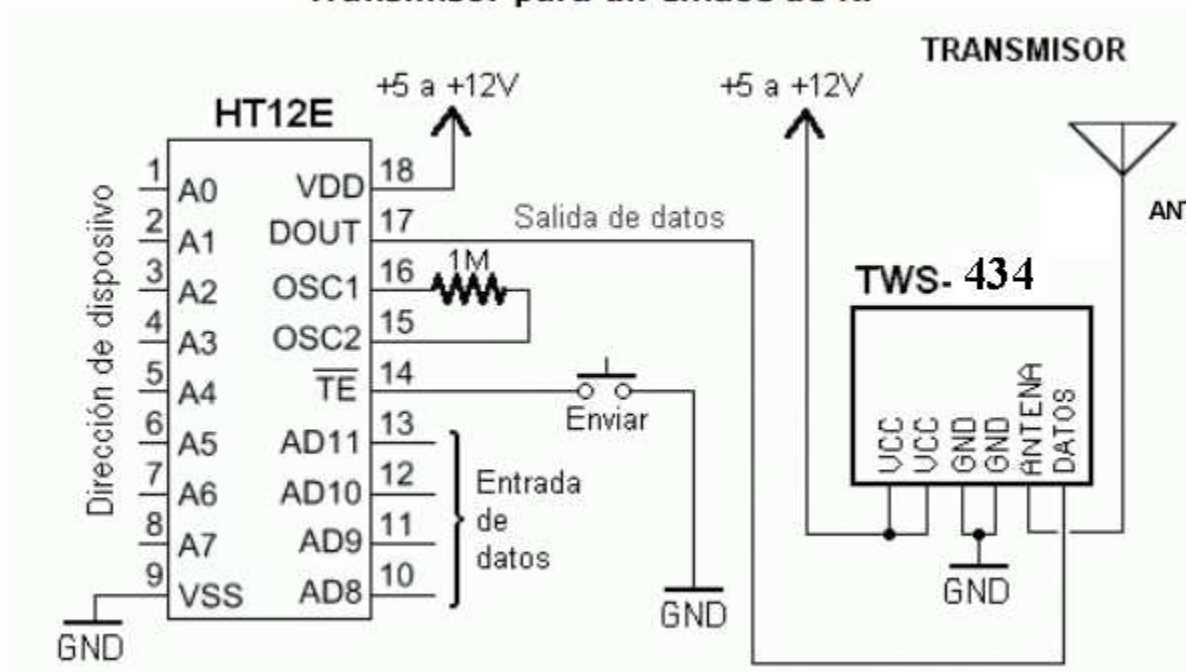
Supply Voltage : 1.5v - 15 v dc
RF Output Power : 8mW

El TWS-315 tiene una potencia de salida de hasta 8mW a 433.92MHz, alcanzando distancias de aproximadamente 140 metros en espacios abiertos y de 60 metros en espacios internos donde se tengan obstáculos.



El siguiente circuito muestra como conectar el modulo trasmisor al codificador:

Transmisor para un enlace de RF



La figura anterior muestra un módulo transmisor usando el codificador HT-12E de Holtek. Este es un integrado que se utiliza en controles remotos con comandos de 4 bits y tiene 8 bits de direcciones.

Cuando se mantiene en estado bajo el pin **TE** (Transmission Enable = Habilitación de la transmisión), el codificador HT12E transmite constantemente, repitiendo el código una y otra vez. En estas condiciones, si se modifica el valor de las entradas de datos se observa que el valor va cambiando en el receptor.

El circuito transmisor permite el uso de una tensión de alimentación entre 5V y 12V. Esto habilita para la utilización de un amplio rango de baterías.

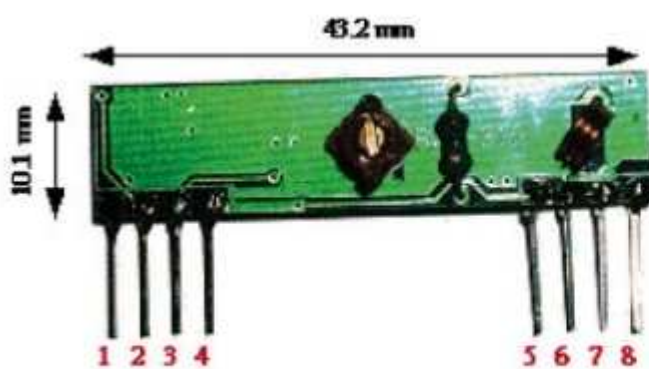
Presentamos ahora un módulo receptor: (Recuerde que hay distintos modelos)

Receiver Module : RWS- 434 (433.92 MHZ)

- *Frequency Range: 433.92 MHZ
- *Modulate Mode: ASK
- *Circuit Shape: LC
- *Data Rate: 4800 bps
- *Selectivity: -106 dB
- *Channel Spacing: 1MHZ
- *Supply Voltage: 5V
- * High Sensitivity Passive Design.
- *Simple To Apply with Low External Count.



El RWS-315 es un módulo receptor que opera 433.92MHz, y tiene una sensibilidad de 3uV. Opera con una alimentación entre 4.5 y 5.5 Volts-DC y tiene tanto salida lineal como digital, además contiene un capacitor variable para el ajuste de la frecuencia de recepción utilizando un destornillador plástico.

