

## RESUMO

O presente trabalho visa apresentar o projeto de pesquisa em nível de iniciação científica para o desenvolvimento de um sistema didático para controle de processos com processadores de sinais digitais (DSP). Este sistema é composto de cinco protótipos de aplicações de DSP para controle digital. As aplicações implementadas são na área de eletrônica de potência, incluindo conversores de energia e acionamento de máquinas elétricas. Os kits desenvolvidos permitirão a verificação da modelagem e a validação do projeto de controladores digitais para os circuitos implementados. Serão apresentados, para cada uma das cinco aplicações, as principais características dos sistemas estudados e os resultados obtidos até a presente data. Destaca-se neste projeto, a característica interdisciplinar dos kits didáticos, onde o aluno terá contato com conceitos relacionados a várias unidades de estudo, como eletrônica de potência, eletrônica analógica, sistemas de controle, controle digital e processadores de sinais digitais.

## INTRODUÇÃO

A disciplina DSP aplicado ao controle da sexta fase do Curso Superior de Tecnologia em Sistemas Digitais do CEFET/SC é uma unidade que reúne conceitos de diversas outras unidades do curso de Sistemas Digitais. Nesta disciplina são apresentados os processadores de sinais digitais (DSPs) aplicados no controle de sistemas e processos.

Atualmente, além do desenvolvimento de projetos teóricos, são realizadas simulações digitais para verificar o desempenho dos controladores projetados e são implementados controladores para uma planta analógica construída com amplificadores operacionais.

Os sistemas representados por estas plantas analógicas não apresentam características realistas dos processos que normalmente são encontrados na prática, utilizam de forma limitada as potencialidades dos processadores, além de não representarem uma aplicação real, o que tende a diminuir o interesse do aluno.

Os Kits didáticos disponíveis no mercado para esta área, contemplam apenas um tipo de aplicação, são de custo elevado e de difícil acesso, sendo estruturas fechadas que não permitem a sua reconfiguração e o acesso a variáveis internas do processo. Com isso, tornam-se sistemas limitados e pouco atrativos.

Desta forma, propõe-se o estudo e desenvolvimento de Kits didáticos de aplicações de DSPs que representem diversas aplicações e que utilizem de forma mais intensa as potencialidades dos processadores estudados (BATISTA et al, 2007).

A estratégia de desenvolvimento das atividades do projeto considera as seguintes etapas para cada uma das aplicações: projeto do conversor e definição de esquemático completo, confecção de layout e montagem da placa de circuito impresso, elaboração de programas de testes, testes do protótipo e obtenção dos modelos do sistema para utilização de controladores digitais.

## DESENVOLVIMENTO

Neste projeto serão implementadas placas de circuito impresso (PCIs) para o desenvolvimento de cinco aplicações de controle digital:

a) Este sistema é composto de um conversor que permite a variação da tensão média aplicada a um motor de corrente contínua com ímã permanente (LANDER, 1988), este conversor opera na frequência de comutação de 1,5 kHz e sendo utilizado como interruptor de potência um MOSFET.

Desta forma, é utilizada como variável de atuação do controlador DSP o sinal PWM para comando do MOSFET. A variável a ser monitorada é a velocidade do motor, que é estimada através da leitura dos pulsos de um encoder de 12 fendas através de um acoplador óptico.

Para esta estrutura, foram realizadas as etapas de estudo do conversor e suas aplicações, projeto do conversor e definição de esquemático completo, confecção de layout e montagem da placa de circuito impresso, elaboração de programas de testes, testes do protótipo e obtenção dos modelos do sistema para utilização de controladores digitais.

Na Figura 1 é apresentada uma foto do sistema completo (DSP, placa de controle e motor).

b) Circuito de inversão do sentido de rotação e variação de velocidade do motor CC

O circuito de inversão do sentido de rotação e variação de velocidade do motor CC será implementado a partir de um circuito em ponte completa (Ponte H) utilizando o circuito integrado L298D.

As variáveis de controle serão as entradas que definem o sentido de rotação do motor e através do pino de enable do CI, aplica-se um sinal PWM para a variação de velocidade. De forma semelhante à aplicação anterior, determina-se a velocidade e sentido de giro do motor através da leitura de dois pulsos do encoder e utiliza-se o modo de pulsos de encoder em quadratura (QEP) do DSP TMS320LF2407A.

Para esta estrutura, foram realizadas as etapas de estudo do conversor e suas aplicações, projeto do conversor, definição de esquemático completo e confecção de layout da placa de circuito impresso. Como atividades restantes, têm-se a montagem da placa de circuito impresso, a elaboração de programas de testes e os testes do sistema completo.

c) Conversor CC-CC abaixador (Buck)

O conversor *Buck* tem a finalidade de, a partir de uma tensão de entrada CC fixa fornecer uma tensão de saída atenuada. A Figura 6 apresenta a topologia convencional do conversor *Buck*. (BARBI, 2000).

