

三路、非易失、小步长调节 可变电阻和存储器

DS3906

概述

DS3906专为低阻值、小步长应用设计。它包含三个非易失(NV)、低温度系数的数字可变电阻，当与外部固定电阻并联时，可提供欧姆和亚欧姆级的调节步长。DS3906的三个电阻都具有64级电阻设置(和一个高阻态)，采用巧妙的伪对数分级特性，配合外部电阻使用时又可获得线性等效电阻(参见下图)。除电阻之外，DS3906还含有一个16字节的用户EEPROM，可通过I²C兼容的串行接口进行控制。三个地址引线允许多达8个DS3906共享同一I²C总线。

DS3906可根据用户要求，由工厂定制提供不同的传输函数。详情请联系 mixedsignal.apps@dalsemi.com (English only)。

应用

低电阻、高分辨率驱动控制，用于LED平板显示器
低电阻、高分辨率仪表控制

特性

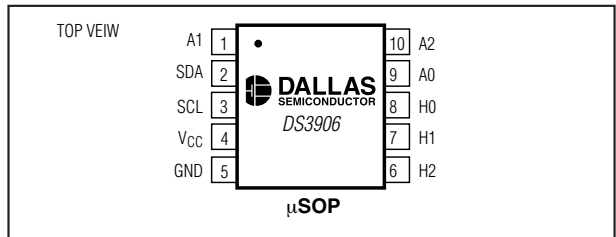
- ◆ 三路可编程电阻适合小步长应用(欧姆级和亚欧姆级)
- ◆ 非易失电阻设置
- ◆ 16字节非易失用户存储器(EEPROM)
- ◆ I²C兼容的串行接口
- ◆ 允许8个器件同时挂接到同一I²C总线
- ◆ 低功耗
- ◆ 宽工作电压范围(2.7V至5.5V)
- ◆ 工作温度范围：-40°C至+85°C

订购信息

PART	TEMP RANGE	PIN-PACKAGE
DS3906U	-40°C to +85°C	10 μSOP
DS3906U+	-40°C to +85°C	10 μSOP
DS3906U+T&R	-40°C to +85°C	10 μSOP
DS3906U/T&R	-40°C to +85°C	10 μSOP

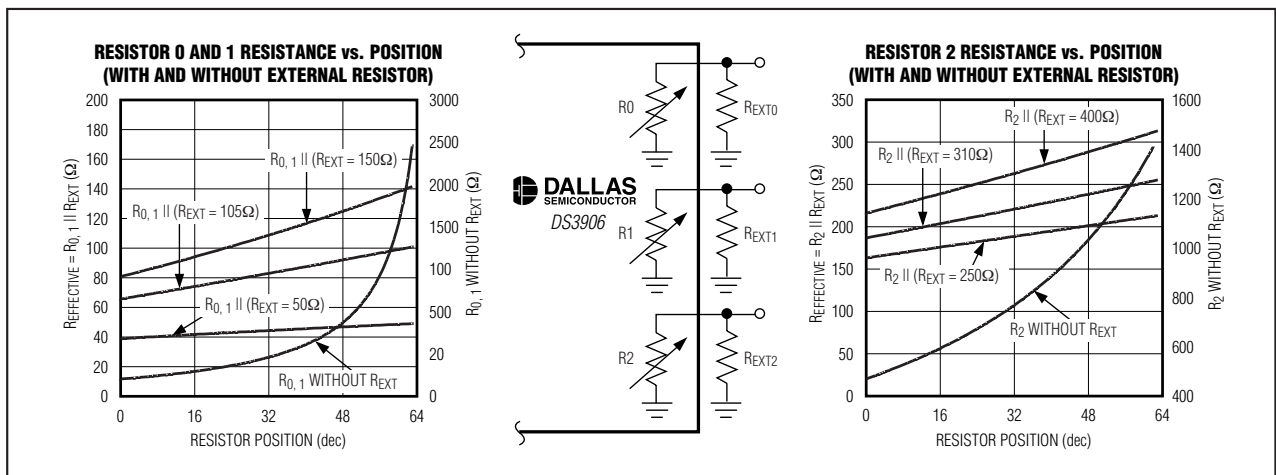
+ 表示无铅封装。
T&R表示卷带包装。

引脚配置



典型工作电路在数据资料的最后给出。

电阻曲线图



三路、非易失、小步长调节 可变电阻和存储器

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Voltage on V_{CC}, SDA, SCL, and H0-H2 Pins
Relative to Ground-0.5V to +6.0V
Voltage on A0, A1, and A2
Relative to Ground-0.5V to V_{CC} + 0.5V, not to exceed +6.0V
Resistor Current5mA

Operating Temperature Range-40°C to +85°C
EEPROM Programming Temperature Range0°C to +70°C
Storage Temperature Range-55°C to +125°C
Soldering Temperature.....See J-STD-020 Specification

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.

RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS

(T_A = -40°C to +85°C)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Supply Voltage	V _{CC}	(Note 1)	+2.7		+5.5	V
Input Logic 1	V _{IH}		0.7 x V _{CC}		V _{CC} + 0.3	V
Input Logic 0	V _{IL}		-0.3		0.3 x V _{CC}	V
Resistor Inputs	H0, H1, H2	V _{CC} = 2.7V to 5.5V	-0.3		+5.5	V
Resistor Current	I _R				5	mA

DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(V_{CC} = +2.7V to +5.5V, T_A = -40°C to +85°C, unless otherwise noted.)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Standby Current (Note 2)	I _{STBY}	3V		130		μA
		5V		160	250	
Input Leakage for All Pins	I _L	(Note 3)	-1.0		+1.0	μA
Low-Level Output Voltage (SDA)	V _{OL} SDA	3mA sink current	0		0.4	V
		6mA sink current	0		0.6	
I/O Capacitance	C _{I/O}				10	pF

ANALOG RESISTOR CHARACTERISTICS

(V_{CC} = +2.7V to +5.5V, T_A = -40°C to +85°C, unless otherwise noted.)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Resistor Tolerance		From nominal values in Table 3	-20		+20	%
INL		(Note 4)	-2		+2	LSB
DNL		(Note 4)	-0.5		+0.5	LSB
Temperature Coefficient		At position 3Fh (Note 8)		60		ppm/°C
Resistor High-Z	R _{HIGH-Z}		5.5			MΩ
Resistors		Guaranteed monotonic by design				

