



带I²C接口的EEPROM可编程 TFT VCOM校准器

MAX8738

概述

MAX8738 是为薄膜晶体管 (TFT) 液晶显示器 (LCD) 提供的 VCOM 调节方案，通过 I²C* 接口设置。MAX8738 能够取代机械式电位器，简化了繁琐的 VCOM 人工调节过程，从而大幅降低劳动成本、提高产品的可靠性并实现自动化。

MAX8738 配合一个外部电阻分压器使用，能够吸收可编程电流，以设置 VCOM 电压。内部 7 位数模转换器 (DAC) 控制吸收电流。DAC 输出与 AVDD 成比例，并在整个工作范围内保持单调性。这款 VCOM 校准 IC 包含用于存储所需 VCOM 电压的 EEPROM。EEPROM 允许重复编程，便于 TFT LCD 生产厂商根据需要灵活地多次校准显示屏。

MAX8738 带有一个 2 线 I²C 接口，用于执行 DAC 调节命令和 EEPROM 编程。该接口可利用 LCD 面板连接器现有的 I²C 总线，无需额外的面板连接器引脚。MAX1512 是带 1-Wire 接口的类似产品，系统没有 I²C 接口时，推荐使用 MAX1512。

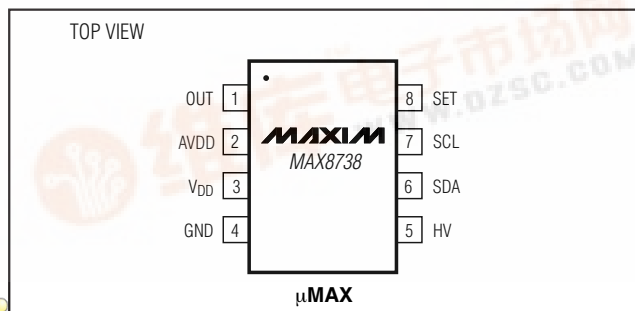
MAX8738 采用 8 引脚 μ MAX® 封装。提供完整的评估板，有助于简化器件评估，加快产品的开发进程。

应用

LCD 面板
笔记本电脑
显示器产品
LCD TV

μ MAX 是 Maxim Integrated Products, Inc. 的注册商标。

引脚配置



特性

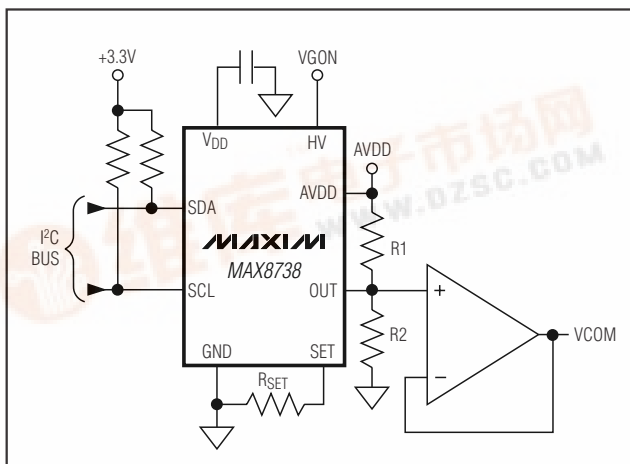
- ◆ 7 位可调节吸收电流
- ◆ 利用电阻可调节满量程范围
- ◆ 在整个工作范围内保证单调输出
- ◆ 2 线 I²C 接口
- ◆ 提供 EEPROM 用于存储 VCOM 设置
- ◆ 4.5V 至 20V 模拟电源范围 (V_{AVDD})
- ◆ 60 μ A (最大值) AVDD 电源电流
- ◆ 16.1V 至 28V EEPROM 可编程电源电压范围 (V_{HV})
- ◆ <1 μ A HV 电源电流 (非编程模式)
- ◆ 8 引脚 μ MAX 封装

订购信息

PART	TEMP RANGE	PIN-PACKAGE
MAX8738EUA	-40°C to +85°C	8 μ MAX
MAX8738EUA+	-40°C to +85°C	8 μ MAX

+ 代表无铅封装。

典型工作电路



* 购买 Maxim Integrated Products, Inc. 或其从属授权关联公司的 I²C 产品，即得到了 Philips I²C 的专利许可，将这些产品用于符合 Philips 定义的 I²C 标准规范的系统。

带I²C接口的EEPROM可编程 TFT VCOM校准器

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

V_{DD}, SET, SCL, SDA to GND.....-0.3V to +6V
 OUT to GND.....-0.3V to +18V
 AVDD, HV to GND.....-0.3V to +30V
 Continuous Power Dissipation
 8-Pin μ MAX (derate 4.5mW/ °C above +70°C).....362mW

Operating Temperature Range-40°C to +85°C
 Junction Temperature.....+150°C
 Storage Temperature Range.....-65°C to +160°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_{AVDD} = 15V, V_{HV} = 20V, V_{OUT} = 6.75V, R_{SET} = 30.1k Ω , T_A = 0°C to +85°C, unless otherwise noted.) (Figure 1)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS	
SINK CURRENT ADJUSTMENT							
SET Voltage Resolution			7			Bits	
SET Differential Nonlinearity		Monotonic overtemperature	-1		+1	LSB	
SET Zero-Scale Error			-1	+1	+2	LSB	
SET Full-Scale Error			-4			+4	LSB
SET Current	I _{SET}		120			μA	
SET External Resistance (Note 1)	R _{SET}	To GND, V _{AVDD} = 20V	10		200	kΩ	
		To GND, V _{AVDD} = 4.5V	2.25		45.00		
V _{SET} /V _{AVDD} Voltage Ratio		DAC full scale	0.05			V/V	
		Factory set	0.024	0.025	0.026		
2-WIRE INTERFACE							
Logic-Input Low Voltage	V _{IL}	SDA, SCL	0.8			V	
Logic-Input High Voltage	V _{IH}	SDA, SCL	2.1			V	
Logic-Output Low Sink Current		SDA forced to 0.4V	6			mA	
Logic-Input Current		V _{SDA} = +3.3V or GND, V _{SCL} = +3.3V or GND	-1		+1	μA	
SDA and SCL Input Capacitance		SDA, SCL	5			pF	
SCL Frequency	f _{CLK}		DC		100	kHz	
SCL High Time	t _{CLH}		4000			ns	
SCL Low Time	t _{CLL}		4700			ns	
SDA and SCL Rise Time	t _R	(Note 2)	1000			ns	
SDA and SCL Fall Time	t _F	(Note 2)	300			ns	
START Condition Hold Time	t _{HSTT}	10% of SDA to 90% of SCL	4000			ns	
START Condition Setup Time	t _{SUSTT}		4700			ns	
Data Input Hold Time	t _{HDDAT}		0			ns	
Data Input Setup Time	t _{SUDAT}		250			ns	
STOP Condition Setup Time	t _{SUSTP}		4000			ns	
Bus Free Time	t _{BF}		4700			ns	
Input Filter Spike Suppression	t _{SP}	SDA, SCL (Note 2)	1			μs	
V _{DD} REGULATOR							
V _{DD} Output Voltage	V _{DD}	4.5V < V _{AVDD} < 20V, I _{VDD} = 0	3.1	3.6	4.5	V	
V _{DD} Power-On Reset Threshold		Rising edge, 100mV hysteresis	3.0			V	

