

發明專利說明書

(本說明書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號： 97134324

※申請日期： 97.09.05 ※IPC 分類： H03B7/06 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

使用可變電感之電壓控制振盪器

二、申請人：(共1人)

姓名或名稱：(中文/英文)(簽章)

國立交通大學/NATIONAL CHIAO TUNG UNIVERSITY

指定 為應受送達人

代表人：(中文/英文)(簽章) 吳重雨/WU, CHUNG-YU

住居所或營業所地址：(中文/英文) 新竹市大學路 1001 號/ NO.1001,
DASYUE RD., HSINCHU CITY 300, TAIWAN (R. O. C.)

國 籍：(中文/英文) 中華民國/TAIWAN(R. O. C.)

三、發明人：(共3人)

姓 名：(中文/英文)

1. 陳巍仁/CHEN, WEI-ZEN

2. 吳重雨/WU, CHUNG-YU

3. 虞繼堯/YU, CHI-YAO

國 籍：(中文/英文)

1. 中華民國/TAIWAN(R. O. C.)

2. 中華民國/TAIWAN(R. O. C.)

3. 中華民國/TAIWAN(R. O. C.)

四、聲明事項：

主張專利法第二十二條第二項第一款或第二款規定之事實，其事實發生日期為： 年 月 日。

申請前已向下列國家（地區）申請專利：

【格式請依：受理國家（地區）、申請日、申請案號 順序註記】

有主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

無主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

主張專利法第二十九條第一項國內優先權：

【格式請依：申請日、申請案號 順序註記】

主張專利法第三十條生物材料：

須寄存生物材料者：

國內生物材料 【格式請依：寄存機構、日期、號碼 順序註記】

國外生物材料 【格式請依：寄存國家、機構、日期、號碼 順序註記】

不須寄存生物材料者：

所屬技術領域中具有通常知識者易於獲得時，不須寄存。

五、中文發明摘要：

一種電壓控制振盪器，其包含可變電感、負阻抗提供電路、工作電壓源及接地點。可變電感包含一變壓器及一電晶體開關，變壓器包含一次側線圈與二次側線圈，一次側線圈包含第一線圈與第二線圈，二次側線圈包含第三線圈與第四線圈。電晶體開關並聯於一次側線圈，以根據一閘極電壓調整可變電感之電感值。負阻抗提供電路並聯於二次側線圈，以補償電壓控制振盪器於振盪時之功率消耗。工作電壓源電性連接於第三線圈與第四線圈之間，接地點電性連接於第一線圈與第二線圈之間。藉此，電壓控制振盪器之振盪頻率受控於閘極電壓值。

六、英文發明摘要：

七、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：

P1：一次側線圈；

P11：第一線圈；

P12：第二線圈；

P2：二次側線圈；

P21：第三線圈；

P22：第四線圈；

T：變壓器；

M_{tune} ：電晶體開關；

VDD：工作電壓；

V_{bias} ：工作偏壓；

VG：閘極電壓；

VGND：接地點；

40：工作電壓源；以及

50：負阻抗提供電路。

八、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

無

九、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明是有關於一種壓控振盪器，特別是有關於一種使用可變電感之電壓控制振盪器。

【先前技術】

壓控振盪器 (Voltage-Controlled Oscillator, VCO) 是一種以電壓輸入來控制振盪頻率的電子振盪電路。其振盪的頻率會隨著直流電壓的不同而改變，常被應用在諸如頻率調變 (FM)、相位調變 (PM) 或脈波寬度調變 (PWM) 等電路。高頻壓控振盪器在控制振盪頻率時，通常是利用變容二極體 C 與電感 L 所組成的 LC 諧振電路來調整振盪頻率。例如提高變容二極體的逆向偏壓，使變容二極體內的空乏區加大，進而導致變容二極體內兩導體面之距離變長，因而降低電容值；藉此，LC 諧振電路的頻率就會提高。反之，降低逆向偏壓時，變容二極體內的電容值會變大，LC 諧振電路的頻率就會降低。而低頻壓控振盪器則依照不同的頻率範圍來使用不同的控制方法，例如以控制電流大小，來改變電容的充電速率。

在習知技藝之 CMOS 電壓控制振盪器 (VCO) 中，如美國專利公告號第 7,196,592 所提出之 CMOS 電壓控制振盪器，其以一電容器串聯可變電阻以製作可變電容，然而，當所需要的振盪頻率升高到一定的程度時 (例如 60GHz)，由於可變電容品質參數 (Q 值) 下降之故，同樣的負阻抗電路所能容忍的最大可變電容值將大幅降低，

因而導致其可調整的頻率範圍下降且將無法被應用於寬頻的系統當中。

而習知技藝之使用可變電感之電壓控制振盪器，如美國專利公告號第 7,268,634 所提出之 CMOS 電壓控制振盪器，則當需要較高之頻率解析度時，必須如其所教示之使用許多 CMOS 開關電容對，這些需要完全開關的 CMOS 開關電容對將具有可觀的寄生電容、面積與複雜的佈線，因此其振盪頻率將受限於這些非理想效應。

【發明內容】

有鑑於上述習知技藝之各項問題，本發明之目的就是在提供一種使用可變電感之電壓控制振盪器，以解決習知之電壓控制振盪器於高頻時所產生的可調整範圍下降及寄生電容過大等問題。

根據本發明之目的，提出一種電壓控制振盪器，其包含一可變電感、一負阻抗提供電路、一工作電壓源及一接地點。可變電感包含一變壓器及一電晶體開關，變壓器包含一次側線圈與二次側線圈；一次側線圈包含第一線圈與第二線圈，且第一線圈串聯第二線圈；二次側線圈包含第三線圈與第四線圈，且第三線圈串聯第四線圈。電晶體開關並聯於一次側線圈，以根據一閘極電壓調整可變電感之電感值。負阻抗提供電路並聯於二次側線圈，以補償電壓控制振盪器於振盪時之功率消耗。工作電壓源電性連接於第三線圈與第四線圈之間，接地點電性連接於第一線圈與第二線圈之間。藉此，電壓控制振盪器之振盪頻率受控於電感值，而電感值則

