



República Federativa do Brasil
Ministério da Economia
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) BR 112014023802-2 B1



(22) Data do Depósito: 22/03/2013

(45) Data de Concessão: 26/04/2022

(54) Título: MÉTODO PARA UMA PREVISÃO DE CRUZAMENTO E SISTEMA DE CRUZAMENTO

(51) Int.Cl.: B61L 29/22.

(30) Prioridade Unionista: 13/04/2012 US 13/446,659.

(73) Titular(es): GENERAL ELECTRIC COMPANY.

(72) Inventor(es): MICHAEL W. STEFFEN II; BRIAN WESLEY ISAACSON.

(86) Pedido PCT: PCT US2013033396 de 22/03/2013

(87) Publicação PCT: WO 2013/154807 de 17/10/2013

(85) Data do Início da Fase Nacional: 25/09/2014

(57) Resumo: MÉTODO PARA UMA PREVISÃO DE CRUZAMENTO E SISTEMA DE CRUZAMENTO. A presente invenção refere-se a um sistema de previsão de cruzamento de veículos. Um método (300) para uma previsão de cruzamento compreende determinar uma posição de veículo de um veículo a partir de dados captados; filtrar (402) a posição de veículo; determinar (408) a velocidade de veículo com base na posição de veículo filtrada; filtrar (410) a velocidade de veículo a uma extensão maior do que a posição de veículo é filtrada, pelo menos acima de uma frequência limite; e determinar (302) um tempo até o cruzamento com base na posição de veículo filtrada e velocidade filtrada.

“MÉTODO PARA UMA PREVISÃO DE CRUZAMENTO E SISTEMA DE CRUZAMENTO”

CAMPO DA INVENÇÃO

[001] A presente invenção refere-se a um sistema de previsão de cruzamento de veículos.

ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

[002] Os circuitos de previsão de cruzamento ferroviário geram tempos de alerta antes de um trem ou outro veículo chegar a um cruzamento, com base em um sinal de posição, por exemplo. Entretanto, quando o sinal de posição se deteriorar ou for submetido a uma grande quantidade de ruído, pode ser muito difícil obter tempos de alerta precisos. Assim, se o sinal de posicionamento for muito barulhento, é difícil para o circuito de previsão para perceber a diferença entre ruído e movimento na via férrea. Tempos de alerta curtos geralmente ocorrem quando o movimento é detectado tarde demais para o previsor fornecer o tempo de alerta adequado. Tempos de alerta longos geralmente são o resultado de sinais barulhentos que fazem parecer que o trem está mais próximo do que realmente está. Tempos de alerta curtos impedem que os pedestres, automóveis e outros veículos de transporte tenham aviso suficiente para parar antes de um trem chegar ao cruzamento. Se um tempo de alerta for muito longo, os pedestres em particular podem começar a se mover através das cancelas, supondo que o aviso seja um alarme falso.

DESCRIÇÃO DA INVENÇÃO

[003] Em uma realização, um método compreende determinar a posição de veículo a partir de dados captados, filtrar a posição de veículo, e determinar a velocidade de veículo com base na posição de veículo filtrada. O método também inclui filtrar a velocidade de veículo a uma extensão maior do que a posição de veículo é filtrada, pelo menos acima de uma frequência limite, e determinar um tempo de travessia com base na posição de veículo filtrada e

velocidade filtrada.

[004] Deve ser entendido que a breve descrição acima é fornecida para introduzir de forma simplificada uma seleção de conceitos que é adicionalmente descrita na descrição detalhada. Essa não se destina a identificar as características fundamentais ou essenciais do assunto reivindicado, cujo escopo é definido exclusivamente pelas reivindicações que acompanham a descrição detalhada. Ademais, o assunto reivindicado não se limita a implementações que resolvem quaisquer desvantagens observadas acima ou em qualquer parte dessa descrição.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

[005] A presente invenção será mais bem entendida a partir da leitura da seguinte descrição de realizações não limitativas, com referência aos desenhos em anexo, em que abaixo:

a Figura 1 mostra um mapa simplificado de um cruzamento, de acordo com uma realização,

a Figura 2 mostra uma ilustração esquemática de um sistema de detecção de cruzamento, de acordo com uma realização, que pode ser incluído no cruzamento da Figura 1,

a Figura 3 é um fluxograma que ilustra um método para uma previsão de cruzamento de acordo com uma realização da presente descrição,

a Figura 4 é um diagrama que ilustra uma rotina de controle para determinar um tempo até o cruzamento de acordo com uma realização da presente descrição,

a Figura 5 é um gráfico que ilustra um sinal de filtro baseado em posição e um sinal de filtro baseado em velocidade de acordo com uma realização da presente descrição,

a Figura 6 é um circuito de via de aproximação, de acordo com uma realização.

DESCRIÇÃO DE REALIZAÇÕES DA INVENÇÃO

[006] A seguinte descrição refere-se a várias realizações de um sistema de previsão de cruzamento. Em particular, em uma realização do sistema, um controlador associado a um cruzamento inclui um algoritmo que aumenta a precisão de tempo de alerta quando o sinal de posição estiver distorcido. O sistema se protege contra tempos de alerta curtos e longos e reduz o risco de tempos de alerta longos e curtos que resultam de sinais de previsão distorcidos. Em um exemplo, o sistema (por exemplo, como realizado pelo controlador que executa o algoritmo) pode utilizar um sinal de velocidade atenuado. Visto que é provável que a velocidade de um veículo, como um trem, mude de maneira relativamente lenta, o tempo de previsão de cruzamento pode estar baseado na velocidade média em vez de na posição média. Desse modo, a precisão de tempo de alerta pode ser aumentada.

[007] A Figura 1 é um diagrama de bloco simplificado de um sistema de cruzamento 10 de acordo com uma realização da invenção. O sistema de cruzamento 10 inclui um cruzamento 20 onde uma primeira via de veículo cruza uma segunda via, como onde uma estrada 30 cruza uma via férrea 18. O sistema de cruzamento 10 também inclui um bangalô 16 ou outro alojamento que aloja um controlador 12, e equipamento de aviso 22, 24 que abaixa os braços da cancela 26, 28 quando ativado devido à presença prevista de um veículo, como um trem (não mostrado), na via férrea 18. Um processador 14 é parte do controlador 12 e pode fornecer cálculos para determinar se deve-se ativar ou desativar o cruzamento de acordo com as realizações da descrição. O controlador 12 inclui ainda meios de armazenamento legíveis por computador não temporários que incluem código para habilitar o controle de vários componentes do sistema de cruzamento 10. O controlador 12 é responsivo a um ou mais sinais para ativar o equipamento de cruzamento e impedir a entrada no cruzamento. Por exemplo, um ou mais desvios, transmissores, e receptores (não

mostrados na Figura 1) podem estar presentes em ambos os lados do cruzamento 20 para fornecer sinais ao controlador 12 para determinar uma posição e velocidade de um veículo com base em uma mudança de impedância na via férrea. A comunicação de transmissão como usada aqui pode ser através de uma conexão fisicamente conectada, através de um enlace de rádio, ou através de fiação de campo, por exemplo.

[008] Essa ativação do equipamento de aviso faz com que os braços da cancela caiam, bloqueando o tráfego contrário em ambas as direções na estrada 30. Cada braço de cancela pode se estender ao longo de uma parte da estrada 30. Essa característica restringe a entrada em uma área proibida grosseiramente definida como a área em torno e entre o equipamento de aviso de cruzamento de via férrea 22, 24. Ademais, a ativação do equipamento de aviso pode fazer com que uma ou mais luzes de aviso pisquem, sirenes de aviso sejam ativadas, e/ou podem causar a ativação de um sistema de relé de detecção de movimento que pode controlar as luzes de tráfego dentro da área do cruzamento.

[009] À medida que um veículo ferroviário ou outro veículo se aproxima do cruzamento 20 ao longo da via férrea 18 ou outra via de veículo, o controlador usa sinais para determinar a velocidade e posição do veículo. Com base na velocidade e posição, um tempo até o cruzamento pode ser determinado. O tempo até o cruzamento pode ser uma contagem regressiva que atinge zero em proporção à distância do veículo a partir do cruzamento, e pode ser ajustado à medida que a velocidade do veículo muda. Uma vez que o tempo até o cruzamento atinge um limite (como uma quantidade mínima de tempo para ativar o equipamento de aviso à frente do veículo que chega ao cruzamento), o equipamento de aviso é ativado.

