



Artigo disponibilizado *on-line*

Revista Ilha Digital

Endereço eletrônico:
<http://ilhadigital.florianopolis.ifsc.edu.br/>



MÓDULO DIDÁTICO PARA O ENSINO DE ELETRÔNICA DIGITAL

Mayara de Sousa¹, Jony Laureano Silveira², Leandro Schwarz³

Resumo: Este artigo objetiva demonstrar o desenvolvimento de um kit didático de eletrônica digital desenvolvido para suprir as necessidades das disciplinas de eletrônica digital do IF-SC. Foram realizadas pesquisas pelos equipamentos disponíveis no mercado e reuniões com os professores das disciplinas de modo a levantar as carências e necessidades das soluções comerciais. Com base nestes dados, foi proposto um kit didático de eletrônica digital composto pelos módulos considerados principais.

Palavras-chave: Eletrônica digital. Kit didático. Educação tecnológica.

Abstract: *This article demonstrates the development of an educational kit for digital electronics designed to meet the needs of the disciplines of digital electronics at IF-SC. There were carried out researches to know the commercially available solutions. The teachers of the subjects were also consulted in order to identify the requirements of this educational kit. Based on these data, there was proposed a kit containing the modules considered most useful to the digital electronics subject.*

Keywords: *Digital electronics. Didactic kit. Technology education.*

¹ Graduanda do Curso Superior de Tecnologia em Sistemas Eletrônicos do DAELN do IFSC <mayarasousa2005@yahoo.com.br>.

² Professor do DAELN, campus Florianópolis, do IFSC <jony@ifsc.edu.br>.

³ Professor do DAELN, campus Florianópolis, do IFSC <schwarz@ifsc.edu.br>.

1. INTRODUÇÃO

A prática e a experimentação em laboratório são partes importantes do aprendizado dos alunos (GIL, 2006), em especial nas disciplinas de eletrônica digital dos cursos de tecnologia.

Normalmente as práticas são efetuadas através do uso de um equipamento didático (Módulo Digital), o qual possui algumas funções integradas que facilitam a montagem, análise e o entendimento dos experimentos realizados. Entretanto, estes módulos são ferramentas generalistas, possuindo muitas funcionalidades que não são utilizadas durante as disciplinas e, pior, carecendo de outras funções de grande importância para a rápida montagem das atividades sugeridas.

Outro fator bastante limitante é o elevado custo do equipamento, o que impede sua aquisição em quantidades suficientes para os laboratórios; logo, faz-se necessário que os alunos formem grupos de dois a três participantes para a utilização do mesmo módulo. O elevado custo também impede a sua utilização nos períodos extraclasse, bem como sua disponibilização nos almoxarifados dos

departamentos, onde estes seriam necessários para os testes dos projetos integradores dos alunos.

Sendo assim, foi desenvolvido o projeto de um módulo didático para ensino de eletrônica digital de baixo custo e com as funcionalidades que são utilizadas durante as disciplinas.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Um sistema digital é um sistema no qual os sinais têm um número finito de valores discretos. Com esta característica, eles são mais fáceis de serem projetados, possuem maior exatidão, são menos afetados por ruídos e são mais adequados à integração. São assim a tecnologia mais utilizada pelos projetistas (TOCCI; WIDMER, 1998).

2.1. Módulo didático

O módulo digital consiste no arranjo de blocos lógicos digitais que facilitem a realização dos experimentos solicitados nas disciplinas. As disciplinas de eletrônica digital:

- Lógica Combinacional;
- Lógica Sequencial;
- Dispositivos Lógicos Programáveis;
- Sistemas Digitais.

2.1.1. Datapool 8410

O módulo digital 8410 (Figura 1) é ideal para aplicações básicas de eletrônica digital utilizando circuitos integrados TTL para implementação das funções lógicas do equipamento (DATAPOOL, 2011).

