

## Ensayos

# Diseño y construcción de un robot móvil a control remoto

### Resumen

En el presente trabajo se describe el diseño e implementación de un sistema de control para operar un robot móvil por medio de señales infrarrojas, emitidas por un control remoto convencional de la marca SONY®; el vehículo considerado tiene un chasis tipo Jeep con cuatro ruedas; dos ruedas de tracción trasera y dos de dirección, las cuales se manipulan por medio de motores de corriente directa. Los movimientos que realiza el robot son los siguientes: avance hacia delante, hacia atrás, girar las ruedas tanto a la izquierda como a la derecha. El sistema electrónico está constituido por dos módulos: Uno dedicado a la decodificación de las señales infrarrojas provenientes del control remoto e implementado con el microcontrolador AT90S2313 y el otro destinado a controlar el movimiento del vehículo en función de las señales infrarrojas previamente decodificadas; este módulo está diseñado sobre la base de un microcontrolador MC68HC11E1 en su modo de operación Bootstrap. El diseño desarrollado demostró ser eficiente y robusto aplicando la técnica modular; con lo cual se logra una estructura flexible que nos permite crear soluciones personalizadas como por ejemplo el módulo de detección se podrá utilizar en diferentes aplicaciones tales como: controlar el encendido-apagado y/o la intensidad de luminiscencia de una lámpara (dimmer), o en apertura de puertas etc.

### Abstract

The present study describes the design and implementation of a control system to operate a mobile robot by means of infra-red signals that are emitted by a conventional SONY® remote control. The vehicle in question has a 4-wheel Jeep-type chassis: two rear-traction wheels and two steering wheels which are manipulated by direct-current motors. The following are movements carried out by the robot: moving forward, moving backward, turning wheels left and right. The electronic system is made up of two modules: one which deals with decoding infra-red signals coming from the remote control and implemented with the AT90S2313 microcontroller, and the other designed to control the movement of the vehicle as a function of the previously decoded infra-red signals. This module is designed on the basis of an MC68HC11E1 microcontroller in its Bootstrap operation mode. The design which was developed turned out to be efficient and robust applying a modular technique with which a flexible structure is achieved to enable us to create personalized solutions, for example the detection module can be used in different applications such as, controlling the on-off and/or the light intensity of a lamp (dimmer), or for opening doors etc

### Abstrait

Dans le travail ici présent nous allons décrire le design et implantation d'un système de contrôle pour créer un robot mobile au moyen de signaux infrarouges, émis par une télécommande conventionnelle de la marque SONY®. Le véhicule considéré a un châssis de type Jeep à 4 roues; deux roues de traction arrière et deux de direction lesquelles sont manipulées par un moteur de courant direct. Le robot réalise les mouvements suivants : il avance d'avant en arrière, tourne ses roues autant à gauche qu'à droite. Le système électronique est constitué de deux modules : l'un dédié à la décodification des signaux infrarouges provenant de la télécommande et de l'implant comme le microcontrôleur AT90S2313 et l'autre destiné à contrôler le mouvement du véhicule en fonction des signaux infrarouges auparavant décodés. Ce module est dessiné sur la base du microcontrôleur MC68HC11E1 avec le mode d'opération Bootstrap. Le design développé s'est montré efficace et robuste/ solide lorsque la méthode **modulaire** a été appliquée ; on a ainsi réussi à créer une structure flexible qui nous permet de créer des solutions personnalisées comme par exemple le module de détection qui pourra être utilisé lors de différentes applications comme celle de contrôler le : « allumé- éteint » et/ou l'intensité de lumière d'une lampe (dimmer), ou encore de contrôler l'ouverture des portes, etc.

\* Salinas Pérez Irma,

\*\* Yescas Mendoza Edgardo

**Palabras clave:** Control remoto infrarrojo, detector de luz infrarroja, puente H, microcontroladores MC68HC11, AT90S2313, robot móvil, protocolo Sony®.

## Introducción

En la actualidad los controles remotos inalámbricos basados en la transmisión de ondas en la banda de infrarrojos se extiende cada vez más en el mercado residencial para controlar equipos de audio y video (televisores, reproductores

\* Profesor de la División de Estudios de Posgrado, UTM

\*\* Estudiante de Maestría en Electrónica y Computación, UTM

de discos compactos, modulares de audio, etc.) ofreciendo una gran comodidad y flexibilidad de manejo, además reduce la necesidad de moverse dentro de la vivienda, lo cual puede ser particularmente importante en el caso de personas de la tercera edad o discapacitadas. Los controles remotos se aplican en la demótica; la nueva tendencia dirigida a construir viviendas inteligentes equipadas con una red de comunicación para interconectar una serie de equipos con el propósito de obtener información sobre el entorno doméstico y realizar acciones pertinentes para dicho entorno [URL 1], brindando la posibilidad de programar tareas domésticas con sólo oprimir un botón, lo que se traduce en un mayor confort y un mejor aprovechamiento del horario del usuario.