带I²C接口的EEPROM可编程 TFT VCOM校准器

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

(V_{AVDD} = 15V, V_{HV} = 20V, V_{OUT} = 6.75V, R_{SET} = 30.1kΩ, T_A = 0°C to +85°C, unless otherwise noted.) (Figure 1)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
AVDD SUPPLY						
AVDD Supply Range	V _{AVDD}		4.5		20.0	V
AVDD Operating Current	I _{AVDD}	V _{AVDD} = 20V		25	60	μA
HV SUPPLY						
HV Input Voltage Range	V _{HV}		16.1		28.0	V
HV Power-On Reset Threshold		Rising edge, 60mV hysteresis		15.6	16.0	V
HV Input Bias Current	I _{HV}	Not in program mode (Note 3)		0.1	1	μA
		Program mode (Note 3)		15	30	
		During program (Note 4)			60	
OUTPUT VOLTAGE						
OUT Leakage Current				±100		nA
OUT Settling Time		To ±0.5 LSB error band		20		μs
OUT Voltage Range	V _{OUT}		V _{SET} + 0.5V		13	V

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(V_{AVDD} = 15V, V_{HV} = 20V, V_{OUT} = 6.75V, R_{SET} = 30.1kΩ, T_A = -40°C to +85°C, unless otherwise noted.) (Figure 1) (Note 5)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
SINK CURRENT ADJUSTMENT						
SET Differential Nonlinearity		Monotonic overtemperature	-1		+1	LSB
SET Zero-Scale Error			-1		+2	LSB
SET Full-Scale Error			-4		+4	LSB
SET Current	I _{SET}				120	μA
SET External Resistance (Note 1)	R _{SET}	To GND, V _{AVDD} = 20V	10		200	kΩ
		To GND, V _{AVDD} = 4.5V	2.25		45.00	
2-WIRE INTERFACE						
Logic-Input Low Voltage	V _{IL}	SDA, SCL			0.8	V
Logic-Input High Voltage	V _{IH}	SDA, SCL	2.1			V
Logic-Output Low Sink Current		SDA forced to 0.4V	6			mA
Logic-Input Current	I _{LI}	V _{SDA} = +3.3V or GND, V _{SCL} = +3.3V or GND	-1		+1	μA
SCL Frequency	f _{CLK}		DC		100	kHz
SCL High Time	t _{CLH}		4000			ns
SCL Low Time	t _{CLL}		4700			ns
SDA and SCL Rise Time	t _R	(Note 2)			1000	ns
SDA and SCL Fall Time	t _F	(Note 2)			300	ns

带I²C接口的EEPROM可编程 TFT VCOM校准器

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

(V_{AVDD} = 15V, V_{HV} = 20V, V_{OUT} = 6.75V, R_{SET} = 30.1kΩ, T_A = -40°C to +85°C, unless otherwise noted.) (Figure 1) (Note 5)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
START Condition Hold Time	t _{HDSTT}	10% of SDA to 90% of SCL	4000			ns
START Condition Setup Time	t _{SUSTT}		4700			ns
Data Input Hold Time	t _{HDDAT}		0			ns
Data Input Setup Time	t _{SUDAT}		250			ns
STOP Condition Setup Time	t _{SUSTP}		4000			ns
Bus Free Time	t _{BF}		4700			ns
V _{DD} REGULATOR						
V _{DD} Output Voltage	V _{DD}	4.5V < V _{AVDD} < 20V, I _{VDD} = 0	3.1		4.5	V
V _{DD} Power-On Reset Threshold		Rising edge, 100mV hysteresis			3.0	V
AVDD SUPPLY						
AVDD Supply Range	V _{AVDD}		4.5		20.0	V
AVDD Operating Current	I _{AVDD}	V _{AVDD} = 20V			60	μA
HV SUPPLY						
HV Input Voltage Range	V _{HV}		16.1		28.0	V
HV Power-On Reset Threshold		Rising edge, 60mV hysteresis			16.0	V
HV Input Bias Current	I _{HV}	Not in program mode (Note 3)			1	μA
		Program mode (Note 3)			30	
		During program (Note 4)			60	
OUTPUT VOLTAGE						
OUT Voltage Range	V _{OUT}		V _{SET} + 0.5V		13	V

Note 1: SET resistors are only checked at full scale.

Note 2: Guaranteed by design. Not production tested.

Note 3: The MAX8738 enters program mode after any valid command is received, except the AAh command.

Note 4: Program time lasts for 11ms.

Note 5: Specifications from 0°C to -40°C are guaranteed by design, not production tested.

