

(21)申請案號：106113252

(22)申請日：中華民國 106 (2017) 年 04 月 20 日

(51)Int. Cl. : H03B5/20 (2006.01)

G06F9/22 (2006.01)

(30)優先權：2016/04/20 美國

62/325,042

2017/04/19 美國

15/491,803

(71)申請人：微晶片科技公司 (美國) MICROCHIP TECHNOLOGY INCORPORATED (US)  
美國

(72)發明人：莎赫斯 傑森 SACHS, JASON (US)

(74)代理人：陳長文

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：20 項 圖式數：7 共 27 頁

(54)名稱

混合式 RC/晶體振盪器

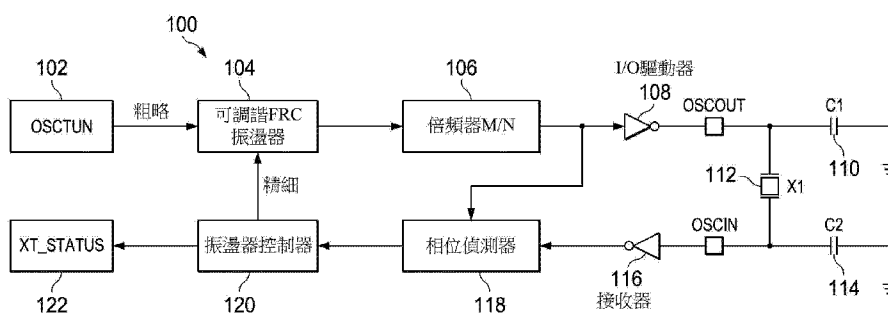
HYBRID RC/CRYSTAL OSCILLATOR

(57)摘要

一種振盪器包含一可調諧振盪器、與該可調諧振盪器之一輸出及至該振盪器之一輸入通信地耦合的一相位偵測器電路、及經組態以基於該可調諧振盪器之輸出與在至該振盪器之該輸入處接收之一外部諧振元件之輸出之間的相位偵測而調整該可調諧振盪器之頻率的一振盪器控制器電路。

An oscillator includes a tunable oscillator, a phase detector circuit communicatively coupled with an output of the tunable oscillator and an input to the oscillator, and an oscillator controller circuit configured to adjust frequency of the tunable oscillator based upon phase detection between output of the tunable oscillator and output of an external resonant element received at the input to the oscillator.

指定代表圖：



【圖1】

符號簡單說明：

100 . . . 混合式 RC/  
晶體振盪器102 . . . OSCTUN  
輸入104 . . . 可調諧  
FRC 振盪器

106 . . . 倍頻器

108 . . . I/O 驅動器

110 . . . 電容器

112 . . . 外部晶體/  
電容器

114 . . . 電容器

116 . . . 接收器

118 . . . 相位偵測器

120 . . . 振盪器控制  
器

122 . . .

XT\_STATUS



201739168

申請日: 106/04/20

IPC分類:

**H03B 5/20** (2006.01)

**G06F 9/22** (2006.01)

## 【發明摘要】

### 【中文發明名稱】

混合式RC／晶體振盪器

### 【英文發明名稱】

HYBRID RC/CRYSTAL OSCILLATOR

### 【中文】

一種振盪器包含一可調諧振盪器、與該可調諧振盪器之一輸出及至該振盪器之一輸入通信地耦合的一相位偵測器電路、及經組態以基於該可調諧振盪器之輸出與在至該振盪器之該輸入處接收之一外部諧振元件之輸出之間的相位偵測而調整該可調諧振盪器之頻率的一振盪器控制器電路。

### 【英文】

An oscillator includes a tunable oscillator, a phase detector circuit communicatively coupled with an output of the tunable oscillator and an input to the oscillator, and an oscillator controller circuit configured to adjust frequency of the tunable oscillator based upon phase detection between output of the tunable oscillator and output of an external resonant element received at the input to the oscillator.

### 【指定代表圖】

圖1

### 【代表圖之符號簡單說明】

- 100 混合式RC/晶體振盪器
- 102 OSCTUN輸入
- 104 可調諧FRC振盪器

106	倍頻器
108	I/O驅動器
110	電容器
112	外部晶體/電容器
114	電容器
116	接收器
118	相位偵測器
120	振盪器控制器
122	XT_STATUS

## 【發明說明書】

### 【中文發明名稱】

混合式RC／晶體振盪器

### 【英文發明名稱】

HYBRID RC/CRYSTAL OSCILLATOR

### 【技術領域】

本發明係關於積體電路裝置，特定言之，具整合振盪器之處理器及微控制器。

### 【先前技術】

微處理器及特定言之微控制器需要通常經整合於裝置內之振盪器。振盪器之一頻率由一內部或一外部組件判定。內部或外部組件通常係電阻器電容器(RC)元件，其中晶體通常僅作為外部組件而提供。通過外部測針而使此等外部組件與積體電路裝置耦合。一振盪器之啟動通常係關鍵的且需要確定的信號及條件。亦參見可自本申請案之受讓人Microchip Technology Inc.購得之1997年DS31002A之「Mid-range MCU reference Manual」，該案之全文以引用的方式併入本文中。

### 【發明內容】

本發明之實施例包含一振盪器或一振盪器電路。該振盪器可包含與一第一測針通信地耦合之一可調諧振盪器。該振盪器可包含與該可調諧振盪器之一輸出及至該振盪器之一輸入通信地耦合的一相位偵測器電路。該振盪器可包含經組態以基於該可調諧振盪器之輸出與在至該振盪器之該輸入處接收之一外部諧振元件(諸如一晶體)之輸出之間的相位偵測而調整該可調諧振盪器之頻率的一振盪器控制器電路。在與上文實施例之任何者之

組合中，該振盪器可進一步包含經通信地耦合至該振盪器之輸入的一第二測針，其中該可調諧振盪器經組態以通過該第一測針發出輸出，且該相位偵測器電路經組態以通過該第二測針接收至該振盪器之輸入。在與上文實施例之任何合適者之組合中，該可調諧振盪器經組態以通過該第一測針發出輸出，且該相位偵測器電路經組態以通過該相同第一測針接收至該振盪器之輸入。在與上文實施例之任何合適者之組合中，該可調諧振盪器經組態以通過該第一測針處之一驅動器電路發出輸出，該相位偵測器電路經組態以通過該第一測針接收至該振盪器之輸入，且該驅動器電路經組態以將該第一測針處之該輸出作為一電流源發出且將該第一測針上之電壓偵測為至該振盪器之該輸入。在與上文實施例之任何合適者之組合中，振盪器控制器電路進一步經組態以基於至該振盪器之輸入而輸出一晶體振盪器狀態。在與上文實施例之任何合適者之組合中，該振盪器控制器電路進一步經組態以基於一外部諧振元件已無法產生至該振盪器之一有用輸入的一判定而維持該可調諧振盪器之輸出。在與上文實施例之任何合適者之組合中，該振盪器控制器電路進一步經組態以基於已在該可調諧振盪器之輸出與至該振盪器之該輸入之間達成一相鎖的一判定而調整該可調諧振盪器之輸出。在與上文實施例之任何合適者之組合中，該振盪器控制器電路進一步經組態以基於該可調諧振盪器之輸出與至該振盪器之該輸入之間的一相鎖已丟失的一判定而維持該可調諧振盪器之輸出。在與上文實施例之任何合適者之組合中，該振盪器進一步包含經耦合於該可調諧振盪器與該第一測針之間的一倍頻電路，其中該倍頻器之一輸出係與該相位偵測器電路耦合以提供該可調諧振盪器之該輸出。在與上文實施例之任何者之組合中，該第一測針可為一外部測針，作為一外部介面用於與該振盪器之剩餘者之

