



# WS2801S

## 3通道带PWM输出的可编程恒定电流LED驱动器

### 主要特点:

- 支持恒流和恒压两种驱动模式
- 可编程LED恒定驱动电流
- 宽范围恒定电流输出: 2~200mA
- 每个输出驱动通道都内建PWM灰度控制电路, 支持free-run, 非常适合 低成本控制方案
- 具有PWM调光free run 能力(采用内部振荡器(1.2MHz)作为调光时钟时, 刷新频率约为2.5KHz)
- 内建时钟数据再生电路来输出输入的数据和时钟信号, 非常适合级联 的应用。
- 输出极性反转功能
- 最高输入信号时钟频率为25MHz
- 电源电压为3.3~5.5V

### 应用范围:

- LED 装饰照明系统
- 室内/外信息, 视频显示系统
- PWM信号生成器
- LCD TV LED RGB背光控制

### 描述:

WS2801S是一个恒定电流LED驱动器, 它主要为室内/外LED显示屏, 和装饰性LED照明系统而设计, 非常适合用于需要接力串接的LED照明系统, WS2801S拥有3个独立的输出驱动通道, 每个通道均能实现独立的256级PWM灰度控制, 可在不改变LED发光色彩的条件下实现256级LED灰度控制, 并能输出高达200mA的恒定LED驱动电流WS2801S内部包含串联移位寄存器, 数据锁存器, 输出寄存器, 带隙基准电压源, 内部振荡器和可编程恒定电流驱动器。

从SDI数据输入的串行数据在CKI口时钟信号的上升沿被读入到芯片内部的数据移位寄存器中, 输入的时钟信号和LED灰度控制信号在芯片内部经过时钟数据再生电路整形后在CKO和SDO端输出, 以使芯片能够接力串接工作。**当POL=VCC时, 输出极性反转**, WS2801S工作如同一个PWM控制器, 能够驱动外接的开关或者电路驱动高亮度的LED, 并实现大功率LED的256级灰度控制。WS2801S的2-线传输控制方法由世芯微电子专门为可级联的LED照明装饰系统所设计, 具有速度快, 可靠性高, 灰度数据同步刷新等特点, 能够最大限度的降低系统成本, 非常适合用于低成本的LED装饰照明系统。



Worldsemi

# WS2801S

3通道带PWM输出的可编程恒定电流LED驱动器

引脚图:

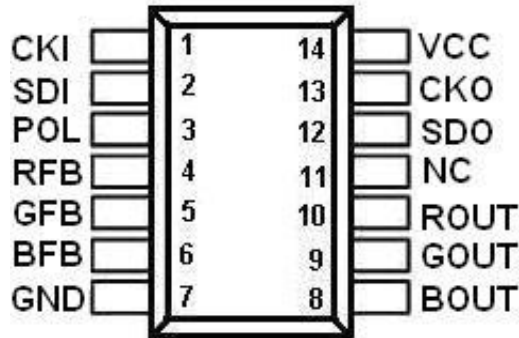


图1: SOP-14封装

引出端功能:

序号	符号	管脚描述
1	CKI	时钟数据输入
2	SDI	串行数据输入
3	POL	输出极性控制, 当POL接VCC时, 输出驱动器极性反转, 当POL浮空或接GND时, 输出极性保持不变
4	RFB	R通道的反馈引脚, 通过外部电阻设定R通道的输出电流
5	GFB	G通道的反馈引脚, 通过外部电阻设定G通道的输出电流
6	BFB	B通道的反馈引脚, 通过外部电阻设定B通道的输出电流
7	GND	电源地和信号地
8	BOUT	B通道PWM控制输出
9	GOUT	G通道PWM控制输出
10	ROUT	R通道PWM控制输出
11	NC	悬空
12	SDO	串行数据输出
13	CKO	时钟数据输出
14	VCC	IC供电, 需要外接电容来滤除电源噪音



# WS2801S

## 3通道带PWM输出的可编程恒定电流LED驱动器

最大额定值 (无特殊说明,  $T_A = 25^\circ\text{C}$ ,  $V_{SS} = 0\text{V}$ ):

参数	符号	范围	单位
电源电压	VCC	-0.3~+6V	V
逻辑输入电压	Vin	-0.3~VCC+0.3	V
输出电压	VOUT	0.4V~6V	V
输出引脚电压	Vxout	-0.3V~6V	V
恒流驱动方式端口输出电流	IOUTCC	0~50	mA
恒压驱动方式端口输出电流	IOUTCV	0~100	
通道电流误差(恒流驱动)	DIOI	$\pm 1$	%
芯片电流误差(恒流驱动)	DIOE	$\pm 3$	
输入时钟频率	FCLK	25	MHz
最大功耗	Pd	600	mW
工作结温	Topr	-40 to + 150	°C
储存温度范围	Tstg	-55 to + 150	
引线温度(焊接, 10秒)	Tsolder	300	
ESD防护电压		2000	V

注:如果引脚上的电压超过最大额定值可能会导致产品永久性损坏。

电气参数 (无特殊说明,  $T_A = 25^\circ\text{C}$ ,  $V_{CC} = 5\text{V}$ ,  $V_{SS} = 0\text{V}$ ):