三路、非易失、小步长调节 可变电阻和存储器

DS3906

AC ELECTRICAL CHARACTERISTICS (See Figure 2)

($V_{CC} = +2.7V$ to $5.5V$, $T_A = -40^{\circ}C$ to $+85^{\circ}C$, unless otherwise noted. Timing referenced to $V_{IL(MAX)}$ and $V_{IH(MIN)}$.)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
SCL Clock Frequency	f_{SCL}	(Note 5)	0		400	kHz
Bus Free Time Between Stop and Start Conditions	t_{BUF}		1.3			μs
Hold Time (Repeated) Start Condition	$t_{HD:STA}$		0.6			μs
Low Period of SCL	t_{LOW}		1.3			μs
High Period of SCL	t_{HIGH}		0.6			μs
Data Hold Time	$t_{HD:DAT}$		0		0.9	μs
Data Set-up Time	$t_{SU:DAT}$		100			ns
Start Set-up time	$t_{SU:STA}$		0.6			μs
SDA and SCL Rise Time	t_R	(Note 6)	20 + 0.1 C_B		300	ns
SDA and SCL Fall Time	t_F	(Note 6)	20 + 0.1 C_B		300	ns
Stop Set-up Time	$t_{SU:STO}$		0.6			μs
SDA and SCL Capacitive Loading	C_B	(Note 6)			400	pF
EEPROM Write Time	t_{WR}	(Note 7)			20	ms

NONVOLATILE MEMORY CHARACTERISTICS

($V_{CC} = +2.7V$ to $5.5V$)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
EEPROM Writes		0°C to +70°C. The room temperature specification is at least 4x better than specification over 0°C to +70°C.	50,000			

Note 1: All voltages referenced to ground.

Note 2: I_{STBY} is specified with SDA = SCL = V_{CC} , resistor pins floating, and inputs tied to V_{CC} or GND.

Note 3: The DS3906 will not obstruct the SDA and SCL lines if V_{CC} is switched off as long as the voltages applied to these input do not violate their minimum and maximum input voltage levels.

Note 4: Tested with external resistor of 87 Ω for R_0 and R_1 and 258 Ω for R_2 at 25°C.

Note 5: Timing shown is for fast mode (400kHz) operation. This device is also backward compatible with I²C standard mode timing.

Note 6: C_B —total capacitance of one bus line in picofarads.

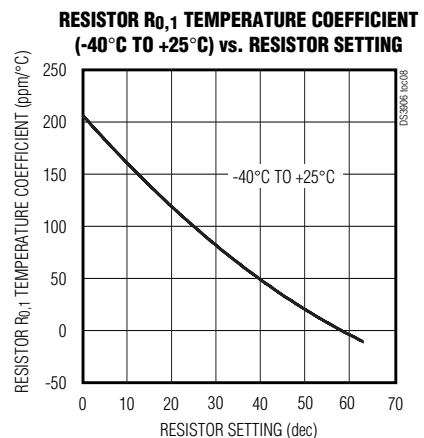
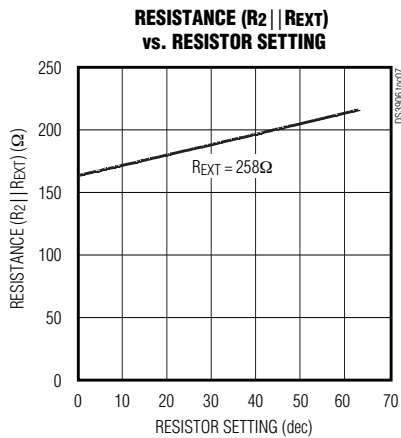
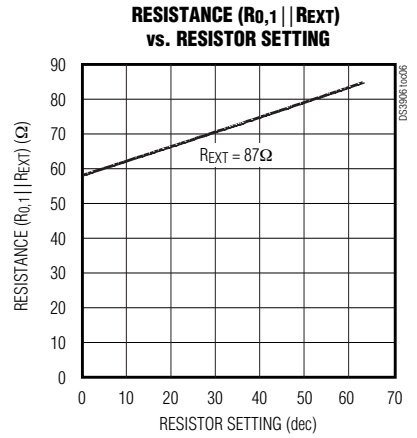
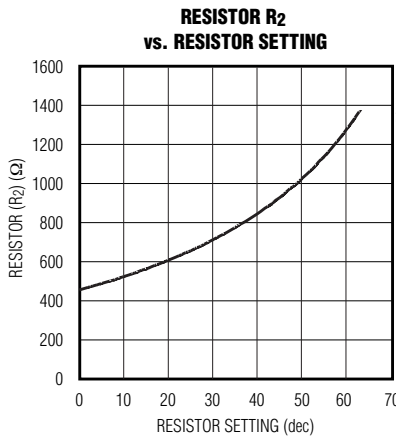
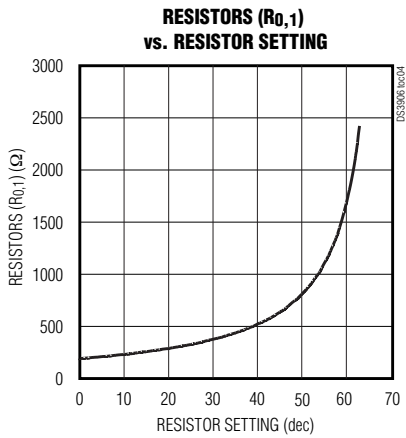
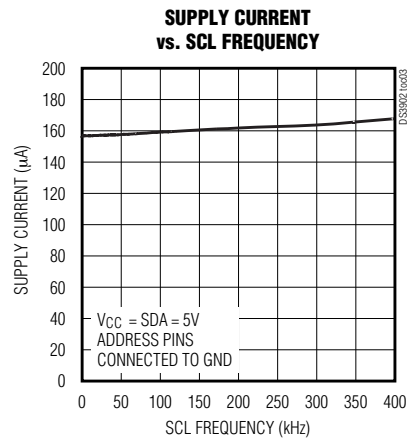
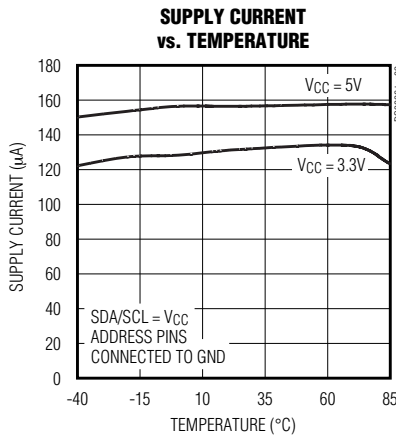
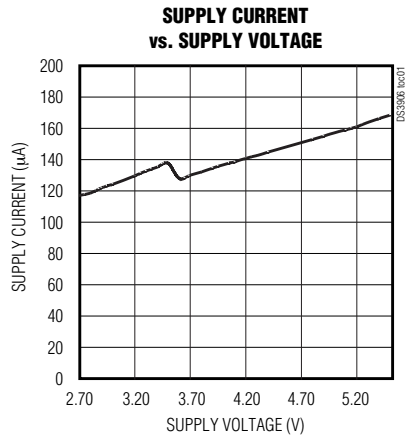
Note 7: The EEPROM write time begins after a stop condition occurs.

