



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

(11) BR 112014018945-5 B1



(22) Data do Depósito: 21/03/2013

(45) Data de Concessão: 15/06/2021

(54) Título: DENSITÔMETRO DIGITAL, DENSITÔMETRO DIGITAL HÍBRIDO E SISTEMA DE DENSITÔMETRO DIGITAL

(51) Int.Cl.: G01N 9/00.

(30) Prioridade Unionista: 15/03/2013 US 61/791,120; 21/03/2012 US 61/613,762.

(73) Titular(es): EATON INTELLIGENT POWER LIMITED.

(72) Inventor(es): PHILLIP ANDREW BAHORICH; NALIN JOSHI.

(86) Pedido PCT: PCT US2013033349 de 21/03/2013

(87) Publicação PCT: WO 2013/142717 de 26/09/2013

(85) Data do Início da Fase Nacional: 31/07/2014

(57) Resumo: DENSITÔMETRO DIGITAL, DENSITÔMETRO DIGITAL HÍBRIDO E SISTEMA DE DENSITÔMETRO DIGITAL. Um densitômetro digital para um sistema de medição de fluido inclui um dispositivo de detecção de frequência, configurado para ser disposto dentro de um tanque de fluido, sendo que a frequência detectada pelo sistema de medição indica a densidade de um fluido dentro de tanque de fluido, um conjunto de circuitos de detecção de frequência configurado para obter a frequência do dispositivo de detecção de frequência e transmitir a frequência em forma digital, e uma interface para comunicação digital com um controlador eletrônico, a comunicação digital compreendendo transmitir em forma digital a frequência para o controlador eletrônico.

"DENSITÔMETRO DIGITAL, DENSITÔMETRO DIGITAL HÍBRIDO E SISTEMA DE DENSITÔMETRO DIGITAL"

Histórico

Campo Técnico

[001] A presente invenção relaciona-se a sistemas e métodos para medição de fluido, incluindo sistemas e métodos para medição de combustível para determinar a densidade do combustível associado a um tanque de combustível, tal como tanque de combustível de uma aeronave.

Técnica Anterior

[002] É comum determinar ou estimar a densidade do combustível no tanque de combustível de uma aeronave para, dentre outras coisas, determinar a massa total de combustível na aeronave. Com aeronaves 14 CFR Parte 25, a quantidade de combustível pode ser representada em termos de massa, ao invés de volume, uma vez que a massa de combustível não muda com a temperatura, uma vez que a quantidade de energia utilizável nos tanques é proporcional à massa de combustível nos tanques. Como os densitômetros são tradicionalmente muito caros, pesados, e algumas vezes não-confiáveis em comparação com outros medidores dentro de tanque de combustível, alguns sistemas de medição de quantidade de combustível podem simplesmente inferir a densidade do combustível com base em uma constante dielétrica de combustível e/ou temperatura de combustível. Em alguns sistemas sem densitômetros, a determinação da densidade pode ser a fonte principal de erros na medição de combustível.

[003] Ademais, alguns densitômetros convencionais, que medem a densidade em função de frequência de ressonância de uma estrutura em contato com o combustível, incluem um carretel

de ressonância. Densitômetros do tipo carretel de ressonância vêm sendo adotados para uso na maior parte de aeronaves 14 CFR Parte 25, para mais de 150 passageiros. A operação de tais carretéis de ressonância e o correspondente cálculo de densidade a partir dos dados providos pode ser feita.

[004] Deve ser notado que densitômetros de carretel de ressonância foram inicialmente desenvolvidos para aplicações de petróleo em terra, que subsequentemente foram adotados para medições de quantidade de combustível em aeronaves. Densitômetros com carretel de ressonância para aeronaves estão descritas nas Patentes US N^{os} 4.802.360; 4.546.641; 4.495.818; e 4.215.566, todas elas incorporadas nesta por referência.

[005] Consequentemente, é desejável prover um sistema de medição de quantidade de combustível muito preciso que possa *inter-alia* medir a densidade de combustível e melhorar a precisão da medição.

Sumário

[006] Uma configuração de um densitômetro digital para um sistema de medição de fluido inclui um dispositivo de detecção de frequência, configurado para ser disposto em um tanque de fluido, onde a frequência detectada pelo dispositivo de detecção de frequência indica a densidade de um fluido dentro do tanque de fluido, um conjunto de circuitos de detecção de frequência é configurado para obter a frequência a partir do dispositivo de detecção de frequência, um conversor analógico-para-digital é configurado para converter a frequência para forma digital, e uma interface para comunicação digital com um controlador eletrônico, a comunicação digital compreendendo uma transmissão em forma digital da frequência para o controlador eletrônico.

[007] Uma configuração de um densitômetro digital híbrido para um sistema de medição pode compreender um dispositivo de detecção de frequência, dentro de um tanque de fluido, sendo que a frequência detectada pelo dispositivo de detecção de frequência indica a densidade do fluido dentro de um tanque de fluido, uma memória legível por computador configurada para armazenar um coeficiente de calibração de densidade do dispositivo de detecção de frequência, uma interface para comunicação com um controlador eletrônico, a comunicação compreendendo um coeficiente de calibração de densidade e frequência, e uma chave configurada para seletivamente eletricamente acoplar a interface com o dispositivo de detecção de frequência ou memória legível por computador.

[008] Uma configuração de um sistema de densitômetro digital pode compreender um dispositivo de detecção de frequência disposto dentro de um tanque de fluido, onde a frequência detectada pelo dispositivo de detecção de frequência indica a densidade de um fluido dentro do tanque de fluido, um conjunto de circuitos de detecção de frequência configurado para obter a frequência a partir do dispositivo de detecção de frequência, um conversor analógico-para-digital configurado para converter a frequência para forma digital, e um controlador eletrônico disposto fora do tanque de fluido, configurado para receber a frequência em forma digital e determinar a densidade do fluido dentro do tanque de fluido, de acordo com a frequência.

