

VLC

Vilmey
Francisco
Romano Filho

Introdução a
Comunicação
Óptica sem
Fio

Medium-Range
OWC vs Rádio
Topologia de
comunicação

Hardware

Mensagem
Transmissor
Receptor

Teste

Propostas
Futuras

Comunicação Óptica por Luz Visível

Vilmey Francisco Romano Filho

Universidade de Brasília – UnB
Faculdade do Gama – FGA
Engenharia Eletrônica

December 9, 2015

Características

VLC

Vilmey
Francisco
Romano Filho

Introdução a
Comunicação
Óptica sem
Fio

Medium-Range
OWC vs Rádio
Topologia de
comunicação

Hardware

Mensagem
Transmissor
Receptor

Teste

Propostas
Futuras

- Não guiada;
- Não regulamentada;
- Uso em áreas restritas;
- Faixa de luz vizível, infravermelho ou ultravioleta;
- Reduzida emissão de interferência eletromagnética.

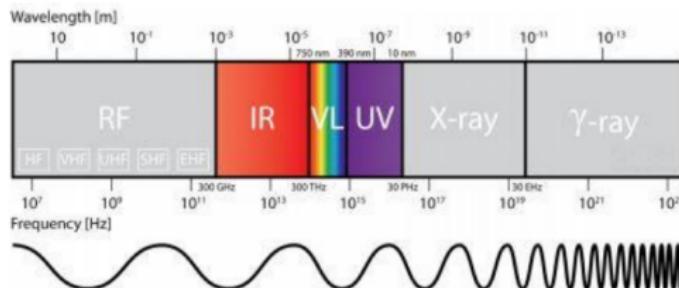


Figure : Faixas utilizadas no OWC.

Características

VLC

Vilmey
Francisco
Romano Filho

Introdução a
Comunicação
Óptica sem
Fio

Medium-Range
OWC vs Rádio
Topologia de
comunicação

Hardware

Mensagem
Transmissor
Receptor

Teste

Propostas
Futuras

- Não guiada;
- Não regulamentada;
- Uso em áreas restritas;
- Faixa de luz vizível, infravermelho ou ultravioleta;
- Reduzida emissão de interferência eletromagnética.

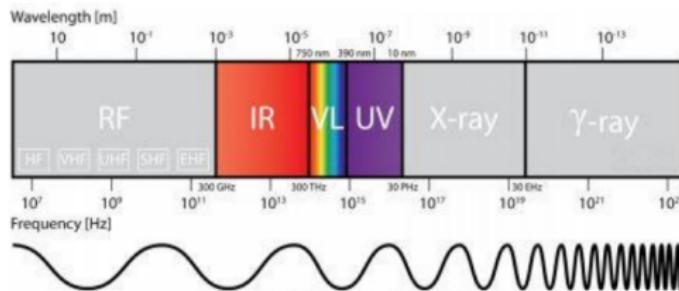


Figure : Faixas utilizadas no OWC.

Características

VLC

Vilmey
Francisco
Romano Filho

Introdução a
Comunicação
Óptica sem
Fio

Medium-Range
OWC vs Rádio
Topologia de
comunicação

Hardware

Mensagem
Transmissor
Receptor

Teste

Propostas
Futuras

- Não guiada;
- Não regulamentada;
- Uso em áreas restritas;
- Faixa de luz vizível, infravermelho ou ultravioleta;
- Reduzida emissão de interferência eletromagnética.

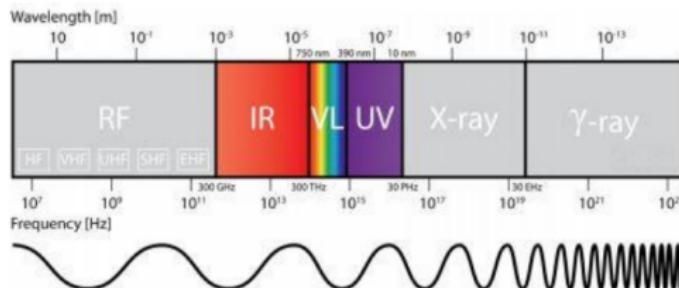


Figure : Faixas utilizadas no OWC.

Características

VLC

Vilmey
Francisco
Romano Filho

Introdução a
Comunicação
Óptica sem
Fio

Medium-Range
OWC vs Rádio
Topologia de
comunicação

Hardware

Mensagem
Transmissor
Receptor

Teste

Propostas
Futuras

- Não guiada;
- Não regulamentada;
- Uso em áreas restritas;
- Faixa de luz vizível, infravermelho ou ultravioleta;
- Reduzida emissão de interferência eletromagnética.

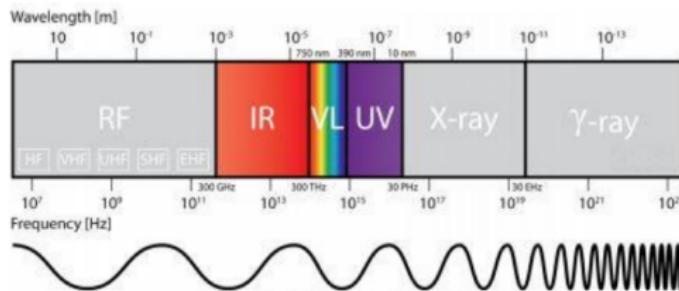


Figure : Faixas utilizadas no OWC.

