

## 低成本CCFL控制器

DS3991

### 概述

DS3991是一款冷阴极荧光灯(CCFL)控制器, 适合液晶显示器(LCD)的背光应用。DS3991提供推挽和半桥式两种驱动架构。

DS3991将直流电压(5V至24V)转换为CCFL供电所需的高压(300V<sub>RMS</sub>至1400V<sub>RMS</sub>)交流波形。推挽和半桥式驱动架构所需的外部元件数量最少, 可降低元件及装配成本, 简化印刷电路板(PCB)设计。这两种驱动架构均提供高效的直流至交流转换, 并且可以产生近似正弦的波形。

### 应用

LCD PC监视器  
LCD TV

### 特性

- ◆ CCFL控制器用于LCD板背光
- ◆ 仅需极少的外部器件
- ◆ 灯管故障监视, 监测灯管的开路、过流、启辉失败及过压故障
- ◆ 高精度(±5%)内部振荡器提供灯管频率(40kHz至80kHz)
- ◆ 高精度(±5%)内部振荡器提供DPWM突发式亮度调节频率(80Hz至300Hz)
- ◆ 器件电源欠压锁定
- ◆ 逆变器电源欠压和过压锁定
- ◆ 突发式亮度调节软启动大大降低变压器可闻噪声
- ◆ 启辉频率提升
- ◆ 调光范围: 100%至< 10%
- ◆ 低成本
- ◆ 单电源工作电压: 4.5V至5.5V
- ◆ 工作温度范围: -40°C至+85°C
- ◆ 16引脚SO封装(150mil)

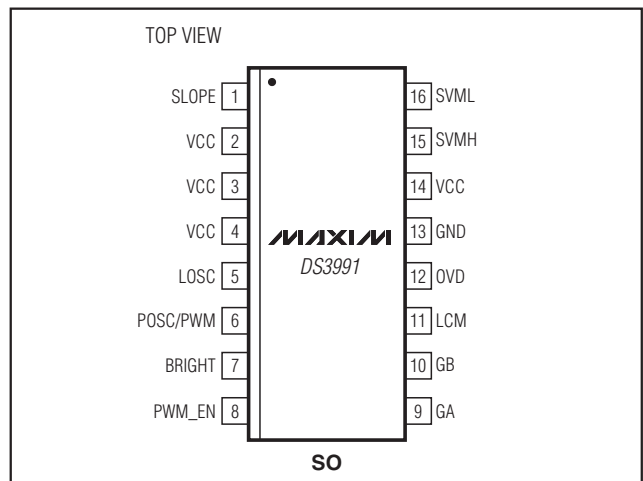
### 订购信息

PART	CONFIGURATION	TEMP RANGE	DIMMING FREQUENCY RANGE (Hz)	PIN-PACKAGE
DS3991Z+PP	Push-Pull	-40°C to +85°C	80 to 300	16 SO (150 mils)
DS3991Z+T&R/PP	Push-Pull	-40°C to +85°C	80 to 300	16 SO (150 mils)
DS3991Z+HB	Half-Bridge	-40°C to +85°C	80 to 300	16 SO (150 mils)
DS3991Z+T&R/HB	Half-Bridge	-40°C to +85°C	80 to 300	16 SO (150 mils)

+表示无铅封装。  
T&R = 卷带包装。

典型工作电路在数据资料的最后给出。

### 引脚配置



# 低成本CCFL控制器

## ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Voltage Range on VCC Relative to Ground .....-0.5V to +6.0V  
 Voltage Range on Any Lead  
 Other than VCC .....-0.5V to (VCC + 0.5V),  
 not to exceed +6.0V

Operating Temperature Range .....-40°C to +85°C  
 Storage Temperature Range .....-55°C to +125°C  
 Soldering Temperature .....Refer to the J-STD-020  
 Specification.

*Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.*

## RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS

(T<sub>A</sub> = -40°C to +85°C.)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Supply Voltage	V <sub>CC</sub>	(Note 1)	4.5		5.5	V
Input Logic 1	V <sub>IH</sub>		2.2		V <sub>CC</sub> + 0.3	V
Input Logic 0	V <sub>IL</sub>		-0.3		+0.8	V
BRIGHT, SVML, SVMH Voltage Range	V <sub>RA</sub>		-0.3		V <sub>CC</sub> + 0.3	V
LCM and OVD Voltage Range	V <sub>RC</sub>	(Note 2)	-0.3		V <sub>CC</sub> + 0.3	V
Gate-Driver Output Charge Loading	Q <sub>G</sub>				20	nC
LOSC and POSC Loading	C <sub>OSC</sub>				20	pF

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(V<sub>CC</sub> = +4.5V to 5.5V, T<sub>A</sub> = -40°C to +85°C.)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Supply Current	I <sub>CC</sub>	GA, GB loaded with 300pF		5	10	mA
Low-Level Output Voltage (GA, GB)	V <sub>OL</sub>	I <sub>OL</sub> = 4mA			0.4	V
High-Level Output Voltage (GA, GB)	V <sub>OH</sub>	I <sub>OH</sub> = -1mA	2.4			V
UVLO Threshold: V <sub>CC</sub> Rising	V <sub>UVLOR</sub>				4.3	V
UVLO Threshold: V <sub>CC</sub> Falling	V <sub>UVLOF</sub>		3.7			V
UVLO Hysteresis	V <sub>UVLOH</sub>			100		mV
SVML Falling Threshold	V <sub>SVMLT</sub>		1.94	2.00	2.06	V
SVMH Rising Threshold	V <sub>SVMHT</sub>		1.94	2.00	2.06	V
SVML and SVMH Hysteresis	V <sub>SVMH</sub>			150		mV
LCM and OVD DC Bias Voltage	V <sub>DCB</sub>			1.35		V
LCM and OVD Input Resistance	R <sub>DCB</sub>			50		kΩ
Lamp-Off Threshold	V <sub>LOT</sub>	(Note 3)	1.65	1.75	1.85	V
Lamp Overcurrent Threshold	V <sub>LOCT</sub>	(Note 3)	3.25	3.35	3.45	V

# 低成本CCFL控制器

DS3991

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

( $V_{CC} = +4.5V$  to  $5.5V$ ,  $T_A = -40^{\circ}C$  to  $+85^{\circ}C$ .)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Lamp Regulation Threshold	$V_{LRT}$	(Note 3)	2.29	2.35	2.41	V
OVD Threshold	$V_{OVDT}$	(Note 3)	2.25	2.35	2.45	V
Lamp Frequency	$f_{L\_OSC}$		40		80	kHz
Lamp Frequency Tolerance	$f_{L\_TOL}$	LOSC resistor $\pm 0.1\%$ over temperature; measured from $0^{\circ}C$ to $+85^{\circ}C$	-5		+5	%
Burst-Dimming PWM Frequency	$f_{P\_OSC}$		80		300	Hz
Burst-Dimming PWM Frequency Tolerance	$f_{P\_TOL}$	POSC resistor $\pm 0.1\%$ over temperature	-5		+5	%
BRIGHT Voltage: Minimum Brightness	$V_{BMIN}$	SLOPE = 0			0	V
		SLOPE = 1	3.3			V
BRIGHT Voltage: Maximum Brightness	$V_{BMAX}$	SLOPE = 0	3.3			V
		SLOPE = 1			0	V
Gate-Driver Output Rise/Fall	$t_{R}/t_{F}$	$C_L = 600pF$			100	ns