Como los controles remotos se utilizan en una gran variedad de dispositivos tanto en la banda de luz infrarroja como en la banda de radiofrecuencia; en el presente proyecto se desarrolla un sistema capaz de detectar, decodificar y procesar los pulsos infrarrojos provenientes de un control remoto convencional para manipular un robot móvil (referido en este documento como MOV-IR). MOV-IR podría aplicarse a tareas de exploración de minas como en [URL 2] o como un robot rastreador similar al presentado en [URL 3]. De los controles remotos disponibles en el mercado se seleccionó uno para televisores de la marca SONY®, modelo RM-Y145B por ser un control convencional [URL 4].

Por lo tanto, el objetivo principal de la presente investigación es diseñar y construir un sistema electrónico que permita detectar, decodificar y procesar el movimiento de un robot móvil, dirigido por el control remoto RM-Y145B; aplicando la técnica modular y el multiprocesamiento.

El robot móvil considerado tiene un chasis tipo Jeep con cuatro ruedas; dos ruedas de tracción trasera y dos de dirección, las cuales se manipulan por medio de motores de corriente directa. Los movimientos que realiza el MOV-IR son los siguientes: avance hacia delante, hacia atrás, girar las ruedas tanto a la izquierda como a la derecha.

## Marco Teórico

Mientras que todos los controles remotos de los aparatos electrodomésticos funcionan sobre la misma base de señales infrarrojas, aún no existe un estándar

universal en el método de codificación, cada fabricante usa códigos seriados diferentes en sus aparatos electrónicos. Como por ejemplo, Philips desarrolló los protocolos RC-5, RC-6 y REC-80; mientras que SONY® codifica los datos variando el ancho de pulso (pulse-width modulation) o el ancho entre los espacios de los pulsos (pulse space modulation), otros fabricantes como NEC han establecido sus propios protocolos los cuales tienen aún difusión restringida [URL 5]

Sin embargo, la gran mayoría de los controles remotos utilizan un sistema sencillo en el cual un diodo emisor de luz (LED) infrarroja, simplemente se apaga y se prende; generando un patrón de pulsos en respuesta a la pulsación de un botón en el control, cada tecla tiene un patrón diferente de pulsos; que se transmite a un fototransistor o fotodiodos en un aparato receptor, para evitar la interferencia con otras fuentes de luz, muchos de los sistemas digitales modulan una frecuencia portadora de entre 10 kHz y 100 kHz y un filtro paso bajas en el receptor elimina los excesos de señal [URL 5]

## Protocolo de comunicación Sony®

El control remoto de la marca SONY® para una TV modelo RM-Y145B utiliza la codificación por anchura de bit ("bit width") o protocolo SONY®; que consiste en modular una señal infrarroja de 40 KHz y generar un código binario de 12 bits. Éste código inicia con una cabecera de trama de 2.4 ms es decir; permanece en bajo 4T, donde T es 600 ms, posteriormente siguen siete bits de comando y cinco bits de dirección, transmitiendo primero el bit menos significativo. Así, dentro de cada código existe una serie de pulsos que por su anchura definen a los bits recibidos, de la siguiente manera: un pulso en alto seguido por otro pulso en bajo, ambos de 600 ms de anchura se traduce en un "0" lógico; mientras que, un pulso en alto de 600 ms seguido por otro pulso en bajo de 1200 ms se traduce en un "1" lógico [URL 6], [URL 7]; manteniendo el botón presionado del control remoto el código que se transmite se repite continuamente cada 45 ms.

En la figura 1a. se muestra la forma de onda del protocolo SONY® generado al oprimir el botón "Up channel"; y en la figura 1.b se presenta una versión amplificada de la misma señal.

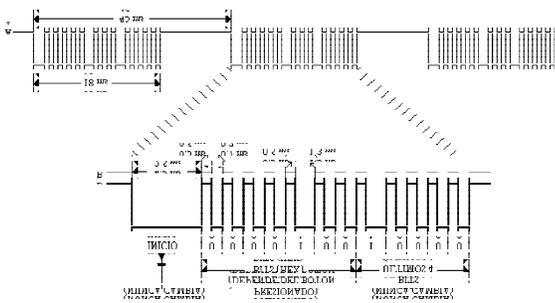


Figura 1. a) Diagrama de tiempos generado al oprimir el botón "Up channel" del control remoto y b) señal ampliada de la misma señal.

