

### 特性

- 工作电压：4.5V~5.5V
- 内部 RC 振荡器
- I<sup>2</sup>C 总线接口
- 16×8 位 RAM 用于存储显示数据
- 最大显示模式为 16×8：16SEGs 和 8COMs
- 读 / 写地址自动递增
- 多达 13×3 按键矩阵扫描功能
- 16 阶调光电路
- 封装类型：20/24/28-pin SOP/SSOP

- 录像机设备
- 仪表读数
- 其它消费类应用
- LED 显示

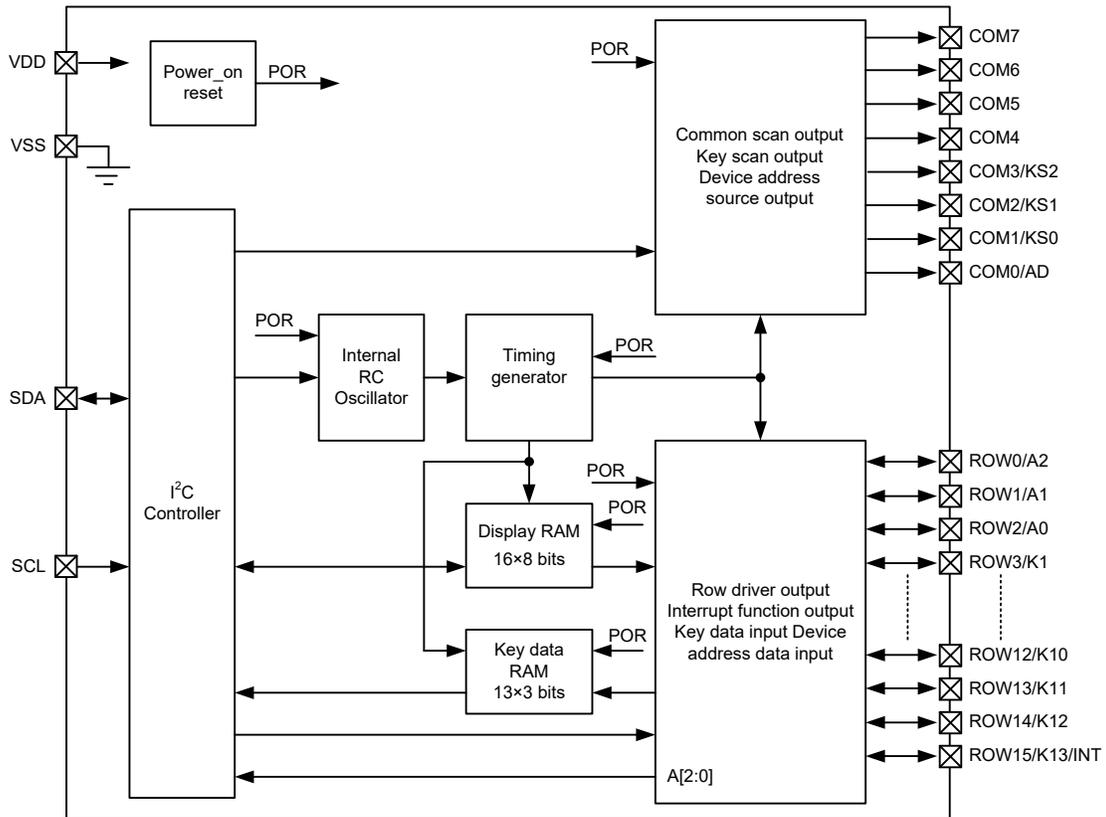
### 概述

HT16K33A 是一款存储器映射和多功能 LED 控制驱动芯片。该芯片支持最大 128 点的显示模式 (16SEGs×8COMs) 以及最大 13×3 的按键矩阵扫描电路。HT16K33A 的软件配置特性使其适用于多种 LED 应用，包括 LED 模块和显示子系统。HT16K33A 通过双向 I<sup>2</sup>C 接口可与大多数微控制器进行通信。

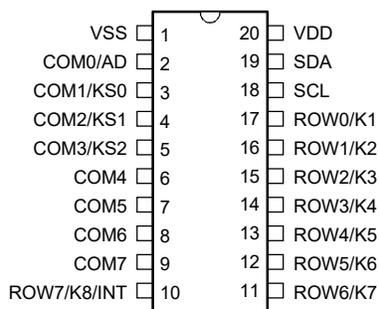
### 应用领域

- 工业控制指示器
- 数字时钟、温度计、计数器、万用表
- 机顶盒

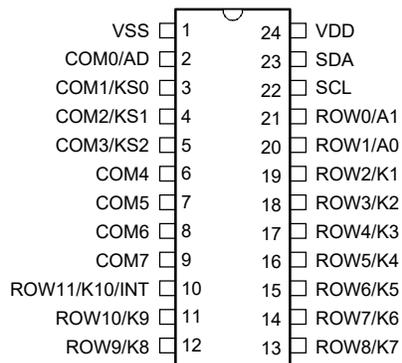
### 方框图



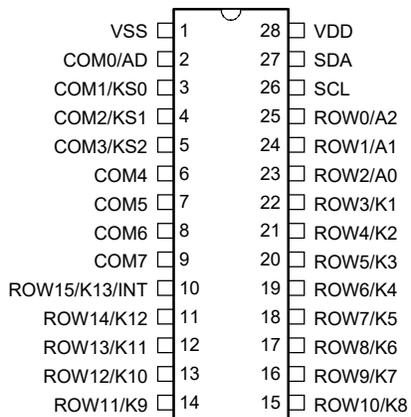
引脚图



**HT16K33A**  
**20 SOP-A/SSOP-A**



**HT16K33A**  
**24 SOP-A/SSOP-A**



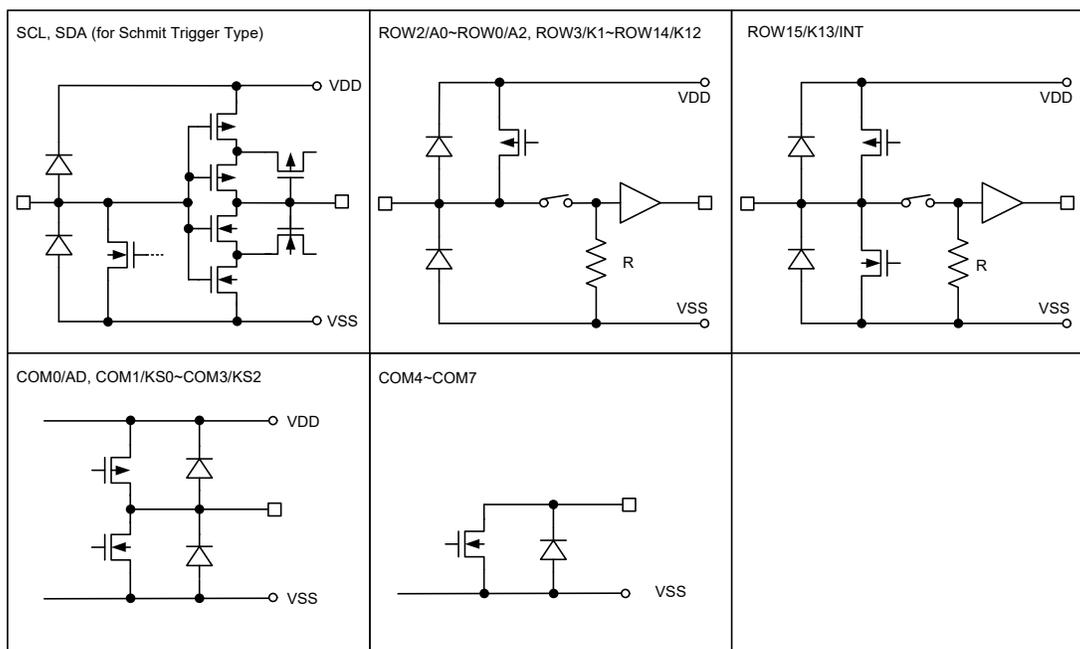
**HT16K33A**  
**28 SOP-A/SSOP-A**

## 引脚说明

引脚名称	类型	说明
SDA	I/O	I <sup>2</sup> C 接口串行数据输入 / 输出
SCL	I	I <sup>2</sup> C 接口串行时钟
VDD	—	逻辑电路正电源
VSS	—	逻辑电路负电源, 接地
COM0/AD	O	<ul style="list-style-type: none"> <li>COM 输出引脚, 显示时低电平有效</li> <li>设备地址源输出引脚, 上电复位和按键扫描时高电平有效</li> </ul>
COM1/KS0~ COM3/KS2	O	<ul style="list-style-type: none"> <li>COM 输出引脚, 显示时低电平有效</li> <li>按键源输出引脚, 按键扫描时高电平有效</li> </ul>
COM4~COM7	O	COM 输出引脚, 显示时低电平有效
<b>28-Pin 封装</b>		
ROW0/ A2~ROW2/A0	I/O	<ul style="list-style-type: none"> <li>ROW 输出引脚, 显示时高电平有效</li> <li>设备地址数据输入引脚, 上电复位和按键扫描时内部下拉</li> </ul>
ROW3/K1 ~ROW14/K12	I/O	<ul style="list-style-type: none"> <li>ROW 输出引脚, 显示时高电平有效</li> <li>按键数据输入引脚, 按键扫描时内部下拉</li> </ul>
ROW15/K13/ INT	I/O	<ul style="list-style-type: none"> <li>当 ROW/INT 设置寄存器中的“INT/ROW”位设为“0”时, 该引脚用作 ROW 驱动输出引脚, 显示时高电平有效; 按键扫描时用作按键数据输入引脚。</li> <li>当 ROW/INT 设置寄存器中的“INT/ROW”位设为“1”时, 该引脚用作 INT 中断信号输出引脚。</li> <li>当 ROW/INT 设置寄存器中的“act”位设为“0”时, INT 引脚输出低电平有效。</li> <li>当 ROW/INT 设置寄存器中的“act”位设为“1”时, INT 引脚输出高电平有效。</li> </ul>
<b>24-Pin 封装</b>		
ROW0/A1 ~ROW1/A0	I/O	<ul style="list-style-type: none"> <li>ROW 输出引脚, 显示时高电平有效</li> <li>设备地址数据输入引脚, 上电复位和按键扫描时内部下拉</li> </ul>
ROW2/K1 ~ROW10/K9	I/O	<ul style="list-style-type: none"> <li>ROW 输出引脚, 显示时高电平有效</li> <li>按键数据输入引脚, 按键扫描时内部下拉</li> </ul>
ROW11/K10/ INT	I/O	<ul style="list-style-type: none"> <li>当 ROW/INT 设置寄存器中的“INT/ROW”位设为“0”时, 该引脚用作 ROW 驱动输出引脚, 显示时高电平有效; 按键扫描时用作按键数据输入引脚。</li> <li>当 ROW/INT 设置寄存器中的“INT/ROW”位设为“1”时, 该引脚用作 INT 中断信号输出引脚。</li> <li>当 ROW/INT 设置寄存器中的“act”位设为“0”时, INT 引脚输出低电平有效。</li> <li>当 ROW/INT 设置寄存器中的“act”位设为“1”时, INT 引脚输出高电平有效。</li> </ul>
<b>20-Pin 封装</b>		
ROW0/K1~ ROW6/K7	I/O	<ul style="list-style-type: none"> <li>ROW 输出引脚, 显示时高电平有效</li> <li>按键数据输入引脚, 按键扫描时内部下拉</li> </ul>

引脚名称	类型	说明
ROW7/K8/INT	I/O	<ul style="list-style-type: none"> <li>当 ROW/INT 设置寄存器中的“INT/ROW”位设为“0”时，该引脚用作 ROW 驱动输出引脚，显示时高电平有效；按键扫描时用作按键数据输入引脚。</li> <li>当 ROW/INT 设置寄存器中的“INT/ROW”位设为“1”时，该引脚用作 INT 中断信号输出引脚。</li> <li>当 ROW/INT 设置寄存器中的“act”位设为“0”时，INT 引脚输出低电平有效。</li> <li>当 ROW/INT 设置寄存器中的“act”位设为“1”时，INT 引脚输出高电平有效。</li> </ul>

### 内部连接简图



### 极限参数

电源供应电压 .....	$V_{SS}-0.3V \sim V_{SS}+6.5V$	工作温度 .....	$-40^{\circ}C \sim 85^{\circ}C$
端口输入电压 .....	$V_{SS}-0.3V \sim V_{DD}+0.3V$	储存温度 .....	$-60^{\circ}C \sim 150^{\circ}C$

注：这里只强调额定功率，超过极限参数所规定的范围将对芯片造成损害，无法预期芯片在上述标示范围外的工作状态，而且若长期在标示范围外的条件下工作，可能影响芯片的可靠性。

