

PROJETO DE UM MICRO-CLP DE BAIXO CUSTO COM PROGRAMAÇÃO EM LADDER

Regis Almir Rohde – regisrohde@gmail.com

Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI.

Rua Universidade das Missões, 464. Bairro Universitário.

98.802-470 – Santo Ângelo - RS

Flávio Kieckow – fkieckow@urisan.tche.br

Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI.

Rua Universidade das Missões, 464. Bairro Universitário.

98.802-470 – Santo Ângelo - RS

Filipe Molinar Machado – fmacmec@gmail.com

Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI.

Rua Universidade das Missões, 464. Bairro Universitário.

98.802-470 – Santo Ângelo - RS

***Resumo:** Nossas fábricas produzem mais do que nunca, isso graças a processos cada vez mais evoluídos e automatizados, e isto só é possível graças a criação do controlador lógico programável. Portanto, o estudo e o conhecimento deste tipo de tecnologia são essenciais para futuros técnicos e engenheiros. Considerando o panorama apresentado, este trabalho experimental visa apresentar a criação de um CLP de baixo custo utilizando um microcontrolador PIC e um software livre para a programação do mesmo. Por fim, com esse trabalho, pretendemos explorar a sua aplicação didaticamente ou em sistemas de automação simples.*

***Palavras-chave:** Controlador Lógico Programável. Automação. Programação. Microcontroladores.*

1 INTRODUÇÃO

Segundo a NEMA (National Electrical Manufacturers Association, 1978), um Controlador Lógico Programável (CLP) é um aparelho eletrônico digital que utiliza uma memória programável para armazenar internamente instruções e programar funções específicas, tais como: lógica, sequenciamento, temporização, contagem e aritmética, controlando, por meio de módulos de entradas e saídas, vários tipos de máquinas ou processos. Porém, tanta versatilidade tem um custo relativamente alto, dificultando o acesso a tal tecnologia. Dentre os critérios estudantis e baseando-se na aplicabilidade da engenharia de custos, o presente trabalho propõe a criação de um equipamento alternativo e de baixo custo, para fins de auxiliar na instrução de novos profissionais e sistemas automáticos simples.

2. ESTRUTURA DE UM CLP

O CLP tem sua estrutura básica dividida em 3 partes, onde podemos citar: a entrada, a UCP (unidade central de processamento) e a saída. Para melhor representação, a “Figura 1” esquematiza a estruturação essencial de um CLP.

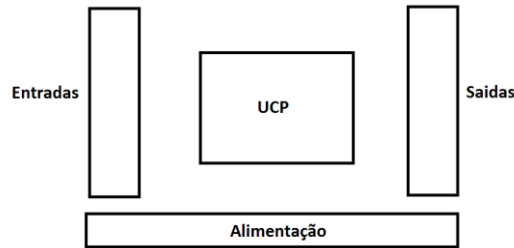


Figura 1 – Estrutura de um CLP.

As entradas compreendem o meio de o CLP receber dados de sensores externos e podem ser de duas formas: digitais ou analógicas. As digitais, chamadas de entradas discretas, podem assumir apenas dois valores: ligado e desligado. Exemplos de sensores digitais são as chaves de fim de curso, botoeiras e tacômetros ópticos. No caso das entradas analógicas, estas podem assumir os mais diversos valores. É usual comparar os sistemas digitais e analógicos respectivamente com uma escada e uma rampa. Em uma escada, assumimos apenas os valores definidos em cada degrau, como em sistemas digitais; porém, em uma rampa, podemos estar em qualquer posição como nos sistemas analógicos, geralmente estes sinais ficam condicionados na faixa de 0 a 10 Volts (WIKILIVROS, 2010).

Já a Unidade Central de Processamento (UCP) é a principal componente do CLP, pois todas as funções do programa são executadas por ela. Faz a leitura das entradas, processa a informação e quando solicitado pelo programa atua na unidade de saída.

A fonte de alimentação tem como função fornecer energia para o CLP. A par disso, deve-se protegê-lo de picos de tensão e corrente para evitar danos a UCP.

