

常見濾波電路分析技巧

STM32嵌入式開發 2022-10-16 17:00 發表於山東

在整流電路輸出的電壓是單向脈動性電壓，不能直接給電子電路使用。所以要對輸出的電壓進行濾波，消除電壓中的交流成分，成為直流電後給電子電路使用。在濾波電路中，主要使用對交流電有特殊阻抗特性的器件，如：電容器、電感器。本文對其各種形式的濾波電路進行分析。

濾波電路種類

濾波電路主要有下列幾種：

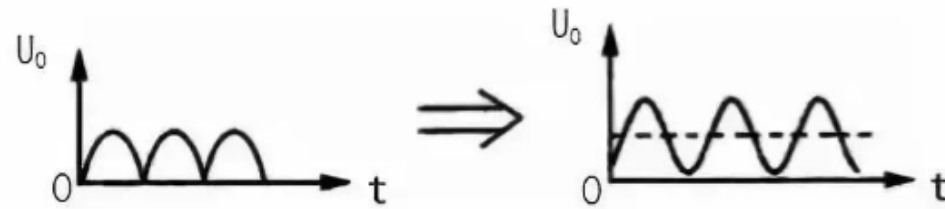
- 電容濾波電路，這是最基本的濾波電路；
- π 型RC 濾波電路；
- π 型LC 濾波電路；
- 電子濾波器電路。

濾波原理

單向脈動性直流電壓的特點

如下圖所示。是單向脈動性直流電壓波形，從圖中可以看出，電壓的方向性無論在何時都是一致的，但在電壓幅度上是波動的，就是在時間軸上，電壓呈現出週期性的變化，所以是脈動性的。

但根據波形分解原理可知，這一電壓可以分解一個直流電壓和一組頻率不同的交流電壓，如下圖所示。在圖中，虛線部分是單向脈動性直流電壓 U 。中的直流成分，實線部分是 U_O 中的交流成分。