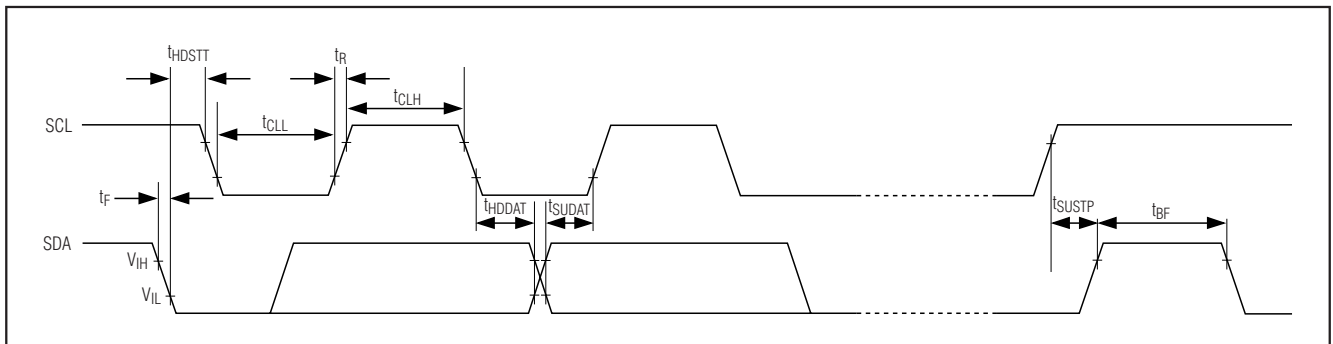


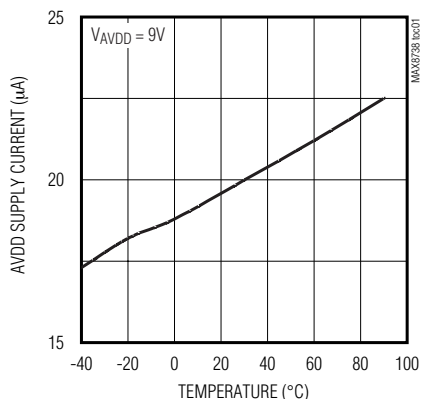
图1. 电气特性测试中的时序定义

带I²C接口的EEPROM可编程 TFT VCOM校准器

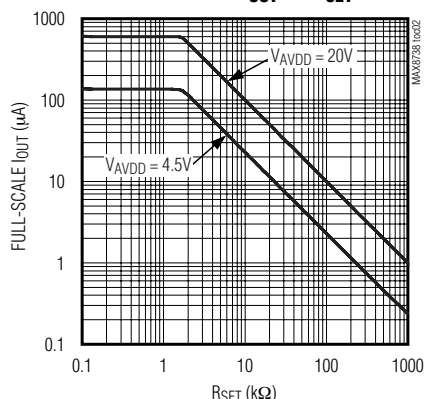
典型工作特性

(V_{AVDD} = 9V, V_{HV} = 18V, R_{SET} = 24.9kΩ, T_A = +25°C, unless otherwise noted.)

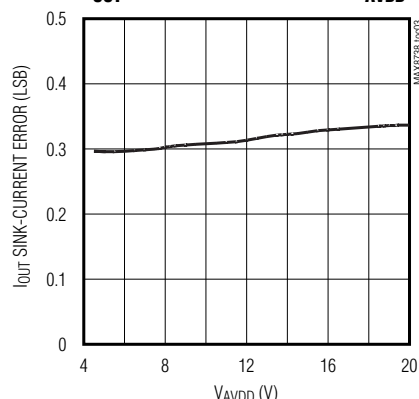
AVDD SUPPLY CURRENT vs. TEMPERATURE



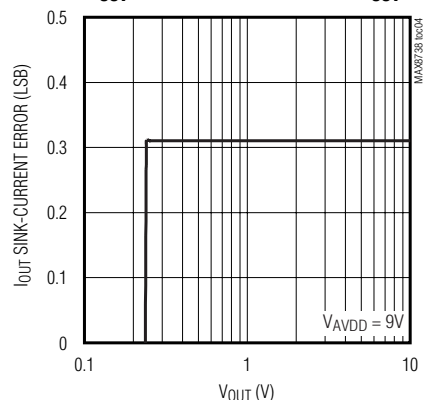
FULL-SCALE I_{OUT} vs. R_{SET}



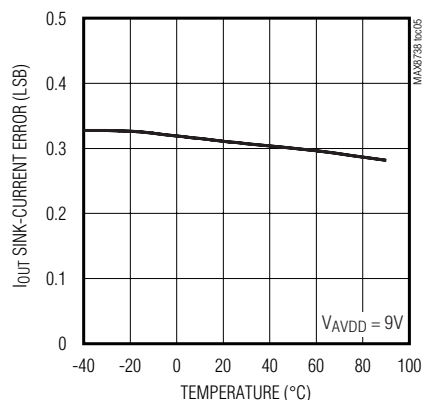
I_{OUT} SINK-CURRENT ERROR vs. V_{AVDD}



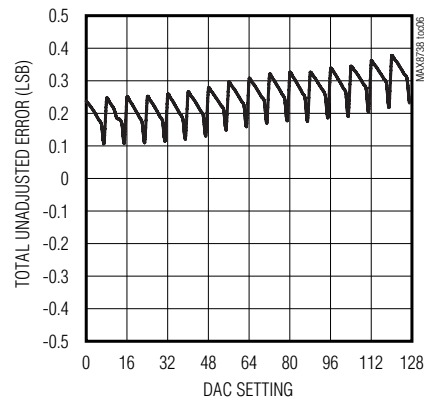
I_{OUT} SINK-CURRENT ERROR vs. V_{OUT}



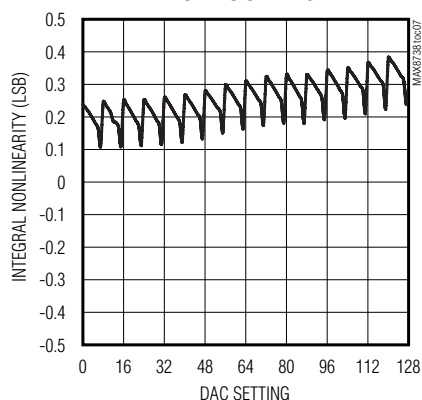
I_{OUT} SINK-CURRENT ERROR vs. TEMPERATURE



