

CONTROLE SEM FIO DE UMA ESTEIRA TRANSPORTADORA ATRAVÉS DE COMPUTADOR

**Tiago H. W. MONTEIRO (1); Weiber L. de SOUZA (2); Hygor A. P. de ALBUQUERQUE (3);
Paulo H. da F. SILVA (4)**

Centro Federal de Educação Tecnológica da Paraíba
Grupo de Telecomunicações e Eletromagnetismo Aplicado
Av. 1º de Maio, nº 720, Jaguaribe, CEP: 58015-430 – João Pessoa, PB, Brasil

(1) e-mail: zz7gti@gmail.com

(2) e-mail: weiber.lima@hotmail.com

(3) e-mail: hygnus_hgr@hotmail.com

(4) e-mail: henrique@cefetpb.edu.br

RESUMO

Atualmente, há uma variedade de aplicações das telecomunicações na indústria, seja para a comunicação entre pessoas ou para a comunicação de dados entre máquinas e equipamentos. Neste artigo, descreve-se uma contribuição nesta área para a construção de uma esteira transportadora, máquina bastante empregada na indústria. A abordagem é voltada para o funcionamento do sistema de comunicação sem fio desenvolvido e trata do processamento dos sinais de controle envolvidos. Neste sentido, são fornecidos detalhes do projeto e da montagem das partes mecânicas da esteira transportadora e dos circuitos eletrônicos que compõem os módulos transmissor/receptor de radiofrequência – RF. A lógica de acionamento do motor CC (corrente contínua) da esteira utiliza três bits de dados, os quais são obtidos através da porta paralela de qualquer computador que possua o programa aplicativo de controle instalado. Os sinais de controle são codificados, multiplexados e modulados através do circuito transmissor. O circuito receptor é responsável pela recuperação dos sinais de controle para o correto acionamento da esteira transportadora. O funcionamento do sistema de controle sem fio foi verificado através de medições no Laboratório de Medidas do CEFET-PB/GTEMA. Os resultados obtidos foram bastante satisfatórios, em concordância com os pré-requisitos estabelecidos na fase inicial do projeto.

Palavras-chave: sistemas de controle, sistemas de comunicação, desenvolvimento de *software*

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, na indústria, a comunicação sem fio (*wireless*) se faz cada vez mais presente em diferentes situações nas quais se deseja o menor número possível de cabos elétricos ou até mesmo a ausência dos mesmos. Neste contexto, o controle e o uso de sensores sem fios têm aumentado bastante nas redes industriais. Em particular, este artigo descreve as principais etapas de projeto e construção de um protótipo de uma esteira transportadora com acionamento e controle sem fio, bem como o seu funcionamento. Uma esteira transportadora é uma máquina muito utilizada em fábricas, aeroportos e supermercados. Sua finalidade é o transporte de matéria-prima, de peças ou do produto de um lugar para o outro.

A esteira transportadora em estudo foi fabricada utilizando materiais como aço, ferro galvanizado e alumínio, através de processos como tornearia, fresagem, furação, corte e dobramento. A transmissão de potência mecânica da esteira é feita por meio de correia dentada, com relação de transmissão de 1:1. A Figura 1 apresenta a imagem da esteira transportadora construída.



Figura 1 – Imagem da esteira transportadora construída

2. DESCRIÇÃO DO FUNCIONAMENTO DO SISTEMA DE CONTROLE SEM FIO

O sistema de controle sem fio através de computador desenvolvido desempenha o papel de geração, transmissão e recepção de sinais de controle para o acionamento do motor de corrente contínua da esteira transportadora. Neste sistema, utilizou-se um transmissor e um receptor de radiofrequência. As Figuras 2 e 3 mostram esquematicamente os diagramas em blocos do transmissor e do receptor de RF, respectivamente.

