

# LZC3103A

## 高性能谐振控制器



### 综合描述

LZC3103A 是一款高性能、高精度谐振模式双端控制器，专用于 LLC 半桥谐振电路的控制应用。它提供 50% 的互补占空比：高压侧开关和低压侧开关在完全相同的时间内以 180° 反相方式导通/关断。控制器通过调节系统工作频率来实现对输出电压的调制和稳定。LZC3103A 采用了一种新颖的 MOSFET 零电压检测方法，在两路 MOSFET 的关断和导通之间插入自适应死区时间，保证了系统软开关、低 EMI 和高效率。为了防止启动期间的输出电压过冲，LZC3103A 提供了用户可设的软启动过程，使开关频率从设定的最大值开始启动，然后逐渐衰减到由环路控制的稳态谐振频率点，同时也避免了启动

时失控的冲击电流。LZC3103A 提供空载或轻载下的可编程突发工作模式控制，可最小化磁化电流损耗和频率相关损耗，以实现节能规范。输出电流随温度升高而降低的温度折返功能可以保持系统在高温环境下继续工作。LZC3103A 是一款高度集成的控制器，采用 SOP16 封装，实现调频控制，简化了系统设计。内部振荡器支持从 40kHz 到 400kHz 的开关频率。LZC3103A 提供完整的系统保护功能，包括电容模式检测、半桥线电压欠压保护、负载过电流保护（OCP）、VCC 欠压锁定（UVLO）、VCC 过压保护，输出过压保护和过温保护。

### 主要特性

- 高精度振荡器
- 自适应的死区时间控制
- 可编程软启动
- 可编程最低工作频率和最高工作频率
- 原边恒电流输出模式
- 容性模式检测
- 轻载突发工作模式
- 可编程电流折返功能
- 保护功能：
  - 输入欠压保护
  - VDD 过压保护
  - 输出过压保护
  - 输出短路保护
  - 容性模式保护
  - 高压侧栅极驱动器欠压保护
  - 带迟滞的过温保护

### 应用范围

- ◆ 各类 100W 到 1kW 开关电源

### 典型应用电路

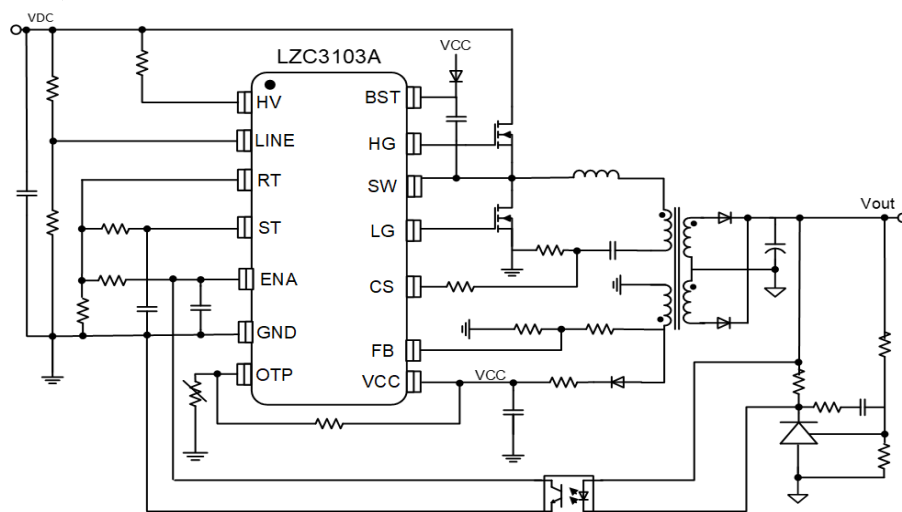
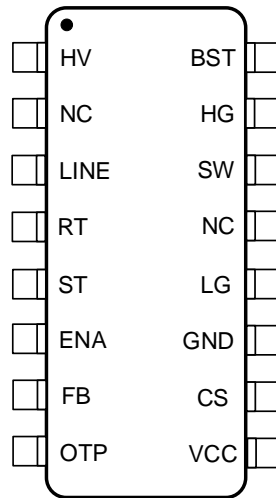


图 1 典型应用电路

### 引脚排序 (SOP16)



### 引脚功能说明

名称	I/O	序号	描述
HV	I	1	高压输入端，VCC 供电引脚。
NC	NC	2	无连接。
LINE	I	3	输入线电压检测。该引脚通过电阻分压连接到高压输入，做交流或直流输入欠压保护。
RT	I	4	频率调节引脚。该引脚提供精确的 2.0V 参考电压，从该引脚连接到 GND 的电阻值定义了控制器最小工作频率。控制环路的光耦通过电阻连接到该引脚，通过调节工作频率来调节转换器输出电压。
ST	I	5	启动频率设置。ST 与 GND 之间接一只电容，并通过电阻连接至 RT 引脚，以在启动期间获得最大工作频率。
ENA	I	6	突发模式设置引脚。ENA 引脚检测与反馈控制相关的电压，该电压与 1.26V 内部参考电压进行比较，以进入突发模式。
FB	I	7	输出电压检测引脚。
OTP	I	8	过温保护设置。可编程的 OTP 电路由 OTP 和 VCC 引脚之间的电阻，以及 OTP 和 GND 之间的 NTC 电阻组成。
VCC	Power	9	芯片供电引脚。
CS	I	10	电流检测输入，通过电阻连接至 GND，检测谐振电流并执行过电流保护。
GND	Power	11	芯片地。

