

(21)申請案號：099146856

(22)申請日：中華民國 99 (2010) 年 12 月 30 日

(51)Int. Cl. :

**H03L1/00 (2006.01)**

**H03K7/08 (2006.01)**

(71)申請人：國立交通大學(中華民國) NATIONAL CHIAO TUNG UNIVERSITY (TW)

新竹市大學路 1001 號

(72)發明人：謝忠穎 HSIEH, CHUNG YING (TW)；張銘宏 CHANG, MING HUNG (TW)；黃

威 HWANG, WEI (TW)

(74)代理人：陳昭誠

申請實體審查：有 申請專利範圍項數：8 項 圖式數：7 共 22 頁

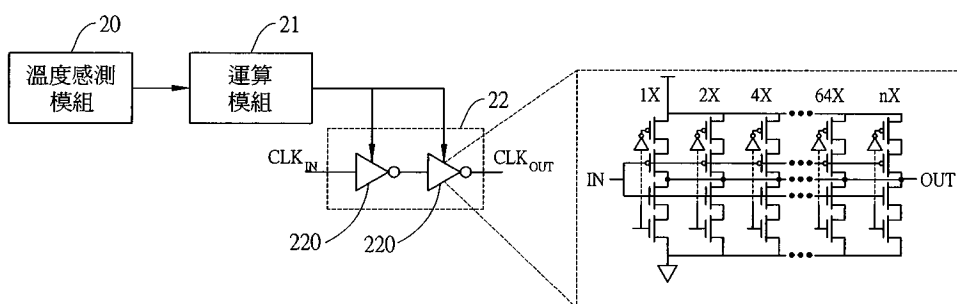
(54)名稱

使用邏輯努力緩衝時脈偏差之方法

METHOD OF USING LOGICAL EFFORT BUFFERING FALSE DEVIATION

(57)摘要

一種使用邏輯努力(logical effort)緩衝時脈偏差之方法，供應用於處在強反轉區域(strong-inversion region)、中反轉區域(moderate-inversion region)、或弱反轉區域(weak-inversion region)之時脈樹，包含以下步驟：於該時脈樹中設置溫度感測模組及寬度可調變之緩衝器(Tunable-Width Buffer)，並依據邏輯努力函式分別建置出供該緩衝器適用於強反轉區域、中反轉區域、及弱反轉區域中的寬度與溫度之對照表；依據該時脈樹所處之反轉區域從建置出的寬度與溫度之對照表中選擇對應之對照表，並令該溫度感測模組進行溫度感測，且由所選擇的寬度與溫度之對照表中依據所感測之溫度查詢對應的寬度值；以及依據查詢出的寬度值令該緩衝器進行寬度調變，藉此緩衝時脈偏差。



20：溫度感測模組

21：運算模組

22：寬度可調變之緩衝器

220：寬度可調變之反相器

# 發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號：99146856

※申請日：99.12.30 ※IPC分類：H03L 1/00 (2006.01)  
H03K 2/08 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

使用邏輯努力緩衝時脈偏差之方法

METHOD OF USING LOGICAL EFFORT BUFFERING FALSE  
DEVIATION

二、中文發明摘要：

一種使用邏輯努力 (logical effort) 緩衝時脈偏差之方法，供應用於處在強反轉區域 (strong-inversion region)、中反轉區域 (moderate-inversion region)、或弱反轉區域 (weak-inversion region) 之時脈樹，包含以下步驟：於該時脈樹中設置溫度感測模組及寬度可調變之緩衝器 (Tunable-Width Buffer)，並依據邏輯努力函式分別建置出供該緩衝器適用於強反轉區域、中反轉區域、及弱反轉區域中的寬度與溫度之對照表；依據該時脈樹所處之反轉區域從建置出的寬度與溫度之對照表中選擇對應之對照表，並令該溫度感測模組進行溫度感測，且由所選擇的寬度與溫度之對照表中依據所感測之溫度查詢對應的寬度值；以及依據查詢出的寬度值令該緩衝器進行寬度調變，藉此緩衝時脈偏差。

### 三、英文發明摘要：

Disclosed is a method of using logical effort buffering pulse deviations applicable to a time pulse tree at a strong-inversion region, moderate-inversion region or a weak-inversion region, comprising disposing a temperature sensor and a Tunable-Width buffer in the time pulse tree and configuring a width and temperature comparative list applicable for the buffer to use at the strong-inversion region, moderate-inversion region or the weak-inversion region respectively according to a logical effort function; selecting a corresponding width and temperature comparative list according to the inversion region of the time pulse tree; allowing the temperature sensor to sense the temperature and acquiring a corresponding width value from the comparative list according to the sensed temperature; and modulating the width according to the acquired width value to thereby buffer pulse deviations.

