



REPUBLICA DE CUBA
MINISTERIO DE EDUCACIÓN SUPERIOR
INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALÚRGICO DE MOA
“DR. ANTONIO NUÑEZ JIMENEZ”
FACULTAD METALURGIA ELECTROMECHANICA
DEPARTAMENTO DE ELECTRICA

Trabajo de Diploma

Título: Diseño y simulación de un sistema electrónico para el control del alumbrado público.

Autor: Darlen Gresequi Mena.

Tutor: Msc. Wilbert Acuña Rodríguez.

**Año 52 de la Revolución.
Moa-2010**



Agradecimiento

Deseo agradecer de todo corazón a todas aquellas personas que de una forma u otra dedicaron parte de su empeño en mi formación profesional.



PENSAMIENTO

“El futuro de este país ha de ser necesariamente un futuro de hombres de ciencia.”

Fidel Castro Ruz.



Dedicatoria:

Aprovecho esta ocasión para dedicar mi Trabajo de Diploma con todo mi corazón, amor y cariño.

A mi hijo querido, a mis padres y demás familiares que me apoyaron.

A mis amigos y compañeros de trabajo que me alentaron a seguir mis estudios.

A mi tutor Wilbert Acuña que sin su ayuda no hubiese sido posible la realización de este trabajo.

A Doralys Durán Durán y Yolanda Durán Mora por no cejar en su empeño de hacer de mi una mujer de bien.

A los profesores del departamento de Eléctrica por forjarme como una profesional.

A la Revolución Cubana que me dio esta oportunidad de ser un profesional.



Resumen

El siguiente trabajo “Diseño y simulación de un sistema electrónico para el control del alumbrado publico”, aborda varios temas de interés en cuanto un nuevo circuito diseñado para el control del alumbrado publico, los tipos de convertidores, interruptores de crepúsculo y a sus y tipos de lámparas, ya que debe apoyarse en sus características generales para darle una excelente realización al estudio.

En el Capitulo I, se trabajo en los aspectos generales se tuvo en cuenta los tipos de convertidores de potencia a utilizar, los posibles circuitos de mando, elementos utilizados como interruptores y los diferentes tipos de lámparas existentes sus características etc.

En el capitulo II, se hizo el diseño de los esquemas, el funcionamiento de el esquema en bloques del convertidor, los cálculos y selección de los componentes electrónicos y el desarrollo y simulación de los circuitos de mando y fuerza, así como la selección del tipo de lámpara.

En el capitulo III, se marcó de manera concreta el análisis de los resultados obtenidos con un análisis técnico económico y valoraciones técnicas del funcionamiento, ecológica y social. Así como recomendaciones a seguir para mantener los resultados obtenidos en la proyección de nuevo sistemas de iluminación.



Summary

The following work "I Design and simulation of an electronic system for the control of the illumination publishes", it approaches several topics of interest as soon as a new circuit designed for the control of the illumination publishes, the types of convertors, twilight switches and to their and types of lamps, since he/she should lean on in its general characteristics to give an excellent realization to the study.

In the I Surrender I, you work in the general aspects one kept in mind the types of convertors of power to use, the possible control circuits, elements used as switches and the different types of existent lamps their characteristic etc.

In the I surrender II, the design of the outlines, the operation of the outline in blocks of the convertor, the calculations and selection of the electronic components and the development and simulation of the control circuits was made and it forces, as well as the selection of the lamp type.

In the I surrender III, it was marked in a concrete way the analysis of the results obtained with an economic technical analysis and technical valuations of the operation, ecological and social. As well as recommendations to continue to maintain the results obtained again in the projection systems of illumination.



Tabla de Contenido

Introducción	¡Error! Marcador no definido.
CAPITULO I .Aspectos Generales	4
1.1. Introducción	4
1.2. Posibles convertidores de Potencia a utilizar	¡Error! Marcador no definido.
1.3. Posibles propuestas de Circuitos de Mando	11
1.4. Elementos utilizados como interruptores	13
1.5. Tipos de lámparas y sus funcionamientos	14
1.6. Conclusiones	18
CAPITULO II. Diseño del Esquema.....	19
2.1. Introducción	19
2.2. Esquema en bloques del Convertidor.....	19
2.3. Selección del circuito de Fuerza.....	20
2.4. Calculo y Selección de los componentes Electronicos	22
2.5. Desarrollo del circuito de Mando.....	27
2.6. Simulación del Circuito de Fuerza.....	29
2.7. Selección del tipo de Lámpara.....	30
2.8. Conclusiones.....	38
CAPITULO III. Analisis de Resultados	39
3.1Introducción	39
3.2Analis Tecnico Economico.	39
3.3Valoracion Tecnica del Funcionamiento.....	42
3.4Valoracion Ecológica.....	42
3.5Valoracion Social.....	43
3.6 Conclusiones	44
Conclusiones	45
Recomendaciones.....	46
Bibliografía.....	47
Relación de Anexos.....	49



Introducción.

La actual crisis energética que somete al mundo, obliga hoy mas que nunca a buscar alternativas y poner el hombre a pensar en la búsqueda de soluciones y alternativas en función de solventar dicho problema, sin dudas uno de los conceptos que mas implica gastos energéticos en todas las ciudades del mundo lo es el alumbrado publico y con el afán de reducir este efecto se han desarrollado por instituciones y países, muchos elementos y componentes capaces de controlar automáticamente el encendido y apagado publico en función de las noches y los días respectivamente, como son las celdas fotovoltaicas individuales o sistemas de control múltiple por relee y contactores.

En el caso de Cuba no ajena al problema global encamina numerosas acciones por parte de muchas empresas como Ecosol Solar, UNE y centro docentes y de investigación preocupados por el problema, la solución es en sentido común utilizar solo el alumbrado en las horas lógicas y que este rango de tiempo sea el mas optimo posible, en casos mas avanzados se piensa hasta en un control mas inteligente capaz de regular la intensidad luminosa de las lámparas en función del nivel de oscuridad y de hecho ahorrar energía por ese concepto.

Este trabajo desarrolla una investigación sobre los convertidores de estados sólido para encontrar una variante de esquema de fuerza ávida de poder obtener este propósito, para luego diseñar un circuito de mando que controle dicho esquema de fuerza, el objetivo de hacerlo así es por el hecho de eliminar las partes móviles de los relees convencionales y ganar en capacidad de control por unidad de celda fotovoltaica, ya que el método mas empleado es el de una celda por cada unidad trayendo consigo mayor número de aparatos y consecuentemente el numero de mantenimientos y reparaciones aumenta y se dificulta mas el funcionamiento en lugar con características mineras como el caso de Moa, pues la emisiones de polvo en suspensión se van depositando sobre el vidrio protector de cada celda y trae consigo el descontrol del interruptor automático provocando bien que no se enciendan las lámparas o que no se apaguen y siempre será la misma intensidad luminosa pues solo de abre o se cierra un interruptor mecánico, en este caso se propone convertidor electrónico por medio de llaves semiconductoras para tener la posibilidad de un control sin chispas y al mismo tiempo utilizando las técnicas avanzadas de modulación poder prefijar un valor diferente de frecuencia y así poder variar la intensidad luminosa de cada circuito en función



del lugar y de la función social que se realiza, es decir la filosofía es controlar mas de una lámpara con cada unidad de interruptor crepuscular, la capacidad máxima por circuito o numero máximo de lámparas a colocar estará en dependencia de la corriente que soporten las llaves electrónicas, atendiendo al desarrollo de los semiconductores de hoy se podrán gobernar al mismo muchas lámparas, muchas mas que cualquier sistema convencional, téngase por ejemplo con un interruptor estático de corriente alterna hecho con tiristores de 250 A se podrán gobernar a una corriente de aproximadamente 2^a en el caso de las lámparas de vapor de sodio, unas 125 unidades dando cobertura total a una de las mas largas típicas avenidas modernas convencionales.

Por eso detectando el problema actual en estos sistemas se puede decir que:

El control actual se realiza mayor mente puntual y los casos en circuitos lo hacen a base de relee limitando la capacidad de este al límite de corriente de los contactos de relee, eso proporcional al tamaño y las características condiciones de arco eléctrico y partes mecánicas en movimiento que sufren desgastes continuos.

Hipótesis:

Se logra diseñar y al menos simular el funcionamiento correcto de un sistema electrónico capaz de actuar como interruptor de crepúsculo se podrá controlar eficientemente las redes de alumbrado público, garantizado además de ahorro regular la intensidad luminosa de las lámparas.

Objetivo general:

Obtener un esquema electrónico con posibilidad del control automático del alumbrado público para contribuir con el ahorro de energía.

Objetivos específicos:

- Diseñar un convertidor de potencia con su respectivo circuito de mando capaz de realizar dicho control.
- Simular el esquema diseñado y obtener las formas de onda para la interpretación correcta de su funcionamiento.



CAPITULO 1. Aspectos Generales.

Introducción.

Aspectos generales.

Conclusiones.

1.1. Introducción

El alumbrado público en nuestro país aun posee varias desventajas para la economía así como para el hombre. El objetivo de este capítulo es hacer un estudio acerca de los convertidores de potencia y sus respectivas formas de ondas, los tipos de interruptores de crepúsculos utilizados, así como los diferentes tipos de lámparas utilizadas en el alumbrado público.

1.2 Posibles convertidores de potencia a utilizar

La regulación de corriente alterna se realiza en la actualidad por medio de convertidores estáticos, a base de semiconductores de potencia principalmente tiristores, transistores de potencia y triac. Los posibles convertidores a utilizar se pueden ver a continuación con su respectiva descripción de funcionamiento, estructuras y formas de ondas

1.2.1 Regulador de CA controlado

Los Reguladores de corriente alterna monofásicos de onda completa y media onda controlado y semicontrolado son unos de los más utilizados y están representados a continuación en las figuras 1.1 y 1.2. EL funcionamiento de este esquema es basado en el control por fase variando el ángulo de disparo de cada tiristor, esto hace que se varíe el valor medio de cada semiciclo, provocando distorsión en la forma de onda y por ende introduciendo oscilaciones armónicas considerables, la forma de onda de la figura 1.2 indica y da una idea clara de esta deformación, aquí se aprecia que para lograr la conducción en cada uno de los semiciclos hay que generar un pulso para cada tiristor.

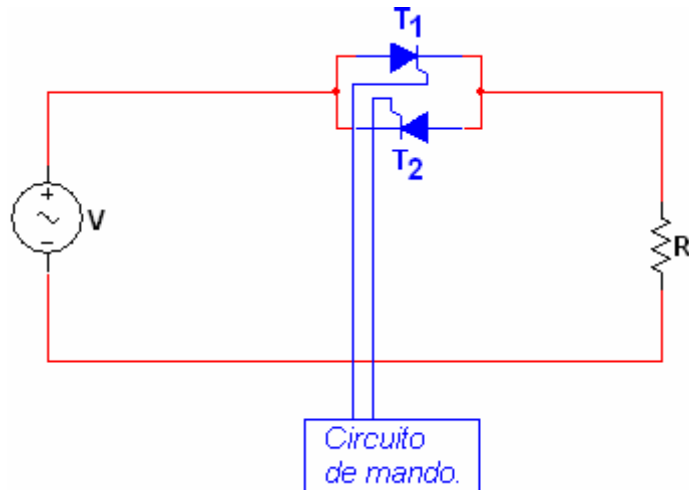


fig. 1.1 Esquema del regulador de CA controlado monofásico.

En la medida que el ángulo de disparo aumenta el valor medio rectificado por cada semiciclo disminuye y la deformación armónica también aumenta

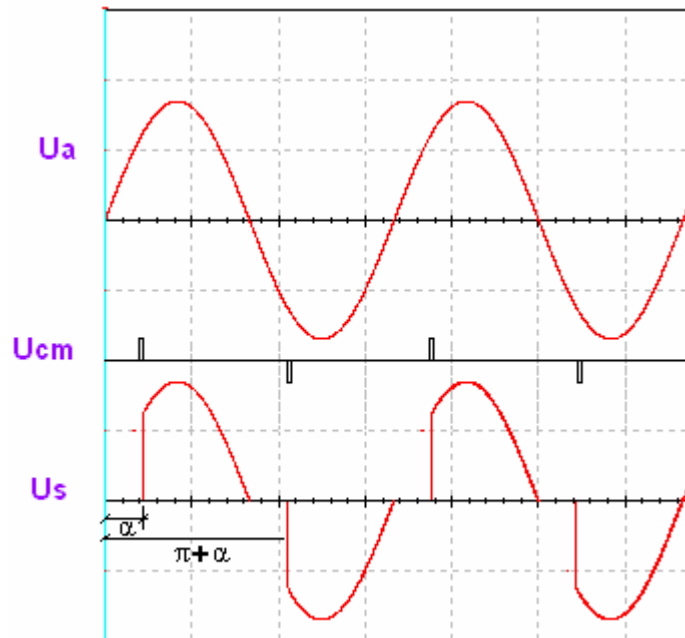


Figura 1.2 formas de ondas del regulador monofásico controlado.

1.2.2 Regulador de CA semicontrolado

En este esquema se utiliza solo un tiristor y en lugar del otro un diodo, por eso la onda sale regulada solo en un semiciclo, de ahí su nombre de semicontrolado, la introducción de armónicos es menor pero la regulación es limitada.

