

Kit Modular de Desenvolvimento Baseado em Microcontrolador Pic

Bruno Rodrigues Silva
manofenix@bol.com.br
UNIVALI

Paulo Roberto Oliveira Valim
paulo.valim@gmail.com
UNIVALI

Resumo: Na prototipação de sistemas embarcados microcontrolados, projetistas utilizam um kit de desenvolvimento voltado ao uso do microcontrolador de um fabricante específico. Isso faz com que o kit não possa ser reutilizado em outros projetos que necessitam dos mesmos recursos, porém controlados com o MCU de outro fabricante qualquer. Essa característica encontrada em kits tradicionais acarreta uma limitação da flexibilidade do uso do kit, além de um aumento no custo de um determinado projeto. Para evitar esses problemas, este trabalho procurou relacionar em hardware os princípios de modularidade para resolução de um problema complexo. Assim, o objetivo foi conceber um kit modular de desenvolvimento que possibilite ao usuário combinar os módulos de acordo com as suas necessidades, de modo que seus recursos sejam reutilizados em diferentes projetos, independentemente do microcontrolador. Para este kit foram confeccionados cinco módulos distintos, sendo: um módulo destinado a utilização de microcontrolador PIC, um para utilização de componentes compatíveis com o barramento I²C, um para o controle de motores de passo, um para a controle de display LCD e mais um para controle de teclado matricial. Neste trabalho foram realizadas as etapas correspondentes ao levantamento de informações, modelagem, virtualização, prototipação e finalização do kit modular de desenvolvimento, além de testes de funcionalidade e modularidade.

Palavras Chave: Kit - Desenvolvimento - Modular - Microcontrolador - PIC

1. INTRODUÇÃO

Os kits de desenvolvimento baseados em um determinado microcontrolador são normalmente confeccionados em uma única placa de circuito impresso, possuindo vários recursos a serem trabalhados com o microcontrolador (MCU). Porém, essa abordagem de fabricação de kit, traz consigo desvantagens importantes quanto à prototipação de projetos e, até mesmo, quanto a sua utilização didática.

Do ponto de vista de projeto, o prejuízo encontra-se na reutilização. Um kit que possui os recursos necessários para uma prototipação, com exceção da abordagem do microcontrolador, não serve para o projeto. Esse problema também é verdade quando o MCU é compatível, mas não apresenta um determinado recurso considerado fundamental para o desenvolvedor. Do ponto de vista didático, o valor agregado em kits “super completos”, com recursos que o usuário desconhece ou não utilizará, torna o investimento inicial muito elevado. Isso acarreta em uma desmotivação na compra desse material pelos interessados.

Para suprir as carências em relação aos kits de desenvolvimento tradicionais, este projeto propõe como solução a construção de um kit modular de desenvolvimento, o qual é baseado em microcontrolador PIC (*Peripheral Interface Controller*). Com isso, busca-se oferecer um produto educacional de forma a facilitar o acesso por parte dos interessados, possibilitando a inclusão gradual de funcionalidades ao kit. Além disso, flexibilizar a reutilização de recursos controlados pelo MCU na prototipação de sistemas embarcados, de modo que os mesmos estejam em módulos de placas para serem combinadas e/ou utilizadas separadamente, possibilitando ao projetista montar um kit de acordo com suas necessidades.

Para a construção deste kit modular é necessário um entendimento teórico dos tipos de controle realizados pelo microcontrolador base do kit, o PIC18F4520, utilizados para controle dos principais componentes contidos nos módulos do kit. Além desta etapa de estudo, é descrita neste trabalho a metodologia utilizada na criação deste produto envolvendo a realização de quatro etapas de produção, sendo elas: (i) modelagem: onde foram identificados os recursos de cada módulo e a arquitetura do kit; (ii) desenvolvimento e (iii) testes: sendo ambas executadas conjuntamente, onde que cada módulo foi construído e testado em ambiente virtual e físico; e (iv) finalização: onde os módulos foram refinados preparando-os para serem utilizados em ambientes de desenvolvimento.

2. OBJETIVOS DO PROJETO

O objetivo deste projeto é construir um kit modular de desenvolvimento baseado no microcontrolador PIC18F4520 para utilização em experimentos diversos relacionados à área de sistemas embarcados, em cursos de nível técnico, tecnólogo e engenharia. Para atingir tal objetivo foram identificadas as principais metas: definir os módulos que compõem o kit; escolher a forma de conexão entre os módulos; desenvolver os módulos; e testar a funcionalidade dos módulos do kit;

Foram considerados módulos periféricos, os módulos construídos para atuarem passivamente em um sistema embarcado, ou seja, eles recebem ação direta do usuário e/ou do microcontrolador. Por sua vez, o módulo contendo o MCU foi considerado módulo principal.

3. PRINCIPAIS RECURSOS DOS MÓDULOS

O principal recurso contido no módulo principal é o PIC18F4520, tornando-se o microcontrolador base do kit. Os recursos contidos nos módulos periféricos são; barramento de comunicação serial síncrona I²C (*Inter-Integrated Circuit*), motor de passo, display LCD (*Liquid Crystal Display*) e matriz de interconexões de chave (conhecido como teclado matricial). Suas principais características são identificadas a seguir.