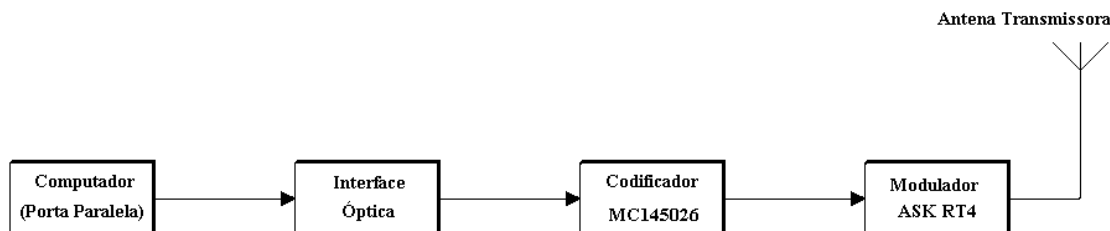


Figura 2 – Diagrama em blocos do transmissor de RF do sinal de controle da esteira

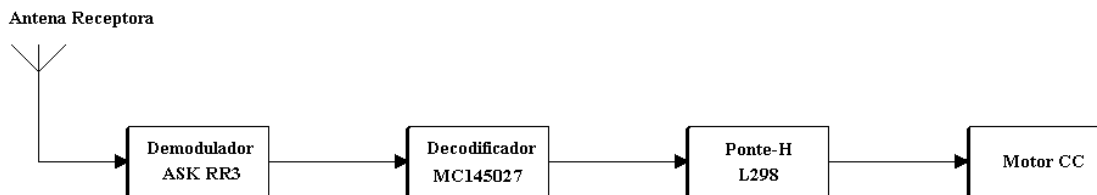


Figura 3 – Diagrama em blocos do receptor de RF do sinal de controle da esteira

As seções seguintes descrevem cada componente do sistema de comunicação sem fio.

2.1. Geração de Sinais – Porta Paralela e Interface Óptica

No sistema desenvolvido, qualquer computador pode ser utilizado para a geração dos sinais de comando que fazem o motor girar, parar ou inverter o seu sentido de rotação. O computador serve para a execução do programa de controle escrito em linguagem Pascal. O computador e o transmissor de RF do sinal que controla a esteira são interligados através da porta paralela. Neste caso, o programa desenvolvido 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 uma interface óptica na entrada do circuito transmissor, que realiza a isolação elétrica do computador em relação ao restante do circuito, protegendo o primeiro.

2.2. 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 4. 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, optou-se pela operação em modo binário, em que as 5 primeiras linhas de informação (A1, A2, A3, A4 e A5) foram utilizadas para endereçamento 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).