# LZC3103A

高性能谐振控制器



LOZEN TECHNOLOGY INC

LG	O	12	低端MOSFET驱动输出。
NC	NC	13	无连接。
SW	I	14	高端驱动器浮地。
HG	O	15	高端MOSFET驱动输出。
BST	O	16	高端MOSFET栅极驱动浮动电源。VCC和BST之间连接一个超快恢复二极管，该引脚和SW引脚之间连接自举电容。

## 系统框图

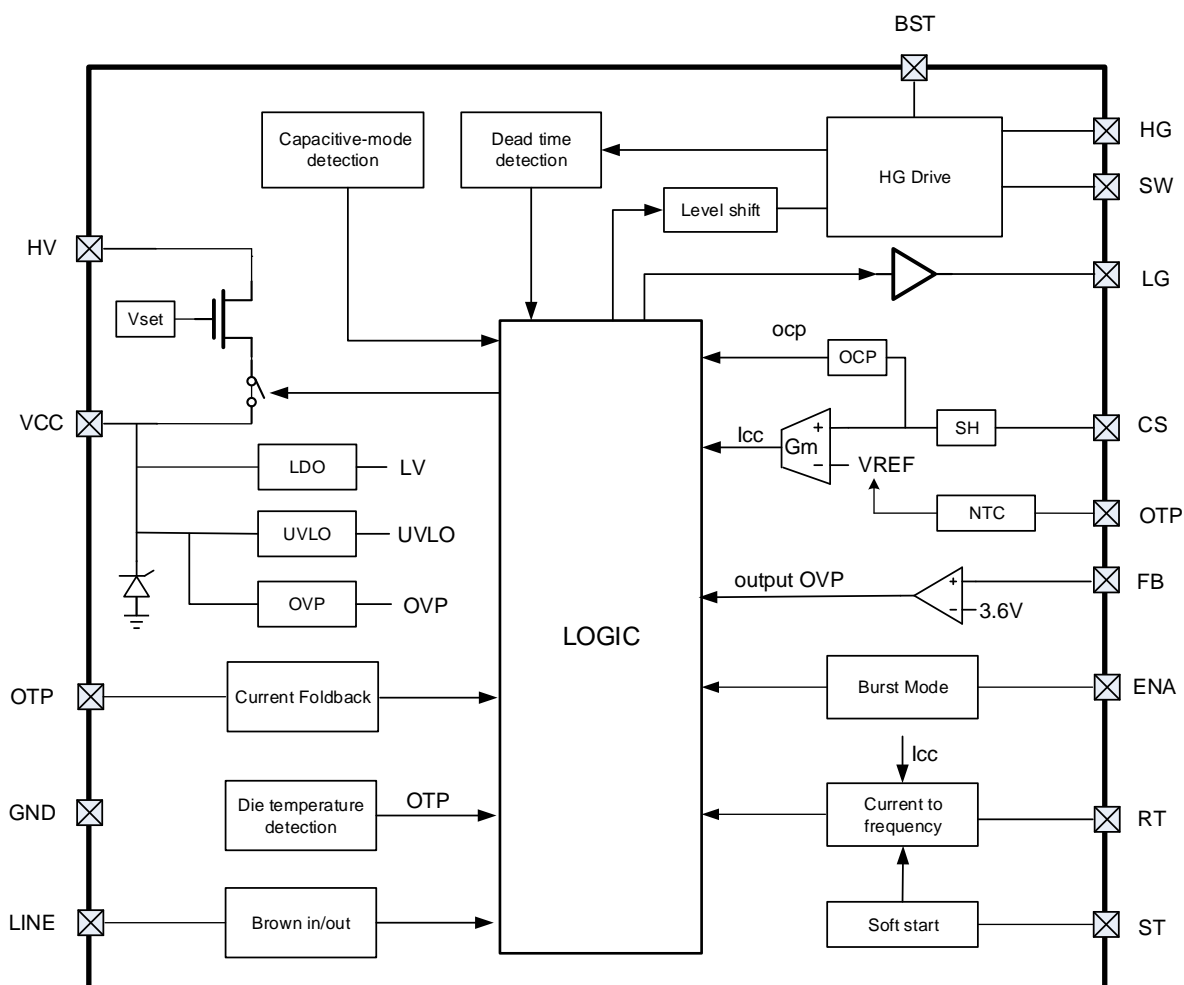


图 2 系统框图

# LZC3103A

## 高性能谐振控制器



### 极限参数<sup>(备注 1)</sup>

HV 引脚-----	-0.3V~+500V
SW 引脚-----	-0.3V~+500V
VCC 和 HG 引脚-----	-0.3V~+30V
其他引脚 -----	-0.3V to 6.5V
最大热阻, $\theta_{JA}$ SOP16 -----	165°C/W
最高结温 -----	160°C
最高焊接温度 (10 sec.) -----	260°C
贮藏温度范围 -----	-55°C to 150°C

