REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL
MINISTÉRIO DA ECONOMIA
INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

CARTA PATENTE Nº PI 0920588-8

O INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL concede a presente PATENTE DE INVENÇÃO, que outorga ao seu titular a propriedade da invenção caracterizada neste título, em todo o território nacional, garantindo os direitos dela decorrentes, previstos na legislação em vigor.

(21) Número do Depósito: PI 0920588-8

(22) Data do Depósito: 15/10/2009

(43) Data da Publicação Nacional: 29/12/2015

(51) Classificação Internacional: H05B 37/02.

(30) Prioridade Unionista: US 12/255,881 de 22/10/2008.

(54) Título: CIRCUITO FOTOSSENSOR

(73) Titular: TE CONNECTIVITY CORPORATION, Pessoa Jurídica. Endereço: 1050 Westlakes Drive, Berwyn, PA 19312, ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA(US), Norte Americana

(72) Inventor: RICHARD CHARLES FLAHERTY.

(87) Publicação PCT: WO 2010/047751 de 29/04/2010

Prazo de Validade: 10 (dez) anos contados a partir de 19/11/2019, observadas as condições legais

Expedida em: 19/11/2019

Assinado digitalmente por:
Liane Elizabeth Caldeira Lage
Diretora de Patentes, Programas de Computador e Topografias de Circuitos Integrados

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para **"CIRCUITO FOTOSSENSOR".**

Antecedentes da Invenção

[001] A presente invenção refere-se a circuitos fotossensores e, mais particularmente, a circuitos fotossensores para controle de comutação de nível de iluminação.

[002] Os controladores de luz são dispositivos que ligam e desligam automaticamente dispositivos elétricos em resposta ao nível de iluminação ambiente. Os mesmos são utilizados, por exemplo, em iluminação pública para desligar a mesma durante o dia e ligar a mesma durante a noite automaticamente. Também são utilizados em sistemas de iluminação de outdoors para ligar as luzes dos outdoors no final do dia, desligar tarde da noite durante períodos de baixo tráfego de veículos, ligar novamente cedo pela manhã durante os períodos de tráfego intenso quando os altos níveis de tráfego são retomados, e então desligar durantes as horas do dia. Os controladores de luz também podem ser utilizados de forma invertida, por exemplo, para ligar uma fonte de água de um campo de golfe durante o dia e desligar de noite.

[003] Uma variedade de dispositivos, incluindo controladores de luz, pode fazer uso dos conversores de energia para converter a corrente alternada de tensão relativamente alta em corrente contínua de tensão relativamente baixa como é utilizado em muitos dispositivos eletrônicos convencionais. Alguns dos conversores de energia convencionais fazem uso de grandes resistores de alta tensão para diminuir a tensão. No entanto, esses resistores são tipicamente ineficientes e geral muito calor. O calor gerado pelos resistores pode exigir que os resistores sejam alojados em um pacote grande e inclua elementos de dissipação de calor, tal como depósitos de calor. Além disso, o alto calor gerado pelos resistores pode resultar em problemas com a confiabilidade e longevidade nos resistores e em outros componentes ele-

trônicos situados perto dos resistores.

[004] Outra abordagem convencional para se converter energia é o uso de um conversor de energia de modo de comutação. O conversor de energia de modo de comutação exige tipicamente seis transistores ou um micro controlador para implementação. A exigência por múltiplos transistores ou um micro controlador pode causar a implementação dos conversores de energia de modo de comutação de forma proibitiva em termos de custo em algumas aplicações, tal como em controladores de luz.

[005] Um conversor de energia de modo de comutação pequeno, barato e eficiente é descrito na patente U.S. No. 6.903.942 ("a patente '942"), que é incorporada aqui por referência em sua totalidade. O conversor de energia de modo de comutação da patente '942 é ilustrado na figura 1. O circuito ilustrado na figura 1 é um regulador de energia de modo de comutação, que implementa a modulação de largura de pulso sincronizada por linha de energia (modulação de ângulo de disparo). O circuito compreende um circuito de energia e um circuito de controle. O circuito de energia compreende um estágio de saída, que compreende um transistor Q3. O circuito coletor do transistor compreende um relé K1 e um diodo D6, conhecido como um diodo snubber, em paralelo com o relé K1.

[006] O circuito compreende adicionalmente um primeiro capacitor C6 acoplado à base do transistor Q3, um primeiro resistor R4 acoplado em série ao primeiro capacitor C6, e um segundo resistor R8 acoplado em série ao primeiro resistor R4. O circuito ilustrado adicionalmente compreende um primeiro diodo D7 acoplado em paralelo com o segundo resistor R8. O circuito compreende adicionalmente um terceiro resistor R5 acoplado à base do primeiro transistor Q3 e um diodo Zener D1, cujo catodo é conectado ao primeiro capacitor C6 e um segundo diodo D5, e cujo anodo é conectado ao terceiro resistor

R5.

[007] O circuito também compreende um quarto resistor R6 acoplado em série com o terceiro diodo D5, um relé K1 acoplado em série ao quarto resistor R6, e um terceiro diodo D6 acoplado em paralelo ao relé K1, um segundo capacitor C5 acoplado ao quarto resistor R6, um quinto resistor R7 acoplado em série ao segundo capacitor C5; e um bujão, compreendendo uma carga, um neutro e uma linha, onde a carga é acoplada ao relé K1, o neutro é acoplado ao emissor do transistor Q3, e a linha é acoplada ao resistor variável.

[008] O transistor Q3 regula a tensão média através da bobina do relé K1 por meio de modulação de largura de pulso. Na modalidade ilustrada, o transistor Q3 compreende um transistor bipolar, no entanto, o transistor Q3 pode, ao invés disso, ser um transistor de efeito de campo (FET), ou um transistor bipolar de porta isolada (IGBT), desde que um diodo seja localizado com catodo para dreno e anodo para fonte.

[009] O transistor Q3 começa a conduzir no começo do ciclo de linha de energia (0 grau) e continua a conduzir até que corrente suficiente tenha fluido para manter a tensão de relé no nível desejado. Quando o transistor Q3 é desligado, uma tensão será induzida através da bobina do relé K1 por indução magnética. Essa tensão é parcialmente suprimida pelo diodo D6 a fim de impedir a falha do transistor Q3 decorrente da tensão excessiva.

[0010] O circuito ilustrado na figura 1 utiliza a retificação de meia onda. A retificação de meia onda é menos dispendiosa do que a retificação de onda inteira e exige menos componentes. Visto que o relé K1 é altamente indutor, o mesmo não exige um sinal DC particularmente limpo. Por exemplo, o sinal DC pode incluir uma grande quantidade de ondulação, que não afetará a operação do relé K1. Retificação de meia onda permite que o circuito opere em dois modos, positi-

vo e negativo. Durante a metade positiva, o transistor Q3 gera um pulso de corrente, que é regulado pela tensão média através do relé K1. Esse processo é a modulação de largura de pulso.

[0011] O circuito de controle ilustrado na figura 1 compreende um gerador de pulso cuja largura de pulso varia de forma proporcional à diferença entre a tensão Zener do diodo D1 e a tensão média através do relé K1. No começo do ciclo de linha de energia (0 grau), uma corrente começará a fluir através do diodo D7, resistor R4, capacitor C6 e a base do transistor Q3. A corrente fará com que o transistor Q3 seja ligado, iniciando um pulso.

[0012] O diodo D7 e o resistor R8 fornecem a retificação de energia de meia onda. O resistor R8 é aplicado através do retificador de energia D7, aplicando uma corrente negativa durante a metade negativa do ciclo de linha. O resistor R8 permite que uma corrente negativa pequena seja aplicada. O resistor R8 fornece a corrente negativa que liga o transistor Q3 durante a metade negativa do ciclo de linha. Essa carga negativa conduzida através de R8 deve exceder a carga que conduz através do capacitor C6 para garantir que o transistor Q3 seja ligado. A corrente negativa liga o retificador D6 e liga o transistor Q3, fornecendo um percurso de corrente entre o lado de baixa tensão do capacitor C5 através do resistor R7.

[0013] Na modalidade ilustrada, sem o resistor R7, o transistor Q3 não saturaria durante o pulso de corrente, fazendo com que energia excessiva seja dissipada no transistor Q3. A tensão do coletor transistor Q3 cairia até que o diodo D5 conduzisse, desviando a corrente de base do transistor Q3 e impedindo que o transistor Q3 sature. Durante o pulso de corrente do transistor Q3, uma tensão é gerada através do resistor R7 que impedirá que o diodo D5 conduza e impedindo a saturação do transistor Q3. Para impedir que o diodo D5 conduza durante a metade positiva do ciclo de linha, uma tensão de pelo menos a ten-

são de ondulação do capacitor C6 deve cair através do resistor R7. O transistor Q3 não começa a conduzir até que a tensão de linha instantânea seja aproximadamente o dobro da tensão Zener do diodo D1.

[0014] O capacitor C5 filtra a tensão através do relé K1. Se o valor de C5 for muito pequeno, a bobina do relé oscilará ligando e desligando durante a energização fazendo com que os contatos do relé vibrem. Portanto, o capacitor C5 ilustrado tem um valor grande o suficiente para impedir esse vibração dos contatos do relé.

[0015] O capacitor C6 é pré-configurado para a tensão de saída e fornece uma funcionalidade de temporização. Durante a metade positiva do ciclo de linha, uma corrente flui através do resistor R4 para o capacitor C6, fazendo com que comece a carregar, e através da base do transistor Q3, que ligará o transistor Q3. O transistor Q3 permanece ligado enquanto uma corrente fluir através do capacitor C6. O aumento do valor do capacitor C6 tem o efeito positivo de aumentar o ganho do circuito de retorno do circuito regulador. No entanto, o aumento do valor também reduz o tempo que leva para que o pulso de corrente do transistor Q3 seja desligado, aumentando as perdas de comutação no transistor Q3, e aumentando o tempo para que o circuito regulador estabilize durante a inicialização.

[0016] À medida que essa corrente flui, a tensão através do capacitor C6 aumenta. Quando a tensão através do capacitor C6 mais a base para a tensão do emissor do transistor Q3 alcança a tensão Zener do diodo D1, a corrente fluindo através do capacitor C6 cessa visto que a corrente é desviada para o diodo Zener D1. O diodo Zener D1 fornece a tensão de referência à qual a tensão de bobina do relé será regulada. Quando a corrente através do capacitor C6 cessa, nenhuma corrente flui para a base do transistor Q3, desligando o mesmo e encerrando o pulso.

[0017] Durante a metade negativa do ciclo de linha, uma corrente

flui através do resistor R8, diodo D6, coletar e base de transistor Q3, e resistor R5. Essa corrente ligará o transistor Q3. Além disso, durante a metade negativa do ciclo de linha de energia, o resistor R5 fornece parte do percurso de corrente através do qual o capacitor C6 descarregar para dentro de C5.

[0018] Durante a metade positiva do ciclo de linha no final do pulso de corrente, o resistor R5 faz com que o transistor Q3 desligue mais rapidamente, reduzindo as perdas de energia durante a comutação do transistor Q3. O resistor R5 irá shunt parte da corrente que, do contrário, atravessaria a base do transistor Q3 durante o pulso da corrente de base do transistor Q3. Se a corrente shunted for muita, a corrente de base do transistor Q3 não será suficiente para ligar o transistor Q3 completamente.

