



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公告本

(11)證書號數：TW I799309 B

(45)公告日：中華民國 112 (2023) 年 04 月 11 日

(21)申請案號：111124389

(22)申請日：中華民國 111 (2022) 年 06 月 29 日

(51)Int. Cl. : H04L25/03 (2006.01)

H04B1/16 (2006.01)

(71)申請人：瑞昱半導體股份有限公司 (中華民國) REALTEK SEMICONDUCTOR CORPORATION (TW)

30076 新竹科學園區創新二路 2 號

(72)發明人：陳世昌 CHEN, SHIH-CHANG (TW)；張志偉 CHANG, CHIH-WEI (TW)；余俊錡 YU, CHUN-CHI (TW)

(74)代理人：李世章；秦建譜

(56)參考文獻：

CN 107425924A

CN 110505027A

CN 111713029A

CN 114614908A

US 8385492B2

US 8929497B2

審查人員：方國同

申請專利範圍項數：10 項 圖式數：7 共 34 頁

(54)名稱

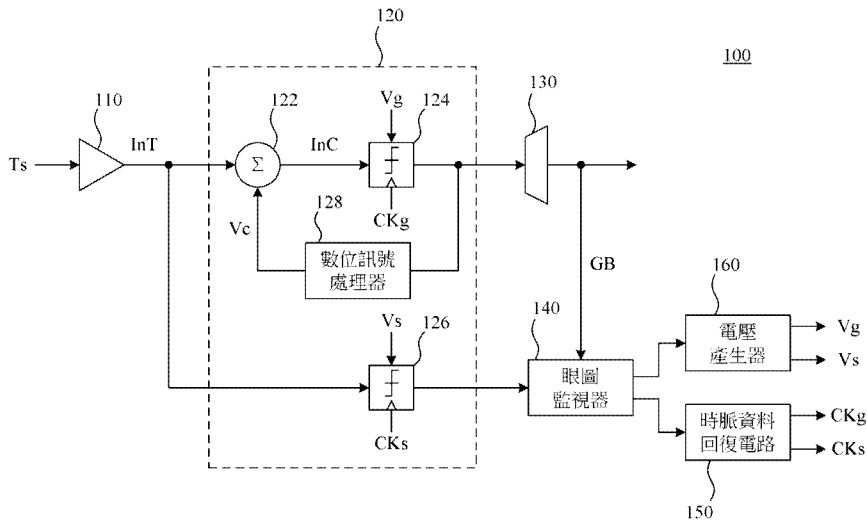
通訊系統接收器與眼圖量測方法

(57)摘要

一種眼圖量測方法包含：依據參考電壓與參考時脈取樣補償後輸入訊號以獲得第一取樣結果；依據掃描電壓和掃描時脈取樣待補償輸入訊號以獲得第二取樣結果，包含：(b1) 儲存使第一取樣結果相同於第二取樣結果的最小相位與電壓準位；(b2) 提高電壓準位且重複步驟 (b1)；(b3) 降低電壓準位且重複步驟 (b1)；(b4) 儲存使第一取樣結果相同於第二取樣結果的最大相位與電壓準位；(b5) 提高電壓準位且重複步驟 (b4)；(b6) 降低電壓準位且重複步驟 (b4)。儲存的電壓準位以及最大與最小相位用於調整參考電壓與參考時脈。

An eye diagram measuring method is provided, including: sampling, according to a reference voltage and a reference clock, a compensated input signal to obtain a first sampling result; and sampling, according to a scan voltage and a scan clock, a to-be-compensated input signal to obtain a second sampling result, including: (b1) storing a minimum phase and a voltage level which cause the first sampling result to be the same as the second sampling result; (b2) increasing the voltage level and repeating step (b1); (b3) decreasing the voltage level and repeating step (b1); (b4) storing a maximum phase and the voltage level which cause the first sampling result to be the same as the second sampling result; (b5) increasing the voltage level and repeating step (b4); and (b6) decreasing the voltage level and repeating step (b4). Voltage levels, maximum phases and minimum phases which are stored are for adjusting the reference voltage and the reference clock.

指定代表圖：



第 1 圖

符號簡單說明：

100:接收器

110:可變增益放大器

120:決策回授等化器

122:加法器

124:取樣電路

126:取樣電路

128:數位訊號處理器

130:解串列器

140:眼圖監視器

150:時脈資料回復電路

160:電壓產生器

CKg:參考時脈

CKs:掃描時脈

InT:待補償輸入訊號

InC:補償後輸入訊號

GB:第一取樣結果

Ts:測試訊號

Vg:參考電壓

Vs:掃描電壓

Vc:補償電壓



公告本

I799309

【發明摘要】

【中文發明名稱】通訊系統的接收器與眼圖量測方法

【英文發明名稱】RECEIVER OF COMMUNICATION SYSTEM AND EYE  
DIAGRAM MEASURING METHOD

【中文】

一種眼圖量測方法包含：依據參考電壓與參考時脈取樣補償後輸入訊號以獲得第一取樣結果；依據掃描電壓和掃描時脈取樣待補償輸入訊號以獲得第二取樣結果，包含：( b 1 ) 儲存使第一取樣結果相同於第二取樣結果的最小相位與電壓準位；( b 2 ) 提高電壓準位且重複步驟 ( b 1 ) ；( b 3 ) 降低電壓準位且重複步驟 ( b 1 ) ；( b 4 ) 儲存使第一取樣結果相同於第二取樣結果的最大相位與電壓準位；( b 5 ) 提高電壓準位且重複步驟 ( b 4 ) ；( b 6 ) 降低電壓準位且重複步驟 ( b 4 ) 。儲存的電壓準位以及最大與最小相位用於調整參考電壓與參考時脈。

【英文】

An eye diagram measuring method is provided, including: sampling, according to a reference voltage and a reference clock, a compensated input signal to obtain a first sampling result; and sampling, according to a scan voltage and a scan clock, a to-be-compensated input signal to obtain a second sampling result, including: (b1) storing a minimum phase and a voltage level which cause the first sampling result to be

the same as the second sampling result; (b2) increasing the voltage level and repeating step (b1); (b3) decreasing the voltage level and repeating step (b1); (b4) storing a maximum phase and the voltage level which cause the first sampling result to be the same as the second sampling result; (b5) increasing the voltage level and repeating step (b4); and (b6) decreasing the voltage level and repeating step (b4). Voltage levels, maximum phases and minimum phases which are stored are for adjusting the reference voltage and the reference clock.

【指定代表圖】第 ( 1 ) 圖。

【代表圖之符號簡單說明】

1 0 0 : 接收器

1 1 0 : 可變增益放大器

1 2 0 : 決策回授等化器

1 2 2 : 加法器

1 2 4 : 取樣電路

1 2 6 : 取樣電路

1 2 8 : 數位訊號處理器

1 3 0 : 解串列器

1 4 0 : 眼圖監視器

1 5 0 : 時脈資料回復電路

1 6 0 : 電壓產生器

C K g : 參考時脈

C K s : 掃描時脈

I n T : 待補償輸入訊號

In C : 補償後輸入訊號

GB : 第一取樣結果

Ts : 測試訊號

Vg : 參考電壓

Vs : 掃描電壓

Vc : 補償電壓

## 【發明說明書】

【中文發明名稱】 通訊系統接收器與眼圖量測方法

【英文發明名稱】 RECEIVER OF COMMUNICATION SYSTEM AND EYE  
DIAGRAM MEASURING METHOD

### 【技術領域】

【0001】 本揭示文件有關眼圖量測技術，尤指一種眼圖量測方法以及相關的接收器。

### 【先前技術】

【0002】 高速資料傳輸為目前有線通訊技術的發展重點，但有限的通道頻寬會造成符際干擾效應。常見的解決方法為在接收器中使用等化器補償通道造成的影響，並在接收器中使用眼圖監視器（eye monitor）量測等化器之輸出訊號的眼圖以評估等化器的補償效果。舉例來說，眼圖監視器可以將 128 種電壓偏移搭配上 128 種相位偏移，以獲得  $128 \times 128$  個取樣結果，並基於這些取樣結果繪製以電壓和相位分別為縱軸和橫軸的眼圖。然而，這種眼圖量測方法耗時且需要可觀的儲存空間。

