



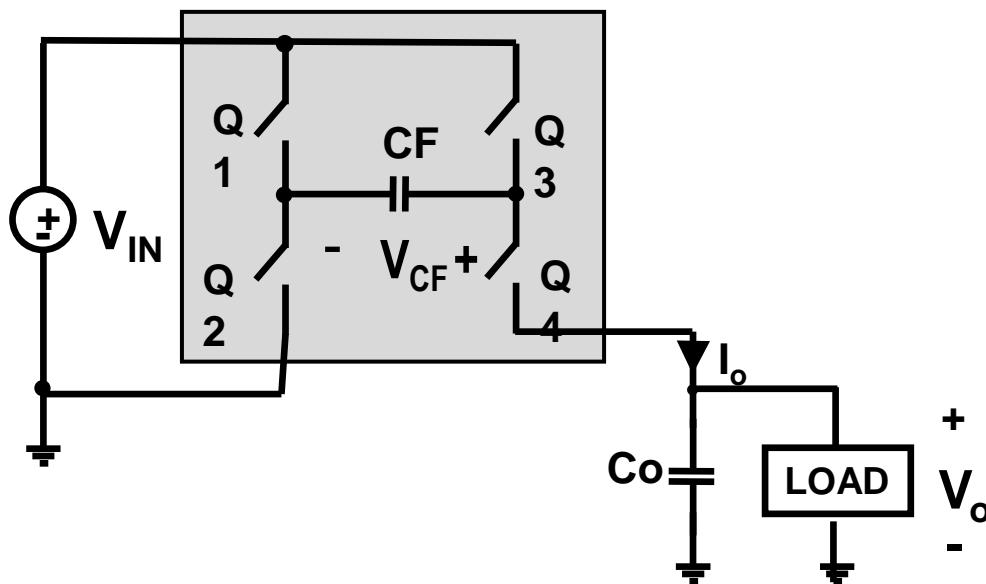
DC-DC 基础知识

1.4 电荷泵稳压器



什么是电荷泵稳压器？

- 电荷泵稳压器是一种只通过电容器的交替式充电和放电来输送功率的开关稳压器。
- 它适合于具有低负载电流及中等输入－输出电压差的应用





优缺点

优点

- 无需电感器, 尺寸较小
- 中等效率, 高于线性稳压器
- V_{out} 可以高于或低于 V_{in}
- 所需的组件较少, 因而使得充电泵设计的难度和成本有所下降

缺点

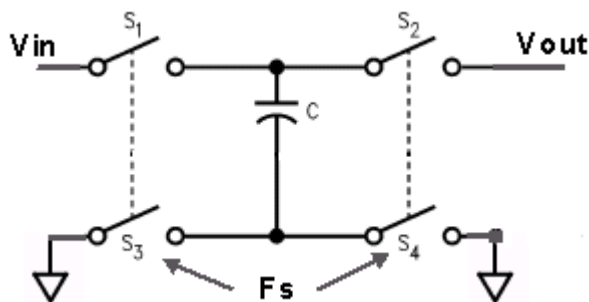
- 开关操作会产生较高的输出纹波和噪声
- 输出电流能力受限于电容器



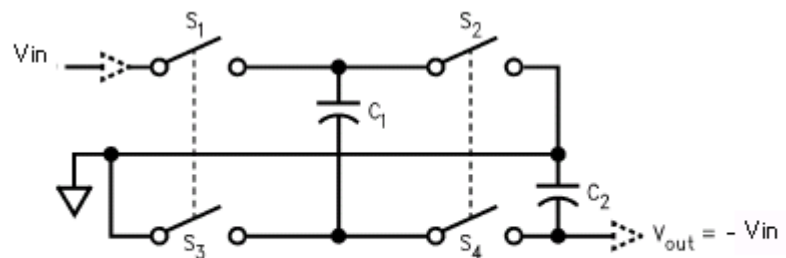
电荷泵的工作原理是什么？

- 电容器连接利用开关来改变，从而达到控制充电和放电的目的
- 开关 S1、S3 和 S2、S4 以互补的方式切换：
 - S1、S3 导通，S2、S4 断开，充电
 - S1、S3 断开，S2、S4 导通，放电
- 通过反转输出至地的连接，单位增益变换器将变为负增益反相器

