

## Control de arranque y paro de motores eléctricos con circuito de radiofrecuencia

PÉREZ, Manuel†\*, TENORIO, Fermín, RODRÍGUEZ, José Donato y AVELINO, Roberto

*Universidad Tecnológica de Tecamachalco*

Recibido Diciembre 10, 2015; Aceptado Mayo 10, 2016

### Resumen

Este proyecto surgió del problema de controlar motores de forma remota, donde el cableado e instalación son muy costosos, además del espacio que ocupan y la maniobrabilidad para el operador. El proyecto consiste en el desarrollo de un prototipo de un control inalámbrico eléctrico-electrónico para grupos de motores de baja y alta potencia, el cual está basado en un circuito transmisor de radiofrecuencias, con el cual se envía las señales de paro y arranque a los motores. El circuito electrónico consiste en dos partes: el transmisor y el receptor. El alcance de la señal es de hasta 100 metros, excelente para el control remoto de motores que se encuentran operando en zonas de difícil acceso o peligrosas, de esta manera aseguramos la integridad del operador en todo momento.

**Radiofrecuencia, Motores eléctricos, Potencia, Transmisor, Receptor**

### Abstract

This project arose from the problem of remotely control motors where the cabling and installation are very expensive, in addition to the space they occupy and maneuverability to the operator. The project involves the development of a prototype of an electric-electronic wireless control for groups of low and high power engines, which is based on a transmitter circuit radio frequencies with which the stop signals are sent and boot the engines. The electronic circuit consists of two parts: the transmitter and receiver. The signal range is up to 100 meters, excellent for remote control of motors that are operating in areas of difficult access or dangerous, so we ensure the integrity of the operator at all times.

**Radiofrequency, Electric motors, Power, Transmitter, Receiver**

**Citación:** PÉREZ, Manuel, TENORIO, Fermín, RODRÍGUEZ, José Donato y AVELINO, Roberto. Control de arranque y paro de motores eléctricos con circuito de radiofrecuencia. Revista de Aplicaciones de la Ingeniería. 2016. 3-7: 1-7.

\* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: [mantenimiento-utt@outlook.es](mailto:mantenimiento-utt@outlook.es))

† Investigador contribuyendo como primer autor.

**Introducción**

Las bases prácticas para la aparición de la radio se establecen en 1888 cuando H. Hertz demuestra experimentalmente la propagación de las ondas electromagnéticas, fenómeno que predice la Teoría Electromagnética de Maxwell más de veinte años antes, en 1864. La detección de las ondas hertzianas permite transmitir información utilizando un código (por ejemplo, el morse) sin necesidad de enlazar mediante conductores la fuente de información, el transmisor, y el destinatario de la misma, el receptor. Los primeros experimentos de transmisión por radio se atribuyen a Marconi hacia finales del siglo XIX, aunque se han reportado otros experimentos realizados casi simultáneamente por Tesla y Popov.

En particular, Marconi demostró en 1895 la viabilidad de una comunicación telegráfica móvil entre un transmisor y un receptor separados por grandes distancias, permitiendo que la transmisión de las señales telegráficas no fuera prerrogativa de usuarios de equipos inmovilizados por alambres y sentando las bases de las comunicaciones móviles modernas. Es interesante el hecho de que estas primeras transmisiones fueran digitales y que quedaran relegadas a un segundo plano ante la aparición de las comunicaciones de voz mediante técnicas de radio.

El desarrollo de los sistemas de Radiocomunicaciones se centró en el perfeccionamiento de los transmisores y los receptores, y fundamentalmente buscó aumentar la eficiencia, tanto en la emisión de potencia como en la ocupación del espacio radioeléctrico.

La elaboración del proyecto surgió de la necesidad de crear un control a distancia para motores, con lo cual se pretendió que los motores cumplan con condiciones básicas como el arranque y el paro.

Para conseguir este objetivo, se elaboró un circuito electrónico considerando las condiciones mencionadas. Un aspecto importante de la investigación fue proporcionar una cobertura moderna e integral en el campo del control industrial por radio frecuencia, puesto que las ondas de radio son fáciles de generar y pueden viajar distancias largas y penetrar edificios sin problemas, de modo que se utilizan mucho en la comunicación, tanto de interiores como de exteriores.