### 【發明內容】

【0003】 本揭示文件提供一種眼圖量測方法，其包含以下步驟：（a）依據參考電壓與參考時脈取樣補償後輸入訊號，

以獲得第一取樣結果；以及 (b) 依據掃描電壓和掃描時脈取樣待補償輸入訊號以獲得第二取樣結果。步驟 (b) 包含：

(b1) 儲存使第一取樣結果相同於第二取樣結果的掃描時脈的最小相位，且儲存最小相位對應的掃描電壓的電壓準位；(b2) 提高電壓準位且重複步驟 (b1)；(b3) 降低電壓準位且重複步驟 (b1)；(b4) 儲存使第一取樣結果相同於第二取樣結果的掃描時脈的最大相位，且儲存最大相位對應的掃描電壓的電壓準位；(b5) 提高電壓準位且重複步驟 (b4)；以及 (b6) 降低電壓準位且重複步驟 (b4)。

儲存的多個電壓準位、多個最大相位以及多個最小相位用於調整參考電壓與參考時脈。

**【0004】** 本揭示文件提供一種接收器。接收器包含決策回授等化器與眼圖監視器。決策回授等化器用於依據參考電壓與參考時脈取樣補償後輸入訊號，以獲得第一取樣結果。決策回授等化器還用於依據掃描電壓和掃描時脈取樣待補償輸入訊號以獲得第二取樣結果。眼圖監視器用於執行以下步驟：(b1) 儲存使第一取樣結果相同於第二取樣結果的掃描時脈的最小相位，且儲存最小相位對應的掃描電壓的電壓準位；(b2) 提高電壓準位且重複步驟 (b1)；(b3) 降低電壓準位且重複步驟 (b1)；(b4) 儲存使第一取樣結果相同於第二取樣結果的掃描時脈的最大相位，且儲存最大相位對應的掃描電壓的電壓準位；(b5) 提高電壓準位且重複步驟 (b4)；以及 (b6) 降低電壓準位且重複步驟 (b4)。儲存的多個電壓準位、多個最大相位以及多個

最小相位用於調整參考電壓與參考時脈。

**【0005】** 上述的接收器與眼圖量測方法具有量測速度快且節省記憶空間的優點。

### **【圖式簡單說明】**

#### **【0006】**

第 1 圖為依據本揭示文件一實施例的接收器簡化後的功能方塊圖。

第 2 圖為依據本揭示文件一實施例的眼圖監視器簡化後的功能方塊圖。

第 3 圖為眼圖監視器之眼圖量測過程的示意圖。

第 4 圖用於說明本揭示文件一實施例的眼圖。

第 5 圖為依據本揭示文件一實施例的眼圖監視器簡化後的功能方塊圖。

第 6 圖為依據本揭示文件一實施例的眼圖量測方法的流程圖。

第 7 圖用於進一步說明眼圖量測方法的步驟。

### **【實施方式】**

**【0007】** 以下將配合相關圖式來說明本揭示文件的實施例。在圖式中，相同的標號表示相同或類似的元件或步驟。

**【0008】** 第 1 圖為依據本揭示文件一實施例的接收器 (receiver) 100 簡化後的功能方塊圖。接收器 100 包含可變增益放大器 110、決策回授等化器 120、解串列器



130、眼圖監視器 140 (eye monitor)、時脈資料回復電路 150 以及電壓產生器 160。在一些實施例中，接收器 100 可以是有線通訊系統的一部份，可變增益放大器 110 可以透過一或多個通道 (channels) 自有線通訊系統的發射器 (transmitter) 接收測試訊號  $T_s$ 。可變增益放大器 110 用於放大測試訊號  $T_s$  以產生待補償輸入訊號  $I_{nT}$ ，放大測試訊號  $T_s$  有助於將通道之特性 (例如符間干擾效應) 正確傳遞至決策回授等化器 120。

**【0009】** 決策回授等化器 120 耦接於可變增益放大器 110，用於自可變增益放大器 110 接收待補償輸入訊號  $I_{nT}$ 。決策回授等化器 120 包含加法器 122、取樣電路 124、取樣電路 126 以及數位訊號處理器 128。加法器 122 用於自數位訊號處理器 128 接收一或多個補償電壓  $V_c$ ，並用於加總待補償輸入訊號  $I_{nT}$  與該一或多個補償電壓  $V_c$ ，以產生補償後輸入訊號  $I_{nC}$ 。在一些實施例中，加法器 122 用於補償 (亦即減輕) 符間干擾效應。

**【0010】** 取樣電路 124 耦接於加法器 122，用於依據參考電壓  $V_g$  和參考時脈  $CK_g$  取樣補償後輸入訊號  $I_{nC}$ 。取樣電路 126 耦接於可變增益放大器 110，用於依據掃描電壓  $V_s$  和掃描時脈  $CK_s$  取樣待補償輸入訊號  $I_{nT}$ 。在一些實施例中，取樣電路 124 和取樣電路 126 可以分別用資料切割器 (data slicer) 來實現。

**【0011】** 數位訊號處理器 128 耦接於加法器 122 和取樣電路 124，用於依據取樣電路 124 的輸出產生補償電壓  $V_c$ 。

在一些實施例中，數位訊號處理器 128 可以用 M 階有限脈衝響應濾波器實現，以依據 M 個抽頭係數產生 M 個補償電壓  $V_c$ ，其中 M 為正整數。

**【0012】** 時脈資料回復電路 150 可以依據測試訊號  $T_s$  產生參考時脈  $CK_g$  和掃描時脈  $CK_s$ 。電壓產生器 160 用於產生參考電壓  $V_g$  和掃描電壓  $V_s$ 。眼圖監視器 140 可以控制時脈資料回復電路 150，以控制參考時脈  $CK_g$  和掃描時脈  $CK_s$  的相位偏移。眼圖監視器 140 還可以控制電壓產生器 160，以控制參考電壓  $V_g$  和掃描電壓  $V_s$  的電壓偏移。

**【0013】** 解串列器 130 耦接於取樣電路 124，用於將取樣電路 124 輸出的串列資料轉換為平行資料（以下稱為「第一取樣結果  $GB$ 」）。第一取樣結果  $GB$  會傳送至眼圖監視器 140 和其他的後端數位電路（未繪示）。眼圖監視器 140 可以依據第一取樣結果  $GB$  量測補償後輸入訊號  $In_C$  的眼圖，其中眼圖可用於評估決策回授等化器 120 的補償效果。在一些實施例中，解串列器 130 可以用解多工器來實現。

**【0014】** 請同時參考第 1 圖和第 2 圖，其中第 2 圖為依據本揭示文件一實施例的眼圖監視器 140 簡化後的功能方塊圖。眼圖監視器 140 包含比較電路 210、數位訊號處理器 220、儲存電路 230 以及控制電路 240。眼圖監視器 140 可以將取樣電路 126 輸出的串列資料轉換為平行資料以產生第二取樣結果  $RB$ 。在一些實施例中，如第 2 圖所示，眼圖監視器 140 還包含解串列器 250（例如解多工器），解

串列器 250 用於將取樣電路 126 的串列輸出轉換為平行的第二取樣結果 RB，但本揭示文件不限於此。比較電路 210 用於比較第一取樣結果 GB 和第二取樣結果 RB 以產生一比較輸出。

**【0015】** 數位訊號處理器 220 可以控制時脈資料回復電路 150 與電壓產生器 160，以調整掃描時脈 CKs 的相位與掃描電壓 Vs 的大小，進而控制取樣電路 126 產生不同取樣條件下的多個第二取樣結果 RB。數位訊號處理器 220 還用於接收比較電路 210 的比較輸出。藉由處理比較輸出，數位訊號處理器 220 可以量測補償後輸入訊號 InC 的眼圖。數位訊號處理器 220 會將眼圖儲存於儲存電路 230。

**【0016】** 控制電路 240 可以依據儲存電路 230 中的眼圖自動控制時脈資料回復電路 150 與電壓產生器 160，以調整參考電壓 Vg 與參考時脈 CKg。例如，控制電路 240 可以將參考電壓 Vg 調整至眼高的中點，及 / 或將參考時脈 CKg 調整至眼寬的中點，以提升接收器 100 對於通道雜訊與符間干擾效應的承受能力。在一些實施例中，控制電路 240 可以用單晶片通用處理器、多晶片通用處理器、特殊應用積體電路 (ASIC)、現場可程式化邏輯閘陣列 (FPGA)、其他可程式化的邏輯裝置或以上的任意組合來實現。

**【0017】** 以下將配合第 1~3 圖說明眼圖監視器 140 量測補償後輸入訊號 InC 的眼圖之運作，其中第 3 圖為眼圖監視器 140 之眼圖量測過程的示意圖。在以下的實施例中，電壓產生器 160 可以在 0~1.5V 的範圍中將電壓訊號 (例如

