

UNIVERSIDADE SÃO FRANCISCO

Curso de Engenharia Elétrica

**ELTON SOARES DE SOUZA**

**CONTROLE DE SISTEMA HIDROPÔNICO UTILIZANDO A  
TÉCNICA DE FLUXO LAMINAR DE NUTRIENTES**

Itatiba  
2010

**ELTON SOARES DE SOUZA RA 002200700641**

**CONTROLE DE SISTEMA HIDROPÔNICO UTILIZANDO A  
TÉCNICA DE FLUXO LAMINAR DE NUTRIENTES**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Elétrica - Universidade São Francisco, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: André Renato Bakalereskis

Itatiba  
2010

**ELTON SOARES DE SOUZA RA 002200700641**

**CONTROLE DE SISTEMA HIDROPÔNICO UTILIZANDO A  
TÉCNICA DE FLUXO LAMINAR DE NUTRIENTES**

Monografia aprovada pelo Programa de Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade São Francisco como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica.

**Data de aprovação:** \_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

**Banca Examinadora:**

---

**Prof. André Renato Bakalereskis (Orientador)**

**Universidade São Francisco**

---

**Prof. Renato Franco de Camargo**

**(Examinador /Coordenador do curso de Engenharia elétrica do campus Itatiba/SP)**

**Universidade São Francisco**

---

**André Luis Gasparoti**

**(Convidado externo/ Engenheiro Eletricista CREA 5062828221)**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus pela oportunidade de cursar e concluir o nível superior em país repleto de contrastes, de forma que todo o conhecimento adquirido seja convertido em atitudes para o benefício da minha pátria.

A toda minha família e amigos pelo incentivo e pela paciência ao decorrer do curso, ao meu orientador, André Renato Bakalereskis pelo apoio ao projeto proposto.

"A cultura forma sábios; a educação, homens."

(Louis Bonald 1754-1840)

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE ABREVIATURAS.....</b>	<b>iii</b>
<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>iv</b>
<b>LISTA DE TABELAS .....</b>	<b>v</b>
<b>LISTA DE EQUAÇÕES .....</b>	<b>vi</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>7</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>8</b>
<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>9</b>
1. OBJETIVOS.....	10
1.1. Objetivo Geral .....	10
1.2 Metodologia.....	10
1.3 Estrutura do trabalho .....	11
<b>2. CULTIVO HIDROPÔNICO E CULTIVO NO SOLO .....</b>	<b>11</b>
2.1. Características dos vegetais.....	12
2.1.1 Elementos para nutrição da planta .....	13
2.2 Métodos de cultivo hidropônico.....	13
2.3 Parâmetros para avaliação do PH e condutividade elétrica da solução nutritiva..	17
2.3.1 Eletrodo para medição do PH .....	18
2.3.2 Eletrodo para medição da condutividade elétrica .....	19
<b>3. PROJETO.....</b>	<b>11</b>
3.1 Ambiente de desenvolvimento .....	20
3.2 Estudo da arquitetura da família de microcontroladores 16F87X.....	22
3.2.1 Estudo da conversão A/D dos microcontroladores PIC.....	23
3.3 Circuito proposto.....	24
3.3.1 Driver para eletrodos com saída elétrica de corrente 4 a 25mA. ....	29
3.3.1 Simulação da rotina principal com a ferramenta computacional ISIS.....	30

3.3.3	Elaboração da placa de circuito impresso .....	32
3.4	Montagem do circuito .....	35
	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>43</b>
	<b>REFÊRENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>45</b>
	<b>Anexos.....</b>	<b>47</b>

## LISTA DE ABREVIATURAS

TCC	Trabalho de conclusão de curso
USF	Universidade São Francisco
CCS	Custom Computer Services
pH	Termo que expressa a condição acida de um meio
NFT	Nutrient Film Technique
( $\sigma$ )	Condutividade Elétrica
Xmedida	X Condutividade Elétrica Medida
T	Temperatura (°C).
mS/cm	miliSiemens por centímetro
uS/cm	microSiemens por centímetro
Vlv	Variável em volts
Vref	Tensão de referência do microcontrolador
n	numero de bits
Vd	Valor decimal
Vs	Valor da solução
Vp	Valor padrão
Vm	Valor da medida
PCI	Placa de circuito impresso
PVC	Policloreto de vinila

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Cultivo através do sistema pávio	14
Figura 2	Cultivo através do sistema de leito flutuante	14
Figura 3	Cultivo através do sistema de sub-irrigação	15
Figura 4	Cultivo através do sistema de gotejamento	15
Figura 5	Cultivo através do sistema areopônico	16
Figura 6	Funcionamento do sistema de hidráulico NFT	17
Figura 7	Medições com eletrodo padrão e indicador	19
Figura 8	Interface do ambiente de desenvolvimento do PICC CCS versão PWCM	20
Figura 9	Edição do projeto através da opção Project	21
Figura 10	Interface do ambiente de desenvolvimento ISIS versão demo	21
Figura 11	Encapsolamento do microcontrolador PIC 16F877A	23
Figura 12	Configuração interna do Conversor A/D do pic	24
Figura 13	Rotina principal do controle hidropônico NFT	25
Figura 14	Potenciômetro 10k $\Omega$ para simular a entrada de eletrodos ou sondas	27
Figura 15	Circuito integrado LM35	27
Figura 16	Esquema elétrico do controle hidropônico NFT.	28
Figura 17	Driver (hardware) devolvido para amplificação dos sinais elétricos dos eletrodos.	30
Figura 18	Simulando a rotina principal no Pic 16f877A.	31
Figura 19	Configuração da pci através do DRC.	32
Figura 20	Pci principal.	33
Figura 21	Pci Alimentação.	33
Figura 22	Pci driver eletrodo.	34
Figura 23	Protótipo da PCI principal	36
Figura 24	Fonte Chaveada universal.	36
Figura 25	Fonte de alimentação para circuito PCI principal.	37
Figura 26	Entrada digital.	37
Figura 27	Potenciômetros representando entradas analógicas.	38

Figura 28	Seqüência de mensagens disponíveis ao usuário durante a programação até a execução da rotina.	40
Figura 29	Bancada hidropônica.	41
Figura 30	Montagem do circuito na placa de amostra.	42
Figura 31	Protótipo da placa para teste na bancada hidropônica.	42

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Variáveis relevantes no processo.	10
Tabela 2	Lista de matérias para teste da PCI principal.	35
Tabela 3	Algoritmo implementado para execução das rotinas diurna ou noturna.	38
Tabela 4	Algoritmo implementado para execução da rotina de controle de temperatura.	40

## LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1	Intensidade acida de uma solução
Equação 2	Condutividade elétrica
Equação 3	Condutividade elétrica a 25 c
Equação 4	Variável em volts
Equação 5	Valor calculado

## **RESUMO**

Soares, Elton Souza. **Controle de sistema hidropônico utilizando a técnica de fluxo laminar de nutrientes**. Itatiba, 2010. no f. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade São Francisco, Itatiba, 2010.

O trabalho consiste em um controle hidropônico através do uso de microcontrolador no intuito de minimizar a utilização de comandos elétricos convencionais, assim dispondo de um único equipamento para automatização do controle e redução de custos. O cultivo hidropônico trata-se de um importante meio para produção de hortaliças, neste processo o impacto ambiental é inferior aos métodos que utilizam solo. Outro fator primordial é o total controle da água, para isso esse sistema exige um controle e acompanhamento constante. O protótipo proposto auxilia nas rotinas necessárias que variam durante o período diurno e noturno com base no algoritmo desenvolvido para operar com o hardware.

**Palavras-chave:** Hidropônico, Controle, Microcontrolador.

## ABSTRACT

Soares, Elton Souza. **Control of hydroponic system using the technique of laminar flow of nutrient.** Itatiba, 2010 in f. Completion of course work, University San Francisco, Itatiba, 2010.

The work consists of a control through the use of hydroponics in the microcontroller sensed to minimize the use of electric controls, thus offering unique automation equipment to control and reduce costs. The hydroponics this is an important means of production of vegetables, in this case the environmental impact is lower than the other methods that use soil, their primary factor is the total water control for that system that requires constant monitoring and control. The proposed prototype assists in necessary routines that vary during the day and night based on the algorithm designed to operate with hardware.

**Keywords:** Hydroponic, Control, Micronrolador.

# INTRODUÇÃO

Hidropônia ou cultivo hidropônico, significa trabalho com água (hidro= água, ponos=trabalho). Esta técnica de cultivo prioriza obter um ambiente protegido proporcionando condições favoráveis para o desenvolvimento de hortaliças, caracterizado em um contínuo processo de acompanhamento da produção e fornecimento dos nutrientes necessários a cada espécie durante o cultivo.

Devido ao crescente aumento da população mundial, tem-se exigido das produtoras agrícolas novas técnicas de cultivos para suprir a necessidade de alimentos mais resistentes com alto patamar de qualidade, em contrapartida a área necessária para o cultivo de alimentos deve ser expressiva. A tecnologia ainda em muitos casos é precária, levando ao desmatamento sem controle, poluição do solo, desperdício de alimento e principalmente de água.

Este trabalho visa o desenvolvimento de um sistema embarcado, controlado por meio de microcontroladores, amplificadores operacionais e sondas e/ou eletrodos para medição das variáveis disponíveis no processo. Atualmente este tipo de cultivo é controlado através de painéis com a lógica efetuada por elementos elétricos e temporizadores.

## 1. OBJETIVOS

Desenvolver um controle para o sistema de cultivo hidropônico, utilizando-se das interfaces de aquisição de dados e projetando o hardware e algoritmo necessário.

### 1.1 Objetivo Geral

O controle será efetuado através do uso de microcontroladores, componentes que são empregados em diversas áreas devido às configurações disponíveis no mercado. Utilizando-se de variáveis analógicas presentes na aplicação será efetuado o algoritmo para o controle do sistema.

A elaboração do circuito será desenvolvida tendo em vista a possibilidade de tempo hábil para montagem do protótipo proposto.

### 1.2 Metodologia

Através da pesquisa bibliográfica referente ao método hidropônico utilizado, foi determinada a seqüência dos itens que devem ser considerados relevantes e a sua seqüência no controle, tendo em vista o grau influência de cada variável.

Neste trabalho cada etapa do circuito será agregada ao dispositivo de controle, descrevendo sua respectiva função. A seqüência do controle das variáveis está indicada na tabela 1. Variáveis relevantes no processo.

Tabela 1. Variáveis relevantes no processo.

Nível	Variável	Função no sistema NFT
Alto	PH -Condição ácida ou básica	Controle da qualidade da água.
Alto	Temperatura	O PH é medido em função da temperatura e mesma deve ser monitorada em faixa de temperatura ideal.
Alto	Condutividade Elétrica	Controle do nível de nutriente (sais minerais) fornecido à planta.
Alto	Fluxo	A solução nutritiva a ser fornecida em um fluxo periódico contínuo.
Médio	Oxigenação da água	O consumo de oxigênio a ser suprido conforme o fluxo de fornecimento de nutrientes.
Médio	Sistema de indicadores	As variáveis devem ser <u>explícitas</u> em intervalos ou através de indicador para verificação ao operador.
Baixo	Controle do volume de água disponível.	Deve ser corrido para não acarretar na falta de água ao sistema, no sistema convencional inserido uma quantidade extra para suprimir as perdas.

### **1.3. Estrutura do trabalho**

Trabalho desenvolvido em duas partes, a primeira constituída a partir fundamentação teórica descrevendo como se obteve inicio no processo alternativo da cultura hidropônica. A segunda parte será a elaboração de um circuito para controle das variáveis disponíveis no sistema selecionado.

## **2. CULTIVO HIDROPÔNICO E CULTIVO NO SOLO**

O cultivo utilizando o solo ocasiona o desperdício abundante de nutrientes, estes perdidos na área de plantio conseqüentemente acarretando o empobrecimento do solo, assim à necessidade de remanejo é constante da área de plantio, em contrapartida são a melhor opção para o cultivo de alimentos que necessitam de sustentação, é a técnica mais simples, com custos iniciais viáveis e a menor dependência de energia elétrica.

A técnica de cultivo hidropônico não é recente, Resh[1] cita sua utilização nos jardins suspensos da Babilônia, cultivos dos astecas em jardins flutuantes e na China são considerados como os primórdios no cultivo em água.

O cultivo hidropônico trata-se de uma excelente opção para o novos padrões exigidos pelo mercado, Barros[3] cita que a utilização de estufas trata-se de uma revolução, pois permite o plantio durante todo período anual. As pesquisas nesta área contribuem para ampliação da técnica e sua difusão no meio agrícola, abaixo está relacionada as vantagens e desvantagens de um sistema hidropônico.

#### **Vantagens de um sistema hidropônico.**

- Facilidade no manuseio e na colheita, em relação ao mesmo processo quando utilizado solo;
- A área de produção menor;
- Absoluto controle da água;
- Diminuição de uso de agrotóxico;

- Não há remanejamento de cultura, pode-se aproveitar 100% do terreno;
- A produção pode ocorrer durante todo o ano;
- Menor desperdício de água;
- A uniformidade no plantio devido ao controle de nutrientes;
- Menor exposição a riscos climáticos;
- Maior durabilidade;
- Processo mais higiênico e homogêneo;
- Retorno econômico mais rápido.

### **Desvantagens de um sistema hidropônico**

- Custo inicial elevado;
- Rotinas mais regulares;
- É necessária habilidade técnica na área;
- Investimento na mão de obra;
- Resistência de produtores tradicionais;
- Dependência de energia elétrica.

### **2.1 Características dos vegetais**

O cultivo de vegetais em solo ou em água, exige um amplo conhecimento referente à nutrição e ao metabolismo “conjunto de transformações que o alimento sofre no interior do organismo com o fim de renovar as células e fornecer energia” Barros[4], consideramos as condições para contribuir no metabolismo da espécie cultivada como a temperatura, nível de nutrientes, qualidade da água e condutividade elétrica.

### **2.1.1 Elementos para nutrição da planta.**

Cada planta necessita de determinados elementos químicos, estes são nutrientes que devem ser balanceados para o desenvolvimento da vida do vegetal. Entretanto o produtor deve ser atento ao produto que será utilizado no plantio, atualmente possuímos sementes disponíveis no mercado para utilização no sistema hidropônico. O usuário deve verificar o teor dos nutrientes através da medição da condutividade elétrica da água e o PH, termo que expressa a intensidade da condição ácida ou básica de um determinado meio, no nosso caso a água.

Consideramos os elementos essenciais para contribuição no metabolismo da plantas, estes itens são disponíveis como orgânicos e minerais. Os componentes orgânicos como carbono (C), Hidrogênio (H) e Oxigênio (O) provêm do ar e da água, abundantes em nosso sistema, mas, ao contrário destes os elementos minerais são os mais escassos sendo estes responsáveis pela composição da solução nutritiva Barros[4].

Durante o cultivo aplicamos as dosagens de nutrientes específicas a cada espécie, estas informações são adquiridas através dos fornecedores de sementes para cultivo hidropônico, internet, bibliografias entre outros.

## **2.2 Métodos de Cultivo Hidropônico**

O sistema de cultivo hidropônico é constituído pelos sistemas ativo e passivo, no sistema ativo a solução permanece estática, esta não circula no meio, para condução dos nutrientes no meio são utilizados o sistema de pavio, estes são capitados através de alta capilaridade Sholto[2]. No sistema passivo a solução circula no meio através de uma bomba de água, sendo necessário um sistema de oxigenação devido a perdas durante o processo.

Os sistemas ativo e passivo possuem várias metodologias, as mais usuais são Sistema de Pavio, Sistema de Leito Flutuante, Sistema de Sub-Irrigação, Sistema de Gotejamento, Sistema Aeropônico e Sistema NFT.

**Sistema pavio:** Neste sistema passivo, as hortaliças recebem os nutrientes através de um pavio, assim as plantas captam os nutrientes disponíveis pelas raízes através da capilaridade. O sistema pode ser visualizado na figura 1 abaixo:

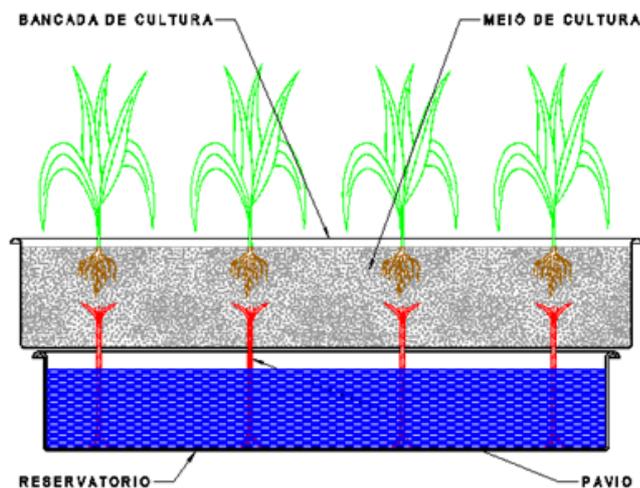


Fig. 1 – Cultivo através do sistema de pavio (Fonte: [www.hydor.eng.br](http://www.hydor.eng.br)).

**Sistema de Leito Flutuante:** Este sistema é considerado passivo, quando o sistema de oxigenação é composto por borbulhamento do ar, caso a oxigenação for executada por meios de injetor de ar, o sistema é considerado ativo. As hortaliças ficam suspensas por meio de plataformas, as raízes podem estar parcialmente ou totalmente imersas na solução. O sistema pode ser visualizado na figura 2 abaixo:

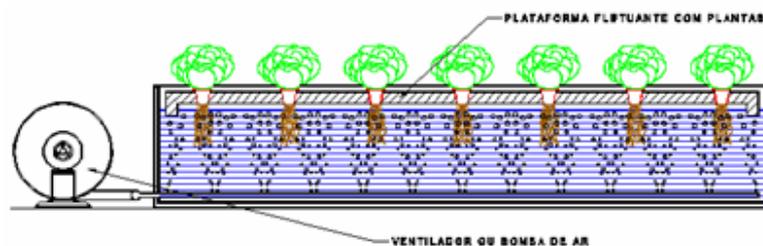


Fig. 2 – Cultivo através do sistema de leito flutuante (Fonte: [www.hydor.eng.br](http://www.hydor.eng.br)).