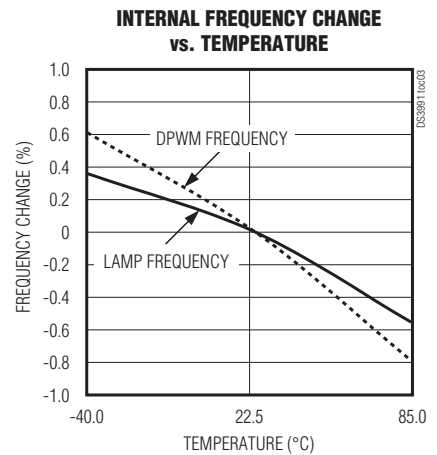
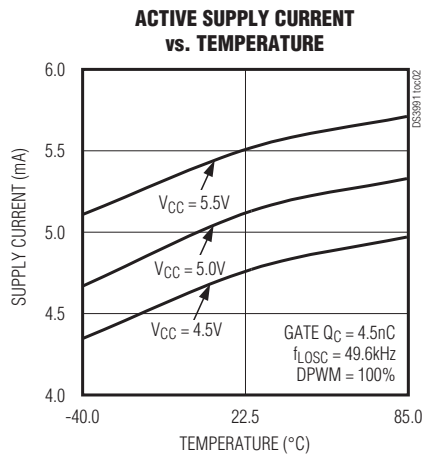
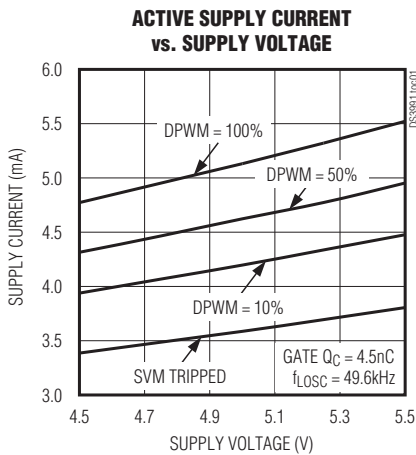
**Note 1:** All voltages are referenced to ground unless otherwise noted. Currents into the IC are positive; currents out of the IC are negative.

**Note 2:** During fault conditions, if AC-coupled, LCM and OVD can go below ground by up to 1V for up to 1s.

**Note 3:** Threshold voltage includes the DC bias-voltage offset.

## 典型工作特性

( $V_{CC} = 5.0V$ ,  $T_A = +25^{\circ}C$ , unless otherwise noted.)

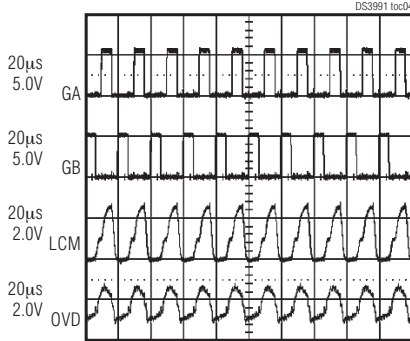


# 低成本CCFL控制器

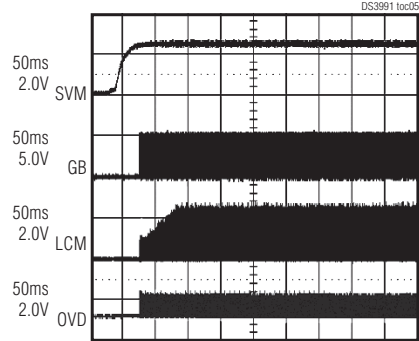
典型工作特性(续)

( $V_{CC} = 5.0V$ ,  $T_A = +25^{\circ}C$ , multilamp configuration, unless otherwise noted.)

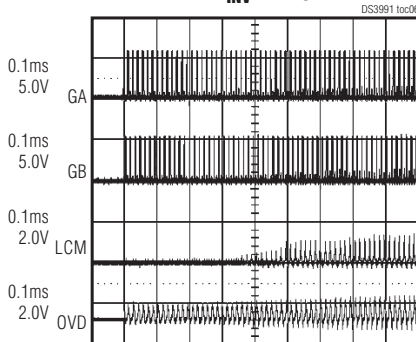
**PUSH-PULL TYPICAL OPERATION  
AT  $V_{INV} = 12.5V$**



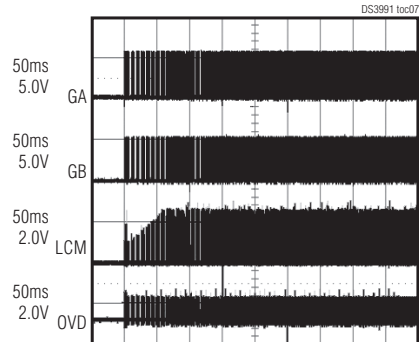
**PUSH-PULL TYPICAL STARTUP  
WITH SVM**



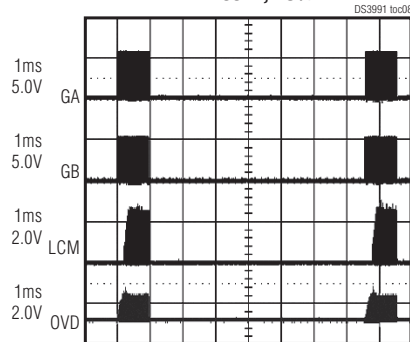
**PUSH-PULL SOFT-START  
AT  $V_{INV} = 12.5V$**



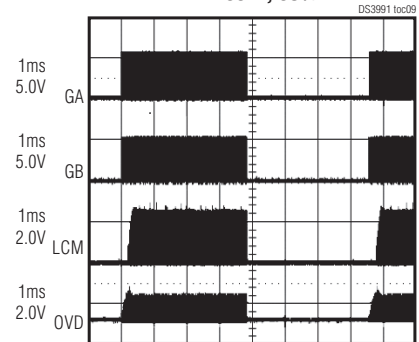
**PUSH-PULL LAMP STRIKE,  
EXPANDED VIEW**



**PUSH-PULL BURST DIMMING  
AT 133Hz, 10%**



**PUSH-PULL BURST DIMMING  
AT 133Hz, 50%**



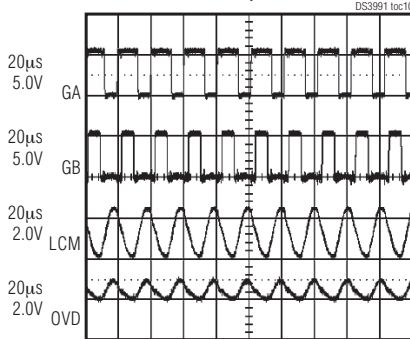
# 低成本CCFL控制器

典型工作特性(续)

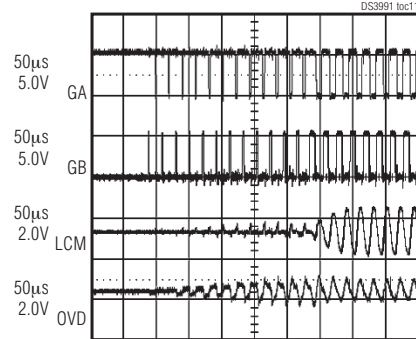
( $V_{CC} = 5.0V$ ,  $T_A = +25^\circ C$ , single-lamp configuration, unless otherwise noted.)