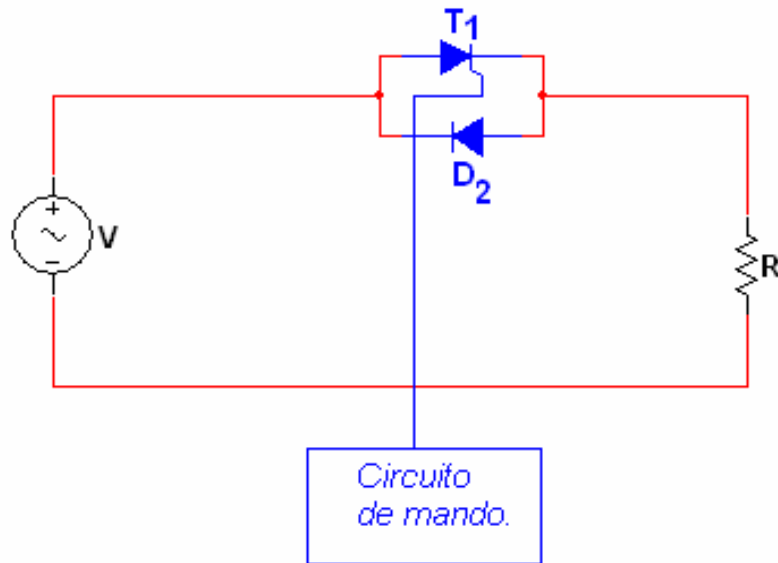


Figura. 1.3 Esquema del regulador CA semicontrolado.

En este circuito a pesar de que no se tiene total regulación se implementa en muchas aplicaciones donde no se requiere alta precisión en la regulación, es de fácil montaje y de circuito de mando muy simple.

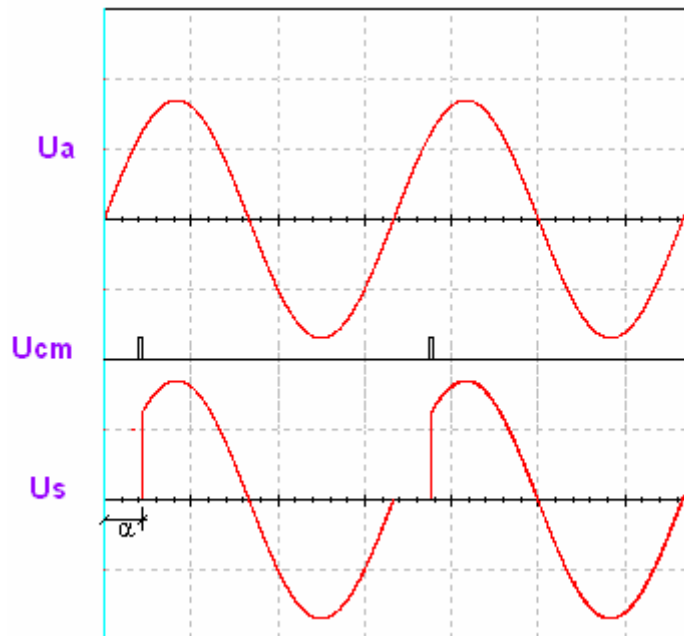


Figura 1.4: formas de ondas en el regulador CA semicontrolado.

En el regulador de media onda por el tiristor T1 solo circula corriente cuando, además de estar en el ciclo positivo de la tensión, se produce el disparo. Por el diodo D1 circulará corriente durante el semiciclo negativo, tanto la corriente como la tensión de salida tendrán la forma representada en la figura 1.2.

Cuando se tiene la posibilidad de tener una llave mas compacta de potencia como el caso del TRIAC, en su caso prácticamente dos tiristors en antiparalelo se consigue tener muy buenas prestaciones en cuanto a potencia y regulación ya que este posee gamas de potencias considerables en el mercado y el circuito de mando se realiza muy simple, téngase en cuenta que el pulso generado por el circuito de mando puede en este caso ser positivo o negativo, solo debe tenerse en cuenta que la polaridad entre los ánodos marcará el sentido de circulación de la corriente total del circuito.

LA figura 1.5 muestra el esquema en cuestión, el sentido de circulación de la corriente estará marcado por la polaridad instantánea de la fuente de corriente alterna, este esquema simplifica el funcionamiento y por ende el circuito de mando, mas las formas de la onda de salida serán igual que el caso de totalmente controlado como la figura 1.1 basado el montaje con tiristores.

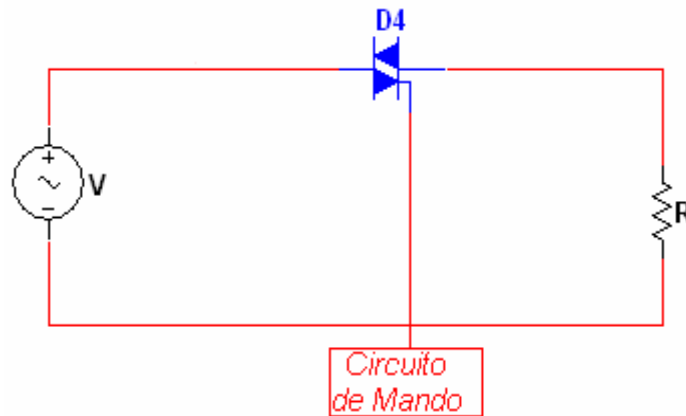


Figura 1.5 Esquema del regulador de CA monofásico con TRIAC.

De forma general la estructura de los circuitos es la misma, consistente en dos llaves en conexión antiparalelo, mas el método de control se facilita con la selección del tipo de válvulas, por citar los tres métodos de control son:

- Modulación de un pulso por semiperiodo.
- Modulación de varios pulsos por semiperiodo.
- Conducción de varios ciclos.

El primer método es propio de los esquemas anteriores y como ya se había analizado la forma de onda producida es propensa a la generación de oscilaciones armónicas fundamentalmente de bajo orden, una de la formas de solventar esta dificultad lo constituye el segundo de los métodos, pero para eso debe de utilizarse dos llaves de mas fácil control como son los transistores, ya sean MOSFET, BJT o IGBT, ya que la forma de apagado es solo retirando el pulso del electrodo de control y eso garantiza la forma de apagarlo varias veces durante un mismo semiciclo, cosa muy difícil de lograr cuando se implementan tiristores.

El esquema correspondiente a este método se refleja en la figura 1.6. Si se disparan ambos transistores varias veces en cada semiciclo, es decir que la frecuencia de control sea mayor que la frecuencia de la red entonces se obtendrá una forma de onda mucho mejor

conformada como la que muestra la figura 1.7, aquí se puede apreciar que el contenido de armónico es menor porque la forma de la onda producida es de mejor factor de forma, es mucho mas parecida a la de la red y a pesar de sigue siendo un control por fase no es variando el ángulo de ataque sino el tiempo de conducción de los transistores, se aprecia que el valor eficaz de la onda de salida es una función directa de la frecuencia de modulación o simplemente la frecuencia de disparo de los tiristores.

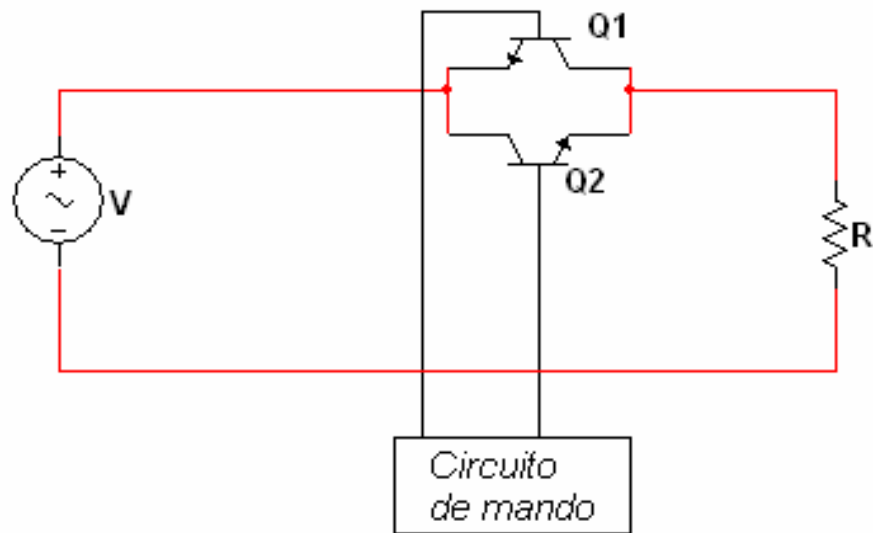


Figura 1.6 Esquema del regulador monofásico a transistores.

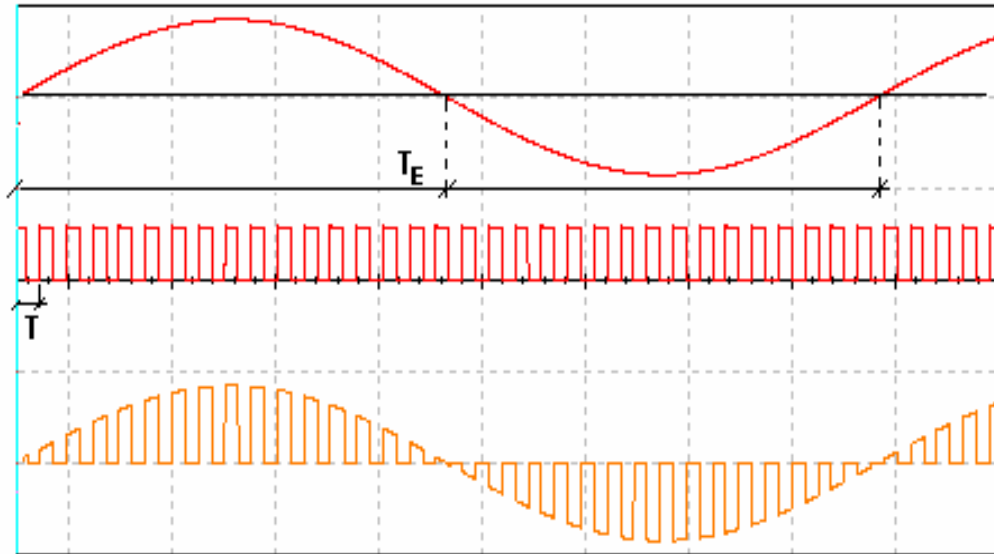


Figura 1.7 Formas de ondas por el método de modulación de varios pulsos por semiperiodo

En la figura 1.8 se tiene una forma de onda en un regulador por ciclos completos en este caso los armónicos que se producen son de menor orden.

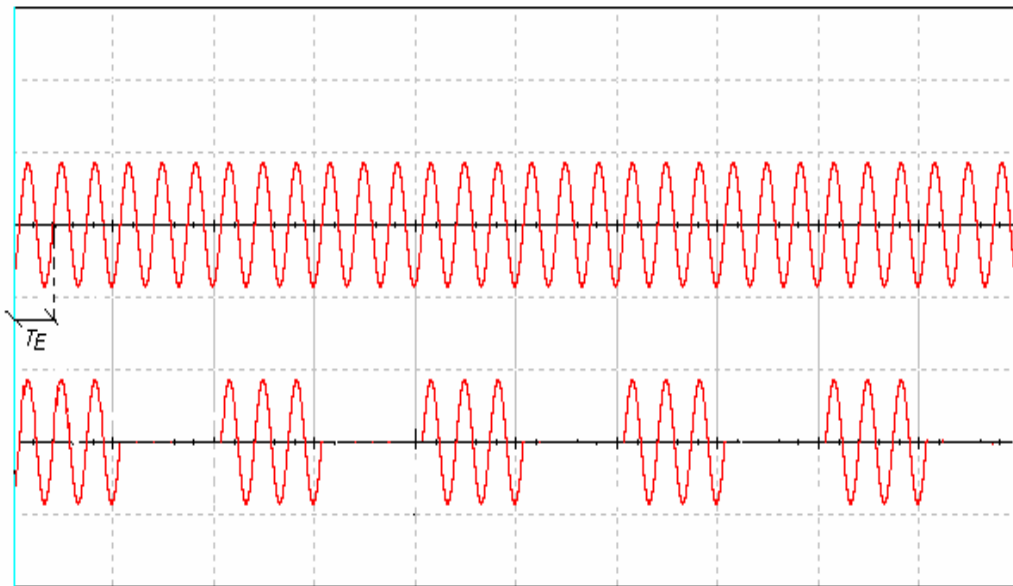


Figura 1.8 Forma de Ondas en un regulador por ciclos completos.

1.3 Posibles propuestas de circuitos de mando.

En la actualidad es muy utilizada la energía solar ya que es una de las fuentes de energía más ricas de la naturaleza. Los sensores de crepúsculo son prueba de esto ya que se aprovecha la energía solar. A continuación les mostramos los posibles circuitos de mandos.

1.3.1 Interruptor de crepúsculo con resistencia dependiente de luz (LDR).

Este se activa cuando la luz incide sobre la fotorresistencia, en este caso baja el valor de la resistencia en la medida que aumenta la luz, restándole potencial a la base del transistor y logrando que este se corte en consecuencia, el rele se desactiva y los contactos normalmente de este se abren y se desconecta el circuito exterior. En estas condiciones se activa cada vez que se ilumina con el sol y se activa con la oscuridad al caer la noche, el efecto contrario puede lograrse con solo cambiar la posición de R1 con la del LDR. En este basamos nuestro trabajo.