[010] A Figura 2 ilustra um sistema de aviso de passagem de nível de via férrea 100 com uma única linha férrea 18 que é composta de um par de

trilhos ferroviários contínuos 104 e 106 e do cruzamento 20. O sistema de aviso de passagem de nível de via férrea 100 pode estar presente no sistema de cruzamento da Figura 1 para detectar um veículo a montante do cruzamento (a montante significa em uma direção voltada para o cruzamento). Para uma operação apropriada, a linha férrea em cada lado do cruzamento de estrada 20 pode ser monitorada quanto à presença e movimento de um trem que se aproxima da via férrea 18 de cada lado do cruzamento de estrada 20. O comprimento máximo de uma área de vigilância do sistema de passagem de nível de via férrea, ou distância de aproximação efetiva, pode ser limitado por condições externas e pela frequência do sinal de detecção aplicado à via férrea 18.

[011] Um sistema de aviso de passagem de nível de via férrea 100 pode empregar dois circuitos de via diferentes para realizar o movimento do trem e a detecção de presença. Ao medir a tensão e corrente e ao determinar a impedância da via entre o cruzamento e o trem, o circuito de via de aproximação 128 detecta o movimento de um trem que se aproxima a uma distância de até, por exemplo, 2.300 metros em cada lado do cruzamento de estrada 20. O circuito de via de aproximação 128 determina a distância do trem a partir do cruzamento de estrada e detecta o movimento do trem dentro da área de vigilância de via de aproximação 132 e 134. O sistema de via de aproximação mede a tensão, corrente, e/ou impedância e fornece esses dados a um sistema de cruzamento externo que determina a velocidade do trem que se aproxima e o tempo para a chegada do trem no cruzamento com base na distância e velocidade. A presença, posição, e tempo de chegada do trem são usados para fornecer uma notificação de tempo até o cruzamento dos sistemas de sinalização de cruzamento. Um tempo até o cruzamento de pelo menos vinte segundos antes da chegada do trem que é independente da velocidade do trem é frequentemente utilizado como um tempo de alerta para ativar o equipamento de cruzamento. A

distância mínima exigida da área de vigilância em cada lado do cruzamento é uma função da velocidade máxima para um trem atravessar aquela seção da via e o tempo de alerta desejado.

[012] O circuito de via em ilha 130 mede a presença de um trem dentro de uma "ilha" que é uma seção de via em estreita proximidade ao cruzamento de estrada 20. A ilha 118 atravessa o cruzamento de estrada 20 a uma distância relativamente curta, por exemplo, em torno de 30 a 140 metros. A ilha 118 fornece uma área segura que garante que os sistemas de aviso de cruzamento operem quando um trem estiver próximo ou dentro da ilha 118.

[013] A Figura 2 ilustra ainda um transmissor 110 com dois pontos de fixação 112A e 112B que se fixam nos trilhos 106 e 104 da via férrea 18 em um lado do cruzamento de estrada 20. O transmissor pode ficar posicionado a uma distância do cruzamento de estrada 20, como entre 15-60 metros. Um receptor 114 também possui dois pontos de fixação aos trilhos 106 e 104 da via férrea 18 no outro lado do cruzamento de estrada 20 do transmissor 110. O receptor pode ficar posicionado distante do cruzamento de estrada 20, como a uma distância de 15-60 metros. A distância entre o transmissor 110 e o receptor 114 é referida como a ilha 118 com o circuito de transmissão criado nos trilhos do trem referido como o circuito de via em ilha 130.

[014] Em distâncias mais longas do cruzamento de estrada 20, em um ou ambos os lados do trilho, se encontram os desvios de terminação 120 e 124, que são conectados aos trilhos 106 e 104 da via férrea 18 por 122A/122B e 126A/126B, respectivamente. Os desvios 120 e 124 são colocados em uma distância relativamente mais longa do cruzamento de estrada 20, como entre 90 e 2300 metros. A disposição do desvio pode ser determinada com base na velocidade esperada dos trens que atravessam o cruzamento e na exigência que o sistema de aviso de cruzamento de estrada 100 forneça pelo menos um aviso com tempo limite a veículos e pedestres que utilizam o cruzamento de estrada

20. Os desvios de terminação 120 e 124 têm a frequência sintonizada para parecer um curto-circuito para a frequência do circuito de via de aproximação 128, criando assim o circuito de via 128. Isso cria uma área de vigilância definida 132 e 134 em cada lado do cruzamento 20 dentro da qual o circuito e sistema de via de aproximação detecta a presença ou movimento de um trem. Em algumas realizações, o sinal de via de aproximação 128 e o sinal de via em ilha 130 são transmitidos sobre a via férrea 18 através dos mesmos terminais 112A e 112B. Em outras realizações, um transmissor separado 110 pode transmitir o sinal de via de aproximação 128 separado do sinal de via em ilha 130. Adicionalmente, em outras realizações, um receptor separado 114 pode receber o sinal de via de aproximação 128 separado do sinal de via em ilha 130.

[015] O circuito de via de aproximação pode operar na faixa de frequência de, por exemplo, 80 a 1.000 Hz. O circuito de via de aproximação 128 pode usar uma faixa menor de frequências comparado com o circuito de via em ilha 130. Frequências mais baixas fornecem capacidades de detecção de distâncias mais longas devido à distância estendida ao longo da qual a impedância da via é linear como uma função de distância. O sinal de via de aproximação se propaga a longas distâncias de via que se estendem para fora do cruzamento (denominadas as aproximações). As aproximações são terminadas por desvios sintonizados nas extremidades distantes do cruzamento, fornecendo uma impedância fixa para cada seção de aproximação na frequência sintonizada. O receptor monitora a tensão recebida e o transmissor monitora a corrente transmitida, que são então usadas para determinar a impedância do circuito de via de aproximação. O sistema monitora as mudanças nos níveis de tensão e corrente de circuito de via de aproximação. À medida que um trem (ou outro veículo ferroviário ou outro veículo) se move em aproximação, os eixos fornecem um desvio elétrico, que muda a impedância do circuito de via de aproximação como observado pelo sistema de detecção. A taxa de mudança

nessa impedância é proporcional à velocidade do trem, proporcionando assim a detecção do movimento do trem. Utilizando-se essas informações, o sistema pode calcular o tempo no qual o trem estará no cruzamento. Em alguns sistemas, um tempo de alerta de tempo até o cruzamento pode ser fornecido aos motoristas no cruzamento independente da velocidade do trem.

[016] O circuito de via em ilha 130 pode operar em frequências mais altas para detectar a presença de um trem (ou outro veículo ferroviário ou outro veículo) na área de vigilância em ilha mais curta 118. As frequências operacionais típicas estão na faixa de 2 kHz a 20 kHz. Quando um trem entrar na área de ilha 118, o eixo do trem desvia o sinal de ilha de modo tal que o sinal transmitido é impedido de chegar ao receptor. Nessa operação, o circuito de via em ilha 130 e o sistema de detecção determinam que o trem está em estreita proximidade ao cruzamento de estrada 20 e garante que os sistemas de aviso estejam operando, e não são liberados até o trem deixar a ilha. Em outros sistemas de circuito de via em ilha, o sinal de via em ilha inclui códigos aleatoriamente gerados, em uma base contínua ou rajada. Nesses sistemas, quando um ou mais códigos consecutivos não conseguirem ser recebidos pelo receptor, o sistema de alerta é ativado. Como uma medida de proteção, o sistema não é tipicamente desativado, por exemplo, o sinal de perigo afastado é enviado, até um número predefinido de códigos consecutivos corretamente recebidos ser recebido.

[017] Embora a realização descrita acima utilize um circuito de via de aproximação e um circuito de via em ilha para detectar a posição e velocidade de trem em relação a um cruzamento, em algumas realizações apenas um circuito pode ser usado. Por exemplo, o circuito de via de aproximação pode ser usado sem o circuito de via em ilha.

