

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

G01R 11/24

G01R 21/133



[12] 发 明 专 利 说 明 书

[21] ZL 专利号 99806135.2

[45] 授权公告日 2004 年 12 月 8 日

[11] 授权公告号 CN 1179211C

[22] 申请日 1999.5.14 [21] 申请号 99806135.2

[30] 优先权

[32] 1998. 5.15 [33] US [31] 60/085,650

[86] 国际申请 PCT/US1999/010768 1999.5.14

[87] 国际公布 WO1999/060415 英 1999.11.25

[85] 进入国家阶段日期 2000.11.14

[71] 专利权人 ABB 公司

地址 美国北卡罗来纳州

[72] 发明人 斯科特·T·赫尔兹克劳

爱德华·拜罗塞特

审查员 王晓萍

[74] 专利代理机构 中原信达知识产权代理有限责
任公司

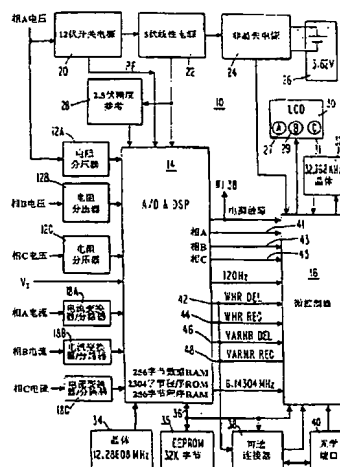
代理人 谷惠敏 李 辉

权利要求书 4 页 说明书 22 页 附图 12 页

[54] 发明名称 检测多相电度表中篡改的装置和方法

[57] 摘要

一种用于确定一个2单元电子电度表(14)中参考电压缺少(指示可能的篡改)的装置,包括一个用于从电压和电流信号确定电功率的处理器(16),和一个用于指示电度表(14)操作状态的显示器。为了确定在一个3线三角形连接或网络安装中的电度表(14)的参考电压是否失去,测量两个相之间的相角差值。如果相位差等于一个预定值,那么电度表在显示器(30)上指示参考电压的失去,和可能发生了篡改。装置可以进一步适用于确定一个时间长度,该时间长度是表示已经达到可以通知适当的法律和记账机构的条件。



ISSN 1008-4274

1. 一种用于确定多相电子测量设备中缺少共同参考电压的装置，所述多相电子测量设备接收具有多相的电能，所述装置包括：

5 接收所述电能的多个电压相和所述共同参考电压的电压输入电路，所述电压输入电路输出指示每个所述电压相和所述共同参考电压的多个电压信号；和

 接收所述电压信号并确定有关所述多个电压相的相信息的处理系统，

10 其中所述处理系统根据所述相信息确定缺少所述共同参考电压。

2. 根据权利要求 1 所述的装置，其中每个所述电压信号都具有与所述电能的所述电压相的对应相基本相同的相角。

15 3. 根据权利要求 2 所述的装置，其中从所述相信息确定两个预定电压相之间的差。

20 4. 根据权利要求 3 所述的装置，其中所述多个电压相包括“A”相，“B”相和“C”相，其中所述差是在所述“A”相与所述“C”相之间测量的。

5. 根据权利要求 4 所述的装置，其中所述共同参考电压是所述“B”相或中性点，并且所述差是 180° 时，确定缺少共同参考电压。

25 6. 根据权利要求 4 所述的装置，其中所述电子测量设备是配置用于测量在 3 线三角形连接，4 线星形连接，4 线三角形连接和网络配置中的电能用量。

7. 根据权利要求 1 所述的装置，其中所述电压输入电路包括多个分压器电路，每个用于接收所述多个电压相的一个对应相。

8. 根据权利要求 7 所述的装置, 其中所述处理系统包括第一处理器和第二处理器, 所述第一处理器包括模数转换器数字信号处理器, 和所述第二处理器包括微控制器。

5

9. 根据权利要求 8 所述的装置, 其中所述第二处理器确定所述多个电压相的两个预定相之间的差, 以确定所述共同参考电压的缺少。

10

10. 根据权利要求 9 所述的装置, 其中如果所述差是 180° , 那么所述第二处理器确定所述共同参考电压缺少。

15

11. 根据权利要求 1 所述的装置, 进一步包括操作地连接于所述处理系统的显示器, 其中所述显示器根据所述处理器输出的信号指示是否缺少所述共同参考电压。

12. 根据权利要求 1 所述的装置, 其中所述装置确定所述共同参考电压在所述多相电子测量设备中缺少的长度。

20

13. 根据权利要求 1 所述的装置, 其中所述多相电子测量设备包括 2 单元电度表。

25

14. 一种用于在多相电子测量设备中确定共同参考电压缺少的装置, 所述多相电子测量设备接收具有多相的电能, 所述装置包括:

多个分压器电路, 用于接收所述电能的多个电压相和所述共同参考电压, 所述分压器电路输出指示所述多个电压相和所述共同参考电压的电压信号;

包括模数转换器/数字信号处理器的第一处理器, 所述第一处理器接收所述电压信号并根据所述电压信号输出电位指示器信号和相信息;

包括接收所述电位指示器信号和所述相信息并根据所述电位指示器信号和所述相信息确定是否缺少所述共同参考电压的微控制器的第二处理器；和

5 连接到所述第二处理器，根据所述第二处理器的输出信号指示所述共同参考电压缺少的显示器。

15. 根据权利要求 14 所述的装置，其中每个所述多个电压信号都具有与所述电能的对应电压相基本相同的相角。

10 16. 根据权利要求 15 所述的装置，其中所述输出信号是所述电压信号的两个预定相之间的差。

15 17. 根据权利要求 16 所述的装置，其中所述多个电压相包括“A”相，“B”相，和“C”相，其中所述差是在所述“A”相与所述“C”相之间测量的。

18. 根据权利要求 17 所述的装置，其中所述共同参考电压是所述“B”相或中性点电压，并且所述差是 180° 时，确定缺少共同参考电压。

20 19. 根据权利要求 18 所述的装置，其中所述多相电子测量设备包括 2 单元电度表，并且所述电子测量设备配置为测量 3 线三角形连接，4 线星形连接，4 线三角形连接和网络配置中的一个中的电能用量。

25 20. 一种确定 2 单元电度表中共同参考电压缺少的方法，所述 2 单元电度表包括显示器，所述方法包括：

通过测量每个相的电位确定电压相的存在；

计算所述电压的两个选定相之间的差；

确定所述差是否是预定量；和

如果所述差等于所述预定量，在所述显示器上指示在所述 2 单元电度表中缺少所述共同参考电压。

5 21. 根据权利要求 20 所述的方法，其中所述通过测量每相的电压确定电压相的存在包括：

将每相与预定阈值比较；和

如果每相的电压至少是所述预定阈值，那么认为该相存在。

10 22. 根据权利要求 20 所述的方法，其中所述预定量是 180° 。

23. 根据权利要求 20 所述的方法，进一步包括确定在所述电子测量设备中所述共同参考电压缺少的时间长度。

检测多相电度表中篡改的装置和方法

5 相关申请的交叉引用

本申请要求 Holdslaw 等 1998 年 5 月 15 日申请的标题为“检测多相电度表中篡改的装置和方法”的，美国临时专利申请序列号为 60/085,650 的申请的权利。

10 发明领域

本发明一般涉及用于测量电力消耗的应用仪表领域。更具体地讲，本发明涉及一种通过确定电压相角关系检测多相电度表中篡改的装置和方法。

15 背景技术

测量各种形式的电功率的仪表是众所周知的。公用事业公司电度表可以有三种一般类型，即，机电电度表（由旋转盘产生输出），纯电子元件电度表（不用任何旋转部件产生输出分量），和机械/电子混合电度表。在混合电度表中，通常是把一个所谓的电子寄存器光耦合到一个旋转盘。把由旋转盘产生的脉冲，例如，由印刷在盘的斑点反射的光产生的脉冲，用于产生电子输出信号。

应当知道，由于电度表中的电子元件的可靠性和大的操作环境温度范围，它们已经得到了广泛的应用。此外，现代的电子信号处理设备，例如，微处理器，具有比现有机械设备在计算电功率方面更大的精确性潜力。因此，提出了各种形式的实际上没有任何运动部件的电子电度表。已经提出了几种包括微处理器的电度表。

许多新的固态电度表也包括液晶显示器（LCD），以把信息传送到电度表外部的个人或设备。一般，LCD 显示器包括信号器，信号器

接通指示存在不同的电压相（例如，在多相电度表中的相 A，相 B，和相 C），其关闭指示缺少一相或多相。在一些情况下，信号器闪烁指示相的缺少。

- 5 供电商关心不正确的布线问题，和篡改电度表以逃避耗电的计量和用电费用的不道德个人。因此，电度表一直装备有相电压指示，以便对各相上的电压的存在发出信号。这有助于检测正常相电压中断，以及除去一相电压而由于其它相的电压使电度表看上去仍然在工作的篡改。但是，老式电度表仅简单地查看电压的存在，而不检查电压的实际幅度。这是出于假设，如果一相电压被除去，那么将没有电压剩余；因而不需要检查幅度。
- 10

- 但是，在用 2 单元多相电度表测量时，一般有三个连接的电压点，三个电压点中的一个其它两个的参考。两种正常安装是 3 线三角形连接，和 3 线星形连接。3 线三角形相对于相 B（第三连接）连接到相 A 和 C。两个电压 V_{a-b} 和 V_{c-b} 之间的角度是 60 度或 300 度。并且两个电压是服务的实际线间电压。3 线星形连接到相 A 和 C，以及，但是相对于地线（第三连接）。两个电压 V_{a-g} 和 V_{c-g} 之间的角度是 120 度或 240 度。并且两个电压是实际线与中性点（或地）电压（它是线间电压的 57.7%）。
- 15
- 20

- 对于 2 单元电度表，一般有两个相指示器，每个非参考相一个。在任何一种服务类型情况下，除去相 A 或 C 将产生失去一相电压的指示，因为该相相对于参考相没有电压，并且将使相指示器之一发出失去一相的指示。但是，如果失去参考电压，并且允许参考点浮动，那么参考电压将浮动到两个剩余电压之间的中途。现在，每个相-参考电压将是相-相电压的 50%。这种电压幅度的减小与各相电流的角度关系的改变一同将显著减小电度表的配准。但是，由于跨越每个相-参考电压仍然有一个非零电压，因而相指示器仍然指示两相上存在电压。
- 25

因此，需要有一种电子仪表能够自动检测和指示由于错误布线或篡改造成的中性点以及其它相电压的失去。本发明通过使用一种测量正常连接的相（例如，根据服务类型，相 A 和相 C，相对于参考相，相 B 或地线）之间的相角差的新检测技术解决了上述问题。

5

发明综述

在确定多相电子电度表中的篡改的方法和装置中解决了上述问题，并取得了本发明的优点。这种电度表包括一个用于从电压和电流信号确定电功率和产生一个代表电能确定的能量信号的第一处理器，
10 和一个用于接收能量信号和产生代表所述能量信号的指示信号的第二处理器。电度表最好也包括一个连接到第一和第二处理器的诸如电擦除可编程只读存储器之类的非易失性存储器，用于存储处理器使用的数据和存储处理器产生的信息。该电度表测量一个网络配置中的三线星形连接中的两相之间的相位差，以决定篡改是否发生。

15

附图的简要说明

在结合附图阅读之后，将对上面的综述以及下面的优选实施例详细说明有更好的理解。为了说明本发明，在附图中示出了一个优选的实施例，其中在附图的各个视图中相同的参考号代表相同的部件，但是应当理解，本发明并不限于公开的特定方法和仪表。在附图中：
20

