



CONSTRUÇÃO DE UM PROTÓTIPO DE RELÊ MULTIFUNÇÃO PARA PROTEÇÃO DE MOTORES ELÉTRICOS

Acadêmico: Alexandre José da Silva

Orientador FURB: Miguel Alexandre Wisintainer

Orientador na empresa: Itamar Fernandes Soares

Local de realização do estágio:

WEG Industrias LTDA - Divisão Acionamentos



ROTEIRO

INTRODUÇÃO

OBJETIVOS

MOTORES ELÉTRICOS

- Histórico
- Características
- Funcionamento

CORRENTE ALTERNADA

- Monofásica
- Trifásica

CONTROLE

- Malha aberta
- Malha fechada

MICROCONTROLADORES

- Arquiteturas

MICROCONTROLADORES PIC

- Características
- PIC 16F877

CONVERSÃO A/D

- Módulo A/D do PIC

LINGUAGEM C

- Características

NORMA IEC947-4-1

ESPECIFICAÇÃO

- Modelo térmico
- Hardware
- Software

FUNCIONAMENTO

CONCLUSÃO



INTRODUÇÃO

Seguindo as tendências, a empresa WEG Industriais, Divisão Acionamentos, propõe o desenvolvimento de um relê de proteção multifunção.

O relê realizará a proteção térmica do motor, monitorando sua corrente. Os sinais são processados por um microcontrolador que compara com referências ajustadas. O resultado deste processamento permitirá a identificação de sobrecarga, desbalanceamento e falta de fase no motor.

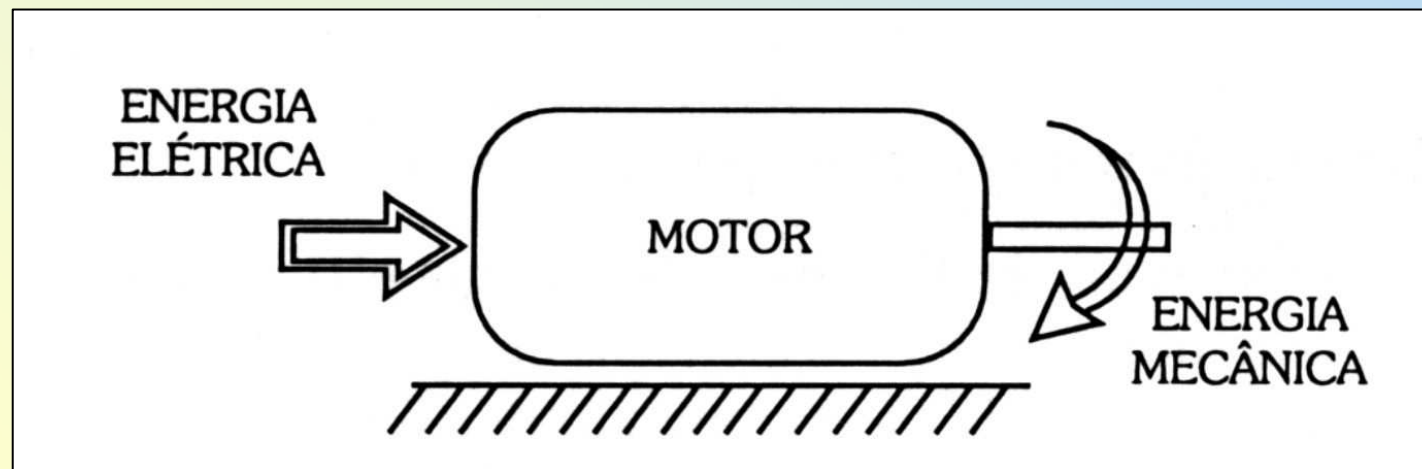


OBJETIVO DO TRABALHO

Implementar um protótipo de relê multifunção para proteção de motores elétricos, baseado em soluções já existentes, utilizando um microcontrolador.

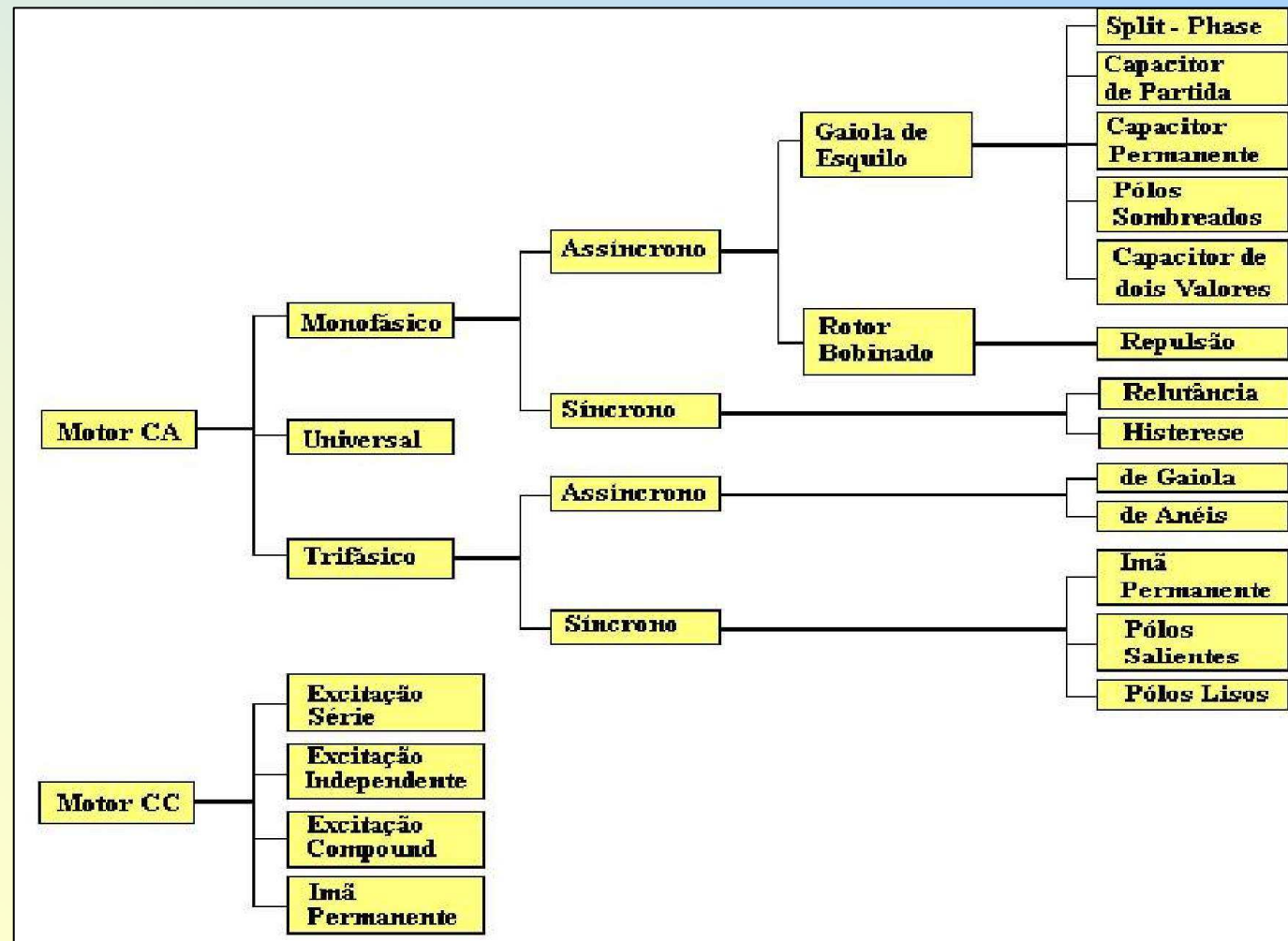
MOTORES ELÉTRICOS

- ↓ Inventado em 1889 por Michael Dolivo-Dobrovolski;
- ↓ É uma máquina que transforma energia elétrica em energia mecânica;
- ↓ Muito utilizado nas indústrias, residências, comércio e meio rural



MOTORES ELÉTRICOS

↓ Divididos em duas grandes famílias.

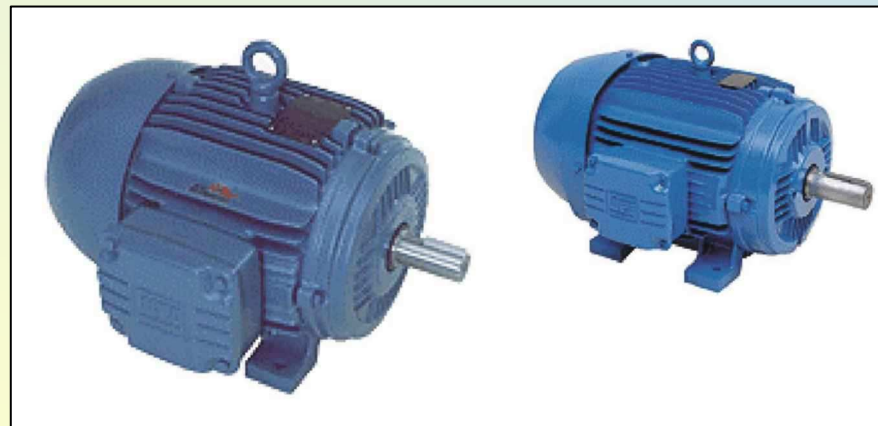


MOTORES ELÉTRICOS

↓ Motor síncrono;

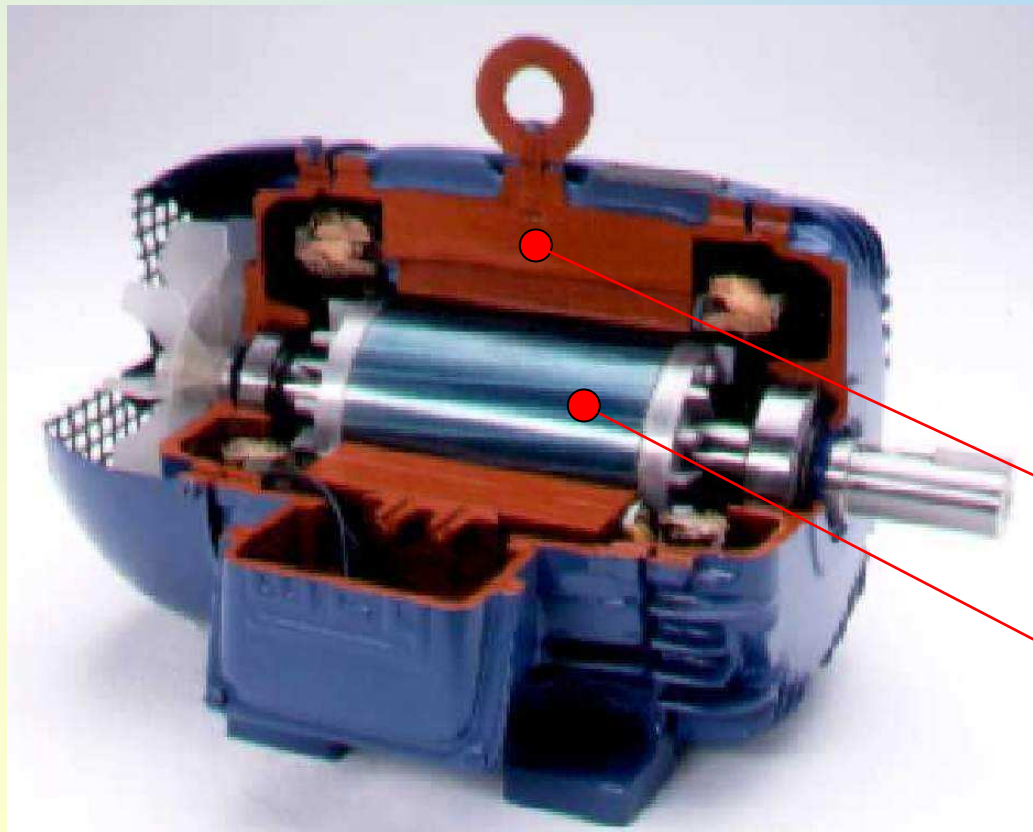


↓ Motor assíncrono.