可由閘極電壓值來調整。

承上所述，因依本發明之使用可變電感之電壓控制振盪器，具有以下優點：

(1)本發明將可使 CMOS 壓控振盪器或數位碼控制振盪器同時擁有相當高的振盪頻率、大頻率調整範圍與高頻率解析度。

(2)本發明是利用變壓器與可變電阻為基礎，因而無需任何可變電容，且僅需一組可完全開關的電晶體開關即可達成可變電感的設計。若將其使用在壓控振盪器或是數位碼控制振盪器下，其將有能力操作於相當高的振盪頻率、頻率解析度並同時擁有大頻率調整範圍。

(3)本發明可解決高頻時壓控振盪器頻率調整範圍過窄，以至於無法應用於寬頻系統的問題。且對數位碼控制振盪器而言，在相同的頻率解析度下，本發明將可達到更高的振盪頻率。

【實施方式】

請參閱第 1 圖，其係為本發明一實施例之使用變壓器與可變電阻所達成之可變電感的結構示意圖。圖中，可變電感 10 包括一變壓器 T 與一可變電阻 R_t ，且變壓器 T 包含一次側線圈 P1 與二次側線圈 P2。從二次側線圈 P2 看入，此可變電感 10 可等效為等效電路 20，且其等效電阻 R_{eq} 與等效電感 L_{eq} 可計算如下：

$$L_{eq} = \frac{R_t^2 L_1^2 + \omega^2 L_1^2 L_2^2 (1 - k^2)^2}{R_t^2 L_1 + \omega^2 L_1 L_2^2 (1 - k^2)}$$

$$R_{eq} = \frac{L_1}{k^2 L_2} + \frac{\omega^2 L_1 L_2 (1 - k^2)^2}{k^2 R_t}$$

其中 ω 為頻率， k 為變壓器 T 之耦合參數， L_1 為一次側線圈 P1 之電感值， L_2 為二次側線圈 P2 之電感值。

由上式中可發現，當可變電阻 R_t 改變時，等效電感 L_{eq} 亦會改變。此可變電感 10 在極高頻時之等效電感 L_{eq} 與品質參數 $Q = R_{eq} / \omega L_{eq}$ 對於可變電阻 R_t 的關係曲線如第 2 圖所示。由第 2 圖可以看出本實施例之可變電感 10 在極高頻時，特別是在頻率高達 60GHz 時，有很穩定的品質參數 Q ，且等效電感 L_{eq} 對可變電阻 R_t 之斜率亦相對穩定。

請參閱第 3 圖，其係為本發明之可變電感以電晶體開關取代可變電阻之結構示意圖。在 CMOS 積體電路設計中，上述之可變電阻 R_t 可以用一個電晶體開關來實現。圖中，可變電感 30 係以電晶體開關 M_{tune} 並聯於變壓器 T 之一次側線圈 P1 以取代可變電阻 R_t ，並藉由閘極電壓 V_G 來達到調整電阻值之目的。藉此，本發明之可變電感 30 可輕易地融入積體電路製程中，並透過閘極電壓 V_G 來提升對於可變電阻 R_t 之調控精準度。

請繼續參閱第 4 圖，其係為本發明之使用可變電感之電壓控制振盪器之結構示意圖。圖中，本發明之電壓控制振盪器包含一可變電感 40、一負阻抗提供電路 50、一工作電壓源 60 及一接地點 VGND。可變電感 40 之工作原理已詳述於前，在此不予贅述，而僅揭示其於本發明一實施例之結構如下：可變電感 40 包含一變壓器 T

及一電晶體開關 M_{tune} ，變壓器 T 包含一次側線圈 P1 與二次側線圈 P2；一次側線圈 P1 包含第一線圈 P11 與第二線圈 P12，且第一線圈 P11 串聯第二線圈 P12；二次側線圈 P2 包含第三線圈 P21 與第四線圈 P22，且第三線圈 P21 串聯第四線圈 P22。電晶體開關 M_{tune} 並聯於一次側線圈 P1，以根據一閘極電壓 V_G 調整可變電感 40 之電感值；因此，電晶體開關 M_{tune} 可為一 NMOS 場效電晶體開關、一 PMOS 場效電晶體開關或一 CMOS 場效電晶體開關。

電壓控制振盪器之負阻抗提供電路 50 並聯於二次側線圈 P2，以補償電壓控制振盪器於振盪時之功率消耗，此負阻抗提供電路 50 之結構與工作原理為習知此技藝者所知悉，在此不予贅述而僅提供如第 4 圖所示之負阻抗提供電路 50 以作為一實施例，並非以此為限；亦即，於本技術領域中具有通常知識者，可輕易設計出其他結構之負阻抗提供電路而不妨礙本發明之施行。

工作電壓源 60 電性連接於第三線圈 P21 與第四線圈 P22 之間，以提供一工作電壓 V_{DD} 予電壓控制振盪器；此外，工作電壓源 60 於一實施例中可串接一工作偏壓 V_{bias} 以接收諸如頻率調變(FM)、相位調變(PM)或脈波寬度調變(PWM)等電壓訊號。最後，接地點 V_{GND} 則電性連接於第一線圈 P11 與第二線圈 P12 之間。藉此，電壓控制振盪器之振盪頻率受控於電感值，而電感值則可由閘極電壓值來調整。亦即，改變閘極電壓 V_G 即可改變其振盪頻率。第 5 圖即為使用 130nm CMOS 時，閘極電