Note 8: Guaranteed by design.

三路、非易失、小步长调节 可变电阻和存储器

典型工作特性

($V_{CC} = +5.0V$, $T_A = +25^\circ C$, unless otherwise noted.)

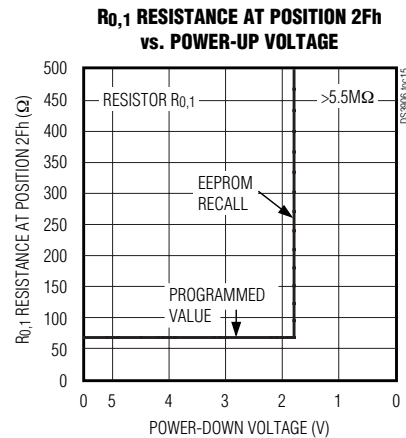
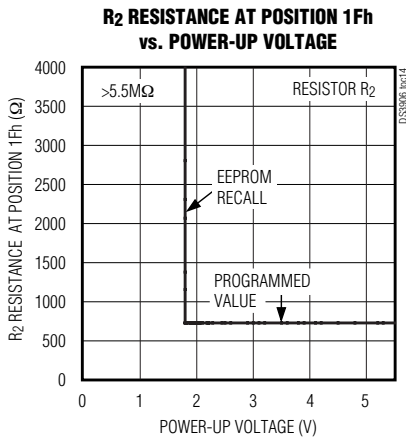
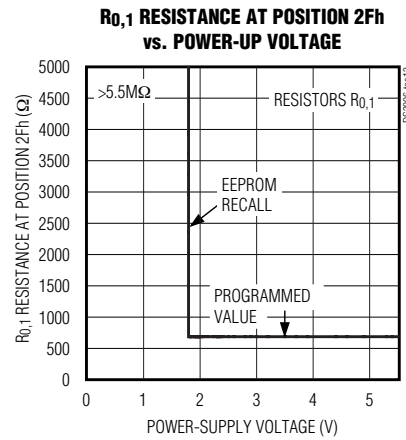
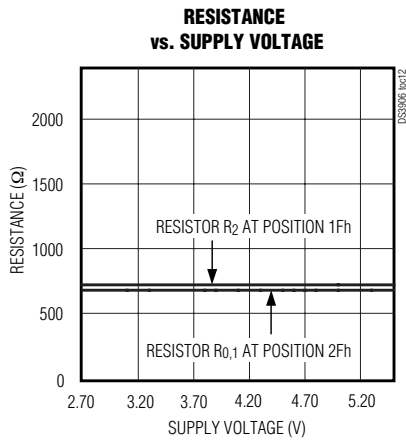
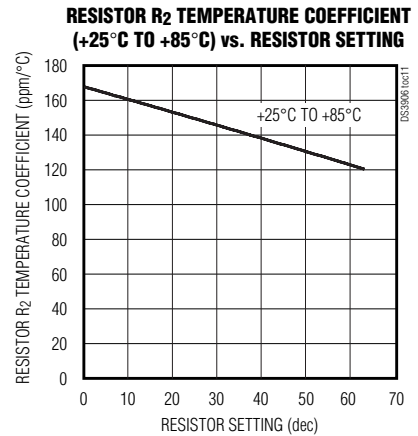
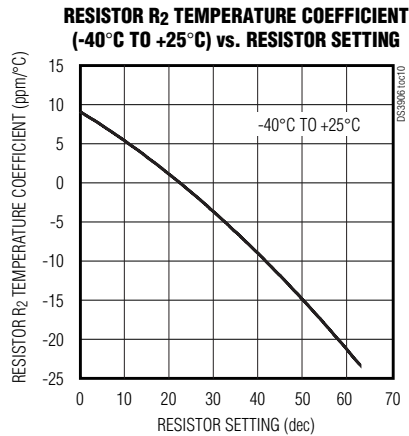
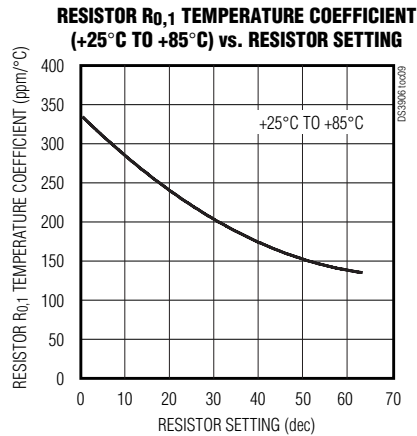


三路、非易失、小步长调节 可变电阻和存储器

典型工作特性(续)