MOTORES ELÉTRICOS

↓ Motor elétrico é composto basicamente por duas partes:
Rotor e Estator;

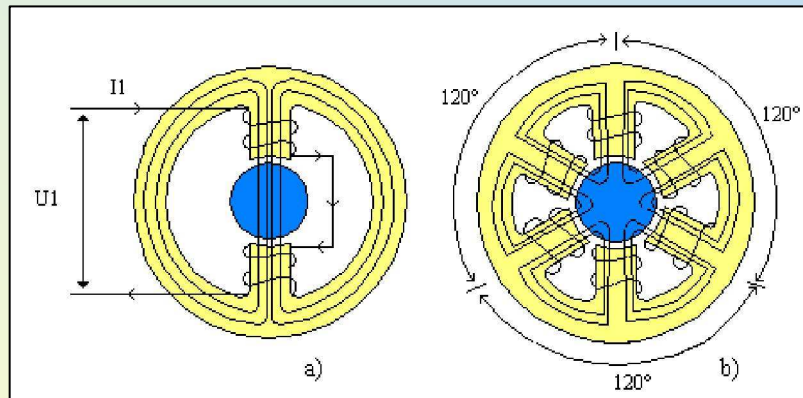


Estator

Rotor

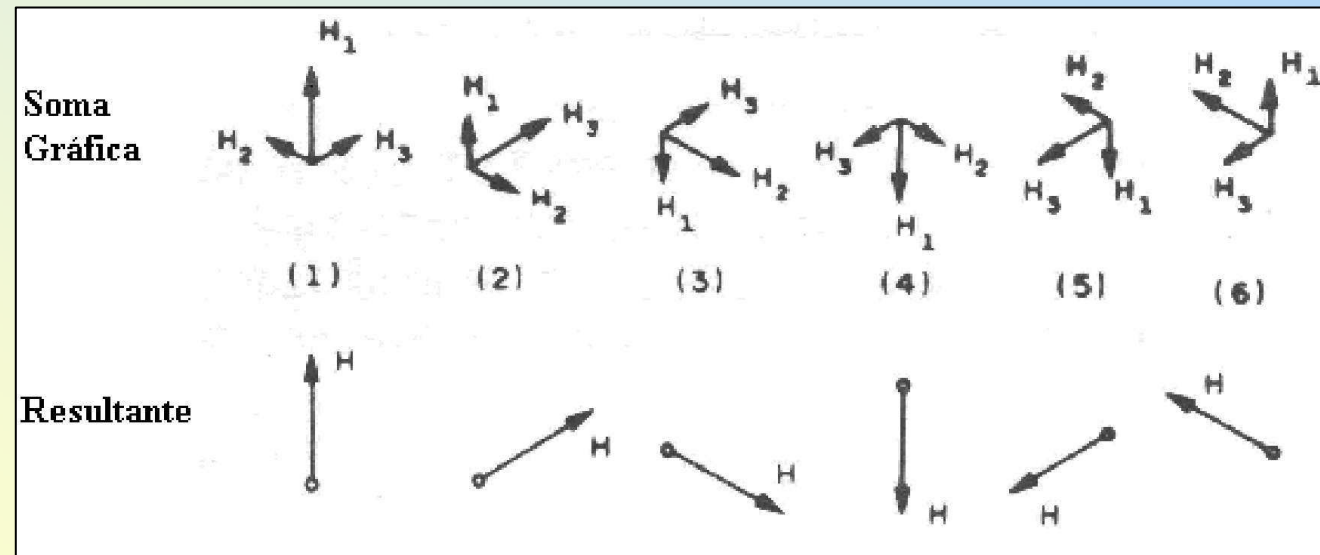
MOTORES ELÉTRICOS

↓ Princípio de funcionamento.

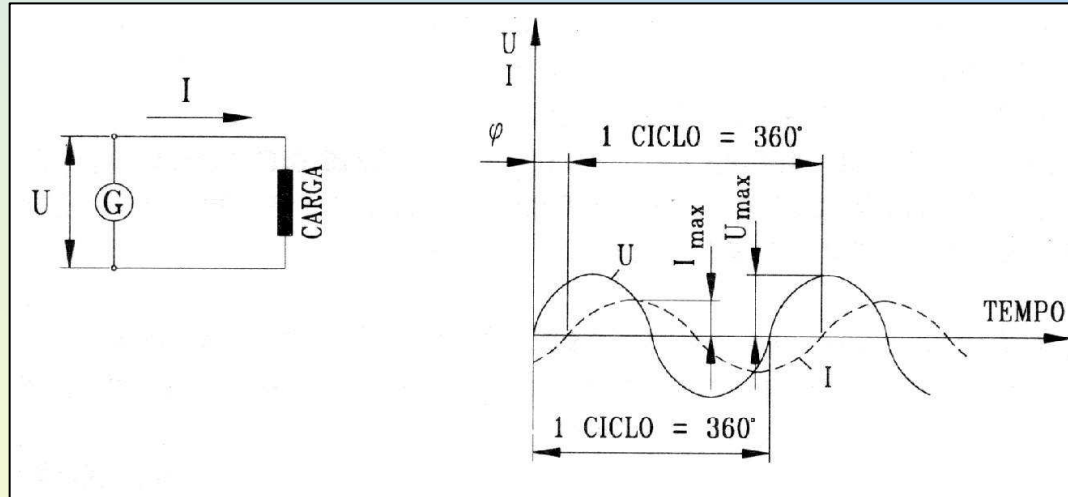


↓ Campo magnético;

↓ Campo magnético resultante;

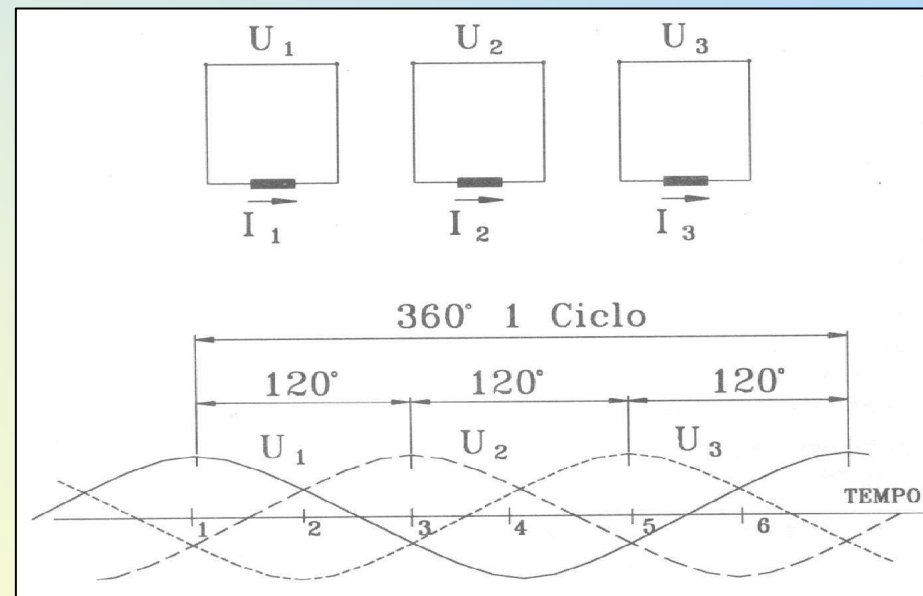


CORRENTE ALTERNADA

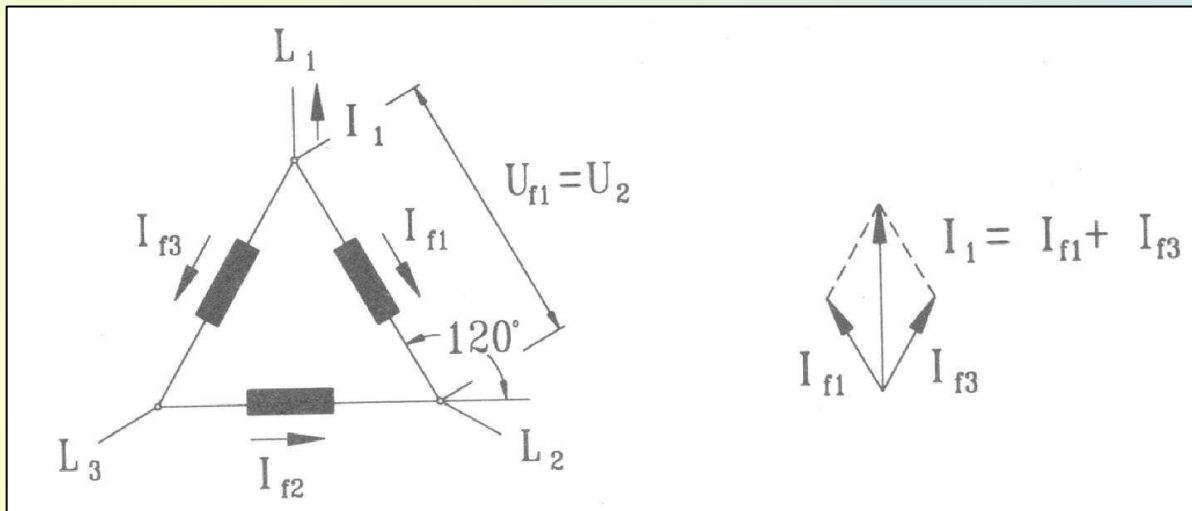
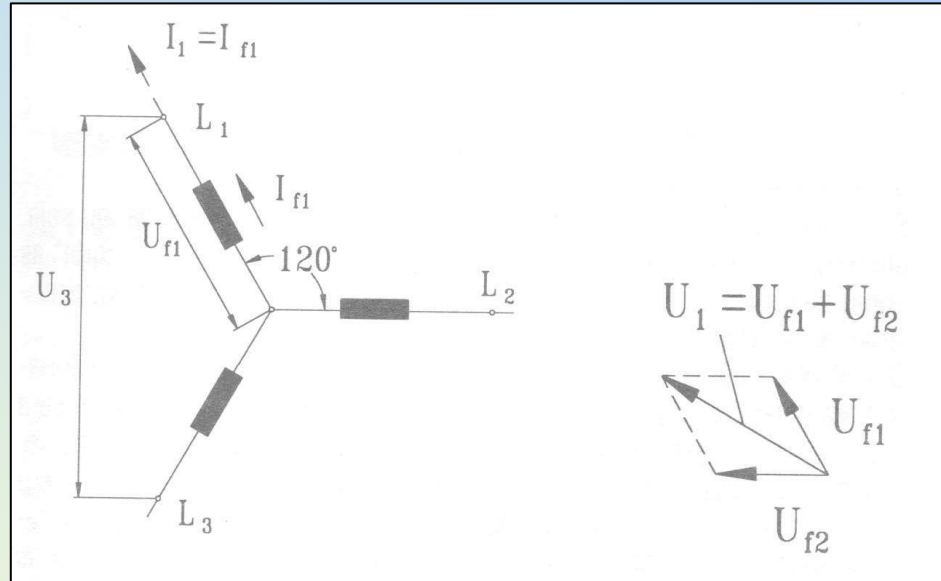