DS3991

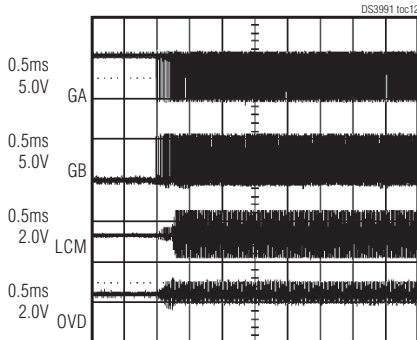
**HALF-BRIDGE NORMAL OPERATION,  
20 $\mu$ s**



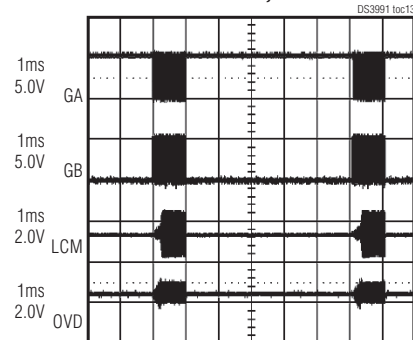
**HALF-BRIDGE SOFT-START  
AT  $V_{INV} = 12.5V$**



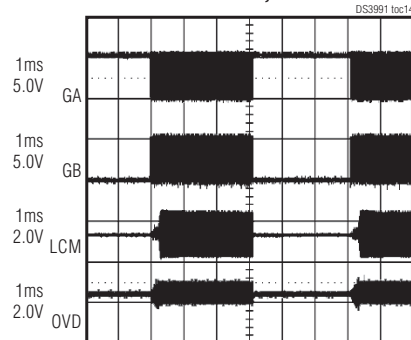
**HALF-BRIDGE LAMP STRIKE,  
EXPANDED VIEW**



**HALF-BRIDGE BURST DIMMING  
AT 166Hz, 10%**



**HALF-BRIDGE BURST DIMMING  
AT 166Hz, 50%**



# 低成本CCFL控制器

## 引脚说明

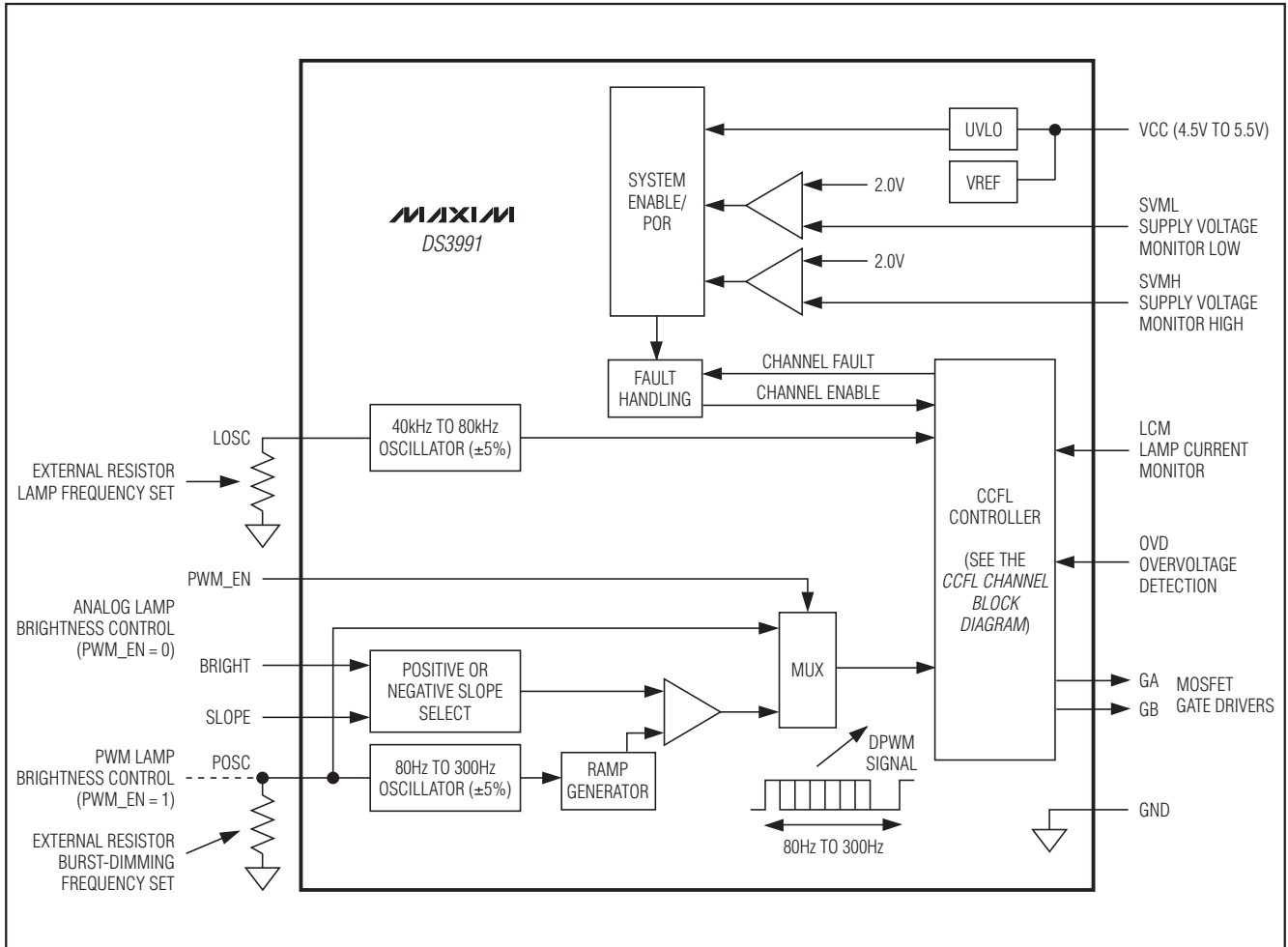
DS3991

引脚	名称	I/O	功能
1	SLOPE	I	BRIGHT斜率选择。当采用模拟直流电压控制灯管亮度时(PWM_EN = 0)，该数字输入决定了BRIGHT输入的斜率。 SLOPE = 0: 正斜率(0V = 最小亮度、3.3V = 100%亮度) SLOPE = 1: 负斜率(0V = 100%亮度、3.3V = 最小亮度)
2, 3, 4	VCC	—	连接至电源。这些引脚应连接至电源引脚VCC。
5	LOSC	O	灯管振荡器电阻调节。连接在该引脚与地之间的电阻( $R_{LOSC}$ )用于设置灯管振荡器的频率( $F_{LOSC}$ ) ( $R_{LOSC} \times F_{LOSC} = 4.0E9$ )。
6	POSC/ PWM	O/I	突发调光PWM振荡器电阻调节/PWM数字输入。PWM_EN = 0时，通过连接在该引脚与地之间的电阻( $R_{POSC}$ )设置突发调光PWM振荡器的频率( $F_{POSC}$ ) ( $R_{POSC} \times F_{POSC} = 4.0E6$ )；PWM_EN = 1时，通过加在该输入端的80Hz至300Hz数字PWM信号控制灯管亮度。
7	BRIGHT	I	灯管亮度控制。PWM_EN = 0时，通过加在该输入端的0V至3.3V模拟直流电压控制灯管亮度。
8	PWM_EN	I	PWM灯管亮度控制使能端。该数字输入决定了采用BRIGHT还是POSC/PWM来控制灯管亮度。 PWM_EN = 0 = 禁止PWM (采用BRIGHT输入端的模拟直流电压进行调节) PWM_EN = 1 = 使能PWM (采用POSC/PWM输入端的数字PWM信号进行调节)
9	GA	O	MOSFET A栅极驱动，驱动逻辑电平的功率MOSFET。
10	GB	O	MOSFET B栅极驱动，驱动逻辑电平的功率MOSFET。
11	LCM	I	灯管电流监测输入，通过在灯管的低压侧串联一个电阻来监测灯管电流。
12	OVD	I	过压检测输入，通过灯管的高压侧的电容分压器来监测灯管电压。
13	GND	—	信号地。
14	VCC	—	电源电压，4.5V至5.5V。
15	SVMH	I	电源电压高压监测输入。通过外部电阻分压器监测直流逆变器电源电压，电阻分压器的设置应该保证在直流逆变器电源的最大允许电压下，该引脚电压为2V。该输入拉至2V以上时，关闭灯管并复位控制器。若不使用该引脚，将其连接至GND。
16	SVML	I	电源电压低压监测输入。通过外部电阻分压器监测直流逆变器电源电压，电阻分压器的设置应该保证在直流逆变器电源的最小允许电压下，该引脚电压为2V。该输入拉至2V以下时，关闭灯管并复位控制器。若不使用该引脚，将其连接至VCC。