參考電壓  $V_g$  及 / 或掃描電壓  $V_s$  ) 設定為 16 階不同的電壓準位，時脈資料回復電路 150 可以在  $-157.5^\circ \sim 180^\circ$  的範圍中將時脈訊號(例如參考時脈  $CK_g$  及 / 或掃描時脈  $CK_s$  ) 設定為 16 階不同的相位。參考電壓  $V_g$  的電壓準位被設定為  $0.8V$ ，參考時脈  $CK_g$  的相位被設定為  $0^\circ$ 。然而，本揭示文件中各個參數的設定不以上述為限，而是可以依據實際需求設計。例如，在一些實施例中電壓產生器 160 可以將電壓訊號設定為 128 階不同的電壓準位，在另一些實施例中時脈資料回復電路 150 可以將時脈訊號設定為 128 階不同的相位。

**【0018】** 請參照第 3 圖，第 3 圖中央的實心圓點代表取樣電路 124 依據參考電壓  $V_g$  與參考時脈  $CK_g$  取樣之結果，亦即第一取樣結果  $GB$ 。水平的多個箭號用於說明取樣電路 126 依據可變的掃描電壓  $V_s$  與掃描時脈  $CK_s$  多次取樣的過程，其中水平箭號與垂直虛線的多個交叉點(例如以中空圓點標示的七個交叉點)各自代表取樣電路 126 的一次取樣結果，亦即第二取樣結果  $RB$ 。曲線所圍成之眼形圖案代表補償後輸入訊號  $In_C$  所形成之眼 310。

**【0019】** 以下將先描述眼 310 的左上部分邊界的量測過程，此量測過程對應於第 3 圖中的多個實線箭號。請參考第 2 圖，在一些實施例中，透過控制電壓產生器 160，數位訊號處理器 220 將掃描電壓  $V_s$  的初始電壓準位設定為最接近電壓產生器 160 之電壓範圍(例如  $0 \sim 1.5V$ )的中間值，例如  $0.8V$ 。另外，透過控制時脈資料回復電路 150，數

位訊號處理器 220 將掃描時脈 CKs 的初始相位設定為時脈資料回復電路 150 的相位範圍（例如  $-157.5^\circ \sim 180^\circ$ ）的下限，例如  $-157.5^\circ$ 。

【0020】 換言之，數位訊號處理器 220 控制取樣電路 126 以  $0.8\text{ V}$  的掃描電壓  $V_s$  以及  $-157.5^\circ$  的掃描時脈 CKs 取樣待補償輸入訊號  $I_n T$ ，藉此獲得第 3 圖中的第二取樣結果  $R B(a)$ 。根據比較電路 210 的比較輸出，數位訊號處理器 220 會判斷第一取樣結果  $G B$  不同於第二取樣結果  $R B(a)$ 。在此情況下，數位訊號處理器 220 會維持掃描電壓  $V_s$  不變，且逐階增加掃描時脈 CKs 的相位，以獲得其他第二取樣結果  $R B(b)$  和  $R B(c)$ ，其中第二取樣結果  $R B(c)$  位於眼 310 的內部，因而相同於第一取樣結果  $G B$ 。

【0021】 當判斷第一取樣結果  $G B$  與第二取樣結果  $R B(c)$  相同時，數位訊號處理器 220 會停止繼續增加掃描時脈 CKs 的相位，並於儲存電路 230 中儲存此時的參數設定。例如，儲存第二取樣結果  $R B(c)$  所對應的  $0.8\text{ V}$  以及  $-112.5^\circ$ 。值得一提的是，被儲存的相位是當前電壓準位下能使第一取樣結果  $G B$  相同於第二取樣結果  $R B$  的最小相位。例如，在掃描電壓  $V_s$  為  $0.8\text{ V}$  的情況下，雖然  $-112.5^\circ$  與  $-90^\circ$  的掃描時脈 CKs 皆能令第一取樣結果  $G B$  相同於第二取樣結果  $R B$ ，但僅  $-112.5^\circ$  會被儲存於儲存電路 230。

【0022】 換言之，在當前的電壓準位下，數位訊號處理器

220 會自相位下限 ( $-157.5^\circ$ ) 逐階增加掃描時脈 CKs 的相位，直到第一取樣結果 GB 相同於第二取樣結果 RB。當第一取樣結果 GB 相同於第二取樣結果 RB 時，數位訊號處理器 220 會儲存此情況下的電壓準位與相位。

【0023】 接著，數位訊號處理器 220 可以將掃描電壓  $V_s$  增加一階至  $0.9\text{ V}$ ，並重複與前述相似的運作。在  $0.9\text{ V}$  的掃描電壓  $V_s$  下，數位訊號處理器 220 會自相位下限 ( $-157.5^\circ$ ) 逐階增加掃描時脈 CKs 的相位，以依序獲得多個第二取樣結果  $RB(d)$ 、 $RB(e)$ 、 $RB(f)$  和  $RB(g)$ ，直到其判斷第一取樣結果 GB 相同於第二取樣結果  $RB(g)$ 。數位訊號處理器 220 會於儲存電路 230 中儲存第二取樣結果  $RB(g)$  所對應的  $0.9\text{ V}$  以及  $-90^\circ$ 。數位訊號處理器 220 的接續運作可以依此類推，在此不重複贅述。

【0024】 在一些實施例中，數位訊號處理器 220 會逐階增加掃描電壓  $V_s$ ，直到在某一階電壓準位下，當數位訊號處理器 220 判斷掃描時脈 CKs 的每階相位皆無法令第一取樣結果 GB 相同於第二取樣結果 RB 時，數位訊號處理器 220 會停止增加掃描電壓  $V_s$  的電壓準位。例如，如第 3 圖所示，在  $1.4\text{ V}$  的電壓準位下，數位訊號處理器 220 已將掃描時脈 CKs 自相位下限 ( $-157.5^\circ$ ) 切換至相位上限 ( $180^\circ$ )，但獲得的所有第二取樣結果 RB 皆位於眼 310 外部 (亦即不同於第一取樣結果 GB)，因而數位訊號處理器 220 不會進一步將掃描電壓  $V_s$  的電壓準位提升至  $1.5\text{ V}$ 。

【0025】 以下將描述眼 310 的左下部分邊界的量測過程，此量測過程對應於第 3 圖中的多個一點鍊線箭號。數位訊號處理器 220 將掃描電壓  $V_s$  的初始電壓準位設定為最接近電壓產生器 160 之電壓範圍(例如  $0 \sim 1.5 \text{ V}$ )的中間值，例如  $0.7 \text{ V}$ 。另外，數位訊號處理器 220 將掃描時脈  $CK_s$  的初始相位設定為時脈資料回復電路 150 的相位範圍(例如  $-157.5^\circ \sim 180^\circ$ )的下限，例如  $-157.5^\circ$ 。

【0026】 換言之，數位訊號處理器 220 控制取樣電路 126 以  $0.7 \text{ V}$  的掃描電壓  $V_s$  以及  $-157.5^\circ$  的掃描時脈  $CK_s$  取樣待補償輸入訊號  $InT$ 。在當前的電壓準位下，數位訊號處理器 220 會自相位下限 ( $-157.5^\circ$ ) 逐階增加掃描時脈  $CK_s$  的相位，直到第一取樣結果  $GB$  相同於第二取樣結果  $RB$ 。當第一取樣結果  $GB$  相同於第二取樣結果  $RB$  時，數位訊號處理器 220 會儲存此情況下的電壓準位與相位設定。接著，數位訊號處理器 220 可以將掃描電壓  $V_s$  減少一階至  $0.6 \text{ V}$ ，並重複與前述相似的運作。數位訊號處理器 220 的接續運作可以依此類推，在此不重複贅述。

【0027】 在一些實施例中，數位訊號處理器 220 會逐階減少掃描電壓  $V_s$  的電壓準位，直到在某一階電壓準位下，當數位訊號處理器 220 判斷掃描時脈  $CK_s$  的每階相位皆無法令第一取樣結果  $GB$  相同於第二取樣結果  $RB$  時，數位訊號處理器 220 會停止減少掃描電壓  $V_s$  的電壓準位。例如，在  $0.1 \text{ V}$  的電壓準位下，數位訊號處理器 220 已將掃描時脈  $CK_s$  自相位下限 ( $-157.5^\circ$ ) 切換至相位上限

( $180^\circ$ )，但獲得的所有第二取樣結果 RB 皆位於眼 310 外部（亦即不同於第一取樣結果 GB），因而數位訊號處理器 220 不會進一步將掃描電壓  $V_s$  的電壓準位減少至 0 V。

