



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL DE CÓRDOBA

Trabajo Práctico N°1
Cálculo de confiabilidad de sistemas electrónicos

Navarro, Facundo 63809
Veron, Misael 62628

Curso: 5r2

Cátedra: Tecnología Electrónica

Docentes:
Ing. Centeno, Carlos
Ing. Gonzalez Dondo, Diego

3 de mayo de 2019

Índice

1. Introducción	2
2. Circuito a analizar	2
2.1. Lista de Componentes	2
3. Norma MIL-HDBK-217F	3
3.1. Análisis por Stress	3
3.1.1. Diodo 1N4148	3
3.1.2. Transistor Bipolar MMBT5551	3
3.1.3. Optoacoplador Pc817c	3
3.1.4. Relé Electromecánico SRD-05VDC-SL	3
3.1.5. LED SMD VLMW11R2S2	4
3.1.6. Resistores	4
3.1.7. Capacitores	4
3.1.8. Microcontrolador 16F886	4
3.1.9. Cristal de Cuarzo	4
3.1.10. Regulador de Tensión LM7805	4
3.1.11. λ_{pT} del sistema	5
3.2. Análisis por cuenta partes	5
3.2.1. Análisis del modo de fallas y sus efectos FMEA	6

1. Introducción

En términos de la teoría de administración de recursos, la estadística tiene un papel fundamental, los modelos probabilísticos aplicados a grandes muestras tienden a "suavizar" las variaciones individuales por lo que el resultado final es lo suficientemente simple y preciso para el análisis de diseño, lo que constituye una importante herramienta para el fabricante para lanzar un producto mas robusto con mejor imagen comercial, minimiza los costos de garantía y reduce considerablemente la necesidad de retirar un producto del mercado para su re diseño, lo que se traduce en una reducción de tiempo y costos.

En caso de artículos utilizados en sistemas críticos es necesario para que el sistema presente el menor número de fallas posibles, llegando al punto que tener una doble falla sea virtualmente imposible.

En el diseño de cualquier circuito electrónico se debería realizar un previo cálculo de confiabilidad, ya que de esta manera se pone en evidencia las debilidades y fortalezas del mismo. En el siguiente informe se realizará el análisis sobre un circuito utilizando las normas de dos handbook militares, el HDBK-MIL-217 y el HDBK-MIL-338B, teniendo la ventaja que no se requiere tener el dispositivo construido, permitiendo un análisis preventivo.

2. Circuito a analizar

Se eligió el shield de relés de Arduino, el cual es controlado por un microcontrolador de la marca PIC, el modelo 16F886, el conjunto del PIC con el shield se utilizará para el control autónomo de la luminaria de una vivienda, el sistema se encuentra fijo, sin ser sometido a ningún tipo de vibración, en un ambiente estable y expuesto a una temperatura de entre 24°C y 30°C, a continuación se presenta el esquemático:

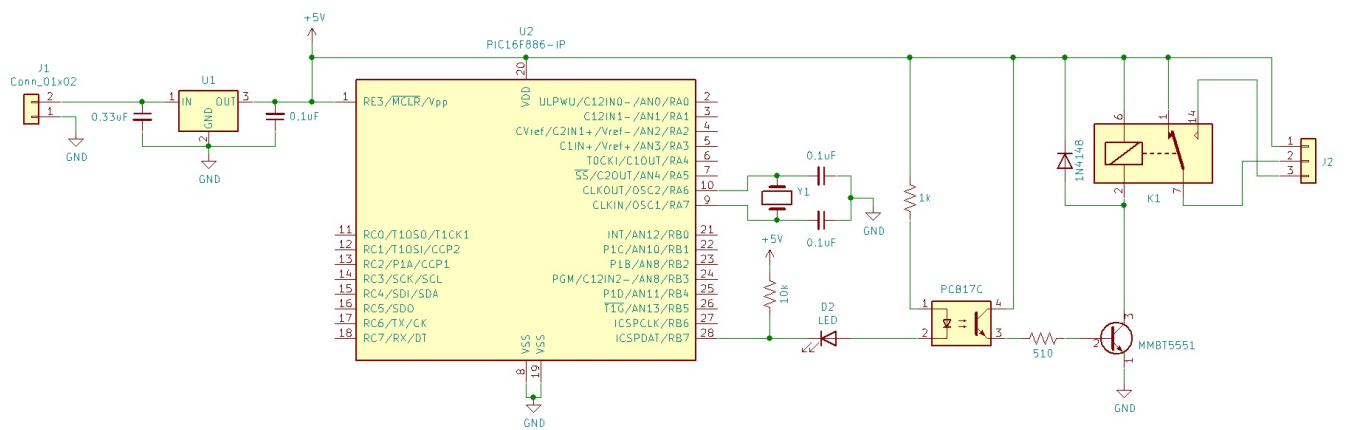


Figura 1: Esquemático del circuito a analizar

2.1. Lista de Componentes

Se presenta la lista de componentes que procederemos a analizar secciones mas adelante:

Dispositivo	Cantidad
Capacitor 0,1 uF	3
Capacitor 0,33 uF	1
Regulador de tensión LM7805	1
Microcontrolador 16F886	1
Cristal	1
Resistencias SMD	3
Diodo LED	1
Diodo 1N4148	1
Optoacoplador PC817C	1
Relé electromecánico	1

3. Norma MIL-HDBK-217F

El propósito de este manual es establecer y mantener métodos consistentes y uniformes para estimar la confiabilidad inherente de equipos y sistemas electrónicos militares. Bajo esta norma se establece el tiempo medio entre fallas (MTBF) de dos maneras diferentes, primero se hace el cálculo con respecto al *análisis por stress* el cual tiene en cuenta numerosos parámetros que afectan la vida útil de los componentes, dando como resultado una aproximación mas acertada a la vida útil global, y luego se emplea el método de *cuenta partes* el cual necesita menos información pero tiene la ventaja que es mas generalizado y de mas rápida elaboración.

3.1. Análisis por Stress

El método de análisis por stress de la pieza se usa la mayoría del tiempo y es aplicable cuando el diseño está casi terminado y hay una lista detallada de piezas, o BOM, además de la disponibilidad del stress de los componentes. Por stress de componentes, la norma se refiere a las condiciones de operación reales, como el ambiente, la temperatura, la tensión, la corriente y los niveles de potencia aplicados, por ejemplo. El estándar MIL-217 agrupa componentes o partes por categorías principales y luego tiene subgrupos dentro de las categorías. Cada componente o categoría de pieza y sus subgrupos tienen una fórmula o modelo único aplicado para calcular la tasa de falla de ese componente o pieza.

Se desarrollaran cada uno de los componentes, teniendo en cuenta a qué grupo pertenece y su respectiva fórmula para obtener la probabilidad de falla λ_P cuya unidad es fallas con respecto a un millón de horas. Con este calculado se procede a calcular el tiempo medio entre fallas o tiempo medio de vida (MTFB) de acuerdo a la siguiente ecuación 1, la cual aplica tanto para elementos individuales o sistemas.

$$MTFB = \frac{1}{\lambda_P} [Hs] \quad (1)$$

3.1.1. Diodo 1N4148

Se calcula de la siguiente manera:

$$\lambda_P = \lambda_b \cdot \pi_T \cdot \pi_Q \cdot \pi_C \cdot \pi_S$$

Modelo	λ_b	π_T	π_Q	π_C	π_S	λ_P
1N4148	0,013	32	8,0	1	0,054	2.2464×10^{-3}

3.1.2. Transistor Bipolar MMBT5551

Se calcula de la siguiente manera:

$$\lambda_P = \lambda_b \cdot \pi_T \cdot \pi_A \cdot \pi_R \cdot \pi_S \cdot \pi_Q \cdot \pi_E$$

Modelo	λ_b	π_T	π_A	π_R	π_S	π_Q	π_E	λ_P
MMBT5551	0,00074	8,1	0,70	0,43	0,00142	1,0	5,5	1.409×10^{-5}