**Sistema de Sub-Irrigação:** Sistema ativo, por meio de bombeamento da solução nutritiva no recipiente onde está as hortaliças para o cultivo, quando o mesmo está cheio, deve-se esvaziar o recipiente em períodos pré-determinados, assim os nutrientes são fornecidos através deste fluxo sem sobrecarregar a planta. O sistema pode ser visualizado na figura 3 abaixo:

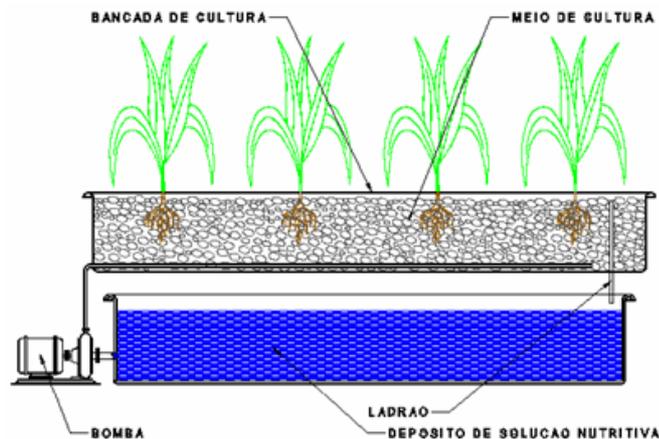


Fig. 3 – Cultivo através do sistema sub-irrigação (Fonte: www.hydor.eng.br).

**Sistema de Gotejamento** : Sistema ativo amplamente utilizado no mundo, a solução nutritiva é aplicada no colo da planta por meio de gotejadores, o bombeamento da solução é controlado por temporizadores. Neste método a solução pode ser perdida no solo ou recuperada para o retorno do ciclo, o que é menos comum pois os custos são mais expressivos. O sistema pode ser visualizado na figura 4 abaixo:

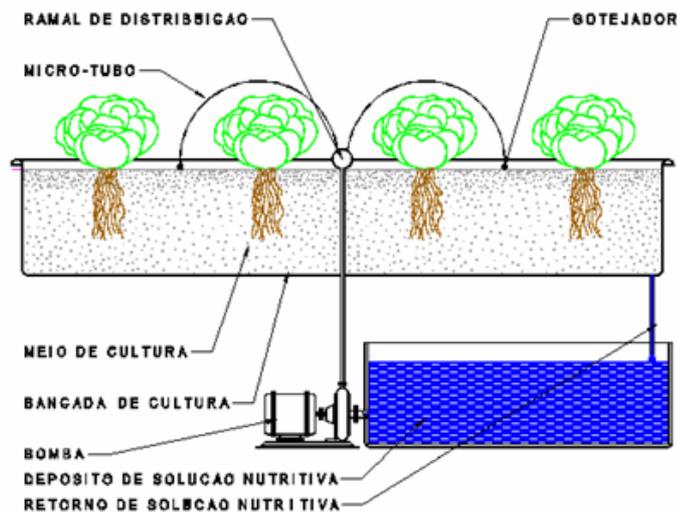


Fig. 4 – Cultivo através do sistema gotejamento (Fonte: www.hydor.eng.br).

**Sistema Aeropônico:** Sistema ativo de cultivo hidropônico que possui a mais alta tecnologia, onde se deve fornecer a solução por meio do ar úmido. As hortaliças estão suspensas e com as raízes em contato direto com o ar úmido, por este meio é aspergida a solução nutritiva como uma nevoa periodicamente, este sistema necessita de maior manutenção em relação aos demais. O sistema pode ser visualizado na figura 5 abaixo:

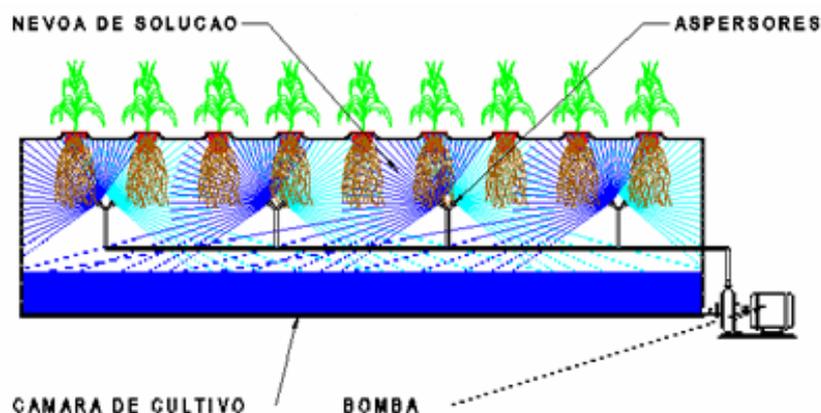


Fig. 5 – Cultivo através do sistema aeropônico (Fonte: [www.hydor.eng.br](http://www.hydor.eng.br)).

**Sistema de plantio hidropônico através da técnica de fluxo laminar de nutrientes:** Sistema de plantio ativo hidropônico através da técnica de fluxo laminar de nutrientes (figura 6) que consiste em fornecer através do fluxo de água, em intervalos temporizados, a solução nutritiva, esta contida em um reservatório Resh[1], freqüentemente instalado em baixo relevo ou mesmo subterrânea, a fim de manter a temperatura de solução mais constante o possível não ultrapassando os 30° C.

A distribuição dos nutrientes é realizada através de tubos de pvc posicionados com declive de 1,5 a 2,5% de onde a solução atravessa, com fluxo constante, formando uma lâmina de água. A distribuição é efetuada através de uma bomba de água instalada no reservatório também controlada através de painéis elétricos e temporizadores, após a distribuição retorna ao reservatório de solução nutritiva.

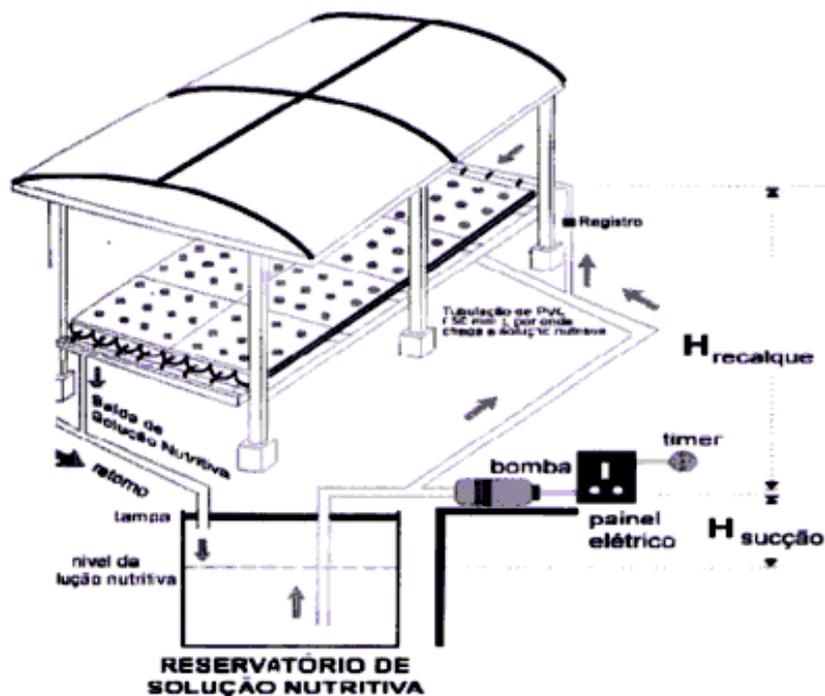


Fig.06 – Funcionamento do Sistema Hidráulico NFT (fonte: [www.portalsaofrancisco.com.br](http://www.portalsaofrancisco.com.br) , Hidroponia).

No caso de erro na composição ou alteração na solução nutritiva os meios para correção são através do balanceamento da solução, caso não seja possível deve interromper o fluxo e fornecer a solução apropriada para não acarretar na perda total da produção. Para acompanhar a qualidade da solução necessária a medição do PH e condutividade elétrica da água.

A quantidade de solução não é fixa, decorrente a perdas pelo efeito de evaporação e decorrente ao suprimento das plantas. Também é necessário um sistema de oxigenação da água, também depreciada conforme a distribuição.

A hidropônia é altamente dependente de energia elétrica, o produtor deve estar atento caso não exista sistemas de emergência para fornecimento de energia elétrica.

### 2.3 Parâmetros para avaliação do pH e condutividade elétrica da solução nutritiva.

O pH é uma medida da intensidade ácida de uma solução Barros[4], fornecido pela atividade do íon hidrogênio( $H^+$ ). Para a avaliação do pH da água são utilizados indicadores ácido-bases, indicadores universais ou eletrométrico, entretanto o ultimo método é considerado o mais preciso

devido a sua metodologia. Esse método consiste na medição da diferença de potencial resultante da variação de concentração de íons H<sup>+</sup> entre a solução interna do eletrodo e a amostra, sendo convertido para a escala de pH, estes resultados são corrigidos conforme a temperatura ambiente.

O modelo matemático Ph é o cologarítmo decimal da concentração efetiva ou atividade dos íons hidrogênio expresso na equação 1.

$$\text{pH} = - \log a_{\text{H}^+} \quad \text{Equação 1.}$$

A **condutividade elétrica** é simplesmente o inverso da resistividade, Barros[4]. Ou seja, quanto maior a resistividade, menor será a condutividade nesse meio, conforme a equação 2 :

$$\sigma = 1/\rho \quad \text{Equação 2.}$$

Essa propriedade varia com a concentração total de substâncias ionizadas dissolvidas na água, com a temperatura, com a mobilidade dos íons, com a valência dos íons e com as concentrações real e relativa de cada íon. Como a solução é composta de sais minerais é possível através da condutividade elétrica acompanhar a disponibilidade de nutrientes as hortaliças.

### 2.3.1 Eletrodo para medição do pH.

A avaliação da qualidade da água é executada através do uso de eletrodos, estes dispositivos operam através do princípio da medição eletrométrico, a partir da determinação da atividade iônica do hidrogênio para obter-se uma resposta elétrica equivalente à unidade desejada.

A aplicação de eletrodos na hidropônia é necessário devido o acompanhamento do pH , termo que expressa a intensidade da condição ácida ou básica de um meio apontado, definido como a concentração efetiva ou atividade dos íons hidrogênio, Cristina[8]. As medições podem ser executadas através de comparativo entre um valor padrão e confrontá-lo com o resultado de alguma

solução (figura 7), através do desvio os dispositivos efetuam os cálculos necessários. Alguns de equipamentos já possuem o dois eletrodos (referência e o indicador) na mesma sonda, assim executam a correção da medição conforme a temperatura ambiente.

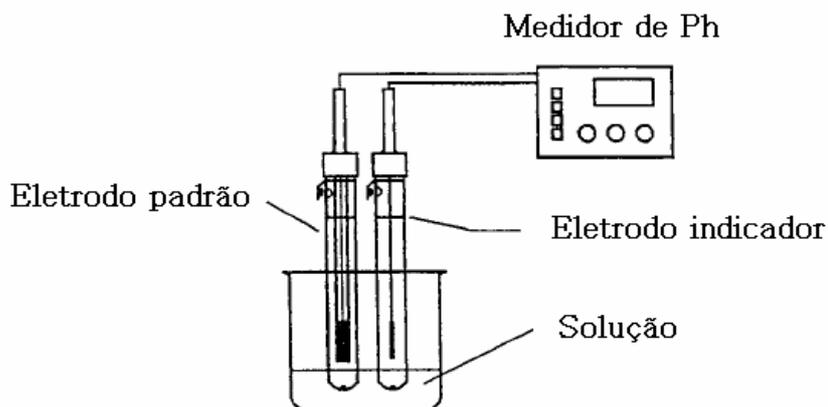


Fig. 7 – Medição com eletrodos padrão e indicador.

Estes dispositivos podem operar com variável de saída em corrente elétrica, geralmente entre 4 a 25mA (mili ampéres) ou tensões contínuas de 0 a 5V, parâmetros devem ser avaliados conforme a especificação do fabricante.

### 2.3.2 Eletrodo para medição da Condutividade elétrica.

Condutividade elétrica é uma medida da capacidade de uma solução de conduzir uma corrente elétrica, Cristina[8]. Essa propriedade varia conforme os nutrientes (sais minerais) dissolvidos na água, a temperatura trata-se de um fator de correção do resultado que deve ser expresso a 25 °C, conforme a equação 3.

$$\text{Condutividade elétrica a } 25 \text{ }^{\circ}\text{C} = \frac{\chi_{\text{medida}}}{1 + 0,019(T - 25)} \quad \text{Equação 3}$$

Condutividade elétrica a 25 °C em Siemens por metro (S/m) ou microSiemens (μS/cm).

onde:

$\chi_{\text{medida}}$  = condutividade elétrica medida

T (°C) = temperatura de medida da condutividade elétrica.

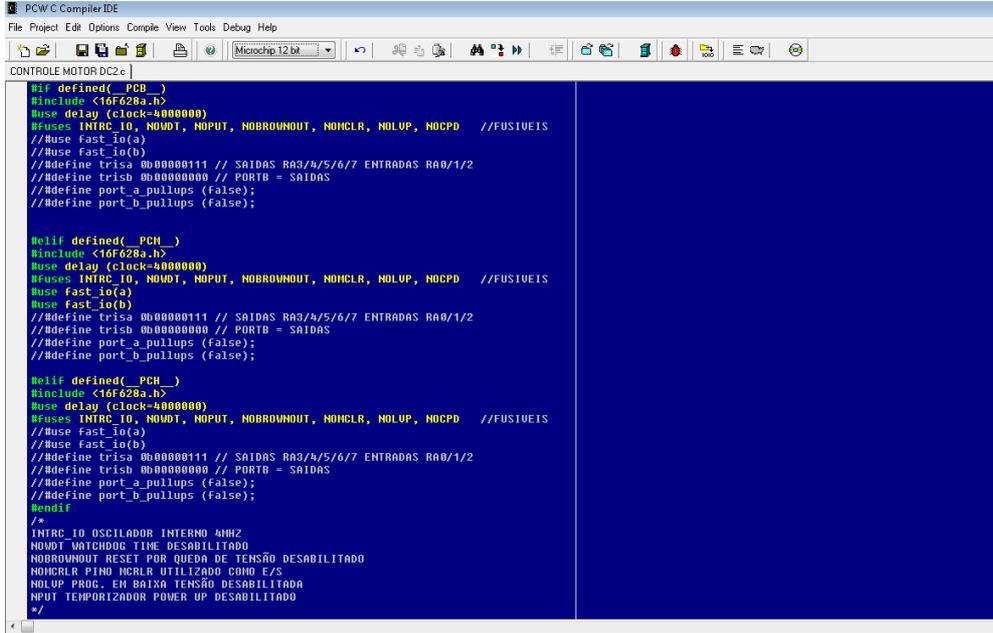
Observação: A amostragem na água utiliza-se geralmente a unidade de miliSiemens por centímetro (mS/cm).

## 3 PROJETO

### 3.1 Ambiente de desenvolvimento:

Para concepção do projeto utilizou-se como plataforma para o desenvolvimento do algoritmo o software PICC CCS [14], através de uma versão demo utilizada para testar o programa na linguagem C. Através do compilador poderemos executar a simulação virtual e posteriormente a gravação dos arquivos no hardware desenvolvido.

O compilador o PICC CCS é fornecido como suporte a varias famílias de microcontroladores da Microchip® [15], sendo este uns dos vários compiladores disponíveis no mercado. A figura 8 destaca a interface do ambiente de desenvolvimento o PICC CCS versão PCW C:



```
PCW C Compiler IDE
File Project Edit Options Compile View Tools Debug Help
Microchip 12 bit
CONTROLE MOTOR DC2.c
//if defined( _PCB_ )
#include <16f628a.h>
//use delay (clock=4000000)
//uses INTRC_IO, NODT, NOPUT, NOBROWNDOUT, NONCLR, NOLUP, NOCPD //FUSIVEIS
//use Fast_io(a)
//use Fast_io(b)
//define trisa 0b00000111 // SAIDAS RA3/4/5/6/7 ENTRADAS RA0/1/2
//define trisb 0b00000000 // PORTB = SAIDAS
//define port_a_pullups (false);
//define port_b_pullups (false);

//if defined( _PCH_ )
#include <16f628a.h>
//use delay (clock=4000000)
//uses INTRC_IO, NODT, NOPUT, NOBROWNDOUT, NONCLR, NOLUP, NOCPD //FUSIVEIS
//use Fast_io(a)
//use Fast_io(b)
//define trisa 0b00000111 // SAIDAS RA3/4/5/6/7 ENTRADAS RA0/1/2
//define trisb 0b00000000 // PORTB = SAIDAS
//define port_a_pullups (false);
//define port_b_pullups (false);

//if defined( _PCH_ )
#include <16f628a.h>
//use delay (clock=4000000)
//uses INTRC_IO, NODT, NOPUT, NOBROWNDOUT, NONCLR, NOLUP, NOCPD //FUSIVEIS
//use Fast_io(c)
//use Fast_io(b)
//define trisa 0b00000111 // SAIDAS RA3/4/5/6/7 ENTRADAS RA0/1/2
//define trisb 0b00000000 // PORTB = SAIDAS
//define port_a_pullups (false);
//define port_b_pullups (false);
#endif
/*
INTRC_IO OSCILADOR INTERNO 4MHz
NODT WATCHDOG TIME DESABILITADO
NOBROWNDOUT RESET POR QUEDA DE TENSÃO DESABILITADO
NONCLR PINO NCLR UTILIZADO COMO E/S
NOLUP PROG. EM BAIXA TENSÃO DESABILITADA
NPUT TEMPORIZADOR POWER UP DESABILITADO
*/
```

Fig.8 - Interface do ambiente de desenvolvimento o PICC CCS versão PCW C

A plataforma de desenvolvimento pode ser configurada manualmente, onde o programador inclui as bibliotecas, fusíveis e os demais parâmetros iniciais ou utilize a opção na barra de ferramentas “Project/New/PicWizard”, as bibliotecas e os fusíveis tornam-se itens selecionáveis, após finalizar a etapa não é necessário declarar no programa em C, ver figura 9.

