

**CENTRO PAULA SOUZA**  
**FACULDADE DE TECNOLOGIA**  
**FATEC SANTO ANDRÉ**  
**Tecnologia em Eletrônica Automotiva**

**FILIPPE DE ARAUJO FARIA**

**KEYLESS START**  
**A PARTIR DO RECONHECIMENTO VIA RFID**

Santo André – São Paulo

2012

**CENTRO PAULA SOUZA**  
**FACULDADE DE TECNOLOGIA**  
**FATEC SANTO ANDRÉ**  
**Tecnologia em Eletrônica Automotiva**

**FILIPPE DE ARAUJO FARIA**

**KEYLESS START**  
**A PARTIR DO RECONHECIMENTO VIA RFID**

*Monografia apresentada na FATEC Santo André, como requisito parcial para conclusão do curso superior de Tecnologia em Eletrônica Automotiva.*  
*Orientador: Prof. Wesley Medeiros Torres*

Santo André – São Paulo

2012

**Faculdade de Tecnologia de Santo André**

LISTA DE PRESENÇA

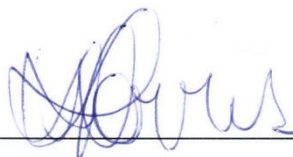
SANTO ANDRÉ, 15 de dezembro de 2012.

LISTA DE PRESENÇA REFERENTE À APRESENTAÇÃO DO TRABALHO  
DE CONCLUSÃO DE CURSO COM O TEMA “ **Keyless Start e  
Padronização Veicular a Partir do Reconhecimento Via RFID**”  
DOS ALUNOS DO 6º SEMESTRE DESTA U.E.

BANCA

PRESIDENTE:

PROF. WESLEY MEDEIROS TORRES



MEMBROS:

PROF. CARLOS ALBERTO MORIOKA



PROF. LUCIANO BREVE ABRAHÃO



Dedico este trabalho a todos os  
professores e a todos que nos auxiliaram  
nesta longa jornada.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a minha mãe Lia que dedicou todos os dias de sua vida, desde que nasci, para que eu aqui estivesse com saúde. Muitas dificuldades foram superadas por nós com força, honra e humildade e hoje dedico este trabalho como forma de agradecimento a tudo que ela já superou por nós.

Ao Prof. Wesley Medeiros Torres, orientador deste trabalho, que orientou e incentivou a execução deste trabalho. Agradeço também pelas aulas ministradas durante o curso que proporcionou um grande crescimento profissional e acadêmico.

Aos meus amigos de curso em geral que participaram ativamente de todas as dificuldades encontradas durante o curso e que juntos, um ajudando o outro, superamos uma por uma.

Ao Prof. Wagner por ter me ajudado nesses dois últimos semestres me dando força para eu terminar o TCC, fazendo com que eu acreditasse no meu potencial e valoriza-se o que há de mais simples e puro nesta vida.

Gostaria de agradecer a todos aqueles que direta e indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho. Agradeço aos professores, colaboradores e funcionários da Fatec Santo André que sempre estiveram prontos a me ajudar.

E agradeço principalmente a FATEC SANTO ANDRÉ por ter me ajudado a crescer profissionalmente e hoje ter me colocado em uma empresa multinacional, no setor tão esperado por todos que estudam, no setor de desenvolvimento.

“A conquista de um cliente novo custa mais caro do que a retenção de um atual, em geral, custa cinco vezes mais conseguir um novo cliente do que manter um já existente.”

***Peppers e Rogers***

## RESUMO

O sistema *keyless start* foi desenvolvido como fruto de uma pesquisa extensiva liberada pelas grandes companhias automotivas sobre o futuro dos sistemas eletrônicos automotivos que visa à segurança e conforto dos clientes. Com reconhecimento da presença do dono do veículo por uma chave ou por um cartão, é possível dar início ao funcionamento do Motor de Combustão Interna ou a Motores Elétricos por apenas um botão. Atualmente quão maior for o conforto, segurança e baixo custo em veículos de passeio, maior serão a sua procura no mercado automotivo. Este foi o motivo pelo qual será projetado um sistema de reconhecimento do usuário através de identificação por radio frequência (RFID) com um micro controlador formando um sistema simples e de baixo custo.

Palavras chaves: Motor de Combustão Interna, RFID, Micro Controlador.

## **ABSTRACT**

The keyless start system was developed as a result of extensive research released by the major automotive companies about the future of automotive electronics systems that addresses the customers security and comfort. With recognition of the presence of the owner of the vehicle by a key or by a card, you can initiate the operation of the MCI or Electric Motor or internal combustion, by just one button. Currently so greater is the comfort, safety and low cost in the ride cars, the higher it will be the search in the automotive market. This was the reason why a system will be designed to recognize the user via frequency radio with a microcontroller, forming a system simple and low cost.

Key words: MCI, RFID, Micro Controller.



## Lista de Ilustrações

Figura 1. Ilustração sobre a relação entre segurança passiva e ativa. (BOSCH, 2005). ....	17
Figura 2. Esquema básico de um sistema de partida de automóvel. (KITANI, 2012) .....	21
Figura 3. Relação de Torque, Potência, e Corrente no momento da partida. (KITANI, 2012). ...	22
Figura 4. Relé de engrenamento. (KITANI, 2012).....	24
Figura 5 - Desenvolvimento dos sistemas de identificação por radio frequência. (FINKECZELLER, 2003) .....	29
Figura 6. Classificação dos sistemas RFID quanto ao princípio de funcionamento. (FINKECZELLER, 2003).....	35
Figura 7. Princípio de operação de um sistema 1 bit <i>transponder</i> por radio frequência (FINKECZELLER, 2003).....	36
Figura 8. Variação na impedância $Z_1$ entre os terminais da bobina do dispositivo de leitura para o sistema 1-bit transponder por RF ( $Q=90$ , $k=1\%$ ) (FINKECZELLER, 2003).....	37
Figura 9. Modelo do circuito elétrico para sistema 1 bit transponder por RF (FINKECZELLER, 2003) .....	38
Figura 10. Sistema de 1 bit <i>transponder</i> por divisão de Frequência (FINKECZELLER, 2003).....	39
Figura 11. Representação da transmissão <i>full duplex</i> , <i>half duplex</i> e sequencial (FINKECZELLER,2003). ....	40
Figura 12 - Diagrama de funcionamento. ....	42
Figura 13 - Diagrama de Blocos do PIC18FXX2.....	44
Figura 14 - Diagrama em Blocos do Projeto.....	44
Figura 15 - Diagrama do Bloco EM4095 (GRAND IDEA STUDIOS, 2012).....	45
Figura 16 - Erro no Cambio.....	47
Figura 17 - Circuito para a detecção da posição do cambio .....	47
Figura 18 - Erro no nível da Bateria.....	50
Figura 19 - Circuito para Leitura da Tensão da Bateria .....	50
Figura 20 - Erro na Leitura do Freio.....	51
Figura 21 - Circuito para a Leitura do Freio.....	52
Figura 22 - Regulador de tensão. ....	53
Figura 23 - Circuito para acionamento do motor de arranque .....	54
Figura 24 - Display de Cristal Liquido .....	55

## Lista de Tabelas

Tabela 1 - Aplicações mais comuns da tecnologia de RFID (FINKECZELLER,2003) .....	30
Tabela 2 - Parâmetros para comparação entre tecnologias de auto identificação (FINKECZELLER, 2003).....	32
Tabela 3 - Comparação entre tecnologias de auto identificação.(FINKECZELLER, 2003) .....	33
Tabela 4 - Relação tempo versus benefício para a utilização da tecnologia RFID. (FINKECZELLER, 2003) .....	34
Tabela 5. Distribuição das frequências para sistemas RFID. (FINKECZELLER, 2003).....	41
Tabela 6 - Números de Identificação de cada <i>Tag</i> .....	58

## Lista de Abreviaturas

ECU - *Electronic Control Unit* – Unidade de Controle Eletrônico

RFID - *Radio Frequency Identification* – Identificação por Radio Frequência

MCI - Motor de Combustão Interna

ABS - *Anti-lock Braking System* – Sistema antitravamento dos freios

PCM - *Powertrain Control Module* – Módulo de controle do trem de força

RF - *Radio Frequency* – Rádio Frequência

IFF – *Identification Friend or Foe* – Identificação de Amigo ou Inimigo

ASK - *Amplitude-shift keying* – Modulação por Amplitude

FSK - *Frequency-shift Keying* – Modulação por Frequência

FDX - *Full Duplex* - Modo de Comunicação em que a transmissão e recepção ocorrem ao mesmo tempo

HDX - *Half Duplex* – Modo de Comunicação em que ocorre primeiro a transmissão e depois a recepção

VHF - *Very high frequency* – Frequência muito Alta

UHF – *Ultra high frequency* – Frequência ultra Alta

SHF – *Super high frequency* – Frequência Super Alta

HF - *High Frequency* – Alta Frequência

ISM - *Industrial-Scientific-Medical* – Faixa de Frequência reservadas especialmente para aplicações industriais

LF - *Low Frequency* – Baixa frequência

PLL - *Phase Locked Loop*

PWM - *Pulse-width modulation* – Modulação por largura de Pulso

USART – *Universal Synchronous Asynchronous Receiver/Transmitter* – Tipo de protocolo de comunicação serial

SPI - *Serial Peripheral Interface* - Tipo de protocolo de comunicação serial

ADC - *analog-to-digital converter* – Conversor analógico Digital

GND – *Ground* - Terra

Vbatt – Tensão da Bateria

CI – Circuito Integrado

## Sumário

1. INTRODUÇÃO .....	14
1.1. Motivações .....	15
1.2. Objetivo .....	15
1.3. Conteúdo .....	15
1.4. Metodologia .....	16
2. SISTEMAS DE SEGURANÇA .....	17
2.1. Sistema de partida de um Motor de Combustão Interna (MCI) .....	20
2.1.1. Condições de partida .....	20
2.1.2. Estrutura básica de um motor de partida .....	23
2.2. Sistema de imobilizadores .....	25
2.2.1. <i>Transponder</i> .....	26
2.2.2. Unidade de comando do imobilizador .....	26
2.2.3. Tipos de Imobilizadores .....	26
2.2.4. Antenas .....	27
2.2.5. Funcionamento do sistema .....	27
3. Tecnologias RFID .....	28
3.1. Evolução .....	29
3.2. Aplicações da tecnologia RFID .....	29
3.2.1. Área automotiva .....	30
3.3. Comparação entre métodos automáticos de identificação .....	31
3.4. Vantagens do uso da tecnologia RFID .....	33
3.5. Princípios de funcionamento .....	34
3.5.1. Sistemas 1 bit transponder .....	35
3.5.2. Sistemas n-bit <i>transponder</i> .....	40

3.6.	Faixas de frequências utilizadas pelos sistemas RFID .....	41
3.7.	Metodologia de confecção do hardware .....	41
3.7.1	Descrição geral .....	42
3.7.2	Descrição geral dos Blocos .....	43
3.7.3	Circuitos Condicionadores.....	46
3.7.4	Considerações finais.....	55
4.	RESULTADOS E ANÁLISE DOS RESULTADOS .....	56
4.1.	Resultados Práticos .....	56
4.1.1.	Teste de circuito: Leitura do cambio.....	56
4.1.2.	Teste de circuito: Leitura do nível da Bateria.....	56
4.1.3.	Teste de circuito: Leitura do Freio .....	57
4.1.4.	Teste de circuito: Acionamento do Motor de partida .....	57
4.1.5.	Teste de circuito: CI EM4095.....	57
5.	CONCLUSÕES.....	59
5.1.	Trabalhos Futuros.....	59
6.	Referências.....	60
7.	Anexos.....	61

# 1. INTRODUÇÃO

A utilização de veículos automotivos vem aumentando a cada ano, movimentando cada vez mais o capital no setor automotivo. Ao lado deste crescimento vem à segurança no setor automotivo como sendo um dos principais focos nesse setor, seja ela ativa para evitar a ocorrência de acidentes, ou passiva que torne situações mais amenas após ocorrência de acidentes. (LIMA,2011)

Com o aumento na venda de veículos no decorrer dos anos, a preocupação com o desenvolvimento de técnicas mais eficaz para a segurança neste tipo de transporte inspiram constantes estudos e desenvolvimentos de novos itens/sistemas para a segurança automotiva. Investimentos neste segmento estão aumentando em grande escala para fornecer ao mercado automotivo soluções que permitem mais proteção, além de não prejudicar a integridade física do usuário.

A partir da década 30 a segurança veicular passou a ser tratada com mais seriedade quando foi criado pela Mercedes-Benz o primeiro departamento de Segurança veicular. Após este feito, outras empresas viram que havia a possibilidade de aumentar suas vendas e principalmente o reconhecimento no mercado automotivo então passaram a investir nesse seguimento. E justamente nesta época, itens primordiais para a segurança dos passageiros começaram a serem introduzidos nos veículos, tais como o *airbag* e o cinto de segurança. (LIMA,2011)

Mesmo com os investimentos em segurança o problema com roubos ou furtos permanece alto e um dos objetivos das montadoras e empresas que desenvolvem sistemas/ECU's é dificultar cada vez mais com que isto se torne rotineiro. Para auxiliar na diminuição deste tipo de ocorrência foi desenvolvido um sistema conhecido como sistema imobilizador, que tem como principal objetivo reconhecer a chave do veículo e a partir deste reconhecimento permitir que a unidade de controle do motor coloque o motor de combustão interna em funcionamento. Com isto inibindo qualquer possibilidade de dar partida no motor com outra chave ou algum tipo de chave mestra, a fim de diminuir o roubo ou furto de veículos através de maneiras inapropriadas.

Este trabalho abordará sobre sistemas de segurança, conceito sobre motor de partida, sistemas imobilizadores veiculares e o conceito da tecnologia de reconhecimento via *Radio Frequency Identification* (RFID). Também serão abordados os componentes deste sistema, as suas vantagens e desvantagens.

## **1.1. Motivações**

Conseguir acionar o motor de combustão interna a partir do sistema *Keyless start* com conhecimentos não aprendidos no curso, o RFID, porém com todo o auxílio dos professores em materiais, experiências e ideias. Essa nova característica se enquadraria como um item de segurança contra roubos e furtos promovendo mais confiabilidade e conforto para o usuário.

## **1.2. Objetivo**

Este trabalho tem como objetivo desenvolver um sistema que simule o *Keyless start* como uma alternativa para diminuir a incidência de roubos e furtos de veículos, sendo que este sistema opera por meio de cartões que são detectados a uma distância específica de acordo com a frequência que será tratado o sistema. Desta forma, a finalidade desse sistema é reduzir as ocorrências de roubos veiculares que pode trazer um benefício social para o setor automotivo trazendo mais conforto, facilidade e maior segurança ao proprietário do veículo quando este não estiver nas proximidades do veículo.

## **1.3. Conteúdo**

Este trabalho foi dividido em seis capítulos, sendo que o capítulo um faz uma breve introdução ao tema, o capítulo dois trata da revisão bibliográfica, na qual são apresentados conceitos sobre imobilizadores, motor de partida, e o conceito de segurança ativa e passiva. O capítulo três discute o reconhecimento por RFID e a metodologia da confecção do *hardware*. O capítulo quatro contém os resultados obtidos e no capítulo cinco a conclusão e a visualização de trabalhos futuros sobre o tema, e o capítulo seis traz as referências utilizadas neste trabalho.

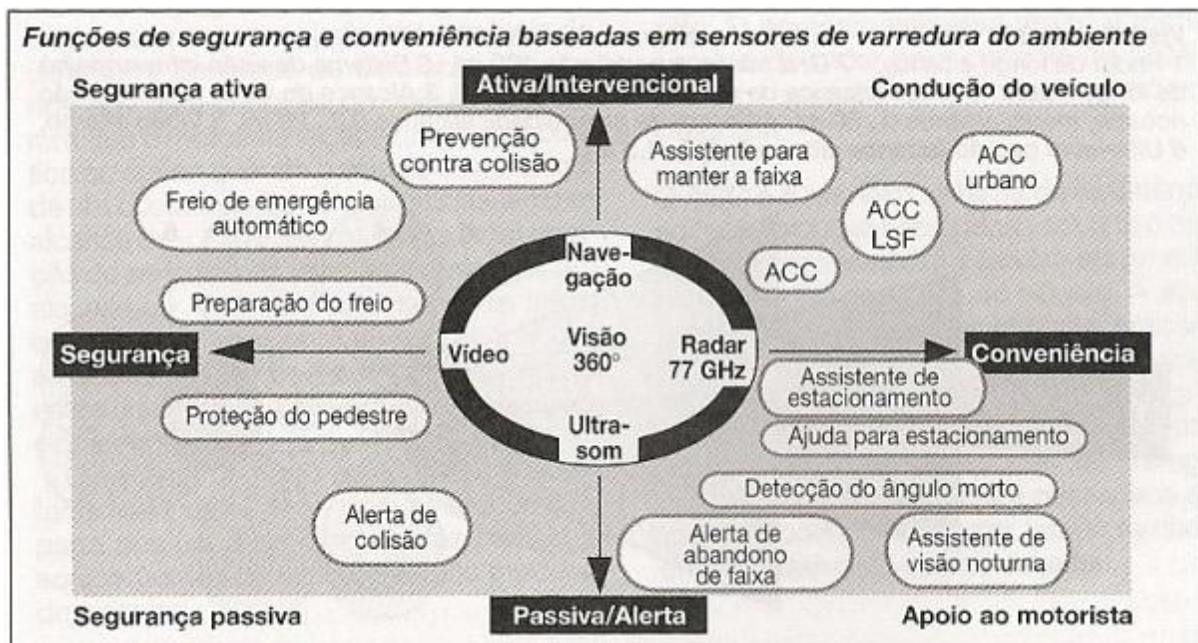
#### **1.4. Metodologia**

O desenvolvimento do trabalho descreve um histórico da segurança veicular além das circunstâncias que influenciaram grande parte das sociedades a refletir sobre a necessidade de implantar itens de prevenção de roubos de veículos. Posteriormente, tem-se a descrição do sistema de imobilizadores indicando seus conceitos e suas características, as funções e aplicabilidade. Finalmente tem-se uma análise de como aplicar o sistema de reconhecimento por rádio frequência visando suas vantagens, desvantagens, aplicações e funcionalidades, com o intuito de comprovar a sua eficácia na prevenção de roubos de veículos de passeio e carga visando à diminuição de furtos e o aumento da segurança veicular.



## 2. SISTEMAS DE SEGURANÇA.

Sistemas de segurança estão divididos em duas classes de atuação: segurança ativa e segurança passiva. Ambos contemplam um único objetivo que é zelar a integridade física do usuário. A Figura 1 mostra o comparativo destas duas classificações juntamente com a relação das mesmas com a condução do veículo. Em cada quadrante é encontrado o tipo de segurança que é classificado, e se são sistemas voltados para conveniência do usuário ou se é somente a segurança.



**Figura 1. Ilustração sobre a relação entre segurança passiva e ativa. (BOSCH, 2005).**

### Segurança Ativa

O principal objetivo da segurança ativa é evitar a ocorrência de acidentes e a principal maneira de utilizar esse sistema é utilizar-se de estimulações da percepção do ser humano, através de qualquer dispositivo que dê ao motorista a percepção de ordenação ou perigo. (PROJETO IMPACTO, 2007)

Esta classe é dividida em quatro tipos de ambientes que se complementam para a eficiência do sistema, são elas segurança de circulação, condicional, perceptiva e operacional. (BOSCH, 2005)

A segurança de circulação é responsável pela concepção harmoniosa do chassi em relação ao alinhamento das rodas, através de todo o sistema de balanceamento de suspensão e direção de freios. Todos esses conjuntos de variáveis interferem diretamente no comportamento dinâmico do veículo, sendo que qualquer problema nesta parte coloca em risco a vida de todos os ocupantes do veículo. (LIMA, 2011)

A segurança condicional trata da sobrecarga psicológica dos ocupantes do veículo por exposições a oscilações, ruídos e influências climáticas. Já a segurança perceptiva tem como objetivo utilizar a capacidade da percepção humana através do sistema audiovisual para incrementar a segurança veicular.

Por fim, a segurança operacional é responsável pelo posicionamento ergométrico do motorista e dos passageiros. É importante que os acionamentos do veículo fiquem posicionados de forma prática e de fácil acesso para que o motorista não exerça grandes esforços físicos, o que causaria uma desconcentração momentânea e possivelmente seria um fator que levaria a um acidente. (LIMA, 2011)

### **Segurança Passiva**

A segurança passiva tem como principal objetivo amenizar os danos causados nos ocupantes do veículo quando já ocorreu o acidente. A segurança passiva atua desde o momento em que ocorre o acidente, utilizando recursos para que os danos em geral sejam amenizados. A classe de segurança passiva é dividida em dois ambientes que devem se complementar para garantir eficiência do sistema, são estes: segurança externa e interna (BOSCH, 2005).

A segurança externa trata de todas as medidas relacionadas ao veículo que são projetadas para minimizar os efeitos de um acidente sobre pedestres, ciclistas e motociclistas.

Já a segurança interna abrange soluções implementadas dentro do veículo, com o intuito de amenizar os danos causados aos ocupantes dos mesmos. Os itens destinados a este tipo de proteção possuem como principal objetivo minimizar as acelerações e as forças atuantes sobre os corpos durante um acidente, além de também garantir espaço suficiente para sobrevivência e manter funcionais os componentes necessários para liberação dos ocupantes no caso de uma colisão mais grave. (LIMA, 2011)

Fazem parte da segurança passiva interna: o cinto de segurança, os *air bags*, vidros não estilhaçáveis, para-choques dianteiro e traseiro, sistema de freios ABS, a capacidade da carroceria absorver a energia do impacto com a menor deformação possível no ambiente do habitáculo, a proteção contra incêndio através da estanqueidade do combustível, etc. (LIMA, 2011)

### **Segurança contra Roubos/Furtos**

Para evitar que problemas como roubos e furtos aconteçam, até mesmo para o transporte de carga, na maioria das vezes existe um esquema de segurança por parte das empresas envolvidas. Estes tipos de serviços se caracterizam por: escolta (transporte de carga), seguro, rastreamento, monitoramento, bloqueadores e imobilizadores.

