

A11002CMA 高度集成 PWM 控制芯片

特点

- 内置软启动
- 最低芯片工作电压 4V
- RI 引脚可选抖频功能
- 轻载时模拟降频，接近空载时进入间歇模式
- 芯片最大工作频率可外部设置
- 内置斜坡补偿
- 内置环路补偿
- 每周周期电流限制
- VDD 过压保护
- VDD 欠压锁定
- 开环和输出短路保护
- 输入欠压保护
- 内置前馈补偿电路

封装

器件型号	封装	
A11002CMA	MSOP-8	

丝印详情见订购信息

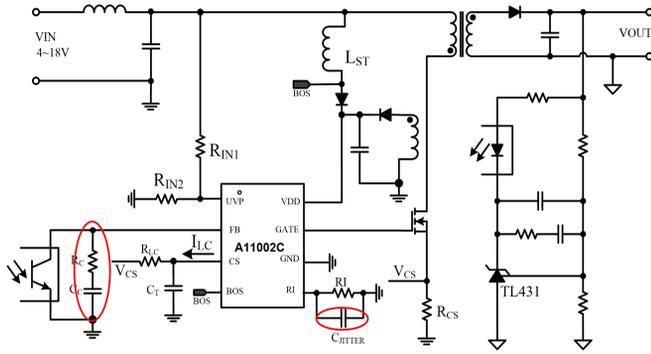
应用范围

- DC-DC 隔离变换器

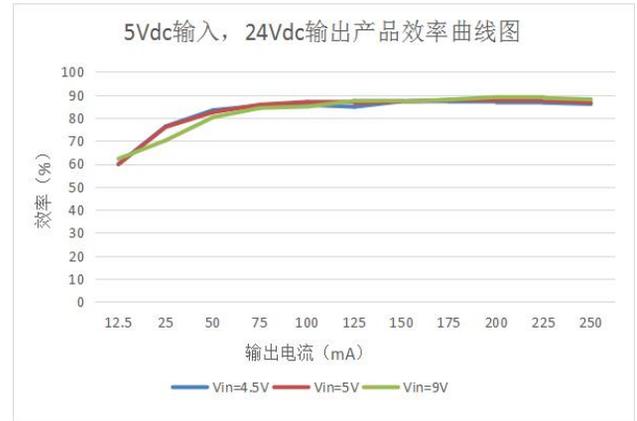
功能描述

A11002C 是一款高度集成的电流型 PWM 控制器，适用于隔离 DC-DC 变换器。在 A11002C 内部，芯片工作频率是经过修调的，具有很高的精度，并且可通过外接不同电阻改变其最大工作频率。在轻载时，芯片的工作频率会随着负载的减小而降低，从而可使变换器在整个负载范围都维持高效率。在接近空载时，芯片还会进入间歇模式，极大地减小了待机功耗。此外，在 A11002C 内部还集成了一系列保护功能，以提高系统的可靠性，包括：VDD 欠压锁定 (UVLO)、VDD 过压保护 (OVP)、开环/输出短路/过载保护 (OLP)、CS 引脚悬空保护、输入欠压保护。BOS 引脚外接电感到 VIN 同时外接二极管到 VDD，可实现芯片最低工作电压 4V。

典型应用电路



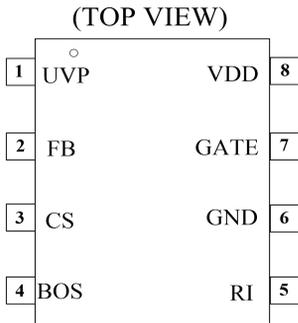
功能曲线



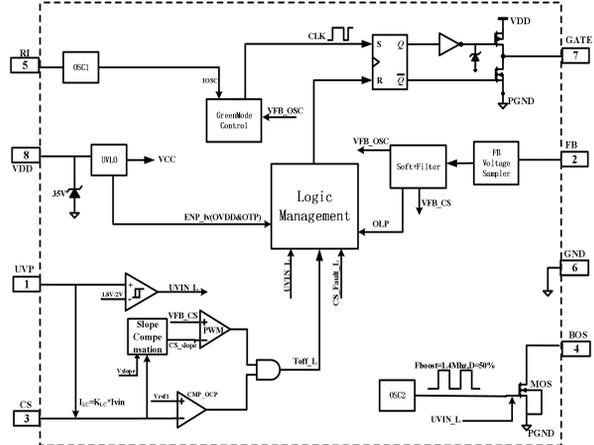
目录

特点.....	1	推荐工作参数.....	4
封装.....	1	电学特性.....	4
应用范围.....	1	典型曲线.....	6
功能描述.....	1	参数测量信息.....	7
典型应用电路.....	1	功能应用.....	8
功能曲线.....	1	芯片概述.....	8
引脚封装.....	3	应用电路.....	12
内部框图.....	3	电源使用建议.....	13
引脚描述.....	3	订购、封装及包装.....	13
极限额定值.....	4		

引脚封装



内部框图



引脚描述

编号	名称	I/O	描述
1	RO	I	输入电压检测引脚，直流输入电压接分压电阻到 UVP 引脚，调节 UVP 引脚的上电阻大小可调节前馈补偿电流（电阻比例可调节输入欠压点）。
2	RE	I	电压反馈引脚。它通过光耦形成环路反馈，与电流采样（CS）信号一起调节 PWM 信号占空比
3	DE	I	电流采样输入端口
4	DI	I	BOS 引脚接电感到输入，再接二极管到 VDD，实现 BOOST 功能，可实现低压 4V 输入，BOS 引脚悬空或接地，实现 9V~36V 输入
5	GND	I	通过外接到地的电阻，可设定芯片的最大工作频率。外接电阻并联电容，实现抖频，改善 EMI 性能
6	A	P	芯片参考地
7	B	O	MOSFET 驱动端口
8	VCC	P	芯片电源端口

极限制定值

下列数据是在自然通风，正常工作温度范围内测得（除非另有说明）。

参数	符号	最小值	最大值	单位
偏置电源电压	V_{VDD}	--	35	V
VDD 钳位电流	I_{CLAMP}	--	10	mA
GATE 引脚电压	V_{DRV}	-0.6	35	V
电压范围	FB, CS, RI	-0.6	6	
	UVP	-0.6	6	
	BOS	-0.6	36	
工作结温	T_J	-40	150	°C
存储温度	T_{STG}	-55	150	
焊接温度（10S 时间内允许芯片过回流焊的温度）		--	260	
潮湿敏感等级	MSL		MSL3	

A11002CMA

静电放电 (ESD) 额定值	人体模型 (HBM)	--	5000	V
	充电设备模型 (CDM)	--	1000	

注：若超出“最大额定值”表内列出的应力值，可能会对器件造成永久损坏。长时间工作在极限额定条件下，器件的可靠性有可能会受到影响。所有电压值都是以大地(GND)为参考基准。电流是指定端子的正输入，负输出。

推荐工作参数

推荐工作条件	符号	最小值	最大值	单位
偏置电源电压	V_{VDD}	10	18	V
VDD 旁路电容	C_{VDD}	1	20	μF
工作频率	F_{OSC}	220	500	kHz
工作环境温度	T_A	-40	125	$^{\circ}C$

