

**DANNY REGEN DE OLIVEIRA CLETO**

**GUILHERME BANDONES CORRÊA**

**RODOLFO MINORU ABE**

**SISTEMA DE ANTI-COLISÃO**

**AUTOMOTIVA**

**SACA**

**SÃO PAULO**

**2011**

**DANNY REGEN DE OLIVEIRA CLETO**

**GUILHERME BANDONES CORRÊA**

**RODOLFO MINORU ABE**

**SISTEMA DE ANTI-COLISÃO  
AUTOMOTIVA  
SACA**

Relatório Intermediário apresentado à  
Escola Politécnica da Universidade de  
São Paulo para conclusão de curso

Área de Concentração:  
Engenharia Elétrica com ênfase em  
Sistemas Eletrônicos

Orientador: Prof. Doutor  
Armando Antonio Maria Laganá

Co-orientador: Prof.  
Kléber Nogueira Hödel

**SÃO PAULO**

**2011**

## RESUMO

O presente trabalho apresenta o estudo e implementação de um sistema que possibilita a comunicação sem fio de dados entre veículos. Os veículos trocam informações de suas respectivas localizações e velocidade, com base nesses dados, é calculada a distância mínima de segurança a ser mantida entre dois automóveis que possibilite frenagens sem colisão. Para a implementação do projeto, foram usadas as tecnologias: microcontrolador (controle e gerenciamento do sistema), display de cristal líquido (interface com usuário), transceptor (comunicação sem fio) e um módulo GPS - *Global Positioning System* (Posicionamento).

Palavras-chave: Wireless. GPS. PIC. Comunicação automotiva sem fio. Distância segura.

## **ABSTRACT**

This project presents a system for wireless data communication between vehicles. The vehicles exchange their positioning and speed data and a safe distance is calculated. This distance is the minimum distance for the vehicles to keep in order for them to be able to stop, avoiding collision. The technologies used include GPS (Global Positioning System), microcontroller, LCD (Liquid Crystal Display) and wireless transceptor.

Keywords: Wireless. GPS. PIC. Automotive wireless communication. Safe distance.

## LISTA DE TABELAS

|   |    |
|---|----|
| Tabela 1 – Especificações dos módulos.....                        | 23 |
| Tabela 2 – Descrição do código RMC. ....                          | 24 |
| Tabela 3 – Descrição dos pinos.....                               | 26 |
| Tabela 4– Características de sistemas de comunicação sem fio..... | 29 |
| Tabela 5 – Função dos pinos do display LCD. ....                  | 32 |
| Tabela 6 – Comportamento do display. ....                         | 33 |
| Tabela 7 – Frenagem .....   | 41 |
| Tabela 8 – Planilha de custos.....                                | 54 |

## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1 – Diagrama de Blocos do Projeto .....                         | 12 |
| Figura 2 – Fluxo de dados entre dispositivos e relação de módulos..... | 13 |
| Figura 3 – Pinagem do módulo GPS. ....                                 | 25 |
| Figura 4 – Diagrama do módulo DataBridge.....                          | 29 |
| Figura 5 – Estrutura de caracteres para o display .....                | 31 |
| Figura 6 – Pinagem do display HD44780. ....                            | 32 |
| Figura 7 –PIC16F877A – I/O de 40 pinos.....                            | 35 |
| Figura 8 – Pinagem do PIC16F877A.....                                  | 37 |
| Figura 9 – Situação estudada.....                                      | 40 |
| Figura 10 – Tempos de reação de motoristas normal e desatento .....    | 40 |
| Figura 11 – Distância e velocidade dos carros .....                    | 51 |

## SUMÁRIO

|   |           |
|---|-----------|
| <b>INTRODUÇÃO .....</b>                                       | <b>10</b> |
| <b>1. REQUISITOS .....</b>                                    | <b>14</b> |
| 1.1 SISTEMA.....  | 15        |
| 1.2 SUBSISTEMA DE INTERFACE COM USUÁRIO.....                  | 15        |
| 1.3 SUBSISTEMA DE COMUNICAÇÃO SEM FIO.....                    | 15        |
| 1.4 SUBSISTEMA DE POSICIONAMENTO.....                         | 16        |
| 1.5 SUBSISTEMA DE CONTROLE.....                               | 16        |
| <b>2. POSICIONAMENTO .....</b>                                | <b>18</b> |
| 2.1 MÓDULO GPS .....  | 19        |
| 2.2 O SISTEMA GPS .....                                       | 19        |
| 2.3 COMPARAÇÃO ENTRE OS MÓDULOS .....                         | 23        |
| 2.4 RMC - RECOMMENDED MINIMUM SPECIFIC GPS/TRANSIT DATA ..... | 23        |
| 2.5 DESCRIÇÃO DA PINAGEM DO LS20032 .....                     | 25        |
| <b>3. COMUNICAÇÃO SEM FIO .....</b>                           | <b>27</b> |
| 3.1 CARACTERÍSTICAS DESEJADAS.....                            | 28        |
| 3.2 ESCOLHA DE TECNOLOGIA WIRELESS.....                       | 28        |
| <b>4. INTERFACE COM USUÁRIO .....</b>                         | <b>30</b> |
| 4.1 ESCOLHA DO COMPONENTE .....                               | 31        |
| 4.2 DISPLAY LCD HD44780 .....                                 | 31        |
| <b>5. CONTROLE .....</b>                                      | <b>34</b> |
| 5.1 ESCOLHA DO COMPONENTE .....                               | 35        |
| 5.2 PIC16F877A.....   | 35        |
| <b>6. APLICAÇÃO.....</b>                                      | <b>38</b> |
| 6.1 DISTÂNCIA SEGURA .....                                    | 39        |
| 6.1.1 Cálculo .....   | 39        |

|            |  |           |
|------------|--|-----------|
| 6.1.2      | Estudo de caso.....                      | 39        |
| 6.1.3      | Funcionamento.....                       | 41        |
| <b>7.</b>  | <b>METODOLOGIA.....</b>                  | <b>43</b> |
| 7.1        | ESTUDO .....                             | 44        |
| 7.2        | IMPLEMENTAÇÃO PRELIMINAR.....            | 44        |
| 7.3        | IMPLEMENTAÇÃO FINAL .....                | 45        |
| 7.3.1      | Problemas Associados.....                | 45        |
| <b>8.</b>  | <b>IMPLEMENTAÇÃO .....</b>               | <b>46</b> |
| 8.1        | SUBSISTEMA DE CONTROLE.....              | 47        |
| 8.2        | SUBSISTEMA DE INTERFACE COM USUÁRIO..... | 47        |
| 8.3        | SUBSISTEMA DE COMUNICAÇÃO SEM FIO.....   | 48        |
| 8.4        | SUSBSISTEMA DE POSICIONAMENTO .....      | 48        |
| 8.5        | DISTÂNCIA SEGURA .....                   | 48        |
| <b>9.</b>  | <b>TESTE E RESULTADOS.....</b>           | <b>50</b> |
| <b>10.</b> | <b>CUSTOS.....</b>                       | <b>53</b> |
| <b>11.</b> | <b>CONCLUSÃO.....</b>                    | <b>55</b> |
| <b>12.</b> | <b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>  | <b>57</b> |
|            | <b>ANEXOS .....</b>                      | <b>60</b> |
| A1.        | FOTO DO SISTEMA EM FUNCIONAMENTO.....    | 61        |
| A2.        | ESQUEMÁTICO DO PROJETO .....             | 62        |

## **INTRODUÇÃO**

Esse projeto visa construir de um sistema de transmissão de dados sem fio entre dois pontos. Esses pontos simularão automóveis, o sistema fará o tratamento de dados adquiridos por uma antena GPS (*Global Positioning System*) e os transmitirá de um ponto a outro através de transceptores sem fio (*wireless*).

A rede dinâmica entre os dois carros é criada quando eles se aproximam, dentro do alcance máximo definido pela tecnologia usada. Os dados recebidos serão analisados por uma rotina gravada em um microcontrolador PIC (*Programmable Interface Controller*) e o resultado da análise será mostrado em um display LCD (*Liquid Crystal Display*).

Esse sistema será utilizado para simular um computador de bordo que auxilie os motoristas na navegação dos automóveis e aumente a segurança de tráfego. O display disponibilizará para o motorista as informações atualizadas da distância segura em relação ao outro carro.

O projeto está dividido em quatro blocos principais (ilustrados na figura abaixo): controle, interface com usuário, comunicação sem fio e posicionamento.