单位增益



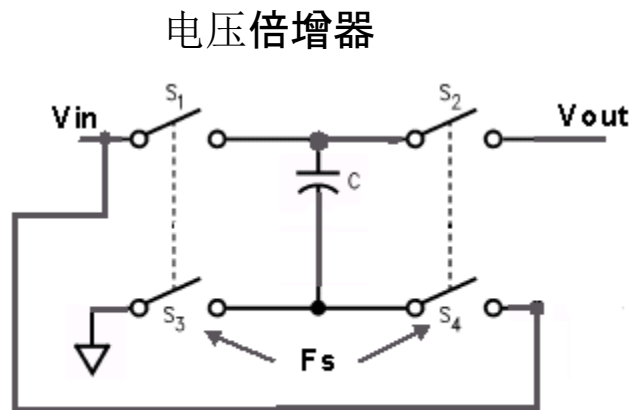
反相增益





电压倍增器(倍压电路)

- 下面所示的电压倍增器电路在拓扑中仍然具有单个电容器，只是连接有所不同
- 4 个开关的切换依然不变
 - S1、S3 导通，S2、S4 断开，增益相位
 - S1、S3 断开，S2、S4 导通，公共相位
- 不过，在公共相位中，输入电源仍然连接至电容器：
 $V_{out} = V_c + V_{in} = 2V_{in}$



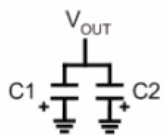
通过交换 V_{in} 和 V_{out} ，相同的倍增器电路将产生原先一半的增益



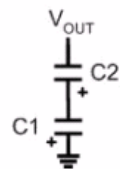
更多的增益组合

- 在充电泵中内置了两个电容器，通过改变连接组合可产生许多不同的增益
- 下图示出了两个电容器的一些连接配置以及所能实现的最终增益：

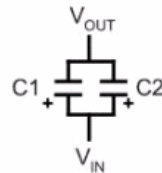
GAIN PHASE:
 $G = 1/2$



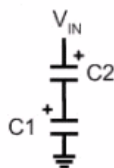
GAIN PHASE:
 $G = 2/3$



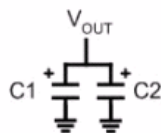
GAIN PHASE:
 $G = 1$



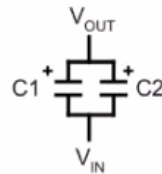
GAIN PHASE:
 $G = 3/2$



GAIN PHASE:
 $G = 2$



COMMON PHASE:
ALL GAINS



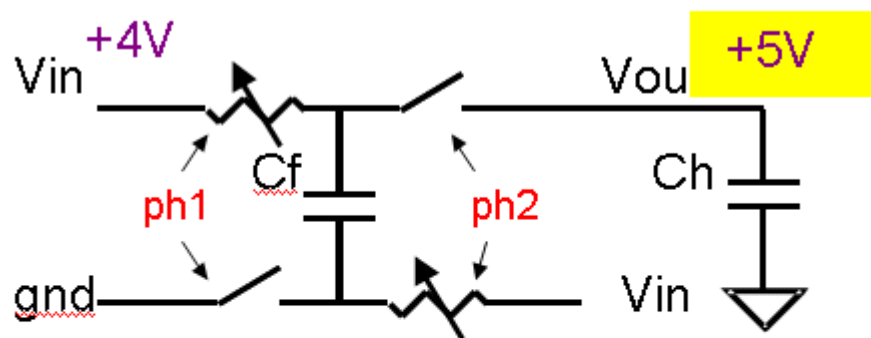
针对所有增益的相同公共相位连接

*假设 $C1=C2$



电荷泵稳压

- 通过增设一个后置稳压器级，充电泵将能够实现精细的输出电压
- 而且，还可以控制开关阻抗以使其实际上起一个后置稳压器的作用
 - R_{out} 是有效输出阻抗，包括开关阻抗 (R_{sw}) 及开关电容器阻抗 $1/(2\pi \cdot F_{sw} \cdot C_f)$
 - 通过控制 F_{sw} 或 R_{sw} 可完成输出电压的精细调节



