



UM EQUIPAMENTO DIDÁTICO CONSTITUÍDO DE MÓDULOS DE MICROCONTROLADOR E DE PLD

Francisco Edson Nogueira de Melo, M.Sc. – emelo@cefetsc.edu.br

Centro Federal de Educação Tecnológica de Santa Catarina – CEFET/SC

Av. Mauro Ramos, 950 – Centro

CEP 88020-300 – Florianópolis – SC

Fone: (48) 221-0565

Wilson Berckembrock Zapelini, Dr. – zapelini@cefetsc.edu.br

***Resumo:** O artigo apresenta a concepção e detalhamento de um equipamento didático direcionado para a área de eletrônica digital e microprocessadores, seja em nível de curso técnico, de tecnologia ou de engenharia. Duas características principais do equipamento denotam o seu diferencial em relação a outros equipamentos similares: a modularidade e a interconectividade dos módulos. Com relação à modularidade, o equipamento é constituído de um conjunto modular de experimentação em eletrônica, baseado em uma série de placas componíveis em diversos e diferentes sistemas, dependendo da forma como sejam interligadas. Esta característica de modularidade pode ser explorada em uma série de experimentos de complexidade crescente, desde os conceitos básicos da Eletrônica Digital (sinais digitais, entrada/saída, interfaceamento elementar) até experimentos avançados, explorando a aplicação de microcontroladores, PLDs (dispositivos lógicos programáveis) e interfaceamento com microcomputadores padrão PC. Quanto à característica de conectividade, o equipamento propõe, como um eficiente recurso didático e operacional, um padrão de barramento que provê compatibilidade nas conexões. Como material complementar, é disponibilizado um conjunto de softwares em CD-ROM, incluindo documentação, aplicativos de configuração/programação e exemplos de projeto. O artigo finaliza abordando as vantagens do equipamento didático ao possibilitar efetuar experimentos em aulas ou em laboratório, com características distintas, porém, organizadamente, interconectados.*

***Palavras-chave:** Equipamento didático, Microcontrolador, PLD.*

1. O HISTÓRICO DE CONSTRUÇÃO

O kit objeto deste documento é fruto da experiência dos autores, obtida após a orientação de alunos do CEFET/SC em inúmeros projetos de cunho didático, de desenvolvimento de outros equipamentos do mesmo tipo e, ainda, do estudo de novas tecnologias de componentes graváveis *in system*. Detalha-se a seguir um pouco desta evolução.

Na constante busca de um ideal de qualidade no ensino de Eletrônica Digital, Microprocessadores e Microcontroladores, os professores do CEFET/SC vêm propondo aos seus alunos a elaboração de projetos que visam à aplicação do conhecimento obtido. Em sua forma mais recente, os projetos são ditos integradores, e devem abranger conhecimentos,



habilidades e competências adquiridas nos vários eixos temáticos do módulo curricular que o aluno cursa.

De fato, a característica de integração entre disciplinas já vinha sendo implementada em anos anteriores, através de projetos como: cadeira de rodas comandada por voz, sistema informatizado de monitoramento de ambiente, osciloscópio/gerador de funções em computador, dentre outros. Em tais sistemas, conceitos de Eletrônica Digital, Microprocessadores, Programação Básica e de Alto Nível, Eletrônica de Potência, Eletrônica Analógica e Interfaceamento com Microcomputadores foram explorados. Em mais de um deles, elementos comuns são recorrentes, tais como: dispositivos de entrada/saída (botões, chaves, displays de vários tipos), interfaces eletrônicas entre sistemas (portas de E/S, conexão com PC), acionamento elétrico, programação, interconexões. Portanto, nasceu daí a idéia de um sistema modular que congregasse diversos experimentos.

