

MARCUS VINICIUS RODRIGUES GALDINO  
RENAN TEIXEIRA DA SILVA  
RODRIGO ABEL DE BONA

PROJETO SAFETY TUNNEL SYSTEM

Projeto integrado apresentado ao Curso  
de Graduação em Engenharia de  
Computação, da Pontifícia  
Universidade Católica do Paraná  
Orientador: Prof Afonso Ferreira Miguel

Curitiba  
2010

## SUMÁRIO

|   |    |
|---|----|
| 1 - ABSTRACT .....  | 3  |
| 2 - INTRODUÇÃO .....  | 3  |
| 2.1 - JUSTIFICATIVAS .....                                  | 3  |
| 3 - OBJETIVOS .....   | 3  |
| 4 - PRINCÍPIOS DE FUNCIONAMENTO .....                       | 4  |
| 5- DESENVOLVIMENTO DO SAFETY TUNNEL SYSTEM .....            | 4  |
| 5.1 - HARDWARE .....  | 4  |
| 5.1.1 - CONSTRUÇÃO DO TÚNEL .....                           | 4  |
| 5.1.2 - CONSTRUÇÃO DA BASE DO TÚNEL .....                   | 5  |
| 5.1.3 CONSTRUÇÃO DA CANCELA .....                           | 5  |
| 5.1.4 INTEGRAÇÃO DO TÚNEL COM AS BOMBAS .....               | 5  |
| 5.2 - CIRCUITOS ELÉTRICOS .....                             | 5  |
| 5.3 - FIRMWARE .....  | 5  |
| 6 - CONCLUSÃO .....   | 6  |
| 7 - ANEXOS .....  | 7  |
| 7.1 - ESTRUTURA .....                                       | 7  |
| Figura 1: Visão Geral do Safety Tunnel System .....         | 7  |
| Figura 2: Visão do Túnel .....                              | 7  |
| Figura 3: Reservatório de Água .....                        | 8  |
| Figura 4: Sensor Desligado .....                            | 8  |
| Figura 5: Sensor Acionado .....                             | 9  |
| Figura 6: Visão do Túnel, Cancela e Display .....           | 9  |
| Figura 7: Mensagem “Tunel Liberado”no Display .....         | 10 |
| Figura 8: Mensagem de Acionamento da Bomba no Display ..... | 10 |
| Figura 9: Mensagem “Tunel Interditado”no Display .....      | 11 |
| 7.2 - DIAGRAMAS ELÉTRICOS .....                             | 11 |
| Figura 10: Circuito de funcionamento do 89S52 .....         | 11 |
| Figura 11: Etapa de potência das bombas .....               | 12 |
| Figura 12: Etapa de potência do motor de passo .....        | 12 |
| Figura 13: Funcionamento do sensor .....                    | 12 |
| 7.3 - CÓDIGO DO 89S52 .....                                 | 13 |

## **1 - ABSTRACT**

The Idea of this project started with our worry with peoples that pass in road tunnels. We thought building a system safety for tunnels, a system that can control submersion flood in tunnels, where it is possible prevent accident, deaths and panic. Since it would involve a programming using machine language, a native microcontroller and sensor. For this project we are searching to use us all knowledge, to do integrated systems. Although the idea seems pretty simple, a lot of hard work was involved in order for the completion of the project.

## **2 - INTRODUÇÃO**

Projeto integrado do curso de Engenharia de Computação tem como intuito iniciar o desenvolvimento de projetos, desde a documentação completa, organogramas, cronogramas, apresentações e a conclusão do projeto, capacitando o aluno a gerenciar um projeto para quando entrar no mercado de trabalho não ter tantas dificuldades em realizar qualquer tipo do mesmo. O grupo de desenvolvimento do Projeto Safety Tunnel System é formado pelos seguintes integrantes: Marcus Vinicius Rodrigues Galdino, Renan Teixeira da Silva e Rodrigo Abel de Bona.

### **2.1 - JUSTIFICATIVAS**

O projeto Safety Tunnel System irá retirar água de um túnel para evitar que ele inunde, caso a quantidade de água seja muito grande e as bombas de sucção não consigam drenar a água do túnel, será ativado um modo de emergência no túnel, onde uma cancela se fecha impedindo que mais carros entrem no túnel, e as pessoas que já estejam dentro do túnel possam conseguir sair com segurança e rapidez.

Com os efeitos do aquecimento global é visível uma alteração no clima do planeta. Uma dessas alterações são referentes às chuvas, que estão mais frequentes e a taxa de precipitação, medida em mm de chuva, está atingindo números recordes por todo o país, causando diversos alagamentos e causando muitos prejuízos. Os túneis construídos nas grandes cidades para facilitar o trânsito são alvos muito fáceis de serem alagados, já que estão abaixo do nível da rua. Automatizando a interdição do túnel, além de poder informar melhor o motorista sobre o que está acontecendo, através de letreiros, a interdição será mais rápida, proporcionando maior segurança, tanto para os motoristas tanto para os funcionários responsáveis pela interdição do mesmo.

Na cidade de São Paulo os túneis são fechados para evitar casos como o que ocorreu em 1º de março de 1999, onde cerca de 100 carros ficaram submersos dentro do Túnel do Anhangabaú.

## **3 - OBJETIVOS**

O projeto Safety Tunnel System tem como objetivo orientar o grupo a fazer pesquisas, documentações, cronogramas, apresentações, ou seja, tudo que envolve um bom gerenciamento de projetos, assim como utilizar teorias usadas em sala de aula em aplicações práticas.

Construir um protótipo que simule as ações necessárias dentro de um túnel em caso de risco de enchente, onde o sistema irá bombear a água para fora do túnel, e caso não seja possível evitar a

enchente, fechar o acesso do mesmo para evitar que mais carros entrem no túnel. Além disso, saídas de emergência serão ativadas para retirar as pessoas que estão dentro do túnel.

