



(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 I433552 B

(45) 公告日：中華民國 103 (2014) 年 04 月 01 日

(21) 申請案號：098146329

(22) 申請日：中華民國 98 (2009) 年 12 月 31 日

(51) Int. Cl. : **H04R3/00 (2006.01)**

(30) 優先權：2009/07/07 美國 12/498,745

(71) 申請人：聯發科技（新加坡）私人有限公司（新加坡）MEDIATEK SINGAPORE PTE. LTD.

(SG)

新加坡

(72) 發明人：湯普森 斐德利克 卡內基 THOMPSON, FREDERICK CARNEGIE (IE)

(74) 代理人：洪澄文；顏錦順

(56) 參考文獻：

TW 264964

TW 200505154A

US 2008/0056513A1

US 2008/0069376A1

審查人員：黃雅崇

申請專利範圍項數：23 項 圖式數：10 共 0 頁

(54) 名稱

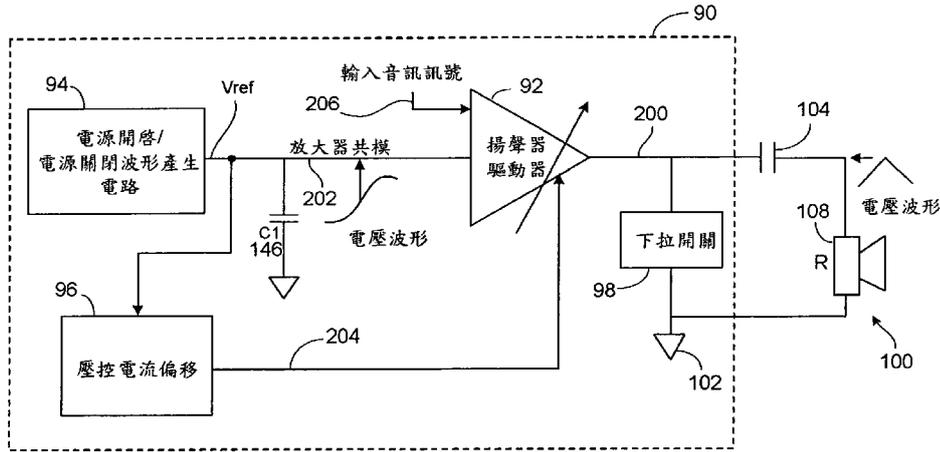
驅動揚聲器的裝置及方法

APPARATUS AND METHOD THAT DRIVES A SPEAKER

(57) 摘要

一種驅動揚聲器的裝置及方法，其中，驅動揚聲器的裝置包含：音訊子系統，具有波形產生電路，該波形產生電路產生電源開啟訊號，該電源開啟訊號用於控制一電訊號，該電訊號用於在電源開啟週期驅動揚聲器，該電源開啟訊號在該電源開啟週期的第一子週期內具有正的二階導數，該電源開啟訊號在該電源開啟週期的第二子週期內具有負的二階導數，該第一子週期佔據至少該電源開啟週期的四分之一，以及該第二子週期佔據至少該電源開啟週期的四分之一。本發明提供的裝置及方法的優點在於可減少揚聲器電源開啟或電源關閉時產生爆裂或者喀擦聲。

An apparatus and method that drives a speaker. An audio subsystem includes an amplifier that drives a speaker, the amplifier having a power-up circuit that generates a power-up voltage signal for controlling an electric signal used to drive an AC coupled speaker during a power-up period in which the power-up voltage signal increases from a ground voltage level to a common mode voltage level. The power-up voltage signal has a positive second derivative during a first sub-period of the power-up period and has a negative second derivative during a second sub-period of the power-up period. The first sub-period spans at least one-fourth of the power-up period, and the second sub-period spans at least one-fourth of the power-up period.



第3圖

- 90 . . . 音訊子系統
- 104 . . . 耦合電容 C
- 100 . . . 揚聲器
- 108 . . . 揚聲器線圈
- 102 . . . 接地端
- 92 . . . 揚聲器驅動器
- 94 . . . 電源開啓/電源關閉波形產生電路
- 96 . . . 壓控電流偏移
- 200 . . . 輸出電壓訊號
- 202 . . . 電壓訊號
- 204 . . . 偏移電流
- 206 . . . 輸入音訊訊號
- 98 . . . 下拉開關
- 146 . . . 電容 C1

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：98146329

※申請日：98.12.31

※IPC 分類：H04R 3/00 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

驅動揚聲器的裝置及方法

APPARATUS AND METHOD THAT DRIVES A SPEAKER

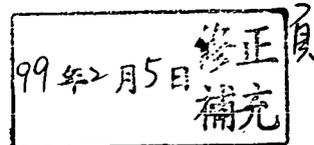
二、中文發明摘要：

一種驅動揚聲器的裝置及方法，其中，驅動揚聲器的裝置包含：音訊子系統，具有波形產生電路，該波形產生電路產生電源開啟訊號，該電源開啟訊號用於控制一電訊號，該電訊號用於在電源開啟週期驅動揚聲器，該電源開啟訊號在該電源開啟週期的第一子週期內具有正的二階導數，該電源開啟訊號在該電源開啟週期的第二子週期內具有負的二階導數，該第一子週期佔據至少該電源開啟週期的四分之一，以及該第二子週期佔據至少該電源開啟週期的四分之一。本發明提供的裝置及方法的優點在於可減少揚聲器電源開啓或電源關閉時產生爆裂或者喀擦聲。

三、英文發明摘要：

An apparatus and method that drives a speaker. An audio subsystem includes an amplifier that drives a speaker, the amplifier having a power-up circuit that generates a power-up voltage signal for controlling an electric signal used to drive an AC coupled speaker during a power-up period in which the

power-up voltage signal increases from a ground voltage level to a common mode voltage level. The power-up voltage signal has a positive second derivative during a first sub-period of the power-up period and has a negative second derivative during a second sub-period of the power-up period. The first sub-period spans at least one-fourth of the power-up period, and the second sub-period spans at least one-fourth of the power-up period.



四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第(3)圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

90~音訊子系統；

104~耦合電容 C；

100~揚聲器；

108~揚聲器線圈；

102~接地端；

92~揚聲器驅動器；

94~電源開啓/電源關閉波形產生電路；

96~壓控電流偏移；

200~輸出電壓訊號；

202~電壓訊號；

204~偏移電流；

206~輸入音訊訊號；

98~下拉開關；

146~電容 C1。

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明有關於揚聲器 (speaker) 的電源開啓 (power up) 或電源關閉 (power down)，更具體地，有關於在揚聲器電源開啓或電源關閉過程中，驅動揚聲器的裝置及方法。

【先前技術】

在一些例子中，當功率放大器開啓以驅動揚聲器時，功率放大器的輸出可能有一段電源開啓暫態 (transient)，而電源開啓暫態可能使揚聲器發出爆裂或者喀擦聲 (pop or click sound)。相似地，當功率放大器關閉時，可能會產生電源關閉暫態，而電源關閉暫態會使揚聲器發出爆裂或者喀擦聲。可攜式裝置 (例如行動電話) 經常在正常運作模式 (normal operation mode) 與待機模式 (standby mode) 之間切換以節省電力，而當可攜式裝置在待機模式以及正常運作模式之間切換時，可攜式裝置的揚聲器會產生爆裂或者喀擦聲。非可攜式裝置 (例如立體聲系統) 也可能在電源開啓或電源關閉時產生爆裂或者喀擦聲。

【發明內容】

有鑑於此，本發明提供一種驅動揚聲器的裝置及方法。

本發明提供一種驅動揚聲器的裝置，包含：一音訊子系統，具有一波形產生電路，該波形產生電路產生一電源開啓訊號，該電源開啓訊號用於控制一電訊號，該電訊號用於在一電源開啓週期驅動一揚聲器，該電源開啓訊號在

該電源開啟週期的一第一子週期內具有一正的二階導數，該電源開啟訊號在該電源開啟週期的一第二子週期內具有一負的二階導數，該電源開啟週期的第一子週期佔據至少該電源開啟週期的四分之一，以及該電源開啟週期的第二子週期佔據至少該電源開啟週期的四分之一。

本發明再提供一種驅動揚聲器的裝置，包含：一音訊子系統，具有一波形產生電路，該波形產生電路產生一電源關閉訊號，該電源關閉訊號用於控制一電訊號，該電訊號用於在一電源關閉週期內驅動一揚聲器，該電源關閉訊號在該電源關閉週期的一第一子週期內具有一負的二階導數，該電源關閉訊號在該電源關閉週期的一第二子週期內具有一正的二階導數，該電源關閉週期的第一子週期佔據至少該電源關閉週期的四分之一，以及該電源關閉週期的第二子週期佔據至少該電源關閉週期的四分之一。

本發明又提供一種驅動揚聲器的裝置，包含：一音訊子系統，具有一波形產生電路，該波形產生電路產生一電源開啟訊號，該電源開啟訊號用於控制一電訊號，該電訊號用於在一電源開啟週期內驅動一揚聲器，該電源開啟訊號在該電源開啟週期的一第一部分內具有一正的二階導數，該電源開啟訊號在該電源開啟週期的一第二部分內具有一負的二階導數，該電源開啟訊號之該二階導數在該電源開啟週期之該第一部分，偏離該二階導數之平均值不超過 50%，而該電源開啟訊號之該二階導數在該電源開啟週期之該第二部分，偏離該二階導數之平均值不超過 50%。

本發明另提供一種驅動揚聲器的方法，包含：使用一

電源開啟訊號控制一電訊號，該電訊號用於在一音訊子系統之一電源開啟週期內，驅動一揚聲器，該電源開啟訊號在該電源開啟週期之一第一子週期內具有一正的二階導數，在該電源開啟週期之一第二子週期內具有一負的二階導數，該電源開啟週期之第一子週期佔據至少該電源開啟週期的四分之一，以及該電源開啟週期之第二子週期佔據至少該電源開啟週期的四分之一；以及在該電源開啟週期之後，根據一音訊訊號驅動該揚聲器。

本發明提供的裝置及方法的優點在於可減少揚聲器電源開啓或電源關閉時產生爆裂或者喀擦聲。

【實施方式】

在說明書及後續的申請專利範圍當中使用了某些詞彙來指稱特定元件。所屬領域中具有通常知識者應可理解，製造商可能會用不同的名詞來稱呼同一個元件。本說明書及後續的申請專利範圍並不以名稱的差異來作為區分元件的方式，而是以元件在功能上的差異來作為區分的準則。在通篇說明書及後續的請求項當中所提及的“包括”和“包含”係為一開放式的用語，故應解釋成“包含但不限定於”。以外，“耦接”一詞在此係包含任何直接及間接的電氣連接手段。間接的電氣連接手段包括通過其他裝置進行連接。

在揚聲器放大器的電源開啓或者電源關閉過程中，提供電源開啓/電源關閉暫態波形產生器以致能揚聲器的驅動，以減少爆裂或者喀擦聲雜訊。當 AC 耦合揚聲器自接

[S]

