



CCADET

CENTRO DE CIENCIAS APLICADAS Y DESARROLLO TECNOLÓGICO
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Informe Técnico

Sistema simple de prevención de choques

Antonio Martín Garcés Madrigal

José Luis Pérez Silva

8 de agosto de 2014

Desarrollo tecnológico

Financiamiento interno

Título: Sistema Simple de prevención de choques

Autores: Antonio Martín Garcés Madrigal, José Luis Pérez Silva

Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico

Resumen

En este trabajo presentamos el desarrollo de un sistema simple de control de choques. El sistema se soporta en arreglos de fototransistores que se colocan en el frente del móvil a controlar. La intensidad luminosa que captan los fototransistores está relacionada a la cercanía de objetos en la periferia del móvil; a partir de un arreglo inicial de fototransistores se pueden añadir subgrupos para ir formando perfiles de sombra-iluminación que permiten establecer la distribución del espacio libre en frente del móvil. Para determinar si un objeto frente al arreglo de fototransistores se aleja o se acerca a él nos apoyamos en la luminosidad que incide en ellos, si el objeto se acerca los perfiles se iluminan, en tanto si el objeto se aleja los perfiles se empiezan a oscurecer.

Con esta idea desarrollamos un sistema que determina la posibilidad de desplazamiento, de acuerdo a lo anteriormente explicado, y que de esta forma el sistema de control pueda actuar sobre la aceleración o frenado del móvil de acuerdo al escenario lineal de desplazamiento y con ello se puede hacer que un móvil frene con seguridad, aún en situaciones de pérdida de control del conductor. El esquema descrito se probó en un automóvil de juguete con motor eléctrico y como constancia incluimos un vídeo con el comportamiento del vehículo en algunas situaciones tipo.

Otra de las aplicaciones que hemos considerado es el uso del sistema como una ayuda a minusválidos, ya que el sistema puede enviar un pulso o vibración a la piel o una señal acústica cuando la persona se acerque a un obstáculo frontal que se encuentre a cierta distancia de él y de ésta forma evitar el choque.

Índice

Introducción.....	3
Capítulo 1 Esquema general.....	4
1.1 Estructura de detección.....	4
1.1.1 Electrónica de control.....	6
2 Capítulo 2 Prototipo.....	7
Circuito electrónico.....	9
Tarjeta de circuito impreso.....	10
3 Resultados.....	10
Conclusiones.....	11
Anexo A Lista de componentes	12
Anexo B Hojas de especificaciones.....	13

Introducción

La navegación autónoma en la actualidad se ha vuelto más que una moda en una necesidad, encontramos situaciones en espacios cerrados en donde, por ejemplo, un minusválido requiere desplazar de manera segura una silla de ruedas en el interior de su domicilio o un dispositivo de tipo robótico debe desplazarse al interior de una habitación; incluso en la actualidad ya existen aplicaciones de vanguardia que permiten contar con un sistema automático de apoyo en la conducción y estacionamiento de un vehículo real. Nuestra aplicación explora de manera principal los primeros dos escenarios descritos para un espacio cerrado, pero no por ello podemos excluirla de formar parte de un sistema de control de conducción autónoma de mayor complejidad y de los cuales, sin duda, es conveniente ir explorando las problemáticas asociadas.

En este trabajo presentamos el desarrollo de un sistema simple de prevención de choques. El esquema se centra en la utilización de elementos fototransistores en una estructura electrónica diferencial para determinar la distribución de espacio libre en la parte frontal de un objeto móvil, de tal forma que puedan ser tomadas acciones de control para evitar el impacto con objetos en la trayectoria de éste.

Esquema general

El concepto se basa en el mapeo de los objetos en la cercanía del móvil a controlar, para lo cual se establece un arreglo de detección a través del cual los objetos se ubican relativamente y por medio de ello se genera una acción de control en la velocidad del móvil con el fin de regular su velocidad de desplazamiento, lo anterior se muestra esquemáticamente en la figura 1.