参数	符号	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
电源电压范围	Vcc		3.3	--	5.5	V
输出电压	VOUT	IOUT=1uA	-0.3	--	5.5	V
输出电流	IoutH	恒流输出	5	--	30	mA
		恒压输出	--	--	50	mA
	IoutL	关断输出	--	0.1	--	uA
	ISOURCE	其它输出	--	1.0	--	mA
	ISINK	其它输出	--	-1	--	mA
静态电流	ISTB	R/G/BOUT端口浮空	--	1.0	1.5	mA
最小恒流输出时间	IOH	$V_{IN} = V_{IH}$ 或 $V_{IL}$ , IOUT=20mA	--	14	--	us
输入电流	IIN	引脚: CKI, SDI $V_{IN} = V_{CC}$ 或GND	--	--	$\pm 1$	uA
		引脚: CKM, POL $V_{IN} = V_{CC}$ 或GND	--	$\pm 10$	$\pm 20$	uA
逻辑输入电压	VIH	$T_A = -40 \sim 125^\circ\text{C}$	$0.8 * V_{CC}$	--	$V_{CC}$	V
	VIL		GND	--	$0.2 * V_{CC}$	V
恒流反馈电压	VXFB	$R_{R/G/BFB} = 20\Omega$	0.582	0.6	0.618	V
输出饱和电压	VSAT	IOUT=20mA	--	0.4	0.6	V
输出电压调整率	%dVOUT	$V_{OUT} = 0.9 \sim 4$ , $R_{RG/BFB} = 30\Omega$	--	$\pm 0.1$	--	%/V
线性调整率	%dVCC	$V_{CC} = 4 \sim 5.5\text{V}$	--	$\pm 0.1$	--	%/V
上拉电阻	RINHIG	RPOL, RCKM	--	30	--	K $\Omega$

注:如果引脚上的电压超过最大额定值可能会导致产品永久性损坏。

开关特性 (VCC=5V, TA=25°C):

参数		符号	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
传输延迟时间 ('L' 到 'H')	CKI到CKO	T <sub>PLH</sub>	V <sub>IH</sub> =VCC V <sub>IL</sub> =GND R <sub>XFBs</sub> =30 RL=180 Ω CL=30pF	--	8.0	--	us
传输延迟时间 ('H' 到 'L')	CKI到CKO	T <sub>PHL</sub>		--	8.6	--	ns
输出电流上升时间		T <sub>or</sub>		--	50	--	ns
驱动电流最大开关时间		T <sub>of</sub>		--	50	--	ns
输出电流传输时间		①TOP		--	--	3.3	ms

开关特性 (VCC=3.3V, TA=25°C):

参数		符号	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
传输延迟时间 ('L' 到 'H')	CKI到CKO	T <sub>PLH</sub>	V <sub>IH</sub> =VCC V <sub>IL</sub> =GND R <sub>XFBs</sub> =30 RL=180 Ω CL=30pF	--	9.0	--	us
传输延迟时间 ('H' 到 'L')	CKI到CKO	T <sub>PHL</sub>		--	13	--	ns
输出电流上升时间		T <sub>or</sub>		--	50	--	ns
驱动电流最大开关时间		T <sub>of</sub>		--	50	--	ns
输出电流传输时间		①TOP		--	--	3.3	ms

开关特性测试电路:

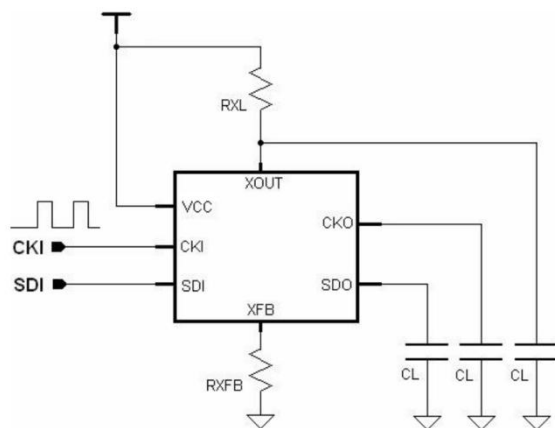


图2: 开关特性测试电路

注: ①在PWM周期的每一段重新加载灰度数据。

WS2801S集成电路内部功能模块图

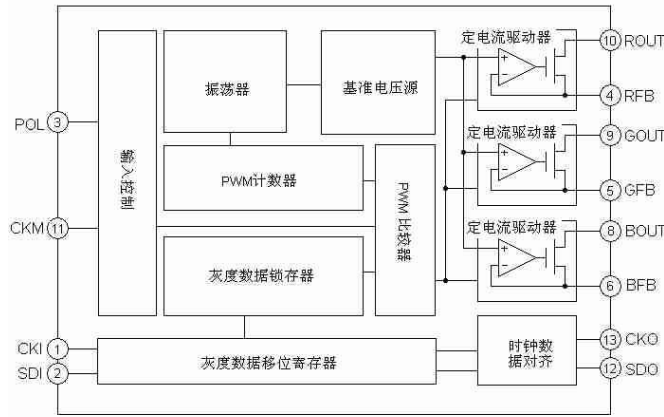
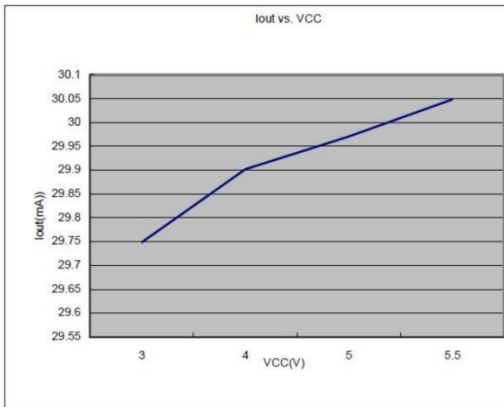
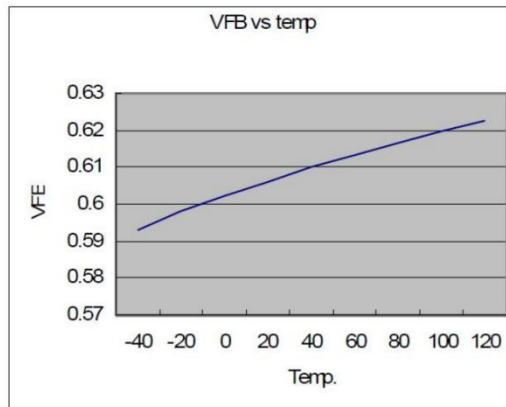


