



República Federativa do Brasil
Ministério do Desenvolvimento, Indústria
e do Comércio Exterior
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) (21) **PI 0302692-2 A**

(22) Data de Depósito: 28/08/2003
(43) Data de Publicação: **29/03/2005**
(RPI 1786)



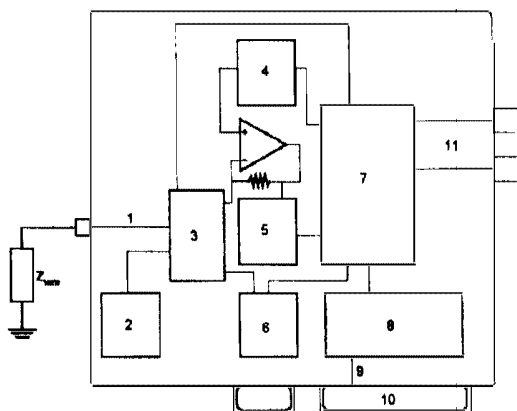
(51) Int. Cl.⁷ :
H03K 4/02

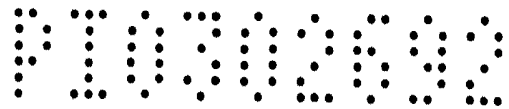
(54) Título: **ALGORITMO PARA GERAÇÃO DE FORMA DE ONDA COM TERCEIRO HARMÔNICO REDUZIDO**

(71) Depositante(s): Universidade Federal de Pernambuco
(BR/PE)

(72) Inventor(es): Edval Jose Pinheiro Santos

(57) Resumo "ALGORITMO PARA GERAÇÃO DE FORMA DE ONDA COM TERCEIRO HARMÔNICO REDUZIDO" A presente invenção descreve um algoritmo computacional para a obtenção de amplitudes dos degraus de uma função periódica, cuja componente espectral de terceiro harmônico é reduzida. Utilizando a análise espectral é demonstrado que existe uma forma de onda com número de degraus igual a 6 que minimiza o terceiro harmônico mesmo quando se considera circuitos reais, isto é, com taxa finita de transição de um nível de sinal para o próximo, em inglês slew rate. Além disso, tem-se o tamanho da palavra da memória e a estabilidade do relógio. Essa forma de onda pode ser gerada digitalmente, possibilitando o uso de poderosas técnicas digitais na classificação de componentes passivos. O algoritmo também pode ser utilizado na eliminação de outras componentes harmônicas e na avaliação de outros dispositivos e sistemas eletrônicos, como por exemplo, sistemas de áudio. Além disso, é possível combinar linearmente as duas formas de onda para reduzir ainda mais o terceiro harmônico.

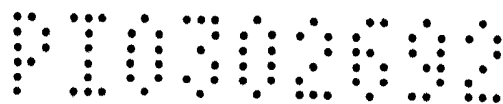




"ALGORITMO PARA GERAÇÃO DE FORMA DE ONDA COM TERCEIRO HARMÔNICO REDUZIDO"

A presente invenção descreve um algoritmo computacional para a obtenção de amplitudes dos degraus de uma função periódica, cuja
5 componente espectral de terceiro harmônico é reduzida. Utilizando a análise espectral é demonstrado que existe uma forma de onda com número de degraus igual a 6 que minimiza o terceiro harmônico mesmo quando se considera circuitos reais, isto é, com taxa finita de transição de um nível de sinal para o próximo, em inglês *slew rate*.

10 Componentes eletrônicos passivos, tais como, resistores, capacitores e indutores são caracterizados por apresentar uma dependência linear entre a corrente e a tensão a cada frequência. Em dispositivos reais nem sempre essa relação é verdadeira. A norma IEC/TR 60440 determina que os dispositivos devem ser caracterizados
15 aplicando sobre eles um sinal alternado de 10 kHz e medindo a existência do terceiro harmônico (30kHz). A presença desse harmônico é indicativo de não-linearidade e se o nível de terceiro harmônico ultrapassar o valor estabelecido, o componente deverá ser descartado. Portanto, torna-se necessário o desenvolvimento de osciladores de alta
20 pureza para serem utilizados como fontes de sinal na instrumentação de caracterização dos componentes. Tradicionalmente, isso é obtido construindo-se fontes de sinal com pureza harmônica total, isto é, todos os harmônicos exceto o primeiro são nulos. Nessa Patente de Invenção demonstra-se que é possível construir uma forma de onda especial,
25 onde especificamente o terceiro harmônico é eliminado. Essa forma de onda especial pode ser gerada de forma digital, o que facilita a



construção de um equipamento digital para a caracterização dos componentes fabricados.