图 1 是根据本发明构造的一个电子电度表的方框图；

图 2 是图 1 中所示的模数/数字信号处理器的方框图；

图 3A-3E 组合提供了图 1 中所示微控制器使用的主程序的流程图；

25

图 4 是图 1 中所示微控制器使用的下载程序的流程图；

图 5 是图 1 中所示的电阻分压器和精度参考的示意图；

图 6A 和 6B 是说明一个在三线星形网连接中正确连接的电度表的接线图和电压幅度的曲线图；

图 7A 和 7B 是说明一个在三线星形网连接中去除了一个连接的电度表的接线图和电压幅度的曲线图；

图 8 示出了本发明的电子电度表的显示器；和

图 9 是为确定电度表中是否发生篡改而执行的处理过程的流程图。

5 附图的详细描述

图 1 示出了一个用于确定电子电度表中参考电压失去（指示可能的篡改）的新的电度表，并概括地标为 10。最初要注意适当地构造这个电度表，使其能够支持实现将来的更高级的测量功能。在这里详细地说明这种将来实现特征。

10

图 1 是显示根据本发明的示例电度表的功能组件以及接口的方框图。如图 1 中所示，用于测量三相或单相电能的电度表最好包括一个数字 LCD 型显示器 30，一个最好包括 A/D 转换器和一个可编程 DSP 的电度表集成电路（IC）14，和一个微控制器 16。

15

分压器 12A, 12B, 12C 和电流变换器或分路器 18A, 18B, 18C 分别感测通过电服务提供商的发电机与电能使用者之间的电能传输线路传送的模拟电压和电流信号。电阻分压器 12A-12C 和电流变换器 18A-18C 的输出，或感测的电压和电流信号，作为对电度表集成电路 14 的输入。电度表集成电路 14 中的 A/D 转换器把感测的电压和电流信号转换成模拟电压和电流信号的数字代表。在一个优选实施例中，A/D 转换处理的执行正如转让给 ABB 电力 T&D 公司的，1996 年 8 月 6 日申请的，标题为“使用多路复用模数转换器的可编程电度表”的，第 5,544,089 号美国专利中所述。然后，把数字电压和电流信号输入到电度表集成电路 14 中的可编程 DSP，以产生代表各种功率测量值的脉冲信号 42, 44, 46, 48，例如，每个脉冲信号代表与瓦特、伏安（VA）或无功伏安（VAR）相关的 K_e 值。这些脉冲信号可以由微控制器 16 处理，以执行用于记账目的的收入计量功能。

20

25

根据本发明，示例微控制器 16 执行大量的收入计量功能，以及

5 仪表功能。与收入功能相反，仪表功能是要协助技术人员根据近瞬时条件对电度表评价服务。仪表测量值可以包括诸如频率，瓦特，无功伏安和伏安等系统参数，和电压，电流，相角，功率因数，电流与电压角度，千瓦，千无功伏安，千伏安之类的每相信息，和有关这些参数的谐波失真。

10 电度表集成电路 14 和微控制器 16 中的每个最好通过一个 IIC 总线 36 与一个或多个存储器件连接。提供了一个 EEPROM 35，以存储收入数据，以及各种程序和程序数据。在安装后通电时，可以把电源故障，或数据变更通信，例如存储在 EEPROM 35 中的选定程序和程序数据，下载到与电度表集成电路 14 相连的程序 RAM 和数据 RAM，如图 1 中所示。在微控制器 16 的控制下，DSP 根据存储在各程序和

15 数据 RAM 中的下载的程序和数据处理数字电压和电流信号。

20 为了执行仪表功能，微控制器 16 可以利用来自 DSP 的电压和电流，带有超前/滞后指示的真实和视在能量频率，和相对电压或电流相角信息。根据本发明的一个优选实施例，电度表集成电路 14 监视两个线循环上的数字相电压信号和相电流信号（在大约 50 或 60Hz，两个线循环测量值在这里定义为 RMS 测量值，尽管它们是“近瞬时的”），然后计算 RMS 电压和电流值，带有超前/滞后指示的真实和视在能量

25 平均频率，或相对电压或电流相角信息。应当理解，线循环数量最好是可编程的，并且可以把一个不同的线循环数，例如一次线循环，用于指定测量。一次计算一相的 RMS 参数，并存储在 IC 14 的数据 RAM 中。微控制器 16 为了请求的仪表测量经过 IIC 总线 36 轮询这些寄存器中的数据。由于仪表测量值是近瞬时的，所以除了当前请求的值以外不存储任何值。

电度表集成电路 14 中的 DSP 也驱动电位指示器线路 41，43 和 45。微控制器 16 把线路状态反映到电位指示器 27，29 和 31，电位指示器最好在 LCD 30 的指定部分。只要对应相电位存在，每相的电位

指示器保持发光。相 A, B, 和 C 电位信号从电度表集成电路 14 输出到微控制器 16, 微控制器 16 又驱动电位指示器 27, 29 和 31, 从而当对应的电位信号是高电平时, 电位指示器保持发光。

5 本发明最好利用 LCD 30 的三种显示模式, 即, 正常, 交替和测试模式。在安装后通电时, 在预定的时间, 或在数据变更通信之后, 优选地执行可编程指定的测试。测试之后, 在正常显示模式, 在一个优选实施例中, 电度表相继并且连续地滚动显示为正常显示模式选定的显示项目。显示项目可以包括收入数据和仪表参数。

10

可以给本发明编程, 以用于指定的服务, 或它可以利用服务测试确定服务。可以手动或自动锁定服务, 即, 把服务信息存储在 EEPROM 35 中。

15

在事先已经知道服务类型并锁定时, 服务测试最好进行检查, 以保证每个单元正在接收相电位, 且相角在用于已知服务的标称相角的预定百分比内。也测量每相电压, 并与标称服务电压比较, 以确定它们是否在标称相电压的预定容差范围内。如果电压和相角度在指定的范围内, 那么把相位旋转, 服务电压和服务类型显示在电度表的显示器上。如果任何一个有效服务没有被发现, 或一个指定服务的服务测试失败, 那么在显示器上显示并锁定指示失效服务的系统错误代码, 以保证故障引起注意并对其进行评价以改正错误。

20

25 根据本发明的示例电度表也提供了通过光学端口 40 和/或可选连接器 38 的远程电度表读出, 远程电源质量监视, 和再编程。尽管可以与光学端口 40 连接使用光通信, 但可选连接器 38 可以适用于, 例如, 经过调制解调器的 RF 通信或电子通信。

当电度表 10 检测到异常情况时, 警报可以带有时间和日期戳记并记录到一个事件记录中, 并且事件的数量和情况的累加时间可以独

立地登录在一个偶发事件记录中。记录最好存储在图1所示的EEPROM 35 中。可以通过软件存取存储在这些记录中的信息，以在电度表本身的外部进一步诊断处理和评价。

5 简单地参考图5，每个电阻分压器分别由两个1 Meg，1/2 瓦特电阻 50/52，54/56 和 58/60 组成，它们用于与各自的一个第三电阻 62，64 和 66 组合以可接受的瓦特损失降低线电压，第三电阻用作传感电阻。电阻 62-66 是具有最大温度系数 25 ppm/°C 的金属膜电阻。与其它电压传感技术相比，这种组合十分便宜。电阻 50-60 每个具有 300 V_{rm} 10 的工作电压额定值。这些电阻已经用 6 kV IEEE 587 脉冲波形独立地测试过，以保证电阻值稳定，和设备不被破坏。电阻 62-66 按比例把输入电压降低到用于处理器 14 的低于 1 伏的峰-峰值。注意，电阻 62-66 可以在从大约 100 欧姆到大约 1 千欧姆的范围，以便保证这个最大的峰-峰电压，并且仍然保持最大的信号。

15 在接地时，三线三角形连接系统，工作在逻辑电压电平的电子组件的这些元件（包括电池连接器）可以在一个提高的电压下工作。在这种情况下，两个 1Meg 电阻组合（50/52，54/56，58/60）提供了对逻辑电平电子器件的电流限制。具有单相激活的 3 线星形连接电度表更坏情况的电流在 480V 的测试期间发生。

25 应当知道，能量单位和功率消耗主要是从电压和电流的乘积计算的。表 1 中列出了在本优选实施例中使用的特定公式。应当注意，本实施例提供了一个较宽的电压操作范围。这个特别优选的实施例允许四线三角形应用可以利用执行表 1 中的四线星形连接公式的四线星形连接电度表测量。但是，为了图 2 的目的，在处理器 14 中执行这种公式。

现在参考图 2，处理器 14 包括一个模拟转换器 70 和一个可编程 DSP 72。转换器 70 包括三个三通道，过抽样，二阶， $\Sigma-\Delta$ A/D 转换

器，在图中示为一个 9 信道 $\Sigma \Delta$ 模数转换器 74。12.28608MHz 时钟信号被 6 除，因而每个 A/D 以 2.04768MHz 频率对其输入进行抽样。每个 A/D 对每个输入进行 96:1 的缩小或平均化，这导致了对每个 A/D 三个输入的每一个为 2.4kHz 的有效抽样速率。这些抽样的解析等价于 21 位，正号。要注意，这样一种 $\Sigma \Delta$ 模数转换方案导致了每个 A/D 的每个转换的抽样的正确会聚。已经知道这种转换方案的带宽比较小，但是，被转换的电压和电流的频率也比较小。

在本优选实施例中，三个电压输入 V_A ， V_B 和 V_C 由一个 A/D 抽样，三个电流输入 I_A ， I_B 和 I_C 由第二个 A/D 抽样。第三个 A/D 用于抽样 B 相的电压或电流输入。这样地抽样 B 相的电压或电流输入是由于所谓的 $2\frac{1}{2}$ 单元电度表需要 B 相电流与其它相电流中的一个或两个的组合。此外，所谓的二单元电度表需要 B 相电压与其它相电压组合，以产生线间电压。具有第三 A/D 使得这些项目可以被同时抽样，因而改善了测量精度。这也改善了处理器 14 中的信噪比。

DSP 72 是一个从转换的电压和电流抽样计算希望的能量数量的精简指令系统处理器 (RISC)。示出的 DSP 72 包括一个具有 256 字节数据容量的随机存取存储器 (RAM) 76。存储器 76 用于存储计算和子例程堆栈。也示了一个只读存储器 (ROM) 78，并且具有 2304 字节数据的容量。存储器 78 用于存储那些所有能量计算共用的测量子例程。还示出了另一个 RAM 存储器 80，具有 256 字节数据容量。存储器 80 用于存储主线程程序和 DSP 72 的专用子例程。

示出的 DSP 72 也包括乘法器 82 和一个累加器 84，用于处理电压和电流数字信号，从而产生电能信息。也包括有插在乘法器 82 和累加器 84 之间的算术减法单元 86。

从上述说明中，应当知道程序 ROM，即，存储器 76 是在氧化阶段定义的。由于这个定义步骤发生在处理器 14 制造过程的较后阶段，

因而可以用最小的努力来改变这种编程。

5 每一相的校准常数和特定电位线性化常数存储在存储器 80 中。在电度表 10 加电时，微控制器 16 从 EEPROM 35 串行地下载到存储器 76 和 80。这个实施例具有能够经济地提供各种电度表形式，无需硬件改变而校准的优点，且允许将来根据每相 V_{rms} 和 I_{rms} 增加 VAR 或 VA 测量。用于这种操作的公式包括在表 1 中。此外，仅对处理器 14 再编程就可以获得将来的尚未定义的复合测量量的计算。

10 处理器 14 也包含一个晶体振荡器（未示出），串行接口 88，电源故障检测电路 90，和电位存在输出 B 和 C。晶体振荡器一个外部 12.28608MHz 晶体振荡器 34。处理器 14 利用这种频率直接地驱动 DSP，和间接地用于 A/D 抽样。这个频率也被时钟发生器 92 操作，时钟发生器 92 的作用是把振荡器 34 的输出（在 XIN 和 XOUT 输入
15 到处理器 14）除以 4，缓冲存储划分的时钟信号，和把划分的时钟信号在 CK 输出到处理器 16，作为它的时钟。将这个时钟输出指定在一个 2.0VDC 电源电压下工作。

20 串行接口 88 是 Signetics IIC 总线的一种派生。把一个串行地址分配给处理器 14。这个地址访问四个 DSP 控制寄存器中的一个。在写入 DSP 地址寄存器之后，所有信息必须通过 DSP 数据寄存器 94。存储器 14 的所有存储器，寄存器和输出可以串行地读出。增加了一个芯片选择线 CS，以禁止通信缓冲。输入 CS 连接到处理器 16，并由处理器 16 控制。