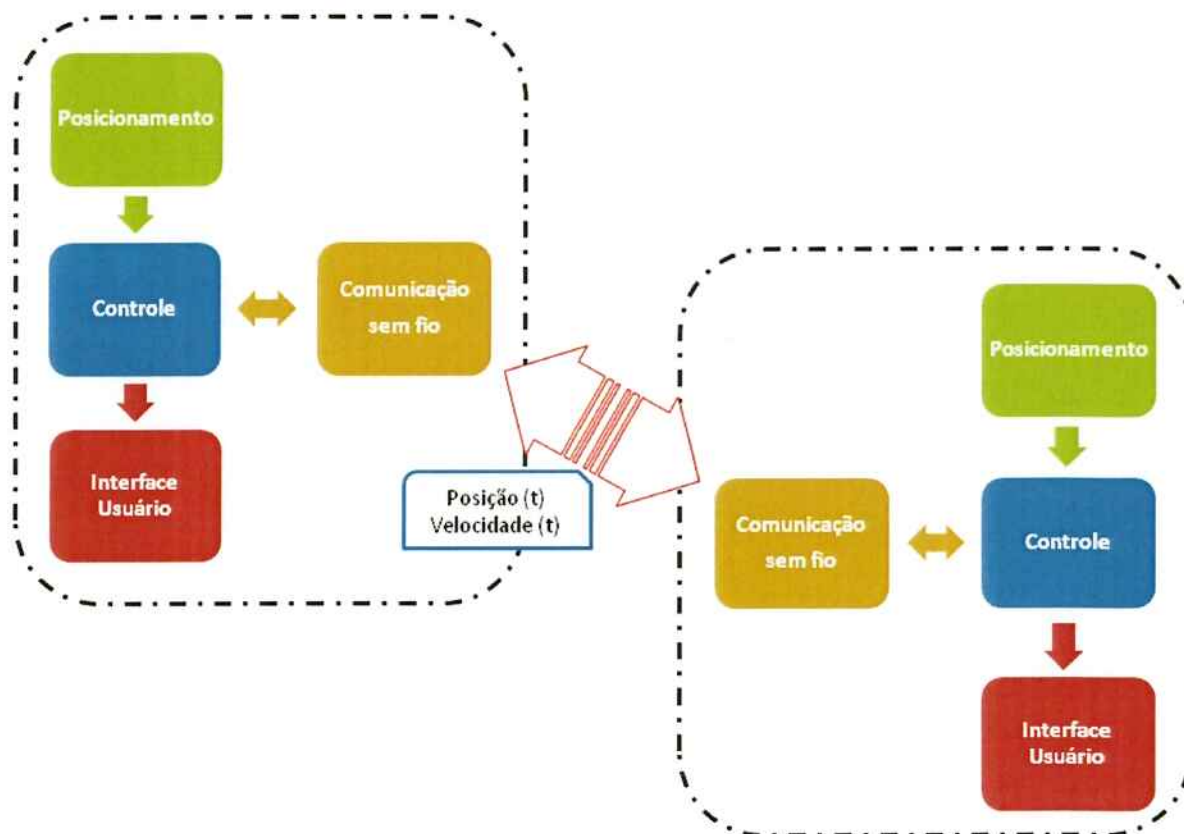


Figura 1 – Diagrama de Blocos do Projeto

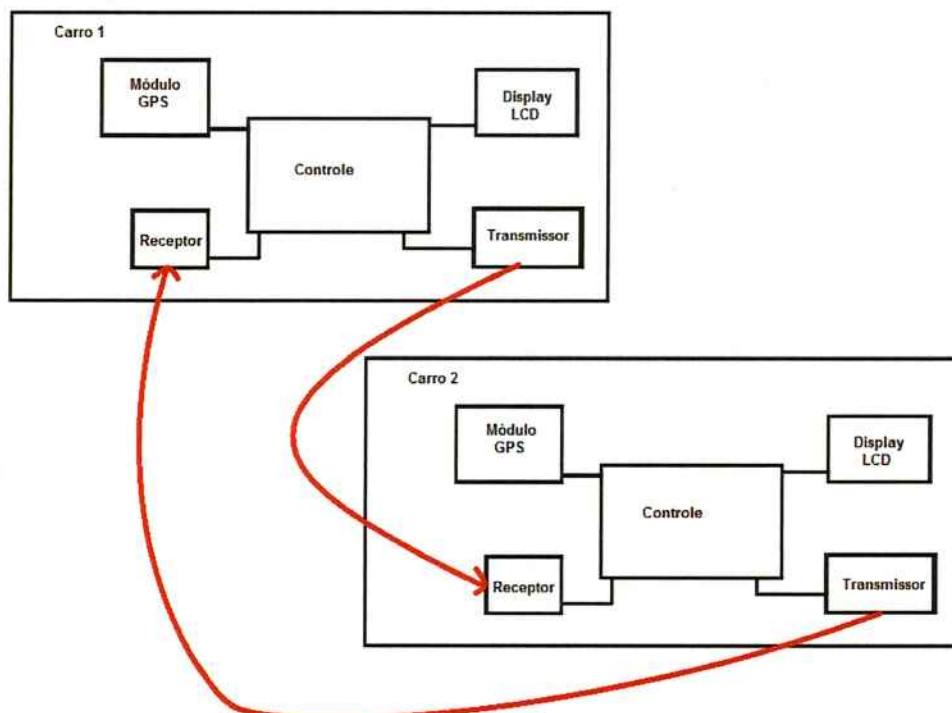
Do módulo GPS serão adquiridas as informações de posição e velocidade dos automóveis para seus respectivos circuitos de controle (microcontrolador).

Quando o sistema está funcionando como transmissor, o circuito controlador envia os dados de velocidade e coordenadas da posição do veículo através de um módulo transceptor sem fio. Se o sistema estiver recebendo dados, o mesmo módulo transceptor se encarrega de receber os dados do outro automóvel.

Os dados de posição e velocidade trocados são utilizados pelos algoritmos inseridos nos microcontroladores para realizar o cálculo de distância segura entre eles. Distância segura é a distância mínima sugerida para que, baseado nas informações de posição e velocidade dos automóveis, não ocorra colisão entre os veículos em caso de frenagem brusca dos veículos.

No display são mostradas as distâncias entre os veículos e segura (calculada), auxiliando o motorista no controle da distância em relação a outro carro.

Abaixo, na figura 2, é esquematizado o fluxo de dados entre os dois pontos e como os módulos de transmissão, GPS, display e controle estão relacionados.



**Figura 2 – Fluxo de dados entre dispositivos e relação de módulos**

## **1. REQUISITOS**

## 1.1 SISTEMA

O sistema de comunicação sem fio entre veículos é projetado para funcionar em situações reais e, portanto, deve trabalhar em tempo real e ser robusto – opera em grade variedade de situações reais, estável – mantém-se executando as mesmas tarefas sem falhas, automática – funciona sem supervisão humana e sem nenhum tipo controle feito pelo motorista.

## 1.2 SUBSISTEMA DE INTERFACE COM USUÁRIO

A interface com o motorista deve alertar clara e rapidamente situações de perigo iminente.

A atualização de dados de distância entre os veículos deve ser confortável à leitura do motorista.

Os dados precisam ser apresentados compativelmente com o tempo que o motorista leva para assimilar uma alteração, tomar uma ação e agir ativamente para controle da situação e a ação propriamente em si (acionar os freios do automóvel, por exemplo).

Segundo TAOKA, o tempo de reação de um motorista para acionar os freios do carro que representa 0,85 da densidade de probabilidade é de aproximadamente 1,8s. Portanto, é necessário atualizar o display de LCD com frequência maior que  $\frac{1}{1,8} s = 0,56 Hz$ . Escolheremos o mínimo de  $3 * 0,56 Hz = \sim 1,7 Hz$  para atualização do display de LCD.

## 1.3 SUBSISTEMA DE COMUNICAÇÃO SEM FIO

A comunicação sem fio deve ser implementada como uma rede ad-hoc, pois essa topologia é a que mais se adequa à comunicação sem fio entre

automóveis. Evidentemente, a taxa de transmissão deve ser consideravelmente superior a 1,7 Hz. Escolheremos 1 kHz como requisito mínimo para taxa de transmissão.

Para simular uma rede sem fio entre veículos, é desejável que os dados possam ser trocados em velocidades compatíveis com o de veículos comuns (entre zero e 120 km/h).

O alcance da comunicação também deve ser apropriado às situações reais de trânsito. No capítulo “Aplicação” tem-se um exemplo de cálculo numa situação limite à realidade, ou seja, o alcance suficiente desejado para as demais situações comuns de trânsito; o alcance que o sistema deve ter para cálculo da distância segura nessa situação é de aproximadamente 180 m.

#### 1.4 SUBSISTEMA DE POSICIONAMENTO

Responsável pelo fornecimento de vários dados ao bloco de controle, tais como: latitude, longitude, altitude, velocidade, data e hora. Tais dados devem ser confiáveis e com precisão adequada às dimensões dos veículos e espaço necessário para frenagem. Além disso, a frequência de fornecimento de dados deve ser suficiente para cálculos em tempo real.

Seguindo o raciocínio utilizado em 1.2 e 1.3, os dados de posição devem ser atualizados a uma taxa superior a 1,7 Hz. Escolheremos o mínimo de 3 Hz para frequência de atualização de dados.

#### 1.5 SUBSISTEMA DE CONTROLE

O microcontrolador utilizado deve suportar o controle entre os outros 3 subsistemas sem que ocorram atrasos perceptivos ao usuário, isto é, que possam

ocasionar perigo. Considerando as dimensões de um carro, admitindo 2 m percorridos devido a atrasos, para um veículo trafegando à velocidade limite 150 km/h, chega-se ao requisito de atraso máximo aceitável nos cálculos de aproximadamente 50ms.