A concepção de um primeiro kit adotando esta concepção modular foi desenvolvida de tal modo que, propositalmente, sua construção assumia uma arquitetura semelhante à de um microcomputador IBM-PC, em que a *placa-mãe* é dotada de um microcontrolador (no caso, o 8751 da Intel), de memória externa para programa e dados, de *slots* (encaixes) para a ligação de placas auxiliares. Estas placas implementavam interfaces de comunicação serial, teclados numéricos, displays de LCD, controle de jogos *joystick*, placa protótipo para a construção de circuitos diversos, etc. Como uma facilidade para o desenvolvimento de projetos, o equipamento também foi dotado de um sistema de carga de programa (*boot loader*) a partir do PC, que dispensava o uso de gravadores de EPROM e de Microcontrolador. Este equipamento mostrou boa funcionalidade, e chegou a ser usado em sala de aula com alunos. Entretanto, o seu custo acabou se mostrando um pouco elevado para os objetivos iniciais, implicando na não continuidade e não reprodução do equipamento desenvolvido.

Mais tarde, através de convênio com a companhia União Digital (atualmente PI Componentes), os autores tomaram conhecimento da tecnologia de dispositivos lógicos programáveis (PLD's) da ALTERA, e receberam treinamento inicial em sua aplicação. Um grupo de estudos foi composto para projetos envolvendo PLD's. Como resultado desta parceria, foi desenvolvido um kit didático de desenvolvimento para o tema. Novamente, a arquitetura modular foi implementada, com a divisão do equipamento em módulo principal com o PLD e alimentação, e módulos complementares de teclas, chaves, mostradores de 7 segmentos e gerador de sinais.

Uma importante característica do PLD utilizado no kit acima descrito é o fato de ser programável na própria placa em que se localiza (*In System Programmable*). Um experimento didático ou um projeto que se queira testar é elaborado no PC, sob a forma de um esquemático, ou um conjunto de formas de onda ou ainda em modo linguagem HDL (*Hardware Description Language*) e, após, uma compilação, transferido para o componente integrado programável, através de uma interface JTAG conectada à porta paralela do PC.

Logo em seguida, a empresa ATMEL passou a disponibilizar um microcontrolador também dotado do recurso de programação *in system* (ISP), através de uma interface serial de periféricos SPI (*Serial Peripheral Interface*). Neste caso, o experimento ou projeto assume a forma de um programa, desenvolvido em linguagem de baixo nível (*Assembly*, por exemplo) ou de alto nível (C, por exemplo) para o microcontrolador, e compilado em computador IBM-PC compatível, e transferido através da sua porta paralela para o microcontrolador.

Como uma evolução natural dos sistemas comentados, foi desenvolvido o equipamento didático a seguir apresentado em detalhes.

2. OS OBJETIVOS DO EQUIPAMENTO

O equipamento consiste de um sistema modular de kits, com blocos que abrangem os mais diversos conceitos de Eletrônica Digital, desde circuitos combinacionais básicos até microcontroladores e interfaceamento com microcomputador PC. O desenvolvimento de uma grande quantidade de experimentos pode ser previsto, além de uma flexibilidade dos dispositivos de lógica programável PLD's, oferecendo amplas possibilidades de tratamento lógico-experimental. Estes componentes podem ser fácil e rapidamente reprogramados para implementar um circuito lógico totalmente diferente. Uma ampla gama de funções de interfaceamento para um microcontrolador, por exemplo, poderia ser desenvolvida e estudada com o uso de um PLD relativamente simples. Para reduzir o tempo de construção de circuitos experimentais, blocos com dispositivos básicos de entrada/saída (*leds*, chaves, mostradores, etc) são também previstos.

O sistema deve ainda ser facilmente expandido, com um padrão bem definido e documentado de conexões que permitam sua conexão com novos blocos.

Garantidas as características acima, prevê-se que o equipamento completo permita a elaboração de um projeto integrador de longo termo para uma turma, onde as diferentes fases do curso podem explorar os vários conteúdos envolvidos em diferentes blocos do sistema.

Um outro interessante aspecto a ser considerado no projeto do material didático é com relação à sua abordagem lúdica. O sistema conteria módulos que motivem o interesse do estudante. Os autores observaram que certos projetos desenvolvidos em programas de estágio no CEFET/SC atraíram a curiosidade de seus alunos. Particularmente, dois equipamentos chamaram a sua atenção e, por isso, foram selecionados para sua incorporação ao equipamento: um painel de leds e um sistema de reconhecimento de voz.

