



Trabajo Práctico N°1

“Confiabilidad de un sistema electrónico”

Profesores:

- Ing. Centeno, Carlos
- Ing. Dondo, Diego

Integrantes:

- Aravena, Tomás 84631
- Moreno, Facundo 82352

Curso 5R2



Índice

| | |
|--|-----------|
| Introducción | 2 |
| Desarrollo | 3 |
| Análisis del circuito por bloques funcionales: | 6 |
| Análisis por cuentas de las partes | 7 |
| Análisis por estrés de componentes | 8 |
| Resistor: | 9 |
| Trimmer: | 11 |
| Capacitor: | 12 |
| Transistor: | 13 |
| Bornera: | 14 |
| Relé: | 16 |
| Pulsador: | 17 |
| Estrés por subsistemas y sistema en forma general: | 18 |
| Análisis de modo de fallas y sus efectos (FMEA): | 18 |
| Niveles de severidad y probabilidades de ocurrencia. | 23 |
| Tabla con estudio de Niveles de severidad y probabilidades de ocurrencia para cada componente. | 24 |
| Matriz de criticidad del circuito. | 26 |
| Conclusión. | 28 |



Introducción

El concepto de confiabilidad es un tema muy importante hoy en día debido a que se relaciona de manera lineal con la calidad de los productos que se ponen a la venta. Dentro de la ingeniería electrónica es un sector de estudio que debe de ser muy meticuloso ya que existen sistemas que dadas sus prestaciones, usos, o ambientes en los que se van a desenvolver, no se puede dar el lujo de fallar, sea de manera crítica o no.

En líneas generales la confiabilidad electrónica se refiere a la capacidad que poseen los sistemas electrónicos para funcionar sin fallas en las condiciones especificadas después de un tiempo de uso, estos análisis están fuertemente vinculados a el concepto de mortalidad infantil, la vida útil y el inicio del periodo de desgaste determinado por la curva de bañera.

En este caso se va a someter a este análisis de confiabilidad un circuito temporizador con un máximo variable de hasta 3 minutos, destinado principalmente a la industria de pintura, donde es necesario cada 120 segundos activar unos LEDS de emisión ultravioleta de alta potencia para el secado de la pintura (Sistemas de curado UV). El estándar que se utilizará es el determinado por el “military handbook HDBK-MIL-217”, siendo este el utilizado para referenciar circuitos que son de grado militar en la década de los 90 y hoy en día se utiliza como un estándar general de confiabilidad. Con este vamos a determinar las tolerancias, porcentajes y tipos de errores, como así también explicar las posibles fallas que el circuito pueda presentar en su funcionamiento.

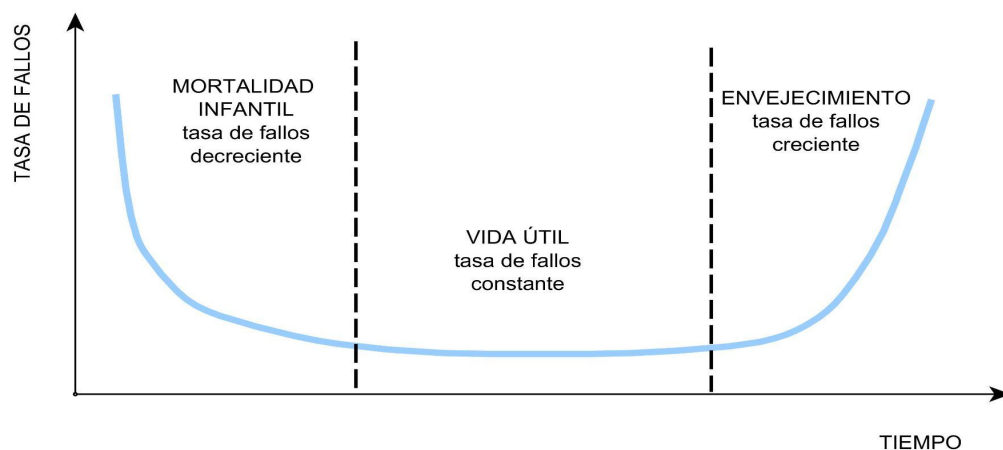


Figura 1: Bathtub curve.

Desarrollo

El circuito elegido hace referencia a un temporizador con un máximo variable de hasta 3 minutos, el cual es controlado con la carga y descarga del capacitor, la exactitud del temporizador reside en la tolerancia y correcta elección de los componentes resistivos y capacitivos así como también mantener constantes las tensiones, tanto de referencia como de alimentación, aunque generalmente debido a temperaturas pueden existir pequeños errores en el mismo.

