

# Dispositivos de Comando

## Princípios de automação de sistemas elétricos

### Eletrotécnica Geral

Depto. de Engenharia de Energia e Automação Elétricas  
Escola Politécnica da USP

20 de janeiro de 2017

# Automação de sistemas

## Introdução

- A automação consiste no uso de sistemas e de tecnologias de informação para reduzir a utilização de mão de obra na produção de bens e serviços;
- No escopo da industrialização, a automação é um passo avante à mecanização;
- A mecanização consiste na substituição da mão de obra humana e/ou animal pelo uso de dispositivos mecânicos.

# Automação de sistemas

## Mecanização x Automação

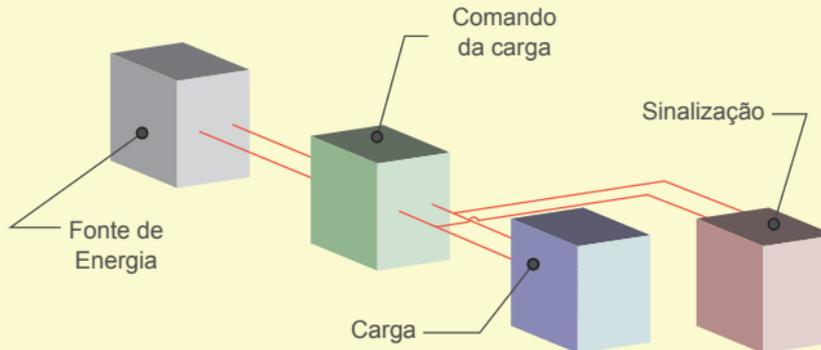
- A tabela a seguir apresenta uma comparação simples entre o conceito de mecanização e o conceito de automação;
- Vale ressaltar que nos processos automatizados, há sempre um operador que supervisiona o sistema de automação.

<b>Ação</b>	<b>Mecanização</b>	<b>Automação</b>
Operação	O operador acompanha e realiza parte do processo	O sistema realiza e controla o processo
Escopo	Não há repasse das atividades intelectuais para o sistema	Parte das atividades intelectuais é repassada ao sistema
Qualidade	É de responsabilidade do operador	O sistema calcula a atividade corretiva mais apropriada

# Automação de sistemas

## Rudimentos de automação

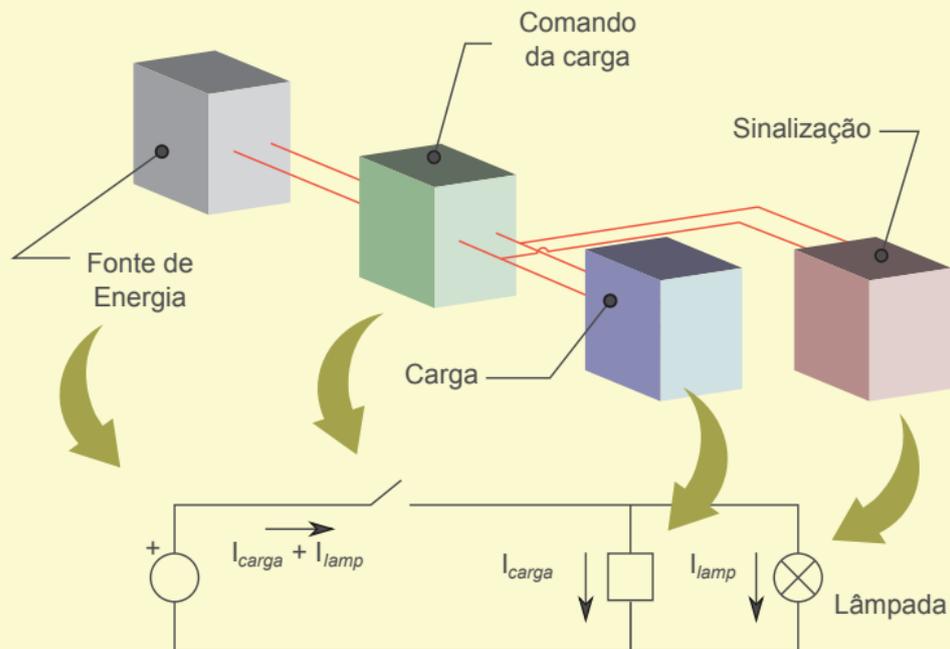
- Atualmente, a fonte primária de energia da grande maioria dos sistemas produtivos industriais utiliza é a energia elétrica;
- A figura ilustra rudimentos de um sistema de automação, de forma genérica.



Automação de sistemas

# Rudimentos de automação

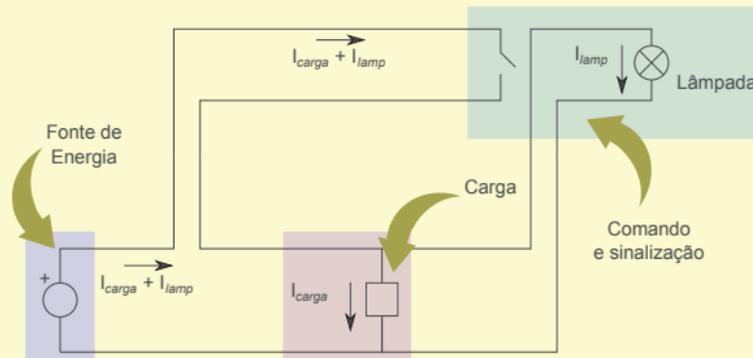
## Acionamento e sinalização



# Acionamento e sinalização

É possível efetuar o acionamento à distância?

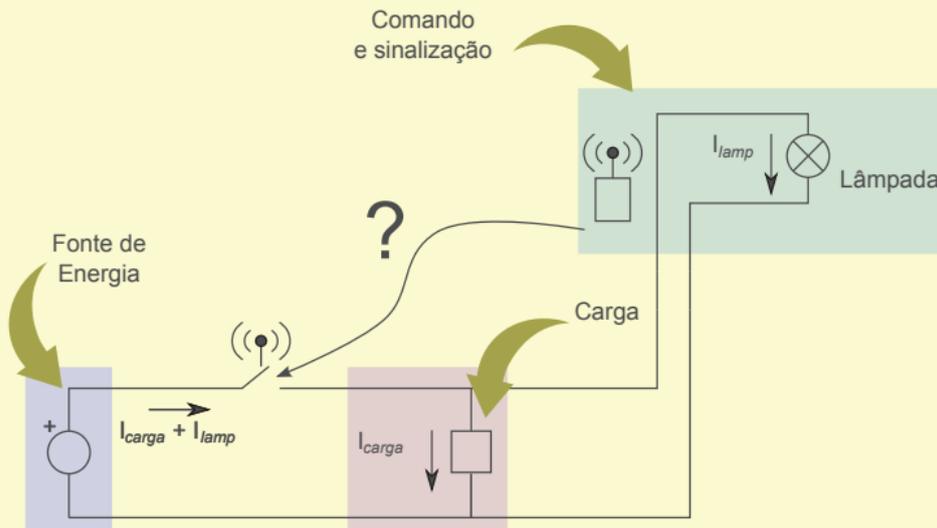
- Uma das formas que poderia ser empregada para o acionamento a distância está ilustrada na figura;
- No entanto, essa forma possui desvantagens (longos circuitos para acionamento, confiabilidade, manutenção, etc.).



# Acionamento à distância

## Chaves comandadas à distância?

- Uma das formas de solucionar as desvantagens da abordagem anterior, é dotar as chaves de acionamento à distância



Aspectos construtivos

# Contator (Chave magnética)

Aspectos construtivos

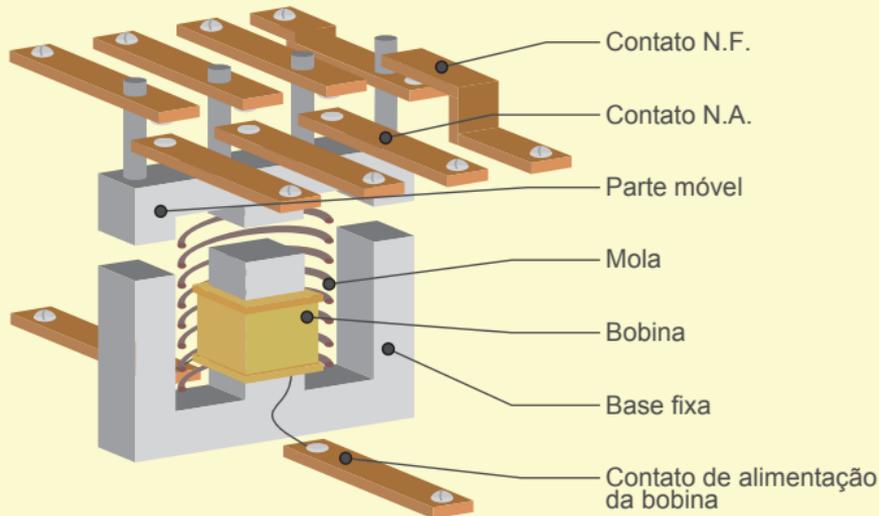
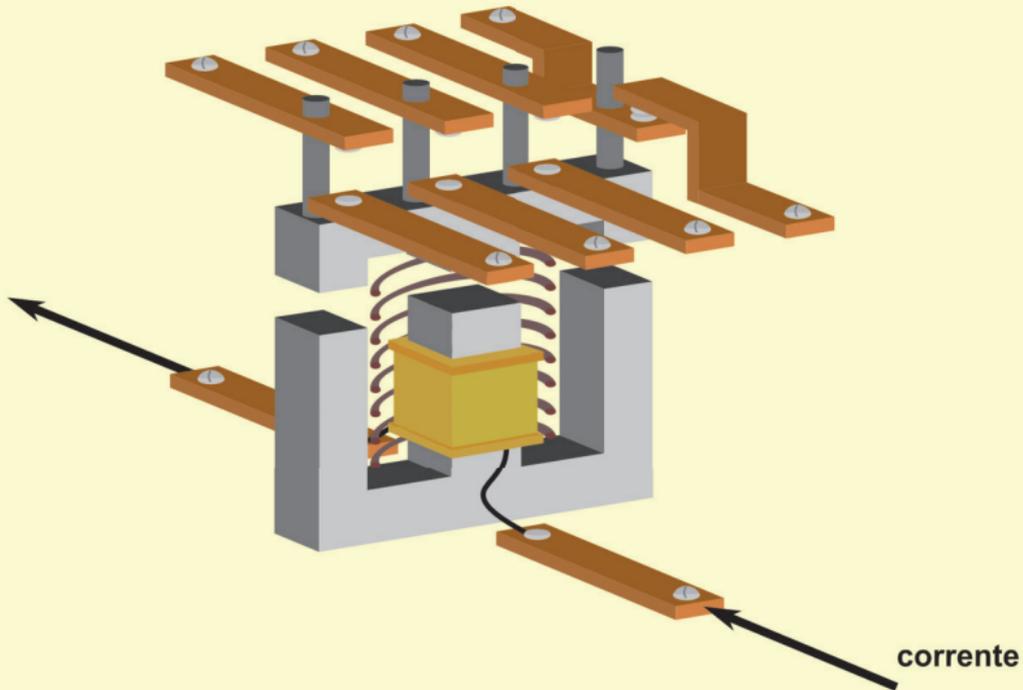


Diagrama e princípio de funcionamento

# Chave magnética

## Princípio de funcionamento



# Circuitos elétricos

## Tipos de circuitos

- Quando a automação é efetuada por meio de contatores, usualmente dividem-se os circuitos elétricos em:
  - Fontes: responsáveis pela alimentação da carga e, normalmente, são monofásicas ou trifásicas;
  - Cargas: dispositivos elétricos utilizados nas instalações e, normalmente, são monofásicas ou trifásicas;
  - Comando: responsáveis pela alimentação das cargas, a partir das fontes existentes;
  - Sinalização: dispositivos que indicam o estado de operação das cargas e, normalmente são lâmpadas de sinalização, alarmes, etc.

# Circuitos elétricos

## Tipos de circuitos

- Os elementos de comando e sinalização normalmente consomem potência bastante reduzida, quando comparados com as cargas;

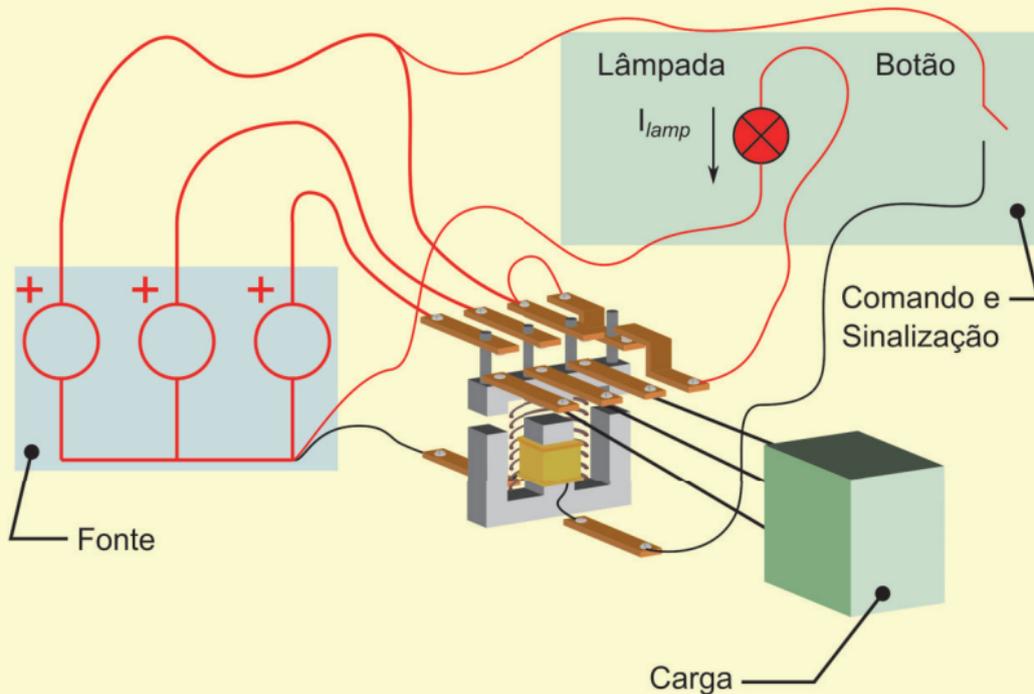
<b>Ação</b>	<b>Sistema</b>	<b>Potência</b>
Fonte	monofásica e/ou trifásica	elevada
Comando	monofásico	baixa
Sinalização	monofásico	baixa

- Os contatos que conectam a fonte à carga são denominados contatos principais, os demais são denominados contatos auxiliares.

Acionamento de cargas

# Chave magnética

Acionamento de cargas



# Diagramas esquemáticos

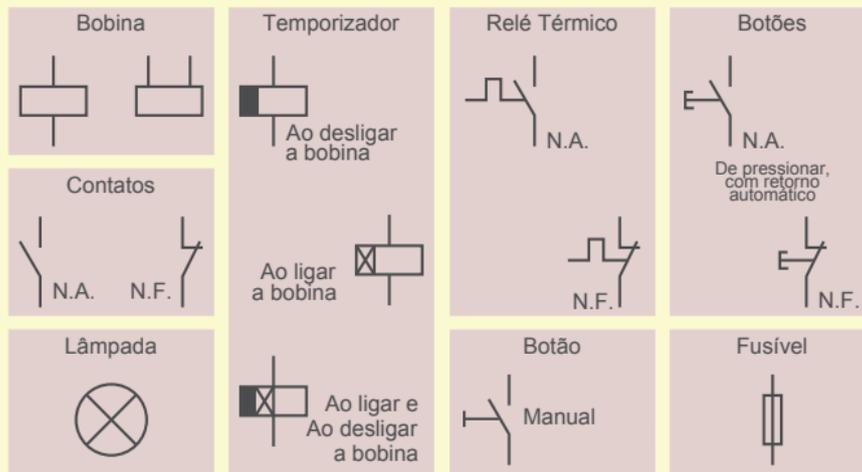
## Normatização

- As normas empregadas para a representação dos elementos de automação são:
  - IEC 60617:2001 - Graphical Symbols for Diagrams (International Electrotechnical Commission);
  - IEEE Std 315-1975 (Reaffirmed 1993) - Standard Reference Designations for Electrical and Electronics Parts and Equipments;
  - ABNT 12523:1992 - Símbolos gráficos de equipamentos de manobra e controle e de dispositivos de proteção (Cancelada em 08/11/2012 e provavelmente substituída pela IEC60617).

## Normatização

# Diagramas esquemáticos

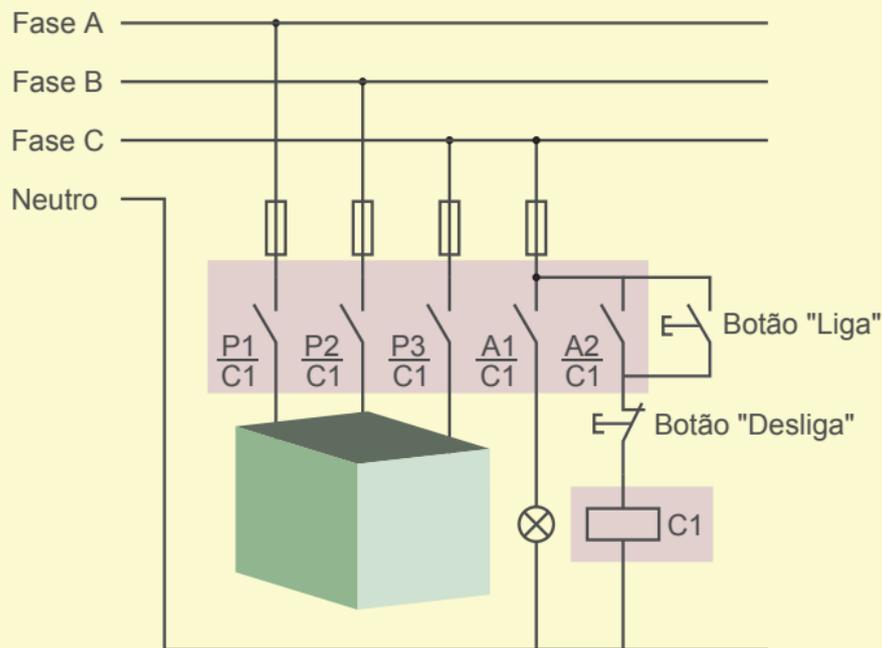
IEC60617:2001 - Graphical Symbols for Diagrams