壓 V_G 與振盪頻率的關係曲線圖；由圖中可發現振盪頻率接近 60GHz 時，此壓控振盪器仍有約 16.63%(51~60GHz) 的頻率調整範圍。

請參閱第 6 圖，其係為本發明一實施例之使用可變電感之電壓控制振盪器之結構示意圖。於本實施例中，電晶體開關 M_{tune} 係以一場效電晶體開關陣列 70 來取代之；藉此，場效電晶體開關陣列 70 可使本發明之壓控振盪器具有頻率粗調機制與頻率細調機制。亦即，場效電晶體開關陣列 70 可包含一受控於類比電壓訊號 V_{fine} 的場效電晶體開關及 $n+1$ 個受控於數位電壓訊號 Bit 0~Bit n 的場效電晶體開關；上述之諸多場效電晶體開關可彼此並聯而構成上述之場效電晶體開關陣列 70。藉此，本實施例可透過數位電壓訊號 Bit 0~Bit n 對壓控振盪器進行粗調，並透過類比電壓訊號 V_{fine} 對其進行細調。值得注意的是，場效電晶體開關陣列 70 可藉由切割電晶體開關 M_{tune} 來達成，因而不增加其寄生電容。此外，當本發明之使用可變電感之電壓控制振盪器應用於高頻高解析數位碼控制振盪器(DCO)時，可將場效電晶體開關陣列 70 設計為如第 7 圖所示之場效電晶體開關陣列 71，進而完全由數位碼控制器來調控數位電壓訊號 Bit 0~Bit n ；而且，若需要增加頻率解析度時，亦可採用如第 8 圖所示之具有開關電阻對之場效電晶體開關陣列 72。承上所述，數位電壓訊號 Bit 0~Bit n 較佳可連接一使用 fractional-N 控制碼之數位控制器，以達到高頻率解析度之要求。

最後，請參考第 9 圖，其係為本發明一實施例之電壓控制振盪器之結構示意圖。圖中，可變電感 40、負阻抗提供電路 50 與工作電壓源 60 之詳細實施方式皆已敘述於前，在此不予贅述。本實施例之電壓控制振盪器更可包括一可變電容 80，此可變電容 80 係並聯於二次側線圈 P2，以增加本實施例之電壓控制振盪器的頻率調整範圍。此外，若為了提高本實施例之電壓控制振盪器的頻率解析度，則可變電容 80 亦可由一開關電容陣列來實現之。

以上所述僅為舉例性，而非為限制性者。任何未脫離本發明之精神與範疇，而對其進行之等效修改或變更，均應包含於後附之申請專利範圍中。

【圖式簡單說明】

第 1 圖 係為本發明一實施例之變壓器與可變電阻所組成之可變電感的結構示意圖；

第 2 圖 係為本發明一實施例之可變電感之等效電感與品質參數對於可變電阻之關係曲線圖；

第 3 圖 係為本發明之可變電感以電晶體開關取代可變電阻之結構示意圖；

第 4 圖 係為本發明之使用可變電感之電壓控制振盪器之結構示意圖；

第 5 圖 係為本發明之電壓控制振盪器之開極電壓與振盪頻率的關係曲線圖；

第 6 圖 係為本發明一實施例之電壓控制振盪器之結構示意圖；

第 7 圖 係為本發明一實施例之場效電晶體開關陣列之結構示意

圖；

第 8 圖 係為本發明一實施例之具有開關電阻對之場效電晶體
開關陣列之結構示意圖；以及

第 9 圖 係為本發明一實施例之電壓控制振盪器之結構示意圖。

【主要元件符號說明】

Bit0~Bitn：數位電壓訊號；	Vbias：工作偏壓；
Leq：等效電感；	VDD：工作電壓；
Mtune：電晶體開關；	Vfine：類比電壓訊號；
P1：一次側線圈；	VG：閘極電壓；
P11：第一線圈；	VGND：接地點；
P12：第二線圈；	10、30、40：可變電感；
P2：二次側線圈；	20：等效電路；
P21：第三線圈；	50：負阻抗提供電路；
P22：第四線圈；	60：工作電壓源；
Req：等效電阻；	70、71、72：場效電晶體開
Rt：可變電阻；	關陣列；以及
T：變壓器；	80：可變電容。

十、申請專利範圍：

1、一種電壓控制振盪器，其包含：

一可變電感，其包含：

一變壓器，包含一一次側線圈與一二次側線圈，該一次側線圈包含一第一線圈與一第二線圈，且該第一線圈串聯該第二線圈，該二次側線圈包含一第三線圈與一第四線圈，且該第三線圈串聯該第四線圈；以及