**【0028】** 以下將描述眼 310 的右上部分邊界的量測過程，此量測過程對應於第 3 圖中的多個虛線箭號。數位訊號處理器 220 將掃描電壓  $V_s$  的初始電壓準位設定為最接近電壓產生器 160 之電壓範圍（例如  $0\sim 1.5\text{ V}$ ）的中間值，例如  $0.8\text{ V}$ 。另外，數位訊號處理器 220 將掃描時脈  $CK_s$  的初始相位設定為時脈資料回復電路 150 的相位範圍（例如  $-157.5^\circ\sim 180^\circ$ ）的上限，例如  $180^\circ$ 。

**【0029】** 換言之，數位訊號處理器 220 控制取樣電路 126 以  $0.8\text{ V}$  的掃描電壓  $V_s$  以及  $180^\circ$  的掃描時脈  $CK_s$  取樣待補償輸入訊號  $In_T$ 。在當前的電壓準位下，數位訊號處理器 220 會自相位上限（ $180^\circ$ ）逐階減少掃描時脈  $CK_s$  的相位，直到第一取樣結果 GB 相同於第二取樣結果 RB。當第一取樣結果 GB 相同於第二取樣結果 RB 時，數位訊號處理器 220 會儲存此情況下的電壓準位與相位設定。接著，數位訊號處理器 220 可以將掃描電壓  $V_s$  增加一階至  $0.9\text{ V}$ ，並重複與前述相似的運作。數位訊號處理器 220 的接續運作可以依此類推，在此不重複贅述。值得一提的是，被儲存的相位是當前電壓準位下能使第一取樣結果 GB 相同於第二取樣結果 RB 的最大相位。例如，在掃描電壓  $V_s$  為  $0.8\text{ V}$  的情況下，雖然  $135^\circ$  與  $112.5^\circ$  的掃描時脈  $CK_s$  皆能令第一取樣結果 GB 相同於第二取樣結果 RB，



但僅  $135^\circ$  會被儲存於儲存電路 230。

【0030】 與量測左上部分邊界的運作相似，在一些實施例中，在量測右上部分邊界時，當數位訊號處理器 220 判斷掃描時脈 CKs 的每階相位皆無法令第一取樣結果 GB 相同於第二取樣結果 RB 時，數位訊號處理器 220 會停止增加掃描電壓 Vs 的電壓準位。

【0031】 以下將描述眼 310 的右下部分邊界的量測過程，此量測過程對應於第 3 圖中的多個雙點鏈線箭號。數位訊號處理器 220 將掃描電壓 Vs 的初始電壓準位設定為最接近電壓產生器 160 之電壓範圍(例如  $0\sim 1.5\text{ V}$ )的中間值，例如  $0.7\text{ V}$ 。另外，數位訊號處理器 220 將掃描時脈 CKs 的初始相位設定為時脈資料回復電路 150 的相位範圍(例如  $-157.5^\circ\sim 180^\circ$ )的上限，例如  $180^\circ$ 。

【0032】 換言之，數位訊號處理器 220 控制取樣電路 126 以  $0.7\text{ V}$  的掃描電壓 Vs 以及  $180^\circ$  的掃描時脈 CKs 取樣待補償輸入訊號 InT。在當前的電壓準位下，數位訊號處理器 220 會自相位上限 ( $180^\circ$ ) 逐階減少掃描時脈 CKs 的相位，直到第一取樣結果 GB 相同於第二取樣結果 RB。當第一取樣結果 GB 相同於第二取樣結果 RB 時，數位訊號處理器 220 會儲存此情況下的電壓準位與相位設定。接著，數位訊號處理器 220 可以將掃描電壓 Vs 減少一階至  $0.6\text{ V}$ ，並重複與前述相似的運作。數位訊號處理器 220 的接續運作可以依此類推，在此不重複贅述。

【0033】 與量測左下部分邊界的運作相似，在一些實施例中，

在量測右下部分邊界時，當數位訊號處理器 220 判斷掃描時脈 CKs 的每階相位皆無法令第一取樣結果 GB 相同於第二取樣結果 RB 時，數位訊號處理器 220 會停止減少掃描電壓 Vs 的電壓準位。

【0034】 第 4 圖用於說明本揭示文件一實施例的眼圖。在第 4 圖中，每個方格對應於一種掃描電壓 Vs 與掃描時脈 CKs 的電壓準位與相位之組合。多個「0」和多個「1」的每一者對應於取樣電路 126 的一次取樣。「0」代表第一取樣結果 GB 與第二取樣結果 RB 不同，且儲存電路 230 不需儲存「0」所對應的參數設定。「1」代表第一取樣結果 GB 與第二取樣結果 RB 相同，且「1」對應的參數設定已儲存於儲存電路 230。第 4 圖的眼形圖案僅是為了方便對照第 3 圖而繪示，並非實際存在於眼圖監視器 140 量測得到的眼圖中。

【0035】 由第 4 圖可知，第 2 圖的儲存電路 230 儲存了：(1) 能令第一取樣結果 GB 與第二取樣結果 RB 相同的多個最小相位，以及這些最小相位對應的多個電壓準位（對應於以網底填充的多個「1」）；以及 (2) 能令第一取樣結果 GB 與第二取樣結果 RB 相同的多個最大相位，以及這些最大相位對應的多個電壓準位（對應於沒有以網底填充的多個「1」）。在本揭示文件中，眼圖監視器 140 量測到的「眼圖」可以是指第 4 圖中的多個「1」所形成之圖形。第 2 圖的控制電路 240 可以依據儲存電路 230 中的資料計算眼圖之眼寬和眼高，並依據眼寬和眼高自動調整參

考電壓  $V_g$  與參考時脈  $CK_g$ 。

【0036】 傳統的眼圖量測方法會使用每一種掃描電壓  $V_s$  與掃描時脈  $CK_s$  的組合進行量測。因此，在 16 階的掃描電壓  $V_s$  與 16 階的掃描時脈  $CK_s$  的設置下，傳統的眼圖量測方法共需量測 256 次（亦即  $16 \times 16$  次）。相較之下，第 4 圖中的「0」和「1」僅有 151 個，亦即於相同條件下眼圖監視器 140 僅需量測 151 次，其中空白方格的總數即為眼圖監視器 140 相較傳統的眼圖量測方法可以節省的量測次數。另外，傳統的眼圖量測方法會儲存每一次量測結果，亦即儲存 256 種掃描電壓  $V_s$  與掃描時脈  $CK_s$  的組合。相較之下，第 4 圖中的「1」僅有 24 個，亦即眼圖監視器 140 僅需儲存 24 種掃描電壓  $V_s$  與掃描時脈  $CK_s$  的組合。總而言之，眼圖監視器 140 具有量測速度快且節省記憶空間的優點。

【0037】 第 5 圖為依據本揭示文件一實施例的眼圖監視器 140 簡化後的功能方塊圖。第 5 圖的眼圖監視器 140 不包含控制電路 240，且其儲存電路 230 耦接於串列器 510（例如多工器）。眼圖監視器 140 用於將儲存電路 230 中的資料（亦即電壓準位、最大相位以及最小相位）透過串列器 510 輸出至外部計算裝置 520，其中串列器 510 用於將平行資料轉換為串列資料。外部計算裝置 520 用於依據接收到的資料（亦即電壓準位、最大相位以及最小相位）控制外部顯示器 530 顯示眼圖，以作為使用者調整參考電壓  $V_g$  與參考時脈  $CK_g$  的依據。在一些實施例中，外部計算

裝置 520 可以由個人電腦、筆記型電腦、其他具有邏輯運算能力的電子裝置或以上的任意組合來實現。第 5 圖的眼圖監視器 140 的其餘元件、連接關係、運作與優點皆相似於第 2 圖的實施例，為簡潔起見，在此不重複贅述。

**【0038】** 第 6 圖為依據本揭示文件一實施例的眼圖量測方法 600 的流程圖。眼圖量測方法 600 可以由第 1 圖的接收器 100 來執行。眼圖量測方法 600 包含步驟 S61 和 S62。在步驟 S61 中，決策回授等化器 120 依據參考電壓  $V_g$  與參考時脈  $CK_g$  取樣補償後輸入訊號  $In_C$ ，以獲得第一取樣結果  $GB$ 。在步驟 S62 中，決策回授等化器 120 依據掃描電壓  $V_s$  與掃描時脈  $CK_s$  取樣待補償輸入訊號  $In_T$ ，以獲得第二取樣結果  $RB$ 。