电学特性

若无特殊说明，下列参数都是在常温常压，不密封环境下测试得到的， $V_{SS}=0V$ 。

符号	对应参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
芯片电源提供端 (VDD 引脚)						
I_{START_UP}	VDD 启动电流	$V_{VDD}=6V$, 测试流入 VDD 端口的电流	230	290	350	μA
I_{VDD_OP}	芯片工作电流	$V_{FB}=3V$, $R_I=24K$	1.4	1.9	2.4	mA
I_{FAULT}	输入欠压、VDD 欠压锁定或者 VDD 过压保护时电流	BOS 悬空、VDD 启动后继续升压到 GATE 无输出脉冲，观察流入 VDD 端口电流	224	280	336	μA
V_{UVLO_ON}	VDD 欠压锁定取消 (启动)	VDD 由低到高, BOS 引脚悬空或接地	6.6	7.1	7.6	V
		VDD 由低到高, BOS 引脚串接 1K 电阻后接 5V 电压	14.8	15.9	17	
V_{UVLO_OFF}	VDD 欠压锁定	VDD 由高到低	5.7	6.15	6.6	
V_{VDDOVP_ON}	VDD 过压保护触发电压	VDD 由 15V~25V, $V_{FB}=3V$, BOS 引脚悬空或接地	20.4	22	23.6	
V_{VDDOVP_OFF}	VDD 过压保护撤销电压	VDD 由 25V~10V, $V_{FB}=3V$, BOS 引脚悬空或接地	14.5	15.6	16.7	
V_{VDDOVP_HYS}	VDD 过压保护回差电压		--	6.4	--	
V_{CLAMP}	VDD 钳位电压	VDD 吸收电流突然增加	30	35	40	
输入电压检测引脚 (UVP 引脚)						
V_{UVP_OFF}	UVP 引脚输入欠压保护电压	$R_{IN1}=500K$, $R_{IN2}=100K$, $R_I=24K$, $V_{IN}=12V\sim 9V$ BOS 引脚悬空或接地	1.71	1.8	1.89	V
V_{UVP_ON}	UVP 引脚输入欠压撤销电压	$R_{IN1}=500K$, $R_{IN2}=100K$, $R_I=24K$, $V_{IN}=9V\sim 14V$ BOS 引脚悬空或接地	1.9	2	2.1	
V_{UVP_HYS}	UVP 引脚输入欠压回差电压		--	0.2	--	
V_{UVP_CLAMP}	UVP 引脚钳位电压		2.23	2.4	2.57	
K_{LC}	前馈补偿电流与输入电流比例		--	5	--	
反馈电压输入端 (FB 引脚)						
AV_CS	PWM 输入增益	$\Delta V_{FB}/\Delta V_{CS}$	--	3.67	--	V/V
V_{FB_OPEN}	FB 开路电压		4.95	5.36	6.05	V
I_{FB_SHORT}	FB 短路电流	FB 接地时电流	1.05	1.28	1.57	mA

A11002CMA

Z _{FB_IN}	FB 输入电阻		--	4.2	--	KΩ
V _{TH_PL}	FB 过压保护阈值		--	4.54	--	V
V _{TH_FBUVP}	进入 Burst 模式 FB 电压阈值		0.93	1.1	1.27	
V _{HYS_FBUVP}	Burst 模式 FB 电压阈值回差		--	0.25	--	
V _{TH_FR}	快速动态响应阈值		--	0.7	--	
电流检测输入端 (CS 引脚)						
V _{VDD_BOS}	BOS 工作所需 VDD 电压	BOS 接 1k 电阻再接到 VDD	--	3.2	3.5	V
振荡器部分 (RI 引脚)						
F _{OSC}	振荡器频率	RI=24K, V _{FB} =3V	272	287	302	KHz
F _{JITTER}	RI 引脚抖动频率	RI=24K, CI=2nF	--	145	--	Hz
ΔF/F _{OSC}	频率抖动范围		-6	--	6	%
ΔF _{TEMP}	频率的温度稳定性	-40°C ~ 125°C	--	2	--	
ΔF _{VDD}	频率随 VDD 的变化	V _{VDD} =7~16V	--	2	--	
D _{MAX}	最大占空比	CS 接地, V _{FB} =4.5V	75	79	83	
R _{RI_RANGE}	RI 变化范围		14	24	31	KΩ
V _{RI_OPEN}	RI 开路电压		1.9	2	2.1	V
F _{BM}	间歇模式的工作频率	V _{FB} =1.27V, RI=24K	--	120	--	KHz
驱动端 (GATE 引脚)						
V _{GCL}	GATE 钳位电压	V _{VDD} =18V, C _{GATE} =1nF	--	15	--	V
T _R	输出上升时间	C _{GATE} =1nF	--	50	--	nS
T _F	输出下降时间	C _{GATE} =1nF	--	35	--	
时间参数 (TIMING)						
T _{D_OVP}	VDD 过压保护延迟时间		--	100	--	μS
T _{D_UVIN}	输入欠压保护延迟时间		--	70	--	
T _{D_OPP}	CS 悬空保护延迟时间	CS=2V, T _{sw} 开关周期时间	--	2*T _{sw}	--	
T _{D_PL}	过功率保护延迟时间	RI=24K (以 F _{OSC} =287kHz 来计算) T _{osc} =1/F _{OSC}	--	85.5(24576* T _{osc})	--	mS
T _{SLEEP}	过功率保护开环保护FB引脚 过压保护休息时间	RI=24K (以 F _{OSC} =287kHz 来计算) T _{osc} =1/F _{OSC}	--	912.2(2 ¹⁸ *T _{osc})	--	