一電晶體開關，係並聯於該一次側線圈，用以根據一閘極電壓調整該可變電感之一電感值；

一負阻抗提供電路，係並聯於該二次側線圈，用以補償該電壓控制振盪器於振盪時之功率消耗；

一工作電壓源，係電性連接於該第三線圈與該第四線圈之間；以及

一接地點，係電性連接於該第一線圈與該第二線圈之間；

其中，該電壓控制振盪器之一振盪頻率係受控於該電感值。

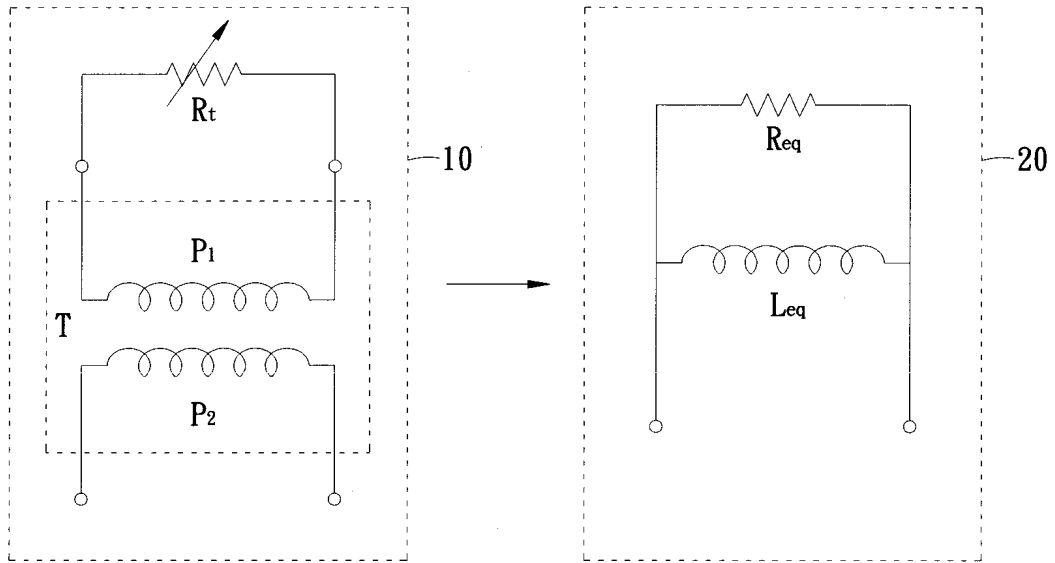
2、如申請專利範圍第1項所述之電壓控制振盪器，其中該電晶體開關包含一NMOS場效電晶體開關、一PMOS場效電晶體開關或一CMOS場效電晶體開關。

3、如申請專利範圍第1項所述之電壓控制振盪器，其中該電晶體開關為一場效電晶體開關陣列。

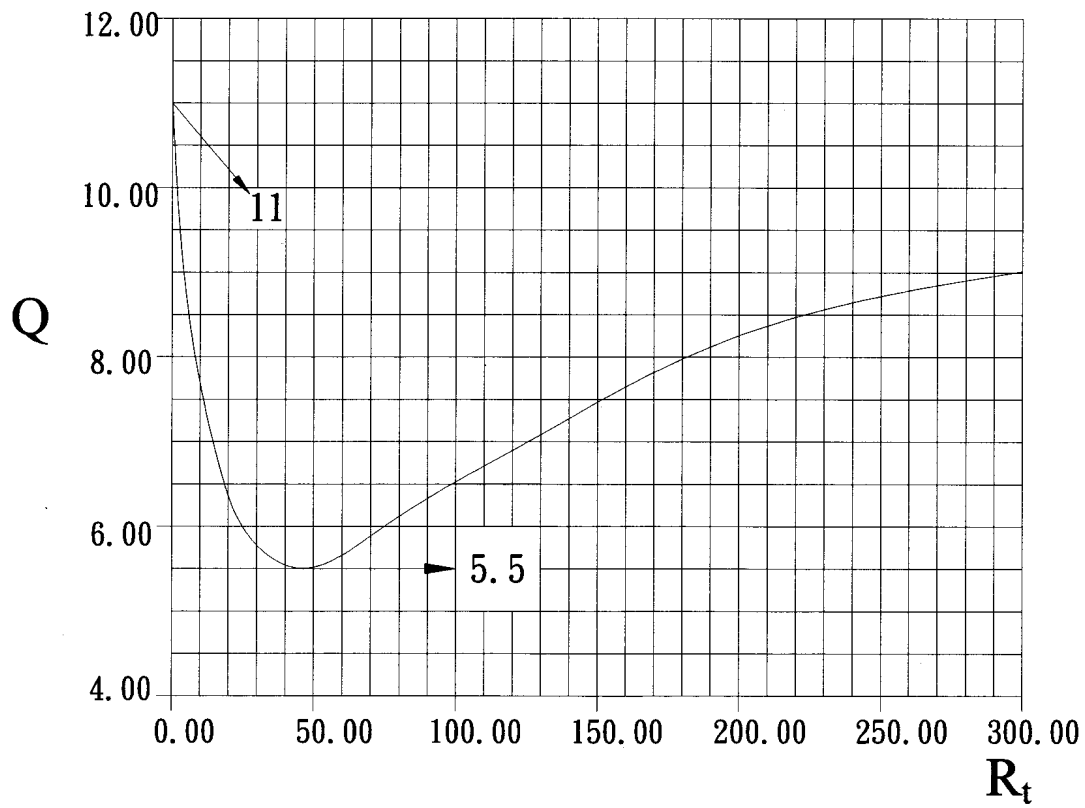
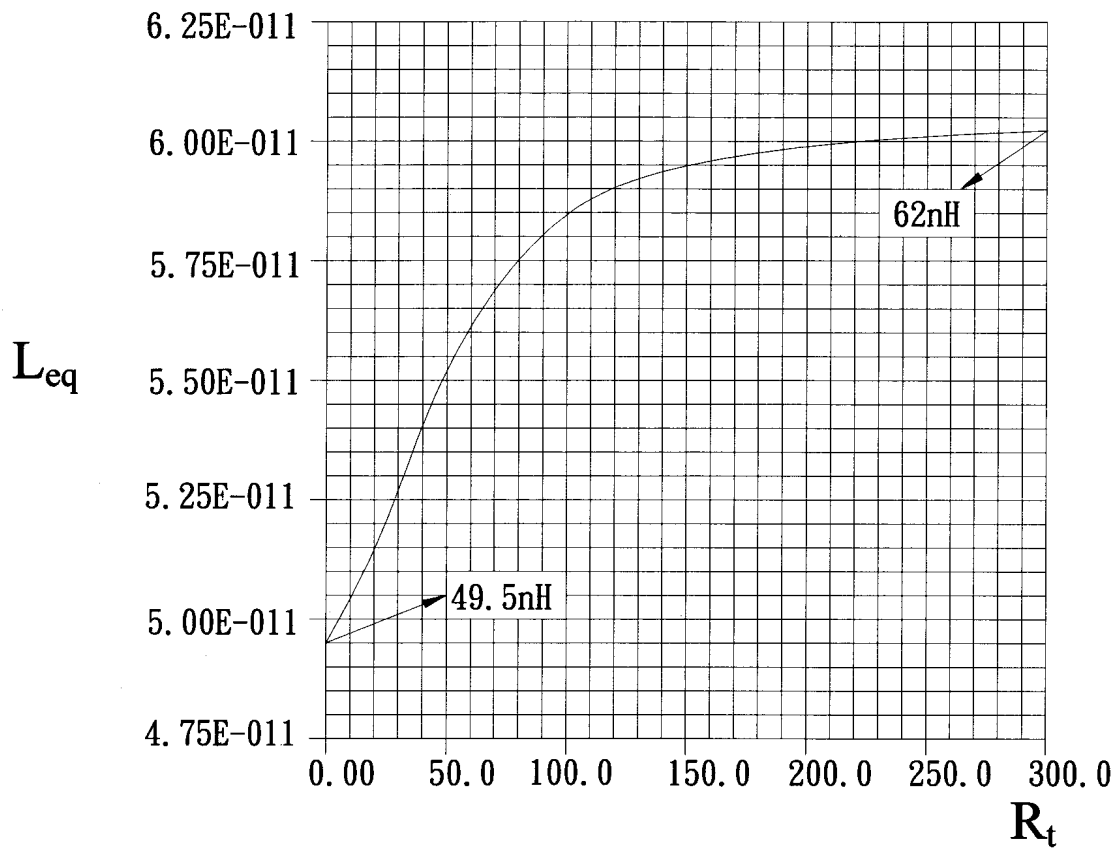
4、如申請專利範圍第3項所述之電壓控制振盪器，其中該場效電晶體開關陣列受控於一數位控制器。

