

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETRÔNICA
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM SISTEMAS DE
TELECOMUNICAÇÕES**

ODIRLEI MICALOSKI

MINI CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA

2012

ODIRLEI MICALOSKI

MINI CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação apresentado à disciplina de Trabalho de Diplomação, do Curso Superior de Tecnologia em Sistemas de Telecomunicações do Departamento Acadêmico de Eletrônica - DAELN – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo.

Orientador: Prof. Valfredo Pilla Júnior

CURITIBA

2012

ODIRLEI MICALOSKI

MINI CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL

Este trabalho de conclusão de curso foi apresentado no dia 16 de dezembro de 2011, como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo em Sistemas de Telecomunicações outorgado pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. O aluno foi arguível pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Me. César Janeczko
Coordenador de Curso
Departamento Acadêmico de Eletrônica

Prof. Dr. Décio Estevão do Nascimento
Professor responsável pela Atividade de Trabalho de Conclusão de Curso
Departamento Acadêmico de Eletrônica

BANCA EXAMINADORA

Prof. Valfredo Pilla Junior
Professor Orientador

Prof. Dr. Gilson Yukio Sato

Prof. Rubens Alexandre De Faria

“A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso”

AGRADECIMENTOS

- À minha esposa – que sempre está ao meu lado, apoiando-me e incentivando-me mesmo nos momentos difíceis.
- À **Deus** – por ter me dado forças e capacidade para lutar sempre para chegar até aqui.
- Ao professor Valfredo Pilla Jr – pela dedicação e disponibilidade e pela orientação do projeto.
- Aos professores e colegas – que me ajudaram e acompanharam durante curso.

RESUMO

MICALOSKI, Odirlei. **Mini Controlador Lógico Programável**. 2011. 46 f. Monografia (Graduação) - Curso Superior de Tecnologia em Sistemas de Telecomunicações – Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR. Curitiba, 2012.

Os controladores lógicos programáveis (CLPs) são equipamentos eletrônicos utilizados em sistemas de automação, onde são ferramentas muito úteis para aplicações em sistema de controle sendo utilizados largamente no mercado industrial e residencial. Uma característica que tornam os CLPs com grande aceitação é a capacidade de desenvolver e alterar facilmente a lógica para acionamento das saídas em função das entradas. Este projeto tem como objetivo oferecer um Mini Controlador Lógico Programável de baixo custo direcionado às pequenas automações tanto industrial como residencial. Motivado pela necessidade de um acionamento inteligente e um mercado em constante evolução na área de automação no mundo, observa-se que cada vez mais as pessoas buscam a comodidade e a facilidade de manusear os dispositivos presentes no cotidiano. Com este intuito, ser disponibiliza um produto aos profissionais da área de automação possibilitando o controle de dispositivos e equipamentos. O Mini Controlador Lógico Programável, consiste em um controlador robusto de pequeno porte, unindo tecnologia e baixo custo como alternativa na automação. O desenvolvimento foi feito com microcontrolador PIC18F452, o sistema conta com oito entradas, quatro saídas e interface USB para que o usuário tenha uma maior comodidade na hora de programar.

Palavras-chave: Mini Controlador Lógico Programável; CLP; Automação Residencial; Microcontrolador PIC.

ABSTRACT

MICALOSKI, Odirlei. Mini Controlador Lógico Programável. 2011. 46 f. Monograph (Graduation) Technology in Telecommunications Systems – Federal Technological University of Paraná - UTFPR. Curitiba, 2012.

The programmable logic controllers (PLCs) are electronic devices used in automation systems, which are very useful tools for applications in control system being widely used in industrial and residential market. PLCs are widely accepted because is easy to change programmed logic. This aims of this project is the development of a low cost Mini Programmable Logic Controller for both industrial and home automation. Motivated by the need for an intelligent drive and a market in constant evolution are in automation in the world, it is observed that more and more people seek the comfort and ease of handling devices in the everyday. With this objective, the product will be available to professionals enabling the automation of control devices and equipment. The Mini PLC is a robust controller and consists of small, uniting technology and low cost alternative in automation. The development was done with PIC18F452 microcontroller; the system has eight digital inputs, four digital outputs and USB interface for user setup convenience.

Key-words: Mini Programmable Logical controller; CLP; Residential Automation; MicrocontrollerPIC.

LISTAS DE FIGURAS

Figura 1: Protocolo I2C, Dados e Clock	16
Figura 2: Cabo USB	18
Figura 3: Diagrama de Blocos de um Microcontrolador	19
Figura 4: Controlador Lógico Programável Logo.....	20
Figura 5: Cabo de Comunicação Logo.....	21
Figura 6: Controlador Lógico Programável Zélio	22
Figura 7: Cabo de Comunicação Zélio	22
Figura 8: Controlador Lógico Programável Clic02.....	23
Figura 9: Cabo de Programação Clic02	24
Figura 10: Interface MikroC	26
Figura 11: Interface MikroC.....	26
Figura 12: Diagrama em Blocos do Sistema Proposto.....	27
Figura 13: Circuito do PIC18F452 do Sistema Proposto.....	30
Figura 14: Circuito de Reset para o Microcontrolador.....	31
Figura 15: Circuito Gravador USB.....	32
Figura 16: Circuito de entrada.....	33
Figura 17: Circuito de saída	34
Figura 18: Esquema (cada par Darlington)	34
Figura 19: CI ULN2803	35
Figura 20: Circuito PCB Proposto Placa Principal.....	37
Figura 21: Circuito PCB Proposto Placa Entradas	37
Figura 22: Circuito PCB Proposto Saídas	38
Figura 23: Circuito Disposição Componentes Placa Principal.....	38
Figura 24: Circuito Disposição Componentes Saídas	39
Figura 25: Circuito Disposição Componentes Entradas	39
Figura 26: Circuito Disposição Componentes	40
Figura 27: Circuito do Sistema Proposto.....	40
Figura 28: Disposição Modular Placas	41

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Características Elétrica da Bobina do Relé	36
Quadro 2: Características Elétricas do Contato do Relé	36

LISTAS DE SÍMBOLOS, ABREVIATURAS E SIGLAS

CI - Circuito Integrado;
CLP - Controlador Lógico Programável;
CPU - Central Process Unit;
FBD - Function Block Diagram;
FIS - Fator de indicação do Segundo;
IDE - Integrated Development Environment;
I2C - Inter Integrated Communication;
I/O - Input / Output;
LED - Light Emitter Diode;
MCLP - Mini Controlador Lógico Programável;
NA - Normalmente Aberto;
NF - Normalmente Fechado;
PIC - Peripheral Integrated Controller;
RAM - Random Access Memory;
RISC - Reduced Instruction Set Computer;
ROM - Ready Only Memory;
RTC - Real Timer Clock;
SCL - Serial Clock Line;
SCR - Retificadores Controlados de Silício;
SDA - Serial Data Line;
SPI - Serial Peripheral Interface;
VCC - Tensão Contínua.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	PROBLEMA	11
3	JUSTIFICATIVA	12
4	OBJETIVOS	13
4.1	OBJETIVO GERAL	13
4.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
5	MÉTODO DE PESQUISA	14
6	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
6.1	PROTOCOLO DE COMUNICAÇÃO	15
6.1.1	PROTOCOLO I2C	15
6.1.2	PROTOCOLO USB	16
6.2	MICROCONTROLADORES	18
6.3	MICROCONTROLADOR PIC18F452	19
7	ESTADO DA ARTE	20
7.1	CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL – LOGO 240	20
7.2	CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL – ZÉLIO	22
7.3	CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL – CLIC02	23
7.4	MINI CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL	25
7.5	AMBIENTE	26
8	DESENVOLVIMENTO	27
8.1	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	27
8.1.1	DIAGRAMA EM BLOCOS DO SISTEMA PROPOSTO	27
8.1.1.1	DESCRIÇÃO FUNCIONAL DOS BLOCOS	27
8.1.1.2	BLOCO 1 – MICROCOMPUTADOR	28
8.1.1.3	BLOCO 2 – MICROCONTROLADOR	28
8.1.1.4	BLOCO 3 - ENTRADAS E SAÍDAS	28
8.2	PROJETO	29
8.2.1	MICROCONTROLADOR PIC 18F452	29
8.2.1.1	CIRCUITO DE RESET	30
8.2.2	GRAVADOR USB PIC	31
8.2.3	CIRCUITO DE ENTRADAS	32
8.2.4	CIRCUITO DE SAÍDA	33
8.2.5	ULN 2803A	34
8.2.6	RELÉ	35
8.2.7	FONTE DE ALIMENTAÇÃO	36
8.3	DIAGRAMAS E ESQUEMAS	37
8.3.1	LAY-OUT PLACAS	37
8.3.2	DESCRIÇÃO MONTAGEM DO HARDWARE	38
8.3.2.1	CIRCUITO DE SAÍDA	39
8.3.2.2	CIRCUITO DE ENTRADA	39
8.3.2.3	CONVERSOR USB	39
8.3.3	CIRCUITO MPLC	40
9	RESULTADOS	41
10	CONCLUSÃO	43
	REFERÊNCIAS	44

1 INTRODUÇÃO

Os controladores lógicos programáveis (CLPs) tem revolucionado a automação de processos industriais desde o seu surgimento na década de 70. Até então, os equipamentos industriais eram comandados por sistemas de relés eletromagnéticos e controlados por painéis elétricos de alta complexibilidade (PIRES, 2002). Os CLPs, equipamentos eletrônicos utilizados em sistemas de automação e controle industrial, são ferramentas úteis em sistema de controle, sendo utilizados em alta escala no mercado industrial. Uma característica que torna os CLPs flexíveis é a possibilidade que eles oferecem de se desenvolver e alterar facilmente a lógica para acionamento das saídas em função das entradas.

