



# CRICTE 2017

XXVIII Congresso Regional de Iniciação Científica e Tecnológica em Engenharia



## DESENVOLVIMENTO DE PROTOCOLO DE COMUNICAÇÃO PARA UM SISTEMA DE COMUNICAÇÃO POR LUZ VISÍVEL.

**Adrion Andrei Rosanelli**

Acadêmico do curso de Engenharia de Telecomunicações - Universidade Federal de Santa Maria  
Maria  
aarosanelli@gmail.com

**Christian Miguel Barth**

Acadêmico do curso de Engenharia de Telecomunicações - Universidade Federal de Santa Maria  
Maria

**João Paulo Sales Brum**

Acadêmico do curso de Engenharia de Telecomunicações - Universidade Federal de Santa Maria  
Maria

**Carlos Henrique Barriuello**

Professor/Pesquisador do curso de Engenharia Elétrica – Universidade Federal de Santa Maria

**Lucas Teixeira**

Pós-graduando do curso de Engenharia Elétrica – Universidade Federal de Santa Maria

**Resumo.** *Desenvolveu-se um protótipo para um sistema de comunicação pela luz visível, permitindo a iluminação e a transmissão de dados em um mesmo dispositivo. Assim, o objetivo desse trabalho baseia-se em formar um protocolo de comunicação, através da programação de microcontroladores, capaz de adicionar sincronia e de identificar possíveis erros nos pacotes de dados recebidos. Com isso, pode-se analisar a taxa de erros desses dados e verificar se eles foram ou não corrompidos durante a transmissão. Além de permitir a verificação da distância entre o transmissor e o receptor que possibilita uma comunicação eficiente de informações, com baixas taxas de erros, percebendo que é possível uma comunicação ideal a distâncias de até 1,4 metros.*

**Palavras-chave:** *Comunicação pela luz visível. Protocolo. Taxa de erros.*

### 1. INTRODUÇÃO

Com o crescente uso das comunicações sem fio e dos avanços em iluminação, surge

a possibilidade de uma tecnologia capaz de integrar essas duas funcionalidades essenciais no dia-a-dia, o VLC (*Visible Light Communication*, ou Comunicação por Luz Visível). Essa tecnologia se torna possível, principalmente, pelo desenvolvimento dos LEDs (*Light Emitting Diode*, ou Diodos Emissores de Luz) que, de acordo com E. F. Schubert [1], podem ser comutados em altas frequências. Isso torna o VLC cada vez mais aplicável devido ao aumento do uso deste tipo de iluminação que pode, com algumas adaptações, transmitir informações ao mesmo tempo que iluminar um ambiente.

Outra vantagem dessa forma de comunicação é que ele surge como uma alternativa para a comunicação por radiofrequência que está cada vez mais congestionada, segundo Conceição [2]. Além disso, permite uma comunicação mais segura, pois confina os dados no ambiente em que está.

A partir disso, busca-se desenvolver um protótipo composto de duas partes, o transmissor e o receptor. O principal objetivo desse trabalho é desenvolver um

protocolo de comunicação para a tecnologia e analisar possíveis corrupção dos dados em função da distância de transmissão. E com isso verificar a necessidade de aprimoramentos do receptor ou aumento da potência luminosa emitida.

Este artigo está organizado em três seções. A seção 2 descreve o desenvolvimento do protótipo. A seção 3 descreve o funcionamento do protocolo. E, finalmente, a seção 4, apresenta os resultados e análise dos mesmos.

## 2. PROTÓTIPO CAPAZ DE REALIZAR VLC

Foi desenvolvido um protótipo capaz de realizar VLC que pode ser separado em duas partes. Uma delas é o transmissor que realiza o envio dos dados, e a outra o receptor que capta esses dados. O protótipo pode ser visualizado no seguinte diagrama de blocos:

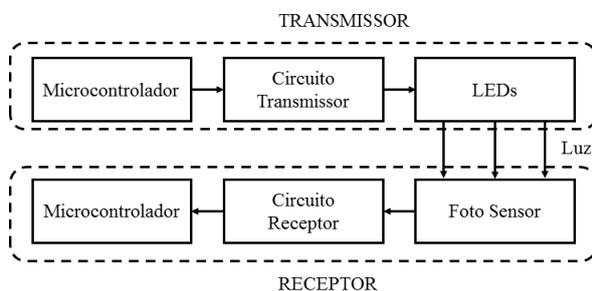


Figura 1. Diagrama de blocos do protótipo.

