

## CONTROLO DE PROCESSOS

- Até à década de setenta, a maior parte das plantas industriais recorriam a dispositivos mecânicos e electromecânicos por forma a realizar as sequências de trabalho pretendidas.



- A maior parte dos dispositivos electromecânicos eram usados como elementos lógicos numa rede, densamente interligada, de condutores eléctricos.

### Problemas Associados:

- Tamanho físico da sala de controlo
- Complexidade inerente à manutenção e detecção de falhas
- Falta de flexibilidade

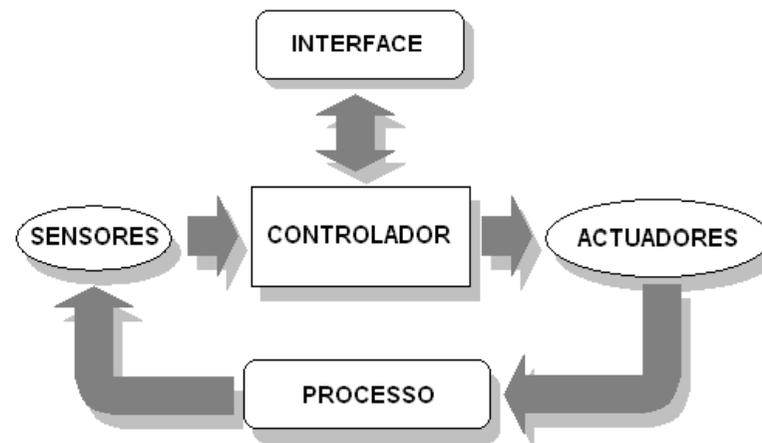
- Estas limitações dos controladores electromecânicos levaram a que, na década de 60, a *General Motors* levasse a cabo investigações no sentido de encontrar soluções alternativas.
- Uma década depois a *Modicon* apresentou o primeiro sistema de controlo com base em microprocessadores digitais.
- Os controladores baseados em sistemas digitais electrónicos têm vindo a evoluir de forma exponencial tanto ao nível do seu desempenho e robustez como custo económico.
- O PLC (*Programmable Logic Controller*) foi capaz de substituir todas as funções lógicas executadas pelos dispositivos electromecânicos tornando-se a pedra angular das plantas industriais.

## PLC's

A substituição de um sistema de controlo electromecânico por um PLC veio contornar os problemas associados:

- Ao volume ocupado
- Fiabilidade
- Flexibilidade.

Um PLC é um dispositivo electrónico desenvolvido para receber sinais de excitação e fornecer saídas de acordo com um dado programa lógico.

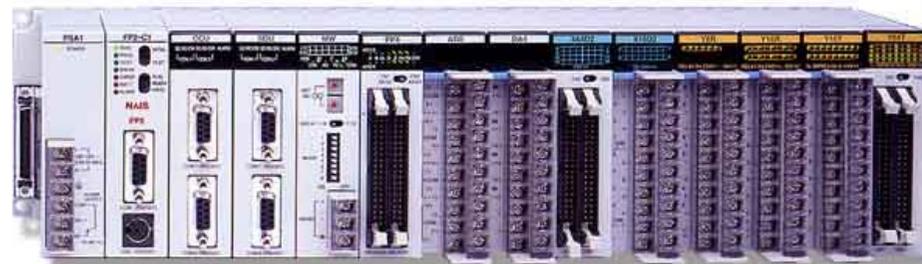
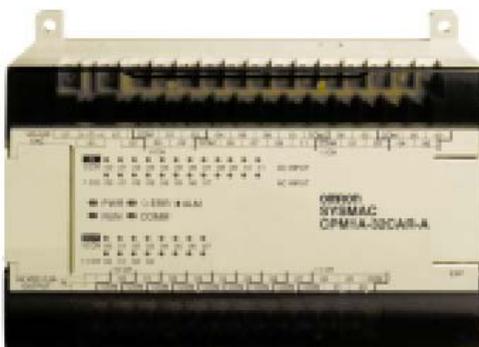


Por norma, os PLC's são dispositivos capazes de implementar apenas estratégias de controlo do tipo on-off.

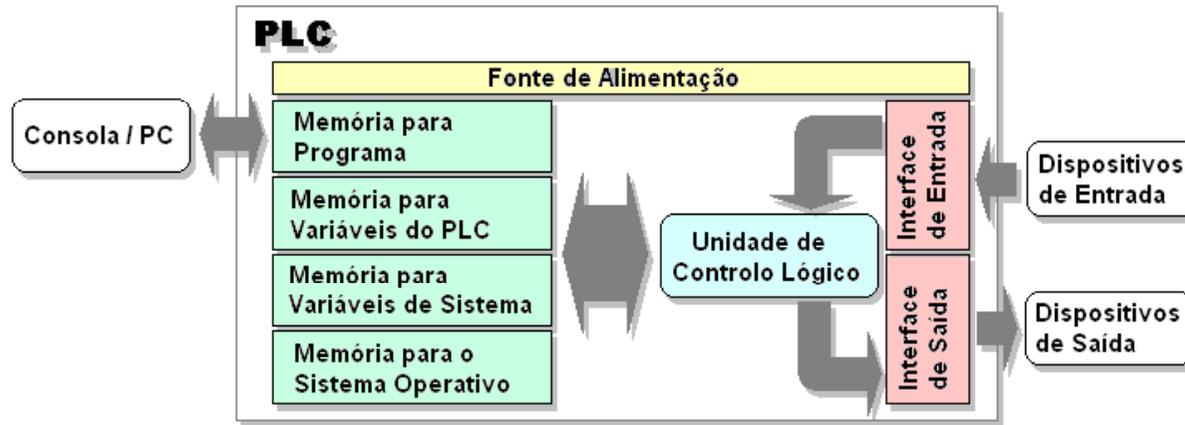
Entre muitas outras, é possível dotar alguns PLC's das seguintes funções adicionais:

- Entradas e Saídas Analógicas
- Controladores PID
- Comunicações

Em termos de construção física existem basicamente duas estratégias: o PLC monobloco e o PLC modular.