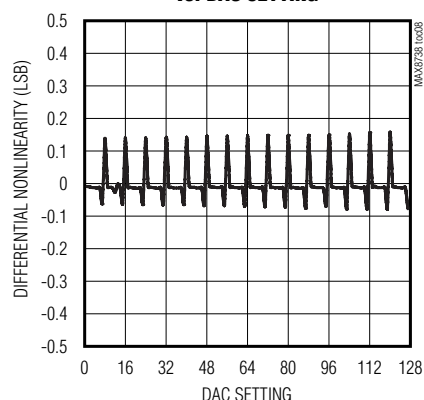
TOTAL UNADJUSTED ERROR vs. DAC SETTING



INTEGRAL NONLINEARITY vs. DAC SETTING



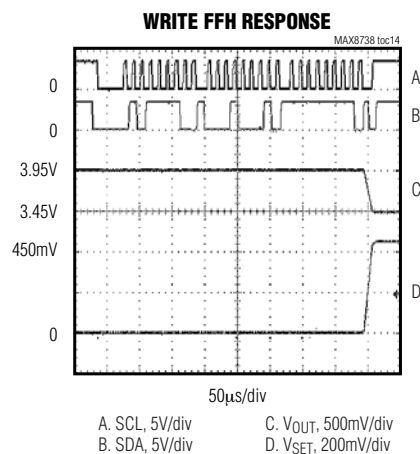
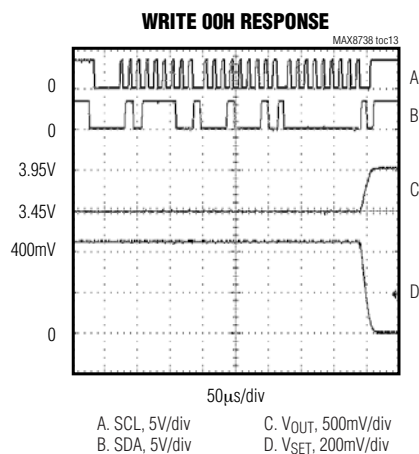
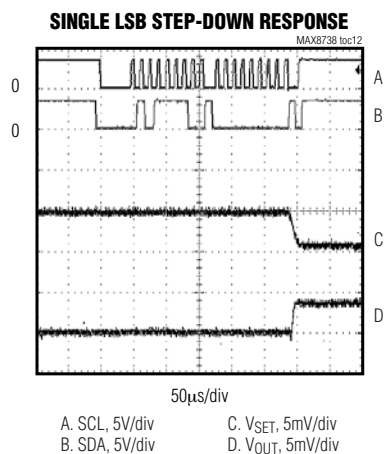
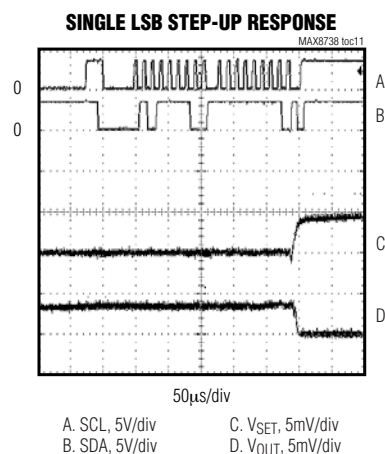
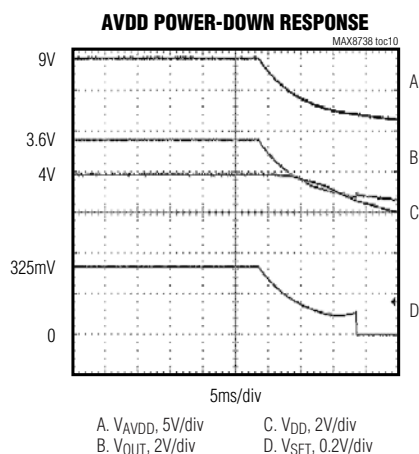
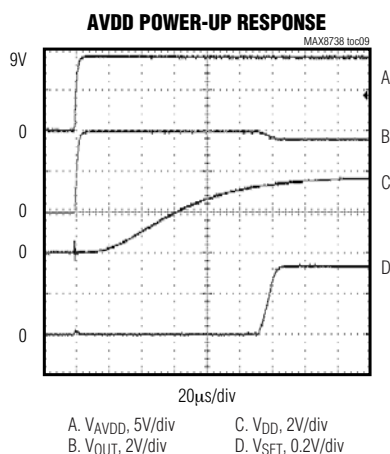
DIFFERENTIAL NONLINEARITY vs. DAC SETTING



带I²C接口的EEPROM可编程 TFT VCOM校准器

典型工作特性 (续)

(V_{AVDD} = 9V, V_{HV} = 18V, R_{SET} = 24.9kΩ, T_A = +25°C, unless otherwise noted.)



带I²C接口的EEPROM可编程 TFT VCOM校准器

引脚说明

引脚	名称	功能
1	OUT	可调节的吸电流输出端。OUT接至AVDD与GND间的电阻分压器，该分压器用来设置VCOM电压。I _{OUT} 按照一定的调节量降低分压器的电压。见SET引脚功能描述。
2	AVDD	高压模拟电源。通过1只0.1μF电容旁路至GND。
3	V _{DD}	3.6V稳压电源输出。V _{DD} 给整个IC供电。V _{DD} 不能用于外部负载供电。通过1只0.1μF电容旁路至GND。
4	GND	地，连接系统地。
5	HV	EEPROM高压编程电源。通过1只0.1μF电容旁路至GND。该引脚与TFT LCD VGON电源端连接。VGON应当设定在16.1V至28V之间。HV引脚给内部EEPROM写操作提供电源。当HV端电压低于15.6V（典型值）时，内部写电路不工作。
6	SDA	I ² C兼容串行双向数据线。
7	SCL	I ² C兼容时钟输入。
8	SET	满量程吸电流调节输入端。SET引脚与GND引脚之间连接1只电阻R _{SET} ，用来设置满量程吸电流。满量程吸入电流等于： $\left(\frac{V_{AVDD}}{20 \times R_{SET}} \right)$ I _{OUT} 等于流过R _{SET} 的电流。

