

UNIVERSIDADE SÃO FRANCISCO

Curso de Engenharia Elétrica

**DANILO EDUARDO LASTÓRIA DA SILVA**

**SISTEMA AUTOMÁTICO DE IRRIGAÇÃO**

Itatiba  
2010

**DANILO EDUARDO LASTÓRIA DA SILVA – RA: 002200800719**

## **SISTEMA AUTOMÁTICO DE IRRIGAÇÃO**

Monografia apresentada ao curso de Engenharia Elétrica – Modalidade Eletrônica da Universidade São Francisco, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Elétrica

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> M.<sup>a</sup> Débora Meyhofer Ferreira

Itatiba  
2010

*Dedico este trabalho a minha mãe Fátima,  
meu pai José Eduardo, meus familiares pela motivação,  
e aos professores pelo apoio e contribuição tornando  
possível esta conclusão de curso.*

## **AGRADECIMENTOS**

*Neste momento, quero agradecer primeiramente a Deus a oportunidade que estou tendo. Pelo amor e paciência que puseste em meus pais. Vencemos mais uma etapa de nossas vidas. Agradeço por tudo.*

*Agradeço a minha professora orientadora Débora Meyhofer Ferreira por toda paciência, empenho e ajuda para que este trabalho se tornasse possível.*

*Agradeço aos professores Renato Franco de Camargo e Geraldo Peres Caixeta pela aceitação do convite de avaliação na banca de defesa do TCC.*

*Agradeço aos meus pais que fizeram tudo nesse período de estudos para que minha graduação fosse possível.*

*Agradeço aos amigos e colegas de faculdade que diretamente ou indiretamente participaram na conclusão desse trabalho.*

# SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS.....	v
LISTA DE FIGURAS.....	vi
LISTA DE TABELAS.....	vii
RESUMO .....	viii
ABSTRACT .....	ix
INTRODUÇÃO .....	10
1. A AGUA E O SOLO .....	11
1.1. A PROBLEMÁTICA DO CONSUMO DA ÁGUA POTAVÉL .....	11
1.2. DISPOSIÇÃO E CONSUMO DA ÁGUA POTAVEL DO PLANETA .....	11
1.3. PERDAS E MAU USO DA AGUA CONSUMIDA NA AGRICULTURA .....	12
2. PROCESSO DE MEDIÇÃO DA UMIDADE DO SOLO.....	14
2.1 PROCESSOS ATUAIS.....	14
2.2 PROCESSO APRESENTADO PELO TRABALHO.....	14
2.3 TENSÍÔMETROS.....	15
3. PROJETO .....	17
3.1. MÓDULO DE ENTRADA – SENSOR.....	17
3.2. MÓDULO DE CONTROLE.....	18
3.3. MÓDULO DE SAÍDA.....	21
3.4. LAY-OUT .....	24
4. TESTES E QUALIFICAÇÕES.....	25
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	26
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	27
ANEXO I – DATA SHEET DO SENSOR SIS .....	28
ANEXO II – CÓDIGO FONTE PROGRAMA .....	29

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

Centibars – Unidade de medida de pressão

kPa – Quilo Pascal (Unidade de medida de pressão)

SIS – Smart Irrigation Sensor (Sensor de Irrigação Inteligente)

UNESCO - Organização Educacional, Científica e Cultural das Nações Unidas

DC – Direct Current

PIC – Interface controladora de Periféricos

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Consumo de água no mundo.....	11
Figura 2. Aumento das perdas no consumo de água.....	12
Figura 3. Sensor SIS, Fonte: IMS.....	16
Figura 4. Diagrama em blocos do Sistema.....	17
Figura 5. Gráfico de resposta do sensor SIS.....	18
Figura 6. Circuito de Entrada.....	18
Figura 7. Esquema elétrico circuito de controle.....	20
Figura 8. Circuito de Controle.....	21
Figura 9. Esquema elétrico circuito de saída I.....	22
Figura 10. Esquema elétrico circuito de saída II.....	23
Figura 11. Circuito de saída.....	23
Figura 12. Layout da Placa.....	24
Figura 13. Curva de resposta do sensor – medida .....	25

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1. Profundidade de Aplicação do tensiômetro.....14

Tabela 2 – Relação de medidas de pressão do tensiômetro x produto.....15



# RESUMO

Silva, Danilo Eduardo Lastória. **Sistema automático de irrigação**. Itatiba, 2010. Universidade São Francisco, Trabalho de Conclusão de Curso, Itatiba, 2010.

Devido à grande expansão do agronegócio no Brasil, é de extrema importância o controle de recursos utilizados para implantação e manutenção dos mesmos. Com este objetivo é desenvolvido um sistema para controlar a irrigação de cultivos automaticamente, baseando-se na umidade do solo, evitando assim possíveis desperdícios de água e energia. No trabalho desenvolvido é criado um sistema capaz de acionar automaticamente um sistema de irrigação, considerando para isso as necessidades de cada cultivo, utilizando como ferramenta principal a medição da umidade do solo.

Para realizar este processo, o sistema irá dispor de uma sonda (sensor) que medirá a umidade do solo. Este terá a função de converter o valor medido em níveis de tensão que serão processadas por um microcontrolador. Após este processamento o software será responsável, por acionar/desligar uma bomba que controlara o processo de irrigação.

O diagrama do projeto, assim como, esquema elétrico, layout e programação do circuito integrado serão descritos em diagramas de blocos em capítulos separados

**Palavras-chave:** Sensor de umidade, Controle, Sistema de irrigação, Software, Hardware

## ABSTRACT

Due to major expansion of agro business in Brazil, is extremely important to control resources used for deployment and maintenance. Behind this objective is to developed a system to control irrigation of crops automatically, based on soil moisture, thus avoiding possible waste of water and energy. In this work will be developed a system capable of automatically triggering an irrigation system, it considering the needs of each crop, using as main tool to measure the soil moisture.

To accomplish this process, the system will have a probe (sensor) that will measure soil moisture. This has the function of converting the value measured in levels of tension that will be processed by a microcontroller. After this processing software is responsible for turning on / off a pump that control the irrigation process. Diagram of the project, as well as electric wiring, layout, and programming integrate circuit will be described in block diagrams.

**Keywords:** *Damp sensor's, Keyword, Irrigate systems, Control, Software, Hardware.*

# INTRODUÇÃO

Este trabalho surgiu do interesse em automatizar e controlar sistemas de irrigação, visando à melhoria e redução de consumo do recurso natural água, e da disposição de mão-de-obra para controlar tal Sistema.

Com a revolução Agrícola no século XX, o Brasil tem se tornado uma das maiores potências no mundo do agronegócio. Com estas expansões, aumentou-se também o consumo dos recursos naturais, como a água e recursos do solo, além do aumento da necessidade de mão-de-obra na operação de sistemas para a manutenção do cultivo.

Desta forma, surge a idéia de desenvolver um sistema capaz de reduzir o consumo de água destinado à agricultura, assim como melhorar a utilização do mesmo. Para tal desenvolvimento, é construído um sistema que utiliza como ferramenta de medição da umidade do solo, uma sonda capacitiva que interligada a um sistema micro controlado, atua e controla todo o sistema de irrigação. Para isso o projeto baseia-se na medição constante da umidade do solo, controlando os níveis de água do mesmo.

O sensor (sonda), escolhido para a medição da umidade do solo tem sua resistência variada de acordo com o nível de pressão exercido pela água, ou seja, para uma maior quantidade de água no solo, maior a pressão exercida sobre o sensor. Esta variação é medida em centibars/KPa, e convertida em um valor de tensão que será transmitido ao circuito responsável pelo controle do sistema, fechando assim um ciclo, que irá manter o solo, sempre com a quantidade de água necessária.

Tendo em vista este tipo de funcionamento do sensor, não se faz necessário o uso de circuitos, para conversão dos dados captados, é convertido pelo sensor e transmitido diretamente ao circuito de controle, que irá controlar periodicamente a necessidade de se irrigar ou não o solo. Para este controle, será utilizado um microcontrolador, do tipo PIC, devido à alta capacidade e precisão do mesmo, em interpretar e manipular dados, além de ter disponíveis e em fácil acesso diversos tipos de operações, e possuir um custo popularizado.