[0019] O capacitor C6 descarregará agora para dentro do capacitor C5 até que suas tensões equalizem. A tensão através do capacitor C5 é igual à tensão média através da bobina do relé K1. O diodo D7 desconecta durante a metade negativa do ciclo de linha de energia garantindo que a corrente de relé seja corrente contínua. Como tal, a descarga do capacitor C6 para dentro do capacitor C5 determina a largura de pulso para a operação do transistor Q3, que, por sua vez, permite que a corrente flua para estabelecer a tensão média da bobina do relé K1.

[0020] O circuito ilustrado na figura 1, também compreende um circuito de realização de média de tensão, compreendendo adicionalmente um resistor R6, um capacitor C5, e um resistor R7. O circuito de realização de média mede essencialmente a tensão média através da bobina do relé K1. A tensão média através do capacitor C5 é a tensão à qual o circuito é regulado. A finalidade do resistor R7, além da formação de parte do circuito de realização de média é também garantir que o diodo D5 não conduza durante a metade positiva do ciclo de li-

nha de energia. A corrente para o resistor R8 flui através do diodo D6, ligando o mesmo, e então a corrente flui através do coletor do transistor Q3, fazendo com que o mesmo ligue. Quando o transistor Q3 liga, o mesmo cria uma corrente de base entre o emissor do transistor Q3 e a extremidade negativa do capacitor C5. Quando a corrente começa a fluir, o diodo D5 começa a conduzir, o que faz com que o capacitor C6 descarregue até que esteja na mesma tensão que o capacitor C5. Os capacitores alcançam a mesma tensão que a tensão de saída média.

[0021] Esse retorno da tensão de saída para o circuito de formação de pulso determina a duração pela qual cada transistor de ciclo Q3 será ligado. (O circuito de retorno de alimentação é como se segue. Tensão média da tensão da bobina do relé K1 -> tensão do capacitor C5 -> tensão do capacitor C6 -> ciclo de tarefa de comutação do transistor Q3 -> tensão média da tensão de bobina do relé K1). Se a tensão média através da bobina do relé K1 for muito baixa, a tensão através do capacitor C6 será inferior à tensão Zener do diodo D1 resultando em um tempo LIGADO maior do transistor Q3, que fará com que a tensão da bobina de relé média aumente. Se a tensão média através da bobina de relé K1 for muito alta a tensão através do capacitor C6 se aproximará da tensão Zener do diodo D1, resultando em um tempo LIGADO do transistor mais curto Q3, o que fará com que a tensão da bobina de relé média diminua.

[0022] O circuito ilustrado na figura 1 também compreende um bujão J4. O bujão J4 pode ser um conector tipo Hubble de trava por torção utilizado para conectar uma tensão de linha, tensão neutra e carga. O circuito também compreende um resistor variável de óxido de metal MOV. MOV não é necessário para a operação do circuito. Fornece um nível de proteção eliminando os transientes de alta tensão que podem ser provenientes de um relâmpago.

Sumário da Invenção

[0023] As modalidades da presente invenção fornecem circuitos fotossensores incluindo uma bobina de relé configurada para controlar a aplicação de uma fonte de energia AC possuindo uma metade negativa e uma metade positiva de um ciclo de linha a uma carga. O circuito inclui um circuito modulador de largura de pulso configurado para gerar um sinal modulado de largura de pulso possuindo uma largura de pulso que varia em resposta a uma tensão média através da bobina de relé. Um transistor de acionamento é acoplado entre a bobina de relé e um barramento neutro que controla a tensão média através da bobina de relé em resposta ao sinal modulado de largura de pulso. Um circuito de controle de luz é configurado para controlar a aplicação do sinal modulado de largura de pulso para o transistor de acionamento em resposta a um nível de luz detectado. Um circuito de energia inclui um retificador de meia onda acoplado à fonte de energia que é configurada para fornecer um sinal de energia para o circuito modulador de largura de pulso e um sinal de energia regulado para o circuito de controle de luz durante uma das metades do ciclo de linha da fonte de energia AC. O sinal de energia é uma onda quadrada e o circuito de energia inclui adicionalmente um circuito retificador e um circuito divisor de tensão configurado para gerar o sinal de energia regulado do sinal de energia. O circuito de controle de luz inclui um fototransistor. O fototransistor possui um primeiro terminal acoplado ao sinal de energia regulado através de um primeiro resistor e um segundo terminal que envia uma corrente em resposta a um nível de luz detectado pelo fototransistor. Um circuito de filtro de passa-baixa é acoplado ao primeiro terminal do fototransistor que filtra a corrente de saída do fototransistor para fornecer uma tensão de sinal de nível de luz e um transistor selecionado acopla o sinal modulado de largura de pulso ao transistor de acionamento durante uma das metades do ciclo de linha da fonte de energia AC em resposta à tensão de sinal de nível de luz

possuindo um nível selecionado.

[0024] Em modalidades adicionais, o circuito retificador é um diodo possuindo um primeiro terminal acoplado ao sinal de energia e um segundo terminal acoplado ao circuito divisor de tensão. O circuito fotossensor inclui adicionalmente um primeiro capacitor acoplado entre o segundo terminal do fototransistor e o segundo terminal do diodo de circuito de retificador que modula uma quantidade de retorno positivo através do primeiro terminal do fototransistor proporcional a uma corrente fluindo através da bobina de relé para fornecer histerese para o controle da bobina de relé pelo circuito fotossensor e um segundo capacitor acoplado entre o primeiro e o segundo terminais do fototransistor.

[0025] Em outras modalidades, o transistor de acionamento é um par Darlington de transistores. O par Darlington de transistores inclui um primeiro transistor e um segundo transistor. O primeiro transistor possui um emissor acoplado a uma base do segundo transistor. O circuito inclui adicionalmente um resistor acoplado entre a base do segundo transistor e o barramento neutro. Um resistor pode ser acoplado entre a bobina de relé normalmente aberta e o transistor de acionamento e um capacitor pode ser acoplado entre o terminal do transistor selecionado que acopla o sinal modulado de largura de pulso ao transistor de acionamento e o resistor acoplado entre a bobina de relé normalmente aberta e o transistor de acionamento.

[0026] Em modalidades adicionalmente, o circuito modulador de largura de pulso inclui um diodo Zener acoplado entre o segundo terminal do fototransistor e o sinal de energia. A largura de pulso do sinal modulado de largura de pulso varia de forma proporcional com uma diferença entre uma tensão Zener do diodo Zener e a tensão média através da bobina de relé. O fototransistor define um percurso de corrente para um sinal de retorno positivo gerado através do diodo Zener

para fornecer o retorno positivo. Um circuito de filtro de frequência de rádio também pode ser fornecido, incluindo um resistor que acopla o diodo Zener ao sinal de energia e um capacitor acoplado entre o transistor selecionado e o transistor de acionamento.

[0027] Em algumas modalidades, o circuito fotossensor é um dispositivo de controle de luz de iluminação pública e a carga compreende a iluminação pública e a bobina de relé é configurada para ativar para ligar a iluminação pública em resposta à detecção de menos do que um nível mínimo de luz pelo fototransistor.

[0028] Em outras modalidades, o circuito de filtro de passa-baixa inclui um resistor de retardo possuindo um primeiro terminal acoplado ao primeiro terminal do fotossensor e um capacitor de retardo acoplado entre um segundo terminal do resistor de retardo e o barramento neutro que são configurados para fornecer ao circuito de filtro de passa-baixa um retardo assimétrico fornecendo momentos diferentes de liga e desliga para a carga. O circuito de filtro de passa-baixa pode incluir um transistor de filtro acoplado ao suprimento de energia regulado, o primeiro terminal do resistor de retardo e o segundo terminal de resistor de retardo. O circuito fotossensor pode ser um dispositivo de controle de luz de iluminação pública e a carga pode ser a iluminação pública e o circuito fotossensor pode ser configurado para ligar a iluminação pública mais rapidamente do que desliga a iluminação pública. Uma das metades do ciclo de linha da fonte de energia AC pode ser a metade positiva e o retificador de meia onda pode incluir um resistor acoplado à fonte de energia AC que fornece uma corrente negativa que ativa o transistor de acionamento durante a metade negativa do ciclo de linha.

[0029] Em outras modalidades, um circuito fotossensor inclui uma bobina de relé configurada para controlar a aplicação de uma fonte de energia AC possuindo uma metade negativa e uma metade positiva de

um ciclo de linha para uma carga. Um circuito modulador de largura de pulso é configurado para gerar um sinal modulado de largura de pulso possuindo uma largura de pulso que varia em resposta a uma tensão média através da bobina de relé. Um transistor de acionamento é acoplado entre a bobina de relé e um barramento neutro que controla a tensão média através da bobina de relé em resposta ao sinal modulado de largura de pulso. O transistor de acionamento é um par Darlington de transistores. Um circuito de controle de luz é configurado para controlar a aplicação do sinal modulado de largura de pulso ao transistor de acionamento em resposta a um nível de luz detectado e um retificador de meia onda acoplado à fonte de energia é configurado para fornecer um sinal de energia para o circuito modulador de largura de pulso e o circuito de controle de luz durante uma das metades do ciclo de linha da fonte de energia AC.

[0030] O circuito de controle de luz inclui um fototransistor, o fototransistor possuindo um primeiro terminal acoplado ao sinal de energia e um segundo terminal que envia uma corrente em resposta a um nível de luz detectado pelo fototransistor. Um circuito de filtro de passa-baixa é acoplado ao segundo terminal do fototransistor que filtra a corrente de saída do fototransistor para fornecer uma tensão de sinal de nível de luz. Um transistor selecionado acopla o sinal modulado de largura de pulso ao transistor de acionamento durante uma das metades do ciclo de linha da fonte de energia AC em resposta à tensão de sinal de nível de luz possuindo um nível selecionado. Um capacitor acoplado entre o segundo terminal do fototransistor e o barramento neutro modula uma quantidade de retorno positivo através do primeiro terminal do fototransistor proporcional a uma corrente fluindo através da bobina de relé para fornecer histerese para o controle da bobina de relé pelo circuito fotossensor.

[0031] Em outras modalidades, o par Darlington de transistores

inclui um primeiro transistor e um segundo transistor. O primeiro transistor possui um emissor acoplado a uma base do segundo transistor. O circuito inclui adicionalmente um resistor acoplado entre a base do segundo transistor e o barramento neutro. O circuito modulador de largura de pulso pode incluir um diodo Zener acoplado entre o primeiro terminal do fototransistor e o barramento neutro e o circuito fotossensor pode incluir adicionalmente um resistor que acopla o diodo Zener ao primeiro terminal do fototransistor e um capacitor acoplado em paralelo ao resistor e ao fototransistor. O circuito de controle de luz pode incluir adicionalmente um primeiro capacitor acoplado entre o transistor selecionado e o diodo Zener e o circuito modulador de largura de pulso pode incluir um segundo capacitor acoplado em paralelo à bobina de relé. Os primeiro e segundo capacitores podem ser capacitores cerâmicos.