Normatização

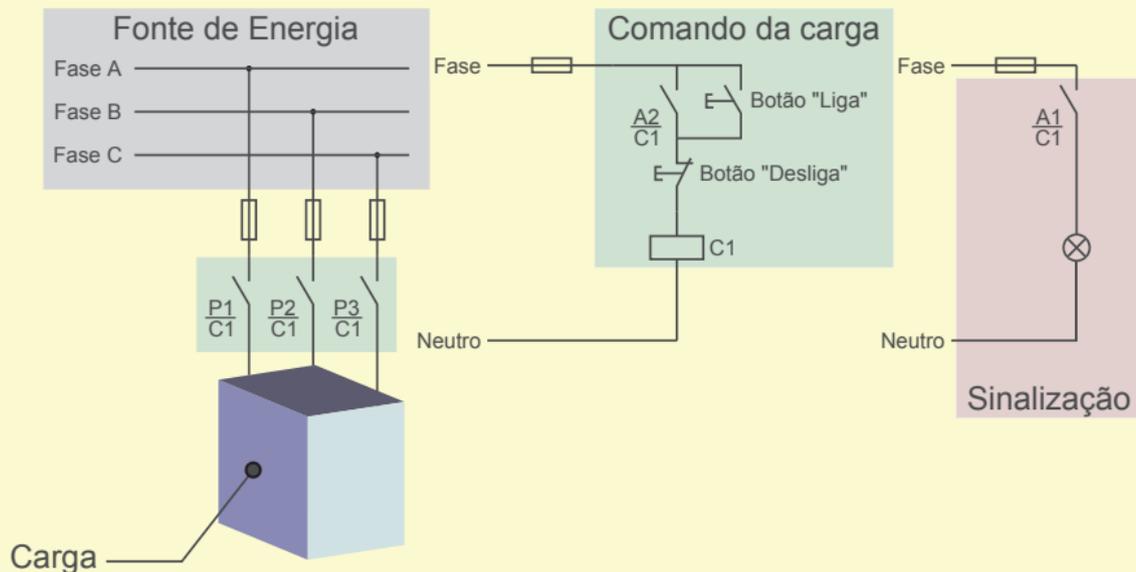
# Diagramas esquemáticos

Exemplo de aplicação



# Separação entre circuitos

Potência, comando e sinalização



# Dispositivo de proteção térmica

## Aspectos construtivos

- O dispositivo de proteção térmica é um elemento, que é conectado em série com os contatos principais do contator;
- Além disso, esse elemento possui um contato normalmente fechado, que é conectado em série com a bobina do contator;
- Quando o dispositivo de proteção térmica percebe a presença de sobrecorrente, seu contato série abre, desenergizando a bobina do contator;

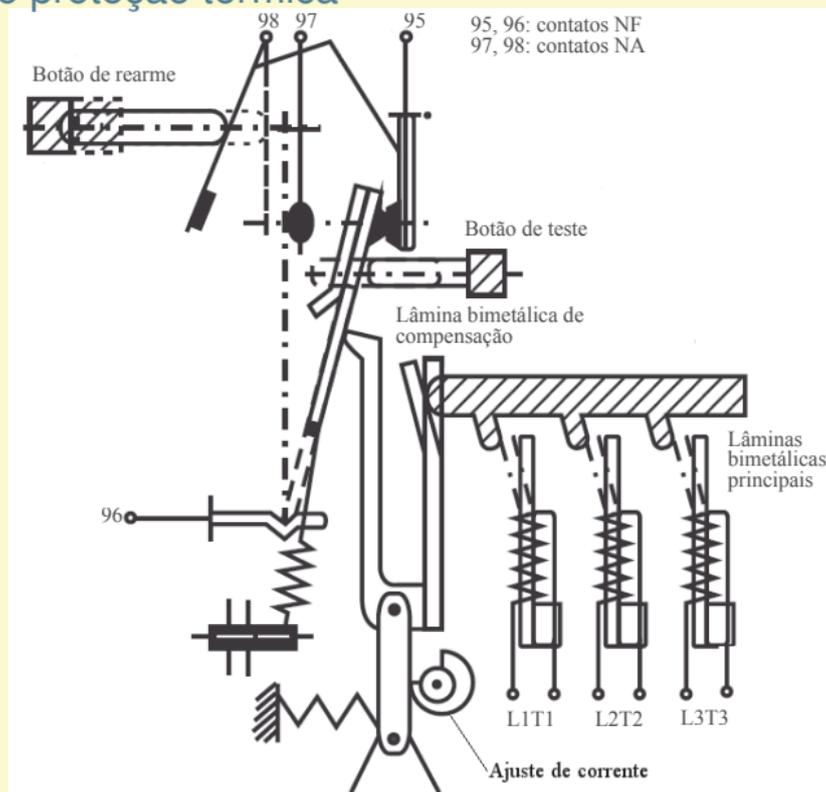
# Dispositivo de proteção térmica

## Aspectos construtivos

- O dispositivo convencional determina a presença de sobrecorrente por meio de pares bimetálicos que se aquecem quando da passagem de corrente acima da nominal;
- Normalmente não é possível religar esse dispositivo instantaneamente, nem remotamente.

Proteção térmica

## Dispositivo de proteção térmica



Adaptado da revista O Setor Elétrico, outubro de 2009

# Elos fusíveis

## Definições

- Elos fusíveis são dispositivos de proteção constituídos por elemento condutor, de composição especial, dimensionado de modo a fundir com intensidade de corrente especificada;
- O processo de fusão ocorre em um intervalo de tempo bem determinado;
- O calor para a fusão provém da corrente que o atravessa, por efeito Joule;
- Os tipos de fusíveis mais comuns, utilizados em instalações elétricas de baixa tensão, são: tipo rosca; cartucho (faca ou virola); diazed; e NH, que possui alta capacidade disruptiva.

# Elos fusíveis

## Tipo rosca

- A figura a seguir ilustra um fusível do tipo rosca.



<http://hifusi.com.br>

# Elos fusíveis

## Fusível cartucho do tipo virola

- A figura a seguir ilustra um fusível cartucho do tipo virola.



<http://hifusi.com.br>

# Elos fusíveis

## Fusível cartucho do tipo faca

- A figura a seguir ilustra um fusível cartucho do tipo faca.



<http://hifusi.com.br>

# Elos fusíveis

## Tipo diazed

- A figura a seguir ilustra um fusível do tipo diazed.



<http://portuguese.alibaba.com>

# Elos fusíveis

## Tipo NH

- A figura a seguir ilustra um fusível do tipo NH, que possui alta capacidade disruptiva.

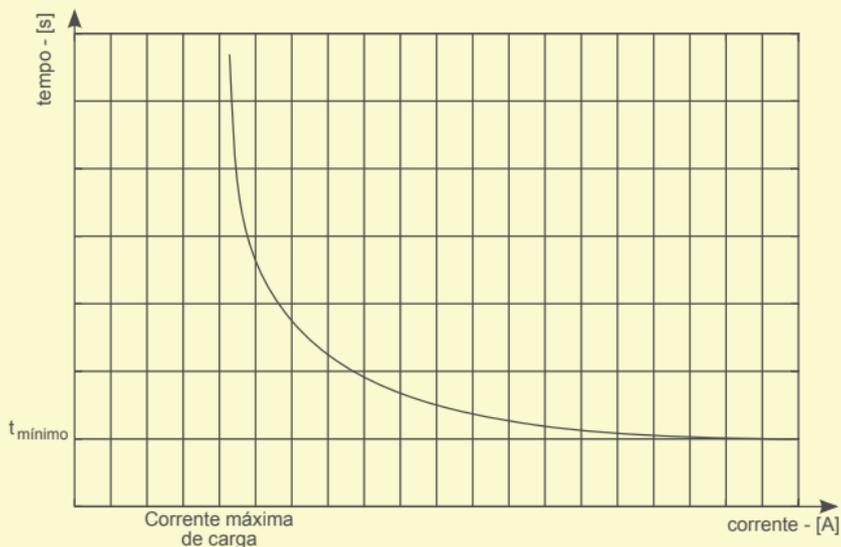


<http://www.eletricapaulista.com.br/>

# Característica de operação dos fusíveis

## Curva “Tempo vs. Corrente”

- A curva “Tempo vs. Corrente”, ilustrada na figura, descreve o comportamento genérico de um dispositivo de proteção do tipo fusível.



# Disjuntores

## Definições

- Disjuntores de baixa tensão (*quicklags*) são dispositivos do tipo *no fuse*, pois interrompem o circuito pela abertura de uma chave;
- Possuem dois elementos que “percebem” a ocorrência de sobrecorrente devido à sobrecarga ou curto-circuito:
  - Elemento térmico: responsável pela detecção de eventos de sobrecarga de longa duração;
  - Elemento magnético: responsável pela detecção de eventos de curto-circuito.
- Além desses elementos, os disjuntores possuem uma chave e uma câmara de extinção do arco elétrico que se forma durante a abertura da chave.

# Aspectos construtivos

## Arranjo típico

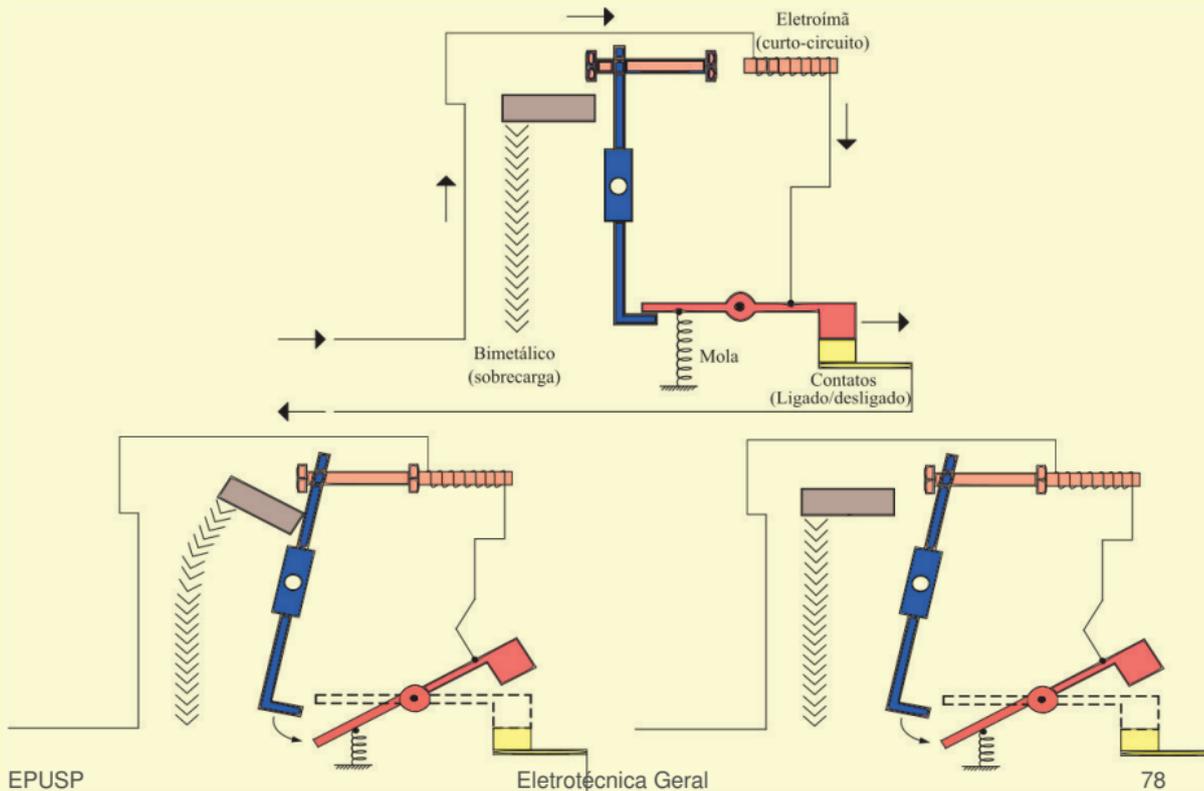
- A figura ilustra o arranjo de um disjuntor de baixa tensão.



<http://en.wikipedia.org/wiki/File:Circuitbreaker.jpg>

# Ilustração das atuações térmica e magnética

*"Manual de instalações elétricas", Julio Niskier*



Portão de garagem

## Exemplo de aplicação

Portão de garagem

- Deve-se comandar um motor para abertura e fechamento de um portão de garagem, a partir de quatro pontos distintos e considerando a seguinte lógica de funcionamento;
- Quando o portão estiver fechado e houver um acionamento para a sua abertura, ele deve abrir totalmente e o motor deve desligar quando isso ocorrer;
- Da mesma forma, quando o portão estiver aberto e houver um acionamento para o seu fechamento, ele deve fechar totalmente e o motor deve desligar quando isso ocorrer;

Portão de garagem

# Exemplo de aplicação

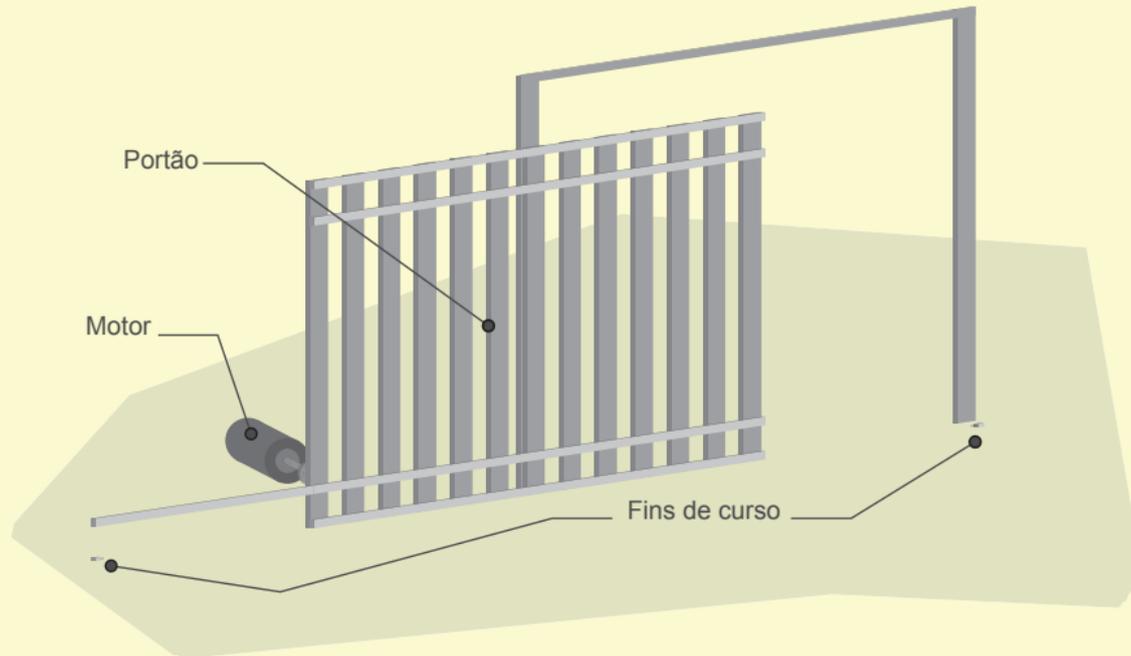
Portão de garagem

- Quando a porta estiver abrindo, deve acender uma luz verde nos pontos de comando;
- Quando a porta estiver fechando deve acender uma luz amarela nos pontos de comando;
- Caso haja atuação do elemento térmico e o motor desligar, deve acender uma luz vermelha nos pontos de comando.

Portão de garagem

# Exemplo de aplicação

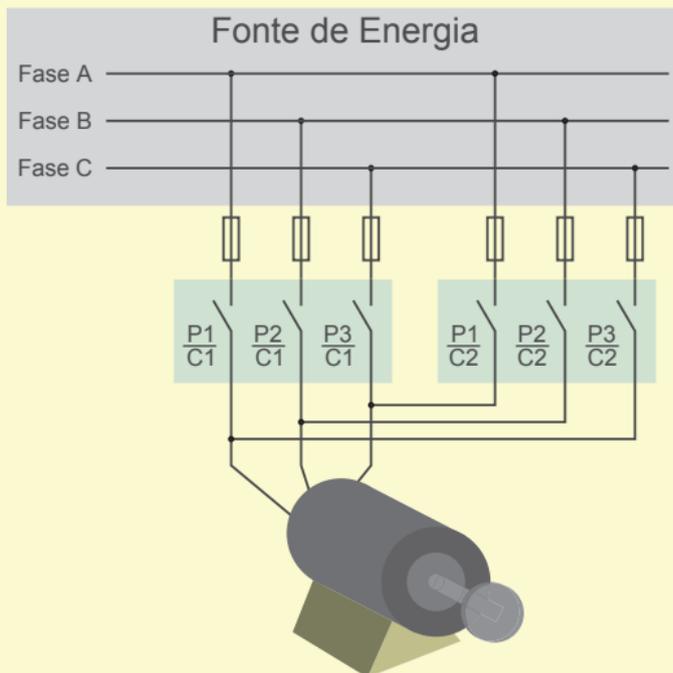
## Portão de garagem



Portão de garagem

# Portão de garagem

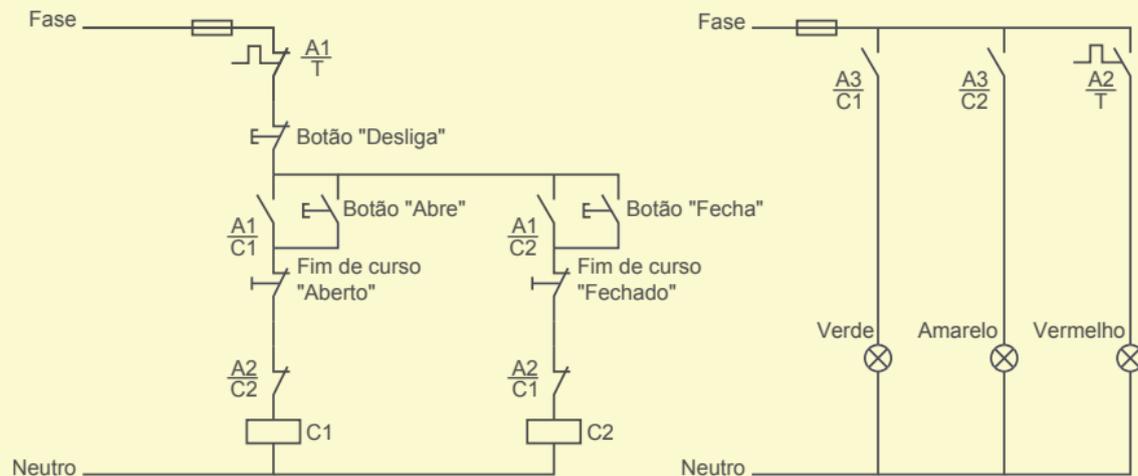
Circuito de força



Portão de garagem

# Portão de garagem

Circuitos de sinalização e comando



# Exemplos adicionais

- Circuito 1: Acionamento de um motor M, de acordo com as seguintes especificações:
  - O motor deve ser energizado 5 segundos após a energização de uma resistência R;
  - A resistência deve ser acionada por um botão e desligada por outro botão;
  - A resistência deve ser desligada automaticamente em caso de sobrecarga;
  - Deverá haver quatro sinalizações:
    - Resistência e motor desligados;
    - Resistência ligada;
    - Motor desligado;
    - Sobrecarga na resistência.