O sistema formado pelo micro controlador, irá comparar os dados recebidos, com os dados de controle determinados pelo programa, sendo este inicialmente fixo para todos os tipos de cultivo, podendo ser alterado de acordo com a necessidade do plantio. Assim, o mesmo sistema pode ser implantado, em qualquer tipo de cultivo.

Dessa forma, torna-se possível a economia de água durante a irrigação, evitando perdas deste recurso, assim como evitando danos ao solo com o excesso de água e redução da mão de obra de operação, visto que o sistema irá manter o solo com nível de água adequado.

# 1. A AGUA E O SOLO

## 1.1. A PROBLEMÁTICA DO CONSUMO DA ÁGUA POTAVÉL

Com o recente aprendizado de que a água é um recurso natural cada vez mais escasso tanto em quantidade como em qualidade, tornou-se motiva a mobilização dos Órgãos Nacionais Brasileiros e Internacionais de defesa do Meio Ambiente pela preservação e defesa do correto uso da água potável disponível mediante a esta critica situação, e a possibilidade de escassez deste recurso dentro de alguns anos.

## 1.2. DISPOSIÇÃO E CONSUMO DA ÁGUA POTAVEL DO PLANETA

Com o aumento do consumo excessivo dos recursos naturais em sua maioria nos processos agrícolas, tem tornado-se comum cada dia mais estudos, fóruns, e entidades que se dedicam à preservação destes. Dado, que a água potável é um dos recursos com chance de escassez no mundo, e de grande importância para a vida humana, tornou-se uma preocupação mundial, a disposição e utilização da mesma.

Atualmente a UNESCO, entidade internacional que desenvolve diversos programas de pesquisas destinados ao controle dos aquíferos do planeta (WWAP – WORLD WATER ASSESSMENT PROGRAME), tem tradado estes recursos com muita atenção, e tem se tornado freqüentes fóruns e publicações para o tratamento destes.

Das quantidades de água utilizada no nosso planeta, o maior consumidor é a agricultura. Esse tipo de negócio é responsável por 70% do consumo da água, a frente das indústrias que tem um consumo de 23% e do consumo humano que hoje é de 7%.

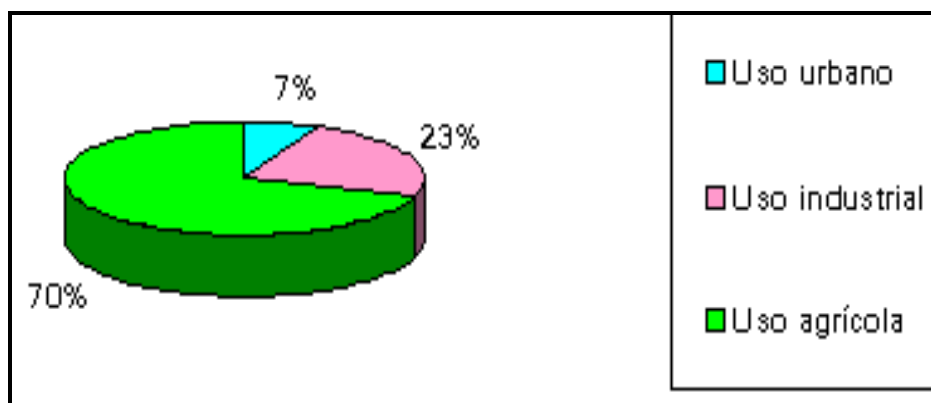


Figura 1 - Consumo de água no mundo.

Fonte: INAN [7].

No Brasil, estudos revelam que do total de água consumido anualmente, 30% é utilizado pelos processos agrícolas, seja ela em grande escala ou agricultura familiar, deste total cerca de 70% é desperdiçado, o que implica em um desperdício global de 30%.

### 1.3. PERDAS E MAU USO DA AGUA CONSUMIDA NA AGRICULTURA

Apesar de contribuir com o maior consumo da água potável do nosso planeta, a agricultura, não consegue aproveitar de maneira correta a quantidade de água captada, aproveitando somente 30% do total consumido.

A figura 2 mostra o aumento do consumo de água pela agricultura na última década. Podemos enxergar que a agricultura é o maior ofensor desse consumo juntamente com a utilização inadequada deste recurso.

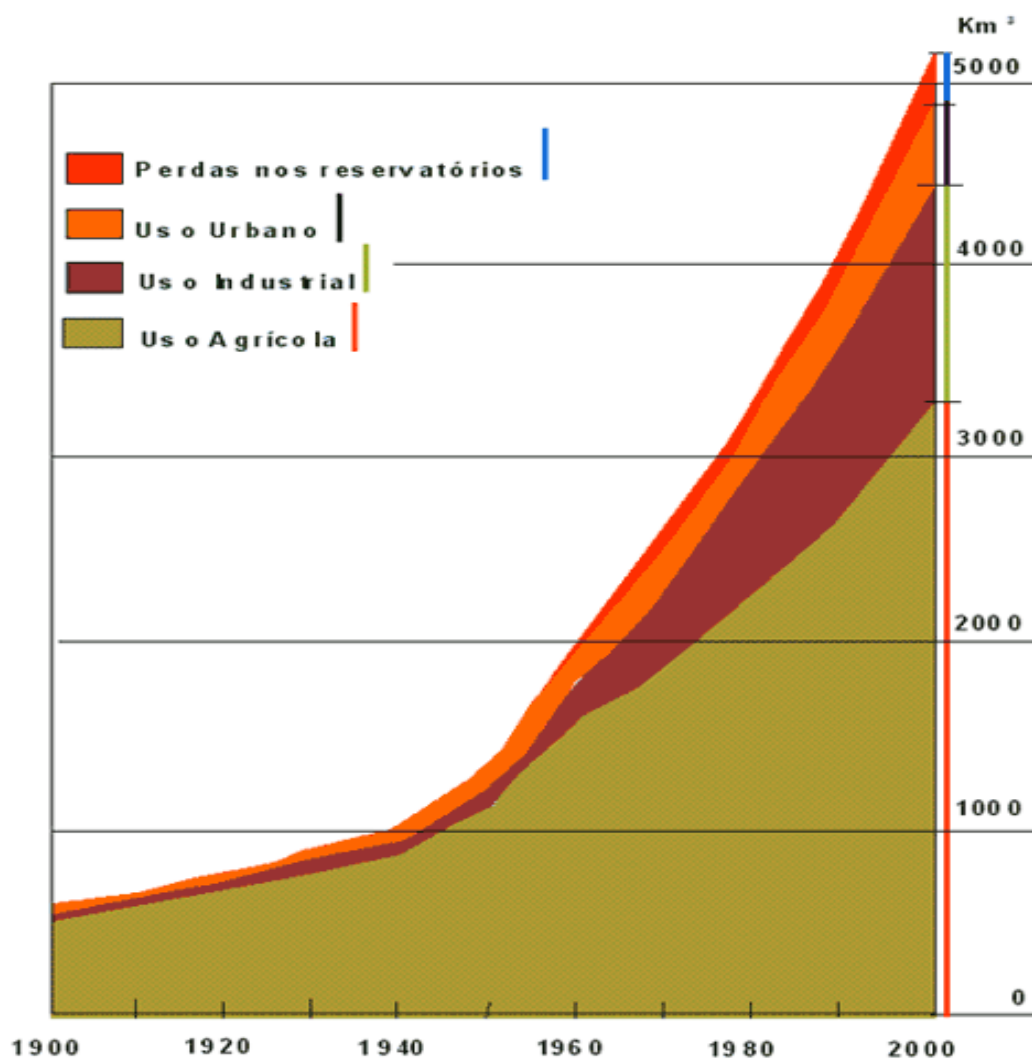


Figura 2 – Aumento das perdas no consumo de água

Fonte: INAN [7].

Com o elevado subsídio no valor da energia consumida a noite e a má informação de que nesse período não haja a evaporação da água, os usuários são induzidos a irrigarem seu plantio demasiadamente nesse período, pois acreditam que a água estará disponível no solo por mais tempos o que não ocorre, pois devido ao fato da porosidade do solo drenar a maior quantidade de água, somente com as irradiações solares, as plantas poderão iniciar o processo de fotossíntese e então consumir a água do solo.