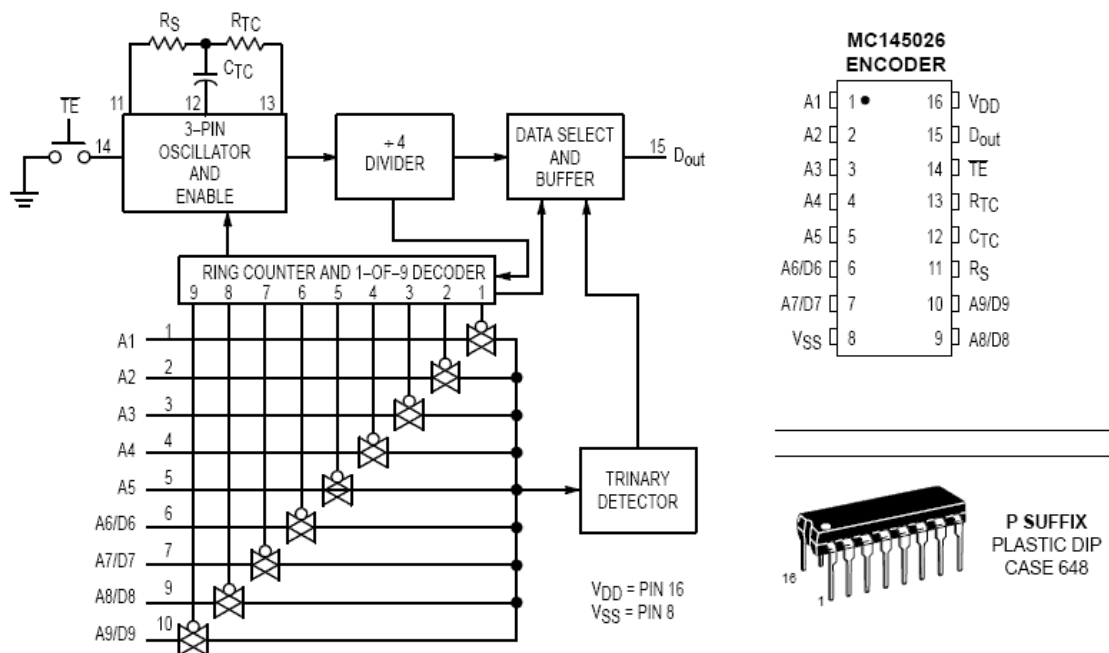


Figura 4 – Diagrama em blocos, layout e encapsulamento do CI codificador MC145026

A transmissão da sequência 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 as 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 5.

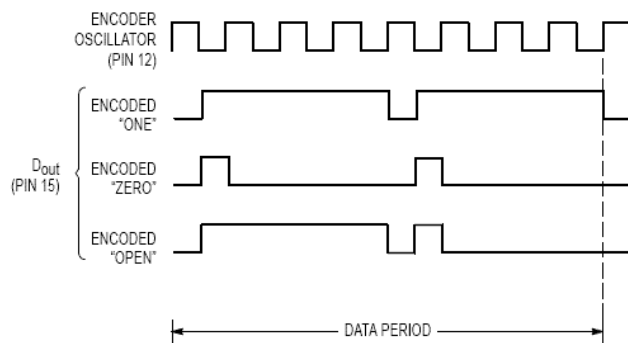


Figura 5 – Sinais gerados no CI codificador: sinal de *clock* do oscilador interno e sinais codificados (pino 15) para saídas de nível alto, de nível baixo e de circuito aberto, respectivamente

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 sequência é reiniciada. Os valores de R_S , C_{TC} e R_{TC} (ver Figura 4) determinam a frequência do sinal banda básica gerado pelo oscilador. Essa frequência 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 frequência de aproximadamente 1,71 KHz para o sinal de *clock*. Para a frequência de *clock* mencionada, os valores calculados de R_S , C_{TC} e R_{TC} são, respectivamente: 100 K Ω , 5080 pF e 50 K Ω .

2.3. 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 do motor CC da esteira é denominada ASK (*Amplitude Shift Keying* – Chaveamento de Amplitudes) ou AM – OOK (*Amplitude Modulation – On-Off Keying* – Modulação em Amplitude – Chaveamento). 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. A Figura 6 ilustra os sinais presentes na modulação ASK (GOMES, 1995).

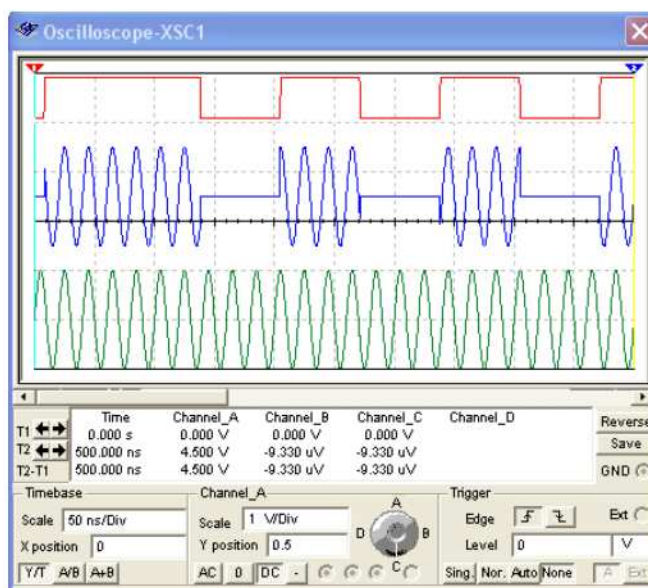


Figura 6 – Modulação ASK: sinal modulante (vermelho), sinal modulado (azul) e portadora (verde)

O componente do circuito transmissor responsável pela modulação ASK 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. 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 7, tem-se o circuito esquemático do módulo híbrido RT4.

