

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETRÔNICA
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM SISTEMAS DE TELECOMUNICAÇÕES

JULIANA PERUSSI

**COMUNICAÇÃO DE ÁUDIO ENTRE DOIS PONTOS ATRAVÉS DA
REDE DE ENERGIA ELÉTRICA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA

2013

JULIANA PERUSSI

**COMUNICAÇÃO DE ÁUDIO ENTRE DOIS PONTOS ATRAVÉS DA
REDE DE ENERGIA ELÉTRICA**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Diplomação, do Curso Superior de Tecnologia em Sistemas de Telecomunicações do Departamento Acadêmico de Eletrônica, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná como requisito parcial para a obtenção do título de Tecnólogo.

Orientador: Prof. João Luiz Rebelatto, D. Sc.

Co-orientador: Prof. José Ricardo Alcântara, M. Sc.

CURITIBA

2013

JULIANA PERUSSI

COMUNICAÇÃO DE ÁUDIO ENTRE DOIS PONTOS ATRAVÉS DA REDE DE ENERGIA ELÉTRICA

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado no dia 17 de dezembro de 2012, como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo em Sistemas de Telecomunicações, outorgado pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. A aluna foi arguída pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Cesar Janeczko, M. Sc.
Coordenador de Curso
Departamento Acadêmico de Eletrônica

Prof. Décio Estevão do Nascimento, Ph. D.
Responsável pela Atividade de Trabalho de Conclusão de Curso
Departamento Acadêmico de Eletrônica

Prof. João Luiz Rebelatto, D. Sc.
Orientador

Prof. José Ricardo Alcântara, M. Sc.
Co-orientador

Prof. Kleber Kendy Horikawa Nabas, D. Sc.
Banca

Prof. Edson Sganzerla, M.Sc.
Banca

AGRADECIMENTO

Considerando este Trabalho de Conclusão de Curso como resultado de uma caminhada que começou antes mesmo da entrada na UTFPR, agradecer pode não ser tarefa fácil, nem justa. Para não correr o risco da injustiça, agradeço de antemão a todos que de alguma forma passaram pela minha vida e contribuíram para a construção de quem sou hoje.

A Deus, pela força espiritual para a realização deste trabalho.

Aos meus pais Doroti e Roberto, pelo apoio, ajuda e compreensão ao longo deste percurso.

Ao meu irmão Antonio, pelo carinho e paciência.

Aos colegas e amigos, em especial ao Orlando, pela grande ajuda, paciência e contribuição.

Ao professor João Rebelatto, pela orientação deste trabalho.

RESUMO

PERUSSI, Juliana. Comunicação de áudio entre dois pontos através da rede de energia elétrica. 2012. 42 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Tecnologia em Sistemas de Telecomunicações), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2013.

Este projeto apresenta um sistema de comunicação de áudio, capaz de enviar e receber um sinal de voz, utilizando como meio de transmissão a rede de energia elétrica de baixa tensão, baseado na tecnologia PLC. Os equipamentos eletrônicos, constituídos por transmissor e receptor, projetados para vencer a hostilidade do canal de transmissão, através de técnicas de modulação e transformadores apropriados com o intuito de vencer os obstáculos impostos pelo canal, como ruídos e impedâncias. Complementado por testes práticos para suportar a funcionalidade do sistema de comunicação elaborado. Traz como resultado um comportamento bastante satisfatório, em especial, na qualidade da transmissão.

Palavras-chave: Transmissão de Áudio. Rede de Baixa Tensão. PLC.

ABSTRACT

PERUSSI, Juliana. Audio communication between two points through the power grid. 2012. 42 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Tecnologia em Sistemas de Telecomunicações), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2013.

This project presents an audio communication system, capable of sending and receiving a voice signal as a transmission medium using the power grid of low voltage, based on PLC technology. Electronic equipment, consisting of transmitter and receiver, designed to overcome the hostility of the transmission channel through modulation techniques and appropriate transformers in order to overcome the obstacles imposed by the channel, such as noise and impedance. Complemented by practical tests to support the functionality of the communication system developed. Features result in a very satisfactory performance, in particular the transmission quality.

Keywords: Audio Transmission. Low Voltage Network. PLC.

LISTA DE FIGURA

FIGURA 1 – DIAGRAMA DE GEREÇÃO DE ENERGIA EM USINA.....	15
FIGURA 2 – VISUALIZAÇÃO DA REDE PRIMÁRIA (RP) E REDE SECUNDÁRIA (RS).....	16
FIGURA 3 – MODULAÇÃO ANALÓGICA.....	17
FIGURA 4 – CONFIGURAÇÃO BÁSICA DE UM PLL.....	18
FIGURA 5 – TIPOS DE TRANSFORMADORES.....	19
FIGURA 6 – CIRCUITO ELÉTRICO EQUIVALENTE DE UMA LINHA DE TRANSMISSÃO.....	23
FIGURA 7 – BOBINA DE FL.....	24
FIGURA 8 – SINAL MODULADO EM FREQUÊNCIA.....	25
FIGURA 9 – DIAGRAMA EM BLOCOS DO TRANSMISSOR.....	26
FIGURA 10 – DIAGRAMA EM BLOCOS DO RECEPTOR.....	27
FIGURA 11 – SINAL MODULADO EM FREQUÊNCIA NO TRANSMISSOR.....	28
FIGURA 12 – SINAL DE 60HZ DA REDE ELÉTRICA.....	29
FIGURA 13 – SINAL UTILIZADO PARA TESTE.....	29
FIGURA 14 – VISUALIZAÇÃO DO SINAL (1).....	31
FIGURA 15 – VISUALIZAÇÃO DO SINAL (2).....	31
FIGURA 16 – VISUALIZAÇÃO DO SINAL (3).....	32
FIGURA 17 – VISUALIZAÇÃO DO SINAL (4).....	32
FIGURA 18 – VISUALIZAÇÃO DO SINAL (5).....	33
FIGURA 19 – VISUALIZAÇÃO DO SINAL (6).....	33

LISTA DE GRÁFICO

GRÁFICO 1 – ATENUAÇÃO DO SINAL DE ÁUDIO NO LABORATÓRIO Q-106 UTFPR.....	34
--	----

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
1.1	APRESENTAÇÃO	10
1.2	PROBLEMAS	11
1.3	JUSTIFICATIVA	12
1.4	OBJETIVOS	13
1.4.1	Objetivo Geral	13
1.4.2	Objetivos Específicos	13
1.5	MÉTODOS DE PESQUISA	13
1.6	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	14
1.6.1	A Rede de Energia Elétrica	14
1.6.2	Técnicas de Modulação	16
1.6.3	Tecnologia PLL	17
1.6.4	Transformadores Sintonizados de Radiofrequência (RF)	18
2	APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA	20
2.1	RUÍDO	20
2.1.1	Ruído Impulsivo	21
2.2	INTERFERÊNCIA	22
2.3	ATENUAÇÃO	22
2.4	IMPEDÂNCIA	22
3	RESOLUÇÃO DO PROBLEMA	24
3.1	TRANSFORMADORES SINTONIZADOS (BOBINAS DE FI)	24
3.2	MODULAÇÃO	25
3.2.1	Modulação FM	25
3.2.2	Tecnologia PLL - LM 565 e LM566	26
3.3	EQUIPAMENTOS	26
4	APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS	28
4.1	TRANSMITINDO UM BIPE	29
4.2	TRANSMITINDO SINAL DE VOZ	30
5	CONCLUSÃO	35
	Referências	36
	Anexos	39

1 INTRODUÇÃO

1.1 APRESENTAÇÃO

Diante de um momento único na história, em que os equipamentos eletrônicos estão cada vez mais sofisticados e eficientes, os sistemas de comunicação merecem destaque especial. Desde o início dos tempos o homem tem se dedicado a desenvolver maneiras de se comunicar com os seus semelhantes. Métodos como: sinal de fogo, uso da palavra, invenção da escrita e do alfabeto, telefone de Cordel (transmissão de voz através de barbante que tivesse em cada ponta uma latinha), o telégrafo eletroquímico e o Código Morse que possibilitou alcançar maiores distâncias como a linha Transcontinental dos Estados Unidos ligando a costa Atlântica ao litoral do Pacífico (TELEGRAFOS..., 2008, p. 1).

Como o cenário de telecomunicações ocupava cada vez mais espaço, foi criada a União Telegráfica Internacional, em 1865, que mais tarde se tornou a União Internacional das Telecomunicações com sede em Genebra (O BRASIL..., 2012, p. 2). No Brasil, em 1874, foi lançado o primeiro cabo submarino, estabelecendo conexão com a Europa e mais tarde com as Ilhas Canárias. A primeira transmissão de mensagem com o telefone foi realizada em Boston no dia 10 de março de 1876, por Graham Bell e Watson, e só um ano mais tarde em nosso país. No decorrer dos anos houve a criação do telefone sem fio, do rádio, da televisão, automatização das linhas telefônicas, instalação de telefones públicos, desenvolvimento de computadores, criação da EMBRATEL – Empresa Brasileira de Telecomunicações, sistemas de microondas, descoberta da fibra óptica, desenvolvimento de componentes eletrônicos e microprocessadores, telefonia celular e surgimento da *internet* (HISTÓRIA DA..., 2012, p. 1).

Desde os primeiros testes realizados com a criação do telefone em 1876, por Alexandre Von Graham Bell (FASE..., 2012, p.1), os sistemas de telecomunicações vêm passando por constantes modificações e melhorias, sejam elas em tecnologia: o telégrafo, primeiro aparelho que possibilitou a comunicação a distância, atualmente substituído por linhas fixas (HISTÓRIA DO..., 2012, p.1); na transmissão: os cabos coaxiais ainda são muito utilizados mas a introdução de fibras ópticas nas redes de comunicação foi um fator relevante uma vez que tal tecnologia permite que altas taxas de transmissão sejam atingidas, devido principalmente a sua baixa perda de propagação. (PERGUNTAS..., 2011, p. 1). Técnicas avançadas de modulação, equalização e codificação para detecção/correção de erros também contribuíram enormemente para a evolução dos sistemas de comunicação, tornando possível

que tenhamos atualmente aparelhos de tamanho reduzido, repleto de funcionalidades e confiáveis (DIA DO..., 2012, p. 1).

Este projeto, porém, não visa criar um equipamento de alta tecnologia, mas objetiva, elementar e simplesmente, desenvolver a comunicação de áudio entre dois pontos. Para tal, deve utilizar como meio de transmissão a rede de baixa tensão, amplamente difundida e presente na grande maioria dos locais (R7..., 2011, p. 1).

