



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

FACULTAD DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD Y COMPUTACIÓN

“SISTEMA DE CONTROL REMOTO PARA PUERTAS  
DE GARAJE”

TÓPICO DE GRADUACIÓN

Previa a la obtención del Título de:  
INGENIERO EN ELECTRICIDAD  
ESPECIALIZACIÓN: ELECTRÓNICA INDUSTRIAL

Presentada por:  
AGUILERA ZUÑIGA WILLIAM EFREN  
CAZARES GAVILANES LUIS ALBERTO  
LLAGUNO VERA JORGE GREGORIO  
VALDIVIEZO ROMERO NEY FERNANDO  
VILLEGAS ESPINOZA ANTONIO DAVID  
VILLEGAS JURADO CRISTÓBAL EDUARDO

Guayaquil - Ecuador  
1995

## DEDICATORIA

A NUESTRAS FAMILIAS Y A LAS  
PERSONAS QUE DE UNA U  
OTRA MANERA APOYARON  
A LA PRESENTE

## AGRADECIMIENTO

A LA ESCUELA SUPERIOR  
POLITÉCNICA DEL LITORAL  
por todo cuanto nos ha  
brindado.

.....  
**ING. ARMANDO ALTAMIRANO**

Sub-Decano de la Facultad de  
Ingeniería Eléctrica

.....  
**ING. ALBERTO LARCO**

Director de Tópico

.....  
**ING. NELSON LAYEDRA**

Miembro del Tribunal

.....  
**ING. FEDERICO BOZANO**

Miembro del Tribunal

## RESUMEN

En el presente trabajo se describe una investigación de los sistemas de control remoto para puertas de garajes existentes , y además una selección adecuada de un diseño cuyas señales de control son enviadas por ondas de radio . Para la transmisión de la señal de control se utiliza un sistema de modulación a base de impulsos con un código doble generada por un oscilador estable con una frecuencia de portadora de 27 MHz .

La potencia de transmisión que se utiliza es suficiente para transmitir a una distancia de 100m aproximadamente , la misma que se lo puede hacer directamente desde el vehículo .

Para el accionamiento de la puerta se utiliza un motor de medio HP con 2200 rpm monofásico de 110V con su debida protección térmica . En el motor se usa un sistema de engranajes que permite que disminuya la velocidad hasta 900rpm , permitiendo que su fuerza aumente .

En la parada del motor se lo retiene con una realimentación a

través de un límite de carrera el mismo que se inyecta un nivel bajo en los pines 4 y 5 del integrado 125C77 que es el que controla el movimiento del motor .

## ÍNDICE GENERAL

Pág

RESUMEN.....	vii
ÍNDICE GENERAL.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	xv
INTRODUCCIÓN.....	xvi
CAPITULO I	
CONTROL REMOTO	
1.1 Introducción.....	18
1.2 Control remoto en los aparatos de consumo.....	20
1.2.1 Funcionamiento de un circuito transmisor codificador binario.....	24
1.2.2 Funcionamiento de un circuito receptor codificador binario.....	27
1.3 Sistemas de control remoto.....	30
CAPITULO II	
ANÁLISIS DE DIFERENTES SISTEMAS DE CONTROL REMOTO	
2.1 Sistema ultrasónico simple.....	37
2.1.1 Transmisor ultrasónico simple.....	37

2.1.2 Receptor ultrasónico simple.....	41
2.2 Sistemas de infrarrojos.....	44
2.2.1 Transmisor infrarrojo.....	45
2.2.2 Receptor infrarrojo.....	48
CAPITULO III	
ANÁLISIS DEL SISTEMA DE CONTROL REMOTO SELECCIONADO	
3.1 Introducción.....	52
3.2 Análisis del circuito transmisor.....	53
3.2.1 Análisis de la etapa de audiofrecuencia.....	55
3.2.2 Análisis de la etapa moduladora.....	59
3.2.3 Análisis de la etapa de radiofrecuencia.....	61
3.3 Análisis del circuito del receptor.....	64
3.4 Funcionamiento del circuito de fuerza.....	67
CAPITULO IV	
MOTOR Y ENGRANAJES	
4.1 Escogiendo el motor correcto.....	72
4.2 Engranajes.....	74
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	77

## INTRODUCCIÓN

Los sistemas de control remoto tienen muchas aplicaciones , en muchas ocasiones se ha necesitado un circuito para conmutar un equipo eléctrico a una cierta distancia , realizando esta opción mediante señales de infrarrojo , un sistema idóneo para lugares reducidos y fácilmente visibles , pero verdaderamente incómodo para cuando el receptor no se encuentra a la vista . En estos casos es necesario un sistema con onda de radiofrecuencia , con este circuito es posible accionar una puerta de garaje a una distancia de unos 100m , mediante la emisión de un código de RF para su recepción y decodificación .

Los primeros sistemas de control remoto para garajes , tenían el inconveniente de que necesitaban un grupo de bobinas de un metro de diámetro situadas en todo el trayecto del vehículo hacia el garaje , el transmisor tenía que colocarse en el interior del vehículo con una bobina pequeña situada debajo de la parte delantera del vehículo , para que este en el momento de pulsar se induzca un acoplamiento magnético cuando la dos bobinas se encuentren próximas ; este procedimiento de control muy primitivo no es tan aconsejable , por que este siempre se activa cuando en

## CAPITULO I

### CONTROL REMOTO

#### 1.1 Introducción

El sistema más simple de control remoto se puede imaginar constituido por una cadena en un extremo de la cual se encuentra el operador y en el otro extremo el dispositivo a controlar. El operador actuará sobre una serie de controles. Estas actuaciones u órdenes serán procesadas por el sistema y transmitidas (por el transmisor) al canal de transmisión. Al otro lado del canal de transmisión se hallará el receptor, que recibirá el proceso, efectuará la orden sobre el dispositivo a controlar.

Este sistema general da una idea muy clara de como actúa un sistema de control remoto:

El operador no actúa directamente sobre el dispositivo a controlar, sino que lo hace sobre un sistema que transfiere las órdenes al dispositivo. El dispositivo puede estar lejos del operador o bien cerca de él. Pero, en cualquier caso, la característica fundamental es que el operador no actúa directamente sobre el aparato a controlar.

La interconexión entre el transmisor y el receptor o canal de comunicación puede ser o el aire u otro medio físico. En el primer caso, como sistema de comunicación se utilizarán radiotransmisores, transductores ultrasónicos, rayos infrarrojos, etc. En el segundo caso se utilizarán un par de cables, fibras ópticas, etc.

Los dos grandes campos de aplicación de control remoto están en los aparatos de consumos y en el campo industrial.

En el campo de los aparatos de consumo son bien conocidos los mandos a distancia de los televisores, equipos de audio, etc. Y en

juguetería para el manejo de coches teledirigidos, barcos, e incluso aviones.

En los últimos años, el auge de los sistemas de alarmas y protección de viviendas a añadido al control remoto un nuevo impulso para su desarrollo.

En el campo industrial su aplicación es prácticamente infinita; desde control de procesos en ambientes peligrosos hasta la supervisión y control de procesos industriales desde puntos remotos .

## **1.2 CONTROL REMOTO EN LOS APARATOS DE CONSUMO**

Los aparatos de consumo suelen estar cercano al operador, ello condiciona el método de control utilizado para cada uno de ellos.

El sistema más práctico y más barato de transmitir órdenes a un dispositivo cercano, al cual no se le quieren conectar cables, es mediante la utilización de rayos infrarrojos, o bien mediante un enlace ultrasónico.

Si las instrucciones a enviar son del tipo todo o nada, o marcha-paro, bastará con emitir cuando se quiere mantener un estado, y dejar de emitir cuando se desee el estado contrario en el equipo controlado. Este es el tipo de control remoto más simple que pueda existir.

Generalmente, éste no es el caso de los aparatos domésticos. Por ejemplo, en el televisor además de encender y apagar el aparato, se pueden controlar también el volumen, el color, el brillo, el canal, etc. Todo esto requiere un complejo sistema de codificación y decodificación.

Cualquier intento de transmisión de varias señales de control por una misma línea implica un sistema de codificación, de señalización de dicha codificación y de multiplexado en el tiempo de la transmisión. Las técnicas digitales son las que, de una forma más sencilla, permiten la realización de este tipo de control remoto.