Além de desperdiçar a água neste processo, este tipo de operação causa a lixiviação dos nutrientes contidos no solo, contribuindo diretamente com o processo de desertificação do solo, que hoje já atinge 20% de toda área irrigada da Terra [2].

Baseado nestes fatores, é que será desenvolvido o projeto de controlar a quantidade de água de acordo com a umidade do solo, fazendo assim que os processos de irrigação sejam utilizados somente quando necessário aumentando a eficiência dos sistemas de irrigação, e a utilização da água somente quando necessário, evitando todo tipo de perdas e danos aos produtores e ao meio ambiente.

## 2. PROCESSO DE MEDIÇÃO DA UMIDADE DO SOLO

### 2.1 PROCESSOS ATUAIS

Atualmente, os processos que automatizam a irrigação de plantios, são unicamente baseados em temporizadores, que acionam e desligam a irrigação de acordo com a hora e por um tempo determinado. Nesse tipo de automação, não há controle da quantidade de água disposta no solo, ou seja, o tempo de irrigação é determinado pelo produtor, e não se tem o controle da quantidade de água desperdiçada.

Dessa maneira, a quantidade de água disposta no solo não é controlada, ou seja, os sistemas podem trabalhar com excesso ou acúmulo de água, o que ocasionam as perdas e danos já citados acima.

### 2.2 PROCESSO APRESENTADO PELO TRABALHO

O processo apresentado pelo trabalho visa automatizar o controle da irrigação. Com um sensor instalado no solo, o sistema poderá verificar a quantidade de água existente, mantendo-o com a quantidade de água adequada de acordo com a necessidade do cultivo.

Para melhor utilização dos recursos da água e do solo, na tabela 1 temos as ideais profundidades de aplicação dos tensiômetros obtendo assim o melhor resultado nas plantações.

Tabela 1 – Profundidade de aplicação do Tensiometro

Fonte: TRACOM.

Tipo de cultivo	Aparelho Superficial (cm)	Aparelho Profundo (cm)	Profundidade extra (cm) Se necessário
Alfafa	45-60	90-120	150-170
Girassol	60	120	150
Limão, Laranja	45	90	-
Café	30-60	90-120	-
Soja	45	90	150
Uva	60	120	150
Melancia	45	90	120
Ameixa	60	120	180
Abóbora	45	90	120

Com o sensor posicionado na profundidade adequada, o sistema passará a monitorar os índices de água do solo e enviar a informação para o controlador. O controlador será responsável por comparar os valores recebidos com o padrão estabelecido para que assim o sistema opere adequadamente.

Para garantir total eficiência do sistema, além de determinar a melhor profundidade de aplicação do tensiômetro, é necessário saber qual a pressão ideal para o cultivo, pois é o dado mais importante para o manejo do solo. Atualmente, em processos realizados com tensiômetros, funcionam da seguinte forma: os dados são coletados diariamente manualmente pelo agricultor, ou seja, monitora-se os valores manualmente calcula-se a necessidade de água no solo e se planeja a irrigação, de acordo com os valores obtidos. Recomenda-se para diferentes tipos de irrigação, os seguintes valores de pressão obtidos pelos tensiômetros. [6].

Tabela 2 – Relação de medidas de pressão do tensiômetro x produto

Fonte: EMBRAPA.

<b>Pressão (kPa)</b>	<b>Produto cultivado</b>
10 – 30	Alface, alho, beterraba, cebola, cenoura, morango, folhosas, hortaliças sob cultivo protegido e/ou irrigadas por gotejamento, arroz
30 – 50	Abóbora, batata, berinjela, brócolos, melancia, melão, pimentão, tomate, vagem, feijão, soja (pode chegar a 70)
50 – 70	Batata-doce, couve-flor, mandioquinha-salsa, milho-doce, repolho
40 – 60	Trigo, milho
> 70*	Ervilha, grão-de-bico, lentilha, pepino, tomate industrial

Baseado nos valores da tabela acima, o projeto pode ser alterado para atender as necessidades de cada produtor. Inicialmente este ajuste será feito no software de aplicação, porém o mesmo será adequado para que isso possa ser feito manualmente de acordo com as necessidades de cada produtor.

## 2.3 TENSIOÔMETROS

Tensiômetros são equipamentos que medem a tensão ("força") que as raízes das plantas devem fazer para extrair a água que necessitam para o seu crescimento, são compostos por uma cápsula porosa, e seu modelo está apresentado na figura 3.

Seu funcionamento é baseado na pressão exercida pela água do solo e assim se tem uma variação de resistência no mesmo. Quanto mais seco está o solo, menor a pressão exercida no



sensor, e maior a resistência do mesmo, dessa maneira temos um maior nível de tensão transmitido ao circuito de controle – figura 6. Quando o solo recebe água, a pressão sobre o sensor diminui e conseqüentemente temos uma baixa no valor de sua resistência, diminuindo assim o valor de tensão transmitido ao circuito.

Atualmente, os tensiômetros são compostos além da cápsula porosa por um tubo de plástico de comprimento variável cheio de água fechado, e em sua superfície possuem um manômetro, que indicara a pressão da água exercida pelo solo.

Nesse tipo de tensiômetro o aparelho funciona de acordo com a pressão exercida pelo tubo. Quanto mais seco está o solo, maior quantidade de água sai do tubo, logo, maiores são os valores registrados pelo manômetro. Quando o solo recebe

água (rega ou chuva), esta passa do solo para o tubo diminuindo os valores de tensão; deste modo, os valores registrados pelo manômetro descem. As leituras indicam o vácuo criado no tubo:

- as leituras altas indicam que o solo tem pouca umidade;
- as leituras baixas indicam que o solo tem muita umidade.

Após levantamento de diversos tipos de sensores a serem utilizados, optou se por utilizar o tensiometro SISC4 [ANEXO I] baseado no sensor matriz SIS. A opção por esse sensor se deu devido a sua fácil aplicação e seu custo benéfico. A figura 3 ilustra a imagem do sensor utilizado.



Figura 3 - Sensor SIS

Fonte: UMS

O sensor SIS foi o escolhido para o projeto, por apresentar as características ideais e necessárias para o mesmo. Além de apresentar um baixo consumo de corrente, e de ser o de menor custo entre os componentes disponíveis no mercado, diferente dos outros sensores

destinados a este tipo de aplicação, o SIS possui uma variação de sinal D.C em sua saída, de forma que assim, o sinal apresenta uma melhor variação facilitando sua aplicação diante da necessidade do projeto.

Para garantir um sistema de irrigação ideal, recomenda-se irrigar o solo de um modo geral quando a tensão atinge entre 30 e 40 kPa (Quilo pascal). Em solos muito arenosos (mais de 80% de areia) esses limites caem para 50%, ou seja, a tensão de sucção não deve ser superior a 15 a 20 kPa.

### 3. PROJETO

Para o desenvolvimento do projeto, o mesmo foi dividido em três blocos, sendo que cada bloco do projeto será apresentado abaixo:

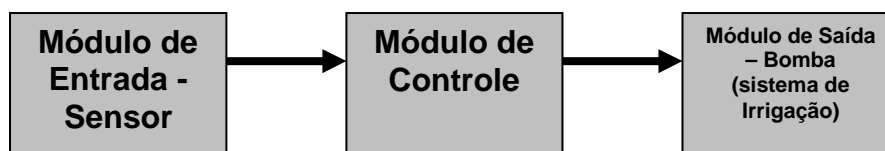


Figura 4 – Diagrama de blocos do projeto

#### 3.1. MÓDULO DE ENTRADA – SENSOR

Este será composto por um sensor capaz de medir e transmitir de maneira contínua a umidade do solo. Trata-se de um sensor resistivo, que tem a capacidade de variar sua resistência de acordo com a pressão exercida pela água. Assim aplica-se uma tensão em uma de suas extremidades, podendo essa variar de acordo com a resistência apresentada pelo mesmo.

Resumidamente temos:

- Solo com baixo nível de umidade, temos alta resistência no sensor, e maior nível de tensão transmitido ao circuito de controle
- Solo com alto índice de água, temos baixa resistência no sensor, e menor nível de tensão transmitida ao circuito de controle.

