



Trabajo práctico N°1

Cálculo de confiabilidad de Sistemas Electrónicos

Materia: Tecnología Electrónica

Profesor: González Dondo, Diego

Integrantes:

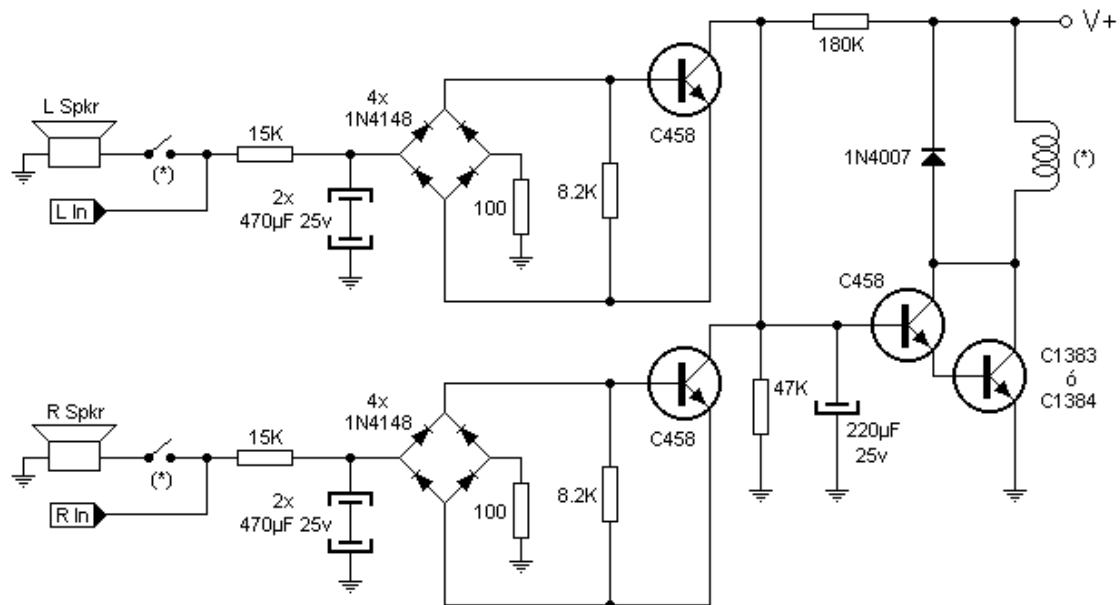
Schamun Lucas Gabriel, 62378

Ponce Nicolás, 64725

Curso: 5R2



Circuito a analizar



Funcionamiento

Este es un circuito de protección de un amplificador de audio, para evitar el fallo total de los parlantes.

Por medio de un relé mecánico este circuito desconecta ambos parlantes simultáneamente si una tensión superior a lo normal se presenta en una o ambas vías de salida. Hasta el primer transistor C458 ambos canales son idénticos, por lo que se describirá uno solo.

La resistencia de 15K limita la corriente que ingresa al puente de diodos, el cual rectifica la alterna propia de una salida de audio. La resistencia de 100Ω pone a tierra la carga de cada canal.

El transistor C458 se comporta como una llave que cortocircuita cuando se presenta una anomalía en las salidas de audio. Este transistor carga el capacitor de 220µF y acciona el 3er. transistor C458 el cual a su vez acciona al transistor C1383 ó C1384 el cual actúa como driver de corriente para poder mover la bobina del relé (marcado con asterisco). Este relé accionará las llaves en serie con los parlantes de cada canal, las cuales están en su posición normalmente cerradas (sin corriente en el relé, las llaves cierran circuito dejando los parlantes conectados a las salidas).

De tal manera que este sistema de protección actuará desconectando los parlantes en caso de circular corriente por el relé.



Luego el diodo 1N4007 impide que, en caso de quitar corriente de la bobina, la tensión de rebote dañe el transistor.

Condiciones de funcionamiento:

- El circuito se alimenta de 12V
- El sistema no consume más de 100mA
- La bobina del relé será de 12V.
- Consideramos que se encuentra en un ambiente estático.
- La temperatura ambiente máxima se considera de 40 °C.