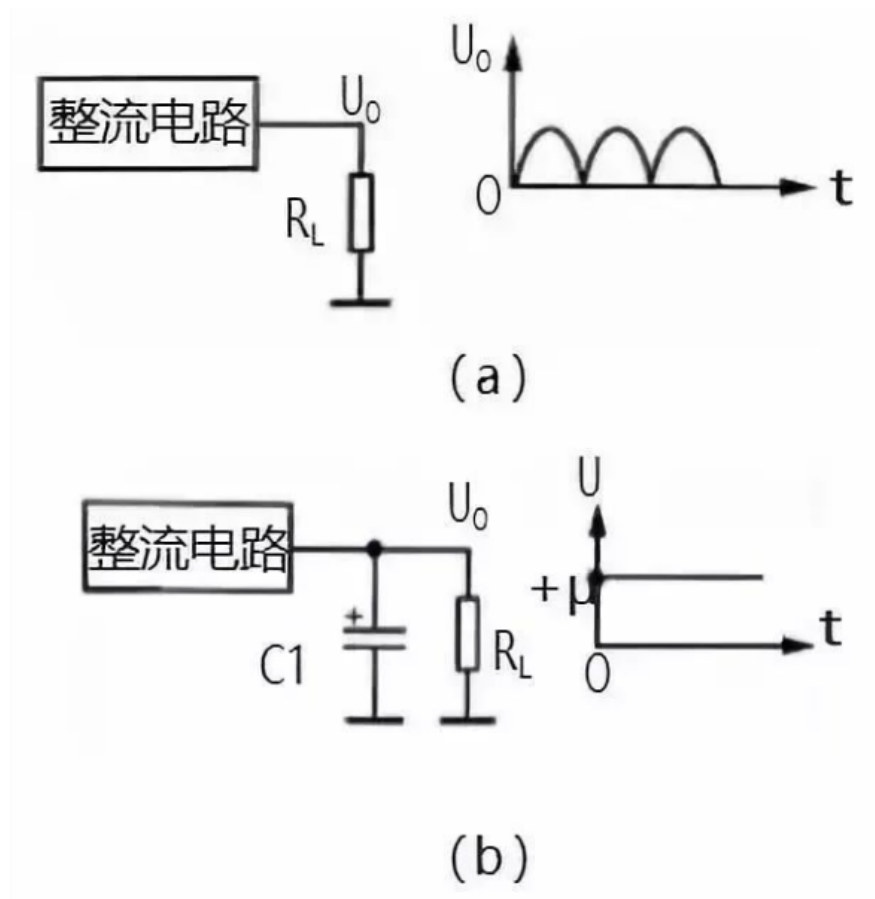
電容濾波原理

根據以上的分析，由於單向脈動性直流電壓可分解成交流和直流兩部分。在電源電路的濾波電路中，利用電容器的“隔直通交”的特性和儲能特性，或者利用電感“隔交通直”的特性可以濾除電壓中的交流成分。講解電容的視頻：[看老外怎麼講解電容工作原理](#)。下圖所示是電容濾波原理圖。相關推薦：[看老外怎麼講解電容工作原理](#)。

下圖(a)為整流電路的輸出電路。交流電壓經整流電路之後輸出的是單向脈動性直流電，即電路中的 U_O 。

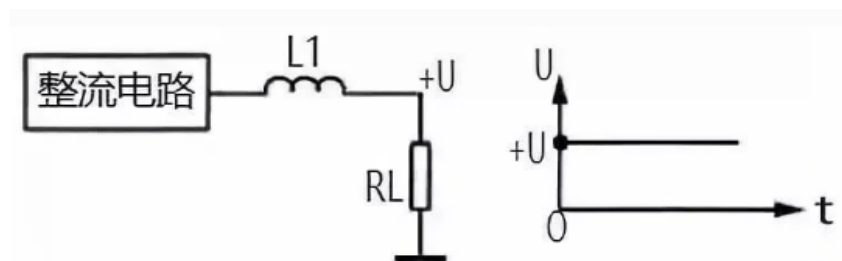
下圖(b)為電容濾波電路。由於電容 C_1 對直流電相當於開路，這樣整流電路輸出的直流電壓不能通過 C_1 到地，只有加到負載 R_L 上。對於整流電路輸出的交流成分，因 C_1 容量較大，容抗較小，交流成分通過 C_1 流到地端，而不能加到負載 R_L 。這樣，通過電容 C_1 的濾波，從單向脈動性直流電中取出了所需要的直流電壓 $+U$ 。

濾波電容 C_1 的容量越大，對交流成分的容抗越小，使殘留在負載 R_L 上的交流成分越小，濾波效果就越好。



電感濾波原理

下圖所示是電感濾波原理圖。由於電感 L_1 對直流電相當於通路，這樣整流電路輸出的直流電壓直接加到負載 R_L 上。

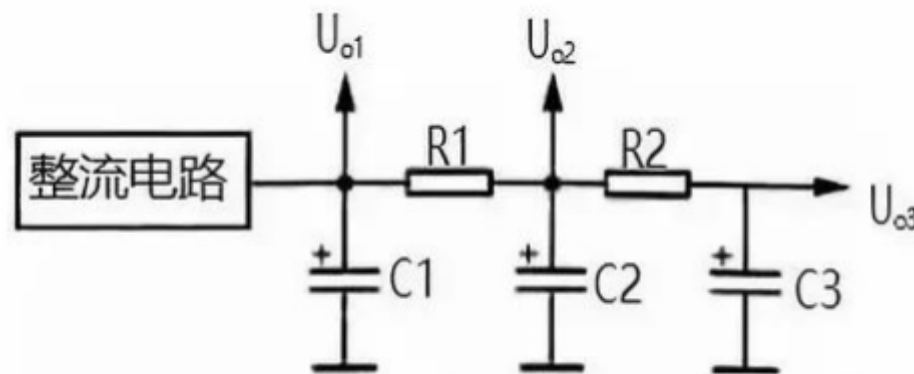


對於整流電路輸出的交流成分，因 $L1$ 電感量較大，感抗較大，對交流成分產生很大的阻礙作用，阻止了交流電通過 $C1$ 流到加到負載 RL 。這樣，通過電感 $L1$ 的濾波，從單向脈動性直流電中取出了所需要的直流電壓 $+U$ 。

