



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
ARAGÓN

DISEÑO DE UN SISTEMA ELECTRÓNICO EXPULSOR  
DE POLVO DE PIMIENTA  
APLICADO EN LA PROTECCIÓN DE LOCALES  
COMERCIALES

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

**P R E S E N T A:**

CONCEPCIÓN JORGE HERNÁNDEZ DURAN



FES Aragón

ASESOR DE TESIS:  
ING. RAFAEL FERNANDEZ DE LARA PEREZ

México

2005

11352612



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## **Agradecimientos:**

**A Dios,** por iluminar mi camino.

**A mis padres:** Laurencia y Luis; por su bondad y paciencia.

**A mis amigos:** Gabriel, Héctor, Carmen Liliana e Ivonne; por su amistad, ayuda y apoyo.

**Al profesor,** el Ingeniero Rafael Fernández de Lara, por aceptar dirigir este trabajo, por el tiempo dedicado, su amistad y conocimientos compartidos.

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>1 ANTECEDENTES</b> .....	2
1.1 La seguridad, una necesidad humana .....	2
1.2 La electrónica como respuesta .....	3
<b>2 FUNDAMENTOS</b> .....	11
2.1 Componentes básicos .....	11
2.2 Los circuitos monoestables .....	27
2.3 El circuito integrado 555 .....	33
<b>3 DISEÑO DEL SISTEMA</b> .....	47
3.1 Planteamiento del problema .....	47
3.2 La Solución propuesta .....	54
3.3 Descripción general .....	57
3.4 Módulo de alimentación .....	61
3.5 Módulo de disparo, control y temporización .....	73
3.6 Módulo de potencia .....	80
3.7 Módulo mecánico .....	84
<b>4 PRUEBAS DEL SISTEMA</b> .....	86
4.1 En el laboratorio .....	86
4.2 En el campo .....	89
<b>5 COSTOS</b> .....	90
5.1 Costo del sistema .....	90

<b>6 LEGISLACIÓN</b> .....	91
6.1 Legislación del polvo de pimienta .....	91
6.2 Reglamentación del sistema .....	92
<b>7 RESULTADOS Y CONCLUSIONES</b> .....	93
7.1 Manual de operación y mantenimiento .....	93
7.2 Resultado y conclusión .....	103
<b>Apéndice A Características de dispositivos</b> .....	105
<b>Apéndice B Escritos</b> .....	125
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	130

## **INTRODUCCIÓN**

Como ingenieros, en muchas ocasiones al buscar la solución a una necesidad o problema, nos vemos tentados a utilizar la tecnología más impactante, la tecnología de moda o simplemente lo más novedoso; olvidando que existen en el mercado componentes básicos que utilizados de manera adecuada, y empleando sus características con imaginación, pueden solucionar diferentes necesidades que se presentan en cualquier campo del quehacer humano.

La seguridad es uno de estos campos donde la electrónica ha tenido una gran aplicación y diversificación; desarrollando sistemas para proteger bienes y personas de cualquier daño real o potencial del cual puedan ser objetos.

La electrónica en el campo de la seguridad esta dividida básicamente en tres bloques:

Intrusión, control de acceso y circuito cerrado de televisión.

La intrusión se encarga de detectar y dar aviso de la presencia de desconocidos en zonas restringidas, empleando para ello, una red de sensores conectados a una unidad de control la cual tiene comunicación constante con una central.

El control de acceso permite el libre paso sólo a personas autorizadas, podemos decir que funciona como un filtro al cual modificamos de acuerdo a nuestras necesidades.

El circuito cerrado de televisión mejor conocido por sus siglas como CCTV, permite vigilar de manera visual uno o varios lugares al mismo tiempo, aportando más información para la toma de decisiones. El elemento principal es la cámara de video.

Aunque se han desarrollado una gran cantidad de sistemas, la mayoría no ofrece una respuesta inmediata a una agresión, incluso, dada la demanda de seguridad requerida por los ciudadanos el ofrecer seguridad se ha hecho un gran negocio por lo cual los sistemas están concebidos de tal forma que exista una dependencia hacia la compañía que los instala. Otro factor importante es el alto costo del equipo, esto ocasiona que no todas las personas puedan protegerse con estos sistemas, ya que su implementación esta fuera de su alcance. Para los pequeños comerciantes es importante contar con un equipo que además de notificar que tienen problemas, también responda de forma inmediata ante una agresión en el interior de sus comercios.

Tomando como antecedente los párrafos anteriores y utilizando las características que tienen el circuito integrado NE555 y el polvo de pimienta, podemos desarrollar un sistema útil para la protección de las personas y salvaguarda de sus bienes; a un costo accesible a la mayoría.

## **1 ANTECEDENTES**

La búsqueda continua del ser humano por mejores formas de protegerse, ha sido una motivación para el desarrollo de distintos medios para lograrla. Entre los mejores que le han dado resultado, es el uso de la electrónica; hoy es difícil encontrar lugares donde no se aplique la electrónica como medio para resolver problemas.

### **1.1 La Seguridad, Una Necesidad Humana**

Las dos necesidades humanas más importantes son el alimento y el refugio. Sin el alimento y el agua moriríamos, sin un refugio donde protegernos del frío o el calor podríamos morir. La tercera necesidad básica más importante es la seguridad; la preservación de nuestras vidas. Este instinto de conservación es tan viejo y básico como la vida misma. Se encuentra dentro de cada uno de nosotros. El miedo de una amenaza real o potencial al bienestar, causa que la gente se cuestione por la habilidad que tiene para protegerse a sí misma.

Hace millones de años, el hombre como muchas otras formas de vida animal, descubrió que formando grupos, tribus o comunidades ofrecía muchas ventajas. Una de las más importantes fue la seguridad individual, que se incrementaba al formar parte del grupo. A cambio de disfrutar ésta seguridad, se esperaba que los individuos cumplieran las leyes o reglas del grupo. Generalmente las amenazas a estas primeras sociedades tomaban la forma de animales, desastres naturales o grupos vecinos rivales.

La sociedad moderna tiene una forma mucho más sofisticada de este mismo concepto. Hasta hace pocas décadas los individuos dentro de la sociedad podían esperar razonablemente que mientras obedecieran la ley, ellos podrían estar seguros contra amenazas comunes. El sistema de justicia, las fuerzas del orden, los tribunales y las instituciones penitenciarias ofrecerían seguridad al ciudadano.

Desafortunadamente estas instituciones ya no tienen la capacidad de proteger a los individuos como una vez lo hicieron. En los últimos años el índice de criminalidad se ha incrementado. Tanto, que la mayoría de personas en esta ciudad han sido víctimas de un robo o asalto.

La situación es indudablemente alarmante, la mayoría lo lee en el periódico o lo ve en la televisión. Es evidente que nuestra sociedad se ha vuelto un lugar peligroso para vivir. Las leyes e instituciones alguna vez confiables, diseñadas para protegernos, han fallado.

## 1.2 La Electrónica Como Respuesta

Es probable que el hombre primitivo, haya protegido su hogar contra bestias merodeadoras y elementos que podrían dañarlo, bloqueando por la noche la entrada de su cueva con una gran roca. Cuando la casa del hombre se hizo más sofisticada, la seguridad fue proporcionada por un pozo lleno de agua y un gran perro. Pero cuando el tamaño de las casas se redujo no hubo más espacio para el pozo, y un perro grande come demasiado; así que la seguridad evoluciono a un alambre de púas, alambres que hacen sonar campanas, y hasta una parvada de gansos –porque el ganso da aviso con anticipación graznando a los extraños. Desafortunadamente, ninguno de estos métodos de seguridad son muy efectivos para proteger propiedades cuando nadie esta en las cercanías, por este motivo, se hizo necesario una alarma contra intrusos que pudiera despertar hasta un muerto, o por lo menos, alertar a un vecino o velador.

Fue la energía eléctrica, generalmente proporcionada por baterías, lo que permitió usar una campana muy ruidosa como alarma contra intrusos.

Por supuesto, con el tiempo, el criminal aprendió como burlar una simple alarma eléctrica, por eso hoy hacemos uso de la electrónica para construir equipos que protejan mejor a nuestra persona y bienes.

La electrónica

Del mismo modo que el uso del radio comenzó a extenderse en la década de 1920, la industria asociada con el radio y los tubos de electrones se hizo importante para la ingeniería eléctrica. Fue la invención del tubo de vacío, tríodo, por Lee De Forest en 1907 que posibilito al radio para crecer. El uso del tríodo como un amplificador y detector demostró que los circuitos de radio podrían ser diseñados pronto.

En 1929, el tubo de vacío se conocía como el tubo de electrones. Con la publicación de la revista "Electrónica" en 1930, nació una palabra nueva y se identifico una industria.

La electrónica es el campo de la ingeniería y la industria que utilizan dispositivos relacionados con la conducción controlada de electrones u otros portadores de carga en circuitos y sistemas; especialmente en el vacío, gas o material semiconductor.

Durante la primera mitad del siglo XX, la electrónica estuvo dominada por el tubo de vacío.

Los ingenieros estaban interesados en la miniaturización de la electrónica y se dedicaron a experimentar con los semiconductores lo cual llevo a la invención del transistor. Las propiedades fundamentales de los semiconductores difieren de los metales y aislantes. Un semiconductor es un conductor electrónico con una resistividad (capacidad resistiva) entre la resistividad de los metales y los aislantes.



Con el desarrollo de la mecánica cuántica en el período de 1926 a 1936 se incrementó el entendimiento del semiconductor.

En la década de 1930, varios dispositivos semiconductores primitivos habían sido construidos en el laboratorio. La analogía entre el diodo semiconductor y el diodo de vacío fue obvia, y algunas personas intentaron construir un dispositivo semiconductor de tres terminales.

En julio de 1945 un programa de investigación de semiconductores fue puesto en marcha por los Laboratorios Bell, John Barden, William Shockley y Walter Brattain fueron los inventores del primer transistor.

Desde un simple amplificador u oscilador hasta la computadora más elaborada, el transistor es el ingrediente esencial en cualquier circuito electrónico. Los circuitos integrados los cuales han reemplazado casi completamente a los circuitos construidos con transistores discretos son en sí mismos, tan solo, un conjunto de transistores y otros componentes construidos en un mismo trozo de material semiconductor.

Los sistemas electrónicos de seguridad que actualmente se emplean, van más allá de un simple circuito eléctrico, que al abrirse o cerrarse emite una señal luminosa o auditiva; aunque toman este principio, su capacidad de memoria los hace más confiables y difíciles de sobrepasar o inhabilitar.

Los sistemas de seguridad electrónicos de hoy, son 90% preventivos, su propósito básico es disuadir, se basan en el apoyo externo para cumplir con su cometido.

Seguridad verdadera contra seguridad de ilusión

Hoy, los sistemas contra ladrones hacen un gran trabajo para detectar un intruso. Pero en el área de respuesta, el desempeño es pobre.

¿Cuándo fue la última vez que usted llamo a la policía al escuchar la alarma de una sirena o campana? Aún un sistema monitoreado puede ser un desastre esperando suceder.

Un ladrón hábil generalmente limita su tiempo a unos simples cuatro minutos, lo cual es tiempo suficiente para tomar las cosas de mayor valor de su propiedad.

El asume que ha disparado un sistema monitoreado. Un sistema típico no llama a la estación central inmediatamente, hay un tiempo de retraso de treinta a sesenta segundos para permitir a un propietario olvidadizo reponer el sistema.

Más tarde, transcurridos varios segundos, hasta que la información aparece en la computadora de la estación central, él agente encargado del monitoreo necesita varios segundos más para leer la información. Él o ella marcan el número telefónico de la víctima para hablarle. El teléfono suena por otros veinte a treinta segundos antes de que él piense que esto puede ser un robo real. Más segundos pasan en lo que el agente llama a la policía. Quizá, después de

varios timbrazos, alguien conteste. Sobre el minuto siguiente el oficial toma la información y cuelga. El oficial entonces pasa la información al despachador quien lo lee y entonces habla por radio e intenta contactar con la patrulla adecuada.

El oficial de la patrulla toma nota de la dirección y entonces toma unos pocos segundos para decidir la mejor ruta para llegar allí. Es improbable que el viaje sea hecho en menos de un minuto. Si usted suma esto, tendrá un tiempo mayor a cuatro minutos.

Pero hay más, a la policía no le gusta responder a los robos. Los policías arriesgan su vida todos los días como parte de su trabajo. Ellos están entrenados y listos para ponerse en peligro para proteger su vida. Pero, cuando se vuelve mortal proteger su propiedad, esto puede ser un poco diferente. Atrapar a un ladrón en una casa no es algo saludable pensar hacer. Una emboscada es difícil de predecir y aún más difícil, protegerse de ella. Usted puede esperar poco menos que el máximo esfuerzo a realizar por la policía a una llamada por robo.

Así, una alarma monitoreada simplemente garantiza que la policía será la primera en la escena para estimar las pérdidas. Aún en las mejores condiciones, las afirmaciones implícitas de la industria de la seguridad son engañosas. Una alarma contra ladrones amenaza a un intruso con una respuesta. Pero en realidad, una respuesta a tiempo es cosa rara. Debemos enfrentar el hecho de que el elemento humano es el eslabón débil en cualquier sistema de seguridad.

Lo que se necesita es un sistema que pueda enfrentarse enérgicamente con un intruso, terminando el intento de robo sin la necesidad de asistencia humana.

Funcionamiento básico de un sistema de alarma electrónico.

Cualquier sistema de alarma contra ladrones puede dividirse en tres bloques (Fig. 1.2.0), estos son:

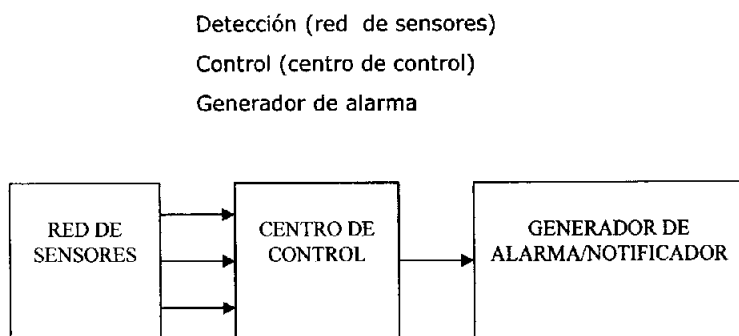


Fig. 1.2.0 Sistema de alarma a bloques

## Detección

Su función es descubrir una real o posible intrusión en inmuebles y enviar una señal de alarma al centro de control. Para realizar esta tarea utiliza sensores que se colocan básicamente en todos los puntos posibles de acceso al inmueble que se desea proteger; esto es, en puertas y ventanas. Los sensores son dispositivos diseñados para evaluar una o más variables físicas; tales como; presión, temperatura, desplazamiento, radiación, vibración y otras. Para que un sensor envíe una señal de alarma, el valor de la variable debe sobrepasar el ajuste preestablecido. El diseño de cada dispositivo esta celosamente guardado por cada fabricante. Sin embargo, podemos describir en forma general el funcionamiento de los sensores más utilizados.

El contacto magnético es el sensor más utilizado y con más tiempo en el mercado de la seguridad. Esta compuesto por dos partes, un imán y una cápsula sellada Fig.1.2.1.

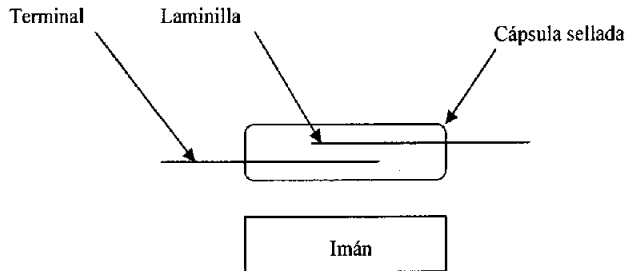


Fig. 1.2.1 Contacto Magnético

Dentro de la cápsula se encuentran dos laminillas, las cuales son sensibles al campo magnético del imán. Su funcionamiento es simple, al acercar o alejar un imán del encapsulado, provoca que las laminillas sensibles al campo magnético sufran una deflexión, con esta acción las laminillas hacen contacto una con la otra o se separan. Así, cuando las laminillas están en contacto y sin influencia del imán, se dice que es un contacto magnético normalmente cerrado N.C. (por sus siglas en ingles de Normally Close); cuando las laminillas están separadas y requieren la acción del campo magnético del imán para unirse, entonces se dice que es un contacto magnético normalmente abierto N.O. (por sus siglas en ingles de Normally Open).

Este dispositivo se coloca en el borde de puertas y ventanas que al abrir o cerrar realizan un desplazamiento, esta acción separa el imán de la cápsula dando como resultado la activación de la alarma.

Otro sensor muy utilizado es el llamado PIR (por su nombre en ingles de Passive Infrared Motion Detector). Este dispositivo fue utilizado en la guerra de Vietnam, ya sea de día o de noche, detecta la presencia de seres vivos u objetos que emitan calor de sus cuerpos.

Los elementos sensitivos al calor del dispositivo detector piroeléctrico, son dos cristales de tantalato de litio ( $\text{LiTaO}_3$ ) dentro de un casquillo de metal tipo TO-5. El casquillo tiene una ventana rectangular de silicón en la parte superior para admitir la energía infrarroja así como una resistencia de gran valor y un transistor de efecto de campo (FET) de bajo ruido.

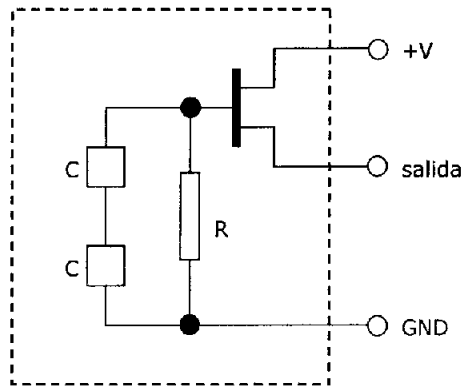


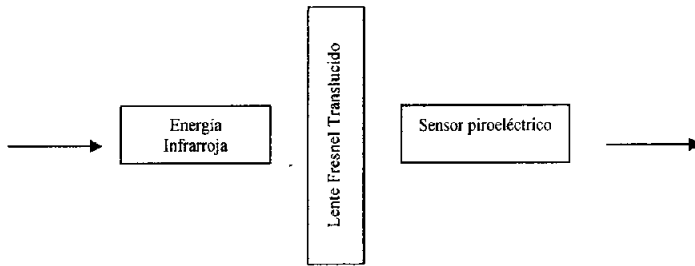
Fig. 1.2.2 Esquema simplificado del sensor piroeléctrico

En la Fig. 1.2.2 se muestra un esquema simplificado del circuito del sensor. La compensación termica dentro del casquillo previene errores debidos a variaciones en la temperatura ambiente. El detector tiene un rango espectral de 6 a 10 micrones centrado en 10 micrones en la banda infrarroja. Este rango esta determinado por las características de la ventana de silicón en la parte superior del casquillo. La emisión infrarroja de un cuerpo humano o un animal esta en la banda infrarroja de 10 micrones temperatura de  $37^{\circ}\text{C}$  ( $311\text{K}$ ) y una frecuencia de  $30000\text{GHz}$ . Todos los objetos los cuales su temperatura exceda la temperatura absoluta de  $0\text{K}$  radian energía.

Cuando el detector piroeléctrico se expone a la radiación infrarroja en la banda de 6 a 14 micrones la temperatura de los cristales de tantalato de litio cambia, desbalanceando la carga en cada superficie de los cristales. Esta condición de desbalance, la cual se presenta como una variación de voltaje en la salida del sensor, indica que la energía infrarroja ha sido detectada. El doble cristal en el detector cancela señales obtenidas de la luz solar, fuego o radiadores porque los cristales en el dispositivo están opuestamente polarizados. Para detectar

emisiones infrarrojas el objetivo emisor de calor debe estar moviéndose o un obturador debe periódicamente romper o "cortar" el camino entre el objetivo y el sensor. Aunque una fuente en movimiento producirá un cambio en la señal, un objeto moviéndose rápidamente puede ser pasado por alto a causa del ángulo estrecho de visión del instrumento y una respuesta del detector relativamente baja. Para reducir este problema, la energía infrarroja se enfoca en la ventana sensitiva rectangular del detector con un lente Fresnel de plástico translucido el cual tiene una distancia focal de 5 centímetros. Este lente translucido es transparente a la energía infrarroja en la región de 10 micrones. Un detector PIR comercial lo podemos observar en la Fig. 1.2.3.

### Fase 1 - Óptica



### Fase 2 - Analógica

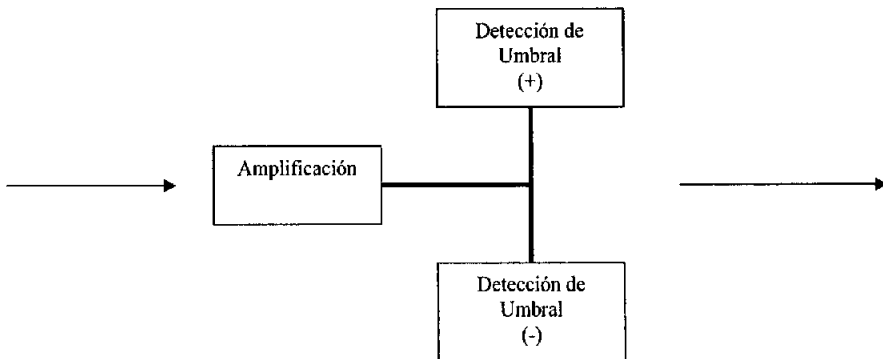


Fig. 1.2.3 Esquema simplificado del sensor piroeléctrico comercial

La característica más importante de cualquier sistema de alarma es su confiabilidad o inmunidad a falsas alarmas. Alrededor del 70% de falsas alarmas son causadas por error humano.

El centro de control que también se le llama panel de control, caja de control, control de alarma, etc., generalmente integra todo el sistema exceptuando los sensores y la sirena. Los primeros centros de control de estado sólido, simplemente reemplazaron a los relevadores por transistores y/o SCRs. La mayoría terminaron en desastre porque cualquier perturbación eléctrica o radio frecuencia podía disparar los dispositivos de estado sólido, y un rayo que cayera en los alrededores generalmente destruía el centro de control. Afortunadamente las falsas alarmas ya no son problema en los nuevos paneles ofreciendo también seguridad contra descargas eléctricas provocadas por rayos.

La diferencia entre los centros de control básicos de estado sólido y los de alta tecnología es que los dispositivos de alta tecnología los compone un microprocesador ver Fig. 1.2.4.

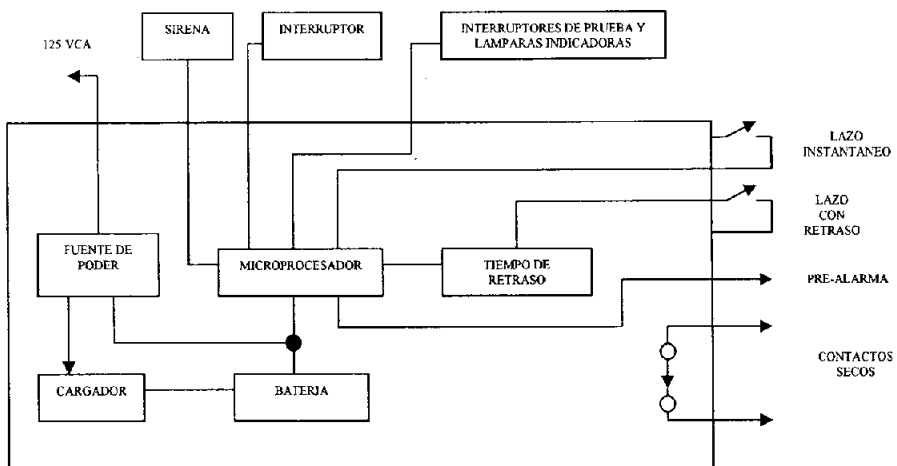


Fig. 1.2.4 El microprocesador en un sistema de alarma.

El ultimo bloque del sistema lo forma el generador de alarma, este es un dispositivo de señalización que cumple con la función de indicar donde se esta solicitando auxilio. Estos señalizadores pueden ser sonoros como una campana o sirena; luminosos como destelladores o focos, o bien, sistemas de comunicación automática que enlazan el lugar del problema con centros de apoyo.

## 2 FUNDAMENTOS

La electrónica se basa en principios eléctricos y toma elementos del campo de la ingeniería eléctrica para sus sistemas, pero, los elementos desarrollados por ésta, son los que le dan su característica propia.

Para entender el funcionamiento del sistema electrónico propuesto, se exponen a continuación algunas definiciones y características generales de los elementos que lo componen. Se pretende un enfoque práctico, no se intenta hacer un análisis profundo en los aspectos teóricos de cada elemento, existe bastante literatura la cual puede ser consultada al respecto. La bibliografía incluida al final del trabajo es una pequeña muestra.

### 2.1 Componentes Básicos

#### Corriente y Voltaje

Hay dos cantidades que nos gusta seguir con atención en los circuitos electrónicos: La corriente y el voltaje. Estos generalmente están cambiando con el tiempo; de otra forma nada interesante sucedería.

#### Corriente (Símbolo $I$ ).

Todos los fenómenos eléctricos son manifestaciones de la carga eléctrica. Si usted se ha quitado un suéter y lo ha pegado a su camisa, usted ha observado la fuerza de la carga eléctrica estática. Muchos dispositivos como los motores, dependen de la fuerza magnética causada por el movimiento de la carga eléctrica, la cual llamamos corriente eléctrica.

El Sistema Internacional de Unidades SI (del francés *Système International des Unites*), popularmente llamado sistema métrico, usa esta fuerza magnética para definir la unidad de corriente eléctrica, el ampere (A). Preferentemente se selecciona la corriente y no la carga como la unidad eléctrica fundamental, porque es más fácil establecer un estándar o modelo preciso para la corriente.

Existe una relación simple entre la corriente y la carga. Ver Fig. 2.1.0.

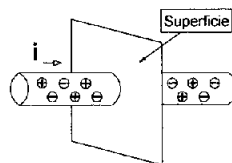


Fig. 2.1.0 Corriente eléctrica debido al flujo de la carga.



Una corriente de un ampere en la dirección de la flecha causará una carga positiva neta de un coulomb (C) por segundo pasando a través de la superficie en dirección de la flecha. Dicho de otra forma, una corriente de un ampere es igual al flujo de un coulomb de carga por segundo; un coulomb es igual a la carga de  $6.25 \times 10^{18}$  electrones.

La corriente en términos de la carga es:

$$i = dq/dt$$

Por convención la corriente en un circuito se considera que fluye desde el punto más positivo a un punto más negativo, aunque el flujo real de electrones es en la dirección opuesta.

Importante: Siempre referirse a la corriente como la corriente que circula a través de un dispositivo o conexión en un circuito.

### **Voltaje (Símbolo: V o E)**

¿Ha sentido un pequeño shock (toque) cuando ha caminado sobre una alfombra y tocado inmediatamente después una perilla de puerta? También pudo haber escuchado un pequeño clic y posiblemente haya visto un pequeño destello de luz. Si así fue, observo los efectos de una pequeña corriente eléctrica pasando a través del aire.

La corriente fue forzada a atravesar el aire por el voltaje de su mano con respecto a la perilla. Al pasar por el aire, la carga desarrollo un trabajo. Esto es la fuente de la luz y el sonido. El trabajo por coulomb desarrollado por una carga positiva moviéndose de un punto 1 a un punto 2 es el voltaje del punto 1 con respecto al punto 2. A menudo llamamos este voltaje, voltaje de caída dirigiéndose del punto 1 al punto 2. La unidad en el sistema SI es el volt (V), el cual tiene las unidades equivalentes de un joule por coulomb (J/C). Esta definición nos da la siguiente ecuación:

$$v = dW/dq$$

Donde:

V es el voltaje en volts

W es la energía en joules

q es la carga en colulombs

Así decimos que el voltaje entre dos puntos es el costo de energía (trabajo hecho) requerido para mover una unidad de carga positiva desde el punto mas negativo (potencial mas bajo) al punto más positivo (potencial más alto). De forma equivalente, es la energía liberada cuando una unidad de carga se mueve "colina abajo" desde el potencial más alto al más bajo.

El voltaje también es llamado; diferencia de potencial o fuerza electromotriz (EMF por sus siglas en ingles).

Importante: Siempre referirse al voltaje como el voltaje entre dos puntos o a través de dos puntos en un circuito.

Aquí hay algunas reglas simples acerca de la corriente y el voltaje:

1. La suma de las corrientes entrantes en un punto de un circuito son iguales a la suma de las corrientes salientes (conservación de la carga). Esto es algunas veces llamada la Ley de corrientes de Kirchhoff. A los ingenieros les gusta referirse a tal punto como un nodo. De esto obtenemos lo siguiente: Para un circuito en serie (elementos de dos terminales conectados extremo con extremo) la corriente es la misma en cualquier parte. Fig. 2.1.1.



Fig. 2.1.1 Circuito en serie.

2. Los elementos conectados en paralelo tienen el mismo voltaje en los extremos de ellos. Dicho de otra forma, la suma de las "caídas de voltaje" (ver Fig. 2.1.2) de A a B por un camino o trayectoria a través de un circuito, es igual a la suma por cualquier otra ruta igual al voltaje entre A y B. Algunas veces esto se dice así: Las sumas de las caídas de voltaje alrededor de cualquier circuito cerrado es cero. Esto es la Ley de voltaje de Kirchhoff.