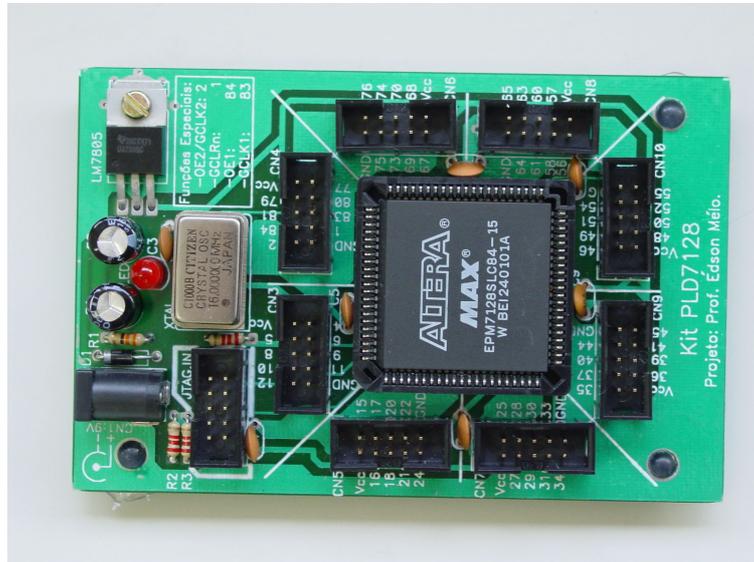
3. A DESCRIÇÃO DO EQUIPAMENTO

O sistema está estruturado em dois módulos centrais, conforme mostram as figuras 1 e 2 a seguir.

Figura 1 - Módulo de microcontrolador AT89S8252 da ATMEL



Figura 2 - Módulo de PLD em duas versões: EPM7064SLC44 e EPM7128SLC84 da ALTERA



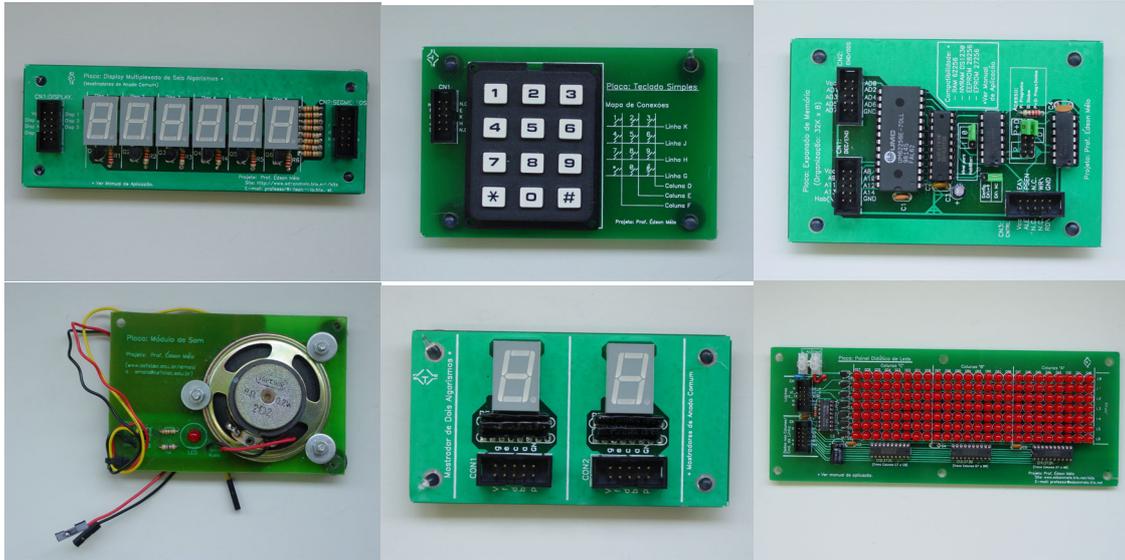
Nestes módulos centrais, a capacidade de expansão e a característica modular do sistema foi garantida por dois detalhes do projeto:

