

产品特点

- 操作电压：3-5.5V
- 16 个通道恒流输出
- 恒流精度
 - 通道间最大差异值：<±1.5%
 - 芯片间最大差异值：<±2.5%
- 恒流输出范围
 - 在 5V 供电下：0.5-20mA
 - 在 3.3V 供电下：0.5-10mA
- 内置 16K 位 SRAM 内存支持 1/32 扫分时多任务扫描
- 14/13 位 PWM 灰阶控制提升视觉更新率
- 6 位电流增益调整
- LED 坏点十字架消除及开路侦测
- 内建消隐
- GCLK 倍频技术
- 30MHz 时钟频率
- ESD 人体模式 >6000V

应用

- LED 扫描显示屏
- LED 字符显示、看板

概述

RUL6053 是专为 LED 全彩显示屏应用设计的驱动芯片，可使用 14/13 位的脉波宽度调变功能来达成灰阶控制。RUL6053 内建 16 位位移寄存器可以将串行的输入数据转换成每个输出通道的灰阶等级。RUL6053 的 16 个恒流输出通道所输出的电流值不受输出端负载电压影响，提供一致并且恒定的输出电流。RUL6053 的使用者可以经由选用不同阻值的外接电阻来调整 RUL6053 各输出级的电流大小。

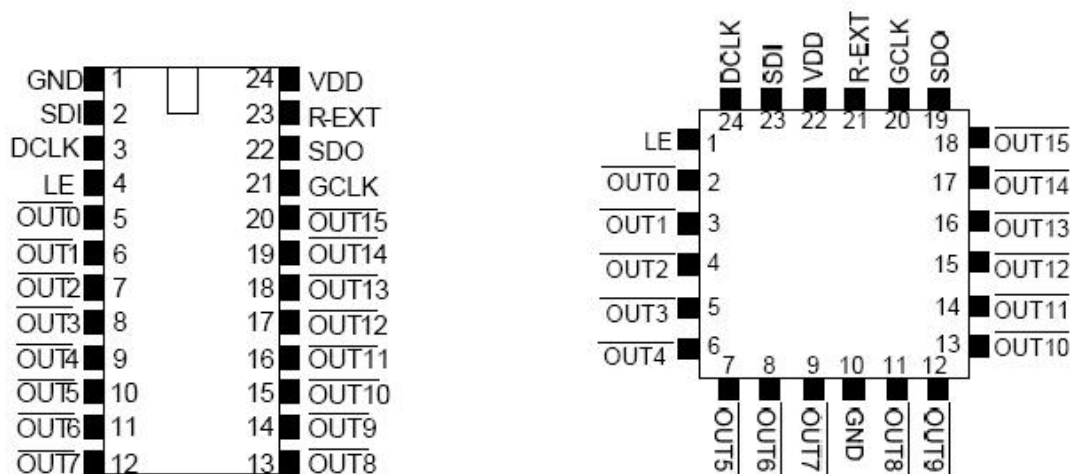
除此之外，RUL6053 的使用者还可以藉由可程序化的电流增益调整来调整 64 阶的整体 LED 的驱动电流。

RUL6053 内建 SRAM 存储器，可支持最高 32 扫 LED 扫描屏。使用者仅需送次完整的数据 (frame data)，并储存在 LED 驱芯片内的 SRAM。此方式不但可节省数据频带，也可在非常低的数据时钟频率下达到高灰阶的效果。藉由 Scrambec-PWM (SPWM) 的技术，RUL6053 可加强脉波宽度调变的功能，并将导通的时间分散成数个较短的导通时间，因而增加了扫描屏的视觉更新率。此外，RUL6053 使用 GCLK 的倍频技术不需提高 GCLK 频率即可让视觉更新率提升一倍。

在建立 14 位灰阶应用的全彩显示屏时，可藉由 S-PWM 来减少画面的闪烁。同时，控制器只需提供数据给 RUL6053。RUL6053 可以藉由输入的影像数据来调整相对应 LED 的亮度；而且，RUL6053 可以使每个输出通道表现出 14 位 (16,384 灰阶) 的颜色变化。

透过实时错误侦测功能，RUL6053 不需增加额外的外部原件即可独立测每个 LED 是为开路状态；RUL6053 新颖的消除十字架现象功能，解决了单一 LED 坏点造成的周遭灯点错误显示问题。此外，RUL6053 内建的消隐电路大幅减轻了鬼隐现象。

