

CLM1044/CLM7660

开关电容式电压变换器

概述

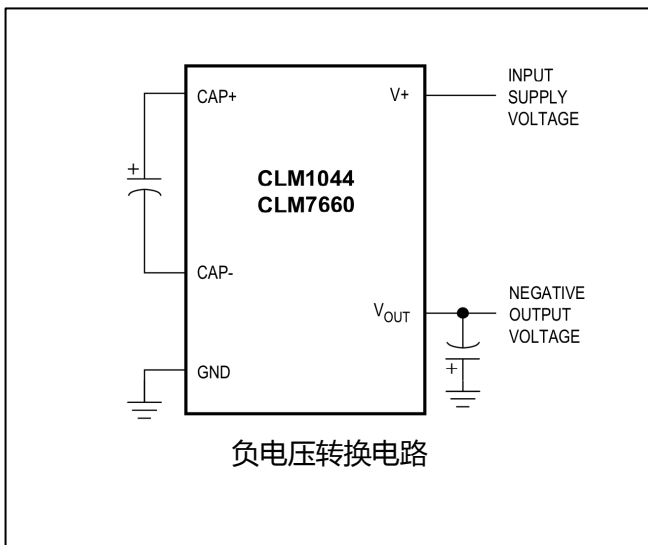
CLM1044和CLM7660是单片集成电路，是一种CMOS开关电容式电压变换器，用来产生输出电压，如产生负电压、正电压倍增、分压，或使输入电压增加。CLM1044和CLM7660的引脚与工业级CLM7660和LTC1044兼容。芯片在1.5V到10V的电压范围内和没有外部二极管的条件下，可正常工作（在允许温度下）。其输出电压下降0.5V，电流减少10mA。CLM1044有一个BOOST引脚，此引脚可以提高振荡器频率到音频频带以上，并减少外部电容的容量要求。

CLM1044/CLM7660芯片有低静态电流和高效两大特点。该芯片集成了片上振荡器控制电路和四个功率MOSFET开关。应用包括将+5V逻辑电源转换为-5V电源，并为模拟电路供电。对于更多应用所需的供电要求，CLM660可以分压为100mA且小于0.65V的压差。

应用

- 将+5V逻辑供电转换为-5V供电电源；
- 个人通信设备；
- 便携式电话；
- 运算放大器供电电源；
- EIA/TIA-232E和EIA/TIA-562供电；
- 数据采集系统；
- 手持式仪器；
- 仪表板；

典型工作电路

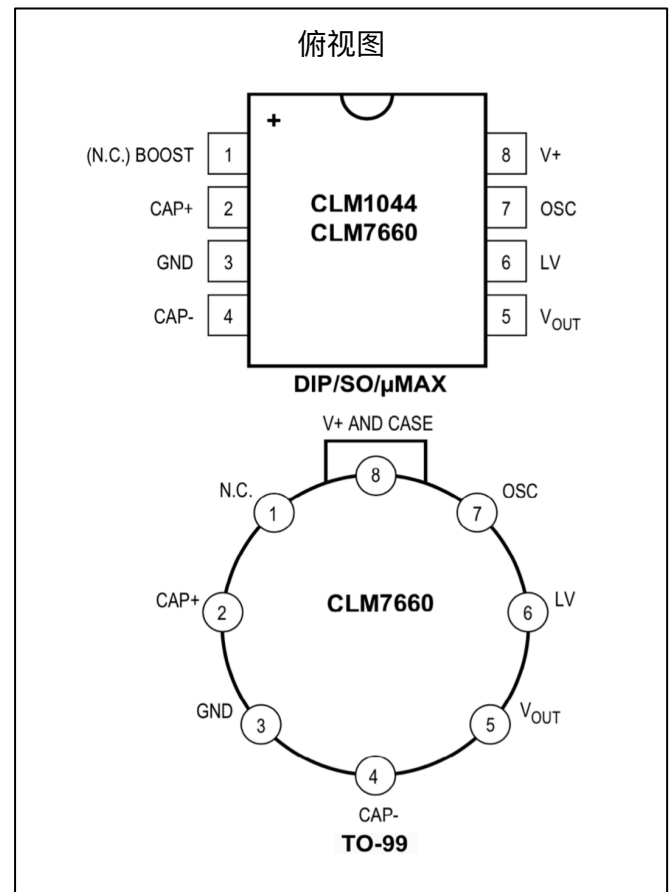


特点

- 采用微型 μ CLM封装；
- 工作电压范围为1.5V至10.0V；
- 典型功率转换效率为98%；
- 负电压、正电压倍增、分压，或使输入电压增加；
- BOOST 引脚增加开关频率(CL M1044)；
- 电压为5V时，空载供电电流为最大值为200 μ A；
- 高电压工作无需外部二极管

订购信息在芯片资料最后部分

引脚配置



绝对最大额定值

电源电压 (V+ 到GND, 或GND到V_{OUT})10.5V
 引脚1、6和7输入电压.....-0.3V ≤ V_{IN} ≤ (V+ + 0.3V)
 低压输入电流.....20μA
 输出短路持续时间 (V+ ≤ 5.5V)连续
 持续功耗 (T_A = +70°C)
 Plastic DIP (在+70°C以上降低9.09mW/°C)
727mW
 SO (在+70°C以上降低5.88mW/°C)471 mW
 μCLM (在+70°C以上降低4.1mW/°C)330 mW

CERDIP (在+70°C以上减额8.00 mW/°C)
640 mW
 TO-99 (在+70°C以上降低6.67mW/°C)533 mW
 工作温度范围
 最大CLM1044C_ 和CLM7660C_0°C至+70°C
 最大CLM1044E_ 和CLM7660E_-40°C至+85°C
 最大CLM1044M_ 和CLM7660M_-55°C至+125°C
 储存温度范围-65°C至+150°C
 最高温度 (焊接, 10秒)+300°C

注意: 超出“绝对最大额定值”列出的参数值, 可能对设备造成永久性损坏。上述参数所列只是耐压额定值, 器件的实际工作在该条件或在其它任何条件下超过推荐操作条件都是不可取的。长时间工作在绝对最大额定值条件下可能影响器件可靠性。

电气特性

(图1电路, V+ = 5.0V, LV引脚 = 0V, BOOST引脚 = open, ILOAD = 0mA, T_A = T_{MIN} ~ T_{CLM}。除非另有说明, 否则以上说明均全部成立。)

