

高效率的直流降压电路

特性

- 2.0V~6.0V 输入电压范围
- 0.9V~V_{IN} 输出电压可调
- 95% 以上的效率
- 固定输出电压 1.8V, 3.3V
- 大于 500mA 的输出电流
- 1MHz 固定频率的 PWM 模式
- 由于节电模式, 在不同负载电流范围中都能获得高效率
- 35μA 的静态电流
- 关断模式下, 电流小于 1μA
- 100% 占空比的低压差(LDO)模式
- 短路保护功能
- 过电压保护功能 (V_{OUTTYP}+5%)
- 过温保护功能 (150°C)
- 1A 过电流保护功能 (OCP)
- 1A 过负载保护功能 (OLP)
- 欠压锁定功能 (UVLO)
- 极少的外围器件
- 小型的 SOT23-5 封装

应用

- 电池供电设备

- PDA 或手持仪表
- 移动电话
- MP3
- 数码相机

概述

VA7930 是一款 1MHz 高效率的直流降压转换电路, 内置一个 P-MOS 开关管和 N-MOS 同步整流管。在一定的负载下, VA7930 工作于脉冲宽度调制 (PWM) 模式; 轻载时工作于脉冲频率调制 (PFM) 模式。

VA7930 保证在 2.0~6.0V 的输入电压范围内工作, 可以通过开启和关断 P-MOS 和 N-MOS 来调节输出电压。可调输出电压范围为 0.9V~V_{IN}。VA7930 的输出电流大于 500mA, 但静态电流仅仅是 35μA。在正常工作范围内, VA7930 一直可以保证高效率, 这对于小型手持设备是至关重要的。

VA7930 集过电流保护、过负载保护、过电压保护、过温保护、短路保护、反向电流监测、欠压锁定等功能于一身。

发生不正常情况时, 芯片将会进入相应的保护模式; 而当相应模式的恢复条件出现时, 芯片即恢复正常工作。

芯片内部集成 N-MOS 同步整流管, 从而使外部无需肖特基二极管, 有效地节约系统的成本和空间。VA7930 具有小型的 5 引脚的 SOT-23 封装, 它是小型手持设备中理想的降压调整电路。

典型应用电路图

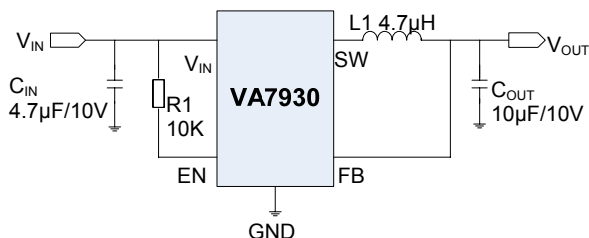


图-1 VA7930 典型应用电路(固定输出)

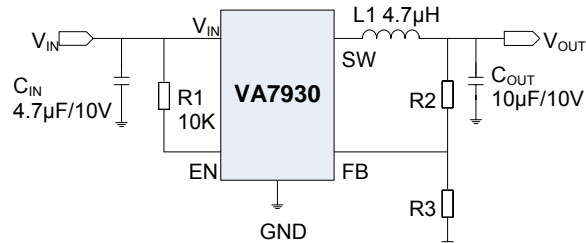


图-2 VA7930 典型应用电路(可调输出)

订购信息

[表-1] 订购信息

型号	封装形式	管脚数目	输出电压	打印标记
VA7930MFR	SOT23-5	5	1.8V	VA01
VA7930XFR	SOT23-5	5	3.3V	VA35
VA7930AFR	SOT23-5	5	可调	VA36

引脚排列

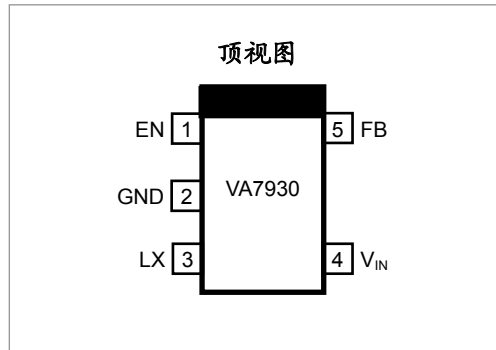


图-3 VA7930 管脚排列（不成比例）

引脚描述

[表-2] 引脚描述

引脚名称	引脚序号	引脚功能
EN	1	使能控制端 逻辑‘高’有效，电路工作于正常状态；逻辑‘低’使芯片进入关断模式。
GND	2	电源接地端 该引脚外接电源负极。
LX	6	开关引脚 该引脚外接一个 4.7 μ H 电感，内部与电源开关相连。
V _{IN}	7	电压输入端 该引脚需接一个 4.7 μ F 的陶瓷电容去藕，以保证电路工作的稳定性。
FB	5	反馈端 在固定输出电压版本中，该引脚直接与输出端连接。在输出电压可调版本中，输出电压通过外部电阻分压电路连接到该引脚。

极限参数

输入电压范围 (V _{IN} , FB, EN).....	-0.3V~+7.0V	功耗 P _D (T _A =25°C)	
LX 端输入电压	-0.3V~V _{IN} +0.3V	SOT23-5 (热阻θ _{JA} =250°C/W)	400mW
工作温度T _A	-40°C~+85°C	焊接温度 (锡焊, 10s)	300°C
贮存温度	-65°C~+150°C	ESD (人体模式)	2kV
最大结温	150°C		



注: 超出所列的极限参数可能导致器件的永久性损坏。以上给出的仅仅是极限范围, 在这样的极限条件下工作, 器件的技术指标将得不到保证, 长期在这种条件下还会影响器件的可靠性。

电气参数

(除非特别注明, T_A = 25°C。)

