



## 抗辐射恒流恒压型 PWM 控制器

### 1. 产品特性

- CTRL 引脚对输出电流提供精确控制
- $\pm 2\%$  的电压调节精度
- $\pm 6\%$  的电流调节精度
- 输入电压范围（外接达林顿 NPN 管）：6V~40V
- 输入电压范围（外接单颗 NPN 管）：5.25V~40V
- 输入电压范围（无外部 NPN 管，VIN 与 VS 相连）：4.5V~16V
- 输出电压范围：1.2V~13.5V
- 平均电流模式控制
- CTRL 引脚用于负载电流的热调节
- 总剂量（TID）耐受： $\geq 100\text{k rad}(\text{si})$
- 单粒子锁定及烧毁对线性能量传输（LET）的抗干扰度： $\geq 75\text{MeV}\cdot\text{cm}^2/\text{mg}$

### 2. 功能描述

C42611RH 采用固定频率、电流模式，当驱动两个外部开关 MOS 管时，其恒定电流和恒定电压工作模式，可以在 1.2V~13.5V 的宽电压范围内以  $\pm 6\%$  的精度调节高达 20A 的输出电流，并且实现高达 95% 的转换效率。

C42611RH 的频率可被设定和同步在 200kHz 到 1MHz 范围，使得在优化效率的同时最大限度地减小外部组件尺寸。C42611RH 采用平均电流模式控制，在 1.2V 至 13.5V 的宽输出电压范围内保持电感器电流稳定。该稳定电流由 CTRL 引脚的电压和连接到 SENSE+ 和 SENSE- 的外部采样电阻设定。

### 3. 产品应用

- 恒流恒压源
- 超级电容充电
- 短路以及精确限流保护

### 4. 裸芯片/封装简介

- 本产品为裸芯片，尺寸为  $1880\mu\text{m}\times 2840\mu\text{m}$  (含划片槽)



## 5. 绝对最大额定值

表 1 绝对最大额定值

| 参数              | 符号                   | 数值      | 单位 |
|-----------------|----------------------|---------|----|
| VIN 电压          | V <sub>IN</sub>      | 45      | V  |
| VCLAMP 电压       | V <sub>CLAMP</sub>   | 16.5    | V  |
| VS 电压           | V <sub>VS</sub>      | 16.5    | V  |
| EN/UVLO 电压      | V <sub>EN/UVLO</sub> | 5.5     | V  |
| VREF 电压         | V <sub>REF</sub>     | 3       | V  |
| CTRL1、CTRL2 电压  | V <sub>CTRL</sub>    | 3       | V  |
| SENSE+、SENSE-电压 | V <sub>SENSE</sub>   | 16.5    | V  |
| VC 电压           | V <sub>VC</sub>      | 3       | V  |
| SW 电压           | V <sub>PH</sub>      | 40      | V  |
| LSH 电压          | V <sub>LSH</sub>     | 50      | V  |
| CBOOT 电压        | V <sub>BOOT</sub>    | 50      | V  |
| RT 电压           | V <sub>RT</sub>      | 3       | V  |
| FB 电压           | V <sub>FB</sub>      | 3       | V  |
| SS 电压           | V <sub>SS</sub>      | 5.5     | V  |
| VCC_INT 电压      | V <sub>CC_INT</sub>  | 5.5     | V  |
| SYNC 电压         | V <sub>SYNC</sub>    | 5.5     | V  |
| 储存温度            | T <sub>STG</sub>     | -65~150 | °C |
| 工作温度            | T <sub>J</sub>       | -55~125 | °C |
| 参数              | 符号                   | 数值      | 单位 |

(1) 使用中超过这些绝对最大值可能对芯片造成永久损坏。

## 6. 主要电参数

除非特别说明，V<sub>IN</sub>=28V，V<sub>EN/UVLO</sub>=5V，V<sub>SYNC</sub>=0V，标有“●”的表示 T<sub>A</sub>= -55°C ~ 125°C，否则 T<sub>A</sub>=25°C。

