

ESTUDO DE DETECTORES ÓPTICOS COM INTERESSE PARA APLICAÇÕES MILITARES

*Marco Costa Pereira*¹

*Maria João Martins*²

RESUMO

A geração de informação e a sua transmissão, manipulação e decisão com base nos dados captados, é uma parte essencial das campanhas militares contemporâneas. Como os sensores operam na aquisição desses dados, estão no início desta cadeia sendo de primordial importância conhecer quais são as suas características de performance. Neste documento é apresentado um pequeno conjunto de testes de baixo custo, que permite avaliar a sensibilidade, linearidade, imunidade ao ruído e distribuição espacial de potência captada, entre outras características para avaliar o comportamento dos detectores ópticos.

1. INTRODUÇÃO

Desde os últimos dois séculos que a instrumentação e medida tem desempenhado um papel nos equipamentos de defesa e segurança. Contudo foi só com o nascimento da electrónica de medida que o conjunto de grandezas obtidas a partir de sensores se alargou consideravelmente, possibilitando um diagnóstico mais preciso e actualizado dos sistemas onde estavam inseridos. Estes subsistemas de medida eram de início independentes e não correlacionados entre si, ou seja, transmitiam informação directa

¹ Membro associado do CINAMIL.

² Professora na Academia Militar, membro associado do CINAMIL..

e independente. O conhecimento das propriedades eléctricas de vários materiais semicondutores, o advento do transistor e a sua miniaturização, trouxe a possibilidade do processamento dos vários sinais recebidos de diversas fontes e de diversos tipos, de modo a apresentar ao operador, informação automática de mais alto nível. Estes sistemas podiam assim apresentar um número restrito de respostas ao operador, ou quando fosse necessário, corrigir automaticamente os problemas encontrados.

Este tipo de sistemas tornou-se possível graças ao aumento do número de sensores, nascendo assim as redes de sensores, que atingiram significativa sofisticação nos submarinos de propulsão nuclear, que se tornaram o principal meio de dissuasão ao longo das décadas de 70 e 80 do século passado. O aparecimento dos circuitos integrados permitiu o aumento da complexidade dos sistemas. Posteriormente seguiu-se a integração dos sensores de medida nos circuitos de processamento misto de sinal, permitindo que a informação seja processada a nível local e posteriormente centralizada no centro de comando e operações.

Os sensores nos sistemas de defesa e segurança podem fornecer uma primeira impressão do campo de batalha quer aos elementos no local quer ao centro de comando. A utilização destes permite a recepção de informação fidedigna e neutra do local de acção e sobre o decorrer da operação em tempo real, elemento base do *Awareness* [1] do campo de batalha. É esta informação que vai permitir a conjugação e coordenação de esforços e meios de vários tipos de forças (terrestres, marítimas, aéreas), ao longo do decorrer da acção, definir/redefinir ataques de precisão dando resposta rápida e flexível à alteração das variáveis da acção a decorrer, considerando os objectivos primordiais da mesma. Dos exemplos mais actuais da utilização destes meios, são exemplo as duas guerras do Iraque, que permitiram a adaptação e evolução destes sistemas baseados na circulação de informação.

Estes últimos tenderão a desenvolver capacidade de decisão própria, como é o caso dos veículos aéreos não tripulados usados em operações de detecção e destruição de alvos primários e secundários, através de **sensores ópticos**. Caso o alvo primário já tenha sido eliminado, ou não se encontre no local especificado, o aparelho procura ou detecta o alvo mais próximo usando uma base de dados própria, podendo contactar o centro de comando de operações para pedir confirmação, a partir da qual será dada ordem para regressar ou destruir o alvo detectado. Este documento trata essencialmente dos campos de utilização dos sensores ópticos (ponto 2), e analisa em particular o desempenho dos detectores ópticos num conjunto de experiências simples e de baixo custo para testar as suas características (ponto 3).

2. OS SENSORES ÓPTICOS

Os sensores ópticos mais recentes nos meios e sistemas de segurança e defesa, são neste momento aplicados a dois níveis:

- Sistemas de visão, detecção e vigilância, dos quais se destacam os sistemas de visão noturna, com claras vantagens em operações de patrulhamento em zonas residenciais;
- Sistemas de comunicação óptica para as grandes redes de informação e transferência de dados entre estruturas e hierarquias, ou dentro de equipamentos sofisticados como os aéreos e subaquáticos, devido à imunidade que o meio de comunicação óptico oferece a interferência electromagnética.

