

Control inalámbrico eléctrico para un grupo de motores de baja y alta potencia

Moisés Guerra*

Resumen:

En este artículo se hace énfasis en el diseño y la implementación de un control inalámbrico para regular las revoluciones por minuto (RPM) de un grupo de motores de alta y baja potencia desarrollado por estudiantes de Ingeniería Eléctrica. El control inalámbrico fue diseñado tomando en cuenta la accesibilidad económica, el alcance y la aplicación en cualquier industria mundial. La ventaja del diseño fue la transmisión y recepción a 434 MHz, que es la banda autorizada por la entidad reguladora (SIGET) para no interferir bandas comerciales.

1. Introducción

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, el paro y el cambio de giro. Por ello lo cual se elaborará un circuito electrónico y eléctrico de potencia, 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. Otro detalle importante es que las ondas de radio también son omnidireccionales (viajan en todas las direcciones desde la fuente), por lo cual el transmisor y el receptor no tienen que alinearse físicamente. Este fue el principio en el que se basó el control para el grupo de motores.

El diagrama de bloque correspondiente se muestra a continuación, en la figura 1

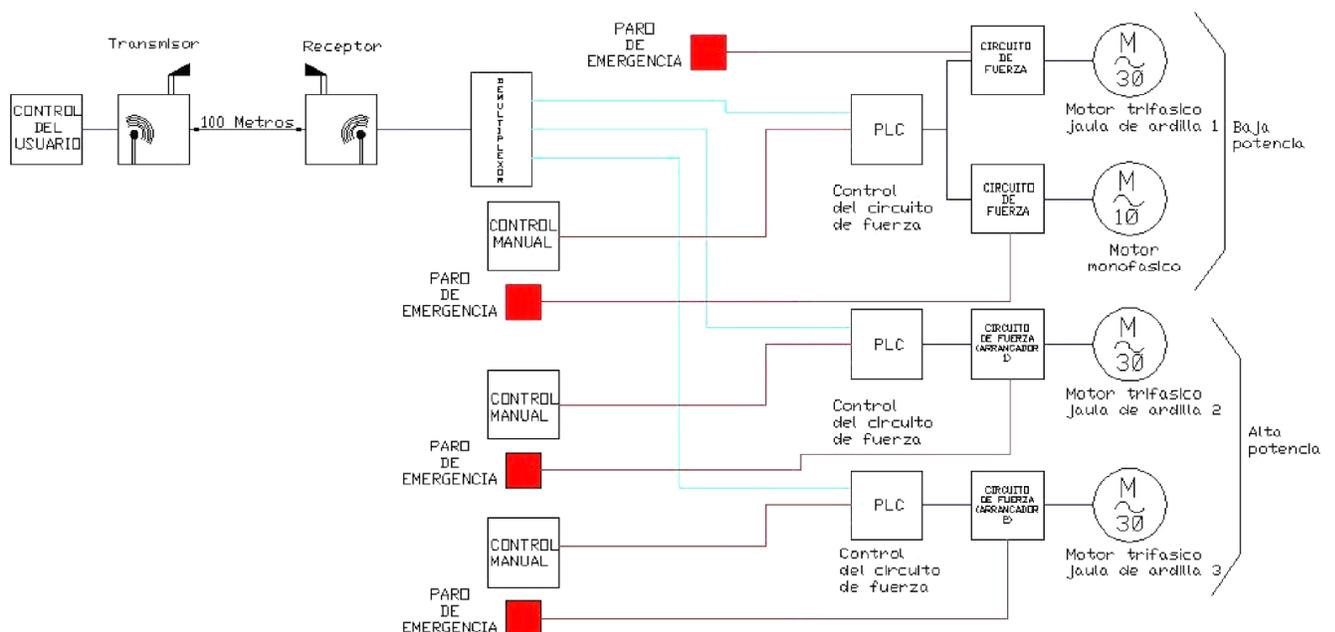


Figura 1. Diagrama de bloques del prototipo.

* El autor es Ingeniero Electricista, Director de la Escuela de Ingeniería Eléctrica, de la Facultad de Ingeniería, Universidad Don Bosco moises.guerra@udb.edu.sv

2. Diseño Experimental

El proyecto consistió en el desarrollo de un prototipo de un control inalámbrico eléctrico-electrónico para dos grupos de motores de baja y alta potencia, el cual fue

basado en un circuito transmisor de radio frecuencias con el cual se envía las señales de paro, arranque y cambio de giro para cada uno de los motores (ver figura 2, 3, y 4).

A continuación se muestra el diagrama del circuito transmisor diseñado.