O trabalho de escolta é realizado por empresas legalmente constituídas, especializadas e autorizadas pelo Ministério da Justiça. Já os seguros estão intimamente ligados ao ambiente/caminho em que o veículo percorre. O fator de risco para esse sistema é determinado para o estabelecimento de regras contratuais e normas da apólice, sendo que toda apólice feita incorre em compromissos e condições tanto por parte da empresa que fornece o serviço quando para a pessoa que adquire o serviço.

O rastreamento consiste na localização e acompanhamento do veículo utilizando diversas tecnologias para determinar a sua localização, e para evitar que o veículo seja furtado, como pós-furto, a tentativa de recuperação do veículo é realizada por equipes treinadas.

Bloqueadores são dispositivos de segurança que permitem o bloqueio do veículo à distância, utilizando um equipamento simples que normalmente tem funções de anti-furto como sensores de abertura de porta e bloqueio automático a partir de um determinado tempo após o desligamento do veículo ou por meio de um botão ativado pelo motorista do veículo.

Já sistemas imobilizadores são sistemas antifurto, onde existe a transmissão de um código secreto através da chave do veículo e somente após essa transmissão que o veículo pode dar partida no veículo. Esse sistema será tratado mais a frente do trabalho.

## **2.1. Sistema de partida de um Motor de Combustão Interna (MCI)**

Motores de Combustão Interna (MCI) necessitam de um dispositivo a parte para dar partida, uma vez que não pode funcionar por força própria como ocorre nos motores elétricos. Neste processo é necessário vencer resistências consideráveis geradas pelo próprio motor e seus componentes quando estão em estado de baixa temperatura.

Para que o MCI entre em estado de funcionamento é preciso que o motor de partida gire o MCI com uma rotação mínima e, após alguns instantes auxiliar o motor a permanecer em marcha lenta. (KITANI, 2012)

Motores de corrente contínua com circuito de excitação em série são especialmente indicados como motor de partida essencialmente por desenvolver o torque inicial elevado para superar a resistência do MCI durante o acionamento.

O tamanho do motor de partida e a capacidade da bateria estão dimensionados de modo que em condições desfavoráveis, a potência necessária para a partida esteja disponível por tempo suficiente para ligar o MCI. Este é um dos principais motivos para a dimensão da capacidade da bateria do veículo. (KITANI, 2012)

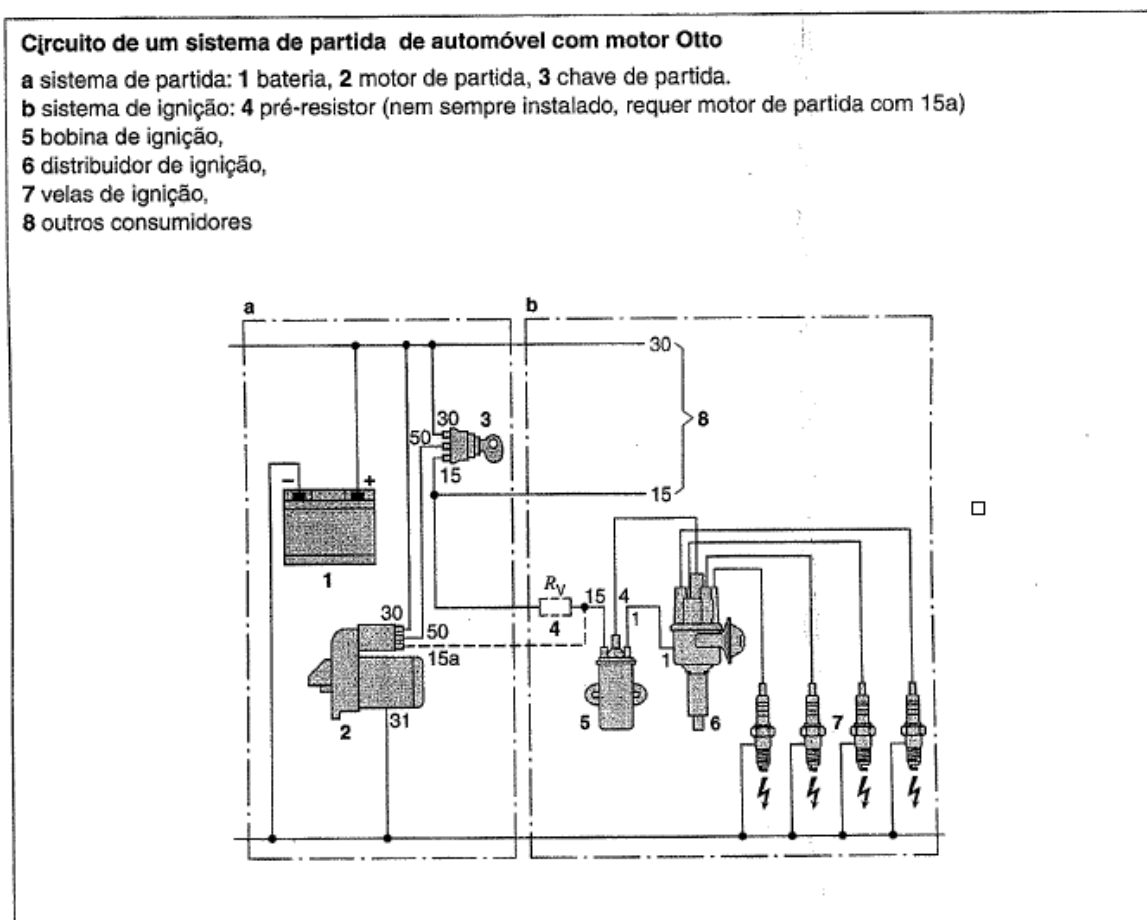
### **2.1.1. Condições de partida**

Para que seja feito o dimensionamento do sistema de partida devem ser consideradas as seguintes condições:

- Temperatura limite de partida (a menor temperatura que o motor suporta, e o menor nível de tensão da bateria que é possível dar partida no veículo);
- Resistência de giro do motor, equivalente ao torque do motor;
- Rotação mínima de partida para que o motor entre em funcionamento;
- Propriedades da bateria do motor de partida;
- Relação do elemento de transmissão possível motor;
- Torque, rotação e potência do motor de partida (mapa característico, processo de partida).

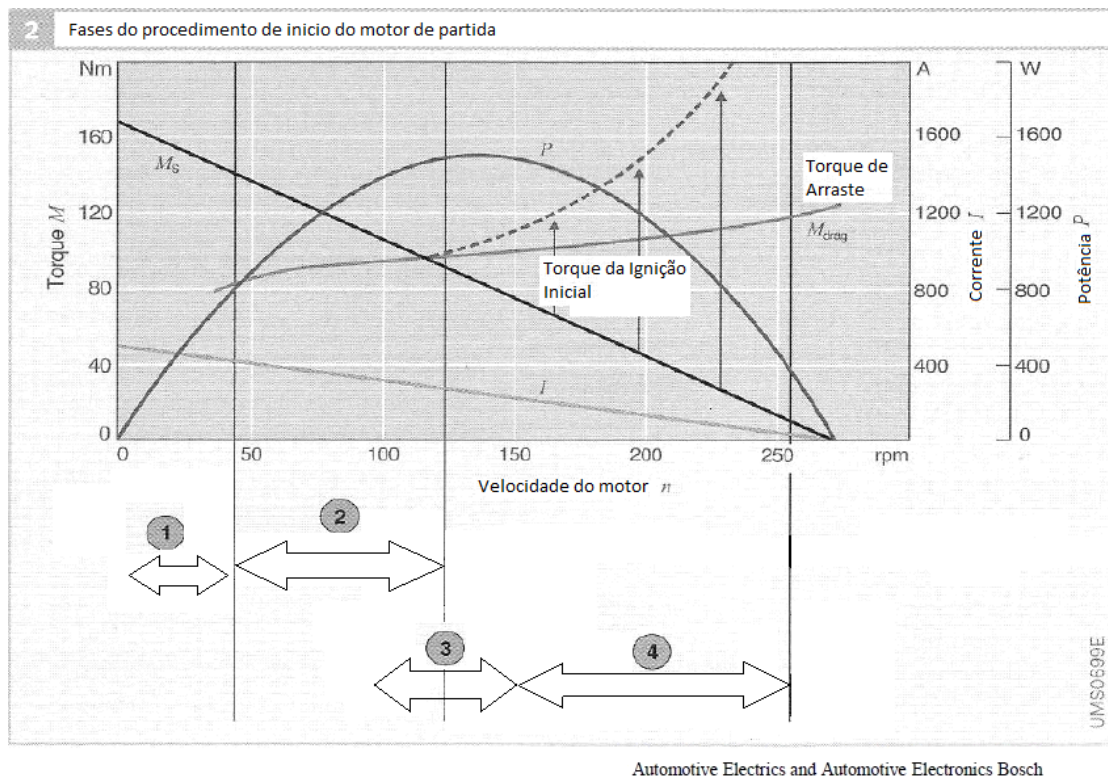
Com isso, a temperatura limite de partida é de suma importância para que o MCI entre em funcionamento. Outro ponto importante é a viscosidade específica do óleo que ainda faz o MCI entrar em funcionamento.

A rotação mínima de partida varia bastante de acordo com os dispositivos que compõem a sua formação de mistura e o tipo de motor.



**Figura 2. Esquema básico de um sistema de partida de automóvel. (KITANI, 2012)**

Na figura 2 é possível visualizar como é o circuito de um sistema de partida de um automóvel com motor ciclo Otto. Na região a temos a bateria do veículo, a chave de partida e o motor de partida. Já na parte b temos a bobina de ignição, o distribuidor de ignição, as velas de ignição. Quando a chave é colocada para a posição 15, o nível de tensão da bateria alimenta o motor de partida e enfim colocar o MCI em funcionamento.



**Figura 3. Relação de Torque, Potência, e Corrente no momento da partida.**  
(KITANI, 2012).

Nessa figura são ilustradas as fases do procedimento para o procedimento de partida do motor de partida. Na fase 1, motor de partida está na condição parado e necessita de um pico maior de corrente para tirá-lo da inércia e é o instante em que o motor de partida gera o maior torque. Já na segunda fase o motor de partida inicia a aceleração do MCI. A fase três é a transição onde ocorre *cranking* (Ignição do motor) e é gerado mais torque proveniente do motor onde o motor de partida começa a não ter mais função. Na fase 4, o motor de partida auxilia o MCI até que sua potência seja menor que a do MCI e após a fase 5 o motor de partida se desacopla do MCI, pois não há mais a necessidade do acoplamento devido o MCI prover o seu próprio torque.

A potência nominal do motor de partida é uma grandeza definida e determinada em bancada de teste. Esta potência se refere à capacidade máxima da bateria e do motor de arranque para uma condição de 20% de carga máxima em  $-20^{\circ}\text{C}$ . Desta forma garantindo sempre a condição de funcionamento do motor de partida mesmo em piores condições. (KITANI, 2012)

## **2.1.2. Estrutura básica de um motor de partida**

### **2.1.2.1. Motor elétrico de partida**

No motor elétrico a corrente elétrica é utilizada para gerar um movimento rotativo sendo convertida de energia elétrica em mecânica. Isto ocorre devido ao fenômeno do campo magnético, devido à passagem de corrente elétrica em um condutor. A intensidade desta força é proporcional à intensidade do campo magnético e a intensidade da corrente elétrica, atingindo o seu valor máximo quando ambos estejam perpendiculares. O condutor é formado por uma espira que gira livremente no campo magnético, onde esta espira se alinha perpendicularmente ao campo magnético, onde é mantida pela força magnética. O torque que é gerado é no mesmo sentido da rotação e permite uma rotação contínua da espira. A inversão de corrente é realizada por um coletor que, neste caso consiste de dois segmentos semicirculares isolados entre si. Duas escovas de carvão são ligadas com a fonte de tensão, fazendo a corrente elétrica fluir através das espiras individuais. Para a obtenção de um torque uniforme é necessário elevar o número de espiras. (KITANI, 2012)

O campo magnético pode ser criado por ímãs permanentes ou por eletroímãs. Dependendo do circuito da bobina de campo é possível distinguir o tipo de motor de partida, sendo eles: circuito de excitação em série ou circuito composto e motores de partida com circuito em derivação.

#### **Motores com circuito em derivação**

Neste circuito a bobina de campo esta em paralelo com o induzido. Com a alimentação com tensão constante a excitação e também a rotação são praticamente independentes do torque, o que torna desfavorável para o motor de partida.

## Motores com circuito de excitação em série

Já neste circuito a bobina de campo e a bobina do induzido estão em série. Assim a corrente de excitação não é desviada. Como no acionamento do motor sob carga, a corrente do induzido é extremamente alta e por isso o campo magnético é de grande intensidade. Com isto os motores desenvolvem um elevado torque de partida que cai rapidamente quando a rotação do veículo aumenta. (KITANI, 2012)

### 2.1.2.2. Relé de engrenamento.

Este dispositivo tem a finalidade de comandar uma alta corrente através de uma corrente de comando baixa. A corrente no motor de partida em automóveis chega a cerca de 1000A. O módulo de relé de engrenamento é o combinado de um imã de engrenamento com um relé. Ele realiza uma dupla função:

- avançar o pinhão para o engrenamento na cremalheira do motor à combustão;
- fechar a ponte de contatos para ligar a corrente principal do motor de partida.

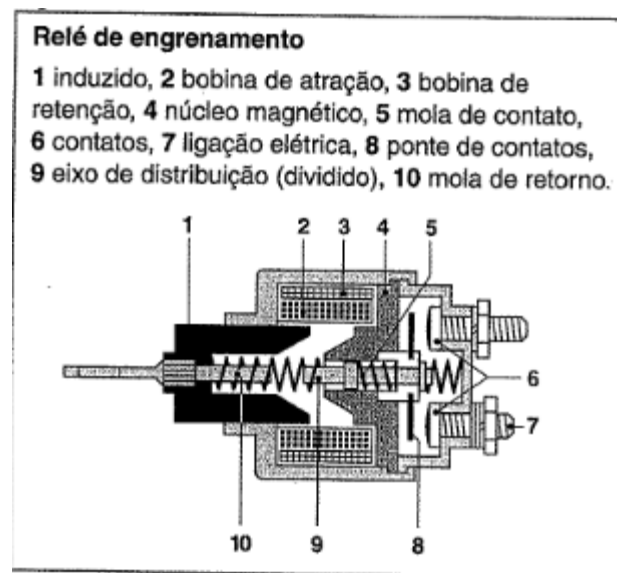


Figura 4. Relé de engrenamento. (KITANI, 2012)

Nesta figura 4, é ilustrada a estrutura de um relé de engrenamento, que se dispõe de um núcleo magnético que está firmemente unido à carcaça do motor de partida. Este penetra de um lado do interior da bobina magnética, e o núcleo móvel do relé penetra



pelo outro lado da bobina magnética. A distância entre estes núcleos, o magnético e o do relé corresponde ao curso total do induzido. O que determinam realmente o circuito magnético de um motor de partida são os seguintes itens: carcaça magnética, núcleo magnético e armadura do relé.

## **2.2. Sistema de imobilizadores**

Na tentativa de dificultar o roubo de veículos as montadoras investiram em sistemas mais sofisticados que os alarmes comuns. Os Imobilizadores, nome pelo quais estes sistemas anti-furto são conhecidos, possuem uma central de comando eletrônica (ECU) semelhante às dos sistemas de injeção eletrônica. (REVISTA RAVENEWS, 2003)

O sistema imobilizador é um dispositivo de proteção contra roubo que só permite que o motor funcione com as chaves que tenham sido registrados anteriormente. Com isso, este sistema serve para impedir o roubo por meios como uma chave forjada ou ligação direta. (TRAINING MANUAL, 2005)

Durante a operação a partida do motor, caso a chave não seja a correta, O PCM (*Powertrain Control Module*) é impedido de ativar a ignição, alimentação de combustível / injeção e motor de arranque. Para sua ativação, o PCM precisa de um sinal de habilitação que a chave correta está sendo usada na fechadura da ignição. (TRAINING MANUAL, 2005)

Por isso, cada chave original do carro é equipada com um microchip contendo um único número de identificação (número de identificação), que está registrado no módulo de controle do sistema de imobilizador. (TRAINING MANUAL, 2005)

Ao contrário dos alarmes comuns que necessitam ser desligado pelo motorista, o imobilizador é automaticamente desligado. Com isto não há nenhum risco do veículo cortar o combustível caso seja esquecido o alarme do veículo.

Outra característica deste sistema é que as chaves são codificadas, não podendo ser substituídas por outras comuns ou com códigos diferentes. Na aquisição de veículo o proprietário recebe além de um jogo de chaves um código secreto. (REVISTA RAVENEWS, 2003)

### **2.2.1. Transponder**

O *transponder* (emissor de códigos) é uma unidade receptora e transmissora, que opera sem bateria, uma vez que é alimentado por indução pela antena do sistema que esta localizada na parte externa do comutador de ignição e contém um código secreto. (VOLKSWAGEM AUTOMOTIVE, ----)

### **2.2.2 Unidade de comando do imobilizador**

Tem a função de reconhecer os códigos do *transponder*, com a chave na ignição e da unidade de comando do motor, permitindo ou não o funcionamento do veículo (VOLKSWAGEM AUTOMOTIVE, ----)

### **2.2.3. Tipos de Imobilizadores**

#### **Código Fixo**

Nos imobilizadores com código fixo o *transponder* possui um código fixo de 32bits, podendo gerar  $4,29 \times 10^9$  combinações possíveis.

#### **Código rotativo**

Já os imobilizadores com código rotativo, neste caso, cada vez que a ignição for ligada, é gerado um novo código de 32 bits utilizando-se para isto sempre a mesma fórmula matemática. Podendo-se obter  $4,29 \times 10^9$  combinações possíveis, em cada mudança de código.

Este tipo de processamento do código pode ser feito pelo *transponder* ou pela unidade de comando do imobilizador.

#### **Código Criptografado**

Os imobilizadores por código criptografado é o sistema para veículos nacionais que possuem imobilizadores. O *transponder* possui dois códigos, sendo que o primeiro

é um código de 32 *bits*, que é a identificação do *transponder* e o segundo é um código de 96 *bits*. Com este sistema é possível obter  $7,92 \times 10^{27}$  combinações. (VOLKSWAGEN AUTOMOTIVE, ----)

#### **2.2.4. Antenas**

A antena tem a função de energizar o *transponder* para o envio do código, e receber o código do *transponder* e em seguida enviar para a central eletrônica se o código está correto ou não.

Uma vez que a antena tem a necessidade (por imunidade eletromagnética, pelas pequenas dimensões e por um campo ilimitado de ação do *transponder*) de estar próxima ao *transponder*, a mesma é montada de forma coaxial com o comutador de ignição. (FIAT AUTOMOTIVE, ----)

#### **2.2.5. Funcionamento do sistema**

O sistema de imobilizadores pode ser distinguido por três fases de funcionamento. Estas fases são denominadas: Reconhecimento do *transponder*, reconhecimento da chave e desbloqueio do motor. (CUARDENO DIDACTICO, ----)

##### **Reconhecimento do *transponder***

O processo começa quando o *transponder* emite um sinal para o módulo imobilizador, mostrando a sua predisposição para iniciar a transmissão do código dele. Este sinal é emitido quando a unidade de controle detecta a presença do *transponder*.

Uma vez que recebido este sinal pelo módulo imobilizador, ele emite um sinal na direção do *transponder*, o que confirma a sua disposição para a recepção de código a partir deste momento.

Então o *transponder* começa a emitir seu código que serão comparados no módulo imobilizador com o código em sua memória.

## Reconhecimento da chave

Quando a chave é introduzida no comutador de arranque e na posição de contato, ela emite um código mediante por um transmissor por RF (radio frequência). Este código é recebido pela unidade de leitura e transmitido para o módulo imobilizador.

O sinal é interpretado pelo módulo convertendo em um código, e verifica se este está na memória do módulo.

## Desbloqueio do motor

A liberação para a partida do motor ocorre uma vez que tenha sido reconhecido o código da chave, e do *transponder*.

O módulo imobilizador emite então um sinal de desbloqueio informando que o *transponder* esta em disposição para o funcionamento do motor.

Se a transmissão final não ocorrer, por causa de alguma presença de código errado ou por alguma falha no sistema imobilizador, o motor não funcionará. A partir deste momento o sistema bloqueará o sistema sendo impossível o arranque do motor. (CU-ARDENO DIDACTICO, ----)

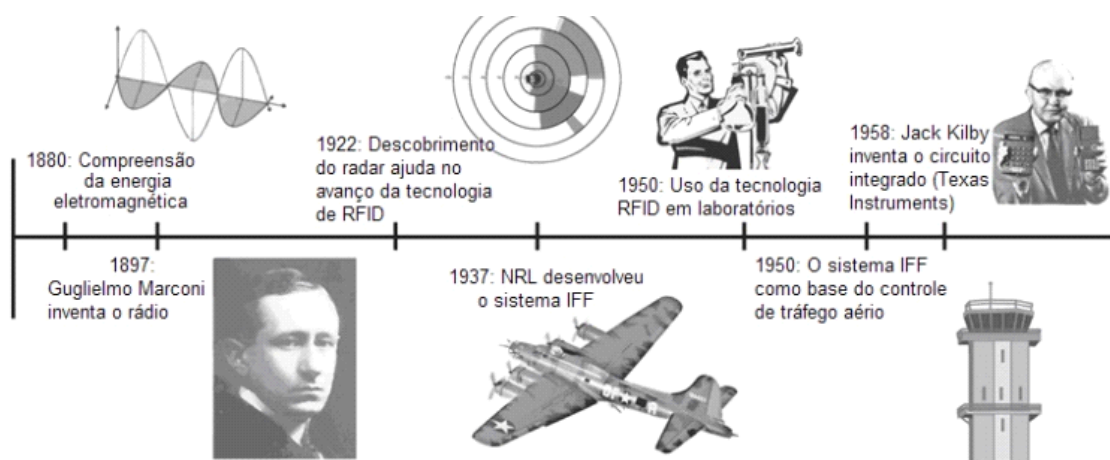
## 3. Tecnologias RFID

Com a evolução da tecnologia, a identificação por radio frequência vem se mostrando uma nova geração de sistemas de identificação. Esta tecnologia traz consigo características bem eficientes como um menor tempo de reconhecimento, menos falhas e principalmente um controle na segurança e no fluxo da informação muito grande.

