



深圳市雅创芯瀚电子科技有限公司
SHENZHEN ASTRONG-TECH CO., LTD

AST4609 数据手册

降压-升压型 POL 稳压器

服务电话：13691641629 13538015750

产品特点

- 单电感结构，可使输入电压高于、低于或等同于输出电压
- 宽输入电压范围：4.5V 至 36V
- 宽输出电压范围：0.8V 至 34V
- 输出电流：4A 直流（降压模式下 10A 直流）
- 效率高达 98%
- 电流模式控制
- 含有 Power Good 输出信号
- 相位可以锁定固定频率：200kHz 至 400kHz
- 极速瞬时响应
- 电流反馈保护
- 输出过压保护
- 15mm × 15mm × 6.6mm BGA 封装及 15mm × 15mm × 6mm LGA 封装

产品描述

AST4609 是一款高效率升压-降压型稳压调节器。采用 BGA 或 LGA 封装,封装中内置了开关控制器，功率 FET 和相关补偿组件。AST4609 在 4.5V 至 36V 的输入电压范围内工作，并提供 0.8V 至 34V 的输出电压，输出电压可通过一个电阻进行设置调节。

这种高效设计在升压模式下可提供高达 4A 的连续电流（在降压模式下提供 10A 的电流）。仅需要电感，电阻传感器，大容量输入和输出电容即可完成设计。

失效保护功能包括过压和折返电流保护。AST4609 可提供兼容 SnPb 或 RoHS 标准接口，适用于电信、服务器、网络设备、工业及汽车设备、大功率电池供电设备等应用。

PIN 脚配置 (参见引脚功能、引脚配置表)

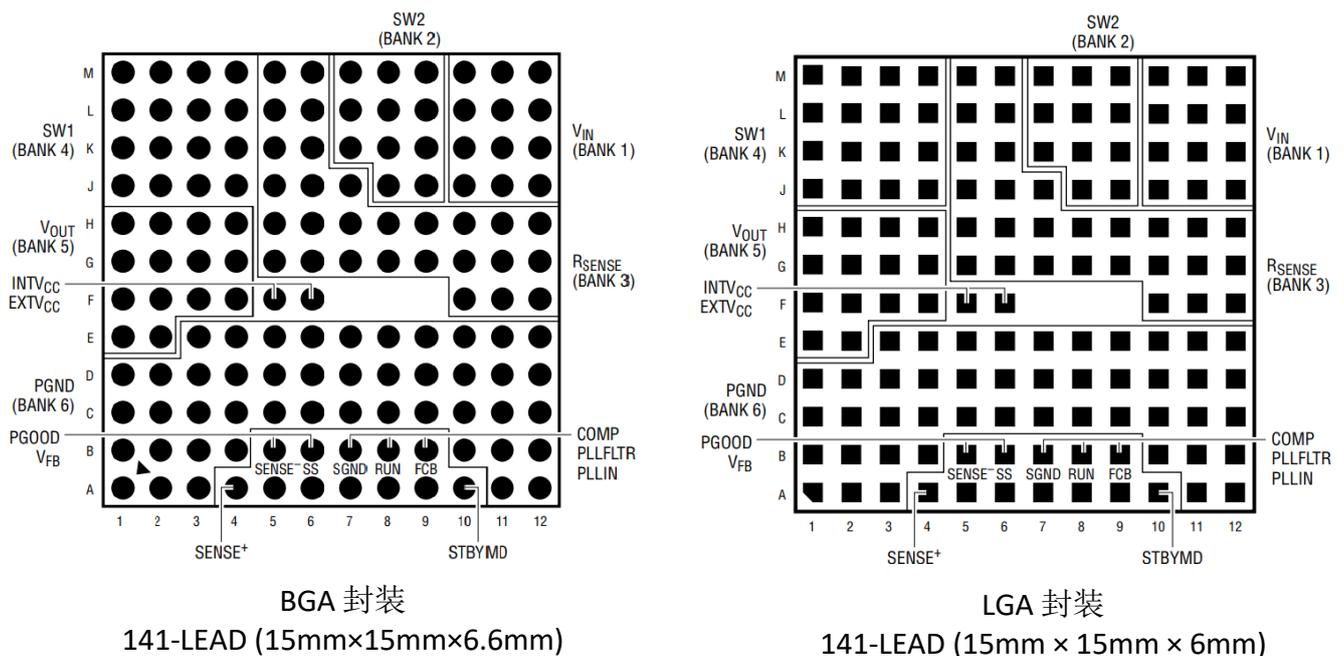


图 1: AST4609 封装顶视图

绝对最大额定值 【注释 1】

输入电源电压 V_{IN}	-0.3V 至 36V	PLLIN 电压	-0.3V 至 5.5V
输出电压 V_{OUT}	0.8V 至 36V	PLLFLTR 电压	-0.3V 至 2.7V
INTV _{CC} ,EXTV _{CC} ,RUN,SS,PGOOD	-0.3V 至 7V	INTV _{CC} 峰值输出电流	-40mA
SW1, SW2 【注释 3】	-5V 至 36V	工作温度范围	-55°C至125°C
V _{FB} 电压	-0.3V 至 2.4V	储存温度范围	-55°C至 125°C
COMP 电压	-0.3V 至 2V	回流焊峰值	220°C
FCB, STBYMD 电压	-0.3 至 INTV _{CC}		

电参数 【注释 2】

特性	条件	最小	典型	最大	单位
输入特性					
输入电压范围 $V_{IN(DC)}$		4.5	-	36	V
欠压锁定范围 $V_{IN(UVLO)}$		-	3.8	4	V
输入偏置电流 $I_{Q(VIN)}$	正常	-	2.4	-	mA
	待机	-	1.5	-	mA
	关断	-	55	70	μA
输出特性					
输出电流范围 I_{OUTDC}	$V_{IN}=32V, V_{OUT}=12V$	-	10	-	A
	$V_{IN}=6V, V_{OUT}=12V$	-	4	-	A
输出电压源调整率 $\Delta V_{FB}/V_{FB(NOM)}$	$V_{IN}=4.5V-36V,$ $V_{COMP}=1.2V$	-	0.002	0.02	%/V
输出电压负载调整率 $\Delta V_{FB}/V_{FB(LOAD)}$	$V_{COMP}=1.2V$ 至 0.7V	-	0.15	0.5	%
	$V_{COMP}=1.2V$ 至 1.8V	-	-0.15	-0.5	%
振荡器和锁相环					
标称频率	$V_{PLLFLTR}=1.2V$	260	300	330	kHz
最低频率	$V_{PLLFLTR}=0V$	170	200	220	kHz
最高频率	$V_{PLLFLTR}=2.4V$	340	400	440	kHz
锁相环输入电阻		-	50	-	kΩ
鉴相器输出电流		-	±15	-	μA

控制部分					
反馈电压 V_{FB}	$V_{COMP}=1.2V$	0.792	0.8	0.808	V
开关电压阈值 V_{RUN}		1	1.5	2.0	V
软启动充电电流 I_{SS}	$V_{RUN}=2V$	0.5	1.2	-	μA
启动门限 $V_{TSBYMD}(START)$		0.4	0.7	-	V
保活接通门限 $V_{TSBYMD}(KA)$		-	1.25	-	V
强制连续电压阈值 V_{FCB}		0.76	0.8	-	V
强制连续电流阈值 I_{FCB}	$V_{FCB}=0.85V$	-0.3	-0.18	-0.1	μA
BURST 电压		-	5.3	5.5	
BOOST 最大占空比		-	99	-	%
BUCK 最大占空比		-	99	-	%
BUCK 最小同步开关时间		-	200	250	ns
R_{FBHI}		99.5	100	100.5	k Ω
内部电压调节器					
内部 VCC 电压	$V_{IN}=12V, V_{EXTVCC}=5V$	5.7	6	6.3	V
	$V_{IN}=7V, V_{EXTVCC}=5V$	5.56	6	6.35	V
$\Delta V_{LDO}/V_{LDO}$	$I_{CC}=0mA$ 至 $20mA$, $V_{EXTVCC}=5V$	-	0.3	2	%
V_{EXTVCC}	$I_{CC}=20mA$	5.4	5.7	-	V
$\Delta V_{EXTVCC}(HYS)$		-	200	-	mV
ΔV_{EXTVCC}	$I_{CC}=20mA, V_{EXTVCC}=6V$	-	150	300	mV
电流检测特性					
最大电流检测电压 $V_{SENSE}(MAX)$	BOOST 模式	-	160	190	mV
	BUCK 模式	-95	-130	-150	mV
最小电流检测电压 $V_{SENSE}(MIN, BUCK)$	不连续模式	-	-6	-	mV
I_{SENSE}		-	-380	-	μA
PGOOD					
ΔV_{FBH}		5.5	7.5	10	%
ΔV_{FBL}		-5.5	-7.5	-10	%
$\Delta V_{FB}(HYS)$		-	2.5	-	%
V_{PGL}	$I_{PGOOD}=2mA$	-	0.2	0.3	V
I_{PGOOD}	$V_{PGOOD}=5V$	-	-	1	μA