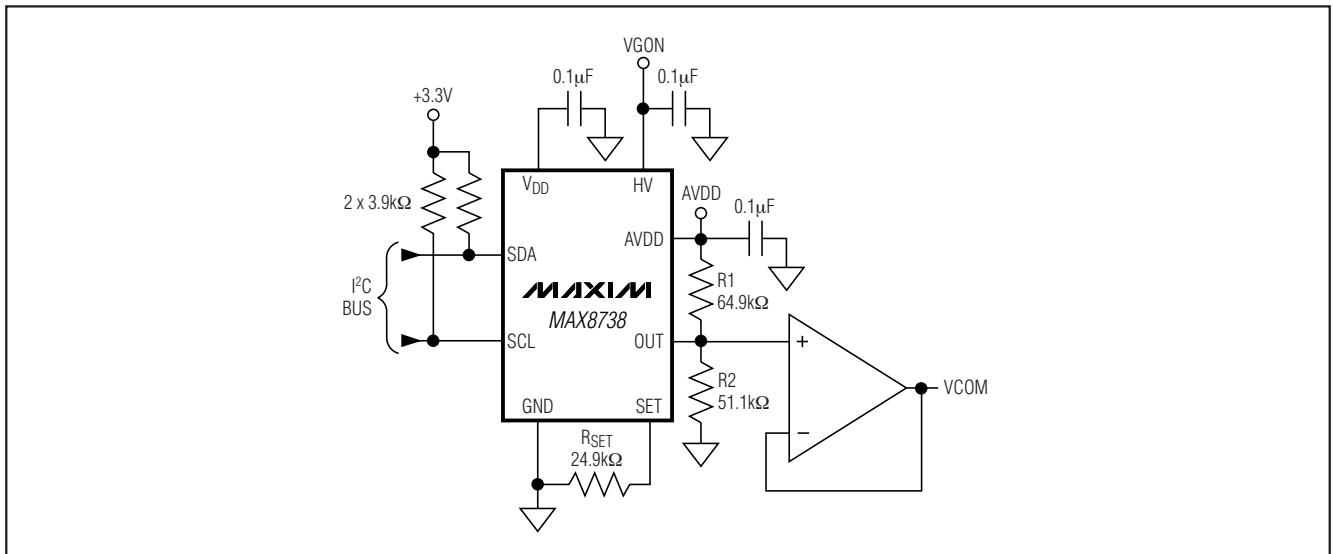


图2. 标准应用电路

带I²C接口的EEPROM可编程 TFT VCOM校准器

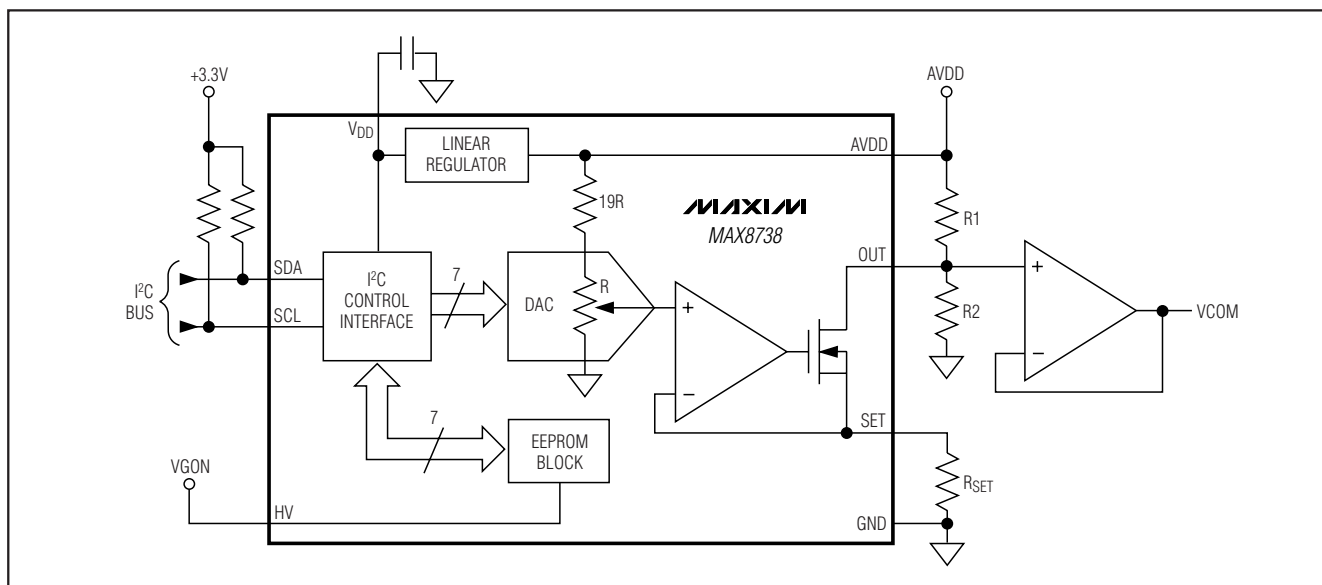


图3. 简化功能框图

详细描述

MAX8738是固态电位器，可以替换机械电位器，用来调节TFT LCD显示器的LCD背板电压（VCOM）。MAX8738连接一个外部电阻分压器，并吸收可编程电流（ I_{OUT} ），用来设置VCOM电压（见图2）。由内部7位DAC控制吸入电流，允许用户提高或降低VCOM电压（见图3）。DAC输出与 V_{AVDD} 成比例，并在整个工作范围内保证单调。用户可将DAC的设定值存储在内部EEPROM中。上电时，EEPROM将DAC预置到上一次的存储值。通过LCD面板与编程电路之间的2线I²C接口调节DAC，并对EEPROM进行编程。

电阻分压器和AVDD电源设定了VCOM的最大值。MAX8738从分压器吸收电流以降低VCOM电压。外接电阻 R_{SET} 用来设定满量程吸入电流和VCOM的最小值。

电源电压

AVDD和VDD

MAX8738有一个内部线性稳压器，可从AVDD电源产生3.6V的 V_{DD} 。 V_{DD} 电压为MAX8738供电，不能用于外部负载供电。AVDD的电压范围是4.5V至20V。AVDD和 V_{DD} 均通过1只0.1 μ F电容旁路至GND。

HV

HV输入端提供对EEPROM编程所需的高电压。通常HV引脚与TFT LCD栅极驱动器电源正端（VGON）连接。VGON电压应在16.1V与28V之间。当HV低于15.6V（典型值）时，禁止EEPROM编程。HV引脚与GND间接0.1 μ F的旁路电容。

当MAX8738第一次上电时，EEPROM编程模块是关闭的，而在完成EEPROM编程后，EEPROM编程模块也立即关闭。EEPROM编程模块关闭时，HV电源电流小于1 μ A。

MAX8738接收到更改DAC设定值的指令后，EEPROM编程模块使能，同时HV电源电流增至15 μ A（典型值）。在EEPROM编程过程中，HV电源电流升至60 μ A（最大值）。

设定VCOM调节范围（ R_{SET} ）

外部电阻分压器设定VCOM调节范围的最大值。 R_{SET} 设定满量程吸入电流 I_{OUT} ，该电流决定了VCOM调节范围的最小值。 R_{SET} 较大时可以提高分辨率，但是会缩小VCOM的调节范围。 R_1 、 R_2 和 R_{SET} 的计算步骤如下：

带I²C接口的EEPROM可编程 TFT VCOM校准器

- (1) 选择最大VCOM电压 (V_{MAX})、最小VCOM电压 (V_{MIN}) 和 AVDD 电源电压 (V_{AVDD})。
- (2) 根据AVDD电源可接受的功耗，在10k Ω 和500k Ω 之间选则R1。
- (3) 计算R2:

$$R2 \cong \frac{V_{MAX}}{(V_{AVDD} - V_{MAX})} \times R1$$

- (4) 计算R_{SET}:

$$R_{SET} = \frac{V_{MAX}}{20 \times (V_{MAX} - V_{MIN})} \times R1$$

- (5) 验证I_{SET(MAX)}是否超过120 μ A:

$$I_{SET(MAX)} = \frac{V_{AVDD}}{20 \times R_{SET}} \leq 120\mu A$$

- (6) 如果I_{SET}大于120 μ A, 则返回到第二步, 选择更大的R1。

- (7) 所得到的分辨率是:

$$\frac{(V_{MAX} - V_{MIN})}{127}$$

下面给出一个完整的设计实例:

- (1) $V_{MAX} = 5V$, $V_{MIN} = 3V$, $V_{AVDD} = 10V$;
- (2) 如果R1 = 200k Ω , 那么R2 = 200k Ω , R_{SET} = 24.9k Ω ;
- (3) I_{SET(MAX)} = 20 μ A;
- (4) 分辨率 = 15.75mV。

