

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA  
ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO

PROJETO B<sup>2</sup>DT GUINDASTE II

CURITIBA  
2009

BRUNO DA SILVA AVILA  
BRUNO BENEVENUTO  
DANTE CRUZ TEZZA  
TIAGO BUCIOR

## PROJETO B<sup>2</sup>DT GUINDASTE II

Este projeto será apresentado às disciplinas do Curso de Engenharia de Computação do Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, como parte integrante da nota do segundo semestre. A finalidade deste projeto é integração das diversas disciplinas do curso.

**Professores orientadores:** Afonso Ferreira Miguel e Gil Marcos Jess.

CURITIBA  
2009

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos a todos que acreditarão no nosso trabalho, nos incentivarão, nos deram apoio e principalmente nos ajudaram durante estes aproximados seis meses de desenvolvimento. Entre essas pessoas podemos citar a família, os professores, os amigos, os colegas de curso, os colegas de trabalho, os funcionários da PUC, entre outros, que de certa forma nos apoiaram e incentivaram nos momentos em que passamos pelas dificuldades durante a realização deste projeto. Gostaríamos de agradecer de modo especial aos seguintes Professores:

**Professor Gil Marcos Jess:** Principal idealizador dos Projetos Integrados do Curso de Engenharia de Computação da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, o qual sempre nos apoiou e deu maior força durante o desenvolvimento do projeto, sempre pronto a nos atender, independentemente da maneira de comunicação, porém sempre acompanhando as nossas dificuldades, nossas dúvidas em tomar certas decisões e também sempre buscando nos apresentar soluções viáveis para a conclusão de cada etapa e do projeto em geral. Ao senhor Professor o nosso Muito Obrigado.

**Professor Afonso Ferreira Miguel:** Professor este responsável pela cobrança semanal de resultados no desenvolvimento do nosso projeto, cobranças essas que vão desde a parte básica do hardware até a conclusão final do projeto. Professor que nos auxiliou nas diversas dificuldades que tivemos e que sempre procurou nos mostrar uma solução viável para os problemas, também sempre pronto a nos atender. Ao senhor Professor o nosso Muito Obrigado.

**Professor Alceu de Souza Britto Junior:** Professor que disponibilizou um ótimo material sobre comunicação via porta serial, onde que o mesmo disponibilizou tempo de suas aulas a nos ensinar sobre o funcionamento deste tipo de comunicação. Ajudou-nos informando sobre o uso de câmera e como configurá-la e nos tirou dúvidas solucionando problemas de programação. Também sempre muito atencioso e prestativo em responder as dúvidas levantadas sobre o assunto. Ao Professor o nosso Muito Obrigado.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>05</b>
<b>1.1 JUSTIFICATIVAS.....</b>	<b>05</b>
<b>1.2 METODOLOGIA.....</b>	<b>06</b>
<b>1.3 RESPONSABILIDADES.....</b>	<b>08</b>
<b>2. OBJETIVOS.....</b>	<b>09</b>
<b>3. NÃO ESTÁ INCLUSO NO ESCOPO DESTE PROJETO.....</b>	<b>10</b>
<b>4. EQUIPE DE DESENVOLVIMENTO.....</b>	<b>10</b>
<b>5. PROJETO.....</b>	<b>12</b>
<b>5.1 CONTROLES DO GUINDASTE.....</b>	<b>14</b>
<b>5.2 DIFICULDADES ENCONTRADAS.....</b>	<b>17</b>
<b>6. CONCLUSÃO.....</b>	<b>18</b>
<b>7. ANEXOS.....</b>	<b>19</b>
<b>7.1 ANEXOS I – DICIONÁRIO DE TERMOS TÉCNICOS.....</b>	<b>19</b>

## FIGURAS

<b>Figura 1: Regulador de Tensão.....</b>	<b>32</b>
<b>Figura 2: Trimpot.....</b>	<b>33</b>

## **1. INTRODUÇÃO**

Projeto integrado do curso de Engenharia de Computação tem como intuito iniciar o desenvolvimento de projetos, desde a documentação completa, organogramas, cronogramas, apresentações e a conclusão do projeto nas mais corretas formas. Capacitando o aluno a gerenciar um projeto para quando entrar no mercado de trabalho não ter tantas dificuldades em realizar qualquer tipo do mesmo.

O grupo formado para o desenvolvimento do Projeto Integrado do período do curso no ano de 2009 é formado pelos seguintes integrantes: Bruno da Silva Avila, Bruno Benevenuto, Dante Cruz Tezza e Tiago Bucior.

A idéia para o projeto deste semestre foi aprimorar o projeto realizado no semestre passado, no qual a idéia inicial do primeiro projeto era ser uma empilhadeira, algo neste sentido, que movimentasse materiais de um lugar para outro e conversando sobre o assunto chegamos à idéia de um guindaste portuário, que foi a idéia a ser realizada.

A partir disto fizemos um levantamento das implementações a serem realizadas em nosso guindaste e então levamos esta idéia inicial ao professor Gil Marcos Jess, a idéia foi aprovada pelo professor que então nos apoiou dando suas idéias em o que fazer e o que deixar de fazer.

Com as idéias do projeto já decidido, o projeto passou a ser chamado de “B<sup>2</sup>DT Guindaste II”.

### **1.1 JUSTIFICATIVAS**

O projeto B<sup>2</sup>DT Guindaste II visa atender as necessidades de qualquer mercado de movimentação de materiais. As principais áreas que o projeto atende as necessidades são em oficinas de usinagem, usinas siderúrgicas, serviços portuários, indústria naval e outros tipos de indústrias, fábricas. O guindaste propriamente dito é controlado remotamente por um computador ou por um joystick (dispositivo geral de controle) sem a necessidade de um operador manter maiores contato com a máquina e assim tendo uma ampla visão da área de trabalho pelo fato de conter no braço mecânico uma câmera que exhibe a imagem do local de trabalho no próprio computador. A comunicação do guindaste B<sup>2</sup>DT II é um grande diferencial, pois não é necessário estar próximo dele para operá-lo, a comunicação entre o usuário e o guindaste é feita completamente sem fio

(ondas de rádio). O computador possui um software de controle em ambiente C++ com interface gráfica.

O guindaste possui sua estrutura fixa com seu braço mecânico que realiza rotação completa de 360 Graus em torno de sua base.

## 1.2. METODOLOGIA

A metodologia de desenvolvimento do “B<sup>2</sup>DT Guindaste II” está estruturada de uma forma para evitar que alguns problemas indesejáveis possam aparecer durante a realização do projeto. Realizamos certas pesquisas, estudos e decisões antes de começar a criar o projeto. Realizamos um estudo em geral da comunicação sem fio, como enrolar e fazer eletroímãs, pesquisas de câmeras sem fio, estudo de programação C++ (software), pesquisas dos componentes eletrônicos e definição dos componentes eletrônicos necessários, planejamos os circuitos das placas, estudo de integração de um *Joystick* com o Software, em geral tudo que iria envolver o projeto.

Começamos a implementar nosso projeto trocando dois motores, trocamos o motor de vidro elétrico por outro motor também de vidro elétrico, porém mais preciso e também o motor servo por outro motor servo mais resistente. Neste novo motor servo soldamos um trimpot multivoltas e dois resistores para fazer o motor parar e também destravamos este motor para poder girar nos dois sentidos. Com isso a parte mecânica estava pronta, pois usamos a mesma estrutura do semestre passado. Com isso pronto começamos a fazer o eletroímã, enrolar cobre para testar a força magnética, e para controlar o eletroímã fizemos uma placa. Em paralelo a estas atividades compramos duas placas, uma receptora e outra transmissora de sinal que foram usadas para a comunicação sem fio. Decidimos comprar estas placas por viabilidade e por ainda não termos total conhecimento e capacidade para realizá-las. Para estas placas, recepção e transmissão, funcionar realizamos outras duas placas, uma que foi utilizado para a placa de recepção e outra que foi usado para a placa de transmissão. A última placa que realizamos foi a placa de alimentação do novo motor servo, não pudemos utilizar a mesma placa do semestre passado, pois esse motor necessitava de mais corrente do que tínhamos e se ligássemos nas placas passadas acabava queimando nossos PIC. Com todas as placas prontas e os motores já adaptados, realizamos os testes de interação das placas com os motores através do programa Hyper Terminal (programa incluso do Windows), utilizamos este programa porque nossa comunicação sem fio não estava totalmente

pronta ainda para testar pelo nosso próprio Software. Este programa (Hyper Terminal) foi utilizado para testes.