注释 1: 超出上述绝对最大额定值, 可能会导致器件永久性损坏。在任何绝对最大额定值条件下长期工作, 都会影响器件的可靠性和使用寿命。

注释 2: AST4609 包含用于在短暂过载条件下对器件提供保护的过热保护功能。当过热保护功能被启动时内部温度超过最大工作结温。在高于规定的最大工作结温下连续运作有可能损害器件的可靠性。

注释 3: SW1 和 SW2 上的 -5V 的绝对最大额定值仅限在瞬态条件下。

典型性能特点

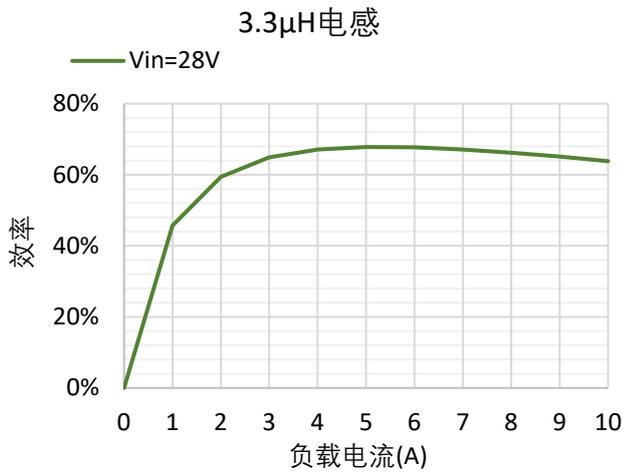


图 2: 1V 输出电压效率曲线

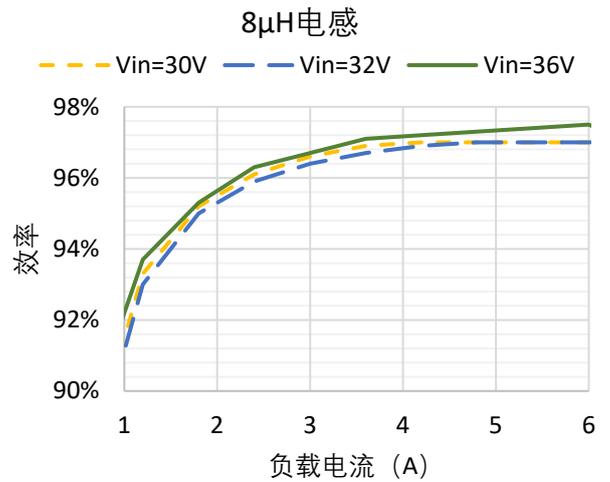


图 5: 30V 输出电压效率曲线

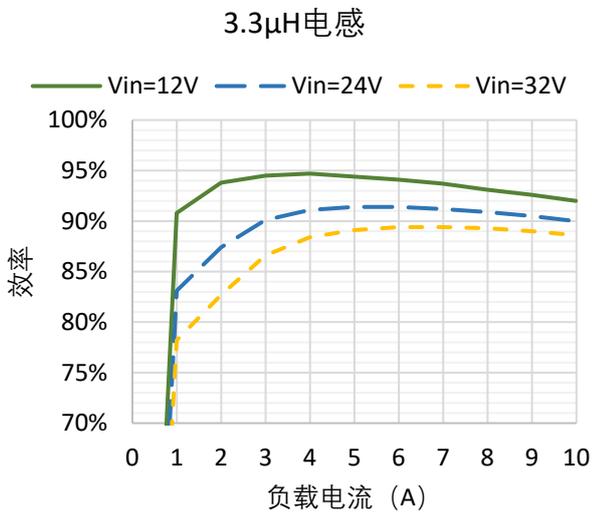


图 3: 5V 输出电压效率曲线

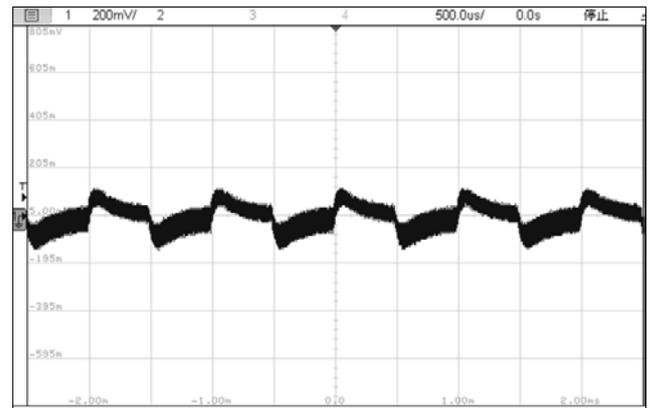


图 6: 输入 6V, 输出 12V 动态

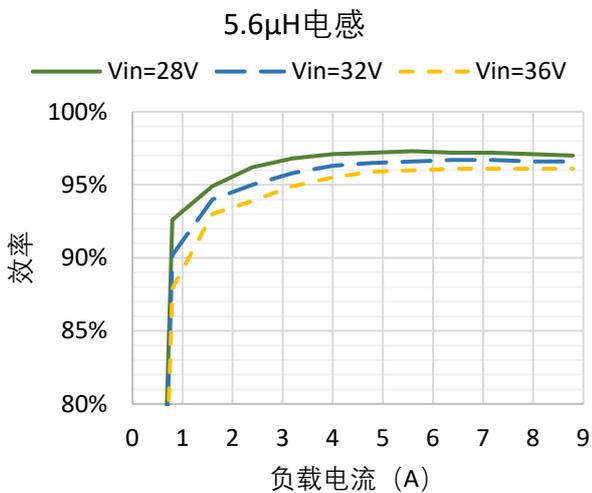


图 4: 20V 输出电压效率曲线

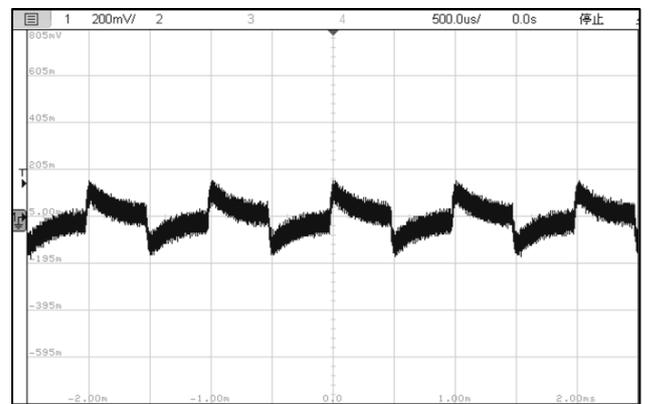


图 7: 输入 32V, 输出 12V 动态

推荐组件配置 【注释4】

C _{OUT1}	C _{OUT2}	电感	R _{sense}
TDK: C4532X7R1E226M (22μF, 25V)	SANYO: 16SVP180MX (180μF,16V), 20SVP150MX (150μF,20V)	Toko: FDA1254	Vishay : Power Metal Strip Resistors WSL1206-18
		Sumida: CDEP134, CDEP145, CDEP147	Panasonic: Thick Film Chip Resistors ERJ12