[表-3] 电气参数

参数名称	符号	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
输入电压	V _{IN}		2.0		6.0	V
输出电压	V _{OUT}	可调输出	0.9		V _{IN}	V
		V _{IN} =2V~6V, I _{OUT} =100mA 1.8V 固定输出	1.746	1.8	1.854	V
		V _{IN} =3.5V~6V, I _{OUT} =100mA 3.3V 固定输出	3.234	3.3	3.366	
线性调整率		V _{IN} =V _{OUTTYP} +0.2V~6.0V, I _{OUT} =100mA		0.2		%/V
负载调整率		I _{OUT} =100mA~600mA		0.0015		%/mA
FB 端反馈电压	V _{FB}	可调输出		0.6		V
输出电流	I _{OUT}				600	mA
欠压锁定	V _{UVLOH}	V _{IN} 由低到高	1.730	1.750	1.770	V
	V _{UVLOL}	V _{IN} 由高到低	1.630	1.650	1.670	V
效率	η				95	%
过热保护阈值	T _{SD}	PWM 模式和 LDO 模式		150		°C
过热保护恢复迟滞	T _{HYS}	PWM 模式和 LDO 模式	10	15	20	°C
EN 高电平	V _{ENH}	V _{IN} =2.0V~6.0V	1.3			V
EN 低电平	V _{ENL}	V _{IN} =2.0V~6.0V			0.6	V
EN 端漏电流					1	μA
无负载时工作电流	I _Q	I _{OUT} =0mA	30	35	40	μA
关断电流	I _{SHDN}	V _{EN} =0V, V _{IN} =2V~6.0V			1	μA
电流限制	I _{LIM}			1.1		A
开关频率	f _S	PWM 模式	0.7	1.0	1.3	MHz
P-MOS 管导通电阻	R _{PON}	V _{IN} =3.6V, I _{OUT} =600mA		0.4		Ω
		V _{IN} =5.0V, I _{OUT} =600mA		0.28		Ω
N-MOS 管导通电阻	R _{NON}	V _{IN} =3.6V, I _{OUT} =600mA		0.47		Ω
		V _{IN} =5.0V, I _{OUT} =600mA		0.39		Ω
LX 端漏电流	I _{LKG}	V _{EN} =0V, V _{IN} =6.0V, V _{LX} =0V或 6.0V		+/-0.1	+/-1.0	μA
过压保护阈值	V _{OVPH}	V _{OUT} 由低到高		V _{OUTTYP} *1.05		V
	V _{OVP}	V _{OUT} 由高到低		V _{OUTTYP} *1.035		V

功能框图

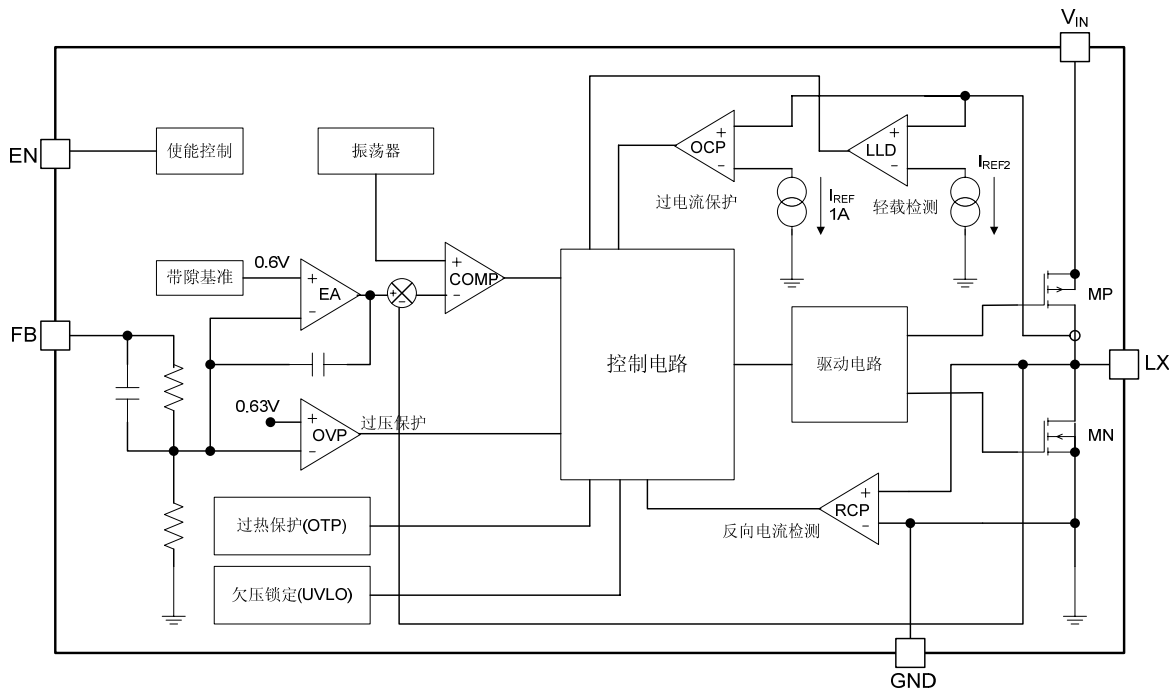


图4 VA7930 功能框图

功能描述

VA7930 是通过P-MOS主开关管和N-MOS同步整流管来回切换导通/截止和外部电感 (L1)、输出电容 (C_{OUT}) 来共同实现降压的目的。

在正常状态下, VA7930 的工作模式为 PWM 模式, 在此模式中工作频率保持恒定。由于 VA7930 内部有电流型反馈补偿电路, 使芯片不需要外接补偿元件; VA7930 还采用了前馈电路, 以提高电路的电压瞬态响应性能。在内部波形发生器产生的锯齿波的下降沿, P-MOS 管开启; 当 PWM 比较器翻转或过电压保护条件发生或电流限制条件发生时, P-MOS 管将被关闭, N-MOS 管开启。当 P-MOS 管重新开启或监测到反向电流时, N-MOS 管将被关闭。