- 5、如申請專利範圍第4項所述之電壓控制振盪器，其中該數位控制器為一使用 fractional-N 控制碼之數位控制器。
- 6、如申請專利範圍第3項所述之電壓控制振盪器，其中該場效電晶體開關陣列之一部份場效電晶體係用以頻率細調。
- 7、如申請專利範圍第6項所述之電壓控制振盪器，其中該場效電晶體開關陣列之另一部份場效電晶體係用以頻率粗調。
- 8、如申請專利範圍第1項所述之電壓控制振盪器，其中該二次側線圈可並聯一可變電容以增加該電壓控制振盪器之一頻率調整範圍。
- 9、如申請專利範圍第1項所述之電壓控制振盪器，其中該二次側線圈可並聯一開關電容陣列以提高該電壓控制振盪器之一頻率解析度。
- 10、如申請專利範圍第1項所述之電壓控制振盪器，其中該工作電壓源進一步串接一工作偏壓，以接收頻率調變(FM)、相位調變(PM)或脈波寬度調變(PWM)之電壓訊號。

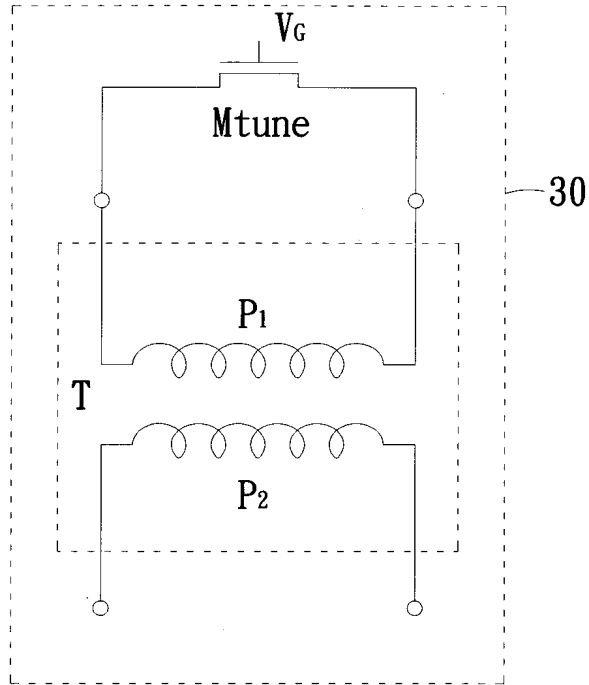
十一、圖式：



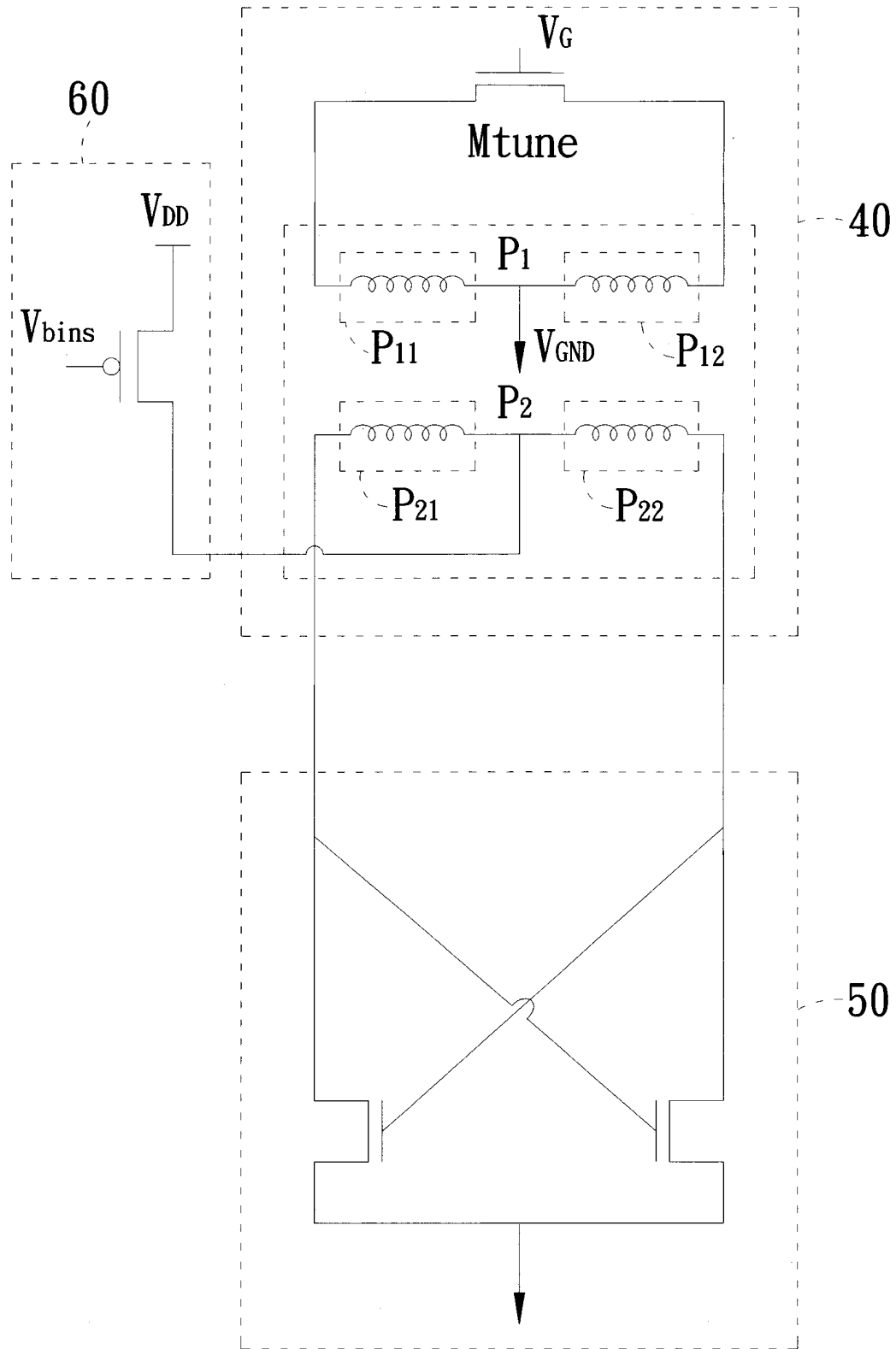
第 1 圖



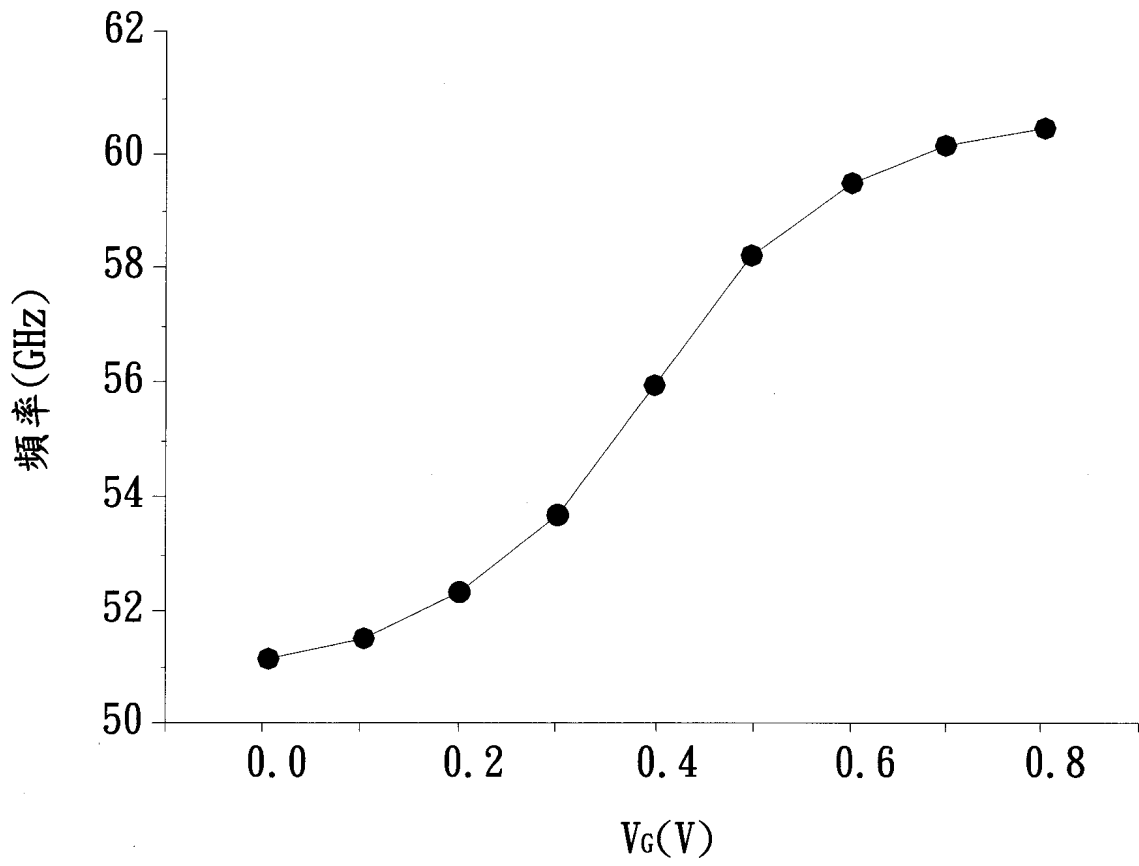
第 2 圖



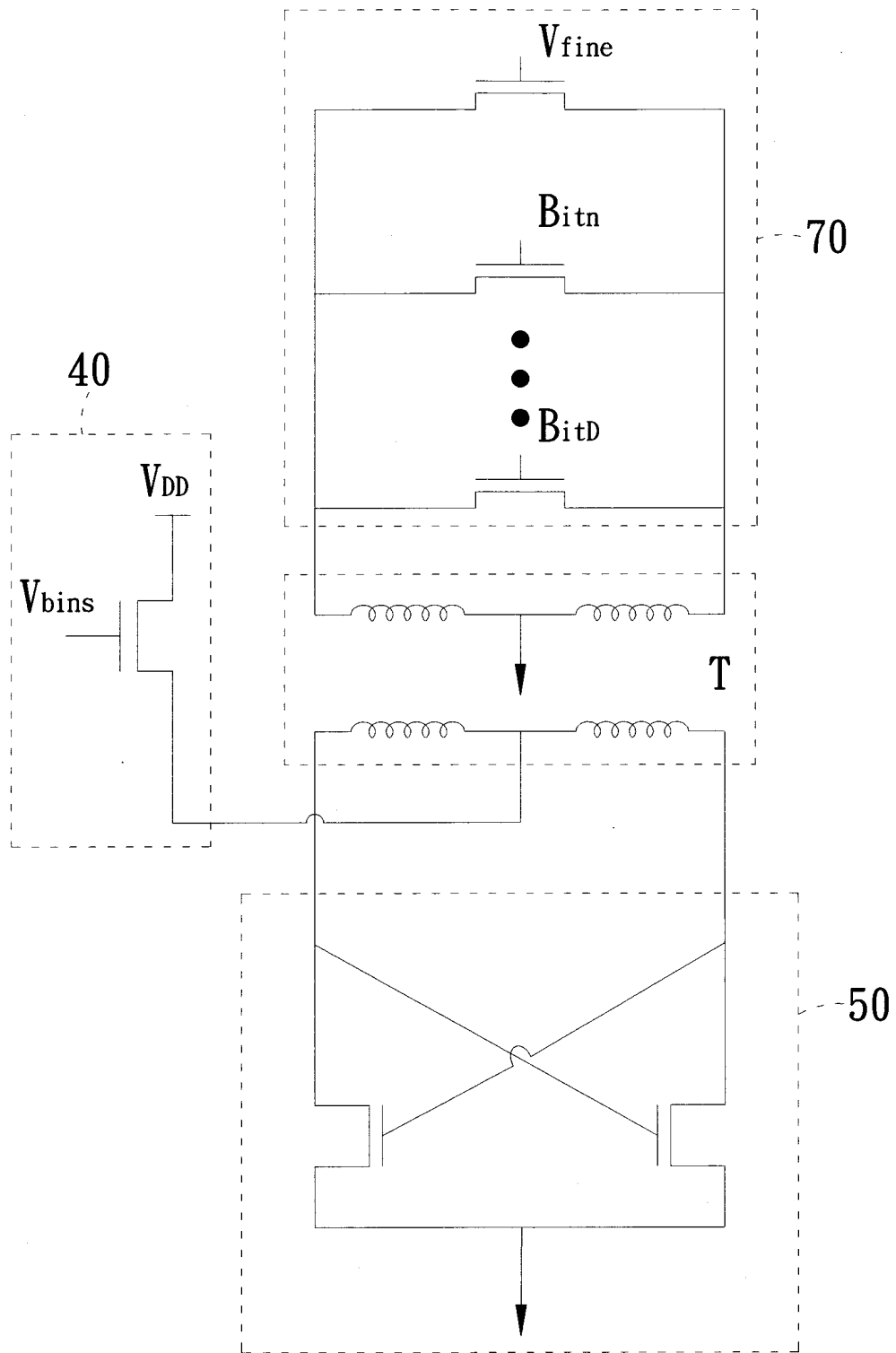