↓ Corrente alternada

↓ Corrente alternada trifásica



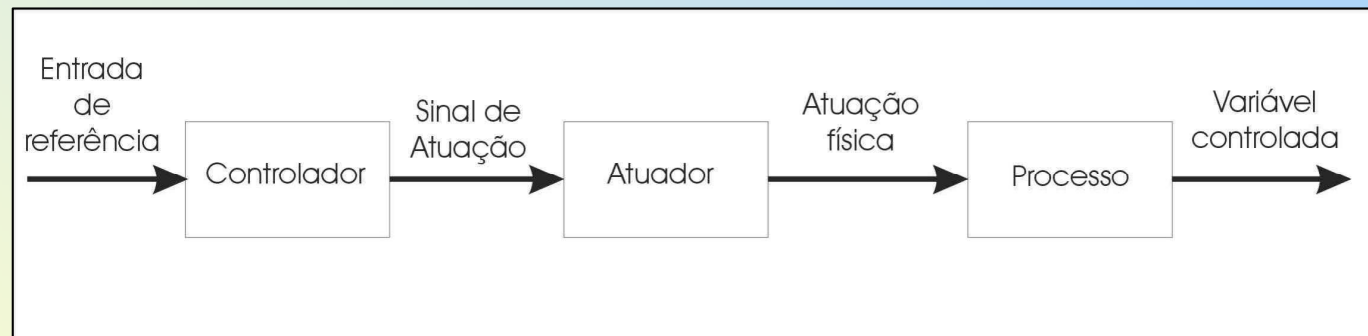
⇓ Ligação estrela;



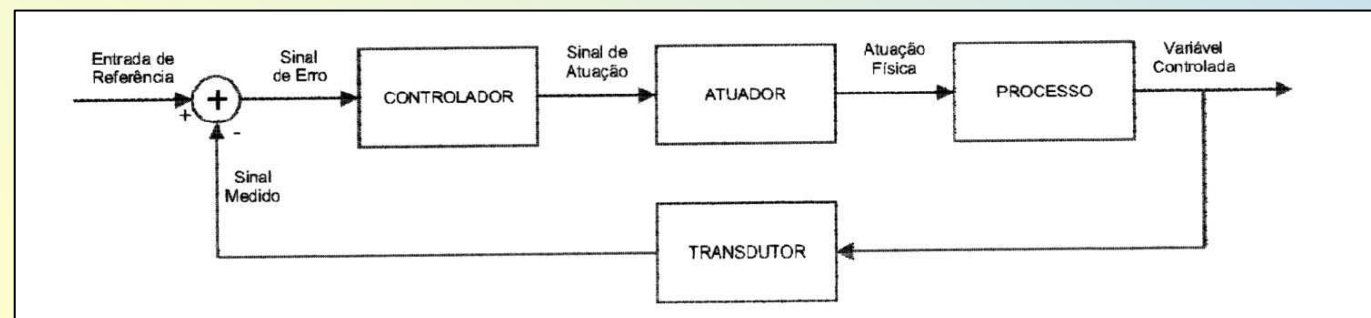
⇓ Ligação triângulo.

↓ Parte integrante e importante dos processos industriais e de fabricação ;

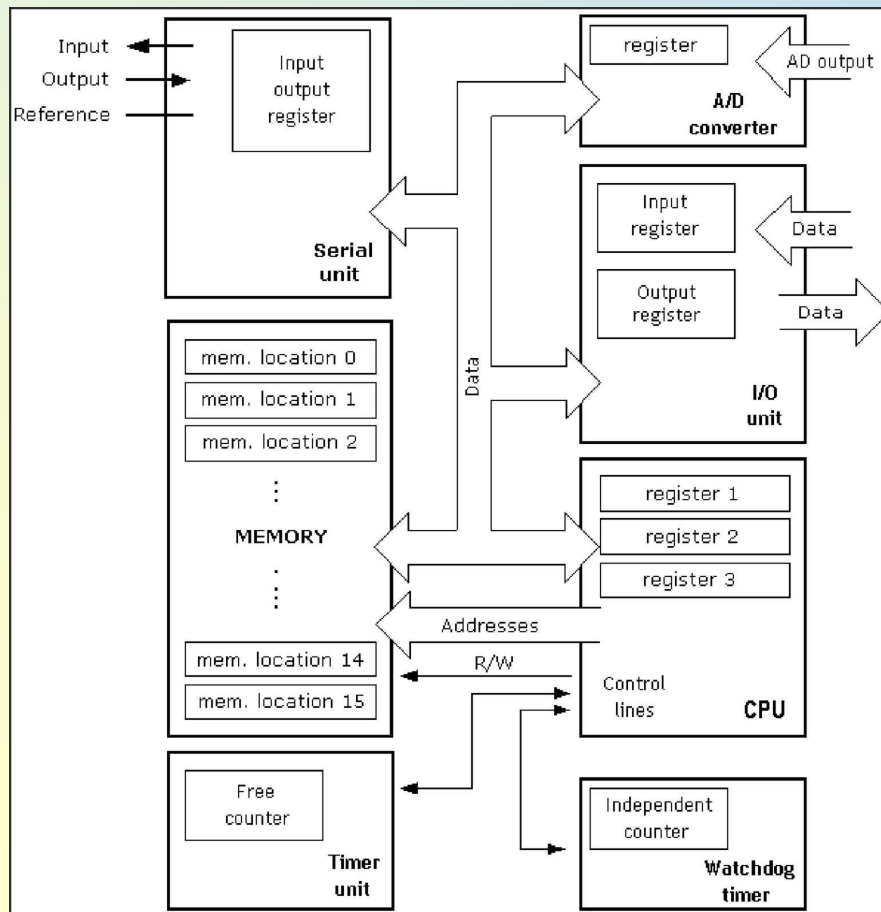
↓ Sistema de controle em malha aberta ;



↓ Sistema de controle em malha fechada.



↓ Possui em um único encapsulamento, todos os componentes necessários ao controle de um processo:



↓ Unidade central de processamento;

↓ Modulo de entradas e saídas;

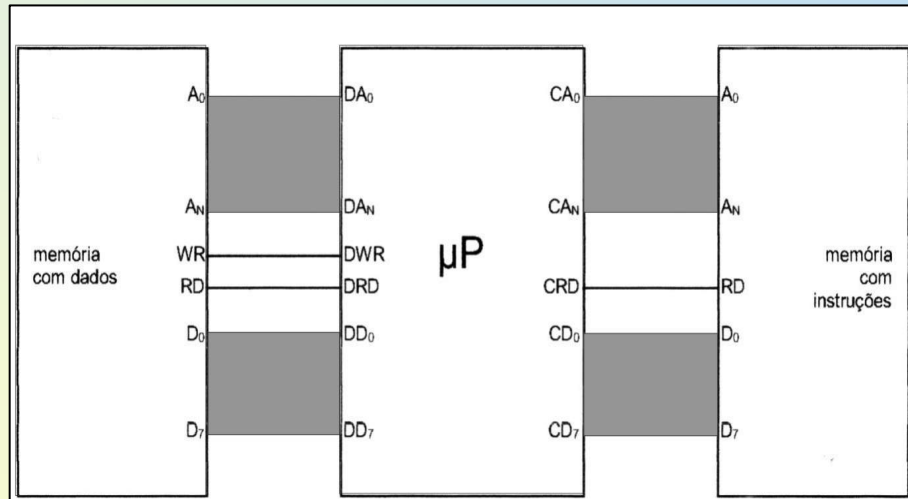
↓ Modulo de conversão A/D;

↓ Memórias, programa e de dados;

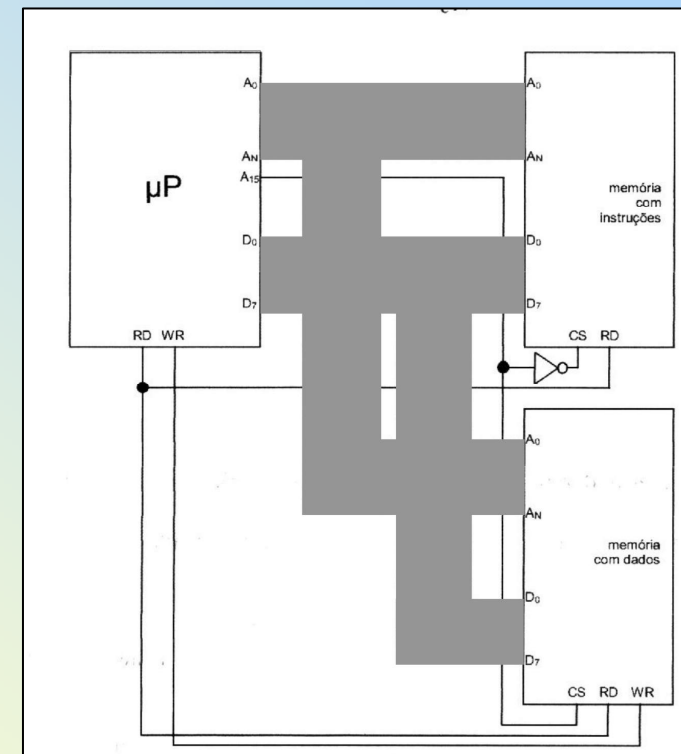
↓ Temporizadores e contadores;

↓ Comunicação serial.

↓ Podem apresentar duas estruturas de máquina interna:



↓ Arquitetura Harward;



↓ Arquitetura Von Neumann.



MICROCONTROLADORES

- ↓ Quanto as instruções, podem apresentar duas arquiteturas:
 - ↓ CISC (*Complex Instruction Set Computer*):
computador com complexo conjunto de instruções;
 - ↓ RISC (*Reduced Instruction Set Computer*):
computador com conjunto de instruções reduzido;



MICROCONTROLADORES PIC

- ↓ Possuem arquitetura interna do tipo Harward;
 - 📄 Barramento de dados de 8 bits;
 - 📄 Barramento de instruções pode ser de 12, 14 ou 16 bits;

- ↓ São do tipo RISC, apresentando cerca de 35 instruções;

- ↓ Estrutura *pipelining*;

- ↓ Acesso através de registradores aos módulos;

- ↓ Frequência de operação variada;

