

MAX31850/MAX31851

冷端补偿、1-Wire 热电偶至数字转换器

概述

MAX31850/MAX31851冷端补偿、1-Wire®热电偶至数字转换器对K、J、N、T、S、R或E型热电偶信号进行冷端补偿并将其转换成数字量。转换器的温度分辨率为0.25°C，最高温度读数为+1768°C，最低温度读数为-270°C；热电偶温度精度为8 LSB (°C)，温度范围为-200°C至+700°C。

器件通过1-Wire总线与主机微控制器通信，只需要一根数据线(及地)。器件可直接由数据线供电(“寄生供电”)，省去了外部电源。

每个器件具有唯一的64位串号，允许多个器件在同一1-Wire总线上工作。因此，很容易利用一个微控制器(主机)控制分布在较大区域的多个热电偶。

四个位置地址输入，简化了器件与特定位置的映射。

特性

- ◆ 冷端补偿
- ◆ 14位、0.25°C温度分辨率
- ◆ 提供多种热电偶类型：MAX31850支持K、J、N、T和E型；MAX31851支持S和R型热电偶(见表1)
- ◆ 1-Wire接口(只读)；可由接口供电(寄生供电模式)
- ◆ 检测热电偶对GND或V_{DD}短路
- ◆ 检测热电偶开路

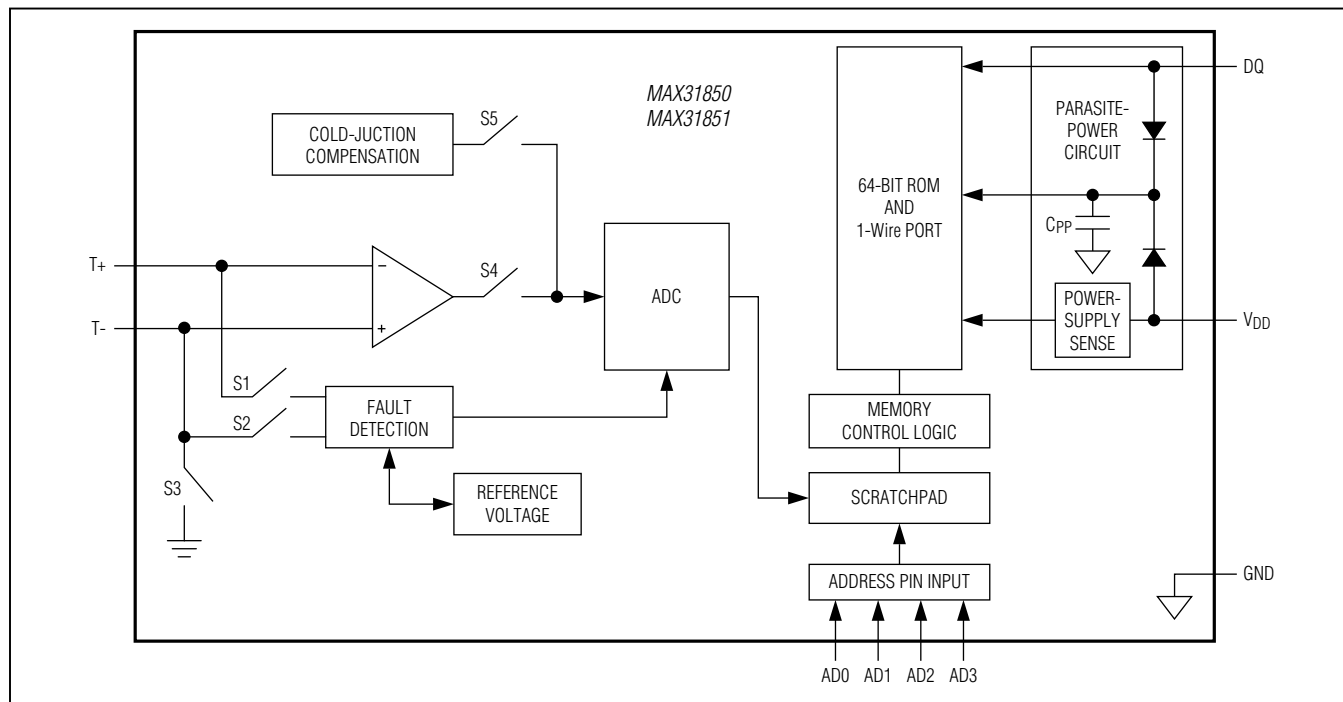
应用

工业
电器设备

HVAC
医疗

订购信息在数据资料的最后给出。

方框图



1-Wire是Maxim Integrated Products, Inc.的注册商标。

相关型号以及配合该器件使用的推荐产品，请参见：china.maximintegrated.com/MAX31850.related。

本文是英文数据资料的译文，文中可能存在翻译上的不准确或错误。如需进一步确认，请在您的设计中参考英文资料。

有关价格、供货及订购信息，请联络Maxim亚洲销售中心：10800 852 1249 (北中国区)，10800 152 1249 (南中国区)，或访问Maxim的中文网站：china.maximintegrated.com。

MAX31850/MAX31851

冷端补偿、1-Wire 热电偶至数字转换器

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Supply Voltage Range (V_{DD} to GND).....-0.3V to +4.0V
All Other Pins..... -0.3V to (V_{DD} + 0.3V)
Continuous Power Dissipation (T_A = +70°C)
TDFN (derate 16.70mW/°C above +70°C)..... 1333.30mW
ESD Protection (All Pins, Human Body Model).....±2kV

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
Soldering Temperature (reflow)+260°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.

