



SEI-SICITE 2021

Pesquisa e Extensão para um mundo em transformação

XI Seminário de Extensão e Inovação
XXVI Seminário de Iniciação Científica e Tecnológica
08 a 12 de Novembro - Guarapuava/PR



Vision Light: Um auxílio na locomoção de deficientes visuais utilizando VLC

Vision Light: An instrument to aid the mobility of the visually impaired using the lighting infrastructure

Maria Caroline Cordeiro*, Luis Carlos Mathias†, Matheus Pabis Esteves‡

RESUMO

Cerca de 7,596 milhões de pessoas no Brasil possuem algum tipo de deficiência visual, das quais 7,4% estão presentes na região sul do País. Pensando nisso e na utilização de uma tecnologia aplicável em vários cenários do cotidiano, este trabalho tem como objetivo a criação de um sistema que auxilie o indivíduo na locomoção, o qual será composto de um transmissor e um receptor baseados na comunicação por luz visível. Destaca-se que a ideia inicial é que esse sistema seja de baixo custo para uma melhor facilidade de acesso. Para tal realizou-se uma contextualização referente a algumas tecnologias já existentes para esse auxílio, uma pesquisa sobre as teorias e tecnologias que serão utilizadas no projeto e desenvolvimento de um sistema de transmissão e recepção por luz visível. Um protótipo foi construído e avaliado, demonstrando que é possível associar um aplicativo *smartphone* que sirva como interface entre o sistema e a pessoa com deficiência visual. Por fim, realizou-se uma análise dos principais resultados obtidos, que possibilitou concluir a viabilidade do projeto.

Palavras-chave: Deficiência visual. Comunicação por luz visível. Acessibilidade.

ABSTRACT

About 7.596 million people in Brazil have some type of visual impairment, of which 7.4% are present in the southern region of the country. Thinking about this and the use of technology applications in various daily scenarios, this work aims to the creation of a system that assists the individual in locomotion, which will consist of a transmitter and a receiver based on visible light communication. It is noteworthy that the initial idea is that this system is of low cost for better ease of access. To this end, a contextualization was carried out regarding some existing technologies for this assistance, research on the theories and technologies that will be used in the design and development of visible light transmission and reception system. A prototype was built and evaluated, demonstrating that it is possible to associate a smartphone application that serves as an interface between the system and the visually impaired person. Finally, an analysis of the main results obtained was carried out, which made it possible to conclude the project's viability.

Keywords: Visual impairment. Visible light communication. Accessibility.

* Engenharia Eletrônica; maria_cacal@hotmail.com.

† Engenharia de Computação; mathias@utfpr.edu.br; <https://orcid.org/0000-0003-3872-4509>.

‡ Engenharia de Computação; mth.pesteves@gmail.com.



1 INTRODUÇÃO

A comunicação por luz visível (VLC, na sigla inglesa) mostra-se uma tecnologia aplicável em vários cenários do cotidiano. Isto, por se tratar de uma comunicação sem fio realizada pela iluminação artificial, não sofrer interferência por rádio frequência (RF), e ainda, possuir uma inexplorada faixa espectral, tornando-a assim atrativa para novos projetos (MATHIAS; DE MELO; ABRAO, 2018).

O crescimento da utilização de lâmpadas LEDs (*Light-Emitting Diode*) é outro fator que possibilita a inserção dessa tecnologia, visto que sua durabilidade, eficiência energética e luminosa são melhores que as das lâmpadas comuns. A partir disso, um sistema VLC pode ser composto por um foto-transmissor e um fotorreceptor, com a finalidade de transmitir dados de um LED e receber em um fotodiodo (MATHIAS; MARINELLO FILHO; ABRAO, 2019).