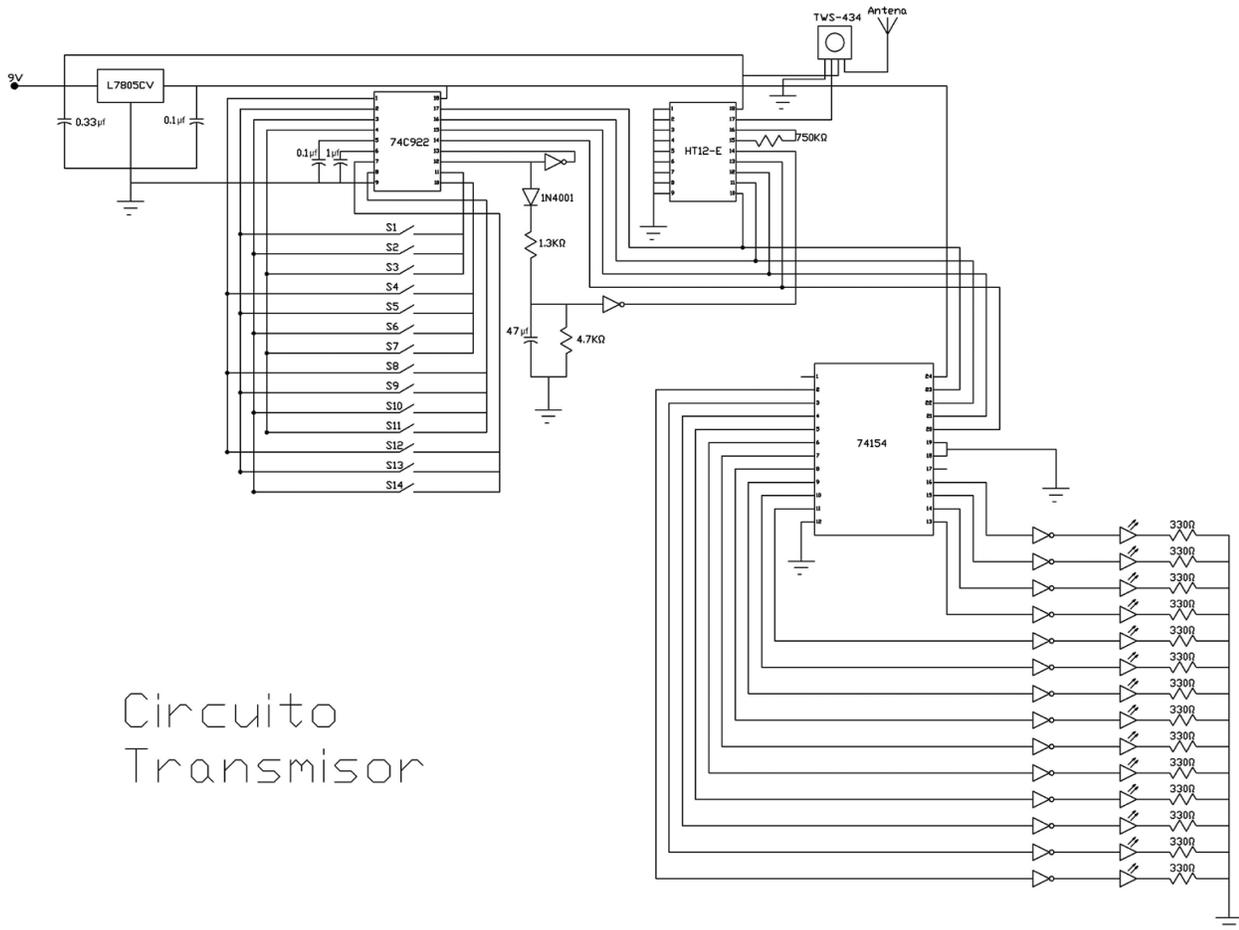


Figura 1. Circuito eléctrico de transmisor. Esta etapa es la encargada de capturar la información proveniente del usuario, codificarla y transmitirla, logrando de esta manera el envío de señales de mando para los diferentes arranques de motores a control remoto.



Figura 2. Circuito transmisor con circuitería Interna

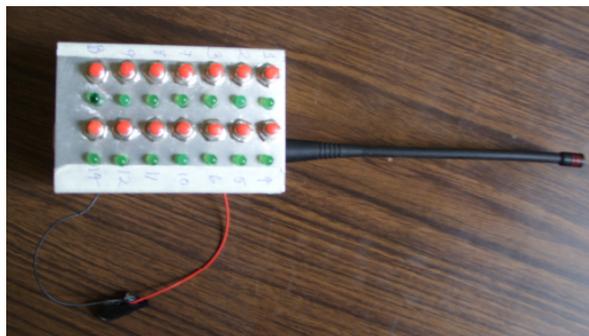


Figura 2. Vista de circuito transmisor

Los PLC tienen en su memoria un programa que controla un circuito eléctrico de fuerza, constituido básicamente por contactores que dan paso de energía a los devanados de los diferentes motores (ver figura 7).