典型曲线

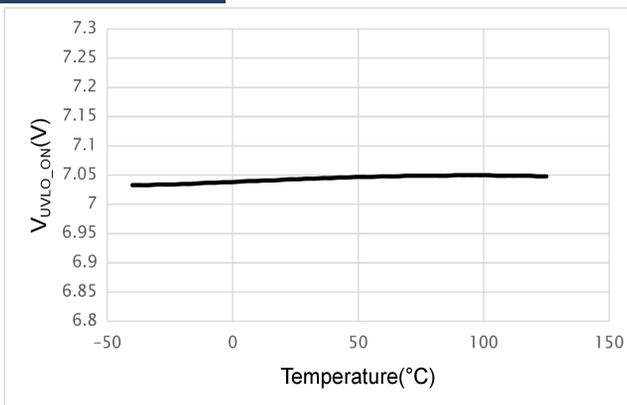


图 1 VDD 欠压锁定撤销电压 (无 Boost 功能) (启动) VS 温度

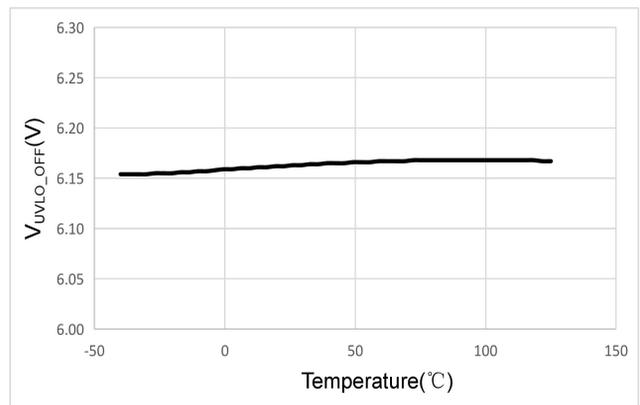


图 2 VDD 欠压锁定 VS 温度

A11002CMA

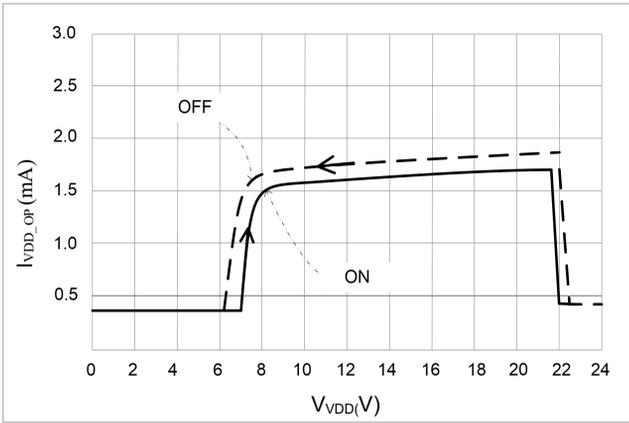


图3 芯片工作电流 VS VDD 电压

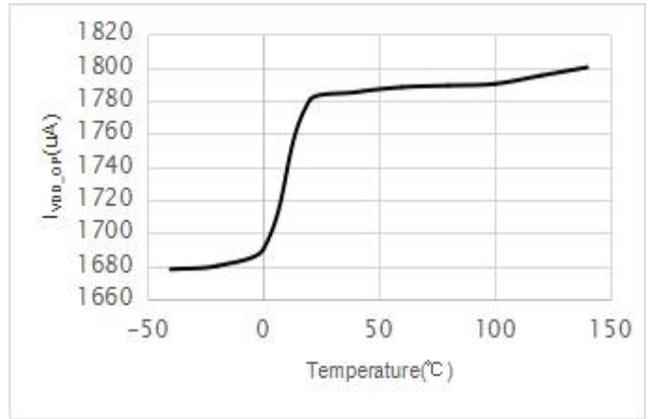


图4 芯片工作电流 VS 温度

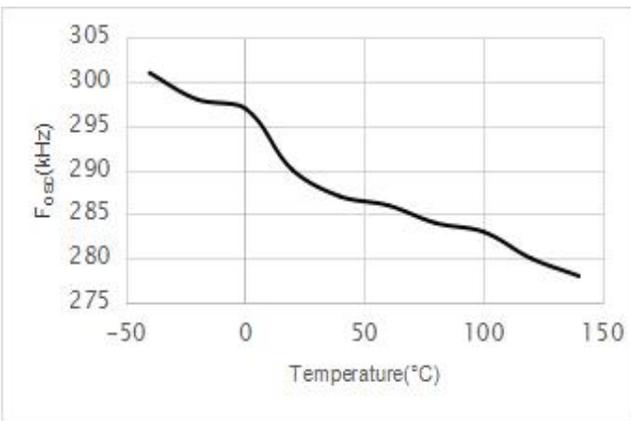


图5 工作频率 VS 温度

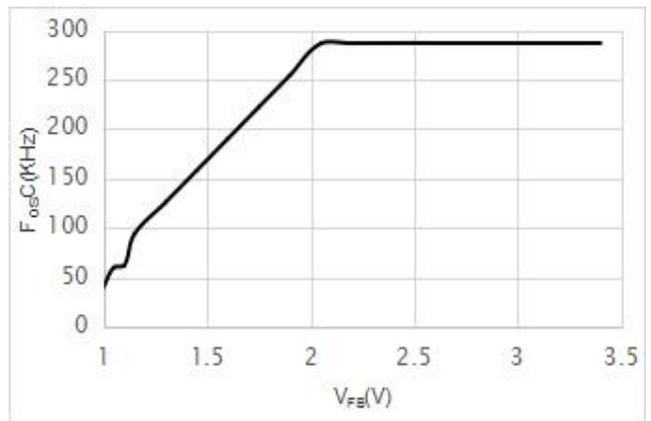


图6 工作频率 VS V_{FB} 电压

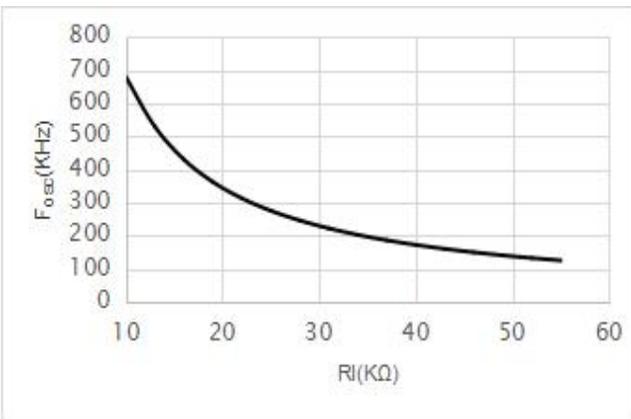


图7 工作频率 VS RI 脚电阻

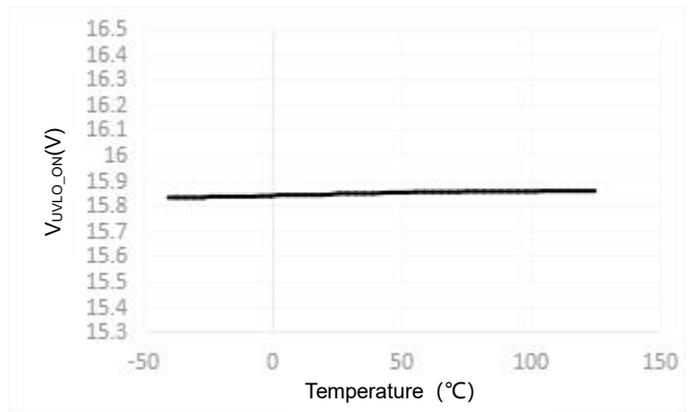