PACKAGE THERMAL CHARACTERISTICS (Note 1)

TDFN

Junction-to-Ambient Thermal Resistance (θ_{JA})60°C/W
Junction-to-Case Thermal Resistance (θ_{JC})30°C/W

Note 1: Package thermal resistances were obtained using the method described in JEDEC specification JESD51-7, using a four-layer board. For detailed information on package thermal considerations, refer to china.maximintegrated.com/thermal-tutorial.

DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(T_A = -40°C to +125°C, unless otherwise noted.) (Note 2)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Supply Voltage	V_{DD}	Local power (Note 3, 4)	3.0	3.3	3.7	V
Pullup Supply Voltage (Notes 3, 4)	V_{PU}	Parasite power (Note 3)	3.0		3.7	V
		Local power (Note 3)	3.0		V_{DD}	
Input Logic-Low	V_{IL}	(Notes 4, 6)	-0.3		+0.8	V
Input Logic-High (Note 4)	V_{IH}	Local power	2.2		lower of 3.7V or (V_{DD} + 0.3V)	V
		Parasite power	3.0		lower of 3.7V or (V_{DD} + 0.3V)	
Output Sink Current	I_L	$V_{I/O}$ = 0.4V (Note 4)	4.0			mA
Standby Supply Current	I_{DDS}	(Notes 7, 8)		280	1000	nA
Active Supply Current	I_{DD}	V_{DD} = 3.7V (Note 9)		900	1750	μA
DQ Input Current	I_{DQ}	(Note 10)		5		μA
Power-Supply Rejection				-0.3		°C/V
Input Leakage Current (AD0–AD3 Pins)		(Note 3)	-1		+1	μA
Thermocouple Input Bias Current	I_{BTC}	T_A = -40°C to +125°C, 100mV across the thermocouple inputs (Note 3)	-100		+100	nA

MAX31850/MAX31851

冷端补偿、1-Wire 热电偶至数字转换器

THERMAL CHARACTERISTICS

(3.0V ≤ V_{DD} ≤ 3.6V, T_A = -40°C to +125°C, unless otherwise noted.) (Note 2)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
MAX31850K Thermocouple Temperature Gain and Offset Error (41.276μV/°C nominal sensitivity) (Note 11)		T _{THERMOCOUPLE} = -100°C to +100°C, T _A = 0°C to +70°C (Note 12)	-1		+1	°C
		T _{THERMOCOUPLE} = -200°C to +700°C, T _A = -20°C to +85°C (Note 12)	-2		+2	
		T _{THERMOCOUPLE} = +700°C to +1372°C, T _A = -20°C to +85°C (Note 12)	-4		+4	
		T _{THERMOCOUPLE} = -270°C to +1372°C, T _A = -40°C to +125°C (Note 12)	-6		+6	
MAX31850J Thermocouple Temperature Gain and Offset Error (57.953μV/°C nominal sensitivity) (Note 11)		T _{THERMOCOUPLE} = -100°C to +100°C, T _A = 0°C to +70°C (Note 12)	-1		+1	°C
		T _{THERMOCOUPLE} = -210°C to +750°C, T _A = -20°C to +85°C (Note 12)	-2		+2	
		T _{THERMOCOUPLE} = -210°C to +1200°C, T _A = -40°C to +125°C (Note 12)	-4		+4	
MAX31850N Thermocouple Temperature Gain and Offset Error (36.256μV/°C nominal sensitivity) (Note 11)		T _{THERMOCOUPLE} = -100°C to +100°C, T _A = 0°C to +70°C (Note 12)	-1		+1	°C
		T _{THERMOCOUPLE} = -200°C to +700°C, T _A = -20°C to +85°C (Note 12)	-2		+2	
		T _{THERMOCOUPLE} = +700°C to +1300°C, T _A = -20°C to +85°C (Note 12)	-4		+4	
		T _{THERMOCOUPLE} = -270°C to +1300°C, T _A = -40°C to +125°C (Note 12)	-6		+6	
MAX31850T Thermocouple Temperature Gain and Offset Error (52.18μV/°C nominal sensitivity) (Note 11)		T _{THERMOCOUPLE} = -100°C to +100°C, T _A = 0°C to +70°C (Note 12)	-1		+1	°C
		T _{THERMOCOUPLE} = -270°C to +400°C, T _A = -20°C to +85°C (Note 12)	-2		+2	
		T _{THERMOCOUPLE} = -270°C to +400°C, T _A = -40°C to +125°C (Note 12)	-4		+4	
MAX31850E Thermocouple Temperature Gain and Offset Error (76.373μV/°C nominal sensitivity) (Note 11)		T _{THERMOCOUPLE} = -120°C to +100°C, T _A = -20°C to +85°C (Note 12)	-1		+1	°C
		T _{THERMOCOUPLE} = -200°C to +700°C, T _A = -20°C to +85°C (Note 12)	-2		+2	
		T _{THERMOCOUPLE} = +700°C to +1000°C, T _A = -20°C to +85°C (Note 12)	-4		+4	
		T _{THERMOCOUPLE} = -270°C to +1000°C, T _A = -40°C to +125°C (Note 12)	-5		+5	

MAX31850/MAX31851

冷端补偿、1-Wire 热电偶至数字转换器

THERMAL CHARACTERISTICS (continued)