El funcionamiento de los motores se diseñó para que sean simultáneos, es decir que cada motor funcionará en forma independiente de los demás.

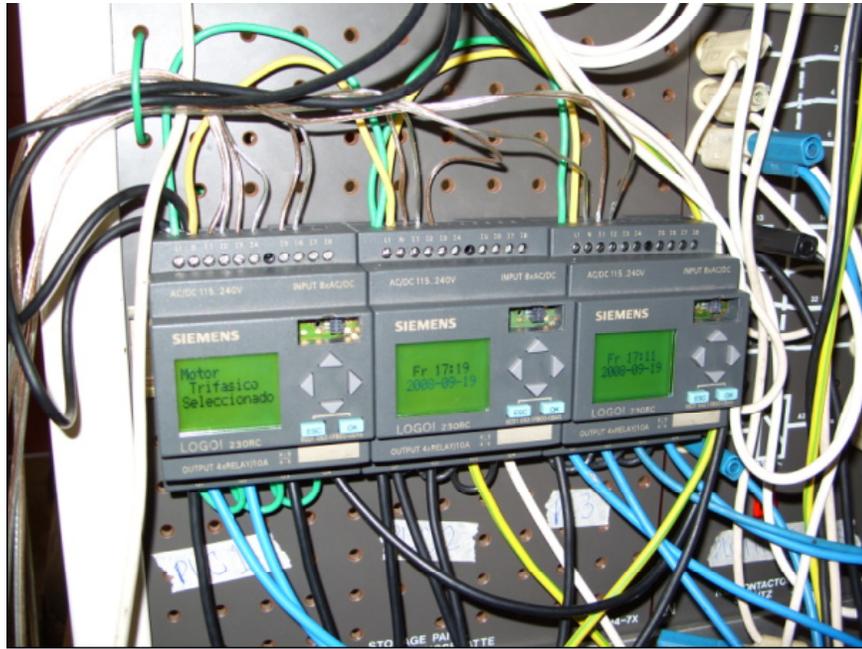


Figura 7. Fotografía de la disposición de los PLC's en la implementación realizada en la Universidad Don Bosco.

Al diseño se añadieron sistemas de protección y emergencia para el control manual de los motores, evitando posibles daños y haciendo posible su detección ante situaciones riesgos. El sistema de protección se implementó tanto para el control inalámbrico como para el control manual evitando con esto que se cambie de dirección cualquier motor cuando éste ya esté funcionando para un determinado sentido de giro; además tiene un retardo adecuado para que el motor se detenga completamente y así poder realizar una nueva acción, ya sea cambiar el sentido de giro o seguir con el mismo sentido, si ya estuviese girando en un determinado sentido.

A su vez en el diseño se consideró la existencia de un control manual, además del inalámbrico, ya que se previó que en una determinada situación puede fallar alguna parte del diseño (como el transmisor, el receptor o bien puede que la batería se descargue, se arruine o surja cualquier otro problema por falta de mantenimiento o alguna contingencia común dentro de los procesos de las industria), y debido a esto los motores no tendrían ninguna forma de control; por esta razón el control se localizó en los mismos botones del relé programable, con lo cual se puede controlar cualquier motor conectado a éste; y si todo esto falla hay un sistema de emergencia

que consiste en pulsadores de apagado de emergencia, que hace que se desconecte inmediatamente cualquier motor. Así mismo el sistema de protección, como el sistema de emergencia, están situados en el mismo PLC y en la entrada de estos respectivamente.

La etapa de fuerza está constituida por dos partes, una para baja potencia y otra para alta potencia. En la investigación se considera alta potencia a motores entre 1 a 10 HP, que son motores que necesitan un sistema de arrancador, debido a la alta corriente de arranque que éstos pueden demandar en los primeros instantes de encendido.

Los motores de baja potencia no necesitan tener un sistema especial para arrancar, por lo cual su alimentación puede tomarse directamente desde las líneas de alimentación. Es por tal motivo que el arranque de éste sólo estará conformado por contactores que interrumpen el paso de energía al motor.

Los motores de alta potencia necesitan tener un sistema especial de arranque. Para este caso se seleccionaron dos tipos de arranques: el arranque por resistencias estáticas y el arranque por conmutación estrella-delta.

