



UTILIZAÇÃO DE PLATAFORMAS DE PROTOTIPAÇÃO BASEADAS EM MICROCONTROLADORES DE BAIXO CUSTO NO CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA DA UNIVERSIDADE POSITIVO

Leonardo Gomes Tavares – leonardo.tavares@up.com.br

Universidade Positivo, Núcleo de Ciências Exatas e Tecnológicas, Engenharia Elétrica
Prof. Pedro Viriato Parigot de Souza, 5300
81.280-330 – Curitiba – Paraná

Luciano Carstens – luciano.carstens@up.com.br

Universidade Positivo, Núcleo de Ciências Exatas e Tecnológicas, Engenharia Elétrica
Prof. Pedro Viriato Parigot de Souza, 5300
81.280-330 – Curitiba – Paraná

Sérgio Luiz Veiga – slveiga@up.com.br

Universidade Positivo, Núcleo de Ciências Exatas e Tecnológicas, Engenharia Elétrica
Prof. Pedro Viriato Parigot de Souza, 5300
81.280-330 – Curitiba – Paraná

Resumo: *Dentre os temas mais discutidos na esfera da Educação em Engenharia está a associação entre teoria e prática na sala de aula. Sabe-se que a atividade prática é de fundamental importância na formação do engenheiro, mas essa é muitas vezes deixada em segundo plano devido aos grandes investimentos financeiros que as instituições de ensino precisam fazer para equipar laboratórios. Em algumas situações, uma alternativa pode ser o uso de plataformas de prototipação baseadas em microcontroladores de baixo custo que surgiram nos últimos anos. O presente artigo apresenta uma breve descrição de alguns desses kits de desenvolvimento utilizados no Curso de Engenharia Elétrica da Universidade Positivo bem como o contexto em que são utilizados e alguns exemplos de projetos desenvolvidos por alunos.*

Palavras-chave: *Atividades de laboratório, plataformas de prototipação, microcontroladores.*

1. INTRODUÇÃO

Preparar profissionais que atuem com competência nas inúmeras áreas da Engenharia é uma tarefa que exige cursos que contemplem um conjunto consistente de conhecimentos que os habilitem para tal. Disciplinas teóricas bem fundamentadas, estágios no mercado de trabalho e aulas práticas são essenciais para que se possam alcançar estes propósitos (BAZZO & PEREIRA, 2006).



Com respeito às aulas práticas é cada vez mais evidente a sua importância devido ao atual cenário dominado por incessante renovação em termos de tecnologia (ALMEIDA & SILVA, 2013).

De acordo com (COELHO et al., 2001) somente experimentos por simulação não são suficientes. Os exercícios práticos devem estar organizados e sincronizados com as aulas e exercícios teóricos.

As atividades de laboratórios e oficinas na educação em tecnologia são, basicamente, os ambientes físicos da prática. Se o campo de estudo é a educação em tecnologia, a função básica do laboratório se estende, além da prática, para a pesquisa. Estes ambientes assumem importância fundamental, e a necessidade de uma didática particular, ou, até mesmo, uma pedagogia específica (NITSCH, 1995).

(ALMEIDA & SILVA, 2013) ressalta que a utilização de laboratórios e plantas didáticas promove os seguintes benefícios:

- confirma o estudo da teoria;
- desperta o interesse científico;
- estimula o aprendizado;
- contribui para a formação mais sólida do estudante.

Contudo, os custos para aquisição e manutenção de equipamentos de laboratório são normalmente altos e inviabilizam o investimento por parte de muitas instituições de ensino superior no Brasil.

Para determinadas situações é possível contornar o problema com a utilização de plataformas de desenvolvimento baseadas em microcontroladores de baixo custo. Entretanto não é difícil identificar situações em que essas plataformas de baixo custo não são capazes de substituir equipamentos mais sofisticados e, conseqüentemente, mais caros.