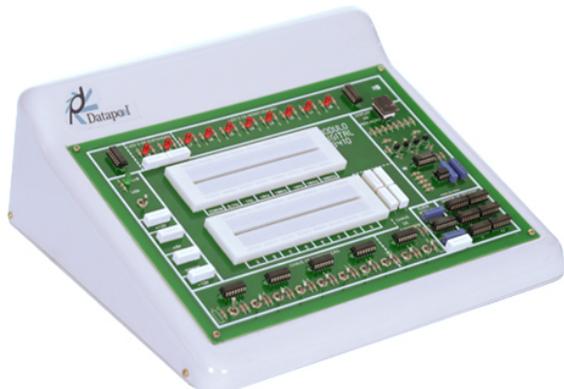


FIGURA 1 – Módulo digital Datapool 8410.

Fonte: DATAPOOL, 2011.

O Módulo Digital 8410 é equipado com:

- matriz de contatos com 1.100 pontos;
- 10 LEDs de monitoração;
- 10 chaves de entrada de dados do tipo alavanca;
- chave para seleção dos níveis lógicos das chaves para famílias TTL e/ou CMOS;
- gerador de onda quadrada, com saídas compatíveis com TTL e/ou CMOS, nas frequências simultâneas de 100 kHz, 10 kHz, 1 kHz, 100 Hz, 10 Hz, 1 Hz e 0,1 Hz;
- detector de níveis lógicos, com ponta de prova, para níveis lógicos baixo, alto, indeterminado, pulsante e aberto;
- fontes de alimentação protegidas de +5 V (3 A), -12 V (1 A) e +12 V (1 A).

Este módulo é comercializado pelo fabricante por R\$ 1.800,00. Juntamente com o módulo, são fornecidos os manuais de operação e manutenção e de teoria e prática.

2.1.2. Datapool 8810

O módulo digital 8810 (Figura 2) é recomendado para aplicações didáticas, em treinamento e aprendizagem dos mais avançados ramos da eletrônica moderna, sendo também um valioso auxiliar no projeto, montagem de testes de circuitos digitais e análogo-digitais (DATAPOOL, 2011).

Próprio para simulações reais, é equipado com matriz de contatos para desenvolvimento e

montagens de experimentos, com o manuseio direto dos componentes eletrônicos, objetivando o conhecimento prático destes dispositivos.



FIGURA 2 – Módulo digital Datapool 8810.

Fonte: DATAPOOL, 2011.

Ele incorpora fontes de alimentação, circuito decodificador, ponta de prova, chaves e LEDs.

Utiliza dispositivos lógicos programáveis e apagáveis (EPLD) para implementação das funções lógicas do equipamento, proporcionando maior confiabilidade.

O Módulo Digital 8810 é equipado com:

- matriz de contatos com 1.100 pontos, para desenvolvimento e montagens de experiências;
- fontes protegidas de +5 V (3 A), -15 V (1 A) e +15 V (1 A);
- chave de seleção TTL/CMOS (15 V), que atua sobre todos os sinais do equipamento;
- 10 chaves de entrada de dados, tipo alavanca, que, dependendo de seleção são compatíveis com níveis lógicos TTL e/ou CMOS;
- 10 LEDs de monitoração, para saída de dados;
- 2 *displays*/decodificadores de sete segmentos;
- detector de níveis lógicos, com ponta de prova, para níveis lógicos baixo, alto, indeterminado, pulsante e aberto, para a depuração do circuito em teste;
- gerador de onda quadrada, com saídas compatíveis com TTL e/ou CMOS, nas frequências simultâneas de 100 kHz, 10 kHz, 1 kHz, 100 Hz, 10 Hz, 1 Hz e 0,1 Hz.

O módulo 8810 é vendido pelo fabricante por R\$ 2.270,00. Juntamente com o equipamento, são fornecidos os manuais de Operação e Manutenção e de Teoria e Prática, além dos componentes para a

realização das experiências sugeridas no manual. Opcionalmente, pode ser adquirido o Curso de introdução em Dispositivos Lógicos Programáveis.

2.1.3. EXSTO XD 101

O módulo didático de eletrônica digital XD 101 (Figura 3) possui diversos recursos que permitem a realização de experiências e um melhor aprendizado. Juntamente com o módulo, são fornecidos todos os componentes necessários para a confecção das aplicações propostas no caderno de exercícios além de uma grande área de montagem que permite ao aluno a realização de diversas experiências.