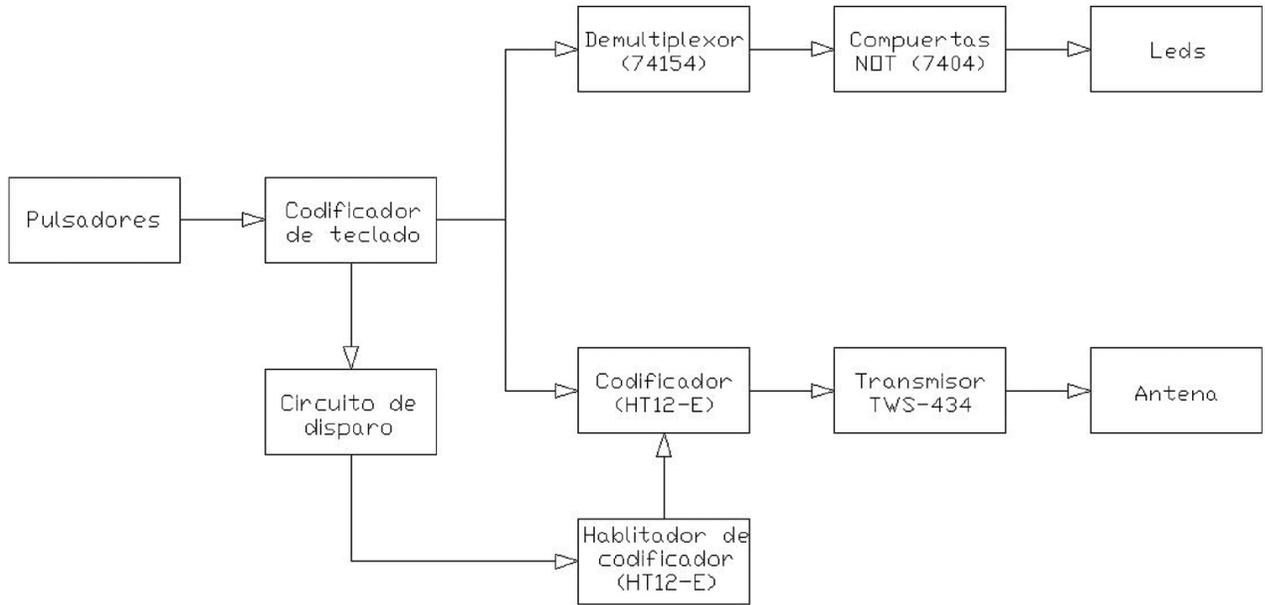


Figura 8. Diagramas de bloques que detalla el control inalámbrico para el transmisor y el receptor.

El control inalámbrico se encuentra conformado por una serie de 14 pulsadores conectados al codificador de teclado, de los cuales 12 sirven para controlar los diferentes motores y 2 están como reserva previendo algún fallo de los 12 pulsadores o bien como una posibilidad de agregar más funciones o motores (ver figura 8). Estos pulsadores unen ciertos pines del codificador de teclado con lo cual se logra que en la salida de este codificador se obtenga un determinado código binario, y cabe decir que el código binario dependerá de la unión de los pines del codificador. Al hacer la combinación de pines no sólo se logra un código binario sino que también este codificador nos da una señal de habilitación para el mismo codificador de teclado, el

cual a la vez se aprovecha para introducirla en nuestro circuito de disparo.

El circuito de disparo consiste en dos resistencias, un capacitor y un diodo, con lo cual se logra que el codificador HT12-E solamente envíe datos al presionar un pulsador, evitando que el circuito esté gastando energía inútilmente y disminuyendo la vida de la batería que lo alimenta.

Para el receptor se tiene el siguiente diagrama de bloques, el cual muestra su forma de funcionar y de las partes que lo constituyen.

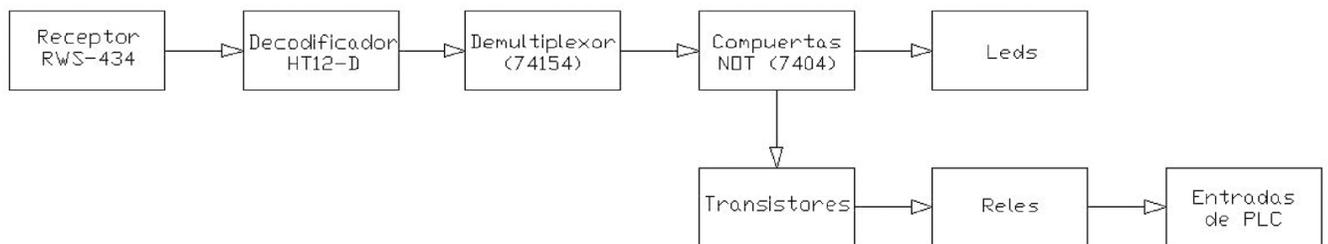


Figura 9. Diagrama de bloques que detalla el control inalámbrico para el receptor