Atualmente este tipo de solução esta condicionado por barreiras do tipo estrutural, financeira e principalmente física. Estas barreiras estão sendo direcionadas para novos patamares com os processos de padronização e uniformização. Com isso permitem o uso desta tecnologia em escala global, e ainda por cima permite a diminuição do custo da tecnologia. (FINKECZELLER, 2003).

### 3.1. Evolução

A Figura 5 mostra como e quando foi ocorrendo mudanças na tecnologia de reconhecimento por RF. Já em 1937, antes do início da segunda guerra mundial, as forças armadas norte-americanas tinham problemas com o reconhecimento de alvos que se encontravam no solo terrestre, marítimos e aéreos. Diante deste problema as forças armadas norte-americanas desenvolveram um método de identificação conhecido como *Identification Friend-or-Foe* (IFF), que dava as forças armadas norte americanas a possibilidade de identificar aeronaves aliadas. (SHAHRAM, 2005)



**Figura 5 - Desenvolvimento dos sistemas de identificação por radio frequência. (FIN-KECZELLER, 2003)**

O RFID vem ganhando forças devido à redução de custos de implantação da tecnologia e principalmente do controle do tempo em linhas de produção. A filosofia *Just in Time* favoreceu muito início da utilização desta tecnologia, pois é possível verificar detalhadamente os tempos que o produto ficou em cada processo e a partir disto programar melhorias neste processo para que o torne mais eficaz.

### 3.2. Aplicações da tecnologia RFID

A identificação por RF pode ser aplicadas em varias área produtivas como o controle de acesso, lavanderia, controle de tráfego de veículos, monitoramento de bagagens em aeroportos. A Tabela 1 apresenta as aplicações mais comuns da tecnologia de RFID, onde neste trabalho haverá um maior foco no setor automotivo.

**Tabela 1 - Aplicações mais comuns da tecnologia de RFID (FINKECZELLER,2003)**

Controle de acesso	Identificação de animais
	
Controle de bagagens em aeroportos	Financeiras
	<div>  <div> Pagamentos/Compras:  -Tickets Alimentação  -Cartões de crédito  -Passagens de transporte coletivo urbano etc. </div> </div>
Sistemas anti-furto e pedágio	Lojas de souvenirs
	
Rastreamento de documentos e produtos	Esportes
	

### 3.2.1. Área automotiva

O RFID é aplicado no setor automotivo em sistemas antifurto. Estes dispositivos passivos com aplicação no setor automotivo são desenvolvidos desde a década de 90. Um exemplo prático é o imobilizador eletrônico, um *transponder* que se encontra juntamente com a chave do veículo. Neste *transponder* podem ser armazenados dados referente à chave correta para cada veículo, quantas chaves este sistema pode aceitar, e informações pessoais caso o veículo tenha sido obtido por meio de encomenda ou personalizado. O sistema com *transponder* gera um sinal encriptado para um micro controla-

dor responsável por verificar esse código e liberar a partida do veículo caso o código esteja correto.

Para outra aplicação temos a instalação de *transponders* ativo no pára-brisa do veículo, a fim de abrir o portão da garagem, a partir do mesmo sistema de codificação. Ainda nesse contexto, encontra-se a aplicações em estacionamentos comerciais onde essa é uma tecnologia adequada por reduzir custos operacionais, eliminar congestionamentos, e fornecer informações específicas sobre cada veículo, além de outras aplicações possíveis.

O uso da tecnologia de RFID para controlar o abastecimento de frotas de ônibus ou transportadoras é muito utilizado também, fixando-se um *transponder* passivo ou ativo na entrada do tanque de combustível do veículo, cujo há um código único e identificado por um dispositivo de leitura instalado no bico da bomba de combustível, que libera ou não o abastecimento do veículo. Outro exemplo são os pedágios, que se utilizam desta tecnologia para controlar através de créditos qual distancia o certo veículo circulou e por onde ele passou. (OLIVEIRA, ALESSANDRO , 2006)

### **3.3. Comparação entre métodos automáticos de identificação**

O uso desta tecnologia de identificação (*auto-ID*) esta crescendo a cada dia e passa a se tornar parte indispensável para a vida diária da sociedade. A base para o desenvolvimento desta tecnologia de auto identificação foi o código de barras, hoje em qualquer produto, por exemplo, há um código de barras. Cada tipo de tecnologia de identificação tem suas vantagens e desvantagens como discutido a seguir.

Na Tabela 2, mostra-se uma comparação e um resumo dos atributos qualitativos e quantitativos entre os principais métodos de auto identificação como relação à quantidade de dados que podem ser armazenados, segurança da aplicação, custo, vida útil e interferências do meio.

**Tabela 2 - Parâmetros para comparação entre tecnologias de auto identificação (FIN-KECZELLER, 2003)**

<b>Parâmetros de comparação</b>	<b>Código de Barras</b>	<b>Cartão de contato</b>	<b>RFID - Passivo</b>	<b>RFID - Ativo</b>
<b>Modificação dos dados</b>	Não	Sim	Sim	Sim
<b>Segurança dos dados</b>	Baixa	Alta	Variável (Baixo – Alto)	Alta
<b>Quantidade de dados</b>	- linear: 8-30 caracteres - 2D: 7.200 caracteres	Acima de 8 MB	Acima de 64 kB	Acima de 8 MB
<b>Custo</b>	Poucos centavos de dólar ou fração de centavo por item	Pouco mais de US\$1,00 por item	Médio, pouco menos de 25 centavos de dólar por item.	Muito alto, de US\$10,00 a US\$100,00 por item.
<b>Padronização</b>	Estável e padronizado	Proprietário e não padronizado	Não proprietário e evoluindo para uma padronização	Proprietário e evoluindo para um padrão aberto.
<b>Tempo de Vida</b>	Pequeno	Longo	Indefinido (depende da qualidade do <i>tag</i> )	3-5 anos dependendo da bateria de alimentação
<b>Interferência</b>	Barreira óptica - sujeira ou objetos obstruindo a visada do laser	Bloqueio do contato	O meio ambiente pode afetar os campos e a transmissão das ondas de rádio	Barreiras ilimitadas desde que o sinal do <i>tag</i> seja forte e livre de ruído.



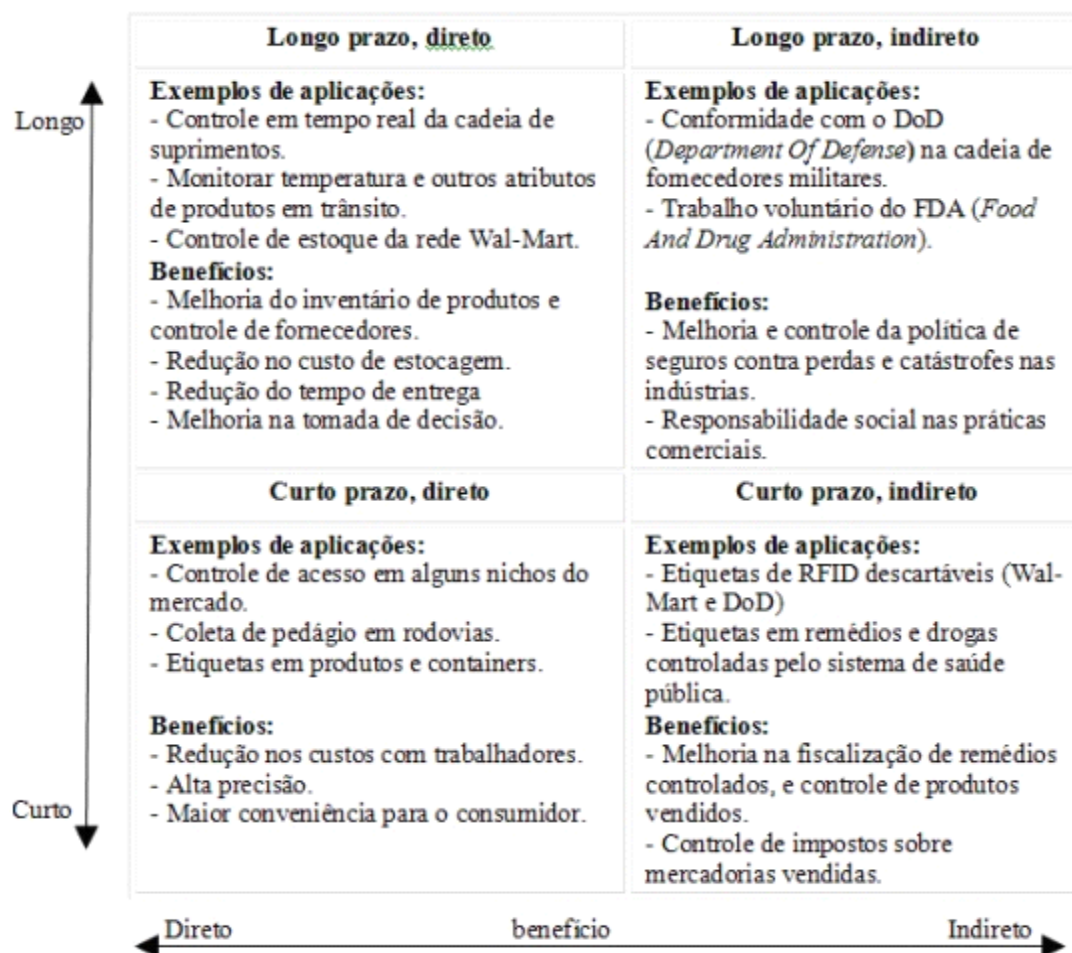
**Tabela 3 - Comparação entre tecnologias de auto identificação.(FINKECZELLER, 2003)**

Controle de acesso / identificação	Vantagens	Desvantagens
Chave metálica		
	Não necessita de energia para seu funcionamento. Muito simples de usar.	Pode ser copiada facilmente.
Chave de Combinação		
	A combinação pode ser alterada facilmente. Não há chave para ser perdida ou roubada.	Custo mais alto em relação a chave metálica.
Cartão perfurado		
	Não é fácil de ser copiado como a chave metálica.	Tecnologia antiga e com baixa flexibilidade. Pode ser copiado.
Cartão magnético		
	Difícil de ser copiado. Disponibilidade de leitores no mercado com baixo custo.	Pode ser danificado com o uso, é necessária a instalação de uma infraestrutura para esta aplicação.
Contact Smart-Card		
	Possibilidade de aplicar o mesmo cartão em várias atividades. Maior segurança quando comparado a fitas magnéticas.	Custo mais alto que um cartão magnético.
RFID TAGs		
	Todas as vantagens dos <i>contact smart cards</i> , porém com a vantagem de não necessitar de contato físico. O chip fica embutido e protegido garantindo maior vida útil.	Possui o custo mais alto entre os mecanismos citados.

### **3.4. Vantagens do uso da tecnologia RFID**

Os benefícios que esta tecnologia traz pode caracterizar-se quanto a tangibilidade, que pode ser direta ou indireta, e principalmente pelo tempo, que pode se relacionar

com curto prazo e longo prazo. Abaixo há uma figura mostrando detalhadamente os pontos mencionados. A comparação abaixo é muito importante para a tomada de decisão de programar o uso desta tecnologia no mercado ou na indústria. (OLIVEIRA, ALESSANDRO, 2006)

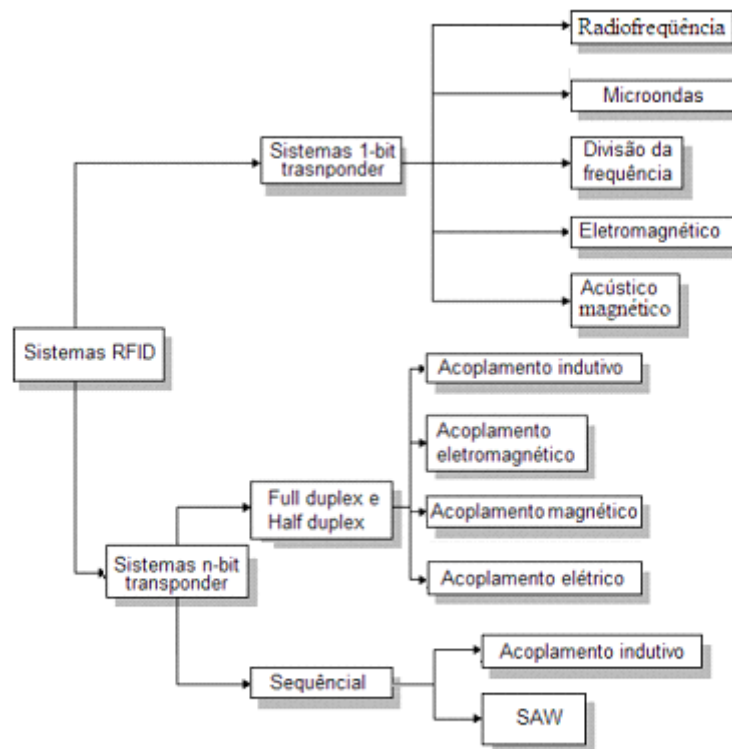


**Tabela 4 - Relação tempo versus benefício para a utilização da tecnologia RFID. (FINKECZELLER, 2003)**

### 3.5. *Princípios de funcionamento*

"Os sistemas RFID se classificam em duas categorias: 1-bit *transponder* e n-bit *transponder*. O sistema 1-bit *transponder* funciona, por meio de fenômenos físicos e se subdividem em 5 categorias: por radio frequência, micro-ondas, divisão de frequência, efeito eletromagnético e por efeito acústico-magnético. Os sistemas n-bit são subdivididos conforme o mecanismo de transmissão de dados; neste tipo de sistema há, de fato, um fluxo de dados entre o *transponder* e o dispositivo de leitura". A Figura 6 apresenta

esta classificação dos diferentes tipos de sistemas de RFID. Nessa figura, também estão indicadas as seções deste capítulo que tratam de cada um dos tipos de RFID (FINKECZELLER,2003).



**Figura 6. Classificação dos sistemas RFID quanto ao princípio de funcionamento.**  
(FINKECZELLER, 2003)

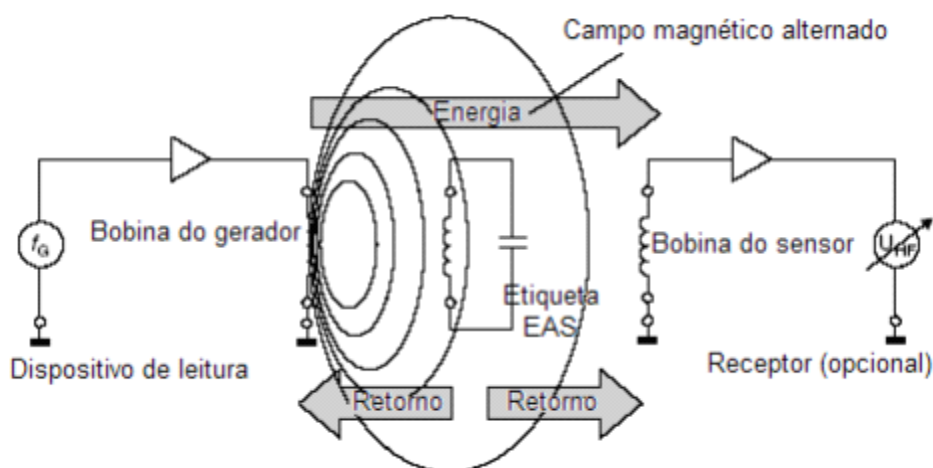
### 3.5.1. Sistemas 1 bit transponder

O sistema 1-bit *transponder* trabalha com apenas dois estados: ativado ou desativado. Quando o *tag* (receptor) se encontra na região que o receptor consegue fazer a leitura o *tag* se encontra no estado ativo, caso o *tag* não esteja na região de leitura do receptor este fica com o status de desativado. Dos cinco tipos desse sistema seguem a mesma ideia de identificação.

## Sistema de 1 bit por radiofrequência

O sistema por radio frequência baseia-se em circuitos ressonadores contidos nos *transponders* passivos. Neste sistema o dispositivo de leitura gera um campo magnético na faixa de RF em torno de 8,2 MHz conforme a Figura 7 (FINKECZELLER, 2003). Para que o receptor seja ativado, é necessário que o dispositivo de leitura gere uma potência adequada. Se essa potência for adequada, uma corrente no receptor será gerada. Caso a frequência dos dois dispositivos combine, o sistema ressonante responde, porém com uma atenuação no nível de tensão entre os terminais da bobina (Antena) do dispositivo de leitura. (receptor) (FINKECZELLER, 2003).

"A magnitude dessa tensão depende da separação entre as bobinas do dispositivo de leitura e do *transponder*, e do fator de qualidade Q do circuito ressoante formado pelo sistema (gerador e *transponder*)" (FINKECZELLER, 2003).

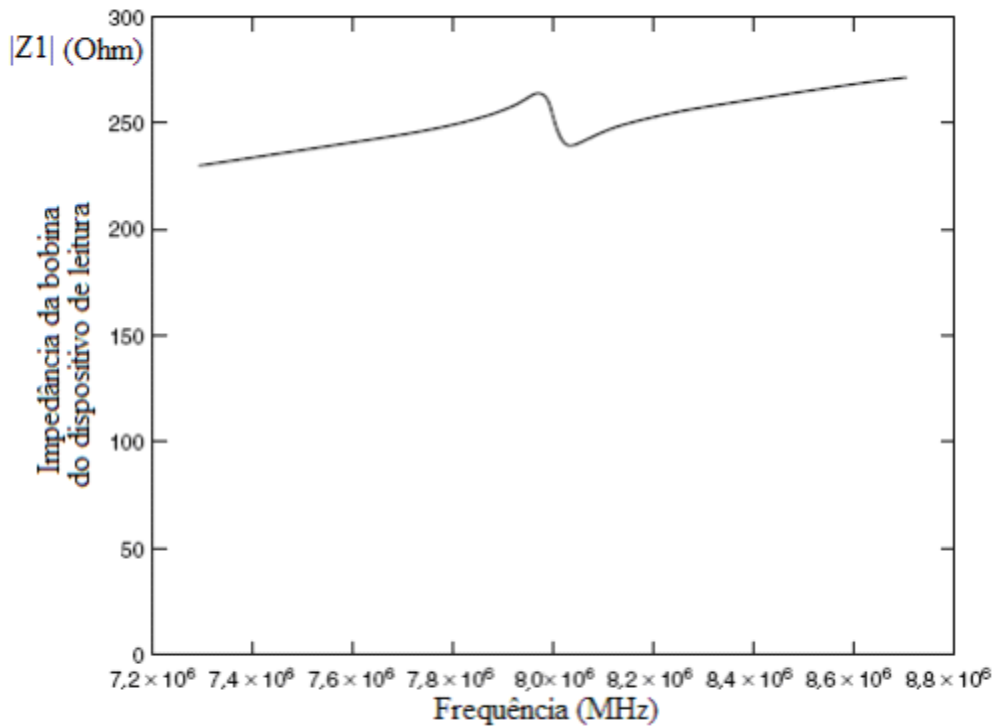


**Figura 7. Princípio de operação de um sistema 1 bit *transponder* por radio frequência (FINKECZELLER, 2003).**

Geralmente as variações na tensão da bobina do sensor e na bobina do dispositivo de leitura são baixas, com isso é mais difícil de ser detectado o sinal e por isso que o sinal deve ser livre de qualquer tipo de interferência. Nesse caso, a frequência do campo gerado varia entre um valor mínimo e um valor máximo isto faz com que o sistema comece a oscilar sempre que a frequência varrida pelo gerador corresponde à frequência

de ressonância do *transponder*, produzindo uma tensão nas bobinas do gerador e do sensor.

Essa queda de tensão é detectada e utilizada para sinalizar a presença do *transponder* na região de leitura. A Figura 8 mostra como a impedância nos terminais da bobina do dispositivo de leitura varia quando ocorre o cruzamento de frequências próximas para esse sistema, onde a frequência do campo varia entre um mínimo e um valor máximo e, no momento em que as frequências se cruzam, ocorre uma variação na impedância da bobina do dispositivo de leitura e, conseqüentemente, uma queda na tensão entre seus terminais (FINKECZELLER, 2003).



