



(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 I545307 B

(45) 公告日：中華民國 105 (2016) 年 08 月 11 日

(21) 申請案號：101103817 (22) 申請日：中華民國 101 (2012) 年 02 月 06 日
 (51) Int. Cl. : G01K7/32 (2006.01) G01K7/01 (2006.01)
 (30) 優先權：2011/02/07 英國 1102070.8
 (71) 申請人：北歐半導體公司 (挪威) NORDIC SEMICONDUCTOR ASA (NO)
 挪威
 (72) 發明人：布魯瑟 奧拉 BRUSET, OLA (NO)；韋伯格 史丹艾瑞克 WEBERG, STEIN-ERIK
 (NO)；史寇蘭 珮 卡斯登 SKOGLUND, PER CARSTEN (NO)；路吉 維納 LUZI,
 WERNER (CH)
 (74) 代理人：吳冠賜；蘇建太
 (56) 參考文獻：
 TW I226533 US 6893154B2
 US 6934652B2 US 2006/0038626A1
 US 2006/0238267A1 US 2007/0160113A1
 審查人員：林秀峰
 申請專利範圍項數：11 項 圖式數：3 共 20 頁

(54) 名稱

半導體溫度感測器

SEMICONDUCTOR TEMPERATURE SENSORS

(57) 摘要

本發明係有關於一種用於一積體電路之溫度感測裝置，包括：一振盪器，具有一與溫度相關之特徵頻率；以及一數位計數器，係用於計算該振盪器於一給定之時間區間內所產生之脈波數目、或是該振盪器用以產生一給定脈波數目之時間，並於任一情況下給出一量測值。該裝置係於一線性演算法(linearization algorithm)下，利用該量測值與一儲存參考值之一差值以估算溫度。

A temperature sensing device for an integrated circuit comprises an oscillator 2 having a characteristic frequency dependent on the temperature and a digital counter 16 arranged to count a number of pulses generated by the oscillator 2 in a given time interval, or the time taken for the oscillator to generate a given number of pulses. Either of these gives a measured value. The device is configured to use a difference between the measured value and a stored reference value in a linearisation algorithm to estimate a temperature.

指定代表圖：

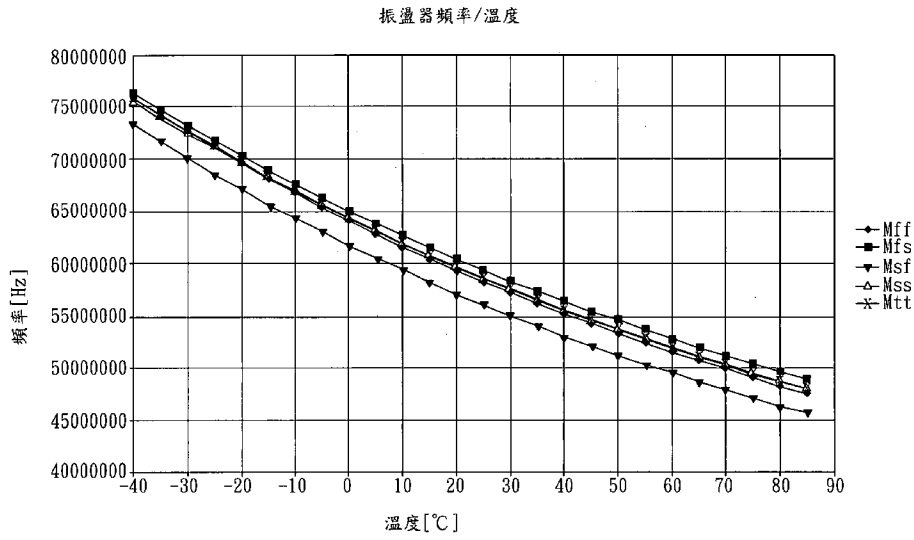


圖2

符號簡單說明：

- 2 . . . 類比部分
- 4 . . . 數位部分
- 6 . . . 電壓參考元件
- 8 . . . 電壓緩衝器
- 10₁、10₂、...
- 10_N . . . 反相器
- 12 . . . 位準位移器
- 14 . . . 輸出
- 16 . . . 第一計數器
- 18 . . . 第二計數器
- 20 . . . 時脈輸入
- 22 . . . 控制輸入
- 24、26 . . . 輸出
- 28 . . . 第三輸出
- 30 . . . 輸出
- 32 . . . 解碼器
- 34 . . . 輸出
- 36 . . . 參考校正值