(3.0V ≤ VDD ≤ 3.6V, T_A = -40°C to +125°C, unless otherwise noted.) (Note 2)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
MAX31851R Thermocouple Temperature Gain and Offset Error (10.506μV/°C nominal sensitivity) (Note 11)		T _{THERMOCOUPLE} = -50°C to +100°C, T _A = 0°C to +70°C (Note 12)	-2		+2	°C
		T _{THERMOCOUPLE} = -50°C to +700°C, T _A = -20°C to +85°C (Note 12)	-3		+3	
		T _{THERMOCOUPLE} = +700°C to +1768°C, T _A = -20°C to +85°C (Note 12)	-5		+5	
		T _{THERMOCOUPLE} = -50°C to +1768°C, T _A = -40°C to +125°C (Note 12)	-7		+7	
MAX31851S Thermocouple Temperature Gain and Offset Error (9.587μV/°C nominal sensitivity) (Note 11)		T _{THERMOCOUPLE} = -50°C to +150°C, T _A = 0°C to +70°C (Note 12)	-2		+2	°C
		T _{THERMOCOUPLE} = -50°C to +700°C, T _A = -20°C to +85°C (Note 12)	-3		+3	
		T _{THERMOCOUPLE} = +700°C to +1768°C, T _A = -20°C to +85°C (Note 12)	-5		+5	
		T _{THERMOCOUPLE} = -50°C to +1768°C, T _A = -40°C to +125°C (Note 12)	-7		+7	
Thermocouple Temperature Data Resolution				0.25		°C
Thermocouple Temperature Data Long-Term Drift		Hot junction temperature = +400°C		±0.24		°C
Internal Cold-Junction Temperature Error		T _A = -40°C to +100°C (Note 13)	-2		+2	°C
Cold-Junction Temperature Data Resolution		T _A = -40°C to +125°C		0.0625		°C
Temperature Conversion Time (Thermocouple, Cold Junction, Fault Detection)	t _{CONV}	(Note 14)		72	100	ms

MAX31850/MAX31851

冷端补偿、1-Wire 热电偶至数字转换器

1-Wire TIMING CHARACTERISTICS

(3.0V ≤ V_{DD} ≤ 3.6V, T_A = -40°C to +125°C, unless otherwise noted.) (Notes 2, 3)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Time to Strong Pullup On	t _{SPON}	Start Convert T command issued			8	μs
Time Slot	t _{SLOT}	(Note 15)	60		120	μs
Recovery Time	t _{REC}	(Note 15)	1			μs
Write-0 Low Time	t _{LOW0}	(Note 15)	60		120	μs
Write-1 Low Time	t _{LOW1}	(Note 15)	1		15	μs
Read Data Valid	t _{RDV}	(Note 15)			15	μs
Reset Time High	t _{RSTH}	(Note 15)	480			μs
Reset Time Low	t _{RSTL}	(Notes 15, 16)	480			μs
Presence Detect High	t _{PDHIGH}	(Note 15)	15		60	μs
Presence Detect Low	t _{PDLOW}	(Note 15)	60		240	μs
Capacitance: DQ	C _{IN/OUT}	(Note 17)			25	pF
Capacitance: AD0–AD3	C _{IN_ADD}	(Note 17)			50	pF

Note 2: Limits are 100% production tested at T_A = +25°C. Limits over the operating temperature range and relevant supply voltage range are guaranteed by design and characterization.

Note 3: Limits are 100% production tested at T_A = +25°C and +85°C. Limits over the operating temperature range and relevant supply voltage are guaranteed by design and characterization.

Note 4: All voltages are referenced to GND. Currents entering the IC are specified positive and currents exiting the IC are negative.

Note 5: The pullup supply voltage specification assumes that the pullup device is ideal, and therefore the high level of the pullup is equal to V_{PU}. To meet the device's V_{IH} specification, the actual supply rail for the strong pullup transistor must include margin for the voltage drop across the transistor when it is turned on. Thus: V_{PU_ACTUAL} = V_{PU_IDEAL} + V_{TRANSISTOR}.

Note 6: To guarantee a presence pulse under low-voltage parasite power conditions, V_{ILMAX}, may have to be reduced to as low as 0.5V.

Note 7: Standby current specified up to +70°C.

Note 8: To minimize I_{DDs}, DQ should be within the following ranges: V_{GND} ≤ V_{DQ} ≤ V_{GND} + 0.3V or V_{DD} - 0.3V ≤ V_{DQ} ≤ V_{DD}.

Note 9: Active current refers to supply current during active temperature conversions.

Note 10: DQ is high (high-impedance state with external pullup).

Note 11: Not including cold-junction temperature error or thermocouple nonlinearity.

Note 12: Guaranteed by design. These limits represent six sigma distribution for T_A = +25°C to +85°C. Outside this temperature range, these limits are three sigma distribution.

Note 13: Guaranteed by design. These limits represent a three sigma distribution.

Note 14: After minimum V_{DD} has been reached during power-up, wait 10ms before initiating temperature conversions.

Note 15: See the [1-Wire Timing Diagrams](#).

Note 16: Under parasite power, if t_{RSTL} > 960μs, a power-on reset (POR) may occur.

Note 17: Represents the maximum capacitive load that may be applied to the pins and still maintain timing and logic state.