25 电源故障检测电路 90 是一个比较器，它把电源的分压表示与一个精度参考电压比较。比较器的输出在 A 同时地提供一个电源故障信号和一个相 A (V_A) 电压存在的指示。一旦电源发生故障，最好是重新设置处理器 14。在这种情况下，输出引线 W_{hr} , W_{hd} 等被强制到一个逻辑低电压电平。此外，处理器 14 进入一个低功耗模式，以减

的跟踪。一旦处理器使时间向前脉动，执行一个 WIT 指令，WIT 指令将该单元置于一种仅有 32.768 kHz 振荡器和定时器在操作的模式。在这种模式中，建立了一个定时器，每 32,768 循环计算一秒“唤醒”处理器 16。

5

现在结合图 3A-3E 和图 4 考虑处理器 16 的主操作。在步骤 1000，向微控制器 16 提供一个复位信号。如将要结合图 5 的讨论说明的，每当电压电平 V_{dd} 升高通过大约 2.8 伏时，发生一个复位循环。这样的条件在电度表第一次加电时发生。

10

在步骤 1002，微控制器 16 执行一个初始化操作，其中初始化堆栈指针，初始化内置 RAM，把液晶显示器类型输入到微控制器 16 的显示器驱动部分，和初始化需要在加电时初始化的定时器。应当注意，步骤 1002 的操作不需要在每次电源故障发生时进行。在电源故障之后，在步骤 1004，微控制器 16 在电源恢复时指示的点返回到主程序。

15

一旦初次加电或在电源故障后电源恢复，微控制器 16 执行一个恢复功能。在步骤 1006，微控制器 16 禁止处理器 14 发送的脉冲。通过提供适当的信号恢复比特禁止这些脉冲。这个比特的存在指示恢复操作正在进行，和在此期间产生的脉冲应当忽略。设置了信号恢复比特后，微控制器 16 在步骤 1008 确定是否存在电源故障信号。如果存在电源故障信号，那么微控制器 16 跳跃到步骤 1010 的电源故障例程。在电源故障例程中，微控制器 16 的输出端口被写为低电平，除非恢复比特不再设置。如果恢复比特不再设定，那么微控制器 16 中的数据被写入存储器。

20

25

如果电源故障信号不存在，那么在步骤 1012 微控制器 16 显示片段。此时，显示器的片段发光。在步骤 1014，初始化 UART 端口和其它端口，在步骤 1016，电源故障中断被允许，从而如果从处理器 14 的输出 A 感测到一个下降边缘，那么一个中断将开始指示电源故障。

应当记得，处理器 14 将参考电压 VREF 与电源 20 产生的分压的电压比较。每当电源电压下降到低于参考电压时，发生了一个电源故障情况。

5 在步骤 1018，执行测量集成电路的下载。这种下载操作结合图 4 更详细地说明。在步骤 1020，定时器中断被允许。应当知道，微控制器 16 执行的某些任务是依赖时间的。当执行这些任务的时间到达时，这些任务将需要一个定时器中断。

10 在步骤 1022，执行自检子例程。尽管为了实现本发明不需要特殊的自检子例程，但这些子例程可以包括一个确定是否存在正确的显示数据的检查。要注意，数据是相关类指定存储的，并且将一个值分配给每个类，因而使类值的和等于一个特定数。如果任何显示数据丢失，存在的数据的类值的条件将不等于特定的和，并且将显示一个错误消息。同样，微控制器 16，将处理器 14 产生的时钟信号与钟表晶体 32 产生的时钟信号比较，以便确定适当的关系是否存在。

20 在完成了自检子例程后，在步骤 1024 重初始化 RAM。在这个重新初始化中，从存储器清除某些装载常数。在步骤 1026，排定各项目。例如，排定显示器更新，使得恢复例程一完成，就进行数据检索和更新显示器。同样，排定光通信，其中微控制器 16 确定光学端口 40 是否存在任何设备，哪个设备希望通信。最后，在步骤 1028，给出一个指示恢复例程已经完成的信号。这个信号可以包括禁止信号恢复比特。一旦发生这种情况，以前禁止的脉冲现在被认为有效。微控制器 25 16 现在移动到主例程。

在步骤 1030，微控制器 16 调用日历处理例程。在这个例程中，微控制器 16 查看其内部的一个第二比特，并确定是否需要改变时钟。例如，在夏时制的开始和结束，分别把时钟向前和向后移动一小时。此外，日历处理例程设置分变化标记和日期变化标记，如以后将看到

的，周期性地检查这种标记，并且如果这种标记存在，发生处理过程。

应当注意，在微控制器 16 中有两个图 3 中没有示出的排定的实时中断，即，滚动分中断和日中断。在每分钟的开始，发生某些分钟任务。同样，在每日的开始，发生某些日任务。由于这些任务对于本发明的实现是不必要的，因而不需进一步详细说明。

在步骤 1032，微控制器 16 确定是否排定自重编程例程。如果排定了自重编程例程，那么在步骤 1034 调用这个例程。自重编程一般以事先存储的新使用率编程。由于结合了新的速率，所以也必须重新开始显示。在自重编程例程的操作之后，微控制器 16 返回到主程序。如果在步骤 1032 确定没有排定自重编程例程，那么微控制器 16 在步骤 1036 确定是否排定任何日边界任务。这个确定是通过确定时间和日期并且进行搜索以确定是否为该日期排定了任何日任务而确定的。如果排定了日任务，在步骤 1038 调用这些任务。如果没有排定日任务，那么微控制器 16 接下来在步骤 1040 确定是否排定了任何分边界任务。应当懂得，由于使用时间切换点发生在分边界，例如，从一个使用周期切换到另一个，所以需要在这个点改变数据存储位置。如果排定了分任务，那么在步骤 1042 调用这些任务。如果没有排定分边界任务，那么微控制器 16 在步骤 1044 确定是否排定了任何自检。自检一般被排定发生在日边界。如前面指出的，这种自检可以包括检查累加的显示数据类值，以确定累加和是否等于预定值。如果排定了自检，那么在步骤 1046 调用这些检测。如果没有排定自检，那么微控制器 16 在步骤 1048 确定是否排定了任何季节变化记账数据拷贝。应当知道，随季节改变，记账数据也改变。接下来，微控制器 16 需要存储对一个季节测量的能量，并开始累计下一个季节测量的能量。如果排定了季节变化记账数据拷贝，在步骤 1050 调用这种例程。如果没有排定季节变化例程，那么微控制器 16 在步骤 1052 确定是否排定了自重需求复位。如果排定了自重需求复位，那么在步骤 1054 调用这种例程。这个例程需要微处理器 16 实际上读出本身，并把读出值

存储在存储器中。然后重设需求复位。如果没有排定自需求复位，那么微控制器 16 在步骤 1056 确定是否排定了季节变化需求复位。如果排定了季节变化需求复位，那么在步骤 1058 调用一个例程。在这个例程中，微控制器 16 读出其本身，并复位需求。

5

在步骤 1060，微控制器 16 确定是否排定了按钮抽样。要抽样的按钮位于电度表 10 的表面。每 8 毫秒发生按钮抽样。接下来，如果已经过去一个 8 毫秒周期，那么微控制器 16 将确定排定了按钮抽样，并在步骤 1062 调用按钮抽样例程。

10

如果没有排定按钮抽样，那么微控制器在步骤 1064 确定是否排定了显示更新。这个例程引起在 LCD 30 上显示新量。如被上述软开关设定确定的，显示更新一般排定在每 3 至 6 秒发生。如果更频繁地更新显示，则可以能不能准确地读取显示。如果已经排定了显示更新，那么在步骤 1066 调用显示更新例程。

15

如果没有排定显示更新，那么微控制器 16 在步骤 1068 确定是否排定信号器闪烁。应当记得，显示器上的信号器被设计为闪烁。这种闪烁一般每半秒发生。如果排定了信号器闪烁，那么在步骤 1070 调用这个例程。如果没有排定信号器闪烁，那么微控制器 16 在步骤 1072 确定是否排定了光通信。应当记得，每半秒微控制器 16 确定是否在光学端口产生任何信号。如果产生了指示希望光通信的信号，那么将排定光通信例程。如果排定了光通信例程，那么在步骤 1074 调用这个例程。这个例程使微控制器 16 抽样光学端口 40，进行通信活动。

20

25

如果没有排定光通信例程，微控制器 16 在步骤 1076 确定是否处理器 14 发出错误信号。如果处理器 14 发出了错误信号，那么微控制器 16 在步骤 1078 禁止脉冲检测，调用下载例程，并在该例程执行后，重新允许脉冲检测。如果处理器 14 没有发出错误信号，那么微控制器 16 在步骤 1080 确定是否排定了下载程序。如果排定了下载程序，

30

那么主例程返回到步骤 1078，并在其后返回到主程序。

如果没有排定下载程序，或脉冲检测已经重新允许之后，微控制器 16 在步骤 1082 确定是否热启动正在进行。如果正在进行热启动，
5 在步骤 1084 禁止电源故障中断。调用脉冲计算例程，在其后重新允许电源故障中断。应当注意，在热启动时将数据清零，以便为电度表提供刷新开始。接下来，脉冲计算例程对以前测量的能量进行需要的计算，并把计算结果存储到存储器中适当的点。如果没有进行热启动，微控制器 16 在步骤 1084 更新远程中继。远程中继一般包括在一个不是电子组件板的板上。
10

现在参考图 4，说明用于下载处理器 14 的程序。在步骤 1100，微控制器 16 进入程序。在步骤 1102，清除指示应当开始测量下载的排定。在步骤 1104，微控制器 16 初始化通信总线，在本优选实施例中，通信总线是 SCS。在步骤 1106，微控制器 16 通过在处理器 14 上的中断方式复位和暂停处理器。但是，如果在微控制器 16 和处理器 14
15 之间存在通信错误，那么微控制器在步骤 1108 设置一个报警，和排定处理器 14 的下载。在步骤 1108 之后，终止下载程序，微控制器 16 返回到主例程。

20

在步骤 1110，微控制器读出和存储脉冲线状态。应当记得，当处理器 14 进行能量确定时，每个能量单位由输出 42-48 上的逻辑过渡代表（图 1）。在步骤 1110，存储每个输出 42-48 的状态。在步骤 1112，微控制器初始化 A/D 转换器 74，如果发生通信错误，微控制器前进到步骤 1108。在步骤 1114，初始化数字信号处理寄存器 94。在步骤
25 1116，把程序存储器 78 下载到存储器。在步骤 1118，把数据存储器 80 下载到存储器。在步骤 1120，启动处理器 14。如果在步骤 1114-1120 任何一个中发生通信错误，那么微控制器 16 再返回到步骤 1108。在步骤 1122，清除以前在步骤 1108 设置的任何报警消息。在步骤 1124，微控制器返回到它的主程序。

5 把认为对电度表 10 是非易失的所有数据存储到 32k 字节 EEPROM 35 中。这包括配置数据（包括用于存储器 76 和存储器 80 的数据），总 kWh，最大和累加需求（TOU 中 A 率需求），历史 TOU 数据，需求复位置的累加数，停电的累加数，和数据变更通信的累加数。把当前的记账周期 TOU 数据存储在包含在处理器 16 中的 RAM 中。只要微控制器 16 具有适当的电力，RAM 内容和实时将被维持，并且微控制器 16 将不被复位（甚至在需求寄存器中）。

10 如上所述，操作常数存储在 EEPROM 数据中。微控制器 16 通过给各数据增加类标示，并把和与一个参考数比较，进行这些存储区的检查。例如，把数据类用于定义程序存储器的 256 字节块。在这个数据类中附加于程序的 265 字节的是 DSP 代码识别号，版本号，和分配给这个数据类的检查和。操作常数包括校正常数和数据 RAM 初始值，
15 电度表的二次 K_e 和 K_h ，以及微控制器必须用于处理电度表数据的信息。

20 LCD 30（也见图 8）允许观看账单和其它测量的数据和状态。在电子器件中提供了对于 LCD 30 的温度补偿。即使带有这种补偿，电度表的操作温度范围和 LCD 的 5 伏流度把 LCD 30 限制为是三倍的。因此，这个设计中所支持的最大片段数是 96。显示响应时间也将在低于 -30° 摄氏度时显著减慢。

