

Tacógrafo Automotivo sem Fio Digital**Digital Wireless Automotive Tachograph**

DOI:10.34117/bjdv5n12-054

Recebimento dos originais: 07/10/2019

Aceitação para publicação: 05/12/2019

Ivando Severino Diniz

Professor do Departamento de Engenharia de Controle e Automação

Instituição: Instituto de Ciência e Tecnologia de Sorocaba (ICTS), Universidade Estadual Paulista (UNESP), campus de Sorocaba

e-mail: ivando.diniz@unesp.br

Maurício de Carvalho Júnior

Graduado em Engenharia de Controle e Automação

Instituição: Instituto de Ciência e Tecnologia de Sorocaba (ICTS), Universidade Estadual Paulista (UNESP), campus de Sorocaba

e-mail: mau_meca@yahoo.com.br

Wesley Angelino de Souza

Pesquisador de pós-doutorado em Ciência da Computação

Instituição: Departamento de Computação, Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), campus de Sorocaba

e-mail: wesleyangelino@ieee.org

RESUMO

Hoje em dia, tem-se a possibilidade de extrair o registro de velocidade dos veículos através do tacógrafo, mas, para isso, deve-se coletar tais dados somente com o veículo parado. Para viabilizar e permitir o uso do tacógrafo em sistemas automatizados de controle de velocidade, este artigo propõe um sistema embarcado que registra e envia os dados de velocidade por comunicação sem fio para os policiais rodoviários, a uma distância de até 100 metros, sem a necessidade de parar o veículo. Neste sistema, o histórico de velocidade permanece armazenado nos veículos por até 7 dias e, após este período, os dados são substituídos por novos valores. Tal sistema se torna útil para diversos casos, como na condução do veículo em alta velocidade: o sistema registra informações de velocidade alta e podem ser enviados à polícia automaticamente, caso seja requisitado. Como desenvolvimento deste sistema, tem-se dois módulos: o primeiro módulo se encontra no veículo e é responsável pela aquisição, processamento, armazenamento e transmissão das informações de tráfego, que são transmitidas ao segundo módulo (que estaria próximo ao policial), este módulo tem a função de captar e exibir as informações sempre que for requisitada a leitura e o veículo estiver a uma distância que possibilite a comunicação entre os módulos. Desta forma, este artigo apresenta sobretudo a importância da construção de um sistema automatizado, bem como o desenvolvimento de tal sistema, bem como os resultados da implementação.

Palavras-chave: Tacógrafo automotivo, controle de velocidade, comunicação sem fio.**ABSTRACT**

Nowadays, it is possible to collect the speed record from vehicles through the tachograph and, to perform that, the vehicle needs to be parked. With the purpose to automate the usage of the tachograph in speed control systems, this article proposes a system that records and transmits speed data through

wireless communication to the road police, at a distance of up to 100 meters without the need to stop the vehicle. In this system, the speed history remains in the vehicle for until 7 days. Such a system becomes effective to monitor the traffic in many cases like driving the vehicle at high speed: the system records high-speed information, and the road police may receive this data automatically. There are two modules in the developed system of this paper: the first module is located in the vehicle, and it is responsible for the acquisition, processing, storage, and transmission of traffic information; and it transmits data to the second one (which would be located near the police officer), which carry out the function to capture and display the information on a reading requesting and when the vehicle is at a distance that makes communication possible. Thus, this article presents the importance of the system, as well as its development and some implementation results.

Key words: Automotive tachograph, speed control, wireless communication.

1 INTRODUÇÃO

Há muito tempo, acidentes de trânsito vêm causando prejuízos enormes à sociedade, com milhares de mortes sendo registradas todos os anos, ocasionando danos físicos irreparáveis a acidentados e, conseqüentemente, elevados danos econômicos à toda população (SILVEIRA & SOUZA, 2016). Investimentos em infraestrutura e medidas para a conscientização dos condutores de veículos e pedestres podem reduzir a níveis menores as estatísticas de acidentes de trânsito (MESQUITA FILHO, 2012; SILVEIRA & SOUZA, 2016).

Um dos métodos mais difundidos e eficazes de redução de acidentes é a fiscalização, seja através de radares, de instalação de tacógrafos ou mesmo através do monitoramento feito pela polícia rodoviária (CANNEL; GOLD, 2001).

Assim, em sintonia com a crescente preocupação da redução de acidentes, em busca de soluções para esse problema crônico e alinhando com as inovações tecnológicas disponíveis, tem-se a proposta deste trabalho, que tem o objetivo de apresentar uma ferramenta para contribuir na minimização do número de acidentes, uma vez que a fiscalização será facilitada e automatizada. Tem-se neste trabalho a implementação de um sistema embarcado de monitoramento de velocidade com tecnologia wireless, constituindo assim uma alternativa viável para a redução do número de acidentes, sobretudo àqueles de excesso de velocidade.

O sistema apresentado neste artigo apresenta várias vantagens sob o ponto de vista tecnológico, como a utilização de um sistema microcontrolado versátil, de alta capacidade de processamento e com baixo consumo de energia, o que é um ponto chave do projeto. Para destacar a importância deste projeto, serão apresentadas na Subseção 1.1 os dados de acidentes de trânsito e a necessidade urgente de melhorias no sistema de controle e monitoramento para o tráfego rodoviário.

1.1 ACIDENTES DE TRÂNSITO

Ano após ano, os esforços de aperfeiçoamento e desenvolvimento de novas tecnologias de segurança veicular vêm aumentando (ANDERSON et al., 2014). Esse fenômeno tem uma motivação bastante clara: o alto índice de acidente de trânsito, que constitui um grave problema mundial; esta é a principal causa de morte para homens entre 15 e 44 anos de idade e a quinta maior causa para mulheres da mesma faixa etária. Segundo dados da OMS (Organização Mundial de Saúde), 1,25 milhão de pessoas morreram em acidentes de trânsito no mundo e mais de 12 milhões de pessoas sofreram algum tipo de ferimento nesses acidentes em 2015 (WHO, 2015). A Tabela 1 mostra a listagem dos 10 países com maiores taxas de morte no mundo, tendo o Brasil na terceira colocação.

Tabela 1 – Países com maiores números absolutos de morte no trânsito – 2019.

Posição	País	Posição no IDH 2019	População Estimada 2019	Número de mortes no trânsito	Mortes por 100 mil hab.	Número de veículos registrados 2019	Taxa de mortes por 1 mil veículos
1º	China	86º	1.394.550.000	261.367	18,74	250.000.000	1,05
2º	Índia	130º	1.343.500.000	158.562	11,80	28.860.000	5,49
3º	Brasil	79º	210.147.125	46.935	22,33	74.454.951	0,63
4º	EUA	13º	328.700.000	39.888	14,88	272.480.899	0,12
5º	Indonésia	116º	268.074.600	38.279	14,28	22.512.918	1,70
6º	Nigéria	157º	193.392.517	35.621	18,42	11.458.370	3,11
7º	Etiópia	173º	98.665.000	27.326	27,70	831.000	32,88
8º	Congo	176º	86.727.573	26.529	30,59	1.900.000	13,96
9º	Rússia	49º	146.793.744	25.969	17,69	54.779.626	0,47
10º	Paquistão	150º	207.774.000	25.781	12,41	10.000.000	2,58

Fonte: (UNPD, 2018; DENATRAN, 2019; AutoWorld, 2019)

Os acidentes de trânsito causam prejuízos financeiros consideráveis. Um estudo realizado no EUA estimou em US\$ 871 bilhões os custos dos acidentes de trânsito no ano de 2010 (BLINCOE et al., 2010), esse valor é equivalente a 5,8% do PIB (Produto Interno Bruto) norte-americano.

1.2 ACIDENTES DE TRÂNSITO NO BRASIL

No Brasil, o acidente de trânsito é o segundo maior responsável por mortes causadas por fatores externos (fora da residência ou local de trabalho), a Tabela 2 mostra a estimativa dos dados relativos ao ano de 2017.

O levantamento de dados de acidentes no Brasil repete o que ocorre na maioria dos países em desenvolvimento e também em alguns países mais industrializados: existe uma grande diferença entre o número real de acidentes de trânsito ocorridos e o número registrado pelos órgãos de trânsito, principalmente no caso de acidentes sem vítimas ou com pequenos danos materiais (MARIN; QUEIROZ, 2000).

Tabela 2 – Mortes externas (fora da residência ou trabalho) no Brasil em 2017.