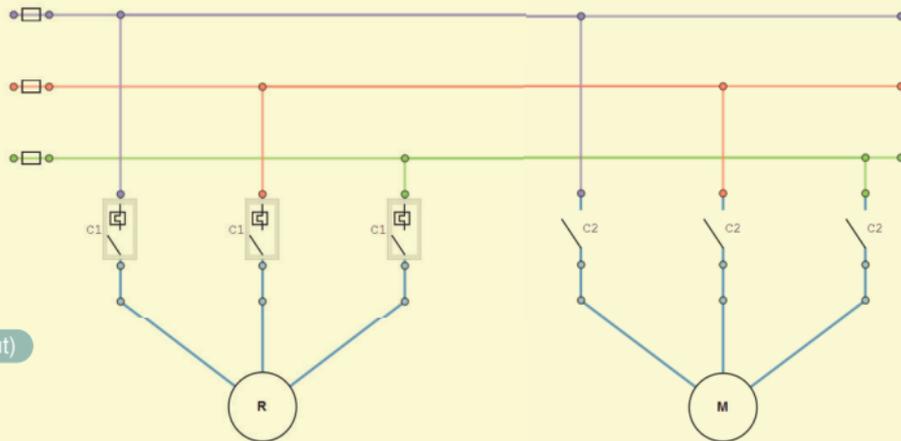
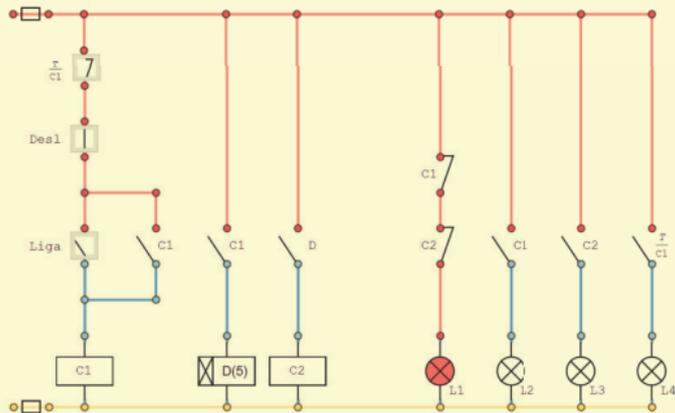
Circuito 1

Circuito 2

Circuito 3

Circuito 3 (timeout)

Final



Circuito 1

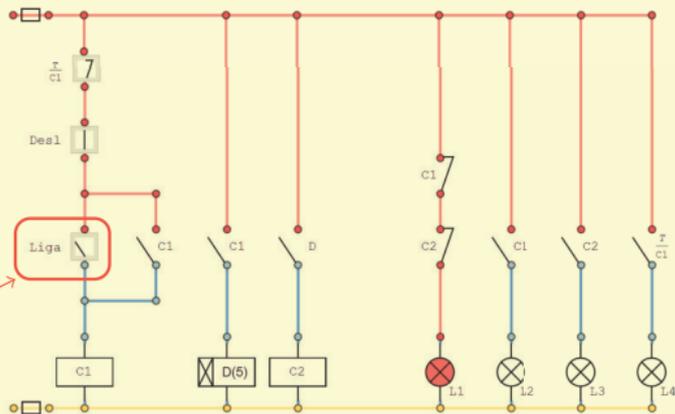
Circuito 2

Circuito 3

Circuito 3 (timeout)

Final

Liga  
resistência



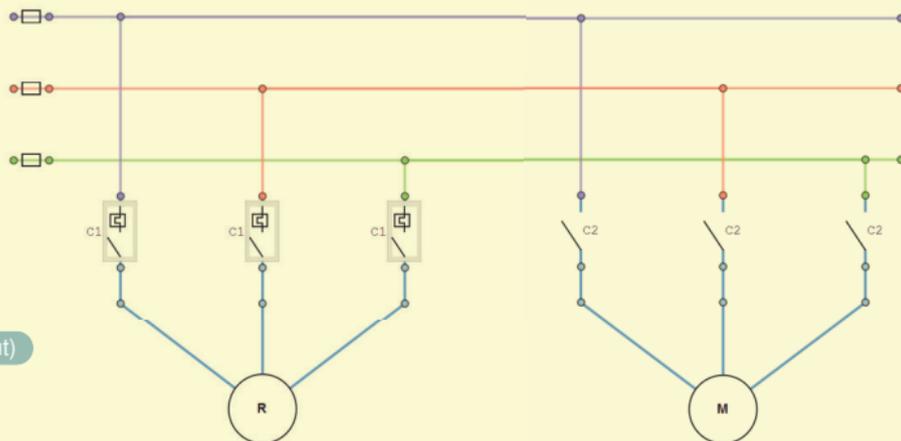
Circuito 1

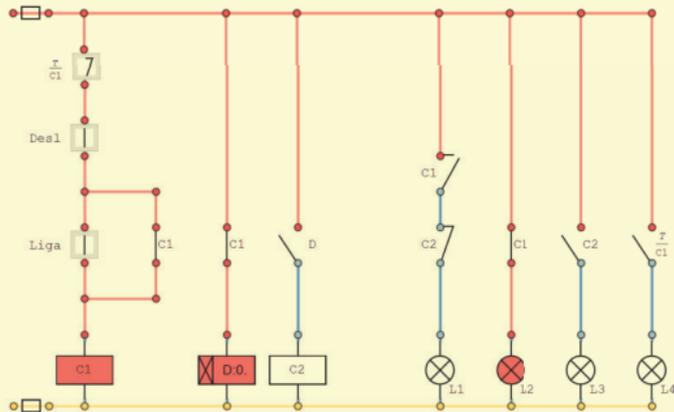
Circuito 2

Circuito 3

Circuito 3 (timeout)

Final





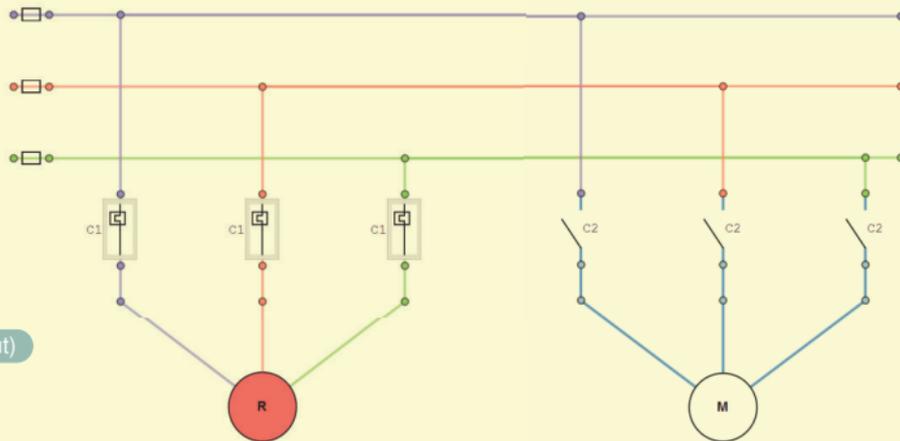
Circuito 1

Circuito 2

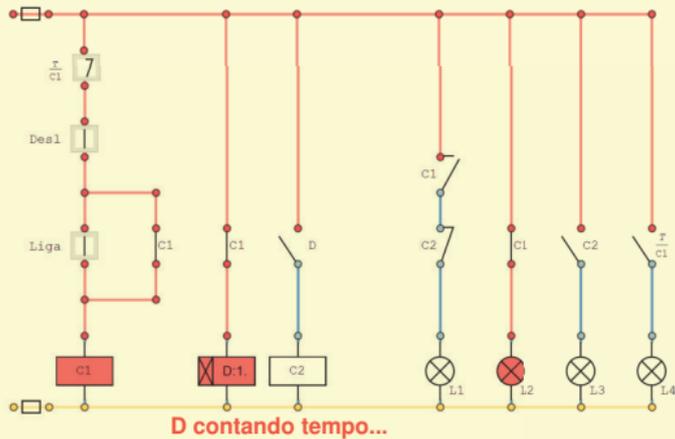
Circuito 3

Circuito 3 (timeout)

Final







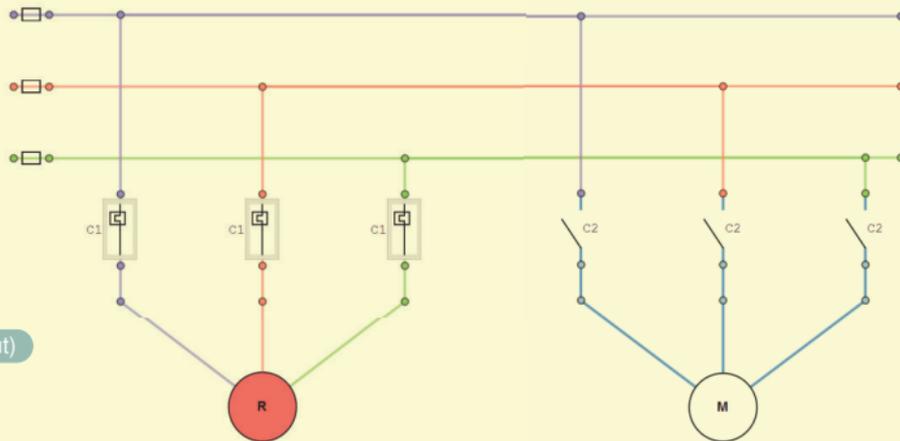
Circuito 1

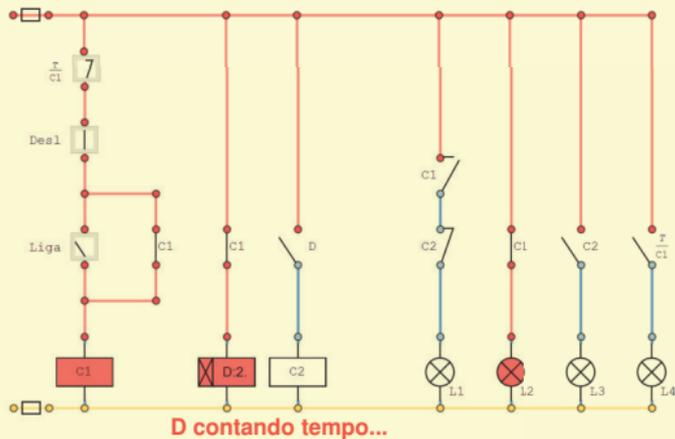
Circuito 2

Circuito 3

Circuito 3 (timeout)

Final





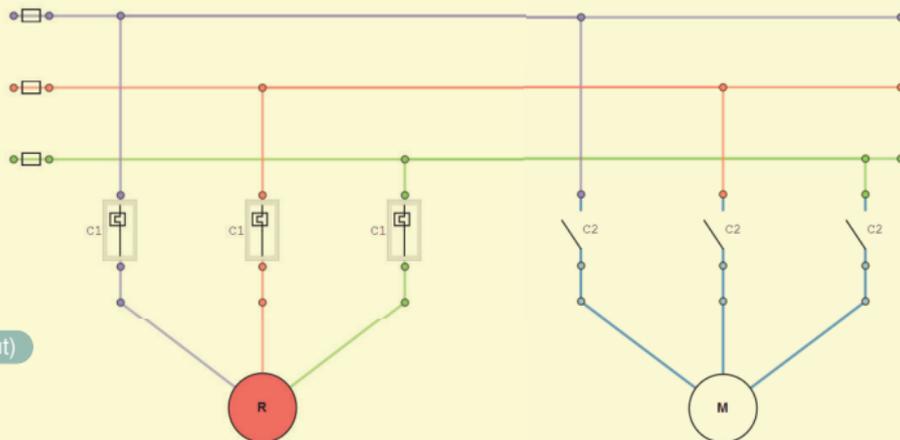
Circuito 1

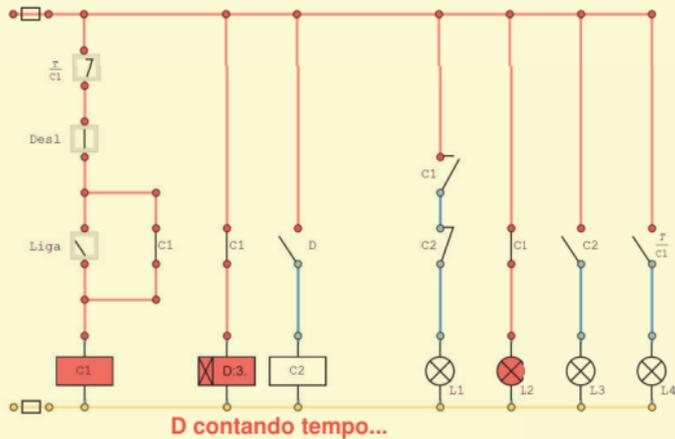
Circuito 2

Circuito 3

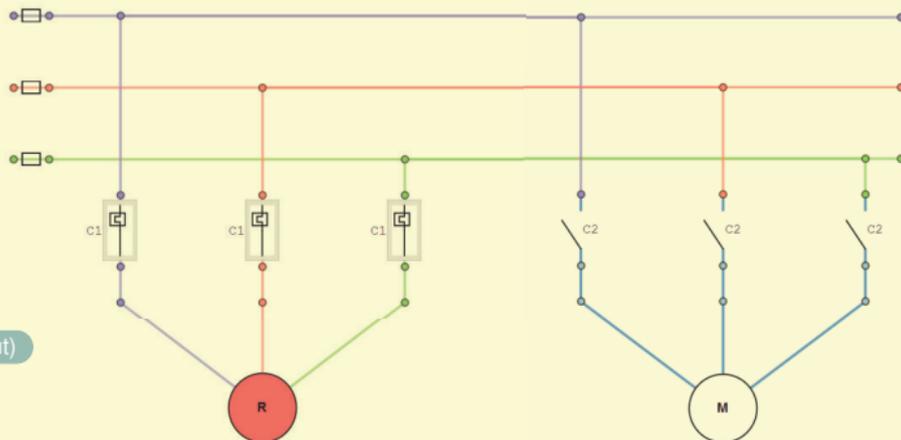
Circuito 3 (timeout)

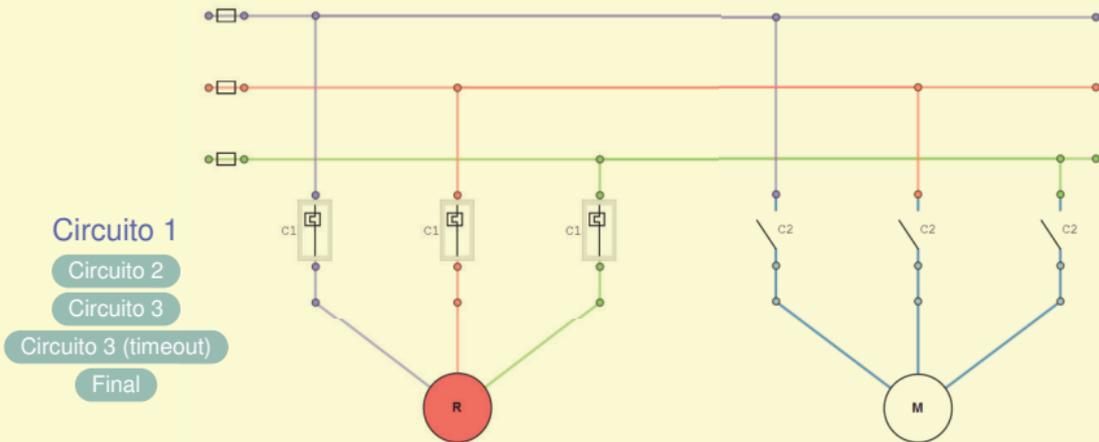
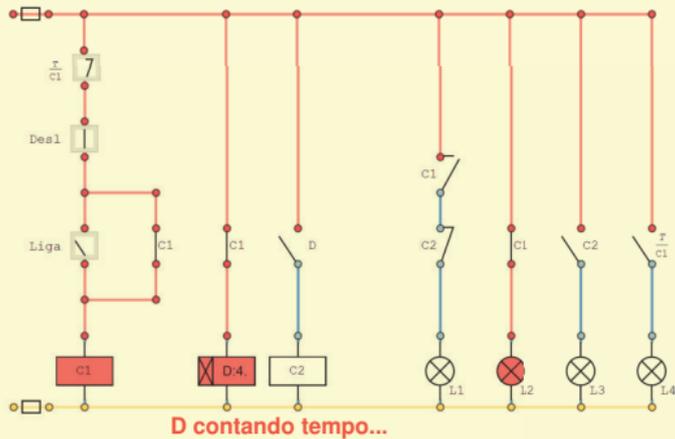
Final





- Circuito 1
- Circuito 2
- Circuito 3
- Circuito 3 (timeout)
- Final





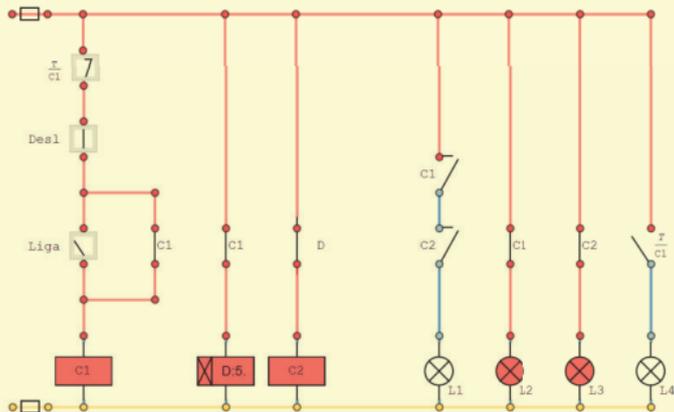
Circuito 1

Circuito 2

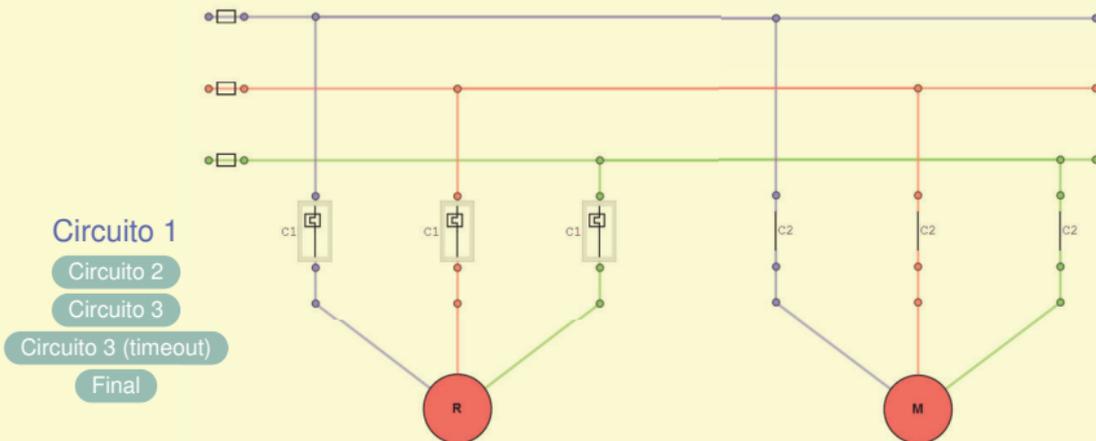
Circuito 3

Circuito 3 (timeout)

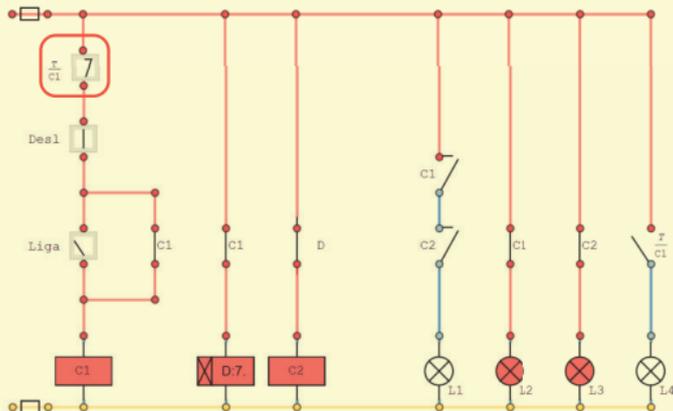
Final



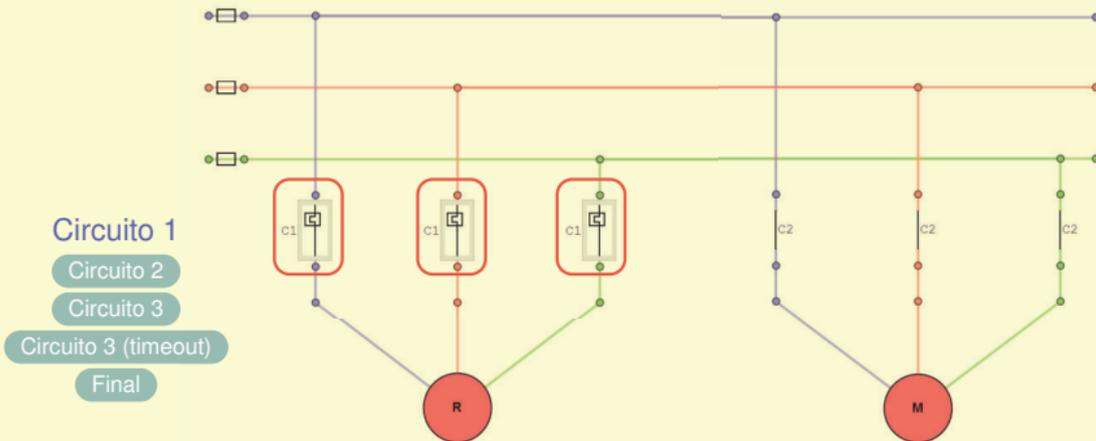
O contato NA de D energiza a bobina C2, cujos contatos energizam o motor M.