图3: WS2801S集成电路内部功能模块图

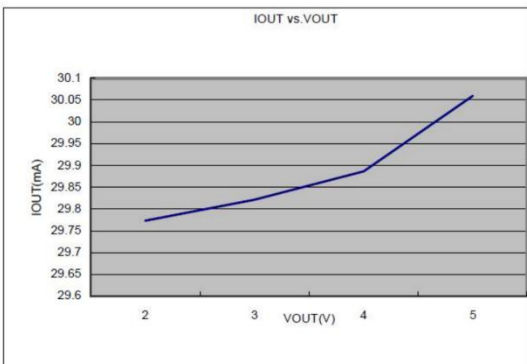
特征:



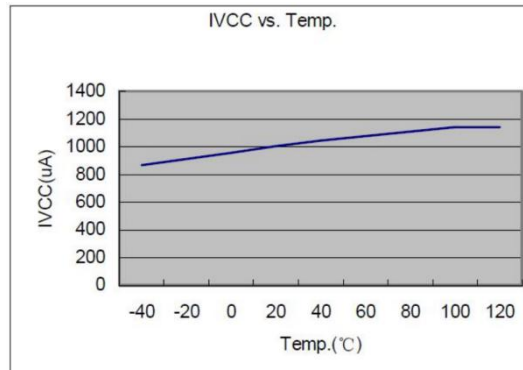
输出电流与温度关系 (RFB=20Ω)



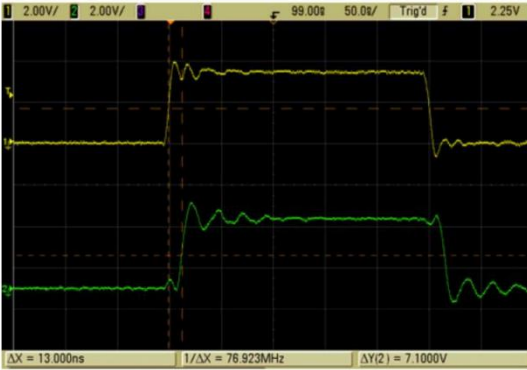
反馈电压与温度关系



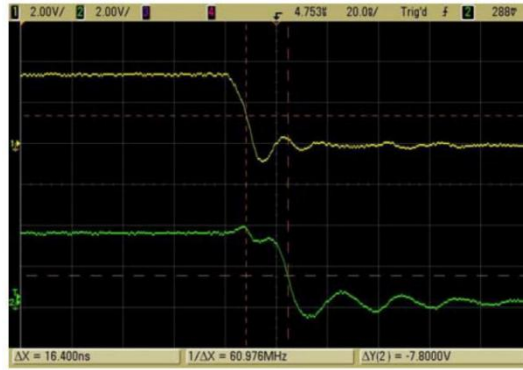
输出电流与输出电压关系



Ivcc与温度关系



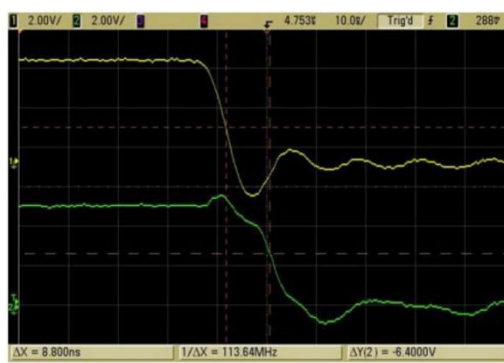
上升沿CKI - CKO延时时间 (VCC=3.3V)  
通道1:CKI  
通道2: CKO



下降沿CKI - CKO延时时间 (VCC=3.3V)  
通道1:CKI  
通道2: CKO



上升沿CKI - CKO延时时间 (VCC=5V)  
通道1:CKI  
通道2: CKO



下降沿CKI - CKO延时时间 (VCC=5V)  
通道1:CKI  
通道2: CKO

### 工作功能描述

WS2801S内部包含串联移位寄存器，数据锁存器，输出寄存器，带隙基准电压源，内部振荡器和可编程恒定电流驱动器。WS2801S在输入时钟的上升沿采样串行数据输入SDI的数据信号，并将其存储到其内部的移位寄存器当中。当WS2801S在连续1ms内没有探测到时钟CKI信号的存在，WS2801S将锁存先前采样的灰度数据至数据锁存器当中，并同时刷新内部的状态寄存器，准备下次数据传输。WS2801S内部的可编程恒定电流驱动器能够以恒定电流和恒定电压模式驱动外部的LED串，通过外围电路的扩展，这些驱动器能够在高输入电压下以恒定电压或者电流模式驱动LED串。