Grande Grupo - Causa externa	Óbitos
Acidentes de transporte	36.430
Outras causas externas de lesões acidentais	32.105
Lesões autoprovocadas voluntariamente	12.495
Agressões	63.748
Eventos cuja intenção é indeterminada	9.799
Intervenções legais e operações de guerra	1.854
Complicações assistência médica e cirúrgica	1.686
Sequelas de causas externas	540
Total	158.657

Fonte: MS/SVS/CGIAE - SIM (DATASUS, 2019)

As estatísticas oficiais do Denatran (Departamento Nacional de Trânsito do Ministério das Cidades), que consideram as mortes ocorridas no local do acidente, registram mais de 20 mil mortos por ano e centenas de milhares de feridos; as do Ministério da Saúde, que incorporam dados do sistema de saúde, indicam a ocorrência de cerca de 30 mil mortos em decorrência dos acidentes de trânsito (MARIN; QUEIROZ, 2000), conforme é apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 – Mortes registradas no trânsito no Brasil entre 1961 e 2000.

Ano	Feridos	Mortos
1961	23.358	3.356
1971	124.283	10.692
1981	243.001	19.782
1991	248.885	23.332
2000	358.762	20.049

Fonte: (TONI, 2004; DENATRAN, 2019)

Ainda segundo dados da OMS (WHO, 2015), o país registra mais de 47 mil mortes no trânsito por ano cerca de 400 mil pessoas ficam com algum tipo de sequela. O custo deste grande problema ao país é de R\$ 56 bilhões, segundo levantamento do ONSV (Observatório Nacional de Segurança Viária). Juntamente, tem-se dados que demonstram as causas de acidente no trânsito, tendo a velocidade incompatível como a terceira maior causa de mortes no trânsito em 2017, segundo os dados apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Causas das mortes registradas no trânsito no Brasil em 2017.

	Acidentes	Pessoas envolvidas	Lesos	Feridos Leves	Feridos graves
Defeito mecânico em veículo	4.714	9.569	4.498	3.898	768
Defeito na via	1.108	2.129	856	922	224
Desobediência à sinalização	7.008	18.232	8.156	6.144	2.483
Dormindo	2.548	5.546	2.028	2.443	709
Falta de atenção	27.671	65.371	30.354	23.648	6.974
Ingestão de álcool	5.039	11.221	5.693	3.541	1.246

Não guardar distância de segurança	4.391	12.423	7.326	3.821	681
Ultrapassagem indevida	1.265	3.629	1.404	1.274	570
Velocidade incompatível	7.113	15.427	5.996	6.111	1.970
Animais na Pista	1.511	2.708	1.077	1.191	332
Outras	6.861	15.033	6.443	5.912	1.693

Fonte: (AATB, 2017)

É válido lembrar que todas as outras causas apresentadas na Tabela 4 podem ser agravadas pela velocidade acima da permitida. Desta forma, os impactos sociais e financeiros ocasionados pelos acidentes de trânsito se tornam prioritários e é de extrema importância a busca por soluções que possibilitem a redução de acidentes de trânsito.

Juntamente à demanda da redução dos altos índices de acidentes e de mortes, tem-se a evolução de dispositivos micro computadorizados e a possibilidade de comunicação entre tais dispositivos através de meios de transmissão de dados. Unindo tal evolução, pode-se utilizar tais recursos computacionais para resolver os problemas enfrentados no trânsito.

Com o intuito de reduzir os acidentes de trânsito e conseqüentemente o alto índice de mortalidade, tem-se a proposta deste trabalho: a construção de um sistema de tacógrafo digital com comunicação sem fio, que permita o monitoramento de velocidade para que haja a redução de acidentes de trânsito e, conseqüentemente, redução de mortes e gastos públicos com este tipo de problema.

Desta forma, a Seção 2 apresenta os conceitos técnicos no desenvolvimento do sistema, a Seção 3 apresenta o desenvolvimento do *hardware* e do *software* do tacógrafo digital. A Seção 4 apresenta os resultados da implementação do sistema e, por fim, tem-se as conclusões e trabalhos futuros na Seção 5.

2 DESCRIÇÃO TEÓRICA E TÉCNICA

Nesta seção, são apresentados os conceitos técnicos e as tecnologias utilizadas na construção do sistema embarcado do tacógrafo digital sem fio. Desta forma, pretende-se apresentar as tecnologias que foram integradas neste artigo.

2.1 O MICROCONTROLADOR ARM

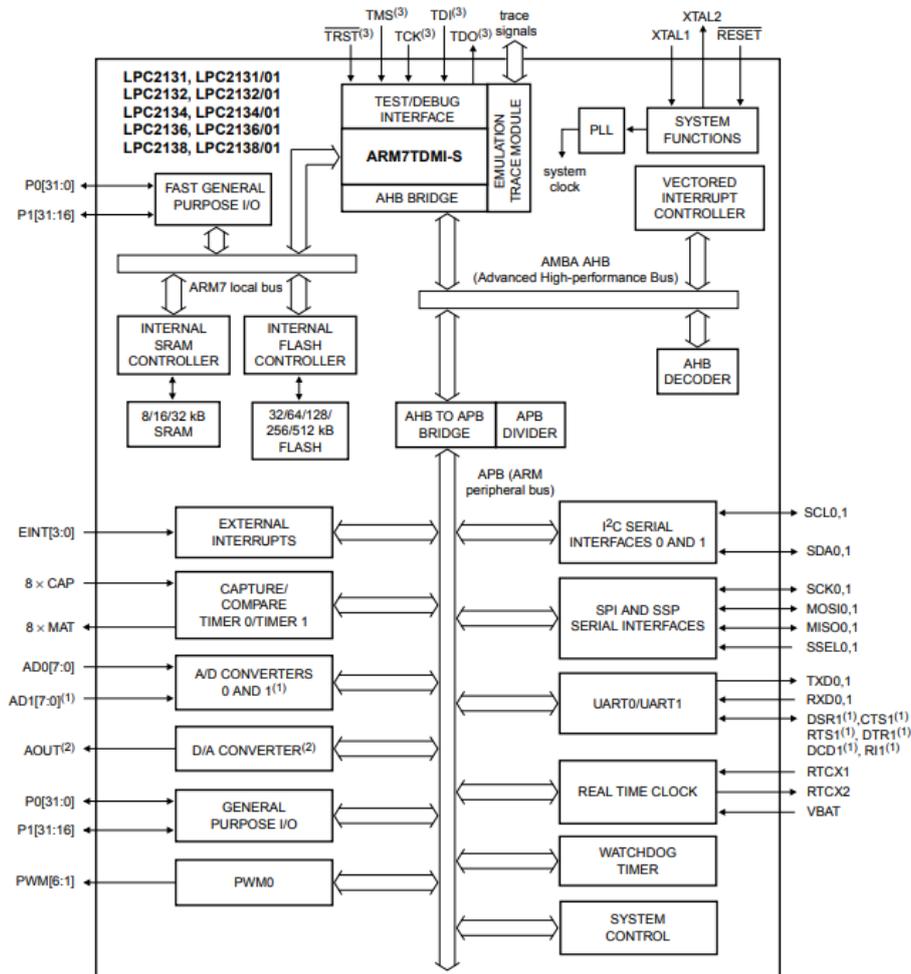
Os processadores ARM de 32 bits surgiram buscando atender duas fortes tendências do mercado: a busca por produtos com baixo consumo de energia e com alta capacidade de processamento. ARM significa *Advanced RISC Machine* (Máquina Avançada RISC) e RISC significa *Reduced Instruction Set Computer* (Computador com Conjunto Reduzido de Instruções), ou seja, essa arquitetura contém um conjunto reduzido de instruções visando a otimização de

desempenho. Tal arquitetura é a parte central da implementação (recepção dos sinais de sensoriamento, processamento e envio dos dados) do sistema proposto neste artigo.

2.2 LPC2148

O LPC2148 da Philips é baseado no núcleo ARM7TDMI-S, com suporte à emulação (usando a porta J-TAG), aliada a uma memória de programa *Flash* de alta velocidade e uma interface de alta velocidade permite a execução a 60 MHz (SOUZA, 2016). Para aplicações em que o tamanho do programa é importante, pode-se contar também com o modo *Thumb*, com o qual pode-se enxugar 30% do espaço da memória de programa. A Figura 1 apresenta o diagrama de blocos do LPC2148.

Figura 1 – Diagrama de blocos do LPC2148.



