

發明專利說明書

(本說明書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※ 申請案號：97112967

※ 申請日期：97 年 04 月 10 日

※IPC 分類：G06F 1/60 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

監控數位系統可靠度的系統及方法

SYSTEM AND METHOD FOR MONITORING RELIABILITY
OF A DIGITAL SYSTEM

二、申請人：(共 1 人)

姓名或名稱：(中文/英文)(簽章)

萬國商業機器公司

INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES CORPORATION

代表人：(中文/英文)(簽章)

琳奈 D 安德森 / ANDERSON, LYNNE D.

住居所或營業所地址：(中文/英文)

美國紐約州 10504 亞芒克市新奧爾察德路

New Orchard Road, Armonk, NY 10504, U.S.A.

國籍：(中文/英文) 美國 / US

三、發明人：(共 5 人)

姓名 (中文/英文)

1、金大益 / KIM, DAE IK

2、金鍾海 / KIM, JONGHAE

3、金穆吉 / KIM, MOON JU

4、詹姆士 R 姆利克 / MOULIC, JAMES R.

5、宋紅花 / SONG, HONG HUA

國籍 (中文/英文)

1、2 皆為韓國 / KR

3、4 皆為美國 / US

5 為中國大陸 / CN

四、 聲明事項：

☐ 主張專利法第二十二條第二項☐第一款或☐第二款規定之事實，其事實發生日期為： 年 月 日。

☒ 申請前已向下列國家（地區）申請專利：

【格式請依：受理國家（地區）、申請日、申請案號 順序註記】

☒ 有主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

美國、西元 2007 年 04 月 30 日、11/742,018

☐ 無主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

☐ 主張專利法第二十九條第一項國內優先權：

【格式請依：申請日、申請案號 順序註記】

☐ 主張專利法第三十條生物材料：

☐ 須寄存生物材料者：

國內生物材料 【格式請依：寄存機構、日期、號碼 順序註記】

國外生物材料 【格式請依：寄存國家、機構、日期、號碼 順序註記】

☐ 不須寄存生物材料者：

所屬技術領域中具有通常知識者易於獲得時，不須寄存。

五、中文發明摘要：

本發明揭露一種持續監控數位系統可靠度、或衰退，以及若數位系統作業降低至一特定臨界值下時，即發佈警告信號之系統與方法。此技術包含以與數位系統相關聯之方式實施環狀振盪器感測器，其中環狀振盪器感測器之邏輯與/或裝置的組成百分比，係映射數位系統內邏輯與/或裝置的組成百分比。計數邏輯耦接環狀振盪器感測器，以將輸出之計數信號轉換為震盪頻率，而控制邏輯耦接計數邏輯，以週期性地評估環狀振盪器感測器的震盪頻率，以及若以下至少一種情況發生時，產生警告信號，以表示可靠度降低：(i)測量或預估之震盪頻率低於警告臨界頻率；或(ii)測量之震盪頻率間一差異的測量或預估改變率超過可接受的改變率臨界值。

六、英文發明摘要：

System and method are provided for continually monitoring reliability, or aging, of a digital system and for issuing a warning signal if digital system operation degrades past a specified threshold. The technique includes implementing a ring oscillator sensor in association with the digital system, wherein logic and/or device percent composition of the ring oscillator sensor mirrors percent composition thereof within the digital system. Counter logic is coupled to the ring oscillator sensor for converting outputted count signals to an oscillation frequency, and control logic is coupled to the counter logic for periodically evaluating oscillation frequency of the ring oscillator sensor and generating a warning signal indicative of reliability degradation if at least one of: (i) a measured or estimated oscillation frequency is below a warning threshold frequency; or (ii) a measured or estimated rate of change in a difference between measured oscillation frequencies exceeds an acceptable rate of change threshold.

七、指定代表圖：

(一)、本案指定代表圖為：圖 1

(二)、本代表圖之元件符號簡單說明：

100	監控系統
110	環狀振盪器感測器
112	反相器
114	NAND 邏輯電路
115	致能輸入
117	反饋信號
119	驅動器
120	計數邏輯
122	分頻器
124	計數暫存器
130	控制邏輯

八、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：無

九、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明係關於失效預測之領域；具體而言，本發明係關於數位系統中以環狀振盪器感測器為主的可靠度測量系統與方法。

【先前技術】

組成數位系統(好比積體電路或更大之系統)之各元件的失效率，基本上係與許多參數相關，其包含操作溫度，以及數位系統的縮放與互連幾何。雖然數位系統中的內建測試，會試圖預測一既定類型的數位系統之生命週期，但卻無法提供該製造之類型中每個特定數位系統的衰退資訊。目前顧客或使用者僅能在發生重大系統失效後，才能得知數位系統的問題。雖然數位系統的重大失效係可得而知的，但「軟性」失效(即數位系統效能或可靠度的嚴重降級)係不容易注意，這表示數位系統此類型的衰退可能導致運算與資料上的錯誤，且難以回復。

【發明內容】

本發明揭露一種有效地監控或預估一特定數位系統之衰退與可靠度，以及若其有作業上的降級，或具體而言，相關聯之環狀振盪器感測器超過特定臨界值時，即發佈警告信號的方法。

因此，在一面向中，本發明提供一種監控數位系統之可靠

度的系統。此系統包含：至少一個環形振盪器感測器，係以與數位系統相關聯的方式實施，以促進監控其可靠度，其中數位系統包含一電路組成，其包含至少一個邏輯類型，此至少一個邏輯類型包含至少一個裝置類型。至少一個環狀振盪器感測器包含一電路組成，其包含根據數位系統之電路組成所選之至少一邏輯類型或至少一裝置類型的其中之一或多個類型，以將至少一環狀振盪器感測器之衰退與數位系統之衰退相互關聯。至少一環狀振盪器感測器輸出計數信號，而本系統更包含計數邏輯與控制邏輯。計數邏輯耦接至少一環狀振盪器感測器，以將計數邏輯轉換為一震盪頻率，而控制邏輯係耦接計數邏輯，以週期性地評估至少一環狀振盪器感測器之震盪頻率，並在發生以下至少一情況下，產生表示其可靠度衰退進而導致數位系統衰退之警告信號：若(i)至少一環狀振盪器感測器之測量或預估之震盪頻率低於數位系統之警告臨界頻率；或(ii)至少一環狀振盪器感測器之測量震盪頻率間之一差異的測量或預估改變率超過數位系統之可接受的改變率臨界值。

在另一面向中，本發明提供一種監控數位系統之可靠度的系統，其包含至少一環狀振盪器感測器，係嵌於數位系統中，以促進監控其可靠度。數位系統包含一電路組成，其包含至少一個邏輯類型與在至少一邏輯類型內實施的至少一裝置類型。此至少一環狀振盪器感測器包含一電路組成，係至少部分地映射實施於數位系統之電路組成中的至少一邏輯類型與至少一裝置類型的百分比，其中至少一環狀振盪器感測器的衰

退，係與數位系統的衰退相互關聯。至少一環狀振盪器感測器輸出計數信號，而本系統更包含計數邏輯與控制邏輯。計數邏輯耦接至少一環狀振盪器感測器，以將計數邏輯轉換為一震盪頻率，而控制邏輯係耦接計數邏輯，以週期性地評估至少一環狀振盪器感測器之震盪頻率，並在發生以下至少一情況下，產生表示其可靠度衰退進而導致數位系統衰退之警告信號：若(i)至少一環狀振盪器感測器之測量或預估之震盪頻率低於數位系統之警告臨界頻率；或(ii)至少一環狀振盪器感測器的測量震盪頻率間之一差異的測量或預估改變率超過數位系統可接受的改變率臨界值。

在又一面向中，本發明提供一種監控數位系統之可靠度的方法。本方法包含：取得嵌於數位系統內的至少一環狀振盪器感測器，以促進監控其可靠度，數位系統包含一電路組成，其包含至少一個邏輯類型，此至少一個邏輯類型包含至少一裝置類型，以及其中至少一環狀振盪器感測器的邏輯與裝置類型組成百分比，係映射數位系統內至少一邏輯類型或至少一裝置類型之一或多各類型的電路組成百分比，藉此將至少一環狀振盪器感測器的衰退與數位系統的衰退相互關聯，至少一環狀振盪器感測器輸出計數信號；將至少一環狀振盪器感測器的計數信號轉換為至少一環狀振盪器感測器的震盪頻率；以及週期性地評估至少一環狀振盪器感測器之震盪頻率，並在發生以下至少一情況下，產生表示其可靠度衰退進而導致數位系統衰退之警告信號：若(i)至少一環狀振盪器感測器之測量或預估之震盪頻

率低於數位系統之警告臨界頻率；或(ii)至少一環狀振盪器感測器的測量震盪頻率間之一差異的測量或預估改變率超過數位系統之可接受的改變率臨界值。

再者，本發明之技術亦可提供其他特徵及優點。本發明之其他實施例與面向之細節描述於此，並視為本發明之一部分。

【實施方式】

如上述，本發明提供一種監控系統及方法，供主動追蹤特定數位系統之衰退及可靠度，以及若監控系統之降級超過預先設定的臨界值，則發佈警告信號。「數位系統」係指任何數位系統或電路，其包含例如處理器、以及簡單或複雜的非處理器為主的數位電路、記憶體等。舉一特定範例而言，數位系統係一微處理器，而特定臨界值為數位系統預先定義之可接受的最大作業頻率層級。

具體而言，本發明揭露一種利用一或多個環狀振盪器感測器來監控數位系統之可靠度的技術，其中環狀振盪器係以與數位系統相關聯的方式(例如嵌入於數位系統中)實施。在一實施例中，一或多個環狀振盪器感測器係整合於數位系統中可使用的空間內。舉一具體範例而言，數位系統可包含一半導體裝置，而一或多個環狀振盪器感測器係整合於半導體裝置內，鄰近或位於被監控之數位系統的一或多個數位功能區塊(或一或多個電路區域)中，以促進環狀振盪器感測器之衰退與數位系

統之衰退的相互關聯性。

再者，根據本發明之一面向，監控系統之一或多個環狀振盪器感測器具有一電路組成，其包含一或多個邏輯類型與/或裝置類型，係映射欲監控之數位系統的電路組成。在此所指的「邏輯類型」係好比 AND 邏輯電路、NAND 邏輯電路、OR 邏輯電路、NOR 邏輯電路、或反相器(INVERTER)電路的邏輯電路類型。「裝置類型」係指用以實施一特定邏輯類型的裝置類型。舉例而言，薄氧化裝置、厚氧化裝置、低 VT 摻雜裝置、或高 VT 摻雜裝置，可用於實施數位系統之電路組成的一或多個邏輯類型。在一範例中，裝置類型係指電晶體類型，其包含一或多個薄氧化電晶體、厚氧化電晶體、低 VT 摻雜電晶體、或高 VT 電晶體。

舉一範例而言，若欲監控之數位系統的電路組成包含多個邏輯類型，其多個邏輯類型包含 50% 的 NAND 邏輯電路與 50% 的反相器邏輯電路，則以與數位系統相關聯的方式實施之環狀振盪器感測器，係包含映射數位系統之電路組成的組成，亦即其包含 50% 的 NAND 邏輯電路與 50% 的反相器邏輯電路。類似地，若占數位系統之電路組成 50% 的 NAND 邏輯電路為 100% 薄氧化裝置，則環狀振盪器感測器中占 50% 的 NAND 邏輯電路亦為 100% 薄氧化裝置。藉此，用於實施數位系統電路組成之邏輯類型的多個裝置類型，亦會在環狀振盪器感測器內被映射，而此環狀振盪器感測器係以與數位系統相關聯之方式

實施。這可使數位系統之衰退以及與數位系統相關聯之環狀振盪器感測器之衰退具有較佳的相互關聯性。再者，環狀振盪器感測器的震盪頻率會更接近數位系統之最大作業頻率，因為不同的裝置類型與邏輯類型通常會有不同的作業速率。

除了一或多個環狀振盪器感測器之外，本發明之監控系統與方法利用計數邏輯與控制邏輯。計數邏輯耦接環狀振盪器感測器，以將環狀振盪器感測器之計數信號轉換為震盪頻率。控制邏輯耦接計數邏輯，以週期性地評估一或多個環狀振盪器感測器之震盪頻率，以及在發生至少一個以下情況時，產生其可靠度衰退，即數位系統衰退的警告信號：若(i)至少一環狀振盪器感測器之測量或預估震盪頻率低於數位系統之警告臨界頻率，或(ii)至少一環狀振盪器感測器的測量震盪頻率間之差異的測量或預估改變率超過數位系統可接受之改變率臨界值。在一實作中，計數邏輯與控制邏輯耦接多個環狀振盪器感測器，其係以與數位系統相關聯之方式實施。在另一實作中，每個環狀振盪器感測器皆具有與其本身之相關聯的計數邏輯與控制邏輯，用於實施上述功能，其中數位系統內可實施多個獨立的監控系統。

參用下述及圖 1-17 將詳述本發明之前揭與其他面向。

習知監控數位系統之衰退的技術有許多缺失。一般而言，習知技術並沒有實體變換器(transducer)直接感測及測量數位

系統的衰退，系統層級的衰退偵測僅偵測「機器檢測」或應用軟體錯誤。習知技術並沒有直接測量特定數位系統之衰退的技術。再者，習知技術並無在數位系統中針對即將發生之衰退相關失效而提出警告的技術，亦沒有可避免因「軟性衰退」情況而導致運算失靈的技術。數位系統測試一般都很昂貴、費時、且不夠全面。

在典型數位系統生命週期模型中，在製造數位系統及其生命週期之初，數位系統的最大作業頻率（ F_{MAX} ）比指定給數位系統之指定最大作業頻率（ F_{SPEC} ）來的高。隨著數位系統的衰退，許多因素會導致系統效能的降低，因而減低最大作業頻率。降低數位系統效能的因素係取決於特定系統與使用系統之環境。舉例而言，若數位系統包含一處理器，則導致衰退的因素可能包含數位系統的熱選取(hot election)、電遷移(electromigration)、以及熱擴張(thermal expansion)等等。

