

Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP

Departamento de Engenharia Eletrônica

13 AGO 1998

ISSN 1413-2206

BT/PEE/9808

**Controle Unidimensional de
Objetos: Uma Aplicação Prática
em Fresadora Automática**

**Márcio A. F. Muratore
Oswaldo L. V. Costa**

São Paulo - 1998

FICHA CATALOGRÁFICA

Muratore, Marcio Antonio Ferreira

Controle unidimensional de objetos : uma aplicação prática em fresadora automática / M.A.F. Muratore, O.L.V. Costa. – São Paulo : EPUSP, 1998.

13 p. -- (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia Eletrônica, BT/PEE/9808)

1. Controle unidimensional 2. Sensores opticos 3. Reconhecimento de formas 4. Automação I. Costa, Oswaldo Luiz do Valle II. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia Eletrônica III. Título IV. Série

ISSN 1413-2206

CDD 629.8312

629.8315

006.4

681.5

O presente trabalho é um resumo da dissertação de mestrado apresentada por Márcio A. F. Muratore, sob orientação do Prof. Dr. Oswaldo L. V. Costa.: "Uma Aplicação Prática em uma Fresadora Automática", defendida em dezembro de 1997, na Escola Politécnica.

A íntegra da dissertação encontra-se à disposição com o autor e na Biblioteca de Engenharia de Eletricidade da Escola Politécnica/USP.

CONTROLE UNIDIMENSIONAL DE OBJETOS: UMA APLICAÇÃO PRÁTICA EM UMA FRESADORA AUTOMÁTICA

Márcio A . F. Muratore

Oswaldo L. V. Costa

Departamento de Engenharia Eletrônica

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

05508-900 São Paulo SP Brasil

E-mail: marciomu@uol.com.br

oswaldo@lac.usp.br

RESUMO

Neste trabalho é apresentado um método para o controle unidimensional de objetos , reconhecendo a forma , o tamanho e a orientação das peças . O método aqui desenvolvido foi aplicado no controle de uma fresadora automática , encarregada do processo de fresagem das extremidades de hastes odontológicas. O método possibilitou o emprego de microcontroladores e sensores óticos convencionais resultando em um equipamento de baixo custo de implementação.

Palavras chave: controle unidimensional , reconhecimento de formas, sensor ótico , automação .

1 Introdução

O reconhecimento da forma de um objeto e de suas propriedades geométricas é um dos pontos essenciais na elaboração de projetos de automação de sistemas de fabricação de peças(2). Só assim consegue-se um posicionamento correto das mesmas na máquina , permitindo a continuidade do processo de fabricação(7).

As técnicas mais comuns adotadas para o reconhecimento das formas das peças estão baseadas na identificação das formas geométricas (com as peças paradas ou em movimento) e sua comparação com um padrão previamente definido e armazenado na memória da máquina contendo as formas padrões (5).

Neste trabalho desenvolveu-se uma técnica de reconhecimento de formas de peças em movimento através de sensores óticos e sua aplicação em uma fresadora automática de hastes odontológicas (ver Figura 1). Este equipamento serve como um exemplo de aplicação do controle unidimensional de objetos no reconhecimento de formas , possibilitando a produção de peças com características geométricas diversas , mas que possuem apenas uma dimensão a ser verificada , e que devem ser fabricadas em série com uma alta taxa de produção.

O equipamento desenvolvido substituiu dois processos manuais realizados para efetuar a fresagem das peças.: 1) a correta orientação da

peça na máquina e , 2) a verificação do correto comprimento das mesmas. O software , o hardware e a lógica de controle foram desenvolvi-

dos para este equipamento tendo sempre em vista a simplicidade e baixo custo na sua implementação.

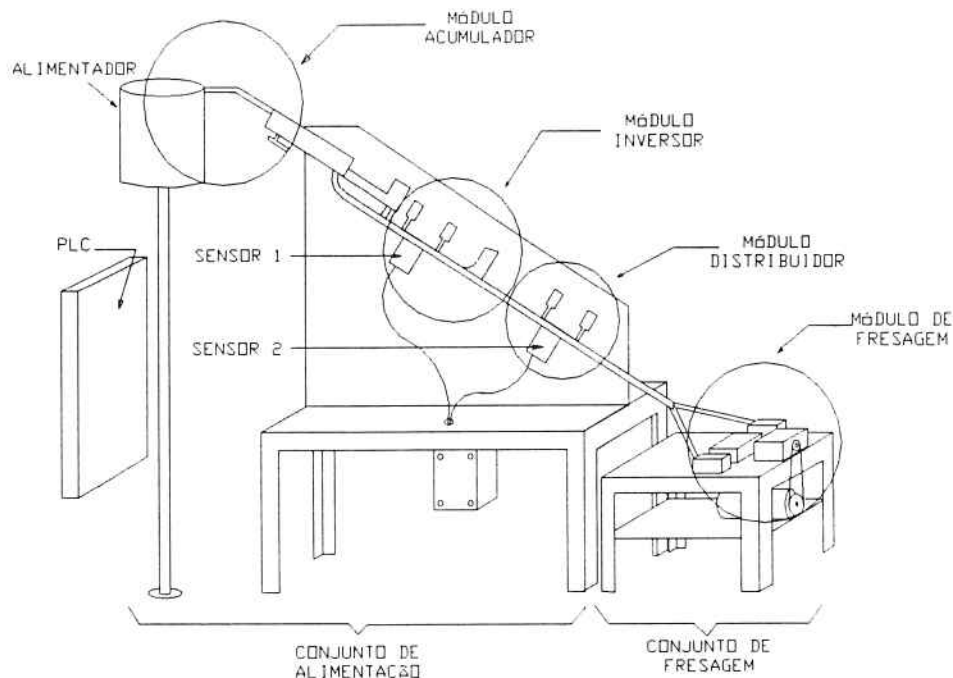


Figura 1

2 Técnicas para Reconhecimento de Formas

Para reconhecer as formas e dimensões de um objeto existem diversas técnicas e métodos mas, em sua maioria , quase sempre existe uma interação direta da pessoa com o objeto , ou seja, ele precisa ser tocado para ser verificado ou medido(2). Num processo automatizado , a peça ou objeto não deve ser tocado , possibilitando dessa maneira uma velocidade maior no processo. Desse modo , os métodos de medição mais adequados deverão ser aqueles que possibilitem identificação e/ou medições sem contato com os objetos.

Como exemplos de aplicações de reconhecimento de peças paradas podemos citar dois casos. O primeiro apresenta uma estação automatizada descrita em (9), onde um dispositivo baseado em um filme sensível piroelétrico reconhece a forma e orientação de uma peça colocada sobre o mesmo , comparando-a com um padrão armazenado no equipamento. Após a correta identificação da peça , o braço de um robô transporta a mesma para a próxima etapa do processo de produção . Neste caso a peça está parada durante o processo de reconhecimento de sua forma e orientação.

Um outro exemplo é o mostrado em (6) onde a peça é filmada por uma câmara de vídeo e a

seguir a imagem é decomposta em níveis de cinza . Esta imagem é então comparada com um modelo armazenado em transparência , verificando a coincidência ou não da forma da peça com o modelo em um monitor adequado. Também neste caso a peça permanece parada durante o processo de identificação .

Nos dois casos o tempo do processo de reconhecimento da forma é crítico pois a peça fica parada durante o mesmo. O tempo total de produção das peças é prejudicado pela demora nos dois processos de reconhecimento.