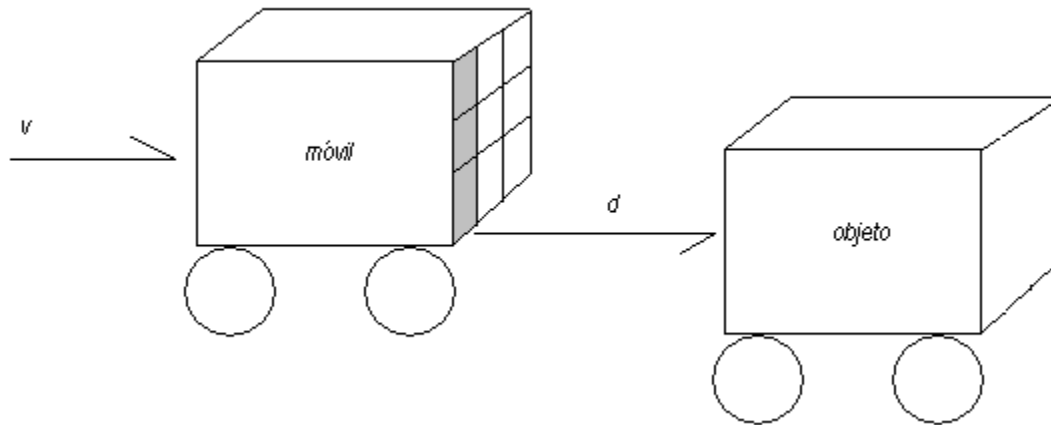


Figura 1. Esquema general para el sistema de prevención de choques

El sistema establece un mapeo en sus sensores y empieza a disminuir su velocidad o frenar completamente para evitar el impacto; hemos desarrollado una versión que también permite retroceder en caso de que el objeto pueda ser impactado frontalmente, dada la dinámica del experimento planteado.

3.1 Estructura de detección

La estructura de detección es un arreglo de fototransistores que nos permite establecer la distancia del móvil al objeto para poder suministrar esta información a la electrónica de control, ésta se muestra en la figura 2.

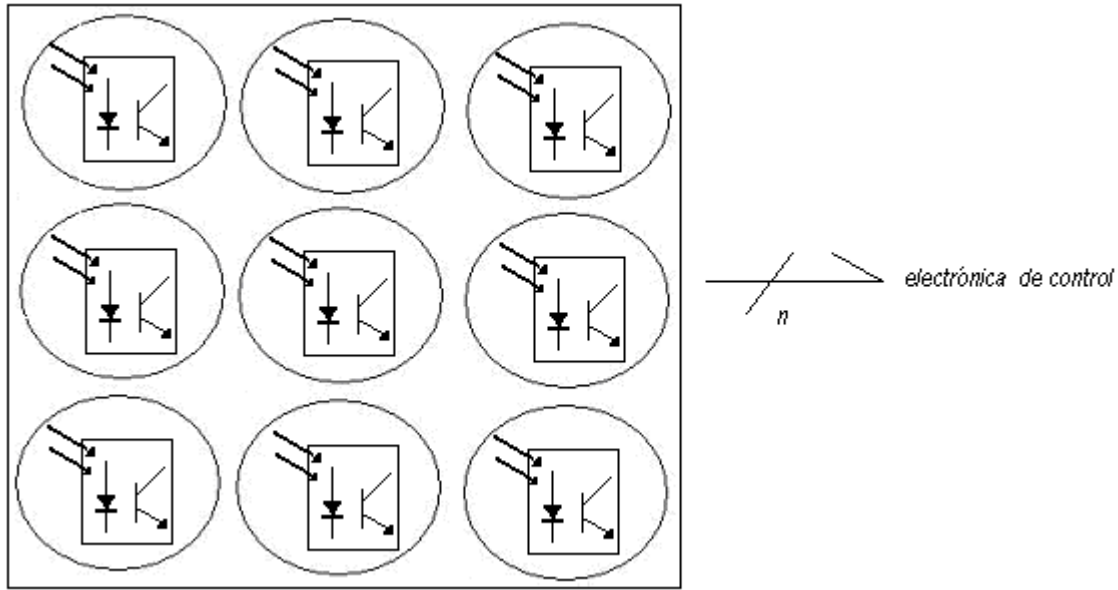


Figura 2. Arreglo de fototransistores para determinación de la cercanía de un objeto

Cada fototransistor nos presenta una relación de corriente contra reflexión similar a la mostrada en la figura 3. Las aportaciones individuales de cada elemento fototransistor son agrupadas para conformar el perfil de proximidad y con ello poder elaborar una estrategia o acción de ajuste de velocidad para el control del móvil. Conforme un objeto se aleja del móvil las aportaciones de cada grupo de fototransistores se ven disminuidas y en contrario se ven incrementadas conforme algún objeto se acerca.

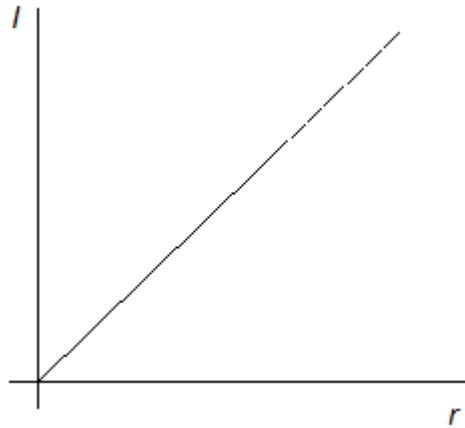


Figura 3. Relación corriente –reflexión en la estructura de detección para cada elemento fototransistor.