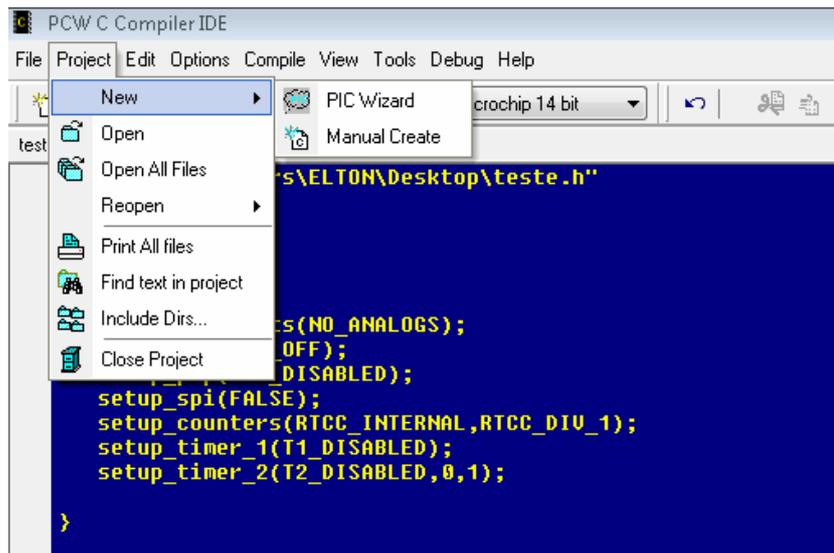


Fig. 9 – Edição do projeto através da opção Project.

A rotina em C compilada gera um arquivo em hexadecimal(.hex) utilizada para gravação no microcontrolador para os testes, empregou-se para a plataforma de desenvolvimento e simulação ISIS [10], um simulador de circuitos disponível na versão demo que possibilita simular o hardware em conjunto com o programa, diminuindo possíveis erros antes da execução dos protótipos.

O ambiente de desenvolvimento no simulador de circuito ISIS [10], versão demo possui uma biblioteca consistente com vários componentes e fabricantes, a interface está disponível na figura 10 abaixo:

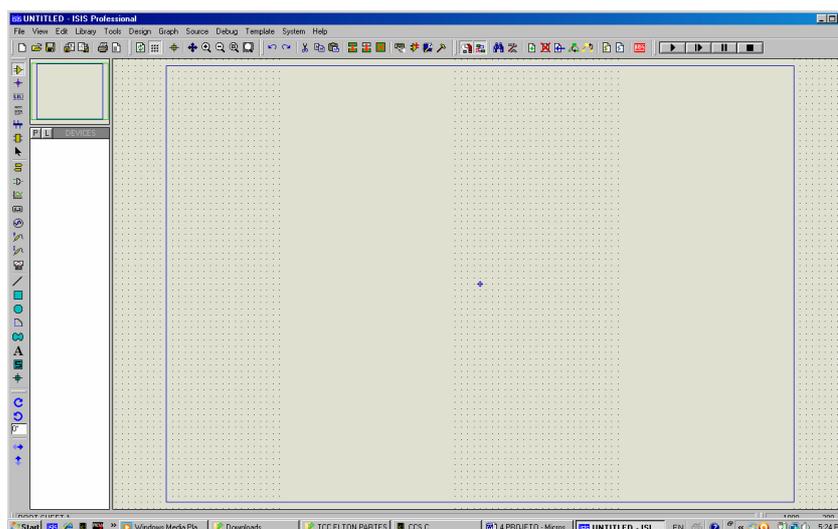


Fig.10 - Interface do ambiente de desenvolvimento ISIS versão demo.

Com uso das duas ferramentas simultâneas possibilitam-se correções e alterações previsíveis, obviamente não são todos os aspectos que podem ser simulados com perfeição e veracidade, mas, para concepção de protótipos onde o tempo e custo para aquisição de componentes são insuficientes o uso de ferramentas para simulação torna-se indispensável.

### **3.2 Estudo da arquitetura da família de microcontroladores 16F87X.**

Os microcontroladores da família 16F de 14 bits abrangem componentes com encapsolamento de 14, 18, 28 e ou 40 pinos, nesta aplicação foi utilizado o PIC16F877A , a utilização de outros componentes é possível pois o projeto pode ser adequado a outros itens devido quantidade de memória utilizada e as portas de entrada e saída envolvidas , através destes componentes foram executados os programas para teste com o hardware proposto e os periféricos. As principais características do microcontrolador são;

- Memória do programa Flash 8k x 14 bits;
- Memória de dados 368 bytes;
- Memória EEPROM 256 bytes;
- Frequência de operação de 20MHz;
- 33 I/O (entradas ou saídas) configuráveis;
- 14 Interrupções;
- 3 timers;
- 2 Modulos CCP (capture/compare/PWM);
- Comunicação serial USART;
- 8 canais de entrada de conversores A/D de 10 bits;

O microcontrolador 16F87A é composto por um total de 40 pinos entre entrada/saída e alimentação o encapsolamento está disponível na figura 11, este pode operar com uma corrente máxima na saída de pino de 25mA, a potencia máxima de dissipação 1.0W com uma alimentação 3.0 a 5.5VCC a temperatura de operação -40°C a +125 °C.

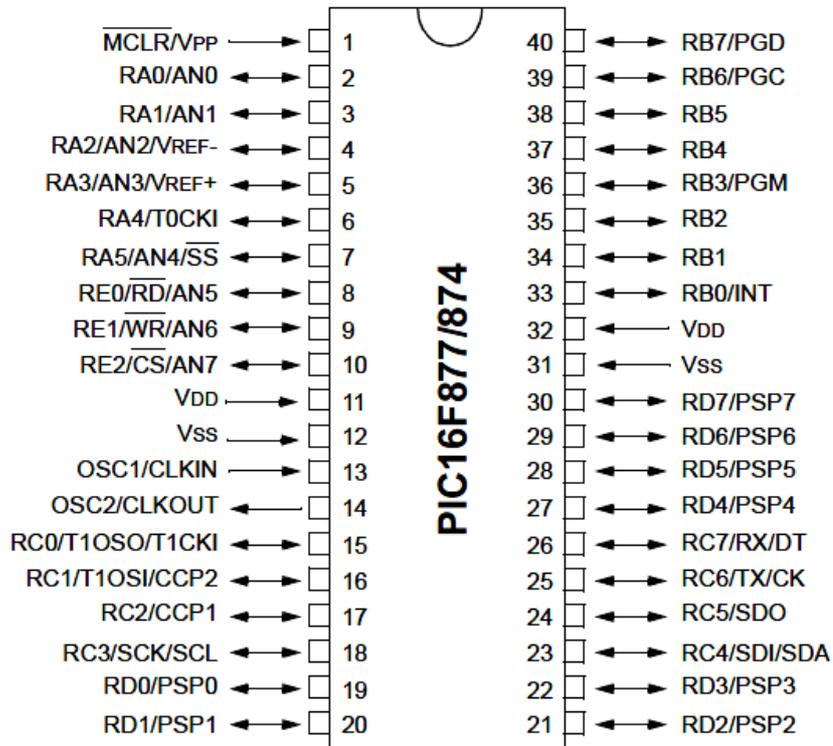


Fig.11 – Encapsolamento microcontrolador PIC 16F87A (Fonte: <http://www.alldatasheet.com/PIC16F87X>, DS30292C-page 1)

### 3.2.1 – Estudo da conversão A/D dos microcontroladores PIC.

O processamento de sinais analógicos dos microcontrolador PIC dispõe de uma resolução máxima de 10 bits com a referência 5 volts, estes sinais são convertidos em variáveis digitais para o processamento, ver a figura 12.

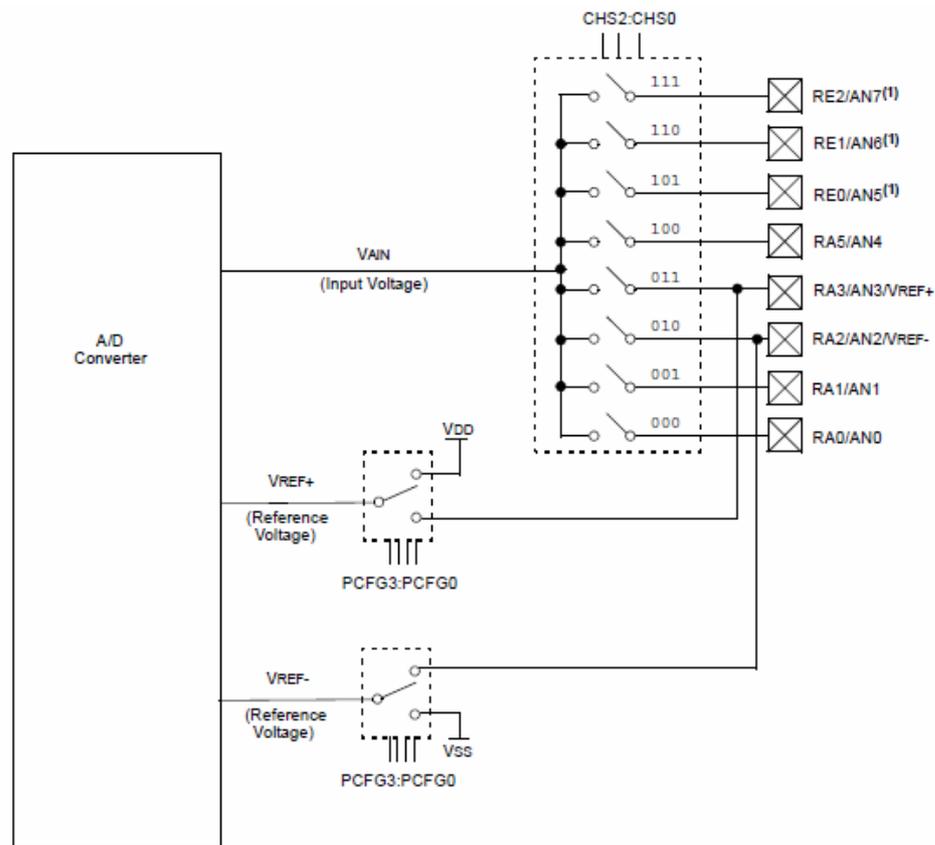


Fig. 12- Configuração interna do conversor A/D no pic. (Fonte: <http://www.alldatasheet.com/> PIC16F87X, DS30292C-page 113)

O sinal é recebido nas entradas analógicas denominadas canal (channel), a variável é armazenada em registradores durante o ciclo do microcontrolador. O cliço da maquina ou clock e determinado através do oscilador disponível, este depende do tipo adotado e a freqüência máxima de oscilação no microcontrolador. Com o ciclo da maquina podemos determinar se o tempo de aquisição dos dados e compatível com o evento envolvendo a variável analógica.

### 3.3 – Circuito proposto

O projeto consiste em um sistema embarcado para o cultivo hidropônico de fluxo laminar de nutrientes, para efetuar o controle foi utilizado microcontroladores da família Microchip®[15], o hardware foi desenvolvido com o intuito de assegurar as condições básicas para o bom desenvolvimento do produto.O fluxograma do sistema de controle está disponível na figura 13 abaixo;

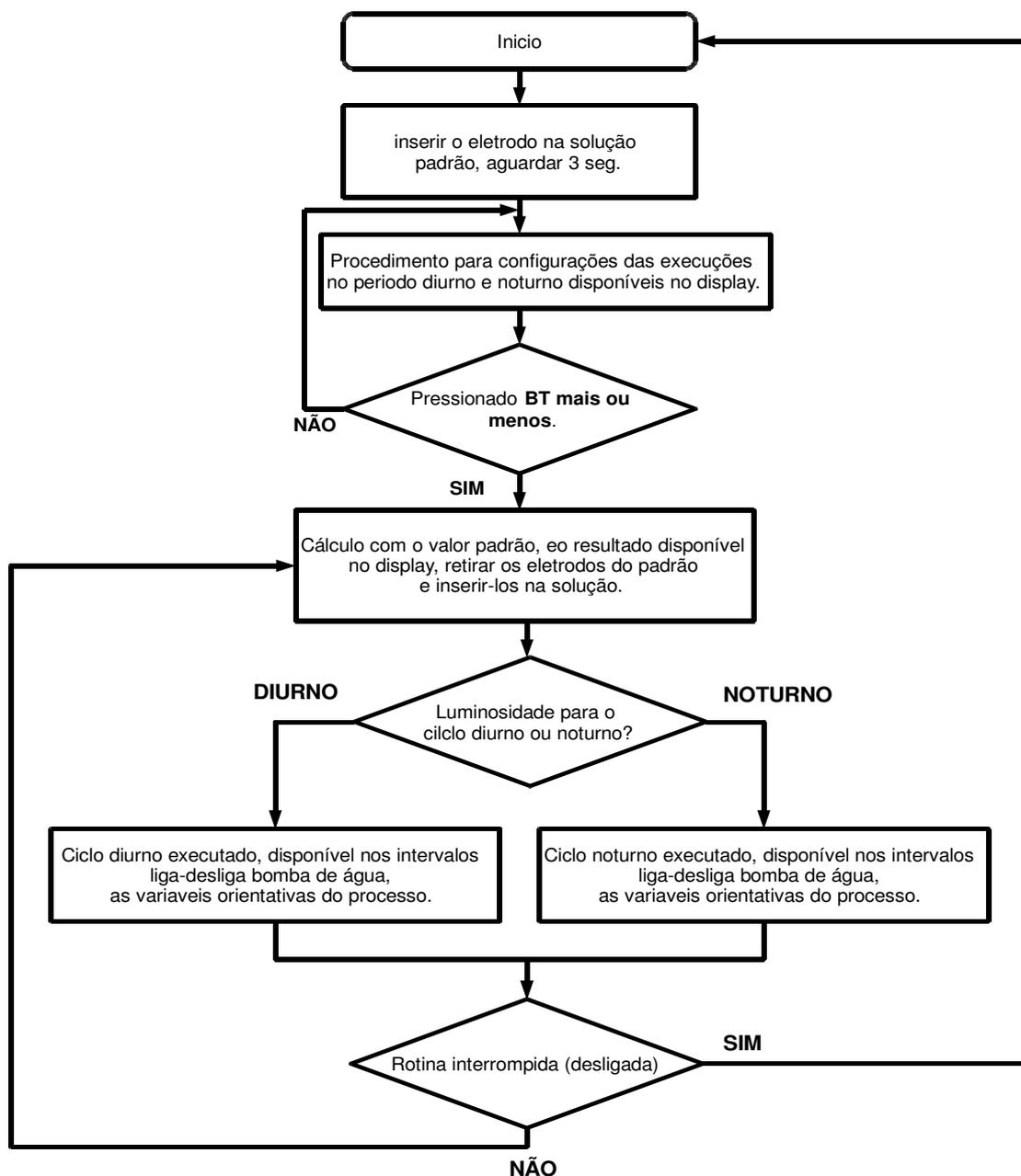


Fig. 13– Rotina principal elaborada para o controle hidropônico NFT.

Para o controle do fluxo diurno e noturno da solução nutritiva disponibilizamos uma saída conectada a relé para controle da bomba de água, esta é acessada através da interface disponível composta de uma rotina de fácil manuseio no qual o usuário deve-se confirmar o ciclo de operação conforme o produto a ser cultivado. Deve ser observado que a saída máxima para bomba de água deve ser 1600VA, no caso da carga exceder o limite, utilize a saída para acionar dispositivos de chaveamento para a carga necessária.

O controle da temperatura é executado através das entradas analógicas disponíveis no microcontrolador, a família 16F da Microchip® de 14,18, 28 e ou 40 pinos utiliza-se de canais analógicos de 10 bits. O protótipo faz uso das entradas analógicas para controle variáveis como temperatura, condutividade elétrica da água e a intensidade da condição ácida ou básica de um determinado meio (pH).

A rotina consiste no método comparativo com os valores padrões e as variáveis envolvidas no processo, através dos desvios obtidos executamos os cálculos e disponibilizamos através do display 16x2 os resultados orientativos para o usuário em intervalos periódicos, entretanto os mesmos não são utilizados para interromper o ciclo da solução nutritiva, pois isso ocasionaria altas perdas no cultivo.

Os eletrodos geralmente possuem a saída elétrica em corrente contínua de 4 a 25mA, estes dispositivos podem ser substituídos por equipamentos com a saída elétrica em tensão contínua, a tensão de referência interna dos microcontroladores é de 5VCC e uma impedância máxima do sinal analógico de 10kΩ, Pereira[6]. A equação[4] descreve o resultado em volts(V) da variável conforme a resolução em bits do microcontrolador;

$$Vlv = (Vref / \{(2^{(n)} - 1) * Vd\}) \quad \text{Equação 4}$$

Onde:

Vlv: Variável em volts;

Vref: Tensão de referência do microcontrolador;

n : Numero de bits;

Vd: Valor do decimal.

Para executar a simulação do eletrodo utilizou-se um circuito equivalente constituído de um potenciômetro de 10kΩ na entrada nos pinos analógicos disponíveis (figura 14).