3.1.3. Optoacoplador Pc817c

Se calcula de la siguiente manera:

$$\lambda_P = \lambda_b \cdot \pi_T \cdot \pi_Q \cdot \pi_E$$

Modelo	λ_b	π_T	π_Q	π_E	λ_P
PC817C	0,013	6,3	5,5	1,0	0,45

3.1.4. Relé Electromecánico SRD-05VDC-SL

Se calcula de la siguiente manera:

$$\lambda_P = \lambda_b \cdot \pi_L \cdot \pi_C \cdot \pi_{CYC} \cdot \pi_F \cdot \pi_Q \cdot \pi_E$$

Modelo	λ_b	π_L	π_C	π_{CYC}	π_F	π_Q	π_E	λ_P
SRD-05VDC-SL	0,0061	0,7	1,75	1,0	1,5	8	2,0	0,17

3.1.5. LED SMD VLMW11R2S2

Se calcula de la siguiente manera:

$$\lambda_P = \lambda_b \cdot \pi_T \cdot \pi_Q \cdot \pi_E$$

Modelo	λ_b	π_T	π_Q	π_E	λ_P
VLMW11R2S2	0,00023	5,3	5,5	1,0	6.7045×10^{-3}

3.1.6. Resistores

Se calcula de la siguiente manera:

Modelo	λ_b	π_R	π_Q	π_E	λ_P
1 k Ω	0,00022	1,0	15	1,0	3.3×10^{-3}
10 k Ω	0,00022	1,0	15	1,0	3.3×10^{-3}
510 Ω	0,00031	1,0	15	1,0	4.65×10^{-3}

3.1.7. Capacitores

Se calcula de la siguiente manera:

$$\lambda_P = \lambda_b \cdot \pi_{Cv} \cdot \pi_Q \cdot \pi_E$$

Modelo	λ_b	π_{Cv}	π_Q	π_E	λ_P
0,33 μ F	0,00097	0,29	7,0	1,0	1.96×10^{-3}
0,1 μ F	0,00097	0,259	7,0	1,0	1.75×10^{-3}

3.1.8. Microcontrolador 16F886

Se calcula de la siguiente manera:

$$\lambda_P = (C_1 \cdot \pi_T + C_2 \cdot \pi_E) \cdot \pi_Q \cdot \pi_L$$

Modelo	C_1	π_T	C_2	π_E	π_Q	π_L	λ_P
16F886	0,14	5,5	0,0014	0,5	1	1,0	0,7707

3.1.9. Cristal de Cuarzo

Se calcula de la siguiente manera:

$$\lambda_P = \lambda_b \cdot \pi_Q \cdot \pi_E$$

Modelo	λ_b	π_Q	π_E	λ_P
8Mhz	0,022	2,1	1,0	0,0462

3.1.10. Regulador de Tensión LM7805

Se calcula de la siguiente manera:

$$\lambda_P = (C_1 \cdot \pi_T + C_2 \cdot \pi_E) \cdot \pi_Q \cdot \pi_L$$

Modelo	C_1	π_T	C_2	π_E	π_Q	π_L	λ_P
LM7805	0,010	180	0,00027	0,5	0,25	1,0	0,0453375

3.1.11. λ_{pT} del sistema

A partir de cada λ_P se puede obtener el λ_{pT} del sistema mediante la sumatoria de cada uno de ellos multiplicado por un factor n correspondiente a la cantidad de veces que se repite, de modo que:

$$\begin{aligned}\lambda_{pT} &= \lambda_{C0,33uF} + 3 \cdot \lambda_{C0,1uF} + \lambda_{LM7805} + \lambda_{Crystal} + \lambda_{16F886} + \lambda_{R10k} + \\ &\quad \lambda_{R1k} + \lambda_{R510} + \lambda_{1N4148} + \lambda_{rele} + \lambda_{BJT} + \lambda_{optoacoplador} + \lambda_{LED} \\ \lambda_{pT} &= 1,85437049\end{aligned}$$

Quedando finalmente como vida media:

$$\begin{aligned}MTBF|_{Sistema} &= \frac{10^6}{\lambda_{pT}} \\ &= \frac{10^6}{1,85437049} \\ &= 39266,5626 [Hs] \\ &= 22469,44 [Dias] \\ MTBF|_{Sistema} &= 615,60 [Años]\end{aligned}$$

Esto indica que nuestro circuito tiene una vida media de aproximadamente 62 años, puede durar más o menos, pero nos da la certeza que la probabilidad de falla de la mayoría de nuestros circuitos oscilará en un período de 62 años.

