

# ANÁLISE DA CONFIABILIDADE EM CIRCUITOS ELETRÔNICOS

Kimberlin Cardoso<sup>1</sup>, Pedro Luiz Benko<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Departamento de Engenharia Elétrica, Centro Universitário da FEI

[uniekicardoo@fei.edu.br](mailto:uniekicardoo@fei.edu.br), [pbenko@fei.edu.br](mailto:pbenko@fei.edu.br)

**Resumo:** Este artigo apresenta a engenharia de confiabilidade como uma disciplina científica, com ênfase no estudo preditivo da ocorrência de falhas de equipamentos eletrônicos, estabelecendo parâmetros que permitem a sua mensuração. A análise de confiabilidade é uma das principais técnicas utilizadas para exprimir a qualidade de equipamentos eletrônicos e seus componentes. O estudo baseia-se em métodos e normas técnicas referentes a confiabilidade, bem como modelos matemáticos para estimação da taxa de falha ( $\lambda$ ) dos componentes.

**PALAVRAS-CHAVE:** Confiabilidade, Análise de Confiabilidade, Sistemas Probabilísticos.

## 1. Confiabilidade e taxa de Falha

A sofisticação dos componentes eletrônicos e os requisitos cada vez mais exigentes quanto à segurança e a necessidade de dominar os fenômenos relativos aos componentes e seus desdobramentos acabam por tornar a análise da confiabilidade em componentes eletrônicos fundamental, pois tais componentes são base para outros cuja falha pode causar prejuízos elevados.

A confiabilidade é uma grandeza mensurável a partir da análise estatística da ocorrência do evento da falha. Pode-se definir a confiabilidade como a probabilidade de um item desempenhar uma função requerida sob condições especificadas, durante um dado intervalo de tempo, desde que ele esteja funcionando no tempo zero [1], e o MTTF (Mean Time To Failure) expressa o tempo médio para ocorrência da falha. Uma vez que o sistema seja reparável, e o reparo ser efetuado em um tempo relativamente curto, pode-se aproximar o MTTF para o MTBF (Mean Time Between Failures) ou tempo médio entre falhas.

A taxa de falha para componentes e sistemas eletrônicos é análogo ao gráfico representado na Figura 1. Este gráfico é chamado de “Curva da Banheira” devido ao seu formato familiar.

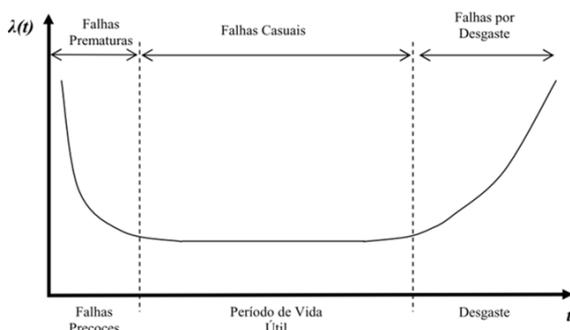


Figura 1 – Representação da Curva da Banheira [4]

O relativamente curto intervalo de tempo indicado na região I do gráfico apresentado na Figura 1, indica taxas de falha que decrescem a partir de  $t = 0$ . Esta região denomina-se de falhas precoces (“early failures”) ou ainda, em analogia com seres humanos, de mortalidade infantil. Sob este parâmetro de comparação, as mortes neste período, são causadas por defeitos congênitos ou fraquezas, em equipamentos isso pode ser colocado como defeitos de fabricação e processos de correção (debugging) [4].

Após o período de “early failures” sistemas eletrônicos tendem a exibir taxa de falhas constantes onde  $\lambda(t) = \lambda$ , assim a confiabilidade, nesse período, pode ser expressa por uma distribuição exponencial de probabilidades e constitui uma função monotônica decrescente.

$$R(t) = e^{-\lambda t} \text{ e o } MTBF = \int_0^{\infty} R(t)dt = \frac{1}{\lambda}$$

Decorrido esse intervalo, atinge-se a região de aumento da taxa de falhas devido ao envelhecimento e degradação dos componentes do sistema, denominado “wear out”. Para o produtor, esta fase fornece o limite operacional de seus equipamentos, onde além disso ele não é capaz de garantir a confiabilidade e MTBF. Note que a confiabilidade e o MTBF expressam a probabilidade de ocorrência de falhas, portanto não são um valores determinísticos.

O fator mais significativo para a confiabilidade do produto é a frequência da falha, onde através da média aritmética de tempo entre falhas subsequentes à medida que o produto opera em uma dada condição de estresse, obtemos o MTBF [7].

## 2. Padrões de confiabilidade

### 2A. Padrão MIL HDBK-217

A norma MIL-HDBK-217 é a norma padrão utilizada pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e por outras organizações para a previsão da Confiabilidade de componentes eletrônicos; e é uma das mais conhecidas nas indústrias militar e comercial [5].

A MIL-HDBK-217 fornece dois métodos de predição de confiabilidade: um chamado Contagem de Partes (“Parts Count”) e outro denominado de Análise de Esforços ou Contagem de Stress (“Parts Stress”).