Plataformas de prototipação baseadas em microcontroladores podem ser utilizadas em projetos de diversas áreas de conhecimento. Ao permitir a rápida prototipagem, esses kits podem ser utilizados não só como ferramenta para projeto de equipamentos de laboratório, mas também como as próprias ferramentas de aprendizado.

2. METODOLOGIA

Os últimos anos da indústria eletrônica têm sido marcados por uma forte disputa dos fabricantes de microcontroladores na intenção de disseminar o uso dos seus produtos. Uma ação bastante comum a todos os *players* têm sido uma série de lançamentos de ferramentas para avaliação de microcontroladores com baixo custo e *stand-alone*, isto é, kits que não necessitam de acessórios extras, como gravadores e emuladores. Alguns fabricantes, como por exemplo a Texas Instruments, vendem seus kits de desenvolvimento através de sua loja virtual e entregam suas encomendas em outros países pagando inclusive os custos do frete e dos impostos do país de destino.

Até há alguns poucos anos atrás, o investimento financeiro para montar um laboratório de microcontroladores chegava, em alguns casos, a ultrapassar facilmente a casa dos R\$40.000,00, considerando apenas o custo dos kits, acessórios (gravadores, etc) e licenças de software.



Aliado à iniciativa dos fabricantes em disponibilizar seus kits de avaliação a preços bem mais acessíveis, surgiram projetos de kits de prototipação com características similares aos dos projetos de software livre. Nesse novo tipo de projeto, não somente o código fonte do software está aberto e livre para uso e modificações, mas também o hardware é aberto e livre. Nesse novo caso, os esquemas eletrônicos, os *layouts* das placas e as listas de componentes são disponibilizadas gratuitamente para uso e modificações. O exemplo de projeto de hardware e software livre mais popular e difundido atualmente é o Arduino.

Observando essas novidades é que passamos a incluir esse tipo de recurso de baixo custo nas nossas aulas práticas.

Neste novo cenário, a instituição não apenas pode se beneficiar dos custos mais baixos para equipar seus laboratórios, mas também pode sugerir que cada aluno adquira o seu próprio kit de desenvolvimento. Essa segunda opção possui alguns pontos positivos para ambas as partes:

- o aluno pode utilizar o kit além do horário da aula e fora das dependências da instituição de ensino;
- o aluno se torna responsável pela manutenção do seu próprio kit;
- a instituição pode manter um número bastante reduzido de kits;
- o custo da manutenção e eventuais consertos é reduzido.

3. PLATAFORMAS UTILIZADAS

Esta seção apresenta 3 kits de desenvolvimento usados na Engenharia Elétrica da Universidade Positivo bem como o contexto em que são utilizados e exemplos de alguns projetos feitos pelos alunos.

3.1. ARDUINO

Um exemplo de plataforma de prototipação largamente utilizada no momento é o Arduino. A plataforma Arduino surgiu por volta do ano de 2005. O projeto não está necessariamente vinculado a um ou outro fabricante de microcontrolador, apesar de todas as suas versões básicas usarem microcontroladores da Atmel como base.

A plataforma possui algumas características que a marcaram e tornaram o seu uso extremamente popular:

- baixo custo;
- hardware e software livre de licenças comerciais;
- hardware e software de código aberto;
- ambiente de desenvolvimento multi-plataforma.

Segundo (FONSECA & VEGA, 2011), todo equipamento possui uma curva de aprendizado. No caso do Arduino, a experiência demonstra que o aprendizado básico não é muito longo, nem penoso.

O Arduino possui um ambiente de desenvolvimento integrado (*Integrated Development Environment*, ou IDE), gratuito, livre de licenças de uso e de código aberto. Através desse ambiente é possível editar, compilar e descarregar o programa para a memória

do microcontrolador. A linguagem de programação usada para programar o Arduino é a Linguagem C.

Outra característica importante, e que ajudou na popularização do projeto, é que o IDE do Arduino é multiplataforma. Isso quer dizer que há versões do IDE para diversos sistemas operacionais (Windows, Linux e MacOS).