Conforme a Pesquisa Nacional de Saúde do IBGE (2013), cerca de 3,6% da população brasileira, possui deficiência visual e cerca de 7,4% estão presentes na região Sul do país (GADELHA et al., 2013). Destaca-se que poucos ambientes possuem piso tátil ou outros recursos que permitam a melhoria na acessibilidade deste determinado público. Pensando nisso, nas dificuldades diárias de locomoção que podem ser encontradas, e na pouca exploração desta tecnologia para a acessibilidade a deficientes visuais, foi analisado uma maneira que pudesse auxiliar a locomoção dentro das universidades, museus, comércios, e outros ambientes.

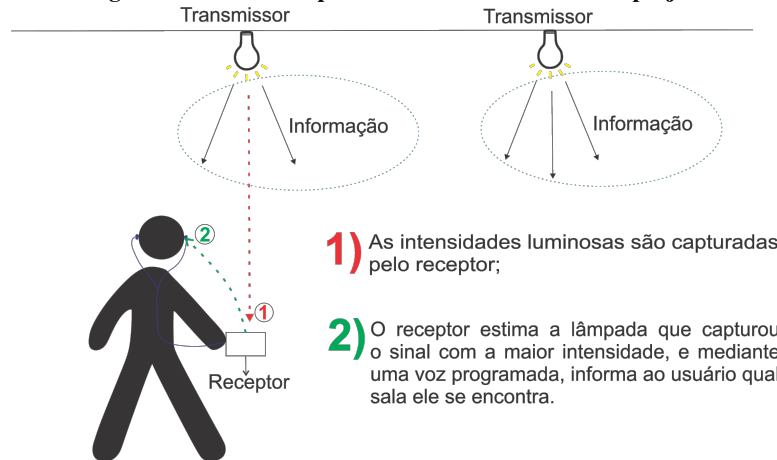
Segundo os dados repassados no Ofício nº 17/2021 - ASSAE (Assessoria de Assistência Estudantil), a UTFPR possui cerca de 55 alunos com deficiência visual matriculados na graduação e nenhum na pós-graduação. O censo da educação superior de 2019 (CENSO. . . , 2019), destaca que cerca de 2.598 alunos com cegueira realizaram matrículas em cursos de graduação.

Geralmente a solução mais comum para auxiliar essa necessidade especial é a utilização de bengala. Esta possui capacidade de identificar obstáculos como pessoas e objetos na altura da cintura e da cabeça, além de desníveis como buracos e degraus (VALENTIM et al., 2016). Outra opção, não tão comum, é a utilização de sensores acoplados ao corpo (SOUSA RIBEIRO FILHO et al., 2011). Entretanto estas propostas são compostas basicamente por sensores, logo só é possível ter informações do ponto de alcance do sensor como obstáculos, e não da localização efetiva do usuário no ambiente durante o seu trajeto.

Diante deste cenário, este trabalho tem como objetivo criar de um sistema que auxilie o indivíduo na locomoção, o qual se trata de um transmissor e receptor baseados em VLC, onde os transmissores ficarão fixados em pontos importantes do ambiente e o receptor ficará com o usuário. A ideia inicial é que esse sistema seja de baixo custo, para facilitar o acesso. Mediante pesquisas de produto e também em patentes no Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), não foi verificada solução semelhante, caracterizando-o como um trabalho que, também, possui um caráter inovador.

Na Figura 1, é apresentado um modelo simplificado da estrutura de funcionamento do projeto. A ideia geral de funcionamento consiste em um receptor que deve discriminar e estimar a intensidade luminosa capturada de cada lâmpada LED. Isto é possível pois cada lâmpada emitirá um sinal único que permita ser separado. Dependendo da posição do receptor, ele estará mais próximo de uma lâmpada, e espera-se que seja capturada uma maior intensidade luminosa desta lâmpada. Assim, o sistema identifica a localização do receptor no ambiente e comunica por voz ao deficiente visual. Isto mediante um fone de ouvido, e através de um aplicativo específico.