# 低成本CCFL控制器

主系统框图

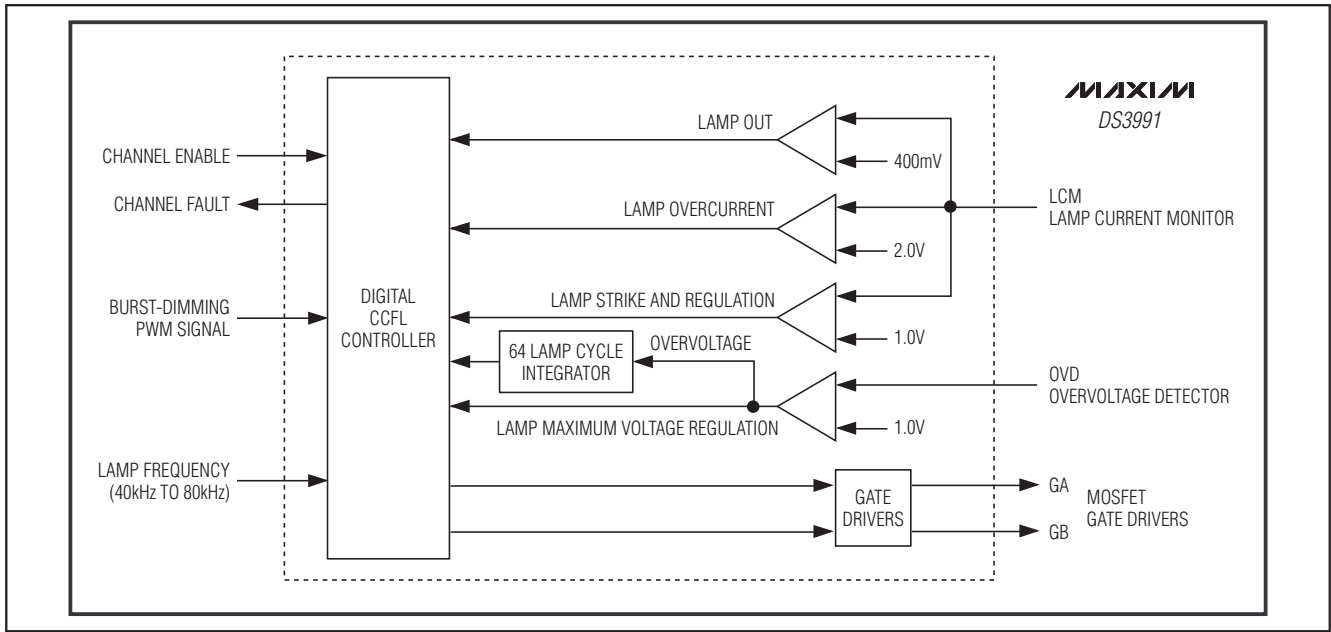
DS3991



# 低成本CCFL控制器

DS3991

CCFL通道方框图



## 详细说明

## 亮度调节控制

DS3991提供推挽和半桥式两种驱动架构，这两种驱动架构中，DS3991驱动两个逻辑电平控制的MOSFET。DS3991交替导通这两个MOSFET，在变压器次级产生高压交流波形。通过改变MOSFET的导通时间，控制器可以精确控制流经CCFL灯管的电流，参见典型推挽式应用和典型半桥式应用电路图。

DS3991的每个通道可以驱动一个以上的CCFL灯管。典型推挽式应用，每通道驱动多个灯管和典型半桥式应用，每通道驱动多个灯管的电路图分别提供了驱动三个灯管的应用电路。

与CCFL灯管低压端串联的电阻用于监测电流。将该电阻两端的电压反馈到DS3991的灯管电流监测器(LCM)输入端，DS3991将该电压与内部基准电压进行比较，从而确定MOSFET栅极驱动的占空比，更多信息请参考主系统框图和CCFL通道方框图。

DS3991采用突发式亮度调节来控制灯管亮度。在DPWM周期的高电平期间，以选定的灯管频率(40kHz至80kHz)驱动灯管，如图1所示。由于在这段时间灯管驱动时钟突然出现，所以称该周期的这个时间段为“突发”阶段。在DPWM周期的低电平期间，控制器禁止MOSFET栅极驱动，所以灯管不被驱动。这将导致电流不再流经灯管，但是时间很短，不会使灯管的电离态消失。通过调节(即调制)“突发”阶段的占空比，可增强/减弱亮度。在每个突发亮度调节周期的开始处，软启动缓慢增大灯管电流，降低产生变压器可闻噪声的可能性。

有两种方法可以控制突发调光DPWM的占空比和频率。PWM\_EN引脚拉低时，使能模拟控制，通过BRIGHT输入引脚的0V至3.3V模拟电压决定数字脉宽调制(DPWM)信号的占空比，DPWM信号的频率由连接在POSC引脚和地之间的电阻确定。BRIGHT亮度调节输入的斜率可以为正或为负，分别由SLOPE引脚的低电平或高电平状态决定。



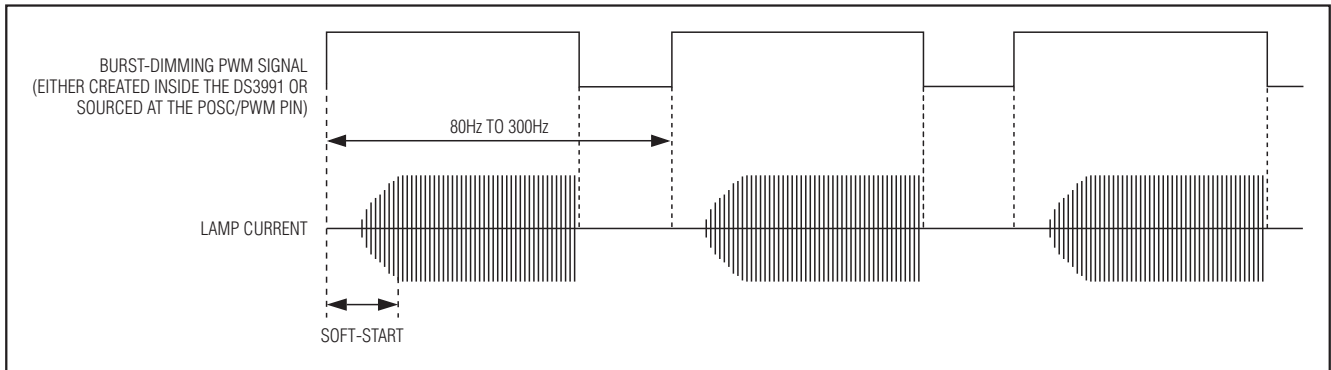


图1. 数字PWM亮度调节和软启动

PWM\_EN引脚拉高时，使能数字控制，通过加在POSC/PWM引脚的80Hz至300Hz外部PWM信号设置灯管的亮度。数字控制方式下，不使用SLOPE和BRIGHT引脚。

