



COMUNICAÇÃO PELA LUZ VISÍVEL EM AMBIENTE MULTIDINÂMICO COM RECEPTOR ADAPTATIVO AO MEIO

Christian Miguel Barth

Acadêmico do curso de Engenharia de Telecomunicações – UFSM

christian-barth@outlook.com

Adrion A. Rosanelli

Acadêmico do curso de Engenharia de Telecomunicações – UFSM

João Paulo Sales Brum

Acadêmico do curso de Engenharia de Telecomunicações – UFSM

Lucas Teixeira

Pós-graduando do curso de Engenharia Elétrica – UFSM

Marco Antônio Dalla Costa

Professor/Pesquisador do curso de Engenharia Elétrica – UFSM

Resumo. *Tendo em vista os avanços e exigências dos usuários nas comunicações, cada vez mais preza-se por um ambiente seguro para o trabalho. Dessa forma, a comunicação pela luz visível surge como uma alternativa de forma a aumentar a segurança, explorando a potencialidade da modulação da luz como forma de comunicação próxima, além de utilizar das próprias luminárias LEDs para transmissão de dados. Sendo assim, qualquer sala pode se tornar um ponto de acesso à rede de comunicações. Um dos principais desafios da comunicação pela luz é fazer com que a luz proveniente de outras fontes, como o sol e lâmpadas em geral, não afete a recepção do sinal transmitido. Neste trabalho foi desenvolvido um circuito de detecção da luz que se adapta à iluminação do ambiente e subtrai este valor do sinal detectado, melhorando a relação “Sinal por Ruído” do receptor.*

Palavras-chave: *Comunicação pela Luz Visível. Receptor. Ambiente Multidinâmico.*

1. INTRODUÇÃO

Atualmente os diodos emissores de luz – LEDs (*Light Emitting Diode*) estão sendo

empregados largamente tanto em pesquisas, quanto em uso industrial e doméstico. Os LEDs são utilizados na iluminação artificial, em ambientes internos e em externos. Dessa forma, surge a comunicação pela luz visível – VLC (*Visible Light Communication*), capaz de utilizar dessas lâmpadas para fazer comunicação. Além disso, com a crescente busca por mais velocidade e segurança em ambientes fechados se buscou uma tecnologia capaz de suprir tais demandas.

Uma das grandes vantagens da VLC é que se pode desenvolver um sistema que usa o espectro eletromagnético da luz, o qual não é licenciado. [2]

Sendo assim, esse trabalho tem como objetivo principal apresentar o projeto de um protótipo de receptor para a tecnologia apresentada, visando minimizar e identificar as limitações da mesma.

2. O RECEPTOR E AS DIFERENTES FONTES DE ILUMINAÇÃO

Toda a comunicação contém três componentes, o transmissor, o receptor e o meio. O meio para a VLC pode ser uma sala de estar, um escritório que não possua apenas lâmpadas LEDs, espaço de aviões ou até salas de exames de um hospital onde se

utilizam de equipamentos que emitem ondas em determinado espectro eletromagnético. Todos esses meios podem receber ainda a luz solar ou de outras fontes, o que significa uma interferência ao sinal da VLC. [1]

2.1 Espectro de recepção do fotodiodo

O fotodiodo é o componente capaz de converter a intensidade instantânea de luz recebida em sinais elétricos. Este tem o ganho na conversão determinado pelo comprimento de onda da luz recebida, o que implica diferentes sensibilidades à luz em partes distintas do espectro eletromagnético. Esta sensibilidade pode se estender além da parte visível do espectro. A Fig.1 apresenta a sensibilidade à luz do fotodiodo utilizado, modelo BPW24.

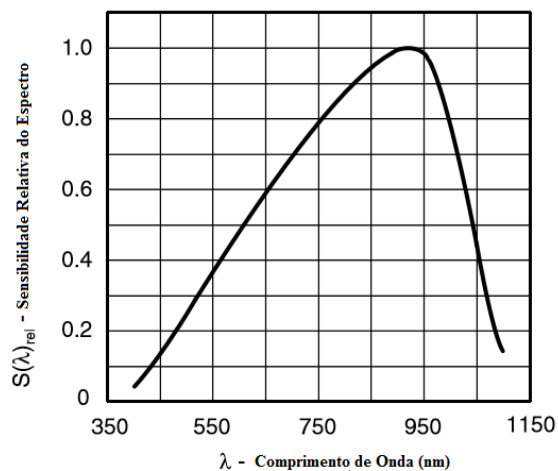


Figura 1: Curva de Sensibilidade do Fotodiodo

Na Fig. 2 é possível ver a potência normalizada do LED DS208, da fluorescente TDLRS e do Sol.