A precisão deve ser adequada para possibilitar cálculos em decâmetros, rigor suficiente se consideradas às dimensões de um veículo.

## **2. POSICIONAMENTO**

Atualmente a tecnologia mais viável para obtenção de dados de posicionamento para esse projeto é o GPS.

## 2.1 MÓDULO GPS

Antes de escolher qual módulo GPS seria utilizado, foi necessário estudar como e de onde vêm as informações transmitidas, além de suas características. Com isso foi possível trabalhar com mais segurança, tendo uma base teórica e conhecendo os limites do GPS. Adiante serão apresentadas as características implícitas dos módulos.

## 2.2 O SISTEMA GPS

O sistema de posicionamento global (GPS) é um sistema americano, desenvolvido para fins militares e que foi incorporado ao mundo civil em 1995. Ele é formado por 24 satélites a 20.200 km de altitude, distribuídos em seis planos de órbita com 55° de inclinação, sendo quatro satélites em cada plano, separados em arcos de 60°. Outros satélites, de dois a cinco, são mantidos em órbita, como reservas imediatos, em caso de pane de um ou mais satélites. (MACHADO, 2010)

Os satélites transmitem sinais de radiofrequências, com portadoras na banda de UHF e de baixa potência, sendo as básicas designados de L1 (1.575,42 MHz) e L2(1.227,60MHz). Esses sinais são modulados com o código C/A (Coarse/Acquisition), também conhecida como Código Civil.

Tais códigos podem ser acessados por qualquer receptor GPS comum, livremente comercializado em todas as partes do mundo. Em relação ao nível de serviço prestado, esses sinais são denominados de "serviço de posicionamento padrão" (SPS).

O WGS 84 é o sistema de coordenadas usado pelo GPS. Consiste em coordenadas definidas por três eixos cartesianos associados a um elipsóide, de forma que as coordenadas podem ser apresentadas em termos dos eixos cartesianos X, Y, Z ou de latitude, longitude e altitude a partir do elipsóide. O centro ou origem do WGS 84 é o centro da massa da Terra e é a referência de posição em qualquer parte do planeta, o que o torna conveniente para a aplicação.

Como fundamento básico, o receptor GPS faz a comparação entre o tempo em que um sinal de um satélite foi transmitido com o tempo em que foi recebido. A diferença encontrada indica ao receptor a que distância este se encontra do satélite considerado. Com a distância calculada, de pelo menos três satélites, é possível determinar com uma boa precisão o posicionamento do receptor.

Os erros que devem ser considerados para definir essa precisão são citados a seguir:

- **Atrasos causados pelos efeitos da Ionosfera e da Troposfera:** os sinais transmitidos pelos satélites GPS sofrem uma redução de velocidade ao atravessarem a atmosfera. O sistema faz uso de um modelo de cálculo que estima o atraso médio e faz uma correção parcial desse tipo de erro;

- **Reflexão de Sinais (Multipath):** esse tipo de erro ocorre quando os sinais são refletidos em superfícies sólidas, como edifícios e montanhas, antes de atingirem os receptores. Essas reflexões aumentam o tempo de trânsito dos sinais até os receptores, causando erros.

- **Erro dos Relógios dos Receptores:** os relógios internos dos receptores não são tão precisos como os dos satélites, o que pode causar pequenos erros de medição do tempo.

- **Erros de Órbita ou de Efemérides:** erros causados por informações não precisas da posição dos satélites;

- **Número Reduzido de Satélites Visíveis:** quanto menor o número de satélites visíveis maiores são as possibilidades de erros, em função de outros fatores, como terreno, folhagem, construções e outros;

- **Geometria dos Satélites Visíveis ou Sombra:** a posição relativa dos satélites visíveis, com ângulos pequenos de separação entre eles, pode prejudicar a precisão do sistema.

Foram idealizados sistemas complementares ao GPS destinados a corrigir os erros provocados pela ionosfera e outros, bem como corrigir a demora intrínseca do sistema GPS de até 45 minutos para identificar eventuais falhas em um dos seus satélites.

O seu funcionamento básico consiste em uma rede de estações de monitoramento dos sinais recebidos dos satélites GPS, o processamento desses sinais, comparando a posição recebida com a posição conhecida da estação (latitude, longitude e altitude), com imediata transmissão de um algoritmo de correção de posição, conhecido como Diferencial GPS, para todos os receptores. Ao mesmo tempo, ou em sistema separado, é verificada a integridade dos sinais, ou seja, é identificado se algum dos satélites da constelação GPS está com problemas e essa informação é transmitida aos receptores.

Na Europa estão desenvolvendo o EGNOS, trata-se de um serviço gratuito, precursor do Galileo, o sistema mundial de navegação por satélite da União Europeia (UE). Este sistema complementar aumenta a precisão dos sinais de

navegação por satélite na Europa, sendo que a exatidão dos atuais sinais GPS passa de dez para dois metros.

O sistema é composto por vários "*transponders*", instalados em três satélites geoestacionários, e por uma rede terrestre com cerca de 40 estações de posicionamento e quatro centros de controle, todos interligados. A área de cobertura do EGNOS inclui a maior parte dos países europeus e o sistema tem capacidade incorporada para cobrir outras regiões, como o Norte de África e os países vizinhos da UE.

O serviço aberto é acessível a qualquer utilizador equipado com um receptor compatível com GPS/SBAS dentro da área de cobertura do EGNOS, sendo que a maioria dos receptores atualmente vendidos satisfaz este requisito.

Entre as mais recentes inovações na tecnologia de GPS está o *Wide Area Augmentation System (WAAS)*, desenvolvido para aumentar precisão do sistema GPS para a navegação aérea. Utilizando uma rede de estações terrestres (WRS ou Wide área de Estações de Referência), que são protegidas do público, transmite correções WAAS *geosynchronous* satélites de comunicações, que transmitem as correções para o usuário. WAAS foi projetado para permitir que GPS seja confiável para aeronaves em todas as fases de vôos, incluindo precisão, ou o "único instrumento" desembarques. Especificações para WAAS exigem precisão de 7 metros, ou melhor, tanto vertical quanto lateralmente, em 95% do tempo. Na prática, WAAS conseguiu uma exatidão lateral de 1 metro e 1,5 metros na vertical.

O sistema GPS está em constante evolução, sua precisão fica melhor a cada ano e, com a precisão de hoje já é possível realizar este projeto. Os cálculos para esta conclusão serão apresentados posteriormente no relatório.

## 2.3 COMPARAÇÃO ENTRE OS MÓDULOS

Tabela 1 – Especificações dos módulos.

| Item                     | ME-1000W        | ME-1513R        | LS20030         |
|--------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Canais                   | 65              | 65              | 32              |
| Taxa de atualização      | 1Hz             | 1Hz             | 5Hz             |
| Tempo de início (frio)   | 32s             | 29s             | 36s             |
| Tempo de início (quente) | 10s             | 1s              | 2s              |
| Limite de Altitude       | <18000m         | <18000m         | <18000m         |
| Limite de Velocidade     | <515m/s         | <515m/s         | <515m/s         |
| Frequência               | L1 (1575,42MHz) | L1 (1575,42MHz) | L1 (1575,42MHz) |
| Precisão de Velocidade   | 0,1m/s          | 0,1m/s          | 0,1m/s          |
| Precisão de Posição      | 5m              | 5m              | 3m              |

O protocolo transmitido pela interface serial em todos os modelos é baseado na especificação da interface da *National Marine Electronics Association's*(NMEA) 0183 ASCII. O padrão é definido na “NMEA 0183, Version 3.01” e pode ser obtido da NMEA em [www.nmea.org](http://www.nmea.org).

Há várias estruturas possíveis de serem utilizadas, dependendo de como a informação será utilizada. Para o projeto em questão a estrutura escolhida para ser trabalhada foi a *RECOMMENDED MINIMUM SPECIFIC GPS/TRANSIT DATA* (RMC), pois é a menor das estruturas que contêm todos os dados relevantes para os cálculos, latitude, longitude, velocidade e direção.