Na última parte, as saídas são responsáveis por fazer o CLP atuar em algum dispositivo externo, assim como as entradas podem assumir valores digitais ou analógicos, sendo mais comuns as saídas digitais.

A porta de comunicação serial serve para conectar o CLP com outros dispositivos, ampliando a capacidade do mesmo, como por exemplo, um computador, outro CLP, uma Interface Homem-Máquina - IHM, entre outros.

2.1 Programação

A flexibilidade do CLP é obtida graças a sua capacidade de ser programado a partir de um computador. Existem as linguagens textuais, e as linguagens gráficas. A primeira linguagem de programação criada para programar CLPs foi a linguagem gráfica LD (Ladder Diagram), também conhecida como linguagem dos reles, onde as entradas e saídas são representadas de forma semelhante aos diagramas elétricos das caixas de reles que eram usadas antes da criação dos CLPs, tornando de fácil compreensão o que está acontecendo no programa por técnicos e eletricitas. Apesar de antiga a LD, ainda é muito utilizada.

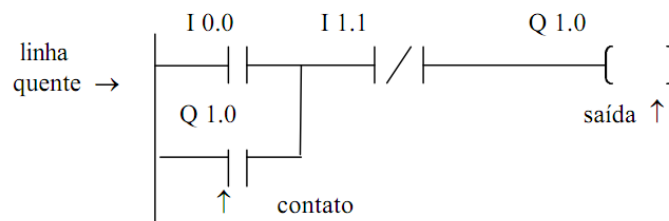


Figura 2 - Exemplo de programa em Ladder Diagram – LD.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Os materiais utilizados durante a concepção do CLP estão listados na “Tabela 1”, bem como o custo unitário e total. Para facilitar a construção deste protótipo, utilizamos uma placa de fenolite perfurada. A ligação elétrica entre os pontos é feita através de solda estanho e isolados.

Tabela 1 – Lista de materiais utilizados para concepção do CLP.

Material	Quantidade	Custo unitário (R\$)	Custo Total (R\$)
PIC16F877A	1	10	10
TIL111	20	0,63	12,6
Capacitor 22UF cerâmico	2	0,05	0,1
LED	23	0,1	2,3
Resistor de 10Kh	8	0,03	0,24
Diodo 1N4007	3	0,05	0,15
Conector H 5 A	2	1,9	3,8
Placa de fenolite perfurada	1	20	20
LM224N	2	1	2
LM7805	2	0,8	1,6
Relés	12	1,25	15
Cristal oscilador 20MHz	1	0,7	0,7
Resistor de 1Kh	8	0,03	0,24
Resistor de 2 Kh	8	0,03	0,24
Estanho	1	4	4
Transformador 12 V	1	12	12
MAX 232	1	1,8	1,8
Capacitor 1uf 50 V	4	0,05	0,2
Conector BD9	1	0,5	0,5
Custo total (R\$):			87,47

4 PONTO DE PARTIDA

Como UCP, utilizaremos um microcontrolador da marca Microchip, modelo PIC16F877A, operando com clock externo de 20MHz. Esta escolha justifica-se devido à compatibilidade do mesmo com LDMICRO (programa para programar microcontroladores em LD), ao número de portas disponíveis para configuração e ao custo relativamente baixo. Partindo do controlador, definimos um CLP com as seguintes características: 8 portas de entradas analógicas, 8 portas de entradas digitais, 12 saídas digitais e 01 porta para comunicação serial TTL, utilizada para comunicação entre CLP e outros dispositivos. A “Figura 3” exibe o PIC16F877A e seus pinos (MICROCHIP, 2003).