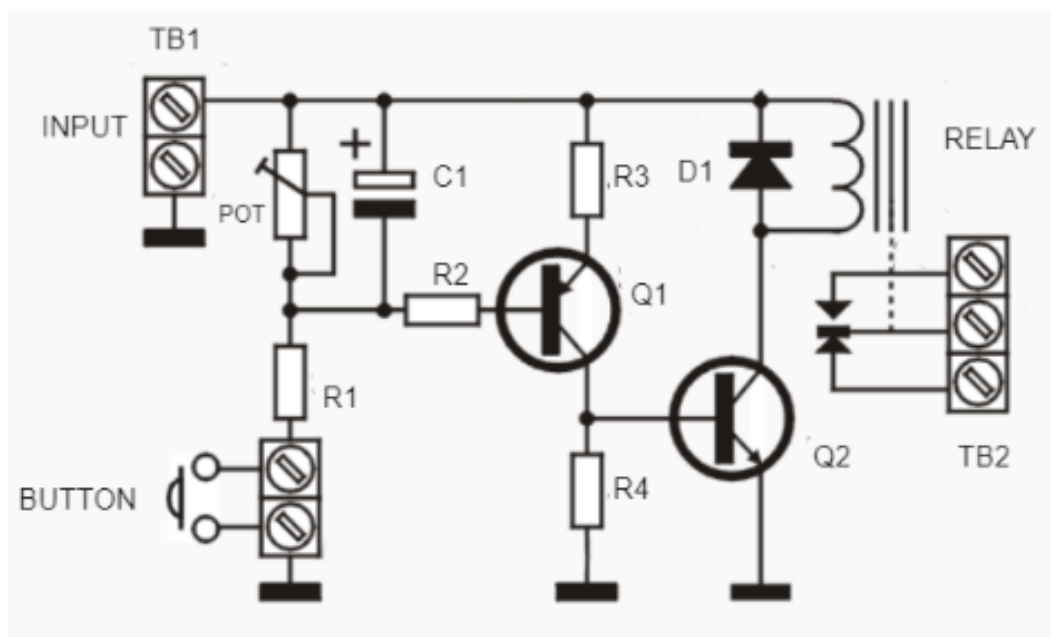


Figura 2: circuito analizado (timer analógico).

Este es un dispositivo simple pero muy eficiente a la hora de ser utilizado. Su funcionamiento se basa en que cuando el pulsador es accionado el capacitor electrolítico es cargado rápidamente lo que pone el transistor 1 en conducción, la resistencia de 330Ω es necesaria para proteger al capacitor del pico inicial de corriente, el trimer determinará el tiempo que tarda el capacitor en descargarse y por lo tanto el tiempo que el timer permanece activo, una vez que los transistores comienzan a conducir, la corriente pasa por el relé (hasta

el colector del transistor 2) haciendo que este se cierre permitiendo el paso de corriente al dispositivo conectado a la salida durante el tiempo determinado.

Las resistencias de $4,7K\Omega$ son necesarias para impedir el paso de corriente y por lo tanto no dejar que se descargue el condensador y la resistencia de $47K\Omega$ tiene la modalidad de pull-down. El diodo 1N4005 está colocado en inversa y en paralelo con el relé para proteger los componentes del circuito de los picos de voltaje que pueden ser generados cuando el relé se desactiva.

Lista de componentes utilizados en el esquema:

- 2 resistencias de $4,7K\Omega$ 1/4W.
- 1 resistencia de 330Ω .
- 1 resistencia de $47K\Omega$.
- 1 trimmer de $1M\Omega$.
- 1 capacitor electrolítico de $100\mu F$ 25V.
- 1 diodo 1N4005.
- 1 transistor NPN BC548.
- 1 transistor PNP BC558.
- 1 relé 12V.
- 1 conector con borneras de 2 vías.
- 1 conector con borneras de 3 vías.
- 1 pulsador.

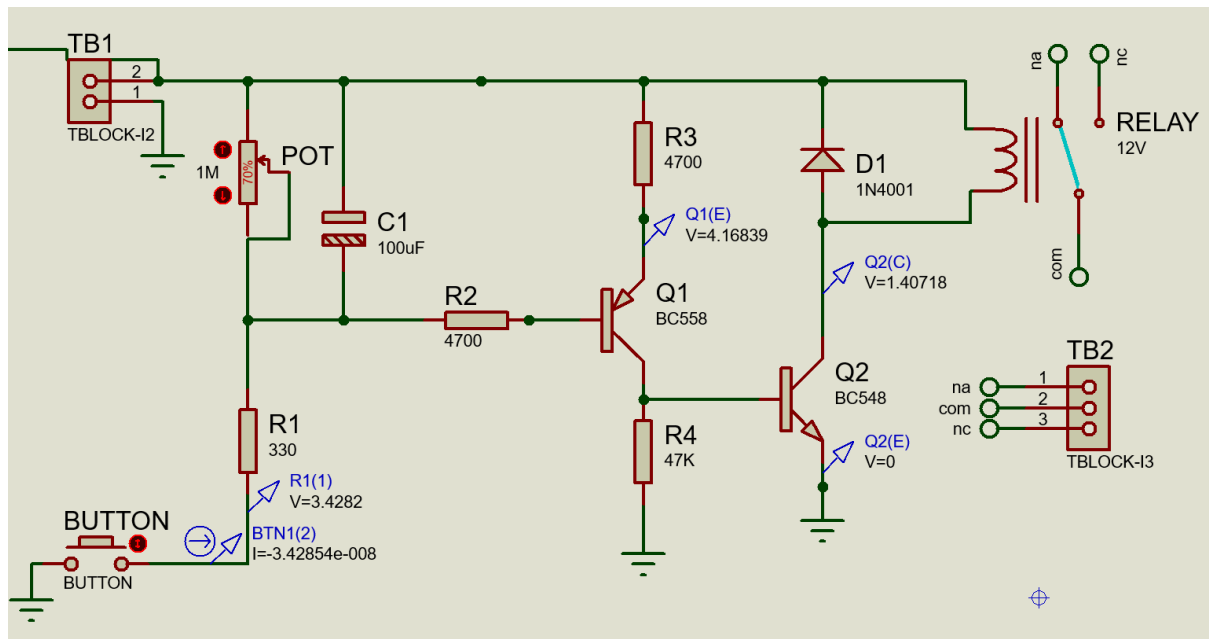


Figura 3: Screenshot de simulación en Proteus 8.

Este circuito va a estar en un entorno industrial, donde la temperatura va a estar parcialmente controlada para no sobrepasar los 35 grados, el dispositivo está alimentado por una fuente de 12V 1A con frecuencia de red de 50Hz.