可能的失效模式有二，其一為硬體失效，代表數位系統的突然失效。軟性衰退則發生在數位系統的作業逐漸降低至廠商所指定之最小作業頻率（ F_{SPEC} ）等級或以下。由於此類衰退是逐漸式的，因此使用者可能不會注意到軟性衰退失效，亦即此類衰退可能導致運算及資料上有誤而未被查覺。一旦知悉數位系統的最大作業頻率（ F_{MAX} ）降到廠商指定之數位系統的最大作業頻率（ F_{SPEC} ）之下，即數位系統無法在所需條件下運作，則必須替換或修復系統。可惜的是，系統在廠商所指定

的最大作業頻率、或接近此作業頻率下運作所累積的衰退情況，可能會導致資料塊中的單一位元錯誤，進而使得測試指令向量(test instruction vector)難以偵測此類錯誤的發生。在衰退的數位系統中，習知技術較難區分好壞資料結果的界線。

圖 1 描述一監控系統的實施例，此監控系統係以與數位系統相關聯的方式實施，以監控數位系統的可靠度。此監控系統（標示為 100）包含一或多個環狀振盪器感測器 110、一或多個驅動器 119、一或多個計數邏輯區塊 120、以及一或多個控制邏輯區塊 130。每個環狀振盪器感測器 110 具有一個組成，其一般包含多個元件。在圖 1 的實施例中，環狀振盪器感測器 110 包含複數個反相器 112 與二輸入 NAND 邏輯電路 114 串聯相接。NAND 電路 114 的第一輸入係一致能輸入(enable input)115，而第二輸入係來自環狀振盪器感測器 110 輸出的反饋(feedback)信號 117。共用電壓源 VDD 驅動環狀振盪器感測器之元件。此環狀振盪器感測器 110，在與數位系統相互關聯並以與數位系統相關聯之方式實施時，提供一電路層級的感測器/變換器，以感測數位處理器的衰退。

如下詳述，藉由以與數位系統相關聯的方式實施環狀振盪器管理器（例如在包含數位系統的半導體晶粒上可使用的空間內實施），環狀振盪器感測器的衰退可做適度的調整，以緊密映射(mirror)數位系統的衰退、或與其相互關聯。環狀振盪器感測器 110 係一類比環狀振盪器感測器，其係透過驅動器 119

而與計數邏輯 120 分離。計數邏輯 120 包含一分頻器 122，其作用相當於一類比對數位轉換器，而計數暫存器 124 係一額外元件，用以減少實施計數邏輯所需之位元數。增強環狀振盪器感測器與數位系統衰退的相互關聯性(correlation)的方法，係可利用提供與數位系統之特定數位功能區塊相關聯的多個環狀振盪器感測器，與/或與數位系統之不同電路區域相關聯之多個環狀振盪器感測器，以及利用相關聯之數位系統的數位功能區塊、或電路區域所使用的共用電壓供應器，來供應每個環狀振盪器感測器的電壓，並致能每個環狀振盪器感測器僅對數位功能區塊（或電路區域）接收之請求加以回應，因而確保環狀振盪器感測器僅在對應之數位功能區塊（或電路區域）為有效時才發生效用。本發明之此等與其他面向將詳述如下。

具優勢的是，在此所述之環狀振盪器感測器係類似數位系統之數位邏輯效能，即其衰退效果。環狀振盪器感測器為簡單的低功率感測器電路，與高正確性的計數邏輯一同實施。控制邏輯 130 利用許多程序的其中之一，供週期性地評估一或多個環狀振盪器感測器的震盪頻率，並產生表示其可靠度降低，即數位系統之可靠度降低之警告信號，而此數位系統係在設計上及運作上與環狀震盪系統相互關聯。

圖 2 描述數位系統 201 之一簡化實施例，其包含被觀察或監控之數位功能區塊 205，以及監控系統 200，其具有環狀振盪器感測器 210，係具有類似數位功能區塊 205 之裝置類型組

成的電路組成。如圖示，數位功能區塊 205 具有一電路組成，其包含一邏輯類型，即一反相器邏輯電路。然而，每個反相器邏輯電路係利用不同的裝置類型實施。舉例而言，圖 2A-2D 描述四個可能用以實施反相器邏輯電路的裝置類型。圖 2A 中，所繪示之薄氧化裝置包含一對平行相連的 NFET 與 PFET。圖 2B 係繪示厚氧化裝置，而圖 2C 與 2D 分別繪示低 VT 摻雜裝置以及高 VT 摻雜裝置。每個圖式代表本發明所指稱之不同裝置類型。其他邏輯電路可以不同裝置類型，以類似圖 2A-2D 所示之反相器的方式實施。在一範例中，裝置類型係指具有不同功能特徵的電晶體設計類型。為了增強衰退影響中的相互關聯性，圖 2 中所使用的環狀振盪器感測器，係類似受監控之數位功能區塊 205 中所使用的裝置類型。

圖 3 繪示本發明之一面向中數位系統 301 與監控系統 300 的另一實施例。在此實施例中，數位系統 301 包含受觀察的數位區塊 305，其包含不同的邏輯類型。監控系統 300 具有一環狀振盪器感測器 310，其具有映射受觀察數位區塊 305 之電路組成的邏輯電路組成。具體而言，在受觀察數位區塊 305 中的邏輯類型組成，會在環狀振盪器感測器 310 中作類似的組成。在此範例中，受觀察的數位區塊 305 實施 NOR 邏輯電路、NAND 邏輯電路、以及反相邏輯電路。因此，環狀振盪器感測器 310 將此等邏輯元件的百分比，在定義環狀振盪器感測器之邏輯裝置鏈中做類似的組成。舉例而言，若於受觀察數位功能區塊 305 中，50% 為 NOR 邏輯電路、25% 為 NAND 邏輯電

路、以及 25% 為反相器邏輯電路，則在一實施例中，類似電路組成的百分比會在環狀振盪器感測器中作實質地重複。亦即，環狀振盪器感測器會以約 50% 的 NOR 邏輯電路、25% 的 NAND 邏輯電路、以及 25% 的反相器邏輯電路實施。在此範例中，每個邏輯類型皆係利用裝置類型「a」實施。

圖 4 繪示數位系統 401，其中受觀察數位功能區塊 405 包含多個邏輯類型與多個裝置類型。因此，相關聯的監控系統 400 具有環狀振盪器感測器 410，係具有類似的多個邏輯類型與多個裝置類型。具體而言，被觀察的數位區塊 405 係包含多個 NOR 邏輯電路、NAND 邏輯電路、以及反相器邏輯電路，每個邏輯電路係利用不同的裝置類型實施（即，裝置類型「a」、裝置類型「b」、以及裝置類型「c」）。環狀振盪器感測器的電路組成，其邏輯與裝置類型百分比，係映射受觀察之數位區塊的電路組成。在此情況下，33% 的 NOR 邏輯電路、33% 的 NAND 邏輯電路、以及 33% 的反相器邏輯電路，其中 50% 的 NOR 邏輯電路係屬裝置類型「a」，而 50% 屬裝置類型「b」，50% 的 NAND 邏輯電路係屬裝置類型「a」，而 50% 屬裝置類型「b」，以及 50% 的反相器邏輯電路係屬於裝置類型「c」，而 50% 屬裝置類型「c」。

圖 5 中，數位系統 501 係包含多個數位功能區塊（其包含第一數位功能區塊 505、第二數位功能區塊 506、以及第 k 數位功能區塊 507）。每個數位功能區塊具有相關聯的環狀振盪

器感測器（分別為感測器 510、511、以及 512）。在上述範例中，每個環狀振盪器感測器 510、511 及 512 會做類似其欲監控的對應數位功能區塊中的邏輯類型與裝置類型之組成。藉此，每個環狀振盪器感測器的衰退，係可做適度的調整以緊密地與各個受監控數位功能區塊之衰退相互關聯。

圖 6 繪示具有多個電路區域（即電路區域 a 606、電路區域 b 607、以及電路區域 c 608）之單一第一數位功能區塊 605，其電路區域中實施數位功能區塊。舉例而言，數位功能區塊可以在半導體裝置內不同位置設置不同密度的電路元件之方式，設置於半導體裝置內或橫跨半導體裝置。因此，在一既定數位功能區塊（或一既定數位系統內）中，位於一位置的某些裝置的衰退可能與另一位置之其他裝置的衰退不同。在此範例中，每個環狀振盪器 610、611、及 612 因此具有類似欲監控之對應電路區域 606、607、及 608 之電路組成的組成。此類似係使對應環狀振盪器感測器的組成緊密地映射受監控之電路區域中所使用的邏輯類型與裝置類型。

除了根據邏輯與裝置類型，將環狀振盪器感測器的衰退與數位系統或數位功能區塊相互關聯之外，環狀振盪器感測器的供電與操作亦可與受監控之數位系統或數位功能區塊相關聯。圖 7 所繪示之數位功能區塊 705 中，受監控的數位區塊係由電壓源 VDD 720 供應其電壓，其亦為監控環狀振盪器感測器 710 供應電壓。以供應驅動受監控之數位功能區塊相同的電

壓源來為環狀振盪器感測器供電，得以達成較佳的衰退相關聯性，因為感測器會經歷與受監控數位區塊相同之功率波動。

圖 8 描述一類似概念，其中數位系統 801 包含多個數位功能區塊（即第一數位功能區塊 805、第二數位功能區塊 806、以及第 k 數位功能區塊 807），分別以電壓源 VDD1 820、VDD2 821、VDDK 822 供應電壓。如圖示，每個相關聯的環狀振盪器感測器（即第一環狀振盪器感測器 810、第二環狀振盪器感測器 811、第 K 環狀振盪器感測器 812）亦係以供應相關聯之受監控數位功能區塊所使用之電壓來供電。因此，舉例而言，若其中一個數位功能區塊重複地開啟或關閉電源，則該數位功能區塊的相關環狀振盪器感測器亦會重複地開啟或關閉電源，以將感測器衰退與數位功能區塊衰退做較佳的相互關聯性。舉例而言，包含浮點單元(floating point unit)的數位功能區塊可在不使用時關閉電源來省電。因此，在此實施例中，相關聯的環狀振盪器感測器的電源亦切斷，以將環狀振盪器感測器之衰退與浮點單元之衰退做較佳的相互關聯性。

圖 9 描述數位區塊 905 之一實施例，數位區塊係從待機模式(stand-by mode)啟動，回應於數位區塊所接收之請求(request)。在此實施例中，環狀振盪器感測器 910 僅在請求來到相關聯之數位區塊時，才以類似的方式致能。因此，轉換(transition)僅在於數位區塊接收請求並加以處置時，才發生於環狀振盪器感測器中。

圖 10 繪示圖 9 之類似概念，僅針對數位系統 1000，其包含多個數位功能區塊（即第一數位功能區塊 1005...第 K 數位功能區塊 1006），每個功能區塊接收其本身的運算請求輸入。相關聯的環狀振盪器感測器（第一環狀振盪器感測器 1010...第 K 環狀振盪器感測器 K）係電性連接以接收各自的請求輸入作為致能信號，以在相關聯之數位功能區塊有效時致能感測器。

圖 11 繪示本發明之各面向的數位系統與環狀振盪器感測器生命週期。如圖示，數位系統的生命週期始於其最大作業頻率(F_{MAX})大於廠商指定最小可接受之最大作業頻率(minimum acceptable maximum frequency) (F_{SPEC})。隨著時間的經過，數位系統會衰退，而數位系統的最大作業頻率 (F_{MAX}) 漸漸降級到等於或低於廠商所指定之所需最大作業頻率 (F_{SPEC})。

依照本發明之一面向，提供有一警告臨界頻率 (F_{WARN})。此預設的警告臨界頻率 (F_{WARN}) 可能大於或等於廠商指定之所需數位系統之最大作業頻率 (F_{SPEC})。在圖 11 的生命週期圖式中，作業的警告臨界頻率係大於廠商指定之最小作業頻率，而當數位系統的作業最大頻率 (F_{MAX}) 降至或低於作業的警告臨界頻率 (F_{WARN}) 時，控制邏輯會產生警告信號，其被傳送到譬如數位系統的作業系統。

在此實施例中，警告信號表示數位系統的最大作業頻率

(F_{MAX})，在短期內可能會小於廠商指定之最大作業頻率(F_{SPEC})。此時，警告信號亦可提供給數位系統的使用者，以進行適當的程序，譬如關機。如下詳述，當數位系統的最大作業頻率(F_{MAX})係等於或低於數位系統作業的警告臨界頻率(F_{WARN})時，評估作業頻率的採樣率(sampling rate)亦會提高，以更正確地監控數位系統的狀態。

藉由將環狀振盪器感測器作業及組成與數位系統相互關聯，嵌入式環狀振盪器感測器的生命週期可作適度的調整，以緊密地匹配欲監控之數位系統的生命週期。因此，當在此所述之嵌入式環狀振盪器感測器的震盪頻率達到預設之警告臨界頻率(F_{WARN})時，即可產生警告信號，表示數位系統本身之可靠度衰退。圖中亦顯示不與數位系統之衰退相互緊密關聯之環狀振盪器感測器。與數位系統(其可選擇開關電源及/或選擇性地從待機模式變為啟動)不同的是，此種環狀振盪器感測器可被持續供電並維持有效。在此情況下，此種環狀振盪器感測器可提供較早的警告信號，表示數位系統已開始發生衰退現象。又如前述，當環狀振盪器感測器的震盪頻率位於或低於數位系統作業之警告臨界頻率(F_{WARN})時，即可增加決定環狀振盪器感測器之震盪頻率的採樣率，以更正確地監控數位系統的狀態，如下詳述。