**【0039】** 第 7 圖用於進一步說明眼圖量測方法 600 的步驟 S62，其中步驟 S62 包含步驟 S601~S612。在步驟 S601 中，眼圖監視器 140 會儲存使第一取樣結果  $GB$  相同於第二取樣結果  $RB$  的掃描時脈  $CK_s$  的最小相位，且儲存此最小相位對應的掃描電壓  $V_s$  的電壓準位。眼圖監視器 140 可以自相位下限逐階增加掃描時脈  $CK_s$  的相位，直到第一取樣結果  $GB$  相同於第二取樣結果  $RB$ 。接著，當第一取樣結果  $GB$  相同於第二取樣結果  $RB$  時，眼圖監視器 140 會儲存掃描時脈  $CK_s$  的相位以作為最小相位。

**【0040】** 於步驟 S602 中，眼圖監視器 140 判斷第二取樣結果  $RB$  在掃描時脈  $CK_s$  的每階相位是否皆不同於第一取樣結果  $GB$ 。若否，眼圖監視器 140 會接著執行步驟 S603

以將掃描電壓  $V_s$  的電壓準位提高一階，其中在步驟 S 6 0 3 完成後，眼圖監視器 1 4 0 會重複執行步驟 S 6 0 1。若步驟 S 6 0 2 的判斷為是（亦即在掃描時脈  $CK_s$  的每階相位，第二取樣結果  $RB$  皆不同於第一取樣結果  $GB$ ），眼圖監視器 1 4 0 會接著執行步驟 S 6 0 4。

【0041】 步驟 S 6 0 4 和 S 6 0 5 分別相似於步驟 S 6 0 1 和 S 6 0 2，為簡潔起見，在此不重複贅述。若 S 6 0 5 的判斷為否，眼圖監視器 1 4 0 會接著執行步驟 S 6 0 6 以將掃描電壓  $V_s$  的電壓準位降低一階，其中在步驟 S 6 0 6 完成後，眼圖監視器 1 4 0 會重複執行步驟 S 6 0 4。若步驟 S 6 0 5 的判斷為是，眼圖監視器 1 4 0 會接著執行步驟 S 6 0 7。

【0042】 在步驟 S 6 0 7 中，眼圖監視器 1 4 0 會儲存使第一取樣結果  $GB$  相同於第二取樣結果  $RB$  的掃描時脈  $CK_s$  的最大相位，且儲存此最大相位對應的掃描電壓  $V_s$  的電壓準位。眼圖監視器 1 4 0 可以自相位上限逐階減少掃描時脈  $CK_s$  的相位，直到第一取樣結果  $GB$  相同於第二取樣結果  $RB$ 。接著，當第一取樣結果  $GB$  相同於第二取樣結果  $RB$  時，眼圖監視器 1 4 0 會儲存掃描時脈  $CK_s$  的相位以作為最大相位。

【0043】 於步驟 S 6 0 8 中，眼圖監視器 1 4 0 判斷第二取樣結果  $RB$  在掃描時脈  $CK_s$  的每階相位是否皆不同於第一取樣結果  $GB$ 。若否，眼圖監視器 1 4 0 會接著執行步驟 S 6 0 9 以將掃描電壓  $V_s$  的電壓準位提高一階，其中在步驟 S 6 0 9 完成後，眼圖監視器 1 4 0 會重複執行步驟 S 6 0 7。若步驟

S 6 0 8 的判斷為是（亦即在掃描時脈 C K s 的每階相位，第二取樣結果 R B 皆不同於第一取樣結果 G B ），眼圖監視器 1 4 0 會接著執行步驟 S 6 1 0 。

【0044】 步驟 S 6 1 0 和 S 6 1 1 分別相似於步驟 S 6 0 7 和 S 6 0 8 ，為簡潔起見，在此不重複贅述。若 S 6 1 1 的判斷為否，眼圖監視器 1 4 0 會接著執行步驟 S 6 1 2 以將掃描電壓 V s 的電壓準位降低一階，其中在步驟 S 6 1 2 完成後，眼圖監視器 1 4 0 會重複執行步驟 S 6 1 0 。若步驟 S 6 1 1 的判斷為是，眼圖監視器 1 4 0 可以結束眼圖量測方法 6 0 0 。

【0045】 眼圖量測方法 6 0 0 可包含相較於流程圖所示較多或較少的步驟，且眼圖量測方法 6 0 0 中的步驟可以任何合適的順序執行。在一些實施例中，步驟 S 6 0 1 ~ S 6 0 3 、步驟 S 6 0 4 ~ S 6 0 6 、步驟 S 6 0 7 ~ S 6 0 9 以及步驟 S 6 1 0 ~ S 6 1 2 這四組步驟的執行順序可以互相交換。在一些實施例中，前述四組步驟中的任意二組可以平行執行。在一些實施例中，前述四組步驟可以平行執行。

【0046】 在說明書及申請專利範圍中使用了某些詞彙來指稱特定的元件。然而，所屬技術領域中具有通常知識者應可理解，同樣的元件可能會用不同的名詞來稱呼。說明書及申請專利範圍並不以名稱的差異做為區分元件的方式，而是以元件在功能上的差異來做為區分的基準。在說明書及申請專利範圍所提及的「包含」為開放式的用語，故應解釋成「包含但不限定於」。另外，「耦接」在此包含任何直接及間接的連接手段。因此，若文中描述第一元件耦

接於第二元件，則代表第一元件可通過電性連接或無線傳輸、光學傳輸等訊號連接方式而直接地連接於第二元件，或者通過其他元件或連接手段間接地電性或訊號連接至該第二元件。

**【0047】** 在此所使用的「及/或」的描述方式，包含所列舉的其中之一或多個項目的任意組合。另外，除非說明書中特別指明，否則任何單數格的用語都同時包含複數格的涵義。

**【0048】** 以上僅為本揭示文件的較佳實施例，在不脫離本揭示文件的範圍或精神的情況下，可以對本揭示文件進行各種修飾和均等變化。綜上所述，凡在以下請求項的範圍內對於本揭示文件所做的修飾以及均等變化，皆為本揭示文件所涵蓋的範圍。

#### **【符號說明】**

##### **【0049】**

1 0 0 : 接收器

1 1 0 : 可變增益放大器

1 2 0 : 決策回授等化器

1 2 2 : 加法器

1 2 4 : 取樣電路

1 2 6 : 取樣電路

1 2 8 : 數位訊號處理器

1 3 0 : 解串列器

140: 眼圖監視器  
150: 時脈資料回復電路  
160: 電壓產生器  
210: 比較電路  
220: 數位訊號處理器  
230: 儲存電路  
240: 控制電路  
250: 解串列器  
510: 串列器  
520: 外部計算裝置  
530: 外部顯示器  
600: 眼圖量測方法  
S61~S62, S601~S612: 步驟  
CKg: 參考時脈  
CKs: 掃描時脈  
InT: 待補償輸入訊號  
InC: 補償後輸入訊號  
GB: 第一取樣結果  
RB, RB(a)~RB(g): 第二取樣結果  
Ts: 測試訊號  
Vg: 參考電壓  
Vs: 掃描電壓  
Vc: 補償電壓