Fonte: Datasheet do CI NXP LPC2148.

2.3 REDES DE COMUNICAÇÃO SEM FIO

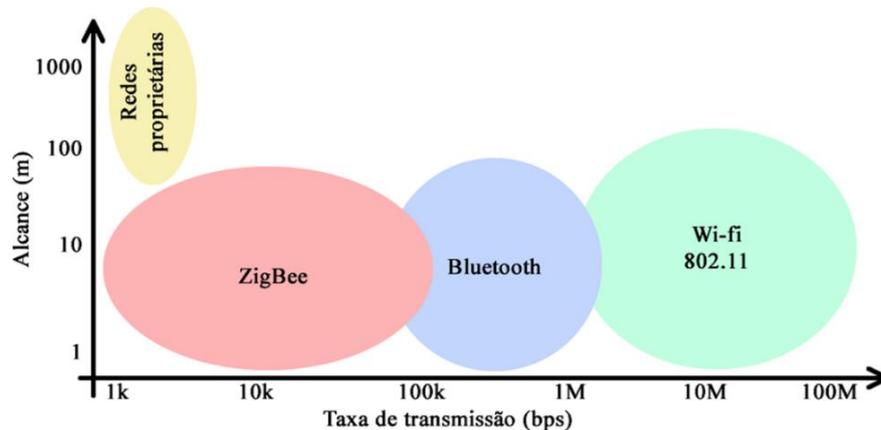
O uso das redes de comunicação sem fio é realidade presente no dia a dia de usuários de computadores, notebooks, celulares, GPSs, entre outros. Porém, ainda há muito a ser explorado em termos de novas tecnologias de comunicação sem fio e, conseqüentemente, sobre novas aplicações. As recomendações do IEEE (*Institute of Electrical and Eletronics Engineers*), em particular, as recomendações da série IEEE 802.11 (IEEE, 2012), são os exemplos mais conhecidos para os padrões de redes sem fio e que nos permitem considerar a existência de quatro grandes grupos:

- WPAN (*Wireless Personal Area Network*) - Onde estão as tecnologias de comunicação sem fio de pequeno alcance (entre 10 e 100 metros). É um padrão para redes locais, definido pelo IEEE 802.15, para o endereçamento de redes sem fio que utilizam dispositivos portáteis ou móveis tais como PCs, notebooks, periféricos, celulares, pagers, entre outros;
- WLAN (*Wireless Local Area Network*) – Onde estão as tecnologias sem fio destinadas à interligação de redes locais com alcance entre 100 e 1600 metros. Trata-se de padrão implementado como extensão ou alternativa para as redes com cabeamento convencional (par metálico ou fibra óptica);
- WMAN (*Wireless Metropolitan Area Network*) - Neste grupo temos as tecnologias que tratam dos acessos de banda larga para última milha para redes em áreas metropolitanas, com alcance em torno de 6 km;
- WWAN (*Wireless Wide Area Network*) – Neste grupo estão as tecnologias voltadas para redes de longa distância em telecomunicações, atendendo aos serviços de voz e alguns serviços de dados.

2.4 PROTOCOLO ZIGBEE

Atualmente, o foco das redes sem fio comerciais se encontra no contexto das redes locais (WLANs), tanto em soluções proprietárias como nos padrões desenvolvidos pelo IEEE, por exemplo. Com a evolução natural das tecnologias das redes de comunicação sem fio, estas passaram a atender não só as aplicações corporativas mais sofisticadas, como também àquelas envolvendo pequenos volumes de dados que exigem baixas taxas de transmissão como, por exemplo, o controle de equipamentos eletroeletrônicos (CRAIG, 2003). A Figura 2 mostra a comparação entre as tecnologias sem fio *ZigBee*, *Bluetooth* e *Wi-fi*, em relação ao alcance e taxa de transmissão.

Figura 2 – Comparativo entre as redes de comunicação sem fio.



Fonte: Adaptado de Ribeiro (2008).

O padrão *ZigBee* foi desenvolvido para se tornar uma alternativa de comunicação em redes que não exista a necessidade de soluções mais complexas para seu controle, barateando assim os custos com a aquisição, instalação de equipamentos, manutenção e mão de obra (WATANABE et al., 2014). Trata-se de uma tecnologia relativamente simples, que utiliza um protocolo de pacotes de dados com características específicas, sendo projetado para oferecer flexibilidade quanto aos tipos de dispositivos que pode controlar (WATANABE et al., 2014).

2.5 SENSOR DE VELOCIDADE VEICULAR (VSS)

O VSS (*Vehicle Speed Sensor*) fornece um sinal com forma de onda cuja frequência é proporcional à velocidade do veículo. O sensor é apresentado na Figura 3.

Figura 3 – Sensor de Velocidade Veicular (VSS).



Fonte: Autores (2019)

Normalmente o sensor é montado no câmbio do veículo. Se o veículo se movimenta a uma velocidade relativamente baixa, o sensor produz um sinal de baixa frequência. À medida que a velocidade aumenta, o sensor gera um sinal de frequência maior. O módulo de injeção utiliza a frequência do sinal gerado do sensor de velocidade para identificar o veículo parado ou em movimento, enriquecimento do combustível durante a aceleração, corte do combustível (*cut-off*), controle da rotação em marcha lenta, permitir que em alguns tipos de injeção o ventilador do radiador seja desligado em velocidades elevadas, acionar a embreagem do conversor de torque em veículos

equipados com transmissão automática. Ainda atua na luz indicativa de mudança de marchas nos veículos equipados com esse dispositivo e transmissão manual e computador de bordo para cálculos de distância, consumo, entre outros. O sensor de velocidade pode ser encontrado nas seguintes configurações: sensor magnético ou de relutância variável e sensor de efeito hall.

2.6 SENSOR MAGNÉTICO OU DE RELUTÂNCIA VARIÁVEL

O sensor de relutância variável tem ampla aplicação na eletrônica automotiva (ALBALADEJO, 2013). Nos sistemas de freios ABS, por exemplo, é utilizado como sensor de velocidade das rodas. Na injeção eletrônica pode vir a exercer as funções de sensor de rotação, velocidade do veículo, posição da árvore de manivelas (ou ponto morto superior) e sensor de fase do comando de válvulas. É constituído basicamente por: Roda dentada (ou fônica), ímã permanente, núcleo ferromagnético, bobina, fios da bobina, malha de blindagem e conector do sensor. A roda fônica pode estar montada na árvore de manivelas (dentro ou fora do bloco do motor), comando de válvulas ou eixo distribuidor. Seu número de dentes varia de acordo com sua função e aplicação.

O sensor de relutância, ao contrário do sensor Hall, não necessita de alimentação (positiva e negativa) para emitir sinal à unidade de comando eletrônico-UCE. Seu sinal é gerado por indução eletromagnética. O movimento da roda fônica faz variar a intensidade do campo magnético do ímã permanente sobre a bobina do sensor. Essa variação provoca o surgimento de uma tensão de corrente alternada (VAC) induzida no enrolamento da bobina (sinal do sensor). O sinal do sensor varia em função de sua distância à roda fônica, da rotação do motor (quanto maior a rotação, maior a VAC enviada) e do número de dentes que a roda fônica possui. O cabo do sensor é completamente envolvido por uma malha metálica, denominada malha de blindagem. Essa malha é aterrada na massa do veículo e objetiva evitar que interferências eletromagnéticas sejam confundidas com o sinal do sensor. Nos veículos injetados na falta do sinal dos sensores de rotação, posição da árvore de manivelas ou ponto morto superior o sistema não entra em funcionamento. Nos sistemas de freios ABS, quando o sensor de velocidade de uma ou mais rodas deixa de atuar, o controle eletrônico da frenagem fica comprometido.

2.7 SENSOR DE EFEITO HALL

O sensor de Efeito Hall trabalha de forma muito parecida ao sensor de relutância variável, mas ao contrário do indutor, o sensor de Efeito Hall é muito pequeno e é ativado por um campo magnético. O resultado é um sensor menor e mais leve, que gera um sinal mais claro para a aquisição. O sensor *Hall* fica localizado na carroceria próximo da roda, ele consiste de uma pequena chapa de material semicondutor através da qual passa uma corrente I , montada em frente a um ímã que produz

um campo magnético aproximadamente uniforme de magnitude B . Como resultado, é gerado um sinal de tensão transversal de magnitude VH (tensão *Hall*). Quando outro dispositivo (outra chapa metálica de elevada permeabilidade magnética), presa na roda, passa entre o imã e a chapinha semicondutora, anulando o campo, a tensão de saída do sensor, VH , cai a zero. Isso produz como sinal de saída um pulso de forma aproximadamente quadrada, que pode ser utilizada pelo computador de bordo para medir a velocidade angular da roda. Com as tecnologias e conceitos apresentados, a Seção 3 apresenta a implementação de *hardware* e *software* do sistema embarcado de tacógrafo digital com comunicação sem fio proposto neste trabalho.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste projeto, levou-se em conta a existência de sistemas capazes de atender aos requisitos desse projeto para a escolha dos componentes que farão parte do sistema, tanto em tecnologias e ferramentas computacionais.