## ARQUITECTURA INTERNA DE UM PLC

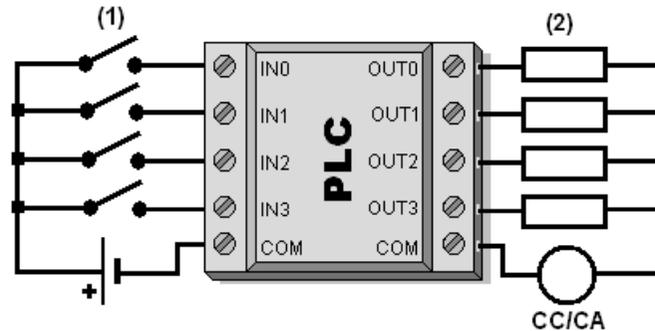
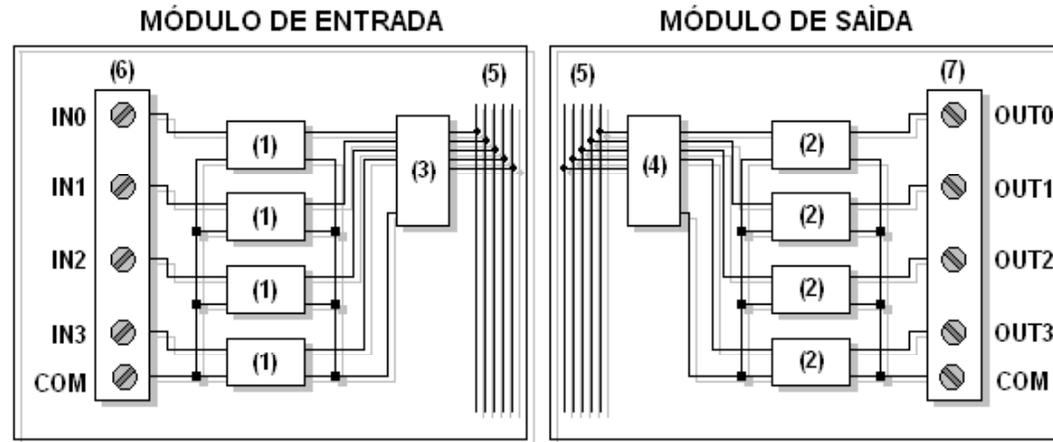


A fonte de alimentação é o bloco responsável por fornecer as tensões e correntes necessárias ao bom funcionamento dos restantes módulos.

É da responsabilidade da unidade lógica a conversão do programa armazenado na memória em sinais de controlo e comandos para manipulação de dados e das portas de E/S

O procedimento de conversão é normalmente realizado por um programa embebido numa memória ROM (*firmware*) denominado por sistema operativo

A secção de E/S de um PLC é a sua ligação com o mundo físico.



### **Operação e Programação de PLC's**

O modo de operação de um controlador lógico programável resume-se à execução sequencial e contínua de um ciclo composto por três etapas básicas:

- Análise dos estados das entradas.
- Execução do programa carregado em memória.
- Actualização do estado das portas de saída.

Um PLC executa o programa carregado em memória diversas vezes por unidade de tempo!

O tempo de execução de um ciclo completo depende da complexidade do programa e do desempenho do controlador

O programa de controlo concebido é carregado na memória do PLC através de uma unidade de programação.



### ESTRATÉGIAS PARA SOLUCIONAR UM PROBLEMA DE CONTROLO:

- Perceber o problema
- Descrição escrita da sequencia de controlo
- Um fluxograma às vezes ajuda!

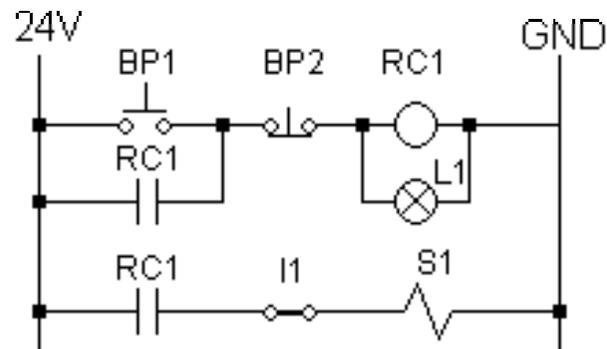
Os PLC permitem diversos tipos de operações entre elas se destacam:

- Operações de lógica Booleana (AND, OR e NOT)
- Temporização
- Contagem
- Aritmética

## Diagramas Ladder (escada)

Os diagramas em escada (designados em Inglês por *Ladder Diagrams*) são esquemas especializados usados frequentemente para documentar sistemas lógicos de controlo industrial.

A designação de diagramas em escada advém da semelhança do circuito a uma escada em que cada degrau representa um circuito de controlo.

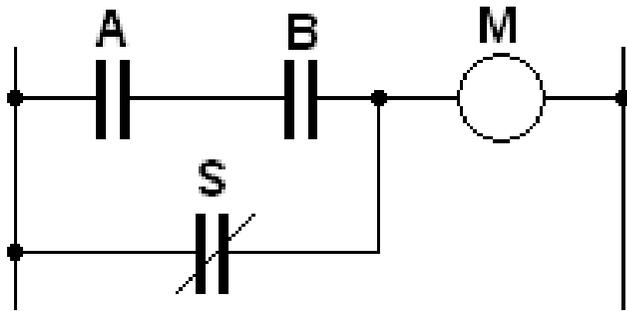


***O que é que o diagrama analisado tem a ver com a programação de PLC's?***

A técnica mais comum para a programação de PLC's consiste em desenhar um diagrama Ladder da lógica a ser usada convertendo-o posteriormente em instruções a serem introduzidas na consola de programação.

**O conjunto de instruções varia de fabricante para fabricante!!!!**

O desenho de um diagrama Ladder pode ser considerada a parte mais complexa do projecto do sistema de controlo visto existir um número infinito de possibilidades para atingir o mesmo objectivo de operação.



Símbolo	Descrição
	Contacto normalmente aberto
	Contacto Normalmente Fechado
	Saída (relé)
	Bloco de função especial

Os diversos elementos lógicos e restantes componentes são dispostos ao longo de linhas horizontais denominadas por degraus (*rungs*)

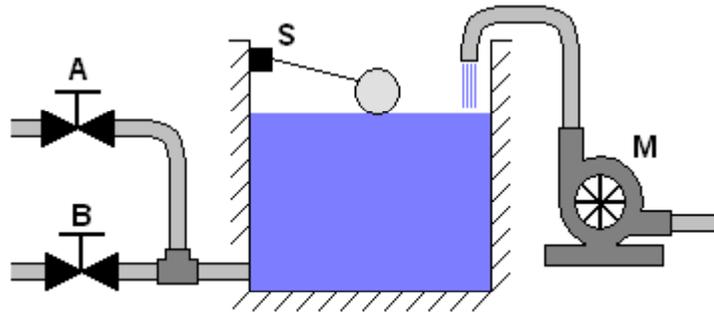
Duas linhas verticais que simbolizam as linhas de alimentação que fornecem a energia necessária ao funcionamento do circuito.

