

16路输出PWM LED驱动器，
用于信息板

MAX6972/MAX6973

概述

MAX6972/MAX6973高精度、吸电流、16路输出PWM LED驱动器，能够驱动红光、绿光和/或蓝光LED，适用于全彩色图形信息板和视频显示器。每路输出都带有独立的12位(MAX6972)或14位(MAX6973) PWM亮度(色彩)控制以及7位(MAX6972)或5位(MAX6973) PWM全局亮度控制。MAX6972/MAX6973还包含有LED开路故障检测电路和一个看门狗定时器。

驱动器具有两组8路输出，在RGB应用中，每组驱动一种特定颜色。标准应用采用3片MAX6972/MAX6973驱动8路RGB LED。每组8路输出的满量程电流可以在11mA至55mA范围调整，调节级数为256(每级0.3125%)，用于校准每种颜色。

MAX6972/MAX6973可以使用MUX0和MUX1引脚选择复用器，每个引脚驱动一个外部pnp晶体管。多路复用器扩展了MAX6972/MAX6973驱动，能够驱动32个LED。

MAX6972/MAX6973采用3.0V至3.6V电源供电，LED电源电压范围为3V至7V。LED驱动器只需提供高于LED正向导通压降0.8V的电压。为每个LED提供单独的电源电压可以使功耗最小。

串口使用差分信号传输高速时钟和数据，降低了EMI，保证信号完整性。MAX6972/MAX6973为所有接口提供缓冲，在需要大量驱动器的模块中可以简化器件级联。

当内部看门狗定时器使能时，如果40ms内没有任何输入触发信号，器件将自动清除像素数据寄存器，并清除屏幕显示。

MAX6972/MAX6973采用32引脚TQFN封装，可工作在汽车级-40°C至+125°C温度范围。

如需了解24路输出、驱动电流为6mA至30mA的软件兼容器件，请参考MAX6974/MAX6975数据资料。

EZCascade是Maxim Integrated Products, Inc.的商标。

应用

LED视频显示器

LED信息板

信息板(VMS)

信号灯

图形板

典型应用电路在数据资料的最后给出。

特性

- ◆ 16路LED电流吸收输出(两组8路)
- ◆ 使用多路复用器可驱动32个LED
- ◆ 33MHz时钟支持每秒63帧的视频刷新
- ◆ 恒流输出校准，在11mA至55mA范围可调，调节级数为256
- ◆ EZCascade™接口简化多个驱动器的级联，无需外部缓冲器
- ◆ 12位或14位PWM LED亮度控制
- ◆ 7位或5位显示板PWM亮度控制
- ◆ +3V至+7V LED电源
- ◆ +3.0V至+3.6V逻辑电源
- ◆ LED开路故障检测
- ◆ 可选择的看门狗定时器，在连接失败时清除屏幕显示
- ◆ 工作在-40°C至+125°C温度范围

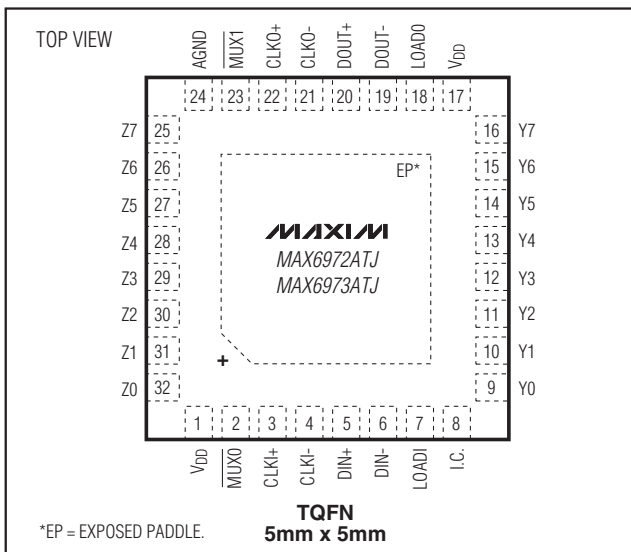
订购信息

PART	TEMP RANGE	PIN-PACKAGE	PKG CODE
MAX6972ATJ+	-40°C to +125°C	32 TQFN-EP*	T3255-5
MAX6973ATJ+	-40°C to +125°C	32 TQFN-EP*	T3255-5

*EP = 裸焊盘。

+表示无铅封装。

引脚配置



16路输出PWM LED驱动器， 用于信息板

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

(All voltages with respect to GND.)

V_{DD} -0.3V to +4.0V
 Y_0 – Y_7 , Z_0 – Z_7 , MUX_0 , and MUX_1 -0.3V to +8.0V
 All Other Pins -0.3V to (V_{DD} + 0.3V)
 Continuous Power Dissipation (T_A = +70°C)
 32-Pin TQFN (derate 34.5mW/°C over +70°C) 2857mW

Operating Temperature Range -40°C to +125°C
 Junction Temperature +150°C
 Storage Temperature Range -65°C to +150°C
 Lead Temperature (soldering, 10s) +300°C

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.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(V_{DD} = 3.0V to 3.6V, T_A = T_{MIN} to T_{MAX} , unless otherwise noted. Typical values are at V_{DD} = 3.3V, T_A = +85°C.) (Note 1)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Operating Supply Voltage	V_{DD}		3.0		3.6	V
LEDs Anode Voltage (Y_0 – Y_7 , Z_0 – Z_7 , MUX_0 , and MUX_1)	V_O				7	V
Supply Current	I_{DD}	f_{CLKI} = 0Hz; $CLKO_+$, $DOUT_+$ loaded 200 Ω ; calibration DACs set to 0x01		21	35	mA
		f_{CLKI} = 0Hz; $CLKO_+$, $DOUT_+$ loaded 200 Ω ; calibration DACs set to 0xFF		40	55	
		f_{CLKI} = 32MHz; $CLKO_+$, $DOUT_+$ loaded 200 Ω ; calibration DACs set to 0xFF		42	60	
Input High Voltage $LOADI$	V_{IHC}		0.7 x V_{DD}			V
Input Low Voltage $LOADI$	V_{ILC}				0.3 x V_{DD}	V
Differential Input Voltage Range $CLKI_+$, DIN_+	V_{ID}		± 0.15		± 1.20	V
Common-Mode Input Voltage $CLKI_+$, DIN_+	V_{CM}		$ V_{ID} / 2$		2.4	V
Differential Input High Threshold	V_{DIFFTH}			8	65	mV
Differential Input Low Threshold	V_{DIFFTL}		-65	-8		mV
Differential Output Voltage $CLKO_+$, $DOUT_+$	V_{OD}	Termination 200 Ω at receiver $_+$ and $_-$ inputs	± 190		± 550	mV
Differential Output Offset $CLKO_+$, $DOUT_+$	V_{OS}	Termination 200 Ω at receiver $_+$ and $_-$ inputs	1.125	1.25	1.375	V
Input Leakage Current $CLKI_+$, DIN_+ , $LOADI$	I_{IH} , I_{IL}		-1		+1	μA
Input Capacitance $CLKI_+$, DIN_+ , $LOADI$				10		pF
Output Low Voltage $LOADO$	V_{OLC}	I_{SINK} = 5mA		0.05	0.25	V
Output High Voltage $LOADO$	V_{OHC}	I_{SOURCE} = 5mA	V_{DD} - 0.5	V_{DD} - 0.2		V
Output Slew Time $LOADO$		20% to 80%, 80% to 20%, load = 10pF		3		ns

16路输出PWM LED驱动器， 用于信息板

MAX6972/MAX6973

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

(V_{DD} = 3.0V to 3.6V, T_A = T_{MIN} to T_{MAX}, unless otherwise noted. Typical values are at V_{DD} = 3.3V, T_A = +85°C.) (Note 1)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
Output Low Voltage $\overline{\text{MUX}}_{\text{L}}$	V _{OLM}	I _{SINK} = 40mA				0.4	V
Open-Circuit Detection	V _{OCD}			200			mV
Output Slew Time Y0–Y7, Z0–Z7		80% to 20%, load = 50pF, calibration DACs set to 0xFF				100	ns
Full-Scale Port Output Current Y0–Y7, Z0–Z7	I _{SINKFS}	V _{DD} = 3.3V, V _O = 1.2V, calibration DACs set to 0xFF	T _A = +85°C	54	55	56	mA
			T _A = T _{MIN} to T _{MAX}	52.5	55	58.0	
Port-to-Port Current Matching Y0–Y7, Z0–Z7	ΔI _{SINK}	V _{DD} = 3.3V, V _O = 1.2V, calibration DACs set to 0xFF I _{SINK} = 55mA (Note 2)	T _A = +125°C (Note 3)	±0.5		±1.8	%
			T _A = +85°C	±0.5		±1.2	
			T _A = -40°C (Note 3)	±0.7		±2.3	
Device-to-Device Current Matching Y0–Y7, Z0–Z7	ΔI _{AVG}	V _{DD} = 3.3V, V _O = 1.2V, calibration DACs set to 0xFF, I _{SINK} = 55mA, T _A = +85°C (Note 3)		±1		±2	%
Half-Scale Port Output Current Y0–Y7, Z0–Z7	I _{SINKHS}	V _{DD} = 3.3V, V _O = 1.2V, calibration DACs set to 0x80	T _A = +85°C	31.0	33	35.5	mA
			T _A = T _{MIN} to T _{MAX}	30.0	33	36.5	
Output Load Regulation	ΔI _{OLR}	V _{DD} = 3.3V, V _O = 1.2V to 3.0V, calibration DACs set to 0x80, I _{SINK} = 33mA	T _A = +85°C	0.3		1.15	mA/V
			T _A = T _{MIN} to T _{MAX}	1.5			
Output Power-Supply Rejection	ΔI _{OPSR}	V _{DD} = 3.0 V to 3.6V, V _O = 1.2V, calibration DACs set to 0x80, I _{SINK} = 33mA	T _A = +85°C	0.6		1.7	mA/V
			T _A = T _{MIN} to T _{MAX}	2.0			

TIMING CHARACTERISTICS

(V_{DD} = 3.0V to 3.6V, T_A = T_{MIN} to T_{MAX}, unless otherwise noted. Typical values are at 3.3V, T_A = +85°C.) (Note 1)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
CLKI_ Input Frequency	f _{CLKI}				33	MHz
CLKI_ Duty Cycle			40		60	%
CLKO_ Output Delay	t _{PD-CLKO}				16	ns
DIN_ Setup Time	t _{SU-DIN}		0.5			ns
DIN_ Hold Time	t _{HD-DIN}		5			ns
DOUT_ Output Delay	t _{PD-DOUT}				15	ns
LOADO Output Delay	t _{PD-LOADO}				18	ns
LOADI Setup Time	t _{SU-LOADI}		-3			ns
LOADI Hold Time	t _{HD-LOADI}		8			ns
Watchdog Period		When enabled	40	125	300	ms

Note 1: All parameters tested at T_A = +85°C. Specifications over temperature are guaranteed by design.

