



PLATAFORMA DE HARDWARE AUXILIAR DE USO DIDÁTICO PARA KIT DE DESENVOLVIMENTO EK-TM4C123GXL

Estevan Linck Lara – estevanlara@gmail.com
Universidade de Passo Fundo, Faculdade de Engenharia Elétrica
Rua Saldanha Marinho, 127, Centro
99500-000 – Carazinho – Rio Grande do Sul

Ricardo Girardi Frosi – ricardofrosi@gmail.com
Universidade de Passo Fundo, Faculdade de Engenharia Elétrica
Av. 7 de Setembro, 178, Centro
99010-120 – Passo Fundo – Rio Grande do Sul

Adriano Luis Toazza – toazza@upf.br
Universidade de Passo Fundo, Faculdade de Engenharia Elétrica
BR 285, Km 171, São José
99001-970 – Passo Fundo – Rio Grande do Sul

Resumo: *Este trabalho apresenta o desenvolvimento de uma placa de circuito impresso para auxiliar as aulas de programação em microcontroladores, que será utilizada em conjunto com o kit de desenvolvimento da Texas Instruments, denominado EK- TM4C123GXL. Tem por objetivo facilitar aulas em laboratórios, tornando desnecessário o desenvolvimento de um hardware em aula para testar o software criado pelo aluno. Também, manter um padrão para a classe inteira, assim é possível manter o foco na aprendizagem da programação de microcontroladores com tecnologias que utilizam a família ARM-CORTEX.*

Palavras-chave: *Kit de desenvolvimento, ARM-CORTEX, Plataforma de auxílio didático, Protótipos didáticos*

1 INTRODUÇÃO

Os experimentos práticos de microcontroladores têm grande importância nas instituições de ensino superior, principalmente para os cursos de graduações como engenharia elétrica, engenharias de computação e demais cursos que em sua grade de formação necessitam de um entendimento de tecnologias que envolvem software e hardware. A demanda por profissionais que possuem o conhecimento de como utilizar as tecnologias ascendentes no mercado está crescendo. E uma dessas tecnologias são os microcontroladores da família ARM-CORTEX.

Segundo a NATIONAL INSTRUMENTS a série ARM (Advanced RISC Machine) possui microprocessadores de 32 bits de baixo custo que possuem um uso eficiente da energia. Além disso, 98% dos telefones móveis do mundo contém pelo menos um processador ARM, também, complementa dizendo que a arquitetura ARM pode ser utilizada para praticamente qualquer aplicação embarcada, de protocolos de comunicação automotivos a sistemas de segurança ou dispositivos médicos.



Com o surgimento de novas tecnologias e avanço dos microcontroladores para suprir a nova demanda de aplicações, o ensinamento de como utilizar microcontroladores do tipo ARM-CORTEX é essencial para as áreas de engenharias, e com foco nesse objetivo, foi desenvolvido uma plataforma que possibilite a interação de maneira simplificada do aluno com esse componente.

Kits de desenvolvimento vêm ganhando bastante espaço nos meios acadêmicos devido a sua facilidade de uso e o seu tamanho reduzido, evitando a montagem desnecessária de esquema elétrico sobre uma *protoboard* para averiguar seu funcionamento. Nesses módulos é possível verificar e testar alguns programas bases, fornecidos pelo fabricante, simplesmente conectando ao computador e carregando os softwares. Esses kits vêm de fábrica com um software pré-programado, a exemplo, no kit EK-TM4C123GXL o software executa uma mudança de gradientes no Led RGB embutido sobre ele. Esse kit pode ser visualizado na Figura 1.