Características

VLC

Vilmey
Francisco
Romano Filho

Introdução a
Comunicação
Óptica sem
Fio

Medium-Range
OWC vs Rádio
Topologia de
comunicação

Hardware

Mensagem
Transmissor
Receptor

Teste

Propostas
Futuras

- Não guiada;
- Não regulamentada;
- Uso em áreas restritas;
- Faixa de luz vizível, infravermelho ou ultravioleta;
- Reduzida emissão de interferência eletromagnética.

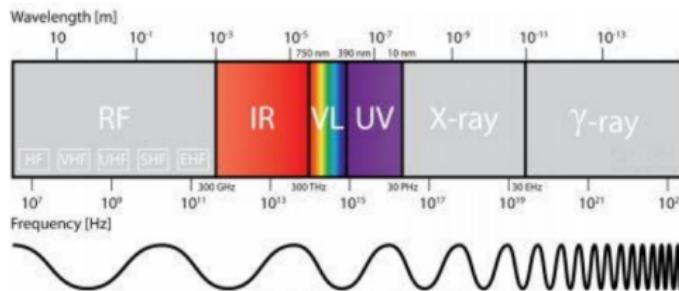


Figure : Faixas utilizadas no OWC.

Evolução da Comunicação Óptica

VLC

Vilmey
Francisco
Romano Filho

Introdução a
Comunicação
Óptica sem
Fio

Medium-Range
OWC vs Rádio
Topologia de
comunicação

Hardware
Mensagem
Transmissor
Receptor

Teste

Propostas
Futuras

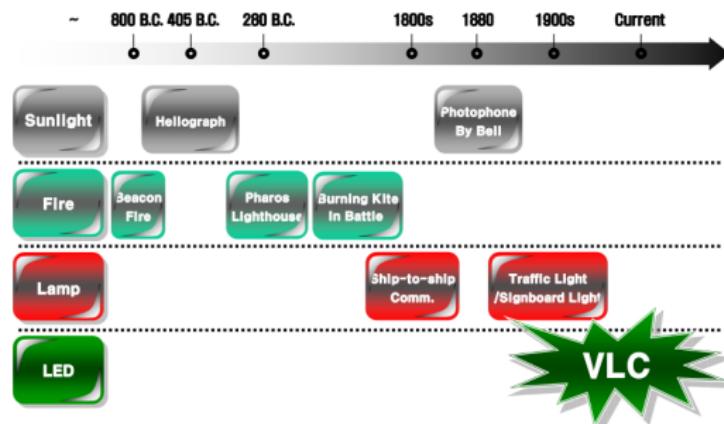


Figure : Comunicação Óptica desde os primórdios

Classificação das OWC

VLC

Vilmey
Francisco
Romano Filho

Introdução a
Comunicação
Óptica sem
Fio

Medium-Range
OWC vs Rádio
Topologia de
comunicação

Hardware
Mensagem
Transmissor
Receptor

Teste

Propostas
Futuras

O OWC contém as faixas de luz visíveis, infravermelho e ultravioleta.

Neste trabalho será abordada a tecnologia VLC.

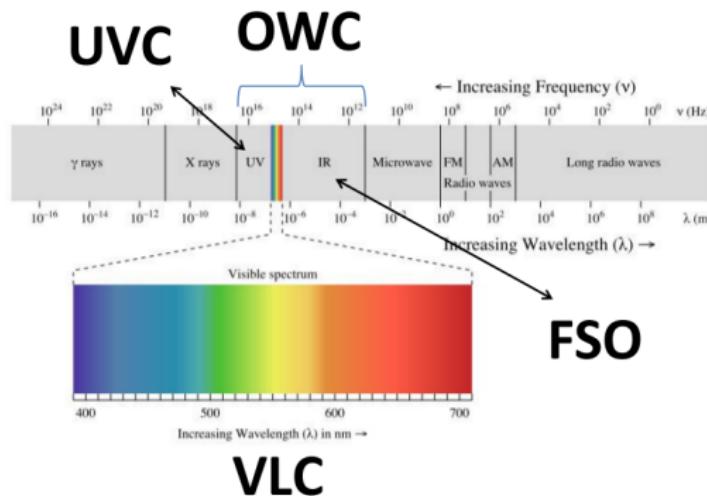


Figure : Divisão dos espectros ópticos.

Classificações de Alcance

VLC

Vilmey
Francisco
Romano Filho

Introdução a
Comunicação
Óptica sem
Fio

Medium-Range
OWC vs Rádio
Topologia de
comunicação

Hardware
Mensagem
Transmissor
Receptor

Teste

Propostas
Futuras

A comunicação óptica pode ser utilizada desde pequenas distâncias como dentro de um circuito, até longas distâncias ex. Lua-Terra.

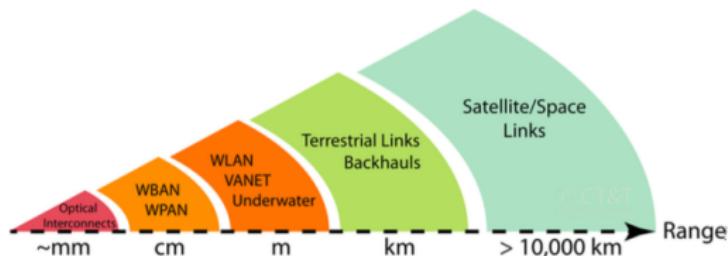


Figure : Divisão de alcance e tipos de transmissão óptica.