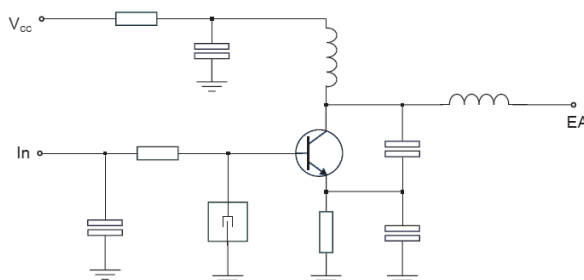


Figura 7 – Circuito esquemático do módulo transmissor RT4

2.4. Antenas

A antena é o dispositivo do sistema de comunicação que faz a interface entre as ondas guiadas em um circuito de RF e as ondas espaciais no meio de transmissão (neste caso, o ar). Todo sistema de comunicação via rádio possui um par de antenas transmissora e receptora.

Nesta aplicação, as antenas transmissora e receptora são do tipo monopolo e consistem em uma haste cilíndrica maciça de latão de 2,5 mm de diâmetro, cujo comprimento é próximo de 1/4 do comprimento de onda da portadora utilizada. Portanto, como a frequência utilizada para o sinal da portadora de RF é de 433,92 MHz (comprimento de onda de 0,691 m), o comprimento calculado para cada antena é 17,284 cm.

2.5. 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 8 apresenta o diagrama em blocos do módulo híbrido RR3, reproduzido a partir da sua folha de dados.

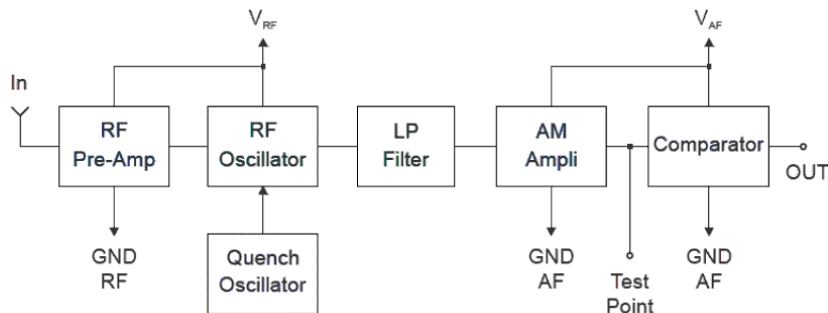


Figura 8 – Diagrama em blocos do módulo receptor RR3

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

signal do oscilador local. O sinal demodulado é obtido após a passagem por um filtro passa-baixas (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.

2.6. 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 9 ilustra o diagrama em blocos do CI decodificador MC145027, reproduzido de sua folha de dados.

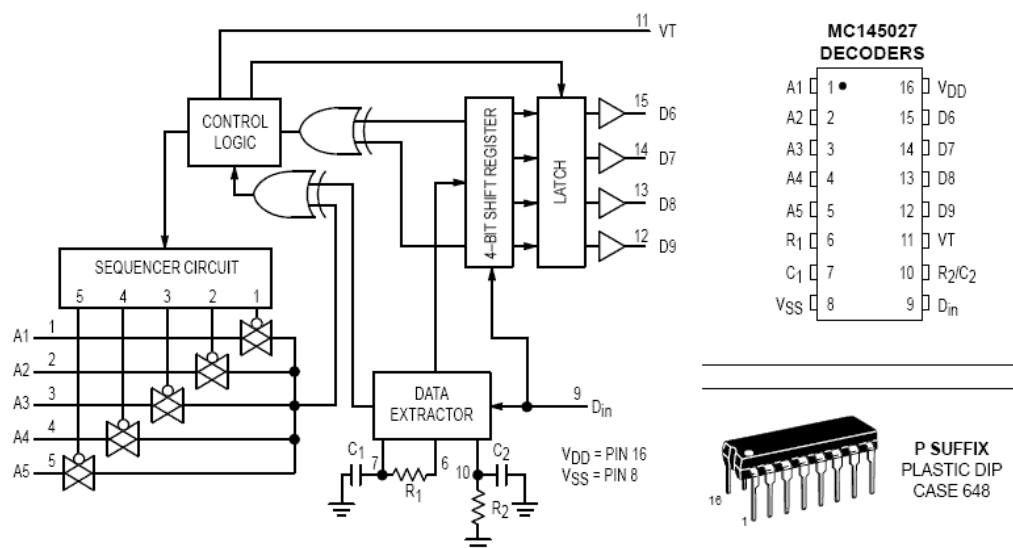


Figura 9 – Diagrama em blocos, *layout* e encapsulamento do CI decodificador MC145027