濾波電感 $L1$ 的電感量越大，對交流成分的感抗越大，使殘留在負載 RL 上的交流成分越小，濾波效果就越好，但直流電阻也會增大。

π 型RC濾波電路識圖方法

下圖所示是 π 型RC 濾波電路。電路中的 $C1$ 、 $C2$ 和 $C3$ 是3 只濾波電容， $R1$ 和 $R2$ 是濾波電阻， $C1$ 、 $R1$ 和 $C2$ 構成第一節 π 型的RC 濾波電路， $C2$ 、 $R2$ 和 $C3$ 構成第二節 π 型RC 濾波電路。由於這種濾波電路的形式如同希臘字母 π 和採用了電阻器、電容器，所以稱為 π 型RC 濾波電路。



π 型RC 濾波電路原理如下：

(1) 這一電路的濾波原理是：從整流電路輸出的電壓首先經過 $C1$ 的濾波，將大部分的交流成分濾除，然後再加入到由 $R1$ 和 $C2$ 構成的濾波電路中。 $C2$ 的容抗與 $R1$ 構成一個分壓電路，因 $C2$ 的容抗很小，所以對交流成分的分壓衰減量很大，達到濾波目的。對於直流電而言，由於 $C2$ 具有隔直作用，所以 $R1$ 和 $C2$ 分壓電路對直流不存在分壓衰減的作用，這樣直流電壓通過 $R1$ 輸出。

(2) 在 R_1 大小不變時，加大 C_2 的容量可以提高濾波效果，在 C_2 容量大小不變時，加大 R_1 的阻值可以提高濾波效果。但是，濾波電阻 R_1 的阻值不能太大，因為流過負載的直流電流要流過 R_1 ，在 R_1 上會產生直流壓降，使直流輸出電壓 U_{o2} 減小。 R_1 的阻值越大，或流過負載的電流越大時，在 R_1 上的壓降越大，使直流輸出電壓越低。

(3) C_1 是第一節濾波電容，加大容量可以提高濾波效果。但是 C_1 太大後，在開機時對 C_1 的充電時間很長，這一充電電流是流過整流二極管的，當充電電流太大、時間太長時，會損壞整流二極管。所以採用這種 π 型RC 濾波電路可以使 C_1 容量較小，通過合理設計 R_1 和 C_2 的值來進一步提高濾波效果。

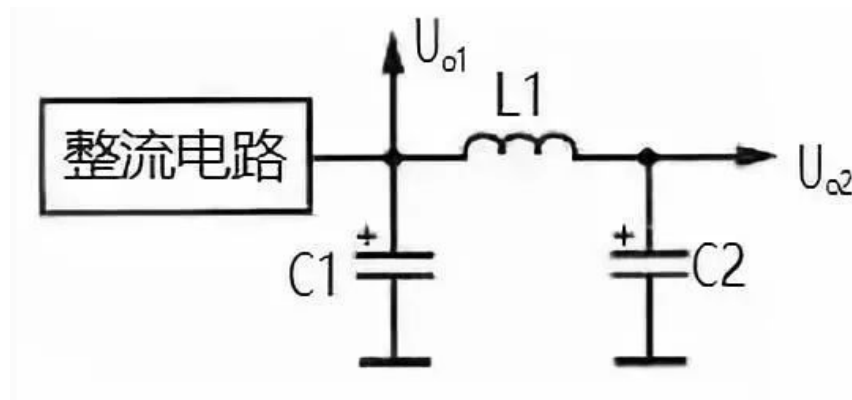
(4) 這一濾波電路中共有3 個直流電壓輸出端，分別輸出 U_{o1} 、 U_{o2} 和 U_{o3} 三組直流電壓。其中， U_{o1} 只經過電容 C_1 濾波； U_{o2} 則經過了 C_1 、 R_1 和 C_2 電路的濾波，所以濾波效果更好， U_{o2} 中的交流成分更小； U_{o3} 則經過了2 節濾波電路的濾波，濾波效果最好，所以 U_{o3} 中的交流成分最少。

