

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

(21) PI 1103106-9 A2



\* B R P I 1 1 0 3 1 0 6 A 2 \*

(22) Data de Depósito: 24/06/2011

(43) Data da Publicação: 16/07/2013  
(RPI 2219)

(51) Int.Cl.:

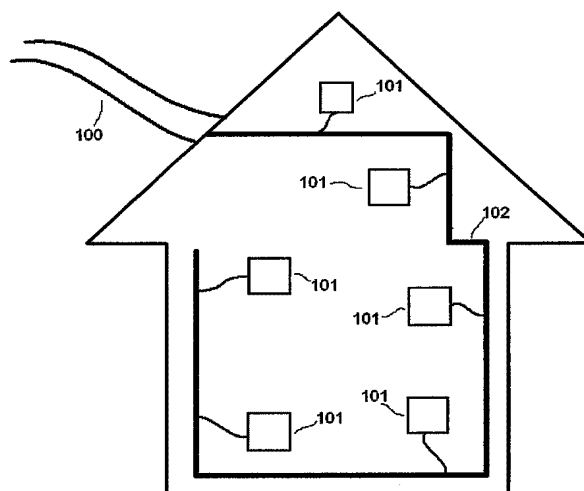
H04L 12/28

**(54) Título:** MÉTODO PARA TRANSMISSÃO E RECEPÇÃO DE DADOS ATRAVÉS DA REDE ELÉTRICA E EQUIPAMENTO PARA TRANSMISSÃO E RECEPÇÃO DE DADOS ATRAVÉS DA REDE ELÉTRICA

**(73) Titular(es):** Felipe Halmenschlager Delvan

**(72) Inventor(es):** Felipe Halmenschlager Delvan

**(57) Resumo:** MÉTODO PARA TRANSMISSÃO E RECEPÇÃO DE DADOS ATRAVÉS DA REDE ELÉTRICA E EQUIPAMENTO PARA TRANSMISSÃO E RECEPÇÃO DE DADOS ATRAVÉS DA REDE ELÉTRICA. A presente invenção refere-se a um método para transmissão e recepção de dados através da rede elétrica residencial, juntamente com um equipamento que implementa tal método, tendo em vista aumentar a velocidade de comunicação e o aumento da confiabilidade em relação aos protocolos atuais. Para isto utiliza uma frequência mais alta de modulação que os protocolos atuais e ainda utiliza-se de outros equipamentos (202) ligados à rede (102) como repetidores selecionados, presando o melhor caminho entre o transmissor (200) e o receptor (201).



Relatório descritivo da invenção: **“MÉTODO PARA TRANSMISSÃO E RECEPÇÃO DE DADOS ATRAVÉS DA REDE ELÉTRICA E EQUIPAMENTO PARA TRANSMISSÃO E RECEPÇÃO DE DADOS ATRAVÉS DA REDE ELÉTRICA”**

**Campo da Invenção**

5 O presente invento refere-se ao desenvolvimento de um protocolo de comunicação, juntamente com um sistema de transmissão e recepção, capaz de enviar e receber dados através da rede elétrica residencial, tendo em vista aumentar a velocidade de comunicação e o aumento da confiabilidade em relação aos protocolos atuais.

**Estado da Técnica**

10 Diversas empresas, atualmente, estão dedicadas ao desenvolvimento e a comercialização de equipamentos eletrônicos voltados à Automação Residencial, sendo que, algumas poucas delas, utilizam como barramento principal para o tráfego de dados entre equipamentos a própria rede elétrica residencial, economizando, desta forma, em fiação e complexidade de implementação de seu sistema.