DS3906

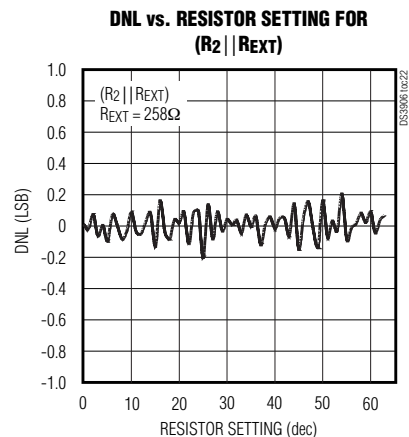
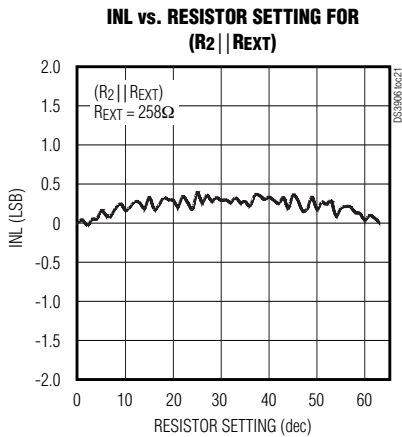
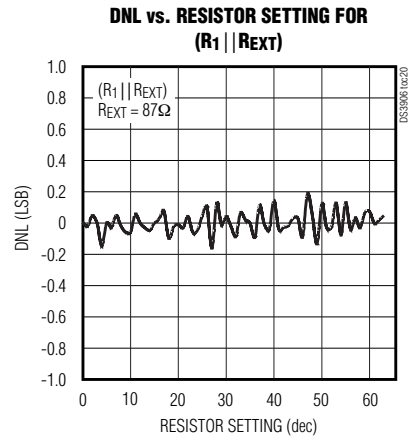
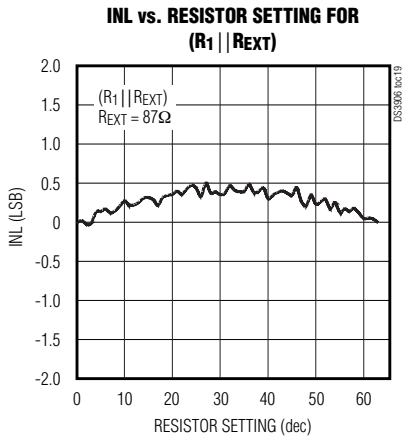
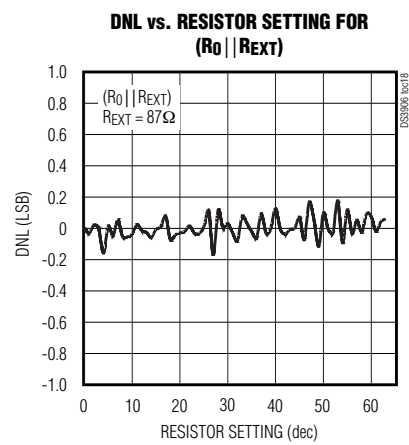
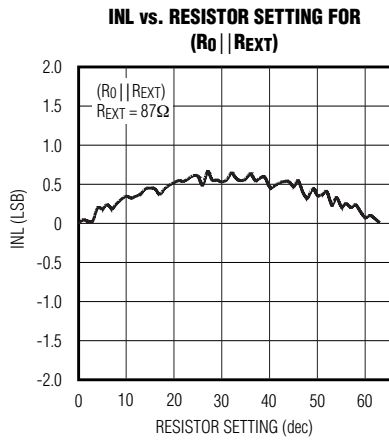
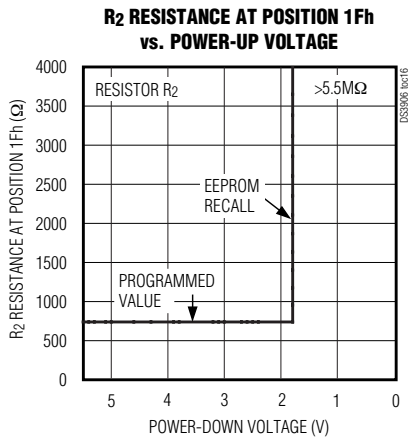
($V_{CC} = +5.0V$, $T_A = +25^\circ C$, unless otherwise noted.)



三路、非易失、小步长调节 可变电阻和存储器

典型工作特性(续)

($V_{CC} = +5.0V$, $T_A = +25^\circ C$, unless otherwise noted.)



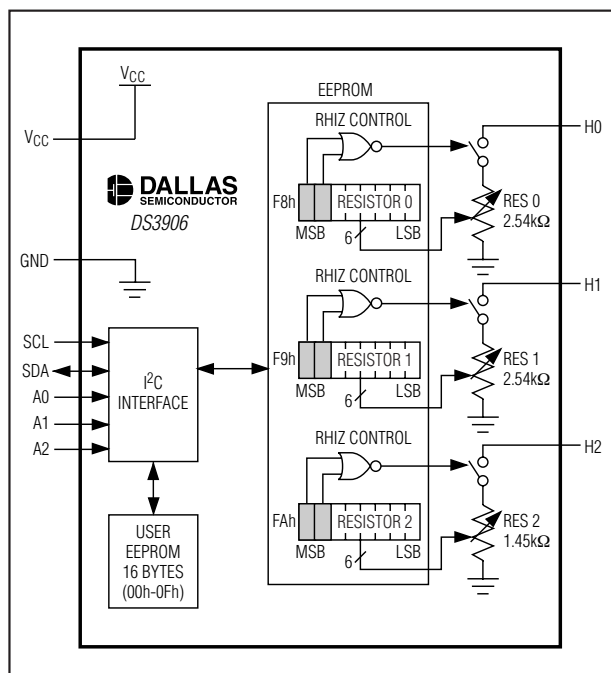
三路、非易失、小步长调节 可变电阻和存储器

引脚说明

DS3906

引脚	名称	功能
1	A1	I ² C地址输入。输入A0、A1、A2用于确定器件的I ² C从地址。
2	SDA	I ² C串行数据开漏极输入/输出。
3	SCL	I ² C串行时钟输入。
4	V _{CC}	电源电压。
5	GND	地。
6	H2	电阻2的高端。
7	H1	电阻1的高端。
8	H0	电阻0的高端。
9	A0	I ² C地址输入。输入A0、A1、A2用于确定器件的I ² C从地址。
10	A2	