[018] Com referência à Figura 3, um método 300 para ativar um cruzamento é mostrado. O método 300 pode ser realizado de acordo com as

instruções armazenadas em um controlador de cruzamento, como controlador 12 da Figura 1. Em 302, o método 300 inclui determinar um tempo até o cruzamento (*Time-To-Crossing* - TTC) de um veículo que se desloca em direção ao cruzamento com base na posição e velocidade do veículo. O TTC é uma quantidade de tempo para o veículo alcançar o cruzamento a partir de uma localização predeterminada, que é atualizada à medida que a velocidade e posição de veículo mudam. Detalhes adicionais de calcular o TTC serão descritos em mais detalhes em relação à Figura 4. Em 304, determina-se se o TTC calculado é igual ou menor que um TTC limite. O TTC limite pode ser o ponto no qual o controlador é configurado para ativar o equipamento de aviso. Por exemplo, o TTC limite pode ser 30 segundos antes de alcançar o cruzamento, 20 segundos, etc. Se não for o caso, o método 300 retorna para continuar a monitorar a posição e velocidade de veículo para determinar o TTC. Se for o caso, o método 300 procede para 306 para enviar um sinal de modo a ativar o equipamento de aviso. Em algumas realizações, o equipamento de aviso pode ser ativado durante um período de tempo predefinido, após o qual esse é desativado presumindo que o veículo atravessou o cruzamento. Em outras realizações, o sistema de cruzamento e controlador podem continuar a monitorar a velocidade e posição do veículo, e continuar a atualizar o TTC. Uma vez que a velocidade do veículo atinge zero, ou uma posição do veículo não pode mais ser detectada, e o TTC atinge zero, pressupõe-se que o veículo se aproximou do cruzamento e o equipamento pode ser desativado. O método 300 então retorna.

[019] A Figura 4 é uma rotina de controle 400 para determinar um tempo até o cruzamento de veículo com base na posição e velocidade. A rotina 400 pode ser realizada pelo controlador 12 durante a execução do método 300 da Figura 3, por exemplo. Em 402, a entrada de posição de veículo bruta é aplicada a um primeiro filtro. Como explicado acima, quando um veículo estiver se deslocando

sobre uma trajetória, como um trem se deslocando sobre os trilhos, a posição do veículo pode ser determinada com base em dados captados, como a tensão e corrente de um circuito de aproximação. A posição de veículo pode ser determinada partindo de quando o veículo cruza um fio ou desvio sobre a via, cuja localização de fio ou desvio é armazenada no controlador. À medida que o veículo se aproxima do cruzamento, a posição do veículo é atualizada. A posição de veículo determinada pode ser filtrada, por exemplo, por um filtro passa-baixo ou ao calcular a média de duas ou mais posições consecutivas. Em 404, um ganho é aplicado para dimensionar a posição em termos do cruzamento, como uma porcentagem de distância do cruzamento, também denominada Rx. Por exemplo, a posição do desvio na via pode ser ajustada em uma Rx de 150%, e à medida que o veículo se aproxima do cruzamento, a Rx pode diminuir. Em 406, a Rx pode ser limitada a um valor máximo. Em um exemplo, o veículo pode ter uma Rx máxima de 100%, de modo que sua posição seja relatada em 100% mesmo quando o veículo estiver realmente localizado em uma Rx de 120%.

[020] Uma distância até o cruzamento (*Distance To Crossing* - DTC) do veículo é calculada com base na posição de veículo limitada filtrada. A DTC é determinada em relação ao comprimento de aproximação, que é a distância entre o cruzamento e a posição do desvio a montante do cruzamento. A DTC pode ser definida como

$$\frac{\text{Comprimento de aproximação} \times \text{Rx filtrada}}{100}$$

[021] Em 408, a DTC é diferenciada em relação ao tempo para calcular a velocidade de veículo. Em um exemplo, a velocidade de veículo V pode ser determinada com base na equação:

$$V = 4(DTC_{n-1} - DTC_n)$$

Nessa realização, os dados são coletados uma vez a cada $\frac{1}{4}$ de segundo. Entretanto, outras realizações são possíveis, como dados coletados a cada segundo, em que a velocidade V poderia ser igual a

$$DTC_{n-1} - DTC_n$$

[022] A velocidade é filtrada em 410. Em uma realização, o filtro é uma velocidade média ponderada não linear. Utilizando-se uma média ponderada não linear, variações na velocidade com base, por exemplo, em ruído no sinal de posição podem ser atenuadas, enquanto pondera-se a velocidade voltada para a velocidade determinada mais atual. A velocidade ponderada não linear V_w pode ser determinada com base na equação:

$$V_w = 0.3(V_n) + 0.2(V_{n-1} + V_{n-2}) + 0.1(V_{n-3} + V_{n-4} + V_{n-5})$$

[023] A média de uma pluralidade de velocidades médias ponderadas pode ser calculada em 412 para determinar a velocidade ponderada média total, V_{avg} . Por exemplo, a média dos nove V_w anteriores pode ser calculada.

[024] A saída da DTC e a velocidade média filtrada V_w é a entrada em 414 para determinar um tempo até o cruzamento (TTC). Em algumas realizações, o TTC também pode incluir um desvio de aproximação. Como anteriormente explicado, em um circuito de cruzamento, a aproximação é definida como a distância entre o cruzamento e o desvio no início da aproximação. Toda a previsão está baseada dessa distância. Entretanto, às vezes é útil prever quanto tempo irá levar para um veículo atingir um ponto antes ou após o cruzamento. Essa distância adicional é o desvio de aproximação. O desvio de aproximação é uma distância definida pelo usuário e compensa uma porção cega da via sem um conjunto de circuitos de aproximação para calcular a velocidade ou posição. O TTC pode ser calculado seguindo a equação:

$$TTC = \frac{DTC + \text{desvio de aproximação}}{V}$$

[025] Em 416, o TTC pode ser limitado, por exemplo, o TTC pode ter um valor máximo de 100 segundos. O TTC limitado é então emitido como o TTC calculado e usado para determinar quando deve-se ativar o equipamento de aviso no cruzamento.

[026] Assim, o método 300 da Figura 3 e a rotina 400 da Figura 4 fornecem a determinação de um tempo até o cruzamento de um veículo à medida que esse se aproxima de um cruzamento a partir de uma posição predeterminada. O TTC é dependente de posição de veículo e velocidade de veículo. A velocidade de veículo pode ser filtrada a uma extensão maior do que a posição de veículo, pelo menos acima de uma frequência limite, assim permitindo a redução de ruído no sinal TTC e permitindo previsões de tempo até o cruzamento mais precisas. Em um exemplo, quando a razão de ruído para sinal for relativamente alta, a velocidade pode ser filtrada a uma extensão maior que a posição é filtrada. Entretanto, quando a razão de ruído para sinal for relativamente baixa, por exemplo, durante condições de estado estacionário, os dados de velocidade e posição podem ser filtrados a uma extensão similar.

[027] Por exemplo, em uma realização, a velocidade pode ser determinada com base em uma média ponderada da velocidade atual e uma pluralidade de velocidades anteriores. Essa pode incluir em que a velocidade atual, V_n , compreende uma primeira porção maior da média ponderada, e em que a pluralidade de velocidades anteriores compreende uma porção menor da média ponderada. A média ponderada também pode incluir a velocidade atual que compreende uma primeira porção maior da média ponderada, uma primeira e segunda velocidades anteriores imediatamente anteriores à velocidade atual que compreendem uma segunda porção menor da média ponderada, e uma terceira, quarta, e quinta velocidades anteriores imediatamente anteriores à primeira e segunda velocidades anteriores que compreendem uma terceira porção menor da média ponderada.