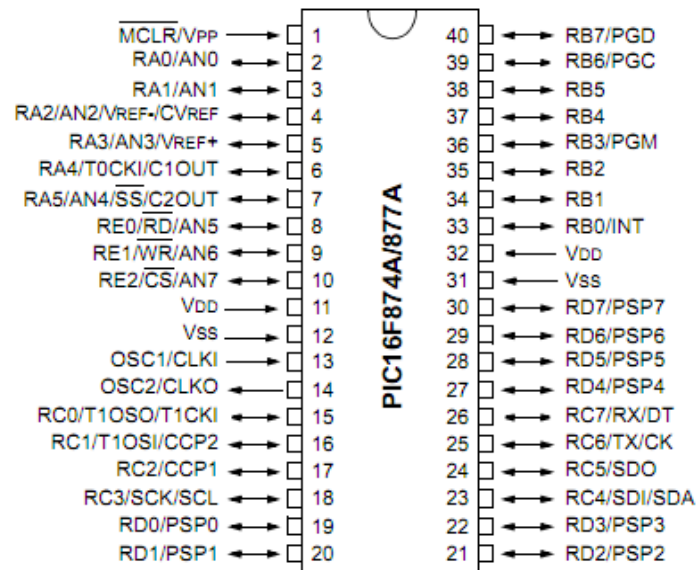


Figura 3 – Pinos PIC16F877A.

Tabela 2 – Relação entre os pinos e suas funções no CLP.

PINO	Função	PINO	Função
1	Reset	21	Entrada digital I8
2	Entrada analógica A1	22	Saída digital O1
3	Entrada analógica A2	23	Saída digital O2
4	Entrada analógica A3	24	Saída digital O3
5	Entrada analógica A4	25	Comunicação TX
6	Entrada digital I1 (de alta velocidade)	26	Comunicação RX
7	Entrada analógica A5	27	Saída digital O4
8	Entrada analógica A6	28	Saída digital O5
9	Entrada analógica A7	29	Saída digital O6
10	Entrada analógica A8	30	Saída digital O7
11	ALIMENTAÇÃO + 5 Volt	31	ALIMENTAÇÃO –
12	ALIMENTAÇÃO – 0 Volt	32	ALIMENTAÇÃO +
13	CRISTAL	33	Saída digital O8
14	CRISTAL	34	Saída digital O9
15	Entrada digital I2	35	Saída digital O10
16	Entrada digital I3	36	GRAVAÇÃO
17	Entrada digital I4	37	Saída digital O11
18	Entrada digital I5	38	Saída digital O12
19	Entrada digital I6	39	GRAVAÇÃO
20	Entrada digital I7	40	GRAVAÇÃO

5 SISTEMAS

Para organizar o layout do CLP, definimos os subsistemas, “Figura 4”, em: (1) entradas digitais, (2) entradas analógicas, (3) UCP, (4) saídas digitais, (5) sistema de alimentação.

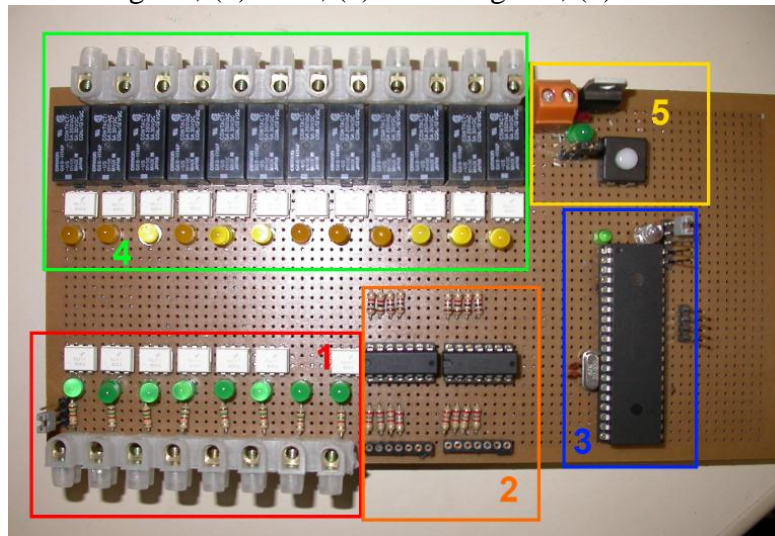


Figura 4 – CLP montado com seus subsistemas.