Os métodos para reconhecimento de formas envolvem estruturas de dados capazes de descrever as partes das peças mostrando as suas características como bordas, superfícies e vértices que serão transformados no processo de manufatura em , furos, ranhuras, e cortes (5). Nos vários métodos de representação de imagens existentes, as imagens adquiridas são transformadas em representações geométricas e depois interpretadas e classificadas em conformidade com algoritmos diversos , com uma grande perda de tempo no processo. Além disso, existe a necessidade de processamento informatizado em equipamentos de grande porte e capacidade , implicando em altos custos de implementação(7).

Estão descritos em (3), (4) e (8) métodos simplificados , para aplicações específicas , utilizando lógica nebulosa (ou Lógica Fuzzy , ou Lógica difusa) , implementados em computadores e em microcontroladores, com desempe-

nho mais eficiente do que outros métodos convencionais.

Em nosso equipamento , graças a geometria das peças , somente é necessária uma medida no comprimento e a identificação da extremidade que vai ser fresada . Ver formas das peças a serem fresadas na Figura 2 abaixo.

FORMAS DAS HASTES

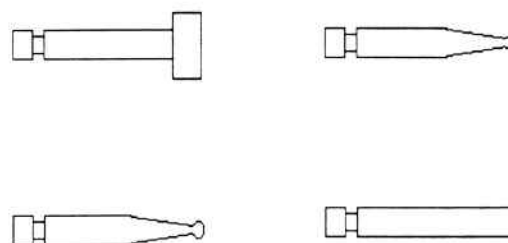


Figura 2

Essa geometria simples das formas das peças permitiram a implementação de um algoritmo simples baseado na contagem do tempo de reflexão da luz incidente sobre a peça e comparação com tempos armazenados na memória de um microcontrolador (1).

A fresadora utiliza sensores óticos para efetuar as verificações da forma e do sentido das brocas, e um controlador lógico programável (PLC) para comandar todas as operações realizadas pelo equipamento.

O Sensor Ótico , é composto por um dispositivo emissor de um feixe de luz projetado nas peças

em movimento , refletindo e retornando a outro sensor ótico , que permite verificar a variação da luz refletida na superfície das peças. A variação da intensidade de luz refletida é digitalizada e analisada , permitindo determinar a forma das hastes.

O equipamento foi projetado para uma produção máxima de 18 peças por minuto de modo a atender a linha de produção com 250 000 peças por mês.

3 Conjuntos Mecânicos da Fresadora

O equipamento de fresagem de hastes odontológicas é um equipamento de precisão com alta performance que tem por finalidade fresar a extremidade de peças bem como identificar peças defeituosas numa linha de produção com capacidade de até 18 peças por minuto ou cerca de 10 000 hastes por dia . O equipamento está dividido em dois conjuntos básicos de alimentação e fresagem , cada um deles compostos por vários módulos descritos a seguir :

Conjunto de Alimentação: Este conjunto é o responsável pela acumulação , seleção , orientação(inversão) e distribuição das peças. Nele está situado o sistema de orientação de hastes (SOHO). O controle do equipamento está situado num módulo fisicamente separado do equipamento onde se encontra o Controlador Lógico Programável(PLC). O conjunto de alimentação é composto por três módulos :

- **Módulo Acumulador**

- **Módulo Inversor**

- **Módulo Distribuidor**

- **Conjunto de Fresagem:** Responsável pelo posicionamento , fixação e fresagem das pontas das brocas odontológicas. Para que estas operações sejam efetuadas adequadamente , o conjunto é dividido nos seguintes módulos:

-**Módulo Posicionador do Carro**

-**Módulo Posicionador da Haste (esquerdo e direito)**

-**Módulo Fixador da Haste**

-**Módulo de Fresagem**

-**Módulo Extrator da Haste (esquerdo e direito)**

4. Sistema de Orientação das Hastes Odontológicas (SOHO)

O sistema de orientação de hastes odontológicas (SOHO) é um equipamento microprocessado, capaz de reconhecer o chanfro nas extremidades de diferentes tipos de hastes (Veja figura 3 abaixo). O lado da haste em que está o chanfro é que deve sofrer desbaste e fresagem.

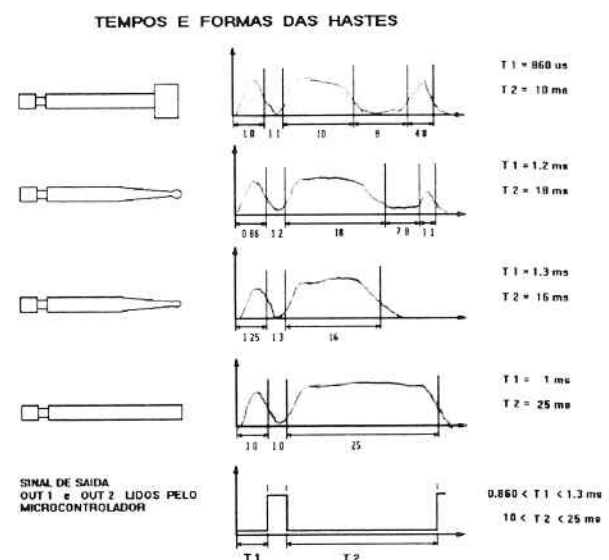


Figura 3

O sistema foi desenvolvido com a utilização de um sensor óptico duplo, que emite e detecta a luz refletida pelas peças. O sinal gerado no sensor é digitalizado e analisado quanto a sua forma por um microcontrolador, permitindo a fresagem automática de lotes de hastes odontológicas composto por hastes de diferentes tipos e alimentadas automaticamente.

Existem dois sistemas de orientação no equipamento. O primeiro realiza uma medida com o intuito de verificar a orientação da peça (invertida ou não) a partir do sinal refletido pelas peças e um primeiro controle das dimensões das hastes. O segundo sistema tem por finalidade verificar se houve a inversão da peça (confirmação) e efetua uma medida mais precisa (controle de qualidade dimensional). Somente com a confirmação do Sistema de Orientação 2 é que o equipamento vai liberar a haste para o próximo módulo da máquina (Módulo Distribuidor).

O SOHO baseia-se na emissão de um feixe luminoso, incidente sobre a superfície da haste que passa sobre o sensor com velocidade constante. As velocidades de deslocamento das peças variam de 10 a 30 cm/s e dependem das condições de atrito entre as peças e as canaletas por onde estas deslizam.

O sinal refletido varia com o perfil da haste, conforme mostra a figura 4, sendo então detectado pelo sensor. A partir deste sinal primitivo, o sensor gera, por hardware, um sinal correspondente conforme mostrado na figura 4 acima. O pulso, referente ao chanfro na haste (t_1), e o tempo (t_2), referente ao comprimento

da haste, são utilizados para a classificação e orientação dos diferentes tipos de hastes. Na figura 3 anterior são mostrados os valores típicos dos tempos (t_1) e (t_2), obtidos durante os testes executados no equipamento montado. Após ser realizada a classificação da haste quanto a sua orientação um sinal digital é enviado para o PLC informando se o sentido da haste está correto ou invertido. O sensor ótico é formado por um microcontrolador tipo **80C31** com o programa de identificação das hastes gravado em EPROM (memória somente de leitura) de **4Kbytes** tipo **2732A**.

O sensor possui saídas digitais cujos sinais são enviados ao PLC informando se as hastes estão na posição correta ou invertida, além de fornecer um sinal de falha de leitura. Recebe do PLC dois sinais para diferentes operações: um para habilitar a leitura das peças, e outro para avisar o sensor que está sendo iniciado o processo de calibração de um determinado tipo de haste odontológica.