Pretende-se enviar e receber um sinal áudio através de um equipamento eletrônico formado por um emissor e um receptor, previamente projetado para tal, para atender dois pontos pertencentes a mesma malha elétrica. A não necessidade de infraestrutura própria, como cabos e tubulações, redução de custos com implementação, uso ilimitado e sem fatura ao final do mês são algumas vantagens oferecidas por este sistema.

1.2 PROBLEMAS

Em uma sociedade cada vez mais exigente, em que a praticidade e comodidade são aliadas e também sinônimas de agilidade, os equipamentos eletrônicos se tornam cada vez mais completos. Os de telecomunicações merecem destaque, ao exemplo os celulares que se tornaram pequenos computadores portáteis que possuem desde acesso à *internet*, funções de mp3, GPS (Sistema de Posicionamento Global), câmeras digitais, entre outras.

O fato de realizar o maior aproveitamento de um equipamento, agregando a ele um maior número de funções faz com que o desenvolvimento de equipamentos específicos para uma só função seja reduzido.

A alternativa de agregar funções a uma tecnologia existente levou ao desenvolvimento da ideia básica deste projeto: a reutilização da infraestrutura elétrica para fins de comunicação. Tal procedimento consiste em tornar o cabeamento de eletricidade em um canal de comunicação, no qual seja possível trafegar um sinal de áudio utilizando um transmissor e um receptor.

O equipamento a ser desenvolvido por este projeto pretende atender qualquer ambiente que possua uma rede de energia elétrica instalada. É válido lembrar que o cabeamento elétrico está presente em praticamente 100% do território brasileiro (ENERGIA..., 2011, p. 1), nas casas, prédios e indústrias.

O equipamento será conectado em dois pontos distintos do ambiente e deverá permitir a troca de informações entre eles, desde que estes pontos pertençam a mesma malha. As malhas elétricas são delimitadas pelas operadoras de energia, neste caso, a COPEL.

As linhas de transmissão de energia possuem diferentes formas de ruído, transportam alta tensão, além de seu cabeamento sofrer influência da impedância, ou seja, é um meio inadequado para a transmissão de informações.

Pensando nisso, surgiu o desafio deste projeto: Como desenvolver um equipamento eletrônico capaz de promover a troca de informações de áudio utilizando o cabeamento de energia elétrica?

1.3 JUSTIFICATIVA

Desde os anos 30, tem-se a idéia de transmitir dados por meio das redes elétricas de potência. Todavia, nunca foi considerada como meio viável de comunicação uma vez que apresentava baixa taxa de transmissão de dados e grande suscetibilidade a ruídos (VARGAS, 2004, p. 11). A tecnologia PLC (*Power Line Communication*) consiste em “transformar uma rede de distribuição elétrica em uma rede de comunicação pela superposição de um sinal de informação de baixa energia ao sinal de corrente alternada de alta potência” (SEÇÃO..., 2012, p. 1).

Mesmo com o grande desenvolvimento da comunicação via rede sem fio ou fibra óptica, é interessante estudar um meio de trocar de informação via rede elétrica devido ao baixo custo. Outro fator relevante é a disponibilidade de acesso a tecnologia por grande parte da população, somado a vantagem de obter a simplificação do aparelho, visto que, ao contrário dos equipamentos tradicionais, este não necessita cabeamento especial para conexão com a fonte.

Entre suas vantagens destacam-se a dispensa de instalação de cabos e o funcionamento em qualquer tomada que possua rede elétrica (PLC..., 2012, p. 1).

Dentre tantos benefícios da tecnologia PLC, o interesse em encontrar mais um deles motivou este projeto: a transmissão de voz. Para sua realização deve-se utilizar a infraestrutura elétrica existente dentro de um ambiente para trocar informações entre dois pontos de uma mesma malha, através de equipamentos eletrônicos. Com isto é possível

substituir aparelhos/ramais telefônicos de um ambiente; ter um aparelho fixo, porém, portátil; uso ilimitado e com baixo consumo de energia.

Além dos propósitos técnicos, este projeto proporciona o desenvolvimento do aluno como projetista e visa a qualificação profissional de nível superior.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo Geral

Desenvolver um transmissor e um receptor capaz de promover a troca de informações de áudio, entre dois pontos de uma malha elétrica.

1.4.2 Objetivos Específicos

- ✓ Análise do estado da arte;
- ✓ Estudar o funcionamento das linhas de transmissão de eletricidade e suas características;
- ✓ Analisar qual tipo de modulação é ideal para transportar um sinal em cabos de energia elétrica;
- ✓ Identificar circuitos eletrônicos capazes de enviar/receber e tratar o sinal de áudio;
- ✓ Confeccionar os circuitos eletrônicos (transmissor, receptor e fonte de alimentação);
- ✓ Realizar testes práticos;
- ✓ Avaliar os resultados obtidos com os testes realizados;

1.5 MÉTODOS DE PESQUISA

Inicialmente, será realizado um levantamento bibliográfico sobre rede elétrica, e suas características. Após os estudos e compartilhamento de informações com profissionais da área tecnológica, será iniciado o desenvolvimento dos projetos eletrônicos. Estes serão divididos em três partes: circuito de transmissão, circuito de recepção e fonte de alimentação.

Na transmissão, serão necessários circuitos eletrônicos capazes de receber o sinal de áudio que chega pelo microfone; amplificar e modular o sinal audível através de uma portadora; amplificar o sinal presente na portadora e enviá-lo a um transformador sintonizado na frequência de modulação; acoplar o transformador à rede elétrica.

No receptor, o transformador sintonizado irá receber o sinal que chega pelo cabeamento elétrico, amplificá-lo e enviá-lo ao demodulador. Após a demodulação, o sinal de áudio será amplificado novamente e enviado ao auto-falante de saída do equipamento.

As fontes de alimentação serão desenvolvidas a partir da transformação de intensidade de corrente e tensão. Uma fonte para atender o circuito emissor e uma para o circuito receptor.

Depois de pronto, o projeto será confeccionado em placas de circuito impresso e validado através da realização de testes.

1.6 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

1.6.1 A Rede de Energia Elétrica

A energia elétrica disponível nos lares é gerada, em grande maioria, nas usinas hidroelétricas distribuídas em alguns pontos do país. Este tipo de usina oferece as vantagens de baixo custo de produção e de provocar baixo impacto ambiental (WATANABE, 2009, p. 10).

Nestas usinas ocorre a geração de energia através do armazenamento de água proveniente dos rios. A água é transportada até as turbinas, conforme ilustra a Figura 1, e estas são ligadas por um eixo a um gerador de energia elétrica que entra em movimento, transformando energia mecânica em elétrica e, a partir daí, é enviada as subestações de onde é transmitida para os centros de consumo.

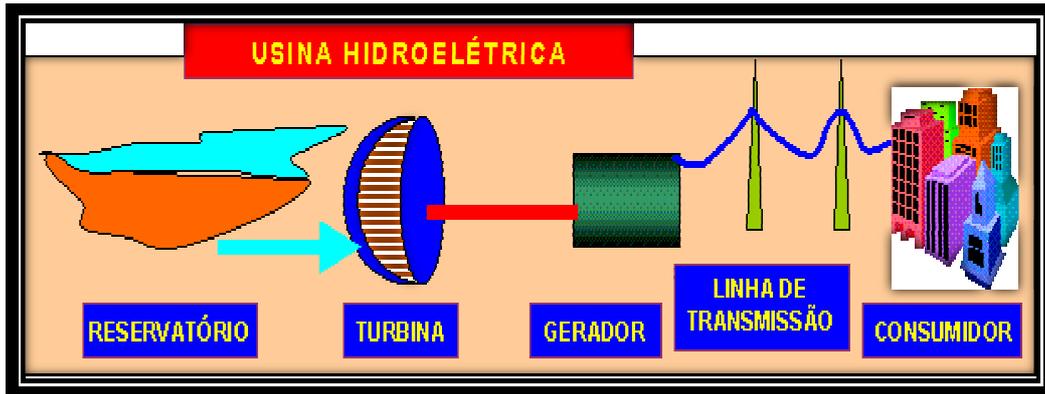


Figura 1- Diagrama de geração de energia em usina
Fonte: Watanabe (2009, p. 10).

Para Watanabe (2009, p. 10), “No cenário mundial, o Brasil ocupa uma posição privilegiada: é o único país do mundo que domina a tecnologia de produção de energia hidrelétrica e reúne condições geoclimáticas para a instalação de Usinas Hidráulicas”.

O transporte da eletricidade que sai das usinas é realizado através de torres ou postes de transmissão que chegam até as subestações. Nas subestações, formada principalmente por disjuntor e transformador, a tensão que chega geralmente elevada, em torno de 750.000 Volts, é transformada em valores entre 10.000 e 15.000 Volts, para tornar possível a distribuição nos bairros.

A distribuição é realizada, em grande maioria, utilizando cabos condutores que se encontram aéreos fixados em postes ou por tubulações subterrâneas (estas geralmente são encontradas nos grandes centros urbanos). Os circuitos de distribuição podem ser de dois tipos (WATANABE, 2009, p. 10):

1) Alta Tensão (Rede Primária)

São transmitidos pelas linhas que se encontram na parte superior dos postes cerca de 15.000 Volts. Esta rede pode suprir a necessidade de consumidores de grande porte, como fábricas, indústrias e prédios.

2) Baixa Tensão (Rede Secundária)

Nestas linhas localizadas abaixo da Rede Primária, as tensões transmitidas variam entre 110 Volts, 220 Volts e 440 Volts ou mais dependendo da necessidade. Veja a disposição dos cabos na Figura 2. Esta rede é utilizada para atender pequenos e médios consumidores.