芯片引脚配置



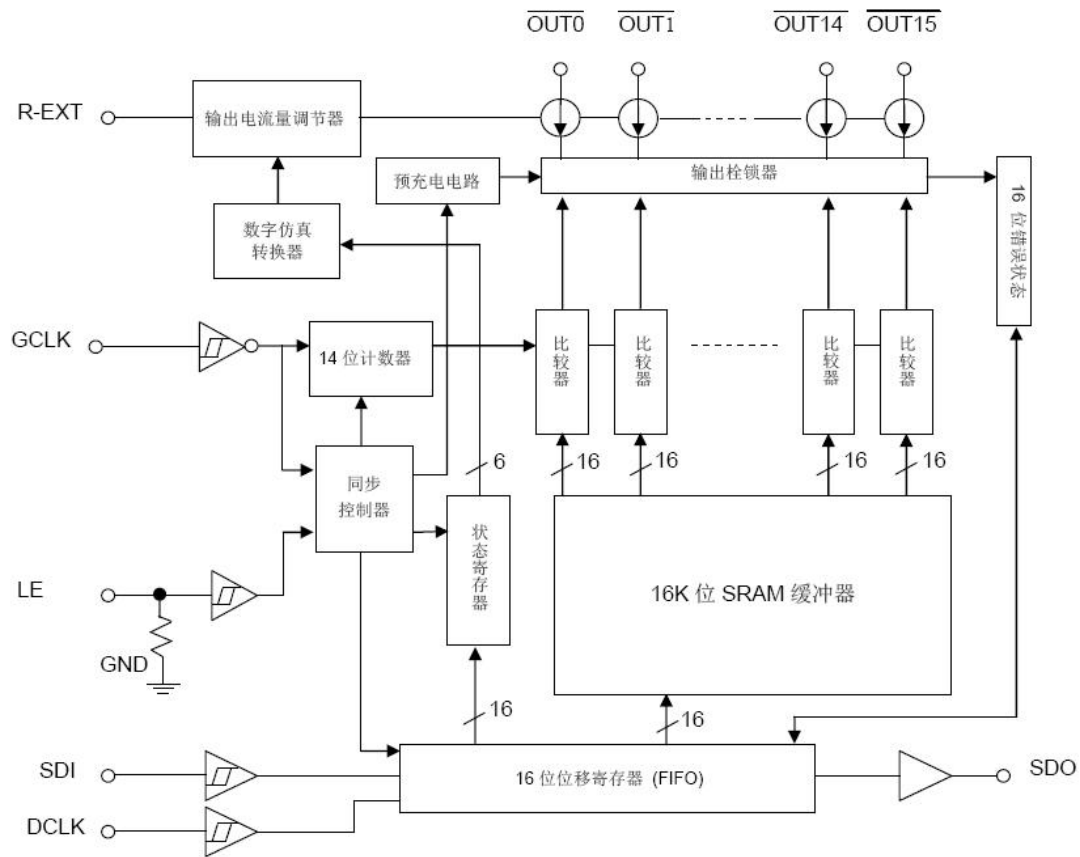
SSOP24

QFN24

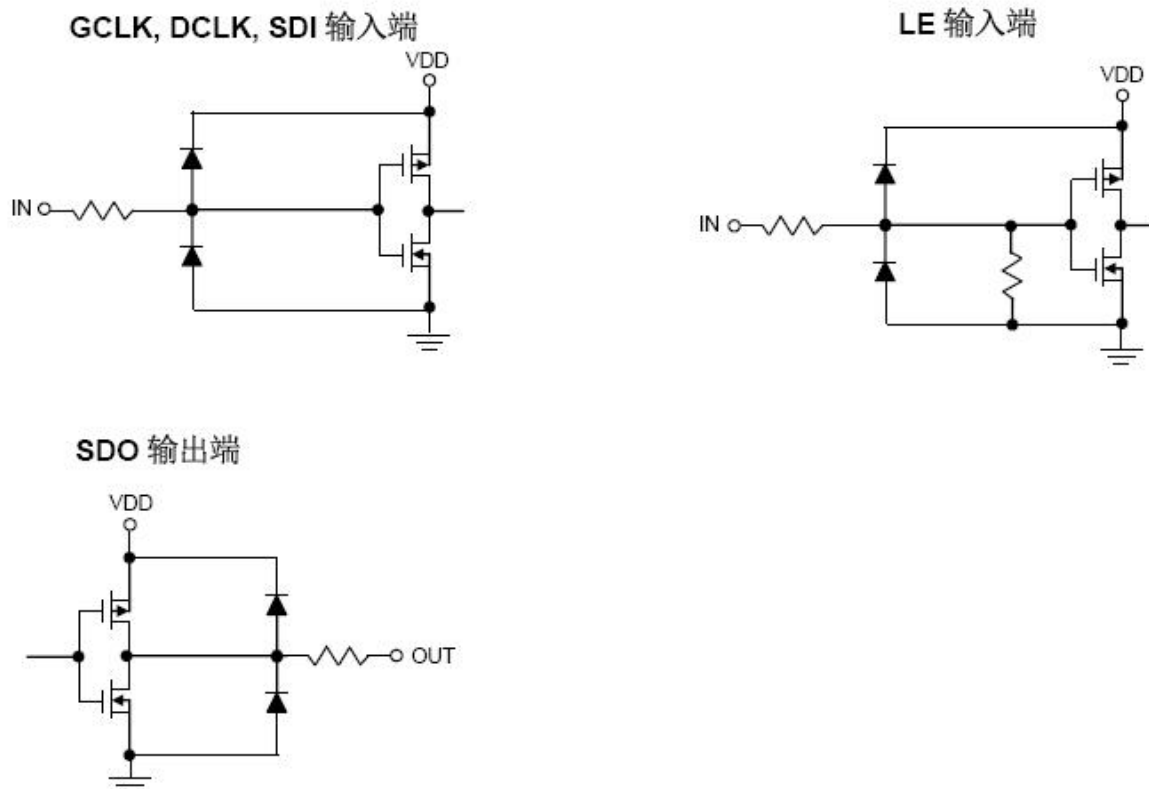
表：管脚说明

SSOP24	QFN24	管脚名称	管脚描述
1	10	GND	控制逻辑和驱动电流接地端。
2	23	SDI	串行输入数据端。
3	24	DCLK	数据时钟输入端，数据资料发生在时钟上升沿；LE启动时，可输入控制指令。
4	1	LE	数据闪存控制端；配合DCLK下达控制指令。
5-20	2-9, 11-18	OUT0-OUT15	16个恒流输出端口。
21	20	GCLK	灰阶时钟讯号输入端； 灰阶显示是藉由灰阶时钟与输入书籍的比较来达到波宽调变功能。
22	19	SDO	串行数据输出端；接至下一个芯片SDI端。
23	21	R-EXT	外接一颗电阻，统一编程设定16个输出端口电流。
24	22	VDD	3.3V或5V电源供应端。

内部电路框图



输入、输出等效电路



绝对最大额定值（除非特殊说明，所有管脚均以COM作为参考点）

特性		代表符号	最大工作范围	单位
电源电压		V _{DD}	0 -7.0	V
输入端电压（SDI,CLK,LE,GCLK）		V _{IN}	-0.4-V _{DD} +0.4	V
输出端电流		I _{OUT}	+22	mA
输出端耐受电压（内部有保护二极管）		V _{DS}	-0.5 ~ +5.0	V
时钟频率		F _{CLK}	30	MHz
接地端电流		I _{GND}	360	mA
消耗功率(环境温度25℃ 时)	QFN	P _D	2.1	W
	SSOP		1.7	
热阻值(环境温度25℃ 时)	QFN	R _{th(j-a)}	60	℃/W
	SSOP		72	
IC 工作时的环境温度		T _{opr}	-40~+85	℃
IC 储存时的环境温度		T _{stg}	-55~+150	℃
ESD人体模式		HBM	6000	V

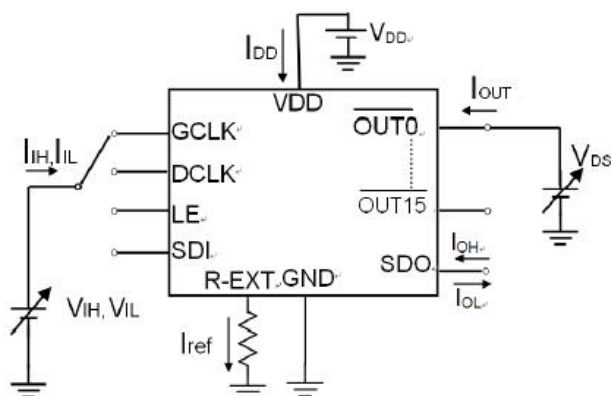
注1：电压超过绝对最大额定值，可能会损坏芯片。芯片长久地工作在推荐的工作条件之上，可能会影响其可靠性。不建议芯片在推荐的工作条件之上长期工作。