En la tabla 1 se presentan los códigos correspondientes a cada uno de los botones que tiene el control remoto SONY®, en donde se observa que los 8 bits menos significativos tienen diferentes valores, mientras que los cuatro bits más significativos permanecen en 0 para todos los códigos válidos. Los primeros siete bits corresponden a los bits de comando y los siguientes cinco son los de dirección, dado esto se diseñó un módulo decodificador de señales infrarrojas (MODSIR), que sólo considera los primeros 8 bits, ignorando la clasificación entre los bits de comando y de dirección.

| BOTON     | BIT | MSB |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |   |
|-----------|-----|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|---|
|           |     | 0   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |   |
| POWER     |     | 1   | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0  | 0 |
| SLEEP     |     | 0   | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0  | 0 |
| "1"       |     | 0   | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0  | 0 |
| "2"       |     | 1   | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0  | 0 |
| "3"       |     | 0   | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0  | 0 |
| "4"       |     | 1   | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0  | 0 |
| "5"       |     | 0   | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0  | 0 |
| "6"       |     | 1   | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0  | 0 |
| "7"       |     | 0   | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0  | 0 |
| "8"       |     | 1   | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0  | 0 |
| "9"       |     | 0   | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0  | 0 |
| "0"       |     | 1   | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0  | 0 |
| MUTE      |     | 0   | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0  | 0 |
| DISPLAY   |     | 0   | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0  | 0 |
| ENTER     |     | 1   | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0  | 0 |
| PICTURE + |     | 0   | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0  | 0 |
| PICTURE - |     | 1   | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0  | 0 |
| VOLUMEN + |     | 0   | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0  | 0 |
| VOLUMEN - |     | 1   | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0  | 0 |
| CHANNEL + |     | 0   | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0  | 0 |
| CHANNEL - |     | 1   | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0  | 0 |

Tabla 1. Códigos de ocho bits correspondientes a las teclas de un control remoto SONY®.

## Metodología y Desarrollo

Para controlar el movimiento de MOV-IR de manera inalámbrica se diseña un sistema digital con dos módulos totalmente independientes, pero que a su vez

se sincronizan y trabajan de manera coordinada para realizar una tarea común es decir, se aplica la técnica de multiprocesamiento. Los módulos y elementos son los siguientes:

- Módulo MODSIR: destinado a decodificar las señales infrarrojas emitidas por el control remoto, diseñado sobre la base del microcontrolador AT90S2313 y un detector de señales infrarrojas CI GPU5X.
- Módulo de control: Recibe e interpreta los datos de MODSIR y ejecuta las operaciones correspondientes a dichos códigos para mover al vehículo; está implementado con el microcontrolador M68HC11E1, y la etapa de potencia con los CI TPIC0108.

En la figura 2, se muestra un diagrama a bloques de cada uno de los módulos y la forma en la cual ambos microcontroladores interactúan.

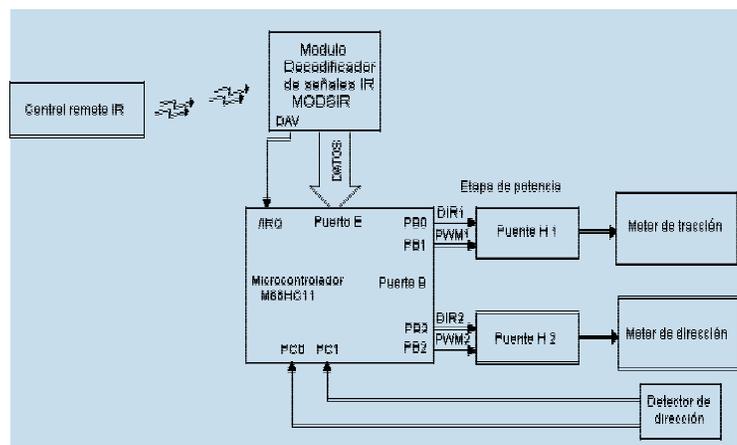


Figura 2. Diagrama a bloques de MOV-IR.

El funcionamiento de éste sistema es el siguiente: el usuario emite un código por medio del control remoto, el módulo MODSIR detecta y decodifica éstas señales infrarrojas; cuando los datos están listos MODSIR, los transfiere al módulo de control para ser procesados; dependiendo del código recibido el módulo de control moverá a los motores de corriente directa.