Regulate Gate Drive on 2 Switches
to Control Vout

$$V_{out} = 2 \times V_{in} - (I_{out} \times R_{out})$$

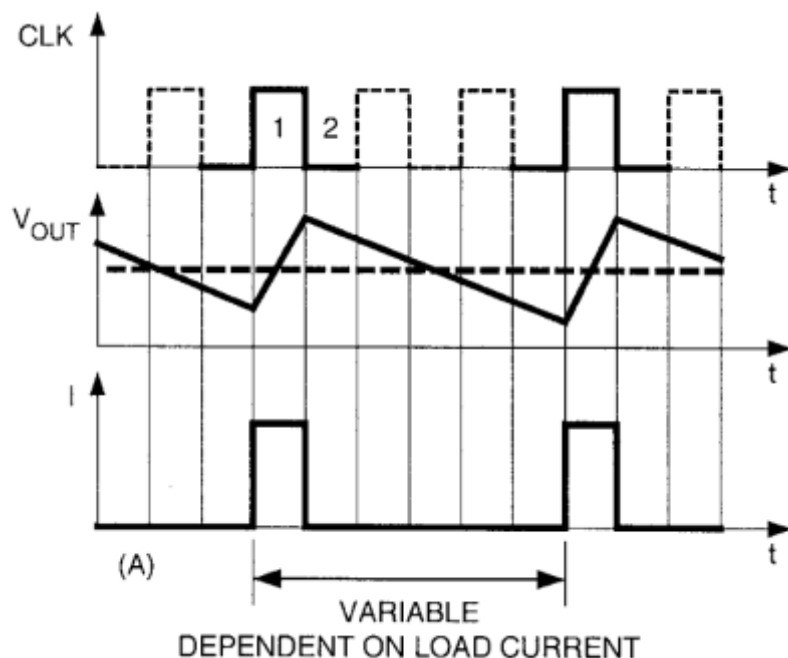
Fine adjust: Modulate Output Resistance (R_{OUT})

$$R_{OUT} = (G \times R_{SW}) + [1 / (F_{SW} \times C_F)]$$

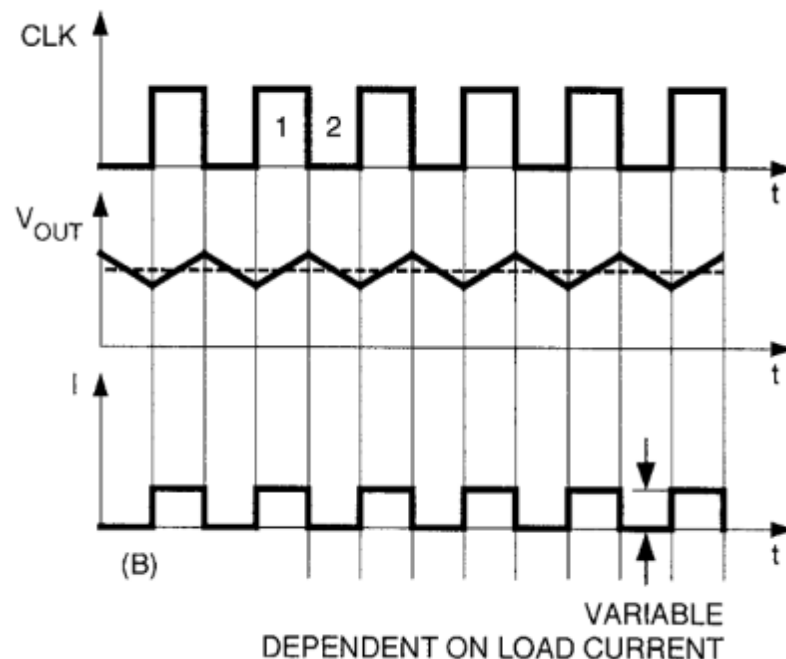


电荷泵稳压

- 控制频率: 脉冲-频率调制 (PFM)
 - 通过跳过不需要的脉冲以保持输出电压的恒定
 - 优点: 非常低的静态电流、较高的效率
 - 缺点: 较高的输出电压纹波、频率发生变化



- 控制电阻: 恒定频率稳压 (PWM)
 - 通过改变内部开关的电阻来调节输出
 - 优点: 低电压纹波、固定频率
 - 缺点: 高静态电流





总结

- 电荷泵稳压器介绍
- 倍压电路的工作原理和增益配置
- 电荷泵稳压实现