Análisis por estrés

Para este análisis se usó como referencia para el cálculo el MIL-HDBK-217F

Parámetros utilizados en cada componente:

Resistencias:

$$\lambda_p = \lambda_b * \pi Q * \pi E * \pi R$$

Capacitores:

$$\lambda_p = \lambda_b * \pi Q * \pi E * \pi CV$$

Transistores:

$$\lambda_p = \lambda_b * \pi T * \pi A * \pi R * \pi S * \pi Q * \pi E$$

Diodos:

$$\lambda_p = \lambda_b * \pi T * \pi S * \pi Q * \pi S * \pi E * \pi C$$

Relé:

$$\lambda_p = \lambda_b * \pi Q * \pi E * \pi C * \pi c y c * \pi L * \pi F$$

Donde:

- λ_b : base failure rate
- πT : Temperature Factor
- πA : Application Factor
- πR : Power Rating Factor
- πS : Voltage Stress Factor
- πQ : Quality Factor
- πE : Environment Factor
- πC : Contact construction Factor
- πR : Resistance Factor (usado en resistencias)



- π_{CV} : capacitance factor
- π_{cyc} : Cycling Factor
- π_L : Load Stress Factor
- π_F : Application and Construcccion Factor
- λ_p : Cantidad de fallas en un millón de horas

dispositivo	λ_b	π_T	π_A	π_R	π_S	π_Q	π_E	π_C	π_{R2}	π_{CV}	π_{cyc}	π_L	π_F	λ_p indiv.	cantidad	λ_p total	Tiempo medio de falla
tr. C458	0,00074	8,1	0,7	0,55	0,21	5,5	1							0,002665382	3	0,007996146	125060250
tr C1383	0,00074	8,1	0,7	1	0,21	5,5	1							0,004846149	1	0,004846149	206349412
1N4148	0,0038	46,4			0,054	5,5	1	1						0,05236704	8	0,41893632	2386997
1nN4007	0,0038	32			0,054	5,5	1	1						0,0361152	1	0,0361152	27689172
R15k	0,00031					15	1		1					0,00465	2	0,0093	107526881
R100	0,00026					15	1		1					0,0039	2	0,0078	128205128
R8K2	0,00045					15	1		1					0,00675	2	0,0135	74074074
R180k	0,00025					15	1		1,1					0,004125	1	0,004125	242424242
R47k	0,00025					15	1		1					0,00375	1	0,00375	266666666
cap 470 μ F	0,13					10	1			1,02				1,326	4	5,304	188536
cap 220 μ F	0,068					10	1			0,89				0,6052	1	0,6052	1652346
Relé 12v	0,0065					1,5	2	1,5			1	1,02	6	0,17901	1	0,17901	5586280
															total =	6,594578815	151639

Conociendo los valores de λ_p , se obtiene el tiempo medio de falla para cada componente y para el sistema completo:

El tiempo medio de falla del sistema completo es de 151.639 horas.



Análisis por cuenta de partes

En este método se analiza el ámbito de aplicación y la calidad del componente, el resultado final tendrá en cuenta todos los componentes del sistema.

La fórmula general es:

$$\lambda_{Pequi} = \sum_1^n iN_i * (\lambda_g * \pi_Q)i$$

Donde

λ_{Pequi} : Probabilidad de falla del equipo.

λ_g : Tasa de falla de parte genérica.

π_Q : Factor de calidad de parte genérica.

N_i : Cantidad de partes genéricas.

n : Cantidad de distintas partes genéricas.