Caso haja sobrecarga detectada pelos elementos térmicos, o contato NF do térmico se movimenta.



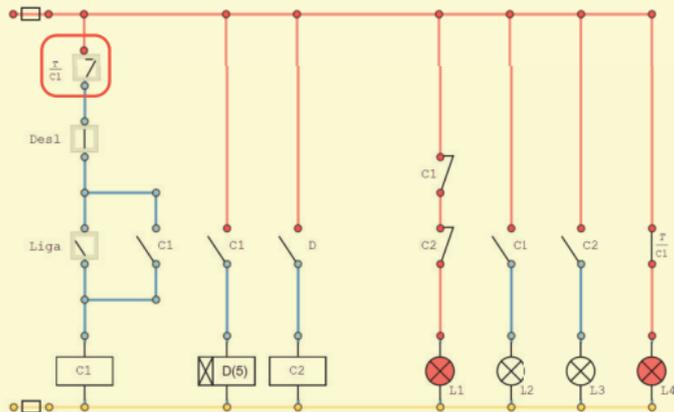
Circuito 1

Circuito 2

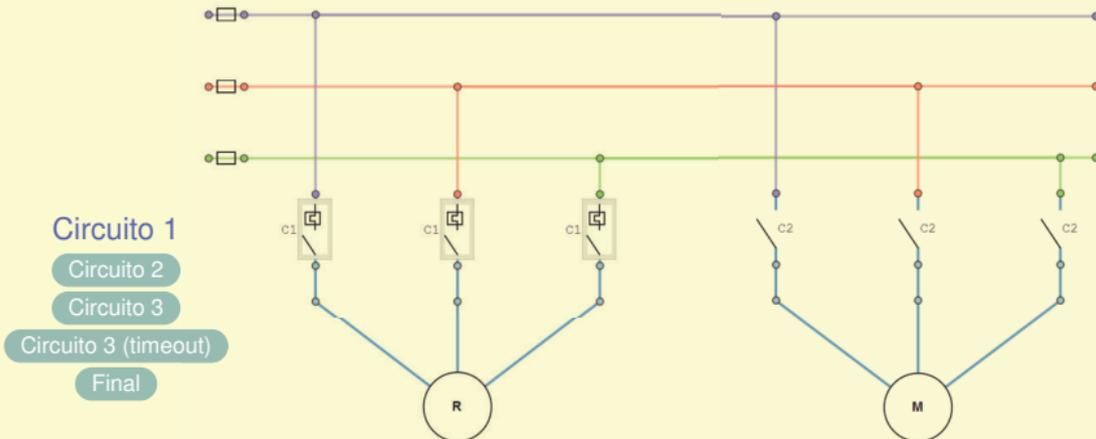
Circuito 3

Circuito 3 (timeout)

Final



Enquanto o contato NF não for normalizado (com o rearme local do térmico), não será possível ligar a resistência.



- Circuito 2: Acionamento de dois motores M1 e M2, com proteção contra sobrecarga. M2 só pode ser acionado se M1 estiver em funcionamento. Porém, após M2 estar em funcionamento, M1 pode ser desligado sem causar o desligamento de M2.
- Sinalizações:
  - S1: M1 e M2 em funcionamento;
  - S2: Apenas um dos dois motores em funcionamento;
  - S3: Sobrecarga em M1 ou M2.

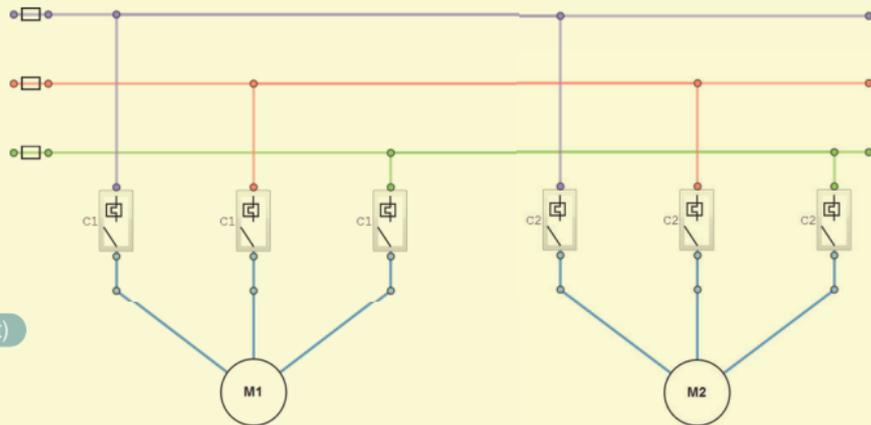
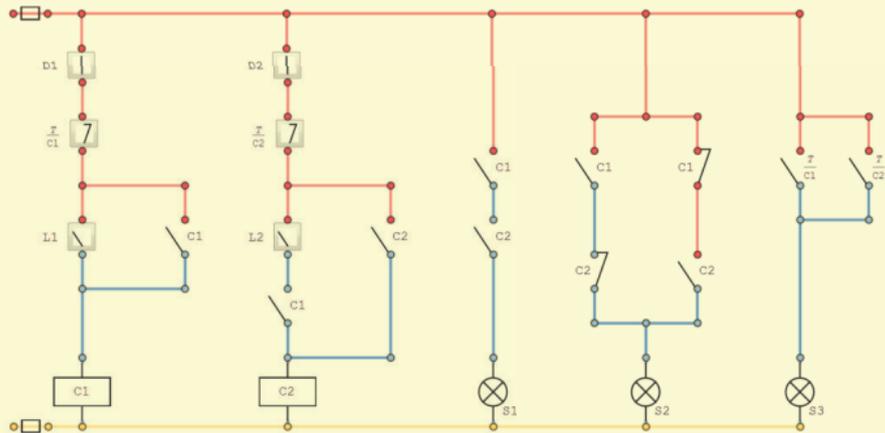
Circuito 1

Circuito 2

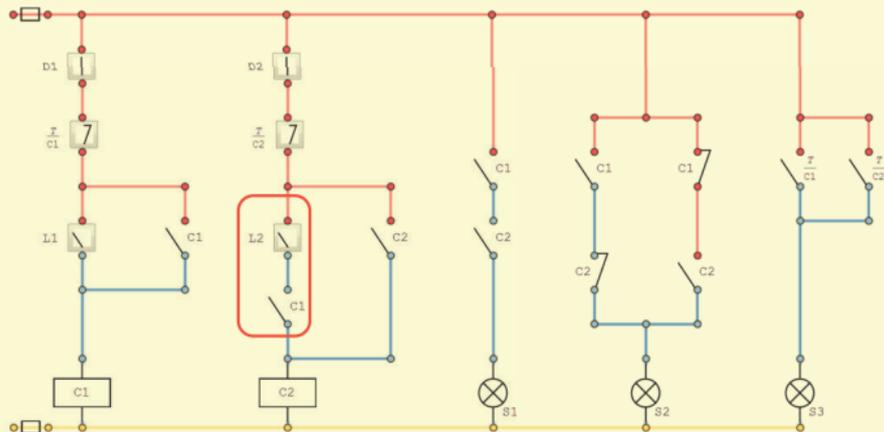
Circuito 3

Circuito 3 (timeout)

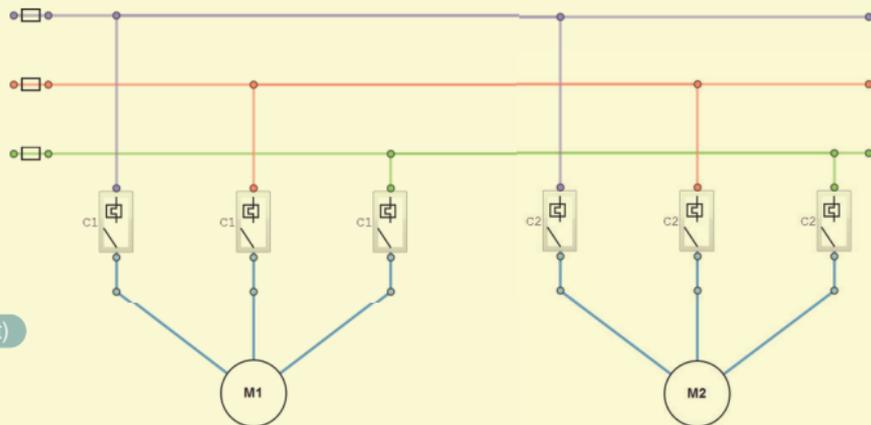
Final



- Circuito 1
- Circuito 2
- Circuito 3
- Circuito 3 (timeout)
- Final



Não se consegue partir o motor M2 se o motor M1 estiver desligado.



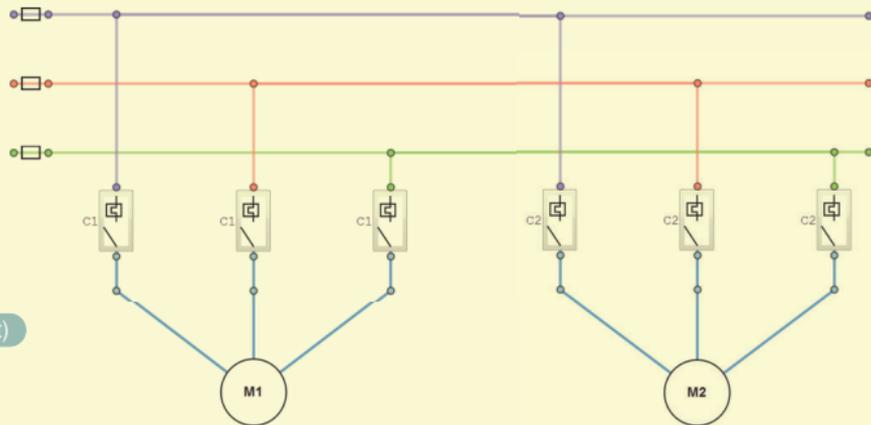
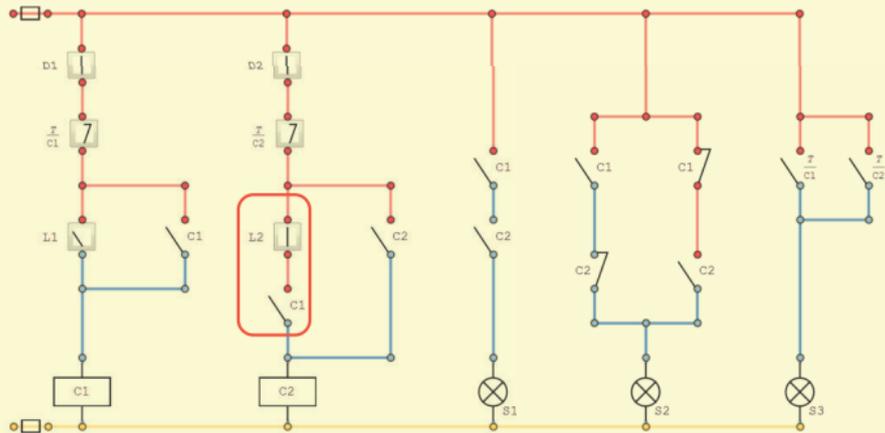
Circuito 1

Circuito 2

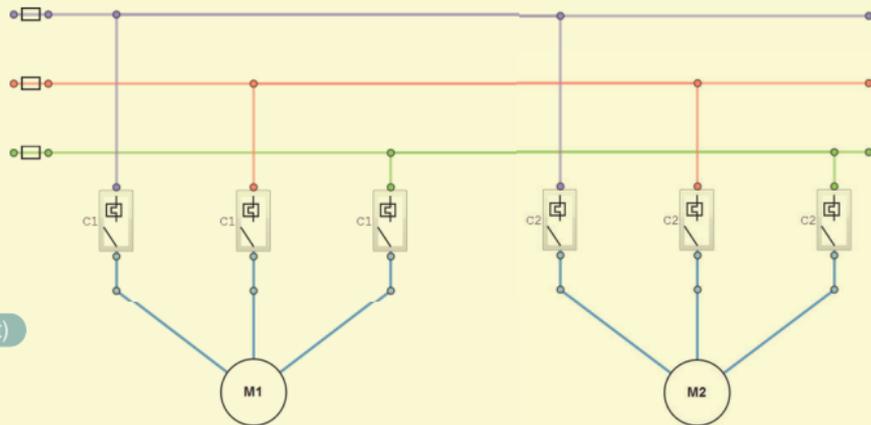
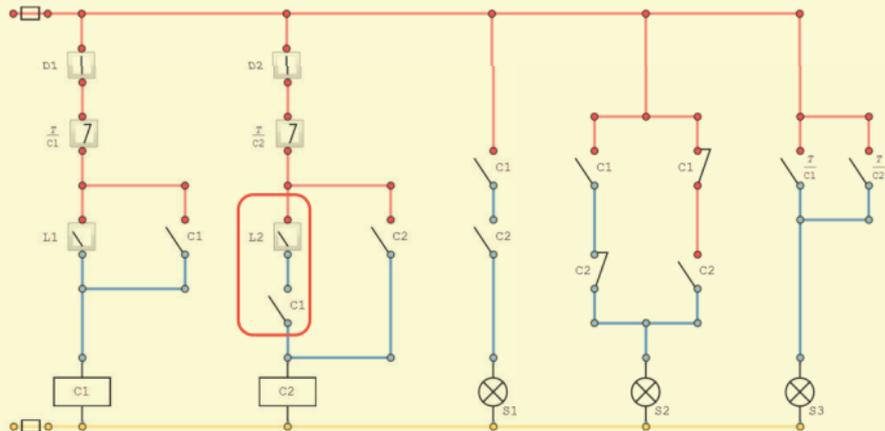
Circuito 3

Circuito 3 (timeout)

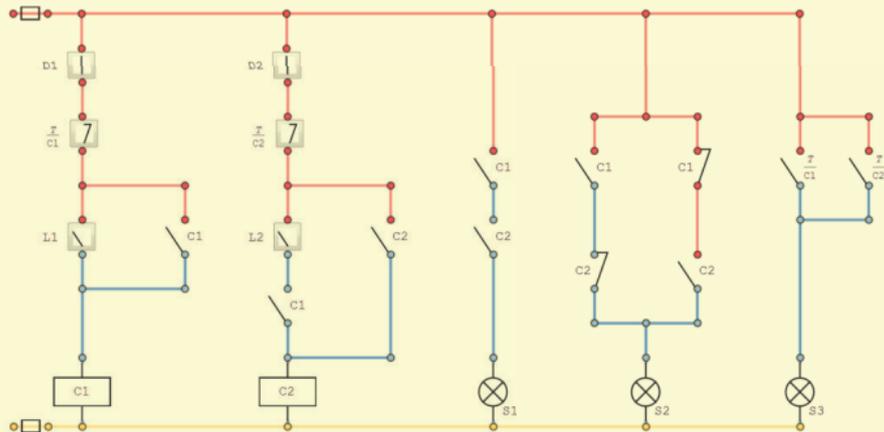
Final



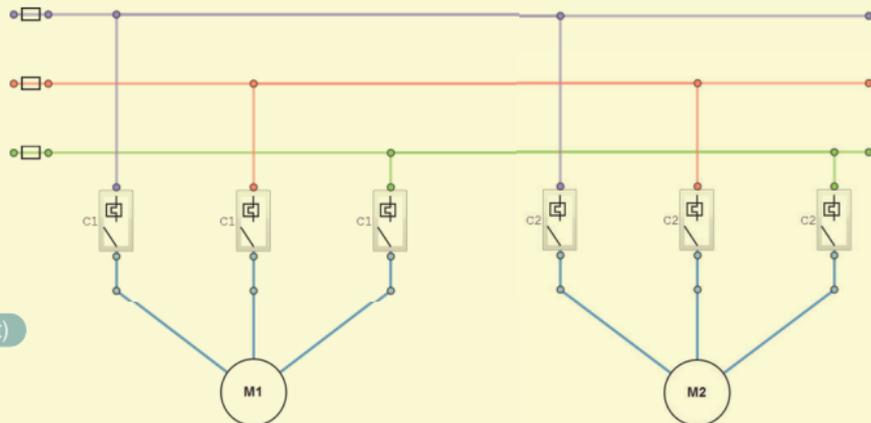
- Circuito 1
- Circuito 2
- Circuito 3
- Circuito 3 (timeout)
- Final



- Circuito 1
- Circuito 2
- Circuito 3
- Circuito 3 (timeout)
- Final



O primeiro motor a ser partido é o M1.