3.1 DESENVOLVIMENTO DO HARDWARE

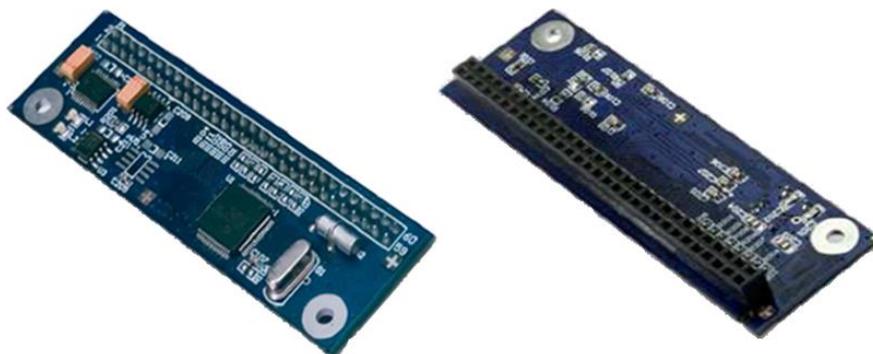
3.1.1 Módulo ELPC64 (Sistema Microprocessado)

Para facilitar a implementação do projeto optou-se pelo uso do Módulo eLPC64 da eSysTech, representado na Figura 4, pois nesse SOM (*System On Module*) estão implementadas as funcionalidades essenciais e as específicas do projeto são implementadas através de uma interface padrão.

As principais características do Módulo eLPC64 são:

- Header de 60 pinos para conexão com a placa base;
- Suporte aos processadores NXP LPC21XX com encapsulamento NQFP64;
- Alimentação externa de $5V \pm 1V$;
- Regulador de tensão para processador e dispositivos externos, com capacidade de fornecimento de corrente de até 300mA.

Figura 4 – Aspectos físicos do módulo eLPC64 da eSysTech.

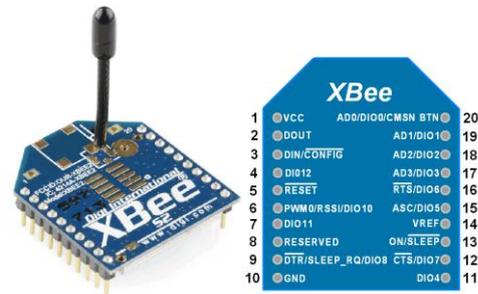


Fonte: Autores (2019)

3.1.2 Módulo XBEE

O módulo de comunicação *ZigBee* utilizado neste projeto foi o *XBee Serie 2*, desenvolvido pela empresa *MaxStream*, representado na Figura 5.

Figura 5 – Aspecto físico do módulo XBee da MaxStream e pinagem.



Fonte: Autores (2019)

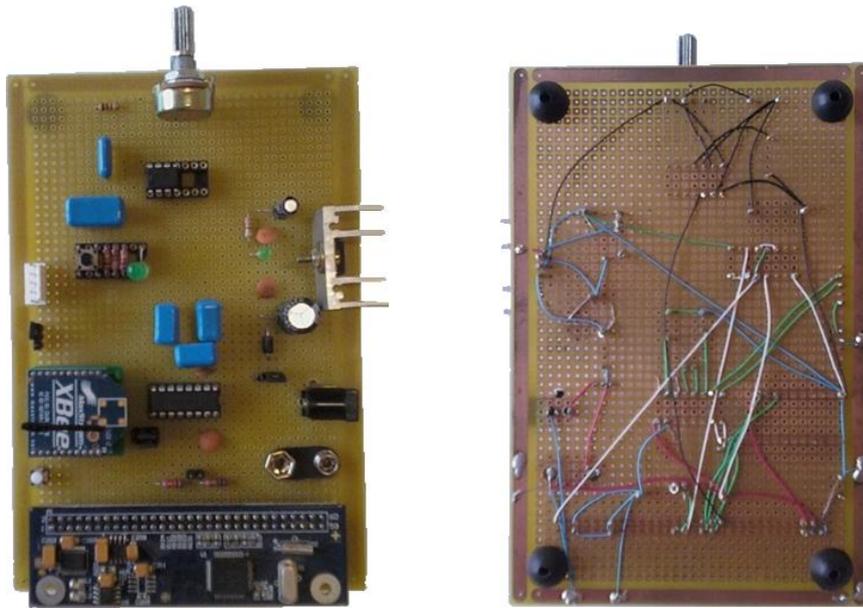
A Figura 5 também apresenta a pinagem do módulo XBee utilizado no projeto com uma breve descrição das funcionalidades de cada pino. Esse módulo é ideal para aplicações de baixo custo e baixo consumo de energia, além disso são de fácil uso, visto que nenhuma configuração é necessária em redes simples. As principais características desse módulo são:

- Taxa de transmissão de 250 *kbps*;
- Banda de frequência de 2,4 *GHz*;
- Alcance indoor de 30 *m*;
- Alcance outdoor de 90 *m*;
- Interface serial 3,3 CMOS serial UART;
- Alimentação 2,8-3,4 *Vdc*.

3.1.3 Módulo embarcado no veículo

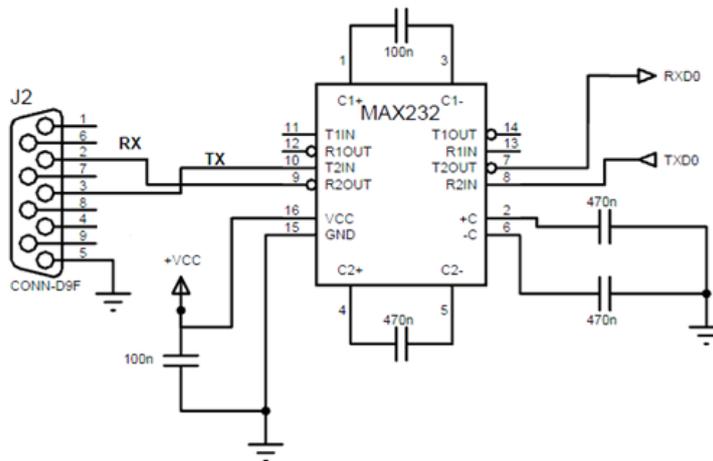
O sistema que será instalado no veículo não possui interface gráfica (também chamado de sistema fechado) apenas contém um botão e um LED para testes ou mesmo para indicar que está sendo realizada a transmissão dos dados. A Figura 6 são exibidas as imagens da placa após montagem final e os esquemas elétricos das partes que compõem o sistema de aquisição embarcado no veículo são apresentados nas Figuras 7 e 8.

Figura 6 – Placa de aquisição e transmissão de dados embarcada no veículo – frente e verso.



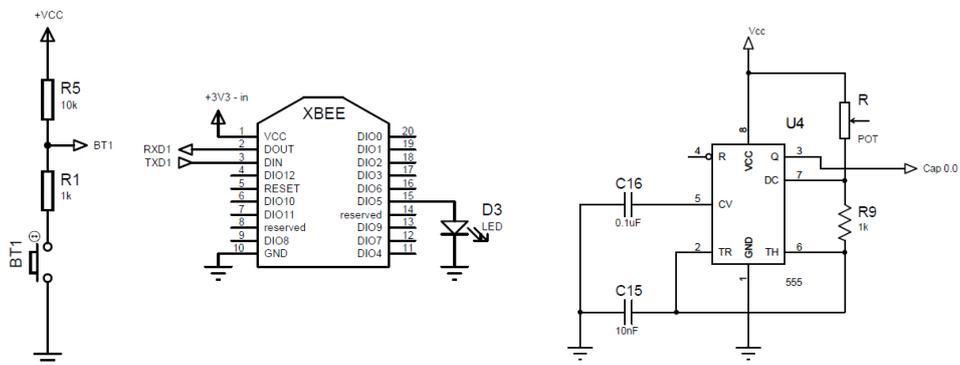
Fonte: Autores (2019)

Figura 7 – Ligação RS232 com o microcontrolador.