表 2 主要电参数

| 参数      | 符号              | 测试条件  | 最小值  | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|---------|-----------------|---|------|-----|-----|----|
| ●输入电压范围 | V <sub>IN</sub> | 外接达林顿 NPN 管   | 6    |     | 40  | V  |
| ●输入电压范围 | V <sub>IN</sub> | 外接单颗 NPN 管  | 5.25 |     | 40  | V  |
| ●输入电压范围 | V <sub>IN</sub> | 无外部 NPN 管，<br>V <sub>IN</sub> =V <sub>S</sub>       | 4.5  |     | 40  | V  |
| 静态电流    | I <sub>Q</sub>  | 无开关状态   |      | 3   | 5   | mA |
| ●关机电流   | I <sub>ST</sub> | V <sub>EN/UVLO</sub> = 0V，<br>R <sub>T</sub> = 40kΩ |      | 10  | 100 | μA |



|                    |                    |  |       |      |       |           |
|--------------------|--------------------|--|-------|------|-------|-----------|
| EN/UVLO 下降阈值电压     | $V_{EN/UVLO}$      |  | 1.16  | 1.21 | 1.26  | V         |
| EN/UVLO 迟滞电压       | $V_{EN/UVLO\_HYS}$ |  | 80    | 120  | 160   | mV        |
| EN/UVLO 电流         | $I_{EN/UVLO}$      | $V_{IN} = 6V,$<br>$V_{EN/UVLO} = 1.1V$         | 3.0   | 6.0  | 12.0  | $\mu A$   |
| SYNC 阈值电压          |                    |  |       | 1    |       | V         |
| CTRL1 电压范围         |                    |  | 0     |      | 1.5   | V         |
| CTRL1 电流           |                    | $V_{CTRL1} = 1.5V$                             |       | -100 |       | nA        |
| ●VREF 电压           | $V_{REF}$          |  | 1.94  | 2    | 2.06  | V         |
| ●SENSE+和 SENSE-电压差 |                    | $V_{CTRL1} = 1.5V$                             | 46    | 51   | 56    | mV        |
| SENSE+电流           |                    | $V_{SENSE+} = 6V$                              |       | 50   |       | nA        |
| SENSE-电流           |                    | $V_{OUT} = 4V,$<br>$V_{CTRL1} = 0V,$           |       | 10   |       | $\mu A$   |
| ●VCC 电压            | $V_{CC\_INT}$ 脚    |  | 4.7   | 5    | 5.2   | V         |
| HG 到 LG 非交叠时间      |                    |  |       | 100  |       | ns        |
| LG 到 HG 非交叠时间      |                    |  |       | 60   |       | ns        |
| LG 最小导通时间          |                    |  |       | 50   |       | ns        |
| HG 最小导通时间          |                    |  |       | 80   |       | ns        |
| LG 最小关断时间          |                    |  |       | 100  |       | ns        |
| 高侧驱动上拉导通电阻         |                    | $V_{CBOOT} - v_{sw} = 5V$                      |       | 2.3  |       | $\Omega$  |
| 高侧驱动下拉导通电阻         |                    |  |       | 1.3  |       | $\Omega$  |
| 低侧驱动上拉导通电阻         |                    | $V_{CC\_INT} = 5V$                             |       | 2.3  |       | $\Omega$  |
| 低侧驱动下拉导通电阻         |                    |  |       | 1    |       | $\Omega$  |
| 开关频率               | $f_{sw}$           | ● $R_T = 40k\Omega$                            | 900   | 1000 | 1070  | kHz       |
|                    |                    | $R_T = 200k\Omega$                             | 185   | 200  | 233   | kHz       |
| 软启动充电电流            |                    |  |       | 11   |       | $\mu A$   |
| FB 输入电流            |                    | $F_B = 1.3V$                                   |       | 850  |       | nA        |
| 电压误差放大器跨导          |                    |  |       | 800  |       | $\mu A/V$ |
| ●FB 电压             |                    | $V_{CTRL1} = 1.5V,$<br>$I_{SENSE-} = 23\mu A,$ | 1.186 | 1.21 | 1.236 | V         |
| ●电流误差放大器失调电压       |                    | $V_{CM} = 4V$                                  | -5    | 0    | 5     | mV        |