地電壓(例如, 0V)被驅動到共模準位的電源開啓週期內, 電源開啓週期的第一半時間內使用一個大致上以常數速率增長的電流來驅動揚聲器線圈(coil), 而在電源開啓週期的第二半時間內, 使用一個大致上以常數速率降低的電流來驅動揚聲器線圈。相似地, 當 AC 耦合揚聲器自共模準位被驅動到接地電壓準位(例如, 0V)的電源關閉週期內, 電源關閉週期的第一半時間內使用一個大致上以常數速率增長的負電流來驅動揚聲器線圈, 而在電源關閉週期的第二半時間內, 使用一個大致上以常數速率降低的負電流來驅動揚聲器線圈。以此方式, 在電源開啓以及電源關閉週期內, 揚聲器振膜(cone), 以大致上恆定速率移動, 而不突然移動, 從而產生抑制的(muffled)聲音, 而不是尖銳的爆裂或者喀擦聲。

概述

在一些實現中, 揚聲器包含線圈形成的電磁石(electromagnet), 而該線圈位於由永磁體(permanent magnet)產生的恆定的磁場中。該線圈連接到揚聲器振膜上。透過改變線圈中流動的電流, 由電磁石產生的磁場與永磁體產生的磁場相互作用, 從而推或者拉該線圈。接著, 線圈推或者拉揚聲器振膜, 振動了揚聲器前方的空氣, 然後產生聲波。電流訊號的頻率和振幅決定了線圈移動的速率和距離, 從而決定了由揚聲器振膜產生的聲波的頻率以及振幅。

請參閱第 1 圖, 第 1 圖為相對於揚聲器線圈電流, 揚聲器振膜偏斜(deflection)的示意圖。如曲線 10 所表示, 揚

聲器振膜以與揚聲器振膜中的電流量成正比的速率移動。當揚聲器線圈中的電流改變時，揚聲器振膜移動並且產生聲音。振膜移動的速率傳達(convey)了頻率以及振幅信息。

請參閱第 3 圖，第 3 圖為示例音訊子系統驅動 AC 耦合揚聲器的示意圖。在一些例子中，音訊子系統 90 透過耦合(coupling)電容 C 104 而驅動揚聲器 100。揚聲器 100 具有揚聲器線圈 108，而揚聲器線圈 108 具有阻抗 R。該揚聲器配置可以稱為“AC 耦合揚聲器”，所以後文中，揚聲器 100 可以為 AC 耦合揚聲器 100。揚聲器線圈 108 一端連接到接地端 102，而另一端連接到耦合電容 C 104。AC 耦合揚聲器的優勢之一就是不必將揚聲器線圈 108 的另一側(不直接接收輸入訊號的一側)偏移到共模準位，共模偏移(offset)不會經過揚聲器引起額外的電力消耗(因為 DC 電流被耦合電容 C104 所阻斷)。AC 耦合揚聲器的另外一個優勢就是不必將揚聲器的另外一側驅動到共模準位，節省了矽(silicon)面積(IC 電路)以及電流。揚聲器 100 可以為但不限於收話器(headphone)或者耳機(earpiece)的一部分，或者可以安裝在可攜式裝置內部，例如行動電話、數位錄音機(digital recorder)、可攜式收音機(portable radio)或者音樂播放器，揚聲器 100 或者可以非可攜式裝置(例如，家庭娛樂系統)中的揚聲器。

AC 耦合揚聲器的高頻轉折(high pass corner)頻率(又稱高通截止頻率)由下面方程式給出：

$$f_c = 1/(2 * \pi * R * C)$$

其中， f_c 為高通截止頻率，而 R 為揚聲器線圈 108 的阻

[5]

抗，C為耦合電容C 104的電容值。

表1為用於各種揚聲器阻抗，用以獲得各種截止頻率 (cut off frequency)所需的電容。

表1·揚聲器阻抗以及高通截止頻率所需電容

	16 ohms	32 ohms
20Hz	500uF	250uF
100Hz	100uF	50uF
300Hz	33uF	16uF

流經耦合電容C 104的電流由下列方程式給出：

$$i = C * d / dt * Vc(t)$$

其中，C為耦合電容C104的電容值，Vc(t)為用於耦合電容C 104的電壓。

這個方程式忽略了由揚聲器線圈 108 中的阻抗 R 所引起的阻尼(damping)，但是因為 R 很小(幾十歐姆)，揚聲器兩端的電壓也很小，所以作為第一級近似(approximation)來說是足夠的。

揚聲器線圈 108 的電流與用於耦合電容 C 104 的電壓的變化率，以及與耦合電容 C 104 自身的大小成正比。更高品質的音訊系統通常使用具有較低截止頻率的揚聲器，而對於同樣的揚聲器阻抗，具有較低截止頻率的揚聲器中的喀擦(click)聲更大。因此，在允許的電源開啓或允許的電源關閉時間、所需電容的大小以及給定揚聲器所產生喀擦聲的可聞度之間需達到均衡。

在音訊子系統 90 電源開啓之後，揚聲器驅動器 92 的

輸出就升高到揚聲器驅動器 92 的共模準位，以允許揚聲器驅動器 92 使用在共模準位之上或者之下擺動的電壓訊號驅動揚聲器。如果揚聲器驅動器 92 突然將輸出從 0V 驅動到共模準位，那麼就會在耦合電容 C 104 上，施加一個很大的電壓步進(step)，其中，電壓步進的斜率(slope)由揚聲器驅動器 92 的回轉(slew)速率所決定。作為結果，在很短的時間內，就會有流經揚聲器線圈 108 的大電流步進。這會促使揚聲器振膜具有大的移動，而且振膜的移動的速率也會很大。這些效應組合起來，從而形成在電源啟動時的很大的爆裂或者喀擦聲。

喀擦聲的音量與揚聲器線圈 108 中的電流的變化率成正比。為了降低喀擦聲，在一些實現中，音訊子系統 90 可以配置為在電源開啓過程中，應用到揚聲器的電流的絕對變化速率大致上為常數。在預設時間內，在足以將音訊子系統 90 的輸出端驅動到共模準位的條件下，揚聲器的電流的絕對變化率也可以保持為最小。

音訊子系統 90 包含至少一個揚聲器驅動器 92、電源開啓/電源關閉波形產生電路 94 以及壓控電流偏移(bias)96。揚聲器驅動器 92 產生一個電訊號(如輸出電壓訊號 200)，並將輸出電壓訊號 200 輸出以驅動揚聲器 100。在一些例子中，揚聲器驅動器 92 具有數位控制增益。電源開啓/電源關閉波形產生電路 94 產生電壓訊號 202，而在電源開啓週期和電源關閉週期內，電壓訊號 202 控制揚聲器驅動器 92 的輸出電壓訊號 200 的共模電壓準位。在一些例子中輸出電壓訊號 200 與輸出電壓訊號 202 僅具有倍數差

[5]

異，然波形相似，其一階導數與二階導數的變化均相似。壓控電流偏移 96 產生用於揚聲器驅動器 92 的偏移電流 204。在電源關閉週期之後，下拉開關 98 用於將輸出電壓訊號 200 拉低到接地電壓。其中，輸出電壓訊號 200 對應電壓訊號 202 的波形（在一些例子中輸出電壓訊號 200 與輸出電壓訊號 202 僅具有倍數差異，然波形相似，故稱之為對應）。請注意，電壓訊號 202 等於電壓 V_{ref} ，所有其他實施方式中的 V_{ref} 均可以由此實施方式的電壓訊號 202 實現。而且，電壓 V_{ref} 在電源開啓週期內為電源開啓訊號，而在電源關閉週期內，電壓 V_{ref} 為電源關閉訊號。無論是電源開啓週期還是電源關閉週期，電壓 V_{ref} 均用於控制輸出電壓訊號 200，從而驅動揚聲器 100。

在電源開啓週期內發生下列事件。揚聲器驅動器 92 的 AC 增益設定為無聲(mute)，以減少不必要的雜訊。將下拉開關 98 斷開(opened)，這樣揚聲器驅動器 92 的輸出端就不連接到接地端。電源開啓/電源關閉波形產生電路 94 開始運行，對電容 C1 146 充電，以促使電壓訊號 202 自 0V 升高到一個期望的共模電壓準位，在此過程中電壓波形的二階導數的絕對值大致上在電源開啓週期內為常數。作為響應，揚聲器驅動器 92 使用與電壓訊號 202 相同的波形將輸出電壓訊號 200 自 0V 驅動到期望的共模電壓準位。也就是說，輸出電壓訊號 200 的波形與電壓訊號 202 的波形對應。

如上所述，在電源開啓週期內，當輸出電壓訊號 200 的這樣的電壓波形用於驅動揚聲器 100 時，在電源開啓過

程中的音訊子系統 90 的爆裂或者喀擦聲就可以減少。電壓訊號 202 也發送給壓控電流偏移 96，以控制偏移電流 204 自 0V 到適當的偏移電流準位逐漸向上傾斜(ramp up)。在電源開啓週期結束時，輸出電壓訊號 200 的電壓為期望的共模電壓準位，所以期望的揚聲器驅動器增益應用到揚聲器驅動器 92 上，然後揚聲器驅動器 92 根據輸入音訊訊號 206 驅動揚聲器 100，舉列而言，在該電源開啓週期之後使用音訊訊號驅動揚聲器 100。

在電源關閉週期內，揚聲器驅動器 92 的 AC 增益再次設定為無聲，以減少不必要的雜訊。電源開啓/電源關閉波形產生電路 94 放電電容 C1 146，以促使電壓訊號 202 自共模電壓準位降低到 0V，上述過程中，電壓訊號 202 的電壓波形的二階導數的絕對值大致上為常數。作為響應，使用與電壓訊號 202 同樣的波形，揚聲器驅動器 92 將輸出電壓訊號 200 自共模電壓準位驅動到 0V。

當使用這樣的電壓波形驅動揚聲器 100 時，在電源關閉過程中的音訊子系統 90 的爆裂或者喀擦聲就會減少。在電源關閉週期內，壓控電流偏移 96 也使偏置電流 204 自共模偏置電流準位傾斜到 0。接近電源關閉週期的最後，下拉開關 98 關閉(closed)，以將輸出電壓訊號 200 下拉到接地電壓。

第 2 圖為在電源開啓週期 $T_{powerup}$ 內用於驅動揚聲器 100 的電流的示例波形 110。在此例子中，在電源開啓週期的第一半 112，電流以常數速率增長，直到到達峰值 I_{peak} ，然後，在電源開啓週期的第二半 114，電流以常數

[S]

速率降低。在電源開啓週期結束之後，揚聲器振膜回到原來的位置(at its resting place)，這樣，就可以在兩個方向等地偏斜(deflect)。這會使電源開啓的喀擦聲能量擴散到整個電源開啓週期內。出現在頻譜內的喀擦聲能量越少，那麼收聽者就越不容易受到聽到的電源開啓喀擦聲的影響。

在一些實現中，音訊子系統 90 配置為在約 100ms 內電源開啓，然後音訊子系統 90 準備好驅動揚聲器 100 以輸出任意音訊訊號。這說明，在電源開啓之後，在聽到來自揚聲器的音樂或者音訊之前使用者僅需等待 100ms。

波形 110 給出了用於驅動揚聲器 100 的電流輪廓示意圖，其中，揚聲器 100 提供最小的電源開啓喀擦聲。電流的絕對變化率為常數，而且依賴於共模準位以及允許的電源開啓時間。共模準位越大，或者電源開啓允許的時間越少，那麼電流的改變速率越大，而喀擦聲越大聲。

