

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

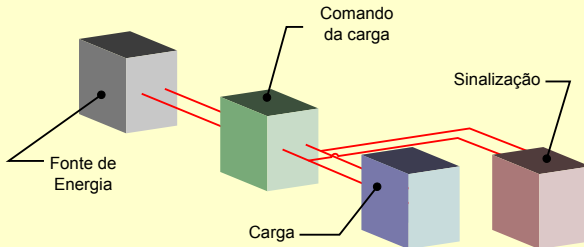
- A tabela a seguir apresenta uma comparação simples entre o conceito de mecanização e o conceito de automação;
- Vale ressaltar que nos processos automatizados, há sempre um operador que supervisiona o sistema de automação.

Ação	Mecanização	Automação
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

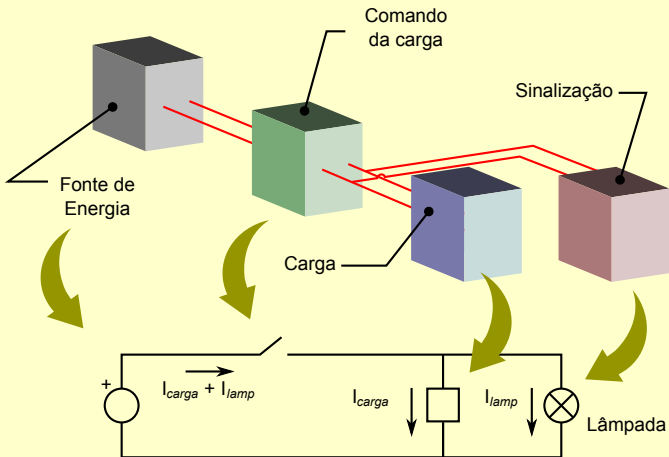
Rudimentos de automação

- 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.



Rudimentos de automação

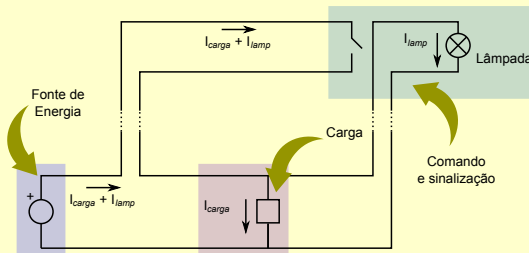
Acionamento e sinalização



Acionamento e sinalização

É possível efetuar o acionamento à distância?

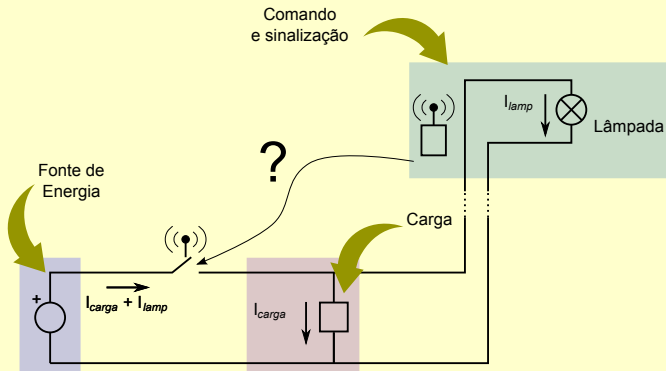
- Uma das formas que poderia ser empregada para o acionamento a distância está ilustrada na figura;
- No entanto, essa forma possui desvantagens (longos circuitos para acionamento, confiabilidade, manutenção, etc.).



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

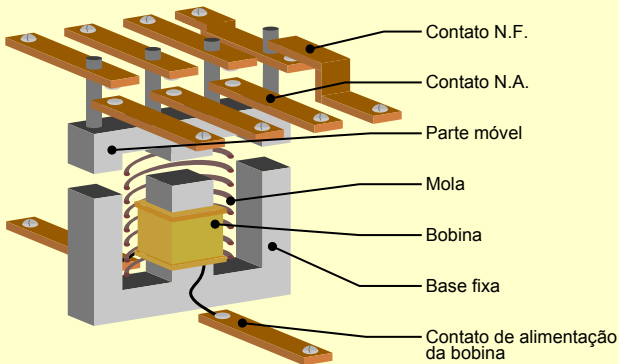


Diagrama e princípio de funcionamento

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;

Ação	Sistema	Potência
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

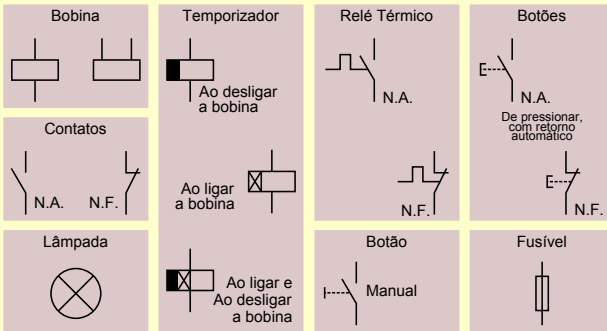
Diagramas esquemáticos

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).

Diagramas esquemáticos

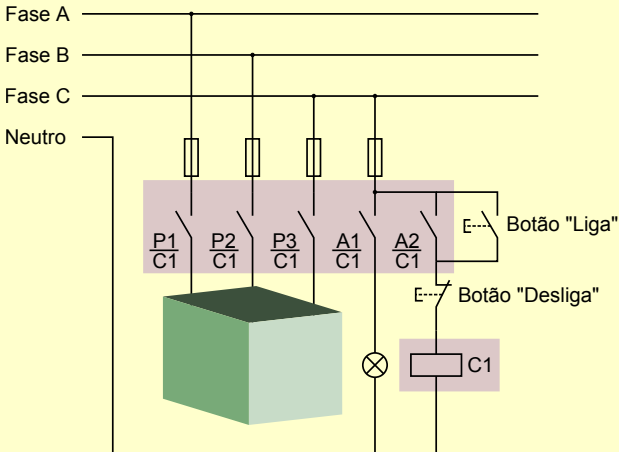
IEC60617:2001 - Graphical Symbols for Diagrams



Normatização

Diagramas esquemáticos

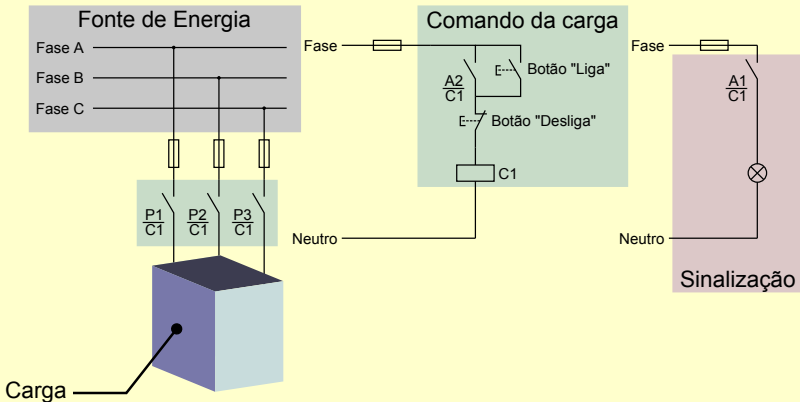
Exemplo de aplicação



Normatização

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;

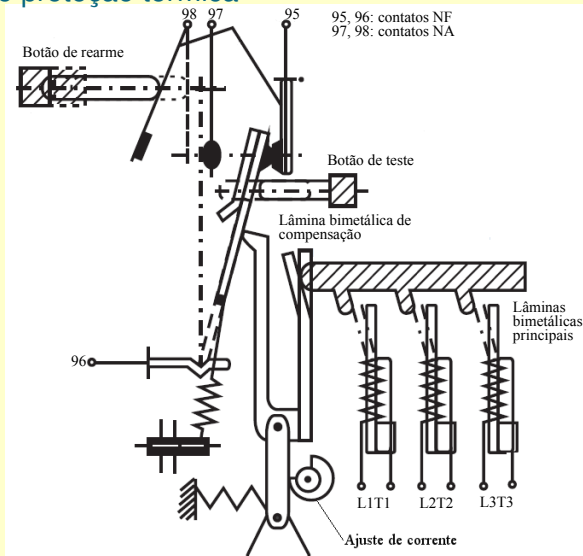
Dispositivo de proteção térmica

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

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;