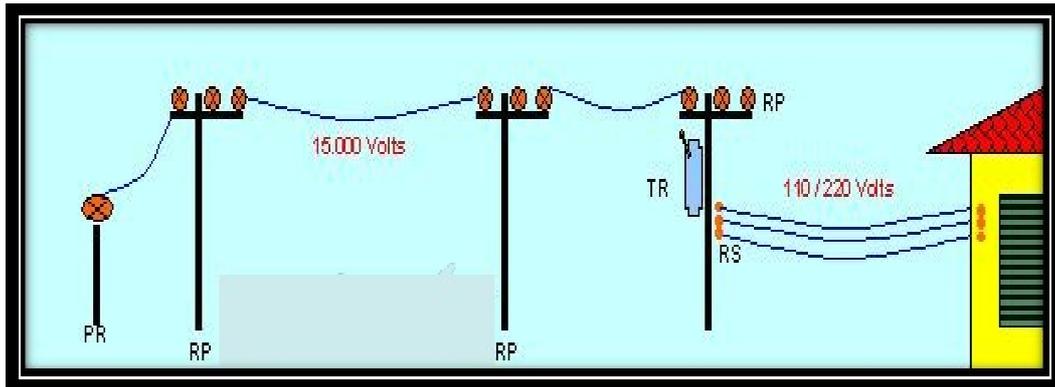


Figura 2 – Visualização da Rede Primária (AT) e Rede Secundária (BT)
Fonte: Watanabe (2009, p. 10)

Indústrias, prédios, casas ou qualquer outro estabelecimento, em sua grande e significativa maioria, possuem cabeamento elétrico interno, visto que, a eletricidade oferece inúmeros benefícios como luminosidade, funcionamento de aparelhos eletro-eletrônicos, aquecimento e refrigeração de ambientes entre outros.

Outra possibilidade de uso da rede elétrica, mas ainda pouco explorada, é a utilização desta como meio físico para a transmissão de dados entre pontos pertencentes a mesma malha.

1.6.2 Técnicas de Modulação

A modulação é um tratamento dado ao sinal que se deseja transmitir para melhor adequá-lo ao canal em que será enviado. É realizada para transmitir o sinal de maneira mais eficiente, reduzir o efeito de interferências e ruídos além de permitir a designação de frequências. Na recepção, a demodulação recupera as informações a partir do sinal recebido. Este processo de modulação pode ser compreendido como um sistema de duas entradas e uma saída em que, uma das entradas é o sinal de informação, também chamado de sinal modulante e a outra entrada é o sinal da portadora, cuja função é fazer o transporte da informação. Ao fim do processo de modulação tem-se o sinal modulado que é efetivamente transmitido pelo canal (BRANCO, 2007, p. 22).

As portadoras podem ser analógicas ou digitais. Dependendo do parâmetro do sinal de portadora que é alterado pelo sinal modulante, pode-se distinguir os seguintes tipos de modulação analógica: Modulação em Amplitude (AM), Modulação em Frequência (FM) e Modulação em fase (PM), conforme ilustrado na Figura 3. Entre as portadoras digitais, destacam-se a Modulação por Chaveamento de Amplitude (ASK), Modulação por

Chaveamento de Frequência (FSK), Modulação por Chaveamento de Fase (PSK fixo ou DPSK) e Modulação por Amplitude em Quadratura (QAM), (LASKOSKI et al., 2006, p. 7).

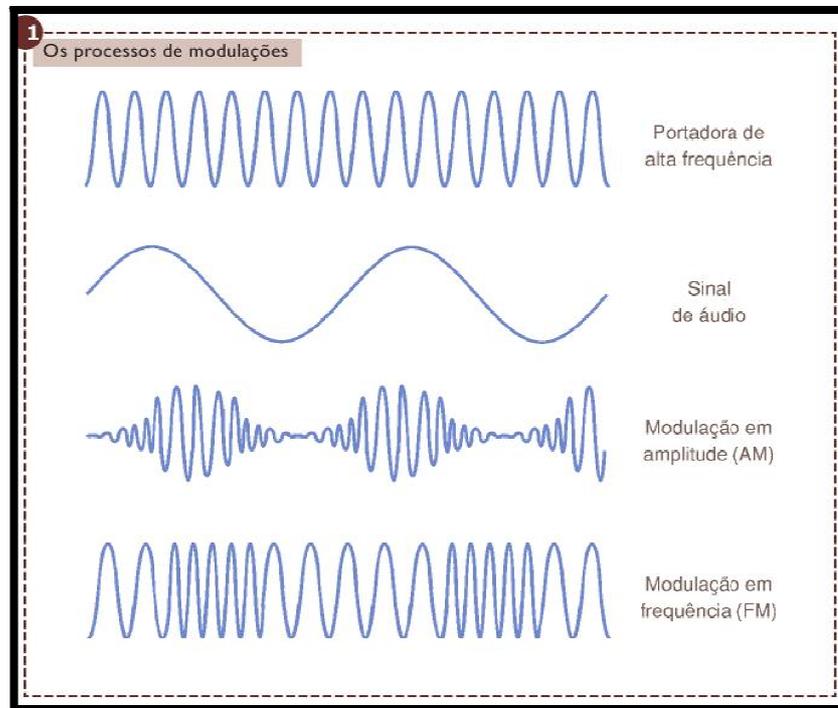


Figura 3 – Tipos de modulação analógica
Fonte: Campos (2011, p. 13)

1.6.3 Tecnologia PLL

Cada dia mais utilizado em sistemas de telecomunicações, o PLL ou *Phase Locked Loop* (Laço Fechado por Fase), envolve modulação, síntese de frequências e especialmente sincronismo entre sistemas analógicos e digitais. Trata-se de um circuito integrado (PLL..., 2012, p. 1) e será utilizado na construção do sistema de comunicação de áudio que utiliza a rede elétrica como canal para troca de informações. Segundo Braga (2012, p. 1), “o PLL está para a frequência assim como o amplificador operacional está para a tensão.” Os PLLs são encontrados em circuitos de comunicação, instrumentação analógica e digital, telefones sem fio, sistemas de FM, entre outros. A Figura 4 apresenta o diagrama básico de um sistema PLL.

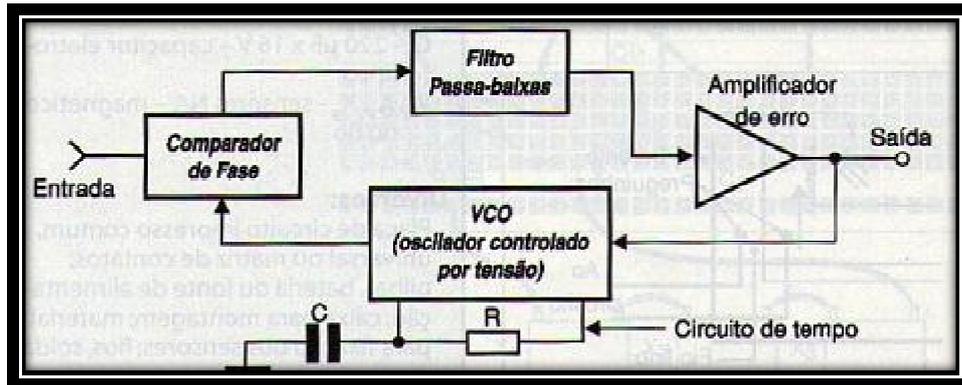


Figura 4 – Configuração básica de um PLL
Fonte: Braga (2012).

O PLL é formado basicamente por três elementos: o comparador de fase, o filtro passa-baixa (FPB) e o VCO (oscilador controlado por tensão). A tensão de saída deste circuito depende da diferença de fase entre os dois sinais aplicados à sua entrada, de mesma frequência. Após, esta tensão é filtrada no FPB. O sinal de saída do filtro controla a frequência do VCO. Este, por sua vez, gera um sinal cuja frequência pode ser deslocada dentro de uma faixa de valores a partir da tensão aplicada na sua entrada e através da realimentação o sinal é aplicado na entrada.

Quando não existe sinal de entrada, a frequência do sinal de saída é determinada pelo VCO e manterá um valor central. Mas se na entrada for aplicado um sinal de frequência, o detector de fase irá comparar esta frequência com a frequência do VCO. Se as frequências dos sinais forem diferentes, o detector vai gerar um sinal com a diferença das frequências e aplicá-lo no filtro, criando assim a tensão que atua sobre o VCO. Esta nova frequência aplicada ao VCO tende a fazer com que sua saída se aproxime da frequência de entrada. No momento em que as duas frequências se igualam, o FPB estabiliza a tensão de saída do VCO “travando” justamente na frequência de entrada.

Se ocorrer alguma alteração na frequência do sinal de entrada, será gerado um novo sinal diferença na saída do detector de fase, havendo assim mudança de tensão no filtro, o que levará o VCO a “procurar” a nova frequência (BRAGA, 2012, p. 1).

1.6.4 Transformadores Sintonizados de Radiofrequência (RF)

Transformadores, ou simplesmente trafos, são dispositivos elétricos que tem a função de transformar uma tensão ou corrente, isolar um circuito, separar potências, casar impedância e até servir como filtro de RF (radiofrequência). Teoricamente, um trafo deve

transmitir toda a potência do enrolamento primário para o enrolamento secundário, que são respectivamente os enrolamentos de entrada e saída. Podem ser encontrados em diversos tipos, para várias finalidades e em tamanhos específicos (BERTINI, 2003, p. 5).

Os transformadores de RF, ou bobinas de Frequência Intermediária (FI), têm como principal finalidade, transferir potência de RF entre sistemas de impedâncias diferentes, obtendo o maior acoplamento magnético possível entre o primário e o secundário visando a baixa produção de ROE (relação de onda estacionária).

Para operarem em uma ampla faixa de frequência, os transformadores devem apresentar um valor mínimo de reatância, utilizando para isto núcleos toroidais de ferrite. Ferrite é um material composto de óxido de ferro, níquel, zinco, cobalto e magnésio em pó aglutinados por um plastificante. Existem dois tipos básicos de transformadores de RF (FERREIRA, 2012, p. 2):

1) Convencional

Formado por um enrolamento primário e um secundário separados, estes transformadores permitem obter praticamente qualquer índice de impedância. Apresentam 95% de eficiência e perdas de 0,2 a 1 dB.

2) Linha de Transmissão

São constituídos por enrolamentos paralelos. São mais eficientes e apresentam perdas menores, em torno de 0,02 a 0,04 dB.

A Figura 5 mostra os dois tipos de transformadores, sendo “A” e “B” o tipo Convencional e “C” do tipo Linha de Transmissão.

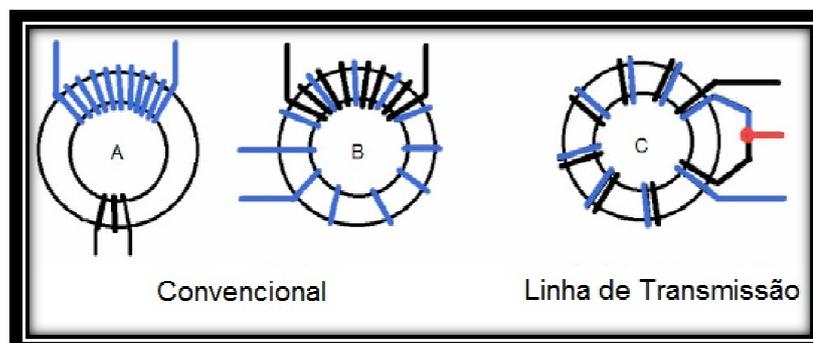


Figura 5 – Tipos de transformadores de RF
Fonte: Ferreira (2012, p. 2).