公告本

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：101103817

※ 申請日：101.2.6

※IPC 分類：G01K 7/32 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

G01K 7/01 (2006.01)

半導體溫度感測器/

SEMICONDUCTOR TEMPERATURE SENSORS

二、中文發明摘要：

本發明係有關於一種用於一積體電路之溫度感測裝置，包括：一振盪器，具有一與溫度相關之特徵頻率；以及一數位計數器，係用於計算該振盪器於一給定之時間區間內所產生之脈波數目、或是該振盪器用以產生一給定脈波數目之時間，並於任一情況下給出一量測值。該裝置係於一線性演算法(linearization algorithm)下，利用該量測值與一儲存參考值之一差值以估算溫度。

三、英文發明摘要：

A temperature sensing device for an integrated circuit comprises an oscillator 2 having a characteristic frequency dependent on the temperature and a digital counter 16 arranged to count a number of pulses generated by the oscillator 2 in a given time interval, or the time taken for the oscillator to generate a given number of pulses. Either of these gives a measured value. The device is configured to use a difference between the measured value and a stored reference value in a linearisation algorithm to estimate a temperature.

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：圖 (2) 。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

2	類比部分	4	數位部分
6	電壓參考元件	8	電壓緩衝器
10 ₁ 、10 ₂ 、...10 _N	反相器	12	位準位移器
14	輸出	16	第一計數器
18	第二計數器	20	時脈輸入
22	控制輸入	24、26	輸出
28	第三輸出	30	輸出
32	解碼器	34	輸出
36	參考校正值		

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】

本發明係關於一種用於感測溫度之裝置及方法，尤其適用於半導體積體電路領域。

【先前技術】

提供一具有量測鄰近處之溫度之能力之半導體裝置係已為公眾所知悉的技術。例如，於2009年IEEE積體電路研討會 (Custom Integrated Circuits Conference) 中由 Kisoo Kim、Hokyu Lee、Sangdon Jung、以及 Chulwoo Kim 所提出之文獻「A 366kS/s 400uW 0.0013mm² frequency-to-digital converter based CMOS temperature sensor utilizing multi-phase clock」。該文獻提供了一種振盪器，而該振盪器為了給予一溫度之指令，係使用一高感度溫感振盪器 (temperature sensitive oscillator) 及一低感度溫感振盪器 (temperature insensitive oscillator) 以分別增加及減少一計數，而上述溫度之指令係基於剩餘之計數。然而，本發明之發明人係體認到可能再進一步改善上述方法。

【發明內容】

由一第一態樣之觀點，本發明係在提供一種用於一積體電路之溫度感測裝置，包括：一振盪器，具有一與溫度相關之特徵頻率；以及一數位計數器，係用於計算該振盪器於一給定之時間區間內所產生之脈波數目、或是該振盪

器用以產生一給定脈波數目之時間，並於任一情況下給出一量測值；其中，該裝置係於一線性演算法(linearization algorithm)下，利用該量測值與一儲存參考值之一差值以估算溫度。

藉此，本案所屬技術領域中之通常知識者係可藉由本發明而知，使用一溫度感測器，並藉由將其之振盪而得出之一計數與一儲存參考值作比較，而估測出其鄰近處之溫度。而上述之比較之差值接下來則用於一線性演算法(linearization algorithm)中，以計算溫度。上述之說明反映出發明人的體認，即對振盪器之振盪頻率與溫度在溫度量測的期望範圍內的相關性，其並非線性相關。線性化演算法理論上、或經驗上(或兩者)可為預設，或至少在某些程度上可基於其他因素(例如其他量測參數)而動態決定。由本發明中至少某些實施例中可得知，一溫度感測器可被提供至一半導體裝置上，且此半導體裝置在整個期望溫度範圍(例如 -40°C 至 $+85^{\circ}\text{C}$ 之間)內具有高精準度，而達成低電流消耗以及僅在晶片上佔據小部分面積。再者，更有可能達到具有非常短之測試時間的精準度而導致相對高的轉換率，例如每秒高達30千次取樣(30 kilo-samples per second)，並將功率消耗降到最小。

溫度相關之振盪器可具有多種不同形式，然而於本發明之一組較佳實施例中，其係包括一環型振盪器，並較佳包括複數個連接成環型的反相器，使得一個反相器的輸出

輸入至下一個反相器而成環型。環型振盪器係相對容易實施在半導體上，且在晶片上的空間使用相對有效率。

雖然本發明係藉由量測振盪器之時間而產生一給定脈波數目，然較佳則為量測一給定時間內所產生之脈波數目。在一些固定量測時間的情況下，使用溫度量測可在較精確的預測時間下被傳送而較具優勢。

