

## 集成恒流功能、离线式电流模式 PWM 控制器

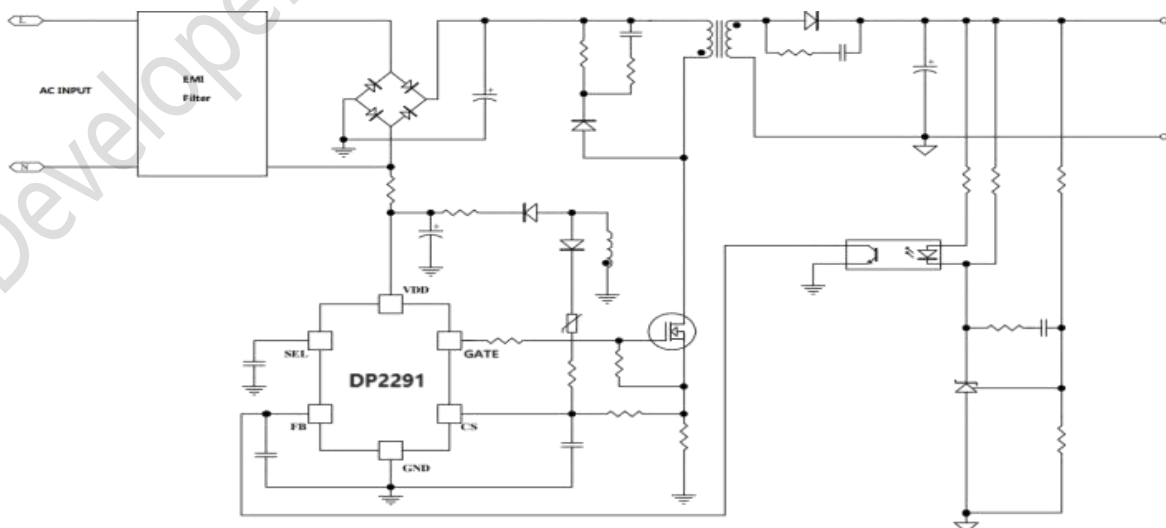
### 主要特点

- 可支持断续模式、连续模式的原边恒流技术
- $\pm 5\%$  恒流精度;  $\pm 1\%$  恒压精度
- 待机功耗 < 75mW
- 固定 65KHz 开关频率
- 绿色省电模式和打嗝模式工作
- 超低启动和工作电流
- 集成抖频功能优化 EMI
- 集成内部斜率补偿的电流模式控制
- 集成线电压和电感量补偿的恒流技术
- 集成自恢复模式的保护功能:
  - VDD 欠压保护 (UVLO)
  - VDD 过压保护 (OVP)
  - 过热保护 (OTP)
  - 逐周期电流限制
  - 过载保护 (OLP)
  - 短路保护 (SCP)
  - 前沿消隐 (LEB)
  - CS 管脚开路保护
  - CS 过热保护 (CS OTP)
- 封装类型 SOT23-6

### 典型应用

- 充电器和适配器
- 电机驱动电源

### 典型应用电路



### 产品描述

DP2291 是一款针对离线式反激电源设计的高性能 PWM 控制器。

芯片内集成有通用的原边恒流控制技术, 可支持断续模式和连续模式工作, 适用于恒流输出的隔离型电源应用中。

DP2291 内部具有高精度 65kHz 开关频率振荡器, 且带有抖频功能可优化 EMI 性能。芯片采用绿色节能模式和打嗝模式工作, 可以获得小于 75mW 的待机功耗。

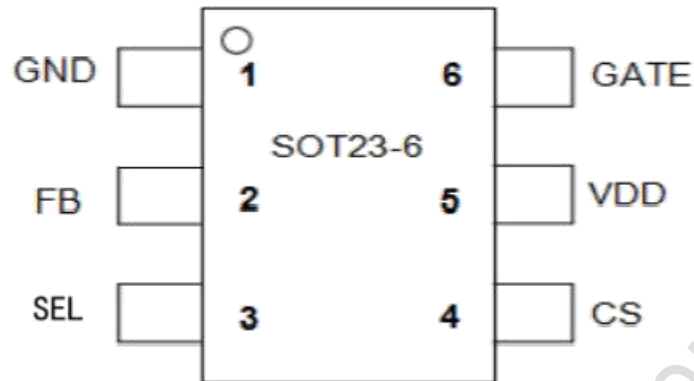
DP2291 集成有完备的保护功能, 包括: VDD 欠压保护 (UVLO)、VDD 过压保护 (OVP)、逐周期电流限制、短路保护 (SCP)、过载保护 (OLP)、过热保护、软启动、VDD 箝位和 CS 管脚开路保护和 CS 过热保护 (CS OTP) 等。