一封裝。在與上文實施例之任何者之組合中，該第二測針可為一外部測針，作為一外部介面用於與該振盪器之剩餘者之一封裝。在與上文實施例之任何者之組合中，該振盪器可包含與一接收器之一輸入耦合之一第二外部測針，其中該第一外部測針及該第二外部測針係分別與一外部晶體之一第一端子及一第二端子耦合。在與上文實施例之任何者之組合中，該接收器之一輸入可與該第一外部測針耦合，其中該第一外部測針係與一外部晶體之一第一端子耦合，其中該外部晶體之一第二端子係與接地耦合。在與上文實施例之任何者之組合中，該可調諧振盪器可為一RC振盪器。在與上文實施例之任何者之組合中，該振盪器控制器可為一緩慢PI控制器。在與上文實施例之任何者之組合中，該相位偵測器電路可由一XOR閘形成。在與上文實施例之任何者之組合中，一狀態可包含搜尋、鎖定或丟失。在與上文實施例之任何者之組合中，該相位偵測器電路可包含一PLL電路。在與上文實施例之任何者之組合中，一累積器可經包含以當該XOR閘之該輸出係1時將一第一常數加至一總和。在與上文實施例之任何者之組合中，該累積器可經組態以當該XOR閘之該輸出係0時自該總和減去一第二常數。在與上文實施例之任何者之組合中，該等常數可相等。在與上文實施例之任何者之組合中，當該等常數相等時可在90度相差處達到平衡。在與上文實施例之任何者之組合中，該等常數可為不同的且穩定狀態平衡值係在90度處或低於90度。在與上文實施例之任何者之組合中，該可調諧振盪器可為用於該振盪器之一主要諧振源且該外部諧振元件可經組態以充當用於該振盪器之一感測器。在與上文實施例之任何者之組合中，該可調諧振盪器可通過一驅動器而與該第一測針通信地耦合。在與上文實施例之任何者之組合中，該相位偵測器電路可通過一接收器電路而經

耦合至該振盪器之該輸入。在與上文實施例之任何者之組合中，該第二測針可經耦合至該接收器。

本發明之實施例可包含一微控制器，其包含一處理器、一或多個周邊電路、及藉由上文實施例之任何者實施之一振盪器。該振盪器可經組態以提供一振盪信號至該等周邊電路之一或多者。

本發明之實施例可包含一系統，其包含一半導體裝置，其包括一第一外部測針及一內部振盪器，其中該內部振盪器藉由上文實施例之任何者實施。該系統亦可包含至少通過該第一外部測針而經耦合至該半導體裝置之一外部諧振元件。

本發明之實施例可包含系統、封裝、半導體裝置、微控制器、系統、晶粒、晶片或包含上文實施例之該等振盪器之任何者之其他裝置。

本發明之實施例可包含由該等振盪器、系統、封裝、半導體裝置、微控制器、系統、晶粒、晶片或包含上文實施例之該等振盪器之任何者之其他裝置之任何者執行的方法。

#### 【圖式簡單說明】

圖1係根據本發明之實施例之一混合式RC/晶體振盪器之一實例實施例之一圖解說明；

圖2係根據本發明之實施例之一混合式RC/晶體振盪器之另一實例實施例之一圖解說明；

圖3繪示根據本發明之實施例之量測典型OSCIN/OSCOUT信號之波形；

圖4繪示根據本發明之實施例之振盪器之一等效電路模型；

圖5繪示根據本發明之實施例之電路模型之操作及回應；及

圖6及圖7繪示根據本發明之實施例之在接近諧振之各個頻率處驅動一實體晶體。

### 【實施方式】

#### 優先權

本申請案主張2016年4月20日申請之美國臨時申請案62/325,042之優先權，該案之全文以引用的方式併入本文中。

圖1係根據本發明之實施例之一混合式RC/晶體振盪器100之一實例實施例之一圖解說明。可使振盪器100實施於一電子裝置(諸如一微控制器、半導體晶片、處理器或周邊裝置)內。例如，可使振盪器100實施於由本申請案之受讓人製造之一PIC微控制器內。

一些微控制器可具有針對一基於內部RC振盪器及一外部晶體或振盪器兩者的選項。外部振盪器可增加成本，花更長時間啟動，耗盡裝置測針且作為一外部單獨組件可使可靠性受損。然而，外部振盪器可更準確，其在需要精確時脈的一些應用中可能被需要。振盪器100可藉由實施一混合式時脈源而增大一內部RC之優點。在一個實施例中，此一源可包含一可調諧內部RC及一外部晶體作為一補充時脈源。在另一實施例中，該外部晶體可能僅作為一參考感測器而非作為一主要諧振元件而被需要。該振盪器可保持該內部RC振盪器之可靠性及快速啟動。根據各種實施例，此可具有其他優點，諸如，頻率可撓性、較高信號完整性及用以連接至該外部晶體之一單一測針而非兩個測針之可行使用。

振盪器100可包含一OSCOUT輸出及至經指示為X1之一外部晶體112之一OSCIN輸入。該OSCOUT及OSCIN可跨晶體112之兩個端子連接。晶體112之各端子可經連接至經指示為C1及C2之一各自電容器110、112。

此等電容器可繼而經連接至接地。晶體112可包含一石英晶體、壓電晶體、壓電晶體諧振器或任何其他諧振元件。

C1及C2之值可經選擇以便匹配驅動測針及晶體112之阻抗。可根據由本申請案之受讓人公告之公開案「Basic PICmicro Oscillator Design」(Application Note AN849)完成該等值之選擇。該晶體對該電路之剩餘者可表現為電感的。

在一個實施例中，至OSCOUT及OSCIN之右側的該等元件可視作外部組件，且至OSCOUT及OSCIN之左側的該等元件可視作內部組件。可相對於(例如)一積體電路裝置之封裝而完成該外部特性對照該內部特性。此一積體電路裝置可包含一微控制器、處理器、周邊裝置、晶片、封裝或其他合適裝置。OSCOUT及OSCIN可為用於此一封裝之測針。

振盪器100可包含一OSCTUN輸入102。OSCTUN可代表「振盪器調諧」。OSCTUN 102可作為至振盪器100之一輸入而實施，使得振盪器100可自其中實施振盪器100之該系統接收工作參數。例如，OSCTUN 102可作為一暫存器而實施。若振盪器100包含一快速RC (FRC)振盪器電路，則該暫存器為可用的，使得可完成對該快速RC電路之操作之參數的調整。可在一工廠或在振盪器100之生產期間校準振盪器100。因此，可由製造或組態振盪器100之一生產機器設定OSCTUN 102。然而，可在(例如)振盪器100之執行期間調整OSCTUN 102。

振盪器100可包含一可調諧FRC振盪器104。可調諧FRC振盪器104可自OSCTUN 102接收其操作參數。OSCTUN 102可提供對可調諧FRC振盪器104之一粗略調整。在一個實施例中，晶體112可提供使用者用以替換來自OSCTUN 102之輸入的能力。可使用來自OSCTUN 102之輸入或由晶