於一組較佳實施例中，時間量測係藉由計算第二振盪器所產生之脈波數目而達成，而該第二振盪器係於欲量測之範圍內，與溫度呈低度相關或可忽略。於較佳實施例中，第二振盪器係包括一石英振盪器(crystal oscillator)，第二振盪器係合適地用於計時剩餘之該積體電路，然而此特徵並非為必要。

雖然該裝置較佳地僅於當需要一溫度量測時，啟動頻率相關之振盪器，然頻率相關之振盪器係可連續地運作。上述之溫度量測的需求係可來自該裝置內之程序、一外部裝置、或可根據一時程表決定。若第二、時序振盪器在接收到一溫度量測之要求時未被啟動，此則依然會被啟動。

再者，積體半導體裝置較佳係包含一無線電發射器(radio transmitter)。

上述之儲存參考值可於該裝置的運作過程中獲得。例如，利用其他溫度量測方法來實現一校正，但此參考值係當校正在製造過程中發生時被儲存。較佳地，此儲存參考值係對應一介於15°C至35°C之溫度區間。上述之線性化演算法(linearization algorithm)係可為任何合宜的形式，然

而，於一些較佳實施例中則包括複數個樣條函數(spline)。例如，符合一已知溫度/頻率關係之線性、或二階多項式樣條函數。

上述之線性化演算法可適用於計算過程中任何合宜的時間點。例如，計數器之在被轉換成一溫度值之前、或之後的原始計數。線性化演算法的應用並無需遍及整個溫度範圍。其中，溫度範圍的一個或多個部分係可被決定為線性，因而該些部分並無需應用到線性化演算法。

【實施方式】

以下將藉由示例，以及圖式詳述本發明之一較佳實施例。如圖1所示，可看出本發明一實施例之溫度感測裝置所具有之主要元件。此裝置係分成兩個主要部分，一為類比部分2，另一為數位部分4。此類比部分2包括一環型振盪器，而此環型振盪器係為一習知之環型振盪器。簡言之，一電壓參考元件6係與一電壓緩衝器8連接，而電壓參考元件6係作為電壓緩衝器8之輸入。再者，參考電壓係藉由使一10uA之參考電流進入一具有輸入與輸出相連接之CMOS反相器的電壓供應部分。此係提供一約為反相器之兩倍臨界電壓的緩衝輸出，以作為供應N個連續反相器10₁, 10₂, ...10_N的電壓參考。而此一配置路降低了振盪頻率對電壓傳送過程及供應的變動，並抑制電源供應器的雜訊。而反相器10₁, 10₂, ...10_N更互相連接，使得每一反相器的輸出連接下一個反相器的輸入。反相器10₁, 10₂, ...10_N中之某一

反相器 10_N 的輸出係連接至一位準位移器12，而位準位移器12之輸出14則在適當的準位時提供一規律的脈波至電路的數位部分4。在一個示例中，環型振盪器係包括23個反相器，亦即 $N=23$ 。

由環型振盪器之輸出14所輸入的脈波係提供至一第一計數器16。再者，數位電路4亦包括一第二計數器18，此第二計數器18係自一16MHz之石英振盪器(圖中未示)接收一時脈輸入20。此16MHz之石英振盪器係為整個半導體裝置的主要時脈來源，而此處所述之類比部分2、數位部分4之電路僅為一小部分。此第二計數器18亦接收一控制輸入22，而此控制輸入22係決定第二計數器18何時運作。

第一計數器16使用來自第二計數器18之一輸出24，以於一預編程時間(pre-programmed time)來致能一計數運算，而此預編程時間係對應來自晶體時脈輸入20之預編成數目的脈衝，此係藉由控制輸入22而啟始。第二計數器18之另一輸出26提供一控制信號至環型振盪器2，以在第一計數器16開始計數前立即致能供電，以允許類比部分的啟動以及去除抖動。舉例而言，可執行48個晶體時脈週期之延遲。再者，當第二計數器18達到指定之計數時，第三輸出28遂給予一信號，例如當要進行量測時。

第一計數器16係給予一輸出30，此輸出30係為一二進制數，且對應至環型振盪器於一計數區間內作計數之脈波數目。此數目當然與環型振盪器2之特徵振盪頻率中之最末有關，而此環型振盪器2係與鄰近處之溫度有關。