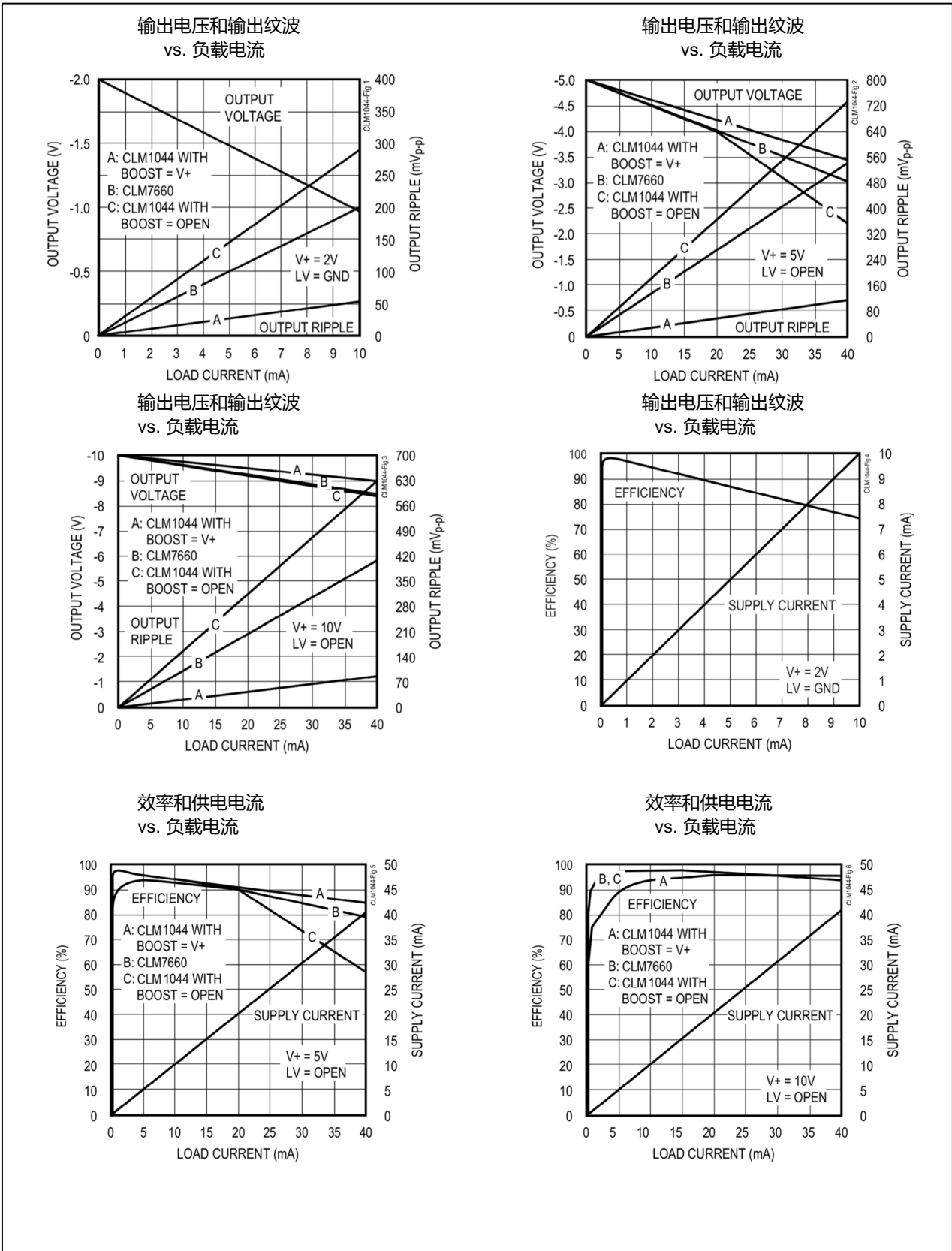
参数	条件	CLM104			CLM7660			单位
		最小	典型	最大	最小	典型	最大	
供电电流	RL = ∞, pins 1 and 7 no connection, LV open	TA = +25°C		30	200	80 175		μA
		TA = 0°C ~ +70°C		200		225		
		TA = -40°C ~ +85°C		200		250		
		TA = -55°C ~ +125°C		200		250		
	RL = ∞, pins 1 and 7 = V+ = 3V		10					
供电电压范围 (注1)	RL = 10kΩ, LV open			3.0		10.0		V
	RL = 10kΩ, LV to GND	1.5	10	1.5	3.5			
输出电阻	IL = 20mA, f _{osc} = 5kHz, LV open	TA = +25°C		65	100	55 100		Ω
		TA = 0°C ~ +70°C		130		120		
		TA = -40°C ~ +85°C		130		140		
		TA = -55°C ~ +125°C		150		150		
	f _{osc} = 2.7kHz (CLM7660), f _{osc} = 1kHz (CLM1044), V+ = 2V, IL = 3mA, LV to GND	TA = +25°C		325		250		
		TA = 0°C ~ +70°C		325		300		
		TA = -40°C ~ +85°C		325		300		
TA = -55°C ~ +125°C		400		400				
晶振频率	COSC = 1pF, LV to GND (注2)	V+ = 5V		5		10		kHz
		V+ = 2V		1				
功率效率	RL = 5kΩ, TA = +25°C, f _{osc} 5kHz, LV open		95	98	95	98	%	
转换效率	RL = ∞, TA = +25°C, LV open		97.0	99.9	99.0	99.9	%	
振荡源电流	VOSC = 0V or V+, LV open	Pin 1 = 0V		3				μA
		Pin 1 = V+		20				
晶振阻抗	TA = +25°C	V+ = 2V		1.0		1.0		MΩ
		V+ = 5V		100		100		kΩ

注1: Chiplon CLM7660和CLM1044在没有外部输出二极管的情况下, 能够在允许的温度和电压范围内工作。在代替Intersil CLM7660时, Chiplon CLM7660芯片的引脚5可以连接外部二极管使用 (阴极连接至V_{OUT})。以上测试是在电路中没有二极管的情况下进行的。

注2: f_{osc} 在C_{osc} = 100pF的条件下进行测试, 以尽量减小测试夹电容负载的影响。1pf 频率与该100pf 测试点相关; 当器件插入没有外部电容的测试插座时, 它还可以被用来模拟引脚7的电容。在本测试中, LV引脚连接至GND, 以与原始制造商的器件进行比较, 后者自动将该引脚连接至GND (V+ > 3V)。