5.1 Entradas digitais (1)

As entradas Digitais, “Figura 5”, podem receber tensões de 5 V e 12 V. Cada uma é composta por um acoplador óptico TIL111, um LED, e um Resistor de 10KΩ.

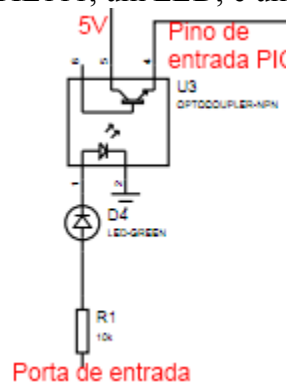


Figura 5 – Circuito de entrada digital.

5.2 Entradas analógicas (2)

Os valores das entradas analógicas são lidos pelo PIC por meio da comparação destas com a tensão de alimentação do mesmo. O PIC 16F877A tem um conversor AD de 10 Bits de resolução, operando de 0 a 5V. Porém, os CLPs comerciais têm sensores que operam de 0 a 10V. Assim, faz-se necessário condicionar o sinal de entrada para não sobrecarregar as entradas analógicas do PIC. Para tanto, utilizamos 2 amplificadores operacionais LM2224N, cada um com 4 portas, configurados com um ganho de 0,5. Para aumentar a flexibilidade do sistema, as portas analógicas devem receber um sinal tratado, criando-se módulos para cada tipo de sinal. Por exemplo, criar um módulo para leitura de termopares, outro para a leitura do valor de uma célula de carga entre outros tipos de sinais analógicos, sendo que esses módulos

devem ser confeccionados para acoplar ao sistema do conector do CLP. A “Figura 6” exhibe as portas de entradas analógicas do sistema, denominadas de A1, A2, A3, A4, A4, A6, A7 e A8, o GND é a referência do terra (0V), 5V é a alimentação (5V) e 12V é a alimentação (12V).

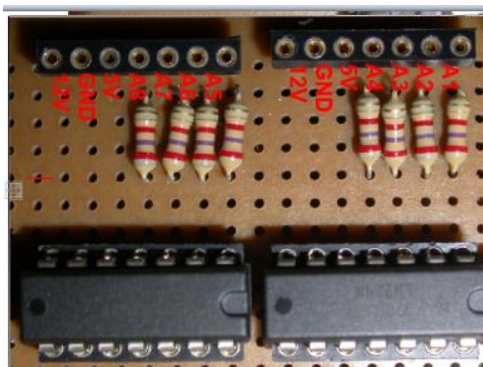


Figura 6 – Detalhe do conector das portas analógicas.

5.3 UCP (3)

A “Figura 7” mostra o circuito da UCP com suas portas. As funções foram descritas na “Tabela 1”. O material utilizado para a confecção deste subsistema foi: uma PIC16F877A, um cristal oscilador de 20MHz, dois capacitores cerâmicos de 22µF, uma chave liga-desliga, um LED e oito pinos para conectar equipamentos externos J1 e J2, sendo que J1 é para a gravação do programa no PIC, e J2 para comunicação serial.