MAX31850/MAX31851

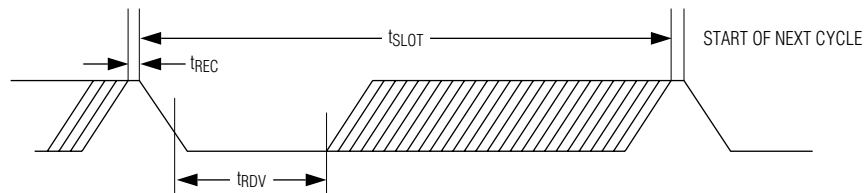
冷端补偿、1-Wire 热电偶至数字转换器

1-Wire时序图

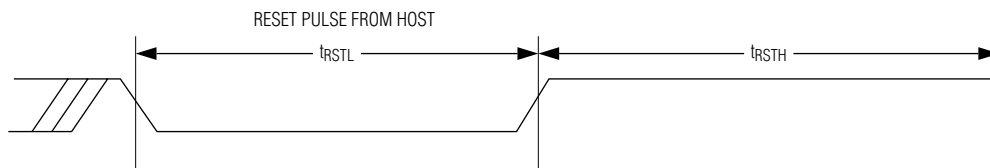
1-Wire WRITE-ZERO TIME SLOT



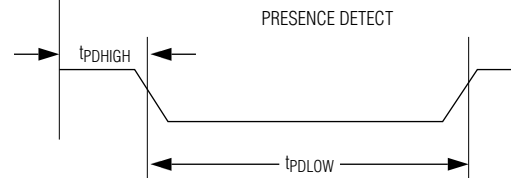
1-Wire READ-ZERO TIME SLOT



1-Wire RESET PULSE



1-Wire PRESENCE DETECT

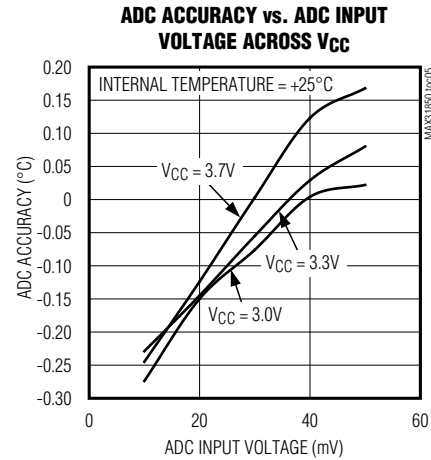
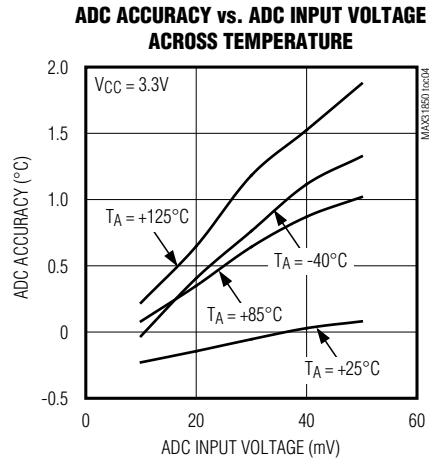
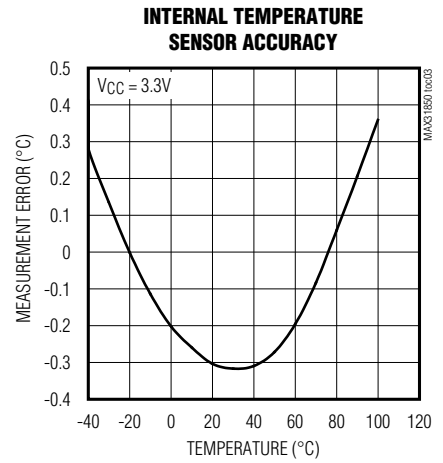
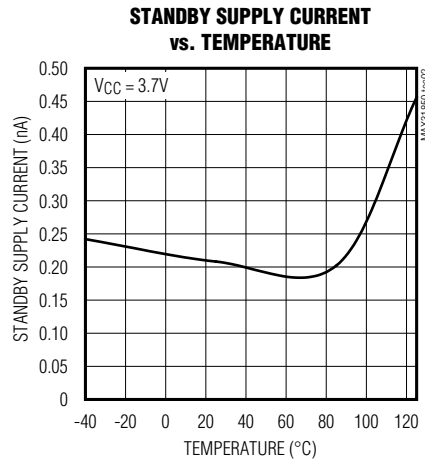
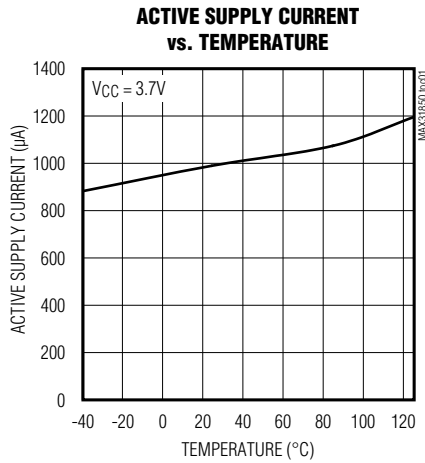