圖2顯示環型振盪器2之數個不同實施方式中，特徵振盪頻率與溫度之間之關係的變動圖形。其中，圖形之間的差異係反映出製程變異的影響。再者，尤其可看出此些圖形彼此間有稍微的偏移，但大至上為相同。此外，雖然曲線的形狀幾乎呈線性，但並不完全呈現線性。圖3顯示基於該些圖形之平均的二階多項式曲線近似。而其他種近似法皆可適用，例如線性樣條函數(linear splines)之一簡單組合。圖3中所示之之近似關係將編程於一解碼器32中，此解碼器32係接收一來自第一計數器的原始溫度量測計數之輸出30作為輸入。再者，解碼器32接著並使用該計數值以及基於如圖3所示之近似曲線演算法，儲存一參考校正值36至位於裝置的某一處的暫存器(圖中未示)，來計算一由一輸出34所提供之溫度估計。

其中，圖1中所示之裝置運作並不會在此多做描述。當一溫度讀取被要求時，控制輸入22係接收一信號至第二計數器18。其中，溫度讀取係可為根據一固定行程、或由硬體、韌體、或軟體所發出之其他要求。藉由上述動作，將使得輸出24、26分別啟動第一計數器16以及環型振盪器2。再者，於環型振盪器2中，一高脈波之漣波(ripple)係以一比率由一個反相器10傳送至下一個而循環，且此比率係與鄰近處之溫度有關。再者，一反相器 10_N 之輸出14將因此給出一週期脈波，且其頻率係與溫度有關。於一實施例中，頻率40MHz至80MHz之間變化係對應在 -40°C 至 $+85^{\circ}\text{C}$ 之溫度範圍之間。藉此，在一般溫度下的頻率約為60MHz。

來自環型振盪器的輸出脈衝14係由第一計數器16作計數。於此同時，第二計數器18亦計算來自16MHz時脈輸入20的脈波。當第二計數器計數到一預設計數時，比如說預設計數為512，對應到32微秒的時間，傳送到第一計數器16之啟動信號24遂被設為低準位，使得第一計數器16停止計數。而由第一計數器16計數且儲存在第一器數器中的一暫存器之12位元數值，係與環型振盪器的頻率成比例，並因而與溫度有關。而此一原始、與溫度有關之數值係由輸出28提供至解碼器32。且解碼器32係依據如圖3所示之模組關係、以及由校正輸入36所提供之校正偏移值，將此數值轉換成溫度。而解碼器輸出的最終溫度信號34將以10位元數之方式輸出，且此輸出的溫度係以 $^{\circ}\text{C}$ 為單位且具有精度為 0.25°C 之溫度，並可作為輸入至一顯示裝置、一螢幕裝置之使用、或透過無線電連結做傳輸、或其他目的。

上述之實施例之一具體示例將更詳細說明如下。

其中，為了獲得足夠的精確度，必需計數到一定的脈波數目。再者，因為二振盪器(晶體時脈20與環型振盪器2)並非為同步，環型振盪輸出14所量測的一個脈衝將存在有一固有的不確定性。於一實施例中，第一計數器16係為一12位元計數器，且其計數區間係為16MHz晶體時脈之512個脈衝。對於給定一60MHz之環型振盪器2之正常室溫頻率，此將在第一計數器之輸出下給予一典型計數值，其讀數係為 $512 \times 60 / 16 = 1920$ 。

而對於給定 $-3600 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$ 之溫度係數， $+1^\circ\text{C}$ 之溫度差將導致計數值的改變量等於 $1*3600e-6*1920 = -6.9$ 週期。意即，一個週期的量測不確定性等同於 $1/6.9 = 0.15^\circ\text{C}$ 之非精確量測，而此係為可容許之內。

除了計算 512 個脈衝區間外，有時則需要和某些週期一樣啟動類比部分，以去除環型振盪器 2 的抖動。 -16MHz 石英振盪器之 48 個週期延遲係因而在環型振盪脈波 14 計數開始前被加入。其中，總量測時間將因此為 $512+32+16 = 560\text{cycles(週期)}@16\text{MHz} = 35 \text{ microseconds(微秒)}$ 。藉此，將可支持一高取樣頻率，而取樣頻率依需求可高達約 30 千次取樣/秒。

如前所述，來自第一計數器 16 之 12 位元原始資料 30 需於被輸出之前解碼成溫度度數，而此一動作若藉由固定乘法常數之使用則可被完全地組合而實現。於此具體示例中，則使用一簡易線性化。而下列方程式則給出於室溫下 ($+10^\circ\text{C}$ 至 $+50^\circ\text{C}$) 可接受之精確度：

