



**CENTRO UNIVERSITÁRIO DE BRASÍLIA – UniCEUB  
FACULDADE DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA – FACET  
CURSO DE ENGENHARIA DA COMPUTAÇÃO**

**ALEXANDRE FELIPE CARVALHO SAMPAIO**

**SISTEMA DE AUTOMAÇÃO  
WIRELESS PARA CONTROLE DE  
DISPOSITIVOS AUTÔNOMOS**

**BRASÍLIA - DF  
DEZEMBRO / 2008**



**ALEXANDRE FELIPE CARVALHO SAMPAIO**

# **SISTEMA DE AUTOMAÇÃO WIRELESS PARA CONTROLE DE DISPOSITIVOS AUTÔNOMOS**

Monografia apresentada em  
cumprimento às exigências  
acadêmicas da disciplina Projeto  
Final para a conclusão do Curso de  
Engenharia de Computação -  
UniCEUB.

Orientador: Prof. José Julimá

**BRASÍLIA - DF  
DEZEMBRO / 2008**

**DEDICATÓRIA**

Aos meus pais, Antonio e Rosenita.

“A mente que se abre a uma nova idéia jamais voltará ao seu tamanho original”.

**Albert Einstein.**

## AGRADECIMENTOS

- À DEUS, por estar sempre comigo, iluminando o meu caminho e guiando os meus passos.
- Aos meus pais, Antonio Sampaio e Rosenita Sampaio, que sempre se preocuparam com a minha formação moral e souberam, de maneira exemplar, ensinar-me o caminho certo para conduzir-me na vida. Agradeço pela excelente criação e pelos valores a mim transmitidos.
- Aos meus irmãos André, Adryano e Alyne, por todo apoio e contribuição.
- À minha namorada Natália, pela paciência e incentivo, além de todo o apoio nestes longos anos de curso.
- Ao amigo Paulo Bandeira, por todo conhecimento transmitido, incentivo, paciência e por sua orientação sempre precisa me direcionando para o caminho correto.
- Ao professor José Julimá, por sua orientação e sábias sugestões que foram fundamentais ao longo deste projeto.
- A todos os que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

## RESUMO

Este trabalho visa ao controle de dispositivos independentes de forma automatizada com a utilização da tecnologia de transmissão de dados sem fio (*wireless*). São abordados processos nos quais os mecanismos executam tarefas simples, programadas pelo homem, e que permitem realizar uma série de operações de forma automática. Procura-se dar ênfase para atividades cotidianas como o ato de ligar ou desligar aparelhos. Os resultados obtidos neste estudo demonstram a real possibilidade de operacionalização dessa forma de controle. Para consubstanciar este fato e dar apoio ao projeto, foi desenvolvido um protótipo no qual os aparelhos, representados neste por um conjunto de lâmpadas, são colocados em funcionamento ao serem acionados comandos por meio da utilização de um microcomputador. Utilizou-se a tecnologia *wireless* como forma de demonstrar a possibilidade da conexão entre diferentes pontos sem a necessidade do uso de cabos. Para tanto, foram utilizados dispositivos que trabalham com ondas de radiofrequência como forma de comunicação para transmitir dados e informações.

**Palavras-Chave:** Automação, *Wireless*, Radiofrequência.

## ABSTRACT

This work aims to the independents devises control in its automatic form with the using of *wireless* transmission technology. They are accosted processes which the mechanisms doing simple works, programmed for the man, that permit to realize a series of automatic form operations. It searches to give emphasis to daily activities like the act to on or off devices. The results obtained in this study demonstrate the real possibility to operate this form of control. To fundament this fact and to give support of this project, were developed a prototype which the devices, represented in this project for a conjunct of lamps, are turn on at the moment the press commands through the using a microcomputer. Used it the wireless technology to demonstrate the possibility of connect between different points to have no need of use cables. For this, were used devices that work with radiofrequency waves as form of communication to transmit data and information.

**Keywords:** Automation, Wireless, Radiofrequency.



## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>X</b>
<b>LISTA DE TABELAS .....</b>	<b>XIII</b>
<b>LISTA DE ABREVIACÕES E SIGLAS .....</b>	<b>XIV</b>
<b>CAPÍTULO 1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>15</b>
1.1 MOTIVAÇÃO .....	16
1.2 OBJETIVOS .....	16
1.3 MÉTODOS, TÉCNICAS E FERRAMENTAS UTILIZADAS.....	16
1.4 ESTRUTURA DA MONOGRAFIA .....	17
<b>CAPÍTULO 2. REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>19</b>
2.1 CONCEITOS INICIAIS .....	19
2.1.1 <i>Automação</i> .....	19
2.1.2 <i>Automação Industrial</i> .....	19
2.1.3 <i>Automação Residencial</i> .....	20
2.1.4 <i>Wireless</i> .....	20
2.1.5 <i>Radiofrequência</i> .....	21
2.1.6 <i>Espectro Eletromagnético</i> .....	22
2.1.7 <i>Espectro de Frequência</i> .....	23
2.1.8 <i>Tensão Elétrica</i> .....	24
2.1.9 <i>Corrente Elétrica</i> .....	25
2.2 COMPONENTES FÍSICOS .....	26
2.2.1 <i>Resistor</i> .....	26
2.2.2 <i>Capacitor</i> .....	26
2.2.3 <i>Diodo</i> .....	28

2.2.4	<i>Relê</i> .....	29
2.2.5	<i>LED</i> .....	30
2.2.6	<i>Circuito Integrado</i> .....	32
2.2.7	<i>Módulos Híbridos</i> .....	34
<b>CAPÍTULO 3. SISTEMA DE AUTOMAÇÃO WIRELESS .....</b>		<b>37</b>
3.1	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	37
3.2	LISTA DE MATERIAIS .....	38
3.3	PROTÓTIPO DO SISTEMA DE AUTOMAÇÃO .....	40
3.3.1	<i>Circuito Oscilador</i> .....	40
3.3.2	<i>Circuito Transmissor</i> .....	42
3.3.3	<i>Circuito Receptor</i> .....	55
3.3.4	<i>Circuito Acoplador</i> .....	60
3.4	PROGRAMA DE CONTROLE .....	61
3.4.1	<i>História da Linguagem C/C++</i> .....	62
3.4.2	<i>Compilador Borland C++ Builder</i> .....	63
3.4.3	<i>O Programa Desenvolvido</i> .....	67
<b>CAPÍTULO 4. TESTES E RESULTADOS .....</b>		<b>72</b>
4.1	CIRCUITO OSCILADOR .....	74
4.2	CIRCUITO TRANSMISSOR E RECEPTOR .....	77
<b>CAPÍTULO 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>		<b>79</b>
5.1	CONCLUSÕES .....	79
5.2	DIFICULDADES ENCONTRADAS .....	80
5.3	SUGESTÕES PARA PROJETOS FUTUROS .....	80
<b>REFERÊNCIAS .....</b>		<b>81</b>
<b>APÊNDICES .....</b>		<b>86</b>

**ANEXOS ..... 102**

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 Diagrama em blocos dos circuitos transmissor e receptor de RF .....	17
Figura 2.1 Ondas de Radiofrequência .....	22
Figura 2.2 Espectro Eletromagnético .....	23
Figura 2.3 Geradores de Tensão Elétrica .....	25
Figura 2.4 Fluxo de Elétrons entre átomos de metal .....	25
Figura 2.5 Fluxo de Corrente Elétrica gerada por uma bateria .....	25
Figura 2.6 Interpretação das cores do Resistor .....	26
Figura 2.7 Diagrama interno de um Capacitor .....	27
Figura 2.8 Simbologia dos Capacitores .....	27
Figura 2.9 Simbologia do Diodo .....	28
Figura 2.10 Polarização Direta do diodo .....	28
Figura 2.11 Polarização Inversa do Diodo .....	29
Figura 2.12 Simbologia do Relê .....	30
Figura 2.13 Circuito de Controle de Dispositivo Manual .....	30
Figura 2.14 Simbologia dos LEDs .....	31
Figura 2.15 Circuito para Acender um LED .....	31
Figura 2.16 Características dos CI's .....	32
Figura 2.17 <i>Buffer</i> SN74LS244 .....	33
Figura 2.18 <i>Encoder</i> MC145026 .....	33
Figura 2.19 <i>Decoder</i> MC145027 .....	34
Figura 2.20 Módulo Transmissor RT4 .....	35
Figura 2.21 Módulo Receptor RR3 .....	36
Figura 3.1 Circuito de teste de transmissão/recepção do par <i>encoder/decoder</i> .....	41
Figura 3.2 Gráfico de decaimento do capacitor no pino 7 do <i>Decoder</i> MC145027 .....	41

Figura 3.3 Pinagem da Interface Paralela DB-25 .....	44
Figura 3.4 Conector DB-25 Macho .....	44
Figura 3.5 Conector DB-25 Fêmea.....	45
Figura 3.6 Diagrama em Blocos, Layout e encapsulamento do CI MC145026 .....	47
Figura 3.7 Sinais Gerados no CI Codificador .....	47
Figura 3.8 Modulação AM .....	48
Figura 3.9 Circuito Esquemático do Módulo Transmissor RT4 .....	49
Figura 3.10 Dimensões Físicas do Transmissor .....	50
Figura 3.11 Circuito Típico de Controle Remoto .....	51
Figura 3.12 Antena Helicoidal .....	52
Figura 3.13 Antena Tipo Loop .....	53
Figura 3.14 Antena Tipo Chicote .....	54
Figura 3.15 Detalhe do Circuito Elétrico da Fonte Regulada do Transmissor .....	54
Figura 3.16 Diagrama em Blocos do Módulo receptor RR3 .....	55
Figura 3.17 Dimensões Físicas do Receptor .....	56
Figura 3.18 Circuito de Aplicação Simplificado .....	57
Figura 3.19 Diagrama em Blocos, Layout e encapsulamento do CI MC145027 .....	58
Figura 3.20 Detalhe do Circuito Elétrico da Fonte Regulada do Receptor .....	59
Figura 3.21 Circuito Acoplador para Lâmpada 1 .....	61
Figura 3.22 Ambiente de Desenvolvimento do C++ Builder 4 .....	63
Figura 3.23 Barra de Ferramentas do C++ Builder 4 .....	64
Figura 3.24 Formulário do C++ Builder 4 .....	64
Figura 3.25 Barra de Menus do C++ Builder 4 .....	65
Figura 3.26 Palheta de Componentes do C++ Builder 4 .....	65
Figura 3.27 Inspetor de Objetos do C++ Builder 4 .....	66

Figura 3.28 Janela de Edição do C++ Builder 4 .....	66
Figura 3.29 Tela principal do Programa de Controle .....	67
Figura 3.30 Acionando o botão Dispositivo 1 .....	68
Figura 3.31 Protótipo após pressionamento do botão Dispositivo 1 .....	69
Figura 3.32 Acionando o botão Liga todos.....	69
Figura 3.33 Protótipo após pressionamento do botão Liga todos .....	70
Figura 3.34 Acionando o botão Desliga todos .....	70
Figura 3.35 Protótipo após pressionamento do botão Desliga todos .....	71
Figura 4.1 Circuito Esquemático do Transmissor de RF .....	72
Figura 4.2 Circuito Esquemático do Receptor de RF .....	73
Figura 4.3 Capacitores e Resistores que influenciam na frequência de oscilação .....	74
Figura 4.4 Circuito de Oscilação dos CI's MC145026/MC145027 .....	76
Figura 4.5 Circuito de Oscilação em funcionamento .....	76
Figura 4.6 Circuito montado do Transmissor de RF .....	77
Figura 4.7 Circuito montado do Receptor de RF .....	77

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 3.1 Espectro de Frequência Eletromagnética .....	24
Tabela 3.2 Endereços de Entrada e Saída para as portas LPT1 e LPT2 .....	46
Tabela 3.3 Descrição da Função dos Pinos do Módulo Transmissor .....	50
Tabela 3.4 Avaliação dos tipos de Antenas .....	52
Tabela 3.5 Descrição da Função dos Pinos do Módulo Receptor .....	57

## LISTA DE ABREVIACOES E SIGLAS

- A – Ânodo
- AM – *Amplitude Modulation*, Modulação em Amplitude
- C – Comum
- CI – Circuito Integrado
- DMA – *Direct Access Memory*, Acesso Direto à Memória
- E/S – Entrada/Saída
- F – Unidade de Capacitância, Farads
- Hz – Unidade de Freqüência, Hertz
- K – Catodo
- LED – *Light Emmiting Diode*, Diodo Emissor de Luz
- LPT – *Line Print Terminal*, Porta Para Impressão
- NA – Normalmente Aberto
- NF – Normalmente Fechado
- RF – *Radiofrequency*, Radiofrequencia
- RX – Receptor
- SMD – *Surface Mount Devices*, Dispositivos de Montagem em Superfície
- TE – *Transmit Enable*, Habilita Transmissão
- TTL – *Transistor Transistor Logic*, Lógica Transistor Transistor
- TX – Transmissor
- UHF – *Ultra High Frequency*, Freqüência Ultra Alta
- V – Unidade de Tensão Elétrica, Volts
- VHF – *Very High Frequency*, Freqüência Muito Alta
- VT – *Valid Transmission*, Transmissão Válida
- $\Omega$  – Unidade de Resistência, Ohms



## CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

O termo automação é polissêmico, ou seja, a palavra é capaz de reunir diversos significados. O termo – ou os seus sinônimos: “automatização” e “informatização” – representa, de uma maneira geral, a substituição do trabalho do homem, manual, por sistemas previamente programados que se auto-controlam, regulam e realizam uma série de operações em velocidade superior à capacidade humana. (NEGREIROS; DIAS, 2007).

Automação também é sinônimo de integração, ou seja, da função mais simples a mais complexa existem um ou mais sistemas que permitem que um dispositivo seja controlado de modo inteligente, tanto individualmente quanto em conjunto, visando alcançar um maior conforto, informação e segurança. Dependendo da área onde se deseja aplicar um sistema automatizado, temos vários tipos de automação, entre os quais podemos citar: automação residencial, automação industrial, automação predial, automação comercial, automação bancária e de escritórios, etc. (PINHEIRO, J., 2004).

A automação residencial surgiu depois de seus similares na área industrial e comercial por motivos de escala de produção e econômicos, pois essas áreas propiciaram rapidez no retorno dos investimentos. Após consolidada a automação industrial, o comércio entrou na área automatizada e os avanços da informática propiciaram inovações constantes. A expressão automação residencial tem sido utilizada para denominar diversos recursos disponibilizados para controle de equipamentos em uso no espaço privado da habitação. Historicamente, o termo automação pode se referir à utilização de equipamentos e sistemas automáticos, particularmente, aos sistemas de fabricação ou sistemas de processamento de dados que exigem pouca ou nenhuma intervenção humana em suas operações normais. Se, no passado, a automação possibilitou a uniformidade e a padronização da produção industrial, pode-se dizer que no contexto atual esse recurso está voltado justamente para a flexibilização dessa produção, criando a possibilidade de personalização em massa. Numa outra vertente, pode-se dizer que a automação residencial, como se propõe hoje, é resultado da migração de conceitos adotados na área industrial para a área residencial. (REQUENA; PINHO, 2008).

Em virtude da necessidade do surgimento de inovações tecnológicas para aperfeiçoar os atuais sistemas de automação, o projeto desta monografia descreve o desenvolvimento de

um sistema de automação wireless por radiofrequência para controle de dispositivos independentes utilizando como interface de operação um microcomputador conectado a um circuito através de porta paralela. Possibilitado pelo uso de *software*, o circuito irá receber sinais dos pinos de dados da porta paralela para ativar ou desativar dispositivos a ele conectados.

## **1.1 MOTIVAÇÃO**

A motivação para a realização do projeto foi adquirida por meio de disciplinas cursadas ao longo do curso de graduação. O projeto desenvolvido abrange conteúdos de Física, Circuitos e Máquinas Elétricas, Instalações Elétricas e Circuitos Eletrônicos, disciplinas diretamente relacionadas e necessárias ao curso e aos profissionais de Engenharia da Computação.

Por tratar-se de uma tecnologia que procura oferecer conforto, praticidade, eficiência e mobilidade aos seus usuários, o sistema desenvolvido despertou o interesse do autor e tornou-se viável devido ao seu baixo custo-benefício.

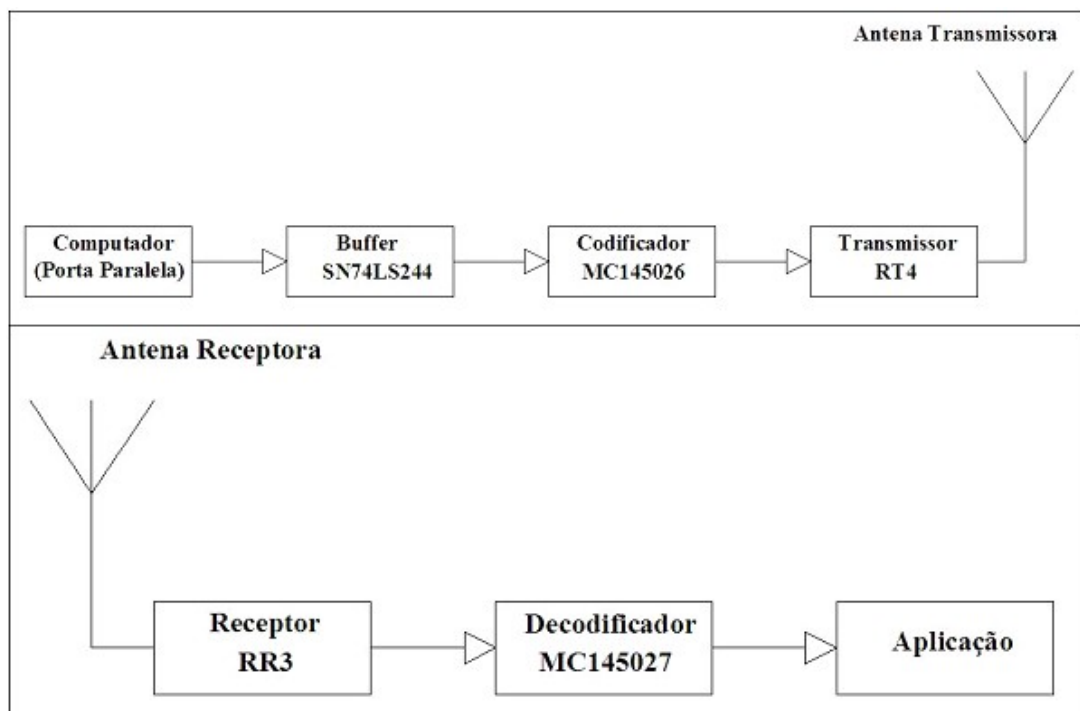
## **1.2 OBJETIVOS**

O objetivo do projeto é possibilitar o controle de dispositivos autônomos de forma automática utilizando tecnologia *wireless*. Será desenvolvido um sistema de automação por radiofrequência para controle de dispositivos independentes utilizando como interface de operação um microcomputador conectado a um circuito através de porta paralela. Possibilitado pelo uso de *software*, o circuito irá receber sinais dos pinos de dados da porta paralela para ativar ou desativar dispositivos independentes a ele conectados.

## **1.3 MÉTODOS, TÉCNICAS E FERRAMENTAS UTILIZADAS**

Para demonstração do projeto e realização de experimentos foi desenvolvido um protótipo do sistema de automação *wireless*. O protótipo é constituído por um circuito ligado a um microcomputador através de porta paralela. Por meio do uso de *software*, o computador envia um sinal para o circuito e esse automaticamente executa ao menos oito ações independentes.

Nos experimentos realizados foram controlados os acionamentos de lâmpadas e leds, porém, podem ser adicionadas outras aplicações. Este circuito possui obrigatoriamente um módulo transmissor e receptor com antenas para captação do sinal que será transmitido por meio de radiofrequência. Para acionamento dos dispositivos conectados à rede elétrica foram utilizados circuitos acopladores com um led piloto para confirmação do perfeito funcionamento do sistema. Na figura 1.1 tem-se a visão geral do projeto através do diagrama em blocos dos circuitos transmissor e receptor de RF.



**Figura 1.1: Diagrama em blocos dos circuitos transmissor e receptor de RF**

#### 1.4 ESTRUTURA DA MONOGRAFIA

Esta monografia é dividida em cinco capítulos:

No capítulo 1 é apresentada a proposta do projeto com as motivações, objetivos, métodos e técnicas utilizadas para o desenvolvimento do protótipo.

No capítulo 2 é apresentado o referencial teórico com as definições das tecnologias, componentes e ferramentas utilizadas.

No capítulo 3 é ressaltada a composição e funcionamento do *hardware*. Neste capítulo é enfatizada a montagem dos circuitos e o funcionamento do *hardware* através do programa de controle.

No capítulo 4 são evidenciados os testes e os resultados apresentados pelo sistema de automação.

No capítulo 5 é apresentada a conclusão do projeto e sugestões para futuras evoluções do mesmo.

## **CAPÍTULO 2 – REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 CONCEITOS INICIAIS**

#### **2.1.1 AUTOMAÇÃO**

Sistema automático de controle pelos quais os mecanismos verificam seu próprio funcionamento, efetuando medições e introduzindo correções, sem a necessidade da interferência do homem. É o conjunto das técnicas baseadas em máquinas e programas com objetivo de executar tarefas previamente programadas pelo homem e de controlar seqüências de operações sem a intervenção humana. (FERREIRA, 1999).

#### **2.1.2 AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL**

O conceito de automação impõe-se, cada vez mais, nas empresas preocupadas em melhorar a sua produtividade, reduzindo ao mesmo tempo os custos. Convém notar que, quanto mais um processo se encontrar automatizado, maiores serão os benefícios da automação na regularidade da qualidade de um produto, na economia de energia, passando pela flexibilidade e segurança de funcionamento e, conseqüentemente, pela melhoria da produtividade.

A primeira revolução industrial foi caracterizada pela substituição do trabalho manual por máquinas motrizes, ou seja, a mecanização. A automação é a introdução da mecanização não só desses trabalhos, mas também dos trabalhos mentais. (SIGHIERI; AKIYOSHI, 2000).

Na automação, o dispositivo ou sistema automatizado sempre irá fazer uma análise do resultado final do trabalho com o objetivo inicial. Toda essa análise e troca de informação chama-se realimentação ou *feedback*. Essa ação de comparar as informações com o objetivo desejado pode gerar uma diferença positiva ou negativa, no qual, a função da automação é corrigir essa diferença para zero ou próxima de zero. (SIGHIERI; AKIYOSHI, 2000).

No Brasil, os primeiros sistemas industriais automatizados surgiram na década de setenta. Depois de consolidada a automação industrial, o comércio entrou na era automatizada e os avanços da informática propiciaram inovações constantes. (AURESIDE, 2006).

### **2.1.3 AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL**

A automação residencial consiste em novas tecnologias que procuram oferecer conforto, praticidade, produtividade, economia, eficiência, e rentabilidade, com a valorização da imagem do empreendimento e de seus usuários.

Segundo Roberto Luigi Bettoni (2003), diretor da Bettoni Automação e Segurança Ltda, em artigo publicado no site portal da automação, “primeiramente foi a automação industrial, ligada ao controle e à supervisão das linhas de produção, depois a de edifícios comerciais, mais voltadas às áreas patrimoniais e institucionais. Finalmente, chegamos a automação residencial, um mercado que já é realidade em todo o Brasil, com soluções interessantes e diferenciadas voltadas aos serviços para o usuário”.

Ainda segundo Bettoni (2003), o que se objetiva com a automação residencial é a integração de tecnologias de acesso à informação e entretenimento, com otimização dos negócios, da Internet, da segurança, além de total integração da rede de dados, voz, imagem e multimídia. Isso é obtido através de um projeto único que envolve infra-estrutura, dispositivos e *software* de controle, buscando garantir ao usuário a possibilidade de controle e de acesso a sua residência à distância, dentro ou fora da mesma.

Assim sendo, torna-se viável comandar grande parte das instalações de um estabelecimento através de um controle remoto, permitindo maior comodidade e mobilidade ao usuário do sistema automatizado.

### **2.1.4 WIRELESS**

Com a crescente evolução da tecnologia, de uma forma geral, o mundo está se tornando cada vez mais móvel. A necessidade humana de se eliminar fios e ter mobilidade – tanto nas mais variadas formas de comunicação, quanto nas de acesso à informação – é hoje uma realidade que norteia o rumo da tecnologia da informação.

Uma conexão *wireless* é qualquer forma de conexão entre dois sistemas transmissor e receptor de dados que não requeira o uso de fios. Para tanto, são utilizadas frequências de rádio ou sinais luminosos. Utiliza como meio de transmissão o ar ou o vácuo. “Tecnologias de rede sem fio, no sentido mais simples, permitem um ou mais dispositivos se comunicarem

sem qualquer tipo de conexão física – não requerem cabeamento”. (KARYGIANNIS; OWENS, 2002).

Em um sistema de comunicação sem fio que utilize ondas de rádio, a informação a ser transmitida é modulada em uma portadora, ou seja, ela é posicionada no espectro de frequências de modo que o mesmo meio físico possa trafegar informações de vários transmissores, desde que estejam utilizando uma faixa não ocupada. Por meio da modulação é possível fazer o deslocamento do espectro da informação para outra região não ocupada. Ondas de rádio são geradas de um transmissor RF e enviadas para um receptor em outra localidade. (SOUSA, 2002).

O fato de não existirem fios ligando os dispositivos de comunicação, permite que estes ofereçam mobilidade. Para explorar esta vantagem, torna-se vital o baixo consumo nos transmissores/receptores para que estes possam ser alimentados com baterias pequenas. Uma dificuldade decorrente desta característica é a necessidade de monitorar a localização do dispositivo de comunicação dentro das áreas de cobertura do sistema, para que se possa contatá-lo onde ele estiver. (SOUSA, 2002).

### **2.1.5 RADIOFREQUÊNCIA**

Embora as ondas de rádio sejam invisíveis e completamente indetectáveis pelos humanos, elas mudaram totalmente a sociedade. Não importa se estamos falando sobre um telefone celular, um telefone sem fio ou qualquer das outras várias tecnologias sem fio: todas elas usam ondas de rádio para se comunicar. Por sua vez, os sinais de radiofrequência são sinais que se propagam por um condutor e são irradiados no ar através de uma antena. Na prática, uma antena converte um sinal cabeado em um sinal *wireless* e vice-versa. Esses sinais são então irradiados no ar livre na forma de ondas de rádio e se propagam em linha reta e em todas as direções. Pode-se imaginar essas ondas como círculos concêntricos que aumentam o seu raio na medida em que se afastam da antena, conforme ilustrado na figura 2.1. (BATISTA, 2007).



**Figura 2.1: Ondas de Radiofrequência**

Fonte: (BATISTA, 2007)

Para implementar um sistema de transmissão de dados por ondas de radiofrequência, necessitamos principalmente de módulos de radiofrequência, responsáveis pela transmissão e recepção dos dados via ondas de rádio.

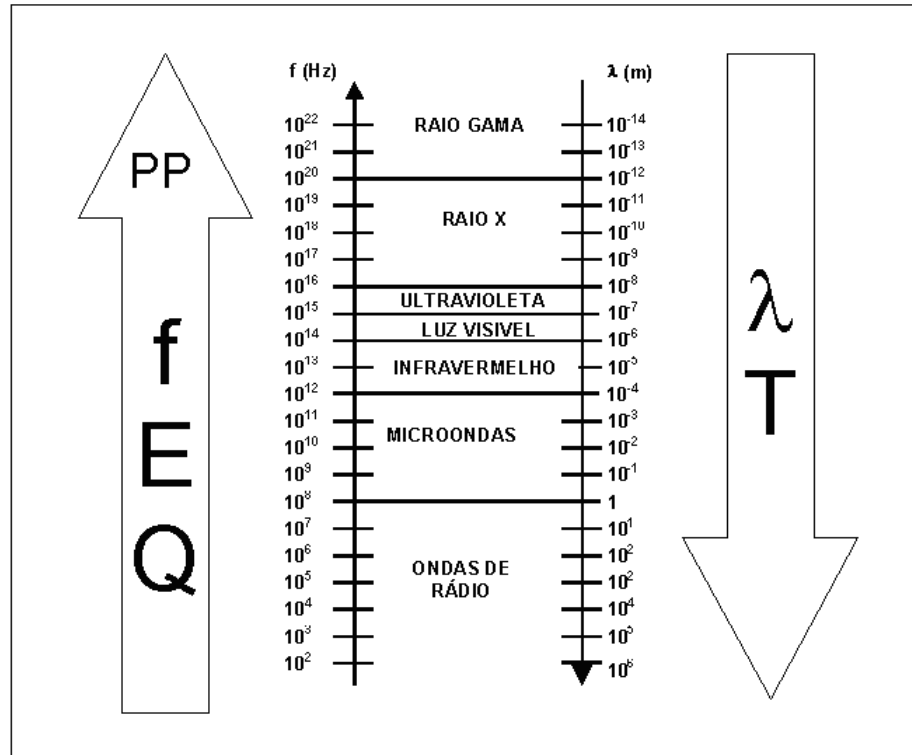
### **2.1.6 ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO**

A palavra espectro (do latim "*spectrum*", que significa fantasma ou aparição) foi usada por Isaac Newton, no século XVII, para descrever a faixa de cores que apareceu quando numa experiência a luz do Sol atravessou um prisma de vidro em sua trajetória. (PRASS, 2006).

Atualmente, chama-se espectro eletromagnético a faixa de frequências e respectivos comprimentos de ondas que caracterizam os diversos tipos de ondas eletromagnéticas.

As ondas eletromagnéticas no vácuo têm a mesma velocidade, modificando a frequência de acordo com a espécie e, conseqüentemente, o comprimento de onda, conforme ilustra a figura 2.2.





**Figura 2.2: Espectro Eletromagnético**

(Fonte: [http://www.zaz.com.br/fisicanet/cursos/ondas\\_eletromagneticas/ondas\\_eletromagneticas.html](http://www.zaz.com.br/fisicanet/cursos/ondas_eletromagneticas/ondas_eletromagneticas.html))

Fisicamente, não há intervalos no espectro. Podemos ter ondas de quaisquer frequências que são idênticas na sua natureza, diferenciando no modo como podemos captá-las.

Ondas eletromagnéticas não carregam informação em seu formato original. Para inserir informação à onda eletromagnética utiliza-se um processo chamado modulação. “É assim que qualquer tipo de informação, a voz humana ou a transmissão de dados numa aplicação interativa é transmitida numa onda eletromagnética”. (LIMA, 2004).

### 2.1.7 ESPECTRO DE FREQUÊNCIA

O homem não inventou as ondas eletromagnéticas, mas aprendeu a utilizá-las. A natureza tem a propriedade de transportar frequências na forma de ondas eletromagnéticas. Assim, as diferentes frequências foram divididas segundo suas características, criando-se o "espectro de frequências". (BALAN, 2007).

Existem frequências que podem ser ouvidas. Existem as que podem ser vistas. Entre estas duas faixas estão as frequências utilizadas para outras finalidades, como sistema de comunicação aérea civil e militar, ambulâncias, telefone sem fio, aparelhos de controle remoto, telemetria, controles de segurança, enfim, tudo que necessita ser transportado via frequências. A tabela 3.1 mostra as classificações para os espectros de frequência.

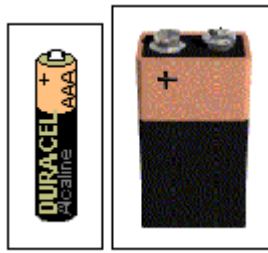
**Tabela 3.1: Espectro de Frequência Eletromagnética**

<i>Frequência</i>	<i>Banda</i>	<i>Tipo de frequência</i>
20 kHz para baixo		Audível
Menos de 30 kHz		Rádio
30 - 300 kHz	LF (Low Frequency)	Rádio
300 kHz - 3 MHz	MF (Medium Frequency)	Rádio AM - $10^5$
3 - 30 MHz	HF (High Frequency)	Rádio
30 - 300 MHz	VHF (Very High Frequency)	Rádio
300 MHz - 3 GHz	UHF (Ultra High Frequency)	Rádio FM - $10^8$
3 - 30 GHz	SHF (Super High Frequency)	Rádio
Mais de 30 GHz	EHF (Extremely High Frequency)	Rádio
> 30 PHz ( $10^{15}$ Hz)		Raios-X

Fonte: (LIMA, 2004).

### 2.1.8 TENSÃO ELÉTRICA

Para termos uma diferença de potencial num circuito, temos que ter um gerador. O primeiro tipo de gerador que usamos é aquele que converte energia química em energia elétrica. São as pilhas e as baterias, uma das formas de se gerar energia elétrica. Uma pilha exerce entre seus pólos, uma diferença de potencial de 1,5 V; uma bateria de automóvel estabelece uma diferença de potencial de 12 V, que dura enquanto as substâncias químicas em seu interior puderem reagir entre si. Na figura 2.3 são mostrados alguns geradores de tensão elétrica. (MESSIAS, 2005).

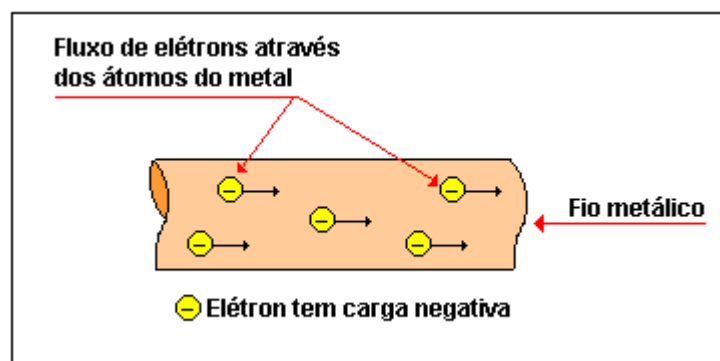


**Figura 2.3: Geradores de Tensão Elétrica**

Fonte: (MESSIAS, 2005)

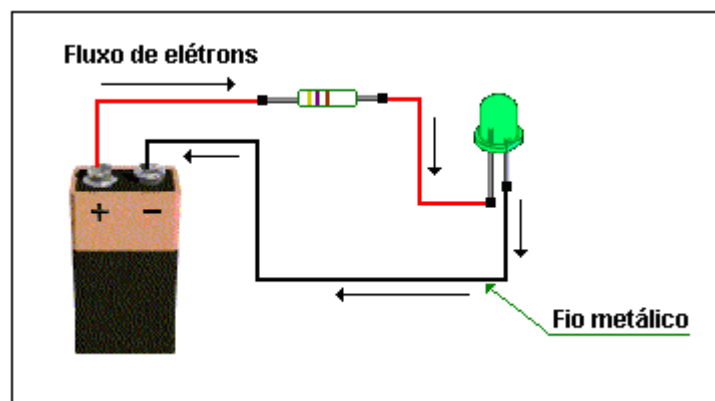
### 2.1.9 CORRENTE ELÉTRICA

É um fluxo de pequenas partículas que possuam em sua natureza carga elétrica. Estas partículas recebem o nome de elétrons e são tão minúsculas que podem trafegar com uma grande facilidade por entre os átomos de certos materiais, como metais e silício (material semicondutor), conforme ilustrado nas figuras 2.4 e 2.5. (MESSIAS, 2005).



**Figura 2.4: Fluxo de Elétrons entre os átomos de metal**

Fonte: (MESSIAS, 2005)



**Figura 2.5: Fluxo de Corrente Elétrica gerada por uma bateria**

Fonte: (MESSIAS, 2005)

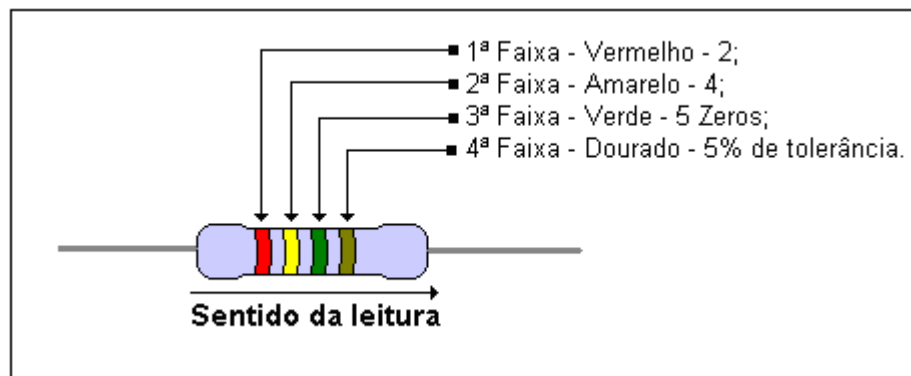
## 2.2 COMPONENTES FÍSICOS

### 2.2.1 RESISTOR

Componente utilizado em circuitos eletrônicos com o objetivo de diminuir ou oferecer uma resistência à passagem do fluxo de corrente elétrica por uma determinada parte do circuito. (MESSIAS, 2005).