圖 12-15 描述本發明之一面向中，監控系統之控制邏輯的許多不同實施例。

圖 12 繪示本發明之一面向中，追蹤環狀振盪器感測器之震盪頻率的實施例。在步驟 1200，數位系統開機後，於步驟 1210，在時間點 (T_K) 讀取環狀振盪器感測器目前的震盪頻率 (F_K)。在一實施例中，環狀振盪器感測器目前之震盪頻率之讀取，等同決定環狀振盪器感測器目前之震盪頻率。此邏輯亦於步驟 1220，抓取環狀振盪器感測器於時間點 T_{K-1} 之先前震盪頻率 (F_{K-1})。此先前震盪頻率可從趨勢資料庫 1251 中取得，此資料庫係可由控制邏輯存取。環狀振盪器感測器之先前震盪頻率與其目前震盪頻率之差異 (D_K)，係決定於步驟 1230，而差異的改變率 (R_K) 則係於步驟 1240 計算。環狀振盪器感測器所測量到的震盪頻率 (F_K) 接著於時間點 T_K 紀錄於趨勢資料庫中，並同時於步驟 1250 紀錄環狀振盪器感測器之震盪頻率間之差異 (D_K) 的改變率 (R_K)。爾後，於步驟 1260，可於環狀振盪器感測器決定震盪頻率之每一週期時，或者可在其他指定間隔，進行趨勢分析。

圖 13 描述趨勢分析方法的實施例，其中環狀振盪器感測器所測量到之震盪頻率間的差異，其最新的 N 個改變率係在步驟 1300，從趨勢資料庫 1251 中取得。從這些數值中，環狀振盪器感測器所測量到之震盪頻率間之差異，其下一個改變率 (R'_{K+1}) 會於步驟 1310 中估算出。環狀振盪器感測器所測量到之震盪頻率間之差異，其預計的下一個改變率 (R'_{K+1}) 可利用習知線性模型評估(linear model estimation) (譬如線性順序模型 1320) 決定之，其中線性預測係藉由先前決定的 N 個

改變率作出。或者，本發明可利用環狀振盪器衰退資料庫 1315 所取得之歷史衰退資訊。舉例而言，歷史衰退資訊可包含環狀振盪器感測器習知內建測試所取得之資訊。或者，歷史衰退資訊可藉由測量特定類型之其他環狀震盪感測器的衰退，作為目前正在被評估之環狀振盪器感測器衍生而出。根據環狀振盪器感測器，針對環狀振盪器感測器之震盪頻率間差異的下一個改變率，歷史衰退資訊可比線性發展模型(linear progression model)提供較正確的預估。

圖 13 的協定中，於步驟 1330，預估環狀振盪器之下一個震盪頻率 (F'_{K+1})，爾後，於步驟 1340，邏輯決定預估的震盪頻率 (F'_{K+1}) 是否低於預設的警告臨界頻率 (F_{WARN})。若是，則接著於步驟 1350，產生警告信號，而於步驟 1360，完成趨勢分析。假設環狀振盪器感測器下一個預估的震盪頻率 (F'_{K+1}) 大於預設的警告臨界頻率 (F_{WARN})，則不產生警告信號，並於步驟 1360 結束趨勢分析。

圖 14 的邏輯係類似圖 13 的邏輯，除了環狀振盪器感測器的下一個震盪頻率 (F'_{K+1})，其係直接從 N 個先前所儲存之振盪器感測器的測量震盪頻率作估計。具體而言，環狀振盪器感測器最新的 N 個先前儲存過的測量震盪頻率，係於步驟 1400，從趨勢資料庫 1251 中取得，並於步驟 1410，利用例如線性 N 級模型分析 1320、或從環狀震盪衰退資料庫 1315 所取得的歷史衰退資訊，而從這些數值中預估環狀振盪器感測器的

下一個震盪頻率 (F'_{K+1})。於步驟 1420，若環狀振盪器感測器預估之下一個震盪頻率 (F'_{K+1}) 低於預設警告臨界頻率 (F_{WARN})，則於步驟 1430，產生警告信號，進而於步驟 1440，完成趨勢分析。若環狀振盪器感測器感測之下一個震盪頻率高於警告臨界頻率，則不會產生警告信號。

圖 15 描述趨勢分析方法的另一實施例，於步驟 1500，從趨勢資料庫 1251 取得環狀振盪器感測器所測量之震盪頻率間差異的最新改變率。於步驟 1510，從這些數值中，預估環狀振盪器感測器所測量之震盪頻率間差異的下一個改變率 (R'_{K+1})。此環狀振盪器感測器所測量到之震盪頻率間差異的下一個預估改變率 (R'_{K+1})，係可利用習知線性模型預測（譬如線性 N 級模型 1320）、或從環狀振盪器衰退資料庫 1315 取得的歷史衰退資訊決定之。接著，於步驟 1520，所預估的下一個改變率 (R'_{K+1}) 與數位系統可接受的改變率臨界值 (R_{WARN}) 相比。若所預估的下一個改變率大於可接受的改變率臨界值，則於步驟 1530，產生警告信號，即於步驟 1540 完成趨勢分析。假設環狀振盪器感測器所測量之震盪頻率間差異的下一個預估改變率，係低於數位系統可接受之改變率臨界值，則於步驟 1540 結束趨勢分析。

圖 16 描述分析並動態調整控制邏輯於週期性地評估環狀振盪器感測器之震盪頻率時，所使用之採樣週期的實施例。

圖 16 呈現決定下一個採樣環狀振盪器感測器之震盪頻率的時間點。在此方法中，最新決定的震盪頻率間差異的改變率，以及環狀振盪器感測器之最新測量的震盪頻率，係於步驟 1600，從趨勢資料庫 1251 中取得，並於步驟 1610，用以預估環狀振盪器感測器之預估震盪頻率 (F'_{K+1}) 何時會與作業之警告臨界頻率 (F_{WARN}) 相等的時間間隔 (T'_{K+1})。此預估可利用環狀振盪器感測器、或是與環狀振盪器感測器相互關聯之數位系統類型上之歷史衰退資訊取得。此資訊可從歷史衰退資料庫 1315，或利用線性 N 級模型 1320 作線性發展分析加以取得。於步驟 1620，預估採樣時間(其使環狀振盪器感測器所預估的震盪頻率到達預設警告臨界頻率)用來決定到達預設警告臨界頻率的預估採樣週期。於步驟 1630，預估的採樣頻率 (P'_{K+1}) 會接著與先前用以測量環狀振盪器感測器最新取得之震盪頻率的採樣週期 (P_K) 作比較。於步驟 1640，若先前所用之採樣週期大於到達預設警告臨界頻率 (F_{WARN}) 的預估採樣週期，則用於環狀振盪器感測器之震盪頻率的下一個測量的採樣時間，係先前的採樣時間加上震盪頻率到達預設警告臨界頻率的預計採樣週期。或者，於步驟 1660，若先前利用的採樣週期低於震盪頻率到達預設警告臨界頻率 (P'_{K+1}) 的預估採樣週期，則下一個採樣時間係先前採樣間加上先前所用之採樣週期 (P_K)。一旦決定負責環狀振盪器感測器之震盪頻率的下一個決定之採樣時間，則於步驟 1650 完成採樣週期分析。

舉另一變化為例，上述控制協定可整合於控制協定譬如與

本申請案具有相同申請人，於 2007 年 4 月 10 日所申請，標題為”監控數位系統之可靠度”之美國專利申請案第 11/733,318 號，包含在此供參考。簡述之，此申請案描述持續監控數位系統之可靠度、或衰退，並在數位系統作業衰退到或超過一特定臨界值時發佈警告信號的技術。此技術包含週期性地決定數位系統之最大作業頻率，以及若發生至少一種以下情況，即產生一警告信號，表示數位系統之可靠度降級：(i)數位系統之測量或預估最大作業頻率低於數位系統之作業的警告臨界頻率，其中警告臨界頻率係大於或等於廠商所指定之最小所需之數位系統最大作業頻率；或(ii)數位系統之測量最大作業頻率間之差異的改變率超過數位系統可接受之改變率臨界值。舉例而言，警告信號可僅在二個控制協定皆同意的情況下才會產生，即表示至少一個環狀振盪器感測器其可靠度衰退的震盪頻率評估，，以及表示數位系統其可靠度衰退的最大作業頻率。

本發明之一或多個面向可包含於製品中，例如多個電腦程式產品，其具有譬如電腦可使用媒體。此媒體具有譬如電腦可讀取程式碼裝置或邏輯（例如指示、代碼、指令等），以提供並增進本發明之各功能。此製品可被包含做為電腦系統的一部分或分開來販售。

圖 17 描述包含本發明一或多個面向之製品或電腦程式產品的範例。舉例而言，電腦程式產品 1700 包含一或多個電腦可使用媒體 1702，用以儲存電腦可讀取程式碼裝置或邏輯

1704，以提供並實現本發明之一或多個面向。此媒體可為電子、磁性、光學、電磁、紅外線、或半導體系統（或裝置或元件）或傳播媒體。電腦可讀取媒體之範例包含半導體或固態記憶體、磁帶、可拆式電腦磁片、隨機存取記憶體（RAM）、唯讀記憶體（ROM）、硬磁盤、以及光碟片。光碟片的範例包含唯讀光碟片（CD-ROM）、讀/寫光碟片（CD-R/W）及 DVD。

程式指示的序列、或由一或多個電腦可讀取程式碼裝置或邏輯界定的一或多個相互關聯之模組的邏輯所組成，係導引本發明之一或多個面向的效能。

具優勢的是，本發明提供一種記憶體之可存取單元的資料結構。利用此資料結構，可增強記憶體存取與系統效能（例如增加速度）。此資料結構包含一或多個記憶體單元（例如頁）的指定（例如位址），在資料結構中無需位址解譯、或任何其他測試的運作，即可存取記憶體單元。此資料結構可用於任何類型的處理環境，包含模擬的環境。

雖然本發明以上述實施例描述，但此等實施例僅供作為範例參考。舉例而言，本發明之一或多個面向可包含於非模擬之環境中。再者，本發明知一或多個面向可用於具有與上述架構不同及/或模擬非 z/Architecture® 架構之基本架構的模擬環境。本發明可使用許多模擬器。模擬器可由許多公司提供販售。模擬相關之細節係描述於 虛擬機器：系統與程序的多功能

平台(摩根克夫曼之電腦架構與設計系列)，2005 年 6 月 3 日，吉米史密斯與羅吉納兒所著，包含在此供參考。

輸入/輸出或 I/O 裝置（包含但不限於鍵盤、顯示器、指標裝置、DASD、磁帶、CD、DVD、拇指碟、及其他記憶體媒體等）可直接或透過中介 I/O 控制器耦接系統。網路配接器 (network adapter) 亦可耦接系統，以致能資料處理系統，透過中介私人或公用網路，而與其他資料處理系統、或與遠端印表機或儲存裝置耦接。數據機、纜線數據機、及乙太網卡為網路配接器的範例類型。

本發明之一或多個面向的各種功能可以軟體、韌體、硬體或其結合者實施。至少一個機器可讀取的程式儲存裝置，係可利用至少一個可由機器執行的程式指令運作本發明之各種功能。

在此所述之流程圖僅供作為範例參考，可構思此等圖式或步驟（或作業）之變化而不偏離本發明之精神。舉例而言，此等步驟可以不同順序運作，或可增加、刪除、或修改步驟。此等變化皆視為本發明之一部分。

雖然本發明係以較佳實施例作詳述，但熟此技藝者皆知有不同的變化、增加、代替及其類似者均不偏離本發明之精神，並被視為本發明以下請求項之範疇的一部分。

【圖式簡單說明】

本發明之標的係定義如說明書結尾的專利請求項。然而，透過伴隨圖式及示範實施例的詳述將更易明瞭發明本身及其他面向、特徵與優勢，其中：

圖 1 繪示本發明之一面向中監控系統的一實施例；

圖 2 繪示本發明之一面向中具有監控系統的數位系統之實施例，其係類似環狀振盪器感測器內之數位系統的裝置類型；

圖 2A-2D 繪示本發明之一面向中可實施於被監控的數位系統中之反相器邏輯的數個裝置類型範例；

圖 3 繪示根據本發明一面向之數位系統實施例，其實施類似環狀振盪器感測器內數位系統之邏輯類型的監控系統；

圖 4 繪示根據本發明一面向之數位系統進一步之實施例，其實施類似環狀振盪器感測器內受觀察數位區塊之邏輯與裝置類型的監控系統；

圖 5 繪示本發明之一面向中包含多個數位功能區塊的數位系統，每個功能區塊具有監控系統之一相關環狀振盪器感測器，其中每個環狀振盪器感測器係類似數位系統之邏輯類型與

裝置類型的百分比；

圖 6 繪示本發明之一面向中具有多個電路區域之數位功能區塊的一實施例，每個電路區域具有監控系統之相關環狀振盪器感測器，係類似數位系統之邏輯類型與裝置類型的百分比；

圖 7 繪示本發明之一面向中具有一監控系統之一相關環狀振盪器感測器的數位功能區塊的一實施例，其供應電源與被監控之數位功能區塊相同；

圖 8 繪示本發明之一面向中具有多個數位功能區塊的數位系統之一實施例，各區塊具有一監控系統之一相關聯之環狀振盪器感測器其供應電源與數位功能區塊相同；

圖 9 繪示本發明之一面向中(一監控系統之)一數位功能區塊與一相關聯之環狀振盪器感測器的實施例，係由數位功能區塊所接收之請求所致能；

圖 10 繪示本發明之一面向中一數位系統之一實施例，其系統包含多個數位功能區塊，每個功能區塊具有(監控系統之)相關聯之環狀振盪器感測器，係由被監控之數位功能區塊接收之各請求所致能；

圖 11 繪示本發明之一面向中數位系統與相互關聯之環狀振盪器感測器生命週期，係比較二個不同環狀振盪器感測器之震盪頻率衰退與數位系統之最大作業頻率的衰退；

圖 12 係本發明之一面向中追蹤一環狀振盪器感測器之震盪頻率的邏輯之一實施例的流程圖；

圖 13 係本發明之一面向中運作震盪頻率趨勢分析並根據其結果產生警告信號的邏輯之一實施例的流程圖；

圖 14 係本發明之一面向中運作震盪頻率趨勢分析並根據其結果產生警告信號的邏輯之另一實施例的流程圖；

圖 15 係本發明之一面向中運作震盪頻率趨勢分析並根據其結果產生警告信號的邏輯之又一實施例的流程圖；

圖 16 係本發明之一面向中實施一變數採樣週期以評估環狀振盪器感測器之震盪頻率的邏輯之一實施例的流程圖；以及

圖 17 繪示整合本發明之一或多個面向的電腦程式產品的實施例。

【主要元件符號說明】

100

監控系統

110	環狀振盪器感測器
112	反相器
114	NAND 邏輯電路
115	致能輸入
117	反饋信號
119	驅動器
120	計數邏輯
122	分頻器
124	計數暫存器
130	控制邏輯
200、300、400	監控系統
201、301、401、501、801、1000	數位系統
205、305、405、505、506、507、605、705、805、806、807、 905、1005、1006	數位功能區塊
210、310、410、510、511、512、610、611、612、710、810、 811、812、910、1010、1011	環狀振盪器感測器
606、607、608	電路區域
720、820、821、822	電壓源
1251	趨勢資料庫
1315	環狀振盪器衰退資料庫
1320	線性順序模型
1700	電腦程式產品
1702	電腦可使用媒體
1704	電腦可讀取程式碼裝置或邏輯