(5) 3 個直流輸出電壓的大小是不同的。 U_{o1} 電壓最高，一般這一電壓直接加到功率放大器電路，或加到需要直流工作電壓最高、工作電流最大的電路中； U_{o2} 電壓稍低，這是因為電阻 R_1 對直流電壓存在電壓降； U_{o3} 電壓最低，這一電壓一般供給前級電路作為直流工作電壓，因為前級電路的直流工作電壓比較低，且要求直流工作電壓中的交流成分少。

π 型LC濾波電路識圖方法

下圖所示是 π 型LC 濾波電路。 π 型LC 濾波電路與 π 型RC 濾波電路基本相同。這一電路只是將濾波電阻換成濾波電感，因為濾波電阻對直流電和交流電存在相同的電阻，而濾波電感對交流電感抗大，對直流電的電阻小，這樣既能提高濾波效果，又不會降低直流輸出電壓。

在下圖的電路中，整流電路輸出的單向脈動性直流電壓先經電容 C_1 濾波，去掉大部分交流成分，然後再加入到 L_1 和 C_2 濾波電路中。



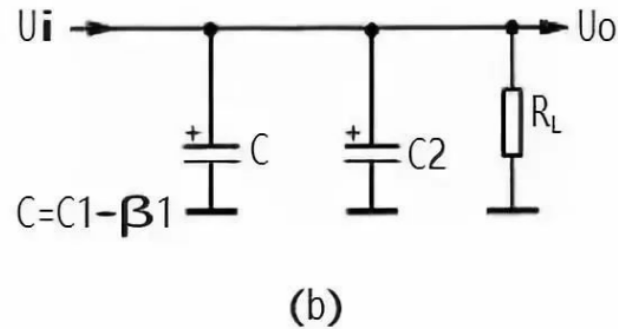
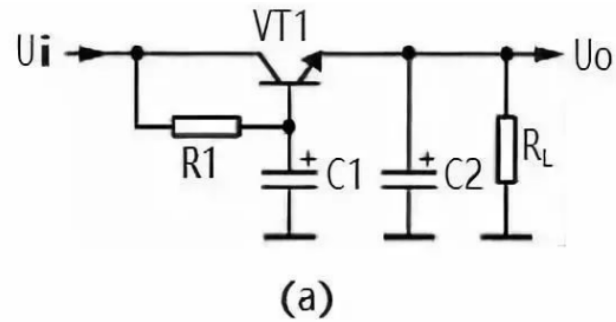
對於交流成分而言， $L1$ 對它的感抗很大，這樣在 $L1$ 上的交流電壓降大，加到負載上的交流成分小。

對直流電而言，由於 $L1$ 不呈現感抗，相當於通路，同時濾波電感採用的線徑較粗，直流電阻很小，這樣對直流電壓基本上沒有電壓降，所以直流輸出電壓比較高，這是採用電感濾波器的主要優點。

電子濾波器識圖方法

電子濾波器

下圖所示是電子濾波器。電路中的 $VT1$ 是三極管，起到濾波管作用， $C1$ 是 $VT1$ 的基極濾波電容， $R1$ 是 $VT1$ 的基極偏置電阻， RL 是這一濾波電路的負載， $C2$ 是輸出電壓的濾波電容。



電子濾波電路工作原理如下：

① 電路中的VT1、R1、C1 組成電子濾波器電路，這一電路相當於一隻容量為 $C1 \times \beta_1$ 大小電容器， β_1 為VT1 的電流放大倍數，而晶體管的電流放大倍數比較大，所以等效電容量很大，可見電子濾波器的濾波性能是很好的。等效電路如上圖（b）所示。圖中C 為等效電容。

