

Desenvolvimento de kits didáticos em sistemas de controle e potência

Development of educational kits in control and power systems

RESUMO

Marco Antonio Santos Foltran
foltranm@alunos.utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, Paraná, Brasil

Diogo Marujo
diogomarujo@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, Paraná, Brasil

Alex Lemes Guedes
alexguedes@utfpr.edu.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, Paraná, Brasil

Uma das grandes preocupações expressadas por alunos das disciplinas de Sistemas de Controle é a falta de aulas práticas, onde seja possível ver o funcionamento de sistemas projetados utilizando a teoria vista em sala de aula. Pensando neste problema, foi desenvolvido um kit de baixo custo para fins didáticos, onde os alunos são responsáveis por projetar o controle de posição e velocidade de um motor de corrente contínua baseado em uma arquitetura PID. O kit conta com um microcontrolador para aquisição de sinais e controle do motor em PWM via um circuito push-pull, além de comunicação serial via protocolo Modbus com um sistema supervisor, baseado em navegador da web, para fácil visualização dos dados e interação com a planta. Utilizando-se de softwares de prototipagem e simulação, foi possível demonstrar a capacidade de se desenvolver e construir um kit de grande potencial didático por um baixo custo.

PALAVRAS-CHAVE: Sistemas de controle. PID. Modbus. Motor DC. Kit didático.

ABSTRACT

One of the significant concerns expressed by students in the Control Systems course is the lack of practical classes, where it is possible to see the systems designed using the theory learned working. For this sake, a low-cost kit for educational purposes is proposed in this paper. The latter allows students to design the control of a DC motor's position and speed, based on a PID architecture. The kit includes a microcontroller for both signal acquisition and PWM control of the motor via a push-pull circuit. Also, serial communication via Modbus protocol in a web-based supervisory system is used to visualize data and interaction with the process quickly. The paper shows the achievability of developing and building a kit with great educational potential for a low cost.

KEYWORDS: Linear control systems. PID. Modbus. DC Motor. Educational Kit.

Recebido: 19 ago. 2020.

Aprovado: 01 out. 2020.

Direito autoral: Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



INTRODUÇÃO

No mundo atual, inúmeros processos seriam inviáveis ou até mesmo impossíveis sem algum sistema de controle. Desde pousos de ônibus espaciais até a usinagem automática de peças, a vida moderna depende destes sistemas, ainda que muitas vezes passem despercebidos (NISE, 2013).

Conseqüentemente, a demanda por engenheiros e outros profissionais de qualidade que são capazes de compreender e projetar sistemas de controle é muito expressiva, especialmente no meio industrial.

Para tanto, é essencial que o indivíduo tenha pleno conhecimento tanto teórico quanto prático. Na graduação de engenharia elétrica, muitos alunos expressam certa dificuldade nas disciplinas que envolvem sistemas de controle, sendo comuns sugestões de incluir mais aulas práticas nas mesmas, para que se consiga "conectar" todo o conteúdo visto somente nas expressões matemáticas e simulações com o que é visto e operado na vida real.

Com tais sugestões em mente, foi determinado o projeto de um kit para controle de posição e velocidade de um pequeno motor de corrente contínua (CC), com a finalidade de ser usado nas aulas das disciplinas de Fundamentos de Controle no campus Medianeira da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Este kit consiste em uma caixa com todos os componentes necessários, incluindo uma placa de aquisição de dados e um microcontrolador PIC (*Programmable Interface Controller*), restando ao aluno apenas conectá-lo a um computador via cabo serial. O projeto foi realizado com auxílio dos equipamentos presentes no LAD (Laboratório de Automação e Desenvolvimento), no campus Medianeira da UTFPR.