FIGURA 3 – Módulo digital Exsto XD 101.

Fonte: EXSTO, 2011.

O Módulo Digital XD 101 é equipado com:

- fonte de alimentação, bivolt automática; +12 V (1 A), -12 V (1 A), +5 V (3 A) e ajustável de 0 a 12 V (0,5 A), com saídas protegidas contra curto e sobrecorrente;
- relés com contatos C, NA e NF;
- matriz de contatos com 2.200 pontos;
- 10 chaves liga/desliga retentivas NA para simulação de estados lógicos com LED indicador, compatíveis com os CIs TTL;
- 10 LEDs indicadores de estados lógicos compatíveis com a tecnologia TTL;
- 4 *displays* de sete segmentos;
- chaves pulsativas, sendo um tipo NA e outra tipo NF;
- detector de níveis lógicos, com ponta de prova, para níveis lógicos baixo, alto, aberto, pulsante e indeterminado;
- gerador de nível de tensão TTL e CMOS ajustável de 0 a 12 V;
- gerador de onda quadrada padrão TTL;
- potenciômetro de uso geral.

O preço de mercado para o módulo didáticos da EXSTO modelo XD101 é de R\$ 1.650,00.

2.1.4. EXSTO XD 201

O módulo didático de eletrônica digital XD 201 (Figura 4) possui diversos recursos que permitem a

realização de experiências e um melhor aprendizado. O módulo possui grande área de montagem que permite ao aluno a realização de diversos experimentos. Esse módulo acompanha também diversos cartões com experiências predefinidas, aumentando assim o aproveitamento do tempo de aula e reduzindo o risco de danos aos componentes.



FIGURA 4 – Módulo digital Exsto XD 201.

Fonte: EXSTO, 2011.

O Módulo Digital XD 201 é equipado com:

- fonte de alimentação;
- matriz de contatos de 1.100 pontos embutida no módulo;
- 2 relés com contatos C, NA e NF;
- 10 chaves liga/desliga retentivas NA para simulação de estados lógicos com LED indicador, compatíveis com os CIs TTL;
- 16 LEDs indicadores de estados lógicos (H, L e *tri-state*);
- 04 *displays* de sete segmentos;
- 8 chaves pulsativas sendo quatro baixo ativo e quatro alto ativo;
- 1 *buzzer* piezoelétrico;
- 2 chaves BCD de dois dígitos;
- 4 potenciômetros de uso geral;
- banco de capacitores cerâmicos e eletrolíticos;
- gerador de onda quadrada padrão TTL (0,1 Hz, 0,5 Hz, 10 Hz, 100 Hz, 1 kHz, 10 kHz, 100 kHz e 1 MHz).

O preço de mercado para o módulo didático da EXSTO modelo XD 201 é de R\$ 3.150,00.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Como o custo dos módulos digitais comerciais é elevado, e estes não possuem todas as funções desejadas, foi, então, desenvolvido um Módulo Didático para o Ensino de Eletrônica Digital.

Para contemplar este objetivo, inicialmente, realizou-se um estudo dos *kits* didáticos presentes nos laboratórios do IF-SC, com objetivo de verificar

quais circuitos fazem parte destes equipamentos e como estes funcionam.

Posteriormente, foi realizada uma consulta nas ementas de eletrônica digital dos cursos do IF-SC e de outras instituições de ensino, verificando-se como são abordados os assuntos referentes à eletrônica digital.

Outra pesquisa realizada focou os *kits* didáticos para eletrônica digital disponíveis no mercado, visando estudar suas características.

Em posse destes dados, foi realizada uma reunião com os professores de eletrônica digital do DAELN, com objetivo de divulgar a proposta e colher sugestões de melhoria do projeto. Estas informações possibilitaram o desenvolvimento de um plano de trabalho e a descrição das etapas a serem executadas.

A etapa que demandou a maior parte do tempo foi a de projeto e implementação, na qual foram projetados e implementados todos os módulos necessários à composição do módulo didático.

Após a implementação, os testes foram realizados com objetivo de verificar o funcionamento do mesmo.