2.1 *Sistemas de visão, detecção e vigilância*

Nestes sistemas o elemento principal é o sensor óptico. O sensor transforma um nível de intensidade luminosa num nível de tensão ou corrente, de acordo com os efeitos fotovoltaico e fotoeléctrico, respectivamente. O sinal captado é de baixa amplitude e com bastante ruído, causado por exemplo pela iluminação ambiente de uma sala com as luzes acesas. Estas luzes emitem um sinal à frequência da rede, de 50 ciclos por segundo ou 50 Hz. O sinal é amplificado e filtrado.

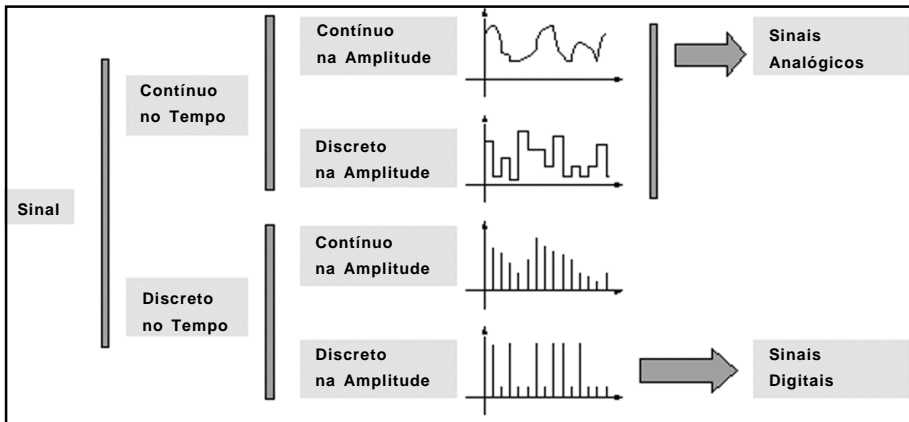


Figura 1 – Sinais analógicos e digitais.

Nos sistemas actuais, o processamento dos sinais é feito na forma digital, com um número discreto de amplitudes, processadas em determinados instantes de tempo. O sinal digital é de mais fácil processamento, oferece maior imunidade ao ruído e compatibilidade com diversas fontes. Apesar do sinal digital quando observado parecer contínuo no tempo, é considerado para processamento apenas num instante. Contudo o sinal captado é analógico, com todas as amplitudes possíveis ao longo da sua gama dinâmica, definidas para cada instante do tempo. Isto é, num sinal analógico, para cada instante de tempo, existe uma amplitude, sendo pois um sinal contínuo no tempo e na sua forma mais natural, contínuo na amplitude, como se pode observar na figura 1. Para transformar um sinal analógico num sinal digital, isto é, transformar um sinal que é contínuo no tempo e contínuo na amplitude, num sinal que é discreto no tempo e discreto na amplitude, são necessárias duas operações [2]:

- Discretização no tempo: transformar um sinal que na forma mais natural é contínuo no tempo, num sinal discreto no tempo, pela amostragem do sinal original [3].
- Discretização na amplitude: transformar um sinal que é contínuo na amplitude, num sinal discreto na amplitude, ao aproximar as várias amplitudes a patamares predefinidos [3].

Nas figuras 2 e 3 são apresentados o princípio e o processo de conversão de um sinal analógico num sinal digital.

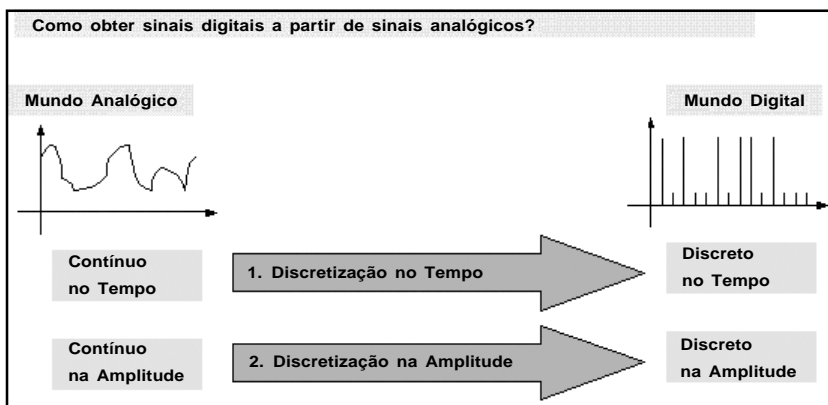


Figura 2 – Princípio de transformação de um sinal analógico num sinal digital.