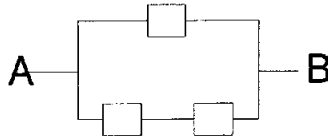


Fig. 2.1.2 Circuito en paralelo

3. La potencia (trabajo realizado por unidad de tiempo) consumida por un dispositivo en un circuito es:

$$P = V \cdot I$$

Esto es simplemente (trabajo/carga) x (carga/tiempo) para  $V$  en volts e  $I$  en amperes,  $P$  en watts. Los watts son joules por segundo ( $1 \text{ W} = 1\text{J/s}$ ). La potencia se convierte en calor generalmente o algunas veces en trabajo mecánico (motor), energía radiante (lámparas, transmisores), o energía almacenada (baterías, capacitores).

### **Circuito eléctrico**

Un circuito eléctrico o red eléctrica es una interconexión de elementos eléctricos unidos unos con otros en un lazo cerrado tal que una corriente eléctrica pueda fluir continuamente. Este concepto aplica también para un circuito electrónico.

### **Elementos básicos**

En general los elementos básicos tienen dos terminales, no pueden ser subdivididos en otros elementos y pueden ser descritos matemáticamente en términos de variables eléctricas de voltaje y corriente.

### **Sistema electrónico**

Se denomina sistema electrónico a un conjunto de circuitos electrónicos interconectados de modo que realicen alguna función específica. Ejemplos clásicos son las computadoras y relojes electrónicos.

## Resistencia y resistividad

En un tubo de agua la longitud y la sección de área transversal del tubo determinan la resistencia que el tubo ofrecerá al flujo del agua.

Tubos más largos y más pequeños de sección de área transversal, ofrecen mayor resistencia. Efectos análogos se encuentran en el caso eléctrico. Para una amplia gama de materiales, la resistencia de una pieza de material de longitud  $L$  y área de sección transversal  $A$  es:

$$R = \rho L / A$$

Donde  $\rho$  es una constante de proporcionalidad conocida como resistividad del material, puede verse de la ecuación que la unidad para la resistividad es el ohm·metro ( $\Omega \cdot m$ ). La resistividad es una propiedad intrínseca del material, intrínseca en el mismo sentido que la densidad es una propiedad intrínseca de un material. La resistencia por otro lado, depende tanto de la resistividad y la geometría del material mientras su temperatura sea constante. Así, dos cables pueden ser hechos de cobre el cual tiene una resistividad de  $1.72 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$  pero la ecuación indica que un cable corto con una sección transversal grande ofrece una menor resistencia a la corriente que un cable largo y delgado.

## Resistor

Un dispositivo físico diseñado para convertir energía eléctrica a calor es un resistor.

Un resistor que obedece la Ley de Ohm, la cual señala que el voltaje entre los extremos de un conductor es directamente proporcional a la corriente que circula por él, es llamado resistencia. También se llama resistencia a su constante de proporcionalidad.

Su ecuación es:

$$v = Ri$$

Y el símbolo del componente es:



La unidad de la resistencia es el ohm ( $\Omega$ ) y tiene la dimensión del volt por ampere.

Por definición la resistencia es la propiedad física de un elemento que impide el flujo de la corriente.

Ecuaciones importantes:

La resistencia en serie es:

$$R_t = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$

La resistencia en paralelo es:

$$R_t = 1 / (1/R_1 + 1/R_2 + \dots + 1/R_n)$$

La potencia que disipa una resistencia se puede calcular con las ecuaciones siguientes:

$$P = VI \quad P = RI^2 \quad P = 1/R \cdot V^2$$

### Capacitor

Un dispositivo físico que está intencionalmente diseñado para almacenar energía en un campo eléctrico es llamado capacitor u ocasionalmente condensador. Hacemos uso extensivo de estos dispositivos en electrónica y sistemas de potencia.

Un capacitor está construido físicamente de dos placas conductoras (a menudo de hoja de aluminio) separadas por un medio dieléctrico (no conductor o aislado) tal como el plástico, papel de cera o hasta aire.

Carga de igual magnitud pero con signo opuesto se acumula en las placas del capacitor.

La razón de carga a voltaje es una constante  $C$  llamada capacitancia expresada como:

$$C = q/v$$

La corriente en términos del voltaje es:

$$i = C \cdot dv/dt$$

Donde la corriente en la capacitancia es proporcional a la derivada del voltaje en el tiempo.

Su símbolo es:



La unidad de la capacitancia es el farad (F) y su dimensión es el coulomb por volt.

Una capacitancia no disipa energía eléctrica en forma de calor como lo hace una resistencia.

Almacena energía en un campo eléctrico al mismo tiempo que la magnitud del voltaje se incrementa. Regresa esta energía al resto del circuito al mismo tiempo que la magnitud del voltaje se reduce.

Ecuaciones importantes:

Capacitancia en serie:

$$C_t = 1 / (1/C_1 + 1/C_2 + \dots + 1/C_n)$$

Capacitancia en paralelo:

$$C_t = C_1 + C_2 + \dots + C_n$$

Reactancia capacitiva

Es la oposición que presenta una capacitancia a una señal de corriente alterna. Su ecuación es:

$$X_c = 1 / 2\pi f C$$

Donde:

$X_c$  esta en ohms ( $\Omega$ )

$f$  = frecuencia, esta en (Hz)

$C$  = capacitancia, esta en farad (F)

## Inductor

Un dispositivo físico diseñado para almacenar energía en un campo magnético se le llama inductor o bobina, se le usa ampliamente en diversos equipos como transformadores, radios y radar.

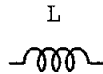
Un inductor se construye devanando una bobina de alambre alrededor de un soporte o estructura tal como el plástico o hierro.

El voltaje en términos de la corriente es:

$$v = L \cdot di/dt$$

La constante de proporcionalidad  $L$  es la inductancia de la bobina. Donde el voltaje en la inductancia es proporcional a la derivada de la corriente en el tiempo.

Su símbolo es:



La unidad de la inductancia es el henry (H), y su dimensión es el volt-segundo por ampere. Como con la corriente en un capacitor, la corriente en un inductor no es simplemente proporcional al voltaje. Además, distinto a la situación en un resistor, la potencia asociada con la corriente del inductor ( $v$  por  $i$ ) no se convierte en calor si no se almacena como energía en el campo magnético del inductor. Se obtiene toda esa energía de regreso cuando se interrumpe la corriente del inductor.

Ecuaciones importantes:

Inductancia en serie:

$$L_t = L_1 + L_2 + \dots + L_n$$

Inductancia en paralelo:

$$L_t = 1 / (1/L_1 + 1/L_2 + \dots + 1/L_n)$$

Reactancia inductiva

Es la oposición que presenta una inductancia al paso de una señal de corriente alterna.

La ecuación es:

$$X_L = 2\pi fL$$

Donde:

$X_L$  = reactancia inductiva en ohms ( $\Omega$ )

$L$  = Inductancia en henry (H)

$f$  = frecuencia en hertz (Hz)

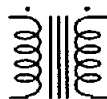
### Transformador

Un transformador es un dispositivo que consiste de dos bobinas acopladas en forma compacta llamadas primario y secundario.

Un voltaje de corriente alterna aplicado al primario aparecerá en el secundario con una multiplicación de voltaje proporcional a la razón de vueltas del transformador y una multiplicación de corriente inversamente proporcional a la razón de vueltas.

La potencia se conserva.

Su símbolo es:





Los transformadores son bastante eficientes (la potencia de salida es casi igual a la potencia de entrada); así, un transformador de subida ofrece un voltaje más alto a menor corriente. Los transformadores sirven en dos funciones importantes en la electrónica.

Cambian el voltaje de línea de corriente alterna a un valor útil (generalmente menos) que pueda ser usado por el circuito, y ellos "aislan" el dispositivo electrónico de una conexión real a la línea de fuerza, porque los devanados de un transformador están eléctricamente aislados uno del otro. Los transformadores de potencia vienen en una gran variedad de voltajes de secundario. El común de los transformadores para uso en los instrumentos de electrónica puede tener voltajes de secundario de 10 a 50 volts con rangos de corriente de 0.1 a 5 amperes o hasta más. Están también disponibles transformadores para el uso en radio-frecuencia o audiofrecuencia.

Ecuaciones útiles:

Razones de un transformador

$$N_s/N_p = V_s/V_p$$

$N_p$  = número de vueltas del primario

$N_s$  = número de vueltas del secundario

$V_p$  = voltaje en el primario

$V_s$  = voltaje en el secundario

Razón V-I:

$$I_p/I_s = V_s/V_p$$

$V_p$  = voltaje en el primario

$V_s$  = voltaje en el secundario

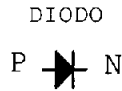
$I_s$  = corriente del secundario

$I_p$  = corriente del primario

## El diodo

El diodo rectificador es un dispositivo con una sola unión o juntura p-n. Una mitad del diodo es un semiconductor tipo n y la otra mitad es un semiconductor tipo p; se preparan a partir de semiconductores tales como el silicio y el germanio.

Su símbolo esquemático es:



La región n es llamada cátodo y la región p es llamada ánodo, la flecha en el símbolo apunta en el sentido de la corriente convencional (opuesta al flujo de los electrones).

Se dice que el diodo tiene polarización directa si la tensión de ánodo ( $V_a$ ) es más positiva que la de cátodo ( $V_k$ ), esto es  $V_f = V_a - V_k > 0$ , ver Fig. 2.1.3. La corriente que circula de ánodo a cátodo por un diodo con polarización directa se denomina corriente directa  $I_f$ .

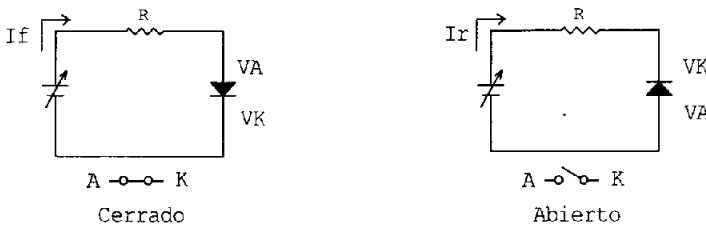


Fig. 2.1.3 Polarización directa e inversa del diodo.

Se dice que el diodo tiene polarización inversa si la tensión de ánodo es menos positiva que la de cátodo,  $V_r = V_k - V_a > 0$ , ver Fig. 2.1.3. La corriente que circula en este caso entre cátodo y ánodo recibe el nombre de corriente inversa  $I_r$ .

Sometamos un diodo a polarización directa y obtengamos una curva de la corriente que pasa por el diodo en función de la caída de tensión directa en el mismo  $V_f$ . A medida que la tensión aumenta, empezando en 0 V, la corriente  $I_f$  aumenta pero muy poco. A partir de una tensión directa  $V_d$ , llamada tensión de codo (cut-in voltage) o de umbral, la corriente aumenta muy rápidamente como se ve en la Fig. 2.1.4. Esta tensión es de 0.3V aproximadamente para los diodos de germanio (Ge) y de 0.7V aproximadamente para los diodos de silicio (Si). Para tensiones directas superiores a la del codo, esto es para  $V_f > V_d$ , el diodo presenta una resistencia muy baja (del orden de 50  $\Omega$ ) y se comporta como un interruptor cerrado. La corriente que circula entonces por el diodo viene limitada básicamente por la resistencia R externa. Para tensiones directas comprendidas entre 0V y  $V_d$  y para tensiones inversas  $V_r$  el diodo presenta una resistencia muy elevada del orden de megaohm.

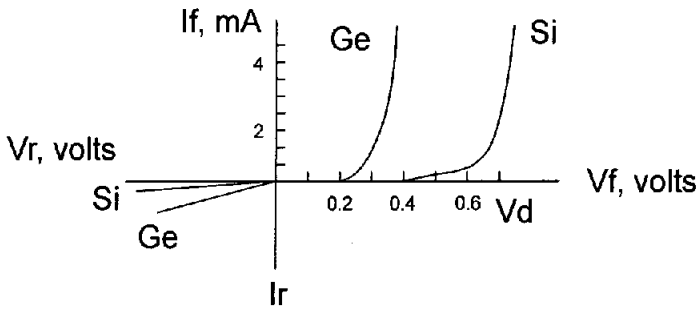


Fig. 2.1.4 Curva característica del diodo.

Comportándose así como un interruptor abierto. La corriente inversa  $I_r$  del diodo, llamada también corriente de fuga, es muy pequeña (del orden de nanoamperes en el silicio). La curva de la Fig. 2.1.4 de tensión y corriente en el diodo se denomina curva característica. Las partes casi verticales de esta curva característica equivalen a zonas de resistencia muy baja del diodo. Las partes horizontales representan zonas de resistencia elevada en el diodo.

**El transistor bipolar de juntura (TBJ)**

Esta construido por tres regiones semiconductoras contaminadas separadas por dos uniones o junturas p-n. Las tres regiones son llamadas emisor, base y colector. El término bipolar se refiere al uso de portadores tanto de huecos como de electrones en la estructura del transistor. En un transistor n-p-n la zona p se encuentra entre dos zonas n como en la Fig. 2.1.5. En un transistor p-n-p es al contrario.

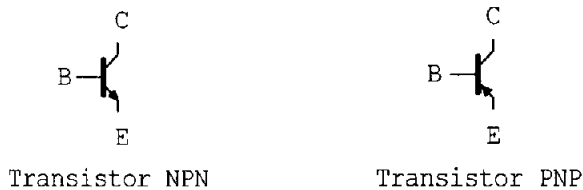
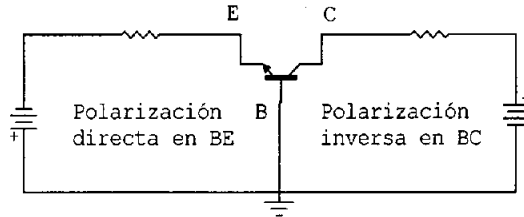


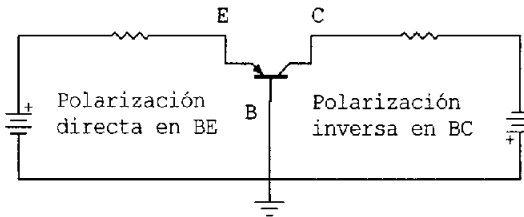
Fig. 2.1.5 Símbolos del transistor

### El transistor como amplificador

A fin de que el transistor opere como amplificador las dos junturas deben estar correctamente polarizadas por voltajes de corriente directa externos. La Fig. 2.1.6 muestra el arreglo correcto de polarización para transistores p-n-p y n-p-n para la operación activa como un amplificador. La amplificación es el proceso de incrementar linealmente la amplitud de una señal eléctrica y es una de las mayores propiedades del transistor.



Transistor NPN



Transistor PNP

Fig. 2.1.6 Polarización del transistor.

### El transistor como interruptor

La segunda mayor aplicación del transistor es como interruptor. Cuando lo usamos como interruptor electrónico, un transistor normalmente se opera alternativamente en corte y saturación.

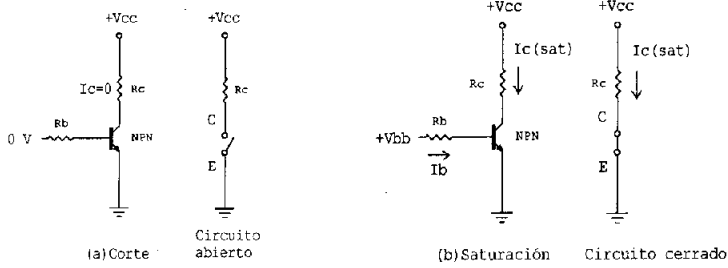


Fig. 2.1.7 El transistor como interruptor

La Fig. 2.1.7 ilustra la operación básica del transistor como un dispositivo de conmutación. En la sección (a) el transistor está en la región de corte porque la juntura base-emisor no está polarizada directamente. En esta condición hay idealmente un corte entre colector y emisor como se indica por el interruptor equivalente. En la sección (b), el transistor está en la región de saturación porque la juntura base-emisor y la juntura base-colector están polarizadas directamente y la corriente de base es creada lo bastante grande para causar que la corriente de colector alcance su valor de saturación, en esta condición, hay, idealmente un corto entre colector y emisor como lo indica el interruptor equivalente. Realmente, un voltaje de caída de unos pocos decimos de volt ocurre normalmente, el cual es el voltaje de saturación,  $V_{ce}(sat)$ .

Características y parámetros:

Beta ( $\beta_{dc}$ )

La razón entre la corriente de colector  $I_c$  y la corriente de base  $I_b$  es la beta en corriente directa ( $\beta_{dc}$ ), la cual es la ganancia en corriente directa de un transistor

$$\beta_{dc} = I_c / I_b$$

Corriente de emisor:

$$I_e = I_c + I_b$$

### Análisis de corriente y voltaje:

Considere la configuración del circuito en la Fig. 2.1.8. Tres corrientes y tres voltajes del transistor pueden identificarse:

$I_b$ : corriente de base (dc)

$I_e$ : corriente de emisor (dc)

$I_c$ : corriente de colector (dc)

$V_{be}$ : voltaje de dc en la base con respecto al emisor

$V_{cb}$ : voltaje de dc en el colector con respecto a la base

$V_{ce}$ : voltaje de dc en el colector con respecto al emisor

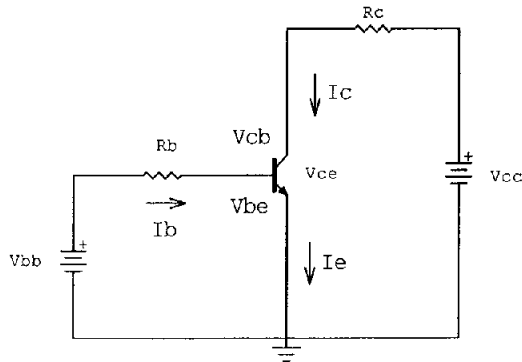


Fig. 2.1.8 Corrientes y voltajes en el transistor.

$V_{bb}$  polariza directamente la juntura base-emisor y  $V_{cc}$  polariza inversamente la juntura base-colector. Cuando la unión base-emisor esta polarizada directamente, es como un diodo polarizado también directamente y tiene una caída de voltaje en directa de:

$$V_{be} \approx 0.7V$$

### Condiciones de corte

Como mencionamos antes (ver Fig. 2.1.7), un transistor esta en la región de corte cuando la juntura base-emisor no esta polarizada directamente.

Despreciando la corriente de fuga, todas las corrientes son cero y el voltaje  $V_{ce}$  es igual a  $V_{cc}$ .

$$V_{ce} = V_{cc}$$

### Condiciones en saturación

Cuando la unión base-emisor este polarizada directamente y existe bastante corriente de base para producir una máxima corriente de colector, el transistor esta saturado. La ecuación para la corriente de colector en saturación es:

$$I_c(\text{sat}) = V_{cc} - V_{ce}(\text{sat}) / R_c$$

Cuando el  $V_{ce}(\text{sat})$  es muy pequeño comparado con  $V_{cc}$ , generalmente se deprecia. El mínimo valor de la corriente de base necesaria para producir saturación es:

$$I_b(\text{min}) = I_c(\text{sat}) / \beta_{dc}$$

$I_b$  deberá ser significativamente mayor que  $I_b(\text{min})$  para mantener al transistor en saturación.

## 2.2 LOS CIRCUITOS MONOESTABLES

En el diseño de sistemas electrónicos frecuentemente surge la necesidad por señales que tengan formas de onda o patrón preestablecido, por ejemplo, senoide, cuadrada, triangular, pulso, etc. Los sistemas que requieren este tipo de señales incluyen; computadoras y sistemas de control donde los pulsos de reloj son necesarios, entre otras cosas, para la sincronización; sistemas de comunicación donde las señales son utilizadas como portadoras de información; y sistemas de medición y prueba, igual, con una variedad de formas de onda que son empleadas para probar y simular dispositivos electrónicos y circuitos.

Los circuitos que generan formas de onda cuadrada, triangular, pulsos, etc; son llamados osciladores no lineales o generadores de función, emplean circuitos construidos en bloque conocidos como multivibradores, hay tres tipos de multivibradores. El monoestable, el biestable y el astable.

El biestable.

Como su nombre lo indica, el multivibrador biestable tiene dos estados estables. El circuito puede permanecer en cualquier estado estable indefinidamente y cambia al otro estado estable solo cuando se dispara apropiadamente.

El astable

Es un dispositivo que tiene dos estados de salida, ninguno de los cuales es estable. El resultado es que la salida oscila hacia delante y hacia atrás entre estos dos estados, produciendo aproximadamente una salida de onda cuadrada. Un astable también se llama multivibrador de corrida libre.

El monoestable

En algunas aplicaciones surge la necesidad de un pulso de altura y anchura conocida generada en respuesta a una señal de disparo. Ya que el ancho del pulso es predecible, su borde de salida puede ser usado para propósitos de temporización – esto es, iniciar una tarea particular en un tiempo especificado. Tal pulso normalizado puede ser generado por un multivibrador monoestable.

El multivibrador monoestable tiene un estado estable en el cual puede permanecer indefinidamente. También tiene un estado quasi-estable en el cual puede ser disparado y en él estará por un intervalo predeterminado igual al ancho deseado del pulso de salida.



Una vez que este intervalo termino, el multivibrador monoestable regresa a su estado estable y ahí permanece esperando otra señal de disparo. La acción del multivibrador monoestable ha motivado su nombre alternativo multivibrador de un disparo.

### El monoestable

Un monoestable (multivibrador) es un dispositivo cuya salida queda ALTA cuando es disparado por un pulso de entrada. La salida permanece ALTA durante un tiempo determinado por un resistor y un capacitor, los cuales de ordinario son externos al monoestable. Las anchuras de los pulsos de salida van desde unos pocos nanosegundos hasta casi la infinidad y pueden ser generados por monoestables. El símbolo lógico para un monoestable se muestra en la Fig. 2.2.0.

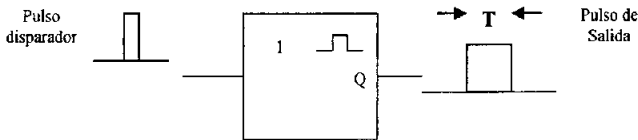


Fig. 2.2.0 Multivibrador monoestable

Debido a las variaciones entre los IC de un tipo dado, las fórmulas de temporización vienen en precisiones que pueden variar desde un  $\pm 1\%$  hasta un  $\pm 10\%$ . Además las tolerancias en resistor y capacitor externos pueden ocasionar otras imprecisiones. Por consiguiente, un monoestable no es un dispositivo temporizador muy preciso. Un resistor trimmer (variable) externo se usa para ajustar la anchura del pulso de salida a la anchura deseada. Pero una vez que la anchura del pulso de salida está ajustada, la estabilidad (anchura) de los pulsos se verá afectada por las variaciones de temperatura IC y las variaciones en el suministro de voltaje de alimentación. La anchura del pulso de salida también puede variar con el ciclo de servicio de los pulsos de entrada. Por lo tanto cuando se requieren pulsos estables, precisos, se deben utilizar otros dispositivos, tales como contadores u osciladores de cristal. Sin embargo, muchas aplicaciones no requieren de una temporización precisa, el monoestable es un temporizador poco costoso y muy satisfactorio.

Otro problema con los monoestables ocurre durante la detección de fallas en un sistema digital. Con frecuencia, esta detección se hace cambiando las entradas en un paso a la vez y luego

comprobando las salidas correctas. Un monoestable no puede ser escalonado con un reloj; ya sea que esté activado o desactivado. También un monoestable puede operar correctamente cuando la entrada de disparo ocurre a una tasa más baja, pero puede no trabajar correctamente a altas velocidades. Esto puede suceder, por ejemplo, debido a que ocurren varios pulsos de disparo mientras que la salida del monoestable está ALTA.

Un monoestable es parcialmente un circuito analógico, debido a los componentes de retardo  $R$  y  $C$ , y parcialmente un circuito digital. La sección analógica del circuito es más susceptible al ruido que la sección digital. Para minimizar la introducción de ruido en los circuitos monoestables se observan las siguientes precauciones: (1) consérvese la longitud de terminales de  $R$  y  $C$  (y del trimmer) tan cortas como sea posible para minimizar la capacitancia parásita; (2) bifúrquese la fuente de potencia a tierra con un capacitor de disco de cerámica de alta frecuencia de  $0.1 \mu\text{F}$  colocado a no más de  $4 \text{ cm}$  del monoestable; (3) consérvese la salida del monoestable ( $Q$ ) lejos del conductor o capacitor  $C$ ; (4) consérvese el monoestable lejos de las fuentes de ruido y todos los conductores que contengan señales ruidosas.

Algunos monoestables tienen un disparador Schmitt incorporado en su entrada de disparo de manera que puedan ser disparados con pulsos de disparo con tiempos de ascenso relativamente largos. Esto impide que tales monoestables sean disparados por los voltajes de ruido, los cuales de ordinario tienen tiempos de ascenso más cortos.

La anchura máxima de los pulsos de salida para un monoestable está determinada por los valores máximos de  $R$  y  $C$  que puedan ser utilizados por un monoestable dado. Generalmente los capacitores electrolíticos se emplean para obtener grandes capacitancias. Grandes corrientes de fuga en los capacitores electrolíticos limitan a  $C$  hasta cerca de  $1000 \mu\text{F}$ . También, los capacitores electrolíticos tienen grandes tolerancias, que se pueden añadir a la imprecisión de anchura de pulso calculada. Para la mayoría de los monoestables de CMOS,  $R$  normalmente cae en el rango de  $10 \text{ k}\Omega$  a  $1 \text{ M}\Omega$ , mientras que para los TTL el rango es del orden de  $5\text{-}50 \text{ k}\Omega$ . Así los monoestables de CMOS pueden tener pulsos de salida más largos que los monoestables TTL para un valor dado de  $C$ .

Para la mayoría de los monoestables la entrada del disparador no es activada por una señal continua ALTA o BAJA. Un monoestable disparado por **flanco ascendente** es disparado (activado) sólo por un pulso disparador que pasa de BAJO a ALTO ( $L \rightarrow H$ ); Una transición ALTA a BAJA no disparará tal monoestable. Un monoestable disparado por **flanco descendente** es disparado sólo por un pulso de disparo que pase de un nivel ALTO a un nivel BAJO ( $H \rightarrow L$ ). Un círculo pequeño en la entrada del disparador en el símbolo lógico de un monoestable indica que

es disparado por flanco descendente. Los monoestables disparados por flancos descendentes se pueden realizar de monoestables de flancos ascendentes y viceversa, utilizando un inversor externo en la entrada del disparador. La desventaja de esto es que se introduce un tiempo de retardo adicional por la compuerta NOT.

Hay dos tipos básicos de monoestables, (1) no redisparables y (2) redisparables.

### EL MONOESTABLE NO REDISPABLE

En un monoestable hay un tiempo de retardo entre la entrada y la salida, mientras haya una compuerta lógica. Un diagrama de tiempos para un monoestable no redisparable disparado por flanco descendente que utiliza pulsos ideales se muestra en la Fig. 2.2.1. La salida del disparador está inicialmente BAJA. Un tiempo de retardo después del flanco descendente del pulso de disparo A, la salida del monoestable queda ALTA. Permanece ALTA por un tiempo total  $T$  determinado por los componentes temporizadores externos  $R$  y  $C$ . Los pulsos de entrada B y C son ignorados por el monoestable mientras su salida esté ALTA, es decir no alarga el pulso de salida o cambia su estado. Después del tiempo  $T$  la salida del monoestable queda BAJA y permanece BAJA hasta un tiempo de retardo después del flanco descendente del pulso de disparo D. El pulso de disparo E es ignorado por el monoestable, ya que su salida esta ALTA. El pulso E no dispara el monoestable una vez que queda BAJO debido a que la entrada del disparo no recorrió una transición L→H mientras la salida del monoestable estaba BAJA.

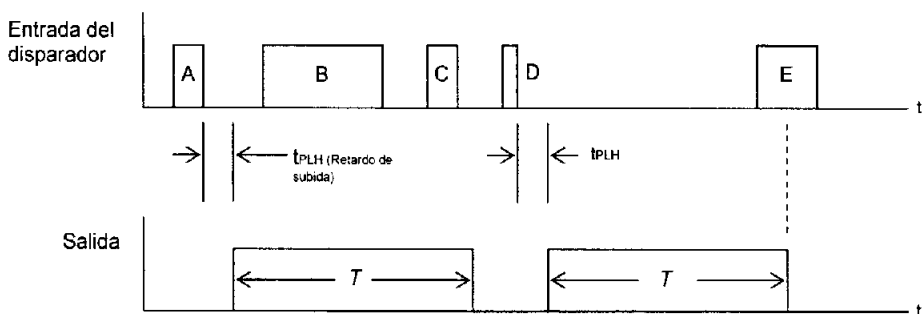


Fig. 2.2.1 Diagrama temporizador del monoestable no redisparable por flanco descendente.

### El monoestable redisparable

Un monoestable redisparable es un monoestable que puede ser disparado mientras la salida del monoestable este ALTA. Por tanto, si ocurre un pulso de disparo en el tiempo en que la salida esta ALTA, el monoestable no ignora la entrada sino que permanecerá ALTA por una longitud adicional de tiempo. La ventaja de un monoestable redisparable es que se pueden generar pulsos de salida largos, y es más versátil que el monoestable no redisparable.

La Fig. 2.2.2 muestra el diagrama temporizador para un monoestable redisparable de flanco descendente. La salida queda ALTA un tiempo de retardo  $t_{PLH}$  después del flanco descendente del pulso o disparo A. En ausencia de otro pulso de disparo la salida quedará BAJA después de un tiempo  $T$ . Sin embargo, ocurre un pulso de redisparo B mientras la salida del monoestable está ALTA. Esto ocasiona que la salida permanezca ALTA durante un tiempo  $T+t_{PLH}$  después del flanco descendente del pulso de redisparo B.

