

UNIVERSIDADE SÃO FRANCISCO
CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

**CONTROLE ELETRÔNICO DE IGNIÇÃO PARA
MOTOS UTILIZANDO RFID**

Área de Engenharia Elétrica - Eletrônica

por

Odair Carlos de Souza

Antônio Assis Bento Ribeiro, Mestre.
Orientador

Campinas (SP), Dezembro de 2007

UNIVERSIDADE SÃO FRANCISCO
CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

**CONTROLE ELETRÔNICO DE IGNIÇÃO PARA
MOTOS UTILIZANDO RFID**

Área de Engenharia Elétrica - Eletrônica

por

Odair Carlos de Souza

Relatório apresentado à Banca Examinadora do
Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia
Elétrica para análise e aprovação.
Orientador: Antônio Assis Bento Ribeiro, Mestre.

Campinas (SP), Dezembro de 2007.

Ao meu querido pai que, na prática,
ensinou o mandamento da paz: filhos
eduquem seus filhos, - *meu orgulho!*
Aos familiares e amigos dos quais me
abastei de sua convivência, formando
um irrecuperável vácuo, - *perdão!*
Aos novos e valiosos amigos que juntos
experimentamos esta nova aventura do
viver, conviver e aprender, - *gratidão!*
Sejam todos, testemunhas de nosso
sucesso!

*“Conhecimento, um mundo onde não se
entra sem querer, de onde não se sai
mesmo se desejar.”* Odair Carlos

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	vii
LISTA DE TABELAS	viii
RESUMO.....	ix
ABSTRACT.....	x
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. OBJETIVOS	2
1.1.1. Objetivo Geral.....	2
1.1.2. Objetivos Específicos.....	2
1.2. METODOLOGIA.....	2
1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO	3
2. O RFID	4
2.1. SISTEMAS RFID	4
2.1.1. Componentes de um sistema RFID	5
3. MÓDULO MULTITAG 125 kHz OEM H10101BMC	8
3.1. ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS	9
3.1.1. Interfaceamento	9
3.1.2. Antena.....	9
3.1.3. Pinagem	10
3.2. PROTOCOLO DE COMUNICAÇÃO.....	10
4. MICROCONTROLADOR P89LPC916.....	11
4.1. CARACTERÍSTICAS.....	11
4.2. CARACTERÍSTICAS ADICIONAIS	12
4.2.1. Diagrama de blocos	13
4.2.2. Pinagem	13
5. SISTEMA DE IGNIÇÃO EM MOTOS	14
5.1. MOTO HONDA TITAN CG125 KS E CG125 CA.....	14
5.2. MOTO HONDA TITAN CG125 ES.....	15
5.2.1. Detalhes dos interruptores na ignição.....	16
5.3. MOTO HONDA CBX250 E NX-4 FALCON.....	17
5.3.1. Detalhes dos interruptores na ignição.....	18
5.4. CONDIÇÕES PARA IGNIÇÃO DE UMA MOTO.....	19
6. PROJETO MOTORFID	19
6.1. COMPONENTES DO SISTEMA MOTORFID.....	19
6.1.1. Módulo H10101BMC	20
6.1.2. Placa MOTORFID	20
6.2. DESENVOLVIMENTO DO PROJETO.....	21

6.2.1. Esquemático	21
6.2.2. Layout.....	25
6.3. FUNCIONAMENTO.....	27
6.3.1. Configuração de fábrica	27
6.3.2. Ligando a moto.....	28
6.3.3. Desligando a moto	29
6.4. SOFTWARE	29
6.4.1. Código de programa	29
6.4.2. Fluxograma rotina principal	36
6.4.3. Fluxograma da rotina de leitura de cartão	37
6.4.4. Fluxograma da rotina repetição de cartão.....	38
7. CUSTOS.....	38
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS	39
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	40
ANEXO I – Programador lpc900.....	41

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Tipos físicos: (a) Discos e moedas; (b) Embarcadas; (c) Vidro e corpo plástico; (d) Cartão.	5
Figura 2. Etiquetas RFID: Adaptado de [1], (a) Etiqueta RFID; Adaptado de [2], (b) <i>Tag</i> RFID.	6
Figura 3. Leitor RFID.	7
Figura 4. Acoplamento Indutivo.	7
Figura 5. Módulo H10101BMC.	8
Figura 6. Interfaceamento do módulo H10101BMC.	9
Figura 7. Antena em fio.	9
Figura 8. Pinagem do módulo H10101BMC.	10
Figura 9. Símbolo lógico.	11
Figura 10. Diagrama de blocos LPC916.	13
Figura 11. Pinagem LPC916.	13
Figura 12. Esquemático do sistema de ignição da moto Honda CG125 KS e CG125 CA.	14
Figura 13. Disposição do sistema de ignição na moto Honda CG125 KS e CG125 CA.	15
Figura 14. Esquemático do sistema de ignição da moto Honda CG125 ES.	15
Figura 15. Disposição do sistema de ignição na moto Honda ES.	16
Figura 16. Detalhes do interruptor de ignição: (a) Posição no painel; (b) ação no giro da chave.	16
Figura 17. Detalhes do interruptor de partida: (a) Posição no lado direito guidão; (b) ação ao pressionar.	17
Figura 18. Esquemático do sistema de ignição da moto Honda CBX250.	17
Figura 19. Esquemático do sistema de ignição da moto Honda NX-4 Falcon.	18
Figura 20. Interruptor de ignição CBX250/ NX-4 Falcon: (a) Posição no painel; (b) ação no giro da chave.	18
Figura 21. Interruptores da CBX250/ NX-4 Falcon: (a) Posição no guidão; (b) ação ao manter pressionado; (c) ação ao pressionar.	19
Figura 22. Placa MOTORFID: (a) Lado componentes; (b) Lado solda.	20
Figura 23. Esquemático MOTORFID.	21
Figura 24. Esquemático MOTORFID – Bloco alimentação.	22
Figura 25. Esquemático MOTORFID – Bloco de saída de acionamento.	23
Figura 26. Esquemático MOTORFID: (a) Bloco microcontrolador; (b) Bloco conexão módulo.	24
Figura 27. Layout ampliado da placa MOTORFID.	25
Figura 28. Layout MOTORFID – Bloco de potência.	26
Figura 29. Layout MOTORFID – Bloco digital.	26
Figura 30. Funcionamento mostrado em blocos.	28
Figura 31. Interruptores da moto Honda NX-4 Falcon e CBX250.	28
Figura 32. Rotina de gravação na memória flash.	30
Figura 33. Rotina de teste de leitura do cartão Master.	30
Figura 34. Rotina de teste de leitura do cartão User.	30
Figura 35. Rotina de tratamento do dado recebido na serial.	31
Figura 36. Rotinas de interrupção serial e de timer0.	31
Figura 37. Rotina principal.	35
Figura 38. Rotinas de envio de dados pela serial.	35
Figura 39. Rotina de conversão ASCII para hexadecimal.	35
Figura 40. Fluxograma da rotina principal.	36
Figura 41. Fluxograma da rotina de leitura de cartão RFID.	37
Figura 42. Fluxograma da rotina de repetição de cartão RFID.	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Especificações técnicas do módulo leitor RFID 125 kHz OEM H10101BMC.....	9
Tabela 2. Pinagem do módulo leitor RFID 125 kHz OEM H10101BMC.	10
Tabela 3. Protocolo de comunicação do módulo OEM H10101BMC.....	10
Tabela 4. Lista de custos.....	38

RESUMO

SOUZA, Odair Carlos. Controle Eletrônico de Ignição para Motos Utilizando RFID. Campinas, 2007. 56f. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade São Francisco, Campinas, 2007.

Utilizando-se de ferramentas de última geração para desenvolvimento de sistemas embarcados desenvolveremos um controlador eletrônico de ignição para motos através da leitura de *tags* de identificação por radiofrequência ou RFID. A leitura do *tag* será feita por uma antena acoplada a um módulo de leitura RFID 125 kHz OEM instalado numa placa controlada por um microcontrolador da família LPC900 da Philips, o P89LPC916. O equipamento será denominado MOTORFID e terá em seu kit, além da própria placa microcontrolada, dois *tags* para operar o equipamento. Os *tags* são denominados Master e User. O *tag* User será utilizado para ligar e desligar a moto e o *tag* Master servirá para recadastrar um novo cartão Usuário em caso de inoperabilidade ou perda do *tag* User. O sistema será inteligente prevendo, através de sensor, o desligamento acidental da moto.

Palavras-chave: sistema embarcado, RFID, sistema de ignição de motos.

ABSTRACT

Using the latest generation tools to develop embedded systems, we will develop an electronic ignition controller for motorcycles through tag ID reading over radiofrequency, RFID. The reading of this tag will be done by an antenna coupled in a module of RFID reading 125 kHz OEM installed on a board controlled by a microcontroller from LPC900 family by Philips, P89LPC916. This equipment will be named MOTORFID and it will have in its set, besides de microcontrolled board, two other tags to get this system functional. These tags are named Master and User. The User tag will be use to turn the motorcycle on and off and the Master to re-cadastre a new user card in case of inoperability or tag user lost. The system will be intelligent foreseeing through a sensor, the accidental turn off of the motorcycle.

Key Word: *Embedded system, RFID, motorcycle ignition system*

1. INTRODUÇÃO

Os constantes avanços da tecnologia têm facilitado, cada vez mais, a vida do Homem moderno, lhes proporcionando meios para um maior conforto e qualidade de vida. Dentro deste avanço a eletrônica vem se destacando por invadir sistemas onde havia anteriormente apenas componentes mecânicos ou eletromecânicos, abrindo espaço para os chamados sistemas embarcados. Um sistema é dito como embarcado quando tem capacidade computacional para executar determinadas tarefas de forma independente utilizando para tal uma eletrônica de ponta. Aviões, navios, automóveis, caminhões, fornos de microondas e máquina de lavar roupas são apenas alguns exemplos de sistemas embarcados.

Os automóveis são um dos mais modernos, desenvolvidos e pesquisados sistemas embarcados que existem. A introdução da eletrônica nos automóveis se deu através da injeção eletrônica, do sistema de freios ABS, *airbag* e do controle eletrônico das funções básicas e vitais dos motores de combustão, proporcionando a possibilidade de utilização de vários tipos diferentes de combustíveis, os chamados carros *Flex*. No caso das motocicletas a contribuição da eletrônica está apenas no início e se resume na injeção eletrônica para alguns modelos fabricados no Brasil. A grande maioria das motocicletas brasileira não conta com nenhum tipo de “inteligência eletrônica”, exceto o alarme.

Este projeto procura somar aos sistemas existentes mais um atributo para contribuir na automatização e no bem estar dos usuários de motocicletas.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo Geral

O presente projeto visa o desenvolvimento de uma placa microcontrolada utilizando o microcontrolador P89LPC916, fabricado pela Philips com arquitetura interna 8051, e módulo de leitor de cartões RFID integrado com o desenvolvimento de software em assembly e hardware contemplando normas automotivas, implementando assim, um sistema de identificação para permitir a ignição de motocicletas.

1.1.2. Objetivos Específicos

Substituir o conjunto eletromecânico da chave de ligação da motocicleta por uma placa eletrônica que irá, através da leitura de um cartão RFID, acionar relés para colocar a moto na condição de ligada e pronta para ignição.

- Confeção da placa eletrônica MOTORFID para integração de um módulo de leitor RFID;
- Desenvolvimento de firmware usando linguagem C++ e Assembly para uso no microcontrolador P89LPC916 da Philips;

1.2. METODOLOGIA

- ⇒ Pesquisa bibliográfica sobre identificação por RFID em revistas e livros;
- ⇒ Escolha e estudo do funcionamento dos módulos de leitura RFID existentes no mercado;
- ⇒ Estudo sobre o microcontrolador P89LPC916;
- ⇒ Projeto e desenvolvimento da placa microcontrolada;
- ⇒ Desenvolvimento do firmware de funcionamento da placa integradora;
- ⇒ Testes práticos com protótipo;
- ⇒ Apresentação do projeto;

1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho esta estruturado de forma a apresentar uma breve introdução sobre os sistemas que compõem o projeto e posteriormente o projeto. Inicia-se com o sistema RFID no item 2, mostrando como é composto o sistema RFID, os tipos de *tags* e uma breve explanação sobre o leitor RFID. No item 3 é apresentado o módulo de leitura RFID multitag 125 kHz OEM H10101BMC, seu descritivo e especificações técnicas. No item 4 apresentamos o microcontrolador P89LPC916, suas características e pinagem. No item 5, mostramos o sistema de ignição de algumas motos, a Titan CG125 KS-CA-ES, a CBX250 e a NX-4 Falcon. No item 6, apresentamos o projeto e seus componentes físicos, o sistema em blocos explicativos e o layout da placa MOTORFID produzido e testado durante a execução deste trabalho.

2. O RFID

Os sistemas de identificação têm sido muito utilizados nos dias atuais visando principalmente o controle e a segurança de pessoas, produtos ou documentos, entre outros.

O RFID (*Radio Frequency Identification*), sistema de identificação por radiofrequência, vem sendo estudado, testado e aprimorado desde a década de 80 e se mostrou muito eficaz na sua robustez e segurança da informação em relação a outros meios de identificação, como o código de barras, amplamente utilizado na identificação de produtos, crachás de funcionários, validação de documentos, gôndolas e caixas de supermercados, etc.

Desenvolvida pelo *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), nos EUA, a solução é descendente da tecnologia dos *transponders* utilizados pelos ingleses na 2ª Guerra Mundial. O *transponder* ainda é usado e funciona recebendo e transmitindo sinais quando uma “pergunta”, em forma de pulso eletrônico, é feita. Quando foi utilizado na 2ª Guerra, ele identificava os aviões da Royal Air Force (RAF – Força Aérea Real). Assim, quando uma aeronave surgia no radar e não “respondia” com seu *transponder*, ela era identificada como inimiga e abatida. O RFID pode ser visto como um *transponder* de custos muito reduzido e simples que, por isso, pode ser usado para identificar praticamente qualquer coisa.

2.1. SISTEMAS RFID

Um sistema em RFID é a integração de uma série de componentes que permitem a identificação e o gerenciamento de objetos.

As características e especificações mudam à medida que a tecnologia é implantada. As empresas explicam o que precisam, como maiores distâncias de leitura das etiquetas, novas chaves para criptografia, ou maior taxa de transferências de dados, e tenta-se elaborar um padrão que dê conta de todas essas necessidades.

A grande vantagem do sistema RFID em relação aos outros sistemas é que não existe a necessidade de contato para se realizar a leitura das informações, além de permitir a identificação de múltiplos objetos simultaneamente e a capacidade de carregar uma quantidade muito maior de informações a respeito do produto ou objeto do que sistemas como o código de barras, por exemplo. Etiquetas eletrônicas de RFID mais modernas já permitem a escrita e leitura de informações que poderão conter dados de controle do produto ou da pessoa que a carrega, permitindo assim um gerenciamento apurado de um sistema controlado via RFID.

2.1.1. Componentes de um sistema RFID

Um sistema RFID é composto por pelo menos quatro itens básicos: etiqueta eletrônica, leitor, servidor/softwares e o sistema de comunicação.

2.1.1.1. Tag - Etiqueta Eletrônica

Com uma numeração única, a parte de identificação do RFID é composta por um conjunto de números em um chip denominado ID. Cada chip tem um código eletrônico de produto que é único (também conhecido como EPC – *Electronic Product Code*) e que pode ser consultado por meio de antenas de radiofrequência. Ou seja, quando a etiqueta é colada em uma lata de refrigerante, uma televisão, um cachorro ou uma pessoa, a etiqueta, ou *tag*, transmite a informação para antenas com frequência compatível e essas antenas ativam o chip, eletronicamente, identificando o produto.

As etiquetas eletrônicas podem ser classificadas como: passivas, semi-passivas ou ativas. Etiquetas passivas são as que não necessitam de alimentação interna, pois são alimentadas pelo próprio sistema de leitura através de indução magnética, as semi-passivas possuem alimentação interna (bateria), tem alcance e imunidade a ruídos maior que as passivas, porém custo maior e por fim, as ativas são etiquetas que possuem alimentação interna a bateria e transmissor para grande alcance, porém tem custo elevado.

Quanto ao formato físico, figura 1, as “etiquetas eletrônicas” podem ser encapsuladas em discos e moedas, corpo plástico, cartões, embarcadas, vidro, rótulo ou *smart labels*.

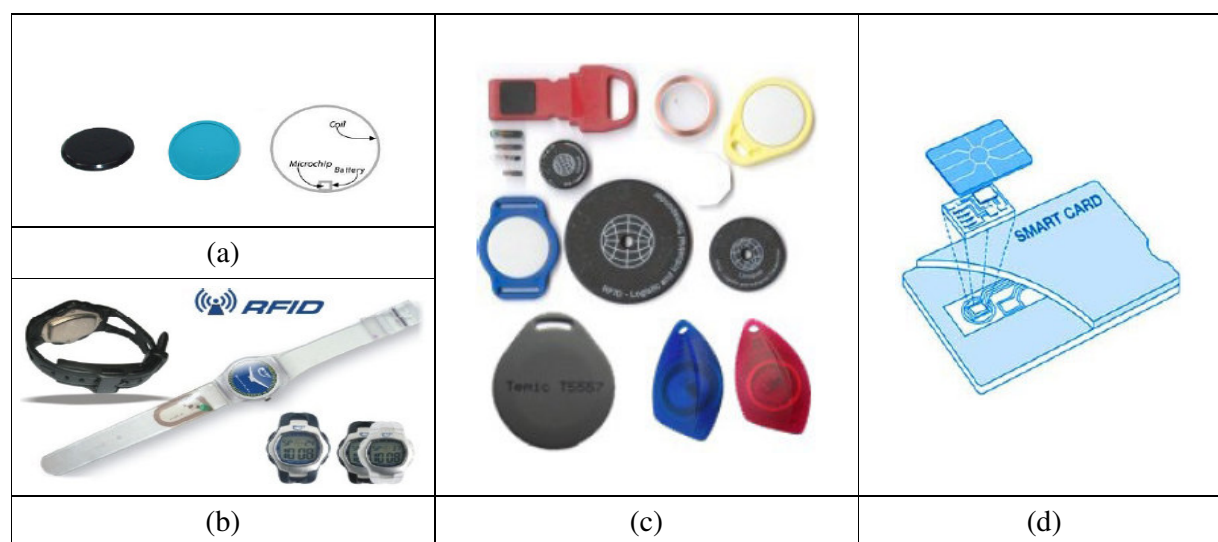


Figura 1. Tipos físicos: (a) Discos e moedas; (b) Embarcadas; (c) Vidro e corpo plástico; (d) Cartão. Fonte: Adaptado de Arthur G. Santini (2006), [3].

Na figura 2, mostramos uma etiqueta RFID para produção de cartões e um *tag* RFID no formato chaveiro para identificação por proximidade.

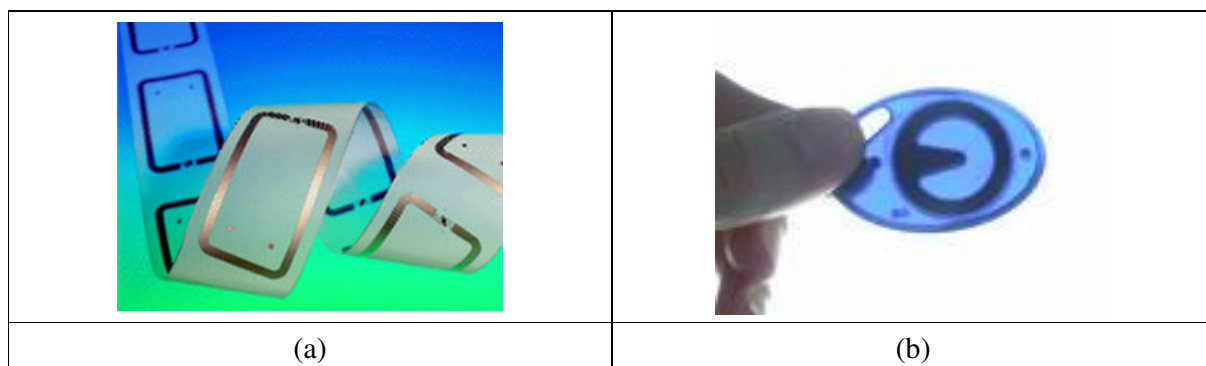


Figura 2. Etiquetas RFID: Adaptado de [1], (a) Etiqueta RFID; Adaptado de [2], (b) *Tag* RFID.