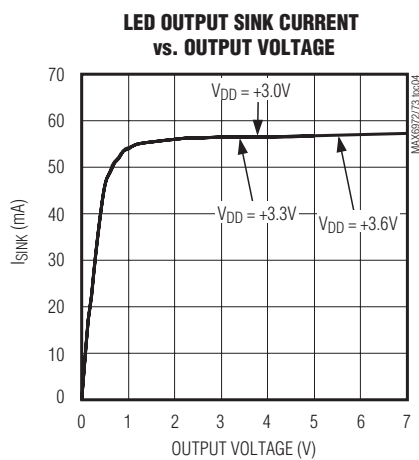
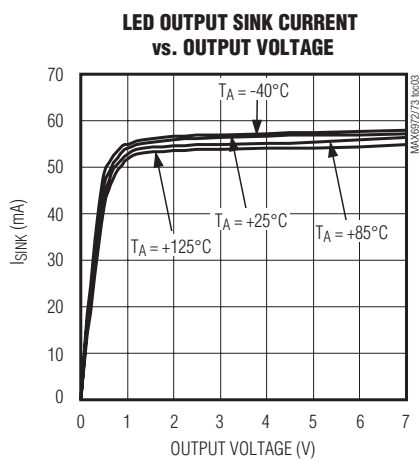
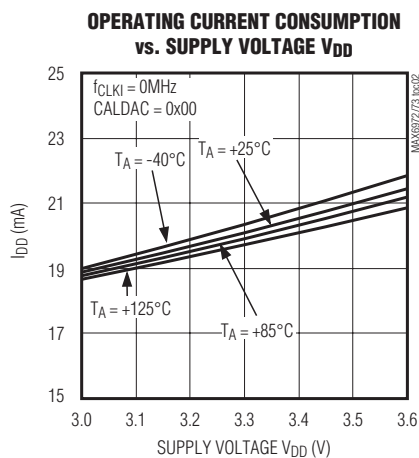
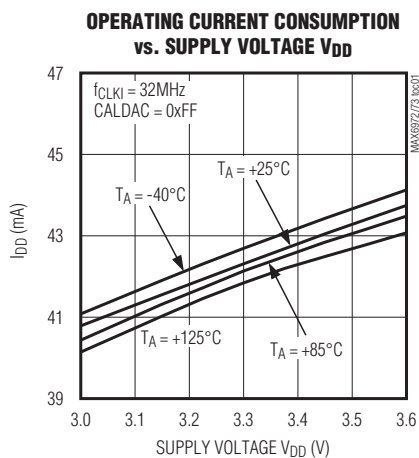
Note 2: Specification limits apply to devices at the same T_A for T_A = T_{MIN} to T_{MAX}.

Note 3: Guaranteed by design.

16路输出PWM LED驱动器， 用于信息板

典型工作特性

($V_{DD} = 3.3V$, $T_A = +25^\circ C$, unless otherwise noted.)



16路输出PWM LED驱动器， 用于信息板

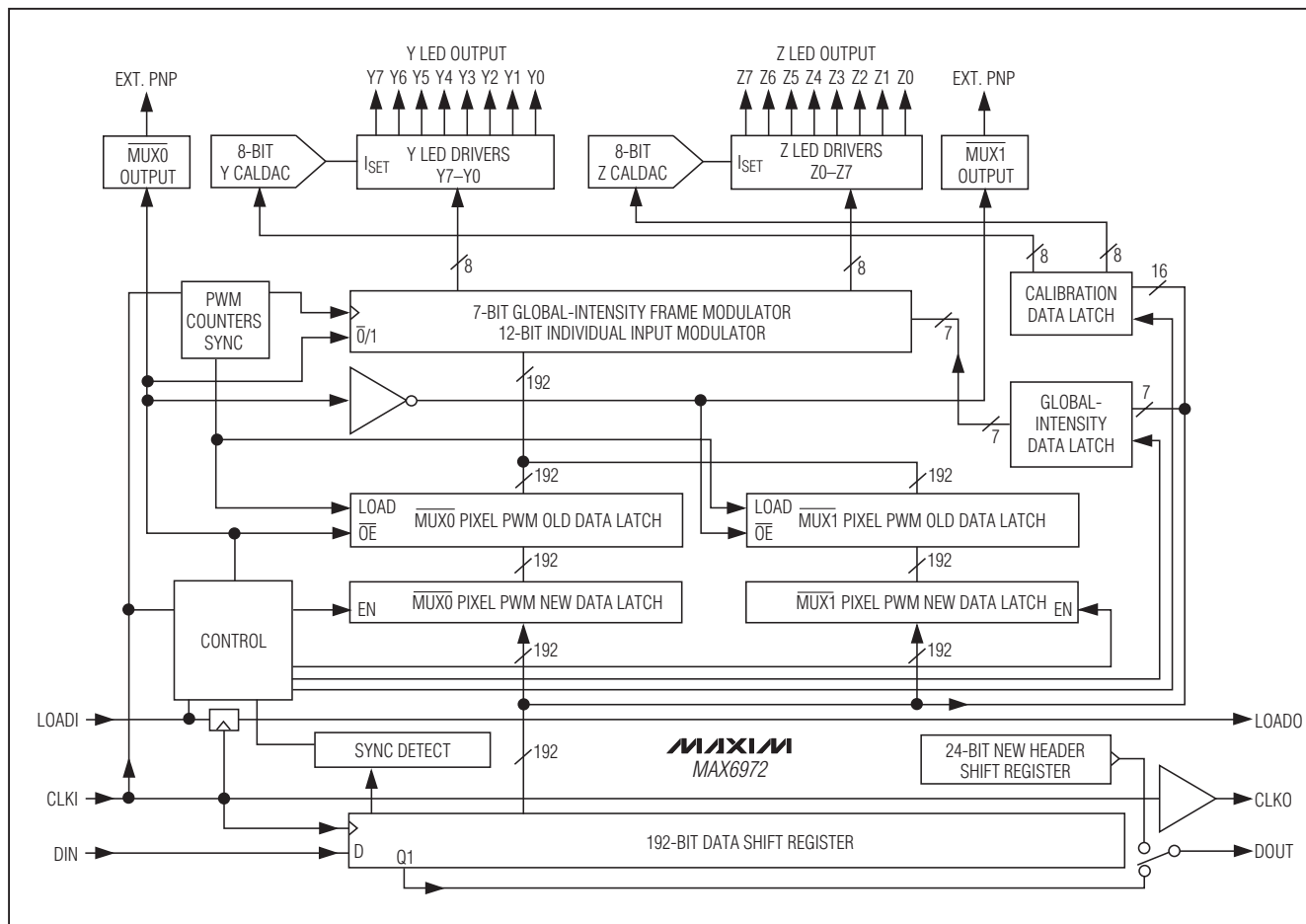
引脚说明

MAX6972/MAX6973

引脚	名称	功能
1,17	V _{DD}	正电源电压。使用0.1μF陶瓷电容将V _{DD} 旁路至GND。
2	MUX0	低电平有效复用器0，开漏输出。用MUX0驱动外部pnp晶体管。
3	CLKI+	PWM和LVDS串行时钟输入同相端。
4	CLKI-	PWM和LVDS串行时钟输入反相端。
5	DIN+	LVDS串行数据输入同相端。
6	DIN-	LVDS串行数据输入反相端。
7	LOADI	串行接口数据装载CMOS输入。
8	I.C.	内部连接。连接至GND。
9–16	Y0–Y7	Y LED驱动输出。Y0至Y7为开漏输出，恒流吸收。
18	LOADO	串行接口数据装载CMOS输出。
19	DOUT-	LVDS串行数据输出反相端。
20	DOUT+	LVDS串行数据输出同相端。
21	CLKO-	PWM和LVDS串行时钟输出反相端。
22	CLKO+	PWM和LVDS串行时钟输出同相端。
23	MUX1	低电平有效复用器1，开漏输出。用MUX1驱动外部pnp晶体管。
24	AGND	模拟地。连接至GND。
25–32	Z7–Z0	Z LED驱动输出。Z0至Z7为开漏输出，恒流吸收。
EP	GND	功率地。封装底部的裸露焊盘必须连接至GND。

16路输出PWM LED驱动器， 用于信息板

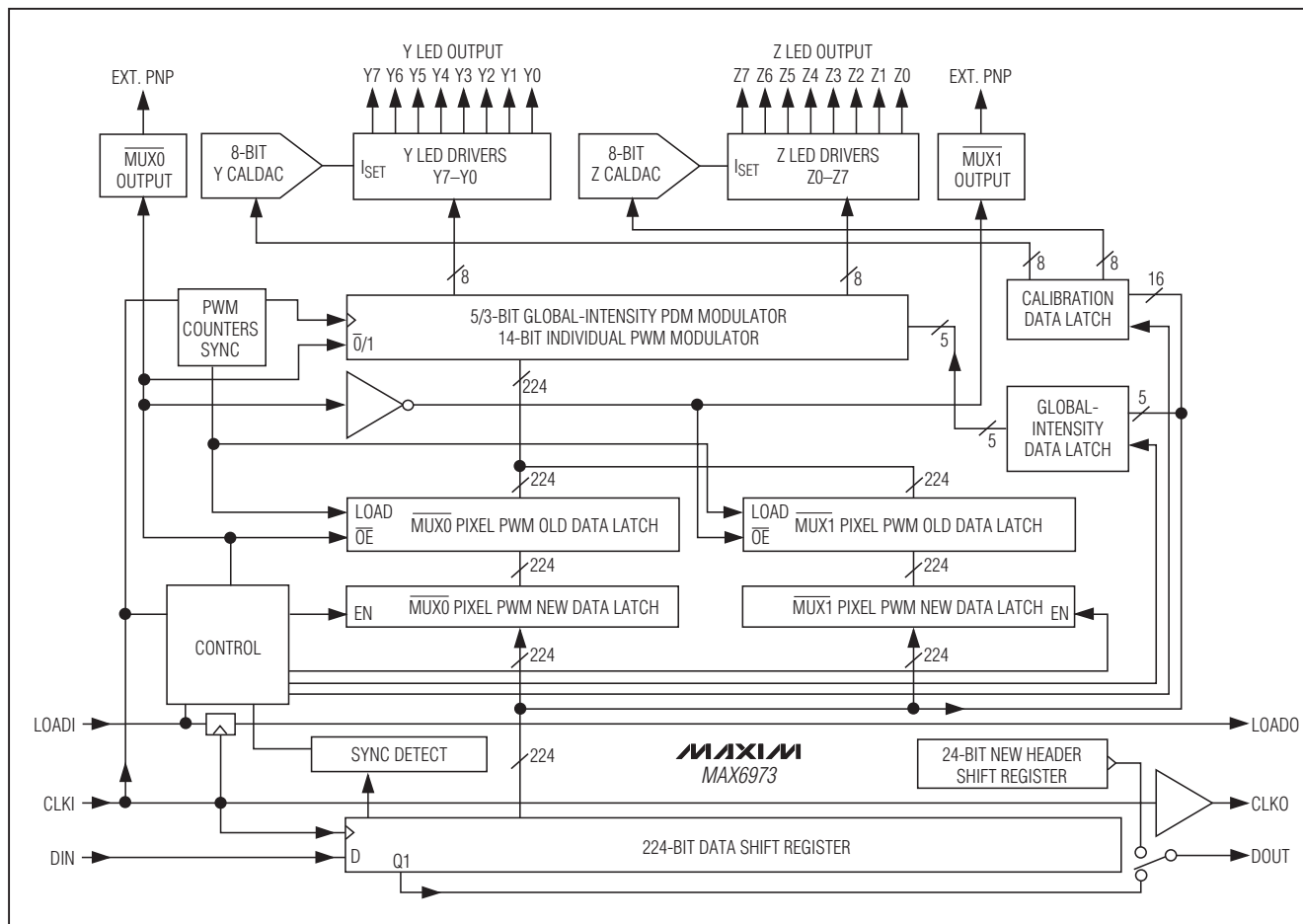
MAX6972方框图



16路输出PWM LED驱动器， 用于信息板

MAX6973方框图

MAX6972/MAX6973



16路输出PWM LED驱动器， 用于信息板

详细说明

MAX6972/MAX6973可驱动16路非复用LED或者32路复用LED，适用于各种不同的室内或户外显示屏应用。EZCascade串口允许多个MAX6972/MAX6973互联，适合用于多驱动器显示板(参见图1)。