Na “Fig. 1” pode-se ver os elementos que compõe o transmissor, na parte superior da imagem, e o receptor, na parte inferior da imagem.

### 2.1 O transmissor

O transmissor é a parte do protótipo responsável pela codificação e envio das informações. Ele é constituído de três estágios, o microcontrolador, o circuito transmissor e os LEDs.

O primeiro estágio é formado pelo microcontrolador que é responsável por definir o protocolo de comunicação. O microcontrolador vai receber os dados que se

deseja transmitir e vai encapsular estes adicionando sinalização e informações complementares ao vetor de dados antes da codificação, este sinal codificado é passado ao segundo estágio.

O estágio seguinte é formado por um circuito elétrico que vai receber os dados do microcontrolador. O circuito processa esses dados e os passa para o estágio final na forma de corrente.

O último estágio são os LEDs que ligam conforme a intensidade de corrente recebida do circuito, enviando os dados através de sua luz para o receptor. Esse controle dos LEDs é realizado com modulação OOK (*On-Off Keying*, que significa comutação ligado-desligado), ocorrendo em uma frequência imperceptível ao olho humano.

### 2.2 O receptor

O receptor é a parte do protótipo responsável por receber os dados e decodifica-los de modo que o usuário possam acessá-los. Também é constituído de três estágios, o foto sensor, o circuito receptor e o microcontrolador.

No primeiro, o foto sensor capta os sinais luminosos e os converte em sinais elétricos. Entretanto ele pode captar também alguma interferência gerada pelo meio em que o receptor está inserido.

Esses sinais elétricos, juntamente com as interferências são passados para o estágio seguinte, do circuito elétrico do receptor. O circuito é responsável por processar as informações recebidas filtrando os ruídos, causados pela interferência, e isolar os sinais desejados.

O microcontrolador compõe o estágio final que, por sua vez, decodifica o protocolo proveniente do circuito transformando-o em informações que são passadas para o usuário.

### 3. O PROTOCOLO DE COMUNICAÇÃO

Os dados transmitidos e recebidos são definidos de acordo com o protocolo de comunicação estabelecido. Esse protocolo é necessário para que o receptor consiga manter a sincronia durante o recebimento dos dados, além de isolar os dados de interesse dentro do pacote.

O protocolo é definido nas duas partes do protótipo, no transmissor e no receptor, mais especificamente, nos programas dos microcontroladores. Esse protocolo possui campos definidos para sincronismo, para os dados válidos e para a verificação que confirma a integridade dos dados.

Além disso, os dados são comunicados utilizando a codificação Manchester. Nessa codificação o bit “0” é definido como a transição do nível lógico 1 (LEDs ligados) para o nível lógico 0 (LEDs desligados). Já o bit “1” é definido como a transição do nível lógico 0 para o nível lógico 1.

#### 2.1 O transmissor

O protocolo de comunicação usado no transmissor pode ser visualizado através do seguinte fluxograma:



Figura 2. Fluxograma do protocolo transmissor.

Na “Fig.2” pode-se ver quatro partes do protocolo. Na parte inicial, são enviados alguns bytes 0xFF (byte composto apenas de

bits 1) que faz os LEDs alternarem seu nível lógico continuamente em uma frequência bem definida.

Após, é enviado um byte 0xFE (todos os bits 1 exceto o último que é um bit 0), o que faz com que o último bit enviado deixe os LEDs um tempo maior ligados. Isso indica que irá iniciar o envio dos bytes válidos.

Esses bytes válidos são as informações que se deseja enviar, também codificados em Manchester. Esses bytes são utilizados para cálculo de um valor para verificação (CHECKSUM\_TX). Por fim, esse valor é codificado e enviado, encerrando o protocolo transmissor.

#### 2.2 O receptor

O protocolo de comunicação do receptor pode ser analisado pelo seguinte fluxograma:

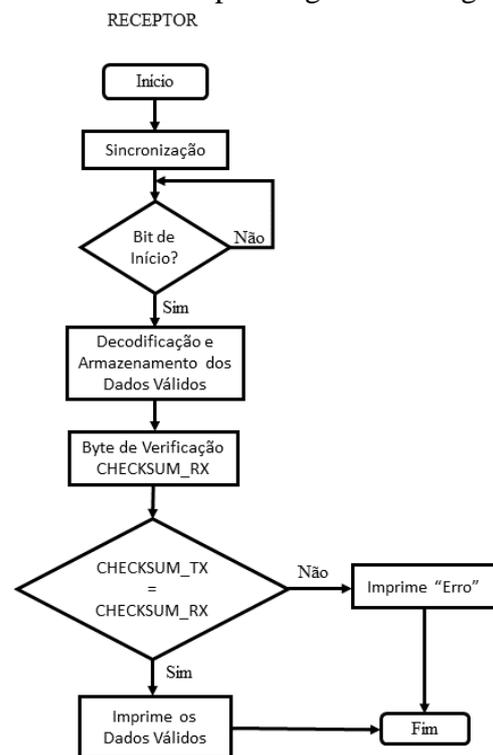


Figura 3. Fluxograma do protocolo receptor.