2.1. MICROCONTROLADOR PIC18F4520

O PIC18F4520 pertence ao grupo de maior performance entre as famílias de MCU de 8 bits da fabricados pela Microchip, contendo diferentes recursos de hardware internos (MICROCHIP TECHNOLOGY, 2008). A Figura 1 mostra a estrutura externa do PIC18F4520 em seu encapsulamento PDIP (*Plastic Dual In-Line Packages*) contendo 40 pinos, sendo 2 pares de pinos dedicados a energização do componente e mais 36 pinos dedicados a comunicação com outros dispositivos externos.

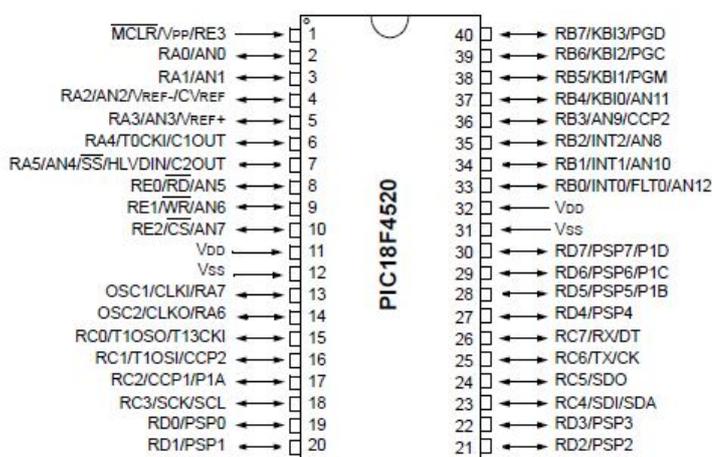


Figura 1: Estrutura externa do PIC18F4520.

Internamente, o PIC18F4520 assume a arquitetura Harvard, onde a CPU (*Central Processing Unit* – Unidade Central de Processamento) acessa a memória de dados e de programa por barramentos distintos. Entre os recursos internos do PIC, estão os conjuntos de portas A, B, C, D e E de entrada e saída digital, tratamento de interrupção externa, oscilador interno, USART (*Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter*), CCP (*Capture/Compare/PWM*) entre outros (SOUZA, 2008; ZANCO, 2007).

A descrição completa da arquitetura e dos recursos internos do PIC18F4520 pode ser obtida através do *data sheet* do microcontrolador, disponibilizado no site da Microchip.

2.2. BARRAMENTO I²C

O barramento I²C foi desenvolvido pela Philips Semiconductors, hoje como NXP Semiconductors, para prover uma comunicação eficiente de circuitos integrados através de um barramento simplificado. Na Figura 2 é apresentado um exemplo do barramento I²C onde estão associados alguns componentes no barramento (NXP SEMICONDUCTORS, 2007).

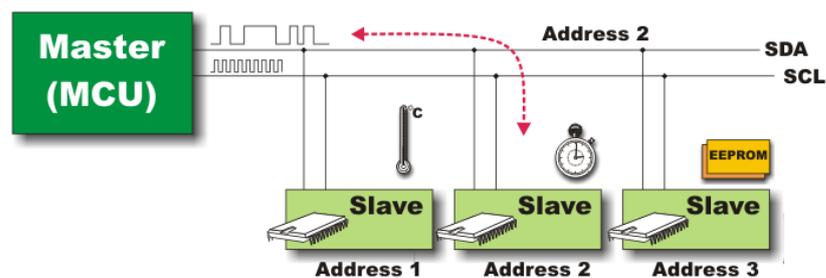


Figura 2: Comunicação mestre-escravo no barramento I²C.

São usados dois fios para comunicação, um para os dados (SDA – *Serial Data*) e outro para o *clock* de sincronização (SCL – *Serial Clock*). Os dispositivos conectados no barramento são endereçáveis via software, onde é realizada a comunicação mestre-escravo. A comunicação é realizada por um protocolo de comunicação serial síncrona chamado de protocolo I²C. Cada componente é reconhecido por um endereço único, em geral, podendo operar como um transmissor ou receptor de informação, assumindo o papel de mestre ou escravo. O mestre é quem inicia a transmissão dos dados gerando o sinal do *clock*, permitindo a transferência da informação. Quando um componente assume o papel de mestre, todos os outros são considerados escravos para o mesmo (NXP SEMICONDUCTORS, 2007).

Na Figura 3 está representada a ordem das condições presentes no protocolo I²C para transferência de dados no barramento entre mestre e escravo. Inicialmente, o mestre sinaliza a condição de início de transferência (*Start*) no barramento, seguida do endereço do escravo com quem estará se comunicando e a informação da operação que será realizada (R/W – *Read/Write*), sendo de leitura ou escrita. Após isso, o escravo confirma ao mestre o recebimento do chamado (ACK – *Acknowledge*), dando início a transferência dos dados. A cada dado transmitido, o escravo confirma seu recebimento. Terminado o envio dos dados, o mestre sinaliza a condição de parada (*Stop*) finalizando a comunicação com o escravo (NXP SEMICONDUCTORS, 2007).