Sendo assim, à medida que os níveis de umidade do solo variam, varia-se também os valores de tensão da saída, sendo que o sinal de saída pode variar de 0 a 2000 [mV]. A figura – 5 ilustra a resposta do sensor na relação pressão x nível de tensão.

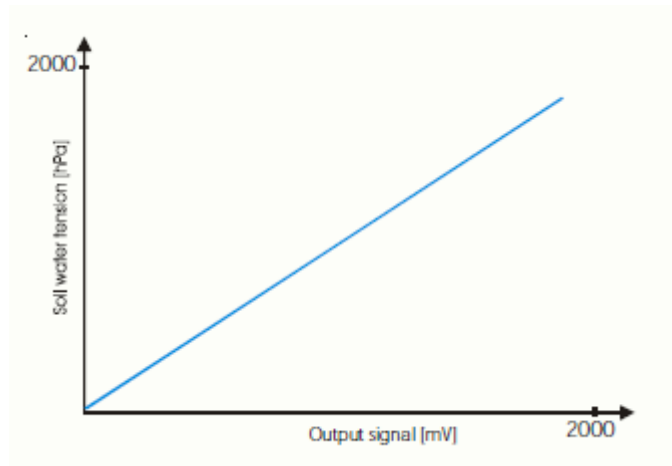


Figura 5 - Gráfico de resposta sensor SIS

Estes sinais são medidos e enviados para o bloco de controle, que irá verificar se há a necessidade ou não de ligar/desligar o sistema de irrigação.

A montagem do circuito de entrada pode ser verificada na figura 6.

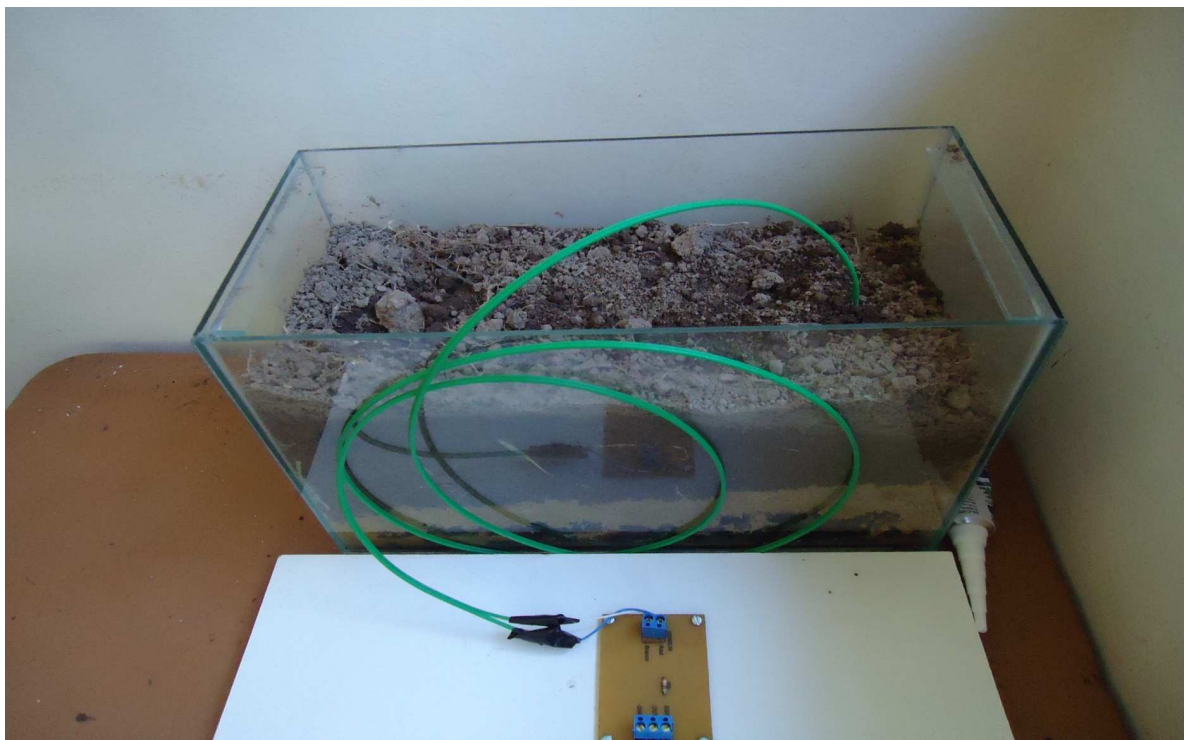


Figura 6 – Circuito de Entrada

### 3.2. MÓDULO DE CONTROLE

Neste bloco, será realizada toda a lógica para funcionamento adequado do circuito. Este terá a capacidade de acionar sem a intervenção do homem, o circuito de irrigação, monitorando de maneira eficiente o consumo de água do cultivo e fazendo com que toda a plantação esteja com níveis adequados de água.

Para este circuito, será utilizado um circuito microcontrolador (PIC 18F4550), dentro deste circuito será adequado a sua linguagem de programação, para que o mesmo possa efetuar as seguintes lógicas [ANEXO II].

Ao iniciar o ciclo, o sensor, irá transmitir o valor da tensão ao sistema de controle que por sua vez irá comparar este, com o valor determinado. Quando o valor de tensão transmitido pelo sensor estiver acima do máximo necessário para o plantio, o sistema irá acionar imediatamente a bomba de irrigação e continuará lendo os valores emitidos pelo solo. Quando o valor de tensão transmitido pelo sensor, estiver abaixo do mínimo necessário indicará que a quantidade de água está suficiente e desligará a bomba.

Dessa maneira, o bloco de controle será o responsável por manter a bomba acionada ou não, deixando a umidade do solo constantemente na faixa necessária para o plantio.

Para que se tenha um bom aproveitamento da água no solo, é desejado que a umidade do mesmo nunca esteja abaixo do valor de 10 kPa, desta forma mesmo com o solo já umedecido, o sensor deve transmitir as informações de maneira contínua, acionando o sistema de irrigação se necessário, e mantendo a umidade do solo dentro dos valores adequados.

Para a execução de tal controle foi utilizado o seguinte circuito que como todo o projeto dói desenhado pelo software CadEagle:

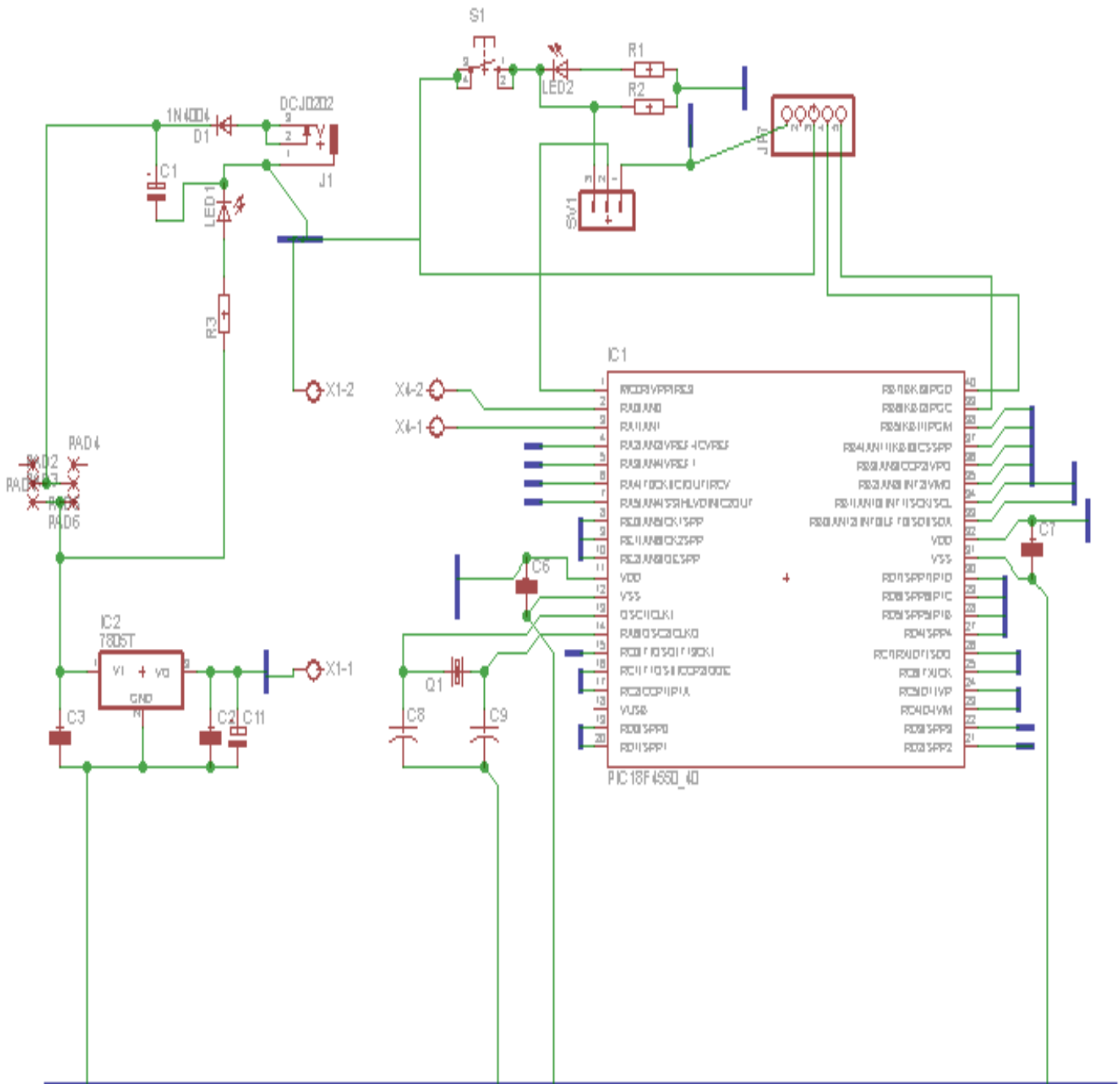


Figura 7 - Esquema elétrico circuito de controle

A figura 7 ilustra o circuito responsável pelo controle do sistema. No esquema podemos identificar o micro controlador e os componentes necessários para o correto funcionamento do mesmo.

Para facilitar a operação do sistema, o mesmo irá contar com um display para que o operador possa verificar os valores lidos pelo sensor, assim como selecionar o modo de operação do circuito de maneira eficiente, figura 8.

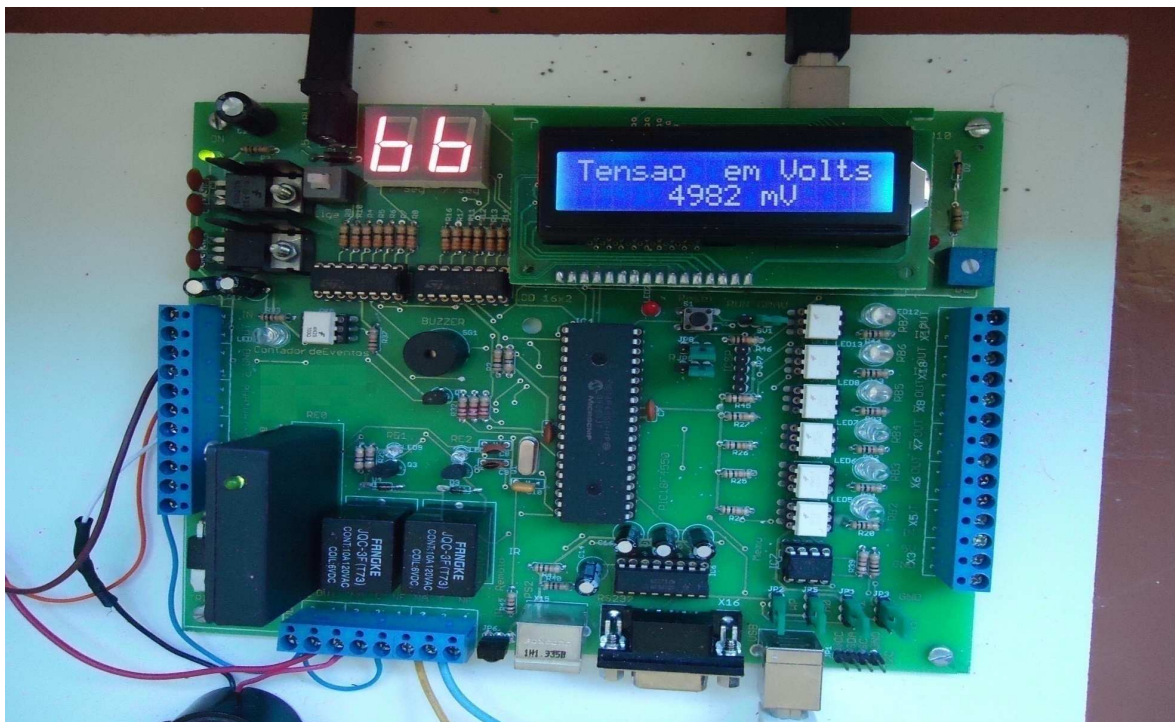


Figura 8 – Circuito de controle

### 3.3. MÓDULO DE SAÍDA

Este módulo será o responsável por disponibilizar ou não a água do solo. O mesmo será composto por uma bomba elétrica, responsável por gerar a pressão necessária para o sistema de irrigação, e do sistema de tubulação, que é responsável por percorrer a plantação fazendo que toda a área de cultivo seja irrigada.

Depois de detectado a necessidade de irrigação do solo, o sistema irá acionar uma bomba responsável pela captura de água e disponibilizar esta água para o sistema. Caso o sistema note que o solo já está com quantidades de água suficientes, a mesma será desligada cessando assim a disponibilidade de água na plantação.

O funcionamento deste módulo, é importante para que não haja desperdício de água nem energia em todo o processo, para isso todo o sistema deve estar em perfeito funcionamento, evitando assim perdas que geram custos ao produtor.

Para acionar as saídas de acordo com a necessidade imposta pelo projeto, utilizamos dois tipos de saídas. Em uma primeira temos a opção de acionar dois relés eletromecânicos para acionamento da bomba de saída, conforme figura 9.

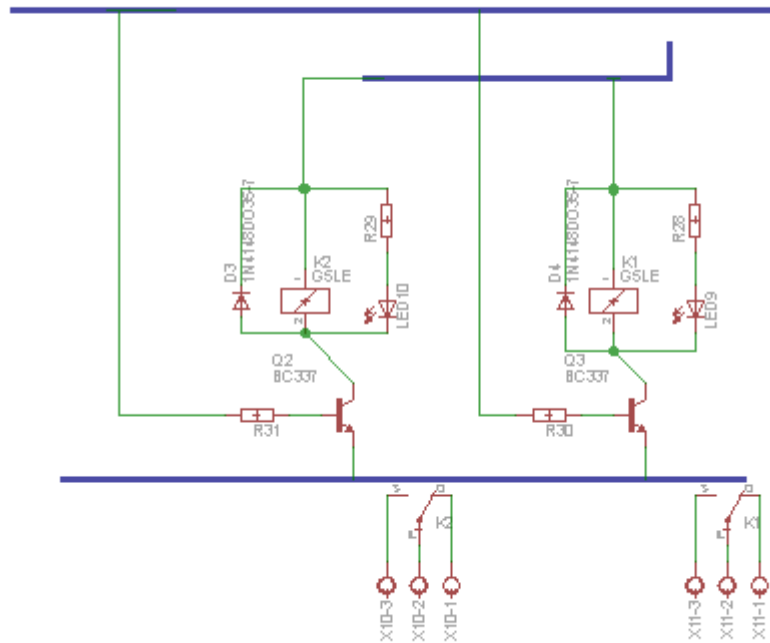


Figura 9 - Esquema elétrico circuito Saída I

O projeto irá conter também quatro saídas de sinais contínuos, composto por foto acopladores em suas saídas. A idéia de adicionar estas saídas ao projeto refere-se a futuras melhorias que podem ser adicionadas ao projeto. Como exemplo de melhorias que podemos acrescentar ao projeto em questão, temos acionar um alarme ou um contador, todas as vezes que o sistema for acionado. Dessa maneira o proprietário, poderá monitorar qual a quantidade de água esta utilizando para manter sua plantação, assim como monitorar o consumo de energia do mesmo.