如果监测到反向电流且电感最大电流低于 100mA, VA7930 将进入 PFM 模式, 由此减小轻载时的工作电流。无负载时, 其工作电流将减小到 35 μ A。

VA7930 的 100% 占空比工作模式 (LDO 模式) 可以延长电池带机时间。当电池电压降到输出电压值时, P-MOS 管会一直导通, N-MOS 管一直关闭。VA7930 的 PWM 模式和 LDO 模式之间的转换平滑, 这能减少输出纹波。

欠压锁定(UVLO)

如果输出电压过低, 可能会导致芯片不能正常工作。如果发生这种情况, VA7930 的欠压锁定功能将禁止电压输出, 因而可以避免芯片出现故障。

当输入电压低于欠压锁定阈值 (V_{UVLOL}) 时, 内部电路或许不能稳定地工作, 所以将P-MOS管关闭, 这样, 可

以避免不正确的输出电压。当输入电压上升至欠压锁定恢复阈值 (V_{UVLOH}) 时, P-MOS管将被开启, 芯片恢复正常工作。

欠压锁定功能不完全关断芯片, 内部电路仍保持工作, 但会禁止输出电压。

过电流保护(OCP)

VA7930 的过电流保护电路一直监视通过P-MOS管的电流。当此电流大于电流限制值 (I_{LIM}) 时, P-MOS管将被关闭, 防止电感电流进一步增加; 在下一个脉冲, 由于P-MOS管电流已经小于电流限制值 (I_{LIM}), 芯片将从过电流保护状态恢复到正常工作。但是, 一旦再次发生过电流情况, P-MOS管会即时被关闭, 并重新进入过电流保护状态。

过负载保护 (OLP)

如果过电流状态连续发生一定周期 (16384 周期), VA7930 将进入过负载保护模式, 芯片将被锁定。芯片进入过负载保护模式后, 只有通过EN端On/Off或V_{IN}端上重新上电时才能启动芯片。

过电压保护 (OVP)

当输出电压大于过电压保护阈值 (V_{OVPH}) 时, 电路将关闭P-MOS和N-MOS管, 输出电压将不会继续升高; 当输出电压降至过电压保护恢复阈值 (V_{OVPL}) 时, 电路将回到正常工作状态, 下一个周期P-MOS将自动开启。

过热保护 (OTP)

当芯片温度超过过热保护阈值 (T_{SD}) 时, 电路将关闭 P-MOS 和 N-MOS 管, 禁止输出电压; 当芯片工作温度降至过热保护恢复阈值 ($T_{SD-T_{HYS}}$) 时, 电路将回到正常工作状态, 下一个周期 P-MOS 将自动开启。

100% 占空比工作模式 (LDO 模式)

当输入电压与输出电压很小时, VA7930 提供一种 100% 占空比工作模式, 此时 P-MOS 一直开启, N-MOS 一直关闭。这对于一些小型的手持设备是有实际意义的, 这可以在有效的电池电压范围内, 最大限度的延长电池的带机时间。

当输入电压越接近输出电压, P-MOS 的导通时间越接近最大导通时间(占空比越大); 如果继续降低输入电压, 则可能导致 P-MOS 在整个周期内都一直导通, 即维持 100% 占空比。由于输入电压过低, 输出电压将可能不会维持在设定的电压, 输出电压等于输入电压减去 P-MOS 管和电感 L 的压降。

有一个细节必须注意, 在低输入电压条件下, P-MOS 的

导通电阻 R_{PON} 将增加。在 100% 占空比应用条件下, 必须充分考虑 VA7930 本身的压降。

EN 控制

通过 EN 端可以控制芯片的工作状态。如果 EN 端为低电平, 芯片将被关闭。在关断模式下, P-MOS 管和 N-MOS 管都被关掉, 芯片的工作电流仅仅是 $0.1\mu A$ 。当 EN 端为高电平时, 芯片开始正常工作。

短路保护

当芯片输出端短路至地或输出电压低于设定值的 $1/2$ 或过电流保护情况发生时, 短路保护电路将锁定芯片。芯片被锁定后, 只有通过 EN 端 On/Off 或 V_{IN} 端上重新上电时芯片才能恢复正常工作。

同步整流管

VA7930 内部提供了一个 N-MOS 同步整流管, 这样, 可以使外部无需额外的肖特基整流二极管, 从而降低整个方案的成本和空间; 而且 N-MOS 管的导通压降要低于通常的肖特基整流二极管, 从而提高电路的效率。

特性曲线

(除非特别注明, 下面的测试条件为: $L_1=4.7\mu\text{H}$, $C_{IN}=4.7\mu\text{F}$, $C_{OUT}=10\mu\text{F}$, C_{IN} 和 C_{OUT} 为陶瓷电容, $T_A=25^\circ\text{C}$ 。负载响应测试时, $t_{RISE}=t_{FALL}=5\mu\text{s}$ 。)