FIGURA 1 – Kit de desenvolvimento Tiva C Series EK-TM4C123GXL

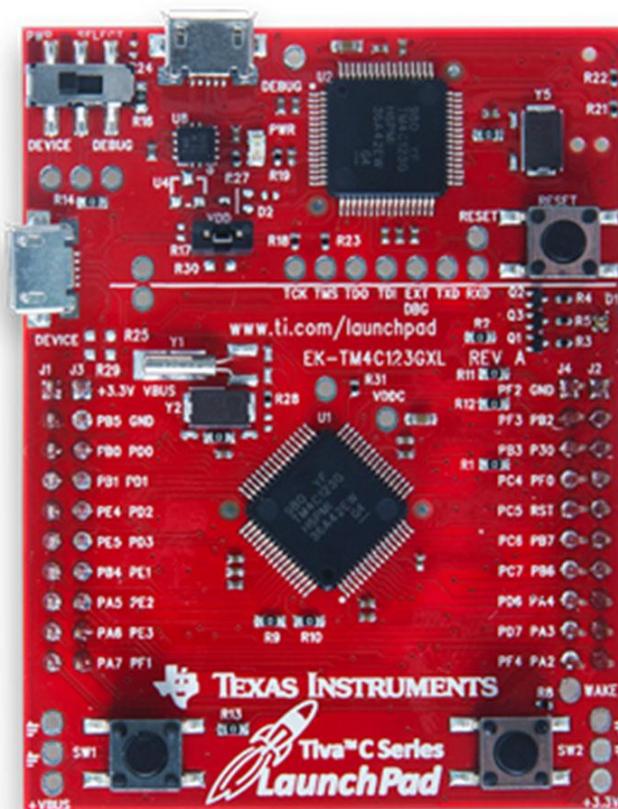
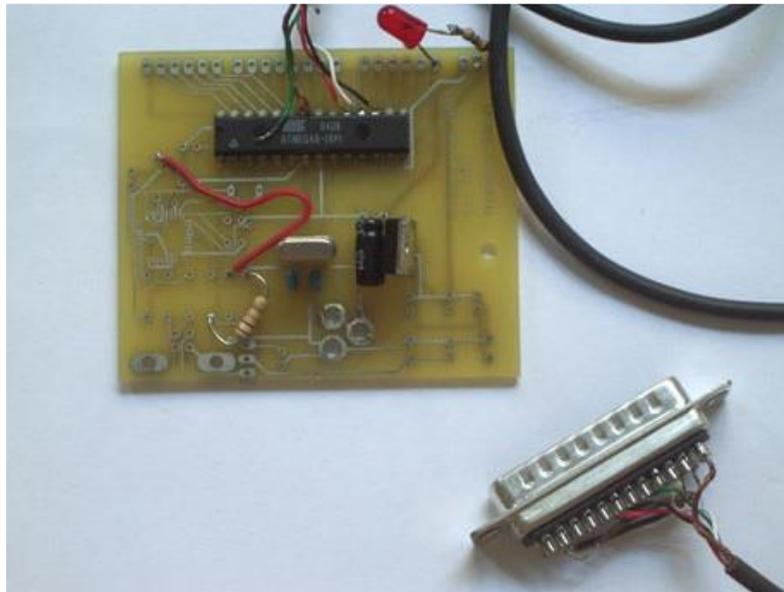




FIGURA 2 – Primeiro protótipo da plataforma Arduino



Fonte: *The Making of Arduino*

O objetivo desse projeto é desenvolver uma plataforma de hardware que possibilite o acoplamento de um kit de EK-TM4C123GLX desenvolvido e comercializado pela TEXAS INSTRUMENTS. Com o propósito de facilitar a assimilação do conhecimento pelo aluno e permitir de forma simples a vivência prática exigida pelo mercado de trabalho, que requer profissionais que tenham conhecimento da nova linha de microcontroladores disponíveis no mercado.

2 ESPECIFICAÇÕES DO KIT DE DESENVOLVIMENTO EK-TM4F123GXL

Segundo SENA um microcontrolador difere de um microprocessador em diversas formas, uma delas é a funcionalidade, enquanto o microcontrolador está desenhado para ser um “tudo-em-um” o processador necessita de periféricos para suas aplicações. No microcontrolador todos os circuitos necessários para seu funcionamento já estão dentro do próprio chip.