Com essas tarefas feitas começamos a refazer nosso Software de controle em linguagem C++ no software Microsoft Visual Studio 2005. O novo software do B<sup>2</sup>DT foi completamente refeito, pois devido à criação do protocolo tivemos problemas em fazer uma função necessária para criá-lo com o serial Port no Visual Studio, este problema foi rapidamente resolvido usando a classe C Serial fornecida pelo professor Afonso Ferreira Miguel, porém esta classe é derivada da C Object que nos obrigou a deixar o Windows Form e desenvolver um novo aplicativo em MFC. A única linguagem usada no software foi C++ pois devíamos usar a classe C Serial e esta é a matéria estudada no PA de Técnicas Avançadas de Programação. Novas funções foram implementadas para possibilitar agora a ativação e desativação do eletroímã, e também foi implementada uma tela de login ao software, o usuário só poderá operar o guindaste caso esteja devidamente logado. Há uma função onde o usuário habilita o controle do guindaste pelo *joystick*, para tal desenvolvemos um algoritmo que lê caracteres do teclado e envia as funções para cada tecla, e usamos o programa JoyToKey para relacionar as teclas do *joystick* com as teclas do teclado. O software possui três text box onde ele informa se você está logado, habilitado e se o *joystick* está ligado.

Continuamos então o desenvolvimento com as adaptações e testes de funcionamento. Nossa última tarefa foi fixar a câmera, o receptor de sinal da câmera na estrutura do guindaste e passar os fios de alimentação da câmera.

Ao decorrer do projeto, o grupo utilizou-se de alguns equipamentos para auxiliar na criação do projeto em si. Foram esses: osciloscópio, multímetro, fonte de alimentação, protoboard, prensa, ferro de solda, picstart, micro controlador Z8, computador e notebook. Estes equipamentos foram essenciais para desenvolver e concluir nosso projeto.

Tais equipamentos em exceção do notebook eram de propriedade da PUC e podem ser utilizados por seus alunos gratuitamente. Utilizamos os equipamentos das seguintes maneiras:

- **Osciloscópio:** usamos para exibir os formatos de ondas gerados pelos componentes, para saber se havia alguma falha no circuito ou algum ruído indesejável, os quais podem causar problemas ao longo do projeto.

- Multímetro: utilizamos para medir as correntes, tensões, resistências, verificar continuidade ou descontinuidade entre as trilhas do circuito na placa, entre outros.
- Fonte de alimentação: esta foi utilizada para alimentar precisamente todo o circuito que produzimos e utilizamos desde as placas até os motores.
- Protoboard: para que não houvesse erros depois de prontas as placas, todos os circuitos foram inicialmente montados em protoboard para que pudessem ser testados e/ou corrigidos.
- Prensa: utilizada para transferir o circuito impresso em folha de transparência para a placa de cobre na qual foi montado os circuitos.
- Ferro de solda: usado para soldar os componentes nas placas.
- PICSTART: utilizado para programar os PIC`s (microcontroladores) utilizados em nossas placas. Cada PIC foi programado importando um arquivo específico para cada função. Estes arquivos, fornecidos pelo professor Afonso Ferreira Miguel, estão no formato HEX (*.hex*) e são importados para dentro do microcontrolador através um programador de PIC.
- Computador e notebook: utilizados para criar o software, programar os microcontroladores, desenhar os circuitos, entre outros. Esta ferramenta foi indispensável na maior parte de desenvolvimento do projeto.
- Z8: utilizamos o micro controlador Z8 produzido pela Zilog, ele tem a função de receber o dado protocolado testar se houve perda de dados e transmitir o dado limpo. A linguagem em que foi desenvolvido foi C, e por conselho do Professor Afonso, usamos uma técnica de máquina de estados para controle de micro controladores. Dentro do protocolo recebido vem um número chamado LRC, este número é calculado bit a bit do comando no computador transmissor, o Z8 também calcula seu LRC bit a bit do comando recebido, caso os LRC's sejam iguais significa que não houve interferência ou perda de dados e a validação do protocolo foi efetivada.

### **1.3. RESPONSABILIDADES**

Para que finalizássemos o projeto com sucesso foi necessário total empenho, dedicação máxima de cada integrante do grupo e principalmente força de vontade em

continuar o desenvolvimento mesmo nas horas em que acontecia algo de errado, isso foi o forte do nosso grupo, pois nunca pensamos em desistir, acreditamos desde o início no nosso potencial. Sempre trabalhamos buscando soluções e ajudando uns aos outros o máximo possível no desenvolvimento para o sucesso desejado. Foi necessária também a ajuda dos professores, os quais estavam aptos para nos ajudar tirando nossas dúvidas, melhorando nossas idéias, ajudando a tomar decisões e principalmente nos apoiando. Para desenvolver o projeto dependíamos também das estruturas da PUC, pois foram nos laboratórios com os equipamentos necessários que nosso projeto foi desenvolvido e concluído com sucesso.

## 2. OBJETIVOS

O projeto “B<sup>2</sup>DT Guindaste” teve como objetivos, “ensinar” o grupo a fazer pesquisas, documentações, cronogramas, apresentações, ou seja, tudo que envolve um bom gerenciamento de projetos, assim como utilizar teorias usadas em sala de aula já em aplicações mais próximas da engenharia propriamente dita, como a utilização da física para cálculos de torque, peso, eletromagnetismo (desde como enrolar bobinas, quantas voltas necessárias para certa força de atração) que foi requisito obrigatório pela matéria de Física IV que deveria conter no projeto deste semestre, mecânica em geral, técnicas avançadas de programação para a realização do software, circuitos elétricos e sistemas digitais para uma compreensão melhor da eletrônica analógica e digital e das tecnologias que serão futuramente um dia utilizadas.

O projeto envolveu três motores, sendo um motor de passo responsável pelo movimento de deslocamento do suporte do cabo sobre o trilho do braço mecânico, um motor de vidro elétrico (motor DC) responsável pelo movimento de rotação de 360° do braço mecânico do guindaste e por fim um motor servo responsável pelo movimento de subida e descida do eletroímã. Envolveu também um programa desenvolvido em C++, tudo isso com o objetivo de construir um guindaste que fosse facilmente controlado por um operador pelo computador e/ou por um *joystick* sem a necessidade de um humano manter maiores contatos com o guindaste e apenas para o controle remoto pelo computador. Este programa tem os seguintes comandos de controle, girar o braço mecânico no sentido horário ou anti-horário e parar na posição desejada, subir ou descer e parar na posição desejada o cabo do guindaste, ativar ou desativar o eletroímã e movimentar indo ou voltando e parando na posição desejada este cabo do guindaste

sobre o trilho do braço mecânico. Outro benefício do operador não manter maiores contatos com o guindaste é o fato de no guindaste ter uma câmera que transmite a imagem de toda área de trabalho do guindaste no computador. A comunicação envolvida no projeto entre o computador e o guindaste foi totalmente via comunicação sem fio.

### **3. NÃO ESTÁ INCLUSO NO ESCOPO DESTE PROJETO**

O projeto tem uma ampla diversidade de funções que poderiam ser feitas, mas que não foram implementadas nessa versão, mas talvez nos próximos semestres se continuarmos com esse projeto.

Algumas das funções que existem e que não estão inclusas no escopo deste projeto são: movimento vertical do braço mecânico, sensor que informa o peso da carga, mobilidade da estrutura, içamento por eletroímã e/ou guincho na mesma estrutura, conexão RF/LAN e modem com a máquina, entre outras funções que guindastes podem oferecer.

### **4. EQUIPE DE DESENVOLVIMENTO**

A equipe de desenvolvimento contou com Bruno Benevenuto, Bruno da Silva Ávila (líder da equipe), Dante Cruz Tezza e Tiago Bucior. Em nosso cronograma decidimos as tarefas responsáveis por cada integrante da equipe. As tarefas foram distribuídas da seguinte maneira:

#### *❖ Dante Cruz Tezza e Tiago Bucior*

##### *✓ Projeto Software:*

- Estudos do Software em geral a ser utilizado;
- Estudos do Software necessário para o *Joystick*;
- Estudo do Software necessário para o micro-controlador Z8;
- Definição das funções e Programação geral;
- Testes e adaptações da comunicação do *Joystick* com o Software;
- Definição da interface visual;
- Programação da interface visual;
- Testes e adaptações gerais do Software.

❖ *Bruno Benevenuto e Tiago Bucior*

✓ Projeto Hardware:

- Definição dos componentes necessários;
- Compra de materiais e do *Joystick*;
- Planejamento de circuitos;
- Testes dos circuitos em protoboard;
- Montagem dos circuitos nas placas e realização de cabeamento;
- Testes dos circuitos nas placas.

❖ *Bruno Benevenuto e Bruno da Silva Avila*

✓ Projeto Mecânico:

- Definição do material;
- Compra do material;
- Execução mecânica;
- Testes e adaptações.

❖ *Dante Cruz Tezza e Tiago Bucior*

✓ Integração entre Software Hardware e Mecânica:

- Testes e adaptações gerais.

❖ *Bruno da Silva Avila*

✓ Implementação:

- Software;
- Hardware;
- Mecânico;
- Testes de integração;
- Documentação.

## 5. O PROJETO

O projeto B2DT Guindaste II é constituído principalmente em três blocos: eletrônica, software e a estrutura.