### 封装信息

| 封装     | 描述                         |
|--------|----------------------------|
| DP2291 | SOT23-6, 无卤、编带盘装, 3000 颗/盘 |

## 产品说明

### ➤ 管脚排列



### ➤ 管脚功能描述

| 管脚 | 名称   | I/O | 描述   |
|----|------|-----|--|
| 1  | GND  | P   | 芯片参考地  |
| 2  | FB   | I   | 反馈输入管脚。闭环控制时连接于光电耦合器，此脚位电压决定了 PWM 驱动信号的占空比和 CS 管脚的关断电压   |
| 3  | SEL  | I   | 功能复用管脚。恒流恒压输出应用时，推荐连接典型值为 10-47nF 电容到 GND 管脚             |
| 4  | CS   | I   | 电流采样输入管脚,以及通过 NTC 电阻和二极管连接到 PWM 变压器的辅助绕组，实现该管脚 CS OTP 功能 |
| 5  | VDD  | P   | 芯片供电管脚   |
| 6  | GATE | O   | 图腾驱动电路管脚，连接外部 MOSFET                                     |

## ➤ 产品标记



DP91 为产品品名：

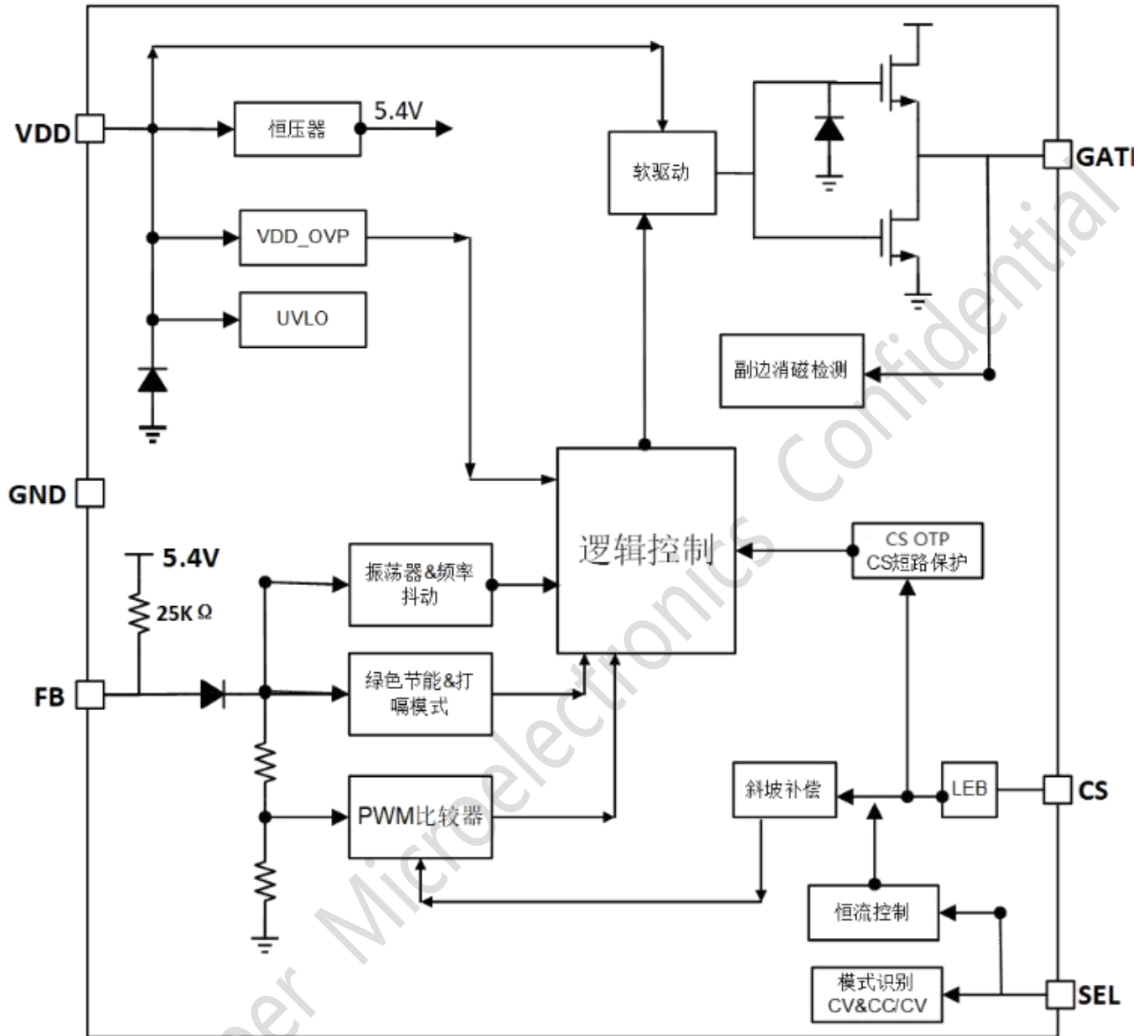
XXXX 第一、二个 X 代表年份最后一位，例 2020 即 20；第三、四个 X 代表周号，01-52 表示。