注2：在任何情况下，不要超过 P_D 。

直流特性

特性		代表符号	量测条件		最小值	一般值	最大值	单位
电源电压		V _{DD}	-		4.5	5.0	5.5	V
输出端耐受电压		V _{DS}	$\overline{OUT0}-\overline{OUT15}$ （有保护二极管）		-	-	5.0	V
输出端电流		I _{OUT}	参考直流特性的测试电路		1	-	20	mA
		I _{OH}	SDO		-	-	-1.0	mA
		I _{OL}	SDO		-	-	1.0	mA
输入端电压	高电位位准	V _{IH}	Ta = -40-85°C		0.7×V _{DD}	-	V _{DD}	V
	低电位位准	V _{IL}	Ta = -40-85°C		GND	-	0.3×V _{DD}	V
输出端漏电流		I _{OH}	VOH = 5.0V		-	-	0.05	μA
输出端电压	SDO	V _{OL}	IOL = +1.0mA		-	-	0.3	V
		V _{OH}	IOH = -1.0mA		4.7	-	-	V
输出电流		I _{OUT1}	VDS=0.6V	Set =1100 Ω	-	15.0	-	mA
电流偏移量		dI _{OUT2}	V _{DS} =0.7V	Set =470 Ω	-	±1.5	±3	%
电流偏移量 vs. 输出电压		%/dV _{DS}	输出电压 = 1.0 - 3.0V		-	±0.1	-	% / V
电流偏移量 vs. 电源电压		%/dV _{DD}	电源电压 = 4.5 - 5.5V		-	±1	-	% / V
下拉电阻		R _{IN(down)}	LE		250	450	800	KΩ
电压源输出电流	“关” （SDI=DCLK=GCLK=0Hz）	I _{DD(off)} 1	Set =未接，OUT0 - OUT15 = Off		-	4.5	5.5	mA
		I _{DD(off)} 2	Set =14KΩ，OUT0 - OUT15 = Off		-	5.0	6.0	
		I _{DD(off)} 3	Set =14KΩ，OUT0 - OUT15 = Off		-	6.5	7.5	
	“开” （SDI=DCLK=5MHz；GCLK=20MHz）	I _{DD(on)} 1	Set =14KΩ，OUT0 - OUT15 = On		-	6.5	7.5	
		I _{DD(on)} 2	Set =14KΩ，OUT0 - OUT15 = On		-	8.0	9.5	

直流特性测试电路:



5V动态特性：($V_{DD}=5V, T_a=25^{\circ}C$)

测试项目	符号	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
设定时间	SDI-DCLK (上升)	t_{SU0}	5	-	-	ns
	LE (上升) -DCLK (上升)	t_{SU1}	8	-	-	ns
	LE (下降) -GCLK	t_{SU2}	1200	-	-	ns
	LE (下降) -DCLK (上升)	t_{SU3}	50	-	-	ns
保持时间	DCLK (上升) -SDI	t_{H0}	6	-	-	ns
	DCLK (上升) -LE	t_{H1}	8	-	-	ns
	GCLK-LE (下降)	t_{H2}	300	-	-	ns
延迟时间	DCLK-SDO	t_{PD0}	-	22	25	ns
	GCLK- $\overline{OUT2n}$ *	t_{PD1}	-	35	-	ns
	LE-SDO	t_{PD2}^{**}	-	30	40	ns
脉波宽度	LE	$t_{W(LE)}$	15	-	-	ns
指令到指令		t_{CC}	50	-	-	ns
时钟频率		F_{DCLK}	-	-	30	MHz
灰阶时钟频率		F_{GCLK}	-	-	32	MHz
倍频灰阶时钟频率		$F_{DCLK,2X}$	1	1	16	MHz
最短脉冲时钟 (GCLK or DCLK) ***		$T_{W(CLK)}$	12	-	-	ns
(GCLK freq) / (DCLK freq) 比例		$R_{(GCLK/DCLK)}$	20	-	-	%
强制错误侦测时间****		t_{ERR-C}	200	-	-	ns
电流输出埠的电位爬升时间		t_{OR}	-	15	25	ns
电流输出埠的电位下降时间		t_{OF}	-	15	25	ns
消隐时间		$tdth$	300	-	-	ns
消隐时间 低电位		$tdtl$	1200	-	-	ns

- * 通道间的输出波形具有良好的一致性。
- ** 执行“读取状态缓存器”命令时，下一个GCLK的上升沿应在LE的下降沿 t_{PD2} 之后。
- *** 若启动GCLK倍频，时钟占空比必须为50%。
- **** 执行错误侦测时，需保留超过最大的错误侦测时间。

3.3V动态特性：($V_{DD}=3.3V, T_a=25^{\circ}C$)

测试项目	符号	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
设定时间	SDI-DCLK (上升)	$V_{DD}=5.0V$ $V_{IH}=V_{DD}$ $V_{IL}=GND$ $Set=1.4K\Omega$ $V_{DS}=1.0V$ $R_L=300\Omega$ $C_L=10pF$ $C_1=100nF$ $C_2=10pF$ $V_{LED}=4.0V$	7	-	-	ns
	LE (上升) -DCLK (上升)		10	-	-	ns
	LE (下降) -GCLK		1200	-	-	ns
	LE (下降) -DCLK (上升)		52	-	-	ns
保持时间	DCLK (上升) -SDI		8	-	-	ns
	DCLK (上升) -LE		10	-	-	ns
	GCLK-LE (下降)		300	-	-	ns
延迟时间	DCLK-SDO		-	25	30	ns
	GCLK- $\overline{OUT2n}^*$		-	45	-	ns
	LE-SDO		-	40	50	ns
脉波宽度	LE		16	-	-	ns
指令到指令	t_{CC}		52	-	-	ns
时钟频率	F_{DCLK}		-	-	25	MHz
灰阶时钟频率	F_{GCLK}		-	-	20	MHz
倍频灰阶时钟频率	$F_{DCLK,2X}$		-	-	10	MHz
最短脉冲时钟 (GCLK or DCLK) ***	$T_{W(CLK)}$		13	-	-	ns
(GCLK freq) / (DCLK freq) 比例	$R_{(GCLK/DCLK)}$		20	-	-	%
强制错误侦测时间****	t_{ERR-C}		700	-	-	ns
电流输出埠的电位爬升时间	t_{OR}		-	25	35	ns
电流输出埠的电位下降时间	t_{OF}		-	25	35	ns
消隐时间	td_{th}		300	-	-	ns
消隐时间 低电位	td_{tl}		1200	-	-	ns