[009] O descrito acima e outros aspectos, componentes, detalhes, utilidades, e vantagens da presente invenção serão aparentes àqueles habilitados na técnica através de uma leitura minuciosa da descrição e reivindicações, em conexão com os

desenhos anexos.

Breve descrição dos desenhos

[0010] Os desenhos anexos foram incluídos para prover um pleno entendimento da presente invenção e estão incorporados nesta, constituindo parte desta especificação, ilustram configurações da presente invenção, e junto com a descrição detalhada, servem para esclarecer aspectos e componentes dos conceitos inventivos. Nos quais:

[0011] A Figura 1 ilustra geralmente um diagrama de blocos de uma configuração de um sistema de medição de combustível com um densitômetro digital;

[0012] A Figura 2 ilustra geralmente um diagrama de blocos de outra configuração de um sistema de medição de combustível com um densitômetro digital; e

[0013] A Figura 3 ilustra geralmente um diagrama de blocos de outra configuração de um sistema de medição de combustível com um densitômetro digital.

Descrição detalhada

[0014] Agora será feita referência em detalhes a configurações da presente invenção, cujos exemplos estão descritos nesta e ilustrados nos desenhos. Conquanto, a presente invenção seja descrita em conjunção com um número de configurações, deve ser entendido que a mesma não se limita a tais configurações. Ademais, a especificação pretende cobrir alternativas, modificações, e equivalentes, que podem estar englobadas no espírito e escopo da mesma.

[0015] As figuras nos desenhos geralmente incluem duas configurações de um sistema de medição de fluido melhorado. Mais especificamente, e sem limitação, as Figuras 1 e 2 geralmente ilustram configurações de um densitômetro digital

(chamado "densitômetro digital puro") e a Figura 3 ilustra um densitômetro digital acionado remotamente (chamado "densitômetro digital híbrido"). Embora as configurações possam ser discutidas no contexto de medição de combustível de aeronaves, a especificação tem propósito de ilustração e explicação, e não deve ser construída em caráter limitante. Deve ser entendido por aqueles habilitados na técnica que aspectos das configurações descritas nesta podem ser aplicados a muitas aplicações de medição de líquido, nas quais é desejável determinar parâmetros associados a um fluido em um recipiente ou tanque.

[0016] A Figura 1 ilustra geralmente um sistema de densitômetro digital 10 incluindo uma configuração de um densitômetro digital puro 12 disposto dentro de tanque de combustível. O densitômetro digital 12 é acoplado a um controlador eletrônico externo 14 (por exemplo, um computador ou controlador lógico programável) disposto fora do tanque através de uma interface de comunicação eletrônica 16. O densitômetro digital 12 pode incluir, em uma configuração, um regulador de tensão de fonte de energia elétrica 18, memória não-volátil legível por computador 20, sensor de temperatura 22, circuitagem de detecção de frequência 23, compreendendo contador de frequência 24, circuitagem de monitoramento e acionamento 26 e dispositivo de detecção de frequência 28.

[0017] O dispositivo de detecção de frequência 28 pode incluir ou ser acoplado a uma estrutura configurada para vibrar no fluido. A frequência de ressonância da estrutura, que pode correlacionar ou de alguma forma ser associada à densidade do fluido no qual a estrutura está disposta, pode ser determinada

e monitorada para determinar a densidade do fluido. Em outras configurações, o dispositivo de detecção de frequência 28 pode incluir em uma configuração, um carretel de ressonância. Em outras configurações, o dispositivo de detecção de frequência 28 pode incluir outras formas de densitômetros, que compreendem leitura de frequência incluindo, sem limitação, disco vibratório e densitômetros do tipo garfo sintonizador (tuning fork). O densitômetro 12 (e outros componentes descritos nesta) pode ser adaptado/configurado para qualquer tanque de fluido (por exemplo, combustível, óleo, água, etc.) para qualquer veículo (aeronave, foguete, veículos terrestres, etc.), ou mesmo tanques de armazenamento estático de qualquer tipo.

[0018] O conjunto de circuitos de detecção de frequência 23 pode ser similar àquele provido em conexão com densitômetros convencionais. Como conhecido, o conjunto de circuitos de acionamento e monitoramento 26 pode acionar o dispositivo de detecção de frequência 28 (ou seja, fazer vibrar um ou mais componentes ou estruturas do dispositivo de detecção de frequência) e monitorar o dispositivo de detecção de frequência 28 para gerar um sinal analógico, indicando a frequência vibratória do dispositivo de detecção de frequência 28. O conjunto de circuitos de acionamento e monitoramento 26 pode ser similar àquele de densitômetros convencionais e similar àquela mostrada e descrita em conexão com a Patente Nºs 4.802.360, acima, e/ou 4.996.656, ambas incorporadas nesta, por referência, em sua integralidade, ambas atuando sobre um carretel ao longo de uma longa extensão de fio. O contador de frequência 24 pode receber o sinal analógico e emitir um sinal digital, indicando a frequência detectada pelo dispositivo de

detecção de frequência 28. O contador de frequência, em uma configuração, pode contar os pulsos do sinal analógico fazendo referência a um relógio (ou seja, oscilador de 4 MHz mostrado na Figura 1), e, daí, determinando a frequência do dispositivo de detecção de frequência 28.