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第(2)圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

- 20 溫度感測模組
- 21 運算模組
- 22 寬度可調變之緩衝器
- 220 寬度可調變之反相器

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

無。

## 六、發明說明：

### 【發明所屬之技術領域】

本案係關於一種緩衝時脈偏差之方法，詳言之，係為一種使用邏輯努力來緩衝時脈偏差之方法。

### 【先前技術】

數位電路的資料流動係藉由時脈訊號來進行同步，但在低電壓狀態時，由於電路系統會受到溫度變化的影響而令時脈訊號產生偏差，所以，如何將因溫度變化所產生的時脈偏差消除即成為本領域中非常重要的研究重點。

如美國第 6,653,883 號專利案所揭露之時脈樹緩衝技術，即為一種消除時脈偏差的方法，大體來說，此專利案係利用暫時的時脈緩衝器來傳遞參考的時脈信號，並依據此參考的時脈信號動態地減小時脈偏差，亦即，利用一個時脈偏差的修正電路在一段時間內重複地調整時脈緩衝器，進而減小時脈偏差。惟，傳遞參考的時脈信號需要大量的佈線，除了會增加電容外，也會讓功率的消耗量過高，其實際應用的難度較高。

而 IEEE 於 2009 年 2 月揭露一論文 “Design of Thermally Robust Clock Tree Using Dynamically Adaptive Clock Buffers”，於此論文中，提及一種可實際應用於時脈樹的時脈偏差消除技術。簡言之，此論文提供之技術係在 1 伏特的操作電壓下設置時脈緩衝器，並以溫度感測器來得知時脈樹上不同點的溫度資訊，進而依據該溫度資訊以類比的方式來調整該時脈緩衝器的推力，達到消除時脈

偏差的效果。然而，現行晶片製程的前提是必須能應用於近臨界（near-threshold）與次臨界（sub-threshold）的極低電壓區域中，亦即，必須能應用在中反轉區域（moderate-inversion region）或弱反轉區域（weak-inversion region）中，但此論文之技術卻受限於1伏特的操作電壓，也就是僅能適用於強反轉區域（strong-inversion region），無法針對運作於近臨界電壓下或次臨界電壓下的時脈樹進行時脈緩衝，故其應用範圍相當有限。

因此，如何提供一種時脈緩衝技術，可供操作於次臨界電壓或近臨界電壓的時脈樹所使用，即為有待解決之課題。

#### 【發明內容】

有鑒於此，本發明之主要目的係在於提供一種操作在次臨界電壓或近臨界電壓下的時脈樹得以使用之時脈緩衝技術。

為了達到上述目的及其他目的，本發明提供一種使用邏輯努力（logical effort）緩衝時脈偏差之方法，供應用於處在強反轉區域（strong-inversion region）、中反轉區域（moderate-inversion region）、或弱反轉區域（weak-inversion region）之時脈樹，包含以下步驟：於該時脈樹中設置溫度感測模組及寬度可調變之緩衝器（Tunable-Width Buffer），並依據邏輯努力函式分別建置出供該緩衝器適用於強反轉區域、中反轉區域、及弱反轉

區域中的寬度與溫度之對照表；依據該時脈樹所處之反轉區域從建置出的寬度與溫度之對照表中選擇對應之對照表，並令該溫度感測模組進行溫度感測，且由選擇出的寬度與溫度之對照表中依據所感測的溫度查詢相應的寬度值；以及依據查詢出的寬度值令該緩衝器進行寬度調變。

於本發明之一實施態樣中，所述的依據邏輯努力函式分別建置出供該緩衝器適用於強反轉區域、中反轉區域、及弱反轉區域中的寬度與溫度之對照表的步驟，係指先依據邏輯努力函式分別推導出適用於強反轉區域、中反轉區域、及弱反轉區域中的邏輯努力與溫度及電壓的多項式函式，再依據推導出之各該邏輯努力與溫度及電壓的多項式函式建置出供該緩衝器分別適用於強反轉區域、中反轉區域、及弱反轉區域中的寬度與溫度之對照表。

依據上述構成，本發明可依據所量測的溫度動態地調整緩衝器之寬度，亦即，調整時脈樹中的每一個緩衝器的邏輯努力，使每一個緩衝器之邏輯努力能維持在一個定值，進而產生相同的延遲效果，以減少時脈偏差(clock skew)。

### 【實施方式】

以下藉由特定的具體實施形態說明本發明之實施方式，熟悉此技術之人士可由本說明書所揭示之內容輕易地瞭解本發明之其他優點與功效。當然，本發明亦可藉由其他不同的具體實施形態加以施行或應用。

本發明提供一種使用邏輯努力(logical effort)緩衝

時脈偏差之方法，供應用於處在強反轉區域（strong-inversion region）、中反轉區域（moderate-inversion region）、或弱反轉區域（weak-inversion region）之時脈樹。於一實施態樣中，強反轉區域（strong-inversion region）係指操作電壓約為 1 伏特的實施狀態，中反轉區域（moderate-inversion region）係指操作電壓約為 0.5 伏特的實施狀態，弱反轉區域（weak-inversion region）係指操作電壓約為 0.3 伏特的實施狀態，而時脈樹係可為例如第 1 圖所示之 H 型的時脈樹 10。