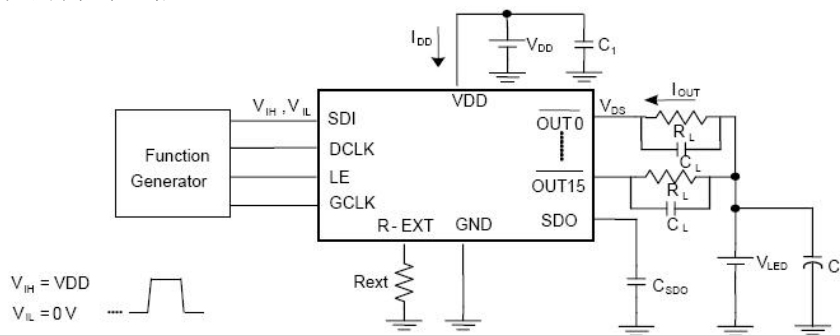
* 通道间的输出波形具有良好的一致性。

** 执行“读取状态缓存器”命令时，下一个GCLK的上升沿应在LE的下降沿 t_{PD2} 之后。

*** 若启动GCLK倍频，时钟占空比必须为50%。

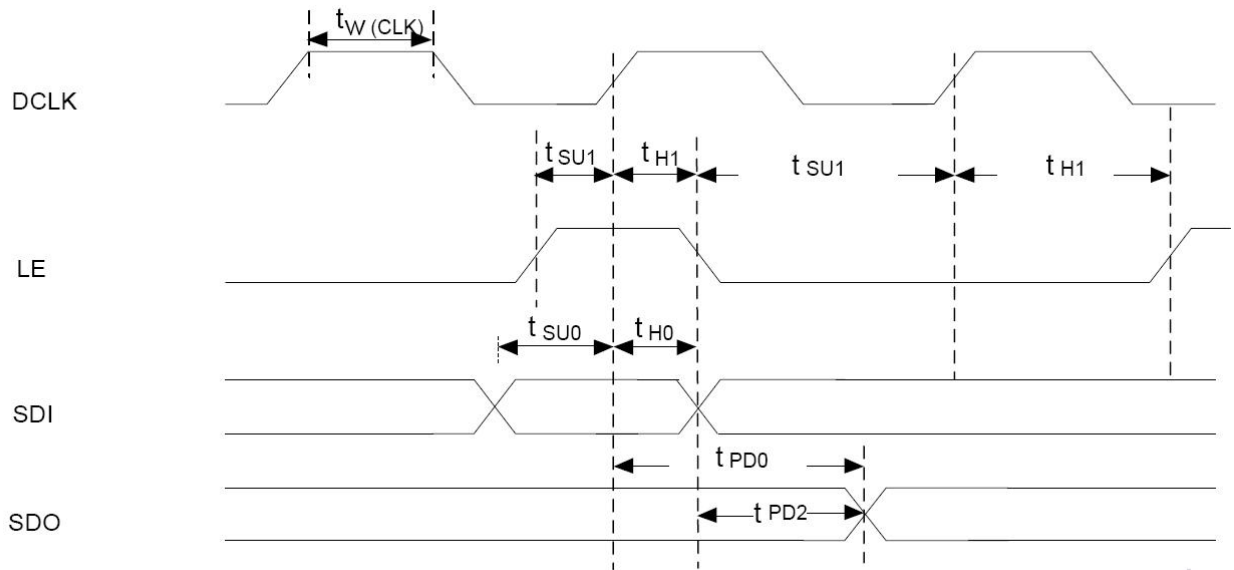
**** 执行错误侦测时，需保留超过最大的错误侦测时间。

动态特性的测试电路

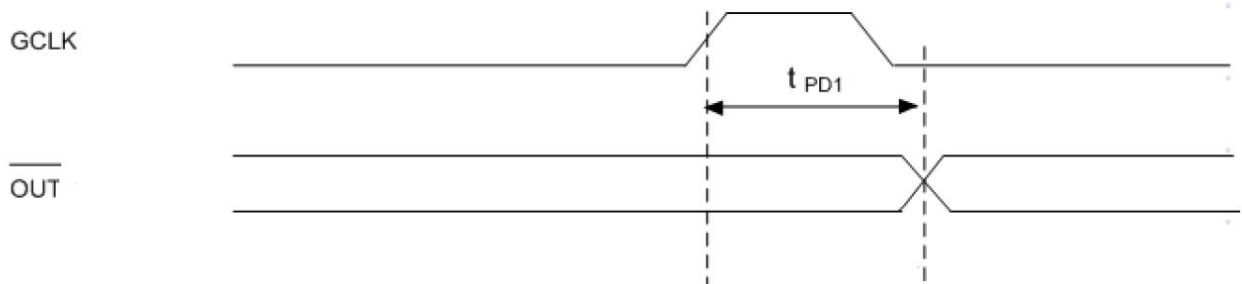


时序波形图

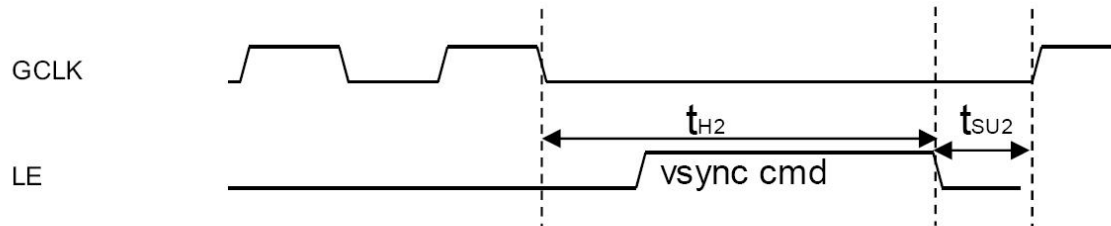
(1)



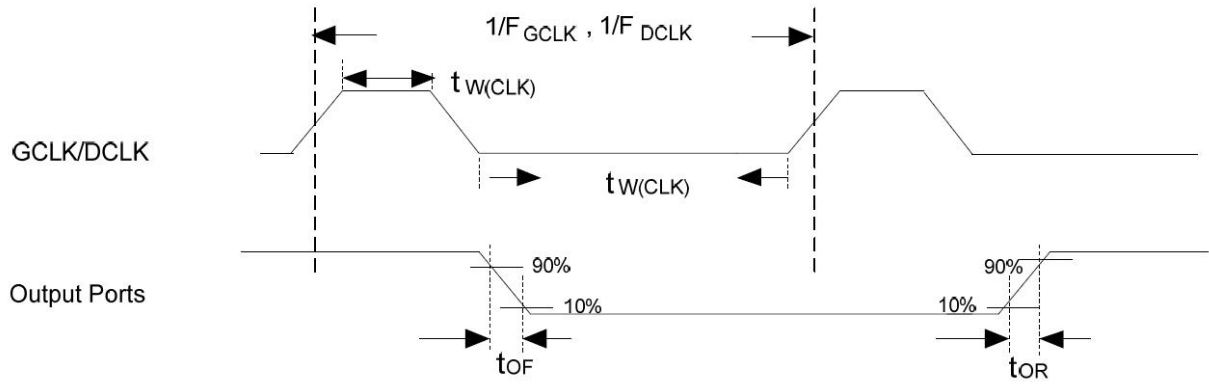
(2)



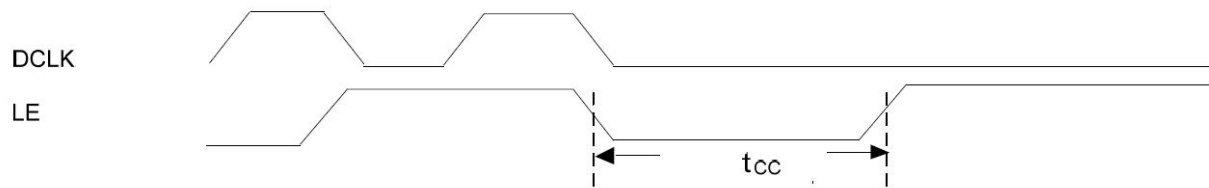
(3)