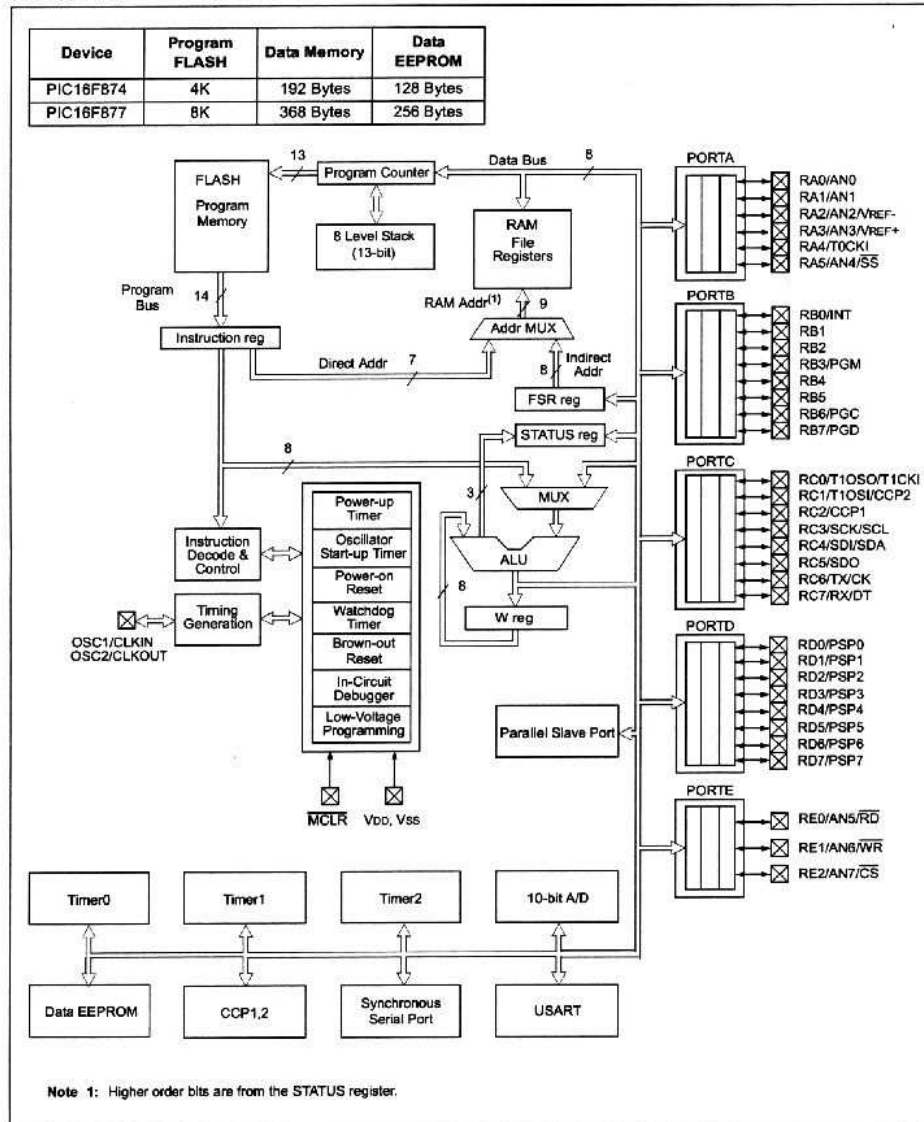
- ↓ Tecnologia CMOS de fabricação.



MICROCONTROLADOR PIC 16F877



FIGURE 1-2: PIC16F874 AND PIC16F877 BLOCK DIAGRAM



↯ Barramento de instruções de 14 bits;

↯ Cinco módulos de I/O;

↯ Três módulos temporizador / contador;

↯ Dois módulos PWM;

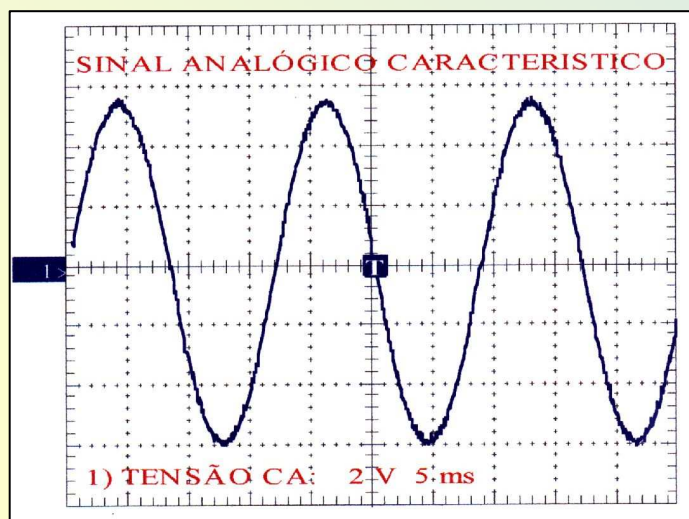
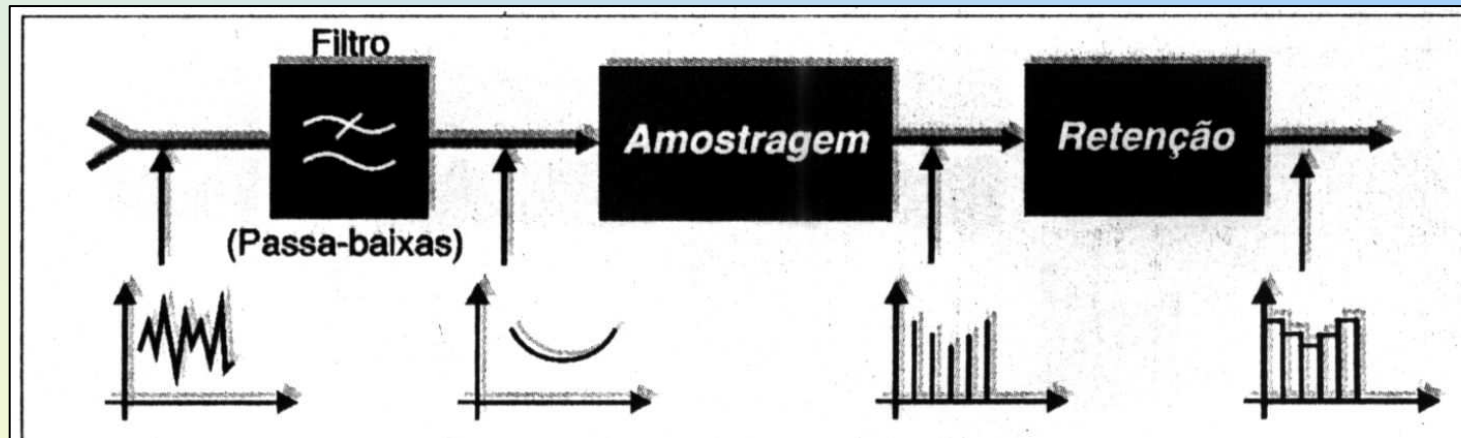
↯ Módulo de conversão A/D com 8 entradas e resolução de 10 bits;

↯ Memória de programa regravável de 8K bytes;

↯ Memória de dados 368 bytes;

↯ Memória EEPROM de dados de 256 bytes.

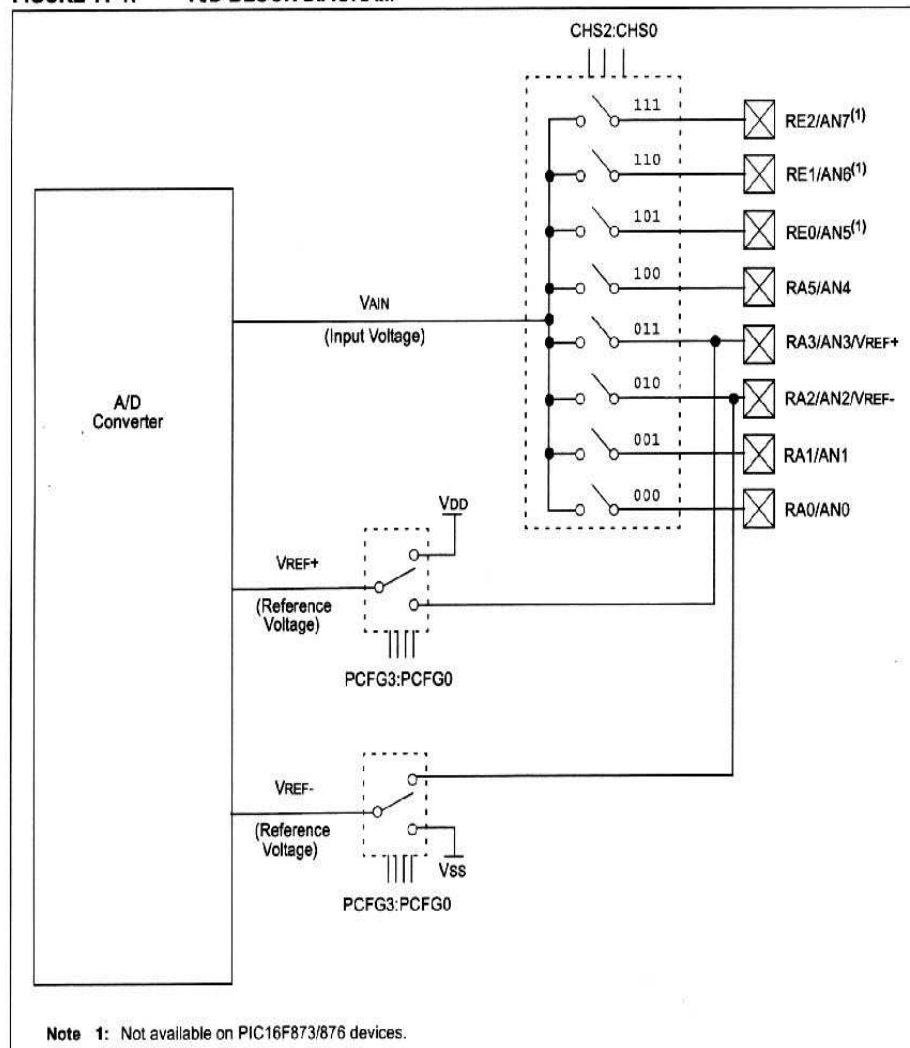
↓ Interfaceamento do mundo real com o microcontrolador;



↓ Sinal analógico.

MÓDULO DE CONVERSÃO A/D DO PIC 16F877

FIGURE 11-1: A/D BLOCK DIAGRAM



↓ 8 entradas;

↓ Resolução de 10 bits;

↓ 4 registradores de controle ;

↓ Tempo de aquisição de 20us;

↓ Tempo de conversão de 1,6us por bit;

↓ Não aceita valores negativos.



LINGUAGEM C PARA PIC

- ↓ Dedicado para microcontrolador PIC com barramento de programa de 14 bits;
- ↓ Comandos e funções específicos;
- ↓ Dispensa o conhecimento detalhado da estrutura interna do microcontrolador;
- ↓ Tempo de implementação reduzido;
- ↓ Tamanho do programa.