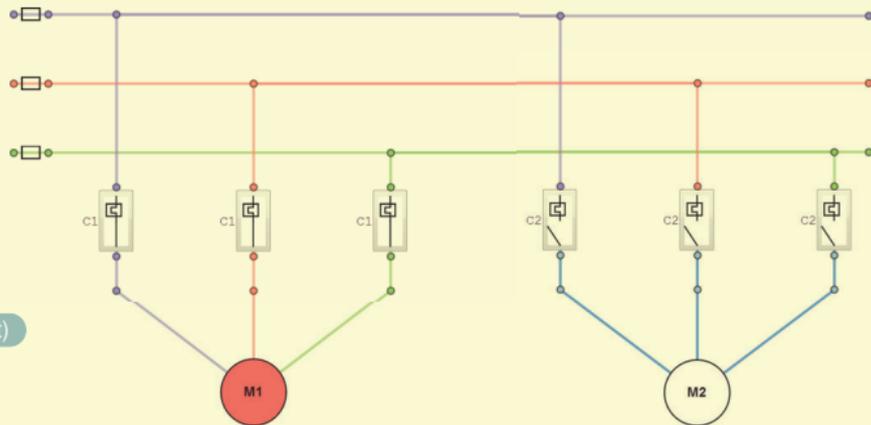
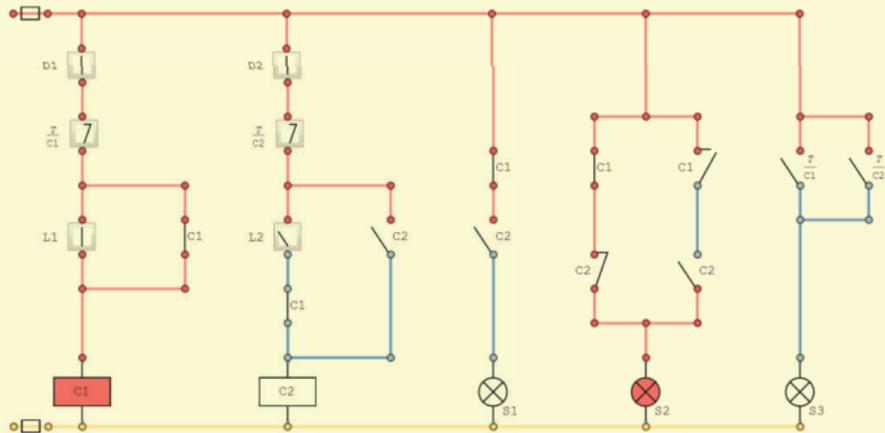
Circuito 1

Circuito 2

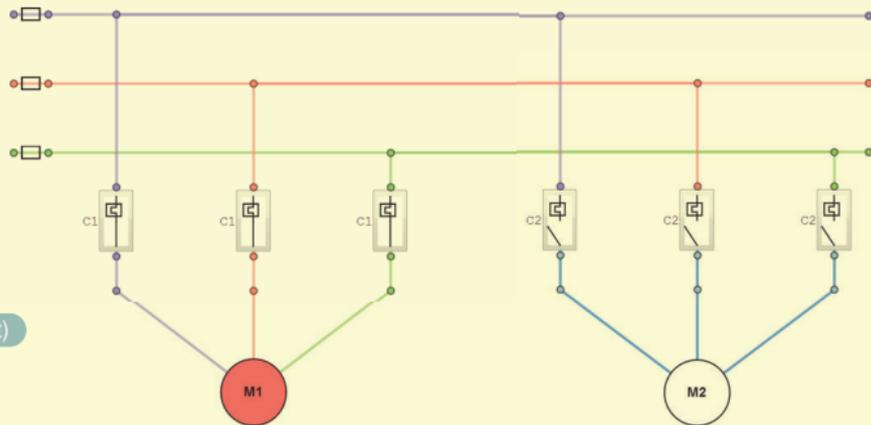
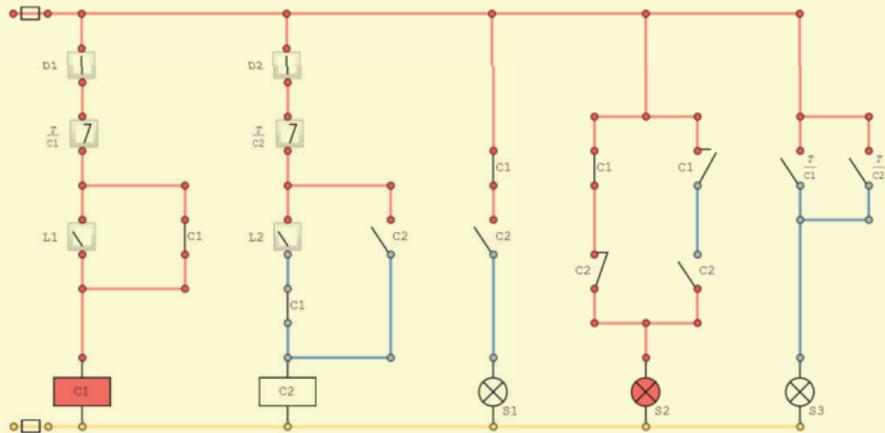
Circuito 3

Circuito 3 (timeout)

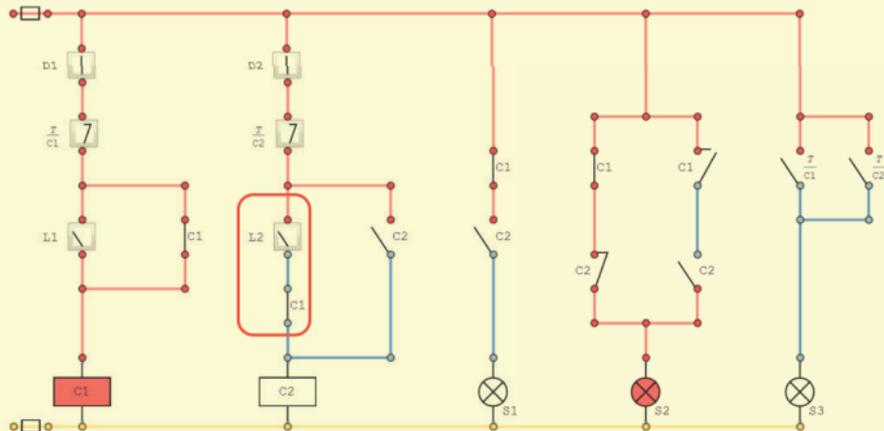
Final



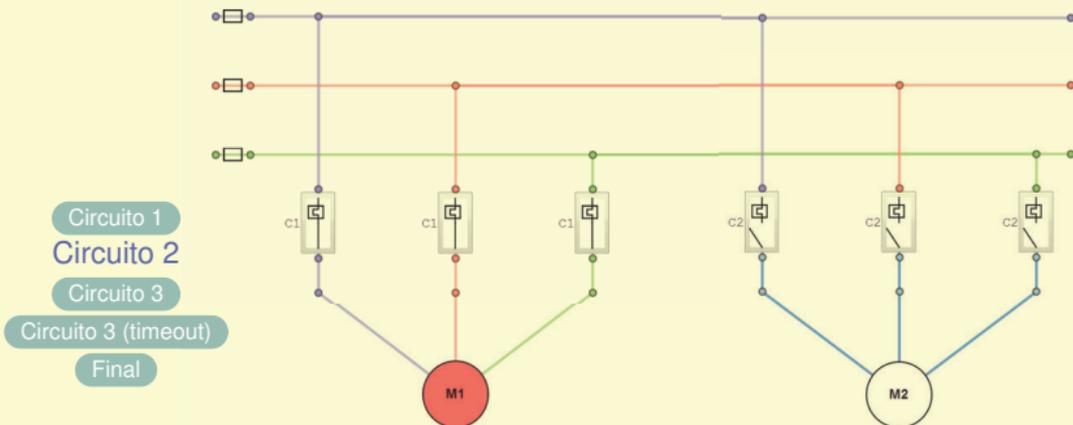
- Circuito 1
- Circuito 2
- Circuito 3
- Circuito 3 (timeout)
- Final

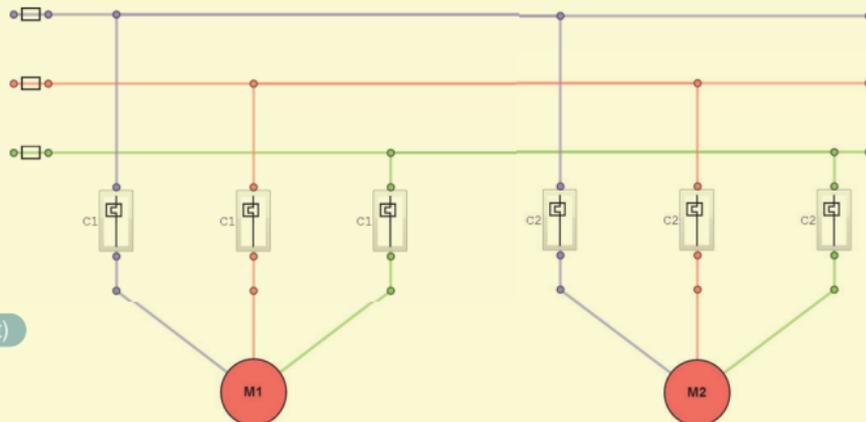
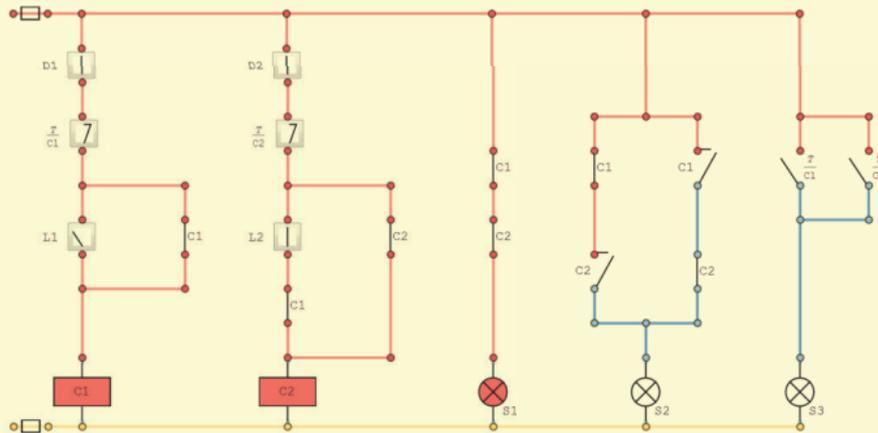


- Circuito 1
- Circuito 2
- Circuito 3
- Circuito 3 (timeout)
- Final

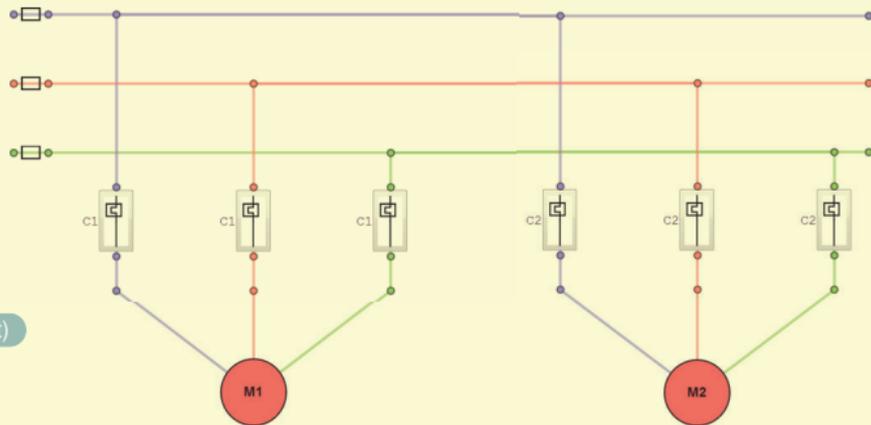
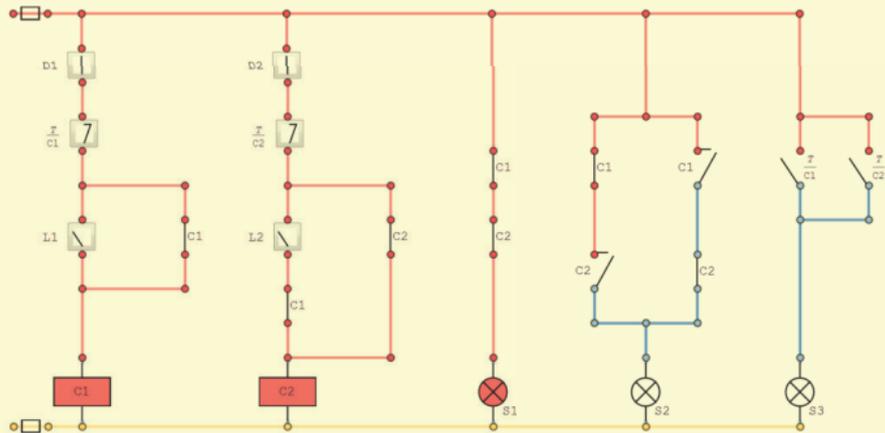


Após M1 em funcionamento, pode-se partir M2.





- Circuito 1
- Circuito 2
- Circuito 3
- Circuito 3 (timeout)
- Final



- Circuito 1
- Circuito 2
- Circuito 3
- Circuito 3 (timeout)
- Final

- Circuito 3: Acionamento de um motor M, de acordo com as seguintes especificações:
  - o motor só pode ser energizado se uma resistência R estiver em funcionamento;
  - após 5 segundos de funcionamento do motor, a resistência pode ser desligada;
  - para economizar energia, caso a resistência fique energizada por 10 segundos, sem que haja acionamento do motor, ela deve ser desligada automaticamente;
  - a resistência deve ser desligada automaticamente em caso de sobrecarga;
  - o motor deve ser desligado automaticamente em caso de sobrecarga;
  - sinalizações individuais de funcionamento e sobrecarga para resistência e motor.

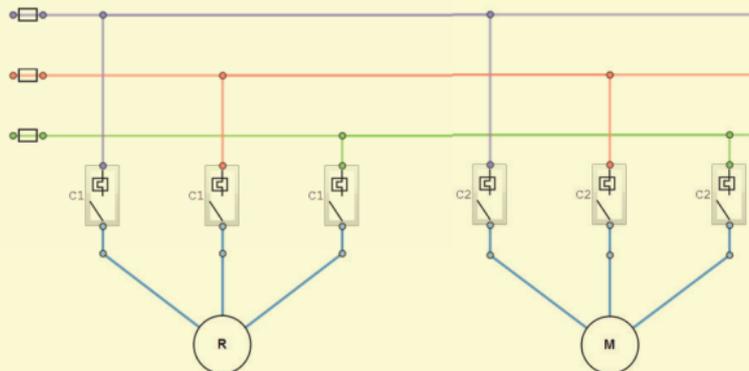
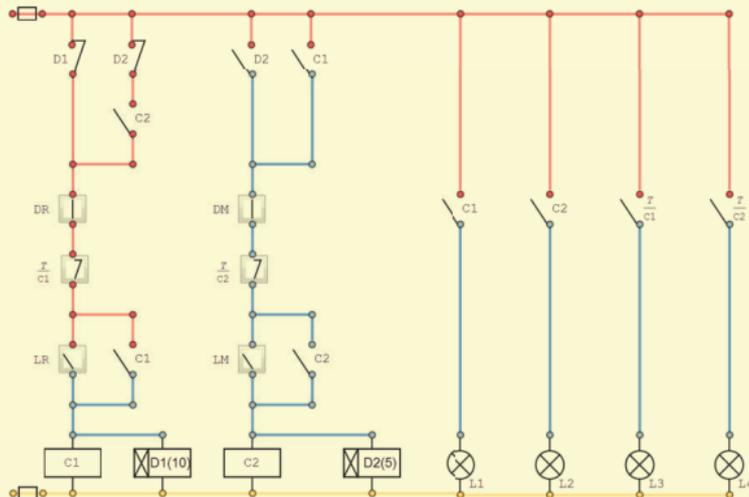
Circuito 1

Circuito 2

Circuito 3

Circuito 3 (timeout)

Final



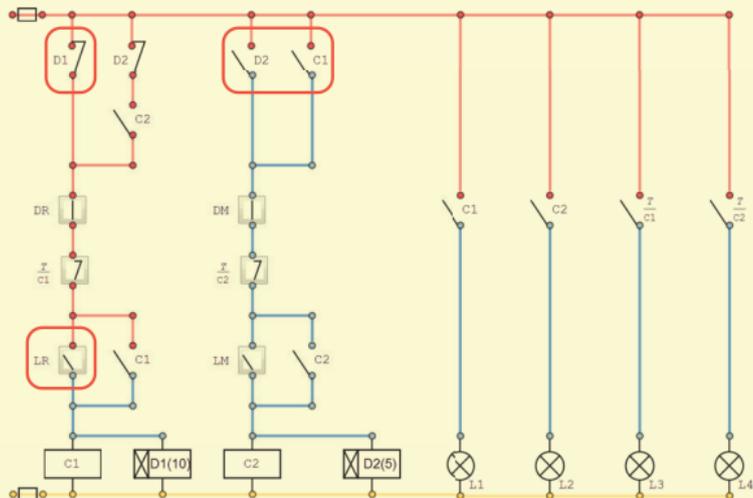
Circuito 1

Circuito 2

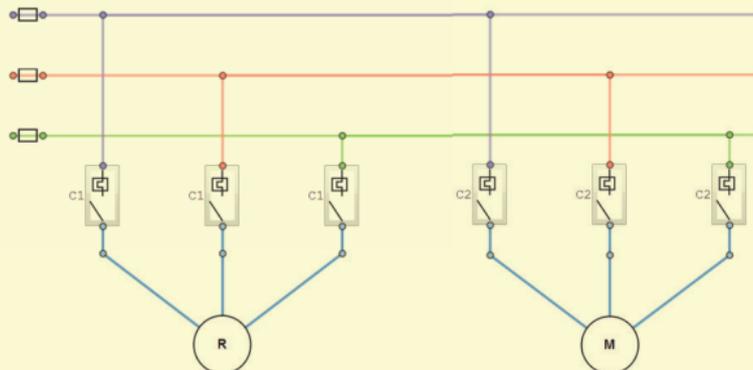
**Circuito 3**

Circuito 3 (timeout)

Final



A resistência R pode ser acionada nessa situação inicial.  
O motor ainda não pode ser acionado.



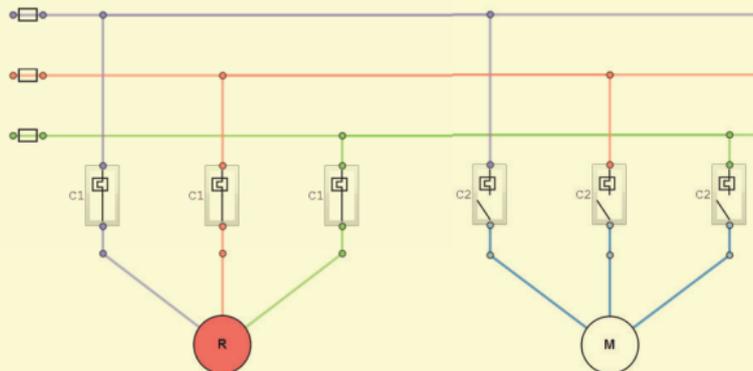
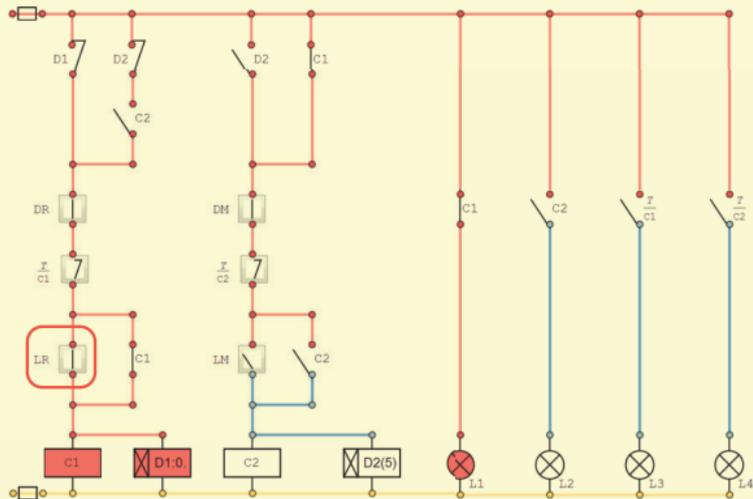
Circuito 1

Circuito 2

Circuito 3

Circuito 3 (timeout)

Final



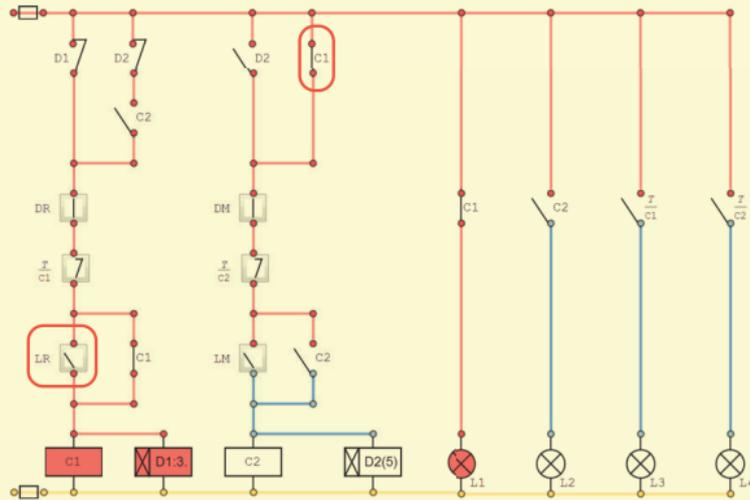
Circuito 1

Circuito 2

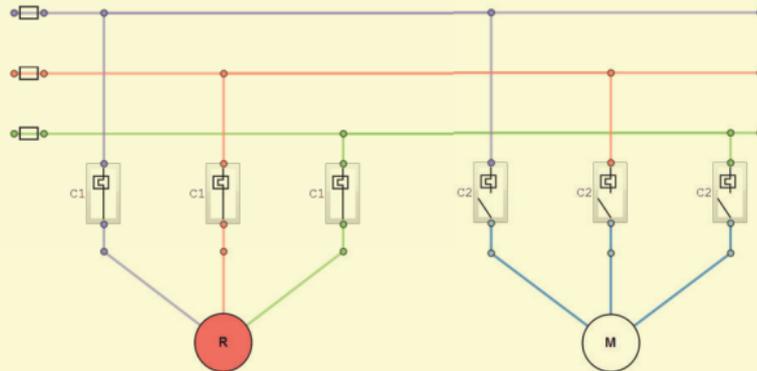
**Circuito 3**

Circuito 3 (timeout)

Final



O acionamento do motor M pode acontecer enquanto R estiver energizada.