### ESD 能力<sup>(备注 2)</sup>

HBM -----	2KV
MM -----	200V

### 推荐参数<sup>(备注 3)</sup>

结温 -----	-40°C to 150°C
环境温度 -----	-40°C to 85°C
VCC 供电范围 -----	10V to 23V
VCC 电容 -----	2.2uF to 47uF

备注 1, “极限参数”是指无法保证设备安全且可能对 LZC3103A 造成永久性损坏的取值。长时间暴露在极限最大额定条件下可能会影响控制器的可靠性。

备注 2, 它对 ESD 情况非常敏感, 建议采取一些预防措施。

备注 3, 如果在推荐的工作范围外工作, 则不保证控制器的可靠性。

# LZC3103A

## 高性能谐振控制器

### 电气参数 (备注1)



(如无其他说明, 测试条件为 VCC=12V, T<sub>A</sub>=25°C)

符号	参数	测试条件	限值			单位
			最小	典型	最大	
<b>HV (Pin1)</b>						
I <sub>ST</sub>	HV启动电流	VDD=VDD <sub>ON</sub> -0.3V		1000		uA
I <sub>OC</sub>	HV工作电流	C <sub>DRV</sub> =1.5nF		15		mA
<b>VCC (Pin9)</b>						
I <sub>ST</sub>	VCC 启动电流	VDD=VDD <sub>ON</sub> -0.3V		10	30	μA
I <sub>OC</sub>	VCC 工作电流	C <sub>DRV</sub> =1.5nF		3		mA
I <sub>SLEEP</sub>	突发模式工作电流	Driver closed		700		uA
VCC <sub>ON</sub>	VCC 开启电压			16		V
VCC <sub>OFF</sub>	VCC 关断电压			9		V
VCC <sub>RESET</sub>	VCC 重启电压			6		V
VCC <sub>OVP</sub>	VCC 过压保护阈值			20		V
<b>RT (Pin4)</b>						
F <sub>REQmin</sub>	最低工作频率			40		KHz
F <sub>REQmax</sub>	最大工作频率			400		KHz
I <sub>RT</sub>	RT 脚最大电流				2	mA
V <sub>RT</sub>	RT 脚电压			2		V
<b>FB (Pin7)</b>						
V <sub>FB_OVP</sub>	FB 过压保护阈值			3.6		V
T <sub>FB_OVP</sub>	FB 过压保护检测时间			15		cycle
V <sub>FB_SOURCE</sub>	FB 钳位电流		2			mA
<b>ENA (Pin6)</b>						
V <sub>ena</sub>	突发模式进入阈值			1.26		V
<b>CS (Pin11)</b>						
V <sub>ref</sub>	CC模式基准电压			100		mV

# LZC3103A

## 高性能谐振控制器



LOZEN TECHNOLOGY INC

T <sub>BK_CS</sub>	CS边沿消隐时间				200	ns
VOCP	CS过流保护阈值			1		V
Count	CS过流保护检测周期			2		T
<b>Dead-Time</b>						
DT <sub>min</sub>	最小死区时间			200		nS
DT <sub>max</sub>	最大死区时间			700		nS
<b>BST (Pin16)</b>						
BST <sub>ON</sub>	BST启动电压			14		V
BST <sub>OFF</sub>	BST关闭电压			9		V
<b>HG (Pin 15), LG (Pin 12)</b>						
I <sub>source</sub>	HG, LG 输出电流	VCC=15V		800		mA
I <sub>sink</sub>	HG, LG 灌入电流			2000		mA
Dis_matching			-50		50	nS
<b>Line (Pin 3)</b>						
UVLO	输入欠压保护阈值			2		V
I <sub>Line</sub>	启动前灌入电流			40		uA
I <sub>Clamp</sub>	钳位电流			1		mA
<b>OTP (Pin 8)</b>						
I <sub>DROP</sub>	温度折返下降率			5		%/10mV
T <sub>OVP</sub>	过温保护点		140	150	160	°C
T <sub>OVP_RE</sub>	过温保护解除点		120	130	140	°C

备注 4: 在限制条件之外使用本产品可能会出现与公布参数不同的参数变化。如果需要更多信息, 请咨询菱奇半导体有限公司相关技术支持工程师。

### 功能描述

LZC3103A 是一款专门用于谐振半桥拓扑结构的高级双端控制器。控制器工作时，为半桥电路提供两路 50% 互补占空比的驱动控制，使高端 MOSFET 和低端 MOSFET 在完全相同的时间里交替导通和关断，相位差 180°。但实际上，在一个 MOSFET 的关闭和另一个 MOSFET 的导通之间插入了一个死区时间 TD，在死区时间内，两个 MOSFET 都处于关闭状态。该死区时间对于控制器正常工作至关重要：它可以实现系统的软开关，高效率 and 低 EMI。LZC3103A 的独特之处在于，它能够在一定范围内自动调整死区时间的长短，使其为最适合半桥转换的过渡时间（自适应死区时间）。这使得用户可以优化谐振器的设计，以便在宽负载范围内实现软开关并得到最优效率。