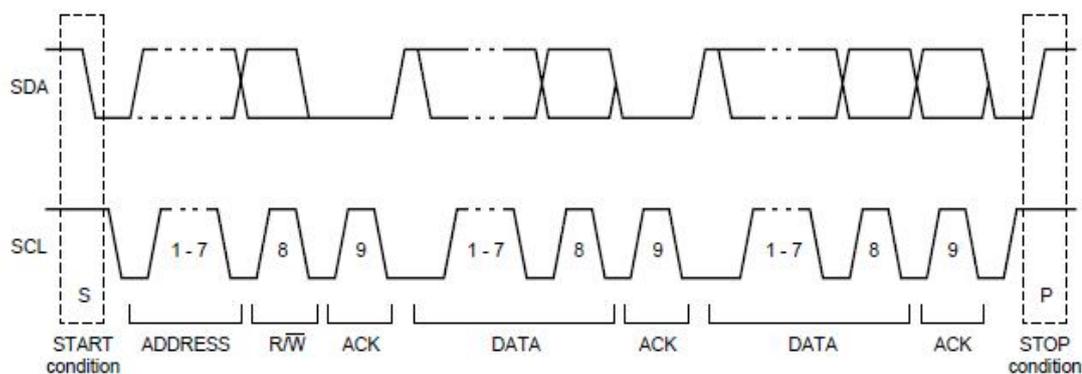


Figura 3: Condições do protocolo I²C para transferência de dados.

2.3. MOTOR DE PASSO

Um motor de passo consiste em um dispositivo que converte pulsos elétricos em movimentos mecânicos angulares. Esta conversão é dada por um rotor central que rotaciona a fim de alinhar-se com o campo magnético produzido por uma ou mais bobinas do estator, gerando os passos. Os motores de passo são normalmente utilizados em equipamentos que

requerem estabilidade e precisão como, por exemplo, câmeras de vídeo, impressoras e robôs. Esse fator de precisão é chamado de resolução e quanto maior a resolução mais preciso é o motor (BRITES e SANTOS, 2008;PRESTES, LEÃO, et al., 2001).

Para o projeto, foram utilizado motores de passo do tipo unipolar. Na Figura 4, é apresentada uma ilustração dos terminais dos enrolamentos de um motor unipolar. Observa-se que o motor unipolar possui um *center-tape* no enrolamento de suas bobinas, sendo ele ligado na alimentação do motor. A corrente é aplicada em meio enrolamento aterrando uma das extremidades, onde uma bobina do estator é polarizada atraindo o rotor (CONDIT, 2004).

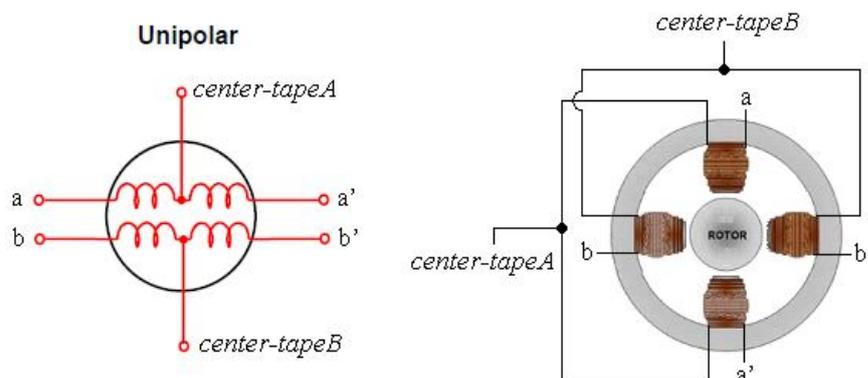


Figura 4: Ilustração dos terminais dos enrolamentos de um motor unipolar.

Na Figura 5 é apresentado o circuito para o controle da corrente em um enrolamento do motor de passo unipolar. Eles recebem o nome de meia ponte H (devido ao formato do circuito montado), pois a corrente passa em apenas meio enrolamento para o acionamento das bobinas. Os elementos A e B são transistores que funcionam como chaves, sendo que quando recebem um sinal digital em nível lógico alto, fecham o circuito permitindo a passagem de corrente e quando em nível lógico baixo, abrem o circuito. Um enrolamento deve ser controlado por dois sinais digitais do controlador. Como existe um par de enrolamentos, mais dois (quatro no total) sinais digitais são necessários para controlar todo o motor de passo (BRITES e SANTOS, 2008).