**Objetivo del Proyecto**

General. Eliminar el tiempo en energizar los motores eléctricos mediante un circuito electrónico de radio frecuencia, el cual emitirá una señal que será recibida por un circuito receptor que energizara el motor eléctrico de forma remota.

Particulares:

Reducir el tiempo de espera al energizar los equipos eléctricos

Garantizar la seguridad del personal al operar equipo en zonas peligrosas o de difícil acceso.

**Resumen de descripción****Canales de radio**

Se puede definir el canal como el enlace entre dos puntos de un trayecto de comunicaciones. El canal de radio, por lo general, es lineal y recíproco (permite estudiar el canal en una sola dirección).

**El canal de propagación**

El medio físico que soporta la propagación de la onda electromagnética entre la antena transmisora y la receptora constituye el canal de propagación.

El canal se asume lineal y recíproco, pero puede variar en el tiempo, como en el caso de las comunicaciones móviles.

### El canal de radio

El canal de radio está constituido por la antena transmisora, el canal de propagación y la antena receptora. Las antenas tienen el mismo patrón de radiación en transmisión y en recepción si son lineales, bilaterales y pasivas, lo cual hace que el canal de radio sea recíproco al serlo las antenas.

### El canal de modulación

Se extiende desde la salida del modulador hasta la entrada del demodulador, y comprende las etapas finales del transmisor, el canal de radio y las etapas de entrada del receptor.

Su caracterización es importante a la hora de evaluar los diferentes esquemas de modulación. La linealidad del canal de modulación está determinada por los front-ends del transmisor y del receptor. Los sistemas que emplean modulaciones con multiniveles de amplitud, como la QAM, requieren canales de modulación lineales: amplificadores lineales, mezcladores de baja distorsión y filtros con fase lineal (Bessel o Gauss).

Esto genera dos problemas: amplificadores más caros y menos eficientes en cuanto a la potencia, lo cual es de importancia capital en un entorno de comunicaciones móviles donde es imprescindible la reducción de las dimensiones y el consumo de la batería del terminal portátil. El canal de modulación no es recíproco al no serlo los front-ends.

### El canal digital

Incluye todos los subsistemas que enlazan la secuencia digital sin modular del transmisor, con la secuencia regenerada en el receptor.

En general, este canal no es lineal, no es recíproco y varía en el tiempo.

### Bandas de frecuencia

La división del espectro radioeléctrico en bandas ha sido un tanto variable, pero es comúnmente aceptada la que se muestra en la Figura 1. En esta figura se muestra la designación de cada banda y los servicios típicos que tienen asignados.

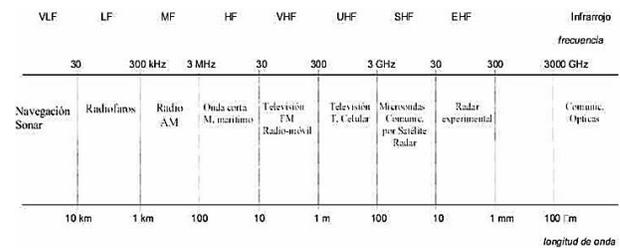


Figura 1 Espectro radioeléctrico

Una banda de frecuencias que reviste un interés especial para la comunicación por radio es la compuesta por las frecuencias de microondas, las cuales cubren el rango de 500 MHz a 40 GHz y superiores.

Esta banda ha sido dividida a su vez en varias bandas denominadas por letras desde los años cuarenta. La designación de las bandas de microondas aparece en la Tabla 1.

Frecuencias típicas		Designación de las bandas	
Radiodifusión AM	535-1605 kHz	Banda-L	1-2 GHz
Radio onda corta	3-30 MHz	Banda-S	2-4 GHz
Radiodifusión FM	88-108 MHz	Banda-C	4-8 GHz
TV VHF (2-4)	54-72 MHz	Banda-X	8-12 GHz
TV VHF (5-6)	77-88 MHz	Banda-Ku	12-18 GHz
TV UHF (7-13)	174-216 MHz	Banda-K	18-26 GHz
TV UHF (14-83)	470-809 MHz	Banda-Ka	26-40 GHz
Telefonía móvil GSM, DECT	900, 1800 MHz	Banda-U	40-60 GHz
Hornos Microondas (ISM)	2,45 GHz	Banda-V	60-80 GHz
LDMS	26-28 GHz	Banda-W	80-100 GHz