Esses dois métodos são utilizados para estimar a vida de equipamentos eletrônicos em termos de Tempo Médio Entre Falhas (MTBF). No método Parts Count o valor de MTBF é determinado pela soma da taxa de falhas de cada componente de um equipamento eletrônico [6].

$$\lambda_{Sist} = 589.51 \times 10^{-9}/h$$

## 2B. Padrão IEC 62380

O padrão IEC 62380 é outro padrão de confiabilidade amplamente utilizado. Baseia-se no padrão francês de telecomunicações RDF 2000 e oferece um avanço significativo na previsão de confiabilidade, quando comparado com alguns dos padrões de confiabilidade mais antigos. Ele fornece todas as informações e parâmetros necessários para calcular a taxa de falha para os componentes eletrônicos [3].

Segundo a IEC 62380, a taxa de falha do componente depende de vários fatores operacionais e ambientais. É por isso que, para cada família de componentes, o padrão fornece um valor de taxa de falha básica multiplicado por vários fatores de influência. Essa expressão empírica simplificada leva em consideração os fatores de influência mais significativos quando se trata das condições de uso em que o componente é submetido.

## 3. Estudo de Caso

Como estudo de caso desta pesquisa será realizada a aplicação do método de cálculo apresentado pela norma IEC 62380 para cálculo do MTBF de um cartão para controle eletrônico composto por um microcontrolador PIC18F255 e interfaces: LCD, serial 232, USB, com DAC e Ports Paralelos utilizando o padrão serial SPI (Serial Parallel Interface).

Conhecer a confiabilidade dos componentes de um microcontrolador e de seus periféricos é essencial para determinar qual o melhor modelo para a sua aplicação e até mesmo classificar os equipamentos de uma mesma categoria (qual apresenta o melhor custo-benefício no quesito de manutenção e durabilidade).

Para realizar o cálculo do MTBF será preciso obter a taxa de falha total, calculada através da soma serial das taxas de falha de cada componente eletrônico que compõe o circuito eletrônico.

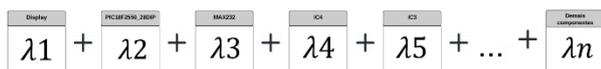


Figura 2 – Soma serial dos blocos da placa.

Assim, a taxa total de falhas do sistema pode ser obtida por:

$$\lambda_{Sist} = \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4 + \lambda_5 + \dots + \lambda_n$$

Assim, MTBF é calculado pela expressão.

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

Para realizar o cálculo da taxa de falha global da placa adotamos algumas variáveis de acordo com o mission profile de TELECOM presente na norma IEC 62380 (2004) [3], onde para o cálculo de todas as taxas de falhas individuais foi considerado  $n = 365$  ( $n^\circ$  de ciclos de operações) e  $t_a = 27^\circ\text{C}$  (temperatura ambiente). Demais informações foram retiradas do datasheet de cada equipamento.

Portanto, através do cálculo, obtemos:

$$MTBF = \frac{1}{\lambda_{Sist}} = 1696324.06 \text{ h} = 193 \text{ anos}$$

## 4. Conclusões

A confiabilidade é dependente de diversos fatores, e para circuitos eletrônicos é dependente não somente da confiabilidade dos seus componentes, tais como capacitores, circuitos impressos, entre outros, mas também dos fatores operacionais e ambientais em que o circuito será submetido.

Verificou-se através dos cálculos das taxas de falha que os ciclos térmicos contribuem com uma grande porcentagem para a taxa de falha geral, onde a temperatura da junção desempenha um papel importante nesta contribuição. Outro fator de grande influência sobre a confiabilidade de um circuito eletrônico é o seu próprio projeto, onde se define as condições de uso que os componentes serão submetidos bem como a determinação de qual o melhor componente para a aplicação desejada. O estudo de caso foi um exercício para verificar e validar a aplicação do método.

O valor da confiabilidade é um parâmetros de entrada para o projeto e uma meta a ser atingida. Caso essa meta não possa ser atingida por determinados componentes, utilizam-se outros mais robustos para atingir a meta.

## 5. Referências

- [1] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR-5462, Confiabilidade e Manutenibilidade, Normas Técnicas Brasileiras – NBR, 1994.
- [2] FELIX, É. P. Análise de confiabilidade de Sistemas Eletrônicos Complexos Baseada em Ensaio Acelerados de Vida, 154, São Paulo, Brasil, 2006.
- [3] IEC TR 62380. Reliability data handbook-Universal model for reliability prediction of electronics components, PCBs and equipment, 2004
- [4] LAFRAIA, J. R. B. Manual de Confiabilidade, Manutenibilidade e Disponibilidade. 2. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark: Petrobrás, 2001.
- [5] MIL-HDBK-217, “Reliability Prediction for Electronic Components”
- [6] MCLEISH, J. G. Enhancing MIL-HDBK-217 Reliability Predictions with Physics of Failure, Maryland, USA, 2010.
- [7] Nil, M., Nil, M., & Cakir, B. (2010). MTBF analysis in OEM Company: Applications to ZCZVT PWM soft-transition inverters. 2010 9th International Conference on Environment and Electrical Engineering. doi:10.1109/eeic.2010.5489940

<sup>1</sup> Aluno de IC do Centro Universitário FEI. Projeto com vigência de 09/19 a 08/20.