|    |         |   |
|----|---------|---|
| 5  | PGND    | 功率地，外接地。  |
| 6  | CBOOT   | 高侧 MOSFET 驱动器的自举电容结点，在该引脚和 PH 引脚之间连入自举电容，且需在 VCC_INT 和 CBOOT 之间接入一个肖特基二极管用于给外接自举电容充电。 |
| 7  | SW      | 开关节点，该引脚连接到电感、高侧开关 MOSFET 的源极和低侧同步 MOSFET 的漏极。  |
| 8  | HG      | 高侧驱动器输出。  |
| 9  | LSH     | 高侧驱动钳位阳极，外接三极管集电极。  |
| 10 | NC      | 空脚。   |
| 11 | NC      | 空脚。   |
| 12 | SYNC    | 频率同步脚，使芯片的工作频率同步于外部时钟；使用该功能时，需设定 RT 电阻使内部频率至少比外部同步的频率低 20%。                           |
| 13 | RT      | 频率设定脚，外接电阻，设定芯片的工作频率在 200kHz~1MHz。  |
| 14 | NC      | 空脚。   |
| 15 | NC      | 空脚。   |
| 16 | NC      | 空脚。   |
| 17 | VC      | 补偿脚，外接电阻电容网络。   |
| 18 | SENSE-  | 电感电流采样比较器反相输入引脚，该引脚连接到电流采样电阻的 VOUT 侧。   |
| 19 | SENSE+  | 电感电流采样比较器同相输入引脚，该引脚连接到电流采样电阻的电感侧。   |
| 20 | NC      | 空脚。   |
| 21 | NC      | 空脚。   |
| 22 | NC      | 空脚。   |
| 23 | NC      | 空脚。   |
| 24 | FB      | 反馈引脚，用来调整电压，参考电压 1.21V。   |
| 25 | SS      | 软启动脚，外接电容。  |
| 26 | CTRL1   | 控制脚，设定输出电流的上限值，该脚最高电压被内部钳位在 1.5V。   |
| 27 | AGND    | 模拟地，外接地。  |
| 28 | CTRL2   | 热控制输入脚，用于调节输出电流值。   |
| 29 | VREF    | 2V 稳压输出，可提供 0.5mA 的驱动电流。  |
| 30 | EN/UVLO | 使能控制脚，阈值电压 1.21V；0.5V 左右可使得芯片完全关断。  |
| 31 | NC      | 空脚。   |



|    |        |                       |
|----|--------|-----------------------|
| 32 | NC     | 空脚。                   |
| 33 | VCLAMP | 电压钳位脚，外接三极管的基极。       |
| 34 | VS     | 芯片供电脚，外接去耦电容及三极管的发射极。 |

## 8. 功能详细说明

C42611RH 采用固定频率的平均电流工作模式，可精确调节输出电压和输出电流。参照芯片内部模块图，芯片主要由基准电压源、振荡器、电流误差放大器、电压误差放大器、PWM 比较器、同步逻辑控制、高低侧驱动器等模块组成。具体的工作过程如下：

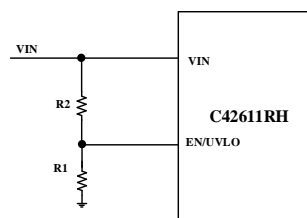
芯片上电后，采样脚 SENSE+和 SENSE-检测外部采样电阻上的压降，通过电流误差放大器调节补偿端 VC 的电压，VC 电压再与振荡器产生的锯齿波电压比较，比较器的输出信号被 PWM 控制逻辑电路处理，通过高低侧驱动器控制外部 MOS 管的开启和关断。

当输出电压低于外部分压电阻设定的电压值时，芯片工作在恒流模式，控制环路以±6%的精度调节电感器中的电流。当输出电流低于外部采样电阻设定的电流值时，芯片工作在恒压模式，控制环路以±1.5%的精度调节输出电压。