3.2. Análisis por cuenta partes

El método de análisis de cuentas partes requiere menos información, tal como cantidades de piezas, nivel de calidad y entorno de aplicación. Es más aplicable durante las fases iniciales de diseño o propuesta de un proyecto.

El estándar MIL-217 proporciona tablas para los grupos de componentes (los mismos grupos que el análisis por stress) que enumeran las tasas de falla y los factores de calidad genéricos para los diferentes entornos MIL-217.

El análisis de recuento de piezas no tiene en cuenta las numerosas variables y utiliza las tasas de falla genéricas o de base más desfavorables y los factores π . El Método de cuenta de partes generalmente resultará en una mayor tasa de fallas o en una menor confiabilidad del sistema, lo que brinda un resultado más conservador que el que generaría el método de stress.

Para este cálculo se utiliza la siguiente ecuación:

$$\lambda_{Pequip} = \sum_1^n iN_i \cdot (\lambda_g \cdot \pi Q) i \quad (2)$$

Componentes	N_i	λ_g	πQ	λ_p	MTBF [Hs]
LM7805	1	0,0036	0,25	9×10^{-4}	2205979,625
Capacitor cerámico	4	0,0036	10	0,144	69444444,44
Cristal Cuarzo	1	0,0032	2,1	6.32×10^{-3}	1488095238
Microcontrolador	1	0,048	0,25	0,012	83333333,3
Resistencia carbon	3	0,0019	10	0,057	175438596,5
LED	1	0,00047	5,5	2.5855×10^{-3}	3868471954
Optoacoplador	1	0,027	5,5	0,1485	67340067,34
BJT	1	0,00015	5,5	8.25×10^{-4}	1.21×10^{10}
Rele	1	0,13	9,0	1,17	8547008,547
Diodo 1N4148	1	0,0029	5,5	0,01595	626959247,6
λ_{Pequi}				1,5580805	6418453,619

como previamente se hizo con la ecuación 1,

$$\begin{aligned}MTBF|_{Sistema} &= \frac{10^6}{\lambda_{Pequi}} \\ &= \frac{10^6}{1,5580805} \\ &= 6418453,619 [Hs] \\ &= 267423,06 [Dias] \\ MTBF|_{Sistema} &= 732,66 [Años]\end{aligned}$$

Aquí se pone en evidencia lo antes expuesto, la vida media difiere ya que los métodos consideran distintas variables, siendo el análisis por stress el más fidedigno, ya que considera mayor cantidad de aspectos reales, aunque para ser un sistema tentativo el método por cuenta partes cumple su función, en nuestro caso expone la longevidad del correcto funcionamiento de nuestro circuito.

3.2.1. Análisis del modo de fallas y sus efectos FMEA

El análisis de modos de fallas y efectos (Failure Mode and Effect Analysis) es un método utilizado para prevenir fallas y analizar los riesgos de un proceso mediante la identificación de causas y efectos a fin de determinar las acciones que se utilizarán para inhibir las fallas.

El modo de fallas está relacionado con el hecho de cómo un proceso puede ser llevado a operar de manera deficiente y está compuesto por tres elementos:

- Efecto
- Causa
- Detección

El efecto es la consecuencia de lo que la falla puede causar, la causa es lo que indica la razón por la que se produjo el error y la detección es la forma utilizada en el control del proceso para evitar las posibles fallas.

Componente	α	Modo de falla	β	
Diodo 1N4148	0,51	Abierto	No elimina transitorios	0,1
	Corto	No enciende relé Aumenta I_C de transistor	1	
Capacitores C1 y C2	Abierto	7805 no estable	0,1	
	Corto			
	Cambio de valor			
Capacitores C3 y C4	Abierto	Oscilador no estable	1	
	Corto			
	Cambio de valor			