## 【發明申請專利範圍】

【請求項 1】一種眼圖量測方法，包含：

(a) 依據一參考電壓與一參考時脈取樣一補償後輸入訊號，以獲得一第一取樣結果；以及

(b) 依據一掃描電壓和一掃描時脈取樣一待補償輸入訊號以獲得一第二取樣結果，包含：

(b1) 儲存使該第一取樣結果相同於該第二取樣結果的該掃描時脈的一最小相位，且儲存該最小相位對應的該掃描電壓的一電壓準位；

(b2) 提高該電壓準位且重複步驟 (b1)；

(b3) 降低該電壓準位且重複步驟 (b1)；

(b4) 儲存使該第一取樣結果相同於該第二取樣結果的該掃描時脈的一最大相位，且儲存該最大相位對應的該掃描電壓的該電壓準位；

(b5) 提高該電壓準位且重複步驟 (b4)；以及

(b6) 降低該電壓準位且重複步驟 (b4)，

其中儲存的多個電壓準位、多個最大相位以及多個最小相位用於調整該參考電壓與該參考時脈。

【請求項 2】如請求項 1 所述之眼圖量測方法，其中，步驟 (b1) 包含：

自一相位下限逐階增加該掃描時脈的一相位，直到該第一取樣結果相同於該第二取樣結果；以及

當該第一取樣結果相同於該第二取樣結果時，儲存該掃

描時脈的該相位以作為該最小相位。

【請求項 3】如請求項 2 所述之眼圖量測方法，其中，步驟（b2）包含：

當該第二取樣結果在該掃描時脈的每階相位皆不同於該第一取樣結果時，停止提高該電壓準位且停止重複步驟（b1）。

【請求項 4】如請求項 2 所述之眼圖量測方法，其中，步驟（b3）包含：

當該第二取樣結果在該掃描時脈的每階相位皆不同於該第一取樣結果時，停止降低該電壓準位且停止重複步驟（b1）。

【請求項 5】如請求項 1 所述之眼圖量測方法，其中，步驟（b4）包含：

自一相位上限逐階減少該掃描時脈的一相位，直到該第一取樣結果相同於該第二取樣結果；以及

當該第一取樣結果相同於該第二取樣結果時，儲存該掃描時脈的該相位以作為該最大相位。

【請求項 6】如請求項 5 所述之眼圖量測方法，其中，步驟（b5）包含：

當該第二取樣結果在該掃描時脈的每階相位皆不同於該

第一取樣結果時，停止提高該電壓準位且停止重複步驟（b4）。

【請求項 7】如請求項 5 所述之眼圖量測方法，其中，步驟（b6）包含：

當該第二取樣結果在該掃描時脈的每階相位皆不同於該第一取樣結果時，停止降低該電壓準位且停止重複步驟（b4）。

【請求項 8】一種接收器，包含：

一決策回授等化器，用於依據一參考電壓與一參考時脈取樣一補償後輸入訊號，以獲得一第一取樣結果，且用於依據一掃描電壓和一掃描時脈取樣一待補償輸入訊號以獲得一第二取樣結果；

一眼圖監視器，用於執行以下步驟：

（b1）儲存使該第一取樣結果相同於該第二取樣結果的該掃描時脈的一最小相位，且儲存該最小相位對應的該掃描電壓的一電壓準位；

（b2）提高該電壓準位且重複步驟（b1）；

（b3）降低該電壓準位且重複步驟（b1）；

（b4）儲存使該第一取樣結果相同於該第二取樣結果的該掃描時脈的一最大相位，且儲存該最大相位對應的該掃描電壓的該電壓準位；

（b5）提高該電壓準位且重複步驟（b4）；以及

( b 6 ) 降低該電壓準位且重複步驟 ( b 4 ) ，

其中儲存的多個電壓準位、多個最大相位以及多個最小相位用於調整該參考電壓與該參考時脈。

**【請求項 9】**如請求項 8 所述之接收器，其中，該眼圖監視器包含：

一比較電路，用於比較該第一取樣結果與該第二取樣結果以產生一比較輸出；以及

一數位訊號處理電路，用於接收該比較輸出，並用於控制該掃描電壓和該掃描時脈，且用於執行以下步驟以儲存該掃描時脈的該最小相位以及該最小相位對應的該掃描電壓的該電壓準位：

自一相位下限逐階增加該掃描時脈的一相位，直到該第一取樣結果相同於該第二取樣結果；以及

當該第一取樣結果相同於該第二取樣結果時，儲存該掃描時脈的該相位以作為該最小相位。

**【請求項 10】**如請求項 8 所述之接收器，其中，該眼圖監視器包含：

一比較電路，用於比較該第一取樣結果與該第二取樣結果以產生一比較輸出；以及

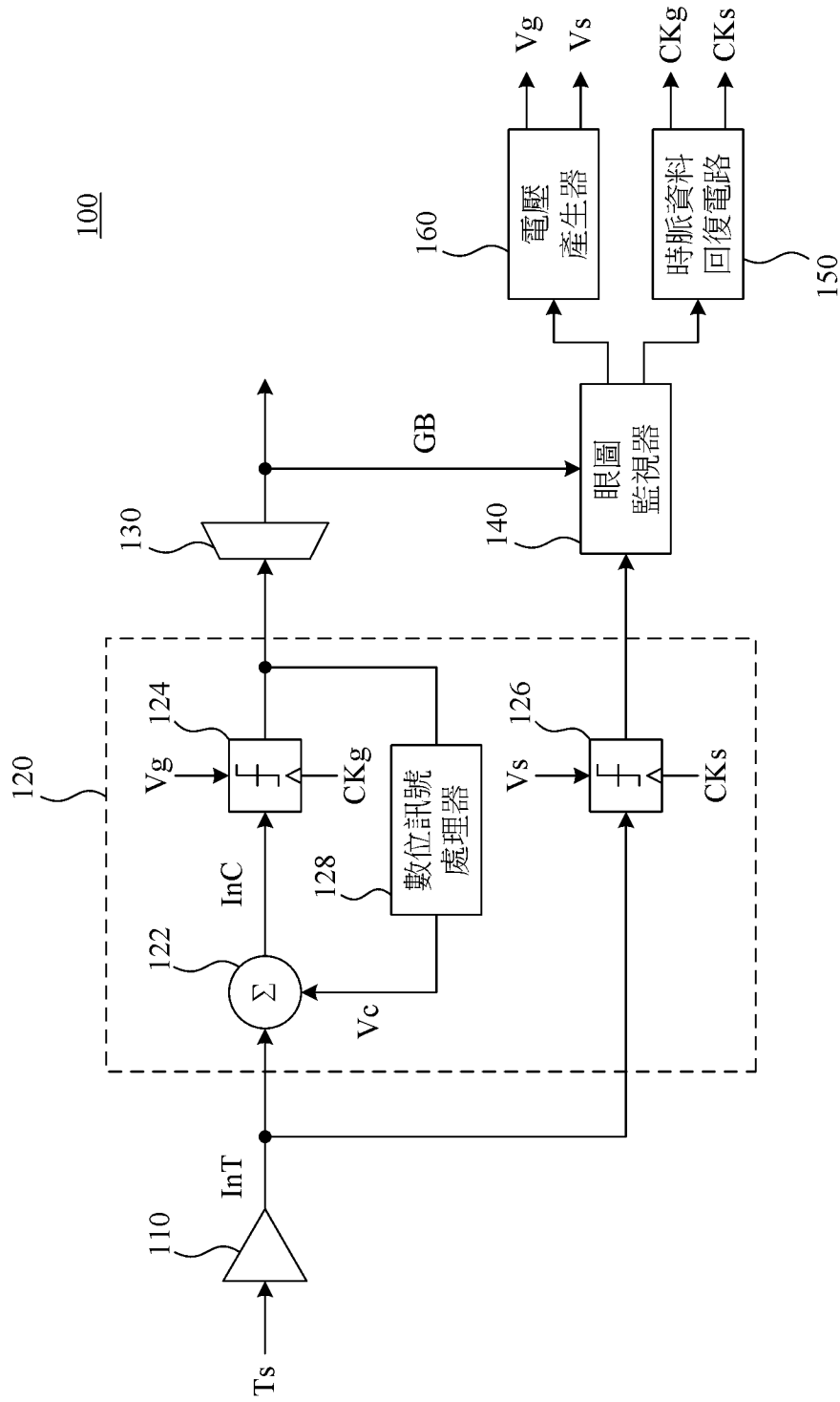
一數位訊號處理電路，用於接收該比較輸出，並用於控制該掃描電壓和該掃描時脈，且用於執行以下步驟以儲存該掃描時脈的該最大相位以及該最大相位對應的該掃描電

壓的該電壓準位：

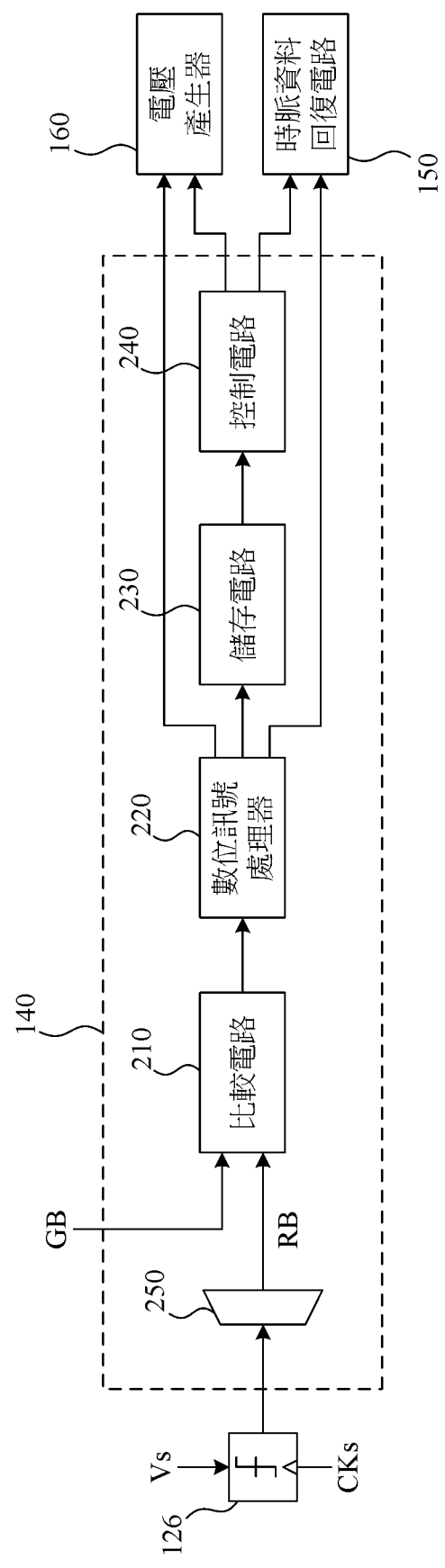
自一相位上限逐階減少該掃描時脈的一相位，直到該第一取樣結果相同於該第二取樣結果；以及