驱动器的每路LED输出都具有12位(MAX6972)或14位(MAX6973)的独立PWM步长。4至7位全局亮度控制位可提供额外的脉冲密度调制(PDM)亮度控制(参见表1)。MAX6972/MAX6973的每种颜色或每个像素具有总共19位的电流/亮度控制，复用时为18位。总的PWM动态范围包括gamma修正和独立的LED校准(如果需要)。

LED输出分成Y和Z两组，每组端口有8路LED输出。器件内置电流校准控制DAC (CALDAC)，用于设置电流，其分辨率为0.31%。MAX6972/MAX6973的电流校准特性可以使不同批次、不同供应商的不匹配LED达到一致的色彩。

上电

上电时，MAX6972/MAX6973将所有LED输出的校准电流设置为最小电流，并清除全局亮度PDM数据、独立亮度PWM数据和定时计数器。显示屏在CLKI开始运行后保持空白。上电后，看门狗功能不工作。

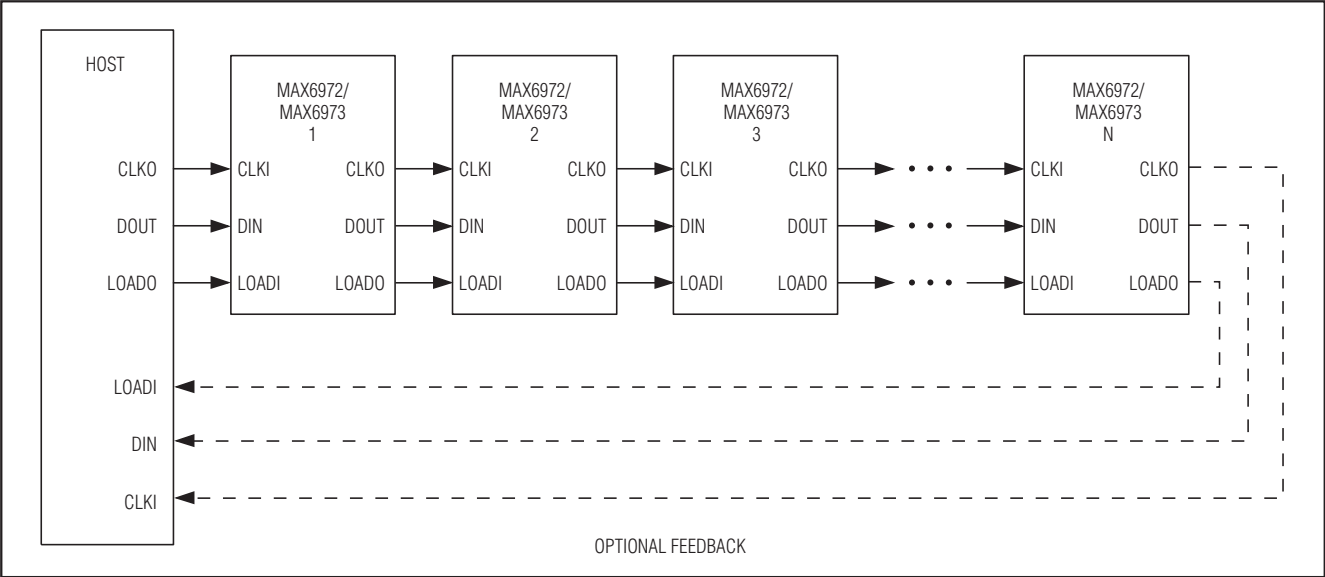


图1. 通用的级联原理图

表1. MAX6972/MAX6973比较

PART	LED DRIVE OUTPUTS	LED DRIVE CURRENT	CALIBRATION DAC RANGE	GLOBAL PDM		INDIVIDUAL PWM
				DIRECT	MULTIPLEXED	
MAX6972	16 (7V rated)	55mA	11mA to 55mA	7 bits	6 bits	12 bits
MAX6973				5 bits	4 bits	14 bits
				3 bits	2 bits	

16路输出PWM LED驱动器， 用于信息板

LED亮度控制

MAX6972/MAX6973为LED驱动提供三级输出电流控制：校准DAC (CALDAC)、全局亮度控制和独立亮度控制。CALDAC设置端口输出电流大小，而全局亮度控制和独立亮度控制调节输出电流开/关时间(参见图2)，从而实现平均输出电流的高精度控制。独立亮度控制分别控制每路输出，设置各个LED亮度等级。全局亮度控制同时调节MAX6972/MAX6973的所有输出，在不影响颜色的条件下实现统一的亮度管理。精密控制亮度的时候，固定输出电流受开关控制调节，从而不会影响LED的颜色。最后，可以通过设置或清除配置位D3 (PWM-ON)，同时打开或关断所有输出。

校准DAC

8位Y和Z CALDAC分别设置Y端口和Z端口中所有8路输出的电流(参见MAX6972方框图和MAX6973方框图)。Y CALDAC和Z CALDAC可在最小11mA (0x00)至最大55mA (0xFF)范围内调节输出电流，具有172 μ A的电流微调步长。通过串口使用命令01加载CALDAC (参见表4)。首先加载Z CALDAC数据，接下来是Y CALDAC数据(参见串口部分)。加载的数据立即生效。

全局亮度控制

MAX6972/MAX6973在每个周期(每一帧)调节全局亮度和单个LED的亮度。一帧需要 2^{19} (524,288)个CLKI周期，对应一个视频帧周期。视频帧通常包括连续的、快速变化的图像，用于显示动画。当MAX6972/MAX6973工作在 $f_{CLKI} = 31.5\text{MHz}$ 的情况下，可以实现60fps的视频帧刷新率，用于全动画视频(参见MAX6972视频帧时序和MAX6973视频帧时序部分)。

MAX6972/MAX6973可将帧分成子帧，实现特有的全局亮度和独立亮度的组合控制。子帧的数量等于全局亮度控制步长的级数。非复用模式下，MAX6972每帧分为128个子帧(对应7位全局亮度PDM控制)；复用模式下，则分为64个子帧(对应6位全局亮度PDM控制)。MAX6973具有5位、4位、3位和2位全局亮度控制位，分别对应每帧32个、16个、8个和4个子帧。

MAX6972/MAX6973通过控制子帧的开和关，来控制全局亮度。在子帧开启时，通过输出驱动进行独立的PWM亮度控制。子帧关闭时，输出上不进行PWM调节。

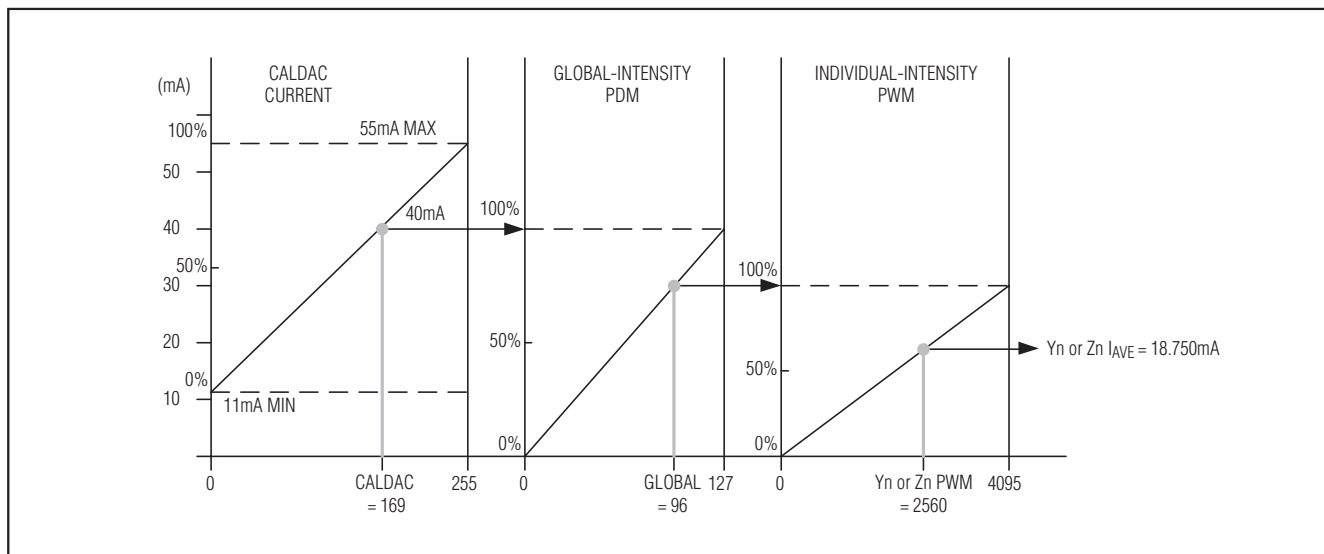


图2. CALDAC、全局亮度和独立亮度PWM控制三者关系

16路输出PWM LED驱动器， 用于信息板

独立PWM控制

MAX6972/MAX6973通过脉冲宽度调制(PWM)值来调节每个子帧的ON时间。Y端口和Z端口中的每个输出电流驱动器具有12位(MAX6972)和14位(MAX6973)控制值，实现平均电流输出的高精度调节。PWM每一位的时间对应一个CLKI周期(T_{CLKI})。PWM设置决定输出开启的时间(占整个周期)。在PWM周期的开始(t_{SPWM})和结束(t_{EPWM})时，子帧具有PWM关闭区域(参见图3)。表2给出了每个器件的子帧周期和PWM关闭区域。

MAX6972将每个子帧细分为4096级(12位) PWM，并具有16个周期的关闭区域，介于16至4079之间的4064级为有效

表2. 子帧和PWM时序

PART	SUBFRAME (T_{CLKI})	t_{SPWM} (T_{CLKI})	t_{EPWM} (T_{CLKI})	t_{EMUX} (T_{CLKI})
MAX6972	4096	16	16	16
MAX6973	16,384	32	32	32

PWM区域。MAX6973将每个子帧细分为16,384级(14位) PWM，并具有32个周期的关闭区域，介于32至16,351之间的16,320级为有效PWM区域。输出Y0、Y2、Y4、Y6和Z0、Z2、Z4、Z6采用PWM同相控制方式，先通后断。而输出Y1、Y3、Y5、Y7和Z1、Z3、Z5、Z7则采用反相控制方式，以平衡LED阳极电源上的负载。

复用模式下，子帧分配在 $\overline{MUX0}$ 和 $\overline{MUX1}$ 有效时间，进而将子帧数目减半。

LED亮度控制实例

图2给出了非复用模式下，MAX6972的LED输出驱动器的三级亮度控制方式。例如，CALDAC设置为 169_{DEC} ，设定端口输出电流为40mA。全局亮度PDM值设置为 96_{DEC} ，在128个可能的子帧中平均分配ON子帧(如图4中所示的子帧1、3、5等)。每个子帧导通的PWM持续时间由独立PWM值设定。设定4096级(12位)的PWM值为 2560_{DEC} ，进一步降低现有的导通时间(如黑线所示)。