Fonte: Datasheet do CI MAX232.

Figura 8 – Esquema elétrico do botão e do módulo XBee e monoestável com o CI 555.



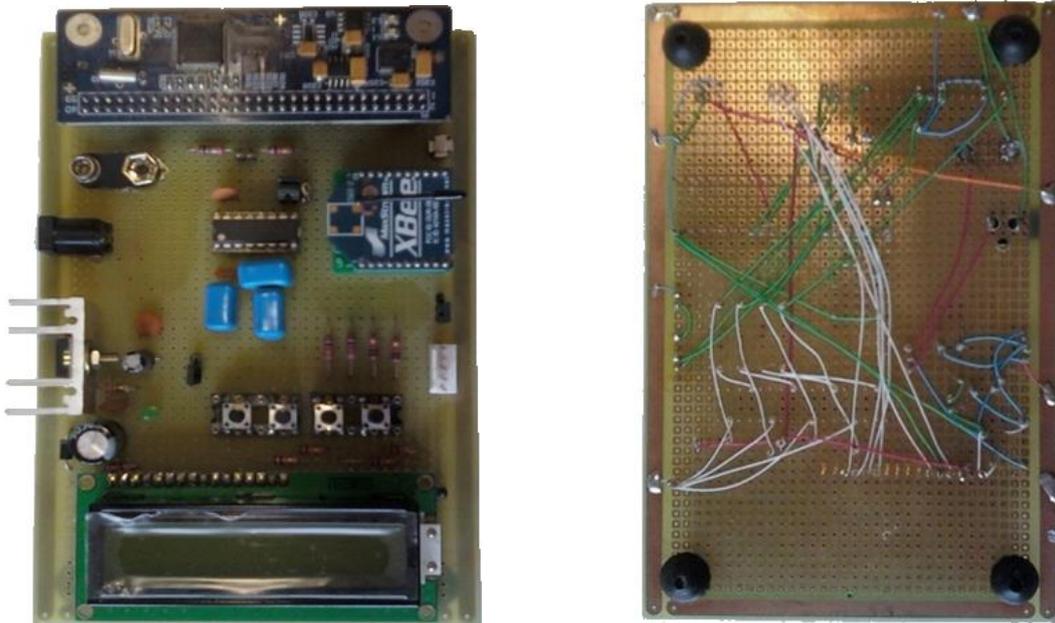
Fonte: Datasheet do XBEE e do CI 555.

3.1.4 Módulo portátil de leitura

O circuito tem como interface gráfica um display LCD (2x16), além disso, serão utilizados três botões. Os diagramas de cada parte do módulo são apresentados nas Figuras 9, 10 e 11.

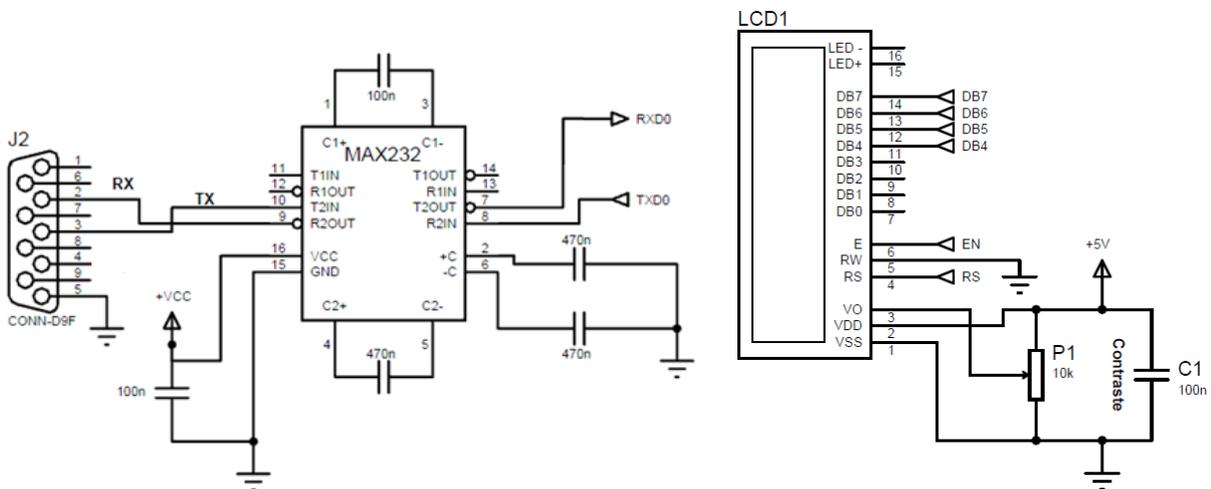
- Botão 1 (Menu): Responsável por selecionar quais dados serão exibidos;
- Botão 2: Exibe data/ hora ou faz leitura da velocidade instantânea;
- Botão 3: Incrementa data/hora ou exibe máximas velocidades;
- Botão 4: Decrementa data/hora ou exibe tempo de condução contínua.

Figura 9 – Aspecto físico do módulo portátil de leitura de dados – frente e verso



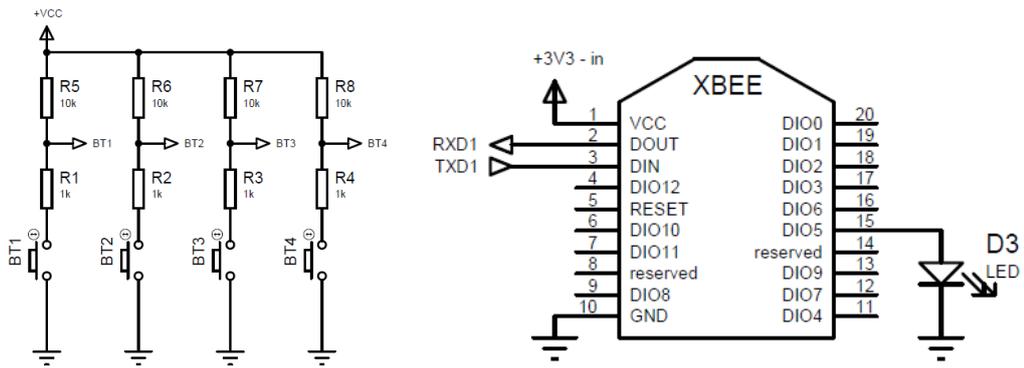
Fonte: Autores (2019)

Figura 10 – Ligação RS232 com o PC e do display de cristal líquido.



Fonte: Datasheet do CI MAX232 com o LCD

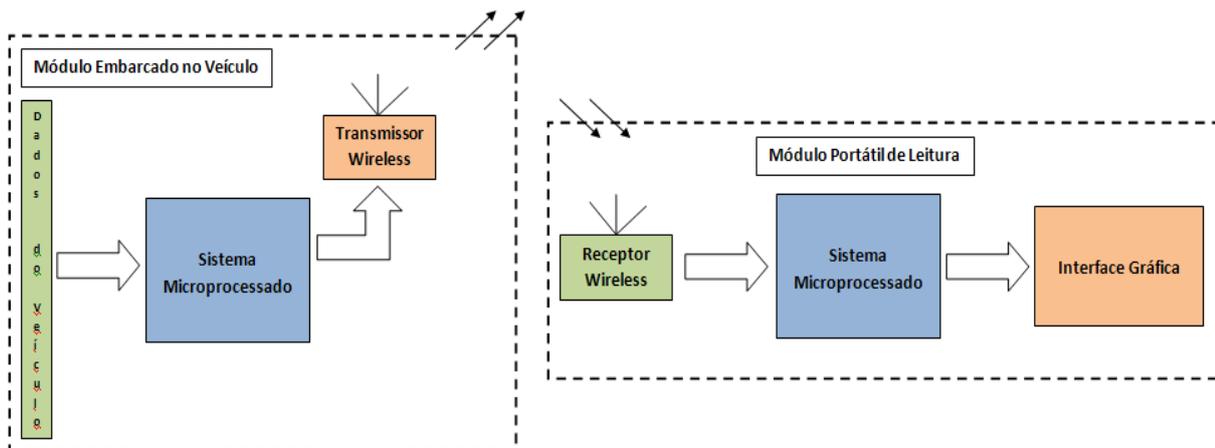
Figura 11 – Esquema das ligações dos botões e do módulo XBee.