Exemplo de aplicação

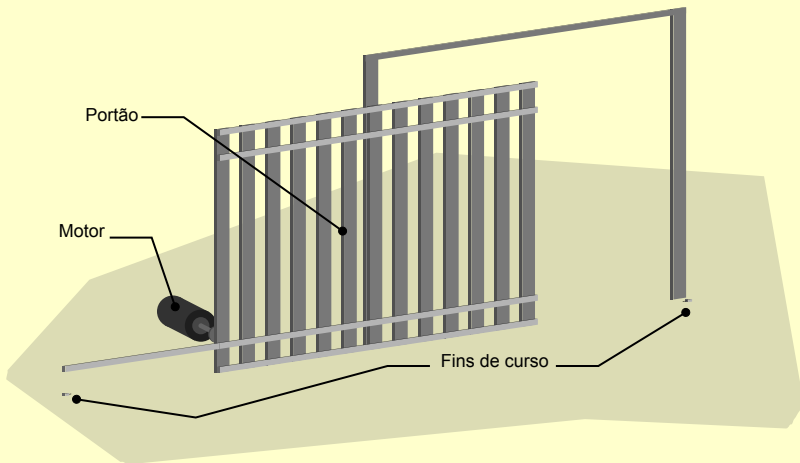
Portão de garagem

- 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

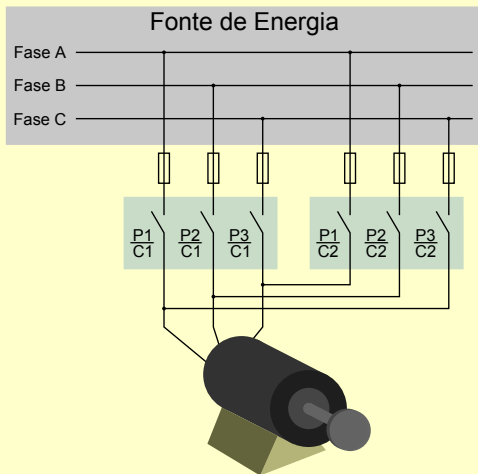
Portão de garagem



Portão de garagem

Portão de garagem

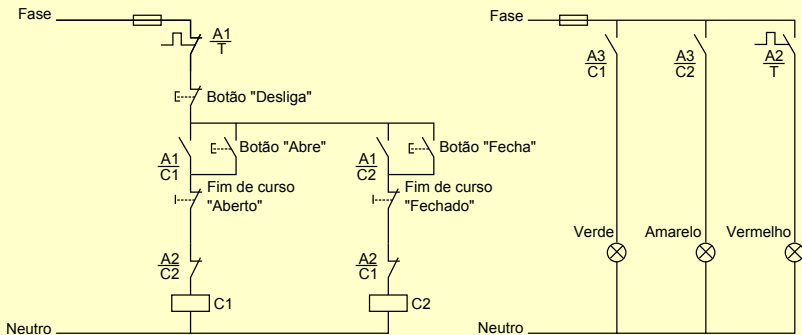
Circuito de força



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.

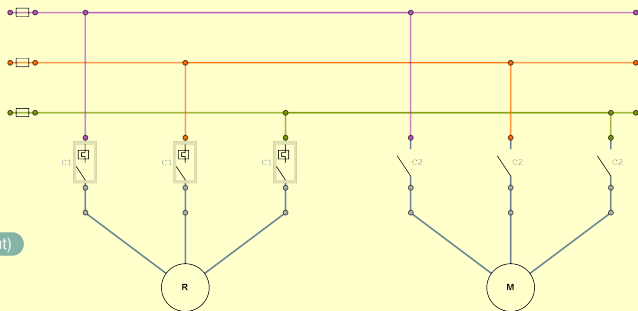
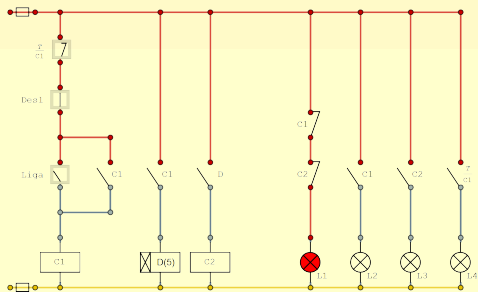
Circuito 1

Circuito 2

Circuito 3

Circuito 3 (timeout)

Final



Circuito 1

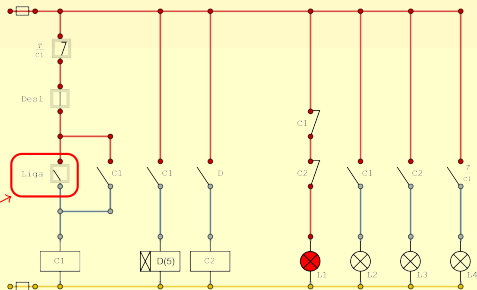
Circuito 2

Circuito 3

Circuito 3 (timeout)

Final

Liga
resistência



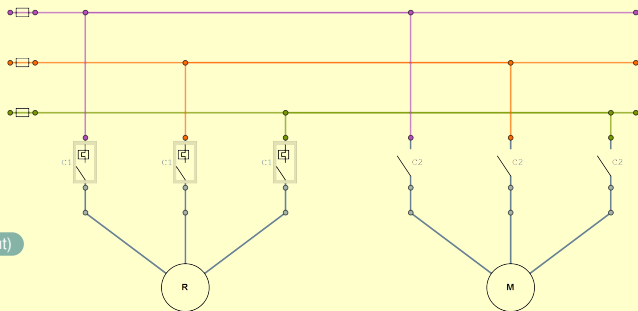
Circuito 1

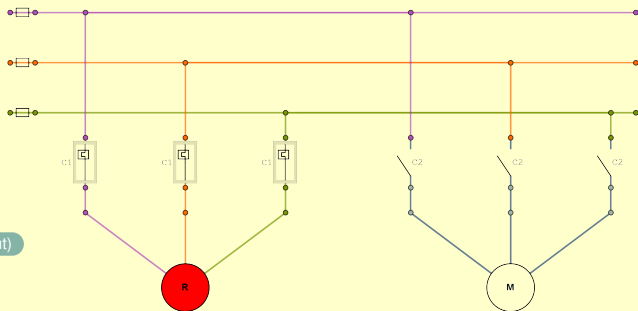
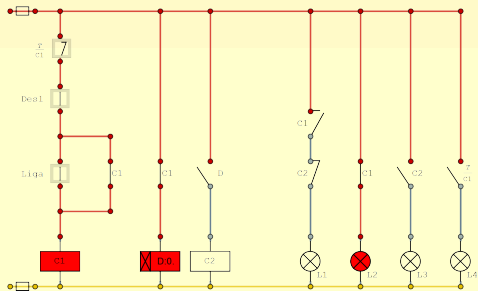
Circuito 2

Circuito 3

Circuito 3 (timeout)

Final





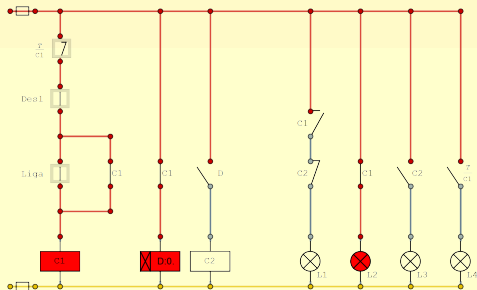
Circuito 1

Circuito 2

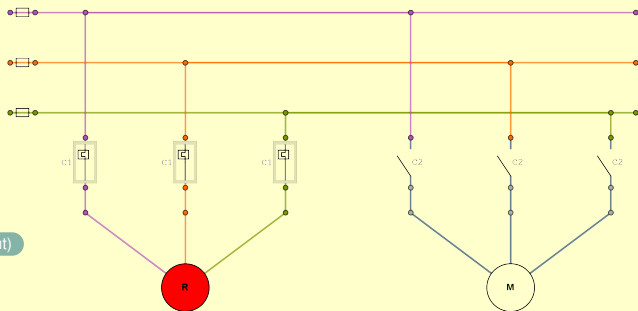
Circuito 3

Circuito 3 (timeout)

Final



A bobina do contator C1 é acionada, e os contatos NA e NF de C1 se movimentam, inclusive os que energizam a resistência R. Os contatos de D se movimentam após 5 s.



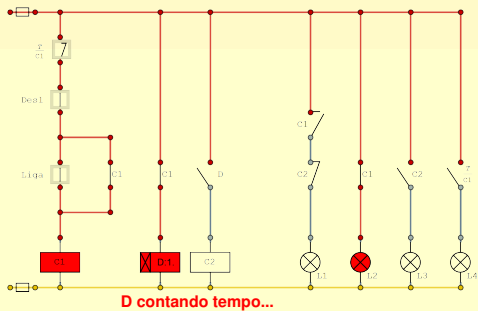
Circuito 1

Circuito 2

Circuito 3

Circuito 3 (timeout)

Final



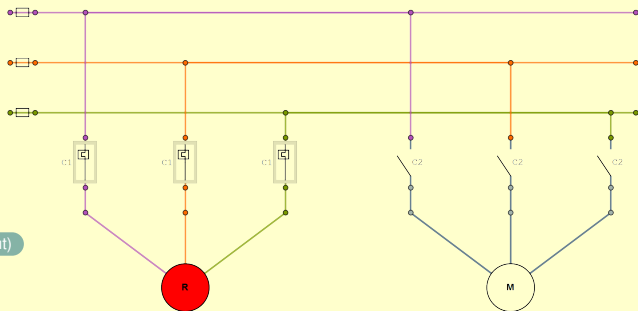
Circuito 1

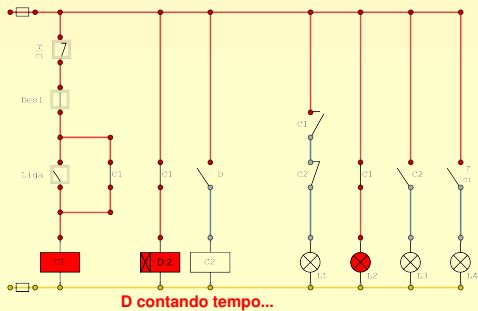
Circuito 2

Circuito 3

Circuito 3 (timeout)

Final





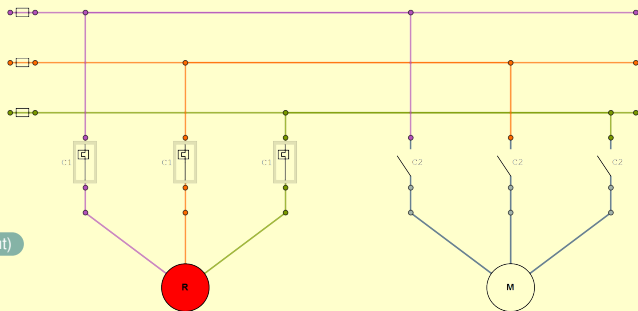
Circuito 1

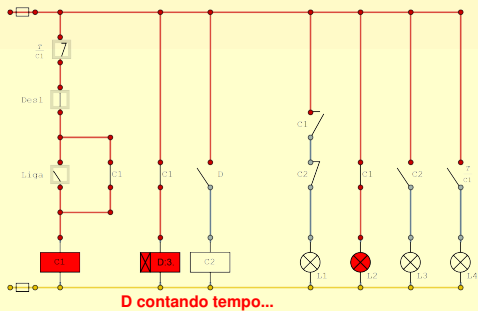
Circuito 2

Circuito 3

Circuito 3 (timeout)