Se puede realizar un sistema de control remoto simple con varias órdenes, siempre que estas órdenes se desarrollan en una forma secuencial fija sin necesidad de tener un sistema de codificación en el

transmisor. Para ello basta con disponer de un transmisor de ultrasonido o de rayos infrarrojos del tipo todo o nada (transmisión-no transmisión) siempre y cuando en el receptor se disponga de un codificador como el mostrado en la figura 1.1. La onda recibida del transmisor se transforma en cuadrada si no lo es y se aplica a una red RC. La constante de tiempo de descarga de la red debe ser mucho mayor que el período de la señal cuadrada que lleva. A su salida la onda queda transformada a un impulso cuadrado, de longitud igual al tiempo de transmisión desde el receptor. Esta señal se hace pasar a través de un inversor del tipo disparador de Schmitt, que la deja totalmente cuadrada, tras ello se inyecta sobre un multivibrador biestable (flip-flop), cuya salida es la señal de reloj de otro multivibrador biestable. Además de ser aplicada a un decodificador, la salida del segundo multivibrador biestable es así mismo inyectada al decodificador. Con dos líneas que fluctúan entre uno y cero se pueden obtener cuatro señales de control, las cuales pueden actuar sobre cuatro posibilidades de un dispositivo o sobre cuatro dispositivos diferentes. El único inconveniente es que las órdenes son secuenciales, es decir, sigue una sucesión lógica, al principio está activada la orden uno, a la primera emisión se activa la segunda (desactivándose la primera), a la

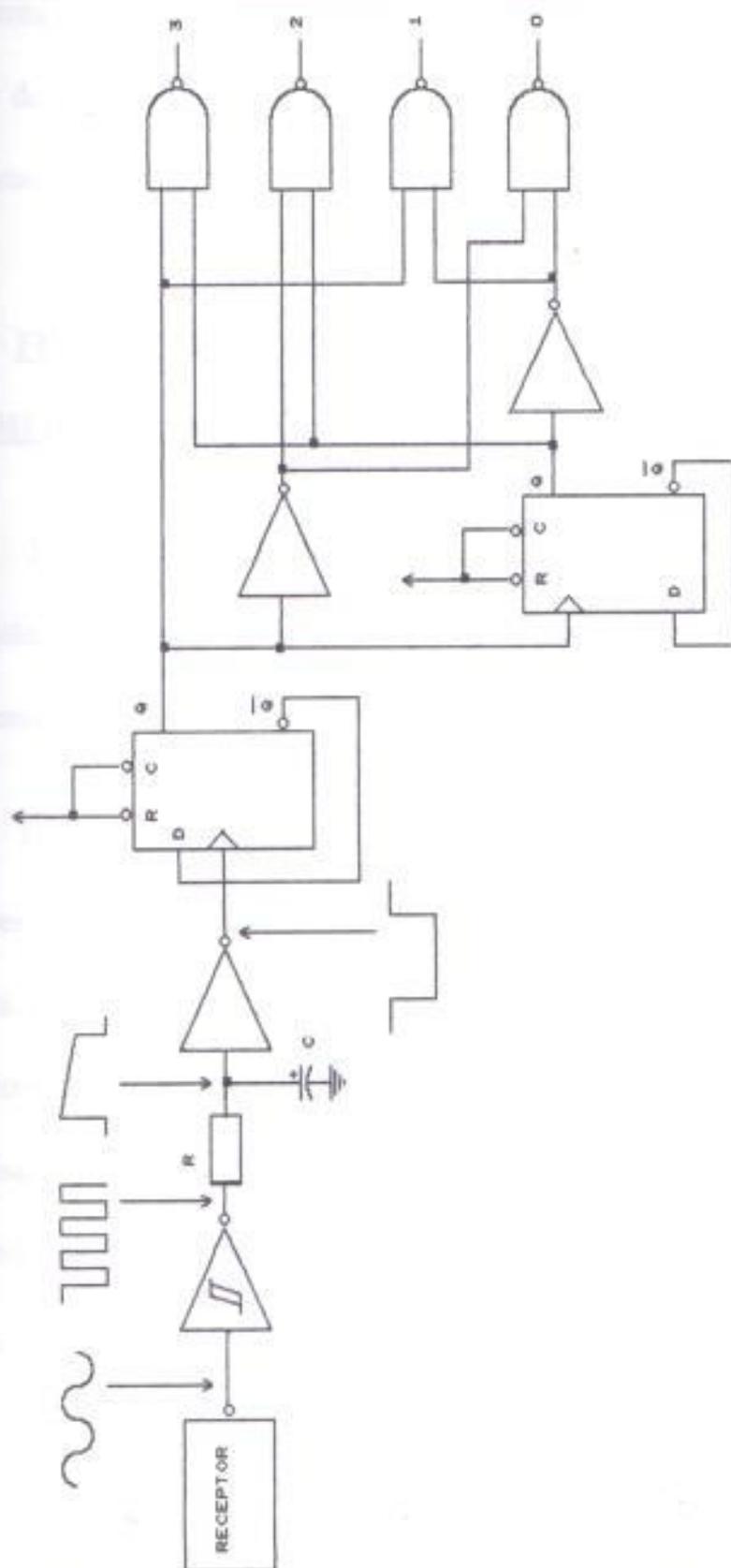


Figura 1.1 Esquema sencillo de un decodificador secuencial

siguiente la tercera, la cuarta, y al final la primera otra vez. Es imposible pasar de la primera a la tercera, o de la segunda a la cuarta sin pasar por los estados intermedios.

### **1.2.1 FUNCIONAMIENTO DE UN CIRCUITO TRANSMISOR-CODIFICADOR BINARIO.**

La forma de obtener varias órdenes diferentes no secuenciales consisten en asignar a cada orden un tren de impulsos determinado y diferente del de las otras órdenes.

Una forma sencilla usando lógica discreta (integrados TTL de la serie 74 o bien CMOS de la serie 40) viene especificada en la figura 1.2. En ella se puede ver la existencia de un codificador binario de cuatro dígitos binarios(bits), que nos permite seleccionar entre dieciséis órdenes diferentes, un registro de desplazamiento con posibilidad de ser cargado en paralelo de cinco dígitos binarios, un reloj, un circuito del tipo un solo disparo (one/shot) y un emisor.

Cada vez que se ha preseleccionado la onda de transmisión en el codificador binario, se pulsa la tecla T (transmitir).

A la primera bajada de la señal del reloj, se genera a la salida del circuito de un solo disparo (one/shot) un pulso de duración fija, mucho más pequeña que la del reloj, que carga los cinco dígitos binarios, cuatro del codificador binario más un nivel alto fijo en el registro de desplazamiento. El próximo flanco de subida del reloj iniciará el desplazamiento de los dígitos binarios cargados en el registro, que de esta forma son direccionados en serie hacia el motor. Al cabo de cuatro golpes del reloj habremos terminado de enviar los cuatro dígitos binarios.

Como puede observarse, la entrada serie del registro de desplazamiento se encuentra a tierra, por lo que el quinto golpe del reloj se enviará un cero, es decir, a partir del sexto golpe del reloj no se envía nada. Todas las órdenes se inician con un pulso que hace las veces de dígito binario de comienzo de orden (start bit).

## **1.2.2 FUNCIONAMIENTO DE UN CIRCUITO RECEPTOR CODIFICADOR BINARIO.**

En la figura 1.3 y 1.4 se observa el diagrama de bloques del receptor y señales tomadas en varios puntos..

El pulso de comando es llevado a un circuito de un solo disparo (one/shot) no redisparable, graduado de una manera que la graduación del impulso de salida sea la de casi cinco dígitos binarios. Una de sus salidas es llevada al inhibidor de conteo de un divisor. Por otro lado, la misma señal que va al circuito de un solo disparo es llevada a la entrada serie de un registro de desplazamiento.

Cuando llega el primer dígito binario, el circuito de un solo disparo permite al contador divisor contar a una frecuencia de reloj determinado. La salida del contador divisor se lleva al reloj del registro de desplazamiento, que empieza a entrar los dígitos binarios serie que le llegan por la entrada SÍ. Antes de que acabe el cuarto

dígito binario, el circuito de un solo disparo conmuta su estado de salida e inhibe el contador divisor.

Por otro lado, su salida complementaria está ligada al reloj de un cerrojo, el cambio de estado del circuito de un solo disparo produce un cambio de estado en esta línea que permite que el cerrojo recoja los datos de salida del registro de desplazamiento. La salida de éste se puede aplicar a un decodificador de cuatro a dieciséis, con lo que tendremos dieciséis posibles órdenes.

Una posible aplicación de este dispositivo podría ser la de controlar un motor. Si las cuatro salidas del cerrojo las pasamos por un convertidor digital-analógico obtendremos dieciséis niveles de tensión a la salida, con lo que podemos conseguir dieciséis velocidades diferentes del motor.

### **1.3 SISTEMAS DE CONTROL REMOTO**

Las características fundamentales de un sistema de control remoto se indican en la figura 1.5a .

El dispositivo controlado puede ser un modelo de barco, un aparato de TV, una estación de radio enlace en una cima montañosa distante o una nave espacial en misión más allá de Urano. En todos estos casos, el sistema tiene las mismas características. En un extremo de la cadena está el dispositivo controlado y en el otro extremo, el operador. En enlace entre ambos está constituido por un transmisor, que transfiere las ordenes del operador al receptor, a través del enlace de transmisión. Hay muchos tipos de enlace. Para el control de una nave espacial, debemos utilizar ondas radioeléctricas, que suelen emplearse también para el control de modelos; para el aparato de TV, en cambio, podemos usar ultrasonidos o radiación infrarroja.