Resistencias:

$$\lambda_{pres} = N_i * (\lambda_g * \pi_Q)$$

$$\lambda_{pres} = 8 * (0,00050 * 15) = 0,06$$

$$MTFB = \frac{1}{\lambda_{pres}} = \frac{1}{0,06} = 16.666.666,67 \text{ horas}$$

Diodos:

$$\lambda_{pdi} = N_i * (\lambda_g * \pi_Q)$$

$$\lambda_{pdi} = 9 * (0,0036 * 5,5) = 0,1782$$

$$MTFB = \frac{1}{\lambda_{pdi}} = \frac{1}{0,1782} = 5.611.672,278 \text{ horas}$$

Transistores:

$$\lambda_{ptr} = N_i * (\lambda_g * \pi_Q)$$

$$\lambda_{ptr} = 4 * (0,00015 * 5,5) = 0,0033$$

$$MTFB = \frac{1}{\lambda_{ptr}} = \frac{1}{0,0033} = 303.030.303 \text{ horas}$$



Capacitores:

$$\lambda_{Pc} = N_i * (\lambda_g * \pi_Q)$$

$$\lambda_{Pc} = 5 * (0,024 * 10) = 1,2$$

$$MTFB = \frac{1}{\lambda_{Pc}} = \frac{1}{1,2} = 833.333.333 \text{ horas}$$

Relé:

$$\lambda_{Pr} = N_i * (\lambda_g * \pi_Q)$$

$$\lambda_{Pr} = 1 * (0,13 * 1.5) = 0,195$$

$$MTFB = \frac{1}{\lambda_{Pr}} = \frac{1}{0,195} = 5.128.205,128 \text{ horas}$$

Resultado final:

$$\lambda_{Total} = \lambda_{Pres} + \lambda_{Pdi} + \lambda_{Ptr} + \lambda_{Pc} + \lambda_{Pr}$$

$$\lambda_{Total} = 0,06 + 0,1782 + 0,0033 + 1,2 + 0,195$$

$$\lambda_{Total} = 1,6365$$

$$MTBF = 611.060,189 \text{ horas}$$



Análisis de modo de falla:

En este método se analizan los posibles modos en que puede fallar el dispositivo y cuál será el impacto en el circuito. Se utiliza para esto el MIL-HDBK-338.