2 APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA

O interesse em explorar a rede de energia elétrica para fins de transmissão de sinal aliado aos conhecimentos em telecomunicações geraram a proposta deste projeto: a idéia de uni-los e transformá-los em um equipamento eletrônico que possibilite a troca de informações de áudio entre dois pontos utilizando tomadas elétricas de uso geral.

A tecnologia de transmissão de dados via rede elétrica possui aspectos positivos e negativos. Como aspecto positivo, pode-se citar a grande difusão e capilaridade deste tipo de rede, presente em praticamente 100% das residências brasileiras (ENERGIA..., 2011, p. 1), e o seu custo relativamente baixo de instalação. O principal ponto negativo é a hostilidade deste canal, visto que, não foi projetado para a transmissão de dados. Serão apresentados abaixo os fatores a serem vencidos para realizar a transmissão de sinal de áudio neste meio.

2.1 RUÍDO

Uma das fontes de problema para os canais PLC são os diversos tipos de ruídos encontrados nas linhas de transmissão. Para Pinheiro (2004, p. 1), ruído é um “sinal indesejável, constituído por sinais aleatórios e, por serem aleatórios, esses sinais interferem nos circuitos eletrônicos provocando algum sintoma de mau funcionamento.”

Na rede elétrica, estão presentes vários tipos de ruídos, entre eles:

- ✓ Ruído de fundo colorido;
- ✓ Ruído de banda estreita;
- ✓ Ruído periódico e assíncrono com a frequência de 60Hz;

Estes ruídos geralmente permanecem estacionários com duração de segundos ou até mesmo de horas e são considerados ruídos de fundo.

Existe também o Ruído Impulsivo, que é um ruído típico de redes de energia elétrica, caracterizado por rajadas ou picos de alta tensão e de curta duração provenientes de dispositivos conectados à rede. O Ruído Impulsivo varia entre microsegundos e milisegundos e dependendo da duração pode provocar perda de parte da informação (HODGSON, 2005, p. 20).

2.1.1 Ruído Impulsivo

Os diversos equipamentos existentes em um ambiente podem gerar diferentes ruídos no canal de transmissão. O ruído impulsivo é caracterizado por pulsos irregulares de grande amplitude. Pode-se classificar o ruído impulsivo em quatro categorias (FERREIRA, 2012, p. 7):

1) Impulso Síncrono

É ocasionado por *dimmers*, pois estes geram ruído ao conectar uma lâmpada a rede elétrica a cada ciclo alternado. Estes impulsos são o dobro da frequência de AC (corrente alternada) e são repetidos a cada meio ciclo.

2) Impulso Tonal

O impulso tonal é geralmente dividido em subcategorias: interferência não-intencional e intencional. Os principais equipamentos geradores de impulso tonal não-intencional são os que operam na faixa de frequência de 10kHz a 1MHz, como computadores e carregadores. O impulso intencional é ocasionado por dispositivos intercomunicadores que utilizam a rede elétrica.

3) Impulso de Alta Frequência

Este ruído é gerado por dispositivos que utilizam motor universal. Estes motores geram impulsos na ordem de alguns kHz. Estes motores são encontrados em aspiradores de pó, liquidificadores, barbeadores elétricos e demais eletrodomésticos.

4) Impulso de Apenas uma Ocorrência

O último tipo de ruído impulsivo é gerado através da ação de ligar e desligar um equipamento eletroeletrônico.

2.2 INTERFERÊNCIA

Interferência Eletromagnética (EMI)

É uma alteração provocada pelos circuitos internos dos equipamentos eletroeletrônicos e também por descargas atmosféricas que atingem a rede elétrica, ocasionando o mau funcionamento dos equipamentos. Com capacidade de propagação no vácuo e em meios físicos, a EMI é caracterizada por uma degradação no desempenho do equipamento devido a uma perturbação eletromagnética, visto que, ao seu redor, os circuitos eletrônicos produzem algum tipo de campo magnético. A interferência eletromagnética pode causar vários problemas, desde falha na comunicação entre dispositivos da mesma rede e até queima de circuitos eletrônicos. Os efeitos da interferência podem ser minimizados pelo isolamento do meio de transmissão (PINHEIRO, 2004, p. 1).

2.3 ATENUAÇÃO

É um limitador na transmissão de sinais e geralmente está associado à alta frequência do sinal e com o aumento da distância entre o transmissor e o receptor.

A atenuação em uma linha de transmissão pode limitar consideravelmente o alcance do sinal. Em rede elétrica, a atenuação está relacionada com cargas e discontinuidades de impedância (emendas, tomadas e interruptores) que variam com a localização e o tempo. Mas o maior causador de atenuação é o descasamento de impedância entre os equipamentos devido à reflexão do sinal (PLC..., 2008, p. 1).

2.4 IMPEDÂNCIA

A energia elétrica é transportada de um ponto transmissor a um ponto receptor através de Linhas de Transmissão (LT). Nas Linhas de Transmissão, a impedância é um limitador na transmissão de sinal. Os fatores que influenciam a impedância de uma rede são:

1) Impedância da Rede

A potência do sinal enviado pelo transmissor será determinada através da impedância da rede elétrica. Em Linhas de Transmissão, a impedância está relacionada com a troca de energia entre dois meios. É uma característica elétrica complexa que envolve resistência e reatância. A impedância entre os meios é mínima quando as impedâncias características de ambos forem iguais, pois, minimizando a perda do sinal no percurso evitando a interferência.

A impedância, fator que pode variar com o tempo e frequência, torna-se de grande importância, uma vez que varia inversamente à potência de transmissão. Equipamentos eletrônicos conectados à rede elétrica também podem modificar a sua impedância. Nos componentes de uma linha de transmissão a resistência consome energia, a indutância armazena energia no campo magnético devido à circulação de corrente. A capacitância armazena energia no campo elétrico devido à diferença de potencial. (PLC..., 2008, p. 1). A Figura 6 ilustra este processo.

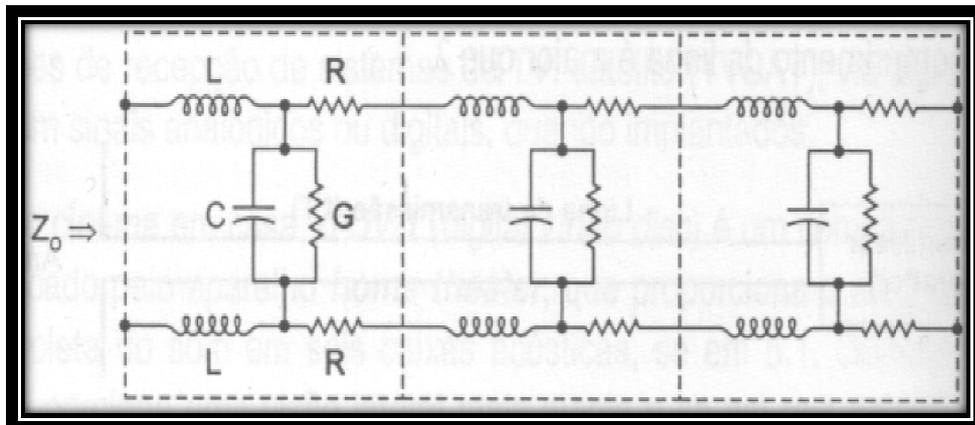


Figura 6 – Circuito elétrico equivalente de uma linha de transmissão
 Fonte: Medeiros (2007) apud Carozzi (2009).

Em que:

R = a resistência por unidade de comprimento [ohm/m]

C = a capacitância por unidade de comprimento [F/m]

L = a indutância por unidade de comprimento [H/m]

G = a condutância por unidade de comprimento [S/m]

2) Condutores

Alta condutibilidade elétrica, baixo custo, boa resistência mecânica, além de alta resistência a oxidação e corrosão são características necessárias aos condutores de Linhas de Transmissão. Por isso, os materiais condutores mais utilizados são o cobre e o alumínio (PORQUE..., 2012, p. 1).

3) Condutor de cobre

O cobre é amplamente utilizado em sistemas elétricos por apresentar a menor resistência entre os metais não preciosos. Geralmente utilizado em redes internas de edificações e em redes subterrâneas por apresentar dimensões mais compactas. Por apresentar alta resistência à corrosão, o cobre é utilizado em linhas aéreas ou subterrâneas especialmente em regiões costeiras ou de alta poluição. Apresenta ainda maior confiabilidade nas emendas e terminações.

4) Condutor de alumínio

Apresenta resistividade 65% maior que cobre, porém, é cerca de três vezes mais leve que o mesmo. O peso menor faz com que o alumínio seja amplamente utilizado em cabos aéreos. Para a instalação de condutores de alumínio são necessárias mão-de-obra especializada, técnicas e ferramentas específicas (PORQUE..., 2012, p. 1).

3 RESOLUÇÃO DO PROBLEMA

3.1 TRANSFORMADORES SINTONIZADOS (BOBINAS DE FI)

As bobinas de FI são utilizadas especialmente em circuitos sintonizados. Elas oferecem a possibilidade de ajuste do núcleo, ou seja, a frequência ressonante pode ser ajustada através da sintonia do núcleo colorido do ferrite.

Os equipamentos serão confeccionados com as bobinas amarelas (AM 455kHz) ilustrada na Figura 7, adaptadas para baixa frequência.

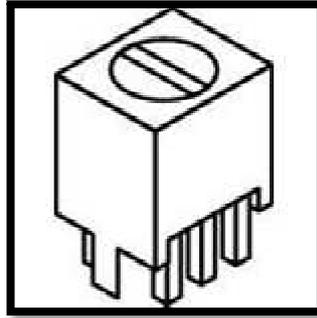


Figura 7 - Bobina de FI ajustável
Fonte: Eletrônica (2012).

3.2 MODULAÇÃO

3.2.1 Modulação FM

Entre as portadoras analógicas, a modulação por frequência, ou FM, por definição tem frequência instantânea proporcional ao valor instantâneo do sinal modulante, ou seja, a frequência instantânea varia linearmente com a portadora.