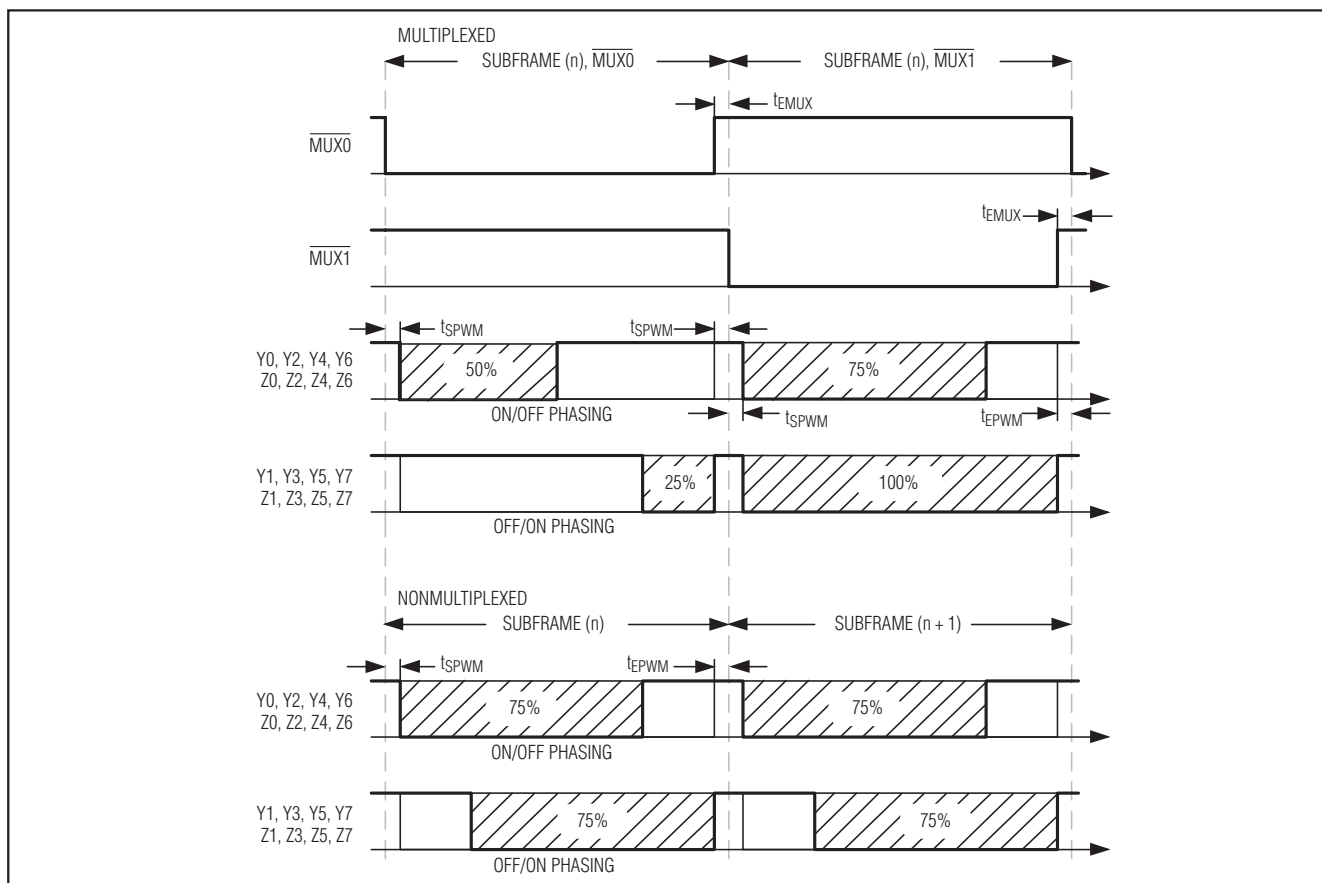


图3. 复用和非复用输出驱动器相位调整和PWM值实例

16路输出PWM LED驱动器， 用于信息板

内部PDM逻辑尽可能地将导通子帧平均分配到关闭子帧当中，以保持高的有效扫描频率。

在时钟速率较慢的应用中，MAX6973能将显示刷新速率乘以4，以消除可见的闪烁。设置配置位D4 (GLDB4)为1，激活刷新速率提升功能(参见表6)。刷新速率的增加将全局亮度设置级数减少至原来的1/4 (参见表3)。

MAX6972视频帧时序

MAX6972每秒支持多达60个视频帧(fps)。下面的公式给出了支持60fps视频所需的时钟频率：

$$60 \text{ (视频fps)} \times 4096 \text{ (每个12位PWM周期的时钟数)} \times 128 \text{ (全局亮度子帧数)} = 31.5\text{MHz}.$$

MAX6972支持高达33MHz的时钟信号(~63fps)。

每个12位PWM周期包含4096个时钟周期；该值乘以128 (全局亮度子帧数)，可以得到每个视频帧所需的时钟周期数(524,288)。MAX6972需要36位(三种颜色，每种颜色12

位)来驱动RGB像素。MAX6972每个视频帧可发送的最大像素数据为524,288 / 36或者14,563个像素，对应2730个MAX6972级联。

MAX6973视频帧时序

MAX6973每秒也可支持多达60个视频帧(fps)。下面的公式给出了用来支持60fps视频所需的时钟频率：

$$60 \text{ (视频fps)} \times 16,384 \text{ (每个14位PWM周期的时钟数)} \times 32 \text{ (全局亮度子帧数)} = 31.5\text{MHz}.$$

MAX6973支持高达33MHz的时钟信号(~63fps)。

每个14位PWM周期包含16,384个时钟周期；该值乘以32 (全局亮度子帧数)，可以得到每个视频帧所需的时钟周期数(524,288)。MAX6973需要42位(三种颜色，每种颜色14位)来驱动RGB像素。MAX6973每个视频帧可发送的最大像素数据为524,288 / 42或者12,483个像素，对应2340个MAX6973级联。

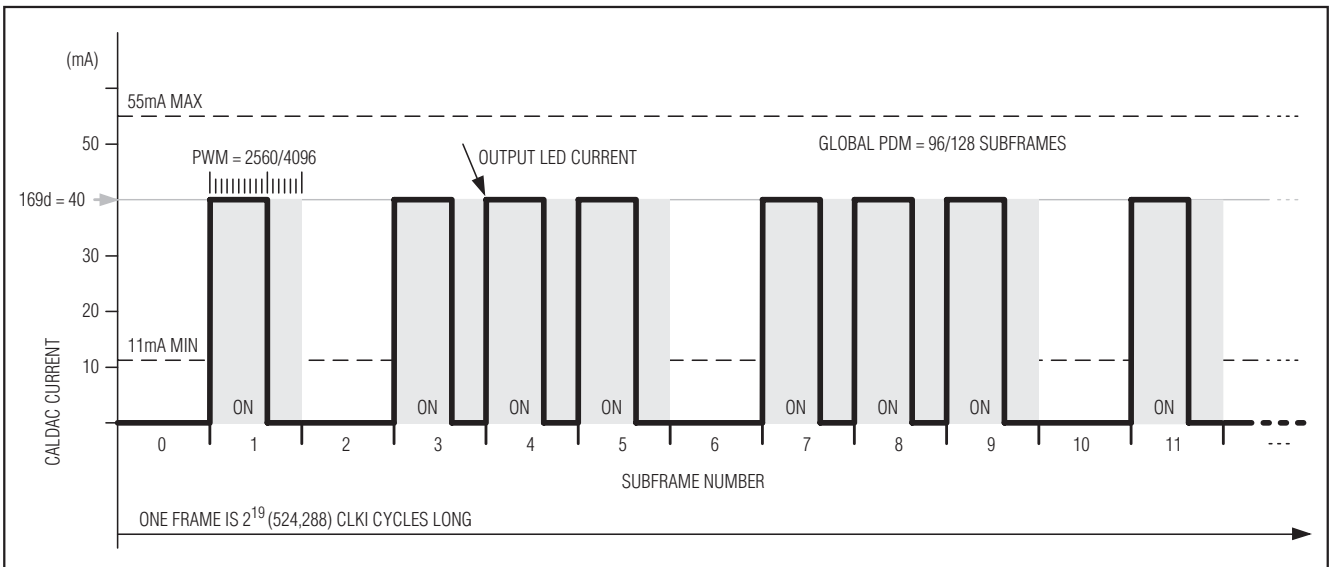


图4. 三级LED电流控制(CALDAC、全局亮度PDM和独立PWM)调节平均输出电流

16路输出PWM LED驱动器， 用于信息板

复用与非复用工作模式比较

通过复用，MAX6972/MAX6973驱动LED的数量可从16路

变成32路。复用时， $\overline{\text{MUX0}}$ 和 $\overline{\text{MUX1}}$ 驱动两个外部npn晶体管，例如FMMTL717，用作共阳极电源开关(参见图5)。

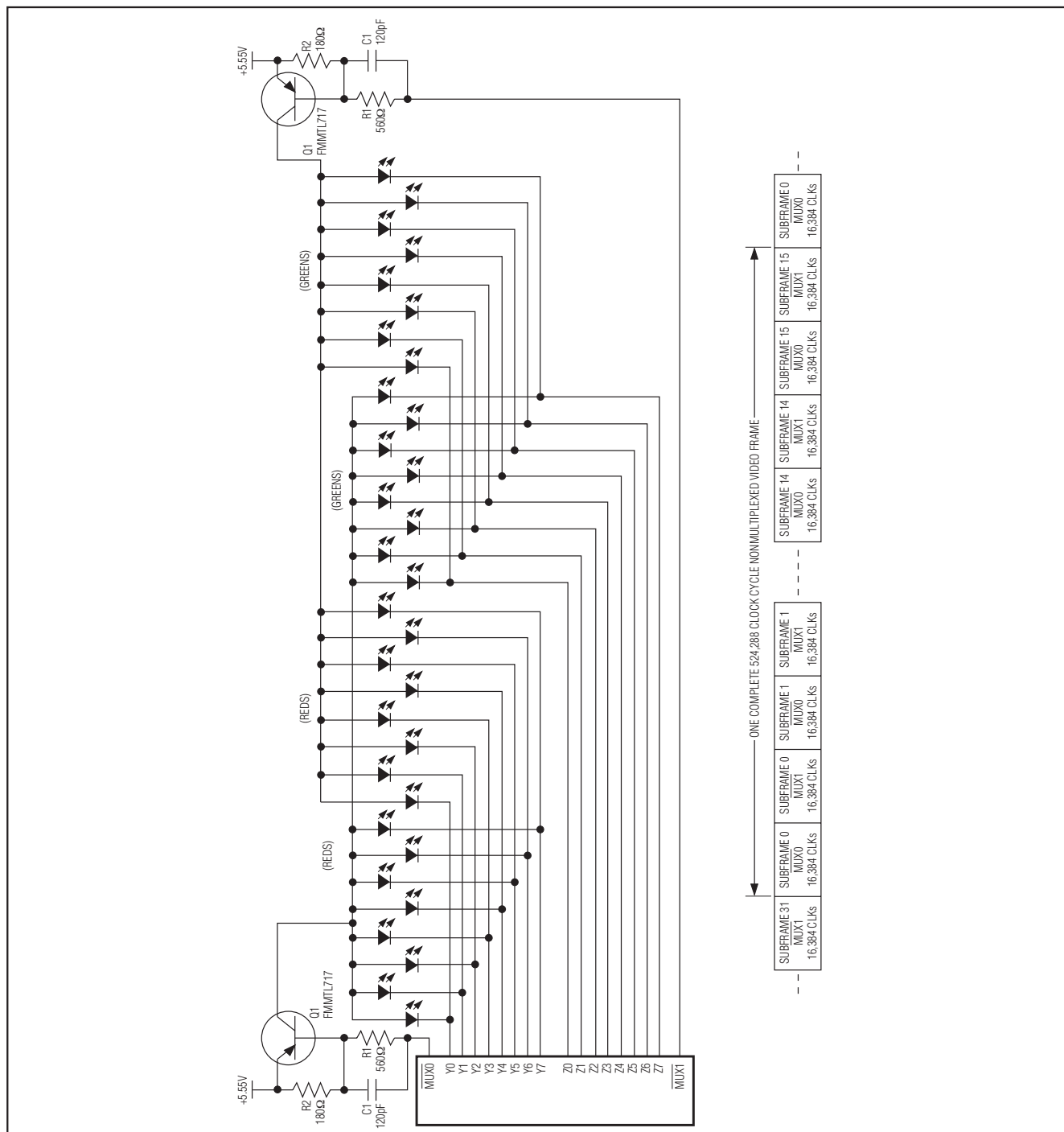


图5. 单路LED电源下MAX6973复用两组8个RG像素，以及子帧时序

16路输出PWM LED驱动器， 用于信息板

MAX6972/MAX6973

表3. MAX6972/MAX6973时序比较

PART	MUX BIT	OPERATION	PWM RES.	TOTAL CLOCKS PER PWM SUBFRAME	USEABLE CLOCKS PER PWM SUBFRAME	MAXIMUM PWM DUTY CYCLE
MAX6972	0	Nonmultiplex	12 bits	4096	4064	4064 / 4096 = 99.22%
	1	Multiplex				
MAX6973	0	Nonmultiplex	14 bits	16,384	16,320	16,320 / 16,384 = 99.61%
	1	Multiplex				