Breve Descrição dos Desenhos

[0032] A figura 1 é um diagrama de circuito de um regulador de energia de acordo com a técnica anterior;

[0033] A figura 2 é um diagrama de circuito de um regulador de energia controlado por luz de acordo com a técnica anterior;

[0034] A figura 3 é um diagrama de circuito de um circuito fotossensor descrito no pedido de patente U.S. copendente No. 12/102.631, depositado em 21 de abril de 2008;

[0035] As figuras 4a a 4c são diagramas de circuito das partes de um circuito fotossensor de acordo com algumas modalidades da presente invenção;

[0036] As figuras 5a e 5b são diagramas de circuito de partes do circuito fotossensor de acordo com algumas modalidades da presente invenção;

[0037] A figura 6 é um diagrama de circuito de um circuito fotossensor de acordo com algumas modalidades da presente invenção;

[0038] A figura 7 é um diagrama de circuito de um circuito fotossensor de acordo com modalidades adicionais da presente invenção.

Descrição Detalhada das Modalidades da Invenção

[0039] A presente invenção será descrita agora mais completamente com referência aos desenhos em anexo, nos quais modalidades ilustrativas da invenção são ilustradas. Nos desenhos, tamanhos relativos de regiões ou características podem ser exagerados para fins de clareza. Essa invenção pode, no entanto, ser consubstanciada de muitas formas diferentes e não deve ser considerada limitada às modalidades apresentadas aqui; ao invés disso, essas modalidades são fornecidas de modo que essa descrição seja profunda e completa, e porte totalmente o escopo da invenção para os versados na técnica.

[0040] Será compreendido que, apesar de os termos primeiro, segundo, etc. poderem ser utilizados aqui para descrever vários elementos, componentes, régios, camadas e/ou seções, esses elementos, componentes, regiões, camadas e/ou seções não devem ser limitados por esses termos. Esses termos são apenas utilizados para distinguir um elemento, componente, região, camada ou seção de outra região, camada ou seção. Dessa forma, um primeiro elemento, componente, região, camada ou seção discutido abaixo pode ser chamado de segundo elemento, componente, região, camada ou seção sem se distanciar dos ensinamentos da presente invenção.

[0041] Os termos espacialmente relativos, tal como "sob", "abaixo", "inferior", "acima", "superior" e similares podem ser utilizados aqui para facilitar a descrição para se descrever a relação de um elemento ou característica a outros elementos ou características como ilustrado nas figuras. Será compreendido que os termos espacialmente relativos devem englobar diferentes orientações do dispositivo em uso ou operação em adição à orientação apresentada nas figuras. Por exemplo, se o dispositivo nas figuras for virado, os elementos descritos como

"abaixo", ou "sob" outros elementos ou características será orientado então "acima" dos outros elementos ou características. Dessa forma, o termo ilustrativo "abaixo" pode englobar tanto uma orientação acima quanto uma orientação abaixo. O dispositivo pode ser de outra forma orientado (girado por 90º ou em outras orientações) e as descrições espacialmente relativas utilizadas aqui interpretadas de acordo.

[0042] Como utilizado aqui, as formas no singular "um", "uma", e "o", "a" devem incluir as formas no plural também, a menos que expressamente mencionado o contrário. Será adicionalmente compreendido que os termos "inclui", "compreende", "incluindo" e/ou "compreendendo", quando utilizados nessa especificação, especificam a presença de características, inteiros, etapas, operações, elementos e/ou componentes mencionados, mas não impedem a presença ou adição de uma ou mais outras características, inteiros, etapas, operações, elementos, componentes e/ou grupos dos mesmos. É compreendido que quando um elemento é referido como sendo "conectado" ou "acoplado" a outro elemento, o mesmo pode ser conectado diretamente ou acoplado a outro elemento ou elementos intervenientes podem estar presentes. Adicionalmente, "conectado" ou "acoplado" como utilizado aqui pode incluir conectado ou acoplado sem fio. Como utilizado aqui, o termo "e/ou" inclui toda e qualquer combinação de um ou mais dos itens listados associados.

[0043] A menos que definido o contrário, todos os termos (incluindo termos técnicos e científicos) utilizados aqui possuem o mesmo significado que o comumente compreendido pelos versados na técnica à qual essa invenção pertence. Será compreendido adicionalmente que os termos, tal como os definidos em dicionários utilizados comumente, devem ser interpretados como possuindo um significado que seja consistente com seu significado no contexto dessa especificação e a técnica relevante e não sejam interpretados em um sentido ideali-

zado ou excessivamente formal a menos que expressamente definido aqui.

[0044] Como descrito na patente '942, o regulador de energia ilustrado na figura 1 pode ser utilizado em um sistema de controle de iluminação como ilustrado no diagrama de circuito da figura 2. O circuito ilustrado na figura 2 faz com que um comutador feche com o crepúsculo e abra com o alvorecer, tal como para o controle de iluminação pública. A tensão de linha de energia do circuito ilustrado pode variar de aproximadamente 87 VAC para 305 VAC e possui uma frequência de linha de energia de 50 Hz ou 60 Hz. Essa flexibilidade pode permitir que o controle de luz seja utilizável em quase todas as aplicações de corrente alternada. Para auxiliar a operação estável, o circuito de controle opera como um acionador Schmitt, comutando a saída negativa em uma tensão limite e não comutando de volta até que a tensão caia para uma tensão limite inferior.

[0045] A tensão na bobina de relé K1 é convertida de corrente alternada para corrente direta e regulada para fornecer a operação correta do relé K1. Como notado acima, devido à natureza indutora da bobina de relé K1, sua tensão pode ter um componente de ondulação grande e ainda terá uma operação correta. Esse circuito de suprimento de energia regulada ilustrado na figura 1 supre essa corrente contínua regulada para a bobina do relé K1. Na figura 21, o transistor Q2 fornece um comutador para ligar ou desligar o circuito de suprimento de energia regulada a fim de ligar ou desligar a tensão para a bobina de relé K1 e, dessa forma, desligar ou ligar a lâmpada. O V máximo de dreno para fonte será igual à tensão Zener do diodo D1, 15 V. A corrente de dreno máxima é igual à corrente máxima que flui através do resistor R4.

[0046] A corrente do fototransistor Q1 aumenta com um aumento da intensidade da luz ambiente e diminui com uma redução da intensi-

dade de luz ambiente. A corrente do fototransistor Q1 passa através de e causa uma tensão através dos resistores R1 e R2. Essa tensão é proporcional ao nível de luz ambiente e é referida como sinal de luz. Visto que a saída do fototransistor Q1 é uma corrente, o resistor R2 é utilizado para transformar a corrente em tensão. R1 serve para converter a corrente de retorno gerada pela bomba de carga feita de D2, D3 e C2 em uma tensão. Pelo ajuste do valor de resistência de R1 a quantidade do retorno pode ser ajustada. Esse resistor pode ser chamado de controle de histerese. Na maior parte dos circuitos de controle de luz utilizados na iluminação pública, é desejável que o nível de luz de desligar seja o dobro do nível de luz para ligar. O valor de R1 pode ser alterado até que essa razão de níveis de luz de ligar para desligar seja alcançado.

[0047] Visto que os fototransistores podem variar, R2 é normalmente ajustado para normalizar a sensibilidade para o nível desejado. R2 pode ser chamado de "resistor de ganho".

[0048] O capacitor C1 filtra o sinal de luz, removendo os componentes de ruído de alta frequência que podem ser induzidos por raios, interferência de rádio, ou outras causas. Se esse circuito for protegido contra influências eletromagnéticas externas, tal como interferência de rádio ou pulsos eletromagnéticos causados por raios, C1 pode não ser necessário. O filtro de passa-baixa ou circuito de retardo, compreendendo o resistor R3 e o capacitor C3, faz com que o sinal de luz seja retardado por aproximadamente 1,5 segundos. O retardo geralmente impede que fontes de luz transiente de curta duração, tal como os faróis de um carro que passa, ou uma luz piscando façam com que a lâmpada pisque. A saída do filtro de passa baixa é aplicada à porta do fototransistor Q2, que é ligada e desligada pelo sinal de luz, ligando ou desligando o circuito de suprimento de energia regulada a fim de ligar ou desligar a tensão para a bobina de relé K1 e, dessa forma, desli-

gando ou ligando a lâmpada. Um diodo pode ser fornecido em paralelo com o resistor R3 para fornecer um retardo assimétrico, permitindo que os tempos de desligar e ligar da iluminação pública ou similares sejam diferentes.

[0049] O diodo Zener D4 garante que o fototransistor Q1 tenha uma tensão positiva através do mesmo. Apesar de o diodo D4 ser ilustrado na figura 2, como fica claro para os versados na técnica, o mesmo não é necessário. Por exemplo, o diodo D4 pode ser substituído por um circuito curto, e o circuito deve continuar a funcionar adequadamente.

[0050] O capacitor C4 ajuda a tornar o circuito resistente à interferência de rádio, descargas de raios e outras interferências. Como o capacitor C1, se esse circuito for protegido contra influências eletromagnéticas externas tal como interferência de rádio ou pulsos eletromagnéticos como os causados por raios, C4 pode não ser necessário.

[0051] Os diodos D2 e D3 e o capacitor C2 formam um circuito de bomba de carga. O circuito de bomba de carga converte a tensão de corrente alternada de pico para pico encontrada através do resistor R5 em uma corrente direta de polaridade necessária para produzir o retorno positivo. O circuito de bomba de carga fornece o retorno positivo proporcional à corrente de relé (saída) para criar um acionador Schmitt. A entrada do acionador Schmitt no fototransistor Q1 ajuda a fornecer estabilidade.

[0052] O transistor Q3 comuta a energia para o relé, permitindo a adição de apenas um transistor ao circuito para fornecer o controle de luz. A tensão positiva é derivada da extremidade de tensão baixa do resistor R4.

[0053] Circuitos fotossensores adicionais são descritos no pedido de patente U.S. copendente No. 12/102.631, depositado em 21 de abril de 2008 e intitulado "Photosensor Circuits Including a Switch Mo-

de Power Converter." A figura 3 corresponde à figura 5 do pedido de patente U.S. No. 12/102.631. A figura 3 ilustra um circuito fotossensor no qual o circuito de bomba de carga do circuito da figura 2 não é utilizado para o retorno positivo, permitindo uma redução nos componentes do circuito e uma economia de custo resultante, e onde um transistor, ao invés de um diodo, é utilizado para descarregar o capacitor de filtro de passa baixa do circuito da figura 2 para fornecer momentos de ligar e desligar diferentes para a carga.

[0054] Como observado no circuito da figura 3, em adição a não incluir o circuito de bomba de carga do circuito da figura 2, incluindo os diodos D2 e D3 e o capacitor C2, o resistor de ganho R2 do circuito da figura 2 não é incluído no circuito da figura 3. No circuito da figura 2, a finalidade do circuito de bomba de carga foi criar o retorno positivo necessário para criar uma resposta do acionador Schmitt. Em contraste, o circuito da figura 3 obtém o retorno positivo desejado da ondulação de corrente alternada através do diodo D1, que é conduzido através do fototransistor Q1, ajustado em magnitude pelo capacitor C1 e retificado pelo transistor Q4. Como resultado disso, três ou mais componentes podem ser eliminados para reduzir o custo do circuito fotossensor.

[0055] Como observado no circuito da figura 3, o circuito fotossensor, inclui uma bobina de relé normalmente fechada K1. A bobina de relé K1 controla a aplicação de uma fonte de energia AC LINE/J1, que porta ambas a metade negativa e a metade positiva de um ciclo de linha, para uma carga LOAD/J2, tal como a iluminação pública. Uma segunda polaridade de referência NEUTRAL/J3 também é fornecida. A bobina de relé ilustrada K1 opera um comutador normalmente fechado de modo que o estado padrão para a iluminação pública seja ligado e a aplicação de uma tensão média suficiente à bobina de relé K1 desligue a iluminação pública no circuito ilustrado da figura 3.