Ultra-Short Range

VLC

Vilmey
Francisco
Romano Filho

Introdução a
Comunicação
Óptica sem
Fio

Medium-Range
OWC vs Rádio
Topologia de
comunicação

Hardware

Mensagem
Transmissor
Receptor

Teste

Propostas
Futuras

- Substituição do cobre;
- Transmissão Inter/Intra chip;
- Baixa latência;
- Alta taxa de transmissão de dados.

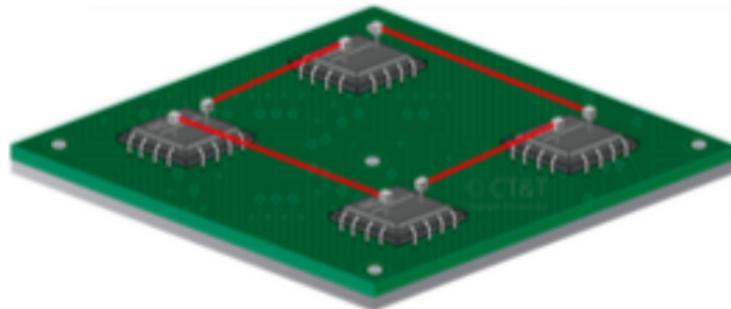


Figure : Transferencia de dados entre CI's.

Ultra-Short Range

VLC

Vilmey
Francisco
Romano Filho

Introdução a
Comunicação
Óptica sem
Fio

Medium-Range
OWC vs Rádio
Topologia de
comunicação

Hardware

Mensagem
Transmissor
Receptor

Teste

Propostas
Futuras

- Substituição do cobre;
- Transmissão Inter/Intra chip;
- Baixa latência;
- Alta taxa de transmissão de dados.

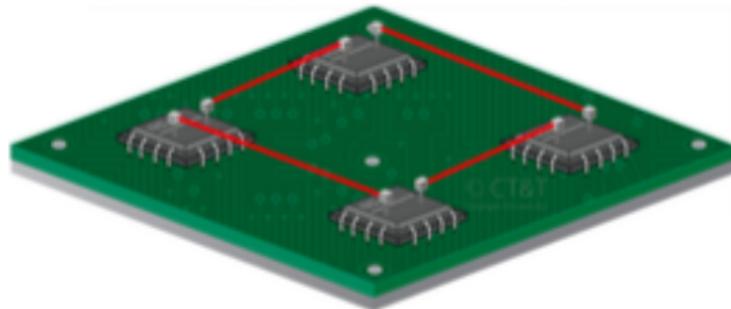


Figure : Transferencia de dados entre CI's.

Ultra-Short Range

VLC

Vilmey
Francisco
Romano Filho

Introdução a
Comunicação
Óptica sem
Fio

Medium-Range
OWC vs Rádio
Topologia de
comunicação

Hardware

Mensagem
Transmissor
Receptor

Teste

Propostas
Futuras

- Substituição do cobre;
- Transmissão Inter/Intra chip;
- Baixa latência;
- Alta taxa de transmissão de dados.

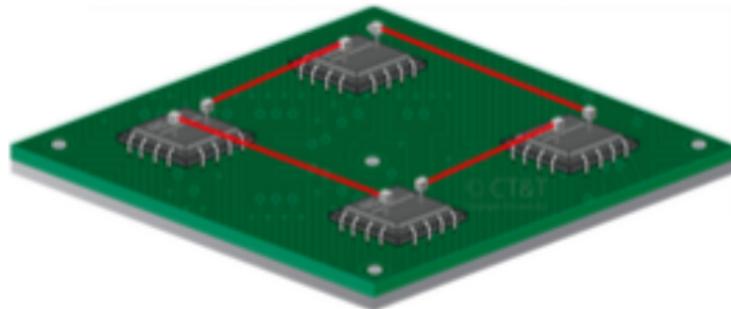


Figure : Transferencia de dados entre CI's.

Ultra-Short Range

VLC

Vilmey
Francisco
Romano Filho

Introdução a
Comunicação
Óptica sem
Fio

Medium-Range
OWC vs Rádio
Topologia de
comunicação

Hardware

Mensagem
Transmissor
Receptor

Teste

Propostas
Futuras

- Substituição do cobre;
- Transmissão Inter/Intra chip;
- Baixa latência;
- Alta taxa de transmissão de dados.

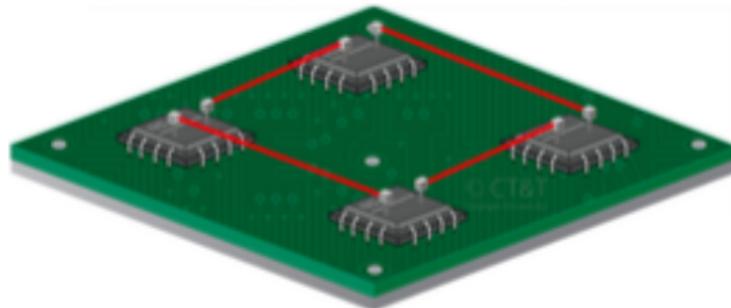


Figure : Transferencia de dados entre CI's.