15 O início do desenvolvimento de protocolos de comunicação capazes de transmitir dados através da rede elétrica foi na década de 70, sendo seu maior expoente o, até hoje usado, protocolo X10 (patentes americanas: US4189713, US4200862, US4628440, US4638299 e US5005187). O protocolo X10 é atualmente o protocolo mais usado para transmissão de dados através da rede elétrica com o objetivo de automatizar simples dispositivos. A sua metodologia prevê a  
20 transferência de um bit a cada ciclo da rede elétrica, sempre transmitido na passagem da tensão da rede por zero, sendo o bit '1' definido como um pulso modulado em 120kHz, com duração de aproximadamente 1ms na primeira transição da rede por zero e silêncio no segundo cruzamento da rede pelo zero. O bit '0' é o inverso: silêncio na primeira transição e pulso modulado na segunda. Para aumentar a qualidade da transmissão foi definido que cada pacote é transmitido duas vezes,  
25 com 3 ciclos da rede separando-os. Cada pacote X10 contém 11 bit, totalizando 47 ciclos para a transmissão completa, aproximadamente 0,8s.

Outro protocolo, mais atualizado, voltado para transmissão de dados através da rede elétrica é o Insteon (patente americana: US7345998). É uma solução simples e com bom custo-benefício para redes residenciais em duas bandas: Power Line e RF (Rádio Frequência). Seus equipamentos  
30 são compatíveis com padrão X10, já que protocolo utiliza a mesma frequência base desse padrão. Todos dispositivos Insteon são transceptores, isto é, podem transmitir, receber ou repetir uma mensagem sem a supervisão de um controlador mestre. Quanto mais equipamentos Insteon em uma rede, mais robusta essa se torna, pois haverá repetições do sinal. Quanto às características técnicas

da camada Física da comunicação, o protocolo da Insteon utiliza modulação BPSK (Binary Phase Shift Keying), que é um tipo de modulação digital onde duas fases de uma mesma portadora são usadas para representar os bit um e zero. A portadora do sinal trabalha em 131,65KHz e cada pacote standard contém 10 bytes, enquanto que pacotes extended contém 24 bytes. Os pacotes standard são transmitidos em 6 semiciclos da rede, na transição por zero, enquanto que pacotes extended necessitam 13 semiciclos para sua transmissão completa. Com isto, a taxa de bits úteis máxima, quando o número de hops é zero, é 1440 bits por segundo para as mensagens standard e 1698 bits por segundo para mensagens extended. Quando o número de hops passa para 3, que é o valor máximo permitido pelo protocolo, a taxa de bits úteis passa para 360 e 425 bits por segundo para as mensagens standard e extended, respectivamente. Foi adotado por este protocolo o conceito de Mesh Network (rede em malha) para melhorar o desempenho da comunicação. Para transpor a necessidade de uma tabela de roteamento, que é custosa em memória RAM e depende de processamento intensivo, a Insteon aderiu ao conceito que cada dispositivo ao receber uma mensagem a repete para rede, ao mesmo tempo que incrementa uma variável contida na mensagem, de forma a limitar o número de repetições em no máximo 3. Com isto, não há diferença se o equipamento de destino é vizinho ou não do equipamento de origem da mensagem: todos equipamentos que recebem a mensagem vão repetindo-a e propagando-a pela rede.

### **Breve Descrição da Invenção**

A presente invenção refere-se a um sistema e um protocolo para comunicação entre equipamentos, utilizando como meio físico para transmissão e recepção de dados a rede elétrica residencial, utilizando, para melhorar a velocidade de tráfego de sinais, uma frequência de modulação mais alta que os protocolos atuais e, a fim de aumentar a confiabilidade da transmissão, o conceito de Mesh Network. Ainda é um dos objetivos da presente invenção reduzir a potência gasta na transmissão de dados, implementando o conceito de Mesh Network de forma mais inteligente, onde somente os dispositivos selecionados repetirão o sinal entre o transmissor e receptor.

Para a implementação deste protocolo foi desenvolvido um sistema eletrônico microcontrolado capaz de processar as rotinas necessárias para o cálculo do roteamento para transmissão de dados, assim como todas as outras funções necessárias para o gerenciamento do protocolo, sendo capaz ainda de transmitir e receber sinais modulados sobre a rede elétrica residencial, podendo trabalhar em 127V ou 220V.