A Porta Paralela fornece 5 V, muita tensão elétrica para acender LEDs. Se os LEDs permanecerem por um período muito grande acesos, poderão queimar facilmente. Para que isso não ocorra, o ideal é ligar resistores a esses LEDs, diminuindo assim, a tensão elétrica, aumentando a vida útil dos LEDs.

Quanto maior o valor da resistência, maior será a barreira para a passagem da corrente elétrica. Na figura 2.6 é ilustrada a interpretação das cores dos resistores.



**Figura 2.6: Interpretação das cores do Resistor**

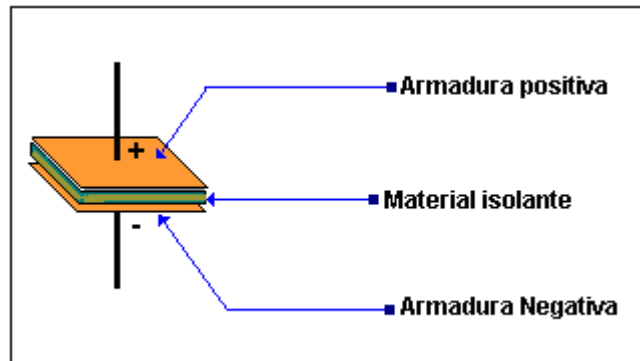
Fonte: (MESSIAS, 2005)

### 2.2.2 CAPACITOR

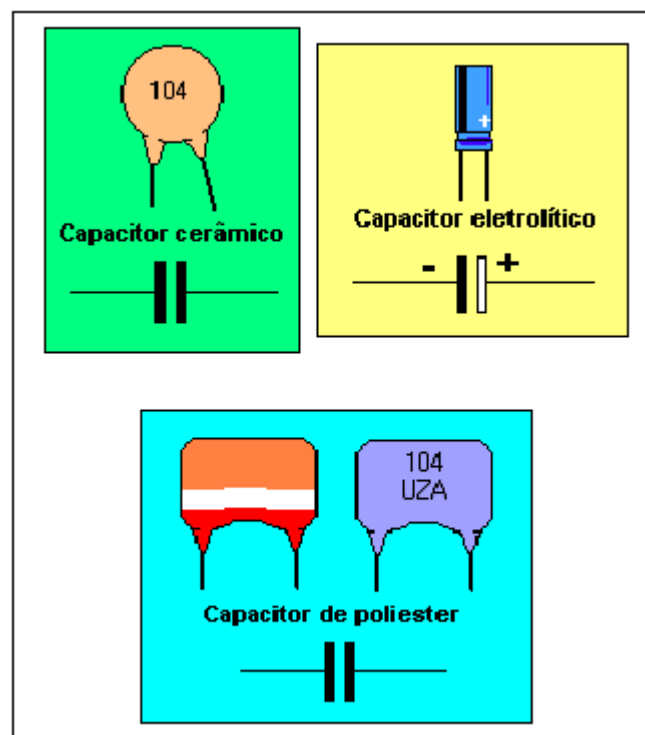
Um capacitor é um componente eletrônico usado para armazenar carga elétrica. É constituído de duas placas metálicas planas e paralelas, e entre estas, um material isolante que define o seu tipo, conforme ilustrado na figura 2.7. Sendo assim, se o material isolante for o plástico chamado poliéster, tem-se um capacitor de poliéster, se for a mica, teremos um de mica, se for de tântalo, chamamos de capacitor de tântalo. A figura 2.8 mostra a simbologia dos capacitores. (MESSIAS, 2005).

Se ligado a uma tensão, o capacitor ficará carregado com a mesma tensão da fonte, armazenando uma carga.

Em um circuito eletrônico, um capacitor pode ser usado para vários propósitos: armazenar energia elétrica, como oscilador, filtro, etc.



**Figura 2.7: Diagrama interno de um Capacitor**  
Fonte: (MESSIAS, 2005)

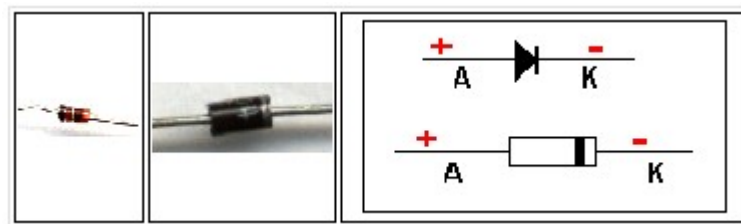


**Figura 2.8: Simbologia dos Capacitores**  
Fonte: (MESSIAS, 2005)

### 2.2.3 DIODO

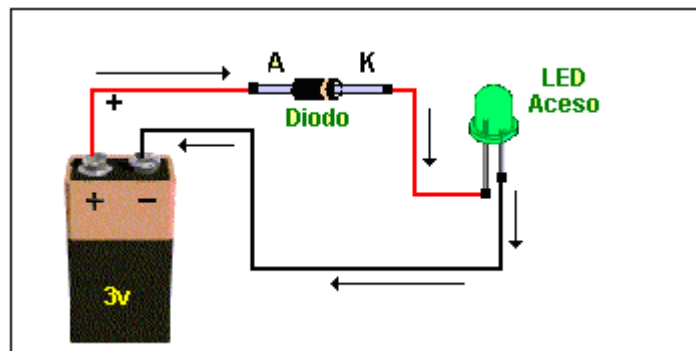
O diodo é um dispositivo eletrônico semicondutor, onde o fluxo de corrente elétrica só pode circular em um sentido. A figura 2.9 mostra a simbologia adotada para os diodos. (MESSIAS, 2005).

Para que o diodo conduza a corrente elétrica, devemos polarizá-lo e conectá-lo corretamente ao circuito. Aplicando uma tensão elétrica positiva (+) no seu terminal Ânodo, o diodo conduz a corrente elétrica sem dificuldades (ver figura 2.10). Agora, se invertermos a polaridade, ligando o Ânodo do diodo a uma fonte de tensão elétrica (-), este por sua vez não conduz a corrente elétrica, tornando-se assim um isolante, passando a se comportar como um interruptor desligado (ver figura 2.11).



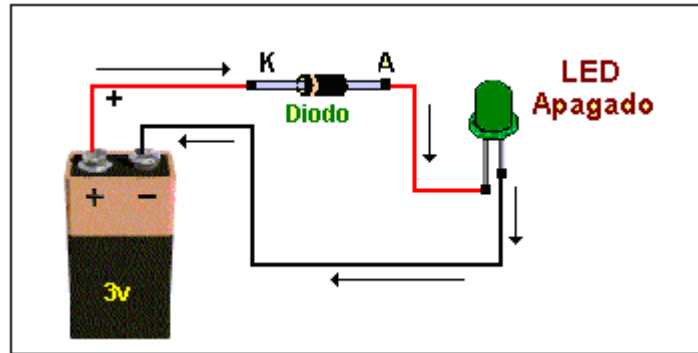
**Figura 2.9: Simbologia do Diodo**

Fonte: (MESSIAS, 2005)



**Figura 2.10: Polarização Direta do Diodo**

Fonte: (MESSIAS, 2005)



**Figura 2.11: Polarização Inversa do Diodo**  
Fonte: (MESSIAS, 2005)

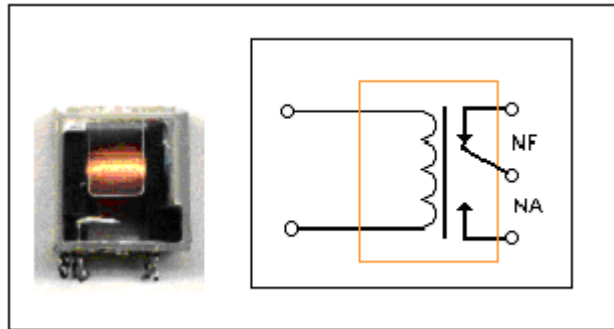
Existem vários tipos de diodos no mercado como: diodo zener, foto-diodos etc.

#### 2.2.4 RELÊ

Dispositivo eletro-mecânico, utilizado para isolar e controlar cargas elevadas. Com ele, poderemos através da Porta Paralela, controlar dispositivos eletrônicos, ligar e desligar aparelhos elétricos e eletrônicos. (MESSIAS, 2005).

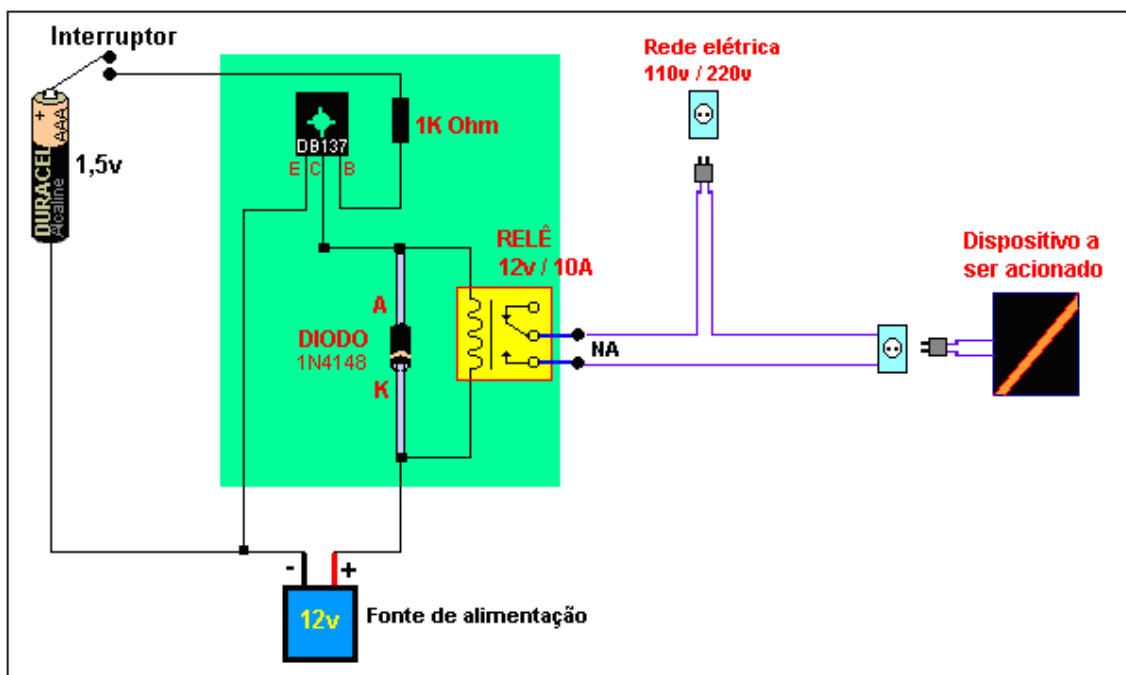
A Porta paralela só fornece 5 V, tensão muito baixa para controlarmos dispositivos elétricos, como um motor, uma fechadura elétrica, uma máquina industrial. Um relê isola totalmente o circuito externo do resto do computador, tornando-o protegido de qualquer imprevisto que possa ocorrer com um aparelho conectado à Porta Paralela. No mercado são encontrados vários tipos de relês, com características e funcionamento distintos. Na figura 2.12 é mostrada a simbologia padrão utilizada para os relês.

Os relês mais simples trabalham de duas formas: normalmente aberto (NA) ou normalmente fechado (NF), isso se refere aos “terminais contatos” do relê. No modo NA, os contatos do relê estão separados, desligados, e no modo NF os contatos estão juntos, ligados. É a corrente elétrica exercida sobre sua bobina que irá alternar os contatos NA e NF. A figura 2.13 mostra um circuito de controle de dispositivo manual utilizando relês.



**Figura 2.12: Simbologia do Relê**

Fonte: (MESSIAS, 2005)



**Figura 2.13: Circuito de controle de dispositivo manual**

Fonte: (MESSIAS, 2005)

### 2.2.5 LED (Diodo Emissor de Luz)

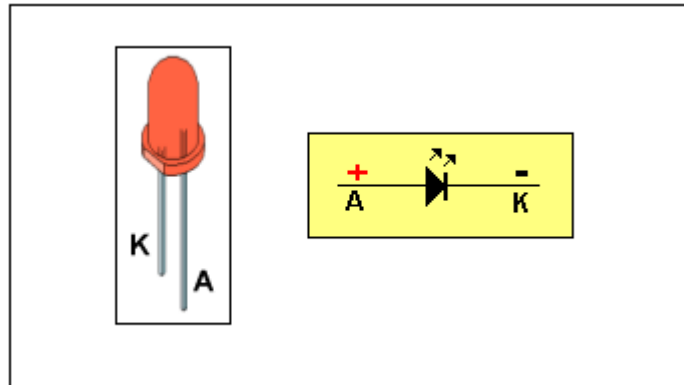
É um dispositivo semiconductor. Os LEDs necessitam de pelo menos 1,6 V de tensão elétrica para acender. É preciso que o fluxo de corrente elétrica circule através de um terminal específico do LED, portanto, temos que ligar os terminais corretamente à fonte de alimentação. A figura 2.14 exibe a simbologia utilizada pelos LEDs. (MESSIAS, 2005).

Na figura 2.15 é esquematizado um circuito para acender um LED através de uma bateria de 5 V, fonte ou pilhas. O LED está polarizado com Ânodo (A), terminal maior,



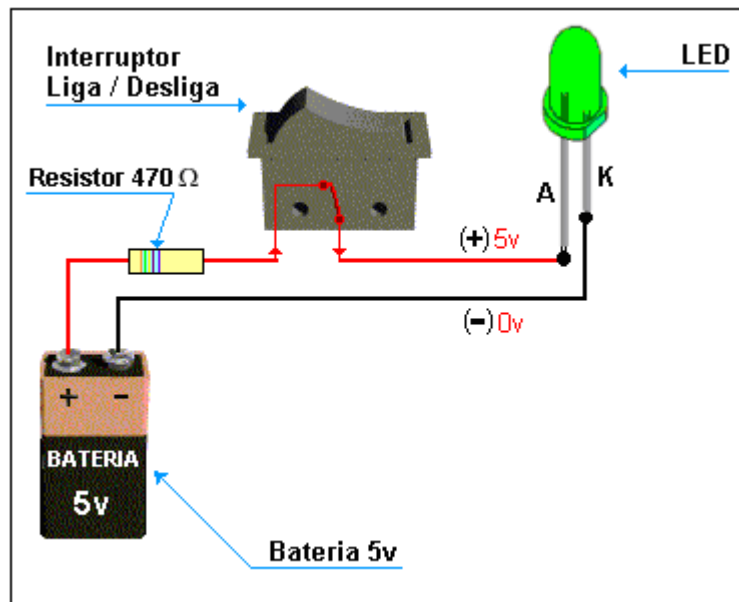
conectado ao pólo positivo “+” (5 V) da bateria, e o Catodo (K), ao pólo negativo “-“ (0 V). Se seus terminais forem invertidos o LED não acende.

Os LEDs são utilizados em circuitos que precisam, por algum motivo, sinalizar ou alertar visualmente alguma ocorrência ou evento.



**Figura 2.14: Simbologia dos LEDs**

Fonte: (MESSIAS, 2005)



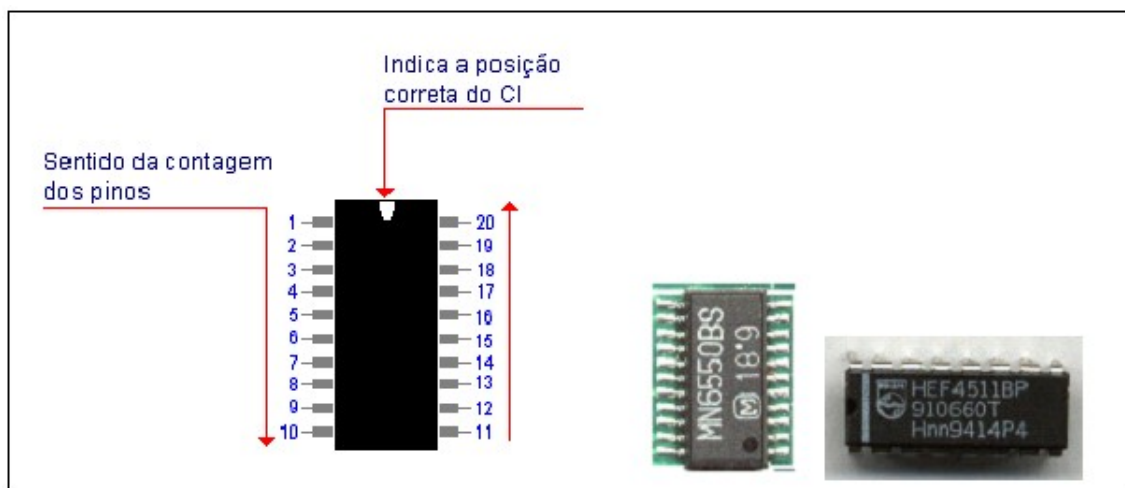
**Figura 2.15: Circuito para acender um LED**

Fonte: (MESSIAS, 2005)

## 2.2.6 CIRCUITO INTEGRADO

CI ou mesmo CHIP (*Integrated Circuit*) é um componente de silício montado num suporte plástico ou cerâmico contendo diversos pinos para efetivar as conexões elétricas com os outros componentes do circuito. (MESSIAS, 2005).

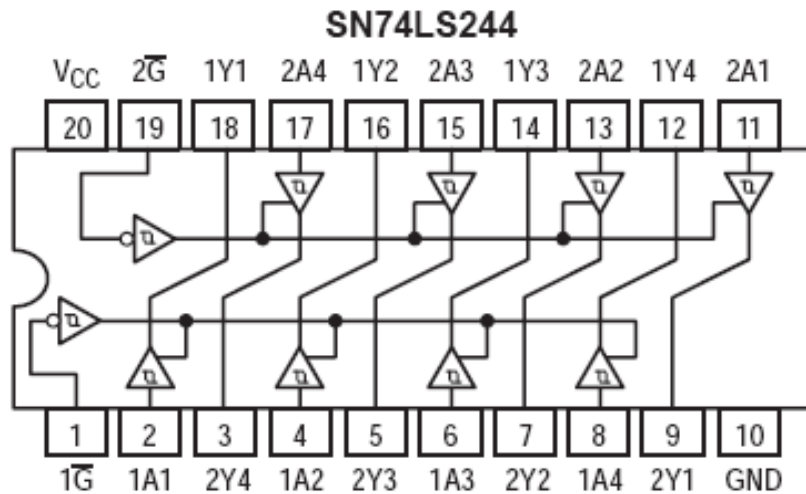
É uma pequena fatia de silício (elemento semiconductor) onde contém milhares de componentes como: transistores, resistores, diodos etc, formando um circuito complexo. Foi por causa da invenção do CI que se tem no mercado uma enormidade de aparelhos eletrônicos diminutos. A figura 2.16 evidencia as principais características dos circuitos integrados.



**Figura 2.16: Características dos CIs**  
Fonte: (MESSIAS, 2005)

### CI SN74LS244

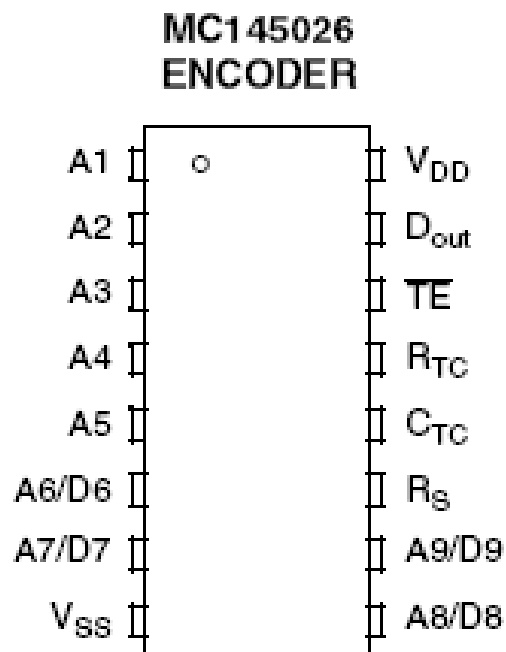
O circuito integrado SN74LS244, apresentado na figura 2.17, é um *buffer* utilizado com o objetivo de prover um grau de proteção à placa e ao circuito, pois, caso alguma ligação errada seja efetuada, somente este *buffer* é danificado e o restante dos componentes é preservado.



**Figura 2.17: Buffer SN74LS244**  
 Fonte: (ON SEMICONDUCTOR, 1999)

### **ENCODER MC145026**

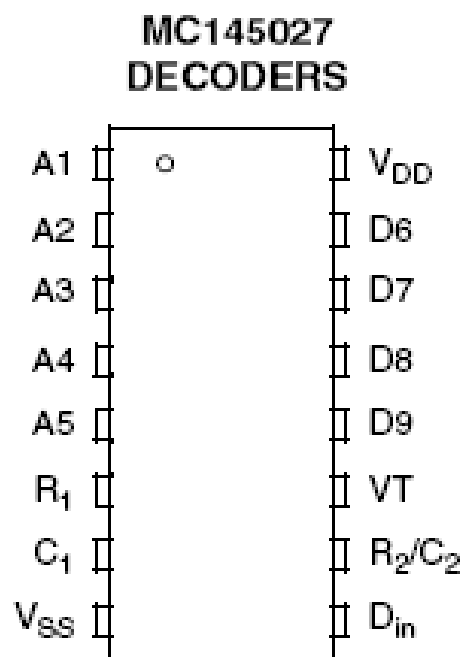
O chip *encoder*, apresentado na figura 2.18, é um componente projetado para se trabalhar com sistemas que fazem uso de módulos de radiofrequência. Este, foi desenvolvido pela empresa Motorola para codificar e endereçar o sinal transmitido ao módulo receptor. Um maior detalhamento é apresentado no capítulo 3.



**Figura 2.18: Encoder MC145026**  
 Fonte: (MOTOROLA, 1998)

### **DECODER MC145027**

O componente *decoder* foi desenvolvido principalmente para se trabalhar com módulos de radiofrequência com a finalidade de decodificar, analisar e validar o sinal recebido pelo módulo receptor (MOTOROLA, 1998). Dentre suas atribuições, destacamos o fato de agir com a mesma função de um protocolo uma vez que o endereçamento dos dados pode ser configurado no mesmo. Um maior detalhamento será visto no capítulo 3. O mesmo pode ser observado na figura 2.19.



**Figura 2.19: Decoder MC145027**  
Fonte: (MOTOROLA, 1998)

### **2.2.7 MÓDULOS HÍBRIDOS**

Um dos maiores problemas na construção de dispositivos que operem em alta frequência está nas etapas de projeto e montagem, especificamente, do transmissor e do receptor. Para Piancini (2005), o circuito se torna crítico e de difícil implementação em uma linha de montagem quando projetado para operar em frequências elevadas. Isso se deve à necessidade de evitar o congestionamento do espectro e ruídos, bem como a necessidade de atender as normas internacionais, caso o equipamento seja industrializado.

Uma solução mais eficiente consiste no uso de módulos de transmissor e receptor prontos na forma de “Módulos Híbridos”. Segundo Piancini (2005), módulos híbridos são

circuitos completos do transmissor e do receptor já montados com componentes SMD (*Surface Mount Devices* – do inglês Dispositivos de Montagem em Superfície) numa placa de tamanho reduzido, que pode ser encaixada na placa principal. Esses módulos são fabricados em série por um processo de alta precisão, que inclui o ajuste de frequência, em VHF ou UHF, com o uso de um laser, proporcionando a garantia de que o sinal do transmissor pode ser recebido pelo receptor sem a necessidade de ajustes.

### **TRANSMISSOR RT4**

O módulo transmissor RT4 da empresa italiana Telecontrolli, apresentado na figura 2.20, é um hardware de tamanho miniaturizado, medindo 17,78 mm de comprimento por 10,16 mm de largura, responsável em transmitir os bits modulados através da portadora de radiofrequência. Um maior detalhamento é apresentado no capítulo 3.

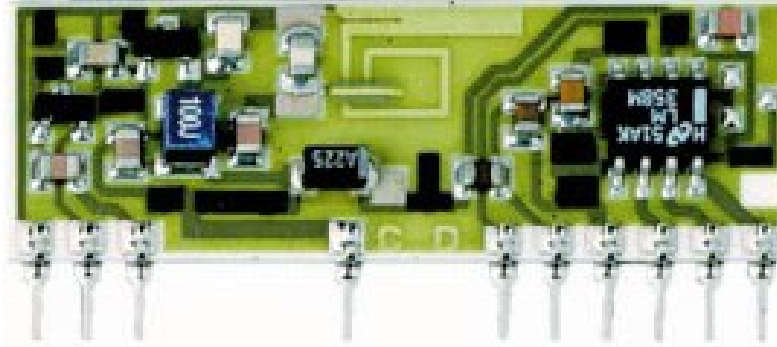


**Figura 2.20: Módulo Transmissor RT4**

Fonte: ([http://www.vivasemfio.com/blog\\_images/telecontrolli\\_rr3\\_rt4.jpg](http://www.vivasemfio.com/blog_images/telecontrolli_rr3_rt4.jpg))

### **RECEPTOR RR3**

O módulo receptor RR3 da empresa italiana Telecontrolli, apresentado na figura 2.21, é um hardware de tamanho miniaturizado, medindo 38,1 mm de comprimento por 12,7 mm de largura, responsável por capturar os dados enviados pelo módulo RT4 e repassá-los ao *decoder* MC145027. Mais detalhes são observados no capítulo 3.



**Figura 2.21: Módulo Receptor RR3**

Fonte: ([http://www.vivasemfio.com/blog\\_images/telecontrolli\\_rr3\\_rt4.jpg](http://www.vivasemfio.com/blog_images/telecontrolli_rr3_rt4.jpg))

## CAPÍTULO 3 – SISTEMA DE AUTOMAÇÃO WIRELESS

### 3.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo aborda a parte mais importante do projeto, uma vez que descreve a composição e o funcionamento do sistema, além de testes e aplicações do sistema de automação.

Neste projeto é utilizado um par de módulos de comunicação sendo um transmissor (TX) e um receptor (RX), que se comunicam por meio de ondas de rádio, transmitindo os dados do circuito transmissor para o receptor. Tais módulos, devem ser usados portando todos os valores de resistências, capacitores e outros componentes conforme orientações diretas do manual de utilização do equipamento. (TELECONTROLLI, 2008).

Os módulos de comunicação foram desenvolvidos especialmente para aplicações de controle à distância com a ausência de fios ou cabos de comunicação que envolva transferência e aquisições de dados, como é o caso deste projeto.

Uma parte importante na implementação dos módulos de comunicação é a escolha do tipo de antena que atenda a necessidade da aplicação. Nessa escolha, deve ser levado em consideração o ambiente em que será utilizado o equipamento e o alcance necessário para o sucesso da comunicação e aplicação. (TELECONTROLLI, 2008).

Além do mais, faz-se necessário a utilização dos componentes *encoder* e *decoder*, uma vez que os dados transmitidos via radiofrequência precisam ser endereçados e validados em seu recebimento, garantindo assim, sua integridade.

Para compreensão dos conceitos e componentes envolvidos neste sistema, foram realizadas pesquisas sobre formas de transmissão, bandas e canais de frequência, codificadores e decodificadores, e outros circuitos e componentes utilizados. A partir do conhecimento assimilado por meio de pesquisa bibliográfica, foi elaborado um projeto de um sistema de automação wireless utilizando radiofrequência. Em seguida foram adquiridos os

componentes necessários para o desenvolvimento do protótipo dos circuitos do transmissor e do receptor de radiofrequência.

Após a implementação do sistema, foram realizados alguns testes de comunicação e, ao ser constatado o completo funcionamento, foi verificada a eficiência de comunicação.

Nos experimentos realizados foram controlados os acionamentos de lâmpadas e leds, porém, podem ser adicionadas outras aplicações.

### 3.2 LISTA DE MATERIAIS

O circuito de comunicação via radiofrequência empregou os seguintes componentes:

- **Resistores:**
  - Circuito Transmissor – 1 unidade de 51 k $\Omega$ , 1 unidade de 100 k $\Omega$ ;
  - Circuito Receptor – 2 unidades de 51 k $\Omega$ , 2 unidades de 200 k $\Omega$ , 10 unidades de 470  $\Omega$ ;
  - Circuito Acoplador – 8 unidades de 2,2 k $\Omega$ , 8 unidades de 470  $\Omega$ .
  
- **LEDs (Diodo Emissor de Luz):**
  - Circuito Transmissor – 1 unidade;
  - Circuito Receptor – 2 unidades;
  - Circuito Acoplador – 8 unidades.
  
- **Capacitores Eletrolíticos e Poliéster:**



- Circuito Transmissor – 1 unidade de 100 nF, 1 unidade de 5,6 nF (Poliéster);
- Circuito Receptor – 4 unidades de 100 nF, 2 unidades de 22 nF;
  
- **Módulos Híbridos:**
  - Circuito Transmissor – 1 unidade do módulo transmissor RT4 de 433.92 MHz da Telecontrolli;
  - Circuito Receptor – 1 unidade do módulo receptor RR3 de 433.92 MHz da Telecontrolli;
  
- **Circuitos Integrados:**
  - Circuito Transmissor – 1 unidade do codificador MC145026 da Motorola;
  - Circuito Receptor – 2 unidades do decodificador MC145027 da Motorola;
  
- **Diodos:**
  - Circuito Acoplador – 8 unidades do diodo 1N4148.
  
- **Transistores:**
  - Circuito Acoplador – 8 unidades do transistor BD137.
  
- **Relês:**
  - Circuito Acoplador – 8 unidades de 12 V com cargas até 220 V/10 A.
  
- **Fonte de Alimentação;**

- Circuito Transmissor – 1 transformador de 9 V / 500 mA;
- Circuito Receptor – 1 transformador de 12 V / 500 mA;
- **Matriz de Contatos;**
  
- **Multímetro;**
  
- **Componentes eletrônicos em geral.**

### **3.3 PROTÓTIPO DO SISTEMA DE AUTOMAÇÃO**

Para desenvolvimento do protótipo do sistema de automação, foi necessário obedecer à metodologia descrita nesta seção. O primeiro passo desse processo foi pesquisar e testar a utilização dos componentes de codificação e decodificação apresentados anteriormente, o MC145026 (codificador) e o MC145027 (decodificador), para verificar se ambos estão oscilando na mesma frequência. Com a verificação do funcionamento e sincronização do par codificador e decodificador, foram adicionados ao circuito os módulos híbridos. Os módulos híbridos utilizados foram os CI's RR3 (receptor) e RT4 (transmissor) da Telecontrolli, com frequência de operação de 433.92 MHz. A partir dessa etapa, os dados foram enviados e recebidos por ondas de rádio.

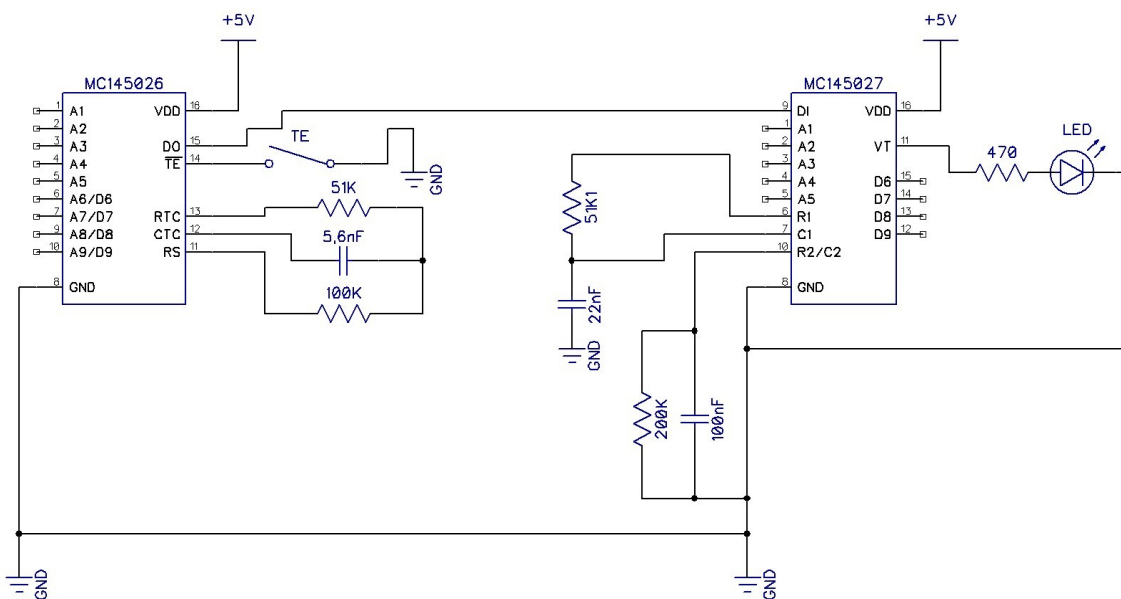
#### **3.3.1 CIRCUITO OSCILADOR**

Para a utilização dos componentes de codificação e decodificação, listados anteriormente, é necessário que as linhas de endereçamento estejam configuradas da mesma maneira. Neste trabalho foram consideradas cinco linhas para endereços e quatro linhas para dados no CI decodificador e, para a realização dos testes iniciais dos codificadores e decodificadores, a interligação entre eles, para codificar o endereço e para formar um canal de dados, foi feita por meio de fios metálicos diretamente conectados ao terra ou à tensão + 5 V do circuito.

Outro ponto importante é o sincronismo. Para estabelecer a frequência de sincronismo, que deve ser a mesma no codificador e no decodificador, esses CI's possuem redes de

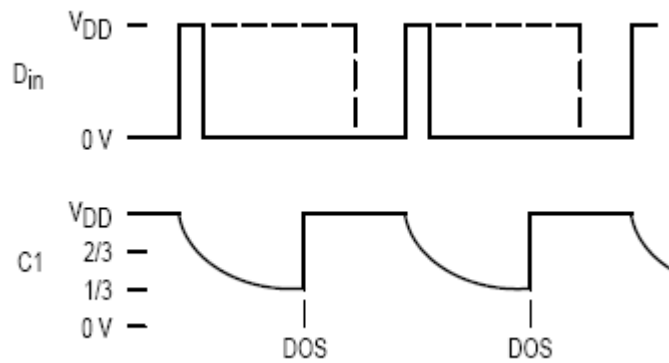
temporização formadas por resistores e capacitores. Essa frequência também exerce influência na velocidade de transmissão e recepção de dados. (MOTOROLA, 1998).

Para confirmar o sincronismo do par codificador/decodificador, endereçam-se igualmente os pinos A1 a A5 tanto no codificador como no decodificador. Habilita-se a transmissão no codificador levando o pino 14 (TE, *Transmit Enable* - do inglês habilitar transmissão) ao nível baixo (0 V), que causa a mudança de nível do sinal do pino onze (VT, *Valid Transmission* – do inglês transmissão válida) no decodificador. Para verificar a validade da transmissão é utilizado um LED na saída do pino (VT) que indica a recepção de dados e emite luz quando estes são recebidos pelo decodificador. A figura 3.1 mostra o circuito de teste dos componentes codificador e decodificador.



**Figura 3.1: Circuito de Teste de transmissão/recepção do par encoder/decoder**

A figura 3.2 ilustra o resultado esperado, indicado pelo fabricante, quando os dois circuitos estão corretamente interligados e em sincronismo.



**Figura 3.2: Gráfico de decaimento do capacitor no pino 7 do decoder MC145027**  
 Fonte: (MOTOROLA, 1998)

### 3.3.2 CIRCUITO TRANSMISSOR

#### *GERAÇÃO DE SINAIS*

No sistema desenvolvido, qualquer computador pode ser utilizado para a geração dos sinais de comando que controlam a aplicação. O computador serve para a execução do programa de controle e interliga-se ao transmissor de RF do sinal que controla o acionamento das lâmpadas através da porta paralela. Neste caso, o programa utilizado recebe instruções do usuário e escreve os sinais de controle nos pinos de saída da porta paralela do computador.

A fim de se evitar danos à porta paralela e/ou à placa mãe do computador, uma vez que a porta paralela está ligada à placa mãe, utilizou-se um *buffer* na entrada do circuito transmissor, que realiza a isolamento elétrica do computador em relação ao restante do circuito, protegendo o primeiro.

#### *INTERFACE PARALELA*

A porta paralela é uma interface de comunicação entre o computador e um periférico. Quando a IBM criou o seu primeiro computador pessoal, a idéia era conectar a essa porta uma impressora, mas atualmente são vários os periféricos que se utilizam da mesma para enviar e receber dados para o computador. Como exemplo pode-se citar: “*scanners*”, câmeras de vídeo, unidade de disco removível e diversos outros tipos de placas de comunicação. (MESSIAS, 2005).