Para otros fines, se puede utilizar luz visible, bien sea como un haz concentrado, bien sea mediante transporte en una fibra óptica. Los modelos de trenes eléctricos pueden controlarse mediante la transmisión por línea de señales eléctricas, enviadas a través de la vía metálica. Puesto que se precisa suministrar energía eléctrica al motor del tren, es razonable utilizar esta conexión eléctrica para transportar también las

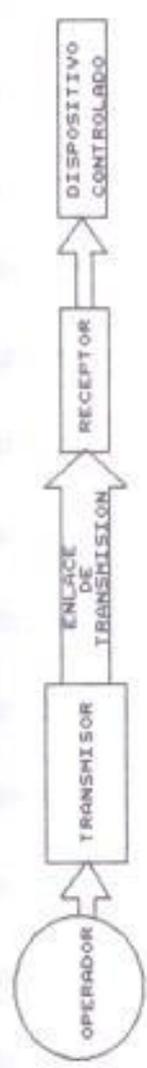


Figura 1.5a: Características principales del control remoto

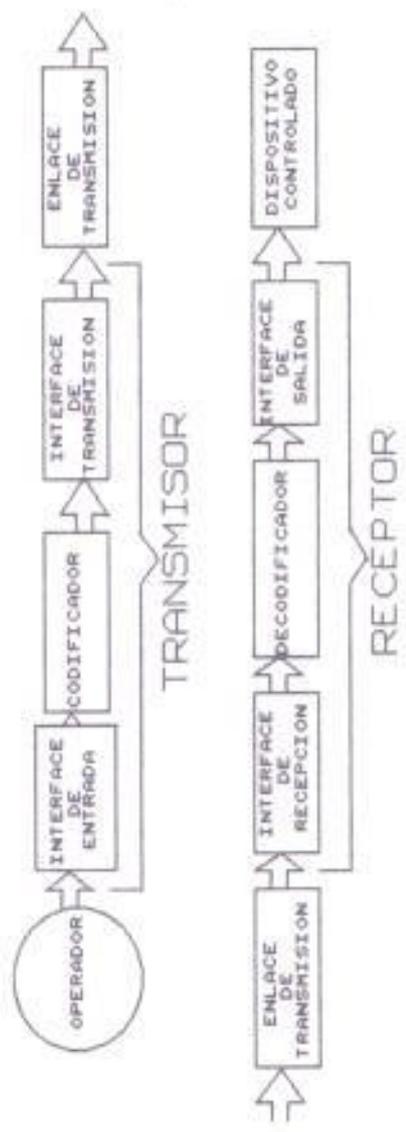


Figura 1.5b: Diagrama de bloques del transmisor y receptor de un control remoto

señales de control.

En la figura 1.5b se muestra un diagrama de bloques del transmisor y del receptor. El transmisor, que suele considerarse como una sola unidad, frecuentemente portátil y sujetable con la mano, está constituido realmente por tres secciones, cada una de las cuales tiene su propia función especial. La interconexión de entrada puede ser un teclado, o quizás una o dos palancas omnidireccionales, que permiten al operador comunicar instrucciones al sistema de control remoto. En el sistema más sencillo, la interconexión de entrada puede estar constituida por un simple pulsador. Si las instrucciones han de ser del tipo "todo o nada" o "parada-marcha", para estas órdenes se necesitará un codificador que las convierta en un código (que suele ser una serie de impulsos) adecuado para la transmisión. A continuación, las instrucciones codificadas pasan a la interconexión del transmisor, que las adapta para la transmisión. Las instrucciones codificadas se transmiten desde la interconexión ("interface") en forma de serie de impulsos de ultrasonido y se radian en el aire circundante. La interconexión puede ser también una lámpara que emita radiación infrarroja; puede tratarse asimismo de un radiotransmisor. Para

la transmisión por línea, la interconexión será un circuito transistorizado que inyecta la señal codificada, por ejemplo, en la vía férrea del modelo del tren. Una señal codificada, enviada a través de un simple par de hilos, puede transportar mucha información y tiene varias aplicaciones de transporte de mensajes en usos domésticos.

Al considerar de esta forma al transmisor, nos percatamos de que, ya utilizemos ondas radioeléctricas, ultrasonidos, radiación infrarroja o cualquier otro medio de transmisión, podemos emplear la misma clase de interconexión de entrada y codificador, junto con la clase adecuada de interconexión de transmisión.

En el otro extremo del enlace de transmisión está la interconexión del receptor para la detección de las órdenes transmitidas. La salida de esta etapa se alimenta a un decodificador, que registra dichas instrucciones.

El decodificador puede utilizarse con un receptor de radio, un receptor ultrasónico o un fototransistor (para radiaciones infrarrojas o visibles). Suele estar constituido por circuitos lógicos que, después de

registrar el mensaje codificado, lo interpretan como señales de control que han de transmitirse al dispositivo controlado.

Entre el dispositivo y el decodificador suele haber varios circuitos de interconexión, tales como un relé o transistor de potencia, para suministrar corriente eléctrica a los motores, o lámparas, en el dispositivo controlado. Circuitos electrónicos más complicados actúan como interconexiones, o "interfaces", para los circuitos de un aparato de TV que sirven para controlar los cambios de canal, las cualidades de la imagen y el volumen del sonido.

Actualmente, la etapa del operador de la figura 1.5b, puede sustituirse por un dispositivo incluso más complejo en su constitución electrónica, como puede ser un microordenador o un sistema basado en el microprocesador. En tal caso, ya no necesitamos un operador humano para controlar el sistema. Por supuesto, puede actuar ocasionalmente un operador, por ejemplo, para programar el microordenador, pero, cuando está en acción, el sistema íntegro puede ser completamente automático. De

hecho, se podría tener también un microordenador como dispositivo controlado.

## CAPITULO II

### ANÁLISIS DE DIFERENTES SISTEMAS DE CONTROL

#### REMOTO

#### 2.1 SISTEMA ULTRASÓNICO SIMPLE

El presente constituye una aplicación práctica a la tecnología de control remoto que describe un sistema sencillo que emplea los ultrasonidos como el enlace de transmisión. El ultrasonido no es otra cosa que un sonido de una frecuencia tan alta que no puede detectarse por el oído humano.

#### 2.2 TRANSMISOR ULTRASÓNICO SIMPLE

En la figura 2.1 se muestra el circuito de un oscilador que funciona a 40 kHz y es capaz de excitar un transductor de cristal. El transductor (o transmisor, como a veces se denomina) está constituido por un cristal con una conexión especial para resonar fuertemente cuando se aplica una señal de 40 kHz a través de sus terminales.

El circuito oscilador está constituido por cuatro puertas lógicas NAND en un solo integrado CMOS 4011 y unos pocos componentes externos, que se pueden alojar, en su totalidad, en una pequeña placa de circuito impreso. Solamente se precisa una pila pequeña, por lo que el transmisor completo puede alojarse en una caja pequeña, lo cual lo hace idóneo para un control transportable con la mano.

El núcleo fundamental del circuito es el multivibrador astable, constituido por dos puertas (G1,G2) y sus componentes asociados. El multivibrador "báscula" entre dos estados. En un estado, la salida de G1 está a nivel alto (+9V) y la de G2 a nivel bajo (0V). En otro estado, la salida de G1 está a nivel bajo y la de G2 está a nivel alto. El multivibrador cambia de estado a una cadencia que depende de los valores de  $R_3$ ,  $VR_1$  y  $C_1$ . Con los valores dados en la figura 2.1, el

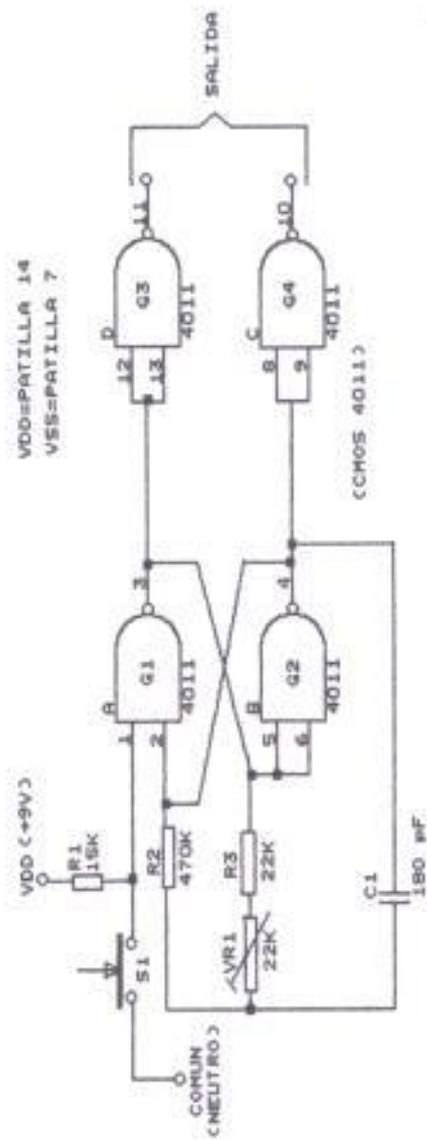


Figura 2.11: oscilador del transmisor ultrasónico simple

cambio de estado se presenta 40000 veces por segundo, proporcionando la salida de 40 kHz requerida para hacer resonar el cristal del transductor.