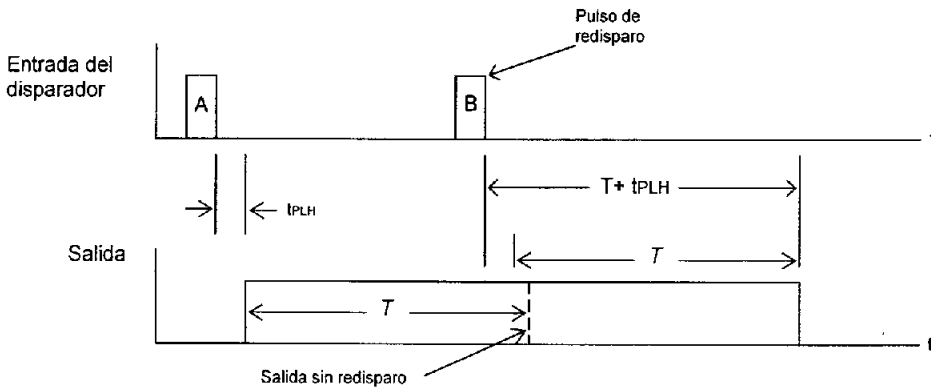


Fig. 2.2.2 Diagrama temporizador del monoestable redisparable

Si se aplica una serie de pulsos de redisparo a la entrada de disparo, temporizado de tal manera que ocurran antes de que la salida del monoestable quede BAJA, entonces la salida permanecerá indefinidamente ALTA. Un monoestable redisparable no puede ser redisparado mientras se esté descargando el capacitor temporizador externo.

La mayoría de los monoestables tienen una entrada de reajuste o reposición que permite que la salida sea reajustada a BAJA con independencia de la entrada de disparo en ese tiempo. La Fig. 2.2.3 muestra un diagrama temporizador para un pulso de reajuste activo BAJO. El segundo pulso de salida hubiera permanecido normalmente ALTO durante un tiempo  $T$ . Sin

embargo, cuando la entrada de reajuste queda BAJA, la salida Q permanece BAJA después de un tiempo de retardo. Algunos monoestables comienzan un nuevo ciclo temporizador cuando la entrada reajustada queda inactiva.

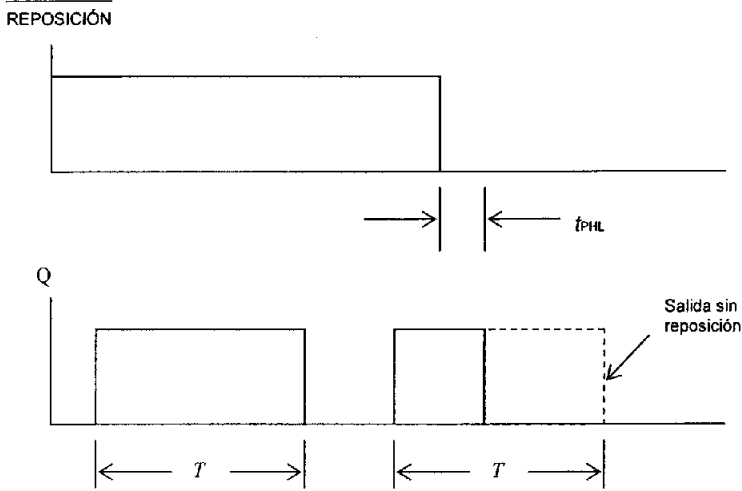


Fig. 2.2.3 Diagrama temporizador para la entrada de reajuste

### 2.3 El Circuito Integrado 555

El temporizador en circuito integrado 555 fue presentado por primera vez alrededor de 1971 por la corporación Signetics como el SE555/NE555 y fue llamado "La máquina del tiempo en un circuito integrado" y fue también el primero y único temporizador en circuito integrado disponible comercialmente. Suministrando a los diseñadores de circuitos y aficionados a la electrónica un circuito integrado relativamente económico, estable y amigable; para aplicaciones como monoestable o astable.

Ya que este dispositivo fue el primero en estar comercialmente disponible, se han desarrollado innumerables e ingeniosos circuitos presentados en diferentes industrias, publicaciones profesionales y de aficionados.

Aunque en estos días la versión CMOS de este circuito integrado, como el motorola MC1455, es más utilizada, la versión regular aún esta disponible, ya que se han tenido mejoras y variaciones en el circuito. Pero terminal a terminal todos los tipos son compatibles.

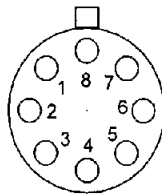


Fig. 2.3.0 Encapsulado de metal.

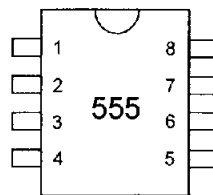


Fig. 2.3.1 Encapsulado plástico.

Terminales del circuito integrado 555:

- 1- Tierra
- 2- Disparo
- 3- Salida
- 4- Reinicio (reset)
- 5- Control de voltaje
- 6- Umbral
- 7- Descarga
- 8- Voltaje de alimentación Vcc (+)

El 555 se fabrica en dos tipos de encapsulados, ya sea en un bote redondo de metal llamado encapsulado "T" o en el encapsulado más familiar de 8 terminales DIP (Dual In-Line Package) ver la Fig. 2.3.0 y Fig. 2.3.1 respectivamente. El temporizador 556 es una versión doble del

555 y su presentación es un encapsulado DIP de 14 terminales, el 558 es una versión cuádruple con cuatro 555s, también en encapsulado DIP de 14 terminales.

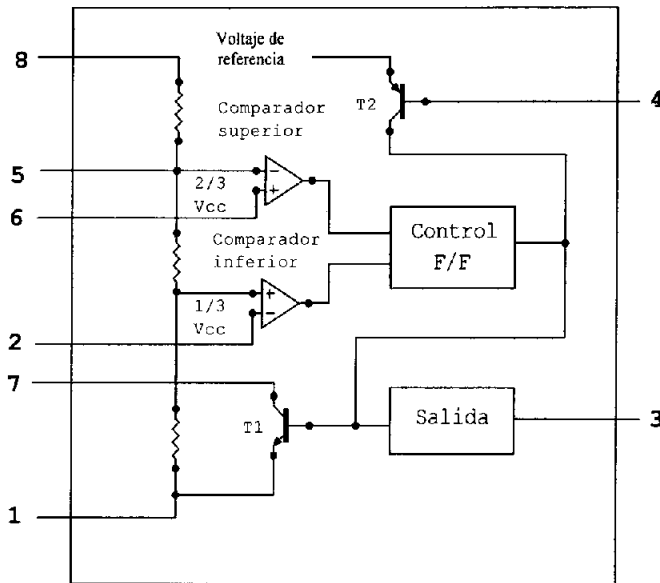


Fig. 2.3.3 Diagrama a bloques del 555

El circuito equivalente, en el diagrama a bloques de la Fig. 2.3.3 muestra las funciones de control, disparo, nivel de sensibilidad o comparación, descarga y salida de potencia. Algunas de las características más interesantes del temporizador 555 son: Voltaje de alimentación entre 4.5 y 18 volts, corriente de alimentación de 3 a 6 mA, y tiempo de subida y caída (rise/fall) de 100 nanosegundos. Y también puede soportar bastante abuso. Dentro del temporizador 555, y dependiendo del fabricante, se encuentra el equivalente de alrededor de 20 transistores, 15 resistencias y 2 diodos.

La corriente de umbral determina el valor máximo de  $R_a + R_b$ . Para la operación con 15 volts la resistencia máxima total  $R$  para  $(R_a + R_b)$  es de 20 Megaohms.

La corriente de alimentación cuando la salida es "alta", normalmente es de un miliamper (mA) o menos. La precisión inicial de un temporizador monoestable esta normalmente dentro del 1% de su valor calculado, y muestra un corrimiento insignificante (0.1%/V) con el voltaje de la fuente. De esta manera, variaciones prolongadas en la fuente pueden ignorarse, y la variación de temperatura es solo de 50 ppm/°C (partes por millón/°C o 0.005%/°C).

Todos los temporizadores de circuito integrado dependen de un capacitor externo para determinar los intervalos de tiempo de encendido-apagado de los pulsos de salida. Como se recordara, a un capacitor (C) se toma un período de tiempo finito cargar o descargarse a través de una resistencia (R). Estos tiempos están claramente definidos y pueden calcularse dando los valores de resistencia y capacitancia.

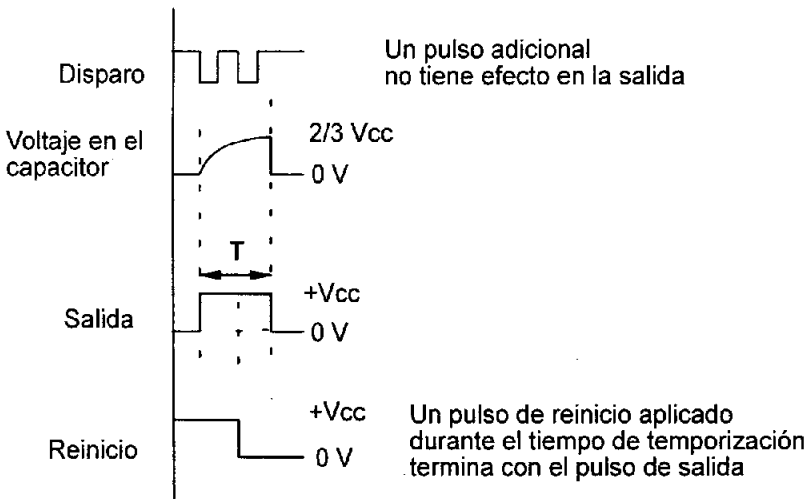


Fig. 2.3.4 Curva de carga del circuito RC en el 555.

El circuito básico de carga RC se muestra en la Fig. 2.3.4. Se asume que el capacitor esta inicialmente descargado. Cuando el interruptor se cierra, el capacitor comienza a cargar a través de la resistencia. El voltaje entre el capacitor se eleva de cero hasta el valor de voltaje



aplicado en corriente directa (cd). La curva de carga para el circuito se muestra en la Fig. 2.3.5.

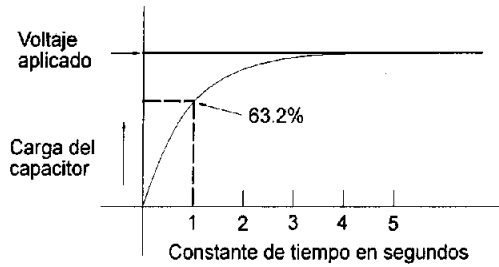


Fig. 2.3.5 Constante de tiempo en un capacitor

El tiempo que le toma al capacitor para cargarse a un 63.2% del voltaje aplicado es conocido como la constante de tiempo ( $t$ ). Este tiempo puede calcularse con la expresión:

$$t = R \cdot C$$

Asumiendo que una resistencia con valor de un Megaohm y un capacitor con un valor de un microFarad. La constante de tiempo en este caso es de:

$$t = 1 \times 10^6 \Omega \times 1 \times 10^{-6} \text{ F} = 1 \text{ segundo}$$

De nuevo, asumiendo que el voltaje aplicado son 6 volts. Esto significa que le tomara al voltaje en el capacitor, una constante de tiempo de un segundo alcanzar el 63.2 % del voltaje aplicado. Por tanto, el capacitor se cargara a aproximadamente 3.8 volts en un segundo.

Observando de nuevo la curva de la Fig. 2.3.5. Usted puede ver que toma aproximadamente 5 constantes de tiempo completar la carga del capacitor a casi el voltaje aplicado. Al voltaje en el capacitor le tomara aproximadamente 5 segundos subir a aproximadamente los 6 volts.

## **Definición de las funciones de las terminales**

### **Terminal 1 (Tierra)**

La tierra (o común) es el potencial más negativo de la fuente en el dispositivo, el cual normalmente está conectado al común del circuito (tierra) cuando opera con fuentes de voltaje positivas.

### **Terminal 2 (Disparo)**

Esta terminal es la entrada al comparador inferior y es usada para poner el cerrojo, el cual causa a su vez que la salida vaya a un nivel alto. Esto es el comienzo de la secuencia de temporización en operación monoestable. El disparo se logra llevando el voltaje de la terminal de arriba a abajo a un nivel de voltaje de  $1/3 V_{cc}$  (o en general, la mitad del voltaje que aparece en la terminal 5). La acción de la entrada de disparo es sensitiva al nivel, permitiendo formas de onda de razón de cambio lento, así también pulsos, para ser usados como fuentes de disparo. La duración del pulso de disparo debe ser más corta que el intervalo de tiempo determinado por la resistencia (R) y el capacitor (C) externos. Si se mantiene la terminal en nivel bajo más tiempo que esto, la salida permanecerá alta hasta que la entrada de disparo se lleve a nivel alto otra vez. Una precaución que debería observarse con la señal de entrada de disparo es que no debe permanecer más baja que  $1/3$  de  $V_{cc}$  para un período de tiempo más largo que el ciclo de temporización. Si se deja que suceda, el temporizador se redisparará por sí mismo al término del primer pulso de salida. Así, cuando el temporizador se trabaja en modo monoestable con pulsos de entrada más largos que el ancho deseado del pulso de salida, el disparo de entrada convendría en efecto, ser recortado por diferenciación.

El ancho mínimo permitido del pulso para disparar es en cierto modo dependiente del nivel del pulso, pero en general si es mayor que un microsegundo el disparo será seguro. Una segunda precaución con respecto a la entrada de disparo corresponde al tiempo de almacenamiento en el comparador inferior. Esta porción del circuito puede mostrar retrasos normales de apagado (turn-off) de varios microsegundos después de disparar; esto es, el cerrojo puede aún tener una entrada de disparo en este período de tiempo posterior al pulso de disparo. En la práctica, esto significa que el ancho mínimo del pulso de salida monoestable debe estar en el orden de 10 microsegundos para prevenir posible doble disparo debido a este efecto. El rango de voltaje que puede aplicarse con seguridad a la terminal de disparo está entre  $V_{cc}$  y tierra. Una corriente directa, llamada la corriente de disparo, debe también fluir desde esta terminal hacia el circuito externo. Normalmente esta corriente es de 500 nA (nanoamperes) y definirá el límite superior de la resistencia permitida desde la terminal 2 a tierra. Para una configuración estable

operando con  $V_{cc}=5V$  esta resistencia es de 3 Megaohms, y puede ser mayor para niveles mayores de  $V+$ .

### **Terminal 3 (Salida)**

La salida del 555 puede manejar una corriente de hasta 200mA, en estado alto o bajo. Para cargas que funcionan con el estado alto, la salida de voltaje es aproximadamente 1,7 volts menor que  $V+$ .

Para hacer funcionar cargas que requieren la salida como un sumidero, el voltaje generalmente es de 0.25 volts en 5 mA cuando  $V+$  es igual a 5 volts.

Los tiempos de subida y bajada de la forma de onda de salida son bastante rápidos, normalmente el tiempo de conmutación es de 100nS (nanosegundos). El estado de la terminal de salida refleja siempre el estado lógico inverso del cerrojo y este hecho puede verse examinando la Fig. 2.3.3. Ya que el cerrojo no esta accesible directamente esta relación puede explicarse mejor en términos de las condiciones cerrojo-disparo de entrada. Para disparar la salida a una condición alta, la entrada de disparo momentáneamente se lleva de un nivel alto a un nivel bajo (ver terminal 2-"Disparo"). Esto causa que el cerrojo sea puesto y la salida vaya a alto. Activando el comparador inferior es la única manera por la cual la salida puede ser puesta en el estado alto. La salida puede regresarse a un estado bajo haciendo que el umbral vaya de un nivel bajo a uno alto (ver terminal 6 -"Umbral") lo cual repone (reset) al cerrojo. La salida también puede hacerse que vaya abajo llevando el reinicio o reposición a un estado bajo, casi tierra (ver terminal 4 -"Reset"). El voltaje de salida disponible en esta terminal es aproximadamente igual al  $V_{cc}$  aplicado en la terminal 8 menos 1.7 volt.

### **Terminal 4 (Reset)**

Esta terminal se usa también para reponer o reiniciar el cerrojo y regresar la salida a un estado bajo. El nivel de voltaje de umbral para el reinicio es 0.7 volt, y desde esta terminal se requiere una corriente de sumidero de 0.1 mA para reiniciar el dispositivo. Estos niveles son relativamente independientes del nivel de funcionamiento de  $V_{cc}$ . De esta forma la entrada de reinicio es compatible con TTL para cualquier fuente de voltaje. La entrada de reinicio es una función de anulación (override); esto es, forzara a la salida a un estado bajo sin importar el estado de cualquiera de las otras entradas. Pudiendo ser usada para terminar prematuramente con un pulso de salida, para confinar oscilaciones de encendido a apagado (ON-OFF), etc. El tiempo de retraso del reinicio a la salida esta normalmente en el orden de los 0.5 microsegundos y el ancho mínimo del pulso de reinicio es de 0.5 microsegundos. Ninguno de

estos valores esta garantizado porque puede variar de un fabricante a otro. En otras palabras, la terminal de reinicio se usa para restablecer (reset) al biestable (flip-flop) que controla el estado de la salida de la terminal 3. La terminal es activada cuando un nivel de voltaje cualquiera entre 0 y 0.4 volt es aplicado a la terminal. La terminal de reinicio forzara a la salida a ir abajo no importa el estado en que se encuentren las otras entradas del biestable. Cuando no se usa, se recomienda que la entrada de reinicio sea conectada al V+ para evitar cualquier posibilidad de falsos reinicios.

### **Terminal 5 (Control por voltaje)**

Esta terminal accesa directamente al punto del divisor de voltaje de  $2/3$  de V+, que es la referencia de nivel para el comparador superior. También permite acceso indirecto al comparador inferior ya que hay un divisor de 2:1 desde este punto a la referencia de entrada del comparador inferior. El uso de esta terminal es opción del usuario, admite gran flexibilidad para permitir modificaciones del período de temporización, reinicio del comparador, etc. Cuando el temporizador 555 se usa en modo controlado por voltaje, sus rangos de voltaje de control van desde aproximadamente 1 volt abajo de V+ a 2 volts arriba de tierra. Los voltajes pueden aplicarse con seguridad fuera de estos límites, pero por confiabilidad mantenerlos entre V+ y tierra. Aplicando voltaje a esta terminal es posible variar la temporización del dispositivo independientemente de la malla RC. El voltaje de control puede variar desde un 45 a un 90% del Vcc en el modo monoestable, haciendo posible controlar el ancho de la salida del pulso independientemente de RC. Cuando es usado en modo astable el voltaje de control puede variar de 1.7V hasta Vcc. Variando el voltaje en el modo astable producirá una salida de frecuencia modulada (FM). En el caso cuando la terminal de voltaje de control no se usa y ya que es la entrada de un comparador, se recomienda que ésta sea derivada (bypass) a tierra con un capacitor de aproximadamente 0.01 microfarad para inmunidad contra el ruido. Aunque en muchos circuitos no se coloca, es un procedimiento conveniente. Un pequeño capacitor de cerámica, puede eliminar falsos disparos.

### **Terminal 6 (Umbral)**

La terminal 6 es una entrada al comparador superior (la otra pertenece a la terminal 5) y es usada para reiniciar (reset) el cerrojo, lo que causa que la salida vaya abajo. Se logra este reinicio por esta terminal llevando de abajo hacia arriba un nivel de voltaje de  $2/3$  de V+ (el voltaje normal en la terminal 5). El funcionamiento de la terminal de umbral es sensitiva al

nivel, permitiendo formas de onda de lenta razón de cambio. El rango de voltaje que puede ser aplicado con seguridad a la terminal de umbral esta entre V+ y tierra. Una corriente de CD, llamada corriente de umbral también debe fluir hacia esta terminal desde el circuito externo. Esta corriente normalmente es de 0.1 microampere, y definirá el limite superior de la resistencia total permitida desde la terminal 6 al V+. Para cualquier configuración de temporización operando con un V+ de 5 volts, esta resistencia es de 16 Megaohms. Para una operación con 15 volts el máximo valor de resistencia es de 20 Megaohms.

### **Terminal 7 (Descarga)**

Esta terminal esta conectada a un transistor npn con colector abierto, del cual el emisor esta conectado a tierra, así que cuando el transistor se "enciende" (ON), la terminal es efectivamente cortocircuitada a tierra. Habitualmente el capacitor de temporización esta conectado entre la terminal 7 y tierra y es descargado cuando el transistor se "enciende" (ON). El estado de conducción de este transistor esta en sincronía con el estado de salida. Esta "encendido" (ON) (baja resistencia a tierra) cuando la salida es baja y "apagado" (OFF) (alta resistencia a tierra) cuando la salida es alta. En ambos modos de tiempo, monoestable y astable, este transistor interruptor se usa para sujetar a tierra los nodos destinados a la red de temporización.

Normalmente el voltaje de saturación esta debajo de 100mV para corrientes de 5 mA o menos, y la fuga en estado apagado es de aproximadamente 20 nA (sin embargo, estos parámetros no están especificados por todos los fabricantes). La corriente máxima de colector esta internamente limitada por el diseño, por ello se restan las restricciones del tamaño del capacitor debido al pico del pulso de corriente de descarga. En ciertas aplicaciones, esta salida de colector abierto puede usarse como una terminal de salida auxiliar, con una capacidad de corriente de sumidero similar a la salida (terminal 3).

### **Terminal 8 (V+)**

La terminal V+ (también representada como Vcc) es la terminal de la fuente de voltaje positivo del circuito integrado temporizador 555. El rango de operación de la fuente de voltaje para el 555 es +4.5 (mínimo) a +16 volts (máximo) y esta especificado para operar entre +5 volts y +15 volts. El dispositivo operara básicamente igual sobre este rango de voltajes sin cambio en el periodo de temporización. Realmente, la diferencia de operación mas significativa es la capacidad de salida, la cual incrementa el rango de corriente y voltaje de acuerdo al incremento del voltaje de la fuente. La sensibilidad al cambio del voltaje en la fuente es bajo,

normalmente 0.1% por volt. Hay dispositivos especiales y militares disponibles que operan a voltajes tan altos como 18 V.

### Modos de operación

El temporizador 555 tiene dos modos básicos de operación; de un disparo y astable. En el modo de un disparo, el 555 actúa como un multivibrador monoestable. Los multivibradores de un disparo se usan para encender o apagar algún circuito o componente externo por una longitud de tiempo específico. También se utiliza para generar retrasos. El otro modo básico de operación del 555 es como un multivibrador astable. El multivibrador astable genera un tren continuo de pulsos rectangulares que conmutan entre dos niveles de voltaje. La frecuencia de los pulsos y su ciclo de trabajo de los valores de la red RC.

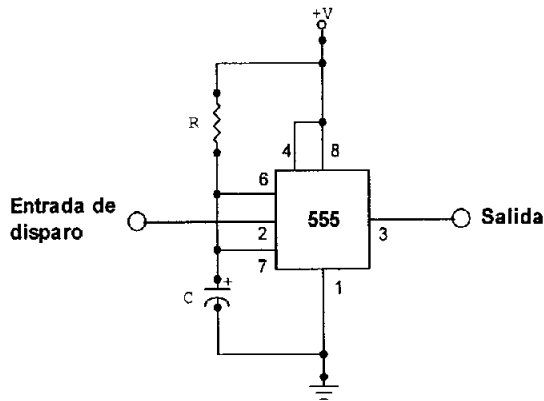


Fig. 2.3.6 El 555 como monoestable

### Operación de un disparo.

La Fig. 2.3.6. Muestra el circuito básico del 555 conectado como un multivibrador monoestable. Una malla externa RC esta conectada entre la fuente de voltaje y tierra. La unión entre la resistencia y el capacitor esta conectado a la entrada de umbral la cual es la entrada del comparador superior. El transistor de descarga interno también esta conectado a la unión de la resistencia y el capacitor. Un pulso es aplicado a la entrada de disparo la cual es la entrada al comparador inferior.

Con esa configuración del circuito, el biestable (flip-flop) de control se reinicia (reset). Por tanto, la salida de voltaje es casi cero volts. La señal del biestable (flip-flop) de control causa que el transistor interno conduzca y actúe como un corto circuito entre las terminales del capacitor. Por esta razón, el capacitor no puede cargar. Durante este tiempo, la entrada al comparador superior es casi cero volts causando que la salida del comparador mantenga al biestable (flip-flop) en reinicio (reset).

La entrada de disparo esta inicialmente en alto (aproximadamente  $1/3$  de  $V+$ ). Cuando un pulso negativo de disparo se le aplica a esta, el umbral en el comparador inferior se excede. Por tanto, el comparador inferior pone (set) al biestable (flip-flop). Esto causa que el transistor interno se ponga en corte, actuando como un circuito abierto. Este estado, también causa un nivel de salida que va haciéndose positivo, el cual es el comienzo del pulso de temporización.

El capacitor ahora comienza a cargar a través de la resistencia externa. Tan pronto como la carga del capacitor es igual a  $2/3$  del voltaje de la fuente, el comparador superior se dispara y reinicia (reset) al biestable (flip-flop) de control. Esto termina el pulso de salida el cual cambia de nuevo a cero. En este momento, el transistor comienza a conducir de nuevo, debido a esto, se descarga el capacitor. Si un pulso negativo es aplicado a la entrada de reinicio (reset) mientras el pulso de salida esta en alto lo cancelara inmediatamente y reiniciara (reset) al biestable (flip-flop).

Tan pronto como un pulso de disparo es aplicado a la entrada, el 555 generara su pulso de salida de duración única. Dependiendo de los valores utilizados para la resistencia y el capacitor externos, la duración del pulso de salida puede ser ajustada desde aproximadamente un milisegundo hasta cientos de segundos. Para intervalos de tiempo menores que aproximadamente un milisegundo, es recomendable el diseño de un multivibrador convencional para pulsos estrechos en lugar de un circuito integrado 555. Los temporizadores de circuito integrado se usan normalmente cuando pulsos de salida largos se requieren. En esta aplicación la duración del pulso de salida en segundos es aproximadamente igual a:

$$T = 1.1 \times R \times C \text{ (en segundos)}$$

El ancho del pulso de salida esta definido por la ecuación anterior y con relativamente pocas restricciones, los componentes de la temporización  $R$  y  $C$  pueden tener un amplio rango de valores. Teóricamente no hay realmente un limite superior para  $T$  (ancho del pulso de salida) solo los prácticos. El límite inferior es  $10 \mu S$ . Usted puede considerar el rango de  $T$  de  $10 \mu S$  a infinito limitado solo por  $R$  y  $C$ . No obstante, un limite inferior razonable para  $R$  esta en el

orden de aproximadamente 10 Kiloohms, principalmente desde el punto de vista de la economía de potencia (aunque sin perjuicio R puede ser menor a 10 K $\Omega$ , no hay necesidad de esto desde el punto de vista por alcanzar un pulso estrecho). Un valor practico mínimo para C es de aproximadamente 95 pF; debajo de esto los efectos de desviación de la capacitancia son perceptibles, limitando la precisión y predictibilidad. Ya que es obvio que el producto de estos dos valores mínimos produce una T que es menor a 10  $\mu$ S, hay mucha flexibilidad en la selección de R y C. Generalmente C se selecciona primero para minimizar el tamaño (y costo); luego se selecciona R.

El limite superior para R esta alrededor de los 15 Megaohms pero debe ser menor que esto si toda la precisión del cual el 555 es capaz, se requiere alcanzar. El limite absoluto superior de R esta determinado por la corriente de umbral más la corriente de fuga de descarga. Por ejemplo con una corriente de umbral mas fuga de 120 nA, esto nos da un valor máximo de 14 Megaohms para R (un valor muy optimista). También, si la corriente de fuga del capacitor es tal que la suma de la corriente de umbral y de fuga excede por mucho de 120 nA el circuito nunca se interrumpirá porque el umbral superior de voltaje no será alcanzado. Por tanto, es practico seleccionar un valor para R tal que, con un voltaje de caída de 1/3 de V+ entre ella El valor debe ser 100 veces más, si es practico.

Así, debería ser obvio que el límite real para C es su fuga, no su valor de capacitancia, puesto que capacitores de gran valor tienen fugas mayores, como un hecho de la vida. Tipos de menores fugas como el de tantalio o NPO están disponibles y se prefieren para períodos de tiempo largos. Algunas veces pueden existir condiciones de la fuente de disparo de entrada que requieran algún acondicionamiento de la señal para asegurar la compatibilidad con los requerimientos de disparo del 555. Esto puede lograrse adicionando otro capacitor, una o dos resistencias y un pequeño diodo de señal a la entrada para formar un diferenciador de pulso para acortar el pulso de disparo de entrada a un ancho menor de 10  $\mu$ S (en general menor a T) No son críticos ni sus valores ni el criterio; lo principal es que el ancho resultante del pulso diferenciado debe ser menor que el pulso de salida deseado para el período de tiempo del nivel de disparo debajo de 1/3 de V+

Hay diferentes tipos de temporizadores 555. El LM555 de Nacional es uno de los más usado en estos días. El temporizador XR-L555 es una versión de micro potencia del estándar 555, es una dispositivo sustituto, tiene la misma disposición de terminales con la ventaja de operar con baja potencia. Es capaz de operar con un amplio rango de voltajes positivos de fuente, desde 2.7 volts como mínimo hasta 18 volts como máximo. Con una fuente de voltaje de +5V, el L555 normalmente disipara unos 900 microwatts, haciéndolo conveniente para circuitos operados con baterías. El circuito esquemático interno del L555 es muy similar al estándar 555



pero con características adicionales como filtrado de corrientes pico (transientes), capacidad de baja salida de empuje, mayor impedancia y un mucho mejor sistema reductor de ruido.