- manutenção das placas em um nível mínimo de arquitetura - as placas constam basicamente do CI principal, alimentação, interface de gravação e (na placa de microcontrolador) interface RS-232 de comunicação, de uso opcional;
- um padrão simples de barramento de sinais, usado em todos os outros módulos do sistema. Foram adotados os conectores IDC, de boa robustez e que garantem bom contato elétrico. O modelo dotado de proteção plástica lateral oferece como vantagem extra, impedir que os cabos sejam conectados erroneamente.

Para aplicação destes módulos centrais em aulas práticas ou no desenvolvimento de projetos, um conjunto de módulos periféricos também é disponibilizado, como parte integrante do conjunto do equipamento, conforme apresentados alguns deles na figura 3.

- módulo de botões *push-button*;
- módulo de chaves *dip-switch*;
- módulo de leds;
- módulo de mostrador de 7 segmentos;
- módulo de mostrador de seis algarismos;
- módulo de teclado numérico;
- módulo de mostrador LCD;
- módulo de saída de áudio;
- módulo de memória;
- módulo de acionamento de motor elétrico CC;
- módulo de conversor A/D;
- módulo de conversor D/A;

Figura 3 – Alguns módulos periféricos



Os módulos periféricos podem ser utilizados com qualquer dos módulos centrais, combinados em diversas formas. Cabos padronizados são utilizados nas conexões. Adicionalmente, cabos especiais são previstos (figura 4), com aplicação mais comum no módulo do microcontrolador:

- cabo de comunicação serial;
- cabo para impressora paralela.

O conjunto é acompanhado de documentação técnica que inclui manuais de funcionamento e orientação, de aplicação, roteiros e exemplos de projeto, tutoriais multimídia que compõem o sistema, tudo numa abordagem simples e didática.

Figura 4 – Cabos especiais, módulos e documentação técnica



4. EXEMPLOS DE APLICAÇÃO

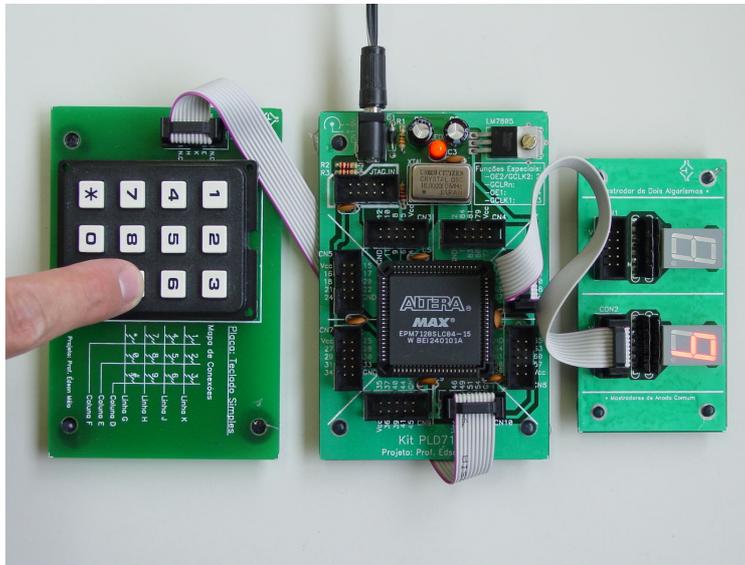
Para demonstrar a funcionalidade do sistema, serão apresentados dois exemplos de aplicação. As principais etapas de procedimento em cada caso são abordadas.

4.1 - Aplicação 1: Circuito Simples de Decodificação de Teclado Numérico no PLD

Neste experimento, mostrado na figura 5 a seguir, implementa-se um circuito simples para leitura de um teclado de doze teclas, de construção matricial. O circuito interno do

dispositivo é exibido na placa do módulo correspondente, para facilidade de aplicação didática. O processo básico de leitura do teclado executa uma varredura do mesmo, verificando, seqüencialmente, cada uma de suas linhas ou colunas por uma tecla pressionada.