### 灯管启辉

灯管启辉时，DS3991将正常工作时的灯管频率提升33%，这样可以增大电压，确保灯管启辉。一旦控制器检测到灯管启辉成功，频率将降至正常工作时的灯管频率。

### 用外部电阻设置灯管和DPWM的频率

灯管和DPWM的频率可由外部电阻设置，设置这两种频率所需的电阻值可通过下列公式计算得到：

$$R_{OSC} = \frac{K}{f_{OSC}}$$

其中，计算灯管频率对应的电阻时， $K = 4000k\Omega \times kHz$ ；  
计算DPWM频率对应的电阻时， $K = 4k\Omega \times kHz$ 。

**例：**选择电阻值配置DS3991，使其具有50kHz的灯管频率和160Hz的DPWM频率。计算DPWM频率对应的电阻( $R_{POSC}$ )时， $K = 4k\Omega \times kHz$ 。计算灯管频率对应的电阻( $R_{LOSC}$ )时， $K = 4000k\Omega \times kHz$ 。利用上述方程可计算 $R_{LOSC}$ 和 $R_{POSC}$ ，如下所示：

$$R_{LOSC} = \frac{4000k\Omega \times kHz}{50kHz} = 80k\Omega$$

$$R_{POSC} = \frac{4k\Omega \times kHz}{0.160kHz} = 25k\Omega$$

### 电源监测

DS3991具有电源电压监测器(SVML和SVMH)，可监视逆变器的直流电源( $V_{INV}$ )及 $V_{CC}$ 电源的欠压锁定，确保系统正常运行的电源电压。SVMH引脚和SVML引脚分别监测逆变器电源的过压状态和欠压状态。每路SVM输入的外部电阻分压器分别将信号反馈到两个比较器，两个比较器的门限值为2V(参见图2)。利用下列公式确定电阻值，可以设定SVMH和SVML的门限( $V_{TRIP}$ )，当逆变器电源电压超出或低于设定值时，关断逆变器。

如果逆变器电源过低时要求电路工作，变压器将无法达到其启辉电压，进而可能引发其它诸多问题。如果逆变器电源过高时要求电路工作，将可能损坏逆变器元件。合理使用SVM能够避免这些问题的发生。必要时也可以将SVMH引脚接GND、SVML引脚接VCC，禁止高压SVM和/或低压SVM监测。

$$V_{TRIP} = 2.0 \times \left( \frac{R_1 + R_2}{R_1} \right)$$

SVMH和SVML为高阻输入，逆变器电源上的噪声可能在输入即使带滞回检测的情况下仍然错误地触发监测器。针对这种情况，用户可以增加一个低通滤波器，以降低SVMH和SVML输入端的噪声。

$V_{CC}$ 监视器用于监视5V电源的欠压锁定(UVL0)，当DS3991没有足够的电压供给其模拟电路或驱动外部MOSFET时，终止器件工作。 $V_{CC}$ 监视器带有滞回，以防止在 $V_{CC}$ 电压接近门限电压值时， $V_{CC}$ 噪声引起误动作。在任何情况下该监视器都处于有效状态。