O elemento fundamental para o sensoreamento é um conjunto emissor/receptor de feixe de luz (fotodiodo/ fototransistor **HDS-1000**) com focalização precisa, operando através de um processo de reflexão a partir da superfície brilhante da peça analisada constituída de material metálico.

O sinal gerado é linearizado através de circuitos operacionais e enviado para a etapa de controle. O controle do SOHO é basicamente desempenhado pelo microcontrolador **INTEL 80C31** executando rotinas da análise das informações fornecidas pela etapa de sensoreamento.

FRESADORA AUTOMATICA

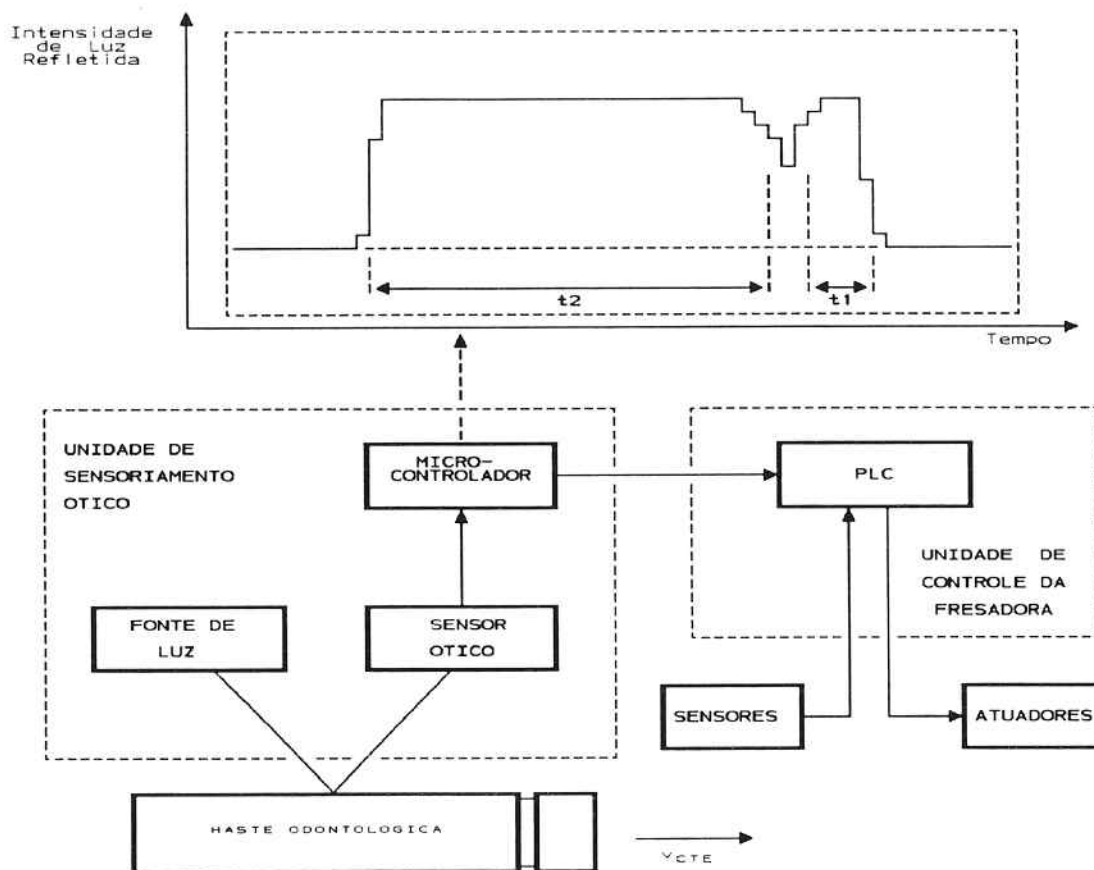


Figura 4

A avaliação da peça é feita a partir de comparações das medidas do sinal com os dados constantes em uma tabela residente em memória não volátil, cujos valores podem ser posteriormente alterados através de calibração. Por exemplo, na figura 3 são mostrados para quatro tipos de peças os tempos (T_1 e T_2) em milissegundos que caracterizam as diferentes formas das peças e que estão gravados na memória (EPROM) do Sistema de Orientação. Outra função desta etapa é gerar as informações correspondentes à

peça analisada (peça aceitável ou não) e enviá-las através da porta de comunicação do microcontrolador para o sistema controlador geral (PLC).

A porta de saída do microcontrolador é a responsável pela troca de informações entre o módulo de sensoramento e o sistema de controle geral. O PLC envia sinais de inicialização do processo e recebe os resultados das leituras efetuadas, podendo ser indicativos de erro, fim de leitura e posição da peça (invertida ou não).

O software de sensoramento da fresa é um módulo independente do sistema de controle geral (realizado pelo PLC) e funciona como avaliador das hastes que fluem pelo equipamento. O software do sensor executa as funções necessárias a identificação do tipo de haste e sua correta orientação , atuando na recepção do feixe refletido pela peça que passa na frente do sensor , medindo os tempos de reflexão , e comparando os tempos com uma base de dados gravada na memória com a forma das hastes a serem analisadas pelo sensor . Para cada leitura realizada o sensor envia três sinais para o PLC responsável pelo sequenciamento das operações da fresadora (Forma Correta ou Não , Invertida ou Não , Erro de Leitura).

Através de suas informações o programa principal que está sendo executado pelo PLC é capaz de decidir se uma determinada peça está na posição correta ou invertida e se a haste possui o formato especificado para a operação.

As configurações de formato de hastes aceitáveis são pré programadas (processo de calibração do sensor) e são utilizadas como padrão de comparação para a aprovação ou não das hastes para fresagem.

Para não limitar a operação da máquina a um conjunto inicial de formatos de hastes , o sistema possui um módulo de calibração automático através do qual o sensor pode aprender novos formatos e armazená-los para posterior comparação. Esta aprendizagem é essencial , pois o volume de peças manufaturadas pelo equipamento é bastante alto (mais de 250000 peças

por mês) e a possibilidade de aparecerem formatos diferentes são grandes em função da demanda do processo de produção de hastes odontológicas diferenciadas , para atender ao mercado odontológico.

O software do SOHO está dividido em três módulos que serão descritos a seguir:

- amostragem das hastes - módulo1

- comparação das formas - módulo2

- calibração das hastes - módulo3

Os dois primeiros são executados na operação normal da máquina , ao passo que o terceiro módulo só é executado uma vez , durante a calibração inicial do sensor ou sempre que um novo tipo de haste for adicionado ao sistema de fresagem.

A estrutura geral de operação do software está mostrado na figura abaixo . A figura 5 representa um fluxograma dos módulos , indicando como eles interagem entre si .

Módulo1 - O processo de amostragem das hastes é dentro do software o único módulo que interage diretamente com o sensor ótico de precisão . Sua função é comandar as leituras deste sensor , que irão compor a base para avaliar a haste sob dois aspectos :

- forma da peça aceitável ,dentro dos padrões
- peça em posição correta de fresagem ou invertida

A primeira comparação avalia se a peça encontra-se de acordo com algum dos padrões pré

configurados , efetuando assim um controle de qualidade sobre as características da peça . As peças podem ser rejeitadas por diversos problemas provenientes de uma usinagem anterior , como , comprimento errado , falta de canaleta (friso) , canaleta com dimensão errada .