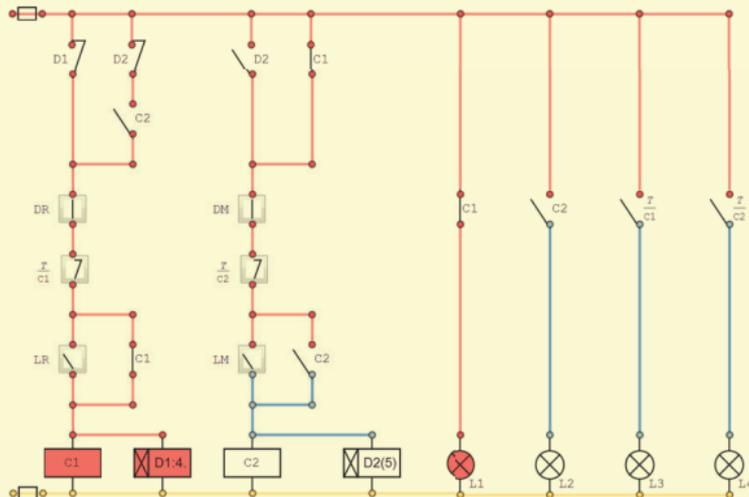
Circuito 1

Circuito 2

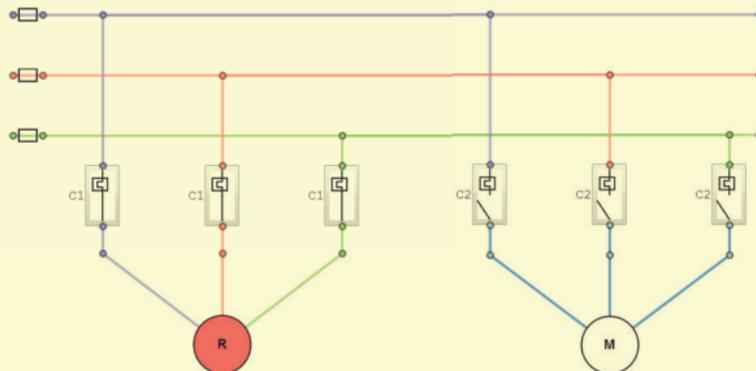
Circuito 3

Circuito 3 (timeout)

Final



D1 contando tempo...



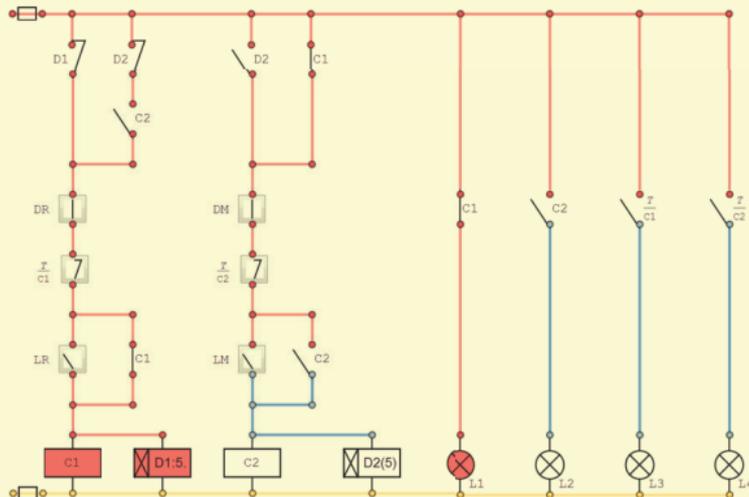
Circuito 1

Circuito 2

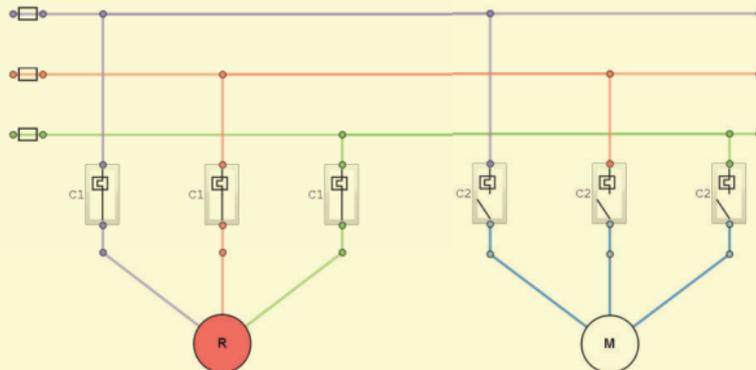
Circuito 3

Circuito 3 (timeout)

Final



D1 contando tempo...



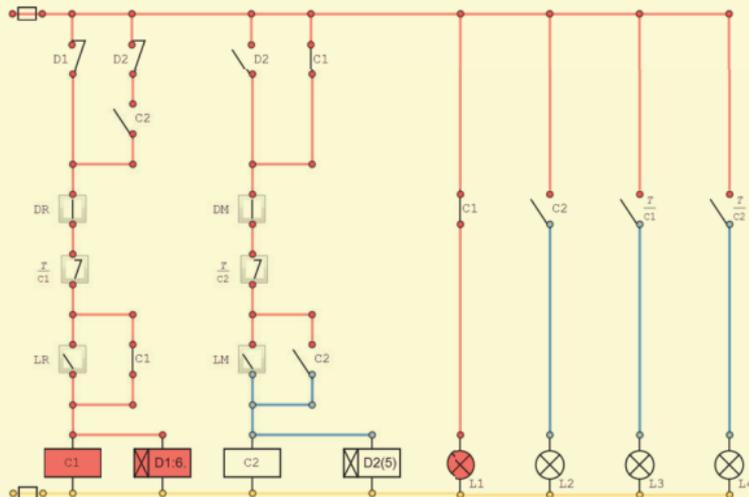
Circuito 1

Circuito 2

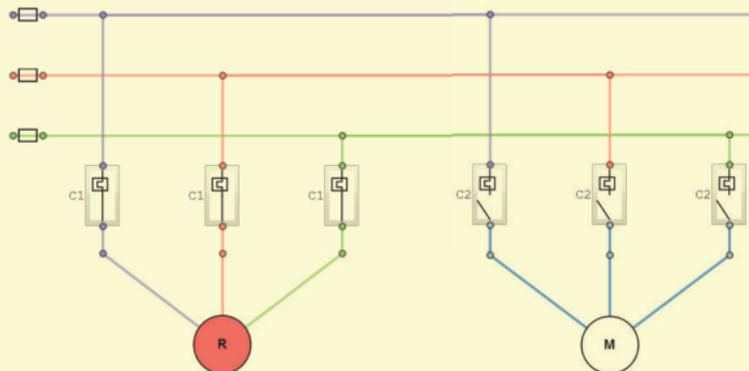
Circuito 3

Circuito 3 (timeout)

Final



D1 contando tempo...



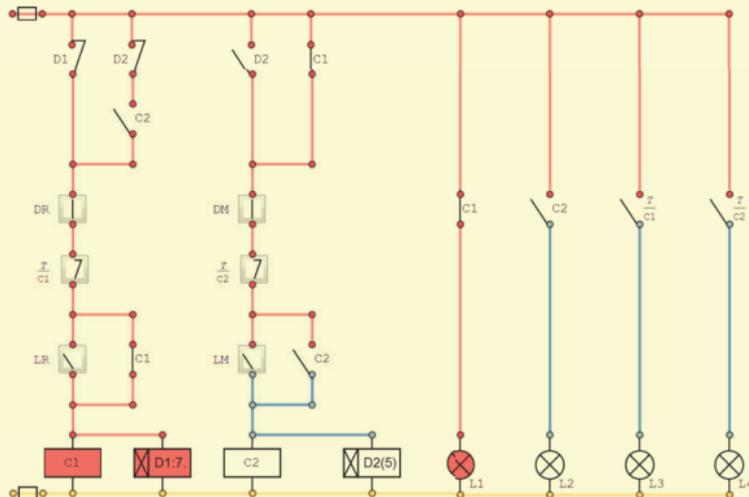
Circuito 1

Circuito 2

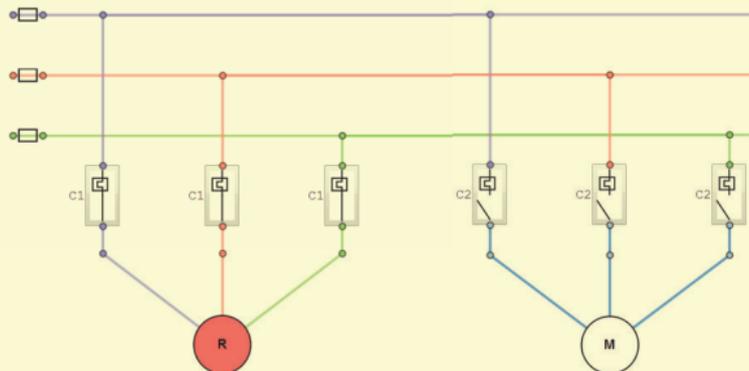
Circuito 3

Circuito 3 (timeout)

Final



D1 contando tempo...



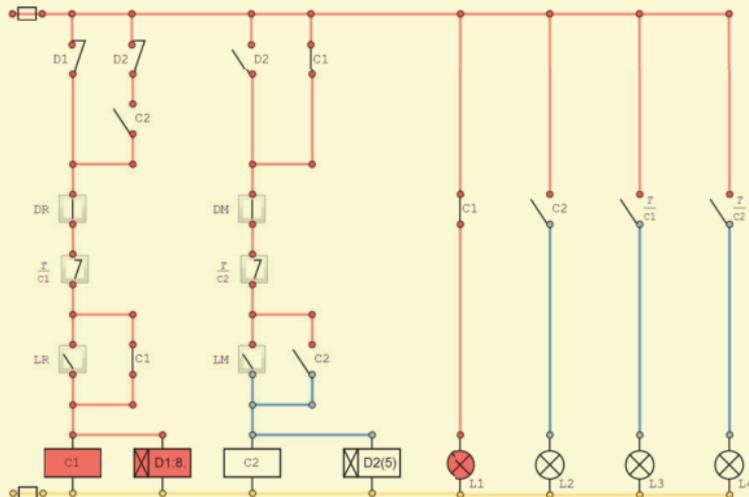
Circuito 1

Circuito 2

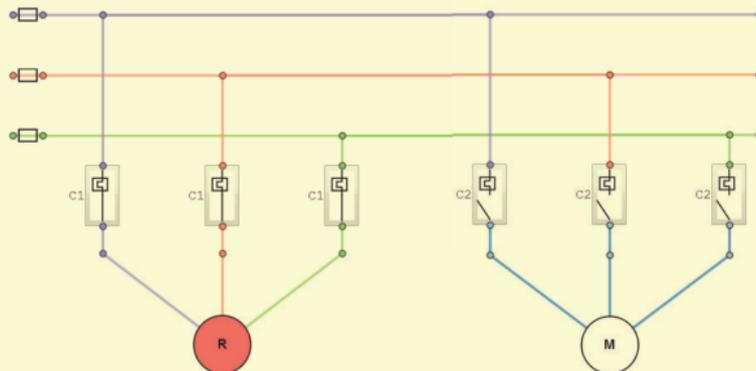
Circuito 3

Circuito 3 (timeout)

Final



D1 contando tempo...



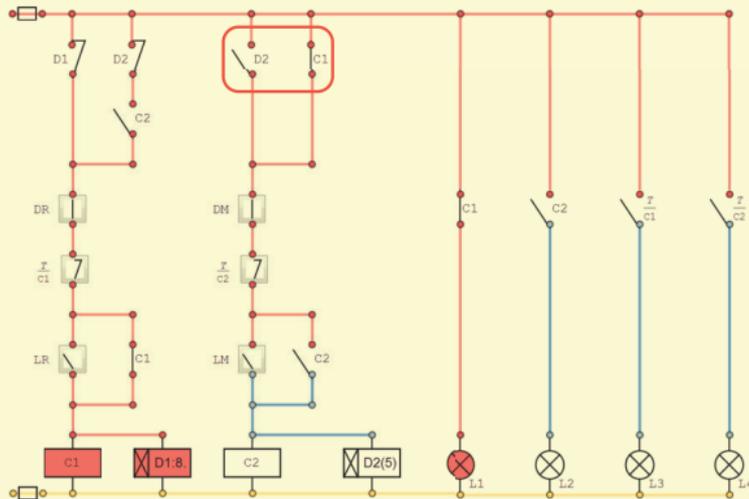
Circuito 1

Circuito 2

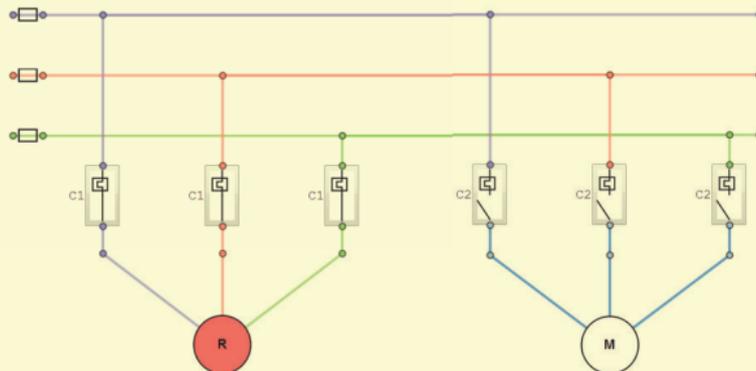
Circuito 3

Circuito 3 (timeout)

Final



Enquanto R estiver ligada, M é ligado com sucesso.



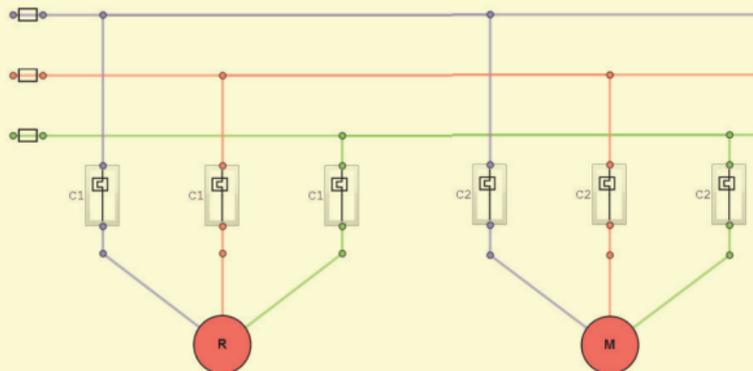
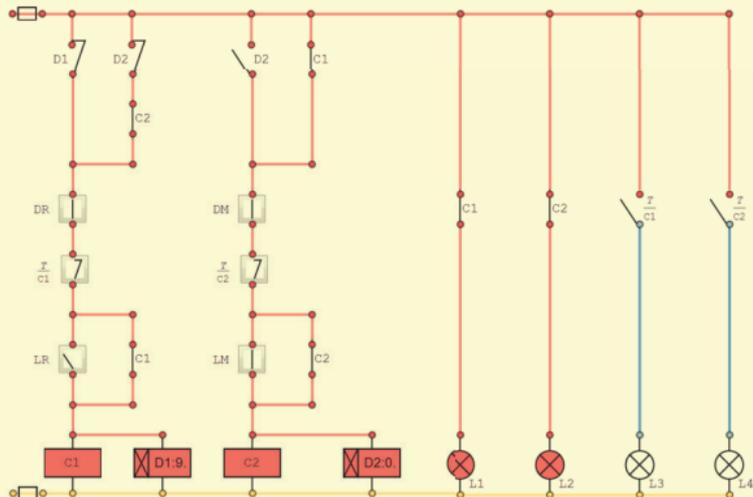
Circuito 1

Circuito 2

Circuito 3

Circuito 3 (timeout)

Final



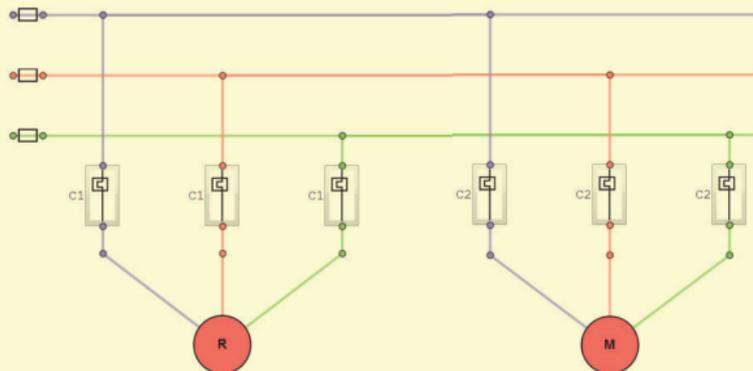
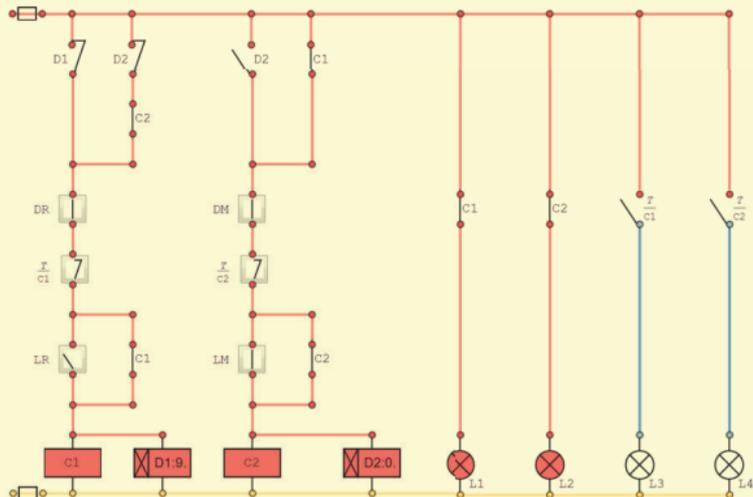
Circuito 1

Circuito 2

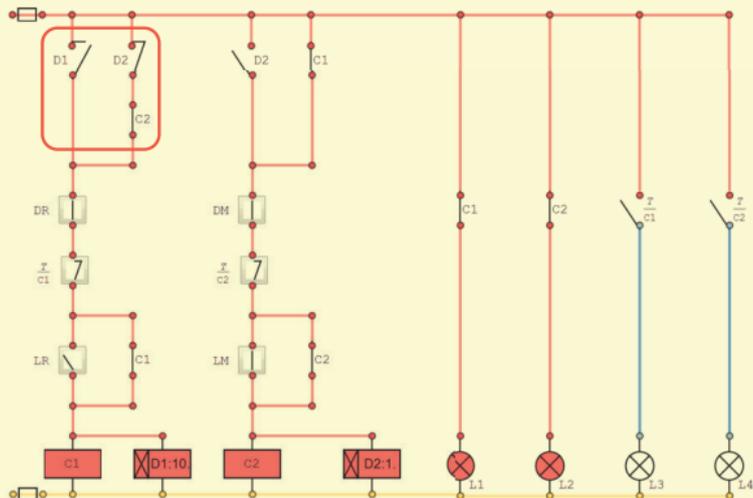
**Circuito 3**

Circuito 3 (timeout)

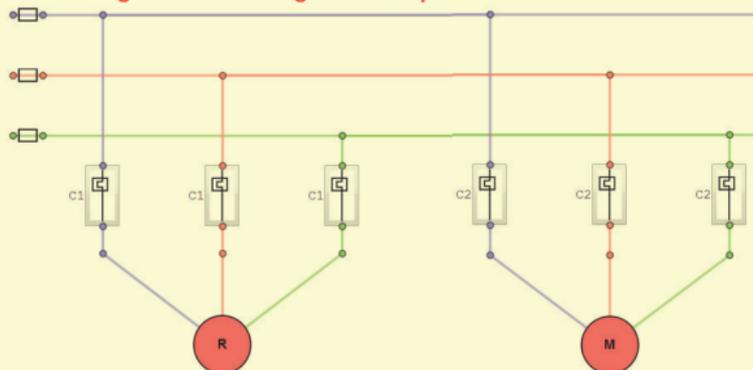
Final



- Circuito 1
- Circuito 2
- Circuito 3**
- Circuito 3 (timeout)
- Final



Após 10 segundos, o temporizador D1 abre seu contato NA. Porém, a resistência permanece ligada até a contagem de tempo de D2.