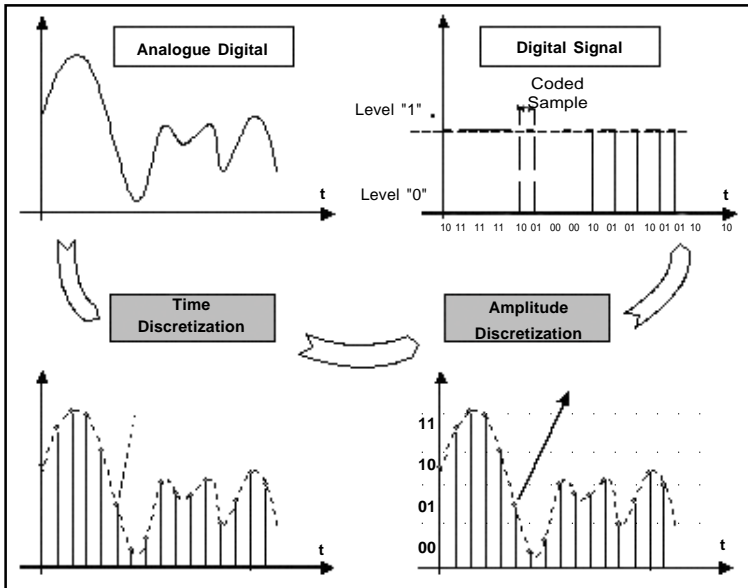


Figura 3 – Transformação de um sinal analógico num sinal digital [3].

2.2 Sistemas de comunicação óptica

Os sistemas de comunicação óptica, são essencialmente constituídos por um elemento emissor de luz, o meio de comunicação e um elemento receptor de luz (figura 4).

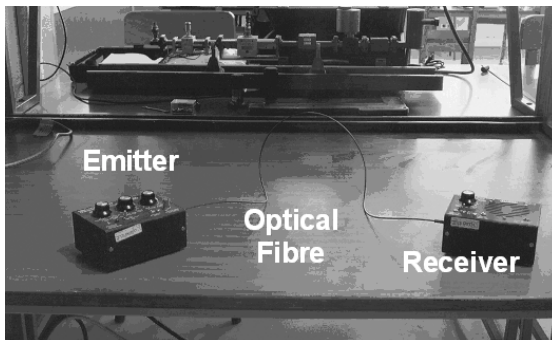


Figura 4 – Sistema de comunicação óptica [4].

O emissor de luz, que converte o sinal eléctrico a ser transmitido em sinal óptico é usualmente um LED (do termo anglo-saxónico *light emitting diode*) ou laser³. A performance dos elementos emissores de luz pode ser avaliada considerando a potência de emissão, a distribuição espacial de potência radiada, e o tempo de resposta.

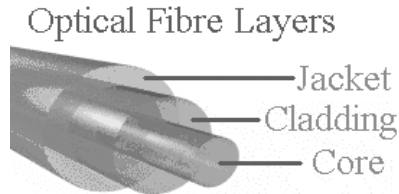


Figura 5 – Fibra óptica: núcleo (*core*), bainha (*cladding*) e isolamento (*jacket*) [4].

O meio de comunicação é a fibra óptica (figura 5). A fibra óptica como qualquer canal de comunicação distorce e atenua o sinal. As primeiras duas características do elemento emissor de luz permitem avaliar o rendimento da passagem do sinal eléctrico para o sinal óptico e até que distância pode o sinal percorrer a fibra sem regeneração. Na regeneração, o sinal óptico era convertido em sinal eléctrico, amplificado, e filtrado para ser novamente transformado em sinal óptico. Este conjunto de operações era executado por um repetidor. A existência de repetidores encarecia muito os sistemas de comunicação óptica. Nas décadas de 80 e 90 do século XX desenvolveram-se fibras ópticas que permitem a regeneração do sinal – as chamadas fibras de quinta geração, permitindo que este possa ser levado até distâncias maiores. Este tipo de fibras reduz o número de repetidores como abriu caminho para os repetidores ópticos. O tempo de resposta do emissor de luz, permite definir a frequência de transmissão de símbolos. A recepção do sinal óptico é feita pelo detector óptico, um fotodíodo. Nas últimas duas décadas do século passado foram feitos grandes investimentos em sistemas de fibra óptica para grandes redes com elevado tráfego, devido à elevada largura de banda proporcionada pela fibra óptica. Contudo, devido ao desenvolvimento da televisão interactiva e interligação de redes digitais (computadores - internet, telemóveis e televisão), as exigências de largura de banda, devido essencialmente à transmissão de sinais vídeo cresceram exponencialmente. Por esta razão estão em desenvolvimento e instalação redes de fibra óptica locais.

³ Acrónimo de "light amplification by stimulated emission of radiation".