Em relação à capacidade de memória e ao processamento os *transponders* podem ser classificados em *1-Bit Transponder* que não tem memória e responde apenas ‘0’ ou ‘1’ e é comumente utilizado nos sistemas anti-furto em lojas e supermercados, *Surface Acoustic Wave (SAW) Transponder* que não possui memória nem microchip mas tem um ID (número único de identificação) que é emitido pela reflexão de ondas num cristal piezo elétrico interno ao *tag* e por ultimo o *n-Bit Transponder* o mais utilizado e que pode ter memória que varia de alguns bytes até milhares de bytes além de microchip e processamento com protocolos dedicados para a escrita e leitura de dados ou o fornecimento apenas do ID.

2.1.1.2. Leitor RFID

Os equipamentos leitores (reader) possuem um conjunto de antenas que efetuam a leitura e/ou a gravação de informações nas etiquetas através de radiofrequência e se comunicam com o meio externo através de uma interface de comunicação.

O leitor é normalmente composto por três partes: *a antena* que estabelece o acoplamento magnético com o *tag*, *o controlador* que é o centro inteligente que controla todas as funções do leitor e *a interface* de rede que conecta o leitor ao mundo externo, podendo ser, por exemplo, uma interface serial USART, RS232, de saída de dados Abatrack, Wiegand, dentre outras.

Na figura 3, o leitor efetua a leitura de um *tag* RFID no formato chaveiro por proximidade.

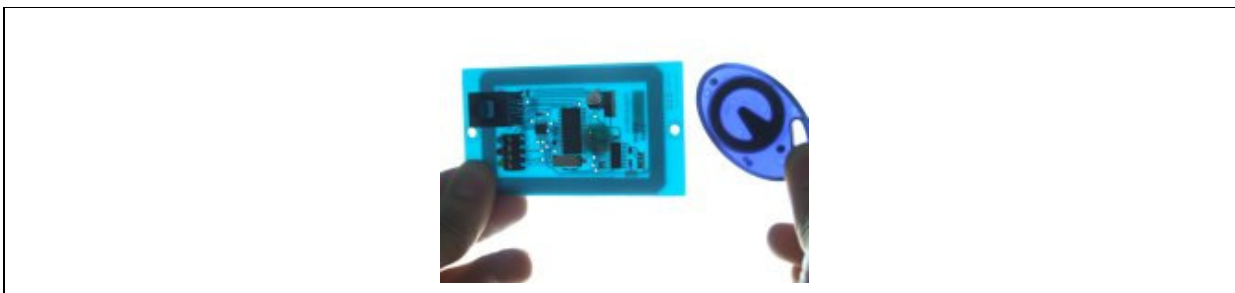


Figura 3. Leitor RFID
Fonte: Adaptado de [2]

Os *tags* passivos utilizam-se do próprio campo magnético gerado pelo leitor para sua energização e este processo é chamado de acoplamento indutivo. O funcionamento detalhado dos leitores RFID não é o foco deste trabalho, para maiores informações consulte [3].

Na figura 4, apresentamos como ocorre o acoplamento indutivo entre o leitor e o *tag*.

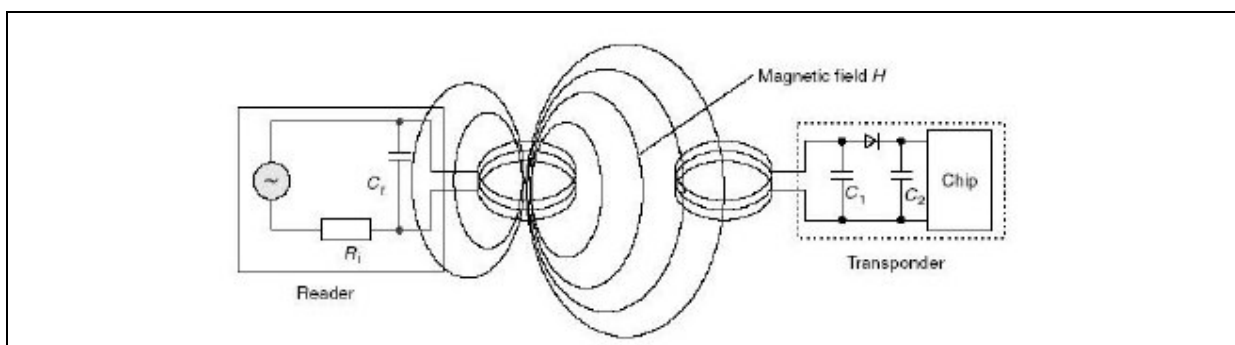


Figura 4. Acoplamento Indutivo.
Fonte: Adaptado de RFID Handbook, Finkenzeller, 2003, p.42

2.1.1.3. Servidores/Software

Os servidores e softwares são os gerenciadores do sistema RFID responsáveis pelo armazenamento dos dados lidos e/ou gravados nas etiquetas e podem emitir qualquer tipo de relatório sobre a movimentação dos produtos controlados.

2.1.1.4. Sistema de comunicação

O sistema de comunicação é a interligação física entre os leitores e os servidores e podem ser compostos por fibra ótica, RS485, RS422, RS232, *wireless*, internet, etc.

3. MÓDULO MULTITAG 125 kHz OEM H10101BMC

O módulo multitag 125 kHz OEM H10101BMC, fabricado pela Kronegger [6], é um módulo compacto desenvolvido especialmente para integração em pequenos equipamentos portáteis ou fixos. Oferece suporte de leitura para diversos tipos de *tags* tais como Hitag1, Hitag2, ISO-FDXB e os tipos EM40XX que serão utilizados neste projeto. Os *tags* EM40XX são *tags* que não possuem memória para dados e, portanto, nos retorna em sua leitura apenas um número de ID a ser utilizado como chave de acionamento.

Apresentando tamanho reduzido e fácil integração os módulos OEM necessitam apenas de uma antena externa e alimentação de 5V, com um consumo de 10mA a 200mA dependendo do alcance de leitura desejado, que pode ser de até 300mm, e da antena utilizada. Possuem interface de rede I2C, Wiegand ou C-MOS TTL que pode ser conectada a interface RS232 ou conversores para redes RS485 possibilitando assim conectividade com um PC ou um equipamento de controle como no caso do MOTORFID desenvolvido neste projeto.

A escolha do módulo se deu pela disponibilidade imediata, facilidade de integração e rápido entendimento do funcionamento e do protocolo de comunicação do módulo H10101BMC.

Na figura 5, apresentamos o modulo de leitura 125 kHz OEM H10101BMC.

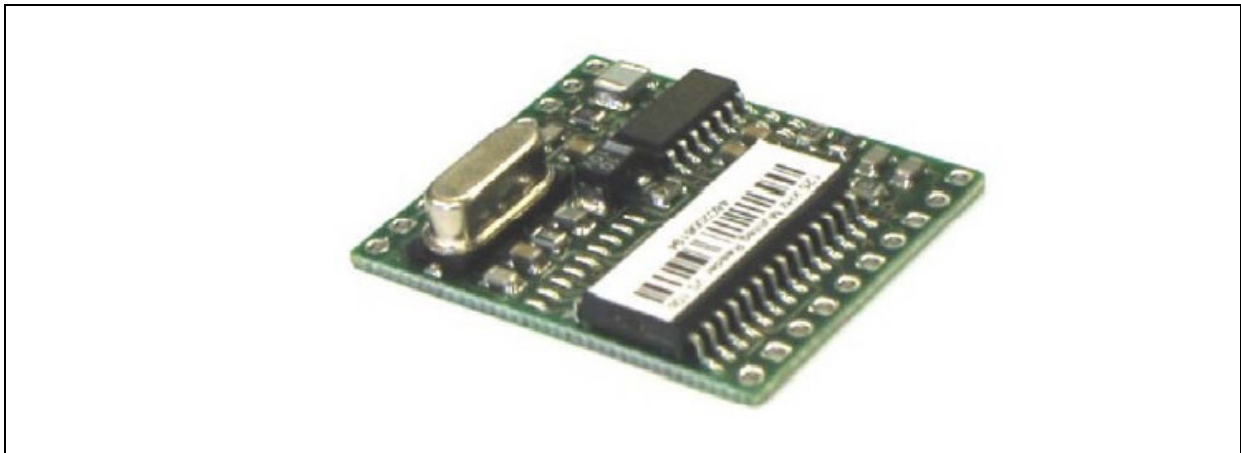


Figura 5: Módulo H10101BMC.

Fonte: Adaptado de [5]

3.1. ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

Tabela 1. Especificações técnicas do módulo leitor RFID 125 kHz OEM H10101BMC.

Frequência de operação – 125 kHz	Impedância saída – 32 +3,3nF	Temp. de operação -25 - +85°C
Baud Rate – 9600bps	Tensão de alimentação – 5V	Dimensões – 30.5x25.5x5.5mm
Interface de rede – C-MOS TTL	Consumo – 10-200mA	Distância de leitura até 300 mm

3.1.1. Interfaceamento

Na figura 6, apresentamos o esquemático do interfaceamento do modulo de leitura 125 kHz OEM H10101BMC.

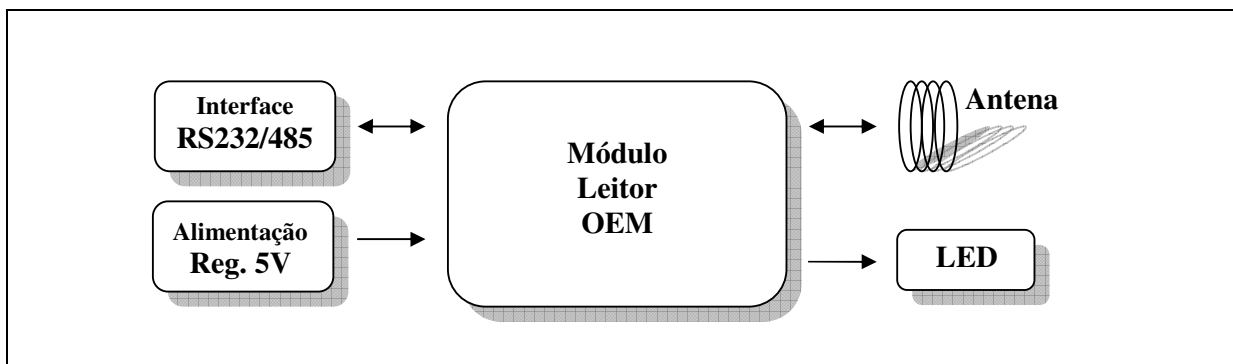


Figura 6: Interfaceamento do módulo H10101BMC.

Fonte: Adaptado de [7]

3.1.2. Antena

A antena é uma bobina com 70 voltas de fio de cobre de 0.22mm sem núcleo, de diâmetro interno de 38 mm e a indutância pretendida é de $L=490 \mu\text{H}$ num fator de qualidade $Q < 15$.

Na figura 7, mostramos o design da antena.

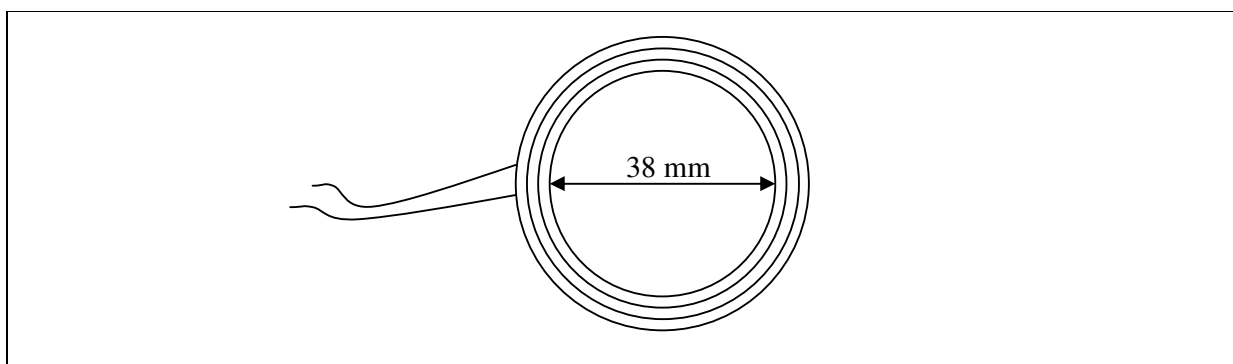


Figura 7: Antena em fio.

Fonte: Adaptado de [7]

3.1.3. Pinagem

Tabela 2. Pinagem do módulo leitor RFID 125 kHz OEM H10101BMC.

Pino	Função	Comentário	Pino	Função	Comentário
1	Antena	Conexão de antena RX	11	RXD	Entrada TTL serial 9600, n, 8,1.
2	Antena	Conexão de antena TX	12	TXD	Saída TTL serial 9600, n, 8,1.
3	+ 5V DC	5V DC 10-200mA	13	RB7	Programação do módulo, Data.
4	GND	Negativo	14	RB6	Programação do módulo, Clock.
5	Antena	Conexão de antena TX2	15	Vpp	Saída de alimentação auxiliar
6	GND	Reservado	16	EN	Ativa/desativa módulo, ativo = '0'
7	GND	Reservado	17	Led -	Conexão negativa do Led
8	GND	Reservado	18	Led +	Conexão positiva do Led
9	GND	Reservado	19	GND	Negativo
10	GND	Reservado	20	+ 5V DC	5V DC 10-200mA

Na figura 8, mostramos a disposição da pinagem do modulo de leitura 125 kHz OEM H10101BMC.

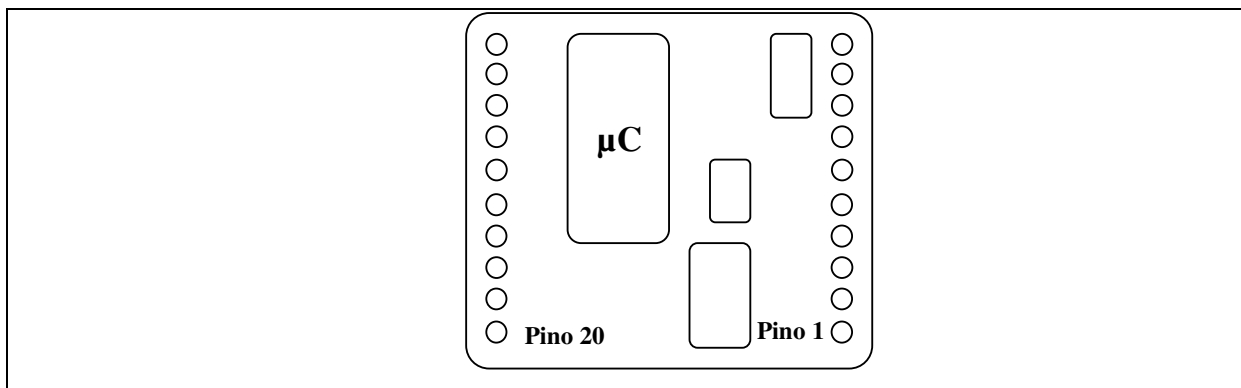


Figura 8: Pinagem do modulo H10101BMC.

Fonte: Adaptado de [7]

3.2. PROTOCOLO DE COMUNICAÇÃO

O módulo OEM H10101BMC efetua a comunicação com *tags* 125 kHz EM40XX que são apenas de leitura e disponibiliza o ID na interface de rede C-MOS TTL no formato de dados mostrado na tabela 3.

O número do ID é enviado pelo módulo sempre iniciando pela letra 'U' maiúscula, seguida de 5 bytes, um enter (CR) e uma alimentação de linha (LF).

Tabela 3. Protocolo de comunicação do módulo OEM H10101BMC.

Configuração da interface de rede	Protocolo de transmissão serial do ID
9600,n,8,1	"U20 08 B3 25 5B<CR> <LF>"

4. MICROCONTROLADOR P89LPC916

O microcontrolador P89LPC916, chamado abreviadamente de LPC916, é um microcontrolador da família LPC900, fabricado pela Philips Semicondutores, hoje distribuído e comercializado pela NXP, foi desenvolvido especialmente para aplicações que exijam alta integração, baixo custo e alto desempenho. Sua arquitetura interna permite a execução de instruções em tempos de dois a quatro clocks, levando este microcontrolador a ser considerado de alta performance.

Na figura 9, é mostrado o símbolo lógico do LPC916.

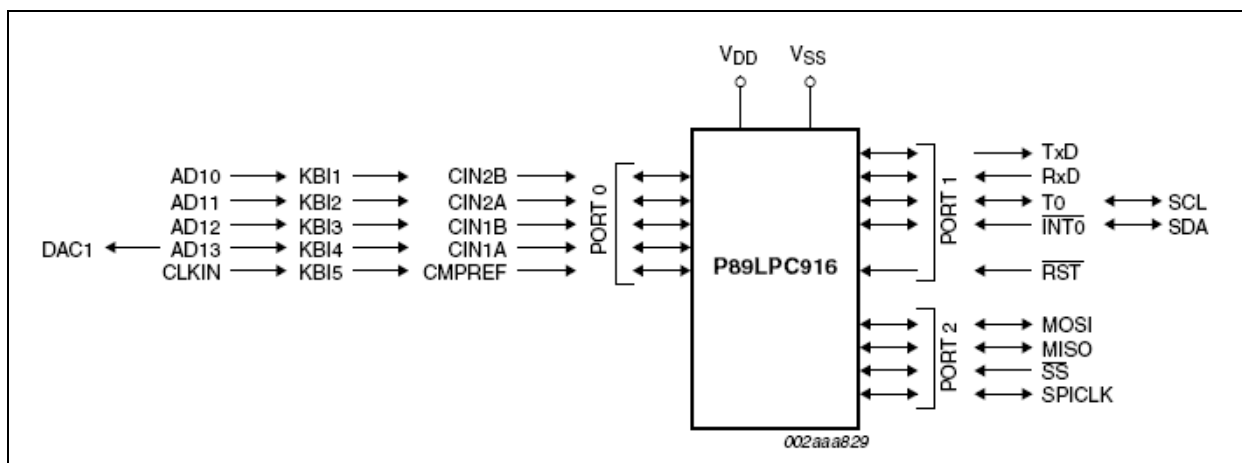


Figura 9. Símbolo lógico.

Fonte: Adaptado de P89LPC915_916_917-04.pdf em [4].