### 8.1 使能

EN/UVLO 引脚可实现精密关断功能，当 EN/UVLO 引脚的电压低于典型值 1.21V 时，内部信号复位，功率管驱动器等开关控制功能被停止，芯片将不再提供输出电压或者电流；当 EN/UVLO 引脚的电压低于约 0.5V 时，芯片进入关机模式。在关机模式中，功率管驱动器、基准电压、振荡器以及其他所有功能模块都处于关机模式。关机模式的静态电流不超过 10μA。

EN/UVLO 引脚具有 130mV 的内置迟滞。此外，内部 4.0μA 的电流源连接到该引脚，因此可以通过 VIN 和 EN/UVLO 之间以及 EN/UVLO 以及地之间的电阻设定任意值的迟滞电压。



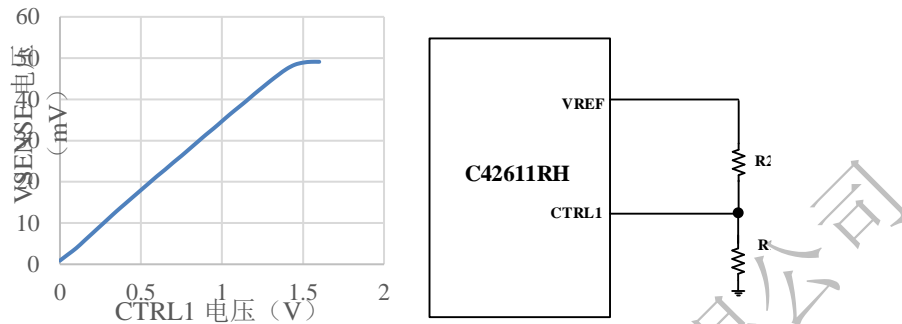
参考上图，可通过下式选取 R1、R2 的值，设定所需的 UVLO 电压  $V_{UVLO}$  和迟滞电压  $V_{HYS}$ 。

$$R2 = \frac{V_{HYS}}{4.0\mu A} - \frac{V_{UVLO}}{37\mu A} \quad R1 = \frac{1.21V \times R2}{V_{UVLO} - 1.21V}$$



## 8.2 控制引脚精确调节输出电流

电流控制回路有两个输入控制端即CTRL1引脚和CTRL2引脚的电压决定。CTRL1和CTRL2两个引脚电压中更低的一个决定了输出电流的最大值。内部跟随器的输出端具有1.5V钳位，因此将CTRL1和CTRL2引脚的可控制电压范围限制在0V到1.5V，对于采样脚SENSE+和SENSE-的电压范围为0V到51mV。



上图给出了采样脚SENSE+和SENSE-的电压差与CTRL1电压的曲线图。通过VREF及外部电阻R1和R2可以设定CTRL1电压。因VREF脚电流限制在500 $\mu$ A，所以R1、R2的取值不能太小，需满足 $(R1+R2) \geq 4k\Omega$ 。

## 8.3 峰值限流保护

除了通过平均电流来控制电感的电流值之外，芯片还具备峰值限流保护功能。设定峰值限流点的电压值等于CTRL1引脚电压所对应的调节稳定电流的SENSE+和SENSE-引脚之间的电压值再加上23mV（即23mV到74mV）。因此峰值限流点即为上述叠加后的电压值除以SENSE+和SENSE-引脚之间的采样电阻。

峰值限流保护是逐周期限制的，一旦电感电流达到设定的峰值电流值，开关管马上关闭。另外，峰值限流不受软启动控制。

## 8.4 软启动

在芯片启动过程中，SS引脚将保持低电平，直到内部复位信号变为低电平。一旦复位信号变为低电平，软启动引脚处的电容将被内部11 $\mu$ A电流源充电，SS电压缓慢上升，对应于SENSE+和SENSE-引脚之间的采样电阻设定的最大电流值缓慢上升。软启功能让芯片缓慢启动，可以防止输出电压过冲和电流启动瞬间过大。