[0019] O contador de frequência 24 pode emitir o sinal digital através de uma interface de comunicação interna 30, que pode incluir um barramento de dados digitais (por exemplo, barramento IC) um conjunto de circuitos de extremidade EMI 34 e conector 36. O conector 36 pode prover, em uma configuração, uma conexão de 4 pinos (ou seja, 4 fios) com a interface de comunicação 16.

[0020] A memória 20 pode ser ou incluir uma memória apenas de leitura programável eletricamente apagável (EEPROM) ou outro tipo de memória conhecido. A memória 10 pode ser configurada para armazenar coeficientes de calibração do dispositivo de detecção de frequência 28, um identificador de configuração do dispositivo de detecção de frequência 28, e/ou outros dados, todos eles podendo ser lidos na memória 20 através do barramento de dados digital 32 com controlador eletrônico 14.

[0021] O sensor de temperatura 22 pode ser provido em um circuito integrado independente (IC de Integrated Circuit) em uma configuração - ou seja, pode ser um sensor de temperatura dedicado 22. O sensor de temperatura 22 pode compreender um ou mais sensores ou outros componentes conhecidos na técnica. O sensor de temperatura 22, assim como a memória 20, pode ser configurado para comunicação através do barramento de dados digital 32 com o controlador eletrônico 14.

[0022] O barramento de dados digital 32 pode compreender um barramento digital modificado (por exemplo, um barramento IC), um barramento sensor digital e adicionalmente uma interface de quatro fios similar 12 para ler a memória 20, sensor de temperatura 22, e para comunicação de uma frequência (em forma digital) do dispositivo de detecção de frequência 28. O barramento de dados digitais 32 pode ser combinado com um barramento de sensor digital em uma configuração. Para tal combinação, a fonte de energia pode ser modificada uma vez que circuitagem de acionamento e monitoramento 26, pode puxar 12 mA a 12 Volts, enquanto a tensão de sensor digital pode ser 4,75 Volts com uma corrente limite de 12 mA. Nas configurações da especificação, o densitômetro 12 não requer um microprocessador interno (on_board), dispositivo lógico programável (PLD), arranjo de porta programável por campo (FPGA), ou outro hardware programável dentro do tanque de fluido. Adicionalmente, em contraste com o sensor digital, o densitômetro 12 não requer um multiplexador múltiplo, para prover endereçamento digital. Um texto adicional a respeito de componentes relevantes comuns ou similares de um sistema para uso em ambientes similares, incluindo, sem limitação, conversão de sinais para forma digital e comunicação via barramento digital, tal como um barramento de sensor, está incluído no Pedido de Patente U.S. Nº de Série 12/418,172 (emitida na US Patente US Nº 8.281.655), de 3 de Abril 2009, incorporado nesta, por referência, em sua integralidade.

[0023] Em uma configuração, a memória 20, sensor de temperatura 22, e circuitagem de detecção de frequência 23 quando aplicáveis, todas elas podem ter endereços (por exemplo, endereços IC) ou sub-endereços unicamente designáveis, que

também são únicos a partir de qualquer sensor digital. Por conseguinte, dispositivos e sistemas, de acordo com esta especificação, podem não requerer um multiplexador, assim como sensores digitais convencionais.

[0024] O controlador eletrônico 14 pode ser eletricamente acoplado e configurado para prover energia e comunicar com o densitômetro digital puro 12 através de uma interface de comunicação 16. O controlador eletrônico 14 pode ser configurado para receber dados, tal como, por exemplo, sem limitação a frequência (em forma digital) do dispositivo de detecção de frequência 28, respectivos parâmetros de calibração do dispositivo de detecção de frequência 28 (por exemplo, armazenados na memória 20), e temperatura do sensor de temperatura 22. De acordo com parâmetros de frequência e calibração, o controlador eletrônico 14 pode determinar a densidade do fluido no tanque.

[0025] O densitômetro digital puro 12 pode simplificar interface 16 com o controlador eletrônico 14, somente requerendo uma conexão de quatro fios, em comparação com densitômetros conhecidos que podem requerer até oito fios, para prover energia e comunicação analógica entre controlador e densitômetro. Em adição, o densitômetro digital puro 12 pode não requerer blindagem da fiação do tanque, uma vez que a interface 16 pode operar de modo suficiente sem blindagem.

[0026] A Figura 2 ilustra um sistema de densitômetro digital 10' incluindo uma configuração alternativa de um densitômetro digital puro 12'. O densitômetro 12' da Figura 12 é substancialmente igual (apresentando substancialmente as mesmas vantagens) ao densitômetro 12 da Figura 1 exceto pelo fato de o densitômetro 12' da Figura 2 incluir um sensor de

temperatura 22' integrado com um contador de frequência 24' - ou seja, contador de frequência 14' e sensor de temperatura 22' podem ser providos no mesmo IC.

[0027] Um sistema de densitômetro digital 40 incluindo uma configuração de um densitômetro híbrido 42 é geralmente ilustrado na Figura 3. O densitômetro híbrido 42 em comparação com os densitômetros digitais 12, 12', descritos nesta, retira do tanque de fluido o conjunto de circuitos responsável em acionar e monitorar o dispositivo de detecção de frequência 28, e contar, determinar, e/ou digitalizar a frequência resultante. Por conseguinte, o densitômetro híbrido 42 pode ser configurado para ser disposto dentro do tanque de fluido e incluir um dispositivo de detecção de frequência 28, memória não-volátil legível por computador 20, sensor de temperatura 22, regulador de fonte de energia 18, e circuitagem de extremidade/EMI 34. O densitômetro híbrido 42 pode ser eletricamente acoplado a um controlador eletrônico 44 fora do tanque de fluido.