**Figura 8. Variação na impedância  $Z_1$  entre os terminais da bobina do dispositivo de leitura para o sistema 1-bit transponder por RF ( $Q=90$ ,  $k=1\%$ ) (FINKECZELLER, 2003).**

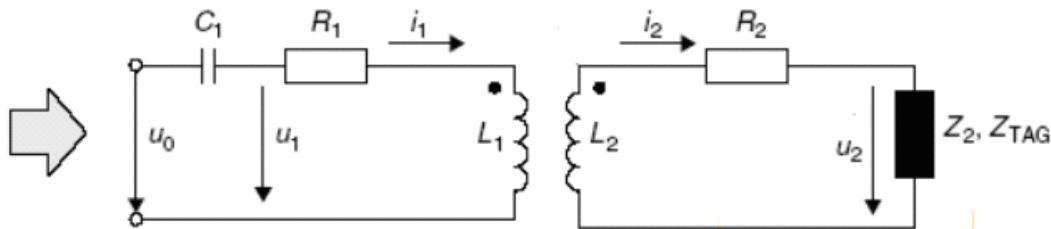
A impedância da bobina do dispositivo de leitura com a presença do *transponder* em sua área de atuação é dada pela equação 3.1 que é modelada a partir da figura 7 (FINKECZELLER, 2003).

$$Z_1 = R_1 + j\omega L_1 + Z_t \quad (3.1)$$

Na qual:

$$Z_t = \frac{(\omega \cdot k)^2 \cdot L_1 \cdot L_2}{R_2 + j\omega L_2 + \frac{R_l}{1 + j\omega L_1 C_2}} \quad (3.2)$$

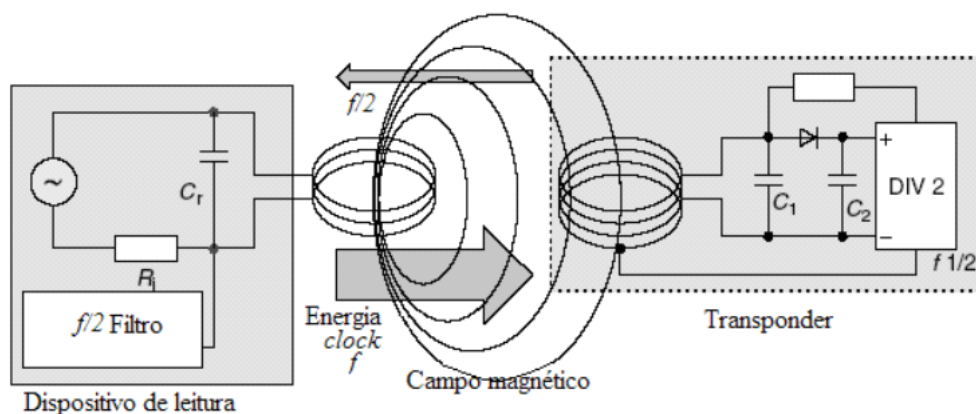
- $Z_l$  é a impedância nos terminais da bobina do dispositivo de leitura.
- $R_l$  é a resistência do enrolamento da bobina do dispositivo de leitura.
- $R_2$  é a resistência do enrolamento da bobina do *transponder*.
- $L_1$  é a indutância da bobina do dispositivo de leitura.
- $L_2$  é a impedância da bobina do *transponder*.
- $C_2$  é a capacitância contida no circuito do *transponder*.
- $k$  é o coeficiente de acoplamento.
- $\omega$  é a frequência angular gerada no dispositivo de leitura.



**Figura 9. Modelo do circuito elétrico para sistema 1 bit transponder por RF (FINKEC-ZELLER, 2003)**

### **Sistema 1 bit *transponder* por divisão da frequência**

Este tipo de sistema opera em uma faixa de frequência: entre 100 Hz a 135,5 kHz. O *tag* é constituído um micro chip que divide a frequência da portadora por 2 e retransmite o sinal para o dispositivo de leitura para que seja feita a identificação e execução da aplicação, um circuito ressonador e uma bobina.



**Figura 10. Sistema de 1 bit *transponder* por divisão de Frequência (FINKECZELLER, 2003).**

O microchip no *transponder* recebe a sua alimentação a partir do campo magnético do dispositivo de leitura. A frequência na bobina é dividida por dois pelo microchip e enviado de volta para o dispositivo de leitura.

O campo magnético do dispositivo de leitura é pulsado a uma frequência mais baixa (modulado por ASK) para melhorar a taxa de detecção. De forma semelhante ao procedimento para a geração de harmônicos, a modulação da onda portadora (ASK ou FSK) é mantida a metade da frequência (sub-harmônica). Isto é usado para diferenciar entre a "interferência" e o sinal útil. Este sistema praticamente exclui falsos alarmes.

### **Sistema 1 bit por efeito eletromagnético**

O sistema por efeito eletromagnético utiliza campo magnético na faixa de 10 Hz até 20 kHz. Os *transponders* são constituídos por uma fita delgada de material magnético amorfo, cuja curva típica de histerese deve ser semelhante ao Figura 8. Quando esta fita é posta a um intenso campo magnético o seu fluxo magnético aumenta de uma maneira não linear até um ponto conhecido com ponto de saturação, onde não há como alinhar o material magnético com o mesmo sentido do fluxo devido a todos seus componentes já estarem alinhados. No momento em que há a inversão nesse fluxo magnética, a desmagnetização do material se torna mais difícil, pois todos os seus componentes já estavam saturados para outra direção do fluxo magnético e por esse motivo que a desmagnetização após a saturação do material se torna mais lenta com a atenuação da

intensidade do campo magnético. Com isso é possível produzir componentes harmônicos na frequência de operação do *transponder*.

### 3.5.2. Sistemas n-bit *transponder*

Nesse sistema já é possível ter uma comunicação e transmissão de dados entre o dispositivo de leitura e o *transponders*. Esse sistema pode tanto ser passivo como ativo e a transmissão de dados entre eles podem ser do tipo *full duplex*, *half duplex* ou sequencial.

Na transmissão de dados *full duplex* (FDX), a informação é enviada ao mesmo tempo nos dois sentidos, e com isso não se tem perda de tempo com *turn-around* (operação de troca de sentido de transmissão entre os dispositivos). Esse tipo de canal *full-duplex* com a mesma taxa de transmissão envia mais informação em um menor tempo do que um canal *half-duplex*. Já na transmissão *half duplex* (HDX), a informação é enviada nos dois sentidos, porém não ao mesmo tempo, ou seja, um dispositivo “A” transmite, enquanto um dispositivo “B” recebe. E logo após o dispositivo “B” transmite e o dispositivo “A” recebe. O *turn around* é conhecido como o momento de troca entre o dispositivo se tornar de transmissor para receptor e vice versa. E o tempo que demora essa transição é chamado de *turn-around time*.

Na transmissão sequencial tanto a energia quanto os dados não são enviados continuamente, mas sim por períodos de tempo (pulsos), o que é diferente para o tipo de transmissão FDX e HDX que os dados e a energia são enviados continuamente.

Na Figura 11 é possível verificar com ocorre o fluxo de dados em cada tipo de transmissão;

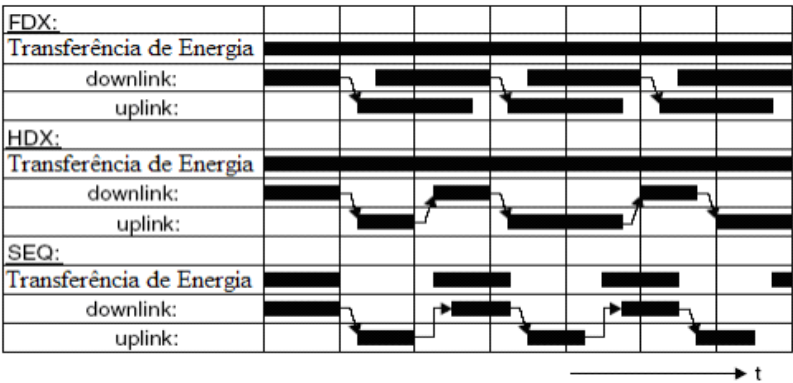


Figura 11. Representação da transmissão *full duplex*, *half duplex* e sequencial (FIN-KECZELLER,2003).



### **3.6. Faixas de frequências utilizadas pelos sistemas RFID**

Sistemas RFID produzem e radiam ondas eletromagnéticas, portanto são classificados como sistemas de RF. Contudo, é preciso determinar a faixa de espectro de frequência para que não ocorram interferências em outros serviços e nem outros serviços interfiram o sistema de RFID. “Por esta razão, utilizam-se, em geral, frequências que foram reservadas especialmente para aplicações industriais, tais frequências são conhecidas como faixa de frequência ISM (*Industrial-Scientific-Medical*) as quais também podem ser utilizadas para aplicações em RFID”. Na tabela 5 estão algumas definições das frequências conforme sua respectiva frequência.(CRISTONE, 2012).

<b>Frequência</b>	<b>Descrição</b>
9 a 132 kHz	Baixa frequência (LF)
6,78 MHz	Frequência ISM
13,56 MHz	Alta Frequência (HF)
27,125 MHz	Alta Frequência (HF)
433, 92 MHz	Muito Alta Frequência (VHF)
869 MHz	Ultra Alta Frequência (UHF)
915 MHz	Ultra Alta Frequência (UHF)
2,45 GHz	Microondas
5,8 GHz	Microondas
24,125 GHz	Super Alta Frequência (SHF)

**Tabela 5. Distribuição das frequências para sistemas RFID. (FINKECZELLER, 2003)**

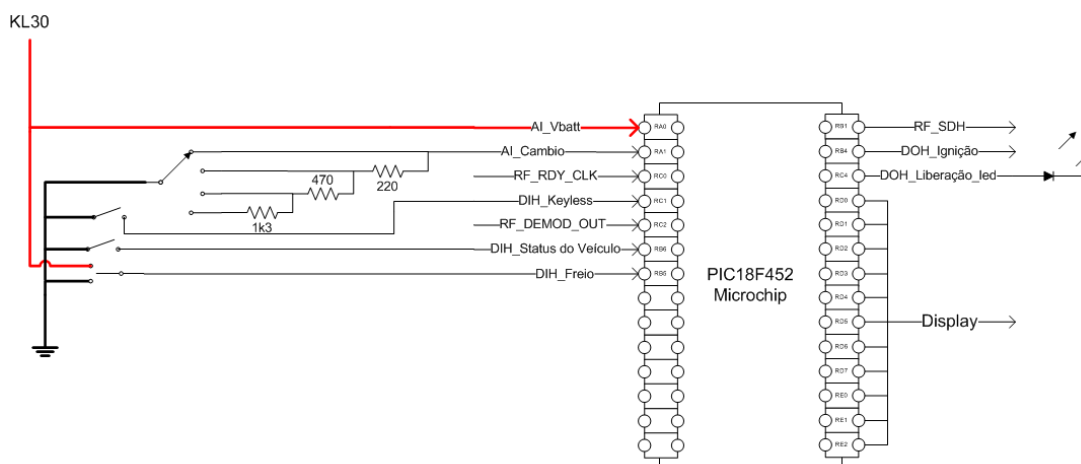
### **3.7. Metodologia de confecção do hardware**

A partir deste capítulo, serão mencionados como foi realizado o hardware para testar o projeto. A ideia de simular um controle capaz de identificar o proprietário do nasceu junto com o curso de eletrônica automotiva. Tendo em vista o aumento contínuo de sistemas eletrônicos embarcados e o aumento de furtos de veículos. Com este intuito, foi iniciado, o estudo teórico e a aplicação prática do que já tem nos veículos. Descreve-se a seguir, como foi realizada a confecção deste hardware, os circuitos eletrônicos utilizados, as ferramentas utilizadas e a ideia proposta neste projeto.

### 3.7.1 Descrição geral

Foi estabelecido para o desenvolvimento deste hardware a utilização de uma antena para a uma frequência de 125kHz, rfid serial reader (*GRAND Idea Studios, 2012*). A princípio, a ideia era reconhecer qualquer tipo de *tag* com essa frequência. Após ter sucesso nesta primeira etapa, a ideia foi simular alguns estados do veículo para a partir desses estados dar partida no MCI do veículo. Sinais como pedal do freio e cambio na posição N foram utilizados para simular *features* desse sistema de *keyless start*. Portanto, a primeira versão, foi montada em *protoboard*, condições não muito favoráveis para a realização dos testes.

A seguir na Figura 12 será apresentado o diagrama de blocos dessa versão, que representa a ideia geral do projeto.



**Figura 12 - Diagrama de funcionamento.**

Esse diagrama exemplifica bem a ideia do projeto, onde é possível verificar como funcionarão os sinais externos. Os *inputs* e *outputs* de RF vistos do diagrama acima são sinais que vem do CI EM4095 que serão descritos no decorrer do projeto. Todos os sinais e informações necessárias serão enviados a um Display para situar o condutor do que esta ocorrendo e o que é necessário para que a partida do motor seja realizada.

A seguir será descrito com detalhes a função e a composição de cada um dos blocos existentes no sistema.

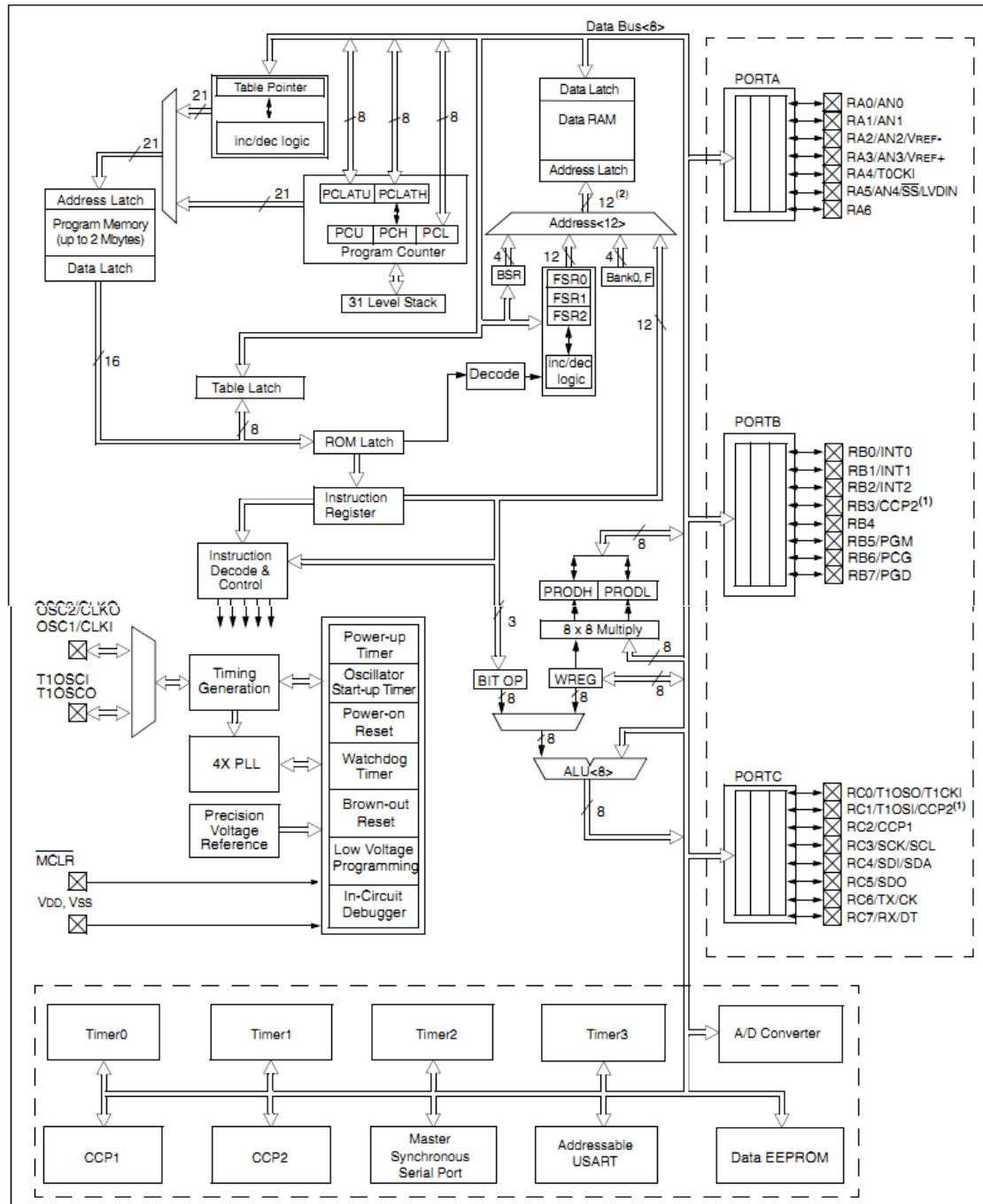
### Descrição dos pinos

Port uC	Nome	Descrição
A0	AI_Vbatt	Verifica o Nível da Bateria
A1	AI_Cambio	Verifica o estado do cambio
B1	RF_SDH	Indica para o CI EM4095 que a antena deve ser acionada
B4	DOH_Ignição	Saída Digital que aciona o rele de partida
B5	DI_Freio	Verifica o estado do freio
B6	DIH_Status_do_Veículo	Verifica se o veículo está com o motor ligado
C0	RF_RDY_CLK	Clock de sincronização para o sinal RF_DEMOD_OUT
C1	DIH_Keyless	Verifica se o botão de Partida foi pressionado
C2	RF_DEMOD_OUT	Sinal Demodulado enviado pelo CI EM4095
C4	DOH_Liberacao	Led Sinalizador de reconhecimento do Cartão
D	Display	Conexão do Display ao micro controlador
E	Display	Conexão do Display ao micro controlador

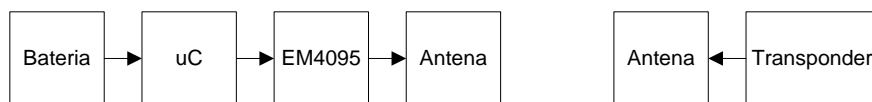
### 3.7.2 Descrição geral dos Blocos

Para os blocos mencionados anteriormente foi escolhido, para esta primeira versão, o microcontrolador PIC18F452 que apresenta uma memória de programa de 32k *bytes*, memória de dados de 1536 *bytes*, memória EEPROM de 256 *bytes*, conversor analógico/digital com resolução de 10 *bits*, suporte para oscilador de até 40 MHz ou 10 MHz com modulo PLL(*Phase Locked Loop*) multiplicador de até 4x, suporte para protocolo SPI, suporte para protocolo I2C, suporte para protocolo USART, dois módulos de comparação/captura/PWM, quatro *Timers* e 18 fontes de interrupção (MICROCHIP, 2002), e além de apresentar todas essas funções, o motivo pela utilização deste microcontrolador foi justamente a experiência adquirida no decorrer do curso que foi de grande importância para a realização deste projeto. Caso fosse escolhido algum outro microcontrolador da freescale ou renesas, por exemplo, haveria uma necessidade maior de estudos do microcontrolador adotado e isso demandaria muito tempo.

**FIGURE 1-1: PIC18F2X2 BLOCK DIAGRAM**



**Figura 13 - Diagrama de Blocos do PIC18FXX2**



**Figura 14 - Diagrama em Blocos do Projeto**

### 3.7.2.1 CI EM4095

Este bloco se baseia no chip EM4095, um circuito transceptor projetado para aplicações RFID e que se comunica com microcontroladores por uma interface simples. Este circuito integrado oferece as seguintes funções: antena com frequência de portadora, modulação por amplitude de campo para o *transponder* gravável e demodulação por amplitude da modulação do sinal de antena induzida pelo *transponder*. Na figura 15 é possível ver a montagem para utilizar esse chip somente para leitura de *tags*.

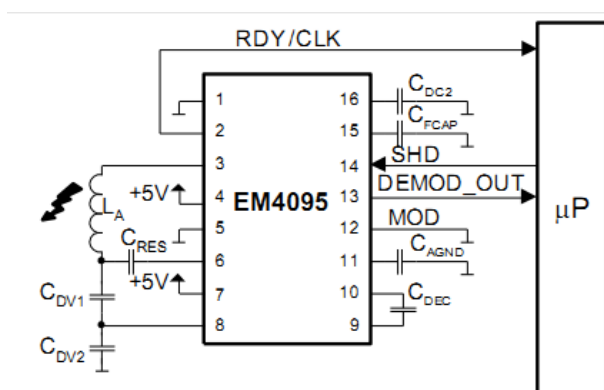


Figura 15 - Diagrama do Bloco EM4095 (GRAND IDEA STUDIOS, 2012)

Este dispositivo é controlado pela lógica do pino 14. Quando ele está em nível lógico alto o dispositivo entra em estado de *sleep mode* onde o consumo de corrente é mínimo. Quando o pino 14 é posto para nível lógico baixo, a antena é energizada e o processo de demodulação é iniciado quando algum *tag* se aproximar da antena. Um sinal digital resultante da demodulação por amplitude é liberado no pino 13 do dispositivo para a leitura e processamento do microcontrolador.

Outro sinal importante deste dispositivo é sinal do pino 2 (RDY/CLK), onde o sinal é enviado ao microcontrolador com o sinal de *clock* sincronizado com o sinal no pino 6 “ANT1” e com a informação do estado interno do EM4095. No momento que o sinal começa a ser transmitido no ANT1, ele também é colocado no pino RDY/CLK indicando para o microcontrolador que ele pode começar a observar o sinal do DEMOD\_OUT e receber a mesma referência de *clock*.

Para essa primeira aplicação, este dispositivo foi utilizado somente para a leitura, portanto no pino 12 (MOD) foi adotado um *Pull down* de 100kΩ simplesmente para realizar a leitura e enviar para o processamento do micro controlador.

### 3.7.2.2 Sistema de Controle (Integração)

Nesse bloco do projeto foi utilizado um software base capaz de ler o sinal modulado gerado pelo bloco do EM4095, e uma implementação a mais capaz de verificar as condições do veículo que possibilitarão a partida do veículo ou não.

O software desse projeto é baseado em *steps* para facilitar o processamento do microcontrolador e não gerar atrasos ou até mesmo perdas no processamento. O primeiro *step* o software verifica se o veículo já está ligado, pois não é possível dar uma “segunda partida” no veículo com ele já em estado de funcionamento. Já o segundo *step* é dedicado para a verificação de todos os estados do veículo, como o estado do câmbio, do freio e nível de bateria. Após essa leitura, é verificado se o botão de *keyless* foi pressionado, caso esta operação tenha sido realizada a antena será ligada e o microcontrolador irá capturar, processar, e irá verificar se o *tag* apresentado consta na sua base de dados. Se o valor do *tag* estiver na base de dados, o software irá ativar um *bit* em uma estrutura do tipo *type struct*. O próximo *step* ele irá chegar todos os *bits* dessa estrutura e caso alguma esteja em nível lógico baixo, ele enviará uma mensagem para o *display* dizendo qual inconformidade foi encontrada para que o veículo não possa completar a operação. Depois dessa mensagem o software retorna para a leitura de todos os estados do veículo, até que todas as condições estejam corretas e seja possível dar a partida no veículo. Quando o veículo entrar em estado de funcionamento, o software entrará em *sleep mode*, pois ele depende do sinal do veículo desligado para fazer todo o processamento.