Short-Range

VLC

Vilmey
Francisco
Romano Filho

Introdução a
Comunicação
Óptica sem
Fio

Medium-Range
OWC vs Rádio
Topologia de
comunicação

Hardware
Mensagem
Transmissor
Receptor

Teste

Propostas
Futuras

- Aplicações hospitalares;
- Áreas restritas;
- Bases aéreas;
- Aviões.

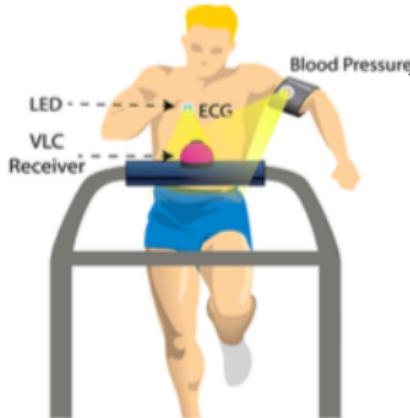


Figure : Dados de teste de esforço cardíaco enviados via luz.

Short-Range

VLC

Vilmey
Francisco
Romano Filho

Introdução a
Comunicação
Óptica sem
Fio

Medium-Range
OWC vs Rádio
Topologia de
comunicação

Hardware
Mensagem
Transmissor
Receptor

Teste

Propostas
Futuras

- Aplicações hospitalares;
- Áreas restritas;
- Bases aéreas;
- Aviões.

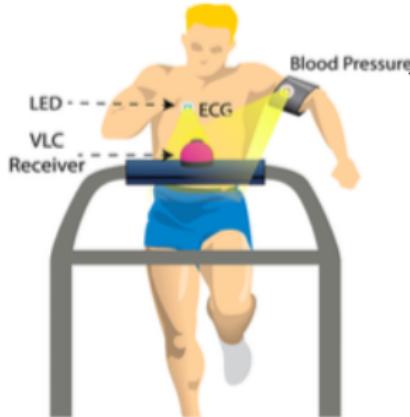


Figure : Dados de teste de esforço cardíaco enviados via luz.

Short-Range

VLC

Vilmey
Francisco
Romano Filho

Introdução a
Comunicação
Óptica sem
Fio

Medium-Range
OWC vs Rádio
Topologia de
comunicação

Hardware
Mensagem
Transmissor
Receptor

Teste

Propostas
Futuras

- Aplicações hospitalares;
- Áreas restritas;
- Bases aéreas;
- Aviões.

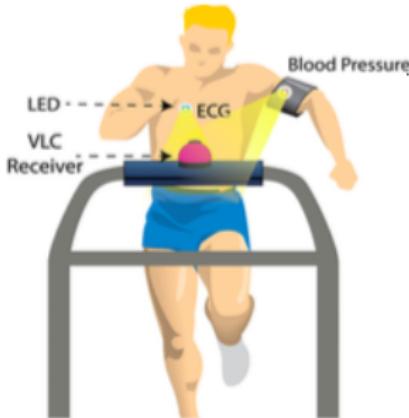


Figure : Dados de teste de esforço cardíaco enviados via luz.

Short-Range

VLC

Vilmey
Francisco
Romano Filho

Introdução a
Comunicação
Óptica sem
Fio

Medium-Range
OWC vs Rádio
Topologia de
comunicação

Hardware
Mensagem
Transmissor
Receptor

Teste

Propostas
Futuras

- Aplicações hospitalares;
- Áreas restritas;
- Bases aéreas;
- Aviões.

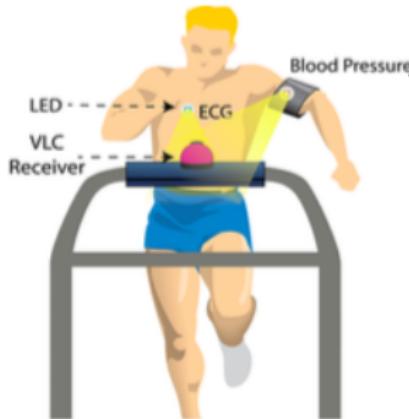


Figure : Dados de teste de esforço cardíaco enviados via luz.

Médio Alcance

VLC

Vilmey
Francisco
Romano Filho

Introdução a
Comunicação
Óptica sem
Fio

Medium-Range
OWC vs Rádio
Topologia de
comunicação

Hardware

Mensagem
Transmissor
Receptor

Teste

Propostas
Futuras

Será o foco de aplicação deste trabalho a área de alcance médio.

- Opera na ordem de metros;
- Pode substituir o Wi-Fi;
- Longa vida (LED e Fotodiodo);
- Tolerância a umidade;
- Menor consumo de energia elétrica em relação ao RF.



Figure : Luminária utilizada como ponto de acesso.

Médio Alcance

VLC

Vilmey
Francisco
Romano Filho

Introdução a
Comunicação
Óptica sem
Fio

Medium-Range
OWC vs Rádio
Topologia de
comunicação

Hardware

Mensagem
Transmissor
Receptor

Teste

Propostas
Futuras

Será o foco de aplicação deste trabalho a área de alcance médio.