PART	GLB4 BIT	MUX BIT	OPERATION	GLOBAL PDM RES.	SUBFRAMES PER FRAME	CLOCKS PER FRAME	CLOCK FREQUENCY (MHz) FOR 50fps	CLOCK FREQUENCY (MHz) FOR 60fps
MAX6972	X	0	Nonmultiplex	7 bits	128	524,288	26.2144	31.45728
	X	1	Multiplex	6 bits	64			
MAX6973	0	0	Nonmultiplex	5 bits	32	524,288	26.2144	31.45728
		1	Multiplex	4 bits	16			
	1	0	Nonmultiplex	3 bits	8	131,072	6.5536	7.8643
		1	Multiplex	2 bits	4			

设定配置位D0为1，将使能复用模式。 $\overline{\text{MUX0}}$ 和 $\overline{\text{MUX1}}$ 切换两组LED的阳极驱动电压。在交替的MUX周期内，Y端口和Z端口提供了独立的PWM控制，如图3所示。交替MUX周期将全局亮度调节分辨率减半(子帧数)，因此使平均电流减半。

看门狗

可选的看门狗定时器监视串口输入CLKI、DIN和LOADI。要能使看门狗定时器，则要求CLKI、DIN和LOADI至少每40ms跳变一次。如果这些输入任意一路未发生跳变，则独立亮度PWM数据锁存器清零，关闭LED。更新独立亮度PWM数据寄存器，以重新点亮LED。看门狗超时不会对校准或全局亮度数据、时钟同步、或复用/非复用设置产生影响。

在对安全性要求较高的应用中可使用看门狗功能，因为这种应用中关闭显示比错误显示更加安全。

LED开路和过热检测

MAX6972/MAX6973具有两种故障检测功能：开路LED输出以及过热检测。通过监视驱动器输出上低于200mV的输出电压，可以检测LED开路。当检测到开路故障时，MAX6972/MAX6973故障计数值增加，该值包含在串口协议中，可返回至主机发送器进行诊断。不管复用还是非复用模式，器件可以检测任意数量的LED开路，然而，每个器件出现故障时计数值只增加1。

当检测到管芯温度超过 $T_{\text{DIE}} = +165^{\circ}\text{C}$ 时，MAX6972/MAX6973将清零所有PWM数据，以关闭所有输出驱动器。每个过热的级联器件其串口协议中的故障计数器将增加1。当管芯温度降至 $T_{\text{DIE}} = +150^{\circ}\text{C}$ 以下时，输出驱动器重新打开。检测到故障时，通过串口命令读取故障计数器的值，可以区分LED开路和过热故障(详细内容请参考串口部分)。

16路输出PWM LED驱动器， 用于信息板

命令

MAX6972/MAX6973具有四个命令，用于加载所有的工作模式和LED输出电流数据。每个命令都是通过C1和C0这两位唯一确定，命令嵌套于串口协议结构中。对于级联器件，加载CALDAC、加载全局亮度和加载配置的命令需要16位数据(2个字节)。加载独立PWM命令所需要的位数根据不同器件和复用模式而变。每个级联的器件能接收唯一的CALDAC、全局亮度、配置和独立PWM输出驱动器的数据。通常，所有的级联器件都工作在同一配置模式下。对于所有命令，数据字节均是传输MSB在先。主机按照同步串口和协议结构(详细内容请参考串口部分)来发送命令，实现与所有级联器件通信。表4所示为四个命令以及每个命令的数据长度。

MAX6972工作在非复用模式时，需要16个12位独立PWM数据(总共192位)；工作在复用模式时，需要32个12位数据(总共384位)。同样，MAX6973工作在非复用模式时，需要16个14位独立PWM数据(总共224位)；工作在复用模

式时，需要32个14位数据(总共448位)。在子帧0和PWM时钟0处，独立PWM数据被加载进中间锁存器，并随后被传输至实际的PWM锁存器。

非复用和复用模式下，Y和Z校准DAC分别加载8位数据。数据随后被立即更新至CALDAC锁存器(参见表8)。

MAX6972/MAX6973需要一个数据字节用来设置所有输出驱动器的全局亮度PDM。全局亮度PDM数据有效位数与复用模式有关，对于MAX6973，还取决于四种全局方式。全局亮度控制的位数常根据数据字节的LSB来判断，如表5所示。每个数据字节要发送两遍，并且根据LSB判断全局亮度PWM数据位。在子帧0和PWM时钟0处，数据被更新至PWM锁存器(参见表9)。

MAX6973具有5位全局亮度设置，设置范围为：0至63，用于设置ON状态的1/64子帧至64/64子帧。MAX6972具有7位全局亮度设置，设置范围为：0至127，用于设置ON状态的1/128子帧至128/128子帧。

表4. 命令和数据长度

CMD[1:0]		COMMAND	DATA LENGTH PER CASCADED DEVICE
C1	C0		
0	0	Load individual PWM	192 bits (MAX6972 nonmultiplexed)
			384 bits (MAX6972 multiplexed)
			224 bits (MAX6973 nonmultiplexed)
			448 bits (MAX6973 multiplexed)
0	1	Load CALDAC	16 bits
1	0	Load global-intensity PDM	16 bits
1	1	Load configuration	16 bits

表5. 全局亮度数据位调整

PART	GLB4	MUX	TOTAL BITS	MSB D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	LSB D0
MAX6972	X	0	7	0	Bit[6]	Bit[5]	Bit[4]	Bit[3]	Bit[2]	Bit[1]	Bit[0]
	X	1	6	0	0	Bit[5]	Bit[4]	Bit[3]	Bit[2]	Bit[1]	Bit[0]
MAX6973	0	0	5	0	0	0	Bit[4]	Bit[3]	Bit[2]	Bit[1]	Bit[0]
	0	1	4	0	0	0	0	Bit[3]	Bit[2]	Bit[1]	Bit[0]
	1	0	3	0	0	0	0	0	Bit[2]	Bit[1]	Bit[0]
	1	1	2	0	0	0	0	0	0	Bit[1]	Bit[0]

16路输出PWM LED驱动器， 用于信息板

MAX6972/MAX6973

串口

全局亮度数据由中间寄存器读入，并在子帧0和PWM时钟0处作用到输出。

MAX6972/MAX6973具有一个字节的配置位，其中5个有效位，如表6所示。包含配置位设置的一个数据字节被发送两次。数据立即更新至CALDAC锁存器，参见表10。加载的配置设置立即生效。

MAX6972/MAX6973具有完全同步的缓冲串口，允许级联多个器件。串口包括输入(CLKI、DIN和LOADI)和输出(CLKO、DOUT和LOADO)。MAX6972/MAX6973能将不同的数据发送至每个级联器件，无需任何额外的输入来判断器件所处的串行链路的位置。

表6. 加载配置位定义

CONFIGURATION BIT		ACRONYM	FUNCTION	DESCRIPTION
MSB	D7	—	0	Not used
	D6	—	0	Not used
	D5	—	0	Not used
	D4	GLB4	Global quarter	Enables the reduced global-intensity setting in the MAX6973 when set to 1. When set, the MAX6973 uses eight (or four, if multiplexing) PWM subframes. GLB4 is set to 0 as power-on default. Setting bit D4 has no effect in the MAX6972.
	D3	PWM-ON	Enable individual PWMs	Turns all individual PWM outputs on when set to 1. Power-on default is PWM-ON set to 0 to disable all current output drivers. PWM-ON can be used to turn all LEDs on or off without affecting the global-intensity or individual PWM settings.
	D2	CRST	Reset frame and PWM counters	Setting CRST to 1 synchronously resets internal counters to 0. This action sets the MAX6972/MAX6973 to subframe 0 of the global-intensity subframe counter and clock 0 of all individual PWM counters. The CRST bit is a nonlatching control function that resets to 0 after the counters are set to 0.
	D1	WDOG	Watchdog enable	Setting WDOG to 1 enables the watchdog timer operation. Power-on default is 0.
LSB	D0	MUX	Multiplex enable	Setting MUX to 1 turns multiplex mode on. Power-on default is 0.

16路输出PWM LED驱动器， 用于信息板

串口使用连续运行的时钟CLKI来同步传输和锁存数据(最大33MHz)。MAX6972/MAX6973在CLKI的上升沿对输入DIN和LOADI采样，并且在CLKI的上升沿对输出DOUT和LOADO进行更新。MAX6972/MAX6973的性能指标确保级联器件相互之间满足建立和保持时间的要求，即使在非常大的系统中，也无需外部缓冲器和时钟。

高速的CLKI、CKLO、DIN和DOUT信号，采用低压差分信号(LVDS)传输；而控制信号LOADI和LOADO采用标准CMOS电平。差分信号通常以单极性表示；例如，“CLKI上升”是指CLKI+上升，CLKI-下降。

MAX6972/MAX6973采用LVDS驱动器传输差分信号(300mV的标称逻辑摆幅，+1.2V的偏置电压)和级联的CMOS控制信号，降低了信号通路的EMI，并简化接口时序和PCB布局。注意，第一个驱动器的差分输入可以由+3.3V CMOS

电平通过LVDS电平转换器(例如，带110Ω端接电阻的MAX9112)转化得到(参见图12)。

推荐使用25MHz至33MHz的时钟频率，以便保持高的显示刷新速率。MAX6973工作在低全局亮度模式(配置寄存器中的GLB4 = 1)时，推荐的时钟频率为6MHz至33MHz。

串口协议结构

MAX6972/MAX6973采用一定的通信协议、按照一定的时序串行传输所有数据和控制指令，包括：报头、数据和可选择的报尾。报头和报尾传输至所有的级联器件，同时随着数据在级联器件间的传输，数据部分的位长缩减。LOADI为低电平时，MAX6972/MAX6973连续监视DIN，以接收SYNC模板(参见报头部分)。