### 3.7.3 Circuitos Condicionadores

Como mencionado anteriormente, para a realização deste tipo de ação no veículo, é necessário receber informações sobre as condições atuais do veículo. Essas informações são tratadas pelo microcontrolador através de circuitos condicionadores de sinais e, a partir do tratamento das informações recebidas o microcontrolador tomará as decisões corretas para cada tipo de condição.

Todos os circuitos no projeto estão dimensionados para que em qualquer situação não haja nenhum problema com algum componente devido a curto circuitos, e isto foi realizado com um *clamp* para 5V (Volts) com um diodo.

### 3.7.3.1 Entradas Analógicas

#### Leitura do Cambio

O objetivo deste circuito é permitir que o veículo de a partida somente na condição de Neutro do veículo. Caso o veículo não esteja nesta condição, será enviada para o Display uma mensagem alertando o condutor que o veículo não esta na condição correta para a partida.



Figura 16 - Erro no Cambio

Para a simulação deste tipo de sinal foram utilizadas algumas resistências para determinar qual o estado que o veículo se encontra. Sendo assim cada marcha terá sua respectiva impedância.

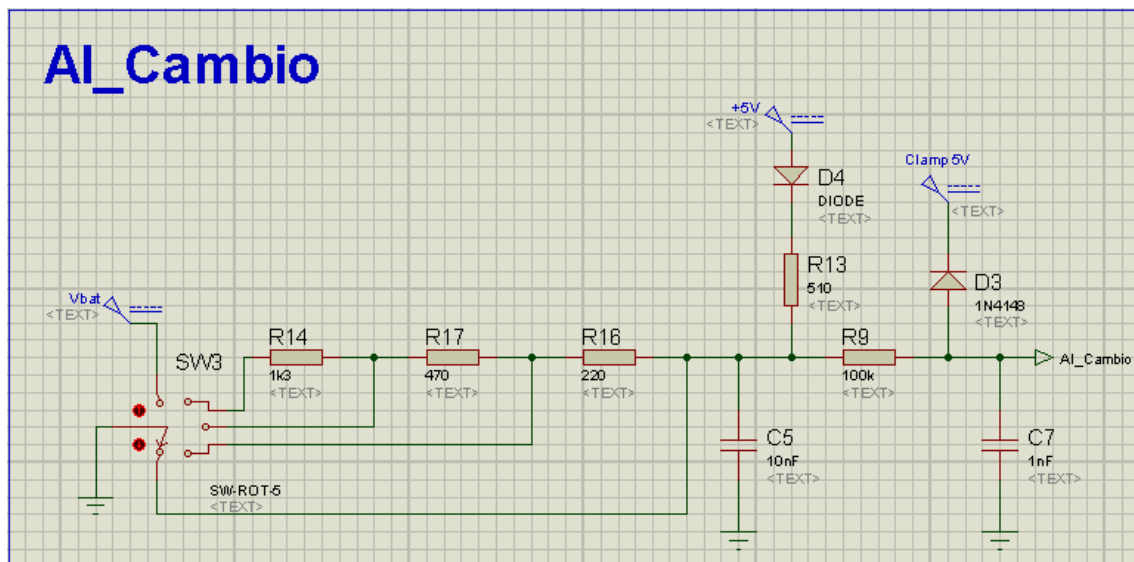


Figura 17 - Circuito para a detecção da posição do cambio

Condição	Marcha	Resistencia
1°	N	GND
2°	1	220Ω
3°	2	690Ω
4°	3	1990Ω

Onde os valores da leitura para o conversor AD do micro controlador serão:

1° Condição:

Para esta condição o input estará para GND e a tensão que o microcontrolador registrará será 0 Volts e toda a tensão do circuito ficará sobre o R13, portanto:

$$V_{R13} = (5V - 0,7V) = 4,3V \quad (3.3)$$

$$I_{R13} = \frac{4,3V}{510\Omega} = 8,4mA \quad (3.4)$$

$$P_{13} = 8,3mA \cdot 4,3V = 36,25mW \quad (3.5)$$

2° Condição:

Já esta condição o input estará com 220Ω e a tensão que o microcontrolador registrará será 1,29 Volts, portanto:

$$V_{cambio: 2^a \text{ Condição}} = \frac{(5V - 0,7V) \cdot 220\Omega}{730\Omega} = 1,29V \quad (3.6)$$

Devido ao resistor R<sub>9</sub> ter seu valor muito alto, pode-se desconsiderar que haja queda de tensão sobre ele, pois a corrente que será drenada por ele será mínima. Portanto a tensão sobre a R<sub>cambio</sub> será a mesma na entrada do micro.

Convertendo essa tensão no ADC do microcontrolador, teremos o seguinte valor:

$$Valor_{ADC} = \frac{(1,29V \cdot 1023)}{5V} = 266 \quad (3.7)$$



3º Condição:

Já esta condição o input estará com  $690\Omega$  e a tensão que o microcontrolador registrará será 2,47 Volts, portanto:

$$V_{\text{cambio: 3ª Condição}} = \frac{(5V - 0,7V) \cdot 690\Omega}{1200\Omega} = 2,47V \quad (3.8)$$

Convertendo essa tensão no ADC do micro, teremos o seguinte valor:

$$Valor_{ADC} = \frac{(2,47V \cdot 1023)}{5V} = 505 \quad (3.9)$$

4º Condição:

Já esta condição o input estará com  $1990\Omega$  e a tensão que o microcontrolador registrará será 3,42 Volts, portanto:

$$V_{\text{cambio: 4ª Condição}} = \frac{(5V - 0,7V) \cdot 1990\Omega}{2500\Omega} = 3,42V \quad (3.10)$$

Convertendo essa tensão no ADC do micro, teremos o seguinte valor:

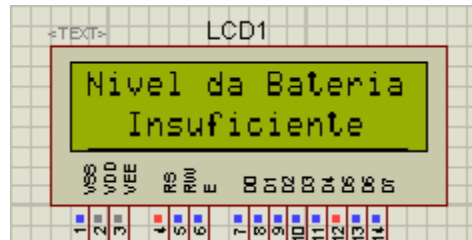
$$Valor_{ADC} = \frac{(3,42V \cdot 1023)}{5V} = 700 \quad (3.11)$$

A partir destes valores o software fará a leitura do valor, e se o valor obtido estiver no *range* de tolerância de  $\pm 10\%$  devido às tolerâncias dos componentes eletrônicos, o software tomará as decisões corretas.

### **Leitura da tensão da bateria**

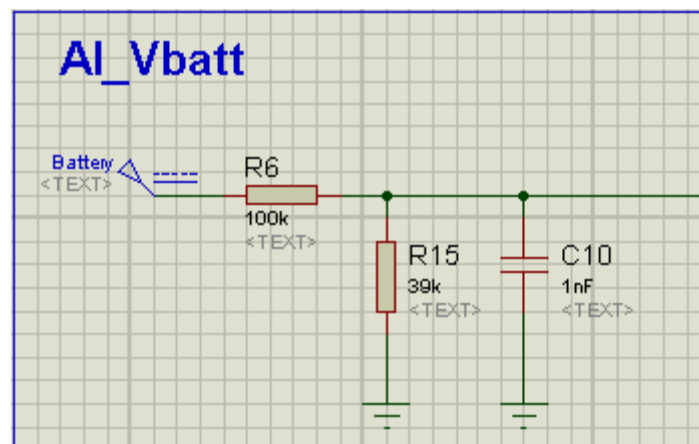
A partir deste pequeno circuito, dimensionado para variações de tensões até 16 Volts, é possível verificar o nível de tensão da bateria e ainda proteger o circuito contra algum surto na bateria.

O objetivo deste circuito é limitar a partida do veículo somente com a tensão da bateria acima de 11 Volts. Caso a bateria esteja abaixo do limite ela não permitirá a partida do veículo e informará no display a tensão da bateria para justificar o motivo pelo qual não foi dada a partida.



**Figura 18 - Erro no nível da Bateria**

Abaixo podemos verificar os valores lidos pelo microcontrolador para cada nível de tensão. Sabe-se que o conversor ADC é de 10 bits e com isso 5 Volts seria sua escala máxima de 1023.



**Figura 19 - Circuito para Leitura da Tensão da Bateria**

$V_{\text{Bateria}}$ (V)	$V_{R15}$ (V)	Valor <sub>ADC</sub>
8	2,25	459
9	2,53	517
10	2,80	574
11	3,08	631
12	3,37	689
13,5	3,78	775
14	3,92	804
15	4,20	861
16	4,48	918

$$V_{R15} = \frac{V_{Bateria} \cdot 39k\Omega}{139k\Omega} \quad (3.12)$$

$$Valor_{ADC} = \frac{(V_{R15} \cdot 1023)}{5V} \quad (3.13)$$

A partir destes valores o software permitirá a partida do veículo se o valor obtido estiver no *range* de 635 até 918 e a partir deste valor permitir que seja acionado o motor ou não.

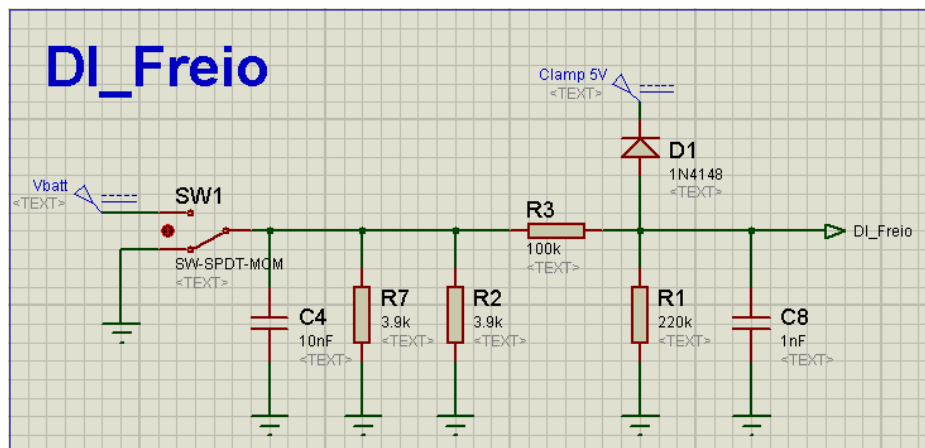
### 3.7.3.2 Entradas Digitais

#### Leitura do freio

O objetivo deste circuito é garantir mais segurança ao condutor, pois somente será permitida a partida do veículo quando o pedal do freio estiver pressionado, dizendo para o módulo que o freio esteja acionado e que a partida esta liberada. Este circuito é lido como digital e também é protegido com um *clamp* de 5V para evitar que algum problema na bateria afete o desempenho do projeto. Caso o veículo não esteja nesta condição, será enviada para o Display uma mensagem alertando o condutor que o veículo não esta na condição correta para a partida.



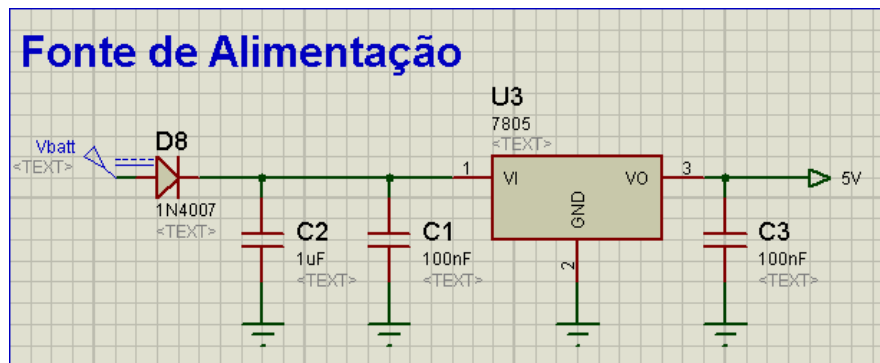
**Figura 20 - Erro na Leitura do Freio**



**Figura 21 - Circuito para a Leitura do Freio**

## Regulador de tensão

Em sistemas eletrônicos, a tensão fornecida para o sistema nem sempre é a desejada. Devido a essa deficiência, existem componentes eletrônicos que controlam essa tensão para fornecer energia para circuitos integrados que dependem de uma tensão menor. O regulador de tensão tem essa função, ele recebe uma fonte de alimentação maior e fornece a tensão desejada especificada pelo seu catálogo, dessa maneira, dissipando em potência essa energia retirada do circuito. Devido à bateria de o veículo fornecer 12 Volts ou 24 Volts para veículos comerciais, será necessário à implementação de um regulador de tensão para fornecer energia para o resto do circuito. Quando o motor entra em operação a fonte de energia passa a ser de outro gerador de energia, o alternador, que fornece uma tensão que varia de acordo com a velocidade angular do eixo da árvore de manivelas. Neste caso, esta tensão pode chegar à aproximadamente 14,9 Volts para carro e 27 Volts para veículos comerciais. Na figura 20 é ilustrado o circuito eletrônico responsável por regular a tensão de entrada da ECU.



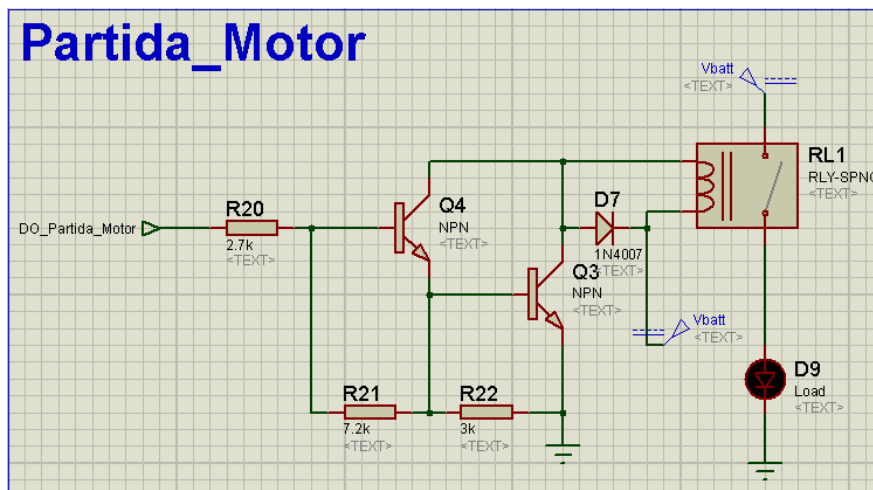
**Figura 22 - Regulador de tensão.**

Este circuito é baseado no circuito integrado LM7805. A tensão de entrada é direcionada ao terminal de entrada deste circuito integrado. Este circuito integrado é um regulador de tensão que tem capacidade de regular tensões de até 40 Volts em sua entrada para 5 Volts fixos em sua saída, além de ter uma capacidade de suportar uma corrente elétrica de até 1A (NATIONAL, 2002).

### **3.7.3.3 Saída Digital**

#### **Acionamento do Motor de Partida**

O objetivo desse circuito é gerar o acionamento do relé que dará a partida no veículo. Após todas as condições serem verdadeiras este circuito ficará ligado por 2 segundos, e caso isto não seja suficiente para dar partida no veículo, o condutor terá mais outra tentativa, desde que todas as condições sejam satisfeitas, caso a tensão da bateria esteja bem próximo do limite e na segunda tentativa a tensão ficar inferior ao limite, será enviado para o display à mensagem que a bateria esta com a tensão menor que a necessária e não será possível dar a partida no veículo.

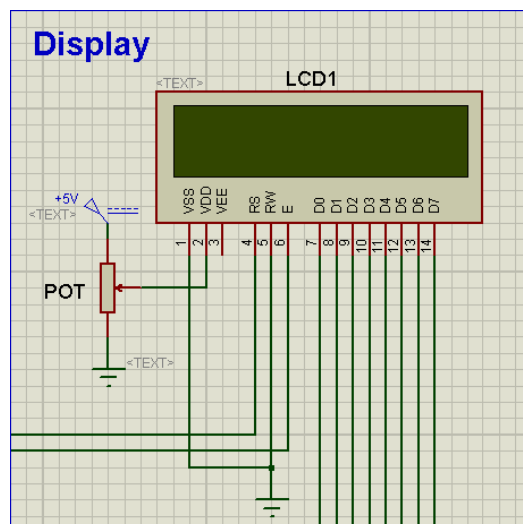


**Figura 23 - Circuito para acionamento do motor de arranque**

Para este circuito foi utilizado uma montagem *darlington* devido à corrente necessária para o acionamento do rele. Devido a tensão reversa gerada em componentes como um indutor, foi montado um diodo de *free wheel* para descarregar essa tensão reversa na própria bobina e não danificar a montagem *darlington*.

### Display de cristal líquido

Assim como os diodos emissores de luz, displays de cristal líquido são incomuns em aplicações comerciais. Porém, este atuador possui uma propriedade didática de extrema relevância em estudos voltados ao gerenciamento eletrônico de um motor. Nele poderão ser visualizadas as informações e condições que o veículo necessita estar para dar partida no motor. Este projeto possui um display de cristal líquido conectado ao bloco do PIC18F452.



**Figura 24 - Display de Cristal Liquido**

Port - Pino	Display - Pino
RE0 - 8	RS - 4
RE1 - 9	E - 6
RD0 - 19	D0 - 7
RD1 - 20	D1 - 8
RD2 - 21	D2 - 9
RD3 - 22	D3 - 10
RD4 - 27	D4 - 11
RD5 - 28	D5 - 12
RD6 - 29	D6 - 13
RD7 - 30	D7 - 14

### 3.7.4 Considerações finais

O desenvolvimento do hardware desse projeto agrega conhecimentos teóricos e práticos adquiridos no curso de Eletrônica Automotiva da Fatec Santo André. Neste capítulo foi apresentada a ideia geral do projeto, abordando sua arquitetura descentralizada (dois blocos), descrevendo detalhadamente os dois blocos integrante, os circuitos de condicionamento, todos os outros circuitos adicionais bem como as principais características dos microcontroladores utilizados.

Entre os aspectos mais importantes de um sistema embarcado estão à confiabilidade, a eficiência e o custo. No próximo capítulo serão detalhados os ensaios e os resultados obtidos, estratificando-os para um estudo comparativo entre o desejado e o realizado. Verificaremos se a meta foi atingida e quais foram às dificuldades encontradas neste projeto.

## 4. RESULTADOS E ANÁLISE DOS RESULTADOS.

A seguir são apresentados os resultados experimentais obtidos através de testes em bancada. Após a apresentação dos resultados é mostrado à análise dos resultados obtidos e as dificuldades encontradas na realização do projeto.

### 4.1. *Resultados Práticos*

Os resultados experimentais foram obtidos durante os ensaios práticos realizados em bancada. Foram realizados 5 ensaios conforme descrito nos próximos tópicos.

#### 4.1.1. Teste de circuito: Leitura do cambio

Para validar se o software estava de acordo com o proposto pelo projeto, foram realizados testes com as resistências descritas no diagrama do projeto e com variações na tensão da bateria.

Os resultados encontrados foram positivos, onde a partida do veículo era permitida somente quando o cambio se encontrada na posição N. Como o *pull up* dessa entrada do microcontrolador é de 5 Volts do regulador, qualquer variação na tensão da bateria não alterou o resultado esperado no circuito.

#### 4.1.2. Teste de circuito: Leitura do nível da Bateria

O validação desse circuito também foi por vias do software, pois o circuito por ser simplesmente um divisor de tensão, não foi necessária muita atenção para o *hardware*, porém toda a atenção para esse teste foi para o *software*.

Para todas as variações de tensão dentro do *range* descrito para o projeto a resposta do *software* tinha pouca variação do valor real para o valor que o *software* interpretou.



A partir desse resultado, é confiável que esse sistema somente irá funcionar dentro da faixa ideal e que não será necessário forçar o motor de partida do veículo e assim não acabar com toda a carga da bateria quando ela já está com a carga mínima.

#### **4.1.3. Teste de circuito: Leitura do Freio**

Para validar se este circuito estava com seu funcionamento adequado com o propósito do projeto, foi utilizado a própria simulação da chave ligada para  $V_{Batt}$  e para *Ground* para verificar se o software estava identificando as duas situações possíveis para este tipo de entrada digital.

Os resultados encontrados foram positivos, onde a partida do veículo era permitida somente quando o freio se encontrada na posição normalmente fechado.

#### **4.1.4. Teste de circuito: Acionamento do Motor de partida**

O teste desse circuito foi realizado separado primeiramente para verificar se esse tipo de montagem suportaria a corrente que seria drenada pelo rele e se algum componente dessa montagem iria ter problemas com dissipação de potência.

O resultado foi positivo para esse primeiro teste, portanto foi montada essa configuração na *protoboard* para verificar se tudo funcionaria corretamente. Como o rele de partida foi limitado para ficar ligado por apenas 2 segundos, não foi encontrado nenhum problema com a questão de dissipação.

#### **4.1.5. Teste de circuito: CI EM4095**

Esse teste foi o mais complicado do projeto, a princípio foi comprada uma antena *RFID reader Serial (GRAND IDEA STUDIOS, 2012)* que iria fazer todo o funcionamento desse bloco e não haveria problema algum, onde o microcontrolador receberia os dados do *tag* via SPI. Porém ocorreram muitos problemas com relação a este ponto, pois o dispositivo EM4095 que veio na montagem da placa estava com defeito e não gerava o sinal de RDY/CLK para a comparação de tempo no microcontrolador. Até que esse problema fosse descoberto se passou um mês. Enfim depois de um fim de semana trabalhando nisso adquirimos e substituí o dispositivo EM4095 por um novo. Após esta

substituição foi possível verificar todos os sinais necessário para que o micro controlador consiga analisar qual o *tag* esta dentro do campo eletromagnético que é gerado pela antena. O primeiro passo depois de deixar esse bloco funcionando, foi verificar os códigos gerados pelos *tags* disponíveis para o teste. Abaixo é possível verificar quais tipos de *tags* e códigos que foram gerados por eles

Cartões					
	Código do Cliente	Numero do tag			
Parallax 1	96	0	105	179	32
Parallax 2	96	0	105	53	247
Cartão 9983	246	0	106	197	56
Cartão 9982	246	0	106	116	207
Cartão 9981	246	0	106	228	195

Chaveiros					
	Código do Cliente	Numero do tag			
5675791	64	0	106	217	240
5637621	64	0	106	160	175
4954767	64	0	106	89	241
5313050	64	0	138	72	88
5499577	64	0	202	87	157
4826358	64	0	146	37	111
5719564	64	0	234	98	48
5663145	64	0	106	150	149
5581672	64	0	170	212	22

**Tabela 6 - Números de Identificação de cada Tag**

Na tabela acima as linhas que se encontram grifadas são os cartões ou chaveiros que foram utilizados nos teste para acionar a partida do veículo, já os outros tipos de cartões foram utilizados para validar todo o CI EM4095.