Devido à existência de vários fabricantes e modelos de CLPs para diversos segmentos de mercado, dedicados ou não, os processos tem se tornado cada vez mais automatizados, possibilitando um maior controle dos dispositivos de campo. O controlador lógico programável surgiu exclusivamente para atender a indústria, porém com o passar do tempo devido à facilidade de instalação e com um custo não muito elevado passou a ser utilizado em outros segmentos como: automação predial, residencial e outros. O objetivo desse projeto é Implementar um mini controlador lógico programável para automações de pequeno porte, em especial para aplicações residenciais.

O projeto aqui apresentado procura suprir a necessidade de controladores de pequeno porte oferecendo uma solução de baixo custo, por meio do qual o usuário poderá rapidamente alterar suas lógicas fazendo com que seu processo seja automatizado com praticidade.

2 PROBLEMA

Os Controladores Lógicos Programáveis estão cada vez mais presentes na automação, devido a sua grande flexibilidade e rapidez na implementação de controles de processo. Com esta necessidade do controle de processos, surgiram vários fabricantes de controladores lógicos, porém os preços dos controladores tornaram-os inviáveis para aplicações de pequeno porte.

Atualmente existem vários fabricantes e um grande número de modelos de controladores lógicos programáveis como, por exemplo:

- Logo da Siemens;
- Zélio da Schneider;
- CLIC 02 da Weg, entre outros;

O Mini Controlador Lógico Programável desenvolvido neste trabalho de conclusão de curso pode ser utilizado em várias aplicações de automação como controle de portões, sistema de alarmes e para automações residenciais em geral.

Principais características do Mini Controlador Lógico Programável:

- Oito entradas digitais;
- Alimentação de entrada 5Vcc;
- Quatro saídas controladas por relé com capacidade de 10A ;
- Porta de Comunicação USB, para programação.

O Mini Controlador também contará com leds de indicação de sinal lógico de entrada e de acionamento de saída para melhor visualização da operação pelo usuário final.

3 JUSTIFICATIVA

Os vários fabricantes de controladores lógicos programáveis no mercado (LG, Weg, Siemens, Atos e outros) procuram direcionar seus produtos para soluções de grandes processos buscando integrar vários dispositivos e suprimindo as necessidades dos grupos industriais do mundo. Os controladores de grande porte são utilizados para controlar principalmente processos como produção automobilística, produção de papel e celulose, produção de aço, processamento de alimentos e outros. Como estes controladores têm uma alta capacidade de integração de dispositivos, eles tornam-se inviáveis para pequenas automações.

Ademais, pode-se incrementar conhecimentos na área de configuração de hardware, software livre, que está em expansão e também aplicar os conhecimentos já adquiridos no decorrer do curso.

4 OBJETIVOS

Nesta seção serão especificados o objetivo geral e os objetivos específicos deste projeto.

4.1 Objetivo Geral

Implementar um mini controlador lógico programável para automações de pequeno porte, em especial para aplicações residenciais.

4.2 Objetivos Específicos

- Elaborar um programa em linguagem “C”, o qual serve para definir qual será a forma de acionamentos;
- Levantamento dos equipamentos necessários;
- Estudo e aplicação de uma porta de comunicação para programação;
- Desenvolver esquema lógico e elétrico;
- Testes de aplicações.

5 MÉTODO DE PESQUISA

O projeto foi realizado por meio de pesquisa bibliográfica em documentos, livros, manuais, internet e normas técnicas.

Quanto à natureza da pesquisa, trata-se de uma pesquisa aplicada. O autor é funcionário de um setor de manutenção, que é responsável não somente em manter os equipamentos funcionando, como também em sugerir inovações, desenvolver e implementar idéias que visam melhorar o processo produtivo e diminuir custos.

6 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

6.1 Protocolo de Comunicação

Para que haja comunicação entre dois ou mais equipamentos ou sistemas, é necessário um protocolo de comunicação (SAMPAIO, 2006). Protocolo de comunicação é um conjunto de regras e uma linguagem para que estes equipamentos ou sistemas possam se entender.

Para o sistema proposto, usaremos protocolos de comunicação já conhecidos e aplicados na atualidade.

6.1.1 Protocolo I2C

Segundo Pereira (2006, p274), o protocolo de comunicação em dois sinais I2C (*Inter-Intergrad Circuit*) foi originalmente desenvolvido pela Philips em meados de 1996. Atualmente este protocolo está amplamente difundido e interconecta uma ampla gama de dispositivos eletrônicos. Ainda de acordo com o autor, dentre estes encontramos vários dispositivos de controle inteligente, normalmente microcontrolador e microprocessadores assim como outros circuitos de uso geral, como drives LCD, portas de I/O, memórias RAM e EEPROM ou conversores de dados. O Protocolo de Comunicação I2C é um dos mais utilizados na comunicação de dispositivos dentro de um mesmo circuito ou entre equipamentos eletrônicos.

O Protocolo de Comunicação I2C é um protocolo de comunicação serial síncrono, com uma comunicação entre os componentes do sistema realizada através de dois fios ou linhas. Estas linhas do protocolo I2C possuem funções específicas, uma linha é para o clock e a outra é para dados. Estas linhas são:

- SDA (serial data)
- SCL (serial clock)

O sinal de sincronismo é enviado através da linha SCL e os de dados e endereços são enviados através da linha SDA. Este é um protocolo *halfduplex*, isto é, as mensagens podem fluir nas duas direções, mas nunca ao mesmo tempo, pois existe somente uma linha para a comunicação entre dois sistemas ou dispositivos. A Figura 1 ilustra as características de comunicação de dados e clock dos sinais SDA e SCL.

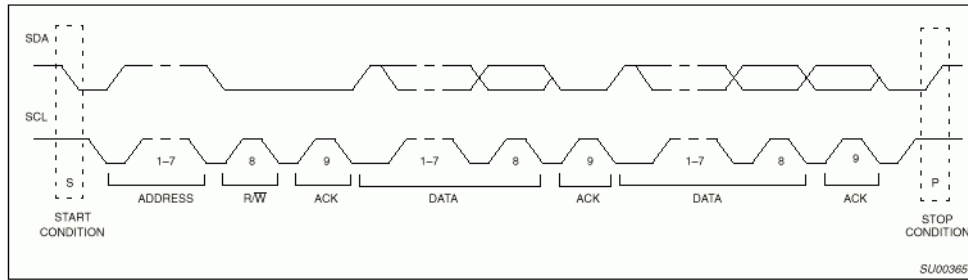


Figura 1: Protocolo I2C, Dados e Clock
 Fonte: Protocolo de comunicação I2C

O protocolo permite a ligação de diversos dispositivos no mesmo barramento e suporta velocidades de até 3,4 Mbps. Na realidade, a maioria dos dispositivos I2C é compatível com as versões anteriores do protocolo, portanto limitadas a velocidades de 100 ou 400kbps, conforme o dispositivo. Segundo Pereira (2006, p. 275), o protocolo I2C é do tipo mestre-escravo, pois é um protocolo síncrono. No entanto, ele também suporta o chamado “multimastering”, ou seja, no mesmo barramento podem existir diversos mestres. Para que isto seja possível, são colocados nas extremidades de cada uma das linhas resistores de *pull-up* (com valores entre 4K Ω a 47K Ω , recomendados pelo desenvolvedor do Protocolo).

6.1.2 Protocolo USB

Segundo artigo publicado em Rogercom (2010), o protocolo USB (*Universal Serial Bus*) surgiu em 1995 de uma parceria entre várias companhias de alta tecnologia (Compaq, Hewlett-Packard, Intel, Lucent, Microsoft, NEC e Philips). Uma das primeiras versões foi a 1.0 com velocidade de 1,5Mbps (Low-speed). Logo em seguida foi concebida a 1.1 com velocidades que vão de 1,5Mbps a 12Mbps. Essa versão é conhecida com *Full-speed*. No final de 2000 foi lançada a versão 2.0 (*High-speed*), compatível com as versões anteriores, mas com alguns aperfeiçoamentos que vão desde a topologia à velocidade de tráfego de dados, chegando ao limite de 480Mbps, equivalente a cerca de 60MBps (60 milhões de bytes por segundo).

As primeiras versões do bus USB utilizavam/utilizam os Controladores Host UHCI (*Universal Host Controller Interface*) e OHCI (*Open Host Controller Interface*). O USB 2.0 utiliza o Controlador Host EHCI (*Enhanced Host Controller Interface*).

O barramento USB permite a conexão máxima de até 127 dispositivos em uma única porta. Para que isso seja possível utilizam-se de *hubs* conectados em cascata.

Normalmente cada hub USB dispõe de 4 a 8 portas nas quais podem ser conectados mais *hubs*.

Os *hubs* são componentes importantes na topologia de uma rede USB. Eles fornecem novos canais físicos para que se possam inserir novos dispositivos à mesma. Os *hubs* costumam ser ligados à rede elétrica para alimentar seus circuitos e ao mesmo tempo fornecer corrente suficiente para alimentar dispositivos conectados às suas portas. Alguns *hubs* não têm fontes externas, estes são parasitas, alimentam-se da própria corrente do barramento USB. Esses *hubs* não são uma boa escolha se pretende conectar dispositivos que também se alimentam por meio do barramento.