- Opera na ordem de metros;
- Pode substituir o Wi-Fi;
- Longa vida (LED e Fotodiodo);
- Tolerância a umidade;
- Menor consumo de energia elétrica em relação ao RF.



Figure : Luminária utilizada como ponto de acesso.

Médio Alcance

VLC

Vilmey
Francisco
Romano Filho

Introdução a
Comunicação
Óptica sem
Fio

Medium-Range
OWC vs Rádio
Topologia de
comunicação

Hardware

Mensagem
Transmissor
Receptor

Teste

Propostas
Futuras

Será o foco de aplicação deste trabalho a área de alcance médio.

- Opera na ordem de metros;
- Pode substituir o Wi-Fi;
- Longa vida (LED e Fotodiodo);
- Tolerância a umidade;
- Menor consumo de energia elétrica em relação ao RF.



Figure : Luminária utilizada como ponto de acesso.

Médio Alcance

VLC

Vilmey
Francisco
Romano Filho

Introdução a
Comunicação
Óptica sem
Fio

Medium-Range
OWC vs Rádio
Topologia de
comunicação

Hardware

Mensagem
Transmissor
Receptor

Teste

Propostas
Futuras

Será o foco de aplicação deste trabalho a área de alcance médio.

- Opera na ordem de metros;
- Pode substituir o Wi-Fi;
- Longa vida (LED e Fotodiodo);
- Tolerância a umidade;
- Menor consumo de energia elétrica em relação ao RF.



Figure : Luminária utilizada como ponto de acesso.

Médio Alcance

VLC

Vilmey
Francisco
Romano Filho

Introdução a
Comunicação
Óptica sem
Fio

Medium-Range
OWC vs Rádio
Topologia de
comunicação

Hardware

Mensagem
Transmissor
Receptor

Teste

Propostas
Futuras

Será o foco de aplicação deste trabalho a área de alcance médio.

- Opera na ordem de metros;
- Pode substituir o Wi-Fi;
- Longa vida (LED e Fotodiodo);
- Tolerância a umidade;
- Menor consumo de energia elétrica em relação ao RF.



Figure : Luminária utilizada como ponto de acesso.

OWC vs Rádio

VLC

Vilmey
Francisco
Romano Filho

Introdução a
Comunicação
Óptica sem
Fio

Medium-Range
OWC vs Rádio
Topologia de
comunicação

Hardware
Mensagem
Transmissor
Receptor

Teste

Propostas
Futuras

Motivos que incentivam a ampliação da tecnologia óptica sem fio.

Propriedade	Óptico	Rádio
Custo	\$	\$\$
Design de circuito RF ?	Não	Sim
Faixa regulamentada	Não	Sim
Taxa de transmissão	100 Mbps	10 Mbps
Segurança	Alta	Baixa
Passa através de paredes ?	Não	Sim

Figure : Benefícios da transmissão óptica.

Topologia de comunicação - VLC

VLC

Vilmey
Francisco
Romano Filho

Introdução a
Comunicação
Óptica sem
Fio

Medium-Range
OWC vs Rádio
Topologia de
comunicação

Hardware
Mensagem
Transmissor
Receptor

Teste

Propostas
Futuras

- Alinhado (Rx e Tx);
- Não alinhado (Rx e Tx);
- Híbrido (Combinação).

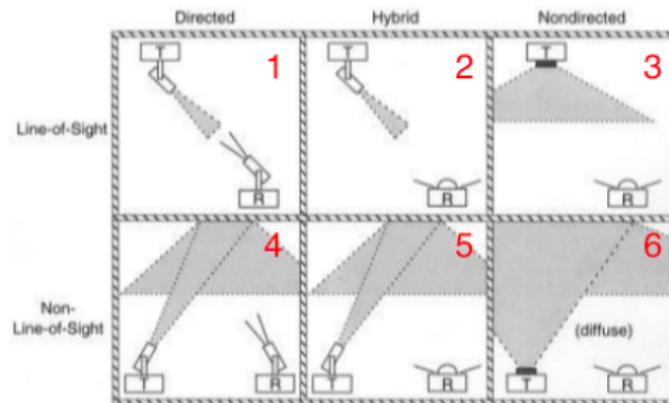


Figure : Transmissão na linha de visão e fora da linha de visão.

Montagem de Hardware

VLC

Vilmey
Francisco
Romano Filho

Introdução a
Comunicação
Óptica sem
Fio

Medium-Range
OWC vs Rádio
Topologia de
comunicação

Hardware

Mensagem
Transmissor
Receptor

Teste

Propostas
Futuras

Para realizar a comunicação VLC foi projetado um sistema com a seguinte especificação.

- Comunicação ponto a ponto;
- Unidirecional;
- Canal aéreo.

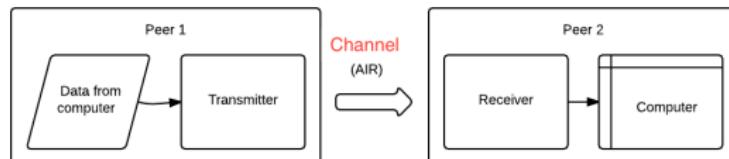


Figure : Diagrama de transmissão ponto a ponto.