O conversor CC-CC abaixador será implementado considerando-se uma faixa de variação de carga que permita estudar as dinâmicas do conversor perante estas perturbações. A variável de controle é o sinal PWM de comando do MOSFET e a principal variável a ser controlada é a tensão de saída do conversor.

Na Figura 2 é apresentada uma foto da placa de controle conversor CC-CC abaixador tipo *Buck*.



Fig. 1- Sistema de controle do motor CC.



Fig. 2 – PCI para conversor abaixador.

d) Circuito pré-regulador com correção de fator de potência (PFC)

Esta etapa tem como objetivo converter a tensão alternada da rede elétrica em tensão contínua e também corrigir o fator de potência que será aplicado à carga. A Figura 3 apresenta a topologia do pré-regulador com correção de fator de potência (TOMASELI, 2001).

A estrutura da Figura 3 é composta por um retificador monofásico de onda completa em ponte aliado a um conversor Boost, a variável de controle é o sinal PWM de comando do MOSFET. As principais variáveis a serem controladas são a tensão de saída do conversor e a corrente de entrada, que deve seguir uma referência senoidal e apresentar baixa taxa de distorção harmônica.

Para o pré-regulador PFC foram realizadas as etapas de estudo do conversor e suas aplicações, projeto do conversor e definição de esquemático, confecção de layout, montagem da placa de circuito impresso e a obtenção dos modelos matemáticos do sistema para utilização de controladores digitais.

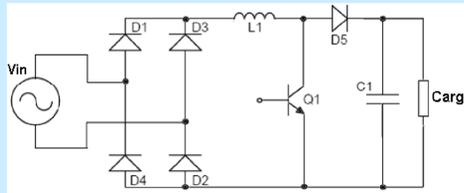


Fig. 3 – Circuito pré-regulador com PFC.

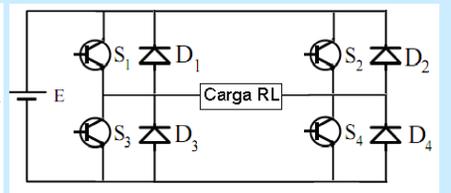


Fig. 4 – Inversor Monofásico PWM Senoidal.

e) Inversor monofásico em ponte completa

Este sistema possui quatro chaves de acionamento (S1,S2,S3,S4) que funcionam em conjunto para alimentar a carga e quatro diodos que possuem a função de roda-livre (Figura 4).

As variáveis de controle serão os sinais PWM, gerados pelo DSP, para o comando dos interruptores da ponte inversora e a principal variável a ser controlada é a tensão de saída do conversor, que deve seguir uma referência senoidal. Para o inversor monofásico em ponte completa foram realizadas as mesmas etapas realizadas para o conversor PFC.

Na Figura 5 têm-se uma foto da placa de controle do pré-regulador PFC e do inversor monofásico em ponte completa. Como atividades restantes para estas estruturas, têm-se a elaboração de programas de testes, os testes do sistema completo e a verificação da função de transferência.



Fig. 5- PCI para pré-regulador PFC e Inversor Monofásico.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos até o presente momento indicam um bom andamento do projeto, onde para todas as aplicações pretendidas foram realizadas as etapas de estudo das estruturas e suas aplicações, bem como os projetos dos conversores e definição dos esquemáticos, a realização de layout das placas de circuito e confecção das mesmas.

Uma proposta de modelo matemático para todas as aplicações também foi apresentada.

No estado atual, as placas dos conversores *Buck*, PFC e inversor estão sendo testadas e os programas de testes destas placas estão em desenvolvimento.

Como atividades restantes, têm-se a montagem da placa de inversão do sentido de rotação do motor CC, a conclusão dos programas de testes, os testes dos sistemas completos e a verificação experimental de algumas funções de transferência.

## CONCLUSÕES

Com o desenvolvimento do projeto será disponibilizado para aluno e professor um sistema mais realista que permite ao aluno aplicar diversos conhecimentos adquiridos no Curso Superior de Tecnologia em Sistemas Digitais.

Desta forma, o aluno enfrentará situações mais complexas ou completas, diferentes daquelas idealizadas, de caráter apenas teórico ou de simulação digital em computador, além de permitir a utilização de tecnologias mais inovadoras, bem como a melhor exploração dos recursos destes dispositivos.

Será criado um sistema de apoio para os professores através da acessibilidade aos kits desenvolvidos e seus manuais de utilização (relatório), que poderão ser utilizados de forma flexível, criando-se várias situações problemas, através de diferentes exigências de desempenho para os sistemas controlados.

No aspecto social considera-se a colocação no mercado de trabalho de profissionais com maior experiência prática, com visão de um sistema completo, interdisciplinar e não fracionado. Estes profissionais estarão mais acostumados à resolução de problemas reais.