替换现有的电位器

目前, VCOM调节电路大多采用传统的机械电位器, 可以用MAX8738替换这种传统方案。图4和图5给出两种通用的调节电路, 以及与之等效的MAX8738应用电路。

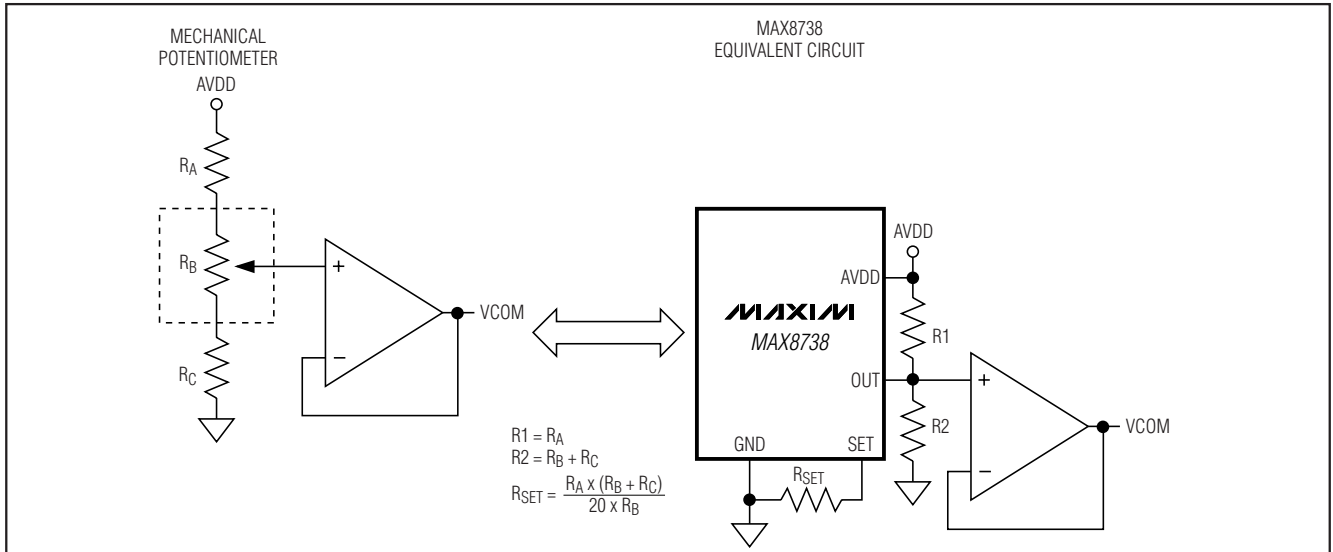


图4. 机械电位器的替代电路

带I²C接口的EEPROM可编程 TFT VCOM校准器

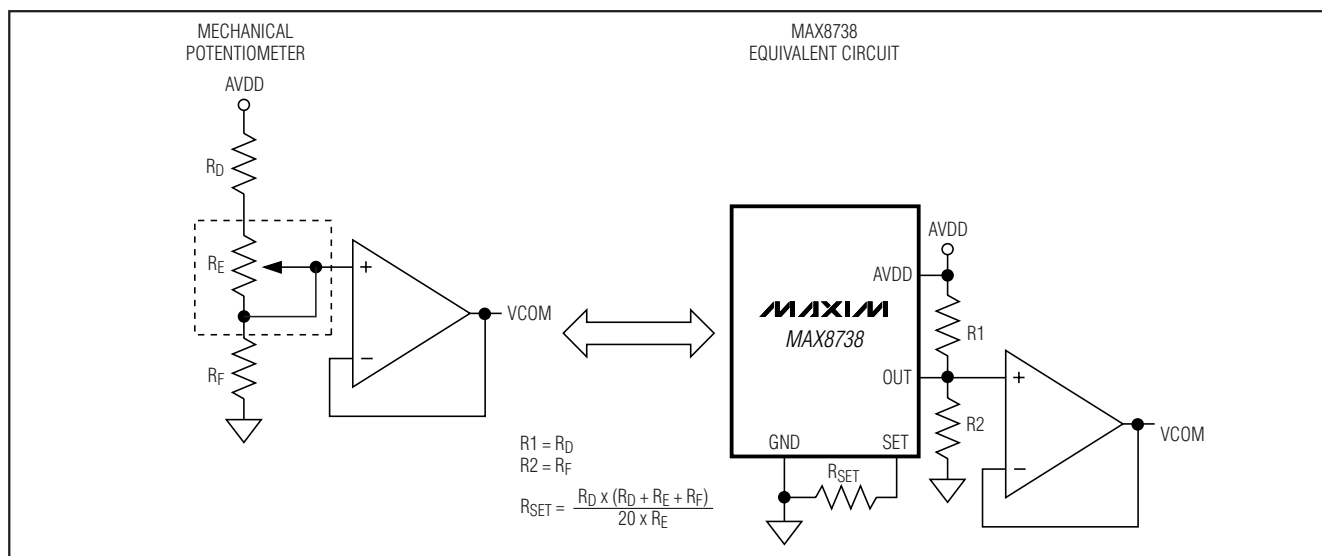


图5. 机械电位器的替代电路

应用信息

I²C总线兼容接口

MAX8738只能作为接收器件，其I²C地址为5Eh。兼容于I²C总线的2线串行接口（引脚SCL和SDA）直接与I²C总线连接。SCL和SDA通过各自的上拉电阻连接到总线电源正端。用下式计算所需的上拉电阻阻值：

$$R_{PULLUP} \leq \frac{t_R}{C_{BUS}}$$

式中， t_R 是 *Electrical Characteristics* 中的上升时间。 C_{BUS} 是总线上的总电容。

MAX8738与下一节中定义的标准I²C接口协议兼容（见图6）。

总线不忙

当数据线和时钟线都保持在HIGH状态时，I²C总线不忙。只有当总线不忙时，才能启动数据传输。

启动数据传输 (S)

从空闲状态（SDA和SCL均为高电平）启动一次数据传输，START（开始）条件是在时钟（SCL）为HIGH，而SDA从HIGH到LOW跳变时产生的。所有指令必须从START条件开始。

停止数据传输 (P)