## ➤ 绝对最大额定值<sup>(备注 1)</sup>

| 参数                    | 数值         | 单位   |
|-----------------------|------------|------|
| VDD 直流供电电压            | 37.2       | V    |
| VDD 直流箝位电流            | 10         | mA   |
| FB, CS, SEL 电压        | -0.3 to 7  | V    |
| GATE 电压               | 20         | V    |
| 封装热阻---结到环境 (SOT23-6) | 200        | °C/W |
| 最大结温                  | 175        | °C   |
| 储藏温度范围                | -65 to 150 | °C   |
| 焊接温度 (焊接, 10 s)       | 260        | °C   |
| ESD 人体模型              | 3          | kV   |

**备注1：**超出列表中极限参数可能会对芯片造成永久性损坏。极限参数为额定应力值。在超出推荐的工作条件和应力的情况下，器件可能无法正常工作，所以不推荐让器件工作在这些条件下。过度暴露在高于推荐的最大工作条件下，会影响器件的可靠性。

**内部功能框图**



## 推荐工作条件

| 参数       | 数值        | 单位 |
|----------|-----------|----|
| VDD 供电电压 | 10 to 25  | V  |
| 工作环境温度   | -40 to 85 | °C |

## 电气参数 (TA=25°C, VDD=18V, 除非另有说明)

| 符号                               | 参数            | 测试条件                          | 最小    | 典型   | 最大    | 单位    |
|----------------------------------|---------------|-------------------------------|-------|------|-------|-------|
| <b>供电部分 (VDD 管脚)</b>             |               |                               |       |      |       |       |
| I <sub>VDD_st</sub>              | VDD 启动电流      |                               |       | 1    | 1.8   | uA    |
| I <sub>VDD_op</sub>              | VDD 工作电流      | V <sub>FB</sub> =3V, GATE=1nF | 0.308 | 0.44 | 0.572 | mA    |
| V <sub>DD_ON</sub>               | VDD 开启电压      |                               | 15.3  | 16.5 | 18    | V     |
| V <sub>DD_OFF</sub>              | VDD 关断电压      |                               | 6     | 7.2  | 9.2   | V     |
| V <sub>DD_OVP</sub>              | VDD OVP 阈值    |                               | 26.5  | 31.5 | 37.2  | V     |
| V <sub>DD_Clamp</sub>            | VDD 箝位电压      | I(V <sub>DD</sub> ) = 7 mA    | 29.4  | 35.5 | 41.4  | V     |
| <b>反馈部分 (FB 管脚)</b>              |               |                               |       |      |       |       |
| V <sub>FB_Open</sub>             | FB 开路电压       |                               | 5     | 5.4  | 5.7   | V     |
| I <sub>FB_Short</sub>            | FB 短路电流       | FB 短路                         | 0.16  | 0.22 | 0.3   | mA    |
| Z <sub>FB_IN</sub>               | FB 输入阻抗       |                               |       | 25   |       | KΩ    |
| V <sub>skip</sub>                | 驱动停止 FB 电压阈值  |                               |       | 0.92 |       | V     |
| V <sub>TH_OLP</sub>              | 过流保护 FB 电压阈值  |                               |       | 4.5  |       | V     |
| T <sub>D_OLP</sub>               | 过流保护延时时间      | SEL 悬空                        |       | 75   |       | ms    |
| <b>电流采样部分 (CS 管脚)</b>            |               |                               |       |      |       |       |
| T <sub>LEB</sub>                 | 前沿消隐          |                               | 250   | 350  | 450   | ns    |
| V <sub>CS_max_CV</sub>           | 恒压模式输出过流保护阈值  |                               | 0.97  | 1.0  | 1.03  | V     |
| V <sub>CS_max_CC</sub>           | 恒流模式输出过流保护阈值  |                               | 1.15  | 1.2  | 1.25  | V     |
| T <sub>D_OC</sub>                | 过流保护关断延时      | GATE=1nF                      |       | 70   |       | ns    |
| V <sub>TH_OTP</sub>              | CS OTP 阈值     |                               |       | 0.5  |       | V     |
| T <sub>D_OTP</sub>               | CS OTP 延时防抖周期 |                               |       | 112  |       | cycle |
| <b>振荡器部分</b>                     |               |                               |       |      |       |       |
| F <sub>OSC</sub>                 | 正常工作频率        |                               | 60    | 65   | 70    | KHz   |
| ΔF(shuffle)<br>/F <sub>OSC</sub> | 抖频范围          |                               | -7    |      | 7     | %     |