O microcontrolador TM4C123GH6PM é perfeito para aplicações com baterias de até 6 Volts, devido ao seu baixo consumo e variedade de estados de hibernação, ele possibilita que os diversos módulos periféricos internos quando não utilizados sejam desativados, assim diminuindo o consumo tem-12 um uso eficiente da energia. (TEXAS INSTRUMENTS, 2014)

O kit de desenvolvimento EK-TM4C123GXL, fabricado pela TEXAS INSTRUMENTS, utiliza o microcontrolador TM4C123GH6PM, pertencente à família ARM Cortex-M4. Além disto, o kit permite o acesso direto aos pinos de entrada e saída (Pinos de I/O), pode ser operado a uma frequência de clock de até 80 MHz, e possui um total de 16 saídas de PWM e de outros itens que podem ser visualizados na Tabela 1. (TEXAS INSTRUMENTS, 2014)



Tabela 1 – Especificações gerais de Hardware do microcontrolador
TM4C123GH6PMI

Núcleo	ARM CORTEX-M4 de 32 bits
Clock	Até 80 Mhz
Memória Flash	256 kB
Memória RAM	32 kB SRAM
Memória EEPROM	2 kB
GPIO	6 blocos físicos / até 43 GPIO's
Timer	6 blocos de 16/32 bits e 6 blocos de 32/64 bits
Hibernação	Modulo de hibernação de baixo consumo
PWM	2 módulos de PWM, cada com 4 blocos de geradores e um bloco de controle, num total de 16 saídas de PWM
A/D	2 módulos de 12-bits, com uma taxa máxima de amostragem de 1 MS/s
COMPARADORES DIGITAIS	16 comparadores digitais
WATCHDOG TIMER	2 watchdogs timer
UART	8 UART's
PC	4 módulos com 4 velocidades de transmissão
Interface de serial síncrona (SSI)	4 SSI
CAN	Dois controladores A/B CAN 2.0
Faixa de operação	Industrial (-40°C até 85°C) faixa de temperatura Estendido (-40°C até 105°C) faixa de temperatura

O kit EK-TM4C123GLX, possui ainda integrado a ele dois botões de entrada e um reset, também um LED RGB. Trabalha com um conversor integrado para emular em uma porta COM através de uma USB. Possui suporte para tecnologia Thumb-2 que permite a combinação de duas instruções de 16 bits para aumentar a eficiência no processamento através da busca simultânea de duas instruções em um ciclo de máquina, contém 78 fontes de interrupções vetoradas programáveis com até 8 níveis de prioridades e 7 exceções. (TEXAS INSTRUMENTS, 2014)

Uma das vantagens do estudo em sala de aula utilizando microcontroladores é o fato da existência de kits de desenvolvimento, que contemplam hardware de suporte à gravação, depuração e comunicação, facilitando assim a compreensão dos alunos.

3 PLATAFORMA DIDÁTICA

A plataforma didática foi desenvolvida utilizando o software de diagramas elétricos PROTEUS Versão 8.1, da empresa Labcenter Electronics, disponibilizado nos laboratórios de informática da Universidade de Passo Fundo.

O PROTEUS é muito utilizado no dia-a-dia para desenhos de esquemas elétricos, layouts de placas de circuito impresso (PCI) e simulações. Nele é possível realizar diversos tipos de simulações usando microcontroladores de diversos tipos, incluindo ARM-CORTEX. Também



possibilita a criação de placas de circuito impressos com uma alta gama de possibilidades. (SOUZA, 2010)

O layout da placa foi desenvolvido de forma manual no software seguindo as normas de desenvolvimento de placa de circuito impressos recomendadas pelos professores do curso de Engenharia Elétrica da Universidade de Passo Fundo.