O próximo problema encontrado foi interferência na *protoboard*, onde depois de algumas semanas foi descoberto que na parte direita da *protoboard* havia muita interferência e todos os *tags* eram lidos e todos acionavam o motor, mesmo sem registro no software. Após deslocar o micro controlador para outra posição o circuito funcionou corretamente, acionando uma carga para exemplificar se o sistema estava correto. E após a verificação que tudo estava concretizado e funcionando só restou a alegria e satisfação de conseguir completar essa etapa do trabalho de conclusão de curso.

## 5. CONCLUSÕES

Apesar de este assunto ser um tanto quanto difícil e complicado por se tratar de estudos sobre Radio Frequência, métodos de transmissão por métodos físicos, possibilidade de interferência causada por outros meios, o desenvolvimento de novas tecnologias juntamente com a necessidade de melhoria de vida e conforto da sociedade tenta amenizar as condições atuais neste segmento propondo aplicações que dificultem o acesso ao veículo por quem não tem acesso ao veículo.

Após o desenvolvimento do projeto foi possível detectar pontos positivos e pontos que possam ser melhorados para próximos desenvolvimentos. A alta precisão desse sistema foi um ponto extremamente importante, onde nenhum outro cartão não registrado estava apto a ludibriar o sistema de reconhecimento. O fato de não precisar mais de estar com a chave do veículo também é um fator importante, pois um simples cartão fará todas essas funções. Agora um ponto que deve ser melhorado é o caso de interferências do ambiente, pois em alguns casos o projeto não funcionava na primeira leitura devido a interferências, e então na segunda leitura o *tag* voltava a funcionar. Sendo assim esse sistema com certeza trará benefícios ao sistema de reconhecimento do condutor do veículo, pois há a necessidade de reconhecimento do cartão além de vários outros estados do veículo, dificultando o acionamento de todo o Sistema.

### 5.1. *Trabalhos Futuros*

Para trabalhos futuros, deixo como uma proposta técnica o desenvolvimento de padronização de alguns itens no veículo como a temperatura do ar condicionado, volume do rádio e se possível uma espia que identifique o estilo de pilotagem mais esportivo ou mais econômico.

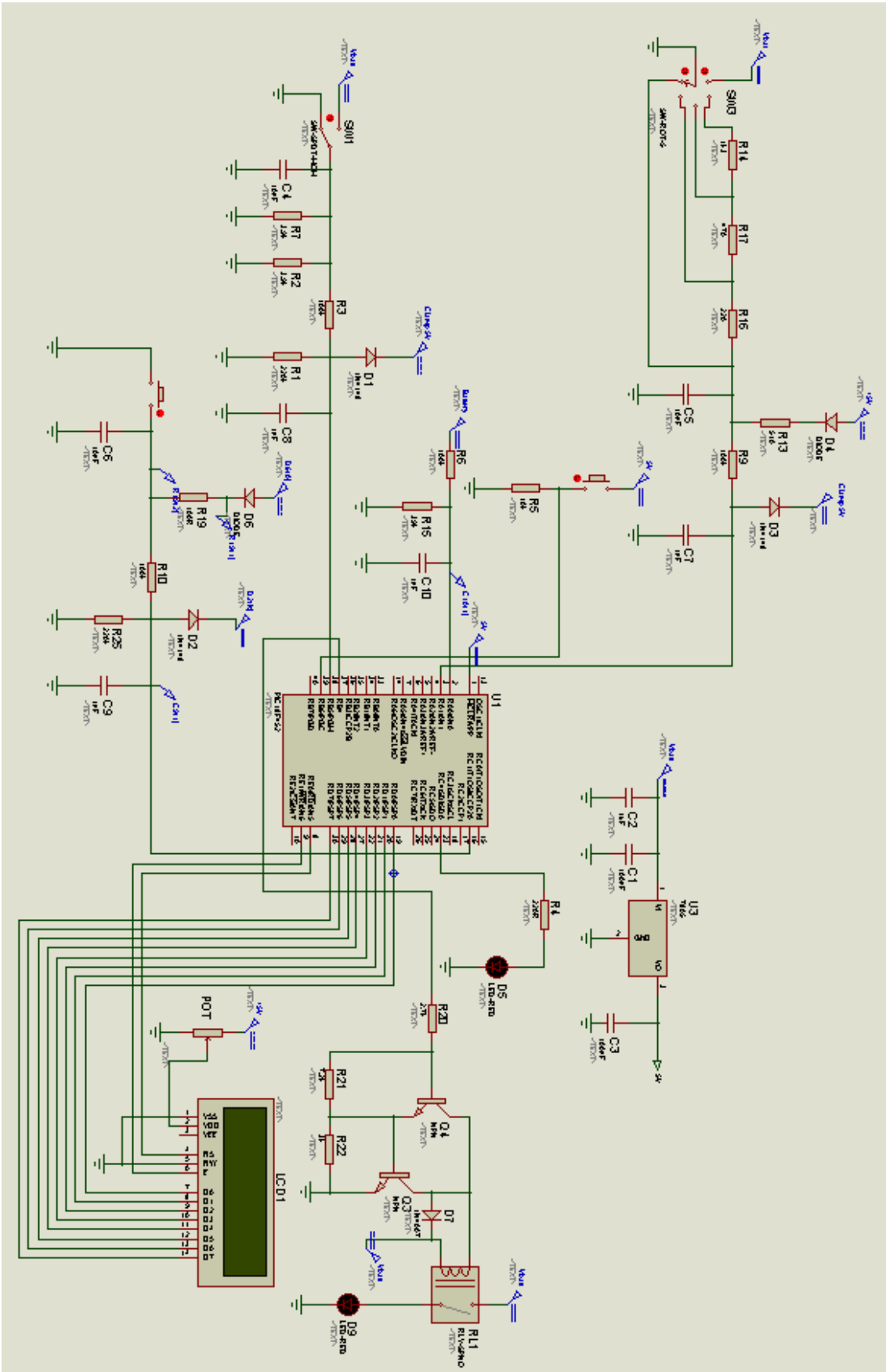
Em questão ao reconhecimento via RFID, a proposta é de montar um sistema de antena onde é possível no desenvolvimento determinar qual será o comprimento da antena e assim alterando a distância entre o reconhecimento no cartão de RFID. Outra melhoria nesse ponto, é a implementação de um sistema de RFID com *transponders* ativos, onde seja possível gravar um novo código nele a cada evento de acionamento do motor e desta maneira trazendo mais benefícios com maior segurança dos dados.

## 6. Referências

- BOSCH, Manual de Tecnologia Automotiva 25º ed. Editora Edgard Blücher; 2005.
- CRISTONE, Inaldo. Ferramenta sofisticada para otimizar toda a cadeia de suprimentos. Revista Valor On-Line. <http://www.valoronline.com.br>, acesso em 11 de abril de 2012.
- CUARDENO DIDÁCTICO – *Entrenamiento a la Red Volkswagen & Audi– Servicio – Inmovilizador Electrónico*
- FIAT AUTOMOTIVE - Treinamento Assistencial sobre Sistemas Elétricos II – Módulo I – FIAT Code
- FINKECZELLER, Klaus. *RFID Handbook: Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards and Identification*, 2a ed. John Wiley & Sons Ltd, Munich, Germany 2003.
- GRAND IDEA STUDIOS - <http://www.grandideastudio.com/portfolio/rfid-reader/>, acesso em 20 de agosto de 2012.
- SHAHRAM, Moradpour; MANISH, Bhuptani. *RFID Field Guide: Deploying Radio Frequency Identification Systems*, 1ª ed. Prentice Hall PTR, fev.de 2005.
- KITANI, Profº Mst. Edson. Notas de aula da disciplina “Carga e Partida”, ministrado no curso superior de Tecnologia Automotiva na FATEC Sandro André; 2011.
- LEANDRO DE LIMA, MARCOS – Apresentação do sistema FCW como alternativa para diminuir acidentes de trânsito do tipo colisão Traseira, projeto desenvolvido pelo aluno da FATEC Santo André.
- MICROCHIP. PIC18FXX2 Data Sheet. U.S.A.: 2002.
- NATIONAL SEMICONDUCTOR. LM7805 Data Sheet. U.S.A.: 2002.
- OLIVEIRA, ALESSANDRO. – Estudo da Tecnologia de identificação por RF – RFID - projeto desenvolvido pelos alunos da Universidade de Brasília.
- PROJETO IMPACTO, projeto desenvolvido por alunos e professores da Faculdade de Engenharia Mecânica da UNICAMP. Fonte: [www.fem.unicamp.br](http://www.fem.unicamp.br) , seção “atividades extra curriculares – Impacto”; 2007.
- REVISTA RAVENEWS, nº 10 – Ano 03 – Junho de 2002
- TRAINING MANUAL Immobilizer System CT-L1007 - Mazda Motor Europe GmbH – ano 2005
- VOLKSWAGEM AUTOMOTIVE - Treinamento Assistencial Técnico sobre Sistemas Imobilizadores.

## **7. Anexos**

Esquema eléctrico



## Software Final

```
////////////////////////////////////
////                                EX_RFID.C                                ////
////                                ////
////  This example shows how to read an RFID number from an RFID  ////
////  read-only transponder. It will work on a CCS RFID Development  ////
////  kit. Checks received RFID, and compares the ID to an ID      ////
////  stored in the EEPROM - if the IDs match then it lights the    ////
////  green LED. If the IDs don't match then it lights the red      ////
////  LED.                                                           ////
////                                ////
////  This example will work with the PCM and PCH compilers. The    ////
////  following conditional compilation lines are used to include a  ////
////  valid device for each compiler. Change the device, clock and  ////
////  RS232 pins for your hardware if needed.                       ////
////////////////////////////////////
////  (C) Copyright 1996,2006 Custom Computer Services             ////
////  This source code may only be used by licensed users of the CCS  ////
////  C compiler. This source code may only be distributed to other  ////
////  licensed users of the CCS C compiler. No other use,           ////
////  reproduction or distribution is permitted without written      ////
////  permission. Derivative programs created using this software    ////
////  in object code form are not restricted in any way.             ////
////////////////////////////////////
#include <18F452.h>
#define ADC = 10
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <string.h>
#define HS,NOWDT,NOPROTECT,NOLVP
#define delay(clock=20000000)

#define fast_io(A)
#define fast_io(B)
#define fast_io(C)
#define fast_io(D)
#define fast_io(E)

#define RF_RDY_CLK      PIN_C0 // Interrupção Externa usada para ler o clock
#define RF_SHD          PIN_B1 // Sinal Alto desativa a antena
#define RF_DEMOD_OUT    PIN_C2 // Dado lido na rotina de interrupção
#define LIBERACAO       PIN_C4
#define KEYLESS         PIN_C1
#define DIL_Cambio      PIN_A1
#define DIH_Freio       PIN_B5
#define DOH_Start_Engine PIN_B4
```

```

#define Battery          PIN_A0
#define STATUS_CAR       PIN_B6

#define RF_MANCHESTER_DATA 0 // dado codificado por leitura manchester

#define EEPROMCEIL 250 // Deve ser menor que 255-5=250

// Fornecer uma memória intermédia para o armazenamento de dados recebidos e os
dados a serem enviados
#define RFBUFFER_SIZE 20
int8 RFbuffer[RFBUFFER_SIZE]; //vetor de 20 posições cada uma com 8 bits
int8 RFbuffer_index = 0;
int8 RFbuffer_bitIndex = 0;
int8 RF_readMode;
#define END_OF_RFBUFFER (RFbuffer_index == sizeof(RFbuffer))

////////////////////////////////////
//// Global Variables
////////////////////////////////////
int8 code[5];
char texto[] = "0000000000000000"; // Caractere ao display
int verifica = 0;
long int Bateria;
long int AD_Cambio;

int bitValue = 1;
int1 storeData = TRUE;
int1 RE_FE_TOGGLE = 1;
int8 timer0_overflows = 0;
int8 dataTransferred = 0;
int16 old_clock = 0;

int8 ID_Cadastrados[15] = { 96, 0, 105, 179, 32, // cartão1
                           246, 0, 106, 197, 56, // 9983
                           64, 0, 106, 217, 240, }; //chaveiro 5675791

#include <display.h>

```



```

////////////////////////////////////
///// Protótipo das Funções
////////////////////////////////////

```

```

int1 read_4102(int8* data);
int1 header_search_4102();
int1 decode_data_4102(int8* data);
void rf_init();
void rf_powerUp();
void rf_powerDown();
void RF_readEdge(int1 edge);
int8 RF_get(int8 numBits, int1 edge);
void RFbuffer_fill(int8 data);
void RFbuffer_invert();
int1 RFbuffer_getBit();
int8 RFbuffer_getByte();
void Verifica_Status(void);

```

```

typedef struct
{
    unsigned int Cambio:1; // 2^1 = 2 valores
    unsigned int Freio:1; // 2^1 = 2 valores
    unsigned int Start_Stop:1;
    unsigned int Libera:1;
    unsigned int Bat:1;
}Valores;

```

Valores Entradas;

```

////////////////////////////////////
///// Funções do EM4095
////////////////////////////////////
void rf_init()
{
    setup_timer_1(T1_EXTERNAL_SYNC | T1_DIV_BY_1);
    setup_ccp1(CCP_CAPTURE_RE);
    setup_ccp2(CCP_COMPARE_INT);

    setup_timer_0(RTCC_INTERNAL | RTCC_DIV_256 | RTCC_8_BIT);
    enable_interrupts(INT_RTCC);

```

```

    enable_interrupts(GLOBAL);
}

// Proposito:   Desligar a Antena
void rf_powerDown()
{
    output_high(RF_SHD);
}

// Proposito:   Ligar a Antena
void rf_powerUp()
{
    output_low(RF_SHD);
}

// Proposito:   Selecionar qual Borda coma a fazer a leitura
void RF_readEdge(int1 edge)
{
    if(edge)
    {
        setup_ccp1(CCP_CAPTURE_RE);
        RE_FE_TOGGLE = 1;
    }
    else
    {
        setup_ccp1(CCP_CAPTURE_FE);
        RE_FE_TOGGLE = 0;
    }
}

// Proposito:   rotina de interrupção que lida com comparação
//               Ler o dado que chega do transponder e armazenar em um buffer global
#INT_CCP1
void isr_ccp1()
{
    int8 width;

    // Alterna entre captura na borda de subida ou borda de descida para medir a largura
    if(RE_FE_TOGGLE)
    {

```

```

    setup_ccp1(CCP_CAPTURE_FE);
    RE_FE_TOGGLE = 0;
}
else
{
    setup_ccp1(CCP_CAPTURE_RE);
    RE_FE_TOGGLE = 1;
}

// Captura a Largura
width = CCP_1 - old_clock;
old_clock = CCP_1;

if(width > 54)      // Verifica se houve mudança de fase
{
    bitValue = ~bitValue; // Inverte o valor do bit save
    storeData = TRUE;    // Força o armazenamento do bit
}

if(storeData)
{
    shift_right(RFbuffer + RFbuffer_index, 1, bitValue);
    ++dataTransferred;

    if(++RFbuffer_bitIndex == 8)
    {
        RFbuffer_bitIndex = 0;
        ++RFbuffer_index;
    }
}

storeData = ~storeData;

}

```

```

// Purpose:    interrupção do timer 0. Permanece monitorando o numero de sobre-
fluxo de timeout
#INT_RTCC
void isr_rtcc()
{
    ++timer0_overflows;
}

// Purpose:    Preenche o buffer com dados lidos do EM4095
// Inputs:     1) O numero de bits lidos
//             2) TRUE start on rising edge
//             FALSE start on falling edge
// Outputs:    Numero de bits lidos. Poderia ser usado para checar o timeout
int8 RF_get(int8 numBits, int1 edge)
{
    RF_readEdge(edge);
    RF_readMode = RF_MANCHESTER_DATA;

    storeData    = TRUE;
    bitValue     = 0;
    RFbuffer_index = 0;
    RFbuffer_bitIndex = 0;
    dataTransferred = 0;
    timer0_overflows = 0;
    old_clock     = 0;
    set_timer1(0);

    clear_interrupt(INT_CCP1);
    enable_interrupts(INT_CCP1);
    while(dataTransferred < numBits && timer0_overflows < 15);
    disable_interrupts(INT_CCP1);

    RFbuffer_index = 0;
    RFbuffer_bitIndex = 0;

    return dataTransferred;
}

// Purpose:    Seta todo byte no buffer de dados
// Inputs:     None

```

```

// Outputs:    None
void RFbuffer_fill(int8 data)
{
    int i;

    for(i=0; i<sizeof(RFbuffer); ++i)
    {
        RFbuffer[i] = data;
    }
}

// Purpose:    Inverte todo byte no buffer
// Inputs:     None
// Outputs:    None
void RFbuffer_invert()
{
    int i;

    for(i=0; i<sizeof(RFbuffer); ++i)
    {
        RFbuffer[i] = ~RFbuffer[i];
    }
}

// Purpose:    Pega um bit do dado do buffer e incrementa para o próximo bit
// Inputs:     None
// Outputs um bit do dado
int1 RFbuffer_getBit()
{
    int1 bit;

    if(!END_OF_RFBUFFER)
    {
        bit = bit_test(RFbuffer[RFbuffer_index], RFbuffer_bitIndex);

        if(++RFbuffer_bitIndex == 8)
        {
            ++RFbuffer_index;
            RFbuffer_bitIndex = 0;
        }
    }
}

```

```

    }

    return bit;
}

// Purpose:    Pega um byte do dado do Buffer
// Inputs:     None
// Outputs:    O byte do dado
int8 RFbuffer_getByte()
{
    if(!END_OF_RFBUFFER)
    {
        int8 i;
        int8 data;

        for(i=0; i<8; ++i)
        {
            shift_right(&data, 1, RFbuffer_getBit());
        }

        return data;
    }
}

////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
///// Funções do EM4102
////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////

// Purpose:    Ler o Numero do ID e o numero do dado
// Inputs:     Um ponteiro de um array de 5 byte para completar
//             * O primeiro byte terá o ID
//             * Os ultimos 4 bytes terão os dados
// Outputs:    Verdadeiro se a leitura for correta, FALSE se a leitura falhar
int1 read_4102(int8* data)
{
    int8 i;

    RF_get(sizeof(RFbuffer)*8, TRUE); // Completa o buffer com o dado

    for(i=0; i<2; ++i)

```

```

{
    while(!END_OF_RFBUFFER)
    {
        if(header_search_4102())    // Tenta encontrar 9 consecutivos 1
        {
            if(decode_data_4102(data)) // Tenta decodificar o dado depois do cabeçalho
            {
                RFbuffer_fill(0xAA);    // Previne falsa detecção

                #ifdef UNIVERSAL_FORMAT
                    i=data[1];
                    data[1]=data[3];
                    data[3]=i;
                    i=data[0];
                    data[0]=data[4];
                    data[4]=i;
                #endif

                return TRUE;        // Retorno sucesso
            }
        }
        RFbuffer_invert();        // Inverte o buffer por causa da
    }                             // leitura Manchester. Caso ela tenha codificado
                                //o dado começando a ler de uma borda errada
    RFbuffer_fill(0xAA);        // Preve falsa detecção
    return FALSE;                // Retorna erro
}

```

// Purpose: Procura um cabeçalho com consecutivos 9 ones

// Inputs: None

// Outputs: Verdadeiro se o cabeçalho foi encontrado, Falso se o cabeçalho não foi encontrado

int1 header\_search\_4102()

```

{
    int bitCounter = 0;

```

// Loops até encontrar 9 consecutivos 1s

// ou o fim da recepção dos dados é encontrada

```

while(!END_OF_RFBUFFER)

```

```

{
    if(RFbuffer_getBit() == 1)
    {
        if(++bitCounter == 9)
        {
            return TRUE;
        }
    }
    else
    {
        bitCounter = 0;
    }
}

return FALSE;
}

// Purpose:    Decodifica o Numero do ID e o numero do dado
// Inputs:     Um ponteiro para um matriz de 5 bytes para completar
//             * O primeiro byte tera o ID
//             * O 4 ultimos terão o dado
// Outputs:    Verdadeiro se a Leitura foi correta, Falso se a leitura deu falhou
int1 decode_data_4102(int8* data)
{
    int1 bit = 0;
    int8 count = 1;
    int1 parity = 0;
    int1 colParity1 = 0;
    int1 colParity2 = 0;
    int1 colParity3 = 0;
    int1 colParity4 = 0;

    // Loop até 40 bits do dado e 10 bits da paridade são recebidos
    for(count=1; count <= 50; ++count)
    {
        bit = RFbuffer_getBit();
        if(END_OF_RFBUFFER)
        {
            return FALSE;
        }
    }
}

```



```

if(count % 5 == 0)
{
    // Verifica a paridade de uma linha
    if(parity != bit)
    {
        return FALSE;
    }
    parity = 0;
}
else
{
    // Armazena um bit do dado
    #ifdef UNIVERSAL_FORMAT
    shift_left(data, 5, bit);
    #else
    shift_right(data, 5, bit);
    #endif

    // Calcula a paridade de Linha
    parity = parity^bit;

    // Calcula a paridade de coluna
    switch (count % 5)
    {
        case 1: colParity1 = colParity1^bit; break;
        case 2: colParity2 = colParity2^bit; break;
        case 3: colParity3 = colParity3^bit; break;
        case 4: colParity4 = colParity4^bit; break;
    }
}

// Verifica se há paridade de colunas
if(colParity1 != RFbuffer_getBit() || colParity2 != RFbuffer_getBit() ||
   colParity3 != RFbuffer_getBit() || colParity4 != RFbuffer_getBit() )
{
    return FALSE;
}