#### **4 - PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO**

O projeto Safety Tunnel System funciona da seguinte forma. Existe uma bomba que simula a ação da chuva, retirando água do reservatório e enviando para o túnel. Existe um sensor de presença que detecta quando a água atinge um nível perigoso, e quando a água atinge esse nível a bomba responsável por retirar a água do túnel é acionada, fazendo o nível da água baixar. Se o sensor é acionado duas vezes significa que a chuva está muito forte, assim uma cancela é acionada, impedindo a entrada de mais carros no túnel para que seja possível retirar todas as pessoas do túnel. Durante o funcionamento, mensagens para informar e orientar os motoristas são exibidas em um display que fica na frente do túnel.

Os detalhes do desenvolvimento e as especificações técnicas do projeto estão no item 4, “Desenvolvimento do Safety Tunnel System”.

#### **5 - DESENVOLVIMENTO DO SAFETY TUNNEL SYSTEM**

O projeto foi dividido em 3 frentes de desenvolvimento:

- Hardware: desenvolvimento de toda estruturação física do protótipo;
- Circuitos elétricos: desenvolvimento dos circuitos que controlam os periféricos;
- Firmware: desenvolvimento do programa de controle do protótipo.

##### **5.1 - HARDWARE**

Nesta etapa foi focado a pesquisa e o desenvolvimento da estrutura física do protótipo, a estrutura foi dividida em dois ambientes, o túnel e a cancela, sendo a etapa de desenvolvimento dividida em quatro módulos:

- 1) Construção do túnel;
- 2) Construção da base do túnel;
- 3) Construção da cancela;
- 4) Integração do túnel com as bombas.

##### **5.1.1 - CONSTRUÇÃO DO TÚNEL**

O túnel foi construído em uma caixa de acrílico, de medidas 35x25x20 cm. O túnel possui 2 furos na parte inferior direita, por onde passam a água que irá inundar o túnel e água que é bombeada para fora do túnel. No recipiente de água, que fica ao lado do túnel, possuindo 17x30x10 cm, também foram feitos dois furos, tendo a mesma finalidade.

Na lateral direita da caixa de acrílico foi colocado um “cotovelo” de PVC, conectado a um cano de PVC, onde foi colocado o sensor de presença. Para acionar o sensor foi colocado um pedaço de isopor dentro do cano, de modo que quando o nível da água sobe o isopor também sobe, acionando o sensor.

Na frente do túnel foi colocado um display de 40x2, onde são exibidas mensagens conforme a etapa de execução do projeto.

As fotos do hardware podem ser encontradas no item 6.1 - ESTRUTURA, na página 8 da documentação.

### **5.1.2 - CONSTRUÇÃO DA BASE DO TÚNEL**

Toda a estrutura do túnel foi colocada em cima de uma base em forma de retângulo, 30x20 cm, feita em MDF. A base não possui tampa para poder passar as mangueiras por onde passa a água e para poder acomodar as bombas. Além das bombas, todos os circuitos necessários ficam em baixo do túnel, porém dentro dos limites da estrutura da base.

Em uma das laterais de 30 cm foi feito um corte 10cm para passar os cabos dos circuitos e uma das mangueiras das bombas.

### **5.1.3 - CONSTRUÇÃO DA CANCELA**

A cancela foi feita em outro ambiente, sendo composta por um motor de passo, com uma placa de fenolite fixada nele para formar a cancela. O motor de passo está fixado em uma base de madeira em MDF.

### **5.1.4 - INTEGRAÇÃO DO TÚNEL COM AS BOMBAS**

O projeto foi desenvolvido de forma que uma bomba esvazie o recipiente e a outra encha ele novamente, assim não é necessário adicionar mais água durante o funcionamento do projeto. A bomba responsável por inundar o túnel fica dentro do recipiente de água, e a bomba responsável por retirar a água do túnel fica em baixo do túnel. Para as bombas funcionarem é necessário que as mangueiras conectadas na entrada de água delas estejam com água, justificando a forma em que a ligação foi feita.

## **5.2 CIRCUITOS ELÉTRICOS**

Nesta etapa foi focado a pesquisa e desenvolvimento dos circuitos que controlam os periféricos do Safety Tunnel System (bombas, motor de passo, display e sensor). Para fazer no controle foi utilizado o micro-controlador 89S52 (mais informações na sessão 4.3 - Firmware). Um detalhe importante é que para acionar as bombas e o motor de passo foi necessário fazer o acionamento com nível lógico “0”, por limitações do micro-controlador. Para fazer esse acionamento foi utilizados portas “not”(CI401046) na saída do micro-controlador, e a saída da porta lógica foi ligada nos periféricos.

O acionamento das bomba foi feito através de transistores, e para acionar o motor de passo foi utilizado o driver ULN2803A. O display foi ligado diretamente no 89S52, conforme instruções no datasheet do display. Já o sensor utilizado foi o *Sensor Infra-Vermelho* disponibilidade pelo professor Afonso Ferreira Miguel.

Os diagramas dos circuitos utilizados estão no item 6.2 - Diagramas Elétricos, página 12.

## **5.3 FIRMWARE**

O projeto foi desenvolvido usando o micro-controlador 89S52, tendo sido programado utilizando a linguagem Assembly. A lógica utilizada consiste em esperar o micro-controlador receber o sinal de acionamento do sensor. Quando isso ocorre é executada a função do 1º acionamento, onde a bomba é acionada com o objetivo de esvaziar o túnel. Ele permanece nessa função esperando o sensor ser acionado novamente, e quando isso ocorre é executado o 2º acionamento, onde a cancela é fechada e a bomba destinada a esvaziar o túnel é ligada novamente. Após isso a bomba que simula a chuva é desligada, encerrando a demonstração. O código está disponível no item 7.3, pg. 13.