LOGICA DO SISTEMA DE ORIENTAÇÃO DE HASTES ODONTOLÓGICAS

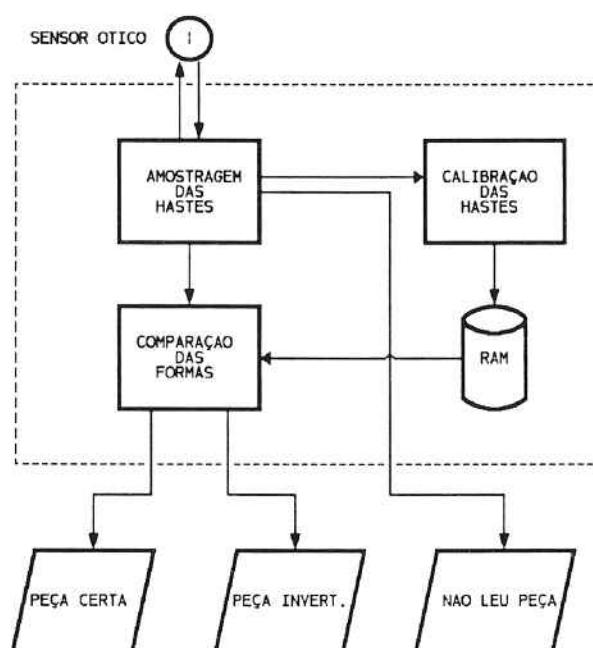


Figura 5

A partir de um sinal na porta, indicando presença de peça fluindo pelo sensor, o software de amostragem dispara um temporizador(timer) para contar o tempo de passagem da peça até que o sinal indique ausência de peça ou início de um chanfro . Quando isso acontece, uma nova contagem é iniciada e a antiga armazenada. Este processo é mantido até que o sinal mude novamente, indicando uma alteração no formato da peça. Através desta coleta dos sinais, o software levanta um mapeamento da peça que

está passando em frente do sensor. Este mapeamento será utilizado pelo módulo de comparação, que identificará o formato e a posição da peça.

Módulo2 - Através do mapeamento levantado pela amostragem, o software de sensoriamento avalia as condições de cada peça. Isto é feito por comparação com uma tabela padrão criada inicialmente como calibração. Esta tabela contém a descrição das formas das peças para as quais a máquina está configurada para operar já no formato de comprimento de intervalos de 0's e 1's.

O processo de comparação então envolve um laço (Loop) efetuando duas buscas sobre esta tabela:

- procura pela coincidência da forma da peça com uma determinada forma armazenada na memória .
- comparação com a forma invertida da peça, caso não tenha ocorrido coincidência com a forma anterior.

A primeira comparação é feita sobre cada célula descritora de um pedaço da peça. O objetivo é encontrar uma forma padrão na qual todos os intervalos gerados se encaixem. Cada peça padrão é descrita por intervalos de valores aceitáveis, dentro dos quais a peça pode se encaixar.

Existe porém a possibilidade da peça estar na posição invertida. Neste caso, os valores obtidos nos intervalos descritores precisam ser comparados com os padrões nas duas direções. Se ocorrer coincidência com alguns dos padrões

quando a verificação estiver percorrendo o vetor descritor na ordem inversa, o sistema já identifica uma peça válida, porém chegando na posição de fresagem invertida.

Caso nenhum dos padrões se encaixe no formato da peça medida, o software indica ao PLC a presença de uma peça inválida por algum motivo. O PLC aciona então os mecanismos para descartar a peça e automaticamente libera uma nova peça para medição. Este processo é bastante rápido, impedindo o acúmulo de peças no sistema, e permitindo uma alimentação constante do módulo de fresagem.

Módulo3 - Para poder obter algum parâmetro de comparação entre as peças que estão sendo avaliadas, o software precisa montar a tabela de padrões antes das operações. Este processo de calibração é feito através de uma comunicação entre o PLC e o software de sensoreamento local logo ao se ligar o equipamento. O PLC envia ao software um sinal indicando pedido de habilitação para calibração, permitindo assim que o software prepare as rotinas de execução e coleta dos dados e seu armazenamento nas tabelas.

O processo de calibragem consiste em fazer passar pelo sensor um lote de amostra das peças cujo formato se deseja que seja armazenado pelo sistema. A tabela de padrões foi configurada para armazenar até vinte padrões diferentes, dos quais atualmente apenas cinco foram implementados. Desta forma, dentro desse limite, não será necessário descartar algum padrão conhecido para armazenar outros tipos de formas.

Após a habilitação do software (pelo PLC) para calibração, ele aguarda a passagem de dez peças para servirem de amostra. Os padrões e formatos das peças são medidos e armazenados para processamento posterior, onde será gerado o padrão final de comparação. Nesta amostragem, as peças são colocadas manualmente no sistema e o operador indica ao PLC a presença de uma nova amostra. O PLC libera esta amostra para passagem pelo sensor e avisa ao software para coletar os dados. Na alimentação manual é preciso que as peças estejam corretamente posicionadas, já na posição de fresagem, pois é impossível ao sistema identificar, nesta fase, se as peças estão na posição correta ou não. Se a calibragem for feita com peças passadas pelo sensor em posições invertidas, os padrões gerados não representarão os formatos corretos e não servirão para análise.

5 Controlador Lógico Programável (PLC)

O PLC foi especificado para realizar todas as operações necessárias ao controle da passagem das hastes, desde sua saída do alimentador vibratório (depósito das hastes), até a sua liberação final, depois de fresada sua extremidade, caindo nas gavetas (bandejas) de peças prontas situadas por debaixo da mesa do conjunto de fresagem.

O processo de controle da passagem das hastes pela fresadora foi programado como mostrado no fluxograma abaixo. As tarefas principais no processo de controle das hastes na fresadora são constituídas das seguintes rotinas :

< INICIO >

- Inicialização do equipamento

< ACUMULA >

- Acumulação de hastes

< ORIENTA1 >

- Orientação das hastes 1

< ORIENTA2 >

- Orientação das hastes 2

< DISTRIBUI >

- Distribuição das hastes

< FRESAGEM >

- Fresagem das hastes

A rotina INICIO é a que realiza a inicialização de todos os módulos e mensagens de erro, limpando as peças existentes na máquina e iniciando o processo de fresagem das hastes. É também responsável pela parada normal ou de emergên-

cia do equipamento. A rotina é responsável pelo início do fluxo de peças pela máquina.

A rotina ACUMULA é a que realiza a função de acumulação das hastes, mantendo sempre na canaleta de acumulação uma quantidade de peças suficiente para alimentar os módulos seguintes. Quando a quantidade de peças na canaleta for inferior a 6 (seis) hastes, esta rotina liga o alimentador vibratório onde estão depositadas as peças a serem processadas. Ao ser atingido o limite superior da canaleta, a rotina desliga o alimentador vibratório, impedindo a entrada de mais peças na canaleta. A rotina é responsável pelo fluxo de entrada de peças na máquina.