25 参考图 6A 和 6B，当所有电线都正确地连接在三线星形网配置中时， V_A ， V_B 和 V_C 的实际（和测量的）电压如下：

$$V_A = \sin \theta \quad (1)$$

$$V_B = \sin\left(\theta + \frac{2\pi}{3}\right) \quad (2)$$

$$V_C = \sin\left(\theta + \frac{4\pi}{3}\right) \quad (3)$$

在图 6B 中分别用波形 110, 112, 和 114 图示 V_A , V_B 和 V_C , 并且 θ 是每相的角度。

5 上面的方程 (1), (2) 和 (3), 每个代表相对于中性线的电压。三线星形网配置的 2 单元电度表中, 相 A (V_A) 和 C (V_C) 和中性线连接到电度表, 但是相 B (V_B) 没有连接。因此, 如果除去携带 V_A 或 V_C 的线, 可以通过测量该相对中性点的电压幅度容易地检测到这种除去。但是, 由于中性线在正常情况下是地电位 (零伏), 因而当除去该线时没有电压下降。

10

在三线星形网配置中, 当从电度表除去中性线时, 在中性线应当连接的点的电位浮动到相 A 与相 C 之间电压的一半。电度表 10 又利用这个浮动电压作为确定相 A 和相 C 电压的“共同参考接地电位”。这个浮动中性电压 (V_N) 可以如下数学地表达:

15

$$V_N = \frac{1}{2}(V_A + V_C) \quad (4)$$

图 7B 中的线 118 图示出了方程 (4) 的波形代表。利用方程 (1) 和 (2) 解方程 (4), 产生如下结果:

20

$$V_N = \frac{1}{2}(\sin \theta + \sin(\theta + \frac{4\pi}{3}))$$

$$V_N = \frac{1}{2}(\sin \theta + \sin \theta \cos \frac{4\pi}{3} + \cos \theta \sin \frac{4\pi}{3})$$

$$V_N = \frac{1}{2}(\sin \theta(1 + \cos \frac{4\pi}{3}) + \cos \theta \sin \frac{4\pi}{3})$$

$$V_N = \frac{1}{2}(\sin \theta(1 - \frac{1}{2}) - \frac{\sqrt{3}}{2} \cos \theta)$$

25

$$V_N = \frac{1}{2}(\frac{1}{2} \sin \theta - \frac{\sqrt{3}}{2} \cos \theta)$$

$$V_N = \frac{1}{4} \sin \theta - \frac{\sqrt{3}}{4} \cos \theta \quad (5)$$

因而方程 (5) 代表了电度表 10 解释为中性电压 V_N 的参考电压。如上所述, 电度表根据从图 7B 中可以看出与接地电压不同的 V_N 确定 V_A 和 V_C 。因此, V_A 和 V_C 的测量值与这些电压的实际值不同。

5

相 A 的视在 (测量) 电压 (V_{AM}) 如下确定, 并在图 7B 中用线 116 表示:

$$\begin{aligned}
 V_{AM} &= V_A - V_N \\
 V_{AM} &= \sin \theta - \frac{1}{4} \sin \theta + \frac{\sqrt{3}}{4} \cos \theta \\
 V_{AM} &= \sin \theta \left(1 - \frac{1}{4}\right) + \frac{\sqrt{3}}{4} \cos \theta \\
 V_{AM} &= \frac{3}{4} \sin \theta + \frac{\sqrt{3}}{4} \cos \theta \tag{6}
 \end{aligned}$$

10

同样地, 相 C 的视在 (测量) 电压如下确定, 并在图 7B 中用线 120 表示:

15

$$\begin{aligned}
 V_{CM} &= V_C - V_N \\
 V_{CM} &= \sin\left(\theta + \frac{4\pi}{3}\right) - \frac{1}{4} \sin \theta + \frac{\sqrt{3}}{4} \cos \theta \\
 V_{CM} &= \left(\sin \theta \cos \frac{4\pi}{3} + \cos \theta \sin \frac{4\pi}{3}\right) - \frac{1}{4} \sin \theta + \frac{\sqrt{3}}{4} \cos \theta \\
 V_{CM} &= \left(-\frac{1}{2} \sin \theta - \frac{\sqrt{3}}{2} \cos \theta\right) - \frac{1}{4} \sin \theta + \frac{\sqrt{3}}{4} \cos \theta \\
 V_{CM} &= -\frac{3}{4} \sin \theta - \frac{\sqrt{3}}{4} \cos \theta \tag{7}
 \end{aligned}$$

20

因此, 通过方程 (6) 和 (7) 可以看出, V_{AM} 和 V_{CM} 的幅度相同, 但电压相位彼此相差 180° 。致于实际相 A 电压, 测量的相 A 电压的幅度大约是实际幅度的 87%, 并且滞后 30° 。下面方程 (8) 示出了这种关系。

25

$$V_{AM} = \frac{3}{4} \sin \theta + \frac{\sqrt{3}}{4} \cos \theta \quad (6)$$

$$V_{AM} = \frac{\sqrt{3}}{2} \left(\frac{\sqrt{3}}{2} \sin \theta + \frac{1}{2} \cos \theta \right)$$

$$V_{AM} = \frac{\sqrt{3}}{2} \left(\sin \theta \cos \frac{\pi}{6} + \sin \frac{\pi}{6} \cos \theta \right)$$

$$V_{AM} = \frac{\sqrt{3}}{2} \sin \left(\theta + \frac{\pi}{6} \right) \quad (8)$$

因此:

$$V_{CM} = -\frac{\sqrt{3}}{2} \sin \left(\theta + \frac{\pi}{6} \right) \quad (9)$$

10 本发明的篡改检测技术利用了电压的这种相位/幅度关系确定网络配置中的三线星形连接的电度表是否受到篡改, 或是否接错线。通过适当地调节上述的相位/幅度关系, 本发明可以用于确定三线三角形配置中的接错线和/或篡改。

15 转到如图 3D 中所示的电度表 10 内的上述关系的实现, 微控制器 16 在步骤 1070 执行信号器闪烁处理过程。最好在步骤 1070 中在这个处理期间执行本发明的篡改检测确定, 从而可以由显示器 30 提供适当的指示。具体地讲, 参考图 9, 在步骤 1200 控制从步骤 1070 (图 3D) 通过并到达篡改检测处理。在步骤 1202 确定电度表 10 是否配置为一个 2 单元电度表。这可以通过检查 EEPROM 35 中的配置信息或其它适当方法进行。可以在电度表 10 的制造期间给配置信息编程。如果电度表 10 没有配置成 2 单元电度表, 进程在步骤 1028 返回。否则, 在步骤 1204, 确定 V_1 (V_A) 是否存在。为了确定 V_1 是否存在, ADC/DSP 14 测量相 A 电压, 并与一个预定阈值 (例如, 40 伏) 比较。如果电压达到或超过这个预定阈值, 那么认为 V_1 存在。如果电压降落到这个预定阈值以下, 那么认为它不存在。如果 V_1 不存在, 那么处理过程在步骤 1208 返回。如果 V_1 存在, 那么在步骤 1206, 确定 V_3 (V_C)

20

25

是否存在。这个确定以有关 V_1 的相同方式进行。如果 V_3 不存在，那么在步骤 1208 返回。

5 如果 V_3 存在，那么在步骤 1210，然后在步骤 1212，确定 V_1 与 V_3 之间的相位差。如果相位差是 180° ，那么在步骤 1214，电度表 10 将指示有关 V_2 （相 B 或 V_B ）的问题（即，篡改）。这种指示可以通过例如闪烁 V_2 信号器（例如，图 8 中 LCD 30 上所示的 $\bar{2}$ ），或通过
10 在 LCD 30 的数量显示中指示一个预定的字母数字值（例如，100FF）进行这种指示。如果差不是 180° ，那么在步骤 1216 开启 LCD 30 上的 V_1 和 V_3 的信号器（例如，图 8 中 LCD 30 上所示的指示器 $\bar{1}$ 和 $\bar{3}$ 。要注意，在步骤 1212 的确定中，如果相位差是 180° ，那么最好在
进行确定之前把 V_1 - V_3 的结果旋转到最近的 30° （例如 0° ， $\pm 30^\circ$ ， $\pm 60^\circ$ ， $\pm 90^\circ$ ， $\pm 120^\circ$ ， $\pm 150^\circ$ 或 $\pm 180^\circ$ ）进行确定。然后在步骤 1218 处理
过程返回，以继续通过图 3 的主循环。

15

除了上述步骤之外，在步骤 1214，可以启动微控制器 16 中的一个定时器，以跟踪相 B（ V_B ）问题存在的时间周期。也可以存储一个日期/时间标记。可以把时间和日期信息用于客户的用电记账，和/或
起诉/法律实施目的。

20

尽管上述篡改检测技术是参照相 B 说明的，但也可以用于相 A 和 C，或各相的组合。此外，其概念也可以在其中两相电压不是正常的 180° 间隔的其它配置中应用（例如，3 线三角形，4 线三角形，和
4 线星形服务）。可以配置电度表 10 识别任何一相或两相除去的时候，
25 并递增每相的定时器。当再连接该相时，定时器将被停止，并把该值保存在存储器中。如果要再次检测有关该相的篡改，定时器将从存储在存储器中的该相的时间再开始。因此，电度表可以提供停电时间的累加记录。可以保存一个电压停止的记录，该记录保存部分电压停止日期，部分电压停止时间，相 A 累加停止时间，相 B 累加停止时间，
和相 C 累加停止时间。

在记账读出完成，或通过清除电压停止记录和存储值的清除命令时，清除存储器中的存储值和电压停止记录。

5

表 1

测量公式

Watt（瓦特）公式：

$$-3: Watts = K_G(K_A V_{A_0} I_{A_0} + K_B V_{B_1} I_{B_1} + K_C V_{C_2} I_{C_2})$$

$$-2: Watts = K_G((K_A V_{A_0} - K_B V_{B_0}) I_{A_0} + (K_C V_{C_2} - K_D V_{B_2}) I_{C_2})$$

$$10 \quad -8: Watts = K_G(K_A V_{A_0} I_{A_0} - (K_B V_{A_0} I_{B_0} + K_D V_{C_2} I_{B_2}) + K_C V_{C_2} I_{C_2})$$

$$-7: Watts = K_G(K_A V_{A_0} I_{A_0} - K_B V_{A_0} I_{B_0} + K_C V_{C_2} I_{C_2})$$

注意：下标表示输入的相。下下标表示其中进行抽样的 A/D 循环。
对-7 应用的 V_a 实际上是线与中性线电压。

15

VA（伏安）公式：

$$-3: VA = K_G(K_A V_{A_0rms} I_{A_0rms} + K_B V_{B_1rms} I_{B_1rms} + K_C V_{C_2rms} I_{C_2rms})$$

$$-2: VA = K_G((K_A V_{A_0} - K_B V_{B_0})_{rms} I_{A_0rms} + (K_C V_{C_2} - K_D V_{B_2})_{rms} I_{C_2rms})$$

$$-8: VA = K_G(K_A V_{A_0rms} I_{A_0rms} + \frac{(K_B V_{A_0rms} + K_D V_{C_2rms})}{2} I_{B_0rms} + K_C V_{C_2rms} I_{C_2rms})$$

$$-7: VA = K_G(K_A V_{A_0rms} I_{A_0rms} + K_B V_{A_0rms} I_{B_0rms} + K_C V_{C_2rms} I_{C_2rms})$$

20

RMS 测量是在一个线周期上作出的，并且最好在每个电压的过零点开始。

VAR（无功伏安）公式：

$$25 \quad VAR = \sqrt{VA_A^2 - Watt_A^2} + \sqrt{VA_B^2 - Watt_B^2} + \sqrt{VA_C^2 - Watt_C^2}$$