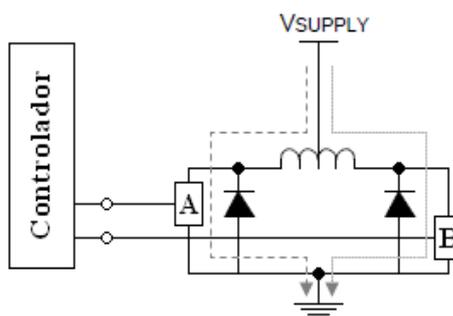


Figura 5: Ilustração dos terminais dos enrolamentos de um motor unipolar.

2.4. TECLADO MATRICIAL

Muitos equipamentos embarcados, tais como máquina de fax, copiadoras, impressoras, etc. utilizam teclados como interface de entrada para os usuários. Os teclados são formados por componentes que possibilitam selecionar o estado de um circuito entre aberto ou fechado, como, por exemplo, relés ou teclas. Alguns teclados podem apresentar um conjunto de chaves

organizadas em uma matriz $m \times n$ de interconexões. Esses teclados são chamados de teclados matriciais, normalmente usados em aparelhos telefônicos. Esse tipo de organização das chaves economiza o número de pinos do microcontrolador dedicados ao teclado, quando são necessárias mais de cinco chaves para entrada de dados no sistema (LABROSSE, 1999).

Na Figura 6 é apresentada uma matriz $m \times n$ de interconexão de chaves, onde as linhas são controladas por pinos de saída da porta do controlador, enquanto que as colunas são controladas por pinos de entrada, sendo aplicado um resistor de *pull-up* para cada coluna da matriz.

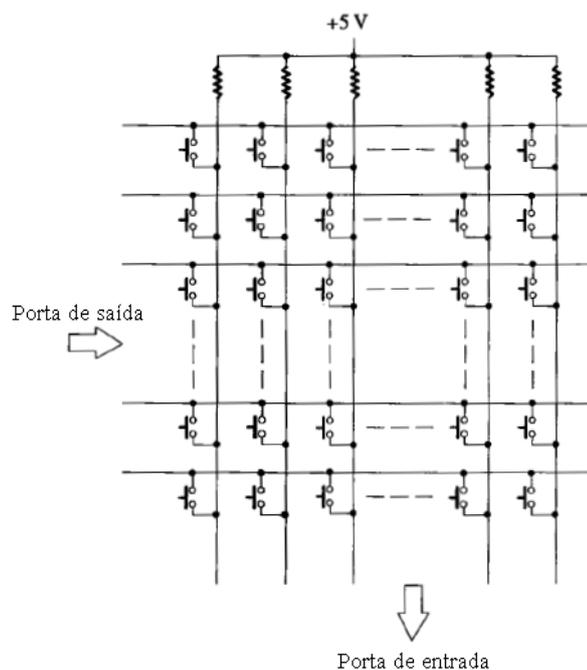


Figura 6: Matriz $m \times n$ de interconexão de chaves.

2.5. DISPLAY LCD

Os LCDs são tecnologias de display passivas, ou seja, eles não emitem luz própria, mas refletem parte da luz manipulando-a para apresentar imagens ou símbolos. Desta forma, eles gastam pouca energia. Eles são normalmente disponibilizados em módulos, nos quais estão presentes o LCD juntamente com o driver controlador, que faz a interface do LCD com outros dispositivos eletrônicos (LABROSSE, 1999). Barbacena e Fleury (1996) acrescentam que “Os módulos podem ser encontrados com LED *backlight* (com uma iluminação de fundo) para facilitar as leituras durante a noite”.

No projeto foi utilizado o display LCD representado na Figura 7, sendo do tipo alfanumérico de 16 colunas e 2 linhas de bloco, com matriz de pontos de 5 colunas e 8 linhas, o qual utiliza o padrão Hitachi equipado com o drive HD44780.

3. **Reusabilidade:** os módulos periféricos não devem estar restritos a utilização de um determinado microcontrolador contido no módulo principal, possibilitando que sejam controlados por outros módulos principais contendo microcontroladores e/ou microprocessadores de diferentes fabricantes.

2.1. VISÃO GERAL

O kit desenvolvido segue o modelo ilustrado na Figura 9, sendo que os seus recursos estão presentes em módulos separados fisicamente. Ao todo, kit é constituído de um módulo principal e quatro módulos periféricos. Os módulos periféricos são identificados por **Módulo I²C**, **Módulo Motor de Passo**, **Módulo Display LCD** e **Módulo Teclado Matricial**. O módulo principal é identificado por **Módulo Controlador**.

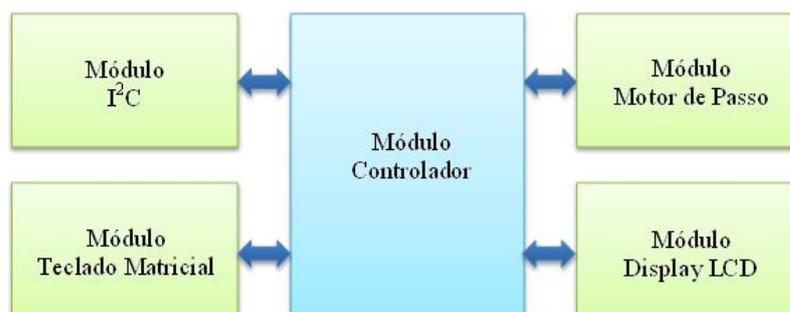


Figura 9: Visão geral do kit modular de desenvolvimento.