Conhecendo um pouco de eletrônica e dominando uma linguagem de programação, pode-se desenvolver um programa que controle um aparelho conectado à porta paralela ou um

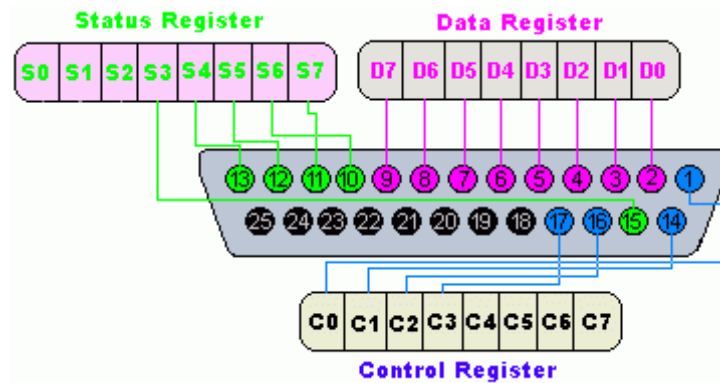
programa de transferência de arquivos entre dois computadores, utilizando um cabo de gravação como meio de transmissão.

O funcionamento da porta paralela (também chamada de interface paralela) é relativamente simples. Ela pode ser unidirecional ou bidirecional e está dividida em três modos de operação. (TORRES, 2001):

0. ***Standard Parallel Port (SPP)***: Possui máxima taxa de transferência de 150 kB/s (Quilo Bytes por segundo) e as portas paralelas mais antigas só trabalham neste modo. Comunica-se com a Unidade Central de Processamento (CPU) através de um barramento de 8 bits. Por padrão este modo trabalha de forma unidirecional, mas habilitando o modo nibble1 a porta trabalhará bidirecionalmente, porém a comunicação será feita a apenas 4 bits por vez.
- I. ***Enhanced Parallel Port (EPP)***: Trabalha de forma bidirecional. A comunicação do processador com a porta é feita a 32 bits por vez, mas, para comunicação com dispositivos externos, somente 8 bits são utilizados simultaneamente. A taxa de transferência teórica chega a 2 MB/s (Mega Bytes por segundo), entretanto, na prática gira em torno de 800 kB/s. Para que a porta paralela trabalhe neste modo é necessário um cabo especial a fim de diminuir o ruído da transmissão.
- II. ***Enhanced Capabilities Port (ECP)***: Este é o modo mais avançado e também trabalha de forma bidirecional. A porta neste modo possui taxa de transferência de 800 kB/s, mas, compacta os dados utilizando o algoritmo *Run Length Encoded*, aumentando o desempenho. Este modo ainda utiliza o *Direct Access Memory* (DMA), que permite que o processo aconteça sem o conhecimento do processador, alcançando melhor desempenho. Da mesma forma que o EPP, o modo ECP necessita de um cabo com blindagem especial para evitar os ruídos gerados pela alta taxa de transmissão e pela proximidade física dos meios (TORRES, 2001).

A extensão do cabo para interligar um computador a um periférico é de no máximo 8 metros. Na prática, utiliza-se um cabo com extensão menor. Quanto maior a extensão do cabo, maior é a interferência na transmissão dos dados. Os cabos de comunicação paralela

podem ser comprados prontos (cabos de impressora) ou podem ser construídos pelo próprio usuário no tamanho desejado, bastando para isso conhecer a pinagem do DB-25. A figura 3.3 mostra a pinagem da interface Paralela DB-25.



**Figura 3.3: Pinagem da Interface Paralela DB-25**  
Fonte: (CAVALCANTI, 2004)

### **CONNECTOR DB-25**

O DB-25 é um conector que fica na parte de trás do gabinete do computador, e é através deste, que o cabo paralelo se conecta ao computador para poder enviar e receber dados. A porta paralela adota padrão *Transistor Transistor Logic* (TTL) nos seus pinos, ou seja, um pino estará em nível lógico baixo (0) quando a tensão elétrica no mesmo estiver entre 0 e 0,4 V e estará em nível lógico alto (1) quando a tensão elétrica no mesmo estiver entre 3,1 e 5 V. (MESSIAS, 2005).

Existem três tipos de conectores que provêm à conexão através da porta paralela, dois destes são os conectores macho e fêmea DB-25. O conector DB-25 fêmea está localizado geralmente atrás do microcomputador e o macho está conectado a algum dispositivo. As figuras 3.4 e 3.5 ilustram os conectores DB-25 macho e fêmea.



**Figura 3.4: Conector DB-25 macho**  
Fonte: ([http://www.soldafria.com.br/loja/images/db25\\_macho.jpg](http://www.soldafria.com.br/loja/images/db25_macho.jpg))



**Figura 3.5: Conector DB-25 fêmea**

Fonte: (<http://www.betoeletronica.com.br/loja/images/39683.jpg>)

### ***ENDEREÇAMENTO DE PORTA PARALELA***

O computador nomeia as portas paralelas em LPT1, LPT2, LPT3 e assim por diante. Para a comunicação com essas portas existem alguns endereços de E/S reservados. Para um micro ler ou escrever algum dado utilizando a porta paralela, ele deve utilizar o endereço de E/S da porta. Cada endereço está relacionado a uma porta, que por sua vez está ligada ao registrador que a controla. A porta paralela trabalha com três tipos de registradores (JOBTECT, 2001):

- Registrador de dados: Usado para enviar dados através da porta. Trabalham com endereços 888 (decimal) ou 378h (hexadecimal);
- Registrador de entradas ou Status: Através deste registrador, a porta pode receber dados do mundo exterior. Este trabalha utilizando os endereços 889 (decimal) ou 379h (hexadecimal);
- Registrador de controle: A idéia inicial era controlar a impressora, mas, também podem ser usados para enviar dados para o mundo externo utilizando os endereços 890 (decimal) ou 37Ah (hexadecimal).

A tabela 3.2 mostra os endereços de E/S utilizados pelos registradores para controlar as portas paralelas LPT1 e LPT2.

**Tabela 3.2: Endereços de E/S para as portas LPT1 e LPT2**

Nome	Endereço LPT1	Endereço LPT2
Registro de Dados	378h	278h
Registro de Status	379h	279h
Registro de Controle	37Ah	27Ah

Fonte: (MESSIAS, 2005)

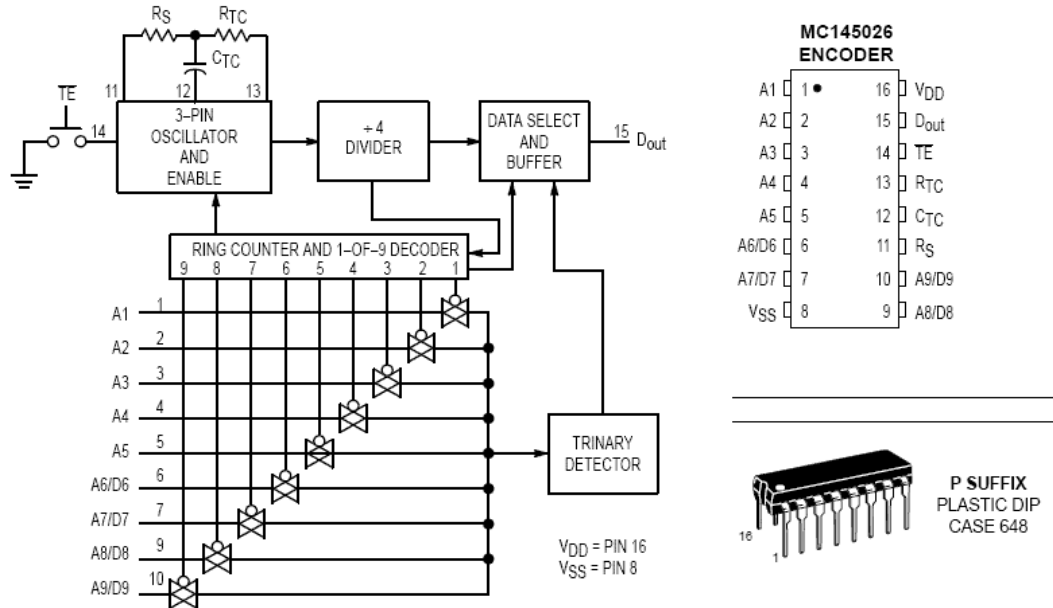
O endereço 378h, no caso da interface LPT1, é considerado o endereço de escrita de dados. Dados escritos neste endereço são enviados através do registrador de dados para os pinos 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 ou 9 da porta paralela (pinos chamados D0 a D7). O endereço seguinte é o 379h, que é utilizado para receber dados do mundo exterior. Este endereço recebe dados do Registrador de Entradas, que utiliza os pinos 10, 11, 12, 13 e 15 (pinos chamados S3 a S7). Já o endereço 37Ah, na prática, acaba sendo um endereço utilizado para enviar dados para o exterior através do Registrador de Controle utilizando os pinos 1, 14, 16, e 17 (pinos nomeados de C0, C1, C2 e C3 respectivamente).

### ***CODIFICAÇÃO***

O processo de codificação dos sinais gerados pelo programa de controle é realizado pelo CI codificador MC145026 (16 pinos) da Motorola, cujo diagrama em blocos é apresentado na figura 3.6. O CI codificador possui 9 linhas de informação de entradas paralelas (pinos 1 a 7, 9 e 10) que podem funcionar em modo trinário (1, 0 ou aberto) ou binário (1 ou 0) e uma saída de dados serial (pino 15). No modo trinário, utilizando-se as 9 linhas de informação para endereçamento, este CI pode combinar até 19 683 endereços diferentes, enquanto que no modo binário, ao utilizar-se as mesmas 9 linhas de informação para endereçamento, pode-se obter até 512 endereços diferentes.

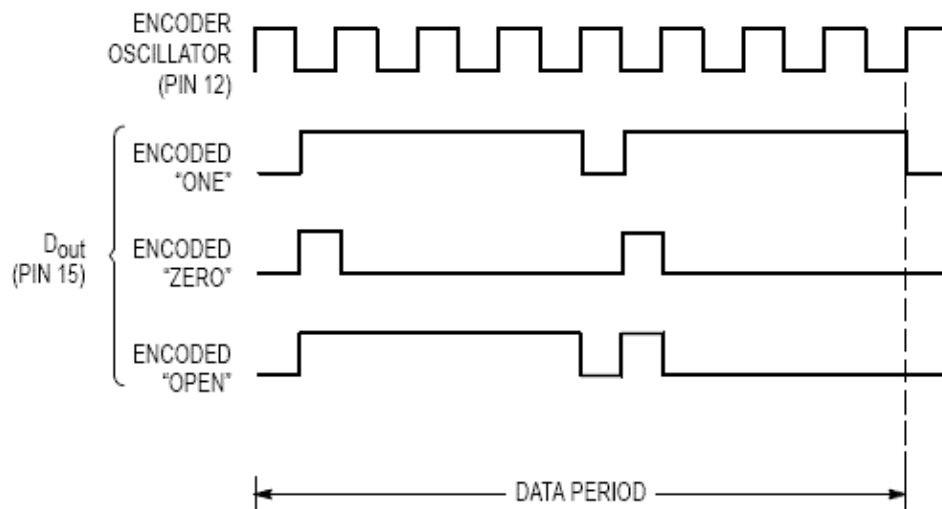
Nesta aplicação, as 5 primeiras linhas de informação (A1, A2, A3, A4 e A5) foram utilizadas para endereçamento em modo trinário e as 4 linhas de informação restantes (A6/D6, A7/D7, A8/D8 e A9/D9) foram reservadas para os dados transmitidos (sinais de controle).





**Figura 3.6: Diagrama em blocos, layout e encapsulamento do CI codificador MC145026**  
 Fonte: (MOTOROLA, 1998)

A transmissão da seqüência é iniciada assim que a entrada TE (*Transmit Enable*) do codificador é levada a nível baixo. Com TE permanecendo em nível baixo ou com apenas um pulso de TE em nível baixo, o CI MC145026 transmite duas seqüências idênticas. Entre essas duas palavras idênticas, nenhum sinal é enviado por até três períodos de dado. O período de dado é o tempo correspondente ao período de um nível alto, baixo ou aberto codificados, como definido no diagrama de sinais obtido na folha de dados do CI MC145026, reproduzido na figura 3.7.



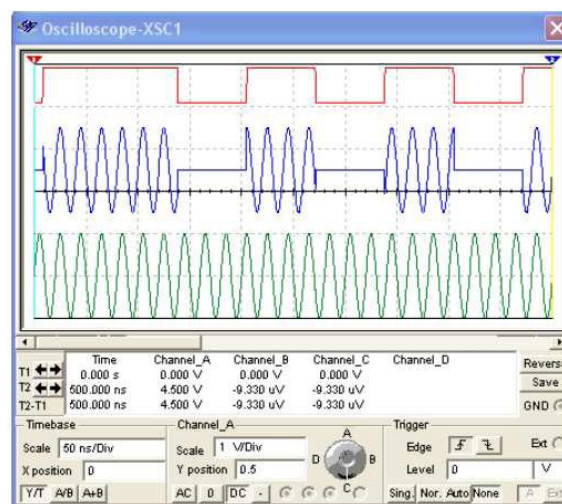
**Figura 3.7: Sinais gerados no CI codificador: sinal de clock do oscilador interno e sinais codificados(pino 15) para saídas de nível alto, de nível baixo e de circuito aberto, respectivamente**  
 Fonte: (MOTOROLA, 1998)

Por outro lado, quando a entrada TE do CI MC145026 estiver em nível alto e a transmissão da segunda palavra é encerrada, o oscilador e o codificador são automaticamente desabilitados. Quando TE é levado para nível baixo, o oscilador recomeça a geração do sinal de clock e a transmissão da seqüência é reiniciada. Os valores de RS, CTC e RTC (ver Figura 3.6) determinam a freqüência do sinal banda básica gerado pelo oscilador. Essa freqüência deve ser menor que 2 kHz, uma vez que esse é o valor da largura de banda do circuito receptor de RF, que limita a largura de banda a ser utilizada no circuito transmissor de RF. No projeto, é usada uma freqüência de aproximadamente 1,53 kHz para o sinal de clock. Para a freqüência de clock mencionada, os valores calculados de RS, CTC e RTC são, respectivamente: 100 k $\Omega$ , 5,6 nF e 51 k $\Omega$ .

### MODULAÇÃO

A modulação é uma técnica por meio da qual é possível modificar as características de um sinal (portadora) em função do sinal que contém a informação (sinal modulante), obtendo-se um sinal resultante chamado de sinal modulado. (GOMES, 1995).

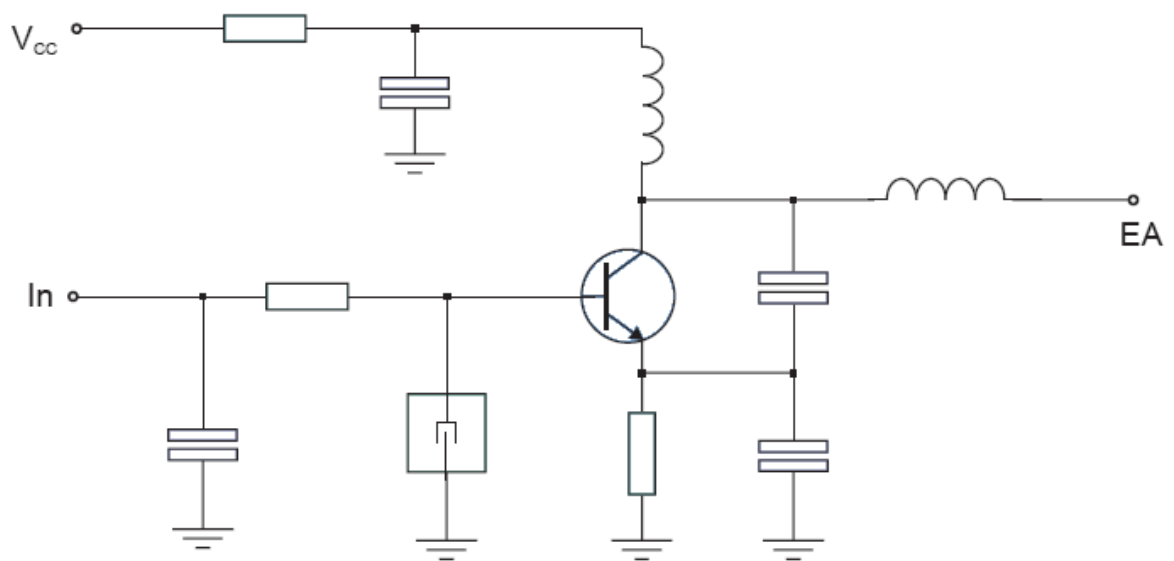
A modulação utilizada para o acionamento das lâmpadas é denominada modulação em Amplitude ou simplesmente AM (do inglês – *amplitude modulation*). Este tipo de modulação se caracteriza por permitir a passagem da portadora quando o sinal modulante está em nível alto e por não permitir a passagem da portadora quando o sinal modulante está em nível baixo, conforme ilustrado na figura 3.8. (GOMES, 1995).



**Figura 3.8: Modulação AM: Sinal modulante (vermelho), sinal modulado (azul), portadora (verde)**

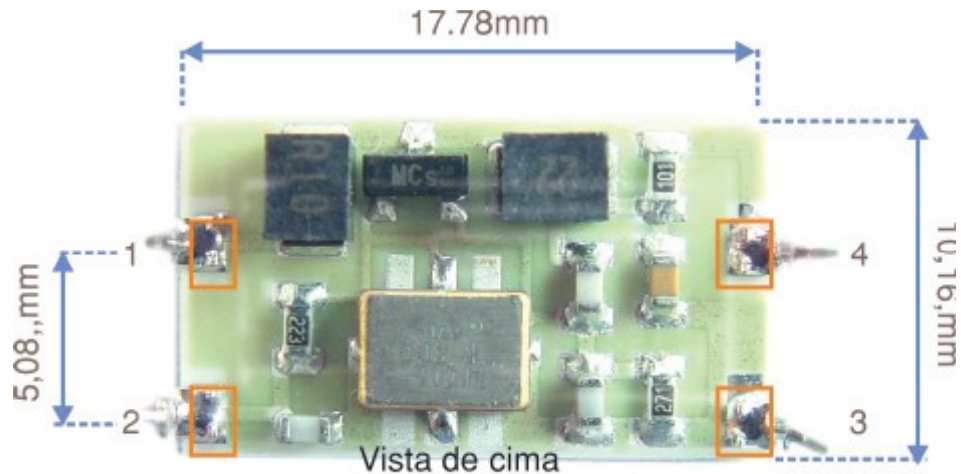
Fonte: (MONTEIRO et al., 2007)

O componente do circuito transmissor responsável pela modulação AM é o módulo híbrido RT4 da Telecontrolli, que opera em 433,92 MHz (frequência da portadora) e apresenta uma largura de banda de 4 kHz, mas, o mesmo deve operar com uma largura de banda de até 2 kHz, visto que essa é a largura de banda do módulo receptor RR3. Sua tensão de operação trabalha entre 2,0 V e 14,0 V. O RT4 e o RR3 podem se comunicar em uma distância de até 100 m, considerando um enlace em visada direta (sem obstáculos) e as recomendações com relação às antenas e à alimentação dos circuitos. Na figura 3.9 tem-se o circuito esquemático do módulo híbrido RT4.



**Figura 3.9: Circuito Esquemático do Módulo transmissor RT4**  
Fonte: (TELECONTROLI, 2008)

Na figura 3.10 é apresentada a dimensão física do transmissor e a especificação técnica de seus pinos. Dos quatro pinos existentes os mais importantes, do ponto de vista da transmissão de dados, são os pinos 3 e 4, respectivamente a porta de entrada de dados e a saída para a antena. Os outros pinos estão ligados à alimentação do componente.



**Figura 3.10: Dimensões Físicas do Transmissor**

Fonte: (BRAGA, 2007)

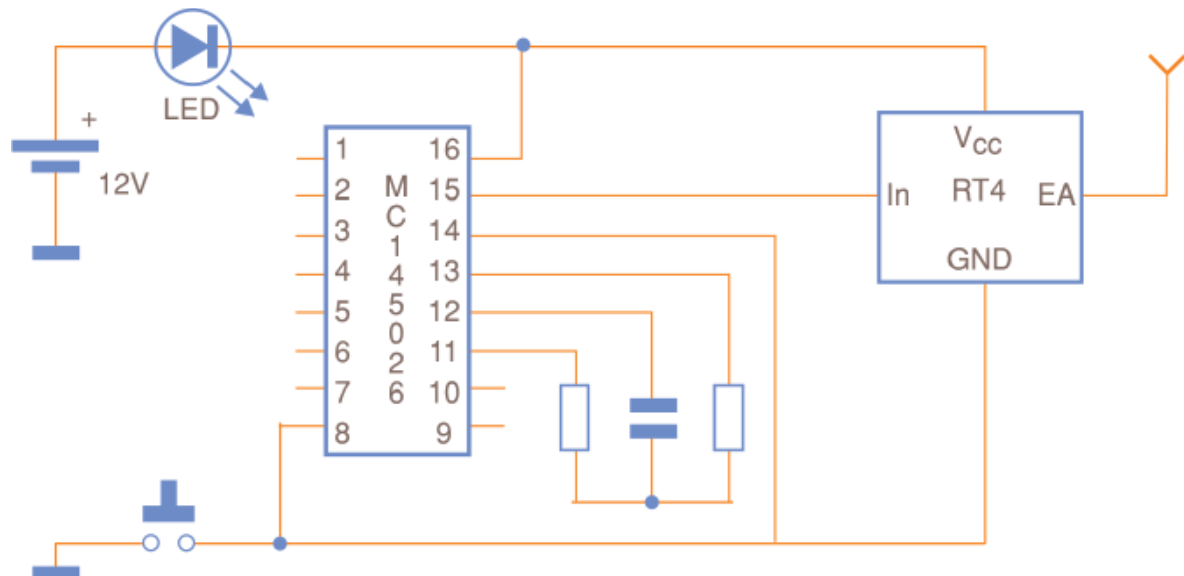
A tabela 3.3 descreve a função de cada um dos pinos do transmissor.

**Tabela 3.3: Descrição da Função dos Pinos do Módulo Transmissor**

Número do Pino	Nome	Descrição
1	VCC	Tensão de alimentação
2	GND	Terra
3	IN	Entrada de Modulação
4	EA	Antena Externa

Fonte: (TELECONTROLLI, 2008)

A figura 3.11 mostra um circuito típico de controle remoto usando codificador, como encontrado em sistemas de abertura de portas de garagem. Esse circuito utiliza o codificador MC145026 e ainda pode ser modificado para operar com diversos canais.



**Figura 3.11: Circuito Típico de Controle Remoto**  
 Fonte: (BRAGA, 2007)

### ***ANTENA***

O alcance de um sinal de radiofrequência pode variar muito de acordo com o tipo de antena e do meio em que é utilizado. Escolher o melhor design, e que combine com as necessidades de um projeto, é uma tarefa complexa que requer diversos testes com equipamentos sofisticados e demanda conhecimentos avançados de propagação de ondas de radiofrequência. A escolha da antena errada pode prejudicar o sucesso do projeto. (OLIVEIRA, 2007).

Alguns cuidados devem ser tomados para o funcionamento ótimo de uma antena. Metais, partes do corpo humano, como as mãos e pés, fontes de energia, tais como transformadores, pilhas, baterias e etc, são geradores de interferência e podem prejudicar o desempenho de uma antena. Por esta razão, dependendo do modelo escolhido, a antena deve ser cuidadosamente posicionada e estar o mais longe possível de outros condutores elétricos. (OLIVEIRA, 2007).

O fabricante dos módulos de comunicação recomenda e aprova três tipos de antenas. São elas: do tipo helicoidal, do tipo loop e do tipo chicote ou haste. Cada uma delas tem características diferentes entre si como o desempenho, facilidade de implementação, tamanho, imunidade a ruídos gerados por outros objetos e o alcance. Na tabela 3.4 é mostrada a classificação dos tipos de antena, quanto aos quesitos citados anteriormente.

Tabela 3.4: Avaliação dos Tipos de Antenas

	Helicoidal	Loop	Chicote
Performance	Boa	Regular	Ótimo
Facilidade de implementação	Boa	Regular	Ótimo
Tamanho	Ótimo	Bom	Regular
Imunidade a efeitos de proximidade	Boa	Ótimo	Regular
Alcance em ambiente aberto	200m	100m	300m

Fonte: (OLIVEIRA, 2007)

A antena helicoidal (figura 3.12) pode ser um fio de cobre em espiras, diretamente conectado ao pino 4 do módulo transmissor e/ou no pino 3 do receptor. Porém, sua proximidade a outros objetos condutores reduz sua eficiência drasticamente. Possui fácil implementação, devido à facilidade de encontrar os materiais necessários para a sua construção, entretanto, as espiras devem estar no tamanho correto para não prejudicar ainda mais o seu desempenho. Possui a vantagem de ser uma antena pequena e discreta, ótima para sistemas portáteis. Seu alcance é satisfatório, mas não atinge o máximo que os módulos de comunicação podem oferecer. (OLIVEIRA, 2007).



**Figura 3.12: Antena Helicoidal**

Fonte: (OLIVEIRA, 2007)

Já a antena tipo loop (figura 3.13) nada mais é que uma trilha em torno de uma placa de circuito impresso. Em seu início e no final da volta, estão presentes capacitores comuns e capacitores variáveis para dar o ajuste fino ao sinal. Tem alta imunidade à proximidade de

sinais que podem causar interferência, no entanto, apresenta o pior desempenho de todas as antenas e sua implementação requer recursos difíceis de se obter. Recomendada apenas para sistemas que utilizarão placas de circuito impresso e que não requerem distâncias muito longas. (OLIVEIRA, 2007).



**Figura 3.13: Antena Tipo Loop**  
Fonte: (OLIVEIRA, 2007)

A antena tipo chicote (figura 3.14) pode ser um fio de cobre, uma haste, uma trilha em uma placa de circuito impresso ou uma combinação das três opções. É conectada diretamente ao módulo e seu tamanho total ideal é determinado pela equação [1]. (OLIVEIRA, 2007).

$$\text{Comprimento da Antena em Centímetros} = 7500/\text{Frequência em MHz} \quad [1]$$

Seu desempenho é excelente, podendo alcançar até 300m em ambientes abertos. No entanto, a antena deve ser afastada de qualquer material metálico a fim de prevenir sérios problemas com efeitos de interferência (OLIVEIRA, 2007). Portanto, apresentados os três tipos de antena, a tarefa de escolher o modelo que atenda as necessidades do projeto se torna mais fácil. Por proporcionar um ótimo desempenho e facilidade na implementação, foi escolhida a antena do tipo chicote para utilização no projeto desenvolvido.



**Figura 3.14: Antenas Tipo Chicote**

Fonte: (OLIVEIRA, 2007)

Desenvolvendo a equação [1] com o valor da frequência da portadora em MHz, obtêm-se o tamanho ideal da antena:

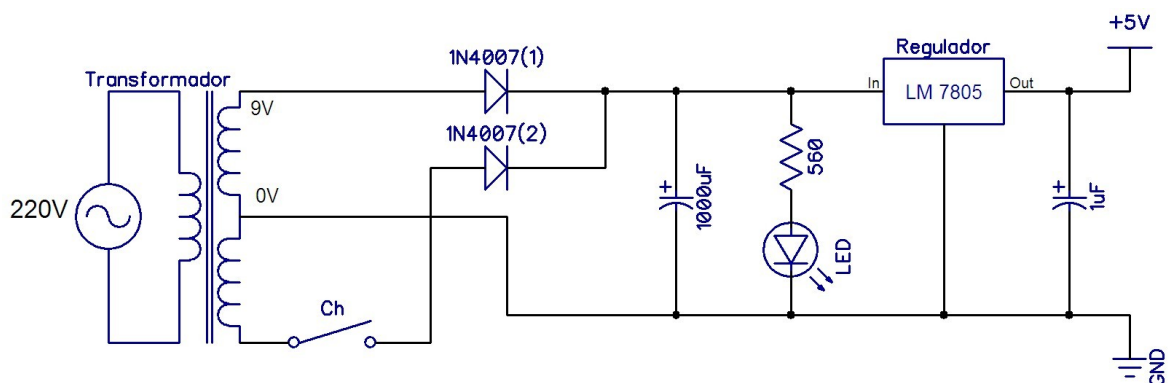
Comprimento da Antena em Centímetros =  $7500 / \text{Frequência em MHz}$

Comprimento da Antena em Centímetros =  $7500 / 433,92$

Comprimento da Antena em Centímetros = 17,5 cm

### ***FONTE REGULADA DO TRANSMISSOR***

Com o objetivo de alimentar o circuito transmissor de radiofrequência, foi projetada uma fonte regulada. Na figura 3.15 é mostrado em detalhes o circuito da fonte.



**Figura 3.15: Detalhe do circuito elétrico da fonte regulada do transmissor**

No projeto foi utilizado um transformador de tensão de 220 Vca para 9 Vca com capacidade de corrente igual a 500 mA. Uma chave de manobra foi adicionada para ligar e desligar a fonte. A tensão alternada da rede elétrica foi retificada por dois diodos 1N4007. O



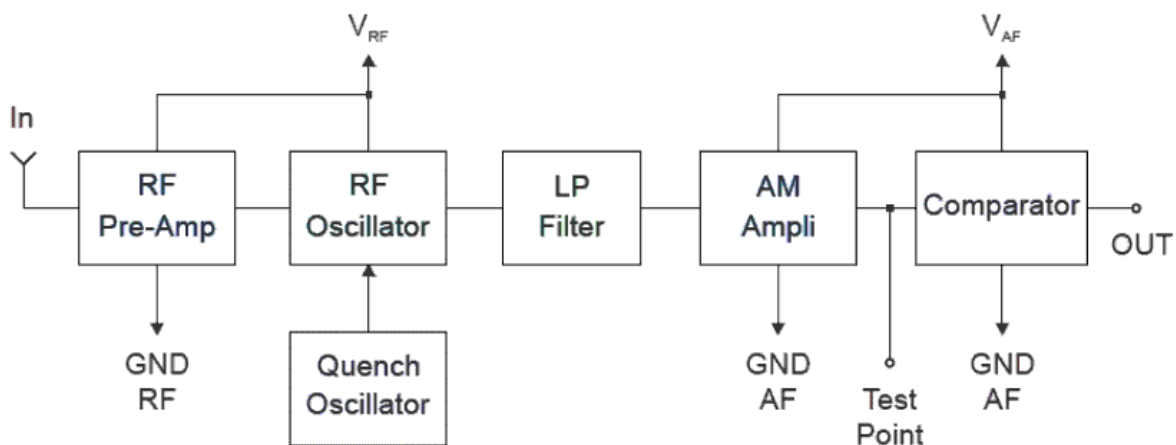
filtro capacitivo foi feito a partir de dois capacitores em paralelo, sendo um de 1000  $\mu\text{F}$  e outro de 1  $\mu\text{F}$ . Como indicador de funcionamento da fonte foi utilizado um LED vermelho. Para limitar a corrente no LED utilizou-se um resistor de 560  $\Omega$ . Um regulador de tensão LM 7805 foi utilizado para regulação em + 5 Vcc. Os componentes eletrônicos citados foram fixados por meio de solda em placa de fenolite cobreada de face única.

### 3.3.3 CIRCUITO RECEPTOR

#### *DEMODULAÇÃO*

Após a recepção do sinal modulado pela antena receptora, é preciso recuperar o sinal que contém a informação desejada, ou seja, o sinal codificado. O processo de recuperação do sinal de informação a partir do sinal modulado denomina-se demodulação. Portanto, a demodulação é o processo inverso à modulação. (GOMES, 1995).

O componente do circuito receptor de RF responsável pela demodulação é o módulo híbrido RR3 da Telecontrolli, que opera em 433,92 MHz e apresenta uma largura de banda de 2 kHz. A figura 3.16 apresenta o diagrama em blocos do módulo híbrido RR3, reproduzido a partir da sua folha de dados.



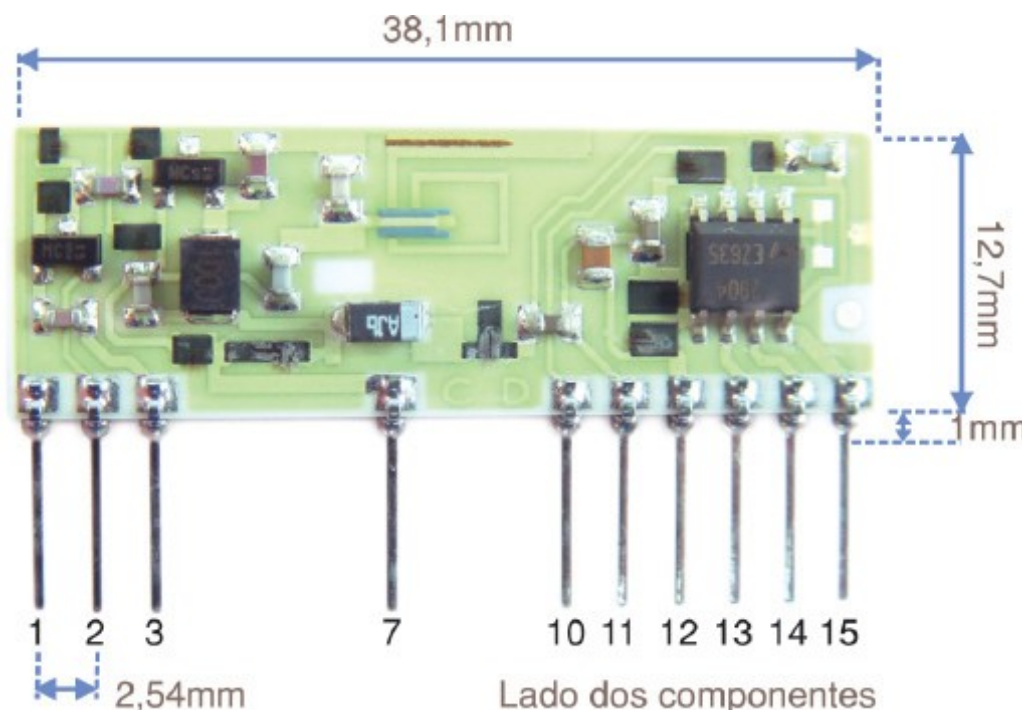
**Figura 3.16: Diagrama em blocos do Módulo Receptor RR3**

Fonte: (TELECONTROLI, 2008)

No módulo receptor RR3, o sinal modulado de entrada fornecido pela antena receptora é pré-amplificado antes do processo de demodulação, o qual consiste no batimento de frequências do sinal modulado com o sinal do oscilador local. O sinal demodulado é obtido

após a passagem por um filtro passa baixa (LP – *Low-Pass*). Obtém-se, assim, um sinal próximo do sinal modulante (sinal codificado). Este sinal distorcido é amplificado e, por meio de um comparador, o mesmo recebe a forma e os níveis de tensão de um sinal digital.

Embora tenha dimensões maiores em comparação ao transmissor, o receptor RR3 não tem sua portabilidade comprometida e ainda é ideal para sistemas portáteis. Existem 15 pinos dos quais, 5 (os pinos 4, 5, 6, 8 e 9) não estão disponíveis para conexão, 7 (os pinos 1, 2, 7, 10, 11, 12 e 15) são responsáveis pela alimentação do receptor. O pino 13 serve como ponto de teste, porém o mesmo não foi utilizado no projeto desenvolvido. Os outros 2 pinos (os pinos 3 e 14) representam respectivamente a entrada para a antena e a porta de saída de dados recebidos. Na figura 3.17 são mostradas as medidas das dimensões do receptor e a numeração de seus pinos.



**Figura 3.17: Dimensões Físicas do Receptor**

Fonte: (BRAGA, 2007)

A tabela 3.5 descreve a função de cada um dos pinos do receptor.

Tabela 3.5: Descrição da Função dos Pinos do Módulo Receptor

Número do Pino	Nome	Descrição
1	VCC	Tensão de alimentação
2	GND	Terra
3	IN	Entrada de Modulação
4	NC	Não Conectado
5	NC	Não Conectado
6	NC	Não Conectado
7	GND	Terra
8	NC	Não Conectado
9	NC	Não Conectado
10	VCC	Tensão de alimentação
11	GND	Terra
12	VCC	Tensão de alimentação
13		Ponto de Teste
14	OUT	Saída
15	VCC	Tensão de alimentação

Fonte: (TELECONTROLLI, 2008)

A figura 3.18 mostra um circuito de aplicação simplificado, onde o leitor poderá constatar a facilidade de uso dos módulos.