實施本發明時，首先，係於時脈樹中設置溫度感測模組及寬度可調變之緩衝器（Tunable-Width Buffer），並依據邏輯努力函式分別建置出供該緩衝器適用於強反轉區域、中反轉區域、及弱反轉區域中的寬度與溫度之對照表。

具體來說，本發明首先於時脈樹的每一個節點中建置如第 2 圖所示之溫度感測模組（Temperature Sensor）20、運算模組 21、及寬度可調變之緩衝器 22，而寬度可調變之緩衝器 22 可具備兩個寬度可調變之反相器（inverter）220，其中寬度可調變之反相器 220 的寬度係可從  $1X$  調變至  $nX$ 。

接著，依據邏輯努力函式分別建置出供該緩衝器適用於強反轉區域、中反轉區域、及弱反轉區域中的寬度與溫度之對照表。於此步驟中，可先依據邏輯努力函式分別推導出適用於強反轉區域、中反轉區域、及弱反轉區域中的邏輯努力與溫度及電壓的多項式函式，再依據推導出之各



該邏輯努力與溫度及電壓的多項式函式，建置出供該寬度可調變之緩衝器 22 分別適用於強反轉區域、中反轉區域、及弱反轉區域中的寬度與溫度之對照表，並儲存於相關的記憶模組（未圖示）中。

詳言之，所述的邏輯努力函式（logical effort equation），係為  $d_{abs} = \tau(f + p) = \tau(gh + p)$ ， $g = \frac{R_t C_{int}}{R_{inv} C_{inv}} = k R_t C_{int} = k \frac{V_{DD}}{I_D} C_{int}$ ，及  $1/g = \frac{I_D}{k V_{DD} C_{int}}$ ，其中， $g$  代表邏輯努力（logical effort）， $R_{inv}$  代表反相器的輸出電阻， $C_{inv}$  代表反相器的輸出電容， $R_t$  代表具體節點（specific gate）的輸出電阻， $C_{int}$  代表具體節點（specific gate）的輸出電容， $k$  代表  $\frac{1}{R_{inv} C_{inv}}$  的常數（constant）， $R_t$  代表  $\frac{V_{DD}}{I_D}$ ， $I_D$  代表金氧半場效電晶體（MOSFET）的汲極電流（drain current）。

依據此邏輯努力函式，可簡化出近臨界（near-threshold）與次臨界（sub-threshold）的電流函式，

即  $I_D = (W/L) C_{ox} \mu_{eff} (1/\eta) (V_{DD} - V_T)^2$  與  $I_D = (W/L) \mu_0 C_{ox} \frac{\eta}{\beta^2} \exp[(\beta/\eta)(V_{DD} - V_T - \eta/\beta)]$ ，接著

再進行綜合運算以推導出適用於強反轉區域的邏輯努力與溫度及電壓的多項式函式、適用於中反轉區域的邏輯努力與溫度及電壓的多項式函式、及適用於弱反轉區域的邏輯努力與溫度及電壓的多項式函式，其中，適用於強反轉區域的邏輯努力與溫度及電壓的多項式函式，係為  $1/g_u = A(T) \frac{(V_{DD} - V_{T0} + \alpha T)^{3/2}}{V_{DD}}$ ，其中  $g_u$  代表統一的邏輯努力（unified

logical effect),  $T$  代表溫度,  $V$  代表電壓,  $A(T)$  代表溫度的二階多項式; 又, 適用於中反轉區域的邏輯努力與溫度及電壓的多項式函式, 係為  $1/g_u = B(T)V_{DD}^2 + C(T)V_{DD} + D(T)$ , 其中  $g_u$  代表統一的邏輯努力 (unified logical effect),  $T$  代表溫度,  $V$  代表電壓,  $B(T)$ 、 $C(T)$ 、 $D(T)$  代表溫度的二階多項式; 而適用於弱反轉區域的邏輯努力與溫度及電壓的多項式函式, 則為  $1/g_u = E(T)\exp\{F(T)[V_{DD} - V_{T0}]\}$ , 其中  $g_u$  代表統一的邏輯努力 (unified logical effect),  $T$  代表溫度,  $V$  代表電壓,  $E(T)$  代表溫度的四階多項式,  $F(T)$  代表溫度的二階多項式。

依據所推導出的適用於強反轉區域的邏輯努力與溫度及電壓的多項式函式、適用於中反轉區域的邏輯努力與溫度及電壓的多項式函式、及適用於弱反轉區域的邏輯努力與溫度及電壓的多項式函式, 即可於不同的溫度及電壓狀態下運算出如第 3 圖所例示之電壓與邏輯努力之倒數的關係圖、如第 4 圖所例示之電壓與邏輯努力之倒數的關係圖、及如第 5 圖所例示之電壓與邏輯努力之倒數的關係圖。

由於邏輯努力 (unified logical effect) 係具有與  $I_D$  成反比之物理特性, 且  $I_D$  係具有與寬度可調變之反相器 220 之寬度成正比之物理特性, 所以可得到關係式  $\frac{g_{w2}(V,T)}{g_{w1}(V,T)} = \frac{W_1}{W_2}$ ,