[028] Em algumas realizações, a taxa de mudança da posição de veículo (por exemplo, Rx) pode ser monitorada durante a previsão. Por exemplo, se a Rx mudar rapidamente, isso pode indicar que um veículo entrou no circuito de aproximação de via a partir de uma entrada alternativa, como em um

comutador de trilho, entre o desvio e o cruzamento. Nessas circunstâncias, se a taxa de mudança de Rx estiver acima de um limite, o controlador pode parar para calcular a velocidade do veículo, e então o TTC, até um tempo no qual a mudança em Rx diminui

[029] A Figura 5 é um gráfico 500 que ilustra o tempo até o cruzamento (TTC) de um veículo à medida que esse se aproxima de um cruzamento. O gráfico 500 ilustra dois mecanismos para determinar o TTC do veículo, uma determinação baseada em posição (linha tracejada-pontilhada 502) em que a posição determinada pode ser filtrada a uma extensão maior do que a velocidade (usada, por exemplo, em sistemas de previsão de cruzamento anteriores), bem como a determinação baseada em velocidade de acordo com uma realização da presente descrição (mostrada como a linha sólida 504) em que a velocidade é filtrada a uma extensão maior que a posição. A determinação baseada em velocidade pode ser calculada de acordo com a rotina 400 da Figura 4. Um TTC teórico, mostrado como a linha pontilhada 506, também é ilustrado. O TTC teórico pode ser um TTC estimado ideal para o veículo que é calculado uma vez que a posição e velocidade de veículo iniciais são conhecidas, com a suposição que a velocidade de veículo permanece constante. Um TTC limite, mostrado como tempo TTC 508, pode ser um TTC que, uma vez alcançado pelo veículo (como calculado pela determinação baseada em posição ou velocidade), faz com que o equipamento de aviso seja ativado.

[030] No tempo T_1 , o TTC de veículo como calculado pela determinação baseada em posição (linha tracejada-pontilhada 502), atinge o TTC limite 508, e como resultado, um sinal é enviado para ativar o equipamento de aviso. Entretanto, como pode ser observado, devido ao erro no cálculo de TTC causado pela grande variação na determinação baseada em posição, esse ponto é antes do que quando o TTC teórico 506 e o TTC como calculado pela determinação baseada em velocidade (linha sólida 504) transpõe o limite,

mostrado em tempo T_2 . Como resultado, um tempo máximo de alerta mais longo do que desejado pode ocorrer quando se utiliza uma determinação baseada em posição, porém não quando se utiliza a determinação baseada em velocidade de acordo com a descrição.

[031] Agora com referência à Figura 6, um sistema esquemático de uma realização de um circuito de via 600 que inclui um circuito de via de aproximação 602 (por exemplo, circuito de via de aproximação 128) e um circuito de via em ilha 650 (por exemplo, circuito de via em ilha 130) é ilustrado. Uma realização utiliza um controlador 12 que inclui microprocessadores duais (MPs), que podem realizar uma ou mais rotinas de controle da descrição. Um primeiro microprocessador (MP A) 604 fornece um sinal de saída de onda senoidal 626 ao gerador de onda senoidal 606 para produzir uma onda senoidal de aproximação 608 que é uma onda senoidal verdadeira com mínimo conteúdo harmônico. O MP A 604 fornece um sinal de ganho de aproximação 624 que fornece controle de ganho ao transmissor de aproximação 610. A onda senoidal de aproximação 608 é fornecida ao transmissor de aproximação 610 que amplifica o sinal de onda senoidal de aproximação 608 com base no sinal de ganho de aproximação 624 e transmite o sinal de aproximação amplificado sobre o trilho 18 através dos terminais de transmissor 112A e 112B.

[032] O circuito de via de aproximação 602 gera uma realimentação 612 indicativa da tensão transmitida ao longo do trilho 18, e uma realimentação 678 indicativa da corrente transmitida. Amplificadores diferenciais podem ser usados para fornecer a realimentação de tensão transmitida 612 e a realimentação de corrente transmitida 678. Por exemplo, um amplificador de entrada diferencial 607 é conectado ao terminal 112A e terminal 112B, e a saída fornecer tensão de realimentação 612 que representa a tensão do sinal de aproximação transmitido. Um resistor 609 é interposto em série com o terminal de saída 112B, e um amplificador de entrada diferencial 611 tem suas entradas

conectadas às respectivas extremidades de resistor 609 para fornecer um sinal de corrente de realimentação 678 representativo do valor da corrente constante aplicada à via.

[033] Uma realimentação de tensão recebida 614 representa a tensão de sinal de aproximação transmitida obtida pelo receptor através de terminais 116A e 116B. Em uma realização, o receptor 615 é outro amplificador de entrada diferencial que tem suas entradas conectadas aos pontos de enlace 116A e 116B, e o sinal de saída de amplificador é uma tensão representativa do sinal de aproximação recebido. As realimentações 612, 678 e 614 são fornecidas ao sistema de aquisição de dados 617 compreendido de uma realimentação de circuito de via 616, filtro anti-alias 618, e multiplexador 620. Como conhecido por um técnico no assunto, a multiplexação envolve enviar múltiplos sinais ou fluxos de informações ao mesmo tempo sob a forma de um único sinal complexo (isto é, um sinal de multiplexação). Nesse caso, o filtro anti-alias 618 recebe a realimentação de tensão transmitida 612, a realimentação de corrente transmitida 678, e a realimentação de tensão recebida 614 para eliminar, por exemplo, ruído nos sinais de realimentação recebidos. O multiplexador 620 é acoplado ao filtro anti-alias e multiplexa a primeira realimentação de tensão transmitida filtrada 612, a primeira realimentação de corrente transmitida filtrada 678, e a primeira realimentação de tensão recebida filtrada 614 para gerar um sinal analógico multiplexado 622. O sinal analógico multiplexado 622 é fornecido a um conversor analógico-digital 662 onde o sinal analógico é amostrado e digitalizado e convertido em primeiros sinais digitais que correspondem à realimentação de tensão transmitida 612, à realimentação de corrente transmitida 678, e à realimentação de tensão recebida 614.

[034] Os primeiros sinais digitais são digitalmente filtrados em faixa de passagem dentro do MP A 604 e os dados filtrados são processados para determinar o nível e fase de sinal. Em particular, os primeiros sinais digitais

são processados para determinar a frequência e magnitude da realimentação de tensão transmitida 612, a realimentação de corrente transmitida 678, e a realimentação de tensão recebida 614. O processamento dos primeiros sinais digitais também inclui filtrar digitalmente os segundos sinais digitais para determinar se a frequência da realimentação de tensão recebida 614 está dentro de uma primeira faixa de banda de passagem. Se a realimentação de tensão recebida 614 for determinada para estar dentro de uma primeira faixa de banda de passagem, o MP A 604 usa o nível de sinal determinado (isto é, magnitude) e dados de fase para calcular a impedância de via total, que por sua vez determina a presença e o movimento de um trem dentro do circuito de via de aproximação 128. Em uma realização alternativa, o MP A 604 fornece os dados que incluem o nível de sinal e a fase de sinal a um processador diferente (não mostrado) que calcula a impedância de via total, que por sua vez determina a presença e o movimento de um trem dentro do circuito de via de aproximação 128.

[035] Similarmente, um segundo microprocessador (MP B) 654 gera um sinal de saída de onda senoidal 656 a um segundo gerador de onda senoidal 658 para produzir um sinal de onda senoidal em ilha 660. O sinal de onda senoidal em ilha 660 é fornecido ao transmissor de ilha 664 que amplifica o sinal de onda senoidal em ilha 660 com base em sinal de controle de ganho de ilha 663 fornecido pelo MP B 654. Esse sinal de ilha amplificado é transmitido sobre o trilho 18 através dos terminais de transmissor isolados 113A e 113B. Naturalmente em realizações diferentes, o circuito de via em ilha 130 pode utilizar o mesmo conjunto de terminais de transmissão.