Figura 1 – Modelo simplificado do funcionamento do projeto



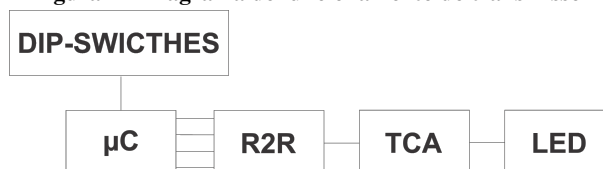
Fonte: Autoria própria (2021).

2 MÉTODO

O funcionamento do transmissor aborda as seguintes etapas: 1) Um microcontrolador (μC) deve fazer a leitura dos estados lógicos em microchaves (*dip-switches*) para identificar qual diferente frequência será transmitida para discriminar a lâmpada; 2) Gerar um vetor no μC com o sinal senoidal nesta frequência, isto para que a magnitude espectral do sinal ocupe uma distinta e estreita faixa de frequência possibilitando que seja discriminável no receptor; 3) Amostrar este sinal no tempo, com a utilização de uma saída paralela digital do μC ; 4) Aplicar este sinal em um circuito conversor digital para analógico (DAC) externo utilizando rede de resistores R2R (a etapa 3 é uma exigência da etapa 4, pois o μC utilizado não possui periférico DAC embutido); 5) A partir de um circuito de *driver* amplificador de transcondutância (TCA, na sigla inglesa), modular este sinal analógico de tensão em um sinal de corrente aplicado ao LED; 6) Esta modulação de corrente no LED faz ele emitir no ambiente um sinal luminoso em diferentes intensidades. A Figura 2 apresenta a interligação destas etapas no transmissor.

Considerando que o conversor analógico para digital do μC pode amostrar em até $f_s = 1 \text{ MHz}$, a frequência máxima do sinal transmitido será de 500 kHz para atender ao teorema de amostragem de Nyquist. Também foi estabelecido uma frequência mínima do sinal para 10 kHz, pois espera-se uma maior interferência devido às fontes chaveadas do restante do sistema de iluminação artificial. Neste caso, a frequência mínima já garante que não irá causar a sensação de cintilamento (*flickink*) nas pessoas.

Figura 2 – Diagrama de funcionamento do transmissor

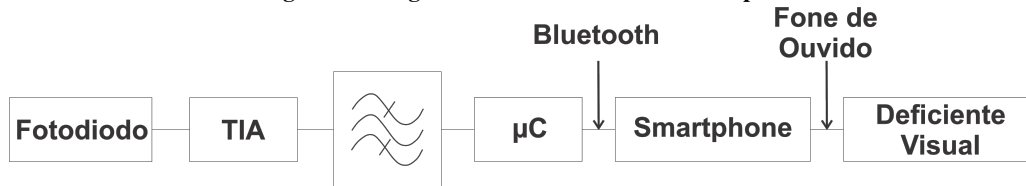


Fonte: Autoria própria (2021).

Conforme a Fig. 3, o funcionamento do receptor consistirá das seguintes etapas: 1) Capturar o sinal transmitido mediante um fotodiodo; 2) Transformar do sinal de corrente gerado pelo fotodiodo para tensão, através de um amplificador de transimpedância (TIA); 3) Aplicar filtros analógicos para a rejeição de ruídos inferiores e superiores à faixa de sinal de interesse; 4) Utilizar o conversor analógico para digital do μC para

amostrar o sinal no tempo; 5) Aplicar o algoritmo da Transformada Rápida de Fourier (FFT) no μC , para a identificação da subportadora/frequência de maior intensidade; 6) Executar um aplicativo de orientação sonora para guiar o deficiente visual. Este último, se por exemplo o usuário entrar em uma sala X, uma voz programada fornecerá a informação: "Sala X - sala dos professores", por meio de um fone de ouvido.