Tabla 1 Espectro utilizado por diferentes servicios y designación de las bandas de microondas

La radiocomunicación está presente en la vida actual a través de la radio, tanto AM como FM, y la televisión, en forma de llamada telefónica, aunque el usuario no siempre sea consciente de que su interlocutor está a centenares o miles de kilómetros y que su voz pasa por radioenlaces, estaciones terrenas y transpondedores a bordo de satélites, o quizás está moviéndose libremente por la calle de una ciudad de cualquier país del mundo.

El desarrollo de la tecnología de radio ha derivado también en sistemas RADAR (Radio Detection And Ranging) para la detección, localización y seguimiento de blancos alejados, tanto marinos como aéreos y terrestres, principalmente con fines militares pero también ayudando al tráfico aéreo civil, al guiado de naves espaciales, a determinar la situación meteorológica, etc. Igualmente son importantes las técnicas de radiodeterminación y radiolocalización. Todo esto hace de la Radiocomunicación una disciplina de plena actualidad, con numerosos retos científicos y tecnológicos, con importantes aplicaciones en servicios de demanda actual y que, por tanto, requiere de personal altamente calificado para su investigación, desarrollo, realización práctica y comercialización.

### **Circuito eléctrico**

Un circuito eléctrico es un arreglo que permite el flujo de corriente eléctrica bajo la influencia de un voltaje. Un circuito eléctrico típicamente está compuesto por conductores y cables conectados a ciertos elementos de circuito como aparatos (que aprovechan el flujo) y resistencias (que lo regulan).

### **Funcionamiento de un circuito eléctrico**

Para que exista un circuito eléctrico, la fuente de electricidad debe tener dos terminales: una terminal con carga positiva y una terminal con negativa.

Si se conecta el polo positivo de una fuente eléctrica al polo negativo, se crea un circuito. Entonces la carga se convierte en energía eléctrica cuando los polos se conectan, permitiendo el flujo continuo de energía cinética.

Los electrones siempre se desplazarán por medio de energía cinética de cuerpos con carga negativa hacia cuerpos con carga positiva con cierto voltaje a través de un vínculo o un puente entre ambas terminales que usualmente llamamos "circuito". El nombre "positivo" o "negativo" únicamente sirve para indicar el sentido de las cargas.

Dentro del circuito se puede conectar un motor que aproveche la energía cinética de los electrones para convertirlo en trabajo, al crear un campo magnético que interactúe con otras magnetos, creando movimiento.

### **Motores eléctricos**

Existen varios tipos de motores y continuamente se están desarrollando nuevos tipos de motores a medida que avanza la tecnología. Los elementos que componen a los motores eléctricos son:

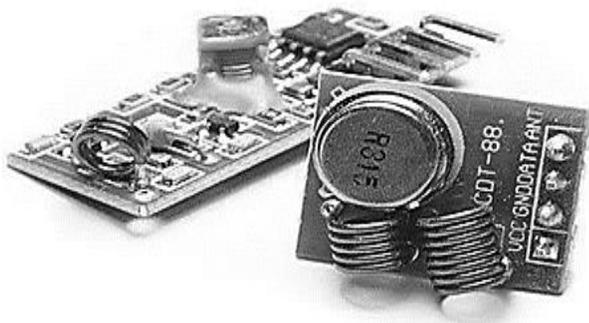
1. La carcasa o caja que envuelve las partes eléctricas del motor, es la parte externa.
2. El inductor, llamado estator cuando se trata de motores de corriente alterna, consta de un apilado de chapas magnéticas y sobre ellas está enrollado el bobinado estatórico, que es una parte fija y unida a la carcasa.
3. El inducido, llamado rotor cuando se trata de motores de corriente alterna, consta de un apilado de chapas magnéticas y sobre ellas está enrollado el bobinado rotórico, que constituye la parte móvil del motor y resulta ser la salida o eje del motor.