Hubs sem fonte de alimentação chegam a ter 4 portas *downstream*, fornecendo cada uma 100mA. Já *hubs* com fontes de alimentação podem fornecer por porta 500mA.

Se um dispositivo drenar mais corrente do que a que o *hub* pode fornecer através de uma de suas portas, o mesmo permanecerá conectado fisicamente ao barramento, mas não poderá se comunicar.

✓ Estrutura elétrica e sinais do cabo USB

Ainda de acordo com o artigo publicado em Rogercom (2010), o cabo USB é composto por quatro fios e uma malha para eliminação de ruídos. Desses, dois são fios de alimentação dos dispositivos. A alimentação é fornecida pela controladora e gerenciada pelo *Driver* do *Controlador Host*. O cabo USB usa cores padrão para os fios, (Figura 2), o fio de cor vermelha é chamado Vbus (5V), ou seja, é o terminal positivo. O fio de cor preta é o GND (0V).

O USB pode fornecer no máximo 5V e 500mA, isso para cada porta do *Root Hub* do *host*. A corrente que o dispositivo precisa para funcionar pode ser configurada via *software*. No *chipset* da FTDI, a configuração de consumo de corrente será armazenada numa memória Flash tipo 95C56 (opcional aqui no nosso projeto).

Os outros dois fios, D+ (dado+) e D-(dado-), são usados pelo sistema USB para transferência de dados entre o Host, hub e dispositivos. Todos os sinais de dados trafegam apenas por esses dois fios usando a codificação NRZI (*No Return to Zero Inverted*). Ou seja, o bit 1 é codificado por uma transição da maior tensão para a menor, ou também o inverso, da menor para a maior. Já o bit 0 é codificado pela ausência transição. Durante o intervalo de um bit a tensão é constante.



Figura 2: Cabo USB
Fonte: Rogercom

O protocolo é uma das partes mais importantes do funcionamento do sistema USB. É por meio dele que um ou mais dispositivos se comunicam e trocam informações com o Host.

Diferentemente da Porta Serial ou Paralela, nas quais por meio dos sinais elétricos dos pinos e um programa básico, é possível se comunicar com um dispositivo, no USB isso só é possível se o dispositivo carregar o protocolo USB num *chip set* ou mesmo dentro de um microcontrolador.

O protocolo USB tem vários recursos como: CRC (*Cyclic Redundancy Check*), detecção e correção de erros, detecção de conexão e remoção de dispositivos, controle de fluxo de dados assegurando transmissões isossíncronas (tráfego contínuo de dados), disponibilidade assegurada de largura de banda, entre outros.

6.2 MICROCONTROLADORES

Segundo Collina (2007), os microcontroladores são dispositivos eletrônicos programáveis, utilizados no controle de processos lógicos. Os microcontroladores são capazes de realizar o controle de diversas máquinas e de diversos equipamentos eletro-eletrônicos por meio de programas.

Ainda de acordo com Collina (2007), um microcontrolador é constituído de um processador, pinos de entradas e pinos de saídas. Por meio da programação dos microcontroladores podemos controlar suas saídas, tendo como referência as entradas e um programa interno. Basicamente, a maior diferença entre os diversos tipos de microcontroladores é a quantidade de memória interna, quantidade de pinos de entrada/saídas

(I/O) e velocidade de processamento. Os microcontroladores estão presentes nas mais diversas áreas, dentre as quais citamos a automação industrial, automação comercial, automação predial, área automobilística, agrícola, produtos manufaturados, eletrodomésticos, telecomunicações, etc. No mercado existe uma grande quantidade de microcontroladores tais como: 8051, 8096, 68HC705, 68HC11 e os PICs. A Figura 3 apresenta o diagrama em blocos de um microcontrolador típico.

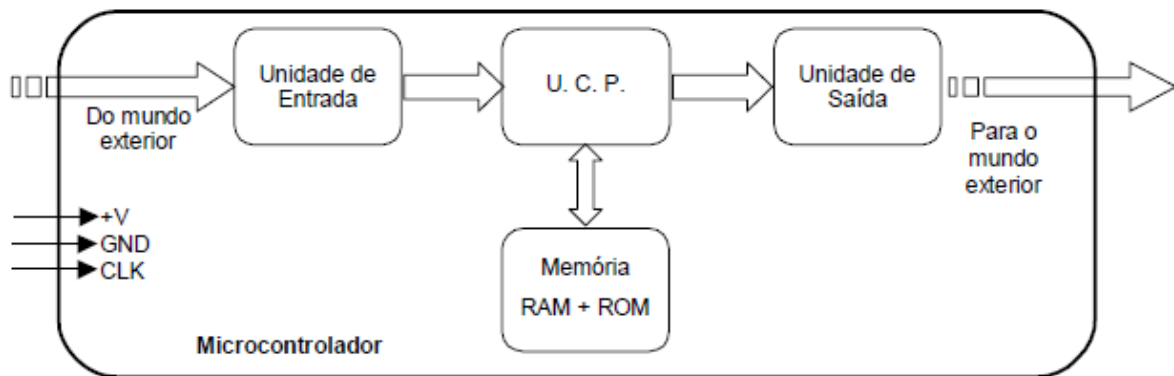


Figura 3: Diagrama de Blocos de um Microcontrolador
Fonte: Denny Daniel Collina

6.3 MICROCONTROLADOR PIC18F452

No sistema proposto foi usado o microcontrolador PIC 18F452, fabricado pela *Microchip Technology Inc.*

Existem alguns motivos para a escolha deste microcontrolador. De acordo com o *data sheet*, o microcontrolador escolhido apresenta os protocolos de comunicação serial I2C e SPI para a comunicação com o RTC e a EEPROM externa, necessários para o funcionamento do projeto proposto.

Também foi relevante para a escolha do microcontrolador o número de portas configuráveis como entradas ou saídas digitais. O modelo proposto é um controlador de oito (8) entradas e quatro (4) saídas, também será incorporada uma porta de comunicação para programação via USB.

7 Estado da Arte

Os Controladores Lógicos Programáveis estão cada vez mais presentes na automação, devido a sua grande flexibilidade e rapidez na implementação de controles. Com esta necessidade de controle surgiram vários fabricantes de controladores lógicos, porém o custo dos controladores inviabiliza aplicações de pequeno porte.

No mercado atual existem vários fabricantes e modelos de controladores lógicos programáveis, mas como estamos focados em controladores lógicos programáveis de pequeno porte, citaremos alguns modelos existentes no mercado.

7.1 Controlador Lógico Programável – LOGO 240

Este Controlador Lógico Programável é fabricado pela Siemens e é utilizado para pequenas automações e é fácil de programar. A Figura 4 ilustra o controlador lógico programável Logo 240, e a Figura 5 o cabo de comunicação.



Figura 4: Controlador Lógico Programável Logo
Fonte: Siemens



Figura 5: Cabo de Comunicação Logo
Fonte: Siemens

O Logo pode ter várias aplicações como, por exemplo, o controle de iluminação externa e interna de uma residência na qual na ausência dos moradores um determinado detector de movimentos envia uma informação para o controlador desligar as lâmpadas existentes na residência. O controlador ainda possibilita que sejam ajustados intervalos de tempo para que determinadas áreas da residência possam ser iluminadas, fazendo com que o proprietário economize energia elétrica. Estas e várias outras soluções podem ser implementado utilizando o controlador lógico programável Logo 240.

Existem vários modelos do controlador lógico Logo, porém aqui serão descritas as principais características do modelo Logo 240:

- 2 entradas analógicas (0-10v);
- Resolução de 10 bits normalizados de 0 a 1000;
- 8 entradas digitais;
- 4 saídas digitais a relé;
- 0,3A de corrente de saída contínua;
- Não possui relógio de tempo real;
- 24Vcc de tensão de alimentação;
- Programação através de contatos elétricos ou bloco lógico ;
- Não possui Display;
- Programado através de sistema dedicado e cabo de comunicação próprio.

Este controlador lógico programável é comercializado a um custo de R\$ 500,00 e o cabo de comunicação custa R\$ 170,00.

7.2 Controlador Lógico Programável – ZÉLIO

O Controlador lógico Programável Zélio, fabricado pela Schneider é um CLP de pequeno porte utilizado principalmente no setor industrial. A Figura 6 ilustra o controlador lógico programável Zélio e a Figura 7 o cabo de comunicação.



Figura 6: Controlador Lógico Programável Zélio
Fonte: Schneider-eletric



Figura 7: Cabo de Comunicação Zélio
Fonte: Schneider-eletric

Assim como o Logo da Siemens, o Zélio é um controlador de fácil programação utilizado em automações como sistemas de climatização, automatismos de compressores, sistema de alarme, sistema de iluminação e outros.

O CLP Zélio oferece a vantagem de ser programado na linguagem universal Ladder e através de blocos de funções (FBD) satisfazendo as exigências da maioria dos técnicos da área de automação e dos eletricitistas.

As principais características do controlador lógico programável Zélio são:

- 4 entradas analógicas (0-10v);
- 4 entradas digitais;
- 4 saídas digitais a relé;
- 8A de corrente de saída;
- Possui relógio de tempo real;
- Programação em Ladder;
- 24Vcc de tensão de alimentação.