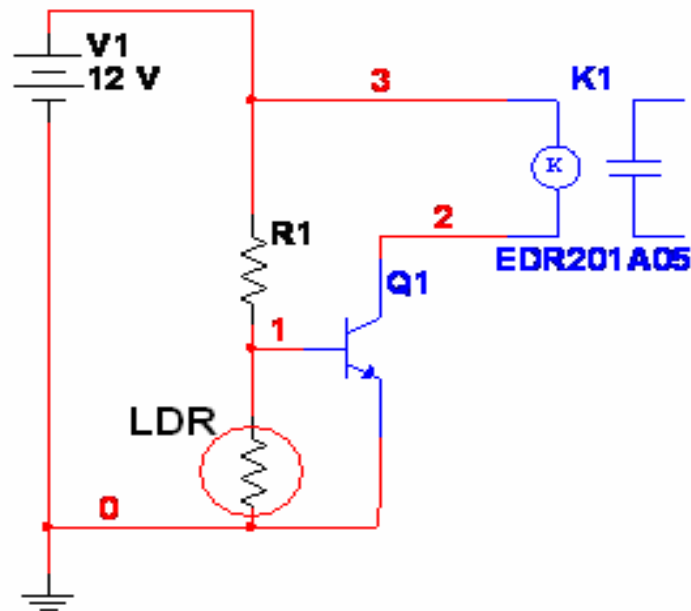


Figura 1.9 Interruptor de crepúsculo con resistencia dependiente de luz (LDR).

1.3.2 Interruptor por fotoelemento.

Se utiliza una foto celda para activar la base de el transistor, cuando este se ilumina aumenta el nivel de tensión generado, llegando a saturar al transistor y esto es señal suficiente para energizar el releo o activar a otros semiconductores de potencia como muestran las figuras anteriores.

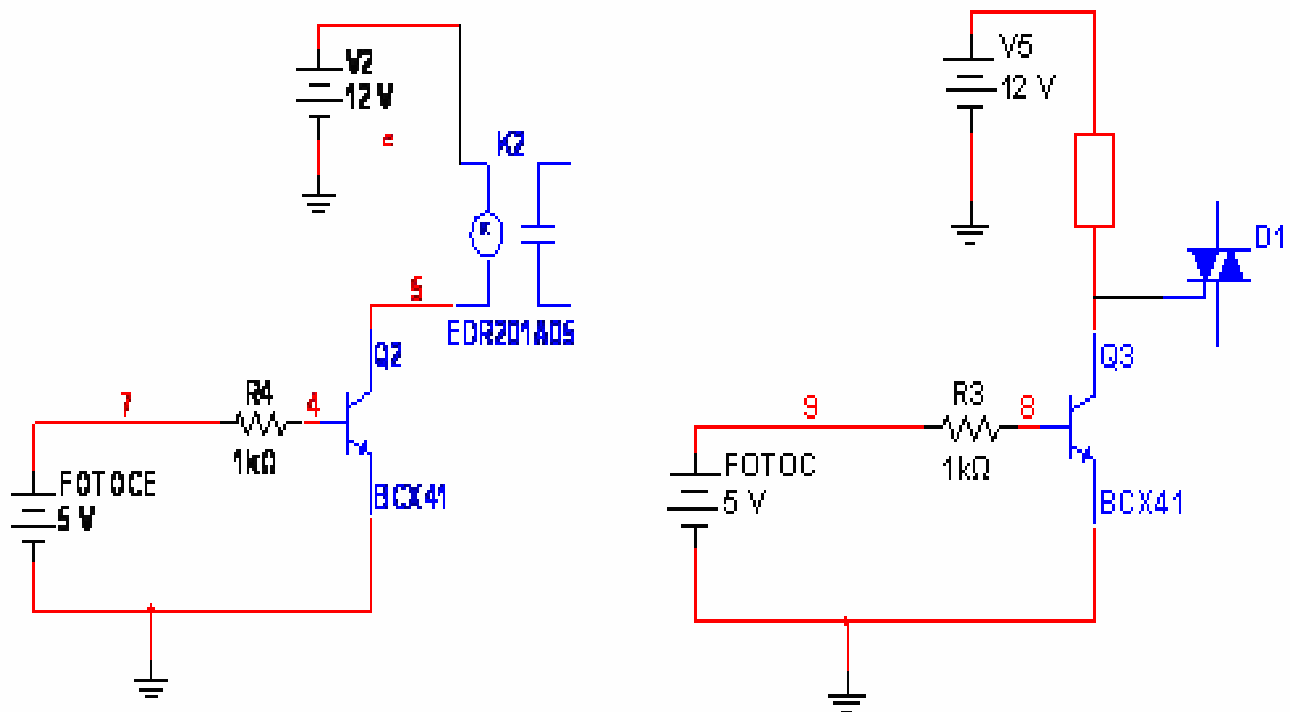


Figura 1.10 Interruptores por fotoelemento.

1.3.3 Interruptor tipo capsula LC-10j de fotoelectric control.

Este es el típico caso comercial introducido a nuestro mercado nacional a través de la empresa eléctrica con un circuito basado en releo.

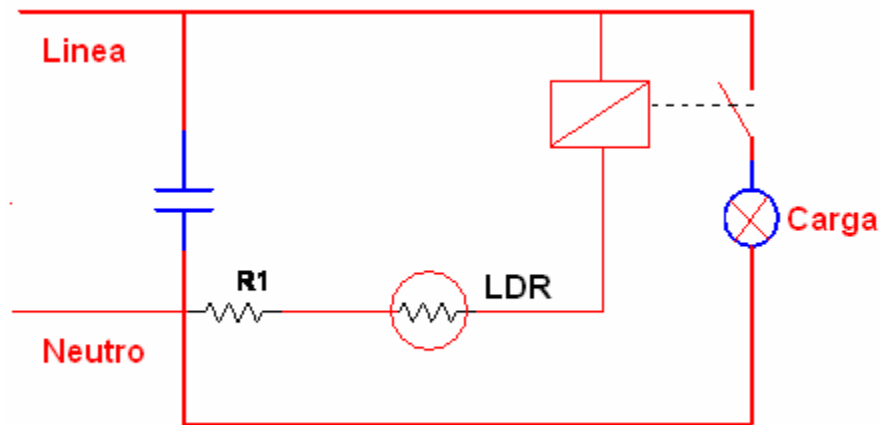


Figura 1.11 Interruptor tipo capsula LC-10j de fotoelectric control.

1.4 Elementos utilizados como interruptores (Relees).

Tipos de relees,

Existen multitud de tipos distintos de relees, dependiendo del número de contactos, de la intensidad admisible por los mismos, tipo de corriente de accionamiento, tiempo de activación y desactivación, etc. Tenemos diferentes tipos de relees electromecánicos.

- Relees de tipo armadura.
- Relees de núcleo móvil.
- Relee tipo *reed* o de lengüeta.
- Relees polarizados o biestables.
- Relee de estado sólido.
- Relee de corriente alterna.
- Relee de láminas.

La gran ventaja de los relees electromagnéticos es la completa separación eléctrica entre la corriente de accionamiento, la que circula por la bobina del electroimán, y los circuitos controlados por los contactos, lo que hace que se puedan manejar altos voltajes o elevadas potencias con pequeñas tensiones de control. También ofrecen la posibilidad de control de un dispositivo a distancia mediante el uso de pequeñas señales de control.

1.5 Tipos de lámparas y sus funcionamientos.

Lámparas de vapor de mercurio a alta presión

A medida que aumentamos la presión del vapor de mercurio en el interior del tubo de descarga, la radiación ultravioleta característica de la lámpara a baja presión pierde importancia respecto a las emisiones en la zona visible (violeta de 404.7 nm, azul 435.8 nm, verde 546.1 nm y amarillo 579 nm).

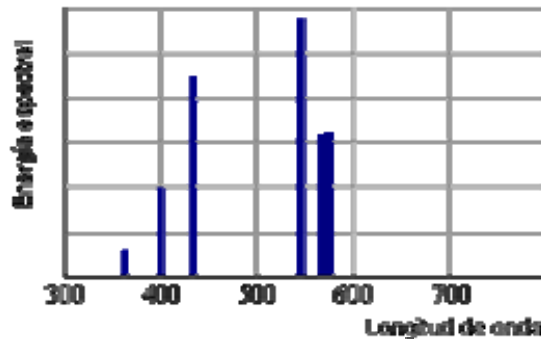


Figura 1.12: Espectro de emisión sin corregir.

En estas condiciones la luz emitida, de color azul verdoso, no contiene radiaciones rojas. Para resolver este problema se acostumbra a añadir sustancias fluorescentes que emitan en esta zona del espectro. De esta manera se mejoran las características cromáticas de la lámpara. La temperatura de color se mueve entre 3500 y 4500 K con índices de rendimiento en color de 40 a 45 normalmente. La vida útil, teniendo en cuenta la depreciación se establece en unas 8000 horas. La eficacia oscila entre 40 y 60 lm/W y aumenta con la potencia, aunque para una misma potencia es posible incrementar la eficacia añadiendo un recubrimiento de polvos fosforescentes que conviertan la luz ultravioleta en visible.

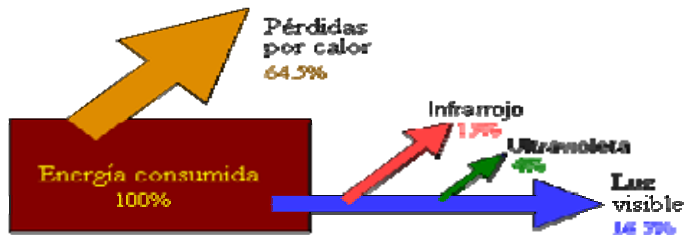


Figura 1.13: Balance energético de una lámpara de mercurio a alta presión.

Los modelo más habituales de estas lámparas tienen una tensión de encendido entre 150 y 180 V que permite conectarlas a la red de 220 V sin necesidad de elementos auxiliares. Para

encenderlas se recurre a un electrodo auxiliar próximo a uno de los electrodos principales que ioniza el gas inerte contenido en el tubo y facilita el inicio de la descarga entre los electrodos principales. A continuación se inicia un periodo transitorio de unos cuatro minutos, caracterizado porque la luz pasa de un tono violeta a blanco azulado, en el que se produce la vaporización del mercurio y un incremento progresivo de la presión del vapor y el flujo luminoso hasta alcanzar los valores normales. Si en estos momentos se apagara la lámpara no sería posible su reencendido hasta que se enfriara, puesto que la alta presión del mercurio haría necesaria una tensión de ruptura muy alta.

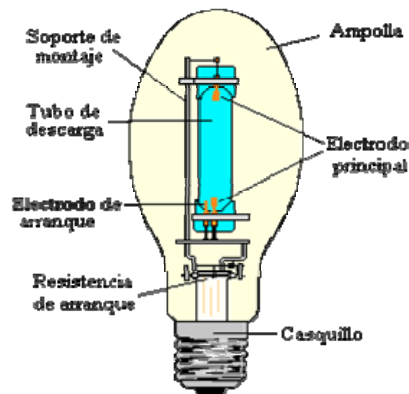


Figura 1.14: Lámpara de mercurio a alta presión.

Lámparas de vapor de sodio a alta presión

Las lámparas de vapor de sodio a alta presión tienen una distribución espectral que abarca casi todo el espectro visible proporcionando una luz blanca dorada mucho más agradable que la proporcionada por las lámparas de baja presión.

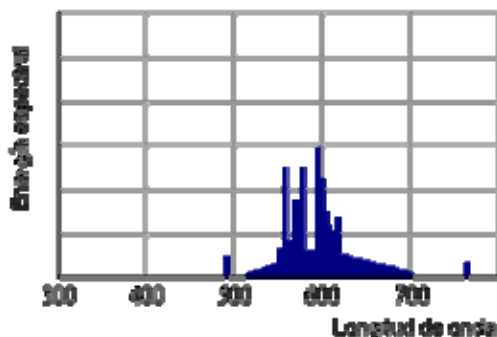


Figura 1.15: Espectro de una lámpara de vapor de sodio a alta presión.

Las consecuencias de esto es que tienen un rendimiento en color ($T_{color} = 2100\text{ K}$) y capacidad para reproducir los colores mucho mejores que la de las lámparas a baja presión ($IRC = 25$, aunque hay modelos de 65 y 80).

No obstante, esto se consigue a base de sacrificar eficacia; aunque su valor que ronda los 130 lm/W sigue siendo un valor alto comparado con los de otros tipos de lámparas.



Figura 1.16: Balance energético de una lámpara de vapor de sodio a alta presión.

La vida media de este tipo de lámparas ronda las 20000 horas y su vida útil entre 8000 y 12000 horas. Entre las causas que limitan la duración de la lámpara, además de mencionar la depreciación del flujo tenemos que hablar del fallo por fugas en el tubo de descarga y del incremento progresivo de la tensión de encendido necesaria hasta niveles que impiden su correcto funcionamiento.

Las condiciones de funcionamiento son muy exigentes debido a las altas temperaturas ($1000\text{ }^{\circ}\text{C}$), la presión y las agresiones químicas producidas por el sodio que debe soportar el tubo de descarga. En su interior hay una mezcla de sodio, vapor de mercurio que actúa como amortiguador de la descarga y xenón que sirve para facilitar el arranque y reducir las pérdidas térmicas. El tubo está rodeado por una ampolla en la que se ha hecho el vacío. La tensión de encendido de estas lámparas es muy elevada y su tiempo de arranque es muy breve.

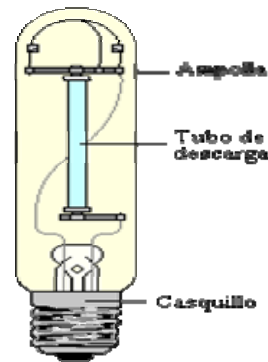


Figura 1.17: Lámpara de vapor de sodio a alta presión.

Este tipo de lámparas tienen muchos usos posibles tanto en iluminación de interiores como de exteriores. Algunos ejemplos son en iluminación de naves industriales, alumbrado público o iluminación decorativa.