El ICM 7555 de Maxim, y el LC7555 de Sanyo son CMOS de propósito general de baja potencia del la versión estándar del 555, también con una compatibilidad terminal a terminal con el 555. Sus ventajas son corrientes muy bajas de polarización/temporización, operación con baja potencia de disipación y un amplio rango de voltaje de alimentación tan bajo como 2 volts hasta 18 volts. A 5 volts el 7555 disipa alrededor de 400 microwatts, haciéndolo muy adecuado para la operación con baterías. El diagrama esquemático del 7555 es sin embargo totalmente diferente de la versión estándar 555 a causa del proceso distinto de diseño con tecnología CMOS. Tiene mucha mayor impedancia de entrada que los transistores bipolares usados en el estándar. La versión CMOS esencialmente elimina cualquier componente que limita la temporización relacionada a la corriente de polarización del temporizador permitiendo resistencias de mayor valor.

Esta versión tan versátil podría considerarse cuando se desea amplios períodos de temporización, así como baja potencia de operación. Sin embargo el lado negativo de los CMOS 555s es la reducción de la corriente de salida tanto para fuente como para drenaje pero este problema puede ser resuelto agregando un transistor amplificador en la salida si así se requiere. Por comparación, un 555 regular puede suministrar fácilmente una salida de 200mA contra 5 a 50mA del 7555. En la mesa de trabajo el 555 regular alcanza un límite de frecuencia máxima de 180 Khz mientras que el 7555 fácilmente sobrepasa la marca de 1.1 Mhz y el TLC555 se detiene alrededor de 2.4Mhz. Los componentes utilizados fueron resistencias de 1% de tolerancia y capacitores de fuga baja, el voltaje de alimentación usado fue de 10 volts.

Algunas de las propiedades menos deseables del 555 estándar son la corriente alta de alimentación, alta corriente de disparo e imposibilidad de trabajar con bajos voltajes de alimentación. Estos problemas han sido remediados en sucesores CMOS. Una precaución acerca del temporizador 555 regular; el 555 junto con otros circuitos integrados temporizadores genera una gran corriente transitoria (alrededor de 150 mA) durante cada alternancia de salida. Asegure de usar un capacitor derivador (bypass) robusto entre la terminal V+ y tierra del 555 (de por lo menos de 0.1 microfarad). Y aún así, el 555 podría tener una tendencia a generar transiciones dobles de salida.

## Hoja de Datos

Temporizador/Oscilador NE555

Similar al:

LM555

SE555C

MC1455P1

NTE955M

ECG955M

El circuito temporizador monolítico de silicón NE555 es un controlador sumamente estable capaz de producir retrasos precisos de tiempo, u oscilaciones. En el modo de operación de retraso de tiempo, el tiempo es precisamente controlado por una resistencia y capacitor externos. Para una operación astable como un oscilador, la frecuencia de corrida libre y el ciclo de trabajo ambos son controlados con precisión con dos resistencias externas y un capacitor. El circuito puede ser disparado y reiniciado (reset) con formas de onda en caída, y la estructura de salida puede alimentar o drenar hasta 200mA.

### Características:

Tiempo de apagado en menos de 2 microsegundos.

Máxima frecuencia de operación, mayor que 500Khz.

Temporización, desde microsegundos a horas.

Opera en ambos modos, monoestable y astable.

Alta corriente de salida.

Ciclo de trabajo ajustable.

Compatible con TTL.

Estabilidad por temperatura de 0.005% por °C.

Tiempo de subida y bajada en la salida de 100nS normalmente.

Algunas aplicaciones:

Temporización precisa.

Generación de pulso.

Temporización secuencial.

Generación de retraso de tiempo.

Modulación por ancho de pulso (PWM)

Valores Máximos Absolutos

Fuente de voltaje para el SE555 +18volts. Para el NE555 & SE555C, +16 volts.

Corriente de descarga (terminal 7) es de 200mA.

Disipación de potencia 600 milliwatts.

Rango de operación de temperatura para el NE555 de 0 a 70°C, para el SE555 & SE555C de -55 a 125°C.

Rango de temperatura de almacenaje de -65 a 150°C.

Temperatura para soldar puntas (60 segundos) 300°C.

Sufijos

El sufijo 'G' (ejemplo xx555G) representa el encapsulado en bote de metal.

El sufijo 'P1' representa el encapsulado de plástico (el más común).

El sufijo 'U' representa el encapsulado de cerámica (muy usado en la industria).

El sufijo 'L' representa el encapsulado de cerámica (muy usado en la industria).

El sufijo 'D' representa el encapsulado de montaje superficial.

Notas:

La corriente de alimentación cuando la salida esta alta es normalmente de 1mA o menos con  $V_{cc} = 5V$ .

Probado con un  $V_{cc}=5V$  y  $V_{cc}=15V$ , esto determinara el máximo valor de  $R_a+R_b$ , para 15V de operación, la resistencia total máxima será de  $R = 20$  megaohms, y para 5V de operación, la resistencia total máxima será de  $R = 6.7$  megaohms.

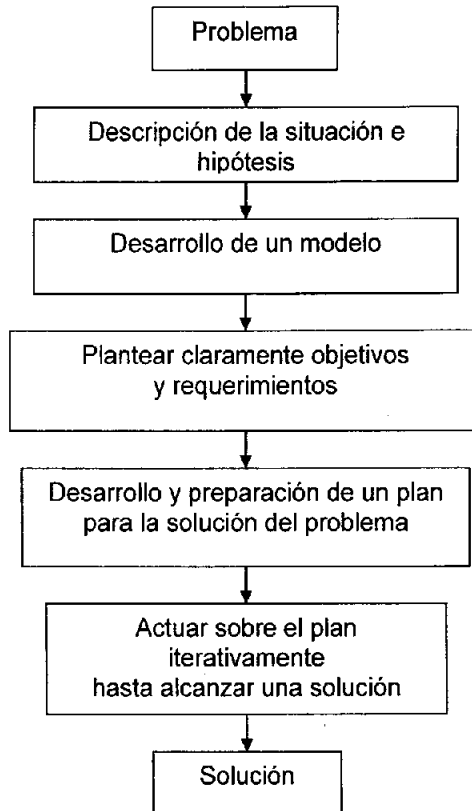
Estos parámetros cambian de fabricante a fabricante. Por ejemplo Phillips tiene que para 15V la resistencia total será de 10megaohms y para 5V será de 3.4 megaohms.

### 3 DISEÑO DEL SISTEMA

Antes de explicar como se diseño el sistema electrónico es necesario explicar también, el motivo que causo su creación desarrollo e implementación. El sistema forma parte de una solución propuesta para la protección de personas y bienes en locales comerciales amenazados por asaltantes y merodeadores.

#### 3.1 Planteamiento del problema

El procedimiento siguiente se tomo como guía para desarrollar la solución propuesta.



El proceso incorpora tres fases; análisis, síntesis y evaluación

La primera tarea es diagnosticar, definir y preparar –esto es entender el problema y presentar una declaración de metas y objetivos.

La segunda tarea involucra encontrar soluciones razonables.

La tercer tarea esta relacionada a juzgar la validez de las soluciones relativas a los objetivos y seleccionar entre las alternativas. Se implementa un ciclo en el cual la solución se revisa y mejora reexaminando el análisis.

Estas tres fases forman el marco de trabajo básico para planear, organizar y desarrollar proyectos de diseño.

### Descripción del problema

El problema por asaltos y hostigamiento por merodeadores afecta a una cadena de locales comerciales, tanto económicamente, como al personal que labora en ellos. El propietario nos solicito investigar y proponer una solución.

Además, la solución debía cumplir con las condiciones siguientes:

- Proteger los bienes y las personas.
- Dar una respuesta inmediata a una agresión.
- Costo accesible.
- No incluir personal de vigilancia.
- Intimidar de alguna forma a un asaltante o merodeador.
- Descartar el uso de un sistema de alarma monitoreado a causa de su falta de respuesta inmediata y costo por vigilancia.
- Por incidentes ocurridos en el pasado, la solución debe incluir la reducción de represalias posteriores al frustrar un asalto u hostigamiento.
- El equipo no requiere operar las veinticuatro horas del día, solo cuando el personal esta laborando.

También se hizo la observación que el 80% del personal es femenino.

### Descripción de la situación e hipótesis

Se realizaron visitas a cada uno de los locales comerciales para investigar, esto, con el propósito de recabar información necesaria para presentar una solución acorde a los requerimientos establecidos.

El resultado de la investigación fue el siguiente.

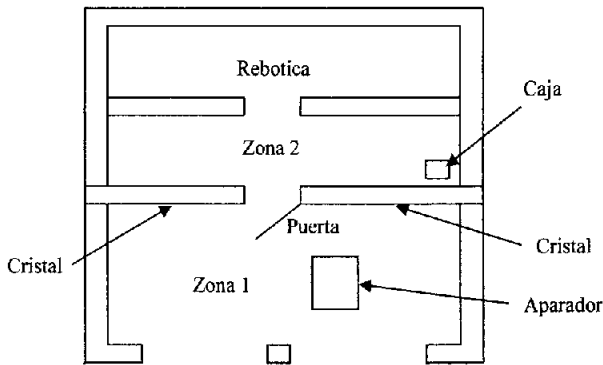
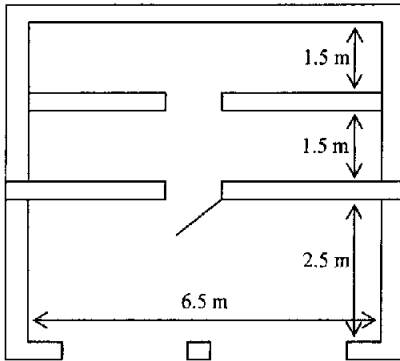
- Cada uno de los locales esta dividido en dos zonas. Una zona es para los compradores y visitantes, y la otra es para el empleado.
- La división esta formada por paneles de vidrio y mostradores, lo cual impide que alguna persona intente cruzar o saltar sobre ellos en cualquier punto y pase a la zona del empleado.
- El área aproximada de los locales es de 36 m<sup>2</sup>.
- Los paneles de vidrio no son antibalas.
- Cada local cuenta con un sistema básico de alarma.
- Existen espejos colocados detrás del mostrador para ubicar al visitante al darle la espalda.

- Hay por lo menos un aparador en el área de visitantes.
- El empleado debe salir de su zona por una puerta al solicitarle un artículo del aparador.
- Existe una puerta de acceso entre la zona de visitantes y la del empleado, cuenta con pasador y cerradura.
- La caja registradora se encuentra alejada de la puerta de acceso a la zona del empleado.
- El suministro de energía eléctrica es constante.
- El alumbrado público funciona la mayor parte del año.
- Los locales generalmente están atendidos por solo una persona.
- Se hace cambio de personal una vez al día.
- El servicio no es las veinticuatro horas
- Cada local cuenta con línea telefónica, baño y cuarto posterior como rebotica
- El número de robos al año son en promedio dos por cada local.
- Cada local tiene aproximadamente 15 años de estar en servicio.

#### Desarrollo del modelo

Con la información obtenida se elaboraron dos tipos de plano. Uno general para evaluar las posibles soluciones y otro con mayor detalle para utilizarlo como plano de instalación para la solución aprobada.

El plano general es el siguiente.



Zona 1: Zona de visitantes

Zona 2: Zona de empleados

### Objetivo

Dada la experiencia en el campo de la seguridad, se puede decir que:  
No se puede tener una protección del 100%.

Darle solución a todas las posibilidades de robo y asalto no tiene sentido, ya que cada asalto esta en función de la creatividad de cada delincuente. La solución se dio en base a los robos anteriores.

A mayor sofisticación del equipo, mayor mantenimiento requiere.

Estudiando las condiciones y sucesos expuestos por el propietario y algunos empleados, los objetivos fueron:

- Ante todo, salvaguardar la vida humana.
- Desarrollar un sistema electrónico capaz de inhabilitar temporalmente una o varias funciones del cuerpo humano debilitando su posibilidad de amenaza.

Generación del plan.

La solución requiere prácticamente un sistema electrónico con capacidad ofensiva, lo cual nos conduce a pensar el sistema como un arma y también en el daño que esta pueda causar a un ser humano.

Se le propuso al propietario llevar a la práctica la siguiente hipótesis:

Ante un posible intento de asalto poder generar como respuesta inmediata un ambiente hostil para el agresor, nunca intentar matarlo, ni lesionarlo de gravedad, ni hacer un disparo directo a su persona; solo quitarle la ventaja inicial, dificultándole sus acciones.

Como resultado de esto, se supuso que el asaltante no completaría su acción y no habría represalias posteriores.

Con esta idea en mente y el consentimiento del propietario, se investigaron diferentes medios de generar tal ambiente.

Las propuestas fueron:

- A través de una descarga eléctrica
- Por la generación de altas y bajas frecuencias
- Por lanzamiento de objetos con adhesivo
- Por el uso del polvo de pimienta

Se analizaron cada una de ellas. Por descarga eléctrica resulto peligrosa tanto para el asaltante como para el empleado, se rechazo; por generación de frecuencias, la respuesta fue lenta y el resultado no satisfactorio, se rechazo; la del adhesivo, difícil de implementar, también se rechazo.

Como conclusión se eligió al polvo de pimienta como la solución más aceptable por su efectividad, y sin riesgo alguno para el empleado o el agresor, ya que como se explicara, a pesar de su contundencia no tiene efectos secundarios ni permanentes.

Polvo de pimienta.

Antecedentes

La aplicación de los agentes químicos en relación con el conflicto armado es tan antigua como la guerra organizada. Ejemplos frecuentemente citados son el uso de flechas envenenadas y varios tipos de humos irritantes, tóxicos o hipnóticos.

Entre la guerra ente los atenienses y los espartanos (431 a 404 a. de C.), se desarrollo un compuesto químico que consistía en una madera saturada con azufre y brea para quemar debajo de las paredes de las ciudades sitiadas con el objeto de generar humos asfixiantes. Las fuerzas policiales francesas tienen el renombre de haber sido la primera organización de la policía que usara un agente lacrimógeno químico en un dispositivo para arrojar a mano. A comienzos de la Primera Guerra Mundial (1914-1918), el ejército francés contaba con existencias limitadas de granadas de mano y para rifles, cargadas con un agente lacrimógeno líquido llamado etilbromomacetato.



### Composición química

Hay básicamente tres compuestos químicos utilizados.

CS (Ortoclorobencilmalononitrilo)

CN (Cloroacetofenona)

OC (Oleoresina Capsaicinoide)

CS y CN son irritantes a los tejidos de las membranas. Ellos causan picazón y hacen llorar, y toman de 5 a 10 segundos para ser efectivos. Para personas bajo los efectos de drogas o alcohol pueden no afectarles del todo, adicionalmente toman mucho tiempo disiparse y los residuos químicos pueden durar por días. Son químicos hechos por el hombre y están identificados como posibles agentes cancerígenos. Han sido documentados problemas de piel y reacciones toxicas. Estos químicos no se emplearon en el proyecto por su peligrosidad.

OC no es un irritante, esta compuesto de ingredientes capsaicinoides (los capsaicinoides son el ingrediente activo que se encuentra en las especies de pimientos picantes chile jalapeño, chiltepin, habanero, entre otros). Es un agente inflamatorio. Cuando a una persona se le aplica dos cosas suceden instantáneamente. Primero, los ojos de la persona se cierran de golpe. No solo eso, si intenta abrirlos no podrá ver porque el OC dilata los capilares y causa ceguera. Segundo, una tos inmediata incontrolable la encorva porque el OC causa inflamación instantánea en los tejidos de la respiración restringiéndola.

El OC es un químico natural, no se ha encontrado que sea toxico y absolutamente no daña los tejidos delicados. Los efectos del OC, dependen de la concentración y la disponibilidad de aire fresco, toma aproximadamente de 30 a 45 minutos disiparlo, no hay efectos secundarios. Incluso se ha considerado como un posible auxiliar contra el cancer y la artritis.

TABLA COMPARATIVA ENTRE GASES LACRIMÓGENOS Y OC

	OC	CS	CN
Eficaz en individuos bajo la influencia de drogas o alcohol	SI	NO	NO
Eficaz en animales	SI	NO	NO
Efecto completo en segundos	Por contacto	5 a 10	5 a 10
Efectos oculares	Se cierran	Lagrimo	Lagrimo
Efecto sobre el sistema respiratorio	Tos	Estornudos	Ninguno
Sensación de ardor en la piel	SI	Irritación	Irritación
Perdida de control motor corporal	SI	Ninguna	Ninguna
Tiempo de recuperación en minutos	30 a 45	5 a 10	5 a 10
Causa contaminación grave	NO	SI	SI
Reacción alérgica	NO	SI	SI
Dermatitis por contacto	NO	SI	SI
Fomenta el cáncer	NO	SI	SI
Inocuo para el ozono	SI	NO	NO
Portador tóxico	NO	SI	SI
Lesiones oculares	NO	SI	SI

Con el elemento inhabilitador elegido y el objetivo establecido, se elaboró el siguiente plan.

- Desarrollar un sistema electrónico capaz de disparar por medio de una señal vía remota, el polvo de pimienta.
- Modificar ciertos elementos de cada sitio de tal forma que aumente la ventaja para la persona que se ve amenazada.
- Integrar elementos complementarios que ayuden a disuadir al agresor.
- Desarrollar tácticas para enfrentar el momento crítico de un asalto.

Acciones:

- Hacer un diagrama a bloques de los elementos que integraran el sistema electrónico.
- Hacer el diagrama esquemático del sistema.
- Realizar los cálculos necesarios para obtener el funcionamiento esperado.
- Reunir los componentes y dispositivos necesarios.
- Construir un prototipo.
- Hacer pruebas de funcionamiento que demuestren su confiabilidad.
- Instalar el sistema y verificar su funcionamiento adecuado.
- Hacer las modificaciones del lugar y colocar los elementos físicos complementarios
- Elaborar un manual de usuario para informar y capacitar.
- Presentar los resultados para su aprobación.

### 3.2 La Solución propuesta

La solución propuesta la integran tres recursos:

1. El sistema electrónico
2. Modificaciones del sitio e integración de nuevos elementos
3. Tácticas

#### **El sistema electrónico**

Es el recurso que se empleara como última opción para disuadir al atacante. La finalidad del sistema es crear una nube de polvo de pimienta sobre el agresor que al inhalarla le impida la respiración y si entra en sus ojos los irritara a tal grado que le nublara la visión. El sistema proporciona al usuario un medio por el cual puede activar de forma inmediata la salida del polvo de pimienta, esto es, al sentirse o verse amenazado y considerar necesario emplearlo, con solo oprimir cualquiera de los botones o activar los sensores colocados en puntos específicos en la zona donde se desplaza, el sistema lanzara el polvo por un tiempo preestablecido, y si es necesario, puede repetirse el disparo hasta por tres ocasiones.

#### **Modificaciones del sitio**

Como lo dijo en su máxima el Primer Ministro Winston Churchill "En la guerra, la verdad debe estar acompañada por una escolta de mentiras" de esta forma quiero indicar que dentro de las modificaciones del sitio, algunos objetos no muestran realmente lo que son, aparentan ser otros objetos.

Las modificaciones están basadas en los principios del engaño y encubrimiento que un mago inglés utilizo en la segunda guerra mundial.

Jasper Maskelyne nació en Inglaterra en 1902. En 1930 era ya una estrella de la magia. Al estallar la Segunda Guerra Mundial en 1939, se enlisto en el grupo de Ingenieros Reales, convencido de que sus habilidades profesionales en encubrimiento y engaño podrían ser puestas en uso en el campo de batalla. Sus superiores militares no estaban convencidos pero, finalmente lo comisionaron al norte de África - el primer teatro de guerra de Gran Bretaña en ese momento. Aquí, los oficiales comandantes de Maskelyne fueron tan escépticos como sus contrapartes en Gran Bretaña - su principal tarea fue entretener a las tropas.

En enero de 1941, el general Wavell, comandante de las fuerzas británicas en el norte de África, creo una unidad llamada Fuerza A, la cual estaba dedicada a la contrainteligencia y engaño. En esta etapa, el engaño estuvo desempeñando una gran parte en el esfuerzo de la guerra. En algunos casos, podría ser un esfuerzo combinado para desorientar al enemigo con un solo engaño convincente; en otros, el objetivo podría ser crear confusión sugiriendo una variedad de alternativas plausibles.

Maskelyne fue enviado a la Fuerza A donde él podía aplicar sus habilidades para las tareas de ocultar a las fuerzas inglesas del reconocimiento aéreo alemán. Él formo un grupo fuerte de catorce personas, conocido informalmente como la Pandilla Mágica de la cual sus miembros tenían grados en química analítica, ingeniería eléctrica y construcción. Maskelyne escogió a su equipo tanto por sus habilidades como por sus cualidades de iniciativa e imaginación- criterio no convencional en el contexto militar.

Aplicando los conocimientos profesionales de Maskelyne en técnicas de construcción económicas y de bajo peso, el grupo construyo tanques ficticios de madera y lona. Maskelyne aún concibió un medio de falsificar huellas de tanque después de que los objetos ficticios han

sido movidos de posición. Técnicas similares fueron usadas para disfrazar tanques reales como camiones inofensivos.

Sus mayores logros fueron, desviar la atención de los bombarderos alemanes del puerto de Alejandría, y la Operación Bertram, donde con sus trucos desorientó a las fuerzas alemanas antes de la batalla de El Alamein donde fue derrotado Edwin Rommel por los ingleses.

Considerando aplicar estas ideas al proyecto se colocaron algunos distractores en las modificaciones del sitio.

Para brindarle protección al usuario contra un disparo directo de arma de fuego se propuso colocar cristales a prueba de balas con una resistencia hasta de un calibre de mágnum .357 (con un espesor aproximado del cristal de tres centímetros) en el área de la caja registradora y el área de entrada a la zona del empleado. Instalar equipos de radio para mantener una comunicación constante entre los sitios. Instalar extractores de aire para sacar el polvo pulverizado en una emergencia de asalto. Instalar una pequeña regadera para limpieza de las partes del cuerpo expuestas al polvo de pimienta para reducir sus efectos y tener a mano un producto de primeros auxilios para reducir los efectos del polvo de pimienta así también bolsas de plástico con sello para depositar la ropa contaminada. Utilizar los mismos empaques de los productos para emplearlos como distractores, colocar cámaras falsas, instalar cajas de seguridad para valores. Instalar depósito para entrega de paquetes tipo revolver y cambiar la ventanilla de pago actual por una ventanilla de pago con socavón.

#### Tácticas

En general, la primera condición que debe cumplirse antes de activar el sistema es estar en una zona protegida.

Emplear claves en la comunicación por radio.

No permanecer fuera de la zona de empleado.

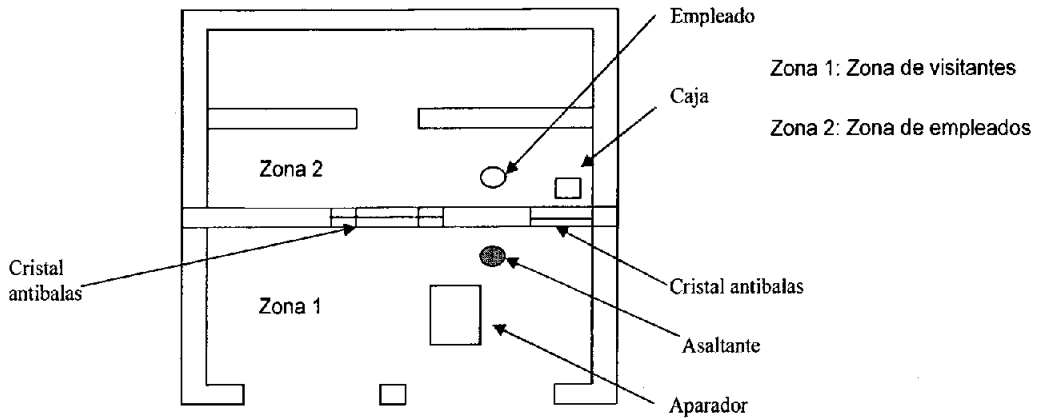
Al salir a mostrar un artículo, llamar por radio a otro empleado para pedir confirmación de estado después de un tiempo determinado previamente.

Supongamos una situación de asalto.

Tomar en consideración que para llegar hasta este punto, se han sobrepasado varios elementos disuasivos, algunos de ellos son:

- La experiencia del empleado; el empleado con el tiempo va adquiriendo cierta habilidad para advertir una posible amenaza.
- La colocación de elementos o dispositivos que real o de manera ficticia indiquen que el sitio está siendo vigilado.
- Los elementos distractores.

Utilicemos el plano siguiente como apoyo para explicar el procedimiento al activar el sistema.



Una persona amenaza al empleado apuntándole con un arma de fuego, exigiéndole el dinero de la caja.

El primer paso es llegar a la zona protegida

El empleado decide o no activar el sistema. De acuerdo a:

- El número de personas con arma
- El tamaño del arma
- La ubicación del arma de fuego dentro del sitio

Si decide disparar, la acción a efectuar es:

- Ocultarse y después disparar.
- Llamar por radio en busca de apoyo.
- Activar los extractores de aire.
- Descontaminar.

### 3.3 DESCRIPCIÓN GENERAL

El sistema electrónico está dividido para su análisis en 5 módulos, estos son, módulo de disparo, módulo de control y temporización, módulo de potencia, módulo mecánico y módulo de alimentación. Tal como se muestra en el diagrama a bloques de la Fig. 3.3.0.

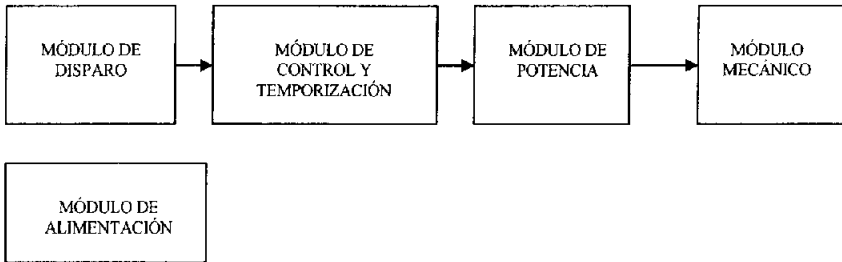


Fig. 3.3.0 Diagrama a bloques del sistema electrónico.

#### Módulo de disparo.

El módulo de disparo es el encargado de generar y enviar un pulso al módulo de control y temporización. El pulso se puede generar a través de un componente mecánico, o se puede emplear con el mismo propósito un módulo sensor. En el proyecto este módulo es opcional.

#### Módulo de control y temporización

Es el módulo principal del sistema. Su función consiste en generar un pulso de salida de longitud predecible. Se emplea un circuito integrado para formar este pulso. La longitud del pulso es el tiempo en el cual el polvo de pimienta estará saliendo por la válvula del contenedor.

#### Módulo de potencia

El motor que abre la válvula del contenedor de polvo de pimienta, necesita un módulo de potencia cuya función es generar a partir de la señal de disparo, la corriente necesaria para el movimiento del motor.

#### Módulo mecánico

El módulo mecánico lo constituye un motor de corriente directa acoplado a la válvula del contenedor para que con un movimiento biela-manivela del motor, se abra la válvula y esta deje escapar el polvo de pimienta que se encuentra a presión en el interior del contenedor.

#### Módulo de alimentación

El módulo de alimentación lo constituye una fuente de poder de corriente directa capaz de alimentar a los circuitos electrónicos de disparo, control y potencia; así como, proporcionar la corriente necesaria al motor. De manera opcional se puede utilizar una fuente de alimentación con cargador, este tipo de fuentes están diseñadas para permitir el uso de baterías, de esta

forma, en caso de falla del servicio público de energía eléctrica puede hacerse uso de la energía acumulada en ellas.

### **Teoría de operación**

Las Fig. 3.3.1 muestra el diagrama esquemático del sistema. El funcionamiento es el siguiente. Fig. 3.3.1 (a) Módulo de disparo, control, temporización y potencia. Para que el modulo de disparo deje escapar el polvo de pimienta, es necesario activar el sistema que es el que controla su salida. Por medio del modulo de disparo inicia el proceso. Se tienen dos formas de hacerlo; una es por medio de un botón B1, normalmente abierto, que al oprimirlo suministra un voltaje de 5 volts a la resistencia de base R3 del transistor Q1 el cual esta configurado como un interruptor. Al polarizar la base de Q1 a través de R3 este se va a saturación haciendo que comience a cargar C5 a través de R5 generando un pulso negativo, este pulso se envía a la entrada del módulo de control y temporización. La segunda, considerada opcional, es por medio de un módulo sensor. La salida de este módulo se conecta a la entrada E1, y debe ser normalmente abierta (N.O. por sus siglas en ingles Normally Open). Cuando el sensor se activa, la salida se cierra poniendo en corto circuito las terminales de E1, de aquí en adelante el proceso es el mismo que con el botón B1.