### **Descrição Detalhada da Invenção**

A presente invenção tem como objetivo a comunicação entre equipamentos eletrônicos (101) utilizando como meio físico a rede elétrica residencial (102), alimentada externamente geralmente pela rede pública de energia elétrica (100). Para tanto foi desenvolvido um protocolo que, ao invés de transmitir os dados diretamente entre o transmissor (200) e o receptor (201), transmitirá os dados para outros dispositivos ligados à rede (202). Isto porque a potência de transmissão do transmissor (200) é baixa demais para alcançar a distância necessária até o receptor (201). Portanto a transmissão será feita para algum outro equipamento (202) dentro da faixa de alcance do transmissor (203), este, por sua vez, repetirá a transmissão para o equipamento vizinho e assim por diante, até que o dado chegue ao destino. A escolha do equipamento ideal para a transmissão do sinal é feita através da tabela de roteamento (300) armazenada na memória volátil do equipamento transmissor, sendo ainda distinta da tabela de roteamento armazenado na memória volátil dos outros equipamentos ligados à rede, e que representa o melhor caminho, considerando o número total de retransmissões do dado a se seguir entre o transmissor (200) e o receptor (201). A primeira coluna desta tabela (301) contém o endereço do equipamento de destino da transmissão, a segunda coluna (302) representa para qual equipamento na rede deve-se enviar o dado para que este chegue ao destino com o menor número de retransmissões, e a terceira coluna (303) representa o número total de transmissões necessárias para envio do dado do transmissor (200) até o receptor (201). Essa tabela (300) é dinâmica e é preenchida automaticamente por cada um dos equipamentos ligados à rede baseado no algoritmo de roteamento dinâmico, também foco desta invenção. A tabela de roteamento (300) é apenas um exemplo para uma situação hipotética apresentado na Figura 2.

Utilizando da situação exemplificada na Figura 2, a melhor rota, isto é, a que apresenta o menor número de repetições de transmissão, é a rota A-B-D-G-I. Portanto o equipamento A (200), com a tabela de roteamento (300), enviará para o equipamento B (202) e esse dado será ainda retransmitido 3 vezes. O equipamento B (202), ao receber o dado, verificará que a mensagem não tem como destino final ele próprio e sim o equipamento I (201), consultando sua tabela de roteamento, não representado neste documento com figuras, que o equipamento destino da retransmissão deverá ser o equipamento D, e assim por diante, até que o dado chegue ao destino final, isto é, o equipamento I (201).

Essa tabela de roteamento (300) é exclusiva para cada equipamento, sendo preenchida automaticamente, através de um algoritmo de roteamento apresentado na Figura 6. Definiu-se que cada equipamento contém um endereço próprio, escolhido pelo usuário no momento de configuração do equipamento, e que o endereço 0 (Zero) é atribuído ao barramento, isto é,

direcionado a todos equipamentos. Uma vez recebendo uma mensagem com o seu endereço, o equipamento responde ao equipamento originador da mensagem com um *signal de recebimento*, isto é, um pacote pequeno de dados que contém a informação que o receptor recebeu o dado enviado. Recebendo uma mensagem que foi previamente enviada ao barramento, isto é, com o endereço de destino 0, o equipamento não responde com um sinal de recebimento. Tendo isto como base, o algoritmo de roteamento construirá a tabela de roteamento seguindo os seguintes princípios básicos:

- O equipamento que se conecta à rede envia uma mensagem ao barramento de *Boas Vindas*;
- Toda vez que há uma atualização na tabela de roteamento, o equipamento informa ao barramento que possui uma atualização na sua tabela, e identifica esta atualização;
- Toda vez que recebe uma mensagem de *Boas Vindas* repassa para o barramento toda a sua tabela de roteamento;
- Toda vez que recebe uma mensagem de atualização verifica-se na sua tabela se esta é uma alternativa mais interessante, isto é, que apresenta um caminho mais curto até o destino identificado;
- Todas as mensagens interceptadas pelos equipamentos servem como base para atualização da tabela de roteamento.