[036] O circuito de via em ilha 650 gera a realimentação 666 indicativa da tensão transmitida e gera a realimentação 670 indicativa da tensão recebida. Nesse caso, um amplificador de entrada diferencial 665 pode ser conectado aos terminas 113A e 113B, e a saída fornece tensão de realimentação

666 que representa a tensão do sinal de aproximação transmitido. A realimentação de tensão recebida 670 representa a tensão de sinal de ilha transmitida obtida pelo receptor através de terminais 116A e 116B. A realimentação de tensão transmitida 666, e a realimentação de tensão recebida 670 são fornecidas ao sistema de aquisição de dados 671 compreendido de uma realimentação de circuito de via 668, filtro anti-alias 672, e multiplexador 674 para gerar sinais analógicos multiplexados 675. Os segundos sinais analógicos multiplexados 675 são fornecidos a um conversor analógico-digital 676 onde os sinais são digitalizados e convertidos em segundos sinais digitais. Os segundos sinais digitais são digitalmente filtrados em faixa de passagem dentro de MP B 654 e os dados filtrados são processados para a determinação do nível de sinal. Em particular, os segundos sinais digitais são processados para determinar a frequência e magnitude da realimentação de tensão transmitida 666 e a realimentação de tensão recebida 670. O processamento dos segundos sinais digitais também inclui filtrar digitalmente os segundos sinais digitais para determinar se a frequência do segundo sinal recebido está dentro de uma segunda faixa de banda passagem adjacente à primeira faixa de frequência de banda de passagem. Se a frequência do segundo sinal recebido for determinada para estar dentro de uma segunda faixa de banda de passagem, o MP B 654 usa o nível de sinal determinado (isto é, magnitude) para determinar a presença do trem dentro da ilha 118.

[037] Outra realização do presente sistema é tirar a amostra do sinal recuperado da via em um número inteiro múltiplo da frequência do sinal transmitido. Com referência à Figura 6, o MP A 604 e o gerador de onda senoidal 606 servem para criar um sinal de onda senoidal de aproximação 608 de frequência A_f . Para auxiliar o processamento de sinal digital e por fim aumentar a precisão do sinal recebido, o MP A 604 fornece um relógio programável sob a forma de relógio de amostra de aproximação (não mostrado) ao conversor

analogico-digital (*Analog-to-Digital Converter* – ADC) A 662 que é programado para N vezes A_f , onde N é um valor inteiro (isto é, 1, 2, 3 ...). O mesmo método é usado para o circuito de ilha onde MP B 654 e o gerador de onda senoidal 658 criam um sinal de onda senoidal de ilha 660 de frequência A_i . O MP B 654 fornece um relógio programável como o relógio de amostra de ilha (não mostrado) ao ADC B 676 programado para Q vezes A_i , onde Q é um valor inteiro (isto é, 1, 2, 3 ...). N e Q são selecionados com base nas exigências de desenho de filtro de microprocessador. Isso permite que os coeficientes de filtro sejam otimizados para recuperar o sinal transmitido em questão e a aquisição de dados e filtragem de ruído resultantes do sinal que será obtido ao mudar apenas o software MP.

[038] Outra realização do presente sistema é que os filtros anti-alias também são programáveis através do software MP. Novamente com referência à Figura 6, MP A 604 apresenta um relógio programável 682 ao filtro anti-alias A 618 que é programado para M vezes A_f . Similarmente MP B 654 fornece um relógio programável ao filtro anti-alias B 672 programado para P vezes A_i . Em uma realização, os circuitos de filtro anti-alias são realizados utilizando um dispositivo de filtro de capacitor chaveado. M e P são selecionados com base nas exigências de dispositivo e exigências de filtro anti alias- (AAF) para rejeitar os sinais de banda. Isso permite que a filtragem de faixa de passagem desejada seja realizada mudando apenas o software MP.

[039] Outra realização do presente sistema é que ao tornar os relógios de amostragem de aquisição de dados e relógios de filtro anti-alias programáveis, apenas uma configuração de hardware é necessária para realizar a suportar a toda a faixa de frequências de um sistema de passagem de nível de via férrea. Isso reduz o custo para o fabricante sob a forma de um número reduzido de sistemas que será fabricado e estocado e também para o usuário, pois um número menor de sistemas sobressalentes tem de ser adquirido e

mantido.

[040] Outra realização refere-se a um sistema de cruzamento que compreende um controlador. O controlador é configurado (por exemplo, executa instruções de programa que fazem com que o controlador realize etapas/funções designadas) determine a velocidade filtrada de um a veículo que se desloca em uma primeira trajetória, ao diferenciar uma posição de veículo filtrada em relação ao tempo. O controlador é adicionalmente configurado, com base na velocidade filtrada, para determinar um tempo até o cruzamento para o veículo alcançar um cruzamento. O cruzamento está entre a primeira trajetória e uma segunda trajetória, e há um equipamento de aviso no lugar no cruzamento para o controle de tráfego. O controlador é adicionalmente configurado para responder ao veículo que atinge um tempo até o cruzamento ao enviar um sinal para ativar o equipamento de aviso. Em outra realização, a velocidade filtrada é filtrada a uma extensão maior que a posição de veículo filtrada pelo menos acima de uma frequência limite.

[041] Embora o sistema e técnica aprimorados desse pedido para a geração e detecção de sinais enviados ao longo de trilhos de via férrea tenham sido descritos em conjunto com os cruzamentos de via férrea, e mais particularmente em conjunto com a detecção de trens que se aproximam desses cruzamentos, o sistema e técnica dessa invenção podem ser usados em outras aplicações à margem da via férrea. Por exemplo, o sistema e técnica podem ser usados para a detecção de trem em conjunto com a operação de equipamento de intertravamento para trocas entre os trilhos. Ademais, o sistema e técnica podem ser usados em aplicações de circuito de via em que o transmissor e receptor ficam localizados em locais espaçados ao longo dos trilhos para detectar a presença de um trem no intervalo entre o transmissor e receptor. Esses também podem ser usados para sinalização de cabine em que o transmissor fica localizado ao longo do trilho e o receptor fica localizado a bordo

de uma locomotiva para transmitir informações a partir da margem da via à locomotiva, como informações de aspecto de sinal.

[042] Como usado aqui, um elemento ou etapa citado no singular e procedido com a palavra "um" ou "uma" deve ser entendido como não excluindo o plural dos ditos elementos ou etapas, a menos que essa exclusão seja explicitamente expressa. Ademais, referências a "uma realização" da presente invenção não pretendem ser interpretadas como excluindo a existência de realizações adicionais que também incorporam as características citadas. Ademais, a menos que explicitamente determinado em contrário, as realizações "compreendendo", "incluindo", ou "possuindo" um elemento ou uma pluralidade de elementos que possuem uma propriedade particular podem incluir esses elementos adicionais que não possuem tal propriedade. Os termos "incluindo" e "em que" são usados como os equivalentes de linguagem simples dos respectivos termos "compreendendo" e "em que". Ademais, os termos "primeiro", "segundo", e "terceiro", etc. são usados meramente como rótulos, e não pretendem impor exigências numéricas ou uma ordem particular nesses objetos.

[043] Essa descrição escrita usa exemplos para descrever a invenção, inclusive o melhor modo, e também para permitir que um técnico no assunto pratique a invenção, inclusive produzindo e utilizando quaisquer dispositivos ou sistemas e realizando quaisquer métodos incorporados. O escopo patenteável da invenção é definido pelas reivindicações, e pode incluir outros exemplos que ocorrem para um técnico no assunto. Esses outros exemplos são destinados para estarem dentro do escopo das reivindicações se esses possuírem elementos estruturais que não se difiram da linguagem literal das reivindicações, ou se esses incluírem elementos estruturais equivalentes com diferenças insubstanciais das linguagens literais das reivindicações.

REIVINDICAÇÕES

1. MÉTODO (300) PARA UMA PREVISÃO DE CRUZAMENTO (20) compreendendo as etapas de:

determinar uma posição de veículo de um veículo a partir de dados captados, em que o veículo é um veículo ferroviário;

filtrar (402) a posição do veículo;

determinar (408) a velocidade do veículo com base na posição do veículo filtrada;

filtrar (410) a velocidade do veículo a uma extensão maior do que a posição do veículo é filtrada, pelo menos acima de uma frequência limite; e

determinar (302) um tempo até o cruzamento (20) com base na posição do veículo filtrada e velocidade filtrada,

caracterizado por, ainda, compreender:

quando o tempo até o cruzamento (20) atingir um tempo de deslocamento limite, enviar (306) um sinal para ativar um equipamento de aviso (22, 24) no cruzamento (20) do qual o veículo está se aproximando.