## 2.4 RMC - RECOMMENDED MINIMUM SPECIFIC GPS/TRANSIT DATA

Estrutura:

```
$GPRMC, hhmmss.sss, A, ddm, mmmm, a, dddmm.mmmm, a, x.x, x.x, ddmmyy, x.x, a, *hh<CR><LF>
```

Exemplo:

```
$GPRMC,092204.999,A,4250.5589,S,14718.5084,E,0.00,89.68,211200,,A*25<CR><LF>
```

Tabela 2 – Descrição do código RMC.

| Campo | Nome               | Exemplo    | Descrição  |
|-------|--------------------|------------|--|
| 1     | Tempo UTC          | 060932.448 | Horário UTC* no formato hhmmss.sss<br>Variação de (000000.000 ~ 235959.999)  |
| 2     | Status             | A          | 'V' = GPS aquecendo<br>'A' = Dados válidos   |
| 3     | Latitude           | 2447.0959  | Latitude no formato ddm.ddd  |
| 4     | Indicador N/S      | N          | Hemisfério, 'N' = Norte, 'S' = Sul   |
| 5     | Longitude          | 12100.5204 | Longitude no formato dddmm.mmm   |
| 6     | Indicador E/W      | E          | Hemisfério, 'E' = Leste, 'W' = Oeste   |
| 7     | Velocidade         | 000.0      | Velocidade em nós (000.0 ~ 999.9)  |
| 8     | Curso              | 000.0      | Curso em graus (000.0 ~ 359.9)   |
| 9     | Data UTC           | 211200     | Data UTC de uma posição fixa no formato, ddmmyy  |
| 10    | Variação magnética |            | Em graus (000.0 ~ 180.0)   |
| 11    | Variação magnética |            | Em Direção 'E' = Leste; 'W' = Oeste  |
| 12    | Indicador de Modo  | A          | 'N' = Dados não válidos<br>'A' = Modo autônomo<br>'D' = Modo Diferencial<br>'E' = Modo Estimado (dead reckoning DR)<br>'M' = Modo de entrada manual<br>'S' = Modo de Simulação |
| 13    | Checksum           | 0E         | Começa com * e consiste de 2 caracteres e representam um número hexadecimal. É o ou exclusivo de todos os caracteres entre "\$" e o ""   |

Com os parâmetros acima é possível definir o módulo GPS a ser usado no projeto. Como queremos calcular a distância relativa entre dois desses módulos em uma velocidade relativa de até aproximadamente 200 km/h, as características mais relevantes na escolha são a taxa de atualização e a precisão de posição e velocidade. Todos os módulos encontrados possuem a mesma precisão de velocidade e a família LS20030 possui a melhor precisão de posição, além da melhor taxa de atualização e, por isso foi escolhido o módulo LS20032 – dentro da família do LS20030.

## 2.5 DESCRIÇÃO DA PINAGEM DO LS20032

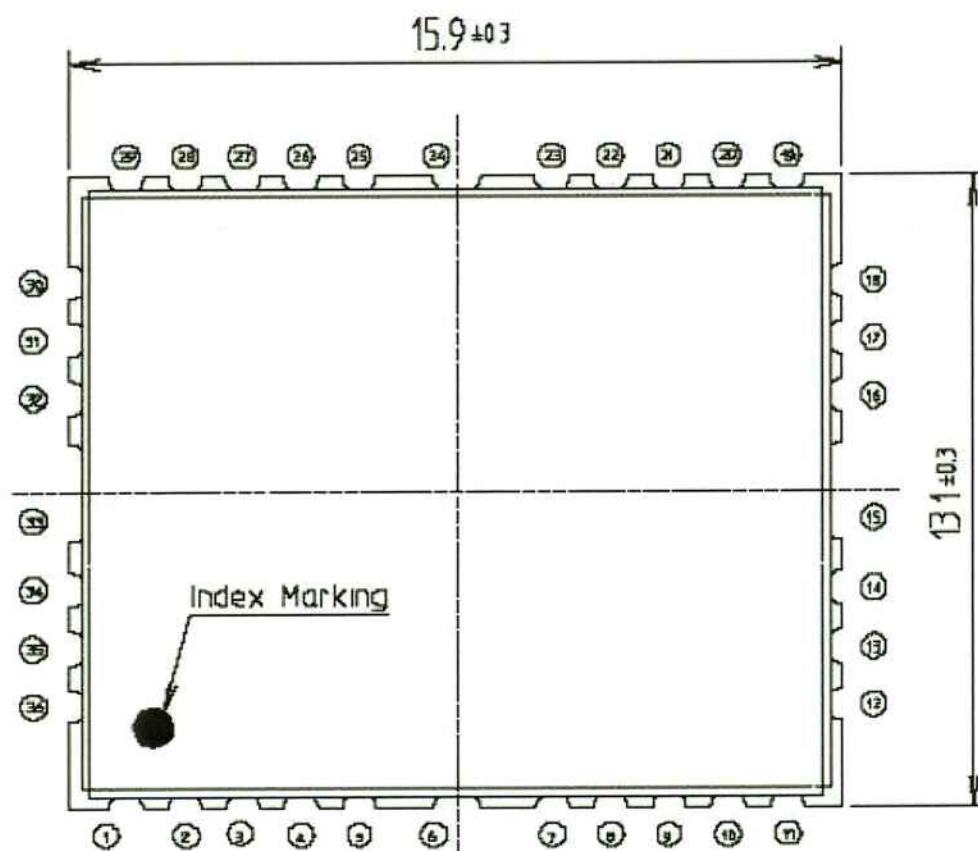


Figura 3 – Pinagem do módulo GPS.

FONTE: LOCOSYS (2006)

Tabela 3 – Descrição dos pinos.

| Pino | Nome     | Descrição  |
|------|----------|--|
| 1    | RFIN     | Entrada RF para conexão da antena  |
| 2    | AGND     | GND Analógico  |
| 3    | AGND     | GND Analógico  |
| 4    | AGND     | GND Analógico  |
| 5    | VBAT     | Tensão para alimentação do RTC e da memória, mínimo 1.5V   |
| 6    | GND      | GND Digital  |
| 7    | NC       | Sem conexão  |
| 8    | BaudSel1 | Entrada para seleção do baud rate, utilizado com BaudSel0. 3.3V LVTTTL<br>BaudSel[1:0] = 00 para 9600 baud / 01 para 4800 baud,<br>10 para 38400 baud / 11 para 115200 baud                |
| 9    | GND      | GND Digital  |
| 10   | GND      | GND Digital  |
| 11   | VCC33    | Alimentação principal 3.3V   |
| 12   | GND      | GND Digital  |
| 13   | RSTN     | Entrada para reset externo.<br>Só necessário quando o tempo de subida da fonte principal é muito baixo.<br><i>This input is low active. The module has internal power on reset circuit</i> |
| 14   | BaudSel0 | Entrada para seleção do baud rate, utilizado com BaudSel1 3.3V LVTTTL  |
| 15   | GND      | GND Digital  |
| 16   | NC       | Sem conexão  |
| 17   | GND      | GND Digital  |
| 18   | LED      | Indicador de status do GPS. Nível baixo para ativo.  |
| 19   | GND      | GND Digital  |
| 20   | P1PPS    | Sinal de 1 pulso por segundo.  |
| 21   | GND      | GND Digital  |
| 22   | GND      | GND Digital  |
| 23   | PSE_SEL  | Dispositivo de seleção do modo de procura 3.3V LVTTTL<br>1: modo de aquisição de baixa potência.<br>0: modo de aquisição realçado ( <i>enhanced</i> )                                      |
| 24   | GND      | GND Digital  |
| 25   | NC       | Sem conexão  |
| 26   | AGND     | GND Analógico  |
| 27   | NC       | Sem conexão  |
| 28   | AGND     | GND Analógico  |
| 29   | AGND     | GND Analógico  |
| 30   | TXD0     | Saída UART, 3.3V LVTTTL  |
| 31   | RXD0     | Entrada UART, 3.3V LVTTTL  |
| 32   | NC       | Sem conexão  |
| 33   | AGND     | GND Analógico  |
| 34   | NC       | Sem conexão  |
| 35   | AGND     | GND Analógico  |
| 36   | AGND     | GND Analógico  |

### **3. COMUNICAÇÃO SEM FIO**

A eficiência e funcionalidade do projeto dependem principalmente desse subsistema. Os cálculos são feitos baseados nas informações trocadas pelos transceptores.

### 3.1 CARACTERÍSTICAS DESEJADAS

Conforme discutido no capítulo *Requisitos*, das tecnologias que implementam a comunicação wireless estudadas para o subsistema de comunicação sem fio, interessam ao projeto aquelas que tenham as seguintes características:

- **alcance:** sinal de curta a média distância, pois serão transmitidos sinais entre veículos, e assim é interessante que possamos realizar a comunicação na ordem de unidade de quilômetros;
- **banda da ordem de GHz:** nessa ordem de grandeza são minimizadas as interferências por ruído;
- **mobilidade:** a velocidade relativa entre emissor e cliente deve ser da ordem de dezenas de km/h, compatível com a velocidade entre os automóveis;
- **disponibilidade de equipamentos:** precisamos que existam equipamentos comerciais, pois não teremos tempo para desenvolver equipamentos e tecnologias;
- **custo dos componentes:** é muito importante que o projeto tenha viabilidade econômica, pois o orçamento é dividido com os projetos de outros grupos.

### 3.2 ESCOLHA DE TECNOLOGIA WIRELESS

Na tabela 4, tem-se as principais características das tecnologias de comunicação sem fio de maior relevância para a nossa proposta.

Tabela 4– Características de sistemas de comunicação sem fio

|                          | DS RC/WAVE      | 802.11 b/g | 3G             | Mobile WIMAX | DataBridge (RS) |
|--------------------------|-----------------|------------|----------------|--------------|-----------------|
| <b>Data Rate</b>         | 3-327 Mbps      | 6-54 Mbps  | <2Mbps         | 1-32 Mbps    | 20-200 Kbps     |
| <b>Latency</b>           | < 50ms          | seconds    | seconds        | ?            | 5ms             |
| <b>Alcance</b>           | <1km            | <140m      | <10km          | <15km        | <4km            |
| <b>Mobility</b>          | >100km/h        | <10km/h    | >100km/h       | >100km/h     | <100km/h        |
| <b>Nominal Bandwidth</b> | 10Mhz           | 20Mhz      | <3Mhz          | <10Mhz       | <20Mhz          |
| <b>Operating Band</b>    | 5.895-5.925 Mhz | 2.4Ghz     | 800Mhz, 1.9Ghz | 2.5Ghz       | 2.4-2.485Ghz    |
| <b>IEEE std.</b>         | 802.11p(WAVE)   | 802.11g    | N/A            | 802.16e      | N/A             |

FONTES: Adaptado de UNWIRED (2010) e STARMANELECTRIC (2011)

Fica evidente que o padrão Wi-Fi não é o mais adequado para implementar comunicação entre veículos à velocidade e distância para utilização prática, conforme será visto no Capítulo “Aplicação”.