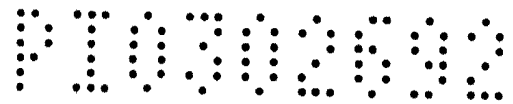
Portanto, o objetivo da presente invenção é propor uma forma de onda periódica, cujo terceiro harmônico é fortemente reduzido. Essa forma de onda pode ser gerada digitalmente. Possibilitando o uso de poderosas técnicas digitais na classificação de componentes passivos. O algoritmo também pode ser utilizado na eliminação de outras componentes harmônicas e na avaliação de outros dispositivos e sistemas eletrônicos, como por exemplo, sistemas de áudio.

Algumas patentes já foram concedidas para técnicas de redução de terceiro harmônico em sistemas de potência, como por exemplo a patente US2002114118. Todas as técnicas que puderam ser analisadas fazem uso de filtros analógicos para obter a redução do terceiro harmônico.

A técnica proposta é totalmente inovadora e prevê a geração de um sinal de forma totalmente digital e com possibilidade de aplicação em medidas de potências baixas, como por exemplo a caracterização de componentes eletrônicos passivos. Além disso diferentemente da proposta originalmente feita para sistemas de potência, aqui se inclui as possíveis não idealidades da forma de onda.

Para compreensão da tecnologia concebida e de uma das formas idealizadas de execução do invento, é feita a seguir uma descrição detalhada dos componentes do sistema.

Na **FIGURA 1** são apresentados exemplos da forma de onda para $N=6$, a expressão matemática para obter as formas de onda são apresentadas mais adiante.



Na **FIGURA 2** é mostrado o diagrama esquemático do circuito. A seguir descrevem-se os blocos de circuitos como apresentados na Figura 2:

1	BARRAMENTO
2	MICROCONTROLADOR OU PLD
3	M bits
4	N bits
5	RAM
6	M bits
7	REDE R-2R

5

O gerador de forma de onda consiste de uma interface implementada com um microcontrolador ou PLD. Essa interface irá gerenciar a comunicação com o micro ou sistema digital, através dela é possível comandar o gerador via uma interface gráfica. Os dados gerados pelo microcomputador ou outro sistema digital é armazenado na memória local. Com os dados armazenados, o microcontrolador ou PLD gera a seqüência que é enviada para o conversor digital-analógico e transformado no sinal a ser aplicado ao dispositivo sob teste.

10

Na **FIGURA 3** é mostrado como o gerador pode ser usado na classificação da linearidade de componentes eletrônicos:

15

1	OSCILADOR 10KHz
2	ISOLADOR
3	FILTRO ATIVO

Na **FIGURA 4** é mostrado como o classificador de componentes pode ser implementado como uma placa de computador:

1	P/ DISPOSITIVO
2	PADRÃO
3	CHAVE ANALÓGICA
4	OSCILADOR 10KHz
5	VOLTÍMETRO 30KHz
6	OHMIMETRO
7	MICROCONTROLADOR
8	CONTROLADOR PCI
9	P/ INTERFACE C/ COMPUTADOR
10	BARRAMENTO PCI INDUSTRIAL
11	P/ EJETOR

5

Considerando transições abruptas (*slew rate* infinito), duas formas de onda são tradicionalmente propostas de acordo com o algoritmo apresentado a seguir. A forma de onda Tipo I tem as seguintes características:

10

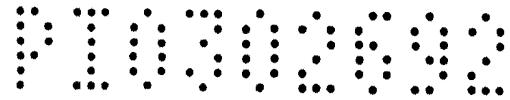
$$V_k = V_{max} \sin(k-1/2)\Phi, \quad k = 1, 2, \dots, N \quad (1)$$

$$t_k = (k-1)T/N, \quad \theta_k = (k-1)\Phi \quad (2)$$

onde $\Phi = 2\pi/N$ e $V_{max} = V_1 / \sin(\Phi/2)$ e V_1 é a altura do primeiro degrau.