[0056] Como discutido com referência à figura 1 acima, um circuito

modulador de largura de pulso incluindo os componentes C6, D1, R4 e R5, que gera um sinal modulado de largura de pulso possuindo uma largura de pulso que varia em resposta a uma tensão média através da bobina de relé K1. Um transistor de acionamento Q3 acoplado entre a bobina de relé K1 e o barramento neutro NEUTRAL/J3 controla a tensão média através da bobina de relé K1 em resposta à entrada do sinal modulado de largura de pulso para a porta do transistor Q3.

[0057] Para o circuito ilustrado na figura 3, um circuito de controle de luz é incluído e controla a aplicação do sinal modulado de largura de pulso ao transistor de acionamento Q3 em resposta a um nível de luz detectado. O retificador de meia onda, incluindo os componentes D7 e R8, é acoplado à fonte de energia e fornece um sinal de energia para o circuito modulador de largura de pulso e o circuito de controle de luz durante uma das metades do ciclo de linha da fonte de energia AC LINE/J1.

[0058] Como observado no circuito da figura 3, o circuito de controle de luz inclui o fototransistor Q1. O fototransistor Q1 possui um primeiro terminal acoplado ao sinal de energia, através do resistor R4, e um segundo terminal que envia uma resposta de corrente para um nível de luz detectado pelo fototransistor Q1. O transistor selecionado Q2 acopla o sinal modulado de largura de pulso à base do transistor de acionamento Q3 durante a metade retificada do ciclo de linha da fonte de energia AC LINE/J1 passada pelo diodo D7 em resposta à tensão do sinal de nível de luz possuindo uma entrada de nível selecionada para a porta do transistor Q2.

[0059] Para o circuito da figura 3, um capacitor C1 é utilizado para ajustar a quantidade de retorno positivo que é adicionada ao sinal de luz. O capacitor C1 é acoplado entre o segundo terminal do fototransistor e o barramento neutro NEUTRAL/J3. O sinal de retorno, à medida que é conduzido através do fototransistor Q1 é um sinal de corrente

alternada proporcional à corrente que flui através da bobina do relé K1. O capacitor C1 modula quanto desse sinal de retorno é adicionado ao sinal de luz por meio de shunting do sinal de retorno excessivo para o barramento neutro NEUTRAL/J3. Esse sinal de retorno de corrente alternada é convertido em sinal de corrente contínua necessário pelo transistor Q4.

[0060] Como observado no circuito da figura 3, um circuito de filtro de passa-baixa, incluindo componentes R3 e C3, filtra a corrente de saída do fototransistor Q1 para fornecer uma tensão de sinal de nível de luz. O circuito de filtro de passa-baixa também inclui o resistor de retardo R3, que possui um primeiro terminal acoplado ao segundo terminal do fotossensor Q1. O capacitor de retardo C3 é acoplado entre um segundo terminal do resistor de retardo R3 e o barramento neutro NEUTRAL/J3. Um transistor de descarga Q4 é acoplado em paralelo ao capacitor de retardo C3 e possui uma base acoplada ao segundo terminal do fotossensor Q1. O transistor de descarga Q4 descarregar o capacitor de retardo C3 para fornecer ao circuito de filtro de passa-baixa um retardo assimétrico fornecendo diferentes momentos de ligar e desligar para a carga.

[0061] Dessa forma, para o circuito da figura 3, o transistor Q4 ilustrado como um transistor PNP é utilizado para fornecer diferentes momentos de desligar e ligar. Em algumas aplicações de fotossensor, um filtro de bloqueio infravermelho é fornecido sobre o fototransistor Q1, que geralmente exige que o resistor de ganho de retorno R1 seja aumentado em valor para compensar a redução na sensibilidade de luz geralmente causada pelo filtro de bloqueio de infravermelho. O valor aumentado de R1 pode fazer com que o retardo para ligar seja alongado além de limites aceitáveis em alguns casos. Pela substituição de um diodo pelo transistor Q4, o retardo para ligar pode ser reduzido para um grau maior. Também ilustrado no circuito da figura 3 en-

contra-se um resistor adicional R9. O resistor R9 pode operar para limitar ou até mesmo evitar que o V_{EBO} do transistor Q4 exceda sua classificação máxima.

[0062] Mais geralmente, com relação ao circuito da figura 3, o fototransistor Q1 pode fornecer um sinal de corrente proporcional a um nível de luz ambiente detectado pelo fototransistor Q1 e um percurso para o retorno positivo de um sinal gerado através do diodo Zener D1. O resistor de ganho R1 pode converter o sinal de corrente do fototransistor Q1 em um sinal de tensão possuindo uma amplitude selecionada para fazer com que o fotocontrole opere em um nível de luz ambiente desejado como detectado pelo fototransistor Q1. O capacitor C1 pode ter um valor selecionado de modo a modular a quantidade de retorno positivo, retorno esse que, por sua vez, determina a quantidade de histerese fornecida pelo aspecto de Acionador Schmitt do circuito fotossensor.

[0063] O resistor R3, em combinação com o capacitor C3, forma um circuito de retardo temporizado que pode ser utilizado para limitar ou impedir que o controle de luz desligue/ligue durante raios ou outras fontes de luz momentâneas detectados pelo fototransistor Q1.

[0064] O transistor Q4 nas configurações ilustradas, em resposta aos níveis decrescentes de luz, pode ser utilizado para descarregar rapidamente o capacitor C3 para fazer com que o circuito fotossensor ligue substancialmente de forma instantânea (muito rapidamente) em resposta à escuridão. Tal abordagem, por exemplo, pode fornecer, entre outras coisas, o teste rápido de operações de fotocontrole. O transistor Q4 também pode detectar picos negativos de um sinal de ondulação de retorno positivo criando um sinal de retorno positivo de corrente contínua. O transistor Q2, em resposta a um sinal de tensão gerado por nível de luz detectado aplicado à sua porta, pode ser utilizado para ligar e desligar o relé de fotocontrole K1. O diodo Zener D1 pode

fornecer uma tensão de referência para a regulagem da corrente de bobina do relé K1, fornecer uma tensão operacional para o fototransistor Q1 e uma tensão de ondulação gerada através do diodo Zener D1, que pode ser geralmente proporcional à corrente de bobina de retransmissão e pode, portanto, ser útil como uma fonte de retorno positivo para a operação do acionador Schmitt como descrito anteriormente. O resistor R9 pode ser utilizado para limitar a tensão máxima aplicada através dos terminais do transistor Q4, que podem limitar ou impedir danos ao transistor Q4.

[0065] O circuito, incluindo o transistor Q4, pode ter um retardo de ligar de 20 milissegundos para ligar substancialmente instantâneo enquanto um retardo de desligar de 7,5 segundos pode ser fornecido. Se a razão dos níveis de luz de desligar para ligar se tornar muito alta, a capacitância do capacitor C1 pode ser aumentada. Se o retardo de desligar se tornar muito curto, a capacitância do capacitor C3 pode ter seu valor aumentado. Em casos particulares, o resistor R9 possui uma resistência de 4,3 MΩ, o capacitor C1 possui uma capacitância de 2200 picofarads e o transistor Q4 compreende um transistor de número de parte 2N3906 da Fairchild Semiconductors, Inc. Adicionalmente, o fototransistor Q1 em alguns casos pode ser o Modelo LTR309-R disponível a partir da LiteOn Corporation de Freemont Califórnia.

[0066] As modalidades da presente invenção serão descritas agora com referência às figuras 4a a 6. Em particular, as modalidades da figura 6 diferentemente das da figura 3, incluem um relé normalmente aberto K1, que pode ser utilizado em aplicações de controle de luz onde é desejável que o conversor de modo de comutação energize a bobina de relé K1 durante a escuridão e não durante a luz do dia como com o circuito da figura 3. As modalidades da figura 6 diferem adicionalmente das da figura 3, pelo fato de o transistor PNP único Q3 ilustrado na figura 3 é substituído por um par Darlington de transistores

PNP Q5, Q6. Como tal, as modalidades da figura 6 podem aumentar o ganho de corrente do circuito e diminuir a quantidade de corrente necessária para se comutar a corrente da bobina de relé K1, como será descrito adicionalmente aqui.

[0067] Com referência agora ao circuito ilustrado na figura 4a, a inversão lógica da figura 3 para a figura 6 pode ser realizada pelo acoplamento do emissor do fototransistor Q1 em barramento neutro J3 e o fornecimento de um resistor pull-up R1 para uma fonte de energia, indicada como fonte de energia PS2 na figura 4a. Em contraste, como ilustrado no circuito da figura 3, o emissor do fototransistor Q1 é acoplado através do resistor R1 ao barramento neutro J3. As modalidades da figura 6 são configuradas para fornecer um circuito de controle de luz que responde substancialmente de forma instantânea à escuridão, mas mais lentamente à luz do dia. A disposição do resistor R3, capacitor C3 e transistor Q4 como ilustrado na figura 3 fornece tal disposição de operação para a lógica da figura 3. Em contraste, a figura 4b ilustra uma disposição de resistor R3, capacitor C3 e transistor Q4 configurada para fornecer uma resposta mais lenta à luz do dia do que à escuridão para o circuito da figura 6. Finalmente, a figura 4c ilustra uma combinação de circuitos das figuras 4a e 4b. Mais particularmente, a saída de V2 ilustrada na figura 4c pode ser integrada em um conversor de modo de comutação, tal como ilustrado na figura 2, sendo aplicada à porta do transistor Q2 no circuito da figura 6.

[0068] O circuito da figura 6 inclui adicionalmente uma abordagem diferente do fornecimento de uma fonte de tensão à utilizada nos circuitos das figuras 2 e 3. Mais particularmente, a tensão através do diodo Zener D1 do circuito da figura 2 é adicionalmente processada com um conjunto de circuitos adicional ilustrado na figura 5a para fornecer uma fonte de tensão regulada desejada para ser aplicada nos circuitos das figuras 5b e 6. Em particular, quando o fototransistor Q1

da figura 5b percebe a escuridão, a tensão através do diodo Zener D1, como no circuito da figura 2, é uma tensão DC. Tal tensão DC, se ajustada para a tensão necessária pelo circuito divisor de tensão da figura 5a, pode ser uma fonte de tensão adequada para ser aplicada para uso com o circuito da figura 5b. No entanto, durante a luz do dia, a tensão através do diodo Zener D1 da figura 2 é uma onda quadrada, que provavelmente não tem o desempenho tão adequado de uma fonte de tensão (suprimento de energia) a ser aplicada para uso no conjunto de circuitos das figuras 5b e 6. Note-se que a tensão através do diodo Zener D1 da figura 2 corresponde a PS1 das figuras 5a e 5b. Adicionalmente, as figuras 5b e 6 incluem incorporação do circuito combinado de retificador e divisor de tensão da figura 5a para processamento adicional do sinal de tensão PS1 para fornecer os sinais de tensão PS2 e PS3. Em particular, o diodo D4 é incluído para retificar a onda quadrada do sinal de tensão PS1 para fornecer uma tensão DC adequada PS3, que é adicionalmente ajustada por um circuito divisor de tensão incluindo os resistores R2 e R3, para fornecer um suprimento de energia regulada (sinal de tensão) PS2. É esse sinal de tensão PS2 que é aplicado ao circuito da figura 4c como incorporado na combinação com o conversor de modo de comutação no circuito da figura 6.