2. MÉTODO (300), de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por determinar (408) a velocidade do veículo com base na posição do veículo filtrada compreender adicionalmente diferenciar a posição do veículo filtrada em relação ao tempo.

3. MÉTODO (300), de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo tempo até o cruzamento (20) ser um tempo de deslocamento a partir de uma posição predeterminada para o veículo alcançar o cruzamento (20) entre uma primeira trajetória (18) do veículo e uma segunda trajetória (30).

4. MÉTODO (300), de acordo com a reivindicação 3, caracterizado pela posição do veículo ser uma porcentagem de distância média (Rx) do cruzamento (20) em relação a um desvio (120, 124) na primeira trajetória (18) do veículo.

5. MÉTODO (300), de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pela velocidade filtrada compreender uma velocidade média ponderada não linear do veículo.

6. MÉTODO (300), de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pela velocidade média ponderada não linear compreender uma média ponderada de uma velocidade atual e uma pluralidade de velocidades anteriores.

7. MÉTODO (300), de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pela velocidade atual compreender uma primeira porção maior da média ponderada, e em que a pluralidade de velocidades anteriores compreende uma porção menor da média ponderada.

8. MÉTODO (300), de acordo com a reivindicação 5, caracterizado por determinar (412) a velocidade média ponderada não linear compreender adicionalmente calcular a média de uma pluralidade de velocidades médias ponderadas não lineares calculadas.

9. SISTEMA DE CRUZAMENTO (100), compreendendo:
um equipamento de aviso (22, 24) que controla o cruzamento (20) entre uma primeira trajetória (18) e uma segunda trajetória (30); e
um controlador (12) que inclui instruções para:

determinar uma velocidade filtrada de um veículo que se desloca na primeira trajetória (18) ao diferenciar (408) uma posição do veículo filtrada em relação ao tempo, em que o veículo é um veículo ferroviário;

com base na velocidade filtrada, determinar (302) um tempo até o cruzamento (20) para o veículo alcançar o cruzamento (20);

o sistema de cruzamento (100) sendo caracterizado pelo controlador (12) incluir ainda, instruções para:

responder ao veículo que atinge um tempo até o cruzamento limite (508) ao enviar (306) um sinal para ativar o equipamento de aviso (22, 24),

em que, acima de uma frequência limite, a velocidade filtrada é filtrada a uma extensão maior do que a posição do veículo filtrada (504) e em que, abaixo da frequência limite, a velocidade filtrada é filtrada em uma extensão similar à posição do veículo.

10. SISTEMA DE CRUZAMENTO (100), de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pela velocidade filtrada compreender uma velocidade média ponderada não linear.

11. SISTEMA DE CRUZAMENTO (100), de acordo com a reivindicação 10, caracterizado pela velocidade média ponderada não linear compreender uma média ponderada de uma velocidade atual e uma pluralidade de velocidades anteriores.

12. SISTEMA DE CRUZAMENTO (100), de acordo com a reivindicação 11, caracterizado pela velocidade atual compreender uma primeira porção maior da média ponderada, uma primeira e segunda velocidades anteriores imediatamente anteriores à velocidade atual compreendem uma segunda porção menor da média ponderada, e uma terceira, quarta, e quinta velocidades anteriores imediatamente anteriores às primeira e segunda velocidades anteriores compreendem uma terceira porção menor da média ponderada.

13. SISTEMA DE CRUZAMENTO (100), de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pela posição de veículo filtrada ser uma porcentagem de distância média (Rx) do cruzamento (20) em relação a um desvio (120, 124) da primeira trajetória (18) a montante do cruzamento (20).

14. SISTEMA DE CRUZAMENTO (100), de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pela posição do veículo filtrada possuir um valor máximo.

15. MÉTODO (300) PARA UMA PREVISÃO DE CRUZAMENTO (20), compreendendo as etapas de:

determinar uma posição de veículo de um veículo em relação ao cruzamento (20) em uma primeira trajetória (18) do veículo, em que o veículo é um veículo ferroviário;

determinar (412) uma velocidade média ponderada não linear do veículo com base em uma mudança de posição do veículo; e

responsivo à mudança de posição do veículo menor que um primeiro limite, determinar (414) um tempo até o cruzamento (20) com base na posição do veículo e na velocidade média ponderada não linear;

o método (300) sendo caracterizado por:

enviar (306) um sinal para ativar um equipamento de aviso (22, 24) no cruzamento (20) em resposta ao tempo até o cruzamento (20) que atinge um segundo limite; e

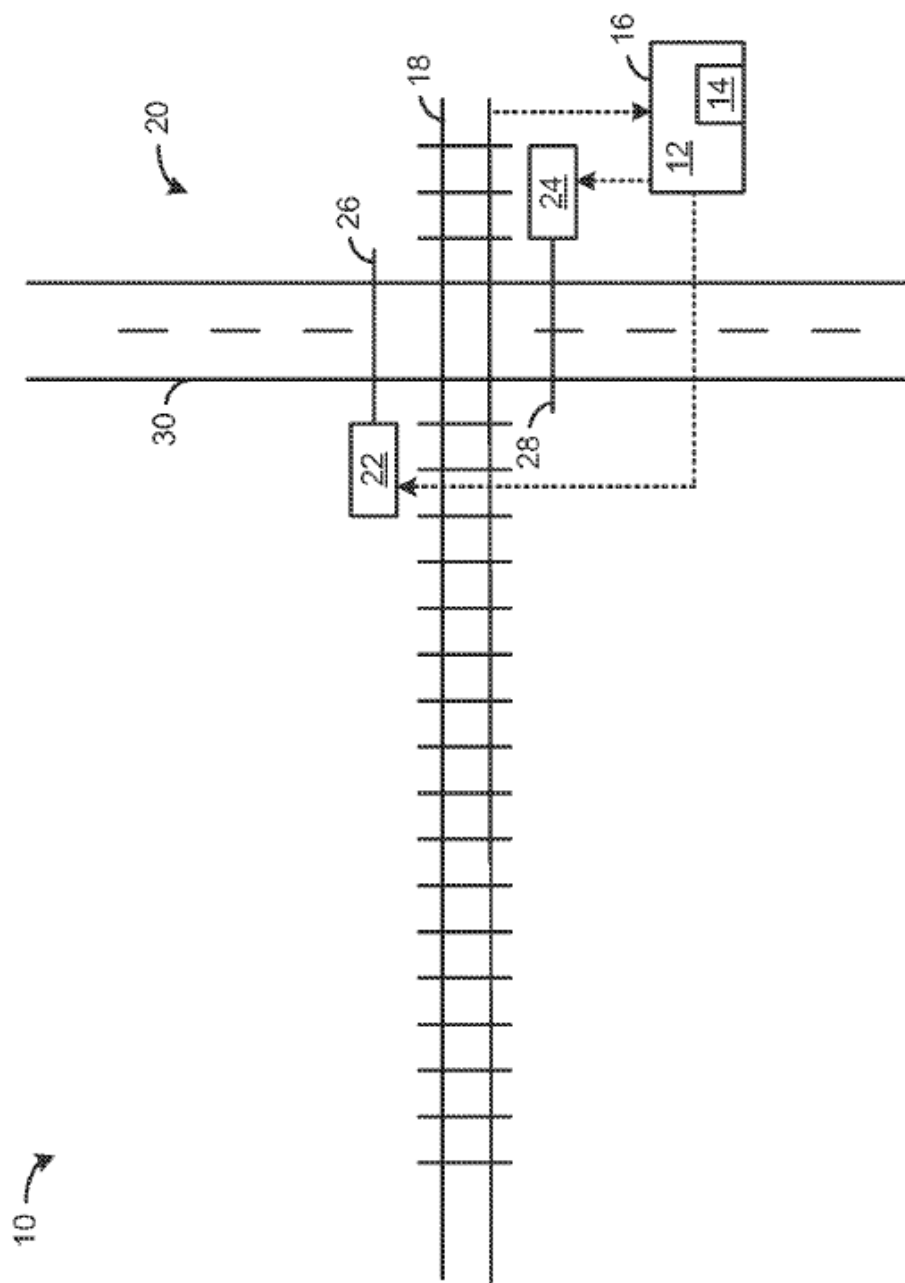
responsivo à mudança de posição do veículo maior que o primeiro limite, aguardar até que a mudança de posição do veículo seja menor que o primeiro limite antes de determinar o tempo até o cruzamento (20).