Final





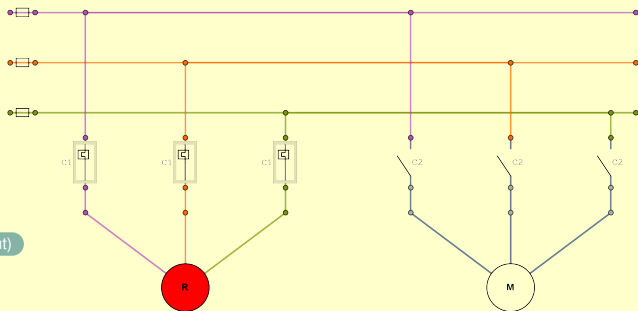
Circuito 1

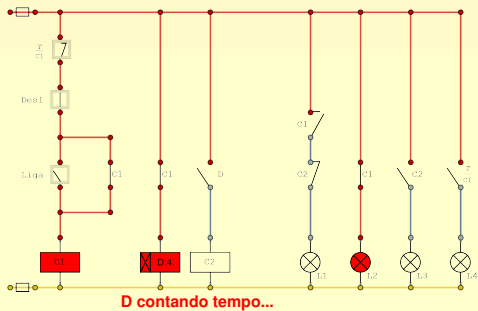
Circuito 2

Circuito 3

Circuito 3 (timeout)

Final





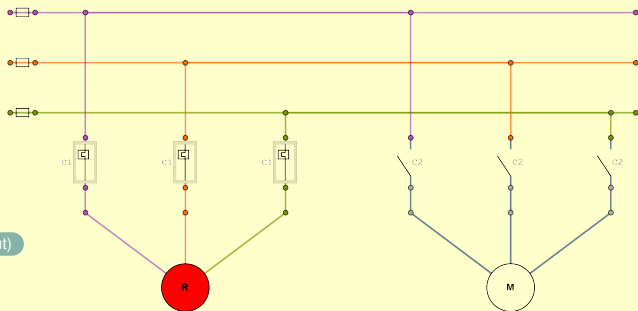
Circuito 1

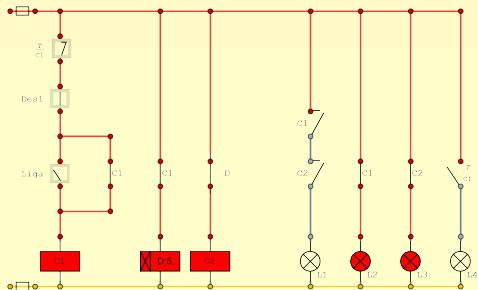
Circuito 2

Circuito 3

Circuito 3 (timeout)

Final





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

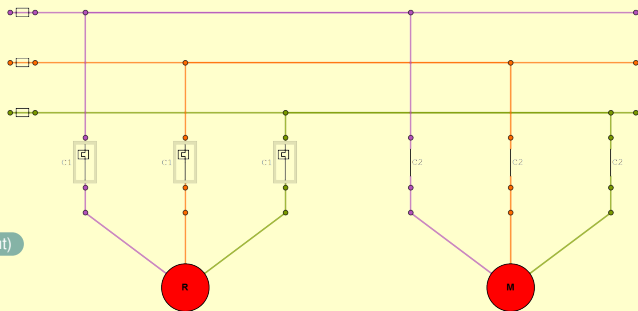
Circuito 1

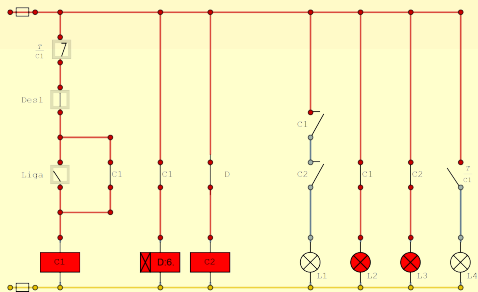
Circuito 2

Circuito 3

Circuito 3 (timeout)

Final





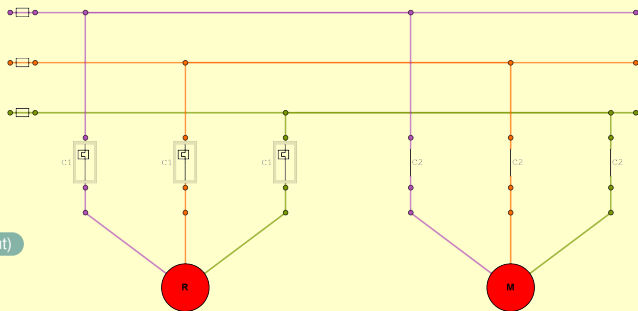
Circuito 1

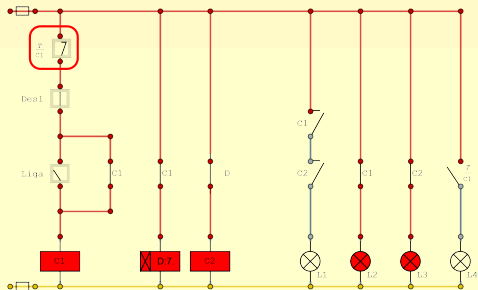
Circuito 2

Circuito 3

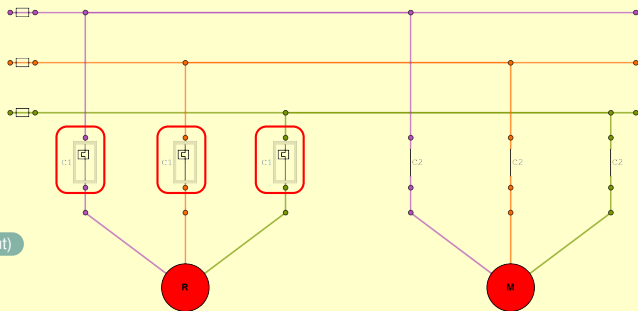
Circuito 3 (timeout)

Final





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



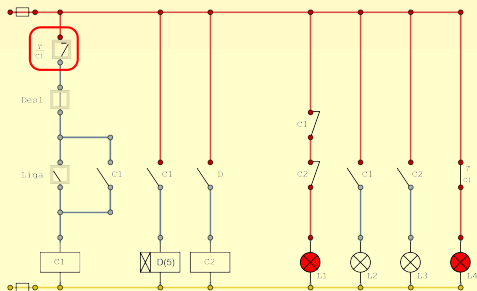
Circuito 1

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.

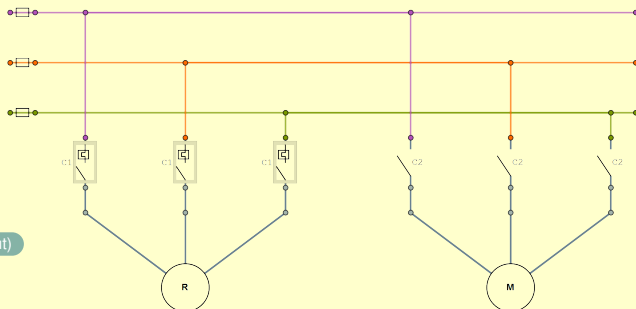
Circuito 1

Circuito 2

Circuito 3

Circuito 3 (timeout)

Final



- 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.

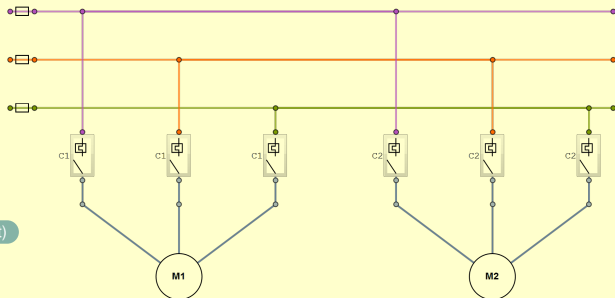
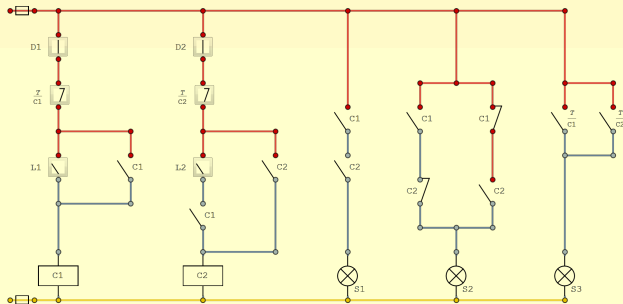
Circuito 1

Circuito 2

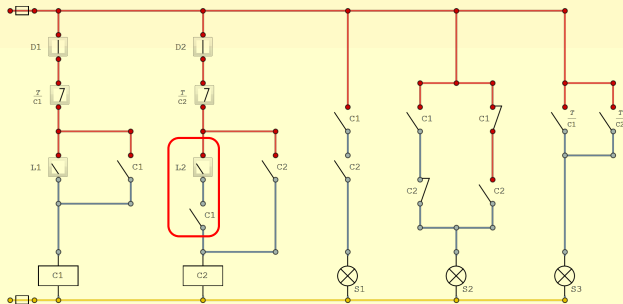
Circuito 3

Circuito 3 (timeout)