當該第一取樣結果相同於該第二取樣結果時，儲存該掃描時脈的該相位以作為該最大相位。

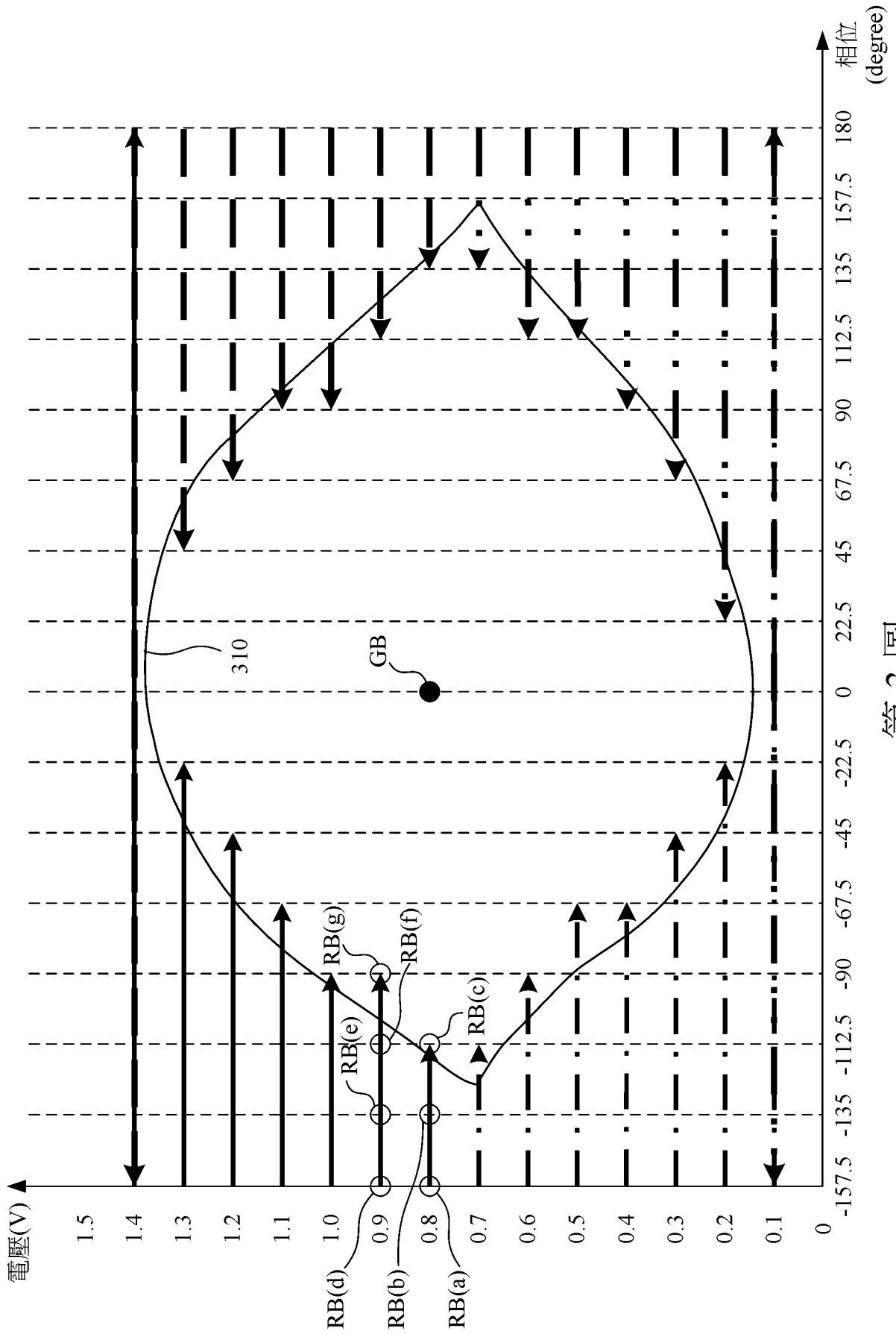
【發明圖式】



第 1 圖

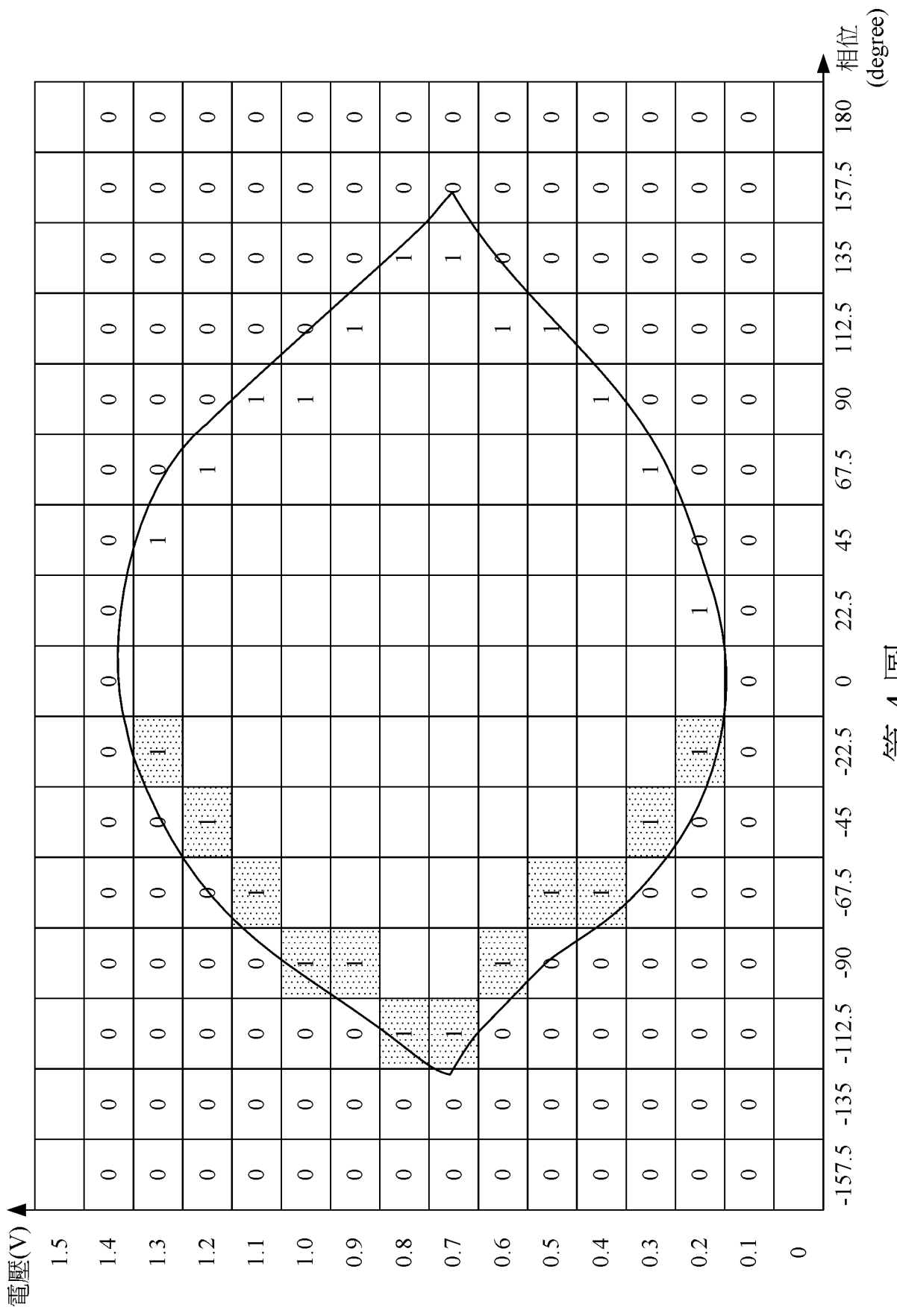


第 2 圖