El problema de poder cubrir un mayor rango de distancias estriba en la posibilidad de contar con un sistema óptico auxiliar que nos permita extender el alcance individual o global de los sensores, sin embargo para velocidades bajas es suficiente con el rango normal de detección de unos cuantos metros de los dispositivos comerciales utilizados.

3.1.1 Electrónica de control

La etapa de control aglutina los datos provenientes de la estructura de detección de intensidades en la vecindad del móvil, organizándolos de tal forma que permita realizar las acciones de control de acuerdo a los valores de las variables proporcionadas por el sistema pudiendo ser estas: mantener velocidad, disminuir velocidad, detenerse y retroceder.

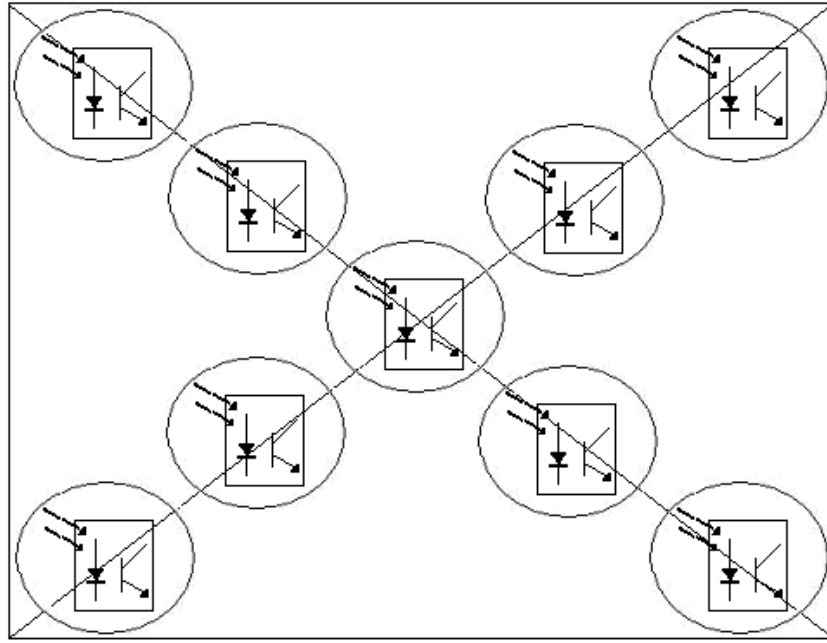


Figura 4. Una posible agrupación de perfiles de detección para detectar objetos frente a un móvil.

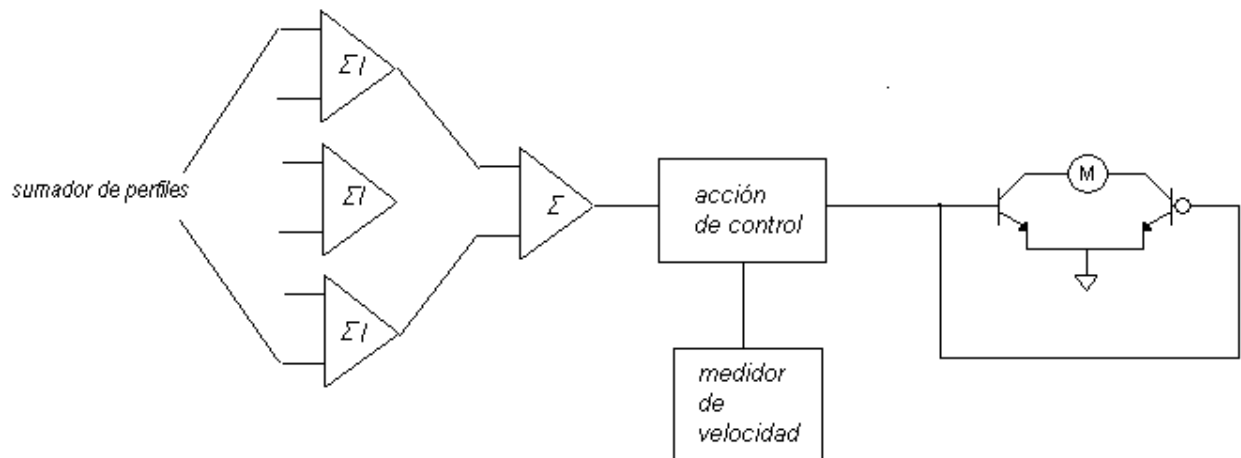


Figura 5. Electrónica de control: etapas de procesamiento de los perfiles y acción de control.