Figura 5 – Exemplo de aplicação 1: decodificação de teclado numérico no PLD



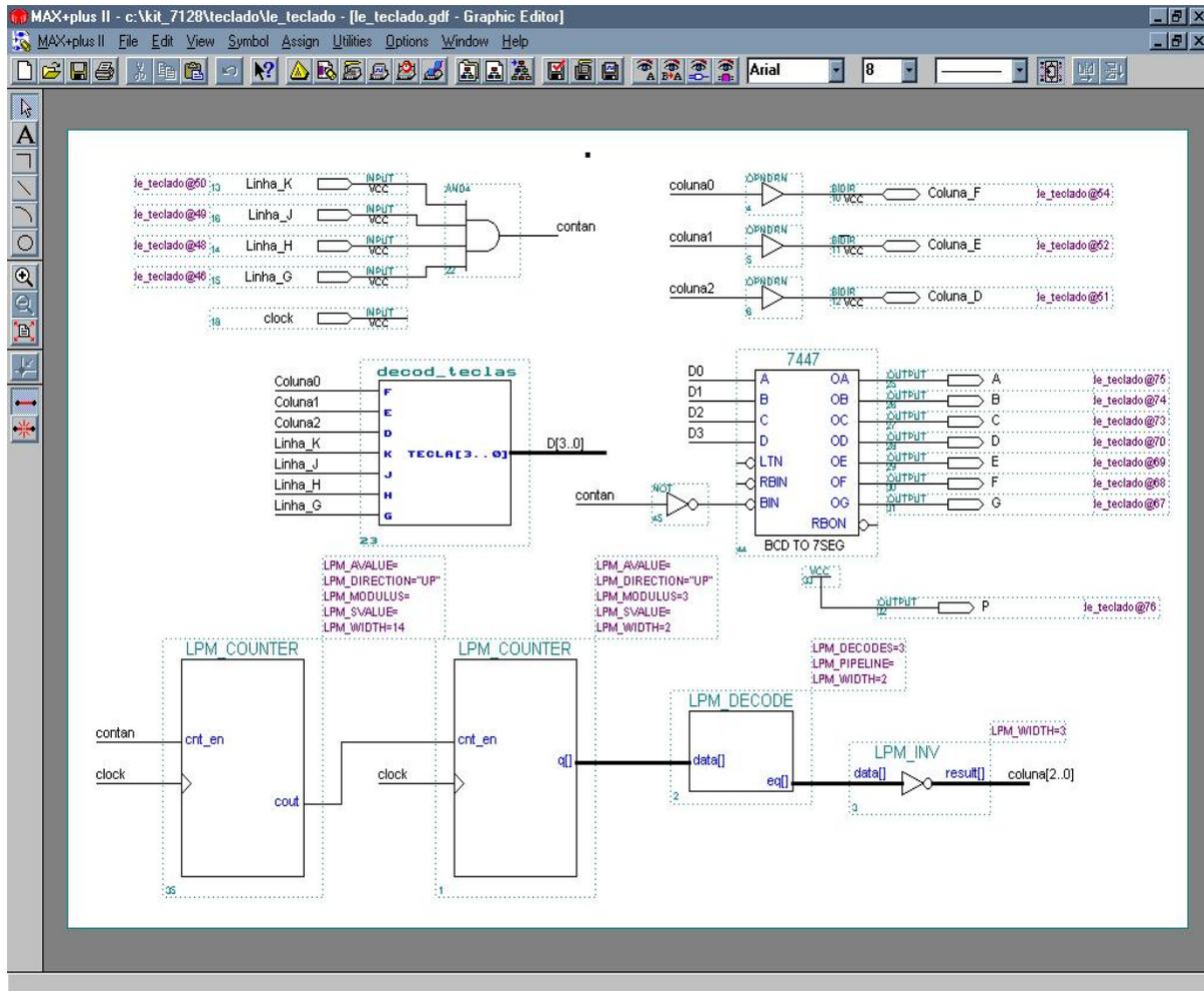
A figura 6 mostra o circuito, como introduzido no software MAX+PLUS II da ALTERA, de projeto de PLD's. Este circuito identifica a tecla pressionada e aplica o valor resultante à entrada de um decodificador de BCD para 7 segmentos (implementado no MAX+PLUS II pela macrofunção 7447). Usou-se o controle de apagamento deste decodificador para exibir saída apenas enquanto uma tecla é pressionada. A identificação do valor associado à tecla, a partir do estado lógico nas linhas e colunas do teclado é executada pelo bloco *decod_teclas*, implementado em HDL (*Hardware Description Language*).