Cada degrau consiste tipicamente numa combinação de instruções de entrada (simbolizadas por contactos) que excitam uma ou mais instruções de saída (simbolizadas por relés)

A lógica num diagrama Ladder tipicamente flui da esquerda para a direita do degrau sendo também prática corrente localizar as entradas à esquerda de cada degrau e as saídas à direita.

## EXEMPLO:

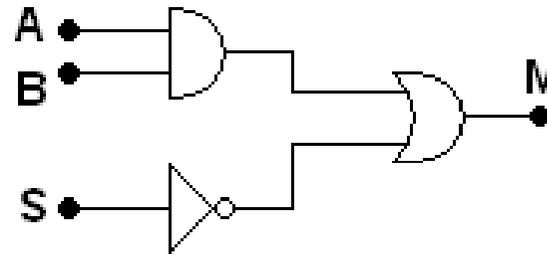
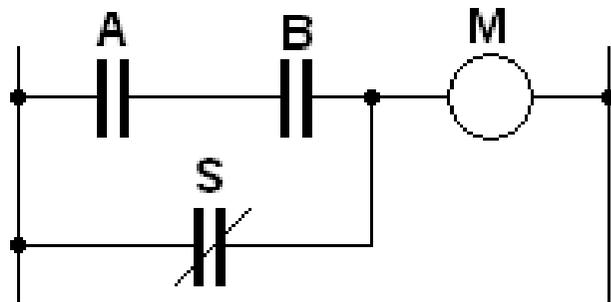
*Um depósito é alimentado por uma bomba que retira água de um poço. Pretende-se que a bomba M apenas entre em funcionamento quando as válvulas A e B estejam abertas simultaneamente ou enquanto o nível de água no tanque estiver abaixo de um valor pré-determinado. Essa indicação é fornecida através de um sensor de nível S.*



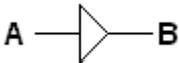
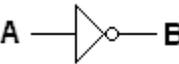
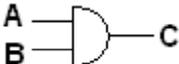
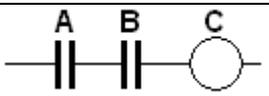
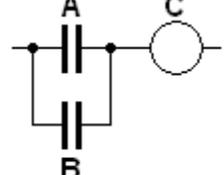
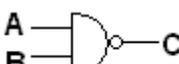
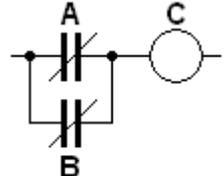
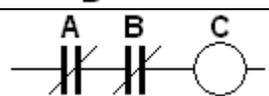
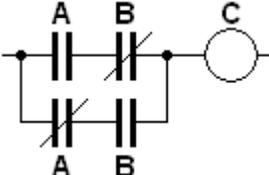
Variável	Estado	Valor Lógico
MOTOR M	Ligado	1
	Desligado	0
VÁLVULA A	Aberta	1
	Fechada	0
VÁLVULA B	Aberta	1
	Fechada	0
SENSOR S	Nível Baixo	0
	Nível Máximo	1

Cada uma das variáveis de decisão é representada em Ladder como um contacto normalmente aberto ou normalmente fechado dependendo da função lógica a desempenhar

O valor lógico '1' de uma dada variável de entrada significa que o contacto que lhe está associado está activo, i.e. se for um contacto normalmente aberto este fecha e vice-versa.

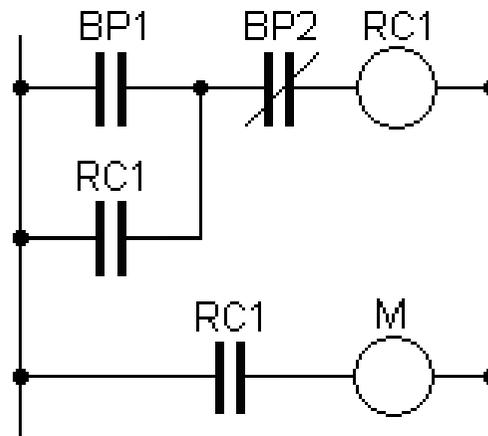


As portas lógicas estudadas anteriormente podem ser simbolizadas em Ladder como se mostra na tabela que se segue

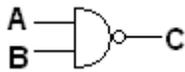
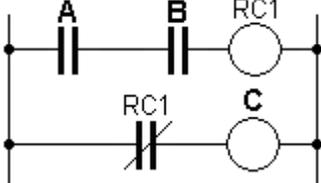
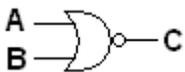
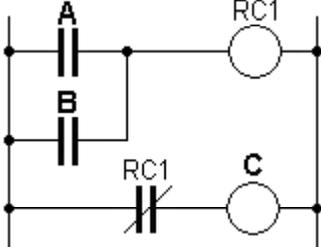
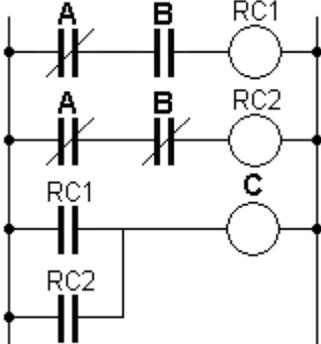
Diagrama Lógico	Diagrama em Escada
	
	
	
	
	
	
	

## EXEMPLO:

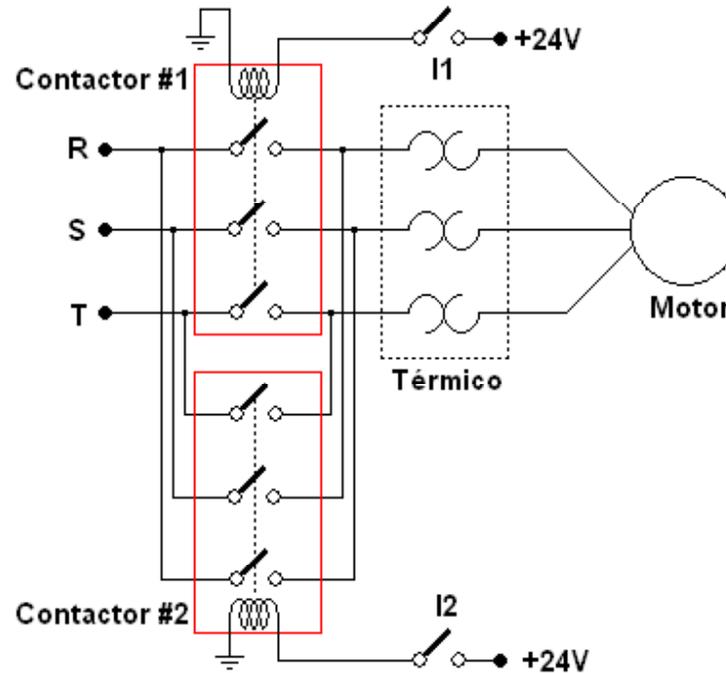
*Pretende-se controlar o funcionamento de um motor através de dois botões de pressão BP1 e BP2. Quando BP1 for premido o motor deve ser ligado e assim se deve manter até que BP2 seja premido.*



