

## IMPACTO DE RUÍDO ELETROMAGNÉTICO EM MICROCONTROLADORES

Ricardo Bortolo Vieira,  
André Eugênio Lazzaretti,  
Voldi Costa Zambenedetti

### 1. INTRODUÇÃO

O objetivo do circuito projetado é controlar uma máquina industrial capaz de gerar 50mg/H de Ozônio. Esta máquina é utilizada na área de lavanderia industrial e será aplicada nas receitas de lavagens diferenciadas para calças jeans e processos de limpeza de uniformes.

O princípio empregado para gerar Ozônio é o efeito Corona, este é o responsável pelo ruído eletromagnético gerado. Este ruído gera perturbação nos circuitos microcontrolados presentes no circuito e no LCD da máquina. Foi aplicado um princípio de gaiola de Faraday como blindagem para este ruído. Como resultado dessa blindagem o efeito diminuiu consideravelmente, porém ainda foi constatado interferências intermitentes deixando o sistema ainda instável e sem a confiabilidade necessário para o uso.

Dentro deste ambiente do projeto, deseja-se levantar mais informações conceituais e técnicas para eliminação completa do ruído deixando o sistema compatível eletromagneticamente com o meio onde será inserido.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1. RUÍDO

Qualquer projeto eletrônico precisa se adequar ao ambiente eletromagnético para o qual ele foi criado. Essa necessidade é chamada de Compatibilidade Eletromagnética, ou EMC, do inglês ElectroMagnetic Compatibility. Adequar um equipamento ou circuito eletrônico aos restritivos padrões de EMC não é tarefa simples e precisa acompanhar todas as etapas do projeto, desde sua concepção.

Compatibilidade eletromagnética consiste na habilidade de um equipamento eletrônico, ou subsistema, funcionar sem ser afetado por ruído elétrico ou gerar ruído que venha a afetar outros equipamentos (TEXAS INSTRUMENTS, 1996).

Ruídos Elétricos podem ser gerados a partir de fontes geradoras de energia elétrica, motores elétricos e de combustão, fios elétricos, indutância elétrica e rádio frequência. No caso deste trabalho iremos estudar a interferência Eletromagnética também conhecida como EMI (Electromagnetic Interference). Esta interferência segundo Family (2004) é caracterizada por uma degradação no desempenho de um equipamento devido a uma perturbação eletromagnética que é capaz de se propagar tanto no vácuo quanto por meios físicos.

Para avaliar o grau de perturbação gerado por um equipamento, usa-se o decibel (dB). Basicamente, a unidade dB é definida por uma função logarítmica na base 10:

$$dB_{ruído} = 20 \log_{10} \left( \frac{V_1}{V_2} \right)$$

Para atenuar os efeitos do ruído temos duas abordagens:

Aterramento - O aterramento adequado dos equipamentos e seus cabos de interligação, bem como de filtros de proteção e a criação de uma boa referência de potencial elétrico.

Blindagem - As blindagens são usadas para absorver e refletir a energia irradiada. Finos filmes de cobre trançado e folhas de metal são os materiais de blindagem mais comuns.

## 2.2. BLINDAGEM

Para tratarmos sobre blindagens eletromagnéticas é necessário entrarmos no conceito dos campos eletromagnéticos e suas principais características. Ondas eletromagnéticas consistem de dois campos oscilantes defasados de  $90^\circ$ . Um desses campos é o elétrico (E) enquanto o outro é o magnético (H). A impedância de uma onda eletromagnética, indicada como  $Z_w$  e expressa em ohms, é definida como a relação entre a intensidade do campo elétrico, dada em volts por metro, e a intensidade do campo magnético, expressa em ampères por metro.