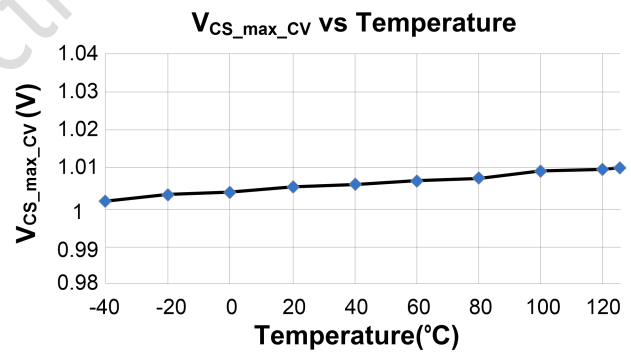
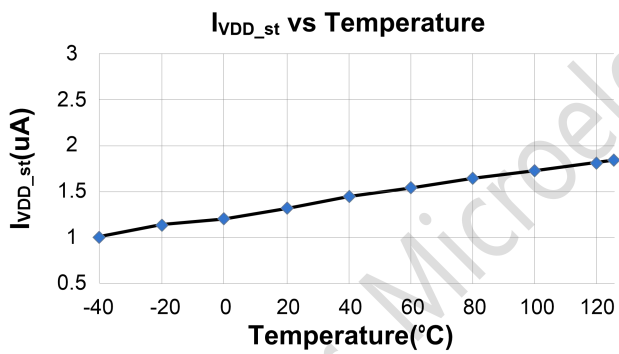
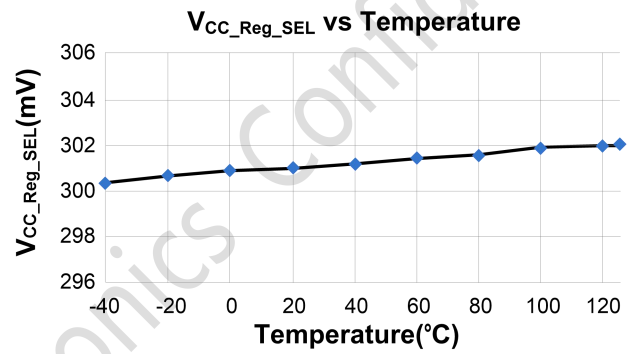
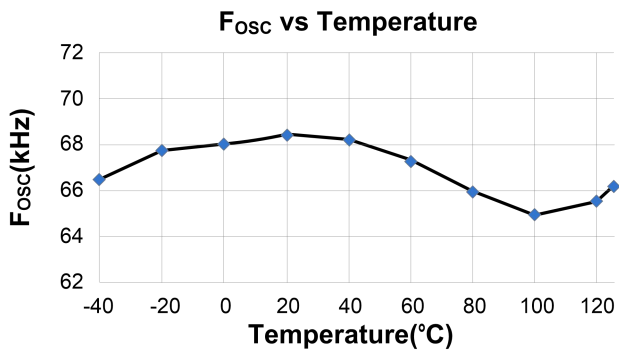
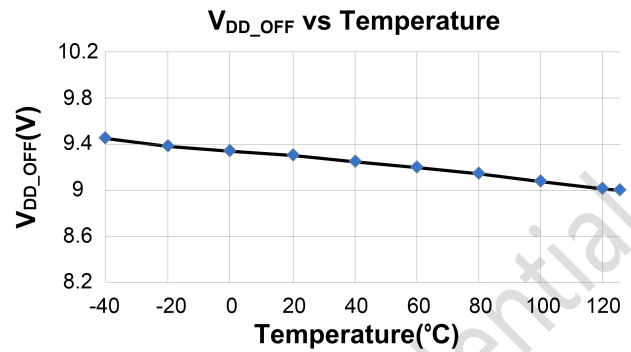
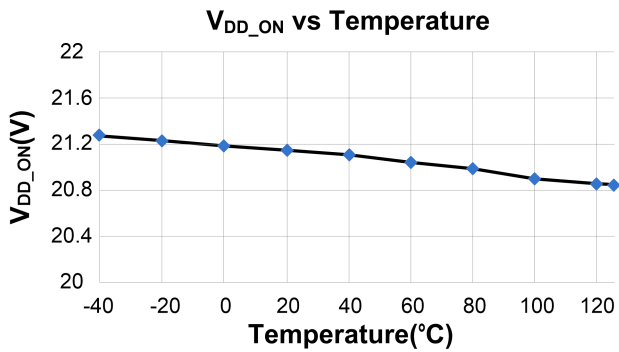