LOGICA DE CONTROLE DA FRESA

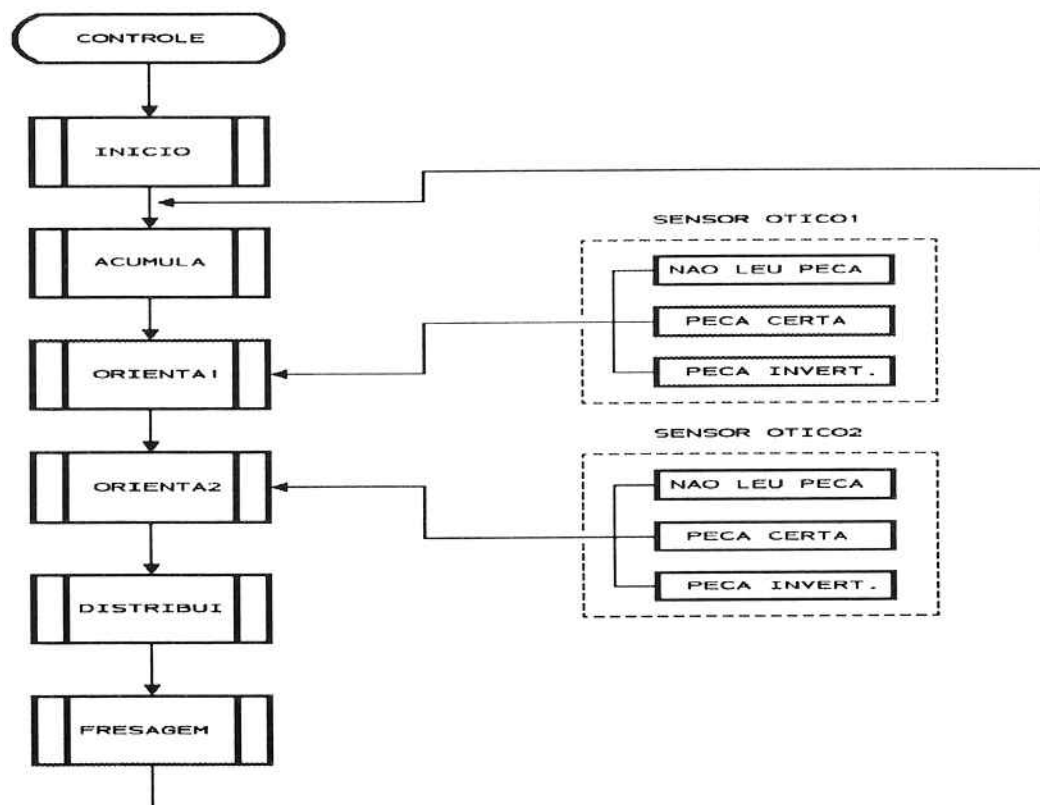


Figura 6

A rotina ORIENTA1 executa as funções de identificação e orientação das hastes . Ela recebe do SOHO um dos três sinais possíveis : peça com defeito , peça invertida ou peça correta .A partir desse sinal , rejeita , inverte ou libera a haste para o próximo módulo A rotina é responsável pela orientação das hastes que passam pelo sensor .

A rotina ORIENTA2 realiza a função de confirmação da leitura da forma e correta orientação das hastes , liberando ou rejeitando as peças conforme um dos três sinais recebidos do SOHO. A rotina rejeita a peça , inverte a peça ou a libera para o módulo de distribuição (rotina DISTRIBUI).

A rotina DISTRIBUI realiza a função de distribuir as hastes para o lado esquerdo ou direito do módulo de fresagem. Caso a peça que está sendo recebida seja defeituosa , ela não aciona o solenóide nem para a esquerda , nem para a direita, rejeitando-a e enviando-a para um compartimento de peças defeituosas. A rotina é responsável pelo fluxo de entrada de peças no módulo de fresagem , alimentando sucessivamente cada um dos dois lados do módulo .

A rotina FRESAGEM realiza a função de fresagem da extremidade das hastes . A rotina é responsável pela fresagem das peças e extração das hastes pela máquina.

6 Conclusões Finais

O equipamento de fresagem de hastes odontológicas aqui descrito foi montado e colocado na linha de produção de uma fábrica onde se comportou de maneira adequada , atendendo às es-

pecificações concebidas no projeto , sofrendo apenas pequenos ajustes em função das condições locais de operação. Após a montagem do equipamento foram realizados testes considerando-se as condições de operação desejadas , ou seja , a produção de 250 000 peças por mês.

Obtivemos os seguintes resultados no processo de avaliação do equipamento:

Peças Tipo 1 processadas durante uma hora de operação ininterrupta ,ou seja , sem paradas da máquina:

Trabalhadas.....	938
Rejeitadas	18
Orientação Errada	4
Fresadas e OK	920
Produção	15,33 peças/min
Rejeição	1,91 %
Orientação Errada	0,43 %

Peças Tipo 1 processadas durante duas horas de operação com uma parada para alimentação de peças a serem processadas :

Trabalhadas.....	1669
Rejeitadas	38
Orientação Errada	7
Fresadas e OK	1631
Produção	13,59 peças/min
Rejeição	2,28 %
Orientação Errada	0,42 %

Peças Tipo 2 processadas durante uma hora e meia com uma parada da máquina para alimentação de peças novas:

Trabalhadas	1309
Rejeitadas	18
Orientação Errada..	4

Fresadas e OK1291
 Produção14,34 peças/min
 Rejeição1,37 %
 Orientação Errada0,31 %

Foram realizadas medidas nas peças após o processo de fabricação dos lotes para fins de controle de qualidade e ajustes de calibração final do equipamento. Esse ajustes foram realizados

com a utilização de osciloscópio acoplado à saída dos sensores e verificando-se as formas de onda em confronto com as formas de ondas das peças de referência utilizadas durante a calibração do equipamento (veja as formas de onda na figura 3).

Abaixo são apresentadas as tabelas mostrando os resultados obtidos para cada um dos dois tipos de peças fabricados durante os ensaios.

Tabela de medidas das peças Tipo 1 , em lotes de 100 peças cada :

Haste tipo 1	Diâmetro	Corpo	Chanfro	
medidas	(2.35 -0.016)	(22 mm)	(2.6 mm + 0.05 -0.05)	
			(1.80 mm + 0.0 -0.06)	
Lote 1				
Média	2.35	22.049	2.582	1.7633
Desvio Padrão	0.0000	0.1243	0.0277	0.0171
Lote 2				
Média	2.35	21.966	2.6091	1.7453
Desvio Padrão	0.0000	0.1121	0.0292	0.0175

Tabela 1

Tabela de medidas das peças Tipo 2 , em lotes de 100 peças cada :

Haste tipo 2	Diâmetro	Corpo	Chanfro	
medidas	(2.35 -0.016)	(21.5 mm)	(2.6 mm + 0.05 -0.05)	
			(1.80 mm + 0.0 -0.06)	
Lote 1				
Média	2.35	21.498	2.587	1.7583
Desvio Padrão	0.00	0.1243	0.0269	0.0173
Lote 2				
Média	2.35	21.511	2.608	1.7673
Desvio Padrão	0.00	0.1121	0.0289	0.0179

Tabela 2

Concluindo , acreditamos que o método de controle unidimensional apresentado neste trabalho , apesar de simples , possui excelentes possibilidades de aplicação e desenvolvimento em vários processos de automação e de controle de equipamentos de produção industrial.

Como trabalho futuro de desenvolvimento deste método podemos citar a utilização de técnicas de lógica nebulosa (Fuzzy) que permitiriam implementações mais sofisticadas , como múltiplas medições . As implementações de múltiplas medidas de dimensões , dependendo da geometria das peças, possibilitariam o controle de várias medidas que caracterizem geometricamente as peças e suas formas. Pesquisas futuras permitirão também a possibilidade da utilização de sensores óticos de precisão , que dispostos de forma conveniente substituiriam instrumentos de medição convencionais ou mesmo dispositivos mais caros e complexos como aquisição e processamento de imagens através de câmaras de vídeo e placas digitalizadoras de alto custo.