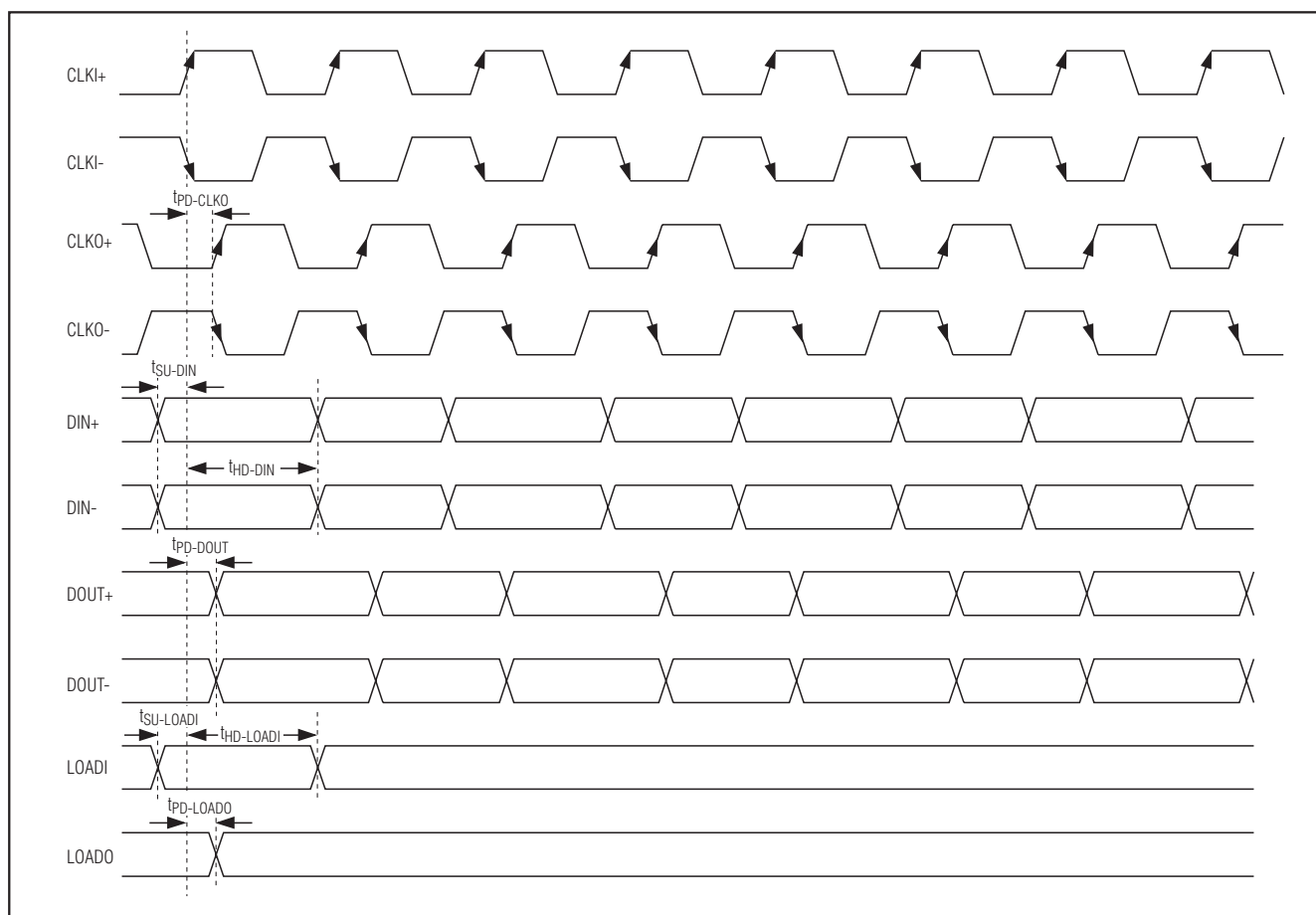


图6. 串口时序

16路输出PWM LED驱动器， 用于信息板

报头

24位报头包含8位固定同步模板(SYNC)、6位命令模板(CMD)和10位计数值(CNTR)(参见表7)。LOADI必须在第一个命令位±1个时钟周期内从低电平变至高电平。当检测到SYNC位模板0xE8时，监视LOADI上升沿，允许器件将LOADI同步至CLKI。6个命令位CMD[5:0]，由重复三次的C1和C0组成。MAX6972/MAX6973通过C1和C0定义所使用的四个命令。检测到内部故障时，计数器加1。计数值可用于分拣链路中的错误数据。

HDR[23:0]
完整的24位报头。

SYNC[7:0]
LOADI低电平期间，MAX6972/MAX6973检测同步位模板0xE8。SYNC位模板，以及随后的LOADI上升沿，将CLKI和DIN与LOADI信号内部同步。同步模板必须是0xE8。

CMD[5:0]
连续三次发送命令位C1和C0。命令位定义接收多少数据位以及从哪里加载数据。四个命令是：

C1:C0	命令	CMD[5:0]
00	加载独立PWM	000000
01	加载CALDAC	010101
10	加载全局亮度PDM	101010
11	加载配置	111111

CNTR[9:0]
该计数器用于LED开路或过热故障检测。主机发送报头，计数值设置为零。在串行链路中，每检测到一个故障器件，计数值加1。累加的计数值从串行链路中最后一个器件返回主机。命令格式决定导致计数器递增的故障类型(参见LED开路和过热故障检测计数器部分)：

- CMD[1:0] = X0 过热故障计数
- CMD[1:0] = X1 LED开路故障计数

表7. 串口报头

HDR																							
23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
SYNC								CMD						CNTR									
7	6	5	4	3	2	1	0	1	0	1	0	1	0	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
1	1	1	0	1	0	0	0	C1	C0	C1	C0	C1	C0	b9	b8	b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0

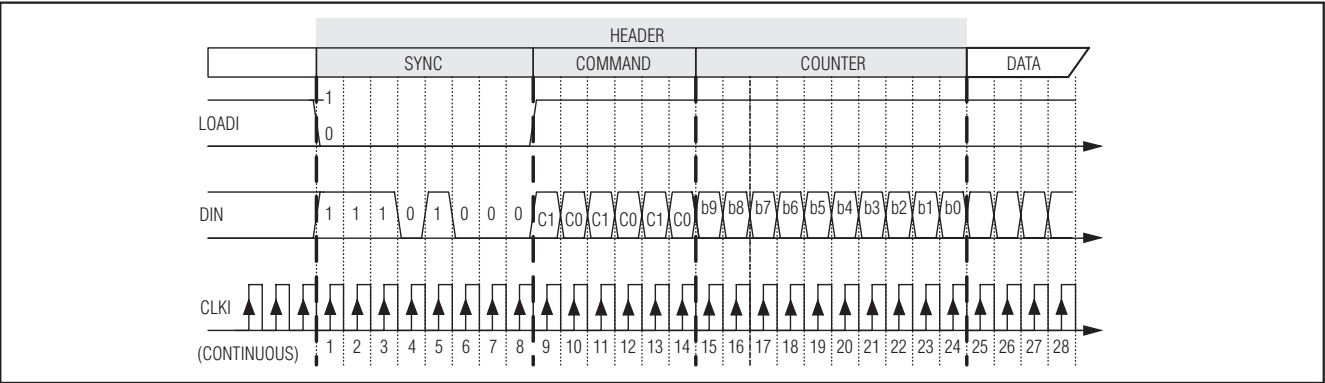


图7. 报头时序

16路输出PWM LED驱动器， 用于信息板

数据段

MAX6972/MAX6973接收的数据段的位长由报头中的命令决定。

加载CALDAC命令具有两个不同的数据字节，而加载全局亮度PDM和加载配置命令各具有一个数据重复的字节。在加载CALDAC命令中，CALDAC数据先发送Z CALDAC数据，紧接着发送Y CALDAC数据，如表8所示。

加载独立PWM命令的数据段长度取决于器件型号和配置设置。其数据通常按照以下方式组成：Z驱动器数据在前

(按照Z7在先，Z0最后的顺序(MSB在先))，接着是Y驱动器数据(按照Y7在先，Y0最后的顺序(MSB在先))。

报尾

MAX6972/MAX6973可选择在器件数据位后紧接着传输一串数据位，即所谓的报尾。报尾的数据位在报头之后，从串行链路中的最后一个器件返回主机。报尾的位数可选。报尾不向DIN传送任何与器件相关的数据，但向主机提供反馈信息，确认所有数据位由串行链路中的器件提取。

表8. 加载CALDAC的串行格式

HEADER	DATA 1	DATA 2	DATA 3	...	DATA N
HDR[23:0]	Z[7:0] Y[7:0]	Z[7:0] Y[7:0]	Z[7:0] Y[7:0]	...	Z[7:0] Y[7:0]

Z[7:0] 8位数据加载入端口Z CALDAC。

Y[7:0] 8位数据加载入端口Y CALDAC。

N 级联器件数量。

表9. 加载全局亮度PDM的串行格式

HEADER	DATA 1	DATA 2	DATA 3	...	DATA N
HDR[23:0]	D[7:0] D[7:0]	D[7:0] D[7:0]	D[7:0] D[7:0]	...	D[7:0] D[7:0]

D[7:0] 重复发送8位相同数据(总共16位)，用于全局亮度PDM。
两次发送全局亮度PDM的8位数据(总共16位)。

表10. 加载配置的串行格式

HEADER	DATA 1	DATA 2	DATA 3	...	DATA N
HDR[23:0]	D[7:0] D[7:0]	D[7:0] D[7:0]	D[7:0] D[7:0]	...	D[7:0] D[7:0]

D[7:0] 重复发送8位相同数据(总共16位)，用于配置。
两次发送8位配置数据(总共16位)。

表11. 加载独立PWM (非复用)的串行格式

HEADER	DATA 1	DATA 2	DATA 3	...	DATA N
HDR[23:0]	Z7, Z6, ...Y0	Z7, Z6, ...Y0	Z7, Z6, ...Y0	...	Zn...Yn

Z...Y_ 每个数据12位(MAX6972)或14位(MAX6973)。

表12. 加载独立PWM (复用)的串行格式

HEADER	DATA 1	DATA 2	DATA 3	...	DATA N
HDR[23:0]	Z7, Z7', Z6, Z6', ...Y0'	Z7, Z7', Z6, Z6', ...Y0'	Z7, Z7', Z6, Z6', ...Y0'	...	Z7, Z7', Z6, Z6', ...Y0'