第 3 圖



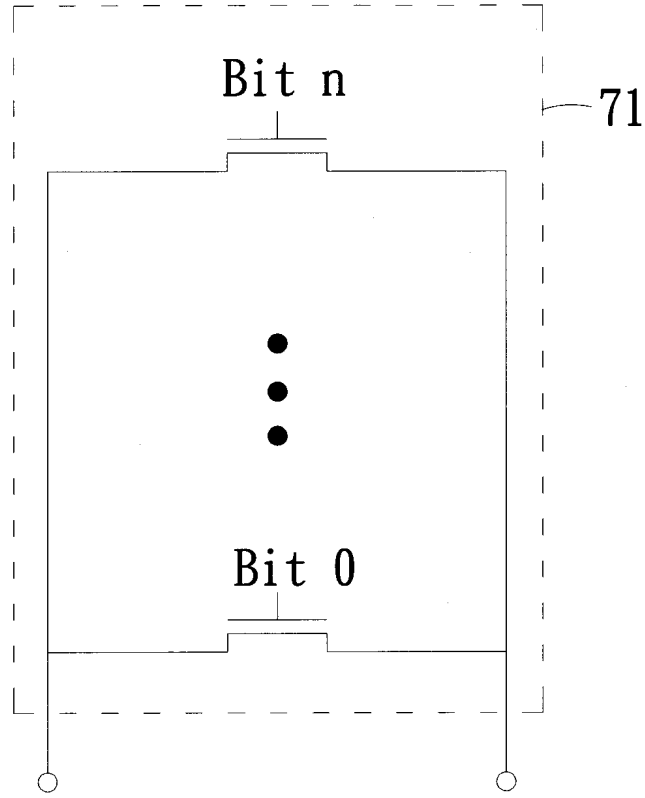
第 4 圖



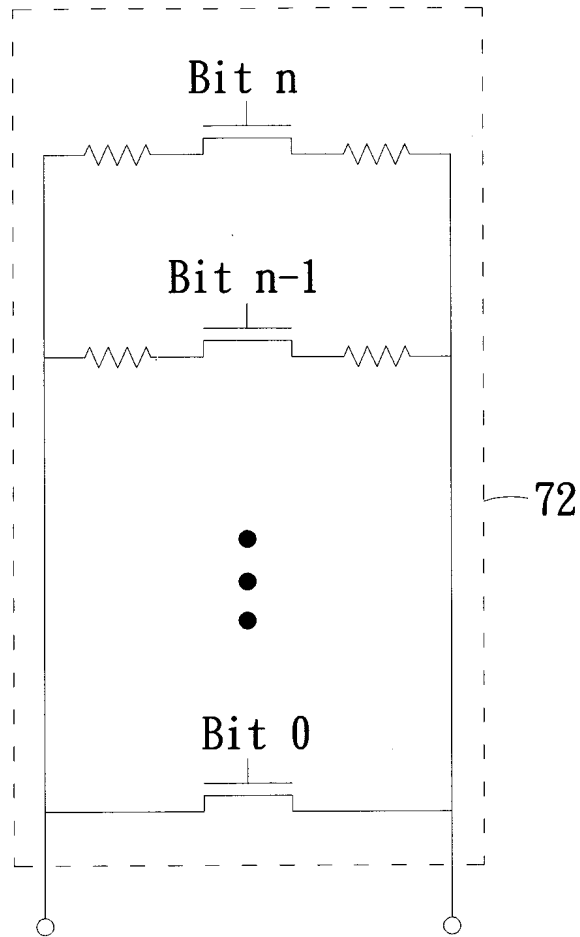
第 5 圖



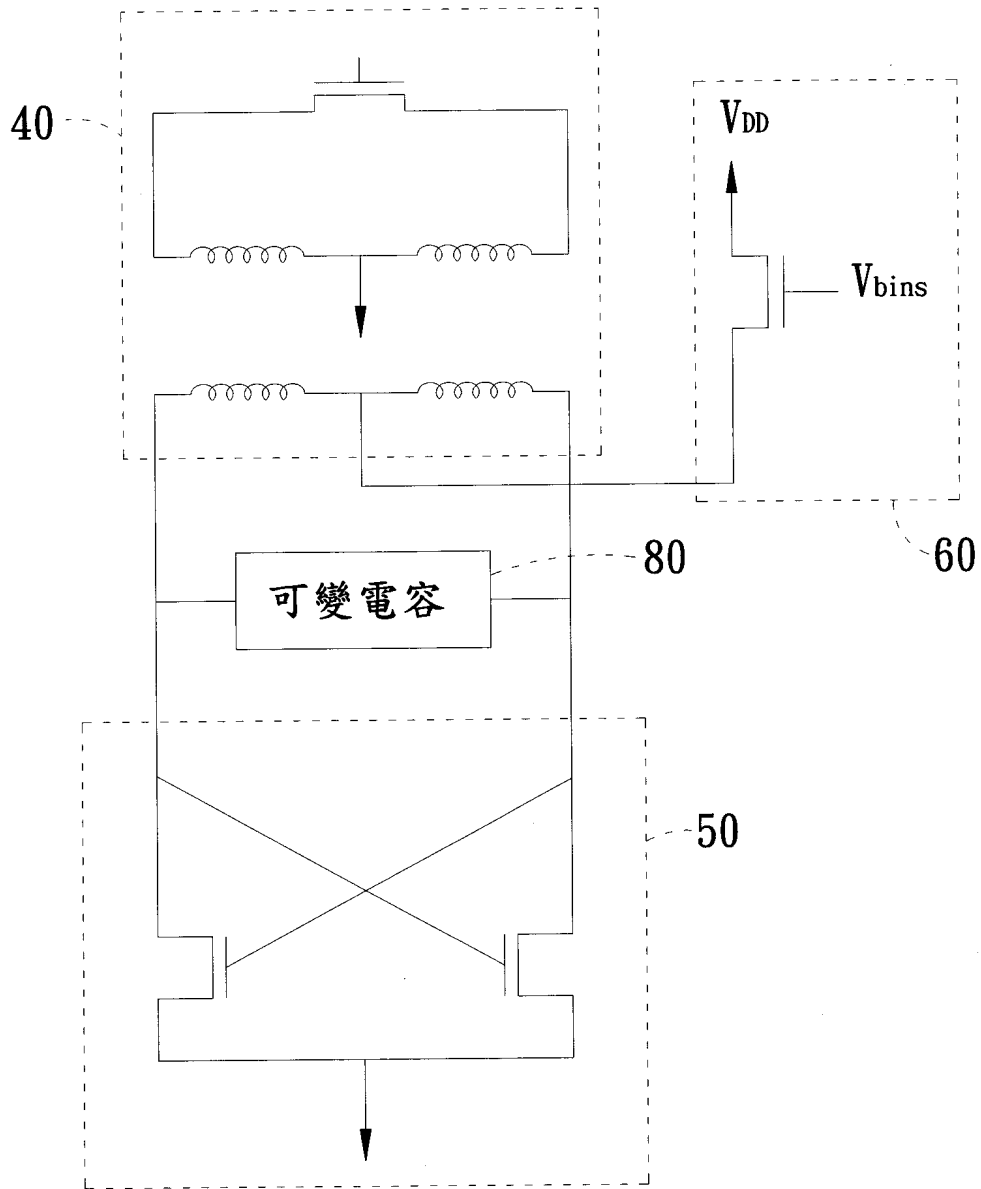
第 6 圖



第 7 圖



第 8 圖



第 9 圖