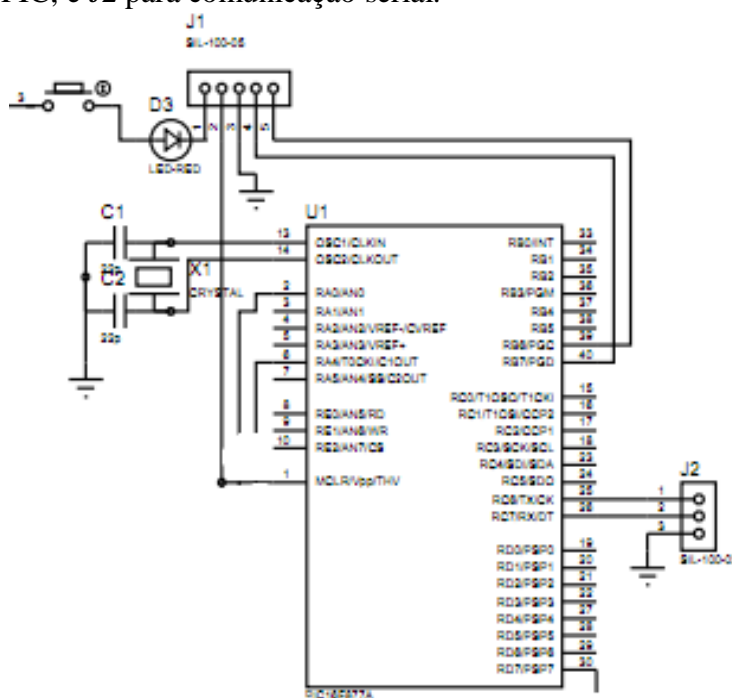


Figura 7 – UCP e suas portas.

5.4 Sistema de alimentação (5)

A alimentação deverá ser fornecida por uma fonte externa de corrente contínua de 12V. O circuito desenvolvido, representado pela “Figura 8”, utilizará dois reguladores de tensão LM7805 para reduzir a tensão de 12V para 5V, sendo que um deles irá alimentar o microcontrolador e o outro as saídas e entradas digitais e as placas de condicionamento de sinais analógicos. Como sistema de proteção, utilizamos três diodos a fim de evitar que os pólos sejam ligados na posição errada (SOUZA, 2003).

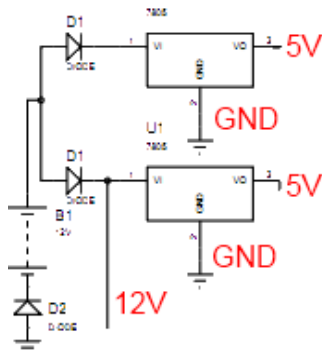


Figura 8 – Circuito do subsistema de alimentação.

5.5 Saídas digitais (4)

As saídas digitais a relé atuam quando o PIC envia um sinal pelo respectivo pino de saída. Cada saída é composta por um LED ligado em série com a entrada de um acoplador óptico TIL111, utilizado para isolar o PIC de eventuais sobrecargas no sistema que está acoplando a saída digital, com um relé G6B-1114P-US-12, que terá a tensão de saída selecionada por um jumper, 5V ou 12V, podendo também receber alimentação externa. A “Figura 9” mostra o esquema de uma saída digital, as outras são iguais a esta apenas mudando o pino de acionamento do PIC.

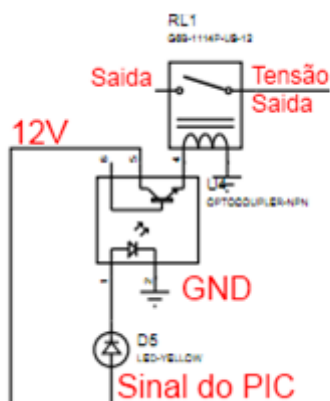


Figura 9 – Saída do CLP.

6 PROGRAMAÇÃO

A programação do sistema é diretamente ligada ao tipo de controlador utilizado, sendo que o mesmo recebe o programa em linguagem de máquina. Porém, como a programação com tal tipo de linguagem é de difícil trabalho, utilizam-se compiladores para gerar o código a partir de uma linguagem mais amigável. Existem vários tipos de compiladores que utilizam

diferentes linguagens de programação, por exemplo: MicroC e PCW, para uso de linguagem C; Mplab, para linguagem assembly; e o LDmicro, para linguagem LADDER.

O LDmicro é um software livre e disponível para download. Trata-se de um compilador que utiliza a linguagem LD para gerar o código IHEX para o controlador (WESTHUES, 2011). O LDmicro, “Figura 10”, está disponível em Português, sendo de fácil manuseio, pois bastam pequenas configurações, tais como: escolha do microcontrolador, frequência do clock, tempo de ciclo, taxa de transferência de dados para comunicação serial e definição das funções de cada pino do controlador, para obter resultados amigáveis. Porém, para tanto necessitamos usar a “Tabela 2”, na qual definimos a função de cada pino do PIC.