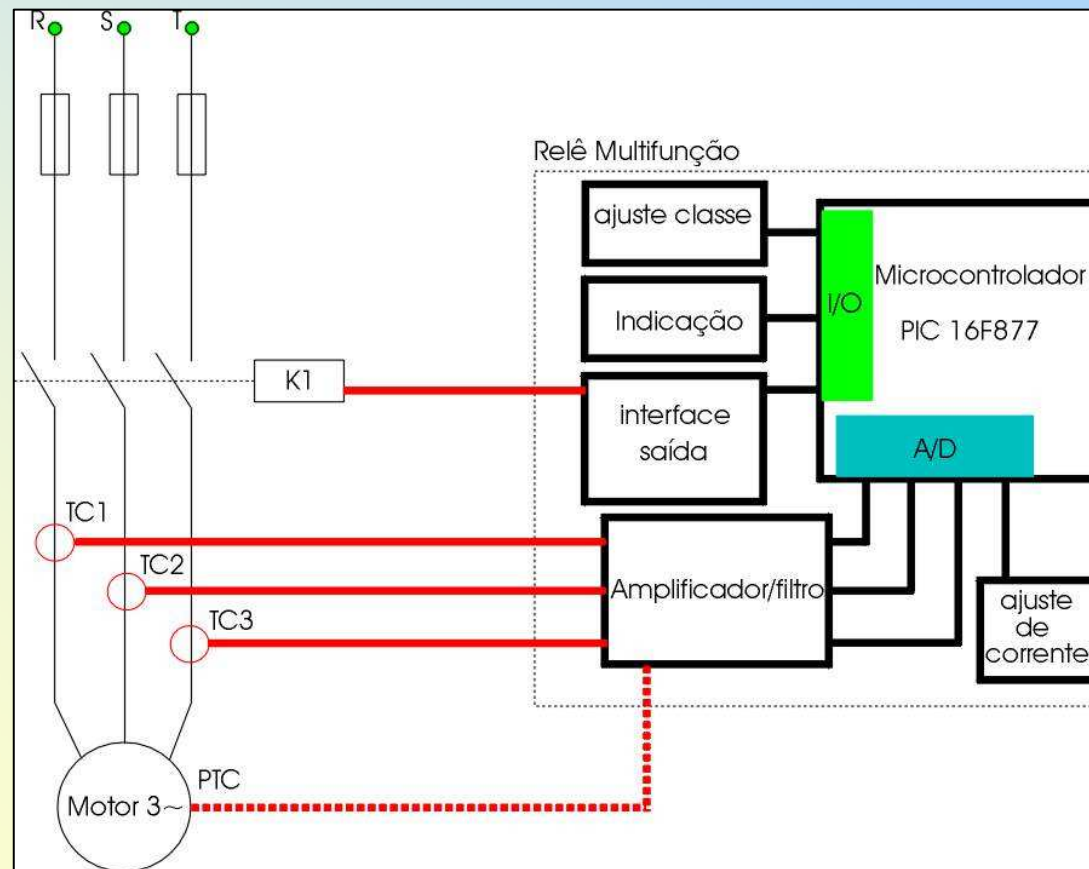


NORMA IEC 947-4-1

- ↓ Especifica contadores eletromecânicos e chave de partida para motores elétricos em baixa tensão (até 1000V);
- ↓ Estabelece características de funcionamento para os relês de proteção;
 - ↓ Tempo de desarme (curva característica);
 - ↓ Classe de disparo.

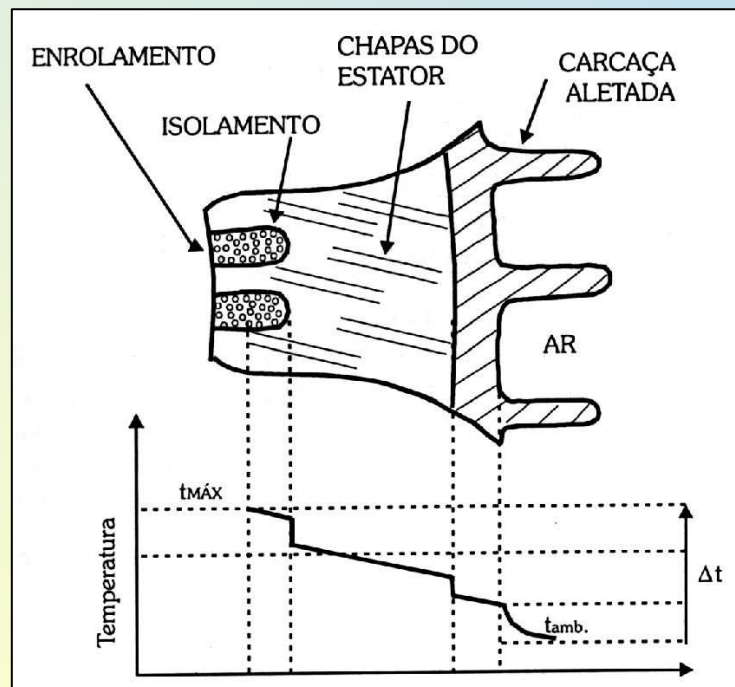
ESPECIFICAÇÃO

↓ Diagrama do relê de proteção multifunção.



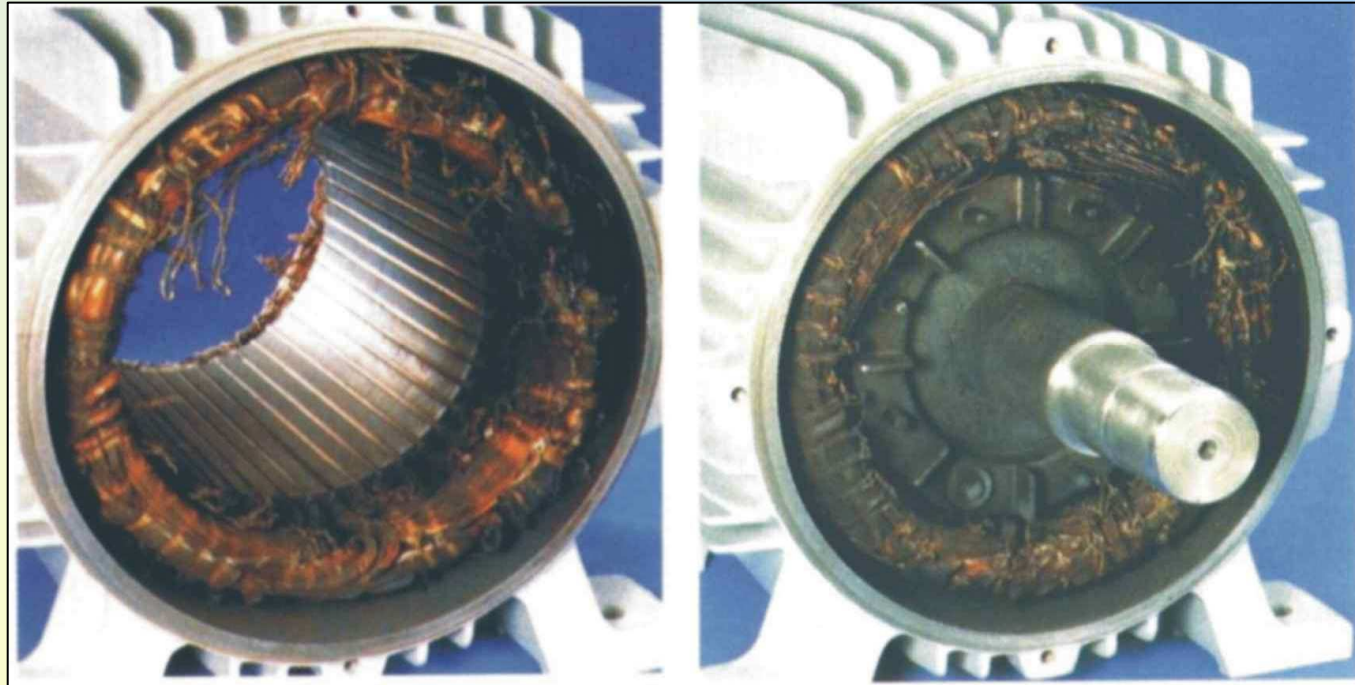
ESPECIFICAÇÃO - MODELO TÉRMICO

- ↓ Perdas no “cobre e no “ferro””;
- ↓ Perdas mecânicas;
- ↓ O enrolamento constitui a parte mais crítica do motor.



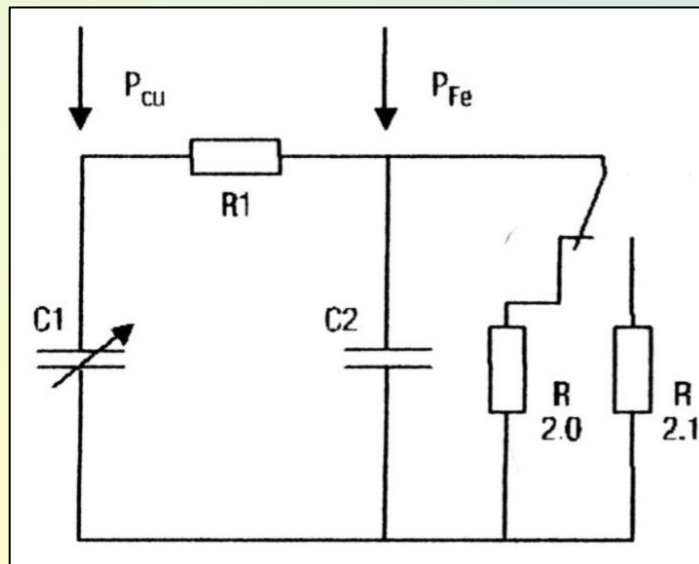
ESPECIFICAÇÃO - MODELO TÉRMICO

↓ Queima por sobrecarga.



ESPECIFICAÇÃO - MODELO TÉRMICO

- ↓ Simulação da temperatura do motor;
- ↓ Através do monitoramento da corrente.



↓ Função de resfriamento:

$$v_{C_i} = R_2 \cdot I_{i+1}$$

↓ Função de aquecimento:

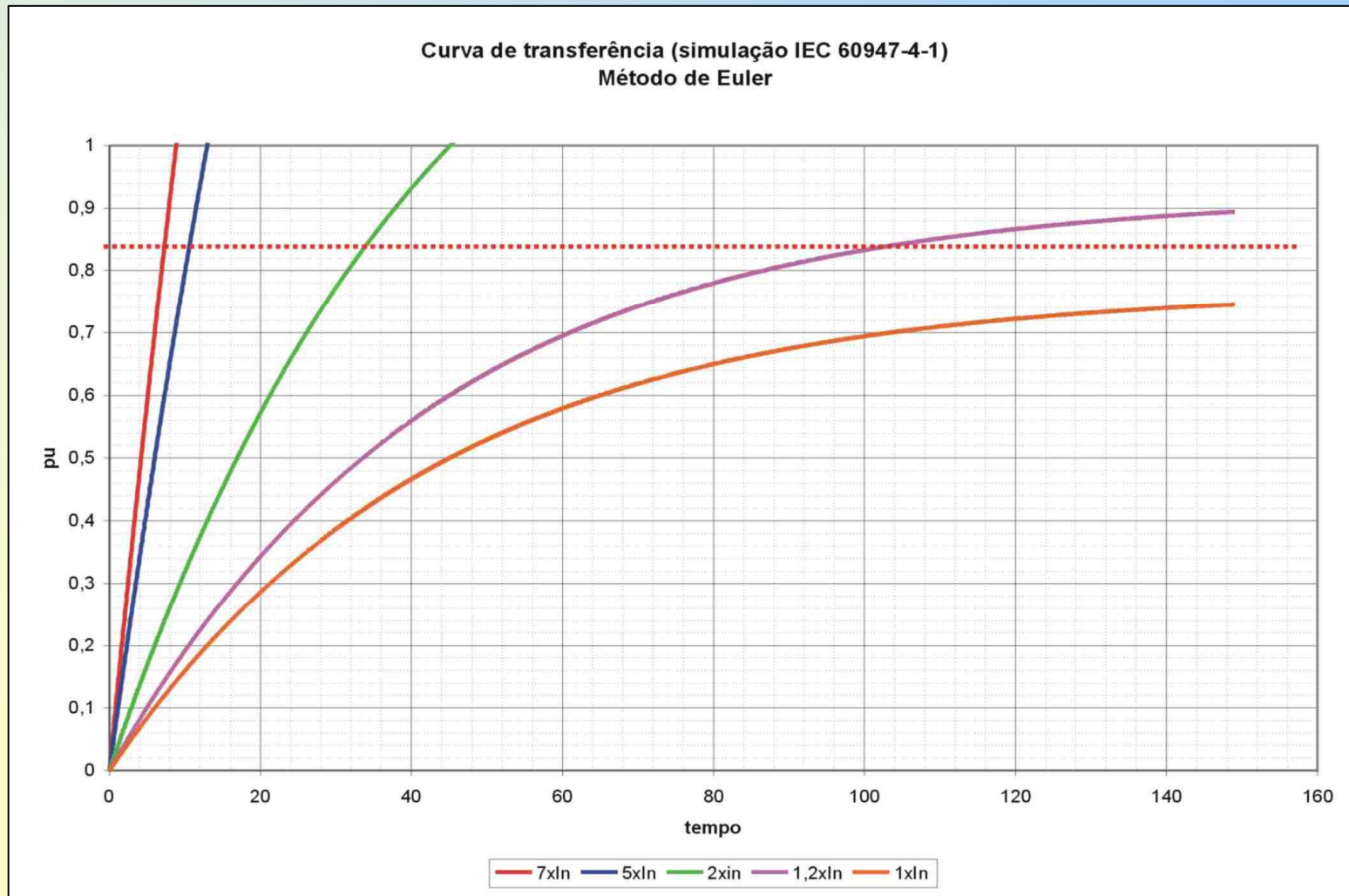
$$v_{C_{i+1}} = v_{C_i} + \left(\frac{I_{med}(t)}{R_1 \cdot C} - \frac{R_1 + R_2}{R_1 \cdot R_2} \cdot v_{C_i} \right) \Delta t$$



ESPECIFICAÇÃO - MODELO TÉRMICO



↓ Simulação do modelo.