Escolheu-se o DataBridge SE1200E, pois atende a todos os requisitos tratados anteriormente e é que possui mais simples estrutura de pacotes de dados e maior facilidade de implementação.

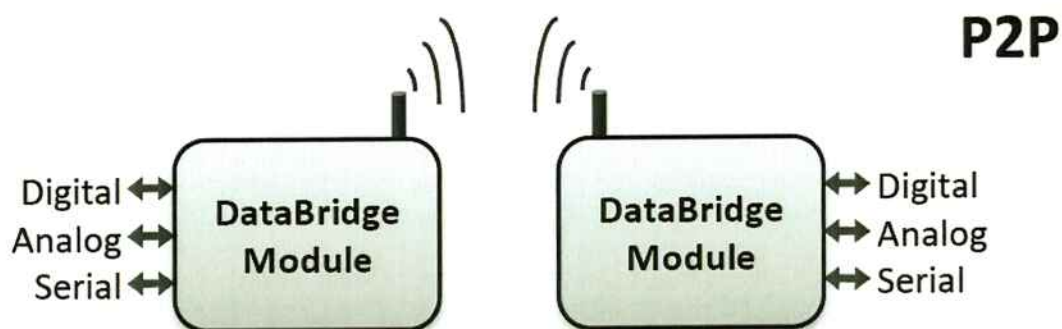


Figura 4 – Diagrama do módulo DataBridge

FONTE: STARMANELECTRIC (2011)

## **4. INTERFACE COM USUÁRIO**

## 4.1 ESCOLHA DO COMPONENTE

Esse é o componente cuja escolha foi a mais simples, uma vez que podemos substituí-lo por outro com mais recursos sem grandes alterações no código-fonte do programa.

Existem vários componentes disponíveis e o que muda de um para outro é o número de linhas e colunas onde podemos escrever. Também existem os displays gráficos.

Baseamos nossa escolha no número de caracteres suficientes para identificar o automóvel, sua distância e velocidade relativas, conforme ilustrado na figura abaixo. Sendo assim decidimos que usaremos um display de 16 colunas e duas linhas de caracteres.

|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| I | D | E | N | T | I | F | I | C | A | Ç | Ã | O |   |   |   |
| V | = |   |   |   |   | D | = |   |   |   | R | E | D | U | Z |

Figura 5 – Estrutura de caracteres para o display

## 4.2 DISPLAY LCD HD44780

Será utilizado o Display LCD HITACHI HD44780 16x2, o qual possui 14 pinos, especificados e identificados na tabela abaixo.

Tabela 5 – Função dos pinos do display LCD.

| Pino   | Nome      | Função                              |
|--------|-----------|-------------------------------------|
| 1      | Vss       | GND ( 0V )                          |
| 2      | Vdd       | +5V                                 |
| 3      | Vo        | Ajustar o contraste do display.     |
| 4      | RS        | "Registerselect".                   |
| 5      | R/W       | Selecionar modo leitura ou escrita. |
| 6      | E         | Enable.                             |
| 7 - 14 | DB0 – DB7 | Entrada ou saída de dados.          |
| 15     | A         | Ânodo do back-light                 |
| 16     | K         | Cátodo do back-light                |

FONTE: AYDIN (2010)

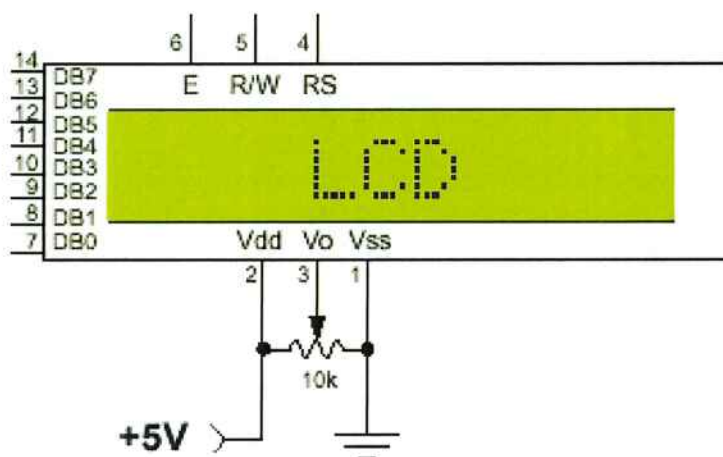


Figura 6 – Pinagem do display HD44780.

FONTE: AYDIN (2010)

O pino Vo normalmente é ligado ao centro de um potenciômetro de 10k e, quanto menor o valor de Vo mais escuros são os pixels do display.

A influência dos pinos RS, R/W e E está enunciada na tabela a seguir:

Tabela 6 – Comportamento do display.

| <b>E</b> | <b>R/W</b> | <b>RS</b> | <b>Comportamento</b> |
|----------|------------|-----------|----------------------|
| 0        | X          | X         | Display desabilitado |
| 1        | 0          | 0         | Escrita de instrução |
| 1        | 0          | 1         | Leitura de status    |
| 1        | 1          | 0         | Escrita de dados     |
| 1        | 1          | 1         | Leitura de dados     |

FONTE: SATO (2010)

## **5. CONTROLE**

Neste capítulo será mostrado como chegamos à decisão do componente principal do bloco de controle desse projeto.

## 5.1 ESCOLHA DO COMPONENTE

Para a escolha do microcontrolador PIC16F877A levaram-se em consideração fatores subjetivos e práticos:

- a experiência em se trabalhar com a família PIC obtida a partir de projetos de algumas disciplinas;
- linguagem de programação bem difundida no mercado;
- boa disponibilidade de componentes;
- várias obras de consulta disponíveis, como livros, revistas, artigos;
- bons recursos providos pelo PIC.

## 5.2 PIC16F877A

Escolhemos o PIC 16F877A – I/O com encapsulamento PDIP de 40 pinos, sendo que sete desses pinos são usados para alimentação e controle do mesmo:



Figura 7 –PIC16F877A – I/O de 40 pinos.

FONTE: MICROCHIP (2010)

Esse PIC tem 33 portas configuráveis como entrada ou saída, via de programação com 14 bits e 35 instruções, frequência de operação de 20 MHz, 15

interrupções disponíveis, memória de programação E<sup>2</sup>PROM FLASH de 256 bytes, três Timers (2x8 bits e 1x16 bits). Além disso, temos disponíveis as comunicações seriais: SPI, PC e USART (MICROCHIP, 2003).

Outros modelos da família 16 (como o PIC16F870, PIC16F628, PIC16F84) possuem variações em termos de recursos com mais ou com menos pinos de I/O, entradas analógicas, memória ROM, memória RAM. No entanto, todos podem ser programados com a mesma linguagem.

Modelos da família 18 são mais rápidos e um pouco mais caros, continuando a ser de 8 bits. Modelos da família 24 são de 16 bits, indicados para aplicações que exijam maior poder de processamento. Sendo assim, escolhendo o PIC16F877A temos a opção de substituí-lo por outro PIC melhor sem grandes alterações de projeto.