MAX31850/MAX31851

冷端补偿、1-Wire 热电偶至数字转换器

典型工作特性

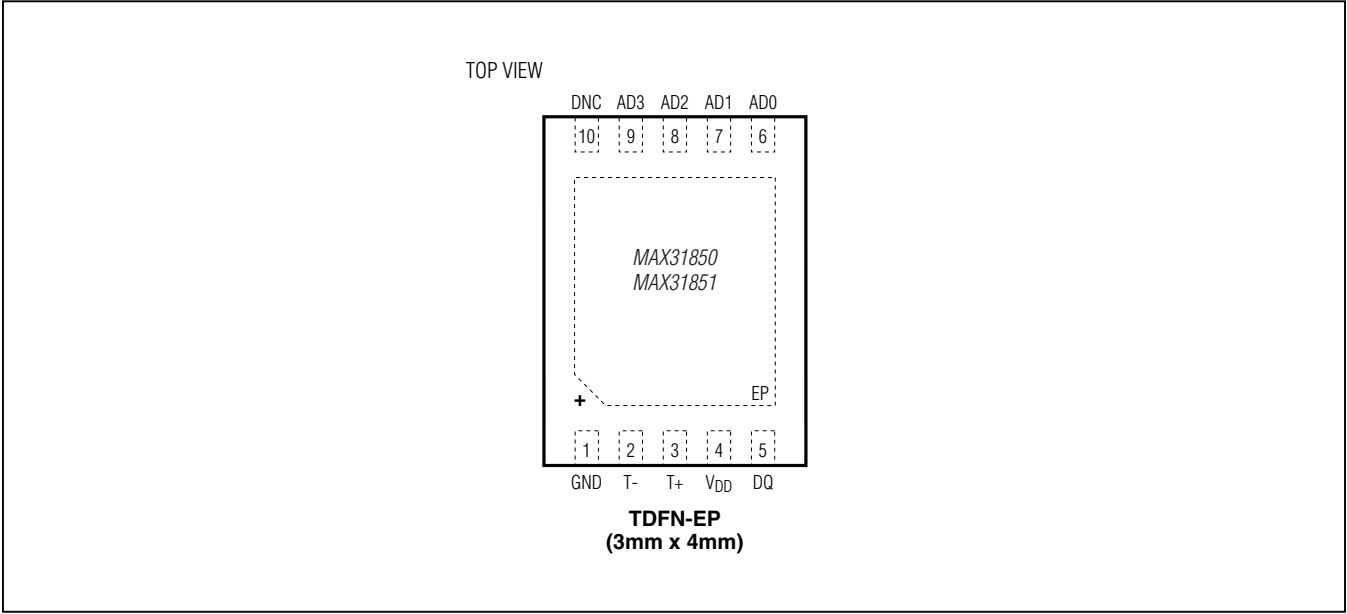
($V_{CC} = +3.3V$, $T_A = +25^\circ C$, unless otherwise noted.)



MAX31850/MAX31851

冷端补偿、1-Wire 热电偶至数字转换器

引脚配置



引脚说明

引脚	名称	功能
1	GND	地。
2	T-	热电偶输入，参见表1。请勿连接至GND。
3	T+	热电偶输入，参见表1。
4	V _{DD}	电源电压。
5	DQ	数据输入/输出，1-Wire开漏接口。工作在寄生供电模式时，也通过该引脚为器件供电(见寄生供电部分)。
6	AD0	位置地址输入(最低有效位)。
7	AD1	位置地址输入。
8	AD2	位置地址输入。
9	AD3	位置地址输入(最高有效位)。
10	DNC	不连接。
—	EP	裸焊盘，无内部连接。连接至GND或浮空。

MAX31850/MAX31851

冷端补偿、1-Wire 热电偶至数字转换器

详细说明

MAX31850/MAX31851为成熟的热电偶至数字转换器，内置14位模/数转换器(ADC)。带有冷端补偿检测和修正、数字控制器、1-Wire数据接口，以及相关的控制逻辑。提供多个版本的器件，每个版本针对特定的热电偶类型(K、J、N、T、S、R或E型)进行优化和调整。热电偶类型以器件型号后缀(例如MAX31850K)的含义，型号选型请参见[订购信息表](#)。

顾名思义，1-Wire总线只需要一根数据线(及地)即可与中央微控制器通信。由于全部器件通过三态或开漏端口(即DQ引脚)连接至总线，所以数据线需要弱上拉电阻。四个位置地址输入，简化了将器件映射至特定位置。

每个器件具有唯一的64位序列号，允许多个器件工作在同一1-Wire总线。这种总线系统中，微控制器利用每个器件唯一的64位序列号识别、寻址器件。由于每个器件具有唯一序列号，所以一个总线上可寻址的器件数量几乎是无限的。1-Wire总线协议，包括详细的命令和时序说明，在[1-Wire总线系统](#)部分介绍。

暂存器包含2字节温度寄存器，储存冷端补偿热电偶温度数据。第二个2字节寄存器储存本地冷端温度。这两个寄存器也储存热电偶开路以及对电源和地短路的故障数据。

器件可由连接至V_{DD}的电源供电，也可在总线为高电平时通过1-Wire上拉电阻由DQ引脚供电。高电平总线信号还为内部电容(C_{PP})充电，当总线为低电平时电容储能为器件供电。这种从1-Wire总线取电的方法称为“寄生供电”。

温度转换

器件包括信号调理硬件电路，将热电偶信号调整到与ADC输入通道相匹配的电压。T₊和T₋输入连接到内部电路，可减小热电偶引线引入的噪声误差。

将热电偶电压转换为等效的温度值之前，需要补偿热电偶冷端(器件环境温度)与0°C实际参考值的差异。对于K型热电偶，电压按照大约41μV/°C的规律变化，按以下线性方程式逼近热电偶特性：

$$V_{OUT} = (41.276\mu V/^{\circ}C) \times (T_R - T_{AMB})$$

式中，V_{OUT}为热电偶输出电压(μV)，T_R为远端热电偶结温(°C)，T_{AMB}为器件温度(°C)。

其它类型的热电偶采用类似的直线逼近，但增益不同。注意，MAX31850/MAX31851假定温度和电压之间为线性关系。由于所有热电偶都呈现一定的非线性，应对器件输出数据进行适当修正。

