

Fundação Escola Técnica Liberato Salzano Vieira da Cunha

Curso Técnico de Eletrônica

SCID – Substituidor de Circuitos Integrados Digitais

456 4411 12cl

Alexandre de Almeida Lima

Orientador: Raul F. de Mesquita

Novo Hamburgo, novembro de 2013

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>3</b>
1.1 Apresentação .....	3
1.2 Problema .....	3
1.3 Justificativa .....	4
1.4 Objetivos .....	4
1.4.1 Objetivo geral .....	4
1.4.2 Objetivos específicos .....	4
<b>2 METODOLOGIA .....</b>	<b>5</b>
2.1 Estudo das funcionalidades do microcontrolador .....	5
2.1.1 Temporizadores .....	5
2.1.2 Osciladores .....	5
2.1.3 Comunicação SPI .....	5
2.1.4 Memória EEPROM .....	6
2.2 A comunicação PIC-PIC .....	6
2.3 Circuitos integrados digitais desenvolvidos na pesquisa .....	6
2.4 Função de circuito integrado genérico .....	7
2.5 Placa de comutação .....	7
2.6 Fluxogramas .....	9
2.7 Métodos de análise .....	10
<b>3 RESULTADOS E ANÁLISE DE DADOS .....</b>	<b>10</b>
<b>4 CONCLUSÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>5 REFERÊNCIAS .....</b>	<b>12</b>

# **1 INTRODUÇÃO**

## **1.1 Apresentação**

Em 2013, as apresentações do Trabalho de Conclusão do Curso Técnico de Eletrônica completam sua 18ª edição, e é a segunda em que participo. Somos incentivados à pesquisa desde o primeiro ano de estudo na Fundação Liberato, e é por meio desta que a instituição é amplamente reconhecida não só no país, mas no mundo inteiro. É de conhecimento geral que as pesquisas realizadas na Fundação Liberato nos dão a oportunidade de participações em feiras, prêmios e, claro, aprendizado.

Para o Trabalho de Conclusão, escolhi trabalhar com uma disciplina na qual obtive bons resultados em 2012, a de Sistemas Microprocessados. A ideia surgiu a partir de uma reflexão sobre o segundo ano do Curso de Eletrônica, na matéria de Eletrônica Digital, onde usamos um grande número de circuitos integrados nas atividades práticas da disciplina e estes ocupam grande espaço para armazenar e um pode ser um pouco complicado de organizar, há o risco de alguns dos circuitos integrados não estarem funcionando e, durante as montagens, frequentemente utilizamos um circuito integrado inteiro, que compõe até quatro portas lógicas, para utilizarmos somente uma.

A ideia é utilizar um único microcontrolador para fazer o trabalho de todos estes circuitos integrados, de modo que não seja necessário o conhecimento prévio de programação para utilizar o microcontrolador, somente utilizando um software para selecionar o circuito integrado desejado.

## **1.2 Problema**

É viável utilizar microcontroladores para substituir circuitos integrados digitais da família 74XX (TTL), de forma que estes sejam equivalentes e mais práticos em circuitos eletrônicos, evitando a compra de muitos componentes?

### 1.3 Justificativa

Desde a invenção do transistor de junção em 1950, os circuitos eletrônicos têm se tornado cada vez menores, mais rápidos e mais eficientes. Em março de 1961 foi anunciado, pela *Fairchild*, o primeiro circuito integrado lógico, e em 1972, o primeiro microprocessador.

Atualmente vivemos em um mundo onde esses componentes são indispensáveis, e na Fundação Liberato, onde aprendemos a utilizá-los, o uso dos circuitos integrados digitais é muito grande. O problema é que existem dezenas de circuitos integrados diferentes, o que torna o uso não muito organizado e ocupa grande espaço para armazenamento.

Por esse motivo que a ideia do projeto é criar uma interface que utilize um único circuito integrado, um microcontrolador, para fazer as operações dos circuitos integrados da família 74XX. Um microcontrolador é capaz de substituir um ou vários circuitos integrados digitais, desde que programado corretamente. O projeto poderá ser utilizado, como alternativa genérica, por pessoas que estudam eletrônica, mas ainda não possuem conhecimento em programação de microcontroladores ou para substituição dos circuitos digitais durante testes de circuitos.

### 1.4 Objetivos

#### 1.4.1 Objetivo geral

Utilizar microcontroladores para substituir circuitos integrados digitais da família 74XX (TTL) de forma equivalente e prática em circuitos eletrônicos.