## 直流电气特性

 $V_{DD}=4.5\sim 5.5V$ ;  $T_a=25^\circ C$ 

符号	参数	测试条件		最小	典型	最大	单位
		$V_{DD}$	条件				
$V_{DD}$	工作电压	—	—	4.5	5	5.5	V
$I_{DD}$	工作电流	5V	无负载, 正常操作, INT/ROW 位为“0”	—	1	2	mA
$I_{STB}$	待机电流	5V	无负载, 待机模式	—	1	10	$\mu A$
$V_{IH}$	高电平输入电压	5V	SDA, SCL	$0.7V_{DD}$	—	$V_{DD}$	V
$V_{IL}$	低电平输入电压	5V	SDA, SCL	0	—	$0.3V_{DD}$	V
$I_{IL}$	输入漏电流	—	$V_{IN}=V_{SS}$ 或 $V_{DD}$	-1	—	1	$\mu A$
$R_{PL}$	输入下拉电阻	5V	ROW3/K1~ROW15/K13, ROW0/A2~ROW2/A0, 按键扫描期间	250	—	—	k $\Omega$
$I_{OL1}$	低电平输出电流	5V	$V_{OL}=0.4V$ , SDA	6	—	—	mA
$I_{OL2}$	ROW 灌电流	5V	$V_{OL}=0.4V$ , INT 引脚	6	—	—	mA
$I_{OH1}$	ROW 源电流	5V	$V_{OH}=V_{DD}-2V$ , ROW0~ROW15 引脚	-20	-25	-40	mA
			$V_{OH}=V_{DD}-3V$ , ROW0~ROW15 引脚	-25	-30	-50	mA
$I_{math}$	ROW 源电流误差	5V	$V_{OH}=V_{DD}-3V$ , ROW0~ROW15 引脚	—	—	5	%
$I_{OL3}$	COM 灌电流	5V	$V_{OL}=0.3V$ , COM0~COM7 引脚	160	200	—	mA
$I_{OH2}$	COM 源电流	5V	$V_{OH}=V_{DD}-2V$ , COM0~COM3 引脚	-20	-25	-40	mA

## 交流电气特性

 $V_{DD}=4.5\sim 5.5V$ ;  $T_a=25^\circ C$ 

符号	参数	测试条件		最小	典型	最大	单位
		$V_{DD}$	条件				
$t_{LED}$	LED 帧时间	5V	1/9 Duty	7.6	9.5	11.4	ms
$t_{OFF}$	$V_{DD}$ 关闭时间	—	$V_{DD}$ 下降到 0V	20	—	—	ms
$t_{SR}$	$V_{DD}$ 转换速率	—	—	0.05	—	—	V/ms

- 注: 1. 在电源开启 / 关闭期间, 如果上电复位时序条件未满足, 则内部上电复位 (POR) 电路无法正常工作。  
 2. 在芯片工作期间, 若  $V_{DD}$  下降到低于规定的最小工作电压时, 必须满足上电复位时序条件。也就是说,  $V_{DD}$  电压必须下降到 0V 且在上升到正常工作电压之前必须至少保持 20ms 的 0V 电压。

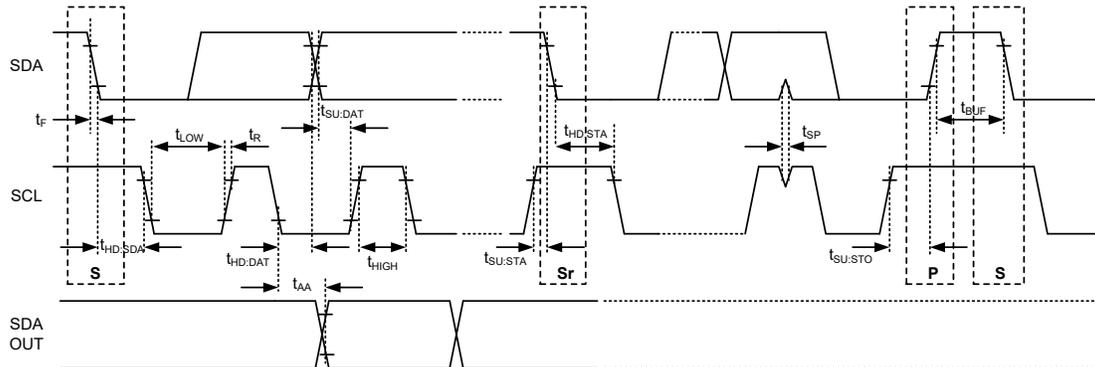
## I<sup>2</sup>C 接口电气特性

符号	参数	测试条件	最小	最大	单位
$f_{SCL}$	时钟频率	—	—	400	kHz
$t_{BUF}$	总线空闲时间	在此时间内总线必须保持空闲直到新的传输开始	1.3	—	$\mu s$
$t_{HD:STA}$	Start 状态保持时间	在此周期之后，产生第一个时钟脉冲	0.6	—	$\mu s$
$t_{LOW}$	SCL 低电平时间	—	1.3	—	$\mu s$
$t_{HIGH}$	SCL 高电平时间	—	0.6	—	$\mu s$
$t_{SU:STA}$	Start 状态设置时间	仅与重复发送的 START 信号有关	0.6	—	$\mu s$
$t_{HD:DAT}$	数据保持时间	—	0	—	$\mu s$
$t_{SU:DAT}$	数据设置时间	—	100	—	ns
$t_R$	SDA 和 SCL 上升时间	注	—	0.3	$\mu s$
$t_F$	SDA 和 SCL 下降时间	注	—	0.3	$\mu s$
$t_{SU:STO}$	Stop 状态设置时间	—	0.6	—	$\mu s$
$t_{AA}$	时钟输出有效时间	—	—	0.9	$\mu s$
$t_{SP}$	输入滤波器时间常数 (SDA 和 SCL 引脚)	噪声抑制时间	—	50	ns

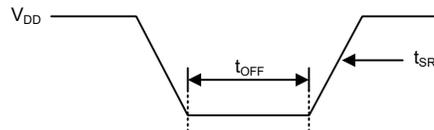
注：这些参数都是周期性采样测试结果，并非 100% 测试所得。

## 时序图

### • I<sup>2</sup>C 接口时序



### • 上电复位时序



## 功能描述

### 上电复位

上电后，芯片通过内部上电复位电路初始化。内部电路初始化后的状态如下所示：

- 系统振荡器为关闭状态
- COM0~COM3 输出都设为  $V_{DD}$ 。
- COM4~COM7 输出高阻抗。
- 所有 ROW 引脚为输入引脚。
- LED 显示处于关闭状态。
- 按键扫描停止。
- ROW/INT 共用引脚设为 ROW 输出。
- 调光设为 16/16 duty。

上电复位后的 1ms 内避免进行 I<sup>2</sup>C 数据传输，以确保复位动作完成。

### 待机模式

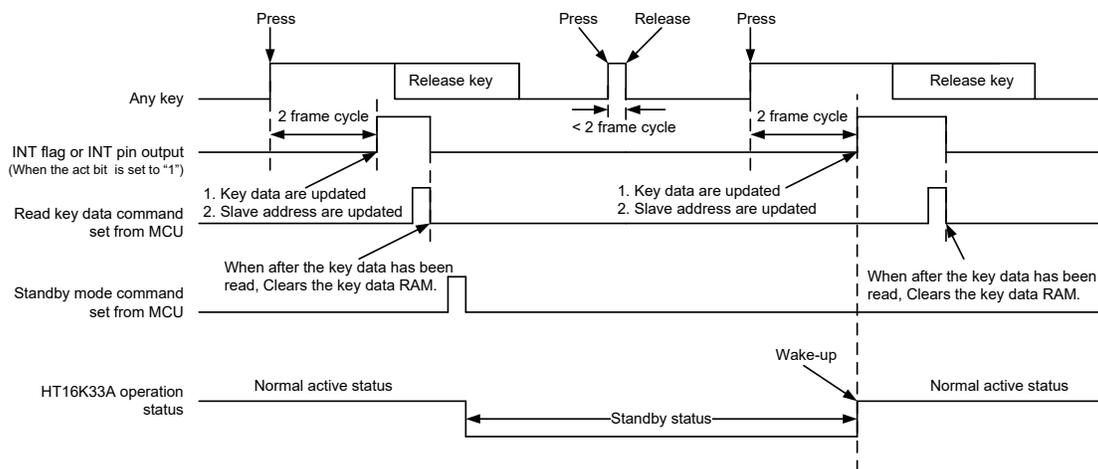
待机模式下，除了系统设置命令外，HT16K33A 不接收任何输入命令且不可写数据到显示 RAM 中。若系统设置寄存器中的“S”位设为“0”，选择待机模式。待机模式下的状态如下所示：

- 系统振荡器为关闭状态。
- COM0~COM3 输出都设为  $V_{DD}$ 。
- COM4~COM7 输出高阻抗。
- LED 显示为关闭状态。

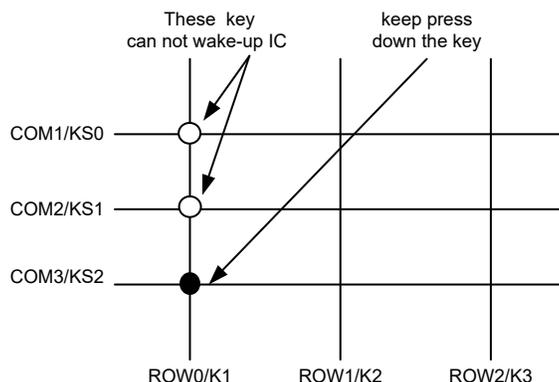
- 按键扫描停止。
- 所有按键数据以及 INT 标志位被清零，直到待机模式解除。
- 若按键矩阵有任何按键按下或系统设置寄存器中的“S”位设为“1”，待机模式解除，芯片唤醒。
- 若 ROW/INT 设置寄存器中的“INT/ROW”位设为“0”，所有 ROW 引脚设为输入。
- 若 ROW/INT 设置寄存器中的“INT/ROW”位设为“1”，除了 ROW/INT 共用引脚设为 INT 输出外，其它所有 ROW 引脚设为输入。
- 若 ROW/INT 设置寄存器中的“act”位设为“0”，INT 引脚保持高电平输出。
- 若 ROW/INT 设置寄存器中的“act”位设为“1”，INT 引脚保持低电平输出。

### 唤醒

- 通过一个有效按键按下或将系统设置寄存器中的“S”位设为“1”可唤醒芯片，接着进行按键扫描。
- 系统振荡器开始正常工作。
- 在待机模式下，HT16K33A 仍可被写入任一命令，待唤醒后会执行最后一道命令。
- 按键按下与唤醒动作之间的关系如下图所示。



- 如图所示，休眠模式下，当 KS2-K1 按键保持按下状态时，KS0-K1 或 KS1-K1 按键按下无法唤醒芯片。因此不建议这样的操作。



### 系统设置寄存器

系统设置寄存器用于设置芯片工作模式：工作模式或待机模式。

- 当系统设置寄存器中的“S”位设为“1”时，内部系统振荡器使能。
- 当系统设置寄存器中的“S”位设为“0”时，内部系统振荡器除能，进入待机模式。
- 发送待机模式命令之前，建议先读取按键数据。
- 系统设置寄存器命令如下所示。

名称	命令 / 地址 / 数据								选项	说明	Def.
	D15	D14	D13	D12	D11	D10	D9	D8			
系统设置	0	0	1	0	X	X	X	S	{S} 只可写	定义内部系统振荡器开启 / 关闭： • {0}：关闭系统振荡器 (待机模式) • {1}：开启系统振荡器 (正常工作模式)	20H

### ROW/INT 设置寄存器

该寄存器用于设置 LED ROW 输出或 INT 逻辑输出。

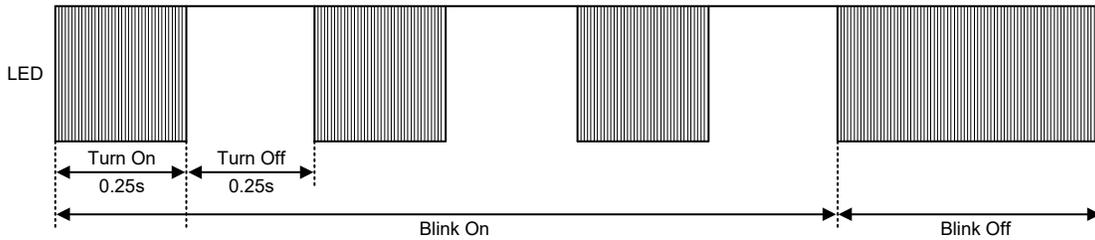
- 当 ROW/INT 位设为“1”，选择 INT 输出。
- 当 ROW/INT 位设为“0”，选择 ROW 输出。
- 按键扫描电路扫描到按键按下时，通过 I<sup>2</sup>C 接口控制输出，此时 INT 引脚将输出有效电平。
- 当 ROW/INT 设置寄存器的“act”位设为“0”时，INT 输出低电平有效。
- 当 ROW/INT 设置寄存器的“act”位设为“1”时，INT 输出高电平有效。
- ROW/INT 设置寄存器命令如下所示。

名称	命令 / 地址 / 数据								选项	说明	Def.
	D15	D14	D13	D12	D11	D10	D9	D8			
ROW/ INT 设置	1	0	1	0	X	X	act	row/int	{act, row/int} 只可写	INT/ROW 输出引脚选择以及 INT 引脚输出有效电平选择: <ul style="list-style-type: none"> <li>• {X, 0}: INT/ROW 输出引 脚设为 ROW 驱动输出;</li> <li>• {0, 1}: INT/ROW 输出引 脚设为 INT 输出, 低有效;</li> <li>• {1, 1}: INT/ROW 输出引 脚设为 INT 输出, 高有效</li> </ul>	A0H