V _{IN} (V)	V _{OUT} (V)	R _{SENSE} 0.5W RATING	Inductor (μH)	C _{IN} (CERAMIC)	C _{IN} (BULK)	C _{OUT1} (CERAMIC)	C _{OUT2} (BULK)	I _{OUT(MAX)} (A)
5	10	2 × 16mW 0.5W	2.2	-	150μF 35V	4 × 22μF 25V	2 × 180μF 16V	4
15	10	2 × 18mW 0.5W	2.2	2 × 10μF 25V	150μF 35V	2 × 22μF 25V	2 × 180μF 16V	11
20	10	2 × 20mW 0.5W	3.3	2 × 10μF 25V	150μF 35V	2 × 22μF 25V	2 × 180μF 16V	10
24	10	2 × 18mΩ 0.5W	3.3	2 × 10μF 25V	150μF 35V	2 × 22μF 25V	2 × 180μF 16V	10
32	10	2 × 22mΩ 0.5W	4.7	2 × 10μF 50V	150μF 35V	2 × 22μF 25V	2 × 180μF 16V	9
36	10	2 × 22mΩ 0.5W	4.7	2 × 10μF 50V	150μF 50V	2 × 22μF 25V	2 × 180μF 16V	9
6	12	2 × 14mΩ 0.5W	2.2	-	150μF 35V	4 × 22μF 25V	2 × 180μF 16V	4
16	12	2 × 16mW 0.5W	2.2	2 × 10μF 25V	150μF 35V	2 × 22μF 25V	2 × 180μF 16V	11
20	12	2 × 18mW 0.5W	3.3	2 × 10μF 25V	150μF 35V	2 × 22μF 25V	2 × 180μF 16V	10
24	12	2 × 18mΩ 0.5W	3.3	2 × 10μF 25V	150μF 35V	2 × 22μF 25V	2 × 180μF 16V	9
32	12	2 × 22mΩ 0.5W	4.7	2 × 10μF 50V	150μF 35V	2 × 22μF 25V	2 × 180μF 16V	9
36	12	2 × 22mΩ 0.5W	4.7	2 × 10μF 50V	150μF 50V	2 × 22μF 25V	2 × 180μF 16V	9
5	16	2 × 18mW 0.5W	3.3	-	150μF 35V	4 × 22μF 25V	2 × 150μF 20V	2.5
8	16	2 × 16mW 0.5W	3.3	-	150μF 35V	4 × 22μF 25V	2 × 150μF 20V	4
12	16	2 × 14mW 0.5W	2.2	-	150μF 35V	4 × 22μF 25V	2 × 150μF 20V	8

V _{IN} (V)	V _{OUT} (V)	R _{SENSE} 0.5W RATING	Inductor (μ H)	C _{IN} (CERAMIC)	C _{IN} (BULK)	C _{OUT1} (CERAMIC)	C _{OUT2} (BULK)	I _{OUT(MAX)} (A)
20	16	2 × 20mW 0.5W	2.2	2 × 10 μ F 25V	150 μ F 35V	2 × 22 μ F 25V	2 × 150 μ F 20V	10
24	16	2 × 20m Ω 0.5W	3.3	2 × 10 μ F 25V	150 μ F 35V	2 × 22 μ F 25V	2 × 150 μ F 20V	10
32	16	2 × 22m Ω 0.5W	4.7	2 × 10 μ F 50V	150 μ F 35V	2 × 22 μ F 25V	2 × 150 μ F 20V	9
36	16	2 × 22m Ω 0.5W	6	2 × 10 μ F 50V	150 μ F 50V	2 × 22 μ F 25V	2 × 150 μ F 20V	9
5	20	2 × 18m Ω 0.5W	3.3	-	150 μ F 50V	4 × 22 μ F 25V	2 × 150 μ F 50V	2
10	20	2 × 18m Ω 0.5W	3.3	-	150 μ F 50V	4 × 22 μ F 25V	2 × 150 μ F 50V	5
32	20	1 × 12m Ω 0.5W	6	2 × 10 μ F 50V	150 μ F 50V	2 × 22 μ F 25V	2 × 150 μ F 50V	9
36	20	1 × 13m Ω 0.5W	8	2 × 10 μ F 50V	150 μ F 50V	2 × 22 μ F 25V	2 × 150 μ F 50V	8
5	24	2 × 16m Ω 0.5W	3.3	-	150 μ F 50V	4 × 22 μ F 25V	2 × 150 μ F 50V	1.5
12	24	2 × 18m Ω 0.5W	4.7	-	150 μ F 50V	4 × 22 μ F 25V	2 × 150 μ F 50V	5
32	24	1 × 14m Ω 0.5W	4.7	2 × 10 μ F 50V	150 μ F 50V	2 × 22 μ F 25V	2 × 150 μ F 50V	8
36	24	1 × 13m Ω 0.5W	7	2 × 10 μ F 50V	150 μ F 50V	2 × 22 μ F 25V	2 × 150 μ F 50V	8
5	30	2 × 16m Ω 0.5W	3.3	-	150 μ F 50V	4 × 22 μ F 50V	2 × 150 μ F 50V	1.3
12	30	2 × 14m Ω 0.5W	4.7	-	150 μ F 50V	4 × 22 μ F 50V	2 × 150 μ F 50V	3
32	30	1 × 12m Ω 0.5W	2.5	2 × 10 μ F 50V	150 μ F 50V	2 × 22 μ F 50V	2 × 150 μ F 50V	8
36	30	1 × 13m Ω 0.5W	4.7	2 × 10 μ F 50V	150 μ F 50V	2 × 22 μ F 50V	2 × 150 μ F 50V	8
5	34	2 × 18m Ω 0.5W	3.3	-	150 μ F 50V	4 × 22 μ F 50V	2 × 150 μ F 50V	1
12	34	2 × 16m Ω 0.5W	4.7	-	150 μ F 50V	4 × 22 μ F 50V	2 × 150 μ F 50V	3
24	34	1 × 12m Ω 0.5W	5.6	-	150 μ F 50V	4 × 22 μ F 50V	2 × 150 μ F 50V	5
36	34	1 × 12m Ω 0.5W	2.5	2 × 10 μ F 50V	150 μ F 50V	2 × 22 μ F 50V	2 × 150 μ F 50V	8

注释 4：最大负载电流测试条件为室温下采用自然对流。不良的电路板布局设计可能会降低最大负载电流。

PIN 脚功能

VIN (Bank1)：电源输入引脚。在这些引脚和 PGND 引脚之间施加输入电压。建议将输入去耦电容直接放在 VIN 引脚和 PGND 引脚之间。

VOUT (Bank5)：电源输出引脚。在这些引脚和 PGND 引脚之间施加输出负载。建议将输出去耦电容直接放在这些引脚和 PGND 引脚之间。

PGND (Bank6)：输入和输出返回的电源接地引脚。

SW1, SW2 (Bank4, Bank2)：交换节点。功率电感器连接在 SW1 和 SW2 之间。

RSENSE (Bank3)：传感电阻引脚。电阻传感器从该引脚连接到 PGND。

SENSE+ (引脚 A4)：电流检测和反向电流检测比较器的正输入。

SENSE- (引脚 A5)：电流检测和反向电流检测比较器的负输入。

EXTVCC (引脚 F6)：外部 VCC 输入。当 EXTVCC 超过 5.7V 时，内部开关将此引脚连接到 INTVCC 并关闭内部稳压器，以便控制器和栅极驱动电源从 EXTVCC 得到供能。此引脚不要超过 7V，并确保 EXTVCC<VIN。

INTVCC (引脚 F5)：内部 6V 稳压器输出。该引脚用于 6V 内部稳压器的附加去耦。不要从 INTVCC 提供超过 40mA 的电流。

PLLIN (引脚 B9)：相位检测器的外部时钟同步输入。该引脚在内部通过 50k 的电阻端接到 SGND。锁相环将强制控制器的上升底栅信号与 PLLIN 信号的上升沿同步。