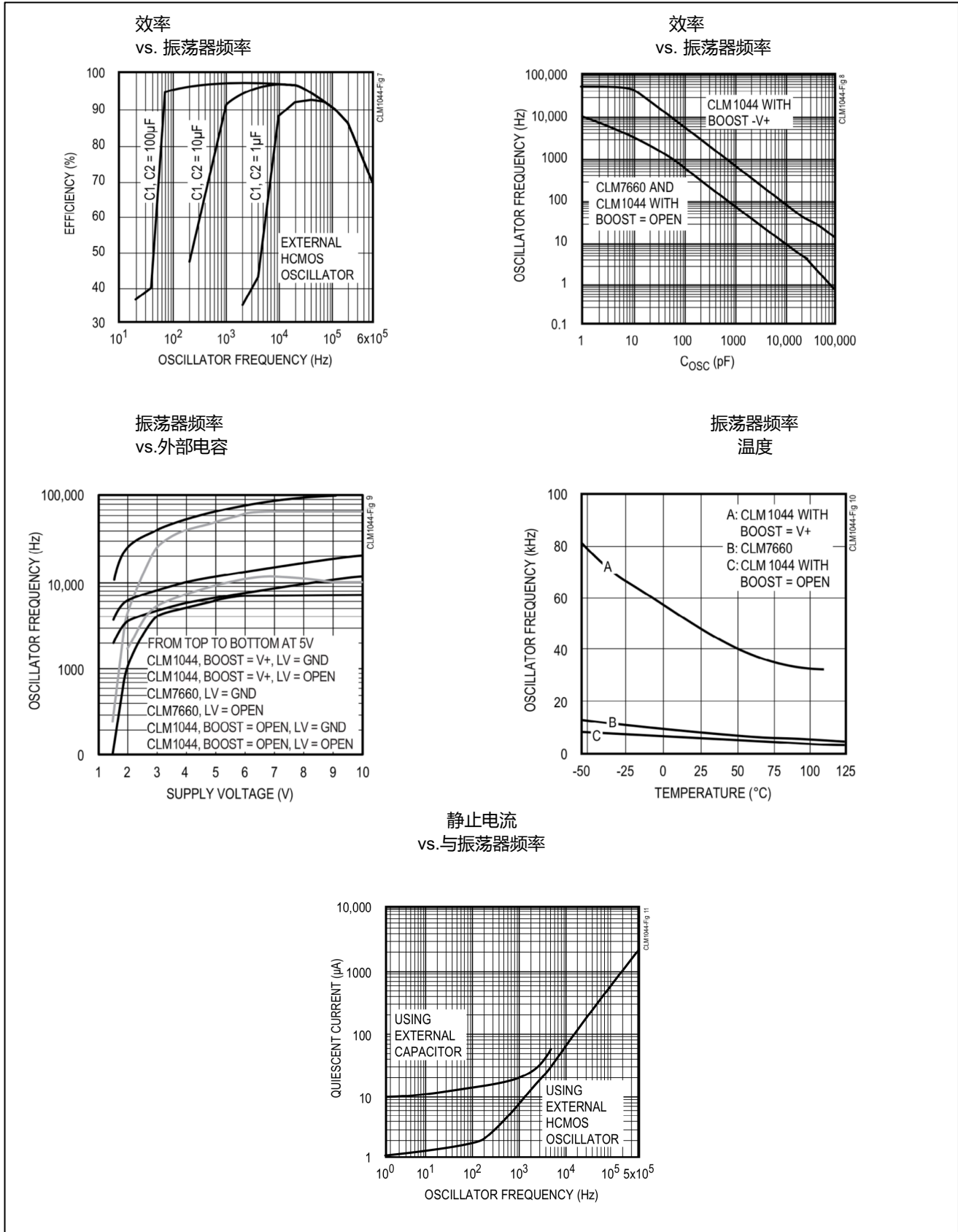
典型工作特性

($V+ = 5V$; $CBYPASS = 0.1\mu F$; $C1 = C2 = 10\mu F$; $LV = open$; $OSC = open$; $TA = +25^{\circ}C$; 除非另有说明, 否则以上说明均全部成立。)



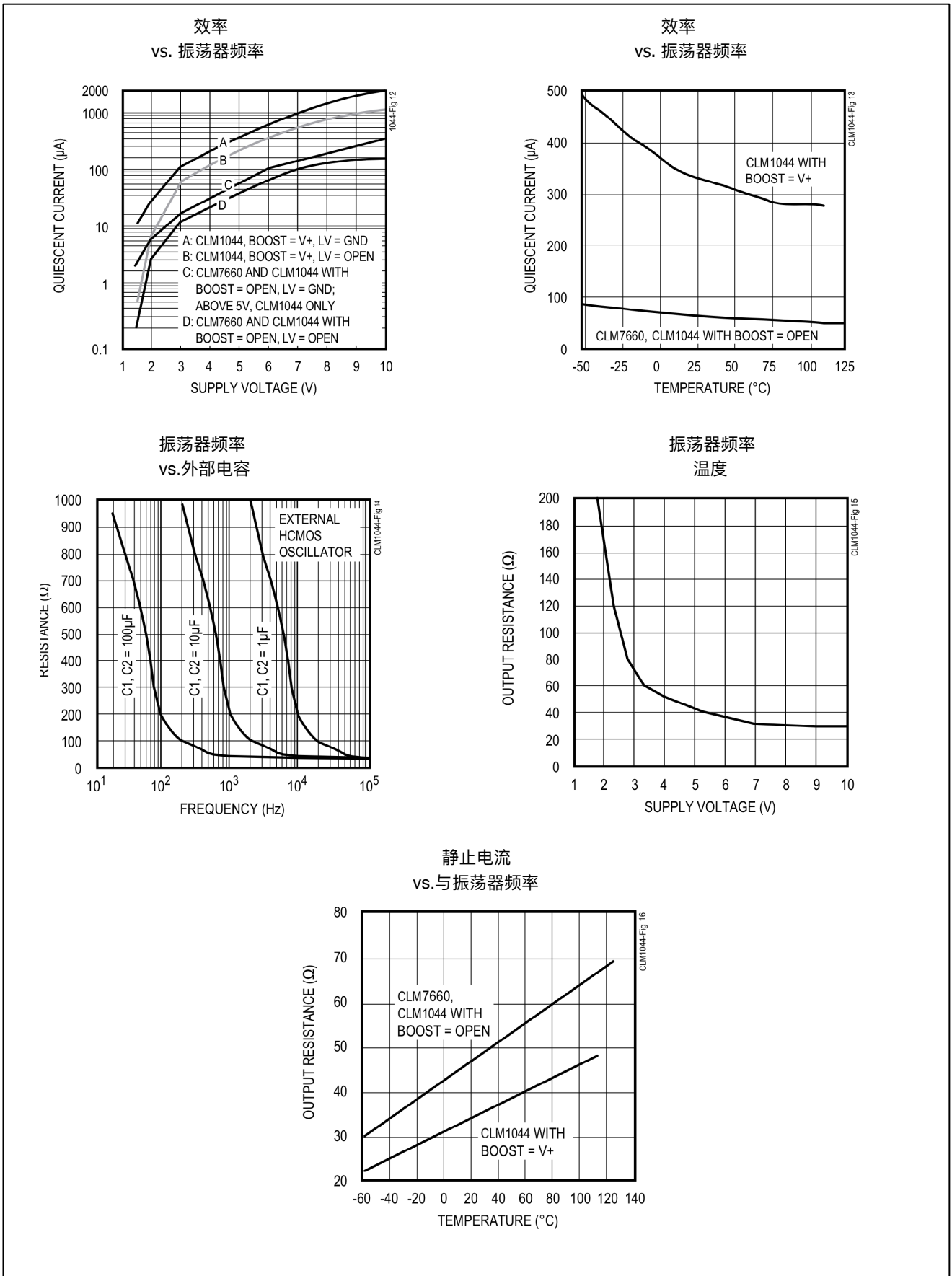
典型工作特性 (续)

($T_A = +25^\circ\text{C}$, 除非另有说明, 否则以上说明均全部成立。)



典型工作特性 (续)

($V_+ = 5V$; $CBYPASS = 0.1\mu F$; $C1 = C2 = 10\mu F$; $LV = open$; $OSC = open$; $T_A = +25^\circ C$; 除非另有说明, 否则以上说明均全部成立。)