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 1,71 KHz, os valores calculados para os componentes discretos R₁, R₂, C₁ e C₂ (ver Figura 9) são, respectivamente: 50 K Ω , 200 K Ω , 0,02 μ F e 0,1 μ F.

2.7. Ponte H e motor de corrente contínua

A ponte H, uma configuração de quatro transistores funcionando como chaves, é o circuito utilizado neste projeto para o acionamento do motor CC da esteira nos dois sentidos de rotação. Na interface eletrônica da esteira transportadora, a ponte H está contida no CI de referência L298 do fabricante STMicroelectronics. O CI L298 possui duas pontes H, das quais apenas uma é utilizada para acionar o motor CC. A Figura 10 ilustra o circuito esquemático do CI L298, reproduzido da sua folha de dados.

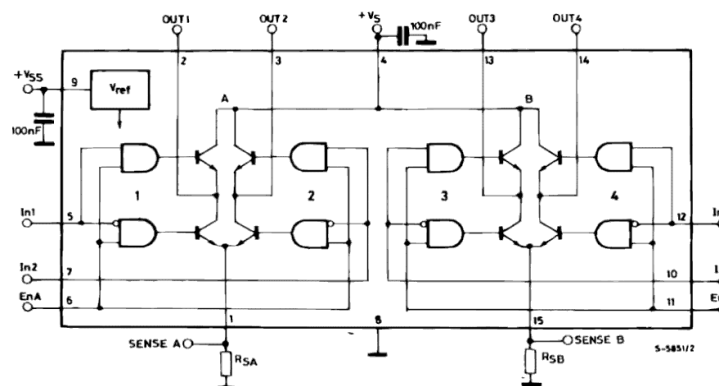


Figura 10 – Circuito esquemático do CI L298

A Tabela 1 apresenta os valores dos bits que devem ser colocados nas entradas In1 e In2 do CI L298 e o comportamento do motor CC para cada situação. O motor de CC utilizado na esteira é o MR710 – 24 do fabricante Motron. Esse motor apresenta redução (engrenagens que reduzem a rotação e aumentam o torque), dois pólos e deve ser alimentado com 24 V DC.

Tabela 1 – Bits de controle para o acionamento do motor CC

Entradas		Saídas
EnA = 1	In1 = 1 e In2 = 0	Motor CC gira em determinado sentido
	In1 = 0 e In2 = 1	Motor CC gira no sentido contrário
	In1 = In2	Motor CC para de forma mais rápida
EnB = 0	In1 = 0 ou 1 e In2 = 0 ou 1	Motor CC para de forma mais lenta

3. CIRCUITOS ESQUEMÁTICOS DO TRANSMISSOR E DO RECEPTOR DE RF

A Figura 11 ilustra o circuito esquemático do transmissor de RF do sinal que controla o motor da esteira. A Tabela 2, por sua vez, apresenta as funções dos pinos de saída da porta paralela no projeto.