### 振荡器

LZC3103A 振荡器电路通过 RT 引脚实现工作频率的调节。

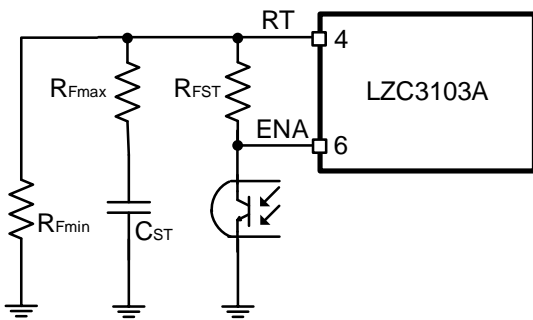


图 3 频率调制电路

RT 引脚提供精确的 2.0 V 参考电压，二次侧输出电压由光耦反馈，并通过电阻连接到 RT 上形成控制回路，RT 引脚流出的电流越大，振荡器频率越高。

最小工作频率由以下式子设置：

$$f_{min}(Khz) = \frac{1.25}{R_{Fmin}(K\Omega)} * 10^3$$

### VCC 启动

当系统上电时，直流电压加在 HV 引脚上，并通过内部电路对 VCC 电容充电。如图 4 所示，当 VCC 的电压达到 16.0V 时，LZC3103A 内部电路开始输出驱动信号以开启功率 MOSFET。当 VCC 电压降至 9.0V 以下时，LZC3103A 关闭 MOSFET 驱动信号并进入 VCC 欠压锁定保护（UVLO）。系统采用了 7V 迟滞电压，是为了防止启动过程中的电压下降引起系统关机。一旦 VCC 电压超过 20V，IC 就会关闭 MOSFET 驱动信号，进入 VCC 过压保护。

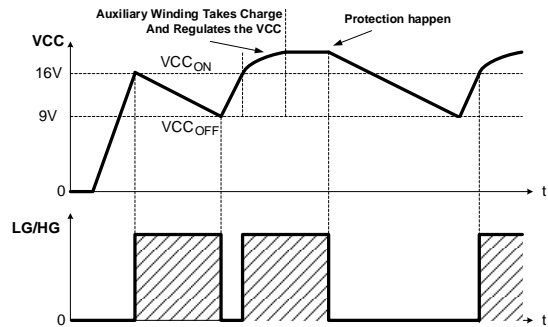


图 4 VCC 工作过程

### 软启动过程

LZC3103A 内部集成了可编程软启动过程，使系统在启动过程中，从一个设定的最高频率值（不应超过 400kHz）开始工作，然后逐步下降到由控制回路控制的谐振频率。由于 LLC 谐振电路的输出增益与工作频率成反比，软启动机制可以避免过大的涌入电流和输出电压过冲。

另一方面，它使变换器的初始工作频率高于 LLC 电路的谐振频率，从而确保电感模式运行，也保证零电压开关。

软启动频率在 ST 引脚上设置，如图 5 所示。系统刚启动时，ST 初始电压为 0V，RFST 与 RFmin 并联，RT 引脚输出较大的启动电流，对应设定的最高启动频率。ST 引脚上的电容器被慢慢充

# LZC3103A

## 高性能谐振控制器

电，随着 ST 引脚电压的增加，通过  $R_{FST}$  的电流逐渐减小，工作频率逐渐降低，输出电压从较低的值逐渐升高。当  $R_{FST}$  电流降至零时，软启动过程结束，系统工作频率降为谐振频率。

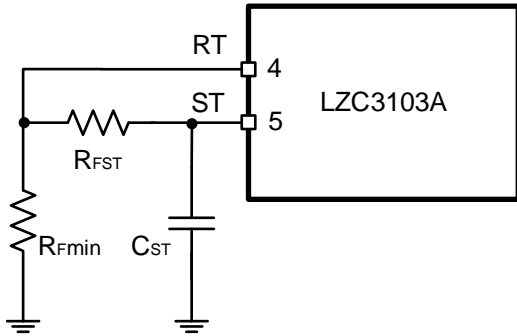


图 5 软启动电路

$R_{FST}$  通过下面的式子来计算得到：

$$f_{start}(Khz) = \frac{1.25}{R_{Fmin} // R_{FST}(K\Omega)} * 10^3$$

### 自适应死区时间

死区时间是为两路互补的 MOSFET 驱动信号设置的保护时间，死区时间内两个 MOSFET 都处于关闭状态。在 LLC 谐振电路中，死区时间  $T_D$  对于实现软开关、高系统效率和确保回路安全都至关重要。

传统的固定  $T_D$  模式， $T_D$  需要足够大，以满足所有工作条件，尤其是输入电压  $V_{in}$  最大且空载的情况下，死区时间过长会导致软开关损耗加大，增加体二极管的传导损耗，并显著限制工作频率。

在 LZC3103A 中，采用了一种新颖的死区时间算法实现自动死区时间  $T_D$  调整。最小死区时间  $T_{D\_MIN}$  固定在 200nS 左右， $T_D$  不能低于该值，以防止高压侧和低压侧 MOSFET 同时导通。内部设置了 700nS 的最大死区时间  $T_{D\_MAX}$ ，以保证半桥的正常运行。