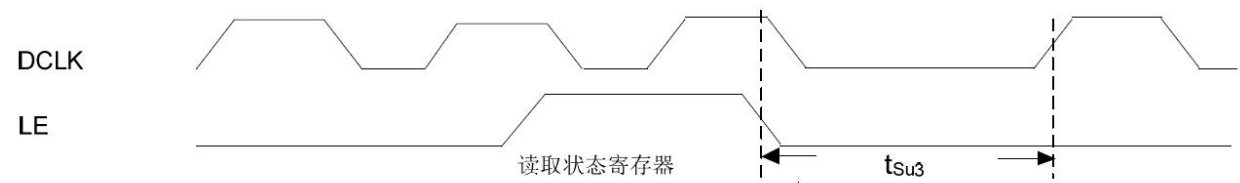
(4)



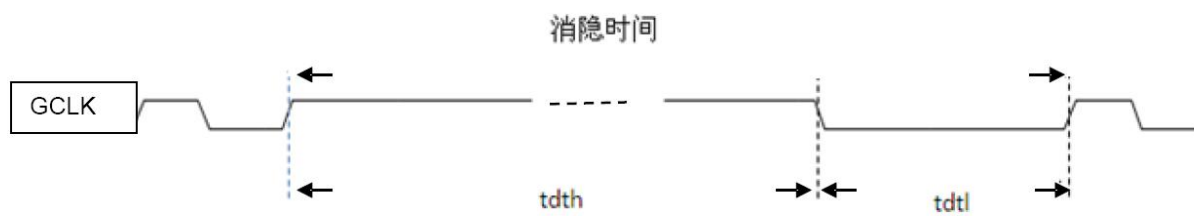
(5)



(6)



(7)



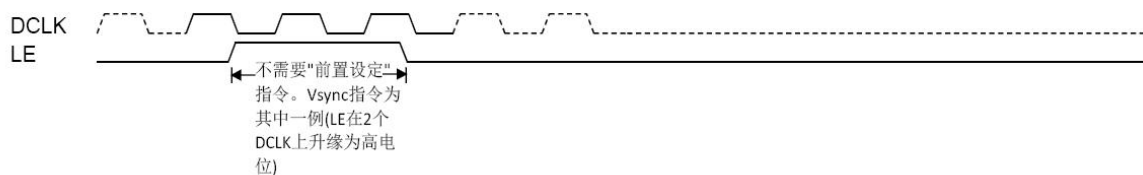
操作指令控制

指令名称	讯号组合		描述
	LE	LE 包含多少个 DCLK 上升沿	指令动作
停止错误侦测	High	1	停止 LED 开路强制侦测
数据栓锁	High	1	将序列数据传入缓冲存储器
VSYNC	High	2	垂直同步信号则会命令芯片置换新的帧数据
写入状态缓存器 1*	High	4	将序列数据传入状态缓存器 1
读入状态缓存器 1	High	5	将状态缓存器 1 的数据传入移位缓存器
执行错误侦测	High	7	执行 LED 开路强制侦测
写入状态缓存器 2*	High	8	将序列数据传入状态缓存器 2
读入状态缓存器 2	High	9	将状态缓存器 2 的数据传入移位缓存器
软件重置	High	10	热启动, 软复位
前置设定 (Pre-Active)	High	14	前置设定指令必须在“写入状态缓存器”指令之前传送

*表示这些指令必须在前置设定指令之后才会启动, 否则无效。

注意: 当电源开启后, 须先传送 16 次数据栓锁指令, 垂直同步指令“VSYNC”才会有效。下图为需要和不需要的波形例子:

不需要“前置设定”指令



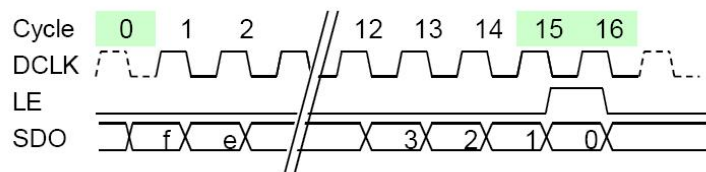
需要“前置设定”指令



指令波形图

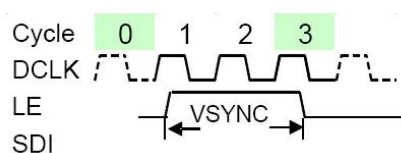
以下图片说明每个指令的波形。

数据拴锁



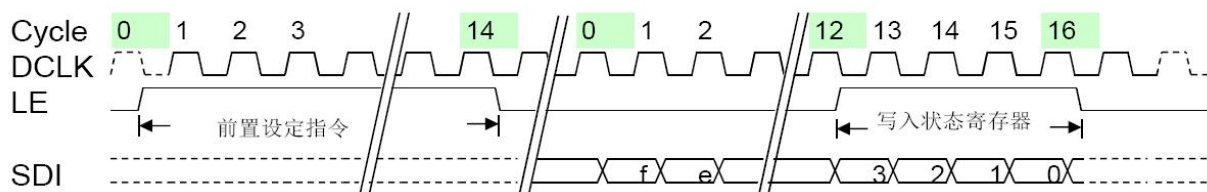
“数据拴锁”指令用于将资料由 SDI 脚位传送至 16 位位移寄存器。当此指令传递后，LE 下降缘之前的 16 位数据会拴锁至内存(SRAM)中，且最重要位（MSB）会优先送出。

垂直同步信号(VSYNC)



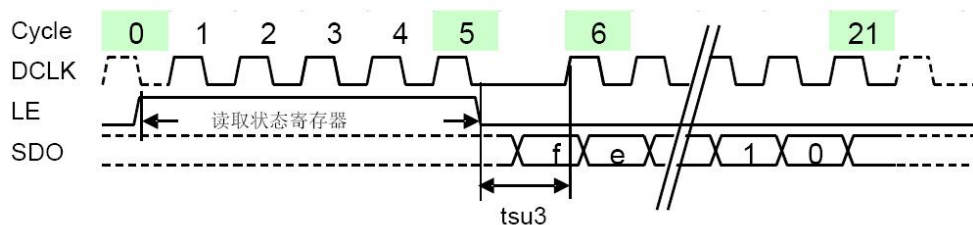
“VSYNC”指令用于更新帧数据至 $\overline{\text{OUT0}} \sim \overline{\text{OUT15}}$ 输出通道。但 LE 与 GCLK 之间有时间设定限制，如要了解更多信息请参考“垂直同步指令操作原则”单元。

写入状态缓存器



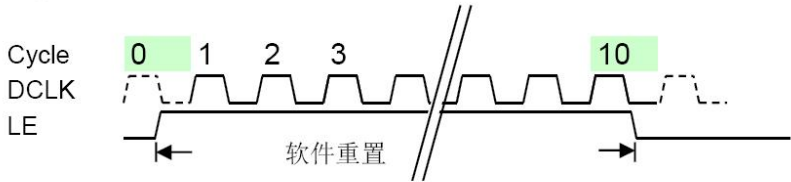
“写入状态缓存器”指令主要作为设定 MBI5153 将序列数据传入状态缓存器，因此需要先送出“前置设定”。此指令启动后，在 LE 下缘之前所设定的 16 位 DCLK 数据将会拴锁至状态缓存器中，且最重要位（MSB）会优先送出。