Além de contar com o microcontrolador PIC18F4520, MCU base do kit responsável por controlar os componentes periféricos contidos em seus respectivos módulos, o Módulo Controlador também é responsável por fornecer a tensão de energização de seus próprios componentes e dos presentes nos módulos periféricos. O Módulo I²C consiste em uma interface de comunicação via barramento I²C com outros dispositivos compatíveis com o mesmo, como um RTC (Real Time Clock) ou uma memória EEPROM (*Electrically-Erasable Programmable Read-Only Memory*), por exemplo. O Módulo Motor de Passo consiste em uma interface de hardware capaz de realizar o acionamento do motor de passo através de um controle digital. O Módulo Display LCD é responsável por realizar a comunicação do LCD com o Módulo Controlador. O Módulo Teclado Matricial é responsável por realizar a interface do usuário com os outros módulos do kit por meio de uma matriz de interconexão de chaves.

2.2. ARQUITETURA DE HARDWARE

A arquitetura de hardware é utilizada como base para o desenvolvimento dos módulos do kit. Sua principal função é demonstrar as conexões dos módulos periféricos com o módulo principal. A Figura 10 representa a arquitetura de hardware desenvolvida, onde os módulos estão conectados entre si através do Barramento KMD.



Figura 10: Arquitetura de hardware do kit.

O Barramento KMD é uma extensão dos 36 pinos com função de entrada e saída digital do PIC18F4520 e mais 3 pinos provenientes do circuito da fonte de alimentação conectada ao Módulo Controlador. Ao todo, o Barramento KMD contém 39 pinos.

Devido a grande variedade de pinos do microcontrolador e a necessidade de eliminar as configurações de hardware pelo usuário, optou-se por não utilizar o mesmo pino do MCU para mais de uma função, minimizando problemas de mau funcionamento dos componentes periféricos. A Tabela 1 apresenta a ordem de identificação dos pinos do Barramento KMD, relacionando-o aos módulos periféricos que os utilizam no controle de seus componentes internos.

Tabela 1: Relação dos pinos do Barramento KMD com os módulos do kit.

Barramento KMD		Controlador	I ² C	Motor de Passo	Display LCD	Teclado Matricial
Pino	Nome					
1	RA0			X		
2	RA1			X		
3	RA2			X		
4	RA3			X		
5	RA4			X		
6	RA5			X		
7	RA6	X				
8	RA7	X				
9	RB0	X				
10	RB1	X				
11	RB2	X				
12	RB3	X				
13	RB4				X	
14	RB5				X	
15	RB6				X	
16	RB7				X	
17	RC0					
18	RC1			X		
19	RC2			X		
20	RC3		X			
21	RC4		X			
22	RC5					
23	RC6	X				
24	RC7	X				
25	RD0					X
26	RD1					X
27	RD2					X
28	RD3					X
29	RD4					X
30	RD5					X
31	RD6					X
32	RD7					X
33	RE0				X	
34	RE1				X	

35	RE2				X	
36	RE3	X				
37	5V	X	X	X	X	X
38	GND	X	X	X	X	X
39	12V			X		

Com base no modelo apresentado, os módulos foram construídos virtualmente com um software de simulação circuitos eletrônicos.

3. VIRTUALIZAÇÃO

O principal objetivo no processo de virtualização foi implementar e testar os circuitos dos módulos do kit simulando a comunicação do microcontrolador, contido no módulo principal, com os componentes periféricos, contidos nos módulos periféricos. Os softwares utilizados neste processo foram o Proteus (ISIS), como ambiente de simulação, e o MikroC PRO for PIC, compilador adotado para criação dos softwares de teste.

A Figura 11 apresenta o circuito do Módulo Controlador, onde estão presentes neste módulo um *led* ligado diretamente ao pino do PIC, mais três chaves para geração de interrupção externa, mais uma chave para *reset* manual do usuário e um conector de porta serial para comunicação via UART (*Universal Asynchronous Receiver Transmitter*).