## 6 - CONCLUSÃO

O projeto Safety Tunnel System nos proporcionou uma compreensão maior sobre alguns temas estudados em sala de aula, que foram decisivos para a conclusão do projeto. No campo da eletrônica os conhecimentos adquiridos sobre transistores foram vitais, pois o acionamento das bombas foram feitos através de transistores, sendo esse tipo de acionamento aprendido no decorrer do semestre.

A área abordada pela disciplina de microprocessadores também foi de suma importância, pois o o centro de funcionamento do projeto era o micro-controlador 89S52. Desta disciplina nós aprendemos a utilizar o 89S52 e a fazer códigos em linguagem Assembly, conceitos que foram muito importantes para a execução do projeto.

Além dos conhecimentos provenientes dessas disciplinas, conhecimentos adquiridos em semestres anteriores do curso foram importantes, como a base na disciplina de física, onde foram utilizados conhecimentos na parte de mecânica para a construção da estrutura do projeto, e conhecimentos em sistemas digitais, que agregou os conhecimentos adquiridos em microprocessadores, auxiliando na utilização do 89S52.

Como resultado, podemos afirmar que o projeto obteve sucesso ao integrar todos os conhecimentos obtidos durante o curso, e as experiências vividas durante a realização com certeza terão um grande valor na continuidade do mesmo.