Montagem de Hardware

VLC

Vilmey
Francisco
Romano Filho

Introdução a
Comunicação
Óptica sem
Fio

Medium-Range
OWC vs Rádio
Topologia de
comunicação

Hardware

Mensagem
Transmissor
Receptor

Teste

Propostas
Futuras

- Comunicação ponto a ponto;
- Unidirecional;
- Canal aéreo.

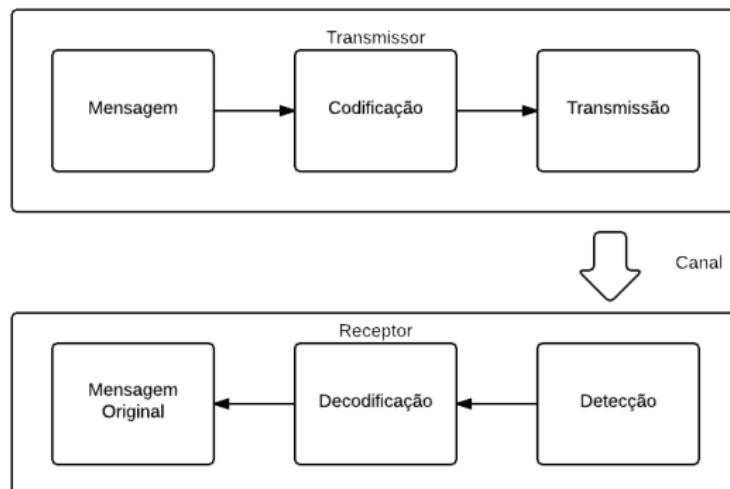


Figure : Diagrama de transmissão.

Codificação da Mensagem e Pacote

VLC

Vilmey
Francisco
Romano Filho

Introdução a
Comunicação
Óptica sem
Fio

Medium-Range
OWC vs Rádio
Topologia de
comunicação

Hardware

Mensagem
Transmissor
Receptor

Teste

Propostas
Futuras

A mensagem a ser enviada foi codificada utilizando a codificação OOK.

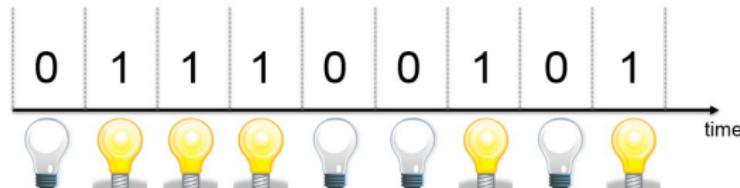


Figure : Codificação de linha.

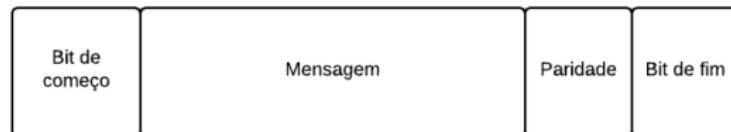


Figure : Organização do pacote.

Esquema de montagem transmissor

VLC

Vilmey
Francisco
Romano Filho

Introdução a
Comunicação
Óptica sem
Fio

Medium-Range
OWC vs Rádio
Topologia de
comunicação

Hardware
Mensagem
Transmissor
Receptor

Teste

Propostas
Futuras

Utiliza o microcontrolador MSP430 ligado a um LED que envia o pacote.

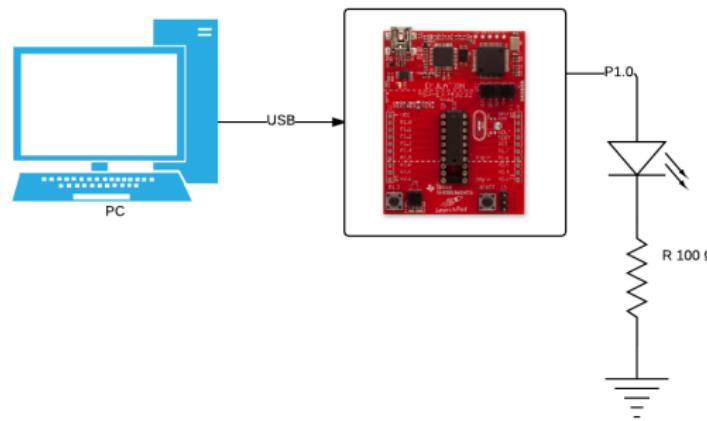


Figure : Uso do controlador no Rx.

Uso do LED

VLC

Vilmey
Francisco
Romano Filho

Introdução a
Comunicação
Óptica sem
Fio

Medium-Range
OWC vs Rádio
Topologia de
comunicação

Hardware
Mensagem
Transmissor
Receptor

Teste

Propostas
Futuras

Os LEDs apresentam longa vida e baixo custo comparado as outras tecnologias de iluminação.

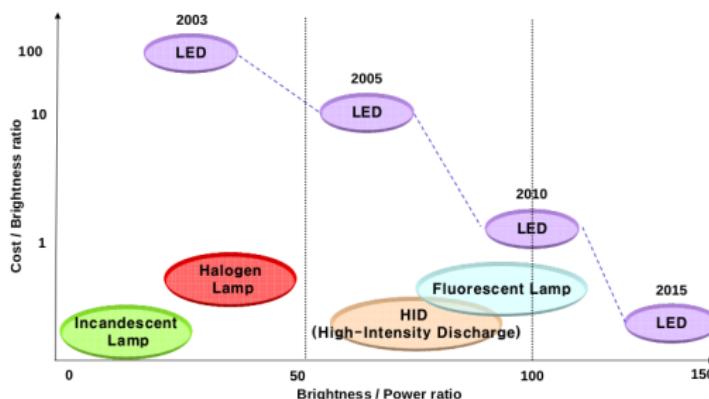


Figure : O custo e eficiência do LED vem crescendo a cada dia.