## 8.5 输出过压保护

输出电压的调节是通过连接在FB引脚的电阻分压器来实现。FB引脚的参考电压为1.21V。如果输出电压高于设定的电压值，则电感电流将减小以维持输出电压的稳定。如果FB引脚电压达到1.5V（比正常调节电压高约25%），则内部过压信号被置位，开关将被关闭。当退出过压状态时，经过约13 $\mu$ s的延时后，芯片将重新开始正常工作。



## 8.6 开关频率及时钟同步

开关频率由RT引脚上的电阻设定。同时RT引脚的电流被限制在60 $\mu$ A，因此，即使当RT引脚被短接到地时，开关频率的最大值也被限制为2MHz。

通过使用SYNC引脚，芯片也可以与外部时钟同步。但是必须选择RT引脚的电阻，使其设定的开关频率比外部时钟的频率低至少20%。

表 4 开关频率与 RT 电阻对应关系表

| 开关频率 (MHz) | RT电阻 (k $\Omega$ ) |
|------------|--------------------|
| 1          | 40.2               |
| 0.75       | 53.6               |
| 0.5        | 82.5               |
| 0.3        | 143                |
| 0.2        | 200                |

## 8.7 过热保护

芯片具有过热保护功能，热关断的温度点设置为163 $^{\circ}$ C，退出的温度点温为155 $^{\circ}$ C（8 $^{\circ}$ C的迟滞）。在热关断期间，所有开关被关闭且芯片被复位（SS引脚将被强制拉低）。

## 9. 芯片应用说明

### 9.1 典型应用图

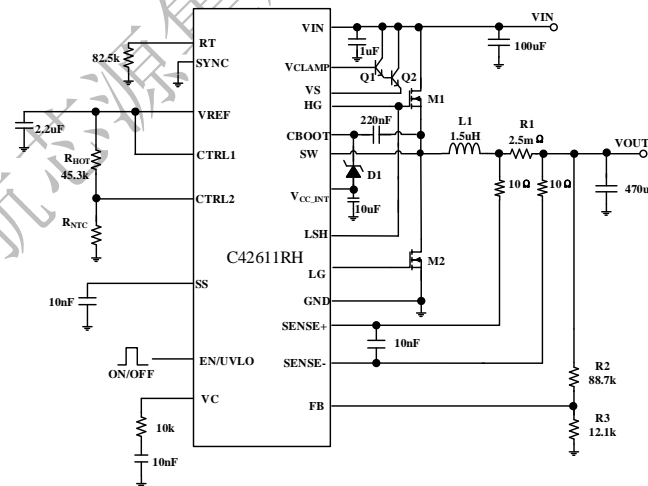


图 3 推荐工作电路

### 9.2 输出电压设置

可以通过两个串联的电阻来调整输出电压的大小，参考图7，我们可以从图中得出输出电压的计算公式：





$$V_{out} = (1 + \frac{R2}{R3}) \times 1.21V$$

### 9.3 MOS 管选取

N沟道功率MOS管的选择取决于对RDS(ON)、栅电荷(QG)、栅漏电荷(QGD)、最大输出电流的要求。设计时应折衷考虑MOS管的栅极电荷与RDS(ON)值。因输入上电过程中驱动电压最低可能会低至3V，建议选择阈值电压不高于2V的MOS管。

### 9.4 NPN 管选取

芯片在使用时需要通过外部NPN管钳位，所用NPN管需满足最高工作电压VIN的要求，并且提供芯片工作时所需的工作电流，因平均电流达几十甚至上百mA，VCLAMP和VS的外部NPN管建议使用达林顿结构。

### 9.5 输出电容选取

需要采用低ESR（等效串联电阻）的电容以最大限度减小输出电压纹波。多层陶瓷电容和电解电容的并联是最佳的选择，因为它具有非常低的ESR和较低的成本。

对于大多数应用来说，10μF陶瓷电容和470μF钽电容的并联用于输出已经足够，可以采用更大的电容值来获得极低的输出电压纹波并改善瞬态响应。上述陶瓷电容建议优先选用X5R和X7R介质材料的电容，因其能在很宽的电压和温度范围内保持电容的稳定性。