## Principio de funcionamiento del módulo MODSIR

En la figura 3, se presenta un diagrama a bloques del módulo MODSIR el cual emplea un detector de luz infrarroja (CI GP1U5X) para demodular las señales infrarrojas que oscilan a una frecuencia de 40 KHz [URL 6]. En cuanto el microcontrolador AT90S2313 detecta

la cabecera de la trama, éste interpreta los niveles de la señal recibida del módulo detector; es decir, cuenta el tiempo que la señal permanece en bajo y en alto, si los tiempos para cada bit corresponden, éste se toma y se recorre en un registro hasta obtener los primeros ocho bits (los cuatro restantes se ignoran), inmediatamente después el CPU del microcontrolador AT90S2313 genera una transición en sentido negativo en la señal de control  $\overline{CS}$  (Data Aviable) durante 100 ms para dar inicio a una operación de transferencia de datos hacia el Puerto E (PE0-PE7) del microcontrolador M68HC11E1. Entonces, el CPU del microcontrolador AT90S2313 coloca por su puerto B (PB0 - PB7), el código de ocho bits que representa la orden emitida por el usuario.

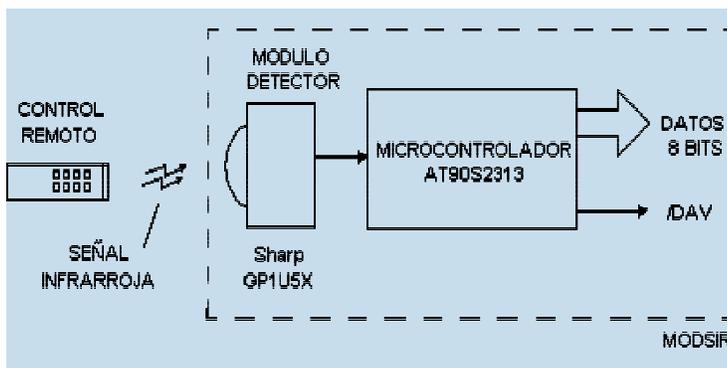


Figura 3. Diagrama a bloques de MODSIR.

En la figura 4 se presenta el diagrama eléctrico de MODSIR.

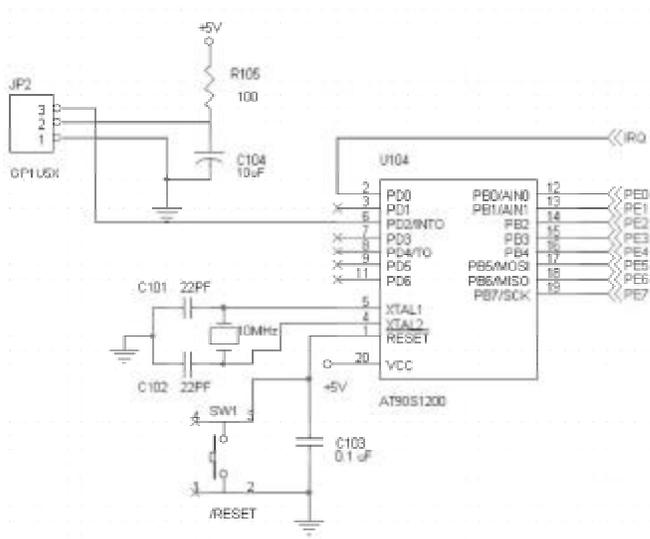


Figura 4. Diagrama eléctrico de MODSIR.

Cabe señalar que existen circuitos integrados disponibles en el mercado que realizan básicamente la misma función que MODSIR, aunque éstos pueden tener algunas características diferentes [URL 6], [URL 7].

## Principio de funcionamiento del Módulo de control

La sincronización para la transferencia de datos entre MODSIR y el módulo de control se realiza por medio de las señales  $\overline{CS}$  y  $\overline{RD}$  de los microcontroladores AT90S2313 y M68HC11E1 respectivamente. La señal  $\overline{CS}$  es una salida en MODSIR que se conecta a la entrada de interrupción mascarable del módulo de control.