Outro fato importante é que o projeto Arduino possui uma comunidade de usuários bastante extensa. Esses usuários desenvolvem e aperfeiçoam constantemente seus projetos e os divulgam livremente.

O Arduino possui várias versões de kits, cada qual com suas especificidades. Alguns exemplos são Arduino UNO (Figura 1), Arduino Leonardo, Arduino Due, Arduino Mini, Arduino Micro, Arduino Nano e outros.

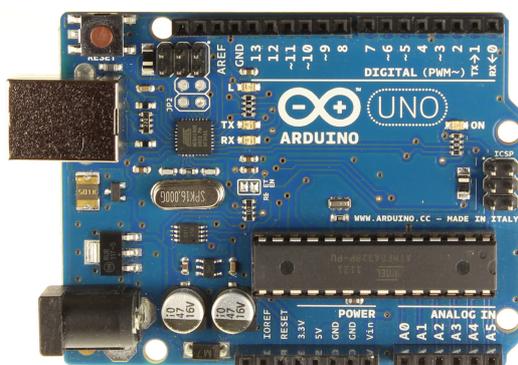


Figura 1 – Kit de desenvolvimento Arduino UNO.

O projeto também prevê o desenvolvimento de placas de expansão que podem ser conectadas aos kits com o objetivo de expandir suas funcionalidades. Essas placas são chamadas de *shields*. Existem *shields* para os mais diversos fins, como por exemplo, *shields* de comunicação sem-fio, comunicação Ethernet, controle de motores, sensores de diversos tipos, etc.

Na engenharia elétrica da UP, o Arduino é usado na disciplina de Introdução a Engenharia. A facilidade de uso e a extensa variedade de *shields*, na maior parte das vezes, dispensa o desenvolvimento de hardwares auxiliares. Este fato permite que alunos das primeiras séries possam desenvolver seus protótipos, mesmo antes de terem conhecimentos mais avançados como, por exemplo, sobre arquitetura de computadores.

Alguns exemplos de projetos desenvolvidos com alunos da primeira série com o Arduino são:

- Controlador lógico para automação residencial;
- Medidor de distância por sensor de ultrassom;
- Medidor de distância por sensor IR;
- Robô para competição de Sumô-bot;
- Robô seguidor de linha.

3.2. KIT PIC18F4550

Observando o conceito modular do Arduino e de alguns projetos similares, foi desenvolvido na UP um kit de desenvolvimento baseado no microcontrolador PIC18F4550 da Microchip.

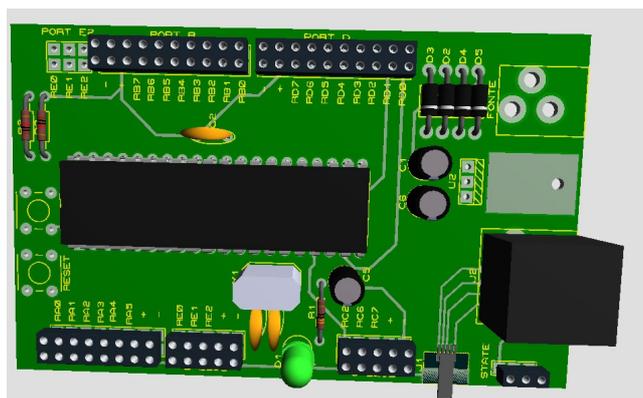


Figura 2 – Placa “Mãe” do kit PIC18F4550.

Este kit consiste numa placa “mãe” constituída principalmente pelo microcontrolador PIC 18F4550, com alimentação externa controlada pelo regulador 7805 ou então, via USB ou mini USB, providos com conectores de expansão ligado em seu *ports* onde é possível a conexão modular de periféricos, conforme pode ser visto na Figura 2. Para tanto, agrupou-se um conjunto pré-determinado de elementos de hardware, tais como: módulo com *push buttons* para simulação de entradas digitais e um *trimpot* para simulação de entrada analógica; módulo com *leds* para simulação de saídas digitais; módulo com displays de LCD 16x2; módulo com display de sete segmentos; módulo com memória externa e RTC fazendo uso de comunicação I2C; módulo com conversor D/A, conforme a Figura 3, um exemplo desses módulos.