### 显示设置寄存器

该显示设置寄存器用于设置 LED 显示功能开启 / 关闭和闪烁频率。

- 当显示设置寄存器中的“D”位设为“1”，LED 显示功能使能。
- 当显示设置寄存器中的“D”位设为“0”，LED 显示功能除能。
- 在闪烁期间，显示功能除能状态下，所有 ROW 和 COM 输出都为高阻抗。
- 在按键扫描期间，显示功能除能状态下，所有 ROW 引脚设为输入，COM0~COM3 继续扫描，COM4~COM7 输出为高阻抗。
- HT16K33A 显示闪烁频率多变。可通过闪烁命令选择不同闪烁频率。闪烁频率为系统频率的整数倍。系统频率和闪烁频率之间的关系比取决于芯片的工作模式，如下所示。
- 如下图示，闪烁频率 = 2Hz。



闪烁波形范例

- 显示设置寄存器命令如下表格所示。

名称	命令 / 地址 / 数据								选项	说明	Def.
	D15	D14	D13	D12	D11	D10	D9	D8			
显示 设置	1	0	0	0	X	B1	B0	D	{D} 只可写	定义显示功能开启 / 关闭状态: <ul style="list-style-type: none"> <li>• {0}: 显示关闭</li> <li>• {1}: 显示开启</li> </ul>	80H
									{B1, B0} 只可写	定义闪烁频率: <ul style="list-style-type: none"> <li>• {0,0} = 闪烁关闭</li> <li>• {0,1} = 2Hz</li> <li>• {1,0} = 1Hz</li> <li>• {1,1} = 0.5Hz</li> </ul>	

## 系统振荡器

HT16K33A 的内部逻辑和 LED 驱动信号由内建的 RC 振荡器提供定时控制。

系统时钟频率决定 LED 帧频率。需要时刻为芯片提供时钟信号，若执行待机模式命令移除时钟则芯片停止工作。系统上电初始化时，系统振荡器为停止状态。

## 显示数据地址指针

对显示 RAM 进行寻址是通过地址指针实现的，允许加载单个或多个显示数据字节到显示 RAM 的任何位置。开始寻址前要先通过地址指针命令对地址指针进行初始化。

## 按键数据地址指针

对按键数据 RAM 进行寻址是通过地址指针实现的，允许加载单个或多个按键数据字节到按键数据 RAM 的任何位置。开始寻址前要先通过地址指针命令对地址指针进行初始化。

## 寄存器信息地址指针

对寄存器数据和中断标志信息 RAM 进行寻址是通过地址指针实现的，允许加载单个或多个寄存器数据和中断标志数据字节到相关 RAM 的任何位置。开始寻址前要先通过地址指针命令对地址指针进行初始化。

## ROW 驱动输出

LED 驱动模块包含 16 个 ROW 输出 (ROW0~ROW15)，应直接连接至 LED 面板。根据多路复用的 COM 信号和显示锁存器中锁存的数据产生 ROW 输出信号。当所需的 ROW 输出数目小于 16 个时，未用到的 ROW 输出引脚应该保持开路状态。

## COM 驱动输出

LED 驱动模块包含 8 个 COM 输出 (COM0~COM7)，应直接连接至 LED 面板。根据所选择的 LED 驱动模式产生 COM 输出信号。当所需的 COM 输出数目小于 8 个时，未用到的 COM 输出引脚应该保持开路状态。

## 显示存储器 – RAM 结构

- 16×8 位静态 RAM 用于存储 LED 显示数据。对 RAM 中的某一个位写“1”则相对应的 LED ROW 点亮，写“0”则相对应的 LED ROW 熄灭。
- RAM 地址与行输出一一对应，一个 RAM 字中的每个位与纵列输出一一对应。RAM 与 LED 的映射关系如下所示。

COM	ROW0~ROW7	ROW8~ROW15
COM0	00H	01H
COM1	02H	03H
COM2	04H	05H
COM3	06H	07H
COM4	08H	09H
COM5	0AH	0BH
COM6	0CH	0DH
COM7	0EH	0FH

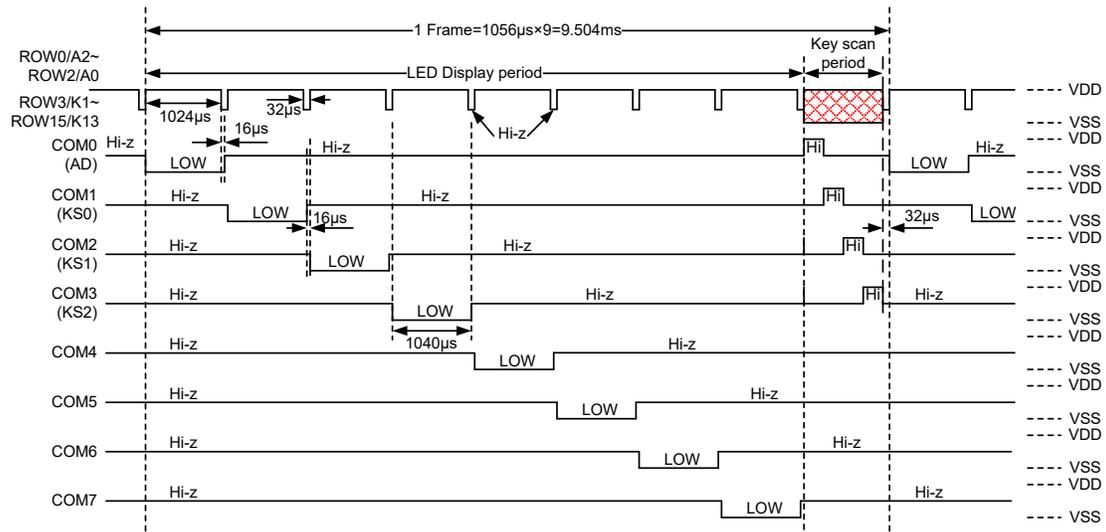
注：建议在激活 LED 显示功能之前清除所有 RAM 数据以初始化显示存储器 RAM。如果在启用 LED 显示功能之前未初始化 RAM 数据，那么在执行 LED ON 指令后 LED 将可能导致不正确的显示效果。

- I<sup>2</sup>C 总线显示数据传输格式

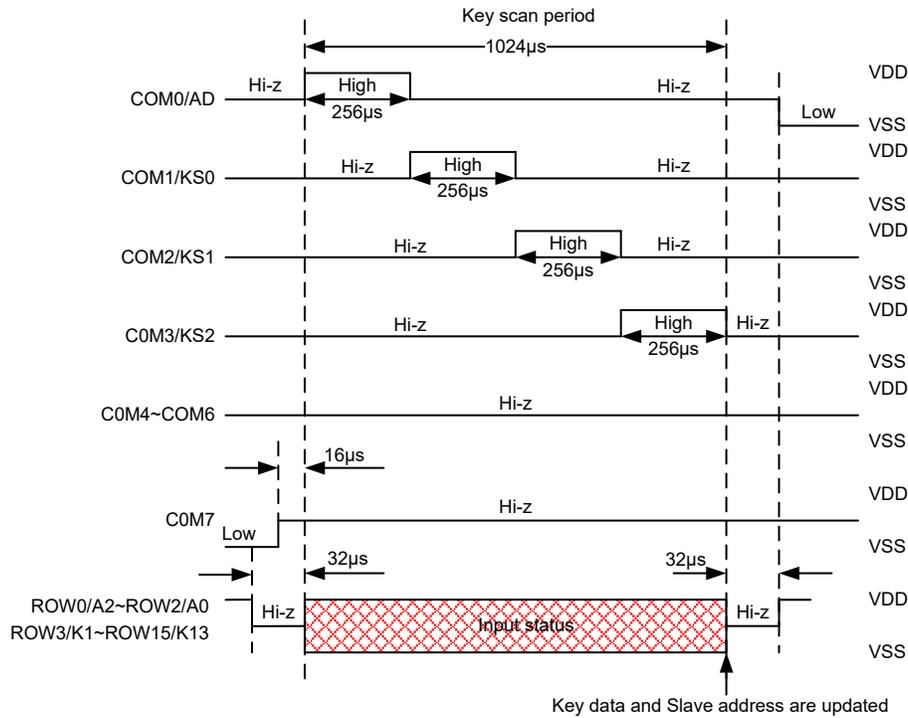
I <sup>2</sup> C 数据字节	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
ROW	7	6	5	4	3	2	1	0
	15	14	13	12	11	10	9	8

### LED 驱动模式输出波形

- 下图所示为 1/9 duty 模式，且 ROW/INT 引脚设为 ROW 驱动输出。



- 按键扫描周期扩展



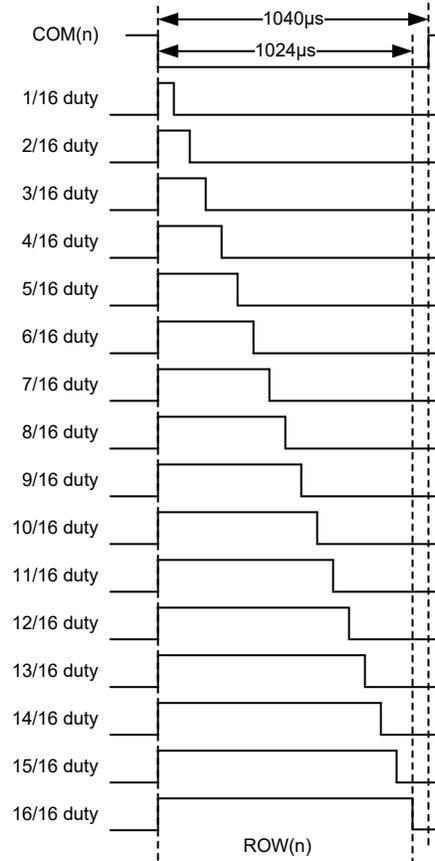
注：ROW/INT 共用引脚设为 ROW 驱动输出。

## 数字调光数据输入

HT16K33A 的显示调光能力强。如下所示，可通过调光命令改变 ROW 驱动输出的脉宽。

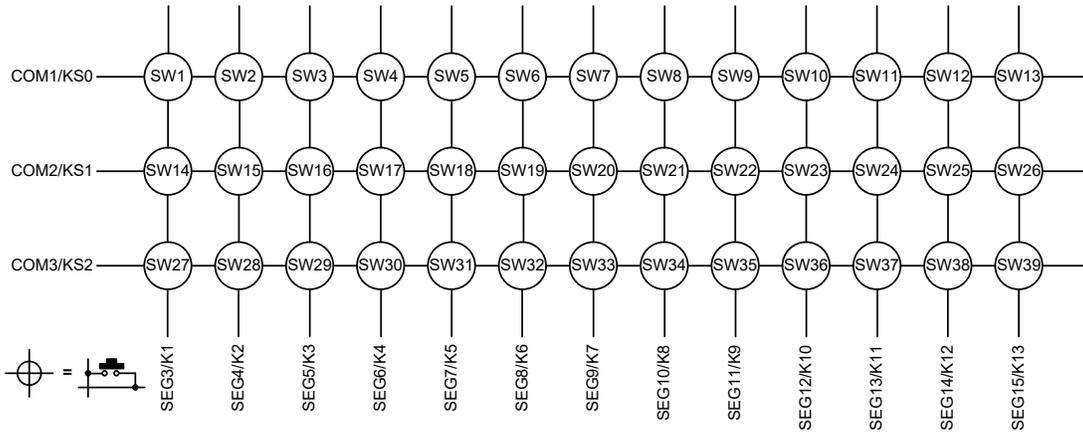
D15	D14	D13	D12	D11	D10	D9	D8	ROW 驱动输出脉宽	Def.
1	1	1	0	P3	P2	P1	P0	—	—
1	1	1	0	0	0	0	0	1/16 duty	—
1	1	1	0	0	0	0	1	2/16 duty	—
1	1	1	0	0	0	1	0	3/16 duty	—
1	1	1	0	0	0	1	1	4/16 duty	—
1	1	1	0	0	1	0	0	5/16 duty	—
1	1	1	0	0	1	0	1	6/16 duty	—
1	1	1	0	0	1	1	0	7/16 duty	—
1	1	1	0	0	1	1	1	8/16 duty	—
1	1	1	0	1	0	0	0	9/16 duty	—
1	1	1	0	1	0	0	1	10/16 duty	—
1	1	1	0	1	0	1	0	11/16 duty	—
1	1	1	0	1	0	1	1	12/16 duty	—
1	1	1	0	1	1	0	0	13/16 duty	—
1	1	1	0	1	1	0	1	14/16 duty	—
1	1	1	0	1	1	1	0	15/16 duty	—
1	1	1	0	1	1	1	1	16/16 duty	Y