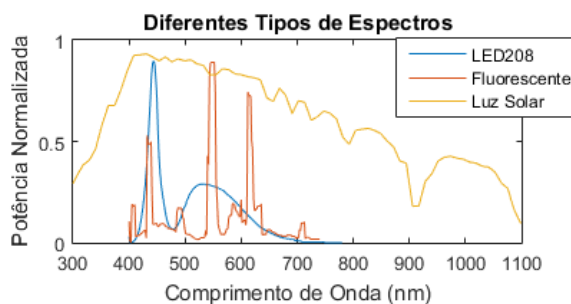


Figura 2: Espectro de Emissão do LED, Fluorescente e Sol

A intensidade das fontes de iluminação é importante para se analisar as interferências no canal de comunicação, sendo que o melhor caso para operação da VLC seria a presença de somente componentes espectrais geradas pelo LED.

2.2 Projeto de um receptor adaptativo

Apesar das outras fontes de luz apresentarem componentes de comprimentos de onda na mesma faixa do espectro aos irradiados pelo LED, do qual deseja-se extrair o sinal de comunicação, outras características como dinâmica da potência instantânea irradiada podem ser usadas para filtrar a fração da potência luminosa recebida que não contém sinal útil. A detecção da intensidade instantânea de luz pelo receptor não distingue os componentes espectrais emitidos por uma ou outra fonte de luz, já a modulação das características do sinal útil é realizada em uma faixa de frequências limitada a poucos mega-hertz.

Com base na análise dos espectros emitidos pelas diferentes fontes de luz e tendo em vista que a transmissão de dados será realizada em um ambiente multidinâmico, projetou-se um circuito para um receptor que seja capaz de eliminar a componente de sinal elétrico gerado pela recepção de interferências externas no fotodiodo. Uma parte distinguível desta interferência se manifesta em frequências muito inferiores ao sinal útil (próximos a zero), este caracteriza um *offset* (deslocamento) a ser removido na etapa de processamento de sinal no receptor. O circuito adotado no receptor tem quatro diferentes estágios, um amplificador de transimpedância, um filtro passa-baixa, um amplificador diferencial e um divisor resistivo. O esquemático do circuito é apresentado na Fig. 3. Além do circuito apresentado na figura, o receptor utiliza de um microcontrolador para fazer decodificação dos dados a partir da tensão V_d do circuito.

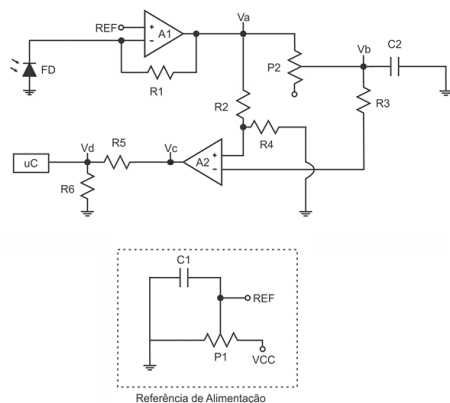


Figura 3: Esquemático do Receptor Multidinâmico.

O amplificador de transimpedância (TIA – *Transimpedance Amplifier*) tem a função de transformar a corrente gerada pelo fotodiodo em uma tensão. A transimpedância (ganho) deste estágio é definida pela resistência “R1” indicada na Fig. 3. O modelo do TIA é expresso pela Eq.1:

$$V_{out} = -R1 \times I_p \quad (1)$$

O valor da resistência R1 adequada foi determinado experimentalmente como 390kΩ. O amplificador operacional utilizado é o LM7171, este apresenta velocidade de resposta suficiente considerando a frequência do sinal a ser processado.

A segunda parte do circuito realiza a média do sinal (atenuando componentes em frequências mais altas) e é um filtro tipo RC. Este filtro consiste em um resistor e um capacitor em série. Na medida em que a frequência das componentes do sinal é maior, a atenuação da amplitude do sinal é acentuada. O comportamento deste sinal pode ser observado nos resultados apresentados na Sessão 3.

No terceiro estágio é utilizado um amplificador que desempenha a função diferencial. Dessa forma, subtraindo o sinal do estágio 1 daquele resultante do estágio 2 (tensão Vb). Essa função tem como objetivo retirar o *offset* criado por outras fontes de luz constante. Ao retirar esse *offset*, o sinal da saída do estágio 3 (tensão Vc) é unicamente

o sinal desejado, a excursão deste sinal é de 0 a 7,5V. Esse sinal obtido da tensão Vc é, portanto, uma réplica do sinal transmitido na VLC.