A eletrônica se baseia em um conversor RS-232, que tem como função receber dados via a porta serial do computador e transformá-las em dados TTL, para assim poder enviar comandos em forma de pacotes protocolados, através de um emissor *wireless*, para outro conversor RS-232, que recebe via receptor *wireless*, o qual recebe estes pacotes protocolados e os transmite para a placa micro-controladora Z8, usada nos laboratórios de Engenharia de Computação da PUC-PR. A placa Z8 faz a verificação de interferência e perda de dados, caso não houve perdas, o Z8 decodifica os pacotes protocolados e os retransmitem em formato TTL para a placa RS-232, a qual envia estes comandos decodificados a uma terceira placa RS-232 que executa os comandos no Guindaste. O módulo M0 recebe os dados TTL para controlar o motor de passo responsável pelo movimento de deslocamento do suporte do cabo sobre o trilho do braço mecânico do guindaste, porém antes dessa informação do controle chegar ao motor à informação passará por uma etapa de potência. Os outros módulos de controle são dois módulos M1, que foram feitos com identificação diferente para não haver interferência entre os motores. Um módulo M1 é responsável pelo motor servo e ligado diretamente ao motor, este, modificado para poder ter giro completo e, com uso de um trimpot multivoltas, permitiu a rotação em dois sentidos para o motor. O módulo M1 responsável pelo motor de corrente contínua, envia a informação a uma etapa de potência que pode inverter a tensão no motor, assim possibilitando a rotação nos dois sentidos. Todos os módulos usam o micro-controlador PIC12F629. Usamos também um *relé (interruptor acionado eletricamente)* para ativar ou desativar um eletroímã, o qual este está conectado a um carretel fixado ao motor servo. Utilizamos uma das saídas Pwm do PIC12F629 usado nos módulos, para controlar o acionamento do *relé*.

Na parte superior do Guindaste, fixamos uma mini câmera que coleta as imagens de movimentação do Guindaste, para que facilite a visualização das manobras do operador do Guindaste. Estas imagens coletadas são transmitidas também via *wireless*, por um transmissor fixado na estrutura do Guindaste. O receptor destas imagens fica adaptado a um notebook ou a um computador qualquer que possua o software de visualização. Estas imagens podem ser gravadas no período integral do

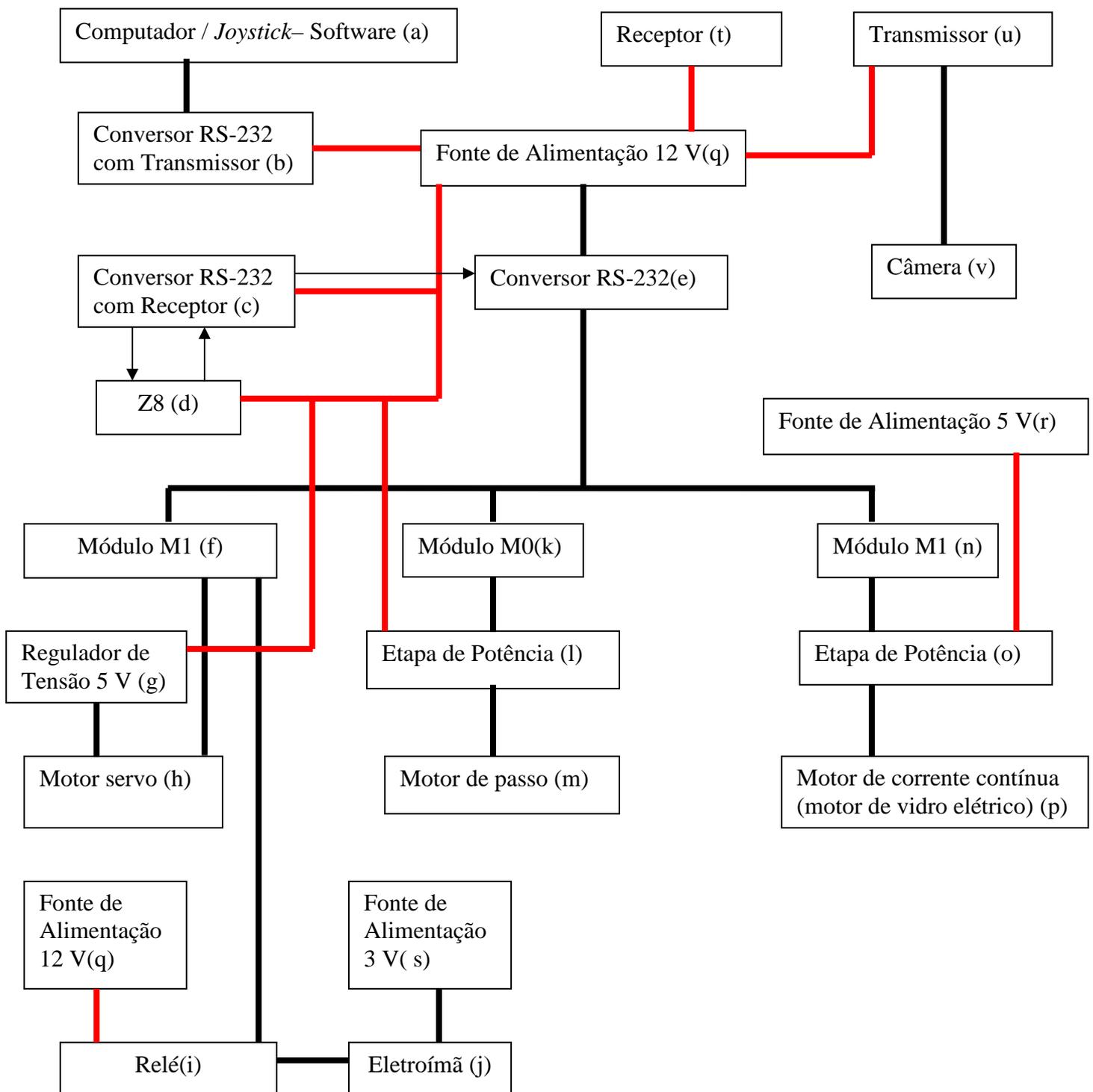
serviço do usuário do Guindaste. Há também a possibilidade de usar o software para tirar fotos durante a utilização.

Toda a parte de comunicação entre câmera e computador (software), guindaste (hardware) e computador (software), é feita via wireless.

O software foi desenvolvido na linguagem C++ usando uma classe fornecida pelo professor chamada C Serial, a interface gráfica foi feita em MFC e contém tela de login para os usuários, habilitar ou desabilitar e a porta serial do computador, funções para controle do motor, há a possibilidade de ativar as funções através do *joystick* e ainda há tres text box que informam ao usuário se o usuário esta logado, se o programa e o *joystick* estão habilitados.

A estrutura foi feita de ferro, seu braço é giratório, há um eixo e um rolamento fixados a torre da estrutura que permite o giro de 360°, logo abaixo desse eixo esta o encaixe para o motor de corrente contínua, que pode ser colocado e retirado para manutenção. Em seu braço mecânico há um trilho onde um suporte percorre levando o motor servo que levanta e desce o cabo do guindaste, esse suporte é movimentado por uma correia que é encaixada ao preciso motor de passo. Na estrutura estão fixadas as placas, onde existe uma proteção de borracha para que evite contato entre a estrutura de ferro e as trilhas de cobre evitando curtos circuitos entre os mesmos.

## 5.1 CONTROLES DO GUINDASTE



Utiliza-se um Software “B2DT Guindaste” que controla todas as ações do Guindaste, o processo de controle acontece da seguinte maneira:

A- Pelo computador ou por um *Joystick* (dispositivo geral de controle) o usuário interage com o software e comanda o guindaste. O computador envia informações RS 232 através da porta serial para a placa do conversor com transmissor.

B- Este conversor com transmissor tem como objetivo, receber informações na forma RS 232 do computador e transformá-las em TTL, assim ele transmite por ondas de rádio essas informações para o conversor com receptor. É alimentado com 12 V por uma fonte de alimentação (q).

C- Este conversor com receptor tem como objetivo, receber informações do conversor com transmissor, por ondas de rádio, na forma TTL e transformá-las em RS 232 e passar essa informação na forma RS 232 para o Z8. A informação do Z8 (formato RS 232) volta para o conversor com receptor que a transforma em TTL. O conversor é alimentado por uma fonte de corrente contínua (q) com tensão de 12 Volts.

D- Este microcontrolador Z8 tem como função receber as informações protocoladas do conversor com transmissor na forma RS 232 e verificar se houve perda de dados e transmitir o dado limpo novamente para o conversor com receptor. Dentro do protocolo recebido vem um número chamado LRC, este número é calculado bit a bit do comando no computador transmissor, o Z8 também calcula seu LRC bit a bit do comando recebido, caso os LRC's sejam iguais significa que não houve interferência ou perda de dados e a validação do protocolo foi efetivada. O microcontrolador é alimentado com 12 V por uma fonte de alimentação (q).

E- Este conversor tem como objetivo receber a informação limpa do conversor com transmissor e assim este conversor transmite os dados recebidos, primeiramente pelo computador, para os módulos eletrônicos M0 e M1. O conversor é alimentado por uma fonte de corrente contínua (q) com tensão de 12 Volts.

F- Módulo eletrônico M1, recebe informações TTL do conversor e seu PIC envia informações ao motor servo, controlando-o.

G- Este regulador de tensão é alimentado pela fonte de 12 V e transforma esta tensão para 5 V que é a tensão do motor servo.