Las salidas del multivibrador no son ondas perfectamente cuadradas, por lo que se alimentan a un segundo grupo de puertas lógicas (G3, G4) para obtener una mejor cuadratura.

Las puertas lógicas invierten las ondas, aunque ello no afecta a este circuito.

La construcción no presenta ningún problema especial, salvo los asociados con todos los circuitos integrados de tecnología CMOS.

Los circuitos son susceptibles de sufrir daños por las cargas electrostáticas y, aunque los fabricantes les protegen con la incorporación de diodos para cortocircuitar las cargas aplicadas desde el exterior, es prudente eliminar el riesgo de daños observando las precauciones cuando se manipulen los circuitos integrados CMOS.

## 2.1.2 RECEPTOR ULTRASÓNICO SIMPLE

En la figura 2.2 se muestra el circuito de un receptor sencillo, pero muy eficaz. El ultrasonido se capta por el cristal, RX1, del receptor ultrasónico, que se prepara durante la fabricación de modo que resuene fuertemente con el ultrasonido de 40 kHz de frecuencia. En consecuencia, resonará claramente cuando detecte una señal procedente del transmisor descrito en el apartado 2.1.1, pero prácticamente no resulta afectado por sonido de otras frecuencias. Esta circunstancia evita que se produzcan activaciones accidentales del circuito. La salida eléctrica del cristal se amplifica por los transistores TR1 y TR2, se rectifica por D1 y produce una caída de tensión en los terminales de R6, cuando se recibe una señal.

El amplificador operacional, IC1, resulta afectado por la reducción consiguiente en la intensidad de corriente que llega a su entrada de inversión (patilla 2) y se eleva su tensión de salida (patilla 6). De este modo, se incrementa el potencial de ambas placas de C3, con lo que se produce un aumento de potencia en la entrada de no inversión (patilla 3), enclavando el C.I. para proporcionar una salida a nivel alto continuada.

Ocasionalmente, la carga adicional en C3 se descarga a través de R9 y el C.I. queda desenclavado (en el supuesto de que la señal ultrasónica haya dejado de aplicarse mientras tanto), con lo que se permite una nueva caída de la salida. La resistencia variable VR1 se utiliza para establecer el nivel al que se producirá el disparo del circuito al estado del enclavamiento. Si el valor de C3 se incrementa a, por ejemplo, 150  $\mu\text{F}$ , la acción de enclavamiento se prolonga durante un período de unos 10 segundos.

La salida de IC1 se alimenta también al divisor de tensión R10/R11, de modo que se activa TR3 cuando la salida del C.I. adquiere un nivel alto.

Puede utilizarse, como se indica, un LED para mostrar el estado del circuito. Dicho LED se encenderá cuando se haya recibido una señal y se apagará una fracción de segundo después de que haya desaparecido dicha señal. La salida del circuito se toma del colector de TR1 y es de nivel alto (unos 10,5 V) cuando no hay señal, con un descenso brusco a nivel bajo (inferior a 0,1 V) al detectarse una señal. Los valores citados se aplican al funcionamiento a partir de una alimentación de 12V., pero puede ser más

adecuado hacer funcionar al receptor a partir de una batería que suministre 5V o 6V. Aunque esta alimentación es más baja que la tensión recomendada para el circuito integrado, parece ser que hay poca diferencia en la sensibilidad y no se precisan cambios en los valores de los componentes (aunque VR1 necesitará un ajuste distinto). Si se utiliza una alimentación de 6V., la tensión de salida es 5V cuando el nivel es alto y de aproximadamente 0 V si es bajo, lo que hace que el receptor sea completamente compatible con los circuitos TTL. A la tensión de 6V., el receptor sólo precisa 12mA, incluso cuando está encendido el LED, con lo que este circuito es muy adecuado para funcionamiento con batería en proyectos de control de modelos.

## 2.2 SISTEMAS DE INFRARROJOS

La transmisión de infrarrojos tiene la ventaja sobre la transmisión de luz visible de que carece de los riesgos de interferencias indeseables con fuentes luminosas externas, ya que no se usan con tanta frecuencia en aplicaciones diversas como la luz visible .

## 2.2.1 TRANSMISOR INFRARROJO

En la figura 2.3a se ilustra un transmisor muy simple para el funcionamiento de impulso único. El LED TIL38 es un emisor grande y potente de radiación infrarroja. Su consumo de corriente máximo es de 150 mA, por lo que la resistencia debe escogerse para proporcionar una corriente de intensidad muy próxima a dicho valor si ha de alcanzarse el margen máximo. Para el funcionamiento a 5V., la resistencia debe ser de 22 ohmios y para una alimentación de 10V., debe ser de 47 ohmios. Un LED único, sin ninguna forma de reflector o de lente para el enfoque de un haz, tiene un alcance de hasta 1 metro. Para aumentar el alcance, basta añadir más LED en paralelo, como se indica en la figura 2.3a. Para funcionamiento a 5V., la resistencia debe tener un valor óhmico de 5,6 ohmios; para 10V, ha de ser de 12 ohmios. Tres o cuatro de dichos LED deben ser suficientes para fines de control, cuando se utilizan en una oficina o sala de estar ordinaria. Un transmisor de la clase antes descrita puede excitarse también mediante un codificador de impulsos múltiples. Aunque la corriente continua máxima para el TIL38 es grande en

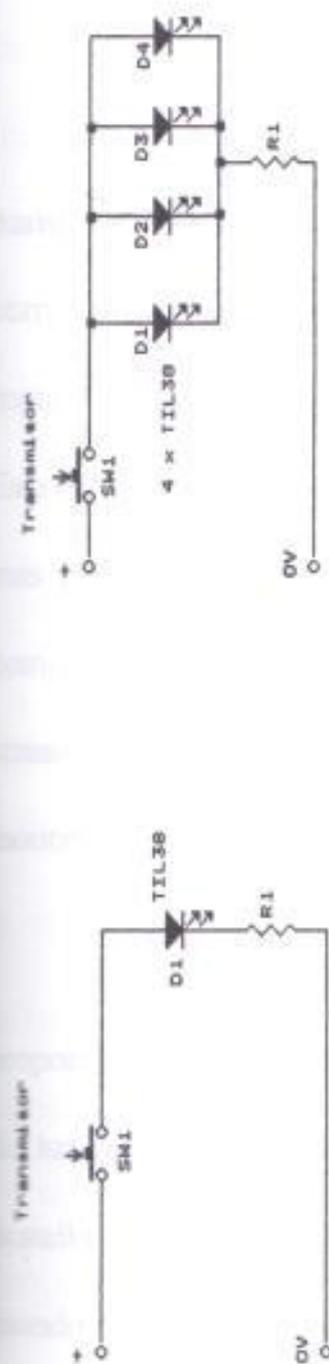


Figura 2.3a: Sistema transmisor infrarrojo

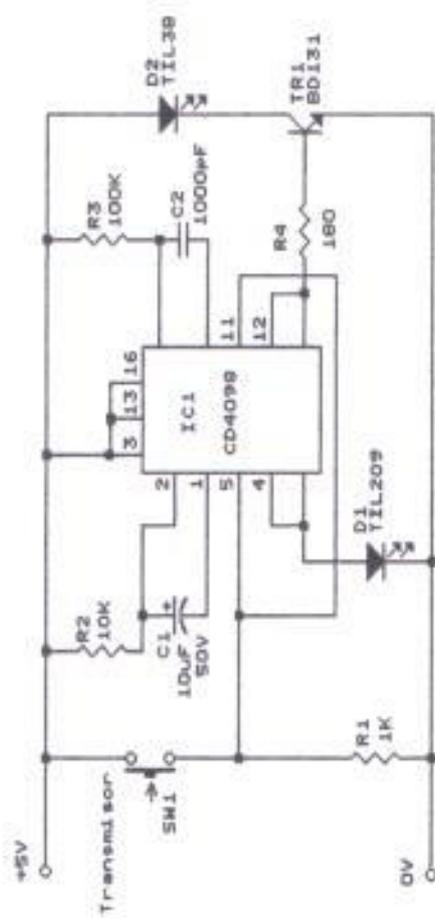


Figura 2.3b: Transmisor infrarrojo con multivibrador monoestable

comparación con la de muchos otros tipos de LED, puede incrementarse todavía más, siempre que se haga durante períodos muy cortos.

Si los impulsos tienen una duración limitada a 10  $\mu\text{s}$  y se transmiten con una frecuencia no superior a una vez por milisegundo, la corriente que circula a través del LED puede alcanzar una intensidad de hasta 2 A., con lo que proporcionará un destello muy intenso de radiación. Esta es otra forma de aumentar el alcance, aunque el circuito requerido sea más complejo y suele preferirse el empleo de varios LED en paralelo como en la figura 2.3a. En la figura 2.3b se muestra un circuito para la emisión de destellos del LED, en el que se emplean dos multivibradores monoestables CMOS, contenidos en un circuito integrado único.