图8 Boost工作时 VDD 欠压锁定撤销电压 VS 温度

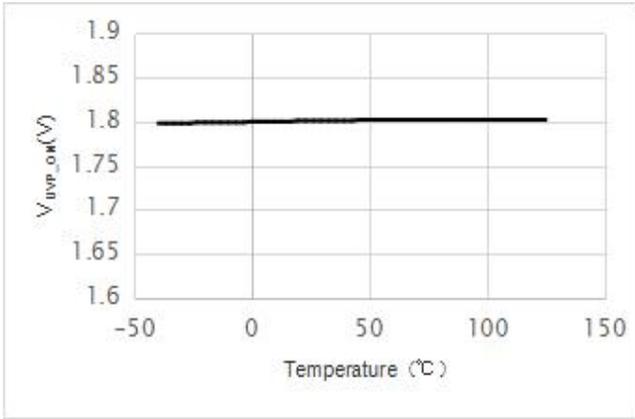


图 9 UVP 引脚输入欠压保护电压 VS 温度

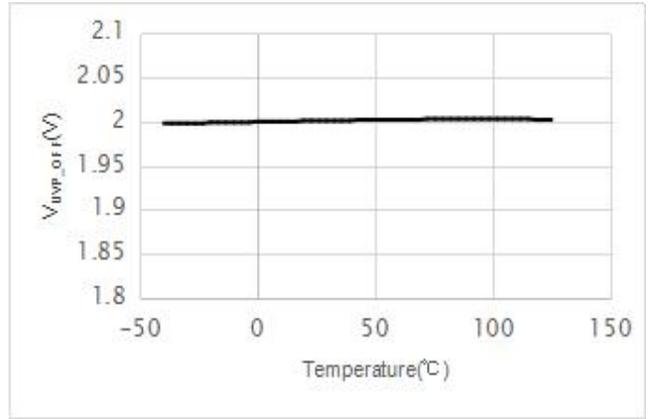


图 10 UVP 引脚输入欠压保护撤销电压 VS 温度

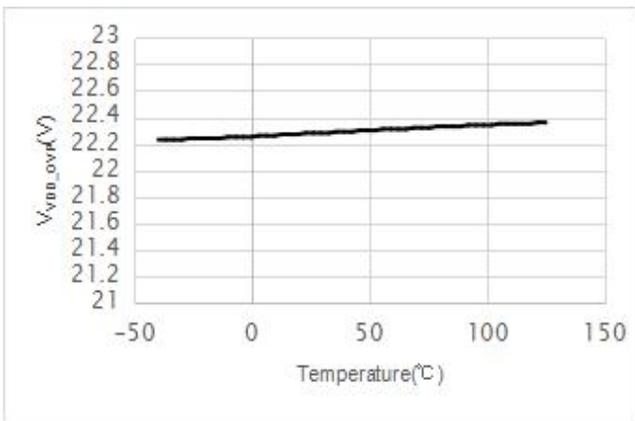


图 11 VDD 过压保护电压 (满载) VS 温度

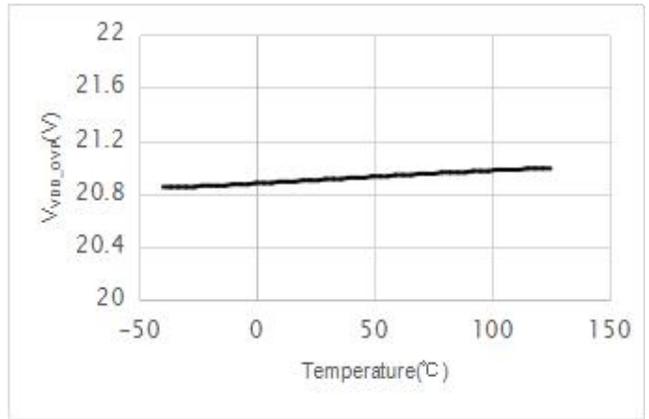


图 12 VDD 过压保护电压 (空载) VS 温度

注：若无特殊说明，典型特性曲线都是在 $V_{DD}=12V$ ， $R_I=24k\Omega$ ，常温常压下得到。

参数测试电路

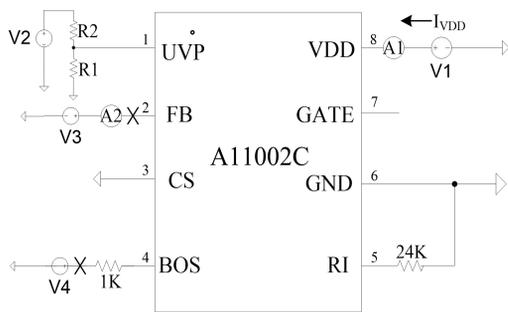


图 13 功能曲线测试电路原理图

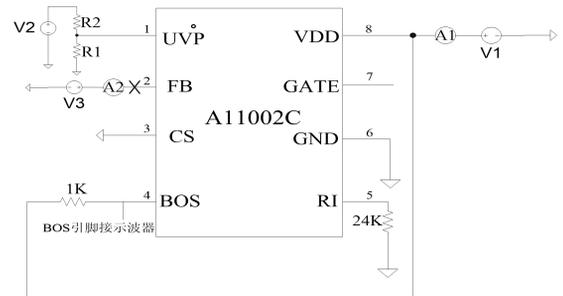
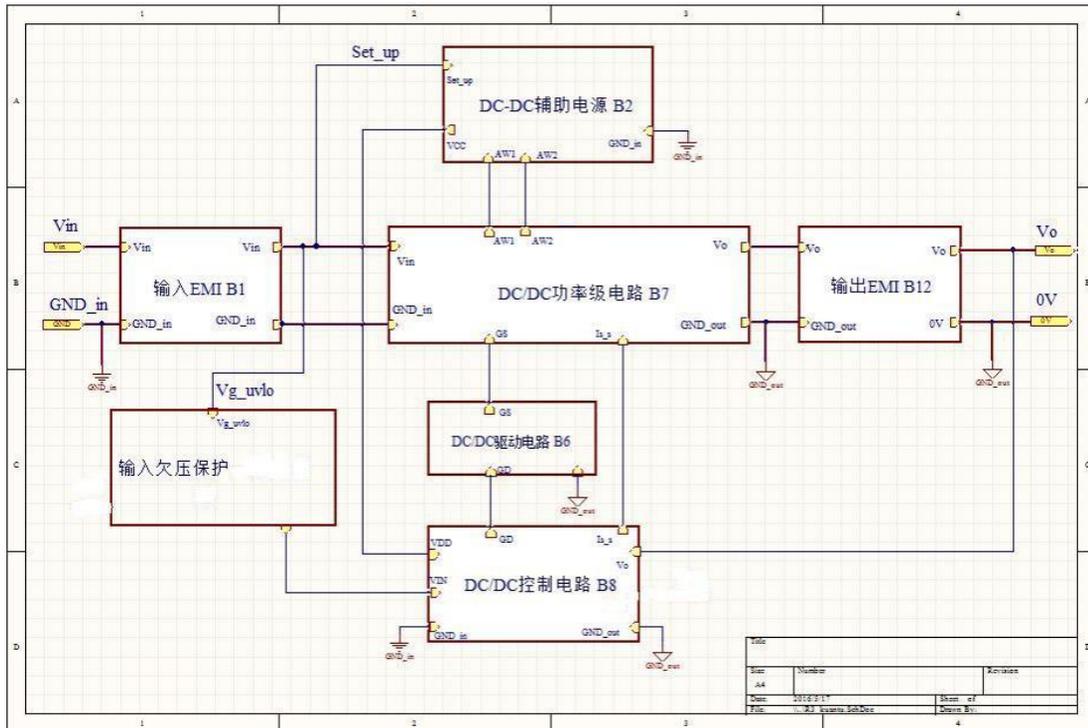