Figura 3 – Diagrama de funcionamento do receptor

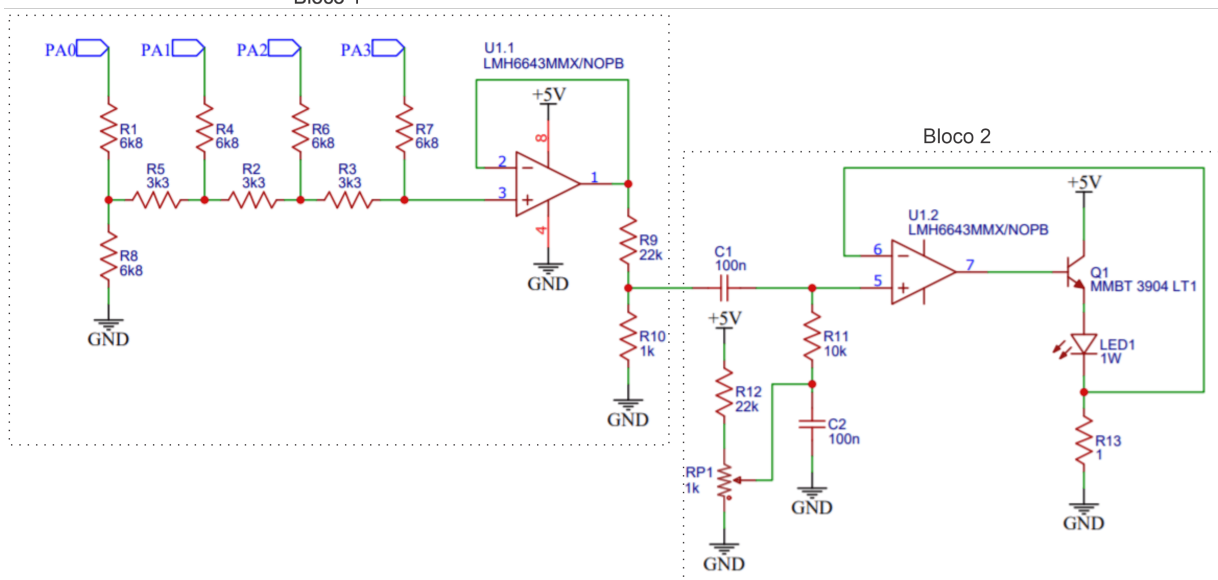


Fonte: Autoria própria (2021).

3 RESULTADOS

Na Figura 4 é possível visualizar o circuito do transmissor, o qual no bloco 1 pode-se observar o DAC R2R, que será responsável por converter o sinal digital para analógico. Neste mesmo bloco têm-se o amplificador seguidor de tensão que serve para casar as impedâncias do sinal e um divisor de tensão que ajusta a amplitude do sinal. No bloco 2 têm-se o acoplamento CA com o sinal transmitido, um ajuste do nível DC para a intensidade média do LED e por fim o TCA que converterá o sinal de tensão para corrente. Esse processo é necessário devido o LED possuir uma melhor linearidade na intensidade luminosa se modulado com corrente (MATHIAS; MARINELLO FILHO; ABRAO, 2019).

Figura 4 – Esquemático do circuito elétrico do transmissor

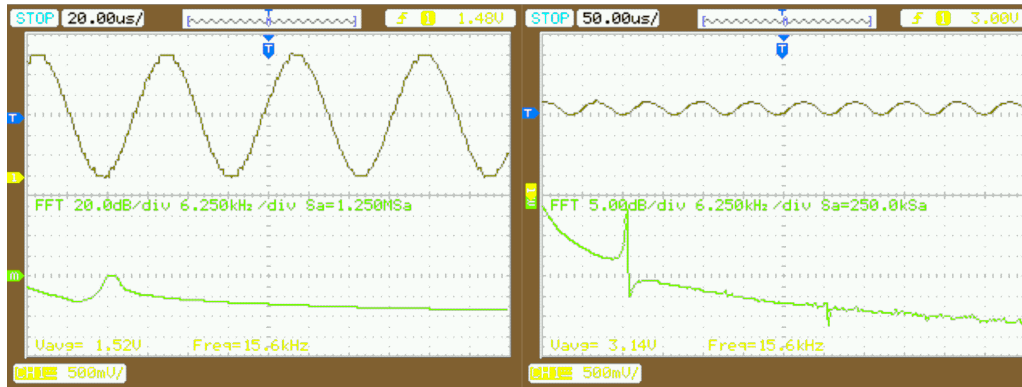


Fonte: Autoria própria (2021).