Un multivibrador se pone en estado de activación (set) para proporcionar un "destello largo" (de 0,5 s, aproximadamente) en un LED de luz visible, como una indicación de que se ha transmitido el destello corto (10  $\mu\text{s}$ ) por el LED de infrarrojos. La transmisión tiene lugar cuando se pulsa primero el botón. Aunque el empleo de un botón simple es adecuado para la puesta en servicio y prueba del circuito, puede tenerse

dificultades de manejo debido al rebote de los contactos, dando lugar a que se transmitan varios impulsos. Esta circunstancia puede producir pocas anomalías, pero, si se produjeran, el disparo del monoestable debe realizarse por una entrada lógica, tal como la que puede conseguirse a partir de una puerta de disparador Schmitt.

### **2.2.2 RECEPTOR INFRARROJO**

En la figura 2.4 se muestra un receptor muy sencillo, pero útil, en el que se utiliza un fotodiodo que es sensible en la gama de infrarrojos. La cápsula del diodo es relativamente opaca a la luz visible, aunque transparente a la radiación infrarroja. Sin embargo, la luz de las lámparas de filamento, de uso en las viviendas, y de los tubos fluorescentes de gran intensidad, contiene un fuerte componente en la banda de la radiación infrarroja y lo mismo ocurre con la luz solar. Si el circuito ha de emplearse en condiciones de luminosidad brillante, puede anularse la acción del transmisor de infrarrojos.

El circuito depende del hecho de que la corriente que circula

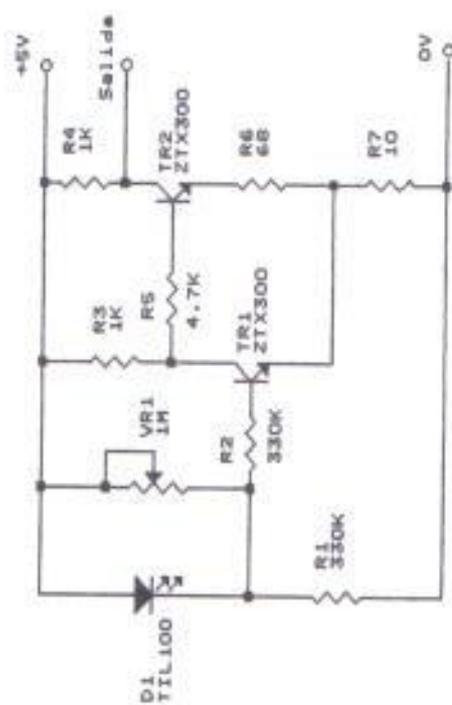


Figura 2.41 Receptor infrarrojo simple

a través de D1 aumenta a medida que se incrementa la cantidad de radiación que incide sobre dicho diodo. Como consecuencia, se tiene un aumento del potencial en la unión de D1 y de R1, con lo que se incrementa la corriente de base que se aplica a TR1 y se produce una saturación progresiva. Cuando se llega a la plena saturación, comenzará a descender el potencial en el colector de TR1, de modo que la corriente de base de TR2 disminuirá gradualmente y dejará de conducir TR2. Al estar TR2 en corte, experimentará una caída el potencial en la unión de R6 y de R7, pues se reducirá la corriente que circula a través de estas resistencias. Una caída de potencial significa que la diferencia de potencial entre la base y el emisor de TR1 se incrementará poniendo más en corte a TR1 y, consecuentemente, se tendrá una mayor conducción en TR2. Un pequeño cambio de potencial en la unión D1/R1 da lugar a una rápida "acción de resorte", con la desactivación de TR2 y proporcionando una salida del circuito a nivel "alto". El nivel en el que se produce esta transición puede ajustarse utilizando VR1 para proporcionar una magnitud dada de corriente de polarización a TR1. VR1 está ajustada para proporcionar corriente casi suficiente para producir el disparo del circuito. Cualquier corriente adicional resultante de un pequeño incremento de la cantidad de

radiación recibida será suficiente para disparar el circuito y hará que su salida cambie de nivel "bajo" a "alto".

## CAPITULO III

### ANÁLISIS DEL SISTEMA DE CONTROL REMOTO

#### SELECCIONADO

#### 3.1 INTRODUCCIÓN

Las principales ventajas del telemando por radio frente a otros procedimientos es la completa independencia entre el emisor y el receptor, ya que no es necesario ninguna línea conductora entre ambos, lo que redundaría en una total autonomía del emisor, que en consecuencia puede ser de reducido tamaño y portátil, alimentado por baterías. Otra ventaja es que no es necesario que exista entre ambos un enlace óptico sino que pueden estar situados en zonas separadas por obstáculos intermedios.

Su mayor eficacia se consigue en lugares abiertos ya que en el interior de edificios puede verse reducido su alcance por la atenuación originada por todas las estructuras metálicas que existan en los mismos, debiendo en estos casos analizar si no resulta mas adecuado utilizar otro sistema.

Debido a estas características puede constituirse un sistema apropiado para actuar a distancia sobre motores, abre puertas y desconexión de sistemas de alarma. En base a esto, es destacable la utilización como mando de apertura a distancia de la puerta de un garaje, situando al receptor como control del motor eléctrico de accionamiento de la misma y llevando al emisor en el interior del automóvil, con lo que podrá accionarse aquella, con gran comodidad, sin necesidad de descender del vehículo.

### **3.2 ANÁLISIS DEL CIRCUITO DEL TRANSMISOR**

El circuito de la figura 3.1 corresponde al circuito emisor multicanal para 27MHz, se encuentra constituido por la etapa generadora de audiofrecuencia, etapa moduladora y etapa de radiofrecuencia.

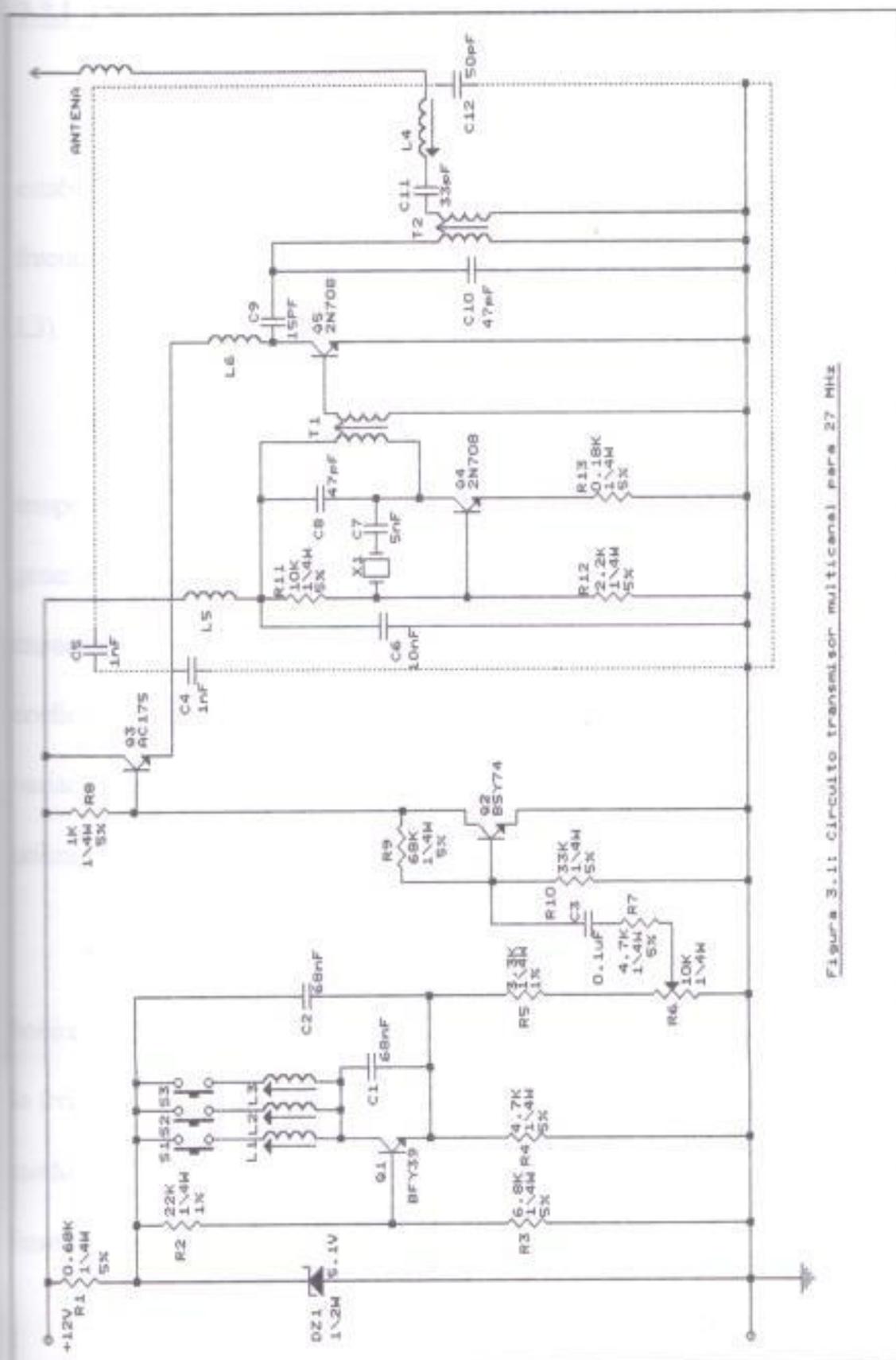


Figura 3.1: Circuito transmisor multicanal para 27 MHz

### 3.2.1 ANÁLISIS DE LA ETAPA DE AUDIOFRECUENCIA

La figura 3.2 muestra el circuito de una etapa de audiofrecuencia estable en configuración Colpitts; este circuito puede generar tres frecuencias básicas, debido al uso de tres inductancias variables ( $L_1$ ,  $L_2$ ,  $L_3$ ).