El efecto conjunto de las variables obtenidas por los fototransistores son suministradas a un arreglo electrónico diferencial que controla la corriente que impulsa el motor del móvil (esquemáticamente

ilustrado en la figura 5); la acción de control global deseada, en función de la distancia y la corriente en el motor del objeto a controlar se muestran en la figura 6.

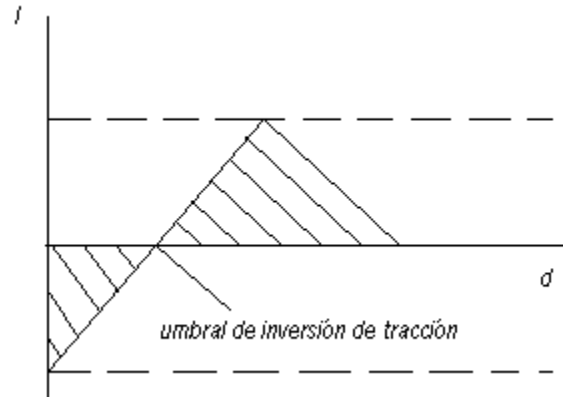


Figura 6. Relación distancia-corriente aplicada al motor del sistema simple de prevención de choques

1 Prototipo

Para la comprobación de funcionamiento se realizaron diferentes prototipos de prueba en donde se seleccionaron diferentes arreglos geométricos y/o de características operativas de los fototransistores para poder estimar los efectos de tener diversas profundidades del campo de 'visión', así como los efectos de trabajar en forma independiente la medición de distancia y del control de velocidad con el fin de buscar esquemas mínimos y que nos brinden un adecuado comportamiento para controlar el acercamiento del móvil a los objetos de prueba, esto es evitar el choque entre ambos. En la figura 7 se muestran algunas imágenes de diferentes arreglos de fototransistores.

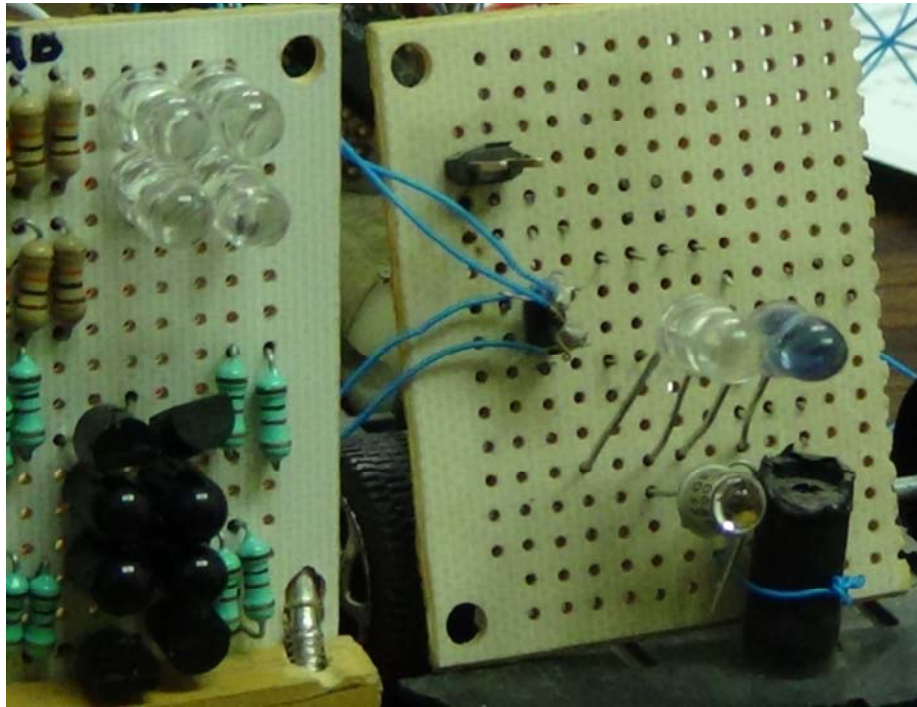


Figura 7 Arreglos de tres (derecha) y cuatro fototransistores con diferentes agrupamientos geométricos y características de operación.