PLLFLTR (引脚 B8)：锁相环的低通滤波器与此引脚相连。该引脚也可以用来设置内部振荡器的交流或直流电压。有关详细信息，请参见“应用程序信息”部分。

SS (引脚 A6)：软启动引脚。软启动通过逐渐增加控制器的电流限制来降低电源的输入浪涌电流。

STBYMD (引脚 A10)：LDO 控制引脚。确定当控制器关闭时内部 LDO 是否保持活动状态。如果将 STBYMD 引脚拉至地，则将 SS 引脚内部拉至地，以禁止启动，从而提供单个控制引脚来关闭控制器。内部去耦电容连接到该引脚。

VFB (引脚 B6)：误差放大器的负输入。在内部，该引脚通过一个 100k 的精密电阻连接到 VOUT。可以通过在 VFB 和 SGND 引脚之间的附加电阻来设定不同的输出电压。请参阅“应用程序信息”部分。

FCB (引脚 A9)：强制连续控制输入。施加到该引脚的电压设置模块的工作模式。当施加的电压小于 0.8V 时，强制连续电流模式在升压操作中处于活动状态，而跳过周期模式在降压操作中处于活动状态。当引脚连接到 INTVCC 时，恒定频率不连续电流模式在降压或升压操作中处于活动状态。请参阅“应用程序信息”部分。

SGND (引脚 A7)：信号接地引脚。该引脚在输出电容点连接至 PGND。

COMP (引脚 B7)：电流控制阈值和误差放大器补偿点。电流比较器阈值随该控制电压而增加。电压范围为 0V 至 2.4V。

PGOOD (引脚 B5)：输出电压电源正常指示器。开漏逻辑输出，当输出电压不在调节点的±7.5%范围内时，被拉至地。

RUN (引脚 A8)：运行控制引脚。当电压低于 1.6V 将关闭模块。该引脚和 SGND 之间有一个 100k 的电阻。请勿将此引脚施加超过 6V 的电压。请参阅“应用程序信息”部分。

应用综述

AST4609 是一款非隔离式降压-升压型 DC/DC 电源。仅通过添加传感电阻，电感器和一些外部输入和输出电容器，它可以在 4.5V 至 36V 的宽输入范围内提供 0.8V 至 34V 的宽输出电压。它可以通过一个外部电阻提供精确调节的可设定输出电压。典型的应用原理图如图 9 所示。

AST4609 具有集成电流模式的降压-升压控制器，具有快速开关速度的超低 $R_{DS(ON)}$ FETs 和集成的肖特基二极管。通过电流模式控制和内部反馈环路补偿，AST4609 模块在很多操作条件下及输出电容下都具有足够的稳定性裕度和良好的瞬态性能。通过设置 PLLFLTR 引脚上的电压，可以将 AST4609 的工作频率从

200kHz 调节至 400kHz。另外，它的频率可以通过来自 PLLIN 引脚的输入时钟信号进行同步。典型的开关频率为 400kHz。可以在轻负载下启用跳跃-循环模式操作，以提高效率，而强制连续模式和不连续模式操作于恒定频率应用。当 V_{FB} 下降时，折返电流限制在过电流条件下激活。当输出反馈电压超出基准点的 $\pm 7.5\%$ 的范围时，内部过压和欠压比较器则将漏极开路 PGOOD 拉至低电平。将 RUN 引脚拉低至 1.6V 以下将强制使控制器进入关闭状态。

如果在 EXTV_{CC} 引脚上施加了外部偏置电源，则由于内部线性稳压器的功耗降低，效率将会提高。在输入电压较高时尤其如此。

应用信息

典型的 AST4609 应用电路如图 9 所示。外部元件的选择主要取决于最大负载电流和输出电压。针对特定的应用的外部电容器要求，请参见“推荐组件配置”部分。

输出电压设定

每通道的 PWM 控制器已经内置了 0.8V 基准电压。在控制器内部有一个 100k 的反馈电阻将 V_{FB} 引脚和 SGND 引脚连接在一起。模块的每通道外部需要添加一个电阻 R_{FB} 连接在 V_{FB} 引脚和 SGND 之间，以设置输出电压：

$$V_{OUT} = 0.8 \times \frac{100k + R_{FB}}{R_{FB}}$$

V_{OUT} (V)	0.8	1.5	2.5	3.3
R_{FB} (k)	OPEN	115	47.5	32.4
V_{OUT} (V)	5	6	8	9
R_{FB} (k)	19.1	15.4	11	9.76
V_{OUT} (V)	10	12	15	16
R_{FB} (k)	8.66	7.15	5.62	5.23
V_{OUT} (V)	20	24	30	34
R_{FB} (k)	4.12	3.4	2.74	2.37

表 1: V_{FB} 电阻与各种输出电压的关系

频率选择

AST4609 采用恒定开关频率的电流模式控制架构，该频率由内部振荡器的电容器确定。该内部电容器由一个固定的电流同时附加上施加到 PLLFLTR 引脚的电压成比例的电流共同充电。PLLFLTR 引脚可以接地以将频率降低至 200kHz，或者连接至 2.4V 以产生约 400kHz 的频率。当 PLLFLTR 保持开路时，PLLFLTR 引脚变为低电平，迫使振荡器达到其最低频率。

图 8 给出了施加到 PLLFLTR 引脚的电压与频率的关系图。随着工作频率的增加，栅极电荷损耗将更高，因此效率更低。最大开关频率约为 400kHz。

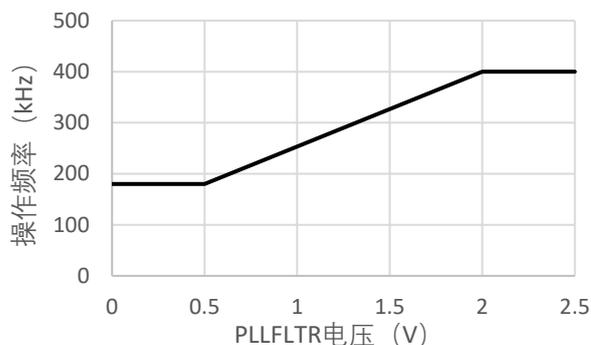


图 8: 操作频率与 PLLFLTR 输出电压的关系

频率同步

AST4609 也可以通过 PLLIN 引脚同步到外部电源，而不用直接调节 PLLFLTR 引脚上的电压。该电源模块有一个锁相环由内部电压控制振荡器和鉴相器组成。这样可以打开内部顶部 MOSFET，以锁定到外部时钟的上升沿。脉冲检测电路用于检测 PLLIN 引脚上的时钟以打开锁相环。时钟的输入脉冲宽度必须至少为 400ns，并且幅度为 2V。同步频率范围为 200kHz 至 400kHz，对应于 PLLFLTR 在 0V 至 2.4V 之间输入的直流电压。在调节器启动期间，锁相环功能被禁用。

低电流操作

为了提高低输出电流工作时的效率，AST4609 通过接受 FCB 引脚上的逻辑输入，为降压和升压操作提供了三种模式。

表 2: 不同的操作模式

FCB	BUCK	BOOST
0V 至 0.75V	强制连续模式	强制连续模式
0.85V 至 $V_{INTVCC}-1V$	跳周期模式	冲突模式
>5.3V	稳定频率 DCM	稳定频率 DCM

当 FCB 引脚电压低于 0.8V 时，控制器充当一个连续的 PWM 电流模式同步开关稳压器。当 FCB 引脚电压低于 $V_{INTVCC}-1V$ ，但大于 0.85V 时（其中 V_{INTVCC} 为 6V），控制器在升压操作下进入突发模式操作，在降压操作下进入跳跃-周期模式。在升压操作模式下，当负载电流比预设输出电流水平值低时，突发操作模式被激活。MOSFETs 将导通数个周期，同时伴有一个会根据负载电流变化的“休眠”间隔。在降压操作期间，跳跃-周期模式设置最小的正电感电流水平。在此模式下，当输出负载电流降至最大设计负载的 1% 以下时，将跳过某些周期，以保持输出电压。