冷端补偿

热电偶的功能是检测热电偶引线两端的温度差。可以读取热电偶“热”端在整个工作温度范围([表1](#))内的读数。参考端或“冷”端(应与器件所在的电路板温度相同)的温度范围为-55°C至+125°C。冷端温度波动时，器件仍可准确检测另一端的温度差。

器件通过冷端补偿对参考端的温度变化进行检测和修正。首先测量内部管芯温度，该温度应与参考端的温度相同；然后测量热电偶参考端的输出电压，并将其转换为补偿之前的热电偶温度值。将该值叠加到器件的管芯温度，计算得到热电偶的“热端”温度。注意，“热端”温度也可能低于冷端(或参考端)温度。

热电偶冷端与器件温度相同时，器件具有最佳性能。避免将发热设备或热源靠近MAX31850/MAX31851，否则会产生冷端误差。

MAX31850/MAX31851

冷端补偿、1-Wire 热电偶至数字转换器

表1. 热电偶引线连接和标称灵敏度

TYPE	T- WIRE	T+ WIRE	TEMP RANGE (°C)	SENSITIVITY (μV/°C)	COLD-JUNCTION SENSITIVITY (μV/°C) (0°C TO +70°C)
K	Alumel	Chromel	-270 to +1372	41.276 (0°C to +1000°C)	40.73
J	Constantan	Iron	-210 to +1200	57.953 (0°C to +750°C)	52.136
N	Nisil	Nicrosil	-270 to +1300	36.256 (0°C to +1000°C)	27.171
R	Platinum	Platinum/Rhodium	-50 to +1768	10.506 (0°C to +1000°C)	6.158
S	Platinum	Platinum/Rhodium	-50 to +1768	9.587 (0°C to +1000°C)	6.181
T	Constantan	Copper	-270 to +400	52.18 (0°C to +400°C)	41.56
E	Constantan	Chromel	-270 to +1000	76.373 (0°C to +1000°C)	44.123

转换功能

在温度转换时间 t_{CONV} 内，器件执行三项操作：内部冷端温度转换、外部热电偶温度转换和热电偶故障检测。

对内部冷端补偿电路进行温度转换时，断开外部热电偶信号(开关S4)，连接到冷端补偿电路(开关S5)。T-保持与内部参考地的连接(开关S3闭合)，断开故障检测电路(开关S1和S2)。

对外部热电偶进行温度转换时，断开内部故障检测电路(方框图中的开关S1和S2)，断开冷端补偿电路(开关S5)。内部地参考端保持连接(开关S3)，闭合与ADC的连接通路(开关S4)。允许ADC处理T+和T-两端的检测电压。如果

T+和T-未连接，热电偶温度信号为0 (Scratchpad字节1的MSb)，热电偶温度值的其它位为1。

故障检测期间，断开外部热电偶以及冷端补偿电路与ADC的连接(开关S4和S5，见方框图)，断开T-端的内部参考地连接(开关S3)，接通内部故障检测电路(开关S1和S2)。故障检测电路测试T+和T-输入与 V_{DD} 或GND的短路状况，以及热电偶开路故障。内部(冷结)温度数据的第0、1和2位通常为低电平。第2位为高电平表示热电偶短路至 V_{DD} ，第1位为高电平表示热电偶短路至GND，第0位为高电平表示热电偶开路。如果存在任何一种故障，冷端补偿热电偶温度数据的第0位(正常条件下为低电平)也变为高电平，表示发生故障。