Análisis del circuito por bloques funcionales:

En este análisis queda descrito el funcionamiento general de cada uno de los bloques y su interacción con el circuito en general, quedando desglosado en 4 partes principales;

- + **Amarillo:** Etapa de alimentación, donde ésta es generada por un transformador generico 12V 1A.
- + **Rojo:** Etapa de calibración e inicio, donde con una correcta elección de los componentes capacitivos y resistivos se logra el tiempo deseado, el cual será iniciado una vez que se active el pulsador, iniciando la carga del capacitor.
- + **Azul:** Etapa de control, la cual genera una descarga lenta del capacitor para así poder mantener la constante de tiempo calculada anteriormente gracias a la resistencia de $4,7K\Omega$ ubicada en el emisor del Q1, la cual se verá reflejada en la base del mismo multiplicada tantas veces como sea el hfe del mismo generando una impedancia de muy alto nivel, y por consiguiente una corriente muy baja.
- + **Violeta:** Etapa de potencia, se encuentra la salida del relay y conectado en paralelo a su bobina, un diodo en inversa, el cual va a proteger al circuito de la corriente de flyback generada por el propio relé.

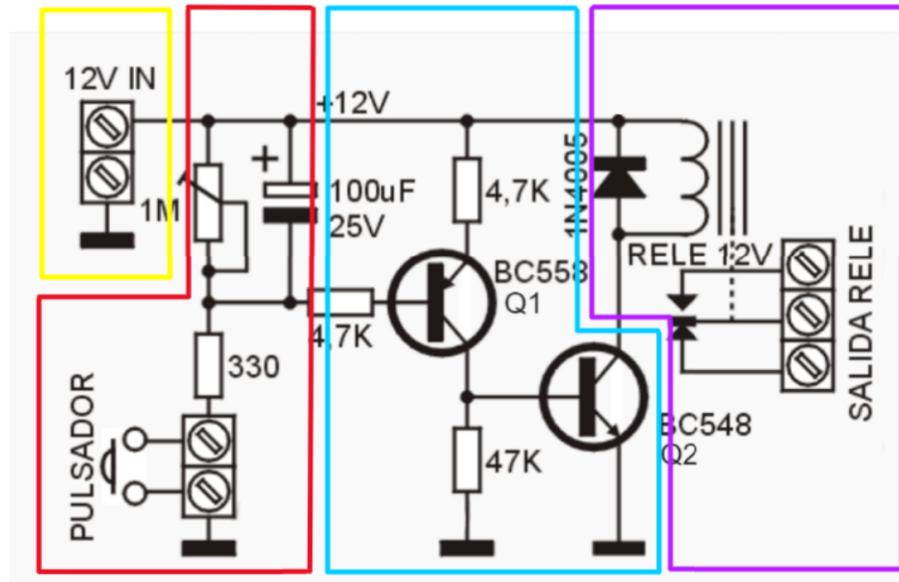


Figura 3: División de bloques funcionales.



Análisis por cuentas de las partes

Este análisis consiste en determinar el ámbito genérico del elemento y la calidad del mismo, por lo que se determinó en la siguiente tabla tanto el λ_p , siendo la probabilidad de falla del equipo, como así también el MTBF, cuyas siglas corresponden a el tiempo medio a la falla.

La sumatoria de los elementos individuales, teniendo en cuenta la cantidad que existen de cada uno, y su tiempo medio a la falla se pueden apreciar en el borde inferior derecho de la tabla, en donde el cálculo de la probabilidad de falla es determinado de la siguiente manera:

$$\lambda_{pequi} = \sum_{i=1}^n i N_i * (\lambda_g * \pi Q) i$$

Y a su vez la ecuación del MTBF se puede expresar como la inversa del λ_p .

$$MTBF = \frac{1}{\lambda_{pequi}}$$

| CUENTA DE LAS PARTES | | | | | | | |
|----------------------|------------|---|-------------|--------------------------|-------------|------------|-------------|
| Dispositivo | Type | N | λ_g | $\pi Q = \text{plastic}$ | λ_p | MTBF [hs] | MTBF [días] |
| Resistor | RC | 4 | .011 | 8 | 0.352 | 2.840.909 | 118.371 |
| Capacitor | CU, CUR | 1 | .019 | 8 | 0.152 | 6.578.947 | 274.122 |
| Trimmer | RV | 1 | .16 | 8 | 1.28 | 781.250 | 32.552 |
| Diodo | GPA | 1 | .028 | 8 | 0.224 | 4.464.285 | 186.011 |
| Relé | GPA | 1 | .12 | 8 | 0.96 | 1.041.666 | 43.402 |
| Transistor | nnp/pnp | 2 | .0011 | 8 | 0.0176 | 56.818.181 | 2.367.424 |
| Borneras | TB | 2 | .12 | 8 | 1.92 | 520.833 | 21.701 |
| Pulsador | PushButton | 1 | .3 | 8 | 2.4 | 416.666 | 17.361 |
| sistema -> | | | | | 7.305 | 136.893 | 5.703 |



Este análisis también se lleva a cabo discriminando los bloques funcionales del sistema y las probabilidades de falla de cada uno, estos datos se expresan en la siguiente tabla, en donde cada uno de los sistemas está conformado por diferentes componentes los que se enlistan a continuación:

- Amarillo: Bornera de 2 pines.
- Rojo: Trimmer, capacitor, resistencia 330 Ω y pulsador.
- Azul: 2 Transistores, 2 resistencias de 4,7K Ω y 1 resistencia de 47K Ω
- Violeta: Diodo, relé, bornera de 3 pines.

| Subsistema | λ_p | MTBF [hs] | MTBF [dias] |
|------------|-------------|-----------|-------------|
| Amarillo | 0.96 | 1.041.666 | 43.402 |
| Rojo | 3.92 | 276.243 | 11.510 |
| Azul | 0.2816 | 3.551.136 | 147.964 |
| Violeta | 2.144 | 466.417 | 19.434 |

Análisis por estrés de componentes

Método en donde se va a determinar una tasa de fallas al sistema en condiciones normales de trabajo, como así también el tiempo medio de fallas a nivel de bloque funcional y por cada elemento individual. El procedimiento consta de la adición de todas las tasas parciales por cada componente, en esta suma entran en juego cuestiones intrínsecas tales como la tasa de fallas del PCB, calidad de soldaduras, temperatura de trabajo, etc.