耦合電容 C 104(第 3 圖)以及揚聲器線圈 108 形成一個高通濾波器，對於耦合電容 C104 以及揚聲器線圈 108 的跨壓來說，該高通濾波器與微分器(differentiator)的作用類似。因此，可以積分(integrate)電流波形以獲得電壓波形。

流經驅動揚聲器 100 的電流波形給出如下：

$$i(t) = \alpha * t$$

其中， $i(t)$ 為流經驅動揚聲器 100 的電流， $0 < t < T_{\text{powerup}}/2$ ，並且 α 為電流對時間(current-versus-time)曲線的斜率(slope)以及

$$i(t) = \alpha * T_{\text{powerup}} / 2 - \alpha * (t - T_{\text{powerup}}/2) = \alpha * T_{\text{powerup}} - \alpha * t$$

其中， $T_{\text{powerup}}/2 < t < T_{\text{powerup}}$ 。

電流波形 $i(t)$ 的積分(integral)給出如下：

$$v(t) = 1/2 * \alpha * t^2$$

其中， $0 < t < T_{\text{powerup}}/2$ 以及

$$v(t) = K + \alpha * T_{\text{powerup}} * t - 1/2 * \alpha * t^2$$

其中， $T_{\text{powerup}}/2 < t < T_{\text{powerup}}$ 。邊界條件為 $v(T_{\text{powerup}}/2) = 1/8 * \alpha * T_{\text{powerup}}^2$ ，所以

$$K = -1/4 * \alpha * T_{\text{powerup}}^2$$

以及

$$v(t) = -1/4 * \alpha * T_{\text{powerup}}^2 + \alpha * T_{\text{powerup}} * t - 1/2 * \alpha * t^2$$

第 4 圖為在電源開啓過程中，用於耦合電容 C 104 以及揚聲器 100 上的電壓波形 120。波形 120 具有第一部分 122 以及第二部分 124，第一部分 122 具有正的常數二階導數(即， α)，而第二部分 124 具有負的常數二階導數(即， $-\alpha$)。此電壓輪廓示意圖為給定的 AC 耦合電容、共模準位以及電源開啓時間提供了最小的電源開啓的喀擦聲。

第 5 圖為在電源關閉週期 $T_{\text{powerdown}}$ 內，用於驅動揚聲器 100 的電流的示例波形 210。在此例子中，在電源關閉週期的第一半 212 內，電流以常數速率減少，然後在電源關閉週期的第二半 214 內，電流以常數速率增加。揚聲器振膜在電源關閉週期結束之後回到原來的位置(resting place)，這樣，在電源關閉之後就不再產生聲音。這會使電源關閉喀擦聲能量在整個電源關閉週期內擴散。在頻譜出現的喀擦聲能量越低，那麼收聽者就越不容易受到電源關

閉喀擦聲影響。

在一些實現中，音訊子系統 90 配置為在大約 100ms 內電源關閉，這樣，系統就可以在 100ms 之後關閉。波形 210 給出了可提供最小的電源關閉喀擦聲的揚聲器 100 的驅動電流輪廓示意圖。電流的絕對變化率為常數，而且依賴於共模準位以及允許的電源關閉時間。共模準位越高，或者電源關閉允許的時間越短，那麼電流的變化率越大，聽到喀擦聲也越大。

請參閱第 6 圖，第 6 圖為示例電源開啟/電源關閉波形產生電路 94 的示意圖，在一些實現中，電源開啟/電源關閉波形產生電路 94 包含壓控電流源(以下簡稱為 VCCS)132，而 VCCS 132 接收控制電壓 $V1$ ，然後 VCCS 132 在訊號線 136 上控制電流 $I1$ ，而電流 $I1$ 用於控制電壓 V_{ref} ，電壓 V_{ref} 進而控制由第 3 圖所示的輸出電壓訊號 200。在電源開啟週期內，電流 $I1$ 以及控制電壓 $V1$ 具有如下關係： $I1 = \beta * V1$ 。在電源關閉週期內， $I1 = -1 * \beta * V1$ 。其中， β 為 VCCS 132 的增益。控制邏輯電路 144 提供上升緣/下降緣(Up/Down)訊號 236 給 VCCS 132，以指示出是否為電源開啟週期或者為電源關閉週期。

電源開啟週期的開始，啟用(Activation)訊號(如第 7 圖所示，啟用訊號用於表示電源接通的開始，然圖中未明示)變為邏輯高(logic HIGH)。啟用訊號發送給電源開啟/電源關閉波形產生電路 94、揚聲器驅動器 92 以及壓控電流偏移 96。控制邏輯電路 144 將上升緣/下降緣訊號 236 設定為邏輯高。控制電路邏輯 144 發送控制訊號 234 給第三開關

SW3 220 以及第四開關 SW4 222，以促使第三開關 SW3 220 關閉，而第四開關 SW4 222 斷開，其中，控制訊號 234 具有“+1”狀態。以此方式，輸出節點 106 上的輸出電壓 Vref 作為控制電壓 V1 而用於控制 VCCS 132。輸出節點 106 連接到揚聲器驅動器 92 的共模輸入(如第 3 圖所示)。控制邏輯電路 144 發送控制 SW2 訊號 256，以斷開第二開關 SW2 254。

啓動(start-up)電流源 140 向電壓 Vref 節點 106 輸出小的電流 I_{startup} ，以啓動 (start) 電源開啓/電源關閉波形產生電路 94。參考電容 C1 146 積分來自電流源 140 的電流 I_{startup} 以及來自 VCCS 132 的電荷，這樣，在節點 106 的輸出電壓 Vref 增大，而反過來使訊號線 136 上的電流 I1 增加。

參考電容 C1 146 積分來自電流源 140 的電流 I_{startup} 以及來自 VCCS 132 的電荷。節點 106 的電壓 Vref 由下列方程式給出：

$$V_{\text{ref}} = (I * t) / C,$$

其中，電流 I 包含來自啓動電流源 140 以及 VCCS 132 的電流。VCCS 132 控制電流 I1 與控制電壓 V1 成正比，其中，控制電壓 V1 與節點 106 上的電壓 Vref 相等。輸出電壓 Vref 隨著電流 I1 的增長而增長，而反過來會進一步使電流 I1 增長，引起了正回授(feedback)，在此過程中，由 VCCS 132 的增益以及電容 C1 146 設定時間常數。

來自 VCCS 132 的電流由下列方程式給出：

$$\begin{aligned} I1 &= \text{beta} * V_{\text{ref}} / C = \text{beta} * (I1 + I_{\text{startup}}) * t / C \\ &\approx \text{beta} * I1 * t / C \quad (\text{方程式. 1}) \end{aligned}$$

其中，beta 為 VCCS 的增益，而 C 為電容 C1 146 的電容值。在電源開啓週期的大部分時間內，電流 I_{startup} 與電流 I_1 相比很小，因此所以在上述近似中可以忽略。該電流在參考電容 C1 146 上積分，而節點 106 的電壓 V_{ref} 為：

$$V_{\text{ref}} = (\text{beta} * I_1 * t^2) / (2 * C) \quad (\text{方程式 } 2)$$

由於來自啟動電流源 140 以及 VCCS 132 的電流，輸出電壓 V_{ref} 依賴於在參考電容 C1 146 上隨時間累積的電荷。這給出了上述的平方律(square law)關係。

控制邏輯電路 144 提供多工選擇訊號 (Mux Selection) 238 給多工器 240，以選擇電壓 V_{ref} 以及下列訊號之一： $V_{\text{DD}}/4$ 、 $V_{\text{DD}}/2$ 以及 $\text{GND} + \text{delta}$ ，其中 V_{DD} 為電源電壓， delta 為一個小電壓。電壓 $V_{\text{DD}}/2$ 、 $V_{\text{DD}}/4$ 以及 $\text{GND} + \text{delta}$ 可以使用電阻串列(string)分壓電源電壓 V_{DD} 而產生。所選擇的訊號發送給比較器 242。如果選定 $V_{\text{DD}}/4$ ，在電源開啓週期的第一部分中，電壓 V_{ref} 從 0V 開始增長。控制邏輯電路 144 控制多工選擇訊號 238，以使多工器 240 將電壓 V_{ref} 以及 $V_{\text{DD}}/4$ 發送給比較器 242。

VCCS 132 增加電流 I_1 ，參考電容 C1 146 積分電荷量，節點 106 上的電壓 V_{ref} 增長，直到電壓 V_{ref} 到達近似 $V_{\text{DD}}/4$ 。當電壓 V_{ref} 等於 $V_{\text{DD}}/4$ 時，比較器 242 將訊號 244 發送給控制邏輯電路 144，然後控制邏輯電路 144 立刻將控制訊號 234 改變為“-1”值，此運作導致了第三開關 SW3 220 斷開，而第四開關 SW4 222 關閉，允許控制電壓 V_1 由放大器 224 所驅動。由此可以看出，訊號 244 標誌電

壓 V_{ref} 以及一門檻值之一比較結果，波形產生電路 94 控制電壓 V_{ref} 以在具有正的二階導數以及具有負的二階導數之間切換。

放大器 224 具有正輸入端 226，而正輸入端 226 接收參考電壓 $V_{DD}/4$ 。放大器 224 具有負輸入端 228，而負輸入端 228 自節點 232 接收電壓，節點 232 為由電阻 230a 以及電阻 230b 組成的電壓分壓器的節點。在此例子中，電阻 230a 以及電阻 230b 具有相等的電阻值。該配置使電流 I_1 的斜率改變為負值(即，電流 I_1 隨著時間而減少)。隨著電壓 V_{ref} 越高，電流 I_1 降低。隨著輸出電壓 V_{ref} 升高到 $V_{DD}/2$ ，則允許控制電壓被驅動到 0V。電流 I_1 具有與第 2 圖所示的波形 110 相似的波形。由此可以看出，控制電壓 V_1 由放大器 224 所驅動，而電壓 V_{ref} 輸入到放大器 224。

在此例子中，選擇共模準位為 $V_{DD}/2$ ，將控制訊號 234 雙態觸變(toggle)自“+1”狀態觸發到“-1”狀態的門檻值(使電流的斜率從正變為負的門檻值)設定為共模準位的一半(或 $V_{DD}/4$)。

控制邏輯電路 144 控制多工選擇訊號 238，以使多工器 240 選擇電壓 V_{ref} 訊號以及 $V_{DD}/2$ 訊號，然後所選訊號傳遞給比較器 242。當電壓 V_{ref} 訊號到達 $V_{DD}/2$ ，比較器 242 將訊號 244 發送給控制邏輯電路 144，而控制邏輯電路 144 發送 DONE 訊號 246，以指示出，參考電壓 V_{ref} 已經上升到期望的共模電壓準位。DONE 訊號 246 促使第一開關 SW1 248 關閉，從而將節點 106 與電壓分壓器的節點 250 連接起來，而電壓分壓器包含電阻 252a 以及電阻

252b。在此例子中，電阻 252a 以及電阻 252b 具有相同的電阻值，所以節點 250 就具有電壓 $VDD/2$ ，使得電容 C1 146 連接到 $VDD/2$ ，而該電壓為關閉第一開關 SW1 248 之前與節點 106 的相同的電壓，所以電容 C1 146 就用於保持電壓 V_{ref} 的準位。