Layout definido para essa placa seguiu uma lógica de disponibilização dos componentes de forma que facilitasse a utilização por meio dos alunos, permitindo um desempenho simples e objetivo em sala de aula. Os requisitos definidos para o layout de uma placa de circuito impresso foram:

- Facilitar o manuseio em experimentos práticos;
- Informar na própria placa os pinos correspondentes de cada módulo;
- Conter pouca abstração de hardware;
- Explorar todos os recursos do microcontrolador;
- Ser voltado ao ensino didático;
- Disponibilizar de forma amigável os componentes na placa;
- Possibilitar as mais variadas experiências possíveis;
- Possuir barramento de pinos para a ligação com outros módulos externos.
- Permitir a visualização dos displays.

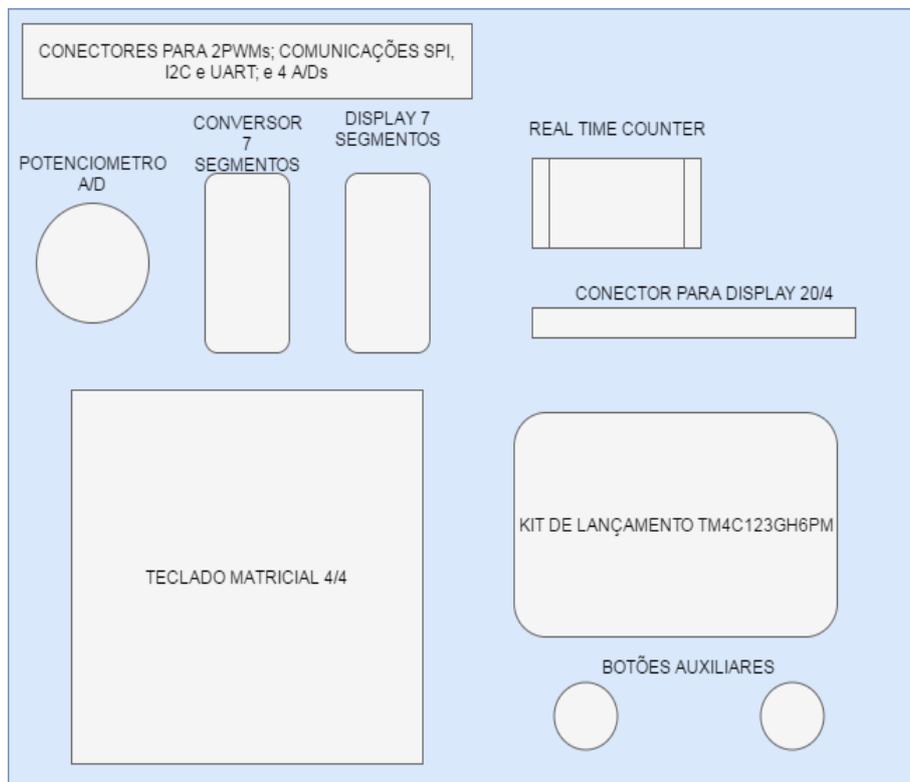
Com a utilização da placa desenvolvida é possível potencializar o andamento das aulas em laboratórios, assim o aluno não terá de se habituar as peculiaridades da montagem de hardware, e poderá manter seu foco para as partes principais da matéria que é a configuração de parâmetros internos e a programação de uma rotina para o dispositivo.

A placa desenvolvida facilita a assimilação do estudante que com a utilização dos periféricos desse módulo discerne o uso correto do kit de desenvolvimento para aplicações propostas em experimentos práticos pelo professor. Tendo em vista que os módulos utilizados em aula são previamente testados, caso ocorra que o dispositivo não responda como o esperado, o problema seria o software e não o Hardware. A placa retira a possibilidade de imprevistos como montagem erradas feitas pelos alunos.