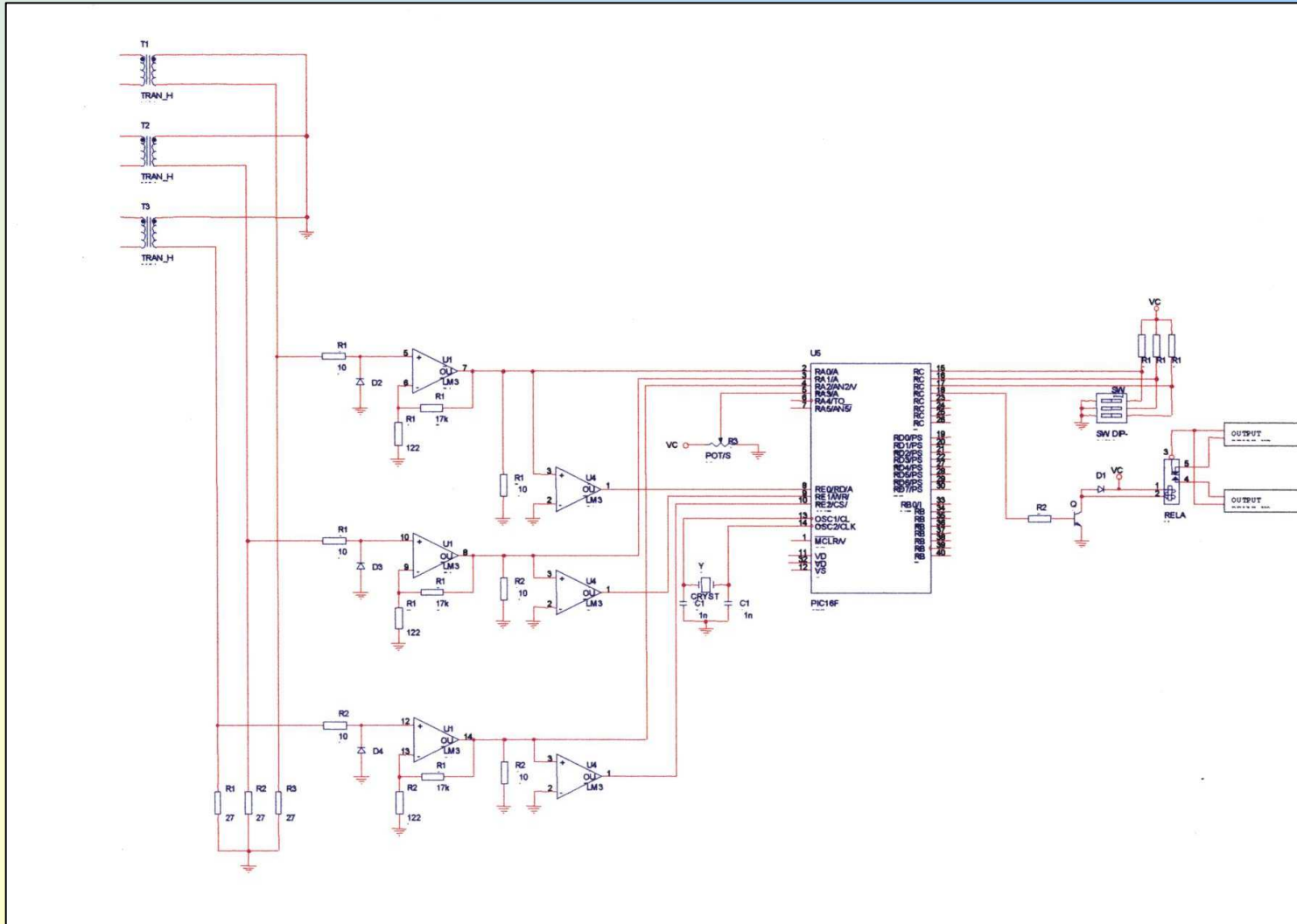




ESPECIFICAÇÃO - HARDWARE



↓ Circuito eletrônico do relê.

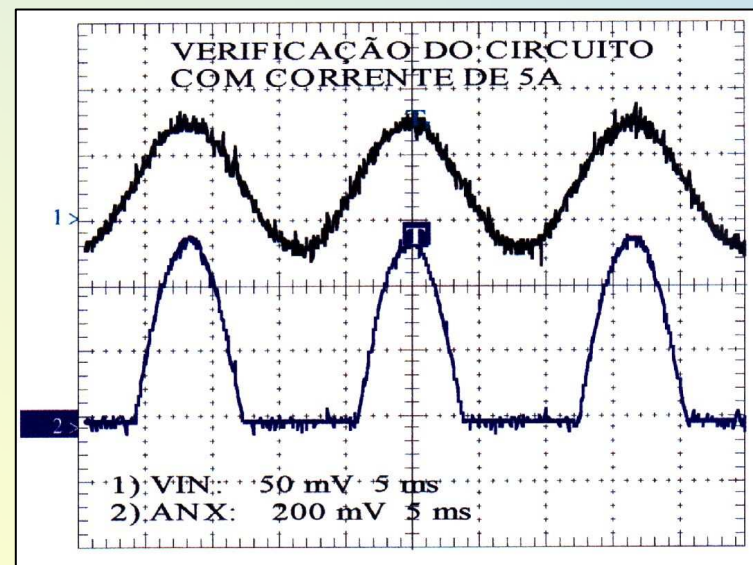
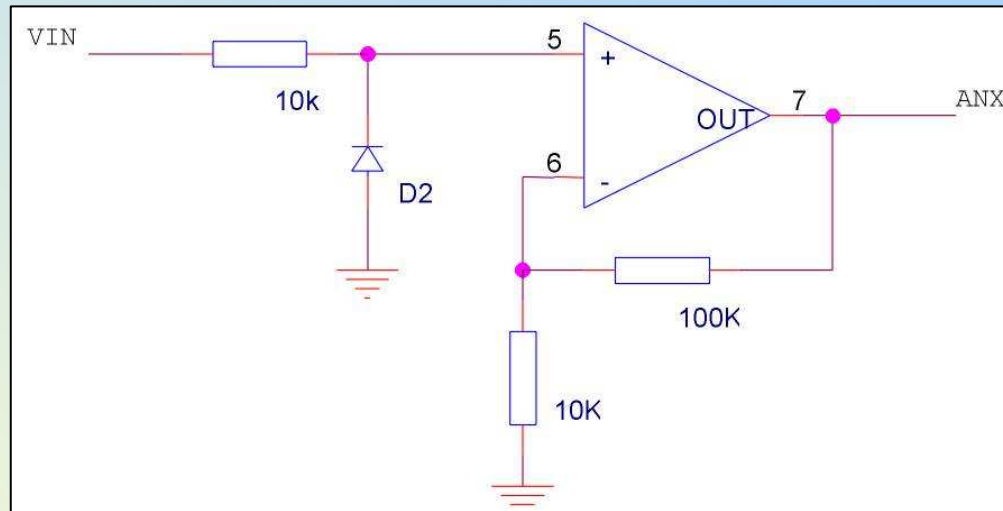




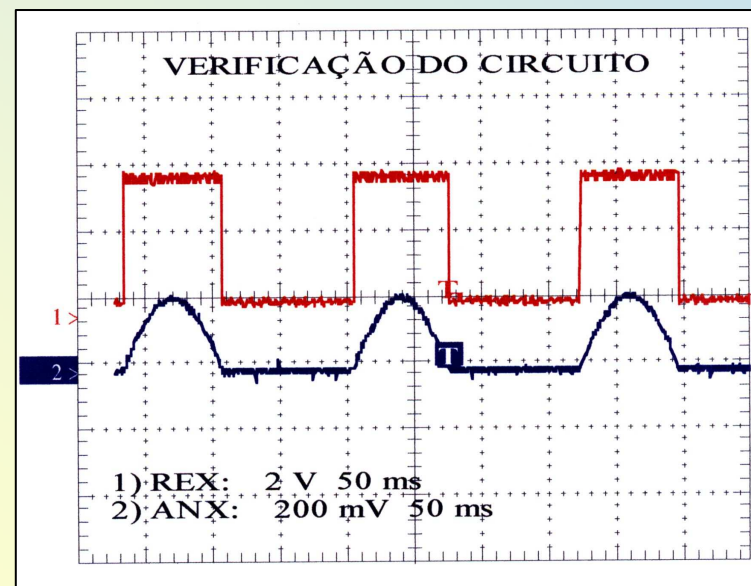
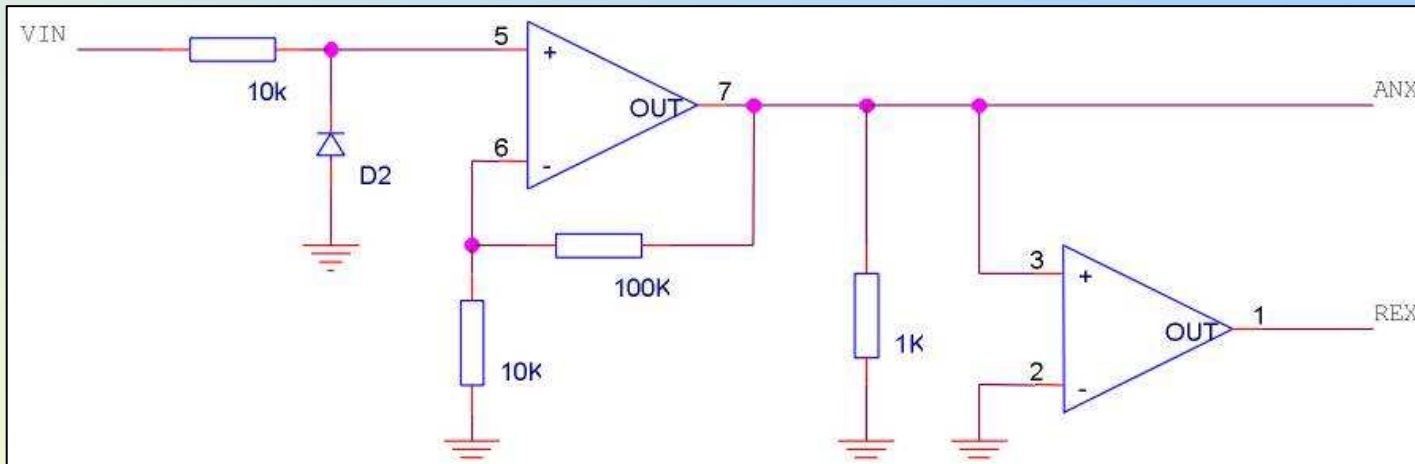
ESPECIFICAÇÃO - HARDWARE



↓ Circuito amplificador e retificador.