十、申請專利範圍：

1. 一種監控一數位系統之可靠度的系統，該系統包含：

至少一環狀振盪器感測器，與該數位系統相關聯實施，以促進監控該數位系統之可靠度，該數位系統包含一電路組成(circuit composition)，係包含至少一邏輯類型，該至少一邏輯類型包含至少一裝置類型，其中該至少一環狀振盪器感測器包含一電路組成，該電路組成包含根據該數位系統之電路組成、所選擇之該數位系統之至少一邏輯類型或至少一裝置類型其中一或多個類型，以將該至少一環狀振盪器感測器之衰退與該數位系統之衰退相互關聯(correlate)，該至少一環狀振盪器感測器輸出計數信號；

一計數邏輯，係耦接該至少一環狀振盪器感測器，以將該計數信號轉換為該至少一環狀振盪器感測器之一震盪頻率；以及

一控制邏輯，係耦接該計數邏輯，以週期性地評估該至少一環狀振盪器感測器之震盪頻率，以及若發生以下至少一情況，則產生一警告信號，以表示該至少一環狀振盪器感測器之可靠度降低，因而表示該數位系統之可靠度降低：

(i) 該至少一環狀振盪器感測器之一測量或預估震盪頻率低於該數位系統之一警告臨界頻率；或

(ii) 該至少一環狀振盪器感測器所測量之震盪頻率間一差異之一測量或預估改變率超過該數位系統之一可接受之改變率臨界值。

2. 如請求項 1 所述之系統，其中該數位系統之電路組成包含複數個邏輯類型，該至少一環狀振盪器感測器之電路組成亦包含該複數個邏輯類型，其中該至少一環狀振盪器感測器內複數個邏輯類型的特定邏輯類型之百分比，係映射(mirror)該數位系統內複數個邏輯類型的特定邏輯類型之百分比。
3. 如請求項 1 所述之系統，其中該數位系統之電路組成包含複數個裝置類型，該至少一環狀振盪器感測器之電路組成亦包含該複數個裝置類型，其中該至少一環狀振盪器感測器內複數個裝置類型的特定裝置類型之百分比，係映射該數位系統內複數個裝置類型的特定裝置類型之百分比。
4. 如請求項 1 所述之系統，其中該數位系統之電路組成包含複數個邏輯類型與複數個裝置類型，且其中該至少一環狀振盪器感測器之電路組成亦包含該數位系統之複數個邏輯類型與複數個裝置類型，其中該至少一環狀振盪器感測器內複數個邏輯類型之特定邏輯類型與複數個裝置類型之特定裝置類型之百分比，係映射該數位系統內複數個邏輯類型之特定邏輯類型與複數個裝置類型之特定裝置類型的百分比。
5. 如請求項 1 所述之系統，其中該數位系統包含複數個數位功能區塊與複數個電路區域，且其中該系統更包含複數個環狀振盪器感測器，每個環狀振盪器感測器係與該數位系統之複數個數位功能區塊或複數個電路區域之至少一者相關聯，以映射

該數位系統一邏輯類型或一裝置類型組成之至少一者，並提供適用於監控該數位系統相關之至少一數位功能區塊或電路區域之衰退的計數信號。

6. 如請求項 1 所述之系統，其中該數位系統之電路組成包含複數個邏輯類型，該複數個邏輯類型包含 AND 邏輯、NAND 邏輯、OR 邏輯、NOR 邏輯、及 INVERTER 邏輯中之至少二者，且其中該數位系統之複數個邏輯類型更包含至少一裝置類型，該至少一裝置類型包含一薄氧化(thin oxide)裝置、一厚氧化(thick oxide)裝置、一低 VT 摻雜裝置、或一高 VT 摻雜裝置中之一或多個裝置。

7. 如請求項 1 所述之系統，其中該數位系統與該至少一環狀振盪器感測器係由一共用電源來供電。

8. 如請求項 1 所述之系統，其中該數位系統包含複數個數位功能區塊，其中該系統更包含複數個環狀振盪器感測器，每個環狀振盪器感測器係嵌於該複數個數位功能區塊中之一各別數位功能區塊，且其中每個數位功能區塊與相關聯之環狀振盪器感測器係由一共用電源來供電。

9. 如請求項 1 所述之系統，其中該數位系統更包含至少一數位功能區塊，且該至少一環狀振盪器感測器係與該至少一數位功能區塊相關聯，其中該至少一環狀振盪器感測器更包含一致

能輸入(enable input)，係電性耦接該相關聯之至少一數位功能區塊之一輸入，該至少一環狀振盪器感測器藉由該相關聯之至少一數位功能區塊接收一請求而被致能。

10. 如請求項 1 所述之系統，其中該控制邏輯利用該至少一環狀振盪器感測器複數個已決定之震盪頻率，以預估該至少一環狀振盪器感測器之一下一震盪頻率，且其中該警告信號之產生包含：若該至少一環狀振盪器感測器之預估之下一震盪頻率低於該警告臨界頻率，則產生該警告信號。

11. 如請求項 1 所述之系統，其中該控制邏輯週期性地決定該至少一環狀振盪器感測器之測量震盪頻率間一差異之一改變率，並利用該至少一環狀振盪器感測器之測量震盪頻率間之複數個已決定之改變率，藉由一線性模型預估、或該至少一環狀振盪器感測器之一歷史衰退資料，來預估一下一改變率，其中該控制邏輯利用該至少一環狀振盪器感測器其測量震盪頻率間該差異預估之下一改變率，來預估該至少一環狀振盪器感測器之一下一震盪頻率，且其中產生該警告信號包含：若該至少一環狀振盪器感測器預估之下一震盪頻率低於該數位系統之一警告臨界頻率，則產生該警告信號。

12. 如請求項 1 所述之系統，其中該控制邏輯更動態調整一採樣週期，該採樣週期係用於週期性地評估該至少一環狀振盪器感測器之震盪頻率，該動態調整包含：

預估該至少一環狀振盪器感測器之一最新決定之震盪頻率到該至少一環狀振盪器感測器到達該警告臨界頻率所歷經之一時間間隔；

利用該預估之時間間隔，設定下一採樣週期，以決定該至少一環狀振盪器感測器之震盪頻率；

決定該下一採樣週期是否小於用以週期性地評估該至少一環狀振盪器感測器之震盪頻率之一先前採樣週期；以及

若是，則增加該採樣週期，以增加該至少一環狀振盪器感測器之週期性評估震盪頻率之採樣率。

13. 一種監控一數位系統之可靠度的系統，該系統包含：

至少一環狀振盪器感測器，係嵌入於一數位系統，以促進監控該數位系統之可靠度，該數位系統包含一電路組成，係包含至少一邏輯類型，以及實施於該至少一邏輯類型中之至少一裝置類型，其中該至少一環狀振盪器感測器包含一電路組成，係至少部分映射實施於該數位系統之電路組成中之該至少一邏輯類型與該至少一裝置類型之百分比，且其中該至少一環狀振盪器感測器之衰退係與該數位系統之衰退相互關聯，該至少一環狀振盪器感測器輸出計數信號；

計數邏輯，係耦接該至少一環狀振盪器感測器，以將該計數信號轉換為該至少一環狀振盪器感測器之一震盪頻率；以及控制邏輯，係耦接該計數邏輯，以週期性地評估該至少一環狀振盪器感測器之震盪頻率，以及若發生以下至少一情況，則產生一警告信號，以表示該至少一環狀振盪器感測器之可靠度降

低，因而表示該數位系統之可靠度降低：

(i) 該至少一環狀振盪器感測器之一測量或預估震盪頻率低於該數位系統之一警告臨界頻率；或

(ii) 該至少一環狀振盪器感測器之測量震盪頻率間一差異中之一測量或預估改變率超過該數位系統之一可接受之改變率臨界值。

14. 如請求項 13 所述之系統，其中該數位系統與該至少一環狀振盪器感測器係由一共用電源來供電，該至少一環狀振盪器感測器之邏輯與裝置類型的電路組成，係映射實施於該數位系統內之邏輯與裝置類型之百分比，且該至少一環狀振盪器感測器係僅在該數位系統為有效時被致能，從而促進該至少一環狀振盪器感測器之衰退與該數位系統之衰退的相互關聯性。

15. 一種監控一數位系統之可靠度的方法，該方法包含：

取得嵌入於一數位系統之至少一環狀振盪器感測器，以促進監控該數位系統之可靠度，該數位系統包含一電路組成，係包含至少一邏輯類型，該至少一邏輯類型包含至少一裝置類型，其中該至少一環狀振盪器感測器之邏輯與裝置類型組成百分比，係映射該數位系統內該至少一邏輯類型或該至少一裝置類型之一或多個類型的電路組成百分比，以將該至少一環狀振盪器感測器之衰退與該數位系統之衰退相互關聯，該至少一環狀振盪器感測器輸出計數信號；

將該至少一環狀振盪器感測器之計數信號轉換為該至少

一環狀振盪器感測器之一震盪頻率；以及

週期性地評估該至少一環狀振盪器感測器之震盪頻率，且若發生以下至少一情況，則產生一警告信號，以表示該至少一環狀振盪器感測器之可靠度降低，因而表示該數位系統之可靠度降低：

(i) 該至少一環狀振盪器感測器之一測量或預估震盪頻率低於該數位系統之一警告臨界頻率；或

(ii) 該至少一環狀振盪器感測器之測量震盪頻率間之一差異中之一測量或預估改變率超過該數位系統之一可接受之改變率臨界值。

16. 如請求項 15 所述之方法，其中該數位系統之電路組成包含複數個邏輯類型與複數個裝置類型，且其中該至少一環狀振盪器感測器之電路組成亦包含該數位系統之複數個邏輯類型與複數個裝置類型，其中該至少一環狀振盪器感測器內複數個邏輯類型之特定邏輯類型與複數個裝置類型之特定裝置類型的百分比，係映射該數位系統內複數個邏輯類型之特定邏輯類型與複數個裝置類型之特定裝置類型的百分比。

17. 如請求項 15 所述之方法，其中該數位系統包含複數個數位功能區塊與多個電路區域，且其中該取得步驟更包含取得複數個環狀振盪器感測器，每個環狀振盪器感測器係與該數位系統之該複數個數位功能區塊或複數個電路區域之至少其一相關聯，以映射其一邏輯類型或一裝置類型組成之至少一者，並提

供適用於監控該數位系統相關聯至少一數位功能區塊或電路區域之衰退的計數信號。

18. 如請求項 15 所述之方法，其中該數位系統與該至少一環狀振盪器感測器係由一共用電源來供電，且其中該方法更包含僅在當該數位系統為有效時，始致能該至少一環狀振盪器感測器，從而促進該至少一環狀振盪器感測器之衰退與該數位系統之衰退的相互關聯性。

19. 如請求項 15 所述之方法，其中該數位系統更包含複數個數位功能區塊，且該取得步驟包含取得複數個環狀振盪器感測器，每個環狀振盪器感測器係嵌於該複數個數位功能區塊中之一各別數位功能區塊，其中每個數位功能區塊與相關聯之環狀振盪器感測器共用一供應電源，且該相關聯之環狀振盪器感測器僅在該數位功能區塊係為有效時始被致能。

20. 如請求項 15 所述之方法，其中該數位系統之電路組成包含複數個邏輯類型，該複數個邏輯類型包含 AND 邏輯、NAND 邏輯、OR 邏輯、NOR 邏輯、及 INVERTER 邏輯中之至少二者，其中該數位系統之複數個邏輯類型更包含至少一裝置類型，該至少一裝置類型包含一薄氧化裝置、一厚氧化裝置、一低 VT 摻雜裝置、或一高 VT 摻雜裝置中之一或多個裝置。