[0069] Nos circuitos fotossensores, tal como os circuitos de controle de luz ilustrados nas modalidades da figura 6, pode ser desejável se aplicar o retorno positivo ao circuito de sensor para aumentar a estabilidade do circuito pela criação de um acionador Schmitt. Esse retorno positivo pode ser obtido nas modalidades de circuito da figura 6 pela redução do valor do capacitor C1. Isso pode fazer com que a tensão através do capacitor C1 seja inferior quando a corrente de bobina de relé está desligada do que quando a mesma está ligada, o que pode fornecer uma fonte adequada de retorno positivo. No entanto, a redu-

ção do valor do capacitor C1 pode aumentar ainda mais uma ondulação AC através do capacitor C1, o que pode fazer com que o circuito não funcione adequadamente. Para se limitar qualquer efeito de ondulação AC, um capacitor C2 é ilustrado posicionado através do fototransistor Q1 nas modalidades da figura 6. Como tal, inúmeras vantagens dos circuitos de controle de luz das figuras 2 e 3 podem ser fornecidas por algumas modalidades da presente invenção como ilustrado na figura 6 em combinação com o uso de uma lógica invertida e uma bobina de relé normalmente aberta K1.

[0070] Dessa forma, o circuito fotossensor nas modalidades da figura 6 fornece uma bobina de relé normalmente aberta K1 configurada para controlar a aplicação de uma fonte de energia AC J1 possuindo uma metade negativa e uma metade positiva de um ciclo de linha para uma carga J2. Um circuito modulador de largura de pulso, incluindo o capacitor C6, o diodo Zener D1, o resistor R4 e o resistor R5, é fornecido e é configurado para gerar um sinal modulado de largura de pulso possuindo uma largura de pulso que varia em resposta a uma tensão média através da bobina do relé k1. Um transistor de acionamento Q3 (incluindo os transistores Q5 e Q6) é acoplado entre a bobina do relé K1 e o barramento neutro J3. O transistor de acionamento Q3 controla a tensão média através da bobina K1 em resposta ao sinal modulado de largura de pulso.

[0071] Também incluindo nas modalidades da figura 6 é um circuito de controle de luz configurado para controlar a aplicação do sinal modulado de largura de pulso para o transistor de acionamento Q3 em resposta a um nível de luz detectado. O circuito de energia incluído nas modalidades da figura 6 inclui um retificador de meio caminho, incluindo diodos D7 e resistor R8, acoplados à fonte de energia J1. O circuito de energia é configurado para fornecer um sinal de energia PS1 ao circuito modulador de largura de pulso e um sinal de energia

regulado PS2 para o circuito de controle de luz durante uma das metades do ciclo de linha da fonte de energia AC J1. O sinal de energia PS1 compreende uma onda quadrada e o circuito de energia inclui adicionalmente um circuito retificador configurado para gerar o sinal de energia regulado PS2 a partir do sinal de energia PS1. Como ilustrado na figura 6, o circuito retificador é um diodo D4 e o circuito divisor de tensão inclui resistores R2 e R3. O diodo D4 inclui um primeiro terminal acoplado ao sinal de energia PS1 e um segundo terminal acoplado ao circuito divisor de tensão R2, R3.

[0072] Nas modalidades da figura 6, o circuito de controle de luz inclui um fototransistor Q1. O fototransistor Q1 possui um primeiro terminal (coletor) acoplado ao sinal de energia regulado PS2 através de um primeiro resistor R1 e um segundo terminal (emissor) que envia uma corrente em resposta a um nível de luz detectado pelo fototransistor Q1. Também é observado no circuito de controle de luz para as modalidades da figura 6 um circuito de filtro de passa-baixa incluindo um resistor R3 e um capacitor C3. O circuito de filtro de passa-baixa é acoplado ao primeiro terminal do fototransistor Q1 e filtra a corrente de saída do fototransistor Q1 para fornecer uma tensão de sinal de nível de luz V2. O circuito de controle de luz inclui adicionalmente um transistor selecionado Q2 que acopla o sinal modulado de largura de pulso ao transistor de acionamento Q3 (mais particularmente à base do transistor Q6) durante uma das metades do ciclo de linha da fonte de energia AC J1 em resposta à tensão de sinal de nível de luz V2 possuindo um nível selecionado. Mais particularmente, com a bobina de relé aberta normalmente K1, o circuito da figura 6 energiza a bobina do relé k1 durante a escuridão e não durante a luz do dia. Em outras palavras, o nível de luz detectado cai abaixo do nível selecionado para energizar a bobina de relé K1 durante a escuridão.

[0073] Como também ilustrado nas modalidades da figura 6, o cir-

cuito fotossensor inclui adicionalmente um primeiro capacitor C1 acoplado entre o segundo terminal (emissor) do fototransistor Q1 e o segundo terminal do diodo de circuito retificador D4 que modula uma quantidade de retorno positivo através do primeiro terminal (coletor) do fototransistor Q1 proporcional a uma corrente fluindo para a bobina de relé K1 para fornecer histerese para controlar a bobina de relé k1 pelo circuito fotossensor. Adicionalmente, um segundo capacitor C2 é ilustrado acoplado entre os primeiro e segundo terminais do fototransistor Q1.

[0074] Os resistores R10, R11 são acoplados entre a bobina de relé normalmente aberta K1 e o transistor de acionamento Q3 e um capacitor C9 é acoplado entre um terminal (emissor) do transistor selecionado e o resistor R11 é acoplado entre a bobina do relé normalmente aberta K1 e o transistor de acionamento Q3.

[0075] Como mencionado acima, o circuito modulador de largura de pulso inclui um diodo Zener D1. O diodo Zener D1 é acoplado entre o segundo terminal (emissor) do fototransistor Q1 e o sinal de energia PS1. A largura do sinal modulado de largura de pulso varia de forma proporcional à diferença entre a tensão Zener do diodo Zener D1 e a tensão média através da bobina de relé K1. O fototransistor Q1 define um percurso de corrente para um sinal de retorno positivo gerado através do diodo Zener D1 para fornecer o retorno positivo.

[0076] O circuito da figura 6 inclui adicionalmente um circuito de filtro de frequência de rádio. O circuito de filtro de frequência de rádio pode operar para reduzir as emissões de rádio, tal como a filtragem de sinais de difusão em AM, e pode reduzir a frequência de ligar e desligar do circuito fotossensor. Para as modalidades ilustradas na figura 6, o circuito de filtro de frequência de rádio inclui um resistor R14 que acopla do diodo Zener D1 ao sinal de energia PS1 e um capacitor C9 acoplado entre o transistor selecionado Q2 e o transistor de aciona-

mento Q3.

[0077] O circuito de filtro de passa-baixa, como descrito acima, inclui um resistor de retardo R3 possuindo um primeiro terminal acoplado ao primeiro terminal (coletor) do fotossensor Q1 e o capacitor de retardo C3 acoplado entre um segundo terminal do resistor de retardo R3 e o barramento neutro J3 (NEUTRAL) que são configurados para fornecer o circuito de filtro de passa-baixa com um retardo assimétrico fornecendo diferentes momentos de desligar e ligar para a carga J1 (LOAD). O circuito de filtro de passa-baixa pode incluir adicionalmente o transistor de filtro Q4 acoplado ao suprimento de energia regulado PS2, o primeiro terminal do resistor de retardo R3 e o segundo terminal do resistor de retardo R3. O circuito fotossensor pode ser um dispositivo de controle de luz de iluminação pública e a carga pode ser a iluminação pública. O circuito fotossensor pode ser configurado para ligar a iluminação pública mais rapidamente do que desliga a iluminação pública.

[0078] Para o circuito fotossensor da figura 6, a bobina de relé K1 pode ser configurada para ativar para ligar a iluminação pública em resposta à detecção de menos do que uma luz mínima pelo fototransistor Q1. Uma das metades do ciclo de linha da fonte de energia AC J3 pode ser a metade positiva e o retificador de meia onda pode incluir o resistor R8 acoplado à fonte de energia AC J3 que fornece uma corrente negativa que ativa o transistor de acionamento Q3 durante a metade negativa do ciclo de linha.

[0079] Como discutido acima, o transistor NPN Q3 das figuras 2 e 3 é substituído nas modalidades da figura 6 por um par Darlington, incluindo um primeiro transistor Q6 e um segundo transistor Q5. O terminal emissor do primeiro transistor Q6 é acoplado ao terminal de base do segundo transistor Q5. Um resistor R12 também é ilustrado na figura 6 e é acoplado entre a base do segundo transistor Q5 e o bar-

ramento neutro J3, que pode operar de modo a fazer com que o transistor Q5 desligue mais completamente.

[0080] Visto que uma bobina de retransmissão normalmente aberta K1 pode exigir uma corrente de bobina de retransmissão aumentada, o uso de um par Darlington de transistores como ilustrado na figura 6 pode ser benéfico. Ao invés de aumentar a corrente de base do transistor Q5, por exemplo, pela redução do valor de resistência do resistor R4 e aumentar o valor de capacitância do capacitor Q6, o ganho de corrente do par Darlington é utilizado. Como resultado disso, componentes menores e mais baratos podem ser utilizados para o resistor R4 e o capacitor C6. Mais particularmente, o uso de um par Darlington reduz a corrente de base necessária do transistor Q5 por um fator igual ao ganho de corrente do transistor Q6 (tipicamente um fator de 100) resultando no resistor R4 e no capacitor C6 sendo criados menores e mais baratos.

[0081] Com referência agora ao diagrama de circuito da figura 7, modalidades adicionais da presente invenção serão descritas agora. As modalidades da figura 7 diferem do circuito de controle de luz da figura 3 na substituição do transistor NPN único Q3 com um par Darlington de transistores incluindo um primeiro transistor Q6 e um segundo transistor NPN adicional Q5. Um resistor R10 também é ilustrado nas modalidades ilustradas, o que pode fazer com que o transistor Q5 desligue mais completamente. Como com o par Darlington ilustrado nas modalidades da figura 6, a adição de um transistor adicional aumenta o ganho de corrente do circuito, reduzindo, assim, a quantidade de corrente necessária para se comutar a corrente da bobina de relé K1. Essa disposição pode permitir que o resistor R4 e o resistor R5 sejam aumentados em termos de valor de resistência e o capacitor C6 tenha um valor de capacitância reduzido. A dissipação de energia dos resistores R4 e R5 pode ser reduzida, possivelmente reduzindo

seu tamanho e custo. Adicionalmente, o valor de capacitância do capacitor C6 no circuito da figura 3 geralmente utiliza um capacitor tipo eletrolítico de alumínio. Para o circuito da figura 7 (e figura 6) um capacitor cerâmico menor, mais econômico e geralmente mais durável pode ser utilizado. A redução no valor de capacitância do capacitor C6 também pode reduzir a corrente que flui através do diodo D5, que pode permitir que os resistores R6, R7 e R8 sejam aumentados em valor de resistência. Isso pode reduzir a dissipação de energia desses resistores, o tamanho e o custo e também pode permitir uma redução do valor de capacitância do capacitor C5. Como tal, o capacitor C5 também pode ser alterado de um capacitor tipo eletrolítico de alumínio para um capacitor cerâmico menor, mais econômico e mais durável. Dessa forma, para o circuito da figura 7, um primeiro capacitor C6 acoplado entre o transistor selecionado Q2 e o diodo Zener D1 e um segundo capacitor C5 acoplado em paralelo à bobina de retransmissão K1 podem ser capacitores cerâmicos. Como resultado disso, as modalidades da figura 7 podem fornecer um controle de luz longo, eficiente, e alta capacidade de carga e econômico.