而為了達到減少時脈偏差 (clock skew) 的目的,  $g_{w2}(V,T)$  可設定為 1, 以得到關係式  $W_2 = W_1 \times g_{w1}(V_{SUPPLY}, T)$ 。將得到的關係式  $W_2 = W_1 \times g_{w1}(V_{SUPPLY}, T)$  搭配如第 3 圖、第 4 圖、及第 5 圖所示之電壓與邏輯努力之倒數的關係圖後, 即可進一步運算出分別

適用於強反轉區域、中反轉區域、及弱反轉區域中的寬度與溫度之對照表。為了清楚瞭解此處所述之寬度與溫度之對照表，茲以第 6 圖之曲線圖來表示適用於中反轉區域中的寬度與溫度之對照表。

在建置出適用於強反轉區域、中反轉區域、及弱反轉區域中的寬度與溫度之對照表後，緊接著即可依據時脈樹 10 所處之反轉區域，從建置出的寬度與溫度之對照表中選擇出適當的寬度與溫度之對照表，並令溫度感測模組 20 進行溫度感測，以由選擇出的寬度與溫度之對照表中查詢出與所感測之溫度相對應的寬度值。具體來說，於時脈樹 10 開始進行運作時，溫度感測模組 20 會同步開始進行溫度感測，以感測出各節點即時的溫度變化，同時，運算模組 21 也會依據時脈樹 10 所得到之供給電壓判斷出時脈樹 10 所處之反轉區域，並依據判斷出的反轉區域從先前建置出的各該寬度與溫度之對照表中選擇出適當的寬度與溫度之對照表，進而根據溫度感測模組 20 所感測出的溫度變化，從選擇出的寬度與溫度之對照表查詢出相應的寬度值來進行調變。

於查詢出相應的寬度值後，運算模組 21 即可依據查詢出的寬度值來令寬度可調變之緩衝器 22 進行相應的寬度調變。當然，由於寬度可調變之緩衝器 22 可具備有兩個寬度可調變之反相器 220，所以運算模組 21 可同時令該二寬度可調變之反相器 220 進行寬度調變。舉例來說，假設運算模組 21 判斷出時脈樹 10 所處之反轉區域為中反轉區

域時，運算模組 21 即會據此選擇出如第 6 圖所繪製之寬度與溫度之對照表。而當溫度感測模組 20 感測到溫度變化為  $0^{\circ}\text{C}$  時，運算模組 21 遂會從第 6 圖所繪製之寬度與溫度之對照表中查詢與  $0^{\circ}\text{C}$  對應的寬度值為  $3X$ ，接著，運算模組 21 即可發出代表“將寬度調變為  $3X$ ”的調變命令給寬度可調變之緩衝器 22，而在收到此調變命令後，寬度可調變之緩衝器 22 包含的兩個寬度可調變之反相器 220 的寬度就會調變至  $3X$ ，以減低因溫度由原先的溫度變化至  $0^{\circ}\text{C}$  所生的時脈偏差。

將第 1 圖所示之時脈樹 10 區分為左測試區域  $T_L$  與右測試區域  $T_R$  以進行實際測試，可得到如第 7 圖所示之實驗結果。如其中的一實驗結果所示，當時脈樹 10 處於供給電壓為 0.3 伏特弱之反轉區域時，將左測試區域  $T_L$  的溫度設定為  $-25^{\circ}\text{C}$ ，右測試區域  $T_R$  的溫度設定為  $0^{\circ}\text{C}$ ，則寬度調變前的時脈偏差係為 101.4 (ns)，而寬度調變後的時脈偏差係大幅減低至 5.6 (ns)，其減低幅度為 94.5%。由此可知，本發明提供之使用邏輯努力緩衝時脈偏差之方法，確實具有減少時脈偏差的功效。

相較於習知技術，本發明先建置出適用於強反轉區域、中反轉區域、及弱反轉區域的邏輯努力與溫度及電壓的多項式函式，並據此運算出適用於強反轉區域、中反轉區域、及弱反轉區域的寬度與溫度之對照表，所以，可依據量測到的溫度動態調整緩衝器之寬度，亦即調整時脈樹中的每一個緩衝器的邏輯努力，使每一個緩衝器之邏輯努

力維持在一個定值，讓時脈樹上的每一個節點的延遲效果相同，進而大幅減少時脈偏差(clock skew)。

惟，上述實施形態僅例示性說明本發明之原理及其功效，而非用於限制本發明。任何熟習此項技藝之人士均可在不違背本發明之精神及範疇下，對上述實施形態進行修飾與改變。因此，本發明之權利保護範圍，應如後述之申請專利範圍所列。