Para el análisis de datos de nuestros arreglos de fototransistores y comprobación de nuestra idea de diseño utilizamos una herramienta diseñada ad hoc y que nos permitió medir el comportamiento de los fototransistores, y por medio de la cual fue posible desarrollar tabulaciones y elementos gráficos que nos auxiliaron en el diseño y depuración de los perfiles de distancia y de esta forma adecuar la acción de control al escenario de operación en el que se probaba el sistema de prevención de choques. Este sistema consiste en un ADC multiplexado que permite determinar los valores de intensidad en cada fototransistor y que a su vez se conecta con una PC en la que se ejecuta un programa que visualiza la información adquirida. En la figura 8 se muestra la interfaz de usuario del sistema auxiliar de medición desarrollado, en ésta se observan las columnas A, B y C con la digitalización de intensidades (identificados individualmente con las letras correspondientes a sus columnas para cada uno de los tres fototransistores de este caso), en tanto las columnas y1 a y3 muestran su equivalencia porcentual y se representan gráficamente en los círculos de la parte inferior (mostrados en rojo y negro). Cada renglón de la tabla muestra diferentes eventos digitalizados de tal forma que es posible realizar ajustes al arreglo de fototransistores o adecuaciones al escenario y de esta forma registrar y observar sus efectos directamente a través de la interfaz de usuario.

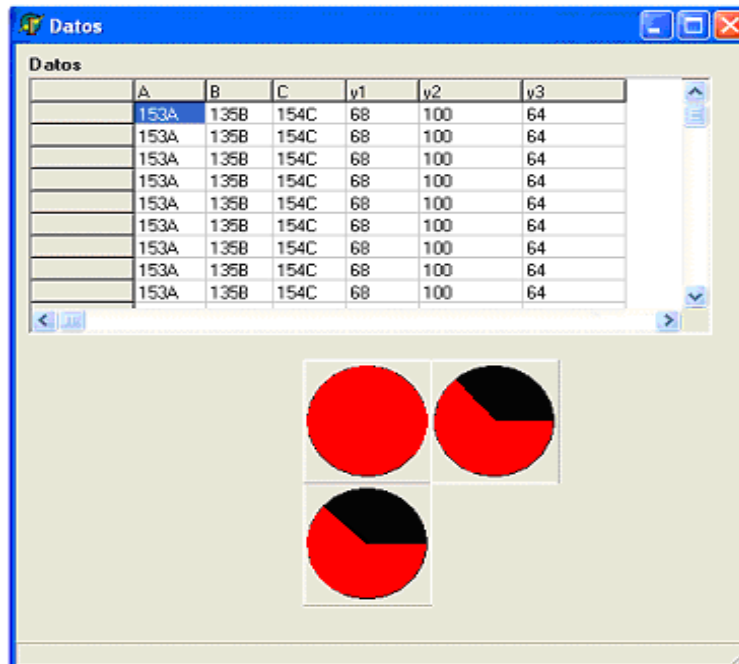


Figura 8. Interfaz de usuario del sistema auxiliar de medición, en la imagen se muestran tabularmente los valores digitalizados de las intensidades luminosas detectadas en cada fototransistor (en éste caso un arreglo de tres fototransistores, figura 7) y su representación gráfica.

Circuito electrónico

El circuito se basa, como se mencionó anteriormente, en una celda de tipo diferencial con el fin de generar un perfil de corriente similar a la estipulada en la figura 6. En la entrada, asociados a los símbolos "F" y "R", se presentan los fototransistores que suministran su señal al arreglo diferencial que controla el motor "M", como se muestra en el diagrama esquemático electrónico de la figura 9.

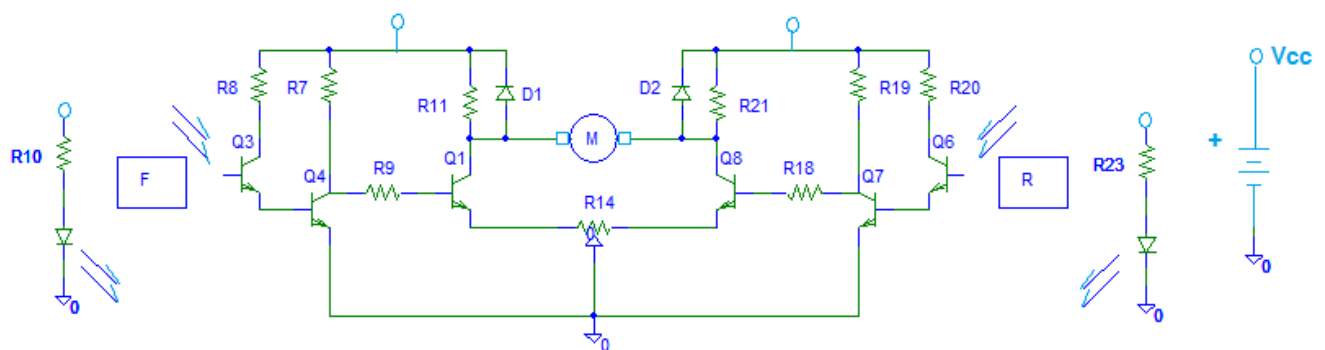


Figura 9. Circuito esquemático del sistema de prevención de choques.