El módulo de control y temporización. Lo forma un circuito integrado NE555 o similar, el cual esta configurado para trabajar como un temporizador de un tiro o también llamado multivibrador monoestable (ver la sección 2.3 para mayores detalles). Este circuito en su salida (terminal 3) entrega un pulso con duración regulable, para este caso será de uno a ocho segundos aproximadamente. Los valores de R6, R7 y C6 determinan este tiempo. Para iniciar este pulso es necesario que el voltaje en la entrada de la terminal 2 del CI-2 NE555, se lleve a un valor menor a un tercio del valor del voltaje con que se alimenta al circuito. El pulso de salida se envía a la entrada del módulo de potencia.

Módulo de potencia. Lo forman los transistores Q2 y Q3. Están configurados para trabajar como interruptores electrónicos. Normalmente están en corte (abiertos), pero cuando en la base de estos transistores aparece un pulso del módulo de control y temporización, conmutan y van a saturación (cerrados), de este modo cierran el circuito del módulo mecánico para que este se energice y funcione.

El módulo mecánico. Lo forman dos motores MOT-1 y MOT-2, acoplados mecánicamente a cada válvula de los contenedores del polvo de pimienta. Cuando el módulo de potencia recibe el pulso del módulo de control y temporización a través de las resistencias de base R8 y R9; Q1 y Q2 se van a saturación cerrando el circuito de cada motor. El motor se activa y ejerce una fuerza de empuje en la válvula para abrirla. Terminando el pulso de salida del módulo de control y temporización Q1 y Q2 regresan a corte, abren el circuito y los motores dejan de hacer presión. La fuerza de la válvula empuja en sentido opuesto a la flecha del motor y vuelve a cerrarse. Los diodos D5 y D6 se emplean para evitar que la energía almacenada en el embobinado del motor regrese al circuito desestabilizándolo o dañando algún elemento.

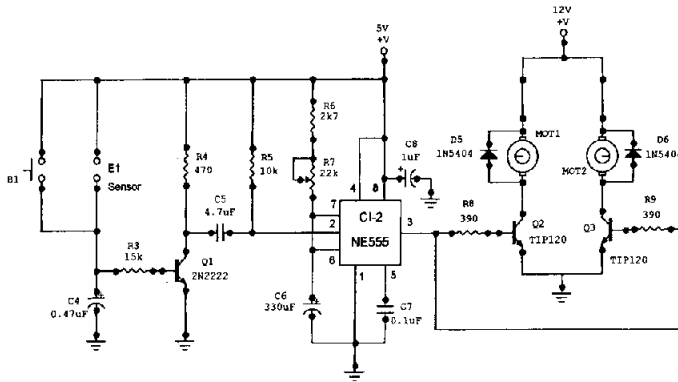
Fig. 3.3.1 (b). La fuente de alimentación. Al encender el equipo, el voltaje de entrada de aproximadamente 125 volts de corriente alterna pasa al transformador y este reduce el voltaje a unos 12 volts también de corriente alterna. En la entrada del transformador se han colocado algunos elementos de protección, el primero es un interruptor de doble polo doble tiro (DPDT) S1, que al apagar el equipo lo aísla completamente de la línea y se complementa con el aterrizaje a tierra física por medio de la clavija, esto para seguridad del usuario, ya que en caso de un corto circuito en el interior del gabinete por causa de un elemento suelto, podría

ocasionarle un choque eléctrico al tocar el gabinete. El siguiente es un fusible F1 que en caso de existir un corto en la fuente esta demandara una mayor corriente sobrepasando la capacidad del fusible, fundiendo su filamento que abrirá el circuito al sobrepasar su valor. La misma función del fusible se emplea cuando ocurre un transiente o sobrevoltaje en la línea, para esto se emplea un supresor de transientes MV-1 mejor conocido como MOV (Metal Oxide Varistor por sus siglas en ingles); y su función es provocar un corto circuito que evite que el transiente pase a la fuente y ocasione un falso disparo. Para que el MOV se ponga en corto se debe sobrepasar su valor de enganche que para este caso es de 208 volts.

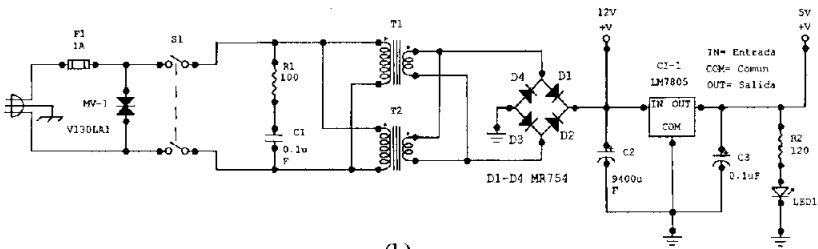
El siguiente es un circuito amortiguador (snubber) el cual esta formado por una resistencia R1 y un capacitor C1 en serie, su función es disipar la energía almacenada en el primario del transformador al apagar el equipo, de esta forma se evitan posibles chispas en el interruptor S1 que con el tiempo lo dañen o puedan causar un incendio.

Pasando el transformador, que en realidad son dos transformadores T1 y T2 conectados en paralelo para proporcionar mayor corriente, y ya del lado del secundario, tenemos un puente formado por cuatro diodos D1 a D4, su función es rectificar, esto es, transformar el voltaje de corriente alterna a un voltaje de corriente directa pulsante. Como los circuitos electrónicos funcionan con voltajes de corriente directa es necesario pasar por un filtro esta corriente directa pulsante para que elimine las fluctuaciones, y produzca un voltaje de corriente directa relativamente uniforme. Esto se hace por medio del capacitor C1. Por último tenemos un circuito integrado CI-1, el LM7805, el cual a su salida entregara un voltaje regulado de corriente directa de +5 volts con capacidad de hasta un amper.





(a)



(b)

Fig. 3.3.1 Diagrama esquemático del sistema electrónico. (a) Circuito de disparo, temporización, control y potencia. (b) Circuito de la fuente de alimentación.

### 3.4 Módulo de Alimentación

La mayoría de los circuitos electrónicos requieren una fuente de energía que le proporcione un voltaje de corriente directa. Las baterías pueden usarse para proporcionar esta energía para equipos que tienen requerimientos de baja potencia o si son usados intermitentemente. Otra posible fuente de energía es un generador de corriente directa, sin embargo, ni las baterías ni el generador son prácticos o económicos para muchos equipos electrónicos. Ya que la energía distribuida de 125Vca, 60 hertz por parte de la compañía de energía eléctrica esta disponible, la mayoría del equipo electrónico opera con una fuente de energía que convierte el voltaje de línea de corriente alterna a un voltaje de corriente directa.

Las funciones básicas de una fuente de poder no regulada son transformación, rectificación y filtrado. Estas funciones se muestran en la Fig. 3.4.0 junto con las formas de onda de entrada y salida de cada función.

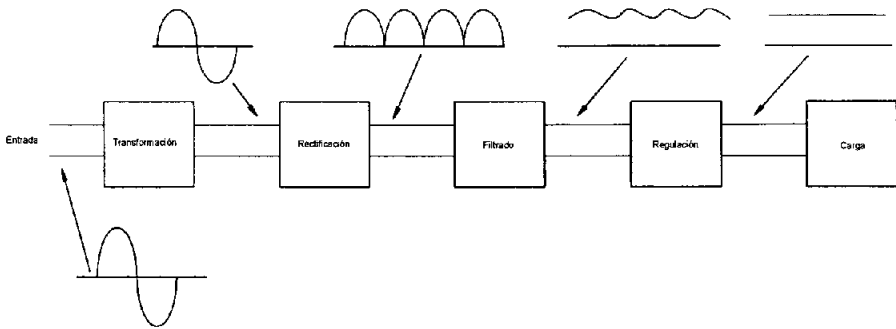


Fig. 3.4.0 Diagrama a bloques de una fuente de poder.

La entrada de la función de transformación son los 125 volts de corriente alterna (ca) que vienen de la línea de servicio eléctrico. Su voltaje de salida de ca, el cual puede ser más bajo o más alto que el voltaje de entrada, es la entrada a la función de rectificación. La salida de la función de rectificación es un voltaje de corriente directa (cd), pero a causa de que tiene

variaciones grandes en amplitud, es llamada "corriente directa pulsante". La función de filtrado reduce las variaciones grandes de amplitud tal que la salida es un voltaje de cd con solo un pequeño voltaje de rizo superpuesto sobre éste. Esta fuente de poder básica es llamada fuente de poder de cd no regulada porque su salida varía con los cambios en el voltaje de ca de entrada así como con los cambios en la carga en la salida de la fuente de alimentación. Como los circuitos integrados se ven afectados desfavorablemente si ocurren ciertas variaciones de voltaje, se incluyó una función más, llamada función de regulación, la cual controla el nivel de voltaje dentro de un margen estrecho, respondiendo rápidamente a picos y caídas en la demanda de corriente, tal que los cambios de corriente de carga y voltaje en la línea de entrada tengan poco o ningún efecto en el voltaje de salida.

### La fuente de alimentación del sistema

La Fig. 3.4.1 muestra la fuente de alimentación sugerida para el sistema electrónico de este proyecto.

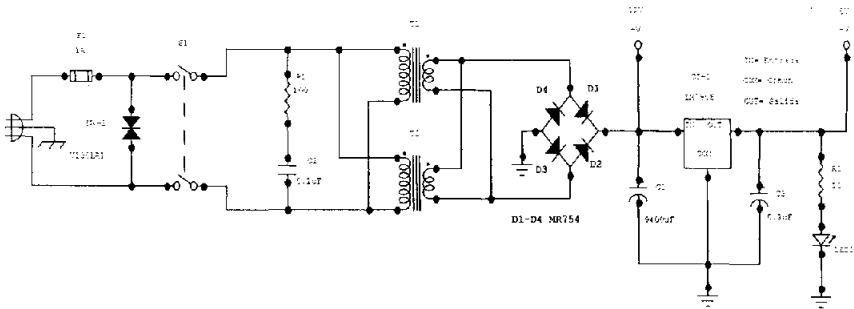


Fig. 3.4.1 Diagrama de la fuente de alimentación

## Requerimientos

### Salida de voltaje

Como el sistema utiliza un circuito integrado 555 y también alimenta a un par de motores de corriente directa, se requiere que para el circuito integrado la salida sea de regulada y tenga un voltaje fijo de +5 volts. Para la alimentación de los motores se requiere entre 9 y 14 volts, no se requiere una regulación rigurosa así que se decidió tomar la alimentación de la sección no regulada de la fuente, el voltaje no regulado es de aproximadamente 12 volts.

### Corriente de Carga

Para proporcionar la energía requerida por los motores para abrir las válvulas de los contenedores del polvo de pimienta, se debe suministrar una corriente de 5 ampers (ver módulo de potencia). El módulo de disparo y temporización requiere una corriente de 40 mA. Como esta corriente es muy pequeña comparada con la que requieren los motores, el valor considerado para la corriente de carga es de 5 ampers.

Por lo anterior se requiere:

Potencia necesaria para cada motor: 30 watts (ver módulo de potencia).

Potencia total: 60 watts.

Corriente de carga nominal: 5 amperes.

Voltaje nominal: 12 volts.

## Conceptos

### Porcentaje de rizo

El porcentaje de rizo se mantuvo aproximadamente a un 12% cuando se activa el sistema, esto no afecta la regulación de la alimentación del circuito integrado 555 ya que para mantenerlo estable se eligió un circuito integrado regulador 7805 el cual tiene un gran rechazo al rizo en la entrada y una buena regulación.

### %Regulación

La regulación es la variación de la tensión de carga con la corriente de carga. Esta variación se mide mediante un término denominado regulación y esta definido por:

$$\%Regulación = (Tensión\ sin\ carga - Tensión\ a\ plena\ carga) / Tensión\ a\ plena\ carga \times 100$$

## Protecciones

La fuente cuenta con algunas protecciones incluidas en el diseño.

- Para evitar una posible descarga eléctrica, el gabinete esta puesto a tierra a través del cable que va al toma corriente, este cuenta con tres cables, uno es la línea, otro el neutro y último es la tierra física; indicados por colores negro, blanco y verde respectivamente.
- El interruptor de encendido se considero como un DPDT (doble polo doble tiro) con el fin de aislar completamente al sistema del voltaje de línea al apagarlo.
- Un fusible de entrada en serie con el primario del transformador protege en caso de que este se ponga en corto, además se coloco un varistor en paralelo el cual protege de transitorios en la línea.
- Para evitar posibles chispas en las terminales del interruptor al apagar la fuente se coloco en paralelo con las terminales del primario del transformador una resistencia y un capacitor que actuaran como un circuito snuber que disipa la energía almacenada en este.
- Un LED (diodo emisor de luz) se coloco como indicador luminoso para saber si el sistema esta encendido o apagado y también comprobar si los capacitores se han descargado.
- El regulador 7805 esta protegido contra cortos circuitos en su salida.
- Para derivar ruido de alta frecuencia que pueda ser generado por la carga se coloco un capacitor pequeño de 0.1 microfarad entre la terminal de salida del circuito integrado regulador 7805 y tierra por sugerencia del fabricante.

## Selección del transformador

Para la función de transformación, se eligió un transformador del tipo reductor para fuente de poder. El voltaje de entrada es de 125 volts y la salida es de 12 volts con capacidad de proporcionar una corriente máxima de 3 amperes. Se emplearon dos transformadores en paralelo para cumplir con la corriente y voltaje que requieren los motores para funcionar.

## Selección de los diodos

La función de rectificación es efectuada por diodos rectificadores que deben conducir una corriente de 5 amperes con un tiempo máximo de 10 segundos, así que se eligieron diodos con

capacidad de 6 ampers con un voltaje inverso pico de por lo menos el voltaje pico del secundario.

#### Selección de capacitores

Los capacitores en la función filtrado están calculados teniendo en consideración una caída de voltaje de aproximadamente 6.5 volts en el secundario esto debido a la carga.

El voltaje de entrada del regulador debe ser mayor por lo menos 2 volts al voltaje de salida, ya que la salida de este es de +5V, entonces el voltaje mínimo de entrada será de 7V.

Para obtener el valor del filtro se utilizara la ecuación de voltaje de rizo pico a pico para una fuente de onda completa:

$$V_r (p-p) = V_m / (2fR_L C)$$

Donde:

$V_r (p-p)$  es el valor del voltaje de rizo pico a pico en volts.

$V_m$  es el voltaje máximo en el capacitor en volts

$f$  es la frecuencia de salida del transformador en hertz.

$R_L$  es la resistencia de carga en ohms.

$C$  es el valor del capacitor en farads

Para calcular el voltaje pico o máximo ( $V_m$ ) en la entrada de los capacitores y tomando en cuenta que se usa un rectificador tipo puente, la ecuación es:

$$V_m = [V_{sec} \times \sqrt{2}] - 1.4V$$

Donde:

$V_m$  es el voltaje pico en la entrada de los capacitores

$V_{sec}$  es el voltaje que el fabricante del transformador proporciona, este es un valor rms.

$\sqrt{2}$  es un factor para cambiar de un voltaje rms a un voltaje máximo generalmente se toma el valor de 1.41.

1.4V es la suma de la caída de voltaje en los dos diodos que funcionan en cada ciclo. Ya que se eligió un puente de diodos para rectificar el voltaje de corriente alterna.

Para obtener el voltaje de rizo en rms:

$$V_r(\text{rms}) = I_{cd}/(4\sqrt{3}fC)$$

Donde:

$V_r(\text{rms})$  es el voltaje de rizo rms en volts.

$I_{cd}$  es la corriente de carga en ampers.

$f$  es la frecuencia de la salida del transformador en hertz.

$4\sqrt{3}$  es un factor

$C$  es el valor del capacitor en farads

Para obtener el voltaje de corriente directa utilizamos la ecuación siguiente:

$$V_{dc} = (1 - 1/2fR_L C)V_m$$

Donde:

$V_{dc}$  es el voltaje de corriente directa

$f$  es la frecuencia (que para este caso es de 120Hz)

$R_L$  es la resistencia de carga

$C$  es el valor del capacitor

$V_m$  es el voltaje pico en la entrada de los capacitores

Otra forma de calcularlo es:

$$V_{dc} = V_m - V_r (p-p)/2$$

Donde:

$V_{dc}$  es el voltaje de corriente directa en volts.

$V_m$  es el voltaje pico en la entrada de los capacitores en volts.

$V_r (p-p)$  es el valor del voltaje de rizo pico a pico en volts.

### Factor de rizo

El factor de rizo esta dado por la expresión siguiente:

$$r = V_r(\text{rms})/V_{dc}$$

Donde:

$V_r$  (rms) es el voltaje de rizo rms

$V_{dc}$  es el voltaje de corriente directa

Para obtener el porcentaje de rizo multiplicar  $r$  por 100

$$\%r = (V_r(\text{rms})/V_{dc}) \times 100$$

### Cálculo de componentes

Teniendo los siguientes datos:

$V_{sec} = 12$  volts rms (es el valor del voltaje del secundario dado por el fabricante)

Resistencia de carga:  $R_L = 2.1 \Omega$

Corriente de carga  $I_L = I_{cd} = 5$  A

Calculamos el voltaje máximo:

$$V_m = [V_{sec} \times \sqrt{2}] - 1.4V$$

$$V_m = [12V_{sec} \times 1.41] - 1.4V = \boxed{15.57V}$$

Tomando en consideración que se requiere como mínimo +7 volts para que funcione el regulador 7805 y 12 volts para que funcione el motor se eligió un voltaje de rizo pico a pico de 7 volts.

Calculamos el valor del capacitor de la ecuación del voltaje pico a pico:

$$V_r(p-p) = V_m / (2fR_L C)$$

Despejamos a C:

$$C = V_m / 2fR_L V_r(p-p)$$



Si:

$$V_r (p-p) = 7 \text{ V}$$

$$V_m = 15.57 \text{ V}$$

$$f = 60 \text{ Hz}$$

$$R_L = 2 \Omega$$

$$C = 15.57\text{V}/2(60)(2.1 \Omega)(7 \text{ V}) = 0.008827 \text{ farads} = 8827 \mu\text{F}.$$

Tomamos el valor superior comercial más cercano y considerando la tolerancia (que para capacitores electrolíticos es del 20%) y las fugas que pudieran existir, este se eligió de 9400  $\mu\text{F}$  que es la suma de dos capacitores en paralelo de 4700  $\mu\text{F}$ .

Recalculamos el valor del voltaje de rizo pico a pico:

$$V_r (p-p) = V_m / (2fR_L C)$$

$$V_r (p-p) = 15.57\text{V} / (2(60)(2.1 \Omega)(9400 \times 10^{-6} \text{ F})) = \underline{6.57 \text{ volts}}$$

Calculamos el valor del voltaje de rizo  $V_r(\text{rms})$ :

$$V_r(\text{rms}) = I_{cd} / (4\sqrt{3}fC)$$

Si:

$$I_{cd} = 5 \text{ A}.$$

$f = 60 \text{ Hz}$  (frecuencia en la salida del secundario del transformador).

$$C = 9400 \times 10^{-6} \text{ F}.$$

$$V_r(\text{rms}) = 5 \text{ A} / (4\sqrt{3}(60\text{Hz})(9400 \times 10^{-6} \text{ F})) = \underline{1.28 \text{ V}}$$

Calculamos el voltaje de corriente directa V<sub>dc</sub>.

Si:

$$V_m = 15.57 \text{ V.}$$

f = 120 Hz (frecuencia en la entrada del capacitor).

$$R_L = 2.1 \Omega.$$

$$C = 9400 \times 10^{-6} \text{ F}$$

$$V_{dc} = [1 - (1/2fR_L C)]V_m = [1 - (1/2 \times 120\text{Hz} \times 2.1\Omega \times 9400 \times 10^{-6} \text{ F})] 15.57\text{V} = \boxed{12.28 \text{ V}}$$

Por otro método:

$$V_{dc} = V_m - V_r \text{ (p-p)}/2$$

$$V_{dc} = 15.57 \text{ V} - 6.57/2 = \boxed{12.29 \text{ V}}$$

Calculamos el porcentaje de rizo

$$\%r = (V_r(\text{rms})/V_{dc}) \times 100 = (1.28 \text{ V}/12.28 \text{ V}) \times 100 = \boxed{10.42\%}$$

$$\% \text{Regulación} = (\text{Tensión sin carga} - \text{Tensión a plena carga} / \text{Tensión a plena carga}) \times 100$$

Midiendo con multímetro estos valores son:

$$\text{Tensión sin carga} = 18.53 \text{ volts}$$

$$\text{Tensión a plena carga} = 12.50 \text{ volts}$$

$$\% \text{Regulación} = (18.50\text{V} - 12.50\text{V} / 12.50\text{V}) \times 100 = \boxed{48\%}$$

Para calcular la resistencia limitadora del diodo emisor de luz (LED) tenemos:

$$R = V_{cc} - V_d / I_d$$

Donde:

V<sub>cc</sub> = voltaje de alimentación

V<sub>d</sub> = voltaje de caída en el LED

I<sub>d</sub> = corriente que circula por el LED

De los datos técnicos de un LED se sabe que el valor de  $V_d$  esta entre 1.2V y 3.2V. Para este análisis  $V_d=2V$  y la  $I_d$  máxima es de 50mA.

Como el LED esta conectado a la salida del regulador 7805 el cual proporciona un voltaje de +5 volts, tenemos un voltaje de  $V_{cc} = 5V$ . Se eligió una corriente  $I_d = 25mA$ , así tenemos:

$$R = \frac{V_{cc} - V_d}{I_d}$$

$$R = \frac{5V - 2V}{0.025A} = 120 \Omega$$

El valor comercial es de  $120 \Omega$ .

El PIV (voltaje inverso pico) es el voltaje que debe soportar el diodo cuando no conduce.

Para un rectificador de onda completa con puente de diodos es:

$$PIV = V_p + 0.7V$$

$$\text{Si } V_p = 15.57V$$

$$PIV = 15.58V + 0.7V = 16.27V$$

Cálculo del fusible

En un transformador ideal, las corrientes están relacionadas por

$$I_p / I_s = N_s / N_p$$

Donde  $N_s / N_p$  es la relación de espiras. En este caso el transformador tiene una relación de espiras de 9:1. Si la corriente máxima en el secundario es de 6 A tenemos:

$$I_p / 6 A = 1/9$$

$$I_p = 0.67A$$

Sumándole una tolerancia de un 25% por cambios en el voltaje de entrada y pérdidas en el transformador, el fusible elegido es de:

$$0.67A \times 1.25 = 0.84 \text{ A.}$$

El valor comercial es de: 1 A.

Con los datos obtenidos la elección de los componentes es la siguiente:

Descripción:

Dos transformadores con entrada 125Vca/salida 12Vca, 3A.

Cuatro diodos, 6 A, PIV (voltaje inverso pico) mayor a 16.28V. Se eligió el MR754 su hoja técnica indica que puede conducir una corriente de 6 A y tiene un PIV de 400 volts.

Circuito Integrado Regulador LM7805

Dos capacitores = 4700  $\mu$ F/25V

Capacitor = 0.1  $\mu$ F/50V

Capacitor = 0.1  $\mu$ F/1kV

Resistencia = 100 $\Omega$ -1/2W

Resistencia = 56 $\Omega$ -1/2W

LED (diodo emisor de luz) color verde

Supresor de transientes de sobrevoltaje, Varistor de Oxido Metalico (MOV) para un voltaje de 130Vca. V130LA1

Fusible de 1 A.

Lista de componentes:

Componente	Cantidad
<b>T1 y T2</b> – Transformador para fuente de poder 12 V/3 A	2
<b>D1-D4</b> – Diodos MR754	4
<b>CI-1</b> – CI LM7805	1
<b>C2</b> – Capacitor 4700 $\mu$ F/25V	2
<b>C3</b> – Capacitor 0.1 $\mu$ F/50V	1
<b>C1</b> – Capacitor 0.1 $\mu$ F/500V	1
<b>R1</b> – Resistencia 100 $\Omega$ -1/2W	1
<b>R2</b> – Resistencia 56 $\Omega$ -1/2W	1
<b>LED-1</b> – LED (diodo emisor de luz) color verde	1
<b>MV-1</b> – MOV V130LA1	1
<b>SI</b> – Interruptor 2P2T	1
<b>F1</b> – Fusible de 1 A	1

### 3.5 Módulo De Disparo, Control Y Temporización

El módulo esta integrado por tres secciones: La primera sección es el generador de disparo, que esta compuesto por un botón normalmente abierto B1 y como opción, se le puede instalar en la entrada E1 un módulo activado por sensor con salida normalmente abierta. El módulo debe poner en corto circuito sus terminales de salida al activarse el sensor, un relevador incorporado generalmente realiza esta función.

La segunda sección es el circuito de disparo, que lo forman el transistor Q1, las resistencias R3, R4 y R5 y los capacitores C4 y C5. Como la entrada del CI 555 es muy sensible, por medio este circuito evitamos dos problemas; un disparo en falso, o el bloqueo de la entrada por un disparo de mayor duración al de la salida del CI 555.

La tercera es el circuito integrado que se encarga del control y temporización de la señal de salida. Se eligió al circuito integrado NE555 en su modo de operación como monoestable para realizar este trabajo.

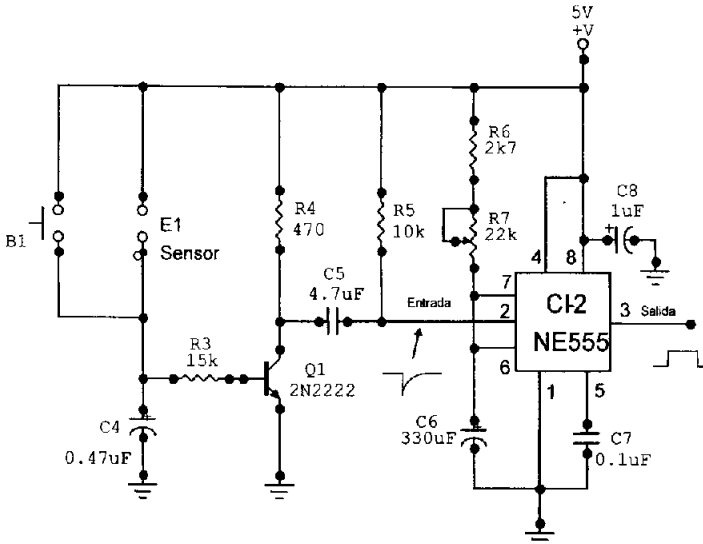


Fig. 3.5.0 Circuito esquemático del módulo de disparo control, y temporización.

La Fig. 3.5.0 muestra el diagrama esquemático para operar al circuito integrado 555 como monoestable.

#### Requerimientos del sistema

Se requiere que el pulso de salida se pueda ajustar a una anchura de 1 a 8 segundos aproximadamente, y el voltaje de alimentación para el circuito integrado sea de +5 volts.

#### Cálculos de componentes.

Transistor Q1.

Para polarizar el transistor Q1 como interruptor se eligieron los valores siguientes:

$$V_{cc} = 5V$$

$$V_i = 5V$$

$$I_{c(sat)} = 10mA$$

$$V_{(sat)} = 0.2V$$

$$\beta_{dc} = 100$$

Calculo de R4:

$$R4 = \frac{V_{cc} - V_{(sat)}}{I_{c(sat)}} = \frac{5V - 0.2V}{0.01A} = 480 \Omega.$$

Se tomo el valor comercial de 470  $\Omega$ .

$$\text{Recalculando } I_{c(sat)} = \frac{5V - 0.2V}{470 \Omega} = (10.21mA)$$

$$I_{b(min)} = \frac{I_{c(sat)}}{\beta_{dc}} = \frac{0.01021 A}{100} = 0.0001021 A \text{ (102.1}\mu A)$$

Multiplicamos por un factor de 2.5 para asegurar la saturación.

$$I_b = I_{b(min)} \times 2.5 = 0.0001021 A \times 2.5 = (255.2 \mu A)$$

Calculo de R3:

$$R3 = \frac{V_i - V_{be}}{I_b} = \frac{5V - 0.7V}{0.0002552 A} = 16849.53 \Omega$$

Tomamos el valor comercial de  $15000 \Omega$  ( $15k\Omega$ )

Prueba de saturación:

Para comprobar que el transistor esta en saturación la beta en saturación debe ser menor a la beta del transistor utilizado.

$$\beta(\text{sat}) < \beta$$

$$I_b = V_i - V_{be} / R_3 = 5V - 0.7V / 15000\Omega = 0.00032 \text{ A}$$

$$I_c(\text{sat}) = V_{cc} - V_{ce}(\text{sat}) / R_4 = 5V - 0.2V / 470\Omega = 0.01021 \text{ A}$$

$$\beta(\text{sat}) = I_c(\text{sat}) / I_b = 0.01021 \text{ A} / 0.00032 \text{ A} = 31.90$$

$$\beta(\text{sat}) < \beta$$

$$31.90 < 100$$

Se cumple la desigualdad por tanto el transistor esta en saturación.

La constante de tiempo RC la aplicamos para calcular el tiempo que durara el pulso de disparo en la entrada del circuito integrado 555. El tiempo T de RC debe ser menor al tiempo mínimo calculado para el temporizador el cual es de un segundo.