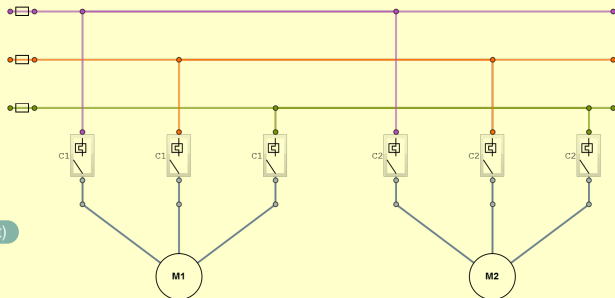
Final



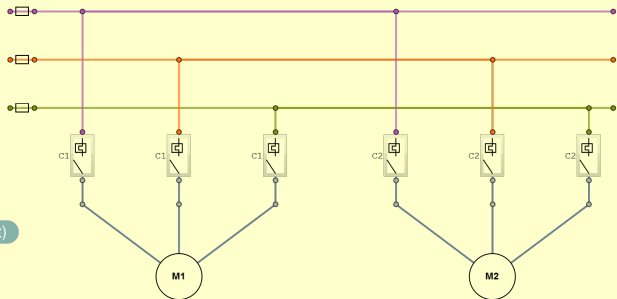
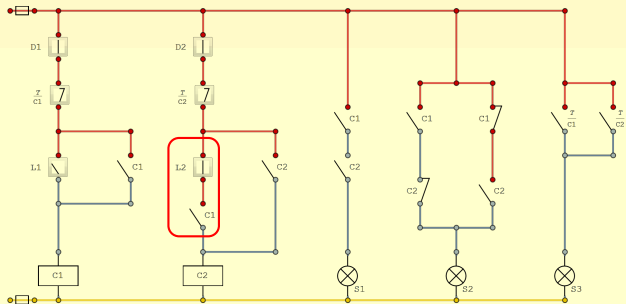
- Circuito 1
- Circuito 2**
- Circuito 3
- Circuito 3 (timeout)
- Final



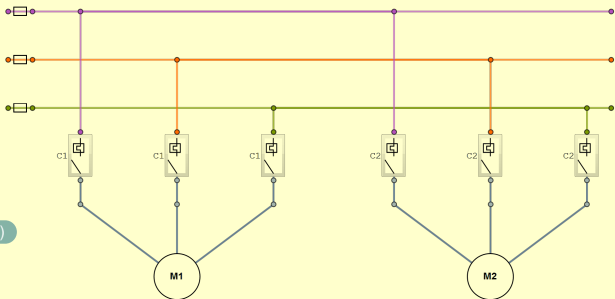
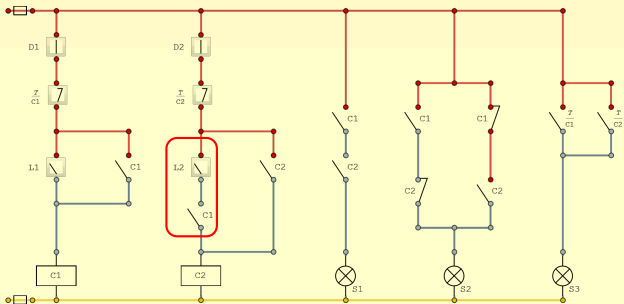
Não se consegue partir o motor M2 se o motor M1 estiver desligado.



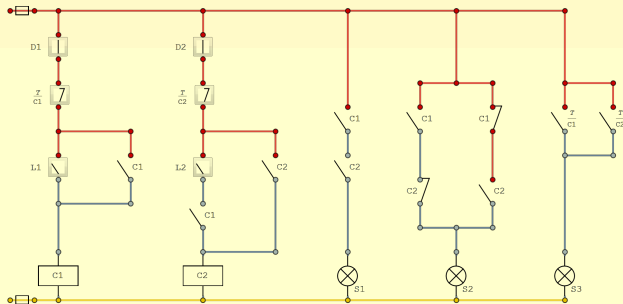
- Circuito 1
- Circuito 2
- Circuito 3
- Circuito 3 (timeout)
- Final



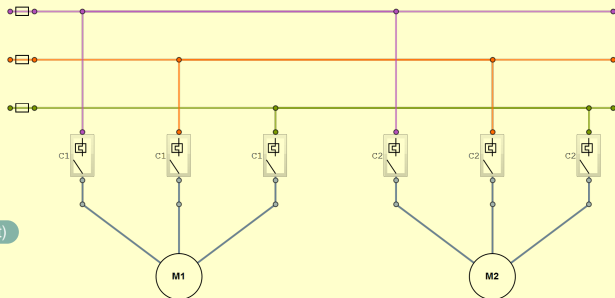
- Circuito 1
- Circuito 2**
- Circuito 3
- Circuito 3 (timeout)
- Final



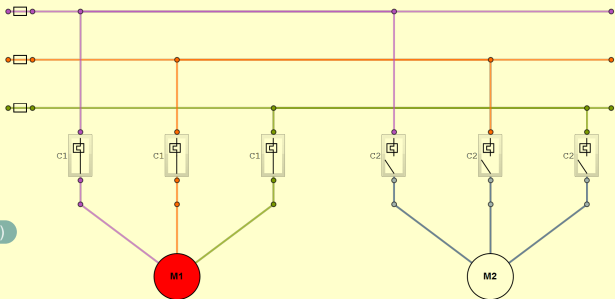
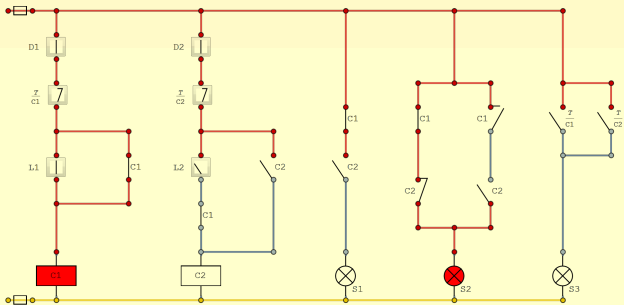
- Circuito 1
- Circuito 2**
- Circuito 3
- Circuito 3 (timeout)
- Final



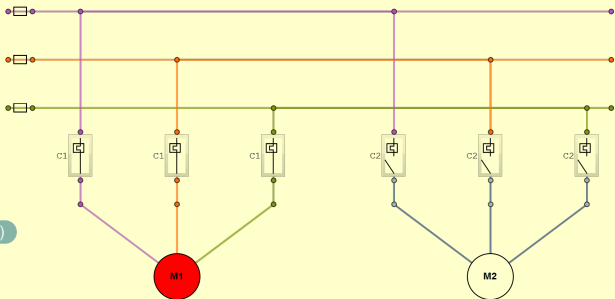
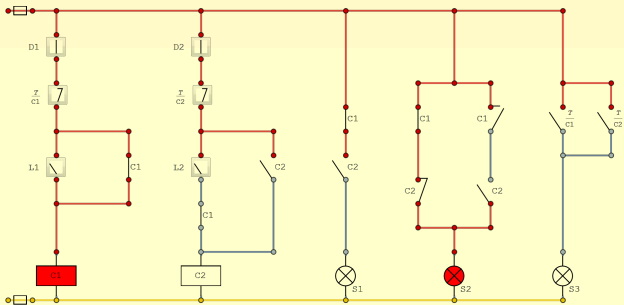
O primeiro motor a ser partido é o M1.



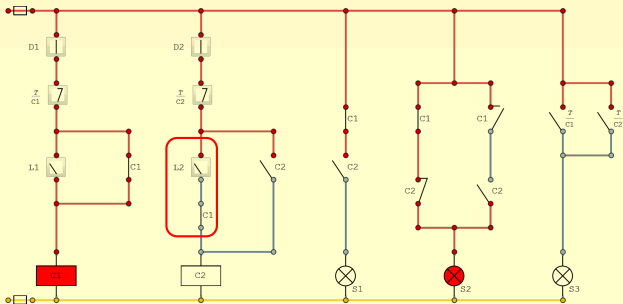
- Circuito 1
- Circuito 2
- Circuito 3
- Circuito 3 (timeout)
- Final



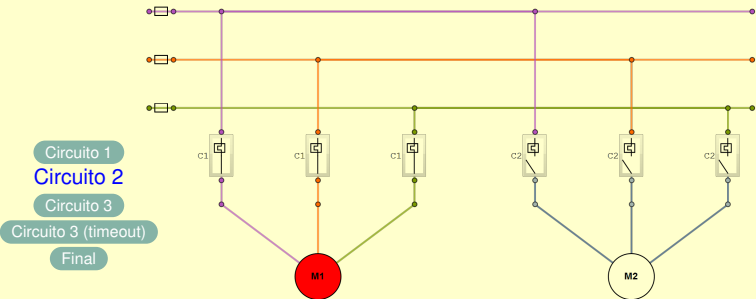
- Circuito 1
- Circuito 2**
- Circuito 3
- Circuito 3 (timeout)
- Final

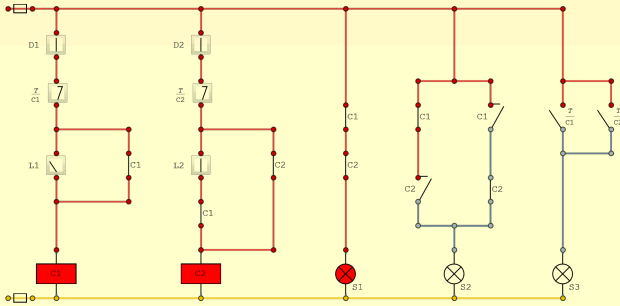


- Circuito 1
- Circuito 2**
- Circuito 3
- Circuito 3 (timeout)
- Final

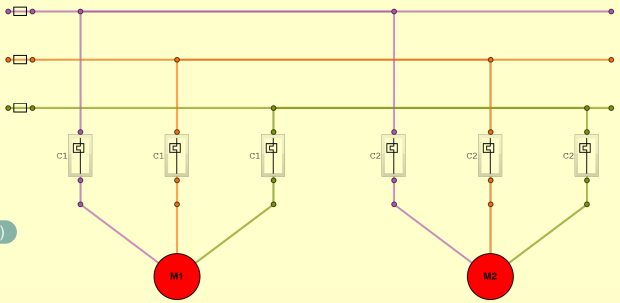


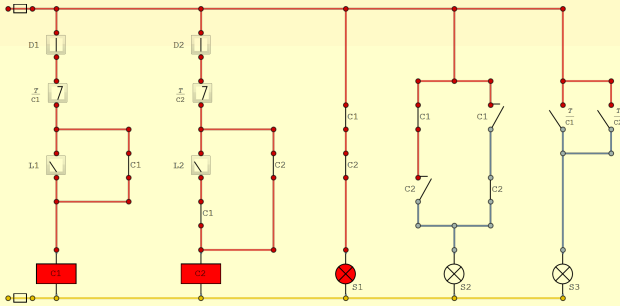
Após M1 em funcionamento, pode-se partir M2.