### 【圖式簡單說明】

第1圖係為應用本發明使用邏輯努力緩衝時脈偏差之方法的時脈樹之示意圖；

第2圖係為第1圖所示之時脈樹各個節點中的架構示意圖；

第3圖係為應用本發明使用邏輯努力緩衝時脈偏差之方法推導出的一電壓與邏輯努力之倒數的關係圖；

第4圖係為應用本發明使用邏輯努力緩衝時脈偏差之方法推導出的另一電壓與邏輯努力之倒數的關係圖；

第5圖係為應用本發明使用邏輯努力緩衝時脈偏差之方法推導出的又一電壓與邏輯努力之倒數的關係圖；

第6圖係為應用本發明使用邏輯努力緩衝時脈偏差之方法推導出的一寬度與溫度之對照表；以及

第7圖係為以本發明使用邏輯努力緩衝時脈偏差之方法進行實驗的統計表。

### 【主要元件符號說明】

10 時脈樹

- 20 溫度感測模組
- 21 運算模組
- 22 寬度可調變之緩衝器
- 220 寬度可調變之反相器
- T<sub>L</sub> 左測試區域
- T<sub>R</sub> 右測試區域

## 七、申請專利範圍：

1. 一種使用邏輯努力 (logical effort) 緩衝時脈偏差之方法，供應用於處在強反轉區域 (strong-inversion region)、中反轉區域 (moderate-inversion region)、或弱反轉區域 (weak-inversion region) 之時脈樹，包含以下步驟：

於該時脈樹中設置溫度感測模組及寬度可調變之緩衝器 (Tunable-Width Buffer)，並依據邏輯努力函式分別建置出供該緩衝器適用於強反轉區域、中反轉區域、及弱反轉區域中的寬度與溫度之對照表；

依據該時脈樹所處之反轉區域從所建置出的寬度與溫度之對照表中選擇出對應之對照表，並令該溫度感測模組進行溫度感測，且由所選擇出的寬度與溫度之對照表中依據該溫度感測模組所感測之溫度查詢對應的寬度值；以及

依據所查詢的寬度值令該緩衝器進行寬度調變。

2. 如申請專利範圍第 1 項所述之使用邏輯努力緩衝時脈偏差之方法，其中，所述的依據邏輯努力函式分別建置出供該緩衝器適用於強反轉區域、中反轉區域、及弱反轉區域中的寬度與溫度之對照表的步驟中，復包括：

依據邏輯努力函式分別推導出適用於強反轉區域、中反轉區域、及弱反轉區域中的邏輯努力與溫度及電壓的多項式函式；以及

依據推導出之各該邏輯努力與溫度及電壓的多項

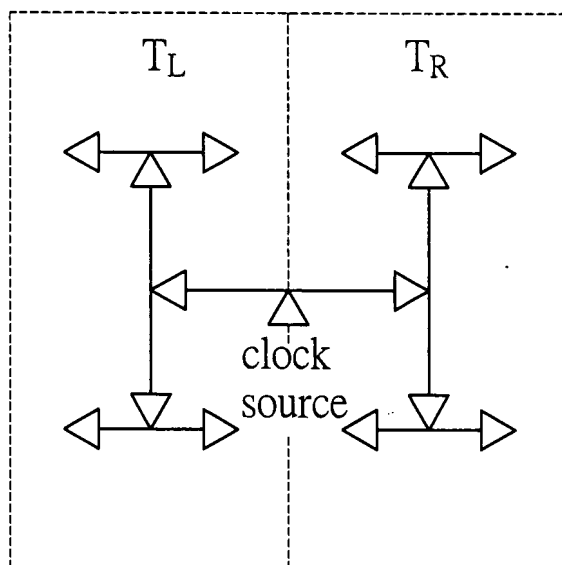
式函式建置出供該緩衝器分別適用於強反轉區域、中反轉區域、及弱反轉區域中的寬度與溫度之對照表。

3. 如申請專利範圍第 2 項所述之使用邏輯努力緩衝時脈偏差之方法，其中，所述的適用於強反轉區域的邏輯努力與溫度及電壓的多項式函式，係為  $1/g_u = A(T) \frac{(V_{DD} - V_{T0} + aT)^{3/2}}{V_{DD}}$ ，其中， $g_u$  代表統一的邏輯努力 (unified logical effect)， $T$  代表溫度， $V$  代表電壓， $A(T)$  代表溫度的二階多項式。
4. 如申請專利範圍第 2 項所述之使用邏輯努力緩衝時脈偏差之方法，其中，所述的適用於中反轉區域的邏輯努力與溫度及電壓的多項式函式，係為  $1/g_u = B(T)V_{DD}^2 + C(T)V_{DD} + D(T)$ ，其中， $g_u$  代表統一的邏輯努力 (unified logical effect)， $T$  代表溫度， $V$  代表電壓， $B(T)$ 、 $C(T)$ 、 $D(T)$  代表溫度的二階多項式。
5. 如申請專利範圍第 2 項所述之使用邏輯努力緩衝時脈偏差之方法，其中，所述的適用於弱反轉區域的邏輯努力與溫度及電壓的多項式函式，係為  $1/g_u = E(T) \exp\{F(T)[V_{DD} - V_{T0}]\}$ ，其中， $g_u$  代表統一的邏輯努力 (unified logical effect)， $T$  代表溫度， $V$  代表電壓， $E(T)$  代表溫度的四階多項式， $F(T)$  代表溫度的二階多項式。
6. 如申請專利範圍第 1 項所述之使用邏輯努力緩衝時脈偏差之方法，其中，所述的依據該時脈樹所處之反轉區域從建置出的寬度與溫度之對照表中選擇對應之對照表的步驟中，復包括：依據該時脈樹之供給電壓判斷出