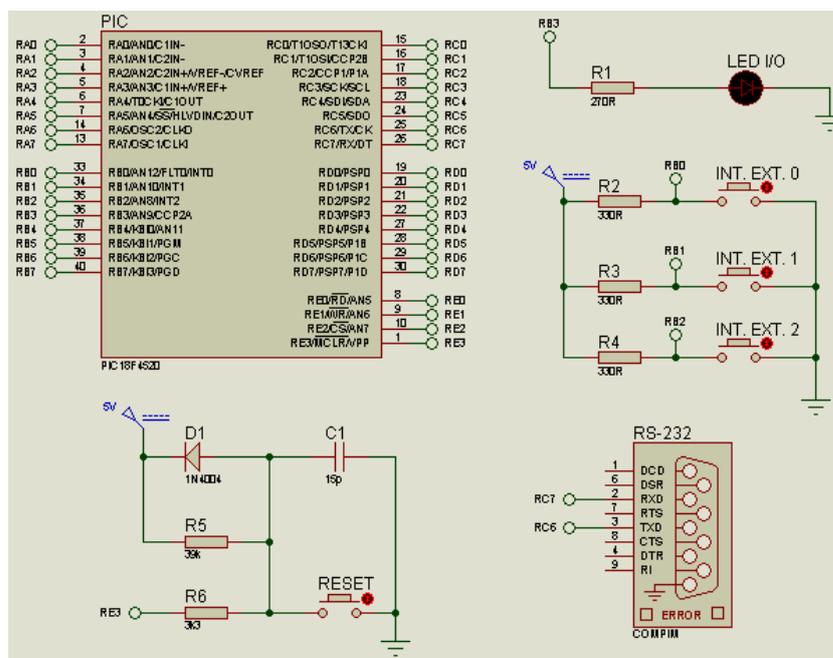


Figura 11: Circuito de simulação do Módulo Controlador.

A Figura 12 apresenta o circuito do Módulo I²C, onde estão presentes dois circuitos integrados compatíveis com o barramento I²C a serem controlados pelo PIC, sendo um RTC e outro uma memória EEPROM. Um terceiro componente, identificado como ANALISADOR I²C, consiste em um depurador virtual I²C, onde o mesmo trabalha como um *sniffer* do barramento apenas para o ambiente de teste virtual possibilitando a visualização dos bits que são transmitidos no barramento.

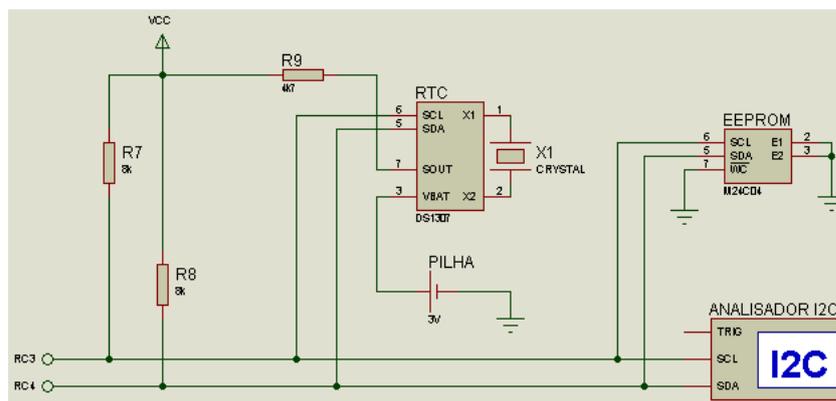


Figura 12: Circuito de simulação do Módulo I²C.

A Figura 13 apresenta o circuito do Módulo Motor de Passo, onde estão presentes dois motores de passo controlados de formas distintas. O MOTOR 1 é controlado por sinais digitais, possibilitando a movimentação do mesmo em até meio passo. O MOTOR 2 é controlado pelo chaveamento de sinais PWM (*Pulse-Width Modulation*), possibilitando a movimentação do mesmo em micro-passos.

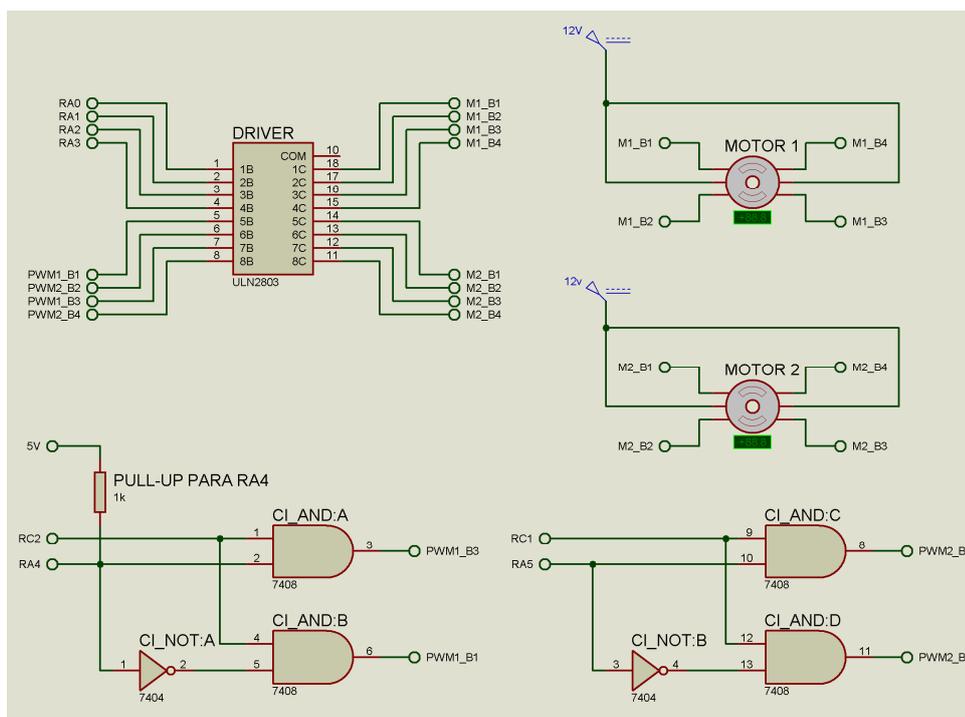


Figura 13: Circuito de simulação do Módulo Motor de Passo.