[0082] À medida que a tecnologia de iluminação pública avança, lâmpadas mais eficientes e mais duráveis estão sendo introduzidas. Enquanto uma lâmpada de rua típica geralmente dura três anos antes da substituição, novas lâmpadas de rua duram tanto quanto 20 anos. De acordo, um controle de luz que possa garantir uma vida útil de 20 anos pode ser desejável também. Tal vida estendida pode ser fornecida pelas modalidades como ilustrado nas figuras 6 e 7.

[0083] Em contraste, controles de luz convencionalmente disponíveis contêm capacitores eletrolíticos de alumínio. Tais controles de luz são geralmente classificados com uma vida útil de 5,000 horas (208 dias). Pela operação dos controles de luz com tensões muito menores e temperaturas do que suas classificações máximas, os mesmos du-

ram tipicamente até três anos, mas não os 20 anos desejados. Permitindo-se o uso prático de capacitores de longa duração, tal como capacitores cerâmicos, a vida do circuito pode ser aumentada de forma significativa visto que os capacitores cerâmicos tipicamente duram por muitos anos. Adicionalmente, visto que novas lâmpadas tipo LED tendem a utilizar menos energia, o componente de dissipação de energia do circuito de controle de luz propriamente dito se torna um percentual maior da equação de eficiência total para a iluminação. Como tal, as reduções de consumo de energia do circuito de controle de luz também são benéficas.

[0084] O acima exposto é ilustrativo da presente invenção e não deve ser considerado como limitador da mesma. Apesar de poucas modalidades ilustrativas dessa invenção terem sido descritas, os versados na técnica apreciarão prontamente que muitas modificações são possíveis nas modalidades ilustrativas sem se distanciar materialmente dos ensinamentos novos e vantagens dessa invenção. De acordo, todas as ditas modificações devem ser incluídas no escopo dessa invenção como definidas nas reivindicações. Nas reivindicações, as cláusulas de meios mais função devem cobrir as estruturas descritas aqui como realizando a função mencionada e não apenas as equivalências estruturais, mas também as estruturas equivalentes. Portanto, deve-se compreender que o acima exposto é ilustrativo da presente invenção e não deve ser considerado como limitado às modalidades específicas descritas, e que as modificações às modalidades descritas, além de outras modalidades devem ser incluídas no escopo das reivindicações em anexo. A invenção é definida pelas reivindicações a seguir, com equivalências das reivindicações incluídas aqui.

REIVINDICAÇÕES

1. Circuito fotossensor, compreendendo:

uma bobina de relé normalmente aberta (K1) configurada para controlar a aplicação de uma fonte de energia de corrente alternada (AC) possuindo uma metade negativa e uma metade positiva de um ciclo de linha para uma carga;

um circuito modulador de largura de pulso (C6, D1, R4, R5) configurado para gerar um sinal modulado de largura de pulso possuindo uma largura de pulso que varia em resposta a uma tensão média através da bobina de relé;

um transistor de acionamento (Q2) acoplado entre a bobina de relé e um barramento neutro que controla a tensão média através da bobina de relé em resposta ao sinal modulado de largura de pulso;

um circuito de controle de luz configurado para controlar a aplicação do sinal modulado de largura de pulso ao transistor de acionamento em resposta a um nível de luz detectado; e

um circuito de energia incluindo um retificador de meia onda (R8, D7) acoplado à fonte de energia que é configurada para fornecer um sinal de energia (PS1) ao circuito modulador de largura de pulso e um sinal de energia regulada (PS2) ao circuito de controle de luz durante uma das metades do ciclo de linha da fonte de energia AC, onde o sinal de energia compreende uma onda quadrada e o circuito de energia inclui adicionalmente um circuito retificador (D4) configurado para gerar o sinal de energia regulada a partir do sinal de energia;

em que o circuito de controle de luz compreende:

um fototransistor (Q1), o fototransistor possuindo um primeiro terminal acoplado ao sinal de energia regulada através de um primeiro resistor (R4) e um segundo terminal que envia uma corrente em resposta a um nível de luz detectado pelo fototransistor;

um circuito de filtro de passa baixa (R3, C3) que filtra a cor-

rente de saída do fototransistor para fornecer uma tensão de sinal de nível de luz; e

um transistor selecionado (Q2) que acopla o sinal modulado de largura de pulso para o transistor de acionamento durante uma das metades do ciclo de linha da fonte de energia AC em resposta à tensão do sinal de nível de luz possuindo um nível selecionado,

caracterizado pelo fato de que:

o circuito de energia configurado para gerar o sinal de energia regulada (PS2) a partir do sinal de energia (PS1) inclui ainda um circuito divisor de tensão (R2, R3); e

o circuito do filtro passa baixa (R3, C3) é acoplado ao primeiro terminal do fototransistor (Q1).

2. Circuito fotossensor, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo fato de** que o circuito retificador compreende um diodo (D4) possuindo um primeiro terminal acoplado ao sinal de energia (PS1) e um segundo terminal acoplado ao circuito divisor de tensão e onde o circuito fotossensor compreende adicionalmente um primeiro capacitor (C1) acoplado entre o segundo terminal do fototransistor e o segundo terminal do diodo de circuito retificador que modula uma quantidade de retorno positivo através do primeiro terminal do fototransistor proporcional a uma corrente que flui através da bobina de relé para fornecer histerese para controlar a bobina de relé pelo circuito fotossensor e um segundo capacitor (C2) acoplado entre os primeiro e segundo terminais do fototransistor.

3. Circuito fotossensor, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo fato de** que o transistor de acionamento compreende um par Darlington de transistores (Q5, Q6).

4. Circuito fotossensor, de acordo com a reivindicação 3, **caracterizado pelo fato de** que o par Darlington de transistores compreende um primeiro transistor (Q6) e um segundo transistor (Q5), o

primeiro transistor possuindo um emissor acoplado a uma base do segundo transistor e onde o circuito compreende adicionalmente um resistor (R12) acoplado entre a base do segundo transistor e o barramento neutro.

5. Circuito fotossensor, de acordo com a reivindicação 3, **caracterizado pelo fato de** que compreende adicionalmente um resistor (R10, R11) acoplado entre a bobina de relé normalmente aberta e o transistor de acionamento e um capacitor (C9) acoplado entre um terminal do transistor selecionado que acopla o sinal modulado de largura de pulso ao transistor de acionamento e o resistor acoplado entre a bobina de relé normalmente aberta e o transistor de acionamento.

6. Circuito fotossensor, de acordo com a reivindicação 2, **caracterizado pelo fato de** que o circuito modulador de largura de pulso inclui um diodo Zener (D1) acoplado entre o segundo terminal do fototransistor e o sinal de energia e onde a largura de pulso do sinal modulado de largura de pulso varia de forma proporcional a uma diferença entre uma tensão Zener do diodo Zener e a tensão média através da bobina de relé e onde o fototransistor define um percurso de corrente para um sinal de retorno positivo gerado através do diodo Zener para fornecer o retorno positivo.

7. Circuito fotossensor, de acordo com a reivindicação 6, **caracterizado pelo fato de** que compreende adicionalmente um circuito de filtro de frequência de rádio incluindo um resistor (R14) que acopla o diodo Zener ao sinal de energia e um capacitor (C9) acoplado entre o transistor selecionado e o transistor de acionamento.

8. Circuito fotossensor, de acordo com a reivindicação 6, **caracterizado pelo fato de** que o circuito fotossensor compreende um dispositivo de controle de luz de iluminação pública e a carga compreende iluminação pública e a bobina de relé é configurada para ativar para ligar a iluminação pública em resposta à detecção de menos do

que um nível mínimo de luz pelo fototransistor.

9. Circuito fotossensor, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo fato de** que o circuito de filtro de passa baixa compreende um resistor de retardo (R3) possuindo um primeiro terminal acoplado ao primeiro terminal do fotossensor e um capacitor de retardo (C3) acoplado entre um segundo terminal do resistor de retardo (R3) e o barramento neutro que são configurados para fornecer ao circuito de filtro de passa baixa um retardo assimétrico fornecendo diferentes momentos de ligar e desligar para a carga.

10. Circuito de fotossensor, de acordo com a reivindicação 9, **caracterizado pelo fato de** que o circuito de filtro de passa baixa compreende adicionalmente um transistor de filtro (Q4) acoplado ao suprimento de energia regulado, o primeiro terminal do resistor de retardo e o segundo terminal do resistor de retardo.

11. Circuito fotossensor, de acordo com a reivindicação 9, **caracterizado pelo fato de** que o circuito de fotossensor compreende um dispositivo de controle de luz de iluminação pública e a carga compreende a iluminação pública e onde o circuito fotossensor é configurado para ligar a iluminação pública mais rapidamente do que desliga a iluminação pública.

12. Circuito fotossensor, de acordo com a reivindicação 11, **caracterizado pelo fato de** que uma das metades do ciclo de linha da fonte de energia AC compreende a metade positiva e onde o retificador de meia onda inclui um resistor acoplado à fonte de energia AC que fornece uma corrente negativa que ativa o transistor de acionamento durante a metade negativa do ciclo de linha.