O diagrama de blocos do equipamento proposto está representado na Figura 5.

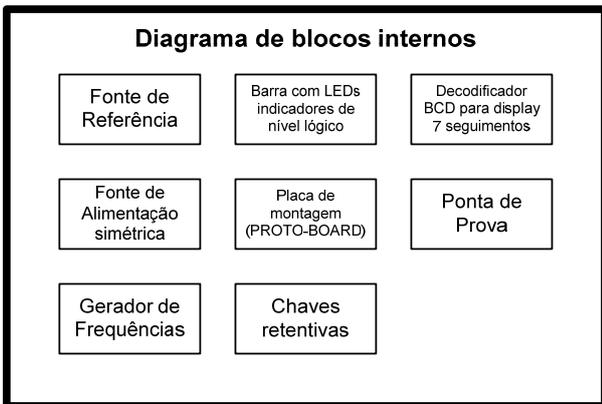


FIGURA 5 – Diagrama de blocos do módulo digital proposto.

O Módulo Digital proposto é equipado com:

- fonte de alimentação;
- área de prototipagem;
- fonte de tensão de referência ajustável;
- chaves retentivas;
- LEDs de sinalização;
- decodificadores para *display* de sete segmentos;
- gerador de frequências;
- ponta de prova.

4. RESULTADOS

Na sequência, é apresentado cada um dos módulos projetados.

4.1. Fonte de alimentação

A fonte de alimentação para o módulo digital foi concebida de modo a suprir alimentação aos circuitos digitais TTL e CMOS, além de permitir sua utilização para circuitos analógicos, tais como amplificadores operacionais, os quais necessitam de alimentação simétrica. Tendo este contexto em vista, projetou-se uma fonte de alimentação com as tensões +12 V, +5 V, -12 V e -5 V. O *layout* da placa de circuito da fonte de alimentação projetada está demonstrado na Figura 6.

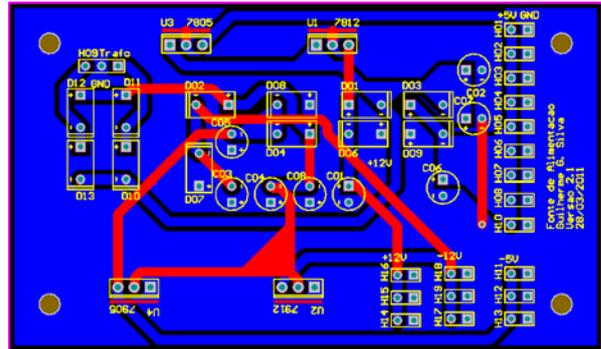


FIGURA 6 – Layout da fonte de alimentação do módulo digital desenvolvido.

A fonte é constituída de um transformador 220-110 V / 15+15 V (1 A), um circuito retificador formado por quatro diodos em configuração ponte completa, dois capacitores para diminuição do *ripple* e quatro reguladores de tensão (7805, 7812, 7905, 7912).

4.2. Área de prototipagem

A área de prototipagem é composta por duas matrizes de contatos de 640 contatos cada (totalizando 1280 contatos) posicionada acima das chaves e abaixo dos LEDs e *displays*, de modo a permitir a rápida montagem dos circuitos para teste em sala de aula.

4.3. Fonte de tensão de referência ajustável

De modo a proporcionar um melhor entendimento das tensões de nível lógico e da rejeição ao ruído dos sistemas digitais, além da possível utilização como referência de tensão para o circuito analógico, foi implementada uma fonte de tensão de referência ajustável na faixa de 0 a 18 V. A fonte possui dois potenciômetros para ajuste, sendo um para o ajuste grosso da tensão e outro para o ajuste fino (MALVINO; LEACH, 1987). O *layout* da placa do circuito projetado está demonstrado na Figura 7.