O designer da placa foi arquitetado para obter-se um tamanho reduzido. E os módulos disponibilizados na placa podem ser utilizados separadamente ou em conjunto com outros, possibilitando ao aluno utilizar no mínimo um de cada entre todos os tipos módulos internos oferecidos pela TEXAS INSTRUMENTS, facilitando assim a aprendizagem de modo que o aluno tenha acesso a essas ferramentas. O diagrama de disposição pode ser visualizado na Figura 3.



FIGURA 3 – Diagrama de disposição



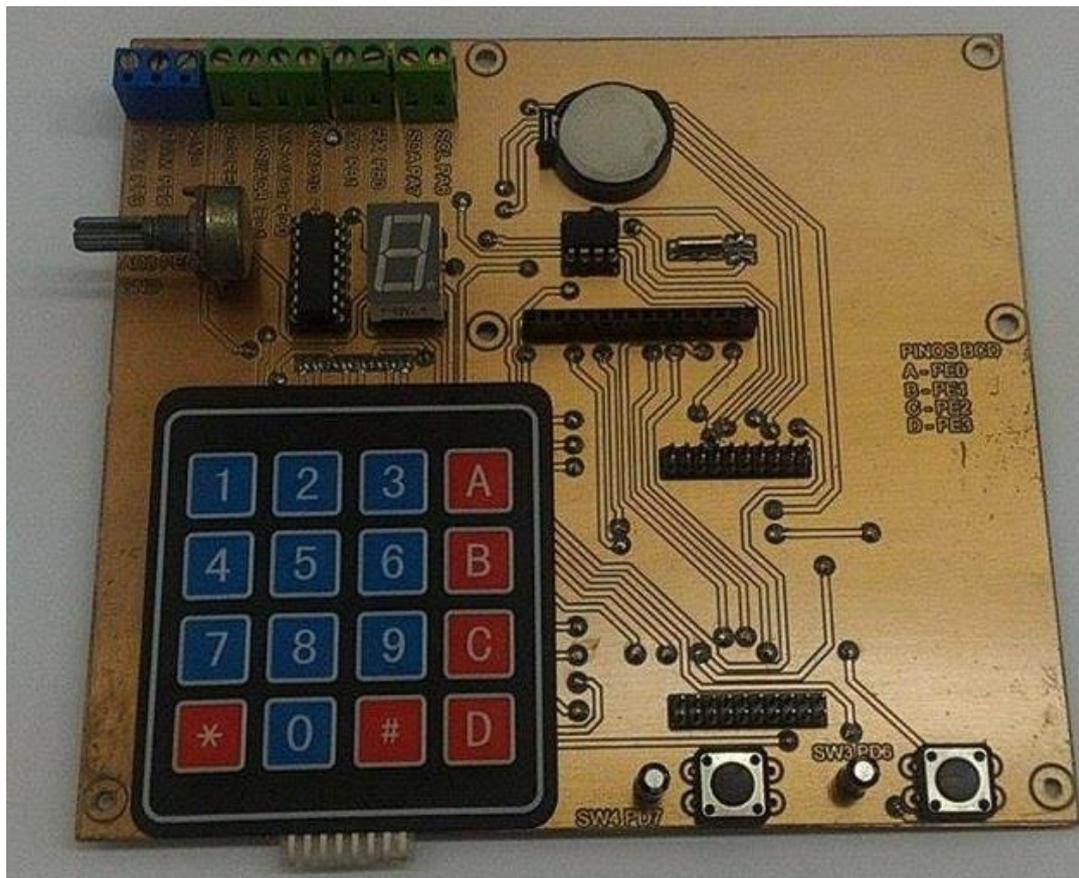
A plataforma desenvolvida contém 12 módulos de fácil conexão que são eles:

1. Módulo de encaixe do kit de desenvolvimento
2. Módulo do teclado matricial 4/4
3. Módulo de display 20/4
4. Módulo de conversor BCD para 7 segmentos para display de 7 segmentos.
5. Módulo A/D
6. Módulo Comunicação i2C
7. Barramento de acesso a comunicação SPI
8. Barramento de acesso à comunicação UART
9. Módulo de inclusão de 2 botões auxiliares
10. Módulo com potenciômetro para testes em A/D
11. Módulo de acesso ao PWM
12. Módulo RTC (Real Timer Counter)