- ROW 和 COM 数字调光占空比时间关系如下图所示。



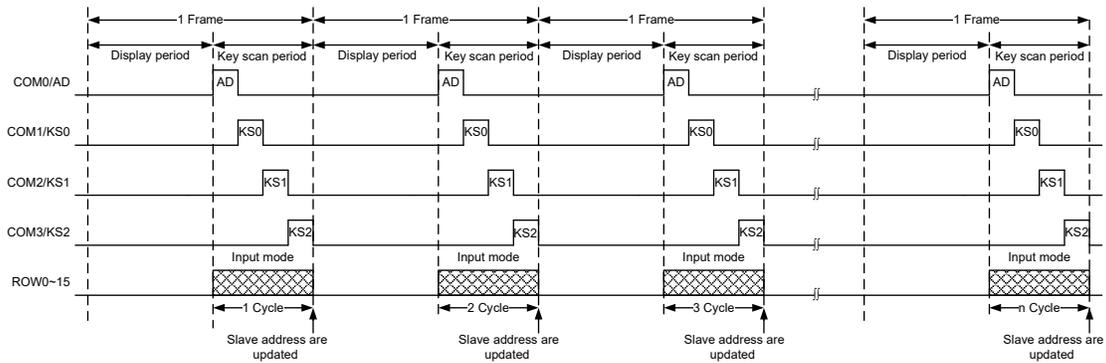
## 按键扫描

- 使用 KS0、KS1 和 KS2 中一列、两列或三列逻辑输出进行按键扫描。使用一个中断输出来标志有按键按下。INT 标志位可通过串行接口读取。INT/ROW15 引脚可用作通用逻辑输出或 ROW 开漏极驱动输出。
- 当 KS0、KS1 或 KS2 上连接的按键不只一个时，每个按键开关处需要连接一个小信号二极管。该二极管用于防止两个按键同时按下时造成对应的 COM 输出短路。例如，若 SW1 和 SW14 同时按下且开关未连接二极管时，则对应的 COM1/KS0 和 COM2/KS1 会短路，从而导致 LED 多路复用出现错误。
- 按键扫描电路将 COM1/KS0~COM3/KS2 引脚的高电平作为按键扫描输出驱动信号。通过多路复用依次输出 COM0~COM7 引脚的低脉冲。调光控制脉宽占空比范围为 1/16th~16/16th，对应的实际低脉宽时间范围为 64µs~1024µs。下面介绍了当 8 个 LED 共阴极驱动都使用时典型的 LED 驱动模式波形及扫描情况。
- 当扫描限制寄存器设置 KS0~KS2 都可扫描时，支持多达 39 个按键扫描。
- 一个按键扫描周期内，39 个按键扫描总去抖时间占至少 20ms。当在采样周期内扫描到一个或多个前一扫描周期内未按下的按键按下时，将安排按键去抖并产生中断。
- 在每个去抖周期内按键扫描电路将检测同时按下的按键数目。
- 当 ROW/INT 设置寄存器中的“act”位设为“0”时，INT 输出低电平有效。
- 当 ROW/INT 设置寄存器中的“act”位设为“1”时，INT 输出高电平有效。



### 按键扫描时序

如下所示，在每个按键扫描时序前期更新从机设备地址。



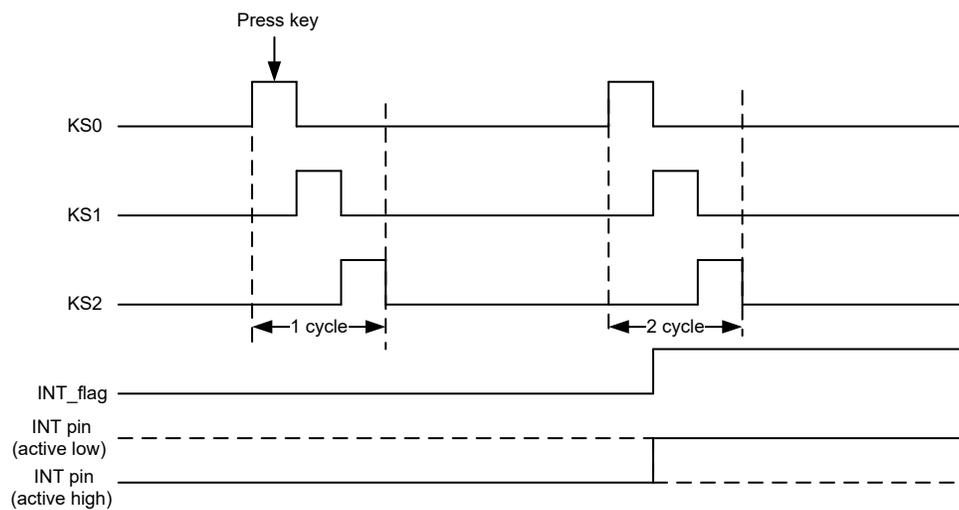
### 按键扫描 & INT 信号时序

- 在按键按下 2 个按键周期时间后更新按键数据以及 INT 信号情况。
- 当第一个按键按下时，更新 INT 信号。
- 当所有按键数据都已被读取后，按键数据 RAM 被清除且 INT 标志位被清为“0”。此时，若 ROW/INT 设置寄存器中的“act”位为“1”，INT 引脚变为低电平。
- 当所有按键数据都已被读取后，按键数据 RAM 被清除且 INT 标志位被清为“0”。此时，若 ROW/INT 设置寄存器中的“act”位为“0”，INT 引脚变为高电平。
- INT 标志位寄存器如下所示。
- I<sup>2</sup>C 总线显示数据传输格式

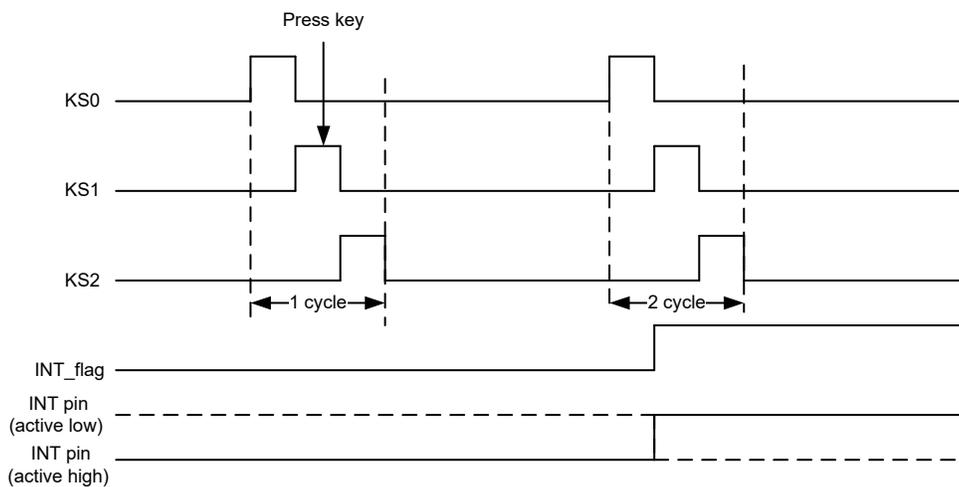
INT 标志位寄存器 (地址: 60H)	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
	INT 标志位							

• 按键扫描信号与 INT 信号时序关系如下所示。

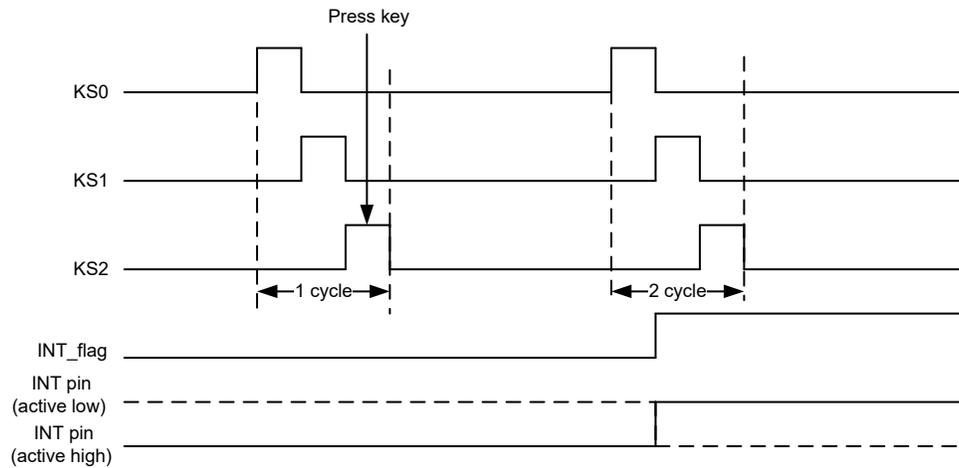
◆ 当 KS0 列的某个按键按下时



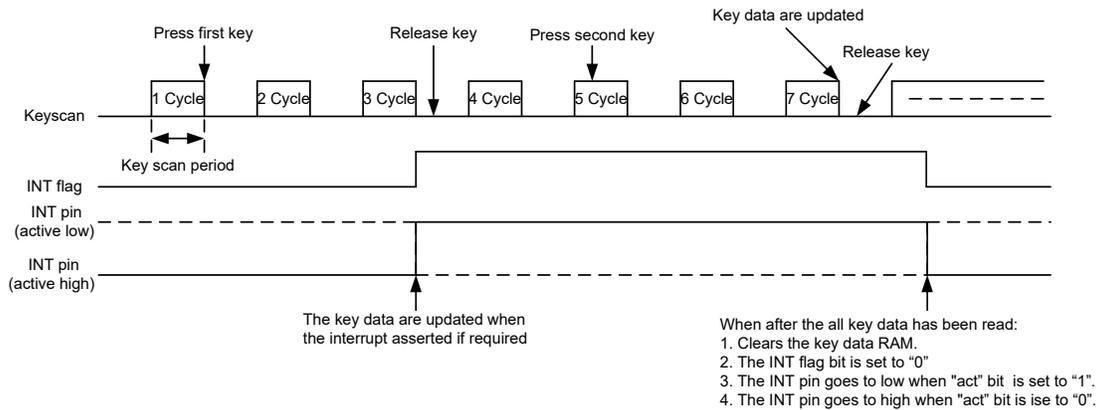
◆ 当 KS1 列的某个按键按下时



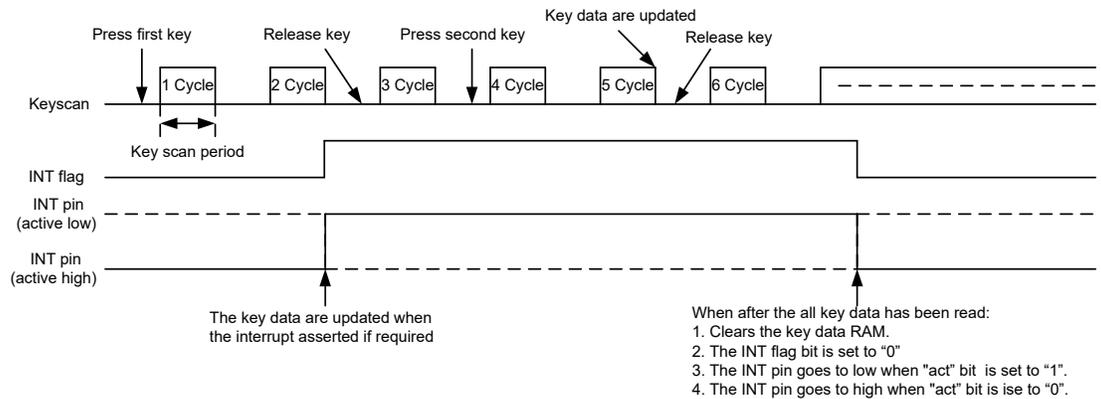
◆ 当 KS2 列的某个按键按下时



● 在按键扫描周期内按下按键 (例如 KS2 列的按键按下)



● 在 LED 显示周期内按下按键 (例如 KS2 列的按键按下)



## 按键数据存储器 – RAM 结构

- 16×3 位静态 RAM 用于存储按键扫描电路扫描到的按键数据。RAM 中的每个位对应一个按键开关。读取完上一组按键数据后，当前被检测到的按键对应的 RAM 位设为“1”。
- 读取完按键数据 RAM 后会将按键数据 RAM 清零，以便于之后的按键识别。若按键数据 RAM 未被及时读取，则按键数据会累积。HT16K33A 没有 FIFO 寄存器。因此，在每次中断产生后到下一次按键扫描周期结束前要及时读取所有按键数据 RAM，否则无法判断按键按下的顺序或按键按下的次数。
- 当所有按键数据 RAM 都被读取后，INT 引脚输出以及 INT 标志位都将被清零。对于同一个按键，每次被检测到按下时只做一次按键数据记录（同时产生一个 INT 中断信号），因此，在下次被检测到之前该按键要先被释放。
- 按键数据 RAM 只可读。对地址 0x40H~0x45H 进行写操作无效。
- 强烈建议只对按键数据 RAM 进行读操作并且从地址 0x40H 开始，每一次读取操作依序读取地址 0x40H~0x45H 里的数据。
- 按键数据 RAM 地址对应按键，每个按键数据 RAM 字中的位对应按键输出。RAM 与按键数据的对应关系如下所示。