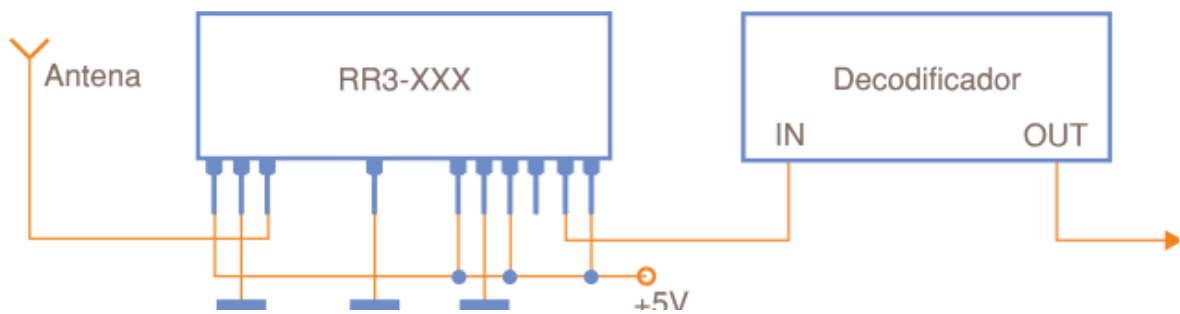


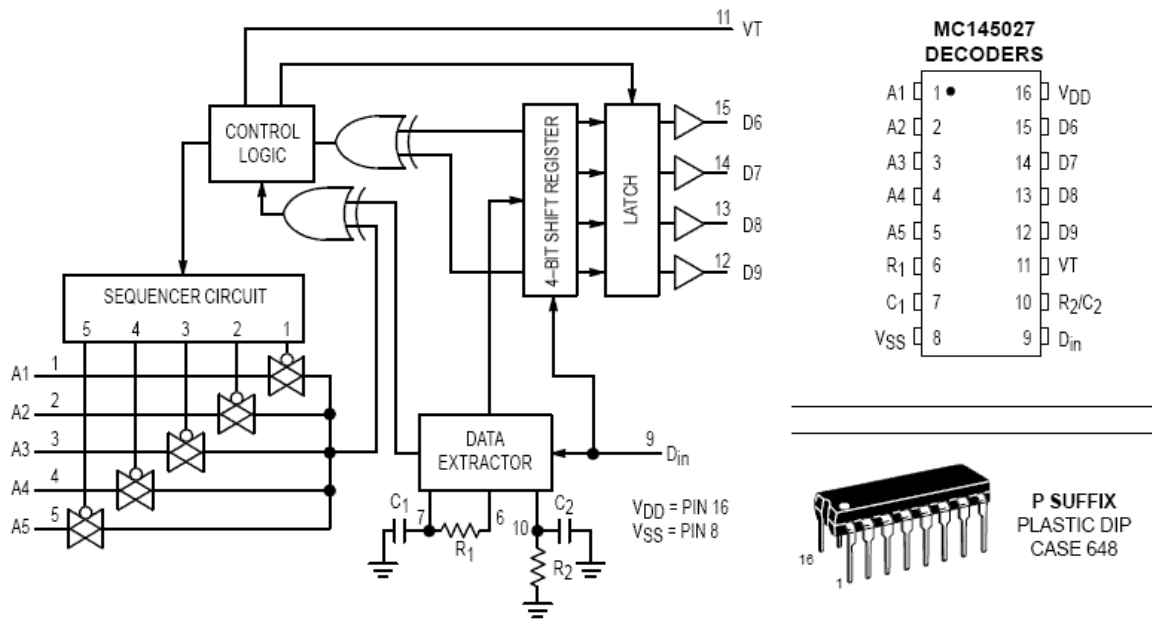
Figura 3.18: Circuito de Aplicação Simplificado

Fonte: (BRAGA, 2007)

## DECODIFICAÇÃO

A decodificação é feita pelo CI MC145027 da Motorola. Este circuito integrado realiza diversas funções sobre uma palavra codificada recebida, tais como: verificação da validade do endereço, decodificação e demultiplexação. Caso a palavra recebida seja reconhecida, o circuito *latch* de saída é habilitado e os bits de dados são disponibilizados nas

saídas paralelas do CI (pinos 12 a 15) após a passagem pelos circuitos *buffers* de saída. A figura 3.19 ilustra o diagrama em blocos do CI decodificador MC145027, reproduzido de sua folha de dados.



**Figura 3.19: Diagrama em blocos, layout e encapsulamento do CI decodificador MC145027**

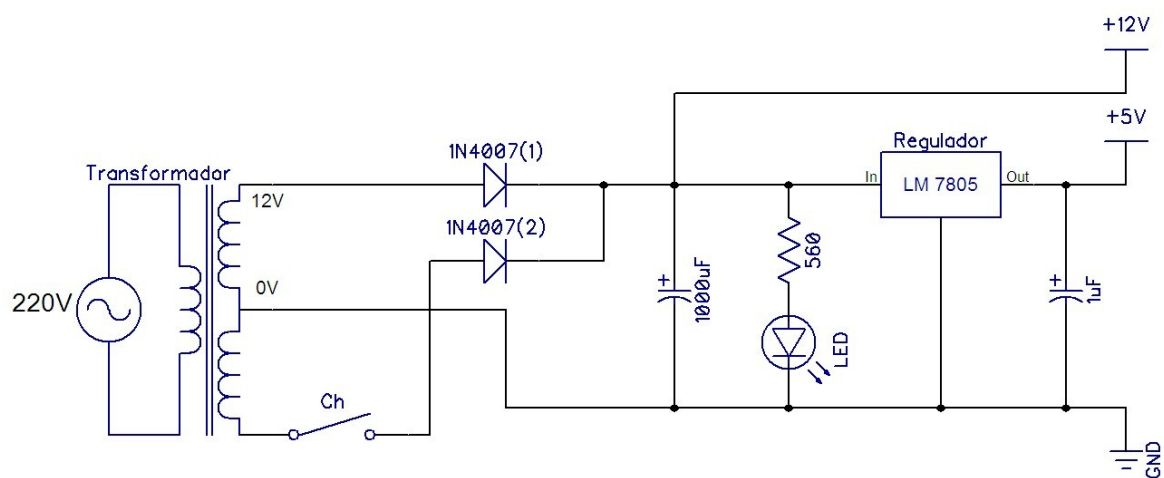
Fonte: (MOTOROLA, 1998)

Ao receber a palavra-código, o endereço da mesma é comparado com o endereço configurado no decodificador. Caso os dois endereços sejam iguais, os quatro bits de dados são armazenados no decodificador. Três períodos de dado após o recebimento da primeira palavra-código, o decodificador recebe uma segunda palavra-código idêntica à primeira. O endereço dessa segunda palavra-código, assim como na primeira, é, então, comparado com o endereço da configuração do decodificador. Se ambos forem iguais, os quatro bits de dados da segunda seqüência são comparados com os quatro bits de dados da primeira seqüência. Caso sejam iguais, os dados são disponibilizados nos pinos de saída do decodificador e a saída VT (*Valid Transmission*) vai a nível alto para indicar que um novo conjunto de dados acabou de ser disponibilizado na saída do decodificador. Essa saída VT permanece em nível alto até que um erro seja recebido ou até que nenhum sinal seja recebido por quatro períodos de dado. Os dados ficam disponíveis na saída do decodificador, pois as saídas de dados estão ligadas a uma memória volátil, até que novos dados os substituam ou até quando for retirada a alimentação do decodificador. Para a frequência de clock de 1,53 kHz, os valores calculados

para os componentes discretos R1, R2, C1 e C2 (ver Figura 3.19) são, respectivamente: 50 k $\Omega$ , 200 k $\Omega$ , 22 nF e 100 nF.

### **FONTE REGULADA DO RECEPTOR**

Com o objetivo de alimentar o circuito receptor de radiofrequência, foi projetada uma fonte regulada. Na figura 3.20 é mostrado em detalhes o circuito da fonte.



**Figura 3.20: Detalhe do circuito elétrico da fonte regulada do receptor**

No projeto foi utilizado um transformador de tensão de 220 Vca para 12 Vca com capacidade de corrente igual a 500 mA. Uma chave de manobra foi adicionada para ligar e desligar a fonte. A tensão alternada da rede elétrica foi retificada por dois diodos 1N4007. O filtro capacitivo foi feito a partir de dois capacitores em paralelo, sendo um de 1000  $\mu$ F e outro de 1  $\mu$ F. Como indicador de funcionamento da fonte foi utilizado um LED vermelho. Para limitar a corrente no LED utilizou-se um resistor de 560  $\Omega$ . Um regulador de tensão LM 7805 foi utilizado para regulação de uma saída em + 5 Vcc, não necessitando de um outro regulador para a saída em + 12 Vcc que alimenta os relês. Os componentes eletrônicos citados foram fixados por meio de solda em placa de fenolite cobreada de face única.

### **3.3.4 CIRCUITO ACOPLADOR**

O uso do circuito acoplador justificou-se pela necessidade de controlar dispositivos conectados à rede elétrica, neste caso um conjunto de lâmpadas. Este circuito necessitou de maiores precauções, visto que foram utilizadas tensões de 110 e 220 Volts.

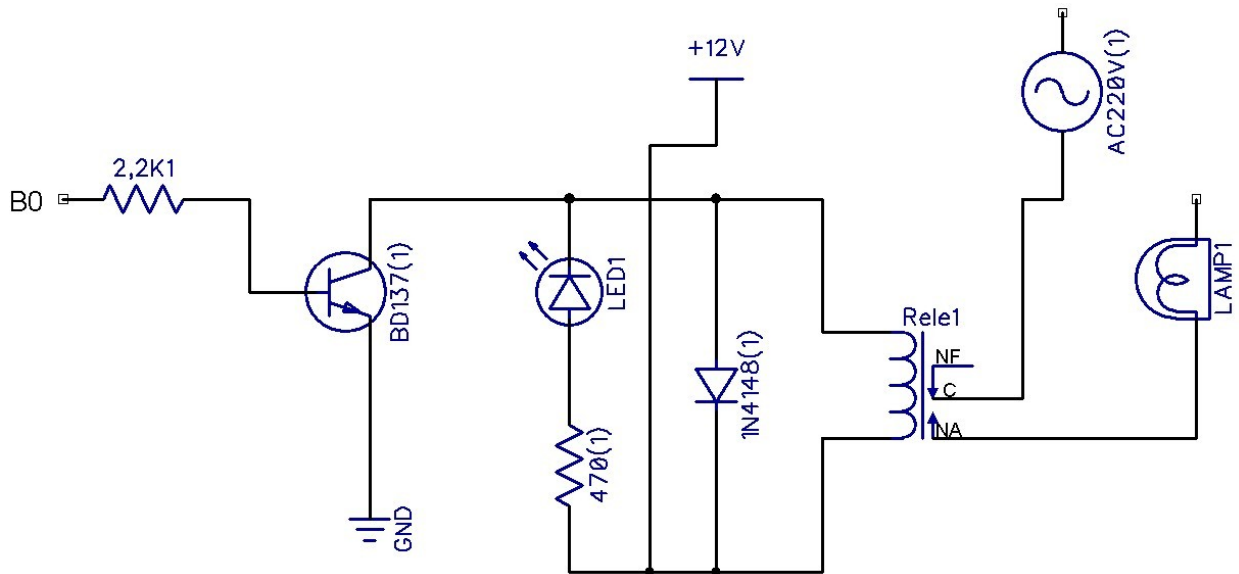
O circuito acoplador pode ser utilizado para outras aplicações, possibilitando o controle de outros tipos de aparelhos como eletrodomésticos, robôs e eletroeletrônicos. O princípio será o mesmo, sempre necessitando de um relê para ativar (chavear) o circuito em questão. Como a porta paralela trabalha com uma tensão de 5 Volts e correntes muito baixas, são necessárias outras fontes de alimentação para essas automações.

O relê age como uma chave. Os três pinos que descrevem seu funcionamento são descritos a seguir.

- Normalmente Aberto (NA).
- Normalmente Fechado (NF).
- Comum (C).

O relê simplesmente abre e fecha um circuito elétrico, não originando energia de forma alguma. Quando um relê está desenergizado (desligado) existe uma conexão elétrica entre os pinos Normalmente Fechado (NF) e Comum (C), não existindo conexão entre os pinos Normalmente Aberto (NA) e Comum (C). A partir do momento em que o relê é energizado (ligado), a conexão entre os pinos Normalmente Aberto (NA) e Comum (C) é estabelecida, fazendo com que o circuito conectado ao pino NA seja alimentado.

No caso da lâmpada, se faz necessário ligar o fio positivo da rede elétrica 110/220 Volts junto ao pino Comum (C). Já o pino Normalmente Aberto (NA) será ligado à parte positiva do bulbo da lâmpada. O neutro do bulbo da lâmpada é ligado diretamente ao neutro da rede elétrica. Quando o relê for ligado, o pino Normalmente Aberto (NA) fechará uma conexão com o pino Comum (C), fazendo com que a energia flua pelo bulbo. O circuito acoplador para a lâmpada 1, composto pelo relê e o transistor, é ilustrado na figura 3.21.



**Figura 3.21: Circuito Acoplador para Lâmpada 1**

O circuito da figura 3.21 é composto pelos seguintes componentes;

- Um led para sinalizar que o circuito do relê está ativado.
- Um diodo 1N4148 em paralelo com o relê para prevenir picos de tensão.
- Um resistor de 2,2 k $\Omega$  para proteger o transistor de correntes elevadas.
- Um resistor de 470 Ohms para limitar a corrente que passa pelo led.
- Um transistor BD 137 para realizar o chaveamento entre os circuitos.
- Um relê de 12 Volts na bobina que suporte cargas de até 220 Volts/10A.
- Uma fonte de alimentação estabilizada de 12 Volts para alimentar o relê.

### 3.4 PROGRAMA DE CONTROLE

Uma parte essencial deste projeto é o programa que controla o sistema de automação wireless. O programa de controle foi desenvolvido na linguagem C++. A seguir, é apresentada a história da linguagem C++, o compilador C++ Builder e o programa desenvolvido, detalhando o seu modo de operação e suas funcionalidades.

#### 3.4.1 HISTÓRIA DA LINGUAGEM C/C++

Dennis Ritchie, funcionário do Bell Telephone Laboratories, iniciou em 1972 o desenvolvimento da linguagem C. Ele elaborou grande parte de seu trabalho num computador Dec PDP-11 utilizando o sistema operacional UNIX. Entretanto, Dennis Ritchie não partiu do zero no desenvolvimento da linguagem C, tendo sido influenciado por duas outras linguagens. A primeira delas foi a BCPL, desenvolvida por Martin Richard. A outra foi a linguagem B desenvolvida por Ken Thompson, derivada da BCPL. (MESSIAS, 2005).

A linguagem C vem sendo considerada como fundamental para uma programação profissional e eficiente. C, serve tanto para a elaboração de sistemas operacionais como para elaboração de planilhas eletrônicas, editores de textos, jogos, editores gráficos, banco de dados e até mesmo novas linguagens. O Windows, Linux, Unix, Visual Basic e outros, são alguns exemplos de *softwares* desenvolvidos em C. Protocolos de Rede, drives, processadores de textos, jogos, controles de interfaces, etc., são, na maioria, desenvolvidos em C. (MESSIAS, 2005).

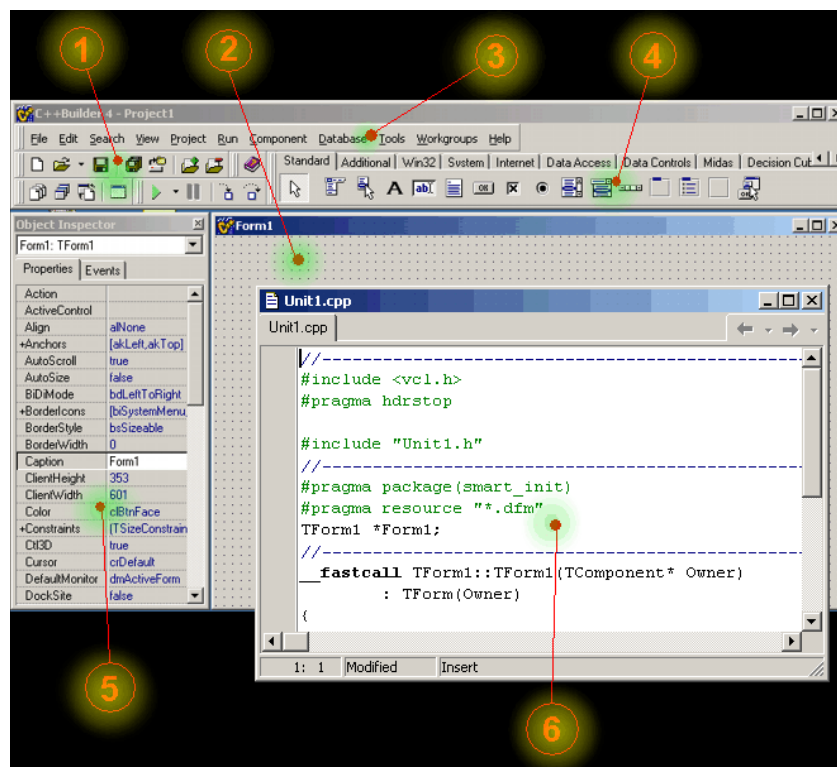
A linguagem C é portátil; um mesmo programa fonte pode ser compilado e executado em diferentes plataformas, equipamentos e sistemas operacionais, sem que seja necessário reescrever um novo programa. Quase todos os sistemas operacionais existentes atualmente compilam programas escritos na linguagem C. São vários fabricantes de compiladores C que disponibilizam suas ferramentas para o desenvolvimento em vários sistemas operacionais. A linguagem C é uma linguagem de médio nível, isso indica que poderemos programar em nível de máquina (baixo nível), como também se aproximar da linguagem humana (alto nível). Como exemplo a linguagem assembler é uma linguagem de baixo nível e a linguagem Visual Basic é uma linguagem de alto nível. O termo baixo nível na descrição acima não está se referindo a um tipo de linguagem inferior as outras, mas sim, uma linguagem que sua codificação se aproxima mais da máquina. A Borland tem um compilador C de 16 bits Borland 5.02 que gera programas para o sistema operacional MS-DOS e o C++Builder X, que gera programas para o Windows x. (MESSIAS, 2005)

A linguagem C++ é uma extensão da linguagem C, muito mais aperfeiçoada e poderosa, com novos comandos, recursos e métodos. Os comandos da linguagem C podem ser usados na linguagem C++. A linguagem C/C++ foi desenvolvida para uma programação profissional de uso geral, onde o limite é a própria mente do programador. (MESSIAS, 2005).



### 3.4.2 COMPILADOR BORLAND C++ BUILDER

Compilador é um programa que realiza a compilação. Tem duas atribuições básicas: verificação da sintaxe dos comandos (instruções) de um programa escrito em uma determinada linguagem de programação (Programa Fonte) e geração de um programa equivalente em linguagem que a máquina entenda diretamente (Programa Objeto). Em função destas características é que os compiladores geralmente são específicos para as linguagens de programação e para os equipamentos a que se destinam. Para que seja possível transformar o código fonte em um programa executável, é necessário que se utilize um compilador. Neste projeto foi utilizado o compilador C++ Builder 4. Na figura 3.22 tem-se uma visão geral do ambiente de desenvolvimento C++Builder 4, com suas barras de ferramentas, menus, formulário, janela de edição, palheta de componentes, inspetor de objetos e outro itens.



**Figura 3.22: Ambiente de desenvolvimento do C++ Builder 4**  
Fonte: (BORLAND, 2008)

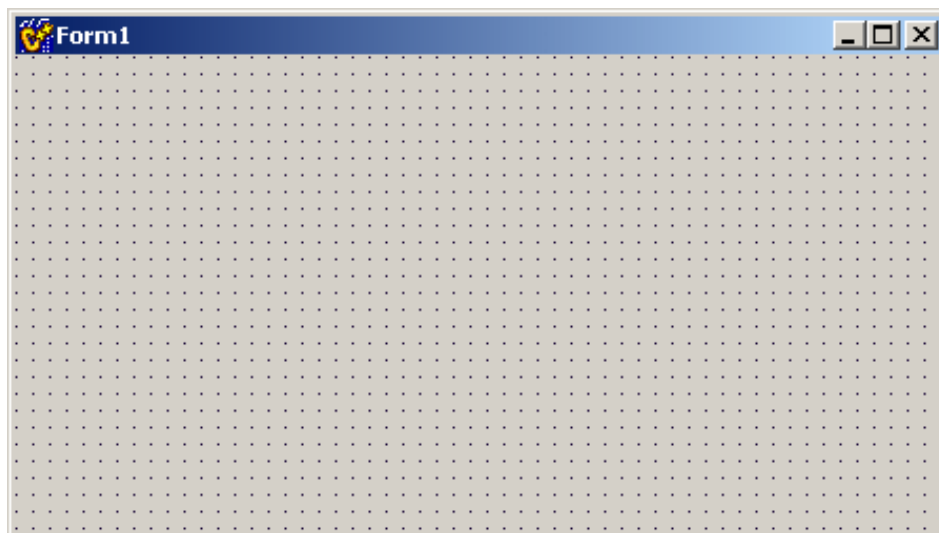
- 1) **Barra de Ferramentas:** A barra de ferramentas é usada para facilitar a utilização dos comandos mais utilizados no momento de desenvolvimento de um projeto. Pode-se

dizer que os itens desta barra são atalhos para funções rotineiras que são usadas com muita frequência, conforme mostra a figura 3.23.



**Figura 3.23: Barra de Ferramentas do C++ Builder 4**  
Fonte: (BORLAND, 2008)

- 2) **Formulário:** O formulário é o próprio aplicativo que será desenvolvido. Tem todas as características de uma janela do Windows (barra de título, botões minimizar, maximizar, fechar, e um menu de controle na parte esquerda superior do formulário, onde se encontra um ícone. É nesse formulário que será depositado os componentes para desenvolver a aplicação. A figura 3.24 mostra a janela de formulário do C++ Builder 4.



**Figura 3.24: Formulário do C++ Builder 4**  
Fonte: (BORLAND, 2008)

- 3) **Barra de Menus:** A barra de menus, mostrada na figura 3.25, é composta pelos seguintes itens: *File* (arquivo), *Edit* (edita), *Search* (procurar), *View* (visualizar), *Project* (projeto), *Run* (executar), *Component* (componentes), *DataBase* (banco de

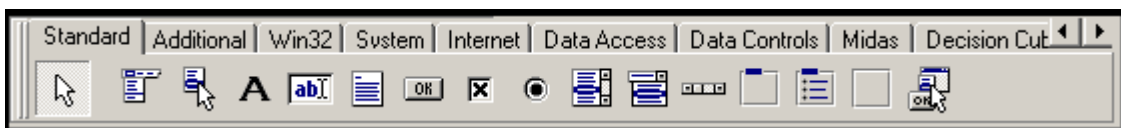
dados), *Tools* (ferramentas), *Workgroups* (grupo de trabalho) e *Help* (ajuda). É através desses itens que se acessa a maioria dos recursos do C++Builder.



**Figura 3.25: Barra de Menus do C++ Builder 4**

Fonte: (BORLAND, 2008)

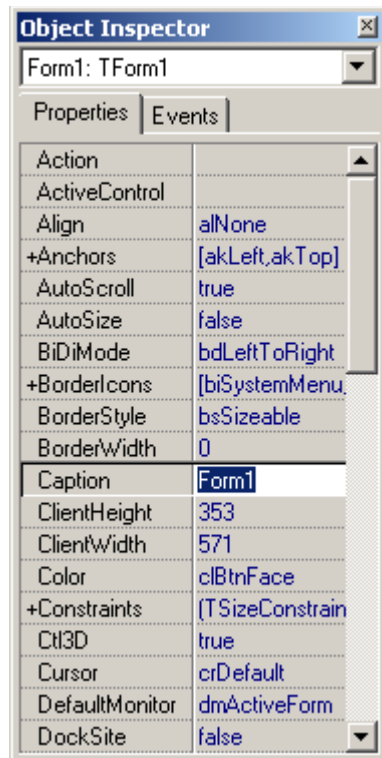
- 4) **Palheta de Componentes**: A palheta de componentes é um dos recursos mais utilizados no C++Builder. É nela que são encontrados os componentes usados para criar as aplicações. A barra de componentes é dividida em abas. Cada aba contém um grupo de componentes. A aba Internet contém componentes para desenvolvimento de aplicações para a Internet, a aba Standard contém componentes padrões para o desenvolvimento de qualquer aplicação. A figura 3.26 mostra a palheta de componentes do C++ Builder 4.



**Figura 3.26: Palheta de componentes do C++ Builder 4**

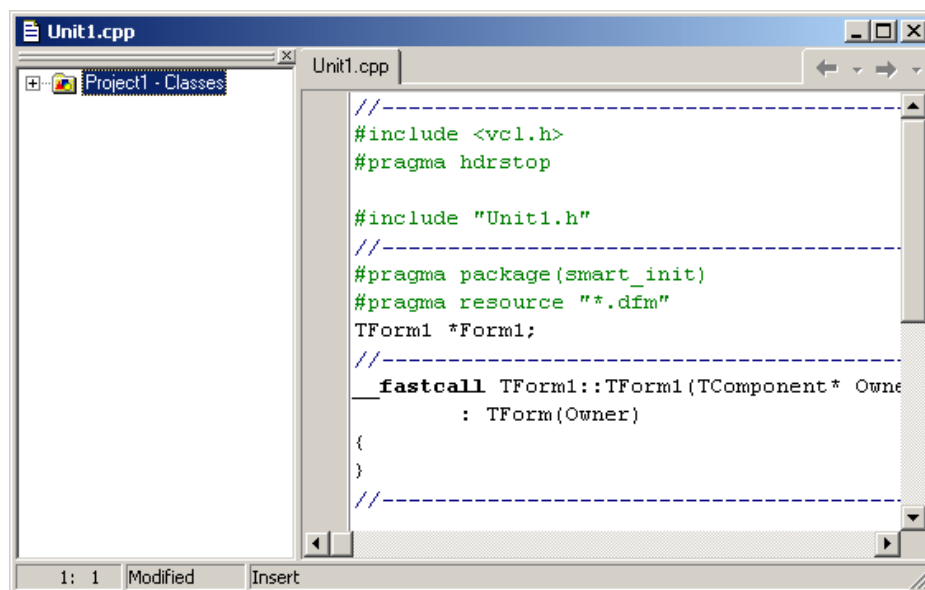
Fonte: (BORLAND, 2008)

- 5) **Object Inspector**: O *object inspector* (inspetor de objetos) é responsável pela alteração das propriedades e eventos de um determinado objeto que esteja selecionado no formulário. O *object inspector* é uma forma interativa de se passar parâmetros para os objetos/componentes. A figura 3.27 mostra o inspetor de objetos do C++ Builder 4.



**Figura 3.27: Inspetor de Objetos do C++ Builder 4**  
 Fonte: (BORLAND, 2008)

- 6) **Janela de Edição:** É na janela de edição que é escrito o código fonte para os eventos da aplicação. O C++Builder gera a maioria do código fonte automaticamente todas as vezes que é inserido um novo componente no formulário. A figura 3.28 mostra a janela de edição do C++ Builder 4.



**Figura 3.28: Janela de edição do C++ Builder 4**  
 Fonte: (BORLAND, 2008)

### 3.4.3 O PROGRAMA DESENVOLVIDO

Para controlar o sistema de automação wireless e permitir o acionamento das lâmpadas e leds através de sinais de comando enviados pelo computador, foi desenvolvido um *software* de controle na linguagem C++. Na figura 3.29 é mostrada a tela principal do programa após a sua execução. Nesta tela é feita uma referência ao Centro Universitário de Brasília – Uniceub, registro acadêmico e nome do autor, curso, disciplina e o nome do projeto descrito nesta monografia.



**Figura 3.29: Tela principal do programa de controle**

O aplicativo é composto por dez botões que efetuam o controle dos dispositivos conectados ao circuito projetado, neste caso um conjunto de lâmpadas e leds, e dois botões que permitem minimizar a janela (-) e finalizar a execução do programa (X). Cada botão controla o dispositivo conectado à sua saída, obedecendo ao seguinte vínculo: Botão Dispositivo 1 - Saída B0 - Liga/Desliga lâmpada 1, Botão Dispositivo 2 - Saída B1 – Liga/Desliga lâmpada 2, Botão Dispositivo 3 - Saída B2 – Liga/Desliga lâmpada 3, Botão Dispositivo 4 - Saída B3 – Liga/Desliga lâmpada 4, Botão Dispositivo 5 - Saída B4 –

Liga/Desliga lâmpada 5, Botão Dispositivo 6 - Saída B5 – Liga/Desliga lâmpada 6, Botão Dispositivo 7 - Saída B6 – Liga/Desliga lâmpada 7, Botão Dispositivo 8 - Saída B7 – Liga/Desliga lâmpada 8, Botão Liga todos - Todas as saídas – Liga todas as lâmpadas, Botão Desliga todos – Todas as saídas – Desliga todas as lâmpadas.

Na figura 3.30 é pressionado o botão Dispositivo 1, acionando a lâmpada e o led conectados à saída B0 do circuito receptor através da utilização de um circuito acoplador, visto que para o acionamento das lâmpadas é necessário que a mesma esteja ligada a uma tensão de 220 V.



**Figura 3.30: Acionando o botão Dispositivo 1**

A figura 3.31 mostra o acendimento do led e da lâmpada vinculada à saída B0 no momento em que o botão Dispositivo 1 é pressionado.





**Figura 3.31: Protótipo após pressionamento do botão Dispositivo 1**

Na figura 3.32 é pressionado o botão Liga todos, acionando todas as lâmpadas e leds conectados às saídas do circuito receptor.



**Figura 3.32: Acionando o botão Liga Todos**

A figura 3.33 mostra o acendimento dos leds e das lâmpadas vinculadas às saídas B0, B1, B2, B3, B4, B5, B6 e B7 no momento em que o botão Liga todos é pressionado.



**Figura 3.33: Protótipo após pressionamento do botão Liga todos**

Na figura 3.34 é pressionado o botão Desliga todos, apagando todas as lâmpadas e leds conectados às saídas do circuito receptor.



**Figura 3.34: Acionando o botão Desliga todos**



A figura 3.35 mostra o desligamento dos leds e das lâmpadas vinculadas às saídas B0, B1, B2, B3, B4, B5, B6 e B7 no momento em que o botão Desliga todos é pressionado.



**Figura 3.35: Protótipo após pressionamento do botão Desliga todos**

## CAPÍTULO 4 – TESTES E RESULTADOS

Para o desenvolvimento do protótipo do sistema de automação, se buscou realizar um projeto de um circuito transmissor e receptor. O esquema do circuito transmissor utilizado está ilustrado na figura 4.1. Para a montagem do circuito receptor foi utilizado como referência o esquema ilustrado na figura 4.2.

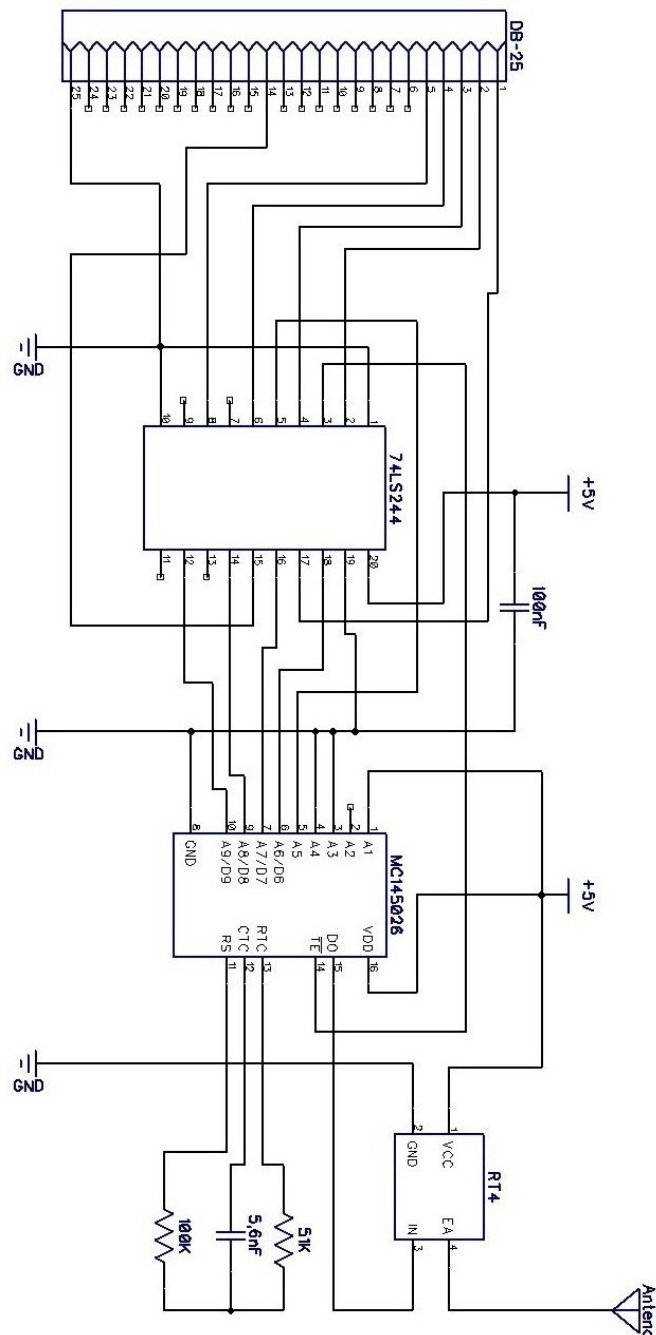
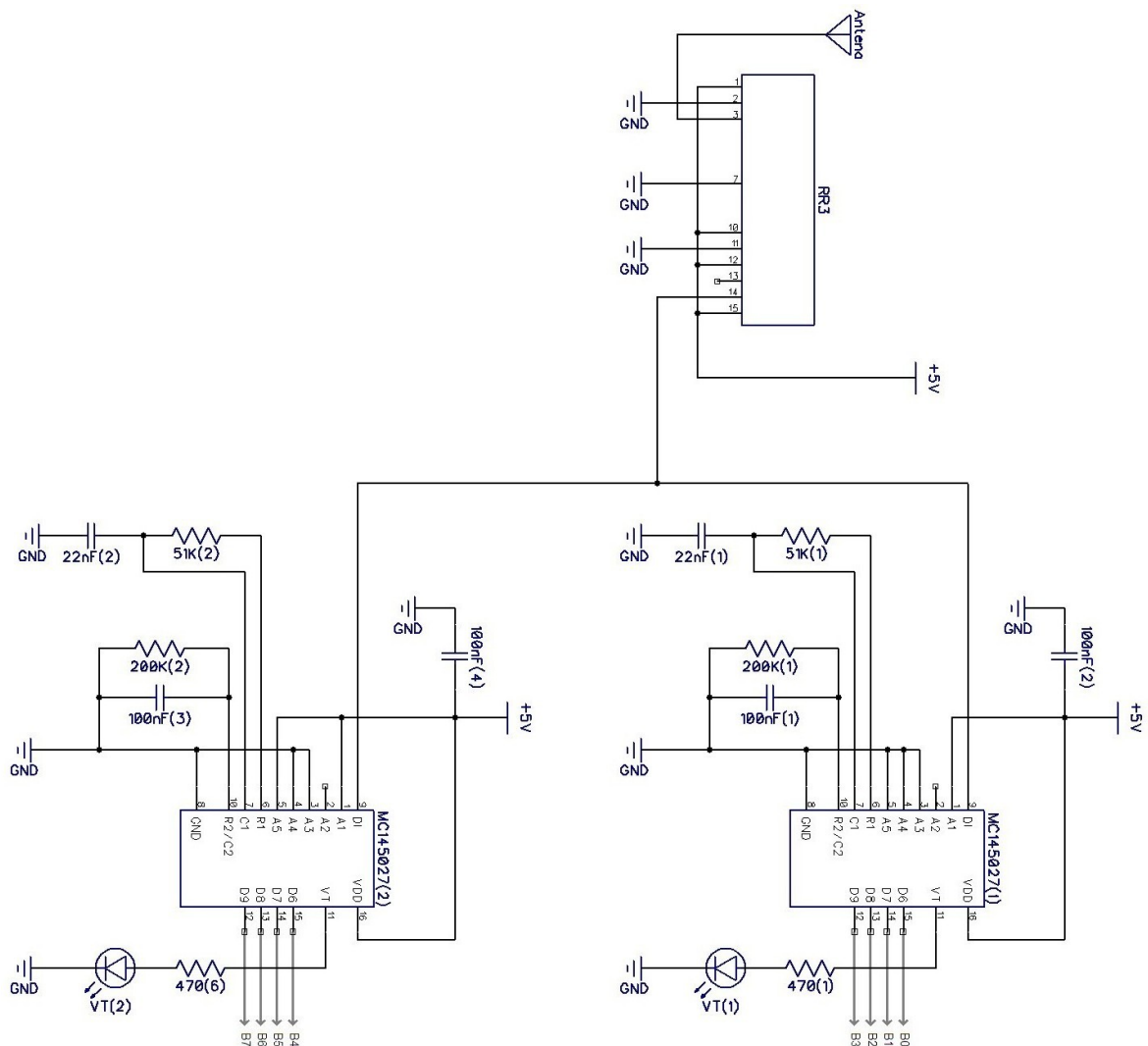


Figura 4.1: Circuito Esquemático do Transmissor de RF

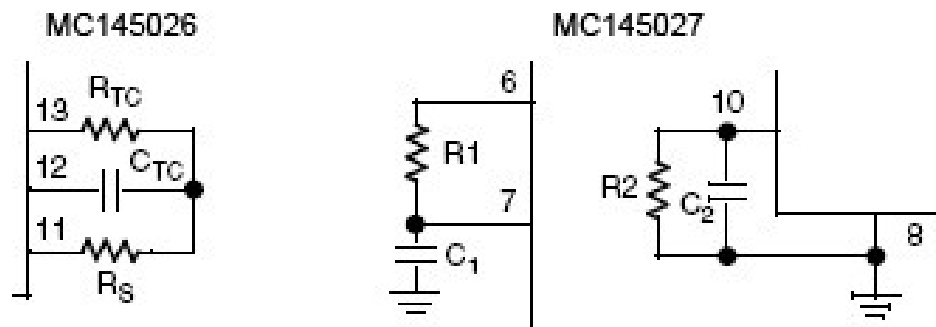


**Figura 4.2: Circuito Esquemático do Receptor de RF**

Para que a comunicação entre os circuitos se tornasse viável, foram estabelecidas as seguintes etapas de desenvolvimento: calcular os elementos de projeto indicados nas figuras 4.1 e 4.2, implementar o circuito codificador e decodificador e verificar se ambos estão oscilando na mesma frequência, montar o circuito transmissor e receptor com os dados sendo enviados via radiofrequência e confirmar seu funcionamento, testar o circuito final para diferentes seqüências de entrada e distâncias entre transmissor e receptor.