其中下标与 Watt 和 VA 的 I 项相关，并且如下所示，计算在每一周期进行：

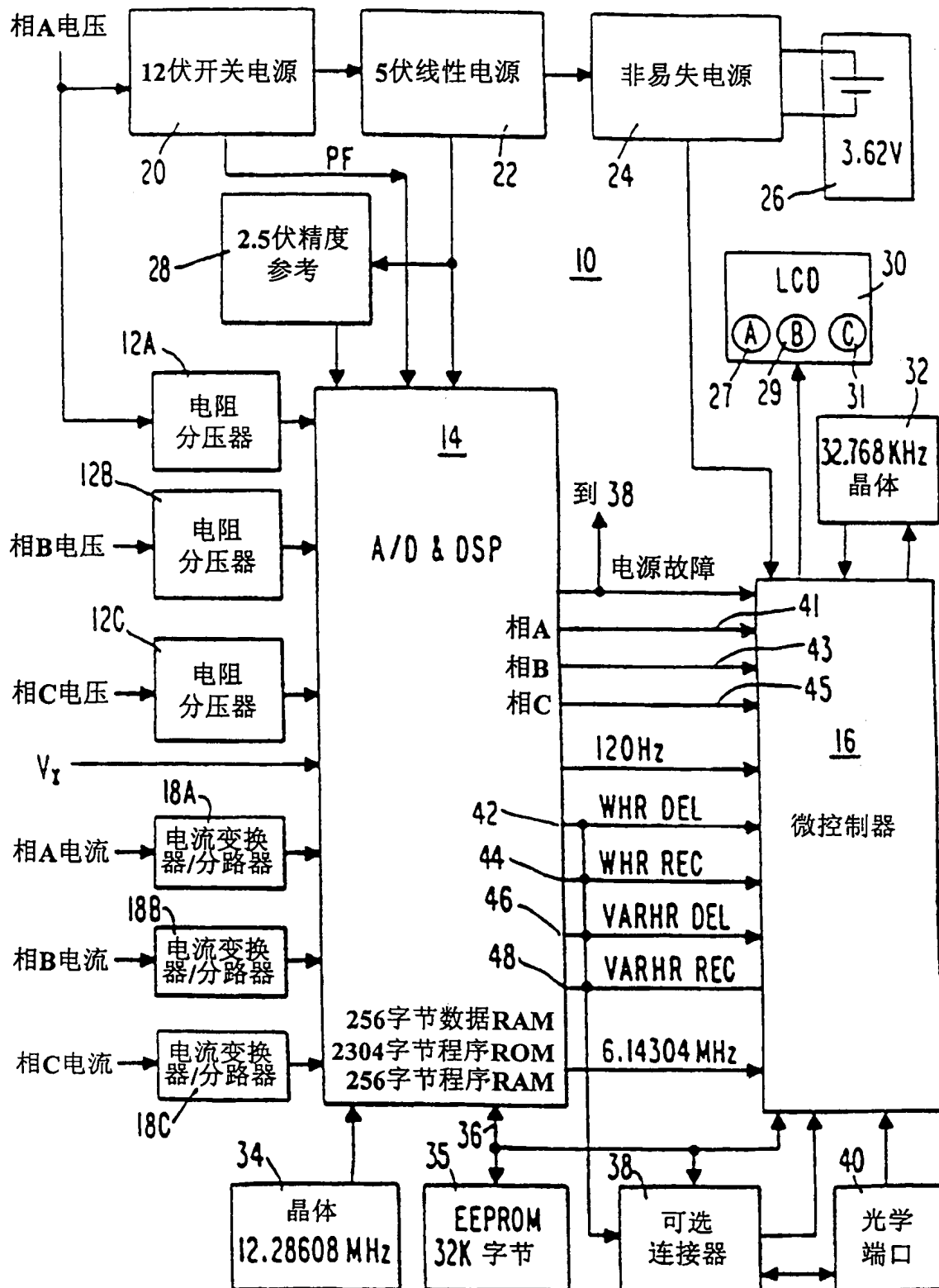
$$-3: VAR = K_G(K_A \sqrt{(V_{A_0rms} I_{A_0rms})^2 - (\sum_{zero}^{cycle} V_{A_0} I_{A_0})^2} +$$

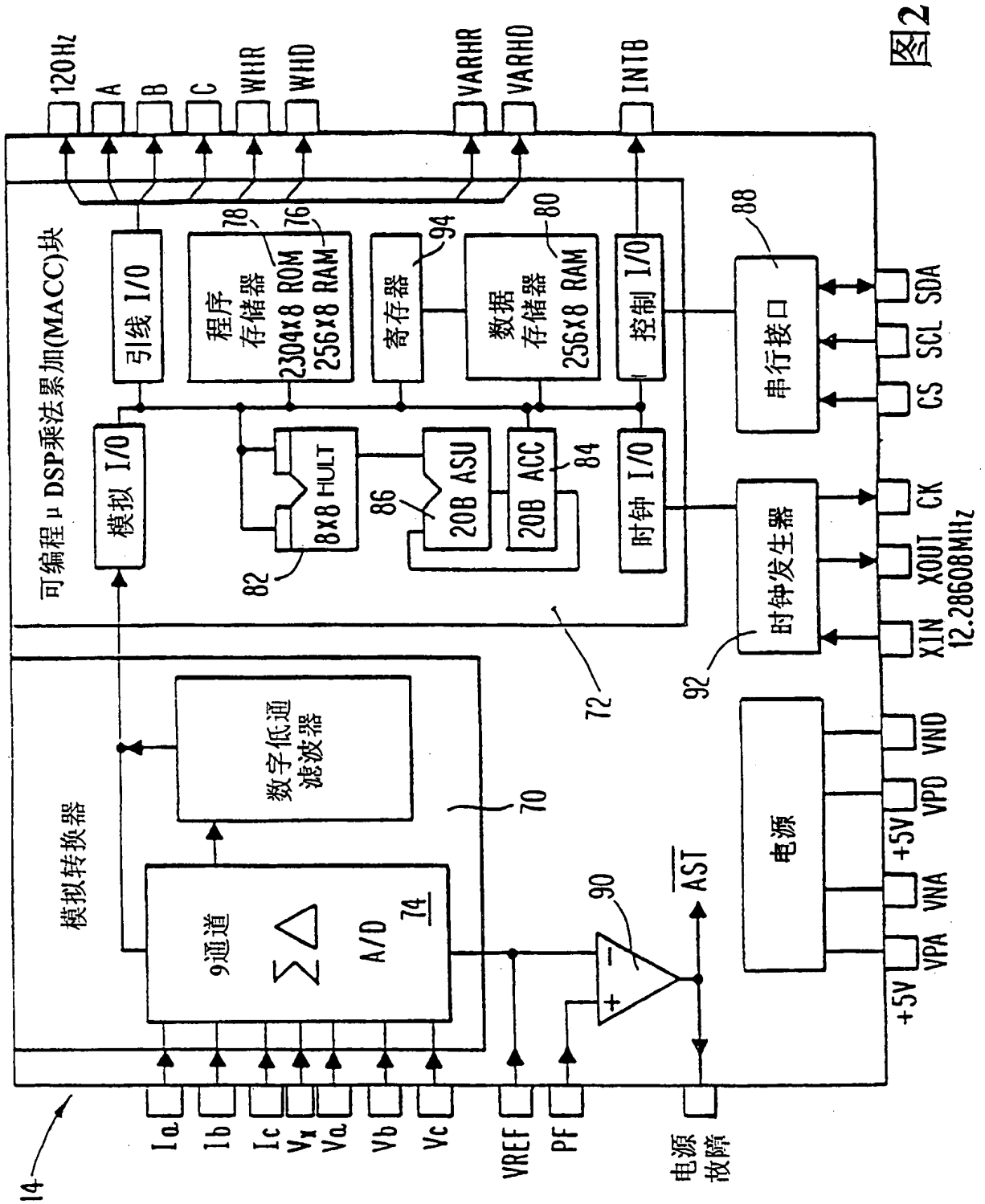
$$\begin{aligned}
& K_B \sqrt{(V_{B_1rms} I_{B_1rms})^2 - (\sum_{zero}^{cycle} V_{B_1} I_{B_1})^2} + K_C \sqrt{(V_{C_2rms} I_{C_2rms})^2 - (\sum_{zero}^{cycle} V_{C_2} I_{C_2})^2} \\
-2: VAR = & K_G (\sqrt{((K_A V_{A_0} - K_B V_{B_0})_{rms} I_{A_0rms})^2 - (\sum_{zero}^{cycle} (K_A V_{A_0} - K_B V_{B_0}) I_{A_0})^2} + \\
& \sqrt{((K_C V_{C_1} - K_D V_{B_1})_{rms} I_{C_1rms})^2 - (\sum_{zero}^{cycle} (K_C V_{C_1} - K_D V_{B_1}) I_{C_1})^2} \\
-8: VAR = & K_G (K_A \sqrt{(V_{A_0rms} I_{A_0rms})^2 - (\sum_{zero}^{cycle} V_{A_0} I_{A_0})^2} + \\
5 \quad & \sqrt{(\frac{1}{2} (K_B V_{A_0rms} + K_D V_{C_2rms}) I_{B_0rms})^2 - (\sum_{zero}^{cycle} (K_B V_{A_0} I_{B_0} + K_D V_{C_2} I_{B_1}))^2} + \\
& K_C \sqrt{(V_{C_2rms} I_{C_2rms})^2 - (\sum_{zero}^{cycle} V_{C_2} I_{C_2})^2} \\
-7: VAR = & K_G (K_A \sqrt{(V_{A_0rms} I_{A_0rms})^2 - (\sum_{zero}^{cycle} V_{A_0} I_{A_0})^2} + \\
& K_B \sqrt{(V_{A_0rms} I_{B_0rms})^2 - (\sum_{zero}^{cycle} V_{A_0} I_{B_0})^2} + K_C \sqrt{(V_{C_2rms} I_{C_2rms})^2 - (\sum_{zero}^{cycle} V_{C_2} I_{C_2})^2}
\end{aligned}$$

为上述公式，使用以下定义：

- 10 -2 代表 3 线三角形应用中的 2 单元；
 -3 代表 4 线星形应用中的 3 单元；
 -8 代表 4 线星形应用中的 $2\frac{1}{2}$ 单元；
 -5 代表 3 线三角形应用中的 2 单元；
 -7 代表 4 线三角形应用中的 $2\frac{1}{2}$ 单元。