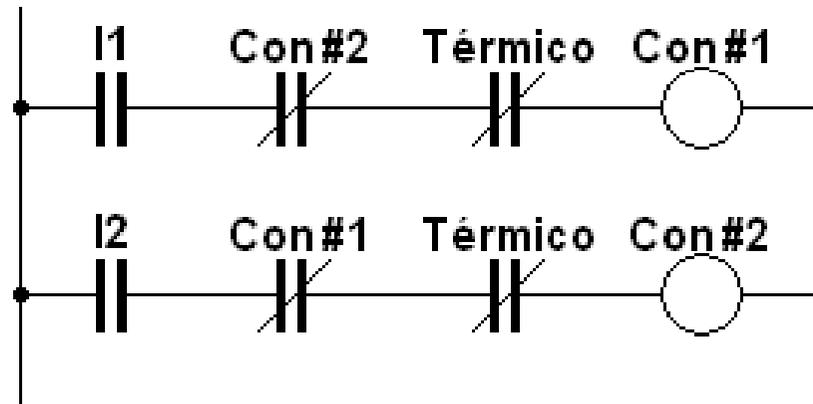
- Com este exemplo introduz-se o conceito de relé de controlo.
- A mesma saída pode ser usada mais do que uma vez no diagrama.
- É possível para uma saída, em um dado degrau do diagrama, ser uma entrada em outro degrau

Diagrama Lógico	Diagrama em Escada
	
	
	

EXEMPLO: Controlo do sentido de rotação de um motor eléctrico



O que acontece se o contactor #1 e o contactor #2 forem activados simultaneamente?



A activação de um contactor impede a activação do outro

## ESTUDO DE CASO: CPM1 da OMRON

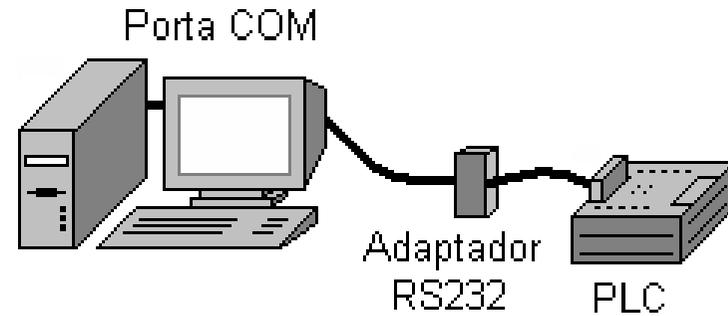
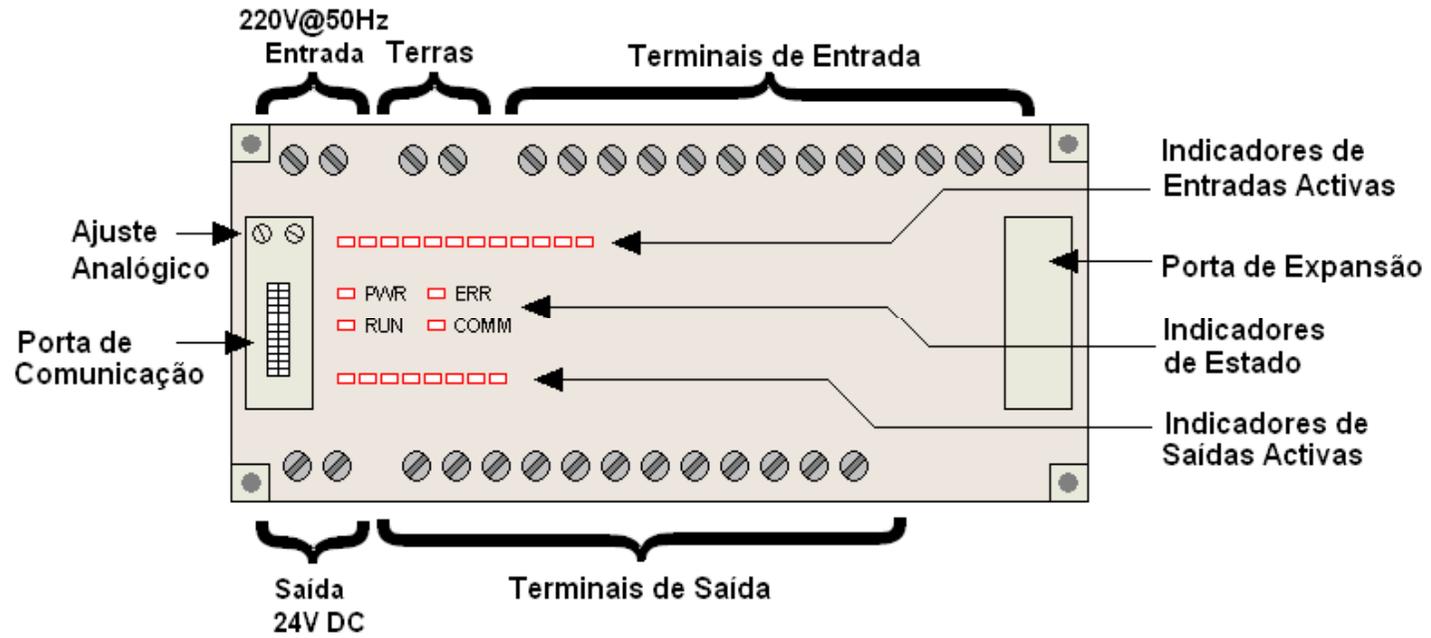
**Até ao momento:** diagramas de escada sem preocupação no que toca ao tipo de autómato

- *Diagramas Ladder independentes do autómato mas endereçamento não.*
- *Cada Fabricante possui diferentes estratégias de endereçamento e instruções.*



CPM1: diferentes densidades 10, 20 e 30

- 12 entradas e 8 saídas.
- Possibilidade de expansão: +12E e 8S



## ESTRUTURA DA MEMÓRIA

É neste espaço que informações relativas ao funcionamento do dispositivo, programa a executar e estado dos relés de controlo são armazenados.