Terminada a entrada do diagrama completo do projeto, define-se o componente no qual ele será gravado. No caso do kit de PLD, trata-se do EPM7128SLC84-15 da ALTERA.

A etapa seguinte é a associação desejada dos sinais de entrada e saída do projeto aos pinos do PLD após a gravação. Neste ponto, seleciona-se um conector do kit para conexão com o teclado e um outro para o mostrador de 7 segmentos. A conexão entre as placas pelos cabos padronizados define implicitamente a pinagem a ser adotada.

Pode-se agora gravar o PLD, com cabo especial de gravação, compatível com a *ByteBlaster MV* da ALTERA. Conectam-se as placas, e verifica-se o funcionamento adequado do sistema de leitura de teclado.

Figura 6 – Projeto do circuito no software MAX+PLUS II da ALTERA



4.2 - Aplicação 2: Cronometragem Simples com o Microcontrolador AT89S8252

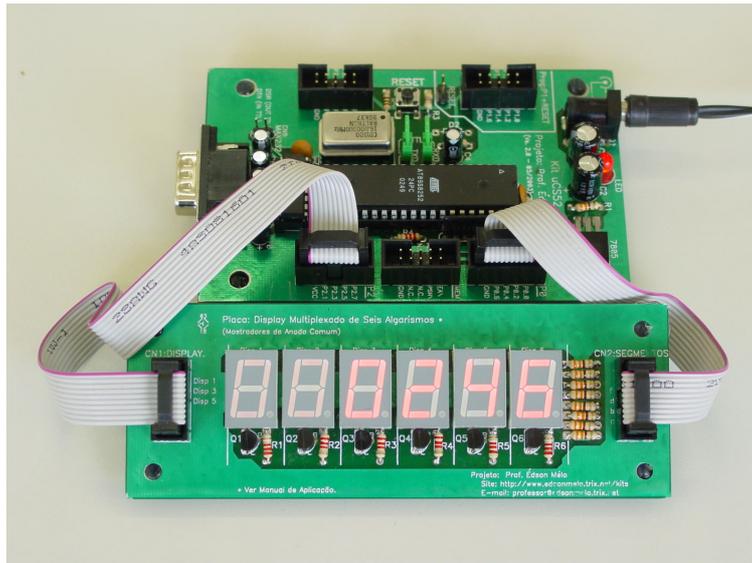
O desenvolvimento deste projeto é um interessante exercício de programação. Aplicações de microcontrolador envolvem normalmente temporização e medidas de intervalo de tempo. O módulo periférico mostrador de seis algarismos pode ser utilizado em diversos experimentos deste tipo. Nesta placa, um esquema de multiplexação é adotado: cada algarismo é acionado por vez, ciclicamente e em uma frequência bastante elevada. Como resultado, visualizam-se seis algarismos na figura 7, enquanto o circuito exige o controle de quatorze sinais apenas, divididos entre os dois conectores da placa.

Um único temporizador/contador do microcontrolador é utilizado simultaneamente para o ajuste de cronometragem e para a multiplexação dos algarismos do mostrador. Pode-se conectar o mostrador ao kit de microcontrolador através das portas P0 e P2 deste componente.