$V_{OUT}=1.8\text{V}$

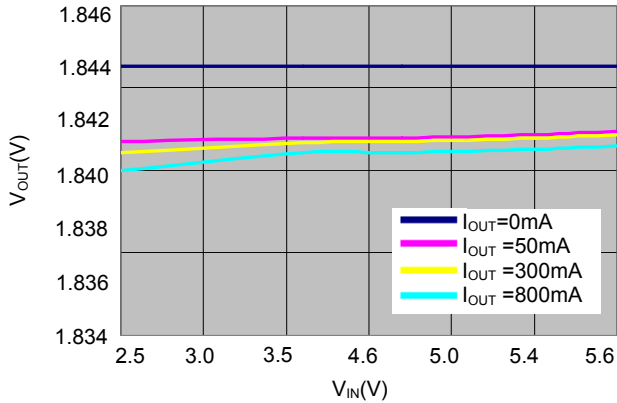


图-5 输出电压与输入电压关系

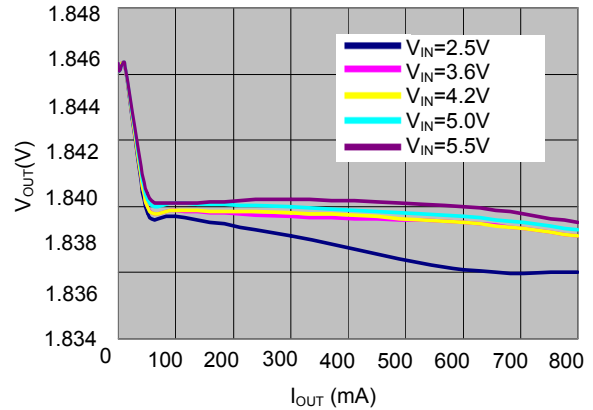


图-6 输出电压与输出电流关系

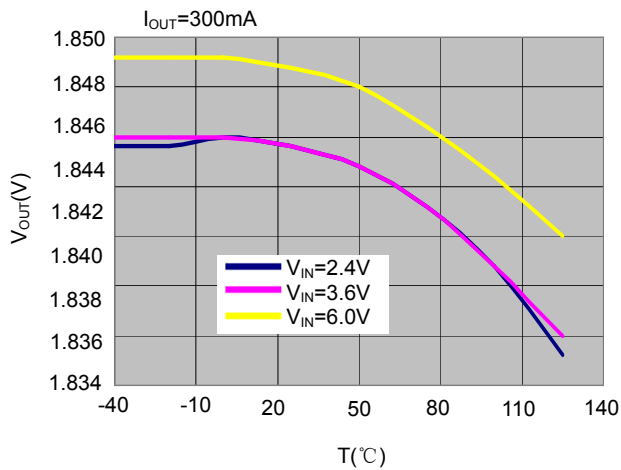


图-7 输出电压与温度关系

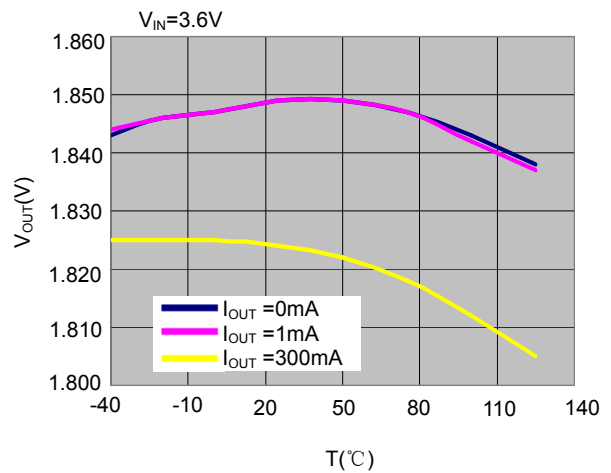


图-8 输出电压与温度关系

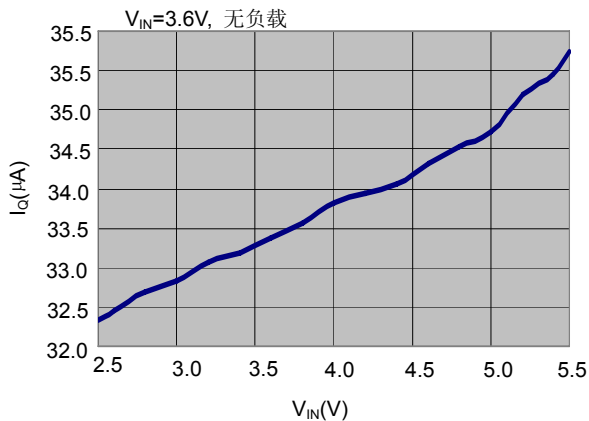


图-9 静态电流与输入电压关系

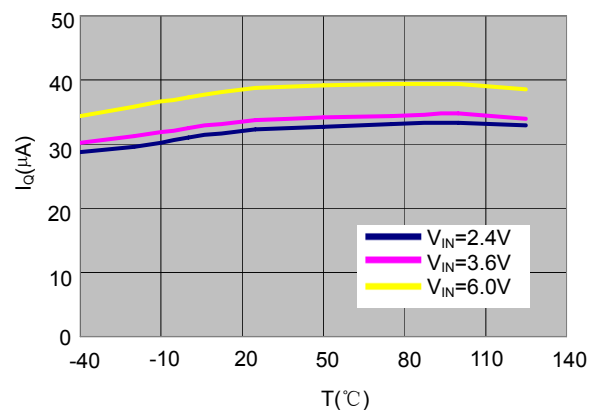


图-10 静态电流与温度关系

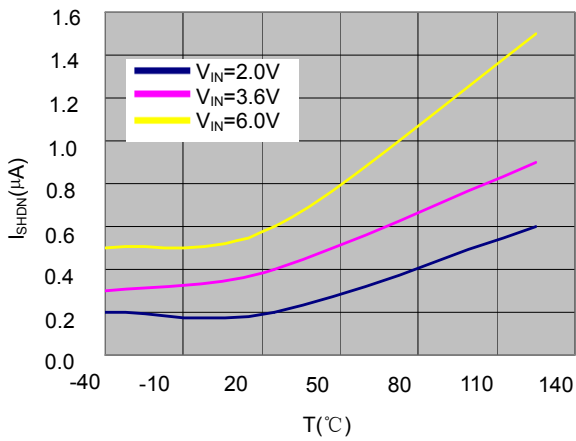


图-11 关断电流与温度关系