#### 1.4.2 Objetivos específicos

- Desenvolver uma placa para a seleção do circuito integrado desejado, ou então para configurar o microcontrolador para que ele possa realizar mais de uma lógica digital.
- Projetar, testar e montar uma interface PIC-PIC para a comunicação entre os microcontroladores;
- Estudar a viabilidade do projeto, como questões de custo, rapidez do circuito e praticidade.

## 2 METODOLOGIA

A pesquisa se caracteriza como uma pesquisa tecnológica explicativa, sendo experimental e realizada em laboratório através de testes de protótipos e eficiência do circuito. A pesquisa se iniciou em abril de 2013 e terminou em 9 de novembro de 2013.

### 2.1 Estudo das funcionalidades do microcontrolador

O microcontrolador utilizado para substituir os circuitos integrados é o PIC16F690. Durante todo o ano a coleta dos dados para o desenvolvimento do programa do microcontrolador se deu através da Folha de Dados [01] disponível no site da empresa fabricante, a Microchip. As ferramentas que o PIC dispõe foram analisadas conforme a sua importância para o andamento do projeto.

#### 2.1.1 Temporizadores

O PIC16F690 possui três temporizadores, que são registradores incrementados por uma base de tempo definido pelo *clock* do microcontrolador. São eles: Timer 0, Timer 1 e Timer 2.

#### 2.1.2 Osciladores

Para funcionar, o PIC precisa de uma fonte de *clock*, que é um sinal digital com uma frequência específica. A fonte deste sinal pode ser o oscilador interno do microcontrolador ou então uma fonte externa, como um cristal de quartzo, cuja frequência é bastante precisa. Como a ideia do projeto é praticidade, não há por que utilizar uma fonte externa, já que também não é necessária uma fonte de *clock* precisa.

#### 2.1.3 Comunicação SPI

Durante o projeto, observou-se a necessidade de uma forma de comunicação diferente da USART (porta serial), pois no momento de desenvolver a placa para comutação da alimentação, o pino 10 (RB7/TX) foi conectado ao pino GND do microcontrolador. Devido a isso, foi pesquisado

sobre o protocolo de comunicação SPI (Serial Peripheral Interface), que conecta o microcontrolador mestre (que está na placa) ao PIC escravo (que irá substituir os circuitos integrados).

#### 2.1.4 Memória EEPROM

Houve também a necessidade do uso de uma memória não-volátil, já que após ser conectado à placa e se comunicado com o microcontrolador mestre, o PIC16F690 teria que ser desconectado da placa, desligando a alimentação e com isso, qualquer tipo de dado volátil, como a memória RAM (as variáveis), seria apagado.

### 2.2 A comunicação PIC-PIC

No Plano de Pesquisa foi informado que o método de seleção do circuito integrado desejado seria através do computador, porém durante a pesquisa isso mudou devido à praticidade do projeto; não seriam mais necessários vários componentes, mas sim de um computador para a seleção do CI desejado, o que não alteraria a situação. Por isso, a seleção é feita somente utilizando aquilo que seria a interface entre o computador e o PIC.

A placa é composta por um PIC16F886, que contém mais pinos do que o PIC16F690, já que a interface também possui um display LCD de 16 colunas e 2 linhas, 3 botões para a seleção do circuito integrado desejado e um *buzzer* para aviso de comunicação correta, além dos 4 pinos utilizados na comunicação SPI e mais os pinos de alimentação do PIC. O PIC16F886 que fica na placa é o responsável pela comunicação, ou seja, dentro do protocolo SPI, ele é o dispositivo mestre, e o PIC16F690 é o dispositivo escravo.

### 2.3 Circuitos integrados digitais desenvolvidos na pesquisa

Os circuitos digitais desenvolvidos na pesquisa foram, a maioria deles, retirados da lista de materiais necessária para o terceiro ano do Curso Técnico de Eletrônica. São eles: 7400, 7402, 7404, 7408, 7432, 7447, 7474, 7486, 74165, 74191, 74192 e 4027. O circuito integrado 4027 não é TTL, porém é equivalente ao 7473, cujos pinos de alimentação estão em local diferente dos