Este controlador lógico programável é comercializado a um custo de R\$ 600,00 e o cabo de comunicação custa R\$ 220,00.

7.3 Controlador Lógico Programável – CLIC02

O Micro Controlador Clic02 é um dispositivo compacto com excelente custo relação benefício com muitos recursos de hardware e software. A Figura 8 ilustra o controlador lógico programável Clic02 e a Figura 9 o cabo de comunicação.



Figura 8: Controlador Lógico Programável Clic02
Fonte: Weg



Figura 9: Cabo de Programação Clic02
Fonte: Weg

O Clic02 possui duas opções de programação, além da tradicional linguagem *ladder*, permite também a inserção de lógicas através de blocos lógicos (FBD).

Este controlador possui características que possibilitam algumas aplicações como: Controle de silos e elevadores, controle de semáforos, automação em caldeiras, sistema de transportes e escalas rolantes e algumas outras.

O Clic02 possibilita uma flexibilidade na configuração em rede de alta velocidade atendendo as necessidades de aplicações em processos de automação.

As principais características do controlador lógico programável Clic02 são:

- Não possui entrada analógica;
- 8 entradas digitais;
- 4 saídas digitais a relé;
- Possui relógio de tempo real;
- Programação em Ladder;
- 100-240Vac de alimentação;

Este controlador lógico programável é comercializado a um custo de R\$ 480,00 e o cabo de comunicação custa R\$ 220,00.

7.4 Mini Controlador Lógico Programável

O Mini Controlador Lógico Programável que foi desenvolvido neste trabalho de conclusão de curso poderá ser utilizado em várias aplicações de automação como controle de portões, sistema de alarmes e principalmente para automações residenciais em geral.

Principais características do Mini Controlador lógico programável:

- 8 entradas digitais;
- 4 saídas a relé, 1NA+1NF, 240 V máx e 15 A I máx;
- Programação será efetuada em linguagem“C”;
- 5V de tensão de alimentação;

O Mini Controlador também contará com uma interface USB de programação para que aumente a flexibilidade do usuário na inserção de sua lógica.

A lógica nada mais é que a programação do firmware de controle e foi feita por opção em linguagem C.

A linguagem de programação C segundo (SCHILDT, 1996), é o resultado de um processo de desenvolvimento que começou com uma linguagem mais antiga, chamada de BCPL e foi desenvolvida por Martin Richards e originou a partir dela a linguagem B que levou na década de 70 ao desenvolvimento da linguagem C.

De acordo com Schildt (1996), C é uma linguagem de nível médio, pois permite a manipulação de bits, bytes e enderços. Ainda de acordo com Schildt (1996), a linguagem C pode ser considerada uma linguagem estruturada, que permite a compartimentalização do código e dos dados e diversas possibilidades de programação.

7.5 Ambiente

Como um dos objetivos é a criação de um programa para o funcionamento do Mini PLC e a linguagem escolhida foi o “C”, então foi escolhido o compilador MikroC que possui a biblioteca de programação do PIC escolhido. Este compilador é da empresa Mikroelektronika, é um compilador de fácil aplicação e possui versão estudantil que possibilita criação de programas sem custo de aquisição. A Figura 10 mostra a interface do ambiente.



Figura 10: Interface MikroC
Fonte: Autoria própria

Na Figura 11 será mostrada a interface com o programa inserido e compilado.

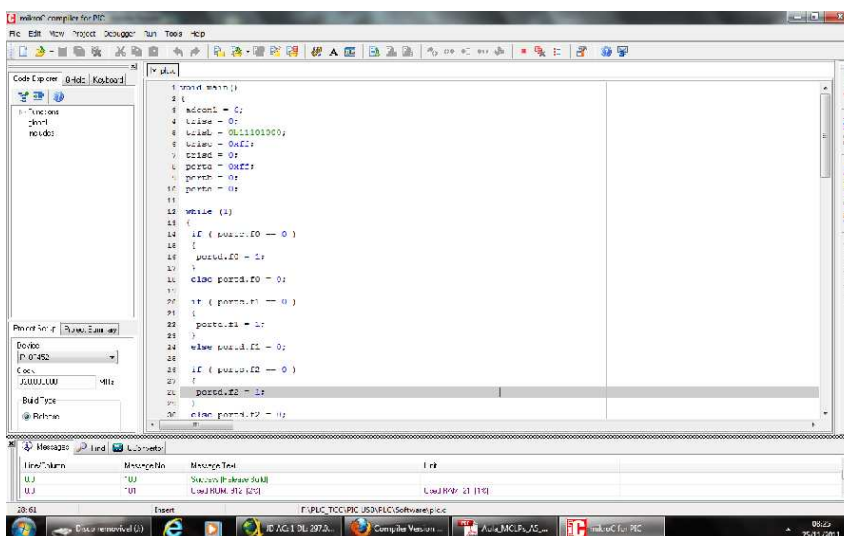


Figura 11: Interface MikroC
Fonte: Autoria Própria

8 Desenvolvimento

8.1 Especificação Técnica

Neste capítulo será apresentado o diagrama em blocos do sistema proposto, bem como a descrição funcional de cada bloco que o compõe e as interfaces de comunicação entre os blocos com o objetivo de facilitar a compreensão do sistema como um todo.

8.1.1 Diagrama em Blocos do Sistema Proposto

Como foi mencionado, o sistema proposto foi dividido em blocos para facilitar o entendimento como um todo. A Figura 12 ilustra o diagrama em blocos do sistema proposto.

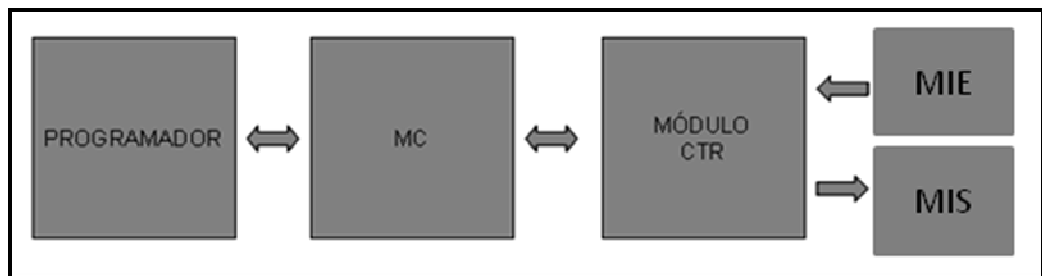


Figura 12: Diagrama em Blocos do Sistema Proposto
Fonte: Autoria própria

- Programador: computador com interface USB;
- MC: módulo de comunicação;
- Módulo CTR: circuito principal com PIC 18F452;
- MIE: módulo de interface de entrada;
- MIS: módulo de interface de saída;

8.1.1.1 Descrição funcional dos blocos

Nesta seção serão descritos as principais funcionalidades dos diferentes blocos que compõem este projeto.

8.1.1.2 Bloco 1 – Microcomputador

Para a programação do Mini Controlador Lógico Programável é necessário qualquer microcomputador que contenha comunicação I2C, devido ao protocolo de comunicação USB que será utilizado para a comunicação.

Por meio da interface USB, o programa desejado pode ser descarregado no mini PLC. O programa poderá ser feito em qualquer software de programação que após compilar o programa gere um arquivo com biblioteca de funções do PIC. No programa que ficará rodando foi utilizado o MicroC da empresa MicroEletronika. Para a transmissão dos dados foi utilizada a interface PICkit 2 v2.61.00 da própria Microchip para o microcontrolador executá-la.

8.1.1.3 Bloco 2 – Microcontrolador

Este é o principal bloco do sistema proposto, constituído pelo microcontrolador PIC 18F452. Ele é responsável pelo gerenciamento de outros dispositivos interligados a ele. Ele recebe, processa e envia dados através de um software desenvolvido na linguagem de programação C.

No sistema desenvolvido o microcontrolador tem a função de identificar os dados enviados pelo bloco de entradas e saídas (Figura 12), provenientes de dispositivos externos como sensores, chaves, botoeiras e etc. Com estes dados identificados, o microcontrolador processa as informações das entradas e atualiza as saídas executando uma lógica inserida pelo usuário através de um terminal de programação.

O firmware gravado no microcontrolador faz a varredura dos dados enviados nas portas de entrada e então fará o processamento destes dados conforme a lógica de blocos desenvolvida e enviada para o microcontrolador pelo usuário.

8.1.1.4 Bloco 3 - Entradas e saídas

O bloco 3 é constituído de circuitos de entrada e circuitos de saídas. Esse circuito tem como objetivo isolar o circuito do sistema proposto dos dispositivos externos que estiverem conectados, evitando assim possíveis interferências, protegendo o microcontrolador e ligando e/ou desligando dispositivos externos.

Os dispositivos de entrada acionarão diretamente ao PIC e o acionamento de saída será feito por um drive de proteção das saídas do PIC, ULN2803 ao relé.

O circuito de saída terá apenas a função de entender o sinal enviado pelo microcontrolador e acionar o dispositivo que estiver conectado a saída.

O circuito de entrada por sua vez, terá apenas a função de enviar um sinal lógico para o microcontrolador.

8.2 Projeto

Este capítulo tem o objetivo de apresentar o detalhamento da especificação técnica dos dispositivos empregados, no desenvolvimento do sistema proposto.

8.2.1 Microcontrolador PIC 18F452

No sistema proposto foi usado o microcontrolador PIC 18F452, fabricado pela Microchip Technology Inc.