O sistema foi projetado tendo em mente um controlador PID (Proporcional, integral, derivativo). Mais da metade dos controladores utilizados industrialmente ou são estruturas PID ou PID modificadas (I-PD, por exemplo) (OGATA, 2010). Por este motivo, foi considerado essencial o entendimento deste tipo de controlador pelos alunos. Uma das grandes vantagens do controle PID é o fato de não ser necessário se conhecer as características matemáticas (funções de transferência) da planta, sendo possível realizar a calibração dos parâmetros do controlador por meio de alguns métodos práticos, como o método de Ziegler-Nichols (OGATA, 2010). Analisando trabalhos publicados, é possível perceber resultados bastante positivos vindos da utilização deste método na calibração de controladores para kit didáticos (TORGA, 2016). Contudo, sendo baseado em um microcontrolador programável, é possível implementar diversas outras formas de controle clássico e moderno no sistema, inclusive podendo ser implementada uma forma dos alunos conseguirem obter a função de transferência do sistema.

Ademais, para uma comunicação robusta e eficiente dos dados entre o microcontrolador e o sistema supervisório, foi adotado o padrão Modbus RS-232. Criado originalmente pela *Modicon* em 1979, o Modbus é um protocolo amplamente utilizado para comunicação entre controladores programáveis, sensores, sistemas supervisórios, entre outras aplicações, se tornando um padrão no ambiente industrial (DRURY, 2009).

Para efetiva visualização e interação do aluno com o sistema de controle, optou-se por utilizar um Sistema de Supervisão e Aquisição de Dados (SCADA). Segundo VILELA (2013):

Os chamados Sistemas de Supervisão e Aquisição de Dados (SCADA) permitem o monitoramento de forma amigável e à distância de equipamentos industriais, isto é, exibem informações gráficas, permitem o controle de parâmetros físicos, como, por exemplo, gráficos e botões liga/desliga, guardam relatórios, disparam alarmes, entre outras facilidades. (VILELA, Raphael Fernandes; 2013, p. 52).

Nas próximas seções são apresentados os materiais e métodos, resultados e as conclusões obtidas durante o processo de desenvolvimento do kit didático proposto neste trabalho.

MATERIAIS E MÉTODOS

O projeto de kit didático desenvolvido neste trabalho tem como principais requisitos ser de baixo custo, robusto, e intuitivo na utilização. Em razão disso, foram feitos esforços em seu desenvolvimento para que os componentes e sua fabricação consumam poucos recursos. A tabela 1 lista os materiais e componentes necessários para a construção de 1 (um) kit, bem como o custo (aproximado) de cada item.

Tabela 1 – Lista de componentes do kit didático.

Item	Qtd	Custo Un.	Custo total
Servomotor TowerPro MG995	1	R\$ 44,90	R\$ 44,90
Microcontrolador PIC18F4550	1	R\$ 58,81	R\$ 58,81
Circuito Integrado MAX232	1	R\$ 3,53	R\$ 3,53
Cristal Oscilador 10MHz	1	R\$ 0,98	R\$ 0,98
Regulador de Tensão 7805 5V	1	R\$ 1,05	R\$ 1,05
Interruptor On/Off Tipo Gangorra	1	R\$ 0,65	R\$ 0,65
Conector Jack DC	1	R\$ 0,90	R\$ 0,90
Fonte DC 12V	1	R\$ 10,00	R\$ 10,00
Conector Serial Fêmea DB9	1	R\$ 8,00	R\$ 8,00
Transistor TIP120	2	R\$ 1,70	R\$ 3,40
Transistor TIP127	2	R\$ 1,24	R\$ 2,48
Diodo 1N4001	4	R\$ 0,14	R\$ 0,56
Parafuso Allen M5x12mm	4	R\$ 0,66	R\$ 2,64
Placa de Acrílico 4mm 100x190mm	1	R\$ 7,96	R\$ 7,96
Filamento PLA P/ Impressão 3D (kg)	0,178	R\$ 129,90	R\$ 23,12
	-	-	R\$ 168,98

Fonte: Autoria própria (2020).