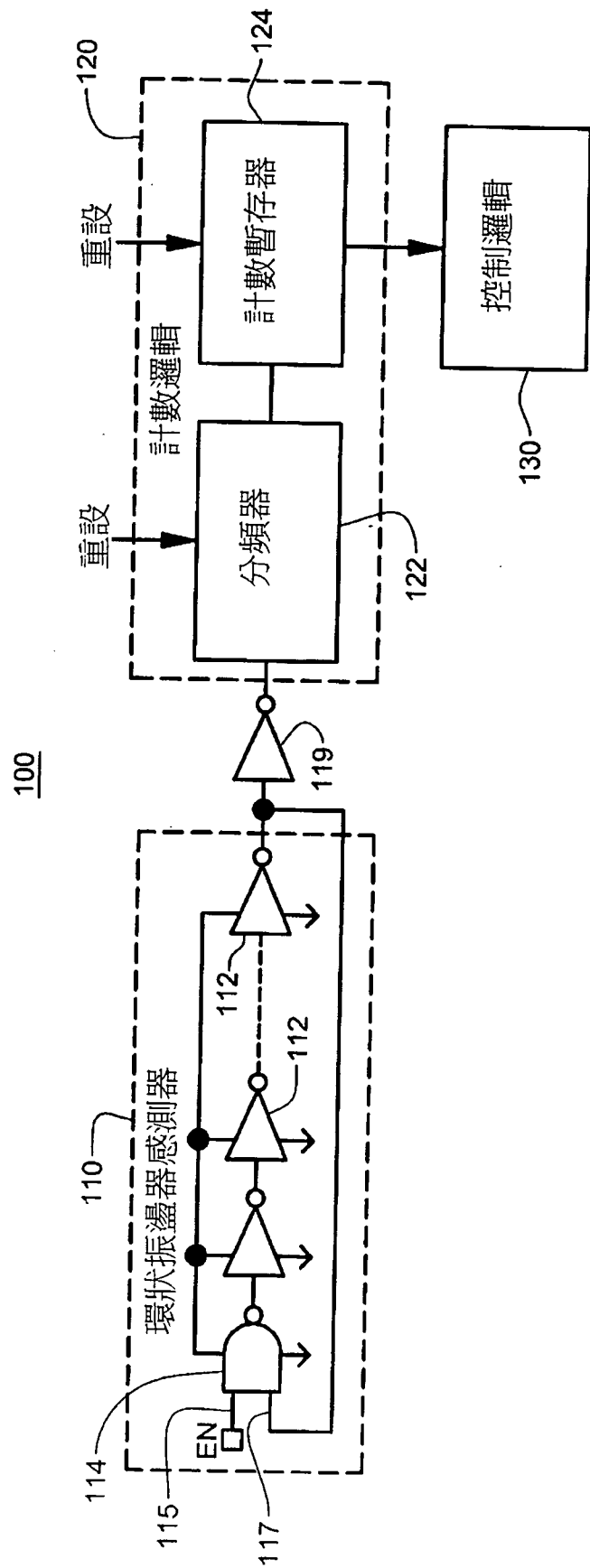


圖1

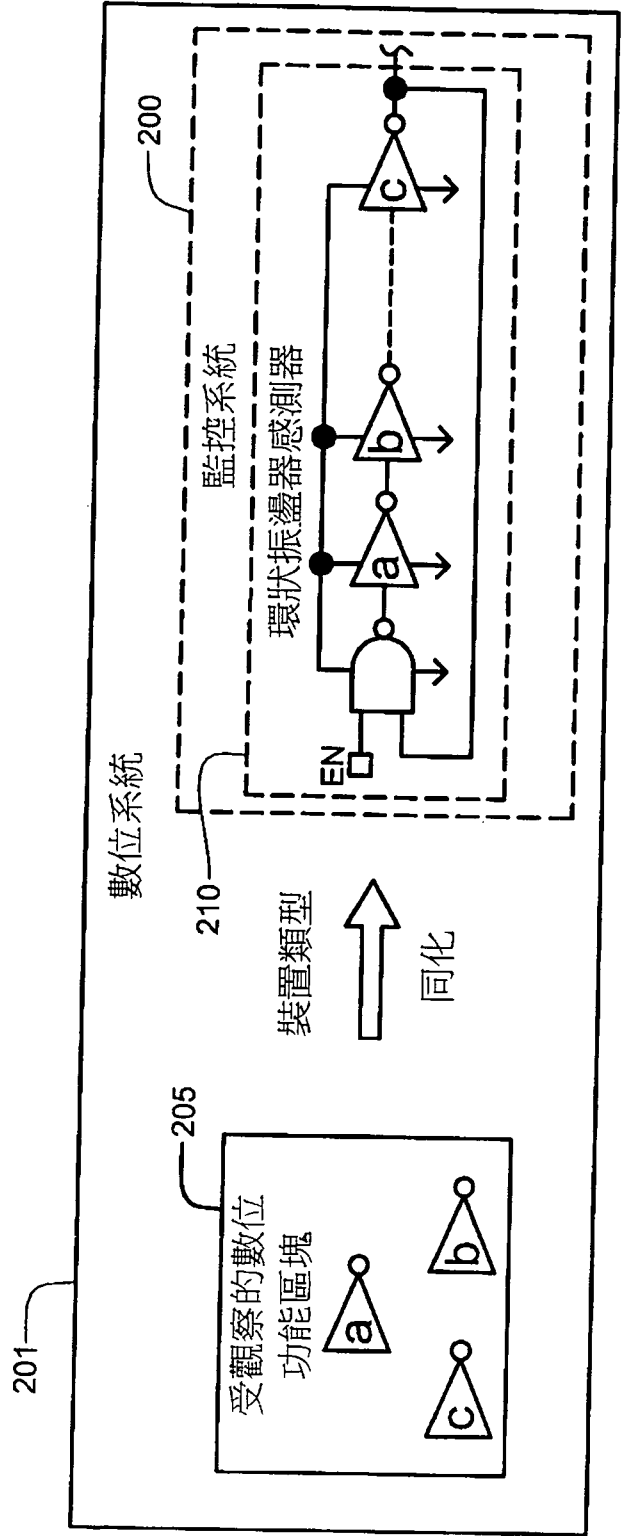


圖2

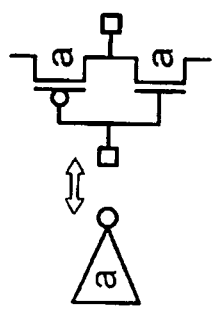


圖2A

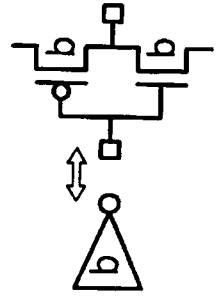


圖2B

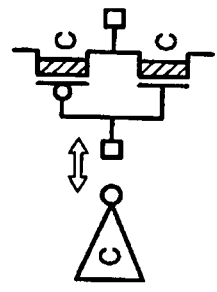


圖2C