Existem alguns motivos para a escolha deste microcontrolador. Ele apresenta os protocolos de comunicação serial I2C e SPI necessários para o funcionamento do projeto proposto. Também foi relevante para a escolha do microcontrolador o número de portas configuráveis como entradas ou saídas digitais.

As principais características do microcontrolador PIC 18F452.

- CPU RISC de 35 instruções;
- Clock de até 20MHz (5 milhões de instruções por segundo);
- Até 8k words de memória de programa;
- 368 bytes de memória RAM;
- 256 bytes de memória EEPROM;
- 8k bytes de memória FLASH;
- Comunicação serial;
- 33 pinos de Entrada/Saída.

O PIC 18F452 (Figura 13) é um microcontrolador com 40 pinos, o que possibilita a montagem de um hardware complexo e com diversos recursos. Com 33 pinos que podem funcionar como entradas ou como saídas. Os sinais são digitais, padrão TTL.

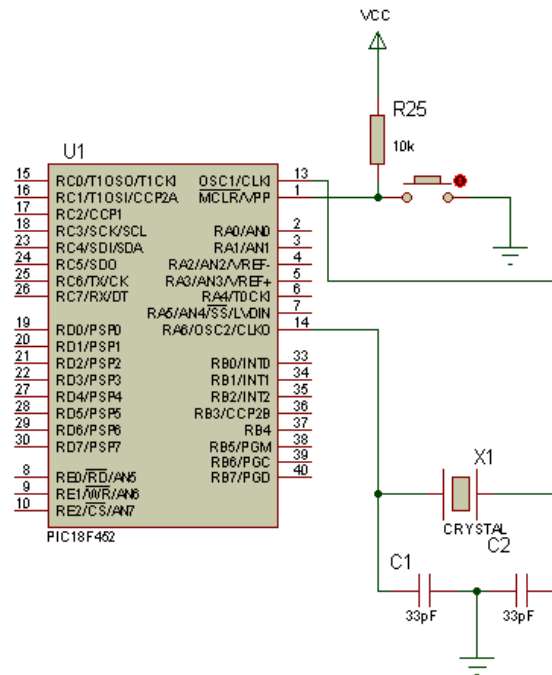


Figura 13: Circuito do PIC18F452 do Sistema Proposto
Fonte: Autoria própria

A escolha do cristal de 20 MHz foi determinada principalmente para uma melhor resposta das I/O. A escolha dos capacitores (C1 e C2) se deram devido a escolha do valor do cristal conforme sugestão do fabricante. Os pinos utilizados para conectar o cristal são:

- Pino 13 (OSC1) utilizado para a entrada do cristal;
- Pino 14 (OSC2) utilizado para a saída do cristal.

8.2.1.1 Circuito de Reset

Para o sistema proposto foi implementado um circuito de reset para facilitar o desenvolvimento do protótipo. O pulso de reset é reconhecido pelo microcontrolador quando um nível lógico baixo é detectado, a partir de uma tensão de 5VCC ligada ao pino 1(MCLR).

A Figura 14 ilustra o circuito de reset para o microcontrolador PIC18F452, conforme sugestão do fabricante.

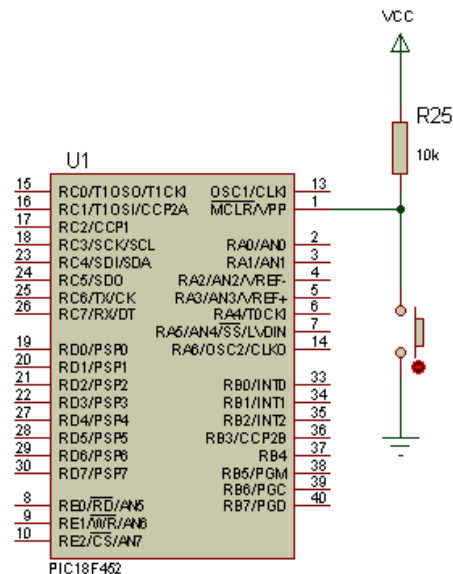


Figura 14: Circuito de Reset para o Microcontrolador
Fonte: Autoria própria

O fabricante também sugere que o resistor (R25) seja maior que $1k\Omega$ e menor que $40k\Omega$ para garantir que a corrente não ultrapasse a especificação elétrica do pino 1 (MCLR). O resistor (R25) da Figura 14 têm a função de evitar que correntes oriundas de outras fontes, como descarga eletrostática, venham a acionar o reset. O *push-button* do circuito é responsável por levar o pino 1(MCLR) para o nível lógico baixo gerando desta forma o pulso de reset no microcontrolador.

8.2.2 Gravador USB PIC

Para o circuito proposto será implementado um gravador via USB genérico da Microchip o qual está disponível na internet sem autor conhecido. O circuito apresentado na figura 15 conta com um microcontrolador 18F2550 o qual possui um código fonte que é compatível com o circuito original, podendo ser atualizado sempre que necessário.

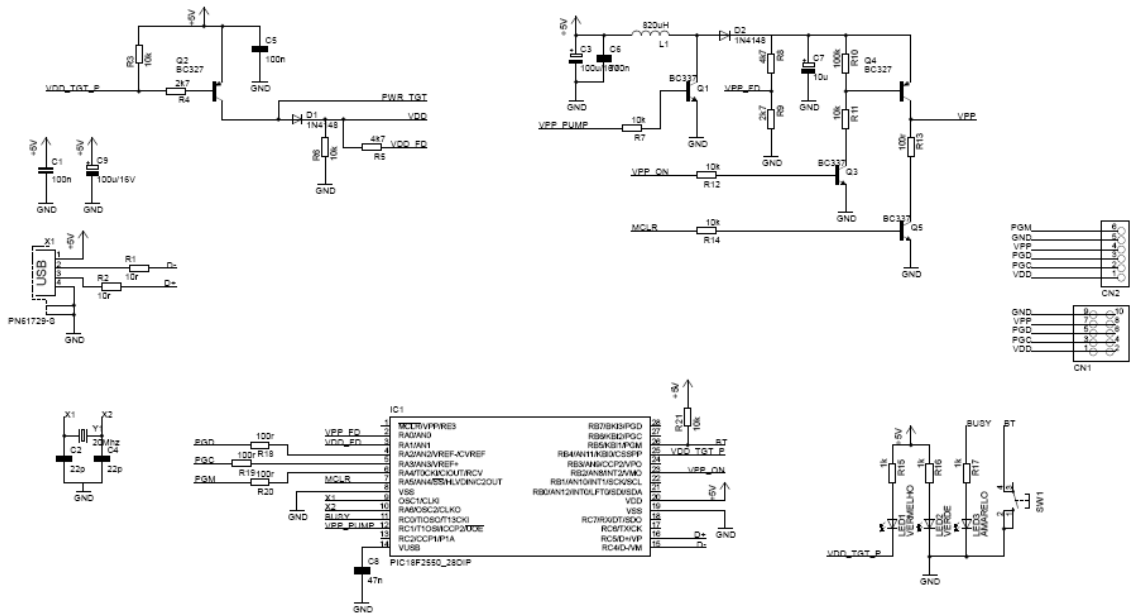


Figura 15: Circuito Gravador USB
 Fonte: Saber Eletrônica

8.2.3 Circuito de entradas

Os circuitos de entradas possuem apenas dois estados possíveis, ligado ou desligado. O Mini Controlador Lógico Programável desenvolvido possuirá oito entradas. A figura 16 ilustra o circuito de entrada. Os leds no circuito proposto tem apenas a função de acender quando da presença de tensão na entrada do circuito, mostrando que a entrada está ativa. Os resistores de 10kΩ tem a função de limitar a corrente para o pino do microcontrolador em 0,5mA.

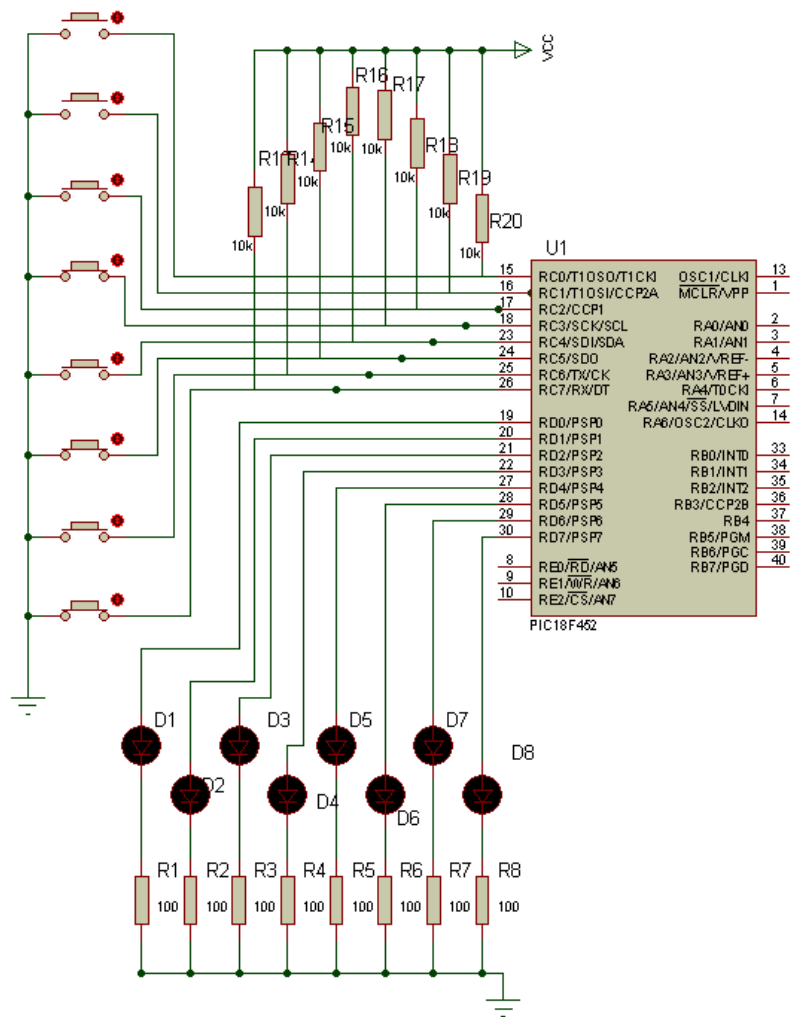


Figura 16: Circuito de entrada
 Fonte: Autoria própria

8.2.4 Circuito de saída

O Mini Controlador Lógico Programável foi composto por quatro saídas a relés reversíveis. Para que o sistema proposto funcione corretamente, foi utilizado um *driver* para não sobrecarregar a saída do PIC. Figura 17 ilustra o circuito de saída.