当 FCB 引脚电压连接到 I_{NTVCC} 引脚时，控制器进入恒定频率不连续电流模式（DCM）。对于升压操作，如果输出电压足够高，则控制器可以进入连续电流降压模式一个周期以释放电感器电流。在接下来的周期中，控制器将恢复 DCM 升压操作。对于降压操作，如果

达到预设的最小负电感电流水平，则将打开恒定频率不连续电流模式。在极轻的负载下，这种恒定频率的运行效率不如突发模式运行或跳跃-周期模式，但提供了低噪声以及恒定的频率。

输入电容

在升压模式下，由于输入电流是连续的，因此仅需要最少值的输入电容器即可。但是在降压模式下输入电流是不连续的。因此，对输入电容器 C_{IN} 的选择是由对输入方波电流进行滤波的需求决定的。

对于降压转换器，开关占空比可以估计为：

$$D = \frac{V_{OUT}}{V_{IN}}$$

不考虑电感电流纹波，RMS 输入电容器的电流可以估算为：

$$I_{CIN(RMS)} = \frac{I_{OUT(MAX)}}{\eta} \times \sqrt{D \times (1-D)}$$

在上式中， η 是功率模块的估计效率。 C_{IN} 可以是开关级电解铝电容器，OS-CON 电容器或大容量陶瓷电容器。请注意，电容器纹波电流的额定值通常取决于温度和使用寿命。所以最好适当降低输出电容的额定值或者选择一个额定值比所要求的温度更高电容。通常可以联系电容厂商来降低额定值。

输出电容

在升压模式下，不连续电流从输入移至输出，因此输出电容器 C_{OUT} 必须能够减小输出电压纹波。对于升压和降压模式，由大容量电容的充放电而产生的纹波由下式给出：

$$V_{RIPPLE,BOOST} = \frac{I_{OUT(MAX)} \times (V_{OUT} - V_{IN(MIN)})}{C_{OUT} \times V_{OUT} \times f}$$

$$V_{RIPPLE,BUCK} = \frac{V_{OUT} \times (V_{IN(MAX)} - V_{OUT})}{8 \times L \times C_{OUT} \times V_{IN(MAX)} \times f^2}$$

由于 ESR（有效串联电阻）两端的压降而产生的稳定纹波由下式给出：

$$V_{ESR,BUCK} = \Delta I_{L(MAX)} \times ESR$$

$$V_{ESR,BOOST} = I_{L(MAX)} \times ESR$$

AST4609 设计用于低输出电压纹波。选择定义为 C_{OUT} 的大容量输出电容器时，其 ESR 必须足够低，以满足输出电压纹波和瞬态要求。 C_{OUT} 可以是低 ESR 钽电容器，低 ESR 聚合物电容器或陶瓷电容器。可以并联放置多个电容器，以满足 ESR 和 RMS 电流处理要求。典型电容为 $300\mu\text{F}$ 。如果需要进一步降低输出纹波或动态瞬态尖峰，系统设计人员可能需要额外的输出滤波。在“推荐组件配置”部分中列出了不同输出电压和输出电容器的矩阵，以最大程度地降低在瞬态响应下的电压下降和过冲。

电感选择

电感主要取决于纹波电流和操作频率。电感电流纹波 ΔI_L 一般被设定为最大电感电流的 20% 至 40%。在电感器设计中，连续模式下的最坏情况考虑如下：

$$L_{BOOST} >> \frac{V_{IN}^2 \times (V_{OUT(MAX)} - V_{IN})}{V_{OUT(MAX)}^2 \times f \times I_{OUT(MAX)} \times \text{Ripple}\%}$$

$$L_{BUCK} > \frac{V_{OUT} \times (V_{IN(MAX)} - V_{OUT})}{V_{IN(MAX)} \times f \times I_{OUT(MAX)} \times \text{Ripple}\%}$$

其中：

f 为操作频率，单位 Hz

$\text{Ripple}\%$ 是允许范围内的电感电流纹波，单位 %

$V_{OUT(MAX)}$ 是最大的输出电压，单位 V

$V_{IN(MAX)}$ 是最大的输入电压，单位 V

V_{OUT} 是输出电压，单位 V

$I_{OUT(MAX)}$ 是最大的输出负载电流，单位 A

电感器应具有低的直流电阻以减少 I^2R 的损耗，并且必须能够处理峰值电感器电流而不会饱和。为了使辐射噪声最小，请使用环形，罐形磁芯或屏蔽线轴电感。请参阅“推荐组件配置”部分。

RSENSE 的选择和最大输出电流

基于所需的电感器电流来选择 R_{SENSE} 。由于降压模式下的最大电感器谷值电流远低于升压模式下的电感器峰值电流，因此建议在降压和升压模式下使用不同的感应电阻。

电流比较器阈值设置升压模式下电感峰值电流和降压模式下最大电感谷值电流。在升压模式下，允许的最大平均负载电流为：

$$I_{OUT(MAX, BOOST)} = \left(\frac{160\text{mV}}{R_{SENSE}} - \frac{\Delta I_L}{2} \right) \times \frac{V_{IN}}{V_{OUT}}$$

其中 ΔI_L 是电感纹波电流峰-峰值。

在降压模式下，允许的最大平均负载电流为：

$$I_{OUT(MAX, BUCK)} = \frac{130\text{mV}}{R_{SENSE}} + \frac{\Delta I_L}{2}$$

升压模式下的最大电流采样 R_{SENSE} 值为：

$$R_{SENSE(MAX, BOOST)} = \frac{2 \times 160\text{mV} \times V_{IN}}{2 \times I_{OUT(MAX, BOOST)} \times V_{OUT} + \Delta I_L \times V_{IN}}$$

降压模式下的最大电流采样 R_{SENSE} 值为：

$$R_{SENSE(MAX, BUCK)} = \frac{2 \times 130\text{mV}}{2 \times I_{OUT(MAX, BUCK)} \times V_{OUT} - \Delta I_L}$$

通常建议在计算出的感测电阻上留出 20% 至 30% 的余量。请参阅“推荐组件配置”部分。

软启动

SS 引脚提供了一种软启动稳压器的方法。该引脚上的电容器将设置输出电压的斜坡率。 $1.7\mu\text{A}$ 电流源将为外部软启动电容器充电。这将控制内部基准电压的斜率和输出电压。总的软启动时间可以计算为：

$$t_{SOFTSTART} = \frac{2.4\text{V} \times C_{SS}}{1.7\mu\text{A}}$$

当 RUN 引脚的电压降至 1.6V 以下时，软启动引脚将复位，以在稳压器再次启动时产生适当的软启动控制。在软启动过程中，电流折返和强制连续模式被禁用。不要向 SS 引脚施加超过 6V 的电压。

运行启动

RUN 引脚用于启用电源模块。该引脚可以由逻辑输入驱动，不超过 6V。

通过在输入电源和 RUN 引脚之间连接一个电阻，RUN 引脚还可以用作欠压锁定 (UVLO) 功能。公式如下：

$$V - UVLO = \frac{R1 + R2}{R2} \times 1.6\text{V}$$

Power Good

PGOOD 引脚是一个漏极开路引脚，可用于监视有效的输出电压调节。该引脚监视调节节点上下 $\pm 7.5\%$ 的范围。

COMP

该引脚是外部补偿引脚。该模块已经针对大多数输出电压进行了内部补偿。且补偿模型亦可用于其他控制回路的优化。

故障条件：电流限制和过流检测

AST4609 具有一个电流模式控制器，该控制器不仅在稳态操作中而且在瞬态中都固有地限制了逐周期的电感器电流。请参阅“推荐组件配置”部分。为了在过载情况下进一步限制电流，AST4609 提供了折返电流限制。如果输出电压下降超过 70%，则对于升压模式，最大输出电流将逐渐降低至约其全电流限值的 30%，对于降压模式，则约为 40%。

待机模式 (STBYMD)

待机模式 (STBYMD) 引脚为启动和待机操作模式提供了多种选择。如果该引脚被拉至接地，则 SS 引脚在内部被拉至接地，从而防止启动，从而提供一个单一控制用于关闭控制器。如果该引脚保持开路状态或通过电容器与地之间去耦，则 SS 引脚内部会提供启动电流，从而可以通过外部控制来打开控制器。如果引脚连接到大于 1.25V 的电压，则即使控制器关闭 (RUN 引脚电压 $<1.6V$)，内部稳压器 (INTV_{CC}) 也将打开。在此模式下，板载 6V 输出线性稳压器可为一些持续连接功能如键盘控制器提供电源。