原理图



详细说明

DS3906包含三个可变电阻和一个用户EEPROM。原理图中还给出了控制电阻的寄存器，以下是有关DS3906的详细说明。

存储器结构

DS3906包含一个16字节的用户EEPROM和3个非易失电阻寄存器，见表1。通过I²C兼容的串行接口实现与存储器/寄存器的通信，后续章节将详细说明。

电阻寄存器/设置

DS3906的三个电阻均有特定的控制寄存器，用来设置电阻等级。参考原理图和表2。每个电阻有64级电阻设置和一个高阻态。表3列出了每一级对应的电阻标称值。电阻0和电阻1具有相同的满量程阻值，与电阻2不同。如表3所示，电阻在不接外部并联电阻时，具有伪对数分级特性(电阻与等级)，有效电阻设置从00h到3Fh。向任何一个电阻寄存器写入大于3Fh的值，会使相应电阻变成高阻态。

三路、非易失、小步长调节 可变电阻和存储器

电阻曲线图已在前面给出。从图中可以看出，当外部电阻与DS3906的电阻并联使用时，等效电阻为线性变化，且可获得欧姆级和亚欧姆级阻值。

电阻设置存储在EEPROM存储器里。需要强调的是，DS3906的EEPROM由2个字节页面构成。在从器件读取数据或执行单字节写操作时是透明的。然而，这限制了

一次I²C传输的最大字节数，最多为2个字节。对于多字节写操作，必须从偶数存储器地址(00h、02h、.....、F8h等)开始。在后续的I²C通信部分将提供详细信息。图3给出了一个数据通信的例子。

表 1. DS3906存储器图

ADDRESS	TYPE	NAME	FUNCTION	FACTORY DEFAULT
00h to 0Fh	EEPROM	User memory	16 bytes of general-purpose user EEPROM.	00h
F8h	EEPROM	Resistor 0	Resistor 0-2 settings. See Table 2 and the <i>Resistor Registers/Settings</i> section.	3Fh
F9h	EEPROM	Resistor 1		3Fh
FAh	EEPROM	Resistor 2		3Fh
FBh-FFh			Reserved	

表 2. DS3906电阻寄存器

ADDRESS	VARIABLE RESISTOR	POSITION 3FH RESISTANCE (k Ω)	NUMBER OF POSITIONS*
F8h	Resistor 0	2.54	64 (00h to 3Fh) + High-Z
F9h	Resistor 1	2.54	
FAh	Resistor 2	1.45	

* 向任何一个电阻寄存器写入大于3Fh的值时，都将使对应的电阻变成高阻态。3Fh是最大阻值对应的位置。

三路、非易失、小步长调节 可变电阻和存储器

DS3906

表 3. DS3906电阻设置(无外部电阻)

POSITION		NOMINAL RESISTOR VALUES WITHOUT EXT RESISTOR (25°C)	
Dec	Hex	Resistors 0, 1	Resistor 2
0	00	175.0	469.7
1	01	178.8	476.4
2	02	182.7	483.2
3	03	186.8	490.1
4	04	190.9	497.2
5	05	195.2	504.4
6	06	199.6	511.7
7	07	204.2	519.2
8	08	208.9	526.8
9	09	213.7	534.6
10	0A	218.8	542.5
11	0B	223.9	550.6
12	0C	229.3	558.8
13	0D	234.9	567.3
14	0E	240.6	575.9
15	0F	246.6	584.6
16	10	252.8	593.6
17	11	259.2	602.8
18	12	265.9	612.1
19	13	272.8	621.7
20	14	280.0	631.5
21	15	287.5	641.5
22	16	295.3	651.7
23	17	303.5	662.2
24	18	312.0	672.9
25	19	320.8	683.8
26	1A	330.1	695.0
27	1B	339.8	706.5
28	1C	350.0	718.3
29	1D	360.7	730.3
30	1E	371.9	742.7
31	1F	383.7	755.4

POSITION		NOMINAL RESISTOR VALUES WITHOUT EXT RESISTOR (25°C)	
Dec	Hex	Resistors 0, 1	Resistor 2
32	20	396.1	768.4
33	21	409.1	781.7
34	22	422.9	795.4
35	23	437.5	809.4
36	24	452.9	823.9
37	25	469.3	838.7
38	26	486.7	853.9
39	27	505.2	869.6
40	28	525.0	885.7
41	29	546.1	902.3
42	2A	568.8	919.4
43	2B	593.1	936.9
44	2C	619.2	955.1
45	2D	647.5	973.7
46	2E	678.1	993.0
47	2F	711.4	1012.8
48	30	747.7	1033.3
49	31	787.5	1054.5
50	32	831.3	1076.4
51	33	879.6	1099.0
52	34	933.3	1122.4
53	35	993.4	1146.6
54	36	1060.9	1171.7
55	37	1137.5	1197.7
56	38	1225.0	1224.7
57	39	1326.0	1252.7
58	3A	1443.8	1281.7
59	3B	1583.0	1311.9
60	3C	1750.0	1343.3
61	3D	1954.2	1376.0
62	3E	2209.4	1410.1
63	3F	2537.5	1445.6

三路、非易失、小步长调节 可变电阻和存储器

外部电阻 选择/考虑因素

用外部电阻与DS3906的任意一个电阻并联，使其具有小增量级差，而且等效电阻线性化。对于电阻0和电阻1，外部电阻典型值为87Ω；对于电阻2，外部电阻典型值为258Ω。选用这些电阻值，等效电阻可获得最佳线性度。当然，为了达到所期望的步长值和电阻范围，也可以对这些电阻进行调整。关于R_{EXT}的更改已在本资料的前面给出。同样，也可以串联电阻以获得所希望的响应特性。若DS3906的传输函数不能满足应用需求，可以通过本资料首页提供的电子邮件地址与工厂联系，查询定制电阻。