读取状态缓存器



“读取状态缓存器”指令主要将 RUC6053 状态缓存器的数据传入位移寄存器。此指令启动后，16 位状态缓存器数据会由 SDO 脚位送出，且最重要位（MSB）会优先送出。

软件重置



“软件重置” 可将 RUC6053 重新设定到初始状态，但状态缓存器除外。当此指令收到后，所有的输出通道将会关闭，但在新的“VSYNC” 指令收到后，会再次显示前一笔灰阶数据。

状态缓存器 1 的定义

最重要位														最不重要位	
F	E	D	C	B	A	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0

“默认值”范例															
F	E	D	C	B	A	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	101011					

控制状态缓存器的默认值为 16'h032B

位	属性	定义	值	功能说明
F	读/写	下鬼隐消除	0 (默认)	0: 关闭 1: 开启
E~D	保留	保留	00 保留	保留
C~8	读/写	扫描行数	00000 00001 00010 00011 (默认) ~ 11111	00000: 1 行扫描 00001: 2 行扫描 00010: 3 行扫描 00011: 4 行扫描 11110: 31 行扫描 11111: 32 行扫描
7	读/写	SPWM 模式	0 (默认)	0: 14bit SPWM 模式，将 16384 个 GCLK 周期分为 32 个等份 1: 13bit SPWM 模式，将 8192 个 GCLK 周期分为 16 个等份
6	读/写	GCLK 倍频	0(默认)	0: 关闭 1: 开启
5~0	读/写	电流增益调整	000000 ~111111	6'b101011 (默认) 64阶微调的电流增益功能 (增益范围: 12.5%~200%)，可适当调整输出电流。

状态缓存器 2 的定义

最重要位

最不重要位

F	E	D	C	B	A	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

“默认值”范例

F	E	D	C	B	A	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0

控制状态缓存器的默认值为 16'h1410

位	属性	定义	值	功能说明
F~B	保留	保留	保留	保留
A	读/写	双倍刷新率	0 (默认)	0: 关闭 1: 开启
9~4	保留	保留	000001(默认)	保留
3~1	读/写	解决第一行扫偏暗	000(默认) ~111	000: 0 ns, 100: 20ns 001: 5 ns, 101: 25ns 010: 10 ns, 110: 30ns 011: 15 ns, 111: 35ns
0	保留	保留	保留	保留

扫描行数

RUL6053 支持 1 扫至 32 行扫扫描屏。根据应用请设状态缓存器 1 的位[C:8]，默认值 ‘00011’ 为四行扫。

灰阶模式与扫描式 S-PWM

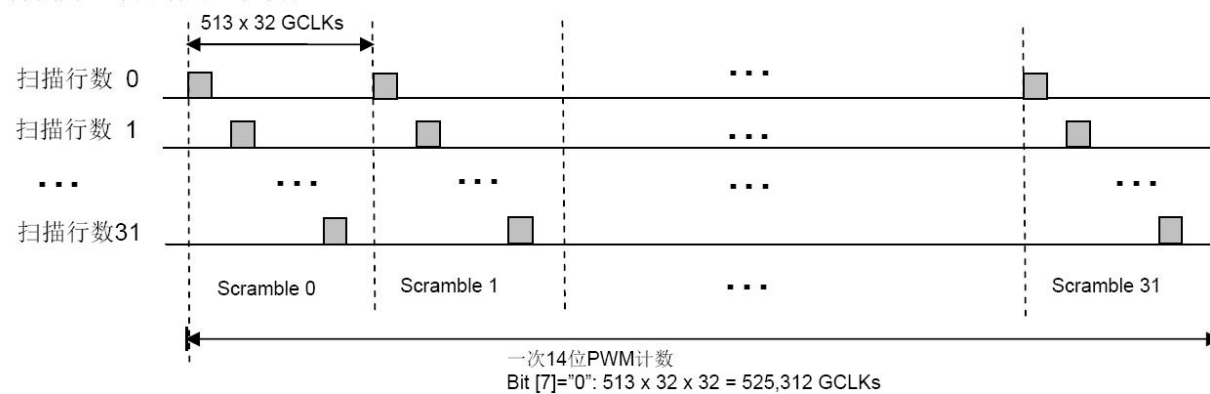
RUL6053 提供 14/13 位灰阶模式，在 14 位灰阶模式，用户应仍传送 16 位数据，该数据在 LSB 具有 2 位 ‘0’。例如 {14 ‘h1234, 2’ h0}。

RUL6053 有 S-PWM 技术。藉由 S-PWM,全部的 PWM 周期将可分解成 MSB(最重要位) 与 LSB(最不重要位) 的灰阶周期，因此可以将 MSB 的信息打散为很多较小的灰阶周期且可达到跟未分解成 MSB 与 LSB 的 PWM 一样的高位分辨率

GCLK 倍频

RUL6053 藉由设定状态缓存器 1 的位[6]，提供 GCLK 倍频功能。GCLK 倍频默认值为 ‘0’。
关闭 GCLK 倍频(状态缓存器 1【6】=0)

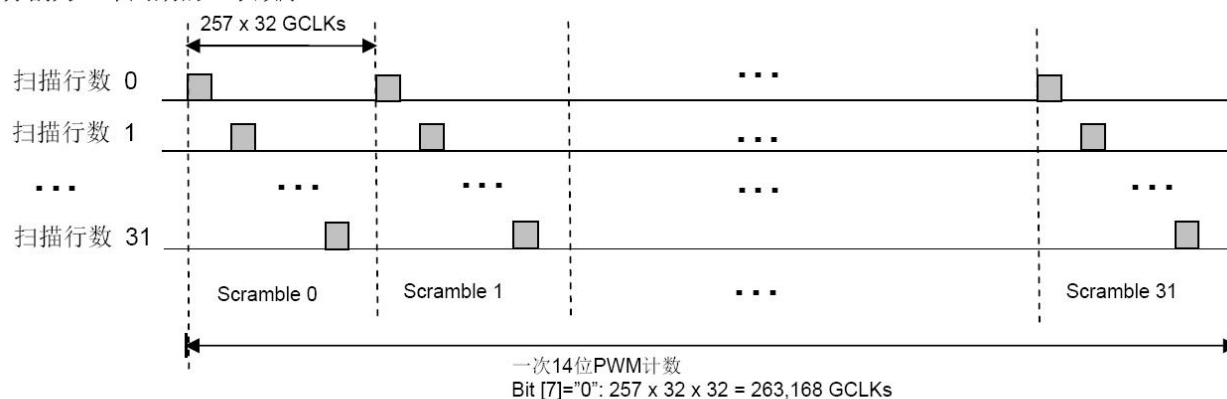
分割为32个周期的显示顺序



■ : 表示输出通道为“开启”