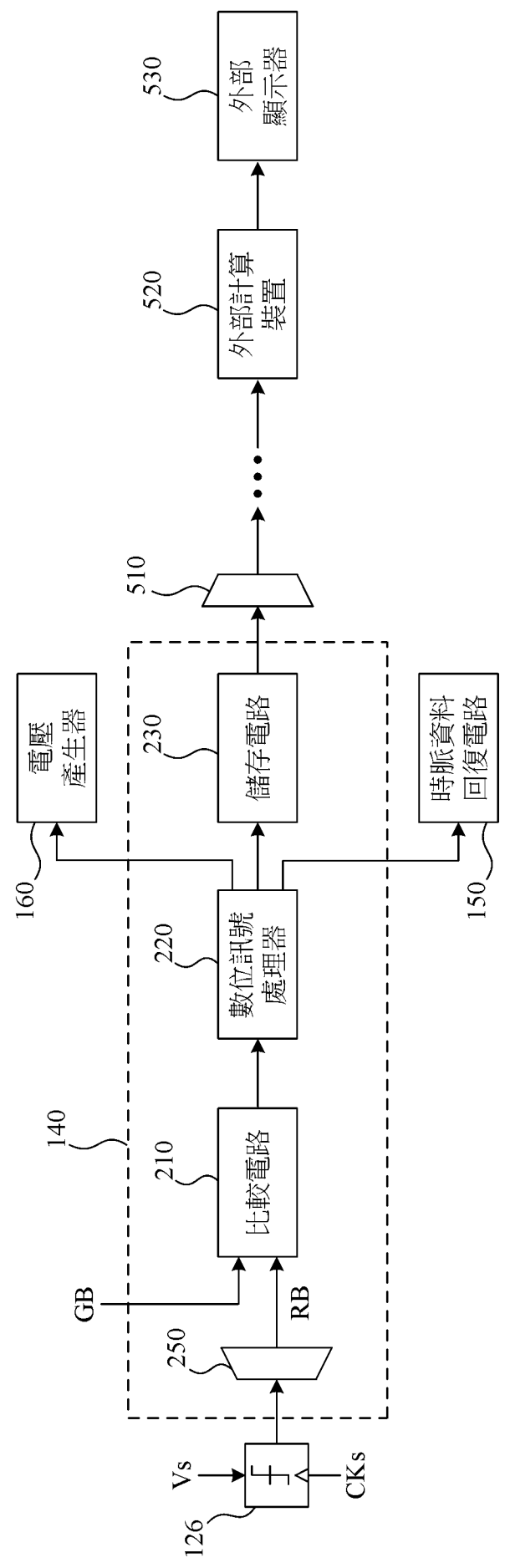


第3圖



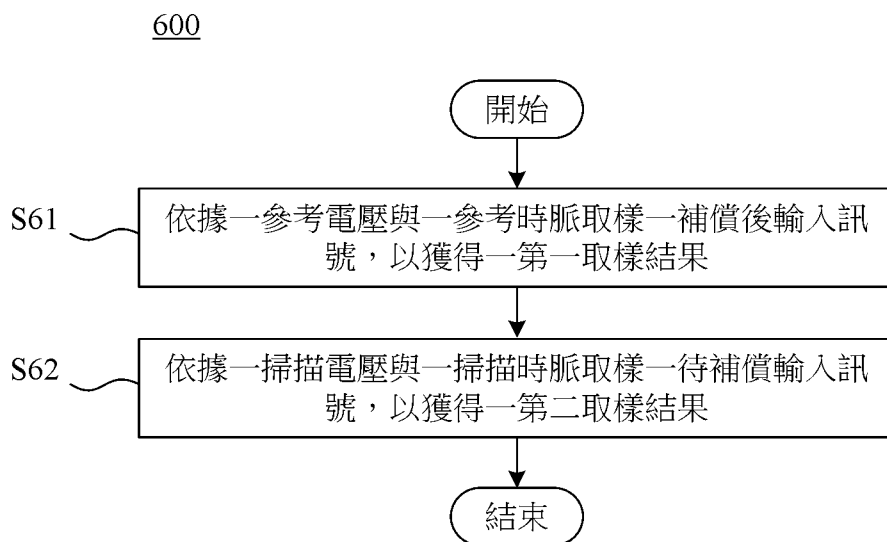


第4圖



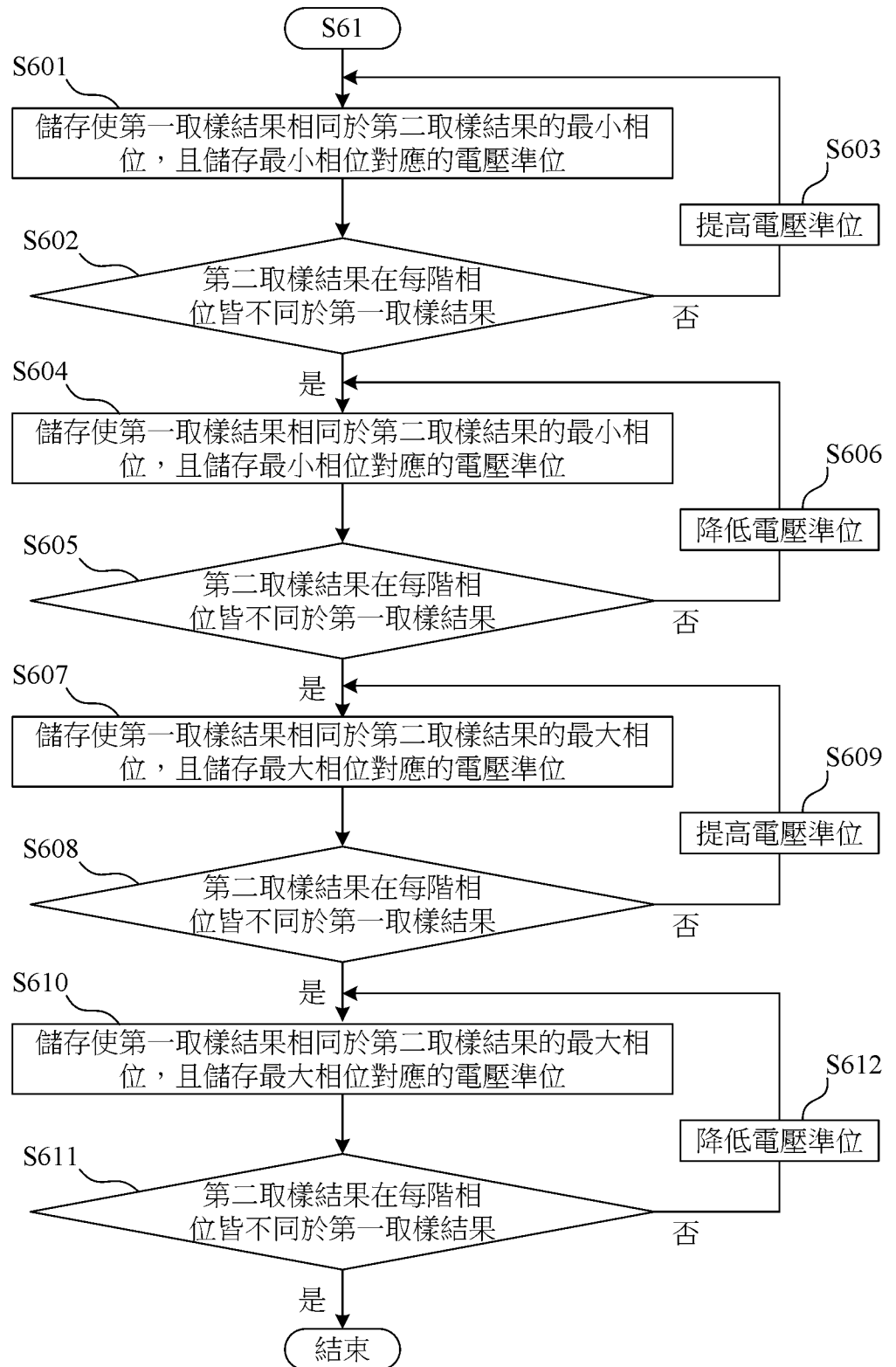
第 5 圖

111年10月18日所提修正



第 6 圖

S62



第 7 圖