[0028] O dispositivo de detecção de frequência 28 sensor de temperatura 22 e memória 20 podem compreender componentes e funcionalidade substancialmente como descritos acima com respeito a densitômetros digitais puros 12, 12'. O densitômetro digital híbrido 42, dispositivo de detecção de frequência 28, sensor de temperatura 22, e memória 20 podem ser seletivamente eletricamente acoplados ao controlador eletrônico 44 através de chaves 46_{EC}, 46_D respectivamente dispostos no controlador eletrônico 44 e densitômetro 42 (chamados coletivamente simplesmente chaves 46). As chaves 46 podem compreender, por exemplo, chaves de estado sólido. As chaves, em um primeiro estado, podem acoplar eletricamente

a memória 20 e sensor de temperatura 22 ao controlador eletrônico 44, via barramento de dados digitais 58, e, em um segundo estado, acoplar eletricamente o dispositivo de detecção de frequência 28 ao controlador eletrônico 44 via conexão analógica 50.

[0029] O controlador eletrônico 44 pode incluir, em uma configuração, uma das chaves 46_{EC} mencionadas acima, circuitagem de acionamento e monitoramento 26 e micro-processador 52. O conjunto de circuitos de acionamento e monitoramento 26 pode incluir componentes e funcionalidade, substancialmente como descrito acima.

[0030] O micro-processador 52 pode ser configurado para receber, em uma configuração, um sinal analógico do conjunto de circuitos de acionamento e monitoramento 26, indicando frequência do dispositivo de detecção de frequência 28, assim como sinais digitais na comunicação, transmitida via barramento de dados digital 48. O micro-processador 52 pode, em uma configuração, incluir um contador de frequência para determinar a frequência, com base no sinal analógico do conjunto de circuitos de acionamento e monitoramento 26 ou o contador de frequência pode ser disposto entre o conjunto de circuitos de acionamento e monitoramento 26 e o micro-processador 52. O micro-processador 52 pode incluir programação e funcionalidade substancialmente como descrito acima, com respeito ao controlador eletrônico 14 das Figuras 1 e 2.

[0031] Prosseguindo com referência à Figura 3, em uma configuração, as chaves 46 podem permitir que o controlador eletrônico 44 quer acione/monitore a frequência do dispositivo de detecção de frequência 28, ou leia os coeficientes de

calibração e temperatura, por exemplo, dependendo da posição da chave, escolhida pelo controlador eletrônico 44 na porta GPIO. Com as chaves 46 em um primeiro estado, como conhecido na Figura 3, o controlador eletrônico 44 pode ler a memória 20 através do barramento de dados digital 48 energizado, e determinar, por exemplo, se for um densitômetro digital, junto com parâmetros de calibração, e também ler a temperatura a partir do sensor de temperatura 22. Se for um densitômetro digital, o controlador eletrônico 44 pode energizar ou ativar as chaves 46 para um segundo estado, de modo que o conjunto de circuitos de acionamento e monitoramento 26 possa ser usado para determinar diretamente a frequência do dispositivo de detecção de frequência 28.

[0032] Configurações de densitômetros 12, 12' 42 associados com sistemas descritos 10, 10', 40 podem prover um número de componentes vantajosos. Por exemplo, os densitômetros descritos nesta podem prover uma saída de sinal digital, sem usar um micro-processador ou componentes micro-codificados customizados (tal como PLD, FPGA, ou Circuito Integrado de Aplicação Específica (ASIC), e podem prover armazenamento digital de dados de calibração no densitômetro, de modo que os dados possam ser lidos digitalmente por um controlador eletrônico de interface, para, então, calcular a densidade do fluido, e prover dados de temperatura digitais ao(s) densitômetro(s), de modo que os dados possam ser lidos digitalmente pelo controlador eletrônico de interface. Os densitômetros e sistemas descritos nesta também podem ser vantajosamente digitalmente endereçados a partir de um controlador eletrônico em uma localização diferente/remota, proverem e/ou reconhecimento de configuração e calibração

digital a um controlador eletrônico em uma localização diferente/remota, compartilharem um conjunto comum de fios no tanque de combustível com um sensor digital (pelo menos com respeito aos densitômetros puros descritos). Tal sensor digital pode ser encontrado, por exemplo, na Patente U.S. Nº 8.281.655, referenciada acima.

[0033] Um número de benefícios potenciais pode ser provido em configurações da presente invenção. Por exemplo, fiações simplificadas podem ser providas em uma aeronave, por exemplo, incluídos no tanque de combustível entre o densitômetro e o controlador eletrônico (por exemplo, PLC/computador de medição de combustível). Densitômetros convencionais típicos usam 8 fios blindados para ler o densitômetro (2 para acionar a cabeça de sensor, 2 para monitorar a cabeça de sensor, e 4 para ler resistores escolhidos customizados, que representam coeficientes de calibração K0 e K2 únicos para cada sensor produzido). Configurações de densitômetros descritos podem usar apenas 4 fios não encapados no tanque de combustível (similar a um sensor digital). No entanto, deve ser notado que, com um densitômetro híbrido, como ilustrado na Figura 3, pode ser necessário ou desejável proteger os 4 fios, dependendo da necessidade e resultados desejados (que em parte podem ser determinados por teste EMI).