在一些例子中，啟動電流源 140、VCCS 132 以及其他元件關閉。音訊子系統 90 開始驅動揚聲器 100，以產生期望的音訊訊號。

第三開關 SW3 220 以及第四開關 SW4 222 配置為，當第三開關 SW3 220 斷開時，第四開關 SW4 222 關閉，而當第三開關 SW3 220 關閉時，第四開關 SW4 222 斷開。在此例子中，在電源開啓週期的第一部分(例如，大約第一半)控制邏輯電路 144 控制控制訊號 234 關閉第三開關 SW3 220 以及斷開第四開關 SW4 222，以及在電源開啓週期的第二部分(例如，大約第二半)中，控制邏輯電路 144 控制控制訊號 234 斷開第三開關 SW3 220 以及關閉第四開關 SW4 222。

在電源關閉週期內，控制邏輯電路 144 雙態觸變 DONE 訊號 246 以斷開第一開關 SW1 248，將節點 106 與節點 250 去連接。在電源關閉週期的第一部分(例如，大約第一半)控制邏輯電路 144 雙態觸變控制訊號 234 至“-1”狀態，以使第三開關 SW3 220 斷開以及第四開關 SW4 222 關閉。控制電壓 V_1 由放大器 224 所驅動。控制邏輯電路 144 將上升緣/下降緣訊號 236 改變為邏輯低，這樣 VCCS 132 具有負增益，即 $I_1 = -1 * \beta * V_1$ 。這會使輸出電壓 V_{ref} 自

共模電壓準位 $VDD/2$ 起降低。電流 $I1$ 為負，所以電容 $C1$ 146 放電。在電源關閉週期內的第一部分，電流 $I1$ 具有負斜率，所以在此週期內，電流以大致常數速率減少。

控制邏輯電路 144 控制多工選擇訊號 238，以使多工器 240 選擇 $Vref$ 以及 $VDD/4$ 。當比較器偵測到 $Vref$ 等於 $VDD/4$ ，比較器 242 將訊號 244 發送至控制邏輯電路 144，而控制邏輯電路 144 雙態觸變控制訊號 234 以改變到“+1”狀態。這會使開關 $SW3$ 220 在電源關閉週期的第二部分(例如，大約第二半)關閉，而使開關 $SW4$ 222 斷開。控制電壓 $V1$ 現在連接到輸出電壓 $Vref$ 。隨著控制電壓降低到零時，電流 $I1$ 逐漸降低到零。

控制邏輯電路 144 控制多工選擇訊號 238，以使多工器 240 選擇電壓 $Vref$ 訊號以及 $GND+\delta$ 訊號。當比較器 242 偵測到電壓 $Vref$ 訊號已經降低到 $GND+\delta$ ，控制邏輯電路 144 雙態觸變控制 $SW2$ 訊號 256，以關閉第二開關 $SW2$ 254，將 $Vref$ 訊號下拉到接地電壓準位。使用此配置，電流 $I1$ 具有與第 5 圖所示的電源關閉週期的波形 210 相似的波形。

第 7 圖為音訊子系統 90 中的示例訊號的時序示意圖，其中，該時序圖包含第 6 圖中的電源開啓/電源關閉產生電路 94 中的訊號。在此例子中，在時間 t_0 處，啟用訊號變為邏輯高(306)，發訊(signaling)給電源開啓/電源關閉波形產生電路 94、揚聲器驅動器 92 以及壓控電流偏移 96，以啓動電源。上升緣/下降緣訊號 236 改變為邏輯高(308)，使 $VCCS$ 132 具有正增益。應用到第一開關 $SW1$ 248 上的控

制訊號設定為邏輯低(330)，以斷開第一開關 SW1 248，然後將電容 C1 146 與電阻 252a 以及 252b 去連接。應用到第二開關 SW2 254 的控制訊號改變為邏輯低(310)，以斷開第二開關 SW2 254，以允許電容 C1 146 被充電。

施加到第三開關 SW3 220 的控制訊號設定為邏輯高(326)，以關閉第三開關 SW3 220。應用到第四開關 SW4 222 的控制訊號設定為邏輯低(328)，以斷開第四開關 SW4 222。輸出電壓 Vref 作為控制電壓 V1 以控制 VCCS 132。

下拉訊號 302 改變為邏輯低(312)，而此運作將下拉開關 98 停用(deactivate)(下拉開關 98 如第 3 圖所示，然下拉訊號 302 用於下拉開關 98，圖未示)，這樣下拉開關 98 就不會在電源開啓時將輸出電壓下拉到接地電壓。揚聲器驅動器 92 的 AC 增益 304 設定為無聲(314)。多工器 240 選擇訊號 VDD/4(316)，用以與輸出電壓 Vref 作比較。在第一電源開啓子週期 318，輸出電壓 Vref 自 0V 增加到大約 VDD/4，其中，電壓 Vref 的二階導數大致為常數。

在時間 t_1 ，輸出電壓 Vref 到達 VDD/4，多工器 240 選擇訊號 VDD/2 (320)用於與輸出電壓 Vref 作比較。應用到第三開關 SW3 220 的控制訊號改變到邏輯低(322)，以斷開第三開關 SW3 220。應用到第四開關 SW4 222 的控制訊號改變到邏輯高(324)，以關閉第四開關 SW4 222。這允許控制訊號電壓 V1 被放大器 224 所驅動。在第二電源開啓子週期 326 內，輸出電壓 Vref 自 VDD/4 上升到大約 VDD/2，其中 Vref 的二階導數大致為常數。

在時間 t_2 ，輸出電壓 Vref 到達 VDD/2，應用到第一開

關 SW1 248 的控制訊號改變到邏輯高(328)。這促使電容 C1 146 連接到電阻 252a 以及電阻 252b。然後，期望的揚聲器驅動器增益應用到揚聲器驅動器 92(330)。

在時間 t_3 之前短暫時間點處，為電源關閉週期的開始，揚聲器驅動器 92 的 AC 增益再次設定為無聲(332)。在時間 t_3 ，上升緣/下降緣訊號 236 改變為邏輯低(334)，第一開關 SW1 248 變為邏輯低(336)，這樣，VCCS 132 就具有負增益。多工器 240 選擇訊號 VDD/4 (338)與輸出電壓 Vref 作比較。在第一電源關閉子週期 340 內，輸出電壓 Vref 自 VDD/2 降低到大約 VDD/4，其中，輸出電壓 Vref 的二階導數大致上為常數。

在時間 t_4 ，輸出電壓 Vref 到達 VDD/4，多工器 240 選擇訊號 GND+delta (342)用於與輸出電壓 Vref 作比較。應用到第三開關 SW3 220 的控制訊號改變到邏輯高(344)，以關閉第三開關 SW3 220。應用到第四開關 SW4 222 的控制訊號改變為邏輯低(346)，以斷開第四開關 SW4 222。這促使控制訊號 V1 連結到輸出電壓 Vref。在第二電源關閉子週期 348 內，輸出電壓 Vref 自 VDD/4 降低到接近 GND+delta，其中輸出電壓 Vref 的二階導數大致上為常數。

在時間 t_5 ，時間 t_5 為電源關閉週期的末端，啟用訊號變為邏輯低(350)，發訊到電源開啓/電源關閉波形產生電路 94、揚聲器驅動器 92 以及壓控電流偏移 96，以關閉電源。應用到第二開關 SW2 254 的控制訊號改變到邏輯高(352)，以關閉第二開關 SW2 254，將輸出電壓 Vref 訊號下拉到接地電壓準位(356)。下拉訊號 302 改變為邏輯高(354)，以此

操作啟用下拉開關 98(如第 3 圖所示)，這樣，在電源關閉週期之後，下拉開關 98 將輸出電壓下拉到接地電壓。

第 8A 圖為自電源開啓/電源關閉波形產生電路 94 輸出的電壓 V_{ref} 的模擬波形 260 的示意圖 274。產生波形 260 的資料可以由模擬得到。在電源開啟週期 262 內，輸出電壓 V_{ref} 自 0V 上升到大約 1.25V 的共模電壓準位。在電源開啟週期 262 的大約第一半(電源開啟週期的第一子週期，其中，該電源開啟週期的第一子週期佔據至少該電源開啟週期的四分之一)，波形 260 的一部分 266 具有正的二階導數。在電源開啟週期 262 的大約第二半(電源開啟週期的第二子週期，其中，該電源開啟週期的第二子週期佔據至少該電源開啟週期的四分之一)，波形 260 的一部分 268 具有負的二階導數。

在電源關閉週期 264 內，輸出電壓 V_{ref} 自大約 1.25V 的共模電壓準位降低到 0V。在電源關閉週期 264 的大約第一半(電源關閉週期之一第一子週期，其中，該電源關閉週期之第一子週期佔據該電源關閉週期至少四分之一)，波形 260 的一部分 270 具有負的二階導數。在電源關閉週期 264 的大約第二半(電源關閉週期之一第二子週期，其中，電源關閉週期之第二子週期佔據該電源關閉週期至少四分之一)，波形 260 的一部分 272 具有正的二階導數。

第 8B 圖為揚聲器驅動器 92 給揚聲器 100 提供的電流的模擬波形 282 的示意圖 280。產生波形 282 的資料可以由模擬得到。在電源開啟週期 262 內電流為正，而在電源關閉週期 264 內電流為負。在電源開啟週期 262 的大約第

一半，電流自 0 上升到峰值電流準位。波形 282 的一部分 284 具有正的斜率(或者正的一階導數)。在電源開啟週期 262 的大約第二半，電流自峰值電流準位下降到 0。波形 282 的一部分 286 具有負的斜率(或者負的一階導數)。

在電源關閉週期 264 的大約第一半，電流自 0 下降到最低的電流準位。波形 282 的一部分 288 具有負的斜率(或者負的一階導數)。在電源關閉週期 264 的大約第二半，電流自最低的電流準位上升到 0。波形 282 的一部分 290 具有正的斜率(或者正的一階導數)。

波形 282 的部分 284 以及部分 286，在電源開啟週期 262 內，與如第 2 圖所示的波形 110 的對應部分相似。電流波形 282 的部分 284 以及部分 286 的斜率不完全是常數，因為上述方程式 1 以及方程式 2 均為基於忽略更高階影響(higher order effect)的音訊子系統 90 以及揚聲器 100 的近似模型。

在一些實現中，電源開啟週期內，電源開啓/電源關閉波形產生電路 94 盡量將電流波形部分 284 的斜率保持為常數，這樣，波形部分 284 的一階導數相對於波形部分 284 的一階導數的平均值的變動量，不到 50%，或者較優地相對於波形部分 284 的一階導數的平均值改變不到 10%。經由控制輸出電壓 V_{ref} ，電源開啓/電源關閉波形產生電路 94 控制用於驅動揚聲器 100 的電流，這樣波形部分 266(第 8A 圖)的二階導數相對於波形部分 266 的二階導數的平均值的變動量，不到 50%，或者較優地相對於波形部分 266 的一階導數平均值改變不到 10%。

相似地，電源開啓/電源關閉波形產生電路 94 盡量將電流波形部分 286 的斜率保持為常數，這樣，波形部分 286 的一階導數相對於波形部分 286 的一階導數平均值改變不到 50%，或者較優地相對於波形部分 286 的一階導數平均值改變不到 10%。經由控制輸出電壓 V_{ref} ，電源開啓/電源關閉波形產生電路 94 控制用於驅動揚聲器 100 的電流，這樣波形部分 268(第 8A 圖) 的二階導數相對於波形部分 286 的二階導數平均值，改變不到 50%，或者較優地相對於波形部分 286 的二階導數平均值改變不到 10%。