En esta sección se va a desarrollar el análisis individual de los componentes, después se agruparán en bloque funcional, y como última instancia, un análisis del sistema en general.

Este análisis está fuertemente ligado al Mil Handbook y a sus respectivos procedimientos para el cálculo del error, así como también fórmulas intermedias que fueron utilizadas pero no especificadas dentro del informe.



Resistor:

Resistores estándar de carbón (RC, composition resistor) de simple uso y fácil acceso en el mercado. Valores: 330, 4,7k x2 y 47k [Ω]



Figura 4: Resistor de carbón.

Fórmulas a utilizar:

$$\lambda_p = \lambda_b \pi_T \pi_P \pi_S \pi_Q \pi_E \quad \text{Failures per } 10^6 \text{ Hours}$$

$$\pi_S = 0.54e^{2.04(S)} \quad MTBF = \frac{1}{\lambda_p}$$

λ_b = Base failure rate

π_T = Temperature factor

π_P = Power factor

π_S = Power Stress factor

π_Q = Quality factor

π_E = Environment factor

$$\pi_S = 0.54e^{2.04(S)}$$

$$S = \frac{\text{Actual power dissipation}}{\text{Rated power}}$$

El cálculo del “Power stress factor” se realiza a partir de la simulación del circuito y medición de los parámetros de tensión y corriente en cada resistencia, a partir de estos se calcula el término “Actual power dissipation” para S, “Rated power” hace referencia a la mayor potencia que el dispositivo puede aguantar según la información de la datasheet.

El resto de los valores de los parámetros son determinados a partir de las tablas del Handbook mencionado anteriormente.



Cálculo R1: $R_1 = 330 \Omega$ $V_{R1} = 11,88V$ $I_{R1} = 18,37 \mu A$

$$S = \frac{0,218 mW}{0,25W} = 8,72 \times 10^{-4} \quad Power\ stress = 0,54e^{2,04(8,72 \times 10^{-4})} = 0,5409$$

Según la tabla(en columna 2): $\pi_s = 1,5$

$$\lambda_p = 0,0017 \cdot 0,88 \cdot 0,58 \cdot 1,5 \cdot 3 \cdot 4 = 0,0156$$

$$MTBF = \frac{1}{\lambda_p} = \frac{1}{0,0156} = 64.102.564\ Hs = 2.670.940\ Dias$$

Cálculo R2: $R_2 = 4,7k\Omega$ $V_{R2} = 11,88$ $I_{R2} = 46,3 \mu A$

$$S = \frac{0,55 mW}{0,25W} = 2,2 \times 10^{-3} \quad Power\ stress = 0,54e^{2,04(2,2 \times 10^{-3})} = 0,5424$$

Según la tabla(en columna 2): $\pi_s = 1,5$

$$\lambda_p = 0,0017 \cdot 0,88 \cdot 0,58 \cdot 1,5 \cdot 3 \cdot 4 = 0,0156$$

$$MTBF = \frac{1}{\lambda_p} = \frac{1}{0,0156} = 64.102.564\ Hs = 2.670.940\ Dias$$

Cálculo R3: $R_3 = 4,7k\Omega$ $V_{R3} = 12$ $I_{R3} = 2,553\ mA$

$$S = \frac{0,55 mW}{0,25W} = 2,2 \times 10^{-3} \quad Power\ stress = 0,54e^{2,04(2,2 \times 10^{-3})} = 0,5424$$

Según la tabla(en columna 2): $\pi_s = 1,5$



$$\lambda_p = 0,0017 \cdot 0,88 \cdot 0,58 \cdot 2,3 \cdot 3 \cdot 4 = 0,02553$$

$$MTBF = \frac{1}{\lambda_p} = \frac{1}{0,02553} = 41.757.196 \text{ Hs} = 1.739.883 \text{ Dias}$$

Cálculo R4: $R4 = 47k\Omega$ $V_{R4} = 0$ $I_{R4} = 0 \text{ mA}$

$$S = \frac{0 \text{ mW}}{0,25 \text{ W}} = 0 \quad \text{Power stress} = 0,54e^{2,04(0)} = 0,54$$

Según la tabla(en columna 2): $\pi_s = 1,5$

$$\lambda_p = 0,0017 \cdot 0,88 \cdot 0,58 \cdot 1,5 \cdot 3 \cdot 4 = 0,0156$$

$$MTBF = \frac{1}{\lambda_p} = \frac{1}{0,0156} = 64.102.564 \text{ Hs} = 2.670.940 \text{ Dias}$$

Trimmer:

El dispositivo utilizado es un resistor variable de precisión (RV, variable resistor), es bastante común en el mercado y ampliamente utilizado.