Lámparas con halogenuros metálicos

Si añadimos en el tubo de descarga yoduros metálicos (sodio, talio, indio...) se consigue mejorar considerablemente la capacidad de reproducir el color de la lámpara de vapor de mercurio. Cada una de estas sustancias aporta nuevas líneas al espectro (por ejemplo amarillo el sodio, verde el talio y rojo y azul el indio).

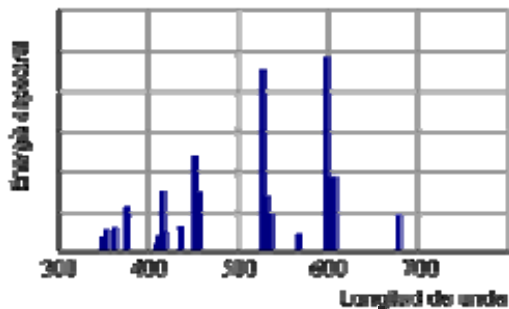


Figura 1.18: Espectro de emisión de una lámpara con halogenuros metálicos.

Los resultados de estas aportaciones son una temperatura de color de 3000 a 6000 K dependiendo de los yoduros añadidos y un rendimiento del color de entre 65 y 85. La eficiencia de estas lámparas ronda entre los 60 y 96 lm/W y su vida media es de unas 10000 horas. Tienen un periodo de encendido de unos diez minutos, que es el tiempo necesario hasta que se estabiliza la descarga. Para su funcionamiento es necesario un dispositivo especial de encendido, puesto que las tensiones de arranque son muy elevadas (1500-5000 V).

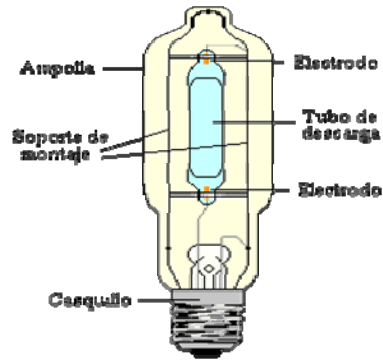


Figura 1.19: Lámpara con halogenuros metálicos.

Las excelentes prestaciones cromáticas la hacen adecuada entre otras para la iluminación de instalaciones deportivas, para retransmisiones de TV, estudios de cine, proyectores, etc.

1.6 Conclusiones:

En este capítulo vimos los diferentes convertidores de potencia y sus formas de ondas, los tipos de interruptores y un estudio de la variedad de tipos de lámparas existente.



Capítulo 2 Diseño del esquema.

Introducción.

Diseño del esquema.

Selección del tipo de lámpara.

Conclusiones.

2.1 Introducción.

En este capítulo observaremos el esquema en bloques del convertidor, hacemos la selección del circuito de fuerza y los cálculos pertinentes para la selección de los componentes electrónicos. Se realizan las simulaciones de los diferentes circuitos, además se hace la selección del tipo de lámpara.

2.2 Esquema en bloques del convertidor

El funcionamiento del convertidor a diseñar puede entenderse esquemáticamente por medio del diagrama en bloques, donde puede verse el circuito de fuerza y el circuito de mando. El circuito de fuerza está compuesto por un regulador monofásico a transistores, por su parte el circuito de mando en su primera etapa detecta el cruce de la onda para saber cuando las válvulas están siendo polarizadas directamente, su función es generar un pulso cuadrado en fase con el pulso positivo de la onda de la red, el bloque formador y modulador de pulsos está compuesto por compuertas AND que al tiempo de modular el pulso cuadrado del detector de cruce por cero con el tren de pulsos generados por el bloque oscilador, este es gobernado por el interruptor de crepúsculo, compuesto por un divisor de tensión entre un resistor fijo y un LDR para atacar la base de un transistor y este estará en serie con el oscilador permitiendo o evitando que le lleguen los pulsos de activación al modulador en dependencia si es de día o de noche. El bloque siguiente y final consiste en los amplificadores uno por cada canal que se encargaran de excitar a cada válvula del circuito de potencia. La carga que son lámparas de 220V 150 W conectada a la red eléctrica, ver figura.

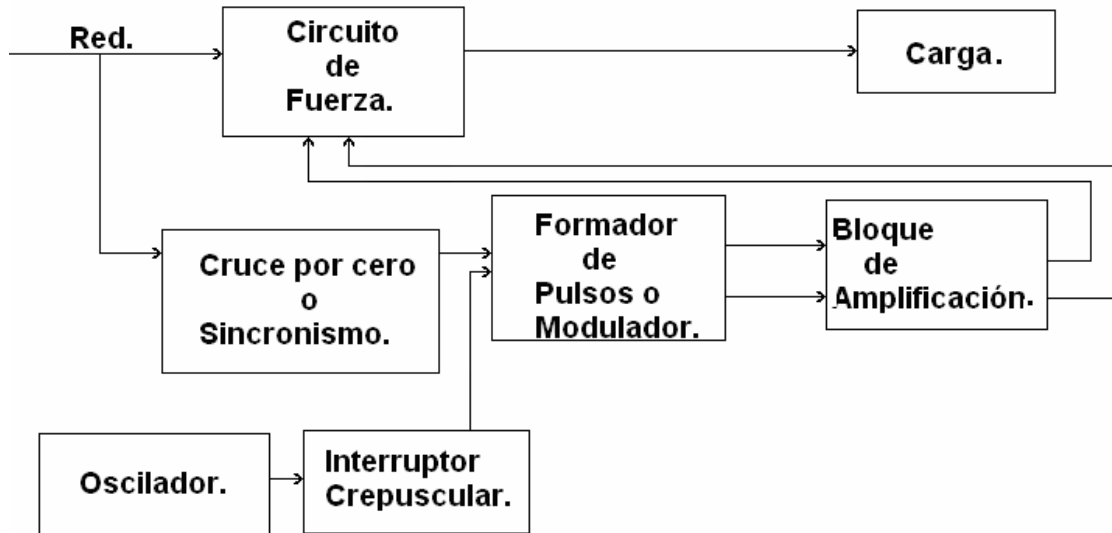


Figura 2.1 Esquema en bloques del convertidor.

2.3 Selección del circuito de fuerza.

La selección del circuito de potencia se realizó atendiendo a las prestaciones técnicas y al principio de funcionamiento que facilite de hecho la manera de obtener las formas de ondas deseadas por ejemplo de emplear tiristores en el bloque de fuerza sería muy complejo obtenerla, atendiendo a las prestaciones y potencias alcanzadas por los transistores se eligió la figura 1.6, ya que para saturar un transistor solo se precisa que tenga un pulso por la base y para cortarlo solo retirar el pulso por eso es muy cómodo obtener la modulación de la onda sinusoidal.

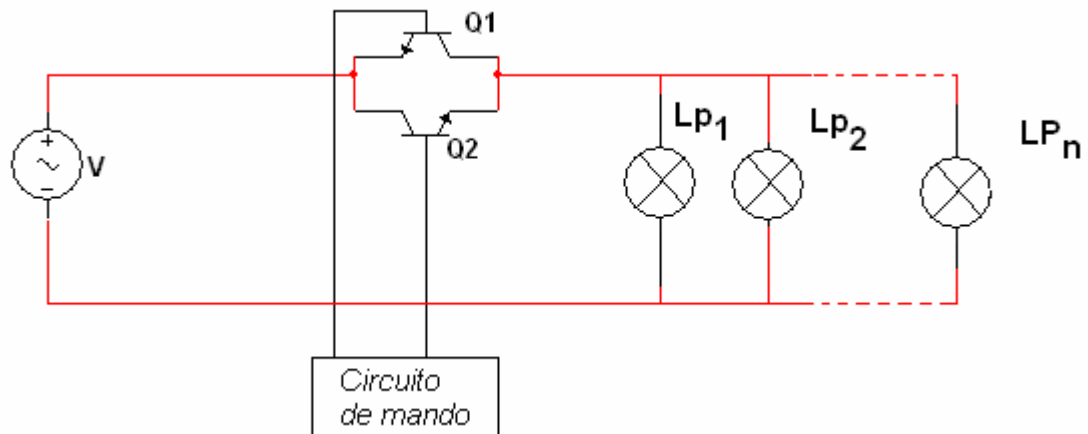


Figura 2.2 Circuito de fuerza con carga.

Cálculo de los transistores de fuerza.

La corriente se calcula por:

$$I_c = V_{ef} / R_c$$

$$R_c = \sum R_b$$

La corriente total al colector del transistor debe ser igual o mayor a la sumatoria de todas las corrientes de las lámparas al mismo tiempo.

$$I_c \geq \sum I_{Lbn}$$

$$I_c / I_{lb} = \# \text{ Lamp totales}$$

$$\# \text{ Lamp} = 120 \text{ A} / 1.9$$

Como se conoce la corriente de consumo del tipo lámparas seleccionadas y también la corriente de colector de los transistores se pueden calcular el # próximo de unidades o lámparas seleccionadas $\# \text{ Lamp} \approx 60$ unidades también se puede calcular el # de distancia aproximada a cubrir con dicho circuito si se conoce que estándar se coloca una de otra a 50 m. Según los cálculos aproximadamente se puede cubrir 3 km.

2.4 Cálculo y selección de los componentes electrónicos.

Cálculo del 555.

$$T = 0.7C (R_a + R_b).$$

Si $R_a = R_b \rightarrow$ Onda simétrica.

$$f = 1/0.7C * 2R_a$$

$$T_{on} = T_{of}.$$

Donde:

T periodo de la ondea generada

f: Frecuencia ciclica

C: Capacidad del LM 555

R_a, R_b : Resistencia de polarización del LM555.

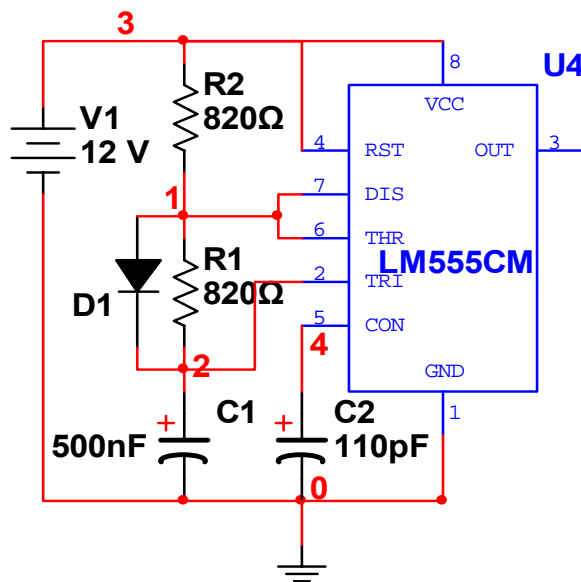


Figura 2.3 Circuito del 555.



Cálculo de cruce por cero.

$$I_c = V_c / R_c$$

$$U_{R2} = U_{be}$$

$$U_{R2} = 5V$$

$$\text{Si } R_1 = 10 \text{ k}\Omega \quad R_2 = ?$$

$$V_s = 5V$$

$$V_{cc} = 220V$$

$$U_{R2} = V_s R_2 / (R_1 + R_2)$$

$$R_1 = 10K$$

$$U_{R2}(R_1 + R_2) = V_s R_2$$

$$U_{R2} R_1 + U_{R2} R_2 = V_s R_2$$

$$U_s R_2 - U_{R2} R_2 = U_{R2} R_1$$

$$R_2(V_s - U_{R2}) = U_{R2} R_1$$

$$R_2 = U_{R2} R_1 / (V_s - U_{R2})$$

$$R_2 = 5V \cdot 10K / (220V - 5V)$$

$$R_2 = 50\,000 \text{ V}\Omega / 215V$$

$$R_2 = 50k\Omega.$$

Donde:

U_{R2} : Tensión del resistor 2.

V_s : fuente de 5v.

U_{be} : Tensión de base del transistor.

I_c : Corriente de colector.

V_{cc} : Fuente de alimentación.

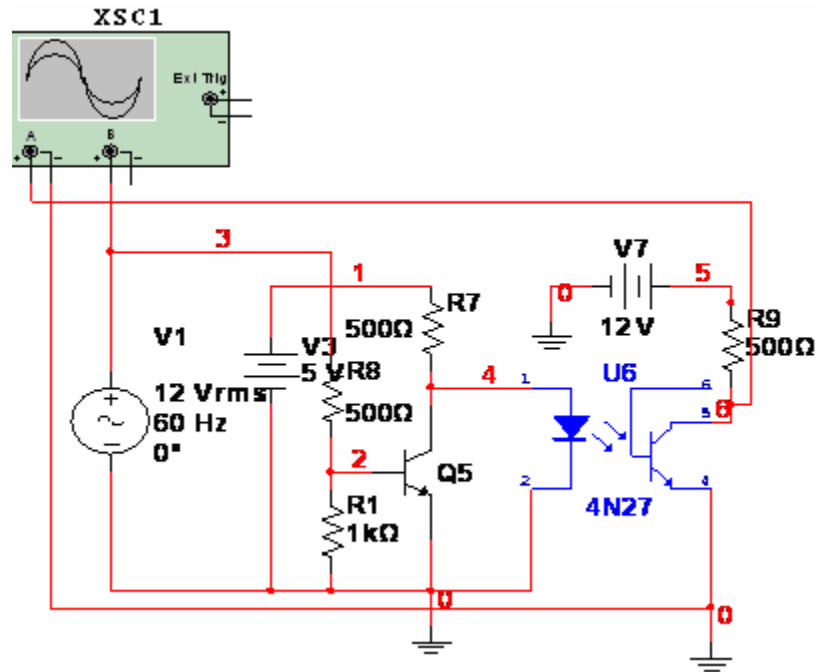


Figura 2.4 Circuito de cruce por cero.