Uma característica importante implementada neste kit é a possibilidade da realização da programação no próprio circuito (*In-System Programmable*), através da comunicação USB. Para a realização da gravação dos programas via USB já compilados por exemplo no PCW, é utilizado o software da Microchip USB HID Bootloader v2.6a, sendo que inicialmente é necessário gravar um programa *bootloader* no microcontrolador.

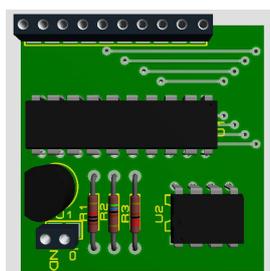


Figura 3 – Módulo conversor digital analógico.

O PIC18F4550 é um microcontrolador de 8 bits de arquitetura Harvard. O conjunto de instruções do PIC18 foi desenvolvido de forma que a grande maioria das instruções tenha 16 bits. Isso garante o uso mais otimizado da memória disponível (PEREIRA, 2010). O fato da memória de programa ser acessada separada permite que as instruções tenham uma “largura” (número de bits em cada endereço) maior que a memória de dados. No caso do PIC18, a memória de dados (e também o barramento de dados) é de 8 bits enquanto as instruções armazenadas na memória de programa (e também o barramento de instruções) são de 16 bits. Fazendo uma comparação, a linha PIC16 tem instruções de 14 bits e um conjunto de 35 instruções; com o aumento para 16 bits na linha PIC18 o conjunto passa a ter um conjunto padrão de 75 instruções e alguns componentes possui mais 8 instruções (modo estendido), como é o caso do PIC18F4550.

As instruções de 16 bits (que podemos chamar de curtas) são executadas em um ciclo de instrução (4 períodos de clock). As instruções de 32 bits (que podemos chamar de longas) são executadas em 2 ciclos de instrução. Instruções que causam alteração do fluxo do programa gastam um ciclo de instrução adicional.

O PIC18F4550 foi desenvolvido utilizando a tecnologia nano Watt da Microchip, tendo disponível diversas funcionalidades que permite menor consumo de energia.

Em princípio, este kit tinha apenas o objetivo de auxiliar os alunos na disciplina de Microprocessadores e Microcontroladores. Com o tempo, este material passou a ser também utilizado em outras disciplinas do curso de Engenharia Elétrica, tais como: Projetos Multidisciplinares, Sistemas Computacionais, e também em seus projetos finais ou Trabalhos de Conclusão de Curso (TCCs).

Uma consideração a ser destacada, é que a partir do seu próprio kit, cada aluno pode ter seu ambiente de desenvolvimento para projetos microcontrolados, podendo utilizá-lo em esfera acadêmica ou profissional.

A metodologia de uso desse kit na Disciplina de Microcontroladores e Microprocessadores consiste num estudo teórico inicial sobre o respectivo assunto. Num segundo momento é realizada a atividade prática em laboratório em equipes de no máximo três alunos com objetivo de consolidar e aprofundar a teoria apresentada. Para finalizar o entendimento sobre o respectivo assunto é proposto uma determinada aplicação, onde realmente é posto em prova o conhecimento adquirido pelo aluno. Como exemplo, podemos citar uma aplicação à respeito do conteúdo de conversor A/D:

- Desenvolver um sistema de controle de temperatura, utilizando um termistor PTC10k. Nesta aplicação, o aluno precisa inicialmente determinar matematicamente a curva de linearização do termistor, montar um circuito de atuação para a carga a ser controlada, fazer uso de um display de LCD como interface para o ajuste de controle e o desenvolvimento do software de controle