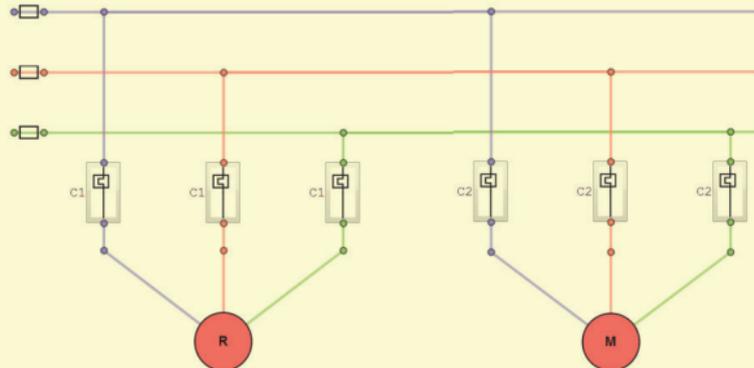
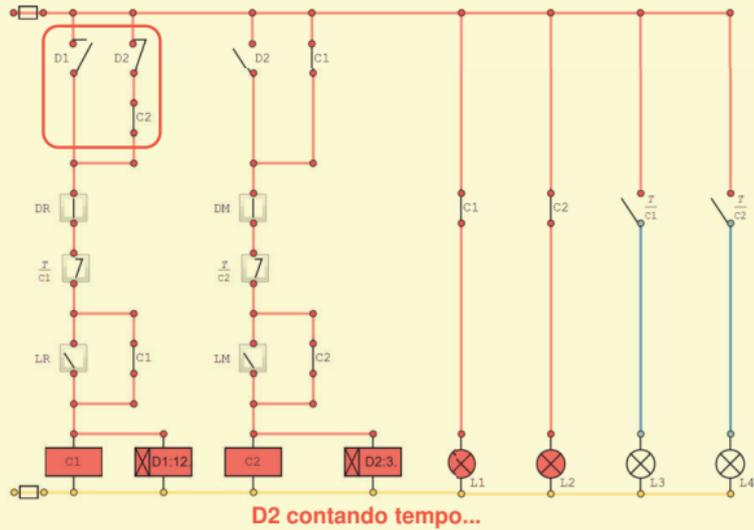
Circuito 1

Circuito 2

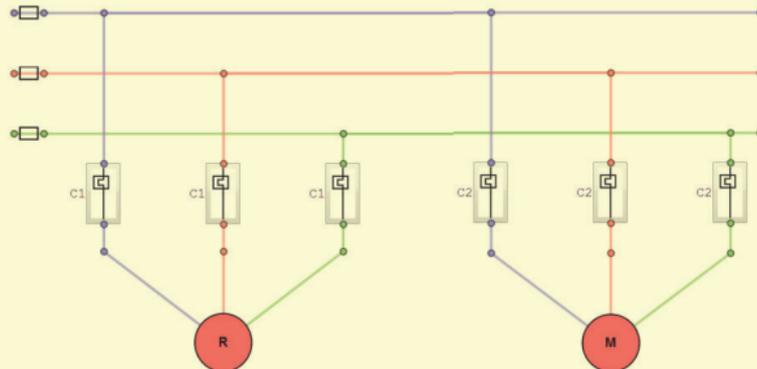
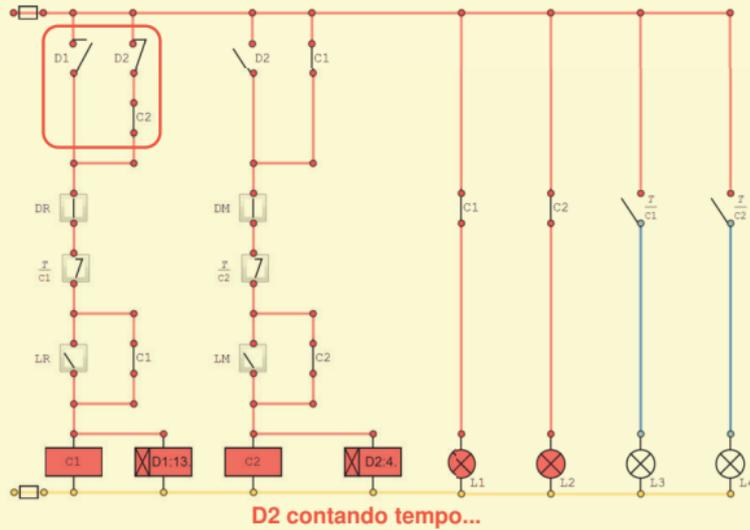
Circuito 3

Circuito 3 (timeout)

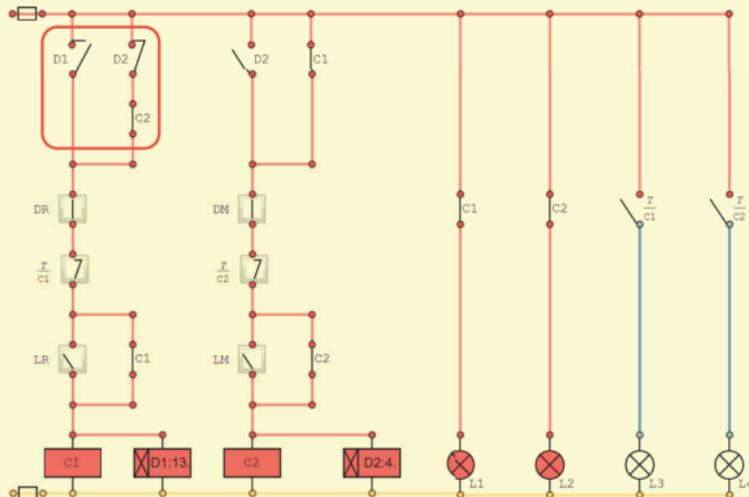
Final



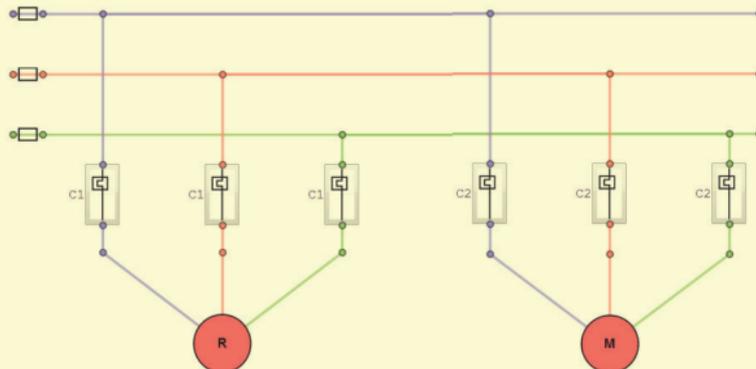
- Circuito 1
- Circuito 2
- Circuito 3**
- Circuito 3 (timeout)
- Final



- Circuito 1
- Circuito 2
- Circuito 3**
- Circuito 3 (timeout)
- Final



Após o motor M estar em funcionamento por 5 segundos, a resistência é desligada automaticamente.



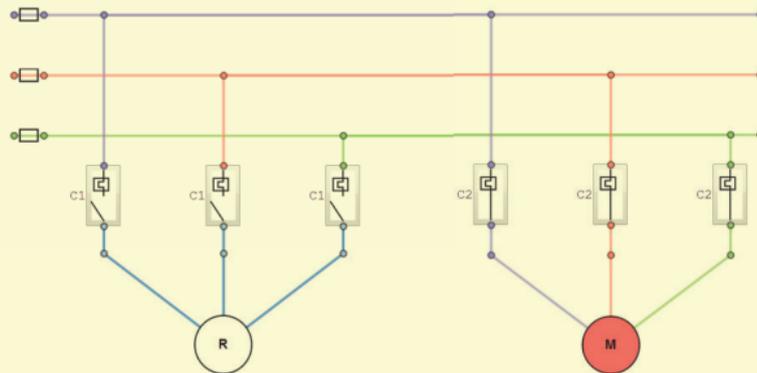
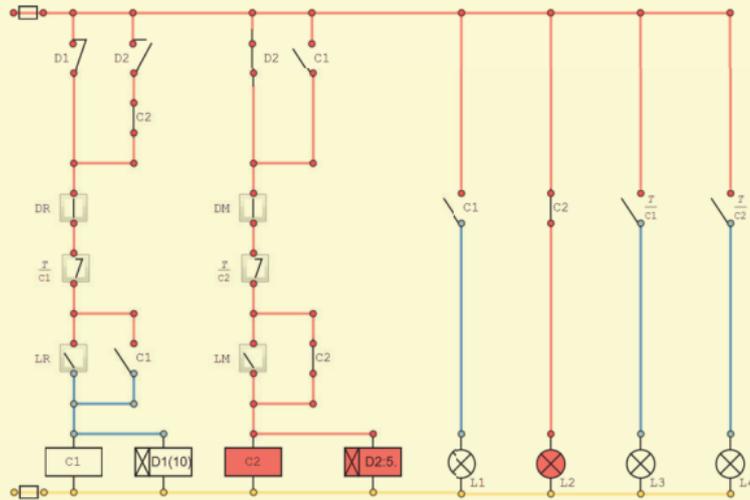
Circuito 1

Circuito 2

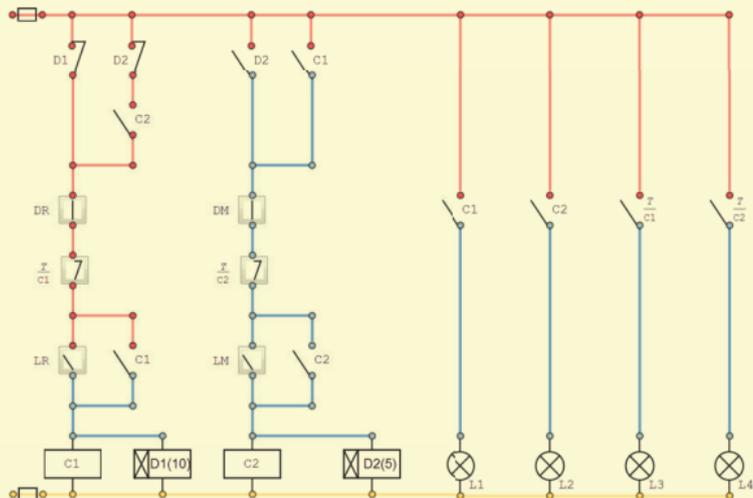
Circuito 3

Circuito 3 (timeout)

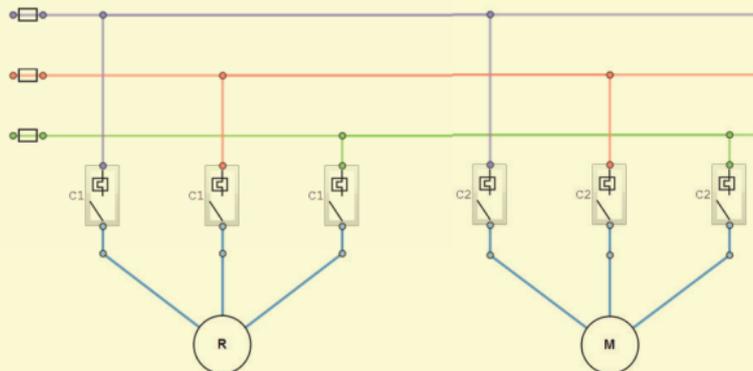
Final



- Circuito 1
- Circuito 2
- Circuito 3**
- Circuito 3 (timeout)
- Final



A seguir: verificação de desligamento de R após 10 segundos (timeout).



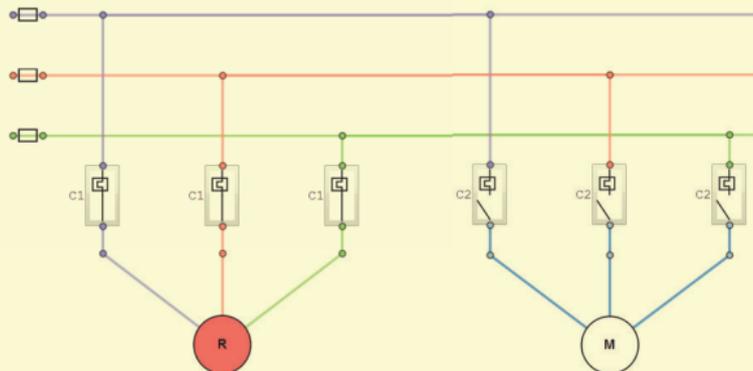
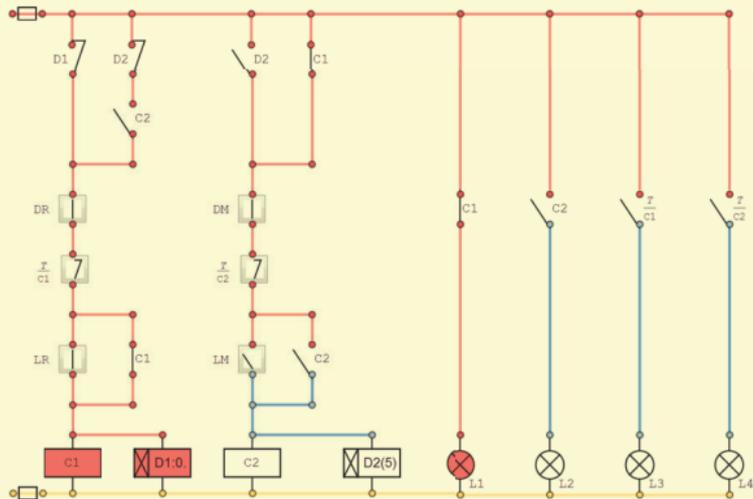
Circuito 1

Circuito 2

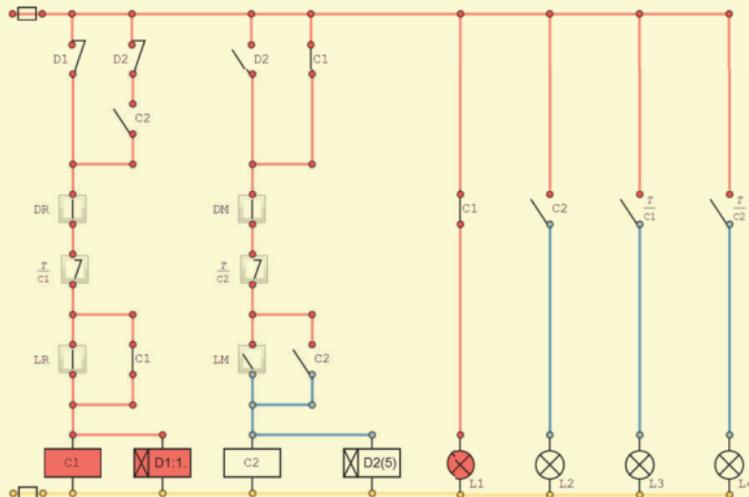
Circuito 3

Circuito 3 (timeout)

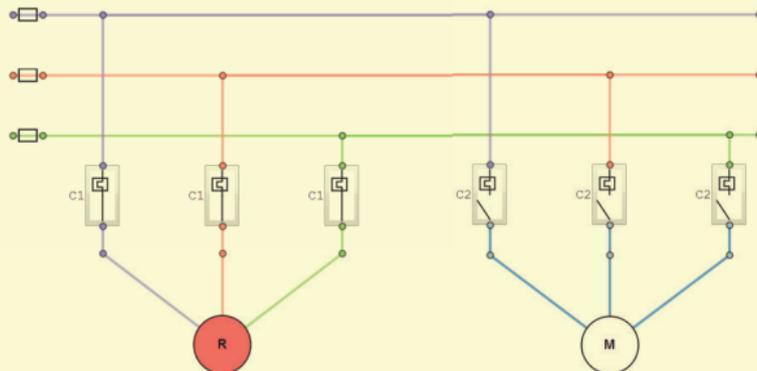
Final



- Circuito 1
- Circuito 2
- Circuito 3
- Circuito 3 (timeout)
- Final



D1 contando tempo...