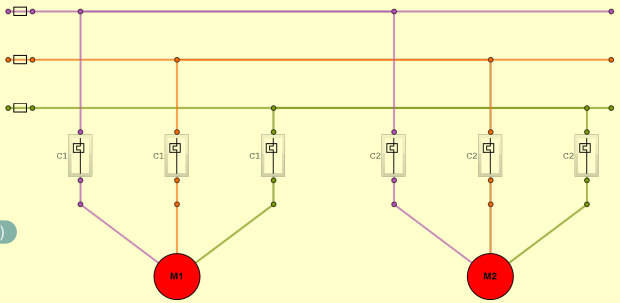


- Circuito 1
- Circuito 2**
- Circuito 3
- Circuito 3 (timeout)
- Final





- 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.

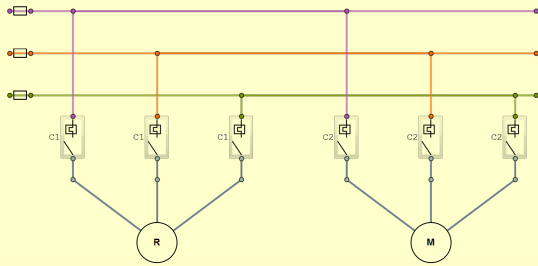
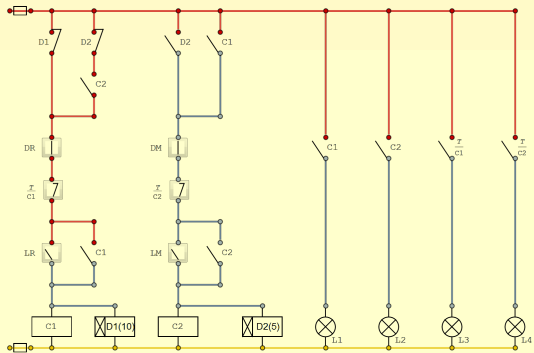
Circuito 1

Circuito 2

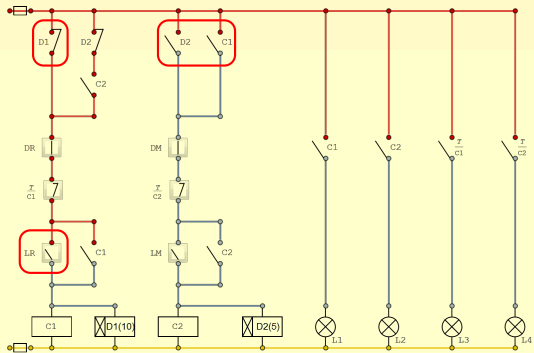
Circuito 3

Circuito 3 (timeout)

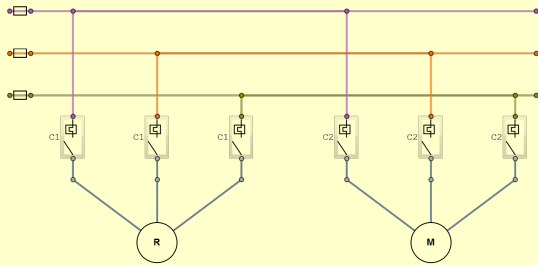
Final



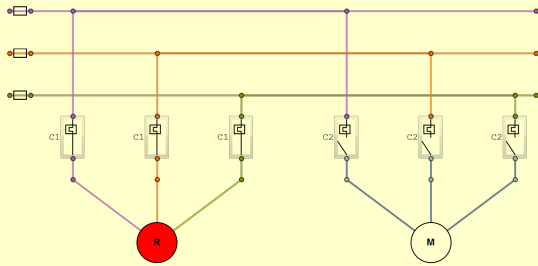
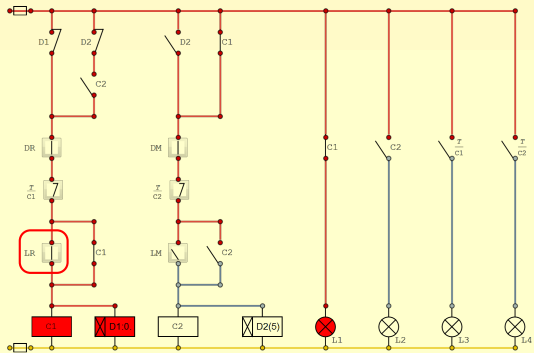
- Circuito 1
- Circuito 2
- Circuito 3**
- Circuito 3 (timeout)
- Final



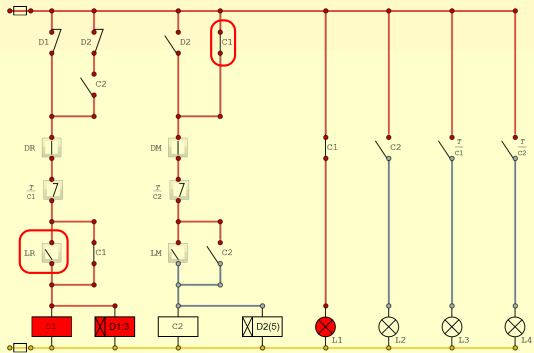
**A resistência R pode ser acionada nessa situação inicial.
O motor ainda não pode ser acionado.**



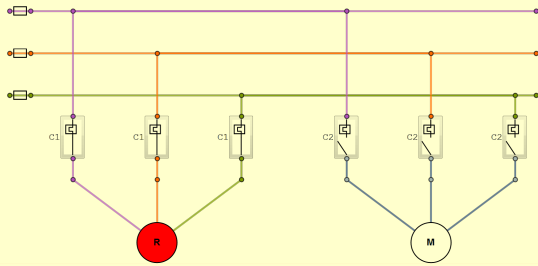
- Circuito 1
- Circuito 2
- Circuito 3**
- Circuito 3 (timeout)
- Final



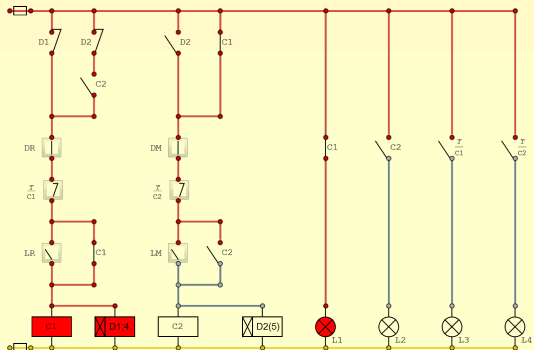
- Circuito 1
- Circuito 2
- Circuito 3**
- Circuito 3 (timeout)
- Final



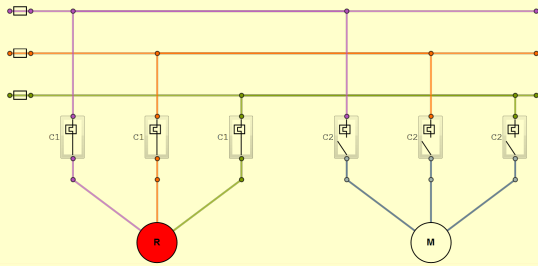
O acionamento do motor M pode acontecer enquanto R estiver energizada.



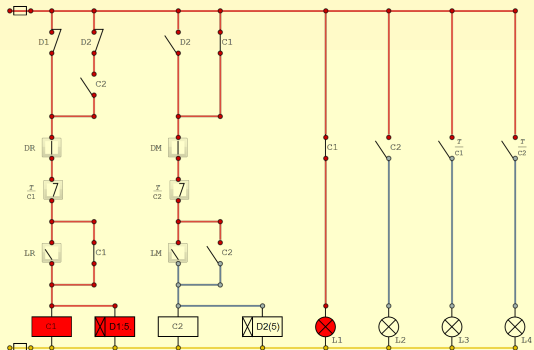
- Circuito 1
- Circuito 2
- Circuito 3**
- Circuito 3 (timeout)
- Final



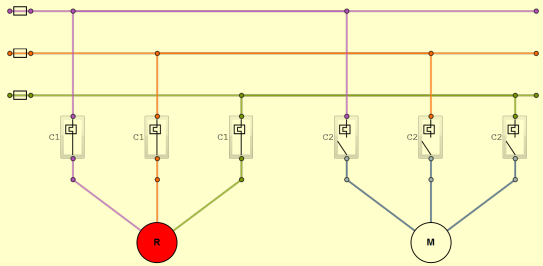
D1 contando tempo...