Figura 5: Resistor variable de precisión.

$$\lambda_p = \lambda_b \pi_T \pi_P \pi_S \pi_Q \pi_E \quad \text{Failures per } 10^6 \text{ Hours}$$

$$MTBF = \frac{1}{\lambda_p} \quad \pi_S = 0.71 e^{1.1(S)}$$

$$V = 11,8 \quad I = 0,135 \text{ uA}$$

$$S = 6,4192 \times 10^{-6} \quad \text{Power stress} = 0,71 e^{1,1(6,4192 \times 10^{-6})} = 0,71$$

Según la tabla(en columna 1): $\pi_S = 1,5$

$$\lambda_p = 0,037 \cdot 0,95 \cdot 0,58 \cdot 1,5 \cdot 3 \cdot 4 = 0,366$$

$$MTBF = \frac{1}{\lambda_p} = \frac{1}{0,366} = 2.725.048 \text{ Hs} = 113.543 \text{ Dias}$$

Capacitor:

El dispositivo utilizado es un Condensador electrolítico de 100uF debido a su alta capacidad de almacenamiento de carga eléctrica en un espacio relativamente pequeño. Son muy comunes en el mercado y hay gran variedad de Datasheets para complementar su uso.

$$\lambda_p = \lambda_b \pi_T \pi_C \pi_V \pi_Q \pi_E \quad \text{Failures per } 10^6 \text{ Hours}$$

$$\lambda_p = 0,00012 \cdot 0,79 \cdot 3,4 \cdot 14 \cdot 3 \cdot 10 = 0,1353$$

$$MTBF = \frac{1}{\lambda_p} = \frac{1}{0,1353} = 7.386.921 \text{ Hs} = 307.788 \text{ Dias}$$



λ_b = Base Failure Rate

π_T = Temperature factor

π_C = Capacitance factor

π_Q = Quality factor

π_E = Environment factor

π_V = Voltaje Stress factor

Transistor:

Los transistores utilizados son los BC548 y BC558 los cuales con complementarios y de las mismas características, uno NPN y el otro PNP respectivamente, cuyo fabricante es Motorola, por lo que el datasheet es de fácil acceso al público.

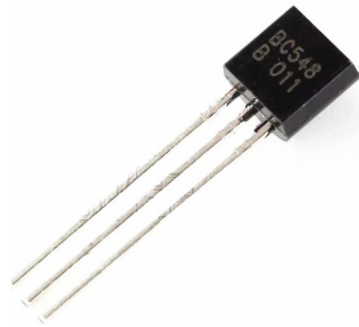


Figura 6: Transistor NPN BC548.

$$\lambda_p = \lambda_b \pi_T \pi_A \pi_R \pi_S \pi_Q \pi_E \quad \text{Failures per } 10^6 \text{ Hours}$$

λ_b = Base Failure Rate

π_T = Temperature factor

π_E = Environment factor

π_S = Voltaje Stress factor

π_A = Application factor

π_Q = Quality factor

π_R = Power rating factor

$$\lambda_p = 0,00074 * 8,1 * 1,5 * 1,1618 * 0,16 * 5,5 * 6 = 0,0551$$



$$MTBF = \frac{1}{\lambda_p} = \frac{1}{0,0551} = 18.131.206 \text{ Hs} = 755.466 \text{ Dias}$$

Bornera:

En este caso, al estar trabajando con potencias bajas se trabajara con borneras genéricas de fácil implementación y obtención.



Figura 7: Borneras genéricas 2 y 3 pines.

$$\lambda_p = \lambda_b \pi_E \text{ Failures per } 10^6 \text{ Hours}$$

λ_b = Base Failure Rate

π_E = Environment factor

$$\lambda_p = 0,062 * 2 = 0,124$$



$$MTBF = \frac{1}{\lambda_p} = \frac{1}{0,124} = 8.064.516 \text{ Hs} = 336.021 \text{ Dias}$$

Diodo:

El diodo 1N4005 es uno de los diodos más utilizados en equipos electrónicos. En este caso lo vamos a utilizar como protección contra las corrientes de flyback que puede generar el relé al desconectarse y conectarse, con un encapsulado tipo D0-41 es de carácter genérico y fácilmente adquirible en cualquier tienda de electrónica.



Figura 8: Diodo 1N4005.

$$\lambda_p = \lambda_b \pi_T \pi_S \pi_C \pi_Q \pi_E \text{ Failures per } 10^6 \text{ Hours}$$

λ_b = Base Failure Rate
 π_T = Temperature factor
 π_E = Environment factor

π_S = Voltaje Stress factor
 π_Q = Quality factor
 π_C = Contact construction factor



$$\lambda_p = 0,0038 * 14 * 1 * 2 * 5,5 * 6 = 3,5112$$

$$MTBF = \frac{1}{\lambda_p} = \frac{1}{3,5112} = 284.802 \text{ Hs} = 11.866 \text{ Dias}$$

Relé:

Se escogieron relés simples ya que el las luces LED UV no supera el amperio en consumo máximo.



Figura 9: Relé electromagnético.

$$\lambda_p = \lambda_b \pi_L \pi_C \pi_{CYC} \pi_F \pi_Q \pi_E \text{ Failures per } 10^6 \text{ Hours}$$

λ_b = Base Failure Rate

π_L = Load Stress factor

π_E = Environment factor

π_F = Application and construction factor

π_C = Contact configuration factor

π_Q = Quality factor

π_{CYC} = Cycling factor



$$\lambda_p = 1 * 0,1 * 1,75 * 0,2 * 9 * 2,9 * 2 = 1,827$$

$$MTBF = \frac{1}{\lambda_p} = \frac{1}{1,827} = 547.345 \text{ Hs} = 22.806 \text{ Dias}$$

Pulsador:

El pulsador a utilizar es de la marca TONELUCK diseñado para equipamiento industrial.