## 7 - ANEXOS

### 7.1 - ESTRUTURA

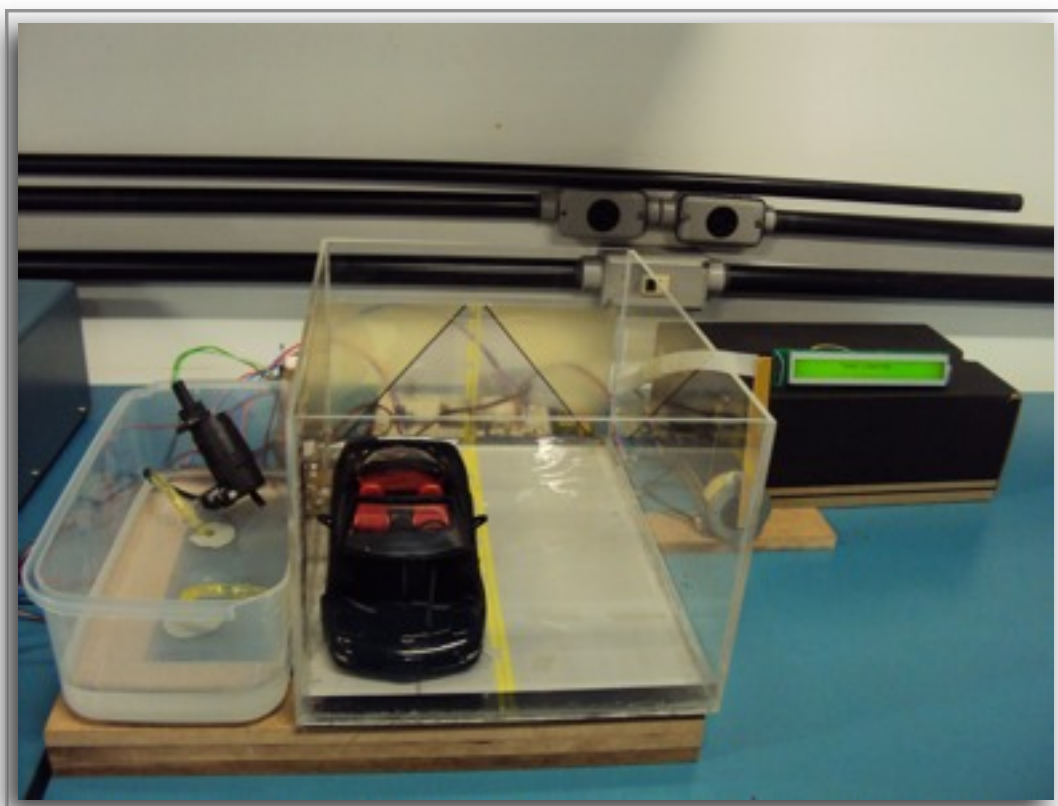


Figura 1: Visão Geral do Safety Tunnel System



Figura 2: Visão do Túnel



Figura 3: Reservatório de Água

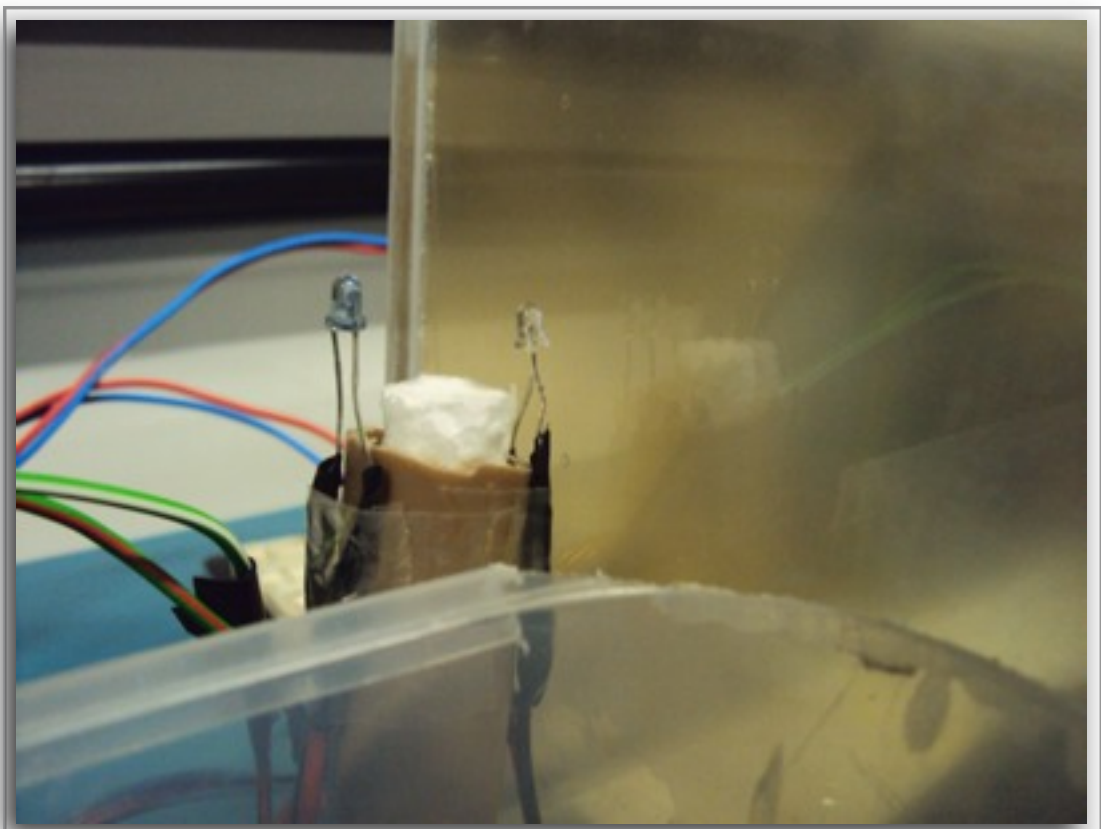


Figura 4: Sensor desligado



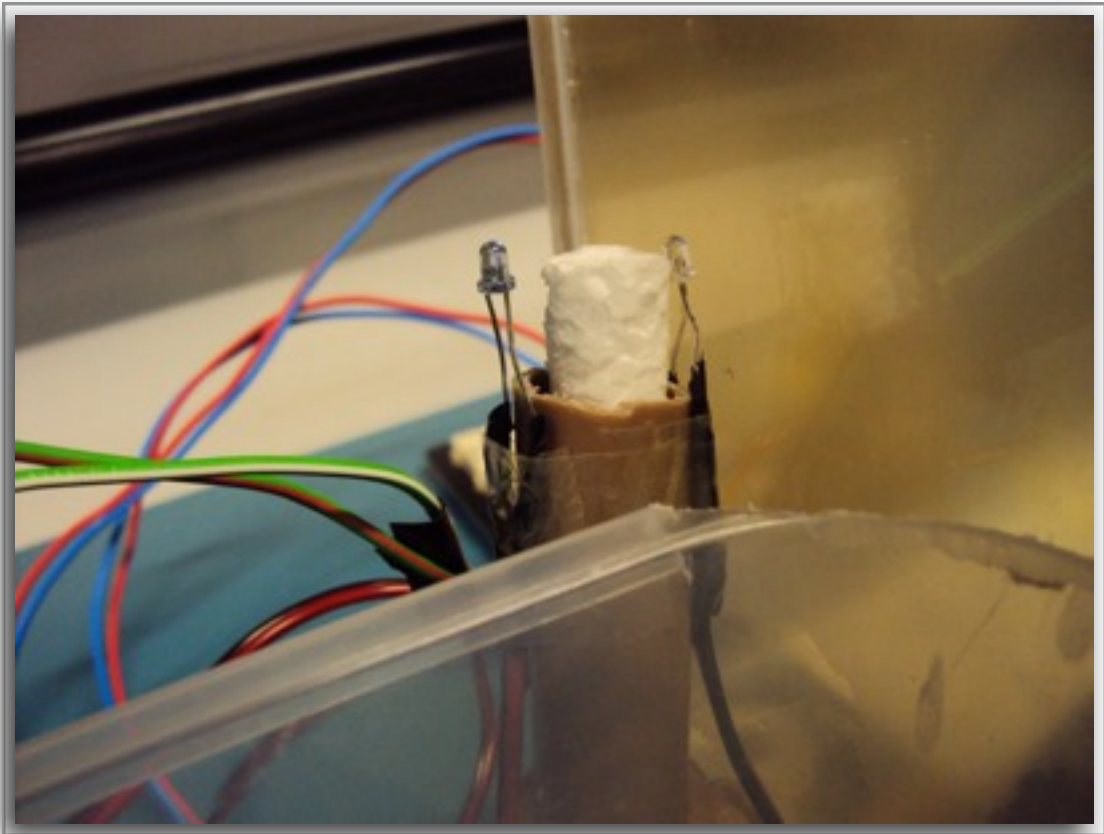


Figura 5: Sensor acionado

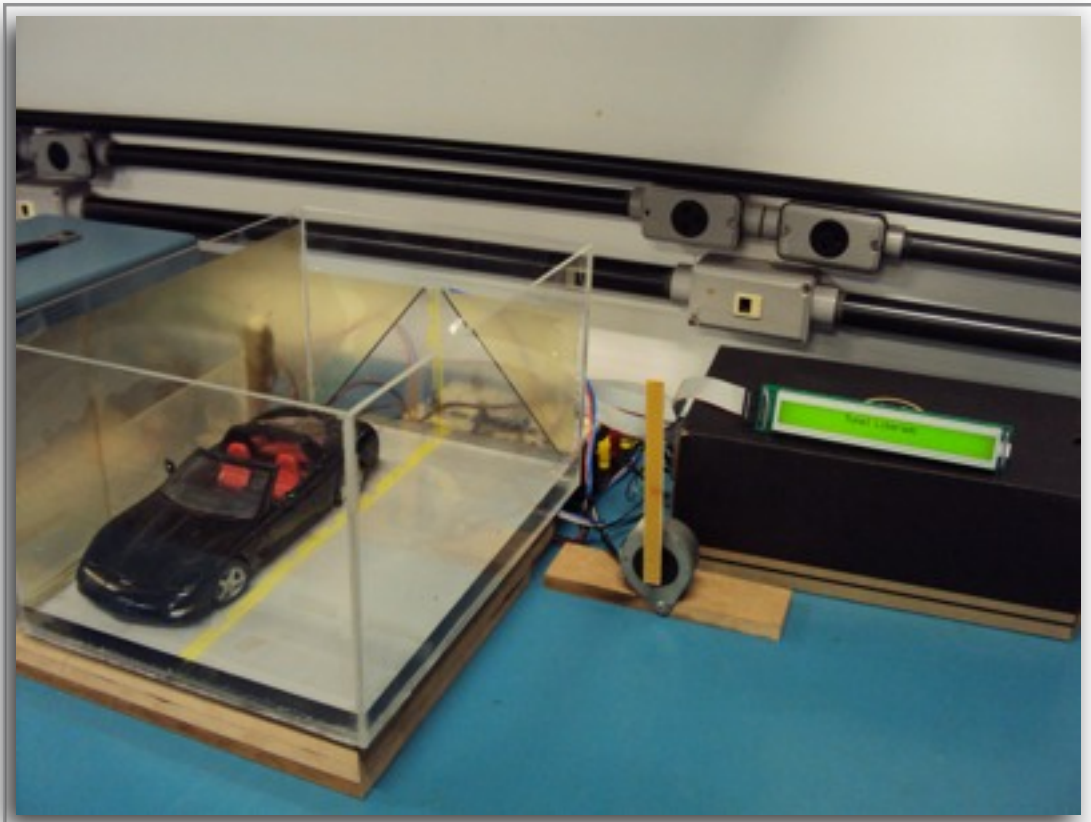


Figura 6: Visão do Túnel, Cancela e Display



Figura 7: Mensagem “Tunel Liberado”no Display

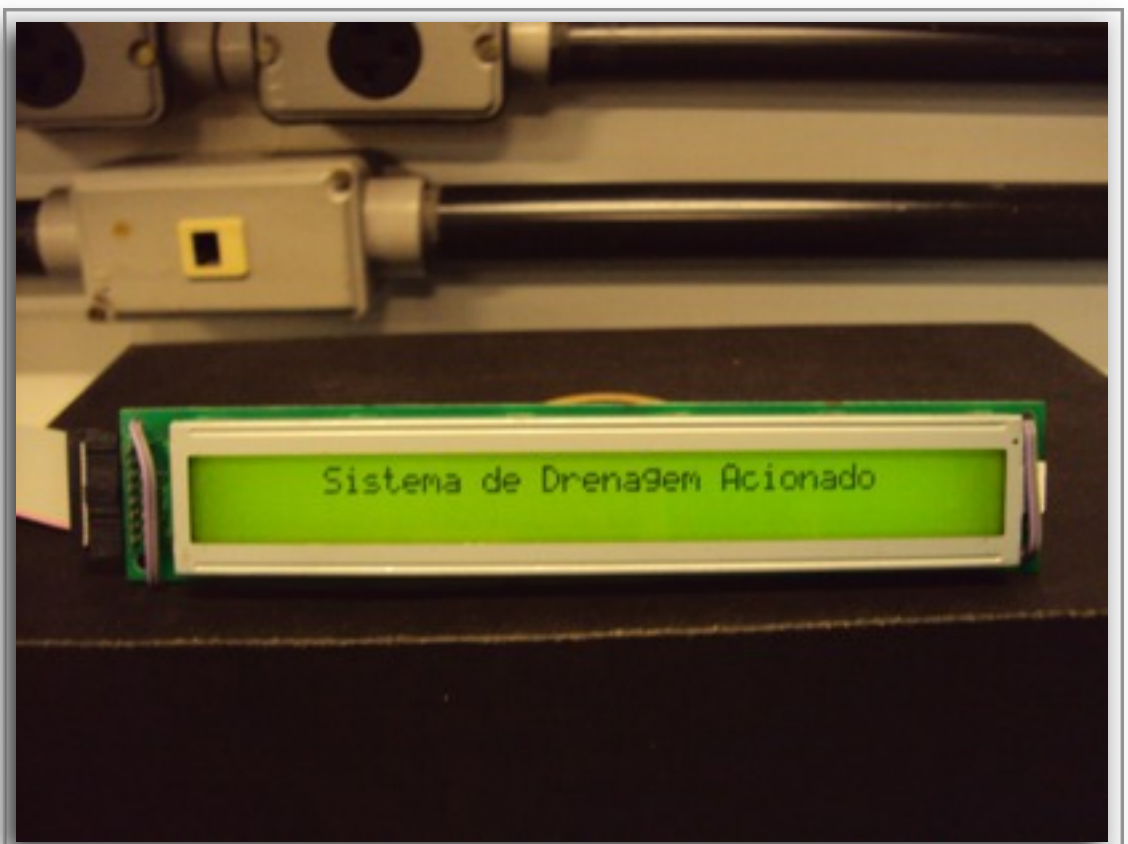


Figura 8: Mensagem de Acionamento da Bomba no Display



Figura 9: Mensagem “Tunel Interditado”no Display

## 7.2 - DIAGRAMAS ELÉTRICOS

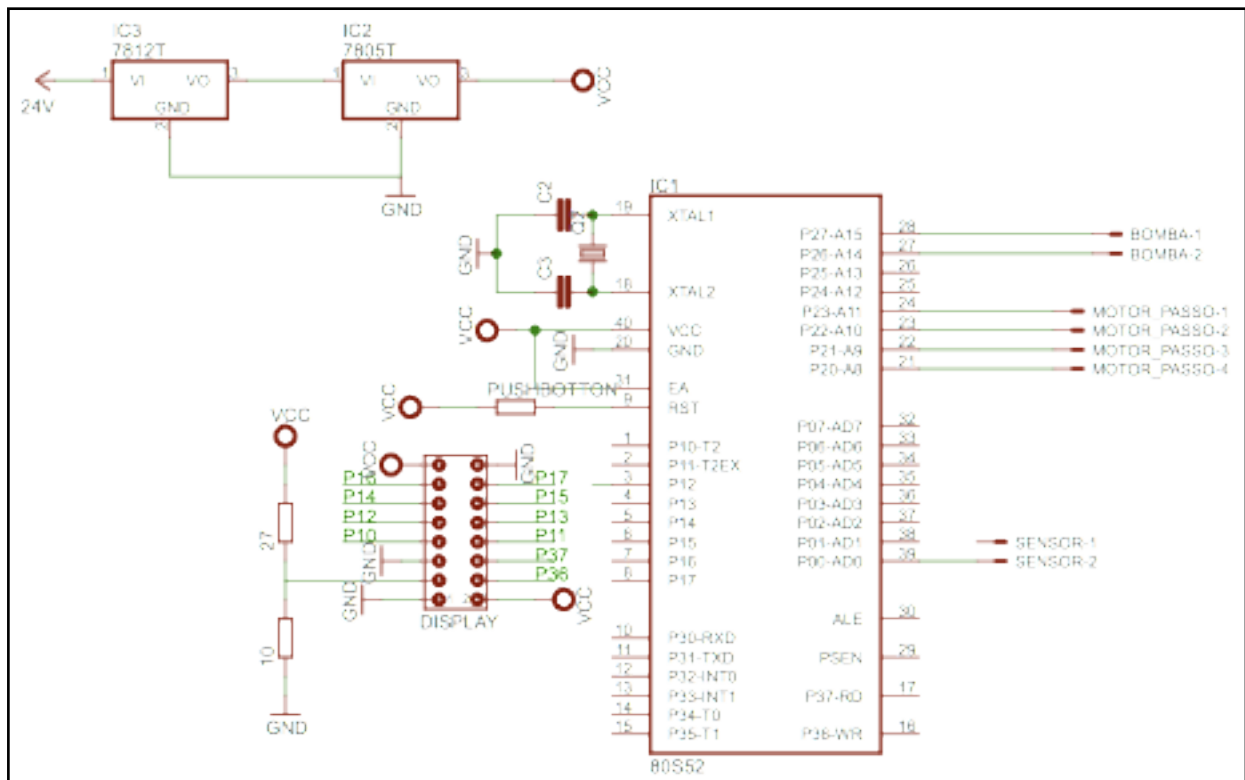


Figura 10: Circuito de funcionamento do 89S52

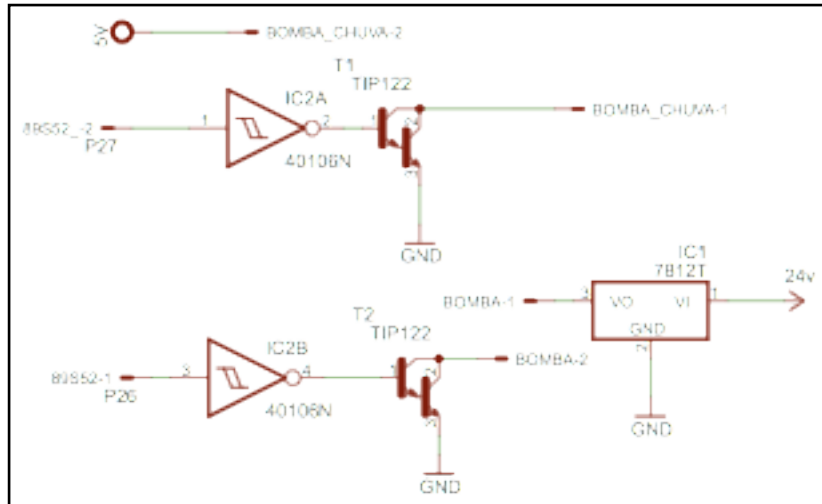


Figura 11: Etapa de potência das bombas

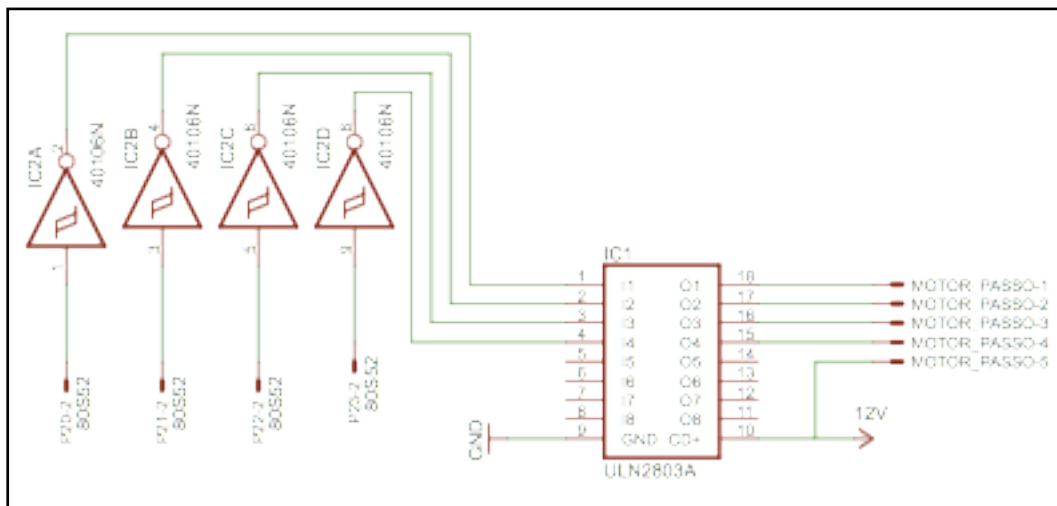