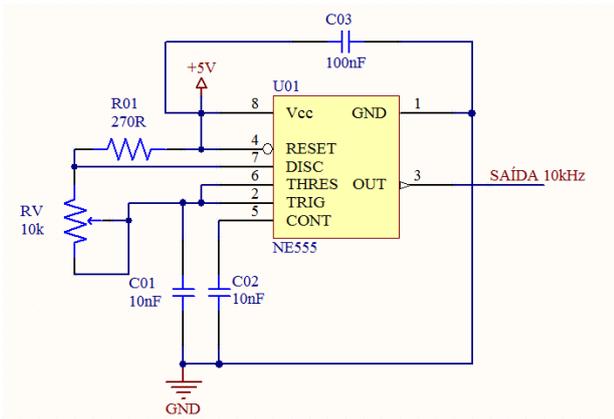


FIGURA 11 – 555 em topologia astável para gerar a frequência de 10 kHz.

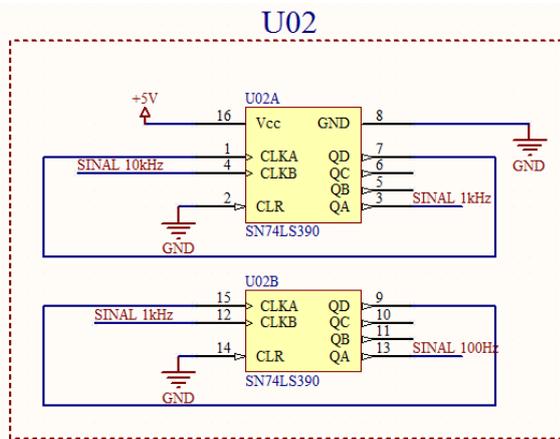
O potenciômetro inserido no circuito é utilizado para ajustar a frequência de saída com

maior precisão, uma vez que esta depende dos valores dos capacitores e resistores do circuito.

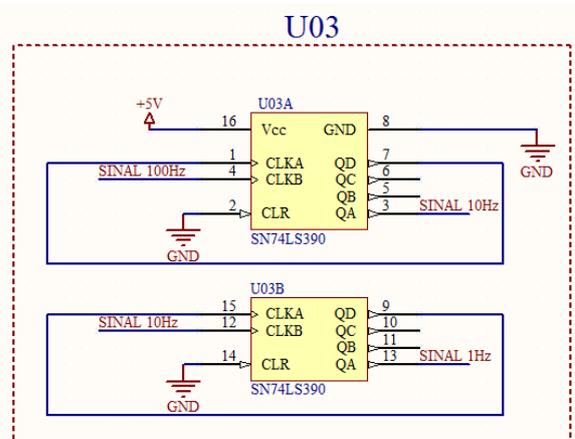
O 74390 é um contador de décadas crescente, formado por dois módulos independentes no mesmo circuito integrado. O contador foi implementado em modo biquinário para permitir uma forma de onda de saída com ciclo ativo de 50%.

A frequência gerada pelo 555 foi injetada no primeiro divisor de décadas para produzir a frequência de 1 kHz; esta, por sua vez, foi injetada em outro divisor para produzir a de 100 Hz, e assim sucessivamente para as demais frequências de 10 Hz e 1 Hz.

Foram, portanto, utilizados dois CIs 74390 para gerarem os quatro sinais de *clock* diferentes, conforme ilustrado nas Figuras 12(a) e 12(b).



(a)



(b)

FIGURA 12 – Divisores de décadas para as frequências de (a) 1 kHz e 100 Hz e (b) 10 Hz e 1 Hz.

O *layout* da placa de circuito impresso do gerador de frequências está apresentado na Figura 13.

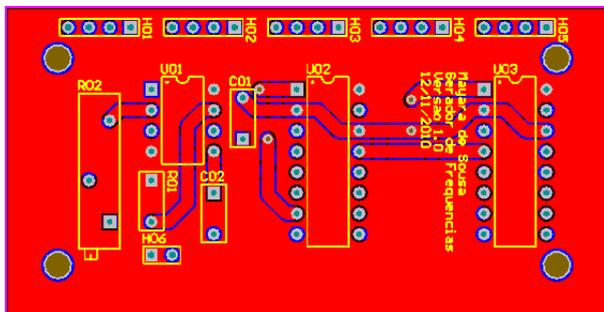


FIGURA 13 – Layout do gerador de frequências do módulo digital desenvolvido.