#### 4.1 CIRCUITO OSCILADOR

O teste de sincronização entre o par codificador e decodificador não apresentou falhas devido à utilização dos valores de resistores e capacitores calculados a partir de equações presentes na folha de dados dos circuitos integrados da Motorola, fabricante do par. Os componentes responsáveis pelo circuito oscilatório estão ilustrados na figura 4.3.



**Figura 4.3: Capacitores e resistores que influenciam na frequência de oscilação**

Fonte: (MOTOROLA, 1998)

Os valores dos resistores e capacitores utilizados no projeto e presentes na figura 4.3, foram calculados conforme as equações abaixo, disponibilizadas pela Motorola.

$$f_{osc} = 1 / (2,3 \cdot R_{tc} \cdot C_{tc}) \quad [2]$$

$$R1C1 = 3,95 \cdot R_{tc} \cdot C_{tc} \quad [3]$$

$$R2C2 = 77 \cdot R_{tc} \cdot C_{tc} \quad [4]$$

Desenvolvendo a equação [3] com os valores experimentais de  $R1 = R_{tc} = 51 \text{ k}\Omega$  e  $C1 = 22 \text{ nF}$  obtêm-se:

$$R1C1 = 3,95 \cdot R_{tc} \cdot C_{tc}$$

$$51 \cdot 10^3 \cdot 22 \cdot 10^{-9} = 3,95 \cdot 51 \cdot 10^3 \cdot C_{tc}$$

$$22 \cdot 10^{-9} = 3,95 \cdot C_{tc}$$

$$C_{tc} = 5,5696 \text{ nF}$$

$$C_{tc} = 5,6 \text{ nF}$$

Com o valor obtido para  $C_{tc}$  e com  $R_2 = 200 \text{ k}\Omega$  calcula-se  $C_2$  utilizando a equação [4]:

$$R_2 C_2 = 77 \cdot R_{tc} \cdot C_{tc}$$

$$20 \cdot 10^4 \cdot C_2 = 77 \cdot 51 \cdot 10^3 \cdot 5,5696 \cdot 10^{-9}$$

$$C_2 = (77 \cdot 51 \cdot 10^3 \cdot 5,5696 \cdot 10^{-9}) / 20 \cdot 10^4$$

$$C_2 = 109,3590 \text{ nF}$$

$$C_2 = 110 \text{ nF}^1$$

Com todos os componentes determinados, calcula-se a frequência de trabalho, substituindo na equação [2]:

$$f_{osc} = 1 / (2,3 \cdot R_{tc} \cdot C_{tc})$$

$$f_{osc} = 1 / (2,3 \cdot 51 \cdot 10^3 \cdot 5,5696 \cdot 10^{-9})$$

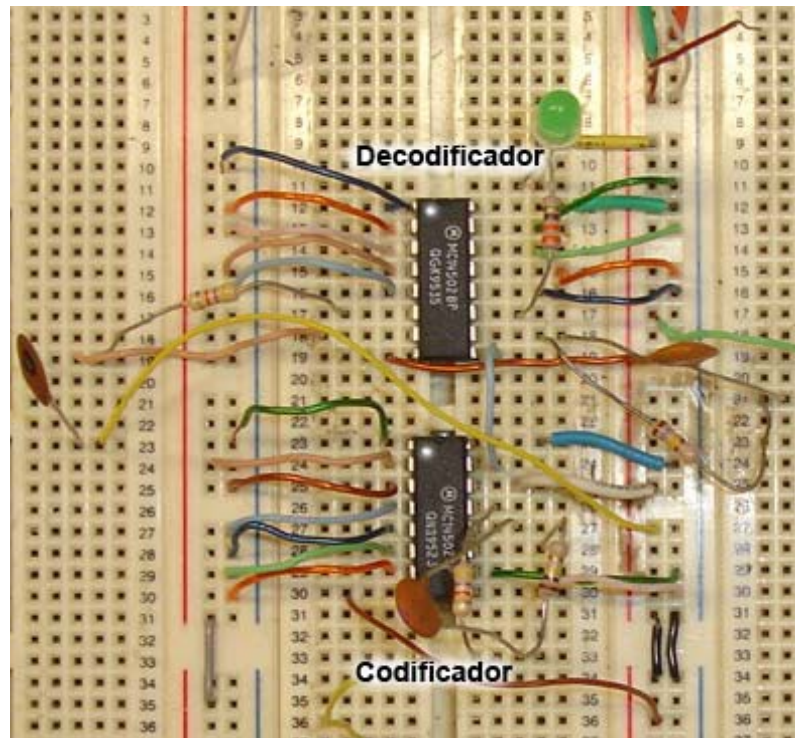
$$f_{osc} = 1530,65 \text{ Hz}$$

$$f_{osc} = 1,53 \text{ kHz}$$

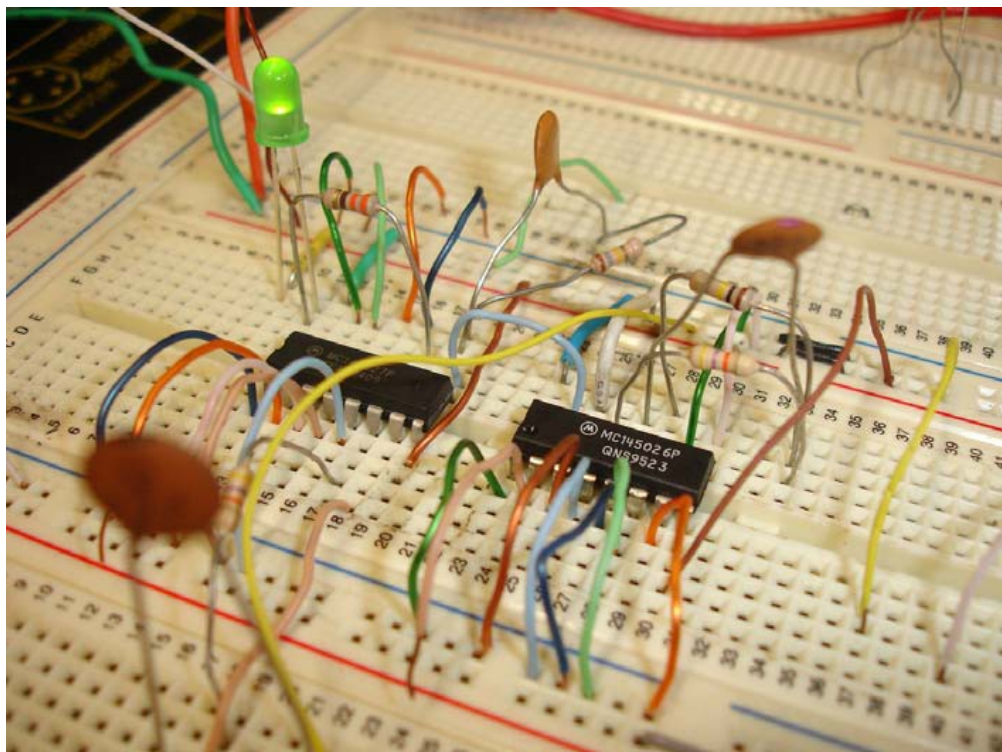
A figura 4.4 apresenta o circuito projetado para testar os componentes MC145026 e MC145027 utilizados no projeto. Na figura 4.5, onde o circuito é mostrado em funcionamento, observa-se que o LED acoplado ao pino 14 (VT) do decodificador demonstra sucesso ao receber os dados do codificador.

---

<sup>1</sup> Devido à não comercialização de capacitores com valor comercial de 110 nF, o capacitor  $C_2$  foi substituído por um de 100 nF sem prejuízos para a sincronização dos pares MC145026/MC145027.



**Figura 4.4: Circuito de oscilação dos CI's MC145026/MC145027**

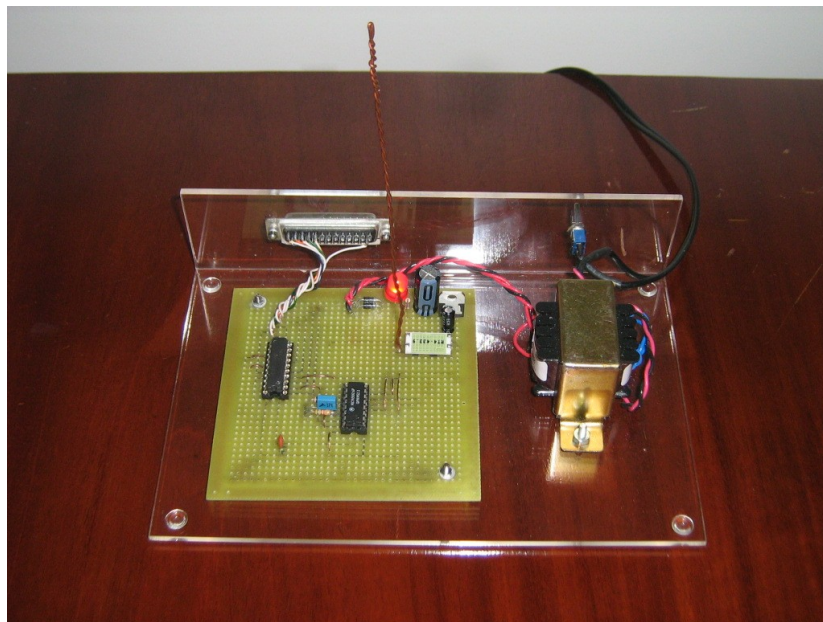


**Figura 4.5: Circuito de oscilação em funcionamento**

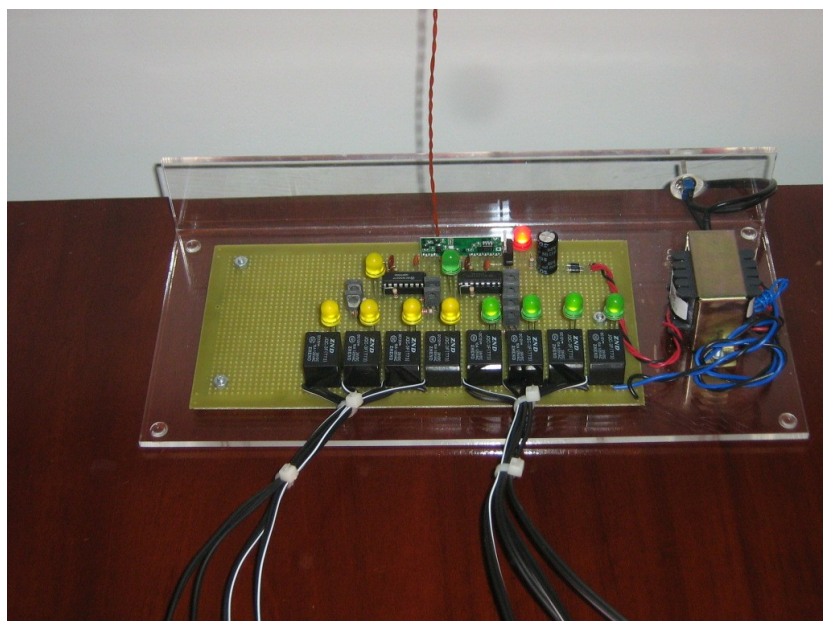


## 4.2 CIRCUITO TRANSMISSOR E RECEPTOR

Após a confirmação do correto funcionamento do par codificador e decodificador, foram montados os circuitos do transmissor e receptor que podem ser visualizados respectivamente nas figuras 4.6 e 4.7. Esses circuitos utilizam os capacitores e resistores que foram recalculados na seção anterior, garantindo a comunicação.



**Figura 4.6: Circuito montado do transmissor de RF**



**Figura 4.7: Circuito montado do receptor de RF**

Os circuitos foram posicionados em locais diferentes para testar a comunicação. O computador, através do programa de controle, gera sinais de comando que são codificados e transmitidos pelo módulo híbrido RT4. O circuito receptor, presente na figura 4.7, recebe através do RR3 os dados transmitidos e os decodifica, sinalizando a transmissão recebida no pino 11 (VT) e indicando o dado recebido no LED correspondente.



## **CAPÍTULO 5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Neste capítulo são apresentadas as considerações finais relacionadas ao projeto. Na seção 5.1 são apresentadas as conclusões. Na seção 5.2 são apresentadas as dificuldades encontradas durante todas as etapas do projeto. Na seção 5.3 são apresentadas as sugestões para projetos futuros.

### **5.1 CONCLUSÕES**

Neste projeto foi proposto um sistema de automação para controle de dispositivos independentes utilizando tecnologia sem fio. Procurou-se dar ênfase para atividades cotidianas, como o ato de ligar ou desligar aparelhos eletrônicos. Foram desenvolvidos protótipos de um circuito transmissor e receptor, este último vinculado a um circuito acoplador que permite a conexão de dispositivos à tensão de 220 V.

Ao longo do trabalho verificou-se que o sistema apresentou êxito para a aplicação escolhida, podendo ser expandido para uma série de aplicações, como sistema de alarmes para carros, controle remoto para abertura de portões, sistemas de irrigação, robótica e controles em geral.

Alguns fatores como conforto, praticidade, eficiência e mobilidade, que são requisitos básicos para o desenvolvimento de soluções de automação, foram atendidos neste projeto.

Foi verificado que a localização dos circuitos dentro do campo magnético de outros aparelhos eletrônicos pode impedir a comunicação entre os módulos transmissor e receptor de RF, assim como frequências que operam próximas à faixa de 433,92 MHz (frequência do sistema) podem causar interferências na transmissão e recepção dos sinais de controle. Foi constatado também que o sistema não funciona adequadamente quando conectado às tensões abaixo de 200 V, sendo recomendada a utilização de um estabilizador para conectar os circuitos à rede elétrica.

Por meio de testes realizados e dos resultados obtidos constatou-se que o sistema de automação wireless para controle de dispositivos autônomos alcançou os objetivos propostos no capítulo 1 desta monografia.

## **5.2 DIFICULDADES ENCONTRADAS**

Durante o desenvolvimento do projeto algumas dificuldades foram encontradas. A primeira foi localizar em lojas de componentes eletrônicos as peças necessárias para a montagem do protótipo. Muitos componentes necessitaram ser comprados pela Internet em lojas localizadas na cidade de São Paulo/SP, vista à dificuldade de serem encontradas em Brasília/DF.

Outra dificuldade foi a falta de experiência em lidar com a placa de fenolite para montagem de circuitos, onde é necessário soldar as trilhas e os componentes, demandando um tempo maior não previsto.

O fato do programa de controle ter sido desenvolvido utilizando a linguagem C++ foi outro fator que gerou dificuldades, devido à pouca familiaridade do autor com tal linguagem. Foi necessária uma série de pesquisas e a realização de um curso de C/C++ como forma de se adquirir o conhecimento necessário para a criação do *software* de controle.

Apesar das dificuldades, o resultado final correspondeu às expectativas e o sistema de automação proposto nesta monografia obteve sucesso.

## **5.3 SUGESTÕES PARA PROJETOS FUTUROS**

Para projetos futuros, sugere-se o controle de um conjunto maior de dispositivos e a substituição do computador de mesa por um microcontrolador de propósito específico.

Outra sugestão é ampliar o alcance de transmissão do sistema de comunicação, proporcionando o crescimento das aplicações para automação utilizando tecnologia sem-fio.

## REFERÊNCIAS

AURESIDE – Associação Brasileira de Automação Residencial. 2006.  
Disponível em: <<http://www.aureside.org.br>>. Acesso em: 12 mai. 2008. 9:00

BALAN, W.C. **Espectro de Frequência**. 2007.  
Disponível em: <[http://www.willians.pro.br/frequencia/cap3\\_espectro.htm](http://www.willians.pro.br/frequencia/cap3_espectro.htm)>. Acesso em: 14 abr. 2008. 9:00.

BATISTA, J. **Tutorial Redes Wireless**. 2007.  
Disponível em: <<http://www.juliobattisti.com.br>>. Acesso em: 12 jul. 2008. 16:00.

BETTONI, R. **Automação Residencial: Um sonho que começa a se materializar**. *Portal da Automação*, set. 2003.  
Disponível em: <[http://www.portaldaautomacao.com.br/artigo\\_012.asp](http://www.portaldaautomacao.com.br/artigo_012.asp)>. Acesso em: 15 jul. 2008. 17:00.

BORLAND. C++ Builder Downloads. 2005. Disponível em:  
<<http://www.codegear.com/downloads>>. Acesso em: 20 ago. 2008. 14:00.

BRAGA, N. C. **Controle Remoto de 4 Canais**. *Revista Saber Eletrônica*. Ano 35, nº 316, p. 8 – 12, mai. 1999.

BRAGA, N.C. **RT4 RR3 Módulos Híbridos: Transmissor e Receptor**. *Eletrônica Total*, n. 124, p. 6-8. 2007.

CANSADO, J.C.A. **Instrumentos Inteligentes aplicados a automação agrícola**. São Paulo, 2000. 30p.

CARVALHO, D.F.; SILVA, W.A. MEDICI, L.O.; PEREIRA, M.G. **Avaliação de um sistema Automático de baixo custo para manejo da irrigação**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 30. 2001. Foz do Iguaçu. Anais... Foz do Iguaçu: SBEA, 2001. 1 CD-ROM.

CAVALCANTI, Eric. **Controle de dispositivos externos através da porta paralela utilizando C**. *Linha de Código*. Recife, fev.2004.  
Disponível em: <<http://www.linhadecodigo.com.br/Artigo.aspx?id=254>>. Acesso em: 20 abr. 2008.

EINSFELDT, G.J; WISINTAINER, M. **Automação da coleta de níveis fluviais**. In: SEMINCO 2002. SEMINÁRIO DE COMPUTAÇÃO, 11., Anais... Blumenau: FURB, 2002. p.269-281.

ENECA, Encontro Nacional dos Estudantes de Controle e Automação.  
Disponível em: < <http://www.eneca.com.br/>>. Acesso em: 10 fev. 2008.

FERREIRA, A.B.H. **Minidicionário da Língua Portuguesa**. 3ª Ed. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1999.

FIGUEREDO JÚNIOR, L.G.; SILVA, G.O.; ALVES JÚNIOR, J. **Sistemas de Automação na irrigação localizada**. *Engenharia Rural*, Piracicaba, v.15, p.31-36, 2004.

GARZELLA, T.C.; BOTREL, T.A. **Automação da leitura de um medidor de umidade tipo speedy com o uso de um computador e utilização em programa de manejo da irrigação**. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA USP; REUNIÃO PAULISTA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS; CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA ESALQ, 2004. Piracicaba. Anais... São Paulo: USP, 2004. p.558.

GOMES, A.T. **Telecomunicações: transmissão e recepção AM – FM – Sistemas pulsados**. São Paulo: Érica, 1995.

JOBTEC [Home Page]. 2001. Disponível em <<http://www.jobtecltda.com.br>>. Acesso em: 10 de setembro de 2008.

KARYGIANNIS, T.; OWENS, L. **Wireless Network Security: 802.11, Bluetooth and Handheld Devices**. *National Institute of Standards and Technology*, Gaithersburg, nov. 2002. Disponível em: <[http://csrc.nist.gov/publications/nistpubs/800-48/NIST\\_SP\\_800-48.pdf](http://csrc.nist.gov/publications/nistpubs/800-48/NIST_SP_800-48.pdf)>. Acesso em: 07 mar. 2008. 8:38.

LIMA, L.A. **Computação Móvel**. 2004.  
Disponível em: < <http://www.dimap.ufrn.br/~gold/intro.htm>>. Acesso em: 07 ago. 2008. 13:30.

LOMBARDI, R.R.R. **Controle Remoto Infravermelho para Automação**. 2006. 75 f. Trabalho de Conclusão do Curso (Bacharelado em Engenharia de Computação) – Centro Universitário de Brasília. 2006.

MEDICI, L.O. **Acionador Automático de sistemas de irrigação**. *Revista da propriedade Industrial*, Rio de Janeiro, n.1399, 1997.

MESSIAS, A.R. **Curso C/C++ para Controle de Dispositivos através de Porta Paralela**. São Paulo: 2005.

MONTEIRO, T.H.W.; SOUZA, W.L.; ALBUQUERQUE, H.A.P.; SILVA, P.H.F. **Controle sem fio de uma esteira transportadora através de computador**. In: II CONGRESSO DE PESQUISA E INOVAÇÃO DA REDE NORTE NORDESTE DE INTEGRAÇÃO TECNOLÓGICA, JOÃO PESSOA, 2007.

MOTOROLA. **Encoder and Decoder pairs**. Denver, Motorola Literature Distribution, Colorado, 1998. Disponível em: <<http://motorola.com/sps/>>. Acesso em: 10 mar. 2008.

NEGREIROS, L.R.; DIAS, E.W. **Automação de Arquivos no Brasil: Os Discursos e seus momentos**. *Arquivistica.net*, Rio de Janeiro, v. 3. n. 1, jun. 2007.

Disponível em:

<<http://www.arquivistica.net/ojs/viewarticle.php?id=116&layout=abstract>> Acesso em: 15 jul. 2008. 17:50.

NUMAJIRI, D.A. **Desenvolvimento de um sistema de controle de dispositivos via acesso remoto**. Lavras: UFLA, 2003. 86p.

OLIVEIRA, S.T. **Transmissão de medidas sem fio utilizando um Microcontrolador 8051**. 2007. 64 f. Trabalho de Conclusão do Curso (Bacharelado em Engenharia de Computação) – Centro Universitário de Brasília. 2007.

ON SEMICONDUCTOR. **74LS244 Datasheet.pdf**. 1999. Disponível em: <[http://www.datasheetcatalog.com/datasheets\\_pdf/7/4/L/S/74LS244.shtml](http://www.datasheetcatalog.com/datasheets_pdf/7/4/L/S/74LS244.shtml)>. Acesso em: 08 set. 2008. 15:30.

PAZOS, F. **Automação de Sistemas e Robótica**. Rio de Janeiro: Axcel Books do Brasil Editora, 2002.

PIANCINI, C. R. S. **Sistema de Monitoramento de Temperatura Corporal**. 2005, 54 f. Trabalho de Conclusão do Curso (Bacharelado em Engenharia de Computação). Centro Universitário Positivo, Curitiba, 2005.

PINHEIRO, A.P.; COELHO, M.C. **Levantamento de requisitos e estudo de sistemas radio-controlados para construção de robôs de combate**. 2007. 51 f. Trabalho de Conclusão do Curso (Bacharelado em Engenharia de Computação) – Universidade Estadual de Ponta Grossa. 2007.

PINHEIRO, J.S. **Sistemas de Automação**. *Projetos de Redes*, jun. 2004.

Disponível em:

<[http://www.projetoderedes.com.br/artigos/artigo\\_sistemas\\_automacao.php](http://www.projetoderedes.com.br/artigos/artigo_sistemas_automacao.php)>. Acesso em: 03 ago. 2008. 15:30.

PRASS, A.R. **Ondas Eletromagnéticas**. 2006.

Disponível em: <<http://www.algosobre.com.br/fisica/ondas-eletromagneticas.html>>. Acesso em: 12 jun. 2008. 17:00.

QUEIROZ, T.M. **Desenvolvimento de um sistema automático para irrigação de precisão em pivô central**. 2007. 140 f. Dissertação (Doutorado) – Universidade de São Paulo. 2007.

REQUENA, G.; PINHO, A. **Automação Residencial**. *Nomads.Usp*, abr.2008.

Disponível em: <<http://www.nomads.usp.br/site/virus01/automacao/index.htm>>. Acesso em: 14 jun. 2008. 9:35.

ROEL, J.O.; KUO-PENG, P.; SADOWDKI, N.; BATISTELA, N.J.; BASTOS, J.P.A. **Acoplamento de conversores estáticos com malha de controle e dispositivos eletromagnéticos não-lineares**. *Revista Controle & Automação*, Florianópolis, v.13, n.1, p.77-83, 2002.

SIGHIERI, L.; AKIYOSHI, N. **Controle Automático de Processos Industriais**. 2ª Ed. Edgard Blucher, 2000.

SMITH, K. **Antennas for Low Power Applications**.

Disponível em: <<http://www.rfm.com/corp/appdata/antenna.pdf>>. Acesso em: 07 ago. 2008.

SOARES, M. J. **Controlando robô RF através do PC**. *Revista Mecatrônica Fácil*. Ano 3, nº 16, p. 48-51, mai. 2004.

SOUSA, M. B. **Wireless: Sistemas de Rede sem Fio**. Rio de Janeiro: Brasport, 2002.

TELECONTROLLI. **RR3 Datasheet Data Receiver & RT4 Datasheet Data Transmitter. Head Office & Plant**. Casoria, Italy. Disponível em: <<http://www.telecontrolli.com>>. Acesso em: 10 mar. 2008.

TORRES, Gabriel. **Hardware Curso Completo**. 4. ed. Rio de Janeiro: Axcel, 2001.

VILELA, C.B. **Curso básico de eletrônica**. 4 ed. São Paulo: Editora Saber, 2001. p.65-79.

VILELA, E.D.D. **Acesso à porta paralela do PC**. *Revista Saber Eletrônica*, São Paulo, n.319, p.42-43, 1999.