7 Referências Bibliográficas

- (1) Albuquerque, A.R.P.L.; Muratore, M.; Isotani, S. A micro controlled data based 1-D pattern recognition system. **Proceedings** of the 1994 IECON 20th International Conference on Industrial Electronics, Control and Instrumentation , Bologna, Italy. IEEE - New York, NY, USA p.1839-1841 vol.3.
- (2) Barry E.Jones Sensors in industrial metrology. **SPIE Transactions** , 1987 IOP Publishing Ltd. - London U.K. p.1113-1124
- (3) Duncan M.G. ; Henry J.J. An optical alarm for vacuum traps. **IEEE Transactions** on Instrumentation and Measurements 1990 IEEE - New York, NY, USA p.251-253 vol.39
- (4) Isotani, S.; de Albuquerque, A.R.P.L.; Sidaoui, H.; Muratore, M.; Martins, O.B. A 1-D pattern recognition system based on fuzzy logic. **Proceedings** of the 1995 IECON. 21st International Conference on Industrial Electronics, Control, and Instrumentation , Orlando, USA IEEE - New York, NY, USA p. 1058-1061 vol.2
- (5) Marefat M. ; Kashyap R. L. Geometric reasoning for recognition of 3-D object features. **IEEE Transactions** on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1990 IEEE - New York, NY, USA p.949-965 vol.12
- (6) Persoon, E.; Nijholt, G.; Maguire, G.; O'Brien J. Industrial image processing by means of an image recognition integrated system. **Proceedings** of 10th International Conference on Pattern Recognition IEEE-USA p.402-407 vol.2
- (7) Schmalzel, J. L.; Johnson F. J. Pattern recognition based on fuzzy logic. **IEEE Transactions** , 1993 IEEE - New York, NY, USA p.681-684
- (8) Singh, J.; Hong, S. Optoelectronic architecture for associative memory applicable to 2-D pattern comparison. **Proceedings** of the SPIE Applied Optics 1990 USA p.1682-1688 Vol.29 Iss.11
- (9) Wang , L.R. et Alunni Pyroelectric sensing station for automatic recognition of position and orientation of objects. **Proceedings** - 1984 International Machine Tools Design , Control and Instrumentation , - London , G.B. Pergamon Press Ltd. p.145-160 vol.24 no.2 .

BOLETINS TÉCNICOS - TEXTOS PUBLICADOS

- BT/PEE/9301 - Oscilador a HEMT - 10 GHz - FÁTIMA S. CORRERA, EDMAR CAMARGO
- BT/PEE/9302 - Representação Senoidal da Voz através dos Polos do Filtro Predictor - MARCELO B. JOAQUIM, NORMONDS ALENS
- BT/PEE/9303 - Blindagens por Grades Conductoras: Cálculo do Campo Próximo - LUIZ CEZAR TRINTINALIA, ANTONIO ROBERTO PANICALI
- BT/PEE/9304 - Sistema de Otimização e Controle de Produção em Minas de Pequeno e Médio Porte - TSEN CHUNG KANG, VITOR MARQUES PINTO LEITE
- BT/PEE/9401 - Determinação das Frases de Aplicação Forense para o projeto NESPER e Tese de Mestrado IME/94, com Base em Estudos Fonéticos - MARCONI DOS REIS BEZERRA, EUVALDO F. CABRAL JUNIOR
- BT/PEE/9402 - Implementação e Teste de uma Rede Neural Artificial do Tipo KSON (Kohonen Self-Organizing Network) com Entradas Bidimensionais - MARCELO YASSUNORI MATUDA, EUVALDO F. CABRAL JR.
- BT/PEE/9403 - Transformada de Walsh e Haar Aplicadas no Processamento de Voz - ALEXANDRE AUGUSTO OTTATI NOGUEIRA, THIAGO ANTONIO GRANDI DE TOLOSA, EUVALDO F. CABRAL JÚNIOR
- BT/PEE/9404 - Aplicação de Redes Neurais ao Problema de Reconhecimento de Padrões por um Sonar Ativo - ALEXANDRE RIBEIRO MORRONE, CRISTINA COELHO DE ABREU, EDUARDO KOITI KIUKAWA, EUVALDO F. CABRAL JR.
- BT/PEE/9405 - Tudo que se Precisa Saber sobre a Prática da FFT - Transformada Rápida de Fourier (Inclui Software) - ROGÉRIO CASAGRANDE, EUVALDO F. CABRAL JR.
- BT/PEE/9406 - A Survey on Speech Enhancement Techniques of Interest to Speaker Recognition - CELSO S. KURASHIMA, EUVALDO F. CABRAL JR.
- BT/PEE/9407 - Identificação de Pulsos Decádicos em Linhas Telefônicas - ANTONIO P. TIMOSZCZUK, MÁRCIO A. MATHIAS, EUVALDO F. CABRAL JR.
- BT/PEE/9408 - Implementação e Teste de Filtros do Tipo Adaptativo e "Notch" para a Remoção de Interferência de 60 Hz em Sinais de Eletrocardiograma - FLÁVIO ANTÔNIO MENEGOLA, JOSÉ AUGUSTO DE MATTOS, JOSÉ GOMES G. FILHO, SIDNEY SILVA VIANA, EUVALDO F. CABRAL JR.
- BT/PEE/9409 - Compressão de Sinais de Voz utilizando Transformadas de Karhunen-Loève, Fourier e Hadamard - IVAN LUIS VIEIRA, LUIZ FERNANDO STEIN WETZEL, EUVALDO F. CABRAL JR.
- BT/PEE/9410 - "Ray Tracing" Paralelo - EDUARDO TOLEDO SANTOS, JOÃO ANTONIO ZUFFO
- BT/PEE/9411 - Implementação de uma Ferramenta Posicionador para "Gate-Arrays" Tipo Mar de Portas - JORGE W. PERLAZA PRADO, WILHELMUS A. M. VAN NOIJE
- BT/PEE/9412 - Tudo que se Precisa Saber Sobre a Teoria da FFT - Transformada Rápida de Fourier - FÁBIO LUÍS ROMÃO, REINALDO SILVEIRA, ROGÉRIO CASAGRANDE, EUVALDO CABRAL JR.
- BT/PEE/9413 - Análise do Ruído Sonoro em uma Sala de Aquisição de Amostras de Som com Microcomputador - FÁBIO LUÍS ROMÃO, REINALDO SILVEIRA, EUVALDO CABRAL JR.
- BT/PEE/9414 - Cor: Aspectos Relevantes para Visualização de Dados - SÍLVIA DELGADO OLABARRIAGA
- BT/PEE/9415 - Projeto de Filtros Digitais IIR com Fase Aproximadamente Linear Utilizando Redução de Ordem - IVAN F. J. RODRIGUES, MAX GERKEN
- BT/PEE/9416 - GERAFILTRO: Sistema para Projeto Automático de Filtros Digitais "IIR" (da especificação em alto nível ao leiaute do "ASIC") - RICARDO PIRES, JOSÉ VIEIRA DO VALE NETO
- BT/PEE/9417 - Redes Neurais Artificiais Aplicadas à Identificação de Pulsos Decádicos em Linhas Telefônicas - ANTONIO P. TIMOSZCZUK, EUVALDO F. CABRAL JR.
- BT/PEE/9501 - Estudo Comparativo de Métodos de Cálculo da Frequência Fundamental - MARCOS COSTA HUNOLD, EUVALDO F. CABRAL JR.
- BT/PEE/9502 - Combinando Técnicas de Redes Neurais Artificiais e Informações de Excitação no Reconhecimento Automático do Locutor - ANDRÉ BORDIN MAGNI, EUVALDO F. CABRAL JR.
- BT/PEE/9503 - Utilização de Redes Neurais Artificiais para Detecção e Identificação de Falhas em Circuitos - MÁRCIO YUKIO TERUYA, ROBERTO AMILTON BERNARDES SÓRIA, EUVALDO CABRAL JR.
- BT/PEE/9504 - Uso de Redes Neurais Artificiais no Reconhecimento de Locutores no Domínio Temporal - BENEDITO JOSÉ BARRETO FONSECA JÚNIOR, EUVALDO CABRAL JÚNIOR
- BT/PEE/9505 - Projeto de Filtros Passivos e Ativos em Técnicas de Circuitos Integrados de Microondas - DAVID VIVEIROS JÚNIOR, DENISE CONSONNI
- BT/PEE/9506 - Uma Análise de *Clustering* para as Frases de Projeto NESPER - RONALDO OLIVEIRA MESSINA, EUVALDO F. CABRAL JR.
- BT/PEE/9507 - Controle com Estrutura Variável e Modos Deslizantes - Um Estudo para Aplicação em Controle Carga-frequência da Geração - JOSE PAULO F. GARCIA, JOCELYN FREITAS BENNATON
- BT/PEE/9508 - Recuperação das Margens de Ganho e de Fase para Sistemas de Fase Não Mínima por Realimentação da Saída - MARCO H. TERRA, VITOR M. P. LEITE
- BT/PEE/9509 - Sistema de Inspeção Óptica de Dispositivos Bi-Dimensionais - CASIMIRO DE ALMEIDA BARRETO, PEDRO LUÍS PRÓSPERO SANCHEZ
- T/PEE/9510 - Sistema de Partículas Uma Poderosa Técnica de Animação em Computação Gráfica - RENATO CURTO RODRIGUES, JOÃO ANTÔNIO ZUFFO
- BT/PEE/9511 - Efeito de Ruídos em Sinais de Voz Visualizados em Trajetórias Neurais de Kohonen - CELSO S. KURASHIMA, EUVALDO F. CABRAL JR.
- BT/PEE/9601 - "Um Reconhecedor de Sinais Sonoros Utilizando LVQ" - ALEXANDRE TORNICE, EUVALDO CABRAL JR.
- BT/PEE/9602 - "Coleção Artificial Neural Networks: Uma Visão Geral dos Sistemas Neurais Artificiais de Stephen Grossberg" - CHIU HSIUNG HUANG
- BT/PEE/9603 - "Reactively-Sputtered TiN Formation Using a RF Magnetron System"- SÉRGIO PAULO AMARAL OSÓRIO, LUIZ SÉRGIO ZASNICOFF
- BT/PEE/9604 - Aspectos em Tradução de Linguagens Naturais Através de Redes Neurais Artificiais - CARLOS EDUARDO DANTAS DE MENEZES, EUVALDO F. CABRAL JR.