Fonte: Autores (2019)

Com a indicação dos componentes nas Figuras 6, 7, 8, 9, 10 e 11, tem-se a idealização dos módulos: o primeiro corresponde ao que será instalado no veículo e o segundo é o módulo receptor dos dados provenientes do veículo, tendo o diagrama apresentado na Figura 12.

Figura 12 – Diagrama de blocos do sistema proposto.



Fonte: Autores (2019)

3.2 DESENVOLVIMENTO DO SOFTWARE

Após a especificação e montagem do *hardware*, são apresentadas as ferramentas e atividades de programação do projeto. Para tanto, foram utilizados os *softwares* μ Vision 3 (Demo) da Keil para programação do ARM em linguagem C; o *Flash Magic* para gravação do programa nas placas e X-CTU para configuração dos módulos de comunicação *ZigBee*.

3.2.1 μ VISION 3 (DEMO)

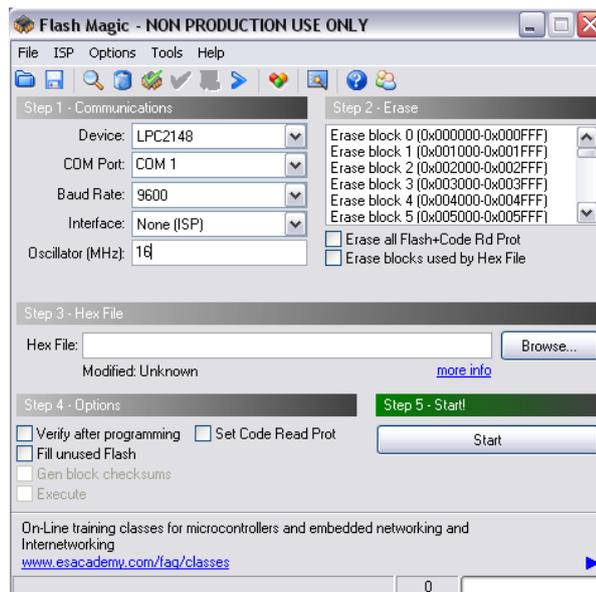
O μ Vision 3 (Demo), produzido pela *Keil*, combina um gerenciador de projetos, editor de códigos fontes, *debugger* e um completo ambiente de simulação em um único e poderoso sistema. A

plataforma de desenvolvimento μ Vision (Demo) é de fácil uso e possui facilidades para uma rápida criação de programas funcionais.

3.2.2 Flash Magic

Para fazer a transferência do arquivo em linguagem de máquina (extensão HEX) para o ARM, foi utilizado o *Flash Magic*. A tela principal do programa é mostrada Figura 13.

Figura 13 – Tela do Flash Magic.



Fonte: Autores (2019)

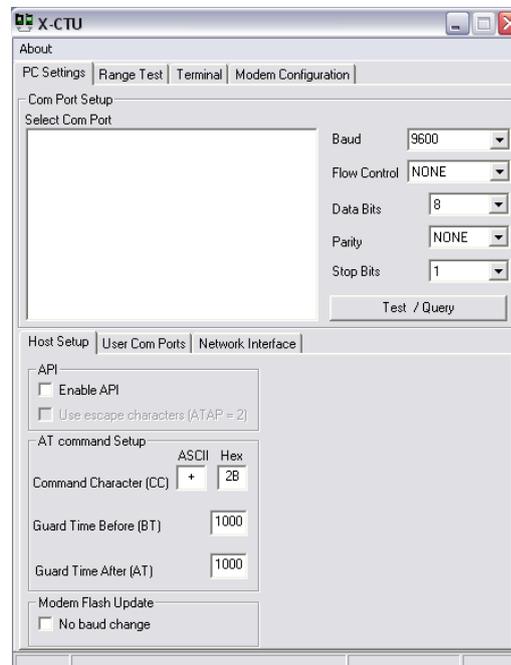
Os passos necessários para realizar a gravação são:

1. Selecionar o dispositivo;
2. Selecionar a porta serial;
3. Selecionar a taxa de transmissão (*baud rate*);
4. Selecionar interface para gravação;
5. Escolher uma frequência para gravação;
6. Selecionar para apagar os dados do ARM;
7. Localizar o arquivo *.hex* desejado;
8. Dar um reset no ARM com o *jumper* no pino BSL;
9. Clicar em start;
10. Remover o *jumper* após gravação;
11. Dar *reset* novamente.

3.3 X-CTU

O programa X-CTU, disponível no site da *Digi International*, permite configurar e programar a comunicação com o módulo XBee, conectado a uma porta serial, conforme Figura 14. A aba “PC Settings” permite configurar a comunicação serial selecionando o *baud rate*, o controle de fluxo, o tamanho do pacote, a paridade, os bits de parada e se o módulo se encontra no modo AT ou API. Com as ferramentas apresentadas, o *hardware* proposto e as plataformas para desenvolvimento do *software* de programação do embarcado e de comunicação sem fio, tem-se o arcabouço de construção do sistema embarcado para o tacógrafo digital com comunicação sem fio. A Seção 4 apresenta os resultados do teste de funcionamento do sistema proposto neste trabalho.

Figura 14 – Configuração do software X-CTU.



Fonte: Autores (2019)

4 RESULTADOS

Para a realização dos testes e validação do projeto, foi utilizado um CI LM555 configurado como multivibrador astável, ou seja, um gerador de pulsos variável. Desta forma, com o auxílio de um potenciômetro, o valor da frequência de saída do LM555 produz um sinal semelhante à de um sensor de velocidade instalado no eixo de um veículo, sendo os sensores mais comuns são os de efeito *Hall*. Para projetar o esquema de ligação do LM55, foi considerada um faixa de variação de frequência capaz de produzir uma variação de velocidade de 0 a 250 Km/h. Tomando como base um veículo popular, os valores utilizados para simulação foram de 16 pulsos por volta do eixo, e o valor

adotado para o diâmetro do pneu foi de 0,4191 *m*. Dessa forma, sabendo-se o número de pulsos em um segundo, é possível determinar a velocidade linear do veículo da seguinte forma:

$$V = \frac{(2 \times \pi \times \text{raio} \times f)}{16}$$

Na qual, *f* é a frequência em *Hertz (Hz)*, ou seja, o número de pulsos por segundo capturado pelo microprocessador.

Com o valor da velocidade instantânea, o próximo passo foi calcular as máximas velocidades para períodos pré-definidos, 60 segundos, 60 minutos e 24 horas. Fixando o valor do potenciômetro ligado à entrada do LM555, é possível verificar a captura e transmissão da velocidade para o modulo de leitura. Ao ligar o sistema e apertar o Botão 1 são exibidas duas opções ao operador como mostram as Figuras 15 e 16. Pressionando o Botão 2 no modo de exibição de data e hora, a seguinte tela é mostrada no LCD, da Figura 17. Nesse modo também pode-se ajustar a data e hora, o Botão 2 alterna entre os campos a serem alterados, o Botão 3 incrementa o valor atual e o Botão 4 decrementa. Já no modo de captura de dados da placa embarcada, a tela exibida no LCD é o apresentado nas Figuras 15, 16 e 17.

Figura 15 – Tela no modo de exibição de data e hora.



Fonte: Autores (2019)

Figura 16 – Tela no modo de leitura dos dados.



Fonte: Autores (2019)

Figura 17 – Tela com exibição de data e hora.



Fonte: Autores (2019)

Para uma frequência de 16 Hz, a velocidade produzida será de 2,63 Km/h.