El microcontrolador AT90S2313 activa la señal  $\overline{CS}=0$  siempre desee comunicarse con el CPU del M68HC11E1; éste a su vez, cuando detecta que  $\overline{RD}=0$ , suspende la ejecución su programa principal para atender el servicio de interrupción solicitado por MODSIR. Y ejecuta una subrutina de interrupción en donde se reciben los datos para determinar que acción de las cuatro que realiza actualmente MOV -IR debe ejecutar y que corresponde a la orden emitida por el usuario. En la figura 5 se muestra el diagrama eléctrico de la tarjeta Y6811, que utiliza el microcontrolador M68HC11E1 operando en el modo bootstrap, programado mediante el programa Minilde [URL 8].

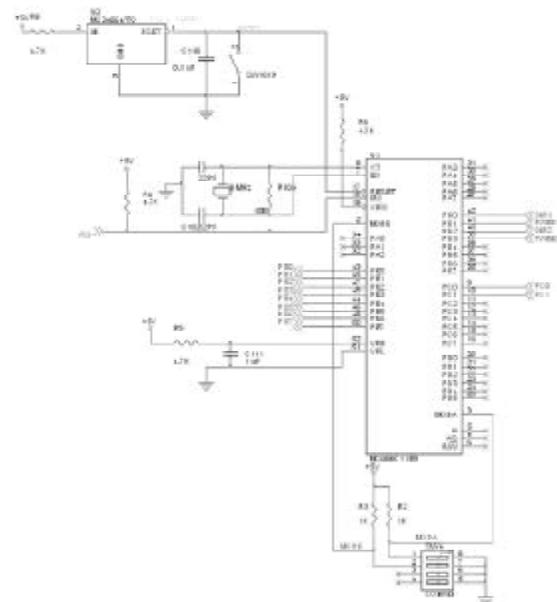


Figura 5. Diagrama eléctrico principal de la tarjeta Y6811.

## Circuito eléctrico de MOV-IR

Uno de los principales requisitos en el programa de control de MOV-IR es conocer la dirección de las ruedas del vehículo, para esto se emplea un interruptor de 1 polo, dos tiros, conectado a los pines PC0 y PC1 del puerto C del microcontrolador M68HC11E1 configurado previamente como entrada, como se muestra en la figura 6, la detección de la posición se realiza según la tabla 2.

| PC1 | PC0 | Estado de las ruedas de dirección |
|-----|-----|-----------------------------------|
| 0   | 0   | posición centrada                 |
| 0   | 1   | Posicionadas a la derecha         |
| 1   | 0   | Posicionadas a la izquierda       |
| 1   | 1   | Inválido                          |

Tabla 2. Detección de la posición de las ruedas

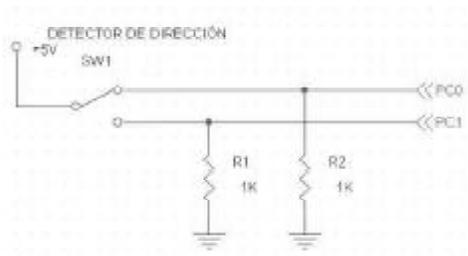


Figura 6. Detector de dirección, montado en el eje de las llantas delanteras.

El interruptor está montado en el eje móvil como se muestra en las figuras 7 y 8

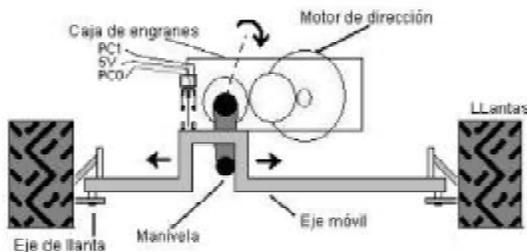


Figura 7 Detalle del montaje del detector de dirección

El puerto B se utiliza para controlar el movimiento de los motores de corriente directa que mueven las llantas tanto de tracción como de dirección de MOV-IR, a través de la etapa de potencia implementada con los CI TPIC0108, que consta de dos puentes H de montaje superficial [4], como se muestra en la figura 9.

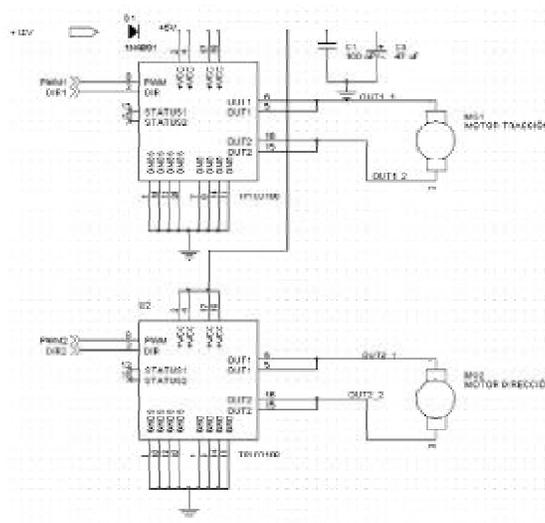


Figura 9. Etapa de potencia para los motores de tracción y dirección.