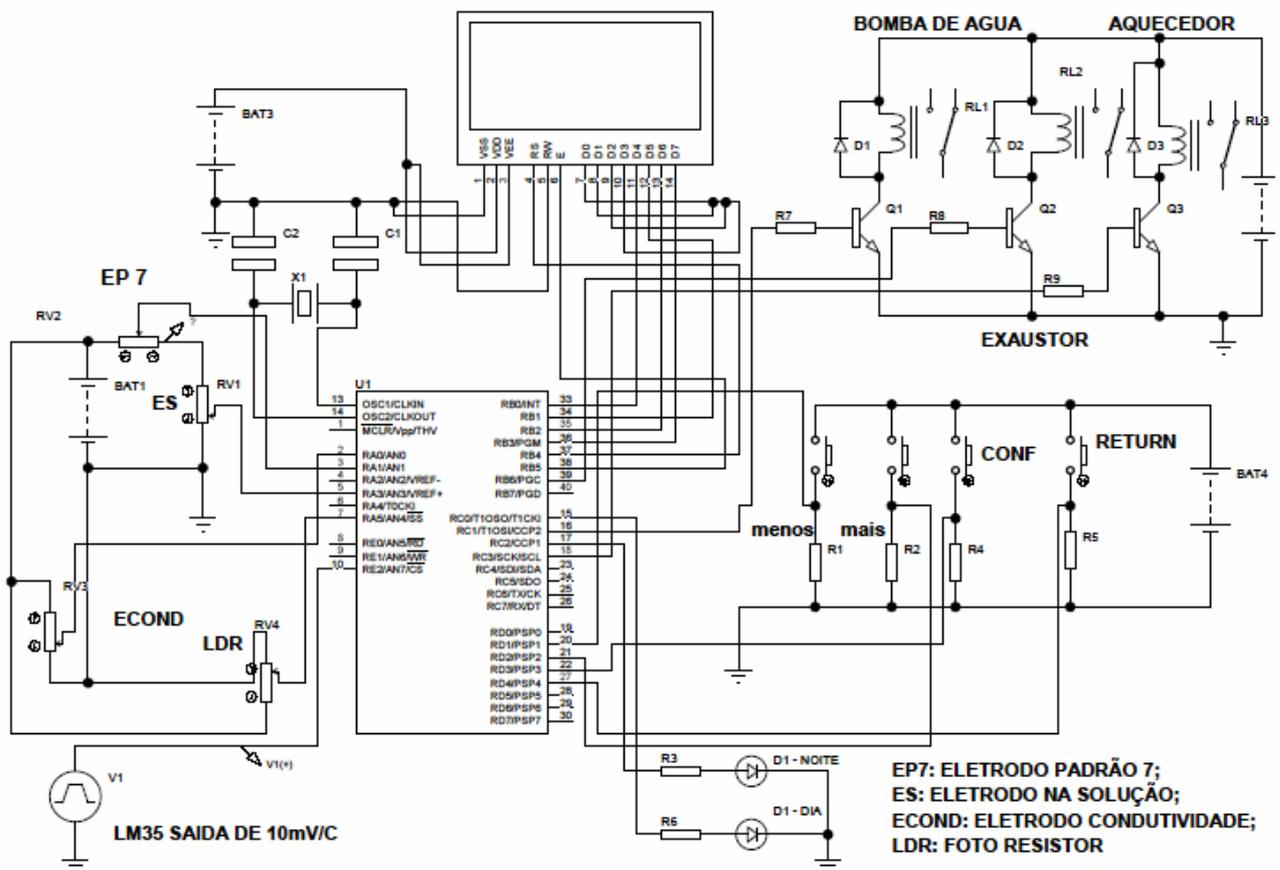
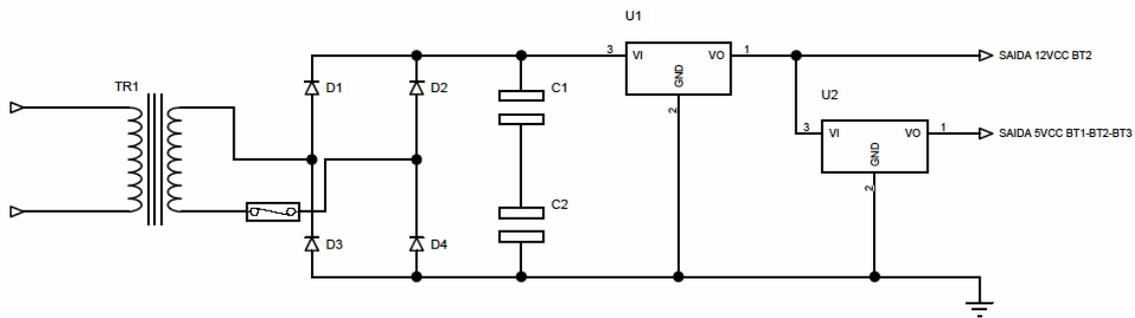


Fig. 16 – Esquema elétrico do controle hidropônico NFT.

As estradas digitais são executadas através quatro chaves, estas responsáveis pela configuração do ciclo diurno e noturno da solução nutritiva, o usuário tem disponível no display a manipulação em execução. O implemento do controle diurno e noturno é monitorado através de um foto-resistor (RV5), o resultado é calculado e apurado, assim verifica-se a execução do controle

diurno ou noturno. Os diodos emissores de luz D1 e D2 são indicadores ao usuário da rotina em execução.

Para a leitura das variáveis analógicas de entrada, foram utilizados quatro canais de entrada com conversores A/D 10 bits do microcontrolador, os resultados da solução são comparados com valores padrões no início do processo, compara-se com o valor da solução com o valor padrão e através do desvio constatamos as oscilações na variável medida. A equação 5 está no algoritmo para medição do pH e da condutividade elétrica para ambos os casos é necessário que o usuário disponha de padrões que podem ser adquiridos em laboratórios ou comércio especializados.

Valor Padrão ( Valor da amostra padrão adquirido através leitura com o eletrodo):  $V_p(V)$

Valor Solução (Valor da solução adquirido através leitura com o eletrodo) :  $V_s (V)$

Valor da medida (constante do algoritmo):  $V_m$

Valor calculado  $= (V_s/V_p) * V_m$       Equação 5

Exemplo, aplicando para medição aleatória a o valor calculado será o Ph:

Valor padrão: Solução Tampão Ph=7,00 +/- 0,02 a 20°C, adquirido na INTRUTHERM instrumentos de medições ltda ([www.intrutherm.com.br](http://www.intrutherm.com.br)) código 78642 lote: 1484.

$V_p=0,056V$

Valor da solução:  $V_s =0,058V$

Valor da medida:  $V_m = 7,00$

Valor calculado=Ph

$Ph=(0,058/0,056)*7$  Equação no algoritmo, processada na rotina principal.

$Ph=7,25$                       Valor do Ph da solução.

### **3.3.1 Driver para eletrodos com saída elétrica de corrente 4 a 25mA.**

O circuito disponível na figura 17 é responsável pela amplificação do sinal de eletrodos com a saída elétrica em corrente elétrica, o circuito é operado através da entrada do amplificador

operacional U2, que é conectado ao eletrodo modelo EPC 70. Este sinal será amplificado em um nível apropriado e através do potenciômetro RV1 é possível regular a saída. A variável amplificada através do driver disponível, necessário quando o eletrodo utilizado possuir a resposta em corrente elétrica geralmente em miliampéres (4~25mA), caso possuir a resposta em tensão, no máximo até cinco volts (5V), é dispensando o uso do driver.

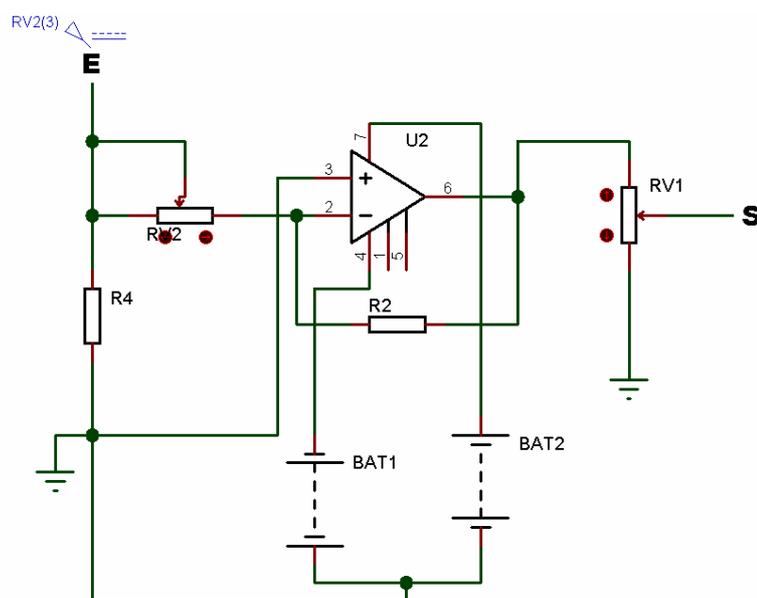


Fig. 17 – Driver (hardware) desenvolvido para amplificação dos sinais elétricos dos eletrodos [5].

O driver dispõe de um amplificador operacional com um ganho fixo, o ajuste para casamento de impedância “S” pode ser obtido através do potenciômetro RV1, recomenda-se que a impedância de entrada seja de 10k $\Omega$  .

### 3.3.2 Simulação da rotina principal com ferramenta computacional ISIS.

A simulação do circuito através do Proteus Isis[10], tem objetivo constatar erros possíveis durante a etapa de programação, nesta fase também é possível melhorar ou alterar a rotina ou alterações no esquemático para minimizar tais erros, obviamente é impossível constatar todos sendo que algumas alterações serão perceptíveis apenas durante a montagem física do circuito.

Para compilar a rotina deve-se utilizar o arquivo em hexadecimal gerado a partir do algoritmo do programa, através do arquivo na extensão “.hex” deve-se compilar no esquemático desenvolvido no simulador de circuito Isis.

Utilizando o simulador de circuito deve-se editar o componente (Edit Component), a pasta onde o arquivo esta salvo (Program File) deve ser associado ao microcontrolador finalizando o clock do processador deve ser alterado conforme o clock do processador (Processor Clock Frequency) escolhido na rotina do programa, conforme a figura 18;

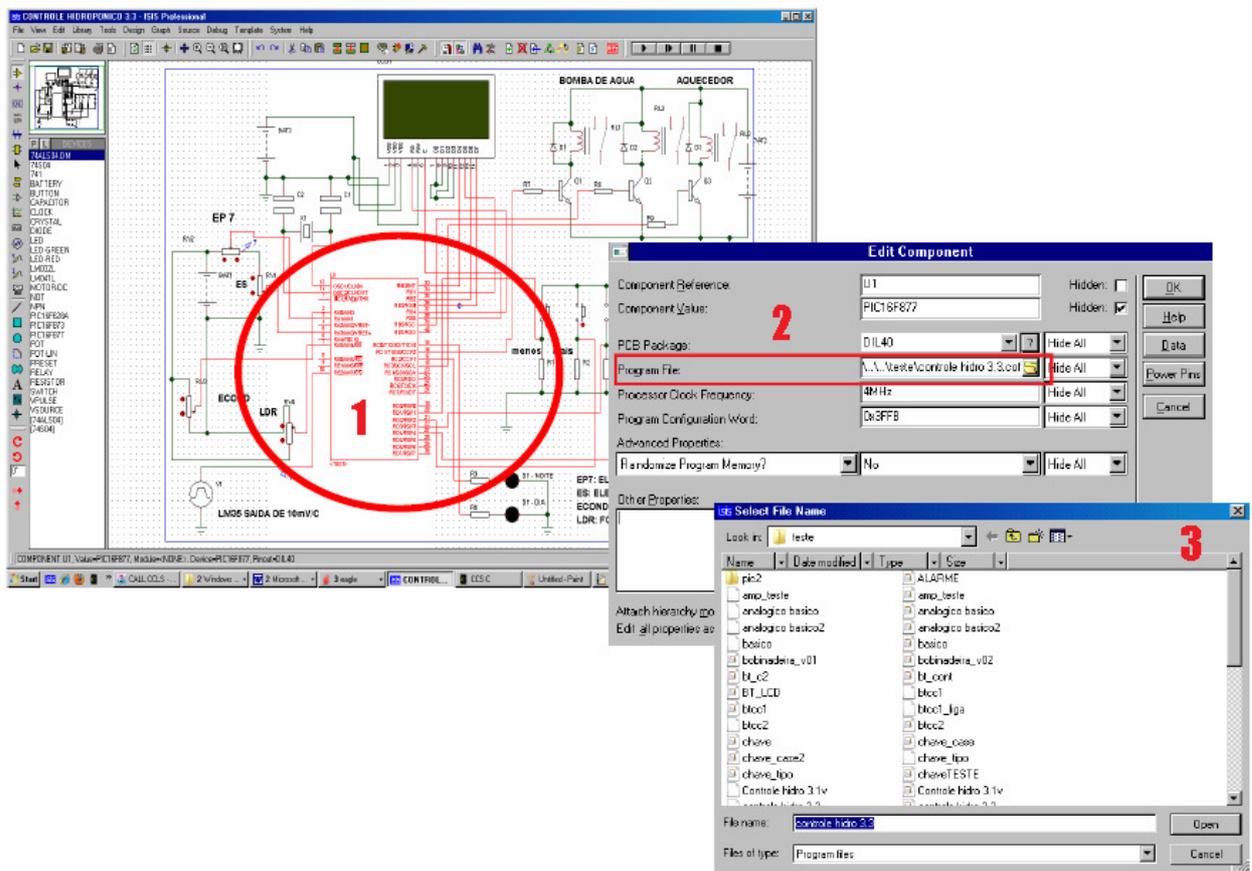


Fig. 18 Simulando a rotina principal no Pic 16f877A.

- 1) Seleção do componente no esquemático;
- 2) Seleção através do Edit component o item Program File;
- 3) Click no respectivo arquivo .hex.

As configurações básicas no software permitem a compilação da rotina no esquemático com confiabilidade, o teste com o programa nesta etapa permite que ajustes sejam executados simultâneos, sendo necessário apenas que a rotina seja interrompida e dar-se início a cada compilação, posterior a alteração no algoritmo.

### 3.3.3 Elaboração da placa de circuito impresso.

A placa de circuito impresso foi elaborada pelo software Eagle (**E**asily **A**pplicable **G**raphical **L**ayout **E**ditor) distribuído gratuitamente pela Cadsoft®[9] versão estudante versão 5.1, mesmo sendo uma versão limitada a bibliotecas suficientes para a confecção da placa de circuito impresso.

A placa de circuito foi elaborada a partir do esquemático disponível na figura 15, parâmetros de distância mínima das trilhas, mascara de solda, espessura são configurados no item DRC ver a figura 19.

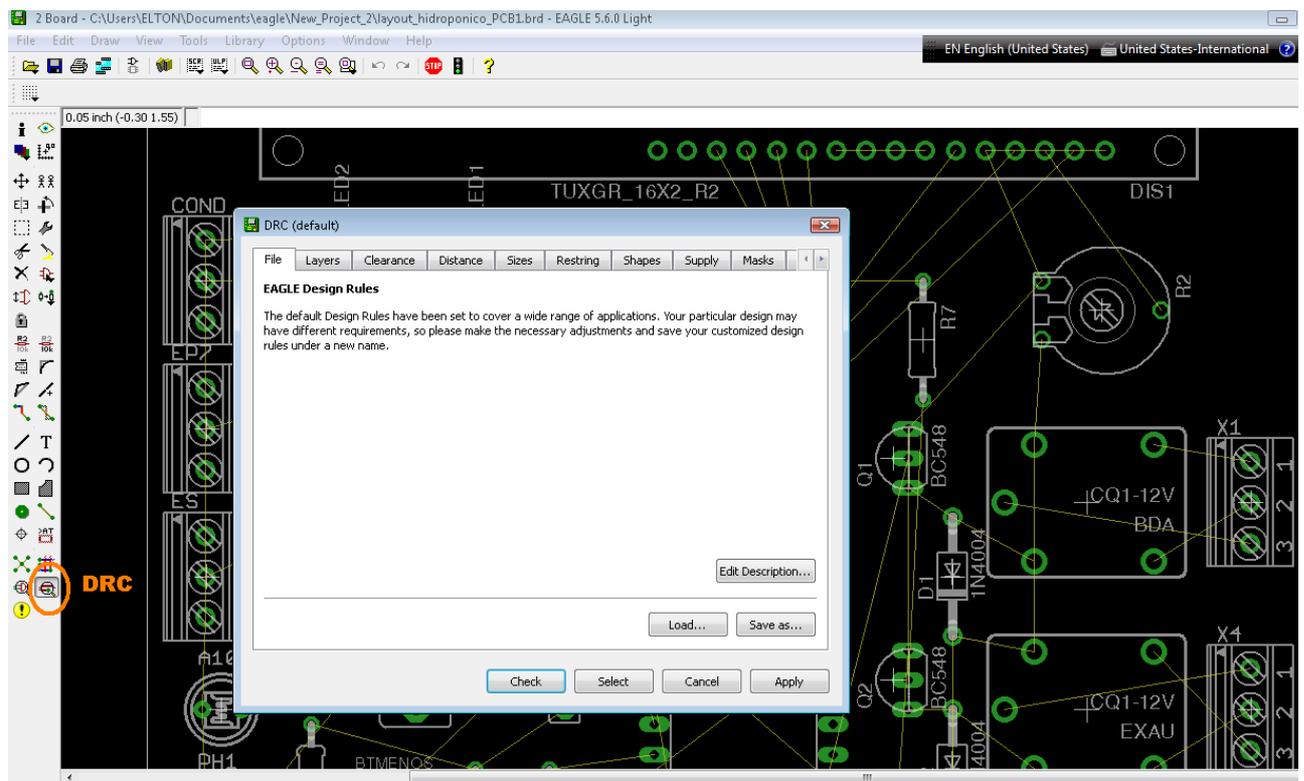


Fig. 19-Configuração da pci através do DRC.

A versão estudantil possui algumas limitações quanto a dimensões máximas da placa de circuito impresso (150x150mm) e quantidade de componentes, para resolução deste problema foi retirado à alimentação do esquemático e executado em outro arquivo, com esta metodologia foi executado a concepção de três placas de circuito impresso;

**Pci principal:** Circuito que esta associado a execução do controle (Figura 20).

**Pci Alimentação:** Circuito de alimentação com saídas elétricas 5 e 12VCC e um GND comum (Figura 21).

**Pci driver:** No caso de eletrodos com resposta elétrica em corrente utiliza-se o driver para amplificar o sinal (Figura 22).