A modulação em frequência foi utilizada devido a seu bom desempenho e ao fato de não haver grande restrição na largura de banda a ser utilizada. Este tipo de modulação está ilustrado na Figura 8. Os equipamentos serão modulados com 80kHz.

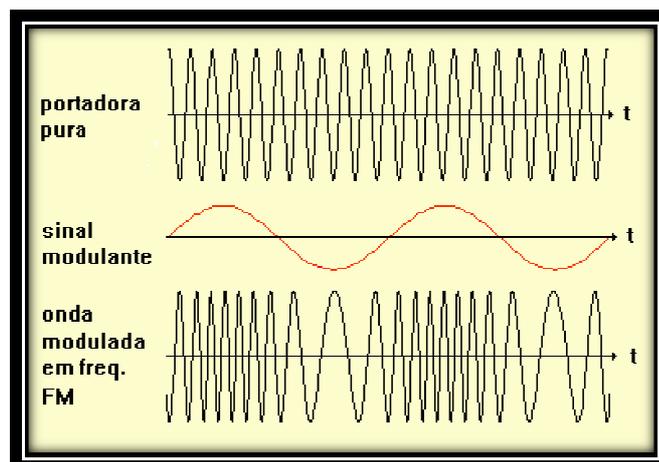


Figura 8 – Sinal modulado em frequência
Fonte: Modulação (2012).

Circuitos integrados serão utilizados no processo de modulação. São características do CI modulador:

- ✓ Receber o sinal de áudio;
- ✓ Gerar a portadora e;
- ✓ Difundir o sinal modulado;

O CI demodulador é capaz de:

- ✓ Recuperar o sinal modulado;
- ✓ Disponibilizar o sinal de áudio;

3.2.2 Tecnologia PLL - LM 565 e LM566

LM 566 e LM565

Os circuitos integrados LM566 e LM565, ambos fabricados pela *National Semiconductor*, fazem, respectivamente, a modulação e demodulação, em frequência, de um sistema PLL. Para maiores detalhes sobre o modulador, verificar Anexo 1. O Anexo 2 apresenta informações sobre o circuito integrado de demodulação.

3.3 EQUIPAMENTOS

Ilustração do Diagrama em Blocos do Circuito Transmissor na Figura 9.

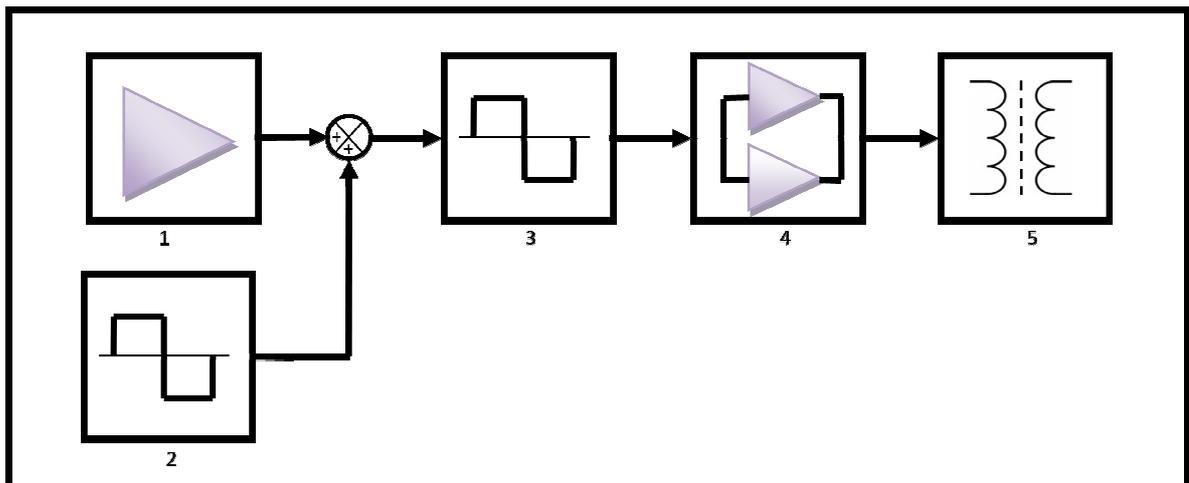


Figura 9 – Diagrama em blocos do transmissor
Fonte: Autoria própria.

O transmissor pode ser agrupado em cinco blocos:

1. Pré amplificador de áudio;
2. Gerador de alerta sonoro;
3. Modulador;
4. Amplificador de potência;
5. Transformador de RF;

O microfone de eletreto capta o sinal de voz e o transforma automaticamente em sinais elétricos e os envia ao pré amplificador transistorizado. O sinal já amplificado é enviado ao modulador (LM 566). Em seguida o sinal modulado é enviado ao amplificador de potência (LM 380), passa pelos transformadores sintonizados e só então é difundido na rede elétrica.

Na Figura 10, está ilustrado o Diagrama em Blocos do circuito receptor.

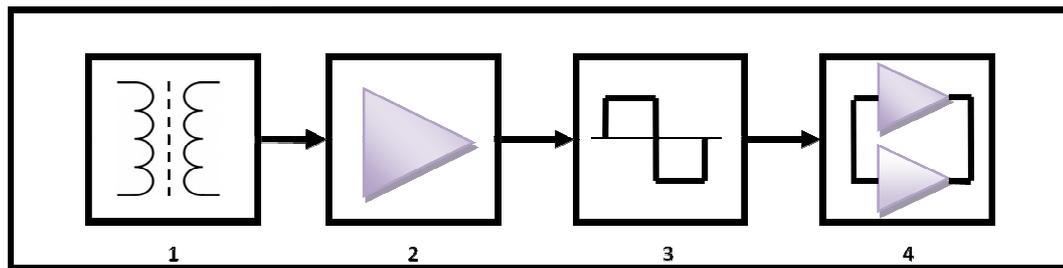


Figura 10 – Diagrama em blocos do receptor
Fonte: Autoria própria.

O receptor pode ser agrupado em quatro blocos:

1. Transformador de RF;
2. Amplificador;
3. Demodulador;
4. Amplificador de potência;

O circuito receptor recebe o sinal que chega pela rede através do transformador sintonizado, é amplificado pelo LM 3046, enviado ao demodulador (LM 565), amplificado pelo LM 386 e enviado ao autofalante, onde chega o sinal de áudio juntamente com o alerta de chamada.

4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentados alguns resultados de testes realizados com os equipamentos. Os testes foram realizados em ambientes diferentes: laboratório de eletrônica, laboratório de informática, sala de aula e em um ambiente residencial.

É preciso lembrar que estes resultados estão sujeitos a variações de impedância conforme cargas (equipamentos) extras sejam ligadas ou desligadas da rede elétrica em questão.

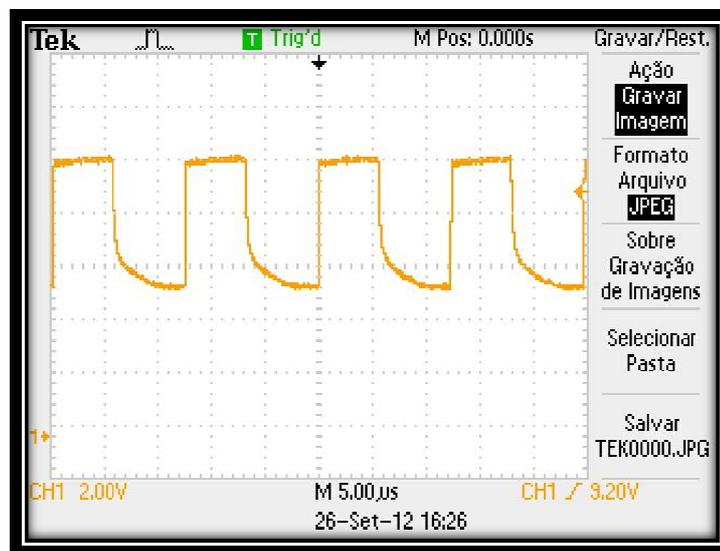


Figura 11 - Sinal modulado em frequência no transmissor
Fonte: Autoria própria.

A Figura 11 mostra o resultado da modulação em frequência aplicada no equipamento. É o sinal de saída do transmissor. Nesta etapa, o sinal modulante já está envolto pelo sinal da portadora de 55kHz e prestes a ser difundido na rede elétrica, com potência aproximada de 500mW.

Na sequência, a Figura 12, representa o sinal elétrico da Copel, na frequência de 60 Hz, por onde o sinal modulado irá trafegar.

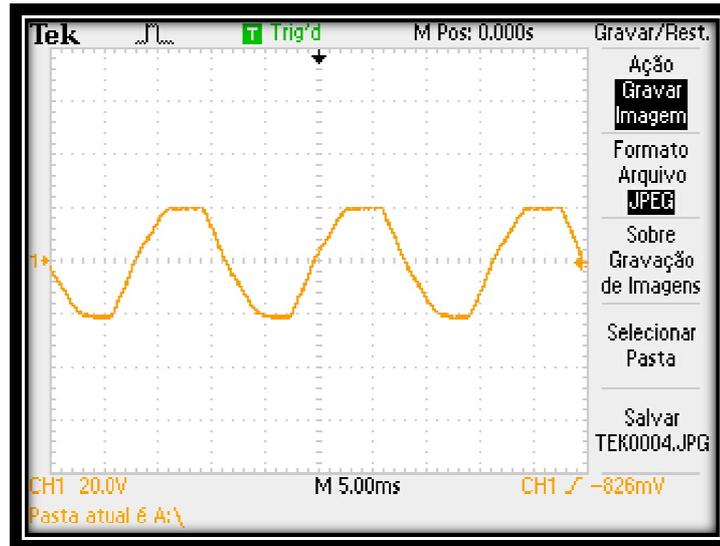


Figura 12 – Sinal de 60Hz da Rede Elétrica
Fonte: Autoria própria.