图 14 升压工作所需 VDD 最小电压测试原理图

参数测试电路



芯片可应用于反激拓扑变换器，功能框图见左侧图示，该电路的工作原理是在 MOS 管开通时，向变压器中储存能量，MOS 管关断时，变压器向输出电容释放能量。MOS 管不直接向负载传递能量，整个能量传递过程是先储存再释放的过程。在输出端使用合适的 Pi 型滤波器将方波脉冲平滑成纹波较小的直流电压输出，其值等于方波脉冲的平均值。

在电路的输出端，取样电阻对输出电压进行电压取样，然后把取样电压 V_b 送至误差比较器 EA 处与比较器正向输入端的电压基准相比较，被放大的误差电压 V_{ea} 通过光耦被输入到 IC 的 FB 端，与另一端(同相输入端)的电流检测信号(锯齿波信号)比较，从而控制调节占空比，然后经过图腾柱输出方波驱动 MOS 管的导通和关断，实现输出电压的稳定。

芯片概述

A11002C 是一款高度集成的电流型 PWM 控制器，适用于 DC-DC 隔离变换器。其最大的三个特点：一是轻负载时随着负载的减小而模拟降频，提高轻载效率，接近空载时工作在间歇模式，降低待机功耗；二是保护功能高度集成，外围器件少，减小了 PCB 的面积；三是最低工作电压高达 4V。

若无特殊说明，下面出现的数值皆为常温常压下， $V_{DD}=12V$ ， $R_I=24k\Omega$ 测试的典型值。

振荡器频率

芯片的最大工作频率（振荡器频率） F_{MAX} 可由 R_I 引脚外接电阻进行设定，频率设定满足下式：

$$F_{MAX}(kHz) = \frac{6890}{R_I(k\Omega)} \quad (1)$$

芯片建议的工作频率是 220kHz 至 500kHz 之间（详见推荐工作参数）。频率设定太小， R_I 电阻大， R_I 引脚容易受干扰，同时最小频率也会小于 22kHz，极轻载时可能出现声音；频率设定太大，芯片的功耗变大，频率的精度也会变差。

R_I 引脚外接电阻同时并联一个电容到地时，可实现抖频，将能量分散到比 EMI 测试仪带宽更广阔的范围，从而实现降低 EMI。

抖频范围在 R_I 引脚外接电阻设定最大频率的 $\pm 6\%$ ，抖频周期 6.9ms。

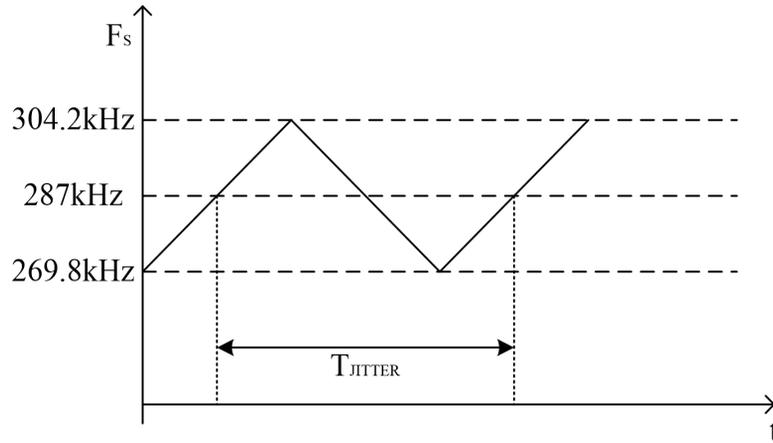


图 15 抖频示意图

内置软启动

采用内置软启动，通过控制 V_{FB} 电压的逐渐上升来实现软启动，可改善开机过冲的问题。软启动结束后， V_{FB} 是不受软启动电路限制。在第一次启动和保护结束后的重新启动都能有效进行初始化，保证上电启动和保护撤销后的重启都能有软启动。

智能调频绿色模式

AC 能够通过检测 FB 端口电压 V_{FB} 来调节振荡器的频率，即调节芯片输出信号 GATE 的频率。当 $2V < V_{FB} < 3.7V$ 时，芯片处于 PWM 工作模式，只调节 CS 引脚的峰值电压，频率最大且不变；当 $1.1V < V_{FB} < 2V$ 时，芯片进入 PWM+PFM 模式，既调节 CS 峰值电压又调节芯片工作频率，随着负载减小，频率逐渐降低；当 V_{FB} 小于 $1.1V$ 时，芯片进入 BURST 模式，GATE 停止输出。工作模式随 V_{FB} 变化的曲线如图 16 所示。

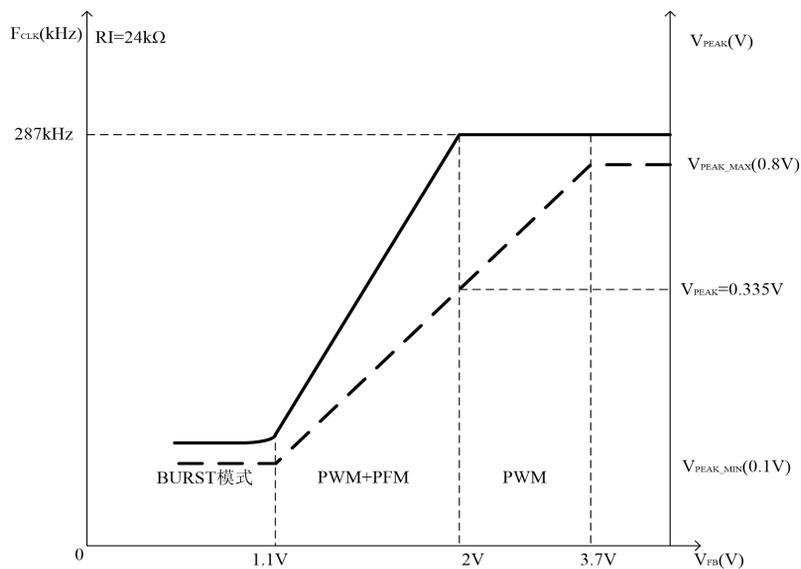


图 16 智能调频绿色模式

间歇工作模式

除了智能调频外，DC 内部还设计了间歇模式，当 V_{FB} 下降到 $1.1V$ 时，芯片进入间歇工作模式，又称跳频模式。芯片进入间歇工作模式后，芯片关断 GATE 输出，由于负载耗电使得输出电压下降，从而光耦电流减小， V_{FB} 又开始上升，当 V_{FB} 的电压再次上升到 $1.35V$ 时，GATE 开始输出脉冲；