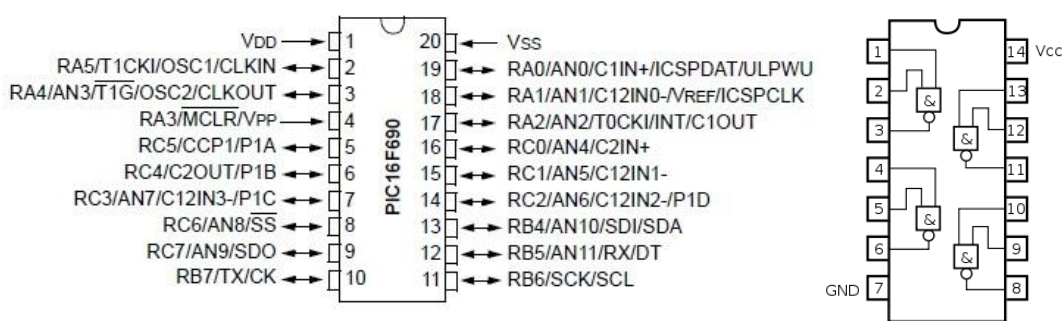
demais circuitos integrados, e como foi feita uma placa para mudar os pinos de alimentação, não era possível desenvolver este componente. Portanto, o circuito integrado “4027” deste projeto contém exatamente os mesmos pinos do original, porém não trabalha com tensões acima de 5 volts.

## 2.4 Função de circuito integrado genérico

Uma das recomendações apontadas na defesa do projeto foi a de utilizar o PIC como um circuito integrado genérico (onde seria possível diversas portas lógicas dentro de um só CI). Para isso, no menu, ao selecionar o item “Selec. Portas”, é possível selecionar 4 portas lógicas diferentes dentro do PIC. São elas: AND, NAND, OR, NOR, XOR, XNOR e NOT.

## 2.5 Placa de comutação

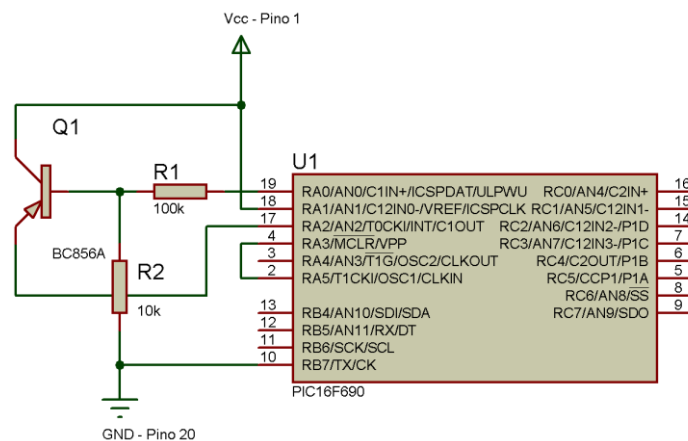
A placa pequena que é utilizada junto com o PIC16F690 serve para trocar os pontos de alimentação no PIC. Nos circuitos integrados digitais, o pino que é conectado ao negativo da fonte geralmente é o pino de número 7 ou 8, e o positivo geralmente é o pino 14 ou o 16. No PIC16F690, por sua vez, os pinos 1 e 20 são responsáveis pelo positivo e negativo, respectivamente.



**Figuras 1 e 2 – Exemplo da disposição dos pinos no PIC16F690, à direita, e do circuito integrado 7400, à esquerda.**

Devido ao PIC16F690 ter 20 pinos e os circuitos integrados desenvolvidos terem 14 ou 16 pinos, a localização da alimentação será em