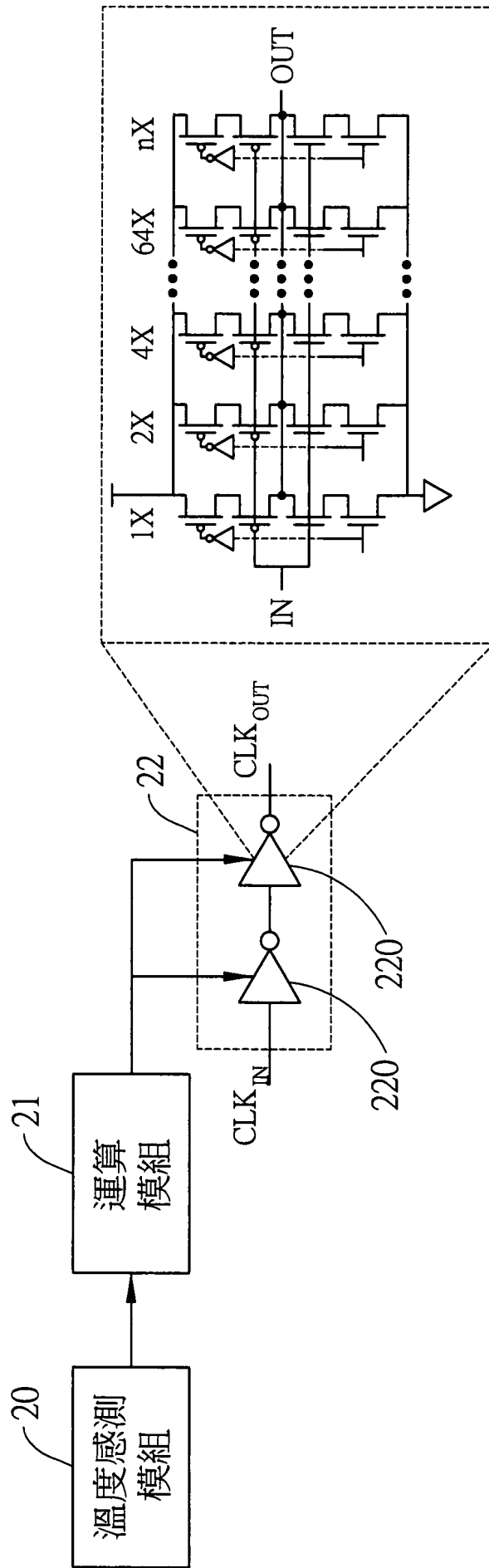


該時脈樹所處之反轉區域，再依據判斷出的反轉區域從建置出的寬度與溫度之對照表中選擇出適當的寬度與溫度之對照表的步驟。

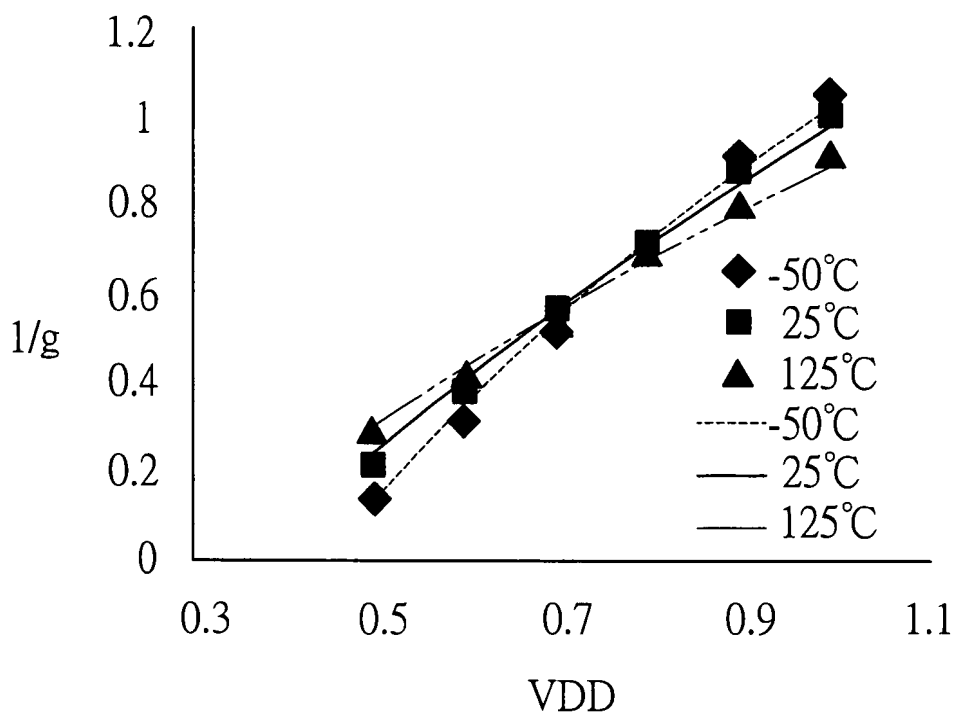
7. 如申請專利範圍第 1 項所述之使用邏輯努力緩衝時脈偏差之方法，其中，該寬度可調變之緩衝器係具備二寬度可調變之反相器。
8. 如申請專利範圍第 7 項所述之使用邏輯努力緩衝時脈偏差之方法，其中，所述的依據查詢出的寬度值令該緩衝器進行寬度調變的步驟，係指依據查詢出的寬度值令該二寬度可調變之反相器同時進行寬度調變。