體112來調整可調諧FRC振盪器104頻率。可使用(例如)加12%或減12%之一範圍來調整可調諧FRC振盪器104之該頻率。OSCTUN 102可經實施於(例如)五個位元中。可由類比電路、數位電路或其等之一組合之任何合適組合來實施可調諧FRC振盪器104。

在一個實施例中，晶體112可作為用於振盪器100之一參考感測器而非一主要諧振元件而操作。據此，振盪器100可作為該主要諧振元件而保持與可調諧FRC振盪器104之使用相關聯之可靠性及快速啟動時間。晶體112可補充可調諧FRC振盪器104之操作以完成調整。例如，內部RC振盪器之頻率之準確度在振盪器100之全溫度操作範圍上不足。一晶體級振盪器(諸如晶體112之一個實施方案)在相對於溫度之此等操作範圍上係通常充分準確。

可調諧FRC振盪器104可充當振盪器100之關鍵或基線時脈元件。可調諧FRC振盪器104可能夠產生一時脈信號，其儘管不如晶體112在理想操作環境下般準確然在啟動期間比晶體112變得更快有效。據此，振盪器100之該輸出可在啟動處取決於可調諧FRC振盪器104。然而，在晶體112經啟動(使用來自可調諧FRC振盪器104之輸入)且其輸出經鎖定且經操縱(通過PLL等)之後，其信號可用以精細調諧或調整可調諧FRC振盪器104之操作。類似地，在晶體112之任何故障或不一致性期間，可調諧FRC振盪器104可繼續提供一基線輸出，其儘管不理想，然在晶體112暫時不可用以調整且精細調諧可調諧FRC振盪器104之該輸出時係足夠的。當遇到晶體112之任何干擾、啟動、失鎖或其他錯誤時，由可調諧FRC振盪器104內部地產生之信號可在無來自晶體112之調整的情況下被使用。因此，由晶體112產生之該信號自身可不用作振盪器100之輸出。代替地，

由晶體112產生之該信號當可用及可靠時可用作一感測器以調整由可調諧FRC振盪器104產生之該信號。

晶體112之頻率可經選擇以便匹配可調諧FRC振盪器104之所要頻率。可使用來自可調諧FRC振盪器104之該信號來驅動晶體112以便產生可調諧FRC振盪器104之該輸出與其比較之來自晶體112的輸出。可比較該兩個信號之該等相位且可調諧FRC振盪器104之該頻率可經調整以匹配晶體112之頻率，產生已知為相鎖之一穩定平衡。在此平衡期間，該等信號通常應在45度至60度相位內。通常，該等信號應在45度至60度相位內。若晶體112經過驅動，則其可以其基本頻率之一諧波(亦已知為一泛音)驅動。但若驅動適當，則其頻率匹配相對於圖6中所展示且在下文所討論之相差的FRC所要值，可驅動相位偵測。振幅可能僅需足以得到一有效信號作為輸入。由一相位偵測器執行之相位比較可需要來自兩者信號之充分振幅且產生一信號，其係兩個信號之間的相對相差之一單調函數。

此外，振盪器100可包含一倍頻器106。倍頻器106可由類比電路、數位電路或其等之一組合之任何合適組合實施。倍頻器106可經實施為一M/N類型倍頻器。在此一實施方案中，倍頻器106可包含一鎖相迴路(PLL)倍增器「M」接著一時脈除法器「N」，使得一I/O驅動器108可發出具該PLL倍增器之一約數之一信號。若M=1，則該信號可為該系統時脈頻率之一約數。該輸出頻率可藉由 $f_1 = M/N * f_0$ 給定，其中f1係經施加至該I/O測針之該信號之頻率且f0係輸入頻率，FRC模組之頻率。

振盪器100可包含由類比電路、數位電路或其等之一組合之任何合適組合實施之一I/O驅動器108。I/O驅動器108可由一系列一或多個緩衝或無緩衝反相器實施。I/O驅動器108可自由如由倍頻器106調整之可調諧FRC

振盪器104產生之信號產生一方波信號且施加其至晶體112。I/O驅動器108可通過該OSCOUT測針輸出該方波信號。如由I/O驅動器108格式化之該方波信號可致使諧振信號由晶體112產生。I/O驅動器108及接收器116可經實施為使用正電流及負電流驅動用於該源時脈方波之各一半的一電壓受限電流源或槽，而非一電壓源，以改良功耗特性。

在一個實施例中，該OSCIN測針可經附接至晶體112之另一端。在另一實施例中，如圖2中所展示，該OSCIN測針可經附接至晶體112，因為該OSCOUT測針及該OSCIN測針係相同測針。該OSCIN測針可將一信號自晶體112之另一端饋送至一接收器116。

接收器116可由類比電路、數位電路或其等之一組合之任何合適組合實施。接收器116可由一系列一或多個緩衝或無緩衝反相器實施。接收器116可經組態以將該所得信號轉換成一數位波形。此一信號可為一方波。晶體112之諧振可產生一帶通濾波器。此一帶通濾波器可拒絕由晶體112接收之該驅動波形之所有或幾乎所有諧波，除在該諧振頻率處外。因此，該結果可為一正弦波，其在由接收器116接收及轉換之後可經數位化成一方波。

振盪器100可包含一相位偵測器118。相位偵測器118可由類比電路、數位電路或其等之一組合之任何合適組合實施。相位偵測器118可將由可調諧FRC振盪器104產生且由倍頻器106修改之該信號作為輸入接受。相位偵測器亦可將由接收器116產生之該信號作為輸入接受。在一個實施例中，此等輸入可包含輸入及輸出方波。相位偵測器118可包含(例如)一XOR閘接著一累積器。該累積器可執行一累積，諸如當該XOR閘之該輸出係一邏輯1時將一預定量(K1)加至一總和。此外，當該XOR閘之該輸出

係一邏輯0時該累積可自總和減去另一預定量(K2)。據此，可取決於值K1及K2達到一穩定狀態平衡。若K1及K2相等，則在90°相差處達到平衡。調整K1及K2可允許其他穩定狀態平衡值高於或低於90°。

振盪器100可包含一振盪器控制器120。振盪器控制器120可由類比電路、數位電路或其等之一組合之任何合適組合實施。振盪器控制器120可經組態以控制PLL操作。該PLL可為類比或數位。振盪器控制器120可經實施為具獨立可控制「P」及「I」增益之一比例積分(PI)控制器以控制該鎖相迴路之帶寬及相位邊限。此一鎖相迴路可為取決於回應時間與顫動/穩定性問題之間的設計折衷的一相對較低帶寬(通常10赫茲至1000赫茲)。振盪器控制器120可對可調諧FRC振盪器104提供精細調整。在一數位實施方案中，振盪器控制器120之一實施方案之操作可根據藉由 $int[n]=int[n-1]+K_i*x[n]$ 定義之一積分器給定。輸出可藉由 $out[n]=int[n]+K_p*x[n]$ 給定。術語 $x[n]$ 可指定在時步n處之輸入錯誤，其中[n]符號可應用至任何信號或數位值。K<sub>i</sub>可指定一整數增益且K<sub>p</sub>可指定一比例增益。此一實施方案可使用倍增器，其若經實施以在一單一時脈循環中執行則在電路或晶粒空間方面可為昂貴的。據此，振盪器控制器120可藉由減小常數K<sub>p</sub>或K<sub>i</sub>之一位元寬度而改良，諸如使用4至6位元而非16位元。此外，振盪器控制器120可經改良以藉由使用花若干時脈循環完成之一串聯移位及相加電路實施乘法運算而減小所要面積及成本。可調諧FRC振盪器104之該頻率可經調整以便追蹤該晶體諧振。