Área		Endereço	Função
IR	Input	IR 000 a IR 009	Alocadas às portas de entrada.
	Output	IR 010 a IR 019	Alocadas às portas de saída.
	Work	IR 200 a IR 231	Palavras que podem ser usadas livremente no programa
SR		SR 232 a SR 255	Sinalizadores e Bits de Controlo
HR		HR 00 a HR 19	Guardam dados e retém o seu valor quando o PLC for desligado.
AR		AR00 a AR 15	Sinalizadores e Bits de Controlo
LR		LR 00 a LR 15	Usado para a ligação ponto a ponto entre dois PLC's
Timer/Counter		TC 000 a TC 127	Temporizadores e Contadores
DM	Read/Write	DM 0000 a DM 0999 DM 1022 a DM 1023	Podem ser usadas livremente no programa. Mantém o seu valor mesmo após o PLC desligado
	Error Log	DM 1000 a DM 1021	Usado para armazenar o tempo de ocorrência e o código do erro.
	Read-Only	DM 6144 a DM 6599	----
	PC Setup	DM 6600 a DM 6655	Usadas para armazenar diversos parâmetros que controlam a operação do PLC

Assim, a única área de memória a ser considerada, com algum pormenor ao longo do restante capítulo, é a área IR (relés internos).

Bits		15	14	13	12	11	10	09	08	07	06	05	04	03	02	01	00	
Entradas	IR 000	(a)																
Saídas	IR 010	(b)																

endereços para aceder às doze portas de entrada assim como os oito endereços para aceder às portas de saída

Bits		15	14	13	12	11	10	09	08	07	06	05	04	03	02	01	00
Trabalho	IR 200																
Bits		31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
Trabalho	IR 200																

### EXEMPLO DE APLICAÇÃO #1

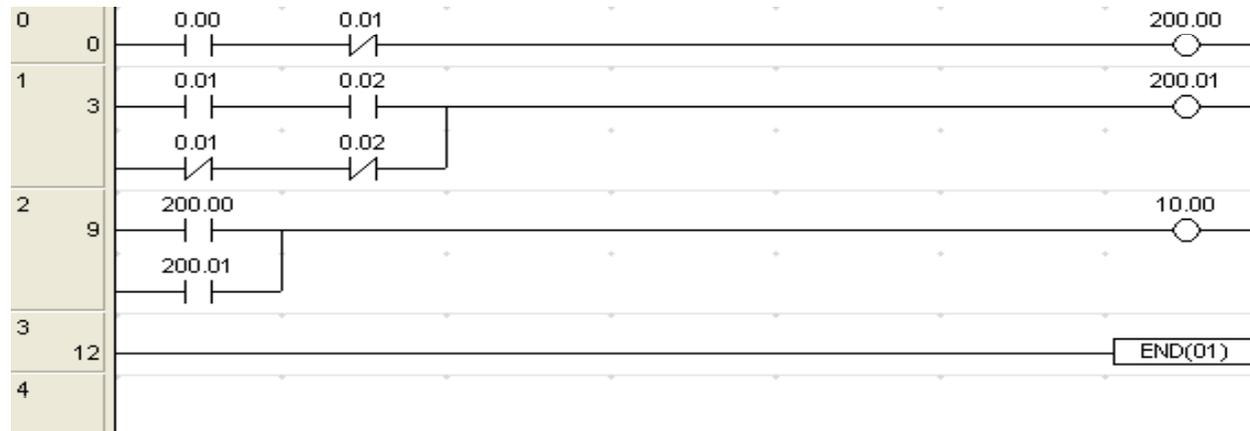
Pretende-se activar uma determinada saída sempre que se verifique a seguinte relação lógica entre três variáveis de entrada:

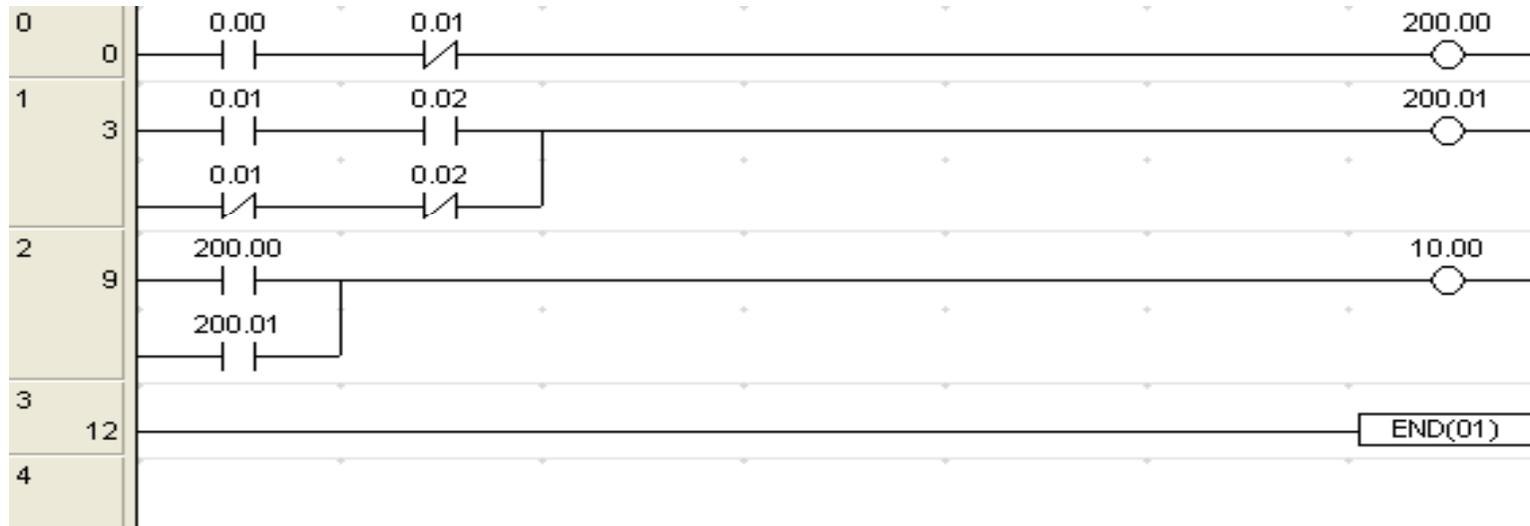
$$S = A \cdot \bar{B} + B \oplus \bar{C}$$

#### 1º Definir Entradas e Saídas e respectivos endereços

Variável	Tipo	Endereço (IR)
S	Saída	10.00
A	Entrada	00.00
B	Entrada	00.01
C	Entrada	00.02

Em cima de cada símbolo Ladder deve apresentar-se o respectivo endereço (ou o nome da variável desde que definida anteriormente)





Duas notas adicionais:

- Repare-se nas duas variáveis de trabalho (200.00 e 200.01)
- Instrução END colocada no terceiro degrau.