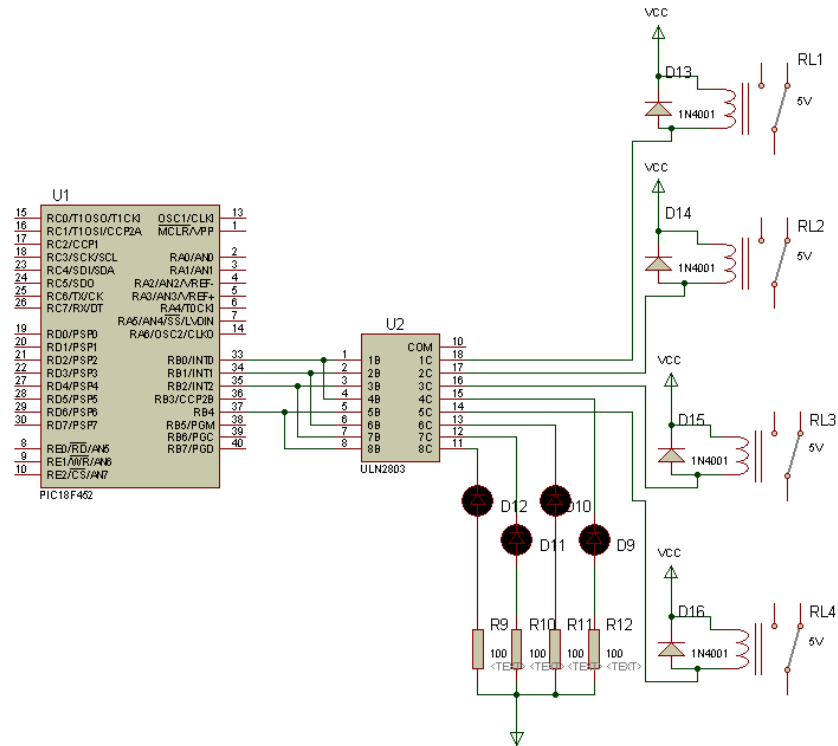


Figura 17: Circuito de saída
 Fonte: Autoria própria

8.2.5 ULN 2803A

O circuito integrado *ULN2803* é um *driver* de potência com transistores *Darlington* (Figura 18).

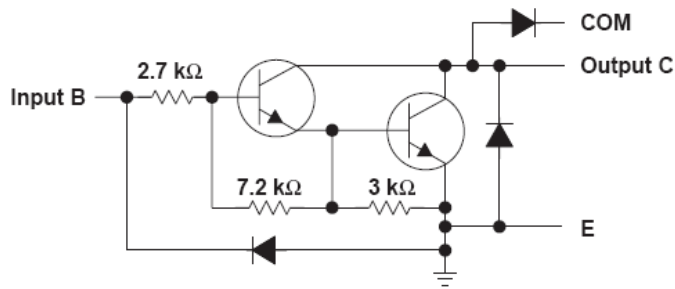


Figura 18: Esquema (cada par Darlington)
 Fonte: Data sheet da Texas Instruments

O ULN2803 dispõe de oito circuitos iguais dispostos no encapsulamento. A figura 19 ilustra o circuito interno.

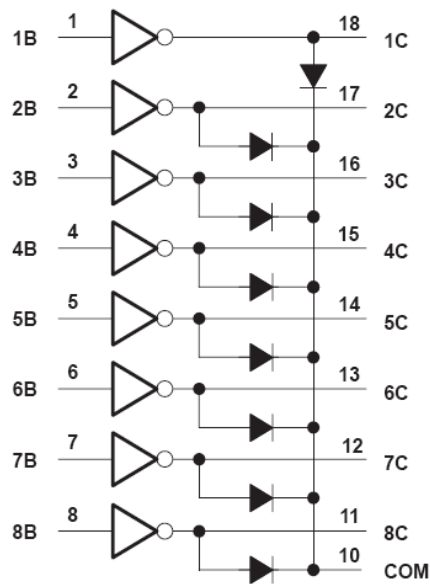


Figura 19: CI ULN2803
 Fonte: Data sheet da Texas Instruments

8.2.6 Relé

Os relês são componentes eletromecânicos capazes de controlar circuitos externos de elevadas correntes a partir de pequenas correntes ou tensões, ou seja, acionando um relê com 5VCC podemos, por exemplo, controlar um motor que esteja ligado em 127VCA. O funcionamento dos relês é simples, quando uma corrente circula pela bobina, esta cria um campo magnético que atrai um ou uma série de contatos fechando ou abrindo circuitos (METALTEX, 2011). Ao cessar a corrente da bobina o campo magnético também cessa, fazendo com que os contatos voltem para a posição original.

Os relês podem ter diversas configurações quanto aos seus contatos. Eles podem ter contatos normalmente aberto (NA) e normalmente fechado (NF), ou ambos, neste caso com um contato comum ou central (C). Os contatos NA são os que estão abertos enquanto a bobina não está energizada e que fecham, quando a bobina recebe corrente. Os NF abrem-se quando a bobina recebe corrente, ao contrário dos NA. O contato central ou C é o comum, ou seja, quando o contato NA fecha, é com o C que se estabelece a condução e o contrário com o NF.

As especificações a seguir são do relé eletromagnético miniatura de potência selado com um contato reversível do fabricante Metaltex que foi utilizado no sistema desenvolvido. O Quadro 1 indica as principais características elétricas da bobina do relé AT1RC1/5VCC.

ESPECIFICAÇÕES DA BOBINA		
CARACTERÍSTICA	VALOR	UNIDADE
Tensão Nominal	5	VCC
Resistência ($\pm 10\%$)	100	Ω
Corrente Nominal	60	mA
Tensão de Atração VCC	$\geq 5,1$	VCC
Tensão de Desoperação	$\geq 0,6$	VCC
Máx. Tensão Contínua	6,6	VCC

Quadro 1: Características Elétrica da Bobina do Relé
Fonte: Metaltex

O Quadro 2 indica as principais características elétricas do contato do relé AT1RC1/5VCC.

ESPECIFICAÇÕES DO CONTATO		
CARACTERÍSTICA	VALOR	UNIDADE
Corrente de comutação máx.	15	A
Tensão de comutação máx.	240/110	VCA/VCC
Corrente de condução máx.	15	A
Resistência de contato inicial máx.	50	$m\Omega$
Vida mecânica	300	Operações/min
Vida elétrica	20	Operações/min
Tempo de operação máx.	10	MS
Tempo de desoperação máx.	5	MS
Material dos contatos		Liga de Prata
Temperatura de operação	-40 à 70	Celcius

Quadro 2: Características Elétricas do Contato do Relé
Fonte: Catálogo da Metaltex do relé ATRC1/5VDC.

8.2.7 Fonte de alimentação

Todos os dispositivos utilizados no sistema necessitam apenas de alimentação de 5VCC, portanto, todos os dispositivos foram alimentados pela mesma fonte de alimentação. Uma fonte 127/240V e 200mA.

8.3 Diagramas e Esquemas

Nesta seção são tratados os detalhes práticos envolvidos na implementação do projeto.

Para o desenvolvimento do protótipo optou-se por construir os circuitos constituintes do projeto de forma individual no protoboard. A montagem dos circuitos em protoboard auxilia a execução de teste para corrigir possíveis falhas, e implementação de melhorias que se façam necessárias.

8.3.1 Lay-out placas

A Figura 20 representa o PCB da placa principal.