I²C从设备地址及地址引脚

DS3906的I²C从设备地址由图1所示的A0、A1和A2地址引脚决定。地址引脚接GND时，从设备地址的对应位置‘0’。反之，地址引脚接V_{CC}时，从设备地址的对应位置‘1’。以下章节对I²C通信进行详细描述。

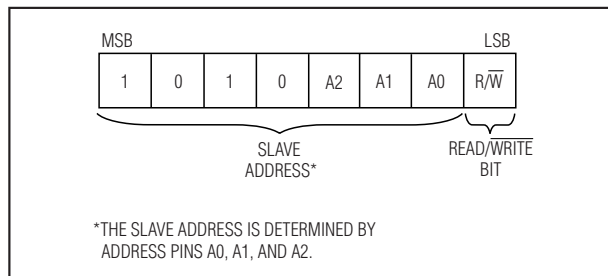


图1. DS3906从设备地址字节

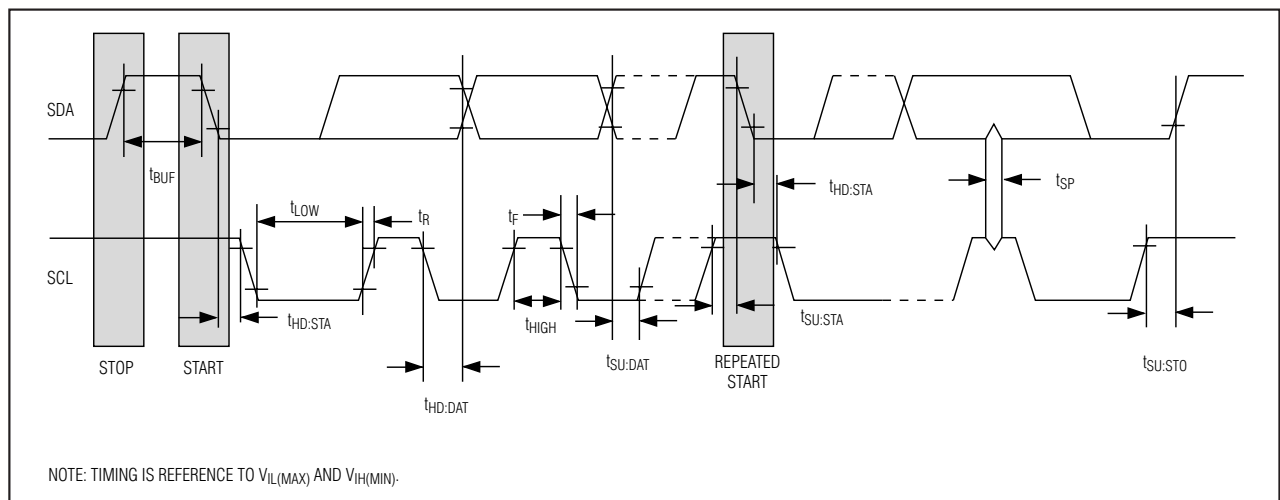


图2. I²C时序图

I²C串行接口说明

I²C定义

一般使用下列术语描述I²C数据传输。

主机设备：主机设备用于控制总线上的从机设备。主机设备产生SCL时钟脉冲、开始条件及停止条件。

从机设备：从机设备在主机的要求下发送、接收数据。

总线空闲或非忙状态：介于停止条件和开始条件之间，此时SDA和SCL均为无效和逻辑高状态。总线空闲时常常初始化一次从机设备的低功耗模式。

开始条件：由主机产生开始条件，启动一次新的数据传输。SCL为高电平时，SDA由高到低的跳变将产生一个开始条件。正确时序请参考时序图。

停止条件：由主机产生停止条件，以结束与从机之间的数据传输。SCL为高电平时，SDA由低到高的跳变将产生一个停止条件。正确时序请参考时序图。

三路、非易失、小步长调节 可变电阻和存储器

重复开始条件：主机可以在一次数据传输结束时使用重复开始条件，表示在当前操作结束后立即启动一次新的数据传输。重复开始条件通常用于读操作期间识别一个特定的存储器地址，开始一次数据传输。重复开始条件的发送与标准开始条件相同。正确时序请参考时序图。

写位：SDA的跳变必须发生在SCL为低电平期间。在SCL为高脉冲期间以及建立时间和保持时间要求的范围内(参见图2)，SDA数据必须保持稳定有效。数据在SCL的上升沿移入器件。

读位：写操作结束时，主机必须释放SDA总线，在下一个SCL上升沿到来之前(读位时)保持一定的建立时间(见图2)。器件在SCL脉冲的下降沿移出SDA数据，且数据位在当前SCL脉冲的上升沿保持有效。需要注意的是：主机产生所有的SCL时钟脉冲，即使是从从机读取数据时。

应答(ACK和NACK)：应答(ACK)或非应答(NACK)始终为字节传输过程中发送的第9位。接收数据的设备(读操作中的主机或写操作中的从机)通过在第9位发送‘0’执行ACK操作。器件通过在第9位发送‘1’执行NACK操作。ACK和NACK的操作时序(图2)与其它写位的时序相同。ACK是设备正常接收数据的应答信号。NACK用于终止一次读序列，或表示器件没有接收数据。

写字节：写字节操作包括从主机传输到从机(最高位在前面)的8位信息和由从机发送到主机的1位应答。主机按照“写位”定义发送8位数据，按照“读位”定义读取应答信息。

读字节：读字节操作包括由从机传输到主机的8位信息和1位由主机传送到从机的ACK或NACK。主机按照“读位”定义读取由从机传输到主机的8位(最高位在前)信息，然后主机按照“写位”定义发送ACK，以接收附加的数据字节。为终止通信，主机读取最后一个字节后必须发送NACK，以便从机将SDA的控制权返回到主机。

从机地址字节：I²C总线上的每个从机均响应START条件后发送的从机寻址字节。从机寻址字节(图10)包括7位高有效位的从机地址和最低有效位的R/ \bar{W} 位。

DS3906的从机地址由图1所示的A0、A1和A2地址引脚的状态决定。地址引脚接GND时，从机地址的对应位置‘0’。否则，地址引脚接V_{CC}时，从机地址的对应位置‘1’。