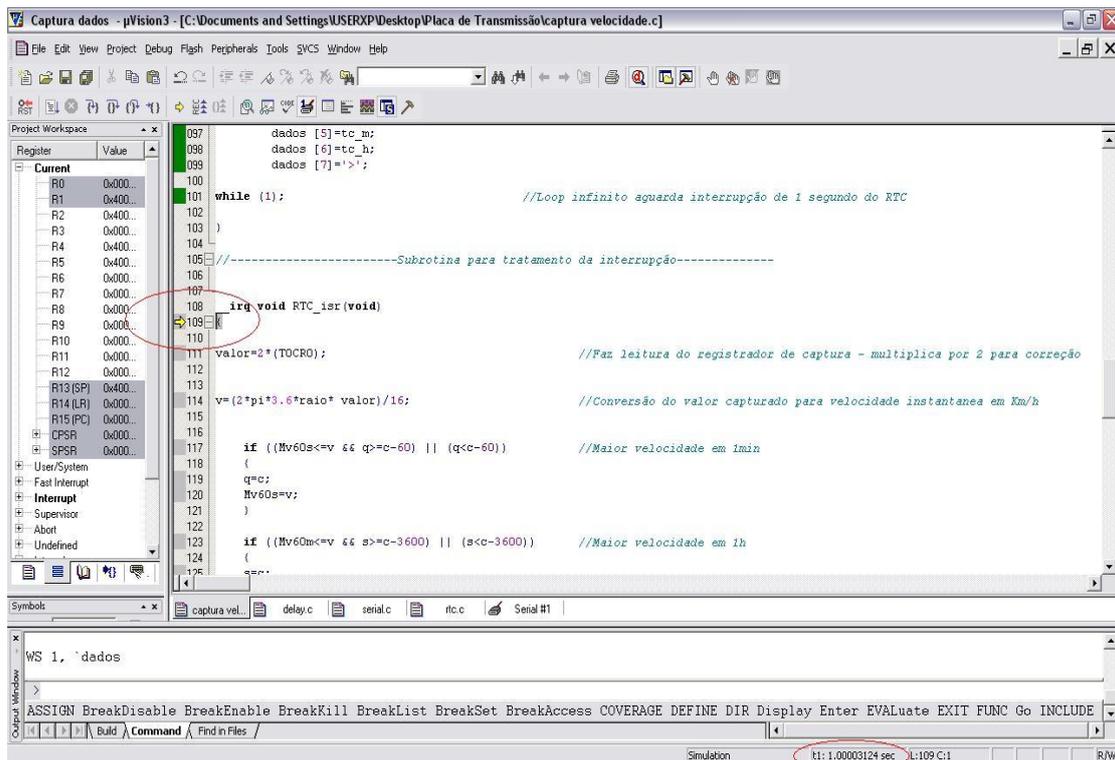
No sistema, todos os dados disponíveis no módulo embarcado são enviados de uma só vez ao módulo de leitura e este faz a seleção de qual deles será exibido. Portanto, os dados são enviados na forma de um vetor (dados) com oito posições, onde cada posição corresponde ao seguinte dado:

- Dados[0] – valor da velocidade atual do veículo;
- Dados[1] – valor da máxima velocidade no último minuto;
- Dados[2] – valor da máxima velocidade na última hora;
- Dados[3] – valor da máxima velocidade no último dia;
- Dados[4] – valor do segundo do tempo de condução;
- Dados[5] – valor do minuto do tempo de condução;
- Dados[6] – valor da hora do tempo de condução;
- Dados[7] – bit de parada (caractere '>').

4.1 VERIFICANDO A EFICÁCIA DOS CÁLCULOS DO MÓDULO EMBARCADO

Para buscar encontrar possíveis problemas na programação, foi utilizada a depuração do uVision3 (demo). Analisando os trechos mais importantes do código, pode-se verificar se o sistema se comportou como o esperado. No trecho de código apresentado na Figura 18, foi verificado que a interrupção do RTC, configurada para ser executada a cada segundo, foi corretamente chamada.

Figura 18 – Código exibindo momento de chamada de interrupção do RTC.

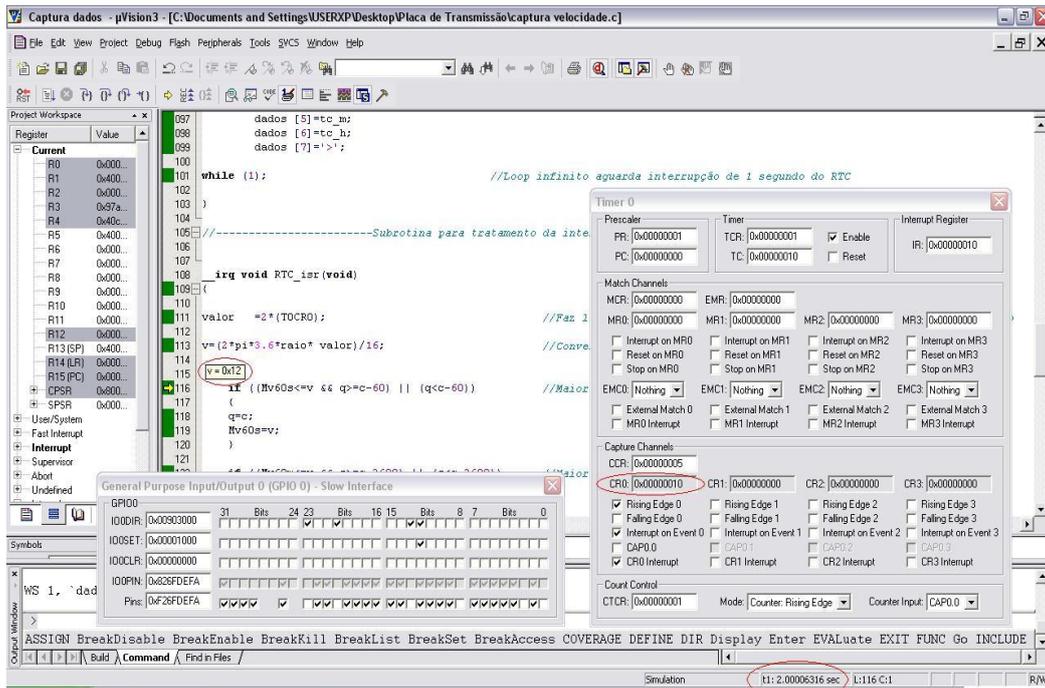


Fonte: Autores (2019)

Dentro dessa interrupção, tem-se o código responsável por capturar o valor armazenado no registrador de captura do Timer 0 do LPC2148. Dessa forma, a cada borda de subida detectada pelo pino de captura (Cap 0.0), o contador do registrador é incrementado e, em um segundo, o registrador armazena o valor da frequência de oscilação do LM555. Na Figura 19 observa-se que a interrupção foi acionada após aproximadamente um segundo, como era de se esperar. A saída do oscilador LM555 foi visualizada com o auxílio de um osciloscópio, em que se pode comprovar que o multivibrador monoestável estava funcionando corretamente dentro da faixa de frequência desejada. Para verificar se os cálculos da velocidade e demais dados estão corretos, foi inserido um valor fixo na GPIO configurada como pino de captura.

Analisando a Figura 19, nota-se que a interrupção ocorreu com dois segundos, foi simulado a oscilação de 32 Hz através do pino P 0.2, onde se encontra a saída do LM555. O registrador de captura CR0 armazenou o valor 16 (10 em hexadecimal), pois toda vez que ocorre uma captura o contador do *Prescaler* (TC) é zerado e como o valor do *Prescaler* (PR) é 1 a captura não ocorre nesse ciclo.

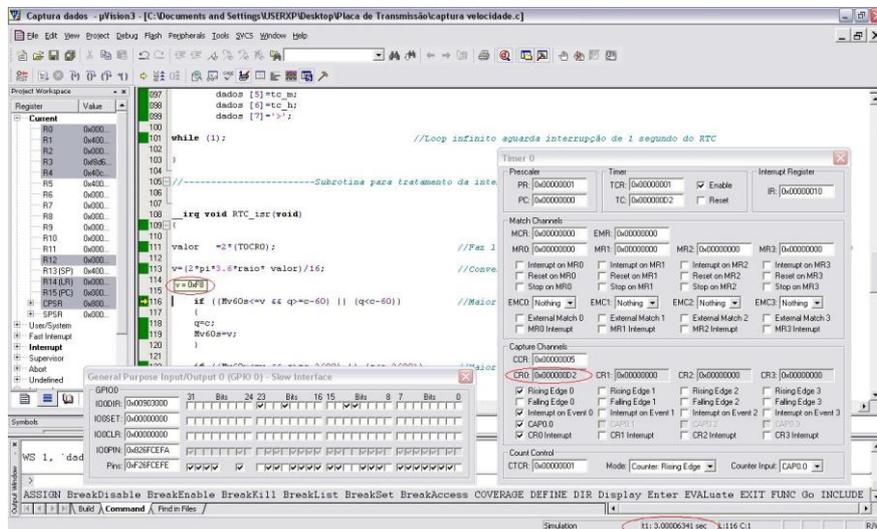
Figura 19 – Código com cálculo da velocidade atual para 32Hz.