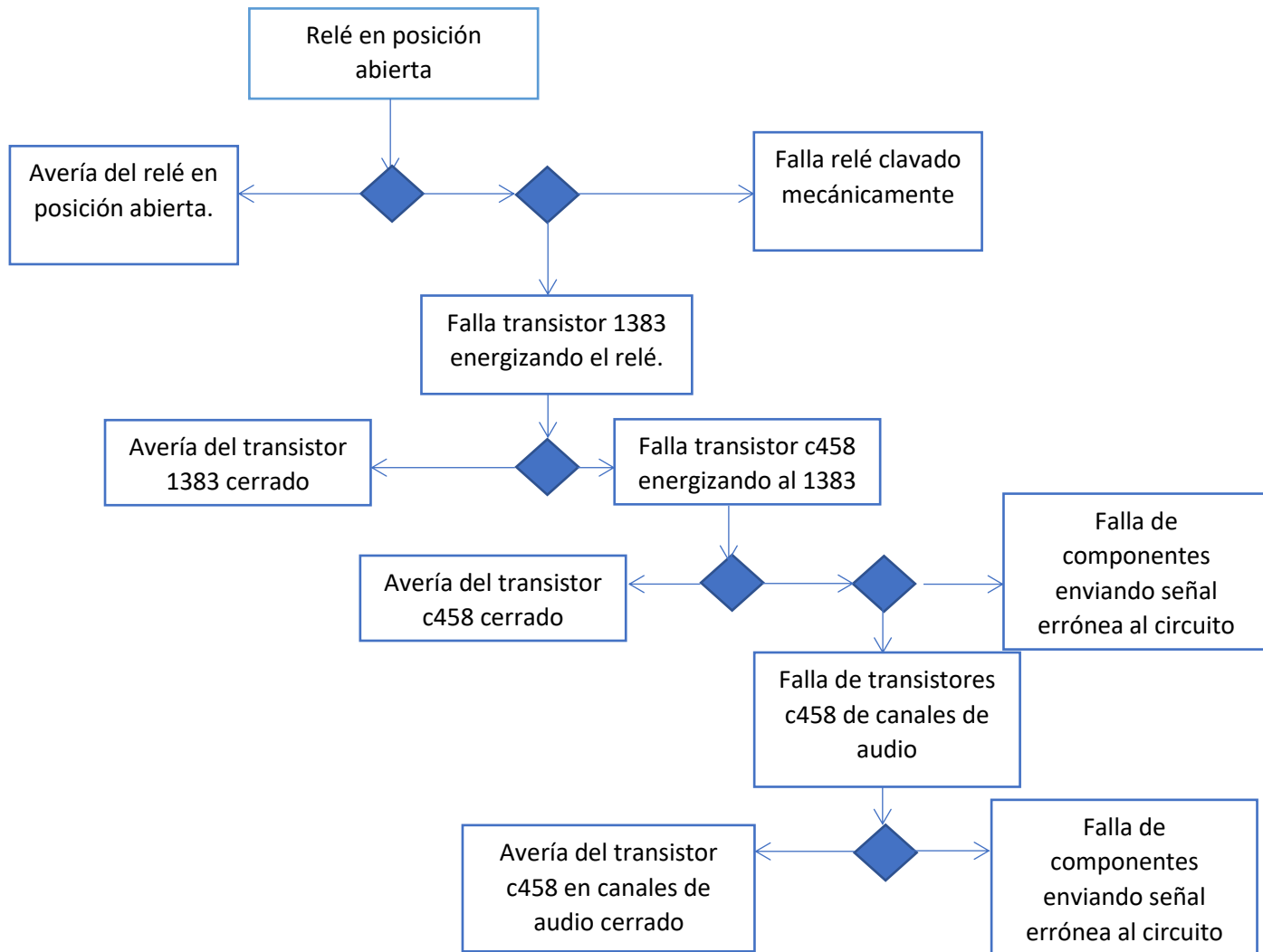
componente	modo de falla	probabilidad de modo (α)	λ	λ modo falla
Cap 470	short	0,53	1,326	0,70278
	open	0,35	1,326	0,4641
	electrolyte leak	0,1	1,326	0,1326
	decrease capacitance	0,02	1,326	0,02652
Cap 470	short	0,53	1,326	0,70278
	open	0,35	1,326	0,4641
	electrolyte leak	0,1	1,326	0,1326
	decrease capacitance	0,02	1,326	0,02652
cap 220	short	0,53	0,6052	0,320756
	open	0,35	0,6052	0,21182
	electrolyte leak	0,1	0,6052	0,06052
	decrease capacitance	0,02	0,6052	0,012104
tr. C458	short	0,73	0,00266538	0,001945729
	open	0,27	0,00266538	0,000719653
tr C1383	short	0,73	0,00484615	0,003537689
	open	0,27	0,00484615	0,00130846
1N4148	short	0,51	0,05236704	0,02670719
	open	0,29	0,05236704	0,015186442
	change of value	0,2	0,05236704	0,010473408
1nN4007	short	0,51	0,0361152	0,018418752
	open	0,29	0,0361152	0,010473408
	change of value	0,2	0,0361152	0,00722304
R15k	change of value	0,66	0,00465	0,003069
	open	0,31	0,00465	0,0014415
	short	0,03	0,00465	0,0001395
R100	change of value	0,66	0,0039	0,002574
	open	0,31	0,0039	0,001209
	short	0,03	0,0039	0,000117
R8K2	change of value	0,66	0,00675	0,004455
	open	0,31	0,00675	0,0020925
	short	0,03	0,00675	0,0002025
R180k	change of value	0,66	0,004125	0,0027225
	open	0,31	0,004125	0,00127875
	short	0,03	0,004125	0,00012375
R47k	change of value	0,66	0,00375	0,002475
	open	0,31	0,00375	0,0011625
	short	0,03	0,00375	0,0001125
REL	fails to trip	0,55	0,17901	0,0984555
	spurious trip	0,26	0,17901	0,0465426
	short	0,19	0,17901	0,0340119



Árbol de fallas:

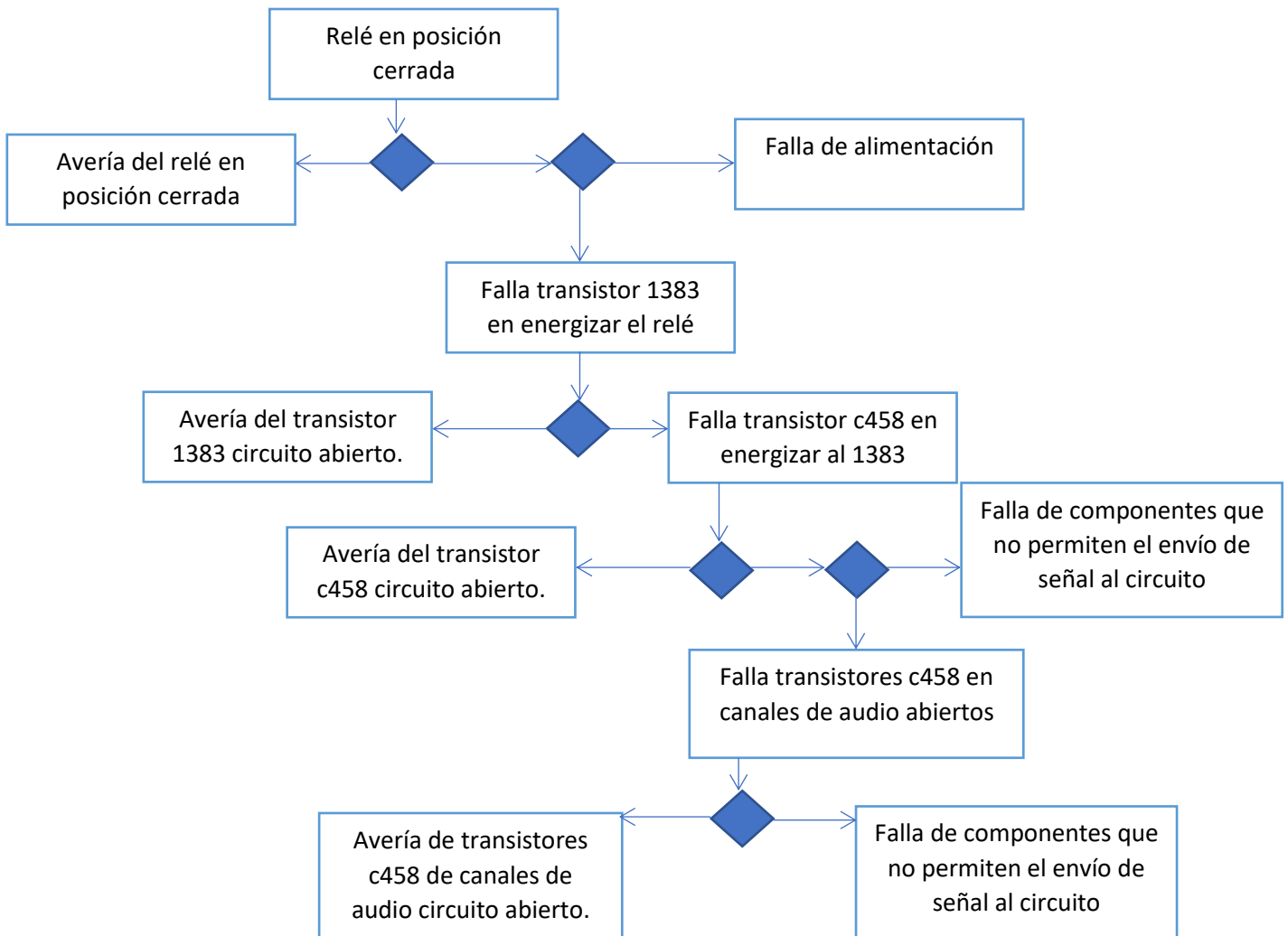
Se toma como misión del sistema la protección de los parlantes, por lo cual, se analizara las fallas teniendo en cuenta si el relé está permanentemente energizado o si no es excitado en ningún momento aunque exista una condición en la que debe funcionar.

Contactos relé abiertos





Relé desactivado permanentemente.





Análisis crítico de los modos de falla:

Para este análisis evaluamos el sistema teniendo en cuenta como peor consecuencia el que no funcione correctamente el relé, ya que sería una pérdida en la misión del circuito, que es proteger parlantes.