電源開啓/電源關閉波形產生電路 94 控制電流，這樣，電流波形部分 284 的斜率的絕對值與波形部分 286 的相似。電源開啓/電源關閉波形產生電路 94 控制輸出電壓 V_{ref} ，這樣，部分 266 的電壓波形的二階導數絕對值就與部分 268 的電壓波形的二階導數絕對值相似。電源開啓/電源關閉波形產生電路 94 控制電壓 V_{ref} ，進而控制應用於揚聲器的電壓，以使電壓 V_{ref} 正的二階導數的絕對值與負的二階導數的絕對值大致匹配。經由電源開啓/電源關閉波形產生電路 94 控制，當正的二階導數絕對值大致與負的二階導數絕對值匹配時，流經揚聲器 100 的電流的一階導數已經匹配，而且揚聲器振膜在雙向移動的速率相同，那麼一個子週期不會產生比其他子週期更大的聲音。例如，如果 $D1$ 代表波形部分 266(第一子週期)的二階導數的絕對平均值， $D2$ 代表波形部分 268(第二子週期)的二階導數的絕對平均值，那麼 $|D1 - D2| < (|D1 + D2| / 4)$ ，或者較優地， $|D1 - D2| < (|D1 + D2| / 20)$ 。以此方式，與揚聲器振膜在電源開

啟週期內以不同的速率被推或者拉相比，揚聲器振膜在電源開啟週期內以相對同樣的速率被推或者拉，產生了影響不嚴重的爆裂或者喀擦聲。

電源關閉週期 264 的波形 282 的部分 288 以及部分 290，與第 5 圖所示的波形 210 對應部分相似。電流波形部分 288 以及部分 290 的斜率不完全是常數，因為上述方程式 1 以及方程式 2 均為基於忽略更高階影響的音訊子系統 90 以及揚聲器 100 的近似模型。

在一些實現中，在電源關閉週期內，電源開啓/電源關閉波形產生電路 94 保持著電流波形部分 288 的斜率相對為常數，這樣，波形部分 288 的一階導數對於波形部分 288 的一階導數平均值，改變不到 50%，或者較優地相對於波形部分 288 的一階導數平均值改變不到 10%。經由控制輸出電壓 V_{ref} ，電源開啓/電源關閉波形產生電路 94 控制用於驅動揚聲器 100 的電流，這樣波形部分 270(第 8A 圖)的二階導數相對於波形部分 270 的二階導數平均值改變不到 50%，或者較優地相對於波形部分 270 的二階導數平均值改變不到 10%。

相似地，電源開啓/電源關閉波形產生電路 94 保持著電流波形部分 290 的斜率相對為常數，這樣，波形部分 290 的一階導數相對於波形部分 290 的一階導數平均值，改變不到 50%，或者較優地相對於波形部分 290 的一階導數平均值改變不到 10%。經由控制輸出電壓 V_{ref} ，電源開啓/電源關閉波形產生電路 94 控制用於驅動揚聲器 100 的電流，這樣波形部分 272(第 8A 圖)的二階導數相對於波形部

分 272 的二階導數平均值，改變不到 50%，或者較優地相對於波形部分 272 的二階導數平均值改變不到 10%。

電源開啓/電源關閉波形產生電路 94 控制電流，這樣，電流波形部分 288 的斜率的絕對值與波形部分 290 的相似。電源開啓/電源關閉波形產生電路 94 控制輸出電壓 V_{ref} ，這樣，部分 270 的電壓波形的二階導數絕對值就與部分 272 的電壓波形的二階導數絕對值相似。例如，如果 $D3$ 代表波形部分 270 的二階導數的絕對平均值， $D4$ 代表波形部分 272 的二階導數的絕對平均值，那麼 $|D3 - D4| < (|D3 + D4| / 4)$ ，或者較優地， $|D3 - D4| < (|D3 + D4| / 20)$ 。以此方式，與揚聲器振膜在電源關閉週期內以不同的速率被推或者拉相比，揚聲器振膜在電源關閉週期內以相對同樣的速率被推或者拉，產生了影響不嚴重的爆裂或者喀擦聲。

第 9 圖為具有一對揚聲器 100 的系統 360 的示意圖。與第 3 圖相似，系統 360 包含電源開啓/電源關閉波形產生電路 94、壓控電流偏移 96 以及電容 $C1$ 146。系統 360 提供揚聲器驅動器 92 以及下拉開關 98，用於系統 360 的每個揚聲器 100。虛線方框 362 給出了提供給每個揚聲器 100 的元件。在此例子中，具有兩個揚聲器 100，所以就有對應的兩個揚聲器驅動器 92 以及兩個下拉開關 98。經由為每個揚聲器 100 增加一個揚聲器驅動器 92 以及一個下拉開關 98，系統 360 可以配置為驅動更多 AC 耦合揚聲器。

雖然給出上述實施方式，然其他實現以及應用也落入本發明之申請專利範圍。例如，上述元件個中變形可以硬

體、軟體、軟體或組合而實現。

電流波形以及電壓波形可以使用除了使用如第 6 圖所示的電源開啓/電源關閉波形產生電路 94 的其他方法而產生。例如，資料處理器，可以輸出數位訊號，而數位訊號由數位至類比轉換器轉換至類比電流或者電壓波形。輸出自資料處理的數位訊號配置為，類比電流訊號具有上升的斜率以及下降的斜率的波形，而上升的斜率以及下降的斜率儘可能為線性。數位訊號不必對應具有常數的一階導數的類比電流訊號，或者具有常數的二階導數的電壓訊號。數位訊號可以考慮到各種其他元件的影響，例如，當自 DAC 輸出的類比訊號應用到 AC 耦合揚聲器時，那麼流經揚聲器線圈的電流就具有常數的一階導數。

任何熟習此項技藝者，在不脫離本發明之精神和範圍內，當可做些許的更動與潤飾，因此本發明之保護範圍當視所附之申請專利範圍所界定者為準。

【圖式簡單說明】

第 1 圖為相對於揚聲器線圈電流，揚聲器振模偏斜的示意圖。

第 2 圖為在電源開啓週期內用於驅動揚聲器的電流的示例波形。

第 3 圖為示例音訊子系統驅動 AC 耦合揚聲器的示意圖。

第 4 圖為在電源開啓過程中，用在耦合電容以及揚聲器上的電壓波形。

第 5 圖為在電源關閉週期內，用於驅動揚聲器的電流的示例波形。

第 6 圖為示例電源開啟/電源關閉波形產生電路的示意圖。

第 7 圖為音訊子系統中的示例訊號的時序示意圖。

第 8A 圖為自電源開啟/電源關閉波形產生電路輸出的電壓的模擬波形的示意圖。

第 8B 圖為揚聲器驅動器給 AC 耦合揚聲器提供的電流的模擬波形的示意圖。

第 9 圖為具有一對 AC 耦合揚聲器的系統的示意圖。

【主要元件符號說明】

10~曲線；

90~音訊子系統；

92~揚聲器驅動器；

94~電源開啟/電源關閉波形產生電路；

96~壓控電流偏移；

98~下拉開關；

100~揚聲器；

102~接地端；

104~耦合電容 C；

108~揚聲器線圈；

200~輸出電壓訊號；

202~電壓訊號；

204~偏移電流；

- 206~輸入音訊訊號；
- 146~電容 C1 ；
- 110~波形；
- 112~第一半；
- 114~第二半；
- 120~波形；
- 122~第一部分；
- 124~第二部分；
- 210~波形；
- 212~第一半；
- 214~第二半；
- 132~VCCS；
- 136~訊號線；
- 144~控制邏輯電路；
- 236~上升緣/下降緣訊號；
- 246~DONE 訊號；
- 220~第三開關 SW3；
- 222~第四開關 SW4；
- 224~放大器；
- 226~正輸入端；
- 228~負輸入端；
- 106~節點；
- 248~第一開關 SW1；
- 254~第二開關 SW2；
- 256~控制 SW2 訊號；

- 140~啓動電流源；
- 240~多工器；
- 238~多工選擇訊號；
- 242~比較器；
- 230a、230b~電阻；
- 232~節點；
- 226~正輸入端；
- 228~負輸入端；
- 252a、252b~電阻；
- 250~節點；
- 244~訊號；
- 260、290~波形；
- 274、280~示意圖；
- 262~電源開啟週期；
- 266、268~部分；
- 264~電源開啟週期；
- 270、272~部分；
- 282、284、286、288~部分；
- 306、308、310、312、322、324、328、330、334、338、
344、346、350、352、354、356~準位改變；
- 304~AC 增益；
- 314~無聲；
- 330~增益；
- 332~無聲；
- 316、320、338、342~比較器參考準位；

318~第一電源開啓子週期；

326~第二電源開啓子週期；

340~第一電源關閉子週期；

348~第二電源關閉子週期；

360~系統；

362~方框；

Vref~電壓；

V1~控制電壓；

I1, I_{startup}~電流；

beta~VCCS 增益；

t₀- t₅~時間；

I_{peak}~峰值；

T_{powerup}~電源開啓週期；

T_{powerdown}~電源關閉週期；

α ~為電流對時間曲線的斜率；

VDD~電源電壓；

delta~小電壓；

GND~接地電壓。

七、申請專利範圍：

1. 一種驅動揚聲器的裝置，包含：

一音訊子系統，具有一波形產生電路，該波形產生電路產生一電源開啟訊號，該電源開啟訊號用於控制一電訊號在一電源開啟週期驅動一揚聲器，該電源開啟訊號在該電源開啟週期的一第一子週期內具有一正的二階導數，該電源開啟訊號在該電源開啟週期的一第二子週期內具有一負的二階導數，該電源開啟週期的第一子週期佔據至少該電源開啟週期的四分之一，以及該電源開啟週期的第二子週期佔據至少該電源開啟週期的四分之一；其中，該波形產生電路控制該電源開啟訊號，以在該電源開啟週期的第二子週期內，使該電源開啟訊號之該二階導數，相對於該電源開啟週期的第二子週期內之該電源開啟訊號之該二階導數之一平均值改變不到 50%。

2. 如申請專利範圍第 1 項所述之驅動揚聲器的裝置，其中，在該電源開啟週期內，該電源開啟訊號自一接地電壓準位上升到一共模電壓準位。

3. 如申請專利範圍第 1 項所述之驅動揚聲器的裝置，其中，該波形產生電路控制該電源開啟訊號，以使該正的二階導數的絕對值與該負的二階導數的絕對值大致匹配。

4. 如申請專利範圍第 1 項所述之驅動揚聲器的裝置，其中，該波形產生電路控制該電源開啟訊號，以使 $|D1 - D2| < (|D1 + D2| / 4)$ ，其中，D1 代表該電源開啟週期的第一子週期內該電源開啟訊號的二階導數之絕對值，D2 代表該電源開啟週期的第二子週期內該電源開啟訊號的二階導數之