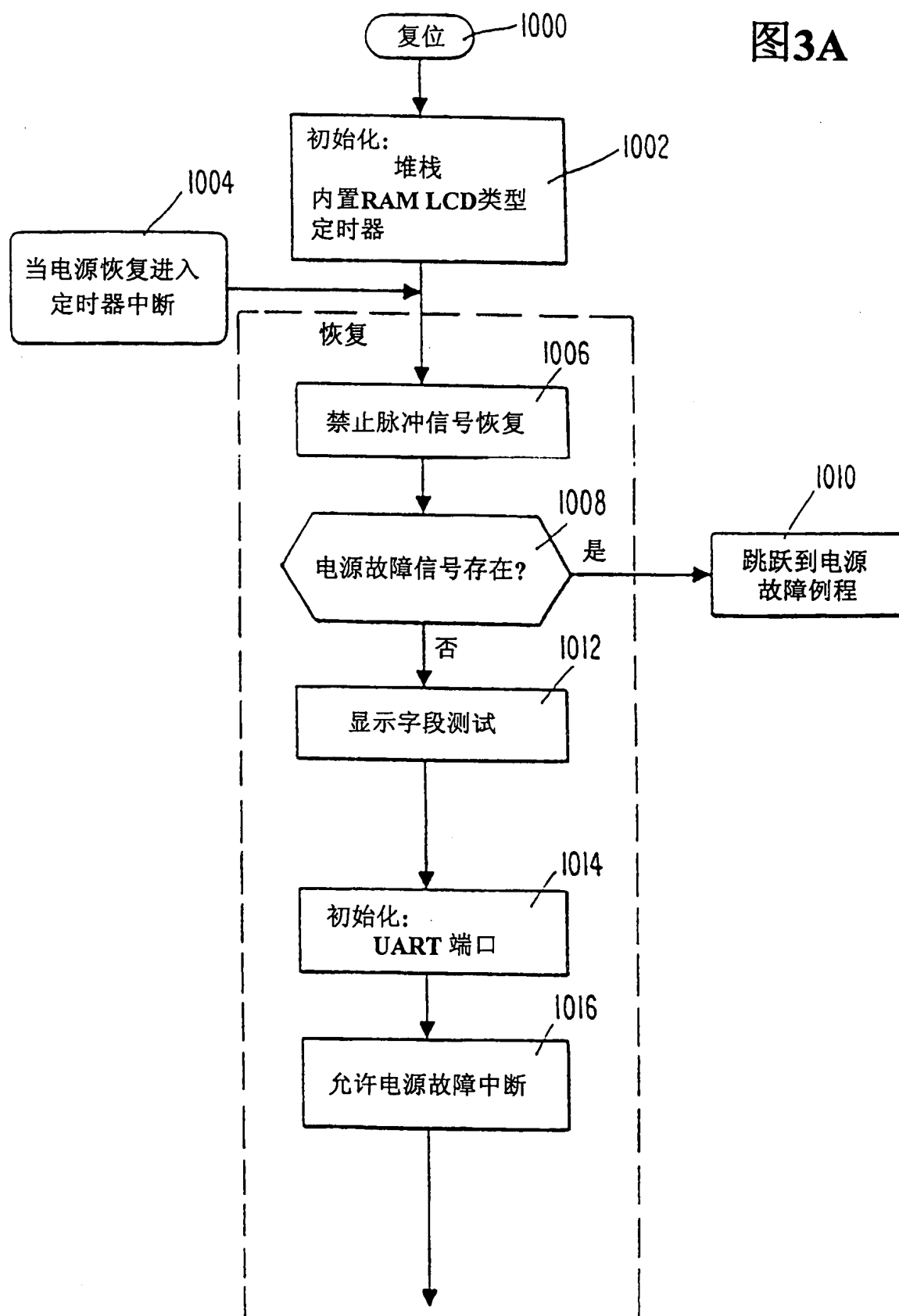
15 要注意，提供上述示例仅是为了说明的目的，不应将其认为是对本发明的限制。尽管本发明是参考优选实施例说明的，但应当理解这里使用的字词是说明和解释的字词，而不是限制。此外，尽管在这里本发明是参考特定的装置、材料和实施例说明的，但本发明并不限于这里公开的特定装置、材料和实施例；而是，本发明包括附属权利要求范围内的所有功能等价的结构、方法和应用。熟悉本领域的人员在阅读了本说明之后，可以对本发明作出多种修改和改变，而在其各方面不脱离本发明的范围和精神。





微控制器固件:主循环

图3A



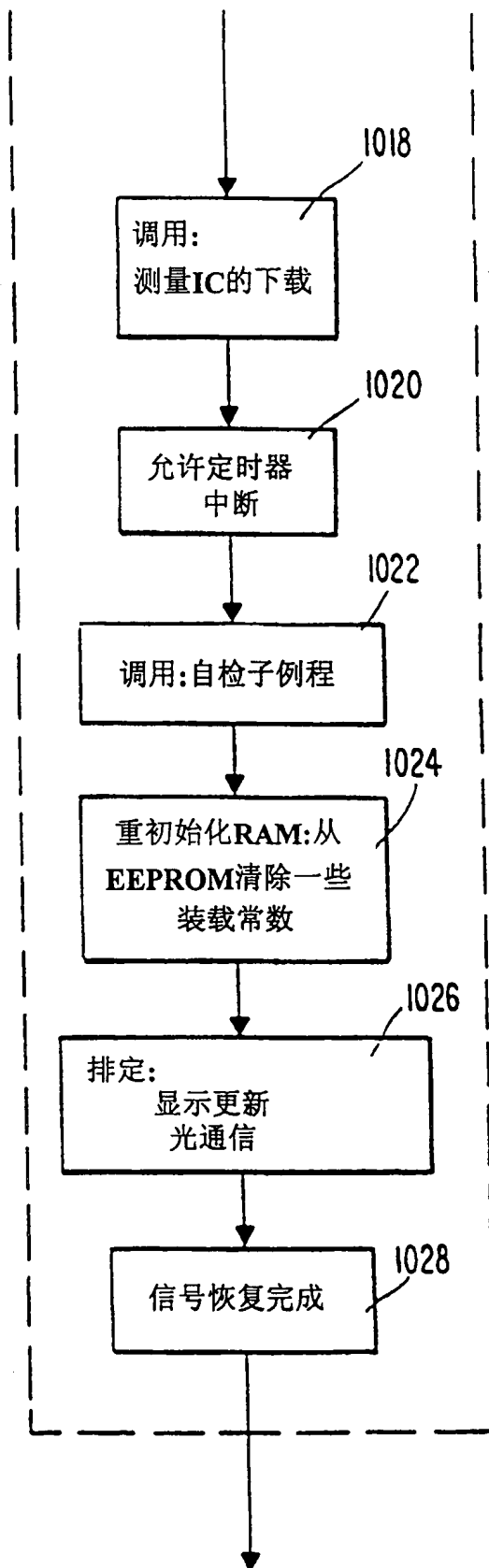
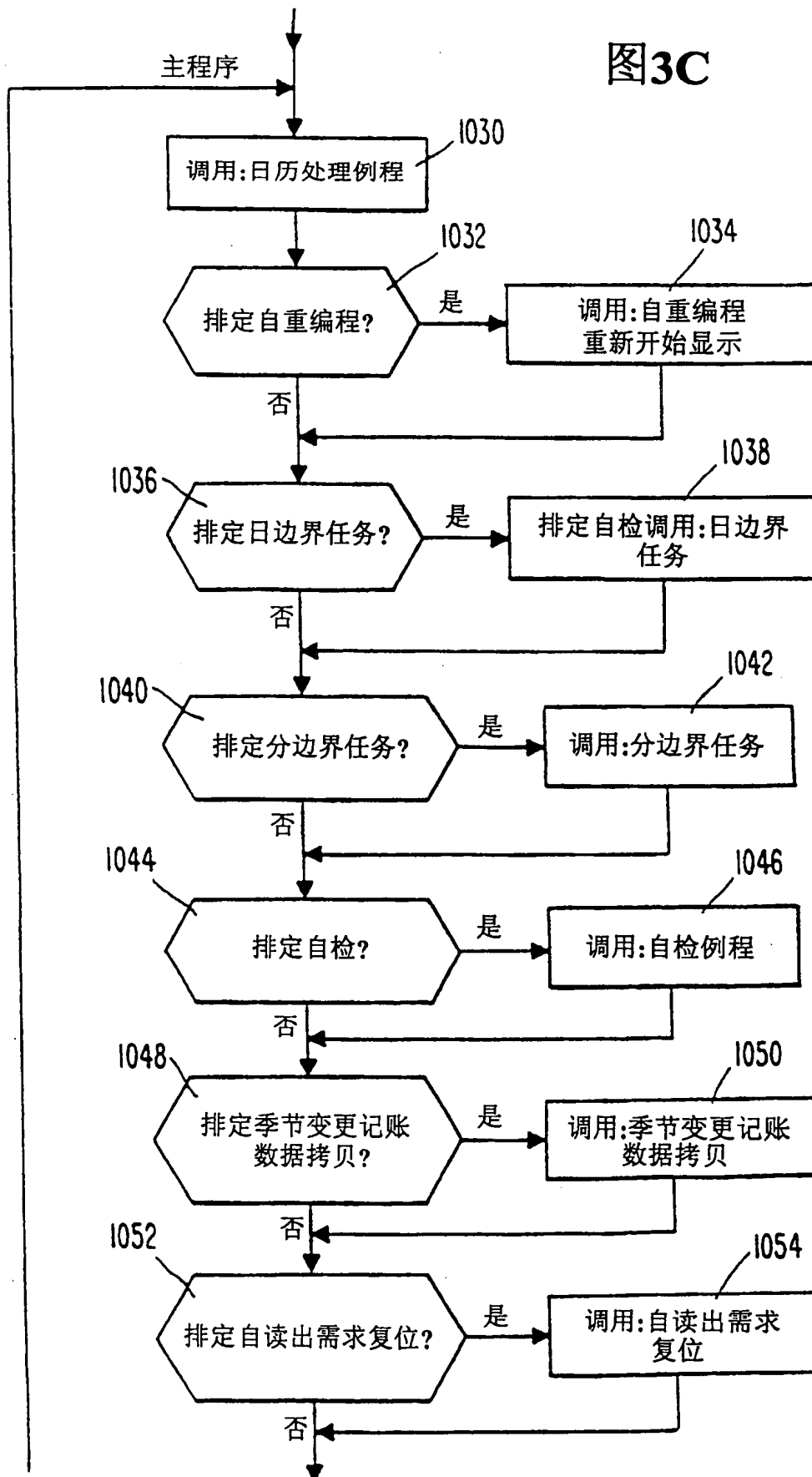