H- O motor servo é alimentado a parte por um regulador de tensão e recebe os sinais diretamente do Módulo M1. Sua função é descer e subir o cabo do guindaste com precisão podendo girar nos dois sentidos e parar.

I- Este relé tem como função ativar ou desativar o eletroímã e é alimentado por uma fonte de alimentação de 12 V. Dependendo do sinal mandado pelo Módulo eletrônico M1 o relé passa tensão ou corta a tensão.

J- O eletroímã tem a função de atrair ou repelir objetos eletromagnéticos. O eletroímã é ativado ou desativado pelo relé e é alimentado por uma fonte de alimentação de 3 V.

K- Módulo eletrônico M0, recebe informações TTL do conversor e seu PIC envia informações à etapa de potência (1).

L- Esta etapa de potência tem como objetivo, aumentar o sinal recebido do Módulo M0 para controlar o motor de passo com precisão. É alimentada com tensão de 12 Volts para ter energia suficiente para movimentar o motor.

M- O motor de passo recebe energia elétrica e comandos da etapa de potência (1). Sua função é deslocar o suporte do cabo ao longo do trilho do braço mecânico do guindaste. Recebendo o número de passos e a direção do giro.

N- Módulo eletrônico M1, recebe informações TTL do conversor e seu PIC envia informações à etapa de potência.

O- Esta etapa de potência tem como objetivo, receber as informações do Módulo M1, e controlar o motor de corrente contínua (motor de vidro elétrico). Ela tem duas saídas, uma invertida por uma porta lógica NOT, assim pode-se definir qual o sentido que o motor irá girar invertendo o sentido da corrente elétrica e com esta etapa de potência podemos parar o motor. Esta etapa de potência é alimentada por uma fonte de alimentação de 5 V (r).

P- O motor de corrente contínua recebe tensão da etapa de potência (o), dependendo o sentido da corrente elétrica será o sentido do giro do motor.

Q- Fonte de alimentação de corrente contínua com tensão de 12 Volts, que alimenta o conversor com transmissor, conversor com receptor, conversor, regulador de tensão, Z8, relé e a etapa de potência (l) ligada ao motor de passo.

R- Fonte de alimentação de corrente contínua com tensão de 5 Volts que alimenta a etapa de potência (o) que é ligada ao motor de corrente contínua.

S- Fonte de alimentação de 3 V para o eletroímã.

T- Este receptor recebe a imagem através do transmissor de imagem da câmera e mostra a imagem no computador. É alimentado com 12 V por uma fonte de alimentação (q).

U- Este transmissor transmite a imagem gerada pela câmera para o receptor (t). É alimentado com 12 V por uma fonte de alimentação (q).

V- Esta câmera tem como função mostrar, ao operador do guindaste pelo computador, toda a área de trabalho do guindaste.

## **5.2 DIFICULDADES ENCONTRADAS**

Ao longo do desenvolvimento do projeto nos deparamos com algumas dificuldades.

Como já tínhamos a estrutura pronta (projeto anterior), foram necessários alguns reajustes, tais quais: fixação da câmera, troca de motores servo e vidro elétrico (motor de corrente contínua), implementação de uma base para o Guindaste. Optamos por trocar os motores, pois cada um deles apresentava dificuldades em realizar as tarefas as quais eram predestinados. O motor servo anterior, não iria agüentar o peso a ele proporcionado. Por este motivo, trocamos por outro motor servo, com engrenagens metálicas, o qual tem 13 quilos de torque. Trocamos também o motor de vidro elétrico por outro motor mais novo, pois o antigo apresentava falhas como engrenagem ruim,

velocidade variável, tornando assim difícil a utilização e controle do mesmo, trocou este por um novo motor, que não apresentava estes defeitos.

No começo do projeto houve algumas discussões por conta das divergências de idéias, mas que foram sendo aos poucos concordadas fazendo com que assim fosse possível a realização do projeto. De início tivemos problemas com alimentação do novo motor servo. Se ligado aos módulos, como era feito com o outro motor servo, este queimava todos os PIC's e transistores, pois necessitava de uma corrente elevada que não era suportada pelos módulos. Resolvemos este problema com a utilização de um regulador de tensão 7805 utilizado separadamente dos módulos, para baixar a tensão de 12 volts (tensão utilizada no guindaste) para 5 volts (tensão utilizada pelo motor servo).

A confecção das placas RS-232 para a adaptação do transmissor e receptor *wireless*, foi uma das dificuldades que resolvemos através do teste e erro, ou seja, confeccionamos as placas, e através de testes, fomos achando os erros e os corrigindo. Como as dificuldades na confecção também tiveram problemas com o envio e recepção dos pacotes transmitidos.

O micro-controlador Z8 também não nos facilitou no projeto, é uma excelente placa e possibilita muitas opções porém nunca havíamos usado-a antes e por isso perdemos muitas tardes estudando-a e corrigindo erros, por exemplo convencionalmente o pino RX do cabo DB9 e o pino 2, e o pino TX e o pino 3, no Z8 isto é invertido, pequeno problema que nos causou muita dor de cabeça.

Na programação tivemos dificuldades, pois anteriormente usávamos o serial Port do Visual Studio 2008, e não conseguíamos criar o protocolo adequado usando ele. Para conseguirmos arrumar o protocolo, tivemos que refazer todo o programa usando a classe C Serial e mudando o tipo de aplicativo de Windows Form para MFC. Não foi possível adicionar a imagem da câmera acoplada ao software, pois o MFC não suporta isso, tivemos que decidir entre criar o protocolo ou abrir a imagem em um programa à parte.

## **6. CONCLUSÃO**

Conforme o desenvolvimento do projeto passamos a associar com a prática vários conceitos passados em sala de aula, pois o conceito passa apenas uma noção básica sobre o assunto, já na prática podemos confirmar o conhecimento adquirido com a teoria do mesmo. Na prática o que às vezes parece ser simples nem sempre é, tivemos

que tomar muito cuidado com tudo, com as possíveis interferências durante a realização de qualquer etapa, enfim tomar cuidado e aprender com a prática algo que antes nem imaginássemos que fosse de certo jeito.

Durante todo o projeto contamos com a ajuda direta dos Professores Gil Marcos Jess e Afonso Ferreira Miguel, que nos apoiaram, nos incentivarão e principalmente nos ajudaram durante esses seis meses de desenvolvimento e sempre estiveram dispostos a tirar nossas dúvidas. Os dois Professores sempre tiveram a parte de todos os acontecimentos durante o projeto, tenham sido eles bons ou ruins, sempre nos orientando a qual decisão mais viável deveria tomar para obter êxito em certa etapa e em consequência na conclusão do projeto.

O trabalho em grupo foi de suma importância, pois quando montamos o grupo e dividimos as tarefas sabíamos que em certos momentos para avançarmos dependeríamos da responsabilidade de cada membro do grupo com as tarefas, já que para realizar outra etapa dependíamos de algumas etapas precedentes. Ficamos muito felizes e honrados pela conclusão do nosso segundo projeto com êxito.

## **7. ANEXOS**

### **7.1 ANEXOS I – DICIONÁRIO DE TERMOS TÉCNICOS**

Para facilitar a leitura para quem possa vir a fazer leitura do mesmo, foi feito este dicionário básico contendo alguns dos termos usados neste projeto. Este dicionário serve apenas para dar uma noção básica sobre do que se trata cada palavra em específico.

#### **RESISTOR**

Um resistor (chamado de resistência em alguns casos) é um dispositivo elétrico muito utilizado em eletrônica, com a finalidade de transformar energia elétrica em energia térmica (efeito joule), a partir do material empregado, que pode ser, por exemplo, carbono.

Um resistor ideal é um componente com uma resistência elétrica que permanece constante independentemente da tensão ou corrente elétrica que circular pelo dispositivo.

Os resistores podem ser fixos ou variáveis. Neste caso são chamados de potenciômetros ou reostatos. O valor nominal é alterado ao girar um eixo ou deslizar uma alavanca.

O valor de um resistor de carbono pode ser facilmente determinado de acordo com as cores que apresenta na cápsula que envolve o material resistivo, ou então usando um ohmímetro.

Alguns resistores são longos e finos, com o material resistivo colocado ao centro, e um terminal de metal ligado em cada extremidade. Este tipo de encapsulamento é chamado de encapsulamento axial. A fotografia a direita mostra os resistores em uma tira geralmente usados para a pré formatação dos terminais. Resistores usados em computadores e outros dispositivos são tipicamente muito menores, freqüentemente são utilizadas tecnologia de montagem superficial (Surface-mount technology), ou SMT, esse tipo de resistor não tem perna de metal. Resistores de potência maior são feitos mais robustos para dissipar calor de maneira mais eficiente, mas eles seguem basicamente a mesma estrutura.

Os resistores são sim como parte de um circuito elétrico e incorporados dentro de dispositivos microeletrônicos ou semicondutores. A medição crítica de um resistor é a resistência, que serve como relação de voltagem para corrente é medida em ohms, uma unidade SI. Um componente tem uma resistência de 1 ohm se uma voltagem de 1 volt no componente fazer com que percorra, pelo mesmo, uma corrente de 1 Ampère, o que é equivalente à circulação de 1 Coulomb de carga elétrica, aproximadamente  $6.241506 \times 10^{18}$  elétrons por segundo.