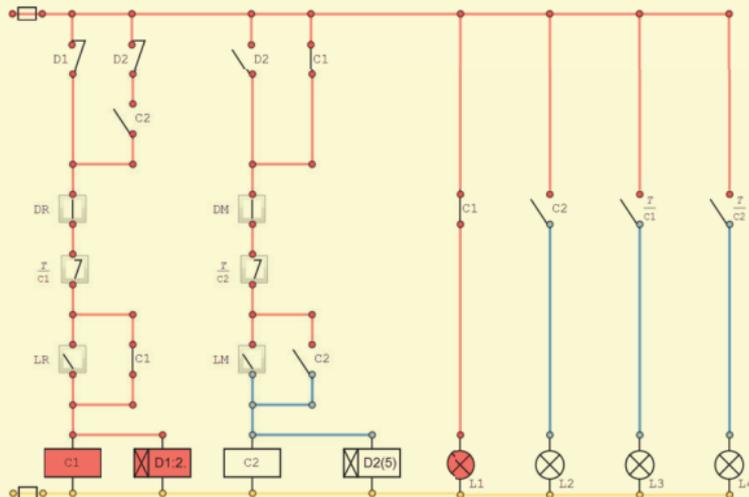
Circuito 1

Circuito 2

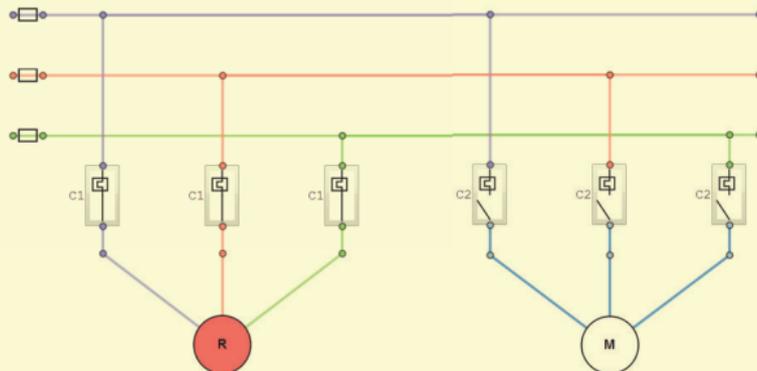
Circuito 3

Circuito 3 (timeout)

Final



D1 contando tempo...



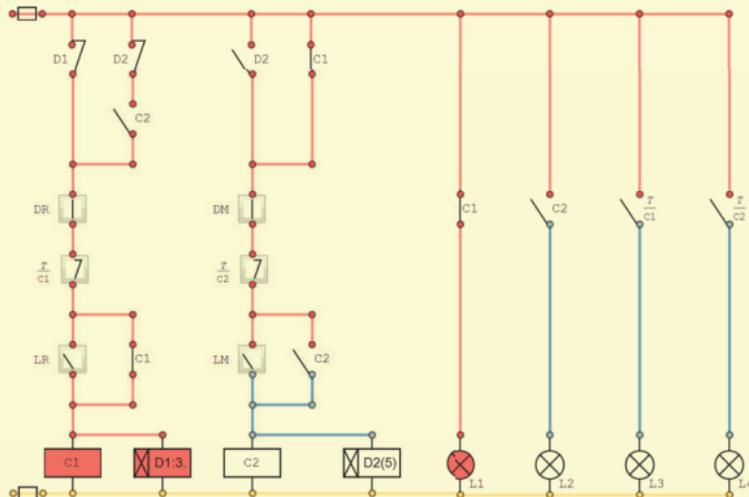
Circuito 1

Circuito 2

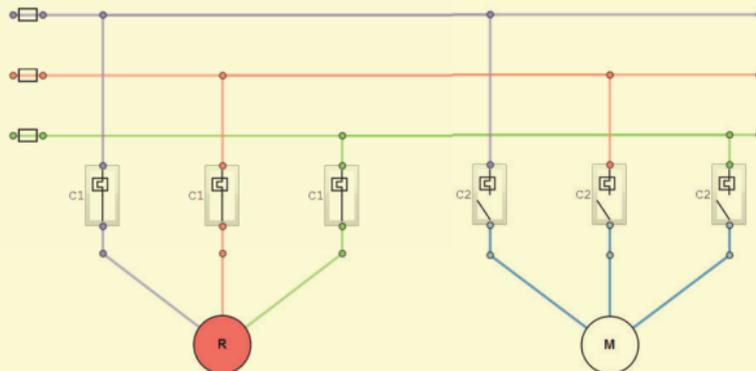
Circuito 3

Circuito 3 (timeout)

Final



D1 contando tempo...



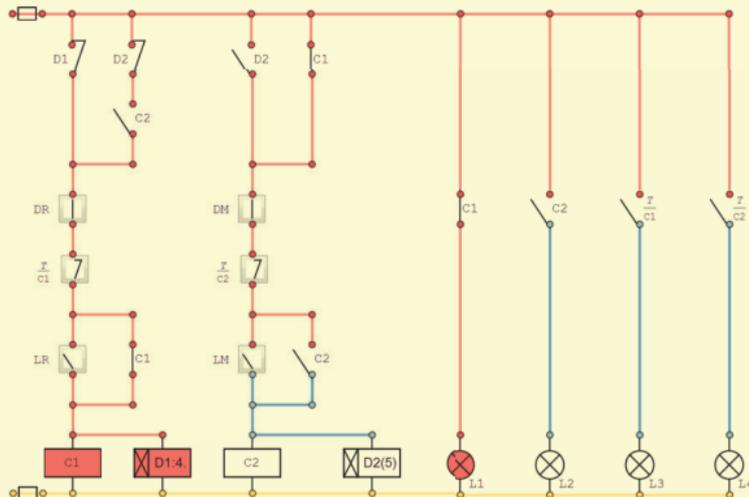
Circuito 1

Circuito 2

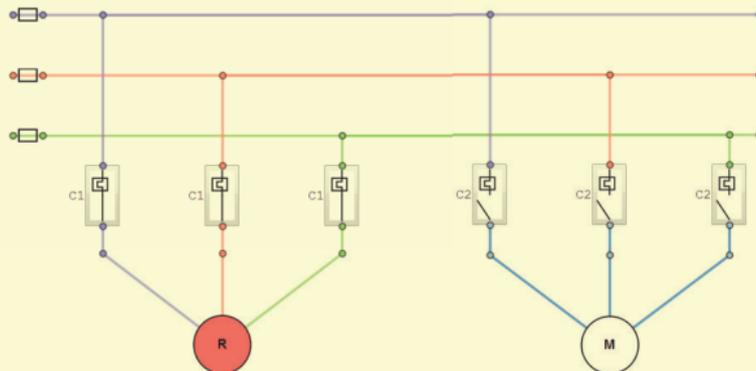
Circuito 3

Circuito 3 (timeout)

Final



D1 contando tempo...



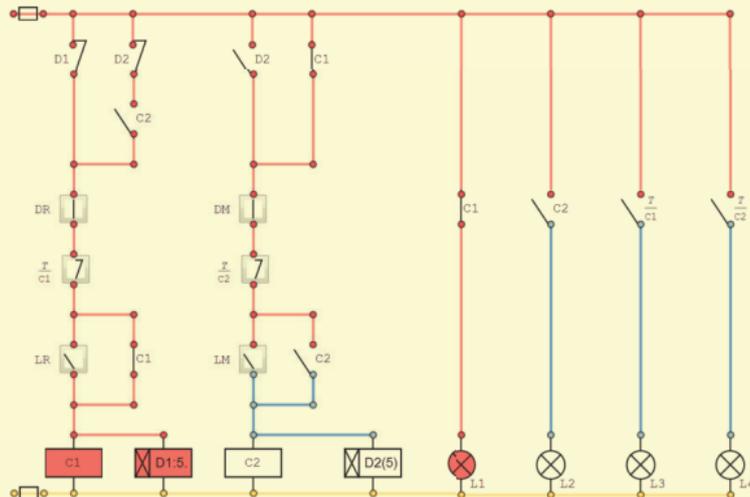
Circuito 1

Circuito 2

Circuito 3

Circuito 3 (timeout)

Final



D1 contando tempo...

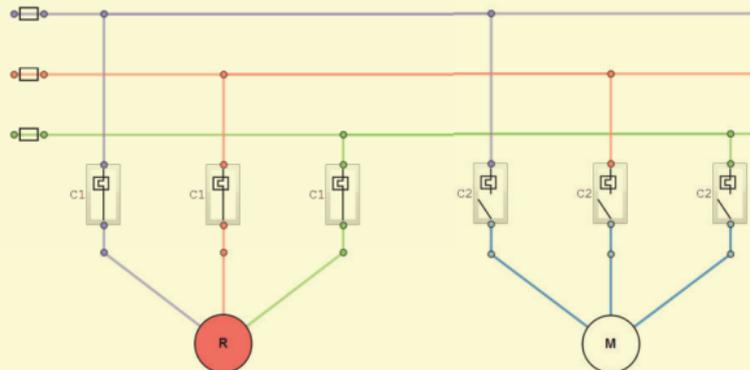
Circuito 1

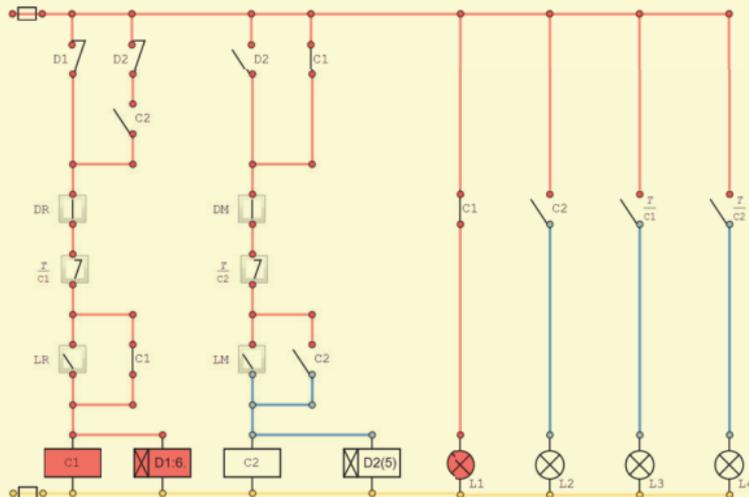
Circuito 2

Circuito 3

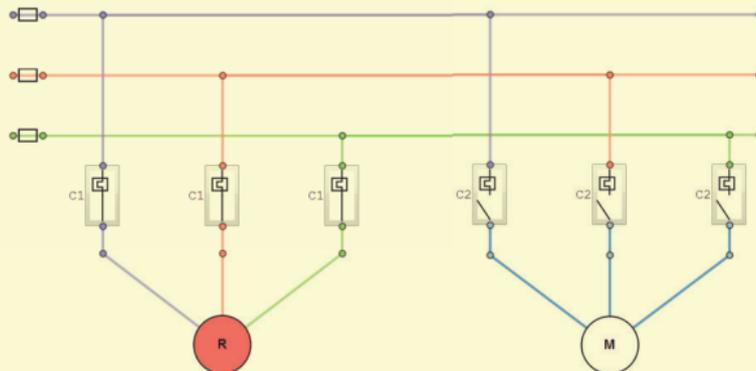
Circuito 3 (timeout)

Final





D1 contando tempo...



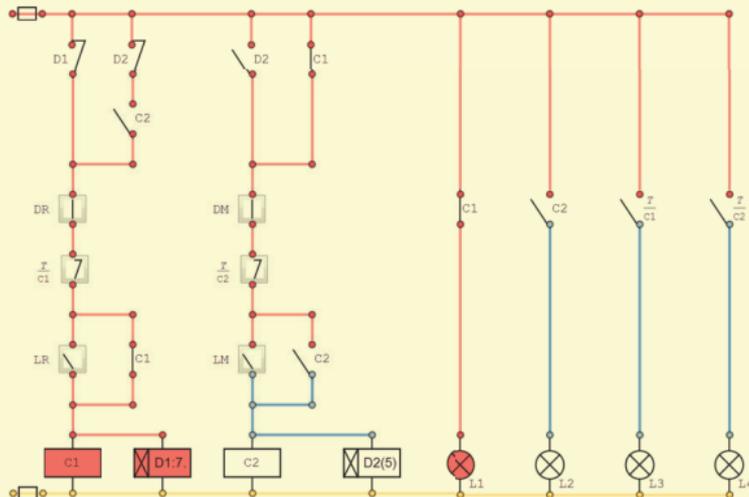
Circuito 1

Circuito 2

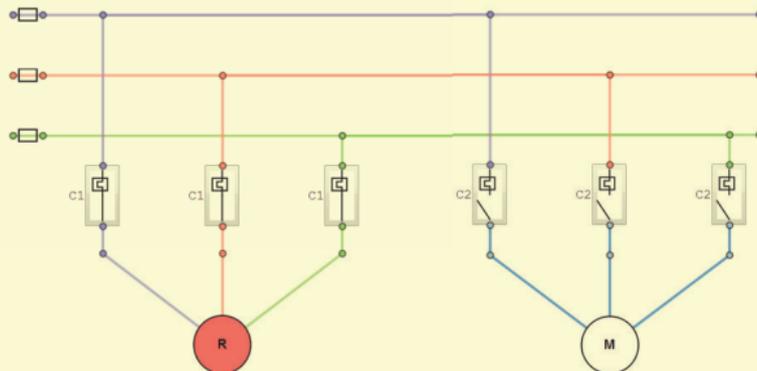
Circuito 3

Circuito 3 (timeout)

Final



D1 contando tempo...



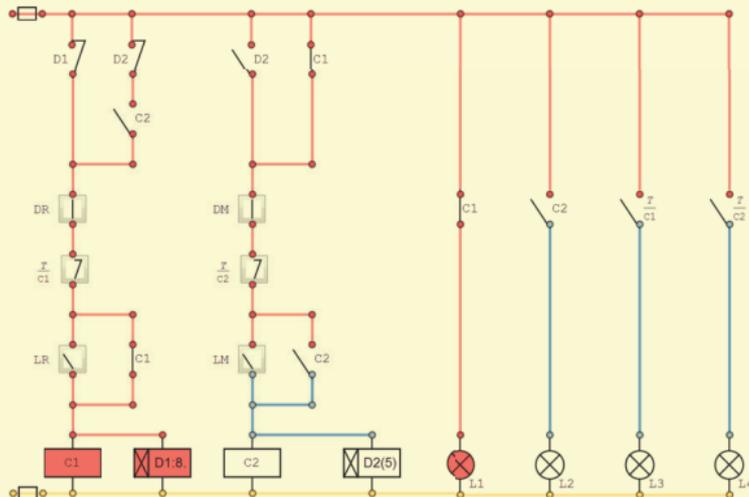
Circuito 1

Circuito 2

Circuito 3

Circuito 3 (timeout)

Final



D1 contando tempo...

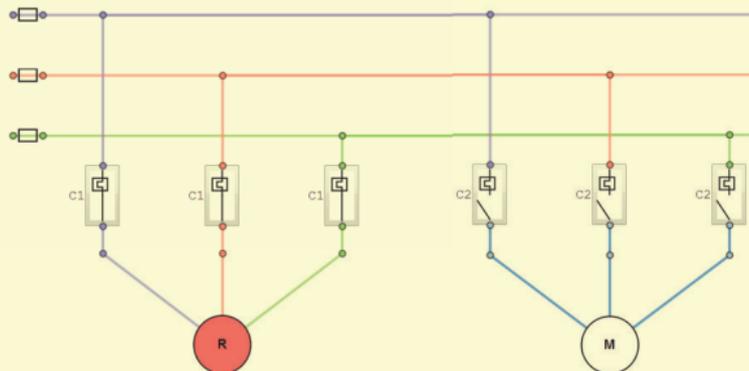
Circuito 1

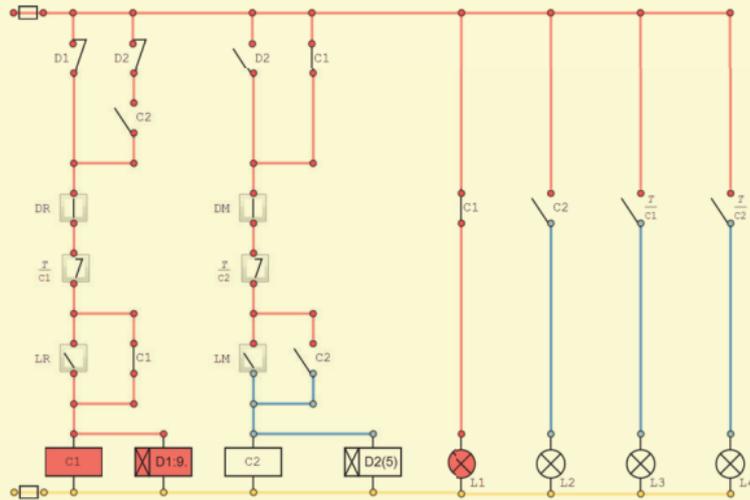
Circuito 2

Circuito 3

Circuito 3 (timeout)

Final

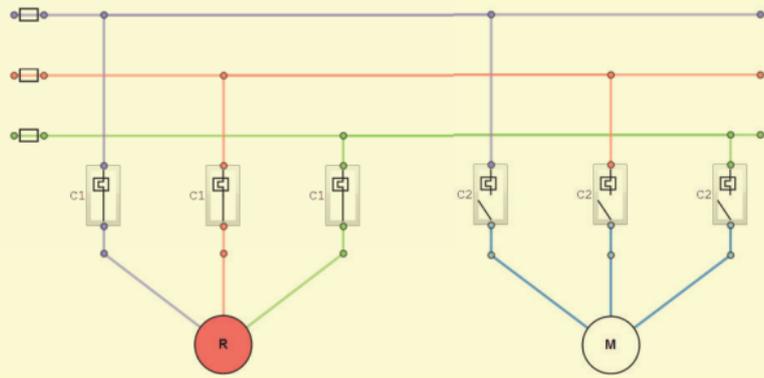


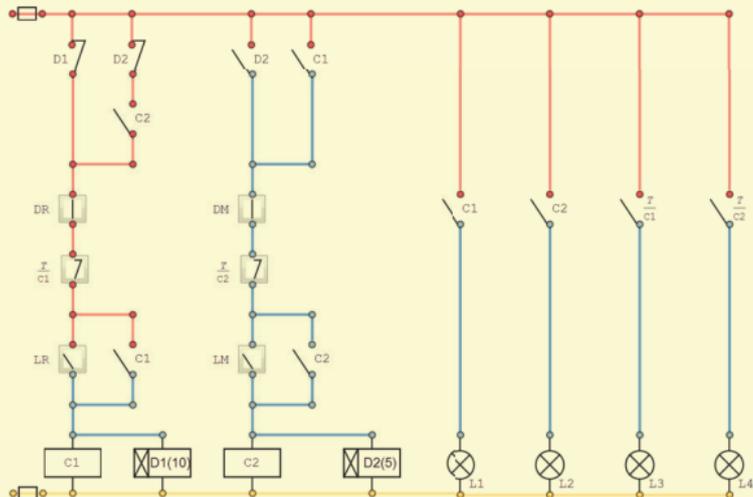


D1 contando tempo...

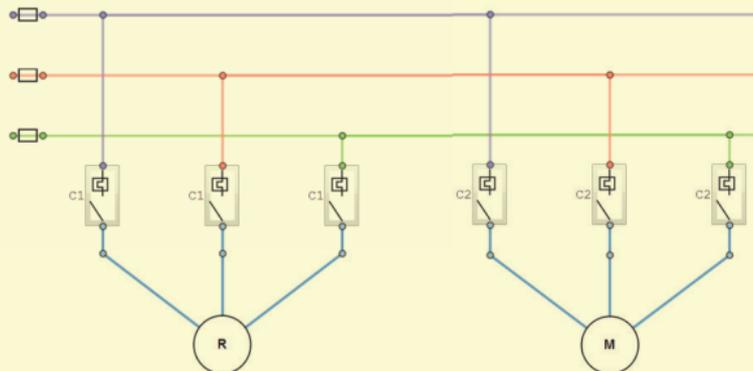
- Circuito 1
- Circuito 2
- Circuito 3
- Final

Circuito 3 (timeout)





**Esgotado o tempo definido por D1, antes de M ser acionado!**



Circuito 1

Circuito 2

Circuito 3

Circuito 3 (timeout)

Final