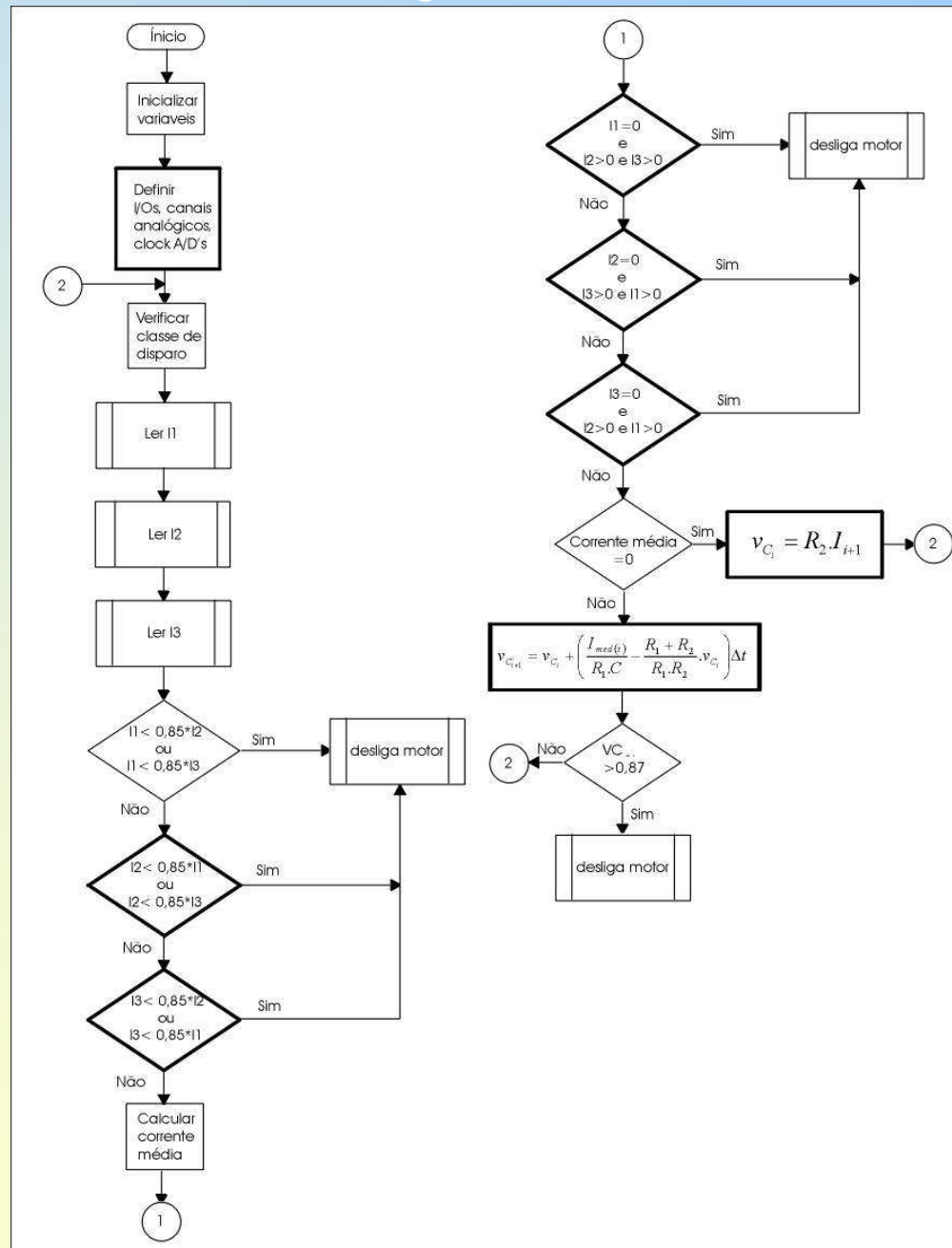


↓ Circuito de detecção de passagem por zero.





ESPECIFICAÇÃO - SOFTWARE



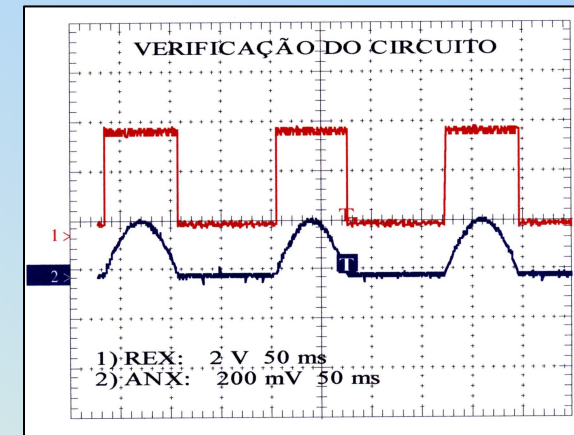
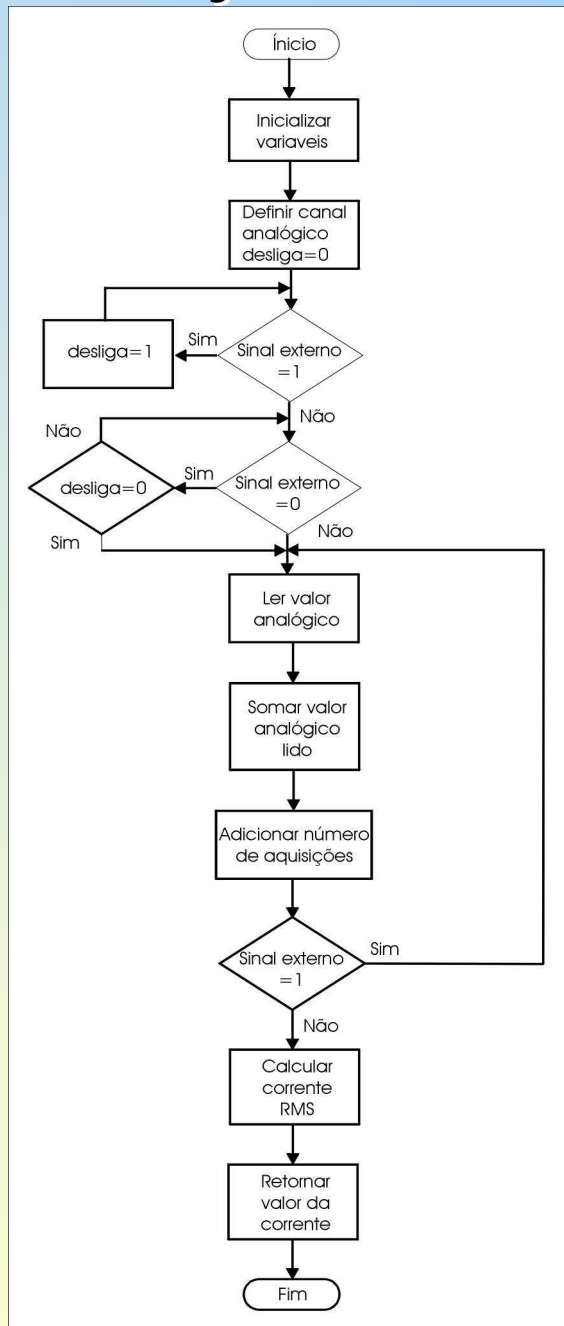
↓ Programa principal.



ESPECIFICAÇÃO - SOFTWARE



↓ Rotina de aquisição.





IMPLEMENTAÇÃO

↓ Ferramentas utilizadas:

☰ CCS PCM: compilador C para PIC;

☰ TurboC2: compilador C para PC;

☰ MPLAB: montador *assembly* para microcontrolador PIC.




IMPLEMENTAÇÃO




↓ Equipamentos utilizados:


 Osciloscópio;

 Multímetro digital;

 Gerador de função;

 Fonte CC;

 Fonte de corrente CA;

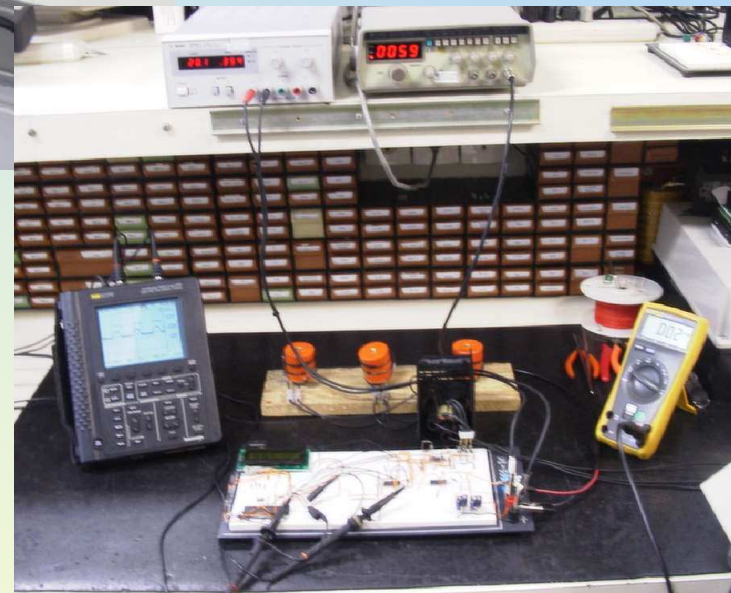
 Gravador para microcontrolador;

 Matriz de contatos.



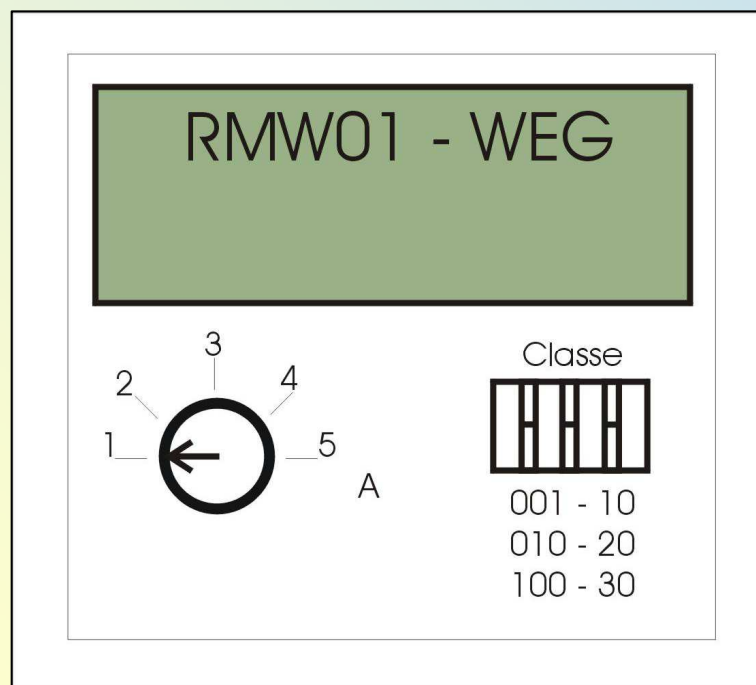
IMPLEMENTAÇÃO

↓ Bancada de desenvolvimento.



FUNCIONAMENTO

↓ Vista frontal do relê.