4.1 TRANSMITINDO UM BIPE

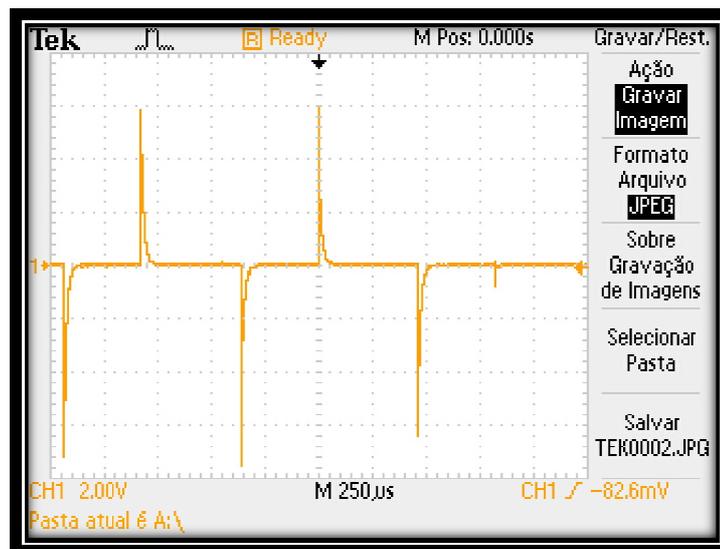


Figura 13 – Sinal utilizado para teste
Fonte: Autoria própria.

O sinal de “bipe” ilustrado na Figura 13 foi utilizado no projeto, basicamente, para a realização de testes, visto que é um sinal de 1kHz fixo, sem variações como acontece com a voz. Este sinal é modulado pela portadora e enviado a rede elétrica. No receptor, analisa-se a qualidade do “bipe” recebido.

Seguem abaixo testes realizados para medição de alcance dos equipamentos (em metros).

UTFPR – DAELN	
Sala de aula: +- 20m	Laboratório de Eletrônica: +- 9m

UTFPR – C-306
Laboratório de informática: +- 1,5m

AMBIENTE RESIDENCIAL
Residência: +- 40m

CAMPO ABERTO
Extensão elétrica: +- 120m

4.2 TRANSMITINDO SINAL DE VOZ

As imagens que seguem foram registradas no laboratório de eletrônica Q-106, da UTFPR, e ilustram o comportamento do sinal em várias situações.

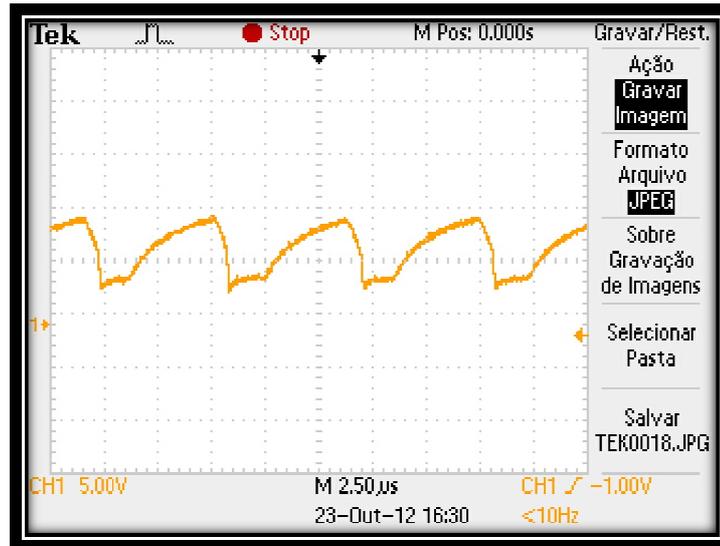


Figura 14 – Visualização do sinal (1)
Fonte: Autoria própria.

A Figura 14 foi registrada no receptor, localizado a uma distância aproximada de 7 metros do transmissor, no laboratório Q-106, UTFPR. Verificou-se grande correlação entre os sinais transmitidos e recebidos, resultando em uma inteligibilidade bastante satisfatória.

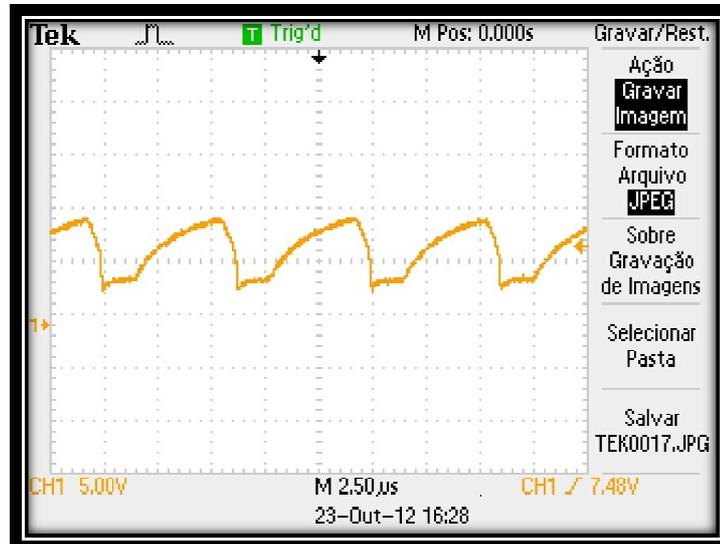


Figura 15 – Visualização do sinal (2)
Fonte: Autoria própria.

A Figura 15 apresenta o sinal recebido no receptor quando a distância do transmissor é aumentada para 9 metros. Percebe-se que a correlação entre os sinais transmitido e recebido continua relativamente alta.

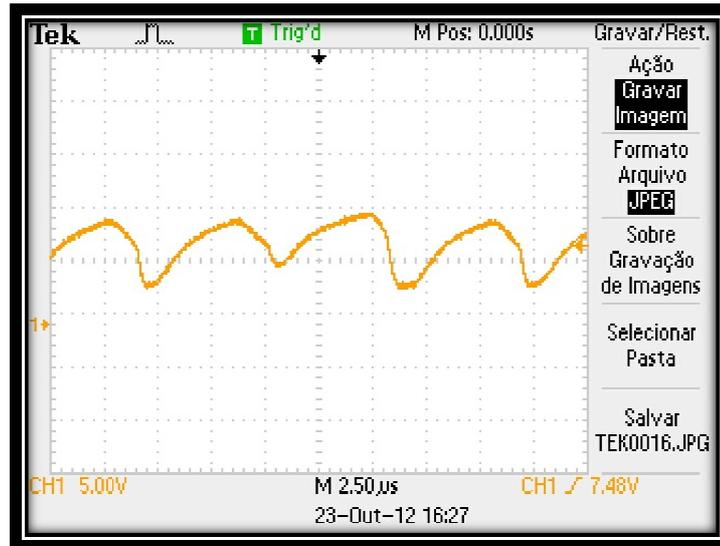


Figura 16 – Visualização do sinal (3)
Fonte: Autoria própria.

Na situação mostrada na Figura 16, os equipamentos estão em condições de funcionamento, porém, já sentem deformações no sinal causadas pela distância. Os equipamentos estavam a uma distância de aproximadamente 13 metros.

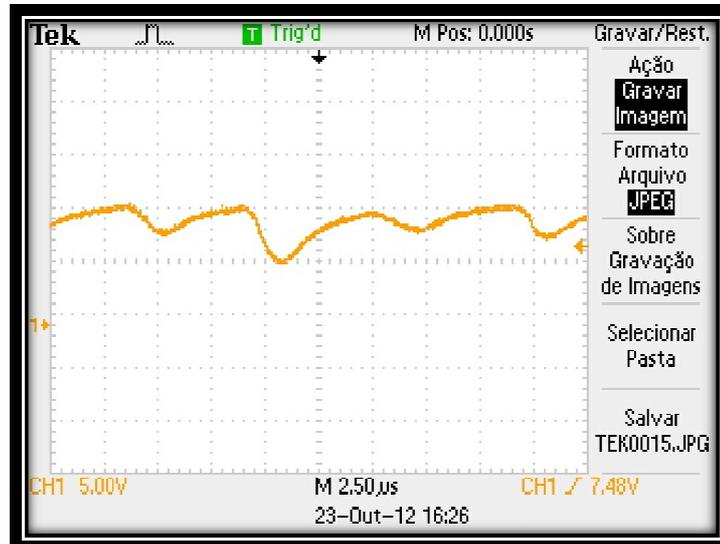


Figura 17 – Visualização do sinal (4)
Fonte: Autoria própria.

O sinal ilustrado na Figura 17 demonstra a atenuação sofrida pelo sinal devido a influência da distância e das cargas ligadas a rede. Os equipamentos sentem a degradação do sinal e com isso vão perdendo a qualidade na transmissão. Ainda no laboratório Q-106, os equipamentos estavam a uma distância de aproximadamente 15 metros.

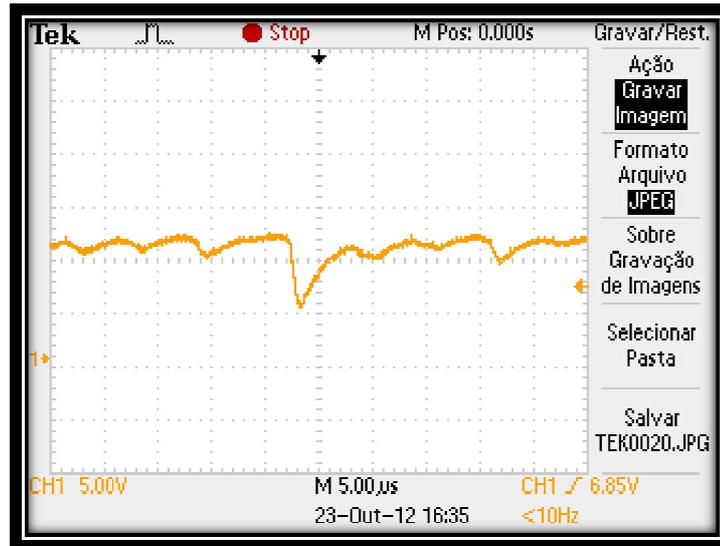


Figura 18 – Visualização do sinal (5)
Fonte: Autoria própria.

A Figura 18 mostra a deformação sofrida pela portadora. Neste ponto não consegue-se mais identificar o áudio e o que prevalece é o ruído proveniente da rede elétrica. Para tal resultado, o receptor permaneceu no laboratório Q-106, enquanto o transmissor foi ligado no corredor do bloco, a uma distância de aproximadamente 30 metros.