$T_4 = k_2 - k_1 * \text{tempSensRaw}$, (其中， T_4 係以 $^\circ\text{C}$ 為單位具有精度為 0.25°C 之溫度)；

再者，常數 k_2 與 k_1 係為：

$$k_1 = 1/2 * (1 + 1/8 + 1/16) = 0.5938 ;$$

$$k_2 = 512 + \text{tempSensCalib} ;$$

其中， tempSensRaw 係為第一計數器 16 於其輸出 30 所提供之原始計數，而 tempSensCalib 則為供應至校正輸入 36 之儲存參考值。

於室溫下，tempSensRaw一般典型的讀值為1920，而tempSensCalib之預設值720則使得 $k_2=512+720=1232$ 。將上述數值代入方程式中(藉由除4而得到以 $^{\circ}\text{C}$ 為單位)，會得到：

$$T_4 = 1232 - 0.5938 * 1920 = 91.9 ;$$

$$T = T_4 / 4 = 91.9 / 4 = 23.0^{\circ}\text{C}。$$

如上所述，該些簡易的方程式將相當適用於 $+10^{\circ}\text{C}$ 至 $+50^{\circ}\text{C}$ 之溫度範圍內。然而，若超出該溫度範圍，量測上的非線性彎曲將會導致負偏移，而此現象將在越靠溫度範圍的兩端邊界時係趨向增加。

一簡易的線性方法將被使用，而可用來改善，如下所示：

```

if (T4 < 40) then
T4_LIN = T4 + 1/4*(40 - T4)
else if (T4 > 160)
    T4_LIN = T4 + 1/4*(T4-160)
else
    T4_LIN = T4

```

其中， T_4 以及 T_{4_LIN} 係分別以 0.25°C 為單位來作量測及線性溫度值。

換言之，在低於 $+10^{\circ}\text{C}$ 之量測溫度值下，量測值在被讀出前係加上一個自 $+10^{\circ}\text{C}$ 之量測差異的四分之一。如同前述之 $+40^{\circ}\text{C}$ ，量測值在被讀出前係加上一個自 $+40^{\circ}\text{C}$ 之量測差異的四分之一。

初始零點校正係在工廠製造後完成。而前述之演算法則在一固定溫度下(例如 25°C)運作，而來自環型振盪器的

計數結果則被用於作為演算法的輸入，以計算儲存在晶片上之參考值。解碼器有效地使用量測計數值30與參考校正值36之間的差值，以計算實際溫度與校正溫度(例如25°C)之間的溫度差(正溫度差或負溫度差)，其係使用如圖3所示之模組化溫度相關頻率，並基於(透過經驗證實)如下假設：該曲線之形狀於製程變異的通常範圍下係非常相似、且該變異僅影響偏移量。

由實驗可知，藉由使用此裝置而具體化實現本發明，可達到小於1%之溫度精確度，而對於習知晶片上之溫度感測器僅能達到5-10%之典型溫度精確度。相較之下本發明確為較佳。再者，本發明僅多增加一些額外的元件計數至佈線區域即可達成。

在本發明中，進行了許多變化和修改並描述在實施例中。例如，本發明並不一定要於一固定時間，從溫度相關振盪器來計數脈波；而是量測達到給定的計數之時間。此外，環型振盪器並非必要，亦可使用其他合適的溫度相關類型來取代。

上述實施例僅係為了方便說明而舉例而已，本發明所主張之權利範圍自應以申請專利範圍所述為準，而非僅限於上述實施例。

【圖式簡單說明】

圖1係本發明一實施例之類比及數位部分之示意圖。

圖2係一典型環型振盪器之溫度與頻率之間之非線性相關之表示圖。

圖3係由圖2推導之溫度與頻率之間之模組關係圖。

【主要元件符號說明】

2	類比部分	4	數位部分
6	電壓參考元件	8	電壓緩衝器
10 ₁ 、10 ₂ 、...10 _N	反相器	12	位準位移器
14	輸出	16	第一計數器
18	第二計數器	20	時脈輸入
22	控制輸入	24、26	輸出
28	第三輸出	30	輸出
32	解碼器	34	輸出
36	參考校正值		

七、申請專利範圍：

1. 一種用於一積體電路之溫度感測裝置，包括：

一第一振盪器，具有一與溫度相關之特徵頻率，該第一振盪器包含複數個連接成一環型之反相器，以使一反相器的輸出輸入至下一個反相器而成環型；以及

一數位計數器，係用於計算該第一振盪器於一給定之時間區間內所產生之脈波數目、或該第一振盪器用以產生一給定脈波數目之時間，並於任一情況下給出一量測值；

其中，該裝置係於一線性演算法下，利用該量測值與一儲存參考值之一差值以估算溫度；其中該裝置進一步包含供應給該等反相器的一電壓參考元件，該電壓參考元件包含具有輸入與輸出相連接的一反相器及一電壓緩衝器。