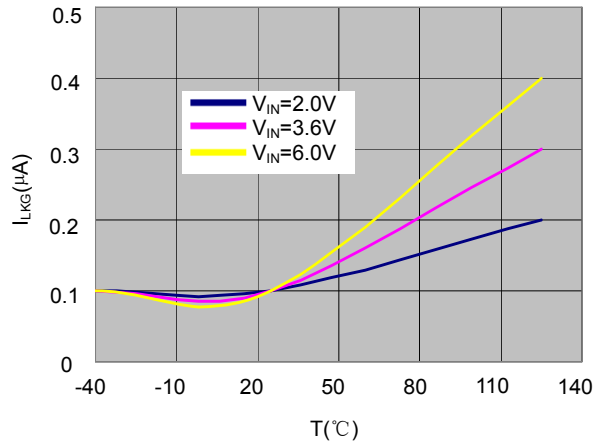


图-12 LX 端漏电流与温度关系

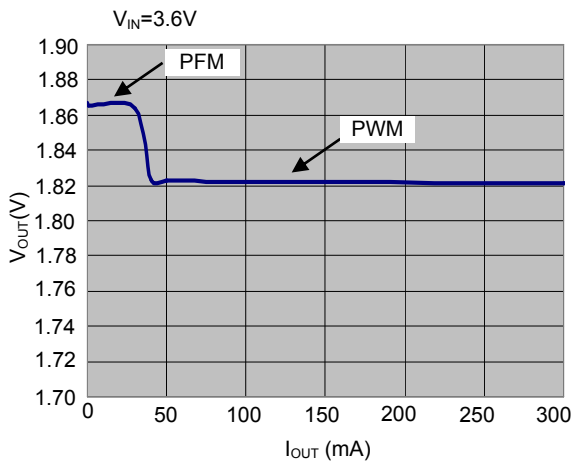


图-13 输出电压与输出电流关系
(PFM 模式和 PWM 模式的转换)

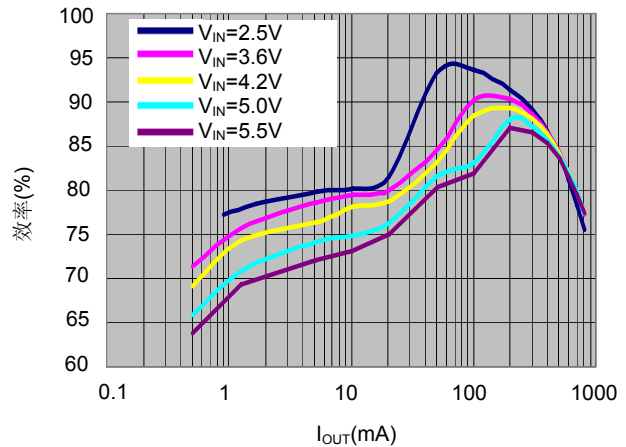


图-14 效率与输出电流关系 (不同输入电压)

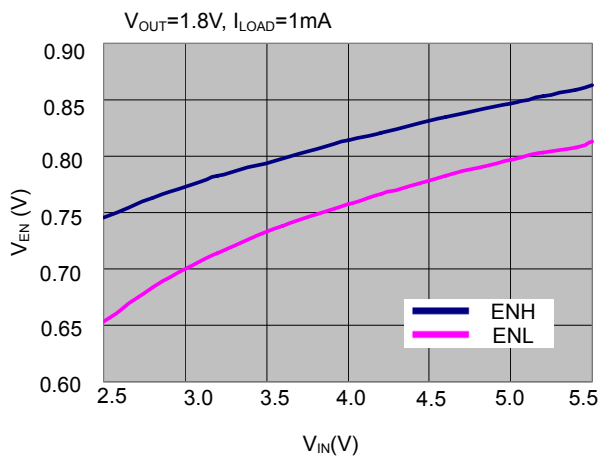


图-15 EN 端控制电压与输入电压关系

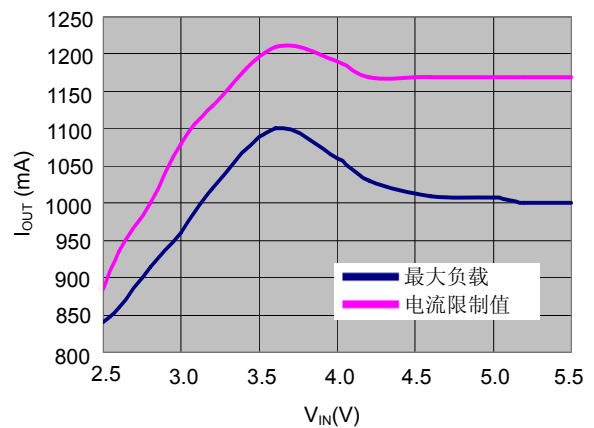


图-16 输出电流与输入电压关系

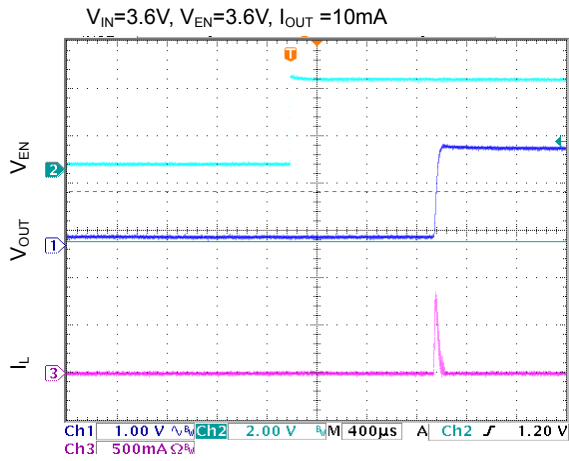


图-17 启动

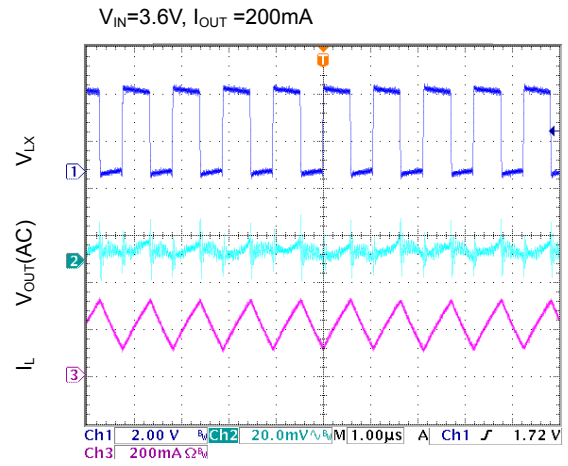


图-18 PWM 模式 (CCM)