A11002CMA

GATE 输出驱动信号后，电源的输出电压开始回升， V_{FB} 若再次低于 1.1V，则又再次进入间歇工作模式，形成循环（见图 17）。

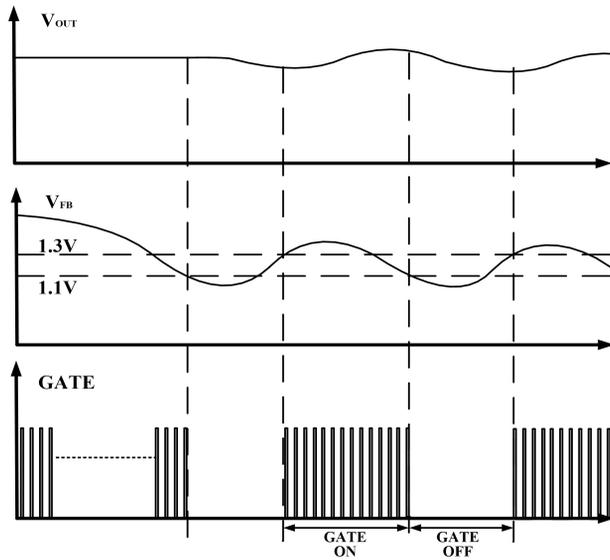


图 17 间歇 BURST 模式工作相关波形

前馈补偿

通过 V_{IN} 引脚采样输入电压，在前馈电阻 R_{LC} 产生一个补偿电压 V_{RLC} ，实现前馈补偿，保证高低压下过流点的一致性。

从 CS 引脚流出的前馈补偿电流计算：

$$I_{LC} = 5 \times \left(\frac{V_{IN}}{R_{IN1}} - \frac{2.4V}{R_{IN1} || R_{IN2}} \right) \quad (2)$$

前馈电阻 R_{LC} 的设计可以参考下列公式：

$$R_{LC} = \frac{R_{CS} \cdot T_D \cdot R_{IN1}}{5 \times L_P} \quad (3)$$

其中

T_D 是包括开关管关断延时的电流检测延时；

L_P 是变压器原边电感量

R_{IN1} 、 R_{IN2} 、 R_{CS} 分别为 UVP 引脚的分压电阻和电流采样电阻（详见典型应用电路）。

内置斜坡补偿

采用两段补偿机制，当占空比为 40%~61%时，斜坡斜率为 114mV/μS；当占空比为 61%~79%时，斜坡斜率为 213mV/μS。此处分段设计避免斜坡补偿对带载能力的影响。上述斜率是 RI 引脚外接电阻为 24kΩ 下测得的典型值。

输入欠压保护

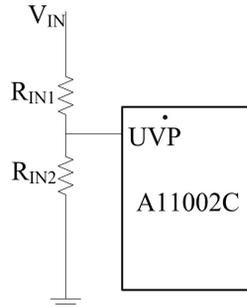


图 18 输入欠压外围电路框图

当 $V_{IN} \cdot \frac{R_{IN2}}{R_{IN1} + R_{IN2}} < 1.8V$ 时，进入输入欠压保护；

当 $V_{IN} \cdot \frac{R_{IN2}}{R_{IN1} + R_{IN2}} > 2V$ 时，撤销输入欠压保护。

BOS 引脚功能

A11002C 芯片 BOS 引脚如果外接电感到输入电压，另接二极管给 VDD 旁路电容充电，则实现升压功能。构成 BOOST 拓扑如下：

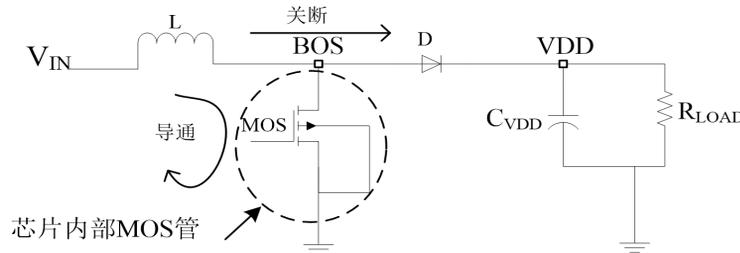


图 19 BOS 引脚与外接电感、二极管构成 Boost 拓扑

- 1、BOS 模块内部设计一个高频环形振荡器，并产生高频方波信号，控制 MOS 管导通与关断，芯片内部设计一个频率为 1.4MHz、占空比为 50%的模式进行开关 MOS，当 MOS 管导通，输入电压、电感，MOS 管形成回路，能量存储在电感中，当 MOS 管关断后，电感存储的能量通过二极管传递给输出端 VDD，由于 VDD 引脚电压没到启动点之前，芯片内部消耗电流很小，大部分电流都在给 VDD 旁路电容 C_{VDD} 充电，使 VDD 引脚电压逐周期上升，快速启动芯片。
- 2、当 BOS 引脚悬空或接地，不实现 BOOST 功能，内部启动点相应变低，VDD 需外部启动电路供电。
- 3、当 BOS 引脚构成 BOOST 接法时，若输入电压 V_{IN} 低于 VDD 引脚欠压点，则当输出电压建立后，需增加辅助绕组给 VDD 供电。
- 4、随着 VDD 引脚电压逐渐升高，BOS 模块从连续模式 CCM 到 DCM，给 VDD 旁路电容充电的电流逐渐减小，VDD 引脚电压上升缓慢。
- 5、输入欠压时，BOS 功能关闭。
- 6、当 VDD 引脚电压到启动点 15.9V 之后，环路正常建立，BOS 功能关闭；当环路不能正常建立时的 BOS 功能关断点对应的 VDD 引脚电压约为 17.6V。
- 7、正常工作中若 VDD 引脚电压掉到 V_{UVLO_OFF} ，则 BOS 功能再次开启。
- 8、若发生 FB 引脚过压保护，则 VDD 引脚电压掉到 14V，BOS 功能再次开启。

A11002CMA

FB 引脚过压保护

当 FB 端口的电压 V_{FB} 大于 4.5V 的连续时间超过 T_{D_PL} (详见电学特性, 即 $24576T_{OSC}$), 则认为 FB 引脚过压, 立刻强制关断 GATE, 进入 FB 引脚过压保护休息状态; 若在累计时间达到 T_{D_PL} 前, 出现 V_{FB} 小于 4.5V, 则不会触发 FB 引脚过压保护; FB 引脚过压保护休息状态的持续时间为 T_{SLEEP} (详见电学特性, 即 $2^{18}T_{OSC}$), 达到 T_{SLEEP} 后撤销 FB 引脚过压保护, 并撤销对 GATE 的强制关断作用, 同时软启动复位把 FB 引脚电压拉低, 若此时不存在其它保护, 则芯片将重新软启动。

过功率保护 (OPP) / 输出短路保护 (OSP) / 开环保护 (OLP) 都可通过 FB 过压保护来实现, 因为过功率、输出短路、开环都会导致 FB 引脚电压上升到 4.5V 以上。

下图是输出短路时 FB 引脚电压与 GATE 信号的时序图。T1 时段为软启动过程, V_{FB} 跟随芯片内部软启动电压 V_{SOFT} ; T2 时段为 FB 引脚过压保护延迟时间, GATE 没被强制关断; T3 时段为 FB 引脚过压保护休息时间; 在 T3 结束后, 进入软启动复位过程, 之后再重新软启动。芯片启动或重启后会经过前四个内部时钟周期的计数后, GATE 才开始打出脉冲, T4 就是表示这四个内部时钟周期, 也可以称为初始屏蔽时间。若输出一直短路, 上述过程会周期性地反复。