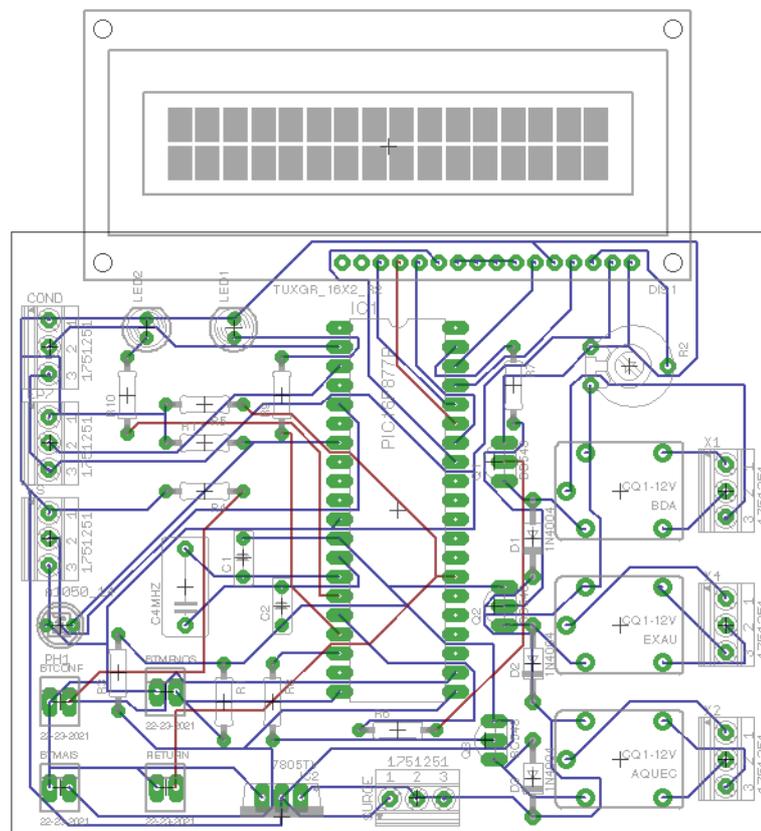


Fig. 20 – Pci principal.

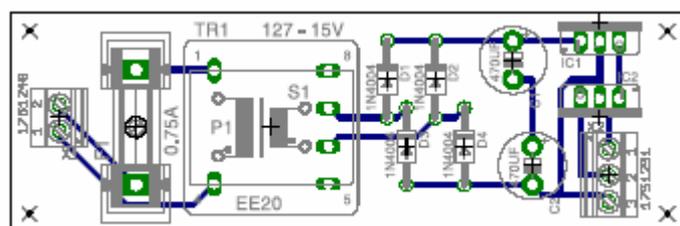


Fig. 21 – Pci Alimentação.

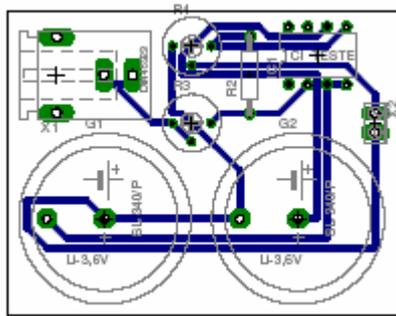


Fig. 22 – Pci driver eletrodo.

As placas de circuito impresso(pci), podem ser confeccionadas por fabricantes , executadas manualmente através de transferência térmica ou montadas em placas padrão. O layout foi projetado para duas faces no máximo, aumentar o numero de camadas pode compactar a placa de circuito e reduzir custos de fabricação, neste caso, não é possível executar a fabricação da placa manualmente somente empresas especializadas podem produzir protótipos de pci com varias camadas com qualidade.

### 3.4 Montagem do circuito.

Agregamos os conteúdos enfatizados nos capítulos anteriores para efetuar a montagem e testes do circuito proposto em uma matriz de contatos (protoboard). Após executar as experiências com o protótipo verificamos possíveis falhas e correções que devem ser implementadas no hardware afim para minimizar erros, com base neste estudo agregou-se conteúdos teóricos e práticos adquiridos ao decorrer da graduação.

A experiência com o hardware proposto será com a PCI Principal, os componentes estão disponíveis na Tabela 2, sendo estes utilizados no intuito de montagem, ou seja se necessário utilizarmos associações de resistores ou capacitores para adquirir os valores desejados este procedimento será executado.

**Tabela 2 - Lista de matérias para teste da PCI principal.**

Quantidade: 6 3 1	Referências R1, R2, R4, R5, R8, R9 R3, R6, R7 330 LDR	Valor 10kΩ 330Ω 120Ω
Quantidade: 2	Referências C1, C2	Valor 15PF
Quantidade: 1 1	Referências U1 LCD	Valor PIC16F877A Hitachi hd44780 16x2 LCD
Quantidade: 3	Referências Q1-Q3 NPN	Valor ST BUL 128D NPN
Quantidade: 3 1 1	Referências D1-D3 DIODE D1 - DIA-LED VERMELHO D1 - LED-NOITE VERDE	Valor D4007
Diversos Quantidade: 1 4	Referências BAT1 5V RV1, RV3, RV4 10k	Valor Fonte AT 230W +/-5V 110/220V Pontêciômetros para simulação do eletrodos (entradas analógicas).
Quantidade: 3 1	Referências RL1,RL2,RL3 CRYSTAL 4Mhz X1	Valor Relé 5VCC 1NA/NF Oscilador de cristal 4MHZ.
Quantidade: 3	Referências C1, C2, C3 25VCC	Valor 100nF/47uf/100uF

Inicialmente através do uso da matriz de contatos, procedeu-se com a montagem do circuito, devido aos custos para aquisição de eletrodos para a medição do pH e a condutividade elétrica, substituímos estes instrumentos por equivalentes potenciômetros de 10k $\Omega$ , alimentados com 5 VCC para procedemos com as medições nas portas analógicas disponíveis no microcontrolador. Na figura 23 o protótipo montado na matriz de contados.

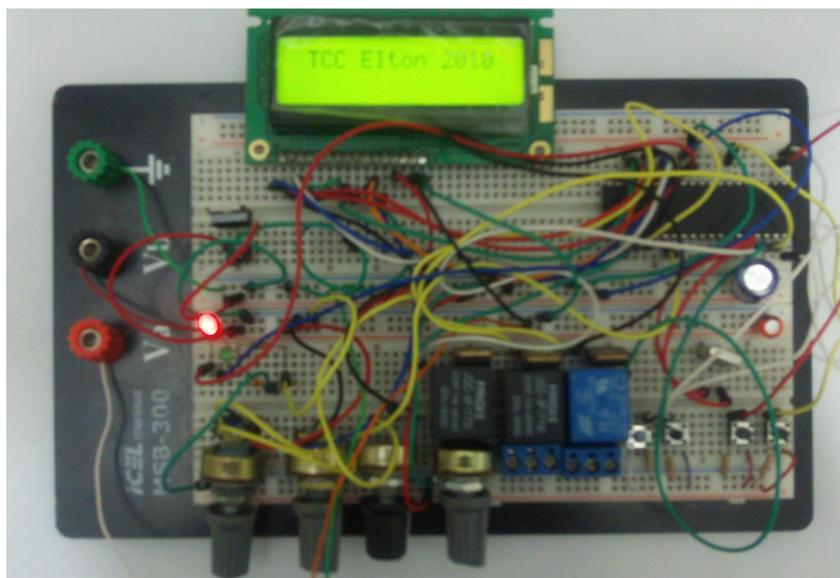


Fig. 23 – Protótipo da PCI principal

Durante a primeira execução do circuito, o display LDC 16x2 operando na condição de 4 bits apresentou-se com caracteres indefinidos, quando executado o chaveamento de cargas no driver para os relés. A princípio foi averiguados as conexões e um comparativo com o esquema elétrico, a falha persiste quando os componentes para acionamento são alimentados (relés), em virtude da ocorrência analisamos a fonte de alimentação (figura 24), constatamos uma queda de tensão intermitente durante o acionamento das cargas, conseqüentemente ocorre à queda da visibilidade mesmo se ajustado o contraste do LCD.



Fig.24 - Fonte Chaveada universal.

Para substituição da fonte de alimentação, utilizamos uma fonte chaveada para computador AT +5/-5VCC +12/-12VCC 230W 110/220V 50/60HZ , modelos não disponíveis no mercado devido à substituição por itens mais eficientes , entretanto, para nossa aplicação torna-se interessante devido à regulação e estabilidade. Executei a medições durante o chaveamento do driver para cargas (figura 25), a alimentação entre 6,1 a 6,2VCC corrigida para 5VCC com uso de um regulador de tensão 7805.



Fig.25 - Fonte de alimentação para circuito PCI principal.

Efetuada os ajuste e procedeu-se com os ensaios do circuito, ao ligar o circuito deve-se aguardar as mensagens simples e objetivas e executá-las conforme as mesmas , as entradas digitais são constituídas por 4 botões disponíveis na figura 26;

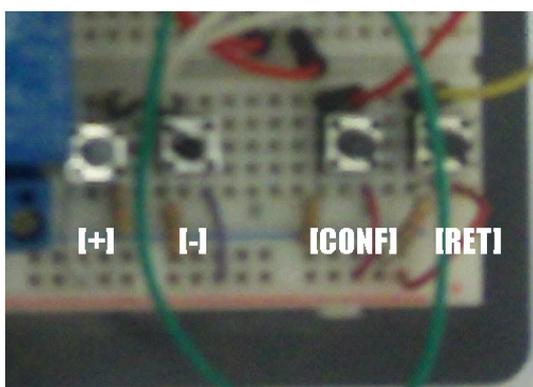


Fig. 26– Entrada digital.

Mais[+] = Acrecímo ou soma (1).

Menos[-]= Decrementar ou menos (1).

Confirma[CONF] = Aprova ou confirma.

Retorno[RET]= Retorna ao parâmetro inicial.

Os Eletrodos para medição do PH da solução e da condutividade elétrica, variáveis em tensão continua 0 a 5VCC serão substituídos por um circuito equivalente constituído por potenciômetros de 10kΩ conforme a figura 27, o tratamento das variáveis de entrada analógicas serão em função do comparativo com o padrão.

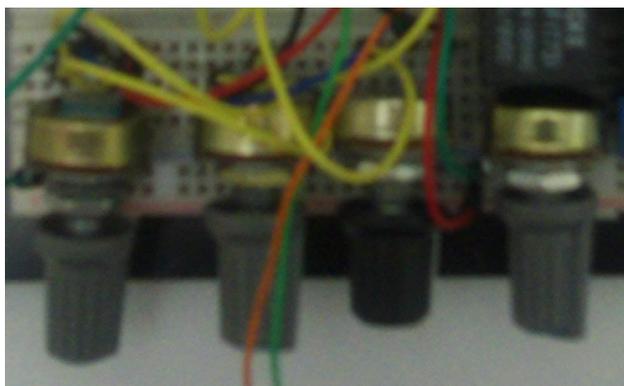


Fig. 27 – Potenciômetros representando entradas analógicas.

Através dos botões para comando devem-se ajustar os períodos de operação da bomba de água durante o período noturno e diurno, sendo que está operação responsável pela circulação da solução nutritiva durante os períodos. Através de divisor de tensão com um fotoresistor aplicado na entrada analógica comparamos a luminosidade, assim a através do programa principal executamos a comparação para seleção da rotina desejada, abaixo a tabela 3 referente ao algoritmo implementado;

**Tabela- 3: Algoritmo implementado para execução das rotinas diurna ou noturna.**

```
//-----DISPLAY PARA USUARIO-----  
  
set_adc_channel(4); // Canal para leitura analógica.  
dia=read_adc();//  
vp=dia*0.0048876;  
  
while(true){  
  
output_low(PIN_C2);  
output_low(PIN_C0);  
  
    if((vp>2.49)){ // rotina dia-----  
  
        limpa_lcd();  
        lcd_escreve(" >>>ROTINA<<<");  
        linha_dois();  
        lcd_escreve(" >>DIURNO<<");  
        delay_ms(2000);  
  
    }  
}
```

```

        limpa_lcd();
leitura(0);
//limpa_lcd();
    output_high(PIN_C0); // informa a rotina é dia...
    delay_ms(200);
    output_low(PIN_C2);
    delay_ms(200);

    output_high(PIN_C1); // liga bomba relé 1.
    delay_s(y); // valor y equivalente em minutos.
    output_low(PIN_C1); // desliga bomba relé 1.
    delay_s(p);
    limpa_lcd();
leitura(0);

    output_high(PIN_C0);

    goto loop4;

}

if((vp<2.48)){ // rotina noite-----

limpa_lcd();
lcd_escreve(" >>>ROTINA<<<");
linha_dois();
lcd_escreve(" >>NOTURNA<<");
delay_ms(2000);
limpa_lcd();
leitura(0);

output_low(PIN_C0);
delay_ms(200);
output_high(PIN_C2);
delay_ms(200);

//ativa bomba de agua ativa
output_high(PIN_C1); // liga bomba relé 1.
delay_s(q); // valor q equivalente em minutos.
output_low(PIN_C1);
delay_s(f);
limpa_lcd();
leitura(0);

//leitura(0);

output_high(PIN_C2);

goto loop4;

}

```

A seguir a figura 28 disponibiliza-se uma das mensagens executadas para o usuário exemplificando o circuito e a simulação através do software, a etapa trata-se do algoritmo implementado para execução das rotinas diurna ou noturna disponível nesta monografia.

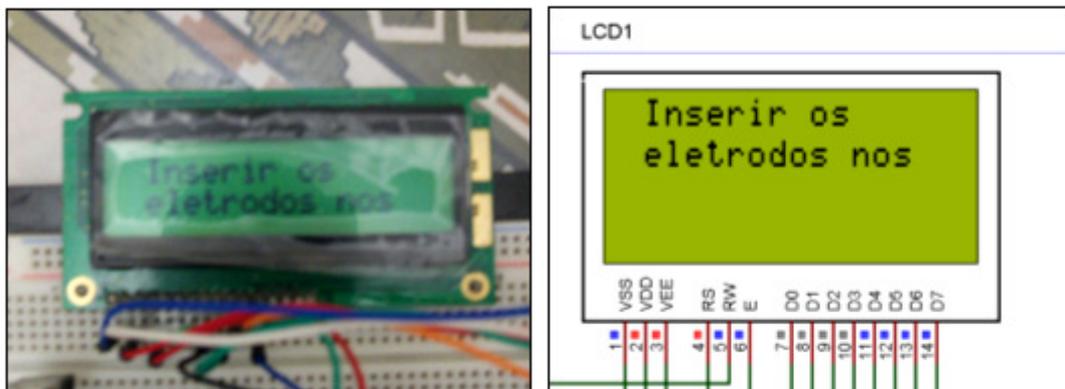


Fig. 28 – Mensagens disponível ao usuário (circuito e simulação) durante a execução da rotina.

Após a execução das rotinas, cabe ao usuário apenas monitorar o índice de ph da solução e a condutividade elétrica que são apresentados periodicamente no display, não está incluído na rotina principal o monitoramento das duas variáveis citadas, o chaveamento das cargas devem ser distribuídos na respectiva saída para operação correta do circuito.

A mudança da rotina noturna ou diurna é alterada em função da luminosidade no local, a temperatura e controlada em função do circuito integrado LM35 através da conversão da temperatura em um sinal elétrico, executa-se o comparativo para o acionamento dos exaustores para circulação do ar e controle da temperatura local ou as resistências para a elevação da temperatura, o trecho do algoritmo responsável por este controle esta disponível tabela 4 abaixo;

**Tabela 4: Algoritmo implementado para execução da rotina de controle de temperatura.**

```
//Função para leitura no canal analógico.
float temp_leitura (float a){
set_adc_channel(7);
vt=read_adc(7);    //COMPARADOR PARA TEMPERATURA
vtemp =(vt*0.0048876)/(0.0010);
return vtemp;
}

//---Controle
vtemp=temp_leitura(0);
if (vtemp<23){
```

```
output_high(PIN_C3);
output_low(PIN_B6);

}

if(vtemp>25){

output_high(PIN_B6);
output_low(PIN_C3);

}

if(vtemp==24){
output_low(PIN_C3);
output_low(PIN_B6);
}
}
```

Os componentes para montagem da bancada hidropônica foram adquiridos na empresa Hidrogood Horticultura Moderna Ltda Ltda ([www.hidrogood.com.br](http://www.hidrogood.com.br)) localizada na cidade Taboão da Serra/SP , a montagem foi executada sem grandes empecilhos, pois os componentes são simples manuseio não sendo necessário ferramentas complexas, a bancada concluída está disponível na figura 29.



Fig. 29 – Bancada hidropônica.

Para instalação do circuito fez se necessário montar uma placa de amostra composta por ilhas isoladas com furos de 0,8mm de diâmetro com a área de 100x100mm, retirando os componentes do protoboard (matriz de contatos) procedemos com a montagem do circuito, devido a quantidade de componentes e a área limitada deslocamos alguns componentes com chaves,

potenciômetros e bornes para fora da placa detalhes da montagem poder ser visualizados na figura 30.

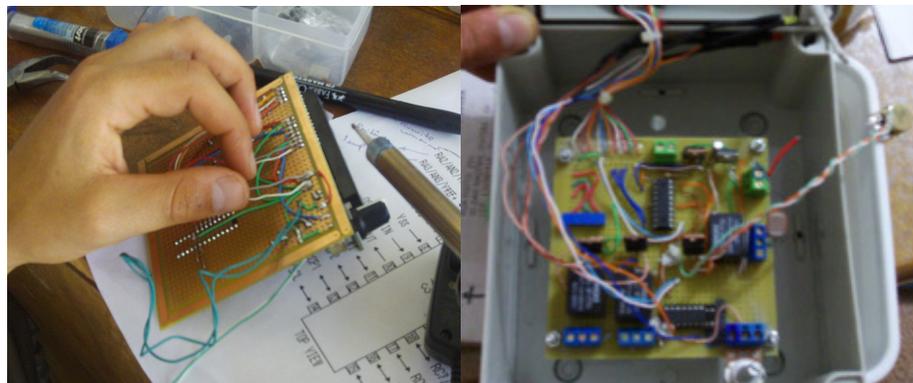


Fig. 30 – Montagem do circuito na placa de amostra.