Para aminorar la inestabilidad de frecuencia a consecuencia de temperaturas variables, debido a que el transmisor se encuentra por lo general en el interior del vehículo, se eligen las inductancias y las capacitancias ( $L_1$ ,  $L_2$ ,  $L_3$ ,  $C_1$  y  $C_2$ ), de modo que la suma de sus coeficientes de temperatura sea lo menor posible. Para atenuar cualquier variación de frecuencia posible debido a cualquier cambio de voltaje se utiliza el diodo zener  $DZ1$ .

Las bobinas  $L_1$ ,  $L_2$  y  $L_3$  son seleccionadas para cubrir con cada bobina un cierto margen de frecuencia base (aproximadamente un 25% de la frecuencia central), lo cual facilita mucho el ajuste de la frecuencia de modulación deseada, se emplean inductancias variables con un núcleo de ferrita de 4mm de diámetro.



Para calcular la frecuencia de resonancia se usa la fórmula (1):

$$f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (1)$$

Para calcular la capacitancia equivalente C se usa la fórmula (2):

$$C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} \quad (2)$$

$$L1 = 26 \text{ mH}$$

$$L2 = 66 \text{ mH}$$

$$L3 = 177 \text{ mH}$$

$$C1 = 68 \text{ nF}$$

$$C2 = 68 \text{ nF}$$

Aplicando la fórmula (2):

$$C = \frac{68nF \times 68nF}{68nF + 68nF} = 34nF$$

Usando la fórmula (1):

$$f_{01} = \frac{1}{2\pi\sqrt{26 \times 10^{-3} \times 34 \times 10^{-9}}} = 5,35KHz$$

$$f_{02} = \frac{1}{2\pi\sqrt{66 \times 10^{-3} \times 34 \times 10^{-9}}} = 3,36KHz$$

$$f_{03} = \frac{1}{2\pi\sqrt{177 \times 10^{-3} \times 34 \times 10^{-9}}} = 2,05KHz$$

La amplitud de las oscilaciones de baja frecuencia en las inductancias (L1, L2, L3) aumenta dentro de un margen a medida que aumenta la frecuencia.

### **3.2.2 ANÁLISIS DE LA ETAPA MODULADORA**

En la figura 3.3 se muestra la etapa moduladora, donde el transistor Q2 trabaja como amplificador, el mismo ha sido elegido para evitar la sobremodulación, el transistor Q3 es un acoplador de impedancias.

La señal generada es modulada en amplitud corriendo el riesgo de sobremodulación cuando se sobrepasa “el índice de modulación” al cien por ciento y por lo tanto perderíamos parte de la información, además que aumenta la dispersión de la señal.

La sobremodulación produce armónicos de hasta 1khz.

El potenciómetro R6 da el ajuste del punto de funcionamiento correcto de Q2, lo cual ocurre cuando el transistor no distorsiona las oscilaciones de forma sinusoidal del generador de audio frecuencia con la amplitud mayor posible.

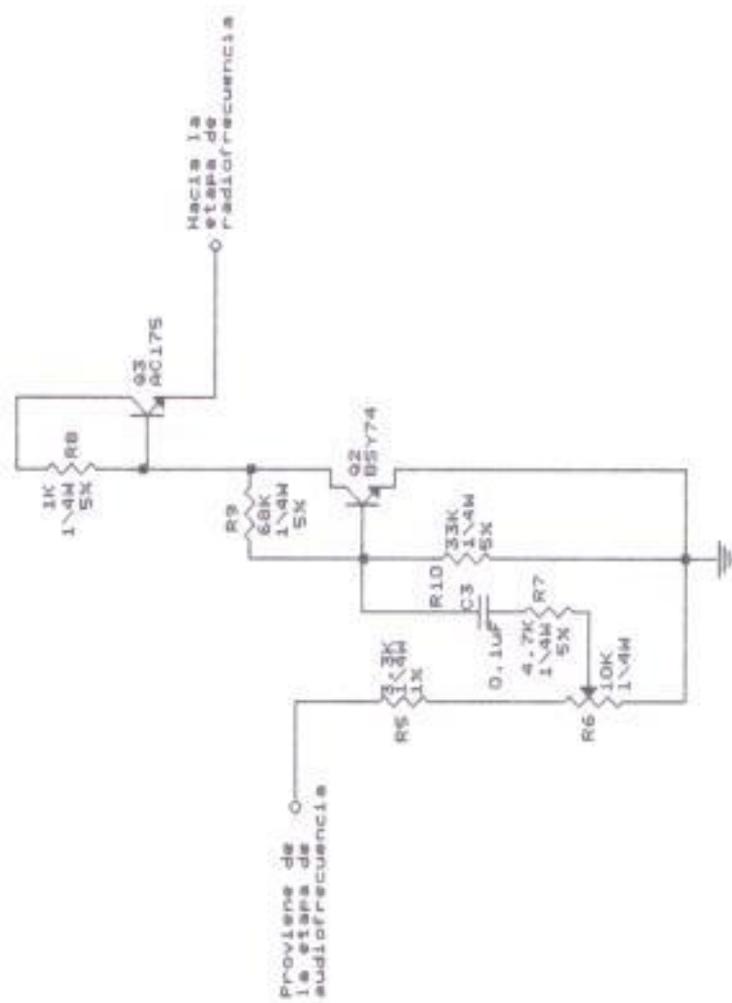


Figura 3.3: Etapa moduladora del transmisor

### 3.2.3 ANÁLISIS DE LA ETAPA DE RADIO FRECUENCIA

En la figura 3.4 se muestra la etapa de radio frecuencia en donde se estabiliza la frecuencia de oscilación de la portadora por medio de un cristal de cuarzo. Las resistencias R11, R12 y R13 proporcionan un circuito de polarización estabilizado por divisor de voltaje. La retroalimentación de voltaje de colector a base es un máximo cuando la impedancia del cristal es mínima (en el modo resonante en serie). El condensador de acoplamiento C7 tiene una impedancia despreciable a la frecuencia de operación del circuito; la frecuencia de operación resultante del circuito se obtiene mediante la frecuencia de resonancia en serie del cristal.

La alta frecuencia es amplificada en el paso final por lo que es posible una frecuencia de salida máxima (inductancia L6) de 400 a 500 mW. Para conseguir la modulación sinusoidal se dispone de la reactancia en el emisor de Q3.

Como el transistor de paso final Q5 trabaja en clase B, su corriente de colector contiene muchos armónicos. Son atenuados

suficientemente, por una parte debido al acoplamiento del circuito tanque (C10, T2) y por otra parte debido al desacoplo débil y gracias al efecto de selección del circuito serie (C11, L4).

Para el ajuste del emisor se lo realiza con la ayuda de T1, T2 y L4 sirven para alcanzar la máxima salida de potencia, con la mejor forma de modulación posible. El grado de modulación puede llegar al 90% , y en consumo de corriente es del orden de 70 mA.

En esta etapa de radio frecuencia se debe procurar que los conductores sean cortos, y que esté blindada en una caja metálica para evitar interferencias.

Como el Q (factor de calidad) del cristal es mucho mayor que 10, utilizamos la fórmula (1) para encontrar la frecuencia de resonancia en la transmisión.

Para el cálculo utilizamos el circuito tanque entre C8 y el primario de T1, el mismo que debe ser igual al circuito tanque entre C10 y el primario de T2.