Como o servomotor selecionado já contém um sistema de controle próprio, para o funcionamento desejado do kit didático, foram necessárias alterações no

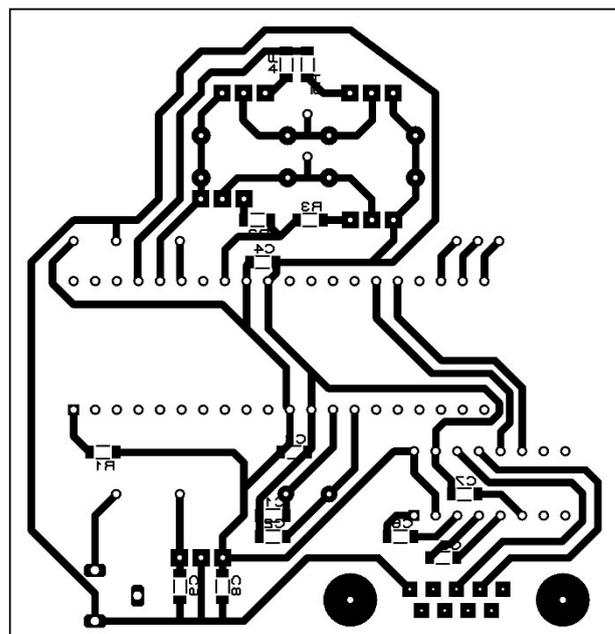
mesmo. A placa de circuito impresso presente no motor foi removida e substituída por uma mais simples, contendo apenas um capacitor para supressão dos ruídos provenientes do potenciômetro interno do motor, servindo como um sensor de posição do eixo. Desta forma, o motor funcionaria como um simples motor de corrente contínua, com um sensor de posição angular.

Com o microcontrolador adquirindo o sinal do potenciômetro em um período pré-determinado é possível analisar não só a posição do motor, mas também a velocidade de rotação do eixo, obtendo a derivada do sinal original do sensor.

Para se ter certeza de que o sistema de aquisição de dados e comunicação funciona corretamente, de acordo com o protocolo Modbus, é possível simulá-lo utilizando alguns *softwares*. Com o ambiente de desenvolvimento integrado MPLAB X, o microcontrolador PIC pode ser programado, definindo todas as rotinas de interrupção e *timers* necessários para a comunicação correta com o sistema supervisor, além do sistema de aquisição de dados e do controlador PID. No ambiente de simulação foi possível reproduzir virtualmente todo o circuito do sistema de controle, incluindo o microcontrolador PIC e carregando-o com o programa construído previamente com o MPLAB X.

Juntamente com um *software* de emulação de porta de comunicação Serial, pôde-se realizar um teste com o sistema supervisor e o microcontrolador emulado em um ambiente de simulação, já de acordo com todas as especificações do protocolo Modbus. O software de simulação possui ainda uma ferramenta que permite exportar o circuito completo construído na simulação para um ambiente de desenho de placas de circuito impresso, contendo todos os componentes necessários para o funcionamento do sistema. A figura 1 representa o resultado da placa de circuito impressa desenvolvida nesse ambiente.

Figura 1 – Desenho preliminar da placa de circuito impressa a ser utilizada pelo kit.



Fonte: Autoria própria (2020).