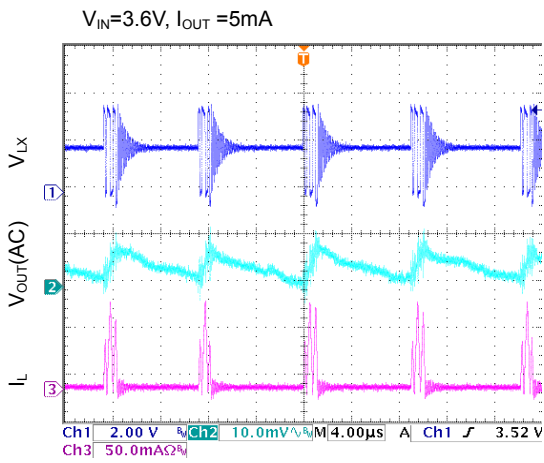


图-19 PFM 模式

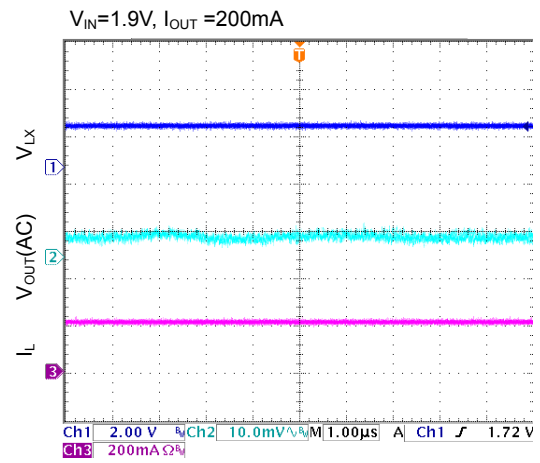


图-20 LDO 模式

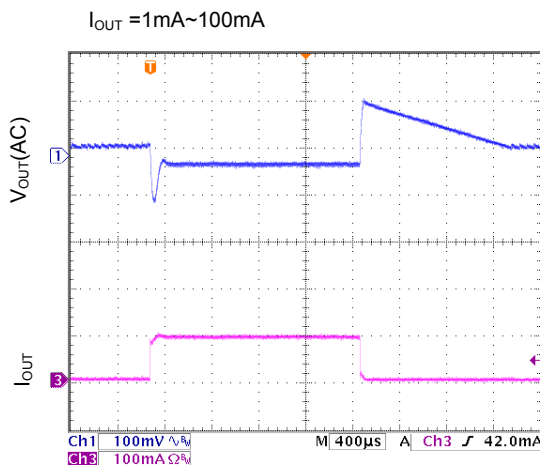


图-21 负载瞬态响应

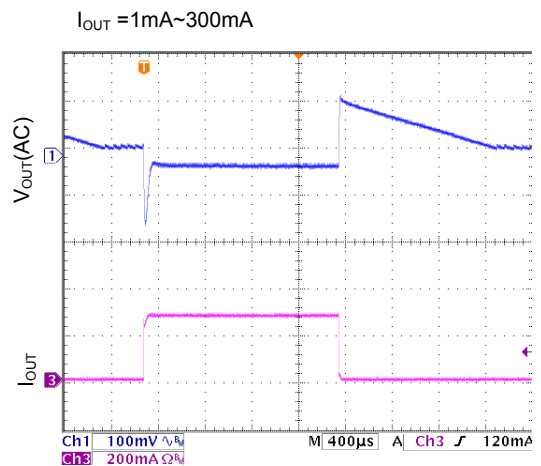


图-22 负载瞬态响应

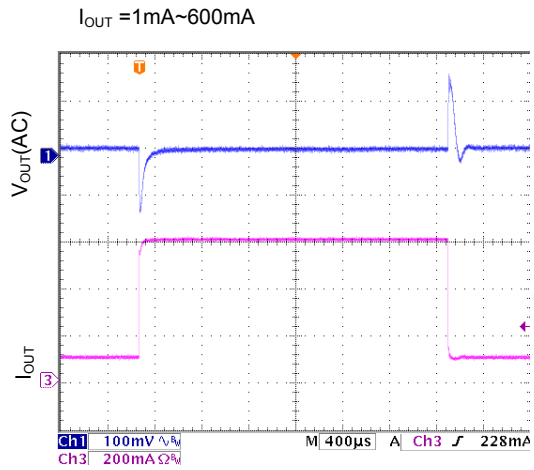


图-23 负载瞬态响应

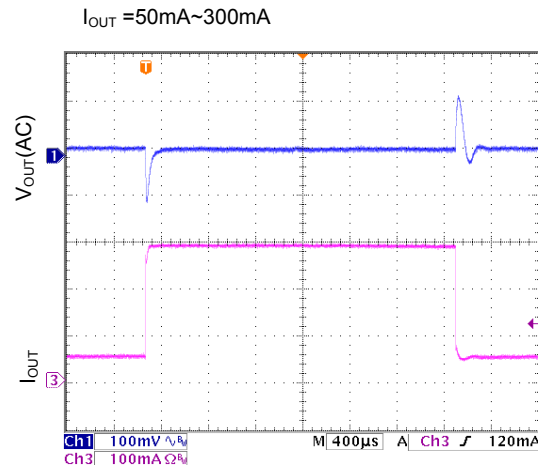


图-24 负载瞬态响应

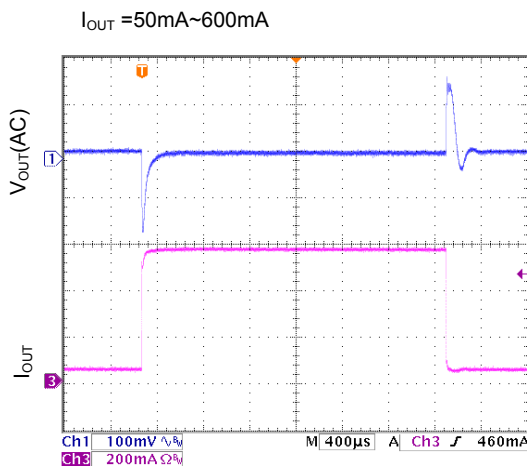


图-25 负载瞬态响应

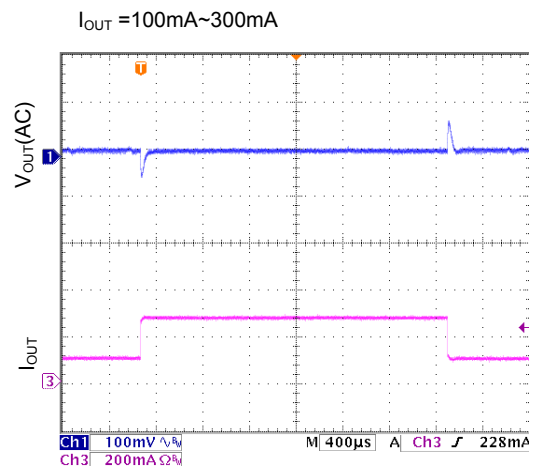


图-26 负载瞬态响应

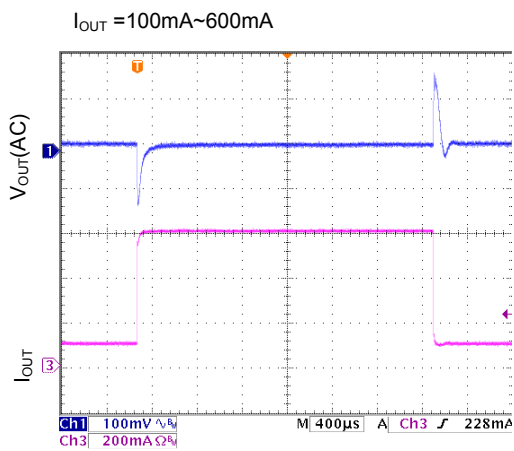


图-27 负载瞬态响应

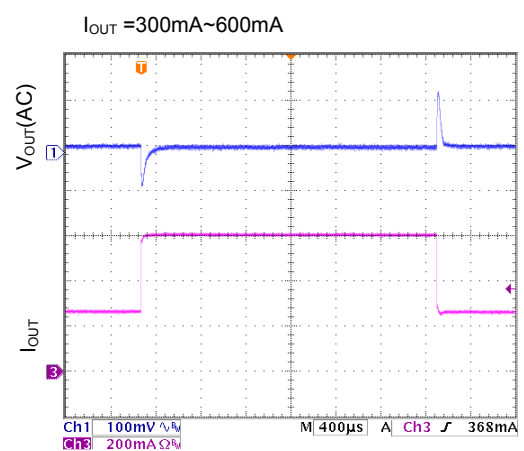


图-28 负载瞬态响应

应用中的几个问题

关于输出电压

在 VA7930 的输出电压可调版本中，输出电压由外接电阻分压网络 R2 和 R3 决定（参照图-2）。

输出电压由下式决定：

$$V_{OUT} = V_{FB} * (1 + \frac{R_2}{R_3})$$