# 低成本CCFL控制器

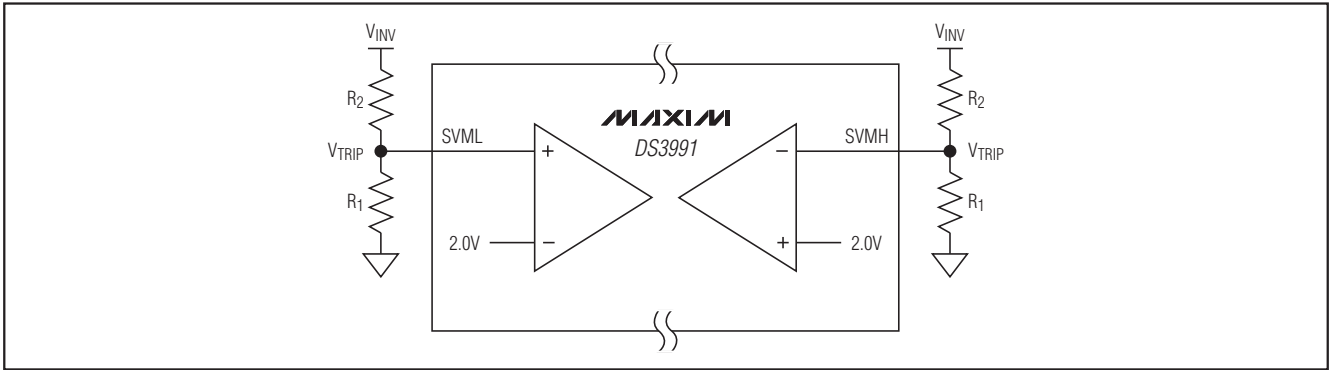


图2. 设置SVML和SVMH门限电压

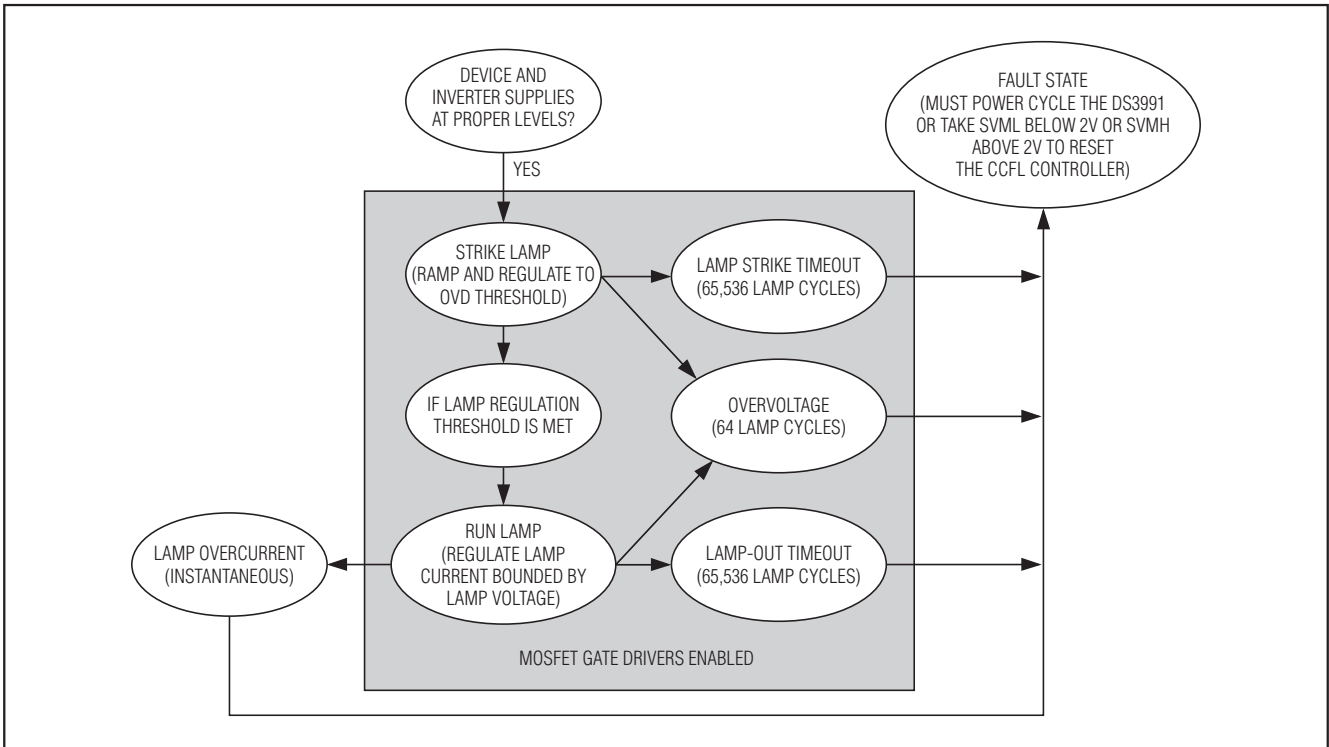


图3. 故障处理流程图

## 故障监测

DS3991提供多重故障监测，它可以检测灯管开路、灯管过流、启辉失败及过压故障。图3所示为DS3991控制和监测每个灯管的流程图，步骤如下：

在DS3991电源电压大于4.5V、电源电压监测器的低压(SVML)输入大于2V、电源电压监测器的高压(SVMH)输入小于2V之前，灯管不开启。

# 低成本CCFL控制器

DS3991

## 应用信息

### 元件选择

外部元件的选择很大程度上影响了系统的整体性能和成本。两个最重要的外部元件是：变压器和MOSFET。

变压器应该能够工作在DS3991的40kHz至80kHz频率范围，匝数比的选择应保证在稳态工作时MOSFET驱动器的占空比在28%至35%范围内。变压器必须能够承受灯管启辉时的高开路电压。另外，还要考虑初级/次级的电阻和电感特性，因为它们对系统的效率和瞬态响应有较大影响。表1给出了应用在12V逆变器、438mm x 2.2mm灯管设计中的变压器规格。

MOSFET必须具备足够低的导通电压，以配合逻辑电平信号工作。低导通电阻有利于提高效率、限制MOSFET的功耗。另外，还要有足够高的击穿电压，以应对瞬变状态。对于推挽式驱动架构，MOSFET的击穿电压至少为逆变器电源电压的3倍。此外，总栅极电荷必须低于Recommended Operating Conditions表中规定的 $Q_G$ 。

当DS3991电源和直流逆变器电源均达到容许值时，DS3991开始启动灯管。DS3991缓慢增大MOSFET栅极占空比，直到灯管启动为止。控制器通过检测流经灯管的电流，来检测灯管是否被启动。如果在灯管启动的过程中，达到最大允许的电压，控制器停止增大MOSFET栅极占空比，防止系统过载。如果在65,536个灯管周期内，灯管没有被启动，则DS3991进入故障处理状态。如果在启动期间检测到过压状态，DS3991将禁止MOSFET栅极驱动器，并进入故障处理状态。

一旦灯管被启动，DS3991进入灯管运行状态。在灯管运行状态下，DS3991调节MOSFET栅极驱动的占空比，优化灯管电流。栅极占空比始终都是受控的，防止系统超过最大允许灯管电压。若灯管电流降至灯管开路参考点以下65,536个灯管周期时，就认为该灯管已经熄灭。这种情况下，MOSFET栅极驱动器被禁止，器件进入故障处理状态。灯管出现过流情况时，DS3991立即报告控制器处于故障状态。DS3991进入故障状态后，将关闭DS3991。一旦进入故障状态，控制器将保持这种故障状态，直到出现以下情况：

- $V_{CC}$  跌落至UVLO门限以下
- SVMML输入跌落至2.0V以下
- SVMH输入上升至2.0V以上

表1. 变压器规格(用于典型工作电路)

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Turns Ratio (Secondary/Primary) Push-Pull Type	(Notes 1, 2, 3)		40		
Turns Ratio (Secondary/Primary) Half-Bridge Type	(Note 3)		80		
Frequency		40		80	kHz
Output Power				6	W
Output Current			5	8	mA
Primary DCR	Center tap to one end		200		mΩ
Secondary DCR			500		Ω
Primary Leakage			12		μH
Secondary Leakage			185		mH
Primary Inductance			70		μH
Secondary Inductance			500		mH
Secondary Output Voltage	1000ms (min)	2000			V <sub>RMS</sub>
	Continuous	1000			

注1：变压器初级应采用双线绕制，连接中心抽头。

注2：匝数比是变压器次级线圈与初级线圈的比。

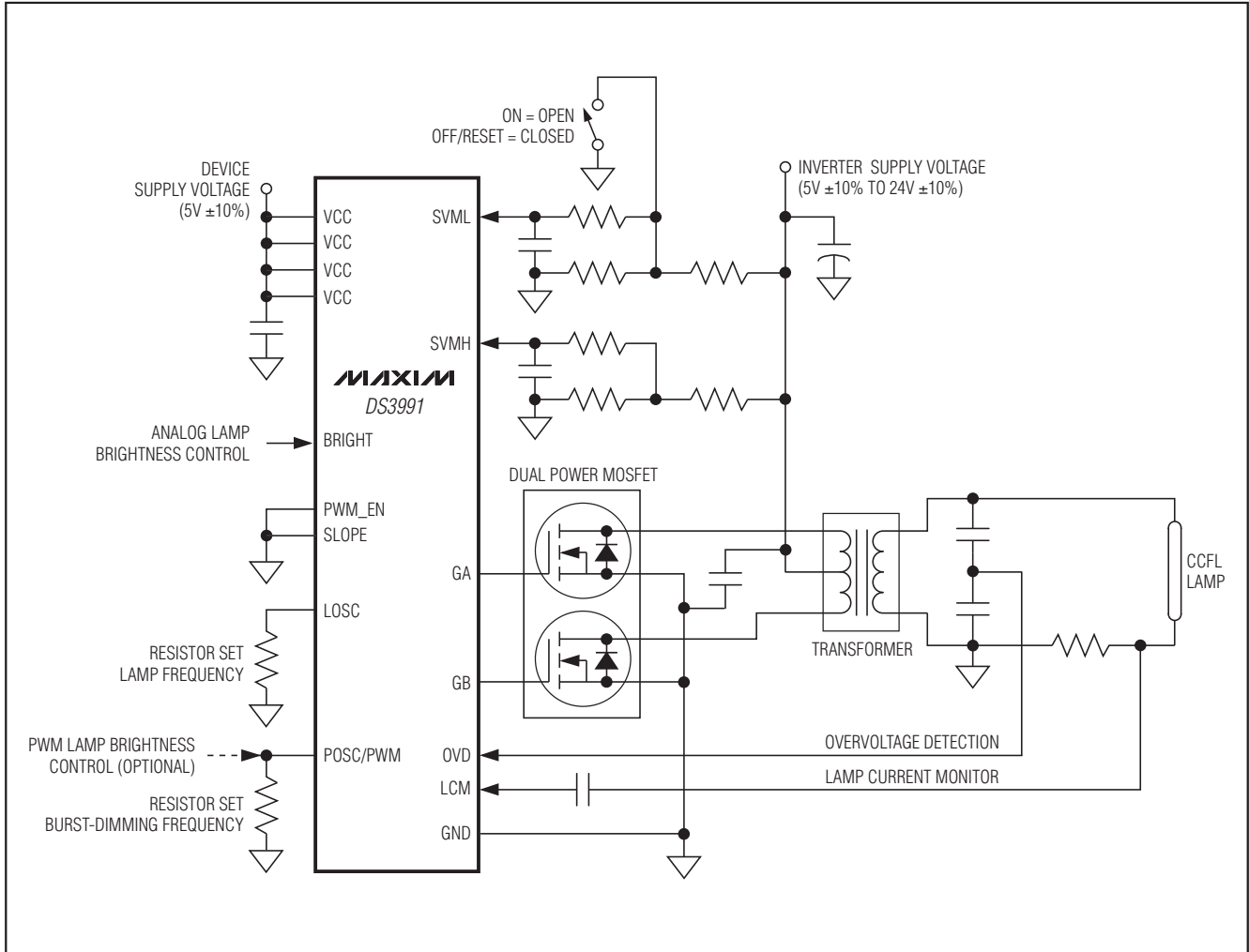
注3：该匝数比是用于驱动12V电源电压、438mm x 2.2mm灯管设计中的标称匝数比。关于推挽式驱动应用的更多信息，请参考应用笔记3375：DS3984/DS3988 Transformer Turns Ratio Selection。