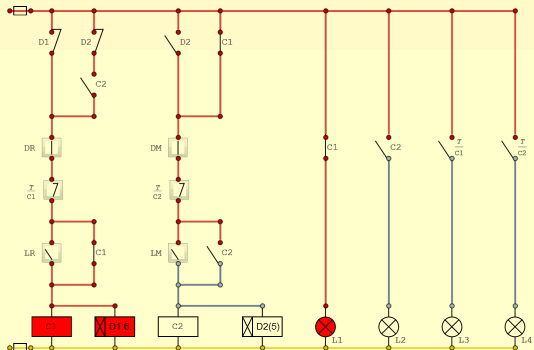
- Circuito 1
- Circuito 2
- Circuito 3**
- Circuito 3 (timeout)
- Final



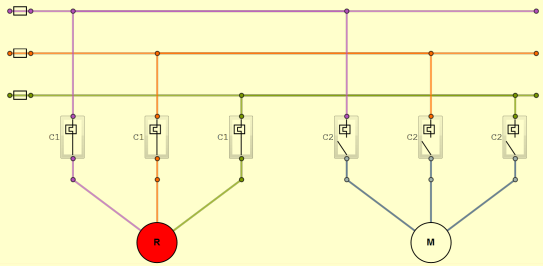
D1 contando tempo...



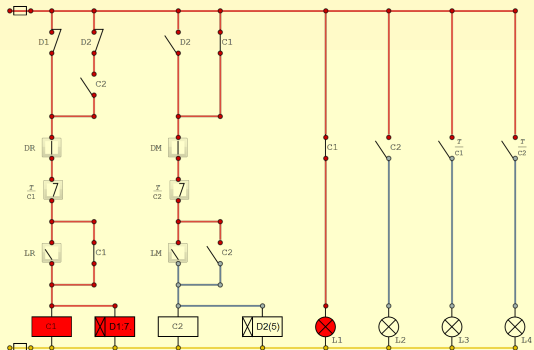
- Circuito 1
- Circuito 2
- Circuito 3**
- Circuito 3 (timeout)
- Final



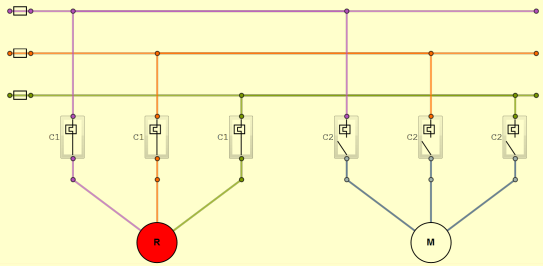
D1 contando tempo...



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



D1 contando tempo...



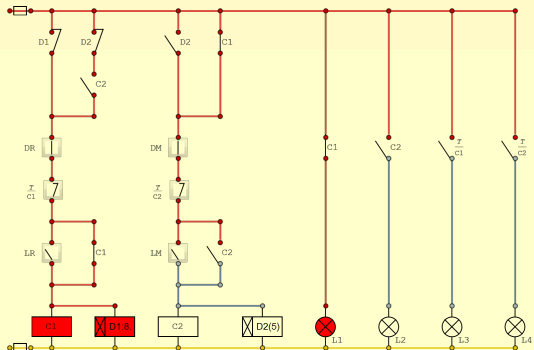
Circuito 1

Circuito 2

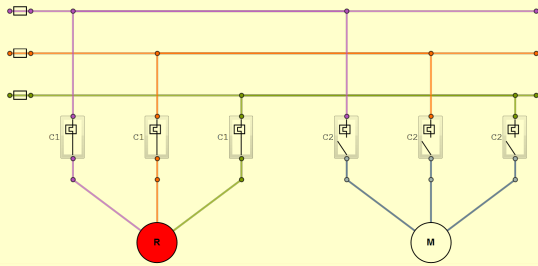
Circuito 3

Circuito 3 (timeout)

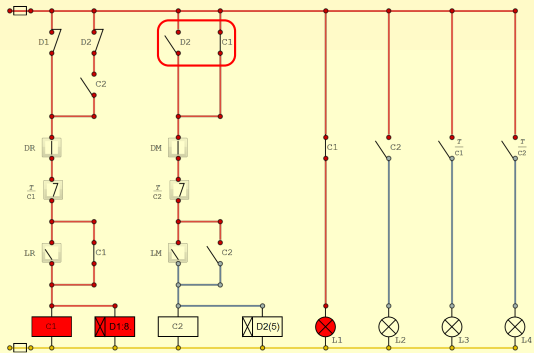
Final



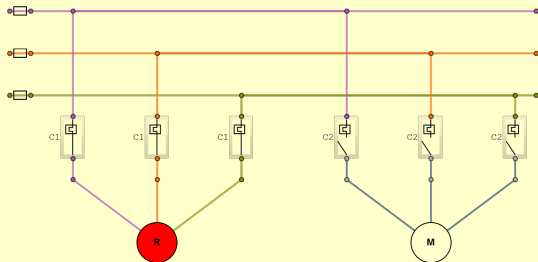
D1 contando tempo...



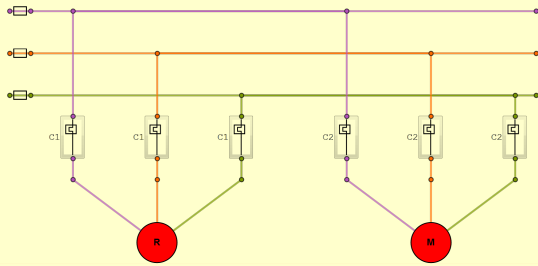
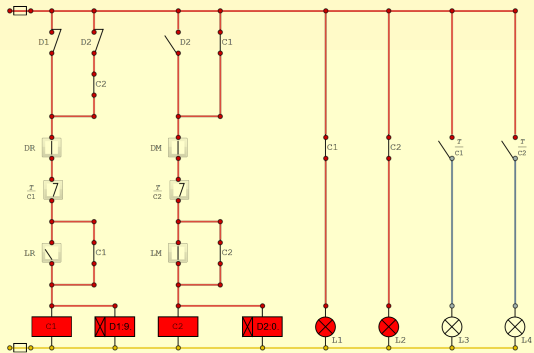
- Circuito 1
- Circuito 2
- Circuito 3**
- Circuito 3 (timeout)
- Final



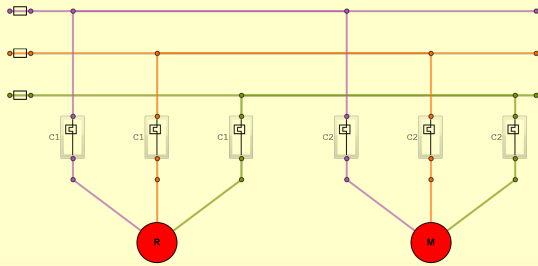
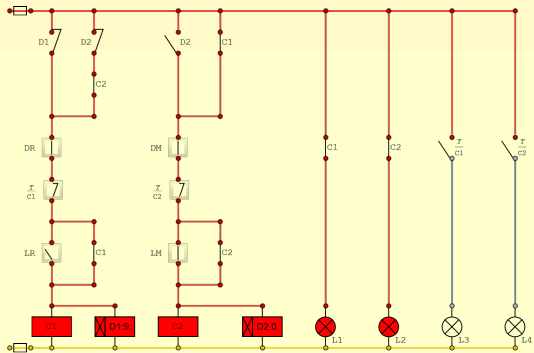
Enquanto R estiver ligada, M é ligado com sucesso.



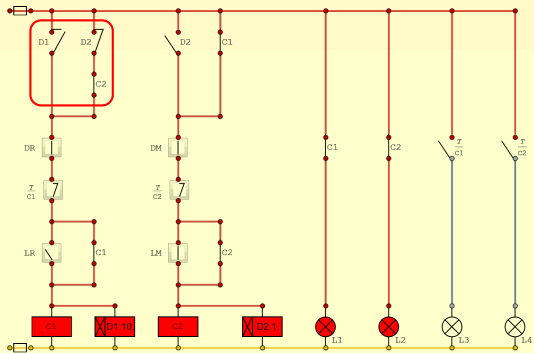
- Circuito 1
- Circuito 2
- Circuito 3**
- Circuito 3 (timeout)
- Final



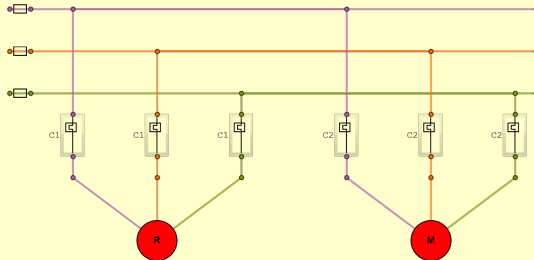
- Circuito 1
- Circuito 2
- Circuito 3**
- Circuito 3 (timeout)
- Final



- 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.