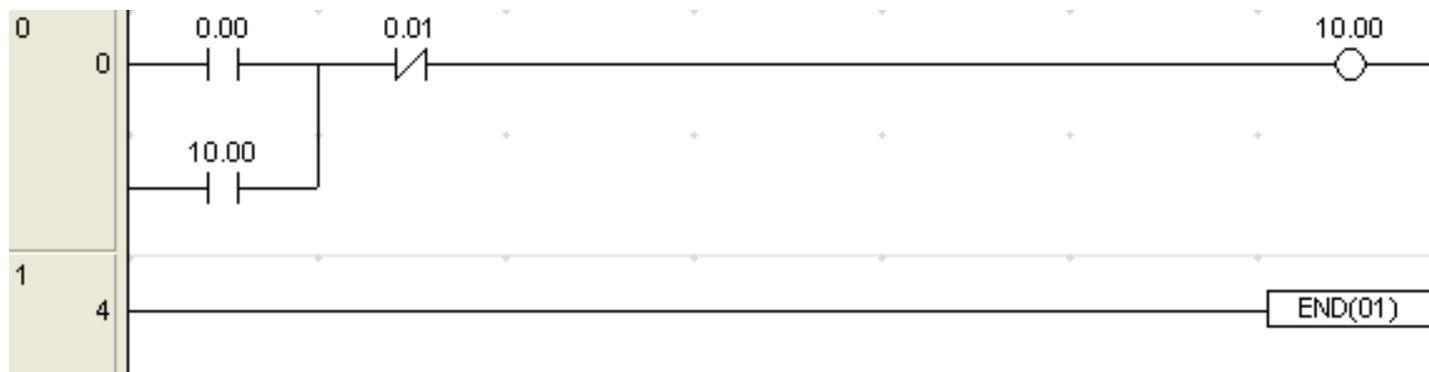
**EXEMPLO DE APLICAÇÃO #2**

Considere-se o problema de ligar e desligar um motor com dois botões de pressão BP1 e BP2:

**1º Definir Entradas e Saídas e respectivos endereços**

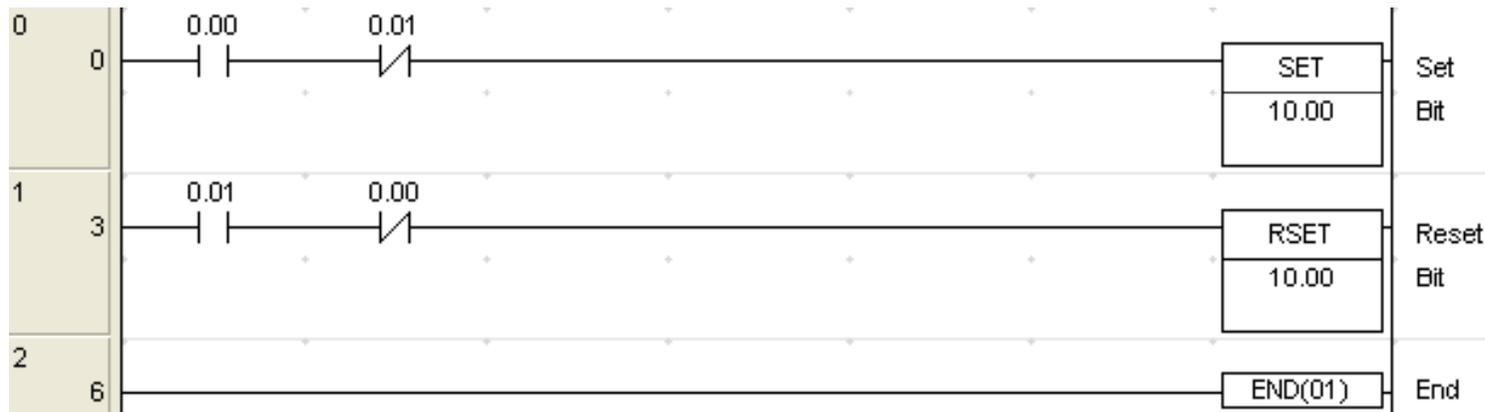
Variável	Tipo	Endereço (IR)
Máquina	Saída	10.00
BP1 (ON)	Entrada	00.00
BP2 (OFF)	Entrada	00.01

Em cima de cada símbolo Ladder deve apresentar-se o respectivo endereço (ou o nome da variável desde que definida anteriormente)



OUTRA ALTERNATIVA: instruções SET e RSET

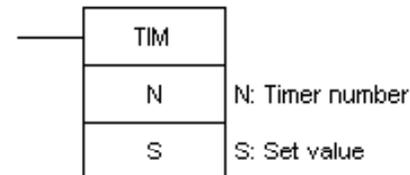
- Um relé de saída apenas está activo enquanto as condições lógicas a montante estejam verdadeiras.
- A função **SET** activa uma determinada saída quando a condição de entrada for verdadeira mantendo-se a saída activa mesmo que a condição de entrada se torne de seguida falsa.
- Por forma a desactivar uma saída activada pela instrução SET recorre-se à instrução **RSET**.



### EXEMPLO DE APLICAÇÃO #3

Pretende-se projectar um diagrama Ladder por forma a controlar a iluminação comum no condomínio de um prédio. O prédio possui três andares mais rés-do-chão e, em cada andar existe uma lâmpada e dois interruptores de pressão. Após pressionar um dos interruptores de pressão a luz acende-se e assim se mantém durante um período pré-determinado de tempo. Considere que o intervalo de tempo durante o qual a luz deve estar ligada é de 120 segundos.