时钟数据自动对齐电路能够将内部的数据和时钟自动对齐，内部的推挽输出级具有很强的驱动能力，以满足其级联应用的需要。

### 高输入电压应用

WS2801S的工作电源电压范围为3.3~5.5V，当输出电源电压高于5.5V时，齐纳二极管D0可用于钳制电源电压来生成WS2801S的电源，如下图：

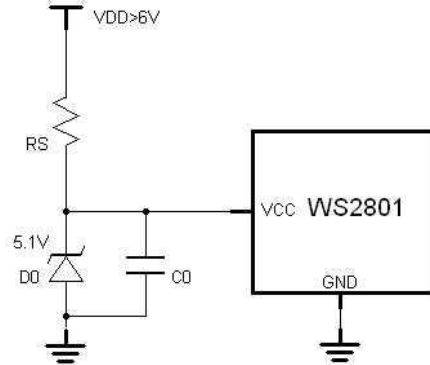


图4: 当输入电压高于 6V 时候, WS2801 的电源设置

在WS2801S正常工作条件下, 芯片消耗约 1.5mA 的电流, 限流电阻RS中流过的电流至少应该为 WS2801S 消耗电流的 2 倍约为3mA, 以保证WS2801S的正常工作。如果输入电源电压为 12V, 那么 RS=2K 可以满足该应用。在WS2801S的电源上必须接一个到地的电容 C0 以滤除电源上的噪声, C0=1uF满足大多数的应用, 在画PCB板时, C0应尽量靠近 WS2801S的VCC pin脚。

当信号传输频率高于2MHz 时, 最好在C0处并联一个约300nF的陶瓷电容, 以使信号的传输更稳定。

### 恒定电流驱动模式

在WS2801S 中采用了一个高性能的运算放大器来控制晶体管 M0 产生一个恒定电流, 以此恒定电流来驱动芯片外接的 LED串。各驱动通道的输出电流均可由外接的电流反馈电阻来独立编程设定, 如下图, XFB 为 R/G/BFB。

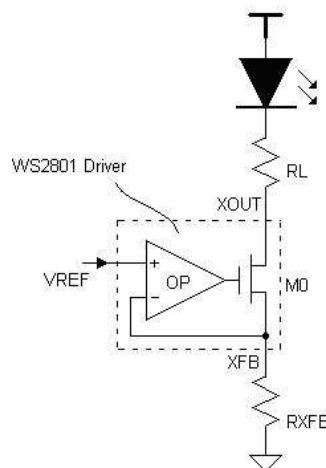


图5: 恒定电流驱动模式的电路

输出恒流可由下式设定可以由下式推导:

$$I_{XOUT} = \frac{V_{REF}}{R_{XFB}}$$

其中, VREF=0.6V, 为设置输出电流的基准电压, RXFB 为 R/G/BFB 脚上所连接的电流反馈电阻, 例如, 如果驱动 LED电流为 20mA, 则 RXFB=30Ω。

为了保证恒定电流驱动器的正常工作, R/G/BOUT pin 的电压在正常工作时应该设置在 1~1.5V 之间, 这样可以保持在整个工作范围内都能够输出一个高精度的驱动电流。如果 R/G/BOUT 的电压过低, 会导致内部



驱动电路工作不正常，不能够输出驱动所需要的电流，如果 R/G/BOUT 的电压过高，会导致有过多的功率消耗在WS2801S 芯片上，使电路工作的稳定性降低。

### 恒定电压驱动模式

WS2801S 是一个使用非常灵活的 LED 驱动芯片。它不仅能够为用户提供恒定电流驱动模式，也能提供恒定电压驱动模式，在该模式下兼容 ZQL9712，在恒定电压驱动模式下（POL=GND或者悬空），WS2801S 的驱动输出电流大于 50mA。应用时，只需要将 R/G/BFB pin 脚直接与 GND 短接，WS2801S 便能工作在恒定电压驱动模式下。如下图：

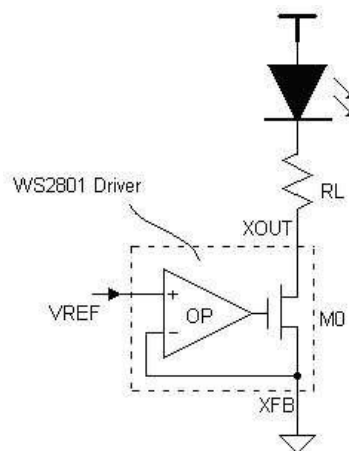


图6：恒定电压驱动模式电路示意图

在恒定电压驱动模式下，LED 的驱动电流可以通过调整 RL 的阻值来设定，RL 可以根据下面的方程来推算得到：

$$R_L = \frac{V_{DD} - V_{LED} - V_{OUT}}{I_{LED}}$$

其中RL是电流设定电阻，VDD是LED串电源，VLED是LED串工作时的正向导通压降，VOUT是驱动输出的饱和压降，大概在0.2~0.4V，ILED是LED工作的工作电流，通常ILED≤20mA。

### 大功率高亮度的 LED驱动

WS2801S可以利用外接的开关，在恒定电压驱动模式下驱动高亮LED，同时实现高亮LED的256级灰度控制。当POL=VCC时候，WS2801的输出极性反转，此时 WS2801工作如同一个PWM控制器，其产生的 PWM 控制信号可用于控制外部的大功率LED 恒流驱动器或者NPN BJT开关晶体管以驱动LED，如下图：