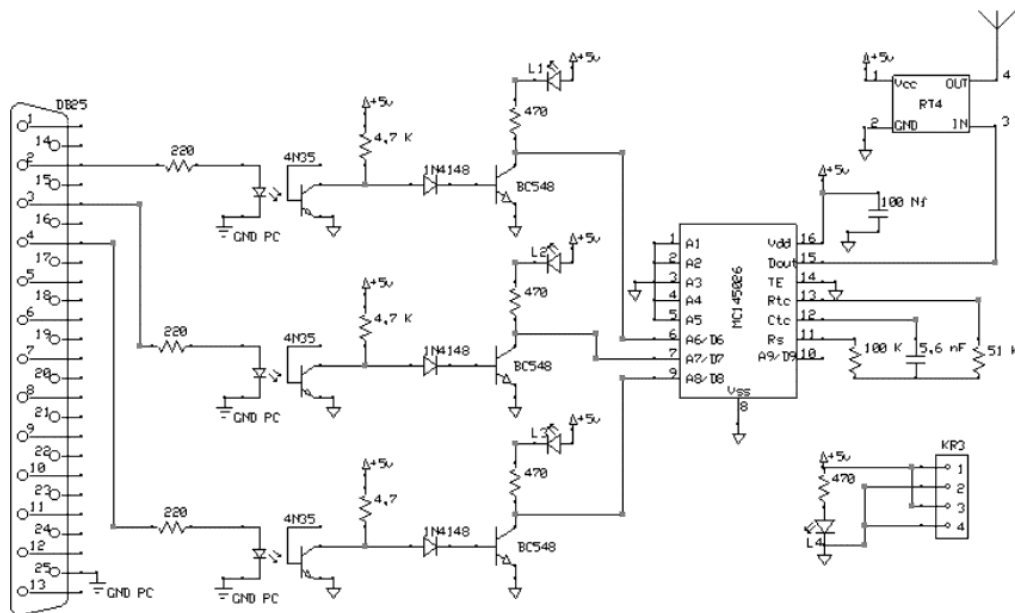


Figura 11 – Circuito esquemático do transmissor de RF

Tabela 2 – Funções dos pinos de saída da porta paralela no projeto

Pino da porta paralela	Função
2	Enviar 0 ou 1 a entrada enable A (pino 6) do CI L298
3	Enviar 0 ou 1 a entrada input 1 (pino 5) do CI L298
4	Enviar 0 ou 1 a entrada input 2 (pino 7) do CI L298

Os transistores NPN BC548 na configuração emissor-comum são utilizados para que o CI codificador MC145026 não receba os bits da porta paralela invertidos, uma vez que o bit na saída de um acoplador óptico é invertido em relação ao bit na entrada do mesmo. Por isso, usa-se um transistor após o acoplador óptico, invertendo novamente o bit, ou seja, desse modo, o CI MC145026 recebe o bit da porta paralela correto. A seguir, na Figura 12, tem-se o circuito esquemático do receptor de RF.

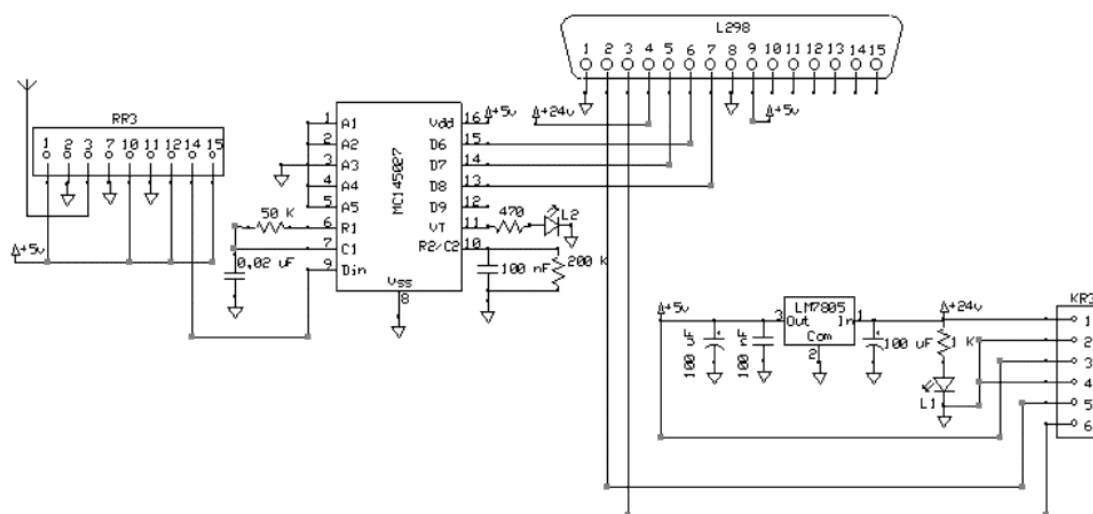


Figura 12 – Circuito esquemático do receptor de RF

As Figuras 13 e 14 apresentam, respectivamente, as imagens do transmissor e do receptor de RF construídos.