A Figura 14 apresenta o circuito do Módulo Display LCD, onde está presente o Display LCD utilizando apenas 4 bits de dados.

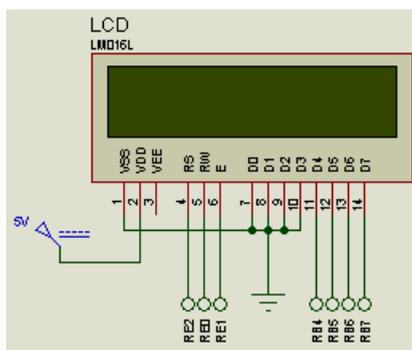


Figura 14: Circuito de simulação do Módulo Display LCD.

A Figura 15 apresenta o circuito do Módulo Teclado Matricial, onde está presente uma matriz de interconexão de chaves de ordem 4, sendo controlado por sinais digitais do PIC.

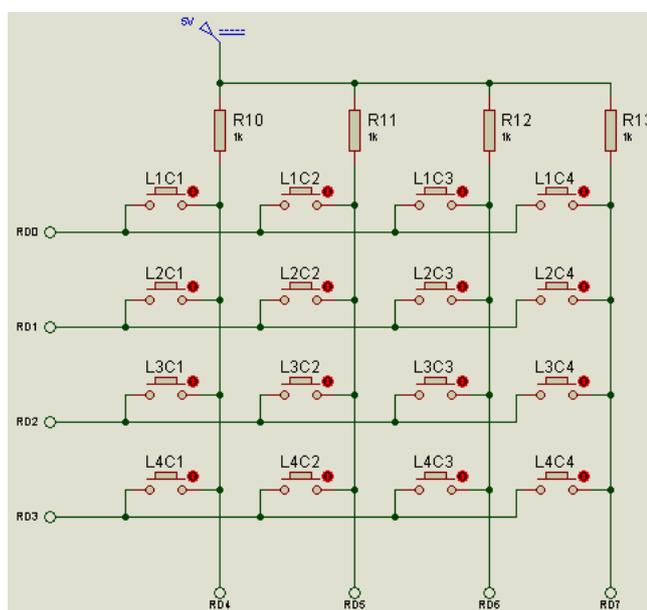


Figura 15: Circuito de simulação do Módulo Teclado Matricial.

Todos os circuitos montados para controle dos componentes internos de cada módulo apresentaram um funcionamento satisfatório nos testes realizados. Os softwares de gravação do PIC utilizados nos testes virtuais, foram utilizados também para testar a funcionalidade dos módulos implementados fisicamente.

4. PROTOTIPAÇÃO

O principal objetivo no processo de prototipação foi implementar as placas de circuito impresso (PCI) de cada módulo, a fim de testar os critérios de modularidade levantados para o kit. Os softwares utilizados neste processo foram o Eagle, para confecção de PCI, e o PICKit2, gravador de PIC disponibilizado pela Microchip.

Os circuitos criados no processo de virtualização com Proteus foram construídos no Eagle, sendo que o componente COMPIM do Módulo Controlador foi substituído pelo circuito padrão de comunicação de porta serial formado pelo CI (Circuito Integrado) MAX232 e conector DB9.

Com os protótipos dos módulos montados, eles foram combinados em diferentes formas e testados com os softwares de teste desenvolvidos na virtualização. A Figura 16 apresenta um exemplo de combinação dos módulos para testar a modularidade dos mesmos em relação ao kit.

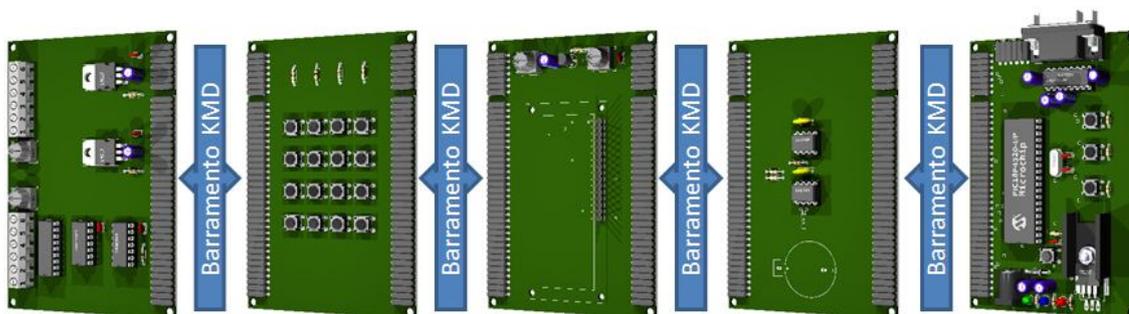


Figura 16: Exemplo de combinação dos módulos do kit modular realizada.

