

電荷幫浦電路之特性探討

Properties of Charge Pump Circuit

指導教授:黃柏鈞

組別:A200

組員:連芮萱

摘要

本專題研究的是室內光源擷取的系統，此系統以太陽能電池作為電源供應，透過MPPT(Max Power Point Tracking)系統擷取能量，再透過Switched-Capacitor類型的電荷幫浦(Charge Pump)將輸出電壓升至適合負載運作的範圍，達成自給自足無須外界電源供應的獵能系統。

本次實驗著重於討論整個系統內最核心的電荷幫浦電路，先經由了解其運作原理，電路特性分析，再到以Hspice跑模擬，觀察整個電路的表現及探討一些不理想行為，最後在應用層面中討論能量轉換的效率。

電荷幫浦的電路架構與原理

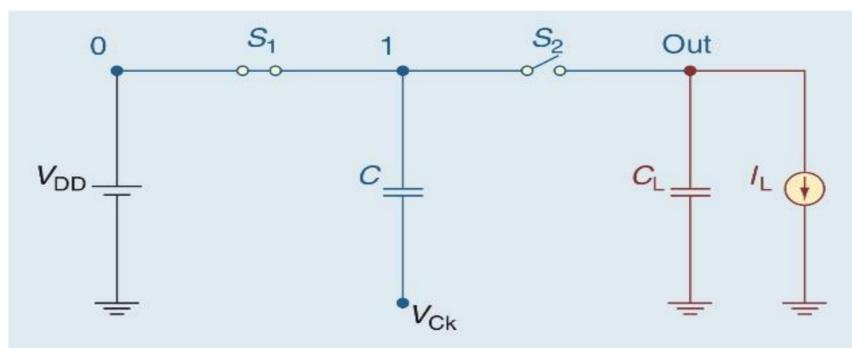


圖1 一階電荷幫浦結構[1]

一階電荷幫浦的基本架構，基本上是以兩個開關，一個pumping電容以及控制clock所組成，當clock等於logic 0時，此為charging phase，電壓源Vdd對pumping電容C充電，當clock等於logic 1時，此為pumping phase，此時pumping電容的bottom plate電壓為Vdd，再對較大的CL充電。

在理想狀態下，此電路可升壓到2Vdd，升壓過後的電壓供給下一級電路做使用，為此處模擬的IL。

電荷幫浦的能量供給

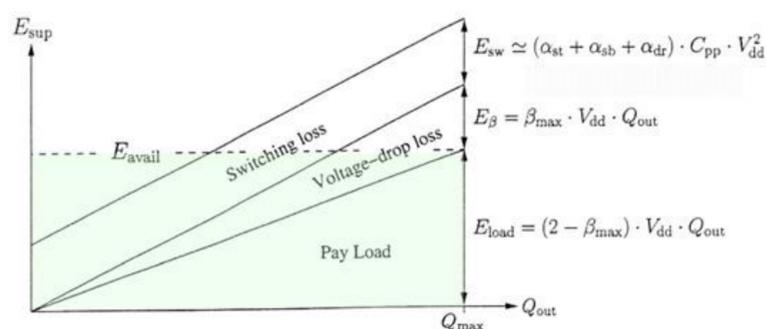


圖3 Charge pump的能量供應及損耗 [3]

- 開關的寄生電容以及阻值造成的能量損耗
- 電壓因穩壓器下降造成的損耗
- 負載消耗的能量

$$\eta (\text{Efficiency}) = \frac{E_{load}}{E_{sup}}$$

MPPT系統

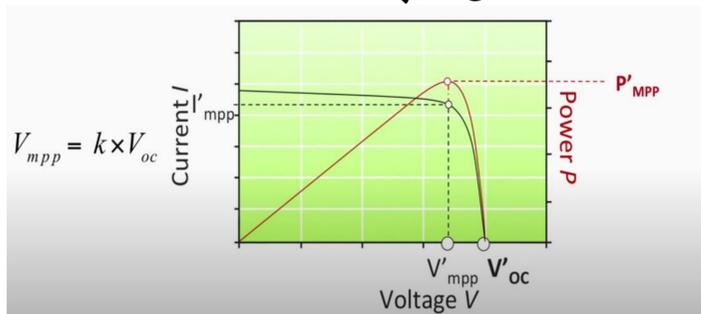


圖2 FOCV原理 [2]

由於太陽能電池會隨著溫度、光照度等環境因子不同而有不一樣的P-V曲線，MPPT的功用就是確保在此電壓之下輸出的power會是最大值，更有效率的去應用能量。

FOCV(Fractional Open Circuit Voltage)是MPPT常用的演算法，在Power最大的電壓值會與Open-circuit voltage有固定的比例k，通常在0.7-0.8之間，透過偵測當下P-V曲線的Open-circuit voltage即可讓電路操作在最大Power的電壓。

實驗結果

- VDD = 0.55V Loading = 100μA

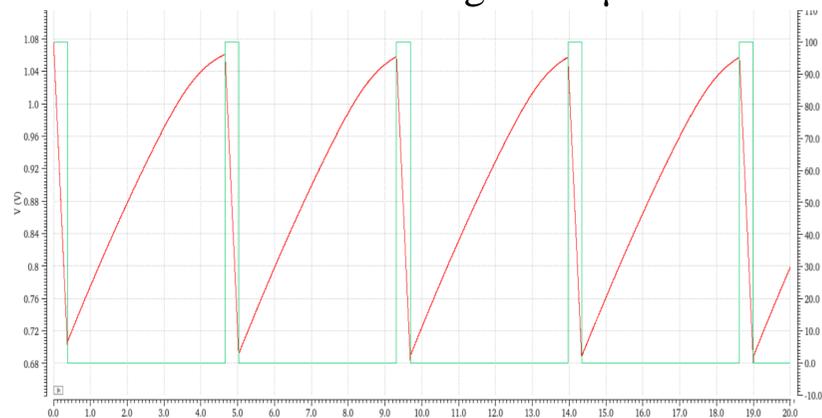


圖4 加上負載的電壓輸出

$$\eta (\text{Efficiency}) = 63.5\%$$

結論

透過模擬發現各個開關造成的寄生電容會導致輸出電壓無法達到理論值的2倍Vdd，以及在充放電過程中對能量造成額外的損耗。而開關本身在導通時的阻值，在電流流經時會形成額外的能量損失，這個情況在連接高電位的開關影響會較為明顯。

參考資料

[1] G. Palumbo and D. Pappalardo, "Charge Pump Circuit: An Overview on Design Strategies and Topologies"

[2] <https://www.youtube.com/watch?v=0ItjKs7aJFM&list=LL&index=4&t=542s>

[3] Prof. Po-Chiun Huang, "Switched-Capacitor Power Supplies", EE5275 Class Material