INTVCC 和 EXTVCC

内部 P 通道低压差稳压器在 V_{IN} 电源引脚的 INTV_{CC} 引脚产生 6V 电压。INTV_{CC} 为模块中的控制芯片和内部电路供电。AST4609 还提供了外部电源电压引脚 EXTV_{CC}。当施加到 EXTV_{CC} 的电压上升到 5.7V 以上时，内部稳压器关闭，内部开关将 EXTV_{CC} 引脚连接到 INTV_{CC} 引脚，从而提供内部电源。只要施加到 EXTV_{CC} 的电压保持高于 5.4V，开关就保持闭合。

当 ($5.7V < V_{OUT} < 7V$) 时，MOSFET 驱动器和控制电源就可以从输出中获取，而当输出超出

稳压范围时 (启动，短路)，则可以从内部稳压器中获取。如果通过 EXTV_{CC} 开关需要的电流超过规定的电流，则可以在 EXTV_{CC} 和 INTV_{CC} 引脚之间插入一个外部肖特基二极管。确保 $EXTV_{CC} \leq V_{IN}$ 。

以下总结了 EXTV_{CC} 的三个可能的连接：

1. EXTV_{CC} 保持打开状态 (或接地)。这将使 INTV_{CC} 由内部 6V 稳压器供电，但代价是效率会有所降低。
2. EXTV_{CC} 直接连接到 V_{OUT} ($5.7V < V_{OUT} < 7V$)。这是 6V 稳压器的常规连接，可提供最高的效率。
3. EXTV_{CC} 连接到外部电源。如果可用的外部电源在 5.5V 至 7V 范围内，则可以使用它来为 EXTV_{CC} 供电，前提是它与 MOSFET 栅极驱动器要求兼容。

散热考虑和输出电流降额

在不同的应用中，AST4609 可在多种热环境下工作。最大输出电流受环境热条件的限制。应该提供足够的散热以确保可靠的操作。当散热受到限制时，考虑到环境温度，气流，输入/输出条件以及对提高可靠性的需求，就必须适当降低输出电流。

安全注意事项

AST4609 模块不提供 V_{IN} 至 V_{OUT} 的隔离。没有内部保险丝。如果需要，需要提供额定值为最大输入电流两倍的慢速熔断器，以保护每个单元免受灾难性故障的影响。

常用典型应用电路参考

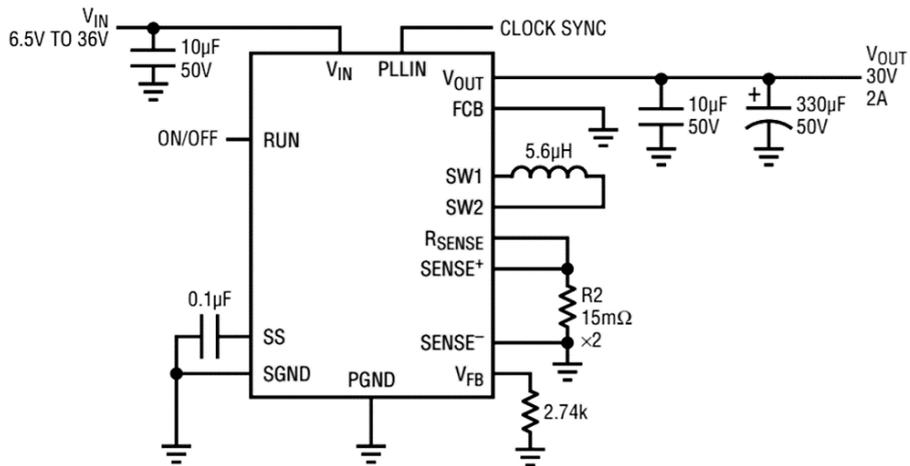


图 9: 典型应用, 30V/2A, 输入电压 6.5V 至 36V

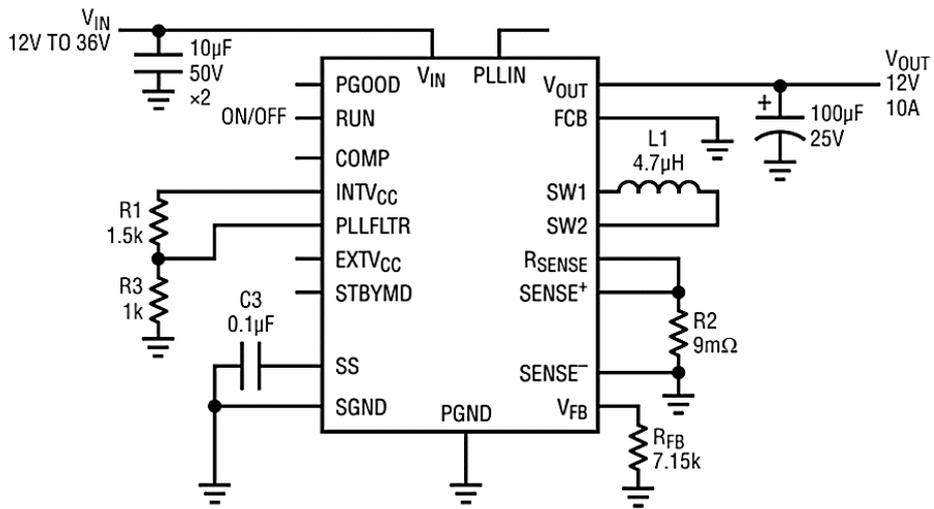


图 10: 降压模式, 输入电压 12V 至 36V

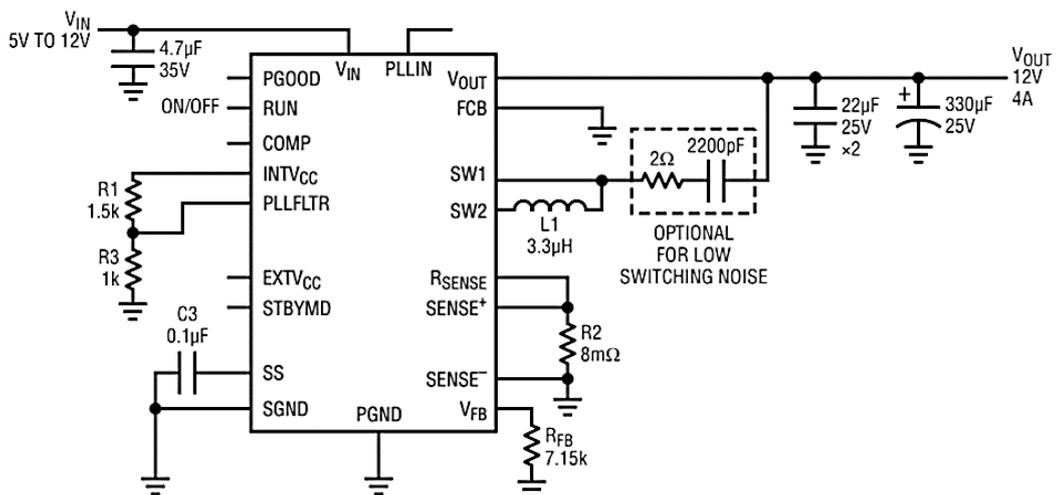


图 11: 升压模式, 5V 至 12V 输入电压, 带低开关噪声 (可选)