16. MÉTODO (300), de acordo com a reivindicação 15, caracterizado pela primeira trajetória (18) do veículo ser uma via férrea.

17. MÉTODO (300), de acordo com a reivindicação 15, caracterizado pelo segundo limite ser predefinido por um usuário.

18. MÉTODO (300), de acordo com a reivindicação 15, caracterizado pela posição do veículo compreender uma porcentagem de distância média (Rx) até o cruzamento (20) em relação a um desvio (120, 124) da primeira trajetória (18) do veículo a montante do cruzamento (20).

19. MÉTODO (300), de acordo com a reivindicação 15, caracterizado pela posição do veículo possuir um valor máximo.

**Fig. 1**

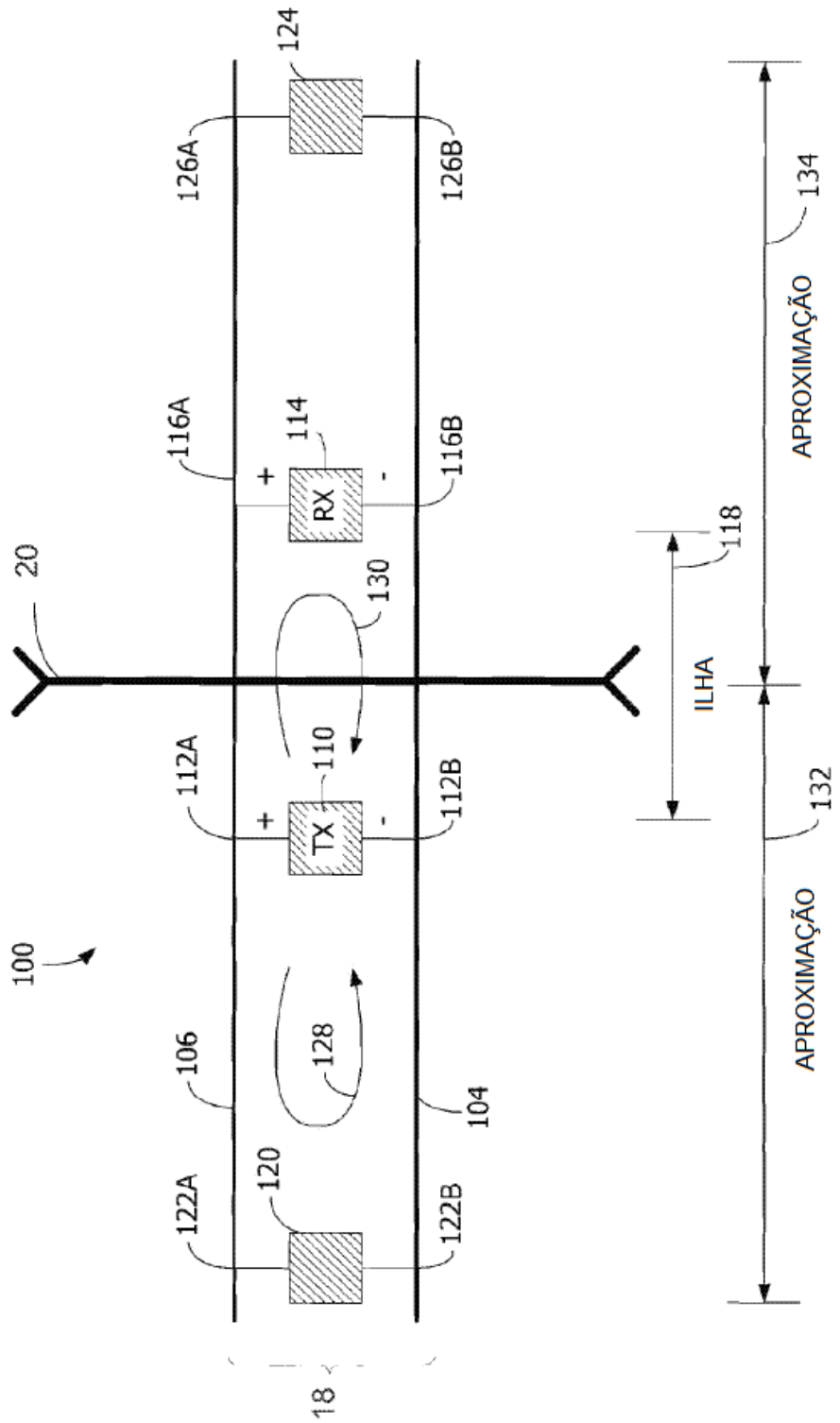
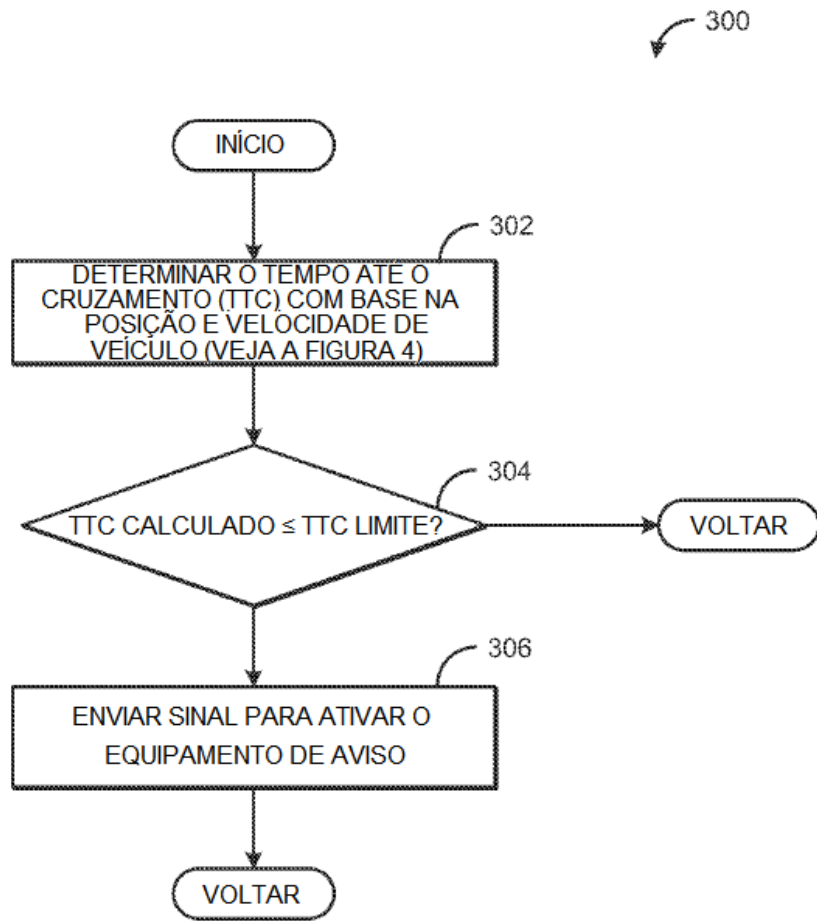
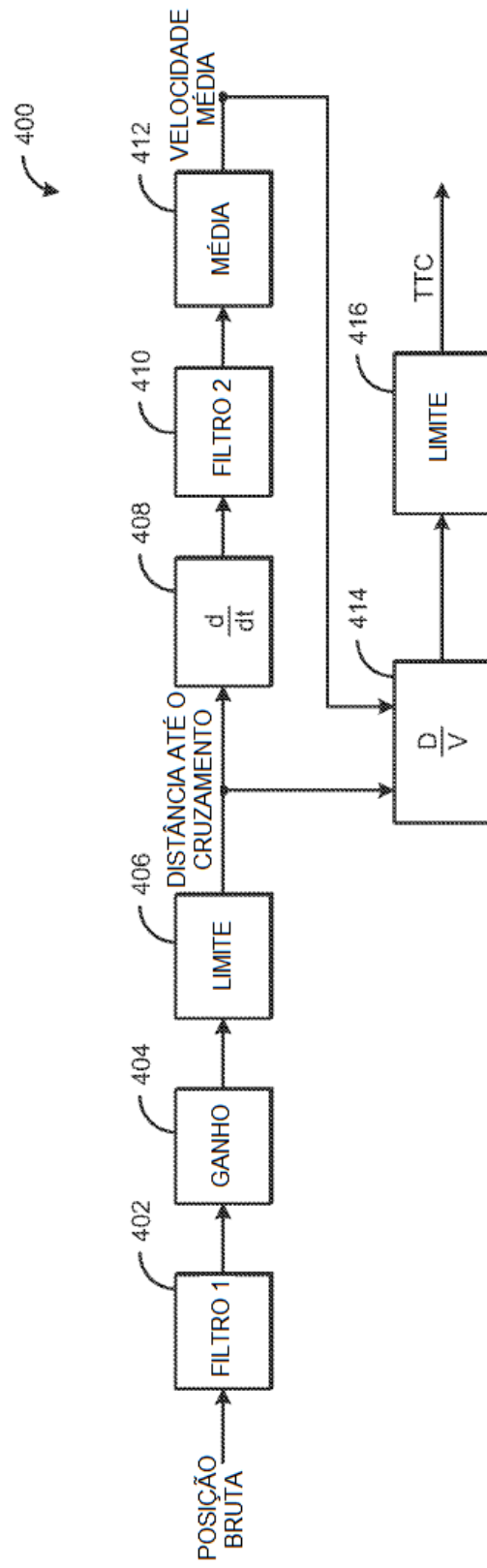
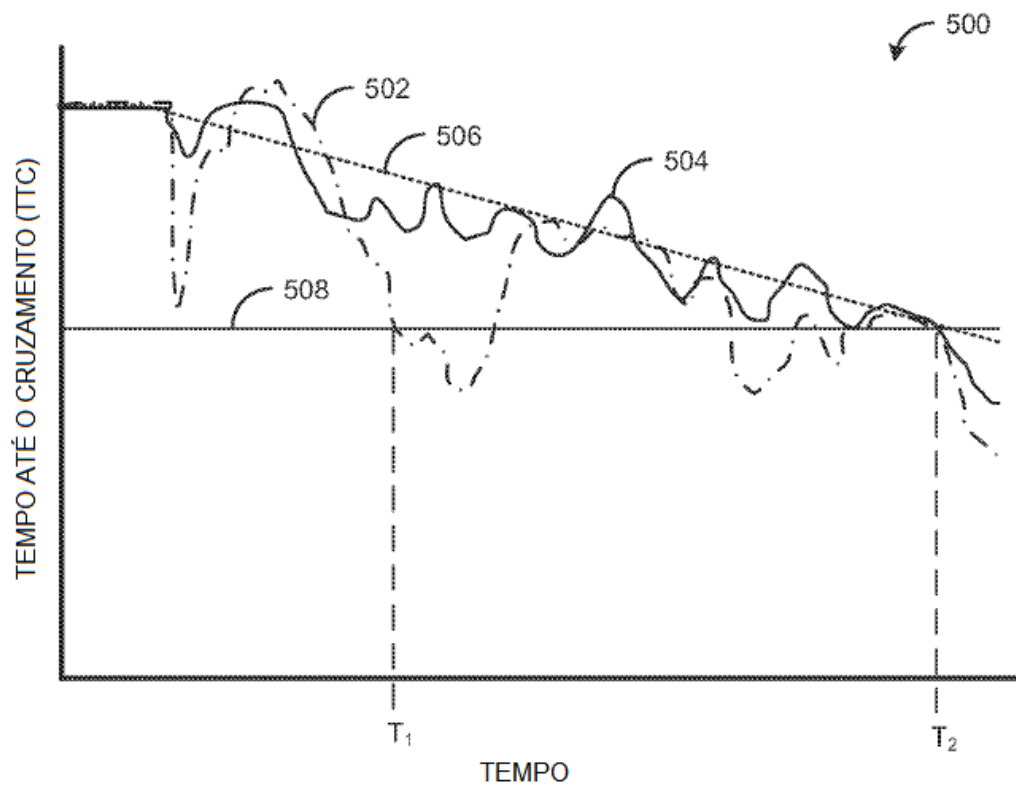