絕對值。

5.如申請專利範圍第 1 項所述之驅動揚聲器的裝置，其中，該波形產生電路包含一壓控電流源，該壓控電流源接收一輸入電壓，以及產生一輸出電流，該電源開啟週期的第一子週期內該輸入電壓與該電源開啟訊號成正比，以及該波形產生電路使用與該輸入電壓成正比之一電流，控制該電訊號以驅動該揚聲器。

6.如申請專利範圍第 1 項所述之驅動揚聲器的裝置，其中，該音訊子系統進一步包含一揚聲器驅動器，以及該電源開啟訊號控制該揚聲驅動器產生該電訊號，以使該電訊號具有對應該電源開啟訊號之一波形。

7.如申請專利範圍第 1 項所述之驅動揚聲器的裝置，其中，該波形產生電路包含一數控電壓源，該數控電壓源產生該電源開啟訊號，使該電源開啟訊號在該電源開啟週期之第一子週期內，具有一正的二階導數。

8.如申請專利範圍第 1 項所述之驅動揚聲器的裝置，其中，基於該電源開啟訊號以及一門檻值之一比較結果，該波形產生電路控制該電源開啟訊號以在具有一正的二階導數之電源開啟訊號以及具有一負的二階導數之電源開啟訊號之間切換。

9.如申請專利範圍第 1 項所述之驅動揚聲器的裝置，其中，基於該電源開啟訊號以及一門檻值之一比較結果，該波形產生電路控制一開關，將用於保持該電源開啟電壓之一電容之一端連接到一定電壓源，其中，該定電壓源具有與一共模電壓相等之電壓準位。

10.如申請專利範圍第 1 項所述之驅動揚聲器的裝置，其中，該波形產生電路控制該電源開啟訊號，以在該電源開啟週期的第一子週期內，使該電源開啟訊號之該二階導數，相對於該電源開啟週期的第一子週期內之該電源開啟訊號之該二階導數之一平均值改變不到 50%。

11.如申請專利範圍第 1 項所述之驅動揚聲器的裝置，其中，在該電源開啟週期之後，該音訊子系統配置為使用一音訊訊號驅動該揚聲器。

12.如申請專利範圍第 1 項所述之驅動揚聲器的裝置，其中，該波形產生電路產生一電源關閉訊號，該電源關閉訊號用於在一電源關閉週期內，控制該電訊號以驅動該揚聲器，該電源關閉訊號在該電源關閉週期之一第一子週期具有一負的二階導數，而在該電源關閉週期之一第二子週期具有一正的二階導數，該電源關閉週期之第一子週期佔據該電源關閉週期至少四分之一，該電源關閉週期之第二子週期佔據該電源關閉週期至少四分之一。

13.如申請專利範圍第 12 項所述之驅動揚聲器的裝置，其中，在該電源關閉週期內，該電源關閉訊號自一共模電壓準位下降到一接地電壓準位。

14.如申請專利範圍第 12 項所述之驅動揚聲器的裝置，其中，該波形產生電路控制該電源關閉訊號，在該電源關閉週期之第一子週期內，該電源關閉訊號之該二階導數，相對於該電源關閉週期之第一子週期內該電源關閉訊號之該二階導數值一平均值，改變不到 50%。

15.如申請專利範圍第 12 項所述之驅動揚聲器的裝

置，其中，該波形產生電路控制該電源關閉訊號，在該電源關閉週期之第二子週期內，該電源關閉訊號之該二階導數，相對該電源關閉週期之第二子週期內該電源關閉訊號之該二階導數值一平均值，改變不到 50%。

16.如申請專利範圍第 6 項所述之驅動揚聲器的裝置，其中，該驅動揚聲器的裝置進一步包括一偏移電路，以提供一偏移電流至該揚聲器驅動器，其中，該偏移電流是基於該電源開啟訊號。

17.一種驅動揚聲器的裝置，包含：

一音訊子系統，具有一波形產生電路，該波形產生電路產生一電源關閉訊號，該電源關閉訊號用於控制一電訊號以在一電源關閉週期內驅動一揚聲器，該電源關閉訊號在該電源關閉週期的一第一子週期內具有一負的二階導數，該電源關閉訊號在該電源關閉週期的一第二子週期內具有一正的二階導數，該電源關閉週期的第一子週期佔據至少該電源關閉週期的四分之一，以及該電源關閉週期的第二子週期佔據至少該電源關閉週期的四分之一，其中，該波形產生電路控制該電源開啟訊號，以在該電源開啟週期的第二子週期內，使該電源開啟訊號之該二階導數，相對於該電源開啟週期的第二子週期內之該電源開啟訊號之該二階導數之一平均值改變不到 50%。

18.一種驅動揚聲器的裝置，包含：

一音訊子系統，具有一波形產生電路，該波形產生電路產生一電源開啟訊號，該電源開啟訊號用於控制一電訊號以在一電源開啟週期內驅動一揚聲器，該電源開啟訊號

在該電源開啟週期的一第一部分內具有一正的二階導數，該電源開啟訊號在該電源開啟週期的一第二部分內具有一負的二階導數，該電源開啟訊號之該二階導數在該電源開啟週期之該第一部分，偏離該二階導數之一平均值不超過 50%，而該電源開啟訊號之該二階導數在該電源開啟週期之該第二部分，偏離該二階導數之一平均值不超過 50%。

19. 一種驅動揚聲器的方法，包含：

使用一電源開啟訊號控制一電訊號，該電訊號用於在一音訊子系統之一電源開啟週期內驅動一揚聲器，該電源開啟訊號在該電源開啟週期之一第一子週期內具有一正的二階導數，在該電源開啟週期之一第二子週期內具有一負的二階導數，該電源開啟週期之第一子週期佔據至少該電源開啟週期的四分之一，以及該電源開啟週期之第二子週期佔據至少該電源開啟週期的四分之一；

在該電源開啟週期之後，根據一音訊訊號驅動該揚聲器；以及

控制該電源開啟訊號，以在該電源開啟週期的第二子週期內，使該電源開啟訊號之該二階導數，相對於該電源開啟週期的第二子週期內之該電源開啟訊號之該二階導數之一平均值改變不到 50%。

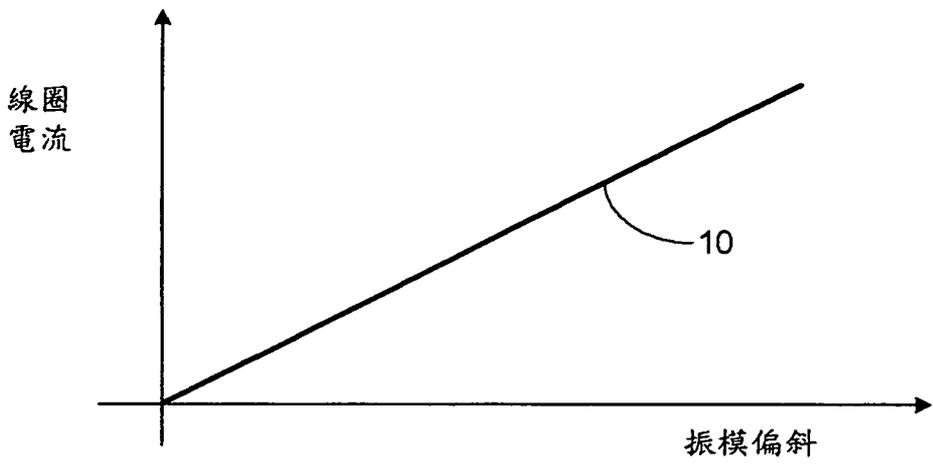
20. 如申請專利範圍第 19 項所述之驅動揚聲器的方法，包含控制該電源開啟訊號，以使 $|D1 - D2| < (|D1 + D2| / 4)$ ，其中，D1 代表該電源開啟週期之第一子週期內，該電源開啟訊號的該二階導數之絕對值，D2 代表該電源開啟週期之第二子週期內，該電源開啟訊號的該二階導數之絕

對值。

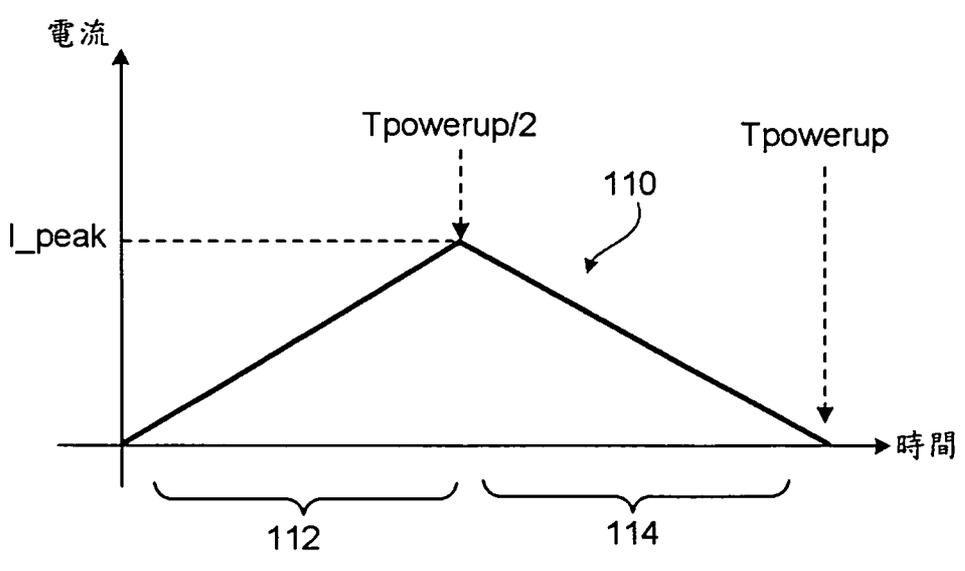
21.如申請專利範圍第 19 項所述之驅動揚聲器的方法，包含，基於該電源開啟訊號以及一門檻值之以比較結果，在具有一正的二階導數之該電源開啟訊號與具有一負的二階導數之該電源開啟訊號之間切換。

22.如申請專利範圍第 19 項所述之驅動揚聲器的方法，包含，使用一電源關閉訊號，在該音訊子系統之一電源關閉週期內驅動該揚聲器，該電源關閉訊號在該電源關閉週期的一第一子週期內具有一負的二階導數，該電源關閉訊號在該電源關閉週期的一第二子週期內具有一正的二階導數，該電源關閉週期的第一子週期佔據至少該電源關閉週期的四分之一，以及該電源關閉週期的第二子週期佔據至少該電源關閉週期的四分之一。