Tarjeta de circuito impreso

La implantación del circuito propuesto, figura 9, se desarrolló en una tableta de circuito impreso que se muestra en la figura 10.

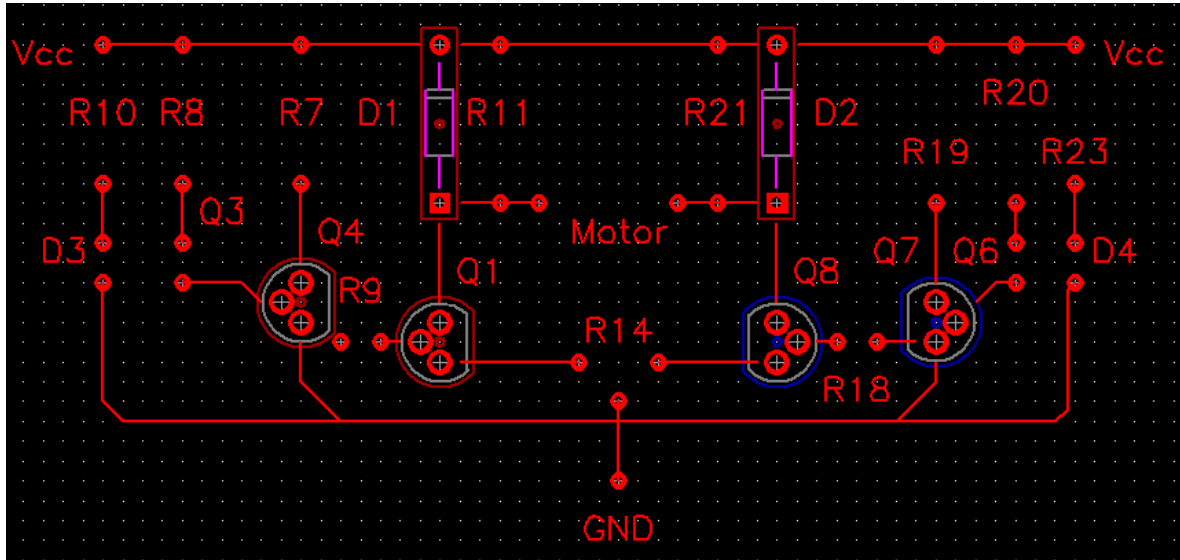


Figura 10. Placa de circuito impreso, los valores y características de los componentes se proporcionan en el anexo A.

2 Resultados

En la realización de pruebas de funcionamiento se encontró que el sistema previene efectivamente una situación de impacto, para ello se incluye un vídeo que muestra el comportamiento de un móvil controlado por el sistema desarrollado en situaciones de colisión inminente. En el vídeo (se anexa mini CD con película) se observa como el móvil controlado por el sistema realiza la acción de disminuir la velocidad e incluso hace retroceder al automóvil como estrategia adicional de protección ante una situación de colisión frontal.



Figura 11 Vídeo que muestra el comportamiento del sistema de prevención de choques.

De acuerdo lo observado en el video y considerando la electrónica del circuito podemos pensar en diferentes aplicaciones, como la de sustituir el motor de prueba por un zumbador o "buzzer" y con ello tener un equivalente a los dispositivos auxiliares para marcha en reversa o estacionamiento en los automóviles actuales (y que tendría un efecto positivo en la reducción de costos pues un sistema con base a sensores piezoeléctricos puede tener un costo, a nivel comercial, del orden de mil pesos, en comparación de algunas decenas de pesos para nuestra propuesta y que a nivel industrial puede disminuir aún más); otra opción es aplicar la señal a la base, compuerta o disparo de etapas de potencia en manejadores ("drivers") para motores en sillas de ruedas en las que automáticamente podría ayudar al avance o retroceso de estos equipos e incluso se puede incluir una etapa adicional como parte

del mecanismo de dirección (relacionado con el control de guía derecha-izquierda); también se ha considerado su posible aplicación en la industria del juguete al incluirlo, por ejemplo, como parte de los mecanismos de guía para vehículos y robots autónomos que se observan en el mercado comercial actualmente.

Conclusiones

Las pruebas realizadas al sistema nos permiten afirmar que el esquema propuesto es una alternativa viable para proporcionar soluciones a las diversas aplicaciones consideradas y se observa el cumplimiento del objetivo inicial de contar con un sistema electrónico que permita evitar el choque de un móvil ante una situación de impacto; adicionalmente podemos considerar que el desarrollo se puede convertir en una celda o módulo base para sistemas de control más avanzado en prototipos de mayor complejidad, por ejemplo en situaciones conducción autónoma o asistida en escenarios bidimensionales.

Anexo A

Lista de componentes.