Z_ MUX0复用期间，Z_输出的12位(MAX6972)或14位(MAX6973) PWM数据，MSB在先。

Z'_ MUX1复用期间，Z_输出的12位(MAX6972)或14位(MAX6973) PWM数据，MSB在先。

Y_ MUX0复用期间，Y_输出的12位(MAX6972)或14位(MAX6973) PWM数据，MSB在先。

Y'_ MUX1复用期间，Y_输出的12位(MAX6972)或14位(MAX6973) PWM数据，MSB在先。

16路输出PWM LED驱动器， 用于信息板

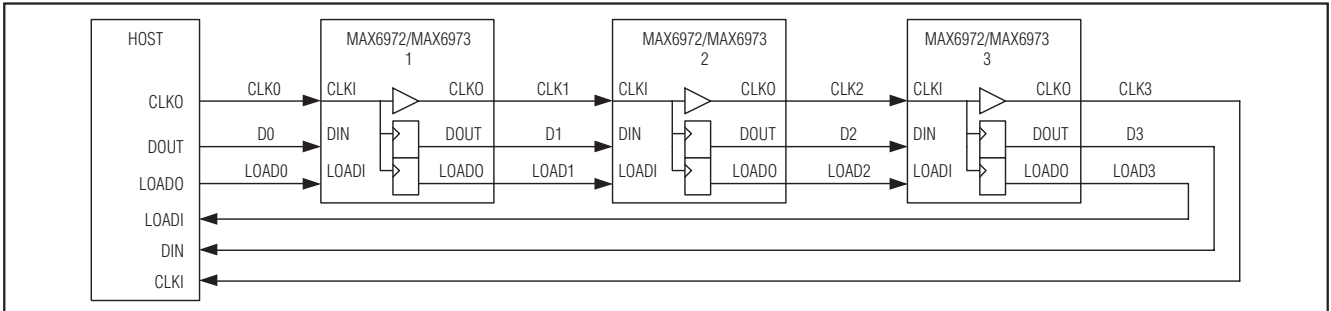


图8. 三个器件级联连接原理图的实例，带互连节点标签，便于清晰识别

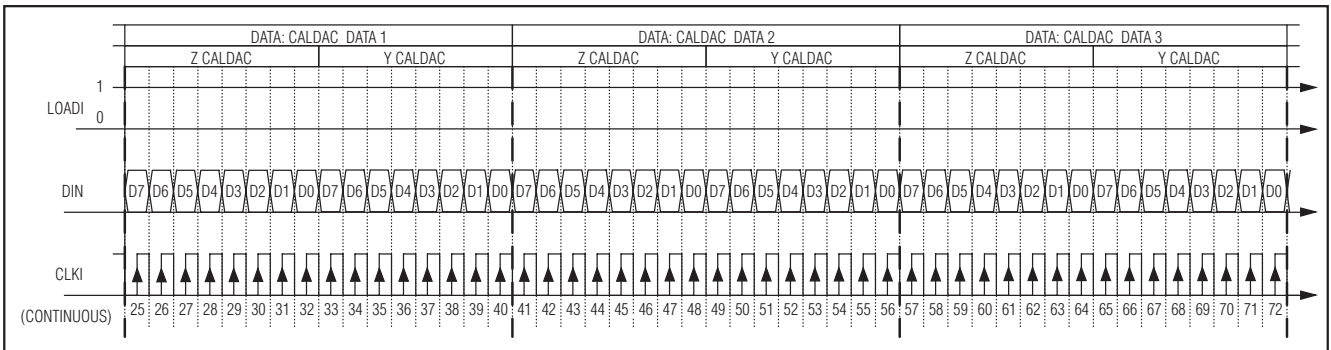


图9. 三个级联器件的CALDAC数据组的时序范例

串口级联时序

MAX6972/MAX6973前级器件的输出用于驱动后级器件的输入时，具有可靠的建立时间和保持时间，简化了串行协议的时序。图8所示为三个MAX6972/MAX6973器件的级联范例。

串口级联时序范例

三个MAX6972/MAX6973器件级联的基本时序原则上适用于任意个器件级联的应用。与主机发送器连接的第一器件，记做器件1，剩下的分别记做器件2和器件3。器件3的输出连接至主机，用于诊断和故障计数器数据的通信。第一个MAX6972/MAX6973，即器件1，接收报头并截取第一组数据。所截取的位数由报文中给出的命令决定。图9给出了加载CALDAC命令数据传输的时序范例。器件1不会将截取的数据发送到DOUT。接收到第一位报头后，经过17个时钟，器件1将发送一个新报头。各个互连节点上的数据如图10所示。

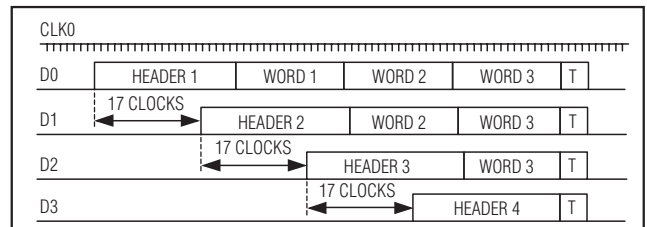


图10. 16位数据字的数据级联实例

收到第一组数据后，器件1延迟一个CLKI周期后向DOUT传输随后的数据段和可选的报尾。器件2接收来自器件1的新报头，接着是器件2的数据。器件2重复上述过程，即截取接收到的第一组数据、添加一个新报头并将随后的所有数据输出到DOUT，而后送入器件3。器件3截取最后一组数据，并向外发送报头以及随后的报尾。最新的报头和报尾返回至主机接收器。主机接收的报头包含更新的故障计数器数据。报尾模板可与主机原先传输的数据进行比较，用于数据完整性检验。

16路输出PWM LED驱动器， 用于信息板

当MAX6972/MAX6973发送独立亮度PWM数据时，由于16路输出的每路数据是12位或者14位PWM数据(参见图11)，因此数据位长较大。表4给出了四个命令以及不同工作模式所对应的不同数据段位长。参考上述方法获取数据，并生成新的报头以及数据输出(延迟获取的一个完整的数据串外加一个时钟周期的时间)。

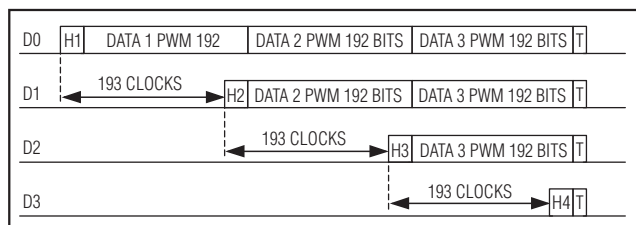


图11. MAX6972在非复用模式下的级联(192位) PWM数据

LED开路和过热故障检测计数器

MAX6972/MAX6973具有LED开路和过热故障检测功能，用报头的计数器部分来记录检测到的故障。使用命令01或者11来强制计数器记录LED开路检测故障。使用命令00或者10来强制计数器记录过热故障。

MAX6972/MAX6973通过监视驱动器输出上低于200mV的输出电压来检测开路故障。当检测到开路故障时，在向DOUT输出报头和新的计数值之前，MAX6972/MAX6973将DIN接收到的计数器数据，CNTR[9:0]，增加1。无论单个器件上有多少个开路输出，计数器只增加1。

当检测到管芯温度超过 $T_{DIE} = +165^{\circ}\text{C}$ 时，MAX6972/MAX6973将所有PWM数据设置为零，以关闭所有输出驱动器。检测到过热故障时，在向DOUT输出报头和新的计数值之前，MAX6972/MAX6973将DIN接收到的计数器数据，CNTR[9:0]，增加1。当管芯温度降到低于大约 $T_{DIE} = +150^{\circ}\text{C}$ 时，输出驱动器重新打开。

未检测到故障时，计数器数据不做改变直接被发送至DOUT。

应用信息

端接和PC板布局

MAX6972/MAX6973的布局简化了多器件间的级联，接口信号能够流畅地在器件之间传输。接口同步和缓冲简化了电路板设计，但与其它高速逻辑电路一样，需要注意信号走线和端接。

差分输入CLKI+和CLKI-以及DIN+和DIN-需添加终端匹配，并尽可能靠近器件放置。用MAX6972/MAX6973作为信号源时，使用200Ω端接电阻。用电平转换器或时钟重定时器作为信号源时，使用110Ω终端电阻。输入差分对使用尽可能靠近的平行线排布，中间留适当的间隔或者采用GND走线隔离，以降低串扰。几英寸的引线无需匹配布线(传输线)。

无论是差分信号还是CMOS信号，使用相同长度的接口信号通道，以确保每路信号具有统一的传输延迟。

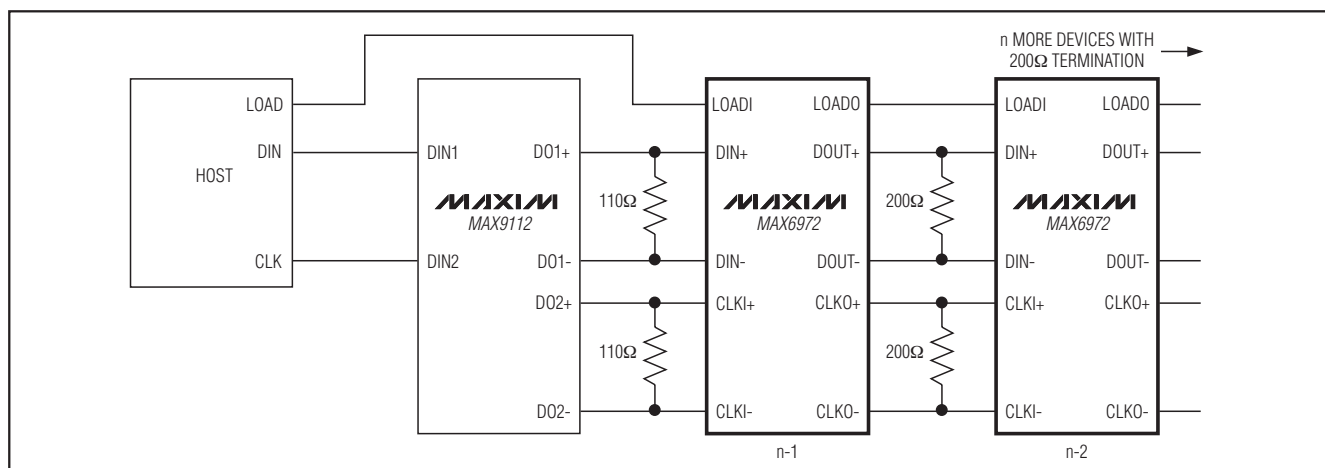


图12. 典型的串行链路端接电路

16路输出PWM LED驱动器， 用于信息板

供电考虑

MAX6972/MAX6973工作于3.0V至3.6V电源。通过一个0.1μF陶瓷电容将V_{DD}电源旁路至GND，该电容尽可能的靠近器件引脚放置。如果LED电源和V_{DD}电源使用同一电源时，采用大电容来充分去耦V_{DD}电源，以便确保快速上升、大电流LED驱动不会导致V_{DD}上出现瞬态跌落。

采用大于7V的电源驱动LED

外部npn晶体管采用共基共射配置，将输出驱动电压扩展至超出7V。外部调整管的发射极箝位至V_{BE}，低于其连接至MAX6972/MAX6973电源的基极电压。可选的发射极电阻降低了MAX6972/MAX6973的输出晶体管的压降，并有效地将器件损耗转移到电阻上。外部晶体管的集电极电流等于发射极电流(略小一个基极电流)，且MAX6972/MAX6973利用固定吸电流驱动器结构来精确控制发射极电流。