4.1. CARACTERÍSTICAS

- Memória Flash de código de 2kB organizada em páginas de 16 bytes e em setores de 256 bytes. Pode ser usada para armazenamento não volátil de dados;
- 256 bytes de memória RAM;
- Dois temporizadores/contadores de 16 bits;
- Sistema temporizador de 23 bits que pode ser usado como relógio de tempo real;
- Quatro entradas de conversor A/D multiplexado de 8 bits/ saída DAC simples. Dois comparadores com referencias selecionáveis;
- UART com break detect, detecção framing error, detecção automática de endereço e interrupção versátil;
- Comunicação SPI;

- Oscilador interno de precisão com fator de calibração de $\pm 1\%$;
- Alimentação de 2.4V a 3.6V. Pinos de I/O que suportam 5V e podem ter resistores de “pull up” ligados em até 5,5V;
- Até 14 pinos que podem ser usados como I/O quando estiver configurado para oscilador e reset internos;

4.2. CARACTERISTICAS ADICIONAIS

- Encapsulamento extremamente pequeno, 16 pinos - TSSOP;
- Possui uma CPU de alta performance 80C51 que realiza instruções em tempos que vão de 111ns a 222ns, o que é seis vezes mais rápido que o padrão 80C51 convencional e na mesma frequência.
- Programação In-Application (IAP-Lite) e possibilidade de se zerar byte a byte tornando a área de memória de código uma memória para se guardar dados;
- Programação serial da memória flash no sistema In-Circuit (ICP), carga de código no componente na própria placa;
- Timer do watchdog separado do oscilador interno, watchdog embutido no chip;
- Reset por detecção de queda de tensão (Brownout detect), pode ser configurado com interrupção;
- Dois diferentes modos de baixo consumo (Power-down mode), com corrente de apenas 1 μ A;
- On-chip power-on reset, pode operar sem componentes externos para reset;
- Quatro configurações de portas: quase-birecional, coletor aberto, push pull e entrada;
- Capacidade de a porta fornecer corrente para acionamento de led (20mA);
- Quatro níveis de prioridade para as interrupções;
- Cinco entradas de teclado com interrupção;
- Segundo data pointer;
- Portas com entrada em Schmitt trigger;
- Suporte para emulação via software;

4.2.1. Diagrama de blocos

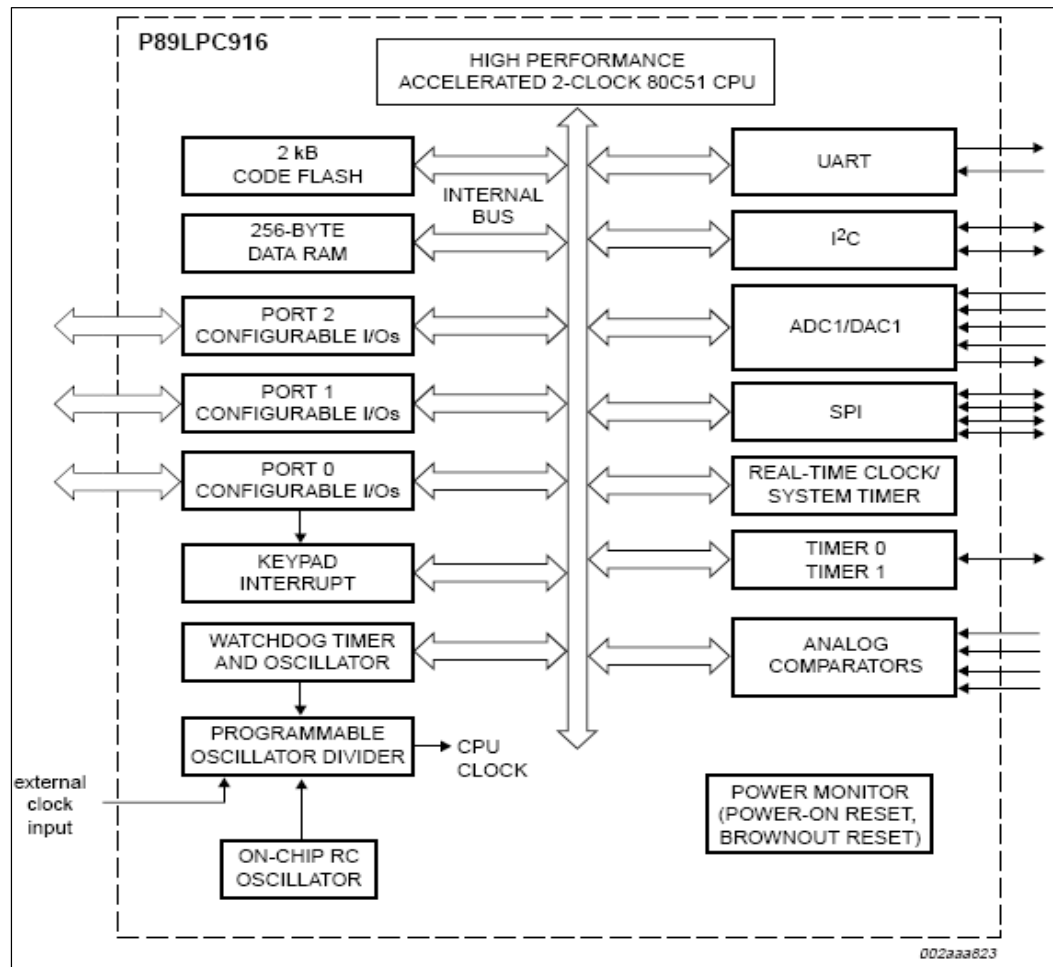


Figura 10. Diagrama de blocos LPC916.

Fonte: Adaptado de P89LPC915_916_917-04.pdf em [4].

4.2.2. Pinagem

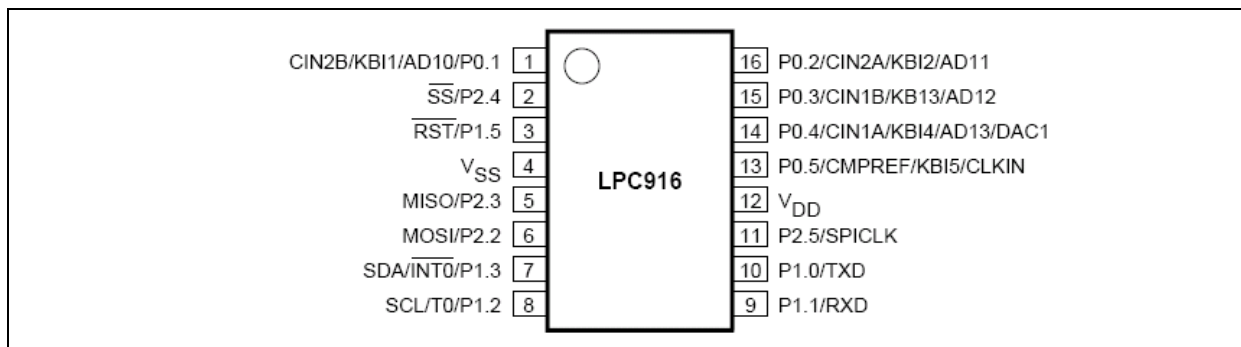


Figura 11. Pinagem LPC916.

Fonte: Adaptado de P89LPC915_916_917-04.pdf em [4].

Para maiores detalhes de funcionamento acesse *P89LPC915/916/917 User's Manual* em [4].

5. SISTEMA DE IGNIÇÃO EM MOTOS

Levando-se em consideração modelos de moto fabricados pela Honda, a ignição em motos é uma das características de diferenciação entre vários modelos de uma motocicleta de mesma cilindrada. Por exemplo, a campeã de vendas no Brasil, a moto 125 cilindradas, pode ter partida elétrica ou a pedal, o que contribui para variação de seus valores de venda ao cliente final. Já a 250 e a 400 cilindradas estão disponíveis apenas com partida elétrica. Nesta sessão iremos estudar o sistema de ignição nestes três tipos de motos: CG125, CBX250 e NX-4 Falcon.

5.1. MOTO HONDA TITAN CG125 KS E CG125 CA

As motos CG125 KS e CG125 CA – Cargo não possuem partida elétrica nem motor de partida, elas se utilizam de um gerador de pulsos de ignição a pedal e, portanto, para dar a partida basta girar a chave (interruptor de ignição) e acionar o pedal. Neste caso não há um interruptor de partida como no sistema de partida elétrico e para desligar é necessário desativar o interruptor de ignição (girar a chave).

Na figura 12, esquemático do sistema de ignição da moto Honda CG125 KS e CG125 CA.

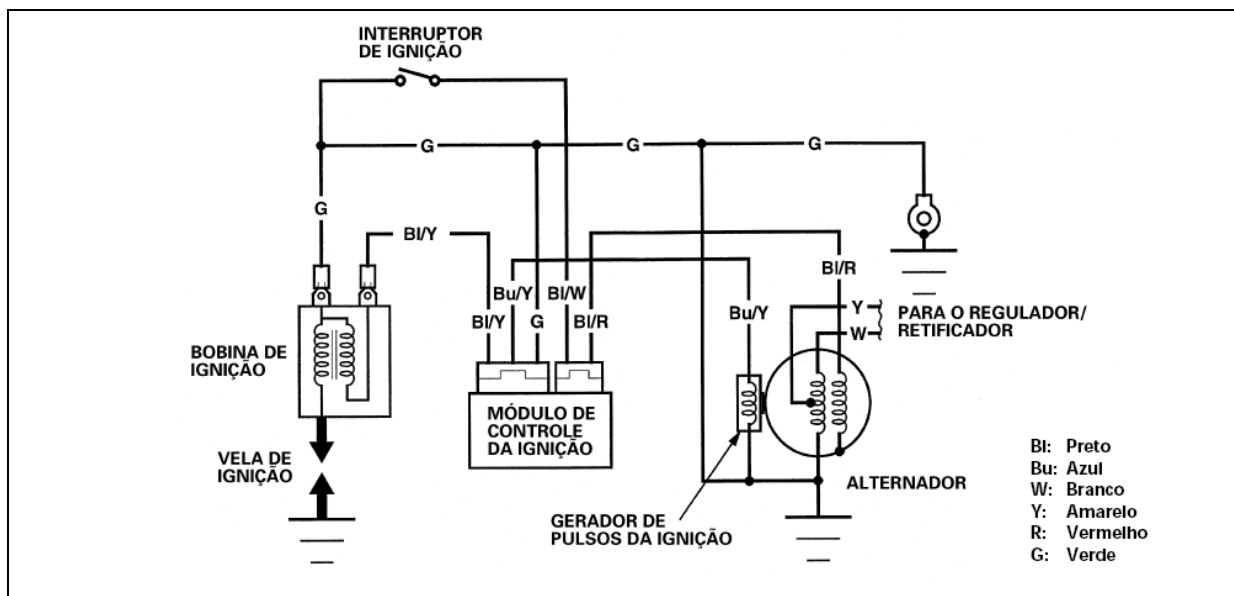


Figura 12: Esquemático do sistema de ignição da moto Honda CG125 KS e CG125 CA.

Fonte: Adaptado de [8]

Na figura 13, disposição do sistema de ignição na moto Honda CG125 KS e CG125 CA.

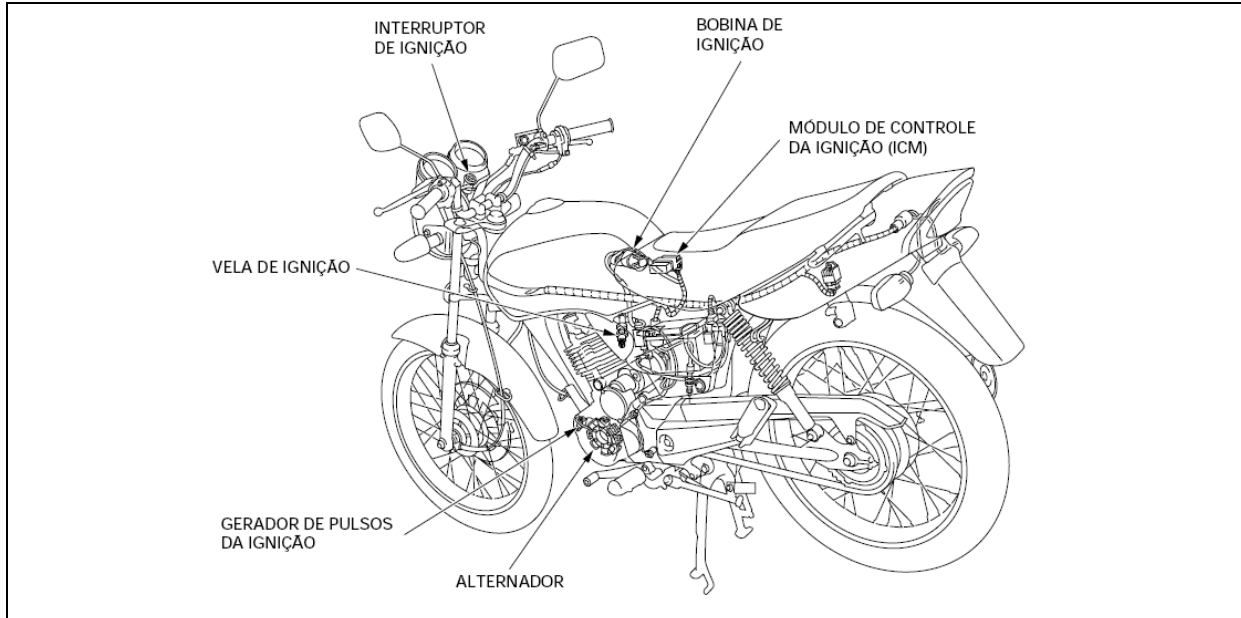


Figura 13: Disposição do sistema de ignição na moto Honda CG125 KS e CG125 CA.
Fonte: Adaptado de [8]

5.2. MOTO HONDA TITAN CG125 ES

As motos modelo Titan CG125 ES – *Eletric Starter* possuem sistema de partida elétrica e para dar a partida basta girar a chave (interruptor de ignição) e acionar o interruptor de partida que ira girar o motor elétrico de partida gerando a ignição da moto. Os interruptores de segurança interruptor da embreagem e interruptor de ponto morto deveram estar na condição fechado para que efetivamente ocorra a ignição. Para desligar a moto basta desacionar o interruptor de partida. O esquemático do sistema é mostrado na figura 14 e a disposição na moto na figura 15.

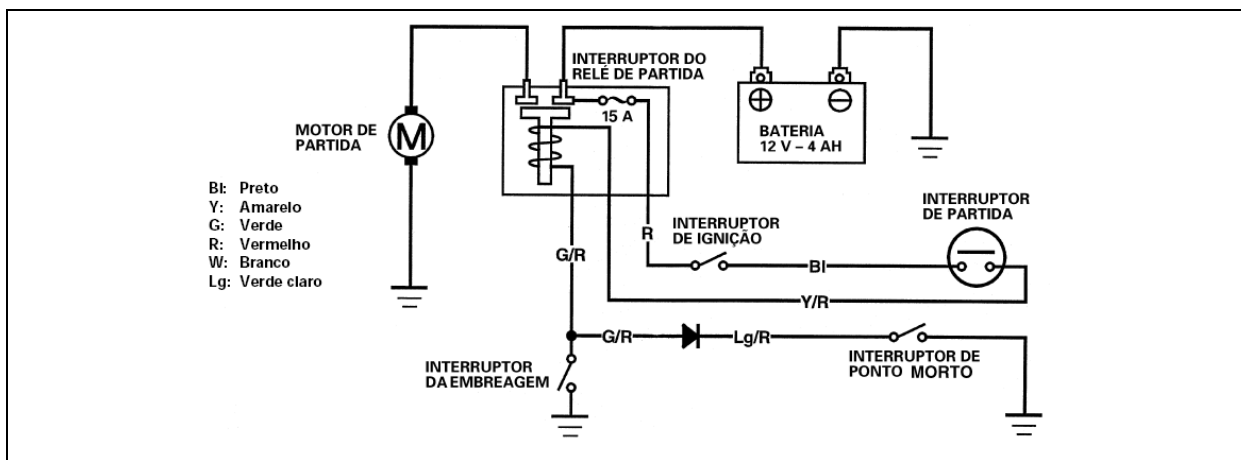


Figura 14: Esquemático do sistema de ignição da moto Honda CG125 ES.
Fonte: Adaptado de [8]

Na figura 15, disposição do sistema de ignição na moto Honda CG125 ES.

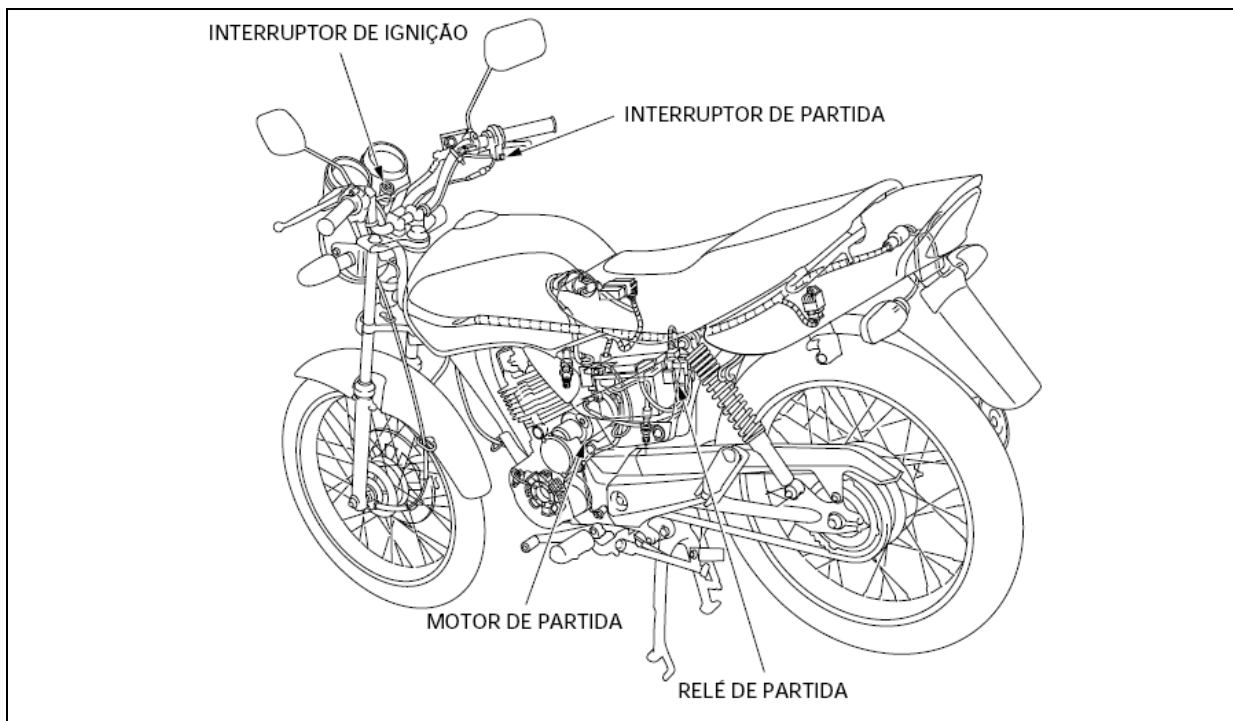


Figura 15: Disposição do sistema de ignição na moto Honda ES.

Fonte: Adaptado de [8]

5.2.1. Detalhes dos interruptores na ignição

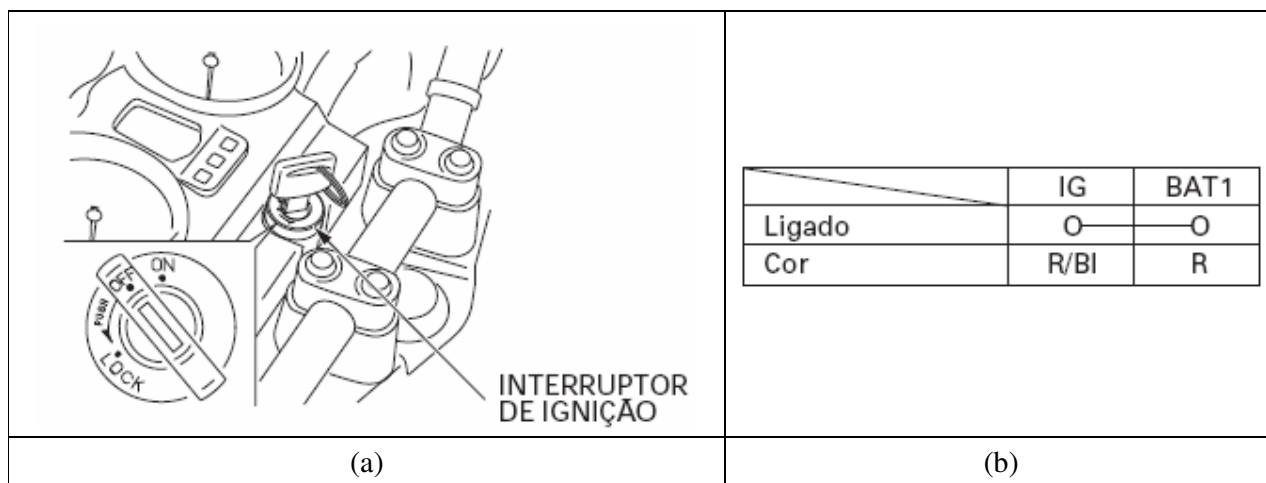


Figura 16. Detalhes do interruptor de ignição: (a) Posição no painel; (b) ação no giro da chave.