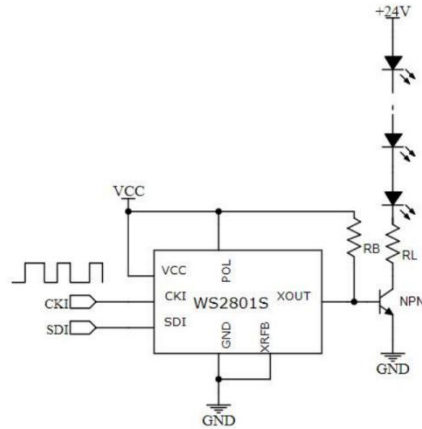


图7：利用外接的开关实现对高亮 LED 的恒定电压驱动

该模式主要应用于高输入电压，高LED驱动电流（ $I_{LED} > 300\text{mA}$ ），其工作原理是利用外接的 NPN 晶体管开关来实现对 LED 的 PWM灰度控制，流过LED的电流可由外接的限流电阻  $R_L$ 来控制， $R_L$ 可由下面的方程推算得到。

$$R_L = \frac{V_{DD} - V_{LED} - V_{CE}}{I_{LED}}$$

其中， $I_{LED}$ 为驱动该大功率LED所需要的电流， $V_{LED}$ 为LED工作时的正向导通压降，NPN管工作于饱和区， $V_{CE}$ 是NPN的饱和压降，大致为 $V_{CE} = 0.5 \sim 0.8\text{V}$ ，具体数值可由该晶体管的规格书查得，基极电阻 $R_B = 2 \sim 5\text{k}\Omega$ 。

### 采用外部开关实现高压恒流驱动LED灯串

WS2801S 可以利用外接的开关在高电源电压输入的情况下以极低的成本实现 LED 的串联驱动，在该模式下， $POL = GND$  或者悬空，如下图

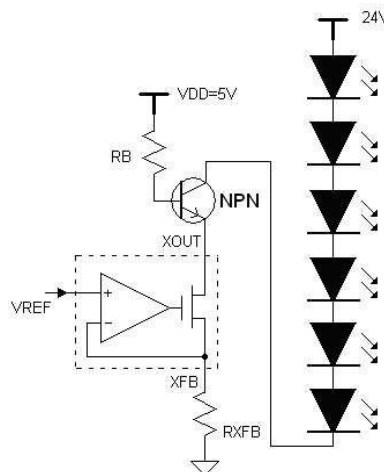


图8：利用外部开关实现 LED 的恒定电流驱动

该模式可以用于在高输入电压模式下驱动 LED 串，此时 NPN 管工作于线性区，最高的应用电压取决于外接的 NPN 三极管从三极管集电极流出的电流可以通过下面的方程计算：

$$I_{NPNC} = I_{XOUT} \frac{\beta}{\beta + 1}$$

$I_{XOUT}$  为驱动 LED 所需要的电流。

从三极管基极流出的电流为：

$$I_{NPNB} = I_{XOUT} \frac{1}{\beta + 1}$$

在正常工作条件下，为了避免过多的功率消耗在 WS2801 中，导致WS2801S工作不稳定，同时也为了提高整个 LED 驱动器的效率，R/G/BOUT pin 脚的电压应该在 1V 左右。基极电阻  $R_B$  的值可由下式计算得到：

$$R_B = \frac{V_{DD} - V_{XOUT}}{I_{NPNB}}$$

### 灰度数据字格式

当WS2801在时钟PIN上保持500us的低电平时，IC进行复位，此时IC上的灰度数据传输将被锁定，并且为下一个灰度数据传输作准备。当IC接收到一个完整的24位数后，从第25个数据开始的数据传输给第二个IC，传输时序图如下。

一个灰度控制数据帧由3个灰度数据字构成，每个数据字由8bit灰度数据位组成，总共24bit。8bit的灰度数据可以很轻松的实现256级的LED灰度控制。

在数据的传输过程中，首先被读入到芯片数据帧是ROUT通道的 MSB，最后读取的数据是BOUT通道的 LSB。

各输出通道的 LED 驱动电流占空比可由下式计算得到：

$$D_{XOUT} = \frac{L[7] * 2^7 + L[6] * 2^6 + L[5] * 2^5 + L[4] * 2^4 + L[3] * 2^3 + L[2] * 2^2 + L[1] * 2^1 + L[0]}{256}$$

其中  $L[x]$ ="0" or "1"，是灰度数据控制字中的 R、G、B[x]， $x=0, 1, 2, \dots, 7$ 。灰度数据 "0000 0000" 用于产生最低为 0 的驱动电流占空比，"1111 1111" 用于产生 255/256 最大输出占空比。