A Figura 5 demonstra os sinais obtidos por meio de um osciloscópio para a primeira frequência, onde é possível observar na onda da esquerda o sinal após o DAC R2R, bem como a sua FFT, a qual demonstra o pico da maior frequência. Na onda da direita, tem-se o sinal que modula o LED. A primeira onda que estaria sendo

transmitida deve ter 15,625 kHz, a resolução em frequência é dada pela razão entre a taxa de amostragem f_s e o comprimento N da FFT. No caso, a n frequência gerada é dada por $f_n = n \frac{f_s}{N} = n \frac{1 \text{ MHz}}{64} = n 15,625 \text{ kHz}$.

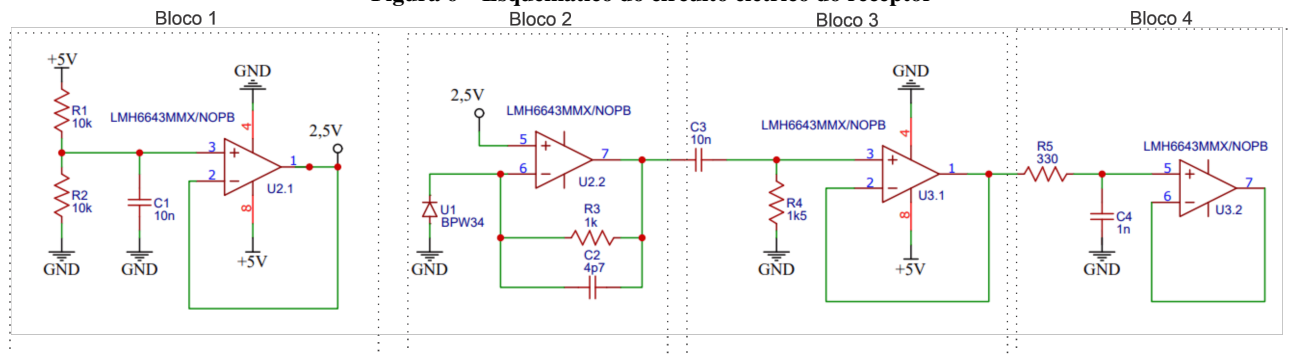
Figura 5 – Sinais obtidos do transmissor na saída do R2R e no LED



Fonte: Autoria própria (2021).

Na Figura 6 é possível visualizar o circuito do receptor, o qual no bloco 2 pode-se observar o TIA que converterá o sinal de corrente do fotodiodo para tensão. No bloco 3 têm-se o filtro passa-altas, onde serão rejeitados sinais com frequências inferiores a 10 kHz. O bloco 4 consiste em um filtro passa-baixas, onde será rejeitado sinais com frequências superiores a 500 kHz. No bloco 1 apresenta-se um terra virtual, o qual tem a finalidade de ajustar a referência do sinal. A etapa 3) é necessária devido o sinal convertido pelo fotodiodo ser por corrente e o microcontrolador realizar leitura por meio de sinais de tensão.