Figura 13 – Transmissor



Figura 14 – Receptor

4. RESULTADOS EXPERIMENTAIS

Após a montagem dos circuitos transmissor e receptor, os sinais presentes na saída do codificador e na entrada do decodificador foram medidos com o auxílio de um osciloscópio. A Figura 15 ilustra o sinal 00000110 medido na saída do codificador. Os 10 primeiros pulsos estreitos são relativos ao endereço da palavra codificada (00000). Por sua vez, a sequência seguinte formada por 4 pulsos largos e 2 pulsos estreitos consecutivos, correspondem aos bits de dados da palavra (110). O pulso largo e o pulso estreito no final da palavra codificada, correspondem à codificação da linha de informação A9/D9 aberta, que não desempenha função no acionamento do motor da esteira.

O período de dado, o intervalo de tempo entre duas palavras codificadas transmitidas e a amplitude dos sinais medidos na saída do codificador foram, respectivamente, 4,12 ms, 14,2 ms e 5,3 V, aproximadamente. Esses parâmetros foram medidos também na entrada do decodificador, diferindo apenas a amplitude do sinal, cujo valor medido foi de aproximadamente 3,8 V. Essa queda de tensão, no entanto, não representa problema, pois o CI L298 (ponte H) considera o valor de 3,8 V em sua entrada como nível alto.

Dentro das limitações de espaço físico para o estabelecimento do rádio-enlace em visada direta e da falta de disponibilidade de pontos de alimentação adequados, o alcance da transmissão verificado através de medição foi de 65 metros.

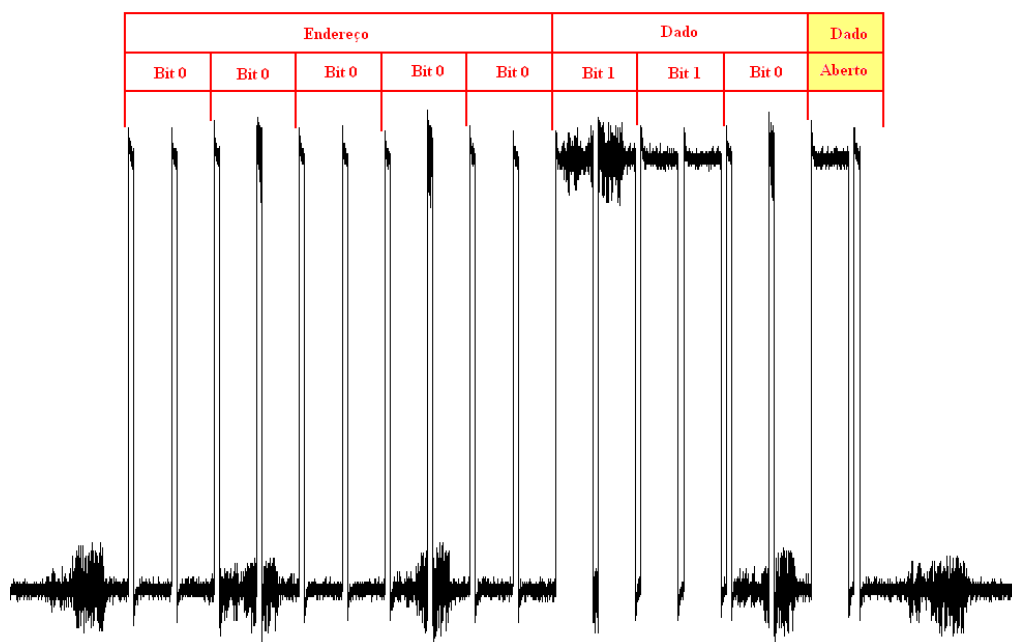


Figura 15 – Sinal 00000110 medido na saída do codificador medido pelo osciloscópio

5. CONCLUSÕES

As tecnologias oriundas da área de telecomunicações apresentam vasta aplicação na sociedade atual. Nas últimas décadas, estas tecnologias têm sido fortemente aplicadas na indústria, seja para a comunicação entre pessoas ou para a comunicação de dados entre máquinas e equipamentos, como, por exemplo, entre sistemas de controle e sensores sem fio em redes industriais.