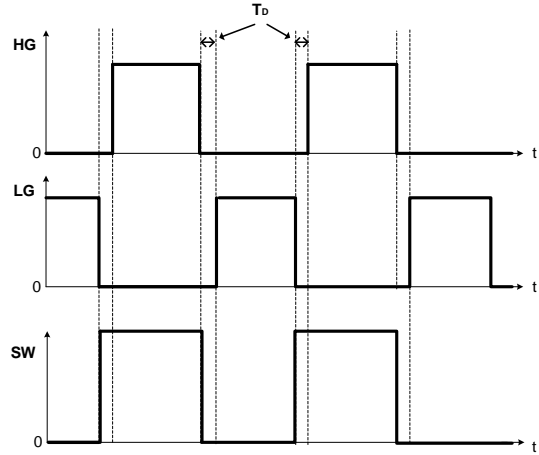


图 6 HG, LG 和 SW 波形

图 7 是 HG、LG、SW 和死区时间的详细波形。从波形上可以看出，在 MOSFET 导通之前，上下 MOSFET 的  $V_{DS}$  电压都为零，实现了零电压开关。

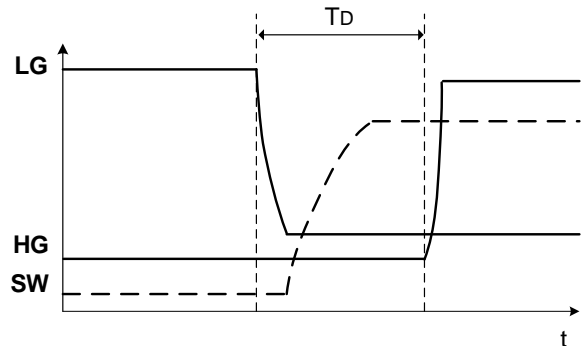


图 7 自适应死区时间

自适应死区时间功能最小化了传导损耗，降低了实现软开关所需的最小开关电流，降低了 MOSFET 的关断损耗，大大提高了中负载和轻负载下的系统效率。

### 轻载突发工作模式

当系统轻载或完全空载时，其工作频率会达到最大值。在这种情况下，为了控制输出电压，避免失去软开关，必须有一些电流流过变压器的磁化电感，这种情况下的功率损耗会导致系统效率低下。为了解决这个问题，LZC3103A



# LZC3103A

## 高性能谐振控制器

提供突发模式操作。在两个 MOSFET 都处于关闭状态的情况下，通过一系列由长空闲周期隔开的几个开关周期，从而可以显著降低平均开关频率。从而，剩余磁化电流的平均值和相关损耗显著降低

LZC3103A 突发工作模式由 ENA 引脚设置。RFmax 定义正常操作的最大开关频率 fmax。当频率试图超过最大设定值 fmax 且 ENA 引脚上的电压低于 1.26 V 时，IC 关闭两路 MOSFET 驱动信号。ENA 上的电压会由于对能量输送停止的反馈控制而上升，当其超过 1.29 V 时，IC 将重新启动，输出驱动控制信号。一段时间后，ENA 电压下降到 1.26V 以下时，再次停止 IC 工作。这样，控制器以突发模式工作。如果负载进一步降低，则连续突发之间的空闲时间将增加，或者每个突发的持续时间将减少。

RFmax 由下面的式子计算得到:

$$R_{Fmax}(K\Omega) = \frac{3}{8} * \frac{R_{Fmin}}{\frac{f_{max}}{f_{min}} - 1}$$

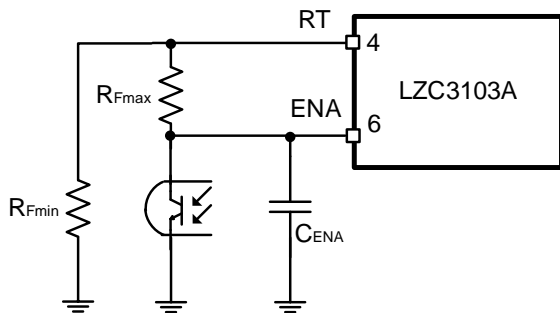


图 8 突发工作模式设置

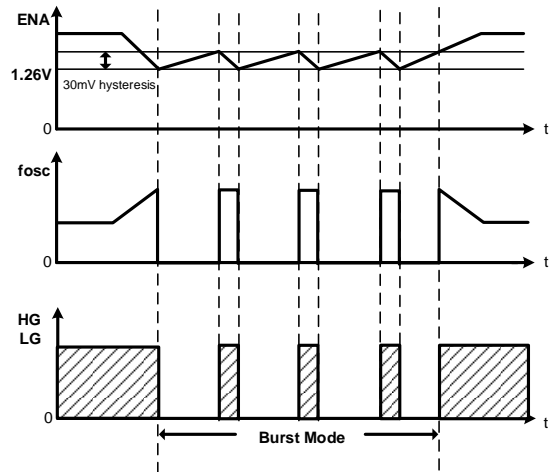


图 9 突发工作模式

### 输入线电压检测

LZC3103A 通过 Line 引脚上的电阻分压对半桥输入线电压进行检测。Line 引脚输入电压可以是整流和滤波的电源电压，当线电压低于内部阈值 2.0V，LZC3103A 将停止工作，并在线电压升到保护释放阈值之上时重新启动。