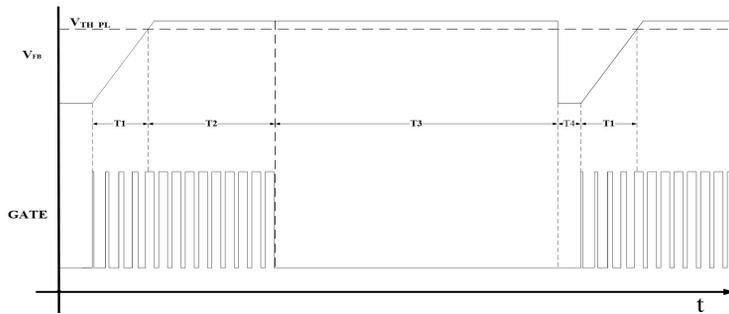


图 20 输出短路时 V_{FB} 与 GATE 的时序图

VDD 过压保护

若 VDD 引脚的电压超过 22V (过压保护点随负载而改变, 轻载最小到 20V, 满载最大到 23.6V), 并持续 100 μ s, 则芯片进入 VDD 引脚过压保护状态, GATE 无信号输出; 只有当 VDD 引脚电压小于 15.6V 时, 芯片才会撤销 VDD 引脚过压保护信号, 软启动复位, 复位结束后开始软启过程, GATE 恢复正常输出。

应用电路

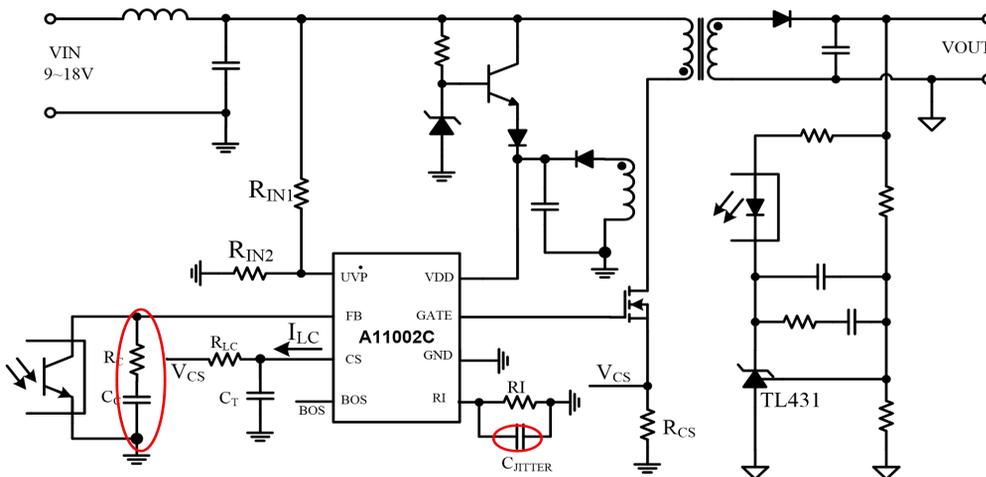


图 21 典型应用电路 1, BOS 引脚悬空实现 9V~18V 输入, 红色圈部分器件可选

A11002CMA

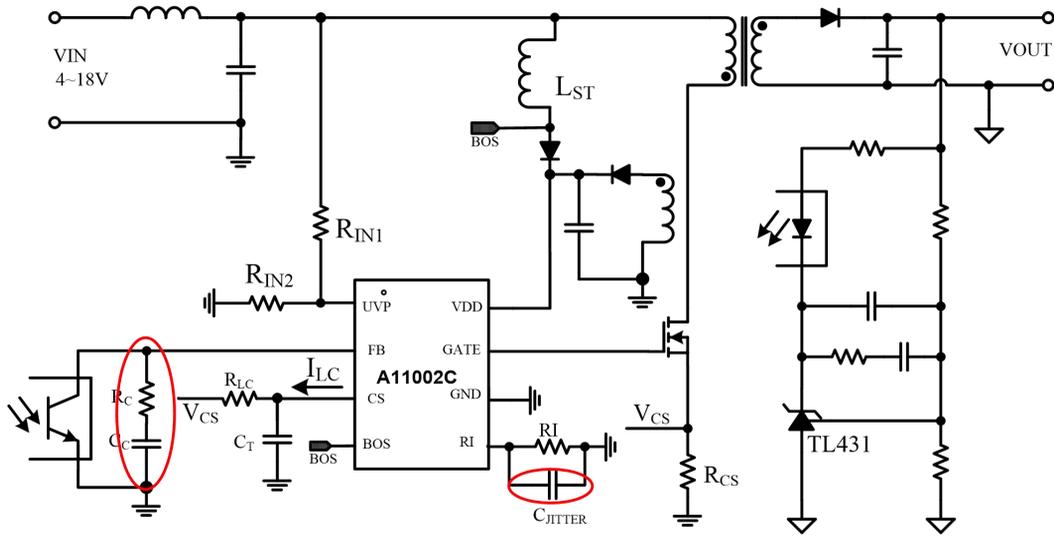


图 22 典型应用电路 2, BOS 引脚接电感到输入端及二极管到 VDD 引脚, 构成升压拓扑, 实现低压 4V 输入, 红色圈部分器件可选

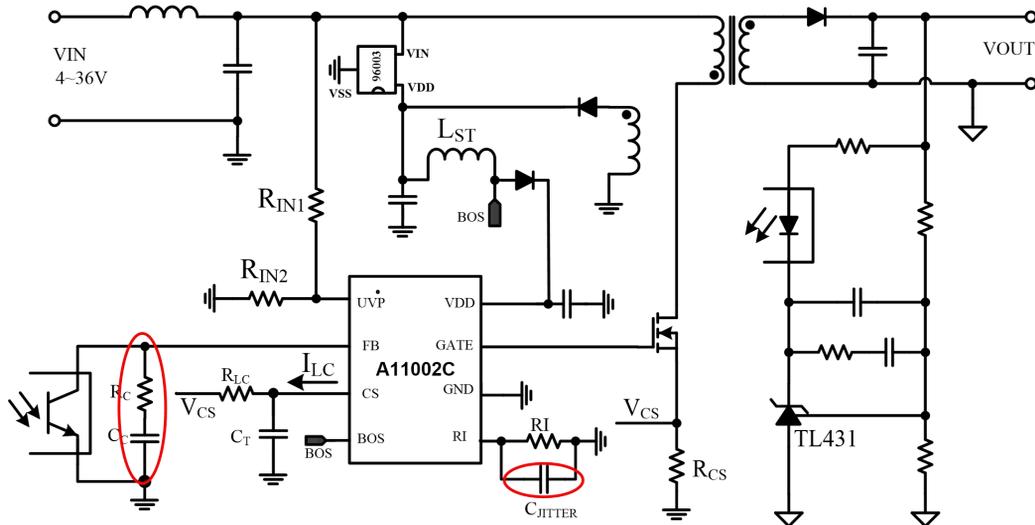


图 23 典型应用电路 3, 外接 DCDC 启动芯片 96003 (SOT-23 封装) 实现低压到高压全范围输入, 红色圈部分器件可选

电源使用建议

- 1、低电压输入应用时 (9V 以下), VDD 引脚旁路电容, 建议 10 μ F 以上, 以保证 VDD 供电正常。
- 2、BOS 引脚布线时, 尽量短且直, 远离敏感信号。