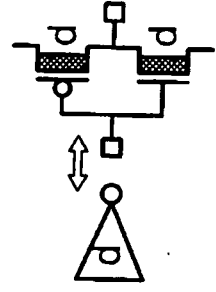


圖2D

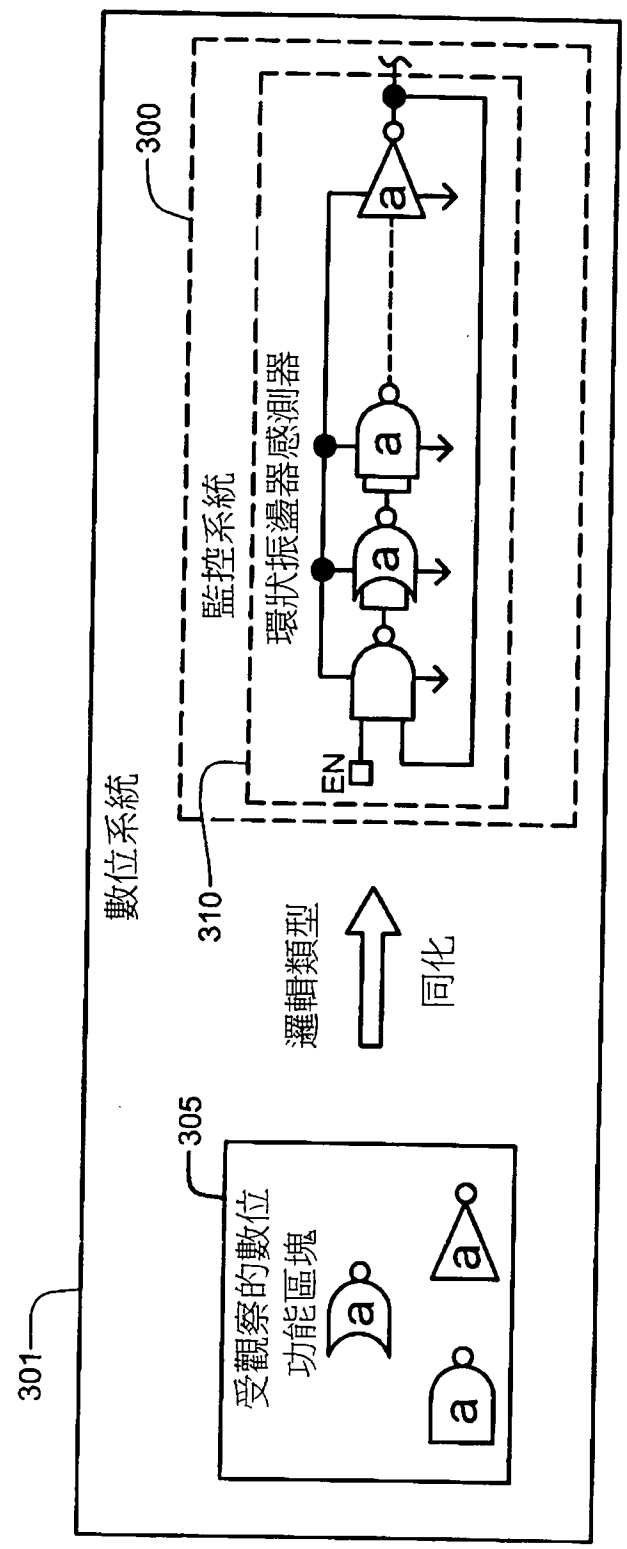


圖3

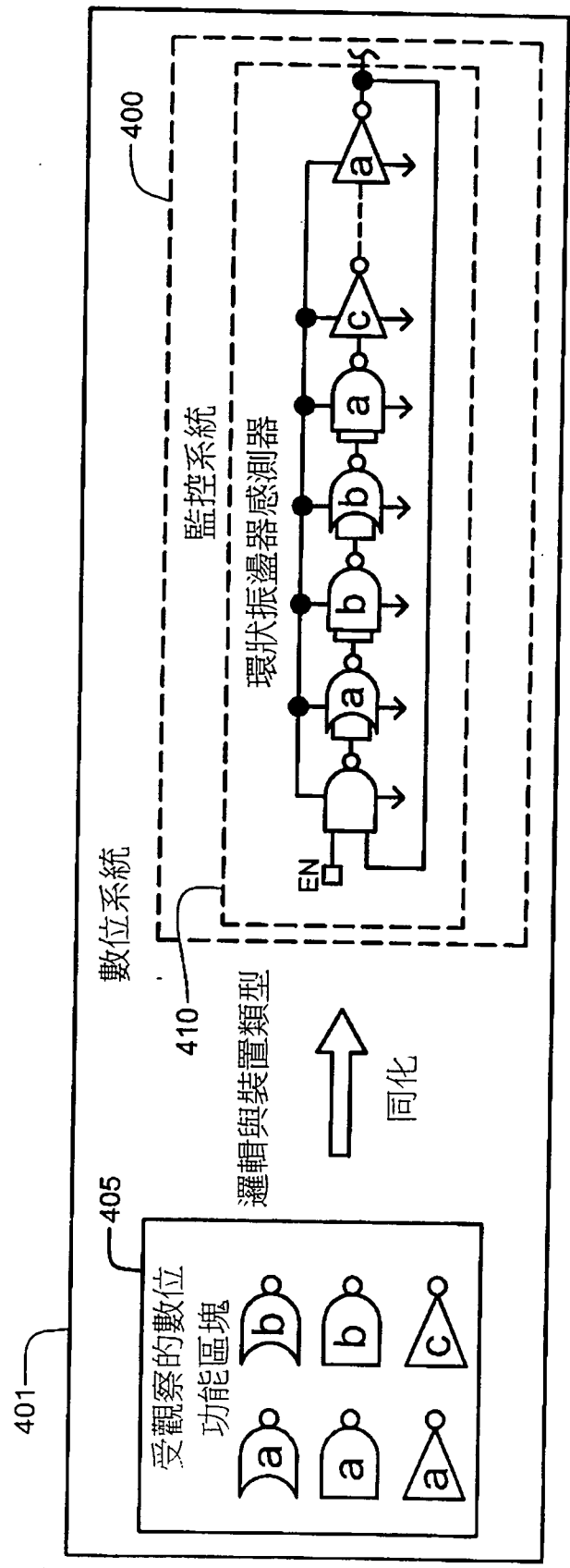


圖4

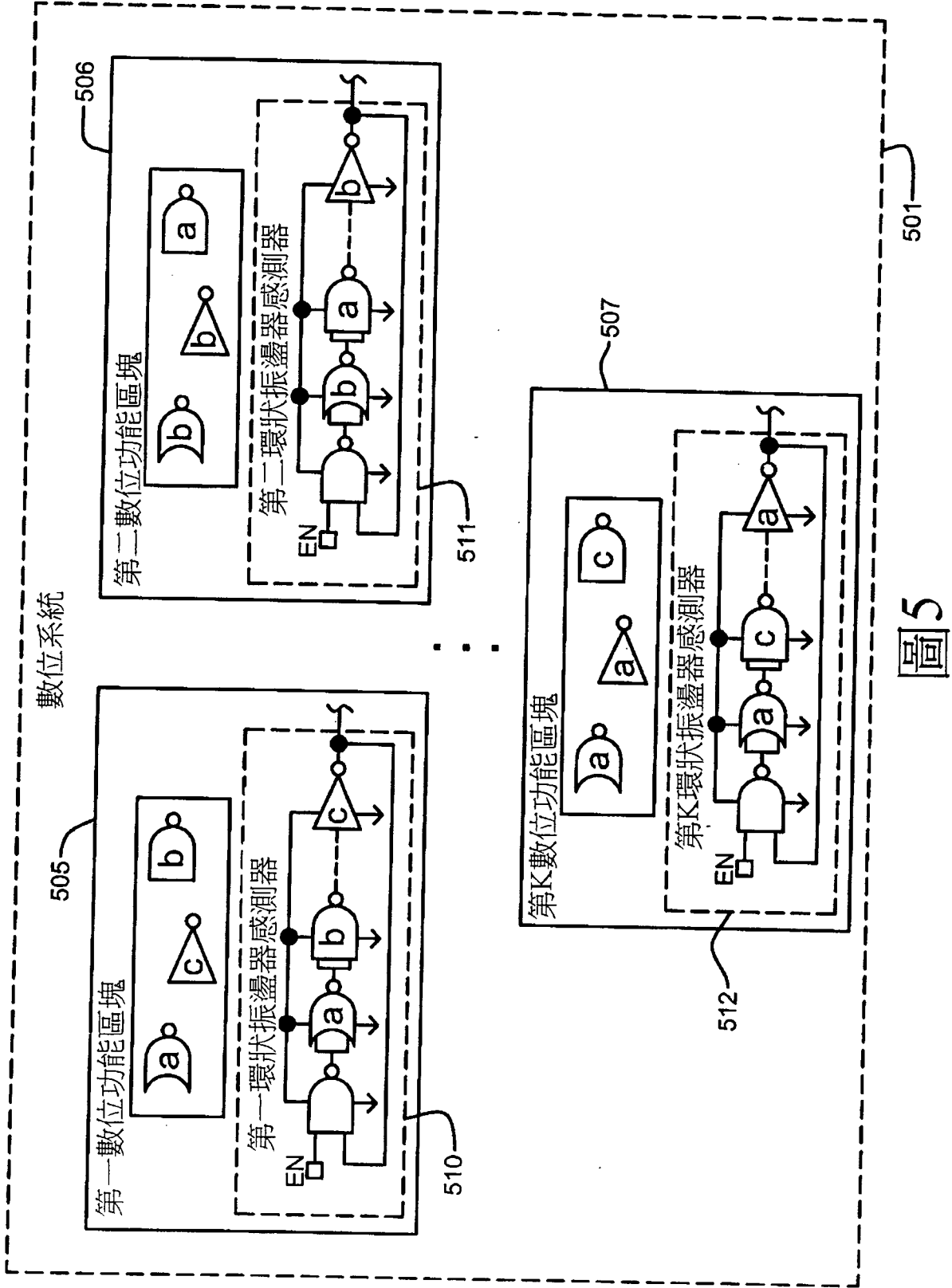


圖5

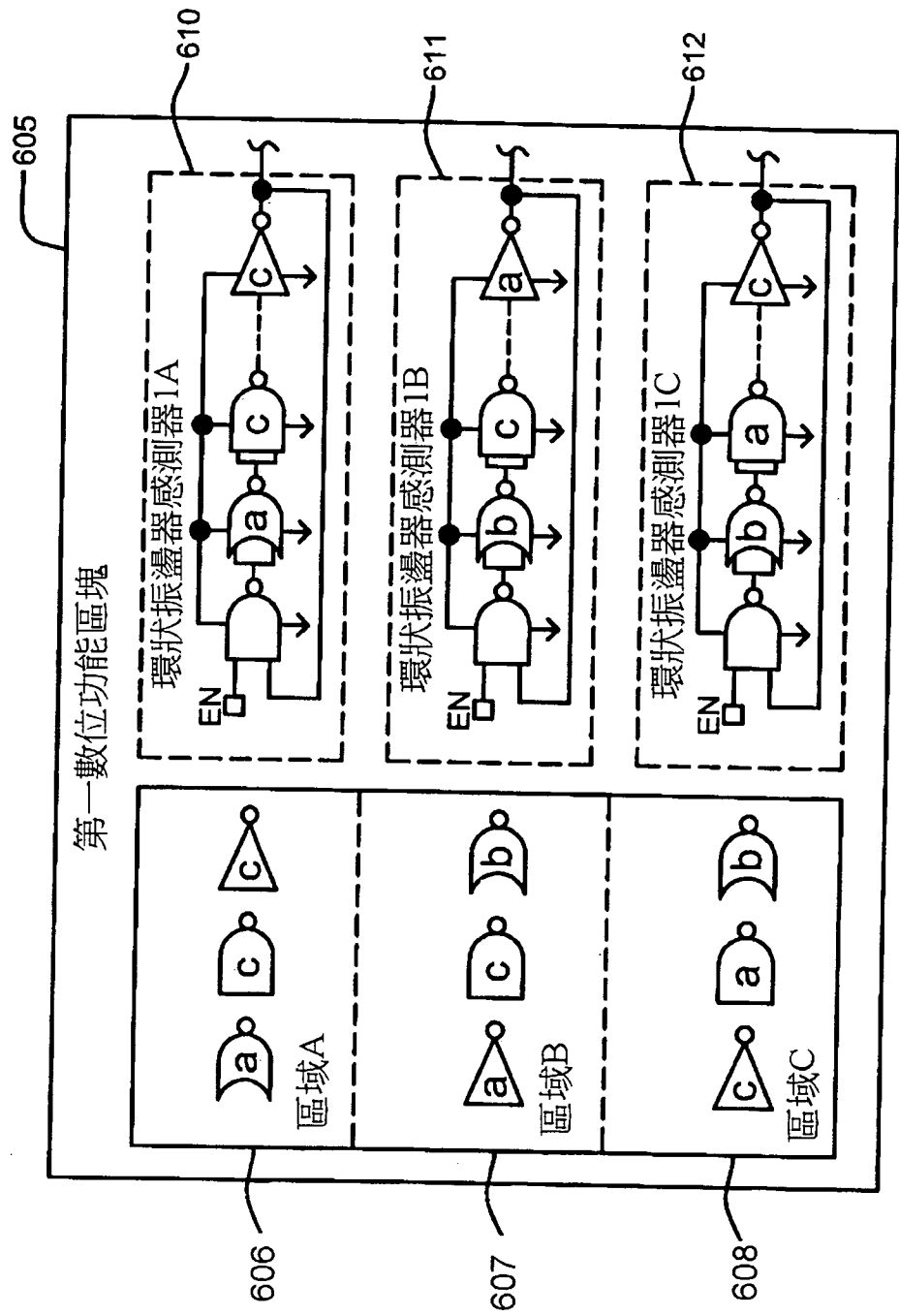


圖6

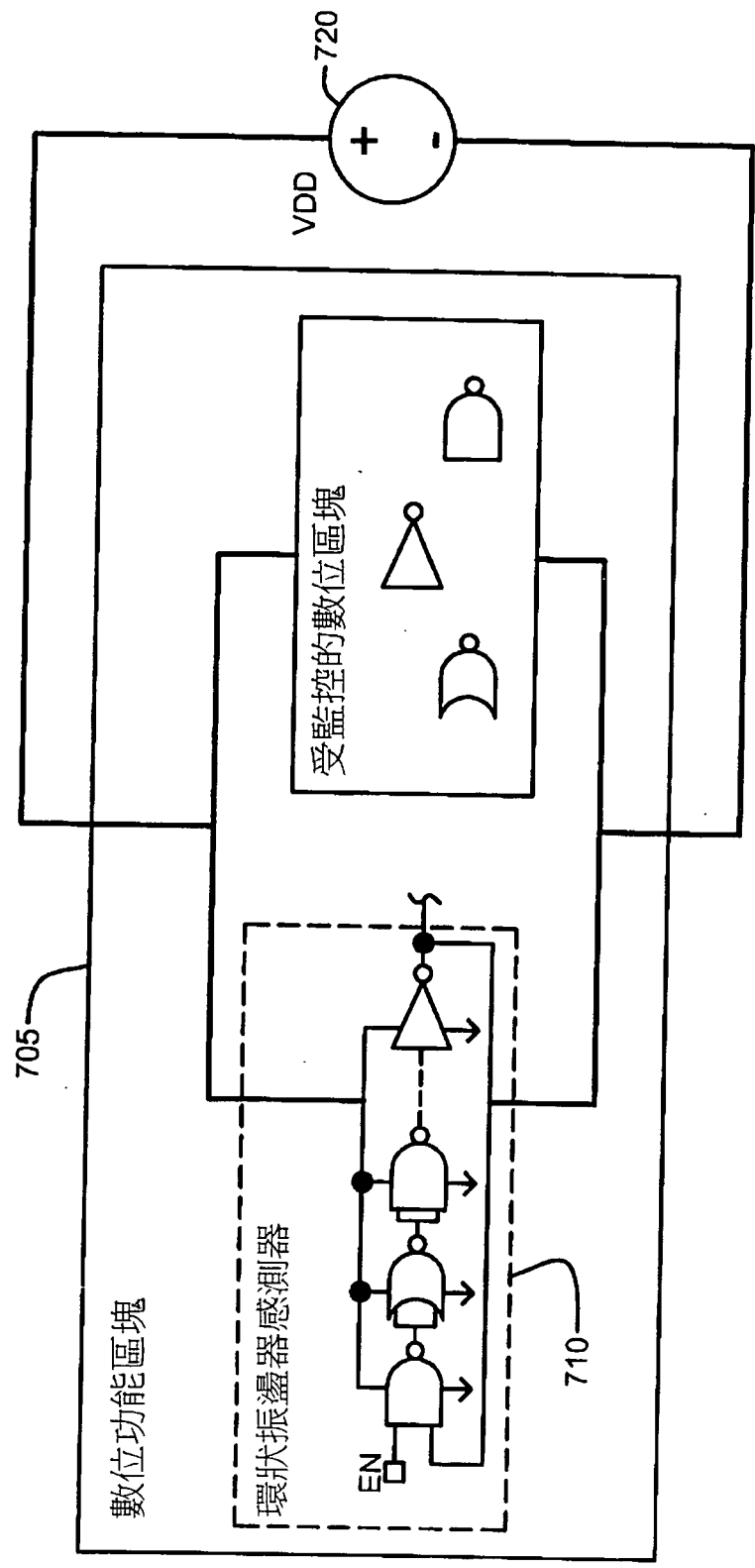