Em ambiente de laboratório de ensino, o projeto é discutido e um fluxograma ou algoritmo para o programa é elaborado. Em um segundo momento, o programa é introduzido, compilado e simulado em um ambiente de desenvolvimento (IDE) adequado, como o *Franklin Proview32*. Na compilação, é gerado também um arquivo que deverá, posteriormente, ser convertido para o código binário a ser gravado no microcontrolador do kit.

A característica de programação *in system* (ISP) do microcontrolador ATMEL AT89S8252 apresenta sua grande vantagem aqui. Através de uma simples conexão à porta paralela do microcomputador PC, o programa pode ser gravado no componente, na própria placa do kit e testado imediatamente. Conectado o kit à placa de mostrador, como mostrado na figura, tem-se a cronometragem desejada.

Figura 7 – Exemplo de aplicação 2: Cronômetro com o microcontrolador



5. CONCLUSÕES

Ao permitir uma ampla variedade de experimentos didáticos, em diferentes níveis de complexidade, e a construção rápida de protótipos, o equipamento proposto neste artigo demonstra-se uma importante ferramenta de apoio ao processo ensino/aprendizagem em cursos de Engenharia, Técnicos ou de Tecnologia. A utilização dos diversos blocos de funções básicas, associados aos módulos principais, de microcontrolador e de PLD, contribui para o desenvolvimento de projetos integradores, multidisciplinares.

Uma tendência observada pelos autores é o estímulo ao interesse dos alunos, verificado na aquisição e montagem, pelos mesmos, dos módulos principais do kit, principalmente devido ao seu custo relativamente baixo e à sua facilidade de uso, proporcionada pela programação *"in system"* dos componentes.

A expansão do sistema está em andamento, e deverá permitir o tratamento de diferentes áreas de conhecimento em Eletrônica.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALTERA. **MAX+PLUS II Getting Started Manual**. Disponível em <http://www.altera.com/literature/manual/81_gs.pdf>. Acesso em 20 set 2001.

ALTERA. **ByteBlasterMV Parallel Port Download Cable Datasheets**. Disponível em <<http://www.altera.com/literature/ds/dsbytemv.pdf>>. Acesso em 20 set 2001.

ALTERA. **MAX7000 Family: High-Performance CPLDs**. Disponível em <<http://www.altera.com/products/devices/max7k/m7k-index.html>>. Acesso em 20 set 2001.

MELO, Francisco Édson Nogueira de. **Introdução ao Projeto de PLD's com o MAX+PLUS II**. Florianópolis,SC. 100p. Trabalho não publicado.

ATMEL. **AT89S8252 Primer**. Disponível em <http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/DOC1018.PDF>. Acesso em 20 mar 2002.

FRANKLIN SOFTWARE, INC. **C51 User's Guide**.1993.

SILVA JÚNIOR, Vidal Pereira da. **Aplicações Práticas do Microcontrolador 8051**. 10.Ed. São Paulo. Editora Érica,1999.

MELO, Francisco Édson Nogueira de. **Introdução ao Microcontrolador 8051**. Florianópolis,SC. 110p. Trabalho não publicado.

A DIDACTIC EQUIPMENT COMPOSED BY MICROCONTROLLER AND PLD MODULES

***Abstract:** The article presents the concept and some details of a didactic system that addresses the areas of Digital Electronics and Microcontrollers, in engineering or technical courses. The modularity and the interconnectivity are two major aspects of the proposed system, as it is composed by a group of modules that makes possible a great number of experiments, depending upon the way they are interconnected and programmed. This modular characteristic can be explored in a series of didactic projects, of growing complexity, from basic concepts of Digital Electronics (like digital signals, input/output interfacing) to advanced experiments of microcontrollers and PLD's applications and interfacing to PC microcomputers. The interconnectivity is reinforced by a standardized bus adopted to provide connections among the modules and to other devices. The material is complemented by a CD-ROM, that contains documentation, setup and programming applications and project examples. The article finishes with a discussion of the advantages of the system, as it enables the development of projects and experimenting in classes or in laboratory, in an organized, well planned manner.*

***Key-words:** Didactic equipment, Microcontroller, PLD.*