因此，可調諧FRC振盪器104可相對於頻率輸出提供一快速啟動及高頻率穩定性。晶體112可僅用以對可調諧FRC振盪器104提供精細調整。通過振盪器控制器120自晶體112提供之該精細調整可在其滿量程增益處

為來自OSCTUN之粗略調整之4至8計數之平衡範圍。該頻率範圍可受限，使得振盪器100不以泛音振盪。下文所描述之振盪器200可根據一阻抗相位而非電壓回應而鎖定。該阻抗回應，與該電壓回應相反，可由該PLL藉由比較表示該輸出電流(在該OSCIN/OSCOUT測針處)之一信號與該所接收輸入電壓(在OSCIN/OSCOUT測針處)而被使用。

振盪器控制器120亦可包含一狀態機。該狀態機可追蹤接收器116是否已偵測一輸入信號。若接收器116未偵測一輸入，則振盪器控制器120可致使一低頻率擺動，直至相鎖經偵測為止。此操作可延伸振盪器100之牽引範圍且亦提供用以偵測一晶體振盪器狀態之一方式，其可作為XT\_STATUS 122而發出。該狀態機中之狀態可以XT\_STATUS 122表示，諸如搜尋一頻率(及因此沒有來自接收器116之輸入或來自接收器116及PLL之輸入正在操作)、鎖定頻率(及因此來自接收器116之輸入及來自該PLL之隨後鎖定頻率)或失鎖(及因此來自接收器116之已丟棄輸入或其他不同輸入)。

振盪器控制器可以相對較低速率操作，諸如小於1千赫茲。回應於來自振盪器控制器120之精細調整，可調諧FRC振盪器104可調整其輸出頻率或相位。

在一個實施例中，若晶體112無法啟動，則可調諧FRC振盪器104可維持一標稱頻率。在另一實施例中，若晶體112起初啟動但隨後失敗，則可調諧FRC振盪器104可維持一標稱頻率。若(例如)存在一開路或短路或溫度、濕度、干擾或其他環境因數致使增益減小低於一可偵測位準，則晶體112可依此一方式失敗。

圖2繪示根據本發明之實施例之一振盪器之另一實例實施例。可使振

盪器200類似於振盪器100實施。然而，在一個實施例中，I/O驅動器208及接收器216可作為一電流源/槽驅動器而實施。在進一步實施例中，I/O驅動器208及接收器216可在一相同電路或元件內實施。在另一、進一步實施例中，一單一測針可用以使晶體112與在該圖之左側上之該等元件介接，在該圖之左側上之由測針OSCOUT開始之此等元件在一微控制器、處理器、封裝、半導體裝置或其他裝置內內部地實施。在一個實施例中，該OSCOUT測針上之電壓可用作一接收器信號。在另一實施例中，相位偵測器118可利用由該諧振元件所致之驅動器電流與驅動器電壓之間的相移。

振盪器200及振盪器100亦可相對於晶片上諧振振盪器而實施，其中晶體112作為矽電感器-電容器電路或共封裝雙晶粒微機電系統振盪器或石英晶體裝置而實施。在此等實施例中，即使所有電路元件在該整個封裝內部，晶體112之實施方案仍亦可在可調諧FRC振盪器104外部。

圖3繪示根據本發明之實施例之量測典型OSCIN/OSCOUT信號之波形。圖3之視圖可為來自一示波器。一第一圖表跡線可展示至晶體112中之OSCIN輸入，而一第二圖表跡線可展示來自晶體112之一OSCOUT輸出。圖3之圖表可已使用一8.00兆赫茲晶體112及兩個33pF負載電容器110、114而產生。圖表1可為OSCOUT且圖表2可為OSCIN。該兩個信號可為分離近似 $180^\circ$ 。當加至振盪器驅動器208之 $180^\circ$ 相移時，此組態滿足用於振盪之巴克豪森(Barkhausen)穩定條件，其中總相移必須為 $360^\circ$ 之一倍數，具一迴路增益1。

圖4繪示根據本發明之實施例之振盪器之一等效電路模型。特定言之，晶體112可藉由一系列RLC組合與寄生電容 $C_o$ 而大致模型化。針對來

自圖3之晶體112之例項，集總參數等效電路之值經判定為 $C_o=4.24\text{pF}$ 、 $C_s=16.5\text{fF}$ 、 $L_s=10.6\text{mH}$ 及 $R_s=9\Omega$ 。此電路之頻率回應在下文針對 $15\text{pF}$ 、 $20\text{pF}$ 及 $33\text{pF}$ 之負載電容器而展示於圖5中。此將OSCOUT源模型化為在一給定頻率處之一完美正弦波及晶體等效電路之負載電路以及兩個並聯負載電容器。四個子圖表按順序係：

- 轉移函數量值(OSCIN/OSCOUT)，分貝
- 轉移函數相移，度
- OSCIN負載進入量值(輸出電流除以輸出電壓)，A/V
- OSCIN負載進入相位，度

該串聯諧振(回應量值中之峰值)及並聯諧振(回應量值中之陷波)兩者均係在12.0兆赫茲周圍。該串聯諧振頻率對負載電容具有一小敏感性。該轉移函數中之該並聯諧振事實上不取決於負載電容，但表示具低信號位準之一陷波濾波器回應。

一傳統振盪器之典型操作係在其中該轉移函數相位接近於 $\pm 180^\circ$ 且該迴路增益係1.0之點處。此表示稍微高於該串聯諧振峰值之頻率之一頻率。

據此，根據振盪器100、200之各種實施例之相位偵測器方法在該電路回應具有高相位敏感性時可最有效。此高相位敏感性在近似 $90^\circ$ 相移處可為最高。然而，此亦可在其中由該源所見之該負載具有最高進入且因此可針對一給定電壓量值需要最高電流消耗的點處。一 $90^\circ$ 相移表示純無功率，且因此若合適儲存電感或電容係可用的且該輸出驅動器使用能量回收技術，則其理論上可使用非常小淨功率產生此振盪。若此致使過驅動晶體或額外功耗，則可使用若干減輕方法。首先，該平衡相位可經調整為在

一不同點處，例如 $45^\circ$ 或 $135^\circ$ 。其次，該驅動器增益可經動態地調整以減小信號量值。再次，可使用一電流源輸出。

圖6及圖7繪示根據本發明之實施例之在接近諧振之各個頻率處驅動一實際晶體。此等圖可用於判定相位敏感性及對頻率改變之振幅回應。一信號產生器用以施加已知頻率之一方波。

圖6展示在各個驅動頻率處之電壓回應。用以產生圖6之示波器在時間 $t=0$ 處由頻率產生器之SYNC信號觸發。零交越時間作為頻率之一函數改變，指示對頻率之小改變敏感的一相移。在最大諧振處，該相移係約 $90^\circ$ ，如可在圖7中所見。該方波信號降級至具在大概在最高電流消耗點處之電壓回應之零交越附近的下跌之一波形。因為該晶體具有此一窄帶通效應，所以該輸出仍可呈現正弦曲線。該增益係粗略地在4至8範圍(12dB至18dB)中。