Figura 12: Etapa de potência do motor de passo

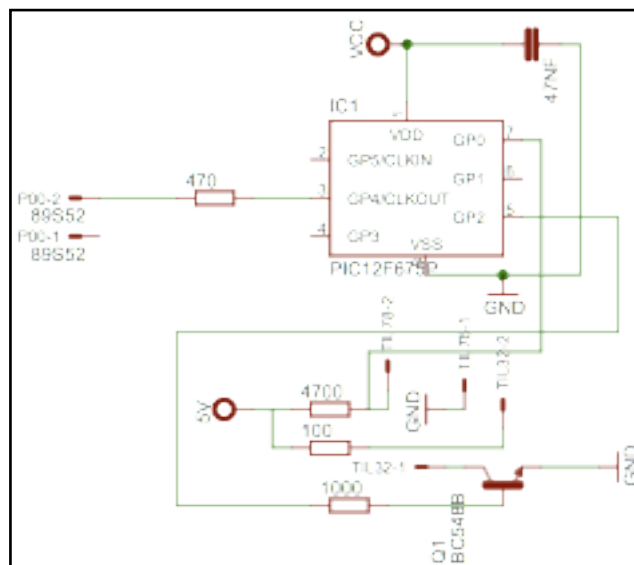


Figura 13: Circuito do sensor

### 7.3 - CÓDIGO DO 89S52

;PARA ESTE CODIGO

; P1.0 -> SENSOR

; P1.1 -> BOMBA PUXA

; P1.2 -> FECHA/ABRE TUNEL

; P1.7 -> BOMBA ENCHE

org 0

simula:

```
mov P2,#0x7f
mov P0,#0x00
jmp INICIO
```

INICIO:

```
call inicializa
call MSN1
```

loop1:

```
mov R1,P0
mov A,R1
clr c
subb A,#0x01      ;verifica se o sensor foi acionado
jz   LIGAB        ;Se sim pula para a funÁ,,o que liga a bomba
jmp loop1         ;Se n,,o volta para o inicio
```

LIGAB:

```
call limpa
call MSN2
mov P2,#0x3f      ;Aciona a Bomba
call TEMPO        ;Define o tempo que a bomba ficara ligada
mov P2,#0x7f      ;Desliga a Bomba
mov P0,#0x00      ;reseta sensor
call limpa
call MSN1
jmp LIGA_1_X
```

LIGA\_1\_X:

```
mov R1,P0
mov A,R1
clr c
subb A,#0x01      ;verifica se o sensor foi acionado