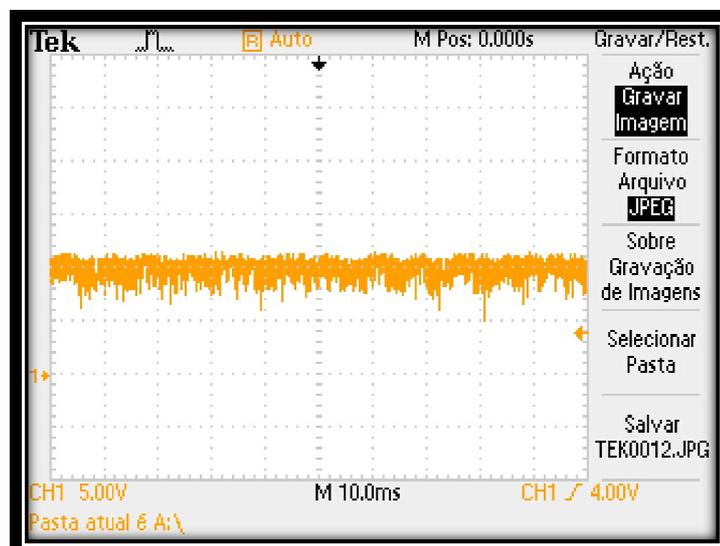


Figura 19 – Visualização do sinal (6)
Fonte: Autoria própria.

A Figura 19 apresenta a situação em que é praticamente impossível distinguir o sinal transmitido em meio ao ruído. Nota-se a presença apenas de ruído a uma distância de aproximadamente 40 metros, nos corredores da UTFPR.

Visualização gráfica da atenuação do sinal sofrida pelo equipamento com o aumento da distância entre transmissor e receptor, no laboratório Q-106:

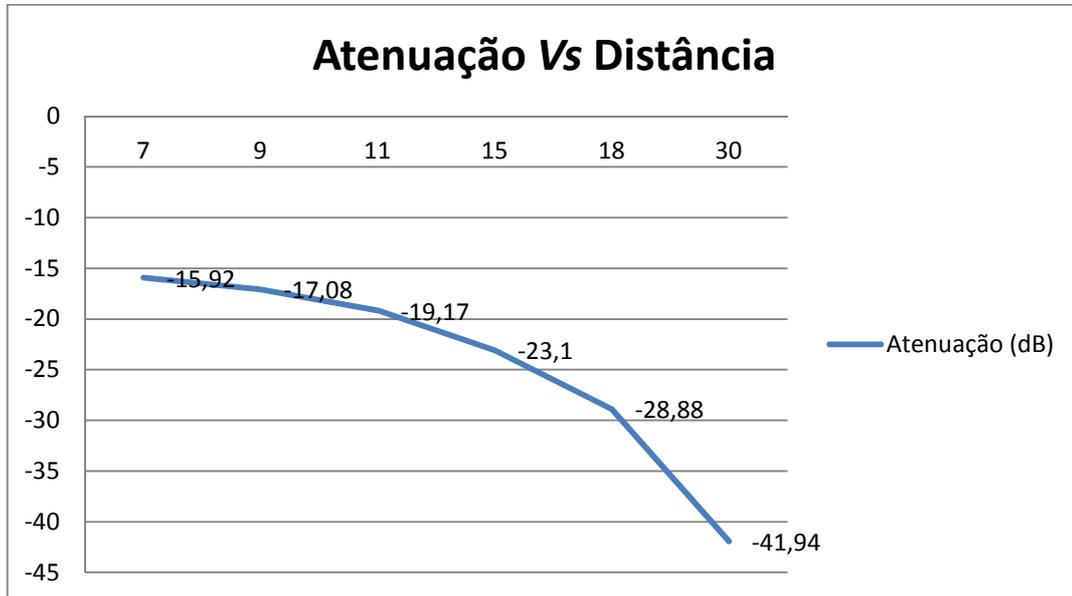


Gráfico 1 – Atenuação do sinal de áudio no laboratório Q-106 UTFPR
Fonte: Autoria própria.

Vale lembrar que estes resultados estão sujeitos a alterações, ocasionadas por aumento da distância, inserção de cargas e ruídos.

Para efeitos de comparação, foi realizado um teste em campo aberto, ou seja, ligou-se ponto-a-ponto o transmissor e o receptor. Com isto, constatou-se que o alcance do equipamento (distância limite para o seu funcionamento) foi de 120 metros.

5 CONCLUSÃO

Através do desenvolvimento deste projeto, foi possível aprofundar e colocar em prática conceitos vistos durante o curso de Tecnologia em Sistemas de Telecomunicações. Dentre estes podem-se destacar algumas disciplinas que foram mais relevantes, como Princípios de Comunicação, Eletricidade, Eletrônica Analógica e Redes de Acesso.

Durante a realização do projeto pôde-se constatar a influência negativa que o ruído, a atenuação e a distância entre os pontos de comunicação exercem sobre o desempenho dos equipamentos. Mas, apesar das dificuldades o resultado foi positivo, visto que, o objetivo de transmitir áudio pela rede elétrica foi alcançado.

Entre alguns testes que poderiam ser realizados em trabalhos futuros, estão a inserção de amplificadores de potência na saída do receptor, como alternativa aos sistemas de sons utilizados em lojas, mercados e igrejas, por exemplo. Também seria interessante um estudo aprofundado para a adição de mais canais de comunicação para elaborar um par transmissor/receptor ou até mesmo uma conferência entre vários nós.

REFERÊNCIAS

BRAGA, Newton C. **Como funciona o PLL.** Disponível em: <<http://www.newtoncbraga.com.br/index.php/como-funciona/624-como-funciona-o-pll-art058.html>>. Acesso em: 2 jul. 2012.

BRANCO, Gilberto. **Princípios de Comunicações**, julho de 2007. Notas de Aula.

BERTINI, Luiz Antonio. **Transformadores Teoria, Prática e Dicas**, 2003. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/40071643/Transform-Adores-Teori-Pratica-Dicas>>. Acesso em: 6 jul. 2012.

CAMPOS, Xavier. **Modulação em amplitude, frequência e fase.** Disponível em: <http://rcxaviercampos.blogspot.com.br/2011/01/modulacao-em-amplitude-frequencia-e_13.html> Acesso em: 2 ago. 2012.

CAROZZI, Hélder J.Costa. **Linhas de Transmissão.** 2009. 36 f. Trabalho de disciplina – Curso Superior Engenharia Habilitação em Telecomunicações, Faculdade Assis Gurgacz, 2009. Disponível em: <<http://www.fag.edu.br/professores/helder/Linhas%20de%20Transmissao%206/LINHAS%20DE%20TRANSMISS%C3%06%BA%20PER%CDODO%20-%20202-2009.pdf>>. Acesso em: 19 jul. 2012.

DESAFIOS - Power Line Communications. Disponível em <http://www.gta.ufrj.br/ensino/eel879/trabalhos_vf_2008_2/tulio/Desafios.htm>. Acesso em: 29 jun. 2012.

DIA DO telefone. Disponível em: <<http://www.brasilecola.com/datacomemorativas/dia-telefone.htm>>. Acesso em: 16 abr. 2012.

ENERGIA elétrica já chegou a quase 100% das casas no país, diz IBGE. Disponível em: <<http://noticias.r7.com/brasil/noticias/energia-eletrica-ja-chegou-a-quase-100-das-casas-do-pais-diz-ibge-20111116.html>>. Acesso em: 27 abr. 2012.

FASE 1 – Invenção do telefone (1876). Disponível em: <http://www.fundacaotelefonica.org.br/_docs/dicas_fase1.pdf>. Acesso em: 16 abr. 2012.

FERREIRA, Paulo Renato F. **Transformadores de Radiofrequência para Antenas de Recepção.** Disponível em: <<http://www.feirinhadigital.com.br/rbr/artigos-tecnicos/py3pr/Toroides-FD.pdf>>. Acesso em: 6 jul. 2012.

FERREIRA, Marcus V. de Almeida. *PLC Power Line Communication*. 27f. Departamento de Telecomunicações. Universidade Federal Fluminense. Disponível em: <<http://www.radiocb.com/main/images/pdf/PLC.pdf>>. Acesso em: 19 jun. 2012.

HISTÓRIA DA telefonia. Disponível em: <<http://www.mc.gov.br/acoes-e-programas/redes-digitais-da-cidadania/44-historia-das-comunicacoes/22463-historia-da-telefonia>>. Acesso em: 16 abr. 2012.

HISTÓRIA DO telefone. Disponível em: <<http://www.historiadetudo.com/telegrafo.html>>. Acesso em: 16 abr. 2012.

HODGSON, Eduardo Alves; **Proposta de um Simulador de Ruído Impulsivo Assíncrono no Canal PLC**, 2005. 83f. Programa de Pós Graduação em Engenharia Elétrica – Universidade Federal de Santa Catarina, 2005. Disponível em: <<http://www.gpqcom.ufsc.br/media/doc/diss-eduardo-hodgson.pdf>>. Acesso em: 09 ago. 2012.

LASKOSKI, Gustavo Theodoro; MARCONDES, Maicon; SZEREMETA, Oscar. **Modulação Digital**, 2006. 25 f. Trabalho de disciplina – Curso Superior de tecnologia em Eletrônica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2006. Disponível em: <<http://pessoal.utfpr.edu.br/gustavothl/modulacao/doc1.pdf>>. Acesso em: 17 abr. 2012.

MODULAÇÃO angular: FM e PM. Disponível em: <<http://www.qsl.net/py4zbz/teoria/fmpm.htm>>. Acesso em: 16 mai. 2012.

O BRASIL e a construção da ordem econômica internacional. Disponível em: <<http://br.monografias.com/trabalhos/brasil-construcao-economica/brasil-construcao-economica2.shtml>>. Acesso em: 17 abr. 2012.

PERGUNTAS frequentes. Disponível em: <<http://www.telcon.com.br/Telcon/Web/Perguntas/Default.aspx>>. Acesso em: 16 abr. 2012.

PINHEIRO, José Maurício dos Santos. **Interferência Eletromagnética**, 16 de março de 2004. Disponível em: <http://www.projetoderedes.com.br/tutoriais/tutorial_interferencia_eletromagnetica_01.php>. Acesso em: 26 jun. 2012.

PINHEIRO, José Maurício dos Santos. **Ruídos em Redes de Computadores**, 16 de março de 2004. Disponível em: <http://www.projetoderedes.com.br/artigos/artigo_ruido_em_redes_de_computadores.php>. Acesso em: 26 jun. 2012.

PLC Powerline Communications. Disponível em: <<http://www.copel.com/hpcopel/telecom/nivel2.jsp?endereco=%2Fhpcopel%2Ftelecom%2Fpagcopel2.nsf%2Fdocs%2FD679EBC3E5FA532F03257428004B9E2C>>. Acesso em: 17 abr. 2012.