下面是使用外部npn晶体管的实例：

$$V_{DD} = 3.3V \pm 5\%, I_{OUT} = 55mA, \text{外部调整管}$$

$$V_{BE} = 0.7V - 1V \text{ (55mA发射极电流下)}$$

为获得最佳输出电流精度设置V_O至1.2V (至少)：

$$R_{1(MAX)} = (3.15 - 1 - 1.2) / 0.055 = 17.3\Omega, \text{因此选择:}$$

$$R1 = 15\Omega$$

所以，

$$V_{O(MIN)} = 3.15 - 1 - (15 \times 0.055) = 1.325V$$

$$V_{O(MAX)} = 3.45 - 0.7 - (15 \times 0.055) = 1.925V.$$

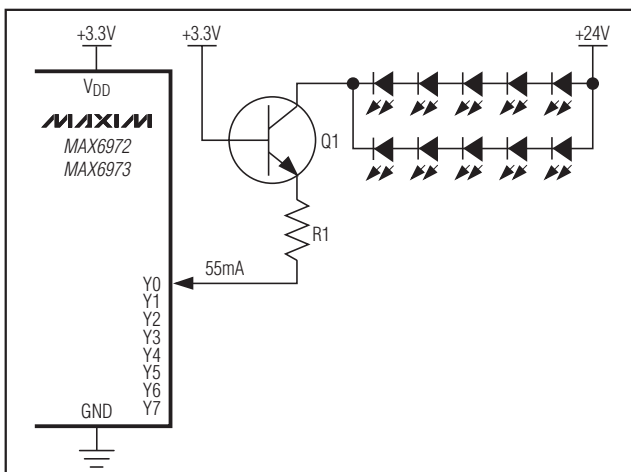
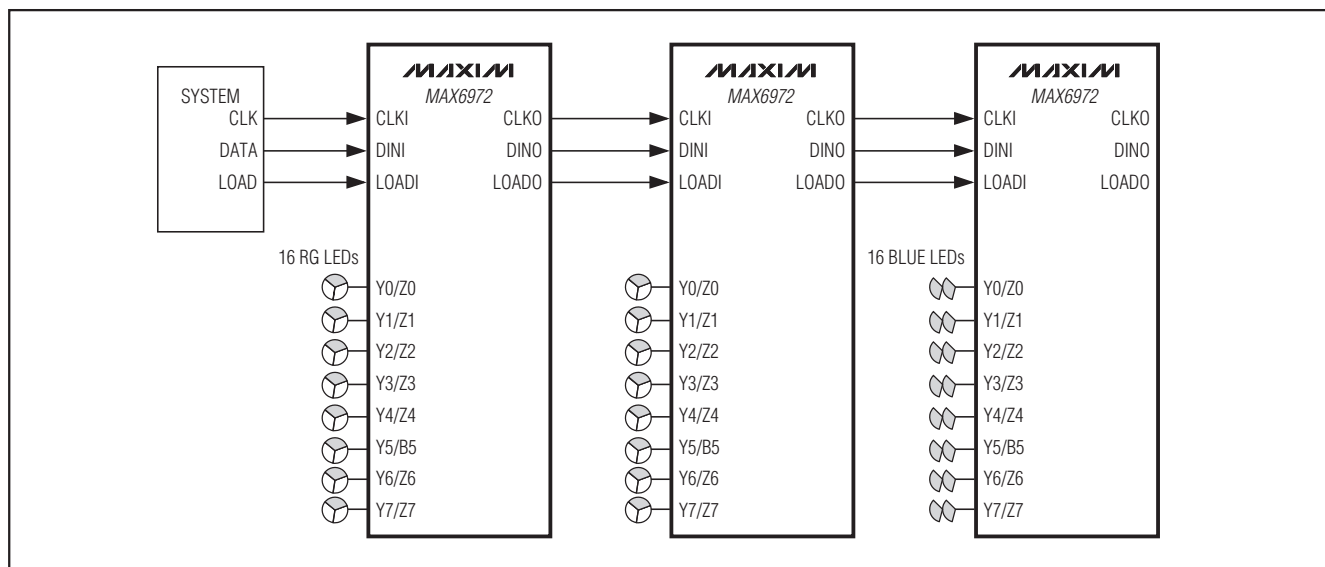


图13. 外部共基共射npn晶体管

典型工作电路



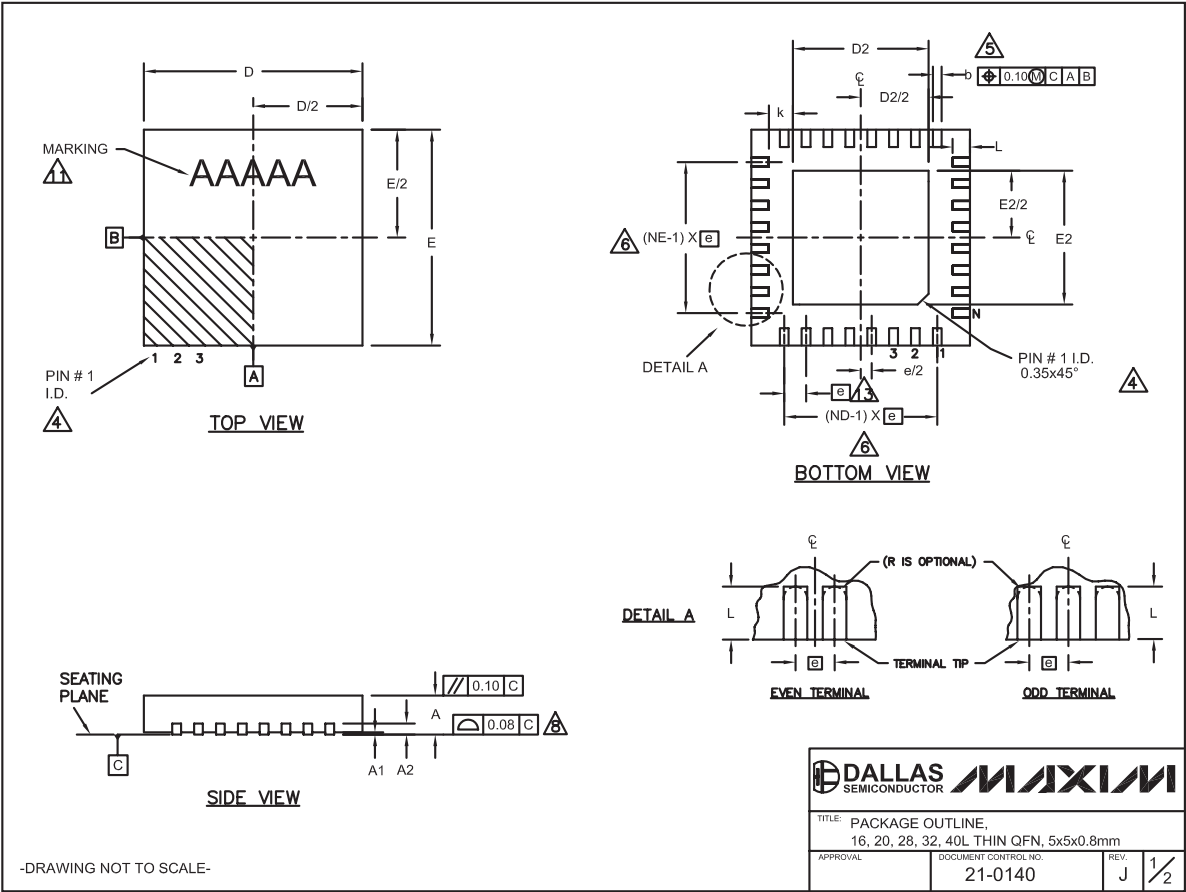
芯片信息

PROCESS: BiCMOS

16路输出PWM LED驱动器， 用于信息板

封装信息

(本数据资料提供的封装图可能不是最近的规格，如需最近的封装外型信息，请查询 www.maxim-ic.com.cn/packages.)



16路输出PWM LED驱动器， 用于信息板

封装信息(续)

(本数据资料提供的封装图可能不是最近的规格，如需最近的封装外型信息，请查询 www.maxim-ic.com.cn/packages.)

COMMON DIMENSIONS															
PKG.	16L 5x5			20L 5x5			28L 5x5			32L 5x5			40L 5x5		
SYMBOL	MIN.	NOM.	MAX.	MIN.	NOM.	MAX.	MIN.	NOM.	MAX.	MIN.	NOM.	MAX.	MIN.	NOM.	MAX.
A	0.70	0.75	0.80	0.70	0.75	0.80	0.70	0.75	0.80	0.70	0.75	0.80	0.70	0.75	0.80
A1	0	0.02	0.05	0	0.02	0.05	0	0.02	0.05	0	0.02	0.05	0	0.02	0.05
A2	0.20 REF.			0.20 REF.			0.20 REF.			0.20 REF.			0.20 REF.		
b	0.25	0.30	0.35	0.25	0.30	0.35	0.20	0.25	0.30	0.20	0.25	0.30	0.15	0.20	0.25
D	4.90	5.00	5.10	4.90	5.00	5.10	4.90	5.00	5.10	4.90	5.00	5.10	4.90	5.00	5.10
E	4.90	5.00	5.10	4.90	5.00	5.10	4.90	5.00	5.10	4.90	5.00	5.10	4.90	5.00	5.10
e	0.80 BSC.			0.65 BSC.			0.50 BSC.			0.50 BSC.			0.40 BSC.		
k	0.25	-	-	0.25	-	-	0.25	-	-	0.25	-	-	0.25	-	-
L	0.30	0.40	0.50	0.45	0.55	0.65	0.45	0.55	0.65	0.30	0.40	0.50	0.30	0.40	0.50
N	16			20			28			32			40		
ND	4			5			7			8			10		
NE	4			5			7			8			10		
JEDEC	WHHB			WHHC			WHHD-1			WHHD-2			-----		

NOTES:
1. DIMENSIONING & TOLERANCING CONFORM TO ASME Y14.5M-1994.
2. ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS. ANGLES ARE IN DEGREES.
3. N IS THE TOTAL NUMBER OF TERMINALS.
⚠ THE TERMINAL #1 IDENTIFIER AND TERMINAL NUMBERING CONVENTION SHALL CONFORM TO JEDEC 95-1 SPP-012. DETAILS OF TERMINAL #1 IDENTIFIER ARE OPTIONAL, BUT MUST BE LOCATED WITHIN THE ZONE INDICATED. THE TERMINAL #1 IDENTIFIER MAY BE EITHER A MOLD OR MARKED FEATURE.
⚠ DIMENSION b APPLIES TO METALLIZED TERMINAL AND IS MEASURED BETWEEN 0.25 mm AND 0.30 mm FROM TERMINAL TIP.
⚠ ND AND NE REFER TO THE NUMBER OF TERMINALS ON EACH D AND E SIDE RESPECTIVELY.
7. DEPOPULATION IS POSSIBLE IN A SYMMETRICAL FASHION.
⚠ COPLANARITY APPLIES TO THE EXPOSED HEAT SINK SLUG AS WELL AS THE TERMINALS.
9. DRAWING CONFORMS TO JEDEC MO220, EXCEPT EXPOSED PAD DIMENSION FOR T2855-3 AND T2855-6.
⚠ WARPAGE SHALL NOT EXCEED 0.10 mm.
11. MARKING IS FOR PACKAGE ORIENTATION REFERENCE ONLY.
12. NUMBER OF LEADS SHOWN ARE FOR REFERENCE ONLY.
⚠ LEAD CENTERLINES TO BE AT TRUE POSITION AS DEFINED BY BASIC DIMENSION "e", ±0.05.

-DRAWING NOT TO SCALE-

EXPOSED PAD VARIATIONS						
PKG. CODES	D2			E2		
	MIN.	NOM.	MAX.	MIN.	NOM.	MAX.
T1655-2	3.00	3.10	3.20	3.00	3.10	3.20
T1655-3	3.00	3.10	3.20	3.00	3.10	3.20
T1655N-1	3.00	3.10	3.20	3.00	3.10	3.20
T2055-3	3.00	3.10	3.20	3.00	3.10	3.20
T2055-4	3.00	3.10	3.20	3.00	3.10	3.20
T2055-5	3.15	3.25	3.35	3.15	3.25	3.35
T2855-3	3.15	3.25	3.35	3.15	3.25	3.35
T2855-4	2.60	2.70	2.80	2.60	2.70	2.80
T2855-5	2.60	2.70	2.80	2.60	2.70	2.80
T2855-6	3.15	3.25	3.35	3.15	3.25	3.35
T2855-7	2.60	2.70	2.80	2.60	2.70	2.80
T2855-8	3.15	3.25	3.35	3.15	3.25	3.35
T2855N-1	3.15	3.25	3.35	3.15	3.25	3.35
T3255-3	3.00	3.10	3.20	3.00	3.10	3.20
T3255-4	3.00	3.10	3.20	3.00	3.10	3.20
T3255-5	3.00	3.10	3.20	3.00	3.10	3.20
T3255N-1	3.00	3.10	3.20	3.00	3.10	3.20
T4055-1	3.40	3.50	3.60	3.40	3.50	3.60
T4055-2	3.40	3.50	3.60	3.40	3.50	3.60

**SEE COMMON DIMENSIONS TABLE

 DALLAS
SEMICONDUCTOR



TITLE: PACKAGE OUTLINE,
16, 20, 28, 32, 40L THIN QFN, 5x5x0.8mm

APPROVAL

DOCUMENT CONTROL NO.
21-0140

REV.
J 2/2

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。

Maxim Integrated Products, 120 San Gabriel Drive, Sunnyvale, CA 94086 (408) 737-7600 23