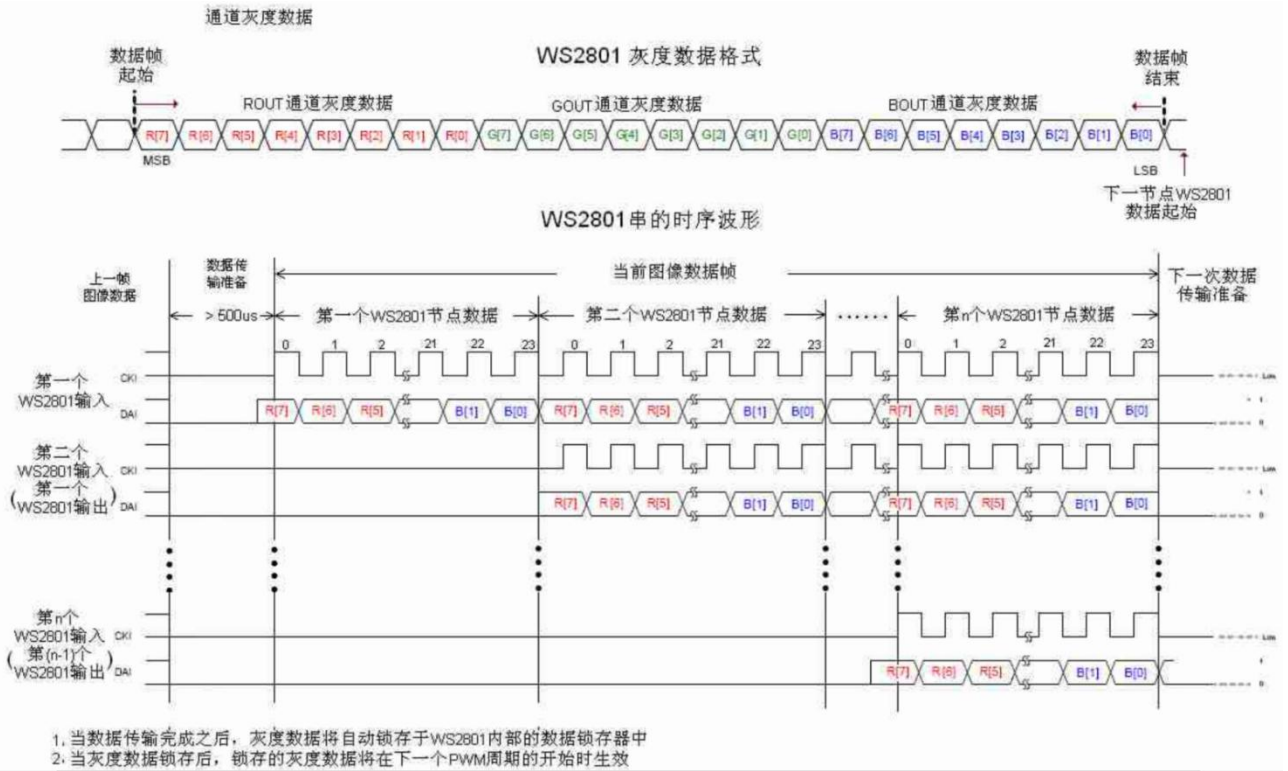


Worldsemi

# WS2801S

## 3通道带PWM输出的可编程恒定电流LED驱动器

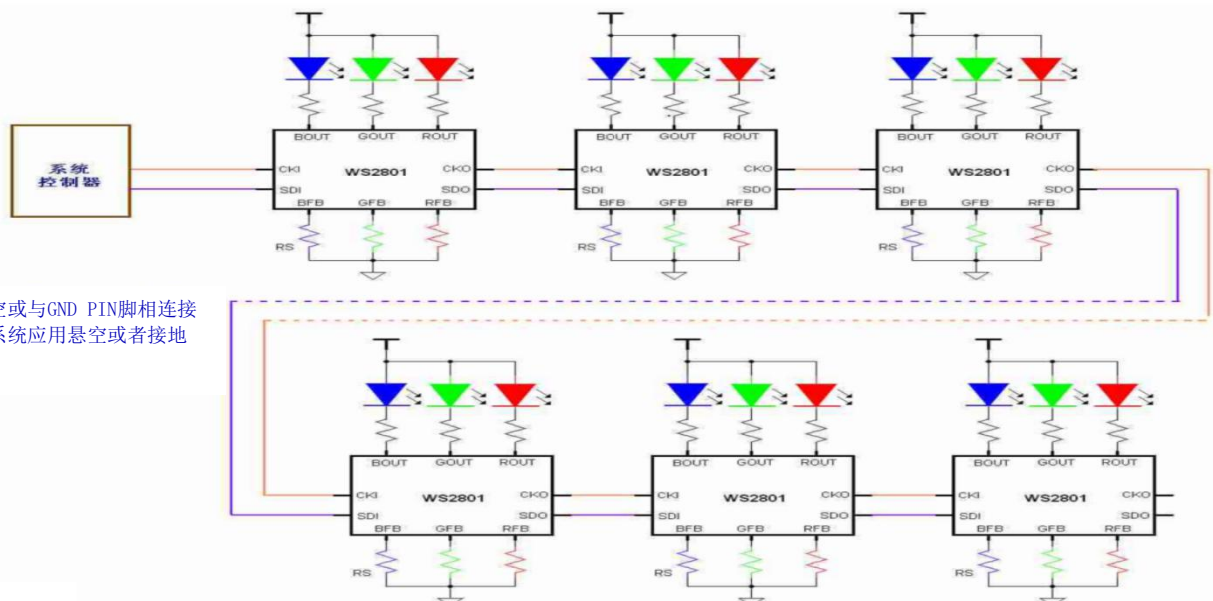
Fig 7. WS2801 的灰度数据格式及时序图



### WS2801S的接力连接与应用

为了能够将数据和时钟能够长距离传送以满足级联应用的需要，WS2801 集成了具有强驱动能力的推挽（push-pull）输出级，该输出级具有低 EMI 特性。测试中，WS2801 能够在 2MHz 频率下，将数据时钟传送到 7 米以上的距离。为了防止信号的反射，有必要在信号输入端串接一个电阻以实现控制的阻抗匹配，减少信号的反射，其阻值与传输线的高频阻抗应该相等。