ROW3~15	K1~K8	K9~K13
COM1/KS0	40H	41H
COM2/KS1	42H	43H
COM3/KS3	44H	45H

- I<sup>2</sup>C 总线显示数据格式

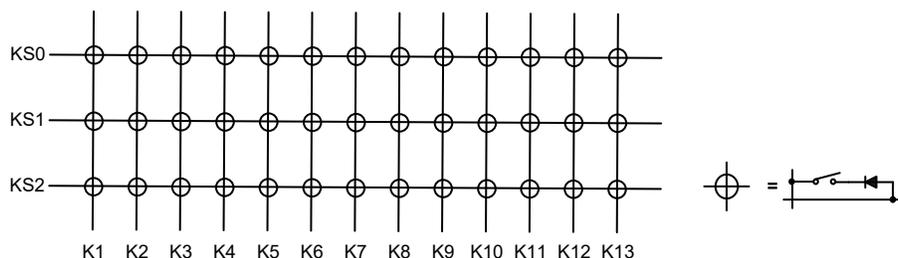
I <sup>2</sup> C 数据字节	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
KS0	K8	K7	K6	K5	K4	K3	K2	K1
	0	0	0	K13	K12	K11	K10	K9
KS1	K8	K7	K6	K5	K4	K3	K2	K1
	0	0	0	K13	K12	K11	K10	K9
KS2	K8	K7	K6	K5	K4	K3	K2	K1
	0	0	0	K13	K12	K11	K10	K9

## 按键矩阵配置

按键矩阵配置范例如下所示。

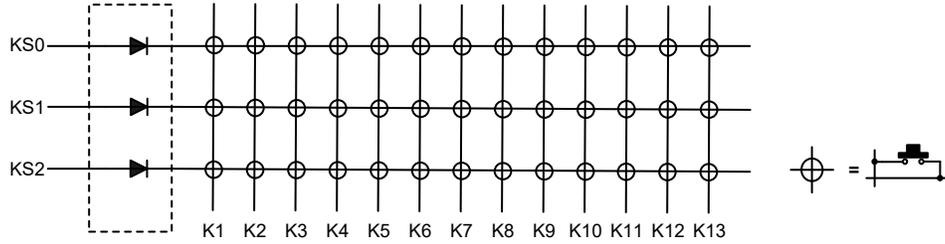
假设按键被按下个数 ≥ 3

在这个配置中，可识别 1~39 个按下的按键。

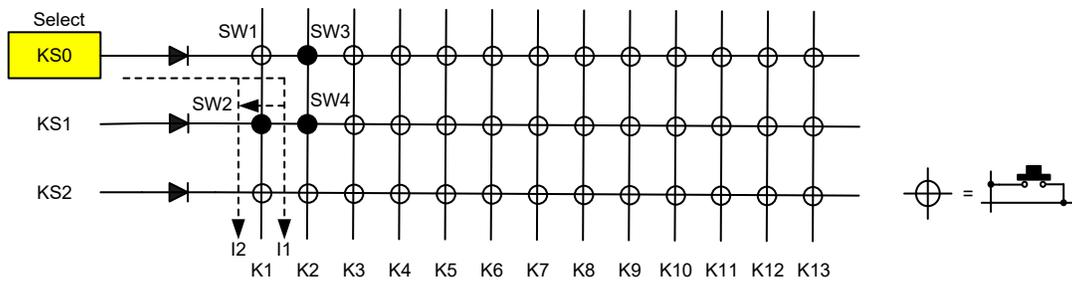


假设按键被按下个数  $\geq 2$

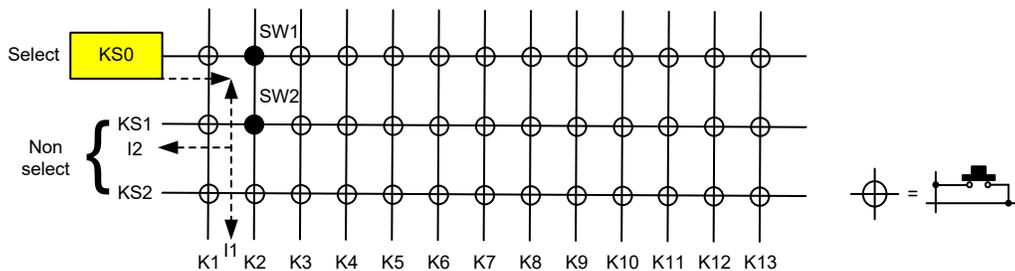
在这个配置中，可识别 0~2 个按下的按键。



- 在这个配置中，若按下 3 个或更多按键，可能导致实际未被按下的按键也被识别为按下。例如，如下图所示，若 SW2 和 SW4 按下，且选择 KS0 (高电平)，电流 I1 流经的 SW3 按键被认为是按下。由于 SW2 和 SW4 按下，电流 I2 流经的 SW1 也会被认为是按下，即鬼键。

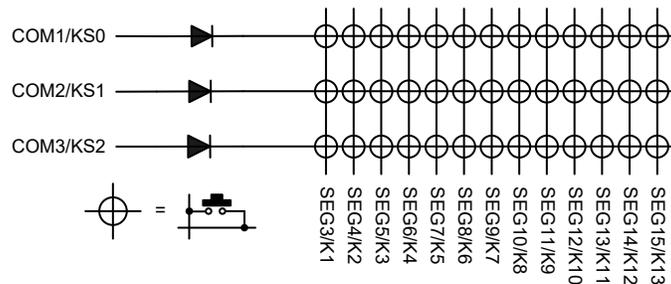


- 若未连接二极管，不仅按键数据不可正常读取，LED 显示也会受影响，IC 也可能受损。例如，如下图所示，若 SW1 和 SW2 按下，且选择 KS0 (高电平)，这不仅会产生电流 I1 还会导致 KS0 和 KS1 产生短路电流 I2。此时将造成以下两个问题：
  - (1) 由于 K2 列的电平未准确传送，该按键数据无法准确锁存。
  - (2) 由于 KS0 (高电平) 和 KS1 (高电平) 之间产生短路电流 I2，IC 可能受损。

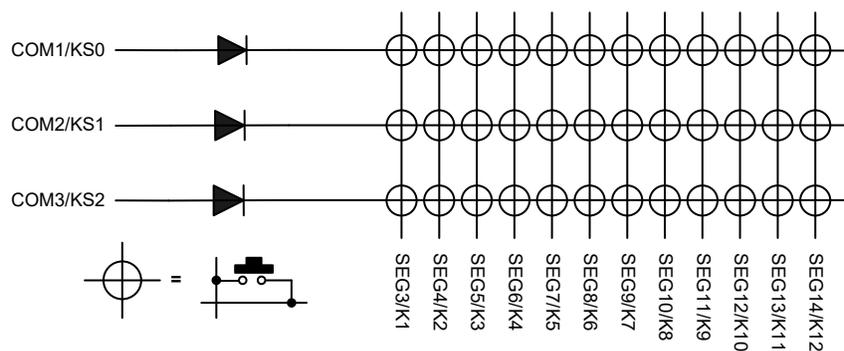


### 28-Pin 封装的按键矩阵组合

- 无 INT 引脚

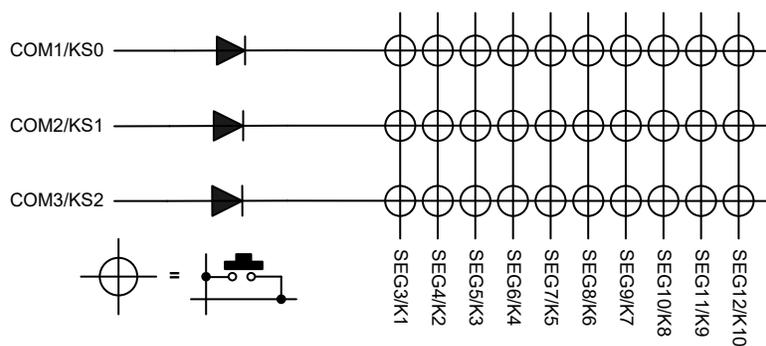


- 有 INT 引脚

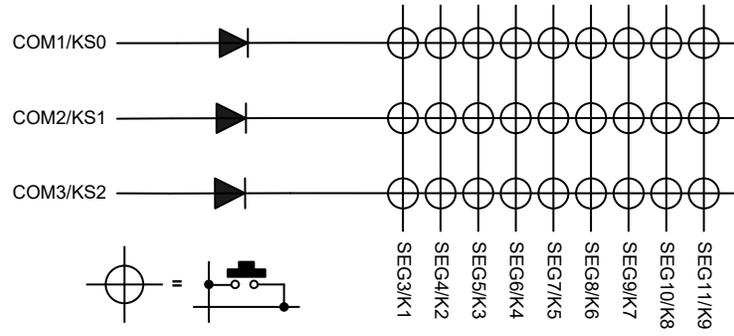


### 24-Pin 封装的按键矩阵组合

- 无 INT 引脚

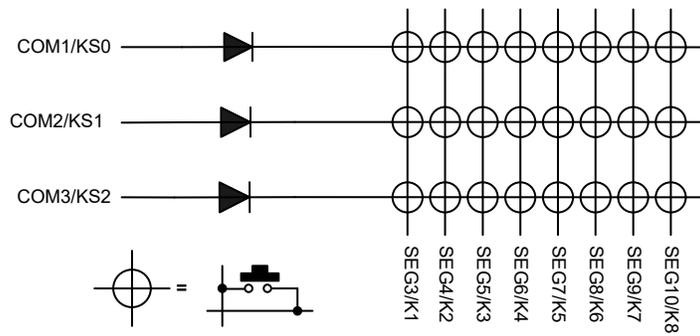


- 有 INT 引脚

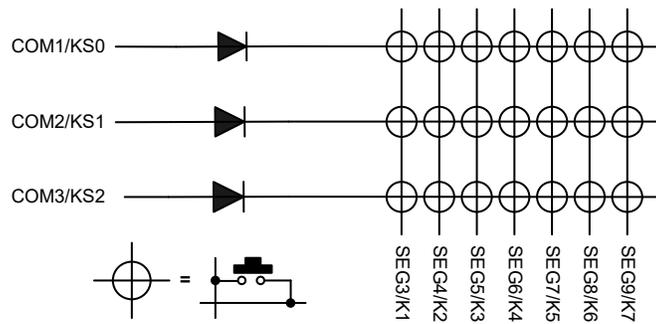


### 20-Pin 封装的按键矩阵组合

- 无 INT 引脚



- 有 INT 引脚

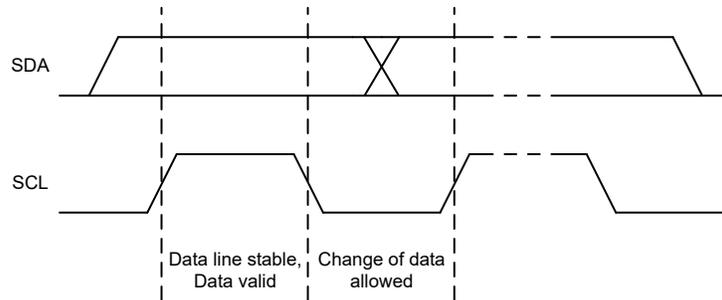


## I<sup>2</sup>C 串行接口

HT16K33A 支持 I<sup>2</sup>C 串行接口，可在不同的 IC 和模块之间进行双向、两线通信。所谓两线即一条串行数据线 SDA 和一条串行时钟线 SCL。这两条线分别通过一个上拉电阻与正电源相连。当 I<sup>2</sup>C 总线空闲时，这两条线都为高电平。与 I<sup>2</sup>C 总线相连的设备必须为漏极开路或集电极开路输出，以实现 Wired-or 功能。仅当 I<sup>2</sup>C 总线空闲时，才开始传输数据。

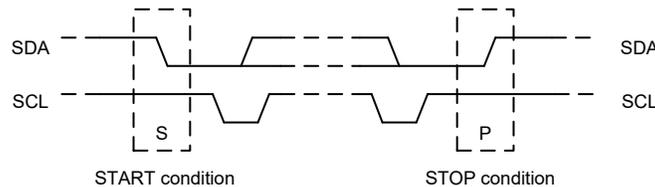
### 数据有效性

在 SCL=1 期间，SDA 引脚的数据位必须保持稳定。仅当 SCL=0 时，SDA 引脚的电平才允许变化，如下图所示。



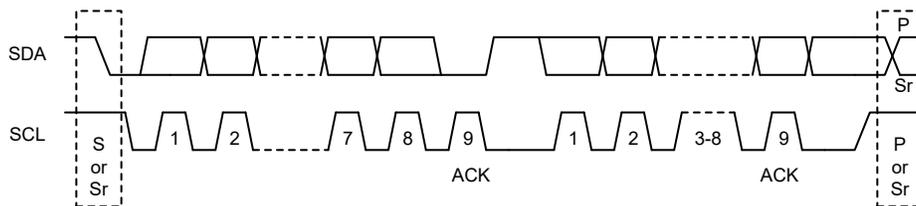
### START 和 STOP 信号

- 在 SCL=1 期间，若 SDA 从高变为低，表示为 START 信号。
- 在 SCL=1 期间，若 SDA 从低变为高，表示为 STOP 信号。
- START 和 STOP 信号总由主机发出。发出 START 信号后，总线被认为处于忙碌状态。发出 STOP 信号一段时间后，总线又被认为处于空闲状态。
- 如果发送重复 START (Sr) 信号而非 STOP 信号，则总线保持忙碌状态。在某些方面，START (S) 信号和重复 START (Sr) 信号在功能上是相同的。