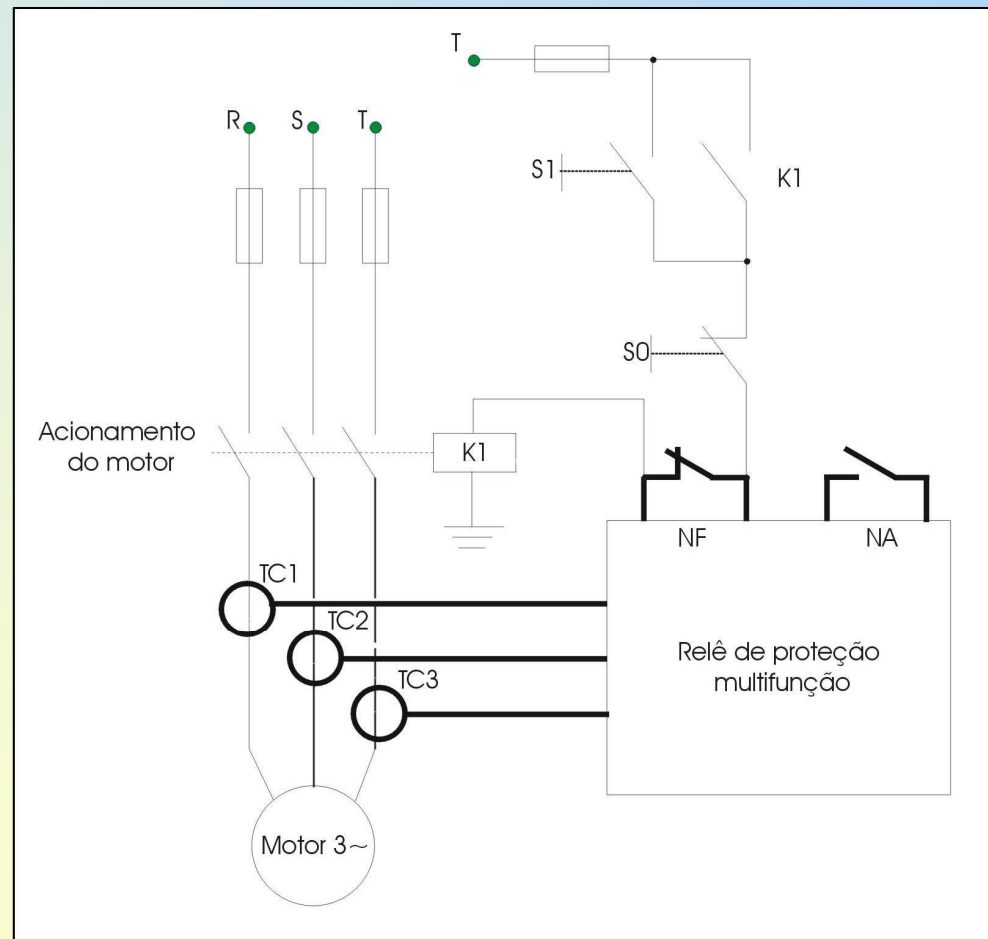
📄 Display de cristal líquido (LCD);

📄 Ajuste de corrente;

📄 Seleção da classe de desarme;

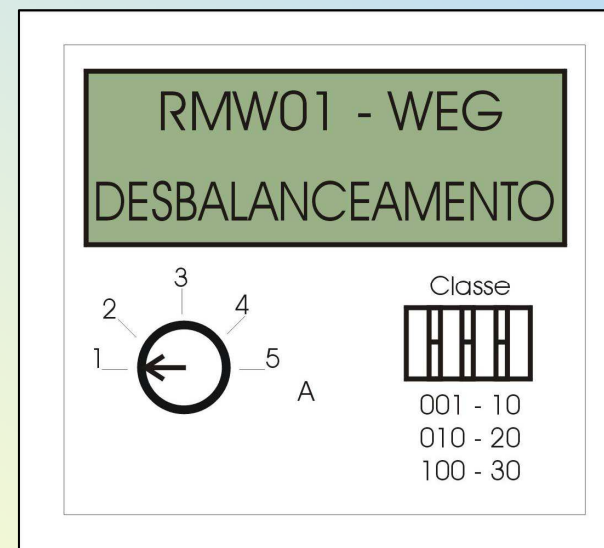
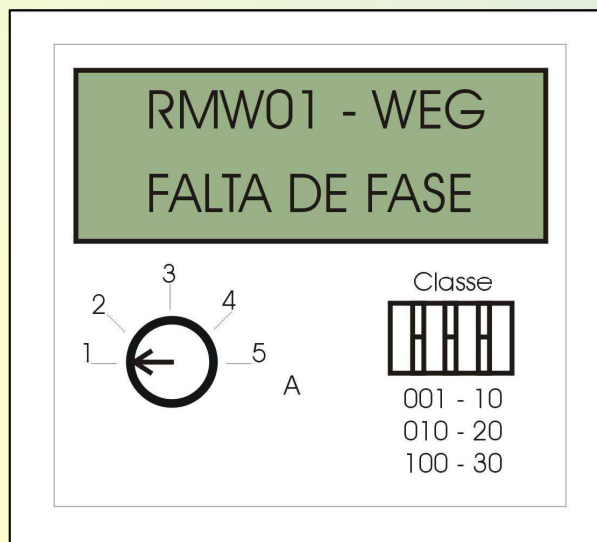
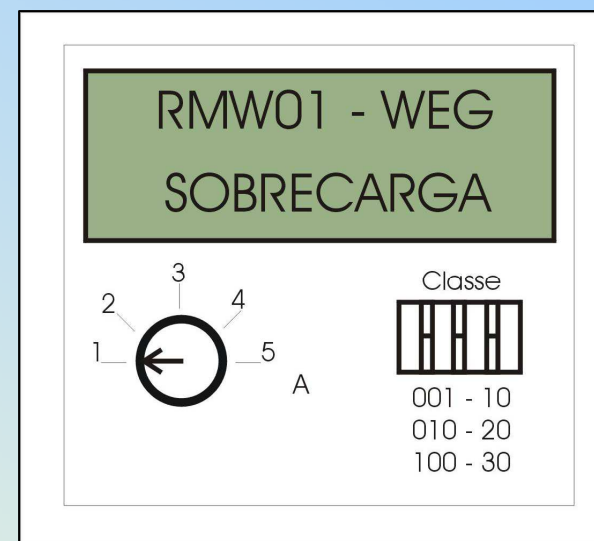
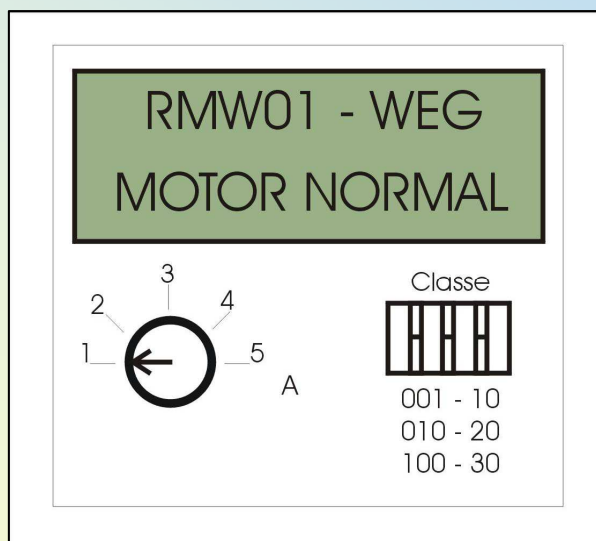
FUNCIONAMENTO

↓ Esquema de ligação do relê.



FUNCIONAMENTO

↓ Mensagens de saída do relê.





CONCLUSÕES

 Dificuldades;

 Testes;

 Objetivos.



EXTENSÕES

- ☰ Função para proteção através de termistor;
- ☰ Comunicação RS232;
- ☰ Utilização de DSP.



BIBLIOGRAFIA

BRAGA, Newton C. **DSP – Filtros e Conversores DAC e ADC**. Saber Eletrônica, São Paulo, n. 338, p. 14-24, março 2001.

CAPELLI, Alexandre. Motores elétricos CA. **Saber Eletrônica**, São Paulo, n. 338, p. 4-9, março 2001.

CERQUIERA, Acácio José Gomes; ALVES, Nuno Jorge Viana. **Motores de Indução**. Lisboa, jun. 1998. Disponível em: <<http://alumni.dee.uc.pt/~acacioc/motores>>. Acesso em: 19 set. 2001.

CUSTOM COMPUTER SERVICES, INC. **C compiler reference manual**. Brookfield: Custom Computer Service, 2001.

FILHO, Guilherme Filippo. **Motor de indução**. São Paulo: Érica, 2000.



BIBLIOGRAFIA

FRÖHR, Friedrich; ORTTENBURGER, Fritz. **Técnicas de controle eletrônico: controle automático para acionamentos reguláveis de corrente contínua.** Tradução Harald Kreidel. São Paulo: Nobel, 1990.

GARDNER, Nigel; SIEGESMUND, Mark. **PIC C – na introduction to programming the Microchip PIC in CCS C.** UK: Character Press Limited, 1998.

IDEALI, Wagner. **68000 família de microprocessadores 32 bits: hardware.** São Paulo: Livros Érica editora, 1987.

IEC 60947-4-1. **Contactors and motor-starters – electromechanical contactors and motor-starters.** Geneva: Internacional Electrotechnical Commission, 2000.

MICROCHIP TECHNOLOGY INC. **PIC 16F87X data sheet.** Chandler: Microchip, 2001.



BIBLIOGRAFIA

MORIMOTO, Carlos E. **Processadores RISC x CISC**. São Paulo, fev. 1999. Disponível em: <http://guiadohardware.tcinet.com.br/artigos/index.asp>.

Acesso em: 15 set. 2001.

OGATA, Katsuhiko. **Engenharia de controle moderno**. Tradução Bernardo Severo. São Paulo : LTC, 3. ed., 1998.

ROCKWELL AUTOMATION. **Optimizing plant production and operation through protection**. USA: Rockwell Automation, 1997.

SCHILD, Herbert. **C completo e total**. Tradução Marcos Ricardo Alcântara Morais. São Paulo: Makron, McGraw-Hill, 1990.



BIBLIOGRAFIA

SOARES, Itamar Fernandes. **Análise das proteções de motores e proposta de um dispositivo baseado em microprocessador para proteção de motores.** Jaraguá do Sul: Weg Industrias S.A, 2000.

SOUZA, David José de. **Desbravando o PIC.** São Paulo: Érica, 3. ed., 2000.

TAUB, Herbert; SSHILLING, Donald. **Eletrônica digital.** Tradução Paulo Elyot Meirelles Villela, Jorge Guedes de Silvaira, Juarez Sagebin Correa. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1982.

Tutorial em arquitetura avançada de computadores. São Bernardo do Campo, set. [2000]. Disponível em: <<http://tathy.comp.ita.cta.br/~sobreira/risc.htm>>. Acesso em 15 set. 2001.



BIBLIOGRAFIA

Tutorial sobre microprocessadores. São Paulo, fev. 1999.

Disponível em:

<<http://200.19.73.252/coele/apostilas/micro/texo1.pdf>>.

Acesso em: 15 set. 2001.

VISCONTI, Antonio Carlos José Franceschini.

Microprocessadores 8080 e 8085: hardware. São Paulo:

Livros Érica editora, 7. ed.,1988.

VISCONTI, Antonio Carlos José Franceschini.

Microprocessadores 8080 e 8085: software. São Paulo:

Livros Érica editora, 6. ed.,1987.

WEG MOTORES LTDA. **Catálogo geral – motores**

elétricos. Jaraguá do Sul: Weg, 2000.