As saídas que estarão disponíveis no circuito para tais alterações são compostas das seguintes características e componentes:

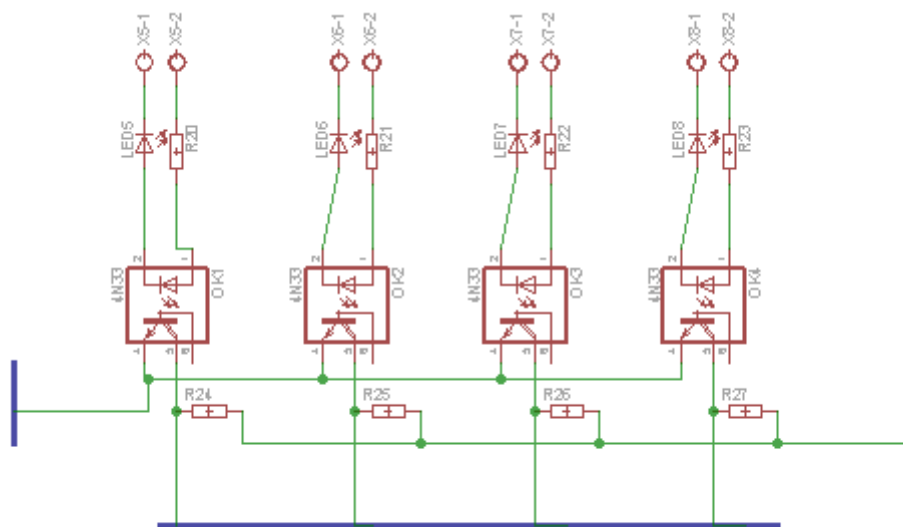


Figura 10 – Esquema elétrico circuito Saída II

Para a aplicação do projeto será utilizado as saídas com os relés de estados sólidos, e que acionaram a bomba, conforme ilustrado na figura 11.

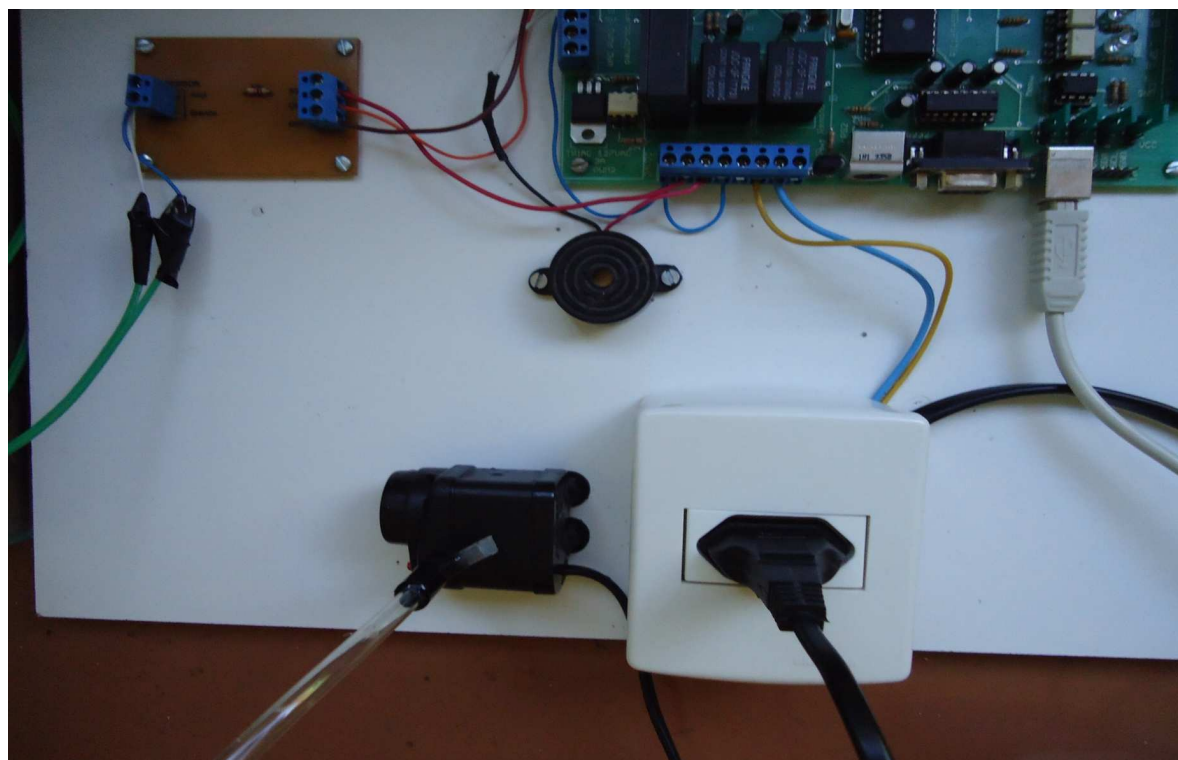


Figura 11 – Circuito de Saída



### 3.4. LAY-OUT

Para que todos os circuitos citados acima pudessem ser montados de maneira adequada, na criação layout todos os módulos apresentados acima, foram unificados e todos os circuitos estão em uma única placa.

Este tipo de placa possibilita a gravação do micro controlador on-board, ou seja, é possível alterar a programação do micro controlador com o mesmo ligado ao circuito. Com isso testes podem ser executados e monitorados de maneira a verificar o correto funcionamento do software, exemplo, caso necessite verificar uma saída, a mesma pode ser simulada por um led posicionado na placa.

O resultado final da placa utilizada esta ilustrado na figura 10, que o próprio software CAD Eagle nos gera.