O pacote de dados, apresentado na Figura 5, é composto por 19 bytes, divididos na ordem em que são representados, sendo o primeiro byte (500) o identificador de início de transmissão. O segundo e o terceiro bytes (501) responsáveis pela informação do endereço do equipamento destino da mensagem, mas não necessariamente o destinatário final da mensagem. O quarto e quinto bytes (502) responsáveis pela informação do endereço do equipamento remetente da mensagem, mas não necessariamente o remetente inicial da mensagem. O sexto byte (503) informa o tipo de dado que está sendo transmitido, isto é, *Boas Vindas* ou atualização da tabela de roteamento ou dados comuns. O sétimo byte (504) contém um registrador chamado *Tempo de Vida* que, no início da transmissão é preenchido com um valor finito pré-determinado e, a cada retransmissão, é decrementado. Se o valor contido dentro do registrador *Tempo de Vida* (504) chega ao valor 0 o dado não é novamente retransmitido, evitando, desta forma, que uma possível má formação na tabela de roteamento resulte em um pacote de dados que é retransmitido infinitamente na rede. Entre o oitavo e o décimo oitavo bytes (505) é o espaço dedicado ao conteúdo útil do pacote de dados. E, finalmente, o décimo nono byte (506) contém um valor de verificação da integridade da mensagem, sendo que seu conteúdo é igual à soma de todos os bytes previamente enviados no pacote de dados. Caso um equipamento receba um pacote de dados que contém no último byte um valor diferente da soma de todos os outros bytes do pacote este será imediatamente descartado. O *signal de recebimento* (510) é transmitido no sentido oposto ao pacote de dados anterior e contém, no primeiro byte (507)

o identificador de início de transmissão, o segundo byte (508) o endereço do equipamento que se envia a confirmação de recebimento e o terceiro byte (509) é a soma dos dois anteriores, servindo, da mesma forma que no pacote de dados, como verificador de integridade.

A transmissão do pacote de dados (401) através da rede elétrica se dá em espaços temporais definidos, chamados de *time slots*, que é limitado a cada semi-ciclo da rede elétrica (403). Este pacote (401) é enviado utilizando como referência a transição da tensão da rede elétrica por zero (404), atrasado, por sua vez, de um tempo aleatório (400). O *signal de recebimento* (402) é enviado logo após o envio do pacote de dados e ainda dentro do mesmo *time slot*. Este tempo aleatório é gerado a partir de um algoritmo de geração de números aleatórios virtuais e tem como principal objetivo impedir a colisão de barramento quando dois ou mais equipamentos decidam enviar dados dentro do mesmo *time slot*, já que o equipamento que “sortear” o menor valor começará a transmitir antes, indicando para os outros equipamentos que o barramento está ocupado.

Antes de ser transmitido, o pacote de dados (700) é modulado em ASK (701) (chaveamento por mudança de amplitude) utilizando 1,7MHz como frequência da portadora (702). O nível alto, ou nível 1 (703), é modulado com amplitude mínima (706), enquanto o nível baixo, ou nível 0 (704), é modulado com amplitude máxima (705). Esta particular frequência de modulação, 1,7MHz, é utilizada por estar exatamente entre o espaço espectral dedicado à transmissão de rádio AM, entre 540KHz a 1,6MHz, e ao espaço espectral dedicado aos modems PLC (comunicação através da rede elétrica), que tem uma banda de 1,8MHz até 30MHz. Desta forma a comunicação deste protocolo não causaria ruídos nos possíveis receptores de rádio AM ligados na rede elétrica, assim como não inviabilizaria a recepção de internet via rede elétrica pelos modems PLC.

O circuito eletrônico que é composto o equipamento, capaz de transmitir e receber dados através da rede elétrica (800), é composto de uma fonte de alimentação (801), que se alimenta na rede elétrica (800), um microprocessador (807), atuadores (809), interface homem-máquina (808), detector de cruzamento da tensão da rede por zero (803) e circuitos passivos e ativos para transmissão e recepção de dados. O circuito de recepção de dados é formado pelo filtro passivo passa-altas (802), com frequência de corte de 1,6MHz, um amplificador sintonizado (804) em frequência de 1,7MHz e um detector de envelopes (806) em configuração clássica de recepção de sinais modulados em AM. O sinal modulado (901) sobre a tensão da rede elétrica (900) passa pelo primeiro filtro passivo (802) para atenuar as componentes de baixa frequência, que resulta em somente o sinal de mais alta frequência (902) que corresponde à mensagem modulada, porém em amplitude muito baixa. A amplitude é amplificada através do amplificador sintonizado (804) que auxilia no corte de outros sinais de alta frequência, resultando em sua saída somente o sinal da