Qualquer objeto físico, de qualquer material é um tipo de resistor. A maioria dos metais são materiais condutores, e opõe baixa resistência ao fluxo de corrente elétrica. O corpo humano, um pedaço de plástico, ou mesmo o vácuo têm uma resistência que pode ser mensurada. Materiais que possuem resistência muito alta são chamados isolantes ou isoladores.

A relação entre tensão, corrente e resistência, através de um objeto é dada por uma simples equação, Lei de Ohm:

$$R = \frac{V}{I}$$

Onde  $V$  é a voltagem em volts,  $I$  é a corrente que circula através de um objeto em Ampères, e  $R$  é a resistência em ohms. Se  $V$  e  $I$  tiverem uma relação linear -- isto é,  $R$  é constante -- ao longo de uma gama de valores, o material do objeto é chamado de ôhmico. Um resistor ideal tem uma resistência fixa ao longo de todas as frequências e amplitudes de tensão e corrente.

Materiais supercondutores em temperaturas muito baixas têm resistência zero. Isolantes (tais como ar, diamante, ou outros materiais não-condutores) podem ter resistência extremamente alta (mas não infinita), mas falham e admitem que ocorra um grande fluxo de corrente sob voltagens suficientemente altas.

A resistência de um componente pode ser calculada pelas suas características físicas. A resistência é proporcional ao comprimento do resistor e à resistividade do material (uma propriedade do material), e inversamente proporcional à área da secção transversal. A equação para determinar a resistência de uma seção do material é:

$$R = \frac{\rho L}{A}$$

Onde  $\rho$  é a resistividade do material,  $L$  é o comprimento, e  $A$  é a área da secção transversal. Isso pode ser estendido a uma integral para áreas mais complexas, mas essa fórmula simples é aplicável a fios cilíndricos e à maioria dos condutores comuns. Esse valor está sujeito a mudanças em altas frequências devido ao efeito skin, que diminui a superfície disponível da área.

Resistores padrões são vendidos com capacidades variando desde uns poucos miliôhms até cerca de um gigaôhms; apenas uma série limitada de valores, chamados valores preferenciais, está disponível. Na prática, o componente discreto vendido como "resistor" não é um resistor perfeito como definido acima. Resistores são freqüentemente marcados com sua tolerância (a variação máxima esperada da resistência marcada). Em resistores codificados com cores, uma faixa mais à direita demonstra uma tolerância de 10%, uma faixa dourada significa 5% de tolerância, uma faixa vermelha marca 2% e uma faixa marrom significa 1% de tolerância. Resistores com tolerância menores, também chamados de resistores de precisão, também estão disponíveis.

Um resistor tem uma voltagem e corrente máximas de trabalho, acima das quais a resistência pode mudar (drasticamente, em alguns casos) ou o resistor pode se danificar

fisicamente (queimar, por exemplo). Embora alguns resistores tenham as taxas de voltagem e corrente especificadas, a maioria deles são taxadas em função de sua potência máxima, que é determinada pelo tamanho físico. As taxas mais comuns para resistores de composição de carbono e filme de metal são 1/8 watt, 1/4 watt e 1/2 watt. Resistores de filme de metal são mais estáveis que os de carbono quanto a mudanças de temperatura e a idade. Resistores maiores são capazes de dissipar mais calor por causa de sua área de superfície maior. Resistores dos tipos wire-wound e sand-filled são usados quando se necessita de taxas grandes de potência, como 20 Watts. Além disso, todos os resistores reais também introduzem alguma indutância e capacitância, que mudam o comportamento dinâmico do resistor da equação ideal.

### *Resistor variável*

O resistor variável é um resistor cujos valores podem ser ajustados por um movimento mecânico, por exemplo, rodando manualmente. Os resistores variáveis podem ser dos baratos, de volta simples, ou de múltiplas voltas com um elemento helicoidal. Alguns têm um display mecânico para contar as voltas.

Tradicionalmente, resistores variáveis são não-confiáveis, porque o fio ou o metal podem se corroer ou se desgastar. Alguns resistores variáveis modernos usam materiais plásticos que não corroem. Outro método de controle, que não é exatamente um resistor, mas se comporta como um, envolve um sistema sensor fotoelétrico que mede a densidade ótica de um pedaço de filme. Desde que o sensor não toque o filme, é impossível haver desgaste.

## **CAPACITOR**

Um capacitor ou condensador é um componente que armazena energia num campo elétrico, acumulando um desequilíbrio interno de carga elétrica. Os formatos típicos consistem em dois eletrodos ou placas que armazenam cargas opostas. Estas duas placas são condutoras e são separadas por um isolante ou por um dielétrico. A carga é

armazenada na superfície das placas, no limite com o dielétrico. Devido ao fato de cada placa armazenar cargas iguais, porém opostas, a carga total no dispositivo é sempre zero.

## CAPACITÂNCIA

A propriedade que estes dispositivos têm de armazenar energia elétrica sob a forma de um campo eletrostático é chamada de capacitância ou capacidade (C) e é medida pelo quociente da quantidade de carga (Q) armazenada pela diferença de potencial ou tensão (V) que existe entre as placas:

$$C = \frac{Q}{V}$$

Pelo Sistema Internacional de Unidades (SI), um capacitor tem a capacitância de um Farad (F) quando um Coulomb de carga causa uma diferença de potencial de um volt (V) entre as placas. O farad é uma unidade de medida considerada muito grande para circuitos práticos, por isso, são utilizados valores de capacitâncias expressos em microFarads ( $\mu\text{F}$ ), nanoFarads (nF) ou picoFarads (pF).

A equação acima é exata somente para valores de Q muito maiores que a carga do elétron ( $e = 1,602 \times 10^{-19} \text{ C}$ ). Por exemplo, se uma capacitância de um pF fosse carregada a uma tensão de  $1 \mu\text{V}$ , a equação perderia uma carga  $Q = 10^{-19} \text{ C}$ , mas isto seria impossível já que seria menor do que a carga em um único elétron. Entretanto, as experiências e as teorias recentes sugerem a existência de cargas fracionárias.

A capacitância de um capacitor de placas paralelas constituído de dois eletrodos planos idênticos de área A separados à distância constante d é aproximadamente igual a:

$$C = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{A}{d}$$

onde

C é a capacitância em Farads

$\epsilon_0$  é a permissividade eletrostática do vácuo ou espaço livre

## ENERGIA

A energia (no SI, medida em Joules) armazenada em um capacitor é igual ao trabalho feito para carregá-lo. Considere um capacitor com capacitância  $C$ , com uma carga  $+q$  em uma placa e  $-q$  na outra. Movendo um pequeno elemento de carga  $dq$  de uma placa para a outra contra a diferença de potencial  $V = q/C$  necessita de um trabalho  $dW$ :

$$dW = \frac{q}{C} dq$$

Nós podemos descobrir a energia armazenada em um capacitor integrando essa equação. Começando com um capacitor descarregado ( $q=0$ ) e movendo carga de uma placa para a outra até que as placas tenham carga  $+Q$  e  $-Q$ , necessita de um trabalho  $W$ :

$$W_{\text{carregando}} = \int_0^Q \frac{q}{C} dq = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C} = \frac{1}{2} CV^2 = E_{\text{armazenada}}$$

### Capacitores Comuns

Apresenta-se com tolerâncias de 5 % ou 10 %.

Capacitores são freqüentemente classificados de acordo com o material usados como dielétrico. Os seguintes tipos de dielétricos são usados:

**cerâmica** (valores baixos até cerca de 1  $\mu\text{F}$ )

C0G ou NP0 - tipicamente de 4,7 pF a 0,047 uF, 5 %. Alta tolerância e desempenho de temperatura. Maiores e mais caros

X7R - tipicamente de 3300 pF a 0,33 uF, 10 %. Bom para acoplamento não-crítico, aplicações com timer.

Z5U - tipicamente de 0,01 uF a 2,2 uF, 20 %. Bom para aplicações em bypass ou acoplamentos. Baixo preço e tamanho pequeno.

**poliestireno** (geralmente na escala de picofarads).

**poliéster** (de aproximadamente 1 nF até 1000000  $\mu\text{F}$ ).

**polipropileno** (baixa perda. alta tensão, resistente a avarias).

**tântalo** (compacto, dispositivo de baixa tensão, de até 100  $\mu\text{F}$  aproximadamente).

**eletrolítico** (de alta potência, compacto mas com muita perda, na escala de 1  $\mu\text{F}$  a 1000  $\mu\text{F}$ )

Propriedades importantes dos capacitores, além de sua capacitância, são a máxima tensão de trabalho e a quantidade de energia perdida no dielétrico. Para capacitores de alta potência a corrente máxima e a Resistência em Série Equivalente (ESR) são considerações posteriores. Um ESR típico para a maioria dos capacitores está entre 0,0001 ohm e 0,01 ohms, valores baixos preferidos para aplicações de correntes altas.