- BT/PEE/9605 - Implementação de Blocos Passa-Tudo Utilizando Realimentação de Erro - SÉRGIO JOSÉ CARNEIRO LEÃO, MAX GERKEN
- BT/PEE/9606 - Coleção *SANN group* Redes Neurais Artificiais: A Rede Neural de Sakoe - ANDRÉ BORDIN MAGNI, EUVALDO F. CABRAL JR.
- BT/PEE/9607 - Coleção *SANN group* Redes Neurais Artificiais: A Rede Neural de Steinbuch - ROBERTO AMILTON BERNARDES SÓRIA, EUVALDO F. CABRAL JR.
- BT/PEE/9608 - Desenvolvimento de uma Estrutura de Duplo Nível de Metal para a Confecção de Interconexões em Circuitos Integrados - JOSÉ AUGUSTO DE ALENCAR PEREIRA, LUIZ CARLOS MOLINA TORRES
- BT/PEE/9609 - Determinação de Parâmetros de Processo para Fotomáscara "Balzers" Utilizando Gerador de Padrões - JORGE SEKI, MEGUMI SAITO
- BT/PEE/9610 - Um Ambiente para Desenvolvimento de Sistemas Distribuídos - PEDRO F. ROSA, JOÃO A. ZUFFO
- BT/PEE/9611 - Interpretações Teóricas do Funcionamento Cerebelar: Uma Revisão - MARCUS FRAGA VIEIRA, ANDRÉ FÁBIO KOHN
- BT/PEE/9612 - Marcapasso Cardíaco Temporário Microcontrolado de Demanda e Baixo Consumo - FLAVIO ANTONIO MENEGOLA, JOSÉ CARLOS TEIXEIRA DE BARROS MORAES
- BT/PEE/9613 - Um Sistema de Planejamento de Ação Baseado em Casos para uma Célula Flexível de Manufatura - RICARDO LUÍS DE FREITAS, MÁRCIO RILLO
- BT/PEE/9614 - Aplicações do Boundary-Scan para o Teste de Módulos Multichip - ROBERTO C. COSSI JR., JOSÉ ROBERTO DE A. AMAZONAS
- BT/PEE/9615 - A 2.488 Gb/s GaAs 1:4/1:16 Demultiplexer IC with Skip Circuit for Sonet STS-12/48 Systems - TAUFIK ABRÃO, FATIMA S. CORRERA
- BT/PEE/9616 - Uma Contribuição para a Construção de Algoritmos em Projetos de Redes - ALLAN DE SOUZA, JOSÉ ROBERTO CASTILHO PIQUEIRA
- BT/PEE/9617 - Análise Crítica dos Métodos de Medição do Intervalo QT do Eletrocardiograma - SÍDNEY DA SILVA VIANA, JOSÉ CARLOS TEIXEIRA DE BARROS MORAES
- BT/PEE/9618 - Deposição e Caracterização de Filmes de SiO₂ Crescidos pela Técnica de PECVD a Baixa Temperatura - MARCO ALAYO CHÁVEZ, INÉS PEREYRA
- BT/PEE/9619 - PARSTOOL: Uma Ferramenta de Auxílio à Simulação de Sistemas Paralelos - LI KUAN CHING, LIRIA MATSUMOTO SATO
- BT/PEE/9620 - Análise de um Método de Otimização por Malha no Treinamento de Robôs - OLÍMPIO MURILO CAPELI, JOSÉ CARLOS T. B. MORAES, SADAÓ ISOTANI
- BT/PEE/9701 - Identification of Unstable Mechanical Systems - ROBERTO MOURA SALES, ANSELMO BITTAR, MICHAEL PORSCH, LAÉRCIO LUCCHESI
- BT/PEE/9702 - Analysis of the Subthreshold Slope Transition Region in SOI nMOSFET - VICTOR SONNENBERG, JOÃO ANTONIO MARTINO
- BT/PEE/9703 - Introduction of the SOI MOSFET Dimensions in the High-Temperature Leakage Drain Current Model - MARCELO BELLODI, JOÃO ANTONIO MARTINO, DENIS FLANDRE
- BT/PEE/9704 - Controle de Largura de Banda Dinâmica para Transmissões *Multicast* para Redes de Alta Velocidade - SANG SOON LEE, SERGIO TAKEO KOFUJI
- BT/PEE/9705 - Uma Modificação Proposta para o Controle Preditivo Generalizado com Filtro de Kalman - JAIME QUINTERO R., OSWALDO L. V. COSTA
- BT/PEE/9706 - Aplicações de Redes Neurais em Previsões Financeiras - OLÍMPIO MURILO CAPELI, EUVALDO F. CABRAL JR.
- BT/PEE/9707 - Sistema Microcontrolado, Multicanal e Portátil para Estimulação Neuromuscular Funcional - ROGÉRIO QUIARIM ZARZA, JOSÉ CARLOS TEIXEIRA DE BARROS MORAES
- BT/PEE/9708 - Requisitos para o Mapeamento Tecnológico em Projetos de Microeletrônica - LUCIANO DE OLIVEIRA CORRÊA DE BRITO, JOSÉ ROBERTO DE ALMEIDA AMAZONAS
- BT/PEE/9709 - Sistemas PRMA com Dados Acoplados - JOSÉ AUGUSTO DE LIMA, PAUL JEAN ETIENNE JESZENSKY
- BT/PEE/9710 - Algoritmos Genéticos (AG's) para a Otimização de Controladores Nebulosos - JULIO CESAR CEBALLOS AYA, OSWALDO L. V. COSTA
- BT/PEE/9711 - Um Estudo Sobre a Redução de Ruídos em Sinais Caóticos - ERNANE JOSÉ XAVIER COSTA, EUVALDO F. CABRAL JR.
- BT/PEE/9712 - Geradores não Lineares de Sequência para uso em Sistemas Spread Spectrum - ANGEL ANTONIO GONZALEZ MARTINEZ, PAUL JEAN ETIENNE JESZENSZY
- BT/PEE/9713 - Modelamento Físico do Sistema Heteroestrutura - Metal - CECÍLIA WETTERLE RODRIGUES, MEGUMI SAITO
- BT/PEE/9714 - Tensões Induzidas em Linhas Aéreas por Descargas Atmosféricas Indiretas - Modelagem e Aplicação ao Cálculo de Interrupções - ALEXANDRE PIANTINI, JORGE M. JANISZEWSKI
- BT/PEE/9715 - RECMAP - Uma Ferramenta para Otimização em Síntese de Alto Nível Baseada em Reconhecimento Funcional e Mapeamento de Componentes - ANDRÉ GERHARD, JOSÉ VIEIRA DO VALE NETO
- BT/PEE/9716 - Estudo da Sinterização de Contatos Al/Ti por Recozimento Térmico Rápido Visando a Aplicação em Circuitos Integrados - ANGELO EDUARDO BATTISTINI MARQUES, ROGÉRIO FURLAN
- BT/PEE/9717 - Mixed H₂/H- Control of Discrete-Time Markovian Jump Linear Systems - OSWALDO L. V. COSTA, RICARDO P. MARQUES
- BT/PEE/9718 - Aluminium Etching with CCl₄-N₂ Plasmas - ANGELA MAKIE MAKAZAWA, PATRICK VERDONCK
- BT/PEE/9719 - O Uso de Resistes Amplificados Quimicamente e de Sililação em Litografia por Feixe de Elétrons - ANTONIO C. SEABRA, PATRICK B. VERDONCK
- BT/PEE/9720 - Implementação de um Simulador de um Circuito Neuro-Medular que Atua no Controle da Força Motora - LUIZ JURANDIR SIMÕES DE ARAÚJO, ANDRÉ FÁBIO KOHN
- BT/PEE/9721 - Avaliação das Características Físico-Químicas e Elétricas de Filmes de SiO₂ Depositados por PECVD a Partir da Reação entre O₂ e TEOS - ALVARO ROMANELLI CARDOSO E CLAUS MARTIN HASENACK
- BT/PEE/9722 - Controle e Simulação Dinâmica de Colunas de Destilação: Aplicação Prática em uma Coluna com Refluxo por Gravidade
- BT/PEE/9723 - Circuitos de Portas Lógicas Primitivas Implementados a Partir de uma Classe de Lógicas Paraconsistentes Anotadas - JOÃO INÁCIO DA SILVA FILHO, JAIR MINORO ABE, PEDRO LUÍS PRÓSPERO SANCHEZ