2.3 Detectores ópticos

Os sensores ópticos podem ser vistos, de uma forma muito simplificada, como matrizes de detectores ópticos. As principais características de performance de um detector óptico são [4, 5]:

1. *Sensibilidade* – um valor de sensibilidade significativo permite melhor definição dos contornos dos objectos a detectar para os sistemas de medida. Nos sistemas de comunicação, esta característica perde importância para a capacidade de imunidade ao ruído.
2. *Imunidade ao ruído* – as condições climatéricas podem afectar a capacidade de detecção (chuva, dia de bastante claridade, condições de humidade), constituindo ruído em relação ao sinal que se deseja captar. Nos sistemas de comunicação o ruído apresenta a forma de interferência inter-simbólica, sendo crucial a sua minimização.
3. *Linearidade de resposta*: para sistemas de detecção de alvos em operações nocturnas, é importante que o alvo não seja confundido com a paisagem circundante em especial em relevos com bastantes contornos, ou para evitar confusão entre alvos. Para sistemas digitais de comunicação óptica, a linearidade não tem importância no desempenho do detector óptico.
4. *Diagrama espacial de potência captada*, para controlar as direcções de exposição dos detectores ópticos, e ter noção da região de sensibilidade máxima, bem como dos erros de paralaxe. Esta característica é importante, considerando a transmissão de potência da fibra óptica para o detector.

3. ANÁLISE DE DETECTORES ÓPTICOS

Compreendendo as características do detector óptico, pode-se então definir um conjunto de experiências que permitam avaliar o seu desempenho.

3.1 Sistema de Teste

Para testar o detector óptico utilizou-se a interface de aquisição de dados e Prolab que permite a ligação ao computador, para tratamento dos dados recebidos através do respectivo programa. Aproveitando as capacidades de análise matemática do computador, nomeadamente de tratamento de dados após realização de operações, este programa permite a apresentação de gráficos de curvas

características, medição de declives, análise no tempo e na frequência dos sistemas em teste, substituindo assim um conjunto de equipamentos normalmente disponíveis num laboratório de electrónica. Esta interface foi utilizada no âmbito do projecto *ComLab-Sci* financiado pela União Europeia para desenvolvimento de dois cursos de acesso pela internet “*Sensor-computer interface*” (interface sensor-computador) [3] e “*Optoelectronics*” (optoelectrónica) [4].

3.2 *Teste do Emissor de Luz*

Para testar detectores ópticos é necessário dispor de elementos emissores de luz, pois é na forma como o detector capta a luz retirando daí informação, que se torna possível a avaliação do seu comportamento [6]. Assim sendo antes de testar o detector propriamente dito, é necessário conhecer as capacidades do elemento emissor de luz. Mantendo a premissa do baixo custo, o elemento escolhido foi o LED. O sistema de teste disponível permite obter a característica da corrente que o percorre em função da tensão aos seus terminais, tal como exemplificado na figura 6, permitindo obter um modelo linear do seu comportamento.

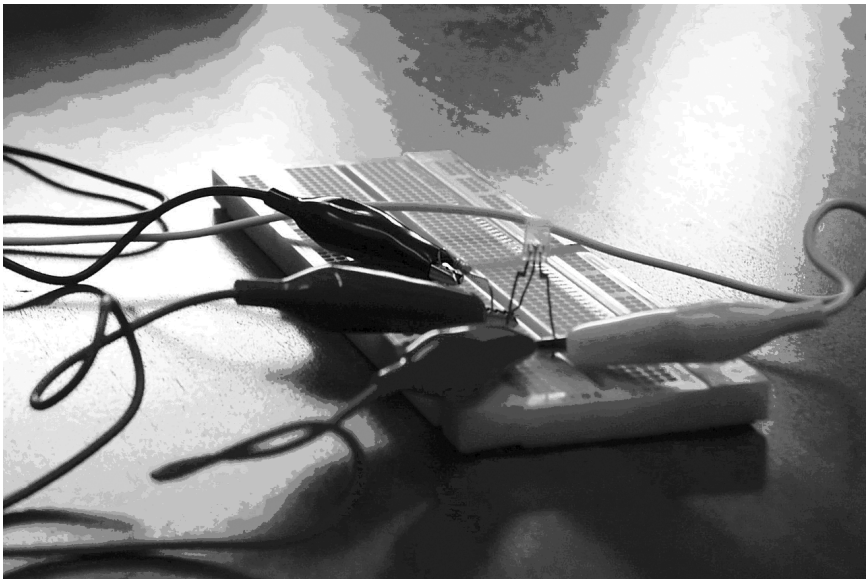


Figura 6 – Teste de um elemento emissor de luz.