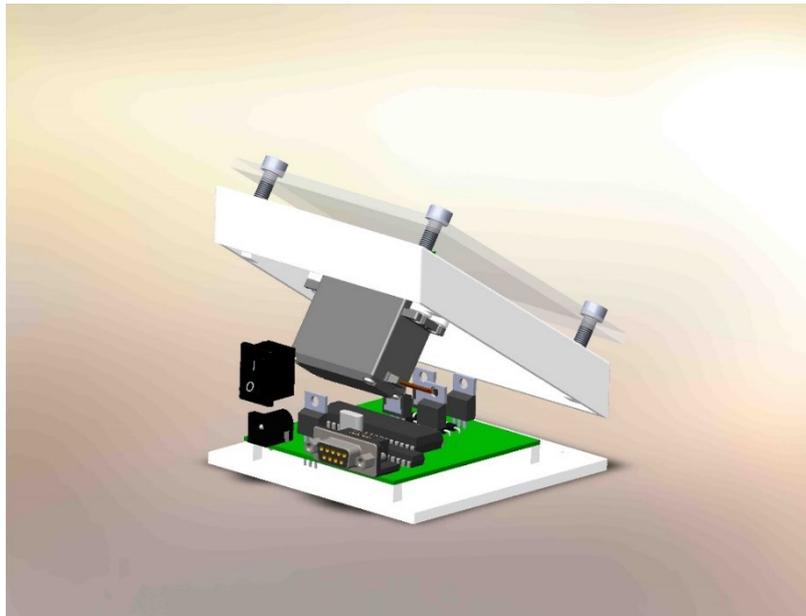
Por fim, para se obter uma melhor visualização do protótipo do módulo e tornar possível a construção do mesmo via impressão 3D, foi realizado um desenho do mesmo em um software de desenho 3D, consistindo do invólucro onde estariam contidos todos os componentes do sistema.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Empregando os softwares especificados no capítulo anterior, foi possível concluir o projeto do kit didático, que abrange os circuitos elétricos, presentes na placa de circuito impresso principal do módulo, além do projeto 3D do invólucro que abriga todas as partes do sistema.

Através de uma ferramenta de visualização 3D no software, foi possível visualizar e exportar um modelo 3D da placa de circuito impresso, podendo assim ser integrada ao projeto em software de desenho 3D, conforme a figura 2.

Figura 2 – Visão renderizada do kit com os componentes internos à vista.



Fonte: Autoria própria (2020).

A caixa projetada possui uma base quadrada de 100x100mm, com uma altura de 40mm na parte frontal e 102mm na parte traseira. Na seção superior, existe um furo para que o eixo do motor CC conecte com a agulha indicadora de posição, bem como uma marcação de ângulos de 0 a 360 graus, para fácil observação dos resultados. A tampa de acrílico tem 4mm de espessura e é fixada por meio de 4 parafusos *allen*, de rosca M5x12mm.

CONCLUSÕES

O trabalho aqui apresentado pretendia, a princípio, ser finalizado com a construção física do sistema e sua aplicação na universidade logo que possível. No entanto, devido aos acontecimentos da pandemia da Covid-19 em 2020, que acarretou na paralisação das atividades da UTFPR no campus Medianeira, isto não

foi possível, tendo em vista que a continuação o trabalho contava com ferramentas e recursos que só poderiam ser acessados no campus (Impressora 3D, ferros de solda, multímetros, etc.). Esta etapa será concluída tão logo retornem as aulas presenciais.

Apesar disso, através do projeto foi possível demonstrar a possibilidade e facilidade de se desenvolver um sistema de controle relativamente simples para um motor CC, mas com um potencial didático grandioso quando usado dentro da sala de aula, permitindo que os alunos não apenas vejam na prática o que se aprende na teoria, mas também que eles definam os parâmetros do algoritmo PID, abrindo diversas possibilidades de roteiros e trabalhos para que o professor avalie nos alunos a verdadeira compreensão dos fundamentos de um sistema de controle.

REFERÊNCIAS

DRURY, B. **The Control techniques Drives and Controls Handbook**. 2. ed. Londres, Reino Unido: The Institution of Engineering and Technology, 2009.

NISE, N. S. **Engenharia de Sistemas de Controle**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2013.

OGATA, K. **Engenharia de Controle Moderno**. 5. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.

TORGA, D. S. **Desenvolvimento de uma plataforma didática para práticas de controle de velocidade de motor de corrente contínua**. 2016. Monografia (Graduação em Engenharia de Controle e Automação) - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2016.

VILELA, R. F. **Sistema de Aquisição de Dados em Microcontrolador e Comunicação pelo Protocolo Modbus**. 2013. Monografia (Graduação em Engenharia Eletrônica e de Computação) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.