MAX31850/MAX31851

冷端补偿、1-Wire 热电偶至数字转换器

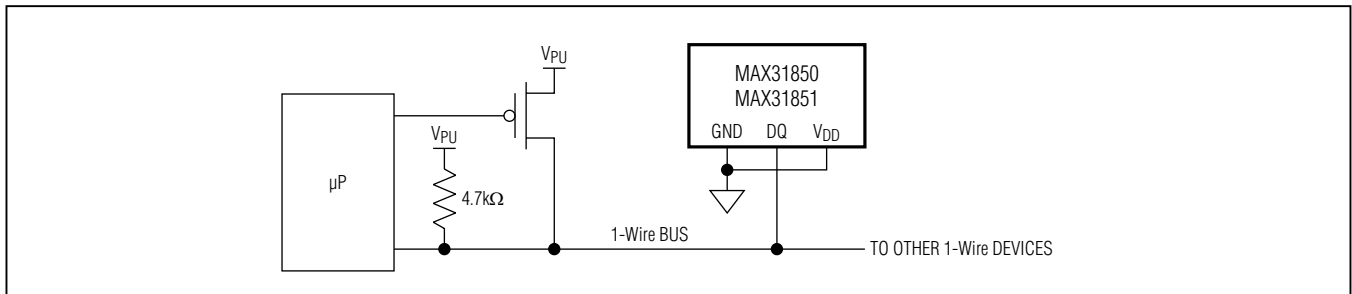


图1. 温度转换期间为寄生供电的MAX31850/MAX31851供电

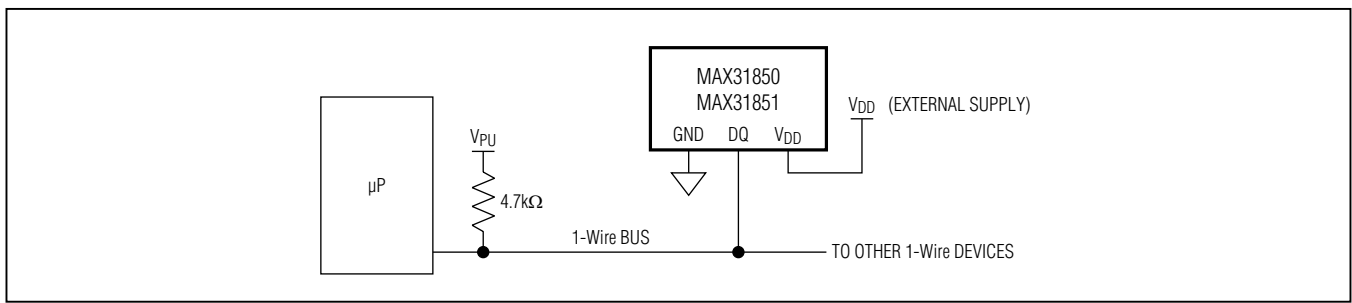


图2. 利用外部电源为MAX31850/MAX31851供电

MAX31850/MAX31851供电

MAX31850/MAX31851可通过V_{DD}引脚由外部电源供电，也可工作在“寄生供电”模式，允许器件在没有本地外部电源的情况下正常工作。寄生供电对于需要远端温度检测或空间受限的应用非常有用。[图1](#)所示为器件的寄生供电控制电路，该电路在总线为高电平时通过DQ从1-Wire总线“窃”电。所窃取的电荷在总线为高电平时为器件供电，一部分电荷则储存在寄生供电电容(C_{PP})中，以便在总线为低电平时供电。器件工作在寄生供电模式时，V_{DD}必须连接至地。

寄生供电模式下，只要满足规定的时间和电压要求，1-Wire总线和C_{PP}为器件提供的电流能够支持大多数工作的需求(见[DC Electrical Characteristics](#)和[1-Wire Timing Characteristics](#)表)。但当器件执行温度转换时，工作电流可能高达1.5mA。如此大的电流会在1-Wire弱上拉电阻上

造成不可接受的压降，并且超出C_{PP}能够提供的电流范围。为确保器件具有足够的供电电流，每次进行温度转换时，必须在1-Wire总线上提供强上拉，如[图1](#)所示，可通过MOSFET直接将总线拉至电源电压实现强上拉，如[图1](#)所示，可通过MOSFET直接将总线拉至电源电压实现强上拉。1-Wire总线必须在发送Convert T [44h]命令后10μs (最大)内切换至强上拉，并且总线必须在转换持续时间(t_{CONV})期间通过上拉保持为高电平。使能上拉时，1-Wire总线上不能发生其它操作。

器件也可通过将外部电源连接至V_{DD}，采用传统方法供电，如[图2](#)所示。这种方法的好处是不需要MOSFET上拉，1-Wire总线在温度转换周期内可以进行其它操作。

温度高于100°C时，由于可能出现较大的漏电流，导致器件不能维持正常通信，所以，这种状况下不建议采用寄生供电。对于可能出现这种温度的应用，强烈建议器件由外部电源供电。

MAX31850/MAX31851

冷端补偿、1-Wire 热电偶至数字转换器

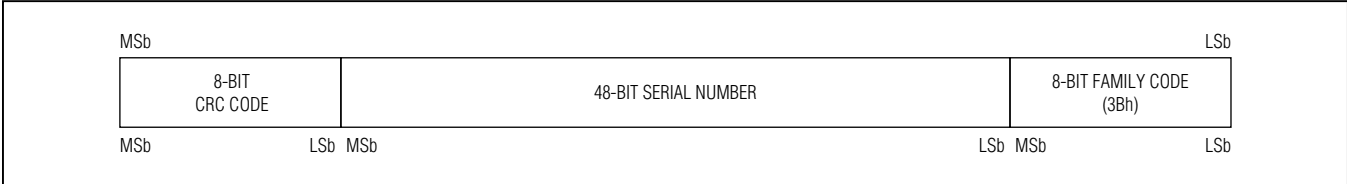


图3. 64位ROM码

	SCRATCHPAD (POWER-UP STATE SHOWN IN PARENTHESES)
BYTE 0	COLD-JUNCTION-COMPENSATED THERMOCOUPLE TEMPERATURE LSB AND FAULT STATUS (00h)
BYTE 1	COLD-JUNCTION-COMPENSATED THERMOCOUPLE TEMPERATURE MSB (00h)
BYTE 2	INTERNAL (COLD JUNCTION) TEMPERATURE AND FAULT STATUS LSB (00h)
BYTE 3	INTERNAL (COLD JUNCTION) TEMPERATURE MSB (00h)
BYTE 4	CONFIGURATION REGISTER*
BYTE 5	RESERVED (FFh)
BYTE 6	RESERVED (FFh)
BYTE 7	RESERVED (FFh)
BYTE 8	CRC

*THE LOWER 4 BITS (AD[3:0]) OF THE CONFIGURATION REGISTER ARE HARDWIRED THROUGH AD0-AD3.