Já que capacitores têm ESRs tão baixos, eles têm a capacidade entregar correntes enormes em circuitos curtos, o que pode ser perigoso. Por segurança, todos os capacitores grandes deveriam ser descarregados antes do manuseio. Isso é feito colocando-se um resistor pequeno de 1 ohm a 10 ohm nos terminais, isso é, criando um circuito entre os terminais, passando pelo resistor.

Capacitores também podem ser fabricados em aparelhos de circuitos integrados de semicondutores, usando linhas metálicas e isolantes num substrato. Tais capacitores são usados para armazenar sinais analógicos em filtros chaveados por capacitores, e para armazenar dados digitais em memória dinâmica acesso aleatórios (DRAM). Diferentemente de capacitores discretos, porém, na maior parte do processo de fabricação tolerâncias precisas não são possíveis (15 % a 20 % são considerado bom).

## **CORRENTE ELÉTRICA**

Na Física, corrente elétrica é o fluxo ordenado de partículas portadoras de carga elétrica. Sabe-se que, microscopicamente, as cargas livres estão em movimento aleatório devido a agitação térmica. Apesar desse movimento desordenado, ao estabelecermos um campo elétrico na região das cargas, verifica-se um movimento ordenado que se apresenta superposto ao primeiro. Esse movimento recebe o nome de movimento de deriva das cargas livres.

Raios são exemplos de corrente elétrica, bem como o vento solar, porém a mais conhecida, provavelmente, é a do fluxo de elétrons através de um condutor elétrico, geralmente metálico.

O símbolo convencional para representar a intensidade de corrente elétrica (ou seja, a quantidade de carga  $Q$  que flui por unidade de tempo  $t$ ) é o  $I$ , original do alemão *Intensität*, que significa intensidade.

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

A unidade padrão no SI para medida de intensidade de corrente é o ampère. A corrente elétrica é também chamada informalmente de amperagem. Embora seja um termo válido, alguns engenheiros repudiam o seu uso.

## **CIRCUITO INTEGRADO**

Um circuito integrado, também conhecido por chip, é um dispositivo microeletrônico que consiste de muitos transistores e outros componentes interligados capazes de desempenhar muitas funções. Suas dimensões são extremamente reduzidas, os componentes são formados em pastilhas de material semicondutor.

A importância da integração está no baixo custo e alto desempenho, além do tamanho reduzido dos circuitos aliado à alta confiabilidade e estabilidade de funcionamento. Uma vez que os componentes são formados ao invés de montados, a resistência mecânica destes permitiu montagens cada vez mais robustas a choques e impactos mecânicos, permitindo a concepção de portabilidade dos dispositivos eletrônicos.

No circuito integrado completo ficam presentes os transistores, condutores de interligação, componentes de polarização, e as camadas e regiões isolantes ou condutoras obedecendo ao seu projeto de arquitetura.

No processo de formação do chip, é fundamental que todos os componentes sejam implantados nas regiões apropriadas da pastilha. É necessário que a isolação seja perfeita, quando for o caso. Isto é obtido por um processo chamado difusão, que se dá entre os componentes formados e as camadas com o material dopado com fósforo, e separadas por um material dopado com boro, e assim por diante.

Após sucessivas interconexões, por boro e fósforo, os componentes formados ainda são interconectados externamente por uma camada extremamente fina de alumínio, depositada sobre a superfície e isolada por uma camada de dióxido de silício.

## **DIFERENÇA DE POTENCIAL**

Pode-se definir a diferença de potencial entre dois pontos como a variação entre os potenciais elétricos desses dois pontos.

## **MICROCONTROLADOR**

Um microcontrolador (também denominado MCU ou  $\mu\text{C}$ ) é um computador num chip, contendo um processador, memória e funções de entrada/saída. É um microprocessador que enfatiza a alta integração, em contraste com os microprocessadores de uso geral (do tipo usado em computadores pessoais). Além dos componentes lógicos e aritméticos usuais dum microprocessador de uso geral, o microcontrolador integra elementos adicionais tais como memória RAM, EEPROM ou Memória flash para armazenamento de dados ou programas, dispositivos periféricos e interfaces de E/S que podem ir de um simples pinodigital do componente a uma interface USB ou Ethernet nos mais avançados (como o ARM LPC2368).

Com frequências de clock de poucos MHz ou ainda mais baixas microcontroladores são considerados lentos se comparados aos microprocessadores modernos, mas isso é perfeitamente adequado para aplicações típicas. Eles consomem relativamente pouca energia (miliwatts), e geralmente possuem a capacidade de "hibernar" enquanto aguarda que aconteça algum evento interessante provocado por um periférico, tal como o pressionar dum botão, que os colocam novamente em atividade. O consumo de energia enquanto estão "hibernando" pode ser de nanowatts, tornando-os ideais para aplicações de baixa energia e que economizem bateria.

De forma oposta aos microprocessadores, onde se super dimensiona ao máximo tendo como limite o preço que o usuário deseja investir, a escolha do microcontrolador é feita pelo projetista do equipamento. É erro de projeto super dimensionar. Cada desperdício será multiplicado pelo número de equipamentos fabricados (às vezes milhões). Por isso existem duas linhas de pesquisa paralelas, mas opostas uma criando microcontroladores mais capazes, para atender produtos de mais tecnologia como os novos celulares ou receptores de TV digital e outra para criar microcontroladores mais simples e baratos, para aplicações elementares (como um chaveiro que emite sons).

De forma diferente da programação para microprocessadores, que em geral contam com um sistema operacional e um BIOS, o programador ou projetista que

desenvolve sistemas com microcontroladores tem que lidar com uma gama muito grande de desafios, fazendo muitas vezes todo o processo construtivo do aparelho: BIOS, firmware e circuitos.

## **RS 232**

RS-232 (também conhecido por EIA RS-232C ou V.24) é um padrão para troca serial de dados binários entre um DTE (terminal de dados, de Data Terminal equipment) e um DCE (comunicador de dados, de Data Communication equipment). É comumente usado nas portas seriais dos PCs.

Hoje, o protocolo de comunicação RS-232 vem sendo, gradualmente, suprimido pelo USB para comunicação local. O protocolo USB é mais rápido, possui conectores mais simples de usar e tem um melhor suporte por software. Por isso muitas placas-mãe, destinadas ao uso em escritórios ditas "livre de legados" (legacy-free) são produzidas sem circuitos RS-232. Mesmo assim, esse protocolo continua sendo utilizado em periféricos para pontos de venda (caixas registradoras, leitores de códigos de barra ou fita magnética) e para a área industrial (dispositivos de controle remoto). Por essas razões, computadores para estes fins continuam sendo produzidos com portas RS-232, tanto on-board ou em placas para barramentos PCI ou barramento ISA. Como alternativa, existem adaptadores para portas USB, que podem ser utilizados para conectar teclados ou mouses PS/2, uma ou mais portas seriais e uma ou mais portas paralelas.

No protocolo de comunicação RS-232, caracteres são enviados um a um como um conjunto de bits. A codificação mais comumente usada é o "start-stop assíncrono" que usa um bit de início, seguido por sete ou oito bits de dados, possivelmente um bit de paridade, e um ou dois bits de parada sendo, então, necessários 10 bits para enviar um único caractere. Tal fato acarreta a necessidade em dividir por um fator de dez a taxa de transmissão para obter a velocidade de transmissão. A alternativa mais comum ao "start-stop assíncrono" é o HDLC. O padrão define os níveis elétricos correspondentes aos níveis lógicos um e zero, a velocidade de transmissão padrão e os tipos de conectores.

O padrão especifica 20 diferentes sinais de conexão, e um conector em forma de D é comumente usado. São utilizados conectores machos e fêmeas - geralmente os conectores dos cabos são machos e os conectores de dispositivos são fêmeas - e estão disponíveis adaptadores m-m e f-f. Há também os chamados "null modems" para

conectar unidades utilizando-se ambas como terminais de dados (ou modems). Para configuração e diagnóstico de problemas com cabos RS-232 pode-se utilizar uma "breakout box". Este dispositivo possui um conector macho e um conector fêmea e deve ser anexado em linha. Além disso, possui luzes para cada pino e meios de interconectar os pinos com diferentes configurações.

A maioria dos pinos são inutilizados pela maioria dos dispositivos sendo, então, comum que máquinas economizem espaço e dinheiro, utilizando conexões menores. A segunda geração dos IBM PC AT foi disponibilizada com um conector em forma de D com apenas 9 pinos, tornando-se o padrão. Grandes partes dos dispositivos utilizam conectores de 25 pinos. Conseqüentemente, cabos com 9 pinos em uma extremidade e 25 em outra são comuns. O Apple Macintosh utilizava um sistema similar, mas posteriormente mudou para um novo conector com apenas 8 pinos, menos que o necessário para um modem.

Os cabos para RS-232 podem ser construídos com conectores disponíveis em qualquer loja de eletrônicos. Os cabos podem ter de 3 a 25 pinos. Cabos "Flat RJ" (cabos de telefone) podem ser usados com conectores RJ-RS232 e são os de mais fácil configuração. A razão pela qual é possível criar uma interface mínima com apenas três fios é que todo sinal RS-232 utiliza o mesmo fio terra para referência. O uso de circuitos desbalanceados deixa o RS-232 altamente suscetível a problemas devido a diferenças de potencial entre os sinais de terra dos dois circuitos. Este padrão também tem um pobre controle dos tempos de picos e descidas do sinal, levando a potenciais problemas de comunicação.