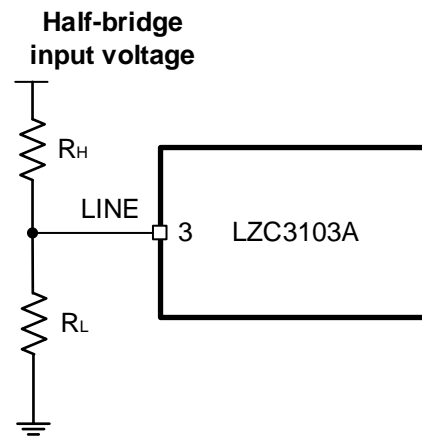


图 10 输入线电压检测

### 容性模式检测

谐振半桥转换器的一个重要原理是谐振电流必须滞后于半桥产生的方波电压，这称为电感模式工作。这样，输入电压和谐振电流在半桥的每个过渡处都具有同相的特性，这是软开关满足的必要条件（两个 MOSFET 在导通时的零电

# LZC3103A

## 高性能谐振控制器



压开关)。因此，如果谐振电流相位超前于半桥方波电压，电路就会以电容模式工作，则软开关特性丢失。

由于容性模式其明显的缺点，必须避免系统工作在电容模式。在电容模式下，高低侧 MOSFET 在导通时都是硬开关，并且在导通时都产生非常高的硬开关损耗，在关断时都产生非常高的电容损耗；高低侧 MOSFET 的体二极管都是反向恢复的，开启时有大电流尖峰和额外的功耗；MOSFET 很容易爆炸；在 HB 中点出现大而剧烈的负电压尖峰，可能导致控制 IC 失效；产生的 EMI 会影响系统的 EMC。

当谐振变换器的工作频率低于一个取决于负载条件和输入输出电压比的临界值时，谐振变换器就会进入容性工作模式。LZC3103A 通过连接在高低侧 MOSFET 中点的 SW 引脚检测到死区时间超过 700nS 时，判断系统进入了容性工作模式，HG 和 LG 驱动信号将立即关闭，并对软启动电容器 C<sub>ST</sub> 进行完全放电，然后启动新一轮软启动。

### 原边电流调制

LZC3103A 内部有两个独立的控制回路，分别控制转换器的输出电流（CC 模式）和电压（CV 模式）。LZC3103A 通过控制开关频率来调节输出电流和电压。当在 CC 模式下工作时，IC 通过 CS 引脚检测电流，如图 11 所示，电流通过以下式子来设置：

$$R_{CS} (m\Omega) = \frac{100mV * 2 * Nps}{I_{OUT}}$$

LZC3103A 通过 CS 引脚对电流进行采样，该引脚具有逐周期限流功能。为了避免 MOSFET 开启时的电流尖峰，CS 引脚和电流比较器输入之间采用了内部 200nS 前沿消隐时间。

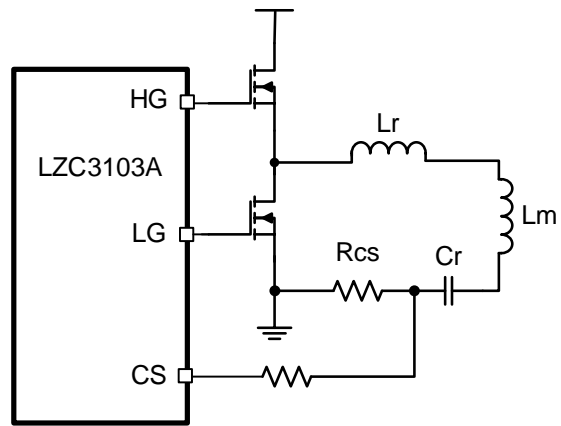


图 11 电流检测电路

### 过流保护

CS 引脚还为原边电流提供过流保护。当 CS 电压超过 1V 并持续 2 个周期时，LZC3103A 将迅速关闭 HG 和 LG 驱动信号。

### 高端 MOSFET 驱动自举电路

LZC3103A 的高压侧 MOSFET 驱动电源由自举电路获得。该自举方案需要一个高压超快恢复二极管为自举电容器 C<sub>BOOST</sub> 充电。LZC3103A 为高压侧 MOSFET 提供 BST 欠压保护。当 BST 上的电压低于 9V 时，HG 将关闭。