mensagem amplificado (903), porém ainda modulado. A demodulação será feita através do detector de envelopes (806) que fornecerá um sinal limpo (904) para ser interpretado pelo microprocessador (807). Para a transmissão, o sinal serial já modulado internamente pelo microprocessador (807) é amplificado pelo circuito de transmissão (805) e acoplado novamente na rede elétrica (800) através do filtro passivo (802). A detecção dos *time slots* para transmissão e recepção das mensagens é feita 5 pelo microprocessador (807) com o auxílio do circuito detector de zero (803) que informa o microprocessador (807) com um pulso elétrico toda vez que a tensão da rede elétrica (800) mudar de polaridade.

**Reivindicações****“MÉTODO PARA TRANSMISSÃO E RECEPÇÃO DE DADOS ATRAVÉS DA REDE ELÉTRICA E EQUIPAMENTO PARA TRANSMISSÃO E RECEPÇÃO DE DADOS ATRAVÉS DA REDE ELÉTRICA”**

1. Método para transmissão e recepção de dados através da rede elétrica caracterizado por  
5 utilizar um pacote de dados de 19 bytes, sendo o primeiro byte (500) identificador de início de  
transmissão; o segundo e o terceiro bytes (501) identificadores do endereço do próximo  
equipamento destino da mensagem; o quarto e quinto bytes (502) identificadores do endereço do  
equipamento remetente da mensagem; o sexto byte (503) identificador do tipo de dado que está  
sendo transmitido; o sétimo byte (504) identificador do tempo de vida; o oitavo até o décimo oitavo  
10 bytes (505) dedicado ao conteúdo útil do pacote de dados; e, o décimo nono byte (506) portador do  
valor de verificação da integridade da mensagem (401).

2. Método de acordo com a reivindicação 1 caracterizado pelo fato do segundo e terceiro  
bytes (501) informarem o endereço do próximo destinatário da mensagem (401).

3. Método de acordo com a reivindicação 1 caracterizado pelo fato do quarto e quinto bytes  
15 (502) informarem o endereço do remetente anterior da mensagem (401).

4. Método de acordo com a reivindicação 1 caracterizado pelo fato do sexto byte (503)  
informar que o tipo de dado que está sendo transmitido é boas vindas.

5. Método de acordo com a reivindicação 1 caracterizado pelo fato do sexto byte (503)  
informar que o tipo de dado que está sendo transmitido é atualização da tabela de roteamento (300).

20 6. Método de acordo com a reivindicação 1 caracterizado pelo fato do sexto byte (503)  
informar que o tipo de dado que está sendo transmitido é dados comuns.

7. Método de acordo com a reivindicação 1 caracterizado pelo fato do sétimo byte (504)  
contém um registrador chamado tempo de vida que, no início da transmissão é preenchido com um  
valor finito pré-determinado e, a cada retransmissão, é decrementado.

25 8. Método de acordo com a reivindicação 7 caracterizado pelo fato de verificar se o  
registrador tempo de vida (504) possui o valor numérico zero para finalizar a retransmissão do  
mesmo, evitando que um pacote de dados seja retransmitido infinitamente na rede (102).

9. Método de acordo com a reivindicação 1 caracterizado pelo fato do décimo nono byte  
(506) contém um valor de verificação da integridade da mensagem que é igual à soma de todos os  
30 bytes previamente enviados no pacote de dados (401).

10. Método de acordo com a reivindicação 1 caracterizado pelo fato do décimo nono byte (506) conter um valor que difere da soma dos bytes previamente enviados no pacote de dados (401) o mesmo pacote é descartado.

5 11. Método para transmissão e recepção de dados através da rede elétrica caracterizado por transmitir pacotes de dados através da rede elétrica (102) modulados em 1,7 MHz (702).

12. Método para transmissão e recepção de dados através da rede elétrica caracterizado por utilizar equipamentos ligados à rede elétrica (101) como retransmissores da mensagem entre o transmissor inicial (200) e o receptor final (201).