Esquema de montagem transmissor

VLC

Vilmey
Francisco
Romano Filho

Introdução a
Comunicação
Óptica sem
Fio

Medium-Range
OWC vs Rádio
Topologia de
comunicação

Hardware
Mensagem
Transmissor
Receptor

Teste

Propostas
Futuras

Foi utilizado um conversor ADC para converter o sinal recebido em binário novamente.

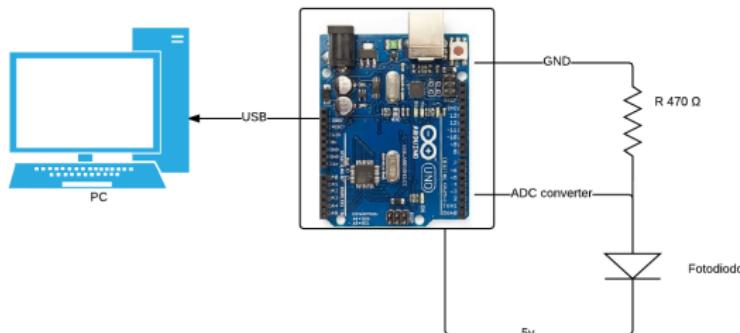


Figure : Circuito utilizado para receber o sinal VLC.

Características do Fotodiodo

VLC

Vilmey
Francisco
Romano Filho

Introdução a
Comunicação
Óptica sem
Fio

Medium-Range
OWC vs Rádio
Topologia de
comunicação

Hardware
Mensagem
Transmissor
Receptor

Teste

Propostas
Futuras

O fotodiodo utilizado possui ângulo de recepção baixo, dificultando a recepção se o conjunto estiver desalinhado.

Propriedades fotodiodo	Valores
λ máx. sensibilidade	850 nm
Sensibilidade	400 - 1100 nm
Meio ângulo φ	$\pm 10^\circ$
Tempo de subida e descida	0,005 μ s

Figure : Especificações básicas do fotodiodo.

Teste de funcionalidade

VLC

Vilmey
Francisco
Romano Filho

Introdução a
Comunicação
Óptica sem
Fio

Medium-Range
OWC vs Rádio
Topologia de
comunicação

Hardware
Mensagem
Transmissor
Receptor

Teste

Propostas
Futuras

- Sensores ópticos alinhados;
- Canal de comunicação aéreo;
- Ambiente fechado Indoor;
- Distância de 7.5 cm entre os sensores;
- Iluminação ambiente;
- Taxa de transmissão de 100 a 500 Hz.

Hardware montado em protoboard

VLC

Vilmey
Francisco
Romano Filho

Introdução a
Comunicação
Óptica sem
Fio

Medium-Range
OWC vs Rádio
Topologia de
comunicação

Hardware

Mensagem
Transmissor
Receptor

Teste

Propostas
Futuras

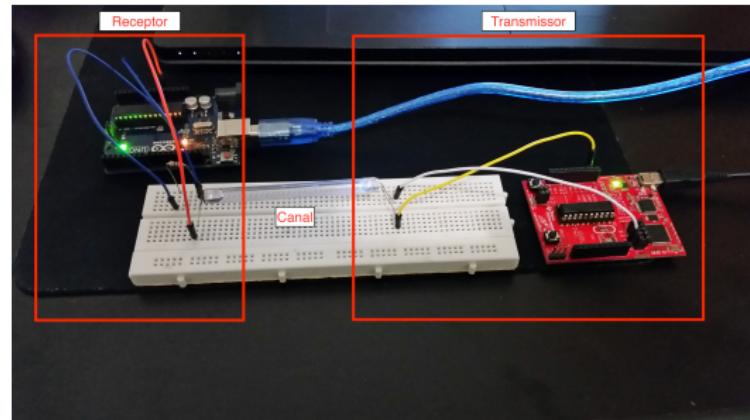


Figure : Foto do hardware montado.

Foi alta a taxa de erro para frequências acima de 400Hz.

Conclusão

VLC

Vilmey
Francisco
Romano Filho

Introdução a
Comunicação
Óptica sem
Fio

Medium-Range
OWC vs Rádio
Topologia de
comunicação

Hardware
Mensagem
Transmissor
Receptor

Teste

Propostas
Futuras

- O protótipo se mostrou funcional;
- Para frequências $< 300\text{Hz}$ erros nulos;
- Curto alcance;
- Forte interferências da iluminação ambiente;
- Atual configuração se mostra limitada.

Diagrama de envio de dados.

VLC

Vilney
Francisco
Romano Filho

Introdução a
Comunicação
Óptica sem
Fio

Medium-Range
OWC vs Rádio
Topologia de
comunicação

Hardware
Mensagem
Transmissor
Receptor

Teste

Propostas
Futuras

Para aprimorar a transmissão de dados e ampliar a taxa de envio, é proposto um novo hardware com tais características.