图3B

图3C



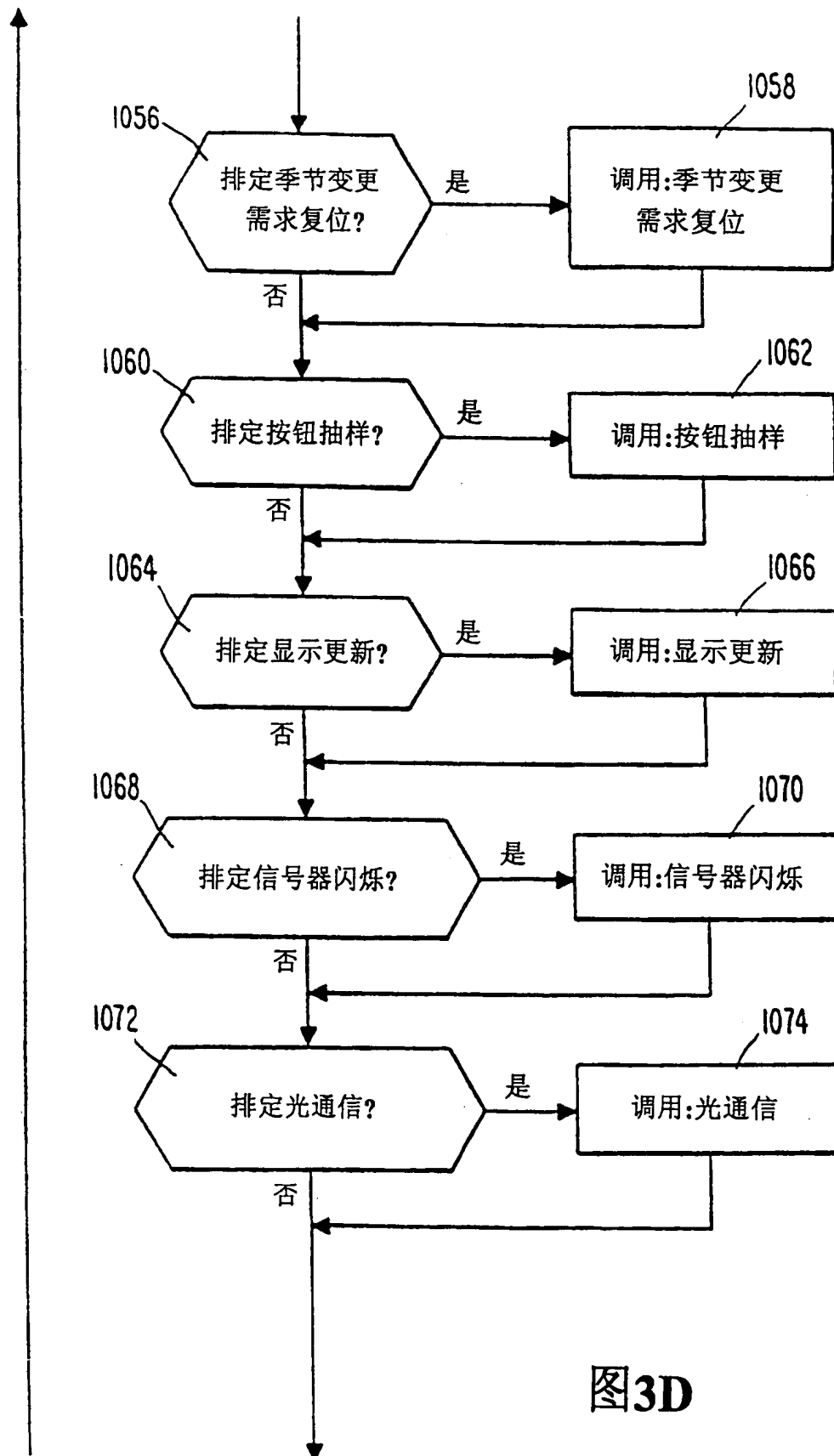


图3D

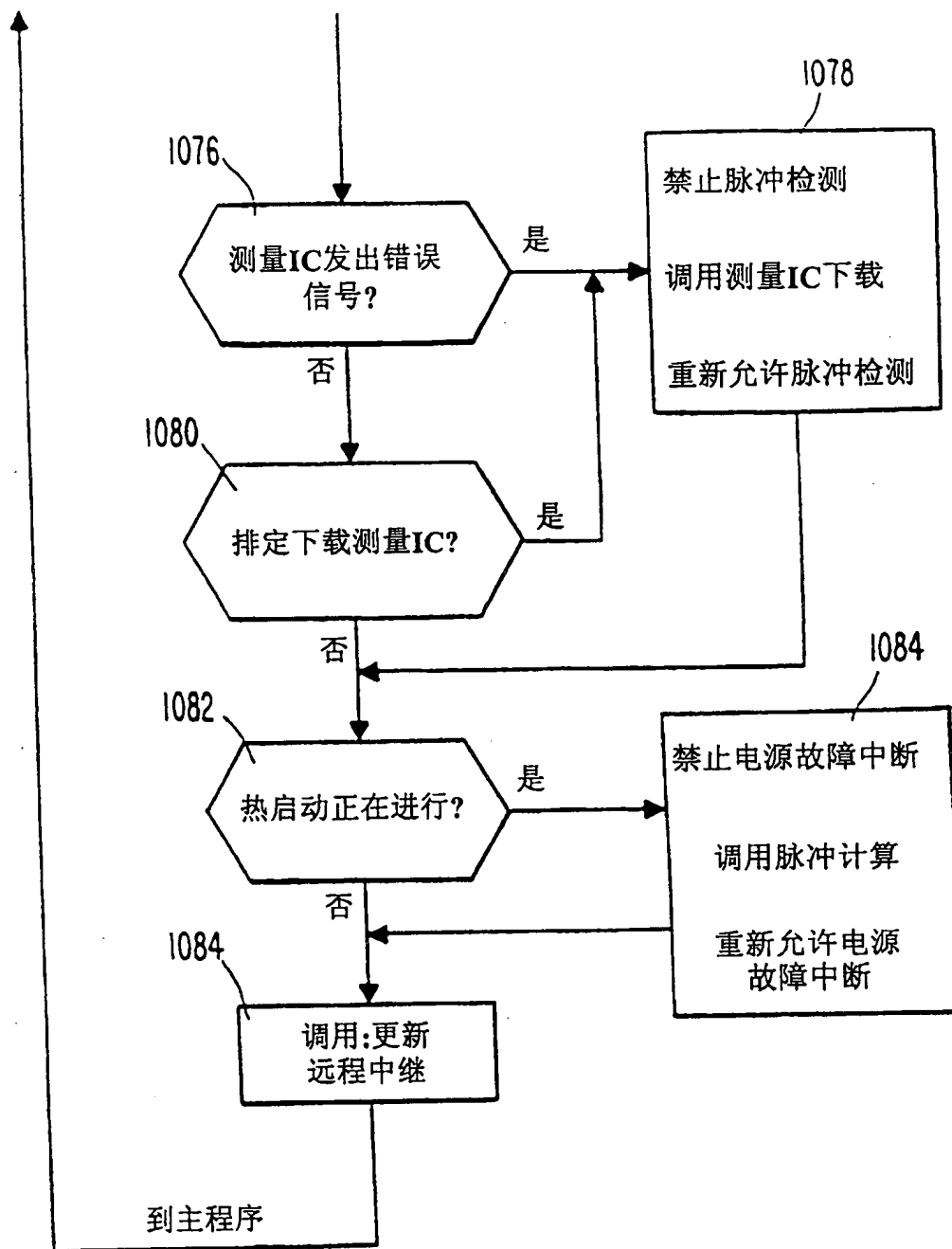
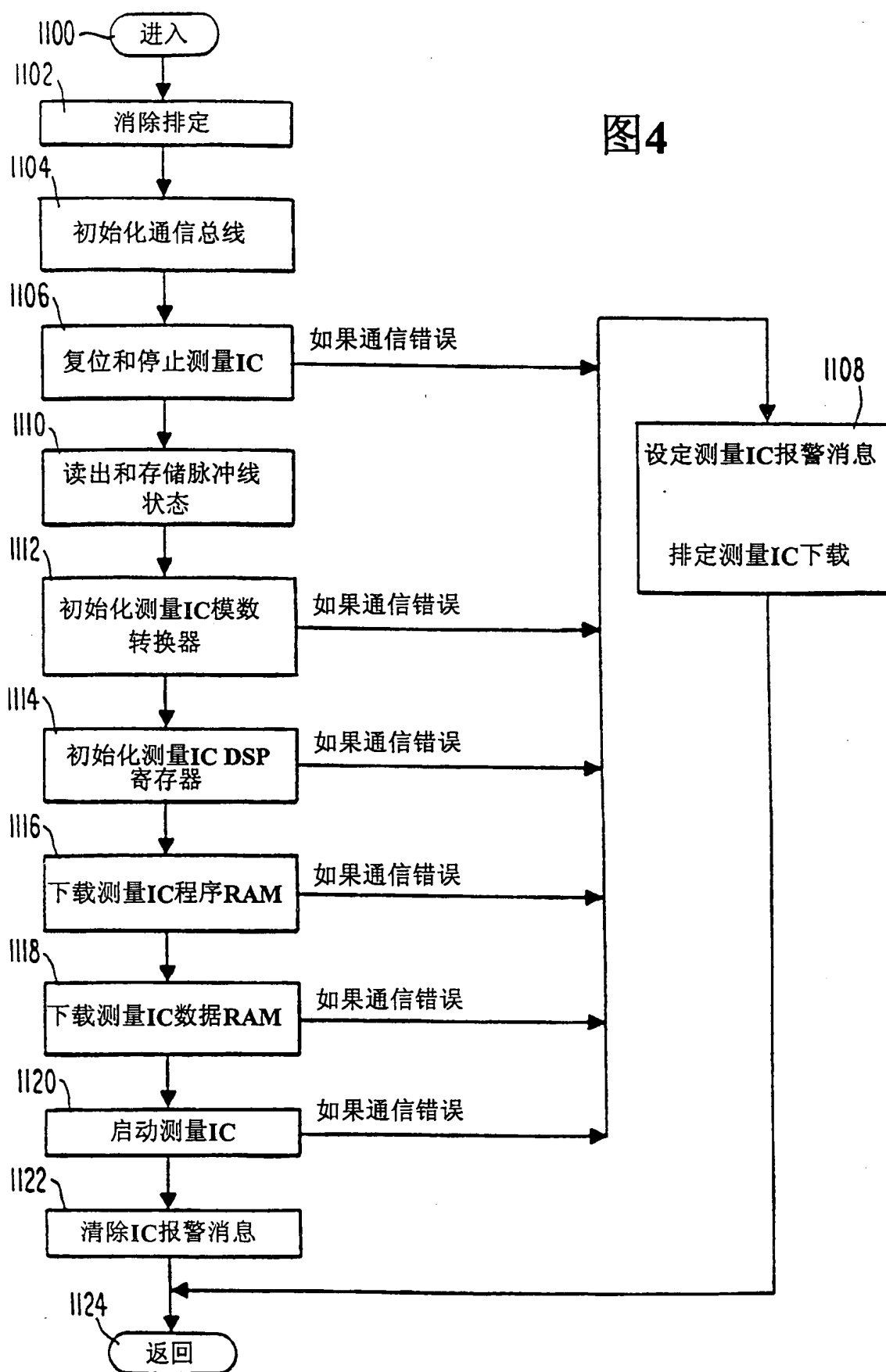


图3E



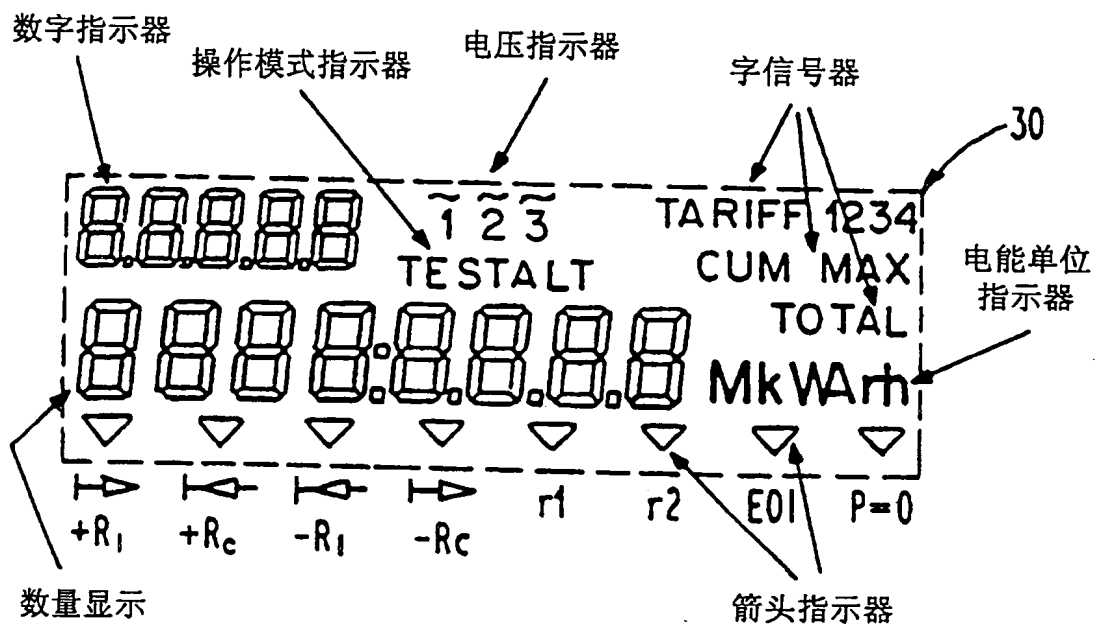
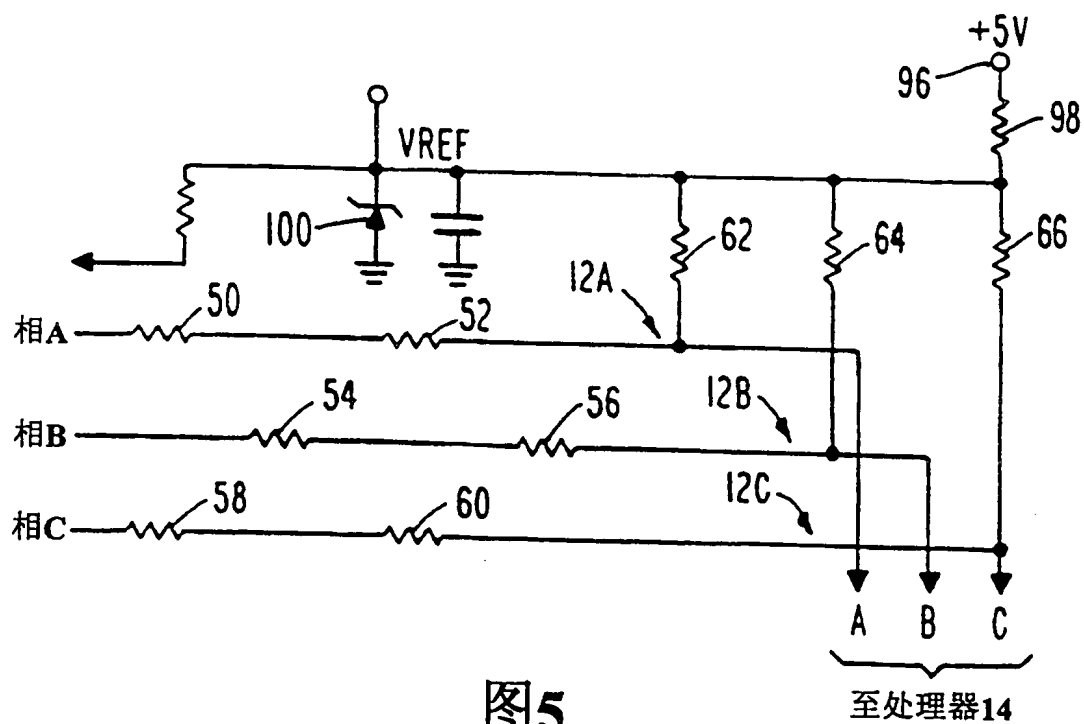