El funcionamiento del circuito es el siguiente: cuando cualquiera de los botones avance hacia delante o hacia atrás se presiona; las líneas de salida PB1 (PWM1) y PB3 (PWM2) proporcionan un pulso alto con una duración 1.3 segundos, para excitar las bobinas de los motores; este pulso se puede pensar como un pulso PWM pero en realidad no lo es, sino que sólo se activa por un tiempo determinado, cuando se presiona la tecla de avance o de reversa. El control de avance (hacia delante o hacia atrás) se realiza con base a la tabla 3.

| PWM1 | DIR1 | Estado de las ruedas de tracción |
|------|------|----------------------------------|
| 0    | X    | Frenado                          |
| 1    | 0    | Avance hacia adelante            |
| 1    | 1    | Avance hacia atrás (reversa)     |

Tabla 3. Control de las ruedas de tracción

Mientras que la dirección de giro de los motes de corriente directa se determina por las líneas de salidas PB0 (DIR1) y PB2 (DIR2) como se muestra en la tabla 4.

| PWM2 | DIR2 | Estado de las ruedas de dirección |
|------|------|-----------------------------------|
| 0    | X    | Mantiene esa posición             |
| 1    | 0    | Giro a la izquierda               |
| 1    | 1    | Giro a la derecha                 |

Tabla 4. Control de las ruedas de dirección

## Programa

De forma general una interrupción ocurre cuando un dispositivo periférico activa la señal de interrupción del microprocesador del sistema para indicarle que desea comunicarse con él, en nuestro caso; el periférico es el módulo MODSIR, la señal de interrupción es  $\overline{\text{INT}}^{\text{MODSIR}}$  y el microcontrolador es el MC68HC11E1 del módulo de control. Siempre que MODSIR desee comunicarse con el módulo de control para transferir datos, genera un nivel bajo en la salida  $\overline{\text{INT}}^{\text{MODSIR}}$  provocando que la entrada de interrupción  $\overline{\text{INT}}^{\text{MODSIR}}$  sea también baja, cuando esto ocurre, el microcontrolador MC68HC11E1 atiende el llamado a la subrutina int\_ext (interrupción externa) como se ilustra la figura 10.

Como se puede observar en la figura 10 existen dos diagramas de flujo, el diagrama de flujo de la izquierda (figura 10.a) representa el programa principal que el CPU ejecuta normalmente, y el de la derecha (figura 10.b) representa la subrutina int\_ext, que se ejecutará cuando MODSIR envía datos al módulo de control, para mover los motores de MOV\_IR.

En el programa principal se han reservado dos bytes de memoria etiquetados como code y b\_code, el primer byte se utiliza para almacenar el código de ocho bits que recibirá microcontrolador MC68HC11E1 por su puerto E de MODSIR, el segundo byte se utiliza como una bandera que nos ayuda a coordinar la transferencia de datos entre MODSIR y el módulo de control es decir; b\_code le indica al microcontrolador el momento exacto en que MODSIR desea realizar la transferencia de datos. Este byte se actualiza por medio del nivel lógico presente en la señal  $\overline{\text{INT}}^{\text{MODSIR}}$  del microcontrolador MC68HC11E1. Un nivel alto en ésta señal produce un valor \$00 en "b\_code", mientras que un nivel bajo en  $\overline{\text{INT}}^{\text{MODSIR}}$  produce un valor \$FF en este byte.

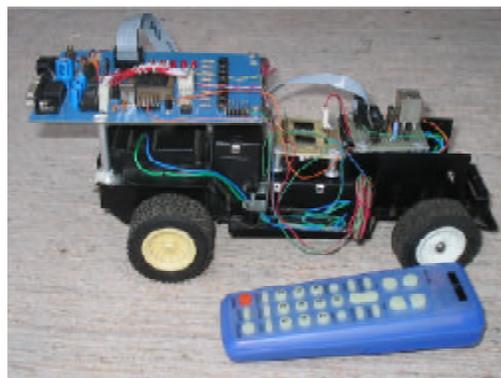
Una de las tareas principales del programa principal es sondear (polling) constantemente el estado actual "b\_code", un valor \$00 en este byte indica que  $\overline{\text{INT}}^{\text{MODSIR}}=1$  y MODSIR aún no está en condiciones de enviar el dato al módulo de control para su codificación y ejecución; un valor \$FF en b\_code significa que  $\overline{\text{INT}}^{\text{MODSIR}}=0$  y MODSIR desea transferir el código correspondiente al botón presionado por el usuario y el microcontrolador MC68HC11E1 ejecuta la subrutina de interrupción int\_ext. Este proceso se realiza en tres pasos:

a) El CPU del microcontrolador MC68HC11E1 lee el contenido actual del byte "b\_code"