引脚描述

引脚	名称	功能描述
1	BOOST (CLM1044)	增大频率。将BOOST连接到V+可以将晶振频率增加6倍。当晶振由外部驱动时，BOOST引脚不起作用，应保持打开状态。
	N.C. (CLM7660)	不连接
2	CAP+	连接电荷泵电容正极
3	GND	地。在大多数应用中，储能电容的正极端子与该引脚相连。
4	CAP-	连接电荷泵电容负极
5	VOUT	负电压输出。在大多数应用中，储能电容的负极端子连接到该引脚。
6	LV	低电压操作。电源电压与地之间的电压低于3.5V。 CLM7660：电源电压高于5V时保持开路。
7	OSC	晶振控制输入。连接外部电容可降低晶振频率。减少寄生电容。
8	V+	电源正电压输入。(1.5V至10V)。V+也是基底连接。

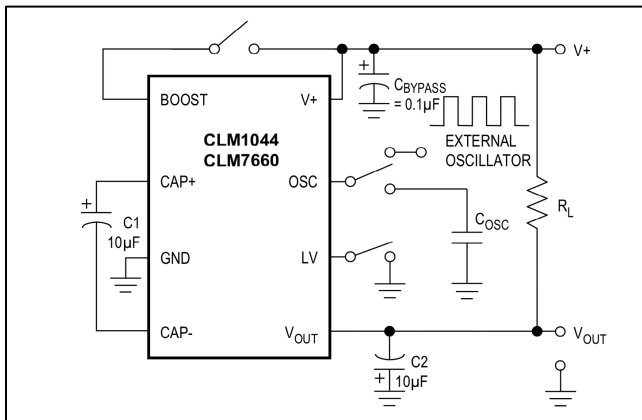


图1 Chiplon的CLM7660/CLM1044测试电路

详细说明

CLM1044/CLM7660是开关电容式电压变换器。它们的工作原理是先在桶形电容中积累电荷，然后将其转移到储能电容中。图2为一种理想情况下的电压转换器电路，用来说明以上原理。

在每个循环的前半部分，开关S1和S3闭合，开关S2和S4断开，这将桶形电容C1正极连接到了V+端，完成对C1充电。在每个循环的后半段，开关S2和S4闭合，开关S1和S3断开，将C1的正极接地，并将负极连接到V_{OUT}。这种连接将C1与储能电容C2并联了起来。如果C2两端的电压小于C1两端的电压，则电荷从C1流向C2，直到它们两端的电压相等。在连续的循环中，C1将继续向C2注入电荷，直到C2两端的电压达到-(V₊)。在实际

的电压转换中，由于开关S1-S4具有电阻，并且负载从C2消耗电荷，因此输出小于-(V₊)。

由以上开关电容电路模型可以理解CLM1044/CLM7660的附加特性。在电路的输入和输出之间切换桶形电容C1可等效成一个电阻(图3a和3b)。

当图3a中的开关处于左侧位置时，电容C1充电至V₊。当开关移到右侧位置时，C1放电到V_{OUT}。每个周期传输的电荷为： $\Delta Q = C1(V_+ - V_{OUT})$ 。如果开关以频率f循环，则产生的电流为：

$$I = F \times \Delta Q = f \times C1(V_+ - V_{OUT})$$

以欧姆定律形式重写此方程定义开关电容电路等效的等效电阻，其中：

$$I = \frac{V_+ - V_{OUT}}{1/(f \times C1)}$$

$$R_{EQUIV} = \frac{1}{f \times C1}$$

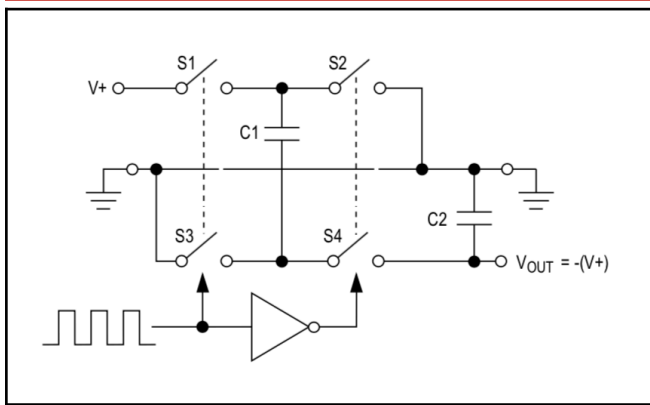


图2 理想情况下的电压转换器电路

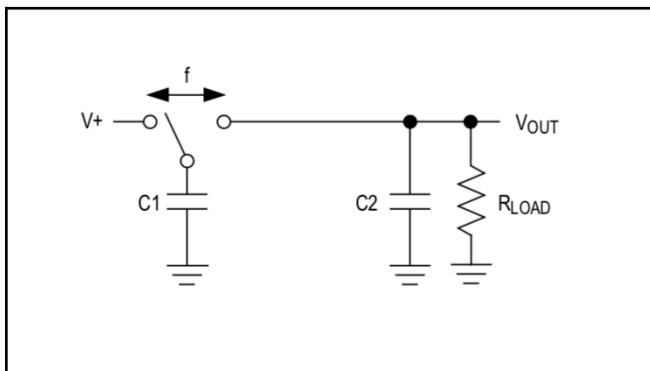


图3a 开关电容模型

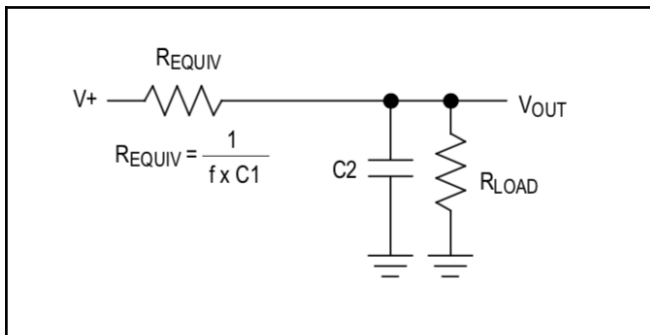


图3b 等效电路

其中f是晶振频率的一半。该电阻是开关电容电路（如CLM1044/CLM7660）输出阻抗的主要组成部分。如图4所示，CLM1044/CLM7660包含MOSFET开关、必要的晶体管驱动电路和定时晶体振荡器。

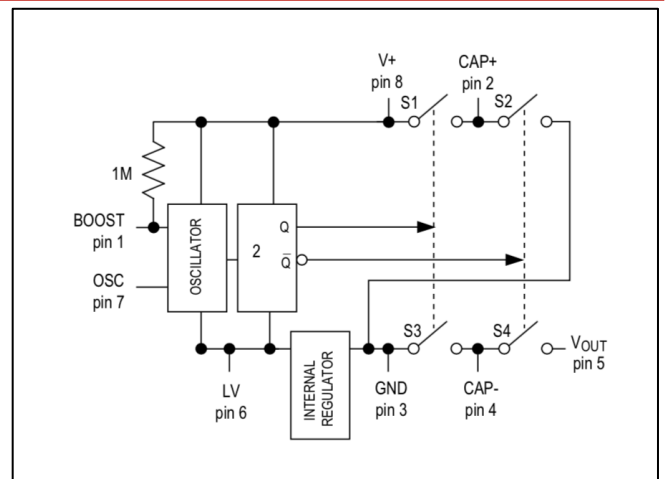


图4 CLM7660/CLM1044功能框图

设计信息

当需要低功耗的负电压或双倍电源电压器件时，CLM1044/CLM7660可以被使用作为一个简单、紧凑、低成本解决方案。图5为基本的负电压转换器电路。对于许多应用，只需要两个外部电容。使用的电容类型并不是关键的。