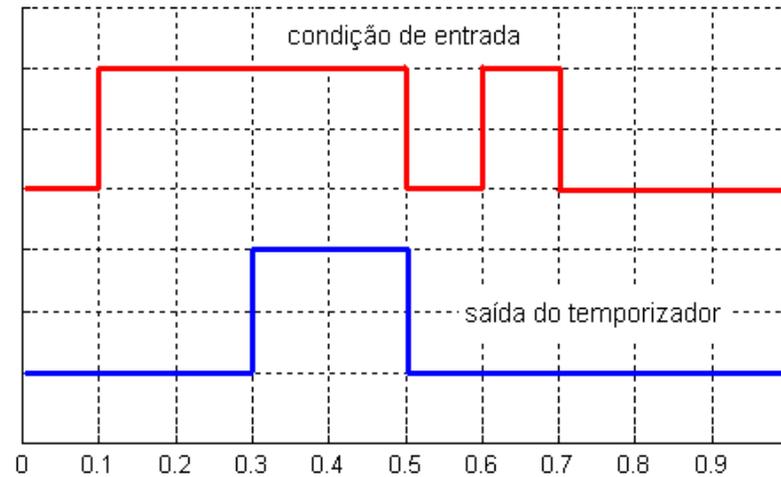
Variável	Tipo	Endereço (IR)
S	Saída	10.00
BP_RC_D	Entrada	00.00
BP_RC_E	Entrada	00.01
BP_1_D	Entrada	00.02
BP_1_E	Entrada	00.03
BP_2_D	Entrada	00.04
BP_2_E	Entrada	00.05
BP_3_D	Entrada	00.06
BP_3_E	Entrada	00.07



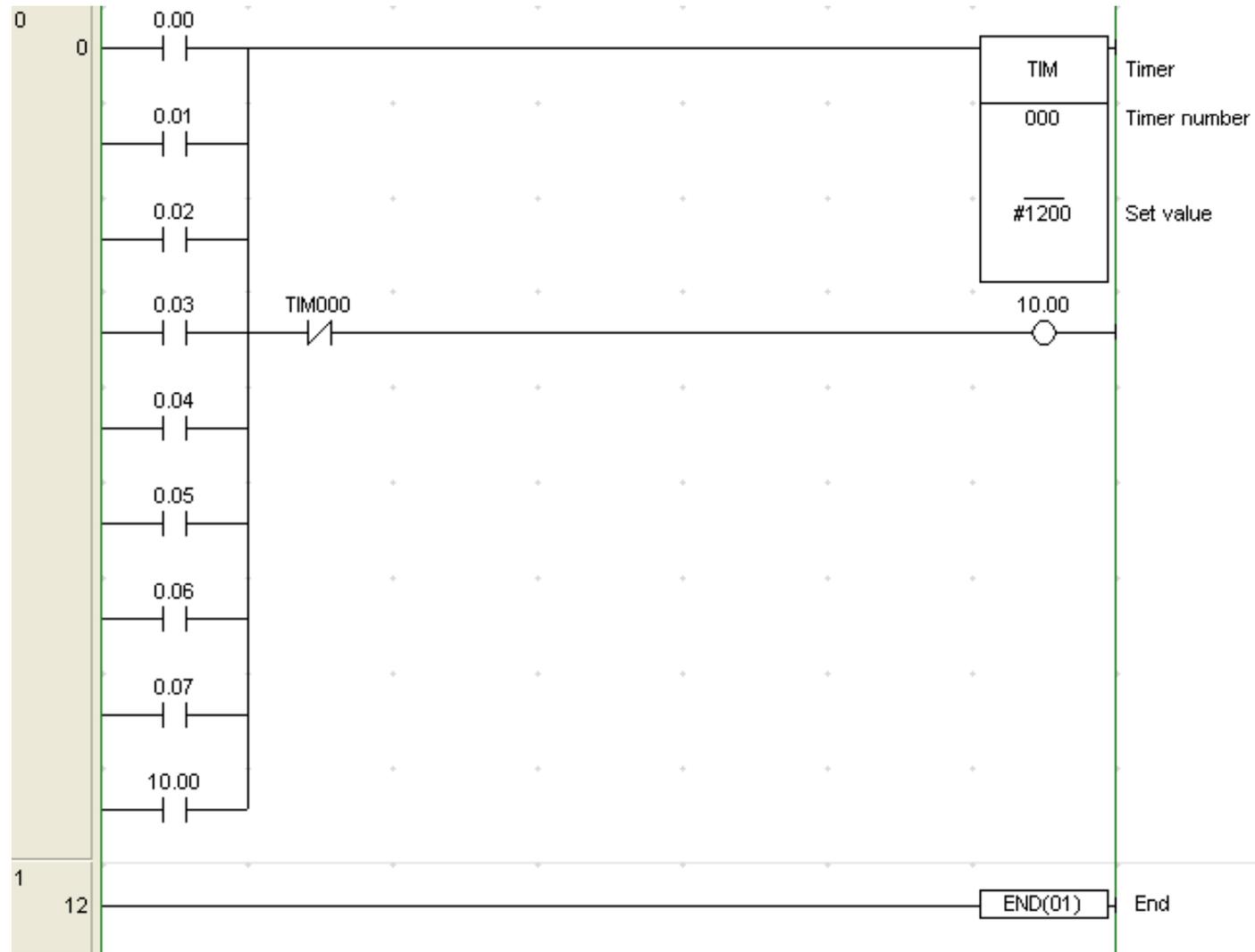
N: TC Number                    000 - 511

SV: Set value (word, BCD)        IO, AR, DM, HR, #

A função de temporização (TIM) possui dois argumentos: um número que o identifica e o valor do tempo de atraso (em décimas de segundo).



Para o presente diagrama temporal considerou-se um período de temporização igual a 0.2 segundos.



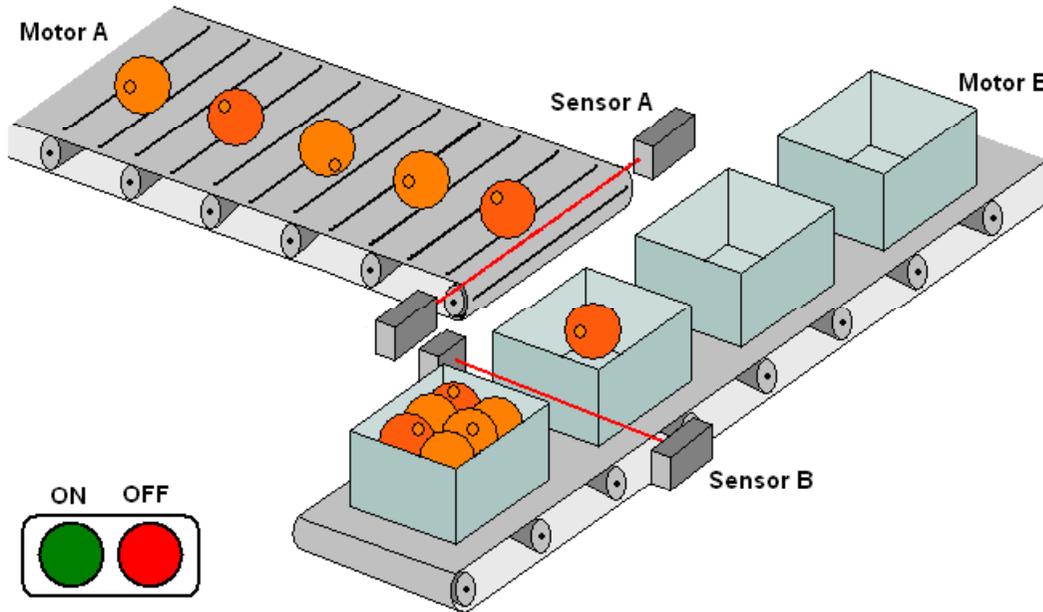
- É possível activar diversas saídas simultaneamente a partir das mesmas condições de entrada (neste caso o temporizador e o relé).
- A utilização do cardinal informa o compilador que o valor subsequente diz respeito, não a um endereço, mas a um número.