如本發明中所描述及作為振盪器100、200而實施之一混合式方法可傳遞內部FRC振盪器及一外部晶體之準確度兩者之優點。此等可包含FRC振盪器之快速啟動時間；FRC振盪器之穩定性及可靠性；晶體振盪器之準確度；在使用一時脈倍增器/除法器而選擇晶體振盪器頻率中之可撓性；容錯性；振盪器啟動故障或運行故障之非常低影響；對FRC振盪之無縫及固有回落；錯誤偵測可能(偵測低信號振幅或在相位偵測器輸出中之太多變動)以提供反饋至韌體；外PLL之低控制帶寬要求(FRC振盪器控制中至高頻率顫動效能，且該外PLL僅用於振盪器頻率之低頻率校正以滿足準確度要求)；對外部電路回應相位而非迴路增益之敏感性(此可使振盪頻率在溫度上更穩定，因為輸出驅動器增益中之改變將不影響相位偵測器之輸出)；針對驅動器輸出振幅之額外可撓性以降低功耗；能量回收之可行使

用(90°相移表示純無功功率)以減小功耗；及針對輸出及輸入之僅一個測針之可行使用，其中電流經施加且電壓經感測。

儘管上文已描述實例實施例，然可在不背離此等實施例之精神及範疇的情況下自本發明做其他變動及實施例。

#### 【符號說明】

100	混合式RC/晶體振盪器
102	OSCTUN輸入
104	可調諧FRC振盪器
106	倍頻器
108	I/O驅動器
110	電容器
112	外部晶體/電容器
114	電容器
116	接收器
118	相位偵測器
120	振盪器控制器
122	XT_STATUS
200	振盪器
208	I/O驅動器
216	接收器

## 【發明申請專利範圍】

### 【第1項】

一種振盪器，其包括：

一可調諧振盪器，其與一第一測針通信地耦合；

一相位偵測器電路，其與該可調諧振盪器之一輸出及至該振盪器之一輸入通信地耦合；及

一振盪器控制器電路，其經組態以基於該可調諧振盪器之輸出與在至該振盪器之該輸入處接收之一外部諧振元件之輸出之間的相位偵測而調整該可調諧振盪器之頻率。

### 【第2項】

如請求項1之振盪器，其進一步包括經通信地耦合至該振盪器之輸入的一第二測針，其中：

該可調諧振盪器經組態以通過該第一測針發出輸出；及

該相位偵測器電路經組態以通過該第二測針接收至該振盪器之輸入。

### 【第3項】

如請求項1之振盪器，其中：

該可調諧振盪器經組態以通過該第一測針發出輸出；及

該相位偵測器電路經組態以通過該第一測針接收至該振盪器之輸入。

### 【第4項】

如請求項1之振盪器，其中：

該可調諧振盪器經組態以通過該第一測針處之一驅動器電路發出輸

出；及

該相位偵測器電路經組態以通過該第一測針接收至該振盪器之輸入；

該驅動器電路經組態以將該第一測針處之該輸出作為一電流源發出且將該第一測針上之電壓偵測為至該振盪器之該輸入。

**【第5項】**

如請求項1之振盪器，其中該振盪器控制器電路進一步經組態以基於至該振盪器之輸入而輸出一晶體振盪器狀態。

**【第6項】**

如請求項1之振盪器，其中該振盪器控制器電路進一步經組態以基於一外部諧振元件已無法產生至該振盪器之一有用輸入的一判定而維持該可調諧振盪器之輸出。

**【第7項】**

如請求項1之振盪器，其中該振盪器控制器電路進一步經組態以基於已在該可調諧振盪器之輸出與至該振盪器之該輸入之間達成一相鎖的一判定而調整該可調諧振盪器之輸出。

**【第8項】**

如請求項1之振盪器，其中該振盪器控制器電路進一步經組態以基於該可調諧振盪器之輸出與至該振盪器之該輸入之間的一相鎖已丟失的一判定而維持該可調諧振盪器之輸出。

**【第9項】**

如請求項1之振盪器，其進一步包括經耦合於該可調諧振盪器與該第一測針之間的一倍頻電路，其中該倍頻器之一輸出係與該相位偵測器電路

耦合以提供該可調諧振盪器之該輸出。

**【第10項】**

一種微控制器，其包括：

一處理器；

一或多個周邊電路；及

一振盪器，其包括：

一可調諧振盪器，其與一第一測針通信地耦合且經組態以提供一振盪信號至該等周邊電路之一或多者；

一相位偵測器電路，其與該可調諧振盪器之一輸出及至該振盪器之一輸入通信地耦合；及

一振盪器控制器電路，其經組態以基於該可調諧振盪器之輸出與在至該振盪器之該輸入處接收之一外部諧振元件之輸出之間的相位偵測而調整該可調諧振盪器之頻率。

**【第11項】**

如請求項10之微控制器，其進一步包括經通信地耦合至該振盪器之輸入的一第二測針，其中：

該可調諧振盪器經組態以通過該第一測針發出輸出；及

該相位偵測器電路經組態以通過該第二測針接收至該振盪器之輸入。

**【第12項】**

如請求項10之微控制器，其中：

該可調諧振盪器經組態以通過該第一測針發出輸出；及

該相位偵測器電路經組態以通過該第一測針接收至該振盪器之輸

入。

**【第13項】**

如請求項10之微控制器，其中：

該可調諧振盪器經組態以通過該第一測針處之一驅動器電路發出輸出；及

該相位偵測器電路經組態以通過該第一測針接收至該振盪器之輸入；

該驅動器電路經組態以將該第一測針處之該輸出作為一電流源發出且將該第一測針上之電壓偵測為至該振盪器之該輸入。

**【第14項】**

如請求項10之微控制器，其中該振盪器控制器電路進一步經組態以基於至該振盪器之輸入而輸出一晶體振盪器狀態。

**【第15項】**

如請求項10之微控制器，其中該振盪器控制器電路進一步經組態以基於一外部諧振元件已無法產生至該振盪器之一有用輸入之一判定而維持該可調諧振盪器之輸出。

**【第16項】**

如請求項10之微控制器，其中該振盪器控制器電路進一步經組態以基於已在該可調諧振盪器之輸出與至該振盪器之該輸入之間達成一相鎖之一判定而調整該可調諧振盪器之輸出。

**【第17項】**

如請求項10之微控制器，其中該振盪器控制器電路進一步經組態以基於該可調諧振盪器之輸出與至該振盪器之該輸入之間的一相鎖已丟失的

一判定而維持該可調諧振盪器之輸出。

**【第18項】**

如請求項10之微控制器，其進一步包括經耦合於該可調諧振盪器與該第一測針之間的一倍頻電路，其中該倍頻器之一輸出係與該相位偵測器電路耦合以提供該可調諧振盪器之該輸出。