Com essa grande quantidade de módulos disponíveis na placa é possível ter uma incrível variedade de aulas de experimentos práticos. Permitindo uma compressão passo a passo sobre o funcionamento dos módulos e no final a possibilidade de desenvolver um projeto utilizando todos os periféricos ao mesmo tempo, instigando o aluno com um desafio a ser realizado. Os pinos utilizados para comunicação oferecem outras funções como, por exemplo, A/D e podem trabalhar como I/O também, portanto nos conectores dispostos no canto superior esquerdo, oferecem um total de 2 PWMs, 4 A/Ds, comunicações SPI, i2c, e UART, além de um pino para acesso ao GND. Na figura 4 podemos visualizar a plataforma sem o kit conectado e sem o display 20x4.



FIGURA 4 – Foto da Plataforma pré-montada



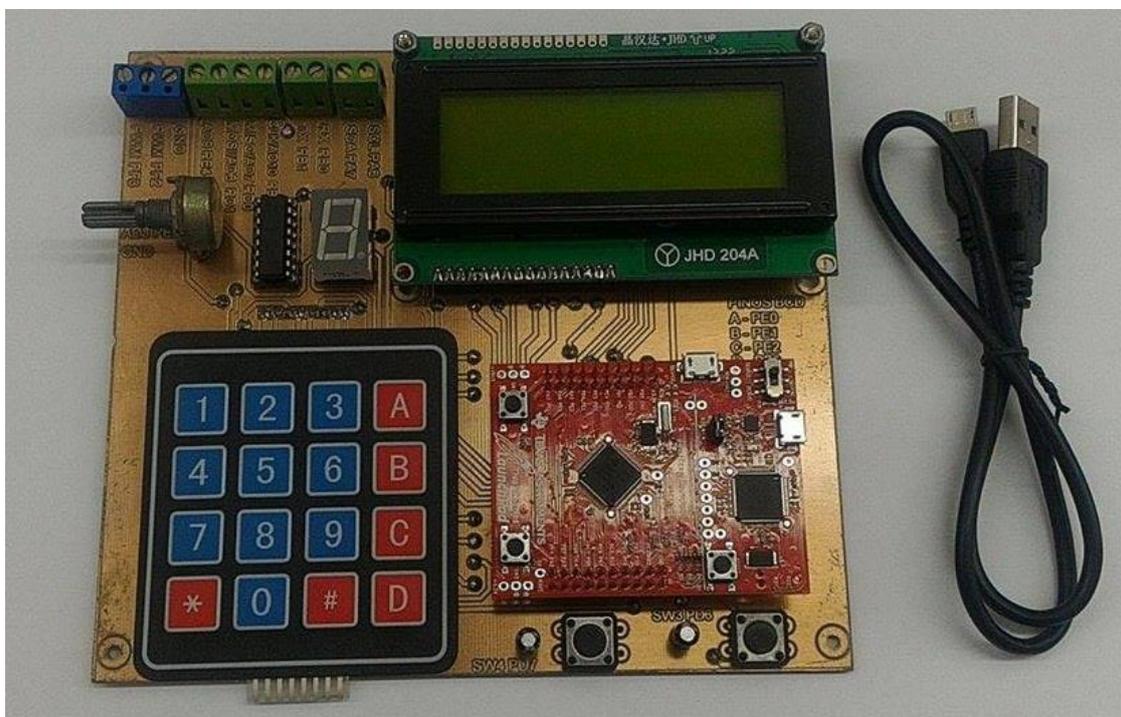
4 PLATAFORMA DE HARDWARE

Com a organização dos módulos do dispositivo, o aluno tem como objetivo focar na parte de programação, seguindo os exemplos das aulas e enfrentando desafios propostos pelo professor. Assim o aprendizado na parte de programação pode ser desenvolvido muito além do convencional, devido a isso, não é necessário a montagem de nenhuma forma de hardware vinda do aluno. A Figura 5 apresenta a plataforma didática completa para o auxílio em experimentos práticos.