# 低成本CCFL控制器

DS3991

典型工作电路

典型推挽式应用

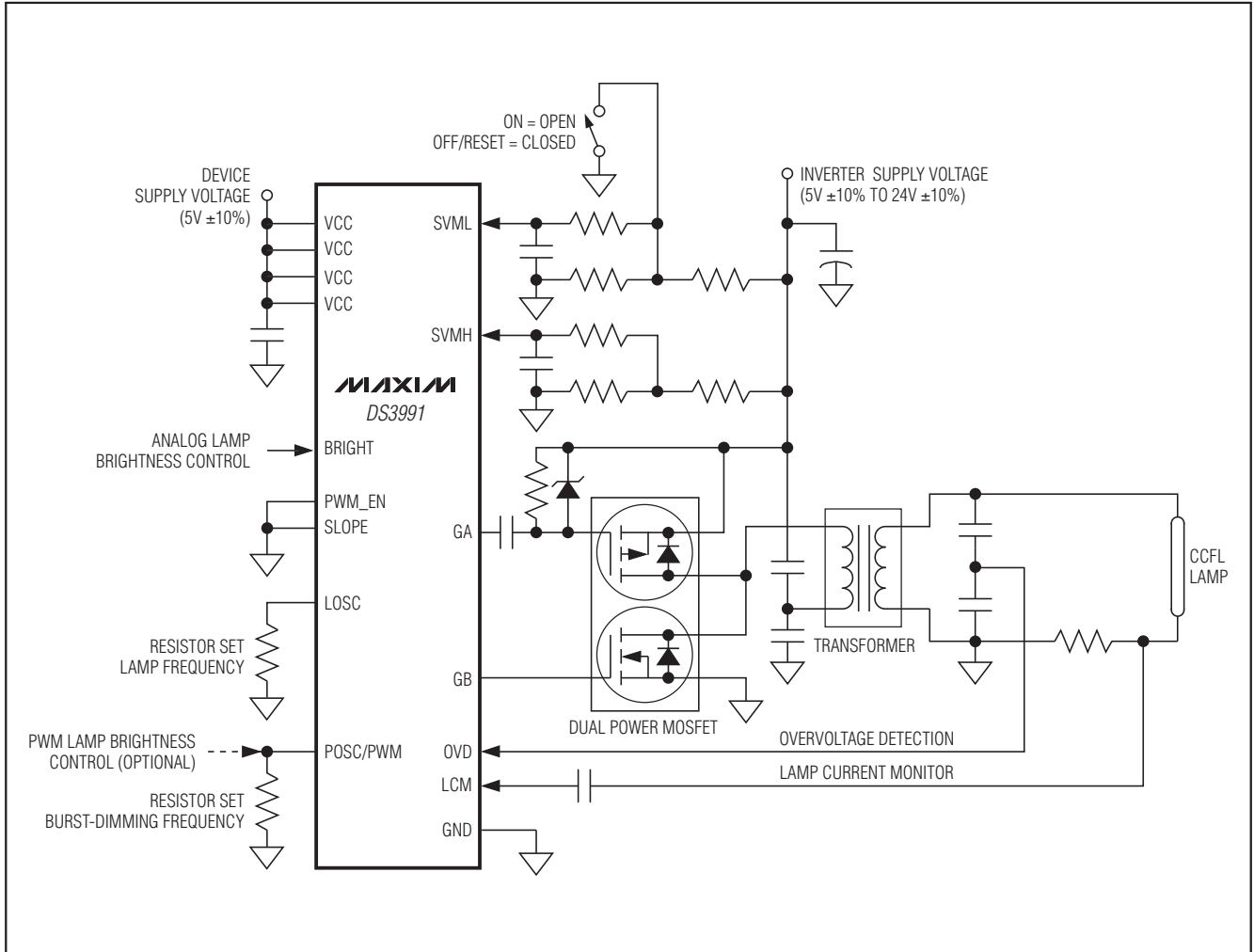


# 低成本CCFL控制器

典型工作电路(续)