集成恒流输出功能、离线式电流模式 PWM 控制器

|                             |               |                                |     |      |      |     |
|-----------------------------|---------------|--------------------------------|-----|------|------|-----|
| T(shuffle)                  | 抖频周期          |                                |     | 16   |      | ms  |
| D <sub>MAX</sub>            | 最大占空比         |                                |     | 76   |      | %   |
| F <sub>Bust</sub>           | 打嗝模式工作频率      |                                |     | 22   |      | KHz |
| <b>恒流控制部分 (SEL 连接电容)</b>    |               |                                |     |      |      |     |
| V <sub>CC_Reg_SEL</sub>     | 恒流输出基准        |                                | 195 | 200  | 205  | mV  |
| I <sub>CC_SEL_Source</sub>  | 恒流控制流出电流      |                                |     | 20   |      | uA  |
| V <sub>CC_SLP_SEL</sub>     | 短路保护 SEL 电压阈值 |                                |     | 0.7  |      | V   |
| T <sub>CC_Short_SEL</sub>   | 短路保护延迟时间      |                                |     | 210  |      | ms  |
| <b>过热保护部分</b>               |               |                                |     |      |      |     |
| T <sub>SD</sub>             | 过热关断          | (备注2)                          |     | 165  |      | °C  |
| T <sub>RC</sub>             | 过热恢复          | (备注2)                          |     | 140  |      | °C  |
| <b>驱动部分 (GATE 管脚)(备注 2)</b> |               |                                |     |      |      |     |
| V <sub>OL</sub>             | 输出低电平         | I <sub>gate_sink</sub> =20mA   |     |      | 1    | V   |
| V <sub>OH</sub>             | 输出高电平         | I <sub>gate_source</sub> =20mA | 9.8 | 11.8 | 14.5 | V   |
| V <sub>G_Clamp</sub>        | 输出高箝位电压       | V <sub>CC</sub> =20V,C=1nF     |     | 11.8 |      | V   |
| T <sub>r</sub>              | 输出上升时间        | GATE=1nF                       | 405 | 450  | 495  | ns  |
| T <sub>f</sub>              | 输出下降时间        | GATE=1nF                       | 26  | 38   | 62   | ns  |

备注2: 参数取决于设计, 批量生产制造时通过功能性测试。

参数特性曲线



## 功能描述

DP2291 是一款具有多模式的电流模式控制器，内部集成了丰富的功能。芯片内集成有通用的原边恒流控制技术，可支持断续模式和连续模式工作，适用于恒流输出的隔离型电源应用中。

### ● 系统启动

在芯片开始工作之前，DP2291 仅消耗典型值为 1uA 的启动电流，当 VDD 电压超过开启电压（典型值 16.5V），DP2291 开始工作。之后 VDD 电容持续为芯片供电直至输出电压建立后由辅助绕组为芯片供电，VDD 才会逐渐达到 VDD 的设定值（此设定值由辅助绕组和次级绕组的匝比以及输出电压共同决定）。当芯片检测到异常的保护状态，功率 MOS 将会被使能关断，导致变压器的辅助绕组不再为 VDD 电容提供电流，而高压启动电阻提供的电流不足以维持 VCC 内部电流的消耗，从而导致 VCC 不断降低，VDD 电压低于 7.2V（典型值）时，芯片复位重新启动。

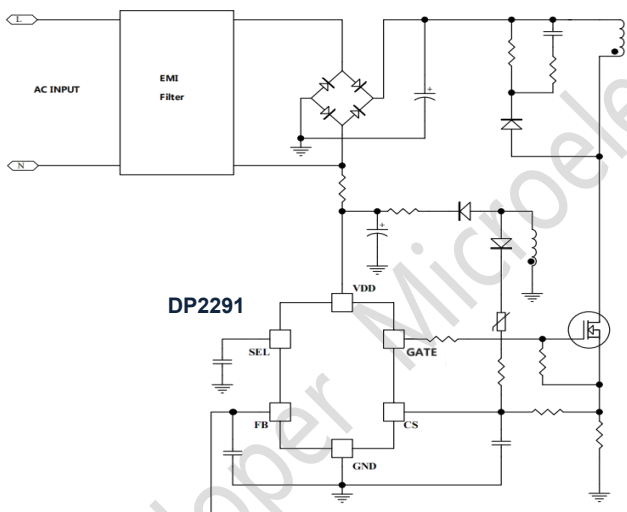


图 1

### ● VDD 过压保护及钳位功能

当 VDD 电压因为异常状态升高至 31.5V(典型值)，IC 将会关断功率 MOS，系统进入自动重启状态，当 VDD 电压超过过压值持续升高至 35.5V(典型值)时，将会从 VDD 抽取一个较大的电流，从而稳定 VDD。

### ● 原边恒流控制技术

DP2291 可以同时支持变压器在断续模式和连续模式下工作。并且芯片工作在连续模式时，副边电感电流续流到零后，原边电感和高压 MOSFET 的输出电容开始谐振过程，芯片利用检测到的流经 MOSFET 的 GATE 和 DRAIN 间的寄生电容的负向电流实现了副边电感电流过零点的检测。