当R/ \bar{W} 位为0时(比如A0h)，主机指示它将向从机写入数据。若R/ \bar{W} = 1(如A1h)，主机将从从机读取数据。

如果写入了错误的地址，DS3906则假设主机与另一个I²C设备通信，在发送下一个开始条件之前不参与数据通信。

存储器地址：执行I²C写操作期间，为确定从机存储数据的存储器位置，主机必须发送一个存储器地址。写操作期间，存储器地址始终为从机地址字节R/ \bar{W} = 0之后发送的第二个字节。

I²C通信

向从机写入一个数据字节：主机必须产生一个开始条件、写从机地址字节(R/ \bar{W} = 0)、写存储器地址、写数据字节，并产生停止条件。值得注意的是：在所有写字节操作期间，主机必须读取从机的应答信息。

向从机写入多个字节：DS3906可以在一次写传输中写入2个字节(1页或行)，由内部地址计数器控制，数据可以写入连续地址内，每次发送数据前不用传输存储器地址。地址计数器将写操作限制在2字节页面。页面开始于偶地址(00h、02h、04h等)。在页之间尝试不发送停止条件而立即向存储器写入2个字节以上的数据，会导致地址计数器返回到当前行的开始位置。

为在一次传输处理中向从机写入多个字节，主机必须产生一个开始条件、写从机地址字节(R/ \bar{W} = 0)、写存储器地址(必须是偶数)、写入两个数据字节并产生一个停止条件。值得注意的是：在所有写字节操作中主机都必须读取从机的应答位。

三路、非易失、小步长调节 可变电阻和存储器

应答轮询：任何情况下向EEPROM写入数据时，DS3906都要求在停止条件之后提供一定的EEPROM写时间(t_W)，以便将内容写入到EEPROM中。在执行EEPROM写操作期间，DS3906将不应答其从机地址，因为它正处于“忙”状态。用户可以利用这一特点重复寻址DS3906，以便在DS3906准备就绪接收数据时立即写入下一个字节的数据。替代应答轮询的另一种方式是：在试图向DS3906写入新的数据之前等待一个 t_W 的最大周期。

EEPROM 写次数：向EEPROM写入数据时，即使只更改了页内的一个字节，DS3906内部也要重新写入整个EEPROM存储器页(2字节)。可以不更改页内的所有2个字节，不会破坏相同页面存储器的其它字节。由于是对整个页面进行写操作，即使没有被更改的字节也要经历一次写过程。DS3906的EEPROM的写次数可以在*Nonvolatile Memory Characteristics*表中查找到。该指标定义在最差写温度条件下。室温下所允许的写次数要远远高于该项指标。

从从机读取一个字节：与写操作中指定存储器地址字节以定义数据写入的位置不同，读操作读取的是存储器地址计数器的当前值。为了从从机读取一个字节，主机需要产生一个开始条件、写从机地址字节($R/\bar{W} = 1$)、读数据字节并用NACK指示传输结束，最后产生停止条件。然而，由于要求主机保持跟踪存储器的地址计数器是不且实际的，可以采用下列方法从指定的存储器位置执行读操作。

灵活利用地址计数器进行读操作：可利用一个空写周期强制地址计数器为特殊值。为了达到这个目的，主机需产生开始条件、写从机地址字节($R/\bar{W} = 0$)、写需要读取的存储器地址、产生重复开始条件($R/\bar{W} = 1$)、写从机地址字节($R/\bar{W} = 1$)，读取数据并适当发送ACK或NACK，最后产生停止条件。