Cálculo del optoacoplador.

$$I_d = 50 \text{ mA}$$

$$I_r = 5 \text{ mA}$$

$$V_s = 5 \text{ V}$$

$$R = U/I$$

$$R = ?$$

$$R_r = 4.25 \text{ V} / 5$$

$$V_s = U_r + U_d$$

$$R_r = 4.250 / 50$$

$$U_r = V_s - U_d$$

$$R_r = 85 \Omega$$

$$U_r = 5 \text{ V} - 0.75 \text{ V}$$

$$U_r = 4.25 \text{ V}$$

Donde:

V_s : Fuente de 5V

I_d : Corriente de Diodo.

U_r : Voltaje en Resistencia

I_r : Corriente en Resistencia



R=Resistencia que se calcula.

Corriente de base de los transistores de potencia.

$$I_b = I_c / \beta$$

$$I_b = 120 / 35$$

$$I_b = 3.4 \text{ A}$$

$$I_{c2} \geq I_{b2}$$

$$R_{c2} = V_{cc} / I_{c2}$$

$$I_{b2} = I_{c2} / \beta$$

$$I_{b2} = 4 \text{ A} / 750$$

$$I_{b2} = 5.3 \text{ mA}$$

$$I_{b2} = V_{cc} / (R_4 + R_3)$$

$$(R_4 + R_3) I_{b2} = V_{cc}$$

$$R_3 I_{b2} = V_{cc} - R_4 I_{b2}$$

$$R_3 = (V_{cc} - R_4 I_{b2}) / I_{b2}$$

$$R_3 = V_{cc} / I_{b2} - R_4$$

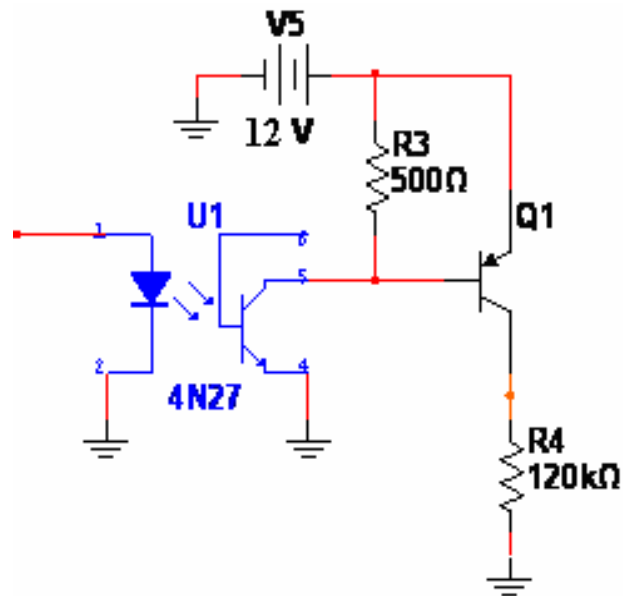


Figura 2.5 Optoacoplador 4N27.



Donde:

I_c = Corriente de colector

R_3 =Resistencia 3.

R_4 =Resistencia 4.

V_{cc} =Fuente de alimentación.

I_b = Corriente de Base.

I_{b2} = Corriente de Base Transistor 2.

I_{c2} =Corriente de Colector Transistor 2.

I_f = Corriente de Fase. Ver anexo.

Interruptor de crepúsculo

Con un simple divisor de tensión donde la resistencia R_2 es un resistor dependiente de luz, la propiedad de este elemento es mantener un valor de resistencia en dependencia de las condiciones de luz, la resistencia baja cuando se ilumina y aumenta cuando la cantidad de luz disminuye, este elemento tiene una resistencia de $3,7 \text{ k}\Omega$ en máxima iluminación y de $19,9 \text{ k}\Omega$ en condiciones de oscuridad total, este circuito permite saturar al transistor durante la noche y cortarlo durante todo el día.

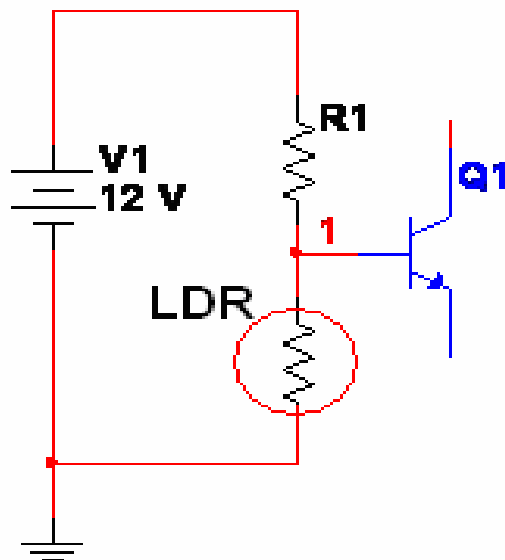


Figura 2.5 interruptor de crepúsculo.



2.5 Desarrollo del circuito de Mando.

La acción conjunta del circuito de mando puede verse a continuación y luego de la simulación se pueden ver las formas de ondas que se esperaban antes del diseño para a suplir el esquema propuesto del interruptor de crepúsculo.

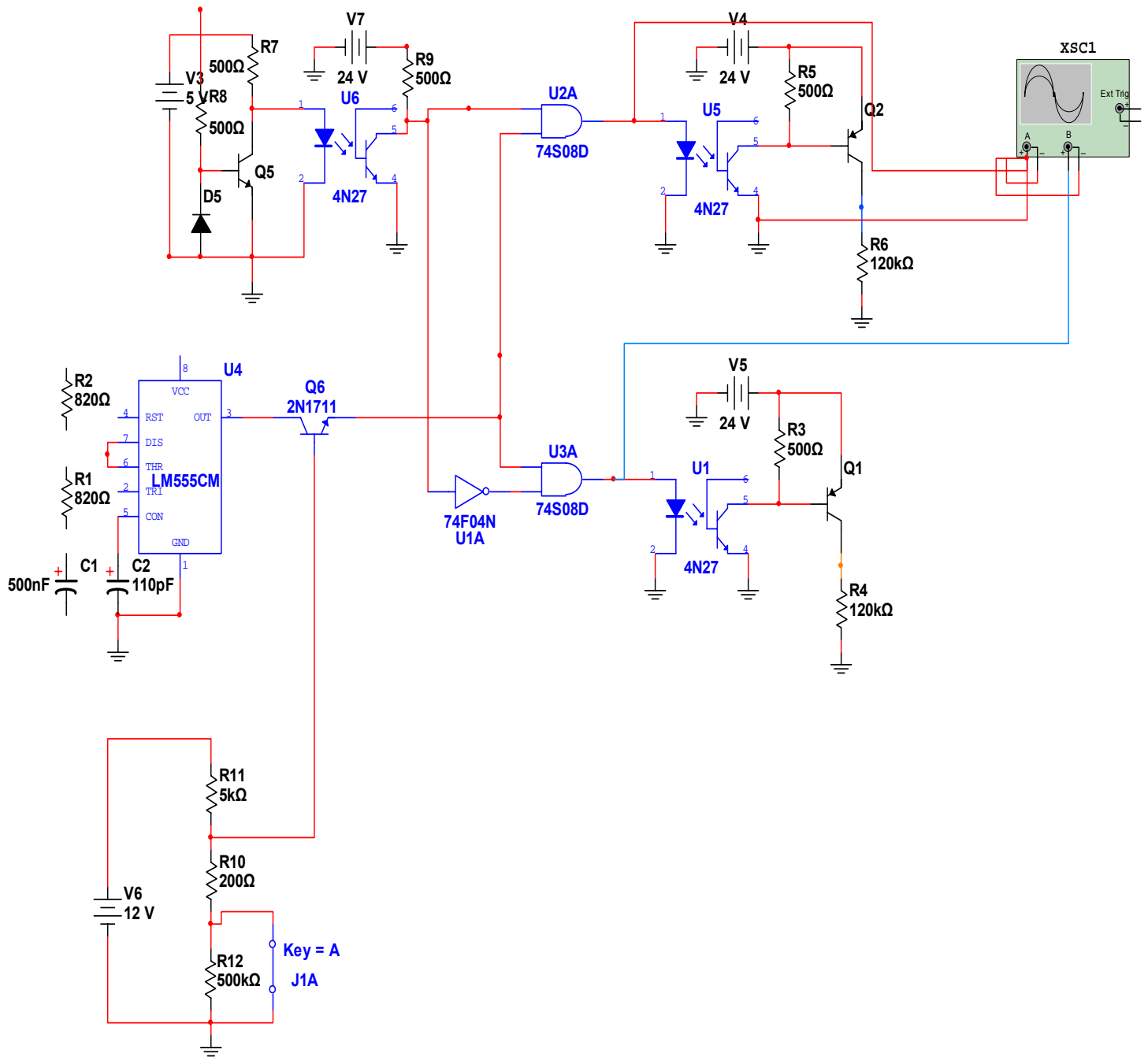


Figura 2.6 Circuito de mando.

2.6 Simulación del circuito de fuerza.

Aquí les mostramos el circuito de mando y las formas de ondas obtenidas luego de realizar la simulación.

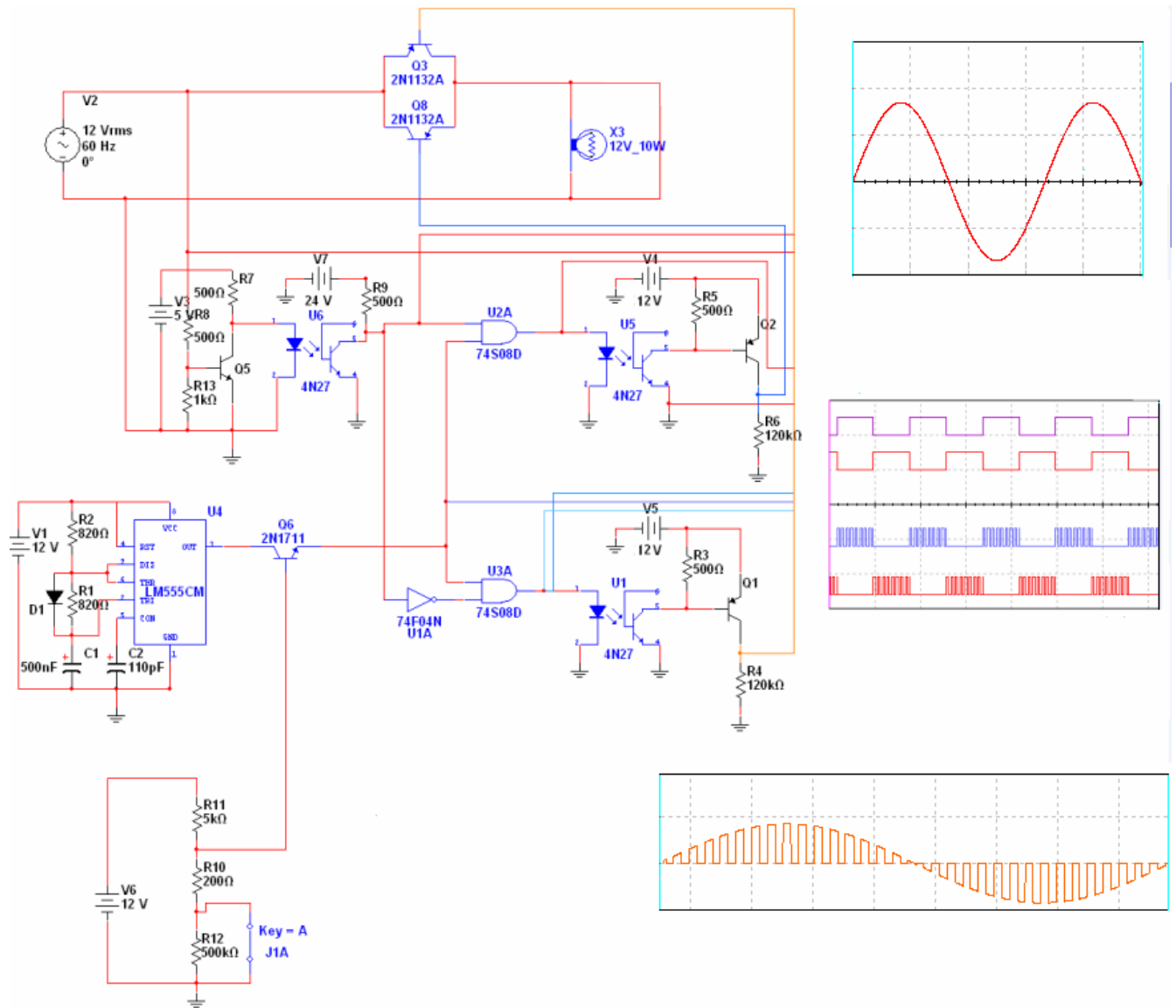


Figura 2.7 Circuito completo con el mando y las formas de ondas correspondientes.



2.7 Selección del tipo de lámpara.

. En nuestro trabajo utilizamos la lámpara de vapor de sodio de 150 W ,220 V y una corriente de 1.9. Aquí se muestran las Características técnicas de los elementos más utilizados en el alumbrado viario actual entre ellas la de vapor de sodio.

- **Luminarias**

Tabla 2.1 Características de luminarias usadas a nivel mundial.

Denominación	Fabricante	Lámparas	Tensión	Aplicación
Caoma		Incd., mixto 160 w	208 V	Zonas rurales, caminos
Underpass	Westingh.	Sodio 150 W	208 V	Túnel, pasos bajo nivel
OV-25		400 W Hg	208/240 V	Ave, distribuidores, autopist.
M-400		250 W Na	208/240 V	Ave, distribuidores, autopist
HRC-400		400 W Hg	208/240 V	Ave, distribuidores, autopist
S.G.V		100 W Na	120 V	Áreas residenciales, calles
SRC-250	Philips	250 W Na	208/240 V	Ave, distribuidores, autopist
SRC-400		400 W Na	208/240 V	Ave, distribuidores, autopist
HU-250, HU 175 Hg		250W y 175 W Hg	208/240 V	Urbanizaciones, avenidas



Figura 2.8: Luminaria para alumbrado viario. **(IVF1)**

Luminaria para iluminación viaria y urbana, disponible para lámparas de sodio alta presión (S) ó halogenuros metálicos con tubo de descarga cerámico (H) hasta 150 W.