Na montagem do circuito na placa de teste (figura 31), verifiquei a possibilidade de pré-configurações armazenadas na memória do microcontrolador retirando a necessidade de botões e as configurações iniciais, como o ensaio será executado com um tipo de hortaliça o protótipo de circuito será configurado com valores constantes.

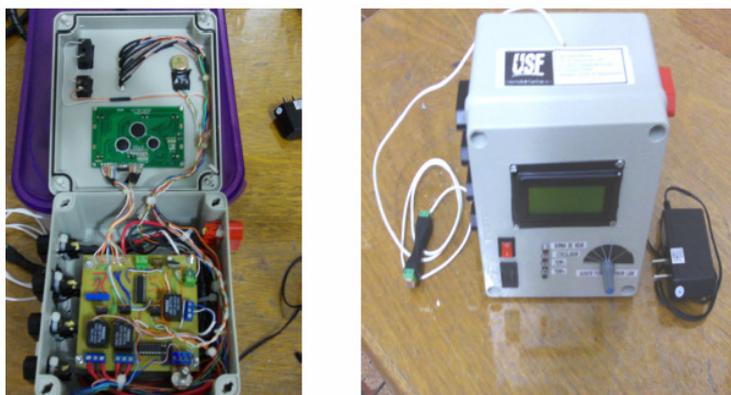


Fig. 31 – Protótipo da placa para teste na bancada hidropônica.

O projeto proposto não é considerado como definitivo durante testes práticos varias alterações formam necessárias algumas não formam concluídas tempo hábil , mas, os parâmetros aplicação tornam sua execução viável os resultados estão disponíveis nas considerações finais.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O circuito apresentou resultados coerentes a sua aplicação tendo em vista o período de teste no campo, para concluí-lo se faz necessário mais ensaios que não estão disponíveis nesta monografia. Mesmo disponibilizando ao usuário os procedimentos para o controle é indispensável que o mesmo possua conhecimentos básicos na área e habilidade técnica para manuseio dos componentes constituintes. Para dar continuidade no experimento, estão disponibilizados o esquema elétrico e o algoritmo, sendo este sujeito a alterações para executar ganhos no desempenho, os resultados obtidos são indicados abaixo;

- Fácil mobilidade e fácil instalação;
- O controle do fluxo resulta até 50% de economia de energia elétrica;
- Saída para controle de quatro cargas (oxigenação, bomba de água, circulador de ar e resistência elétrica);
- Controle da atuação diurna e noturna ajustável;
- Display dispõe as informações da rotina atual;
- Rotinas para hortaliças Alface, Rabanete, Rúcula, Almeirão, Chicória e Agrião;
- Possibilidade de execução com outros microcontroladores da família 16F da Microchip®.

O controle do ciclo ativado e desativado operou sem falhas conforme as rotinas diurnas e noturnas, porém devido a não inclusão no circuito de comandos para arquivar rotinas pré-configuradas ocasionou durante transitórios como a queda de energia a necessidade do usuário executar os parâmetros iniciais.

Devem-se efetuar estudos para aplicação de uma sonda de temperatura para substituir o componente eletrônico disponível no circuito para tal finalidade, mesmo operando conforme o circuito, a temperatura está mais próxima a da placa de circuito impresso (invólucro), aparentemente o uso de uma sonda para medição da temperatura pode acarretar em ganhos no rendimento, pois é possível deslocar locais mais favoráveis, entre outros ajustes destacam-se;

- Retirar o sensor de temperatura do invólucro de circuito e adaptá-lo próximo ao reservatório de solução;
- Incrementar um circuito de emergência;
- Disponibilizar o produto com a leitura analógica de variáveis simultâneas;
- Desenvolver a placa de circuito impresso em uma face (simples);
- Incluir sinais sonoros para a ocorrência de alguma instabilidade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1]RESH,H.M. **Cultivos hidropônicos**.Madri,Mundi-Prensa,1987.
- [2]SHOLTO,James Douglas. **Hidroponia: Cultiva sem terra**.São Paulo:Nobel, 1987.
- [3]BARROS, Robson Albertoni.**Hidroponia: Como instalar e manejar o plantio de hortaliças dispensando o uso do solo**.São Paulo: Nobel,1998.
- [4]BARROS, Alencar.**Botânica 15ª edição**.São Paulo: Livraria Nobel S. A,1970.
- [5]MARKUS, Otávio. **Teoria e Desenvolvimento de Projetos de Circuito Eletrônicos/ Otávio Markus, Antônio Marco V. Cipelli, Waldir João Sandrini**, 18 ed, São Paulo, Sp, Érica, 2001, 445 páginas.
- [6]PEREIRA, Fábio. **Microcontroladores PIC: Programação em C/ Fabio Pereira**, 7 ed, São Paulo,SP, Érica,2007,358 páginas.
- [7]BRAGA,C Newton.**Eletrônica Básica para Mecatrônica**, 1 ed, São Paulo,SP, Editora Saber, 2005,160 páginas.
- [8]CRISTINA, Magda Ferreira Pinto. **Manual Medição in loco:Temperatura, pH, Condutividade Elétrica e Oxigênio Dissolvido** , 1 ed, Belo Horizonte,MG, CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2007, 51 páginas.
- [9]Cadsoft® on-line, software EAGLE, **Easily Applicable Graphical Layout Editor** Disponível na Internet via WWW. URL: <http://www.cadsoft.de/download.htm> .Acesso em 21 de abril de 2010.
- [10]Labcente Eletronics®, software Proteus Isis, **ISIS Schematic Capture**, Disponível na Internet via WWW. URL: [http://www.labcenter.com/download/prodemo\\_download.cfm](http://www.labcenter.com/download/prodemo_download.cfm).Acesso em 23 de abril de 2010.
- [11]O mundo da hidroponia , **Sistemas Hidropônicos**. Disponível na Internet via WWW. URL: <http://www.hydor.eng.br/>. Acesso em 17 de Fevereiro de 2010.
- [12]Portal São Francisco, **Hidroponia**. Disponível na Internet via WWW. URL: <http://www.portalsaofrancisco.com.br/alfa/hidroponia/>. Acesso em 17 de Fevereiro de 2010.
- [13] Electronic Component's Datasheet Search Site, **Alldatasheet**. Disponível na Internet via WWW. URL: <http://www.alldatasheet.com/>. Acesso em 14 de maio de 2010.
- [14]CCS® Custom Computer Service, software **PCW C Demo**. Disponível na Internet via WWW. URL: <http://www.ccsinfo.com/ccsfreedemo.php>. Acesso em 13 de Fevereiro de 2010.

[15] Microchip® Technology Inc. , **Application Notes**. Disponível na Internet via WWW. URL: [http://www.microchip.com/stellent/idcplg?IdcService=SS\\_GET\\_PAGE&nodeId=1469](http://www.microchip.com/stellent/idcplg?IdcService=SS_GET_PAGE&nodeId=1469). Acesso em 15 de Setembro de 2010.

## APÊNDICE I –ROTINA PRINCIPAL

```
main(){
/*float valor,vl,vp;
float vreg,vr;
float padrao,ph,co,padraoc,padraol,vlum,v,vt,vtemp;
int x=0,y=0,p=0,q=0,f=0,n=0,a=0;
long int dia;

*/

lcd_init();

set_tris_a(0b11111111); // configuração da direção dos pinos de I/O Tutorial LCD em 4 vias 106
set_tris_b(0b00000000);
set_tris_c(0b00000000);
set_tris_d(0b00011111);
setup_ADC_ports (all_analog);
setup_adc(ADC_CLOCK_INTERNAL);
set_adc_channel(0);

WHILE (TRUE){

lcd_init();

lcd_escreve(" TCC Elton 2010");
delay_ms(2000);
limpa_lcd();
lcd_escreve(" UNIVERSIDADE");
linha_dois();
lcd_escreve("SAO FRANCISCO");
delay_ms(2000);

loop0:
limpa_lcd();
lcd_escreve(" Inserir os");
linha_dois();
lcd_escreve(" eletrodos nos ");
delay_ms(2000);
linha_dois();
limpa_lcd();
lcd_escreve(" Padroes... ");
delay_ms(2000);

limpa_lcd();
lcd_escreve(" Inserido?");
linha_dois();
lcd_escreve(" PRESS [CONF] ");
```

```
delay_ms(1000);  
limpa_lcd();
```

```
while(input(PIN_D3)){  
  delay_ms(500);  
  goto loop1;  
}
```

```
goto loop0;
```

```
loop1:
```

```
//-----ARMAZENA NA VARIAVEIS OS VALORES PADROES-----
```

```
lcd_escreve("SONDA ELETRODOS");  
linha_dois();  
lcd_escreve(" NOS PADROES");  
delay_ms(3000);  
limpa_lcd();  
lcd_escreve(" VALORES PADRAO");  
linha_dois();  
lcd_escreve("PH+CONDUTIVIDADE");  
delay_ms(3000);  
limpa_lcd();
```

```
//-----
```

```
limpa_lcd();
```

```
delay_ms(500);
```

```
lcd_escreve("Fluxo de agua");  
linha_dois();  
lcd_escreve(" Diurno");  
delay_ms(2000);  
limpa_lcd();
```

```
loop2:  
limpa_lcd();  
delay_ms(500);  
lcd_escreve("Ativa sol(min):");  
linha_dois();  
lcd_escreve("press 1[+] [-]");  
delay_ms(2000);
```

```
//-----Entradas digitais mais/menos/confirma/retorno-----
```

loop22:

```
while(input(PIN_D1)){ //Mais
delay_ms(100);
  x=x+1;
  limpa_lcd();
  lcd_escreve("Tempo(min):");
  linha_dois();
  printf(lcd_escreve,"Min=%2u",x);
```

```
}
while(input(PIN_D2)){ //Menos
delay_ms(100);
  x=x-1;
  limpa_lcd();
  lcd_escreve("Tempo(min):");
  linha_dois();
  printf(lcd_escreve,"Min=%2u",x);
```

```
}
while(input(PIN_D3)){ //Confirma
delay_ms(100);
  limpa_lcd();
```

```
n=n+1;
goto loop3;
}
```

```
while(input(PIN_D4)){ //retorno
delay_ms(100);
limpa_lcd();
x=0;
n=n-1;
```

```
  delay_ms(500);
goto loop2;
}
```

```
goto loop22;
```

```
//-----
```

loop3:

```
if(n==1){
```

```
y=x;
x=0;
```

```
limpa_lcd();
```

```

delay_ms(500);

lcd_escreve("Fluxo de agua");
linha_dois();
lcd_escreve(" Diurno");
delay_ms(2000);
limpa_lcd();

limpa_lcd();
delay_ms(500);
lcd_escreve("Desat. sol(min):");
linha_dois();
lcd_escreve("press 2[+] [-]");
delay_ms(1500);

goto loop22;

}

if(n==2){

p=x;
x=0;

limpa_lcd();

delay_ms(500);

lcd_escreve("Fluxo de agua");
linha_dois();
lcd_escreve(" Noturno");
delay_ms(2000);
limpa_lcd();

limpa_lcd();
delay_ms(1500);
lcd_escreve("Ativa sol(min):");
linha_dois();
lcd_escreve("press 3[+] [-]");
delay_ms(1000);

goto loop22;

}

if(n==3){

q=x;
x=0;

limpa_lcd();

delay_ms(500);

```

```

lcd_escreve("Fluxo de agua");
linha_dois();
lcd_escreve(" Noturno");
delay_ms(2000);
limpa_lcd();

limpa_lcd();
delay_ms(1500);
lcd_escreve("Desat. sol(min):");
linha_dois();
lcd_escreve("press 4[+] [-]");
delay_ms(1000);

goto loop22;

}

if(n=4){

f=x;
x=0;

limpa_lcd();
lcd_escreve("Fluxo Dia");
linha_dois();
printf(lcd_escreve,"Ativ/Des=%1u+%1u",y,p);
delay_ms(5000);
limpa_lcd();

//limpa_lcd();
lcd_escreve("Fluxo Noite");
linha_dois();
printf(lcd_escreve,"Ativ/Des=%1u+%1u",q,f);
delay_ms(5000);
limpa_lcd();

padrao=ph_leitura(1);
padraoc=cond_leitura(1);

goto loop4;

}

}

loop4:

limpa_lcd();

//-----DISPLAY PARA USUARIO-----

//-----

```

```

set_adc_channel(4);
dia=read_adc();
vp=dia*0.0048876;

while(true){

output_low(PIN_C2);
output_low(PIN_C0);

        if((vp>2.49)){ // rotina dia-----

                limpa_lcd();
                lcd_escreve(" >>>ROTINA<<<");
                linha_dois();
                lcd_escreve(" >>DIURNO<<");
                delay_ms(2000);
                limpa_lcd();

leitura(0);
//limpa_lcd();
                output_high(PIN_C0); // informa a rotina é dia...
                delay_ms(200);
                output_low(PIN_C2);
                delay_ms(200);

                output_high(PIN_C1);// liga bomba relé 1.
                delay_s(y);// valor correto é 1000ms=1 s então 1min = 60 s = 60 X 1000 = 60000.
                output_low(PIN_C1);
                delay_s(p);
                limpa_lcd();

leitura(0);

                output_high(PIN_C0);

                goto loop4;

        }
//else{
if((vp<2.48)){ /// rotina noite-----

limpa_lcd();
lcd_escreve(" >>>ROTINA<<<");
linha_dois();
lcd_escreve(" >>NOTURNA<<");
delay_ms(2000);
limpa_lcd();
leitura(0);

```

```

output_low(PIN_C0);
delay_ms(200);
output_high(PIN_C2);
delay_ms(200);

//ativa bomba de agua ativa
output_high(PIN_C1);// liga bomba relé 1.
delay_s(q);// valor q equivalente me minutos.
output_low(PIN_C1);
delay_s(f);
limpa_lcd();
leitura(0);

//leitura(0);

output_high(PIN_C2);

goto loop4;

}

goto loop4;

vtemp=temp_leitura(0);

if (vtemp<23){

output_high(PIN_C3);
output_low(PIN_B6);

}

if(vtemp>25){

output_high(PIN_B6);
output_low(PIN_C3);

}

if(vtemp==24){
output_low(PIN_C3);
output_low(PIN_B6);
}

goto loop4;
//loop11:

//break;

```

```
}  
}  
//-----
```

**APÊNDICE 2 – ESPECIFICAÇÃO DOS COMPONENTES  
UTILIZADOS (DATA SHEET).**

# WQ301 Conductivity Sensor

Rugged Water Conductivity Sensor



## Features

- Measure conductivity at any depth
- Fully encapsulated electronics
- 4-20 mA output
- Marine grade cable with strain relief
- Stainless steel housing

## Applications



Ideal for stream and lake monitoring, aquaculture studies, baseline analyses, mitigation monitoring, and other environmental applications.

## Description

Global Water's WQ301 Conductivity Sensor is a rugged and reliable water conductivity measuring device. The WQ301 offers a rapid and non-destructive way to measure the ion content in a solution. The conductivity sensor is molded to 25' of marine grade cable, with lengths up to 500' available upon request. The conductivity sensor's output is 4-20 mA with a three wire configuration. The unit's electronics are completely encapsulated in marine grade epoxy within a stainless steel housing.

## Record and Control

As with all of Global Water's 4-20 mA output sensors, you can add recording and controlling capabilities to the WQ301 Conductivity Sensor with the GL500 Datalogger and PC300 Controller. The GL500 connects to the conductivity sensor's 4-20 mA output to record data. Global Water's PC300 Controller connects to the conductivity sensor's output to control pumps or alarms.

## Specifications

Output	4-20 mA
Ranges	0 to 500, 0 to 2,000, 0 to 5,000, 0 to 10,000, 0 to 20,000, 0 to 40,000 $\mu$ S
Accuracy	1% full scale
Maximum Pressure	50 psi
Operating Voltage	12 VDC ( $\pm$ 5%)
Current Draw	0.8 mA plus sensor output
Warm-up Time	3 seconds minimum
Operating Temperature	-40° to +55°C
Temperature Compensation	2% per °C
Electrodes	316 stainless steel
Size of Probe	Open Water: 1" dia. x 12" long (3.175cm dia. x 30.5cm) Online: 2.5" dia. x 15.5" long (6.35cm dia. x 39.4cm)
Weight	Open Water: 8 oz (227 g) Online: 22 oz (624 g)

## Ordering & Options

### Conductivity Sensors for Open Water<sup>1</sup>

Order No.	Conductivity Range ( $\mu$ S)
WQ301A	0 to 5,000
WQ301B	0 to 10,000
WQ301C	0 to 20,000
WQ301D	0 to 2,000
WQ301E	0 to 40,000
WQ301F	0 to 500

1) Sensors include 25' of cable.

### Online Conductivity Sensors<sup>2</sup>

Order No.	Conductivity Range ( $\mu$ S)
WQ301A-O	0 to 5,000
WQ301B-O	0 to 10,000
WQ301C-O	0 to 20,000
WQ301D-O	0 to 2,000
WQ301E-O	0 to 40,000
WQ301F-O	0 to 500

2) Online sensors include 1-1/4" NPT thread and 25' of cable.

### Cable

Order No.	Description
WQEXC	Extra Sensor Cable, per foot (up to 500')

Please call us for calibration standards.



In the U.S. call toll free  
at 1-800-876-1172  
International: 916-638-3429  
Fax: 916-638-3270  
Email: [globalw@globalw.com](mailto:globalw@globalw.com)

Visit our online catalog at:  
[www.globalw.com](http://www.globalw.com)  
Our Address:  
11390 Amalgam Way  
Gold River, CA 95670

# WQ201 pH Sensor

Rugged Water pH Sensor



## Features

- Submersible pH measurements
- Fully encapsulated electronics
- 4-20 mA output
- Marine grade cable with strain relief
- Stainless steel housing
- Replaceable pH element

## Applications



Ideal for stream and lake monitoring, aquaculture studies, baseline analyses, mitigation monitoring, and other environmental applications.

## Description

Global Water's WQ201 pH Sensor is a rugged and reliable water pH measuring device. The pH transmitter is mounted on 25' of marine grade cable, with lengths up to 500' available upon request. The sensor's output is 4-20 mA with a three-wire configuration. The WQ201's electronics are completely encapsulated in marine grade epoxy within a stainless steel housing. The unit also uses a removable shield and replaceable pH sensor element for easy maintenance.