Tipo componente	componente	modo de falla	probabilidad de modo (α)	λ	λ modo fall	Severidad	Ocurrencia	BETA		
capacitores	Cap 470	short	0,53	1,326	0,70278	IV	A	0,9		
		open	0,35	1,326	0,4641	IV	A	0,1		
		electrolyte leak	0,1	1,326	0,1326	IV	B	0		
		decrease incapacitance	0,02	1,326	0,02652	IV	C	0		
	Cap 470	short	0,53	1,326	0,70278	IV	A	0,9		
		open	0,35	1,326	0,4641	IV	A	0,1		
		electrolyte leak	0,1	1,326	0,1326	IV	B	0		
		decrease incapacitance	0,02	1,326	0,02652	IV	C	0		
	cap 220	short	0,53	0,6052	0,320756	IV	A	0,5		
		open	0,35	0,6052	0,21182	IV	A	0,5		
		electrolyte leak	0,1	0,6052	0,06052	IV	C	0		
		decrease incapacitance	0,02	0,6052	0,012104	IV	C	0		
transistores	tr. C458	short	0,73	0,00266538	0,001945729	III	D	0		
		open	0,27	0,00266538	0,000719653	II	D	1		
	tr C1383	short	0,73	0,00484615	0,003537689	III	D	0		
		open	0,27	0,00484615	0,00130846	II	D	1		
Diodos	1N4148	short	0,51	0,05236704	0,02670719	III	C	0,5		
		open	0,29	0,05236704	0,015186442	III	C	0,5		
		change of value	0,2	0,05236704	0,010473408	IV	C	0		
		short	0,51	0,0361152	0,018418752	II	C	0,9		
	1nN4007	open	0,29	0,0361152	0,010473408	III	C	0,1		
		change of value	0,2	0,0361152	0,00722304	IV	D	0		
		Resistencias	R15k	change of value	0,66	0,00465	0,003069	III	D	0
				open	0,31	0,00465	0,0014415	III	D	0,8
R100	short		0,03	0,00465	0,0001395	IV	E	0,2		
	change of value		0,66	0,0039	0,002574	IV	D	0		
	open	0,31	0,0039	0,001209	III	D	0,8			
	short	0,03	0,0039	0,000117	IV	E	0,2			
Relé	R8K2	change of value	0,66	0,00675	0,004455	IV	D	0		
		open	0,31	0,00675	0,0020925	IV	D	0,5		
		short	0,03	0,00675	0,0002025	III	E	0,5		
		change of value	0,66	0,004125	0,0027225	IV	D	0		
	R180k	open	0,31	0,004125	0,00127875	III	D	0,7		
		short	0,03	0,004125	0,00012375	IV	E	0,3		
		change of value	0,66	0,00375	0,002475	IV	D	0		
		open	0,31	0,00375	0,0011625	IV	D	0,9		
	R47k	short	0,03	0,00375	0,0001125	III	E	0,1		
		fails to trip	0,55	0,17901	0,0984555	II	C	0,8		
		spurious trip	0,26	0,17901	0,0465426	IV	C	0,2		
		short	0,19	0,17901	0,0340119	IV	C	0		

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 solo provocaría

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

Numero crítico del modo de falla

El numero critico de falla determina por si mismo la peligrosidad de un modo de falla determinado.

$$C_m = \beta * \alpha * \lambda_p * t$$

Donde:

- λ_p :probabilidad de falla total (MBTF)
- β : probabilidad de perdida de función
- α : probabilidad de modo de falla.
- t : tiempo de funcionamiento requerido.

Para el valor de alfa se tuvo en cuenta aquel cuyo porcentaje de modo de falla era mayor en cada componente. El tiempo de funcionamiento requerido es de 12 meses (8760.01 horas) que es generalmente tomado para garantías. El valor de beta se obtiene de la siguiente tabla, analizando la posición y función de cada componente en el circuito.