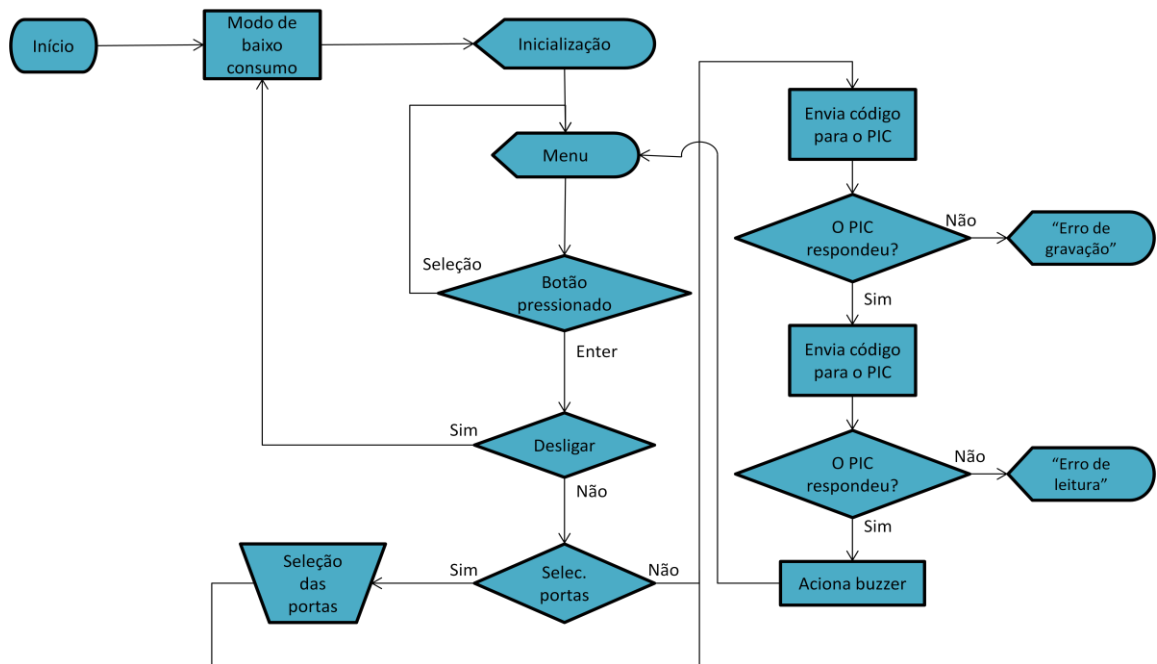
lugares diferentes. O negativo dos CIs digitais ficará sempre no pino 10 (RB7) do microcontrolador, e o positivo irá variar entre os pinos 17 (RA2) e 18 (RA1). No momento em que um circuito integrado de 16 pinos for selecionado, o pino 17 será uma entrada/saída de dados. Caso um CI de 14 pinos for selecionado, o pino 17 será o positivo da fonte de alimentação. Para isso, usou-se um transistor PNP e um dos pinos livre do PIC para fazer essa comutação. Além disso, como o pino 10 será sempre ligado ao negativo, ele será conectado, através da placa, ao GND do PIC16F690. Outra modificação é sobre os pinos RA3 e RA5, já que o pino RA3 é somente entrada e o pino RA5 não está sendo utilizado, eles também serão conectados pela placa, para que o pino 4 possa ser entrada/saída de dados.



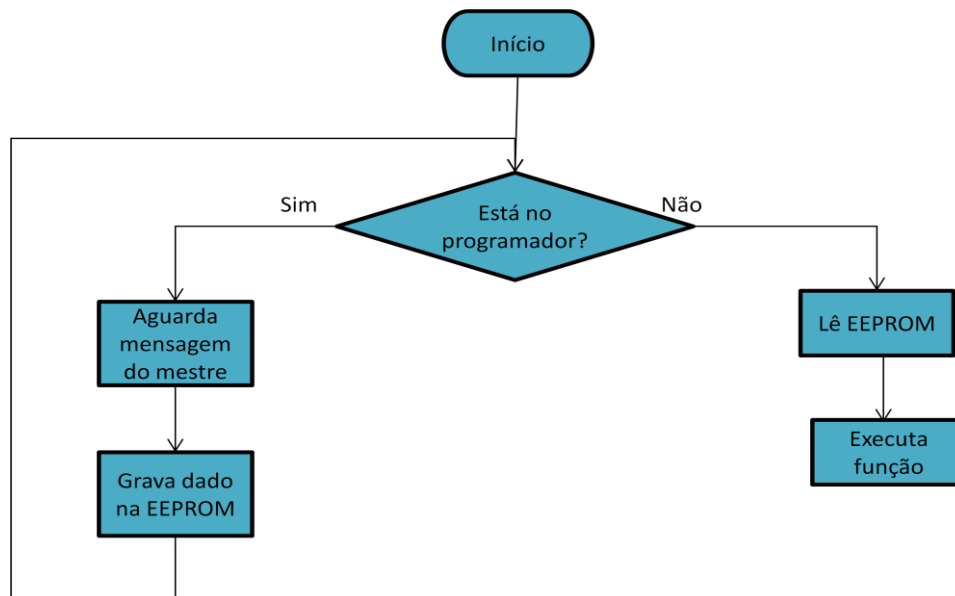
**Figura 3 – Esquema da placa de comutação.**