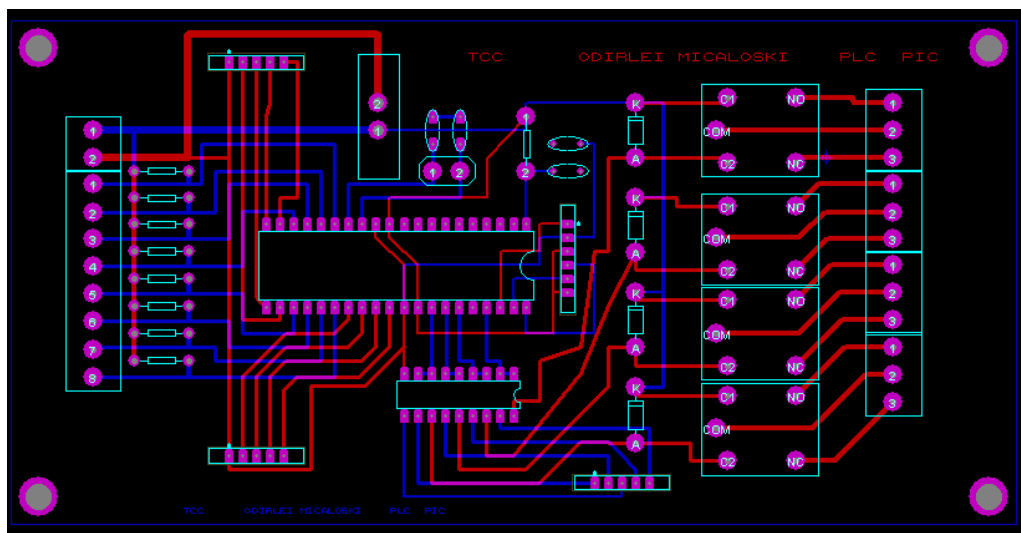


Figura 20: Circuito PCB Proposto Placa Principal
Fonte: Autoria própria

A Figura 21 representa o PCB da placa de indicação de entradas.

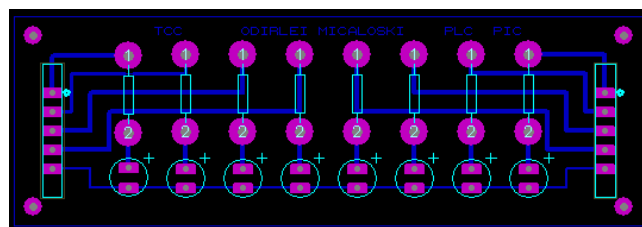


Figura 21: Circuito PCB Proposto Placa Entradas
Fonte: Autoria própria

A Figura 22 representa o PCB da placa de indicação de saídas.

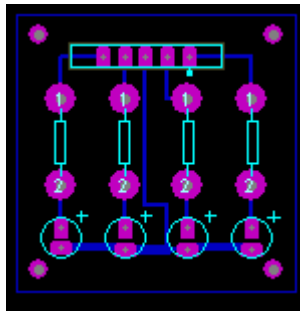


Figura 22: Circuito PCB Proposto Saídas
Fonte: Autoria própria

8.3.2 Descrição montagem do hardware

A placa do circuito principal é dupla face, os componentes ficarão dispostos de forma que a placa de comunicação USB ficara entre as placas de indicação. A figura 23 representa a disposição dos componentes na placa.

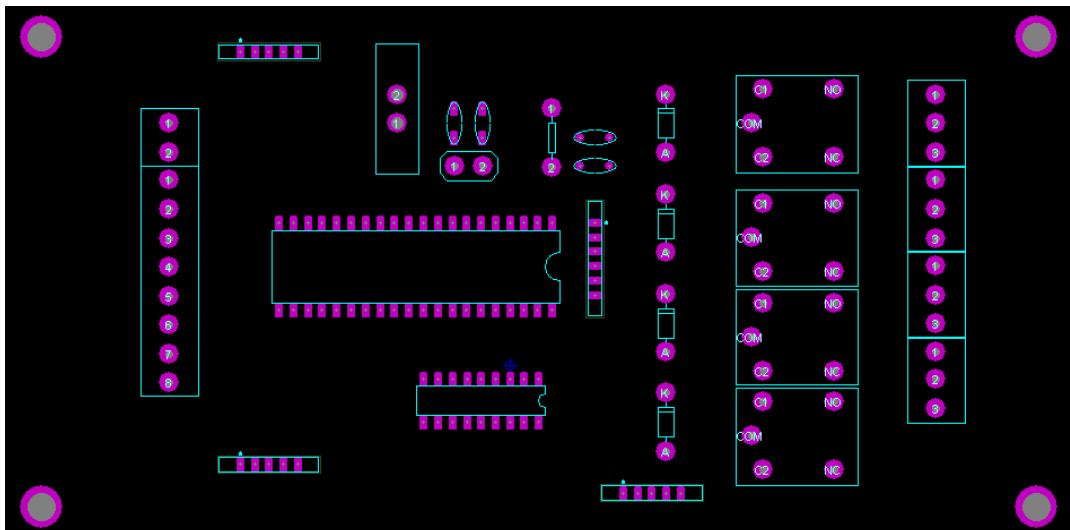


Figura 23: Circuito Disposição Componentes Placa Principal
Fonte: Autoria própria

8.3.2.1 Circuito de saída

O circuito de saída é composto de um *drive ULN2803*, quatro relés e a placa de sinalização de saída (Figura 24) foi disposta próxima aos relés.

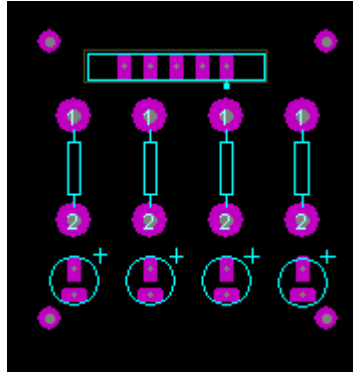


Figura 24: Circuito Disposição Componentes Saídas
Fonte: Autoria própria

8.3.2.2 Circuito de entrada

O circuito de entrada tem resistores de limitação de corrente e a placa de sinalização de entrada (Figura 25) será disposta de forma que ficará próximo aos acionadores de entrada.

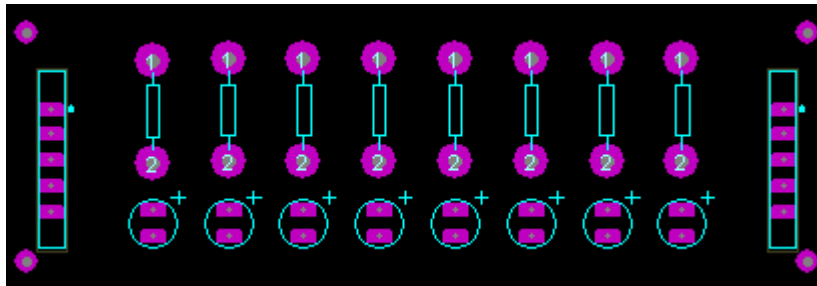


Figura 25: Circuito Disposição Componentes Entradas
Fonte: Autoria própria

8.3.2.3 Conversor USB

A placa do conversor foi disposta sobre o microcontrolador de forma que a gravação tenha a menor caminho possível entre os terminais de gravação do PIC e o gravador, para evitar ruídos na comunicação, (Figura 26).

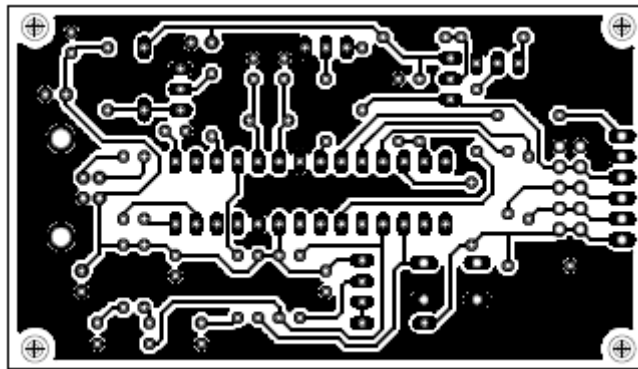


Figura 26: Circuito Disposição Componentes
Fonte: Autoria própria

8.3.3 Circuito MPLC

O esquemático da Figura 27 representa todo o Hardware do MPLC, e a Figura 15 já citada o Hardware do conversor USB.