## Clasificación de los motores eléctricos

1. Motores de corriente alterna, se usan mucho en la industria, sobretodo, el motor trifásico asíncrono de jaula de ardilla.
2. Motores de corriente continua, suelen utilizarse cuando se necesita precisión en la velocidad, montacargas, locomoción, etc.
3. Motores universales. Son los que pueden funcionar con corriente alterna o continua, se usan mucho en electrodomésticos. Son los motores con colector.

## Desarrollo del proyecto

En este proyecto Utilizaremos los circuitos codificadores y decodificadores HT12E y HT12D y un par de módulos de radiofrecuencia de 433 Mhz. El sistema de control remoto nos permite controlar hasta 4 salidas digitales que podemos conectar a cualquier carga utilizando los circuitos de interfaz apropiados. Los módulos de RF utilizan un esquema de modulación OOK (ASK). Esto quiere decir que la señal portadora es encendida y apagada para representar los “unos” y “ceros” lógicos en el flujo de datos. Se trata de un sistema que puede aplicarse en multitud de situaciones por ejemplo este circuito lo utilizaremos para encendido y apagado de un motor eléctrico.

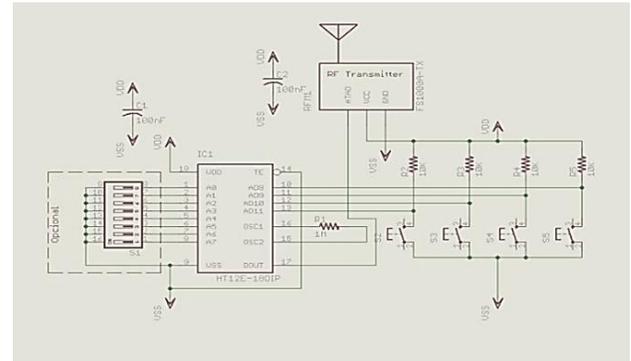


**Figura 2** Decodificador y receptor

Todos los componentes externos al módulo de RF son estándar y se consiguen con relativa facilidad.

## Diagrama esquemático circuito transmisor

A continuación se muestra el diagrama esquemático para el transmisor con el módulo de RF y el HT-12E



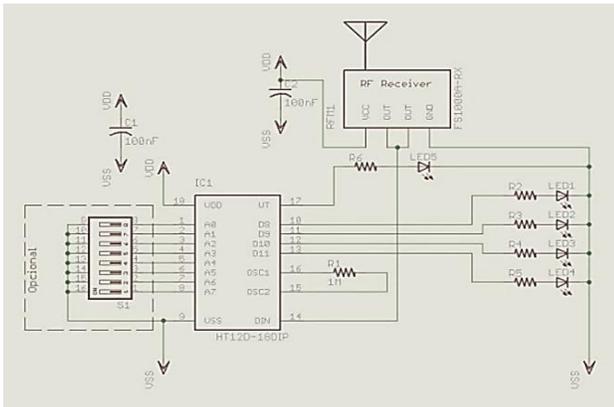
**Figura 3** Formato esquemático para el transmisor

El circuito transmisor requiere una fuente de alimentación que preferentemente debe ser de 5V (hasta 12V).

## Diagrama esquemático circuito receptor.

El módulo receptor presentará en el pin de salida una señal digital muy similar a la que entró en el módulo transmisor.

Es responsabilidad del circuito que recibe esta señal digital verificar la integridad de la transmisión y decidir que se debe hacer. El circuito HT12D está encargado de esta tarea. El circuito lee los datos seriales y cambia el estado de sus salidas según el patrón recibido.