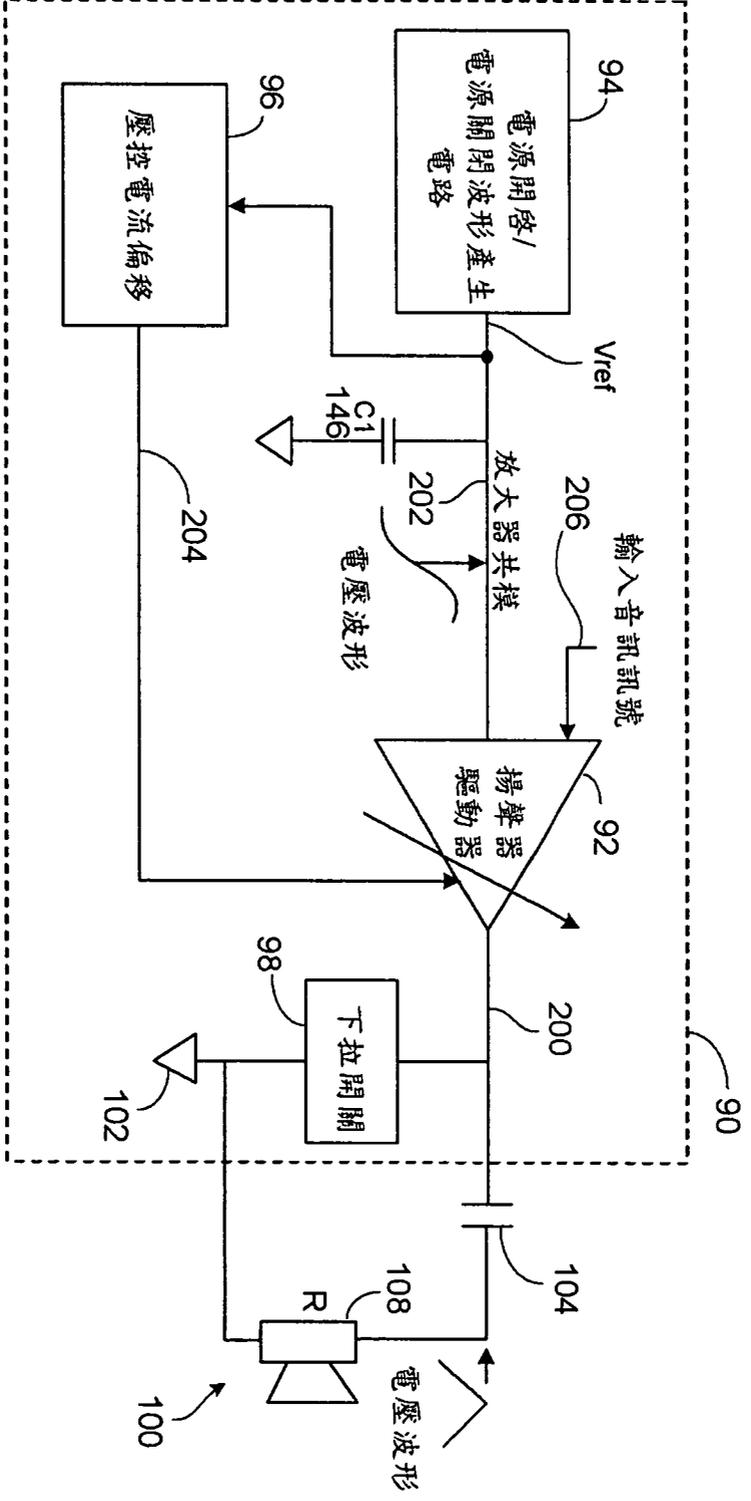
23.如申請專利範圍第 19 項所述之驅動揚聲器的方法，包含控制該電源開啟訊號，以使在該電源開啟週期的第一子週期內，該電源開啟訊號之該二階導數，相對該電源開啟週期的第一子週期內該電源開啟訊號之該二階導數值之平均值，改變不到 50%。