## APÊNDICES

### APÊNDICE A — CIRCUITO ELÉTRICO DO TRANSMISSOR DE RF

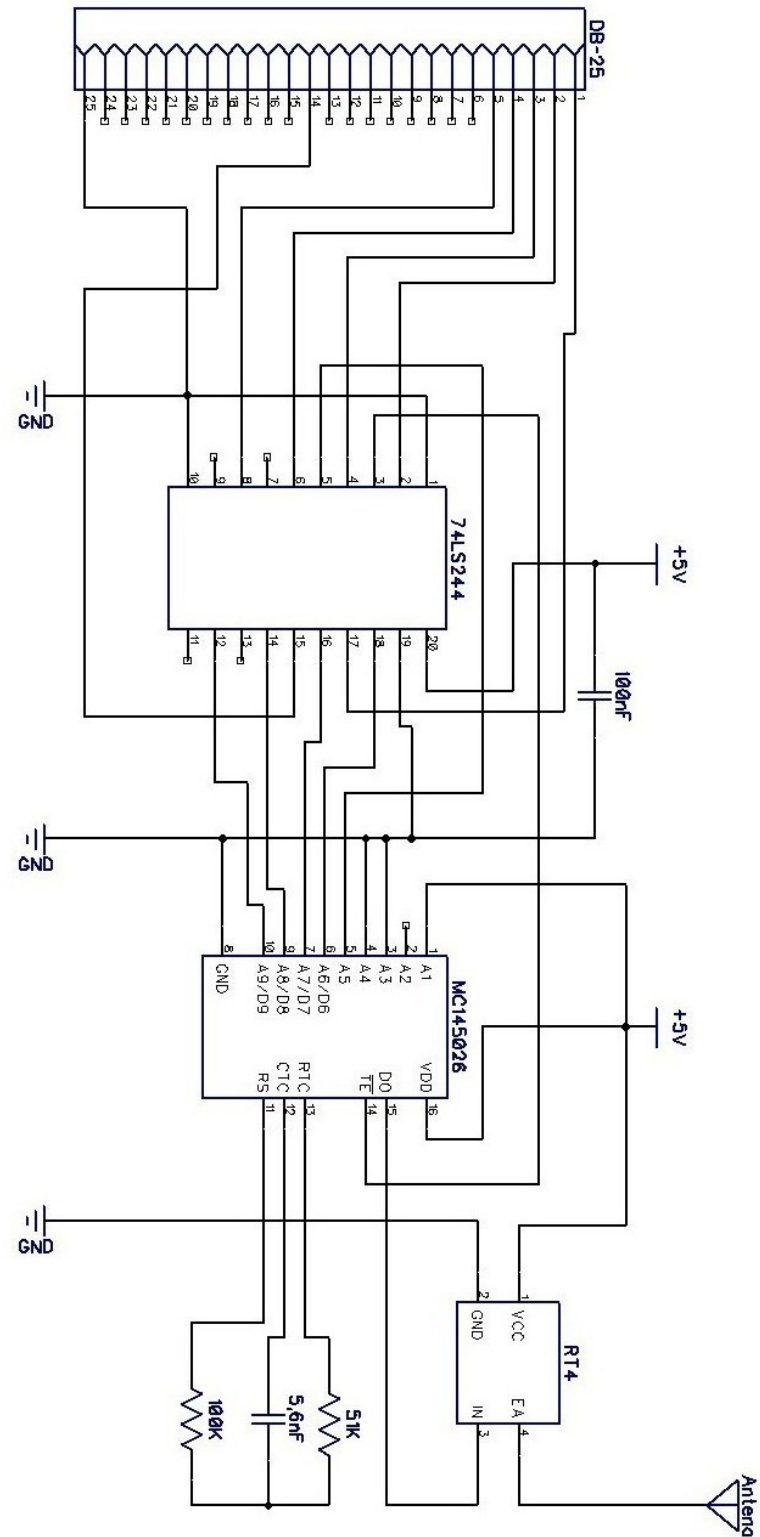


Figura 1A: Circuito Elétrico do Transmissor de RF



## APÊNDICE B — CIRCUITO ELÉTRICO DO RECEPTOR DE RF

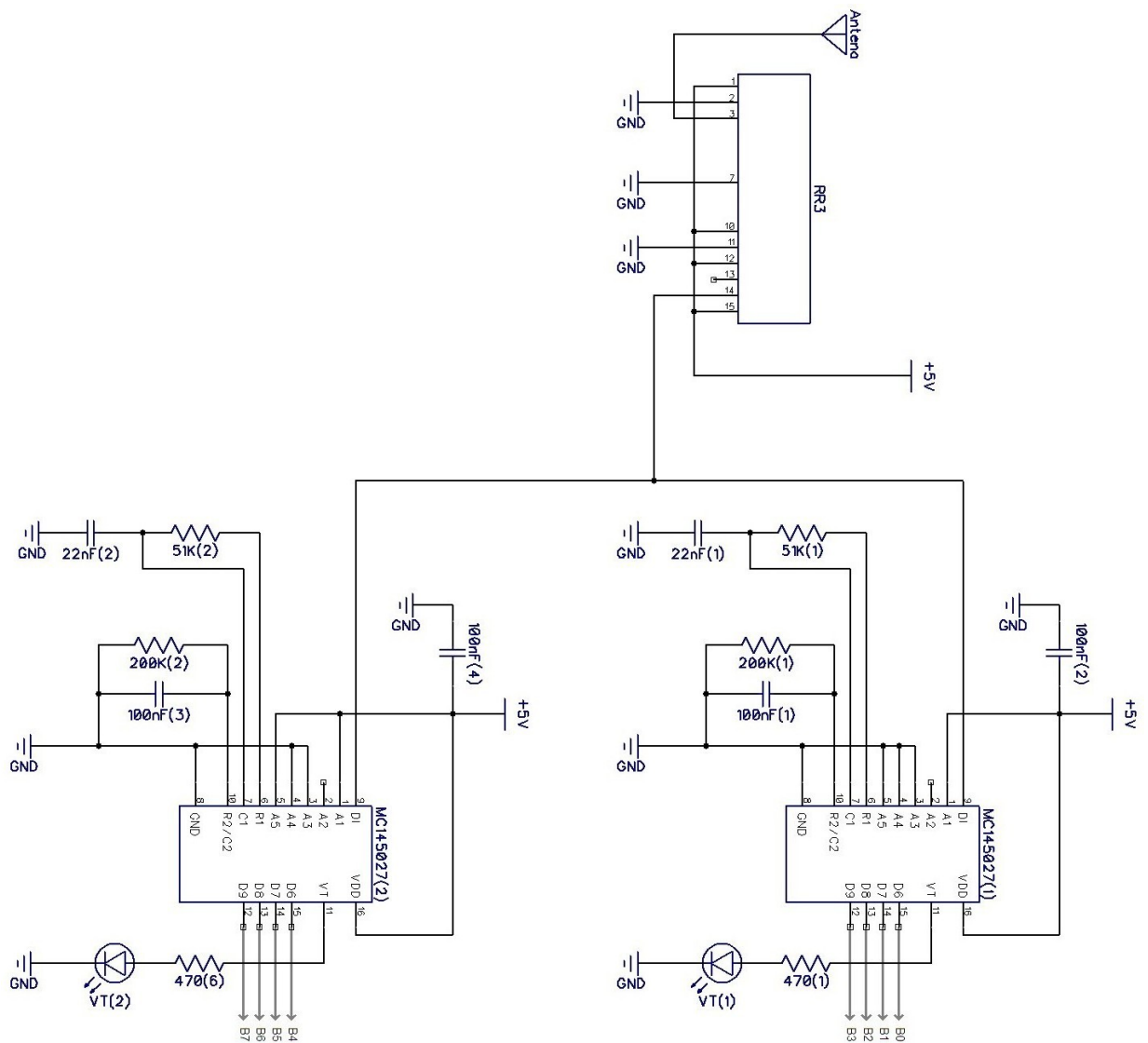


Figura 1B: Circuito Elétrico do Receptor de RF

## APÊNDICE C — CIRCUITO ELÉTRICO DO ACOPLADOR

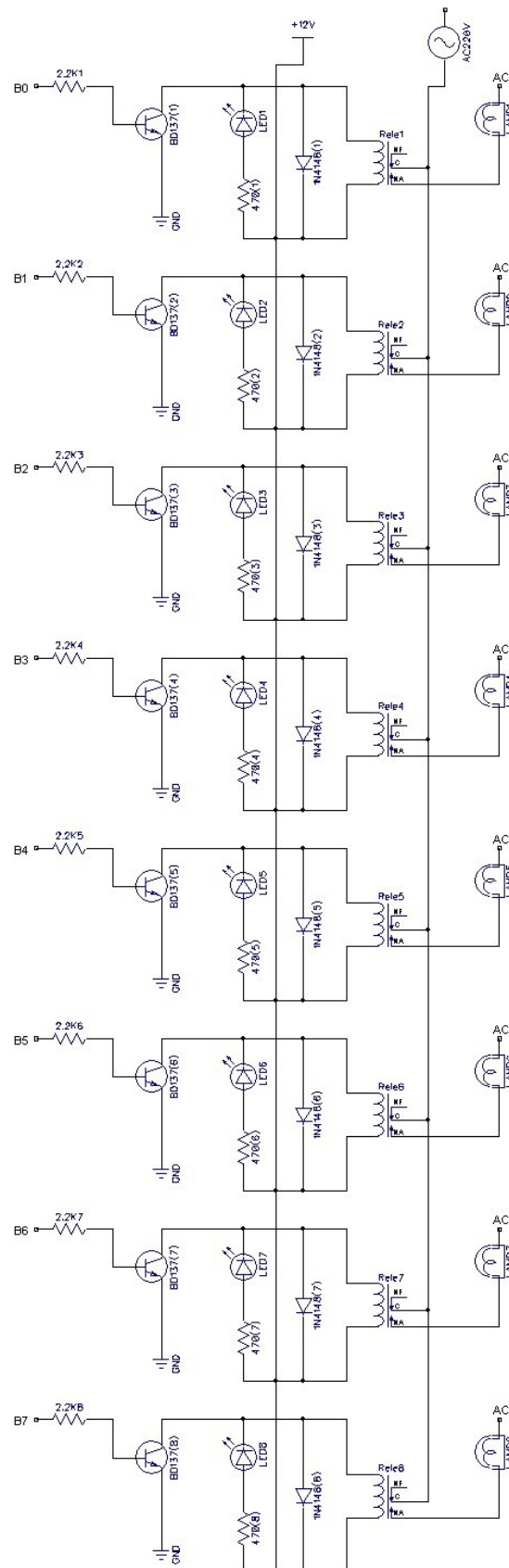


Figura 1C: Circuito Elétrico Completo do Acoplador

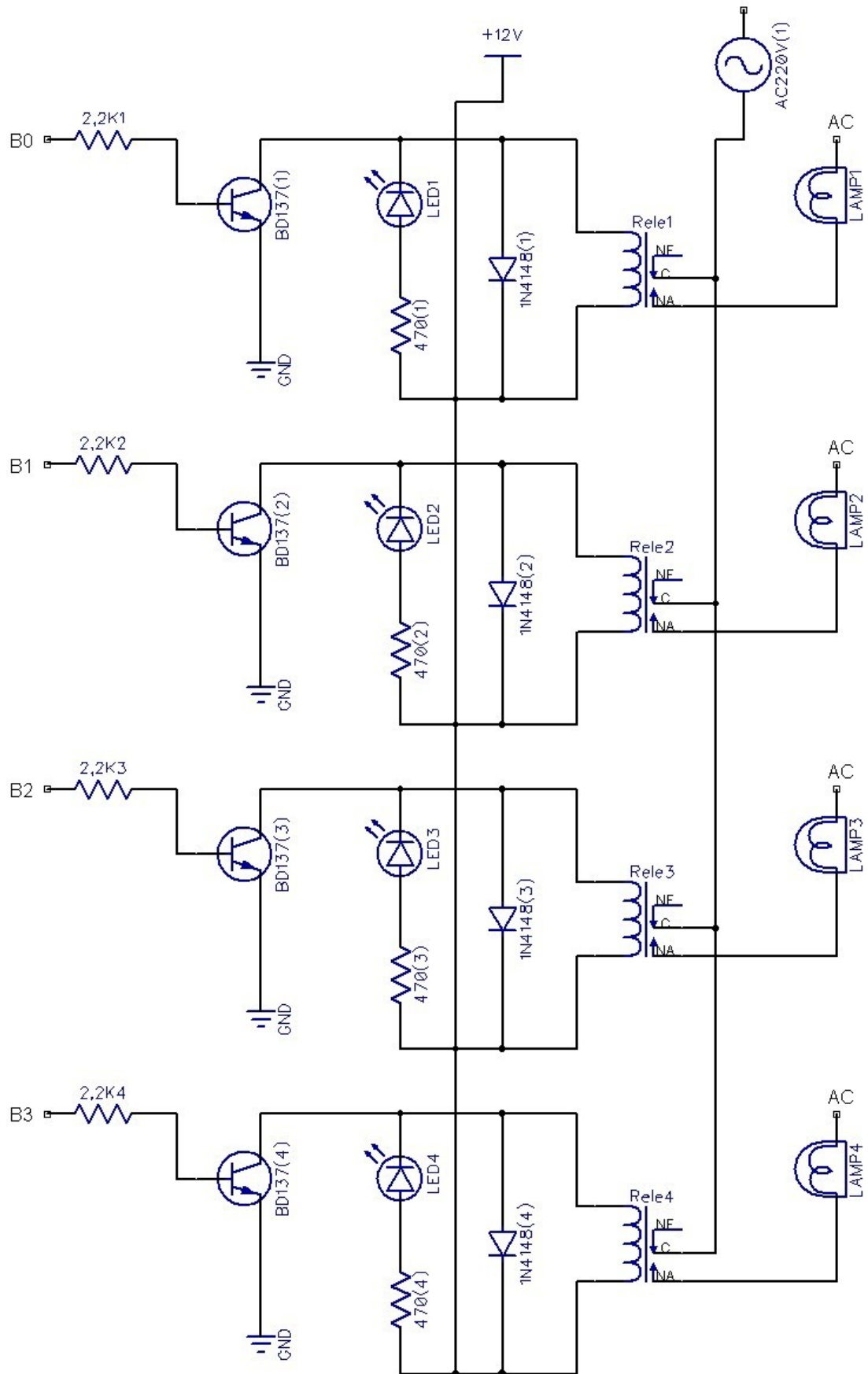


Figura 2C: Visão ampliada da 1ª parte do circuito acoplador

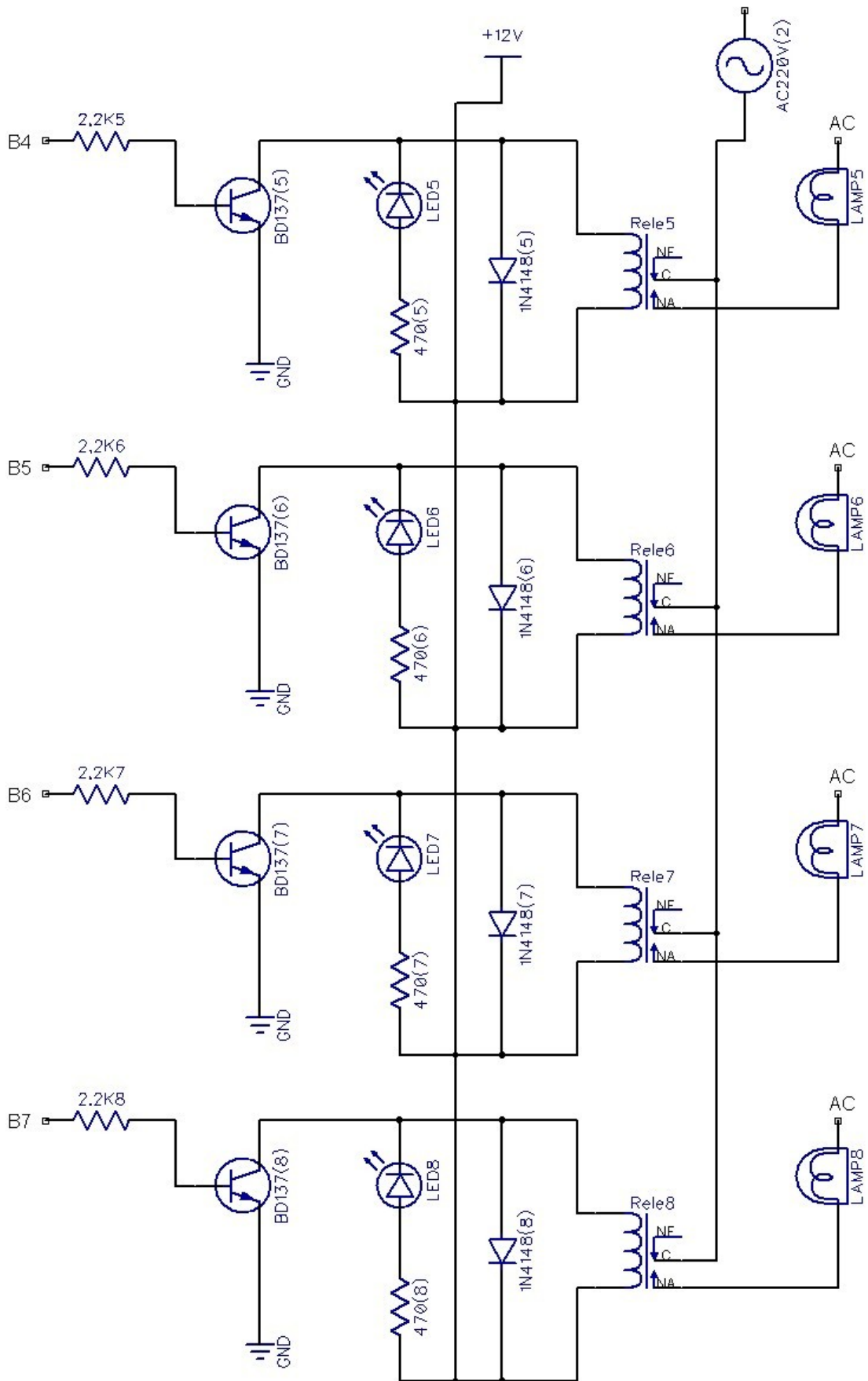


Figura 3C: Visão ampliada da 2ª parte do circuito acoplador

## APÊNDICE D — CÓDIGO FONTE DO PROGRAMA DE CONTROLE

### Unit1.cpp

```
//-----
//Projeto Final de Curso - Engenharia de Computação.
//Sistema de Automação Wireless para Controle de Dispositivos Autônomos.
//Alexandre Felipe Carvalho Sampaio.
//alexandre.fcs@gmail.com.
//Prof. Orientador: José Julimá Bezerra Júnior.
//julima.bezerra@gmail.com.
//Outubro de 2008.
//-----
#include <vcl.h>
#pragma hdrstop

#include "Unit1.h"
//-----
#pragma package(smart_init)
#pragma resource "*.dfm"
#define ON true
#define OFF false
#define DISP1 1
#define DISP2 2
#define DISP3 3
#define DISP4 4
#define DISP5 5
#define DISP6 6
#define DISP7 7
#define DISP8 8

#define BIT0 0
#define BIT1 1
#define BIT2 2
#define BIT3 3

TForm1 *Form1;
//Declaração de variáveis ponteiros para função.
typedef short _stdcall (*PtrInp)(short EndPorta);
typedef void _stdcall (*PtrOut)(short EndPorta, short datum);

HINSTANCE hLib; //Instância para a DLL inpout32.dll.
PtrInp inportB; //Instância para a função Imp32().
PtrOut outportB; //Instância para a função Out32().

unsigned char cmd=0; //Para controlar o Registro de Controle 0x37A.
unsigned char Nibble1=0; //Para armazenar o nibble do primeiro MC145027.
unsigned char Nibble2=0; //Para armazenar o nibble do segundo MC145027.
//-----
__fastcall TForm1::TForm1(TComponent* Owner)
```

```

        : TForm(Owner)
    {
    }
//-----
// Liga um bit de uma variável unsigned char.
//-----
unsigned char __fastcall LigaBit(unsigned char Valor, unsigned char Bit)
{
    unsigned char BitMask = 0x01;
    BitMask = (unsigned char)(BitMask << Bit); //desloca um certa quantidade p/ esquerda.
    if( (Valor & BitMask) == 0 ) //se bit desligado.
    {
        Valor = Valor ^ BitMask; //liga bit.
        return(Valor);
    }else
        return(Valor); //retorna sem modificar.
}
//-----
// Desliga um bit de uma variável unsigned char.
//-----
unsigned char __fastcall DesligaBit(unsigned char Valor, unsigned char Bit)
{
    unsigned char BitMask = 0x01;
    BitMask = (unsigned char)(BitMask << Bit); //desloca um certa quantidade p/ esquerda.
    if( (Valor & BitMask) == BitMask ) //se bit ligado.
    {
        Valor = Valor ^ BitMask; //desliga bit.
        return(Valor);
    }else
        return(Valor); //retorna sem modificar.
}
//-----
//Habilita ou desabilita a transmissão do dado no CI MC 145026.
void Transmite_TE(bool flag)
{
    if(flag == true)
    {
        cmd = LigaBit(cmd,0);
    }if(flag == false)
    {
        cmd = DesligaBit(cmd,0);
    }
    outportB(0x37A,cmd);
}
//-----
// Endereça o transmissor tornando o pino A5 do MC145026, "0" ou "1" para combinar um
novo endereço.
// Se for passado o parâmetro 1 para SeleccionaChip(1) o pino de endereço A5 será 1.
// Se for passado o parâmetro 0 para SeleccionaChip(0) o pino de endereço A5 será 0.
//-----

```

```

void SeleccionaChip(short int flag)
{
  if(flag == 1)
  {
    cmd = LigaBit(cmd,1); //Selecciona Chip 1;
  } else if(flag == 2){
    cmd = DesligaBit(cmd,1); //Selecciona Chip 2;
  }
  outportB(0x37A,cmd);
}
//-----
//Liga um dos pinos de dados dos Chips MC145027.
//-----
void LigaDispWireless(short int disp)
{
  switch(disp)
  {
    case DISP1: SeleccionaChip(1);
      Nibble1 = LigaBit(Nibble1,BIT3);
      outportB(0x378,Nibble1);
      Transmite_TE(ON); //Habilita a transmissão dos dados TE.
      break;
    case DISP2: SeleccionaChip(1);
      Nibble1 = LigaBit(Nibble1,BIT2);
      outportB(0x378,Nibble1);
      Transmite_TE(ON); //Habilita a transmissão dos dados TE.
      break;
    case DISP3: SeleccionaChip(1);
      Nibble1 = LigaBit(Nibble1,BIT1);
      outportB(0x378,Nibble1);
      Transmite_TE(ON); //Habilita a transmissão dos dados TE.
      break;
    case DISP4: SeleccionaChip(1);
      Nibble1 = LigaBit(Nibble1,BIT0);
      outportB(0x378,Nibble1);
      Transmite_TE(ON); //Habilita a transmissão dos dados TE.
      break;
    case DISP5: SeleccionaChip(2); //Segundo Chip - Nibble 2.
      Nibble2 = LigaBit(Nibble2,BIT3);
      outportB(0x378,Nibble2);
      Transmite_TE(ON); //Habilita a transmissão dos dados TE.
      break;
    case DISP6: SeleccionaChip(2);
      Nibble2 = LigaBit(Nibble2,BIT2);
      outportB(0x378,Nibble2);
      Transmite_TE(ON); //Habilita a transmissão dos dados TE.
      break;
    case DISP7: SeleccionaChip(2);
      Nibble2 = LigaBit(Nibble2,BIT1);
      outportB(0x378,Nibble2);
  }
}

```

```

        Transmite_TE(ON); //Habilita a transmissão dos dados TE.
        break;
    case DISP8: SeleccionaChip(2);
        Nibble2 = LigaBit(Nibble2,BIT0);
        outportB(0x378,Nibble2);
        Transmite_TE(ON); //Habilita a transmissão dos dados TE.
        break;
    }
    Transmite_TE(OFF);
}
//-----
//Desliga um dos pinos de dados dos Chips MC145027.
//-----
void DesligaDispWireless(short int disp)
{
    switch(disp)
    {
        case DISP1: SeleccionaChip(1);
            Nibble1 = DesligaBit(Nibble1,BIT3);
            outportB(0x378,Nibble1);
            Transmite_TE(ON); //Habilita a transmissão dos dados TE.
            break;
        case DISP2: SeleccionaChip(1);
            Nibble1 = DesligaBit(Nibble1,BIT2);
            outportB(0x378,Nibble1);
            Transmite_TE(ON); //Habilita a transmissão dos dados TE.
            break;
        case DISP3: SeleccionaChip(1);
            Nibble1 = DesligaBit(Nibble1,BIT1);
            outportB(0x378,Nibble1);
            Transmite_TE(ON); //Habilita a transmissão dos dados TE.
            break;
        case DISP4: SeleccionaChip(1);
            Nibble1 = DesligaBit(Nibble1,BIT0);
            outportB(0x378,Nibble1);
            Transmite_TE(ON); //Habilita a transmissão dos dados TE.
            break;
        case DISP5: SeleccionaChip(2); //Segundo Chip - Nibble 2.
            Nibble2 = DesligaBit(Nibble2,BIT3);
            outportB(0x378,Nibble2);
            Transmite_TE(ON); //Habilita a transmissão dos dados TE.
            break;
        case DISP6: SeleccionaChip(2);
            Nibble2 = DesligaBit(Nibble2,BIT2);
            outportB(0x378,Nibble2);
            Transmite_TE(ON); //Habilita a transmissão dos dados TE.
            break;
        case DISP7: SeleccionaChip(2);
            Nibble2 = DesligaBit(Nibble2,BIT1);
            outportB(0x378,Nibble2);

```



```

        Transmite_TE(ON); //Habilita a transmissão dos dados TE.
        break;
    case DISP8: SeleccionaChip(2);
        Nibble2 = DesligaBit(Nibble2,BIT0);
        outportB(0x378,Nibble2);
        Transmite_TE(ON); //Habilita a transmissão dos dados TE.
        break;
    }
    Transmite_TE(OFF);
}
//-----
void __fastcall TForm1::ButtDisp1Click(TObject *Sender)
{
    if(ButtDisp1->Down)
    {
        LigaDispWireless(DISP1);
    }else{
        DesligaDispWireless(DISP1);
    }
}
//-----
void __fastcall TForm1::ButtDisp2Click(TObject *Sender)
{
    if(ButtDisp2->Down)
    {
        LigaDispWireless(DISP2);
    }else{
        DesligaDispWireless(DISP2);
    }
}
//-----
void __fastcall TForm1::ButtDisp3Click(TObject *Sender)
{
    if(ButtDisp3->Down)
    {
        LigaDispWireless(DISP3);
    }else{
        DesligaDispWireless(DISP3);
    }
}
//-----
void __fastcall TForm1::ButtDisp4Click(TObject *Sender)
{
    if(ButtDisp4->Down)
    {
        LigaDispWireless(DISP4);
    }else{
        DesligaDispWireless(DISP4);
    }
}
}

```

```

//-----
void __fastcall TForm1::ButtDisp5Click(TObject *Sender)
{
    if(ButtDisp5->Down)
    {
        LigaDispWireless(DISP5);
    }else{
        DesligaDispWireless(DISP5);
    }
}
//-----
void __fastcall TForm1::ButtDisp6Click(TObject *Sender)
{
    if(ButtDisp6->Down)
    {
        LigaDispWireless(DISP6);
    }else{
        DesligaDispWireless(DISP6);
    }
}
//-----
void __fastcall TForm1::ButtDisp7Click(TObject *Sender)
{
    if(ButtDisp7->Down)
    {
        LigaDispWireless(DISP7);
    }else{
        DesligaDispWireless(DISP7);
    }
}
//-----
void __fastcall TForm1::ButtDisp8Click(TObject *Sender)
{
    if(ButtDisp8->Down)
    {
        LigaDispWireless(DISP8);
    }else{
        DesligaDispWireless(DISP8);
    }
}
//-----
void __fastcall TForm1::FormCreate(TObject *Sender)
{
    //Carrega a DLL na memória.
    hLib = LoadLibrary("inpout32.dll");

    if(hLib == NULL) //Se houve um erro.
    {
        ShowMessage("Erro. O arquivo inpout32.DLL não foi encontrado.");
        Application->Terminate(); //Finaliza o programa.
    }
}

```

```

}

//Obtém o endereço da função Inp32 contida na DLL.
inportB = (PtrInp) GetProcAddress(hLib, "Inp32");
if(inportB == NULL) //Se houve um erro.
{
    ShowMessage("Erro. Erro ao endereçar a função Inp32.");
    Application->Terminate(); //Finaliza o programa.
}

//Obtém o endereço da função Out32 contida na DLL.
outportB = (PtrOut) GetProcAddress(hLib, "Out32");
if(outportB == NULL) //Se houve um erro.
{
    ShowMessage("Erro. Erro ao endereçar a função Out32.");
    Application->Terminate(); //Finaliza o programa.
}

SelecionaChip(1);
Transmite_TE(OFF);
}
//-----
//Liga todos os botões de controle dos dispositivos.
//-----
void __fastcall TForm1::ButtLigaTodosClick(TObject *Sender)
{
    //Gera o efeito de pressionamento de todos os botões.
    ButtDisp1->Down = true;
    ButtDisp2->Down = true;
    ButtDisp3->Down = true;
    ButtDisp4->Down = true;
    ButtDisp5->Down = true;
    ButtDisp6->Down = true;
    ButtDisp7->Down = true;
    ButtDisp8->Down = true;

    Nibble1 = 0x0F; //00001111. Liga os primeiros 4 bits da variável Nibble1.
    SelecionaChip(1);
    outportB(0x378, Nibble1);
    Transmite_TE(ON); //Habilita a transmissão dos dados TE.
    Transmite_TE(OFF); //Desabilita a transmissão TE.
    Sleep(130); //Tempo necessário para mudar de endereço sem ocorrer problemas.
    Nibble2 = 0x0F; //00001111. Liga os primeiros 4 bits da variável Nibble2.
    SelecionaChip(2);
    outportB(0x378, Nibble2);
    Transmite_TE(ON); //Habilita a transmissão dos dados TE.
    Transmite_TE(OFF); //Desabilita a transmissão TE.
}
//-----
//Desliga todos os botões de controle dos dispositivos.

```

```
//-----
void __fastcall TForm1::ButtDesligaTodosClick(TObject *Sender)
{
    //Desliga todos os botões.
    ButtDisp1->Down = false;
    ButtDisp2->Down = false;
    ButtDisp3->Down = false;
    ButtDisp4->Down = false;
    ButtDisp5->Down = false;
    ButtDisp6->Down = false;
    ButtDisp7->Down = false;
    ButtDisp8->Down = false;

    Nibble1 = 0x00; //00000000. Desliga os bits da variável Nibble1.
    SeleccionaChip(1);
    outportB(0x378, Nibble1);
    Transmite_TE(ON); //Habilita a transmissão dos dados TE.
    Transmite_TE(OFF); //Desabilita a transmissão TE.
    Sleep(130); //Tempo necessário para mudar de endereço sem ocorrer problemas.
    Nibble2 = 0x00; //00000000. Desliga os bits da variável Nibble2.
    SeleccionaChip(2);
    outportB(0x378, Nibble2);
    Transmite_TE(ON); //Habilita a transmissão dos dados TE.
    Transmite_TE(OFF); //Desabilita a transmissão TE.
}
//-----
void __fastcall TForm1::FormCloseQuery(TObject *Sender, bool &CanClose)
{
    FreeLibrary(hLib); //Libera memória alocada pela DLL.
}
//-----
```

## Unit1.H

```
//-----
#ifndef Unit1H
#define Unit1H
//-----
#include <Classes.hpp>
#include <Controls.hpp>
#include <StdCtrls.hpp>
#include <Forms.hpp>
#include <Buttons.hpp>
#include <ExtCtrls.hpp>
#include <Graphics.hpp>
//-----
class TForm1 : public TForm
{
    __published: // IDE-managed Components
        TSpeedButton *ButtDisp1;
```

```

TSpeedButton *ButtDisp2;
TSpeedButton *ButtDisp3;
TSpeedButton *ButtDisp4;
TSpeedButton *ButtDisp5;
TSpeedButton *ButtDisp6;
TSpeedButton *ButtDisp7;
TSpeedButton *ButtDisp8;
TSpeedButton *ButtLigaTodos;
TSpeedButton *ButtDesligaTodos;
TBevel *Bevel1;
    TLabel *Label1;
    TLabel *Label2;
    TLabel *Label3;
    TLabel *Label4;
    TImage *Image1;
void __fastcall ButtDisp1Click(TObject *Sender);
void __fastcall ButtDisp2Click(TObject *Sender);
void __fastcall ButtDisp3Click(TObject *Sender);
void __fastcall ButtDisp4Click(TObject *Sender);
void __fastcall ButtDisp5Click(TObject *Sender);
void __fastcall ButtDisp6Click(TObject *Sender);
void __fastcall ButtDisp7Click(TObject *Sender);
void __fastcall ButtDisp8Click(TObject *Sender);
void __fastcall FormCreate(TObject *Sender);
void __fastcall ButtLigaTodosClick(TObject *Sender);
void __fastcall ButtDesligaTodosClick(TObject *Sender);
void __fastcall FormCloseQuery(TObject *Sender, bool &CanClose);
private:      // User declarations
public:      // User declarations
    __fastcall TForm1(TComponent* Owner);
};
//-----
extern PACKAGE TForm1 *Form1;
//-----
#endif

```

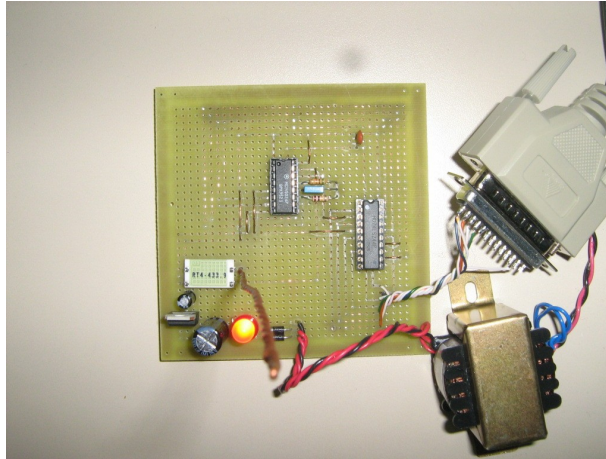
**APÊNDICE E — FIGURAS ILUSTRATIVAS DO CIRCUITO TRANSMISSOR**

Figura 1E: Vista superior do Circuito Transmissor

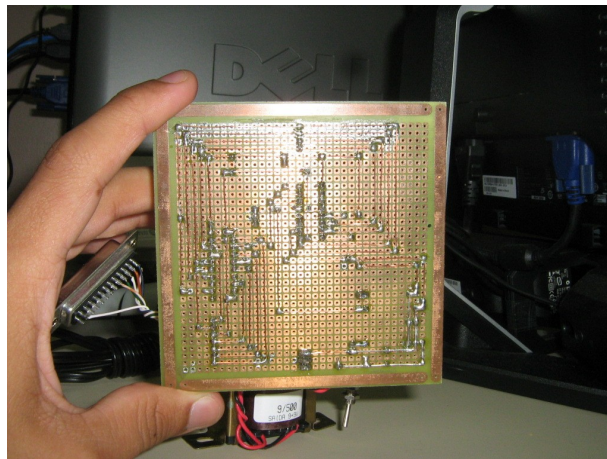


Figura 2E: Vista inferior do Circuito Transmissor

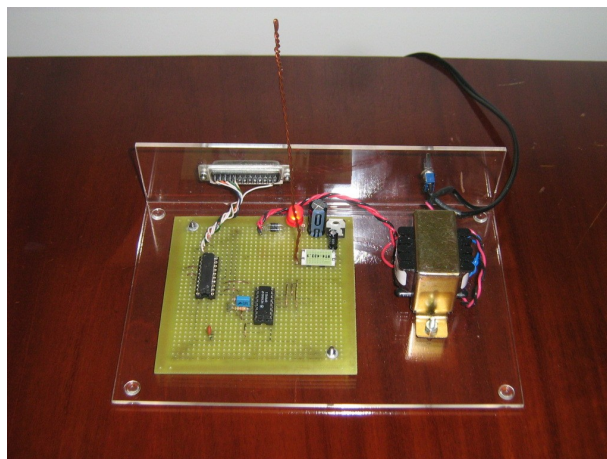


Figura 3E: Circuito Transmissor após colocação de suporte

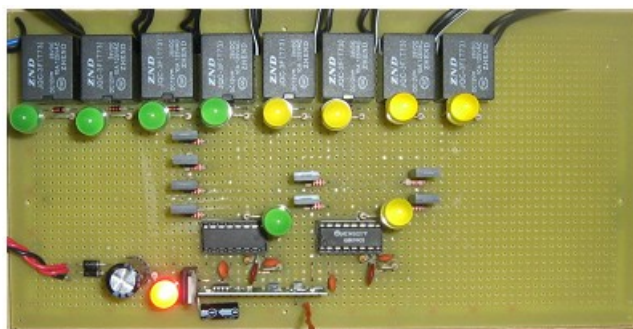
**APÊNDICE F — FIGURAS ILUSTRATIVAS DO CIRCUITO RECEPTOR**

Figura 1F: Vista superior do Circuito Receptor

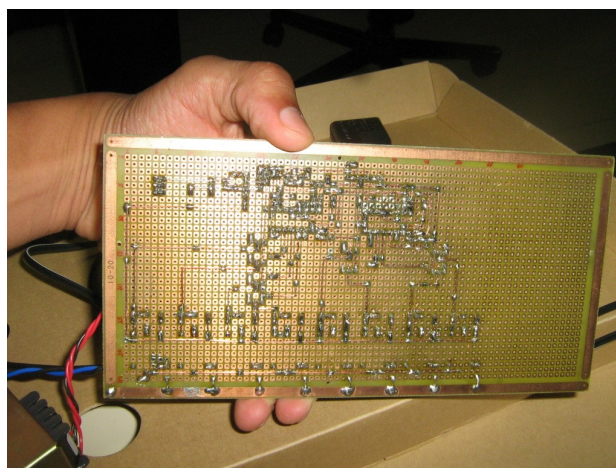


Figura 2F: Vista inferior do Circuito Receptor

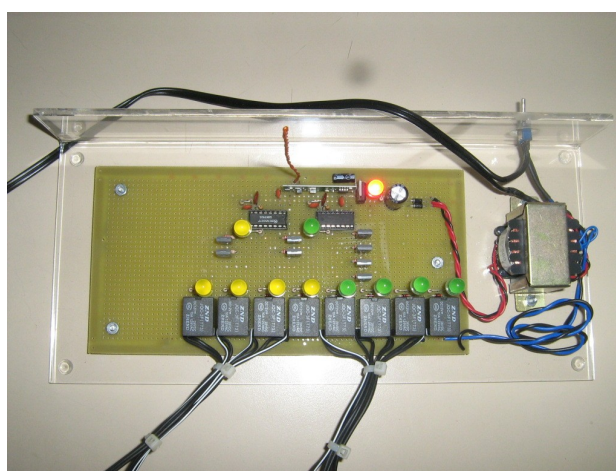


Figura 3F: Circuito Receptor após colocação de suporte

## ANEXOS

### ANEXO A — FOLHA DE DADOS DO TRANSMISSOR RT4



Radio Transmitter

#### RT4-XXX

Radio Transmitter Module with SAW Resonator and External Antenna



#### General description

The RT4-XXX is an hybrid circuit that allows to realize a complete radio transmitter adding a coding circuit.

It shows stable electric characteristics thanks to the "Thick film hybrid" technology.

XXX : working frequency (315, 418, 433.92 MHz)

I-ETS 300 220 Compliance (RT4-433.92-IETS)

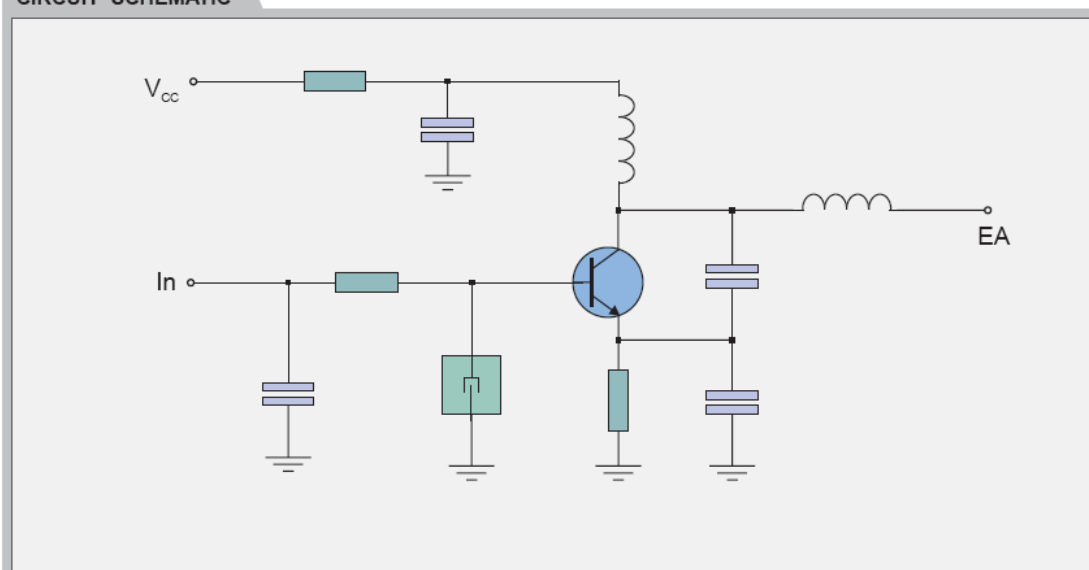
#### Features

- High Reliability
- DIL Package

#### Applications

- Wireless security systems
- Car Alarm systems
- Remote gate controls
- Sensor reporting

#### CIRCUIT SCHEMATIC





**Electrical Characteristics**

Ta = 25°C unless otherwise specified

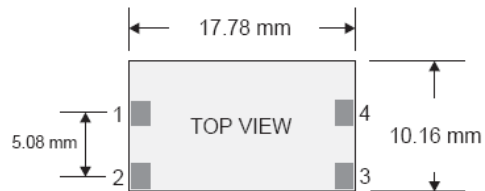
CHARACTERISTICS		MIN	TYP	MAX	UNIT
V <sub>cc</sub>	Supply Voltage	2		14	VDC
I <sub>s</sub>	Supply Current (V <sub>cc</sub> =5V IN=1KHz Square Wave)		4		mA
F <sub>w</sub>	Working Frequency	303.8		433.92	MHz
P <sub>o</sub>	RF Output Power into 50Ω (Vi=5V, Vcc=12V)		7	10	dBm
	Harmonic Spurious Emission		-30		dBc
V <sub>ih</sub>	Input High Voltage	2		V <sub>cc</sub>	V
	Max Data Rate			4	KHz
T <sub>op</sub>	Operating Temperature Range	-25		+80	°C

Typically, equipment utilizing this device requires emissions testing and government approval, which is the responsibility of the equipment manufacturer.

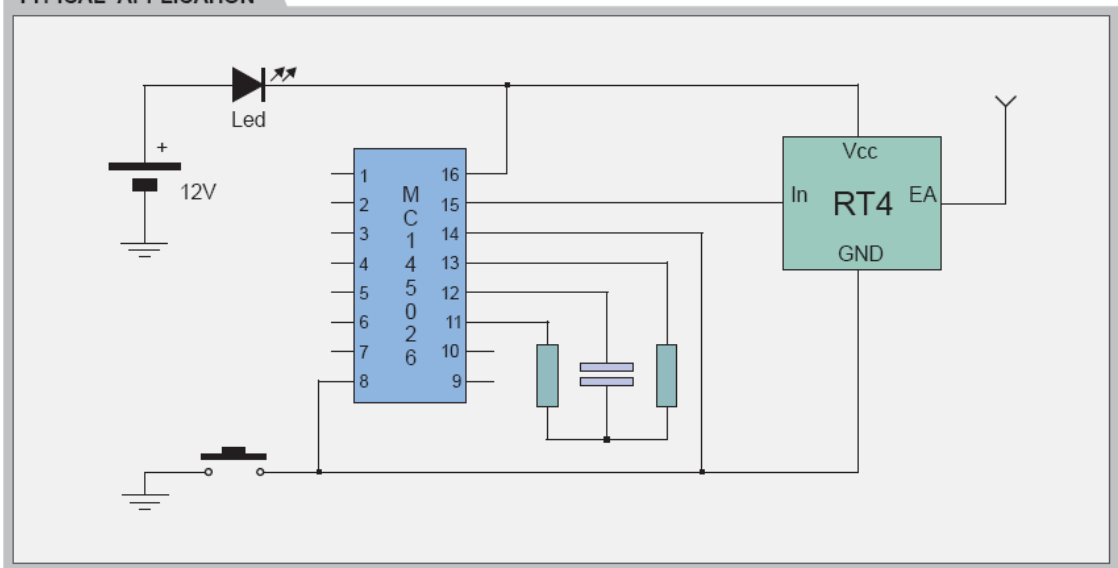
**Pin Description**

- 1 V<sub>cc</sub> Supply Voltage
- 2 GND Ground
- 3 IN Modulation Input
- 4 EA External Antenna

**Mechanical Dimensions**



**TYPICAL APPLICATION**



**HEAD OFFICE & PLANT**

Via Naz. delle Puglie 177  
 80026 Casoria (NA), Italy  
 Tel: +39 081 7599033  
 Fax: +39 081 7596494

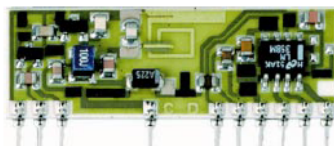
## ANEXO B — FOLHA DE DADOS DO RECEPTOR RR3



Radio Receiver

**RR3-XXX**

Super Regenerative Radio Receiver With Laser Trimmed Inductor

**General description**

The RR3-XXX is a super regenerative data receiver. Sensitivity typically exceeds  $-100\text{dBm}$  ( $2.2\mu\text{Vrms}$ ) when matched to 50 ohm.

It shows high frequency stability also in presence of mechanical vibrations, manual handling and in a wide range of temperature.

The frequency accuracy is very high thanks to laser trimming process. PATENTED.

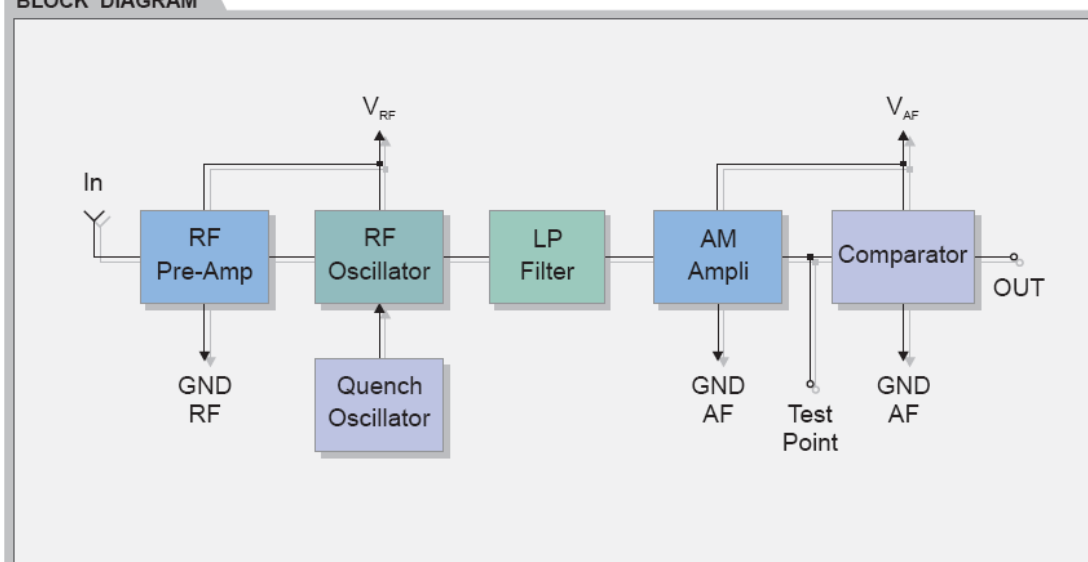
**I-ETS 300-220 Compliance (RR3-418, RR3-433.92)**  
**FCC 15/C Compliance (RR3-315)**

**XXX:** custom-specified working frequency  
 (200 ÷ 450 MHz)

Standard European and U.S. frequencies (315MHz, 418MHz, 433.92MHz) are readily available from stock.