## PDIP (40 pin)

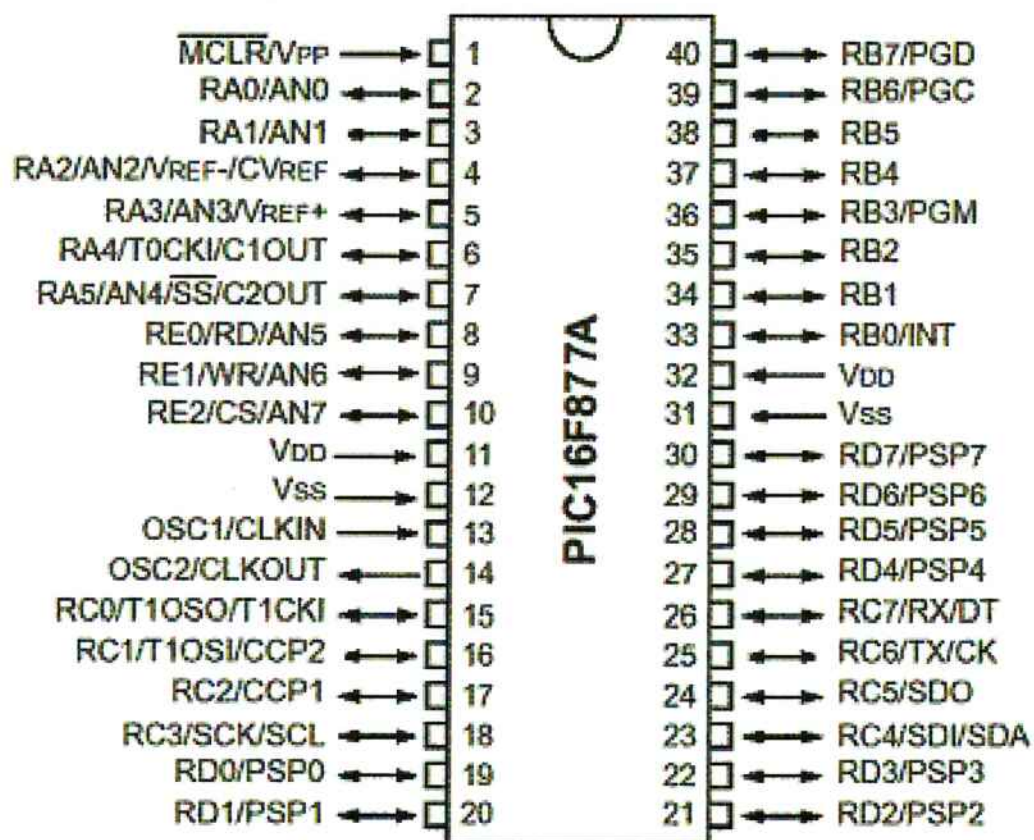


Figura 8 – Pinagem do PIC16F877A

FONTE: MICROCHIP (2010)

## **6. APLICAÇÃO**

Neste capítulo descreveremos um estudo de aplicação que pode ser desenvolvida usando a comunicação entre automóveis.

## 6.1 DISTÂNCIA SEGURA

A aplicação visa alertar o motorista com alguma mensagem ou alteração na interface homem-máquina, avisando-o de que a distância atual ao automóvel da frente é perigosa, devido à velocidade relativa atual entre os dois veículos.

### 6.1.1 Cálculo

Para o cálculo aproximado da distância segura, devemos considerar os diversos atrasos a que o sistema de comunicação está submetido. Podem ser apontados os tempos de atualização do módulo GPS, condição da pista, tempos de resposta do motorista e tempo de processamento do PIC.

A distância segura será a soma da distância percorrida para frenagem à distância percorrida devido aos diversos atrasos anteriormente citados.

### 6.1.2 Estudo de caso

Para ilustrar como será calculada a distância segura, imaginemos a situação extrema, porém realista, para verificarmos quais os tempos de atualização necessários e qual o alcance em distância desejado ao sistema.

Um motorista com reações normais está dirigindo seu veículo, leve em pista molhada, a 120 km/h, e, supondo que o veículo à sua frente pare instantaneamente, conforme ilustrado nas figuras abaixo:



Figura 9 – Situação estudada

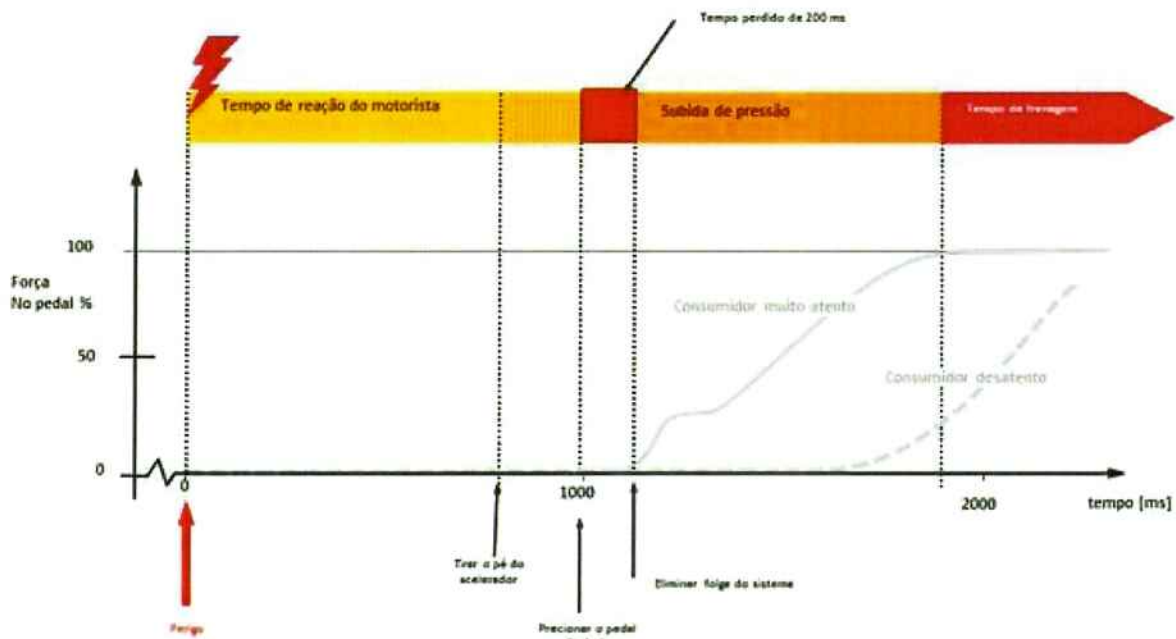


Figura 10 – Tempos de reação de motoristas normal e desatento

FONTE: CONTINENTAL (2010)

Calculando o tempo em que o veículo percorre devido aos atrasos (D1), temos:

- Tempo de percepção e reação:  $\frac{3}{4}$  de segundo (motorista atento);

- Velocidade: 120 km/h;

Assim, temos  $D1 = 120 \text{ (km/h)} \times [\frac{3}{4}(\text{s})] = 25\text{m}$ .

Passemos a calcular usada para frear o veículo (DF). Utilizando os coeficientes da Tabela 7 (d: distância percorrida em metros; v: velocidade em km/h), temos  $DF = 1,3 \times 120 \text{ (km/h)} = 156\text{m}$ .

Tabela 7 – Frenagem

| Distância de Frenagem |             |               |
|-----------------------|-------------|---------------|
|                       | Pista Seca  | Pista Molhada |
| Veículo Leve          | $d = 0,7 v$ | $d = 0,9 v$   |
| Veículo Pesado        | $d = 1,0 v$ | $d = 1,3 v$   |

FONTE: Adaptado de SENS(2010)

Portanto a distância segura para esse caso é de  $DS = D1 + DF = 181m$ .

Esse resultado mostra que é desejável que o bloco de transmissão sem fio seja capaz de enviar e receber dados a distâncias até a 180 m. Ainda, que o processamento deve ser feito em frequência superior a 5Hz, que é a frequência de atualização do módulo GPS.

Conforme vimos nos capítulos 3 e 5, “Comunicação sem fio” e “Controle”, ambas as características são alcançadas. A primeira, devido à alta mobilidade da tecnologia no componente DataBridge; a segunda, à alta frequência de operação do PIC16F877A, da ordem de MHz.

### 6.1.3 Funcionamento

O microcontrolador roda um programa que compara as posições e velocidades obtidas com o bloco GPS dos dois automóveis. A troca dessa informação é feita utilizando o módulo de comunicação sem fio.

É feito o cálculo para verificar se a distância entre os carros é segura ou não. A distância é segura quando há espaço suficiente para realizar a frenagem, considerando o tempo de reação do motorista, tempo de atualização dos sistemas de posição, tempo de frenagem até o outro automóvel e tempo para colisão. Utilizando uma lógica simples, é possível classificar condições de operação relacionando esses tempos às velocidades atuais do carro (ou seja, obtendo as

posições presentes e futuras dos veículos), e enviar mensagens de alerta ao display, comunicando a situação ao motorista.

## **7. METODOLOGIA**

A metodologia do projeto é dividida em três fases: estudo, implementação preliminar e final.

## 7.1 ESTUDO

Essa fase foi desenvolvida durante o curso da disciplina de Projeto de Formatura I. Foram pesquisadas as tecnologias para implementar a aplicação proposta, pesquisados os componentes e definidas as responsabilidades dos membros da equipe. Foram estudados códigos-exemplo para programação dos componentes e esquemáticos foram desenhados utilizando a ferramenta EAGLE.

Esses esquemáticos serão utilizados nas fases de implementação preliminar e final. Na fase preliminar será priorizado o desenvolvimento da interface e operação do microcontrolador com cada um dos outros blocos. Na fase final todos esses subsistemas serão integrados conforme a implementação proposta.

## 7.2 IMPLEMENTAÇÃO PRELIMINAR

Iniciando a fase de implementação preliminar, tem-se a compra dos componentes, e início da implementação do interfaceamento do microcontrolador com os outros componentes utilizando os esquemáticos feitos na fase anterior.

Assim, serão implementados 3 subsistemas – posicionamento, comunicação sem fio e interface com usuário – os quais serão integrados formando o sistema proposto neste trabalho.

A programação será feita usando as placas ICD2BR ou McFlash+ fabricadas pela LabTools e disponibilizados para a equipe pelo PSI – Departamento de Sistemas Eletrônicos da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

O software utilizado para escrita, compilação e depuração do código será o MPLAB IDE v8.53, fornecido gratuitamente pela Microchip Technology Inc.