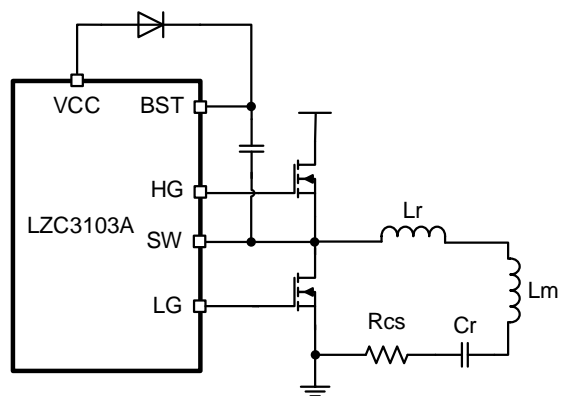


图 12 自举电路

### VCC 过压保护

LZC3103A 为 VCC 引脚提供过电压保护电路。一旦 VCC 电压超过 20V（典型值），系统将关

# LZC3103A

## 高性能谐振控制器

闭两路驱动信号输出，直到 VCC 降至 6V 以下并重新升高至 16V，IC 将重新启动。

两路MOSFET驱动信号，并且系统将在芯片内部温度降至130°C以下后自动恢复运行。

### 输出过压保护

LZC3103A 通过 FB 引脚实现对输出电压的 OVP 保护功能。当 FB 电压高于 OVP 阈值电压 3.6V 时，两路驱动信号将立即关闭。需要等待系统重启，即 VCC 降至 6V 以下，然后再次充电至 16V，两路 MOSFET 驱动信号才重新开启。

### 电流折返功能

LZC3103A 提供用户可设的电流折返功能，以防止芯片内部过热而提起停止工作。电流折返功能通过 OTP 引脚来设置，如图 13 所示。OTP 引脚通过电阻分压器从 VCC 获得电压值。OTP 和 GND 之间的电阻器为 NTC 电阻器，由用户选择。当系统工作环境温度上升时，NTC 电阻阻值降低。当 OTP 电压低于 VCC 电压的十分之一时，IC 将开始降低输出电流。OTP 电压每降低 10mV，输出电流下降 5%。当电流降低到额定电流的 25%时，系统将保持 25%的电流，直到触发过温保护。通过适当配置 OTP 电路，可以实现精确的电流折返功能。