### 9.6 输入电容选取

低ESR的输入电容降低了开关噪声，并且减小了从电池吸收的峰值电流。因此，将陶瓷电容用于输入去藕是一种上佳的选择，而且，电容应尽可能放在靠近芯片的地方。对于绝大多数应用场合，一个10μF的陶瓷电容放置在芯片VIN脚，一个10μF陶瓷电容和一个100μF钽电容并联放置在高侧MOS管已经足够。上述陶瓷电容，建议优先选用X5R和X7R介质材料的电容，因其能在很宽的电压和温度范围内保持电容的稳定性。

### 9.7 电感选取

电感的选择与开关频率有关。在大多数应用中，一般建议采用1μH的电感。较大的电感值通过减小其纹波电流，能够获得较高的输出电流能力，但同时由于电感尺寸增加而导致布板面积增加。电感器的电流纹波通常设定在最大电感器电流的20%至40%。电感器应该具有较低的DCR（绕组的串联电阻）以降低电感上的损耗，并且须保证电流至峰值电流的情况下尚未发生饱和。为了尽量降低辐射噪声，可以采用屏蔽电感器。

### 9.8 布板注意事项

1) 功率走线如 GND、SW、VIN 等，应简短并且具有一定宽度；



- 2) FB 引脚直接连接反馈电阻，两个反馈电阻必须连接于输出电容和地之间；
- 3) 分别在芯片的 VIN 脚以及高侧 MOS 管的漏极放置去耦电容，且尽量与芯片或者 MOS 管靠近；
- 4) 驱动器的输出脚 HG 和 LG 应简短并且具有一定宽度，以减小寄生电感；开关节点 SW 远离敏感节点 FB；
- 5) 采样脚 SENSE+ 和 SENSE-，需与采样电阻直接相连；可通过串联 10Ω 量级的小电阻、并且在两个引脚之间增加 10nF 量级的电容以抑制采样电阻的寄生 ESL（等效串联电感）的干扰。

## 9 注意事项

### 9.1 产品安装注意事项

- 1) 芯片键合区主要材料为铝，适宜于键合工艺，键合材料推荐硅铝丝，若使用金丝，在芯片装配、使用过程中需控制金铝化合物产生；
- 2) 芯片背面为硅衬底，可粘接；
- 3) 芯片背面为 0V 电位，装配时推荐接地或悬空。

### 9.2 产品使用注意事项

- 1) 芯片工作电压绝对最大额定值 42V，器件不能超过极限工作条件使用；
- 2) 电源去耦：应在靠近器件电源引出端处采用大于等于 10μF 电容。此外，线路板布线应尽量短，尽量避免直角、锐角走线；
- 3) 输出电容建议大于等于 600μF，以改善瞬态响应并获得较低低的输出电压纹波；
- 4) 工作时先检查电源、地是否接触良好后再接通器件电源。

### 9.3 产品防护注意事项

- 1) 本产品可以抗 2000V 静电击穿，使用时应注意避免静电损伤，操作人员戴接地防静电手环，操作台面、操作设备接地良好，拿取芯片时，最好使用真空吸笔，以免损伤芯片；
- 2) 真空包装好的芯片应贮存在温度 10℃ 到 30℃，相对湿度 20%~70% 的环境中，周围没有酸、碱或者其它腐蚀气体，通风良好，且具备相应防静电措施；未使用的芯片应存于氮气柜中；
- 3) 在避免雨、雪直接影响的条件下，装有产品的包装箱可以用安全的运输工具运输。但不能和带有酸性、碱性和其它腐蚀性物体堆放在一起。



## 10 版本说明

| 产品型号     | 编制时间      | 版本编号  | 修订记录   |
|----------|-----------|-------|--------|
| C42611RH | 2022.3.24 | Rev.1 | 初始版本   |
| C42611RH | 2022.5.21 | Rev.2 | 更正了引脚图 |

浙江航芯源集成电路科技有限公司