## 7.3 IMPLEMENTAÇÃO FINAL

Depois de concluídas as fases de comunicação GPS-PIC e PIC-DataBridge e PIC-Display LCD, passamos a implementar um algoritmo para cálculo e avaliação de segurança baseado na distância de entre os veículos, cujo cálculo foi mostrado no capítulo anterior.

### 7.3.1 Problemas Associados

A precisão nominal do módulo GPS pode trazer imprecisões nas informações de posição e acarretar em cálculos imprecisos. Na fase de testes, far-se-á um levantamento e quantização da imprecisão associada obtida. Erros em velocidade podem ser evitados, numa implementação mais avançada, utilizando redundância obtida com a informação do barramento CAN - *ControllerAreaNetwork*.

## **8. IMPLEMENTAÇÃO**

Nesse capítulo será comentado a respeito do desenvolvimento do projeto, a partir dos primeiros passos de implementação dos módulos elaborados após os devidos estudos. Os problemas enfrentados nessa fase serão resumidos juntamente com suas respectivas soluções ou decisões, assim como serão apresentados os primeiros resultados obtidos.

Com os componentes do projeto já decididos, estes foram adquiridos do exterior pela internet, sendo alguns comprados em lojas especializadas de São Paulo.

## 8.1 SUBSISTEMA DE CONTROLE

Após estudos e explorações dos recursos do PIC16F877A foram montados e testados alguns possíveis circuitos de interface com o LCD e o módulo GPS em *proto-board*. Foi obtido êxito no funcionamento da interface entre PIC, GPS e LCD após ajustes.

Os primeiros problemas nessa fase surgiram devido ao clock externo não estabilizar por ruídos; esse problema foi resolvido colocando-se regulador de tensão, capacitores para filtrar ruídos e até alimentando-se o circuito através da porta Universal Serial Bus (USB) do computador. Para eliminar os maus contatos, foi soldado um circuito com trilhas em fenolite a fim de se garantir maior robustez ao circuito e menos tempo gasto procurando-se problemas de ligações.

## 8.2 SUBSISTEMA DE INTERFACE COM USUÁRIO

Através de modificações de códigos-fonte, procurou-se obter o máximo conhecimento sobre o seu funcionamento, sobre as funções, rotinas e regras de endereçamento.

### 8.3 SUBSISTEMA DE COMUNICAÇÃO SEM FIO

O controle do módulo transceptor *Wireless* é controlado usando as portas seriais do microcontrolador, estabelecendo conexão entre os dois dispositivos – microcontrolador e transceptor – usando apenas dois canais: transmissão e recepção. O microcontrolador seta o modo de funcionamento dos transceptores no início do programa.

### 8.4 SUSBSISTEMA DE POSICIONAMENTO

Inicialmente o módulo GPS foi conectado a um *notebook*, utilizando-se um conversor serial-USB, a fim de se obter entendimento das *string*se tipos de mensagem fornecidas por ele, conforme descrito no item 2.4, “*RMC – Recommended Minimum Specific GPS/Transit Data*”. Para testar o funcionamento, validade e precisão desses módulos, foram realizados testes, cujos resultados foram analisados e expostos adiante. Posteriormente, o módulo GPS foi setado para enviar apenas as mensagens requeridas para o projeto.

### 8.5 DISTÂNCIA SEGURA

Essa etapa compreende a implementação em software da solução ao problema proposto, utilizando os dados obtidos dos outros módulos e calculando as informações a serem mostradas para o motorista.

Como a implementação do módulo de comunicação sem fio não foi concluída, simulamos a posição de um dos carros no código, e o consideramos parado, escolhendo uma posição para esse veículo e adotando esse dado como constante.

Segundo NETTO (2010), as fórmulas utilizadas para cálculo da distância entre os pontos utilizada são as seguintes:

*Latitude: ddmm.mmm = dd + mm.mmmm/60*

*Longitude: dddmm.mmm = ddd + mm.mmmm/60*

*c = 90 – Latitude 1*

*b = 90 – Latitude 2*

*a = Longitude 1 – Longitude 2*

Aplica-se a fórmula:

$\cos(A) = \sin(b) \cdot \sin(c) + \cos(b) \cdot \cos(c) \cdot \sin(a)$

$A = \arccos(\cos(A))$

$Distância = A \cdot 2 \cdot \pi \cdot (Raio\ da\ Terra + altitude) / 360$

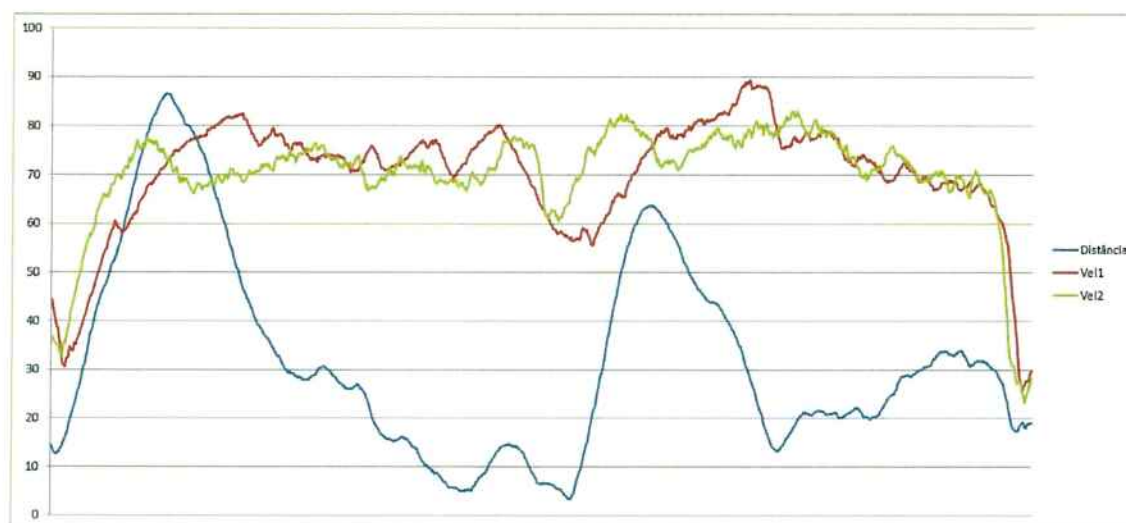
Assim, chega-se à distância relativa entre os módulos GPS, a partir do tratamento de suas *strings*. Esse cálculo deve ser implementado no código-fonte do programa executado pelo PIC.

## **9. TESTE E RESULTADOS**

Foi realizado um teste dos módulos GPS, ligando-os aos *notebooks* e fazendo um percurso de carro, ao final do qual foi salvo o *log* dos *scripts* adquiridos com o GPS ao mesmo tempo em dois carros diferente. Os *scripts* foram tratados e estão exibidos na tabela adiante. As velocidades estão em *knots* ( $1\text{knot} = 1,852\text{ km/h}$ ).

Através das posições e velocidades fornecidas pelos *scripts* foram geradas as curvas correspondentes à distância, calculada com a fórmula descrita em 8.5 – “Distância Segura”, e das velocidades. Podemos ver na figura abaixo que o resultado está coerentes com a realidade e com o erro  $<2\text{m}$  na distância entre os carros.

Vemos que em todas as inversões de velocidade, ou seja, quando Vel1 passa a ser maior que Vel2 e quando Vel2 passar a ser maior que Vel1, a distância acompanha essa mudança invertendo sua tendência. Outro ponto a ser destacado é a distância mínima entre os carros que foi de 3,5 metros, que aconteceu justamente em uma ultrapassagem, ou seja, quando os carros estavam lado a lado, sabendo que a faixa tem 3,5 metros de largura essa seria a distância esperada, e foi exatamente o obtido.



**Figura 11 – Distância e velocidade dos carros**

FONTE: *scriptGPS*

A seguir, testamos o sistema já totalmente integrado. Os testes realizados tiveram como objetivo provar na prática quais os limites das funcionalidades do protótipo desenvolvido.

O primeiro teste foi o de alcance da antena, nele foram testados alguns tipos de antena para que se pudesse escolher a de maior alcance, com uma antena de roteador Wi-Fi de 2.4 GHz e 2dbi conseguimos enviar e receber dados a uma distância de aproximadamente 300 metros sem obstáculos.

O segundo teste feito foi o de perda de pacotes por causa da velocidade relativa entre as antenas, nos testes foi atingida uma velocidade relativa de aproximadamente 60km/h, não foi observada nenhuma perda de pacotes, em velocidade absoluta os resultados foram os mesmos.

O terceiro teste foi o de latência onde foi visto se a frequência com que os dados eram enviados era suficiente para que o alerta de distância insegura, os dados foram enviados a 5Hz o que é suficiente para o funcionamento correto do dispositivo.

O quarto teste foi de distância calculada, neste teste tem de se levar em conta o erro do GPS, que é de aproximadamente 3 metros, e os erros de aproximação dos cálculos. Verificou-se que o erro no cálculo da distância ficou sempre abaixo de 4m, com esse erro o dispositivo funciona dentro dos requisitos do projeto.

## 10. CUSTOS

Os custos do projeto estão relacionados na tabela 8.