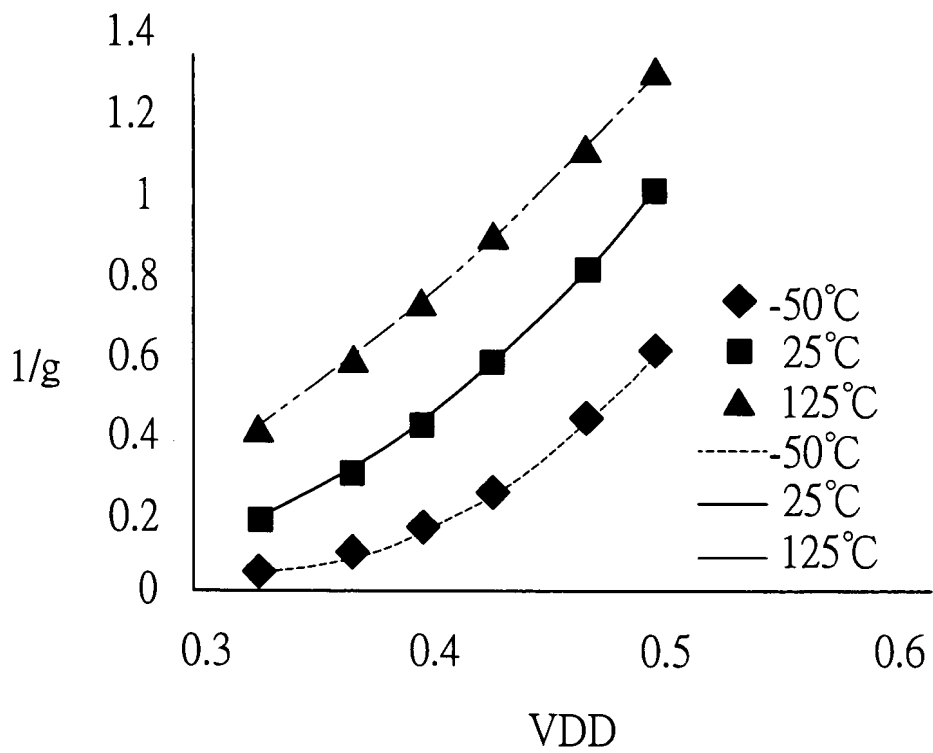
第 1 圖



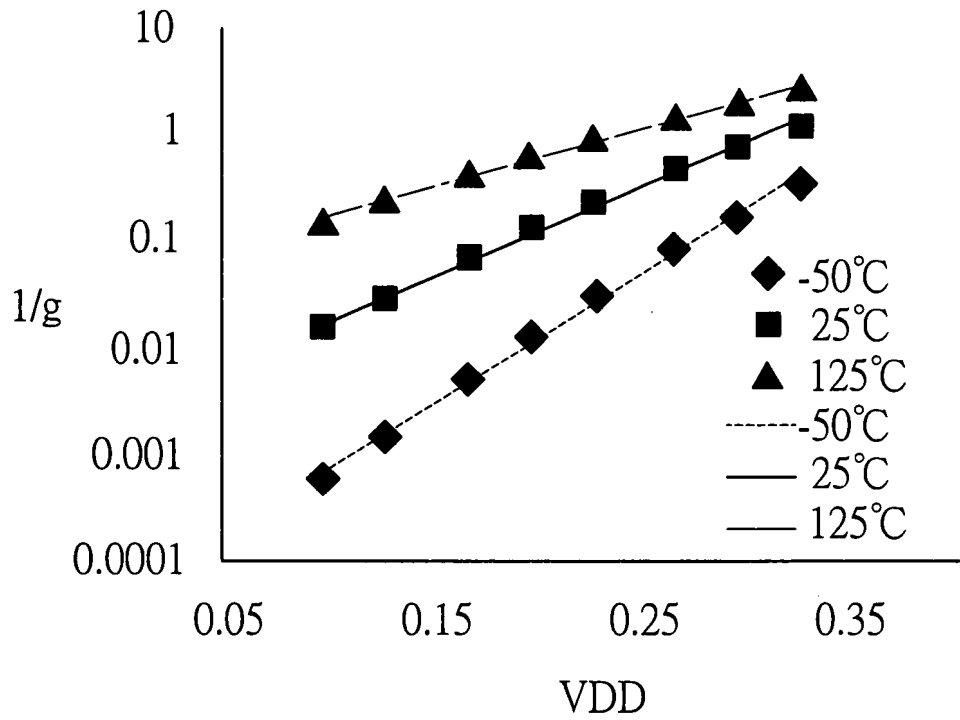
第2圖



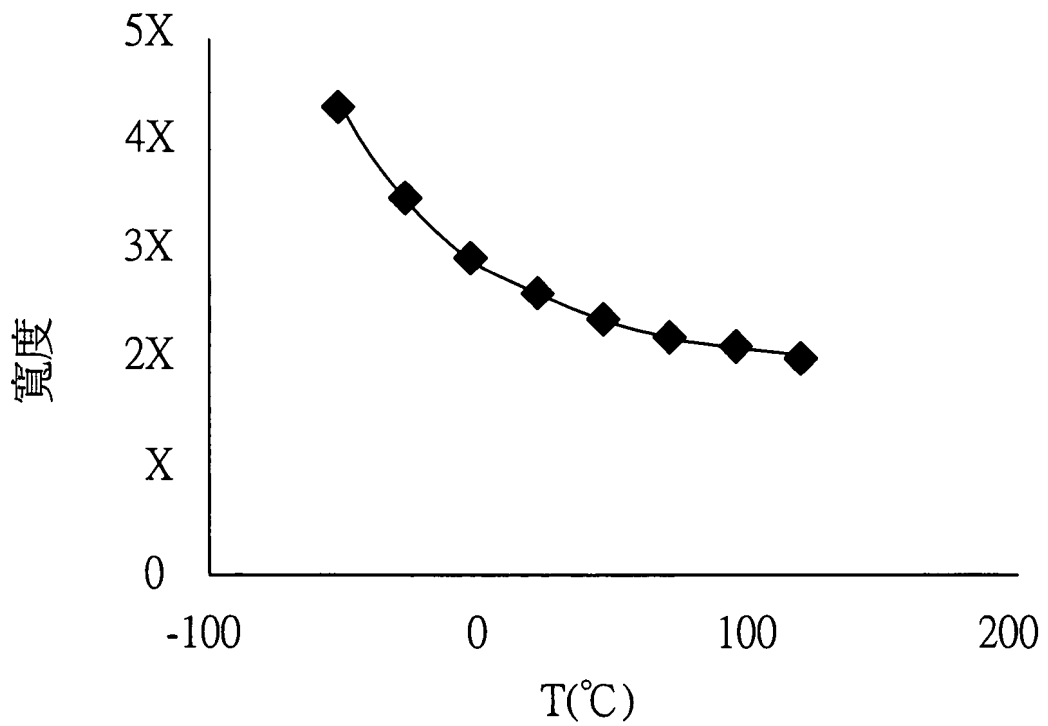
第 3 圖



第 4 圖



第 5 圖



第 6 圖

TL(°C)	TR(°C)	Clock Skew @0.3V			Clock Skew @0.5V		
		Before (ns)	After (ns)	Improve-ment	Before (ns)	After (ns)	Improve-ment
-25	0	101.4	5.6	94.5%	1.055	0.120	88.6%
	25	153.8	7.6	95.1%	1.769	0.327	81.5%
	50	183.2	18.6	89.8%	2.259	0.476	79.0%
	75	200.9	19.0	90.5%	2.645	0.641	75.8%
	100	212.2	25.7	87.9%	2.891	0.800	72.3%
	125	219.7	27.4	87.5%	3.108	0.873	71.9%
0	25	52.4	2.0	96.1%	0.714	0.207	71.0%
	50	81.8	13.1	84.0%	1.205	0.356	70.5%
	75	99.5	13.4	86.5%	1.590	0.521	67.3%
	100	110.8	20.1	81.9%	1.836	0.680	63.0%
	125	118.3	21.9	81.5%	2.054	0.753	63.3%
25	50	29.4	11.0	62.5%	0.490	0.149	69.7%
	75	47.1	11.4	75.8%	0.876	0.313	64.2%
	100	58.4	18.0	69.1%	1.122	0.473	57.9%
	125	65.9	19.8	69.9%	1.340	0.546	59.2%
50	50	17.7	0.4	97.8%	0.386	0.165	57.2%
	75	29.0	7.0	75.7%	0.632	0.324	48.7%
	125	36.5	8.8	75.8%	0.849	0.398	53.2%
75	100	11.3	6.6	41.2%	0.246	0.159	35.4%
	125	18.8	8.4	55.1%	0.464	0.233	49.8%
100	125	7.5	1.8	76.2%	0.217	0.073	66.2%

第 7 圖