外部可通过改变原副边匝比和 CS 电阻改变恒流大小。

$$I_{CC\_OUT}(\text{mA}) = N \times \frac{V_{CC\_Reg}}{R_{cs}} \cong N \times \frac{200\text{mV}}{R_{cs}(\Omega)}$$

RCS 为连接于功率 MOSFET 和地之间的电流采样电阻。

N 为变压器原边与副边绕组匝比

### ● 恒流、恒压模式识别

芯片通过识别启动之初 SEL 管脚的阻抗来决定工作在何种模式下。当 SEL 管脚连接电容时 (10-47nF)，DP2291 工作在恒流恒压输出模式下；当 SEL 管脚悬空时，芯片工作在恒压输出模式下。

### ● ±5%恒流精度、±1% 恒压精度

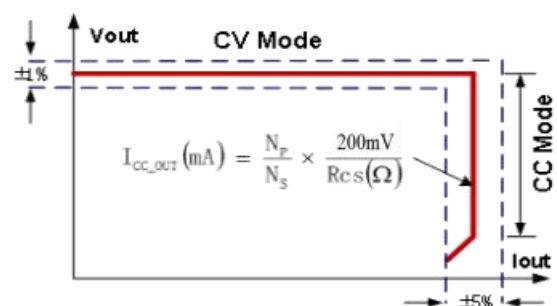


图 2

由于集成有针对线电压和电感量的补偿，DP2291 可以保证 ±5% 的恒流精度；恒压输出控制与传统 PWM 控制器相同，通过副边闭环实现 ±1% 的恒压精度且带有较好动态响应功能。

### ● 带有抖频功能的振荡器

在 DP2291 内部通过校准 PWM 开关频率被严格固定为 65KHz。为了改善系统 EMI 性能，芯片带有抖频功能。

### ● 绿色节能工作模式

当 FB 电压低于 2.4V(典型值)时，IC 控制的系统工作频率将会从 65KHz(典型值)开始降低，至 FB 等于 1.83V(典型值)时，频率降低至最低的 22KHz(典型值)。这是为了在轻载时，减小系统的开关损耗，提高效率。需要提到的是，随着 FB 的降低，CS 的阈值点也会降低，当 FB 较低时，CS 的阈值将会被限制在 0.3V(典型值)，是为了降低待机时的频率，进而减低开关损耗，达到降低待机功耗的目的。

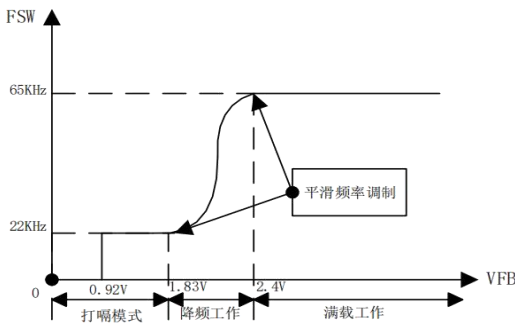


图 3

### ● 打嗝模式和保持模式

当负载非常小时，系统便进入到打嗝模式工作。当 FB 电压低于阈值  $V_{skip}$  时，IC 将会关断功率 MOS，直至 FB 高于阈值  $V_{skip}+0.8V$ (典型值)，芯片再次工作。通过打嗝模式工作，降低了开关频率和待机状态下的系统功耗，提高效率。值得注意的是，芯片工作在打嗝模式时，功率 MOS 将会被使能关断，导致变压器的辅助绕组不再为 VDD 电容提供电流，VDD 电压可能会低于  $VDD_{OFF}$  以下，导致芯片重启。芯片检测 VDD 电压高于  $VDD_{OFF}+2V$  时(典型值)，芯片强行使功率 MOS 工作，避免了芯片掉电重启。

### ● 内部斜率补偿

斜坡补偿电路是针对占空比大于 50% 的电流模电路，

防止出现次谐波振荡而设计。

DP2291 内部采用在采样电压信号上叠加斜率电压的方式实现斜率补偿，这样极大的增加了系统工作在连续模式下的稳定性，避免了次谐波振荡的产生和降低了输出电压纹波。

### ● 前沿消隐 (LEB)

由于原边 MOSFET 集成电容和副边输出二极管反向恢复的问题，当功率 MOSFET 开通瞬间在采样电阻上便产生一电压尖刺。为了避免 GATE 信号被错误关断，芯片内部集成有前沿消隐功能。在此时间内(典型值 350ns)，PWM 比较器停止工作且 GATE 输出不允许关断。

### ● 过热保护 (OTP)

芯片过热保护指的是芯片内部温度过高发生的保护功能，当芯片结温超过  $165^{\circ}C$ (典型值)时，并且持续 8 个周期触发保护，芯片停止工作；只有当结温低于  $140^{\circ}C$ (典型值)时，芯片才能重新开始工作。