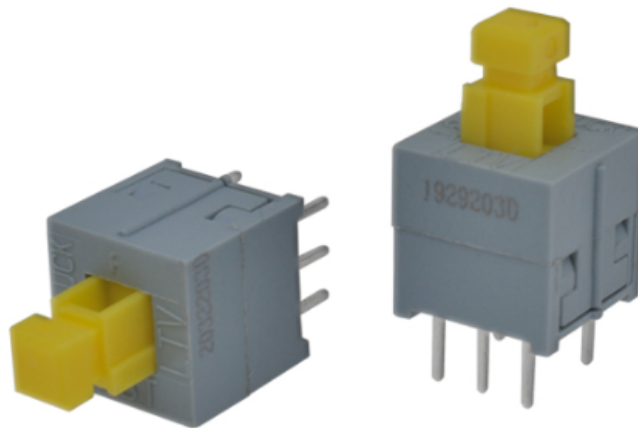


Figura 10: Push Button

$$\lambda_p = \lambda_b \pi_L \pi_C \pi_Q \pi_E \quad \text{Failures per } 10^6 \text{ Hours}$$



λ_b = Base Failure Rate

π_c = Contact configuration factor

π_L = Load Stress factor

π_Q = Quality factor

π_E = Environment factor

$$\lambda_p = 0,10 * 0,013 * 4 * 2 * 3 = 0,0312$$

$$MTBF = \frac{1}{\lambda_p} = \frac{1}{0,0312} = 32.051.282 \text{ Hs} = 1.335.470 \text{ Dias}$$

Estrés por subsistemas y sistema en forma general:

| Subsistema | λ_p | MTBF [hs] | MTBF [dias] |
|------------|-------------|-----------|-------------|
| Amarillo | 0,124 | 8.064.516 | 336.021 |
| Rojo | 0.5481 | 1.824.484 | 76.020 |
| Azul | 0.1674 | 5.973.715 | 248.904 |
| Violeta | 5.462 | 183.076 | 7.628 |
| General | 6.301 | 158.692 | 434 |

Análisis de modo de fallas y sus efectos (FMEA):

El Análisis de Modo de Fallas y Efectos (FMEA) es una herramienta que se utiliza para identificar y evaluar los posibles modos de falla en un proceso o producto y sus efectos en el rendimiento del mismo. El objetivo principal del FMEA es prevenir fallas antes de que ocurran y mejorar la calidad del producto o proceso. El análisis se realiza mediante la identificación de los modos de falla potenciales, la evaluación de su probabilidad de ocurrencia y su impacto en el rendimiento del producto o proceso.



Análisis crítico de los modos de fallas y sus efectos (FMECA):

El Análisis de Modo y Efecto de Falla Crítica es un método sistemático utilizado para identificar y priorizar los posibles modos de falla y sus efectos asociados en el sistema, componente o proceso que se está analizando. El objetivo principal del FMECA es prevenir o mitigar la ocurrencia de fallas y reducir su impacto.

Se adjunta una tabla donde están los cálculos por componentes, sistema y discriminado por colores dependiendo de su bloque de trabajo.

| Componente | Code | Función | Modo de falla | Efecto de falla | α | λP | λP_i | β | CR |
|----------------------------------|------|--|------------------|-----------------|----------|-------------|---------------|---------|-------|
| | | | short | sin salida | 0,66 | 0,352 | 0,2323 | 1 | 0,232 |
| Resistor compuesto 330 Ω | R1 | Protección ante pico inicial de corriente al capacitor | open | sin salida | 0,31 | 0,352 | 0,1091 | 1 | 0,109 |
| | | | parameter change | no hay efecto | 0,03 | 0,352 | 0,352 | 0 | 0 |
| | | | short | sin salida | 0,66 | 0,352 | 0,2322 | 1 | 0,232 |
| Resistor compuesto 4,7K Ω | R2 | Limitar corriente de base y proteger el transistor | open | sin salida | 0,31 | 0,352 | 0,1091 | 1 | 0,109 |
| | | | parameter change | no hay efecto | 0,03 | 0,352 | 0,0105 | 0 | 0 |
| | | Reflejar impedancia multiplicada | short | sin salida | 0,66 | 0,352 | 0,2323 | 1 | 0,232 |



| | | | | | | | | | |
|----------------------------------|-----|--|---------------------------|------------------|------|-------|--------|-----|--------|
| Resistor compuesto 4,7K Ω | R3 | por β del transistor | open | sin salida | 0,31 | 0,352 | 0,1091 | 1 | 0,109 |
| | | | parameter change | salida con error | 0,03 | 0,352 | 0,0105 | 0,1 | 0,0105 |
| | | | short | no hay efecto | 0,66 | 0,352 | 0,2323 | 0 | 0 |
| Resistor compuesto 47K Ω | R4 | | open | no hay efecto | 0,31 | 0,352 | 0,1091 | 0 | 0 |
| | | Pull- down | parameter change | no hay efecto | 0,03 | 0,352 | 0,0105 | 0 | 0 |
| | | | short | sin salida | 0,49 | 0,224 | 0,1097 | 1 | 0,109 |
| Diodo 1N4005 | D1 | Proteger el circuito frente a corriente de flyback | open | salida con error | 0,36 | 0,224 | 0,0806 | 0,1 | 0,008 |
| | | | parameter change | no hay efecto | 0,15 | 0,224 | 0,0336 | 0 | 0 |
| | | | open | sin salida | 0,61 | 1,92 | 1,1712 | 1 | 1,171 |
| Terminal Block | TB1 | Conexión externa al circuito | poor contact/int ermitent | salida con error | 0,23 | 1,92 | 0,4416 | 0,1 | 0,044 |
| | | | short | sin salida | 0,16 | 1,92 | 0,3072 | 1 | 0,307 |
| | | | open | sin salida | 0,61 | 1,92 | 1,1712 | 1 | 1,171 |
| Terminal Block | TB2 | Conexión externa al circuito | poor contact/int ermitent | salida con error | 0,23 | 1,92 | 0,4416 | 0,1 | 0,044 |
| | | | short | sin salida | 0,16 | 1,92 | 0,3072 | 1 | 0,307 |