10 13. Método para transmissão e recepção de dados através da rede elétrica caracterizado por utilizar uma tabela de roteamento (300) para definir o melhor caminho para transmissão de dados entre o transmissor (200) e o receptor (201).

14. Equipamento para transmissão e recepção de dados através da rede elétrica compreendendo um circuito eletrônico microprocessado caracterizado por utilizar um pacote de dados de 19 bytes, sendo o primeiro byte (500) identificador de início de transmissão; o segundo e o  
15 terceiro bytes (501) identificadores do endereço do próximo equipamento destino da mensagem; o quarto e quinto bytes (502) identificadores do endereço do equipamento remetente da mensagem; o sexto byte (503) identificador do tipo de dado que está sendo transmitido; o sétimo byte (504) identificador do tempo de vida; o oitavo até o décimo oitavo bytes (505) dedicado ao conteúdo útil do pacote de dados; e, o décimo nono byte (506) portador do valor de verificação da integridade da  
20 mensagem (401).

15. Equipamento para transmissão e recepção de dados através da rede elétrica caracterizado por transmitir pacotes de dados através da rede elétrica modulados em 1,7 MHz (702).

16. Equipamento para transmissão e recepção de dados através da rede elétrica caracterizado por ser retransmissor (202) da mensagem entre o transmissor inicial (200) e o receptor final (201).

25 17. Equipamento para transmissão e recepção de dados através da rede elétrica caracterizado por utilizar uma tabela de roteamento (300) para definir o melhor caminho para transmissão de dados entre o transmissor (200) e o receptor (201).

**Figuras**

Figura 1:

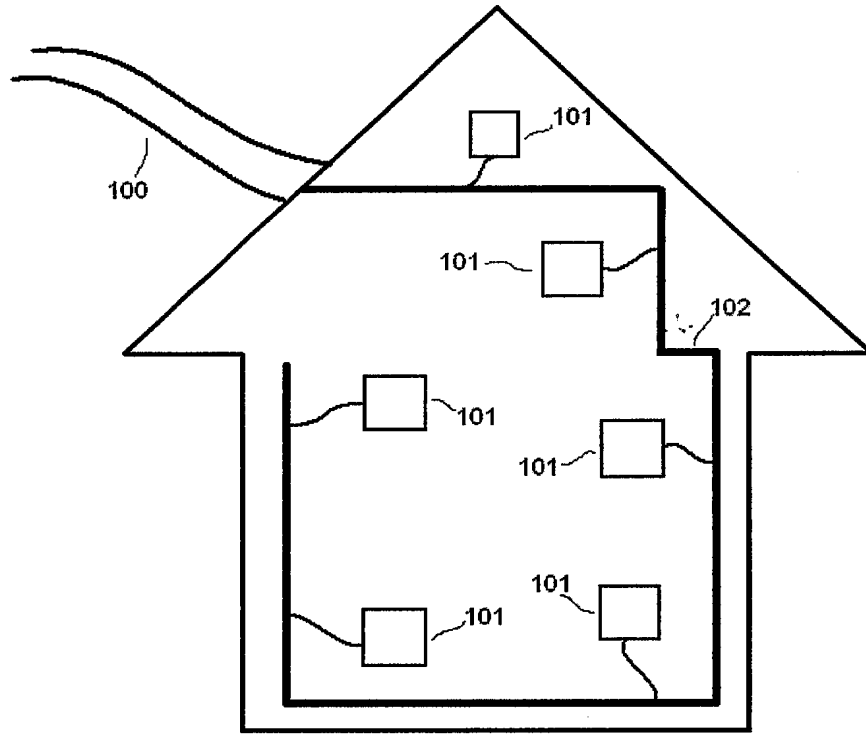


Figura 2:

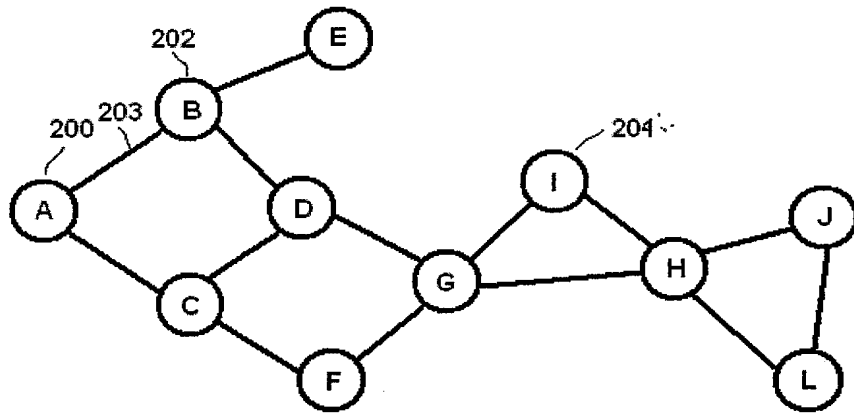


Figura 3:

301	302	303	
B	B	1	300
C	C	1	
D	B	2	
E	B	2	
F	C	2	
G	B	3	
H	B	4	
I	B	4	
J	B	5	
L	B	5	

Figura 4:

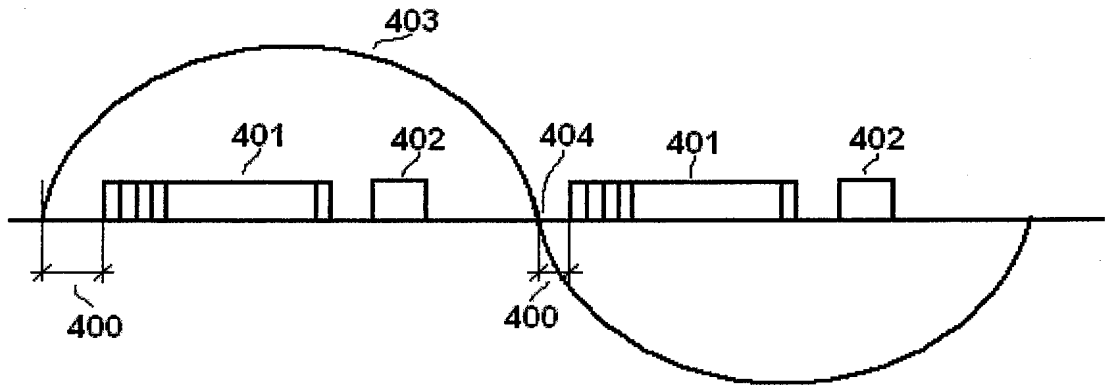


Figura 5:

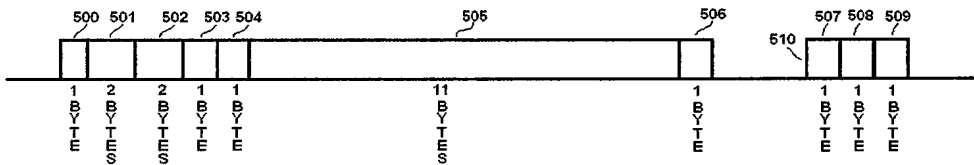


Figura 6:

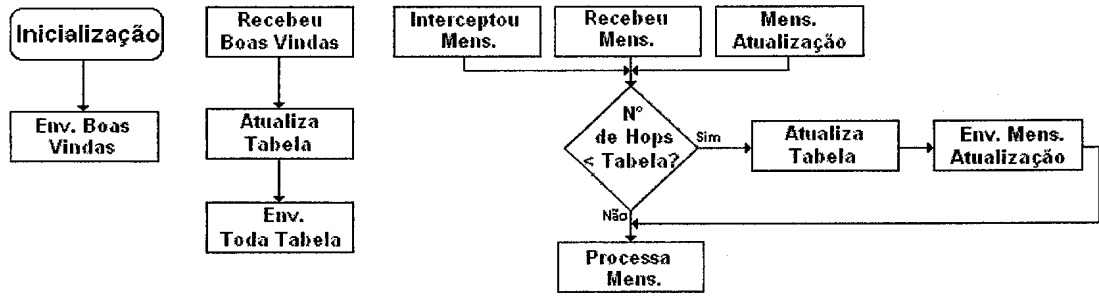


Figura 7:

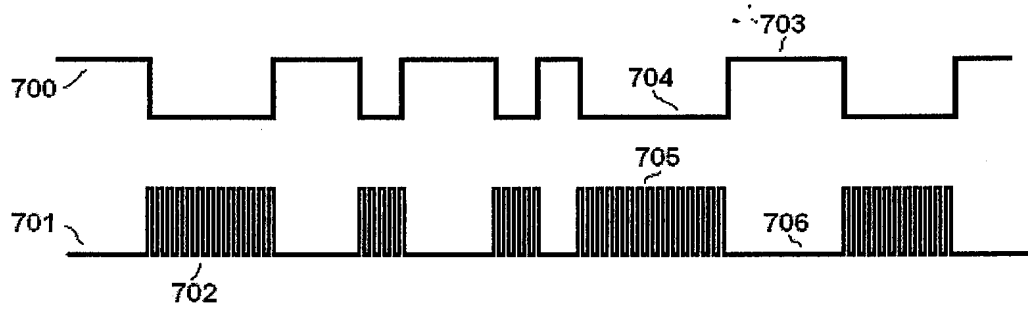


Figura 8:

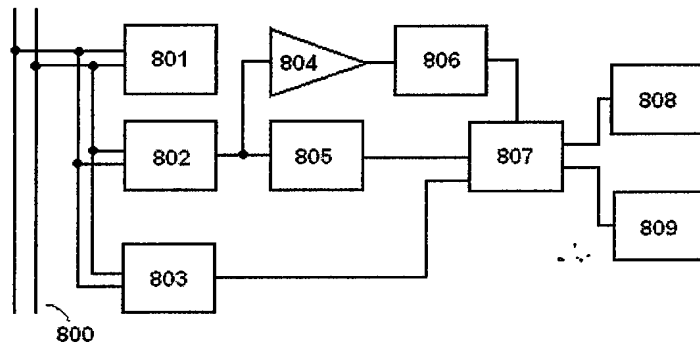
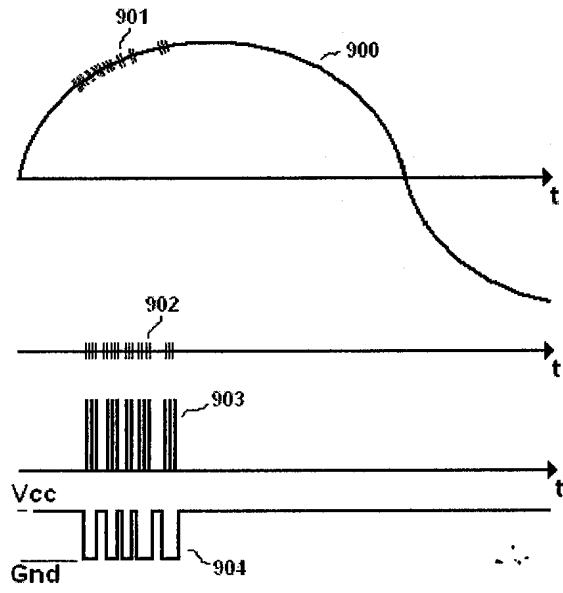


Figura 9:



**Resumo****“MÉTODO PARA TRANSMISSÃO E RECEPÇÃO DE DADOS ATRAVÉS DA REDE ELÉTRICA E EQUIPAMENTO PARA TRANSMISSÃO E RECEPÇÃO DE DADOS ATRAVÉS DA REDE ELÉTRICA”**

5 A presente invenção refere-se a um método para transmissão e recepção de dados através da rede elétrica residencial, juntamente com um equipamento que implementa tal método, tendo em vista aumentar a velocidade de comunicação e o aumento da confiabilidade em relação aos protocolos atuais. Para isto utiliza uma frequência mais alta de modulação que os protocolos atuais e ainda utiliza-se de outros equipamentos (202) ligados à rede (102) como repetidores selecionados,

10 presando o melhor caminho entre o transmissor (200) e o receptor (201).