圖7

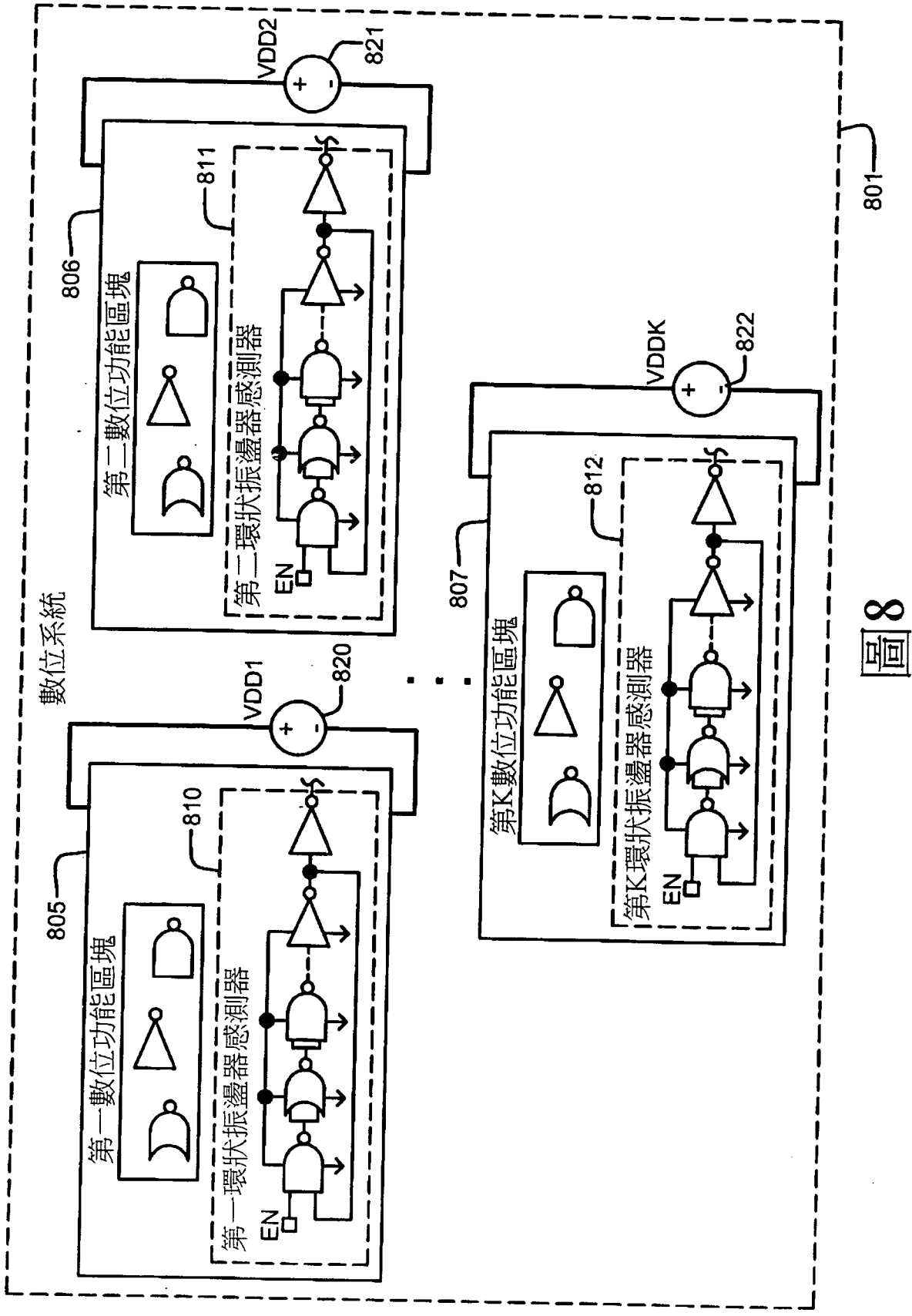


圖8

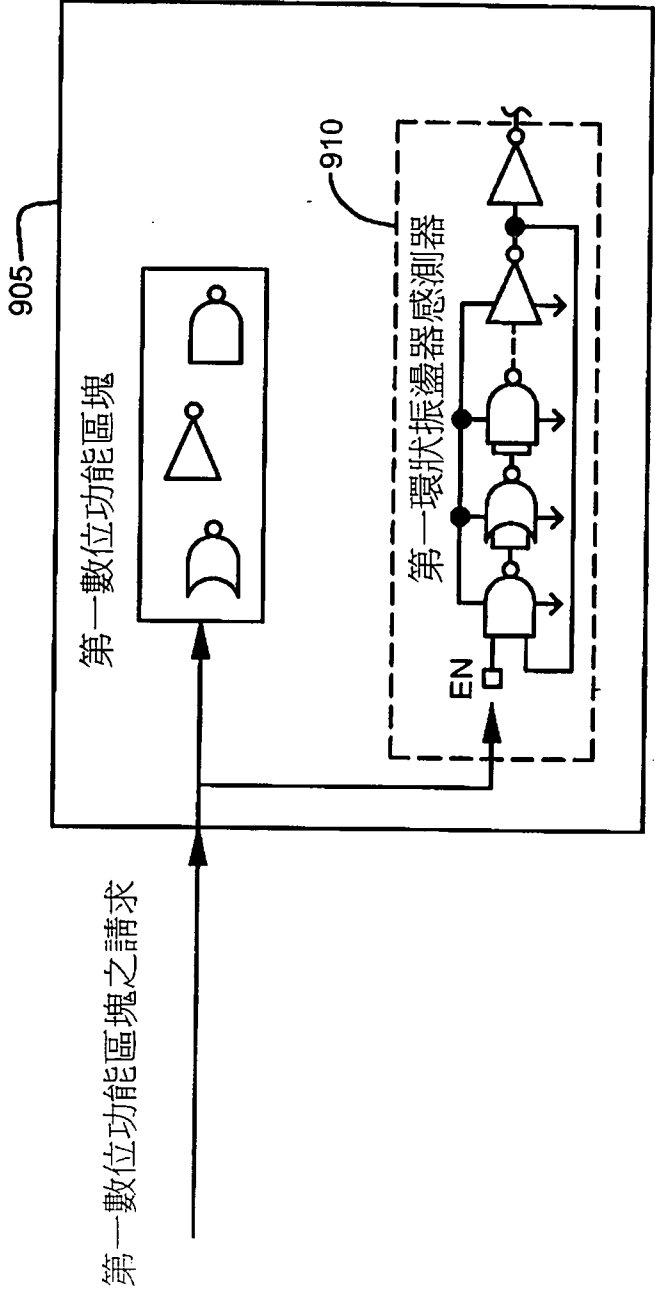


圖9

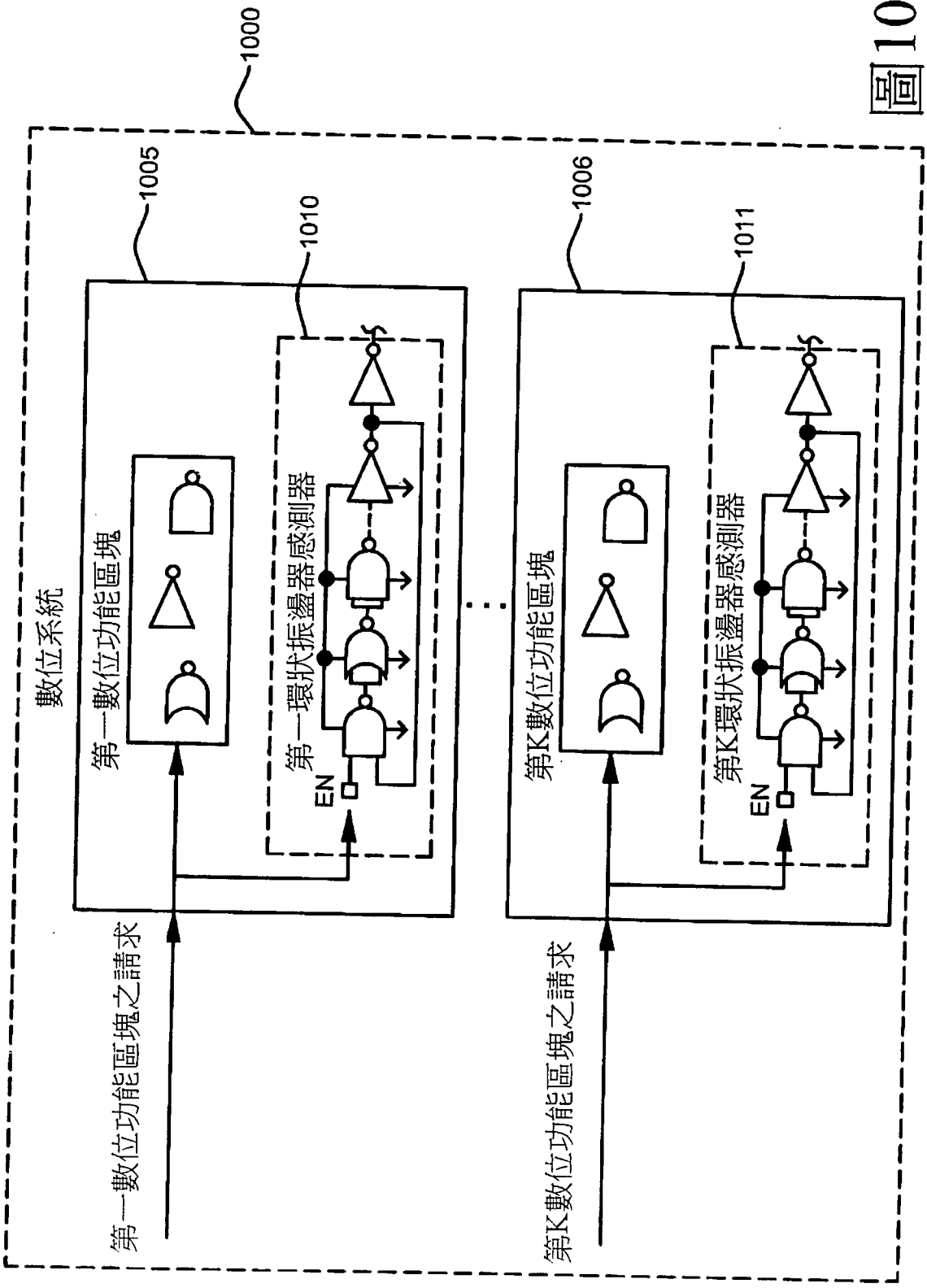


圖10

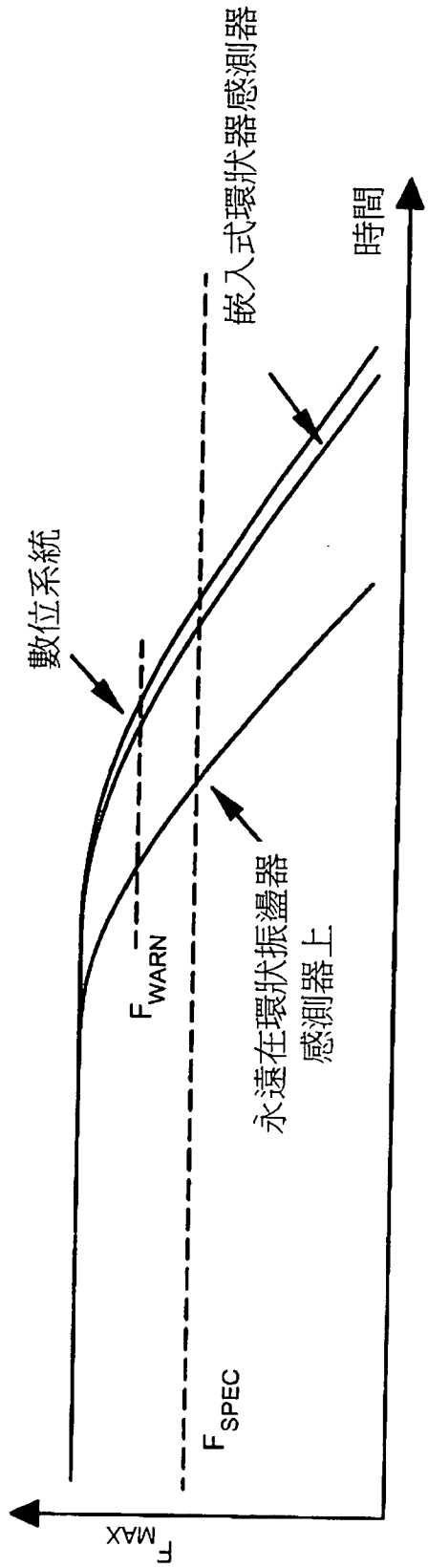


圖11

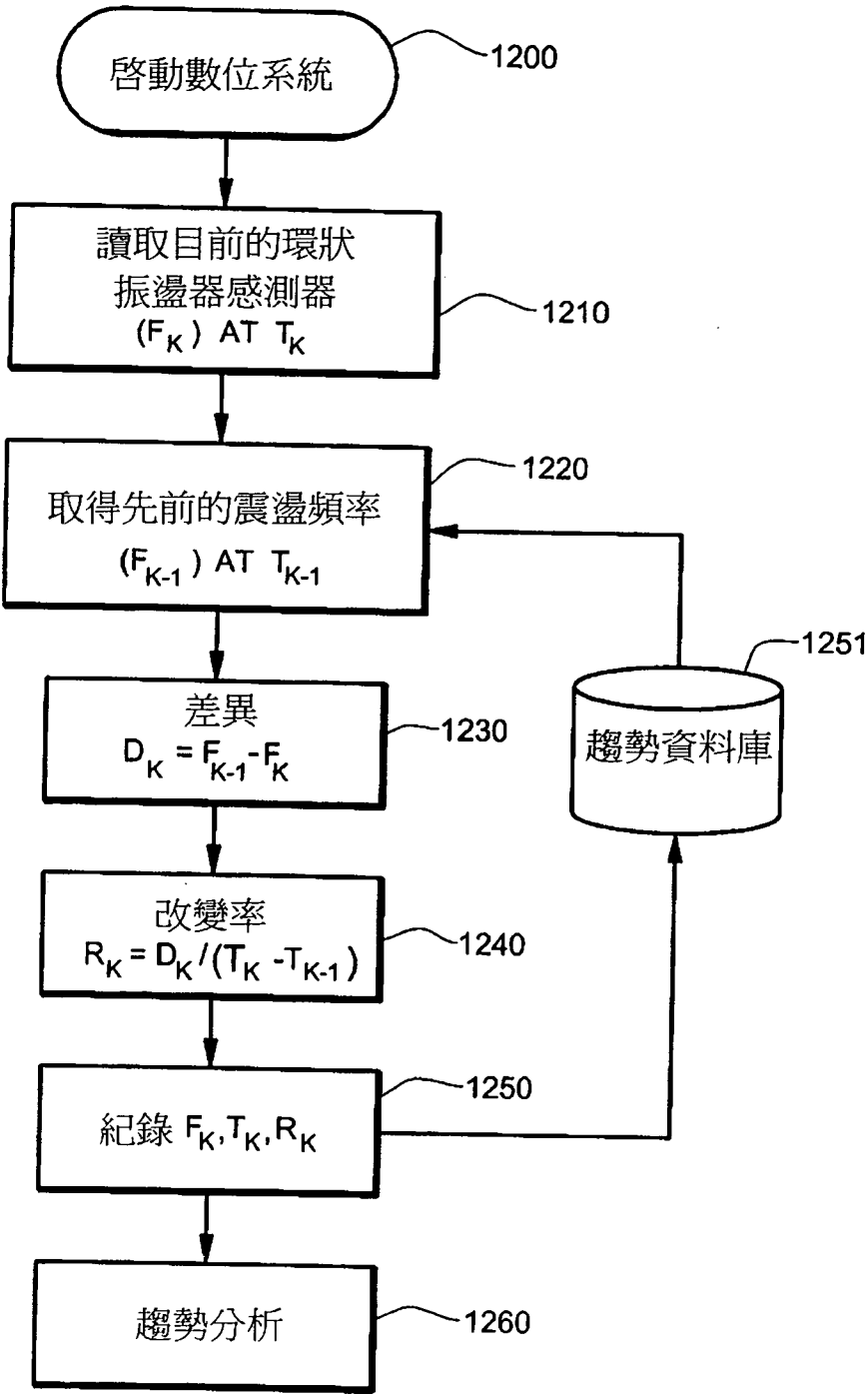


圖12