4.8. Protótipo desenvolvido

Para a construção do protótipo, foi utilizado um gabinete de madeira em forma de caixa com tampa levemente inclinada. Apesar de a madeira não ser o material adequado para a construção do módulo

digital, este material foi escolhido em caráter experimental, devido ao baixo custo e facilidade de usinagem. Recomenda-se fortemente que, na possibilidade de replicação destes módulos, seja utilizado um gabinete de plástico antichamas com *design* ergonômico.

A fonte de alimentação, a fonte de tensão de referência ajustável, os módulos de chaves retentivas e o módulo de LEDs de sinalização foram acomodados no interior do gabinete, sendo disponibilizados conectores na tampa. O gerador de frequências e o módulo de dois *displays* de sete segmentos foram parafusados na tampa, ao lado da área de prototipagem.

A ponta de prova não funcionou conforme o esperado e, portanto, ela não foi incluída nesta versão do módulo digital. A foto do protótipo desenvolvido pode ser visualizada na Figura 14.

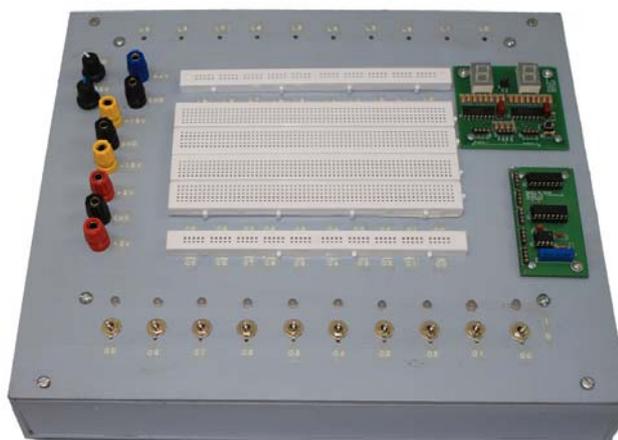


FIGURA 14 – Protótipo desenvolvido.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo realizado com os módulos comerciais mostrou que estes são compostos basicamente pelos mesmos blocos funcionais. Constatou-se que a maior parte dos experimentos clássicos das disciplinas de eletrônica digital pode ser realizada com estes blocos.

Foi desenvolvido um *kit* didático contendo os elementos considerados prioritários para a maior parte dos experimentos clássicos das disciplinas de eletrônica digital dos cursos do IF-SC.

O módulo digital foi construído com componentes facilmente encontrados no comércio varejista, de modo que o protótipo mostrou-se uma alternativa viável de reprodução. É preciso salientar que o custo da montagem em série ou a construção

de um número elevado de módulos não foram estudados, bem como o desenvolvimento de um gabinete plástico ergonômico específico.

REFERÊNCIAS

DATAPOL. Disponível em: <<http://www.datapool.com.br>> Acesso em: 08 de jan. de 2011.

EXSTO. Disponível em <<http://www.exsto.com.br>> Acesso em: 10 de jan. de 2011.

GIL, A. C. **Didática do ensino superior**. São Paulo: Atlas, 1ª ed., 256 p., 2006.

MALVINO, A. P.; LEACH, D. P. **Eletrônica digital: princípios e aplicações**. São Paulo: McGraw-Hill, 1ª ed, v. 2, 675 p., 1987.

MENDONÇA, A.; ZELENOVSKY, R. **Eletrônica digital: curso prático e exercícios**. Rio de Janeiro: MZ Editora, 2004. 580 p.

SZAJNBERG, M. **Eletrônica digital**. Rio de Janeiro: LTC Editora, 1988. 395 p.

TOCCI, R. J.; WIDMER, N. S. **Sistemas digitais: princípios e aplicações**. 7ª ed. Rio de Janeiro: LTC Editora, 1998. 910 p.

TOCCI, R. J.; WIDMER, N. S.; MOSS, G. L. **Sistemas digitais: princípios e aplicações**. 10ª ed. São Paulo: Editora Pearson/ Prentice Hall, 2007. 830 p.