Neste artigo, foram descritas as etapas e processos relacionados à construção e ao funcionamento de uma máquina muito empregada nas fábricas: uma esteira transportadora.

O funcionamento do sistema de controle sem fio foi verificado através de medições no Laboratório de Medidas do CEFET-PB/GTEMA. Os resultados obtidos foram bastante satisfatórios, em concordância com os pré-requisitos estabelecidos na fase inicial do projeto. O sistema de controle sem fio da esteira transportadora apresentou um alcance de até 65 m medido entre as antenas transmissora e receptora.

Como sugestões para a continuidade deste projeto, destacam-se as seguintes propostas para trabalhos futuros: a redução dos ruídos presentes nos sinais de controle; a inclusão de sensores sem fio a serem utilizados na esteira transportadora em questão, através da mesma tecnologia de comunicação RF empregada; o desenvolvimento de um programa aplicativo de controle com uma interface gráfica amigável com o usuário; e, por último, a substituição da comunicação RF por uma comunicação via infravermelho.

REFERÊNCIAS

ÁLVARO. **Modulação**. Disponível em: <http://penta2.ufrgs.br/Alvaro/modu.html>. Acesso em: 10 fev. 2007.

DURVAL, Prof. **Motores elétricos de corrente contínua e universal**. Disponível em: [http://labinfo.cefetrs.edu.br/professores/durval/maq1/el%E9trica/cap11%20\(motores%20eletricos%20de%20corrente%20continua%20e%20universal\).pdf](http://labinfo.cefetrs.edu.br/professores/durval/maq1/el%E9trica/cap11%20(motores%20eletricos%20de%20corrente%20continua%20e%20universal).pdf). Acesso em: 15 fev. 2007.

Folha de dados do CI **L298** da STMicroelectronics, Itália. Disponível em: http://www.datasheetcatalog.net/pt/datasheets_pdf/L/2/9/8/L298.shtml. Acesso em: 15 fev. 2007.

Folha de dados do codificador **MC145026** e do decodificador **MC145027** da Motorola. Japão. Disponível em: http://www.datasheetcatalog.net/pt/datasheets_pdf/M/C/1/4/MC145026.shtml. Acesso em: 11 fev. 2007.

Folha de dados do módulo receptor de RF **RR3** da Telecontrolli. Itália. Disponível em: <http://www.telecontrolli.com/pdf/receiver/rr3.pdf>. Acesso em: 11 fev. 2007.

Folha de dados do módulo transmissor de RF **RT4** da Telecontrolli. Itália. Disponível em: <http://www.telecontrolli.com/pdf/transmitter/rt4.pdf>. Acesso em: 11 fev. 2007.

GOMES, Eng. Alcides Tadeu. **Telecomunicações: transmissão e recepção AM – FM – Sistemas pulsados**. São Paulo: Érica, 1995.

MESSIAS, Antônio Rogério. **Introdução à porta paralela**. Disponível em: <http://www.rogercom.com/>. Acesso em: 10 fev. 2007.

MESSIAS, Antônio Rogério. **LPTwireless – Controlando 8 dispositivos via RF (RR3 e RT4)**. Disponível em: <http://www.rogercom.com/>. Acesso em: 11 fev. 2007.

Motoredutor MR 710 e MR 710 TR. Disponível em: <http://www.motron.com.br/motoredutor/mr710.htm>. Acesso em: 16 fev. 2007.

Projeto dos alunos. **Acionamento de motores DC**. Disponível em: <http://www.dca.fee.unicamp.br/~jro/ea079/2005/projetosAlunosMotorCC.pdf>. Acesso em: 20 fev. 2007.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos, primeiramente, a Deus! Sem Ele nada seria possível. Em seguida, agradecemos as nossas famílias, presentes de maior valor que Deus nos concede aqui na terra. Agradecemos também aos nossos amigos, colegas e ao nosso orientador, o professor Dr. Paulo Henrique.