Como observado nas imagens dos módulos da Figura 16, os módulos Controlador e Motor de Passo apresentaram apenas um conector do Barramento KMD, fazendo com que as combinações possíveis do kit fossem limitadas aos módulos I²C, Display LCD e Teclado Matricial.

Com os protótipos devidamente testados e aprovados nos critérios levantados para o kit, deu-se como encerrada a etapa de desenvolvimento. Partiu-se então para a etapa de finalização.

5. FINALIZAÇÃO DOS MÓDULOS DO KIT

Na etapa de finalização, foram realizadas algumas mudanças nas placas dos módulos em relação aos protótipos. Em geral, as mudanças consistem em:

- Aplicação de dois conectores do Barramento KMD para todos os módulos;
- Reposicionamento dos componentes de alguns módulos de acordo com sua funcionalidade no mesmo; e
- Identificação dos recursos contidos nos módulos na própria placa de circuito impresso.

As placas finais dos módulos foram confeccionadas industrialmente, montadas pelo autor e testadas novamente. O custo na criação de um kit modular de desenvolvimento na etapa de finalização foi de R\$237,86, sendo R\$115,71 relacionado à compra dos componentes e R\$122,15 relacionado à produção industrial das placas dos módulos.

6. CONCLUSÃO

A metodologia utilizada na criação do produto foi semelhante à usada por empresas de desenvolvimento de sistemas embarcados. Os processos de virtualização, prototipação da etapa de desenvolvimento e a etapa de finalização apresentam grandes dependências entre atividades subsequentes, onde a prototipação só pode dar início após os testes da virtualização e a finalização só foi iniciada após os testes dos protótipos. Essas dependências são minimizadas com o aumento do número de envolvidos no projeto, onde um determinado módulo poderia seguir para a etapa seguinte sem necessidade de testar todos os módulos na etapa atual.

Os principais problemas encontrados no desenvolvimento do kit ficaram por conta da compra dos componentes dos módulos. Foram encontradas poucas lojas na região de Florianópolis para aquisição de componentes eletrônicos. Como solução, as compras foram realizadas pela internet através de sites de comércios eletrônicos. Logo, o custo do projeto sofreu impactado de agentes externos, como compra de componentes além do necessário (estocagem), atraso de entrega dos correios, custo elevado do frete, entre outros.

Tendo em vista que os interessados em montar seu próprio kit modular de desenvolvimento não necessitam realizar a etapa de finalização, os custos com o a prototipação dos módulos foi de R\$ 180,90, sendo R\$ 124,26 relacionado à compra dos componentes e R\$ 58,75 relacionado à compra dos materiais para construção das placas de circuito impresso. Além disso, os módulos podem ser confeccionados de acordo com a necessidade do projetista, tornando o kit de maior acessibilidade que os tradicionalmente comercializados.

6. REFERÊNCIAS

- BARBACENA, I. L.; FLEURY, C. A.** Display LCD, 1996. Disponível em: <http://www2.eletronica.org/apostilas-e-ebooks/componentes/LCD_30324b.pdf>. Acesso em: 12 out. 2010.
- Brites, F. ; Santos, V. P. D. A.** Motor de Passo - PETele, Niterói, 2008. Disponível em: <<http://www.telecom.uff.br/pet/petws/downloads/tutoriais/stepmotor/stepmotor2k81119.pdf>>. Acesso em: 12 out. 2010.
- CONDIT, R.** AN907. Stepping Motors Fundamentals, 2004. Disponível em: <<http://ww1.microchip.com/downloads/en/AppNotes/00907a.pdf>>. Acesso em: 12 out. 2010.
- LABROSSE, J. J.** Embedded Systems Building Blocks. San Francisco: CMP Books, 1999. cap. 3 e 5.
- MICROCHIP TECHNOLOGY.** Data Sheet PIC18F2420/2520/4420/4520, Chandler, 2008. Disponível em: <<http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39631E.pdf>>. Acesso em: 15 set. 2010.
- NXP SEMICONDUCTORS.** UM10204. I2C-bus specification and user manual, 2007. Disponível em: <http://www.nxp.com/documents/user_manual/UM10204.pdf>. Acesso em: 13 out. 2010.
- PRESTES, R. F.; LEÃO, F. L.; LIMA, E. J. C.** Estudo do Motor de Passo e seu controle digital, 2001. Disponível em: <http://recreio.gta.ufrj.br/grad/01_1/motor/>. Acesso em: 5 out. 2010.
- SOUZA, J. D.** Desbravando o PIC: ampliado e atualizado para PIC16F628A. 12ª. ed. São Paulo: Érica, 2008.
- ZANCO, W. D. S.** Microcontrolador PIC16F628A/648A: uma abordagem prática e objetiva. 2ª. ed. São Paulo: Érica, 2007.