### **EXEMPLO DE APLICAÇÃO #4**

Considere a seguinte etapa de empacotamento de frutos. Ao premir o botão de pressão **ON** a sequência é iniciada. O motor **B** fica activo até que uma caixa fique posicionada para enchimento. Esse posicionamento é identificado pela activação do sensor **B**. O motor **A** é então activado até que seis frutos tenham passado pelo sensor **A**. Quando este evento ocorrer o motor **A** pára e o motor **B** é activado posicionando uma nova caixa. O processo é cíclico podendo ser interrompido pressionando para isso o botão OFF.

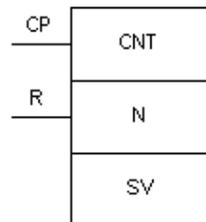
---

---

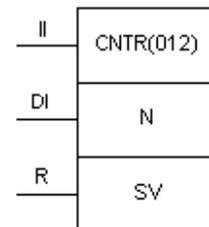


Variável	Tipo	Endereço (IR)
ON	Entrada	00.00
OFF	Entrada	00.01
Sen. A	Entrada	00.02
Sen. B	Entrada	00.03
Motor A	Saída	10.01
Motor B	Saída	10.02

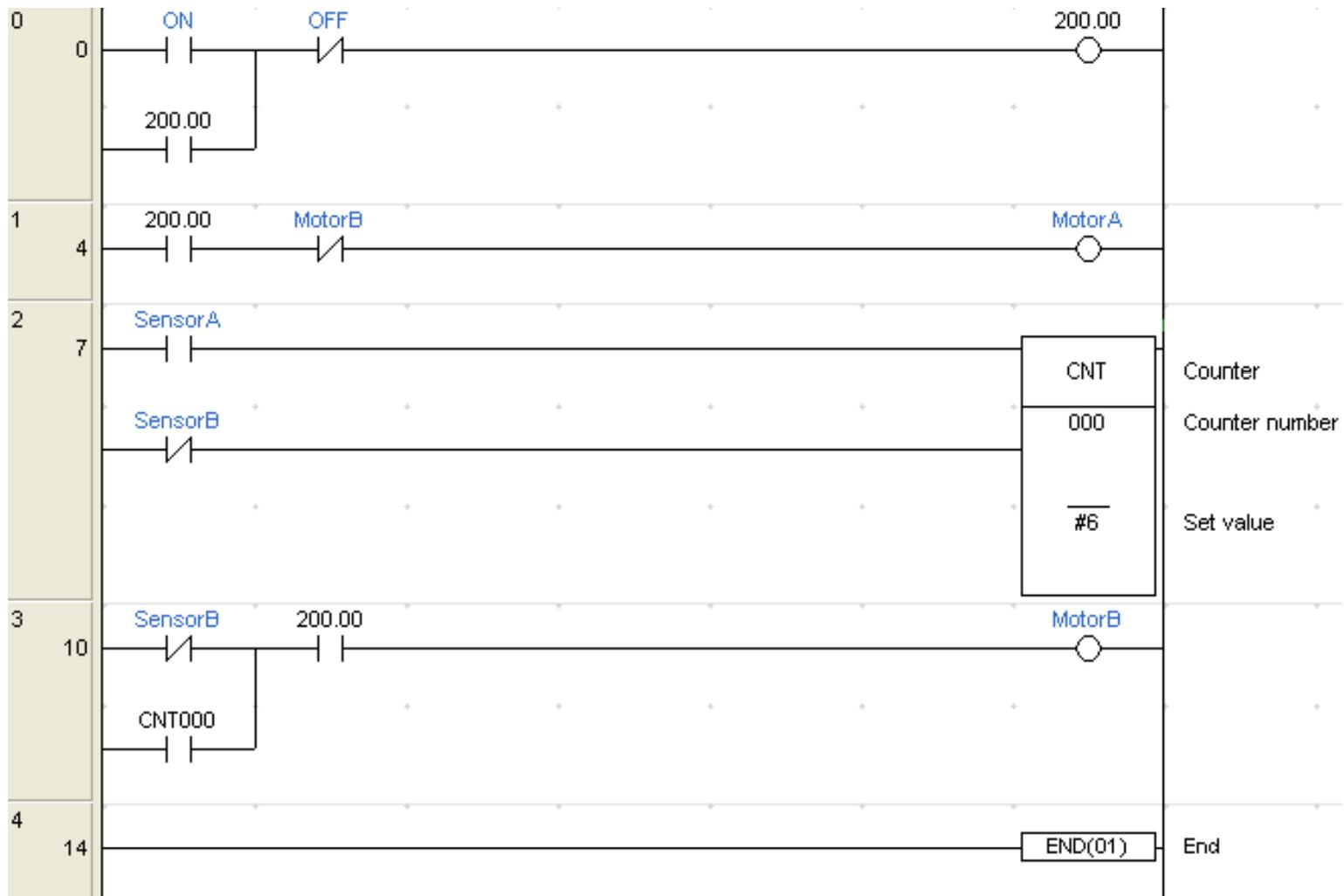
o CPM1 possui dois tipos de contadores: um contador decrescente (CNT) e um contador reversível (CNTR)



N: TC Number 000 - 511  
 SV: Set value (word, BCD) IO, AR, DM, HR, #



N: TC Number 000 - 511  
 SV: Set value (word, BCD) IO, AR, DM, HR, LR, #



### EXEMPLO DE APLICAÇÃO #5

Considere-se o problema de ligar e desligar um motor com um botão de pressão BP1.