**Applications**

- Home security systems
- Car Alarm systems
- Remote gate controls
- Sensor reporting

**BLOCK DIAGRAM**

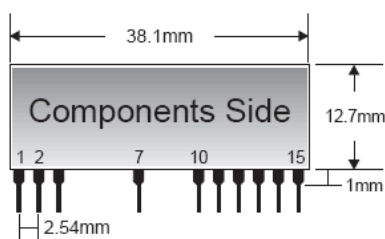
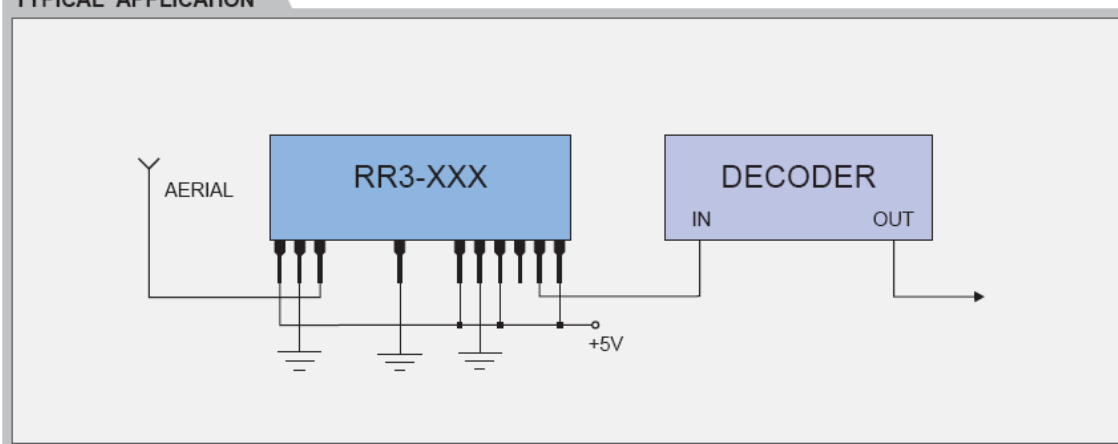
**Electrical Characteristics**

Ta = 25°C unless otherwise specified

CHARACTERISTICS		MIN	TYP	MAX	UNIT
V <sub>RF</sub>	RF Supply Voltage	4.5	5	5.5	VDC
V <sub>AF</sub>	AF Supply Voltage	4.5	5	5.5	VDC
I <sub>s</sub>	Supply Current		2.5	3	mA
F <sub>w</sub>	Working Frequency	200		450	MHz
	Tuning Tolerance		±0.2	±0.5	MHz
B <sub>w</sub>	-3dB Bandwidth		±2	±3	MHz
	Max Data Rate			2	KHz
	RF Sensitivity (100% AM)	-100	-105		dBm
	Level of Emitted Spectrum		-65	-60	dBm
V <sub>ol</sub>	Low-Level Output Voltage			0.6	V
V <sub>oh</sub>	High-Level Output Voltage	3.6			V
T <sub>op</sub>	Operating Temperature Range	-25		+80	°C

**Pin Description**

1	RF +V <sub>cc</sub>	9	NC
2	RF GND	10	AF +V <sub>cc</sub>
3	IN	11	AF GND
4	NC	12	AF +V <sub>cc</sub>
5	NC	13	Test Point
6	NC	14	OUT
7	RF GND	15	AF +V <sub>cc</sub>
8	NC		

**Mechanical Dimensions****TYPICAL APPLICATION**

## ANEXO C — FOLHA DE DADOS DO CI SN74LS244

**SN74LS240 SN74LS244****Octal Buffer/Line Driver  
with 3-State Outputs**

The SN74LS240 and SN74LS244 are Octal Buffers and Line Drivers designed to be employed as memory address drivers, clock drivers and bus-oriented transmitters/receivers which provide improved PC board density.

- Hysteresis at Inputs to Improve Noise Margins
- 3-State Outputs Drive Bus Lines or Buffer Memory Address Registers
- Input Clamp Diodes Limit High-Speed Termination Effects

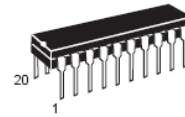
**GUARANTEED OPERATING RANGES**

Symbol	Parameter	Min	Typ	Max	Unit
$V_{CC}$	Supply Voltage	4.75	5.0	5.25	V
$T_A$	Operating Ambient Temperature Range	0	25	70	°C
$I_{OH}$	Output Current – High			-3.0	mA
				-15	mA
$I_{OL}$	Output Current – Low			24	mA

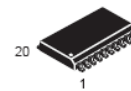


**ON Semiconductor**  
Formerly a Division of Motorola  
<http://onsemi.com>

**LOW  
POWER  
SCHOTTKY**



PLASTIC  
N SUFFIX  
CASE 738



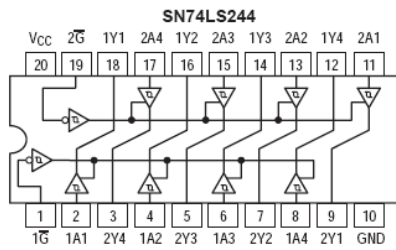
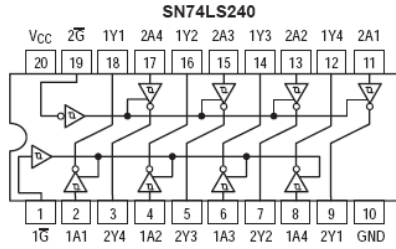
SOIC  
DW SUFFIX  
CASE 751D

**ORDERING INFORMATION**

Device	Package	Shipping
SN74LS240N	16 Pin DIP	1440 Units/Box
SN74LS240DW	16 Pin	2500/Tape & Reel
SN74LS244N	16 Pin DIP	1440 Units/Box
SN74LS244DW	16 Pin	2500/Tape & Reel

**SN74LS240 SN74LS244**

**LOGIC AND CONNECTION DIAGRAMS DIP (TOP VIEW)**



**TRUTH TABLES**

**SN74LS240**

INPUTS		OUTPUT
1G, 2G	D	
L	L	H
L	H	L
H	X	(Z)

**SN74LS244**

INPUTS		OUTPUT
1G, 2G	D	
L	L	L
L	H	H
H	X	(Z)

H = HIGH Voltage Level  
 L = LOW Voltage Level  
 X = Immaterial  
 Z = HIGH Impedance

## SN74LS240 SN74LS244

## DC CHARACTERISTICS OVER OPERATING TEMPERATURE RANGE (unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Limits			Unit	Test Conditions
		Min	Typ	Max		
$V_{IH}$	Input HIGH Voltage	2.0			V	Guaranteed Input HIGH Voltage for All Inputs
$V_{IL}$	Input LOW Voltage			0.8	V	Guaranteed Input LOW Voltage for All Inputs
$V_{T+}-V_{T-}$	Hysteresis	0.2	0.4		V	$V_{CC} = \text{MIN}$
$V_{IK}$	Input Clamp Diode Voltage		-0.65	-1.5	V	$V_{CC} = \text{MIN}$ , $I_{IN} = -18 \text{ mA}$
$V_{OH}$	Output HIGH Voltage	2.4	3.4		V	$V_{CC} = \text{MIN}$ , $I_{OH} = -3.0 \text{ mA}$
		2.0			V	$V_{CC} = \text{MIN}$ , $I_{OH} = \text{MAX}$
$V_{OL}$	Output LOW Voltage		0.25	0.4	V	$I_{OL} = 12 \text{ mA}$ $V_{CC} = V_{CC \text{ MIN}}$ , $V_{IN} = V_{IL} \text{ or } V_{IH}$ per Truth Table
			0.35	0.5	V	$I_{OL} = 24 \text{ mA}$
$I_{OZH}$	Output Off Current HIGH			20	$\mu\text{A}$	$V_{CC} = \text{MAX}$ , $V_{OUT} = 2.7 \text{ V}$
$I_{OZL}$	Output Off Current LOW			-20	$\mu\text{A}$	$V_{CC} = \text{MAX}$ , $V_{OUT} = 0.4 \text{ V}$
$I_{IH}$	Input HIGH Current			20	$\mu\text{A}$	$V_{CC} = \text{MAX}$ , $V_{IN} = 2.7 \text{ V}$
				0.1	mA	$V_{CC} = \text{MAX}$ , $V_{IN} = 7.0 \text{ V}$
$I_{IL}$	Input LOW Current			-0.2	mA	$V_{CC} = \text{MAX}$ , $V_{IN} = 0.4 \text{ V}$
$I_{OS}$	Output Short Circuit Current (Note 1)	-40		-225	mA	$V_{CC} = \text{MAX}$
$I_{CC}$	Power Supply Current Total, Output HIGH			27	mA	$V_{CC} = \text{MAX}$
	Total, Output LOW	LS240		44		
		LS244		46		
	Total at HIGH Z	LS240		50		
		LS244		54		

Note 1: Not more than one output should be shorted at a time, nor for more than 1 second.

AC CHARACTERISTICS ( $T_A = 25^\circ\text{C}$ ,  $V_{CC} = 5.0 \text{ V}$ )

Symbol	Parameter	Limits			Unit	Test Conditions
		Min	Typ	Max		
$t_{PLH}$ $t_{PHL}$	Propagation Delay, Data to Output LS240		9.0 12	14 18	ns	$C_L = 45 \text{ pF}$ , $R_L = 667 \Omega$
$t_{PLH}$ $t_{PHL}$	Propagation Delay, Data to Output LS244		12 12	18 18	ns	
$t_{PZH}$	Output Enable Time to HIGH Level		15	23	ns	
$t_{PZL}$	Output Enable Time to LOW Level		20	30	ns	
$t_{PLZ}$ $t_{PHZ}$	Output Disable Time from LOW Level Output Disable Time from HIGH Level		15 10	25 18	ns	

SN74LS240 SN74LS244

AC WAVEFORMS

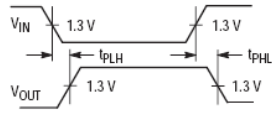


Figure 1.

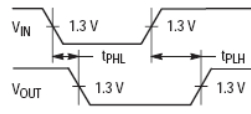


Figure 2.

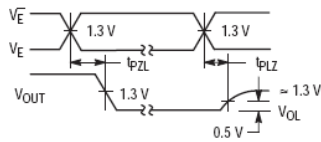


Figure 3.

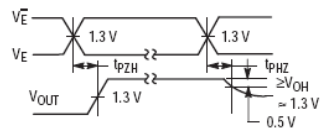
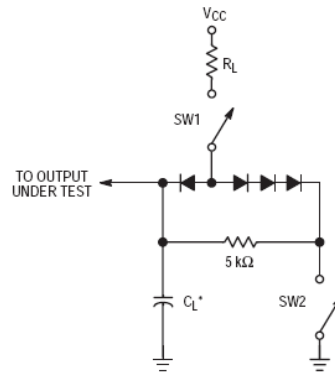


Figure 4.



SWITCH POSITIONS

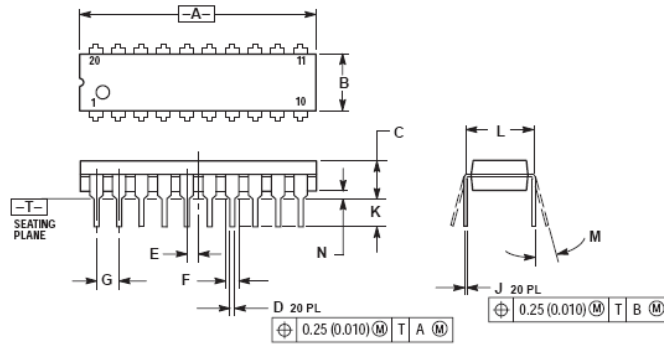
SYMBOL	SW1	SW2
$t_{PZH}$	Open	Closed
$t_{PZL}$	Closed	Open
$t_{PLZ}$	Closed	Closed
$t_{PHZ}$	Closed	Closed

Figure 5.

SN74LS240 SN74LS244

PACKAGE DIMENSIONS

N SUFFIX  
 PLASTIC PACKAGE  
 CASE 738-03  
 ISSUE E



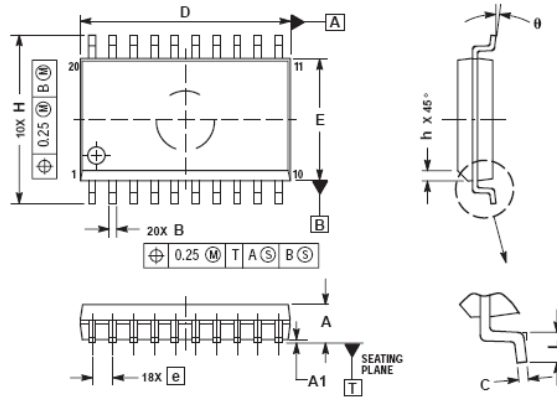
- NOTES:
1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
  2. CONTROLLING DIMENSION: INCH.
  3. DIMENSION L TO CENTER OF LEAD WHEN FORMED PARALLEL.
  4. DIMENSION B DOES NOT INCLUDE MOLD FLASH.

DIM	INCHES		MILLIMETERS	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	1.010	1.070	25.66	27.17
B	0.240	0.260	6.10	6.60
C	0.150	0.180	3.81	4.57
D	0.015	0.022	0.39	0.55
E	0.050 BSC		1.27 BSC	
F	0.050	0.070	1.27	1.77
G	0.100 BSC		2.54 BSC	
J	0.008	0.015	0.21	0.38
K	0.110	0.140	2.80	3.55
L	0.300 BSC		7.62 BSC	
M	0° - 15°		0° - 15°	
N	0.020	0.040	0.51	1.01



SN74LS240 SN74LS244

D SUFFIX  
 PLASTIC SOIC PACKAGE  
 CASE 751D-05  
 ISSUE F




- NOTES:
1. DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS.
  2. INTERPRET DIMENSIONS AND TOLERANCES PER ASME Y14.5M, 1994.
  3. DIMENSIONS D AND E DO NOT INCLUDE MOLD PROTRUSION.
  4. MAXIMUM MOLD PROTRUSION 0.15 PER SIDE.
  5. DIMENSION B DOES NOT INCLUDE DAMBAR PROTRUSION. ALLOWABLE PROTRUSION SHALL BE 0.13 TOTAL IN EXCESS OF B DIMENSION AT MAXIMUM MATERIAL CONDITION.

DIM	MILLIMETERS	
	MIN	MAX
A	2.35	2.65
A1	0.10	0.25
B	0.35	0.49
C	0.23	0.32
D	12.65	12.95
E	7.40	7.60
e	1.27 BSC	
H	10.05	10.55
h	0.25	0.75
L	0.50	0.90
θ	0°	7°

SN74LS240 SN74LS244

**Notes**

## SN74LS240 SN74LS244

ON Semiconductor and  are trademarks of Semiconductor Components Industries, LLC (SCILLC). SCILLC reserves the right to make changes without further notice to any products herein. SCILLC makes no warranty, representation or guarantee regarding the suitability of its products for any particular purpose, nor does SCILLC assume any liability arising out of the application or use of any product or circuit, and specifically disclaims any and all liability, including without limitation special, consequential or incidental damages. "Typical" parameters which may be provided in SCILLC data sheets and/or specifications can and do vary in different applications and actual performance may vary over time. All operating parameters, including "Typicals" must be validated for each customer application by customer's technical experts. SCILLC does not convey any license under its patent rights nor the rights of others. SCILLC products are not designed, intended, or authorized for use as components in systems intended for surgical implant into the body, or other applications intended to support or sustain life, or for any other application in which the failure of the SCILLC product could create a situation where personal injury or death may occur. Should Buyer purchase or use SCILLC products for any such unintended or unauthorized application, Buyer shall indemnify and hold SCILLC and its officers, employees, subsidiaries, affiliates, and distributors harmless against all claims, costs, damages, and expenses, and reasonable attorney fees arising out of, directly or indirectly, any claim of personal injury or death associated with such unintended or unauthorized use, even if such claim alleges that SCILLC was negligent regarding the design or manufacture of the part. SCILLC is an Equal Opportunity/Affirmative Action Employer.

**PUBLICATION ORDERING INFORMATION****North America Literature Fulfillment:**

Literature Distribution Center for ON Semiconductor  
P.O. Box 5163, Denver, Colorado 80217 USA  
Phone: 303-675-2175 or 800-344-3860 Toll Free USA/Canada  
Fax: 303-675-2176 or 800-344-3867 Toll Free USA/Canada  
Email: ONlit@hibbertco.com

**N. American Technical Support:** 800-282-9855 Toll Free USA/Canada

**EUROPE:** LDC for ON Semiconductor – European Support

**German Phone:** (+1) 303-308-7140 (M-F 2:30pm to 5:00pm Munich Time)  
Email: ONlit-german@hibbertco.com

**French Phone:** (+1) 303-308-7141 (M-F 2:30pm to 5:00pm Toulouse Time)  
Email: ONlit-french@hibbertco.com

**English Phone:** (+1) 303-308-7142 (M-F 1:30pm to 5:00pm UK Time)  
Email: ONlit@hibbertco.com

**ASIA/PACIFIC:** LDC for ON Semiconductor – Asia Support

**Phone:** 303-675-2121 (Tue-Fri 9:00am to 1:00pm, Hong Kong Time)  
Toll Free from Hong Kong 800-4422-3781  
Email: ONlit-asia@hibbertco.com

**JAPAN:** ON Semiconductor, Japan Customer Focus Center  
4-32-1 Nishi-Gotanda, Shinagawa-ku, Tokyo, Japan 141-8549  
Phone: 81-3-5487-8345  
Email: r14153@onsemi.com

**Fax Response Line:** 303-675-2167  
800-344-3810 Toll Free USA/Canada

**ON Semiconductor Website:** <http://onsemi.com>

For additional information, please contact your local  
Sales Representative.

SN74LS240/D

This datasheet has been downloaded from:

[www.DatasheetCatalog.com](http://www.DatasheetCatalog.com)

Datasheets for electronic components.

ANEXO D — FOLHA DE DADOS DOS CI's MC145026/MC145027

**MOTOROLA**  
SEMICONDUCTOR TECHNICAL DATA

Order this document  
by MC145026/D

**Encoder and Decoder Pairs**  
**CMOS**

These devices are designed to be used as encoder/decoder pairs in remote control applications.

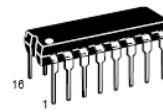
The MC145026 encodes nine lines of information and serially sends this information upon receipt of a transmit enable ( $\overline{TE}$ ) signal. The nine lines may be encoded with trinary data (low, high, or open) or binary data (low or high). The words are transmitted twice per encoding sequence to increase security.

The MC145027 decoder receives the serial stream and interprets five of the trinary digits as an address code. Thus, 243 addresses are possible. If binary data is used at the encoder, 32 addresses are possible. The remaining serial information is interpreted as four bits of binary data. The valid transmission (VT) output goes high on the MC145027 when two conditions are met. First, two addresses must be consecutively received (in one encoding sequence) which both match the local address. Second, the 4 bits of data must match the last valid data received. The active VT indicates that the information at the Data output pins has been updated.

The MC145028 decoder treats all nine trinary digits as an address which allows 19,683 codes. If binary data is encoded, 512 codes are possible. The VT output goes high on the MC145028 when two addresses are consecutively received (in one encoding sequence) which both match the local address.

- Operating Temperature Range: - 40 to + 85°C
- Very-Low Standby Current for the Encoder: 300 nA Maximum @ 25°C
- Interfaces with RF, Ultrasonic, or Infrared Modulators and Demodulators
- RC Oscillator, No Crystal Required
- High External Component Tolerance; Can Use  $\pm 5\%$  Components
- Internal Power-On Reset Forces All Decoder Outputs Low
- Operating Voltage Range: MC145026 = 2.5 to 18 V\*  
MC145027, MC145028 = 4.5 to 18 V
- For Infrared Applications, See Application Note AN1016/D

**MC145026**  
**MC145027**  
**MC145028**



**P SUFFIX**  
PLASTIC DIP  
CASE 648



**D SUFFIX**  
SOG PACKAGE  
CASE 751B

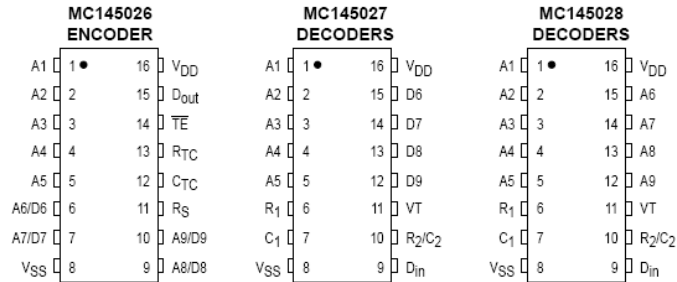


**DW SUFFIX**  
SOG PACKAGE  
CASE 751G

**ORDERING INFORMATION**

MC145026P	Plastic DIP
MC145026D	SOG Package
MC145027P	Plastic DIP
MC145027DW	SOG Package
MC145028P	Plastic DIP
MC145028DW	SOG Package

**PIN ASSIGNMENTS**



REV 3  
1/98

© Motorola, Inc. 1998



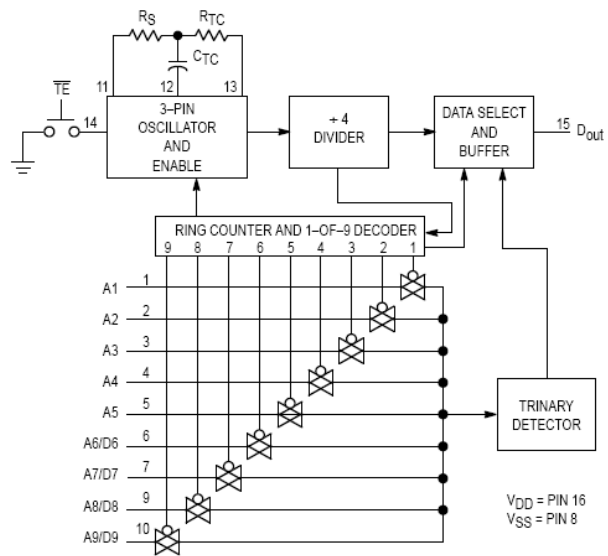


Figure 1. MC145026 Encoder Block Diagram

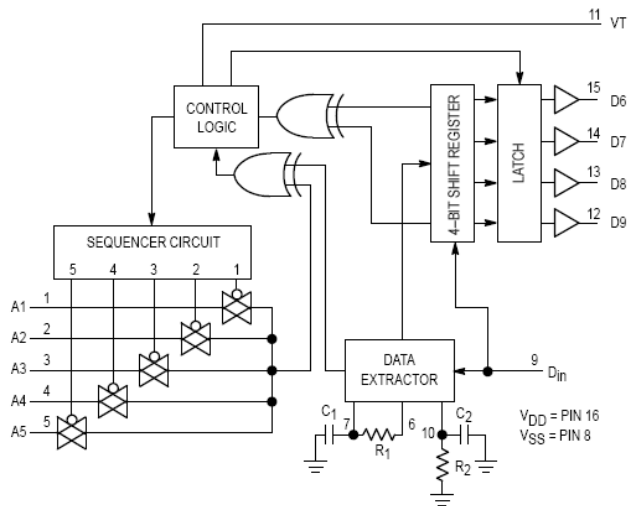


Figure 2. MC145027 Decoder Block Diagram

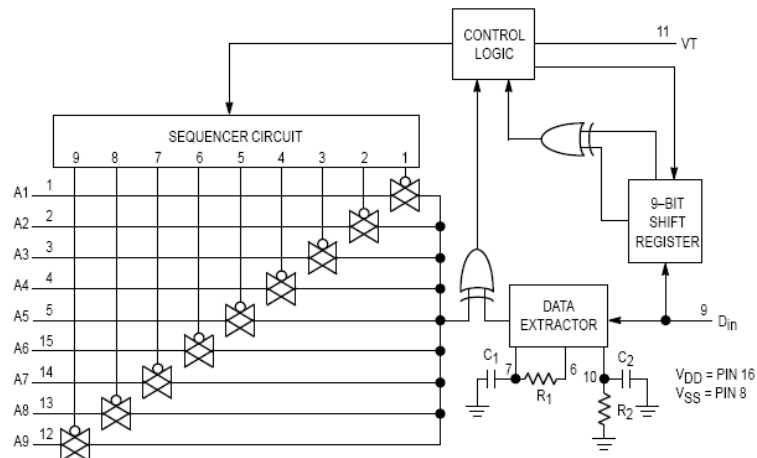


Figure 3. MC145028 Decoder Block Diagram

**MAXIMUM RATINGS\*** (Voltages Referenced to  $V_{SS}$ )

Rating	Symbol	Value	Unit
$V_{DD}$	DC Supply Voltage (except SC41343, SC41344)	- 0.5 to + 18	V
$V_{DD}$	DC Supply Voltage (SC41343, SC41344 only)	- 0.5 to + 10	V
$V_{in}$	DC Input Voltage	- 0.5 to $V_{DD} + 0.5$	V
$V_{out}$	DC Output Voltage	- 0.5 to $V_{DD} + 0.5$	V
$I_{in}$	DC Input Current, per Pin	$\pm 10$	mA
$I_{out}$	DC Output Current, per Pin	$\pm 10$	mA
$P_D$	Power Dissipation, per Package	500	mW
$T_{stg}$	Storage Temperature	- 65 to + 150	$^{\circ}C$
$T_L$	Lead Temperature, 1 mm from Case for 10 Seconds	260	$^{\circ}C$

\* Maximum Ratings are those values beyond which damage to the device may occur. Functional operation should be restricted to the limits in the Electrical Characteristics tables or Pin Descriptions section.

This device contains protection circuitry to guard against damage due to high static voltages or electric fields. However, precautions must be taken to avoid applications of any voltage higher than maximum rated voltages to this high-impedance circuit. For proper operation,  $V_{in}$  and  $V_{out}$  should be constrained to the range  $V_{SS} \leq (V_{in} \text{ or } V_{out}) \leq V_{DD}$ .

ELECTRICAL CHARACTERISTICS — MC145026\*, MC145027, and MC145028 (Voltage Referenced to  $V_{SS}$ )

Symbol	Characteristic	$V_{DD}$ V	Guaranteed Limit						Unit
			- 40°C		25°C		85°C		
			Min	Max	Min	Max	Min	Max	
$V_{OL}$	Low-Level Output Voltage ( $V_{in} = V_{DD}$ or 0)	5.0	—	0.05	—	0.05	—	0.05	V
		10	—	0.05	—	0.05	—	0.05	
		15	—	0.05	—	0.05	—	0.05	
$V_{OH}$	High-Level Output Voltage ( $V_{in} = 0$ or $V_{DD}$ )	5.0	4.95	—	4.95	—	4.95	—	V
		10	9.95	—	9.95	—	9.95	—	
		15	14.95	—	14.95	—	14.95	—	
$V_{IL}$	Low-Level Input Voltage ( $V_{out} = 4.5$ or $0.5$ V) ( $V_{out} = 9.0$ or $1.0$ V) ( $V_{out} = 13.5$ or $1.5$ V)	5.0	—	1.5	—	1.5	—	1.5	V
		10	—	3.0	—	3.0	—	3.0	
		15	—	4.0	—	4.0	—	4.0	
$V_{IH}$	High-Level Input Voltage ( $V_{out} = 0.5$ or $4.5$ V) ( $V_{out} = 1.0$ or $9.0$ V) ( $V_{out} = 1.5$ or $13.5$ V)	5.0	3.5	—	3.5	—	3.5	—	V
		10	7.0	—	7.0	—	7.0	—	
		15	11	—	11	—	11	—	
$I_{OH}$	High-Level Output Current ( $V_{out} = 2.5$ V) ( $V_{out} = 4.6$ V) ( $V_{out} = 9.5$ V) ( $V_{out} = 13.5$ V)	5.0	-2.5	—	-2.1	—	-1.7	—	mA
		5.0	-0.52	—	-0.44	—	-0.36	—	
		10	-1.3	—	-1.1	—	-0.9	—	
		15	-3.6	—	-3.0	—	-2.4	—	
$I_{OL}$	Low-Level Output Current ( $V_{out} = 0.4$ V) ( $V_{out} = 0.5$ V) ( $V_{out} = 1.5$ V)	5.0	0.52	—	0.44	—	0.36	—	mA
		10	1.3	—	1.1	—	0.9	—	
		15	3.6	—	3.0	—	2.4	—	
$I_{in}$	Input Current — $\overline{TE}$ (MC145026, Pull-Up Device)	5.0	—	—	3.0	11	—	—	$\mu$ A
		10	—	—	16	60	—	—	
		15	—	—	35	120	—	—	
$I_{in}$	Input Current $R_S$ (MC145026), $D_{in}$ (MC145027, MC145028)	15	—	$\pm 0.3$	—	$\pm 0.3$	—	$\pm 1.0$	$\mu$ A
$I_{in}$	Input Current A1 – A5, A6/D6 – A9/D9 (MC145026), A1 – A5 (MC145027), A1 – A9 (MC145028)	5.0	—	—	—	$\pm 110$	—	—	$\mu$ A
		10	—	—	—	$\pm 500$	—	—	
		15	—	—	—	$\pm 1000$	—	—	
$C_{in}$	Input Capacitance ( $V_{in} = 0$ )	—	—	—	—	7.5	—	—	pF
$I_{DD}$	Quiescent Current — MC145026	5.0	—	—	—	0.1	—	—	$\mu$ A
		10	—	—	—	0.2	—	—	
		15	—	—	—	0.3	—	—	
$I_{DD}$	Quiescent Current — MC145027, MC145028	5.0	—	—	—	50	—	—	$\mu$ A
		10	—	—	—	100	—	—	
		15	—	—	—	150	—	—	
$I_{dd}$	Dynamic Supply Current — MC145026 ( $f_c = 20$ kHz)	5.0	—	—	—	200	—	—	$\mu$ A
		10	—	—	—	400	—	—	
		15	—	—	—	600	—	—	
$I_{dd}$	Dynamic Supply Current — MC145027, MC145028 ( $f_c = 20$ kHz)	5.0	—	—	—	400	—	—	$\mu$ A
		10	—	—	—	800	—	—	
		15	—	—	—	1200	—	—	

\* Also see next Electrical Characteristics table for 2.5 V specifications.



**ELECTRICAL CHARACTERISTICS — MC145026** (Voltage Referenced to  $V_{SS}$ )

Symbol	Characteristic	$V_{DD}$ V	Guaranteed Limit						Unit
			-40°C		25°C		85°C		
			Min	Max	Min	Max	Min	Max	
$V_{OL}$	Low-Level Output Voltage ( $V_{in} = 0$ V or $V_{DD}$ )	2.5	—	0.05	—	0.05	—	0.05	V
$V_{OH}$	High-Level Output Voltage ( $V_{in} = 0$ V or $V_{DD}$ )	2.5	2.45	—	2.45	—	2.45	—	V
$V_{IL}$	Low-Level Input Voltage ( $V_{out} = 0.5$ V or 2.0 V)	2.5	—	0.3	—	0.3	—	0.3	V
$V_{IH}$	High-Level Input Voltage ( $V_{out} = 0.5$ V or 2.0 V)	2.5	2.2	—	2.2	—	2.2	—	V
$I_{OH}$	High-Level Output Current ( $V_{out} = 1.25$ V)	2.5	0.28	—	0.25	—	0.2	—	mA
$I_{OL}$	Low-Level Output Current ( $V_{out} = 0.4$ V)	2.5	0.22	—	0.2	—	0.16	—	mA
$I_{in}$	Input Current ( $\overline{TE}$ — Pull-Up Device)	2.5	—	—	0.09	1.8	—	—	$\mu$ A
$I_{in}$	Input Current (A1–A5, A6/D6–A9/D9)	2.5	—	—	—	$\pm 25$	—	—	$\mu$ A
$I_{DD}$	Quiescent Current	2.5	—	—	—	0.05	—	—	$\mu$ A
$I_{dd}$	Dynamic Supply Current ( $f_c = 20$ kHz)	2.5	—	—	—	40	—	—	$\mu$ A

**SWITCHING CHARACTERISTICS — MC145026\*, MC145027, and MC145028** ( $C_L = 50$  pF,  $T_A = 25^\circ\text{C}$ )

Symbol	Characteristic	Figure No.	$V_{DD}$	Guaranteed Limit		Unit
				Min	Max	
$t_{TLH}, t_{THL}$	Output Transition Time	4, 8	5.0 10 15	— — —	200 100 80	ns
$t_r$	$D_{in}$ Rise Time — Decoders	5	5.0 10 15	— — —	15 15 15	$\mu$ s
$t_f$	$D_{in}$ Fall Time — Decoders	5	5.0 10 15	— — —	15 5.0 4.0	$\mu$ s
$f_{osc}$	Encoder Clock Frequency	6	5.0 10 15	0.001 0.001 0.001	2.0 5.0 10	MHz
$f$	Decoder Frequency — Referenced to Encoder Clock	12	5.0 10 15	1.0 1.0 1.0	240 410 450	kHz
$t_w$	$\overline{TE}$ Pulse Width — Encoders	7	5.0 10 15	65 30 20	— — —	ns

\* Also see next Switching Characteristics table for 2.5 V specifications.

**SWITCHING CHARACTERISTICS — MC145026** ( $C_L = 50$  pF,  $T_A = 25^\circ\text{C}$ )

Symbol	Characteristic	Figure No.	$V_{DD}$	Guaranteed Limit		Unit
				Min	Max	
$t_{TLH}, t_{THL}$	Output Transition Time	4, 8	2.5	—	450	ns
$f_{osc}$	Encoder Clock Frequency	6	2.5	1.0	250	kHz
$t_w$	$\overline{TE}$ Pulse Width	7	2.5	1.5	—	$\mu$ s

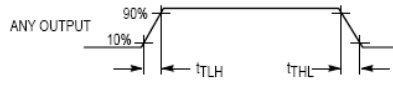


Figure 4.

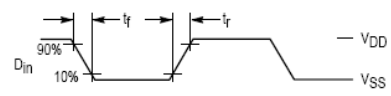


Figure 5.

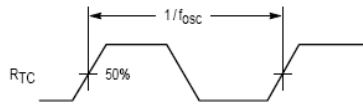


Figure 6.

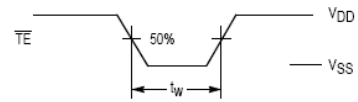
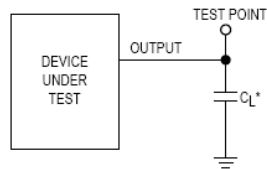


Figure 7.



\* Includes all probe and fixture capacitance.

Figure 8. Test Circuit

## OPERATING CHARACTERISTICS

## MC145026

The encoder serially transmits trinary data as defined by the state of the A1 – A5 and A6/D6 – A9/D9 input pins. These pins may be in either of three states (low, high, or open) allowing 19,683 possible codes. The transmit sequence is initiated by a low level on the  $\overline{\text{TE}}$  input pin. Upon power-up, the MC145026 can continuously transmit as long as  $\overline{\text{TE}}$  remains low (also, the device can transmit two-word sequences by pulsing  $\overline{\text{TE}}$  low). However, no MC145026 application should be designed to rely upon the first data word transmitted immediately after power-up because this word may be invalid. Between the two data words, no signal is sent for three data periods (see Figure 10).

Each transmitted trinary digit is encoded into pulses (see Figure 11). A logic 0 (low) is encoded as two consecutive short pulses, a logic 1 (high) as two consecutive long pulses, and an open (high impedance) as a long pulse followed by a short pulse. The input state is determined by using a weak "output" device to try to force each input high then low. If only a high state results from the two tests, the input is assumed to be hardwired to  $V_{\text{DD}}$ . If only a low state is obtained, the input is assumed to be hardwired to  $V_{\text{SS}}$ . If both a high and a low can be forced at an input, an open is assumed and is encoded as such. The "high" and "low" levels are 70% and 30% of the supply voltage as shown in the Electrical Characteristics table. The weak "output" device sinks/sources up to 110  $\mu\text{A}$  at a 5 V supply level, 500  $\mu\text{A}$  at 10 V, and 1 mA at 15 V.