EFFECTO DE FALLA	VALOR de β
PERDIDA SEGURA	1.00
PROBABLE PERDIDA	>0.10 a <1.00
POSIBLE PERDIDA	>0 a < 0.10
SIN EFECTO	0



En la siguiente tabla se muestra calculado el valor del número crítico:

Tipo componente	componente	modo de falla	probabilidad de modo (α)	λ	λ modo fall	Severidad	Ocurrencia	BETA	Cm
capacitores	Cap 470	short	0,53	1,326	0,70278	IV	A	0,9	5540,72385
		open	0,35	1,326	0,4641	IV	A	0,1	406,552064
		electrolyte leak	0,1	1,326	0,1326	IV	B	0	0
		decrease incapacitance	0,02	1,326	0,02652	IV	C	0	0
	Cap 470	short	0,53	1,326	0,70278	IV	A	0,9	5540,72385
		open	0,35	1,326	0,4641	IV	A	0,1	406,552064
		electrolyte leak	0,1	1,326	0,1326	IV	B	0	0
		decrease incapacitance	0,02	1,326	0,02652	IV	C	0	0
	cap 220	short	0,53	0,6052	0,320756	IV	A	0,5	1404,91288
		open	0,35	0,6052	0,21182	IV	A	0,5	927,772659
		electrolyte leak	0,1	0,6052	0,06052	IV	C	0	0
		decrease incapacitance	0,02	0,6052	0,012104	IV	C	0	0
transistores	tr. C458	short	0,73	0,00266538	0,001945729	III	D	0	0
		open	0,27	0,00266538	0,000719653	II	D	1	6,30416858
	tr C1383	short	0,73	0,00484615	0,003537689	III	D	0	0
		open	0,27	0,00484615	0,00130846	II	D	1	11,4621247
Diodos	1N4148	short	0,51	0,05236704	0,02670719	III	C	0,5	116,977627
		open	0,29	0,05236704	0,015186442	III	C	0,5	66,5166901
	1nN4007	change of value	0,2	0,05236704	0,010473408	IV	C	0	0
		short	0,51	0,0361152	0,018418752	II	C	0,9	145,213607
		open	0,29	0,0361152	0,010473408	III	C	0,1	9,17471588
		change of value	0,2	0,0361152	0,00722304	IV	D	0	0
Resistencias	R15k	change of value	0,66	0,00465	0,003069	III	D	0	0
		open	0,31	0,00465	0,0014415	III	D	0,8	10,1020435
		short	0,03	0,00465	0,0001395	IV	E	0,2	0,24440428
	R100	change of value	0,66	0,0039	0,002574	IV	D	0	0
		open	0,31	0,0039	0,001209	III	D	0,8	8,47268167
		short	0,03	0,0039	0,000117	IV	E	0,2	0,20498423
	R8K2	change of value	0,66	0,00675	0,004455	IV	D	0	0
		open	0,31	0,00675	0,0020925	IV	D	0,5	9,16516046
		short	0,03	0,00675	0,0002025	III	E	0,5	0,88695101
	R180k	change of value	0,66	0,004125	0,0027225	IV	D	0	0
		open	0,31	0,004125	0,00127875	III	D	0,7	7,84130395
		short	0,03	0,004125	0,00012375	IV	E	0,3	0,32521537
	R47k	change of value	0,66	0,00375	0,002475	IV	D	0	0
		open	0,31	0,00375	0,0011625	IV	D	0,9	9,16516046
		short	0,03	0,00375	0,0001125	III	E	0,1	0,09855011
Relé	REL	fails to trip	0,55	0,17901	0,0984555	II	C	0,8	689,976932
		spurious trip	0,26	0,17901	0,0465426	IV	C	0,2	81,5427283
		short	0,19	0,17901	0,0340119	IV	C	0	0



Matriz de criticidad:

PROBABILIDAD DE OCURRENCIA	Nivel A	Cap470 Cap220			
	Nivel B				
	Nivel C		1N4148	RELÉ 1nN4007	
	Nivel D	R100 R8K2 R180k R47k	tr. C458 tr C1383 R15k		
	Nivel A				
		Categoría IV	Categoría III	Categoría II	Categoría I
		SEVERIDAD			

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.

Con todo esto se pudo concluir que, particularmente, el sistema elegido debe tener un mayor grado de atención todos los componentes ya que, al ser un circuito de protección, todos los componentes hacen al buen funcionamiento de este y no es posible determinar alguno de menor importancia.⁴