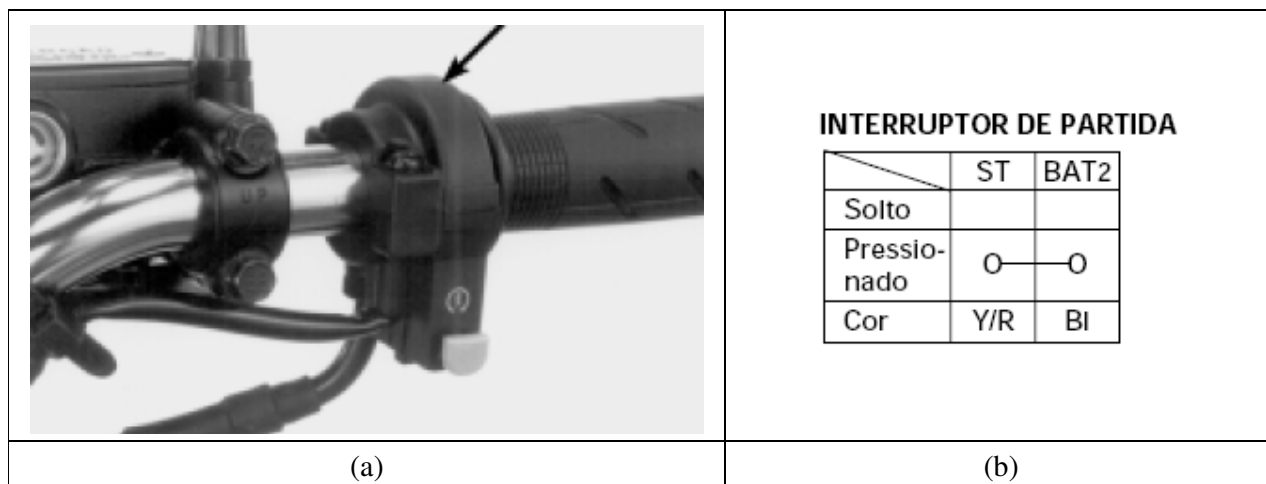


Figura 17. Detalhes do interruptor de partida: (a) Posição no lado direito guidão; (b) ação ao pressionar.

5.3. MOTO HONDA CBX250 E NX-4 FALCON

O procedimento de ignição das motos Honda CBX250 e NX-4 Falcon é idêntico ao da moto Honda Titan 125 ES descrito no item 5.2 só se diferenciando no acréscimo do interruptor do motor que serve de interruptor de emergência para desligar a moto instantaneamente.

Na figura 18, esquemático do sistema de ignição da moto Honda CBX250.

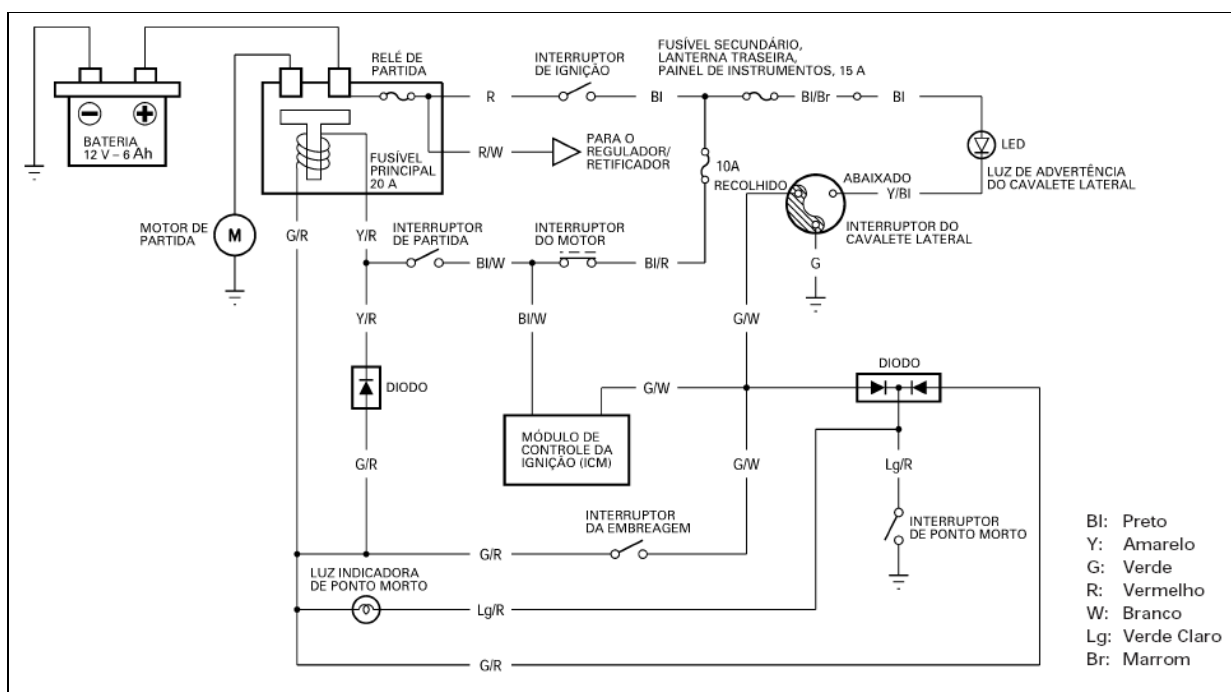


Figura 18: Esquemático do sistema de ignição da moto Honda CBX250.

Fonte: Adaptado de [8]

Na figura 19, esquemático do sistema de ignição da moto Honda NX-4 Falcon.

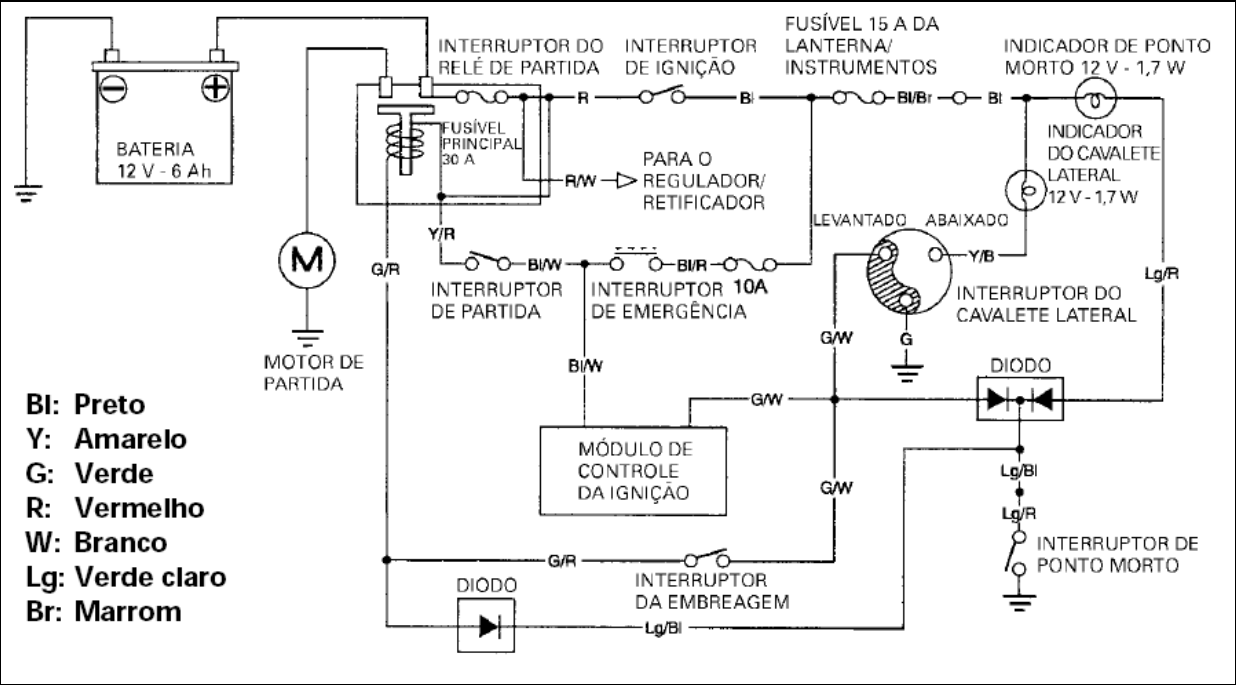


Figura 19: Esquemático do sistema de ignição da moto Honda NX-4 Falcon.

Fonte: Adaptado de [8]

5.3.1. Detalhes dos interruptores na ignição

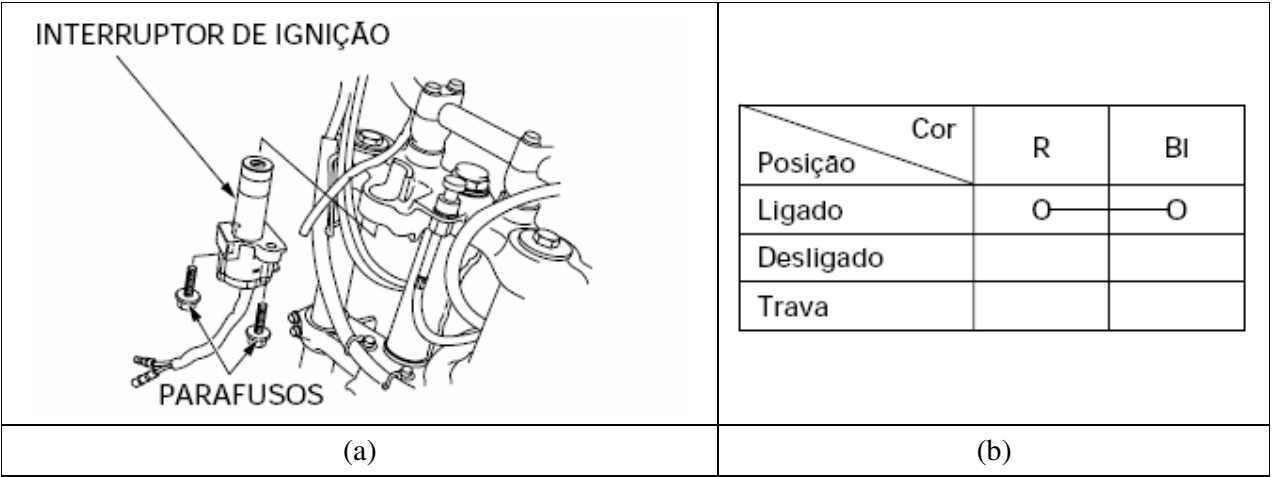


Figura 20. Interruptor de ignição CBX250/ NX-4 Falcon: (a) Posição no painel; (b) ação no giro da chave.

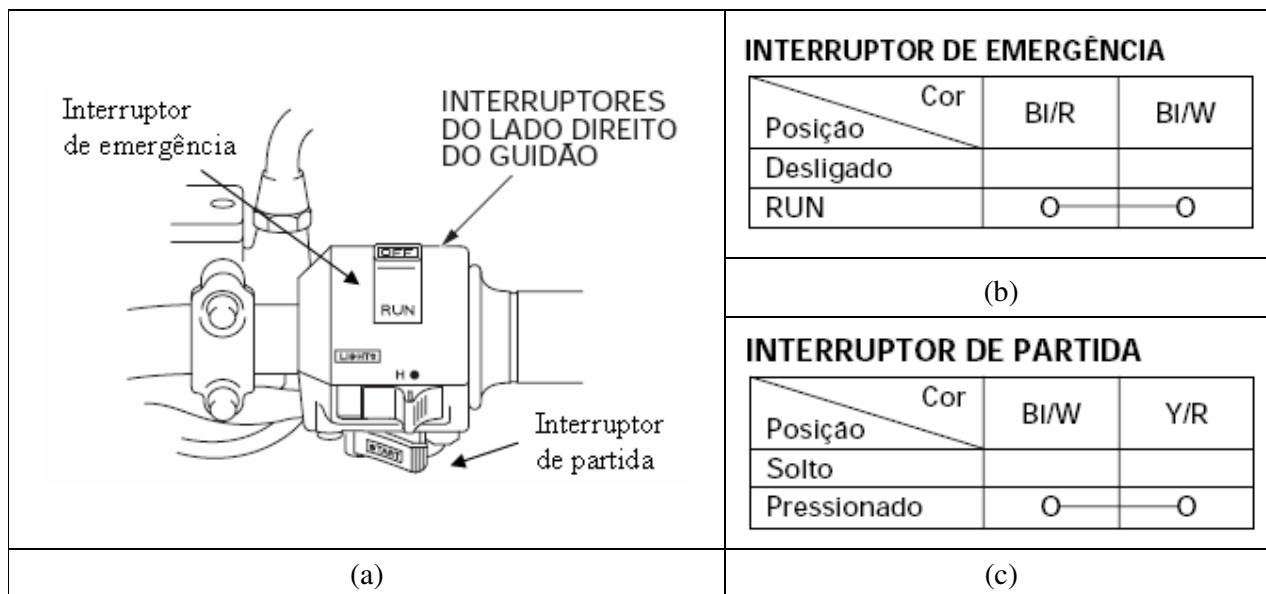


Figura 21. Interruptores da CBX250/ NX-4 Falcon: (a) Posição no guidão; (b) ação ao manter pressionado; (c) ação ao pressionar.

5.4. CONDIÇÕES PARA IGNIÇÃO DE UMA MOTO

As condições para que haja ignição nas motos com partida elétrica em geral são: primeiro, o interruptor de ignição deverá estar na posição “ligado”, ou seja, a chave deve ser ligada, segundo, o interruptor de emergência deve estar na posição “RUN”, terceiro, a moto deve estar com a marcha na posição de ponto morto e com o cavalete lateral levantado para, quarto, poder pressionar momentaneamente o interruptor de partida iniciando a ignição.

6. PROJETO MOTORFID

O projeto MOTORFID visa substituir o conjunto do interruptor de ignição, que até o presente momento é acionado pela ação mecânica do giro do miolo de uma chave com segredo mecânico, por uma “chave eletrônica inteligente”. A “chave eletrônica inteligente” é um sistema eletrônico composto pela associação de dois elementos: um módulo de leitura RFID e uma placa microcontrolada. Portanto, a integração do sistema de chave inteligente com o sistema de ignição da motocicleta resulta num controlador eletrônico de ignição para motos utilizando RFID.

6.1. COMPONENTES DO SISTEMA MOTORFID

Os componentes do sistema MOTORFID são o módulo de leitura RFID H10101BMC e a placa microcontrolada que será desenvolvida e denominada MOTORFID, além do código em assembly para o microcontrolador da referida placa.

6.1.1. Módulo H10101BMC

O módulo RFID utilizado está descrito no item 3 deste documento. Será conectado diretamente ao microcontrolador através das vias RXD e TXD em sua interface serial USART e será confeccionada uma antena como descrito no item 3.1.2. As conexões com a placa microcontrolada e com a antena são mostradas no esquemático no item 6.1.2.1 e também no bloco de alimentação na figura 23.

6.1.2. Placa MOTORFID

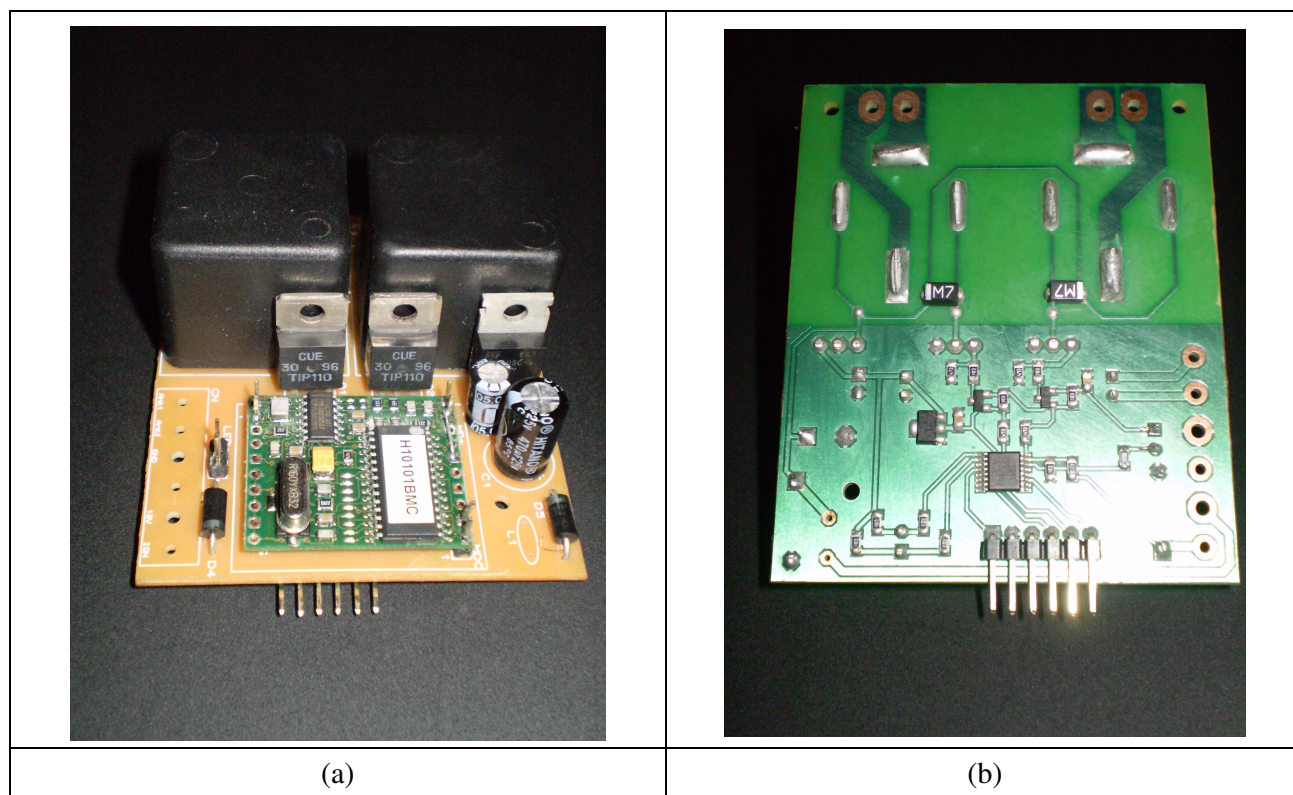


Figura 22: Placa MOTORFID: (a) Lado componentes; (b) Lado solda

Para o desenvolvimento da placa MOTORFID foi utilizado o software Proteus que é composto por Proteus ARES, Proteus ISIS e Proteus VSM. Para utilização do software foi feito o download do instalador do programa no site da Labcenter Electronics [9] que disponibiliza uma versão free, porém limitada, para desenvolvimento de projetos eletrônicos. Uma versão completa pode ser adquirida do fornecedor efetuando-se a compra da licença de uso total.

6.2. DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

6.2.1. Esquemático

O esquemático foi desenvolvido utilizando-se a ferramenta ISIS do software Proteus, o Proteus ISIS.

Na figura 23, é mostrado o esquemático da placa MOTORFID.