正确使用低压（LV）引脚

图4显示了CLM1044/CLM7660内部的一个电压调节电路。为了提高低压性能并允许低至1.5V，使用了LV引脚。为了实现低压操作并能够兼容工业级LTC1044和CLM7660，当电源电压低于3.5V时，LV引脚应该接地，当电源电压高于3.5V时则保持开路。

CLM1044的LV引脚可在所有操作条件下接地。其优点是提高了低压性能和振荡器频率。缺点是在较高的电源电压下，静态电流增加，效率降低。对于Chiplon CLM7660，当电源电压高于5V，LV引脚必须保持开路。

当工作在低电源电压且LV引脚保持开路状态下时，连接到LV，BOOST，和OSC引脚时应短接或屏蔽，以防止EMI引起振荡器抖动。

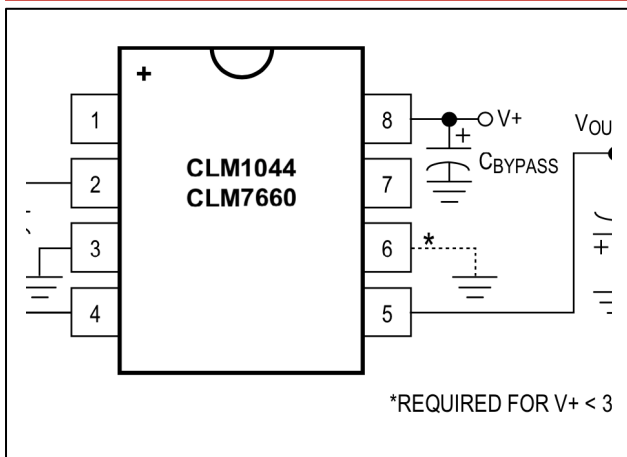


图5 基本的负电压转换器电路

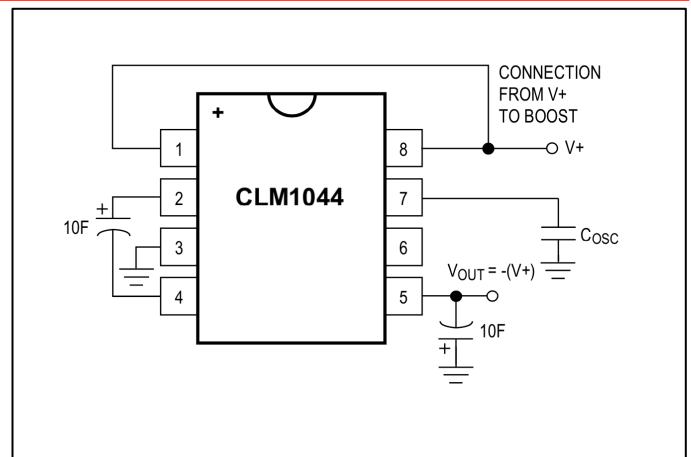


图6 使用C_{osc}和BOOST的负电压变器

晶体振荡器频率考虑

对于正常操作，保持CLM1044/CLM7660的BOOST和OSC引脚开路，并使用标准的晶体振荡器频率。增加频率可以减少音频干扰、输出电阻、电压纹波和所需的电容值。降低频率可减少静态电流并提高效率。

振荡器频率规范

CLM1044/CLM7660没有精确的振荡器频率。仅规定CLM1044的最小值为1KHz，CLM1044的典型值 5KHz，CLM7660的典型值为10KHz。如果需要特定的振荡器频率，则使用外部振荡器驱动OSC引脚。

增加振荡器频率

使用CLM1044的BOOST引脚时，将BOOST引脚连接到V₊ 引脚可以将振荡器频率提高约6倍。图6显示了这个连接方式。高频操作降低了输出阻抗，降低了输出纹波，允许使用更小的电容，并将开关噪声移出了音频频带。当振荡器由外部驱动时，BOOST引脚不起作用，应保持打开的状态。对于正常操作，BOOST引脚也应保持打开的状态。

利用C_{osc}降低振荡器频率

外部电容可以连接到OSC引脚以降低振荡器频率（图6）。低频操作通过降低集成电路的静态供电电流提高了低负载电流下的效率。它还增加了输出纹波和输出阻抗。这可以通过对C₁和C₂使用较大的值来抵消。OSC引脚短接，以防止寄生电容降低振荡器频率。

用外部振荡器驱动OSC引脚

当频率必须被同步或需要使用更高频率来减少音频干扰时，则使用外部振荡器驱动OSC是有效的。400kHz即可以驱动CLM1044/CLM7660。电荷泵和输出纹波频率是外部时钟频率的一半。以更高的频率或使用更小的电容驱动CLM1044/CLM7660会增加纹波频率。这种方法还增加了静态电流。当V₊ ≥ 5V时，OSC输入阈值为V₊ -2.5V，当V₊ < 5V时为V₊/2。如果外部时钟一直没有达到V₊，则使用10KΩ上拉电阻（图7）。

输出电压注意事项

CLM1044/CLM7660的输出电压是不规则的。在负载下，输出电压将根据输出电阻而变化。输出电阻主要是振荡器频率和电容值的函数。振荡器频率，反过来受温度和电源电压的影响。例如，当输入电压为5V，电荷泵电容为10μF时，输出电阻通常为50Ω。因此，在轻负载下，输出电压约为 -5V，而在10mA负载电流下，输出电压约为 -4.5V。

微小的电压值变化对于数字电路的影响是无关紧要的，可能会影响到一些模拟电路。因此，在使用CLM1044/CLM7660为敏感模拟电路供电时，必须考虑这些电路的电源抑制比。在负载较大的情况下，输出纹波和输出压降增大。如有必要，可以通过并联器件、增大C₁和C₂的容值、或将CLM1044的BOOST引脚连接到V₊，用来增加振荡器频率来降低CLM1044/CLM7660的输出阻抗。

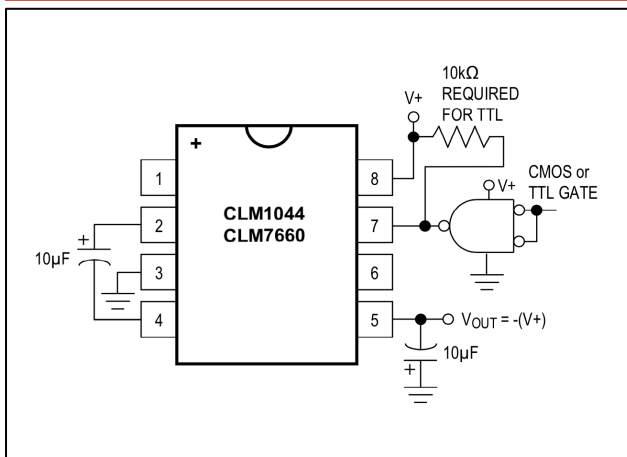


图7外部时钟

励磁涌流和电磁干扰考虑

启动期间，电容C1和C2必须充电。因此，CLM1044/CLM7660在启动过程中产生涌入电流。工作时，产生的短脉冲电流将首先从电源流到C1，然后再从C1流到C2，以补充在每个充电泵循环期间由负载产生的电荷。如果电压转换器由高阻抗电源供电，则在电流突增期间，电源电压可能会下降得太低，以致无法正常工作。此外，如果电源或接地阻抗过高，或者如果转换器集成电路和电荷泵电容之间的回路较长或较大，则可能会产生开关噪声和电磁干扰。为了减少这些影响：