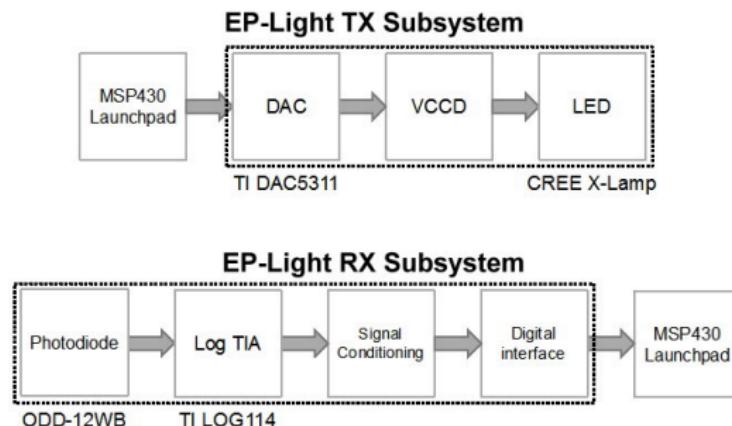


Figure : Sistema de transmissão futuro.

Cronograma do projeto

VLC

Vilmey
Francisco
Romano Filho

Introdução a
Comunicação
Óptica sem
Fio

Medium-Range
OWC vs Rádio
Topologia de
comunicação

Hardware
Mensagem
Transmissor
Receptor

Teste

Propostas
Futuras

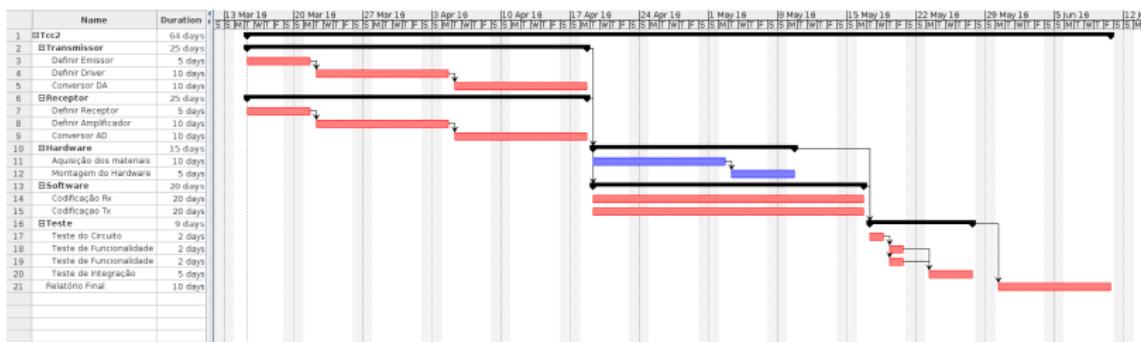


Figure : Organização da segunda parte do projeto.

Diagrama de Fluxo

VLC

Vilney
Francisco
Romano Filho

Introdução a
Comunicação
Óptica sem
Fio

Medium-Range
OWC vs Rádio
Topologia de
comunicação

Hardware

Mensagem
Transmissor
Receptor

Teste

Propostas
Futuras

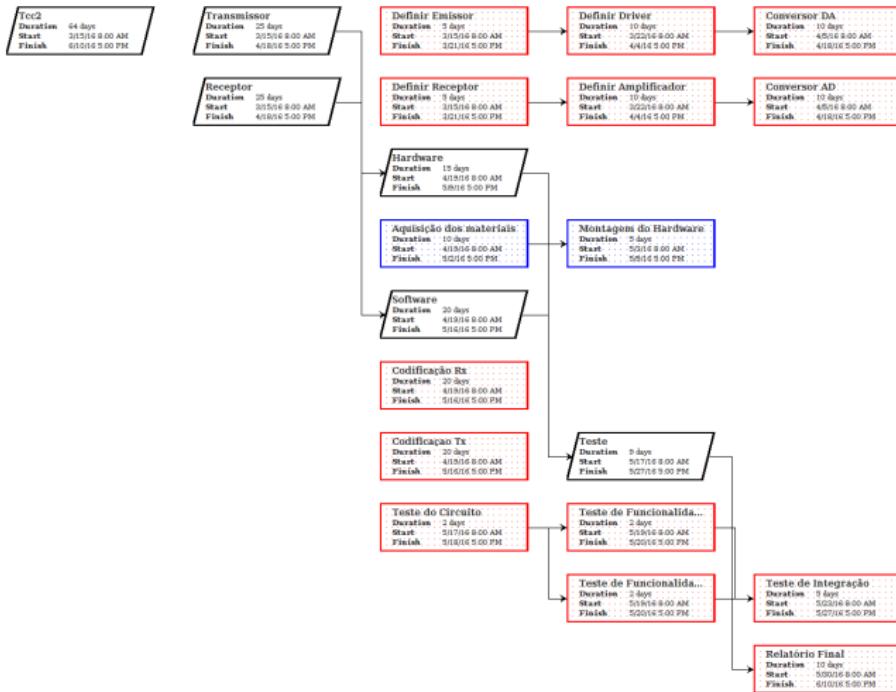


Figure : Diagrama de dependências.