[0034] Uma vantagem adicional que pode ser provida pela presente invenção se refere à leitura da temperatura no densitômetro. Comumente densitômetros convencionais se ressentem da falta de sensores de temperatura. A adição de tais sensores tipicamente adicionaria mais fios à fiação. Com as configurações descritas, o uso de um barramento de dados digital permite a leitura da temperatura no densitômetro,

por exemplo, através de um sensor de temperatura integrado em um circuito conversor analógico-para-digital, ou através de um sensor de temperatura IC (tal como ADT7410). A inclusão de um sensor de temperatura permite que a temperatura no densitômetro seja comparada com a temperatura em vários locais no tanque, via sensores de temperatura separados ou inerentes a um sistema sensor digital (por exemplo, Digital Probe™). As comparações de temperatura provêm que a densidade medida seja ajustada em vários locais no tanque, que melhora a precisão do cálculo da quantidade de combustível.

[0035] Uma vantagem adicional que pode ser provida pela presente invenção se refere a uma interface digital melhorada. A utilização de interface digital (tal como IC) e endereçamento permite que os densitômetros compartilhem o conjunto de circuitos dentro do controlador eletrônico com sensores digitais. Isto pode reduzir a complexidade no computador *inter-alia* (por exemplo, em ambas configurações de densitômetro digital puro e densitômetro digital híbrido) e permite que fios de barramento (por exemplo, fios de barramento IC) seja compartilhados com sensores digitais (por exemplo, em configurações de densitômetro digital puro).

[0036] Uma vantagem adicional que pode ser provida pela presente invenção se refere à facilitação de teste funcional na instalação. Observou-se que carretéis vibratórios podem não oscilar ao ar de modo consistente. Algumas unidades saem da linha de produção randomicamente tendo tal capacidade, enquanto outras não desfrutam desta capacidade. Uma vez que as cabeças podem vibrar de modo não-confiável ao ar, é desafiador testar se uma instalação está correta, particularmente, se a fiação entre densitômetro e controlador eletrônico se encontra

instalada apropriadamente (por exemplo, que o densitômetro esteja recebendo energia do controlador e se comunicando de volta). Configurações do densitômetro descrito provêem tal condição, desde que a comunicação digital ocorra a despeito de o carretel ter alcançado (ou não) um ponto de oscilação.

[0037] Uma vantagem adicional, que pode ser provida pela presente invenção, se refere à resistência à interferência eletromagnética (EMI de Electromagnetic Interference). Interfaces digitais, tais como aquelas descritas, podem ser resistentes à EMI.

[0038] Uma vantagem adicional que pode ser provida pela presente invenção se refere a uma condução simplificada de sinais. Por exemplo, em uma configuração de densitômetro digital puro, a inclusão de uma interface digital pode simplificar e atender ao desafio de acionar o densitômetro através de uma longa extensão de fio.

[0039] Uma vantagem adicional, que pode ser provida pela presente invenção, se refere a coeficientes de calibração digital. Cabeças de sensor de densitômetro do tipo vibratório geralmente requerem uma calibração individual para ajudar a garantir precisão. Os coeficientes de calibração resultantes (por exemplo, K0 e K2) são geralmente transferidos para componentes eletrônicos de processamento, para determinar a densidade do combustível. Em uma configuração, resistores podem ser providos para coeficientes de calibração, alternativamente à memória legível por computador descrita nesta. Tais coeficientes de calibração baseados em resistores podem ser incluídos como na Patente U.S. Nº 4.802.360 acima. Os resistores podem ser individualmente escolhidos para representar os coeficientes de calibração e podem ser

permanentemente acoplados ao dispositivo de detecção de frequência, para serem lidos por um controlador eletrônico. Isto geralmente requer fios dedicados adicionais na fiação, antes de correr entre computador e densitômetro.

[0040] Embora configurações particulares da presente invenção tenham sido descritas em detalhes nesta, fazendo referência aos desenhos anexos, deve ser entendido que a mesma não se limita àquelas configurações particulares, e que várias mudanças e modificações poderão ser efetuadas por aqueles habilitados na técnica, sem sair do escopo e espírito da invenção, como definido nas reivindicações anexas.

REIVINDICAÇÕES

1. Densitômetro digital, para um sistema de medição de fluido, o densitômetro (12') sendo caracterizado pelo fato de compreender:

- um dispositivo de detecção de frequência (28), configurado para ser disposto dentro de um tanque de fluido, sendo que uma frequência detectada pelo dispositivo de detecção de frequência (28) é indicativa de uma densidade de um fluido dentro do tanque de fluido;

- um conjunto de circuitos de detecção de frequência (23), configurado para ser disposto dentro do tanque de fluido e para obter a frequência do dispositivo de detecção de frequência (28) e para transmitir a frequência em uma forma digital;

- um barramento de dados (32) tendo um sensor de temperatura (22') integrado com um contador de frequência (24'), sendo que o conjunto de circuitos de detecção de frequência (23) está em comunicação com um ou mais componentes adicionais além do barramento de dados (32), o conjunto de circuitos de detecção de frequência (23) está associado com um único endereço no barramento de dados (32);

- uma interface (16) para comunicação digital com um controlador eletrônico (14), a comunicação digital compreendendo transmitir de forma digital a frequência para o controlador eletrônico (14), parâmetros de calibração do dispositivo de detecção de frequência (28) e a temperatura a partir do sensor de temperatura (22'); e

- o sensor de temperatura (22') integrado com o contador de frequência (24') é configurado para contar pulsos de um sinal analógico com referência a um relógio e determinar uma

frequência do dispositivo de detecção de frequência (28).

2. Densitômetro digital, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de o barramento de dados (32) ser um barramento I²C.

3. Densitômetro digital, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de o sensor de temperatura (22') compreender um circuito integrado que é separado do conjunto de circuitos de detecção de frequência (23) e um conversor analógico-para-digital.

4. Densitômetro digital, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de o sensor de temperatura (22') ser integrado no um conversor analógico-para-digital.

5. Densitômetro digital, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de o dispositivo de detecção de frequência (68) compreender um carretel vibratório.