- b) Verifica si «b\_code» es igual a \$FF si esta condición se cumple; el CPU salta a la dirección de la subrutina int\_ext, lo cual ocurre únicamente cuando la señal  $\overline{\text{INT}}^{\text{MODSIR}}=0$ ; como se puede apreciar en la figura 10.
- c) Si la condición de salto no se cumple y b\_code = \$00 entonces el CPU permanecerá en el bloque A en un ciclo infinito hasta que  $\overline{\text{INT}}^{\text{MODSIR}}=0$  y active la señal de interrupción  $\overline{\text{INT}}^{\text{MODSIR}}$  del microcontrolador MC68HC11E1.

La tarea principal de la subrutina int\_ext es almacenar en el byte code el código de ocho bits enviado por MODSIR al puerto E del microcontrolador MC68HC11E1. En el programa principal el valor de code se compara con los códigos válidos almacenados previamente en la memoria, determinando de esta manera la función que ha solicitado el usuario, por ejemplo, si se recibe un código igual a \$09, el CPU del microcontrolador M68HC11E1 envía un nivel lógico alto en las señales PWM1 y DIR1 para que el motor de tracción gire 1.3 segundos (tiempo determinado por el retardo) y MOV-IR avance hacia delante, posteriormente la señal PWM1 va a cero.

Si el valor recibido es igual a \$19, significa que las ruedas deben girar a la izquierda, por lo que se estabiliza tanto PWM2 como DIR2 a 1 haciendo que el motor de dirección gire hasta que el valor leído por el puerto C sea igual a \$02 (en este momento, el detector de dirección se cierra), sólo así PWM2 = 0, sin importar el nivel lógico en DIR2. Una vez que se ha completado el tiempo de retardo o se ha cumplido con alguna condición establecida en la tabla 2 correspondiente al puerto C, se inicia una nueva operación de lectura en el byte "b\_code" en la etiqueta A; en donde permanecerá el CPU hasta el momento en que el usuario presione una nueva tecla.



MOV-IR

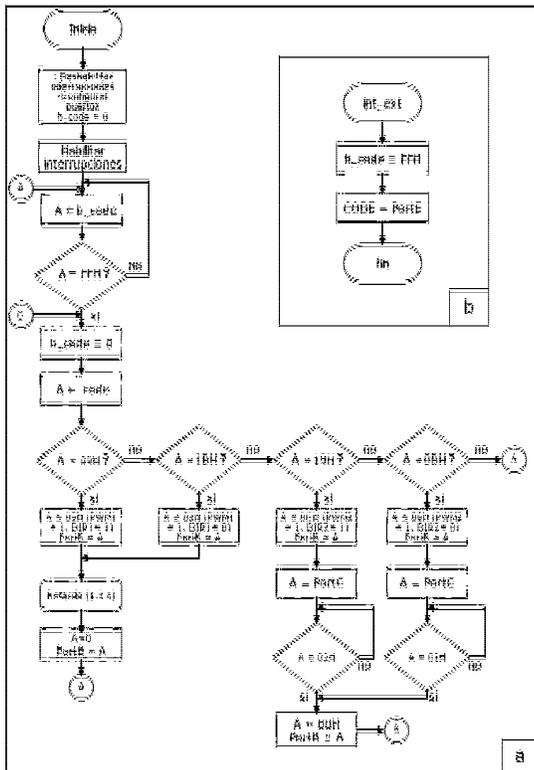


Figura 10. Diagrama de flujo del programa para MOV-IR, a) Programa principal, b) rutina que se ejecuta al ocurrir una interrupción externa IRQ

## Conclusiones

Mediante la implementación de MOV-IR se ha podido demostrar la posibilidad de construir un sistema electrónico que obedezca las órdenes codificadas de un control remoto infrarrojo. Debido a que la interfaz que proporciona el decodificador de señales infrarrojas es digital, el número de funciones a realizarse están limitadas a la combinación de teclas que sean presionadas para una función.