O RS-232 é recomendado para conexões curtas (quinze metros ou menos). Os sinais variam de 3 a 15 volts positivos ou negativos, valores próximos de zero não são sinais válidos. O nível lógico um é definido por ser voltagem negativa, a condição de sinal é chamada marca e tem significado funcional de OFF (desligado). O nível lógico zero é positivo, a condição de sinal é espaço, e a função é ON (ligado). Níveis de sinal +5, +10, +12 e +15 são vistos comumente, dependendo da fonte elétrica disponível.

Marca e espaço são termos herdados das teletypewriters. O modo de comunicação nativo destas eram simples séries de circuitos de corrente contínua que são interrompidos, muito similar aos telefones que possuíam as "rodas de discagem" que interrompiam o sinal telefônico. A condição de marca é quando o circuito está fechado e a condição de espaço, quando o circuito está aberto. O início de um caractere é sinalizado por um espaço e os bits de parada são marcas. Quando a linha é interrompida,

a teletypewriter entra num ciclo contínuo, mas nada é impresso porque tudo o que é recebido são zeros, o caractere NULL.

Os dispositivos RS-232 podem ser classificados em DTE e DCE. Essa classificação permite definir quais fios irão mandar e/ou enviar sinais de dados. De qualquer modo, estas definições nem sempre seguídas. Normalmente é necessário consultar a documentação ou testar as conexões com uma "breakout box" para determinar os sinais necessários.

O sinal de terra tem a função de aterrar as outras conexões e é necessário. Se os equipamentos estiverem muito longe, com diferentes fontes de eletricidade, o terra se degradará entre os dois dispositivos e a comunicação irá falhar, sendo esta uma condição difícil de traçar. Em conectores de 25 pinos, o pino 7 geralmente é o terra (pino 1 e terra do chassis são raramente usados). Neste mesmo conector, os pinos 2 e 3 são os pinos de transmissão e recepção, um dispositivo deve enviar no 2 e receber no 3; o outro deve ser o contrário (se não, essa inversão deve ser feita no fim do cabo, como num cabo para null modem, também chamado crossover). No caso de desenvolver cabos para uma conexão, pode-se testá-lo com uma breakout box qual pino está transmitindo. Estritamente falando, apenas um dispositivo precisa estar transmitindo (se não for necessária comunicação duplex ou um handshake), por exemplo, uma impressora simples que não responde seu estado para o computador. Necessariamente, deve-se utilizar tanto o pino TX quanto o pino RX.

Outros handshakes podem ser necessários por um ou por outro dispositivo. Por exemplo, o pino 20 é comumente usado para indicar "dispositivo pronto". Os pinos também podem ser curto-circuitados. Por exemplo, um pino que pergunte "você está pronto?" que parte do dispositivo A pode ser ligado diretamente no pino referente a resposta "estou pronto" no dispositivo A se o dispositivo A não transmitir tal sinal. Os pinos normalmente utilizados para handshake são os pinos 20, 8, 4 e 6.

Há várias configurações de software para conexões seriais. As mais comuns são velocidade e bits de paridade e parada. A velocidade é a quantidade de bits por segundo transmitida de um dispositivo para outro. Taxas comuns de transmissão são 300, 1200, 2400, 9600, 19200, etc. Tipicamente ambos os dispositivos devem estar configurados com a mesma velocidade, alguns dispositivos, porém, podem ser configurados para auto-detectar a velocidade.

Paridade é um método de verificar a precisão dos dados. Paridade é normalmente nula (não usada), mas pode ser par ou ímpar. Paridade funciona modificando os dados,

em cada byte enviado. Paridade nula é simples, os dados não são modificados. Na paridade par, os dados são acomodados de modo que o número de bits 1 (isto é, sua contagem em um byte) seja um número par; isto é feito definindo o bit de paridade (geralmente os bits mais ou menos significativo) como 0 ou 1. Na paridade ímpar, o número de bits 1 é um número ímpar. A paridade pode era usada pelo receptor para detectar a transmissão de erros - se um byte foi recebido com o número errado de bits 1, então ele deve estar corrompido. Se a paridade estiver correta então não deve haver erros, ou então há um número par de erros. Bits de parada são enviados no fim de cada byte transmitido com o intuito de permitir que o receptor do sinal se sincronize. Existe uma convenção para a notação se uma configuração de software de uma conexão serial, esta notação é da forma D/P/S. Sendo que a configuração mais comum é a 8/N/1 que especifica que são transmitidos 8 bits de dados, paridade nula e um bit de parada. O número de bits de dados pode ser 7, 8 ou (às vezes) 9. Paridade pode ser nula (N), ímpar (O) ou par (E); o bit de paridade é emprestado dos bits de dados, então 8/E/1 significa que um dos oito bits de dados é utilizado como bit de paridade. Pode haver 1, 1,5 ou 2 bits de parada (1,5 era utilizado em teletypewriters baudot de 60 palavras por minuto).

Outras configurações definem quando pinos enviam sinais de "handshake", ou outra checagem de integridade dos dados. Combinações comuns são RTS/CTS, DTR/DSR, ou XON/XOFF (que não usam pinos no conector, mas caracteres especiais no fluxo dos dados). O caractere XON diz ao receptor que o remetente do caractere está pronto para receber mais dados. O caractere XOFF diz ao receptor para parar de enviar caracteres. O XON/XOFF está em desuso, e é preferível que se utilize o controle de fluxo RTS/CTS. XON/XOFF é um método "em banda" que funciona entre dois pontos, mas ambos devem suportar o protocolo, e há uma confusão em potencial no início. Pode ser feito numa interface com três fios. RTS/CTS foi desenvolvido com o intuito de permitir que a teletypewriter e o modem coordenassem ligações half-duplex onde apenas um modem pode transmitir por vez.

O terminal deve "levantar" o sinal Pronto Para Enviar e esperar que o modem responda com Envie os Dados. RTS/CTS é um "handshake" no nível do hardware, mas tem suas vantagens. Uma teletypewriter ASR tinha um leitor de fita de papel. Os caracteres eram enviados quando a fita era lida (ASR vem de Automatic Send Receive, envia e recebe automaticamente). Quando a máquina recebia um caractere XOFF, ela desligava a leitora de fita e ao receber um XON a religava. O sistema remoto poderia enviar um XOFF quando era necessário que o remetente diminuísse sua velocidade. Nos

sistemas, originalmente, as mensagens eram previamente preparadas na fita de papel para que o tempo de transmissão fosse minimizado. Largura de banda era muito escaça e cara. Em alguns minicomputadores antigos, a fita de papel era a única maneira de efetuar guardar e restaurar dados e programas.

## **RECEPTOR ELÉTRICO**

O receptor elétrico é o dispositivo que transforma a energia elétrica em outra forma de energia, exceto em elétrica, sendo exemplos de receptores, a lâmpada, o chuveiro, um motor elétrico, etc.

## **TRANSISTOR**

O transistor (ou transistor) é um componente eletrônico que começou a se popularizar na década de 1950 tendo sido o principal responsável pela revolução da eletrônica na década de 1960, e cujas funções principais são amplificar e chavear sinais elétricos. O termo vem de transfer resistor (resistor de transferência), como era conhecido pelos seus inventores.

O processo de transferência de resistência, no caso de um circuito analógico, significa que a impedância característica do componente varia para cima ou para baixo da polarização pré-estabelecida. Graças à esta função, a corrente elétrica que passa entre coletor e emissor do transistor varia dentro de determinados parâmetros pré-estabelecidos pelo projetista do circuito eletrônico; esta variação é feita através da variação de corrente num dos terminais chamado base, que conseqüentemente ocasiona o processo de amplificação de sinal.

Entende-se por "amplificar" o procedimento de tornar um sinal elétrico mais fraco em mais forte. Um sinal elétrico de baixa intensidade, como os sinais gerados por um microfone, é injetado em um circuito (transistorizado), cuja função principal é transformar este sinal fraco gerado pelo microfone em sinais elétricos com as mesmas características, mas com potência suficiente para excitar os alto-falantes, a este processo todo se dá o nome de ganho de sinal.

## REGULADOR DE TENSÃO

O regulador de tensão é projetado para manter uma tensão constante através da carga por meio do ajuste da corrente. O capacitor de desvio elimina qualquer ruído de frequência da carga (o regulador de tensão está monitorando a carga, então isso levaria a flutuações de correntes indesejadas). Ele recebe uma tensão maior do que a desejada, e a regula, reduzindo-a até a tensão desejada. Cada regulador possui uma tensão pré determinada, ou seja, se desejada a tensão de 5V, utiliza-se o regulador 7805, se desejada a tensão de 12V, utiliza-se o regulador 7812, entre outros.