Ao final do ano letivo, é proposto aos alunos um trabalho de livre escolha dos alunos, referente à finalização da disciplina de Microprocessadores e Microcontroladores. Inicialmente é solicitada uma proposta de trabalho para as equipes formadas de aulas práticas em laboratório e num segundo momento é discutido o nível de complexidade quanto ao desenvolvimento deste trabalho. Aprovada a proposta, as equipes partem para a implementação e o desenvolvimento do trabalho. Podemos citar alguns exemplos de trabalhos desenvolvidos:

- Sistema de medição de distância por ultrassom;

- Painel de mensagens com matriz de leds;
- Sistema de geração de cores utilizando leds RGB;
- Sistema de controle para levitação de uma esfera de isopor;
- Sistema de controle de um carrinho usando sistema Android via Bluetooth;
- Sistema de automação da iluminação em ambientes residenciais;
- Movimentação de imagem na tela do computador via acelerômetro.

3.3. TIVA LAUNCHPAD

A Tiva Launchpad (Figura 4) é uma plataforma de prototipação de baixo custo baseada no microcontrolador ARM Cortex-M4F da Texas Instruments. A exemplo das demais plataformas de prototipação baseadas em microcontroladores mais modernos, a Tiva dispensa o uso de gravadores ou emuladores externos. Esse kit possui um emulador com interface USB que permite a gravação e depuração do código através da interface JTAG do próprio microcontrolador. Diferente do Arduino e do Kit PIC18F4550, a Tiva dispensa o uso de programas do tipo *bootloader* que viabilizam a gravação *in-circuit* do microcontrolador.

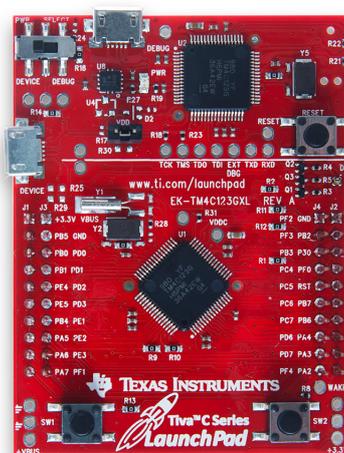


Figura 4 – Kit de desenvolvimento Tiva Launchpad

Para expandir as possibilidades da Tiva, foi desenvolvida uma placa de expansão com alguns recursos adicionais como: relógio de tempo real, memória EEPROM, display LCD, teclado matricial e interface serial RS-232. A Figura 5 mostra uma foto desta placa montada com teclado e display.

Durante o desenvolvimento dessa placa tomou-se o cuidado de se utilizar apenas componentes que pudessem ser facilmente encontrados no mercado local. Desta forma, os alunos podem adquirir o seu kit Tiva do próprio site do fabricante e montar a sua própria placa de expansão com componentes adquiridos no mercado local. O custo total de um kit completo montado não ultrapassa R\$80,00.

Alguns exemplos de projetos que podem ser desenvolvidos com esse kit são:

- Microterminal de vendas;
- Registro de ponto eletrônico;
- Interface Homem-Máquina para automação.

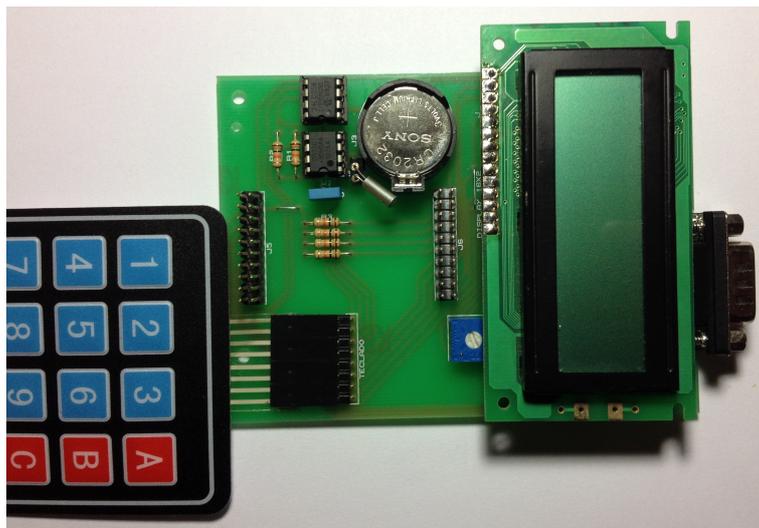


Figura 5 – Placa de expansão para o kit TIVA Launchpad

A Tabela 1 apresenta um quadro comparativo das principais características das 3 plataformas abordadas neste trabalho. Através desta tabela é possível identificar quais kits podem atender a determinadas aplicações ou situações.