STOP（停止）条件是在时钟（SCL）为HIGH，而SDA从LOW到HIGH跳变时产生的。所有操作必须以STOP条件终止。

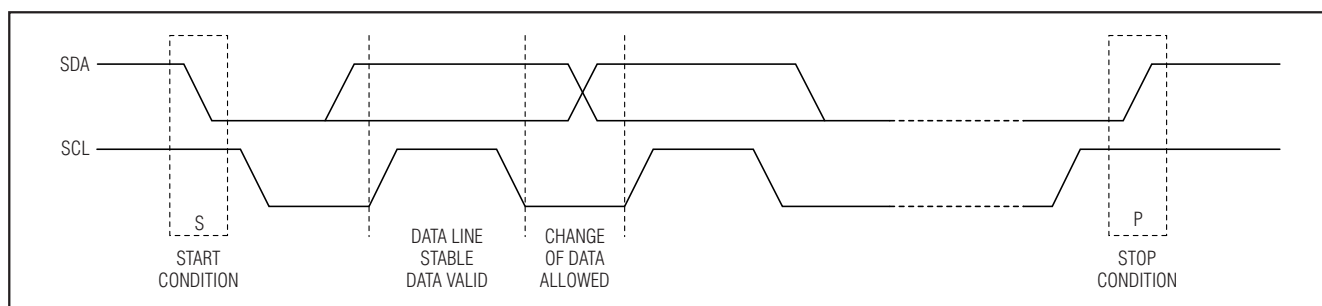


图5. I²C总线开始、停止和数据变化条件

带I²C接口的EEPROM可编程 TFT VCOM校准器

从机地址

产生START条件后，总线主机向MAX8738发送由7位器件码 (0b0101111 或 5Eh) 组成的从机地址。由于MAX8738只能写入，因此从机地址的第8位始终为0。MAX8738连续监测其对应的从机地址。当识别到它的地址时，产生一个应答位。

SDA数据有效

产生START条件后，数据线上的数据有效，在时钟信号为HIGH期间数据线保持稳定。只有当时钟信号为LOW时数据线上的数据才能改变。每位数据对应一个时钟脉冲。

应答

寻址时，每个接收器件都必须在收到一个字节后产生应答。主机必须生成一个与该应答位相关的额外时钟脉冲。

应答器件在应答时钟脉冲期间下拉SDA线，使SDA在对应的应答脉冲高电平期间稳定在LOW状态。当然，还必须考虑建立和保持时间，见图7。

如果HV低于15.6 V (典型值) 或者MAX8738不处于编程模式，那么，MAX8738不会应答EEPROM编程指令 (AAh)。

在内部编程正在进行期间，MAX8738不会应答任何指令。一旦内部定时的EEPROM写周期开始，将启动应答轮询。应答轮询通过重复发送55h命令实现。只有当内部写周期结束时，MAX8738才应答EEPROM指令。

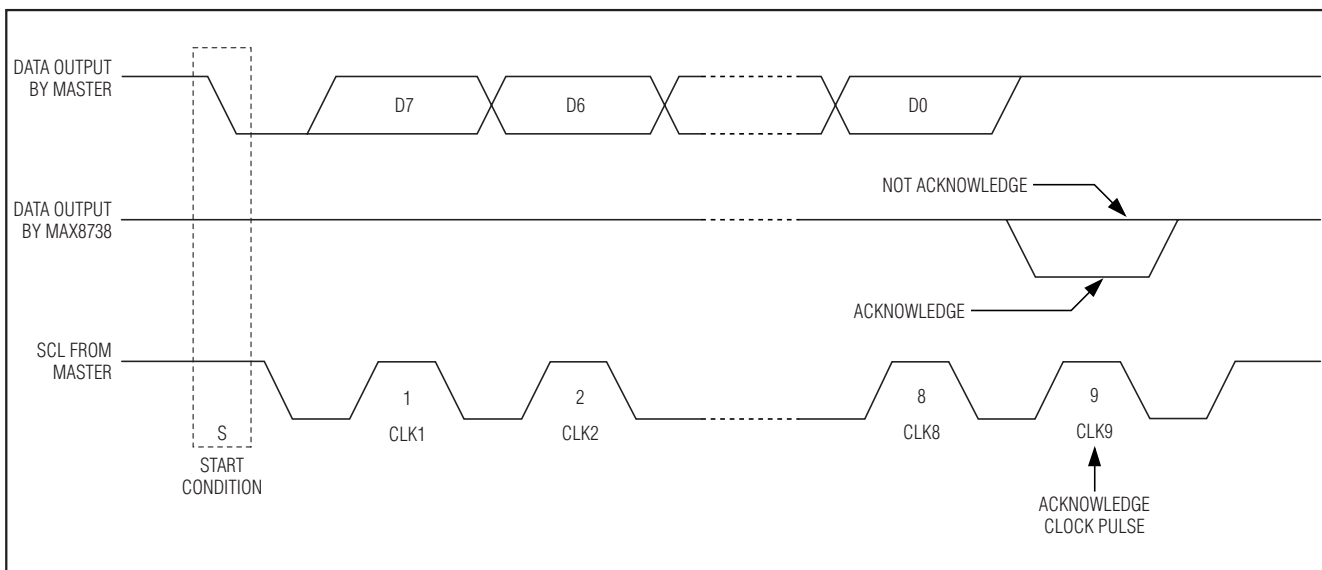


图7. I²C总线应答

带I²C接口的EEPROM可编程 TFT VCOM校准器

表1. 命令字节的功能

BYTE	FUNCTION	FIGURE
00h	Decrement the DAC setting by 1 LSB	8A
FFh	Increment the DAC setting by 1 LSB	8A
AAh	Write the current DAC setting to EEPROM	8A
55h	Load the EEPROM setting to the DAC	8A
11h	Write a specific value to the DAC	8B

命令字节

一条完整指令包括 START 条件 (S)、MAX8738 的从机地址 (5Eh) 和一个命令字节，或一个命令字节和 DAC 值，随后为 STOP 条件 (P)。表1列举出5条命令及其功能。

DAC 值

表2列出 DAC 值及相应的 I_{SET}、V_{SET} 和 V_{OUT} 值。

表2. DAC 设置

DAC VALUE	I _{SET}	V _{SET} (V)	V _{OUT} (V)
FFh	I _{SET} (MAX)	V _{SET} (MAX)	V _{MIN}
FEh	I _{SET} (MAX) - 1 LSB	V _{SET} (MAX) - 1 LSB	V _{MIN} + 1 LSB
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
01h	I _{SET} (MIN) + 1 LSB	V _{SET} (MIN) + 1 LSB	V _{MAX} - 1 LSB
00h	I _{SET} (MIN)	V _{SET} (MIN)	V _{MAX}