É possível visualizar que a disposição dos módulos sobre a placa permitiu que todos ficassem próximos, porém organizados, e o tamanho da placa é de 145x163mm. A PCI foi projetada e seu lote piloto foi prototipado na própria universidade. A Universidade de Passo Fundo disponibiliza a seus alunos uma prototipadora de placas modelo LPKF ProtoMat 91S.



FIGURA 5 – Foto da Plataforma Completa



5 CONCLUSÕES

Devido à implantação dessa plataforma em experimentos práticos, notou-se a evolução na aprendizagem por parte do aluno, uma melhora da prática laboratorial e o tempo em laboratório foi potencializado o que trouxe muitos benefícios para a disciplina de Microcontroladores 2 que aborda a utilização desse kit de desenvolvimento.

Com o uso dessa plataforma o foco do aluno fica concentrado na parte de *software*, e potencializa seu aprendizado sobre programação, pois a prática sobre hardware já foi estudada em disciplinas anteriores. Vale ressaltar que como todos os periféricos estão sempre disponíveis é possível ao aluno, em qualquer momento, realizar testes de software de experimentos já finalizados de maneira simples, auxiliando a retirar dúvidas recorrentes sobre periféricos já vistos ou a serem estudados.

Agradecimentos

Gostaríamos de agradecer ao Professor Dr. Adriano Luis Toazza pela possibilidade e credibilidade depositada à nós, para o desenvolvimento dessa plataforma, que está sendo utilizada na disciplina de Microcontroladores 2. Também agradecemos a Universidade de Passo Fundo pelo espaço e equipamentos disponibilizados.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Kushner, David. **The Making of Arduino**. 2011. Disponível em:
<<http://spectrum.ieee.org/geek-life/hands-on/the-making-of-arduino>>. Acesso em: 13 de abr. 2017.

Lopes, Ubiratan; Bonfim, T. R. Implantação de laboratório acadêmico de microcontrolador em instituição de ensino superior. Revista de Ciências exatas e tecnologia, Campinas, v.2, n.2, p. 59-61, 2007.

NATIONAL INSTRUMENTS. Introdução à tecnologia de microcontroladores ARM para sistemas embarcados. Disponível em: <<http://www.ni.com/newsletter/50786/pt/#toc1>>. Acesso em: 27 de abr. 2017.

SENA, Antônio Sérgio. **Microcontroladores PIC**.

SOUZA, Vitor Amadeu. PROTEUS: Simulação, Esquemas e Layout. Cerne Tecnologia e Treinamento Ltda, 2010. Disponível em:
<<http://www.cernetec.com.br/Livro%20Proteus%20rev%202.pdf>>. Acesso em: 24 de abr. 2017.

TEXAS INSTRUMENTS. Datasheet: Tiva TM4C123GH6PM Microcontroller, 2014. Disponível em: <<http://www.ti.com/lit/ds/spms376e/spms376e.pdf>>. Acesso em: 10 nov. 2016.

PLATAFORM AUXILIAR OF THE HARDWARE FOR USE DIDATIC WITH EVALUATION KIT EK-TM4F123GXL

Abstract: *This work presents the development of a printed circuit board to support program's class of the microcontroller, which will be used in conjunction with Texas Instruments kit of development, called EK-TM4C123GXL. It aims to facilitate classes in laboratories, making it unnecessary to develop hardware in class to test the software created by the student. Also, maintaining a standard for the entire class, so it is possible to stay focused on learning microcontroller programming with technologies that utilize the ARM-CORTEX family.*

Key-words: *Launchpad evaluation kit, ARM-CORTEX, Didactic archetypes, Platform of the hardware.*