**Figura 4** Circuito de recepción de señal del emisor

### Diagrama eléctrico para la conexión del circuito de radio frecuencia

Es el circuito eléctrico para un paro y arranque de un motor

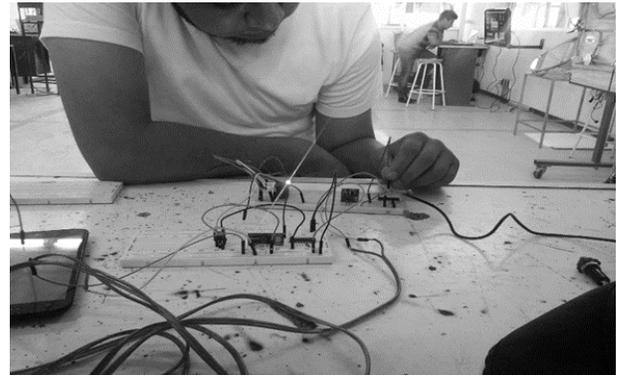
#### Lista de Materiales

- 2 Protoboards.
- 2 Fuentes de alimentación de 5 volts.
- 1 Boton "Pushbutton".
- 1 Kit Transmisor/Receptor ASK 433 Mhz o 315 Mhz.
- 1 Circuito Integrado HT12E.
- 1 Circuito Integrado HT12D.
- 2 Capacitores cerámicos de 100 nF.
- 2 Resistencias de 330 Ohms 1/4W.
- 2 Resistencias de 10 KOHms 1/4W.
- 1 Resistencia 1 MOhm 1/4W.
- 1 Resistencia 47 KOHms 1/4W.
- 2 Diodos Led.

### Levantamiento de datos

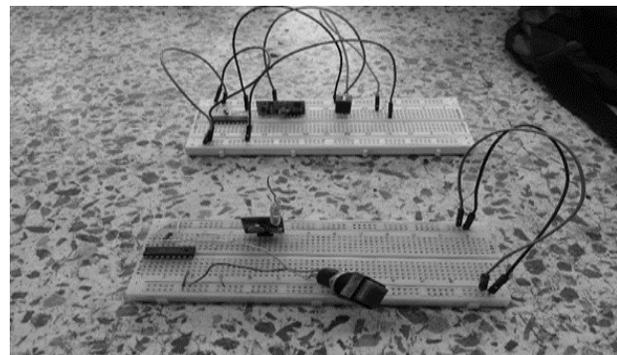
A continuación se muestra la forma de cómo se llevó a cabo la realización del circuito de radiofrecuencia para el control de motores, en la cual podemos observar claramente el beneficio que se obtendrá en la empresa con la implementación del nuevo circuito.

Las diferentes pruebas que se realizaron para poder emitir la señal y esta sea recibida por el receptor que es el motor en esa se mira un led que está asemejando como si fuera el motor que nos indica que está recibiendo la señal.



**Figura 5** Pruebas del prototipo

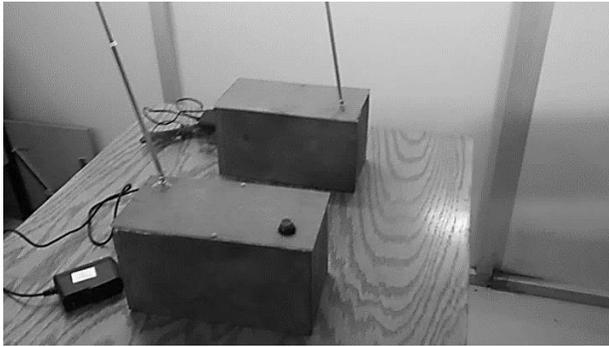
Se realizaron pruebas para comprobar el funcionamiento del circuito, las cuales fueron concluidas con éxito.



**Figura 6** Ensamble de los elementos

### Conclusiones

Se realizó el proyecto de radio frecuencia satisfactoriamente, cumpliéndose el objetivo primordial de reducir los tiempos de espera en los encendidos de los motores eléctricos.



**Figura 7** Prototipo terminado

Se realizaron una serie de pruebas para probar la confiabilidad del prototipo, con resultados satisfactorios. En consecuencia, se está iniciando el proceso de registro de patente de este prototipo.

### Referencias

Carlos Crespo Cadenas (2008). *Radiocomunicación*. 1ra edición, Editorial Prentice Hall. Madrid.

Gustavo Gili (1988). *Introducción a la Electrónica con el circuito integrado como elemento base*. 4ª edición, Editorial Gustavo Gili. Barcelona.

Joseph J. Carr. *RF Components and Circuits*. 1ª edición.

R.F. Graf (1999). *Circuitos Amplificadores*. 1ª edición, Editorial Paraninfo.

Robert F. Coughlin, Frederick F. Driscoll (1993). *Introducción a los circuitos integrados*. 1ª edición, Editorial Prentice Hall Hispanoamericana.

Schneider, H. (2003). *400 Nuevos esquemas para radiofrecuencia*. 2ª edición, Editorial Marcombo, S.A.