-Formada por una carcasa y una base de fijación embisagradas entre sí, con pestillo de cierre en aluminio extruído. Fabricadas en aleación de aluminio inyectada y acabadas en pintura poliéster en tres posibles combinaciones de color:

-Carcasa en gris RAL 7035 y base en gris Galet (Akzo Nobel)

-Carcasa en azul Horn y base en azul Petrol (Akzo Nobel)

-Carcasa y base en gris RAL 7035

-Sistema óptico formado por un reflector hidroconformado y anodizado y cierre de vidrio plano templado y serigrafiado de 4 mm. Sellados con silicona.

-Sistema de inclinación que permite inclinaciones de 0, 3, 6 ó 9° en montaje a columna.

-Bandeja portaequipos según clase eléctrica.

-Acero galvanizado (Clase I)

-Poliamida reforzada con fibra de vidrio (Clase II)

-Equipo eléctrico compacto Indalblock.

-Interruptor de desconexión en apertura (Solo versión clase II)

IP-66 (sistema óptico). IK09. Clase I o clase II. Suministro sin lámpara.



Figura 2.9: Luminaria para alumbrado viario. (TONALE)

Tabla 2.2: Características técnicas (TONALE).

Código	Unid. Pies.	Cableado	Kg.	Vatio	Enganche en la base	Color
313661-00	1	CNR	11.2	MBF 125	E27	gris
313662-00	1	CNR	12.5	MBF 125	E40	gris
313663-00	1	CNR	12.7	SAP-T 150	E40	gris
313664-00	1	CNR	13.5	SAP-T 250	E40	gris
313665-00	1	CNR	15	SAP-T 400	E40	gris

Cuerpo/marco: de aluminio fundido a presión.

Reflector: de aluminio 99,85 estampado, oxidado anódicamente de un espesor de 6/8 μ y bruñido con recuperadores de flujo. (Bajo pedido con aluminio 99,90).

Tapa: de apertura mediante bisagra de aluminio fundido a presión en una única pieza. Con ganchos de cierre de acero inoxidable con un dispositivo de seguridad contra la apertura accidental.

Vidrio: templado de un esp. de 5 mm resistente a los cambios bruscos de temperatura y a los choques (pruebas UNI7142 British Standard 3193).

Barnizado: en distintas etapas. La primera de inmersión, por cataforesis epoxídica, negra, previo tratamiento de fosfocromatización, resistente a la corrosión y a las neblinas salinas. La segunda con fondo para la estabilización a los rayos UV y por último acabado rústico con barniz acrílico, ecológico, gris RAL 7030/7016.

Portalámparas: de cerámica y contactos plateados.

Cableado: alimentación de 230V/50Hz con placa extraíble y conectores rápidos para la conexión de la línea y del portalámparas. Cable con aislamiento de siliconas con trenza de

lana de vidrio de una sección de 1,0 mm² o 1,5 mm². Bornera 2P con una máxima sección de los conductores admitida de 2.5 mm².

Equipamiento: la tapa una vez abierta se queda enganchada mediante un dispositivo contra el cierre accidental, para un fácil mantenimiento. Guarnición de material ecológico. Lira giratoria con escala goniométrica de regulación del cuerpo permite la aplicación en la parte superior de la columna o tipo báculo Ø60/76 mm y seccionador de serie.

Normativa: fabricado en conformidad a las normas vigentes EN60598-1 CEI 34-21, están protegidos con el grado IP667 por lo que se refiere al vano de lámpara e IP437 para el vano de accesorios según las EN60529. Han obtenido la certificación de conformidad Europea ENEC. Clase de aislamiento II. Bajo pedido se pueden tener ejecuciones con cableado bipotencia (máx. SAP-T 150).

Superficie de exposición al viento: 2500 cm².

Óptica contra la contaminación luminosa, ideal para la instalación en la zona 1 (UNI10819), con una inclinación adecuada.



Figura 2.10: Luminaria para alumbrado viario. (SELLA)

Tabla 2.3: Características técnicas (SELLA).

Código	Unid. Pies	Cableado	Kg.	Vatio	Enganche en la base	Color
312640-00	1	CNR	6.10	MBF 80	E27	gris/negro
312641-00	1	CNR	6.40	MBF 125	E27	gris/negro
312643-00	1	CNR	6.40	SAP-E 70	E27	gris/negro
312644-00	1	CNR	6.80	SAP-T 70	E27	gris/negro
312647-00	1	CNR	6.40	SAP-T 100	E40	gris/negro
312648-00	1	CNR	6.80	SAP-T 150	E40	gris/negro



Cuerpo: de nylon f.v.

Tapa: apertura mediante bisagra, de nylon f.v. auto-extinguible.

Reflector: de aluminio 99,85 estampado, oxidado anódicamente, espesor 6/8 μ y abrigantado con recuperador de flujo.

Difusor: de policarbonato transparente irrompible y auto-extinguible V2, estabilizado a los rayos UV. Con ganchos de cierre.

Portalámparas: de cerámica y contactos plateados. Casquillo E27; E40.

Cableado: alimentación 230V/50Hz. Cable con Terminal con puntas de latón estañado de conexión rápida, aislamiento de silicona con trenza de fibra de vidrio sección 1,0 mm². Bornera 2P+T de nylon, con máxima sección admitida del conductor 4 mm².

Equipamiento: cuerpo y tapa una vez abiertos quedan enganchados para un fácil mantenimiento. Junta de fieltro. Conexión a la parte superior de la columna o tipo báculo 60 mm.

Normativa: fabricado conforme a la normativa vigente EN60598-1 CEI 34-21, con grado protección IP557 para el vano de la lámpara y IP437 para el vano para los accesorios eléctricos, según la norma EN 60529. Ha obtenido la certificación de conformidad europea ENEC.

Potencia de lámparas: MBF80; MBF125; SAP-E 70; SAP-T70; SAP-T100; SAP-T150.

Inclinación del aparato con fijación a la parte superior de la columna: 11°.

Superficie de exposición al viento: 1000 cm².

Óptica contra la contaminación luminosa, ideal para la instalación en la zona 1 (UNI10819).

Luminaria híbrida.

Todas las luminarias de mercurio contienen, para el buen funcionamiento de la lámpara de vapor de mercurio, los equipos auxiliares de los cuales el elemento más importante es el balasto (Ver Figura 2.11). Este elemento tiene la función de limitar las corrientes de descarga de la lámpara para evitar su destrucción y además de regularla para su operación. Debe estar diseñado para soportar estas corrientes (arranque y operación) y además de estar bien aislado para soportar las temperaturas a las cuales es sometido.

El condensador se encarga de mejorar el factor de potencia afectado por el balasto (elemento puramente inductivo)

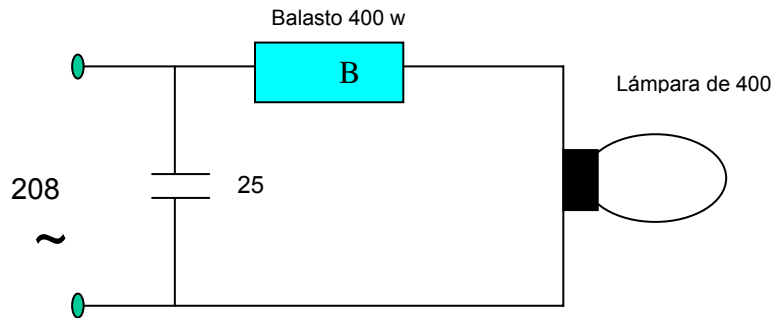


Figura 2.11: Circuito de conexión de una luminaria de Mercurio.

Si al circuito de la luminaria de mercurio (figura 2.11) se le coloca un arrancador (ignitor) paralelo al sócale de la lámpara y se reemplaza el bombillo de mercurio por sodio, obtendríamos una luminaria de sodio convertida (Figura 2.12), lo que sería una luminaria híbrida, en la cual los equipos auxiliares son de mercurio y la fuente de luz es de sodio. Sabemos que la lámpara de sodio necesita de un elemento adicional para su encendido y es por ello que se coloca el ignitor.

Esta conversión es efectiva si los balasto de mercurio están preparados para las corrientes más elevadas de las lámparas de sodio, por ello hay que comprobar si se cumple con los valores máximo de temperatura del balasto, según normas y especificaciones dadas por el fabricante.

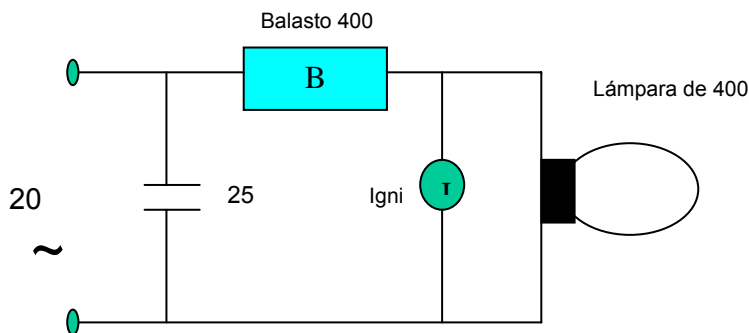


Figura 2.12: Circuito de la luminaria de mercurio repotenciada a sodio.

- Lámparas

Tabla 2.4: Características de las lámparas.

Características	Incand.	Mixta	Mercurio	Sodio
Eficiencia (Lm/W)	8 a 17	20 a 30	36 a 63	140
Vida útil (hrs.)	1000-6000	12000-15000	24000	24000
Tiempo Encendido	Instantáneo	0 - 3 min.	5 a 7 min.	3 a 4 min.
Tiempo Reencendido	Instantáneo	5 min.	3 a 6 min.	0 a 1 min.
Posición Funcional	Universal	Según fabrica.	Universal	Universal
Temp. De Color (° K)	2600-2800	3000-4000	4000-4500	2100
Color	Blanco Cálido	B. Combinado	Blanco	Amarillento
Ra (%)	100%	50-60	48 - 50	25
Formas de bulbo	Esférico	Ovoide	Ovoide	Ovoide, tubular
Utilización	Calles	Calles-Parques	Vial, industrial	Vial, industrial
Potencias (W)	150-200-300	160-500	175-250-400	100-150-250-400
Flujos (Lm)	1750-6000	3100-14000	8600-23000	9000-48000
Pérdida de flujo (%)	20	30	30	20
Intensidad de arranque	$I_0 = I_n$	$I_0 = 1,5I_n$	$I_0 = 1,3I_n$	$I_0 = 1.2 I_n$

Cualquier ambiente, realizándolo. Se fabrican en varios colores pigmentadas en la masa. Son de un acabado liso e impermeable a la humedad, que permanece en el tiempo.

Para que las lámparas de descarga funcionen correctamente es necesario, en la mayoría de los casos, la presencia de unos elementos auxiliares: cebadores y balastos. Los cebadores o ignitores son dispositivos que suministran un breve pico de tensión entre los electrodos del tubo, necesario para iniciar la descarga y vencer así la resistencia inicial del gas a la corriente eléctrica. Tras el encendido, continua un periodo transitorio durante el cual el gas se estabiliza y que se caracteriza por un consumo de potencia superior al nominal. Los balastos, por contra, son dispositivos que sirven para limitar la corriente que atraviesa la lámpara y



evitar así un exceso de electrones circulando por el gas que aumentaría el valor de la corriente hasta producir la destrucción de la lámpara.

Características técnicas del ignitor LCR002, utilizado en luminarias híbridas.

El ignitor (arrancador) más utilizado para la conversión a sodio es el LCR002 de la fabrica LCR Electrónica.C.A; este es un ignitor no polarizado que le permite funcionar independientemente del tipo de balasto. Existen otros ignitores como los de Philips que necesitan ser polarizado y su punto de toma es el del propio balasto, este último tiene un diseño especial. Los balastos de mercurio no tienen toma central para ignitores ya que las lámparas de mercurio no utilizan arrancadores para su encendido. Para su conversión a sodio se utilizaran los ignitores no polarizado por lo expuesto anteriormente.

Descripción general

Diseñado para lámparas cuya tensión va desde 100 V hasta 240 V.

- El pulso suministrado es de forma senoidal subamortiguada y su amplitud máxima es de 3.2 kV a 240 V y 2.5 kV a 208 V.
- Pulsos de baja energía.
- Cumple con las normas ANSI, de lámparas de sodio de alta tensión, donde se indica que la tensión pico mínima para el encendido de una lámpara de sodio es de $2225 \pm 20\%$ (ANSI-C78-1356, ANSI C78-1351, ANSI-C78-1350).
- Presenta su propio arrollado de excitación, lo cual le permite funcionar independientemente del tipo de balasto.

Ventajas que presenta.

- No presenta polaridad.
- Amplio rango de tensión de operación (línea), (195 - 290 Vrms).
- Pulso de baja energía, no se requiere de gran aislamiento dieléctrica para el equipo.
- No requiere de balastos con toma central.
- Usa cualquier tipo de balasto.
- Tamaño reducido.
- Funciona para todo tipo de lámpara de sodio o metal halide
- Vida útil de más de 5 años (50.000 operaciones).



2.8 Conclusiones:

En este capítulo hicimos una selección y los cálculos necesarios de los componentes, la simulación de los circuitos y un estudio de las lámparas existente dentro de ellas la seleccionada para nuestro trabajo, vapor de sodio.