| | | | | | | | | | |
|-----------------------------|--------|---|----------------|------------------|------|--------|--------|-----|----------|
| | | | open | sin salida | 0,6 | 2,4 | 1,44 | 1 | 1,44 |
| Push-button | BUTTON | Inicio de carga de capacitor y tiempo de ejecución del timer | sticking | salida con error | 0,33 | 2,4 | 0,792 | 0,1 | 0,0792 |
| | | | short | sin salida | 0,07 | 2,4 | 0,168 | 1 | 0,168 |
| | | | open | sin salida | 0,53 | 1,28 | 0,6784 | 1 | 0,6784 |
| Variable Resistor Precision | POT | regular la constante RC y así determinar la constante de tiempo | erratic output | salida con error | 0,4 | 1,28 | 0,512 | 0,1 | 0,0512 |
| | | | short | sin salida | 0,07 | 1,28 | 0,0896 | 1 | 0,00896 |
| | | | fails to trip | sin salida | 0,55 | 0,96 | 0,528 | 1 | 0,528 |
| Relay Electromagnético | RELAY | | spurious trip | salida con error | 0,26 | 0,96 | 0,2496 | 0,1 | 0,02496 |
| | | controlar salida de alta tensión | short | salida con error | 0,19 | 0,96 | 0,1824 | 0,1 | 0,01824 |
| | | | short | sin salida | 0,73 | 0,0176 | 0,0128 | 1 | 0,012848 |
| Transistor, Bipolar PNP | Q1 | Conducción y amplificación de señal | open | sin salida | 0,27 | 0,0176 | 0,0047 | 1 | 0,004752 |
| | | | - | - | - | - | 0 | - | - |
| | | | short | sin salida | 0,73 | 0,0176 | 0,0128 | 1 | 0,012848 |
| Transistor, Bipolar NPN | Q2 | Conducción y amplificación de señal | open | sin salida | 0,27 | 0,0176 | 0,0047 | 1 | 0,004752 |
| | | | - | - | - | - | 0 | - | - |
| | | Determina la duración del | short | sin salida | 0,53 | 0,152 | 0,0805 | 1 | 0,08056 |



| | | | | | | | | | |
|--|----|--|-----------------------------------|------------------------|------|-------|--------|------------------------|--------------|
| Capacitor, Aluminium, Electrolytic | C1 | timer segun la descarga de su energía | open | sin salida | 0,35 | 0,152 | 0,0532 | 1 | 0,0532 |
| | | | Electrolyte leak | salida con error | 0,1 | 0,152 | 0,0152 | 0,1 | 0,00152 |
| | | | Decrease in capacitanc e | salida con error | 0,02 | 0,152 | 0,0030 | 0,1 | 0,00030 4 |
| | | | | | | | | CR de sistema -> | 7,36224 4 |

Tabla con valores de criticidad según subsistemas y sistema general:

| Bloque Funcional | Componentes | CR acumulado |
|------------------|---|--------------|
| Amarillo | Bornera | 1,522 |
| Rojo | Trimmer, capacitor, resistencia 330Ω y pulsador | 3 |
| Azul | 2 Transistores, 2 resistencias de 4,7KΩ y 1 resistencia de 47KΩ | 0,77 |
| Violeta | Diodo, relé, bornera de 3 pines. | 2,2102 |
| | Total | 7,4842 |



Niveles de severidad y probabilidades de ocurrencia.

Severidad:

- Categoría I: Catastrófico ◦Una falla que puede causar la pérdida total del sistema.
- Categoría II: Importante ◦Una falla que puede causar lesiones graves, importantes daños materiales o daños en el sistema principal que traduzca en la pérdida de la misión.
- Categoría III: Marginal ◦Puede causar lesiones leves, de menor importancia, daños materiales, que se traducirían en un retraso o pérdida de disponibilidad del sistema.
- Categoría IV: Menor ◦Falla mínima que no tiene un impacto significativo en la capacidad o el rendimiento general del sistema.

Probabilidad de ocurrencia:

- Nivel A: Frecuente
◦Probabilidad Superior a 0,20
- Nivel B: Razonablemente Probable
◦Probabilidad Mayor a 0,10 y menor a 0,20
- Nivel C: Ocasional
◦Probabilidad Mayor a 0,01 y menor a 0,10
- Nivel D: Remota
◦Probabilidad Mayor a 0,001 y menor a 0,01
- Nivel E: Improbable
◦Probabilidad menor a 0,001



Tabla con estudio de Niveles de severidad y probabilidades de ocurrencia para cada componente.

| Componente | Code | Modo de falla | $\lambda.Pi$ | Severidad | Ocurrencia |
|----------------------------------|------|------------------|--------------|-----------|------------|
| Resistor compuesto 330 Ω | R1 | short | 0,23232 | 2 | A |
| | | open | 0,10912 | 2 | B |
| | | parameter change | 0,352 | 4 | A |
| Resistor compuesto 4,7K Ω | R2 | short | 0,23232 | 2 | A |
| | | open | 0,10912 | 2 | A |
| | | parameter change | 0,01056 | 4 | C |
| Resistor compuesto 4,7K Ω | R3 | short | 0,23232 | 2 | A |
| | | open | 0,10912 | 2 | B |
| | | parameter change | 0,01056 | 4 | C |
| Resistor compuesto 47K Ω | R4 | short | 0,23232 | 3 | A |
| | | open | 0,10912 | 3 | B |
| | | parameter change | 0,01056 | 4 | C |
| Diodo 1N4005 | D1 | short | 0,10976 | 1 | B |
| | | open | 0,08064 | 3 | C |
| | | parameter change | 0,0336 | 4 | C |