## Record and Control

As with all of Global Water's 4-20 mA output sensors, you can add recording and control capabilities to the WQ201 with the GL500 Datalogger and the PC300 Controller. The GL500 connects to the pH sensor's 4-20 mA output to record data, and the PC300 Controller connects to the sensor's output to control pumps or alarms.

## Specifications

Output	4-20 mA
Range	0 to 14 pH
Accuracy	2% full scale
Maximum Pressure	40 psi
Operating Voltage	10 to 30 VDC
Current Draw	5.5 mA plus sensor output
Operating Temperature	-5° to +55°C
Warm-up Time	3 seconds minimum
Size of Probe	Open Water: 1 1/4" dia. x 10" long (3.2cm dia. x 25.4cm long) Online: 2" dia. x 12" long (5cm dia. x 30.5cm long)
Weight	1 lb (454 g)

## Ordering & Options

Order No.	Description
WQ201	pH Sensor for Open Water (includes 25' cable)
WQ201-O	Online pH Sensor (with 1" NPT thread and 25' cable)
00-449	pH Sensor Replacement
WQEXC	Extra Sensor Cable, per foot (up to 500')

Please call us for calibration standards.



**Global Water**  
*The Leader in Water Instrumentation*

In the U.S. call toll free  
at 1-800-876-1172  
International: 916-638-3429  
Fax: 916-638-3270  
Email: [globalw@globalw.com](mailto:globalw@globalw.com)

Visit our online catalog at:  
[www.globalw.com](http://www.globalw.com)  
Our Address:  
11390 Amalgam Way  
Gold River, CA 95670

# LM35

## Precision Centigrade Temperature Sensors

### General Description

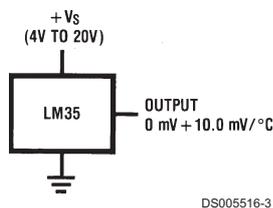
The LM35 series are precision integrated-circuit temperature sensors, whose output voltage is linearly proportional to the Celsius (Centigrade) temperature. The LM35 thus has an advantage over linear temperature sensors calibrated in ° Kelvin, as the user is not required to subtract a large constant voltage from its output to obtain convenient Centigrade scaling. The LM35 does not require any external calibration or trimming to provide typical accuracies of  $\pm 1/4^\circ\text{C}$  at room temperature and  $\pm 3/4^\circ\text{C}$  over a full  $-55$  to  $+150^\circ\text{C}$  temperature range. Low cost is assured by trimming and calibration at the wafer level. The LM35's low output impedance, linear output, and precise inherent calibration make interfacing to readout or control circuitry especially easy. It can be used with single power supplies, or with plus and minus supplies. As it draws only  $60\ \mu\text{A}$  from its supply, it has very low self-heating, less than  $0.1^\circ\text{C}$  in still air. The LM35 is rated to operate over a  $-55^\circ$  to  $+150^\circ\text{C}$  temperature range, while the LM35C is rated for a  $-40^\circ$  to  $+110^\circ\text{C}$  range ( $-10^\circ$  with improved accuracy). The LM35 series is available pack-

aged in hermetic TO-46 transistor packages, while the LM35C, LM35CA, and LM35D are also available in the plastic TO-92 transistor package. The LM35D is also available in an 8-lead surface mount small outline package and a plastic TO-220 package.

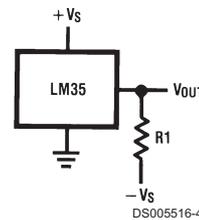
### Features

- Calibrated directly in ° Celsius (Centigrade)
- Linear  $+10.0\ \text{mV}/^\circ\text{C}$  scale factor
- $0.5^\circ\text{C}$  accuracy guaranteeable (at  $+25^\circ\text{C}$ )
- Rated for full  $-55^\circ$  to  $+150^\circ\text{C}$  range
- Suitable for remote applications
- Low cost due to wafer-level trimming
- Operates from 4 to 30 volts
- Less than  $60\ \mu\text{A}$  current drain
- Low self-heating,  $0.08^\circ\text{C}$  in still air
- Nonlinearity only  $\pm 1/4^\circ\text{C}$  typical
- Low impedance output,  $0.1\ \Omega$  for  $1\ \text{mA}$  load

### Typical Applications



DS005516-3  
**FIGURE 1. Basic Centigrade Temperature Sensor**  
 ( $+2^\circ\text{C}$  to  $+150^\circ\text{C}$ )

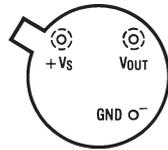


Choose  $R_1 = -V_S/50\ \mu\text{A}$   
 $V_{\text{OUT}} = +1,500\ \text{mV}$  at  $+150^\circ\text{C}$   
 $= +250\ \text{mV}$  at  $+25^\circ\text{C}$   
 $= -550\ \text{mV}$  at  $-55^\circ\text{C}$

**FIGURE 2. Full-Range Centigrade Temperature Sensor**

## Connection Diagrams

**TO-46  
Metal Can Package\***



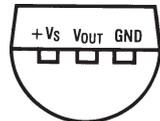
BOTTOM VIEW  
DS005516-1

\*Case is connected to negative pin (GND)

**Order Number LM35H, LM35AH, LM35CH, LM35CAH or LM35DH**

**See NS Package Number H03H**

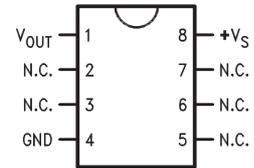
**TO-92  
Plastic Package**



BOTTOM VIEW  
DS005516-2

**Order Number LM35CZ,  
LM35CAZ or LM35DZ**  
**See NS Package Number Z03A**

**SO-8  
Small Outline Molded Package**

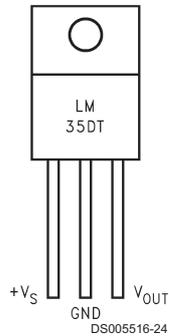


DS005516-21

N.C. = No Connection

**Top View  
Order Number LM35DM  
See NS Package Number M08A**

**TO-220  
Plastic Package\***



DS005516-24

\*Tab is connected to the negative pin (GND).

**Note:** The LM35DT pinout is different than the discontinued LM35DP.

**Order Number LM35DT  
See NS Package Number TA03F**

**Absolute Maximum Ratings** (Note 10)

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.

Supply Voltage	+35V to -0.2V
Output Voltage	+6V to -1.0V
Output Current	10 mA
Storage Temp.;	
TO-46 Package,	-60°C to +180°C
TO-92 Package,	-60°C to +150°C
SO-8 Package,	-65°C to +150°C
TO-220 Package,	-65°C to +150°C
Lead Temp.:	
TO-46 Package, (Soldering, 10 seconds)	300°C

TO-92 and TO-220 Package, (Soldering, 10 seconds)	260°C
SO Package (Note 12)	
Vapor Phase (60 seconds)	215°C
Infrared (15 seconds)	220°C
ESD Susceptibility (Note 11)	2500V
Specified Operating Temperature Range: $T_{MIN}$ to $T_{MAX}$ (Note 2)	
LM35, LM35A	-55°C to +150°C
LM35C, LM35CA	-40°C to +110°C
LM35D	0°C to +100°C

**Electrical Characteristics**

(Notes 1, 6)

Parameter	Conditions	LM35A			LM35CA			Units (Max.)
		Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	
Accuracy (Note 7)	$T_A = +25^\circ\text{C}$	±0.2	±0.5		±0.2	±0.5		°C
	$T_A = -10^\circ\text{C}$	±0.3			±0.3		±1.0	°C
	$T_A = T_{MAX}$	±0.4	±1.0		±0.4	±1.0		°C
	$T_A = T_{MIN}$	±0.4	±1.0		±0.4		±1.5	°C
Nonlinearity (Note 8)	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$	±0.18		±0.35	±0.15		±0.3	°C
Sensor Gain (Average Slope)	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$	+10.0	+9.9, +10.1		+10.0		+9.9, +10.1	mV/°C
Load Regulation (Note 3) $0 \leq I_L \leq 1$ mA	$T_A = +25^\circ\text{C}$	±0.4	±1.0		±0.4	±1.0		mV/mA
	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$	±0.5		±3.0	±0.5		±3.0	mV/mA
Line Regulation (Note 3)	$T_A = +25^\circ\text{C}$	±0.01	±0.05		±0.01	±0.05		mV/V
	$4V \leq V_S \leq 30V$	±0.02		±0.1	±0.02		±0.1	mV/V
Quiescent Current (Note 9)	$V_S = +5V, +25^\circ\text{C}$	56	67		56	67		µA
	$V_S = +5V$	105		131	91		114	µA
	$V_S = +30V, +25^\circ\text{C}$	56.2	68		56.2	68		µA
	$V_S = +30V$	105.5		133	91.5		116	µA
Change of Quiescent Current (Note 3)	$4V \leq V_S \leq 30V, +25^\circ\text{C}$	0.2	1.0		0.2	1.0		µA
	$4V \leq V_S \leq 30V$	0.5		2.0	0.5		2.0	µA
Temperature Coefficient of Quiescent Current		+0.39		+0.5	+0.39		+0.5	µA/°C
Minimum Temperature for Rated Accuracy	In circuit of <i>Figure 1</i> , $I_L = 0$	+1.5		+2.0	+1.5		+2.0	°C
Long Term Stability	$T_J = T_{MAX}$ , for 1000 hours	±0.08			±0.08			°C

## Electrical Characteristics

(Notes 1, 6)

Parameter	Conditions	LM35			LM35C, LM35D			Units (Max.)
		Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	
Accuracy, LM35, LM35C (Note 7)	$T_A = +25^\circ\text{C}$	$\pm 0.4$	$\pm 1.0$		$\pm 0.4$	$\pm 1.0$		$^\circ\text{C}$
	$T_A = -10^\circ\text{C}$	$\pm 0.5$			$\pm 0.5$		$\pm 1.5$	$^\circ\text{C}$
	$T_A = T_{\text{MAX}}$	$\pm 0.8$	$\pm 1.5$		$\pm 0.8$		$\pm 1.5$	$^\circ\text{C}$
	$T_A = T_{\text{MIN}}$	$\pm 0.8$		$\pm 1.5$	$\pm 0.8$		$\pm 2.0$	$^\circ\text{C}$
Accuracy, LM35D (Note 7)	$T_A = +25^\circ\text{C}$				$\pm 0.6$	$\pm 1.5$		$^\circ\text{C}$
	$T_A = T_{\text{MAX}}$				$\pm 0.9$		$\pm 2.0$	$^\circ\text{C}$
	$T_A = T_{\text{MIN}}$				$\pm 0.9$		$\pm 2.0$	$^\circ\text{C}$
Nonlinearity (Note 8)	$T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$	<b><math>\pm 0.3</math></b>		<b><math>\pm 0.5</math></b>	<b><math>\pm 0.2</math></b>		<b><math>\pm 0.5</math></b>	$^\circ\text{C}$
Sensor Gain (Average Slope)	$T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$	<b>+10.0</b>	<b>+9.8,</b> <b>+10.2</b>		<b>+10.0</b>		<b>+9.8,</b> <b>+10.2</b>	mV/ $^\circ\text{C}$
Load Regulation (Note 3) $0 \leq I_L \leq 1$ mA	$T_A = +25^\circ\text{C}$	$\pm 0.4$	$\pm 2.0$		$\pm 0.4$	$\pm 2.0$		mV/mA
	$T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$	<b><math>\pm 0.5</math></b>		<b><math>\pm 5.0</math></b>	<b><math>\pm 0.5</math></b>		<b><math>\pm 5.0</math></b>	mV/mA
Line Regulation (Note 3)	$T_A = +25^\circ\text{C}$	$\pm 0.01$	$\pm 0.1$		$\pm 0.01$	$\pm 0.1$		mV/V
	$4\text{V} \leq V_S \leq 30\text{V}$	<b><math>\pm 0.02</math></b>		<b><math>\pm 0.2</math></b>	<b><math>\pm 0.02</math></b>		<b><math>\pm 0.2</math></b>	mV/V
Quiescent Current (Note 9)	$V_S = +5\text{V}, +25^\circ\text{C}$	56	80		56	80		$\mu\text{A}$
	$V_S = +5\text{V}$	<b>105</b>		<b>158</b>	<b>91</b>		<b>138</b>	$\mu\text{A}$
	$V_S = +30\text{V}, +25^\circ\text{C}$	56.2	82		56.2	82		$\mu\text{A}$
	$V_S = +30\text{V}$	<b>105.5</b>		<b>161</b>	<b>91.5</b>		<b>141</b>	$\mu\text{A}$
Change of Quiescent Current (Note 3)	$4\text{V} \leq V_S \leq 30\text{V}, +25^\circ\text{C}$	0.2	2.0		0.2	2.0		$\mu\text{A}$
	$4\text{V} \leq V_S \leq 30\text{V}$	<b>0.5</b>		<b>3.0</b>	<b>0.5</b>		<b>3.0</b>	$\mu\text{A}$
Temperature Coefficient of Quiescent Current		<b>+0.39</b>		<b>+0.7</b>	<b>+0.39</b>		<b>+0.7</b>	$\mu\text{A}/^\circ\text{C}$
Minimum Temperature for Rated Accuracy	In circuit of <i>Figure 1</i> , $I_L = 0$	+1.5		+2.0	+1.5		+2.0	$^\circ\text{C}$
Long Term Stability	$T_J = T_{\text{MAX}}$ , for 1000 hours	$\pm 0.08$			$\pm 0.08$			$^\circ\text{C}$

**Note 1:** Unless otherwise noted, these specifications apply:  $-55^\circ\text{C} \leq T_J \leq +150^\circ\text{C}$  for the LM35 and LM35A;  $-40^\circ\text{C} \leq T_J \leq +110^\circ\text{C}$  for the LM35C and LM35CA; and  $0^\circ\text{C} \leq T_J \leq +100^\circ\text{C}$  for the LM35D.  $V_S = +5\text{Vdc}$  and  $I_{\text{LOAD}} = 50 \mu\text{A}$ , in the circuit of *Figure 2*. These specifications also apply from  $+2^\circ\text{C}$  to  $T_{\text{MAX}}$  in the circuit of *Figure 1*. Specifications in **boldface** apply over the full rated temperature range.

**Note 2:** Thermal resistance of the TO-46 package is  $400^\circ\text{C}/\text{W}$ , junction to ambient, and  $24^\circ\text{C}/\text{W}$  junction to case. Thermal resistance of the TO-92 package is  $180^\circ\text{C}/\text{W}$  junction to ambient. Thermal resistance of the small outline molded package is  $220^\circ\text{C}/\text{W}$  junction to ambient. Thermal resistance of the TO-220 package is  $90^\circ\text{C}/\text{W}$  junction to ambient. For additional thermal resistance information see table in the Applications section.

**Note 3:** Regulation is measured at constant junction temperature, using pulse testing with a low duty cycle. Changes in output due to heating effects can be computed by multiplying the internal dissipation by the thermal resistance.

**Note 4:** Tested Limits are guaranteed and 100% tested in production.

**Note 5:** Design Limits are guaranteed (but not 100% production tested) over the indicated temperature and supply voltage ranges. These limits are not used to calculate outgoing quality levels.

**Note 6:** Specifications in **boldface** apply over the full rated temperature range.

**Note 7:** Accuracy is defined as the error between the output voltage and  $10\text{mV}/^\circ\text{C}$  times the device's case temperature, at specified conditions of voltage, current, and temperature (expressed in  $^\circ\text{C}$ ).

**Note 8:** Nonlinearity is defined as the deviation of the output-voltage-versus-temperature curve from the best-fit straight line, over the device's rated temperature range.

**Note 9:** Quiescent current is defined in the circuit of *Figure 1*.

**Note 10:** Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. DC and AC electrical specifications do not apply when operating the device beyond its rated operating conditions. See Note 1.

**Note 11:** Human body model, 100 pF discharged through a 1.5 k $\Omega$  resistor.

**Note 12:** See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" or the section titled "Surface Mount" found in a current National Semiconductor Linear Data Book for other methods of soldering surface mount devices.



**MICROCHIP**

---

**PIC16F87X**  
**Data Sheet**

28/40-Pin 8-Bit CMOS FLASH  
Microcontrollers

---

"All rights reserved. Copyright © 2001, Microchip Technology Incorporated, USA. Information contained in this publication regarding device applications and the like is intended through suggestion only and may be superseded by updates. No representation or warranty is given and no liability is assumed by Microchip Technology Incorporated with respect to the accuracy or use of such information, or infringement of patents or other intellectual property rights arising from such use or otherwise. Use of Microchip's products as critical components in life support systems is not authorized except with express written approval by Microchip. No licenses are conveyed, implicitly or otherwise, under any intellectual property rights. The Microchip logo and name are registered trademarks of Microchip Technology Inc. in the U.S.A. and other countries. All rights reserved. All other trademarks mentioned herein are the property of their respective companies. No licenses are conveyed, implicitly or otherwise, under any intellectual property rights."

#### Trademarks

The Microchip name, logo, PIC, PICmicro, PICMASTER, PIC-START, PRO MATE, KEELOQ, SEEVAL, MPLAB and The Embedded Control Solutions Company are registered trademarks of Microchip Technology Incorporated in the U.S.A. and other countries.

Total Endurance, ICSP, In-Circuit Serial Programming, Filter-Lab, MXDEV, microID, *FlexROM*, *fuzzyLAB*, MPASM, MPLINK, MPLIB, PICDEM, ICEPIC, Migratable Memory, FanSense, ECONOMONITOR and SelectMode are trademarks of Microchip Technology Incorporated in the U.S.A.

Serialized Quick Term Programming (SQTP) is a service mark of Microchip Technology Incorporated in the U.S.A.

All other trademarks mentioned herein are property of their respective companies.

© 2001, Microchip Technology Incorporated, Printed in the U.S.A., All Rights Reserved.