**【第19項】**

一種系統，其包括：

一半導體裝置，其包括一第一外部測針及一內部振盪器；及

一外部諧振元件，其至少通過該第一外部測針而經耦合至該半導體裝置；

其中該內部振盪器包括：

一可調諧振盪器，其與該第一測針通信地耦合且經組態以提供一振盪信號至該半導體裝置之一部分；

一相位偵測器電路，其與該可調諧振盪器之一輸出及至該內部振盪器之一輸入通信地耦合；及

一振盪器控制器電路，其經組態以基於該可調諧振盪器之輸出與在至該內部振盪器之該輸入處接收之該外部諧振元件之輸出之間的相位偵測而調整該可調諧振盪器之頻率。

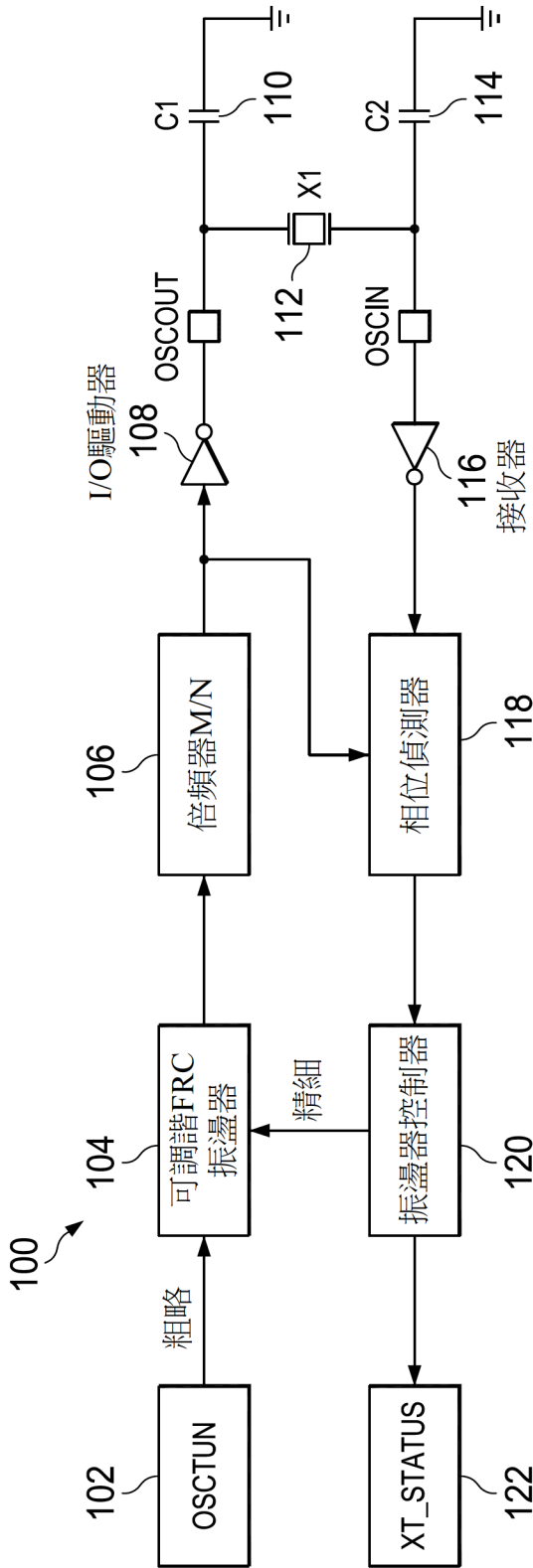
**【第20項】**

如請求項19之系統，其中：

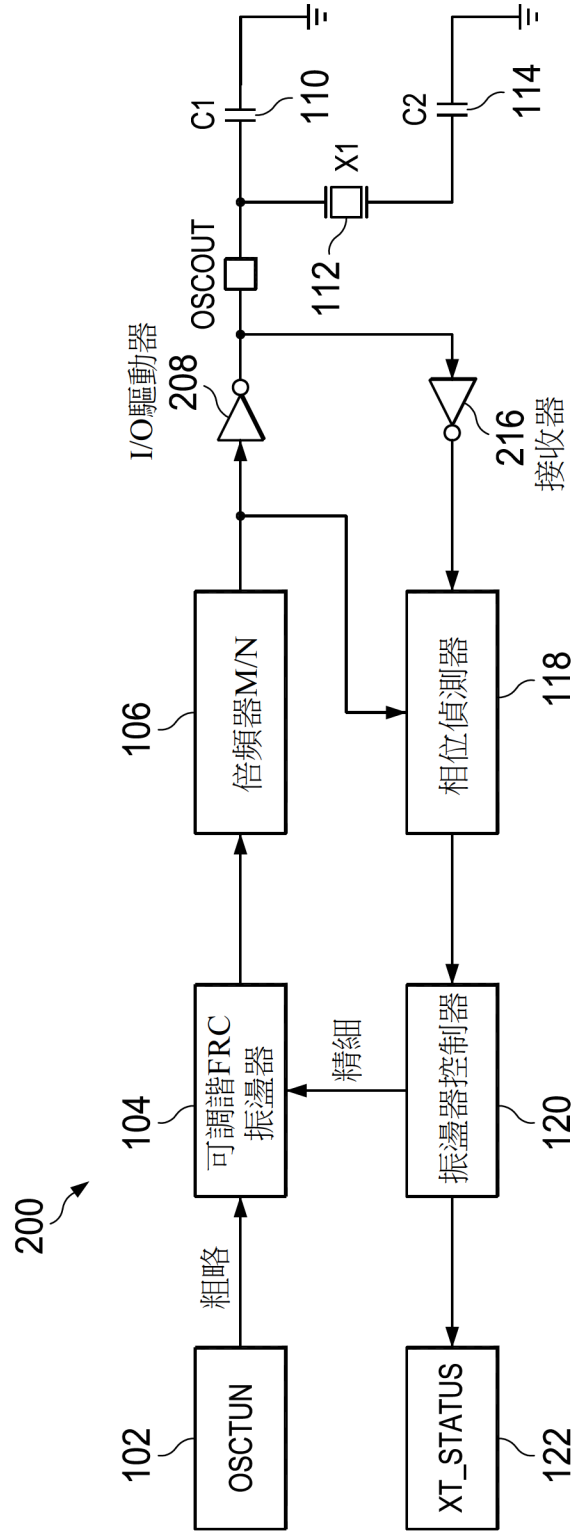
該可調諧振盪器經組態以通過該第一測針發出輸出；及

該相位偵測器電路經組態以通過該第一測針接收至該振盪器之輸入。

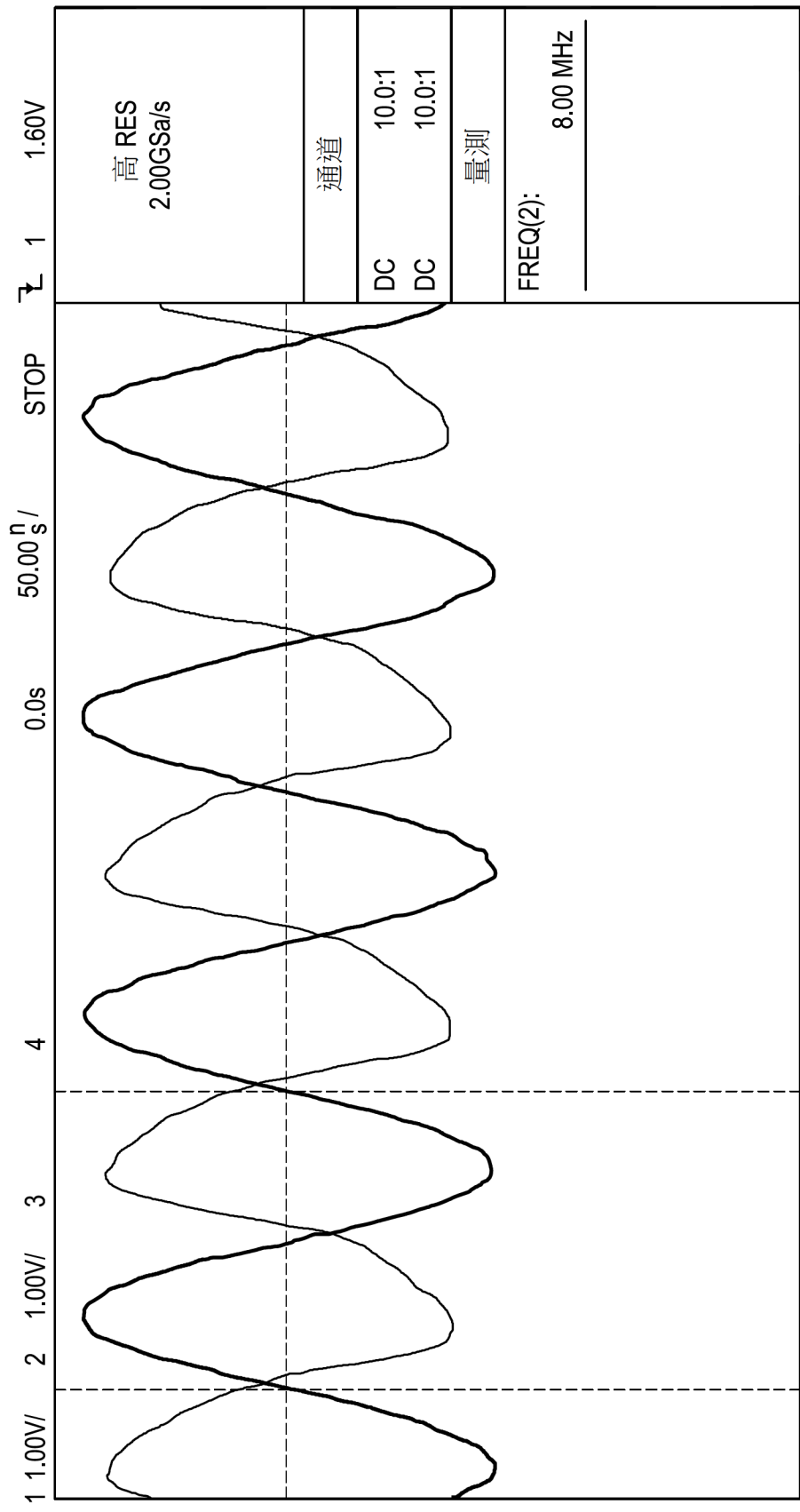