## 2.6 Fluxogramas



**Figura 4 – Fluxograma representando o programa do PIC16F886 (mestre).**



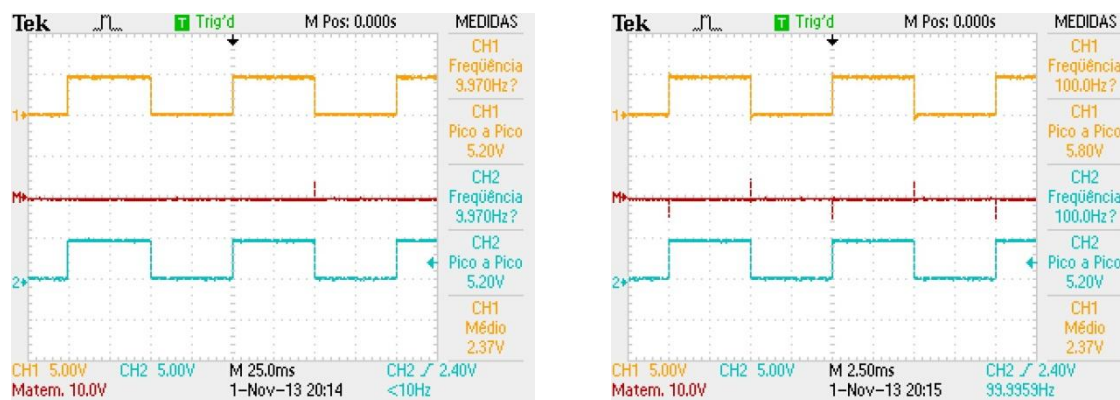
**Figura 6 – Fluxograma representando o programa do PIC16F690 (escravo).**

## 2.7 Métodos de análise

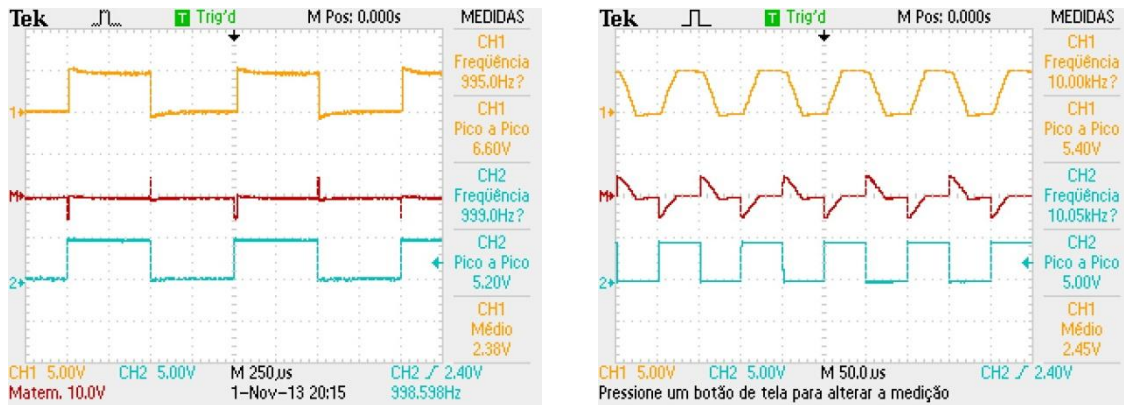
As análises foram feitas por comparação, em laboratório, entre o circuito integrado original e o PIC16F690 programado para substituir eles. Usou-se um osciloscópio digital e um gerador de funções. As análises foram feitas com o sinal de entrada de 10Hz, 100Hz e 1kHz. A partir dos 10kHz o sinal de saída produzido pelo microcontrolador apresentava alta defasagem em relação ao de entrada (devido ao tempo de processamento do programa).

## 3 RESULTADOS E ANÁLISE DE DADOS

Após o programa ter sido desenvolvido, foram feitos os testes em laboratório para comprovar a funcionalidade do circuito. Primeiramente foi analisado se o PIC16F690 estava executando o programa capaz de substituir os circuitos integrados (verificando se o programa realmente fazia o que o circuito integrado faz). Depois disso, foi feita a comparação do CI original com o PIC programado para substituí-lo. Alguns dos testes são apresentados abaixo (todos eles se encontram no CD entregue com o relatório):