A11002CMA

订购信息

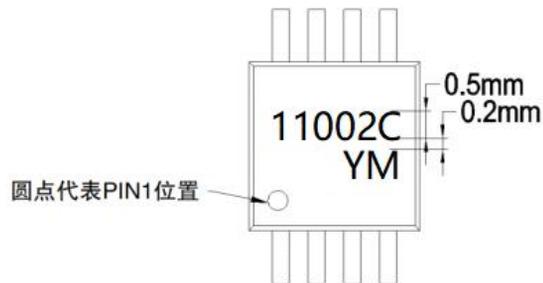
产品型号	封装	引脚数	丝印	包装	重量(1PCS)	重量 (1 盘, 带纸盒)
A11002CMA	MSOP-8	8	11002C YM	4K/盘	0.028g	837.2g

产品型号与丝印说明

A11002XYZ:

- (1) A11002, 产品代码。
- (2) X = A-Z, 版本代码。
- (3) Y = S, M, 封装代码; S: SOP 封装; M: MSOP 封装。
- (4) Z = C, I, A, M, 温度等级代码; C: 0°C-70°C, I: -40°C-85°C, A: -40°C-125°C, M: -55°C-125°C。
- (5) YM: 产品溯源代码; Y 产品生产年份代码, M 产品生产月份代码。

丝印信息

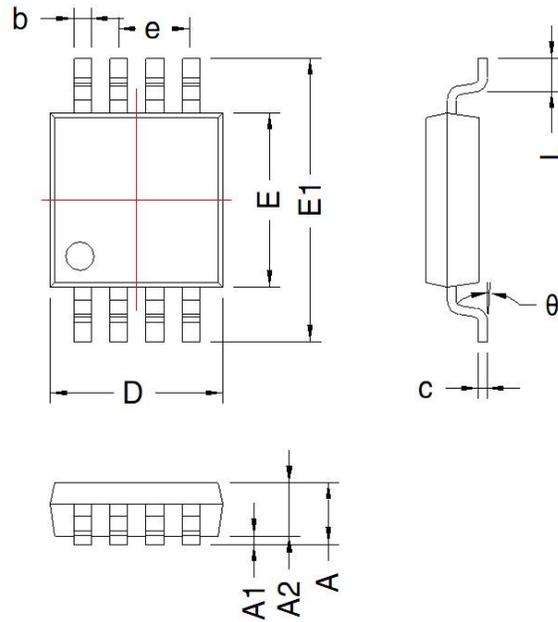


注:

- 1、字体: Arial;
- 2、字符尺寸: 高度0.5mm, 字符间距0.1mm, 行间距0.2mm。

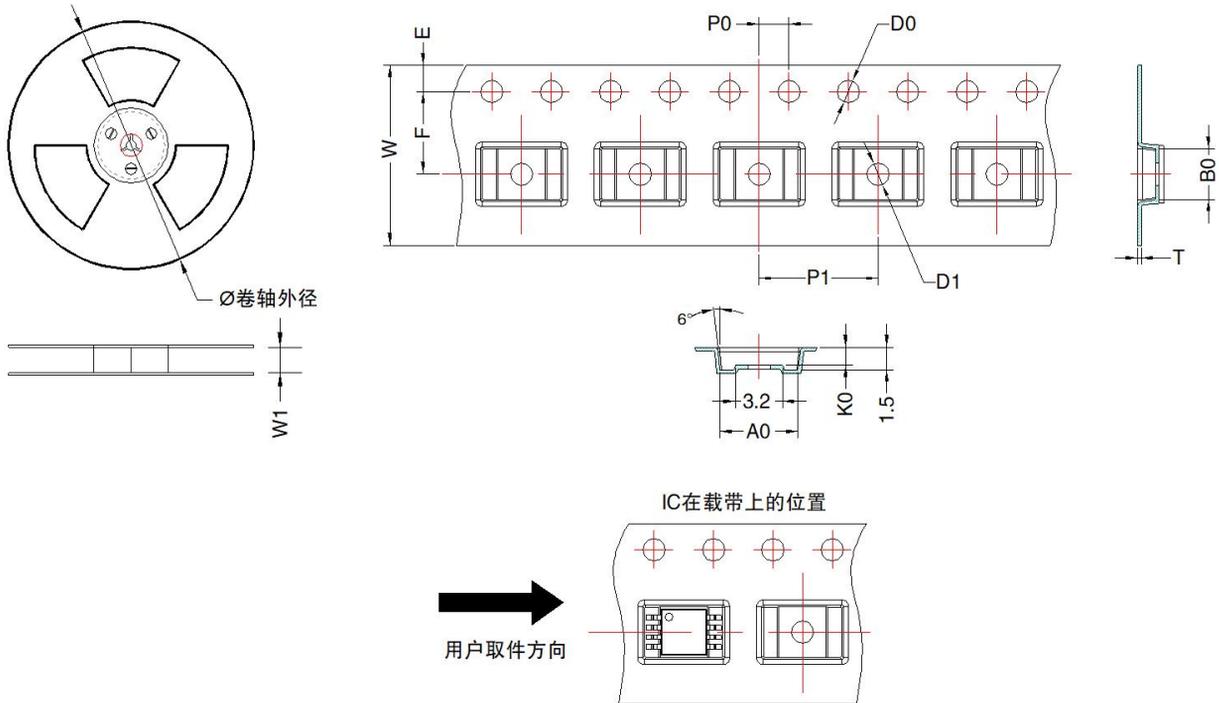
封装信息

第三角投影



MSOP-8				
标识	尺寸(mm)		尺寸(inch)	
	Min	Max	Min	Max
A	0.82	1.10	0.032	0.043
A1	0.02	0.15	0.001	0.006
A2	0.75	0.95	0.03	0.037
D	2.90	3.10	0.114	0.122
E	2.90	3.10	0.114	0.122
E1	4.75	5.05	0.187	0.199
L	0.40	0.80	0.016	0.031
b	0.25	0.38	0.010	0.015
e	0.65TYP		0.026TYP	
c	0.09	0.23	0.004	0.009
θ	0°	6°	0°	6°

包装信息



器件型号	封装类型	MPQ	卷轴外径 (mm)	卷轴宽度 W1 (mm)	A0 (mm)	B0 (mm)	K0 (mm)	T (mm)	W (mm)	E (mm)	F (mm)	P1 (mm)	P0 (mm)	D0 (mm)	D1 (mm)
A11002CMA	MSOP-8	4000	330.0	12.4	5.2 ± 0.1	3.3 ± 0.1	1.2 ± 0.1	0.25 ± 0.05	12.0 ± 0.3	1.75 ± 0.1	5.5 ± 0.1	8 ± 0.1	4 ± 0.1	1.5 ± 0.1	1.5 ± 0.1

注：最小起订量为最小包装量，订单量需为 MPQ 的整数倍。