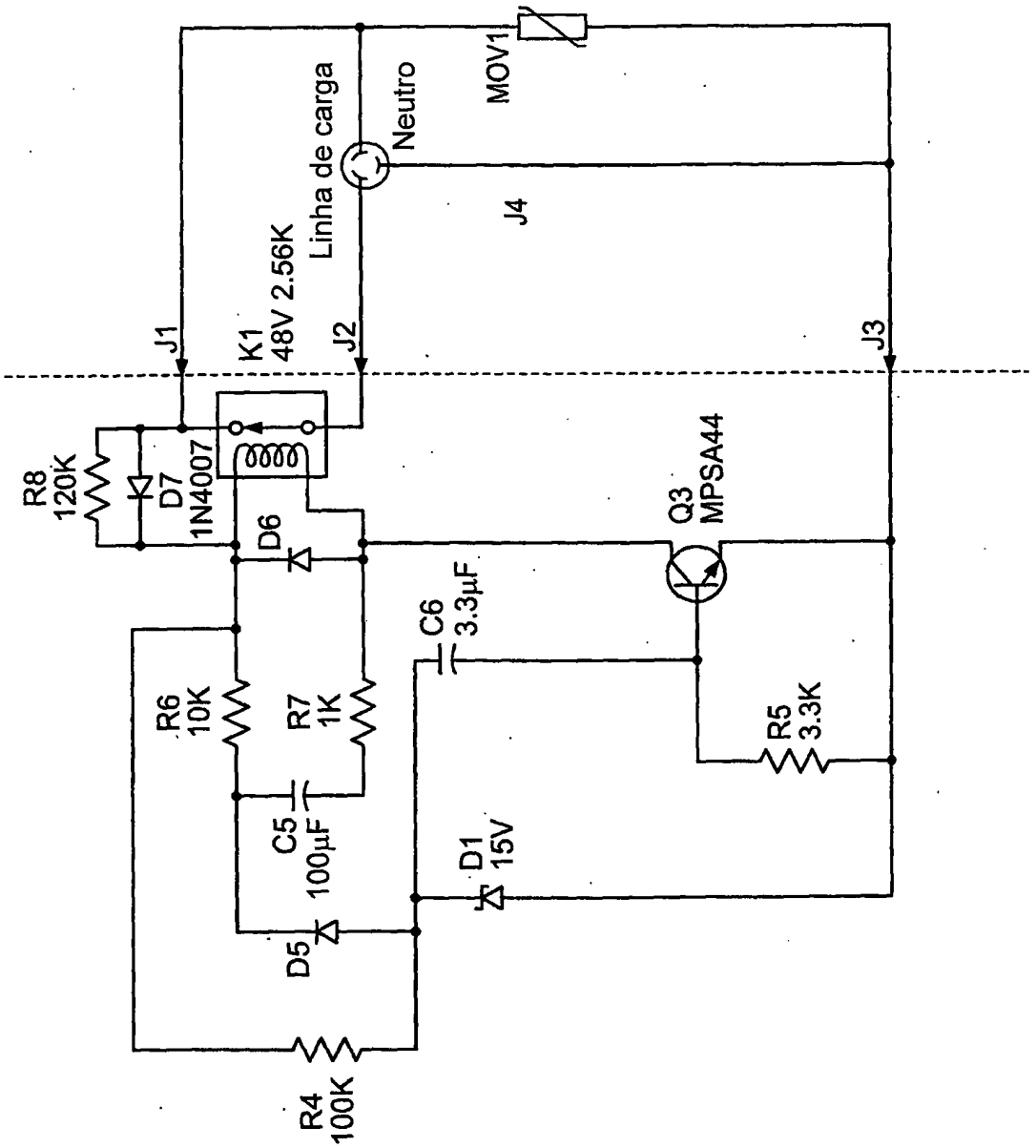

MOV1
Neutro
Linha de carga
J4
J1
K1
48V 2.56K
J2
J3
R8
120K
D7
1N4007
D6
Q3
MPSA44
C6
3.3µF
R6
10K
R7
1K
R5
3.3K
C5
100µF
D1
15V
D5
R4
100K

FIG. 1

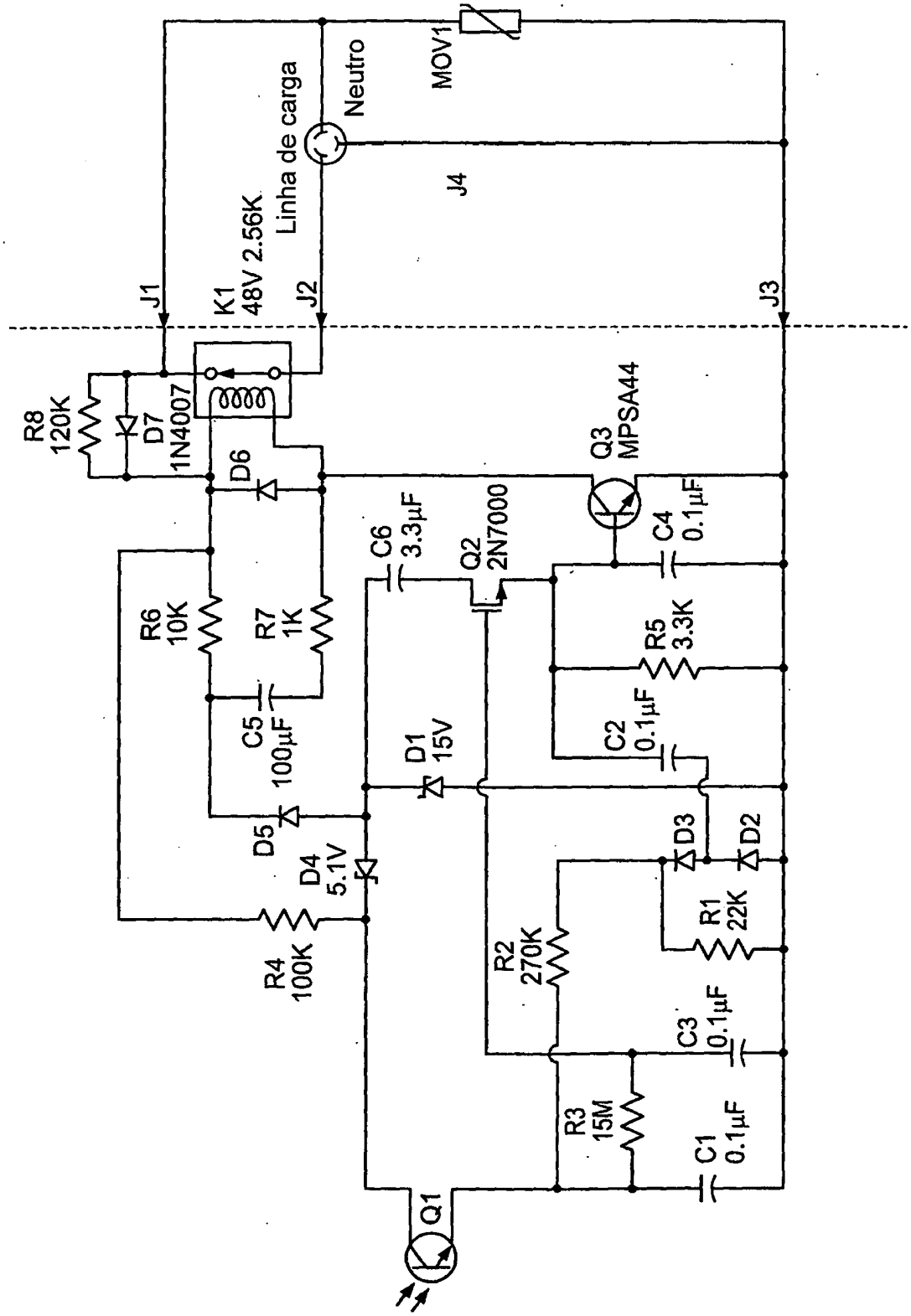

MOV1
Neutro
Linha de carga
J4
J1
K1
48V 2.56K
J2
J3
R8
120K
D7
1N4007
D6
Q3
MPSA44
C6
3.3µF
Q2
2N7000
C4
0.1µF
R6
10K
R7
1K
R5
3.3K
C5
100µF
C2
0.1µF
D1
15V
D5
D4
5.1V
D3
D2
R1
22K
R4
100K
R2
270K
C3
0.1µF
R3
15M
C1
0.1µF
Q1

FIG. 2

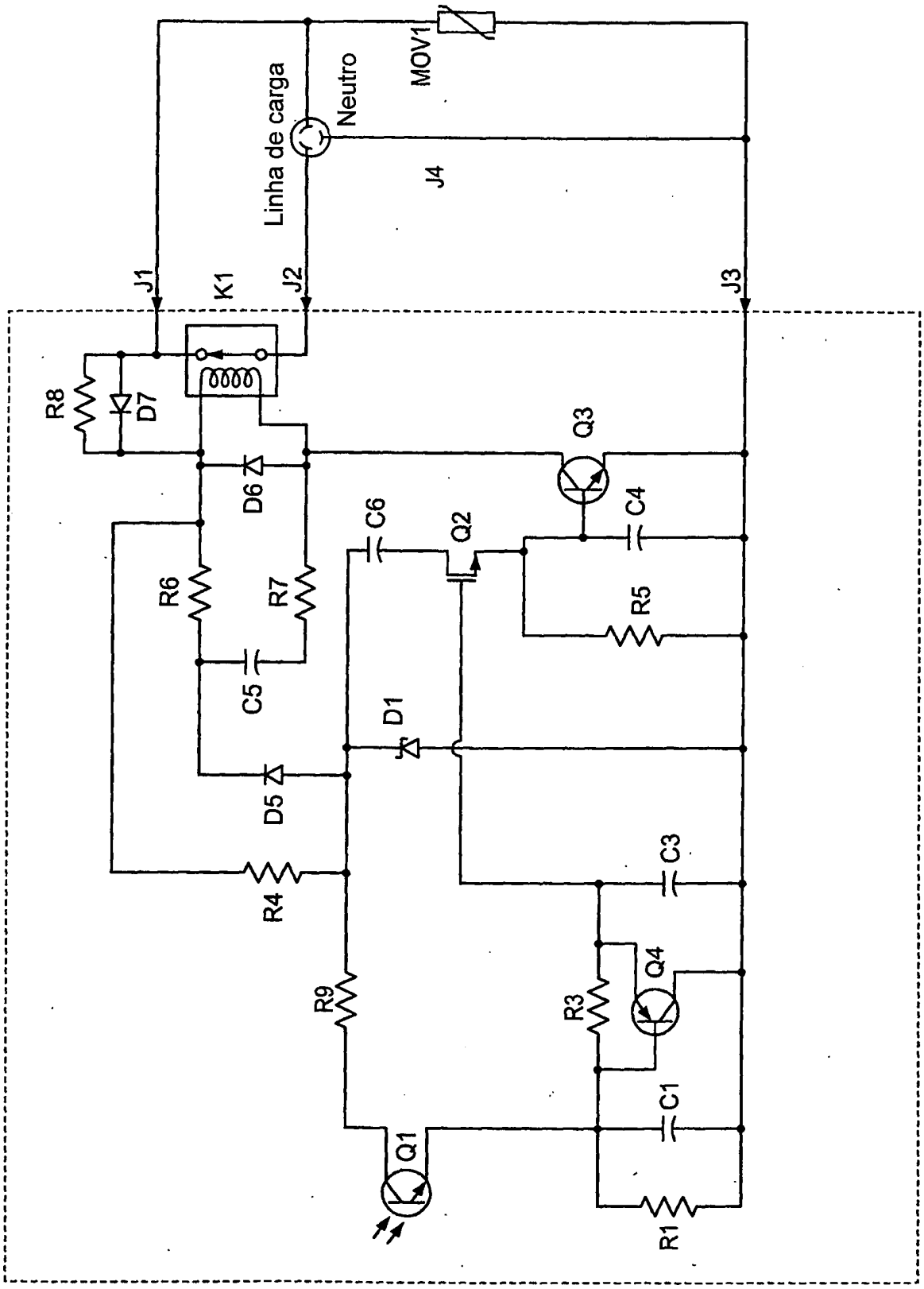

MOV1
Neutro
Linha de carga
J4
J1
K1
J2
J3
R8
D7
Q3
D6
C6
Q2
C4
R6
R7
R5
C5
D1
D5
C3
R4
Q4
R9
R3
C1
Q1
R1