图3给出了一个利用重复开始条件确定起始存储器位置的读操作规范。

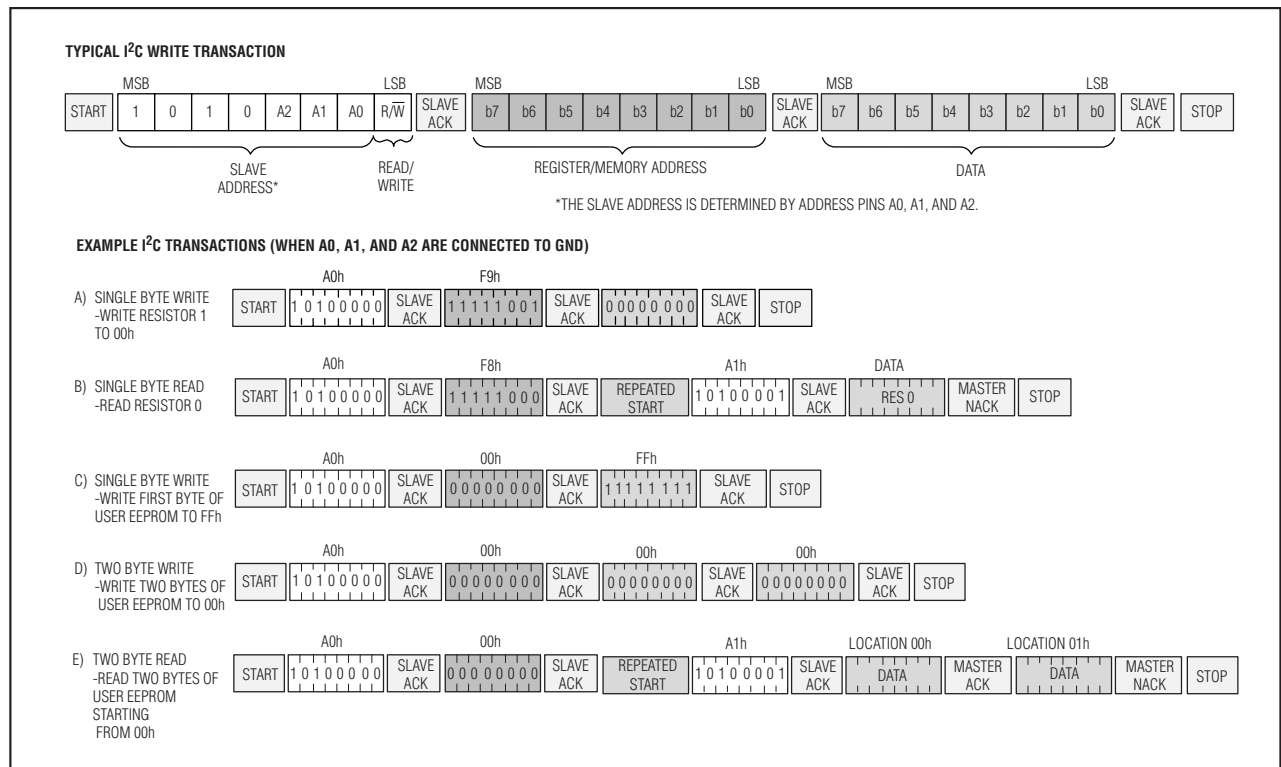


图3. I²C通信实例

三路、非易失、小步长调节 可变电阻和存储器

从从机读取多个字节：读操作可一次读取多个字节。当从从机读取多个字节时，若想在主机终止传输前读取另一个字节，只需简单地对数据字节作应答。主机读完最后一个字节后，发送NACK指示传输结束，然后产生停止条件。

应用信息

电源去耦

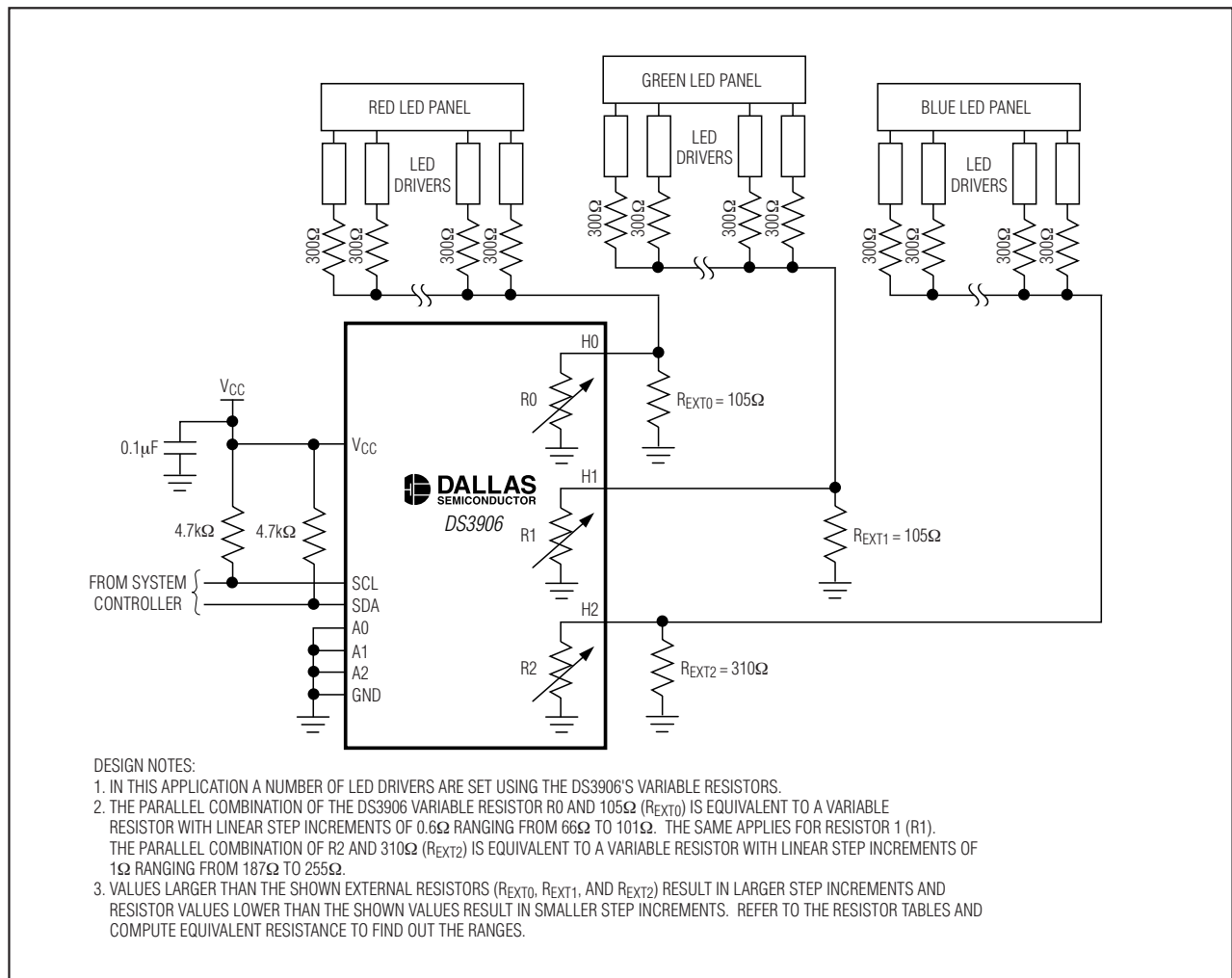
为达到最佳效果，推荐在电源引脚使用去耦电容。去耦电容的典型值为 $0.01\mu\text{F}$ 或 $0.1\mu\text{F}$ 。选用高品质的陶瓷、表

面贴装电容，并将电容尽可能靠近芯片的 V_{CC} 和GND引脚安装，以最大程度地减小引线电感。

电阻高端电压

允许电阻高端的电压高于 V_{CC} 上的电压。例如，可以将 V_{CC} 接3.0V，同时将一个或多个电阻高端接5.0V，从而用3V系统控制5V系统。电阻高端的最大电压为5.5V，与作用在 V_{CC} 的电压无关。

典型工作电路



DS3906

三路、非易失、小步长调节 可变电阻和存储器

芯片拓扑

TRANSISTOR COUNT: 16,200
SUBSTRATE CONNECTED TO GROUND

封装信息

如需最近的封装外型信息，请查询
www.maxim-ic.com.cn/DallasPackInfo。

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。

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

© 2006 Maxim Integrated Products

Printed USA

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

 **DALLAS** SEMICONDUCTOR 是 Dallas Semiconductor Corporation 的注册商标。