El circuito receptor (RWS-434) al obtener la señal enviada por el transmisor direcciona la señal al decodificador HT12-D para que éste la convierta en el código binario que se envió en un principio en el transmisor (ver figura 9). Al obtener este código binario, que sirve para seleccionar una de las salidas del demultiplexor, pero que debido a que las salidas del demultiplexor son negadas, se necesita de compuertas NOT para obtener una señal con uno lógico, la cual sirve

para los led's que indican cuál fue la orden enviada por el transmisor y a la vez envía un voltaje a la base de un transistor para que éste conmute la bobina de un relé, el cual tiene en su contacto normalmente abierto una señal de AC que le sirve al PLC para que el programa de éste pueda funcionar y así controlar los motores, mediante su circuito de potencia.

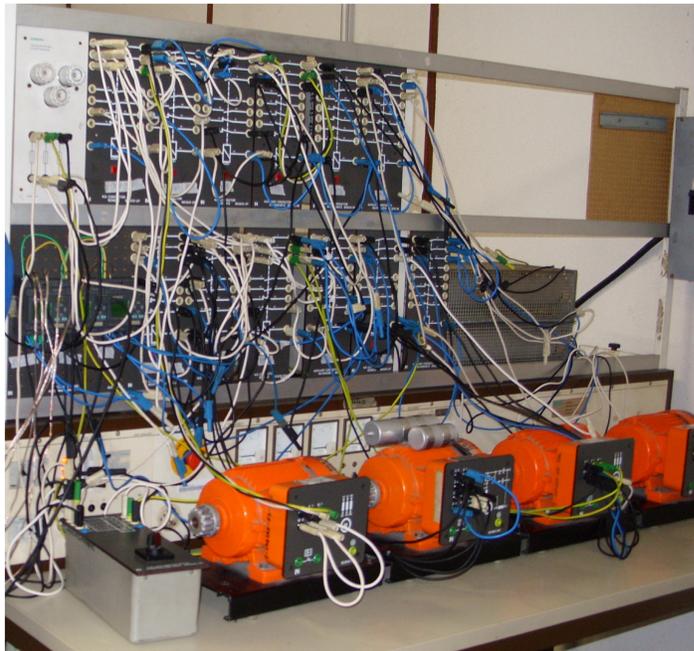


Figura 10. Fotografía de la implementación y experimentación desarrollada en la Universidad Don Bosco.

3. Análisis del diseño y evaluación de desempeño

El diseño surgió del problema de controlar motores de forma remota, es decir que el operador de los motores puede operar éstos desde un radio de 100 metros, y la forma con la cual se solucionó este problema fue desarrollando e implementando el diseño antes mencionado.

El circuito electrónico consistió en dos partes: el circuito transmisor y el circuito receptor.

3.1. Circuito transmisor

Este circuito consta de los siguientes dispositivos: 74c923, 74154, TWS-434, HT-12E, 7404, Led's, Pulsadores, Resistencias de 330Ω , Antena.

A continuación se explicará etapa por etapa cómo funciona el circuito transmisor, con lo cual se ha elaborado un diagrama de bloques (figura) para comprender de mejor manera el funcionamiento del transmisor.