(Figura 1: Regulador de Tensão)

## TRIMPOT MULTIVOLTAS

O trimpot é usado resistor variável semi-fixo, usado para ajustar as condições operacionais do circuito pelo técnico. É utilizado para compensar as inexatidões dos resistores. O ângulo de rotação para regulagem desses resistores é de 300°, entretanto, alguns resistores variáveis precisam ser variados muitas vezes, de 2 a 30 voltas, para poder usar a gama inteira da resistência que elas oferecem. Isso permite ajustes muito precisos em seu valor.

Este valor muda de acordo com o ângulo de rotação do seu eixo. No trimpot, esse valor muda em razão anti-logaritmica, ou seja, nas fazes iniciais do eixo de rotação, o valor da resistência muda rapidamente, e no segundo meio, o valor muda mais lentamente.



(Figura 2: Trimpot)

## MOTORES DC

São conhecidos por seu controle preciso de velocidade e por seu ajuste fino e são, portanto, largamente utilizados em aplicações que exigem tais características. Vale comentar que a utilização dos motores de corrente contínua teve um grande incremento nos últimos anos, graças à eletrônica de potência. Fontes estáticas de corrente contínua com tiristores confiáveis, de baixo custo e manutenção simples, substituíram os grupos conversores rotativos. Com isso, motores de corrente contínua passaram a constituir alternativa mais atrativa em uma série de aplicações.

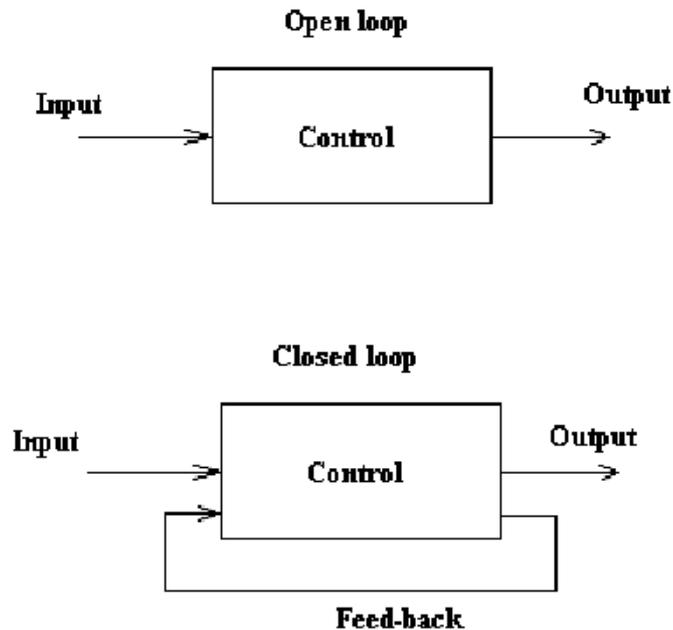
Apresentaremos apenas um resumo do funcionamento do motor DC, já que este não é o objeto principal do nosso estudo. Achamos relevante falar deste motor, pois com ele introduziremos os conceitos de controle e feedback, que servirão de introdução aos motores de passo.

O funcionamento básico do motor DC está fundamentado na Força de Lorentz aplicada em uma carga em movimento dentro de um campo magnético ( $F = qvB$ ). Consideremos uma espira de corrente inserida num campo magnético criado por um ímã permanente, em que há uma corrente criada por uma bateria (fonte DC). De uma forma simplificada, a simples passagem desta faz com que apareçam duas forças de sentidos contrários, aplicadas uma em cada lado da espira. Estas forças criam um torque que, obviamente, faz a espira girar, transformando a energia elétrica da corrente em energia cinética num eixo acoplado às espiras. A direção da rotação depende da polaridade da bateria e da direção das linhas de campo magnético criadas pelo ímã.

Um motor real é composto de conjuntos múltiplos de espiras, dispostas de tal forma que as forças que agem em cada espira sejam somadas e produzam um torque significativo para uma possível aplicação.

Os motores DC são utilizados, por exemplo, em aplicações como o posicionamento de um braço de robô. Mas eles apresentam uma grande desvantagem. Para que um computador dê um comando para que o braço se mova para uma determinada posição com precisão, é necessário um complicado circuito externo provido de sensores de posição, que informe ao computador que o braço já está na posição determinada (feedback).

O esquema abaixo mostra uma situação sem e outra com **feedback**:



É justamente para que se resolva este problema que foi desenvolvido o chamado MOTOR DE PASSO, descrito no item a seguir.

## MOTOR DE PASSO

O motor de passo é um transdutor que converte energia elétrica em movimento controlado através de pulsos, o que possibilita o deslocamento por passo, onde passo é o menor deslocamento angular.

Com o passar dos anos houve um aumento na popularidade deste motor, principalmente pelo seu tamanho e custo reduzidos e também a total adaptação por controle digitais.

Outra vantagem do motor de passos em relação aos outros motores é a estabilidade. Quando quisermos obter uma rotação específica de um certo grau, calcularemos o número de rotação por pulsos o que nos possibilita uma boa precisão no movimento.

Os antigos motores passavam do ponto e, para voltar, precisavam da realimentação negativa. Por não girar por passos a inércia destes é maior e assim são mais instáveis.

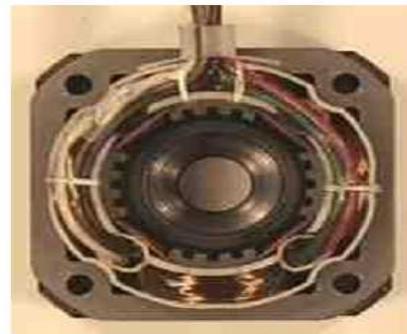
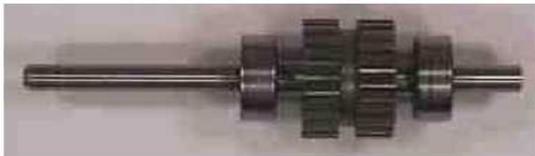
### *Definições para Motores a Passo*

Antes de explicarmos os tipos de motores e o funcionamento em si, definiremos algumas outras expressões a fim de tornar o texto mais claro.

Rotor = É denominado rotor o conjunto eixo-imã que rodam solidariamente na parte móvel do motor.

Estator = Define-se como estator a trave fixa onde as bobinas são enroladas.

Abaixo segue uma figura onde podemos ver as partes mencionadas (o rotor à esquerda e o estator à direita).



### Parâmetros Importantes

Graus por Passo = sem dúvida a característica mais importante ao se escolher o motor, o número de graus por passo está intimamente vinculado com o número de passos por volta. Os valores mais comuns para esta característica, também referida como resolution, são 0.72, 1.8, 3.6, 7.5, 15 e até 90 graus.

Momento de Frenagem = momento máximo com o rotor bloqueado, sem perda de passos.

Momento (Torque) = efeito rotativo de uma força, medindo a partir do produto da mesma pela distância perpendicular até o ponto em que ela atua partindo de sua linha de ação.

Taxa de Andamento = regime de operação atingido após uma aceleração suave.

Momento de Inércia = medida da resistência mecânica oferecida por um corpo à aceleração angular.

Auto-Indutância= determina a magnitude da corrente média em regimes pesados de operação, de acordo com o tipo de enrolamento do estator: relaciona o fluxo magnético com as correntes que o produzem.

Resistências Ôhmicas = determina a magnitude da corrente do estator com o rotor parado.

Corrente máxima do estator=determinada pela bitola do fio empregado nos enrolamentos.

"Holding Torque"=é mínima potência para fazer o motor mudar de posição parada.

Torque Residual = é a resultante de todos os fluxos magnético presente nos pólos do estator.

Resposta de Passo = é tempo que o motor gasta para executar o comando.

Ressonância = como todo material, o motor de passos tem sua frequência natural. Quando o motor gira com uma frequência igual a sua, ele começa a oscilar e a perder passos.

Tensão de trabalho=normalmente impresso na própria chassi do motor, a tensão em que trabalha o motor é fundamental na obtenção do torque do componente. Tensões acima do estipulado pelo fabricante em seu datasheet costumam aumentar o torque do motor, porém, tal procedimento resulta na diminuição da vida útil do mesmo. Destaca-se que a tensão de trabalho do motor não necessariamente deve ser a tensão utilizada na lógica do circuito. Os valores normalmente encontrados variam de +5V à +48V.

### *Tipos de Motores de Passo*

Relutância Variável=Apresenta um rotor com muitas polaridades construídas a partir de ferro doce, apresenta também em estator laminado. Por não possuir imã, quando energizado apresenta torque estático nulo. Tendo assim baixa inércia de rotor não pode ser utilizado como carga inercial grande.

Imã Permanente=Apresenta um rotor de material alnico ou ferrite e é magnetizado radialmente devido a isto o torque estático não é nulo.

Híbridos=É uma mistura dos dois anteriores e apresenta rotor e estator multidentados. O rotor é de imã permanente e magnetizado axialmente. Apresenta grande precisão (3%), boa relação torque/tamanho e ângulos pequenos (0,9 e 1,8 graus).

Para que o rotor avance um passo é necessário que a polaridade magnética de um dente do estator se alinha com a polaridade magnética oposta de um dente do rotor.