El diseño desarrollado en el presente trabajo permite realizar practicas y pruebas de diseño orientados a las áreas de robótica y domótica. También se puede emplear en proyectos electrónicos que requieran controlar un sistema electrónico por medio de señales infrarrojas, no necesariamente un vehículo con ruedas, sino en cualquier sistema que requiera un comando remoto.

Esta arquitectura, controla solamente las cuatro direcciones (avance hacia delante, hacia atrás, girar a la izquierda, girar a la derecha) del vehículo MOV-IR y no controlar la velocidad de avance, además las señales

infrarrojas deben estar en la línea de vista (es decir, la señal del transmisor debe incidir casi de manera directa con el receptor) lo cual considera como un inconveniente del diseño el cual se puede solucionar utilizando un control remoto de RF como los utilizados en la mayoría de los sistemas.

También debe tenerse cuidado con la polaridad de la alimentación de MOV-IR para evitar que se dañen los dispositivos por una polarización invertida. La alimentación correcta son 12 V, las conexiones contienen un regulador de voltaje de 5V para la tarjeta del microcontrolador M68HC11E1 y para MODSIR.

Los trabajos futuros que pueden sustentarse de la presente investigación se puntualizan a continuación: A MOV-IR pueden agregarse funciones de grabar secuencias que el usuario establezca con el control remoto, así como incorporarle sensores de proximidad para que trabaje como un vehículo autónomo y que logre evadir obstáculos, seguir ciertas líneas de trayectoria y lograr implementar algoritmos de búsqueda. Aunque por el momento se está limitado en el espacio del código debido a que el M68HC11E1 sólo cuenta con 512 bytes de memoria RAM y 512 bytes de memoria EEPROM, es necesario trabajar ahora en el modo expandido, para no limitarse por el espacio de memoria con esto, también se incrementará la autonomía del vehículo, haciendo que éste opere por sí mismo dentro de alguna área con obstáculos **1**

## Referencias

- [1] M68HC11 *Microcontrollers - Referente Manual*, MOTOROLA, Rev. 6,4/2002.
- [2] JOSEPH L. JONES, ANITA M. FLYNN, BRUCE A. SEIGER. 1999 *Mobile robots*, A K Peters Ltd, Second Edition, page 123-133.
- [3] DHANANJAY V GADRE. 2001 *Programming and customizing the AVR Microcontroller*, McGraw-Hill.
- [4] JOHN IOVINE. *Robots, androids, and animatronics*, McGraw-Hill, page 65-68

Sitios de Internet

- [URL 1] [www.monografias.com/trabajos14/domotica/domotica.shtml](http://www.monografias.com/trabajos14/domotica/domotica.shtml), "Página que contiene información sobre la domótica", fecha de última consulta: Sep. 08.

- [URL 2] [www.irsst.qc.ca/en/print\\_publicationirss\\_51.shtml](http://www.irsst.qc.ca/en/print_publicationirss_51.shtml), "Página que contiene un estudio del control remoto y sistemas de guía automáticos para equipos de minas": Sep. 09.
- [URL 3] [www.ee.washington.edu/conselec/A95/projects/pierreg/sony/sony.htm](http://www.ee.washington.edu/conselec/A95/projects/pierreg/sony/sony.htm), "Página que contiene información de las características de los controles remotos de la marca", fecha de última consulta: Sep. 17.
- [URL 4] [www.ee.washington.edu/conselec/A95/projects/pierreg/sony/sony.htm](http://www.ee.washington.edu/conselec/A95/projects/pierreg/sony/sony.htm), "Página que contiene información el diseño de un robot rastreador", fecha de última consulta: Oct. 11.
- [URL 5] [www.innotechsystems.com/primer1.pdf](http://www.innotechsystems.com/primer1.pdf), "Página que contiene información de los protocolos de comunicación RC-5 y REC-8", fecha de última consulta: Sep. 20.
- [URL 6] [www.ustr.net/infrared/sony.shtml](http://www.ustr.net/infrared/sony.shtml), "Página que contiene información de los protocolos de comunicación vía IR", fecha de última consulta: Sep. 05.
- [URL 7] [www.epanorama.net/links/irremote.html](http://www.epanorama.net/links/irremote.html), "Página que contiene información del control remoto", fecha de última consulta: Sep. 05.
- [URL 8] [www.mgtek.com/miniide/](http://www.mgtek.com/miniide/), "Página que proporciona herramienta para estudiantes y desarrolladores de software embebido en lenguaje ensamblador para el microcontrolador 68HC11", fecha de última consulta: Sep. 05.