常用典型应用电路参考

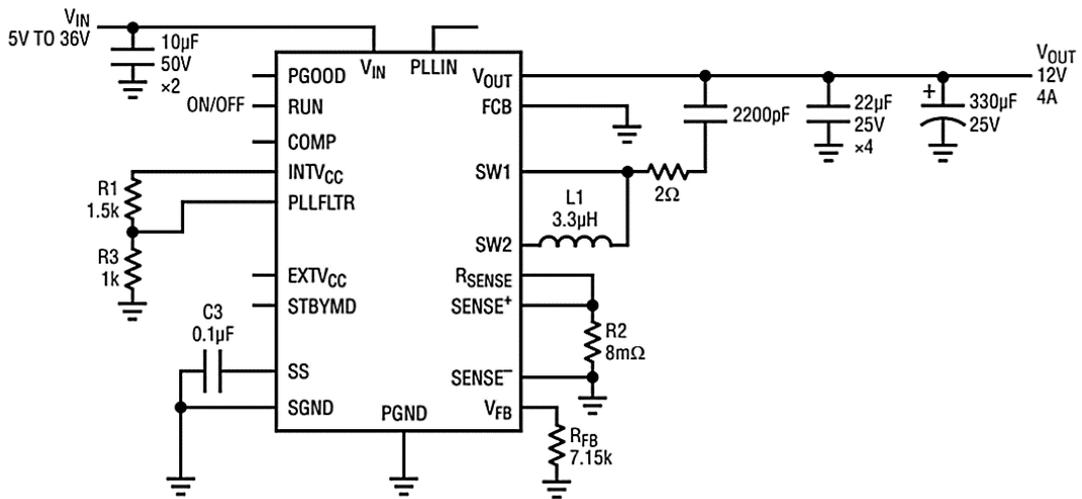


图 12: 5V 至 36V 宽输入模式，输出电压 12V，负载电流 4A

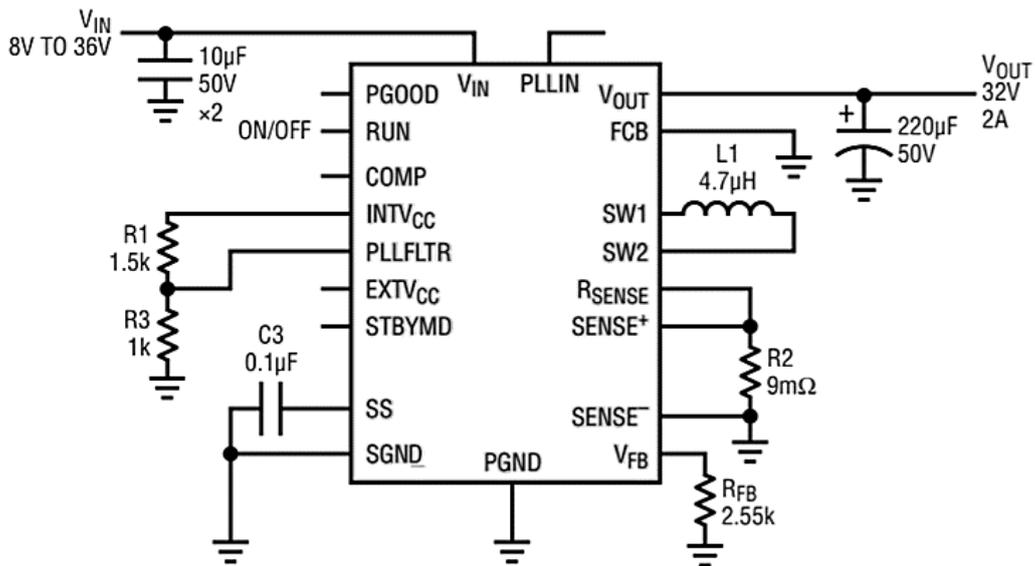


图 13: 8V 至 36V 输入电压，32V 输出电压，负载电流 2A

SMT 上板前湿度敏感性

AST4609 产品上板前必须要烘干，否则可能因潮气导致焊接不良甚至损坏。参考JEDEC 标准 J-STD-033 “Handling, Packing, Shipping, and Use of Moisture/Reflow Sensitive Surface Mount Devices”，请按以下条件烘烤模块：温度 125℃，时长 48 小时或以上。SMT 回流焊温度曲线请参考图 14。

提醒：请尽量避免使用超过 SMT 回流焊峰值温度的高温焊接方式（例如高温热风枪、高温热板等）焊接上板、或者拆卸 AST4609 产品模块，任何超过 SMT 回流焊峰值温度的高温焊接与拆卸方式，均有可能对产品造成不可逆转的损伤甚至损坏，厂家对超过 SMT 回流焊峰值温度进行焊接与拆卸的产品，将不作产品性能保证，并难以作出准确的失效分析。

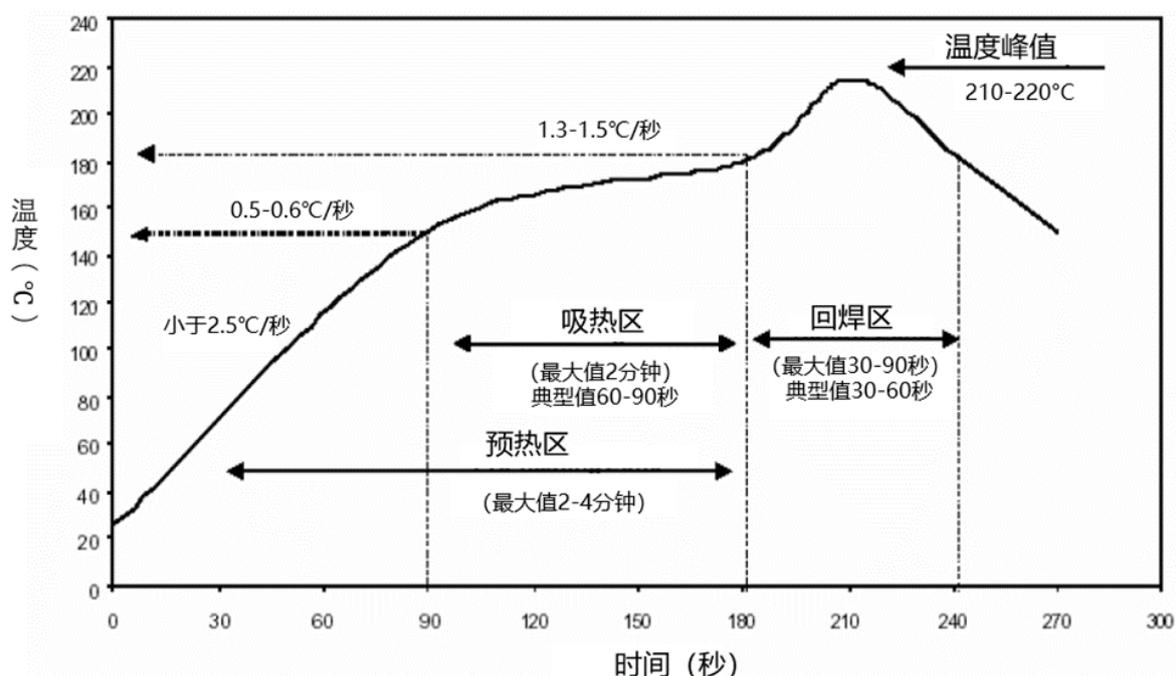
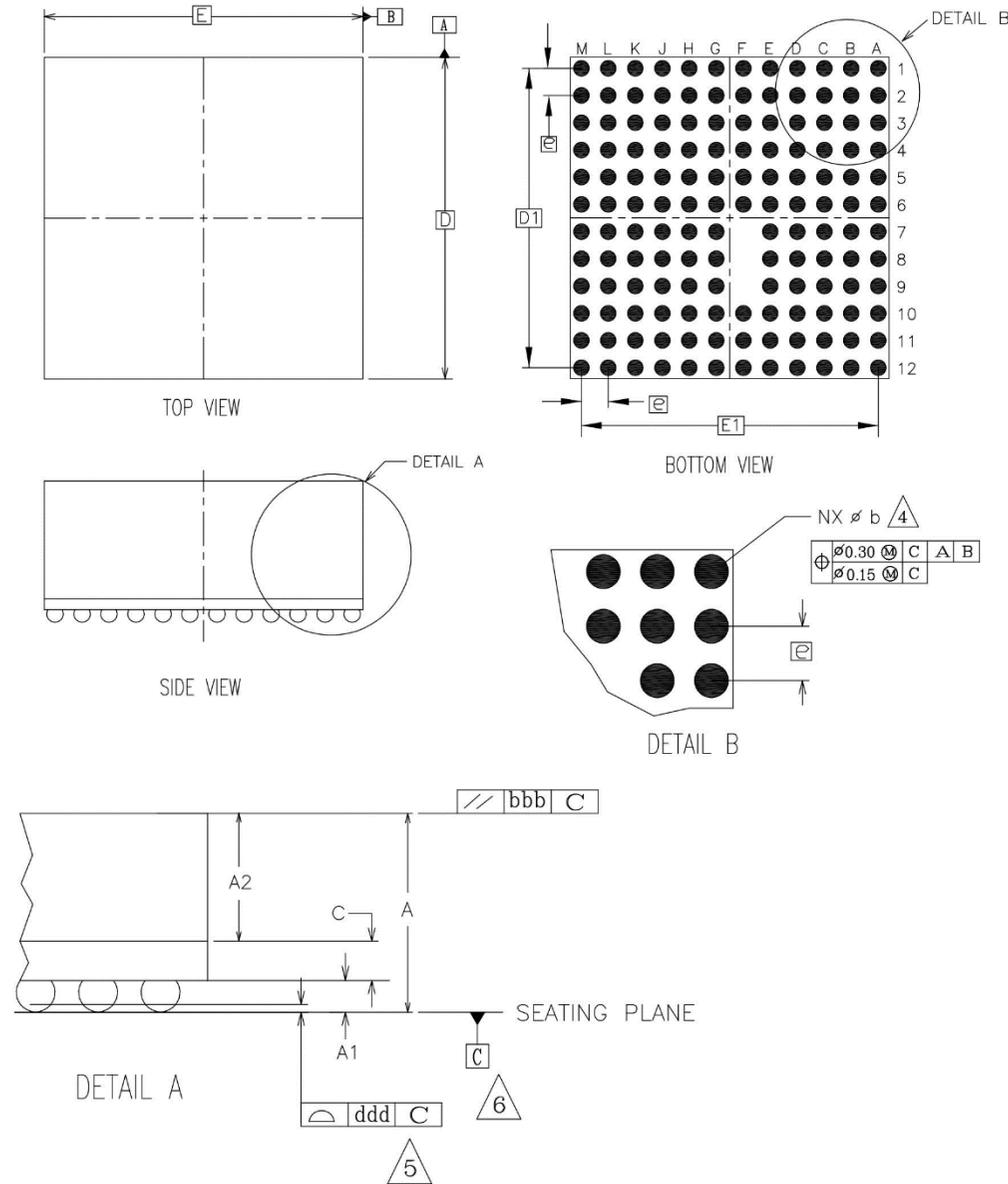