jz   INTERDITA    ;Se sim pula para a funÁ,,o que liga a bomba
jmp LIGA_1_X      ;Se n,,o volta para o inicio
```

TEMPO:

```
MOV DPTR,#10      ; (65536-50000)
MOV TH1,DPH
MOV TL1,DPL
SETB TR1          ; dispara timer1
JNB TF1,$         ; aguarda estouro => 50.0000
CLR TR1
CLR TF1           ; prepara para proxima chamada
subb A,#0x01
jnz tempo
ret
```

INTERDITA:

```
call limpa
call MSN3
mov P2,#0x0ff
call APORTAO
mov P2,#0xbf          ;fecha o tunel e liga a bomba ao mesmo tempo
call TEMPO           ;Define o tempo que a bomba ficara ligada
mov P2,#0x0ff
call FPORTAO
mov P2,#0xff         ;abre o tunel
mov R2,#0x00
call limpa
call MSN1
jmp fim
```

APORTAO:

```
mov P2,#0xfe
mov A,#0x1f
call TEMPO
mov P2,#0xfd
mov A,#0x1f
call TEMPO
mov P2,#0xfb
mov A,#0x1f
call TEMPO
mov P2,#0xf7
mov A,#0x1f
call TEMPO
mov P2,#0xfe
mov A,#0x1f