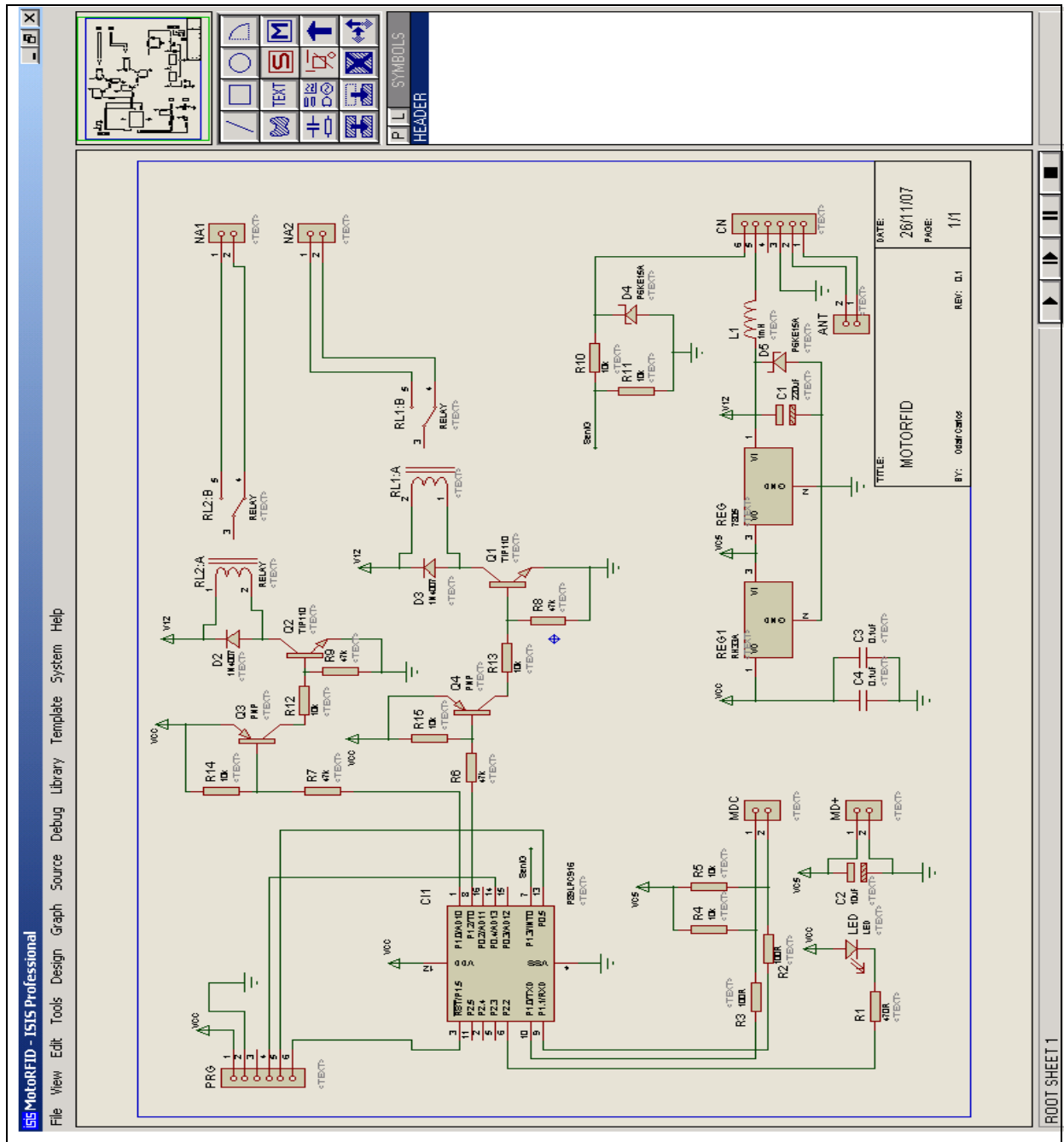


Figura 23: Esquemático MOTORFID.

6.2.1.1. Bloco de alimentação

No conector CN há a entrada de alimentação que será proveniente da bateria de 12V da moto, onde o pino 5 é o 12VDC e o pino 3 o negativo ou GND. Como proteção de surtos e *spikes* utilizamos o indutor L1 e o diodo supressor D5 de 15V. O capacitor C1 fornecerá corrente rápida ao circuito e serve também de filtragem para a tensão de forma a evitar *ripples*. O regulador REG 7805 de 5V regulará tensão destinada ao módulo de leitura RFID. O regulador REG1 de 3.3V regulará a tensão para funcionamento do microcontrolador LPC916. Os capacitores C3 e C4 são capacitores, que posicionados estrategicamente, servem para o desacoplamento de ruídos gerados pelo chaveamento digital do próprio microcontrolador e também pelo acionamento dos relés. No pino 6 do CN está ligada uma via chamada SenIG que se conecta diretamente ao microcontrolador e serve de sensor do interruptor de emergência, é um divisor resistivo com um diodo supressor D4 de 15V para proteção desta entrada do microcontrolador. O pino SenIG do microcontrolador, pelo efeito do divisor resistivo e considerando R10 22k e R11 10k, irá receber $1/3 V_{bat}$ ou 0V indicando um nível lógico '1' ou '0'. O conector ANT é a conexão da antena externa ao módulo de leitura RFID, a antena será ligada fisicamente nos terminais 1 e 2 do conector CN.

Na figura 24, é mostrado o esquemático do bloco de alimentação.

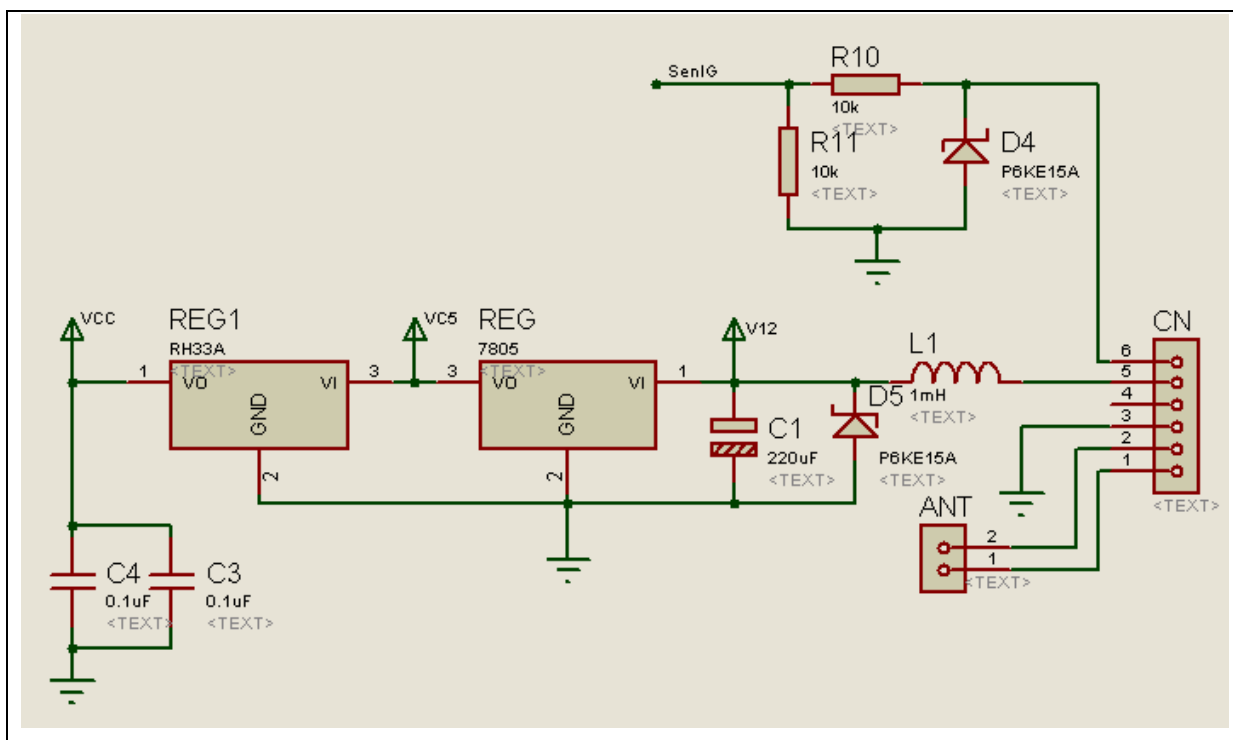


Figura 24: Esquemático MOTORFID – Bloco alimentação.

6.2.1.2. Bloco de saída de acionamento

Este bloco é formado por dois conjuntos idênticos que poderão ser acionados individualmente ou em conjunto. Considerando o conjunto superior temos dois transistores ligados em cascata, onde Q3 é um transistor PNP, pois quando há o reset do microcontrolador é certo que todas as suas entradas entram em nível lógico '1' e Q3 não será acionado indevidamente, acionando Q2 que atraca o relé, isto evita uma ligação indesejada da moto no ato de ligar o equipamento. O diodo D2 evita a ocorrência de FCEM que poderia acarretar num mau funcionamento do circuito pela injeção de ruído. O relé escolhido foi um relé da linha automotiva com a capacidade de contato de 40A para possibilitar a utilização do equipamento em motos que tenham seu fusível principal de até no máximo 40A. O sistema de ignição de uma NX-4 Falcon seria, dentre as motos estudadas, uma das que poderia, ainda, receber o sistema MOTORFID por ter seu fusível principal de 30A. No entanto, estes sistemas de ignição provavelmente não consumiriam uma corrente tão alta, porém, o relé escolhido não poderia ser o elo mais fraco do circuito elétrico, tendo sua capacidade de condução abaixo do valor nominal do fusível principal.

Na figura 25, é mostrado o esquemático do bloco de saída de acionamento.

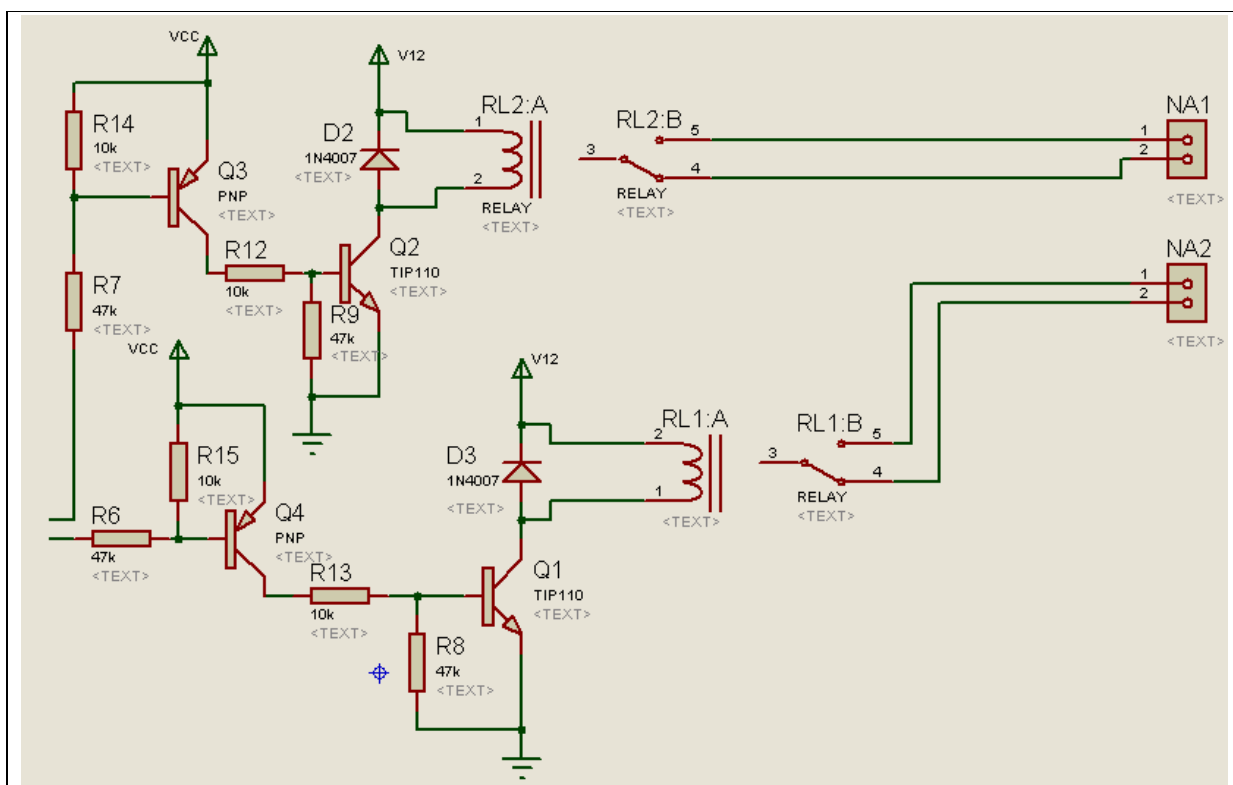


Figura 25: Esquemático MOTORFID – Bloco de saída de acionamento.

6.2.1.3. Bloco microcontrolador

O bloco microcontrolador é composto apenas pelo microcontrolador LPC916 (CI1) e pelo conector PRG que serve para programação do firmware do microcontrolador. Podemos notar também que não há cristal de clock externo, pois será utilizado um clock interno. A gravação do microcódigo será feita pela técnica ICP-In-Circuit Programming que é uma carga de programa feita no microcontrolador no próprio circuito, sem a necessidade de retirar o componente da placa. Esta programação ICP e o programador foram desenvolvidos, estudados e estão descritos no anexo I.

6.2.1.4. Bloco conexão módulo

No bloco de conexão do módulo temos o conector MDC que é responsável pela conexão das vias de comunicação entre o módulo RFID e o microcontrolador LPC916, possui resistores de 100 Ohms em série para limitar correntes de picos e resistores de “pull up” para fornecer nível lógico ‘1’ de 5V, uma vez que o microcontrolador permite níveis de tensão de até 5.5V, proveniente de resistores de “pull up”, como descrito em suas características no item 4.1. A alimentação de 5V do módulo RFID é disponibilizada no conector MD+, sendo conectado diretamente ao C2 que serve de filtragem. Um led indicativo de funcionamento é ligado diretamente na porta do microcontrolador através de um resistor de limitação de corrente R1, pois o microcontrolador pode fornecer corrente (nível lógico ‘0’), de até 20mA como descrito no item 4.2.

Na figura 26(a), o bloco microcontrolador e figura 26(b) o bloco conexão módulo.

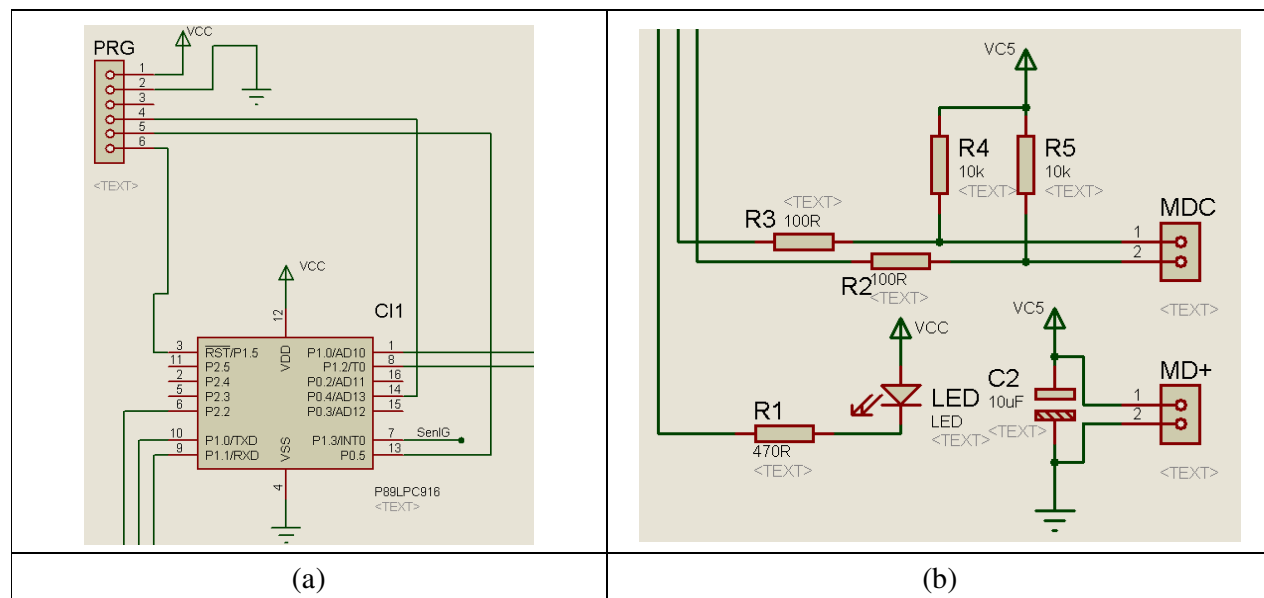


Figura 26: Esquemático MOTORFID: (a) Bloco microcontrolador; (b) Bloco conexão módulo.

6.2.2. Layout

Para o desenho da placa PCB ou layout foi utilizado a ferramenta ARES do software Proteus, o Proteus ARES.

Na figura 27, é mostrado o layout ampliado da placa MOTORFID.

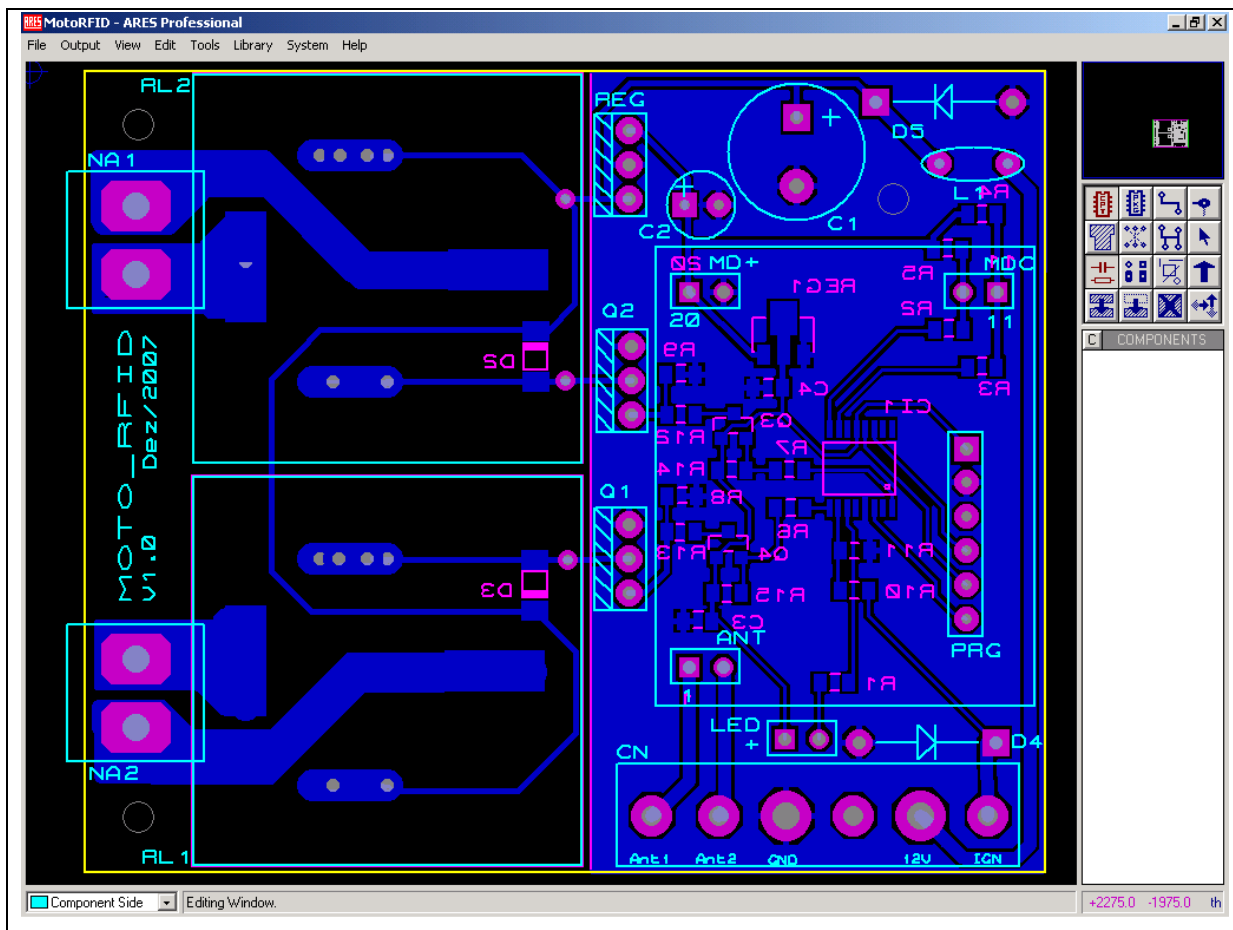


Figura 27: Layout ampliado da placa MOTORFID.