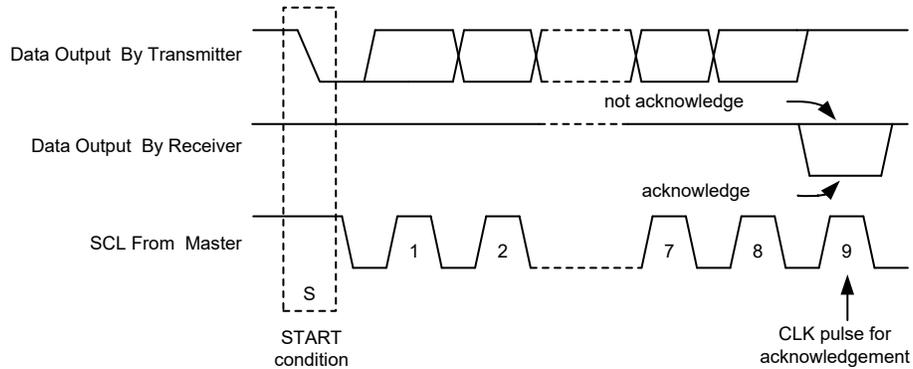
### 字节格式

SDA 线上的每个字节必须为 8 位长度。每次可传输的字节数目不受限制。每个字节后必须跟随一个应答位。数据传输从最高位开始。



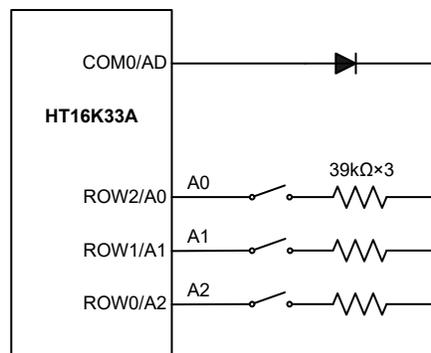
## 应答信号

- 每一个字节 (8 位) 后都跟随一个应答位。该应答位是接收方发送到总线的低电平。主机产生一个额外的应答时钟脉冲。
- 寻址匹配的从机每接收到一个字节必须产生一个 ACK 应答信号。
- 发送应答信号的设备必须在应答时钟脉冲期间将 SDA 拉低，并使其在应答时钟脉冲高电平的期间保持低电平。
- 主机接收方在从机发出最后一个字节时生成一个无应答信号 (NACK) 以告知从机结束数据传输。在这种情况下，主机接收方必须在第九个时钟脉冲期间使数据线保持高电平用以表示无应答。主机将产生一个 STOP 信号或重复 START 信号。



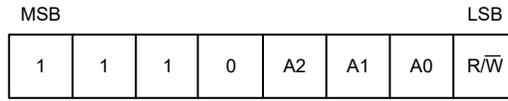
## 从机寻址

- HT16K33A 在 START 信号后接收一个 8-bit 从机地址，以使能芯片写操作。从机地址字的高四位是一个固定的“1”和“0”的组合序列，适用于所有的 LED 芯片，详细请参考从机地址示意图。
- 从机地址输入电路如下所示。当 A2~A0 浮空时，A2~A0 都设为“0”；当 A2~A0 各自连接一个电阻后经由一个二极管连接至 AD 引脚时，A2~A0 都设为“1”。
- 从机地址以帧频率加载至 HT16K33A。



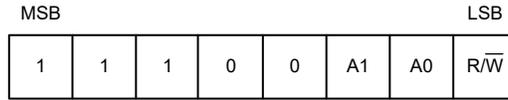
- 从机在接收到来自主机的 START 信号后，紧接着接收的第一个字节是从机地址字节。第一个字节的前 7 位是从机地址，第 8 位是读 / 写位。当 R/W 位是“1”时，选择读操作；是“0”时，选择写操作。
- 主机将地址字节发出后，从机将其与自身地址进行比较。如果地址匹配，则会在 SDA 线上输出一个应答信号。

• 28-Pin 封装:



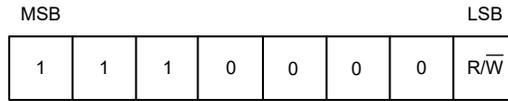
从机地址

• 24-Pin 封装:



从机地址

• 20-Pin 封装:

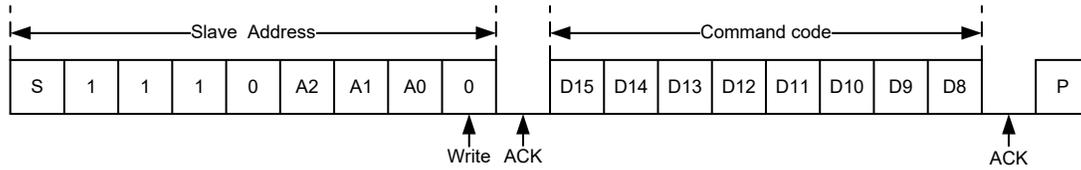


从机地址

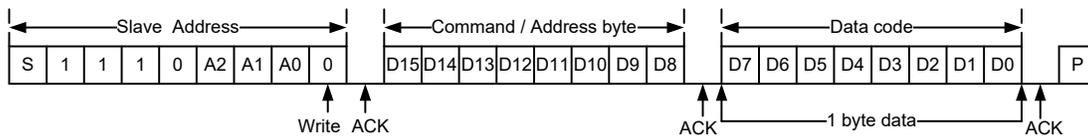
### 写操作

#### 字节写操作

一个字节写操作由一个 START 信号、一个带 R/W 位的从机地址、一个有效的命令字节 / 寄存器地址一组数据以及一个 STOP 信号组成。



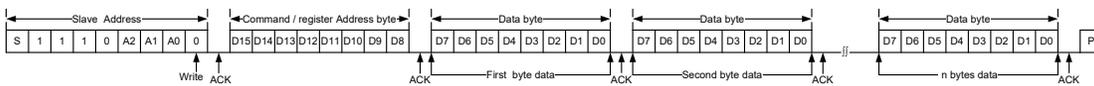
命令字节



命令及单数据字节

#### 页写操作

START 信号和带 R/W 位的从机地址发送至总线后，接着发送寄存器地址给从机，该寄存器地址将被写入地址指针。接收到应答信号后，接着发送要写入存储器的数据，内部地址指针会自动递增至下一个地址位置。当到达显示存储器地址 0x0FH 后地址指针返回到 0x00H。

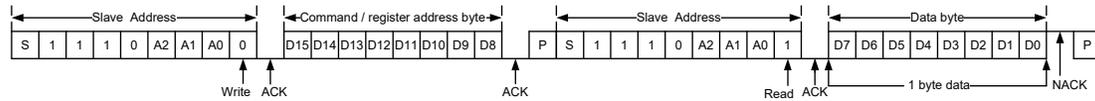


N 个数据字节

## 读操作

### 字节读操作

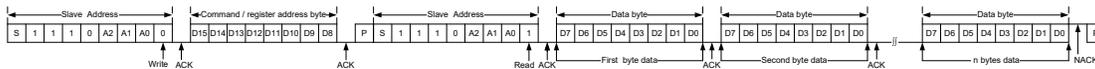
- 一个字节读操作由一个 START 信号、一个带  $\bar{W}$  位的从机地址、一个固定的有效寄存器地址、一个带 R 位的从机地址、一组数据、一个 NACK 信号以及一个 STOP 信号组成。
- 字节读操作命令不适用于按键数据读取。



从 HT16K33A 读取一个数据字节

### 页读操作

- 在该模式下，主机设置完从机地址后从 HT16K33A 读取数据。在  $R/\bar{W}$  位 (“0”) 和应答位之后，寄存器地址 ( $A_n$ ) 被写入地址指针。重新发送 START 信号和带  $R/\bar{W}$  位 (“1”) 的从机地址。接着发送数据。地址指针只有在接收到应答信号后才会自动递增。HT16K33A 会把地址 “ $A_{n+1}$ ” 中的数据放在总线上。主机读取完数据后发送应答信号，地址指针增加到地址 “ $A_{n+2}$ ”。
- 若寄存器地址  $A_n$  的范围是 0x00H~0x0FH，当到达存储器地址 0x0FH 后，地址指针将返回到 0x00H。
- 每进行一次页读操作，要完成按键数据 RAM 地址 0x40H~0x45H 的连续读取。因此，按键数据 RAM 地址只可从 0x40H 开始。
- 对该连续地址进行读取的周期会一直持续，直到主机发出 NACK 信号和 STOP 信号。



从 HT16K33A 读取 N 个数据字节

## 命令总结

名称	命令 / 地址								选项	说明	Def.
	D15	D14	D13	D12	D11	D10	D9	D8			
显示数据地址指针	0	0	0	0	A3	A2	A1	A0	{A0~A3} 可读 / 写	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 四位立即数，A0~A3，被传送至地址指针用于定义 16 个显示 RAM 地址之一。</li> <li>• 若显示数据寄存器地址 <math>A_n</math> 的范围是 0x00H~0x0FH，当到达存储器地址 0x0FH 时，地址指针返回 0x00H。</li> </ul>	00H
系统设置	0	0	1	0	X	X	X	S	{S} 只写	定义内部系统振荡器开启 / 关闭 <ul style="list-style-type: none"> <li>• {0}: 系统振荡器关闭 (待机模式)</li> <li>• {1}: 系统振荡器开启 (正常模式)</li> </ul>	20H

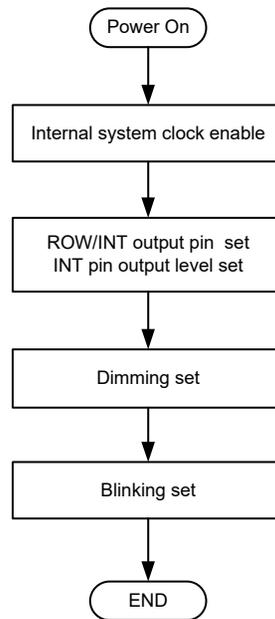
名称	命令 / 地址								选项	说明	Def.
	D15	D14	D13	D12	D11	D10	D9	D8			
按键数据地址指针	0	1	0	0	0	K2	K1	K0	{K0~K2} 只读	<ul style="list-style-type: none"> <li>三位立即数, K0~K2, 被传输至地址指针用于定义 6 个按键数据 RAM 地址之一。</li> <li>强烈建议每次读取数据时, 连续完整的读取按键数据 RAM 地址 0x40H~0x45H, 因此仅以 0x40H 为起始地址。</li> <li>若按键数据寄存器地址 An 的范围是 0x40H~0x45H, 当到达存储器地址 0x45H 时, 地址指针返回到 0x40H。</li> </ul>	40H
INT 标志位地址指针	0	1	1	0	0	0	0	0	只读	<ul style="list-style-type: none"> <li>定义 INT 标志位地址, 读取 INT 标志位状态。</li> <li>中断标志位信号输出。当按键矩阵中有任何按键按下时, 两个按键扫描周期后, 中断标志位变为高电平, 且直到所有按键数据都被读取前都保持高电平。</li> </ul>	60H
显示设置	1	0	0	0	X	B1	B0	D	{D} 只写	定义显示开启 / 关闭状态 <ul style="list-style-type: none"> <li>{0}: 显示关闭</li> <li>{1}: 显示开启</li> </ul>	80H
									{B1,B0} 只写	定义闪烁频率 <ul style="list-style-type: none"> <li>{0,0} = 闪烁关闭</li> <li>{0,1} = 2Hz</li> <li>{1,0} = 1Hz</li> <li>{1,1} = 0.5Hz</li> </ul>	
ROW/INT 设置	1	0	1	0	X	X	act	row/int	{act, row/int} 只写	定义 INT/ROW 输出引脚选择以及 INT 引脚输出的有效电平 <ul style="list-style-type: none"> <li>{X 0}: INT/ROW 输出引脚设为 ROW 驱动输出;</li> <li>{0, 1}: INT/ROW 输出引脚设为 INT 输出, 低电平有效;</li> <li>{1, 1}: INT/ROW 输出引脚设为 INT 输出, 高电平有效</li> </ul>	A0H
调光设置	1	1	1	0	P3	P2	P1	P0	{P3~P0} 只写	定义 ROW 驱动信号的脉宽 <ul style="list-style-type: none"> <li>{0,0,0,0}: 1/16duty</li> <li>{0,0,0,1}: 2/16duty</li> <li>{0,0,1,0}: 3/16duty</li> <li>{0,0,1,1}: 4/16duty</li> <li>{0,1,0,0}: 5/16duty</li> <li>{0,1,0,1}: 6/16duty</li> <li>{0,1,1,0}: 7/16duty</li> <li>{0,1,1,1}: 8/16duty</li> <li>{1,0,0,0}: 9/16duty</li> <li>{1,0,0,1}: 10/16duty</li> <li>{1,0,1,0}: 11/16duty</li> <li>{1,0,1,1}: 12/16duty</li> <li>{1,1,0,0}: 13/16duty</li> <li>{1,1,0,1}: 14/16duty</li> <li>{1,1,1,0}: 15/16duty</li> <li>{1,1,1,1}: 16/16duty</li> </ul>	EFH
测试模式	1	1	0	1	1	0	0	1	只写	仅 HOLTEK 可使用	D9H