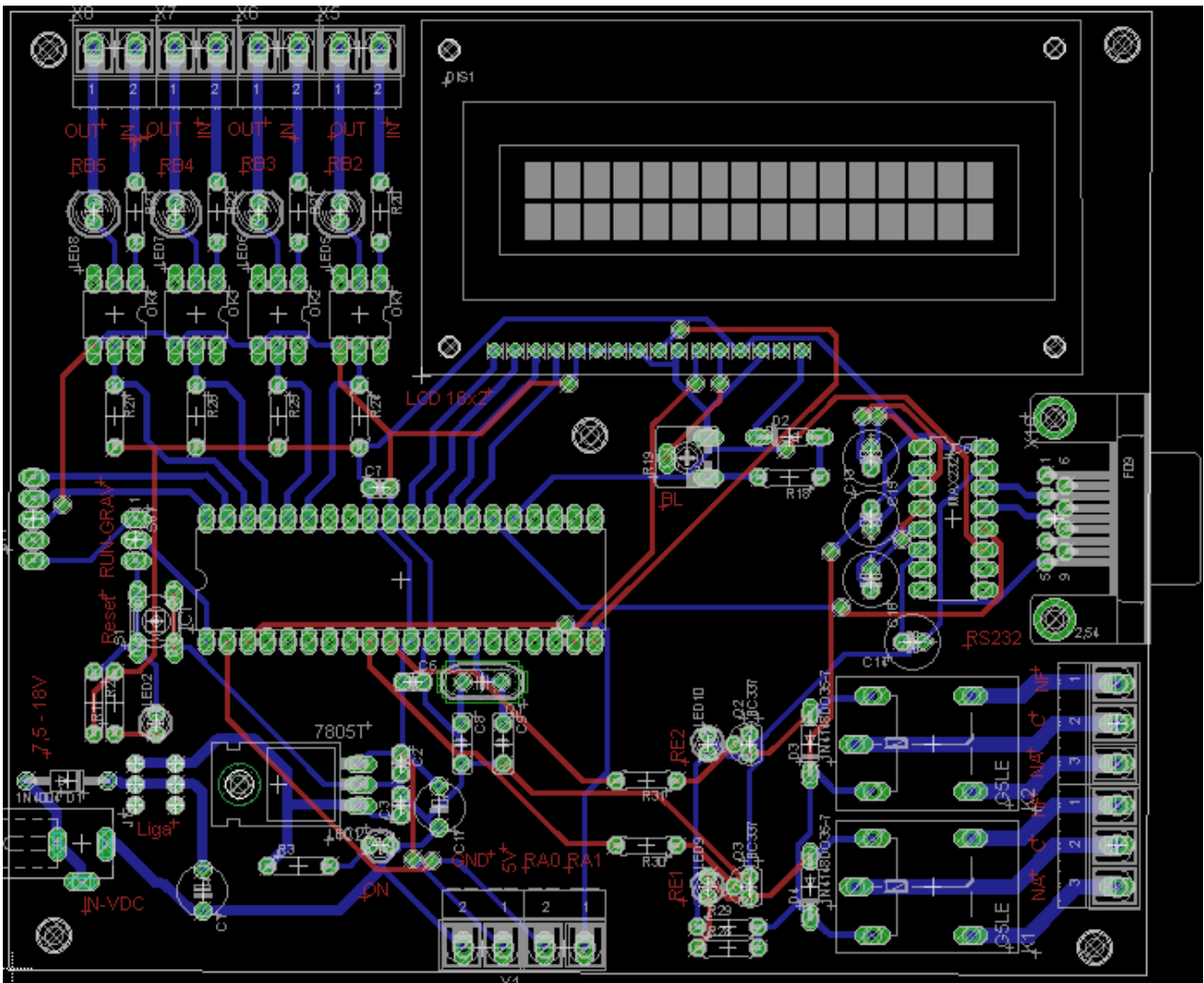


Figura 12 - Layout da placa .

## 4. TESTES E QUALIFICAÇÕES

No início do projeto, as informações necessárias para o funcionamento do projeto, foram baseadas em data-sheets, porém durante os testes alguns itens necessitaram de ajustes para o correto funcionamento. Apesar do data-sheet do sensor indicar uma variação de tensão de 0 a 2V, na configuração utilizada, o mesmo não opera com o zero absoluto, ou seja, a faixa de operação do sensor é realmente de 2V, mas mantendo a faixa real de operação de 2 a 5V, estabilizando seu estado zero fixo a 2V, conforme mostrado na figura 11.

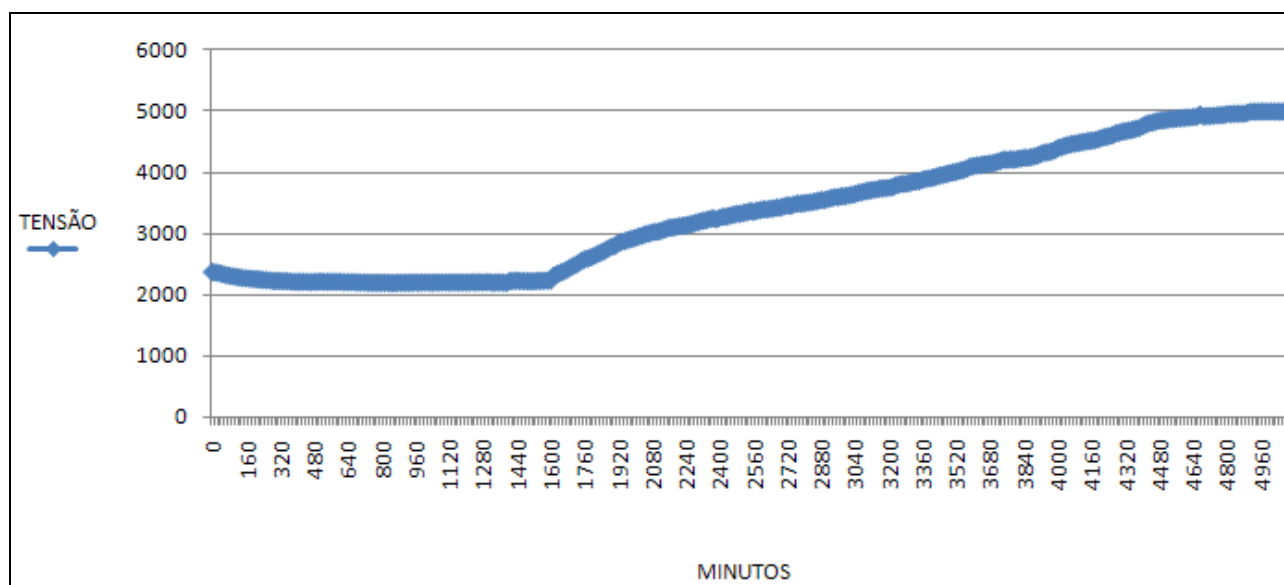


Figura 13 – Curva de resposta do sensor medida.

Com os dados levantados acima, foi realizada a correlação dos valores lidos do solo, para que o sistema pudesse trabalhar em perfeitas condições.

Após ajustar estes valores, foi criado o programa (anexo II) para que então pudesse verificar a eficiência do sistema. Ao aplicar o sensor na terra, o mesmo necessita de um determinado tempo para que o seu valor seja estabelecido adequadamente, e então se inicia a comparação desse valor com os descritos teoricamente.

O que pode ser percebido durante os testes, é que a resposta do sensor é um pouco lenta, por isso há a necessidade de esperar alguns minutos para decidir em acionar novamente ou não a bomba, pois se mantivermos a bomba acionada, esperando a resposta do sensor, essa poderá desperdiçar água o que vai contra a idéia do projeto. Para solucionar este problema, o sistema aciona a bomba por alguns segundos, espera por um tempo (determinado pelo software) e executa novamente a leitura do sensor.

Pela curva de resposta tensão versus tempo pode-se analisar a melhor configuração de tempo e resposta do circuito fazendo assim com que o sistema funcione de acordo com o projeto inicial (teórico), mantendo a umidade do solo de acordo com o necessário para o plantio e evitando desperdício de água e energia.

Com tais aplicações, foi possível fazer com que todo o sistema trabalhasse de acordo com o idealizado anteriormente, porém o projeto apresenta pontos a serem explorados para melhorar suas qualificações.

## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A nova técnica desenvolvida para irrigação baseada na umidade do solo teve seu funcionamento dentro do desejado inicialmente. Trata-se de um sistema simples, com uma programação que pode ser ajustada facilmente e devido a seus periféricos reduzidos, podem se comportar bem a exposições ao meio.

Como trabalhos futuros entram os seguintes pontos:

- Possibilitar ao usuário o ajuste do cultivo, ou seja, o próprio usuário irá selecionar o produto a ser cultivado e assim o sistema se adequará automaticamente.
- Monitorar o tempo de funcionamento da bomba. Toda vez que a bomba for acionada o tempo de funcionamento irá ser registrado, facilitando o total controle do operador.
- Implantação de três sensores para melhorar o desempenho do projeto.
- Implantação de sensores e microcontrolador com menor custo, deixando o projeto acessível.

Espera-se que com o circuito desenvolvido no trabalho em questão e ao atingir os quatro tópicos citados acima, que o sistema se torne mais eficiente e acessível a todos os podendo assim tornar o projeto totalmente viável.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Universidade de Poço Fundo, **Simpósio Nacional sobre o uso da água na agricultura.**

Disponível em: <<http://www.upf.br/agua/simposio.html>> Acessado em: 25 de março. 2010

[2] Secretaria da Agricultura, Irrigação e reforma Agrária da Bahia, **Socioeconômica.**

<[http://www.seagri.ba.gov.br/pdf/socioeconomia4\\_v7n1.pdf](http://www.seagri.ba.gov.br/pdf/socioeconomia4_v7n1.pdf)> Acessado em: 17 de Abril. 2010.

[3] Meio ambiente online, **Recursos Tecnológicos.** Disponível em:

<<http://www.medioambienteonline.com/site/root/resources/technology/4026.html>> Acessado em: 24 de Abril. 2010

[4] (UNESCO) Organização Educacional, Científica e Cultural das Nações Unidas, **Ciências.**

Disponível em: <[http://portal.unesco.org/science/en/ev.php-URL\\_ID=5572&URL\\_DO=DO\\_TOPIC&URL\\_SECTION=201.html](http://portal.unesco.org/science/en/ev.php-URL_ID=5572&URL_DO=DO_TOPIC&URL_SECTION=201.html)> Acessado em: 01 de maio. 2010

[5] (FAO) Organização da Agricultura e Alimentos das Nações Unidas, **Uso da Água na Agricultura.** Disponível em: <[http://www.fao.org/nr/water/aquastat/water\\_use/index.STM](http://www.fao.org/nr/water/aquastat/water_use/index.STM)>

Acessado em: 01 de maio. 2010

[6] Embrapa – Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuária, **Tensiômetros: Dispositivo prático para controle de irrigação.** Disponível em: <

<http://livraria.sct.embrapa.br/liv2/resources/catalogo.pdf>> Acessado em: 05 de junho. 2010

[7] INAN – Instituto de Apoio ao Desenvolvimento e à Preservação da Natureza, **Sede Zero – Um Desafio Hídrico para o Terceiro Milênio.** Disponível em:

<<http://www.inan.org.br/index.php?mod=article&cat=aguadoce&article=120>> Acessado em: 05 de junho. 2010

[8] SOUSA, Daniel Rodrigues; SOUZA David José; LAVINIA Nicolás César. **Desbravando o Microcontrolador PIC18 - Recursos Avançados.** São Paulo. Editora Érica, 2010.336p.