【發明圖式】



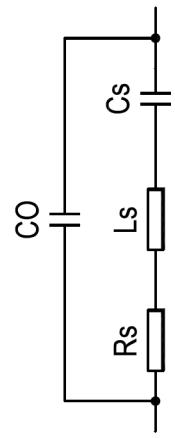
【圖1】



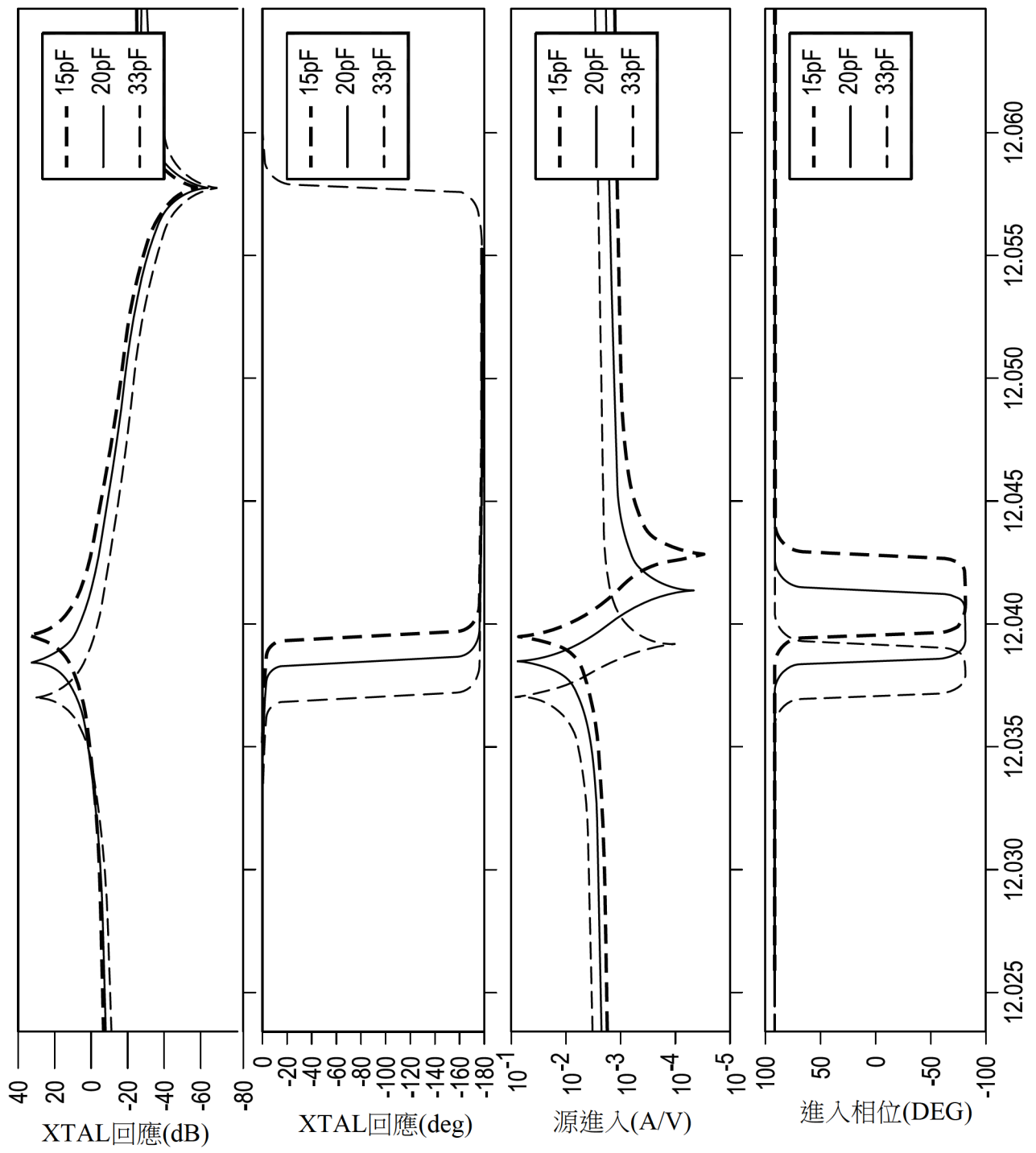
【圖2】



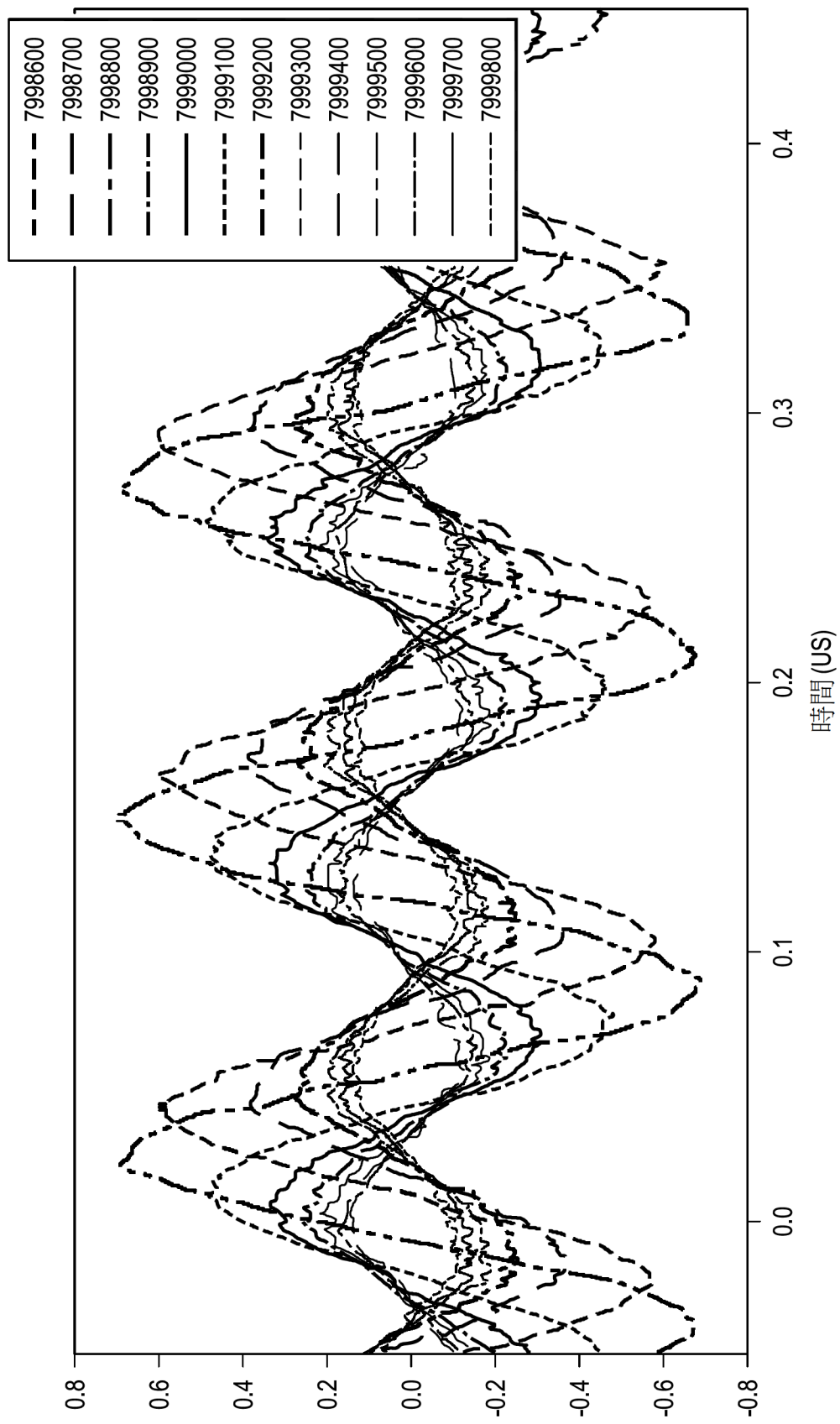
【圖3】



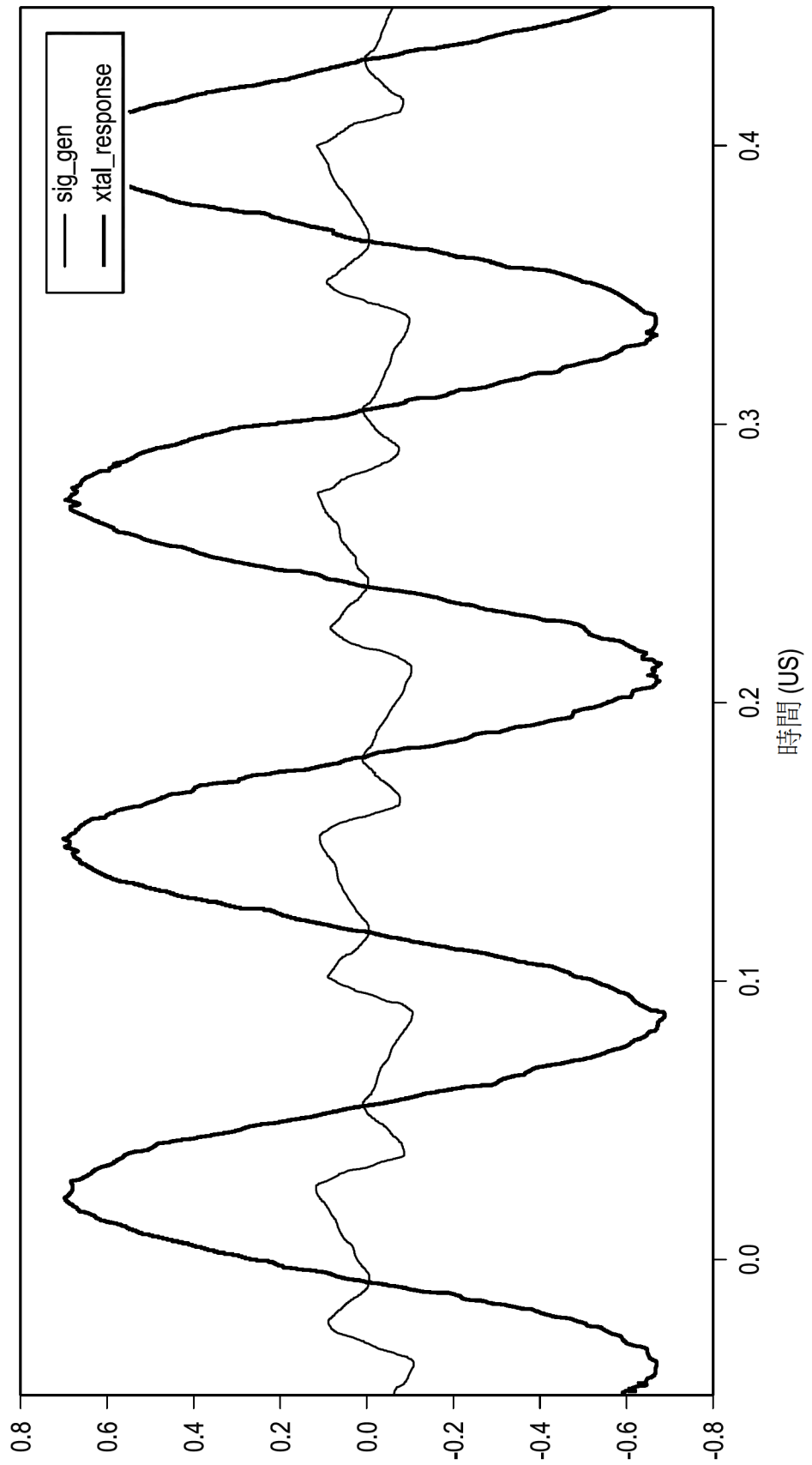
【圖4】



【圖5】



【圖6】



【圖7】