15

A forma de onda Tipo II tem as seguintes características:



$$V_k = V_{max} \sin(k \Phi), \quad k = 1, 2, \dots, N \quad (3)$$

$$t_k = (k-1/2)T/N, \quad \theta_k = (k-1/2) \Phi \quad (4)$$

5 onde $V_{max} = V_1 / \sin(\Phi)$ e V_1 é a altura do primeiro degrau.

Exemplos das formas de onda I e II para $N = 6$ são apresentados na Figura 1. O diagrama esquemático da Figura 2, mostra uma possível implementação eletrônica.

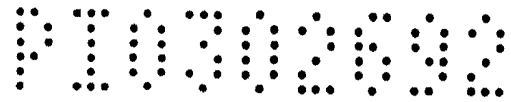
As formas de onda ideais apresentam terceiro harmônico nulo.

10 Em sistemas reais deve-se ter uma preocupação com a velocidade da transição (em inglês, *slew rate*), uma vez que ela não é infinita. Além disso, tem-se o tamanho da palavra da memória e a estabilidade do relógio. Quando se considera uma velocidade de transição finita, a expressão para o conteúdo do terceiro harmônico é dado pela equação
15 (5).

$$a_3^{(3)} = \frac{1}{3\delta_k} \sum_{k=1}^N \Delta V_k \cos 3\theta_k \left(1 - \frac{\sin 3\delta_k}{3\delta_k} \right). \quad (5)$$

Fazendo o limite com a taxa de transição indo para infinito, $\delta_k = 0$, demonstra-se que o conteúdo do terceiro harmônico é sempre nulo para
20 as formas de onda ideais.

Com base na expressão apresentada na Equação 5, a forma de onda que apresenta o menor conteúdo de terceiro harmônico é a forma de onda do Tipo II, com $N=6$. Além disso, é possível combinar



linearmente as duas formas de onda para reduzir ainda mais o terceiro harmônico.

Como mencionado anteriormente, o tamanho da palavra da memória onde os degraus estão armazenados é também um aspecto relevante, pois determina a exatidão do dado. Isso causa um impacto no terceiro harmônico, portanto deve-se usar o maior número de bits possível. Na prática esse número, é 12 *bits* ($2^{-12} = 0,000244$) ou 16 *bits* ($2^{-16} = 0,000015$). Para frequências baixas, como é o caso do classificador de linearidade pode-se usar 32 *bits* ($2^{-32} = 0,00000000023$).

Por fim, o relógio que sincroniza a mudança de degrau deve ser o mais estável possível, tendo-se que ter cuidado com as variações de temperatura.

Medidas e configurações do dispositivo poderão variar de acordo com requisitos de sua portabilidade e comodidade de uso e aplicações, sem que sejam estranhos ao objeto desta invenção.

REIVINDICAÇÕES

"ALGORITMO PARA GERAÇÃO DE FORMA DE ONDA COM TERCEIRO HARMÔNICO REDUZIDO"

5

1- Caracterizado por gerar a forma de onda Tipo I, com $V_k = V_{max} \sin(k-1/2)\phi$, $t_k = (k-1)T/N$, $\theta_k = (k-1)\phi$ e a forma de onda Tipo II, com $V_k = V_{max} \sin(k\phi)$, $t_k = (k-1/2)T/N$, $\theta_k = (k-1/2)\phi$, $k = 1, 2, \dots, N$.

10 2- Conforme reivindicação 1, caracterizado por possibilitar qualquer combinação linear das formas de onda tipo I e tipo II ($p_1O_1 + p_2O_2$), O_1 é a forma de onda do tipo I e O_2 é a forma de onda do tipo II, $p_1, p_2 = -1..1$.