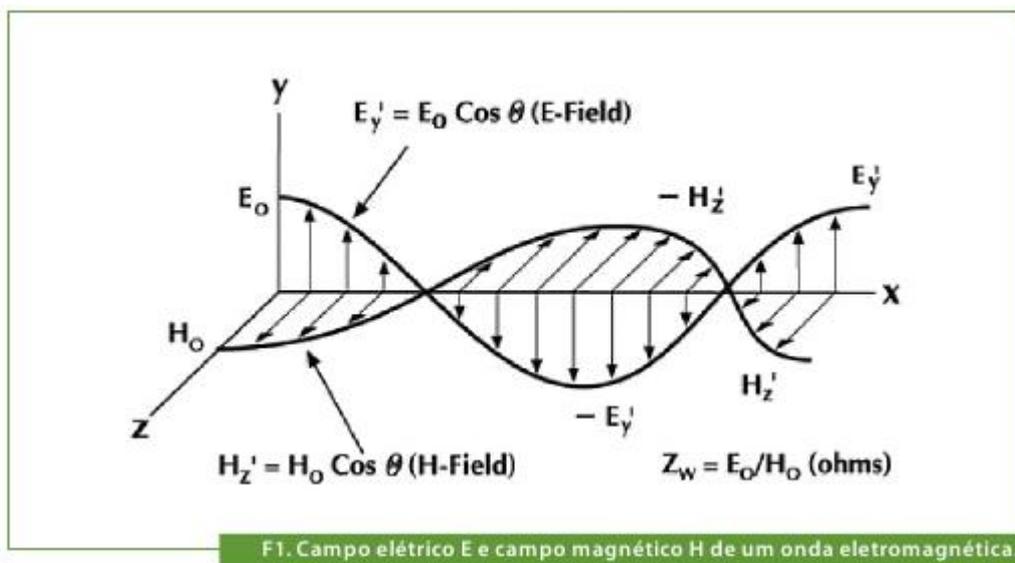


Figura 1: Fonte Saber Eletrônica

Os campos elétricos interagem mais facilmente com circuitos de alta impedância, como dipolos. Já os campos magnéticos interagem mais facilmente com circuitos de baixa impedância, como bobinas. Veja a figura 1.

Assim, qualquer material colocado no caminho entre um circuito que gere ruído elétrico e outro que sofra interferência e que reduza sua intensidade pode ser chamado de blindagem eletromagnética.

Segundo Report (2015) a eficiência da blindagem, normalmente indicada como SE, significa o quanto será reduzida a intensidade da interferência e normalmente é dada em dB. Esse valor será expresso como a relação entre os dois valores da intensidade do campo, considerando antes e depois da colocação da blindagem. Isso é definido como:

Campo elétrico:  $SE_{dB} = 20 \log_{10} E_1/E_2$

Campo magnético:  $SE_{dB} = 20 \log_{10} H_1/H_2$

O quanto a intensidade de um campo eletromagnético será reduzido é função do material da blindagem, considerando permeabilidade, condutividade e espessura, frequência, distância entre a fonte de interferência e a blindagem e detalhes construtivos.

A tabela 1 indica a relação entre dB, taxa de atenuação e porcentagem de atenuação. A maioria das blindagens práticas irão apresentar valores de SE entre 20 e 80 dB.

SEdB	Taxa de atenuação	Porcentagem de atenuação
20	10 :1	90
40	10 <sup>2</sup> :1	99
60	10 <sup>3</sup> :1	99,9
80	10 <sup>4</sup> :1	99,99
100	10 <sup>5</sup> :1	99,999
120	10 <sup>6</sup> :1	99,9999

T1. Relação entre dB, taxa de atenuação e porcentagem de atenuação.

**Tabela 1:** Fonte: Saber eletrônica

As Blindagens eletromagnéticas são feitas em sua quase maioria por materiais metálicos. Além destes, temos alguns exemplos de plásticos e tintas condutivas, que possuem em sua composição algum tipo de metal ou grafite.

A escolha adequada do material da blindagem será fundamental para a obtenção da máxima atenuação dos sinais de RF assim como para o mínimo custo de implementação. Dessa forma, temos que estudar o modelo de Schelkunoff para as blindagens eletromagnéticas baseado nas suas propriedades de reflexão e absorção. Dessa forma, a eficiência de blindagem (SE) de uma barreira é definida

$$SE_{dB} = A_{dB} + R_{dB} + B_{dB}$$

como:

onde o termo A representa a perda por absorção, R representa a perda devida à reflexão dos sinais e B representa a perda por reflexões internas ao material da blindagem e é fortemente dependente das perdas por absorção. Para perdas por absorção maiores que 10 dB, o fator BdB pode ser ignorado, conforme apresentado na figura 2. Dessa forma a expressão será simplificada para:

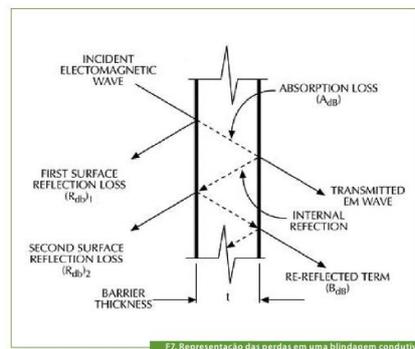


Figura 2: Fonte Saber Eletrônica

$$R_{dB} = 20 \log_{10} Z_w / 4Z_B$$

As perdas por reflexão e absorção podem ser expressas por:

$$A_{dB} = 8,686 \alpha t$$

onde  $ZW$  é a impedância da onda eletromagnética e  $ZB$  é a impedância intrínseca da blindagem, e

onde  $\alpha$  é o coeficiente de absorção da blindagem e  $t$  é a espessura da blindagem em centímetros. O inverso do coeficiente de absorção ( $1/\alpha$ ) é chamado de skin depth e é a propriedade magnética que tende a forçar a circulação de corrente na superfície de um condutor. Conforme a frequência, a condutividade ou a permeabilidade aumentam, menor será o skin depth e maior a perda por absorção. Considerando todos esses fatores, podemos obter um conjunto de equações que relacionam as características do material da blindagem, suas condições de utilização e as perdas por reflexão e absorção:

### 2.3. GAIOLA DE FARADAY

Segundo Paulo e Leite (2012) Gaiola de Faraday foi um experimento conduzido por Michael Faraday para demonstrar que uma superfície condutora eletrizada possui campo elétrico nulo em seu interior dado que as cargas se distribuem de forma homogênea na parte mais externa da superfície condutora.

No experimento de Faraday foi utilizada uma gaiola metálica, que colocou uma cadeira de madeira e sentou-se, deu-se uma descarga elétrica, e nada aconteceu a ele, e provou que um corpo dentro da gaiola poderia permanecer lá, isolado e sem levar nenhuma descarga elétrica pois os elétrons se distribuem em sua parte exterior da superfície. A gaiola de Faraday também é muito aplicada em equipamentos eletrônicos para evitar interferências eletromagnéticas.

## 3. ESTUDO DE CASO

O ambiente estudado para este artigo foi um circuito microcontrolado para o gerenciamento de uma máquina de lavagem industrial que possui o gerador de ozônio dentro do método de lavagem. Este gerador é baseado no conceito do Efeito Corona para quebrar as partículas de Oxigênio presentes no ar e, através da alta voltagem, formar o Ozônio.

Para este processo funcionar foi necessário criar um ambiente onde duas placas de cerâmica ficam dispostas paralelamente a uma distância de poucos

milímetros e energizadas com voltagem aproximada de 8000 Volts. Esta parte do projeto é chamado de célula de Ozônio que fica, disposta no painel elétrico da máquina, a menos de 1 metro de distância do Microcontrolador e dos LCD do circuito.

Além disso, para gerar esta alta voltagem entre as placas é necessária uma bobina trabalhando em 400 Hz e que também está disposta a menos de um metro das vítimas elétricas descritas no trabalho. Esta alta voltagem, associada a bobina, gera um campo eletromagnético que interfere no funcionamento do microcontrolador e dos LCD.

#### **4. SOLUÇÃO PROPOSTA**

Utilizar o princípio da gaiola de faraday para o circuito em questão e usar 4 camadas do material Magno-Shield (formado por uma liga de ferro-níquel com fator de amortecimento de 90-93% ou 10-13dB, dados obtidos a partir do fornecedor AARONIA ) aderentes a caixa de Faraday de alumínio, já existente, tanto no circuito quanto na bobina e a incorporação de fotoacopladores nas entradas dos sinais digitais do microcontrolador.

#### **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Esta solução poderá alterar a atual arquitetura do projeto, porém estamos dispostos a realizar tais alterações para alcançar o EMI necessário para tornar o projeto viável tecnicamente e por consequência viável comercialmente.

#### **6. REFERÊNCIAS**

AARONIA. Disponível em <<http://www.aaronia.pt/produtos/blindagens/Magno-Shield-DUR/>> acessado em 02 jun. 2015

FAMILY, H. *Understanding and*. n. 7, p. 1–12, 2004.

PAULO, S. Ã. O.; LEITE, R. PIETRO. Rodrigo Pietro Leite. *Por dentro da Gaiola de Faraday*: Estudos e ideias sobre a estrutura da matéria ( 1836-1838 ). 2012.

REPORT, A. **Capacitive Sensing** : Ins and Outs of Active Shielding. n. February, p. 1–13, 2015.

SABERELETRONICA. Disponível em <<http://www.sabereletronica.com.br/artigos-2/2800-blindagens-eletromagnéticas?showall=&start=1>> acessado em 02 jun. 2015

TEXAS INSTRUMENTS. **Printed-Circuit-Board Layout for Improved Electromagnetic Compatibility**. n. October, 1996.