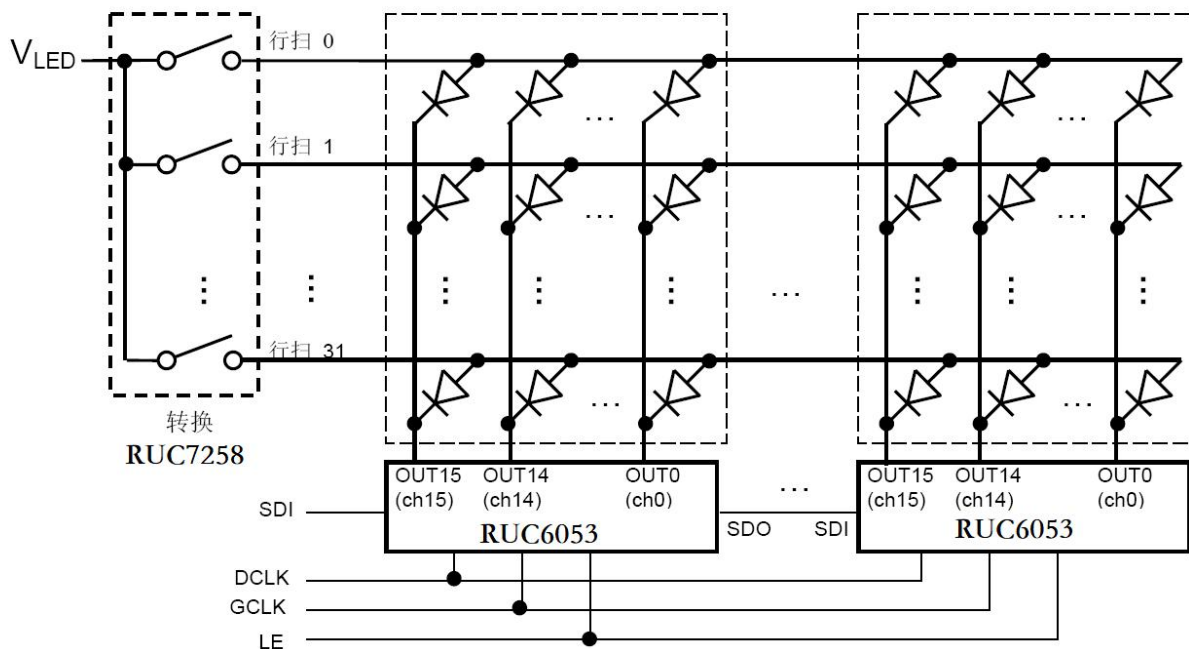
开启 GCLK 倍频(状态缓存器 1 [6] = 1)

分割为32个周期的显示顺序



■ : 表示输出通道为“开启”

操作原理 扫描屏应用架构

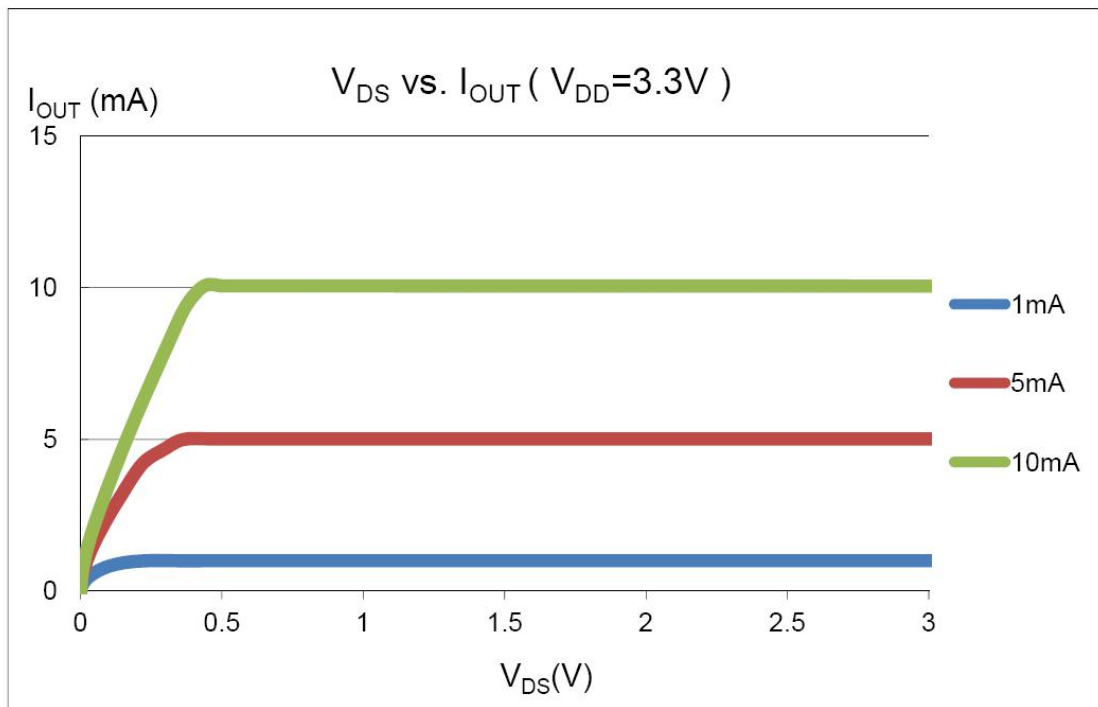
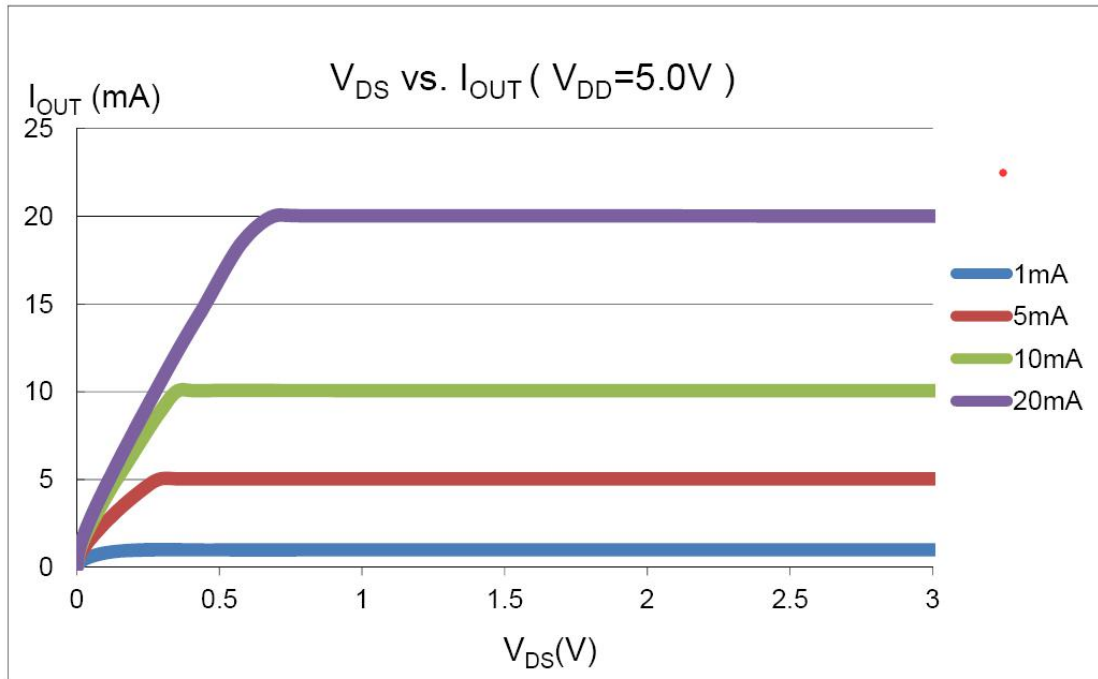