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{0,74 \times 10^{-6} \times 47 \times 10^{-12}}} = 26,99 \text{ MHz}$$

La señal se transmite por onda radioeléctrica hacia el espacio libre hasta el circuito receptor, esta señal se propaga con una velocidad de 300.000, Km /s, por lo que de acuerdo con esta velocidad la longitud de onda viene determinada por la frecuencia de emisión  $f$  según la fórmula

(3):

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (3)$$

$$\lambda = \frac{300000 \text{ Km / s}}{27 \text{ MHz}} = 11,11 \text{ m}$$

### 3.3 ANÁLISIS DEL CIRCUITO DEL RECEPTOR

En la figura 3.5 se muestra el diagrama del circuito receptor, el cual recibe la señal transmitida en el circuito tanque por los capacitores

C26, C27 y T3, con una longitud de onda de 11,11 metros. Utilizando las fórmulas (1) y (2), encontramos la frecuencia de recepción:

$$C = \frac{2,2 \times 12}{2,2 + 12} \times 10^{-12} = 1,86 pF$$

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{18,6 \times 10^{-6} \times 1,86 \times 10^{-12}}} = 27 MHz$$

El transistor de alta frecuencia Q6 en configuración base común envía la señal por el transformador T1 el mismo que está haciendo un acoplamiento capacitivo, debido a que el primario de este transformador es parte de la pista del circuito impreso; la señal pasa hacia el demodulador que está conformado por el transistor Q1 y sus elementos adyacentes, en este paso se demodula la señal, eliminando la mayor parte de la frecuencia portadora, de aquí la señal resultante que contiene ya los impulsos útiles se hace llegar a la etapa amplificadora, constituida por IC1.

El circuito integrado IC2 (125C68) recibe la señal y la compara

con la que él mismo genera en el momento en que se presiona el pulsador S1 mediante un oscilador interno cuya frecuencia se ajusta con la elección de las resistencias R13 y C12. Si ambas coinciden el circuito integrado dará una señal de un nivel cero en su salida (pin 7), haciendo accionar el pin 12 (CMD) del circuito integrado IC3 (125C77) de la parte de fuerza.

### **3.4 FUNCIONAMIENTO DEL CIRCUITO FUERZA**

En la figura 3.6 se muestra el diagrama de estados del funcionamiento del circuito de fuerza.

En el momento en que se pulsa el transmisor, envía un cero en el pin 12 (CMD) del integrado **125C77** (ver gráfico 8 en anexo 4), en ese instante éste verifica si los sensores infrarrojos se encuentran alineados, con la ayuda del pin 11 (AUX) (ver tabla 1 en anexo 4), luego con los pines 4 (UP/LIM) y el pin 5 (DN/LIM) verifica si la puerta esta abierta o cerrada (ver tabla 1 en anexo 4), en ese momento el integrado envía una señal de 5V a los pines 14 (UP) y 13 (LT), o a los pines 15 (DN) y 13 (LT), para que el motor se ponga en movimiento hasta llegar a su posición

con la que él mismo genera en el momento en que se presiona el pulsador S1 mediante un oscilador interno cuya frecuencia se ajusta con la elección de las resistencias R13 y C12. Si ambas coinciden el circuito integrado dará una señal de un nivel cero en su salida (pin 7), haciendo accionar el pin 12 (CMD) del circuito integrado IC3 (125C77) de la parte de fuerza.

### **3.4 FUNCIONAMIENTO DEL CIRCUITO FUERZA**

En la figura 3.6 se muestra el diagrama de estados del funcionamiento del circuito de fuerza.

En el momento en que se pulsa el transmisor, envía un cero en el pin 12 (CMD) del integrado 125C77 (ver gráfico 8 en anexo 4), en ese instante éste verifica si los sensores infrarrojos se encuentran alineados, con la ayuda del pin 11 (AUX) (ver tabla 1 en anexo 4), luego con los pines 4 (UP/LIM) y el pin 5 (DN/LIM) verifica si la puerta esta abierta o cerrada (ver tabla 1 en anexo 4), en ese momento el integrado envía una señal de 5V a los pines 14 (UP) y 13 (LT), o a los pines 15 (DN) y 13 (LT), para que el motor se ponga en movimiento hasta llegar a su posición

con la que él mismo genera en el momento en que se presiona el pulsador S1 mediante un oscilador interno cuya frecuencia se ajusta con la elección de las resistencias R13 y C12. Si ambas coinciden el circuito integrado dará una señal de un nivel cero en su salida (pin 7), haciendo accionar el pin 12 (CMD) del circuito integrado IC3 (125C77) de la parte de fuerza.

### 3.4 FUNCIONAMIENTO DEL CIRCUITO FUERZA

En la figura 3.6 se muestra el diagrama de estados del funcionamiento del circuito de fuerza.

En el momento en que se pulsa el transmisor, envía un cero en el pin 12 (CMD) del integrado **125C77** (ver gráfico 8 en anexo 4), en ese instante éste verifica si los sensores infrarrojos se encuentran alineados, con la ayuda del pin 11 (AUX) (ver tabla 1 en anexo 4), luego con los pines 4 (UP/LIM) y el pin 5 (DN/LIM) verifica si la puerta esta abierta o cerrada (ver tabla 1 en anexo 4), en ese momento el integrado envía una señal de 5V a los pines 14 (UP) y 13 (LT), o a los pines 15 (DN) y 13 (LT), para que el motor se ponga en movimiento hasta llegar a su posición

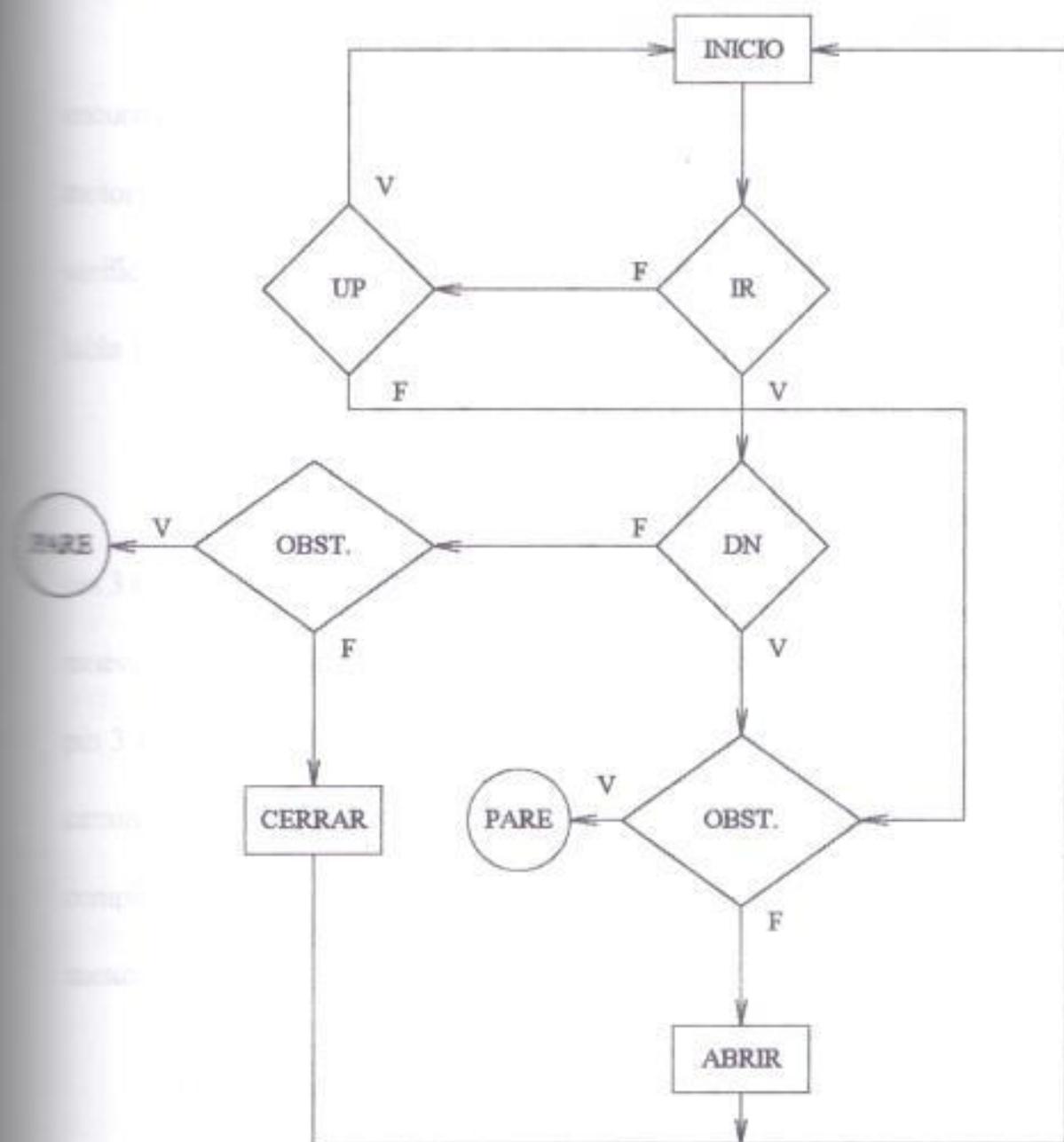


Figura 3.6: Diagrama de estados del funcionamiento del circuito de fuerza

limite de apertura o cerrado (ver gráficos en anexo 4).

El sistema tiene la particularidad de que cuando el motor se encuentra en movimiento, y por algún motivo la puerta se traba, el motor se detiene, y con la ayuda del sensor del tacómetro óptico, se verifica en el pin 3 (RPM-IN) la señal que existe, ya sea uno o cero (ver tabla 1 en anexo 4).