```

```

// Checa se chegou o bit de STOP
if(RFbuffer_getBit() != 0)
{
    return FALSE;
}

// Preve leitura somente de 0 para ID dos clientes e o ID dos Tags
for(count=0; count<5 && data[count] == 0; ++count);
if(count == 5)
{
    return FALSE;
}

// Retorna verdadeiro se nenhum erro é recebido na decodificação do transponder.
return TRUE;
}

////////////////////////////////////
///// Função Principal
////////////////////////////////////

//Checa se o transponder esta gravado na memoria
int check_id()
{
    int8 tmp[5];
    int i,j;

    j=0;
    while(j<EEPROMCEIL)
    {
        //till the ceil of EEPROM
        for(i=0;i<=4;i++)
        {
            tmp[i] = ID_Cadastrados[i+j];
        }

        if ((tmp[0]==code[0])&&
            (tmp[1]==code[1])&&
            (tmp[2]==code[2])&&
            (tmp[3]==code[3])&&
            (tmp[4]==code[4])) //checa igualdades

```

```

        return 1;
    j = j + 5;
}
return 0;
}

void Verifica_Status()
{
    if(!input(DIH_Freio))
    {
        Entradas.Freio = 1;
    }
    else
    {
        Entradas.Freio = 0;
    }
    set_adc_channel(0);
    delay_us(10);
    Bateria = read_adc();
    if(Bateria >= 631)
    {
        Entradas.Bat = 1;
    }
    else
    {
        Entradas.Bat= 0;
    }
    set_adc_channel(1);
    delay_us(10);
    AD_CAMBIO = read_adc();
    if(AD_CAMBIO <= 50)
    {
        Entradas.Cambio = 1;
    }
    else
    {
        Entradas.Cambio= 0;
    }
    verifica = 1;
}

```

```

/*****
*****

```

Nome da função: inicializaMicrocontrolador

Propósito: Conter todas as funções relacionadas as configurações iniciais do microcontrolador PIC16F877A

Entrada: Contador

Saída: None

```

*****
*****/

```

```

void inicializaMicrocontrolador (void)

```

```

{
    setup_adc(ADC_CLOCK_DIV_8);
    setup_adc_ports(AN0_AN1_AN3);
    setup_psp(PSP_DISABLED);      // PSP não utilizado
    setup_spi(FALSE);             // SPI não utilizado

    output_a(0x00);               // Atribui PORT A em nível lógico 0
    output_b(0x00);               // Atribui PORT B em nível lógico 0
    output_c(0x00);               // Atribui PORT C em nível lógico 0
    output_d(0x00);               // Atribui PORT D em nível lógico 0
    output_e(0x00);               // Atribui PORT E em nível lógico 0
    set_tris_a(0b11000011);       // Configuração de I/O do PIC
    set_tris_b(0b00100000);       // Configuração de I/O do PIC
    set_tris_c(0b00000111);       // Configuração de I/O do PIC
    set_tris_d(0b00000000);       // Configuração de I/O do PIC
    set_tris_e(0b000);           // Configuração de I/O do PIC
}

```

```

// ----- main

```

```

void main(void)

```

```

{
    inicializaMicrocontrolador(); // Função que inicializa o PIC
    inicializaDisplay();          // Função que inicializa o Display

    sprintf (texto, "  Seja  "); // Prepara impressao
    Posicao(0,0);                  // Posicionamento no Dislay
    Escrever_Tela(texto);
    sprintf (texto, "  Bem Vindo  "); // prepara impressão para tempo de injeção

```

```

Posicao(0,1);                // posicionamento no display
Escrever_Tela(texto);

while(TRUE)
{
    if(!input(STATUS_CAR))
    {
        switch(verifica)
        {
            Case 0:

                Verifica_Status();
                break;

            Case 1:

                if(!input(KEYLESS))
                {
                    verifica = 2;

                    rf_powerUp();
                    rf_init(); //initialization

                    if(read_4102(code)) //read the code
                    {
                        if(check_id()) // and check the code
                        {
                            //wrong_attemps=0;
                            output_high(LIBERACAO);
                            Entradas.Libera = 1;
                            verifica = 2;
                        }
                        else
                        {
                            Entradas.Libera = 0;
                            verifica = 0;
                            output_low(LIBERACAO);
                        }
                    }
                }
            }
        }
    }
}

```

```

}
else
{
    verifica = 0;
}
break;

```

Case 2:

```

if(!Entradas.Freio)
{
    sprintf (texto, "  Atencao  "); // Prepara impressao
    Posicao(0,0);                    // Posicionamento no Dislay
    Escrever_Tela(texto);
    sprintf (texto, " Acionar Freio "); // prepara impressao para tempo de
injeção
    Posicao(0,1);                    // posicionamento no display
    Escrever_Tela(texto);
    verifica = 0;
}
else
{
    verifica = 3;
}
break;

```

Case 3:

```

if(!Entradas.Cambio)
{
    sprintf (texto, "  Atencao  "); // Prepara impressao
    Posicao(0,0);                    // Posicionamento no Dislay
    Escrever_Tela(texto);
    sprintf (texto, " Cambio (N) "); // prepara impressao para tempo de in-
jeção
    Posicao(0,1);                    // posicionamento no display
    Escrever_Tela(texto);
    verifica = 0;
}

```

```

}
else
{
    verifica = 4;
}
break;

```

Case 4:

```

if(!Entradas.Bat)
{
    sprintf (texto, "Nivel da Bateria"); // Prepara impressao
    Posicao(0,0);                        // Posicionamento no Dislay
    Escrever_Tela(texto);
    sprintf (texto, " Insuficiente "); // prepara impressao para tempo de inje-
ção
    Posicao(0,1);                        // posicionamento no display
    Escrever_Tela(texto);
    verifica = 7;
    delay_ms(2000);
}
else
{
    verifica = 5;
}
break;

```

Case 5:

```

if(Entradas.Freio && Entradas.Cambio && Check_id() && Entradas.Bat)
{
    sprintf (texto, " Partida "); // Prepara impressao
    Posicao(0,0);                  // Posicionamento no Dislay
    Escrever_Tela(texto);
    sprintf (texto, " Liberada "); // prepara impressao para tempo de inje-
ção
    Posicao(0,1);                  // posicionamento no display
    Escrever_Tela(texto);

```

```

        verifica = 6;
    }
    else
    {
        verifica = 0;
    }
    break;

```

Case 6:

```

    output_high(DOH_Start_Engine);
    delay_ms(2000);
    verifica = 7;
    break;

```

Case 7:

```

    output_low(DOH_Start_Engine);
    output_low(LIBERACAO);
    delay_ms(3000);
    sprintf (texto, "          "); // Prepara impressao
    Posicao(0,0);                    // Posicionamento no Dislay
    Escrever_Tela(texto);
    sprintf (texto, "          "); // prepara impressao para tempo de injeção
    Posicao(0,1);                    // posicionamento no display
    Escrever_Tela(texto);
    rf_powerDown();
    verifica = 0;
    break;
}
}
}
}

```



## Read/Write analog front end for 125 kHz RFID Basestation

### Description

The EM4095 (previously named P4095) chip is a CMOS integrated transceiver circuit intended for use in an RFID basestation to perform the following functions:

- antenna driving with carrier frequency
- AM modulation of the field for writable transponder
- AM demodulation of the antenna signal modulation induced by the transponder

communicate with a microprocessor via simple interface.

### Features

- Integrated PLL system to achieve self adaptive carrier frequency to antenna resonant frequency
- No external quartz required
- 100 to 150 kHz carrier frequency range
- Direct antenna driving using bridge drivers
- Data transmission by OOK (100% Amplitude Modulation) using bridge driver

- Data transmission by Amplitude Modulation with externally adjustable modulation index using single ended driver
- Multiple transponder protocol compatibility (Ex: EM4102, EM4200, EM4450 and EM4205/EM4305)
- Sleep mode 1µA
- USB compatible power supply range
- 40 to +85°C temperature range
- Small outline plastic package SO16

### Applications

- Car immobiliser
- Hand held reader
- Low cost reader

### Typical Operating Configuration

Read Only Mode

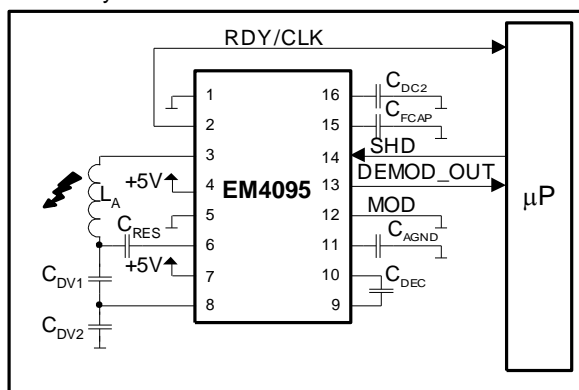


Fig. 1

### Pin Assignment

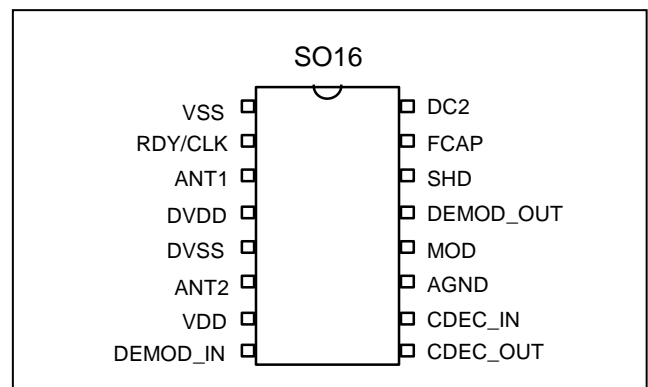


Fig. 3

### Read/Write Mode

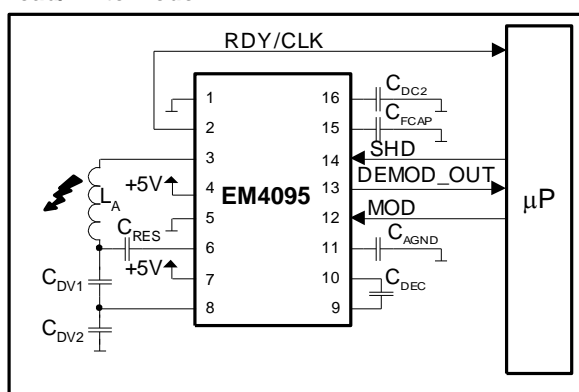


Fig. 2

## System principle

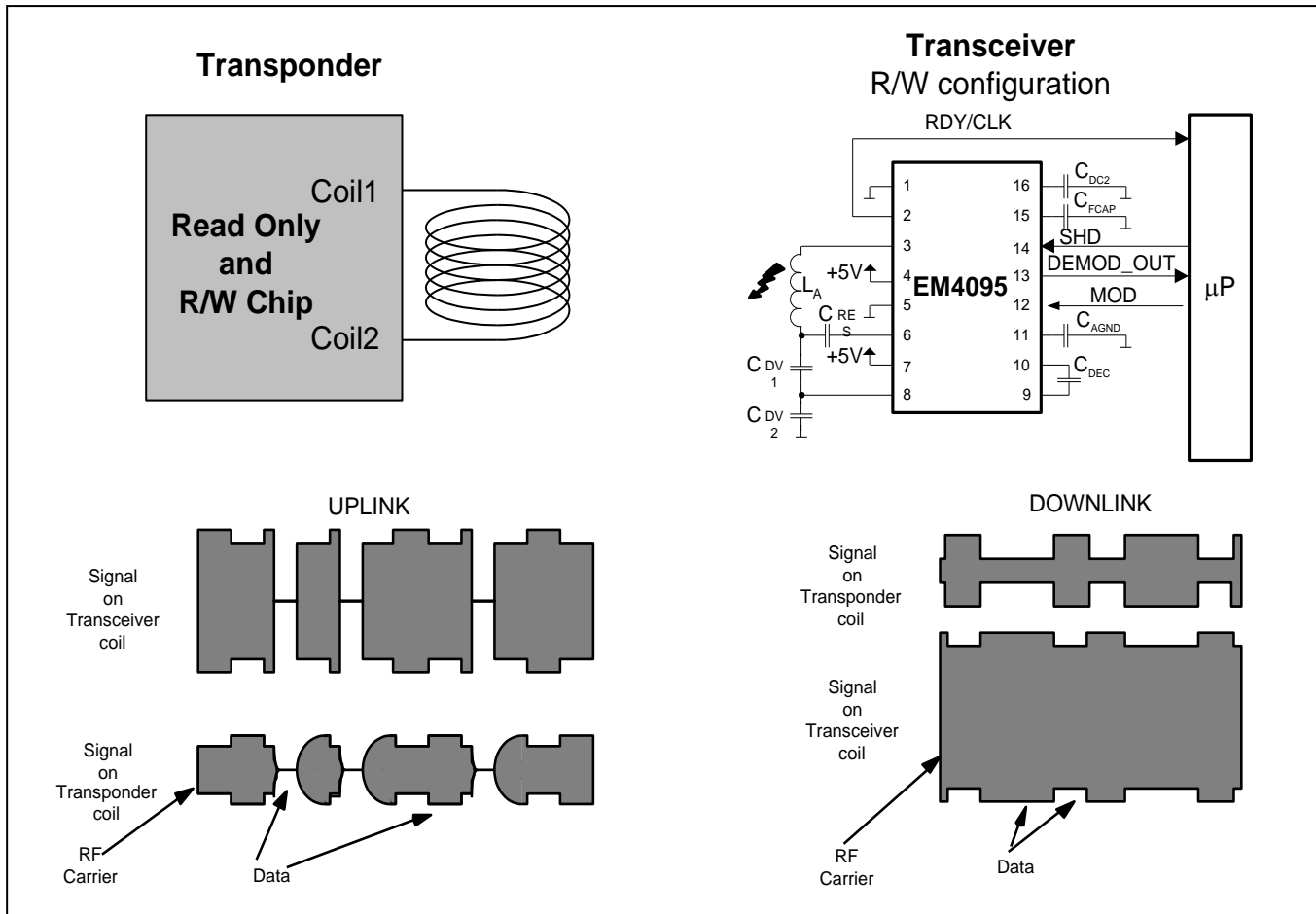


Fig. 4

**Absolute Maximum Ratings**

Parameter	Symbol	Conditions
Storage temperature	$T_{STO}$	-55 to +150°C
Maximum voltage at $V_{DD}$	$V_{DDmax}$	$V_{SS}+6V$
Minimum voltage at $V_{DD}$	$V_{DDmin}$	$V_{SS}-0.3V$
Max. voltage other pads	$V_{MAX}$	$V_{DD}+0.3V$
Min. voltage other pads	$V_{MIN}$	$V_{SS}-0.3V$
Max. junction temperature	$T_{JMAX}$	+125°C
Electrostatic discharge max. to MIL-STD-883C method 3015 against $V_{SS}$	$V_{ESD}$	4000V
Electrostatic discharge max. to MIL-STD-883C method 3015 (only for pins ANT1 and ANT2) against $V_{SS}$	$V_{ESD\_ANT}$	8000V
Maximum Input/Output current on all pads except $V_{DD}$ , $V_{SS}$ , $DV_{DD}$ , $DV_{SS}$ , ANT1, ANT2, RDY/CLK	$I_{IMAX}$ $I_{OMAX}$	10mA
Maximum AC peak current on ANT1 and ANT2 pads 100 kHz duty cycle 50%	$I_{ANTmax}$	300mA

Stresses above these listed maximum ratings may cause permanent damages to the device. Exposure beyond specified operating conditions may affect device reliability or cause malfunction.

**Handling Procedures**

This device has built-in protection against high static voltages or electric fields; however, anti-static precautions must be taken as for any other CMOS component. Unless otherwise specified, proper operation can only occur when all terminal voltages are kept within the voltage range. Unused inputs must always be tied to a defined logic voltage level.

**Operating Conditions**

Parameter	Symb	Min	Typ	Max	Units
Operating junction temperature	$T_J$	-40		+110	°C
Supply voltage	$V_{DD}$	4.1	5	5.5	V
Antenna circuit resonant frequency	$F_{RES}$	100	125	150	kHz
AC peak current on ANT1 & ANT2 pads	$I_{ANT}$			250	mA
$C_{FCAP}$		*	10	*	nF
$C_{DEC}$		*	100	*	nF
$C_{DC2}$		*	6.80	*	nF
$C_{AGND}$		100		220	nF
Package thermal resistor SO16	$R_{th\ j-a}$	69	70	71	°C/W

\*  $\pm 10\%$  tolerance capacitors should be used

\*\* According to 1S2P JEDEC test board

Due to antenna driver current the internal junction temperature is higher than ambient temperature. Please calculate ambient temperature range from max. antenna current and package Thermal Resistor. It is the user's responsibility to guarantee that  $T_J$  remains below 110°C.

Supply voltage ( $V_{DD}$  and  $DV_{DD}$  pads) must be blocked by a 100nF capacitor (to  $V_{SS}$ ) as close as possible to the chip

**Electrical and Switching Characteristics:**

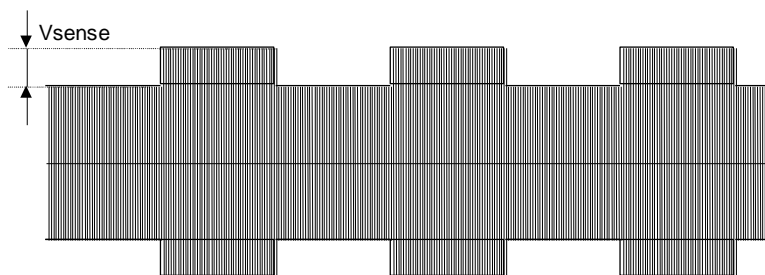
Parameters specified below are valid only in case the device is used according to Operating Conditions defined on previous page.

$V_{SS}=D_{VSS}=0V$ ,  $V_{DD}=D_{VDD}=5V$ ,  $T_j = -40$  to  $110^{\circ}C$ , unless otherwise specified

Parameter	Symbol	Test Conditions	Min	Typ	Max	Units
Supply current in sleep mode	$I_{DDsleep}$			1	2	$\mu A$
Supply current excluding drivers current	$I_{DDon}$			5	7	mA
AGND level	$V_{AGND}$	Note 1	2.35	2.5	2.65	V
<i>Logic signals SHD, MOD, DEMOD_OUT</i>						
Input logic high	$V_{IH}$		$0.8V_{DD}$			V
Input logic low	$V_{IL}$				$0.2V_{DD}$	V
Output logic high	$V_{OH}$	$I_{SOURCE}=1mA$	$0.9V_{DD}$			V
Output logic low	$V_{OL}$	$I_{SINK}=1mA$			$0.1V_{DD}$	V
MOD pull down resistor	$R_{PD}$	$0.2V_{DD}$	20	50	90	$k\Omega$
SHD pull up resistor	$R_{PU}$	$0.8V_{DD}$	20	50	90	$k\Omega$
<i>PLL</i>						
Antenna capture frequency range	$F_{ANT\_C}$		100		150	kHz
Antenna locking frequency range	$F_{ANT\_L}$		100		150	kHz
<i>Drivers</i>						
ANT drivers output resistance	$R_{AD}$	$I_{ANT}=100mA$		3	9	$\Omega$
RDY/CLK driver output resistance	$R_{CL}$	$I_{RDY/CLK}=10mA$		12	36	$\Omega$
<i>AM demodulation</i>						
DEMOD_IN common mode range	$V_{CM}$		$V_{SS} + 0.5$		$V_{DD} - 0.5$	V
DEMOD_IN input sensitivity	$V_{sense}$	Note 2		0.85	2	mVpp

Note 1:  $A_{GND}$  is a EM4095 internal reference point. Any external connection except specified capacitor to  $V_{SS}$  may lead to device malfunction.

Note 2: Modulating signal 2 kHz square wave on 125 kHz carrier, total signal inside  $V_{CM}$



**Timing Characteristics:**

Parameters specified below are valid only in case the device is used according to Operating Conditions defined on previous page.

$V_{SS}=D_{VSS}=0V$ ,  $V_{DD}=D_{VDD}=5V$

Parameter	Symbol	Test Conditions	Typ	Max	Units
Set-up time after a sleep period	$T_{set}$		25	35	ms
Time from full power to modulation state	$T_{mdon}$	antenna circuit specifications: $Q=15, F_{RES}=125KHz$ modulation index: 100% Modulating signal 2Khz square wave 10mVpp		50	$\mu s$
AM demodulation: Delay time from input to output	$T_{pd}$		40	120	$\mu s$
Recovery time of reception after antenna modulation	$T_{rec}$	Note 1	400	500	$\mu s$

**Note 1:** RF period is time of one period transmitted on ANT outputs (at 125 kHz 8 $\mu s$ ).  $T_{rec}$  after antenna modulation receiver chain is ready to demodulate. The condition is of course that the amplitude on antenna has already reached its steady state by that time (this depends on Q of antenna). See also Application Notes.