注: 若这些命令没有被定义, 则对应功能不起作用。

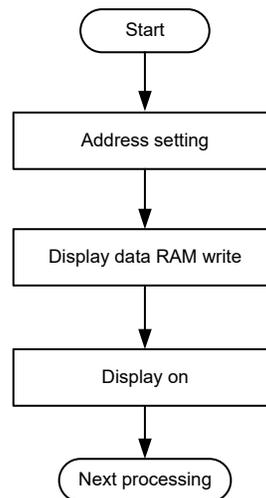
## 工作流程图

下面以流程图的方式介绍访问流程。

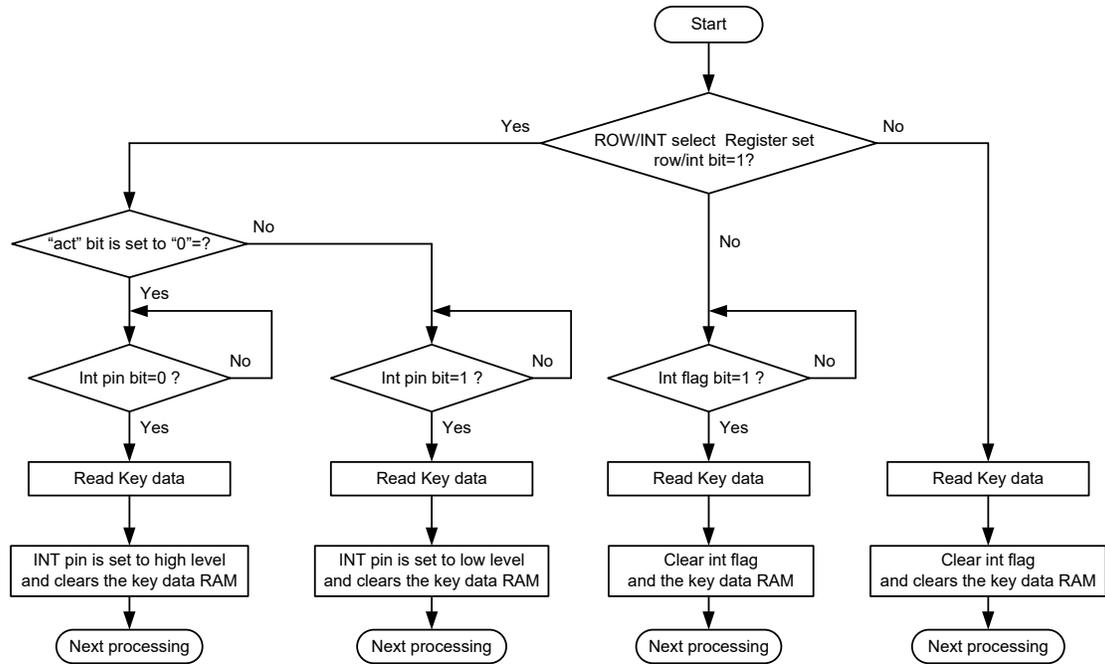
### 初始化



### 显示数据写操作 – 地址设置

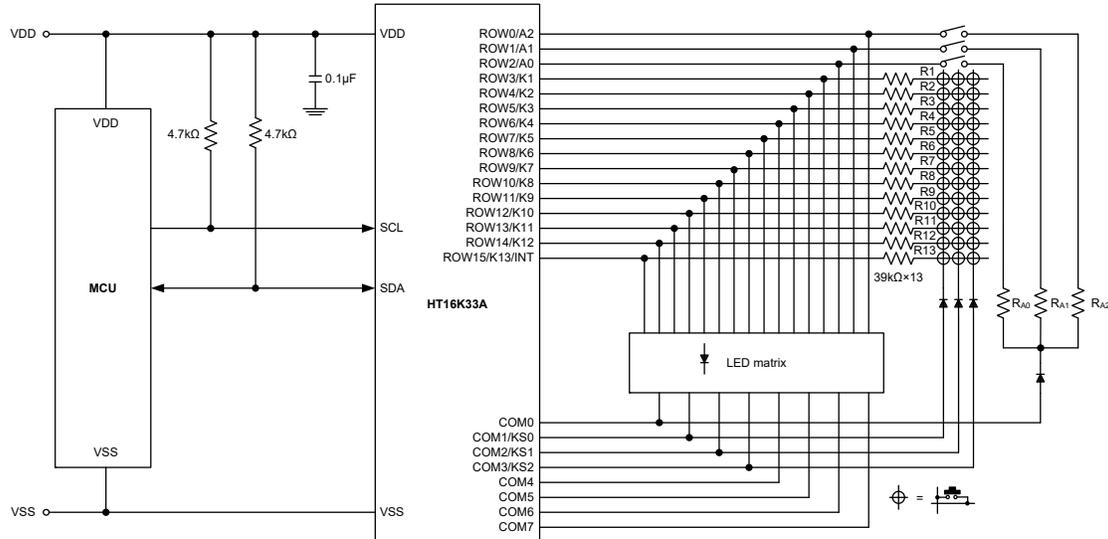


按键数据读操作



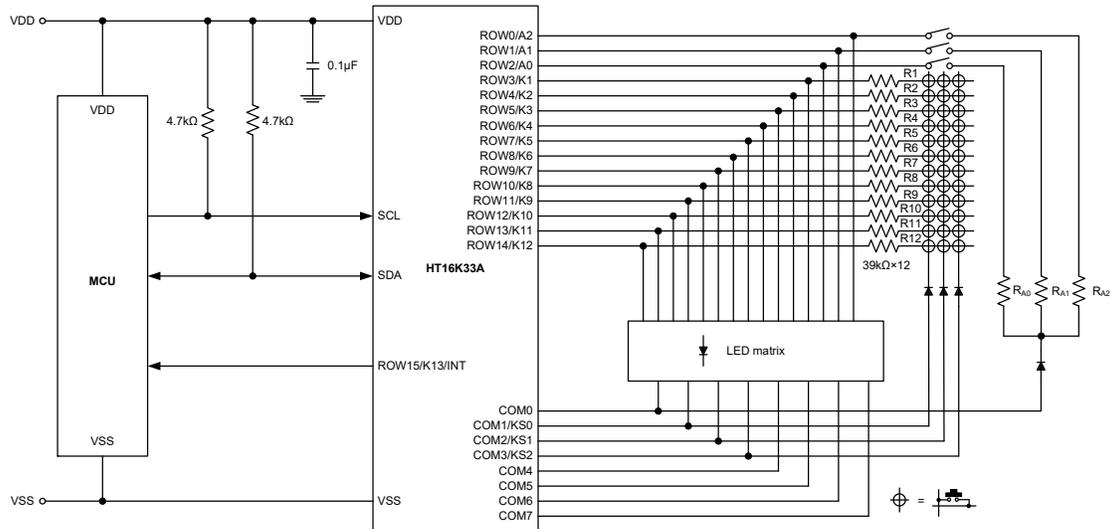
应用电路图

16×8 显示应用 (无 INT 引脚, 13×3 按键矩阵)



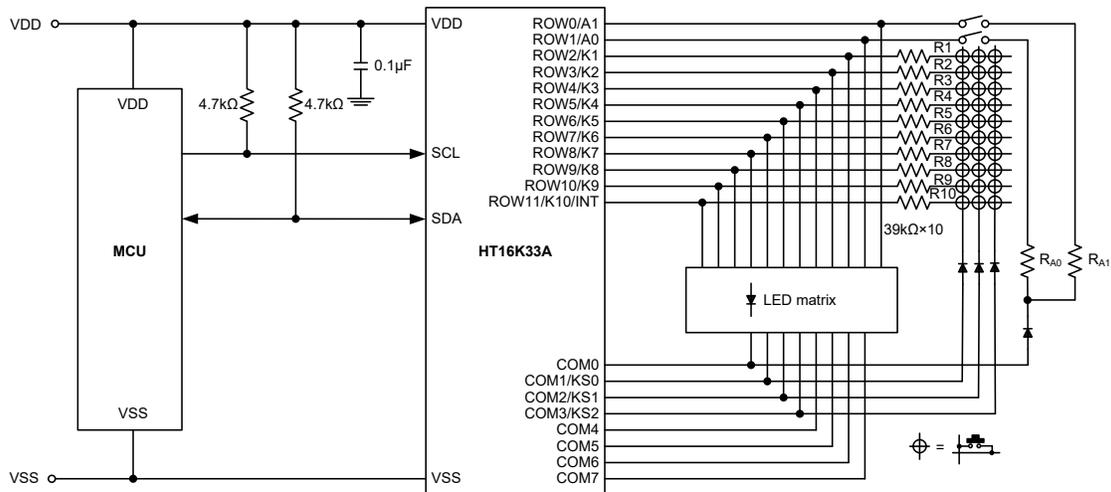
- 注: 1. 若  $R_{A0}$ 、 $R_{A1}$  和  $R_{A2}$  都开路, 则 I<sup>2</sup>C 设备地址 A0~A2 都设为低。  
 2. 若  $R_{A0}$ 、 $R_{A1}$  和  $R_{A2}$  都为 39kΩ, 则 I<sup>2</sup>C 设备地址 A0~A2 都设为高。  
 3. 若 LED 显示无需使用按键输入, 则按键输入引脚上串联的电阻 R1~R13 可省略。

15×8 显示应用 (有 INT 引脚, 12×3 按键矩阵)



- 注: 1. 若  $R_{A0}$ 、 $R_{A1}$  和  $R_{A2}$  都开路, 则 I<sup>2</sup>C 设备地址 A0~A2 都设为低。  
 2. 若  $R_{A0}$ 、 $R_{A1}$  和  $R_{A2}$  都为 39kΩ, 则 I<sup>2</sup>C 设备地址 A0~A2 都设为高。  
 3. 若 LED 显示无需使用按键输入, 则按键输入引脚上串联的电阻 R1~R12 可省略。

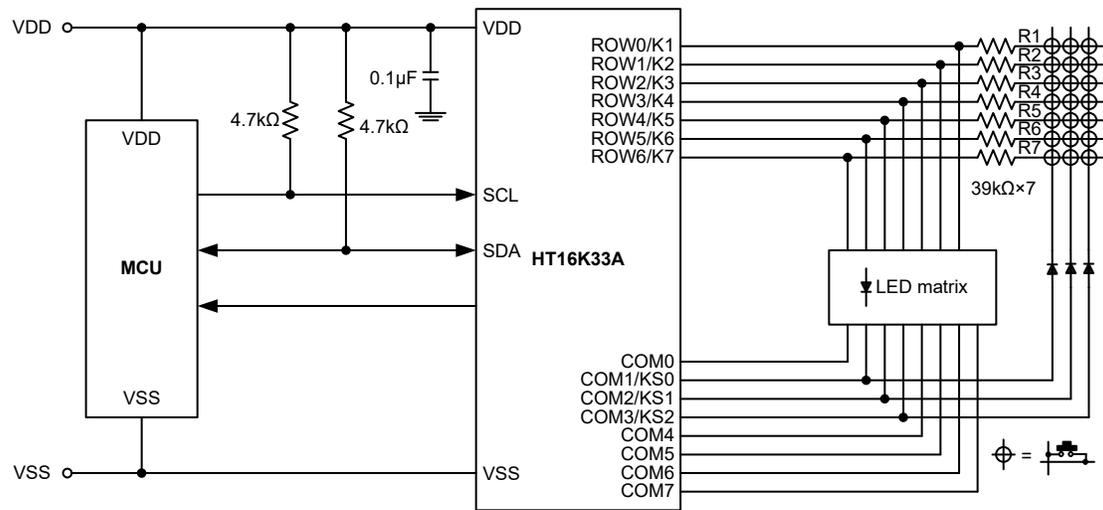
12×8 显示应用 (无 INT 引脚, 10×3 按键矩阵)



- 注: 1. 若  $R_{A0}$  和  $R_{A1}$  都开路, I<sup>2</sup>C 设备地址位 A0~A1 都设为低, A2 总设为低。  
 2. 若  $R_{A0}$  和  $R_{A1}$  都为 39kΩ, I<sup>2</sup>C 设备地址位 A0~A1 都设为高, A2 总设为低。  
 3. 若 LED 显示无需使用按键输入, 则按键输入引脚上串联的电阻 R1~R10 可省略。



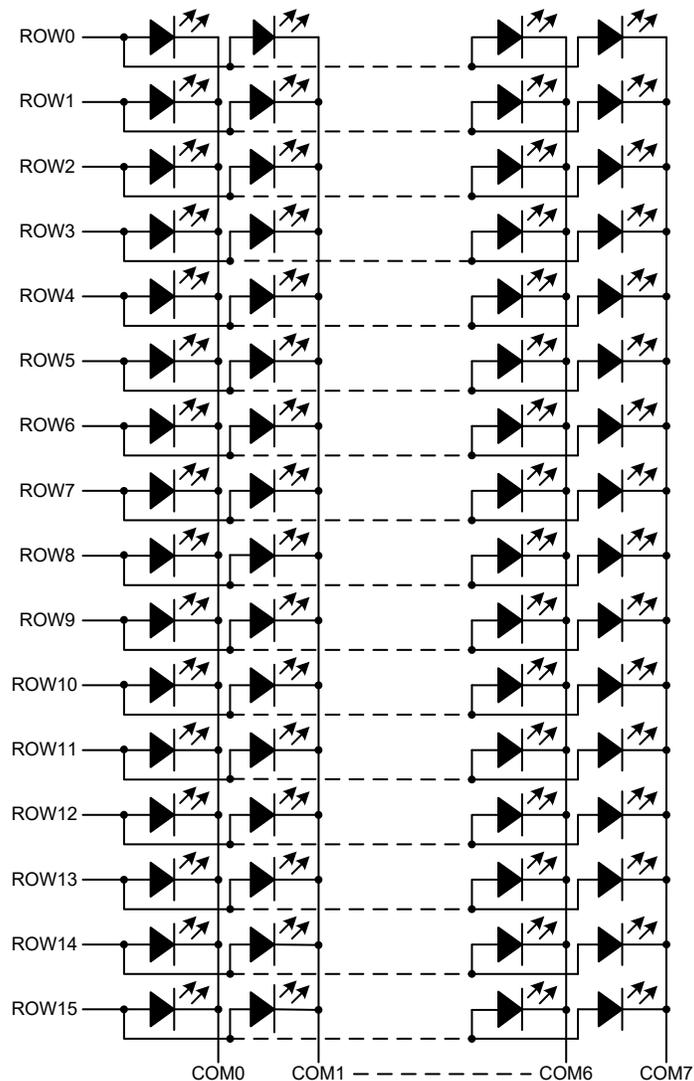
7×8 显示应用 (有 INT 引脚, 7×3 按键矩阵)