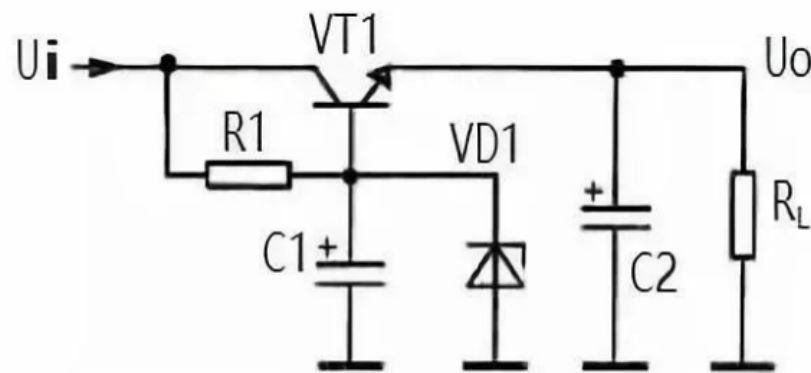
② 電路中的R1 和C1 構成一節RC 濾波電路，R1 一方面為VT1 提供基極偏置電流，同時也是濾波電阻。由於流過R1 的電流是VT1 的基極偏置電流，這一電流很小，R1 的阻值可以取得比較大，這樣R1 和C1 的濾波效果就很好，使VT1 基極上直流電壓中的交流成分很少。由於發射極電壓具有跟隨基極電壓的特性，這樣VT1 發射極輸出電壓中交流成分也很少，達到濾波的目的。

③ 在電子濾波器中，濾波主要是靠R1 和C1 實現的，這也是RC 濾波電路，但與前面介紹的RC 濾波電路是不同的。在這一電路中流過負載的直流電流是VT1 的發射極電流，流過濾波電阻R1 的

電流是VT1 基極電流，基極電流很小，所以可以使濾波電阻R1 的阻值設得很大（濾波效果好），但不會使直流輸出電壓下降很多。

④ 電路中的R1 的阻值大小決定了VT1 的基極電流大小，從而決定了VT1 集電極與發射極之間的管壓降，也就決定了VT1 發射極輸出直流電壓大小，所以改變R1 的大小，可以調整直流輸出電壓+V 的大小。

電子穩壓濾波器



上圖所示是另一種電子穩壓濾波器，與前一種電路相比，在VT1 基極與地端之間接入了穩壓二極管VD1。電子穩壓原理如下：

在VT1 基極與地端之間接入了穩壓二極管VD1 後，輸入電壓經R1 使穩壓二極管VD1 處於反向偏置狀態，此時VD1 的穩壓特性使VT1 管的基極電壓穩定，這樣VT1 發射極輸出的直流電壓也比較穩定。注意：這一電壓的穩定特性是由於VD1 的穩壓特性決定的，與電子濾波器電路本身沒有關係。

R1 同時還是VD1 的限流保護電阻。在加入穩壓二極管VD1 後，改變R1 的大小不能改變VT1 發射極輸出電壓大小，由於VT1 的發射結存在PN 結電壓降，所以發射極輸出電壓比VD1 的穩壓值略小。

C1、R1 與VT1 同樣組成電子濾波器電路，起到濾波作用。

在有些場合下，為了進一步提高濾波效果，可採用雙管電子濾波器電路，2 只電子濾波管構成了複合管電路。這樣總的電流放大倍數為各管電流放大倍數之積，顯然可以提高濾波效果。

電源濾波電路識圖小結

關於電源濾波電路分析主要注意以下幾點：

(1) 分析濾波電容工作原理時，主要利用電容器的“隔直通交”特性，或是充電與放電特性，即整流電路輸出單向脈動性直流電壓時對濾波電容充電，當沒有單向脈動性直流電壓輸出時，濾波電容對負載放電。

(2) 分析濾波電感工作原理時，主要是認識電感器對直流電的電阻很小、無感抗作用，而對交流電存在感抗。

(3) 進行電子濾波器電路分析時，要知道電子濾波管基極上的電容是濾波的關鍵元件。另外，要進行直流電路的分析，電子濾波管有基極電流和集電極、發射極電流，流過負載的電流是電子濾波管的發射極電流，改變基極電流大小可以調節電子濾波管集電極與發射極之間的管壓降，從而改變電子濾波器輸出的直流電壓大小。

(4) 電子濾波器本身沒有穩壓功能，但加入穩壓二極管之後可以使輸出的直流電壓比較穩定。

喜歡此內容的人還喜歡

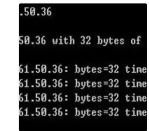
電子電路原理圖識圖心得及電路分析方法

張飛實戰電子



ping 命令還能這麼玩？

通信弱電交流學習



PLC最全編程算法，資深電氣工程師總結，建議收藏備用!

機器人學習教程