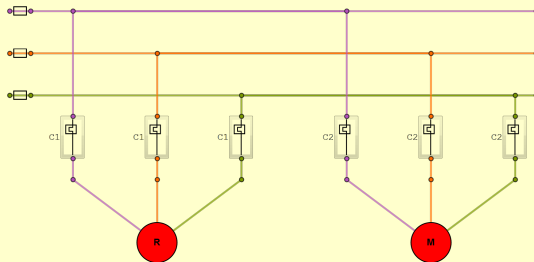
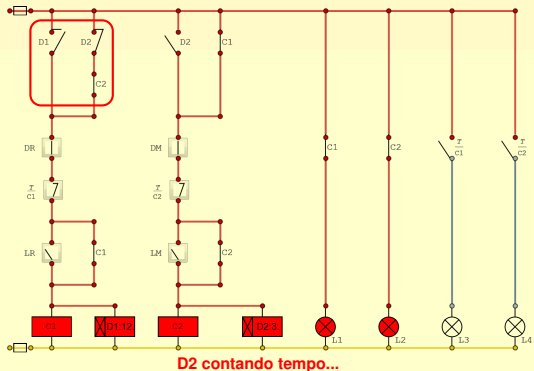
Circuito 1

Circuito 2

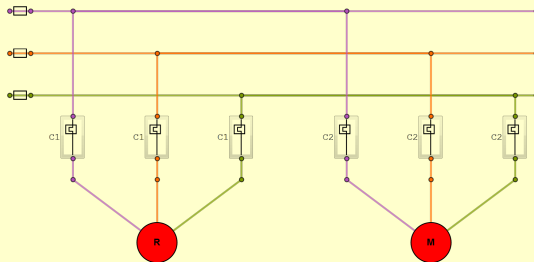
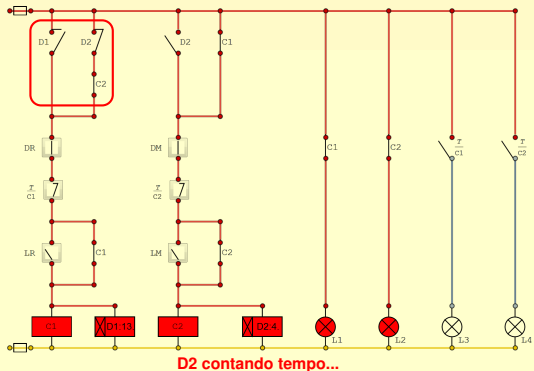
Circuito 3

Circuito 3 (timeout)

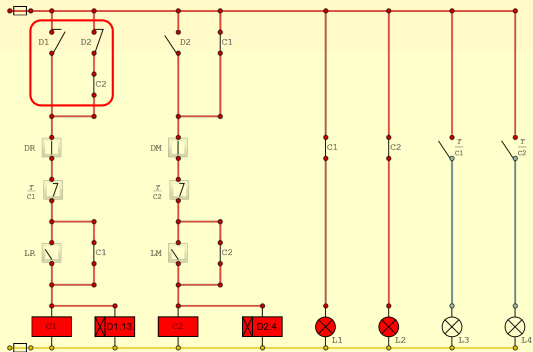
Final



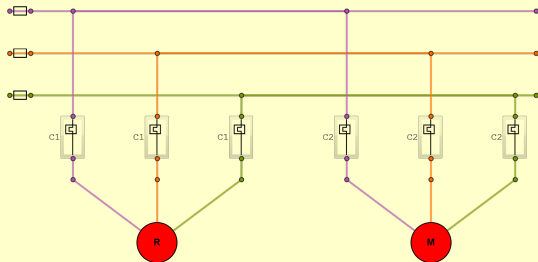
- Circuito 1
- Circuito 2
- Circuito 3**
- Circuito 3 (timeout)
- Final



- 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.



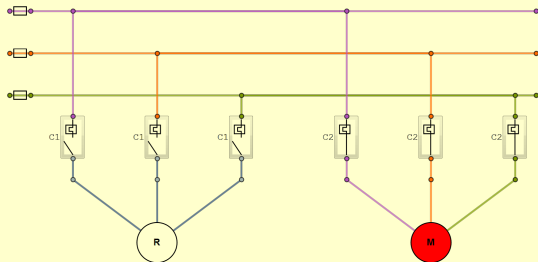
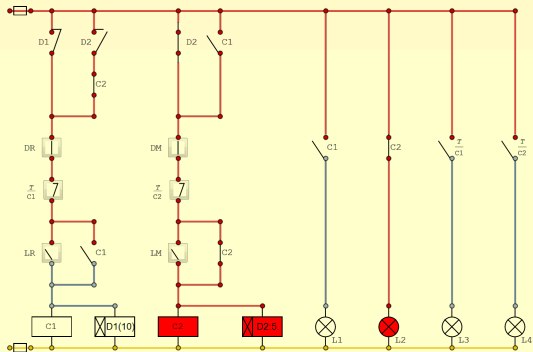
Circuito 1

Circuito 2

Circuito 3

Circuito 3 (timeout)

Final



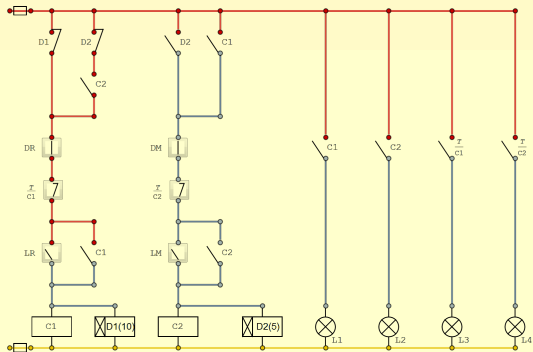
Circuito 1

Circuito 2

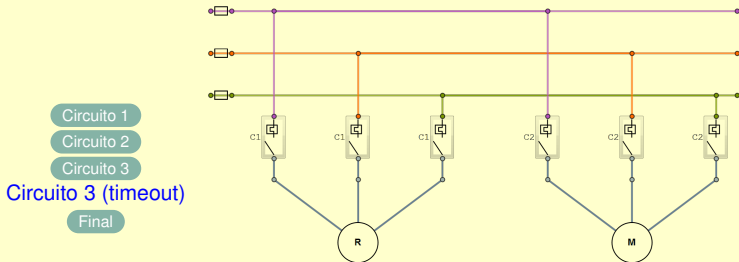
Circuito 3

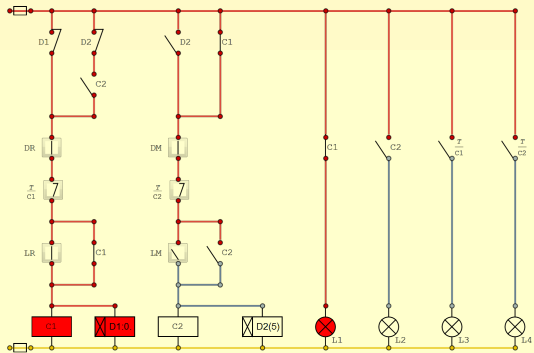
Circuito 3 (timeout)

Final

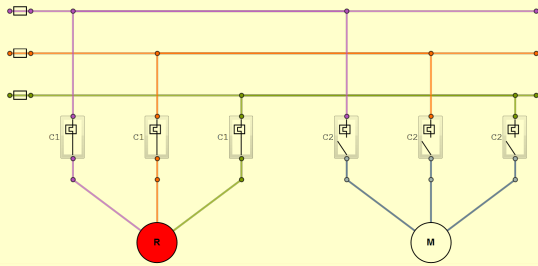


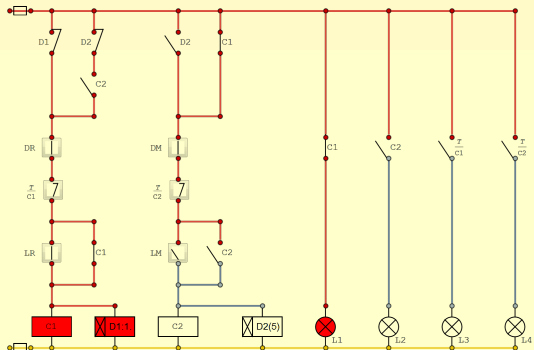
A seguir: verificação de desligamento de R após 10 segundos (timeout).



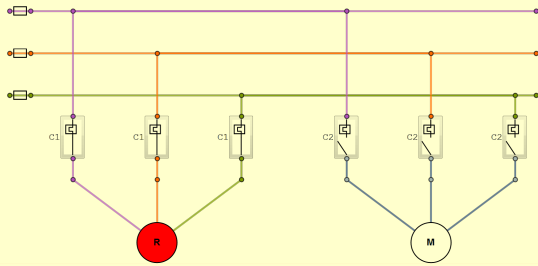


- Circuito 1
- Circuito 2
- Circuito 3
- Circuito 3 (timeout)
- Final

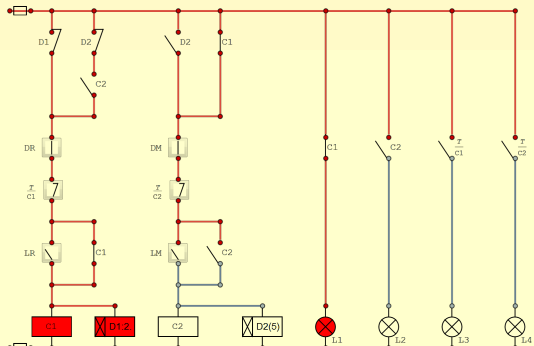




D1 contando tempo...

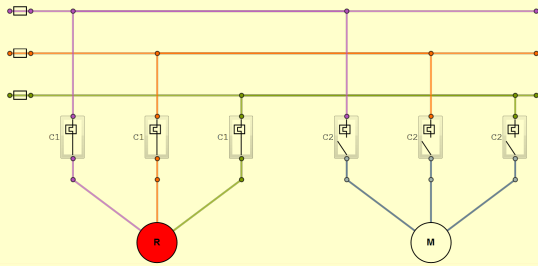


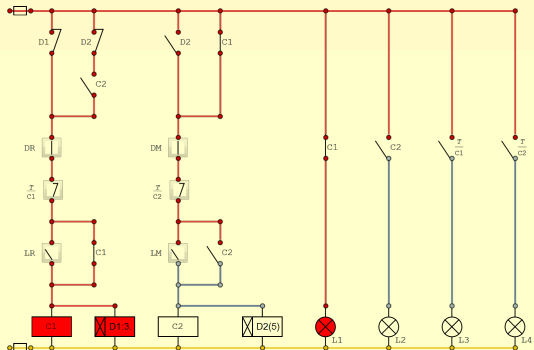
- Circuito 1
- Circuito 2
- Circuito 3
- Circuito 3 (timeout)
- Final



D1 contando tempo...