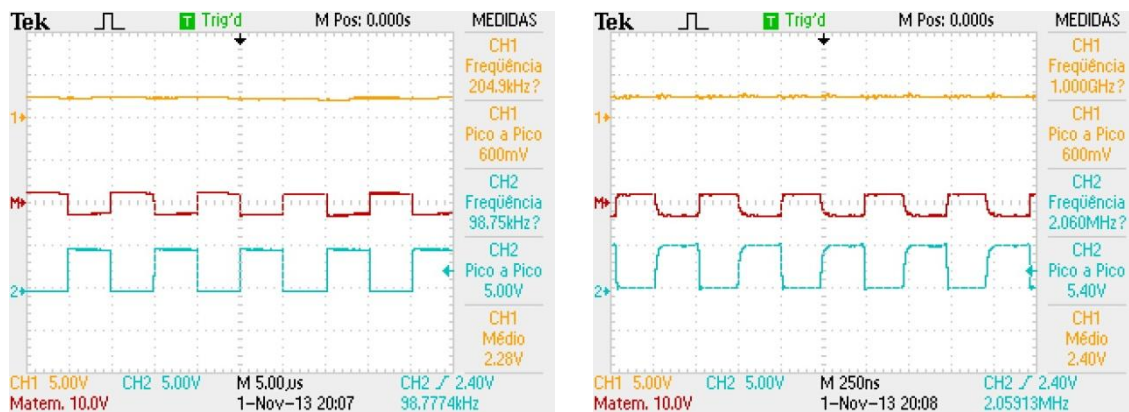


**Figuras 7 e 8 – Sinal de saída do PIC16F90 (1) e do CI 7408 (2). O sinal M representa a diferença entre os dois sinais. À direita: 10Hz. À esquerda: 100Hz.**



**Figuras 9 e 10 – Sinal de saída do PIC16F90 (1) e do CI 7408 (2). O sinal M representa a diferença entre os dois sinais. À direita: 1kHz. À esquerda: a média do sinal de 10kHz.**

Como podemos observar, apesar de os sinais serem iguais a baixa frequência, conforme a frequência do sinal aumenta, a taxa de erro também é maior.



**Figuras 11 e 12 – Sinal de saída do PIC16F90 (1) e do CI 7400 (2). O sinal M representa a diferença entre os dois sinais. À direita: 200kHz. À esquerda: 2MHz.**

Ou seja, acima de 10kHz o sinal apresenta defeitos. Podemos ver que aos 200kHz não há mais sinal de saída no PIC, e aos 2MHz, frequência máxima do gerador, o circuito integrado original apresenta uma pequena deformação.

## 4 CONCLUSÃO

O objetivo principal da pesquisa era utilizar microcontroladores para substituir circuitos integrados digitais, o que pode se confirmar através dos testes práticos.

Os objetivos apresentados pelo Plano de Pesquisa foram suficientemente atingidos. Como pudemos observar nos resultados, o projeto não trabalha em grandes frequências, porém a maioria desses circuitos integrados não são usados em altas frequências (exceto as portas lógicas).

Acredito que com o uso de microcontroladores com uma taxa de clock maior seja possível melhorar os resultados, de forma que possa se aproximar aos circuitos integrados originais. Sabe-se da utilidade de um microcontrolador, e que é sim capaz de substituir vários circuitos integrados.

A pesquisa pode auxiliar alunos, não só da Fundação Liberato como também de outras escolas, no uso didático dos circuitos integrados digitais. A pesquisa também contribuiu para meu aprendizado, já que, como dito no início no projeto, gosto muito da disciplina de Sistemas Microprocessados.

## 5 REFERÊNCIAS

**Datasheet do PIC16F690.** Disponível em:  
<<http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/41262E.pdf>> Acesso em:  
09 nov 2013.

**Datasheet do PIC16F886.** Disponível em:  
<<http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/41291G.pdf>> Acesso em:  
09 nov 2013.

**FAMÍLIA DE CIs 74XXX.** Disponível em:  
<<http://www2.eletronica.org/projetos/informacoes-uteis/familia-de-cis-74xxx/>>  
Acesso em: 12 abril 2013.

IDOETA, Ivan Valeije; CAPUANO, Francisco Gabriel. **Elementos de Eletrônica Digital**. 35. ed. São Paulo: Érica, 2003.

MARTINO, Prof. Dr. João Antonio Martino. **Por Dentro do Circuito Integrado.** Disponível em: <http://www.lps.usp.br/lps/arquivos/conteudo/grad/dwnld/integrado.pdf> Acesso em: 12 abril 2013.

PEREIRA, Fábio. **Microcontroladores PIC: Programação em C.** 2. ed. São Paulo: Érica, 2003.