### ● 软启动调频调幅

DP2291 内置了典型值 5ms(典型值)的软启动功能，在芯片上电时，过流保护阈值从 0.3V(典型值)逐渐增加到 CS 峰值，直到芯片自身环路介入时，软启动结束，有效抑制了启动时的电流尖峰。另外芯片上电时，开关频率由 22KHz 逐渐增大。此功能有利于避免变压器的饱和和降低副边二极管的应力。每次系统的重启都将伴随一次软启动过程。

### ● 短路保护 (SLP, 恒流、恒压输出应用)

在恒流恒压输出应用中，当芯片检测到 SEL 管脚低于 0.7V 且持续时间超过 210ms 时(典型值)，系统便进入短路保护模式并开始自动重启直至故障消失。

### ● 恒功率控制 (恒压输出应用)

在恒压输出模式中，芯片采用了一种专利的“恒功率控制”技术实现全电压输入范围内高精度恒功率输出。通过获取原边占空比信息，芯片利用特有的模拟方式

产生随占空比而改变的过流保护阈值。

- **过载保护 (OLP、恒压输出应用)**

在恒压输出模式下，当 FB 电压大于  $V_{TH\_OLP}$  时，IC 认为系统处于过载状态，此时触发过载保护信号，开始 75ms(典型值)计时器的计时工作。如果 75ms 以内，FB 始终高于  $V_{TH\_OLP}$ ，75ms(典型值)延迟时间一到将会关断功率 MOS，使系统进入自动重启模式。如果在 75ms(典型值)以内，FB 低于  $V_{TH\_OLP}$ ，过载保护信号将会被复位，75ms(典型值)的计时器也复位。75ms(典型值)的保护延时有利于避免在开机过冲中错误保护。

- **CS 管脚开路保护**

当 VDD 电压超过开启电压  $V_{DD\_ON}$  (典型值 16.5V) 后。如果 CS 管脚阈值大于 1.45V(典型值)，并连续触

发 4 个周期，芯片触发保护进入自动重启模式；否则，系统开始正常工作。利用此种保护方式增强了系统的可靠性。

- **CS 过热保护 (CS OTP)**

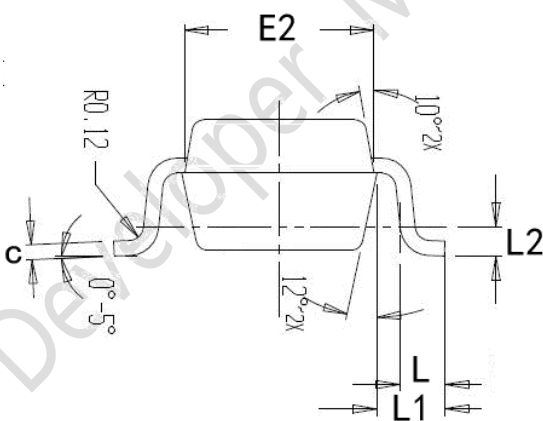
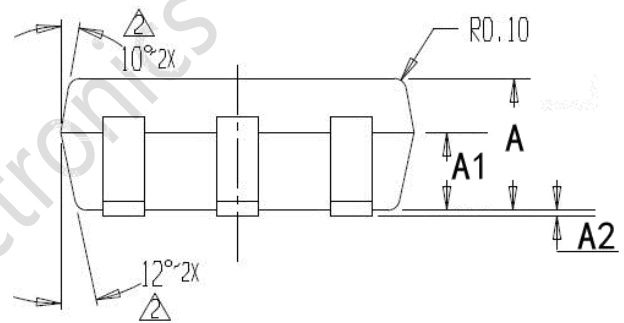
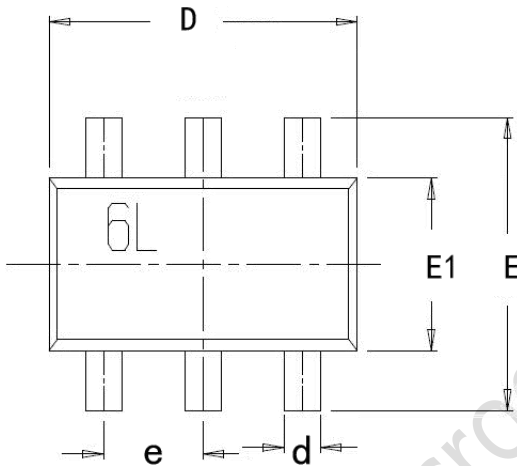
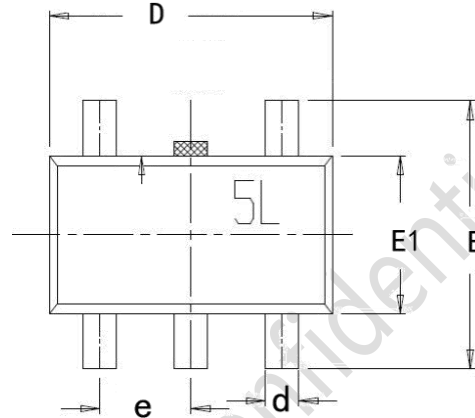
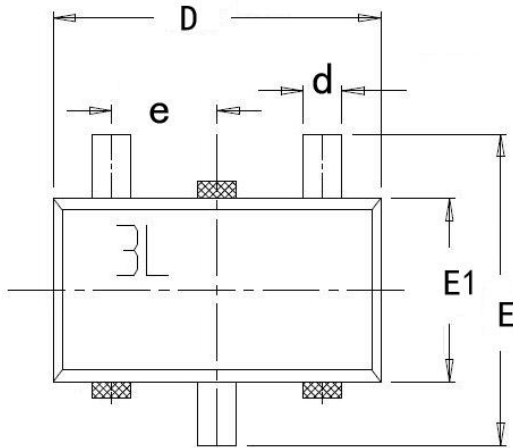
通过检测 DP2291 辅助绕组电压，实现了输出过电压保护。当 DP2291 在延迟时间后采样 CS 的反馈电压，如果采样电压超过  $V_{TH\_OTP}$ ，并连续触发 112 个周期，芯片将会触发过温保护进入自重启模式。