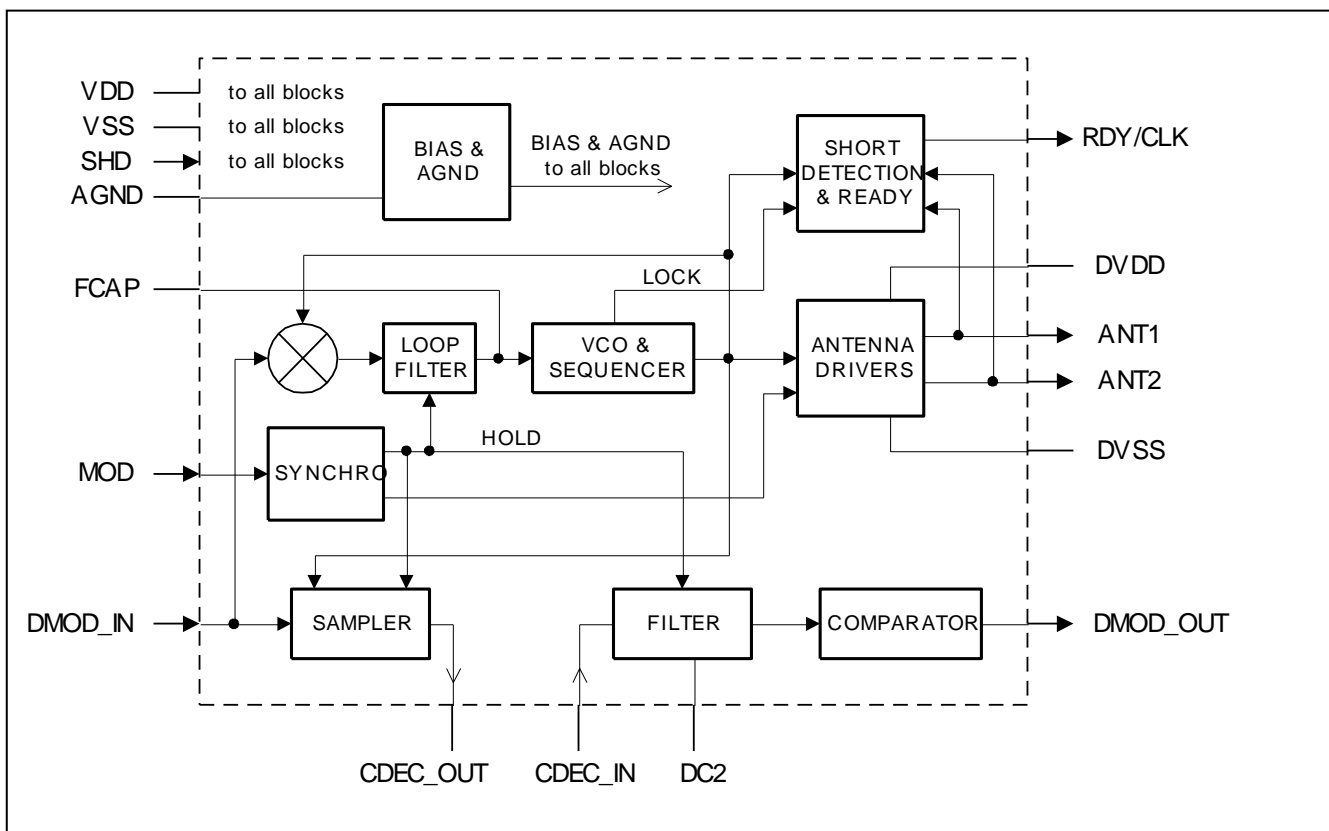
**Block Diagram**


Fig. 5



## Functional Description

### General

The EM4095 is intended to be used with an attached antenna circuit and a microcontroller. Few external components are needed to achieve DC and RF filtering, current sensing and power supply decoupling.

A stabilised power supply has to be provided. Please refer to EM4095 Application Notes for advice.

Device operation is controlled by logic inputs SHD and MOD. When SHD is high EM4095 is in sleep mode, current consumption is minimised. At power up the input SHD has to be high to enable correct initialisation. When SHD is low the circuit is enabled to emit RF field, it starts to demodulate any amplitude modulation (AM) signal seen on the antenna. This digital signal coming from the AM demodulation block is provided through DEMOD\_OUT pin to the microcontroller for decoding and processing.

High level on MOD pin forces in tri-state the main antenna drivers synchronously with the RF carrier. While MOD is high the VCO and AM demodulation chain are kept in state before the MOD went high. This ensures fast recovery after MOD is released. The switching ON of VCO and AM demodulation is delayed by 41 RF clocks after falling edge on MOD. In this way the VCO and AM demodulation operating points are not perturbed by start-up of antenna resonant circuit.

### Analog Blocks

The circuit performs the two functions of an RFID basestation, namely: transmission and reception. Transmission involves antenna driving and AM modulation of the RF field. The antenna drivers deliver a current into the external antenna to generate the magnetic field.

Reception involves the AM demodulation of the antenna signal modulation induced by the transponder. This is achieved by sensing the absorption modulation applied by the tag (transponder).

### Transmission

Referring to the block diagram, transmission is achieved by a Phase Locked Loop (PLL) and the antenna drivers.

### Drivers

The antenna drivers supply the reader basestation antenna with the appropriate energy. They deliver current at the resonant frequency which is typically 125 kHz. Current delivered by drivers depends on Q of external resonant circuit.

It is strongly recommended that design of antenna circuit is done in a way that maximum peak current of 250 mA is never exceeded (see Typical Operating Configuration for antenna current calculation). Another limiting factor for antenna current is Thermal Convection of package. Maximum peak current should be designed in a way that internal junction temperature does not exceed maximum junction temperature at maximum application ambient temperature. 100% modulation (field stop) is done by switching OFF the drivers. The ANT drivers are protected against antenna DC short circuit to the power supplies. When a short circuit has been detected the RDY/CLK pin is pulled low while the main driver is forced in tri-state. The circuit can be restarted by activating the SHD pin.

### Phase locked loop

The PLL is composed of the loop filter, the Voltage Controlled Oscillator (VCO), and the phase comparator blocks. By using an external capacitive divider, pin DEMOD\_IN gets information about the actual high voltage signal on antenna.

Phase of this signal is compared with the signal driving antenna drivers. Therefore the PLL is able to lock the carrier frequency to the resonant frequency of the antenna. Depending on the antenna type the resonant frequency of the system can be anywhere in the range from 100 kHz to 150 kHz. Wherever the resonant frequency is in this range it will be maintained by the Phase Lock Loop.

### Reception

The demodulation input signal for the reception block is the voltage sensed on the antenna. DEMOD\_IN pin is also used as input to Reception chain. The signal level on the DEMOD\_IN input must be lower than VDD-0.5V and higher than VSS+0.5V. The input level is adjusted by the use of an external capacitive divider. Additional capacitance of divider must be compensated by accordingly smaller resonant capacitor. The AM demodulation scheme is based on the "AM Synchronous Demodulation" technique.

The reception chain is composed of sample and hold, DC offset cancellation, bandpass filter and comparator. DC voltage of signal on DEMOD\_IN is set to AGND by internal resistor. The AM signal is sampled, the sampling is synchronised by a clock from VCO. Any DC component is removed from this signal by the CDEC capacitor. Further filtering to remove the remaining carrier signal, high and low frequency noise is made by second order highpass filter and CDC2. The amplified and filtered receive signal is fed to asynchronous comparator. Comparator output is buffered on output pin DEMOD\_OUT.

## Signal RDY/CLK

This signal provides the external microprocessor with clock signal which is synchronous with the signal on ANT1 and with information about EM4095 internal state. Clock signal synchronous with ANT1 indicates that PLL is in lock and that Reception chain operation point is set. When SHD is high RDY/CLK pin is forced low. After high to low transition on SHD the PLL starts-up, and the reception chain is switched on. After time  $T_{SET}$  the PLL is locked and reception chain operation point has been established. At this moment the same signal which is being transmitted to ANT1 is also put to RDY/CLK pin indicating to microprocessor that it can start observing signal on DEMOD\_OUT and giving at the same time reference clock signal. Clock on RDY/CLK pin is continuous, it is also present during time the ANT drivers are OFF due to high level on MOD pin. During the time  $T_{SET}$  from high to low transition on SHD pin RDY/CLK pin is pulled down by 100 k $\Omega$  pull down resistor. The reason for this is in additional functionality of RDY/CLK pin in case of AM modulation with index which is lower than 100%. In that case it is used as auxiliary driver which maintains lower amplitude on coil during modulation. (see also Typical Operating Configuration)

Remark: Please refer to AN4095 for external components calculation and limits.

## Typical Operating Configuration

### Read Only Mode

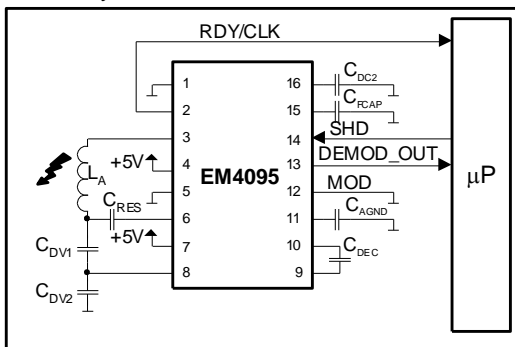


Fig. 6

### Read/Write mode (Low Q factor antenna)

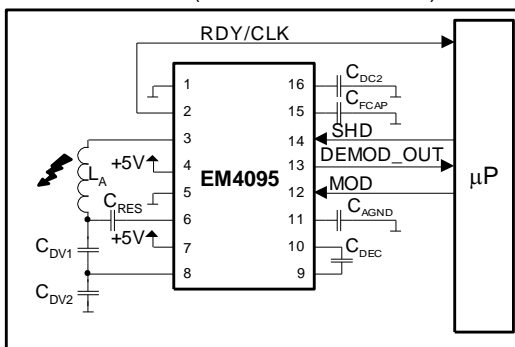


Fig. 7

### Read/Write mode (High Q factor antenna)

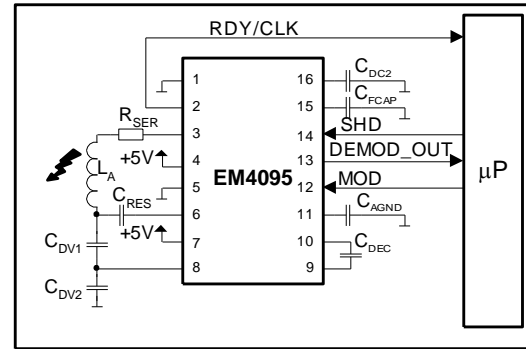


Fig. 8

### Read/Write mode (AM modulation)

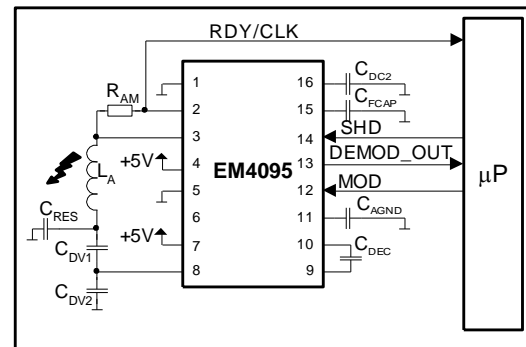


Fig. 9

Figure 6 presents EM4095 used in Read Only mode. Pin MOD is not used. It is recommended to connect it to VSS.

Figure 7 presents typical R/W configuration for OOK communication protocol reader to transponder (eg. EM4450). It is recommended to be used with low Q factor antennas (up to 15).

When the antenna quality is high using configuration of figure 6 or 7 the voltage on antenna can arrive in the range of few hundred volts and antenna peak current may exceed its maximum value. In such a case the capacitive divider ratio has to be high thus limiting the sensitivity. For such case it is better to reduce antenna circuit quality by adding serial resistor. In this way the antenna current is lower and thus power dissipation of IC is reduced with practically the same performance (Fig. 8).

In the case AM modulation communication protocol reader to transponder (eg. EM4069) is needed a single ended configuration has to be used (figure 9). When pin MOD is pulled high driver on ANT1 is put in three state, driver RDY/CLK continues driving thus maintaining lower antenna current. Modulation index is adjusted by resistor  $R_{AM}$ . As mentioned above RDY/CLK signal becomes active only after the demodulation chain operating point is set. Before it is pulled down by high impedance pull down resistor (100 k $\Omega$ ) in order not to load ANT1 output. In the case of AM modulation configuration the total antenna current change at the moment RDY/CLK pin becomes active, so external microprocessor has to wait another  $T_{SET}$  before it can start observing DEMOD\_OUT.

### Read Only mode with external peak detector

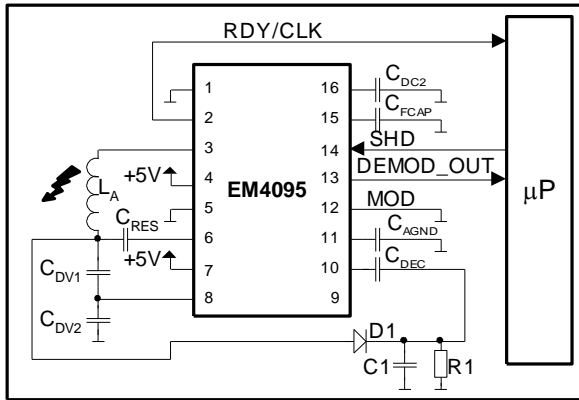


Fig. 10

## Read/Write mode with external peak detector

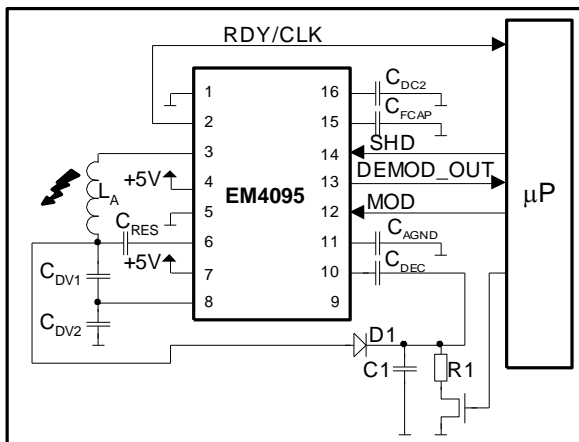


Fig. 11

As mentioned above for high Q antennas the voltage on antenna is high and read sensitivity is limited by demodulator sensitivity due to capacitive divider. Read sensitivity (and thus reading range) can be increased by using external envelope detector circuit. Input is taken on antenna high voltage side output is directly fed to CDEC\_IN pin. However, the capacitor divider is still needed for PLL locking. Such configuration is shown in Fig.10, the envelope detector is formed by three components: D1, R1 and C1.

The configuration presented in figure 10 may also be used for read write applications but it has a drawback in the case fast recovery of reading is needed after communication reader to transponder is finished. The reason is in fact that DC voltage after diode D1 is lost during modulation and it takes very long time before it is established again.

Figure 11 presents a solution to that problem. A high voltage NMOS transistor blocks the discharge path during modulation, so operating point is preserved. The signal controlling NMOS gate has to be put low synchronously with signal MOD, but it can be put high only after the amplitude on antenna has recovered after modulation.

## PCB Layout

Refer to "EM4095 Application Note" (App. Note 404)



## Pin Description

### SOIC 16 package

Pin	Name	Description	Type
1	V <sub>SS</sub>	Negative power supply (substrate)	GND
2	RDY/CLK	Ready flag and clock output, driver for AM modulation	O
3	ANT1	Antenna driver	O
4	D <sub>VDD</sub>	Positive power supply for antenna drivers	PWR
5	D <sub>VSS</sub>	Negative power supply for antenna drivers	GND
6	ANT2	Antenna driver	O
7	V <sub>DD</sub>	Positive power supply	PWR
8	DEM0D_IN	Antenna sensing voltage	ANA
9	CDEC_OUT	DC blocking capacitor connection « out »	ANA
10	CDEC_IN	DC blocking capacitor connection « in »	ANA
11	A <sub>GND</sub>	Analog ground	ANA
12	MOD	A High level voltage modulates the antenna	IPD
13	DEM0D_OUT	Digital signal representing the AM seen on the antenna	O
14	SHD	A High level voltage forces the circuit into sleep mode	IPU
15	FCAP	PLL Loop filter capacitor	ANA
16	DC2	DC decoupling capacitor	ANA

GND: reference ground

PWR: power supply

ANA: analog signal

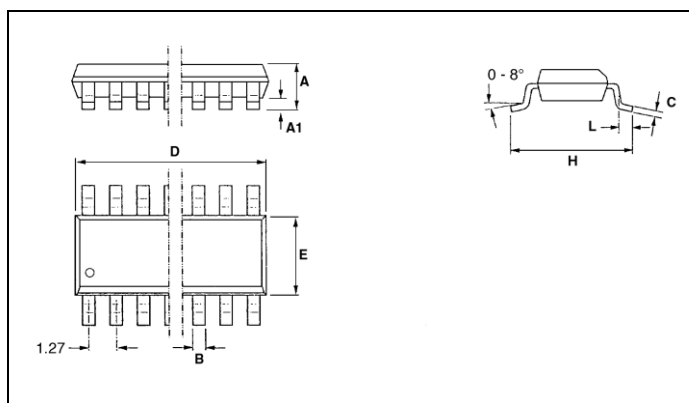
IPD: input with internal pull down

IPU: input with internal pull up

O: output

## Package and Ordering Information

### Dimensions of SOIC 16 Package (table in millimeters)

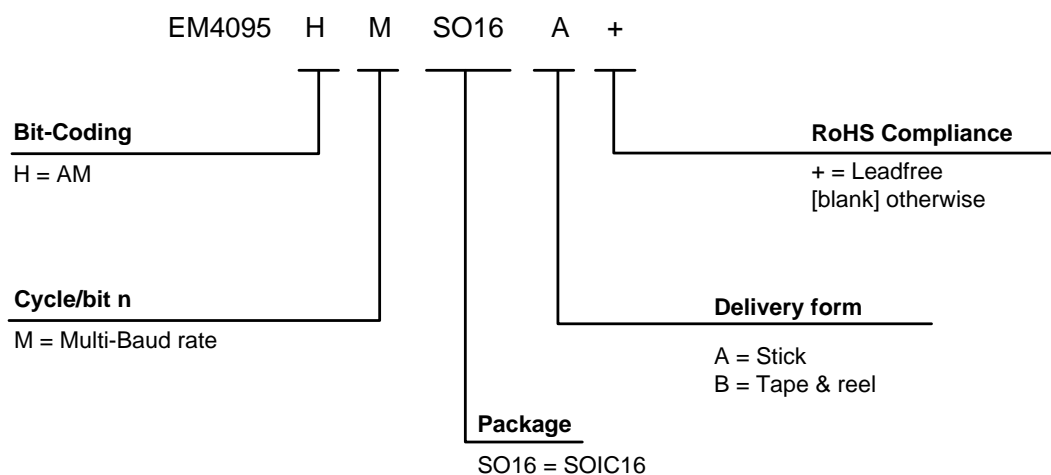


Common Dimensions (mm)			
Symbol	Min	Nom	Max
A	1.55	1.63	1.73
A1	0.127	0.15	0.25
B	0.35	0.41	0.49
C	0.19	0.20	0.25
D	9.80	9.93	9.98
E	3.81	3.94	3.99
H	5.84	5.99	6.20
L	0.41	0.64	0.89

Fig. 12



## Ordering Information



## Product Support

Check our Web Site under Products/RF Identification section.  
Questions can be sent to [EMdirect@emmicroelectronic.com](mailto:EMdirect@emmicroelectronic.com)

## Appendix

### Equations

Antenna resonant frequency  $f_0$ :

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_A C_0}} \quad (1)$$

Where  $C_0$  is resonant capacitor composed of  $C_{RES}$ ,  $C_{DV1}$  and  $C_{DV2}$ :

$$C_0 = C_{RES} + \frac{C_{DV1} * C_{DV2}}{C_{DV1} + C_{DV2}} \quad (2)$$

Usually antenna coil is specified by its inductance ( $L_A$ ) and Q factor ( $Q_A$ ). Serial resistance of antenna is defined by following equation:

$$R_{ANT} = \frac{2\pi f_0 L_A}{Q_A} \quad (3)$$

The equations which follow are valid for bridge configuration as defined on Figures 1, 2 and 3. For figures 1 and 2  $R_{SER}$  has to be considered 0.

The AC current amplitude at resonant frequency is defined as follows:

$$I_{ANT} = \frac{4}{\pi} \frac{V_{dd} - V_{ss}}{R_{ANT} + R_{SER} + 2R_{AD}} \quad (4)$$

RMS antenna current (important for power dissipation calculation):

$$I_{RMS} = \frac{I_{ANT}}{\sqrt{2}} \quad (5)$$

Peak to peak voltage on antenna is defined by following equation:

$$V_{ANTpp} = \frac{I_{ANT}}{\pi f_0 C_0} \quad (6)$$

To ensure correct operation of the AM demodulation chain, the AC peak to peak voltage on DEMOD\_IN pin ( $V_{DMOD\_INpp}$ ) has to be inside common mode range. Once peak to peak voltage on antenna is known the capacitor divider division factor can be calculated:

$$V_{DMOD\_INpp} = V_{ANTpp} \frac{C_{DV1}}{C_{DV1} + C_{DV2}} \quad (7)$$

Power dissipation is composed of power dissipated on ANT drivers and internal power consumption:

$$P = 2 \cdot I_{RMS}^2 \cdot R_{AD} + I_{DDon} (V_{DD} - V_{SS}) \quad (7)$$

Temperature increase of die due to power dissipation is:

$$\Delta T = P \cdot R_{Th} \quad (8)$$

Where  $R_{Th}$  is Package thermal resistor.

EM Microelectronic-Marin SA ("EM") makes no warranties for the use of EM products, other than those expressly contained in EM's applicable General Terms of Sale, located at <http://www.emmicroelectronic.com>. EM assumes no responsibility for any errors which may have crept into this document, reserves the right to change devices or specifications detailed herein at any time without notice, and does not make any commitment to update the information contained herein.

No licenses to patents or other intellectual property rights of EM are granted in connection with the sale of EM products, neither expressly nor implicitly.

In respect of the intended use of EM products by customer, customer is solely responsible for observing existing patents and other intellectual property rights of third parties and for obtaining, as the case may be, the necessary licenses.

**Important note: The use of EM products as components in medical devices and/or medical applications, including but not limited to, safety and life supporting systems, where malfunction of such EM products might result in damage to and/or injury or death of persons is expressly prohibited, as EM products are neither destined nor qualified for use as components in such medical devices and/or medical applications. The prohibited use of EM products in such medical devices and/or medical applications is exclusively at the risk of the customer.**