Capítulo 3. Análisis de los resultados.

Introducción.

Análisis de los resultados.

Conclusiones.

3.1 introducción.

Es muy importante para cualquier profesional tener conocimientos económicos, en la actualidad estos están estrechamente relacionados con la mayoría de los trabajos a realizar en todas las ramas de la vida ingenieril. Por esto nos tomamos la tarea en este capítulo de realizar un análisis económico de nuestro trabajo. Además tenemos una valoración técnica del funcionamiento, ecológica y social.

3.2 Análisis técnico económico del trabajo.

En este trabajo se realiza un pequeño análisis económico del circuito diseñado y se muestra de forma tabulada el precio y la cantidad de componentes utilizados en el diseño lo cual nos da una medida del costo del dispositivo creado. Para la realización de esta valoración técnica – económica se tiene en cuenta el costo de todos y cada uno de los componentes que conforman el circuito diseñado. El precio de estos elementos es actual. Nos hemos apoyado en que existen dos tipos diferentes de cálculos económicos según el método de estimación de costo.

- Preestimación.
- Estimación firme.

Para nuestro trabajo nos enmarcamos en el estudio de preestimación ya que requiere de mucho menos detalles que un estudio de estimación firme, a la vez que nos permite realizar un análisis extremadamente importante para determinar si es factible o no llevar a cabo el proyecto.

Como primer paso en la realización del trabajo se tomo la relación de todos los componentes utilizados, observaciones, cantidad, el costo unitario en el mercado mundial, el costo total de cada uno de cada uno de ellos así como el total general del costo ver tabla 1.



En nuestro trabajo como se puede observar todos los componentes son adquiridos por USD pero no son costosos, es decir que pueden adquirirse fácilmente.

Componentes	Observaciones	Unidades	Costo Unitario	Costo Total
Transistor de potencia	ESM3030DV	2	5.00 USD	10 USD
Transistores de propósito general	2N2222	2	1,25	2.5 USD
Transistores de media potencia	BD675	2	2,02	4.04 USD
Resistor		12	3.00USD	46 USD
Condensadores		2	0.40 USD	0.80 USD
Compuertas		3	1.08 USD	3.25 USD
Optoacoplador LM555	4n27	3	2.5 USD	7.5 USD
		1	1,75.00 USD	1.75 USD
Total				75.84USD

Tabla 1

Por otro lado son necesarios dos trabajadores: un ingeniero y un electricista.

Donde:

Un ingeniero recibe aproximadamente \$ 1.47/ horas.

Un técnico electricista recibe aproximadamente \$ 1.21/ horas.

Teniendo en cuenta necesario para la realización de este circuito no supera las 72 horas de trabajo el salario de los trabajadores por hora (Cs) será:

Para el caso de ingeniero:

$Cs_1 = 1.47\$/h \cdot 72 \text{ horas}$.

$Cs_1 = \$ 105.84$



Para el caso del electricista:

$$Cs2 = 1.21\$/h * 72 \text{ horas.}$$

$$Cs2 = \$ 87.12$$

Por tanto:

$$Cs = Cs1 + Cs2$$

$$Cs = \$105.84 + \$ 87.12$$

$$Cs = \$ 192.96$$

Entonces podemos decir que el costo total del circuito (Ct) es:

$$Ct = Cs + \text{costo total de los componentes.}$$

$$Ct = \$ 192.96 + 75.84 \text{ USD}$$

Otro análisis económico que pudiera estimarse no solo el gasto de componentes y mano de obra para la fabricación sino que desde el punto de vista energético lo que se puede evitar gastar en potencia disipada por uso excesivo e irracional del alumbrado público en horarios no habituales, como suele suceder en numerosas ciudades del país, si por ejemplo se tiene una avenida en Moa con 20 lámparas de 150W cada una con un encendido previo de 10 h a 12 h en horario de invierno desde las 6:00 PM hasta las 6:00 AM y en horario de verano de 8:00 PM hasta las 6:00 AM.

$$20 \text{ lámparas} * 150W * 12 \text{ horas} * 30 \text{ días del mes} = 1\ 080\ 000 \text{ W.}$$

Suponiendo que estas lámparas estén trabajando 2 horas más de lo normal el gasto energético equivaldría a como sigue:

$$20 \text{ lámparas} * 150W * 14 \text{ horas} * 30 \text{ días del mes} = 1\ 260\ 000 \text{ W.}$$

Lo que equivaldría en un año a: 45 990 0000 W



3.3 Valoración Técnica del funcionamiento.

El esquema obtenido trabaja y genera las formas de ondas que se estimaron en el diseño inicial con el objetivo de controlar el encendido y el apagado de las lámparas, al tiempo que la forma de onda obtenida en la salida permite un ahorro promedio de energía por no permanecer constante el valor eficaz de la onda de entrada a frecuencia fundamental, esta forma permite también ajustar el nivel lumínico de las lámparas si se deseara con el solo hecho de variar la frecuencia del oscilador.

Se obtuvo una variante simple de circuito de fácil montaje, mantenimiento y reparación, que puede ser montado con componentes discretos de fácil adquisición en el mercado.

Según las simulaciones se espera que una vez implementado el circuito se comporte muy cerca de la realidad, en las simulaciones no se percibe ni procesos transitorios ni oscilaciones que perturben las formas de ondas, la forma obtenida a la salida puede que tenga algún armónico superpuesto, que no se analizó en este trabajo, la forma de onda perfectamente cuadrada, es posible que tenga algún inconveniente con algún tipo de funcionamiento de algunos tipos de lámparas en específico, mas eso no se hace considerable con, los beneficios que trae la modulación por ancho de pulsos ante el ahorro de energía que pudiera propiciarse.

3.4 Valoración ecológica.

La implementación de este esquema no traería consigo problemas al hombre ni al medio ambiente, por su funcionamiento propio el esquema no trabaja a alta frecuencia por eso no hay posibilidades de ocurrencias de interferencias en las ondas de radio y televisión ni en los sistemas telefónicos, de forma natural el oscilador es el mayor emisor de frecuencia y lo hace solo a 1,5 kHz, a pesar de estar en la gama audible del hombre no produce problemas ni molestias al oído por no tener el esquema elementos generadores de sonidos.

Este esquema está diseñado para trabajar al intemperie e instalados en uno cualquiera de los postes de soporte de la misma red de lámparas del alumbrado público por la parte del circuito de fuerza, estos a su vez fijados en disipadores de calor para garantizar mayor



tiempo de vida útil, por la altura a la que se coloca y la cantidad de calor generada ni es considerable como para afectar el medio ambiente ni la presencia de alguna persona o animal, por el contrario el hecho de poder controlar de manera eficiente con el horario, traería consigo aprovechar más la luz solar y evitar así más tiempo innecesario de gasto de energía y evitar al medio calentamiento por concepto de un sin número de lámparas encendidas, ya que el alumbrado público moderno generalmente utilizan principio de funcionamiento de mucha radiación de calor y otros componentes como rayos ultravioletas.

El principio de funcionamiento del sensor es el uso de la energía fotovoltaica en menor escala y de baja potencia tanto como un simple resistor dependiente de luz (LDR), elemento suficiente para con el circuito propuesto ser capaz de controlar un número grande de lámparas.

3.5 Valoración Social.

Actualmente el control del alumbrado público se realiza en su mayoría manualmente y en algunos casos se tienen implementados ya el sistema de celdas fotovoltaicas puntuales del tipo LC-10J, el tipo comercial que la UNE instala, en cada uno de los postes o lámparas que se quiera controlar, esto tiene el inconveniente que en ambientes de polvo como las zonas mineras y otras el asentamiento de polvo circundante en el aire llega el momento que obstruye la cantidad de luz que debe pasar a saturar la celda como consecuencia se pierde el control, en ocasiones no encienden o simplemente nunca se apagan, el mantenimiento a este problema consiste en subirse hasta la altura de la celda, generalmente encima de la lámpara y limpiar el orificio colector de luz.

Si se implementa un sistema múltiple como el aquí presentado en este trabajo se beneficiaría mucho y se humanizaría el trabajo del hombre al tiempo que se garantiza rapidez en el mantenimiento y un considerable ahorro de tiempo y recurso, sobre todo porque con solo una celda se consigue controlar un número grande de lámparas, todo en dependencia de la potencia de las válvulas electrónicas del circuito de fuerza del convertidor.



3.6 Conclusiones

En este capítulo hicimos una breve valoración económica del circuito diseñado, así como valoraciones técnicas del funcionamiento, ecológica y social.



Conclusiones:

1. Se logra un prototipo de regulador de C.A con su circuito de mando.
2. Se obtiene la forma de onda deseada.
3. Se logra variar el nivel medio de la tensión eficaz a la salida del esquema en función de la frecuencia de oscilación,
4. Se obtiene un interruptor de crepúsculo capaz de controlar el encendido y apagado de un convertidor estático para uso múltiple del alumbrado público.
5. Se obtiene un interruptor estático de alta potencia controlado por luz.



Recomendaciones:

1. Continuar profundizando en el tema.
2. Construir un prototipo a escala de laboratorio para experimentos.
3. Estudiar el efecto de los armónicos en la onda obtenida a la salida.
4. Probar el comportamiento de las diferentes tipos de lámparas comerciales ante este tipo de onda.
5. Proponer mejoras al circuito de forma que regule también la intensidad luminosa de la lámpara en función del nivel de oscuridad.



BIBLIOGRAFÍA:

1. Acuña Rodríguez Wilber. Estudio de las características eólicas de Moa para su utilización en la generación eléctrica alterna sinusoidal. Trabajo de Diploma. ISMM. 1995. 43p.
2. Acuña Rodríguez Wilber. Investigación sobre los componentes de un aerogenerador utilizando máquinas asincrónicas. Tesis en opción al grado de Master en Electromecánica de plantas Metalurgias. 2000.
3. Maldonado Correa Jorge Luís. Metodología de cálculo para un aerogenerador moderno de eje horizontal. Trabajo de diploma ISMM. 2003. 90p.
4. Muñiz Ávila Marcos. Guilarte Hernández Onel. Estudio de la Generación Eléctrica con máquinas Asincrónicas. Trabajo de Diploma. 1999. 47p.
5. Márquez Juan R.. Cómo funcionan los aerogeneradores Ciudad La Habana. 1998.
6. Honorable Consejo Provincial de Loja www.hcpl.gov.ec. Energías Renovables.2004. Ecuador.
7. Energías alternativas. www.visitaguada.com
8. energía eólica www.personales.ya.com
9. www.EERSA.org
10. www.windpower.org
11. Millman J. Dispositivos y Circuitos Electrónicos. Segunda parte. Edición Revolucionaria. 869p.
12. Power Electronic. Converter, Applications, An Design. Tomo 1.364p.
13. Muhammad H. Rashid. Electrónica de Potencia, Circuitos Dispositivos y Aplicaciones. Primera parte. 702p.



14. Coughlin Roberto F. Circuitos Integrados Lineales y Amplificadores Operacionales. Prentice –Hall, Hispanoamericana, S. A Segunda Edición. 391p.
15. William H. Análisis de Circuitos en Ingeniería. Editorial Félix Varela. La Habana, 2008. Parte 3. Sexta Edición. 835p.
16. William H. Análisis de Circuitos en Ingeniería. Editorial Félix Varela. La Habana, 2008. Parte 1. Sexta Edición. 833p.
17. William H. Análisis de Circuitos en Ingeniería. Editorial Félix Varela. La Habana, 2008. Parte 2. sexta Edición. 835p.
18. Farnell Electronic Components. International Edition 2. 859p.
19. Herrantz A. Electrónica Industrial, Componentes, circuitos y sistemas de Potencia. Ciudad de la Habana 1991. Parte 2. 727p.
20. laszlo.com.ar/Items/ManLumi/issue/Manual_de_Luminotecnia.PdF.
21. www.indumatec.com.ar/archivos/manual_luminotecnia.pdf
22. <http://Bdd.unizar.es/pag2/tomo2/tema9/94.htm>.1999
23. Arámbula González, R- Tesis Profesional- Procedimientos de diseños para iluminar Exteriores – Universidad Iberoamericana México- 1995.
24. Catálogo General de iluminación Indalux 1995.
25. Catálogo General de la Luz Osran. 1998/1999.
26. Manual de alumbrado Edición Revolucionaria (Traducción al Castellano del Manual de Westinghouse.1986.
27. Metodología para el análisis Integral de los sistemas de iluminación 2002. Omar Hidalgo Pérez.



Relación de Anexos

Anexo 1.

Componentes	Tipo	Ic	Vcco	β	P
Transistor	BD 675	4 A	45 V	750	40 W
Transistor	ESM3030DV	120 A	500 V	35	225 W

Anexo 2.