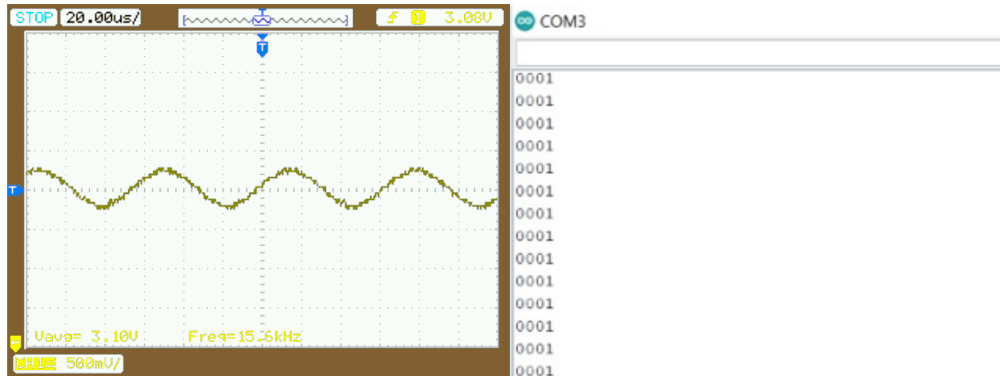
Figura 6 – Esquemático do circuito elétrico do receptor



Fonte: Autoria própria (2021).

À esquerda da Figura 7, é possível observar o sinal recebido pelo fotodiodo que foi convertido em tensão pelo amplificador de transimpedância. Após passar pelos filtros, este sinal analógico foi amostrado pelo μC , o qual mediante um algoritmo FFT estimou o maior sinal capturado no receptor, gerando um código da lâmpada em que capturou maior potência. Na imagem À direita da Figura 7, é apresentado o código da lâmpada 0001, a qual foi estimada pelo algoritmo no receptor e transmitida pelo terminal serial. Mediante uma interface serial/*bluetooth*, um aplicativo de *smartphone* pode converter a informação em texto e depois em som, que pode ser entregue no fone de ouvido para o usuário.

Figura 7 – Sinais obtidos do receptor no amplificador de transimpedância e no terminal serial/bluetooth



Fonte: Autoria própria (2021).

4 CONCLUSÕES

Os testes de *hardware* e de *software* evidenciaram que foi possível transmitir diferentes sinais nas diferentes lâmpadas LEDs e depois discriminá-los no receptor para estimar as suas potências capturadas. Isto permitiu determinar a lâmpada mais próxima, gerando um código que permite que um aplicativo de *smartphone* converta a localização da sala do prédio em uma informação sonora transmitida para o usuário. Vale observar, que o *hardware* aqui desenvolvido pode ser aproveitado posteriormente, abrindo a possibilidade de determinar em coordenadas cartesianas a localização mediante a aplicação de algoritmos mais aprimorados de localização. Isto possibilitaria, como exemplo de aplicação direta, a localização de robôs e *drones* em ambiente fechado.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Fundação Araucária pelo auxílio financeiro no Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Tecnológica e Inovação – PIBITI da UTFPR.

REFERÊNCIAS

- GADELHA, Paulo et al. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística-IBGE. **Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Trabalho e Rendimento. Pesquisa Nacional de Saúde**, 2013.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA. **Censo da educação do ensino superior**. [S.l.: s.n.], 2019. Disponível em: [🔗](#).
- MATHIAS, Luis Carlos; DE MELO, Leonimer Flavio; ABRAO, Taufik. 3-D localization with multiple LEDs lamps in OFDM-VLC system. **IEEE Access**, IEEE, v. 7, p. 6249–6261, 2018.
- MATHIAS, Luis Carlos; MARINELLO FILHO, Jose Carlos; ABRAO, Taufik. Predistortion and pre-equalization for nonlinearities and low-pass effect mitigation in OFDM-VLC systems. **Applied optics**, Optical Society of America, v. 58, n. 19, p. 5328–5338, 2019.
- SOUSA RIBEIRO FILHO, José de et al. ARGOS–Auxílio à locomoção de deficientes visuais a partir de pulseira microcontrolada. **Anais do Computer on the Beach**, p. 89–98, 2011.
- VALENTIM, Ricardo Aleksandro de Medeiros et al. Olho biônico para auxílio à locomoção autônoma de deficientes visuais. *Revista Brasileira de Inovação Tecnológica em Saúde*, 2016.