15 3- Conforme reivindicação 2, caracterizado por levar em conta as não-idealidades para a realização do gerador das formas de onda propostas.

4- Conforme reivindicação 3, caracterizado por usar valores de N específicos para eliminação de harmônicos. Exemplo, N=6 é suficiente para eliminar o terceiro harmônico.

20

5- Conforme reivindicação 4, caracterizado por propor a forma de onda tipo II, com N= 6 para eliminação do terceiro harmônico.

6- Conforme as reivindicações anteriores, caracterizado por poder ser implementado em formato digital.

7- Conforme as reivindicações anteriores, caracterizado por poder ser
5 utilizado na classificação de componentes eletrônicos passivos, no tocante a linearidade.

8- Conforme as reivindicações anteriores, caracterizado por poder ser utilizado na avaliação de sistemas de áudio.

10

9- Conforme as reivindicações anteriores, caracterizado por poder ser implementado como uma placa periférica de microcomputador.

15

10- Conforme as reivindicações anteriores, caracterizado por poder compreender um monitor acoplado ao sistema para visualização externa dos resultados medidos.

DESENHOS

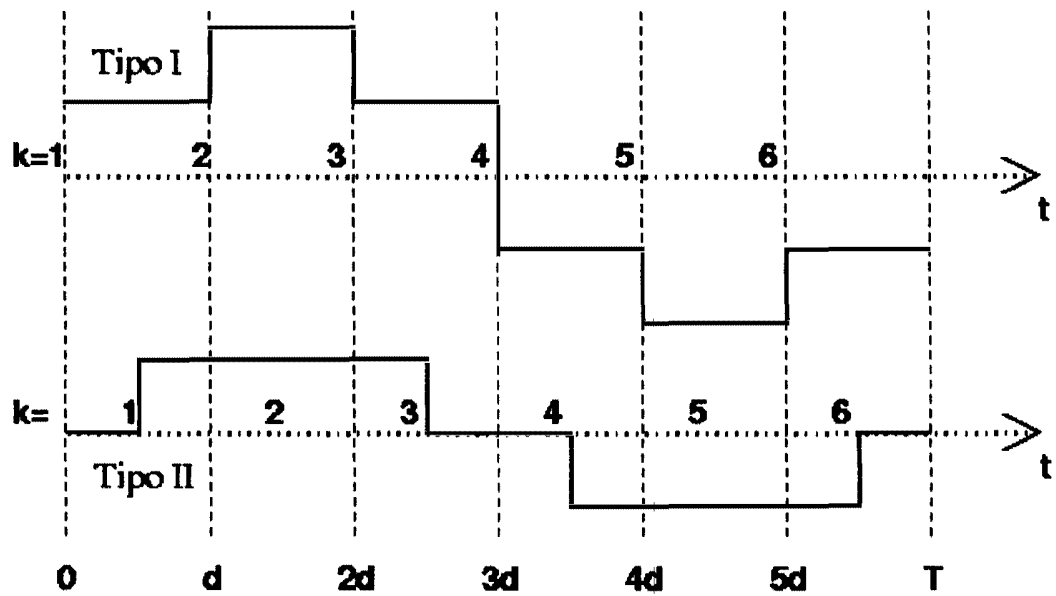


FIGURA 1

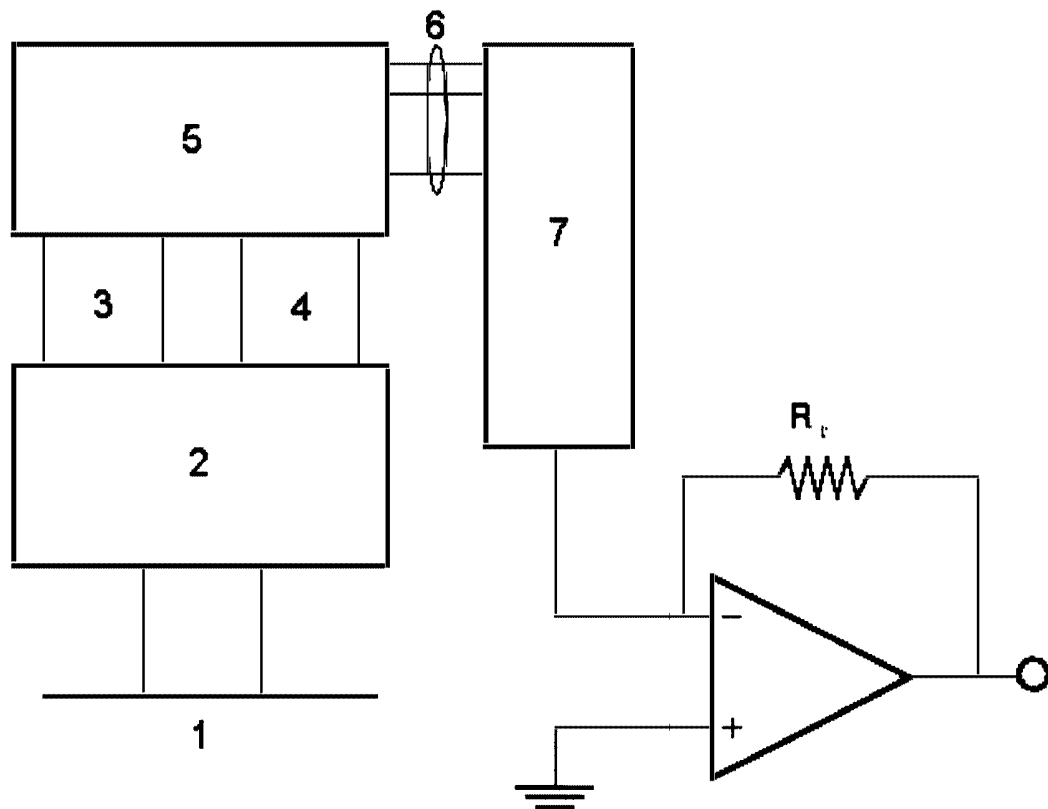


FIGURA 2

PID302092

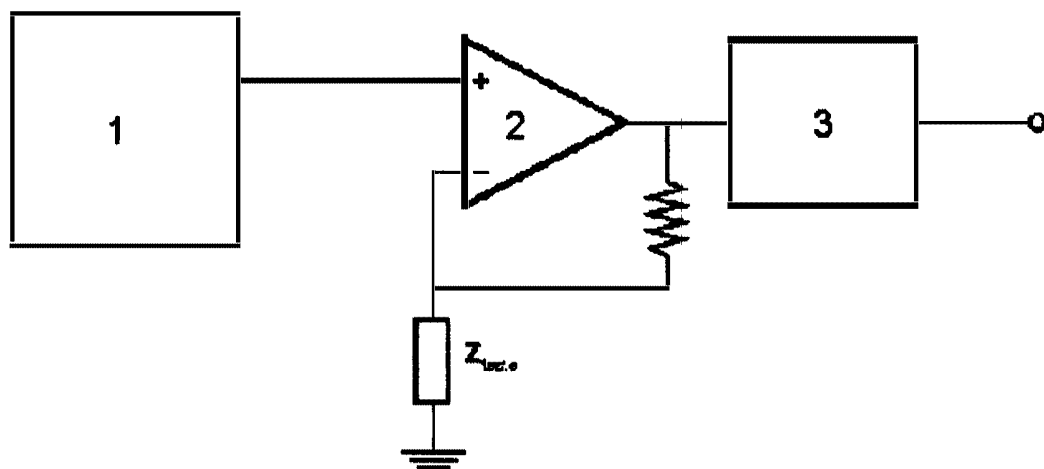


FIGURA 3

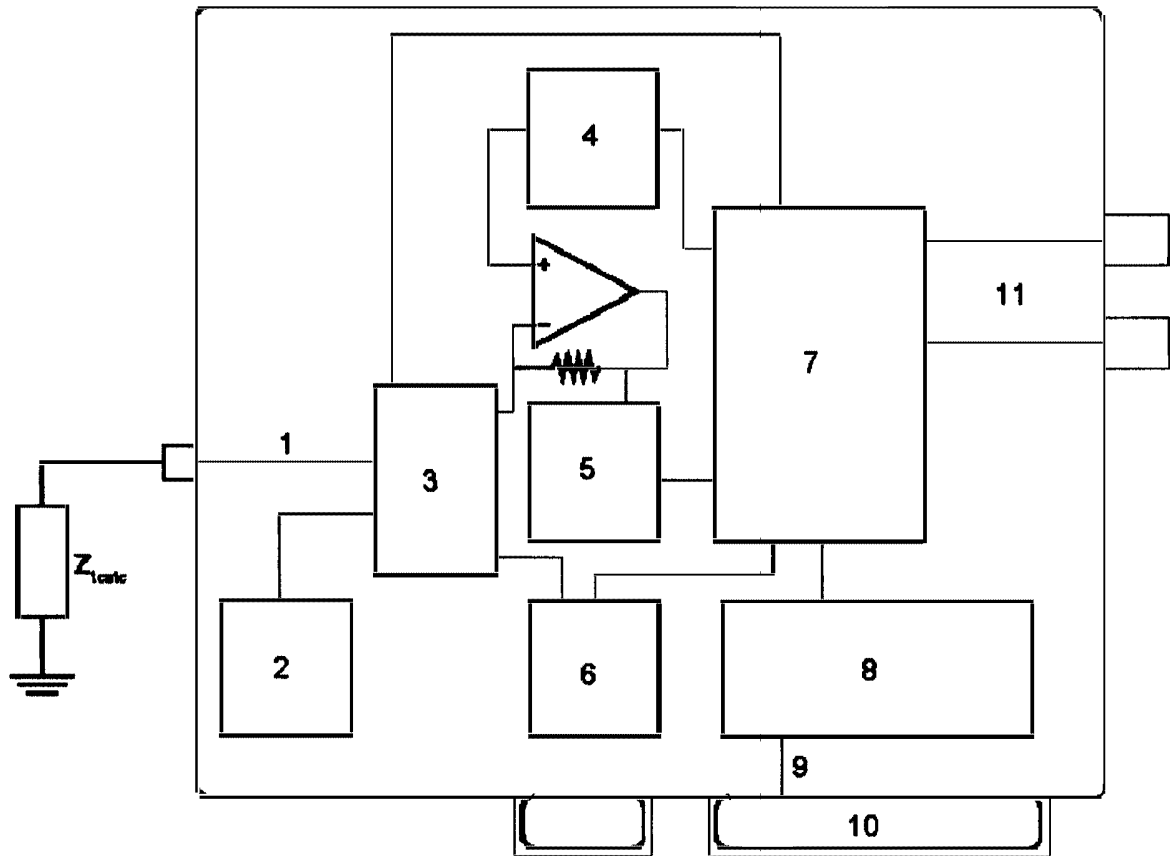


FIGURA 4

RESUMO

"ALGORITMO PARA GERAÇÃO DE FORMA DE ONDA COM TERCEIRO HARMÔNICO REDUZIDO"

5

A presente invenção descreve um algoritmo computacional para a obtenção de amplitudes dos degraus de uma função periódica, cuja componente espectral de terceiro harmônico é reduzida. Utilizando a análise espectral é demonstrado que existe uma forma de onda com
10 número de degraus igual a 6 que minimiza o terceiro harmônico mesmo quando se considera circuitos reais, isto é, com taxa finita de transição de um nível de sinal para o próximo, em inglês *slew rate*. Além disso, tem-se o tamanho da palavra da memória e a estabilidade do relógio. Essa forma de onda pode ser gerada digitalmente, possibilitando o uso
15 de poderosas técnicas digitais na classificação de componentes passivos. O algoritmo também pode ser utilizado na eliminação de outras componentes harmônicas e na avaliação de outros dispositivos e sistemas eletrônicos, como por exemplo, sistemas de áudio. Além disso, é possível combinar linearmente as duas formas de onda para
20 reduzir ainda mais o terceiro harmônico.