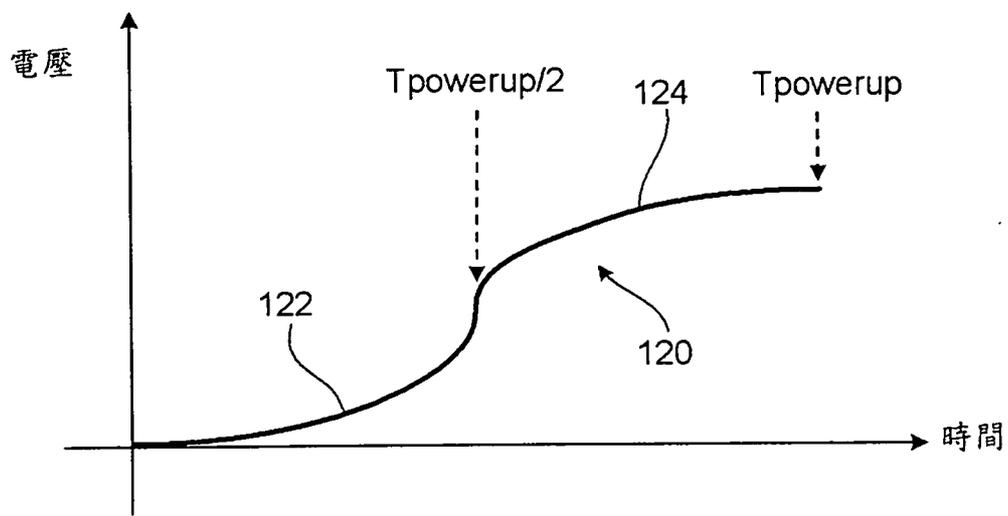
第1圖



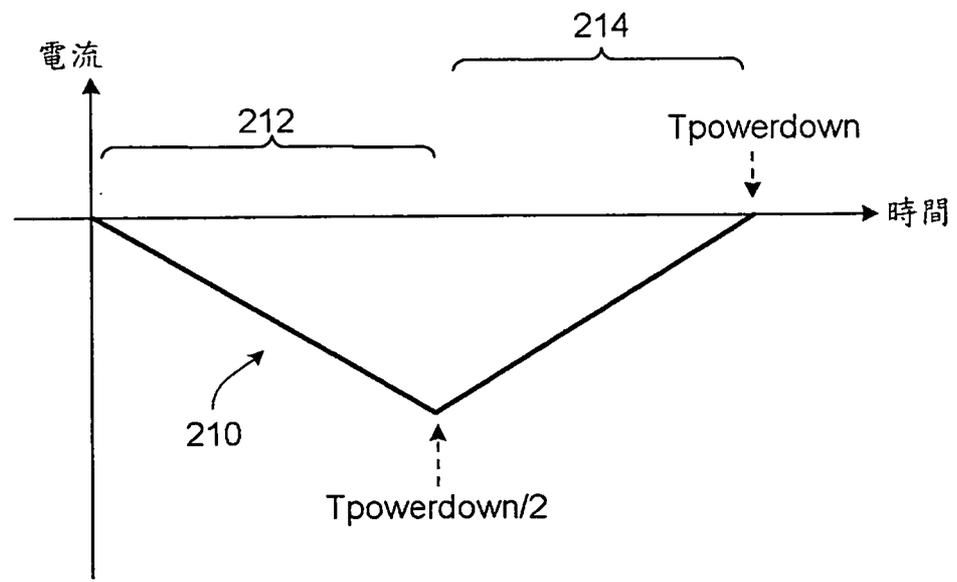
第2圖



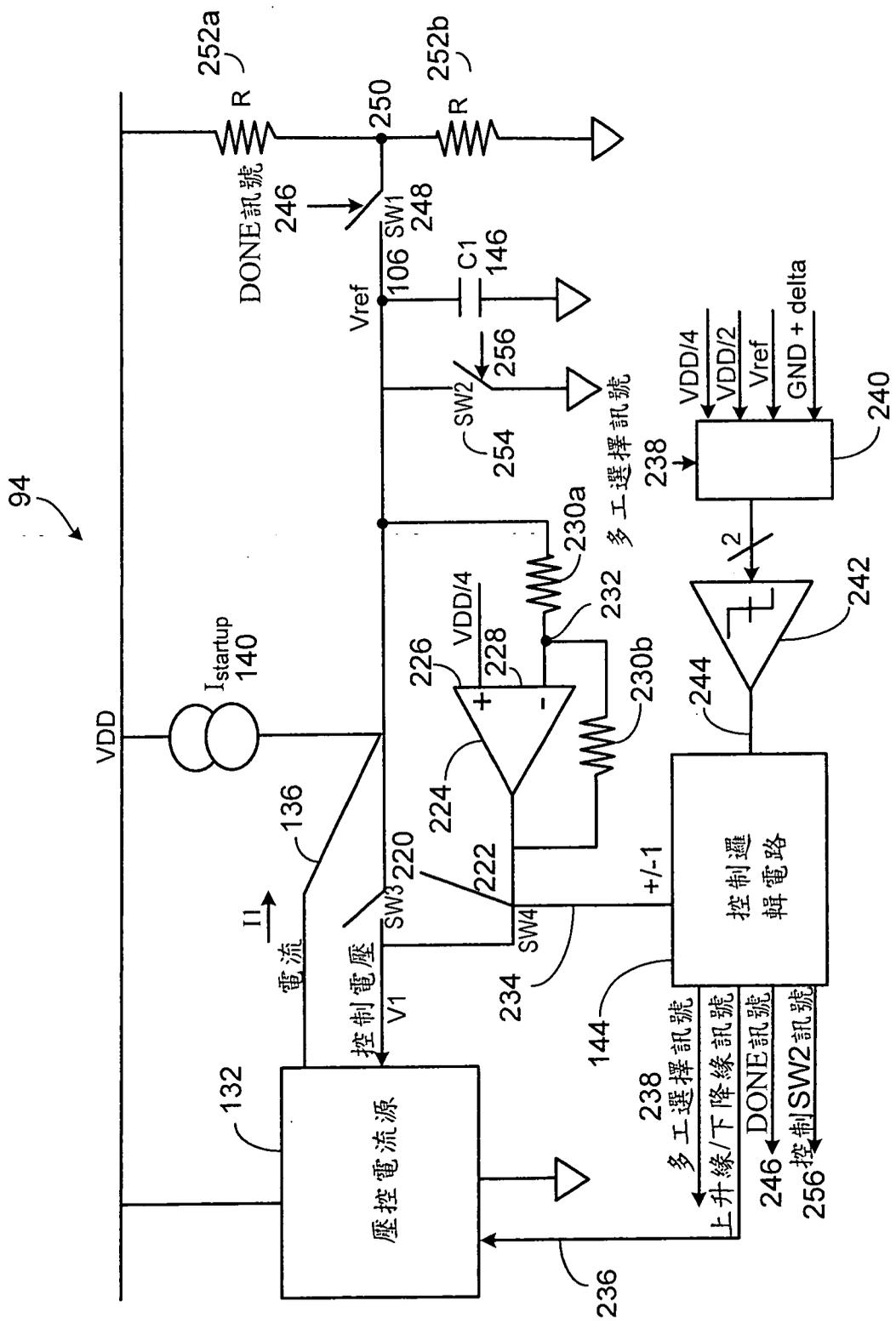
第3圖



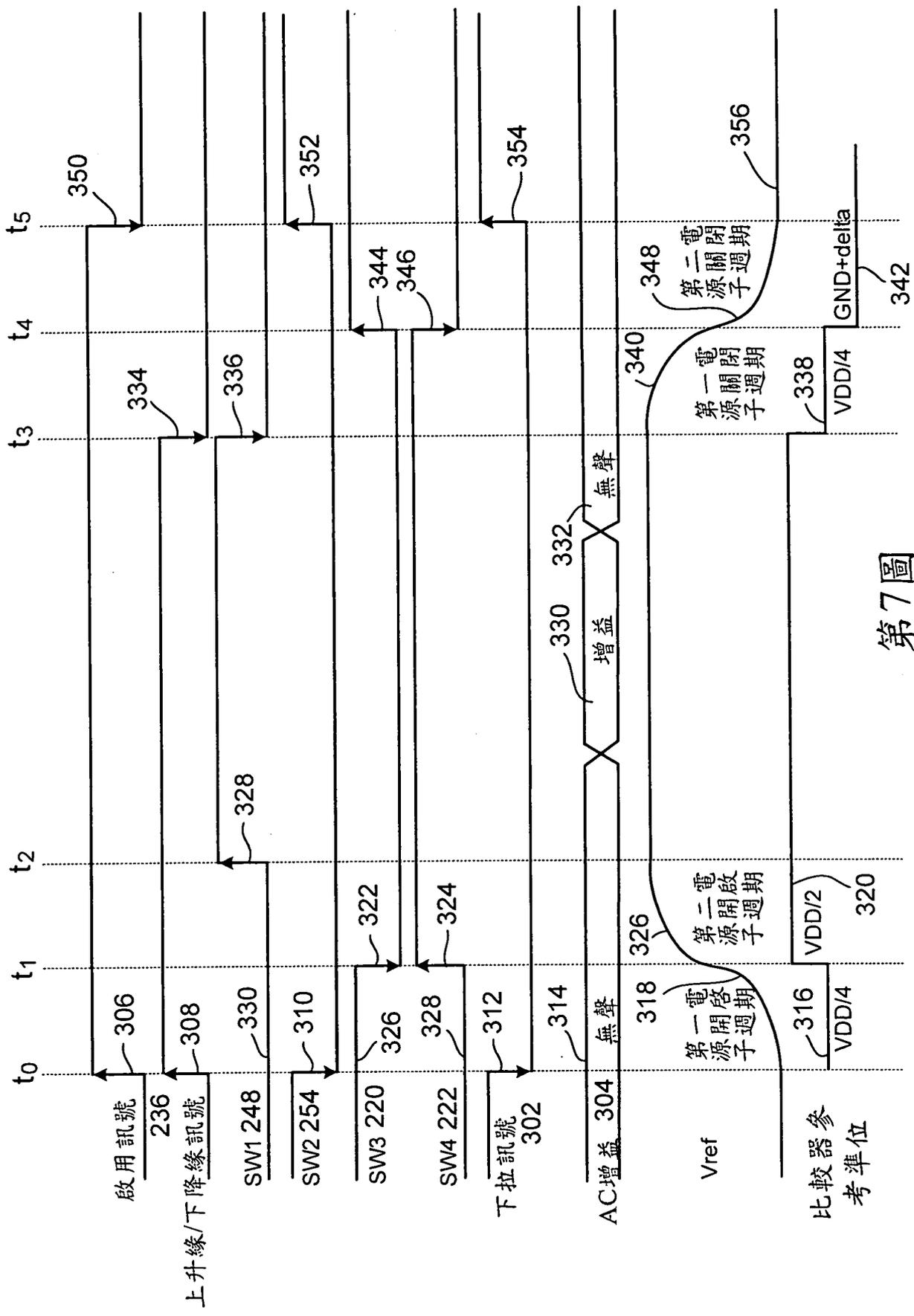
第4圖



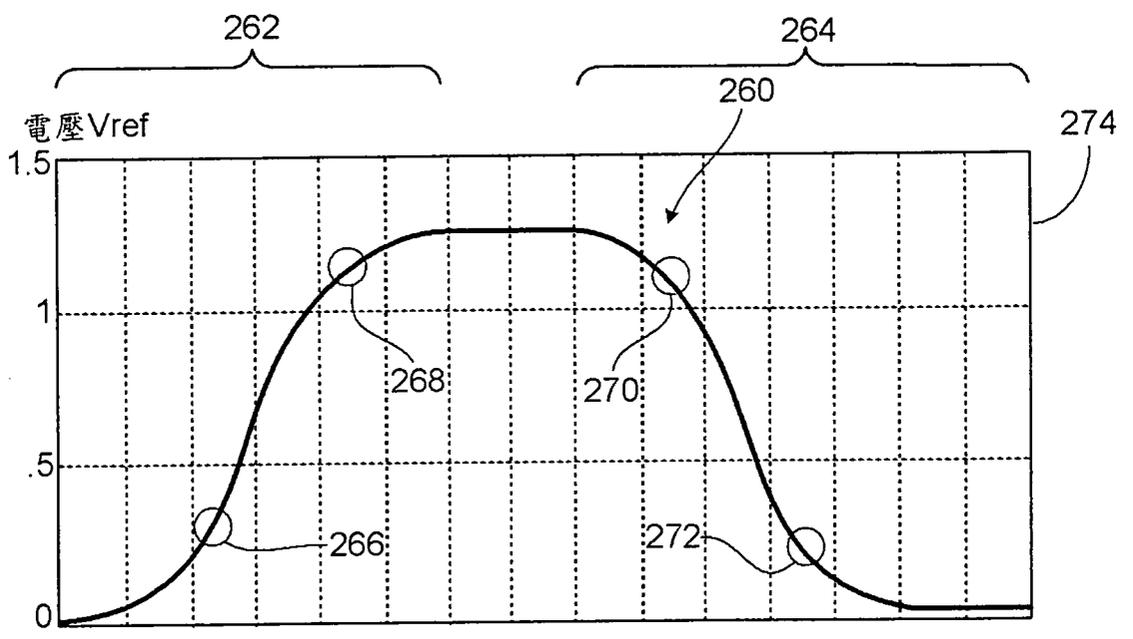
第5圖



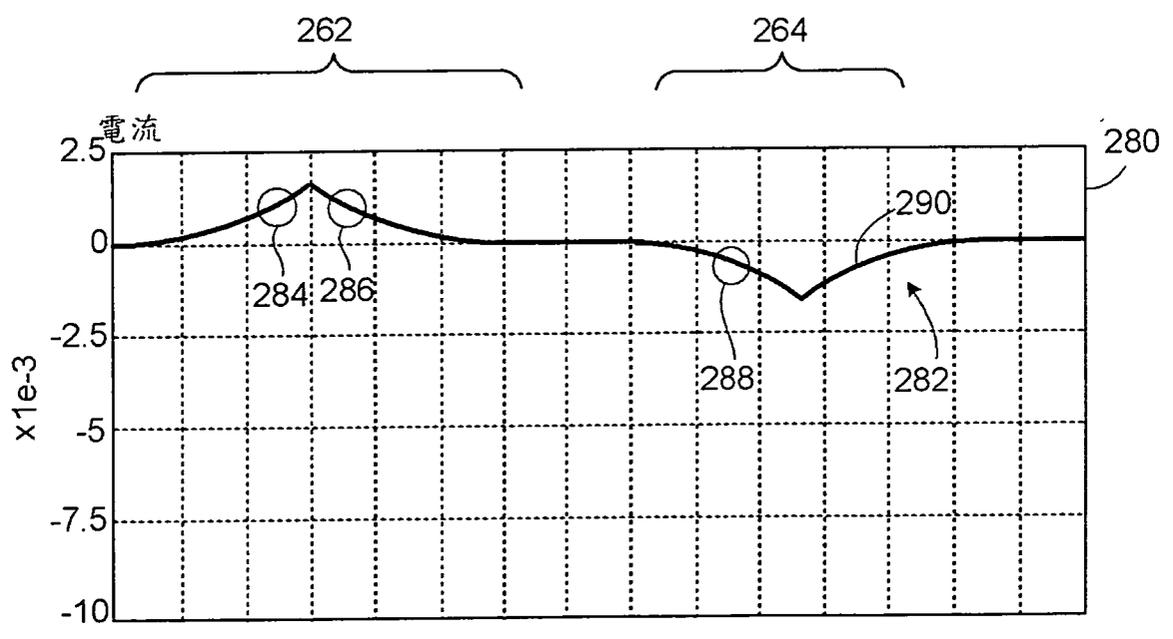
第6圖



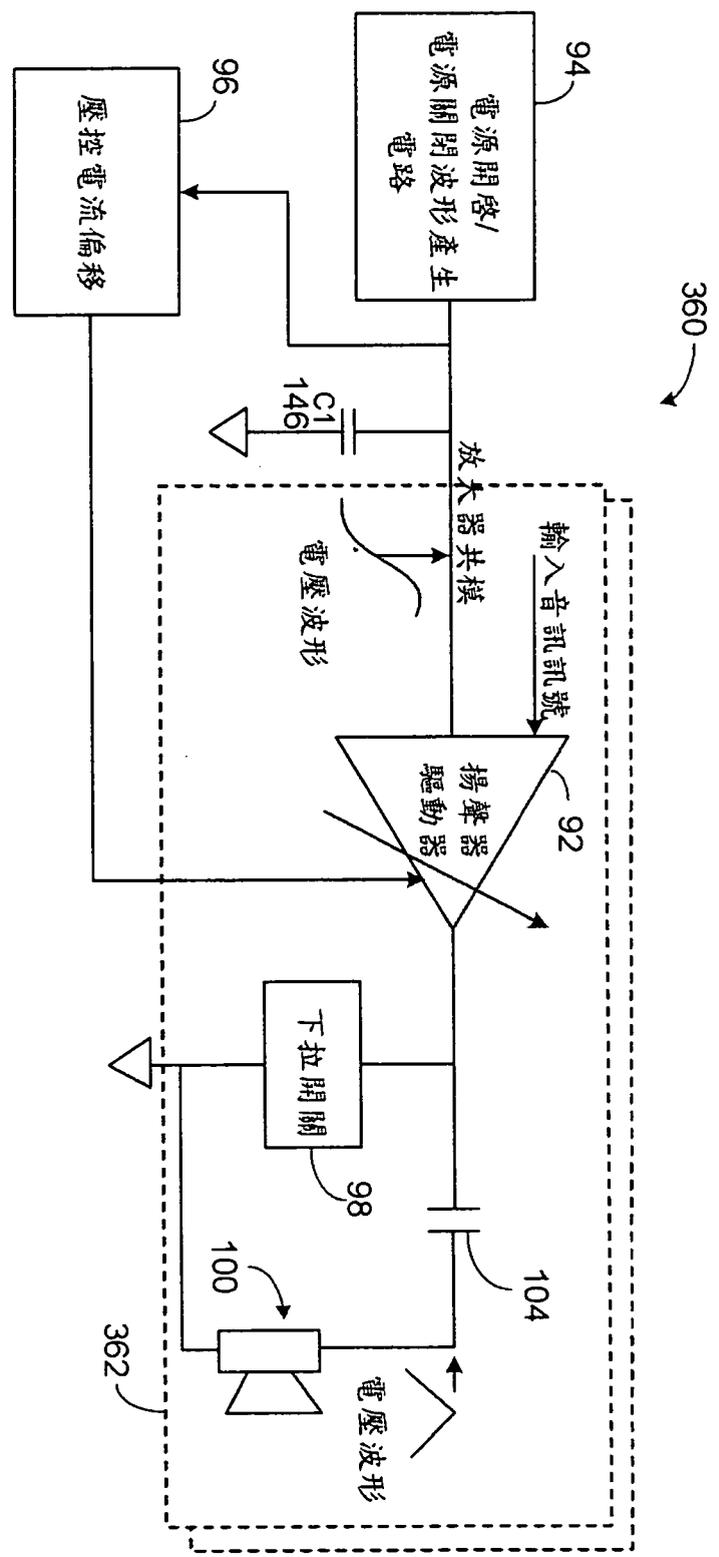
第 7 圖



第8A圖



第8B圖



第9圖