Resistencias: R7-1k, R8-1k, R9-470, R10-1k, R11-47, R14-100 trimpot, R18-470, R19-1k, R20-1k, R21-47, R23-1k, todos los valores referidos en Ohms y en potencia de @1/4 W, excepto R11 y R21 @ 1/2W.

Diodos: D1 y D2: 1N4148

Transistores. Q1, Q4, Q8, Q7: BC 547C

Foto transistores. Q3: PT-1302B, Q6: PT331C

Leds infrarrojos: D3 IR383, D4: IR333

Batería: alcalina 9V @ 200 mA, tipo “cuadrada”

Motor: de auto eléctrico de baterías

Anexo B

Hojas de especificaciones de los componentes electrónicos.

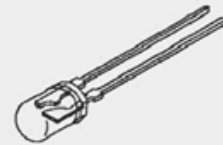
PT331C

Descripción del producto.

Con características estables, sensibilidad de iluminación alta. Su encapsulado es de plástico. Se aplica principalmente en: sistemas de control automático, control remoto, alarmas, foto detector, detector de humo, usos industriales, entre otros.

Máximos rangos absolutos.

Voltaje de sostenimiento de colector a emisor	30 V
Voltaje de ruptura colector a emisor	5 V
Corriente de colector	25mA
Rango de temperatura de operación	- 40°C ~ 85°C
Rango de temperatura de almacenamiento	- 40°C ~ 85°C
Temperatura de soldado	260°C
Humedad relativa a 85°C	85 %
Potencia de disipación a (o abajo) de 25°C	100 mW



Características radiantes y eléctricas

Parámetro	Símbolo	Mín.	Tip	Máx	Unidad	Condiciones
Voltaje de sostenimiento de colector a emisor	VCE (SUS)		1.3	1.7	V	IC = 100 μ A H = 0
Voltaje de ruptura de emisor a colector	BVECO			10	μ A	IC = 100 μ A H = 0
Voltaje de saturación de colector a emisor	VCE (SAT)	6	10		mW	IC = 0.5 mA H = 20 mW/cm
Corriente en la oscuridad	ID		940		nm	VCE= 15 V H = 0
Corriente del foto, fuente de tungsteno	IL	1.0	20		mA	VCE= 5 V H = 20 mW/cm
Tiempo de elevación	TR		5		μ S	VCC = 30 V IL = 800 μ A
Tiempo de caída	TF		5		μ S	RL = 1 KOHM

Figura B.1. Hoja de especificación del componente PT331C.

IR333C

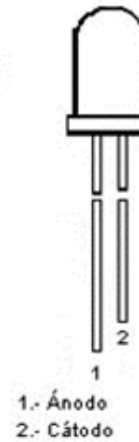


Descripción: Diodo emisor de luz infrarrojo de 5 mm transparente.

Modelo: IR333C

Rangos Máximos ($T_a = 25^\circ \text{C}$)

Parámetro	Símbolo	Valores	Unidad
Corriente continua en sentido directo	I_F	100	mA
Corriente pico en sentido directo (ancho de pulso= 10 μ S)	I_{FP}	1.0	A
Tensión inversa	V_R	5	V
Rango de temperatura de operación	T_{opr}	-40 ~ +85	$^\circ \text{C}$
Rango de temperatura almacenaje	T_{stg}	-40~ +85	$^\circ \text{C}$
Temperatura de soldado	T_{sol}	260	$^\circ \text{C}$
Potencia de disipación a (o abajo) de 25 $^\circ \text{C}$	P_d	150	mW



Características radiantes y eléctricas

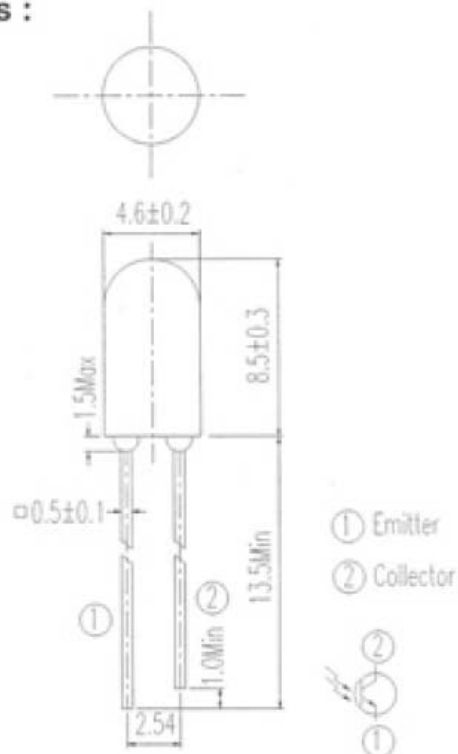
Características	Símbolo	Condición de prueba	Mín.	Tipo	Máx.	Unidad
Voltaje en sentido directo	V_F	$I_F=20\text{mA}$	-	1.2	1.5	V
		$I_F=100\text{mA}$	-	1.4	1.8	
Corriente de fuga inversa	I_R	$V_R= 5\text{V}$	-	-	10	μA
Potencia	P_D	$I_F= 100\text{mA}$	6	10		mW
Longitud de onda espectral pico	λ_p	$I_F= 100\text{mA}$	-	940	-	nm
Ancho de banda espectral	$\Delta\lambda$	$I_F= 100\text{mA}$	-	40	-	Nm
Angulo para alta intensidad	$2\theta_{1/2}$		-	25	-	Grados ($^\circ$)