2. 如申請專利範圍第1項所述之裝置，其中，該裝置係於一給定時間內，量測所產生之脈波數目。

3. 如申請專利範圍第1或2項所述之裝置，其中，該裝置係藉由計算一第二振盪器所產生之脈波數目，以完成時間之量測，該第二振盪器係於欲量測之範圍內，與溫度呈低度相關或可忽略。

4. 如申請專利範圍第3項所述之裝置，其中，該第二振盪器係包括一石英振盪器。

5. 如申請專利範圍第3項所述之裝置，其中，該第二振盪器係用來計時該積體電路之剩餘。

6. 如申請專利範圍第1項所述之裝置，其中，該裝置僅於當需要一溫度量測時，啟動該第一振盪器。

7. 如申請專利範圍第1項所述之裝置，其中，該儲存參考值係相對應於攝氏 15° 至攝氏 35° 之間的溫度。

8. 如申請專利範圍第1項所述之裝置，其中，該線性演算法係包括複數個樣條函數。

9. 如申請專利範圍第8項所述之裝置，其中該等樣條函數是已知溫度/頻率關係之線性、或二階多項式樣條函數。

10. 一種積體電路，包括如申請專利範圍第1至9項之任一項所述之溫度感測裝置。

11. 如申請專利範圍第10項所述之積體電路，係包括一無線電發射器。

八、圖式 (請見下頁):