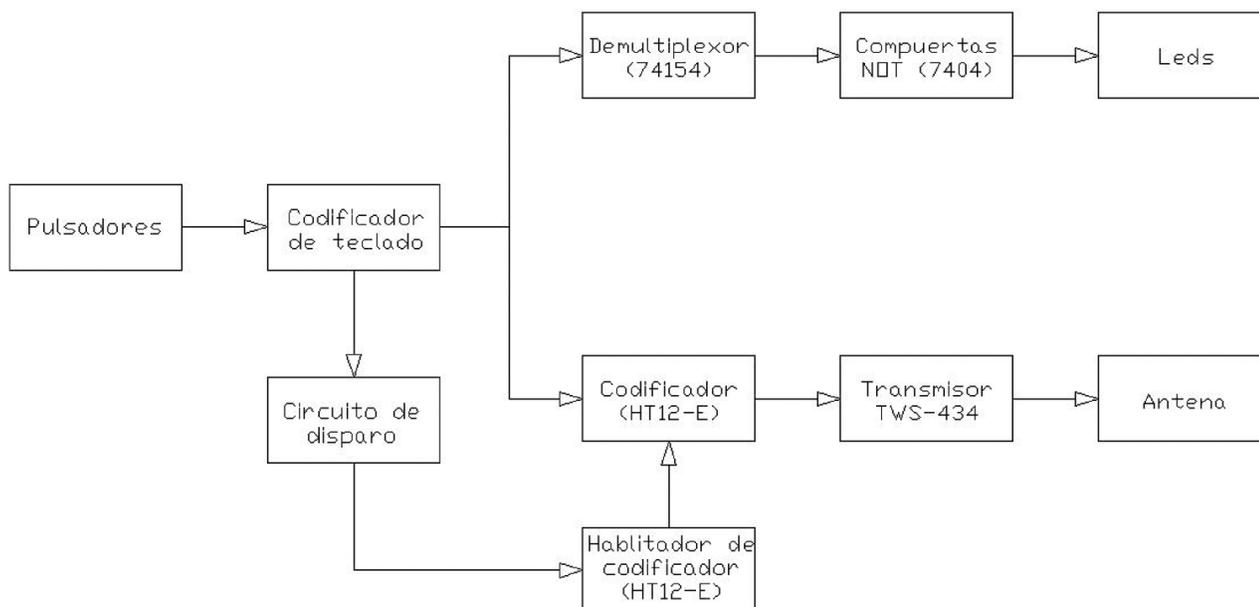


Figura 11. Diagrama de bloques del circuito transmisor

La explicación del diagrama de bloques debe entenderse de izquierda a derecha.

En primer lugar se encuentra una serie de 14 pulsadores conectados al codificador de teclado (74c922, para mayor información de este integrado puede remitirse a su hoja de especificaciones) de los cuales 12 sirven para controlar los diferentes motores y 2 están como reserva previendo algún fallo de los 12 pulsadores o bien como una posibilidad de agregar más funciones o motores. Estos pulsadores unen ciertos pines del codificador de teclado con lo cual se logra que en la salida de este codificador se obtenga un determinado código binario. Cabe decir que el código binario dependerá de la unión de los pines del codificador (para mayor detalle ver la hoja técnica).

Al hacer la combinación de pines no sólo se logra un código binario sino que también este codificador nos da una señal de habilitación para el mismo codificador de teclado, lo cual a la vez se aprovecha para introducir en el circuito de disparo, consistente en dos resistencias, un capacitor y un diodo, con lo cual se logra que el codificador HT12-E solamente envíe datos al presionar un pulsador, evitando que el circuito esté gastando energía inútilmente y aumentando la vida de la batería que lo alimenta.

Al obtener el código binario del codificador de teclado éste se utiliza de dos formas: la primera es a través de un esquema visual que identifica qué función se está enviando al receptor para que éste manipule un determinado motor que se requiera controlar; la segunda forma permite enviar el código binario y que el receptor lo interprete para así poder realizar una función o controlar un motor determinado.

El código binario que llega al demultiplexor (74154) hace que éste deshabilite una salida, obteniendo así un cero lógico, lo cual hace que se active una salida de la compuerta NOT

Datos prácticos tomados durante las pruebas del transmisor	
Datos tomados en estado de reposo	Datos tomados en funcionamiento
V=8.08V; I=65.05mA	V=8.04V; I=72.95mA

Tabla 1. Mediciones eléctricas del transmisor.

(7404) para que así se pueda visualizar por medio de un led la acción que estamos ejecutando con el pulsador.

Por otro lado el código binario recibido en el codificador HT12-E sirve para que éste se codifique y se envíe en una sola salida hacia el transmisor TWS-434.

El transmisor tuvo un desempeño que cumple con lo planteado en el diseño elaborado, el cual logró un alcance de transmisión de 100 mts., que era lo que se planteó desde un principio. En las pruebas realizadas se obtuvieron los siguientes datos:

La potencia disipada por el circuito en estado de reposo fue de 0.5256W y una potencia disipada en funcionamiento de 0.5865W.

3.2. Circuito receptor

El circuito receptor consta de los siguientes elementos: RWS 434, Antena, Demultiplexor (74154), Compuertas NOT (7404), Led's, Relés, Transistores, Resistencias de 10kΩ y 330Ω, Diodos.

A continuación se explicará, etapa por etapa, cómo funciona el circuito transmisor, a través de un diagrama de bloques (figura 12), para comprender de mejor manera el funcionamiento del transmisor.