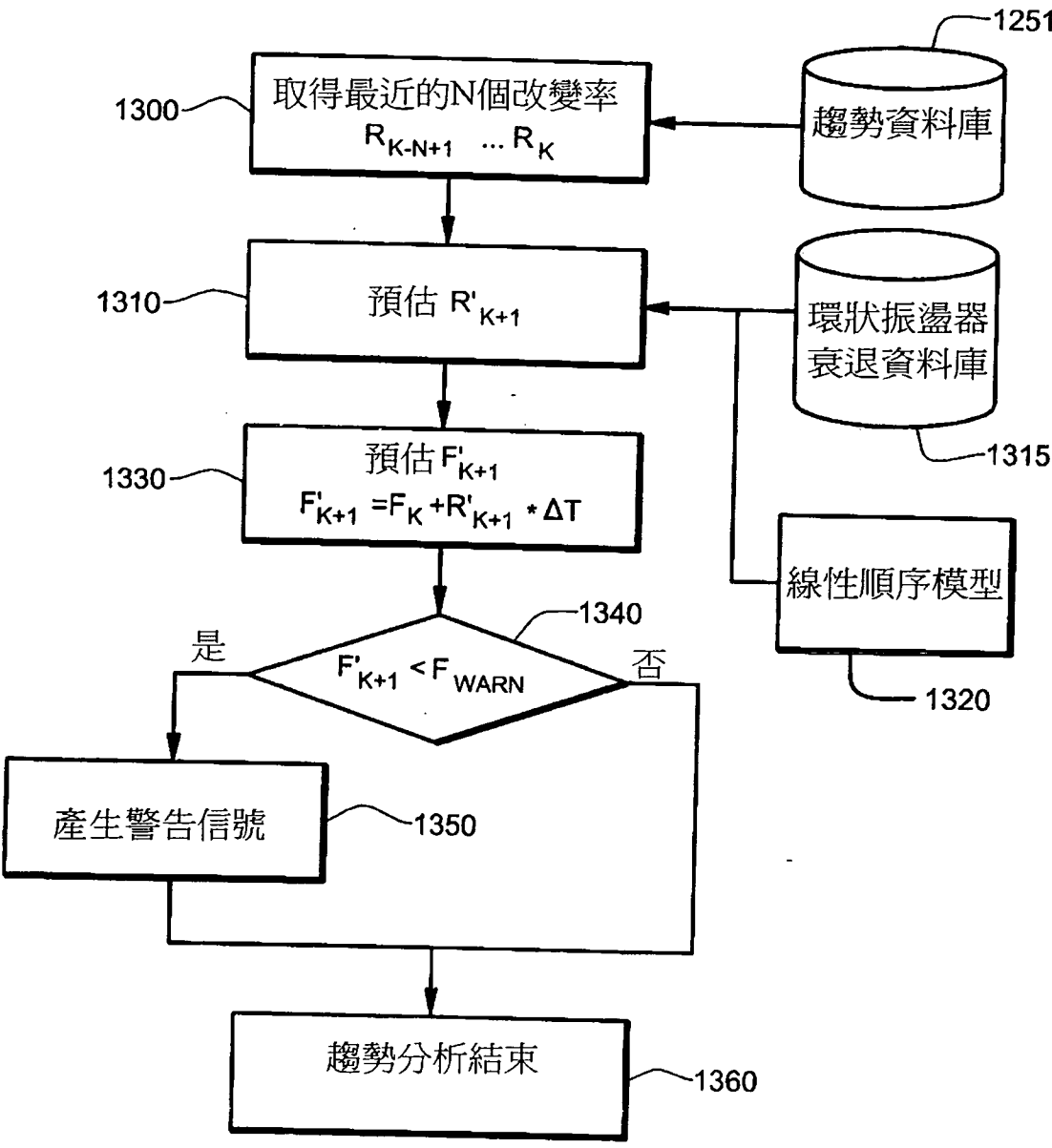


圖13

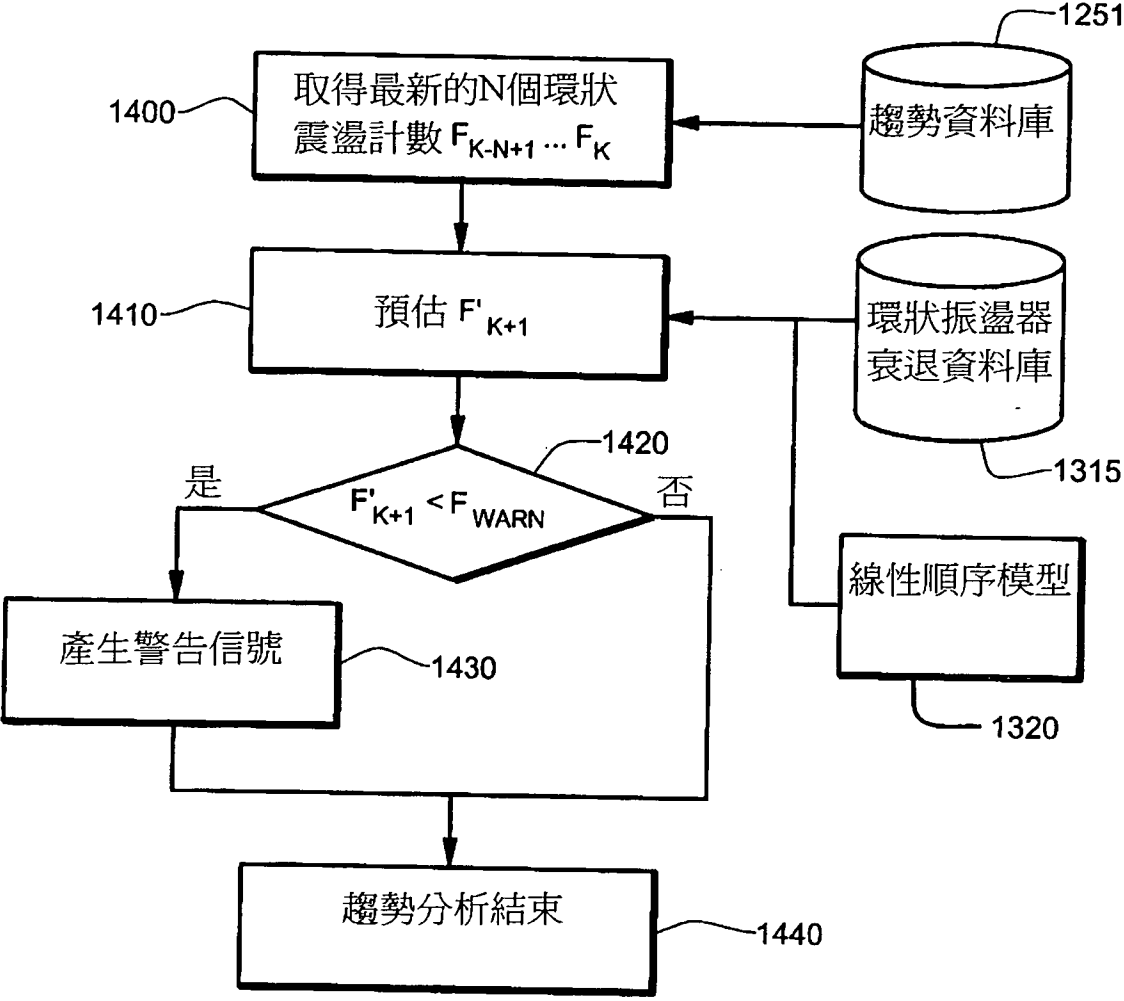


圖14

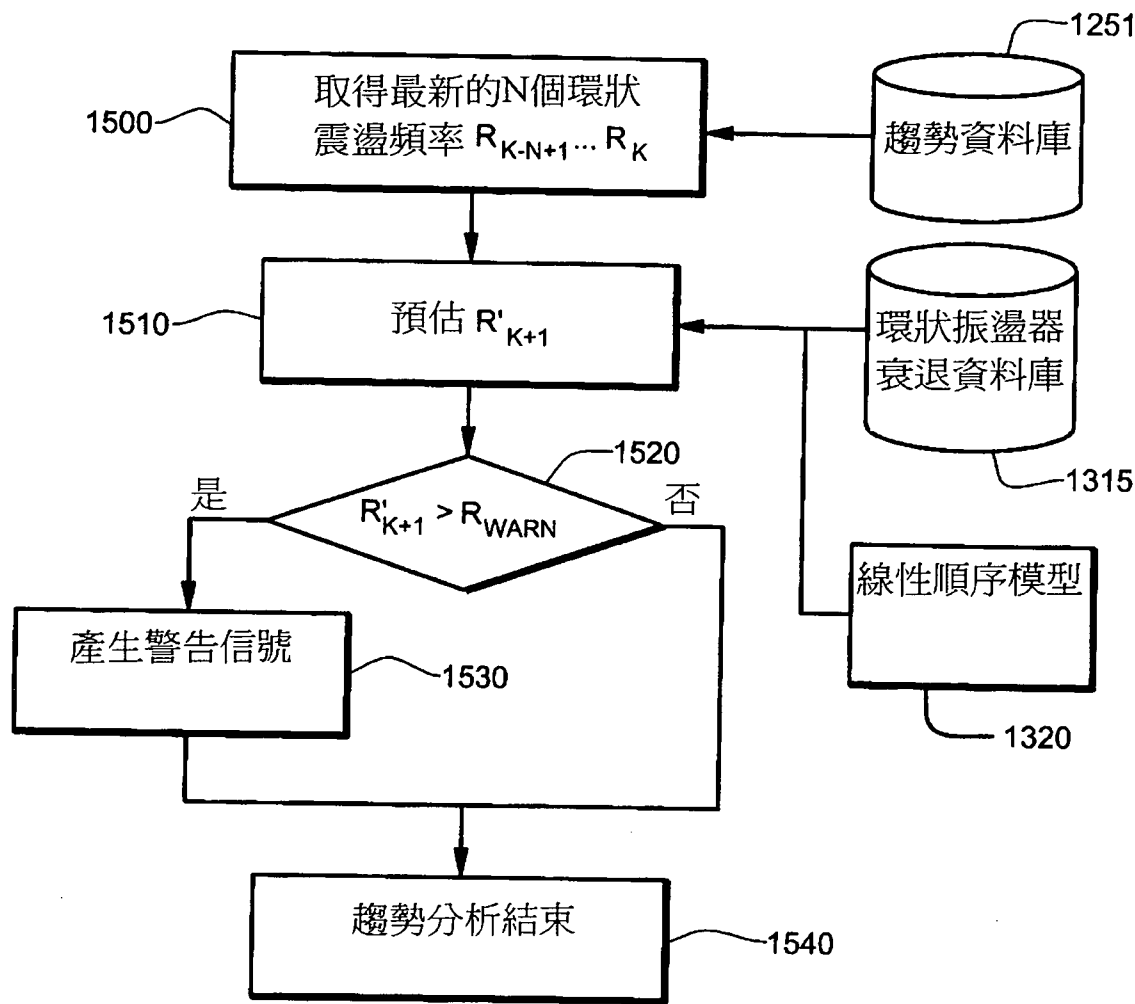


圖15

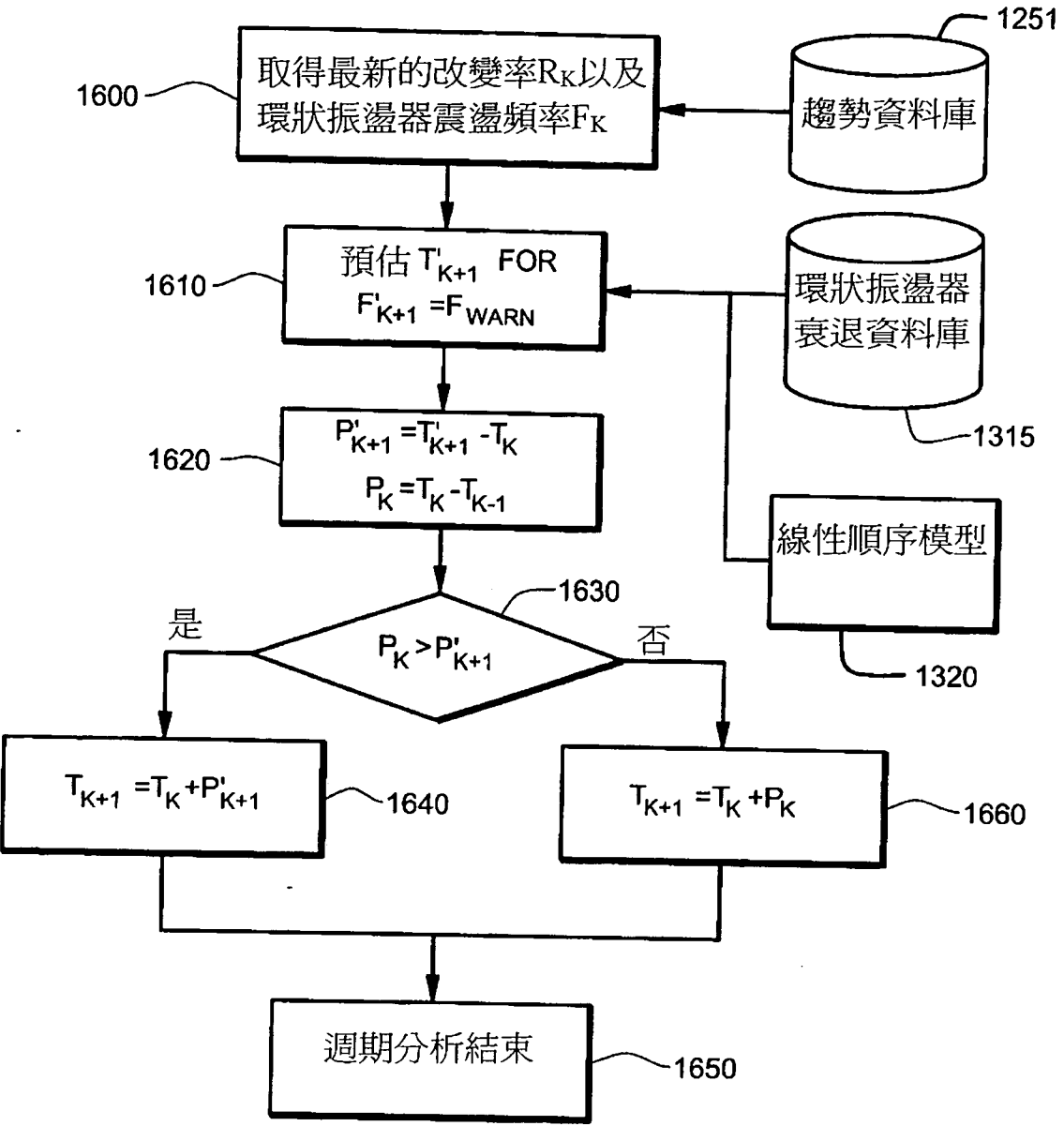


圖16

電腦程式產品

1700

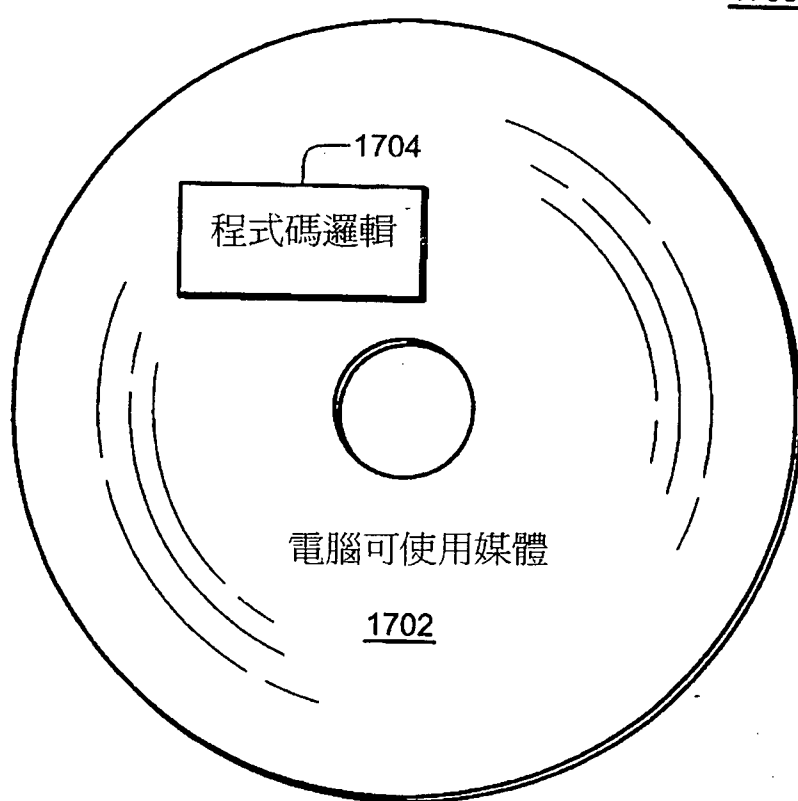


圖17