- 1) 使用低阻抗电源为CLM1044/ICL7600供电。
- 2) 在V+和接地引脚之间的集成电路附近增加电源旁路电容与电阻串联的电路。
- 3) 缩短集成电路和电荷泵电容之间的距离
- 4) 布置元件，使电容和集成电路的接地引脚尽可能靠近。
- 5) 在电压转换器周围的电路板上留有额外的铜作为电源和接地平面。这很容易在双面PC板上完成。

效率、输出纹波和输出阻抗

开关电容电压变换器的功率效率受变换器集成电路内部损耗、泵电容的电阻损耗和电容间电荷转移过程中的转换损耗的影响。总功率损耗为：

$$\sum P_{\text{LOSS}} = P_{\text{INTERNAL LOSSES}} + P_{\text{SWITCH LOSSES}} + P_{\text{PUMP CAPACITOR LOSSES}} + P_{\text{CONVERSION LOSSES}}$$

内部损耗与集成电路的内部功能有关，如驱动开关、振荡器等。如输入电压、温度、频率以及与LV、BOOST和OSC引脚的连接等工作条件都对损耗有影响。

接下来的两个损耗与电压转换器电路的输出电阻有关。开关损耗是由于集成电路中MOSFET开关的导通电阻引起的。电荷泵电容的损耗是由有效串联电阻引起的。这些损耗与输出电阻之间的关系如下：

$$P_{\text{PUMP CAPACITOR LOSSES}} + P_{\text{SWITCH LOSSES}} = I_{\text{OUT}}^2 \times R_{\text{OUT}}$$

这里：

$$R_{\text{OUT}} = \frac{1}{(f_{\text{OSC}}/2) \times C1} + 4(2R_{\text{SWITCHES}} + E_{\text{SRC1}}) + E_{\text{SRC2}}$$

f_{OSC} 是振荡器频率。

第一项是来自开关电容电路的有效电阻。

当电容C1和C2之间存在电压差时，在电荷转移过程中发生转换损耗。功率损耗为：

$$P_{\text{CONV.LOSS}} \cong \left[\frac{1}{2} C1 ((V_{+})^2 - V_{\text{OUT}}^2) + \frac{1}{2} C2 (V_{\text{RIPPLE}}^2 - 2V_{\text{OUT}} V_{\text{RIPPLE}}) \right] \times \frac{f_{\text{OSC}}}{2}$$

提高效率

降低输出电压纹波和输出阻抗可以提高效率。采用低阻值的电阻与大电容串联可以降低输出电压纹波和输出阻抗。

输出电压纹波是可以计算的。值得注意的是，在电荷泵周期的一半期间，输出电流仅由电容C2提供。

$$V_{\text{RIPPLET}} \cong \left(\frac{1}{2 \times f_{\text{OSC}} \times C2} + 2 \times \text{ESR}_{C2} \right) \times I_{\text{OUT}}$$

降低振荡器频率会降低静态电流。在OSC引脚连接电容，可以降低振荡器频率。

降低振荡器频率会增加CLM1044/CLM7660中的纹波电压。通过增加桶形电容和储能电容的值可以进行补偿。例如，在负电压转换器中，泵的频率约为4kHz或5kHz。使用推荐的10μF桶形和储能电容，电路在提供20mA输出电流的同时，消耗大约70μA的静态电流。通过将100pf电容连接到OSC引脚，将振荡器设置为400hz，可将静态电流降低到15μA左右。保持20 mA的输出电流能力需要将桶形电容和储能电容的值增加到100μF。

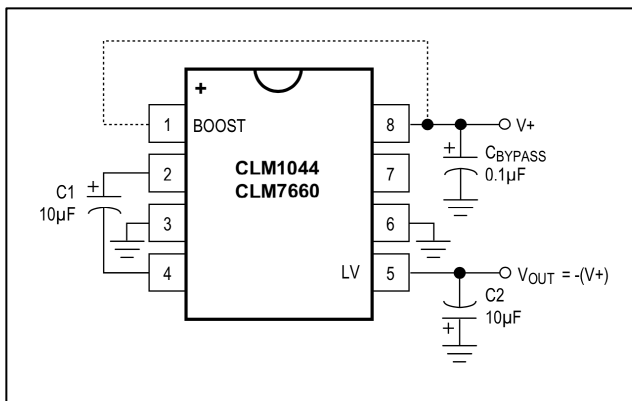


图8有BOOST 和 LV连接的负电压转换器

注意，较低的电容值可用于产生较低的输出电流。例如，通过将1000pf电容连接到OSC，再将振荡器设置为40 Hz时可提供最高的效率。桶形电容和储能电容在100μF下的最大输出电流为2mA，空载静态电流为10μA，功率转换效率为98%。

一般预防措施

1) 将任何输入端连接到大于V+或小于接地的电压可能会导致闩锁。在设备通电之前，不要使用任何外部电源的输入源。

2) 不要超过最大供电电压的额定值。

3) 保证C1和C2的极性连接正确。

4) 当其他引脚上的电源电压高于5.5V时，不要将V+与地短接。

5) 确保V_{OUT} (引脚5) 不高于GND (引脚3)。添加一个与C2并联的二极管，阳极连接到V_{OUT}，阴极连接到LV，就可以防止这种情况。

应用电路

负电压变换器

图8显示了一个负电压转换器，这是CLM1044/CLM7660最主要的应用。只需要使用两个外部电容。建议使用第三个电源旁路电容 (0.1μF至10μF) 。

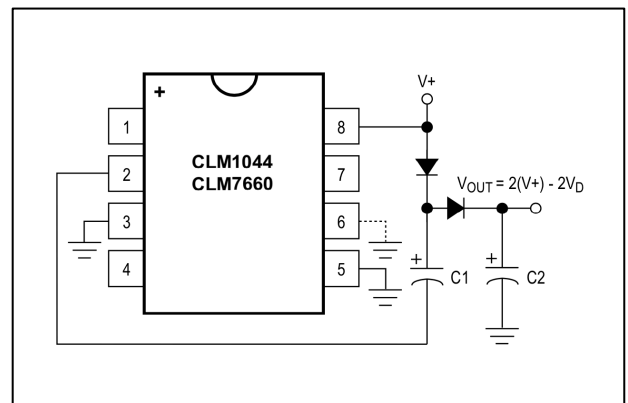


图9 电压倍增器

正电压倍增器

图9为CLM1044/CLM7660推荐的电压倍增器电路。为了降低二极管 (VD) 引起的电压降, 使用肖特基二极管。对于真电压倍增或更高的输出电流, 使用CLM660。

分压器

图10所示的分压器可将电源分成一半。该方案要求在V+ 和V_{OUT} 之间添加第三个电容。

正、负电压联合转换

图11说明了这种双功能电路。电容C1和C3执行桶形电容和储能电容功能以产生负电压。电容C2和C4是双倍正电压的桶形电容和储能电容。由于使用了普通电荷泵驱动器, 该电路具有更高的输出阻抗。