6. Densitômetro digital, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de o dispositivo de detecção de frequência (28) compreender um disco vibratório.

7. Densitômetro digital, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de o dispositivo de detecção de frequência (28) compreender um garfo sintonizador.

8. Densitômetro digital, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de o dispositivo de detecção de frequência (28) ser configurado para detectar uma frequência de ressonância de uma estrutura em contato com o fluido no tanque de fluido.

9. Densitômetro digital, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de a interface (16) compreender um conector de quatro fios (36).

10. Densitômetro digital, de acordo com a reivindicação 1,

caracterizado pelo fato de adicionalmente compreender uma memória legível por computador (20) configurada para armazenar respectivo coeficiente de calibração de densidade do dispositivo de detecção de frequência (28), sendo que a comunicação digital adicionalmente compreender a transmissão do coeficiente de calibração de densidade para o controlador eletrônico (14).

11. Densitômetro digital, de acordo com a reivindicação 10, caracterizado pelo fato de a memória ser configurada para ser disposta dentro do tanque de fluido.

12. Densitômetro digital híbrido, para um sistema de medição de fluido, o densitômetro (12') sendo caracterizado pelo fato de compreender:

- um dispositivo de detecção de frequência (28) disposto dentro de um tanque de fluido, sendo que uma frequência detectada pelo dispositivo de detecção de frequência (28) é indicativa de uma densidade de um fluido dentro do tanque de fluido;
- uma memória legível por computador (20) configurada para armazenar um respectivo coeficiente de calibração de densidade do dispositivo de detecção de frequência (28);
- uma interface (16) para comunicação com um controlador eletrônico (14) sobre um barramento de dados (32) tendo um sensor de temperatura (22') integrado com um contador de frequência (24'), sendo que a memória (20) está associada com um único endereço no barramento de dados (32), a comunicação compreendendo o coeficiente de calibração de densidade e a frequência; e
- uma chave (46) configurada para acoplar, de forma elétrica e seletiva, a interface (16) através do barramento de dados

(32) com um dispositivo de detecção de frequência (28) ou com a memória legível por computador (20); e

- o sensor de temperatura (22') integrado com o contador de frequência (24') é configurado para contar pulsos de um sinal analógico com referência a um relógio e determinar uma frequência do dispositivo de detecção de frequência (28).

13. Densitômetro digital híbrido, de acordo com a reivindicação 12, caracterizado pelo fato de a chave (46) ser configurada para acoplar, de forma elétrica e seletiva, a interface (16) com o dispositivo de detecção de frequência (28) ou com a memória legível por computador (20) e o sensor de temperatura (22').

14. Densitômetro digital híbrido, de acordo com a reivindicação 12, caracterizado pelo fato de o densitômetro (12') ser configurado para ser disposto dentro do tanque de fluido.

15. Densitômetro, de acordo com a reivindicação 12, caracterizado pelo fato de a interface (16) ser configurada para acoplar eletricamente, além do barramento de dados (32) com o conjunto de circuitos de detecção de frequência (23), disposta fora do tanque de fluido, configurada para obter a frequência do dispositivo de detecção de frequência (28), e um conversor analógico-para-digital disposto fora do tanque de fluido configurado para converter a frequência em uma forma digital.

16. Sistema de densitômetro digital, caracterizado pelo fato de compreender:

- um dispositivo de detecção de frequência (28), disposto dentro de um tanque de fluido, sendo que a frequência detectada pelo dispositivo de detecção de frequência (28) é

indicativa de uma densidade de um fluido dentro do tanque de fluido;

- um conjunto de circuitos de detecção de frequência (23), configurado para obter a frequência a partir do dispositivo de detecção de frequência (28), e transmitir a frequência em forma digital;

- um controlador eletrônico (14), disposto fora do tanque de fluido, configurado para receber a frequência e para determinar uma densidade de fluido dentro do tanque de fluido de acordo com a frequência;

- um barramento de dados (32) tendo um sensor de temperatura (22') integrado com um contador de frequência (24'), sendo que o conjunto de circuitos de detecção de frequência (23) está em comunicação com um ou mais componentes adicionais além do barramento de dados (32), o conjunto de circuitos de detecção de frequência (23) está associado com um único endereço no barramento de dados (32); e

- o sensor de temperatura (22') integrado com o contador de frequência (24') é configurado para contar pulsos de um sinal analógico com referência a um relógio e determinar uma frequência do dispositivo de detecção de frequência (28).

17. Sistema, de acordo com a reivindicação 16, caracterizado pelo fato de o conjunto de circuitos de detecção de frequência (23) ser disposto dentro do tanque de fluido.

18. Sistema, de acordo com a reivindicação 16, caracterizado pelo fato de adicionalmente compreender uma memória legível por computador (20), disposta dentro do tanque de fluido, configurada para armazenar um respectivo coeficiente de calibração de densidade do dispositivo de detecção de frequência (28).

19. Sistema, de acordo com a reivindicação 18, caracterizado pelo fato de o controlador eletrônico (14) ser configurado para determinar uma densidade do fluido dentro do tanque de fluido, de acordo com a frequência e de acordo com o coeficiente de calibração de densidade.