上图显示扫描行数为 32 行扫描屏所建议的应用架构图由 LE 目 DCLK 组成的命令，可透过 SDI 与 SDO 脚位来传送灰阶数据。16 个输出通道(OUT0 ~ OUT15)会在不同时间点传递 PWM 数据给每一个扫描行数，因此必须具备时间多任务操作的开关给每行之扫描。开关切换顺序与操作方式将在下个单元中描述。

恒流

当使用者将 RUL6053 应用于 LED 屏设计上时，信道间与信道间，甚至芯片与芯片间的电流差异极小。源自于 RUL6053 的优异工艺及设计水平。

- 1、通道间的最大电流差异小于 $\pm 1.5\%$ ，而芯片间的最大电流差异小于 $\pm 2.5\%$
- 2、具有不受负载端电压影响的电流输出特性，如下图所示。输出电流的稳定性将不受 LED 顺向(V_F)变化而影响。

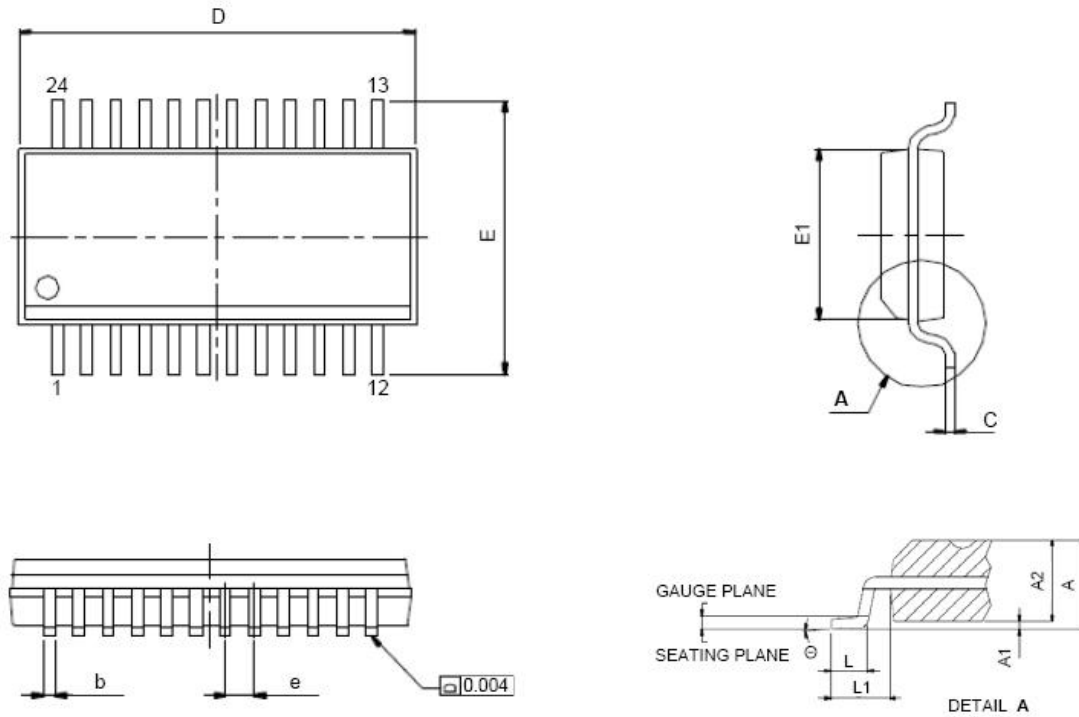


订购信息

型号	标示	封装	包装方式	数量	卷带大小	卷带宽度
RUL6053	RUL6053V6	SSOP24	编带真空静电袋	2500		
RUL6053	RUL6053W6	QFN24	编带真空静电袋	3000		

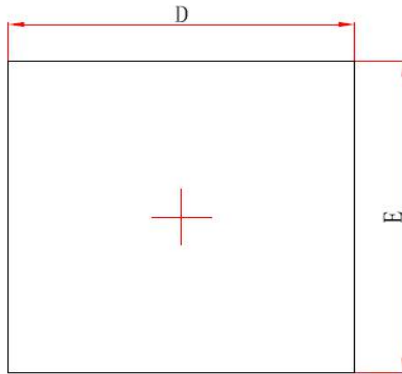
封装

RUL6053V6-SSOP24-0.635mm

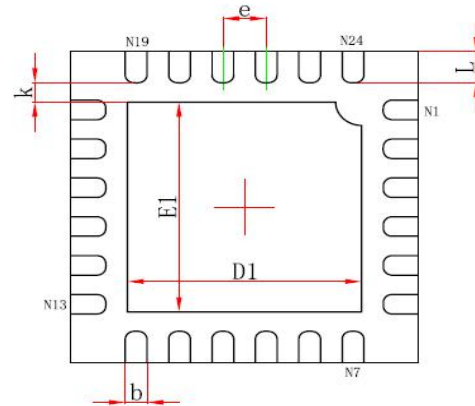


符号	英制/单位inch		公制/单位 mm	
	最小尺寸	最大尺寸	最小尺寸	最小尺寸
A	0.053	0.069	1.346	1.753
A1	0.004	0.010	0.102	0.254
A2	-	0.059	-	1.499
b	0.008	0.012	0.203	0.305
C	0.007	0.010	0.178	0.254
D	0.337	0.344	8.560	8.738
E	0.228	0.244	5.791	6.198
E1	0.150	0.157	3.810	3.988
e	0.025TYP.		0.635TYP.	
L	0.016	0.050	0.406	1.270
L1	0.041TYP.		1.041TYP.	
Θ	0°	8°	0°	8°

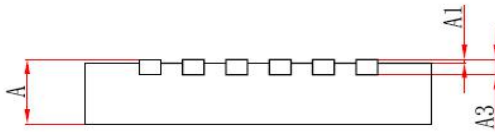
RUL6053W6-QFN24-(4*4*0.75mm)



Top View



Bottom View



Side View

符号	公制/单位mm		英制/单位 inch	
	最小尺寸	最大尺寸	最小尺寸	最小尺寸
A	0.700/0.800	0.800/0.900	0.028/0.031	0.031/0.035
A1	0.000	0.050	0.000	0.002
A3	0.203REF.		0.008REF.	
D	3.900	4.100	0.154	0.161
E	3.900	4.100	0.154	0.161
D1	2.600	2.800	0.102	0.110
E1	2.600	2.800	0.102	0.110
k	0.200MIN.		0.008MIN.	
b	0.180	0.300	0.007	0.012
e	0.500TYP.		0.020TYP.	
L	0.300	0.500	0.012	0.020