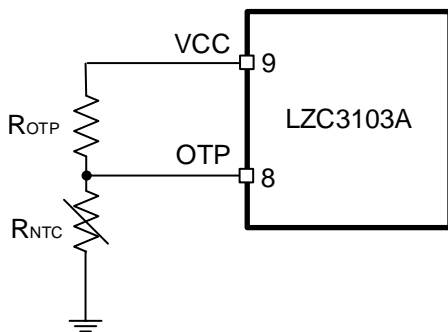


图 13 OTP 电路设置

### 过温保护功能

LZC3103A内部集成了IC内部过温保护。当芯片内部温度上升超过150°C时，LZC3103A将关闭

# LZC3103A

高性能谐振控制器

## 典型应用电路 (备注5)

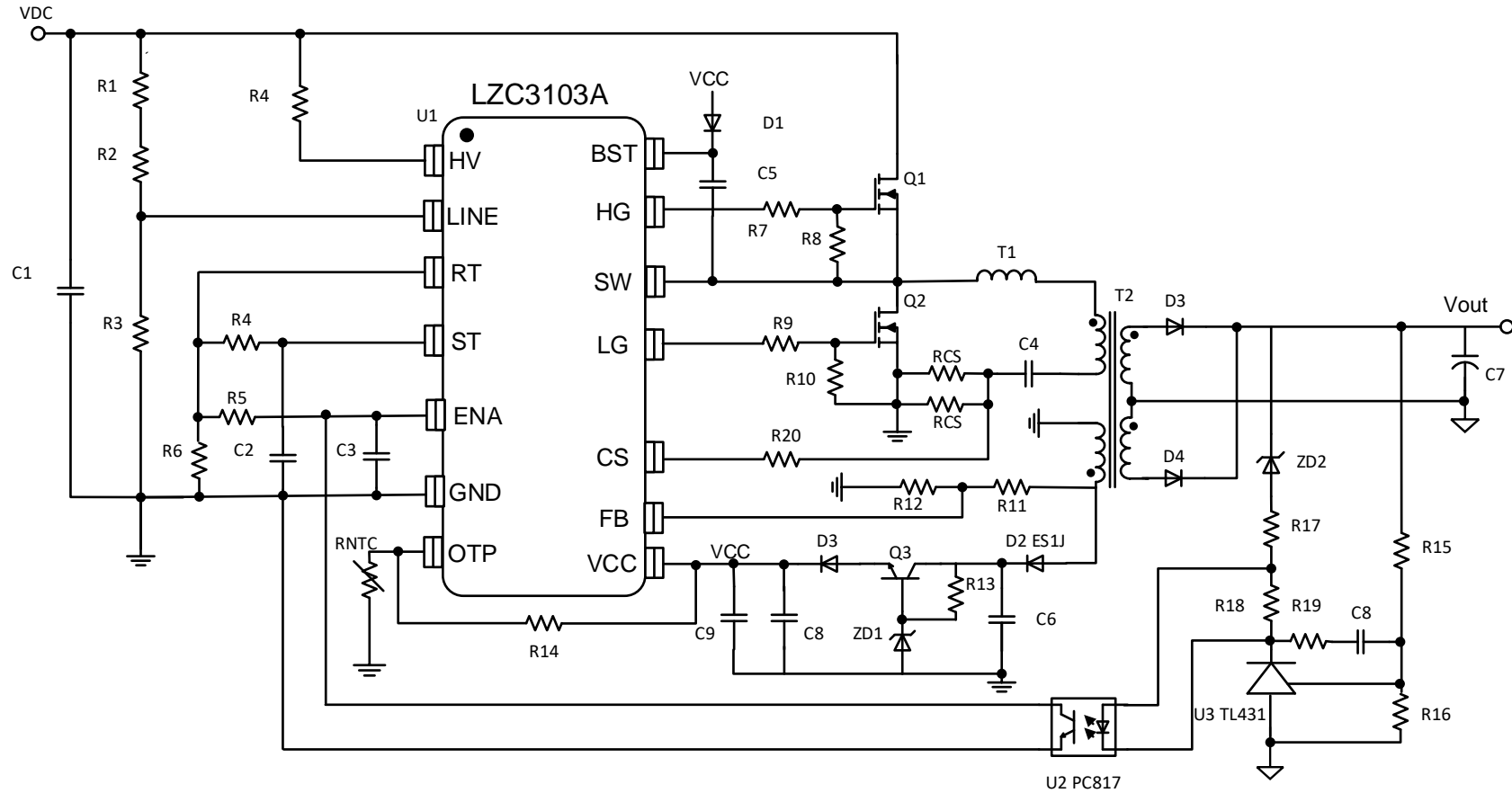


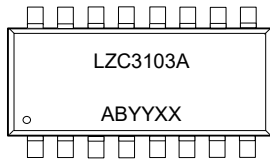
图 14 LZC3103A 应用电路

备注 5, 图中应用电路仅供参考, 并不作为实际最终版应用电路。

# LZC3103A

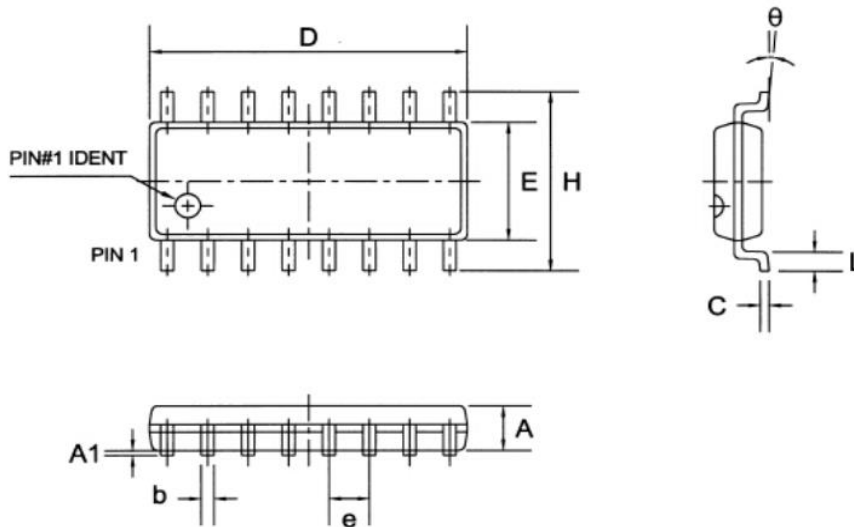
高性能谐振控制器

产品名称: LZC3103A for SOP16



LZC3103A  
 ABYXXX: AB 产品信息, YYXX 生产时间

## 封装信息:



Symbol	Dimensions In Millimeters			Dimensions In Inches		
	Min	Nom	Max	Min	Nom	Max
A	1.30	1.50	1.70	0.051	0.059	0.067
A1	0.06	0.16	0.26	0.002	0.006	0.010
b	0.30	0.40	0.55	0.012	0.016	0.022
C	0.15	0.25	0.35	0.006	0.010	0.014
D	9.70	10.00	10.30	0.382	0.394	0.406
E	3.75	3.95	4.15	0.148	0.156	0.163
e	—	1.27	—	—	0.050	—
H	5.70	6.00	6.30	0.224	0.236	0.248
L	0.45	0.65	0.85	0.018	0.026	0.033
θ	0°	—	8°	0°	—	8°

Compliant to JEDEC Standard MS12F

Controlling dimensions are in inches; millimeter dimensions are for reference only

This product is RoHS compliant and Halide free.

Soldering Temperature Resistance:

[a] Package is IPC/JEDEC Std 020D Moisture Sensitivity Level 1

[b] Package exceeds JEDEC Std No. 22-A111 for Solder Immersion Resistance; package can withstand 10 s immersion < 270°C

Dimension D does not include mold flash, protrusions or gate burrs. Mold flash, protrusions or gate burrs shall not exceed 0.15 mm per end.

Dimension E1 does not include inter-lead flash or protrusion. Inter-lead flash or protrusion shall not exceed 0.25 mm per side. D and E1

dimensions are determined at datum H. The package top may be smaller than the package bottom. Dimensions D and E1 are determined at the outer most extremes of the plastic body exclusive of mold flash, tie bar burrs, gate burrs and inter-lead flash, but including any mismatch between the top and bottom of the plastic body.