- BT/PEE/9724 - Lattice Heating and Energy Balance Consideration on the I-V Characteristics of Submicrometer Thin-Film Fully Depleted SOI NMOS Devices - CLAUDIA BRUNETTI, NELSON L. A. BRAGA, LUIZ S. ZASNICOFF
- BT/PEE/9725 - Identificação de um Processo de Neutralização de pH via Redes Neurais - SILVIO FLABOREA, CLAUDIO GARCIA
- BT/PEE/9726 - Uma Estratégia de Migração de Sistemas de Telefonia Móvel com Tecnologia AMPS para a Tecnologia CDMA - RONALD LUIS CLARKSON EISNER, PAUL JEAN ETIENNE JESZENSKY
- BT/PEE/9727 - Controle de pH Usando Conceitos de Invariantes de Reações e Geometria Diferencial - OSCAR A. ZANABARIA S., CLAUDIO GARCIA
- BT/PEE/9728 - Estudo da Influência dos Parâmetros de Recozimento Térmico Rápido na Morfologia dos Filmes de TiSi_2 Formados e sua Correlação com a Tensão Mecânica - SILVANA GASPAROTTO DE SOUZA, ARMANDO ANTONIO MARIA LAGANÁ, SEBASTIÃO GOMES DOS SANTOS FILHO
- BT/PEE/9729 - Analysis of Silicon Surface Microirregularities by LASER Light Scattering - JOSÉ CÂNDIDO DE SOUSA FILHO, SEBASTIÃO GOMES DOS SANTOS FILHO
- BT/PEE/9730 - Wavelets in Music Analysis and Synthesis: Timbres Analysis and Perspectives - REGIS ROSSI ALVES FARIA, RUGGERO ANDREA RUSCHIONI, JOÃO ANTONIO ZUFFO
- BT/PEE/9731 - Estudo de Efeitos Mútuos da Distribuição de Corrente em Condutores - AUGUSTO CARLOS PAVÃO, JORGE MIECZYSLAW JANISZEWSKI
- BT/PEE/9801 - Equivalência entre a Semântica da Lógica de Transações e a Semântica de sua Implementação Prolog - PAULO E. SANTOS, FLÁVIO S. C. DA SILVA
- BT/PEE/9802 - Nash Game in Mixed H_2/H_∞ Control Theory a Convex Optimization Approach- HELENICE OLIVEIRA FLORENTINO, ROBERTO MOURA SALES
- BT/PEE/9803 - Text-Independent Speaker Recognition Using Vector Quantization and Gaussian Mixture Models - THOMAS E. FILGUEIRAS Fº., RONALDO O. MESSINA E EUVALDO F. CABRAL JR.
- BT/PEE/9804 - Elementos Piezoresistivos para Sensores de Pressão com Tecnologia CMOS - LUIZ ANTONIO RASIA, E. C. RODRIGUEZ
- BT/PEE/9805 - Automação do Processo de Casamento de Impedância em Sistemas de Aquecimento por Microondas - J. C. DE SOUZA, J. T. SENISE, V. C. PARRO, F. M. PAIT
- BT/PEE/9806 - Considerações para o Projeto de Células de Memória SI com Transistores HEMT - JAIME H. LASSO, EDGAR CHARRY R.
- BT/PEE/9807 - Covariance Controller with Structure Constraint and Closed Loop H_∞ Bound - ANTÔNIO CARLOS DE LIMA, ROBERTO MOURA SALES