En el momento que se quita el obstáculo que detiene la puerta, y el pin 3 tiene la señal de uno, al pulsar el transmisor nuevamente, la puerta se mueve hacia la posición limite de apertura . Si se encuentra un cero en el pin 3 la puerta se mueve hacia la posición limite de cerrado . Para que el circuito integrado detecte que la puerta se encuentra abierta o cerrada completamente, este lo sensa con un cero en los pines 4 o 5 (ver tabla 1 en anexo 4).

Para aumentar la fuerza en la apertura o cerrada de las puertas, o sea si el motor se quiere detener debido a que la puerta es muy pesada, esta fuerza se la efectúa inyectándole mas voltaje a los pines 8 (DNF) y 7

(UPF) con ayuda de los potenciómetros R25 (DNF) y R24 (UPF) (ver diagrama general en el anexo 1).

En el pin 6 (CK) (ver gráfico 3 en anexo 4) entra una señal continua pulsante, la misma que es troceada en el interior del circuito integrado por un diodo, esta señal junto con la señal del pin2 (CX) da una frecuencia de trabajo del circuito integrado **125C77** (ver gráfico 1 en el anexo 4).

El pin 14 (UP) envía una señal continua de 5V para hacer saturar al transistor Q3, y así activar el relé K1 con 28 V en su bobina, al cerrarse los contactos del relé dejan funcionar al relé en sentido de apertura (ver gráfico 10 en el anexo 4).

Los contactos del relé se encuentran protegidos por una red de protección conformada por C29 y R45 .

El pin 15 (DN) satura al transistor Q4 y activa al relé K2 para accionar al motor en sentido contrario (cerrar) (ver gráfico 11 en el anexo 4), los contactos del relé se protegen con la red de protección C30 y R46 .

El pin 13 (LT) se activa junto con el pin 14 o el pin 15 al mismo tiempo durante 4.5 minutos, este satura al transistor Q5 que activa al relé K3 para encender un foco (ver gráfico 9 en el anexo 4).

## **CAPITULO IV**

### **MOTOR Y ENGRANAJES**

#### **4.1 ESCOGIENDO EL MOTOR CORRECTO**

Para el diseño de este sistema se necesita un motor monofásico que sea capaz de girar en ambos sentidos, además que tenga una fuerza suficiente para poder mover una puerta de garaje tanto en la apertura como para cierre de la misma, que tenga también un dispositivo de protección térmico, y pueda detenerse casi instantáneamente en el momento oportuno; para este caso es necesario que tenga pocas revoluciones.

Los motores traen numerosas especificaciones. Se debe tomar un vistazo a las especificaciones primarias del motor como son el voltaje, nivel de corriente, velocidad y torque.

Como el motor de inducción monofásico no tiene par de arranque, es necesario un segundo devanado en el estator en adición al devanado principal. El eje del devanado de arranque tiene que estar desplazado en el espacio con respecto al eje del devanado principal.

Para que el motor gire en ambos sentidos se ha arreglado los dos devanados monofásicos con iguales características en el estator, uno para cada dirección de rotación. Lo anteriormente expuesto se ilustra en el anexo 1, el cual muestra el diagrama esquemático completo del receptor; en el mismo apreciamos que cuando el pin 14 del integrado 125C77 se activa, el transistor Q3 se satura, accionando el relé K1 y alimentando a la vez la bobina de abertura (UP) del motor, haciendo que este gire en el sentido deseado. Para el caso contrario se activa el pin 15 del integrado descrito y el mismo activará el transistor Q4 y el relé K2 alimentando de esta forma la bobina DN y haciendo que el motor gire en sentido contrario o de cierre.

En el arranque se ha utilizado un condensador de 54  $\mu\text{F}$  400V en serie con el devanado de arranque (Figura 4.1), con el propósito de que la corriente de arranque adelante a la tensión en aproximadamente noventa grados eléctricos, para así generar de manera proporcional, un par de arranque grande. De esta manera el motor seleccionado para la presente aplicación es un motor de inducción monofásico, rotor tipo jaula de ardilla 120V, 60Hz,  $\frac{1}{2}$  HP, 4.5A, clase B con velocidad nominal de 2050 rpm cuya velocidad se reduce con un reductor a base de engranajes hasta 900 rpm, con protector térmico para 15 arranques consecutivos.

#### **4.2 ENGRANAJES**

Los engranajes ejecutan dos tareas importantes. Primero, ellos pueden hacer que la distancia del recorrido aplicada a un engranaje más grande o más pequeño que la distancia del recorrido del otro engranaje conectado a éste. Ellos también incrementan o disminuyen la potencia, dependiendo de como los engranajes son orientados. Los engranajes también pueden servir para transferir simplemente la fuerza desde un lugar a otro.

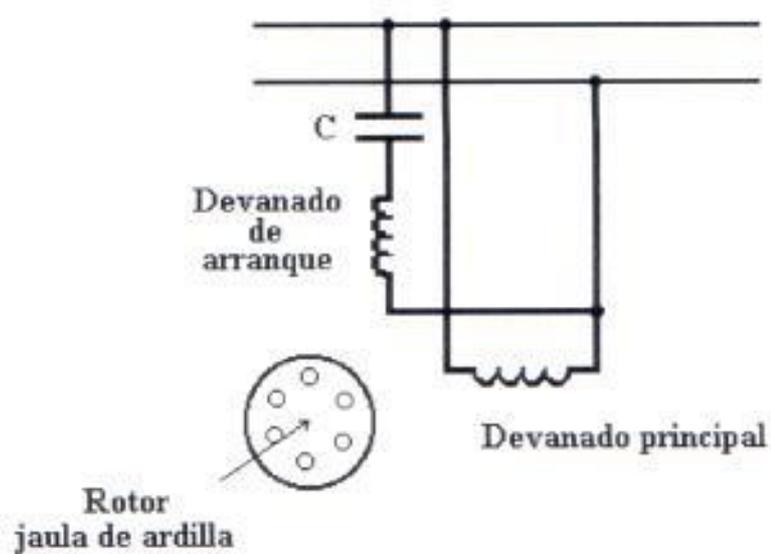


Figura 4.1: Conexión del motor monofásico con condensador de arranque

La velocidad siempre decrece cuando va desde un engranaje pequeño a uno mayor. Los dientes de la mayoría de los engranajes son perpendiculares a los ejes de éstos.

El diente de un engranaje también puede ser angulado, en cuyo caso es llamado un engranaje helicoidal. El presente proyecto se usa un reductor a base de 3 engranajes, dos con dientes perpendiculares al eje y un engranaje helicoidal.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Al finalizar el análisis se pueden establecer las siguientes conclusiones:

1. En el diseño de las unidades transmisora y receptora, en base a pruebas hechas con la calibración de las bobinas tanto del equipo transmisor como del receptor, se llega a la conclusión de que el sistema funciona adecuadamente en un radio de 100 metros .
2. Luego de haber analizado los diferentes sistemas de control remoto (infrarrojos, ultrasónicos, digital y de radiofrecuencia ), calificar sus ventajas y desventajas resulto mas conveniente utilizar el sistema de radiofrecuencia por su sencillez, bajo costo y mayor eficacia para este tipo de aplicación de apertura de garajes.
3. Durante el tiempo de prueba del equipo no se detectaron vibraciones ni cambios en el valor de frecuencia de operación, además no se registraron

activaciones indeseadas debido a señales de radiofrecuencia externas emitidas por cualquier otro medio . Por lo que podemos decir que se ha realizado una correcta calibración del equipo .

En base a lo anterior se puede finalizar con las siguientes recomendaciones :

1. Al realizar el ajuste de frecuencia de sistemas de control similares, el cual se lo realiza de forma manual, se debe tener especial cuidado en ser lo mas preciso en la calibración de las bobinas variables, ya que de esto depende la confiabilidad de respuesta del equipo receptor .
2. Con respecto a la instalación de los dispositivos sensores de obstáculo hay que lograr una perfecta alineación entre ellos, para asegurar el funcionamiento de cerrado del equipo abrepuertas . Por ello se recomienda utilizar sensores con indicador de luz para una correcta alineación .

3. Para un mejor desarrollo en la investigación y experimentación de los sistemas que utilizan señales de radiofrecuencia en un futuro, sería recomendable la adecuación del Laboratorio de Radiofrecuencia .

## BIBLIOGRAFIA

1. OWEN BISHOP, Proyectos de control remoto, Ceac, Perú,  
164- 08020 Barcelona, 1990.
2. STEPHEN J. CHAPMAN, Máquinas eléctricas, Mc Graw-Hill,  
México, 1985.
3. GORDON MCCOMB, The Robot Builder's Bonanza, Editorial  
TAB Books, USA, 1987.
4. FRANCISCO RUIZ VASALLO, Componentes electrónicos, Ceac,  
Perú 164-08020 Barcelona, 1987.
5. BOYLESTAD/NASHELSKY, Electrónica, teoría de circuitos,  
Prentice Hall, México, 1989.
6. DAVID FERNANDEZ GARCIA, Biblioteca de la cerrajería  
actual - Tomo 2, Editorial DALY, Madrid, 1991.