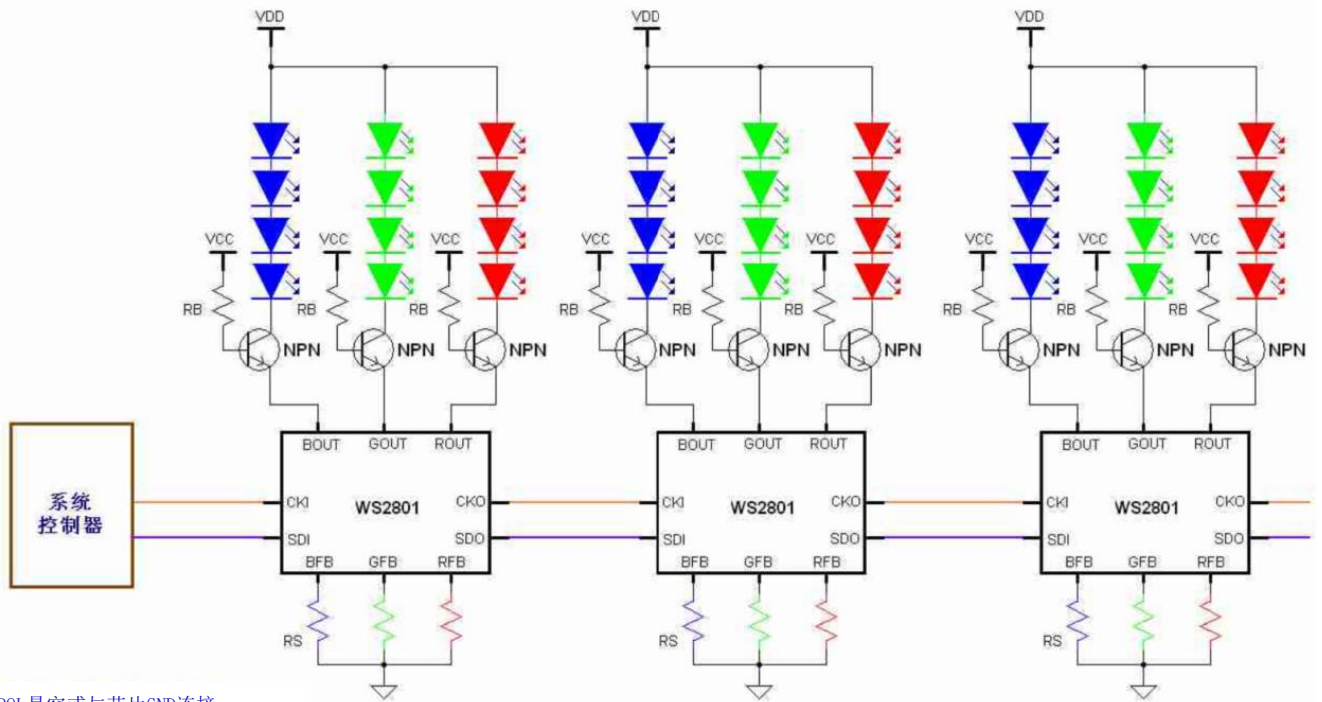
典型应用电路图一：



- POL悬空或与GND PIN脚相连接
- CKM视系统应用悬空或者接地

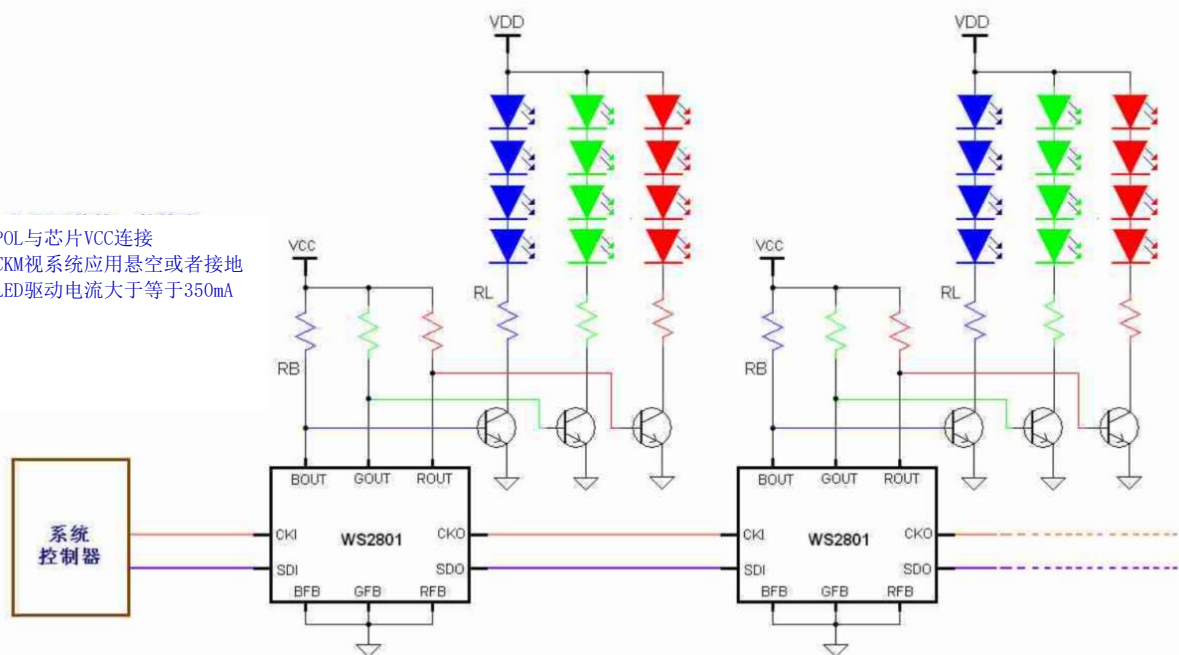


典型应用电路图二(使用外部开关实现高压恒流驱动LED串):