# ANEXO I – DATA SHEET DO SENSOR SIS



## SIS

### Smart Irrigation Sensor Granular matrix sensor with linearised voltage output

#### Standard version with ...

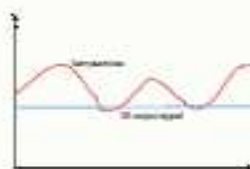
- Linear voltage output 0,05 ... 2 V
- Temperature compensation
- Simple power supply 6 ... 20 V<sub>DC</sub>
- Low current consumption

The Smart Irrigation Sensor is a combination of the approved Watermark granular matrix soil moisture sensor type 2005S and a special amplifier which offers a fully linearised and temperature compensated DC-voltage output signal.

The amplifier uses a new, patent pending technique for the extremely accurate measurement of the sensor element. Compared to conventional techniques that use an AC-voltage the new method offers a higher resolution and a better consistency between several gypsum blocks.

The linear voltage signal reduces the efforts for the electronic measuring equipment and cable connections.

The temperature compensation directly picks up the soil temperature. Thus, the otherwise problematic temperature difference between logger and sensors is avoided.



#### Extended version with ...

- Programmable alarm signal
- Serial bus interface *TensioLink*
- Serial temperature read-out

The optional extended version with an 8-pin connection instead of a 4-pin connection has a serial bus interface in addition to the voltage signal output and a digital alarm signal.

Via the serial bus the soil moisture tension and soil temperature can be read out with their physical units. Up to 32 sensors can be linked with the bus - the connection of sensors becomes much easier.

The interface can be used for programming an alarm, for example for irrigation control. It is possible to set two thresholds for one signal window.

#### Technical specifications

##### Soil sensor features

Measuring range	50 ... 2000 mV corresponds to 50 hPa ... 2000 hPa
Resolution	± 2 hPa (50 ... 700 hPa)
Updating	every 5 minutes

##### Soil temperature

Measuring range	-10 ... + 60 °C
Resolution	± 0.2 K (-10°C ... +20°C)
Accuracy	± 1.5 K

##### Alarm signal\*

0 V or +5 V two thresholds with Hysteresis

##### Impedance

10 kOhm

##### Power supply

6 ... 20 V<sub>DC</sub>

##### Current consumption

2.5 mA

##### Serial interface\*

Type	RS485-2-wire, half duplex
Protocol	<i>TensioLINK</i> ®, ASCII

##### Cypress device

Watermark 2005S

##### Dimensions

dima. 25 x 116 mm

\*extended version



Version	Order no.
Smart Irrigation Sensor Watermark	SIS-W-...
Standard version, cable with 4 free wires	-L4
Standard version, with 4-pin plug	-C4
Extended version, cable with 8 free wires	-L8
Extended version, with 8-pin plug	-C8

#### Cable lengths ...

type L:	5 m (other lengths on request)
type C:	1,5 m with UMS standard plug M12/DP67
type C with shaft:	1,5 m from sensor body (shaft < 120 cm) 60 cm from end of shaft. (shaft > 121cm)

Accessories: shafts, connecting and extension cables with UMS plug M12/DP67, USB PC adapter and software, INFIELD 7 handheld measuring device, TB-20 gouge auger

Umweltanalytische Meß-Systeme · www.ums-rwth.de

**Product Info** Dipl.-Ing. Georg v. Uehld

Tel. +49 (0) 29 / 12 66 52 - 13 Fax - 00

email: gvu@ums-rwth.de

UMS GmbH · D-41279 Mönchen · Groular 2b, 3T



```

.
.
.
- //.....
. //     funcao que envia a string para terminal USB
. //.....
. void Hid_envia_string( char *str)
. {
60     while(*str)
.     {
.         while( !Hid_Write( str, 1) );
.         str++;
.     }
.
. //.....
. //     Funcao Leitura de sensor
. //.....
.
70 void leitura_de_sensor()
. {
.         adcon0.go_done=1; //Inicializa a conversão AD
.         while(adcon0.go_done);//Aguarda finalizar a conversão
.         tensao=(adres1 << 8) + adres1) * 4.87; //Lê o conteúdo da conversão
75     inttostr(tensao,userMSG_buffer); //Converte para string
.     strcat(userMSG_buffer," mV"); //Concatena com "V"
.     lcd_out(2,4,userMSG_buffer); //Mostra no display
.     }
.
. //.....
80
. /* * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * *
. *
. * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * *
. */
.
. void main()
. {
.     ADCON0=0b00000001; // canal 0 do AD e habilita AD
.     ADCON1=0b00001110; // tensao de referencia VDD e VSS, somente RA0 é AD
.     ADCON2=0b10011110; // justificado a direita, tempo de converçao 2TAD
90         // Fosc/64
.     TRISB = 0b111100; // RB0 e RB1 saida, RB2 a RB5 entrada
.     TRISC.rc4=1; // RC4 entrada , USB D-
.     TRISC.rc5=1; // RC5 entrada , USB D+
.     TRISD = 0;
.     TRISE = 0b0000; // portE saida, sao os reles
.     PORTE = 0;
.     PORTD = 0;
98     Lcd_Init();// inicializa o display

```

```

.   Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR);           // Clear display
100  Lcd_Cmd(_LCD_CURSOR_OFF);     // Cursor off
.
.   lcd_out(1,1,"Tensao em Volts"); //Mostra mensagem no display
.
.
-   HID_Enable(&userRD_buffer, &userWR_buffer); //Inicializa a USB
.
.
.   Delay_ms(1000); //Aguarda 1 segundo
.
110  while (1)
.   {
.
.       porte.re0=1; // liga o Relé de Estado Sólido que atua no sensor
.       porte.re2=1; // liga o relé do buzzer
-       for(i=0;i<60;i++) // fica lendo o AD por 1 minuto
.       {
.           leitura_de_sensor() ; // chama a rotina leitura de sensor
.           delay_ms(1000); // tempo de 1 segundo
.       }
.
120  //.....
.   //   envia a string para terminal USB
.   //.....
.
.       porte.re0=0; // desliga o Relé de Estado Sólido que atua no sensor
-       porte.re2=0; // desliga o relé do buzzer
.       Hid_envia_string(userMSG_buffer); //chama a função que envia a string para USB
.       //.....
.       //   verifica se está seca a terra
.       //.....
130  if(tensao>3000){ // verifica se o valor lido estah acima de 3000
.       porte.re1=1; // liga a bomba que molha a terra
.       porte.re0=1; // liga o Relé de Estado Sólido que atua no sensor
.       for(i=0;i<60;i++) // tempo de 1 minuto
.       {
.           leitura_de_sensor() ;
.           if (tensao<2500) {
.               porte.re1=0; // se estiver abaixo de 2500, desliga a bomba
.               Hid_envia_string(userMSG_buffer); // chama a função que envia a string para USB
.           }
140           delay_ms(1000); // tempo de 1 segundo
.           }
.       porte.re1=0; // desliga a bomba que molha a terra
143  porte.re0=0; // desliga o Relé de Estado Sólido que atua no sensor
.       //.....
.       for(j=0;j<1;j++) // tempo de 2 minutos, estah tudo desligado
150  {
.           for(i=0;i<10;i++) // tempo de 1 minuto, alterado para 10 segundos
.           {
.               delay_ms(1000); // tempo de 1 segundo
.           }
.       }
.       //.....
.       } // while
.   } // main

```