PLL Digital (DPLL). Disponível em: <<http://www2.ee.ufpe.br/codec/DPLL.pdf>>. Acesso em: 17 abr. 2012.

PORQUE o cobre é amplamente utilizado em sistemas elétricos?. Disponível em: <<http://www.osetoreletrico.com.br/web/a-revista/edicoes/315-por-que-o-cobre-e-amplamente-utilizado-em-sistemas-eletricos.html>>. Acesso em: 19 jul. 2012.

SEÇÃO: Banda Larga. Disponível em: <<http://www.teleco.com.br/plc.asp>>. Acesso em 17 abr. 2012.

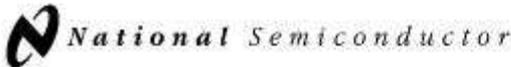
TABELA de bobinas de FI. Disponível em: <<http://www.eletronica.com/tabela-de-bobinas-de-fi/>>. Acesso em 20 ago. 2012.

VARGAS, Alessandra Antunes. **Estudo Sobre Comunicação de Dados Via Rede Elétrica para Aplicações de Automação Residencial/Predial**. 2004. 65 f. Monografia (Trabalho de Fim de Curso de Engenharia de Computação) – Escola de Engenharia. Instituto de Informática. UFRGS. 2004. Disponível em: <www.ece.ufrgs.br/~fetter/plt/TrabalhoConclusaoAlessandra.pdf> Acesso em: 12 abr. 2012.

WATANABE, Roberto Massaru. **Como é o funcionamento de uma usina hidroelétrica**. Disponível em: <www.ebanataw.com.br/roberto/energia/ener10.htm>. Acesso em: 17 abr. 2012.

ANEXOS

ANEXO A – DATASHEET LM566 – MODULADOR



February 1995

LM566C Voltage Controlled Oscillator

General Description

The LM566CN is a general purpose voltage controlled oscillator which may be used to generate square and triangular waves, the frequency of which is a very linear function of a control voltage. The frequency is also a function of an external resistor and capacitor.

The LM566CN is specified for operation over the 0°C to +70°C temperature range.

Features

- Wide supply voltage range: 10V to 24V
- Very linear modulation characteristics

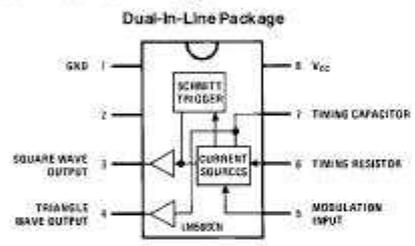
- High temperature stability
- Excellent supply voltage rejection
- 10 to 1 frequency range with fixed capacitor
- Frequency programmable by means of current, voltage, resistor or capacitor

Applications

- FM modulation
- Signal generation
- Function generation
- Frequency shift keying
- Tone generation

Connection Diagram

Dual-In-Line Package

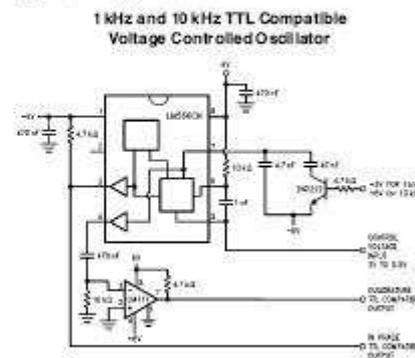


Order Number LM566CN
See NS Package Number N08E

TL/H-7056-2

Typical Application

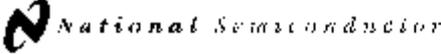
1 kHz and 10 kHz TTL Compatible
Voltage Controlled Oscillator



TL/H-7056-3

LM566C Voltage Controlled Oscillator

ANEXO B – DATASHEET LM566 – MODULADOR (COMPLETO)


February 1995

LM566C Voltage Controlled Oscillator

General Description

The LM566C is a general purpose voltage controlled oscillator which may be used to generate square and triangular waves, the frequency of which is a very linear function of a control voltage. The frequency is also a function of an external resistor and capacitor.

The LM566C is specified for operation over the 0°C to +70°C temperature range.

Features

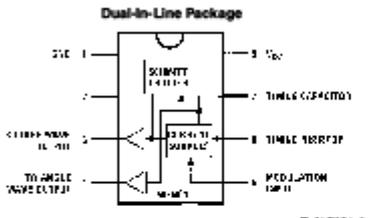
- Wide supply voltage range: 10V to 24V
- Very linear modulation characteristics

- High temperature stability
- Excellent supply voltage rejection
- 10 to 1 frequency range with fixed capacitor
- Frequency programmable by means of current, voltage, resistor or capacitor

Applications

- FM modulation
- Signal generation
- Function generation
- Frequency shift keying
- Tone generation

Connection Diagram

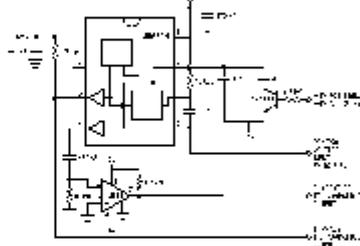


Order Number LM566CN
See NS Package Number NOSE

TL44766A-2

Typical Application

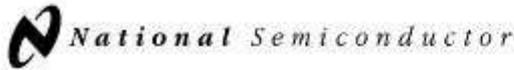
1 kHz and 10 kHz TTL Compatible
Voltage Controlled Oscillator



TL44766A-2

LM566C Voltage Controlled Oscillator

ANEXO C – DATASHEET LM565 – CIRCUITO DEMODULADOR



February 1995

LM565/LM565C Phase Locked Loop

LM565/LM565C Phase Locked Loop

General Description

The LM565 and LM565C are general purpose phase locked loops containing a stable, highly linear voltage controlled oscillator for low distortion FM demodulation, and a double balanced phase detector with good carrier suppression. The VCO frequency is set with an external resistor and capacitor, and a tuning range of 10:1 can be obtained with the same capacitor. The characteristics of the closed loop system—bandwidth, response speed, capture and pull in range—may be adjusted over a wide range with an external resistor and capacitor. The loop may be broken between the VCO and the phase detector for insertion of a digital frequency divider to obtain frequency multiplication.

The LM565H is specified for operation over the -55°C to $+125^{\circ}\text{C}$ military temperature range. The LM565CN is specified for operation over the 0°C to $+70^{\circ}\text{C}$ temperature range.

Features

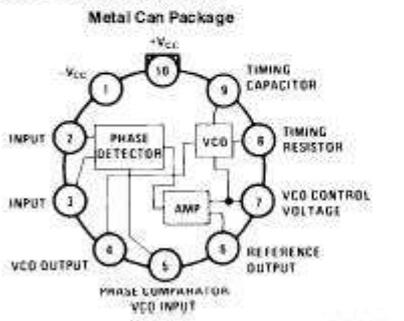
- 200 ppm/ $^{\circ}\text{C}$ frequency stability of the VCO
- Power supply range of ± 5 to ± 12 volts with 100 ppm/% typical
- 0.2% linearity of demodulated output

- Linear triangle wave with in phase zero crossings available
- TTL and DTL compatible phase detector input and square wave output
- Adjustable hold in range from $\pm 1\%$ to $> \pm 60\%$

Applications

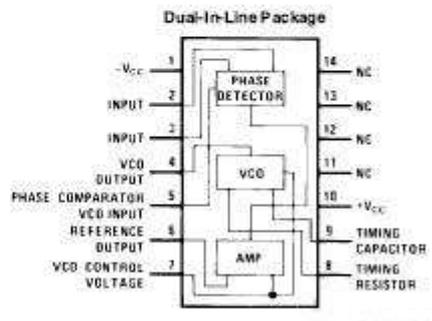
- Data and tape synchronization
- Modems
- FSK demodulation
- FM demodulation
- Frequency synthesizer
- Tone decoding
- Frequency multiplication and division
- SCA demodulators
- Telemetry receivers
- Signal regeneration
- Coherent demodulators

Connection Diagrams



Order Number LM565H
See NS Package Number H10C

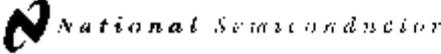
TL747850-2



Order Number LM565CN
See NS Package Number N14A

TL747850-3

ANEXO D – DATASHEET LM565 – CIRCUITO DEMODULADOR (COMPLETO)



February 1995

LM565/LM565C Phase Locked Loop

General Description

The LM565 and LM565C are general purpose phase locked loops containing a stable, highly linear voltage controlled oscillator for low distortion FM demodulation, and a double balanced phase detector with good carrier suppression. The VCO frequency is set with an external resistor and capacitor, and a tuning range of 10:1 can be obtained with the same capacitor. The characteristics of the closed loop system—bandwidth, response speed, capture and pull in range—may be adjusted over a wide range with an external resistor and capacitor. The loop may be broken between the VCO and the phase detector for insertion of a digital frequency divider to obtain frequency multiplication.

The LM565H is specified for operation over the -55°C to $+125^{\circ}\text{C}$ military temperature range. The LM565CN is specified for operation over the 0°C to $+70^{\circ}\text{C}$ temperature range.

Features

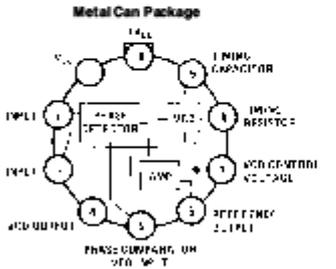
- 200 ppm/ $^{\circ}\text{C}$ frequency stability of the VCO
- Power supply range of ± 5 to ± 12 volts with 100 ppm/% typical
- 0.2% linearity of demodulated output

Applications

- Linear triangle wave with in phase zero crossings available
- TTL and DTL compatible phase detector input and square wave output
- Adjustable hold in range from $\pm 1\%$ to $> \pm 60\%$
- Data and tape synchronization
- Modems
- PSK demodulation
- FM demodulation
- Frequency synthesizer
- Tone decoding
- Frequency multiplication and division
- SCA demodulators
- Telemetry receivers
- Signal regeneration
- Coherent demodulators

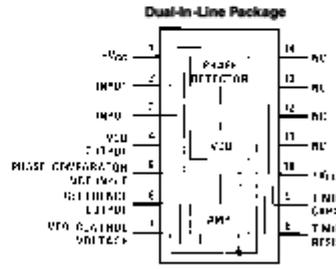
Connection Diagrams

Metal Can Package



Order Number LM565H
See NS Package Number H10C

Dual-In-Line Package



Order Number LM565CN
See NS Package Number N14A

TL417855-2

LM565/LM565C Phase Locked Loop