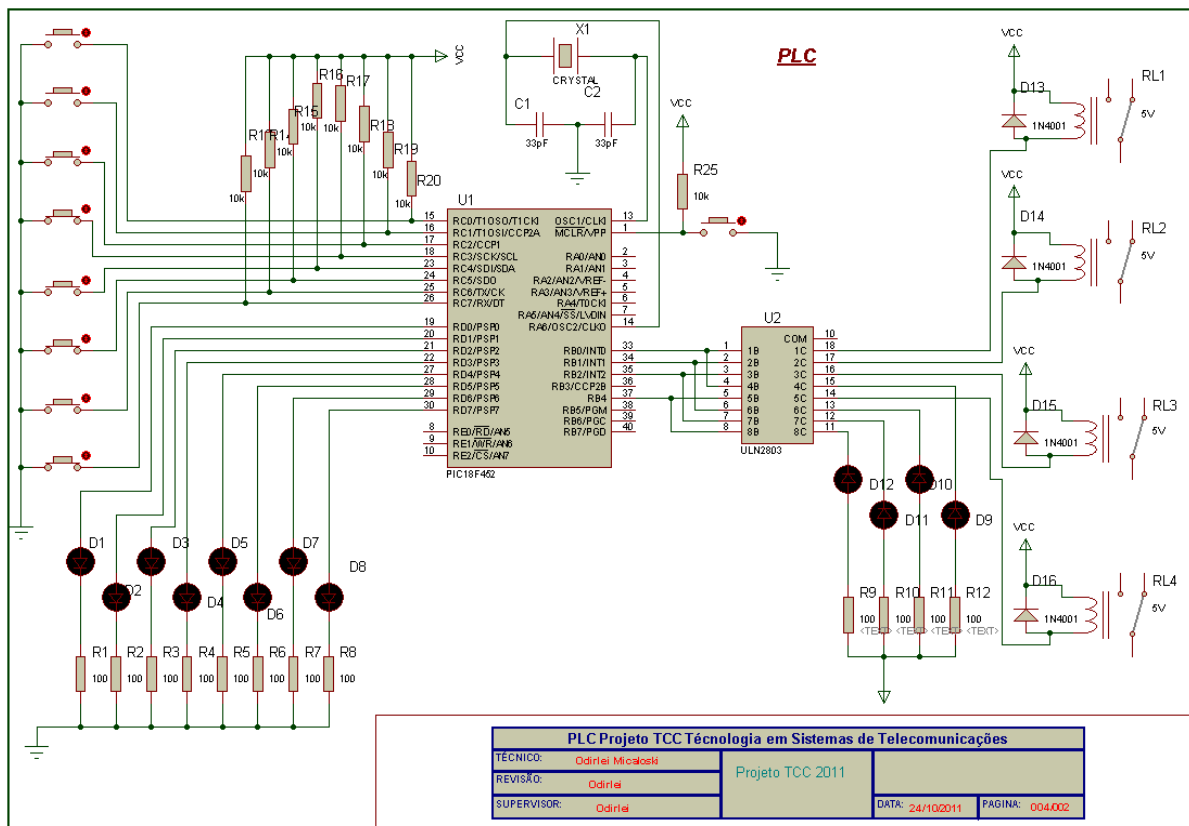


Figura 27: Circuito do Sistema Proposto
Fonte: Autoria própria

9 RESULTADOS

O circuito do sistema está dividido em quatro placas (Figura 28), sendo que a placa de comunicação é ligado por meio de um flat-cable de 6 vias e as outras por barras de pinos. A placa maior contém o circuito principal, a placa central é a placa interface USB e as outras duas placas são de sinalização de entradas e saídas.

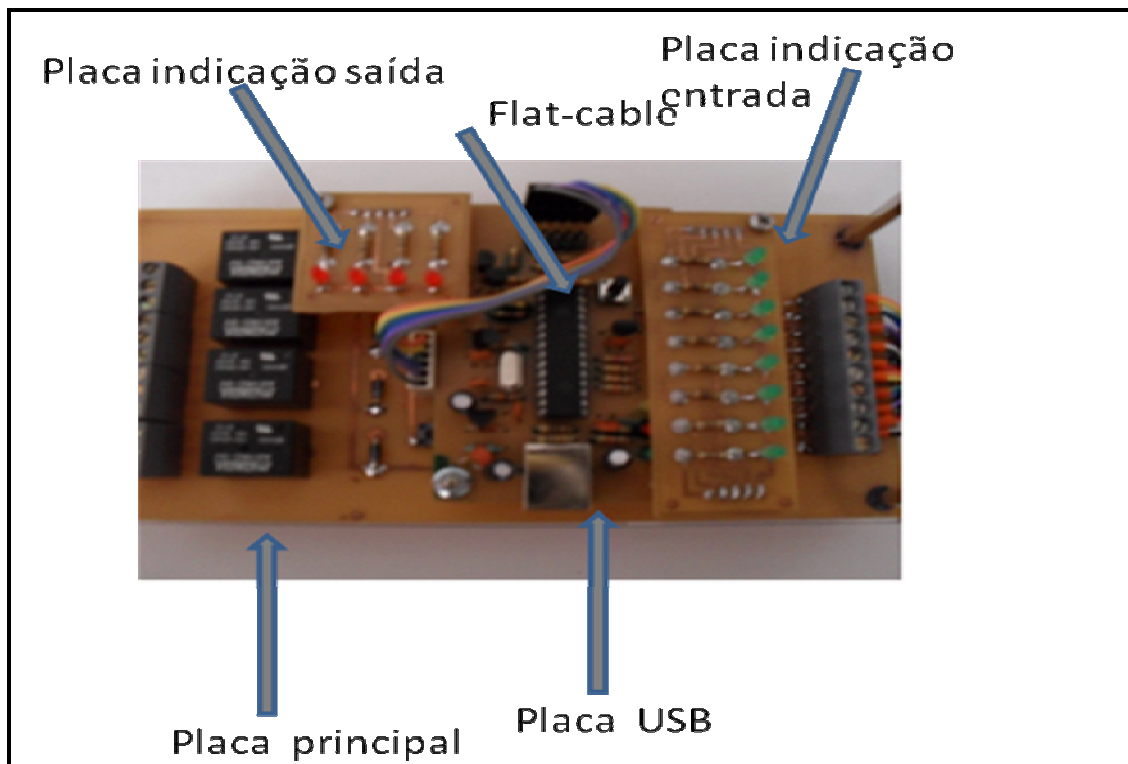


Figura 28: Disposição Modular Placas
Fonte: Autoria própria

Para efetuar o teste de funcionamento foi criado um programa que quando são atuados duas entradas, uma saída é acionada. Para efetuar uma simulação de uma aplicação prática foi definido que as duas primeiras entradas simulariam um sistema de segurança e as duas seguintes seriam um bi-manual para liberação de um motor. As duas próximas entradas atuadas serviram para ligar uma lâmpada 127Vca e as últimas duas para ligar um led de alto brilho. Em todos os testes houve sucesso.

Em primeiro lugar foi efetuado a gravação do microcontrolador 18F2550 que faz parte do circuito da placa conversora USB/I2C, o software gravado foi retirado do próprio site da Microchip.

Na comunicação entre o conversor USB e a placa principal para a gravação do microcontrolador foi efetuado vários testes de troca de sinais e a gravação do microcontrolador.

Foi efetuado testes de clock no microcontrolador da placa principal o qual respondeu de forma satisfatória.

No teste com o motor houve problema de ruído o qual travou a comunicação do PIC 18F452. Nos demais teste de acionamentos de entradas e saídas houve sucesso.

10 Conclusão

Este trabalho teve como objetivo a implementação de um Mini Controlador Lógico Programável com um custo reduzido. Verificamos que devido à pequena quantidade de componentes utilizados foi possível obter um custo mais baixo se comparado aos produtos do mercado.

Desenvolvido com o microcontrolador PIC18F452, o sistema conta com oito entradas e quatro saídas e um adaptador USB que facilita a possível programação utilizando um cabo USB de fácil acesso e baixo custo comparado com os cabos de programação disponíveis no mercado.

Do projeto originalmente proposto seria utilizado para gravação um FT232RL o qual não é de fácil disponibilidade pois na maioria dos fornecedores no Brasil somente foi encontrado com encapsulamento SMD que necessita de equipamentos específicos para a construção da placa conversora. Foram estudados outros CIs e o que mais se aproximou do FT232RL foi PL2303hl da Prolific porém também é SMD, por este motivo foi decidido mudar para o gravador genérico da Microchip.

Para trabalhos futuros fica como sugestão a implementação de uma fonte acoplada ao PLC, sistema de isolamento de ruídos acionamentos de entradas e saídas analógicas uma vez que o microcontrolador suporta este tipo de aplicação e a criação de uma ferramenta de programação de lógica de PLC.

REFERÊNCIAS

COLLINA, D. **Laboratório de Sistemas Microprocessados I** – Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – Curso Técnico de Eletrônica, 2007.

Controlador lógico programável Logo 24°. Disponível em: < http://www.automation.siemens.com/logo/html_76/products/01LOGO/01News/index.html >. Acesso em: 01 de nov. 2011.

Controlador lógico programável Zélio. Disponível em: < <http://www.schneiderelectric.com.br/telemecanique/produtos/ci/zeliologic/conception/modulaire/index.htm> >. Acesso em: 01 nov. 2011.

Controlador lógico programável CLIC02. Disponível em: < http://catalogo.weg.com.br/PES_CAT/detailProduto.asp?ID_MENU=1&cd_produto=232&CD_CATEGORIA_PRODUTO=19&CD_EMPRESA=140 >. Acesso em: 01 nov. 2011.

Conversor TTL-USB. Disponível em: < <http://www2.eletronica.org/projetos/ft232rl-breakout-conversor-ttl-usb> >. Acesso em: 30 out. 2011.

Datasheet do Microcontrolador PIC18F2550. Disponível em: < <http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/microchip/39564b.pdf> >. Acesso em: 05 out. 2011.

METALTEX RELÉ ATRC1/5VDC. Disponível em: < <http://www.metaltex.com.br/downloads/AT.pdf> >. Acesso em: 01 de nov. 2011.

MICROCHIP TECHNOLOGY INC., PIC18452 Data Sheet. USA: Microchip Technology Inc., 2011.

PEREIRA, F. **Microcontroladores PIC: Programação em C.** 5 ed. São Paulo: Editora Érica, 2006;

PIRES, J. Norberto. **Automação Industrial**. 1 ed. Lisboa: Editora ETEP (Edições Técnicas e Profissionais), 2002;

Protocolo de Comunicação I2C. Disponível em:
<<http://www2.eletronica.org/artigos/eletronica-digital/protocolo-de-comunicacaoi2c>>. Acesso em: 25 out. 2011.

SAMPAIO, R. P. Protocolo de Comunicação I2C. **Saber Eletrônica**, nº 399. São Paulo, Abr 2006.

SCHILDT, Herbert. **C Completo e Total** – 3ª edição Revista e Atualizada. São Paulo: Makron Books, 1996.