典型半桥式应用

DS3991

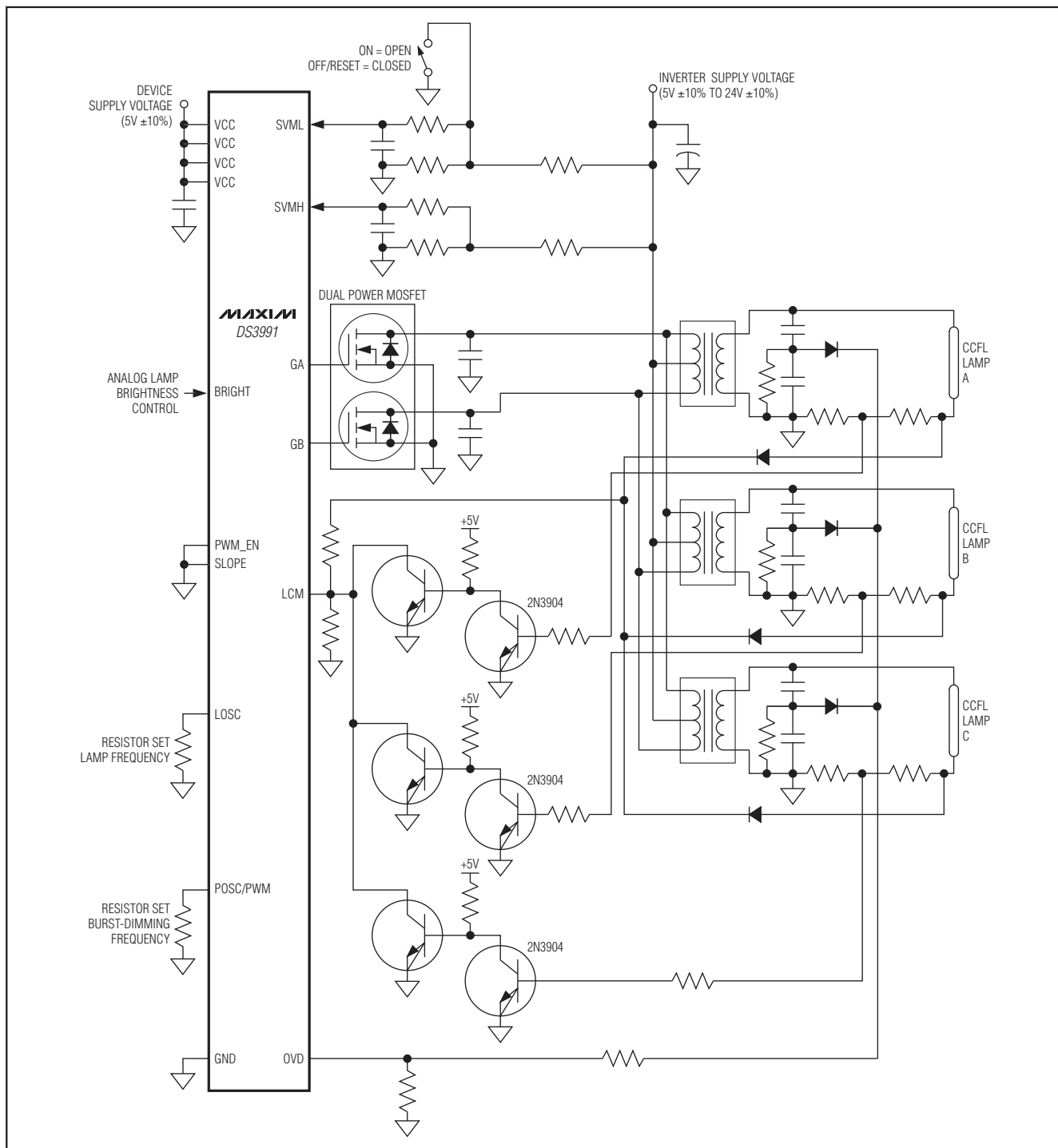


# 低成本CCFL控制器

DS3991

典型工作电路(续)

典型推挽式应用，每通道驱动多个灯管

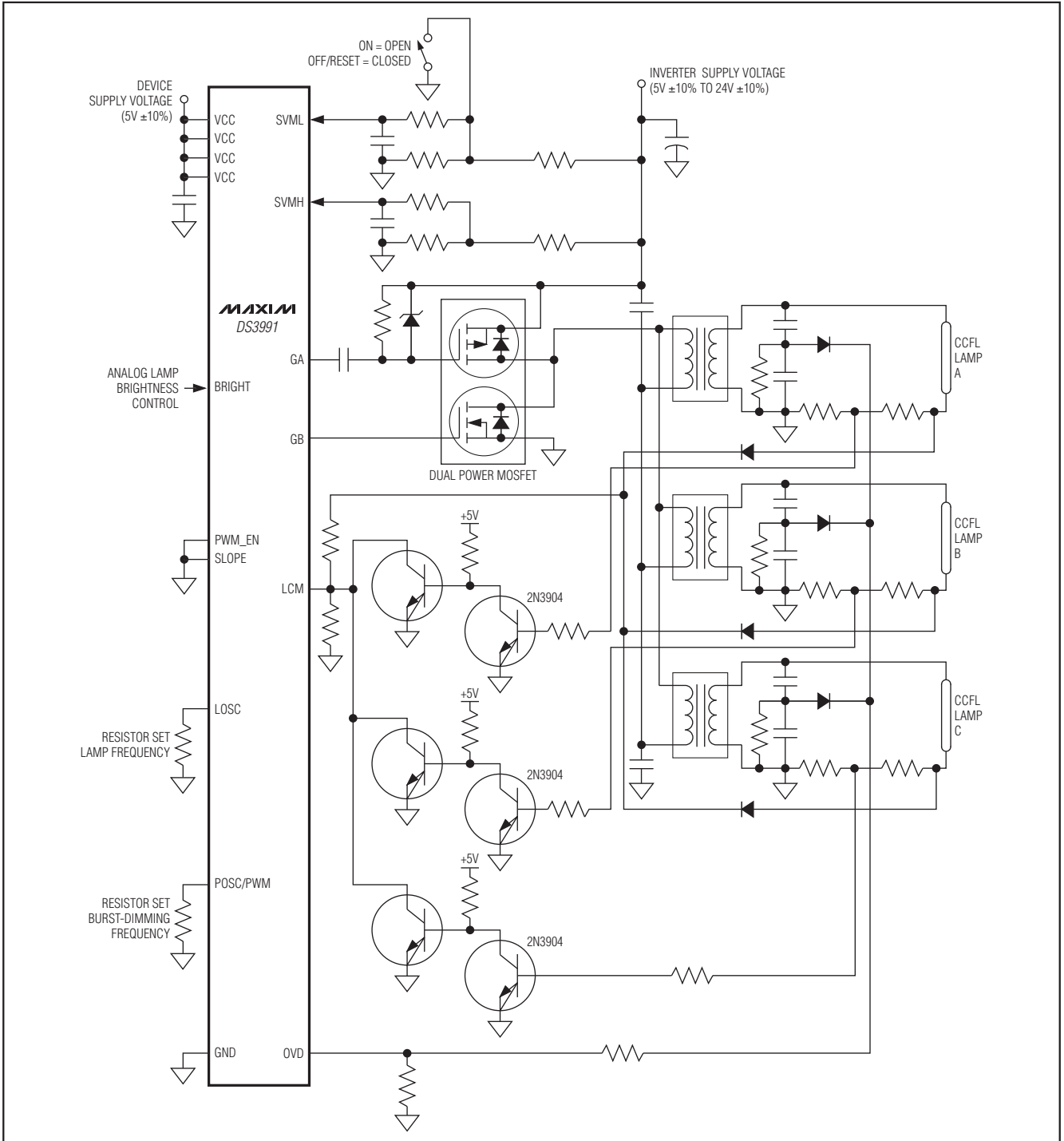


# 低成本CCFL控制器

典型工作电路(续)

典型半桥式应用，每通道驱动多个灯管

DS3991



# 低成本CCFL控制器

## 电源去耦

为了达到最佳效果，建议最好在IC的电源引脚(引脚14)上接一个去耦电容，其典型值为0.01 $\mu$ F或0.1 $\mu$ F。选用高质量的表贴陶瓷电容，并尽可能靠近IC的VCC和GND引脚安装，以减小引线电感。引脚2、3、4需要连接至电源电压(VCC)，但无需额外的去耦。

## 封装信息

(如需最近的封装外形信息，请查询  
[www.maxim-ic.com.cn/DallasPackInfo](http://www.maxim-ic.com.cn/DallasPackInfo)。)

封装类型	文档编号
16 SO (150mil)	<b>56-G2008-001</b>

## 修订历史

修订次数	修订日期	说明	修改页
0	1/08	最初版本。	—
1	2/08	更新订购信息。	1

## Maxim北京办事处

北京 8328信箱 邮政编码 100083

免费电话：800 810 0310

电话：010-6211 5199

传真：010-6211 5299

Maxim不对Maxim产品以外的任何电路使用负责，也不提供其专利许可。Maxim保留在任何时间、没有任何通报的前提下修改产品资料和规格的权利。

16 **Maxim Integrated Products, 120 San Gabriel Drive, Sunnyvale, CA 94086 408-737-7600**