这里，R2+R3 不应大于 500 KΩ，否则或许会有稳定性问题；R2+R3 也不应小于 100 KΩ，以实现低静态电流。

关于输入电容的选择

在实际应用中，要求输入端的纹波非常小，为了满足这项要求，必须要选好输入电容。一般情况下，推荐使用 ESR 值小的电容，由于芯片开关工作时有较大的电流通过电容，ESR 值会影响芯片的工作效率。

要求输入电容值不小于 4.7μF。陶瓷电容是最好的选择，但也可以选用 ESR 值小的钽电容或电解电容。

通过输入电容的 RMS 纹波电流可以由如下公式得到：

$$I_{RMS_CIN} = I_{OUT_max} * \frac{\sqrt{(V_{IN} - V_{OUT}) * V_{OUT}}}{V_{IN}}$$

所以，当 V_{OUT}=V_{IN}/2 时，I_{RMS_CIN} 有最大值 I_{OUT_max}/2。陶瓷电容的 ESR 值很小，因此 RMS 纹波电流一般都能满足应用的需要；而对于 ESR 值小的钽电容和电解电容，需要确认其 RMS 纹波电流是否大于最大输出电流的 50%。

在 PCB 板布线的时候，要求输入电容与电路的 V_{IN} 和 GND 引脚形成的环路尽量短。如果选用钽电容或电解电容，它们可以离电路远一些，但要求有一个与其并联的 0.1μF 的陶瓷电容紧挨着电路使用。

关于输出电容的选择

由于陶瓷电容的 ESR 值小，导致较小的输出电压纹波，因此在实际应用中陶瓷电容常被选用为输出电容。根据具体的应用需要，也可以选用 ESR 值小的钽电容。一般要求输出电容不小于 10μF。