Los valores elegidos son:

Para el capacitor C5 es de  $4.7\mu\text{F}$

$$T = 0.5 \text{ segundos}$$

Entonces R5 es:

$$R_5 = T / C = 0.5s / 4.7 \times 10^{-6} \text{ A} = 106382.98\Omega.$$

Tomamos el valor comercial de  $10000 \Omega$  ( $10 \text{ k}\Omega$ )

Recalculamos a T

$$T = 10000 \Omega \times 4.7 \times 10^{-6} \text{ A} = 0.047s$$



El valor de C4 debe ser menor a C5 para poder hacer un nuevo disparo si es necesario. Si es mayor, tardara más en descargarse permaneciendo arriba la terminal dos del circuito integrado 555. Como se descarga a través de R3 y eligiendo un valor 10 veces menor para C4, calculamos T:

$$T = RC = 15000\Omega \times 0.47 \times 10^{-6} \text{ A} = 0.00705\text{s}$$

Así, si dejamos por alguna causa que se cargue completamente el capacitor, lo cual seria en aproximadamente en cinco periodos tenemos:

$$5T = 5 \times 0.00705\text{s} = 0.03525 \text{ s}$$

Como vemos, este es el tiempo también de descarga. Como se descarga mas rápido que C5, entonces esta listo para poder hacer un nuevo disparo.

Otra función que tiene es como capacitor de desacoplo, esto es, llevar a tierra alguna perturbación como el ruido o alguna señal superpuesta en el voltaje de cd, evitando que el equipo se dispare en falso.

Para una señal con una frecuencia de 60 Hz la resistencia que presenta es de:

$$X_c = 1/2\pi fc = 1/6.28 \times 60\text{Hz} \times 0.47 \times 10^{-6} \text{ F} = 5646.65\Omega$$

Para una señal con una frecuencia de 1000 Hz la resistencia que presenta es de:

$$X_c = 1/2\pi fc = 1/6.28 \times 100\text{Hz} \times 0.47 \times 10^{-6} \text{ F} = 338.80\Omega$$

Para una señal con una frecuencia de 10 kHz la resistencia que presenta es de:

$$X_c = 1/2\pi fc = 1/6.28 \times 10 \times 10^3\text{Hz} \times 0.47 \times 10^{-6} \text{ F} = 33.88\Omega$$

Como vemos, una perturbación con mayor frecuencia hallara menor oposición para irse a tierra.

La ecuación para calcular la anchura del pulso de temporización es:

$$T = 1.1RC$$

Donde:

T = es la anchura del pulso en segundos

R = el valor de la resistencia

C = el valor del capacitor

Calculo del tiempo

Para calcular los tiempos planeados se propone inicialmente y por facilidad, un valor comercial para el capacitor de 330  $\mu\text{F}$ . La regulación del tiempo se hará por medio de un potenciómetro y una resistencia fija la cual en caso de que el potenciómetro este en su valor mínimo el ancho de pulso sea de aproximadamente un segundo.

Entonces, despejando a R de la ecuación anterior tenemos:

$$R = T/1.1 \cdot C$$

Para T=1

$$R = 1/1.1(330 \times 10^{-6}\text{F}) = 2754.82 \Omega$$

Tomamos el valor de una resistencia comercial de 2700  $\Omega$

Para T = 8 segundos.

$$R = 10/1.1(330 \times 10^{-6}\text{F}) = 22038.57 \Omega$$

Restamos el valor inicial del valor final para conocer el valor aproximado del potenciómetro a utilizar.

Si  $R_T = R_6 + R_7$

$$R_7 = R_T - R_6 = 22038.57\Omega - 2700\Omega = 19338.57\Omega$$

El valor del potenciómetro será de  $19338.57\Omega$ .

El valor comercial más cercano es de  $22000\Omega$  ( $22K\Omega$ ). Tomamos este valor y recalculamos, lo cual nos da por resultado un tiempo máximo de 8.97 segundos; no hay problema ya que el equipo estará trabajando con un tiempo de 3 a 4 segundos normalmente.

#### Componentes elegidos

Circuito Integrado temporizador = NE555P

Capacitor de temporización =  $330\mu F/25V$ .

Capacitor de desacoplo en la terminal cinco del CI 555 =  $0.01\mu F/25V$  (Sugerido por el fabricante).

Capacitor para evitar transiciones dobles de salida conectado entre las terminales de alimentación y tierra =  $1\mu F/25V$ .

Resistencia fija  $R_1 = 2700\Omega$ ,  $1/2W$ .

Potenciómetro o preset  $R_2 = 24848.21\Omega$ . El valor comercial es de  $22k\Omega$ .

Para el voltaje necesario de alimentación se eligió un circuito integrado regulador 7805 el cual puede proporcionar un voltaje regulado de  $+5V$  y una corriente de  $1A$ .

Lista de componentes:

Componentes	Cantidad
<b>CI-2</b> – CI NE555P	1
<b>Q1</b> – Transistor 2N2222A	1
<b>C4</b> – Capacitor electrolítico 0.47Mf/25V	1
<b>C5</b> – Capacitor electrolítico 4.7 $\mu$ F/25V	1
<b>C6</b> – Capacitor electrolítico 330 $\mu$ F/25V	1
<b>C7</b> – Capacitor 0.1 $\mu$ F/25V	1
<b>C8</b> – Capacitor electrolítico 1 $\mu$ F/25V	1
<b>R6</b> – Resistencia 2.7 k $\Omega$ , 1/2W	1
<b>R7</b> – Preset de 22 k $\Omega$	1

### 3.6 Módulo De Potencia

El modulo de potencia esta compuesto por dos transistores de potencia polarizados para operar como interruptores electrónicos ver Fig. 3.6.0.

Están normalmente en corte (abiertos). Cuando el sistema se dispara, el pulso de salida del CI 555 el cual esta conectado a la base de cada transistor a través de una resistencia los lleva a saturación (cerrados). Al cerrar el circuito, el motor conectado al colector de cada transistor trabaja abriendo la válvula a la cual esta conectado, dejando escapar el polvo de pimienta; el tiempo en que estará abierta la válvula es igual a la duración del pulso de entrada en la base.

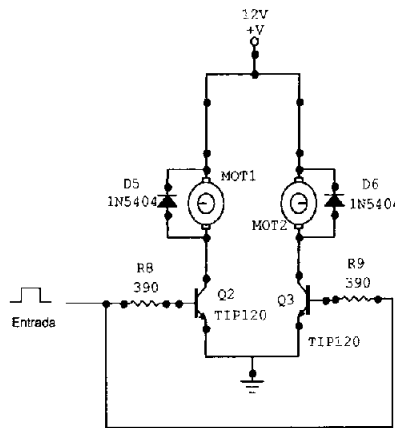


Fig. 3.6.0 Circuito esquemático del módulo de potencia

Experimentando con la válvula del contenedor del polvo de pimienta se encontró que se requiere de una fuerza de 63.70 newtons para abrirla, desplazándola 3 cm. Como se sabe, el trabajo es igual a la fuerza por la distancia entonces se requiere de 1.91 joules, el joule es la unidad del trabajo y es igual a [N·m].

Para calcular la potencia en watts, que es la razón entre el trabajo y el tiempo se hizo la siguiente tabla.

Tiempo (segundos)	Trabajo (joules)	Potencia (watts)
0.1	1.91	19.10
0.2	1.91	9.55
0.3	1.91	6.36
0.4	1.91	4.76
0.5	1.91	3.82

Se considero la potencia de 9.55 watts ya que se requiere una acción rápida del sistema sin una potencia excesiva. Como existen algunas perdidas por disipación de calor, rozamiento en partes mecánicas, calentamiento, etc., se multiplico este valor por un factor de 3 el cual nos asegure una potencia suficiente para el buen funcionamiento de los motores. Se obtuvo un valor de 28.65 watts por motor. Como son dos motores entonces será necesaria una potencia mínima de 57.30watts, haciendo un redondeo a 60 watts.

Si el voltaje que alimentara a los motores es un voltaje nominal de +12 volts y sabiendo que la potencia es igual al voltaje por la corriente, despejando esta, tenemos que la corriente es  $I=P/V$  lo cual arroja un valor de 5 amperes en total y 2.5 amperes por cada motor.

Además, existe una resistencia del embobinado del motor la cual ha sido medida y es de 4.2 ohms aproximadamente.

### Cálculo de componentes

Polarización del transistor como interruptor

Datos:

$V_{cc} = 12$  volts

Resistencia interna del devanado del motor = 4.2  $\Omega$

$V_{ce(sat)} = 1.2$  volts

Como se requiere una corriente de colector de 2.5 A y el voltaje en la base es pequeño, se eligió un transistor con una  $\beta$  alta. El TIP 120 es un transistor que puede manejar una corriente

de colector hasta 8 A y tiene una  $\beta = 1000$ , además de ser muy utilizado en la industria por lo cual es fácil conseguirlo.

$\beta = 1000$  (valor obtenido de los datos técnicos del transistor)

Para calcular la corriente de saturación del transistor tenemos:

$$I_c(\text{sat}) = (V_{cc} - V_{ce}(\text{sat})) / R_T = 12V - 1.2V / 4.2 \Omega = 2.57 \text{ A.}$$

$$I_b \approx I_c(\text{sat}) / \beta_{cd} = 2.57 \text{ A} / 1000 = 0.00257 \text{ A} = 2.57 \text{ mA.}$$

Multiplicando por un factor de 3 para asegurar la saturación del transistor tenemos:

$$I_b = (3)0.00257 \text{ A} = 0.00771 \text{ A} = 7.71 \text{ mA.}$$

De la ecuación para el cálculo de la corriente de base despejamos a la resistencia de base:

$$I_b = (V_i - 0.7V) / R_b$$

Como se está usando el pulso de salida de un CI 555 en la base del transistor tenemos que  $V_i$  es:

$$V_i = (V_+) - 1.7V$$

Donde:

$V_+$  es el voltaje de alimentación aplicado al CI 555, que para este caso es de +5V.

1.7V es una caída característica en la terminal de salida del mismo CI 555.

Entonces:

$$V_i = 5V - 1.7V = \boxed{3.3V}$$

Calculamos Rb

$$R_b = V_i - 0.7V / I_b = 3.3V - 0.7V / 0.00753 A = 337.22\Omega$$

Recalculamos Ib para un valor comercial de Rb igual a  $390\Omega$

$$I_b = V_i - 0.7V / R_b = 3.3V - 0.7V / 390\Omega = 0.00666 A = 6.67\text{ mA}$$

Cumplimos así con la desigualdad que al cumplirse asegura que el transistor estará en saturación con los valores calculados:

$$I_b = 6.67\text{ mA} > 2.57\text{ A} / 1000 = 2.57\text{ mA}$$

Aunque pertenecen al módulo mecánico, se incluirán aquí dos diodos que se conectan en paralelo a cada motor. Cada diodo tiene la función de evitar que la energía almacenada en el embobinado del motor regrese al circuito cuando termina el pulso del módulo de control y temporización. El valor del diodo se determina por la corriente que pasa por el embobinado al funcionar el motor. En este caso se requiere un diodo que soporte mínimo tres amperes.

Con los datos obtenidos la elección de los componentes es la siguiente:

Componente	Cantidad
<b>Q2 y Q3</b> – Transistor NPN. TIP120	2
<b>D5 y D6</b> – Diodo rectificador 1N5404	2
<b>R8 y R9</b> – Resistencia $390\Omega$ 1/2W	2



### 3.7 Módulo Mecánico

Este módulo es el responsable de convertir el pulso que se origina en el sistema electrónico a un movimiento mecánico con la potencia necesaria para expulsar el polvo de pimienta. El modulo mecánico lo integran, un motor de corriente directa y una unidad mecánica, ver Fig. 3.7.0.

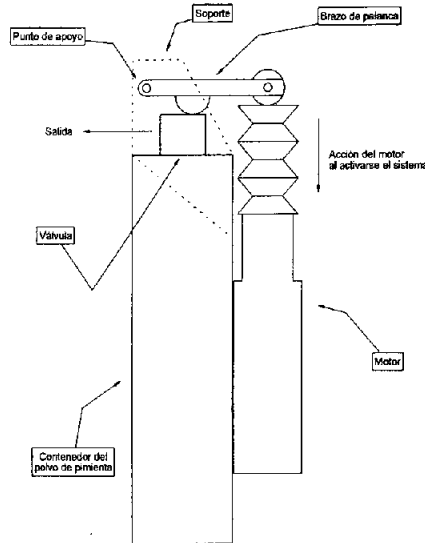


Fig. 3.7.0 Módulo mecánico del sistema.

Para abrir la válvula del contenedor de polvo de pimienta es necesario aplicar una fuerza sobre ésta, la cual es de 63.70 newtons (ver capítulo: Módulo de alimentación). Se diseñó una unidad mecánica compuesta por un brazo de palanca y dos soportes para ser utilizada como medio de acoplamiento, y de esta forma, transferir la energía del motor a la válvula.

Para tirar del brazo de palanca es necesario un movimiento en línea recta. El motor de corriente directa utilizado, tiene la capacidad de convertir un movimiento circular a un movimiento en línea recta o lo que es llamado un movimiento biela-manivela.

El eje del motor esta conectado a una cremallera por medio de un engrane, cuando el eje gira hace girar también al engrane y este transmite el movimiento a la cremallera así se obtiene este cambio de movimiento. La cremallera tiene una extensión o brazo el cual esta conectado

al brazo de palanca; al tirar del brazo de palanca, éste oprime a la válvula hasta abrirla. Una vez que el pulso del sistema ha terminado, se deja de energizar al motor este deja de ejercer fuerza en el brazo de palanca y esta libera a la válvula la cual al no ser presionada vuelve a cerrarse.

El motor funciona con un voltaje de corriente directa que puede variar desde 8 a 14 volts. Se eligió un valor de 12 volts como valor nominal de operación. La corriente máxima a 12 volts es de 5 amperes.

Lista de componentes:

Componente	Cantidad
<b>MOT1 y 2</b> – Motor de 12Vcd	2

## 4 PRUEBAS DEL SISTEMA

Es necesario hacerle pruebas a cualquier sistema electrónico para comprobar su buen funcionamiento y operación. Dicho de otra forma, saber que se encuentra trabajando de acuerdo a lo planeado. Así también, verificar que se mantenga estable durante el tiempo de su operación.

Por lo anterior, se le realizaron una serie de pruebas tanto en el laboratorio como en campo al sistema electrónico propuesto.

### 4.1 En el laboratorio

Como primer paso, antes de realizar las pruebas, se efectuaron mediciones de voltaje y corriente en distintos puntos del sistema. El propósito de esto fue comprobar los valores calculados con los valores reales (medidos). Existen variaciones debido a tolerancias, fabricación, materiales, etc. Sin embargo se dan por validos ya que los valores obtenidos son muy similares y el sistema funciona como estaba planeado. De aquí se desprenden las siguientes tablas.

#### Fuente de alimentación

Punto de medición	Valor calculado	Valor medido
Voltaje de entrada	125 Vca	126.60 Vca
Voltaje de salida de corriente directa sin carga	15.57 Vcd	17.3 Vcd
Voltaje de salida de corriente directa con carga	12.29 Vcd	12.5 Vcd
Voltaje del regulador	5 V	4.98 V
Corriente de salida a los motores	5 A	5.48 A

#### Módulo de control y disparo

Temporización	Valor calculado	Valor medido
Tiempo mínimo del pulso de salida	.98 segundos	1.2 segundos
Tiempo máximo del pulsado de salida	8.97 segundos	10 segundos

Las pruebas realizadas al sistema en el laboratorio fueron las siguientes:

Prueba de estabilidad.

Prueba de corto circuito.

Prueba de disparo.

Prueba de disparo continuo.

Prueba de estabilidad.

El sistema se mantuvo encendido por 48 horas continuas. Al inicio de la prueba se tomaron mediciones de los voltajes de la fuente de 12 y 5 volts. Después de completar las 48 horas, de nuevo se tomaron estas mismas mediciones y se comprobó que la variación máxima fue de un décimo de volt. La prueba fue aprobada satisfactoriamente.

Prueba de corto circuito y sobretensión.

Con esta prueba se verificaron los sistemas de protección de la fuente. Para realizarla se colocó un cable entre el positivo y el negativo de la fuente de 12 volts, se encendió el equipo y como se esperaba se fundió el filamento del fusible de la entrada. Se apagó el equipo, se quitó el cable que provocaba el corto circuito, se sustituyó el fusible dañado, se encendió de nuevo, se midió el voltaje comprobando que era el mismo y la fuente continuó funcionando normalmente. Se da por aprobada la prueba.

En la prueba de sobretensión se empleó un transformador elevador variac. Se conectó la fuente a la salida del transformador y se fue incrementando el voltaje de corriente alterna de 120 Vca hasta 132 Vca donde en ese instante el varistor (MOV) se engancho poniendo en corto la entrada de la fuente fundiendo el fusible de protección. La prueba fue aprobada satisfactoriamente.

Prueba de un disparo.

Para comprobar que el sistema opera apropiadamente y cuenta con la energía suficiente para activar las dos válvulas, se instalaron los contenedores del polvo de pimienta y se hizo un disparo de un segundo. Efectivamente, el polvo de pimienta salió de los dos contenedores. La prueba fue aprobada satisfactoriamente.

Prueba de disparo continuo.

Al sistema se le hizo una prueba de disparo continuo. Para obtener el número de disparos a realizar en la prueba se tomo como base la cantidad de asaltos efectuados al año, que por información recabada eran de dos por año; se tomo un período de cinco años el cual es el tiempo que el equipo ha estado funcionando, y pensando que en cada asalto se hace un disparo, tenemos como resultado diez disparos. Se multiplico este número por un factor de 3. Así, el número de disparos a realizar en la prueba fue de 30.

Se ajusto el tiempo del temporizador a 4 segundos. Cada disparo se cronometro para verificar la variación del tiempo, obteniendo una precisión de 4 segundos  $\pm 5\%$  lo cual nos da un valor entre 3.8 y 4.2 segundos. Para la aplicación esta variación es aceptable.

Los 30 disparos se realizaron sin instalar los contenedores del polvo de pimienta. Al final se realizo un último disparo con los contenedores instalados. Se expulso el polvo como se tenía previsto. La prueba fue aprobada satisfactoriamente.

## 4.2 En el campo

En el campo se realizaron las pruebas de:

Prueba de estabilidad.

Prueba de cobertura y puntería.

Prueba del usuario.

Prueba de estabilidad.

Para esta prueba se instaló el equipo en el sitio y se dejó encendido por 12 horas continuas, sin los contenedores del polvo de pimienta instalados. El objetivo fue comprobar que no exista una expulsión de polvo por un disparo en falso debido a alguna perturbación eléctrica en el sitio.

Después de transcurridas las 12 horas y comprobando que no existió ningún disparo se dio por aprobada la prueba.

Prueba de cobertura y puntería

Esta prueba se realiza para comprobar por medio de una expulsión de polvo si las boquillas de las válvulas están apuntando al lugar requerido. Claro, no se pide una gran precisión ya que la expulsión del polvo es en forma de abanico.

Prueba del usuario.

Esta prueba es una prueba de aceptación en la cual el usuario activa el sistema al hacer un simulacro de asalto. Se crea un ambiente de amenaza contra el usuario haciéndolo realizar todos los pasos indicados en el manual.

## **5 COSTOS**

El costo de cualquier producto manufacturado no es sencillo de obtener, se debe ser cuidadoso, porque de este resultado, se tomaran decisiones importantes, especialmente de tipo económico.

Se hace necesaria no solo la experiencia en el análisis de costos, sino también la experiencia en otras áreas relacionadas con el producto. Aquí únicamente se mencionan los puntos generales a tomarse en consideración como parte del resultado; insistiendo en que los costos de un producto, requieren una investigación minuciosa y detallada que va más allá del alcance del presente trabajo.

### **5.1 Costo del sistema**

El costo por la fabricación del sistema electrónico esta dividido en costos directos y costos indirectos, sumando ambos, obtenemos al final un costo total del equipo.

La fabricación del sistema, considera materiales de línea (comerciales) y mano de obra técnicamente capacitada, reflejándose en un costo económico.

La mercadotecnia indicara los mínimos y máximos de producción, que determinaran un precio cómodo para al consumidor.

## **6 LEGISLACIÓN**

El uso del polvo de pimienta esta reglamentado en varios países del mundo. Estados Unidos de América es uno de ellos. México en cambio, no tiene una clara y específica legislación para este producto. Es necesario establecerla, porque aunque el polvo de pimienta no es un elemento toxico, ni tiene efectos secundarios, muchas veces lo emplean individuos que actúan fuera del marco legal para cometer actos ilícitos, o personas sin escrúpulos que lo usan como medio para hacer bromas. Incluso, menores de edad lo pueden adquirir sin restricción.

### **6.1 Legislación del polvo de pimienta**

Como se dijo en el párrafo anterior, en México no existe una legislación específica para el uso y portación del polvo de pimienta utilizado como medio defensivo. Esto se verifico solicitando información al respecto a la Secretaria de la Defensa Nacional, Secretaria de Salud, Procuraduría General de la República, Secretaria de Seguridad Pública, Sistema de Transporte Colectivo Metro, Procuraduría Federal del Consumidor y Asamblea Legislativa del Distrito Federal. En el anexo B se encuentran algunos escritos como respuesta a la información solicitada, también en el mismo anexo, se encuentran algunos artículos de la Ley de Cultura Cívica del Distrito Federal aplicables de manera generalizada al polvo de pimienta.

Para iniciar la legislación del polvo de pimienta se propone lo siguiente:

No deben comprar, usar ni portar el polvo de pimienta usado como elemento para la defensa personal:

1. Personas procesadas por alguna felonía o cualquier crimen que involucre un asalto.
2. Cualquier persona procesada por uso malintencionado del polvo de pimienta.
3. Personas adictas a cualquier narcótico.
4. Personas menores a los dieciocho años a menos que tengan por escrito el permiso de sus padres o tutores.



## **6.2 Reglamentación Del Sistema**

A causa de que este sistema electrónico emplea el polvo de pimienta como medio para reducir una amenaza que se presente en el interior de un lugar dedicado al comercio; es probable que algunas personas queden expuestas a sus efectos, por tal motivo es necesario formular un reglamento para su uso.

1. El único motivo válido para su uso es el defenderse de una amenaza.
2. De ninguna manera debe usarse para jugar o hacer bromas.
3. Se debe contar con los elementos de primeros auxilios específicos para contra restar los efectos del polvo.
4. El personal a cargo del sistema, debe estar capacitado para prestar auxilio a las personas que requieran atención por los efectos del polvo.

## 7 RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Para concluir con este proyecto, en este capítulo se darán los resultados y conclusiones obtenidos del sistema electrónico y de la solución propuesta. Para el uso adecuado del sistema electrónico se preparó un manual del usuario con el cual la persona encargada comprenda el funcionamiento, operación y alcance del sistema.

La presentación de resultados obtenidos es de lo más importante, porque con ellos se demuestra que el sistema en la solución propuesta, cumple con las expectativas del cliente e incluso ha ido más allá. Las tablas y símbolos son un apoyo para comprender mejor algunas secciones técnicas. Por último, la bibliografía le permite al lector profundizar en algún tema en particular.

### 7.1 Manual De Operación Y Mantenimiento

Para operar y mantener el sistema electrónico se integró un manual del usuario con revisión A el cual describe los puntos siguientes:

- Seguridad
- Descripción del sistema
- Uso
- Mantenimiento
- Especificaciones

#### **Seguridad**

Para evitar posibles lesiones y prevenir daños al equipo o cualquier producto conectado a él, tomar las siguientes precauciones de seguridad.

Para evitar un peligro potencial, use el equipo solo como se describe.

**Precaución.** Esta declaración identifica condiciones o prácticas que podrían resultar en daño al equipo u otra propiedad.

**Advertencia.** Esta declaración identifica condiciones o prácticas que podrían resultar en una lesión o pérdida de la vida.

Símbolos del producto:



Referirse al manual



Riesgo de choque eléctrico

### Precauciones específicas

**No encender sin cubierta.** Para evitar una lesión personal no ponga en operación el equipo si el gabinete se encuentra abierto.

**Sobrecarga eléctrica.** Nunca aplique un voltaje a un conector o al equipo fuera del rango especificado.

**Evite choque eléctrico.** Para evitar una lesión o pérdida de la vida, no abra el gabinete, no conecte o desconecte enchufes cuando el equipo esta encendido.

**No operar en condición de mojado o húmedo.** Para evitar un choque eléctrico no opere el equipo en condiciones húmedas o mojadas.

**Disparo accidental del polvo de pimienta.** Si usted accidentalmente se dispara o le dispara a alguien más, pueden ayudar algunos de los procedimientos de primeros auxilios siguientes, no sustituyen a la capacitación que debe ser recibida para manejar situaciones de esta naturaleza.

- Evitar entrar en pánico.
- No frotarse la cara. Esto agravará el dolor que ya se esta experimentando.
- El mejor tratamiento inmediato es exponer a la persona al aire fresco, en brisa si es posible. Puede utilizarse un ventilador.
- Limpie el área afectada con un producto de primeros auxilios destinado únicamente para tratar estos efectos. Si no lo tiene a su alcance, lave el área con agua limpia y fresca.
- Limpie el área afectada con jabón o cremas que no estén hechas a base de aceite. No use ungüentos o grasas en el área expuesta porque atrapara las partículas de resina del polvo OC (Oleoresina Capsaicinoide) en la piel.

- Si los ojos son expuestos, deje correr copiosamente agua limpia y fresca por ellos por 15 minutos.
- Si usted usa lentes de contacto, quítelos cuidadosamente, ya en las manos, límpielos minuciosamente.
- Si la irritación o dolor persiste después de 15 minutos de haber lavado con agua, se debe realizar una revisión oftalmológica por un médico.
- La ropa contaminada con polvo de pimienta debe quitarse inmediatamente y, si esta en interiores, colocarla en una bolsa de plástico sellada o en un contenedor.
- La persona que auxilie a los individuos expuestos, debe usar guantes de hule para evitar contaminación por residuos.
- Si una irritación o dolor persiste después de los procedimientos de descontaminación, un médico deberá examinar el área expuesta.

### **Descripción del sistema**

El sistema es un equipo electrónico que le permite lanzar polvo de pimienta de manera práctica e instantánea para reducir una posible amenaza que ponga en riesgo la seguridad personal o bienes materiales. La activación se realiza por medio de un botón o un sensor colocados a distancia. El equipo esta proyectado para usarlo en pequeños comercios de aproximadamente 30 metros cuadrados.

Sus características principales son:

- Uso de polvo de pimienta de gran efectividad sin efectos secundarios
- Acción inmediata
- Tiempo de disparo ajustable
- Capacidad de hasta 3 disparos de 4 segundos
- Activación por medio de botón (sensor de disparo opcional)
- Alimentación por corriente alterna (por batería opcional)
- Reductor de falsos disparos
- Mantenimiento de bajo costo

Panel frontal.

La Fig. 7.1.0 muestra el panel frontal del equipo.

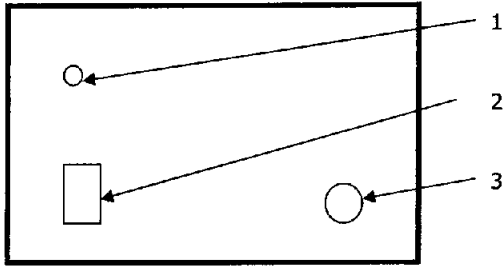


Fig. 7.1.0 Frente del equipo

1. LED indicador de encendido  
Muestra si esta o no energizado el equipo.
2. Interruptor de encendido  
Pulsar este interruptor para encender o apagar el equipo
3. Fusible  
Es el receptáculo del fusible de entrada

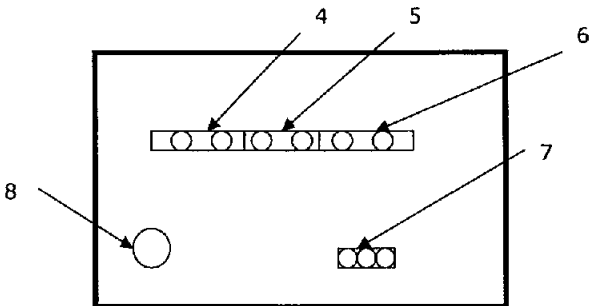


Fig. 7.1.1 Parte posterior del equipo

Parte posterior.

La Fig. 7.1.1 muestra la parte posterior del equipo.

4. Salida 1.

Salida al módulo mecánico del motor uno.

5. Salida 2.

Salida al módulo mecánico del motor dos.

6. Entrada.

Entrada para el botón de disparo

7. Entrada (opcional)

Esta entrada es opcional. Se utiliza cuando se conecta el módulo opcional con sensor.

8. Entrada de corriente alterna 125Vca/60 Hz.



**PRECAUCIÓN.** Verifique el voltaje del tomacorriente antes de conectar el equipo

## Uso del equipo

Por favor, lea antes esta sección para aprender a usar el equipo con seguridad y eficiencia.

1. Lea cuidadosamente la sección de seguridad.
2. Verifique que en su botiquín de primeros auxilios tiene todo lo necesario para tratar una contaminación por polvo de pimienta.
3. Confirme tener bolsas de plástico con sello para colocar dentro la ropa contaminada.
4. Verifique que el equipo esta en un lugar seco estable y alejado de cualquier sustancia inflamable.
5. Verifique que no hay cables ni conectores sueltos.
6. Verifique que el equipo esta conectado a un toma corriente de 125Vca/60 Hz.
7. Pulse el interruptor de encendido.
8. Verifique que el indicador de encendido se ilumine.



**ADVERTENCIA.** Para prevenir un choque eléctrico verifique el estado del cable y la clavija antes de conectar el equipo.

## **Disparo del sistema**

Para disparar el sistema por botón, se requiere oprimir este por tan solo un segundo. Si se tiene la opción por sensor, apóyese en el manual del usuario del sensor para saber como realizar el disparo.

Al advertir una posible amenaza o una amenaza en curso, tenemos dos procedimientos.