*Microchip received QS-9000 quality system certification for its worldwide headquarters, design and wafer fabrication facilities in Chandler and Tempe, Arizona in July 1999. The Company's quality system processes and procedures are QS-9000 compliant for its PICmicro® 8-bit MCUs, KEELOQ® code hopping devices, Serial EEPROMs and microperipheral products. In addition, Microchip's quality system for the design and manufacture of development systems is ISO 9001 certified.*

## 28/40-Pin 8-Bit CMOS FLASH Microcontrollers

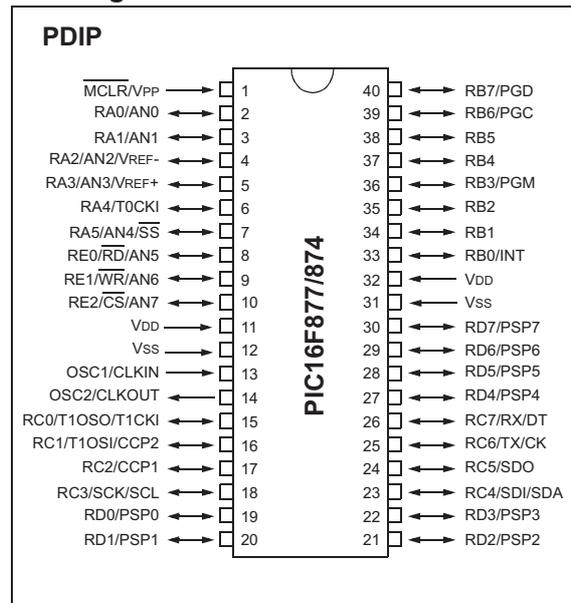
### Devices Included in this Data Sheet:

- PIC16F873
- PIC16F876
- PIC16F874
- PIC16F877

### Microcontroller Core Features:

- High performance RISC CPU
- Only 35 single word instructions to learn
- All single cycle instructions except for program branches which are two cycle
- Operating speed: DC - 20 MHz clock input  
DC - 200 ns instruction cycle
- Up to 8K x 14 words of FLASH Program Memory,  
Up to 368 x 8 bytes of Data Memory (RAM)  
Up to 256 x 8 bytes of EEPROM Data Memory
- Pinout compatible to the PIC16C73B/74B/76/77
- Interrupt capability (up to 14 sources)
- Eight level deep hardware stack
- Direct, indirect and relative addressing modes
- Power-on Reset (POR)
- Power-up Timer (PWRT) and  
Oscillator Start-up Timer (OST)
- Watchdog Timer (WDT) with its own on-chip RC  
oscillator for reliable operation
- Programmable code protection
- Power saving SLEEP mode
- Selectable oscillator options
- Low power, high speed CMOS FLASH/EEPROM  
technology
- Fully static design
- In-Circuit Serial Programming™ (ICSP) via two  
pins
- Single 5V In-Circuit Serial Programming capability
- In-Circuit Debugging via two pins
- Processor read/write access to program memory
- Wide operating voltage range: 2.0V to 5.5V
- High Sink/Source Current: 25 mA
- Commercial, Industrial and Extended temperature  
ranges
- Low-power consumption:
  - < 0.6 mA typical @ 3V, 4 MHz
  - 20 µA typical @ 3V, 32 kHz
  - < 1 µA typical standby current

### Pin Diagram

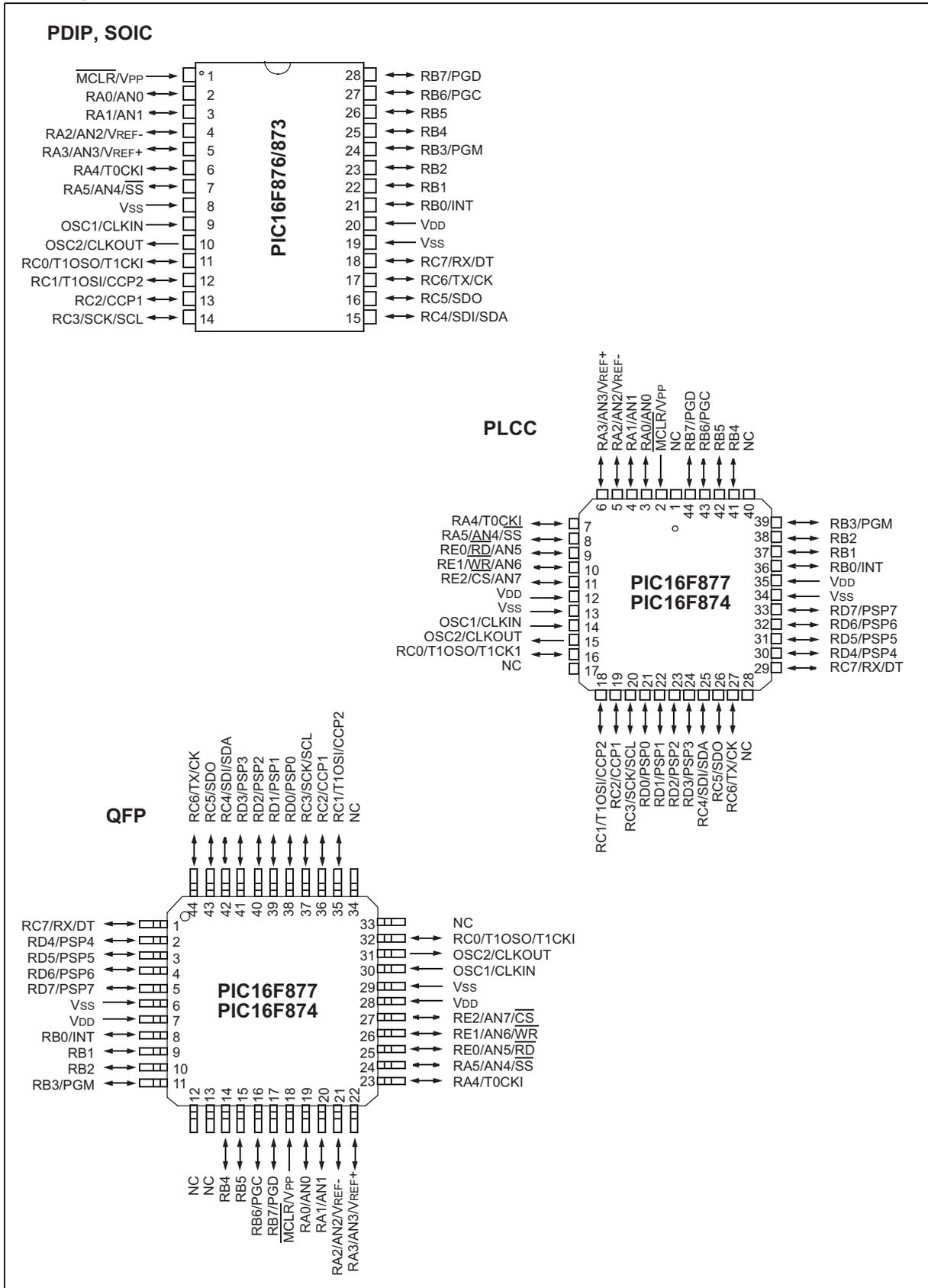


### Peripheral Features:

- Timer0: 8-bit timer/counter with 8-bit prescaler
- Timer1: 16-bit timer/counter with prescaler,  
can be incremented during SLEEP via external  
crystal/clock
- Timer2: 8-bit timer/counter with 8-bit period  
register, prescaler and postscaler
- Two Capture, Compare, PWM modules
  - Capture is 16-bit, max. resolution is 12.5 ns
  - Compare is 16-bit, max. resolution is 200 ns
  - PWM max. resolution is 10-bit
- 10-bit multi-channel Analog-to-Digital converter
- Synchronous Serial Port (SSP) with SPI™ (Master  
mode) and I<sup>2</sup>C™ (Master/Slave)
- Universal Synchronous Asynchronous Receiver  
Transmitter (USART/SCI) with 9-bit address  
detection
- Parallel Slave Port (PSP) 8-bits wide, with  
external RD, WR and CS controls (40/44-pin only)
- Brown-out detection circuitry for  
Brown-out Reset (BOR)

# PIC16F87X

## Pin Diagrams



# PIC16F87X

<b>Key Features PICmicro™ Mid-Range Reference Manual (DS33023)</b>	<b>PIC16F873</b>	<b>PIC16F874</b>	<b>PIC16F876</b>	<b>PIC16F877</b>
Operating Frequency	DC - 20 MHz			
RESETS (and Delays)	POR, BOR (PWRT, OST)	POR, BOR (PWRT, OST)	POR, BOR (PWRT, OST)	POR, BOR (PWRT, OST)
FLASH Program Memory (14-bit words)	4K	4K	8K	8K
Data Memory (bytes)	192	192	368	368
EEPROM Data Memory	128	128	256	256
Interrupts	13	14	13	14
I/O Ports	Ports A,B,C	Ports A,B,C,D,E	Ports A,B,C	Ports A,B,C,D,E
Timers	3	3	3	3
Capture/Compare/PWM Modules	2	2	2	2
Serial Communications	MSSP, USART	MSSP, USART	MSSP, USART	MSSP, USART
Parallel Communications	—	PSP	—	PSP
10-bit Analog-to-Digital Module	5 input channels	8 input channels	5 input channels	8 input channels
Instruction Set	35 instructions	35 instructions	35 instructions	35 instructions

## Interfacing an HD44780 Character LCD to a MicroConverter®

By Eamon Neary

### INTRODUCTION

There is a vast array of LCD displays available. Fortunately, a majority of them comply with the HD44780U standard. This standard refers to the LCD controller chip that accepts data from the MicroConverter and communicates with the LCD screen.

HD44780 standard LCD screens are available in numerous formats, the most popular of which are the 16 × 2 and 20 × 2 formats. The various commands to control the basic functions of the LCD are outlined in this application note.

### INTERFACING AN HD44780 LCD

The data bus that connects the HD44780 to the MicroConverter can be eight bits or four bits wide; this document discusses the 8-bit data bus. In addition to the data bus, three control lines are needed, requiring a total of 11 pins to interface the LCD to the MicroConverter.

The eight data lines that form the data bus are referred to as DB0 to DB7.

The three control lines are referred to as EN, RS, and RW:

EN is the *enable line*. This line is used to indicate the start of a transmission of a data byte to the LCD controller. To indicate the start of transmission, this line is brought high. When transmission is complete, the EN line is brought low.

RS is the *register select line*. This line indicates to the LCD controller whether the data byte is to be treated as a command or as text data to be displayed on the screen. If the RS line is high, the data byte is treated as text to be displayed. If the RS line is low, the data byte is treated as a command.

RW is the *read/write line*. When this line is low, the information on the data bus is written to the LCD controller. If this line is high, the LCD controller can be read to check the status of the LCD.

As shown in Figure 1, the eight data lines are connected to Port 0 of the MicroConverter; external pullups are required on Port 0 (not shown in diagram). The three control lines are connected to Ports 2.6, 2.7, and 3.6.

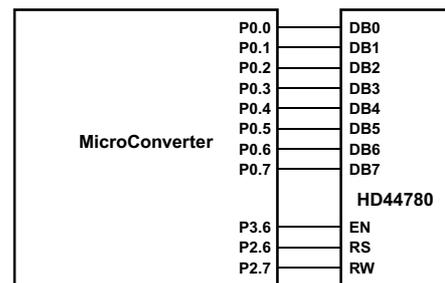


Figure 1. Connecting an HD44780 LCD to a MicroConverter

In assembly code, this interface is defined using the following:

```
LCD_RW      EQU      P2.7
LCD_RS      EQU      P2.6
LCD_EN      EQU      P3.6
LCD_DATA    EQU      P0
CHAR        DATA    040H ;Char buffer for LCD
```

### CONFIGURING THE LCD SCREEN

To display text to the LCD screen, it first must be configured. The LCD controller is told what sort of LCD screen is being used as well as the data bus format and the font.

The various commands available are listed in detail in the Hitachi HD44780 data sheet.

In the following example, the LCD is configured to use an 8-bit data bus and to display in 5 × 10 dot character font. This configuration is achieved by sending 38H to the LCD controller.

Three functions are used:

SEND\_CMD, CHKBUSY, and PULSE\_E

```
SEND_CMD:  MOV   CHAR,R0      ; SAVES R0 TO LOCATION CHAR
           CALL  CHKBUSY     ; CHECKS BUSY FLAG
           MOV   R0,CHAR      ; PULLS CONTENTS OF R0
           ; FROM CHAR
           MOV   LCD_DATA,R0 ; SENDS TO PORT 0
           CLR   LCD_WR      ; CLEARS R/W LINE
           CLR   LCD_RS      ; CLEARS RS LINE
           CALL  PULSE_E     ; CLOCKS IN DATA INTO LCD
           RET

CHKBUSY:   MOV   R0,#0FFH
           MOV   LCD_DATA,R0 ; SETS UP PORT 0 AS I/P'S
           CLR   LCD_RS      ; CLEARS RS LINE
           SETB  LCD_WR      ; SETS R/W LINE
           NOP
           NOP
           NOP
```

# AN-645

```
BUSYREAD: SETB LCD_EN          ; CLOCKS E HIGH
           NOP
           NOP
           MOV ACC,LCD_DATA    ; READS PORT 0
           NOP
           NOP
           CLR LCD_EN          ; CLOCKS E LOW
           NOP
           NOP
           JB ACC.7,BUSYREAD   ; IF BUSY, LOOP
           RET

PULSE_E:  NOP
           NOP
           SETB LCD_EN         ; CLOCKS E HIGH
           NOP
           NOP
           NOP
           NOP
           CLR LCD_EN         ; CLOCKS E LOW
           NOP
           NOP
           RET
```

The SEND\_CMD function sends the command byte that is contained in R0 to the MicroConverter.

The CHKBUSY function checks the busy status of the LCD controller and waits for the instruction to be fully executed.

The PULSE\_E function clocks in the data to the LCD controller.

Thus, the code to initialize the LCD display is as follows:

```
; Display initialization
MOV R0,#038H ; Function set
CALL SEND_CMD ;
MOV R0,#06H ; Entry set
CALL SEND_CMD ;
MOV R0,#02H ; Home
CALL SEND_CMD ;
MOV R0,#0CH ; Display on, cursor, etc.
CALL SEND_CMD
```

The additional commands are used to position the cursor to the start of the first row of the LCD. With the LCD initialized, text can be written to the screen.

## WRITING TEXT TO THE LCD DISPLAY

In the sample program, the following text is written to the LCD screen:

```
"ANALOG DEVICES
LCD EXAMPLE CODE"
```

To do this, the string is defined in code memory:

```
TEXT0: DB 'ANALOG DEVICES'; welcome message
        DB 099h
        DB 'LCD EXAMPLE CODE '
        DB 099h
```

The 099h is used by the code to decide to print the rest of the string on the next line.

Three additional functions are required to print the text:

```
BOTHLINES: PUSH PSW          ; =>Save Carry
            ACALL LINE1
            INC DPTR
            ACALL LINE2
FIN:       POP PSW
            RET

LINE1: MOV R0,#80h          ; CURSOR ADDRESS=
        CALL SEND_CMD     ; beginning of first line
        CALL WRITE        ; Write the full line
        RET

LINE2: MOV R0,#0C0h        ; set CURSOR ADDRESS
        CALL SEND_CMD     ; beginning of first line
        CALL WRITE        ; Write the full line
        RET

WRITE:
write_loop: MOV A,R1
            MOVC A,@A+DPTR
            CJNE A,#99h,write_cont ; stop
                                           ; writing
                                           ; condition
            RET

write_cont: MOV R0,A
            CALL send_char ; send one ASCII character

            INC DPTR      ; next character
            JMP write_loop

SEND_CHAR: MOV CHAR,R0    ; SAVES R0 TO LOCATION CHAR
            CALL CHKBUSY  ; CHECKS BUSY FLAG
            MOV R0,CHAR   ; PULLS CONTENTS OF R0
                                           ; FROM CHAR
            MOV LCD_DATA,R0; SENDS TO PORT 0
            CLR LCD_WR    ; CLEARS R/W LINE
            SETB LCD_RS   ; SETS RS LINE HIGH FOR DATA
            CALL PULSE_E  ; CLOCKS DATA INTO LCD
            RET
```

The BOTHLINES function prints the text across the two lines.

The LINE1 and LINE2 functions move the cursor position.

The WRITE and SEND\_CHAR functions write the text one character at a time on the LCD screen.

Thus, the code to write the text on the LCD screen is:

```
MOV DPTR,#TEXT0 ; Welcome message stored
                ; in code memory
LCALL BOTHLINES
```

**SAMPLE PROGRAMS**

Accompanying this application note is assembly code containing the LCD functions previously used in this program.

Two sample programs are available that use the LCD interface described in this document. The first program is an LCD temperature monitor. This program uses the on-chip temperature sensor of the ADuC834/ADuC824/ADuC816 and displays the die temperature on the LCD screen. A program flowchart is shown in Figure 2. The second program implements a frequency measurement using the Timer 2 input pin on the ADuC834/ADuC824/ADuC816, although the code can easily be ported to other MicroConverter products. This program is described in greater detail in the AN-644 (uC013) application note.

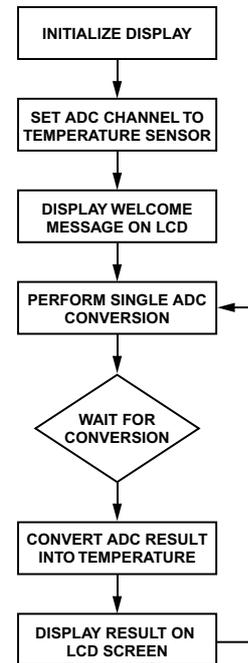
**TEMPERATURE MONITOR ROUTINE**

Figure 2. Flowchart for Temperature Monitor Routine

Purchase of licensed I<sup>2</sup>C components of Analog Devices or one of its sublicensed Associated Companies conveys a license for the purchaser under the Philips I<sup>2</sup>C Patent Rights to use these components in an I<sup>2</sup>C system, provided that the system conforms to the I<sup>2</sup>C Standard Specification as defined by Philips.

© 2003 Analog Devices, Inc. All rights reserved. Trademarks and registered trademarks are the property of their respective companies.