FIG. 3

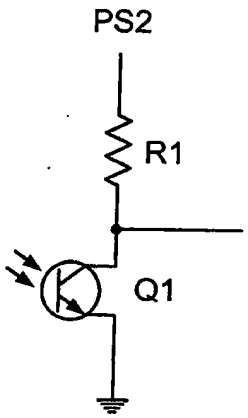


FIG. 4A

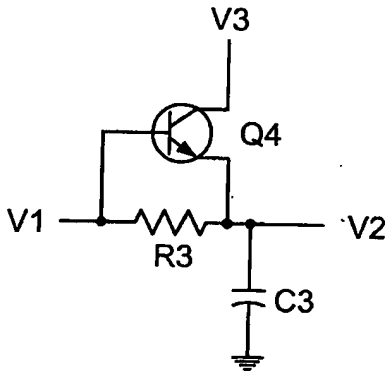


FIG. 4B

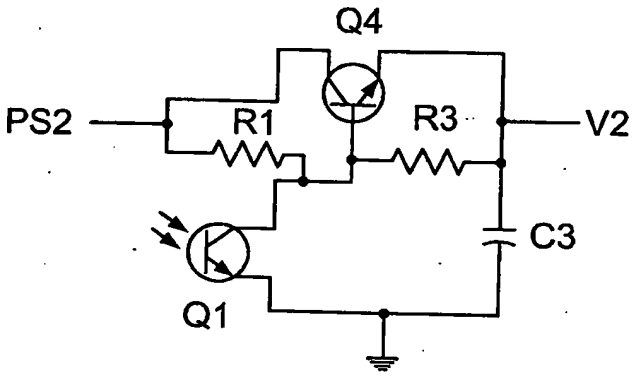


FIG. 4C

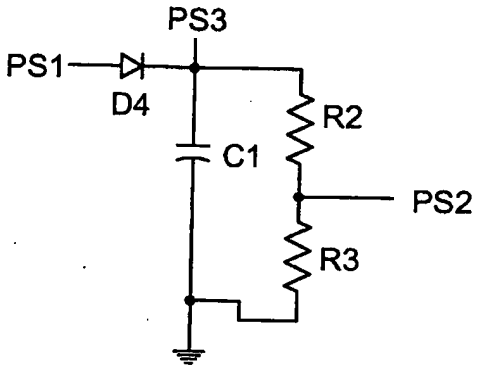


FIG. 5A

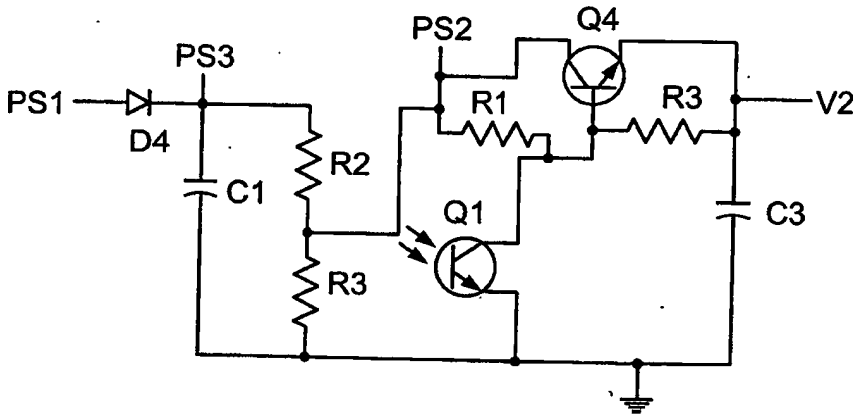


FIG. 5B

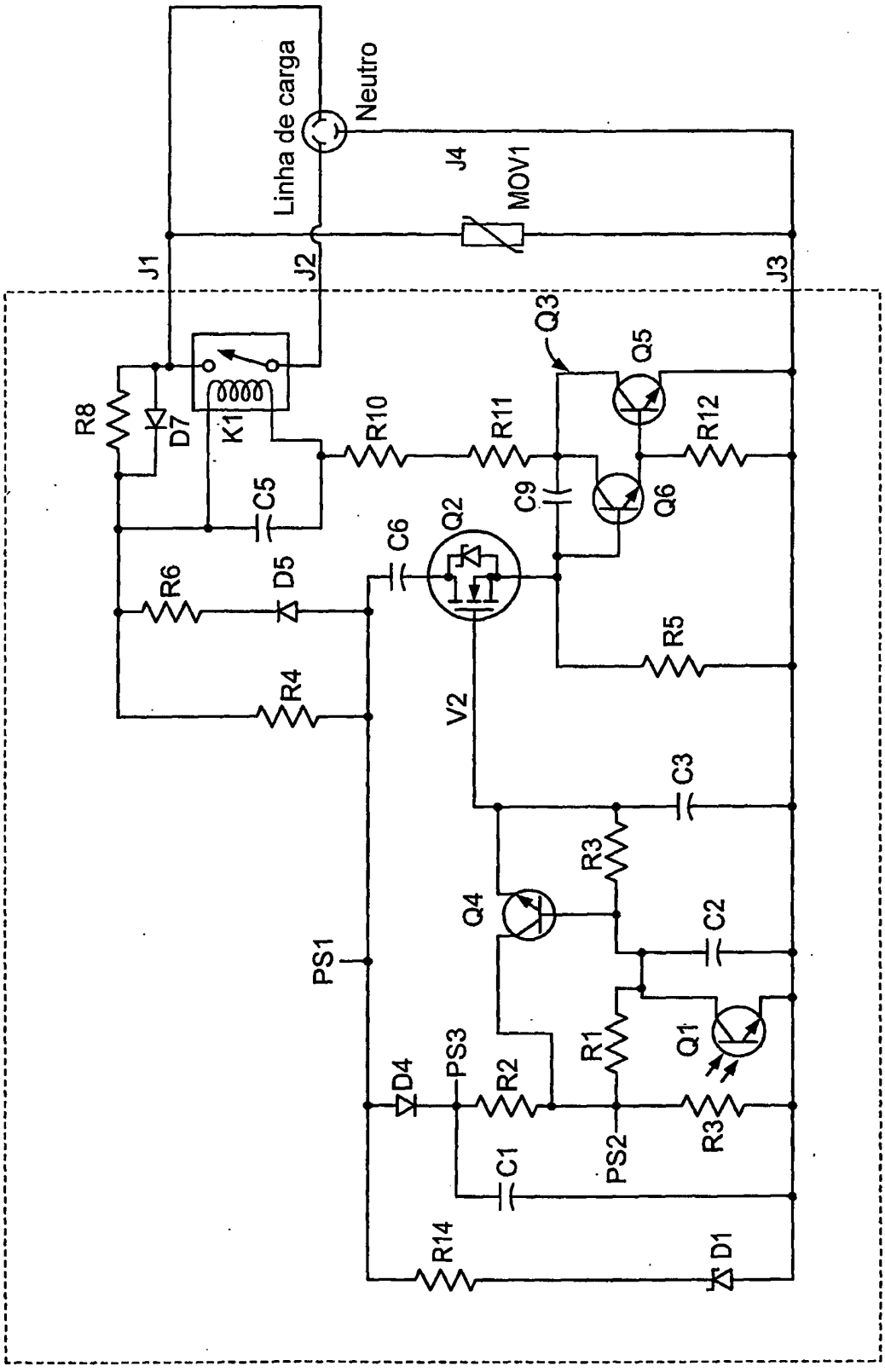

Linha de carga
Neutro
J4
MOV1
J1
J2
J3
Q3
Q5
R8
D7
K1
R10
R11
R12
C5
C9
Q6
C6
Q2
R6
D5
R5
R4
V2
C3
R3
Q4
C2
PS1
PS3
R1
Q1
D4
R2
R3
C1
PS2
R14
D1

FIG. 6

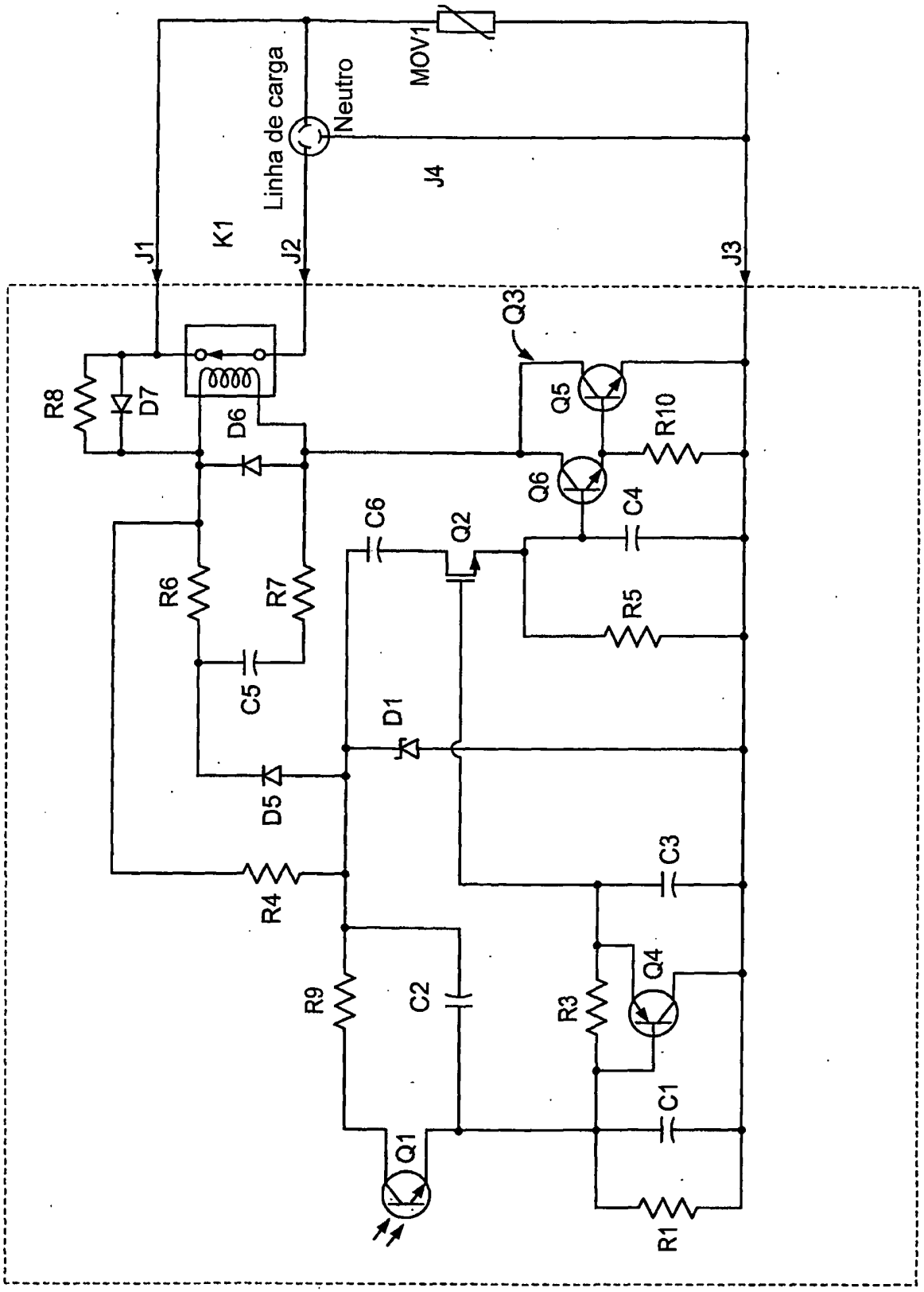

Linha de carga
Neutro
MOV1
J4
K1
J1
J2
J3
Q3
Q5
R10
R8
D7
D6
Q6
C4
C6
Q2
R6
R7
R5
C5
D1
D5
C3
R4
R9
C2
Q4
R3
C1
Q1
R1

FIG. 7