3.3 Testes do Detector Óptico

Para testar o detector óptico é necessário montar um circuito emissor de luz que por acoplamento óptico transmite um sinal de luz ao detector em estudo – um acoplador óptico. Assim sendo, pode dar-se início ao seguinte conjunto de testes [6]:

- 1) Desvio do circuito com o LED um pouco para cima e um pouco para baixo no eixo perpendicular ao plano da placa do circuito. Esse desvio pode ser repetido na direcção que liga a extremidade do LED ao detector óptico. Para maior precisão no estudo, estes desvios podem tomar direcções de 45° em relação aos eixos definidos. Ao observar a variação da tensão na saída, é possível visualizar o diagrama espacial da potência captada. Para observar a linearidade e sensibilidade do detector pode-se aumentar o nível de tensão no emissor de luz para que a luz emitida aumente de intensidade, até o circuito receptor saturar.
- 2) É possível afastar o LED do detector óptico observando o efeito de atenuação do sinal no receptor, importante para avaliar a imunidade ao ruído.
- 3) No caso do teste ser realizado sob iluminação ambiente, é possível observar o ruído de 50 Hz causado pelas lâmpadas da sala, à saída do circuito receptor. Este teste, juntamente com os anteriores, permite avaliar a sensibilidade do detector, a imunidade ao ruído bem como o seu tempo de resposta.

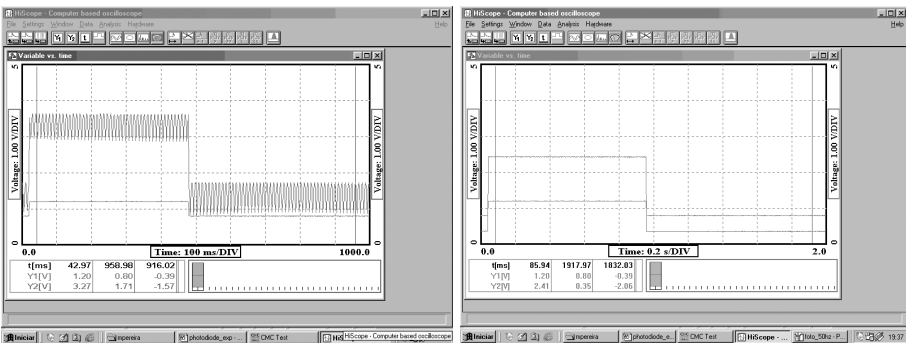


Figure 7 – A tensão à saída do circuito receptor quando o teste é executado sobre a influência de iluminação ambiente (à esquerda) e no caso em que as lâmpadas foram apagadas.

Estes testes podem ser aplicados a sensores ópticos com algumas adaptações, considerando nomeadamente uma maior importância da linearidade na obtenção do sinal eléctrico.

CONCLUSÕES

Foi apresentado um conjunto de testes de simples execução e de baixo custo que permite avaliar o desempenho de detectores ópticos, estes testes podem ser adaptados para avaliar as características essenciais de sensores ópticos. Estes últimos desempenham um papel preponderante na aquisição de dados, sob o princípio do “*ver sem ser visto*”, para definição da evolução das variáveis de acção no campo de batalha e levar à reorganização das forças em utilização. Estes testes permitem avaliar a sensibilidade, linearidade, imunidade ao ruído, densidade espacial da potência captada e tempo de resposta, dos detectores ópticos.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Carlos Jorge de Oliveira Ribeiro, TCOR, “As operações militares na era da Informação e da Comunicação”, in *Proelium* VI Série nº2 Dezembro 2004.
- [2] Maria J. Martins, Marco Pereira, “Integrated Approach to Science Teaching by using ICT and CBL”, in *Proceedings of the 15th International EAEEIE Conference*, Sofia, Bulgaria, 27-29 de Maio de 2004.
- [3] M. J. Martins, M. C. Pereira, S. Kocjancic, “Sensor-computer interface”, curso de acesso pela Internet, desenvolvido no projecto ComLab-Sci.
- [4] M. J. Martins and M. C. Pereira, “Optoelectronics”, curso de acesso pela Internet, desenvolvido no projecto ComLab-Sci.
- [5] M. J. Martins, “Introdução às fibras ópticas”, AEIST Press (1997).
- [6] Marco Pereira, Maria J. Martins, “Experiments in an Optoelectronics Web-based Course”, in *Proceedings of the 15th International EAEEIE Conference*, Sofia, Bulgaria, 27-29 de Maio de 2004.