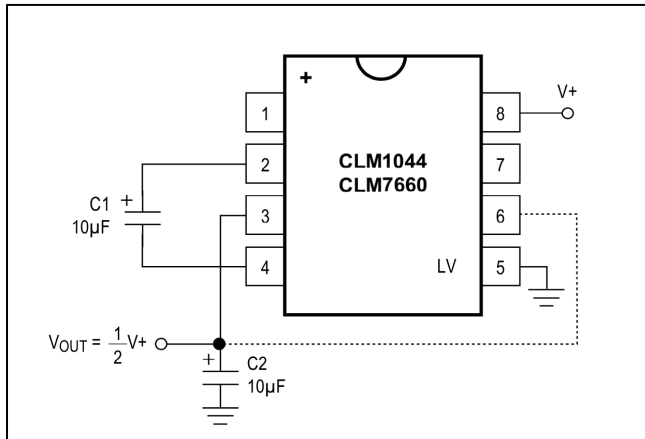


图10分压器

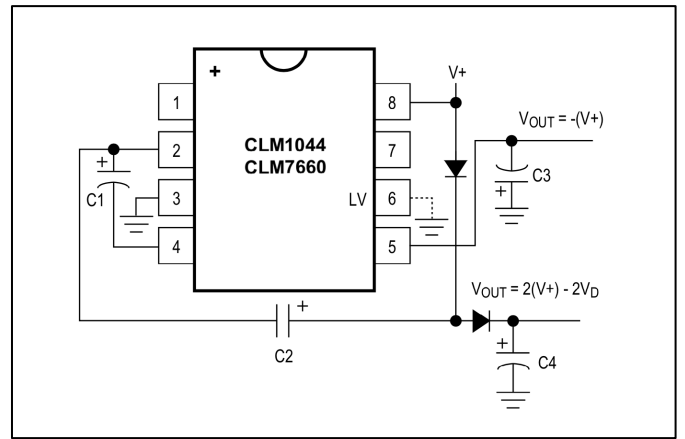


图11正、负电压联合转换

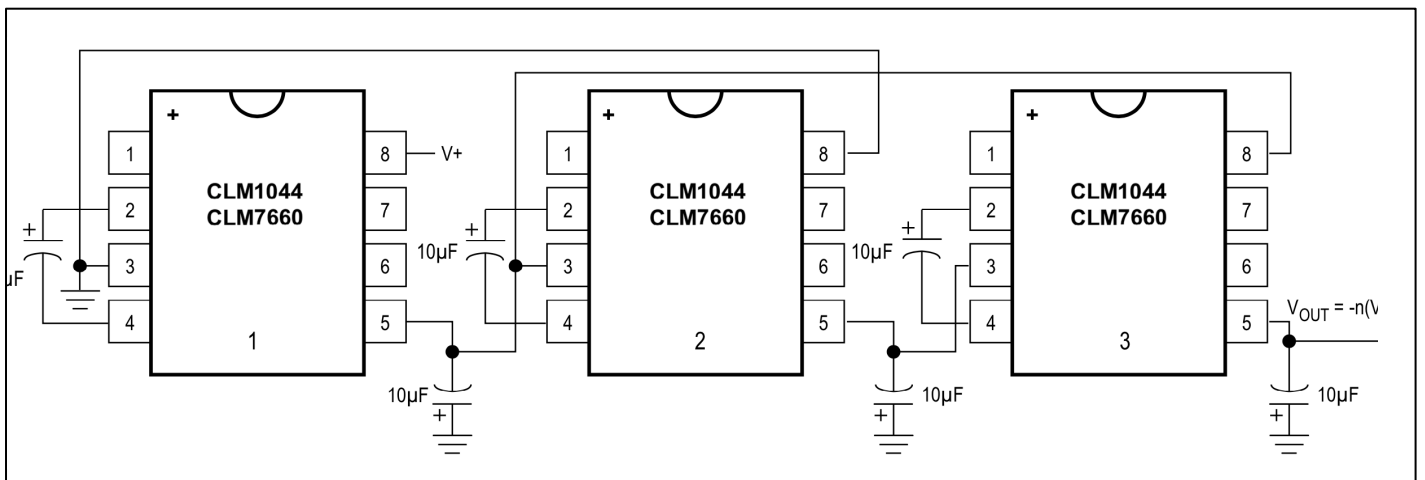


图12级联CLM1044/CLM7660提高输出电压

级联装置

通过级联CLM1044/CLM7660器件可以获得更大的电源电压负倍数 (图12)。输出电压为 $V_{OUT} = -n(V_+)$, 其中n是级联的器件数。输出电压被第一个器件的输出电阻、第二个器件的静态电流等稍微降低。三个或更多的器件可以这样级联, 但输出阻抗将会急剧上升。例如, 两个级联的CLM1044的输出电阻大约是单个电压转换器输出电阻的五倍。更好的解决方案是使用电感式开关稳压器, 例如CLM755, CLM759, CLM764, or CLM774。

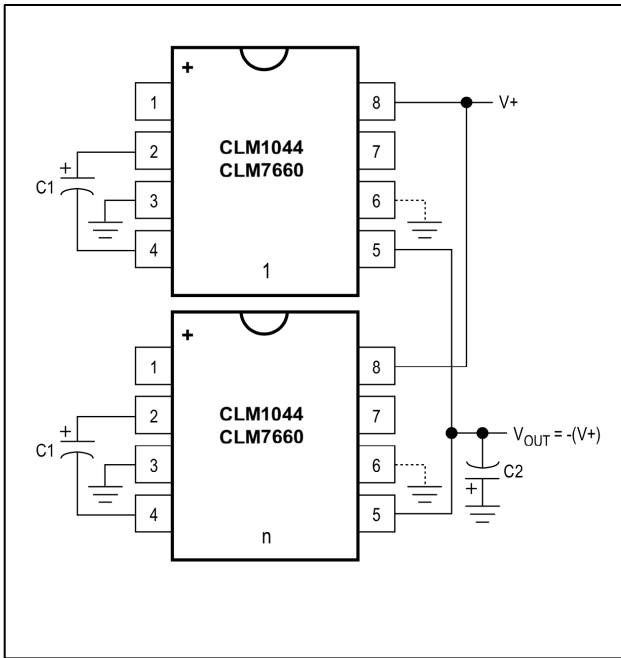


图13. 并联CLM1044/CLM7660降低输出阻抗

并联装置

并联多个CLM1044/CLM7660S可降低输出电阻并增加电流。如图13所示，每个装置需要自己的泵电容C1，但储能电容C2可为所有器件服务。计算输出电阻的公式为：

$$R_{OUT} = \frac{R_{OUT}(\text{of CLM1044 or CLM7660})}{n(\text{number of devices})}$$

方案

图14a–14c说明了向CLM1044/CLM7660添加关闭功能的三种方法。使用这些电路时，请注意OSC引脚上的附加电容负载将降低振荡器频率。第一个电路在OSC引脚上的负载最小，并且根据开关二极管的方向，具有以高或低逻辑电平控制电路停止工作的附加优点。