Figura B.2. Hoja de especificación del componente IR333C.

5mm Phototransistor

MODEL NO : PT1302B/C2

■ Package Dimensions :



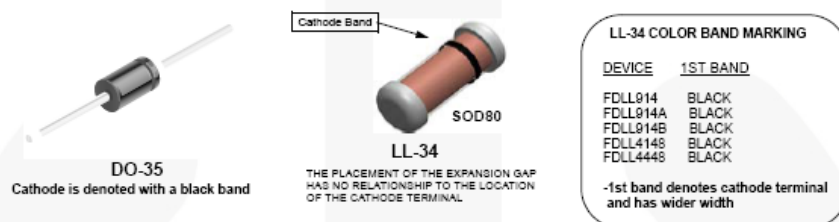
■ Notes :

1. All dimensions are in millimeter.
2. Protruded resin under flange 1.5 mm Max.
3. Lead spacing is measured where the lead emerge from the package.
4. Lens color : Black.
5. Above specification may be changed without notice.

will reserve authority

Figura B.3. Hoja de especificación del componente PT1302B.

1N/FDLL 914A/B / 916A/B / 4148 / 4448 Small Signal Diode



Absolute Maximum Ratings⁽¹⁾

Stresses exceeding the absolute maximum ratings may damage the device. The device may not function or be operable above the recommended operating conditions and stressing the parts to these levels is not recommended. In addition, extended exposure to stresses above the recommended operating conditions may affect device reliability. The absolute maximum ratings are stress ratings only. Values are at $T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted.

Symbol	Parameter		Value	Units
V_{RRM}	Maximum Repetitive Reverse Voltage		100	V
I_O	Average Rectified Forward Current		200	mA
I_F	DC Forward Current		300	mA
I_{fT}	Recurrent Peak Forward Current		400	mA
I_{FSM}	Non-repetitive Peak Forward Surge Current	Pulse Width = 1.0 s	1.0	A
		Pulse Width = 1.0 μs	4.0	A
T_{STG}	Storage Temperature Range		-65 to +200	$^\circ\text{C}$
T_J	Operating Junction Temperature		175	$^\circ\text{C}$

Note:

1. These ratings are limiting values above which the serviceability of the diode may be impaired.

Figura B.4. Hoja de especificación del componente 1N4148.

GENERAL PURPOSE APPLICATION.
SWITCHING APPLICATION .

FEATURES

- High Voltage : BC546 $V_{CE0}=65V$.
- For Complementary With PNP Type BC556/557/558.

MAXIMUM RATING ($T_a=25^\circ$)

CHARACTERISTIC		SYMBOL	RATING	UNIT
Collector-Base Voltage	BC546	V_{CBO}	80	V
	BC547		50	
	BC548		30	
Collector-Emitter Voltage	BC546	V_{CEO}	65	V
	BC547		45	
	BC548		30	
Emitter-Base Voltage	BC546	V_{EBO}	6	V
	BC547		6	
	BC548		5	
Collector Current	BC546	I_C	100	mA
	BC547		100	
	BC548		100	
Base Current	BC546	I_B	20	mA
	BC547		20	

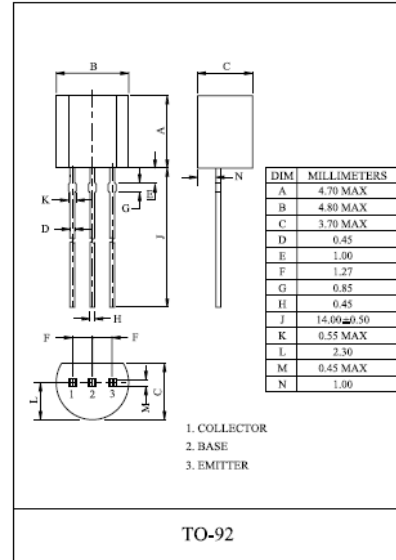


Figura B.5. Hoja de especificación del componente BC547C.