注: 1. I<sup>2</sup>C 从机地址 A0~A2=000。

2. 若 LED 显示无需使用按键输入, 则按键输入引脚上串联的电阻 R1~R7 可省略。

### LED 矩阵电路



显示 RAM 数据应该在使用之前初始化 (清除所有 RAM 数据)。使用未初始化的 RAM 数据会导致数值显示不正确。

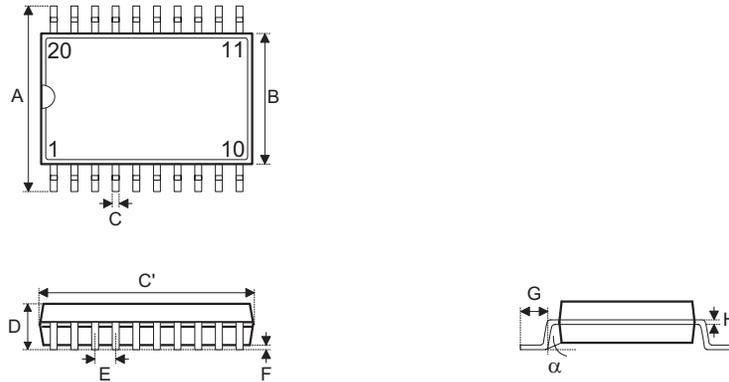
## 封装信息

请注意，这里提供的封装信息仅作为参考。由于这个信息经常更新，提醒用户咨询 [Holtek 网站](#) 以获取最新版本的 [封装信息](#)。

封装信息的相关内容如下所示，点击可链接至 Holtek 网站相关信息页面。

- 封装信息 (包括外形尺寸、包装带和卷轴规格)
- 封装材料信息
- 纸箱信息

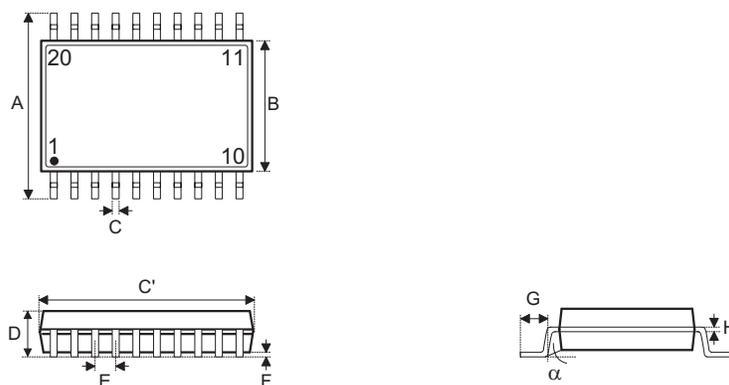
20-pin SOP(300mil) 外形尺寸



符号	尺寸 (单位: inch)		
	最小值	正常值	最大值
A	—	0.406 BSC	—
B	—	0.406 BSC	—
C	0.012	—	0.020
C'	—	0.504 BSC	—
D	—	—	0.104
E	—	0.050 BSC	—
F	0.004	—	0.012
G	0.016	—	0.050
H	0.008	—	0.013
$\alpha$	0°	—	8°

符号	尺寸 (单位: mm)		
	最小值	正常值	最大值
A	—	10.30 BSC	—
B	—	7.5 BSC	—
C	—	7.5 BSC	—
C'	—	12.8 BSC	—
D	—	12.8 BSC	—
E	—	1.27 BSC	—
F	0.10	—	0.30
G	0.40	—	1.27
H	0.40	—	1.27
$\alpha$	0°	—	8°

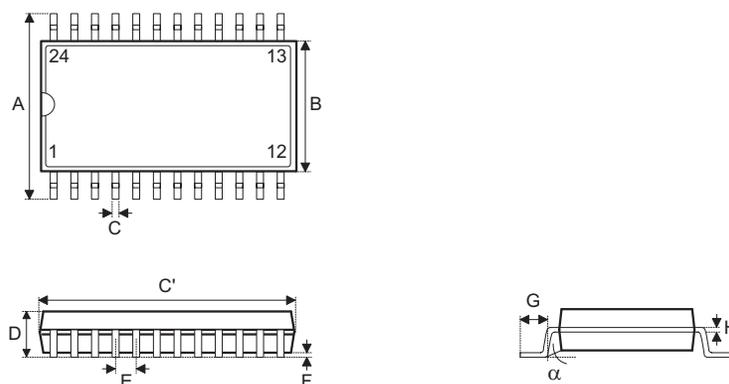
20-pin SSOP (150mil) 外形尺寸



符号	尺寸 (单位: inch)		
	最小值	正常值	最大值
A	—	0.236 BSC	—
B	—	0.154 BSC	—
C	0.008	—	0.012
C'	—	0.341 BSC	—
D	—	—	0.069
E	—	0.025 BSC	—
F	0.004	—	0.010
G	0.016	—	0.050
H	0.004	—	0.010
$\alpha$	0°	—	8°

符号	尺寸 (单位: mm)		
	最小值	正常值	最大值
A	—	6.00 BSC	—
B	—	3.90 BSC	—
C	0.20	—	0.30
C'	—	8.66 BSC	—
D	—	—	1.75
E	—	0.635 BSC	—
F	0.10	—	0.25
G	0.41	—	1.27
H	0.10	—	0.25
$\alpha$	0°	—	8°

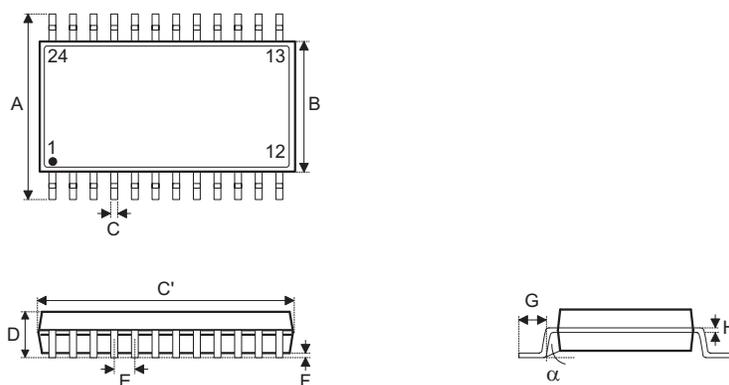
24-pin SOP(300mil) 外形尺寸



符号	尺寸 (单位: inch)		
	最小值	正常值	最大值
A	—	0.406 BSC	—
B	—	0.295 BSC	—
C	0.012	—	0.020
C'	—	0.606 BSC	—
D	—	—	0.104
E	—	0.050 BSC	—
F	0.004	—	0.012
G	0.016	—	0.050
H	0.008	—	0.013
$\alpha$	0°	—	8°

符号	尺寸 (单位: mm)		
	最小值	正常值	最大值
A	—	10.30 BSC	—
B	—	7.5 BSC	—
C	0.31	—	0.51
C'	—	15.4 BSC	—
D	—	—	2.65
E	—	1.27 BSC	—
F	0.10	—	0.30
G	0.40	—	1.27
H	0.20	—	0.33
$\alpha$	0°	—	8°

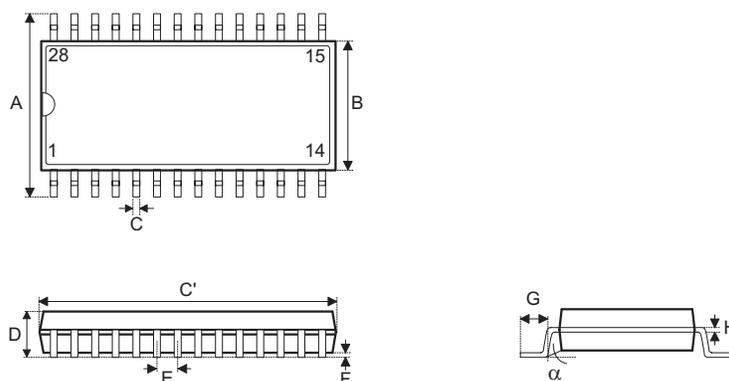
## 24-pin SSOP (150mil) 外形尺寸



符号	尺寸 (单位: inch)		
	最小值	正常值	最大值
A	—	0.236 BSC	—
B	—	0.154 BSC	—
C	0.008	—	0.012
C'	—	0.341 BSC	—
D	—	—	0.069
E	—	0.025 BSC	—
F	0.004	—	0.010
G	0.016	—	0.050
H	0.004	—	0.010
$\alpha$	0°	—	8°

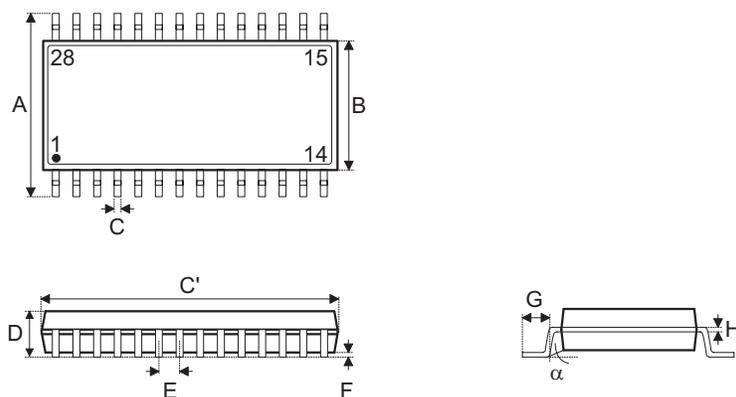
符号	尺寸 (单位: mm)		
	最小值	正常值	最大值
A	—	6.00 BSC	—
B	—	3.90 BSC	—
C	0.20	—	0.30
C'	—	8.66 BSC	—
D	—	—	1.75
E	—	0.635 BSC	—
F	0.10	—	0.25
G	0.41	—	1.27
H	0.10	—	0.25
$\alpha$	0°	—	8°

## 28-pin SOP(300mil) 外形尺寸



符号	尺寸 (单位: inch)		
	最小值	正常值	最大值
A	—	0.406 BSC	—
B	—	0.295 BSC	—
C	0.012	—	0.020
C'	—	0.705 BSC	—
D	—	—	0.104
E	—	0.050 BSC	—
F	0.004	—	0.012
G	0.016	—	0.050
H	0.008	—	0.013
$\alpha$	0°	—	8°

符号	尺寸 (单位: mm)		
	最小值	正常值	最大值
A	—	10.30 BSC	—
B	—	7.5 BSC	—
C	0.31	—	0.51
C'	—	17.9 BSC	—
D	—	—	2.65
E	—	1.27 BSC	—
F	0.10	—	0.30
G	0.40	—	1.27
H	0.20	—	0.33
$\alpha$	0°	—	8°

**28-pin SSOP (150mil) 外形尺寸**


符号	尺寸 (单位: inch)		
	最小值	正常值	最大值
A	—	0.236 BSC	—
B	—	0.154 BSC	—
C	0.008	—	0.012
C'	—	0.390 BSC	—
D	—	—	0.069
E	—	0.025 BSC	—
F	0.004	—	0.010
G	0.016	—	0.050
H	0.004	—	0.010
$\alpha$	0°	—	8°

符号	尺寸 (单位: mm)		
	最小值	正常值	最大值
A	—	6.00 BSC	—
B	—	3.90 BSC	—
C	0.20	—	0.30
C'	—	9.90 BSC	—
D	—	—	1.75
E	—	0.635 BSC	—
F	0.10	—	0.25
G	0.41	—	1.27
H	0.10	—	0.25
$\alpha$	0°	—	8°

Copyright® 2022 by HOLTEK SEMICONDUCTOR INC.

使用指南中所出现的信息在出版当时已尽量做到合理注意，但合泰不保证信息准确无误，文中提到的应用目的仅仅是用来做为参考，合泰不保证这些说明将是适当的，也不推荐将合泰的产品使用在会由于故障或其它原因可能会对人身造成危害的地方。合泰特此声明，不授权将产品使用于救生、维生从机或系统中做为关键从机。合泰对于客户或第三方因说明书所载信息错误或遗漏、使用产品或说明书而遭受的一切损失，一概不负任何责任。合泰拥有不事先通知而修改使用指南中所记载的产品或规格的权利，如欲取得最新的信息，请与我们联系。