图8

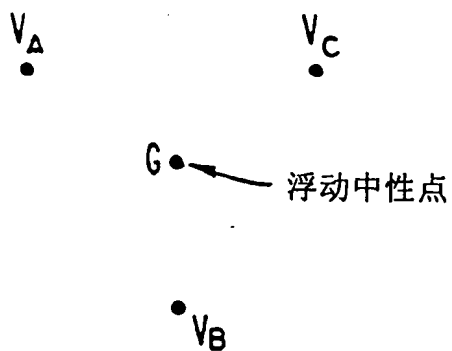


图6A

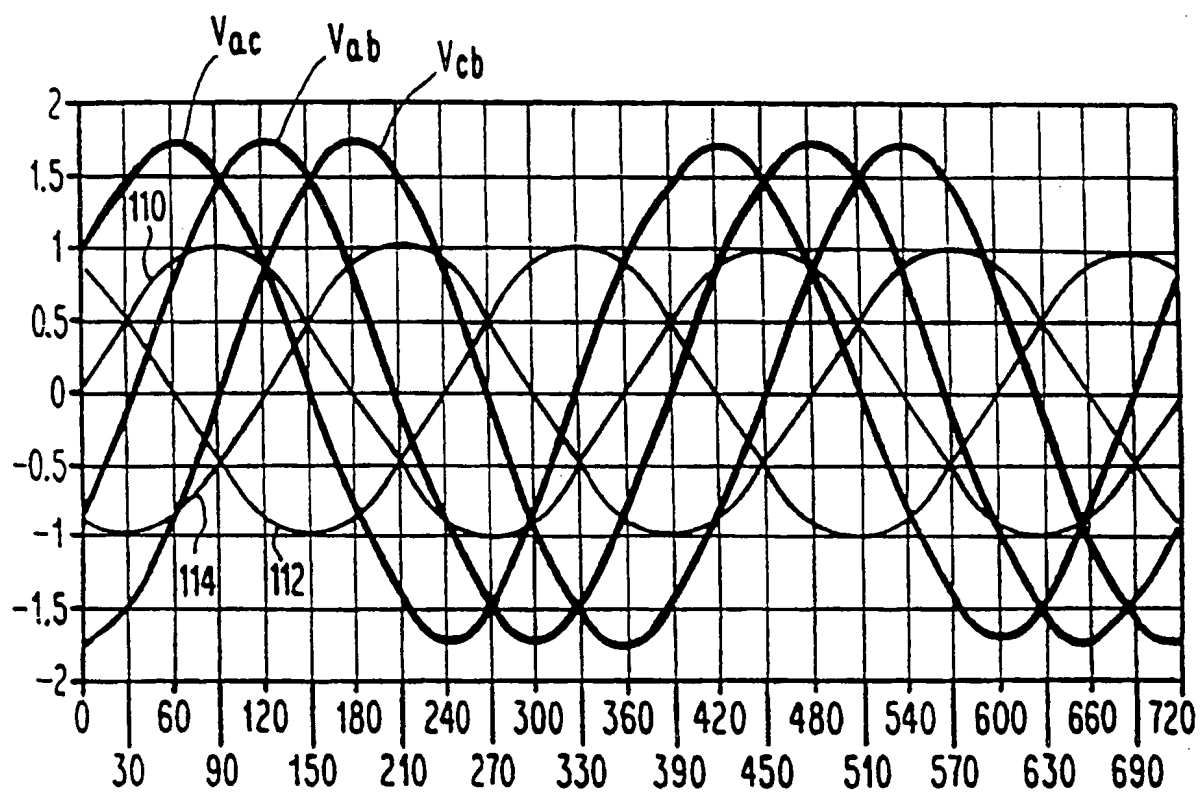


图6B

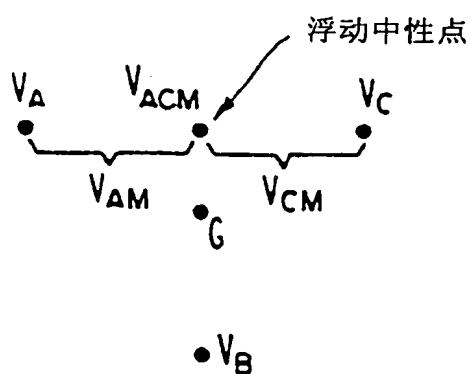


图7A

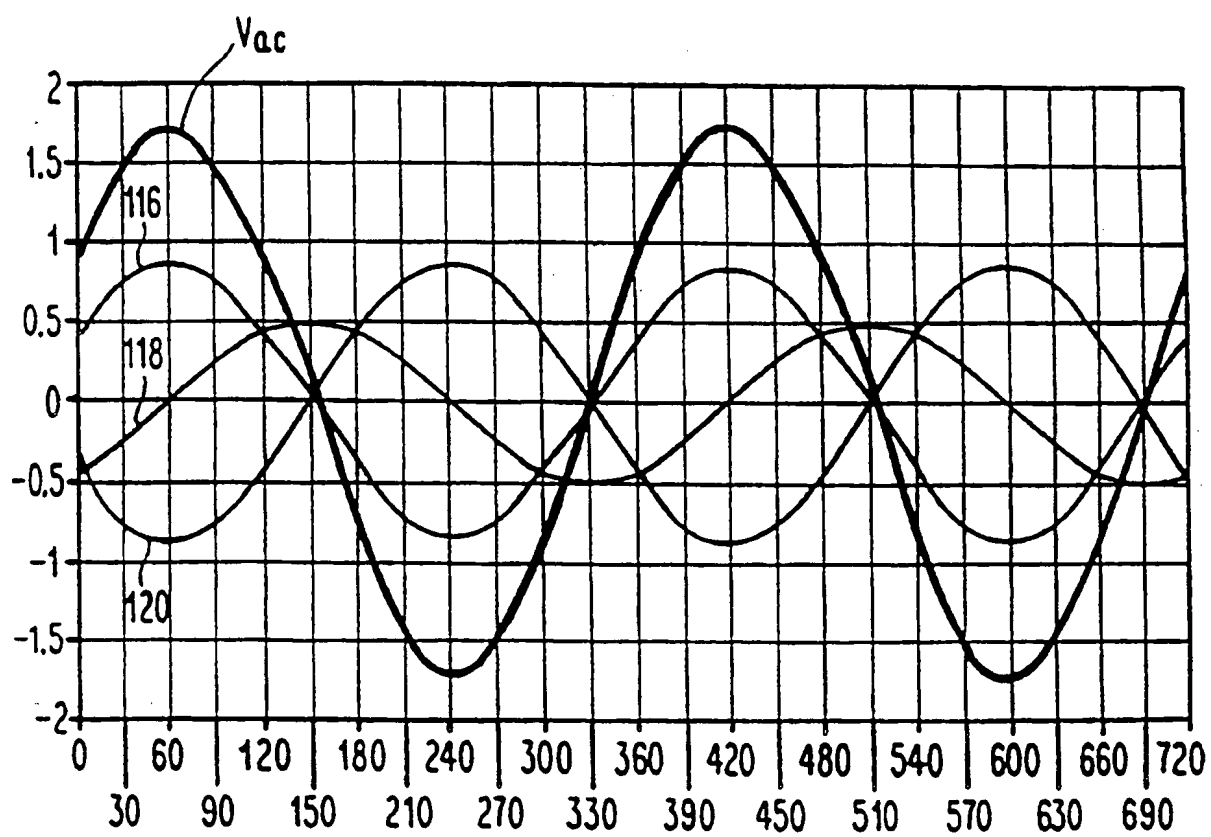


图7B

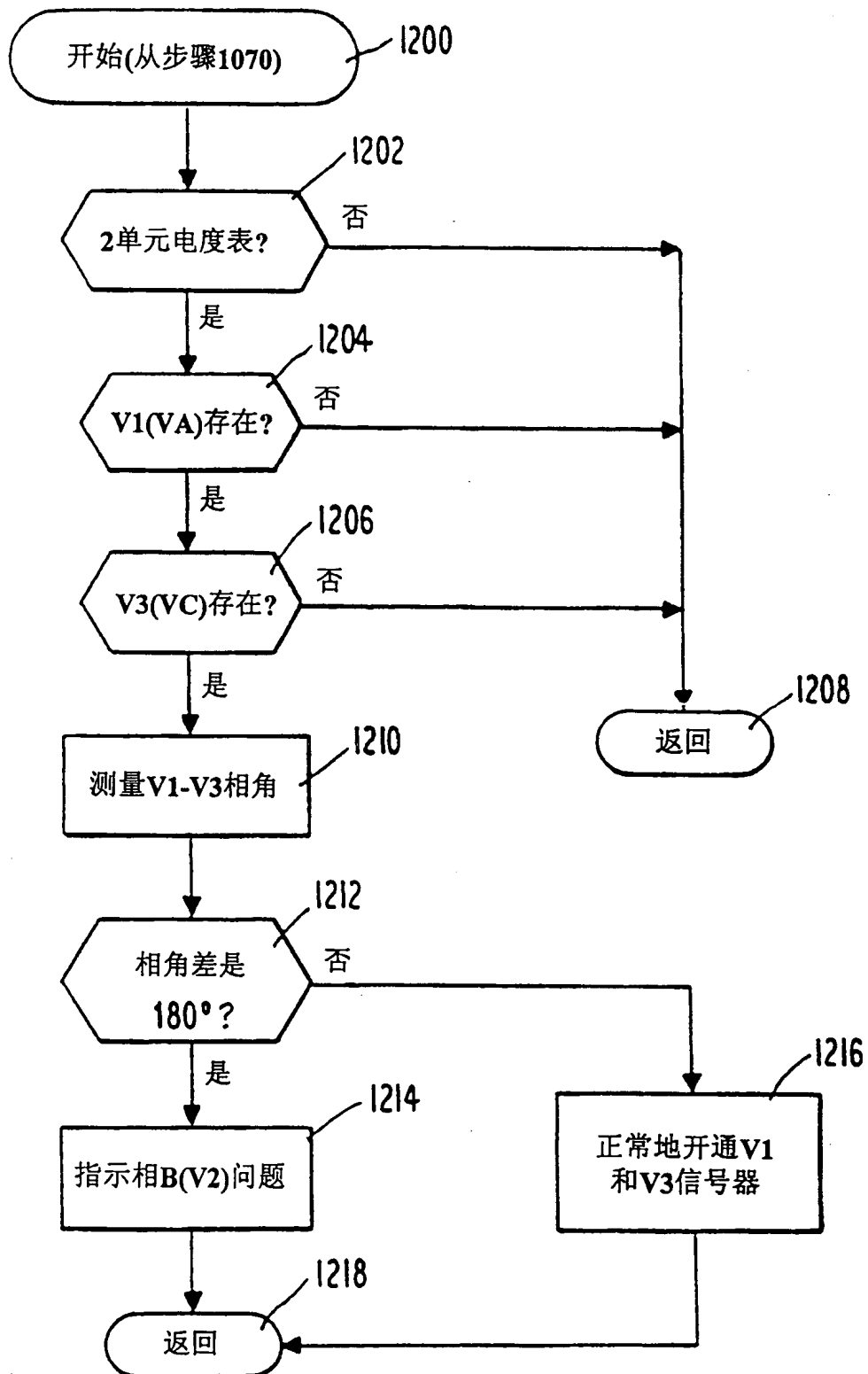


图9