O layout foi desenvolvido visando a separação do bloco de potência do bloco digital. A linha amarela delimita os limites da placa, o azul indica o lado de baixo da placa ou “Solder Side” – Lado Solda. A maioria dos componentes utilizados é de tecnologia SMT para montagem em superfície e estão concentrados em um único lado da placa, o lado de baixo. Os componentes SMD foram cuidadosamente posicionados de forma a ficarem todos numa mesma posição, horizontal em relação a lateral maior, para facilitar a programação das máquinas robóticas de montagem automática e também a montagem manual.

6.2.2.1. Bloco de potência

No bloco de potencia existem apenas os relés RL1 e RL2 que são os responsáveis pelo acionamento que irá substituir o interruptor de ignição. Suas trilhas de ligação são reforçadas para a passagem de alta corrente. Os diodos D3 e D5 e os transistores de potencia Q1 e Q2 também fazem parte deste bloco, pois estão diretamente conectados aos relés.

Na figura 28, é mostrado o layout do bloco de potência.

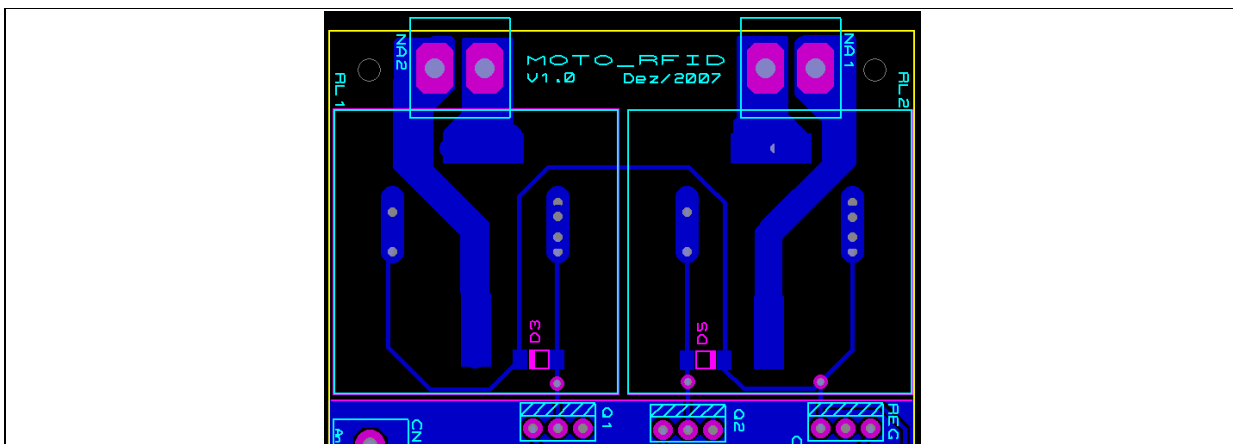


Figura 28: Layout MOTORFID – Bloco de potência.

6.2.2.2. Bloco digital

O bloco digital engloba todos os componentes que fazem parte da inteligência do projeto, o módulo RFID e o microcontrolador. Para proteção contra EMI foi gerado um plano de terra que envolve todo o bloco. As trilhas foram desenhadas nas larguras especificas, conforme sua função de ligação no circuito, em virtude da corrente que por ela poderá passar.

Na figura 29, é mostrado o layout do bloco digital.

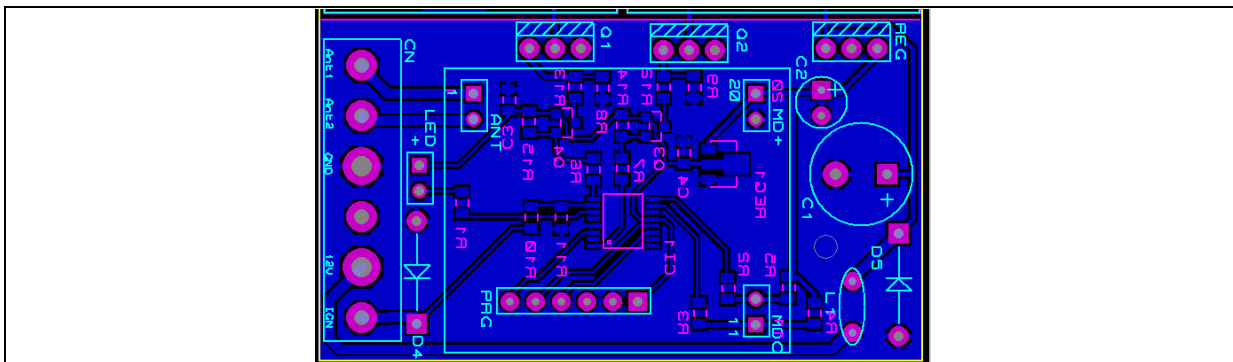


Figura 29: Layout MOTORFID – Bloco digital.

6.3. FUNCIONAMENTO

O funcionamento do circuito é baseado na utilização da moto. As condições para ignição descritas no item 5.4 deverão ser seguidas, exceto no que diz respeito ao giro mecânico da chave de ignição, aqui chamado de interruptor de ignição.

6.3.1. Configuração de fábrica

O microcontrolador ao ser programado, no ato da fabricação da placa, tem sua memória flash de código zerada totalmente e inserido apenas o arquivo de código. Esta programação foi preparada para que ao ligar o equipamento pela primeira vez o primeiro *tag* apresentado seja gravado em memória flash numa posição predeterminada, sendo chamado cartão Master. O segundo *tag* apresentado, desde que diferente do primeiro, será armazenado numa segunda posição de memória *flash* e será designado como cartão Usuário.

6.3.1.1. O cartão Master

A utilização do cartão Master se dá em função da troca do cartão Usuário seja ela por perda, extravio ou dano no cartão, fazendo com que este passe a não funcionar. Devendo este permanecer guardado junto ao manual da moto em lugar seguro.

Ao apresentar o cartão Master o equipamento é colocado numa condição de cadastro onde se inicia uma temporização para que neste intervalo seja apresentado um novo cartão Usuário, desde que não seja o próprio cartão Master e nem o cartão Usuário antigo. O novo cartão apresentado será imediatamente gravado na memória flash na posição destinada ao cartão Usuário, sobrescrevendo o antigo cartão. Desta forma, o cartão Master jamais poderá ser Master e Usuário ao mesmo tempo.

6.3.1.2. O cartão Usuário

O cartão Usuário é o cartão que substituirá a chave mecânica da moto, sendo levado com o condutor e utilizado para ligar e desligar a moto através da apresentação no campo de leitura do módulo RFID para identificação.

6.3.2. Ligando a moto

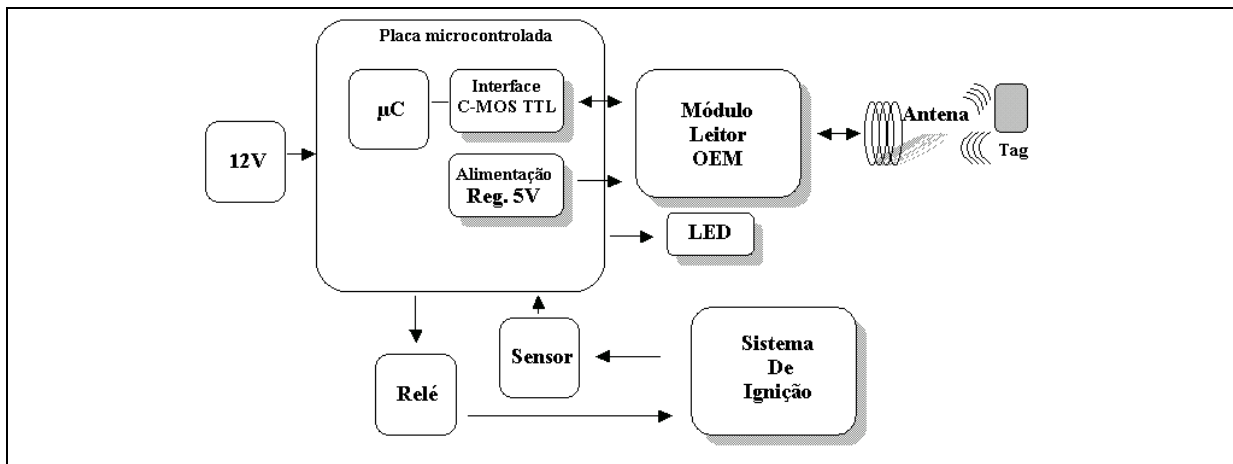


Figura 30: Funcionamento mostrado em blocos.

Para colocar a moto na condição de ignição, figura 30, basta apresentar um *tag* no campo de leitura do módulo RFID que irá transmitir, via interface serial C-MOS TTL, seu ID ao microcontrolador que fará uma pesquisa em sua memória para confirmar se o cartão apresentado é mesmo o cartão Usuário. Sendo o cartão apresentado o cartão Usuário, os relés, descritos no item 6.2.1.1.2, serão acionados, simulando o fechamento do interruptor de ignição. Uma temporização de 30s será iniciada na espera do acionamento do interruptor de emergência para posição “*RUN*”, indicando a real intenção de ligar a moto. Caso este tempo expire e o interruptor de emergência não seja acionado, os relés serão desacionados colocando a moto na condição desligada. Se o interruptor de emergência for acionado a contagem de tempo é extinta e os relés permanecem acionados colocando a moto na condição ligada e pronta para ignição. Para dar a partida na moto basta acionar o interruptor de partida. Detalhes da ignição da moto são apresentados no item 5.3.

A figura 31, relembra os interruptores da moto Honda NX-4 Falcon e CBX250.

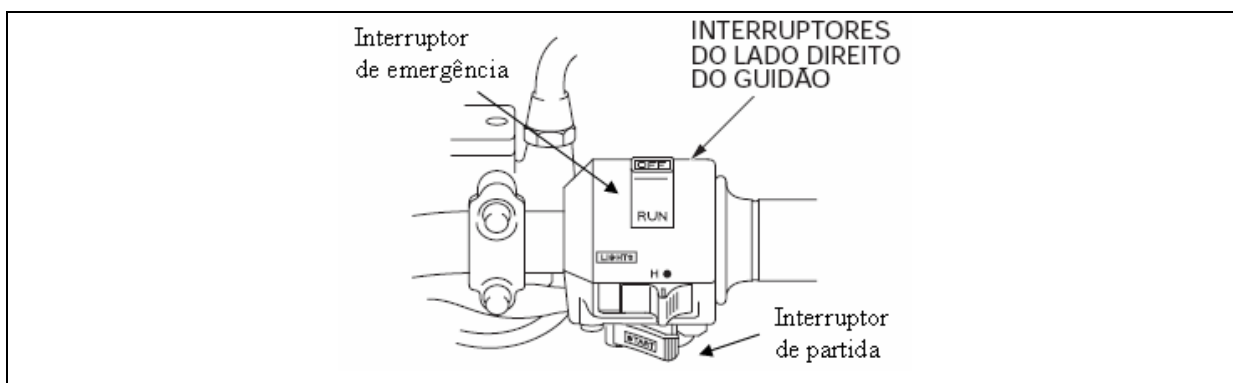


Figura 31: Interruptores da moto Honda NX-4 Falcon e CBX250.

Fonte: Adaptado de [8]

6.3.3. Desligando a moto

Cuidados foram tomados para que não haja um desligamento acidental da moto. O desligamento pode ser feito de duas formas: a primeira é apresentando o cartão Usuário novamente indicando a real intenção de desligar a moto, a segunda é pressionando o interruptor de emergência para posição “OFF”. Quando a moto estiver na condição ligada e for apresentado o cartão Usuário, será colocada imediatamente na condição desligada, independente da posição do interruptor de emergência. Porém, um desligamento do interruptor de emergência poderá ter sido acidental, neste caso o equipamento está preparado para temporizar 30s na espera de um reacionamento do interruptor de emergência para posição “RUN”, que abortara esta contagem e colocará a moto na condição ligada novamente e pronta para nova ignição. Se o tempo de 30s expirar o desligamento total será realizado.

6.4. SOFTWARE

No desenvolvimento do firmware, microcódigo ou código de programa foi utilizado um software para simulação e debug de programas para microcontroladores diversos, incluindo a família LPC900, software este de nome μ Vision3, projetado e distribuído pela Keil em seu site [10]. Foi utilizada uma versão gratuita limitada a 2k de programa.

6.4.1. Código de programa

As partes do código de programa, aqui apresentadas, seguiram as definições de funcionamento do equipamento explicitadas no item 6.3 e no fluxograma apresentado no item 6.4.2.

A rotina de leitura/escrita em memória flash, mostrada na figura 32, é baseada no material disponível em [p89lpc915_916_917_user_manual.pdf](#) disponível em [4], páginas 113 e 114.

Partes do código foram suprimidas para preservar os direitos autorais.

```
Bit PGM_USER (unsigned char page_hi, unsigned char page_lo){
    unsigned char i;// loop count
    FMCON = 0; //load command, clears page reg
    FMADRH = page_hi; //
    FMADRL = page_lo; //write my page address to addr regs
    if (gravacartao)
        for(i=0;i<10;i=i+1){
            FMDATA = dbytes[i];
        }
}
```

```

    FMCON = 0x68; //erase & prog page command
    Fm_stat = FMCON; //read the result status
    if ((Fm_stat & 0x0F)!=0) prog_fail=1; else prog_fail=0;
    return(prog_fail);
}

```

Figura 32. Rotina de gravação na memória flash.

```

Bit Test_TagMaster(){
    address = (unsigned char code*) DATAFLASHSTART; // pega o master para comparar...
    for (qte_bytes_rx=0;qte_bytes_rx<5;qte_bytes_rx++){
        if (dbytes[qte_bytes_rx]!=*address++) return(0);
    }
    return(1);
}

```

Figura 33. Rotina de teste de leitura do cartão Master.

```

Bit Test_TagUser(){
    address = (unsigned char code*) (DATAFLASHSTART + 16); // pega User para comparar...
    for (qte_bytes_rx=0;qte_bytes_rx<5;qte_bytes_rx++){
        if (dbytes[qte_bytes_rx]!=*address++) return(0);
    }
    return(1);
}

```

Figura 34. Rotina de teste de leitura do cartão User.

```

Void UART_ISR(void){
    unsigned char record_byte;
    ch=SBUF; // armazena o caracter recebido na serial em ch
    if (ch=='S') sendRQ=1; // 'seta' o flag de envio de mensagem
    if (recebe){
        if (ch==0x0D){
            recebe=0;
            if (qte_bytes_rx > 4) leu_cartao=1;
        }
        else{
            if (qte_bytes_rx > 4){
                recebe=0;
                return;
            }
            prim=!prim;
            if (prim) record_byte = (ascii_to_hex(ch))<<4; // read high nibble
            else{
                record_byte += (ascii_to_hex(ch)); // read low nibble
                dbytes[qte_bytes_rx++]=record_byte;
            }
        }
    }
}

```

```

if (ch=='U'){
    recebe=1;
    qte_bytes_rx=0;
}
if ((ch=='R')||(en_le)){
    if (ch=='R'){
        en_le=1;
        return;
    }
    if (ch=='M'){           // recebeu comando para ler o Master na memoria
        Le_Master=1;
        le=1;
        en_le=0;
        return;
    }
    if (ch=='C'){           // recebeu comando para ler o User na memoria
        Le_User=1;
        le=1;
        en_le=0;
        return;
    }
    en_le=0;
}
}

```

Figura 35. Rotina de tratamento do dado recebido na serial.

```

Void UART_Int(void) interrupt 4{
    RI = 0;           // clear receive interrupt flag
    flag_rx=1;       // houve interrupção serial
}
Void timer0 (void) interrupt 1 using 1 {
    flag_intT0=1;     // houve interrupção de timer0
// TL0 = (unsigned char) (5-RELOAD);    // Reload Timer 0 for 125 uSec period
// TH0 = (unsigned char) ((5-RELOAD)>>8);
    TL0 = 0x7F;       // recarrega timer0
    TH0 = 0xC1;
}

```

Figura 36. Rotinas de interrupção serial e de timer0.

```

Void main (void)
{
    tempLed=5;
    init();
    UART_init();
    sendRQ=1;
    while(1){
        if (flag_rx){      // houve interrupção serial
            flag_rx=0;
            UART_ISR(); // vai tratar
        }
        if ((!sense)&&(aciona_S1)&&(ctrl_minut)){
            minut=30000;
            ctrl_minut=0;
        }
        if (flag_intT0){ // houve interrupção de trimer0
            ticks++;
            if ((ticks % 8) == 0){          // every 8 timer ticks, 8*125us = 1ms
                if ((minut!=0)&&(!sense))    minut--;
                else if (!sense) desaciona=1; //ms0 = 0
                if ((ms0!=0)&&(ja_foi_M))    ms0--;
                else if (ja_foi_M) timeout_U=1; //ms0 = 0
                if ((tempLed!=0)&&(ja_foi_M)) tempLed--;
                else if (ja_foi_M) pisca_led_fast=1;
                if ((tempLed!=0)&&(!ja_foi_M)) tempLed--;
                else if (!ja_foi_M) pisca_led=1;
            }
            flag_intT0=0;
        }
        if (timeout_U){          //5s para cadastro expirou
            pisca_led_fast=0;
            Led=0;
            grava_user=0;        //aborta gravação de User
            ja_foi_M=0;
            timeout_U=0;
            Test_TagM=0;
            DADOtoPC("T");
        }
        if (pisca_led_fast){     // pisca rápido em cadastro de novo usuário
            Led=!Led;
            tempLed=2;
            pisca_led_fast=0;
        }
        if (pisca_led){          // pisca em estado normal de funcionamento
            Led=!Led;
            tempLed=5;
            pisca_led=0;
        }
        if (desaciona){

```

```

        aciona_S1=0;
        aciona_S2=0;
        desaciona=0;
        ctrl_minut=1;
    }
    if ((sense)&&(aciona_S1)){
        minut=0;
        desaciona=0;
        ctrl_minut=1;
    }
    if (sendRQ){
        MSGtoPC(text);           // send data to PC
        DADotoPC(0x0D);          // envia um enter
        DADotoPC(0x0A);          // envia um line feed
        sendRQ=0;                // reset send request flag
    }
    if (leu_cartao){
        leu_cartao=0;
        if (!zero_master){        //Local do Master está zerada? Então grava Master
            address =(unsigned char code*) DATAFLASHSTART; // endereço do master,
                                                                    // a partir do zero

            for(u=0;u<5;u++){
                if (*address++==0) grava_master=1;
                else{
                    grava_master=0;
                    break;
                }
            }
        }
    }
    //Se o Master já foi gravado e a área do Tag Usuário estiver zerado grava Tag Usuário
    if ((!zero_user)&&(zero_master)){
        address = (unsigned char code*)(DATAFLASHSTART+16);
        for(u=0;u<5;u++){
            if (*address++==0)      grava_user=1;
            else{
                grava_user=0;
                break;
            }
        }
    }
    if ((zero_user)&&(zero_master)){ // se cartões de master e usuário gravado!
        Test_TagM=Test_TagMaster(); // Testa se é o master...
        if (Test_TagM)               // é o Master
            if(!ja_foi_M){           //permite novo cadastro de User
                DADotoPC('M');
                timeout_U=0;
                ms0=500; //inicializa timer para 5s, tempo para entrar com novo usuário
                ja_foi_M=1;           //leu primeira vez o Master
                pisca_led_fast=1;
            }
        }
    }