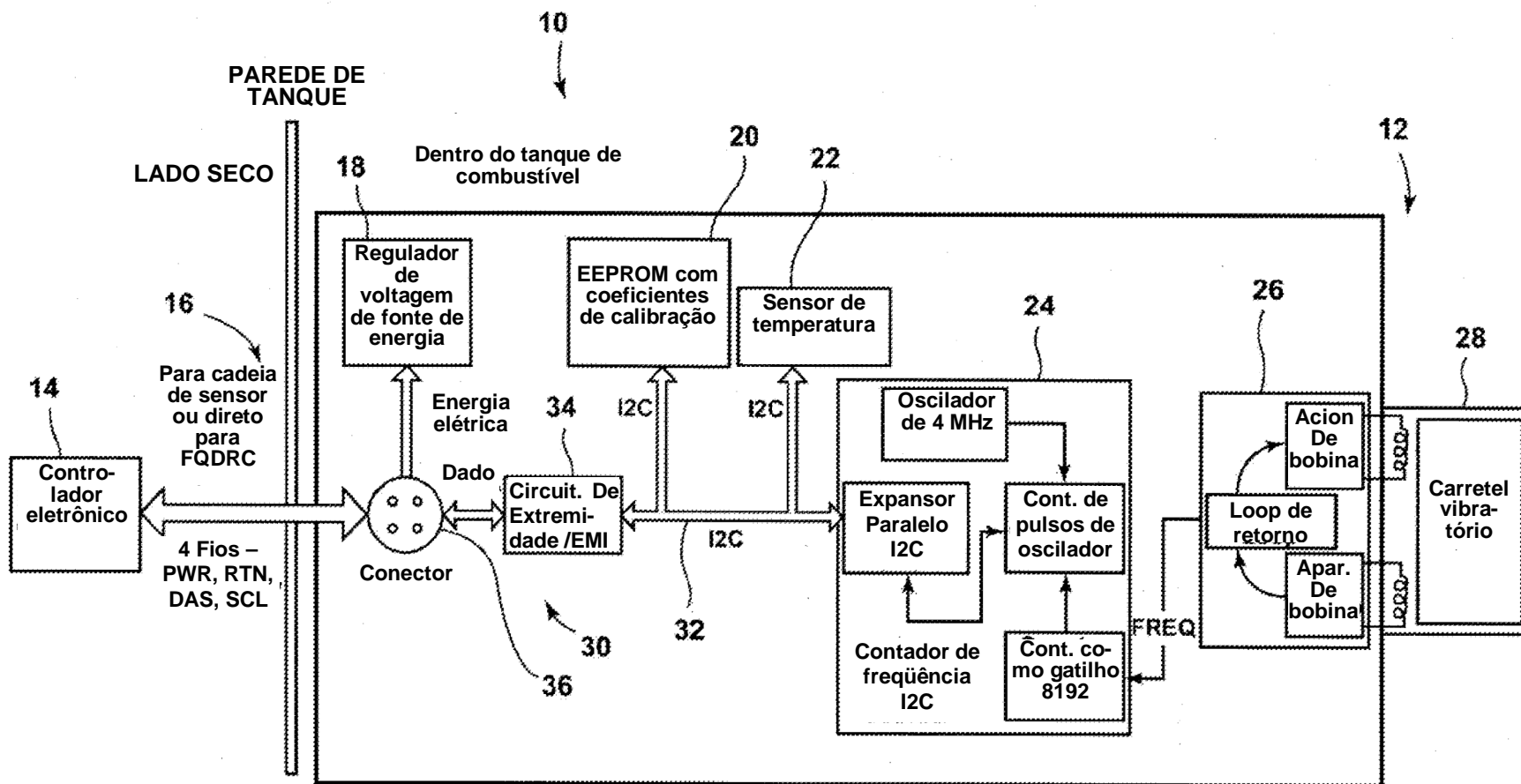


FIG.1

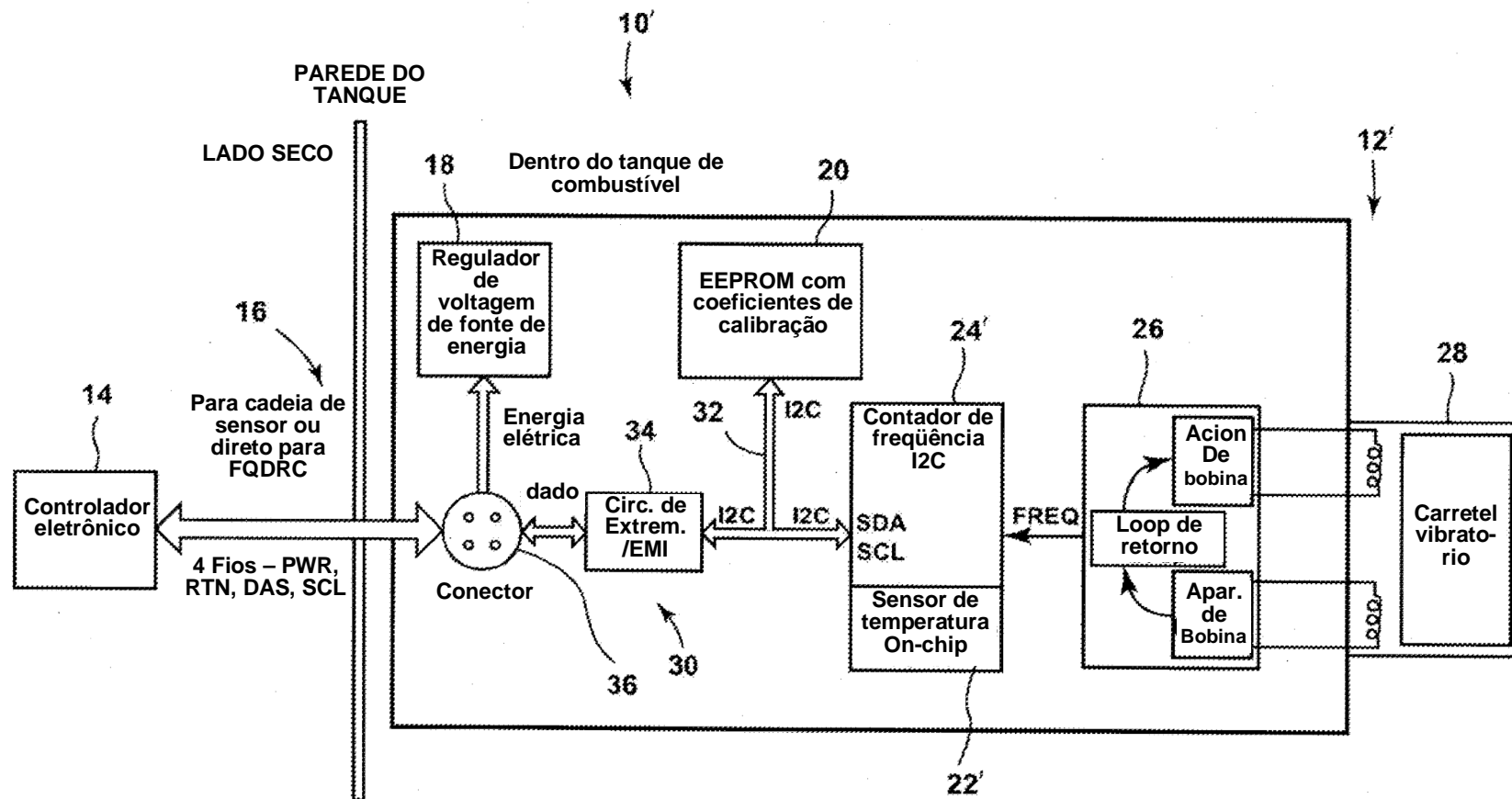