1. Procedimiento dentro de la zona del empleado
2. Procedimiento fuera de la zona del empleado

**IMPORTANTE:** Con estos procedimientos no se indica que hacer, si no en que pensar para actuar, ya que las tácticas de cada asaltante o merodeador son distintas y seria imposible tener una solución para cada una. Utilice su sentido común al hacer frente a la amenaza.

### **1. Procedimiento dentro de la zona del empleado**

1. Tratar de mantenerse en calma.
2. No oponerse al atacante.
3. Evaluar la situación, esto es:
  - Ubicar la amenaza dentro del lugar.
  - Examinar las condiciones que la amenaza presenta.
  - Tipo de arma (cuchillo o arma de fuego).
  - Número de atacantes.
  - Toma de rehén.
4. Si las condiciones lo permiten y se puede poner a salvo en las zonas de protección realice el disparo.

**Recuerde.** Siempre protegerse primero y disparar después.

## 2. Procedimiento fuera de la zona del empleado

**Recuerde.** Haga caso a su instinto, sea desconfiado; mas vale dar una disculpa que dejar que una amenaza se realice. Dispare si lo cree necesario.

Si requiere salir.

1. Hacer una llamada en clave. Esto con doble intención, por una parte comunica a un compañero que saldrá de la zona del empleado y lo pone en alerta, por otra, le hace saber al posible asaltante que existe alguien esperando una respuesta.
2. Hacer tiempo y estar atento antes de salir. Así si se presenta una reacción que revele la mala intención de la otra persona, permitirá hacer el disparo desde una zona segura.
3. Cerrar con llave la entrada de acceso a la zona del empleado.

Frente a la amenaza

4. Tratar de mantenerse en calma.
5. No oponerse al atacante, en ese momento esta en gran desventaja.
6. Esperar el apoyo externo al no confirmar su estado.

Después de realizar el disparo.

1. Verificar que la amenaza no esta presente.
2. Pedir apoyo por radio o teléfono.
3. Descontaminar tanto a personas como el lugar de acuerdo a la capacitación recibida o como se indica en la sección de seguridad.
4. Esperar la llegada de la policía para levantar el acta correspondiente.



**ADVERTENCIA.** El resultado de esta acción recae completamente en la decisión del usuario. Existe el riesgo de una posible lesión o la pérdida de la vida.



## Mantenimiento

### Limpieza del gabinete.

Limpie el gabinete con un paño ligeramente húmedo de agua haciéndolo solo por el exterior. No use productos que dañen la pintura como alcoholes o solventes. Haga esta operación cuando el equipo esta apagado.

### Revisión

Como es un equipo que debe estar listo en cualquier momento para su uso, es necesario que el usuario lleve a cabo una revisión periódica de él, la cual debe hacer cada semana. Utilice la lista siguiente para hacerlo.

Nombre del usuario:	Fecha:
Puntos a verificar	Condición
Toma corriente	
Fusible	
Clavija del cable de alimentación	
Cable de alimentación	
Conexión al módulo del motor 1	
Conexión al módulo del motor 2	
Conexión al módulo de disparo.	
Conexión al módulo del sensor (si lo hay)	
¿Enciende y apaga el indicador luminoso?	

Cada cuatro meses se debe hacer una revisión del sistema por personal especializado y cada seis se debe hacer cambio de contenedores del polvo de pimienta.

**NOTA:** Si existen alguna anomalía. Llamar inmediatamente al centro de servicio para su revisión y reparación.

### Fusible

Si al encender el equipo no prende el indicador luminoso verificar el fusible siguiendo estos pasos.

1. Apagar el equipo.

2. Desconectar el equipo de la toma de corriente.
3. Extraer el fusible.
4. Verificar si el filamento esta completo.
5. Si no lo esta desecharlo y conseguir otro en buen estado del mismo tamaño y valor.
6. Colocar el nuevo en el portafusible.
7. Conectar de nuevo a la toma de corriente.
8. Prender el equipo.
9. Verificar que encienda el indicador luminoso.

Si no lo hace, no intentar abrir el gabinete. Llamar inmediatamente al centro de servicio para su revisión y reparación.



**ADVERTENCIA.** Para prevenir un choque eléctrico no intente abrir el equipo o repararlo usted mismo.

Si el equipo emplea baterías, reemplazar estas cada año. Solicitar su reemplazo al centro de servicio.

### Especificaciones

Características	Descripción
Voltaje de alimentación	125Vca/60 Hz
Voltaje de salida	12Vcd
Corriente de salida	5 A
Capacidad máxima de disparos	3
Modo de activación	Por cierre de contactos
Capacidad máxima de módulos de disparo	2
Activación opcional	Por modulo sensor
Tiempo del disparo	De 1 a 8 segundos

Partes de reemplazo.

Artículo	Descripción
Fusible	1 A/120 V fusión lenta
Batería (opcional)	12V-4Ah

## 7.2 Resultados y conclusiones

Los resultados obtenidos después de cinco años de operación demuestran que la solución propuesta ha cumplido con las condiciones solicitadas, pero sobre todo, le dio una solución aceptable al problema por el cual surgió. Como lo he dicho, el problema de la delincuencia podrá reducirse, pero no terminar. Por eso, como ingenieros, y utilizando nuestra capacidad, inteligencia y principios como personas de bien; siempre podremos hacer frente a las diversas exigencias en el ramo donde nos desarrollemos.

La tabla siguiente muestra el número de asaltos sufridos en 5 años en los locales comerciales antes de instalar el equipo.

Local comercial	Número de asaltos en cinco años
A	10
B	10
C	10

La tabla siguiente muestra los resultados después de 5 años de haber implementado la solución propuesta.

Local comercial	Número de asaltos en cinco años
A	1
B	3
C	0

La tabla siguiente muestra los resultados en porcentajes.

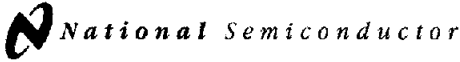
Local comercial	Porcentaje en la reducción del número de asaltos
A	90%
B	70%
C	100%
Total	86.67%

La tabla siguiente muestra el resultado de la evaluación hecha por el cliente sobre el desempeño del equipo.

Condición	Excelente	Bueno	Regular
Protección de bienes y personas		•	
Respuesta inmediata	•		
Costo accesible		•	
Personal de vigilancia no necesario		•	
Intimidación al agresor	•		
Reducción de represalias		▪	
Capacidad para trabajar por 8 horas		•	
Facilidad de uso		▪	

### Conclusiones

El sistema electrónico ha cumplido con lo solicitado haciendo su función dentro de la solución propuesta. Es necesario dejar en claro que no hay una solución única ni definitiva, todo lo realizado esta sujeto a una mejora constante, por eso, queda en el lector seguir experimentando con nuevos componentes para obtener mejores soluciones, y si este trabajo le ayuda a sus propósitos, no será un libro más en un estante. La imaginación y la creatividad están presentes en nuestra cultura hagamos uso de ellas para ir un paso adelante.



February 2000

# LM555 Timer

## General Description

The LM555 is a highly stable device for generating accurate time delays or oscillation. Additional terminals are provided for triggering or resetting if desired. In the time delay mode of operation, the time is precisely controlled by one external resistor and capacitor. For astable operation as an oscillator, the free running frequency and duty cycle are accurately controlled with two external resistors and one capacitor. The circuit may be triggered and reset on falling waveforms, and the output circuit can source or sink up to 200mA or drive TTL circuits.

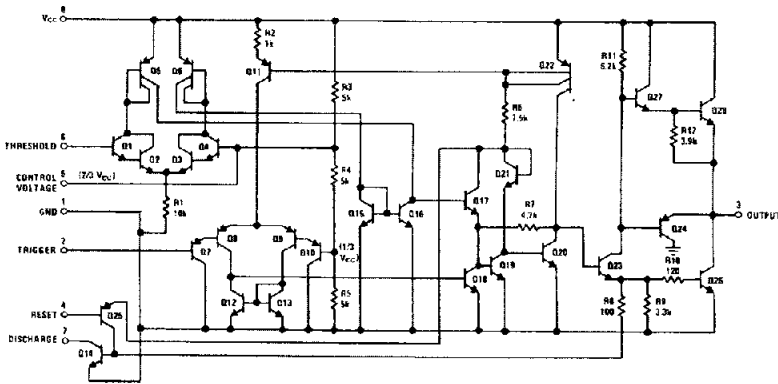
## Features

- Direct replacement for SE555/NE555
- Timing from microseconds through hours
- Operates in both astable and monostable modes
- Adjustable duty cycle
- Output can source or sink 200 mA
- Output and supply TTL compatible
- Temperature stability better than 0.005% per °C
- Normally on and normally off output
- Available in 8-pin MSOP package

## Applications

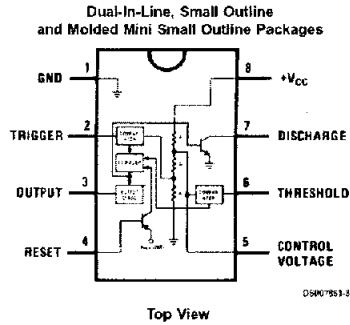
- Precision timing
- Pulse generation
- Sequential timing
- Time delay generation
- Pulse width modulation
- Pulse position modulation
- Linear ramp generator

## Schematic Diagram



DS00785-1-1

## Connection Diagram



## Ordering Information

Package	Part Number	Package Marking	Media Transport	NSC Drawing
8-Pin SOIC	LM555CM	LM555CM	Rails	M08A
	LM555CMX	LM555CM	2.5k Units Tape and Reel	
8-Pin MSOP	LM555CMM	Z55	1k Units Tape and Reel	MUA08A
	LM555CMMX	Z55	3.5k Units Tape and Reel	
8-Pin MDIP	LM555CN	LM555CN	Rails	N08E

### Absolute Maximum Ratings (Note 2)

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/ Distributors for availability and specifications.

Supply Voltage	+18V
Power Dissipation (Note 3)	
LM555CM, LM555CN	1180 mW
LM555CMM	613 mW
Operating Temperature Ranges	
LM555C	0°C to +70°C
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C

### Soldering Information

Dual-In-Line Package	
Soldering (10 Seconds)	260°C
Small Outline Packages (SOIC and MSOP)	
Vapor Phase (60 Seconds)	215°C
Infrared (15 Seconds)	220°C

See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" for other methods of soldering surface mount devices.

### Electrical Characteristics (Notes 1, 2)

(T<sub>A</sub> = 25°C, V<sub>CC</sub> = +5V to +15V, unless otherwise specified)

Parameter	Conditions	Limits			Units
		LM555C			
		Min	Typ	Max	
Supply Voltage		4.5		16	V
Supply Current	V <sub>CC</sub> = 5V, R <sub>L</sub> = ∞ V <sub>CC</sub> = 15V, R <sub>L</sub> = ∞ (Low State) (Note 4)		3 10	6 15	mA
Timing Error, Monostable					
Initial Accuracy			1		%
Drift with Temperature	R <sub>A</sub> , R <sub>B</sub> = 1k to 100kΩ, C = 0.1μF, (Note 5)		50		ppm/°C
Accuracy over Temperature			1.5		%
Drift with Supply			0.1		%/V
Timing Error, Astable					
Initial Accuracy			2.25		%
Drift with Temperature	R <sub>A</sub> , R <sub>B</sub> = 1k to 100kΩ, C = 0.1μF, (Note 5)		150		ppm/°C
Accuracy over Temperature			3.0		%
Drift with Supply			0.30		%/V
Threshold Voltage			0.667		x V <sub>CC</sub>
Trigger Voltage	V <sub>CC</sub> = 15V V <sub>CC</sub> = 5V		5 1.67		V
Trigger Current			0.5	0.9	μA
Reset Voltage		0.4	0.5	1	V
Reset Current			0.1	0.4	mA
Threshold Current	(Note 6)		0.1	0.25	μA
Control Voltage Level	V <sub>CC</sub> = 15V V <sub>CC</sub> = 5V	9 2.6	10 3.33	11 4	V
Pin 7 Leakage Output High			1	100	nA
Pin 7 Sat (Note 7)					
Output Low	V <sub>CC</sub> = 15V, I <sub>p</sub> = 15mA		180		mV
Output Low	V <sub>CC</sub> = 4.5V, I <sub>p</sub> = 4.5mA		80	200	mV



**Electrical Characteristics** (Notes 1, 2) (Continued)(T<sub>A</sub> = 25 °C, V<sub>CC</sub> = +5V to +15V, unless otherwise specified)

Parameter	Conditions	Limits			Units
		LM555C			
		Min	Typ	Max	
Output Voltage Drop (Low)	V <sub>CC</sub> = 15V				
	I <sub>SINK</sub> = 10mA		0.1	0.25	V
	I <sub>SINK</sub> = 50mA		0.4	0.75	V
	I <sub>SINK</sub> = 100mA		2	2.5	V
	I <sub>SINK</sub> = 200mA		2.5		V
	V <sub>CC</sub> = 5V				
Output Voltage Drop (High)	I <sub>SOURCE</sub> = 200mA, V <sub>CC</sub> = 15V		12.5		V
	I <sub>SOURCE</sub> = 100mA, V <sub>CC</sub> = 15V	12.75	13.3		V
	V <sub>CC</sub> = 5V	2.75	3.3		V
Rise Time of Output			100		ns
Fall Time of Output			100		ns

**Note 1:** All voltages are measured with respect to the ground pin, unless otherwise specified.

**Note 2:** Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. Operating Ratings indicate conditions for which the device is functional, but do not guarantee specific performance limits. Electrical Characteristics state DC and AC electrical specifications under particular test conditions which guarantee specific performance limits. This assumes that the device is within the Operating Ratings. Specifications are not guaranteed for parameters where no limit is given, however, the typical value is a good indication of device performance.

**Note 3:** For operating at elevated temperatures the device must be derated above 25°C based on a 150°C maximum junction temperature and a thermal resistance of 106°C/W (DIP), 170°C/W (SO-8), and 204°C/W (MSOP) junction to ambient.

**Note 4:** Supply current when output high typically 1 mA less at V<sub>CC</sub> = 5V.

**Note 5:** Tested at V<sub>CC</sub> = 5V and V<sub>CC</sub> = 15V.

**Note 6:** This will determine the maximum value of R<sub>A</sub> + R<sub>B</sub> for 15V operation. The maximum total (R<sub>A</sub> + R<sub>B</sub>) is 20MΩ.

**Note 7:** No protection against excessive pin 7 current is necessary providing the package dissipation rating will not be exceeded.

**Note 8:** Refer to RET8555X drawing of military LM555H and LM555J versions for specifications.

## Applications Information

### MONOSTABLE OPERATION

In this mode of operation, the timer functions as a one-shot (Figure 1). The external capacitor is initially held discharged by a transistor inside the timer. Upon application of a negative trigger pulse of less than  $1/3 V_{CC}$  to pin 2, the flip-flop is set which both releases the short circuit across the capacitor and drives the output high.

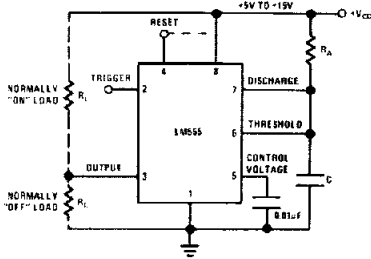
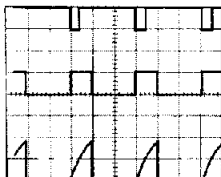


FIGURE 1. Monostable

DS007851-5

The voltage across the capacitor then increases exponentially for a period of  $t = 1.1 R_A C$ , at the end of which time the voltage equals  $2/3 V_{CC}$ . The comparator then resets the flip-flop which in turn discharges the capacitor and drives the output to its low state. Figure 2 shows the waveforms generated in this mode of operation. Since the charge and the threshold level of the comparator are both directly proportional to supply voltage, the timing interval is independent of supply.



DS007851-6

$V_{CC} = 5V$   
 TIME = 0.1 ms/DIV.  
 $R_A = 9.1k\Omega$   
 $C = 0.01\mu F$

Top Trace: Input 5V/Div.  
 Middle Trace: Output 5V/Div.  
 Bottom Trace: Capacitor Voltage 2V/Div.

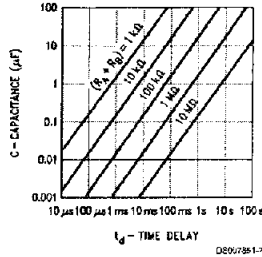
FIGURE 2. Monostable Waveforms

During the timing cycle when the output is high, the further application of a trigger pulse will not effect the circuit so long as the trigger input is returned high at least  $10\mu s$  before the end of the timing interval. However the circuit can be reset during this time by the application of a negative pulse to the reset terminal (pin 4). The output will then remain in the low state until a trigger pulse is again applied.

When the reset function is not in use, it is recommended that it be connected to  $V_{CC}$  to avoid any possibility of false triggering.

Figure 3 is a nomograph for easy determination of R, C values for various time delays.

NOTE: In monostable operation, the trigger should be driven high before the end of timing cycle.

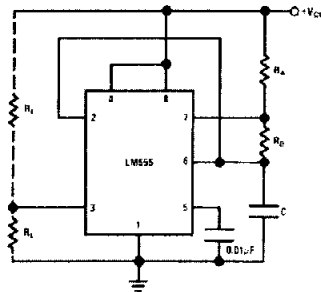


DS007851-7

FIGURE 3. Time Delay

### ASTABLE OPERATION

If the circuit is connected as shown in Figure 4 (pins 2 and 6 connected) it will trigger itself and free run as a multivibrator. The external capacitor charges through  $R_A + R_B$  and discharges through  $R_B$ . Thus the duty cycle may be precisely set by the ratio of these two resistors.



DS007851-8

FIGURE 4. Astable

In this mode of operation, the capacitor charges and discharges between  $1/3 V_{CC}$  and  $2/3 V_{CC}$ . As in the triggered mode, the charge and discharge times, and therefore the frequency are independent of the supply voltage.

# MC78XX/LM78XX/MC78XXA

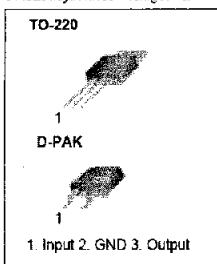
## 3-Terminal 1A Positive Voltage Regulator

### Features

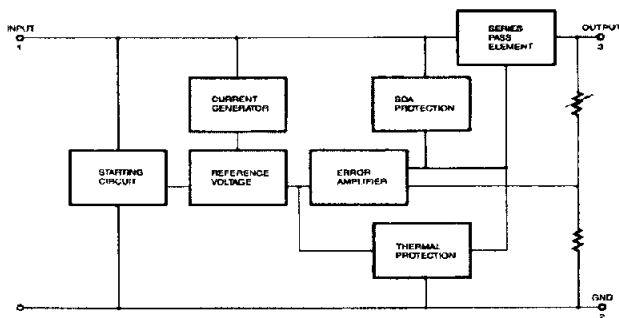
- Output Current up to 1A
- Output Voltages of 5, 6, 8, 9, 10, 12, 15, 18, 24V
- Thermal Overload Protection
- Short Circuit Protection
- Output Transistor Safe Operating Area Protection

### Description

The MC78XX/LM78XX/MC78XXA series of three terminal positive regulators are available in the TO-220/D-PAK package and with several fixed output voltages, making them useful in a wide range of applications. Each type employs internal current limiting, thermal shut down and safe operating area protection, making it essentially indestructible. If adequate heat sinking is provided, they can deliver over 1A output current. Although designed primarily as fixed voltage regulators, these devices can be used with external components to obtain adjustable voltages and currents.



### Internal Block Diagram



Rev. 1.0.1

## Absolute Maximum Ratings

Parameter	Symbol	Value	Unit
Input Voltage (for $V_O = 5V$ to $18V$ ) (for $V_O = 24V$ )	$V_I$	35	V
	$V_I$	40	V
Thermal Resistance Junction-Cases (TO-220)	$R_{\theta JC}$	5	$^{\circ}C/W$
Thermal Resistance Junction-Air (TO-220)	$R_{\theta JA}$	65	$^{\circ}C/W$
Operating Temperature Range	$T_{OPR}$	$0 \sim +125$	$^{\circ}C$
Storage Temperature Range	$T_{STG}$	$-65 \sim +150$	$^{\circ}C$

## Electrical Characteristics (MC7805/LM7805)

(Refer to test circuit,  $0^{\circ}C < T_J < 125^{\circ}C$ ,  $I_O = 500mA$ ,  $V_I = 10V$ ,  $C_I = 0.33\mu F$ ,  $C_O = 0.1\mu F$ , unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Conditions	MC7805/LM7805			Unit	
			Min.	Typ.	Max.		
Output Voltage	$V_O$	$T_J = +25^{\circ}C$	4.8	5.0	5.2	V	
		$5.0mA \leq I_O \leq 1.0A$ , $P_O \leq 15W$ $V_I = 7V$ to $20V$	4.75	5.0	5.25		
Line Regulation (Note1)	Regline	$T_J = +25^{\circ}C$	$V_O = 7V$ to $25V$	-	4.0	100	mV
			$V_I = 8V$ to $12V$	-	1.6	50	
Load Regulation (Note1)	Regload	$T_J = +25^{\circ}C$	$I_O = 5.0mA$ to $1.5A$	-	9	100	mV
			$I_O = 250mA$ to $750mA$	-	4	50	
Quiescent Current	$I_Q$	$T_J = +25^{\circ}C$	-	5.0	8.0	mA	
Quiescent Current Change	$\Delta I_Q$	$I_O = 5mA$ to $1.0A$	-	0.03	0.5	mA	
		$V_I = 7V$ to $25V$	-	0.3	1.3		
Output Voltage Drift	$\Delta V_O / \Delta T$	$I_O = 5mA$	-	-0.8	-	mV/ $^{\circ}C$	
Output Noise Voltage	$V_N$	$f = 10Hz$ to $100KHz$ , $T_A = +25^{\circ}C$	-	42	-	$\mu V/V_O$	
Ripple Rejection	RR	$f = 120Hz$ $V_O = 8V$ to $18V$	62	73	-	dB	
Dropout Voltage	$V_{Drop}$	$I_O = 1A$ , $T_J = +25^{\circ}C$	-	2	-	V	
Output Resistance	$r_O$	$f = 1KHz$	-	15	-	m $\Omega$	
Short Circuit Current	$I_{SC}$	$V_I = 35V$ , $T_A = +25^{\circ}C$	-	230	-	mA	
Peak Current	$I_{PK}$	$T_J = +25^{\circ}C$	-	2.2	-	A	

### Note:

1. Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in  $V_O$  due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty is used.

Typical Performance Characteristics

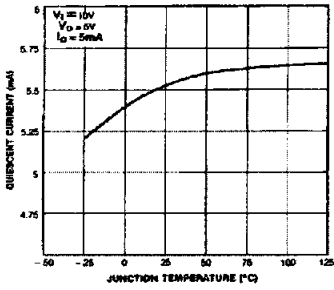


Figure 1. Quiescent Current

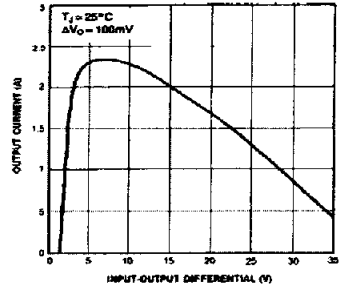


Figure 2. Peak Output Current

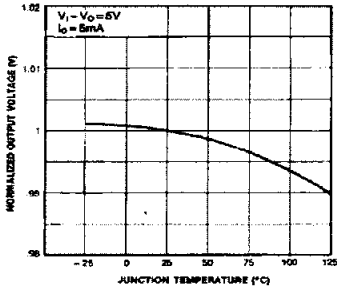


Figure 3. Output Voltage

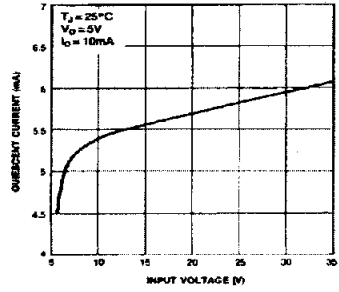


Figure 4. Quiescent Current

## Typical Applications

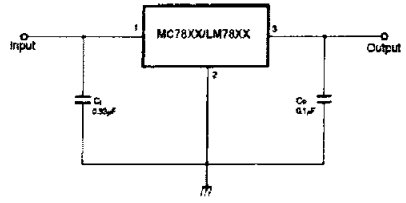


Figure 5. DC Parameters

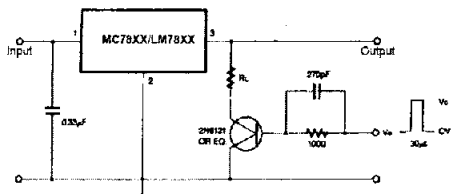


Figure 6. Load Regulation

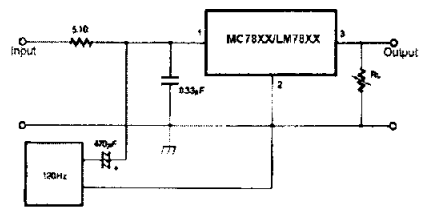


Figure 7. Ripple Rejection

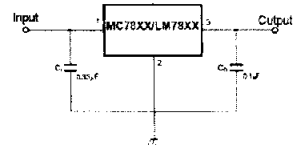
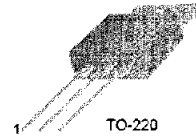


Figure 8. Fixed Output Regulator

## TIP120/121/122

### Medium Power Linear Switching Applications

- Complementary to TIP125/126/127



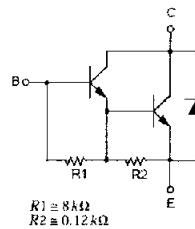
1.Base 2 Collector 3.Emitter

### NPN Epitaxial Darlington Transistor

#### Absolute Maximum Ratings $T_C=25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Value	Units
$V_{CB0}$	Collector-Base Voltage : TIP120	60	V
	: TIP121	80	V
	: TIP122	100	V
$V_{CE0}$	Collector-Emitter Voltage : TIP120	60	V
	: TIP121	80	V
	: TIP122	100	V
$V_{EBO}$	Emitter-Base Voltage	5	V
$I_C$	Collector Current (DC)	5	A
$I_{CP}$	Collector Current (Pulse)	8	A
$I_B$	Base Current (DC)	120	mA
$P_C$	Collector Dissipation ( $T_C=25^\circ\text{C}$ )	2	W
	Collector Dissipation ( $T_C=25^\circ\text{C}$ )	65	W
$T_J$	Junction Temperature	150	$^\circ\text{C}$
$T_{STG}$	Storage Temperature	- 65 ~ 150	$^\circ\text{C}$

Equivalent Circuit



#### Electrical Characteristics $T_C=25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Test Condition	Min.	Max.	Units
$V_{CE0(\text{sus})}$	Collector-Emitter Sustaining Voltage	$I_C = 100\text{mA}, I_B = 0$	60		V
			80		V
			100		V
$I_{CE0}$	Collector Cut-off Current	$V_{CE} = 30\text{V}, I_B = 0$		0.5	mA
		$V_{CE} = 40\text{V}, I_B = 0$		0.5	mA
		$V_{CE} = 50\text{V}, I_B = 0$		0.5	mA
$I_{CBO}$	Collector Cut-off Current	$V_{CB} = 60\text{V}, I_E = 0$		0.2	mA
		$V_{CB} = 80\text{V}, I_E = 0$		0.2	mA
		$V_{CB} = 100\text{V}, I_E = 0$		0.2	mA
$I_{EBO}$	Emitter Cut-off Current	$V_{BE} = 5\text{V}, I_C = 0$		2	mA
$h_{FE}$	* DC Current Gain	$V_{CE} = 3\text{V}, I_C = 0.5\text{A}$ $V_{CE} = 3\text{V}, I_C = 3\text{A}$	1000	1000	
$V_{CE(\text{sat})}$	* Collector-Emitter Saturation Voltage	$I_C = 3\text{A}, I_B = 12\text{mA}$		2.0	V
		$I_C = 5\text{A}, I_B = 20\text{mA}$		4.0	V
$V_{BE(\text{on})}$	* Base-Emitter ON Voltage	$V_{CE} = 3\text{V}, I_C = 3\text{A}$		2.5	V
$C_{ob}$	Output Capacitance	$V_{CB} = 10\text{V}, I_E = 0, f = 0.1\text{MHz}$		200	pF

\* Pulse Test:  $PW \leq 300\mu\text{s}$ , Duty cycle  $\leq 2\%$

Typical characteristics

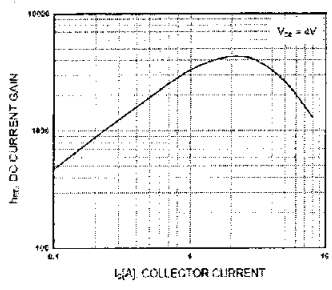


Figure 1. DC current Gain

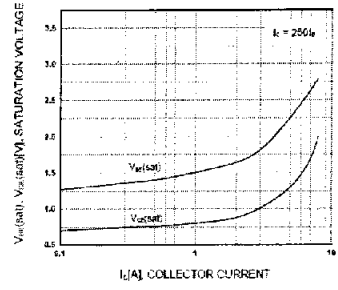


Figure 2. Base-Emitter Saturation Voltage  
Collector-Emitter Saturation Voltage

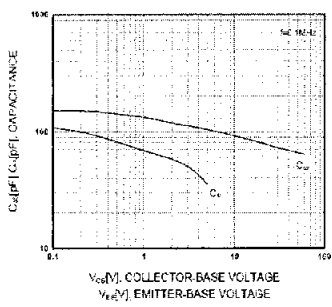


Figure 3. Output and Input Capacitance  
vs. Reverse Voltage

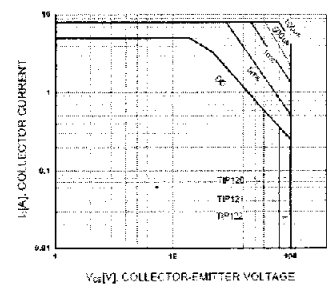


Figure 4. Safe Operating Area

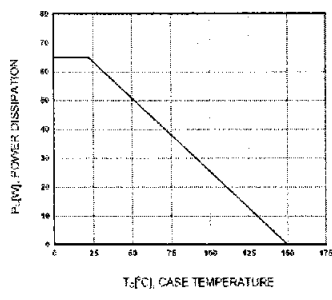


Figure 5. Power Derating



## NPN switching transistors

## 2N2222; 2N2222A

## FEATURES

- High current (max. 800 mA)
- Low voltage (max. 40 V).