The  $\overline{\text{TE}}$  input has an internal pull-up device so that a simple switch may be used to force the input low. While  $\overline{\text{TE}}$  is high and the second-word transmission has timed out, the encoder is completely disabled, the oscillator is inhibited, and the current drain is reduced to quiescent current. When  $\overline{\text{TE}}$  is brought low, the oscillator is started and the transmit sequence begins. The inputs are then sequentially selected, and determinations are made as to the input logic states. This information is serially transmitted via the  $D_{\text{Out}}$  pin.

## MC145027

This decoder receives the serial data from the encoder and outputs the data, if it is valid. The transmitted data, consisting of two identical words, is examined bit by bit during reception. The first five trinary digits are assumed to be the address. If the received address matches the local address, the next four (data) bits are internally stored, but are not transferred to the output data latch. As the second encoded word is received, the address must again match. If a match occurs, the new data bits are checked against the previously stored data bits. If the two nibbles of data (four bits each) match, the data is transferred to the output data latch by VT and remains until new data replaces it. At the same time, the VT output pin is brought high and remains high until an error is received or until no input signal is received for four data periods (see Figure 10).

Although the address information may be encoded in trinary, the data information must be either a 1 or 0. A trinary (open) data line is decoded as a logic 1.

## MC145028

This decoder operates in the same manner as the MC145027 except that nine address lines are used and no data output is available. The VT output is used to indicate that a valid address has been received. For transmission security, two identical transmitted words must be consecutively received before a VT output signal is issued.

The MC145028 allows 19,683 addresses when trinary levels are used. 512 addresses are possible when binary levels are used.

## PIN DESCRIPTIONS

## MC145026 ENCODER

## A1 – A5, A6/D6 – A9/D9

## Address, Address/Data Inputs (Pins 1 – 7, 9, and 10)

These address/data inputs are encoded and the data is sent serially from the encoder via the  $D_{\text{Out}}$  pin.

## RS, CTC, RTC

## (Pins 11, 12, and 13)

These pins are part of the oscillator section of the encoder (see Figure 9).

If an external signal source is used instead of the internal oscillator, it should be connected to the  $R_{\text{S}}$  input and the  $R_{\text{TC}}$  and  $C_{\text{TC}}$  pins should be left open.

 $\overline{\text{TE}}$ 

## Transmit Enable (Pin 14)

This active-low transmit enable input initiates transmission when forced low. An internal pull-up device keeps this input normally high. The pull-up current is specified in the Electrical Characteristics table.

 $D_{\text{Out}}$ 

## Data Out (Pin 15)

This is the output of the encoder that serially presents the encoded data word.

 $V_{\text{SS}}$ 

## Negative Power Supply (Pin 8)

The most-negative supply potential. This pin is usually ground.

 $V_{\text{DD}}$ 

## Positive Power Supply (Pin 16)

The most-positive power supply pin.

## MC145027 AND MC145028 DECODERS

## A1 – A5, A1 – A9

## Address Inputs (Pins 1 – 5) — MC145027,

## Address Inputs (Pins 1 – 5, 15, 14, 13, 12) — MC145028

These are the local address inputs. The states of these pins must match the appropriate encoder inputs for the VT pin to go high. The local address may be encoded with trinary or binary data.

## D6 – D9

## Data Outputs (Pins 15, 14, 13, 12) — MC145027 Only

These outputs present the binary information that is on encoder inputs A6/D6 through A9/D9. Only binary data is

acknowledged; a trinary open at the MC145026 encoder is decoded as a high level (logic 1).

**D<sub>in</sub>**  
**Data In (Pin 9)**

This pin is the serial data input to the decoder. The input voltage must be at CMOS logic levels. The signal source driving this pin must be dc coupled.

**R<sub>1</sub>, C<sub>1</sub>**  
**Resistor 1, Capacitor 1 (Pins 6, 7)**

As shown in Figures 2 and 3, these pins accept a resistor and capacitor that are used to determine whether a narrow pulse or wide pulse has been received. The time constant  $R_1 \times C_1$  should be set to 1.72 encoder clock periods:

$$R_1 C_1 = 3.95 R_{TC} C_{TC}$$

**R<sub>2</sub>/C<sub>2</sub>**  
**Resistor 2/Capacitor 2 (Pin 10)**

As shown in Figures 2 and 3, this pin accepts a resistor and capacitor that are used to detect both the end of a received word and the end of a transmission. The time constant  $R_2 \times C_2$  should be 33.5 encoder clock periods (four data periods per Figure 11):  $R_2 C_2 = 77 R_{TC} C_{TC}$ . This time

constant is used to determine whether the D<sub>in</sub> pin has remained low for four data periods (end of transmission). A separate on-chip comparator looks at the voltage-equivalent two data periods ( $0.4 R_2 C_2$ ) to detect the dead time between received words within a transmission.

**VT**  
**Valid Transmission Output (Pin 11)**

This valid transmission output goes high after the second word of an encoding sequence when the following conditions are satisfied:

1. the received addresses of both words match the local decoder address, and
2. the received data bits of both words match.

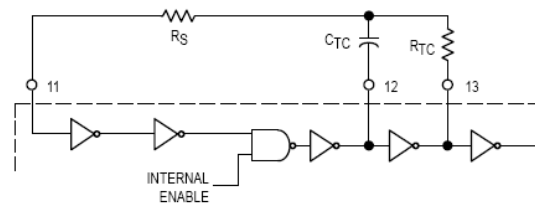
VT remains high until either a mismatch is received or no input signal is received for four data periods.

**V<sub>SS</sub>**  
**Negative Power Supply (Pin 8)**

The most-negative supply potential. This pin is usually ground.

**V<sub>DD</sub>**  
**Positive Power Supply (Pin 16)**

The most-positive power supply pin.



This oscillator operates at a frequency determined by the external RC network; i.e.,

$$f \approx \frac{1}{2.3 R_{TC} C_{TC}'} \text{ (Hz)}$$

for 1 kHz ≤ f ≤ 400 kHz

where:  $C_{TC}' = C_{TC} + C_{\text{layout}} + 12 \text{ pF}$

$R_S = 2 R_{TC}$

$R_S \geq 20 \text{ k}$

$R_{TC} \geq 10 \text{ k}$

$400 \text{ pF} < C_{TC} < 15 \text{ }\mu\text{F}$

The value for  $R_S$  should be chosen to be ≥ 2 times  $R_{TC}$ . This range ensures that current through  $R_S$  is insignificant compared to current through  $R_{TC}$ . The upper limit for  $R_S$  must ensure that  $R_S \times 5 \text{ pF}$  (input capacitance) is small compared to  $R_{TC} \times C_{TC}$ .

For frequencies outside the indicated range, the formula is less accurate. The minimum recommended oscillation frequency of this circuit is 1 kHz. Susceptibility to externally induced noise signals may occur for frequencies below 1 kHz and/or when resistors utilized are greater than 1 MΩ.

Figure 9. Encoder Oscillator Information

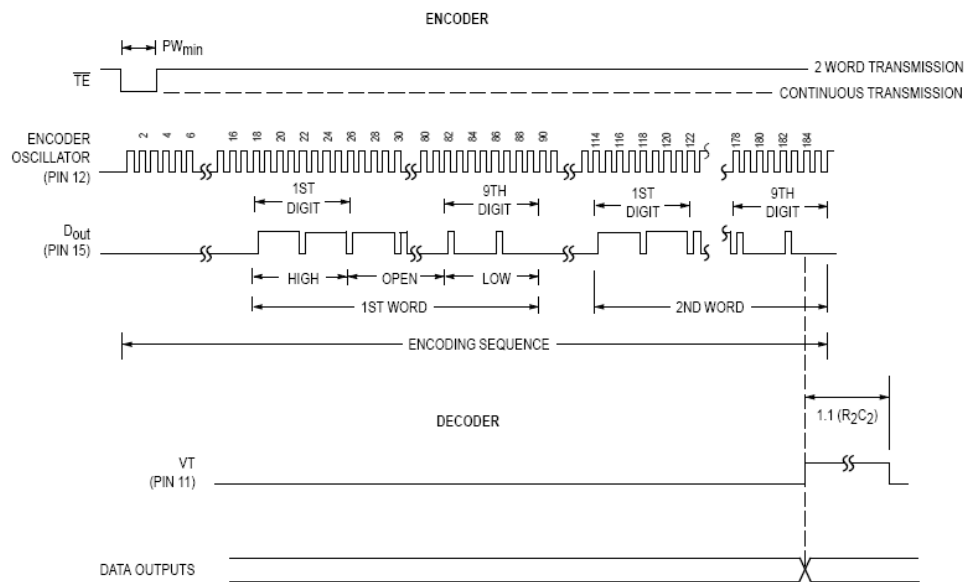


Figure 10. Timing Diagram

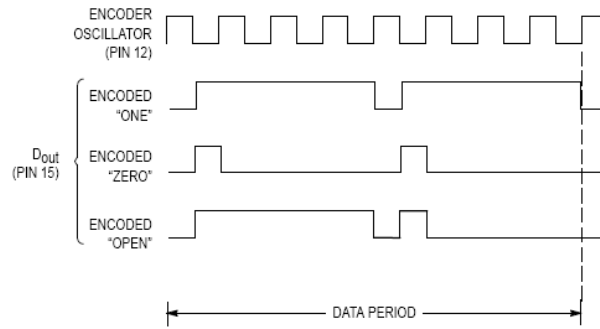


Figure 11. Encoder Data Waveforms

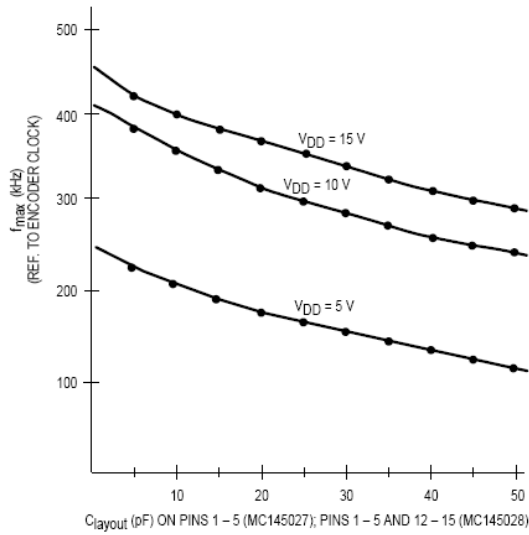


Figure 12.  $f_{max}$  vs  $C_{layout}$  — Decoders Only

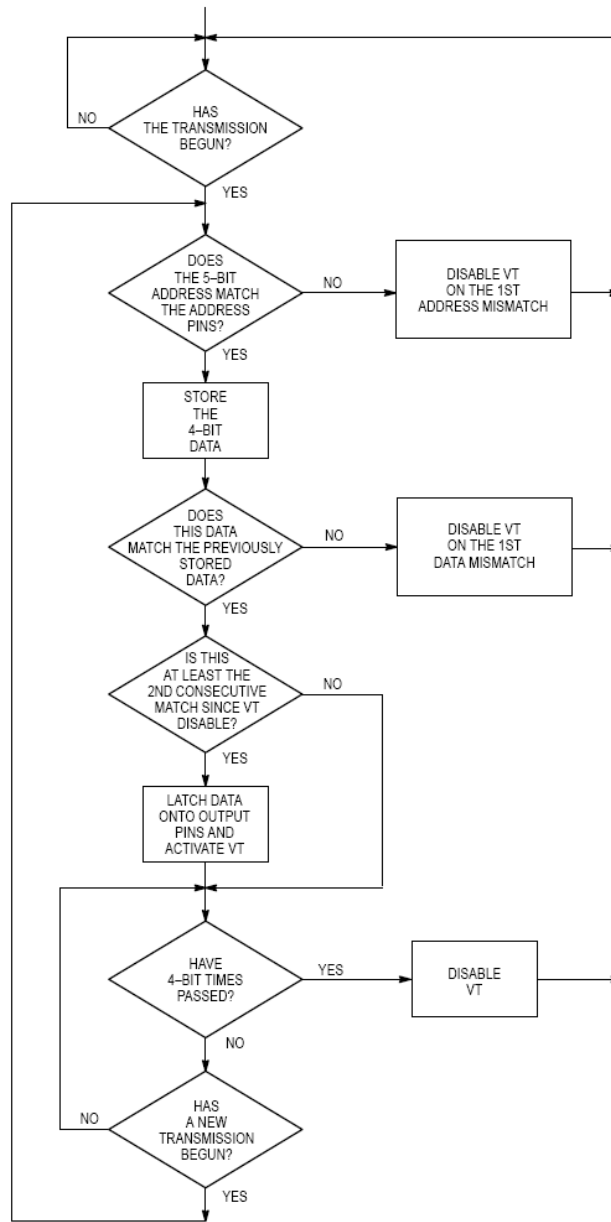


Figure 13. MC145027 Flowchart

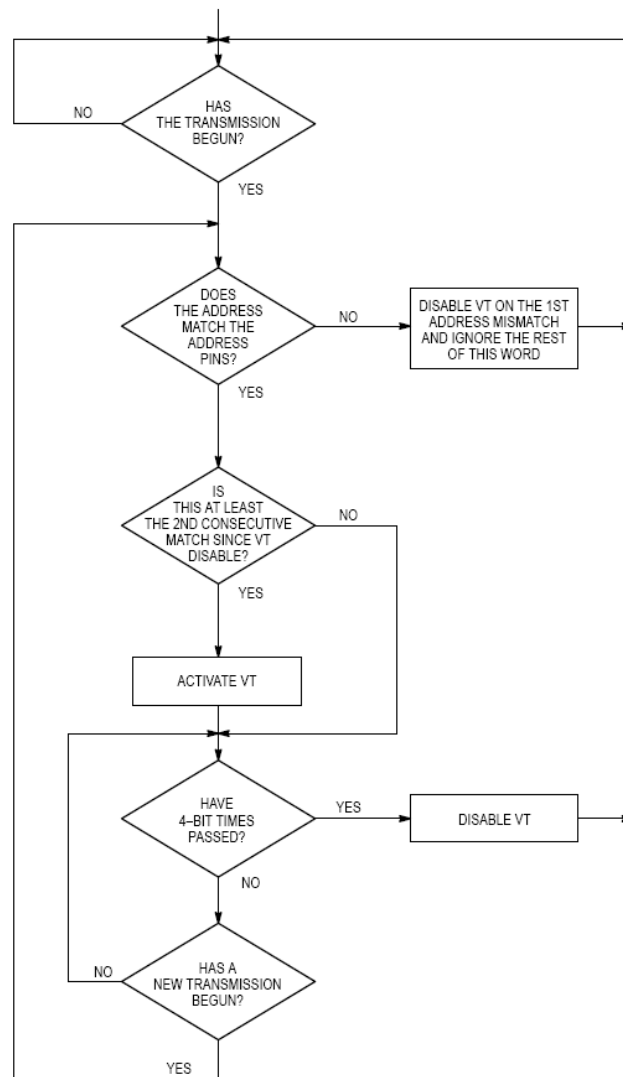


Figure 14. MC145028 Flowchart



### MC145027 AND MC145028 TIMING

To verify the MC145027 or MC145028 timing, check the waveforms on C1 (Pin 7) and R2/C2 (Pin 10) as compared to the incoming data waveform on D<sub>IN</sub> (Pin 9).

The R-C decay seen on C1 discharges down to  $1/3 V_{DD}$  before being reset to  $V_{DD}$ . This point of reset (labelled "DOS" in Figure 15) is the point in time where the decision is made whether the data seen on D<sub>IN</sub> is a 1 or 0. DOS should not be too close to the D<sub>IN</sub> data edges or intermittent operation may occur.

The other timing to be checked on the MC145027 and MC145028 is on R2/C2 (see Figure 16). The R-C decay is continually reset to  $V_{DD}$  as data is being transmitted. Only between words and after the end-of-transmission (EOT) does R2/C2 decay significantly from  $V_{DD}$ . R2/C2 can be used to identify the internal end-of-word (EOW) timing edge which is generated when R2/C2 decays to  $2/3 V_{DD}$ . The internal EOT timing edge occurs when R2/C2 decays to  $1/3 V_{DD}$ . When the waveform is being observed, the R-C decay should go down between the  $2/3$  and  $1/3 V_{DD}$  levels, but not too close to either level before data transmission on D<sub>IN</sub> resumes.

Verification of the timing described above should ensure a good match between the MC145026 transmitter and the MC145027 and MC145028 receivers.

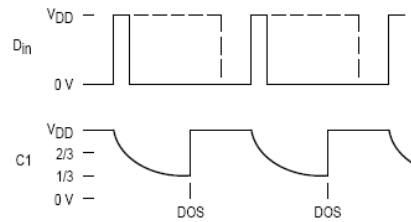


Figure 15. R-C Decay on Pin 7 (C1)

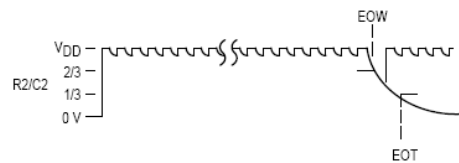
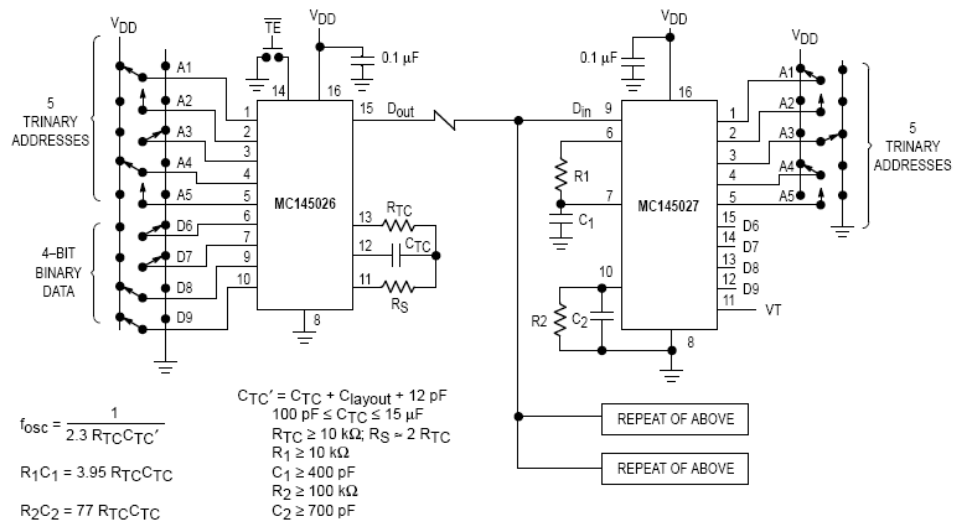


Figure 16. R-C Decay on Pin 10 (R2/C2)



**Example R/C Values (All Resistors and Capacitors are ± 5%)**

( $C_{TC'} = C_{TC} + 20 \text{ pF}$ )

$f_{osc}$ (kHz)	$R_{TC}$	$C_{TC'}$	$R_S$	$R_1$	$C_1$	$R_2$	$C_2$
362	10 k	120 pF	20 k	10 k	470 pF	100 k	910 pF
181	10 k	240 pF	20 k	10 k	910 pF	100 k	1800 pF
88.7	10 k	490 pF	20 k	10 k	2000 pF	100 k	3900 pF
42.6	10 k	1020 pF	20 k	10 k	3900 pF	100 k	7500 pF
21.5	10 k	2020 pF	20 k	10 k	8200 pF	100 k	0.015 $\mu\text{F}$
8.53	10 k	5100 pF	20 k	10 k	0.02 $\mu\text{F}$	200 k	0.02 $\mu\text{F}$
1.71	50 k	5100 pF	100 k	50 k	0.02 $\mu\text{F}$	200 k	0.1 $\mu\text{F}$

Figure 17. Typical Application

## APPLICATIONS INFORMATION

### INFRARED TRANSMITTER

In Figure 18, the MC145026 encoder is set to run at an oscillator frequency of about 4 to 9 kHz. Thus, the time required for a complete two-word encoding sequence is about 20 to 40 ms. The data output from the encoder gates an RC oscillator running at 50 kHz; the oscillator shown starts rapidly enough to be used in this application. When the "send" button is not depressed, both the MC145026 and oscillator are in a low-power standby state. The RC oscillator has to be trimmed for 50 kHz and has some drawbacks for frequency stability. A superior system uses a ceramic resonator oscillator running at 400 kHz. This oscillator feeds a divider as shown in Figure 19. The unused inputs of the MC14011UB must be grounded.

The MLED81 IRED is driven with the 50 kHz square wave at about 200 to 300 mA to generate the carrier. If desired, two IREDs wired in series can be used (see Application Note AN1016 for more information). The bipolar IRED switch, shown in Figure 18, offers two advantages over a FET. First, a logic FET has too much gate capacitance for the MC14011UB to drive without waveform distortion. Second, the bipolar drive permits lower supply voltages, which are an advantage in portable battery-powered applications.

The configuration shown in Figure 18 operates over a supply range of 4.5 to 18 V. A low-voltage system which operates down to 2.5 V could be realized if the oscillator section of a MC74HC4060 is used in place of the MC14011UB. The data output of the MC145026 is inverted and fed to the RESET pin of the MC74HC4060. Alternately, the MC74HCU04 could be used for the oscillator.

Information on the MC14011UB is in book number DL131/D. The MC74HCU04 and MC74HC4060 are found in book number DL129/D.

### INFRARED RECEIVER

The receiver in Figure 20 couples an IR-sensitive diode to input preamp A1, followed by band-pass amplifier A2 with a gain of about 10. Limiting stage A3 follows, with an output of about 800 mV p-p. The limited 50 kHz burst is detected by comparator A4 that passes only positive pulses, and peak-

detected and filtered by a diode/RC network to extract the data envelope from the burst. Comparator A5 boosts the signal to logic levels compatible with the MC145027/28 data input. The  $D_{in}$  pin of these decoders is a standard CMOS high-impedance input which must **not** be allowed to float. Therefore, direct coupling from A5 to the decoder input is utilized.

Shielding should be used on at least A1 and A2, with good ground and high-sensitivity circuit layout techniques applied.

For operation with supplies higher than +5 V, limiter A4's positive output swing needs to be limited to 3 to 5 V. This is accomplished via adding a zener diode in the negative feedback path, thus avoiding excessive system noise. The biasing resistor stack should be adjusted such that V3 is 1.25 to 1.5 V.

This system works up to a range of about 10 meters. The gains of the system may be adjusted to suit the individual design needs. The 100  $\Omega$  resistor in the emitter of the first 2N5088 and the 1 k $\Omega$  resistor feeding A2 may be altered if different gain is required. In general, more gain does not necessarily result in increased range. This is due to noise floor limitations. The designer should increase transmitter power and/or increase receiver aperture with Fresnel lensing to greatly improve range. See Application Note AN1016 for additional information.

Information on the MC34074 is in data book DL128/D.

### TRINARY SWITCH MANUFACTURERS

Midland Ross—Electronic Connector Div.  
Greyhill  
Augat/Alcoswitch  
Aries Electronics

The above companies may not have the switches in a DIP. For more information, call them or consult *ees Electronic Engineers Master Catalog* or the *Gold Book*. **Ask for SPDT with center OFF.**

Alternative: An SPST can be placed in series between a SPDT and the Encoder or Decoder to achieve trinary action.

Motorola cannot recommend one supplier over another and in no way suggests that this is a complete listing of trinary switch manufacturers.

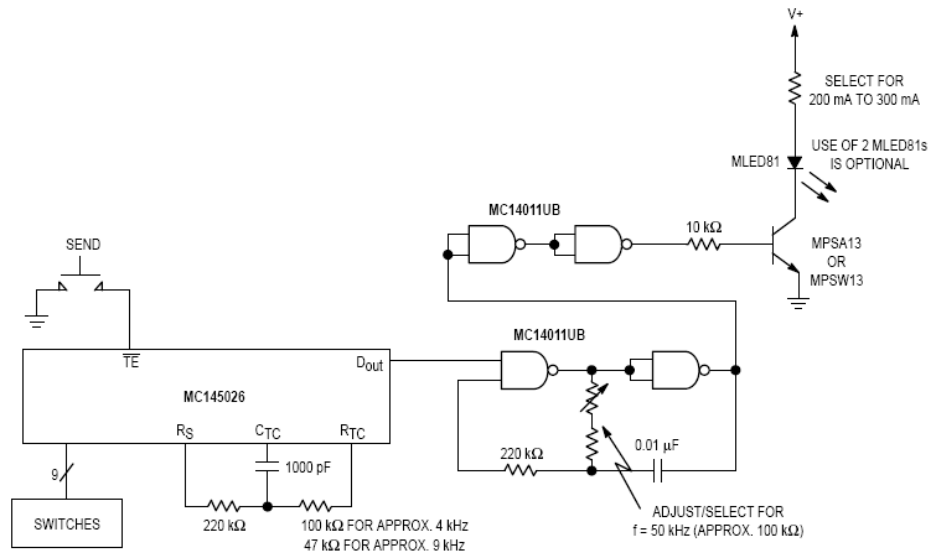


Figure 18. IRED Transmitter Using RC Oscillator to Generate Carrier Frequency

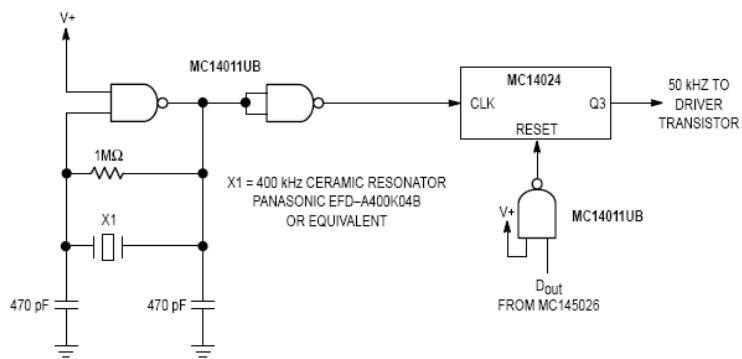


Figure 19. Using a Ceramic Resonator to Generate Carrier Frequency

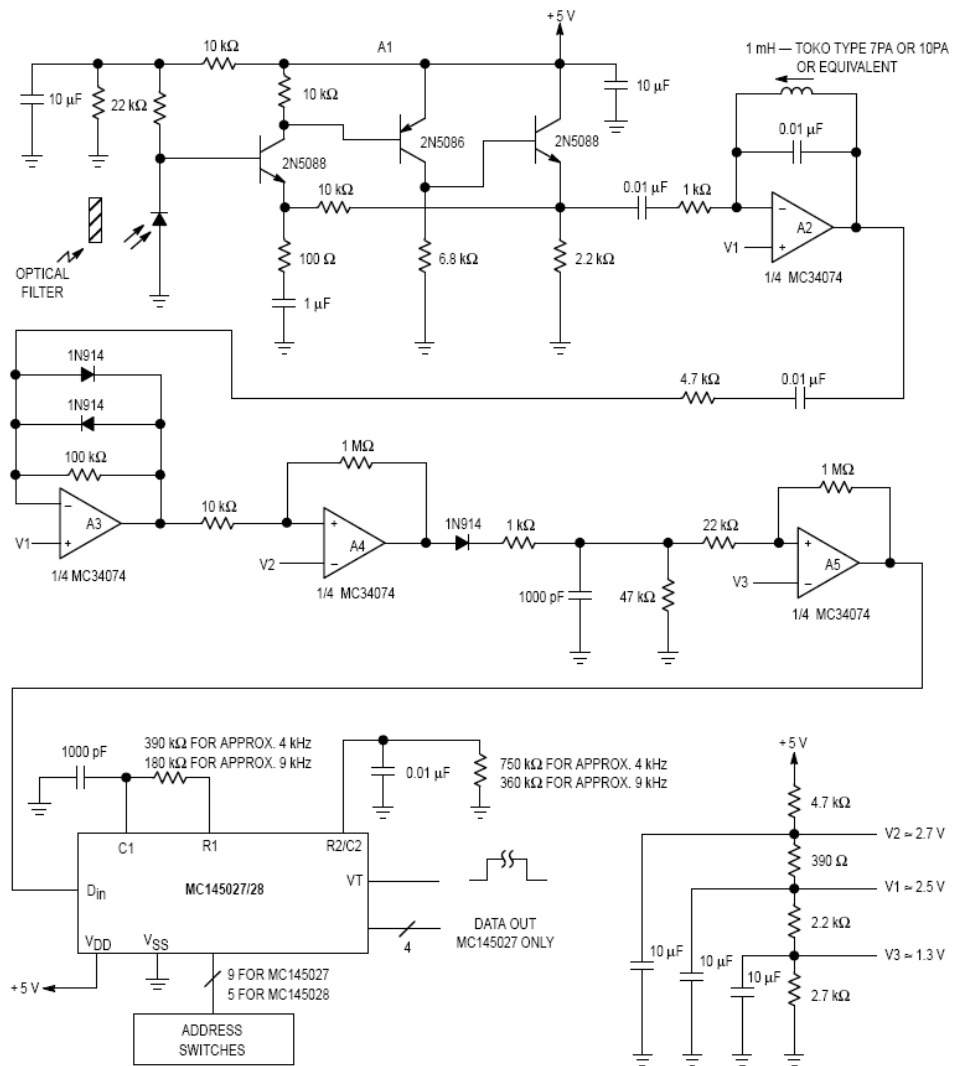
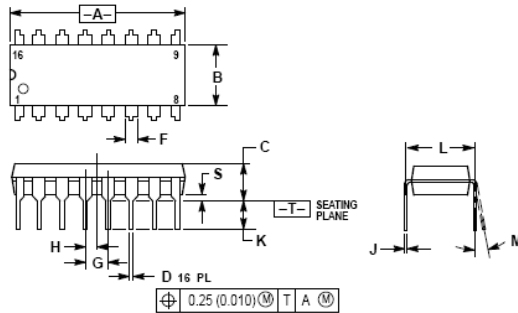


Figure 20. Infrared Receiver

**PACKAGE DIMENSIONS**

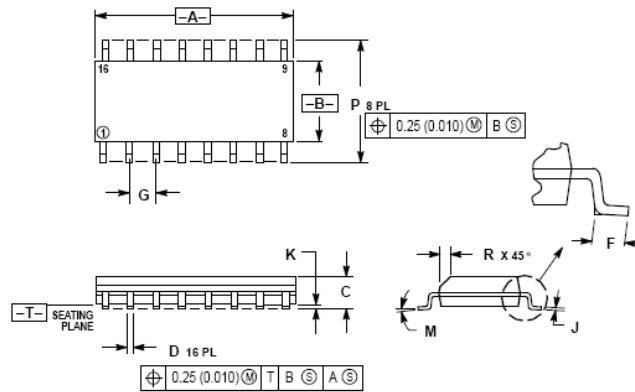
**P SUFFIX  
PLASTIC DIP (DUAL IN-LINE PACKAGE)  
CASE 648-08**



- NOTES:
1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
  2. CONTROLLING DIMENSION: INCH.
  3. DIMENSION L TO CENTER OF LEADS WHEN FORMED PARALLEL.
  4. DIMENSION B DOES NOT INCLUDE MOLD FLASH.
  5. ROUNDED CORNERS OPTIONAL.

DIM	INCHES		MILLIMETERS	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	0.740	0.770	18.80	19.55
B	0.250	0.275	6.35	6.95
C	0.145	0.175	3.68	4.44
D	0.015	0.021	0.39	0.53
F	0.040	0.70	1.02	1.77
G	0.100 BSC		2.54 BSC	
H	0.050 BSC		1.27 BSC	
J	0.008	0.015	0.21	0.38
K	0.110	0.130	2.80	3.30
L	0.295	0.305	7.50	7.74
M	0°	10°	0°	10°
S	0.020	0.040	0.51	1.01

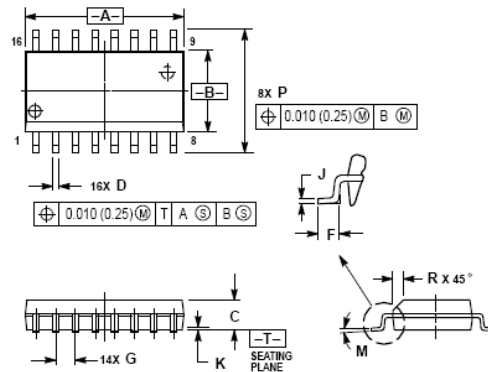
**D SUFFIX  
SOG (SMALL OUTLINE GULL-WING) PACKAGE  
CASE 751B-05**



- NOTES:
1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
  2. CONTROLLING DIMENSION: MILLIMETER.
  3. DIMENSIONS A AND B DO NOT INCLUDE MOLD PROTRUSION.
  4. MAXIMUM MOLD PROTRUSION 0.15 (0.006) PER SIDE.
  5. DIMENSION D DOES NOT INCLUDE DAMBAR PROTRUSION. ALLOWABLE DAMBAR PROTRUSION SHALL BE 0.127 (0.005) TOTAL IN EXCESS OF THE D DIMENSION AT MAXIMUM MATERIAL CONDITION.

DIM	MILLIMETERS		INCHES	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	5.80	10.00	0.229	0.393
B	3.80	4.00	0.150	0.157
C	1.35	1.75	0.054	0.068
D	0.35	0.49	0.014	0.019
F	0.40	1.25	0.016	0.049
G	1.27 BSC		0.050 BSC	
J	0.10	0.25	0.004	0.009
K	0.10	0.25	0.004	0.009
M	0°	7°	0°	7°
P	5.80	6.20	0.229	0.244
R	0.25	0.50	0.010	0.019

**DW SUFFIX  
SOG (SMALL OUTLINE GULL-WING) PACKAGE  
CASE 751G-02**



- NOTES:
1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
  2. CONTROLLING DIMENSION: MILLIMETER.
  3. DIMENSIONS A AND B DO NOT INCLUDE MOLD PROTRUSION.
  4. MAXIMUM MOLD PROTRUSION 0.15 (0.006) PER SIDE.
  5. DIMENSION D DOES NOT INCLUDE DAMBAR PROTRUSION. ALLOWABLE DAMBAR PROTRUSION SHALL BE 0.13 (0.005) TOTAL IN EXCESS OF D DIMENSION AT MAXIMUM MATERIAL CONDITION.

DIM	MILLIMETERS		INCHES	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	10.15	10.45	0.400	0.411
B	7.40	7.60	0.292	0.299
C	2.35	2.65	0.093	0.104
D	0.35	0.49	0.014	0.019
F	0.50	0.50	0.020	0.020
G	1.27 BSC		0.050 BSC	
J	0.25	0.32	0.010	0.012
K	0.10	0.25	0.004	0.009
M	0°	7°	0°	7°
P	10.05	10.55	0.395	0.415
R	0.25	0.75	0.010	0.029

Motorola reserves the right to make changes without further notice to any products herein. Motorola makes no warranty, representation or guarantee regarding the suitability of its products for any particular purpose, nor does Motorola assume any liability arising out of the application or use of any product or circuit, and specifically disclaims any and all liability, including without limitation consequential or incidental damages. "Typical" parameters which may be provided in Motorola data sheets and/or specifications can and do vary in different applications and actual performance may vary over time. All operating parameters, including "Typicals" must be validated for each customer application by customer's technical experts. Motorola does not convey any license under its patent rights nor the rights of others. Motorola products are not designed, intended, or authorized for use as components in systems intended for surgical implant into the body, or other applications intended to support or sustain life, or for any other application in which the failure of the Motorola product could create a situation where personal injury or death may occur. Should Buyer purchase or use Motorola products for any such unintended or unauthorized application, Buyer shall indemnify and hold Motorola and its officers, employees, subsidiaries, affiliates, and distributors harmless against all claims, costs, damages, and expenses, and reasonable attorney fees arising out of, directly or indirectly, any claim of personal injury or death associated with such unintended or unauthorized use, even if such claim alleges that Motorola was negligent regarding the design or manufacture of the part. Motorola and are registered trademarks of Motorola, Inc. Motorola, Inc. is an Equal Opportunity/Affirmative Action Employer.

Mfax is a trademark of Motorola, Inc.

How to reach us:  
**USA/EUROPE/ Locations Not Listed:** Motorola Literature Distribution; P.O. Box 5405, Denver, Colorado 80217. 1-303-675-2140 or 1-800-441-2447  
**JAPAN:** Motorola Japan Ltd.; SPD, Strategic Planning Office, 141, 4-32-1 Nishi-Gotanda, Shinagawa-ku, Tokyo, Japan. 81-3-5467-8488

Customer Focus Center: 1-800-521-6274

Mfax™: RMFAX0@email.sps.mot.com – TOUCHSTONE 1-800-244-6609  
 – US & Canada ONLY 1-800-774-1848  
 – http://sps.motorola.com/mfax/  
**ASIA/PACIFIC:** Motorola Semiconductors H.K. Ltd.; 8B Tai Ping Industrial Park, 51 Ting Kok Road, Tai Po, N.T., Hong Kong. 852-26629298

HOME PAGE: <http://motorola.com/sps/>



This datasheet has been download from:

[www.datasheetcatalog.com](http://www.datasheetcatalog.com)

Datasheets for electronics components.