```

```

        aciona_S1=0;    //desativa as saidas
        aciona_S2=0;
    }
    else{                //segunda vez em seguida que bateu o Master
        grava_user=0;    //aborta gravação de User, Master tem que ser diferente .
                        //de User

        ja_foi_M=0;
        Test_TagM=0;
        ms0=0;           //finaliza temporização
        pisca_led_fast=0;
        DADOtoPC('J');
    }
    else{                // não era o Master
        Test_TagU=Test_TagUser();    // Testa se é o User...
        if (Test_TagU){              // é o cartão Usuário, aciona saídas
            aciona_S1=!aciona_S1;
            aciona_S2=!aciona_S2;
            if (aciona_S1){
                MSGtoPC(text1);        // send data to PC
                ctrl_minut=1;          // inicializa temporização de 30s
            }
            else    MSGtoPC(text2);
            DADOtoPC(0x0D);            // envia um enter
            DADOtoPC(0x0A);            // envia um line feed
        }
        else DADOtoPC('F');            // cartão não cadastrado
    }
    if ((!Test_TagM)&&(!Test_TagU)&&(ja_foi_M))    grava_user=1;
}
if (grava_master){
    gravacartao=1;
    ET0= 0;                // desabilita interrupção de Timer0
    prog_fail=PGM_USER(0x07,0x00);
    ET0= 1;                // habilita interrupção de Timer0
    if (prog_fail) DADOtoPC('N');
    else{
        DADOtoPC('S');
        grava_master=0;
        gravacartao=0;
        zero_master=1;
    }
}
if (grava_user){
    gravacartao=1;
    ET0= 0;                // desabilita interrupção de Timer0
    prog_fail=PGM_USER(0x07,0x10);
    ET0= 1;                // habilita interrupção de Timer0
    if (prog_fail) DADOtoPC('N');
    else{

```

```

        DAD OtoPC('S');
        grava_user=0;
        gravacartao=0;
        zero_user=1;
        timeout_U=1; // aborta contagem de tempo para recadastro de usuário
                      // 5s, enfim, desabilita tudo!
    }
}
if (le){
    if (Le_Master){
        address =(unsigned char code*) DATAFLASHSTART;
        Le_Master=0;
    }
    if (Le_User){
        address =(unsigned char code*) (DATAFLASHSTART+16);
        Le_User=0;
    }
    for(u=0;u<5;u++) print_hex_to_ascii(*address++);
    le=0;
    DAD OtoPC(0x0D);           //envia Enter
    DAD OtoPC(0x0A);           //envia Line Feed
}
}
}

```

Figura 37: Rotina principal.

```

Void MSGtoPC(char* dat){
    int j=0;
    while(dat[j]){
        TI=0;           // send string
                        // clear transmit interrupt flag
        SBUF=dat[j];    // start sending one byte
        while (!TI);    // wait until sent
        j++;
    }
}
Void DAD OtoPC(int dado){
    TI=0;           // clear transmit interrupt flag
    SBUF=dado;      // start sending one byte
    while (!TI);    // wait until sent
}

```

Figura 38. Rotinas de envio de dados pela serial.

```

unsigned char ascii_to_hex(unsigned char ch){
    if (ch & 0x40)   ch += 0x09;    // convert ASCII character
    ch &= 0x0F;      // into 2 digit Hex
    return ch;
}

```

Figura 39. Rotina de conversão ASCII para hexadecimal.

6.4.2. Fluxograma rotina principal

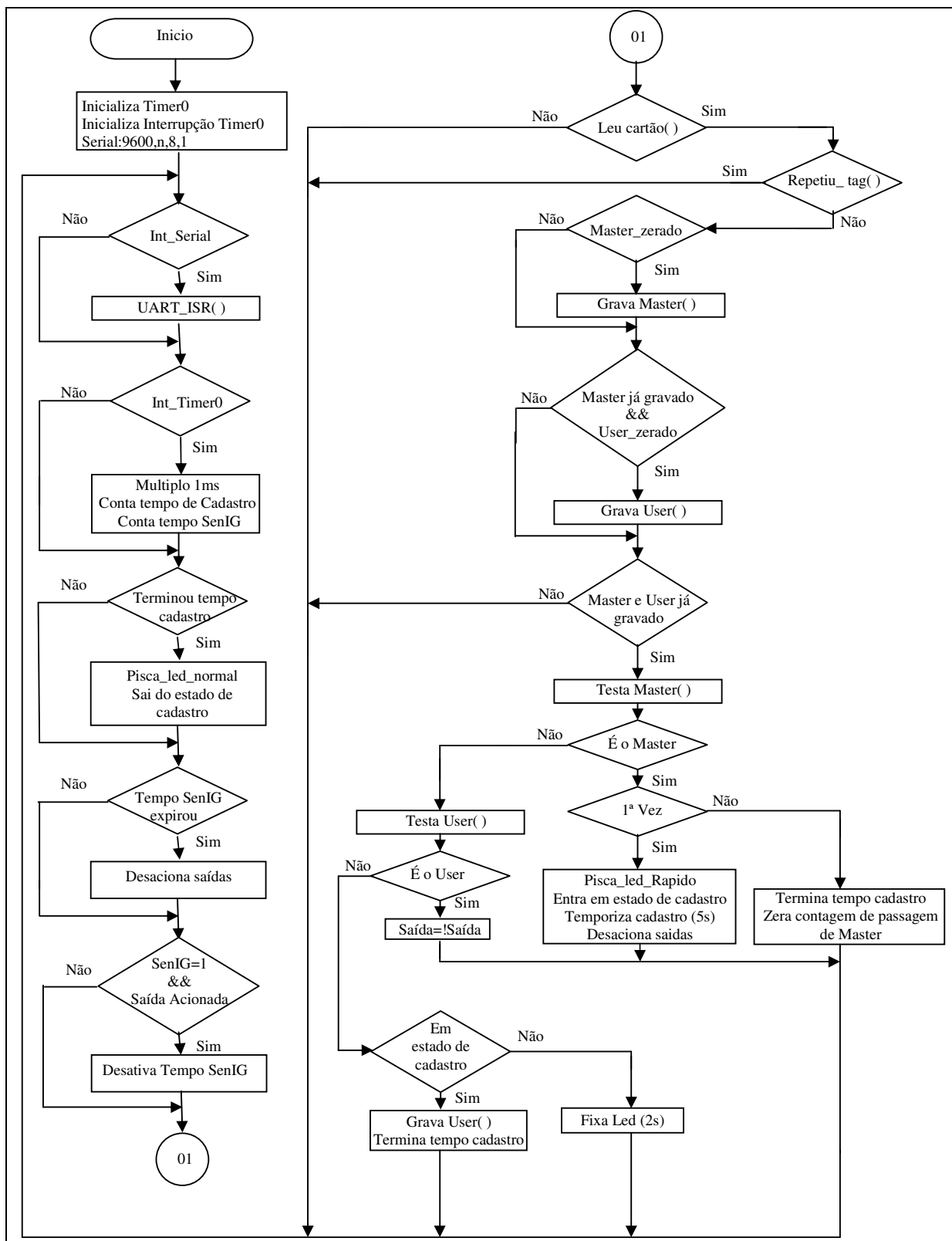


Figura 40. Fluxograma da rotina principal.

6.4.3. Fluxograma da rotina de leitura de cartão

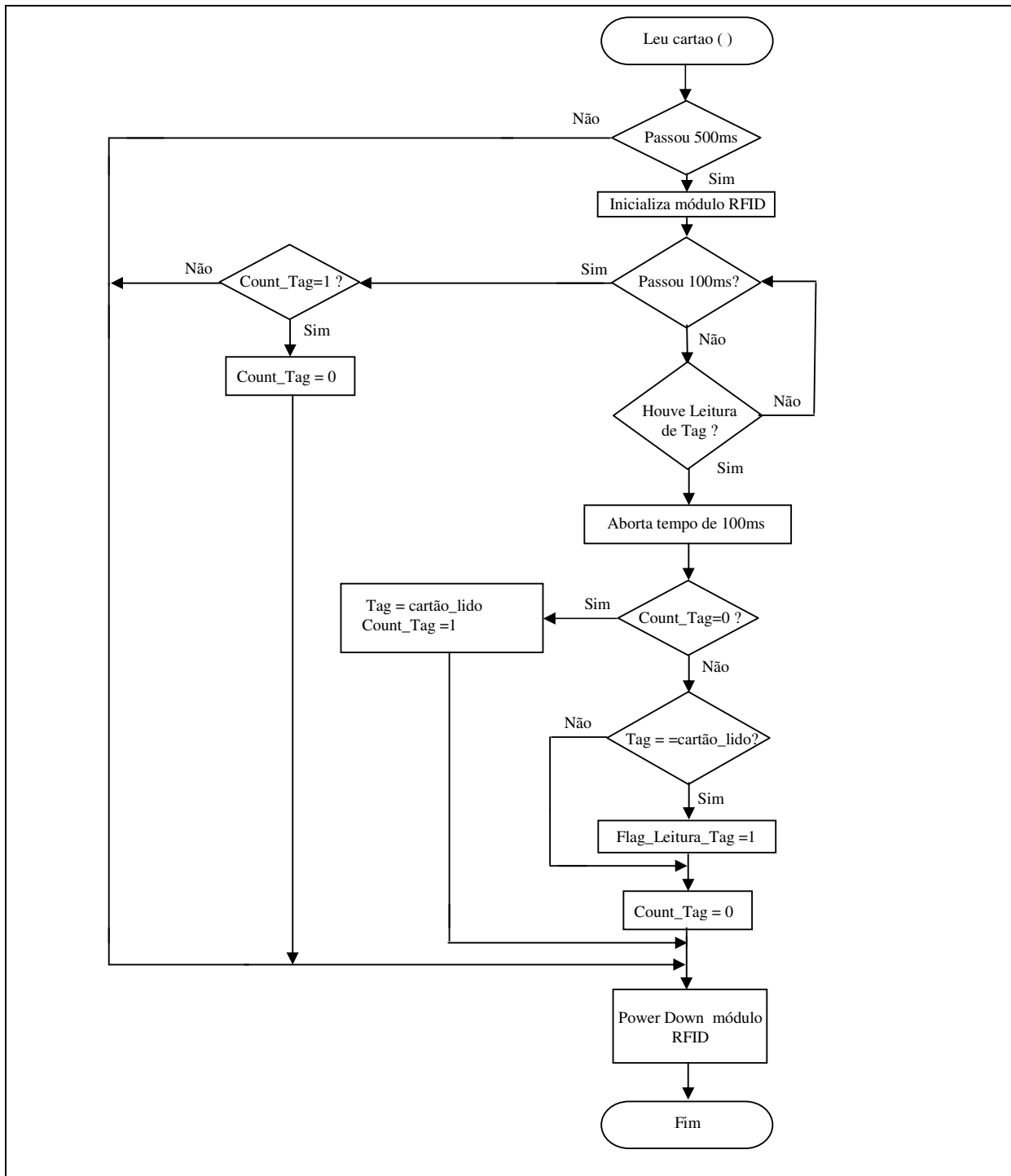


Figura 41. Fluxograma da rotina de leitura de cartão RFID.

6.4.4. Fluxograma da rotina repetição de cartão

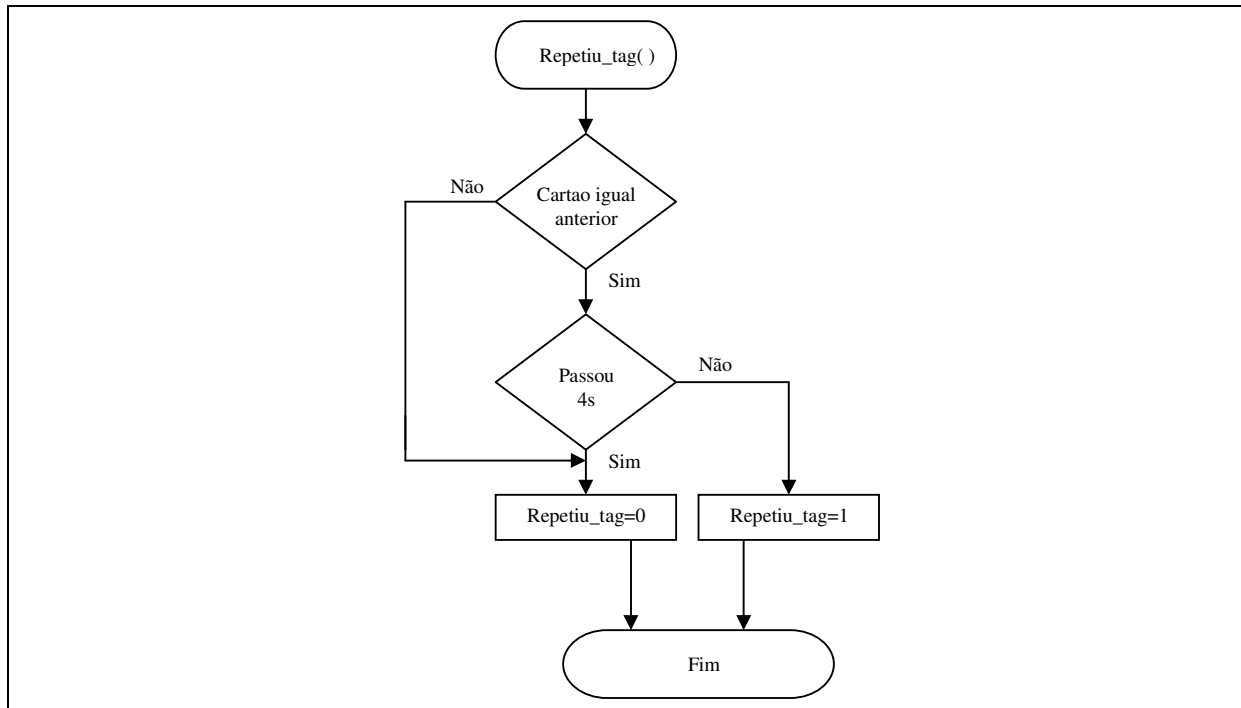


Figura 42. Fluxograma da rotina de repetição de cartão RFID.

7. CUSTOS

Os custos foram calculados levando-se em conta a produção de apenas uma unidade. Para efeito de cálculo foi considerado o dólar à R\$1,80.

Tabela 4. Lista de custos.

Descrição	Valor	Unidade	R\$/Unid	R\$ Total
R1	470	Ω	0,006	0,006
R2,R3	100R	Ω	0,006	0,012
R4,R5,R11,R12,R13 R14,R15	10K	Ω	0,006	0,042
R6,R7,R8,R9	47K	Ω	0,006	0,024
R10	22K	Ω	0,006	0,006
C1	220μ x 25V	F	0,200	0,200
C2	10μ x 16V	F	0,110	0,110
C3,C4	0.1μ	F	0,028	0,056
CI1	P89LPC916	-	5,094	5,094
Q1,Q2	TIP110	-	0,690	1,380
Q3,Q4	2SB709	-	0,047	0,094
D2,D3	1N4007	-	0,028	0,056
D4,D5	P6KE15A	-	0,970	1,940
L1	1m	H	0,750	0,750
ANT,MD+,MDC	Barra pinos 180° 2P Macho	-	0,060	0,180
LED	Vermelho 3mm	-	0,060	0,060
PRG	Barra pinos 90° 6P Macho	-	0,100	0,100
REG	LM7805	-	0,600	0,600
REG1	RH33A	-	0,700	0,700
RL1,RL2	Relé Aux. DNI-0111	-	5,200	10,400
PCB	Placa MOTORFID	-	7,250	7,250
Módulo RFID OEM	H10101BMC	-	90,000	90,000
Diversos	Fios e solda	-	1,250	1,250

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O projeto citado neste trabalho tem caráter experimental e grandes possibilidades de implantação real. Todas as funcionalidades foram desenvolvidas e testadas no software de projeto e debug μ Vision3 através de simulação. A placa foi produzida e os testes finais corresponderam perfeitamente às expectativas e o projeto foi concluído com sucesso.

Os custos do projeto mostram que sua implantação é viável, considerando ainda que uma produção em larga escala tornaria o equipamento ainda mais rentável por haver queda significativa no custo de produção. Isto ocorreria em função da negociação de peças em grande volume e da substituição de peças super-dimensionadas, como o relé de 40A que poderia ser substituído por um relé de 10A e dos transistores TIP110 por transistores BC337 TO92, não implicando na perda da qualidade do equipamento.

O módulo RFID poderá ser desenvolvido no próprio microcontrolador LPC916 a um custo cinco vezes menor.

A utilização poderá ser revista e ampliada podendo vir a ser considerada como controle de portas em veículos em geral ou simples controle de acesso em portas de ambientes controlados.

Idéias para novas versões já estão surgindo, porém baseada nesta versão. Novas versões poderão ter em seu hardware uma memória para armazenar dados relacionados ao proprietário da moto ou veículo, além de informações importantes de manutenção como ultima troca de óleo, troca de pneus, filtro e outros detalhes que for conveniente podendo ser transmitidos pela mesma via de RFID de leitura dos cartões a computadores para gerenciamento destes dados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Site: http://www.acura.com.br/prod_etiqueta.php , visitado em 16/11/2007.
- [2] Site: <http://www.uc3m.es/uc3m/serv/GPC/articRFID.html> , visitado em 16/11/2007.
- [3] Site: http://www.santini.com.br/arthur/rfid/rfid_arthursantini.pdf, visitado em 17/11/2007.
- [4] Site: <http://www.semicondutores.philips.com> , visitado em 09/06/2007.
- [5] Site: <http://www.ehag.ch> , visitado em 09/06/2007.
- [6] Site: <http://www.kronegger.com> , visitado em 10/06/2007.
- [7] Site: <http://www.acg.com> , visitado em 10/06/2007.
- [8] Site: <http://www.alexsalles.com/files/ManualServicos>, visitado em 08/10/2007.
- [9] Site: <http://www.labcenter.co.uk>, visitado em 08/10/2007.
- [10] Site: <http://www.keil.com>, visitado em 02/09/2007.

CUNHA, ALESSANDRO F. **RFID Etiquetas com eletrônica de ponta**. Revista Saber Eletrônica, n.403, p. 32-38, 2006.

CUNHA, ALESSANDRO F. **Sistemas Embarcados**. Revista Saber Eletrônica, n.414, p. 24-44, 2007.

Gimenez, Salvador P. **Microcontroladores 8051 / Salvador P. Gimenez**
São Paulo : Pearson Education, 2002. 253 p.

Pereira, Fábio. **Microcontroladores PIC: programação em C / Fábio Ferreira**
5. ed. São Paulo : Erica, 2006. 358 p.: il. ; 24 cm

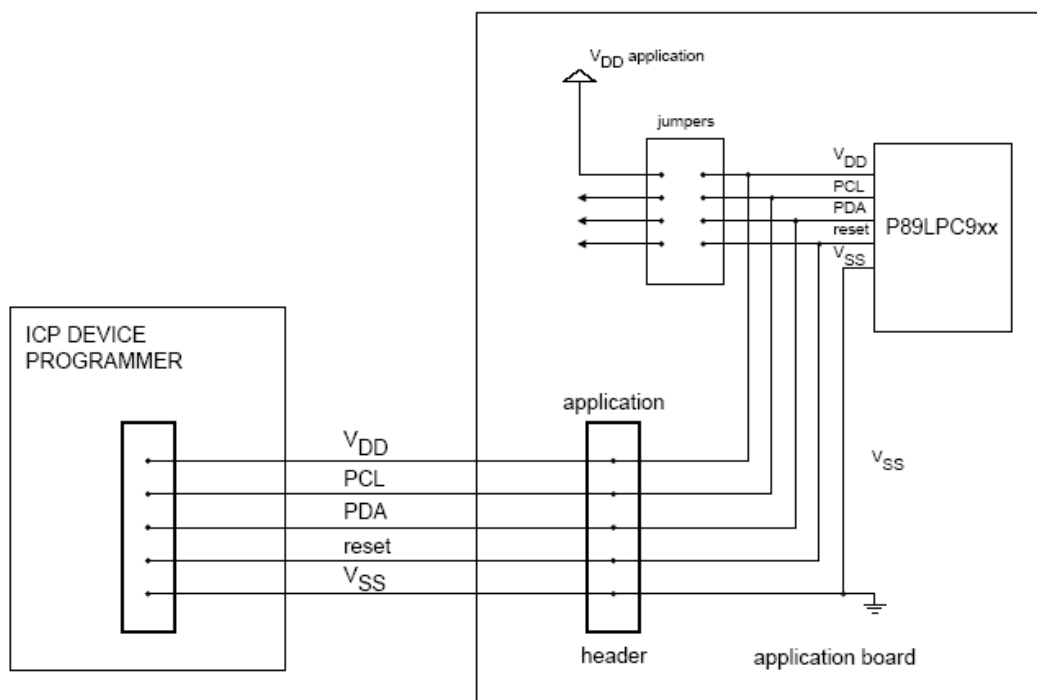
Silva Jr., Vidal Pereira da. **Microcontroladores 8051: teoria e pratica / Vidal Pereira da Silva Jr.** São Paulo : [s. n.], 1998. 140 p.