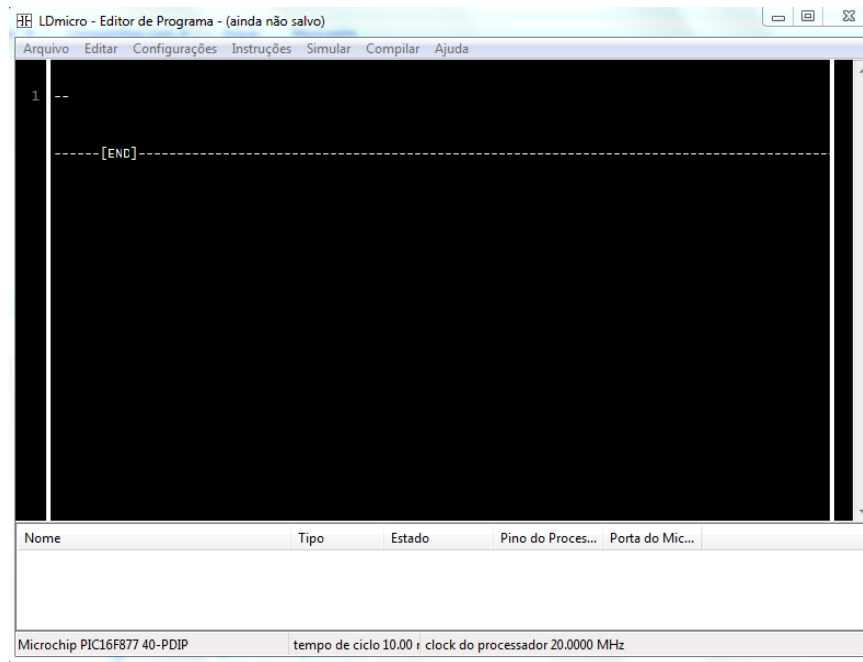


Figura 5 – Tela do LDmicro.

Para transferir o programa para o microcontrolador, utiliza-se um conector ICSP (In-Circuit Serial Programming™) (MICROCHIP, 2003) e um gravador compatível com este sistema de gravação. Existem vários modelos de gravadores que possuem este tipo de conector.

Além do gravador, é necessário um programa para transferir o arquivo do computador para o microcontrolador. O esquema do circuito para a construção de um gravador que utiliza a porta serial (RS232) do computador para gravar o controlador utilizando o Software ICProg está expresso na “Figura 11” (OLIMEX, 2010).