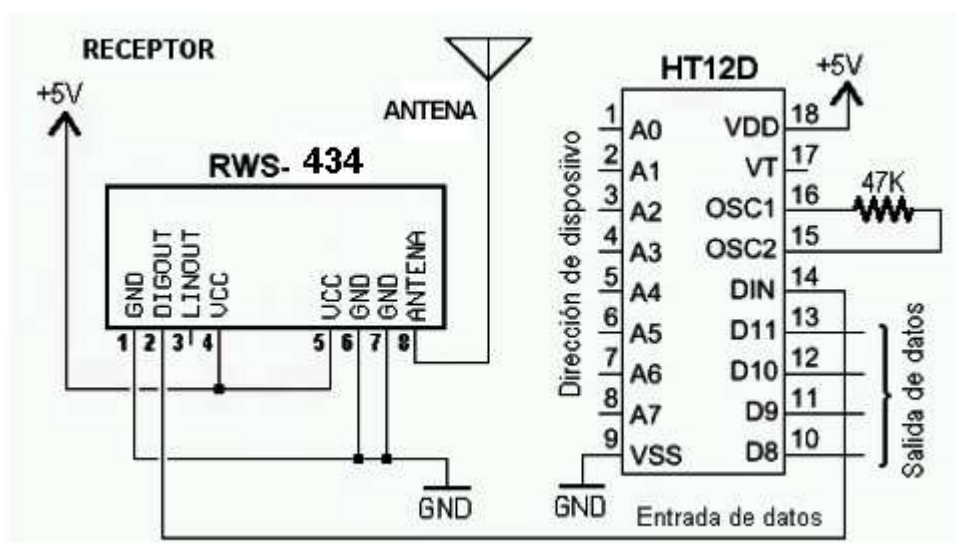


- pin 1 : Gnd
- pin 2 : Digital Output
- pin 3 : Linear Output
- pin 4 : Vcc
- pin 5 : Vcc
- pin 6 : Gnd
- pin 7 : Gnd
- pin 8 : ANT (About 30 - 35 cm)

Modulation : AM
Supply Voltage : 5v dc

Dado que en el módulo transmisor se ha usado un codificador HT12E, en el receptor se ha de usar el decodificador HT12D.

La siguiente figura muestra como se conecta el módulo receptor al decodificador mencionado.



IMPORTANTE: En el integrado decodificador HT12D, la señal VT significa Valid Transmission

(Transmisión Válida), es decir, cada vez que esta señal va a un nivel alto es porque el código presente en la salida de datos es un dato válido para el dispositivo receptor, recordemos que el dispositivo a comandar está identificado por una dirección que incluida en la palabra de 12 bit que viene desde el transmisor.

| DIRECCIÓN | | | | | | DATOS | | | | | |
|-----------|--|--|--|--|--|-------|--|--|--|--|--|
| | | | | | | | | | | | |

No se debería usar las salidas de datos, solamente, para actuar sobre el dispositivo que deseamos comandar, se deben usar junto con la señal VT en alto. De este modo solo se estará tomando un comando (DATOS) como válido cuando el pin VT se encuentre en estado alto y cuando en el decodificador estemos apuntando a la dirección del dispositivo. Esta sería la manera correcta de trabajar. Por supuesto que el diseñador es el que decide.

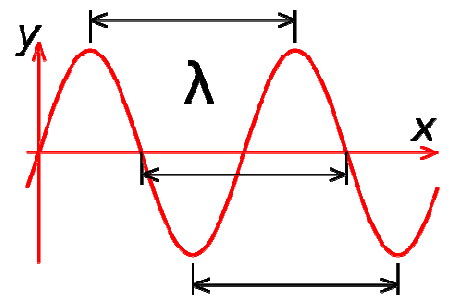
La antena del transmisor y del receptor

La antena puede ser de tipo *látigo* y por tanto debe medir un cuarto de la longitud de onda ($\lambda / 4$) de la onda portadora.

λ = longitud de onda

La letra griega λ (lambda) se utiliza para representar la longitud de onda

La longitud de una onda es el período espacial de la misma, es decir, la distancia a la que se repite la forma de la onda.



La **frecuencia** de la portadora para nosotros es **433.92MHz** que es la frecuencia a la que opera el módulo transmisor.

Las ondas electromagnéticas se propagan a una velocidad que en el vacío es:

$$C = 300.000 \text{ Km/seg.}$$

Podemos asumir que esa también es la velocidad a la que se propagan en el aire.

La fórmula que relaciona longitud de onda, frecuencia, y velocidad de propagación es:

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

Podemos calcular la longitud de onda y luego la longitud de la antena:

$$\lambda = \frac{300.000.000 \text{ m/s}}{433.920.000\text{Hz}} = 0,69 \text{ m} \quad \longrightarrow \quad \lambda / 4 = 17\text{cm} \text{ Longitud de la antena}$$

Por lo tanto podemos usar como antena un cable de 17 cm. de largo tanto para el transmisor como para el receptor. El usuario podría eventualmente experimentar con variaciones alrededor de esta longitud

Para máxima eficiencia se recomienda utilizar antenas del tipo látigo de 1/4 de onda como la mostrada en la figura la cual está diseñada para 433 Mhz tiene 6.5 pulgadas de longitud (16,5 cm) y se debe conectar a un cable coaxial de 50 Ohms, inclusive soporta la intemperie.

En equipos pequeños puede utilizarse antenas del tipo helicoidal con núcleo de aire. Este tipo de antena está diseñada para montarse en circuitos impresos, tiene 3/8 de pulgada de diámetro y 1.5 pulgadas de longitud, pero es menos eficiente que el caso anterior. Un extremo va al transmisor y el otro se deja libre.



CONTINUARÁ