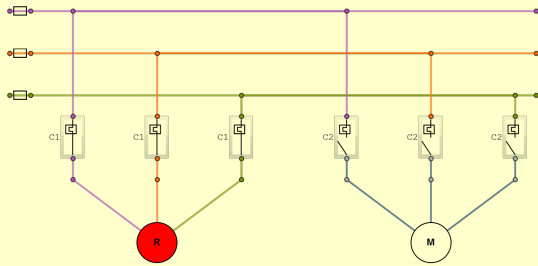
- Circuito 1
- Circuito 2
- Circuito 3
- Circuito 3 (timeout)
- Final

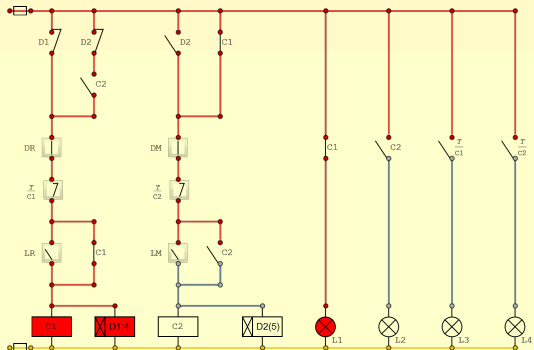




D1 contando tempo...

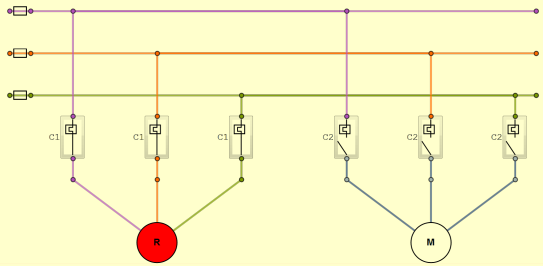
- Circuito 1
- Circuito 2
- Circuito 3
- Circuito 3 (timeout)
- Final

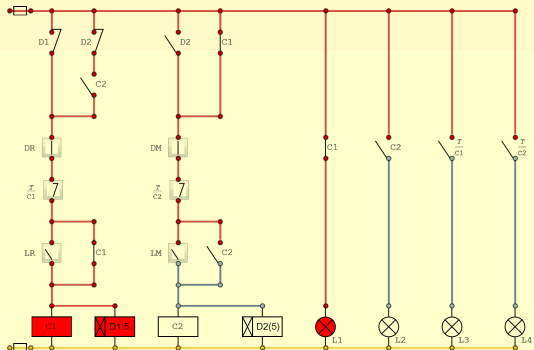




D1 contando tempo...

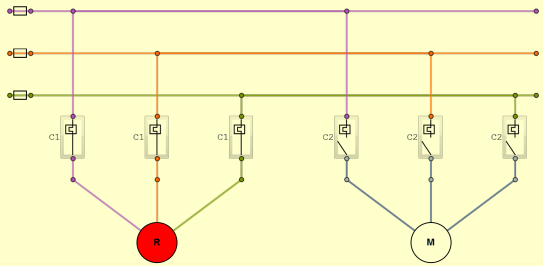
- Circuito 1
- Circuito 2
- Circuito 3
- Circuito 3 (timeout)
- Final

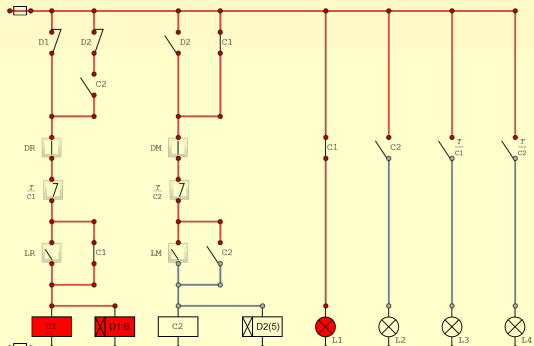




D1 contando tempo...

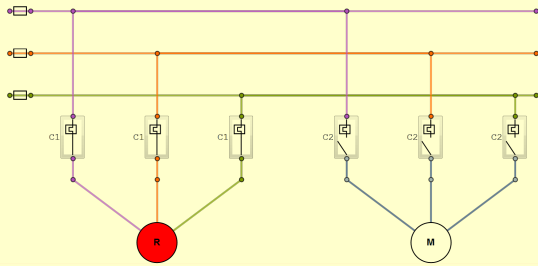
- Circuito 1
- Circuito 2
- Circuito 3
- Circuito 3 (timeout)
- Final

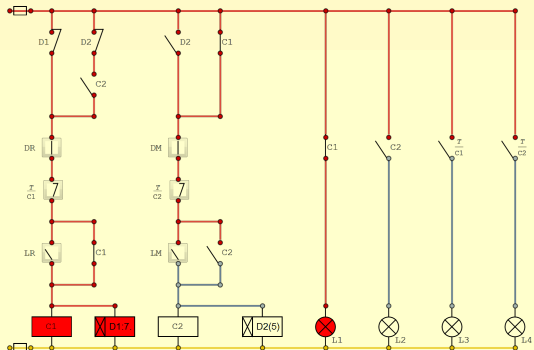




D1 contando tempo...

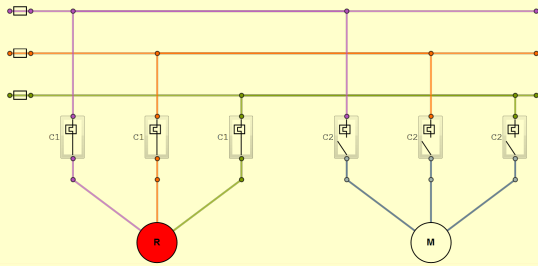
- Circuito 1
- Circuito 2
- Circuito 3
- Circuito 3 (timeout)
- Final

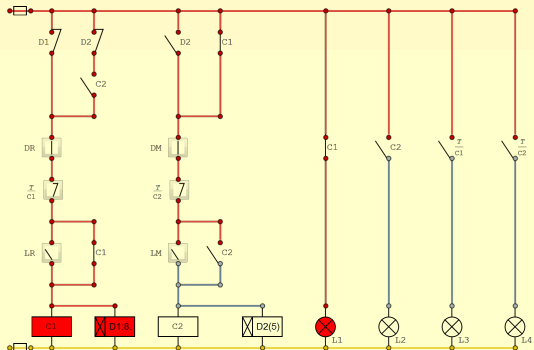




D1 contando tempo...

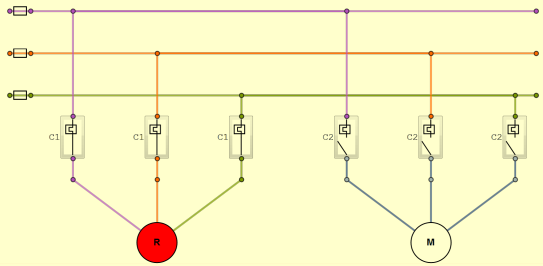
- Circuito 1
- Circuito 2
- Circuito 3
- Circuito 3 (timeout)
- Final

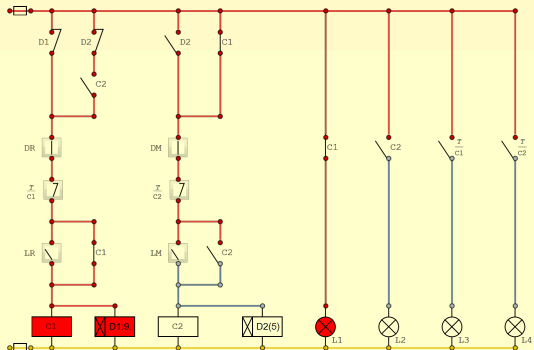




D1 contando tempo...

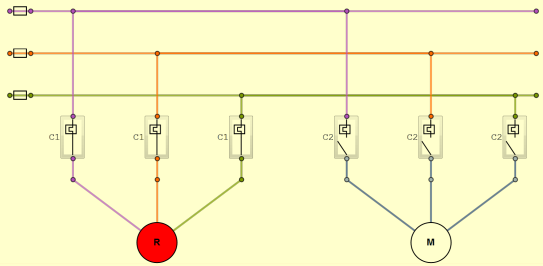
- Circuito 1
- Circuito 2
- Circuito 3
- Circuito 3 (timeout)
- Final

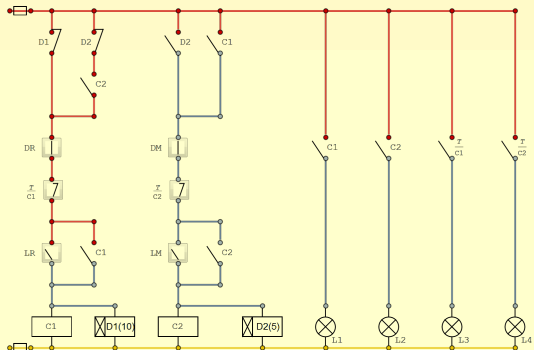




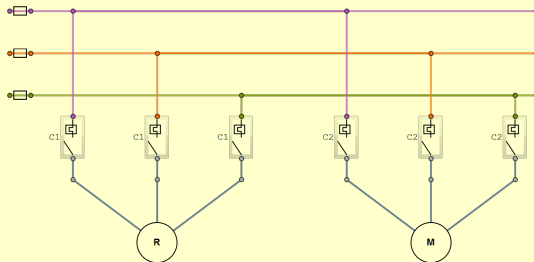
D1 contando tempo...

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





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



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

OBRIGADO!

Este material é resultado da modernização dos materiais elaborados pelos professores do Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para as diversas disciplinas da área de Eletrotécnica Geral e foi desenvolvido pelos professores Giovanni Manassero Junior e Milana Lima dos Santos, com a coordenação do professor Hernán Prieto Schmidt.