O fluxograma acima mostra as diversas partes do protocolo receptor. Ele começa sincronizando com as transições dos níveis lógicos recebidas. Após sincronizar com o transmissor, o receptor vai esperar o recebimento do bit de início (tempo maior em nível lógico 1).

Apenas no momento que receber o bit de início iniciará a decodificação de cada byte válido que será armazenado. Nesse instante, o microcontrolador calcula o valor de verificação (CHECKSUM\_RX) somando os bytes válidos, como no transmissor.

Para concluir o protocolo, os valores de verificação do receptor e do transmissor são comparados. Assim, são fornecidos ao usuário dados válidos se a verificação coincidiu, e caso os bytes de verificação sejam diferentes, é indicado ao usuário que os dados foram corrompidos durante o envio.

#### 4. RESULTADOS

Diante disso, visando testar as limitações e analisar possíveis melhorias do protótipo foi realizada uma análise da taxa de erro de bit (1) em função da distância:

$$\text{Taxa de Erros} = \frac{\text{Número de erro de bit}}{\text{Total de bit enviado}} \quad (1)$$

Isso foi efetivado enviando em torno de 200.000 bits e verificando a quantidade de bits que foram decodificados corretamente conforme se variava a distância entre os LEDs (transmissor) e o foto sensor (receptor).

Com esse experimento foi possível verificar as distâncias em que a comunicação é efetiva. Fato esse que pode ser visualizado no gráfico a seguir:

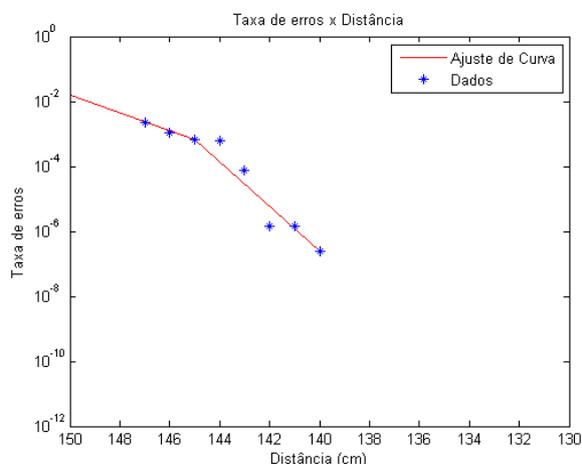


Figura 4. Gráfico da taxa de erros em função da distância de transmissão.

A “Fig.4” mostra que a taxa de erros aumenta, em uma escala logarítmica, conforme se aumenta a distância. Assim, a distâncias menores que 1,4 metros não ocorre absolutamente nenhum erro em rodadas de testes com 200.000 bits.

A distâncias maiores que 1,5 metros a taxa de erro é bastante maior, e os erros ocorrem já nos bytes de sincronização, impedindo a sincronização do receptor com o transmissor.

Esses erros ocorreram principalmente devido ao receptor não conseguir distinguir as interferências dos dados. Isso é verificado pelo fato de que a potência emitida pelos LEDs decai com o quadrado da distância.

Com isso, chega no foto sensor uma potência muito baixa acima de determinadas distancias de modo que não é possível diferenciar os níveis lógicos. Uma solução para isso seria de aumentar a intensidade dos LEDs para chegar mais potência ao receptor, ou aprimorar o circuito receptor para ter uma captação com mais eficiência.

#### Agradecimentos

Gostaria de agradecer aos colegas da graduação, pós-graduandos e professores, ambos do GEDRE, que possibilitaram a realização deste trabalho. Agradecer também a coordenação do curso de Engenharia de Telecomunicações pelo apoio financeiro.

#### 5. REFERÊNCIAS

- [1] E. F. Schubert, Light-Emitting Diodes. UK: Cambridge University Press, 2006.
- [2] M. L. Conceição, Comunicação por Luz Visível, (Monografia) Universidade de Brasília, Brasília: 2015, 57 p.