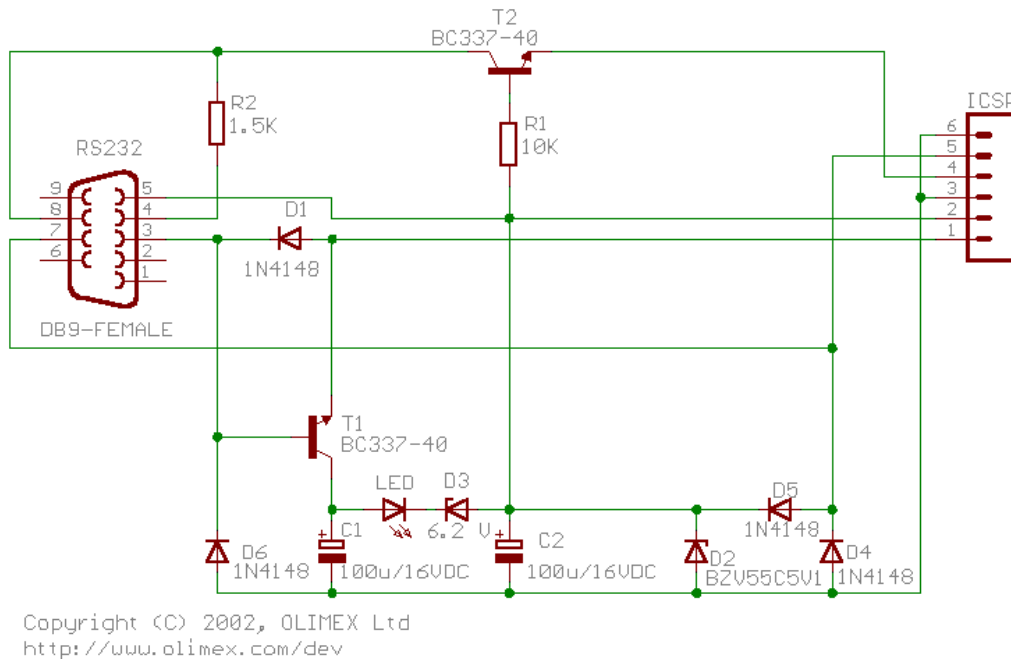


Figura 6 – Esquema do gravador ICSP.

7 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O equipamento mostrou funcionamento satisfatório, com custo inferior a R\$100. A partir dele, é possível a criação de bancadas didáticas de automação ou de sistemas automatizados. Além disso, pretende-se melhorar o CLP, possibilitando a criação de equipamentos mais complexos, com a adição de funcionalidades para o sistema, como: módulos para as entradas analógicas para a leitura de medidas, como: temperatura, pressão, deformação, etc ou módulos de comunicação utilizando os conversores de TTL para RS 232. É possível criar um sistema supervisor controlando e monitorando um processo a partir do computador, podendo até funcionar como um sistema de aquisição de dados.

Este projeto será disponibilizado para domínio público, com todas as especificações para que outras pessoas possam colaborar com o mesmo, tornando-se uma plataforma de desenvolvimento de outros sistemas, de projetos acadêmicos e de implantações industriais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FAIRCHILD SEMICONDUCTOR CORPORATION, PHOTOTRANSISTOR OPTOISOLATOR, USA. 2000.

MICROCHIP TECHNOLOGY INCORPORATED, In-Circuit Serial Programming™ (ICSP™) Guide. USA, 2003.

MICROCHIP TECHNOLOGY INCORPORATED, PIC16F87XA Data Sheet.USA, 2003.

NATIONAL ELECTRICAL MANUFACTURERS ASSOCIATION, Programmable Controllers (PLC), Part 1: General Information.USA, 1978.

OLIMEX Ltd.PIC-PG1 - ICSP SERIAL PORT DONGLE PROGRAMMER. Bulgária. Disponível em:<<http://www.olimex.com/dev/pic-pg1.html>>Acesso em 6 jun.2011.

PERREIRA, Silvia. História de sucesso do Controlador Lógico Programável no Brasil e no Mundo. Revista Intech, São Paulo 119, p.6-22

RIBEIRO, Renan. FACULDADE NOVO MILÊNIO. Desenvolvimento de um micro-clp com software de supervisão e programação em FDB, 2010.75p. Projeto(Graduação).

SOUZA, David José. Desbravando o PIC - Ampliado e Atualizado para PIC 16F628A. São Paulo. Editora Érica.2003.

TEXAS INSTRUMENTS INCORPORATED RC4136, RM4136, RV4136 QUAD GENERAL-PURPOSE OPERATIONAL AMPLIFIERS, 1998 Dallas USA.

WESTHUES, Jonathan. Lógica Ladder para PIC e AVR. Disponível em:<<http://cq.cx/ladder.pl>>Acesso em 15 mai.2011.

WIKILIVROS. Eletrônica Digital/Sistemas analógicos e digitais. Disponível em:<http://pt.wikibooks.org/wiki/Eletr%C3%B4nica_Digital/Sistemas_anal%C3%B3gicos_e_digita>Acesso em 20 mai.2011.

PROJECT OF MICRO-CLP LADDER PROGRAMMING OF LOW COST

Abstract: *Our factories produce more than ever, thanks to this process evolved and increasingly automated, and this is only possible through the creation of programmable logic controller. Therefore, the study and knowledge of this technology are essential for future technicians and engineers. Considering the scenario presented, this experimental work aims to present the creation of a PLC using a low cost PIC microcontroller and free software for programming the same. Finally, with this work, we intend to explore the application or didactically simple automation systems.*

Key-words: *Programmable Logic Controller, Automation, Programming, Microcontrollers.*