	Tipo	I	V	P
Lámpara	Vapor de Sodio	1.9 A	45 V	150 W



Anexo 3.

recommended operating conditions

	SN5408			SN7408			UNIT
	MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX	
V_{CC} Supply voltage	4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	V
V_{IH} High-level input voltage	2			2			V
V_{IL} Low-level input voltage			0.8			0.8	V
I_{OH} High-level output current			-0.8			-0.8	mA
I_{OL} Low-level output current			16			16	mA
T_A Operating free-air temperature	-55		125	0		70	$^{\circ}\text{C}$

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS †	SN5408			SN7408			UNIT
		MIN	TYP‡	MAX	MIN	TYP‡	MAX	
V_{IK}	$V_{CC} = \text{MIN.}$, $I_I = -12 \text{ mA}$			-1.5			-1.5	V
V_{OH}	$V_{CC} = \text{MIN.}$, $V_{IH} = 2 \text{ V.}$, $I_{OH} = -0.8 \text{ mA}$	2.4	3.4		2.4	3.4		V
V_{OL}	$V_{CC} = \text{MIN.}$, $V_{IL} = 0.8 \text{ V.}$, $I_{OL} = 16 \text{ mA}$	0.2	0.4		0.2	0.4		V
I_I	$V_{CC} = \text{MAX.}$, $V_I = 5.5 \text{ V}$			1			1	mA
I_{IH}	$V_{CC} = \text{MAX.}$, $V_I = 2.4 \text{ V}$			40			40	μA
I_{IL}	$V_{CC} = \text{MAX.}$, $V_I = 0.4 \text{ V}$			-1.6			-1.6	mA
$I_{OS}§$	$V_{CC} = \text{MAX.}$	-20		-55	-18		-55	mA
I_{CCH}	$V_{CC} = \text{MAX.}$, $V_I = 4.5 \text{ V}$		11	21		11	21	mA
I_{CCL}	$V_{CC} = \text{MAX.}$, $V_I = 0 \text{ V}$		20	33		20	33	mA

† For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions.

‡ All typical values are at $V_{CC} = 5 \text{ V.}$ $T_A = 25^{\circ}\text{C.}$

§ Not more than one output should be shorted at a time.

switching characteristics, $V_{CC} = 5 \text{ V,}$ $T_A = 25^{\circ}\text{C}$ (see note 2)

PARAMETER	FROM (INPUT)	TO (OUTPUT)	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
t_{PLH}	A or B	Y	$R_L = 400 \Omega,$ $C_L = 15 \text{ pF}$		17.5	27	ns
t_{PHL}					12	19	ns

NOTE 2: Load circuits and voltage waveforms are shown in Section 1.



Anexo 4.

recommended operating conditions

	SN54LS08			SN74LS08			UNIT
	MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX	
V_{CC} Supply voltage	4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	V
V_{IH} High-level input voltage	2			2			V
V_{IL} Low-level input voltage			0.7			0.8	V
I_{OH} High-level output current			-0.4			-0.4	mA
I_{OL} Low-level output current			4			8	mA
T_A Operating free-air temperature	-55		125	0		70	$^{\circ}\text{C}$

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS †	SN54LS08			SN74LS08			UNIT
		MIN	TYP ‡	MAX	MIN	TYP ‡	MAX	
V_{IK}	$V_{CC} = \text{MIN}$, $I_I = -18 \text{ mA}$			-1.5			-1.5	V
V_{OH}	$V_{CC} = \text{MIN}$, $V_{IH} = 2 \text{ V}$, $I_{OH} = -0.4 \text{ mA}$	2.5	3.4		2.7	3.4		V
V_{OL}	$V_{CC} = \text{MIN}$, $V_{IL} = \text{MAX}$, $I_{OL} = 4 \text{ mA}$	0.25	0.4		0.25	0.4		V
	$V_{CC} = \text{MIN}$, $V_{IL} = \text{MAX}$, $I_{OL} = 8 \text{ mA}$				0.35	0.5		
I_I	$V_{CC} = \text{MAX}$, $V_I = 7 \text{ V}$		0.1			0.1		mA
I_{IH}	$V_{CC} = \text{MAX}$, $V_I = 2.7 \text{ V}$		20			20		μA
I_{IL}	$V_{CC} = \text{MAX}$, $V_I = 0.4 \text{ V}$		-0.4			-0.4		mA
$I_{OS} §$	$V_{CC} = \text{MAX}$	-20		-100	-20		-100	mA
I_{OCH}	$V_{CC} = \text{MAX}$, $V_I = 4.5 \text{ V}$	2.4	4.8		2.4	4.8		mA
I_{OCL}	$V_{CC} = \text{MAX}$, $V_I = 0 \text{ V}$	4.4	8.8		4.4	8.8		mA

† For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions.

‡ All typical values are at $V_{CC} = 5 \text{ V}$, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$

§ Not more than one output should be shorted at a time, and the duration of the short-circuit should not exceed one second.

switching characteristics, $V_{CC} = 5 \text{ V}$, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$ (see note 2)

PARAMETER	FROM (INPUT)	TO (OUTPUT)	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
t_{PLH}	A or B	Y	$R_L = 2 \text{ k}\Omega$, $C_L = 15 \text{ pF}$		8	15	ns
t_{PHL}					10	20	ns

NOTE 2: Load circuits and voltage waveforms are shown in Section 1.



Anexo 5.

recommended operating conditions

	SN54S08			SN74S08			UNIT
	MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX	
V_{CC} Supply voltage	4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	V
V_{IH} High-level input voltage	2			2			V
V_{IL} Low-level input voltage			0.8			0.8	V
I_{OH} High-level output current			-1			-1	mA
I_{OL} Low-level output current			20			20	mA
T_A Operating free-air temperature	-55		125	0		70	$^{\circ}$ C

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS †	SN54S08			SN74S08			UNIT
		MIN	TYP‡	MAX	MIN	TYP‡	MAX	
V_{IK}	$V_{CC} = \text{MIN}$, $I_I = -18 \text{ mA}$			-1.2			-1.2	V
V_{OH}	$V_{CC} = \text{MIN}$, $V_{IH} = 2 \text{ V}$, $I_{OH} = -1 \text{ mA}$	2.5	3.4		2.7	3.4		V
V_{OL}	$V_{CC} = \text{MIN}$, $V_{IL} = 0.8 \text{ V}$, $I_{OL} = 20 \text{ mA}$			0.5			0.5	V
I_I	$V_{CC} = \text{MAX}$, $V_I = 5.5 \text{ V}$			1			1	mA
I_{IH}	$V_{CC} = \text{MAX}$, $V_I = 2.7 \text{ V}$			50			50	μ A
I_{IL}	$V_{CC} = \text{MAX}$, $V_I = 0.5 \text{ V}$			-2			-2	mA
$I_{OS}§$	$V_{CC} = \text{MAX}$	-40		-100	-40		-100	mA
I_{CCH}	$V_{CC} = \text{MAX}$, $V_I = 4.5 \text{ V}$		18	32		18	32	mA
I_{CCL}	$V_{CC} = \text{MAX}$, $V_I = 0 \text{ V}$		32	57		32	57	mA

† For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions.

‡ All typical values are at $V_{CC} = 5 \text{ V}$, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$.

§ Not more than one output should be shorted at a time, and the duration of the short-circuit should not exceed one second.

switching characteristics, $V_{CC} = 5 \text{ V}$, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$ (see note 2)

PARAMETER	FROM (INPUT)	TO (OUTPUT)	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
t_{PLH}	A or B	Y	$R_L = 280 \Omega$, $C_L = 15 \text{ pF}$	4.5		7	ns
t_{PHL}				5		7.5	ns
t_{PLH}			$R_L = 280 \Omega$, $C_L = 50 \text{ pF}$	6			ns
t_{PHL}				7.5			ns

NOTE 2: Load circuits and voltage waveforms are shown in Section 1.



Anexo 6.

QUICK REFERENCE DATA

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



Anexo 7.

LIMITING VALUES

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

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	MAX.	UNIT
V _{CB0}	collector-base voltage	open emitter			
	2N2222		–	60	V
	2N2222A		–	75	V
V _{CE0}	collector-emitter voltage	open base			
	2N2222		–	30	V
	2N2222A		–	40	V
V _{EB0}	emitter-base voltage	open collector			
	2N2222		–	5	V
	2N2222A		–	6	V
I _C	collector current (DC)		–	800	mA
I _{CM}	peak collector current		–	800	mA
I _{BM}	peak base current		–	200	mA
P _{tot}	total power dissipation	T _{amb} ≤ 25 °C	–	500	mW
		T _{case} ≤ 25 °C	–	1.2	W
T _{stg}	storage temperature		–85	+150	°C
T _J	junction temperature		–	200	°C
T _{amb}	operating ambient temperature		–85	+150	°C

THERMAL CHARACTERISTICS

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	VALUE	UNIT
R _{thJ-a}	thermal resistance from junction to ambient	in free air	350	K/W
R _{thJ-c}	thermal resistance from junction to case		146	K/W



Anexo 8.

MAXIMUM RATINGS ($T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted)

Rating	Symbol	Value	Unit
--------	--------	-------	------

INPUT LED

Reverse Voltage	V_R	3	Volts
Forward Current — Continuous	I_F	60	mA
LED Power Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ with Negligible Power in Output Detector Derate above 25°C	P_D	120 1.41	mW mW/°C

OUTPUT TRANSISTOR

Collector–Emitter Voltage	V_{CEO}	30	Volts
Emitter–Collector Voltage	V_{ECO}	7	Volts
Collector–Base Voltage	V_{CBO}	70	Volts
Collector Current — Continuous	I_C	150	mA
Detector Power Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ with Negligible Power in Input LED Derate above 25°C	P_D	150 1.76	mW mW/°C

TOTAL DEVICE

Isolation Surge Voltage ⁽¹⁾ (Peak ac Voltage, 60 Hz, 1 sec Duration)	V_{ISO}	7500	Vac(pk)
Total Device Power Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C	P_D	250 2.94	mW mW/°C
Ambient Operating Temperature Range ⁽²⁾	T_A	-55 to +100	°C
Storage Temperature Range ⁽²⁾	T_{stg}	-55 to +150	°C
Soldering Temperature (10 sec, 1/16" from case)	T_L	260	°C



Anexo 9.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted)⁽¹⁾

Characteristic	Symbol	Min	Typ ⁽¹⁾	Max	Unit	
INPUT LED						
Forward Voltage ($I_F = 10\text{ mA}$)	V_F	$T_A = 25^\circ\text{C}$	—	1.15	1.5	Volts
		$T_A = -55^\circ\text{C}$	—	1.3	—	
		$T_A = 100^\circ\text{C}$	—	1.05	—	
Reverse Leakage Current ($V_R = 3\text{ V}$)	I_R	—	—	100	μA	
Capacitance ($V = 0\text{ V}$, $f = 1\text{ MHz}$)	C_J	—	18	—	pF	
OUTPUT TRANSISTOR						
Collector–Emitter Dark Current ($V_{CE} = 10\text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$)	I_{CEO}	4N25,25A,26,27	—	1	50	nA
($V_{CE} = 10\text{ V}$, $T_A = 100^\circ\text{C}$)		4N26	—	1	100	μA
	I_{CEO}	All Devices	—	1	—	μA
Collector–Base Dark Current ($V_{CB} = 10\text{ V}$)	I_{CBO}	—	0.2	—	nA	
Collector–Emitter Breakdown Voltage ($I_C = 1\text{ mA}$)	$V_{(BR)CEO}$	30	45	—	Volts	
Collector–Base Breakdown Voltage ($I_C = 100\text{ }\mu\text{A}$)	$V_{(BR)CBO}$	70	100	—	Volts	
Emitter–Collector Breakdown Voltage ($I_E = 100\text{ }\mu\text{A}$)	$V_{(BR)ECO}$	7	7.8	—	Volts	
DC Current Gain ($I_C = 2\text{ mA}$, $V_{CE} = 5\text{ V}$)	h_{FE}	—	500	—	—	
Collector–Emitter Capacitance ($f = 1\text{ MHz}$, $V_{CE} = 0$)	C_{CE}	—	7	—	pF	
Collector–Base Capacitance ($f = 1\text{ MHz}$, $V_{CB} = 0$)	C_{CB}	—	19	—	pF	
Emitter–Base Capacitance ($f = 1\text{ MHz}$, $V_{EB} = 0$)	C_{EB}	—	9	—	pF	
COUPLED						
Output Collector Current ($I_F = 10\text{ mA}$, $V_{CE} = 10\text{ V}$)	I_C (CTR) ⁽²⁾	4N25,25A,26	2 (20)	7 (70)	—	$\text{mA} (\%)$
		4N27,28	1 (10)	5 (50)	—	
Collector–Emitter Saturation Voltage ($I_C = 2\text{ mA}$, $I_F = 50\text{ mA}$)	$V_{CE(sat)}$	—	0.15	0.5	Volts	
Turn–On Time ($I_F = 10\text{ mA}$, $V_{CC} = 10\text{ V}$, $R_L = 100\text{ }\Omega$) ⁽³⁾	t_{on}	—	2.8	—	μs	
Turn–Off Time ($I_F = 10\text{ mA}$, $V_{CC} = 10\text{ V}$, $R_L = 100\text{ }\Omega$) ⁽³⁾	t_{off}	—	4.5	—	μs	
Rise Time ($I_F = 10\text{ mA}$, $V_{CC} = 10\text{ V}$, $R_L = 100\text{ }\Omega$) ⁽³⁾	t_r	—	1.2	—	μs	
Fall Time ($I_F = 10\text{ mA}$, $V_{CC} = 10\text{ V}$, $R_L = 100\text{ }\Omega$) ⁽³⁾	t_f	—	1.3	—	μs	
Isolation Voltage ($f = 60\text{ Hz}$, $t = 1\text{ sec}$) ⁽⁴⁾	V_{ISO}	7500	—	—	Vac(pk)	
Isolation Resistance ($V = 500\text{ V}$) ⁽⁴⁾	R_{ISO}	10^{11}	—	—	Ω	
Isolation Capacitance ($V = 0\text{ V}$, $f = 1\text{ MHz}$) ⁽⁴⁾	C_{ISO}	—	0.2	—	pF	

1. Always design to the specified minimum/maximum electrical limits (where applicable).

2. Current Transfer Ratio (CTR) = $I_C/I_F \times 100\%$.

3. For test circuit setup and waveforms, refer to Figure 11.

4. For this test, Pins 1 and 2 are common, and Pins 4, 5 and 6 are common.