call TEMPO
mov P2,#0xfd
mov A,#0x1f
call TEMPO
mov P2,#0xfb
mov A,#0x1f
call TEMPO
mov P2,#0xf7
mov A,#0x1f
call TEMPO
mov P2,#0xfe
mov A,#0x1f
call TEMPO
mov P2,#0xfd
mov A,#0x1f
call TEMPO
mov P2,#0xfb
mov A,#0x1f
call TEMPO
mov P2,#0xf7
mov A,#0x1f
call TEMPO
```

ret

FPORTAO:

```
mov P2,#0xf7
mov A,#0x1f
call TEMPO
mov P2,#0xfb
mov A,#0x1f
call TEMPO
mov P2,#0xfd
mov A,#0x1f
call TEMPO
mov P2,#0xfe
mov A,#0x1f
call TEMPO
mov P2,#0xf7
mov A,#0x1f
call TEMPO
mov P2,#0xfb
mov A,#0x1f
call TEMPO
mov P2,#0xfd
mov A,#0x1f
call TEMPO
mov P2,#0xfe
mov A,#0x1f
call TEMPO
mov P2,#0xf7
mov A,#0x1f
call TEMPO
mov P2,#0xfb
mov A,#0x1f
call TEMPO
mov P2,#0xfd
mov A,#0x1f
call TEMPO
mov P2,#0xfe
mov A,#0x1f
call TEMPO
mov P2,#0xf7
mov A,#0x1f
call TEMPO
mov P2,#0xfb
mov A,#0x1f
call TEMPO
mov P2,#0xfd
mov A,#0x1f
call TEMPO
mov P2,#0xfe
mov A,#0x1f
call TEMPO
ret
```