E por fim, o quarto estágio tem o papel de adequar o nível de tensão do sinal para o admissível na entrada do microcontrolador. No protótipo de testes se utilizou o microcontrolador TIVA TM4C123G da Texas Instruments, e por isso, rebaixou-se a tensão para 3,3V através do divisor de tensão. A Fig. 4 mostra a placa do receptor multidinâmico montada para os testes de laboratório.



Figura 4: Receptor Dinâmico para VLC

3. DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Em uma bancada, composta por quatro *strings* (conjuntos) de LEDs de potência total de 15W, como transmissores de dados, colocou-se também o receptor. Nessa mesma bancada, estava posicionada acima do receptor uma lâmpada fluorescente, agindo como forma de ruído para o canal. Assim, criou-se o ambiente multidinâmico para os testes. A Fig. 5 apresenta o ambiente.

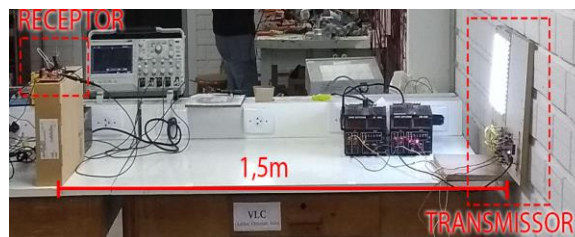


Figura 5: Ambiente Multidinâmico

Dados foram transmitidos utilizando-se uma codificação do tipo Manchester, esta é implementada alternando entre o nível máximo e zero da intensidade da corrente no LED. O receptor se mostrou eficaz em distâncias de até 1,45 metros, com uma taxa de erros menor que 0,1% na decodificação dos dados transmitidos. A Fig. 6 mostra os sinais obtidos no osciloscópio durante os testes, considerando que as referências dos canais 1, 2 e 3 estão no mesmo potencial.

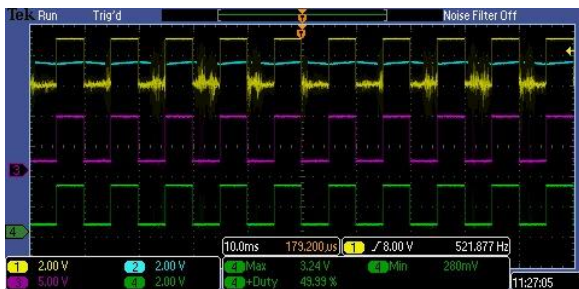


Figura 6: Sinais do Receptor – Canal 1 (amarelo) tensão V_a ; Canal 2 (ciano) tensão V_b ; Canal 3 (magenta) tensão V_c ; Canal 4 (verde) tensão V_d .

Os sinais recebidos seguem a ordem de medições de cada estágio do receptor. O canal 1 (amarelo) apresenta a tensão de saída convertida após o amplificador de transimpedância. Pode-se perceber o offset anteriormente descrito, que grande parte se deve ao ruído da lâmpada fluorescente presente no ambiente.

O canal 2 (ciano) mostra o filtro RC desenvolvido para valor médio do sinal. Assim no canal 3 (magenta) é possível verificar a saída do amplificador diferencial, que elimina o offset do canal 1. Finalmente, o canal 4 (verde) mostra a saída do divisor de tensão que define o nível alto como 3,3V.

É importante ressaltar que como visto na tensão V_c , o circuito eliminou a grande parte do ruído e, portanto, favoreceu a redução da taxa de erros de decodificação.

4. CONCLUSÃO

O trabalho apresentado criou um receptor para um ambiente multidinâmico,

composto por fontes de iluminação como LEDs e fluorescentes. Foi proposto um circuito capaz de filtrar o ruído de agentes indesejados e como visto funcionou dentro do esperado nos testes executados.

Agradecimentos

Agradeço aos colegas do grupo de pesquisa, em especial Lucas Teixeira e orientador Marco Antonio Dalla Costa pelo apoio incondicional. Também, gratidão ao curso de Engenharia de Telecomunicações da UFSM e ao programa PIBIC CNPq pelo apoio financeiro.

5. REFERÊNCIAS

- [1] Zhao, Yan, and Jayakorn Vongkulbhisal. "Design of visible light communication receiver for on-off keying modulation by adaptive minimum-voltage cancelation." *Engineering Journal* 17.4 (2013).
- [2] Burchardt, Harald, et al. "VLC: Beyond point-to-point communication." *IEEE Communications Magazine* 52.7 (2014): 98-105.
- [3] Lathi, B.P. *Sistemas de Comunicações Analógicas e Digitais: Modernos*. LTC: 2012.
- [4] S. Hranilovic, *Wireless Optical Communication Systems*. Springer, 2005.