图 14: 回流焊温度曲线图

订货型号:

序号	产品型号	产品封装	尺寸大小
1	AST4609I	BGA141	15mm×15mm×6.6mm
2	AST4609IL	LGA141	15mm×15mm×6mm

封装描述

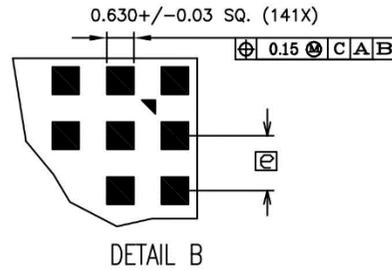
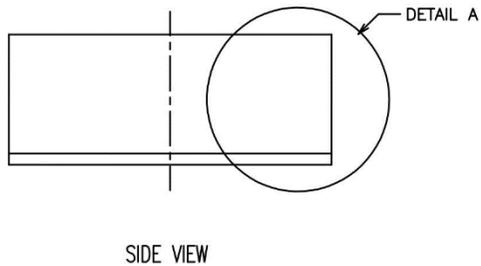
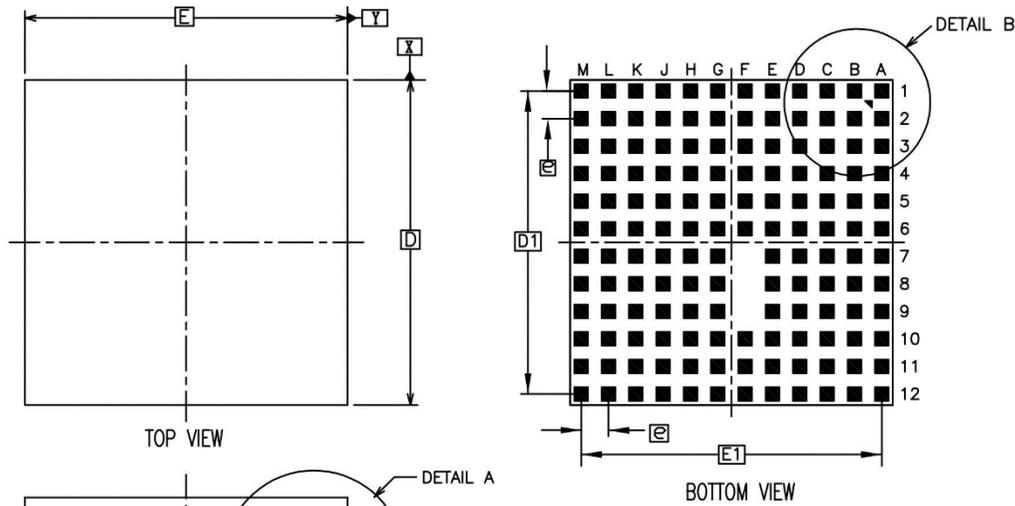


DIMENSIONAL REFERENCES			
REF.	MIN.	NOM.	MAX.
A	6.35	6.60	6.85
A1	0.50	0.60	0.70
A2	5.40	5.50	5.60
c	0.45	0.50	0.55
D	14.85	15.00	15.15
D1	13.97 BSC.		
E	14.85	15.00	15.15
E1	13.97 BSC.		
b	0.60	0.75	0.90
bbb	0.25		
ddd	0.20		
e	1.27 BSC.		
M	12		
N	141		
REF: JEDEC MS-028			

NOTES:

- ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS.
 - 'e' REPRESENTS THE BASIC SOLDER BALL GRID PITCH.
 - 'M' REPRESENTS THE BASIC SOLDER BALL MATRIX SIZE. AND SYMBOL 'N' IS THE NUMBER OF BALLS AFTER DEPOPULATING.
- ⚠️ 'b' IS MEASURABLE AT THE MAXIMUM SOLDER BALL DIAMETER AFTER REFLOW PARALLEL TO PRIMARY DATUM [C]
- ⚠️ DIMENSION 'ddd' IS MEASURED PARALLEL TO PRIMARY DATUM [C]
- ⚠️ PRIMARY DATUM [C] AND SEATING PLANE ARE DEFINED BY THE SPHERICAL CROWNS OF THE SOLDER BALLS.
- PACKAGE SURFACE SHALL BE MATTE FINISH CHARMILLES 24 TO 27.
 - SUBSTRATE MATERIAL BASE IS BT RESIN / High Tg FR4.
 - DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ASME Y14.5M 1994.
- ⚠️ CONFORM TO JEDEC MS-028, EXCEPT DIMENSION 'A'.

封装描述



DIMENSIONAL REFERENCES			
REF.	MIN.	NOM.	MAX.
A	5.85	6.00	6.15
A1	5.40	5.50	5.60
A2	0.50 Ref.		
D	14.85	15.00	15.15
D1	13.97 BSC.		
E	14.85	15.00	15.15
E1	13.97 BSC.		
bbb	0.10		
e	1.27 BSC.		
MD/ME	12/12		
N	141		

NOTES:

1. ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS.
2. 'e' REPRESENTS THE BASIC LGA PITCH.
3. 'M' REPRESENTS THE BASIC LGA MATRIX SIZE. AND SYMBOL 'N' IS THE NUMBER OF LGA AFTER DEPOPULATING.
4. PACKAGE SURFACE SHALL BE MATTE FINISH CHARMILLES 24 TO 27.
5. PRIMARY DATUM 'Z' IS SEATING PLANE.
6. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ASME Y14.5M 1994.
7. LAND DESIGNATION PER JESD MO-222.