- **软驱动**

芯片软驱时间长，对副边二极管电压尖峰有明显抑制作用。内部设计有 11.8V(典型值)的 MOSFET 源极驱动电压箝位功能。同时，驱动电路设计有软驱动功能可有效地优化系统 EMI。

封装尺寸

SOT23-6



| Symbol | Min      | Nom   | Max   |
|--------|----------|-------|-------|
| A      | 1.050    | 1.100 | 1.150 |
| A1     | 0.625    | 0.650 | 0.675 |
| A2     | 0.010    | 0.050 | 0.090 |
| c      | 0.047    | 0.127 | 0.207 |
| D      | 2.900    | 2.950 | 3.000 |
| d      | 0.325    | 0.350 | 0.375 |
| E      | 2.720    | 2.800 | 2.880 |
| E1     | 1.600    | 1.650 | 1.700 |
| E2     | 1.550    | 1.600 | 1.650 |
| e      | 0.925    | 0.950 | 0.975 |
| L      | 0.300    | 0.380 | 0.460 |
| L1     | 0.599REF |       |       |
| L2     | 0.250BSC |       |       |



## 修订历史

| 版本     | 修订日期       | 修订人 | 修订内容 |
|--------|------------|-----|------|
| REV1.0 | 2023.12.04 | AE  | 初版   |

Developer Microelectronics Confidential

## 重要声明

德普微尽力确保本产品规格书内容的准确和可靠，但是保留在没有通知的情况下，修改规格书内容的权利。客户在下订单前应联系德普微获取最新的相关信息，并验证这些信息是否完整且是最新的。所有产品的销售都遵循在订单确认时所提供的本公司销售条款与条件。

德普微会不定期更新本文档内容，产品实际参数可能因型号或者其他事项不同有所差异，本文档不作为任何明示或暗示的担保或授权。

本产品规格书未包含任何针对德普微或第三方所有的知识产权的授权。针对本产品规格书所记载的信息，德普微不做任何明示或暗示的保证，包括但不限于对规格书内容的准确性、商业上的适销性，特定目的的适用性或者不侵犯德普微或任何第三人知识产权做任何明示或暗示保证，德普微也不就因本规格书本身及其使用有关的偶然或必然损失承担任何责任。

德普微对应用帮助或客户产品设计不承担任何义务。客户应对其使用本公司的产品和应用自行负责。为尽量减小与客户产品和应用相关的风险，客户应提供充分的设计与操作安全验证。

针对本规格书所披露的内容，在未获得德普微的授权下，任何第三方不得使用、复制、转换，一经发现本公司必依法追究其法律责任，并赔偿由此对本公司造成的一切损失。

请注意在本资料记载的条件范围内使用产品，特别请注意绝对最大额定值、工作电压范围和电气特性等。因在本资料记载的条件范围外使用产品而造成的故障和(或)事故等的损害，本公司对此概不承担任何责任。

本公司一直致力于提高产品的质量和可靠度，但所有的半导体产品都有一定的失效概率，这些失效概率可能会导致一些人身事故、火灾事故等。当设计产品时，请充分留意冗余设计并采用安全指标，这样可以避免事故的发生。

使用本公司的 IC 生产产品时，如因其产品中对该 IC 的使用方法或产品的规格，或因进口国等原因，包含本 IC 产品在内的制品发生专利纠纷时，本公司概不承担相应责任。