3) V_{DD} 和 AV_{DD} 端的 0.1μF 旁路电容应靠近 IC 放置，与引脚的连线尽可能短。

4) MAX8738 评估板提供了一个合理的电路板布局。

电路板设计

按照以下准则可以实现良好的电路板布局：

- 1) 将 VCOM 缓冲器和 R1/R2 组成的分压器靠近 OUT 引脚放置（见图2）。
- 2) R_{SET} 靠近 SET 引脚安装。

芯片信息

TRANSISTOR COUNT: 6198

PROCESS: BiCMOS

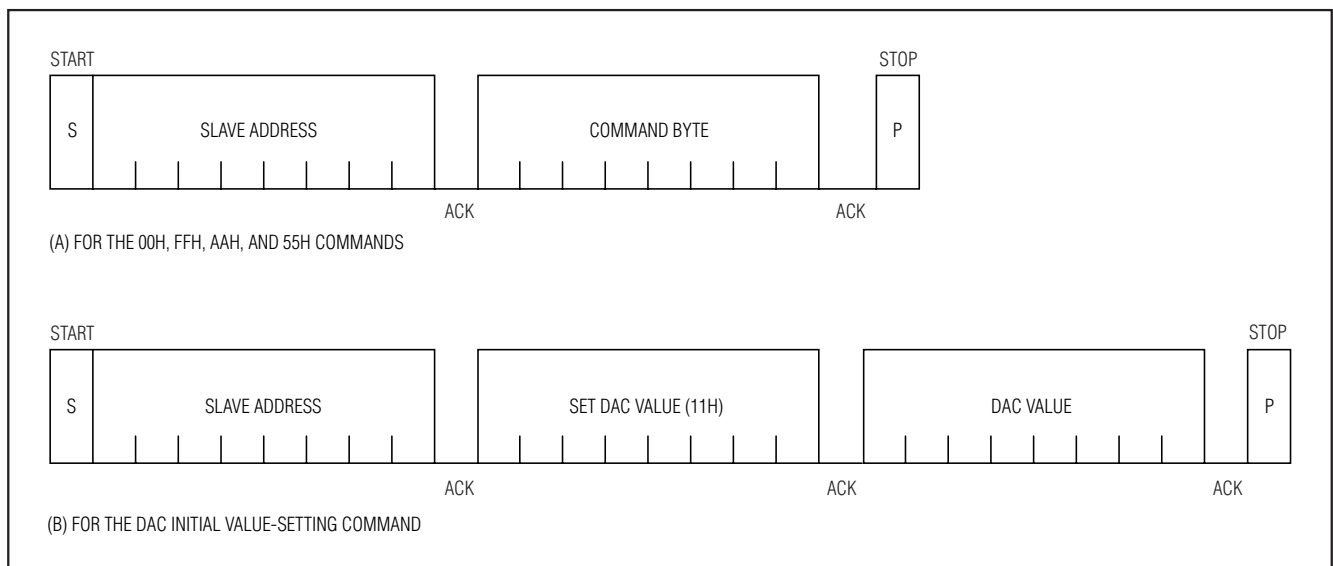


图8. I²C总线的数据传输

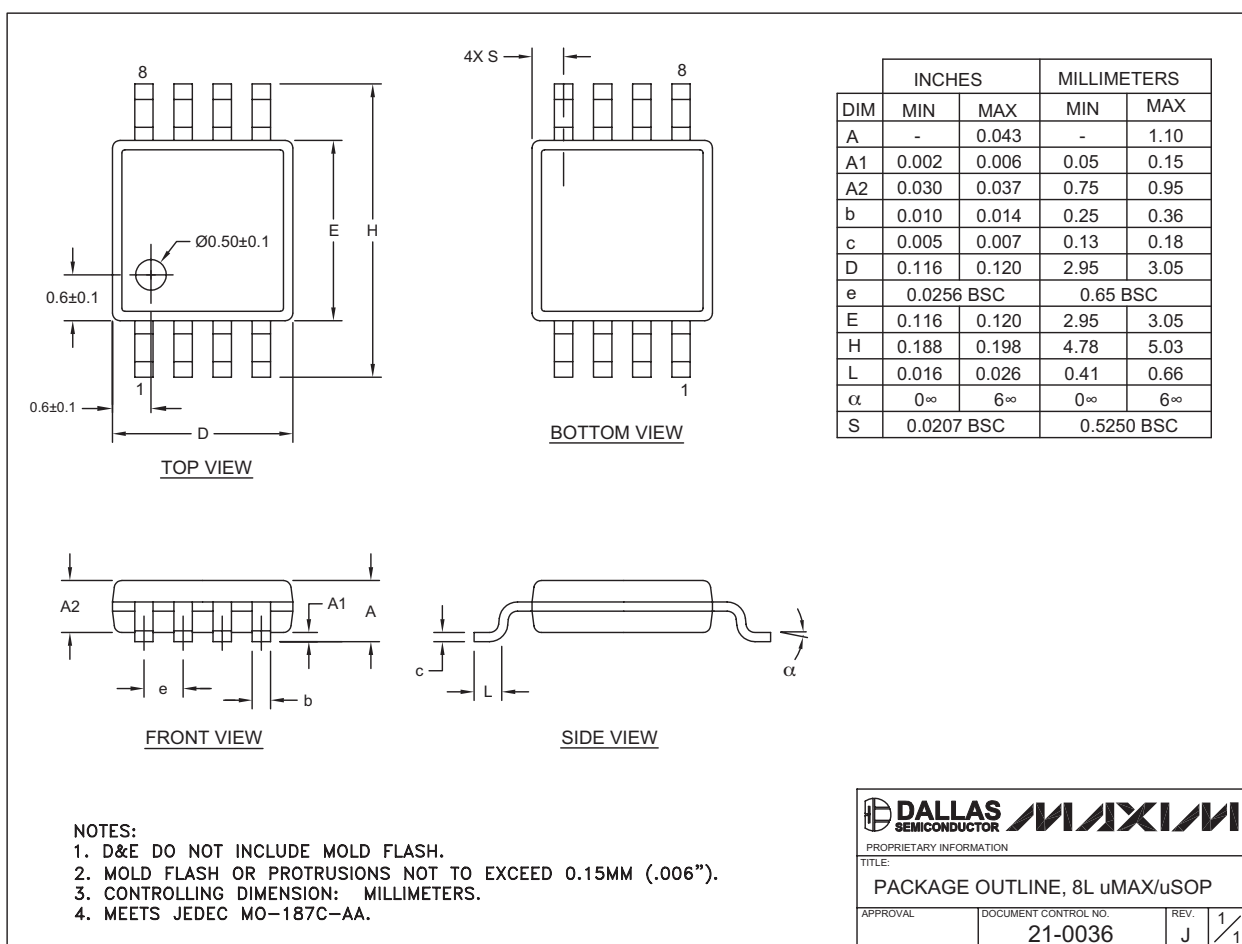
带I²C接口的EEPROM可编程 TFT VCOM校准器

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.)

MAX8738

8LUMAXD.EPS



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: 010-6201 0598

传真: 010-6201 0298

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 13