通过输出电容的 RMS 纹波电流可以由如下公式得到：

$$I_{RMS_COUT} = \frac{V_{OUT}}{2\sqrt{3} * L * fs} * (1 - \frac{V_{OUT}}{V_{IN}})$$

陶瓷电容的 ESR 值很小，因此 RMS 纹波电流一般都能满足应用的需要；而使用 ESR 值小的钽电容时，需要确认其 RMS 纹波电流是否满足应用要求。

在正常负载电流下，芯片工作于 PWM 模式，其总输出电压纹波为由输出电容的 ESR 造成的电压降加上其充/放电产生的电压波动。总输出电压纹波可以由如下公式得到：

$$V_{RIPPLE} = \frac{V_{OUT}}{L * fs} * (1 - \frac{V_{OUT}}{V_{IN}}) * (ESR + \frac{1}{8 * C_{OUT} * fs})$$

从上可以看出，当输入电压达到最大值时，输出电压纹波最大。

陶瓷电容作为输出电容时，因为它的 ESR 值小，所以输出电压纹波也很小。这时，输出电压纹波主要是在充/放电过程中产生的。

负载比较轻时，芯片工作于节省电工作模式。这时，输出电压纹波主要由内部比较器的阈值确定，而与输出电容无关。

关于电感的选择

通过电感可以给负载提供持续的电流。电感电流也有纹波，其纹波电流与电感值的大小有关，电感值越大，纹波电流的峰峰值越小。但是，随着电感值的增大，其电感尺寸和导通电阻也会增大。因此，一般是根据对于纹波电流的要求来确定适当的电感值。

$$\Delta I_L = \frac{V_{OUT}}{fs * L} * (1 - \frac{V_{OUT}}{V_{IN}})$$

$$I_{L_max} = I_{OUT_max} + (\frac{\Delta I_L}{2})$$

式中，f_s= 开关频率（典型值：1MHz）

ΔI_L = 电感的纹波电流峰峰值

I_{L_max}= 电感最大电流

L = 电感值

当输入电压达到最大值时，电感电流最大。一般情况下，ΔI_L 可以选择在 20%*I_{OUT_max} 到 30%*I_{OUT_max} 范围内，则可以计算得到 L 和 I_{L_max} 值。

最后，要确保电感在输出电流达到电流限制值（I_{LIM}）时也不会饱和。

为了获得更好的效率，最好选择导通电阻小的电感。虽然电感的磁芯对效率的影响比导通电阻小，但是也要选择适当的磁芯。

[表-4] 典型电感值

V _{OUT} (V)	0.9	1.2	1.8	2.5	2.8	3.0	3.3
L(μH)	3.3	4.7	6.8	6.8	6.8	10	10

PCB 板的布局与布线

在开关电源应用中，布线非常重要。特别是电流和开关频率越来越高时，如果布线有问题，就会影响芯片的稳定性和 EMI 的问题。

因此，在主要的大电流通路上，要使用粗而短的布线。而且，输入电容、输出电容和电感应紧挨着芯片的引脚。

反馈电阻回路要尽量远离电感和开关节点，以减小噪音和电磁干涉。使用大面积接地线作屏蔽，可以更有效地减小反馈回路的噪音干扰，这点对于开关频率高达 1MHz 以上时就显得尤其重要。

封装尺寸

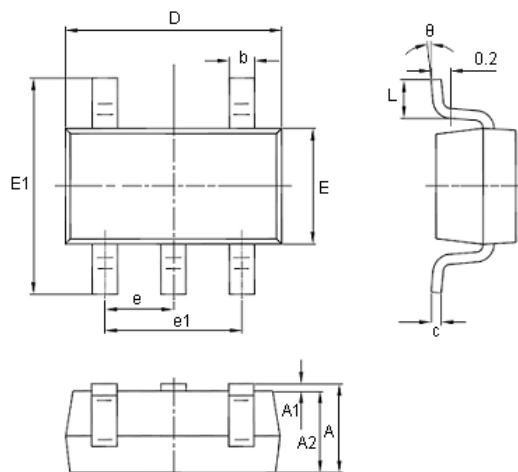


图-29 VA7205 SOT23-5 外型封装尺寸图

[表-5] 图-29 的尺寸 (单位: 毫米)

符号	最小值	最大值
A	1.050	1.250
A1	0.000	0.100
A2	1.050	1.150
b	0.300	0.500
c	0.100	0.200
D	2.280	3.020
E	1.500	1.700
E1	2.650	2.950
e	0.950 (BSC)	
e1	1.800	2.000
L	0.300	0.600
θ	0°	8°

重要声明

- 中星微电子有限公司保留不发布通知而对该产品和服务随时进行修正、更改、补充、改进和其它变动的权利。用户敬请在购买产品之前获取最新的相关信息并核实该信息是最近的和完整的。所有产品在定单确认后将遵从中星微电子有限公司的销售条款和条例进行销售。
- 本资料内容未经中星微电子有限公司许可，严禁以其他目的加以转载或复制等。
- 对于未经销售部门咨询使用本产品而发生的损失，中星微电子有限公司不承担其责任。

北京总公司

北京市海淀区学院路35号世宁大厦15层 100083
 电话: 86-10-68948888
 传真: 86-10-68944075
 网址: www.vimicro.com

上海分公司

上海市张江高科松涛路696号联想大厦6楼B区 201203
 电话: 86-21-50807000
 传真: 86-21-50807611

深圳分公司

深圳市高新技术产业园南区T2栋B区4楼 518057
 电话: 86-755-26719818
 传真: 86-755-26719539

美国分公司

1758 N. Shoreline Blvd., Mountain View, CA 94043 USA
 电话: 1-650-966-1882
 传真: 1-650-966-1885