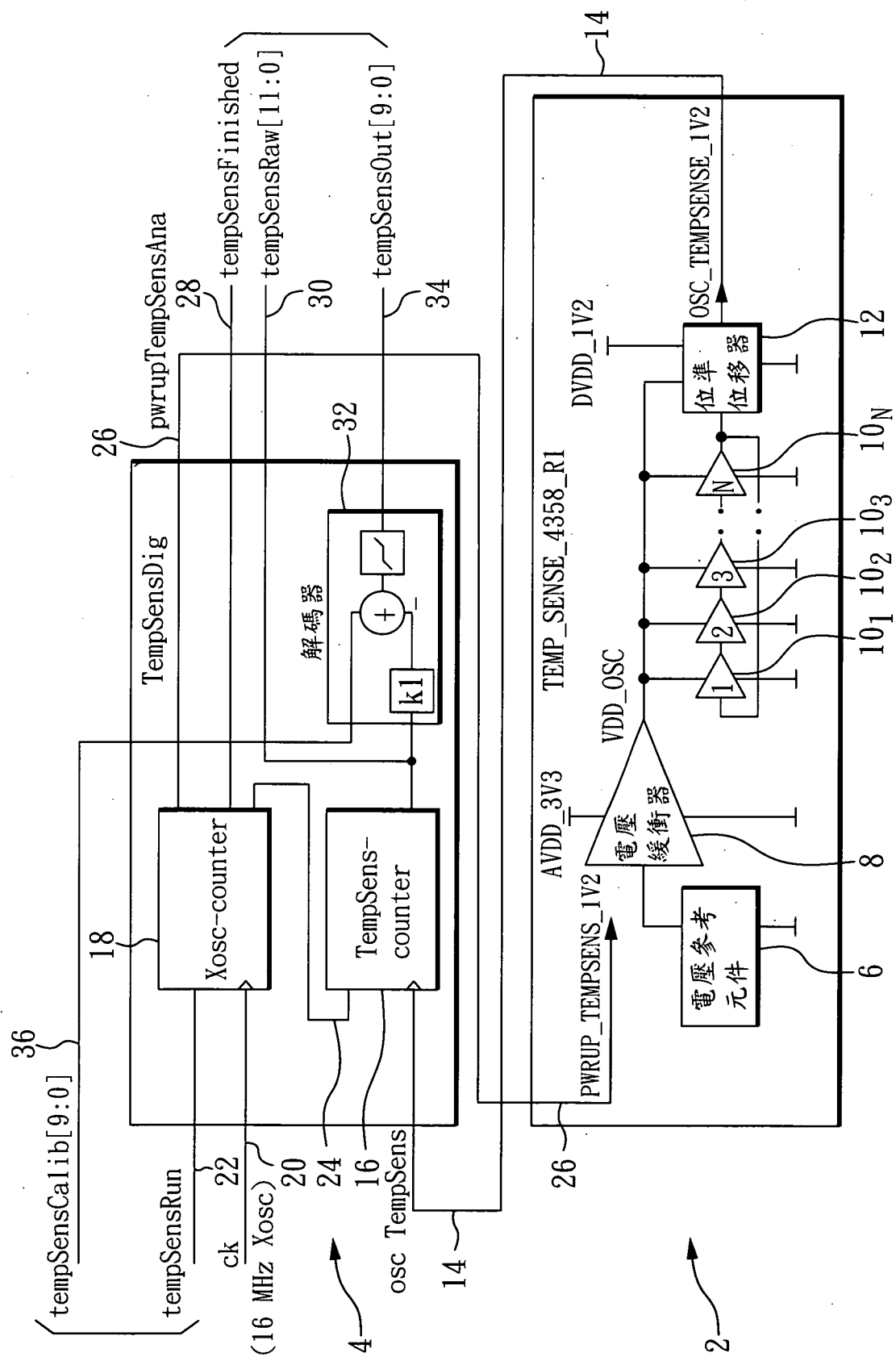


圖1

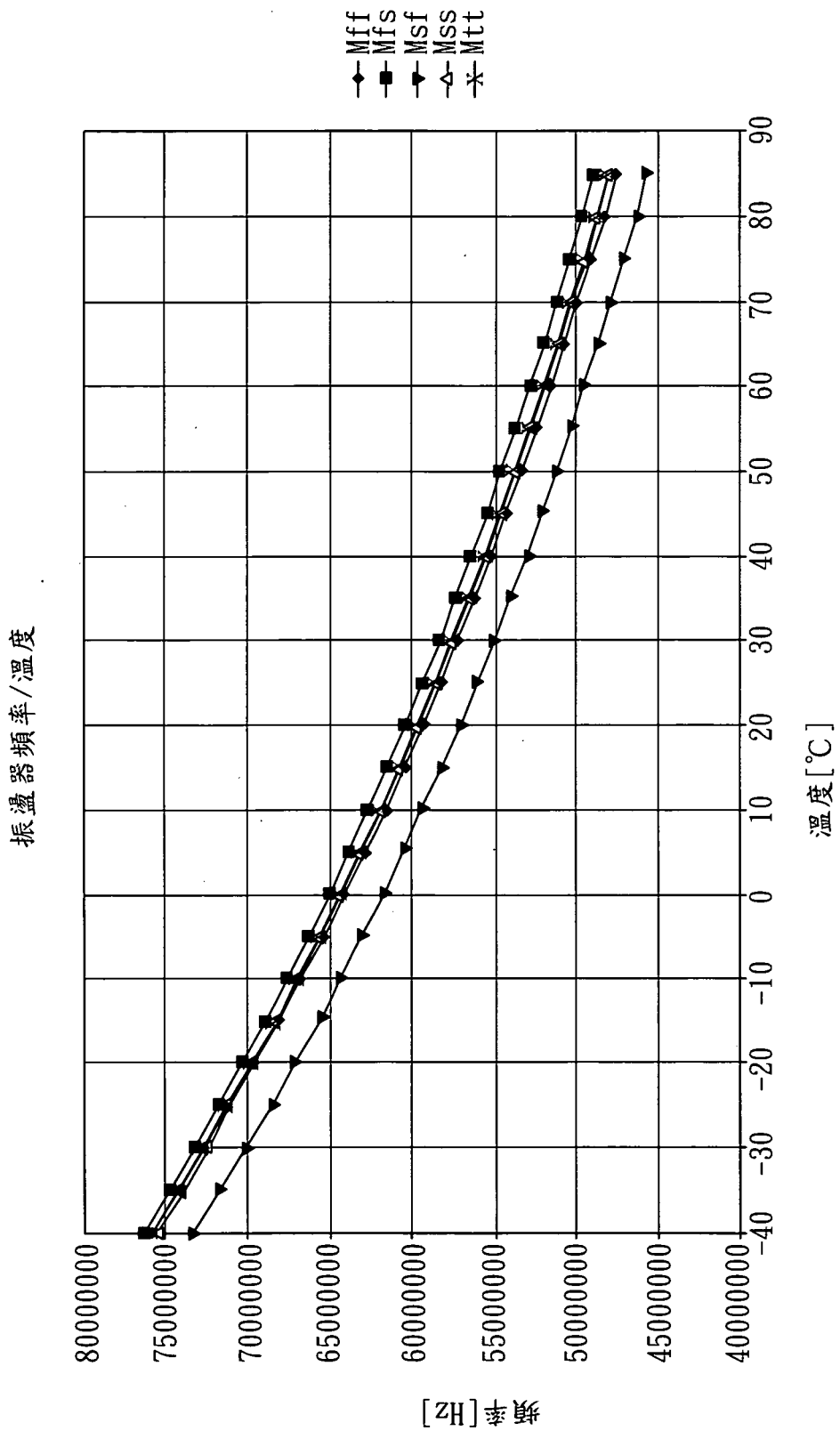