FIG.2

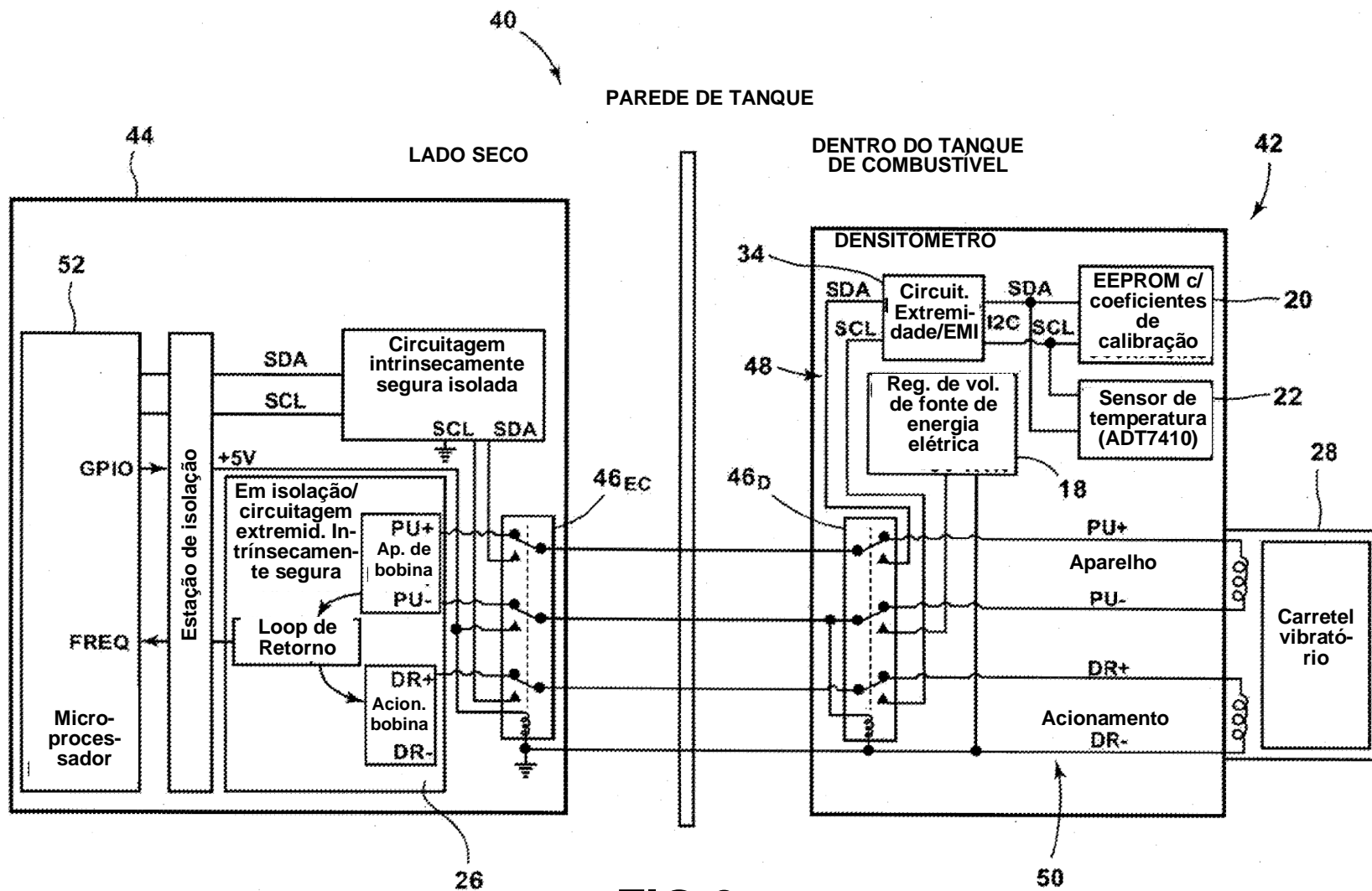


FIG.3