Tabela 1 – Quadro comparativo das características das 3 plataformas de prototipação de baixo custo.

Plataforma	Arduino UNO	Kit PIC18F4550	Tiva Launchpad
Microcontrolador	ATMega328	PIC18F4550	TM4C123GH6PM
Fabricante	Atmel	Microchip	Texas Instruments
Clock	16 MHz	48 MHz	80 MHz
Flash	32 KB	32 KB	256 KB
RAM	2 KB	2 KB	32 KB
EEPROM	1 KB	256 Bytes	2 KB
ADC	6ch 10-bit	13ch 10-bit	2x12ch 12-bit
PWM	6	2	16
UART	1	1	8
I2C	1	1	4
SPI	1	1	4



4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do atual contexto de muitas instituições de ensino superior, verifica-se a necessidade de implantação ou renovação da estrutura no que diz respeito às atividades práticas dos cursos de engenharia. O alto custo dos investimentos financeiros a serem feitos em laboratórios força as instituições a buscarem alternativas menos dispendiosas. Uma alternativa, que pode ser adotada em algumas situações, é a adoção do uso de plataformas de prototipação baseadas em microcontroladores de baixo custo.

Este artigo apresentou uma breve descrição de 3 kits de desenvolvimento adotados na Engenharia Elétrica da Universidade Positivo: o Arduino, o kit PIC18F4550 e o kit Tiva Launchpad. Também foram apresentadas as metodologias adotadas nas disciplinas e sugestões de projetos que podem ser desenvolvidos com estes kits.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, F.C.; SILVA, R.L. Laboratório remoto para ensino a distância de controle de processos. Anais: XLI – Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia. Gramado: UFRGS, 2013.

BAZZO, Walter Antônio; PEREIRA, Luiz Teixeira do Vale. Introdução à engenharia. 1ª. Ed. Florianópolis: Editora da UFSC, 2006.

COELHO, A.A.R.; ALMEIDA, O.M.; SANTOS, J.E.S.; SUMAR, R.R. Experimentos práticos de controle adaptativo na graduação. Anais: XXIX – Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia. Florianópolis: UFSC, 2001.

FONSECA, E.G.P.; VEGA, A.S. Tutorial sobre introdução a projetos utilizando o kit de desenvolvimento Arduino. Anais: XXXIX – Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia. Blumenau: FURB, 2011.

NITSCH, J.C. **Educação Tecnológica: uma abordagem sob o aspecto humano**. Dissertação de Mestrado. Pontifícia Universidade Católica do Paraná, PUC-PR, Brasil, 1995.

PEREIRA, Fábio. Microcontrolador PIC18 Detalhado – Hardware e Software. São Paulo: Editora Érica, 2010.



ON THE USE OF PROTOTYPING PLATFORMS BASED ON LOW COST MICROCONTROLLERS IN THE COURSE OF ELECTRICAL ENGINEERING AT POSITIVO UNIVERSITY

***Abstract:** Among the most discussed topics in Engineering Education is the association between theory and practice in the classroom. It is known that practical activity is important in the engineer formation, but this is often left in the background due to the large investments that educational institutions need to do to equip laboratories. In some situations, an alternative may be the use of prototyping platforms based on low cost microcontrollers that have emerged in recent years. This article presents a brief description of some of these development kits used in the Course of Electrical Engineering of Positivo University well as the context in which they are used and some examples of projects developed by students.*

***Key-words:** Laboratory activities, prototyping platforms, microcontrollers.*