TEMPO\_LCD:

```
MOV DPTR,#65000 ; (65536-50000)
MOV TH1,DPH
MOV TL1,DPL
SETB TR1 ; dispara timer1
JNB TF1,$ ; aguarda estouro => 50.0000
CLR TR1
CLR TF1 ; prepara para proxima chamada
subb A,#0x01
jnz TEMPO_LCD
ret
```

\*\*\*\*\*Codigo LCD\*\*\*\*\*

;letras utilizadas

;0x61 "a"

;0x65 "e"

;0x66 "f"

;0x6d "m"

;0x6e "n"

;0x75 "u"

;0x74 "t"

;0x79 "y"

;0x73 "s"

; LIGA←O:

;DADOS NA PORTA P1 -> 0..7

;RS NA PORTA P3.6

;ENABLE NA PORTA P3.7

inicializa:

```
mov P1,#0x00
call TEMPO_LCD
mov P3,#0x00
mov P1,#0x0D           ;limpa display
call TEMPO_LCD
mov P3,#0x80           ;inicializa o display
call TEMPO_LCD
mov P3,#0x00           ;realiza instrução
mov P1,#0x01           ;LIMPA
mov P3,#0x80
call TEMPO_LCD
mov P3,#0x00
mov P1,#0x38           ;ativa a segunda linha do LCD 2x40
mov P3,#0x80           ;Enable com um
call TEMPO_LCD       ;modificado agora em teste
mov P3,#0x00
mov P1,#0x0C           ;tira o cursor
mov P3,#0x80           ;Enable com um
call TEMPO_LCD
mov P3,#0x00
mov P3,#0x40           ;RS com 1 o display recebe caracter
ret
```

limpa:

```
mov P1,#0x00
call TEMPO_LCD
mov P3,#0x00
mov P3,#0x00           ;realiza instrução
mov P1,#0x01           ;LIMPA
mov P3,#0x80
call TEMPO_LCD
mov P3,#0x00
mov P1,#0x0C           ;tira o cursor
mov P3,#0x80           ;Enable com um
call TEMPO_LCD
mov P3,#0x00
```



```
mov P3,#0x40      ;RS com 1 o display recebe caracter
ret
```

MSN1: ;Mensagem "Tunel Liberado"

```
call meio
call meio
call meio
call meio
call meio
call meio
call meio
call meio
call meio
call meio
call meio
call meio
mov P1,#0x54
call escreve
mov P1,#0x75
call escreve
mov P1,#0x6e
call escreve
mov P1,#0x65
call escreve
mov P1,#0x6c
call escreve
mov P1,#0x20 ;Espaço
call escreve
mov P1,#0x4c
call escreve
mov P1,#0x69
call escreve
mov P1,#0x62
call escreve
mov P1,#0x65
call escreve
mov P1,#0x72
call escreve
mov P1,#0x61
call escreve
mov P1,#0x64
call escreve
mov P1,#0x6f
call escreve
ret
```

MSN2: ;Mensagem "Sistema de Drenagem acionado"

```
call meio
call meio
call meio
call meio
```

```

call meio
call meio
mov P1,#0x53
call escreve
mov P1,#0x69
call escreve
mov P1,#0x73
call escreve
mov P1,#0x74
call escreve
mov P1,#0x65
call escreve
mov P1,#0x6D
call escreve
mov P1,#0x61
call escreve
mov P1,#0x20      ;Espaço
call escreve
mov P1,#0x64
call escreve
mov P1,#0x65
call escreve
mov P1,#0x20      ;Espaço
call escreve
mov P1,#0x44
call escreve
mov P1,#0x72
call escreve
mov P1,#0x65
call escreve
mov P1,#0x6e
call escreve
mov P1,#0x61
call escreve
mov P1,#0x67
call escreve
mov P1,#0x65
call escreve
mov P1,#0x6d
call escreve
mov P1,#0x20      ;Espaço
call escreve
mov P1,#0x41
call escreve
mov P1,#0x63
call escreve
mov P1,#0x69
call escreve
mov P1,#0x6f
call escreve
mov P1,#0x6e
call escreve
mov P1,#0x61
call escreve
mov P1,#0x64

```

```
call escreve
mov P1,#0x6f
call escreve
ret
```

MSN3: ;Mensagem "Tunel Interditado"

```
call meio
call meio
call meio
call meio
call meio
call meio
call meio
call meio
call meio
call meio
call meio
call meio
mov P1,#0x54
call escreve
mov P1,#0x75
call escreve
mov P1,#0x6e
call escreve
mov P1,#0x65
call escreve
mov P1,#0x6c
call escreve
mov P1,#0x20 ;Espaço
call escreve
mov P1,#0x49
call escreve
mov P1,#0x6e
call escreve
mov P1,#0x74
call escreve
mov P1,#0x65
call escreve
mov P1,#0x72
call escreve
mov P1,#0x64
call escreve
mov P1,#0x69
call escreve
mov P1,#0x74
call escreve
mov P1,#0x61
call escreve
mov P1,#0x64
call escreve
mov P1,#0x6f
call escreve
ret
```

```

escreve:
    mov P3,#0xc0          ;RS com zero e Enable com um
    call TEMPO_LCD
    mov P3,#0x00         ;Os dois com zero
    ret

meio:
    mov P1,#0x20
    mov P3,#0xc0         ;RS com zero e Enable com um
    call TEMPO_LCD
    mov P3,#0x00         ;Os dois com zero
    ret

fim:
    jmp fim

end

```