## APPLICATIONS

- Linear amplification and switching.

## DESCRIPTION

NPN switching transistor in a TO-18 metal package.  
PNP complement: 2N2907A.

## PINNING

PIN	DESCRIPTION
1	emitter
2	base
3	collector, connected to case

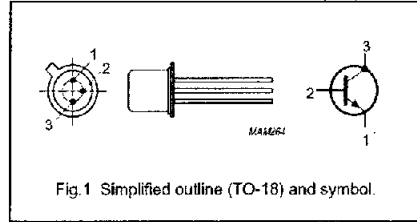


Fig. 1 Simplified outline (TO-18) and symbol.

## QUICK REFERENCE DATA

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	MAX.	UNIT
$V_{CBO}$	collector-base voltage	open emitter			
	2N2222		–	60	V
	2N2222A		–	75	V
$V_{CEO}$	collector-emitter voltage	open base			
	2N2222		–	30	V
	2N2222A		–	40	V
$I_C$	collector current (DC)		–	800	mA
$P_{tot}$	total power dissipation	$T_{amb} \leq 25^\circ\text{C}$	–	500	mW
$h_{FE}$	DC current gain	$I_C = 10\text{ mA}; V_{CE} = 10\text{ V}$	75	–	
$f_T$	transition frequency	$I_C = 20\text{ mA}; V_{CE} = 20\text{ V}; f = 100\text{ MHz}$			
	2N2222		250	–	MHz
	2N2222A		300	–	MHz
$t_{off}$	turn-off time	$I_{Con} = 150\text{ mA}; I_{BOn} = 15\text{ mA}; I_{BOff} = -15\text{ mA}$	–	250	ns

## NPN switching transistors

2N2222; 2N2222A

## LIMITING VALUES

In accordance with the Absolute Maximum Rating System (IEC 134).

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	MAX.	UNIT
V <sub>CB0</sub>	collector-base voltage	open emitter	-	60	V
	2N2222			75	V
V <sub>CE0</sub>	collector-emitter voltage	open base	-	30	V
	2N2222			40	V
V <sub>EB0</sub>	emitter-base voltage	open collector	-	5	V
	2N2222			6	V
I <sub>C</sub>	collector current (DC)		-	800	mA
I <sub>CM</sub>	peak collector current		-	800	mA
I <sub>BM</sub>	peak base current		-	200	mA
P <sub>tot</sub>	total power dissipation	T <sub>amb</sub> ≤ 25 °C	-	500	mW
		T <sub>case</sub> ≤ 25 °C	-	1.2	W
T <sub>stg</sub>	storage temperature		-65	+150	°C
T <sub>j</sub>	junction temperature		-	200	°C
T <sub>amb</sub>	operating ambient temperature		-65	+150	°C

## THERMAL CHARACTERISTICS

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	VALUE	UNIT
R <sub>th j-a</sub>	thermal resistance from junction to ambient	in free air	350	K/W
R <sub>th j-c</sub>	thermal resistance from junction to case		146	K/W

## NPN switching transistors

2N2222; 2N2222A

## CHARACTERISTICS

 $T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$  unless otherwise specified.

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	MAX.	UNIT
$I_{CBO}$	collector cut-off current 2N2222	$I_E = 0; V_{CB} = 50\text{ V}$	–	10	nA
		$I_E = 0; V_{CB} = 50\text{ V}; T_{amb} = 150\text{ }^\circ\text{C}$	–	10	$\mu\text{A}$
$I_{CBO}$	collector cut-off current 2N2222A	$I_E = 0; V_{CB} = 60\text{ V}$	–	10	nA
		$I_E = 0; V_{CB} = 60\text{ V}; T_{amb} = 150\text{ }^\circ\text{C}$	–	10	$\mu\text{A}$
$I_{EBO}$	emitter cut-off current	$I_C = 0; V_{EB} = 3\text{ V}$	–	10	nA
$h_{FE}$	DC current gain	$I_C = 0.1\text{ mA}; V_{CE} = 10\text{ V}$	35	–	
		$I_C = 1\text{ mA}; V_{CE} = 10\text{ V}$	50	–	
		$I_C = 10\text{ mA}; V_{CE} = 10\text{ V}$	75	–	
		$I_C = 150\text{ mA}; V_{CE} = 1\text{ V}; \text{note 1}$	50	–	
		$I_C = 150\text{ mA}; V_{CE} = 10\text{ V}; \text{note 1}$	100	300	
$h_{FE}$	DC current gain 2N2222A	$I_C = 10\text{ mA}; V_{CE} = 10\text{ V}; T_{amb} = -55\text{ }^\circ\text{C}$	35	–	
$h_{FE}$	DC current gain 2N2222 2N2222A	$I_C = 500\text{ mA}; V_{CE} = 10\text{ V}; \text{note 1}$	30	–	
			40	–	
$V_{CEsat}$	collector-emitter saturation voltage 2N2222	$I_C = 150\text{ mA}; I_B = 15\text{ mA}; \text{note 1}$	–	400	mV
		$I_C = 500\text{ mA}; I_B = 50\text{ mA}; \text{note 1}$	–	1.6	V
$V_{CEsat}$	collector-emitter saturation voltage 2N2222A	$I_C = 150\text{ mA}; I_B = 15\text{ mA}; \text{note 1}$	–	300	mV
		$I_C = 500\text{ mA}; I_B = 50\text{ mA}; \text{note 1}$	–	1	V
$V_{BEsat}$	base-emitter saturation voltage 2N2222	$I_C = 150\text{ mA}; I_B = 15\text{ mA}; \text{note 1}$	–	1.3	V
		$I_C = 500\text{ mA}; I_B = 50\text{ mA}; \text{note 1}$	–	2.6	V
$V_{BEsat}$	base-emitter saturation voltage 2N2222A	$I_C = 150\text{ mA}; I_B = 15\text{ mA}; \text{note 1}$	0.6	1.2	V
		$I_C = 500\text{ mA}; I_B = 50\text{ mA}; \text{note 1}$	–	2	V
$C_c$	collector capacitance	$I_E = I_a = 0; V_{CB} = 10\text{ V}; f = 1\text{ MHz}$	–	8	pF
$C_e$	emitter capacitance 2N2222A	$I_C = I_c = 0; V_{EB} = 500\text{ mV}; f = 1\text{ MHz}$	–	25	pF
$f_T$	transition frequency 2N2222 2N2222A	$I_C = 20\text{ mA}; V_{CE} = 20\text{ V}; f = 100\text{ MHz}$	250	–	MHz
			300	–	MHz
F	noise figure 2N2222A	$I_C = 200\text{ }\mu\text{A}; V_{CE} = 5\text{ V}; R_S = 2\text{ k}\Omega;$ $f = 1\text{ kHz}; B = 200\text{ Hz}$	–	4	dB

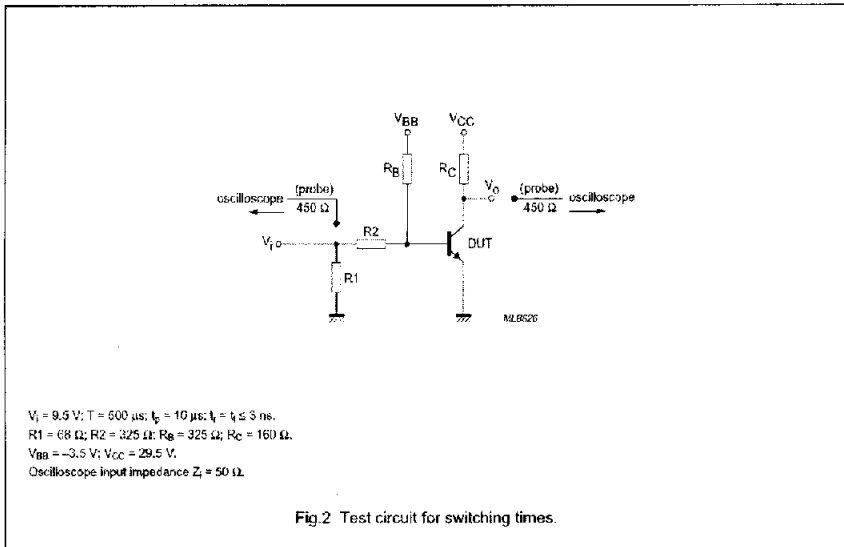
NPN switching transistors

2N2222; 2N2222A

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	MAX.	UNIT
<b>Switching times (between 10% and 90% levels); see Fig.2</b>					
$t_{on}$	turn-on time	$I_{C(on)} = 150 \text{ mA}; I_{B(on)} = 15 \text{ mA}; I_{B(off)} = -15 \text{ mA}$	-	35	ns
$t_d$	delay time		-	10	ns
$t_r$	rise time		-	25	ns
$t_{off}$	turn-off time		-	250	ns
$t_s$	storage time		-	200	ns
$t_f$	fall time		-	60	ns

Note

1. Pulse test:  $t_p \leq 300 \mu\text{s}; \delta \leq 0.02$ .



# MR750 SERIES

MR754 and MR760 are Preferred Devices

## High Current Lead Mounted Rectifiers

- Current Capacity Comparable to Chassis Mounted Rectifiers
- Very High Surge Capacity
- Insulated Case

### Mechanical Characteristics:

- Case: Epoxy, Molded
- Weight: 2.5 grams (approximately)
- Finish: All External Surfaces Corrosion Resistant and Terminal Lead is Readily Solderable
- Lead Temperature for Soldering Purposes: 260°C Max. for 10 Seconds
- Polarity: Cathode Polarity Band
- Shipped 1000 units per plastic bag. Available Tape and Reeled, 800 units per reel by adding a "RL" suffix to the part number

### MAXIMUM RATINGS

Please See the Table on the Following Page



ON Semiconductor<sup>SM</sup>

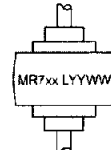
<http://onsemi.com>

### HIGH CURRENT LEAD MOUNTED SILICON RECTIFIERS 50 - 1000 VOLTS DIFFUSED JUNCTION

#### MARKING DIAGRAM



AXIAL LEAD  
BUTTON  
CASE 194  
STYLE 1



MR7xx = Device Code  
xx = 50, 51, 52, 54, 56 or 60  
L = Location Code  
YY = Year  
WW = Work Week

#### ORDERING INFORMATION

Device	Package	Shipping
MR750	Axial Lead	1000 Units/Bag
MR750RL	Axial Lead	800/Tape & Reel
MR751	Axial Lead	1000 Units/Bag
MR751RL	Axial Lead	800/Tape & Reel
MR752	Axial Lead	1000 Units/Bag
MR752RL	Axial Lead	800/Tape & Reel
MR754	Axial Lead	1000 Units/Bag
MR754RL	Axial Lead	800/Tape & Reel
MR756	Axial Lead	1000 Units/Bag
MR756RL	Axial Lead	800/Tape & Reel
MR760	Axial Lead	1000 Units/Bag
MR760RL	Axial Lead	800/Tape & Reel

Preferred devices are recommended choices for future use and best overall value.

## MR750 SERIES

### MAXIMUM RATINGS

Characteristic	Symbol	MR750	MR751	MR752	MR754	MR756	MR760	Unit
Peak Repetitive Reverse Voltage Working Peak Reverse Voltage DC Blocking Voltage	$V_{RRM}$ $V_{RWM}$ $V_R$	50	100	200	400	600	1000	Volts
Non-Repetitive Peak Reverse Voltage (Halfwave, single phase, 60 Hz peak)	$V_{RSM}$	60	120	240	480	720	1200	Volts
RMS Reverse Voltage	$V_{R(RMS)}$	35	70	140	280	420	700	Volts
Average Rectified Forward Current (Single phase, resistive load, 60 Hz) See Figures 5 and 6	$I_D$	$\longleftrightarrow$ 22 ( $T_L = 60^\circ\text{C}$ , 1/8" Lead Lengths) 6.0 ( $T_A = 60^\circ\text{C}$ , P.C. Board mounting) $\longleftrightarrow$						Amps
Non-Repetitive Peak Surge Current (Surge applied at rated load conditions)	$I_{FSM}$	$\longleftrightarrow$ 400 (for 1 cycle) $\longleftrightarrow$						Amps
Operating and Storage Junction Temperature Range	$T_J, T_{stg}$	$\longleftrightarrow$ -65 to +175 $\longleftrightarrow$						$^\circ\text{C}$

### ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Characteristic and Conditions	Symbol	Max	Unit
Maximum Instantaneous Forward Voltage Drop ( $I_F = 100$ Amps, $T_J = 25^\circ\text{C}$ )	$V_F$	1.25	Volts
Maximum Forward Voltage Drop ( $I_F = 6.0$ Amps, $T_A = 25^\circ\text{C}$ , 3/8" leads)	$V_F$	0.90	Volts
Maximum Reverse Current (Rated dc Voltage)	$I_R$	25 1.0	$\mu\text{A}$ $\text{mA}$
		$T_J = 25^\circ\text{C}$ $T_J = 100^\circ\text{C}$	

# MR750 SERIES

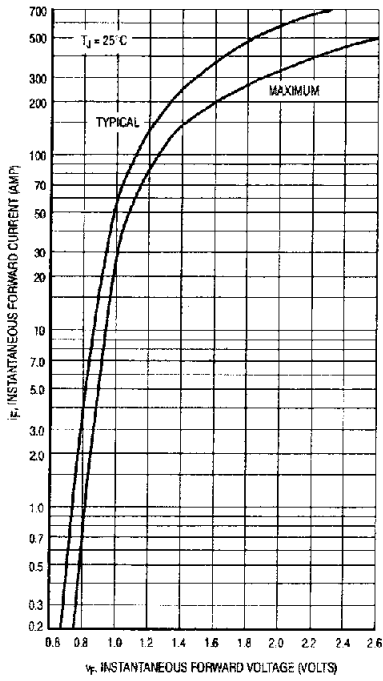


Figure 1. Forward Voltage

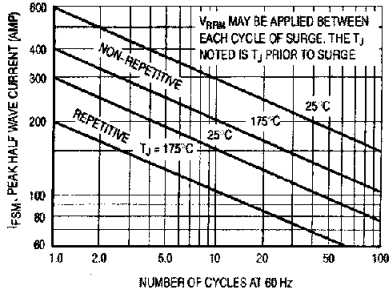


Figure 2. Maximum Surge Capability

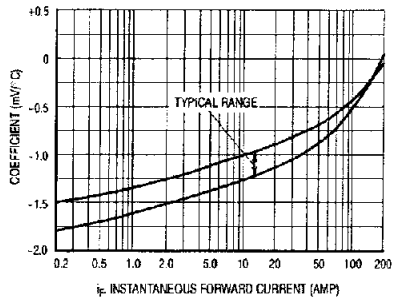


Figure 3. Forward Voltage Temperature Coefficient

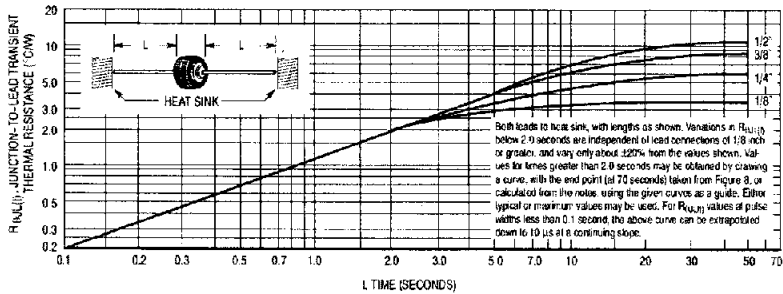


Figure 4. Typical Transient Thermal Resistance

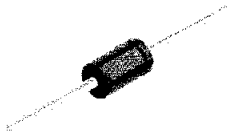


1N5400-1N5408

## 1N5400 - 1N5408

### Features

- 3.0 ampere operation at  $T_A = 75^\circ\text{C}$  with no thermal runaway.
- High current capability.
- Low leakage.



DO-201AD  
COLOR BAND DENOTES CATHODE

## General Purpose Rectifiers

### Absolute Maximum Ratings\*

$T_A = 25^\circ\text{C}$  unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Value									Units
		5400	5401	5402	5403	5404	5405	5406	5407	5408	
$V_{RRM}$	Maximum Repetitive Reverse Voltage	50	100	200	300	400	500	600	800	1000	V
$I_{F(AV)}$	Average Rectified Forward Current, .375" lead length @ $T_A = 75^\circ\text{C}$	3.0									A
$I_{FSM}$	Non-repetitive Peak Forward Surge Current 8.3 ms Single Half-Sine-Wave	200									A
$T_{STG}$	Storage Temperature Range	-55 to +150									$^\circ\text{C}$
$T_J$	Operating Junction Temperature	-55 to +150									$^\circ\text{C}$

\* These ratings are limiting values above which the serviceability of any semiconductor device may be impaired

### Thermal Characteristics

Symbol	Parameter	Value	Units
$P_C$	Power Dissipation	6.25	W
$R_{\theta JA}$	Thermal Resistance, Junction to Ambient	20	$^\circ\text{C/W}$

### Electrical Characteristics

$T_A = 25^\circ\text{C}$  unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Device									Units
		5400	5401	5402	5403	5404	5405	5406	5407	5408	
$V_F$	Forward Voltage @ 3.0 A	1.2									V
$I_R$	Maximum Full Load Reverse Current, Full Cycle $T_A = 105^\circ\text{C}$	0.5									mA
$I_R$	Reverse Current @ rated $V_R$ $T_A = 25^\circ\text{C}$ $T_A = 100^\circ\text{C}$	5.0 500									$\mu\text{A}$ $\mu\text{A}$
$C_T$	Total Capacitance $V_R = 4.0\text{ V}$ , $f = 1.0\text{ MHz}$	30									pF



Typical Characteristics

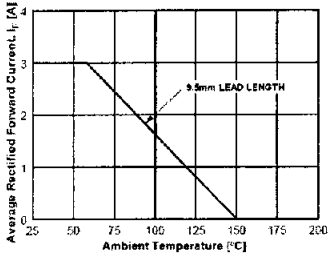


Figure 1. Forward Current Derating Curve

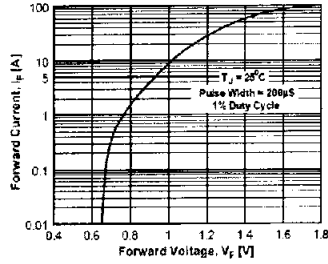


Figure 2. Forward Voltage Characteristics

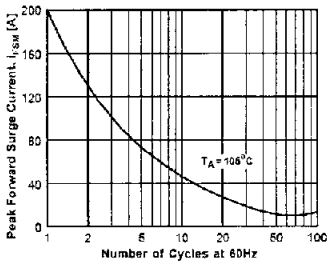


Figure 3. Non-Replicative Surge Current

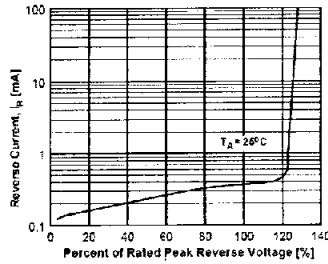


Figure 4. Reverse Current vs Reverse Voltage

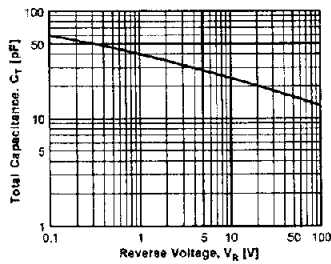


Figure 5. Total Capacitance

# Apéndice B

## Escritos

Respuesta de la Secretaria de la Defensa Nacional



DIRECCIÓN GENERAL DEL REGISTRO FEDERAL DE ARMAS DE FUEGO Y CONTROL DE EXPLOSIVOS	
Sección:	FAB. Y COMERCIALIZACIÓN.
Subsec:	IMPORTACIÓN Y EXPORTACIÓN.
No. Oficio:	SFC-04752.
Expediente :	

**ASUNTO:-** El polvo (gas) de pimienta no requiere de permiso alguno por parte de esta Secretaría.

Campo Mil. No. 1-J (PREDIO REFORMA, D.F.), a 23 de junio del 2005.

C. CONCEPCIÓN JORGE HERNÁNDEZ DURAN.  
"OCURRE MODULO".

**ANTECEDENTES:-** Su escrito de fecha 9 JUN. 2005.

**POR ACUERDO DEL C. GENERAL SECRETARIO DE LA DEFENSA NACIONAL**, en relación con el escrito citado en antecedentes y de conformidad con el Artículo 8/o. de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, hago de su conocimiento que el **POLVO (GAS) DE PIMIENTA EMPLEADO PARA DEFENSA PERSONAL**, no requiere de Permiso alguno por parte de esta Secretaría de Estado; toda vez que dicho polvo no se encuentra contemplado en la Ley Federal de Armas de Fuego y Explosivos.

Lo anterior, sin perjuicio de las leyes, reglamentos y demás disposiciones de otras Secretarías de Estado.

Reitero a usted la seguridad de mi atenta consideración.

SUFRAGIO EFECTIVO. NO REELECCIÓN.  
EL DIR. GRAL. REG. FED. ARMAS DE FGO. Y CTL. DE EXPVOS.

GRAL. DE BODA. D.É.M., ALFREDO HERMILO HERRERA MUÑOZ.

MJMA-RMC-ERA-E-ipd  
DIRECCIÓN GENERAL DE REGISTRO FEDERAL DE ARMAS DE FUEGO Y CONTROL DE EXPLOSIVOS

Respuesta del Servicio de Transporte Colectivo Metro

21 de Julio de 2005

C. JORGE HERNANDEZ DURAN

STC0506147

PRESENTE

En atención a su reporte realizado a través del correo electrónico, el responsable del área le informa lo siguiente; en cuanto a portar gas pimienta para protección del usuario, el Reglamento de Transporte del Distrito Federal en su Capítulo segundo que se refiere a los usuarios, en el Artículo 10 menciona: Son causas justificadas para negar la prestación del servicio de transporte público de pasajeros al usuario cuando:

Fracción II.- Porte bultos, equipajes, materiales inflamables o animales que puedan de forma manifiesta causar molestia o representen un riesgo para los demás usuarios o ensuciar, deteriorar o causar daños al vehículo.

Artículo 13, Fracción X.- Transportar materiales inflamables de fácil combustión o mal olientes que pongan en peligro la seguridad y comodidad de las personas.

Y en lo que se refiere a la Ley de Cultura Cívica del Distrito Federal, el Artículo 25.- Son infracciones contra la Seguridad Ciudadana:

Fracción VI.-

Portar, transportar o usar, sin precaución, objetos o sustancias que por su naturaleza sean peligrosos y sin observar en su caso, las disposiciones aplicables.

Si desea mayor información puede consultar el Compendio de Leyes y Reglamentos Aplicables en el Distrito Federal en la página web del Gobierno del D.F.,  
[www.df.gob.mx](http://www.df.gob.mx)

ATENTAMENTE

ANA MA. MUÑIZ FLORES

UNIDAD DE ORIENTACIÓN E INFORMACIÓN

Respuesta de la Procuraduría Federal del Consumidor

**C. Jorge Hernandez,  
Presente.**

Con relación a su correo electrónico de fecha 16 de junio de 2005, relativo a la consulta sobre la **legislación del producto de "Spray (polvo) de pimienta"**, al respecto, le informo que, la Secretaría de Salud por conducto de la Comisión Federal para la Protección contra riesgos Sanitarios COFEPRIS, es la única autoridad facultada para realizar este tipo de recomendaciones, lo cual lo podrá hacer por conducto de su página de Internet [www.cofepris.gob.mx](http://www.cofepris.gob.mx), donde podrán ampliar más dicha información.

En espera de que la presente información le sea de utilidad, aprovecho la ocasión para enviarle un cordial saludo.

**Atentamente,  
Encargado de despacho de  
La Dirección General de Delegaciones**

**Lic. Francisco Ledesma Llaca**

# REGLAMENTO DE LA LEY DE CULTURA CÍVICA DEL DISTRITO FEDERAL

(Al margen superior izquierdo dos escudos que dicen: GOBIERNO DEL DISTRITO FEDERAL.- México, la Ciudad de la Esperanza.- JEFE DE GOBIERNO DEL DISTRITO FEDERAL)

ANDRÉS MANUEL LÓPEZ OBRADOR, Jefe de Gobierno del Distrito Federal, con fundamento en los artículos 122, apartado C, Base Segunda, fracción II, inciso b), de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, 8°, fracción II, 67, fracción II y 90 del Estatuto de Gobierno del Distrito Federal, 7° y demás relativos de la Ley de Cultura Cívica del Distrito Federal y 5°, 7°, 12, 14, 15, fracciones I, VII, X y XVI, 23, 29 y 35 de la Ley Orgánica de la Administración Pública del Distrito Federal, he tenido a bien expedir el siguiente:

## REGLAMENTO DE LA LEY DE CULTURA CÍVICA DEL DISTRITO FEDERAL

### TÍTULO TERCERO

#### INFRACCIONES Y SANCIONES

#### CAPÍTULO I

#### INFRACCIONES Y SANCIONES

Artículo 25.- Son infracciones contra la seguridad ciudadana:

- VI. Portar, transportar o usar, sin precaución, objetos o sustancias que por su naturaleza sean peligrosos y sin observar, en su caso, las disposiciones aplicables.

## Capítulo Décimo

### De los objetos

**Artículo 55.** El elemento de policía está obligado a entregar al Juez, los objetos recogidos que tuvieren relación con la probable infracción, para que el Juez resuelva lo que proceda.

**Artículo 56.** El juez observará respecto de los objetos relacionados con la comisión de una infracción las siguientes reglas:

I. Los gases, combustibles, cohetes y otros objetos flamables, explosivos o tóxicos, deben entregarse inmediatamente a las instancias de protección civil de la Delegación correspondiente o a la Estación de Bomberos más cercana, a través de los elementos de policía que hayan hecho la presentación;

## BIBLIOGRAFÍA

1. Alvarenga Beatriz, Máximo Antonio  
*Física General con experimentos sencillos*  
Edit. Harla, 1983.  
México. D.F.
2. Boylestad Robert y Nashelsky Louis  
*Electrónica Teoría de Circuitos*  
Edit. Prentice Hall, 1994.  
Edo. De México, México.
3. Cunningham David R. and Stuller John A.  
*Circuit Analysis*  
Edit. Houghton Mifflin Company, 1995.  
MA, United States of America.
4. Dempsey John A.  
*Electrónica Digital Básica con Aplicaciones MSI*  
Edit. Fondo Educativo Interamericano S.A., 1984.  
D.F., México.
5. Dorf Richard C.  
*Introduction to Electric Circuits*  
Edit. John Wiley & Sons Inc, 1993.  
United States of America.
6. Floyd Thomas L.  
*Electronic Devices*  
Edit. Prentice Hall, 1996.  
New Jersey, United States of America.
7. Horowitz Paul and Hill Winfield  
*The Art of Electronics*  
Edit. Cambridge University Press, 1994.  
NY, United States of America.
8. Kaufman Milton y Seidman H. Arthur  
*Manual para Ingenieros y Técnicos en Electrónica*  
Edit. Mc Graw Hill, 1982.  
D.F., México.

9. Krieger, Sr. Robert G.  
*Guía de Electrónica Práctica*  
Edit. Mc Graw Hill, 1986.  
D.F., México.
  
10. Lamb Doug  
*The Insider's Guide To Selling Personal Security Products*  
Security Publishing Company, 1993.  
Oregon, United States of America.
  
11. Lamb Doug  
*Tactical Use of Defence Sprays*  
Security Publishing Company, 1993.  
Oregon, United States of America.
  
12. Lines David  
*Buiding Power Supplies*  
Master Publishing, Inc., 1991.  
Texas, United States of America.
  
13. Malvino Albert Paul  
*Principios de Electrónica*  
Edit. Mc Graw Hill, 1994.  
D.F., México.
  
14. Polya George  
*Cómo plantear y resolver problemas*  
Edit. Trillas, 1992.  
D.F., México.
  
15. Research & Education Association  
*Problem Solvers Electronics*  
Edit. Research & Education Association, 1993.  
New Jersey, United States of America.
  
16. Schilling Donald L. y Belove Charles  
*Circuitos Electrónicos Discretos e Integrados*  
Edit. Mc Graw Hill, 1993.  
D.F., México.
  
17. Sedra Adel S. and Smith Kenneth C.  
*Microelectronic Circuits*  
Edit. Saunders College Publishers, 1991.  
Florida, United States of America.



18. Young Hugh D.

*Physics*

Addison-Wesley Publishing Company, 1992.

MA, United States of America.