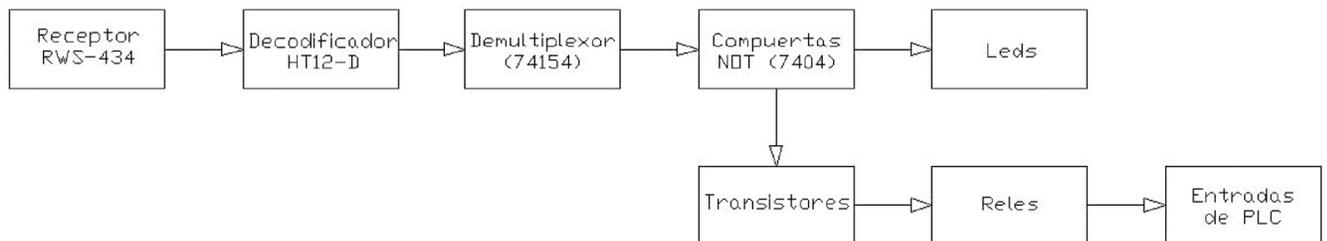


Figura 12. Diagrama de bloques del circuito receptor

La explicación del diagrama de bloques debe entenderse de izquierda a derecha

El circuito receptor (RWS-434) al obtener la señal enviada por el transmisor le envía la señal al decodificador HT12-D para que éste la convierta en el código binario. Al obtener este código binario, que sirve para seleccionar una de las salidas del demultiplexor (74154), que debido a que dichas salidas son negadas se necesita de compuertas NOT (7404) para obtener una señal con uno lógico, que sirve para los led's.

Los led's indican cuál fue la orden enviada por el transmisor y a la vez envía un voltaje a la base de un transistor para que los conmute la bobina de un relé, el cual tiene en su contacto normalmente abierto una señal de AC que le sirve al PLC para que el programa de éste pueda funcionar y así controlar los motores, mediante su circuito de potencia.

El receptor tuvo un desempeño que cumple con lo planteado en el diseño, el cual logró un alcance de recepción de 100 mts., que era lo que se planteó desde un principio.

En las pruebas realizadas se obtuvieron los siguientes datos (ver tabla 2):

Datos prácticos tomados durante las pruebas del receptor	
Datos tomados en estado de reposo	Datos tomados en funcionamiento
V=9.9V; I=68mA	V=9V; I=130mA

Tabla 2. Mediciones del receptor.

Por lo tanto la potencia disipada por el circuito en estado de reposo es de 0.6732W y una potencia disipada en funcionamiento de 0.117W.

3.3. Pruebas de experimentación

Cuando se utilizan autómatas programables es necesario seguir ciertos pasos que se detallan a continuación, con el fin de evitar que haya cortocircuitos, falsos contactos, o cualquier problema que pudiese surgir a la hora de probar el prototipo.

Las pruebas que se hicieron antes de conectar la parte electrónica con la etapa de potencia fueron las siguientes:

1. Verificar que todos los componentes estén en el lugar que les corresponde, perfectamente conectados.

2. Comprobar que es correcta la instalación de las conexiones a periféricos (a la computadora personal).

3. Comprobar que las conexiones de las entradas y las salidas están bien sujetas, tanto en los módulos de E/S como en los captadores y actuadores (pulsadores y contactores), y que el conexionado es correcto.

4. Teniendo al Autómata programable en la posición de STOP o PARO, suministrar tensión:
 - a. Comprobar que los indicadores de diagnóstico no indiquen nada anómalo.
 - b. Confirmar que funcionan correctamente los paros de emergencia.
 - c. Activar manualmente las entradas una a una, comprobando, mediante los diodos LED presentes en los módulos de entradas (en el caso de LOGO! se puede colocar un programa que no active las salidas para comprobar esto) que el autómata reconoce la señal

- a. Comprobar que los indicadores de diagnóstico no indiquen nada anómalo.

- b. Confirmar que funcionan correctamente los paros de emergencia.

- c. Activar manualmente las entradas una a una, comprobando, mediante los diodos LED presentes en los módulos de entradas (en el caso de LOGO! se puede colocar un programa que no active las salidas para comprobar esto) que el autómata reconoce la señal

5. Para verificar las salidas, antes hay que quitar la alimentación a aquellas cargas que puedan provocar situaciones de riesgo; con el equipo en RUN o MARCHA, habrá que comprobar mediante el forzado de salidas, que éstas se activan. (en el caso de LOGO! se puede colocar un programa sencillo que active las salidas mediante las teclas de cursor).

6. Después de realizar todas estas comprobaciones, se debe grabar el programa en la memoria del CPU, y aplicar tensión al sistema; se hacen pruebas de funcionamiento, corrigiendo los pequeños errores que puedan surgir. Es conveniente que estas pruebas sean por zonas y no globales, para facilitar la localización de estos problemas.