| | | | | | |
|------------------------------------|--------|---------------------------|----------|---|---|
| | | open | 1,1712 | 2 | A |
| Terminal Block | TB1 | poor contact/intermittent | 0,4416 | 3 | A |
| | | short | 0,3072 | 2 | A |
| | | open | 1,1712 | 2 | A |
| Terminal Block | TB2 | poor contact/intermittent | 0,4416 | 3 | A |
| | | short | 0,3072 | 2 | A |
| | | open | 1,44 | 2 | A |
| Push-button | BUTTON | sticking | 0,792 | 3 | A |
| | | short | 0,168 | 3 | B |
| | | open | 0,6784 | 3 | A |
| Variable Resistor Precision | POT | erratic output | 0,512 | 3 | A |
| | | short | 0,0896 | 2 | C |
| | | fails to trip | 0,528 | 3 | A |
| Relay Electromagnetico | RELAY | spurious trip | 0,2496 | 3 | A |
| | | short | 0,1824 | 2 | B |
| | | short | 0,012848 | 2 | C |
| Transistor, Bipolar PNP | Q1 | open | 0,004752 | 3 | D |
| | | - | - | - | - |
| | | short | 0,012848 | 2 | C |
| Transistor, Bipolar NPN | Q2 | open | 0,004752 | 3 | D |
| | | - | - | - | - |
| | | short | 0,08056 | 1 | C |
| Capacitor, Aluminium, Electrolytic | C1 | open | 0,0532 | 2 | C |
| | | Electrolyte leak | 0,0152 | 4 | C |
| | | Decrease in C | 0,00304 | 4 | D |



Matriz de criticidad del circuito.

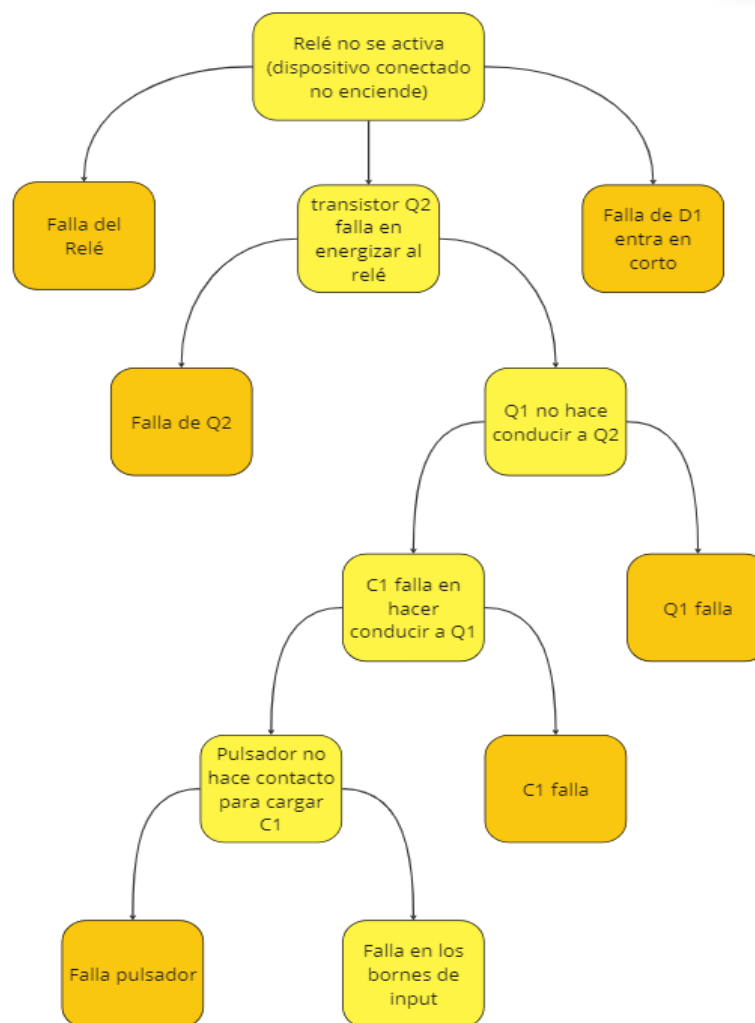
Es una herramienta utilizada en la gestión de riesgos y la toma de decisiones para evaluar la importancia de un riesgo en particular en función de su probabilidad de ocurrencia y su impacto en el objetivo o el sistema en cuestión.

| | | | | |
|--|--------------------|-------------------------------------|-----------------------------|-------|
| A | R1 | R4,TB1,TB2, BUTTON,POT, RELAY | R1,R2,R3,TB1,TB2, BUTTON | |
| B | | R4,BUTTON | R1,R3,RELAY | D1 |
| C | R2,R3,R4,D1, C1 | | POT,Q1,Q2,C1 | D1,C1 |
| D | C1 | Q1,Q2 | | |
| E | | | | |
| Probabilidad de ocurrencia / Grado de severidad | IV | III | II | I |



Árbol de fallas del circuito.

Un árbol de fallas es una herramienta útil para identificar las posibles causas de fallas en un sistema o proceso y para evaluar la probabilidad y las consecuencias de dichas fallas. El uso del árbol de fallas puede ayudar a mejorar la confiabilidad y la seguridad del sistema y a tomar decisiones informadas sobre el mantenimiento y la mejora del sistema.





Conclusión.

En este trabajo, en el cual se realizó un análisis de confiabilidad sobre un determinado sistema, se puso en práctica conceptos y métodos aprendidos en los contenidos desarrollados en la cátedra. Tales son: análisis por estrés, por cuenta partes, análisis por modo de falla y criticidad.

Pudimos conocer y aprender distintas técnicas que nos serán de gran uso para desarrollar algún producto a futuro.

Reconocimos la importancia de este estudio y la gran variedad de ventajas que lleva consigo realizarlo en el desarrollo de un trabajo.