圖2

二階多項式曲線擬合

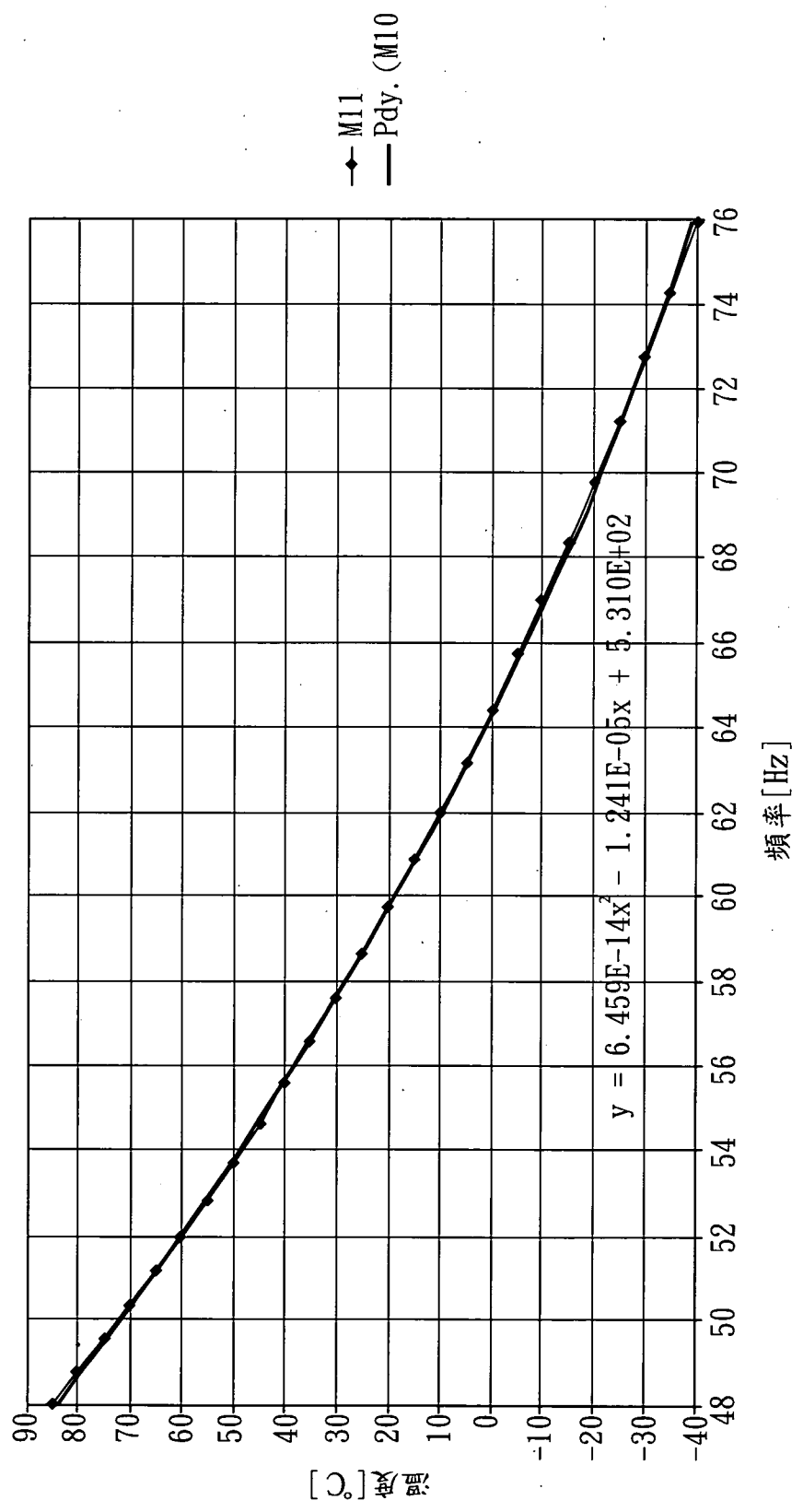


圖3