Para la parte de fuerza también fue necesaria una prueba de dispositivos para evitar cortocircuitos y/o fallas que pudiesen dañar la parte electrónica a la hora de acoplar ambas partes. Dichas pruebas se mencionan a continuación:

1. Se verificó el correcto estado de las bobinas de todos los contactores.

2. Se verificó la continuidad de todos los contactos.

3. Se verificó manualmente el encendido y correcto funcionamiento de todos los motores

Después de haber hecho todas las pruebas se procedió a conectar la parte electrónica con la parte de fuerza diseñada, dando como resultado la siguiente tabla de comprobación:

Botón del control remoto	KM1	KM2	KM3	KM4	KM5	KM6	KM7	KM8	KM9	KM10	KM11	KM12	M1	M2	M3	M4
1	■	x	x	x	x	x	x	X	x	x	x	x	■	x	x	x
2	x	■	x	x	x	x	x	X	x	x	x	x	■	x	x	x
3	■	■	x	x	x	x	x	X	x	x	x	x	■	x	x	x
4	x	x	■	x	x	x	x	X	x	x	x	x	x	■	x	x
5	x	x	x	■	x	x	x	X	x	x	x	x	x	■	x	x
6	x	x	■	■	x	x	x	X	x	x	x	x	x	■	x	x
7	x	x	x	x	1	x	2	3	x	x	x	x	x	x	■	x
8	x	x	x	x	x	1	2	3	x	x	x	x	x	x	■	x
9	x	x	x	x	■	■	x	X	x	x	x	x	x	x	■	x
10	x	x	x	x	x	x	x	X	1	x	2	3	x	x	x	■
11	x	x	x	x	x	x	x	x	x	1	2	3	x	x	x	■
12	x	x	x	x	x	x	x	x	■	■	x	x	x	x	x	■
13	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
14	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

- Indica encendido de contactor, si tiene numeración, la numeración indica la secuencia de encendido
- indica paro de contactor y/o motor
- Inicia giro de motor en sentido horario
- inicia giro de motor en sentido anti horario

Tabla 3. Pruebas realizadas al prototipo en funcionamiento.

Todas estas pruebas pueden verse en un video que se tomó a la hora de hacer todas estas verificaciones. Perfectamente se puede solicitar la información en la Biblioteca de la Universidad Don Bosco.

4. Conclusiones

Se eligió el trasmisor TWS-434 debido a su simplicidad de uso y su rango de alcance, además de cumplir con los parámetros necesarios para el circuito transmisor, como el costo, tamaño, desempeño, voltaje de operación, corriente de operación, alcance de transmisión, frecuencia de transmisión en una banda libre según disposiciones de la SIGET (Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones).

El diseño inalámbrico eléctrico-electrónico es capaz de realizar una interfaz humano-máquina que permite controlar los grupos de motores desde una distancia máxima de 100 metros con línea vista y una distancia máxima de 70 metros con obstáculos entre el transmisor y receptor.

Se elaboró un circuito eléctrico de potencia que es capaz de adecuarse a los requerimientos del control electrónico para controlar los grupos de motores.

Se creó un prototipo inalámbrico eléctrico-electrónico para motores de inducción que es capaz de controlar las funciones básicas de un grupo de motores de baja y alta potencia.

4. Bibliografía

- Rashid, Muhammad H. Circuitos microelectrónicos, análisis y diseño. International Thomson editores. 2000.
- Savant, J.C. Diseño Electrónico. Adisson Wesley 2ª. Edición, México 1992.
- Rashid, Muhammad H. Electrónica de Potencia, Circuitos Dispositivos y Aplicaciones. Prentice-Hall. Hispanoamérica. 1995.
- Controles y automatismos eléctricos, Teoría y prácticas, Luís Flower Leiva, Séptima edición, Panamericana Formas e Impresiones SA. 2001
- LOGO! Manual Edición 3. SIEMENS AG 1996.
- Boylestad, Robert, Electrónica, teoría de circuitos, sexta edición. Edit. Prentice-Hall hispanoamericana,S. A. 1997.
- Remote Control, http://www.rentron.com/rf_remote_control.htm; última revisión 21/08/08
- Contactores y elementos auxiliares de mando www.bdd.unizar.es/Pag2/Tomo2/Tema4/4-1; última revisión 11/05/08
- Control Remoto RF 433.92 MHZ Usando los módulos TWS-434 y RWS-434, Carlos A. Narváez V. www.bolivar.udo.edu.ve/microinternet, ultima revisión 21/08/08.