Fonte: Autores (2019)

Para resolver isso, o valor do registrador é multiplicado por 2. Portanto o valor calculado para a velocidade foi 0x12 (12 em hexadecimal) que convertido fica 18 Km/h. Fazendo o cálculo, o valor obtido foi de 18,9 Km/h. A diferença se deve ao fato de o programa ignorar as casas decimais, pois toda manipulação dos valores é feita em hexadecimal. Considerando uma frequência de 420 Hz, a velocidade calculada deve ser de 248,8 Km/h. Inserindo o valor no registrador de captura, tem-se o resultado apresentado na Figura 20. Verifica-se o valor 0xF8 que em decimal vale 248 Km/h, dessa forma, mais uma vez obteve-se o valor esperado.

Figura 20 – Código com cálculo da velocidade atual para 420Hz.

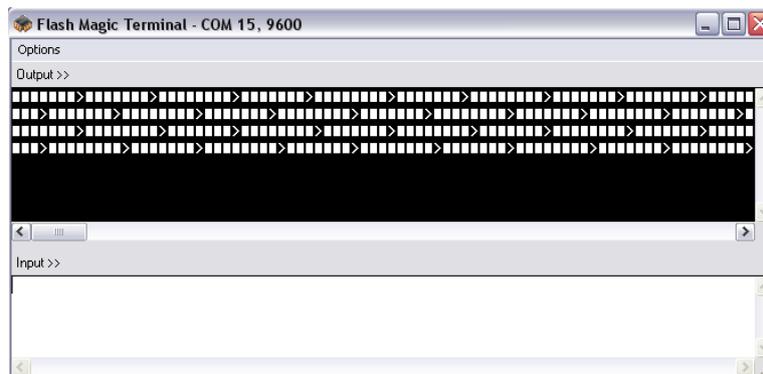


Fonte: Autores (2019)

4.2 VERIFICAÇÃO DA TRANSMISSÃO DOS DADOS ENTRE AS PLACAS

Para verificação da comunicação entre os dois módulos, foi utilizado o terminal do Flash Magic, assim basta enviar o mesmo vetor enviado à UART1, que está ligada ao módulo XBee, para UART0 que está ligada ao PC, conforme Figura 21. Verificou-se que os dados estão sendo enviados à serial 0, ou seja, os dados estão disponíveis no módulo XBee. Como esperado o vetor tem 7 dados calculados a partir da captura do sensor de velocidade e um caractere de parada ('>').

Figura 21 – Terminal do Flash Magic exibindo dados enviados à UART0.



Fonte: Autores (2019)

5 CONCLUSÃO

Os microcontroladores que conseguem aliar baixo consumo com alto desempenho estão ganhando cada vez mais popularidade com o avanço da disseminação de dispositivos portáteis como Notebooks, GPS, celulares, entre outros.

Com essa evolução tecnológica, este trabalho abordou o uso de um processador da família ARM, bem como a utilização da comunicação wireless Zigbee, tendo a devida importância, pelo seu uso em diversas aplicações, tanto em perfil doméstico quanto industrial, devido à sua simplicidade e custo benefício. A comunicação wireless ZigBee se mostrou eficiente para o projeto proposto, embora esse projeto tenha utilizado uma rede wireless com apenas dois dispositivos, a expansão para uma rede mais complexa é totalmente possível pois o módulo XBee é configurável através do software XCTU. O sistema de comunicação foi realizado apenas em laboratório, os testes de velocidade que foram realizados apresentaram valores compatíveis com o esperado.

Desta forma, foi construído o *hardware* e o software de um protótipo do sistema embarcado de um tacógrafo automatizado com comunicação sem fio. Os resultados apresentaram que o sistema possui um bom funcionamento, com sucesso na coleta de sinais, no processamento e armazenamento da velocidade e no envio para o módulo receptor. Tem-se, como futuros trabalhos, o uso de outros protocolos de comunicação sem fio, bem como a construção de um aplicativo de coleta baseado em

Android e a instalação em automóveis para a validação em casos reais da aplicação, consolidando assim a proposta de construção de um sistema que tem como principal objetivo o monitoramento da velocidade de forma automatizada, permitindo o zelo pelo respeito aos limites e velocidade e consequentemente reduzindo o número de acidentes e de mortes no trânsito.

REFERÊNCIAS

- AATB, **Atlas da Acidentalidade no Transporte Brasileiro**, Programa Volvo de Segurança no Trânsito em parceria com a Polícia Rodoviária Federal, 2017.
- AGUIAR, F. P.; DINIZ, I. S. **Sistema de Gerenciamento de Diagnóstico Automotivo utilizando padrão OBDII, comunicação wireless e interface PC**. Trabalho de graduação, UNESP; Sorocaba/SP/Brasil. 2008.
- ALBALADEJO, F. S. **Desenvolvimento de uma unidade de gerenciamento eletrônico para motores de combustão interna do ciclo Otto**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2013.
- ANDERSON, J. M. et al. **Autonomous vehicle technology: A guide for policymakers**. Rand Corporation, 2014.
- BLINCOE, L. J., MILLER, T. R., ZALOSHNA, E., & LAWRENCE, B. A. **The economic and societal impact of motor vehicle crashes, 2010**. (Revised) (Report No. DOT HS 812 013). Washington, DC: National Highway Traffic Safety Administration. 2015.
- CANNELL, A. E. R.; GOLD, P. A. **Reduzindo acidentes: o papel da fiscalização de trânsito e do treinamento de motoristas**. IDB. 2001.
- CRAIG, W. C. **Zigbee: “Wireless Control That Simply Works”**. Program Manager Wireless Communications. ZND America, Inc. 2003.
- DATASUS. **Dados de mortes externas, MS/SVS/CGIAE - Sistema de Informações sobre Mortalidade – SIM**. 2019.
- DENATRAN - **Departamento Nacional de Trânsito. Anuário Estatístico de Acidentes de Trânsito 2017**. Coordenação Geral de Informatização e Estatística. Brasília: Ministério das Cidades. 2019.
- IEEE. **IEEE 802.15.4 and Zigbee Overview**, Dvorak, Joe. Motorola. Disponível em: www.media.mit.edu/resenv/classes/MAS961/readings/802-15-4_Tutorial.ppt
- IEEE. **Standard for Information technology--Telecommunications and information exchange between systems Local and metropolitan area networks--Specific requirements Part 11:**

- Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications.** IEEE Std 802.11-2012 (Revision of IEEE Std 802.11-2007), vol., no., pp.1-2793. 2012.
- MARIN, L.; QUEIROZ, M. S. **A atualidade dos acidentes de trânsito na era da velocidade: uma visão geral.** Cad. Saúde Pública, Rio de Janeiro, v. 16, n. 1, p. 7-21. 2000.
- MESQUITA FILHO, M. **Acidentes de trânsito: as consequências visíveis e invisíveis à saúde da população.** Revista Espaço Acadêmico, v. 11, n. 128, p. 148-157, 2012.
- Ribeiro, C. H. P., **Redes de Sensores sem Fio.** Universidade Federal do Rio de Janeiro, trabalho teórico Redes de Computadores I. 2008.
- SCHILDT, H. C - **Completo e Total;** Ed. Makron Books; São Paulo; 3ª Edição. 1997.
- SILVA, B. N.; Diniz, I. S. **Scanner Automotivo Wireless.** Trabalho de graduação - Unesp; Sorocaba/SP/Brasil. 2008.
- SILVEIRA, J. Z. M.; SOUZA, J. C. R. P. **Sequelas de acidentes de trânsito e impactos na qualidade de vida.** Saúde e Pesquisa, v. 9, n. 2, p. 373-380. 2016.
- SOUZA, D. R. **Microcontroladores ARM7 – Philips família LPC213x – O Poder dos 32 Bits;** Ed. Érica; São Paulo; 1ª Edição. 2006.
- TONI, J. O. **Trânsito como Problema de Economia Urbana – O caso de Porto Alegre.** II Encontro de Economia Gaúcha, PUCRS e Fundação de Economia e Estatística (FEE), Porto Alegre. 2004.
- UNPD. **Human Development Indices and Indicators.** United Nations Development Programme. New York, 2018.
- WATANABE, A. T. Y., NIED, A., LEAL, A. B., & SOUSA, A. H. (2012). **Zigbee mac wireless network implementation using a remote virtual interface.** *IEEE Latin America Transactions*, 10(2), 1511-1517. 2012.
- WHO. **Global status report on road safety 2015.** World Health Organization. 2015.