订购信息

PART	温度范围	引脚封装
CLM1044CPA	0°C ~ +70°C	8 Plastic DIP
CLM1044CSA	0°C ~ +70°C	8 SO
CLM1044C/D+	0°C ~ +70°C	Dice*
CLM1044EPA	-40°C ~ +85°C	8 Plastic DIP
CLM1044ESA	-40°C ~ +85°C	8 SO
CLM1044MJA	-55°C ~ +125°C	8 CERDIP**
CLM7660CPA	0°C ~ +70°C	8 Plastic DIP
CLM7660CSA	0°C ~ +70°C	8 SO
CLM7660CUA	0°C ~ +70°C	8 μCLM
CLM7660C/D	0°C ~ +70°C	Dice*
CLM7660EPA	-40°C ~ +85°C	8 Plastic DIP
CLM7660ESA	40°C ~ +85°C	8 SO
CLM7660AMJA	-55°C ~ +125°C	8 CERDIP**
CLM7660AMTV	-55°C ~ +125°C	8 TO-99**

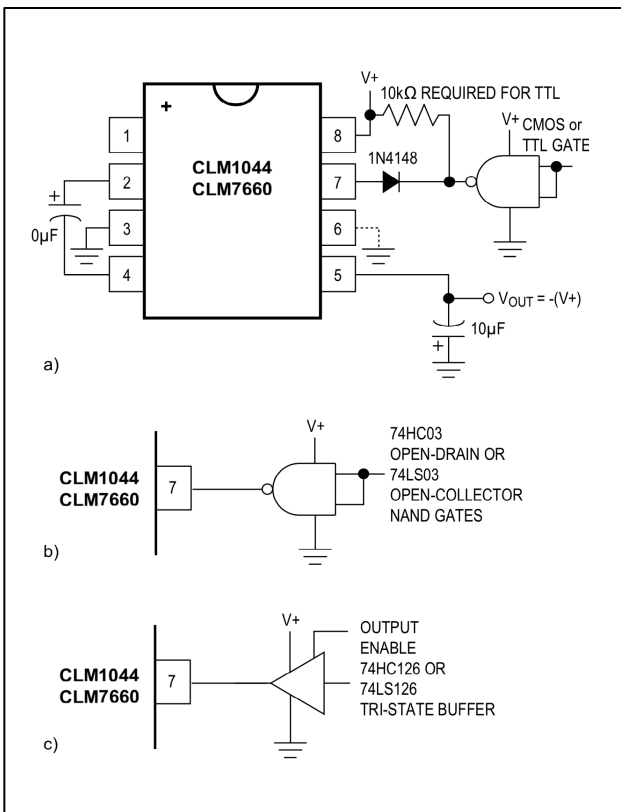
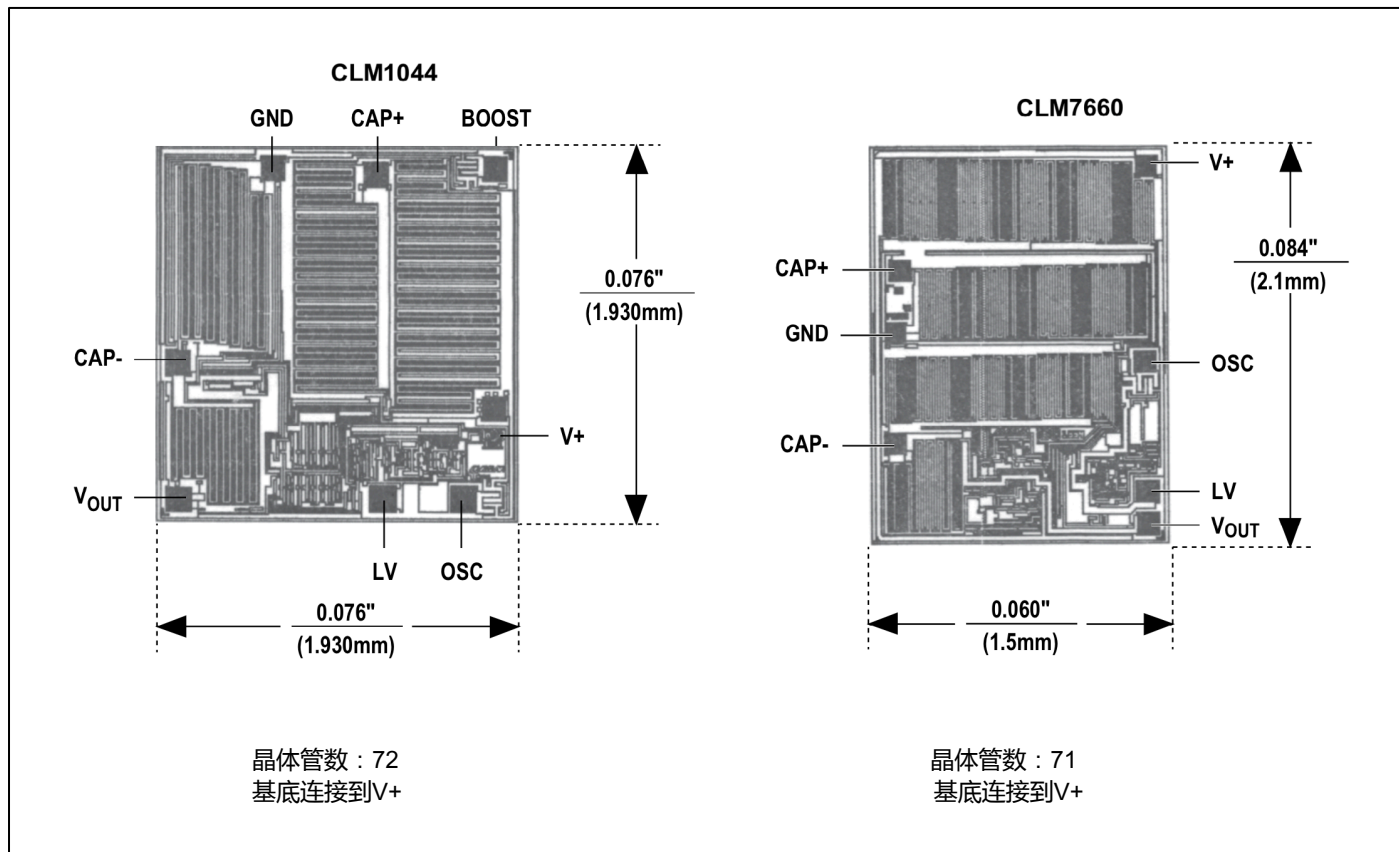


图14a-14c CLM1044/CLM7660停止工作方案

芯片拓扑图



封装信息

请注意，封装代码中的“+”、“#”或“-”仅表示RoHS状态。封装图可能显示不同的后缀字符，但无论RoHS状态如何，该图都属于封装。

封装类型	封装代码	轮廓号	封装样式编号
8 Plastic DIP	P8+1	21-0043	-
8 SOIC	S8+2	21-0041	90-0096
8 CERDIP	J8+2	21-0045	-
8 μ CLM	U8+1	21-0036	90-0092
8 TO-99	T99-8	21-0022	-