Fig. 2

**Fig. 3**

**Fig. 4**

**Fig. 5**

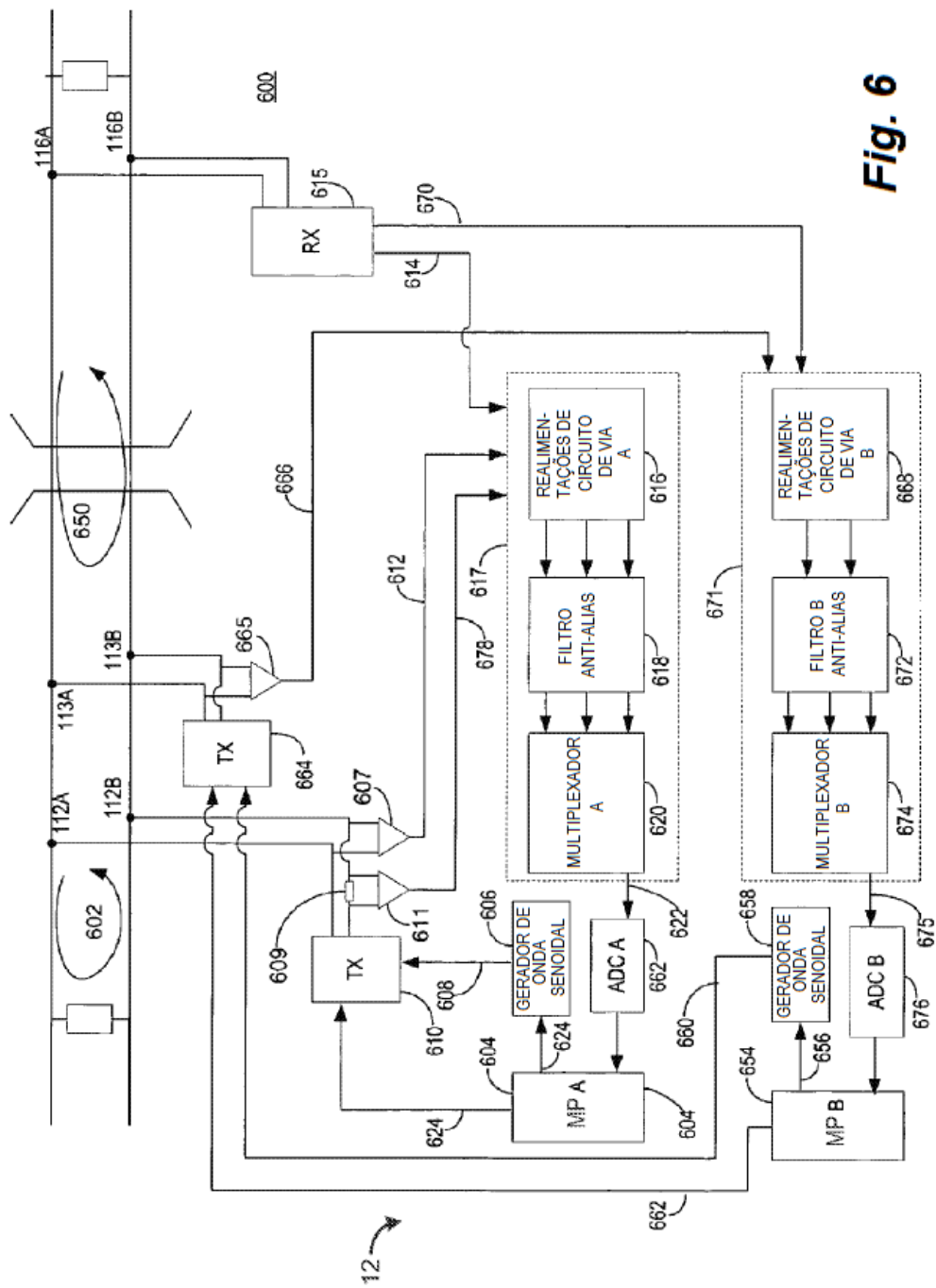


Fig. 6