- POL悬空或与芯片GND连接
- CKM视系统应用悬空或者接地
- LED电源电压VDD>6V时的应用电路

典型应用电路三 (使用外部开关实现恒压驱动大功率LED)



- POL与芯片VCC连接
- CKM视系统应用悬空或者接地
- LED驱动电流大于等于350mA



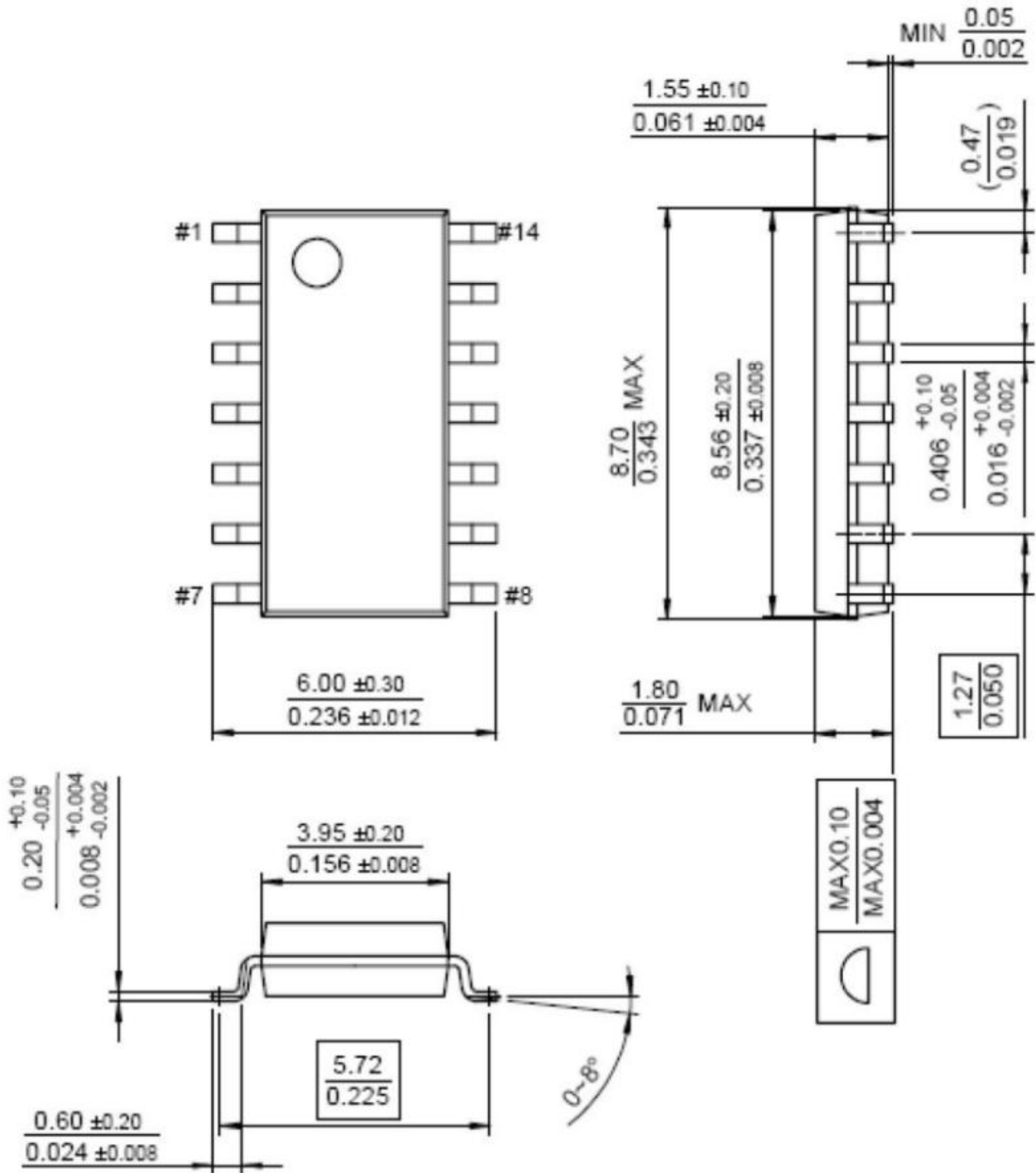
Worldsemi

# WS2801S

3通道带PWM输出的可编程恒定电流LED驱动器

封装尺寸:

SOP-14 封装(单位: mm)





WS2801S

3通道带PWM输出的可编程恒定电  
流LED驱动器

### 文件更改记录

版本号	状态	修改内容概要	修订日期	修订人	批准人
V1.0	N	新建	20170524	沈金国	尹华平
V2.0	M	补充参数, 应用图, 修改POL反极性应用方法	20210522	董乐	尹华平

注：初始版本号V1.0；每次修订批准后，版本号顺序加“0.1”；  
状态包括：N--新建，A--增加，M--修改，D--删除。