Tabela 8 – Planilha de custos

| <i>Planilha de Custos</i> |         |       |        |                    |        |
|---------------------------|---------|-------|--------|--------------------|--------|
|                           | Unidade | Preço |        | Total              |        |
| PIC 16F877A               | 4       | R\$   | 16,80  | R\$                | 67,20  |
| Display HITACHI HD44780   | 3       | R\$   | 10,00  | R\$                | 30,00  |
| GPS LS20032               | 2       | R\$   | 105,00 | R\$                | 210,00 |
| DataBridge SE1200E        | 2       | R\$   | 180,00 | R\$                | 360,00 |
| Protoboard                | 3       | R\$   | 55,00  | R\$                | 165,00 |
| Cabos                     | -       | R\$   | 45,00  | R\$                | 45,00  |
| Componentes Diversos      | -       | R\$   | 100,00 | R\$                | 100,00 |
| Gráfica e Papelaria       | -       | R\$   | 300,00 | R\$                | 300,00 |
| <b>TOTAL</b>              |         |       |        | <b>R\$1.277,20</b> |        |

## **11. CONCLUSÃO**

O protótipo construído operou dentro dos parâmetros especificados:

- o alcance da antena ficou abaixo do valor especificado pelo fabricante, mas dentro dos requisitos para o projeto;

- o erro de posicionamento do GPS não inviabilizou o desempenho esperado para o dispositivo;

- a perda de pacotes devido à velocidade relativa entre as antenas não interferiu na comunicação entre os dispositivos;

- a latência dos dados é adequada para a operação dos dispositivos.

Com os dados obtidos através do módulo GPS foi possível implementar outras funções no mesmo dispositivo: aviso de limite de velocidade, visualização da posição geográfica (latitude e longitude), data e horário e velocidade relativa.

## **12. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

MACHADO, W. **Introdução ao Sistema de Posicionamento Global – GPS**. Disponível em: <<http://www.sdtp.org.br/introducaoogps.pdf>>. Acesso em 22 de julho de 2010.

LOCOSYS Technology. **Datasheet of GPS Smart Antenna Module**

**LS20030**. Disponível em:

<[http://www.locosystech.com/download/module/LS20030~3\\_datasheet\\_v1.1.pdf](http://www.locosystech.com/download/module/LS20030~3_datasheet_v1.1.pdf)>.

Acesso em: 22 de julho de 2010. Taiwan, 2006.

IEEE. **Padrão IEEE 802.11p**. Disponível em:

<[http://en.wikipedia.org/wiki/IEEE\\_802.11p](http://en.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11p)>. Acesso em: 19 de julho de 2010.

UNWIRED. **DSRC/WAVE Overview**. Disponível em:

<[http://www.unwired.ee.ucla.edu/dsrc/dsrc\\_testbed\\_simple.htm](http://www.unwired.ee.ucla.edu/dsrc/dsrc_testbed_simple.htm)>. Acesso em: 19 de julho de 2010.

AYDIN, D. **LCD Info Page**. Disponível em:

<<http://www.dinceraydin.com/lcd/index.html>>. Acesso em: 22 de julho de 2010.

SATO, G. Y. **Introdução ao uso do LCD Inteligente**. Disponível em:

<[http://pessoal.utfpr.edu.br/sato/arquivos/lcd\\_inteligente.pdf](http://pessoal.utfpr.edu.br/sato/arquivos/lcd_inteligente.pdf)>. Acesso em: 22 de julho de 2010.

SOUZA, D. J. **Desbravando o PIC**. São Paulo: Érica, 2000.

SOUZA, D. J; LAVINIA, N. C. **Conectando o PIC – Recursos Avançados**. 3.ed. São Paulo: Érica, 2003. 380p.

MICROCHIP Technology. **Datasheet PIC16F877A**. Disponível em:

<<http://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/39582b.pdf>>. Acesso em: 22 de julho de 2010. USA, 2003.

Cadsoft EAGLE. Cadsoft on line: Home of the EAGLE layout Editor. Disponível em:

<<http://www.cadsoftusa.com/download.htm>>. Acesso em: 20 de julho de 2010.

GOOGLE EARTH5. Disponível em: <<http://earth.google.com/intl/pt/>>. Acesso em: 30 de setembro de 2010.

NETTO, Luiz. **Cálculo das distâncias entre dois pontos da Terra utilizando a trigonometria esférica.** Disponível em: <[http://caraipora.tripod.com/calc\\_dist\\_entre\\_dois\\_pontos.htm](http://caraipora.tripod.com/calc_dist_entre_dois_pontos.htm)>. Acesso em: 30 de setembro de 2010.

LABTOOLS. **PICs, Kit Didáticos, Treinamentos, Componentes Eletrônicos.** Disponível em: <<http://www.mosaico-eng.com.br/>>. Acesso em 30 de julho de 2010.

CONTINENTAL. **Continental do Brasil.** Disponível em: <<http://www.continental.com.br/portal/>>. Acesso em 19 de julho de 2010.

NMEA. **NMEA Data.** Disponível em: <<http://www.gpsinformation.org/dale/nmea.htm>>. Acesso em 15 de junho de 2010.

STARMAN ELECTRIC. **Datasheet of DataBridgeSE1200E.** Disponível em: <<http://www.starmanelectric.com/LinkClick.aspx?fileticket=CDewWTH2cC8%3D&tabid=60>>. Acesso em: 26 de agosto de 2011. USA, 2011.

TAOKA, G. **Breke Reaction Times of Unalerted Drivers.** ITE Journal, março, 1989.

OLSON, P. - **Forensic Aspects of Driver Perception and Response,** Lawyers & Judges Publishing Co, Tucson, Arizona, USA, 1996.

SENS A, - **Perception/reaction time values for accident reconstruction,** Society of Automotive Engineers, Inc., Warrendale, Pennsylvania, USA, 1989.

## **ANEXOS**

## A1. FOTO DO SISTEMA EM FUNCIONAMENTO

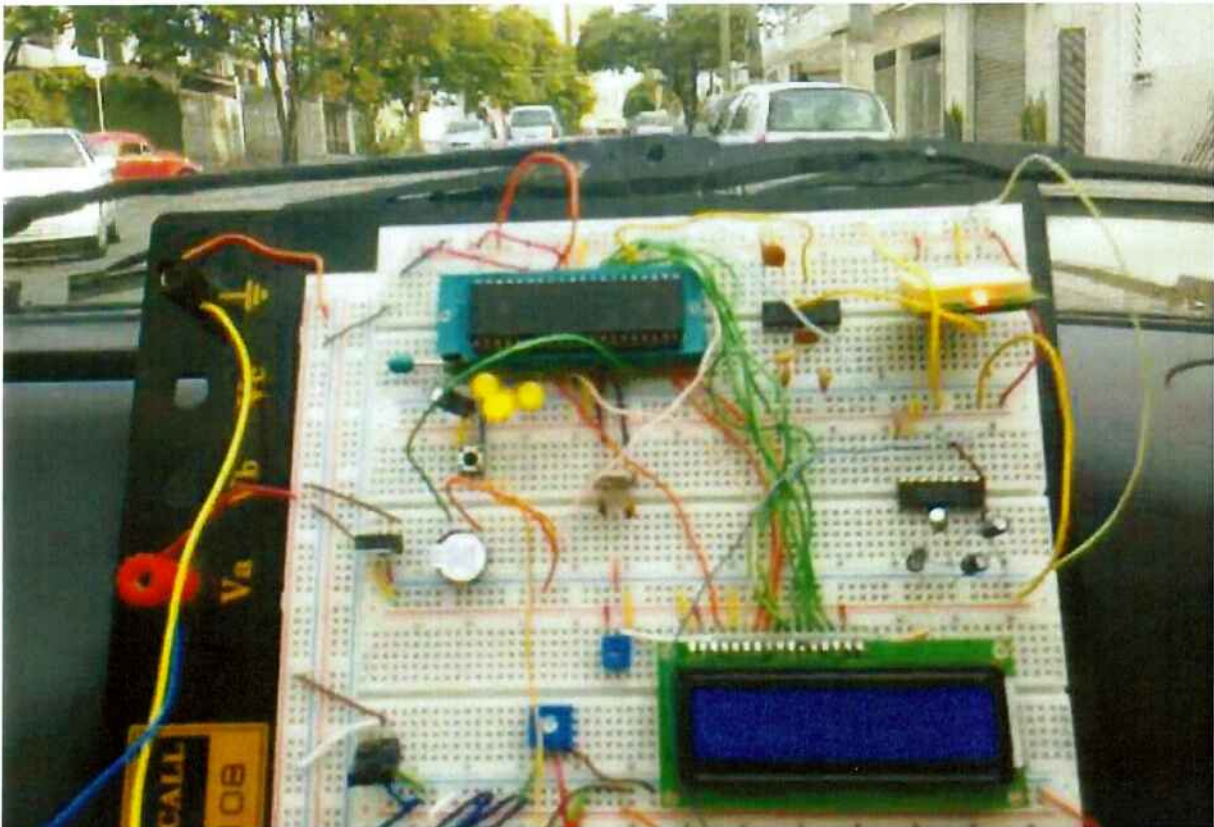


Figura 17 – Circuito em funcionamento.

## A2. ESQUEMÁTICO DO PROJETO