Mackenzie, I. Scott. **The 8051 microcontroller / I. Scott Mackenzie** 3. ed.
New Jersey : Prentice-Hall, 1999. 366 p.

ANEXO I – PROGRAMADOR LPC900

Inicialmente foi realizada uma pesquisa no site do fabricante NXP, onde encontramos informações sobre o tipo de programador de microcontrolador que seria necessário e descobrimos que esta família, LPC900, pode ser programada de três formas: In-Circuit Serial Programming (ICP ou ISP), In Application Programming (IAP) e Programação paralela. A programação paralela é feita inserindo-se o componente em um programador com slot “zero force” e para isto o componente deveria ser retirado da placa, a programação na aplicação (IAP), é feita levando-se em conta que a própria aplicação final tem meios de controlar a memória flash de programa e este programador seria como se fosse um “boot” que estaria em uma posição de memória que seria acessada caso se desejasse atualizar o firmware da aplicação final e por último a programação in-circuit é feita utilizando-se para tal um circuito auxiliar que serviria de ponte ou “bridge” entre uma programação ISP e uma ICP.

A programação ISP utiliza as vias de comunicação UART RXD e TXD, além da via de reset para controle da entrada do microcontrolador no modo de programação, já a programação com a técnica ICP utiliza outras vias de controle além da via de reset. A figura abaixo mostra os blocos de um programador ICP.

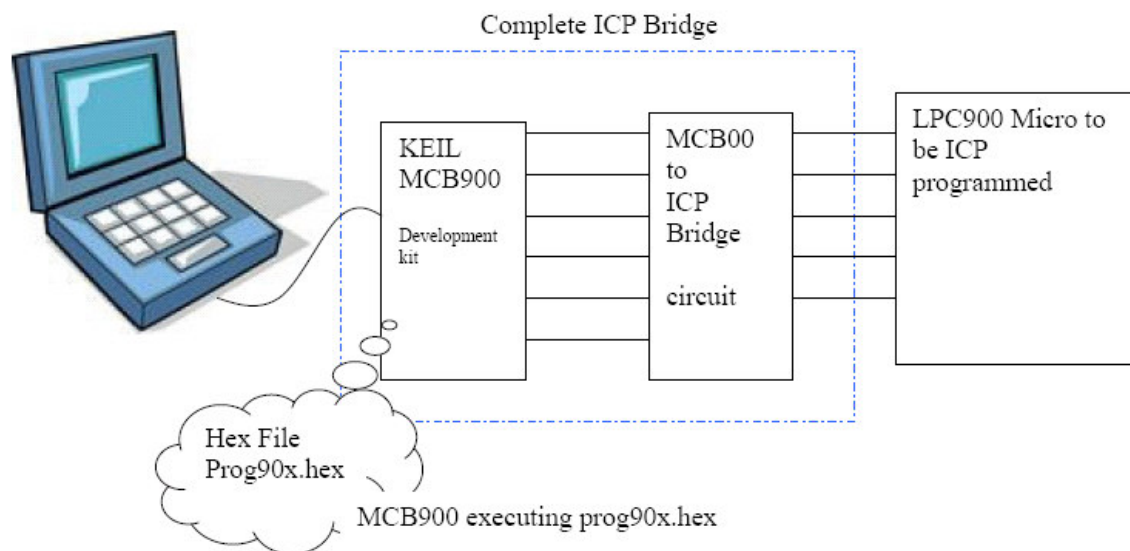


Um programador ICP utiliza-se de um programa de computador para programação em ISP, ou seja, programação utilizando a comunicação serial, porém um circuito intermediário, neste caso ICP Device Programmer, faz a ponte entre o computador e o microcontrolador programado via ICP. Como no nosso caso o microcontrolador P89LPC916 só pode ser programado por ICP este circuito intermediário é necessário e deverá ser montado.

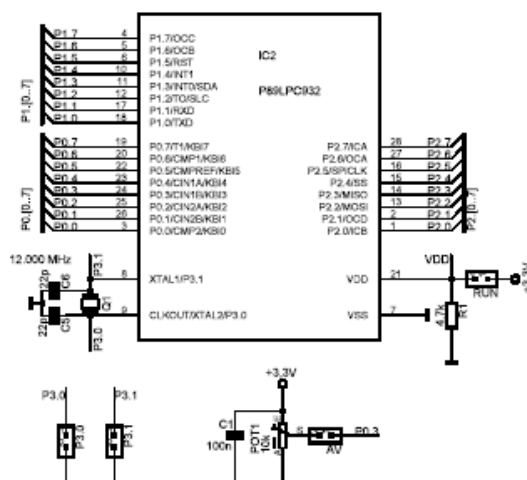
Outro estudo foi feito para determinar o circuito utilizado na placa de desenvolvimento MCB900 da Keil que também disponibiliza um software para simulação e debug de programas para microcontroladores diversos, incluindo a família LPC900, software este de nome μ Vision3, que virá a ser utilizado no desenvolvimento de programas. A figura abaixo mostra a tela de abertura do software de debug μ Vision3.



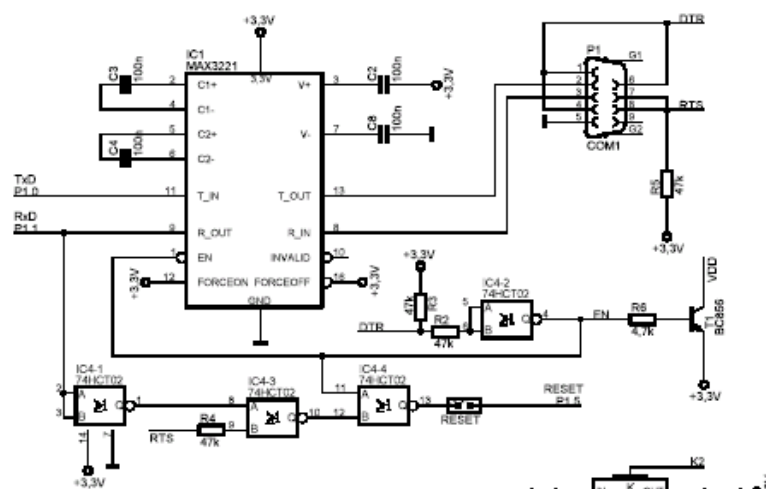
O fabricante do software μ Vision3, mostrado acima, disponibiliza no seu site um application note (ICPBridgeVDDSwitch.PDF), para ser utilizado como base para um programador para família LPC900, que prevê a utilização de sua placa de desenvolvimento. Os blocos demonstrativos do programador são mostrados abaixo:



Como a intenção não é adquirir a placa de outro fabricante e sim fazer nosso próprio programador, sem precisar comprar ou importar nada, partimos do princípio do esquemático da placa MCB900 da Keil para produção de nosso programador.



LPC932 Bridge

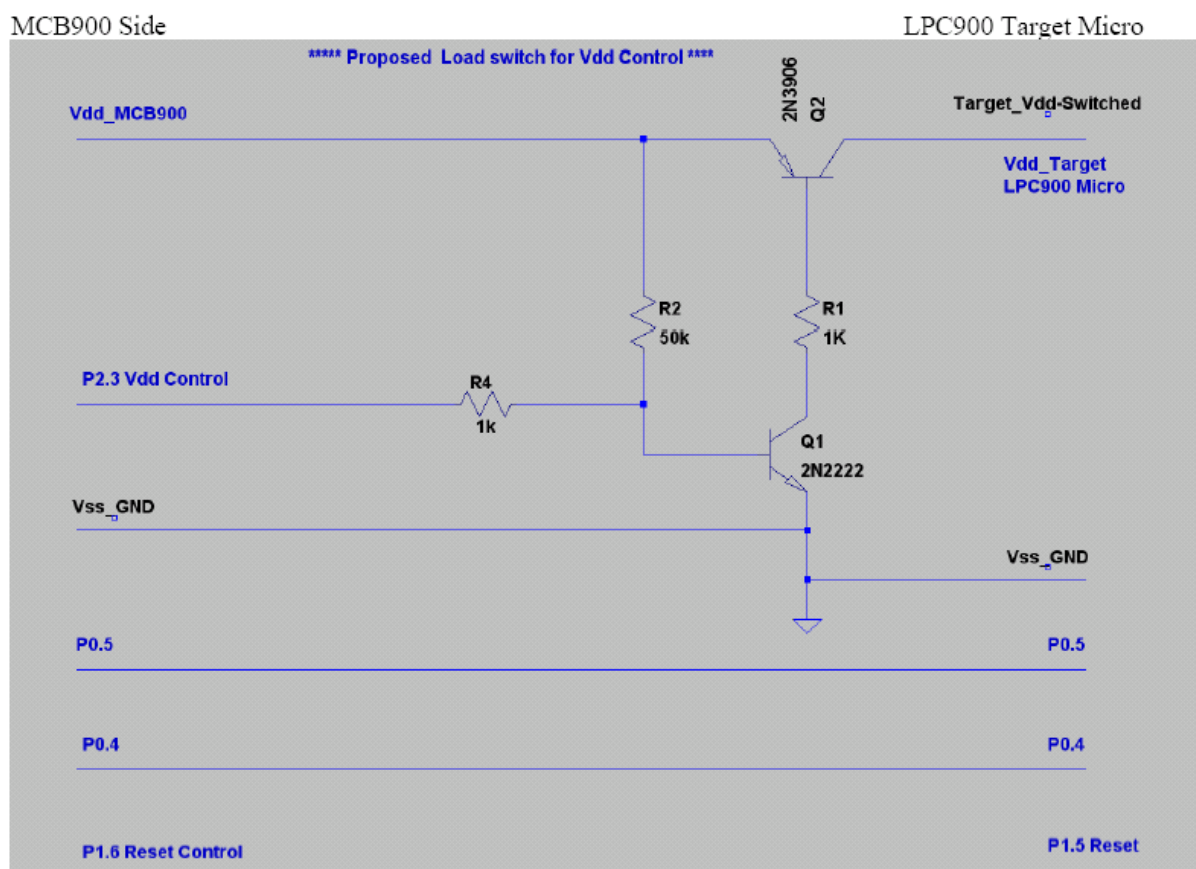


Conversor RS232 /TTL

As duas figuras acima mostram parcialmente o esquemático da placa MCB900 utilizada como bridge entre um programa ISP e um microcontrolador ICP. A partir da análise deste esquemático pudemos concluir que o que devemos montar é um circuito com um microcontrolador LPC932 programado com o firmware ISP_to_ICP bridge.hex, disponibilizado no site do fabricante Keil e complementar com a parte do conversor RS232/TTL acrescentando o circuito de controle composto pelo CI 74HCT02.

A programação do LPC932 com o arquivo.hex que servirá como bridge será feita utilizando-se um programador ISP que a Ineltec já dispõe.

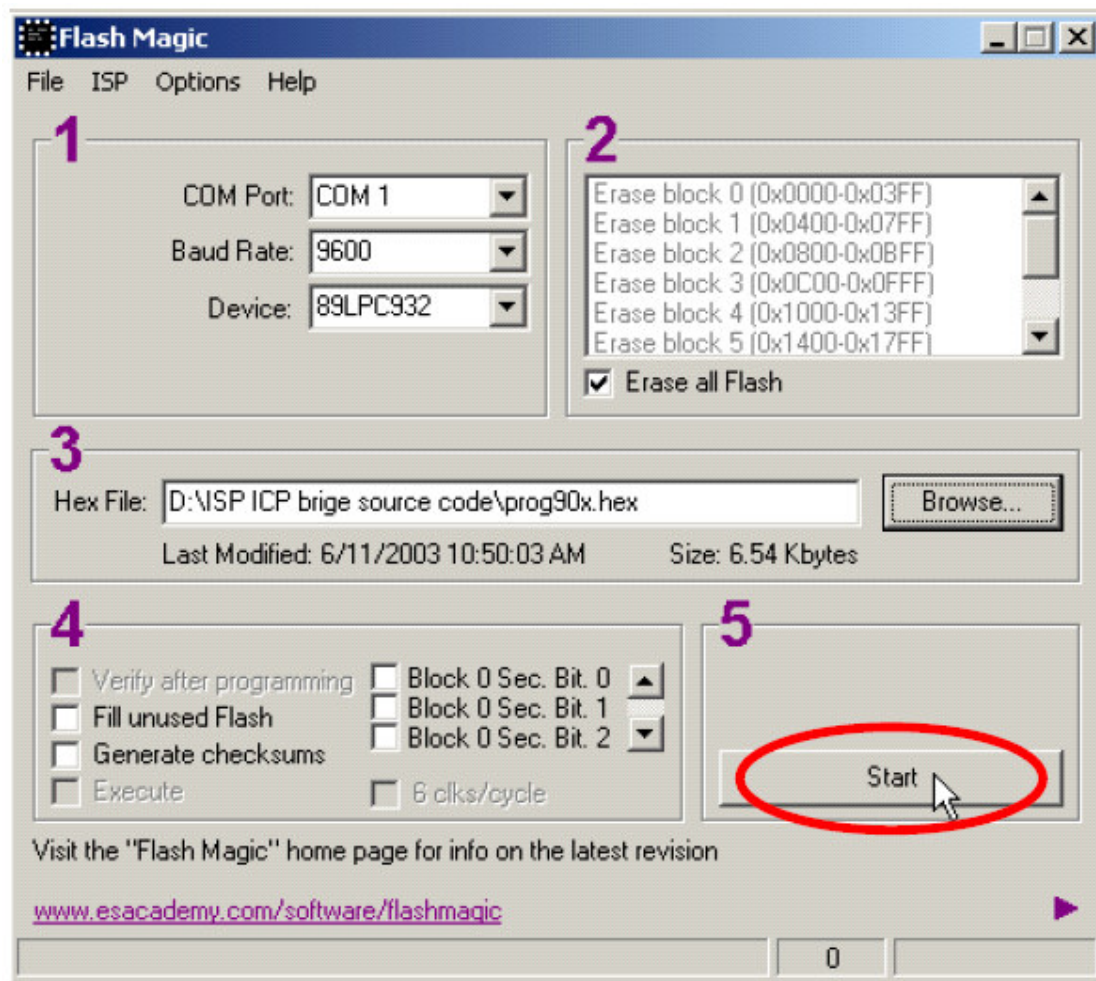
A programação do LPC916 se dará da seguinte forma: o LPC932 receberá via ISP, pela serial do PC, o arquivo.hex que irá retransmitir ao microcontrolador LPC916 que estará sob seu controle, conforme mostra a figura abaixo.



Aqui é mostrado que o controle realizado no lado “MCB900 Side” é transferido para a placa com o microcontrolador LPC916 que se encontra no lado “LCP900 Target Micro”. Também é possível notar que há um controle total da alimentação (Target Vdd-Switched) e do Reset do LPC916 e este controle é feito de forma sincronizada colocando o microcontrolador no modo de programação e em seguida o programa, já compilado em arquivo.hex, é enviado através das vias P0.4 e P0.5 que são respectivamente: PDA – programming data pin e PCL – programming clock pin.

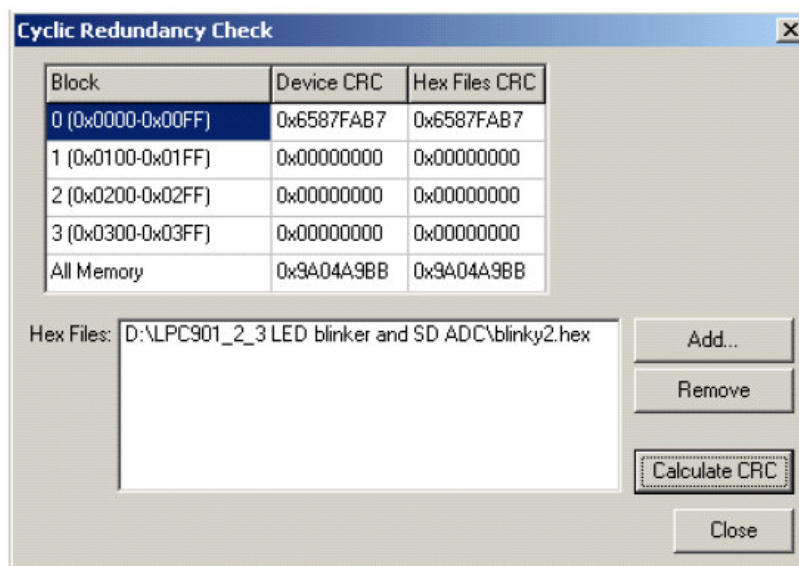
O software de programação

Para o envio do programa .hex, utilizamos o software FlashMagic, feito especialmente para a NXP, fabricante do LPC916, e distribuído gratuitamente no site www.esacademy.com/software/flashmagic. Abaixo é mostramos os cinco passos necessários para programação de um microcontrolador utilizando o FlashMagic.



Primeiro passo é selecionar em que serial e em que velocidade está comunicando seu gravador, que no nosso caso estará na COM1, porém, o firmware ICP Bridge está “setado” para uma velocidade de 19200bps. No segundo passo defini-se que será zerada toda a flash antes de programá-la. No terceiro passo escolhe-se que arquivo será gravado no microcontrolador. No quarto passo são selecionados os níveis de segurança do código gravado na memória flash, para proteção de cópias indevidas do firmware. E, no quinto passo, basta iniciar a gravação.

Após a gravação ser realizada com sucesso pode-se fazer a checagem do código gravado através da ferramenta de verificação de CRC disponível no menu ISP > Cyclic Redundancy Check. As opções “Match” e “No Match” aparecerá e quando tudo for “Match” indicará que o código estará gravado corretamente, conferido e pronto para rodar no microcontrolador.



Conclusão

Utilizando-se como base os applications notes AN10258_1.PDF, da Philips e o ICPBridgeVDDSwitch.PDF, da Keil, foi desenvolvido um programador ICP para microcontroladores LPC916. Todas as dúvidas que surgiram foram estudadas e pesquisadas na internet nos fóruns disponibilizados para programação ICP, tanto no site da NXP, no site da Keil quanto no site do fabricante do software FlashMagic e foram de valiosa ajuda para entendimento deste tipo de programação que beneficia e muito os projetistas, uma vez que, para programar os microcontroladores em qualquer fase do projeto, principalmente na fase de desenvolvimento onde há um grande número de atualizações de firmware, não é necessário a retirada do componente da placa, além da liberdade na produção das placas com a montagem dos componentes e posterior programação de seus firmware's.

Referências bibliográficas.

<http://www.google.com.br>, visitado em 18/10/2007.

<http://www.digikey.com>, visitado em 19/10/2007.

<http://www.nxp.com/>, visitado em 18/10/2007.

<http://www.esacademy.com>, visitado em 18/10/2007.

<http://www.keil.com>, visitado em 19/10/2007.