图4. 存储器映射

有些情况下，总线主控制器可能不知道总线上的器件由寄生供电还是由外部电源供电。主控制器需要利用该信息确定是否在温度转换期间采用强上拉。为获得该信息，主控制器可发送Skip ROM [CCh]命令和Read Power Supply [B4h]命令，然后发送读时隙。读时隙期间，寄生供电的器件将总线拉低，外部供电器件则使总线保持为高电平。如果总线被拉低，主控制器就知道必须在温度转换期间在1-Wire总线上提供强上拉。

64位ROM码

每个器件在ROM中存有唯一的64位码(图3)。ROM码的8个最低有效位包含器件的1-Wire家族码3Bh。接下来的48位是器件唯一的序列号。8个最低有效位包含循环冗余码校验(CRC)字节，根据ROM码的前56位计算得到。关于CRC校验的详细说明，请参考CRC生成部分。64位ROM

码及相关的ROM功能控制逻辑，允许器件作为1-Wire器件工作，需要遵循1-Wire总线系统部分详细介绍的协议。

暂存器

器件暂存器的组织形式如图4所示。MAX31850/MAX31851功能命令部分详细介绍了所有的存储器命令。

Scratchpad的字节0和字节1分别包含热电偶温度寄存器的最低有效字节和最高有效字节；字节2和3包含内部(冷结)温度值的LSB和MSB，以及故障状态；字节4包含配置信息；字节5、6和7由器件保留内部使用，不能覆盖，如果读取这些字节，将全部返回1。

Scratchpad的字节8位只读，包含暂存器字节0-7的CRC码。器件利用CRC生成部分介绍的方法生成该CRC码。

MAX31850/MAX31851

冷端补偿、1-Wire 热电偶至数字转换器

配置寄存器

Scratchpad的字节4包含配置寄存器，组织形式如[配置寄存器格式](#)所示。配置寄存器允许用户读取地址引脚的设置。AD[3:0]位表示引脚设置的位置信息。连接至DQ引脚表示

为逻辑1，连接至GND的引脚表示为逻辑0。通过电阻连接至DQ或GND的引脚，如果电阻小于10kΩ，为有效的逻辑1或0。悬空或高阻(> 10kΩ)连接为不确定状态。位[7:4]保留为内部使用，不可覆盖；如果读取这些位，返回1。

配置寄存器格式

BIT 7	BIT 6	BIT 5	BIT 4	BIT 3	BIT 2	BIT 1	BIT 0
—	—	—	—	AD3	AD2	AD1	AD0

注：位[3:0]通过四个位置设置地址引脚AD[3:0]进行设置。读取配置寄存器提供多达16个器件的位置信息。

表2. 温度数据格式

Cold-Junction-Compensated Thermocouple Temperature Data (Bytes 0 and 1)								
BIT	7	6	5	4	3	2	1	0
LSByte (Scratchpad Byte 0)	2^3	2^2	2^1	2^0	2^{-1}	2^{-2}	Reserved	1 = Fault
BIT	15	14	13	12	11	10	9	8
MSByte (Scratchpad Byte 1)	Sign	2^{10}	2^9	2^8	2^7	2^6	2^5	2^4
Internal (Cold-Junction) Temperature Data (Bytes 2 and 3)								
BIT	7	6	5	4	3	2	1	0
LSByte (Scratchpad Byte 2)	2^{-1}	2^{-2}	2^{-3}	2^{-4}	Reserved	1 = Short to V_{DD}	1 = Short to GND	1 = Open Circuit
BIT	15	14	13	12	11	10	9	8
MSByte (Scratchpad Byte 3)	Sign	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0

表3. 热电偶温度数据格式

TEMPERATURE (°C)	DIGITAL OUTPUT (D[31:18])
+1600.00	0110 0100 0000 00
+1000.00	0011 1110 1000 00
+100.75	0000 0110 0100 11
+25.00	0000 0001 1001 00
0.00	0000 0000 0000 00
-0.25	1111 1111 1111 11
-1.00	1111 1111 1111 00
-250.00	1111 0000 0110 00

表4. 内部(冷结)温度数据格式

TEMPERATURE (°C)	DIGITAL OUTPUT (D[15:4])
+127.0000	0111 1111 0000
+100.5625	0110 0100 1001
+25.0000	0001 1001 0000
0.0000	0000 0000 0000
-0.0625	1111 1111 1111
-1.0000	1111 1111 0000
-20.0000	1110 1100 0000
-55.0000	1100 1001 0000

MAX31850/MAX31851

冷端补偿、1-Wire 热电偶至数字转换器

CRC生成

CRC字节为器件64位ROM码的一部分，位于Scratchpad的第9字节。ROM码CRC根据ROM码的前56位计算得到，包含在ROM的最高有效字节中。暂存器CRC根据暂存器中的数据计算得到，因此随相应暂存器数据的变化而变化。从器件读取数据时，CRC为总线控制器提供数据验证的方法。为了验证数据读取是否正确，总线控制器必须根据接收到的数据重新计算CRC，然后将该值与ROM码CRC (ROM读操作)或暂存器的CRC相比较(暂存器读操作)。如果计算的CRC与读取的CRC一致，说明接收的数据无误。CRC值的比较以及继续操作的决定完全由总线控制器完成。如果器件CRC (ROM或中间结果存储器)与总线控制器产生的值不匹配，器件内部没有防止命令序列继续执行的电路。

CRC (ROM或中间结果存储器)的等效多项式函数为：

$$CRC = X^8 + X^5 + X^4 + 1$$

总线控制器可利用图5所示多项式生成器重新计算CRC值，并将其与来自于器件的CRC值进行比较。该电路由移位寄存器和XOR门组成，移位寄存器初始化为0。从ROM码的最低有效位或中间结果存储器的字节0的最低有效位开始，每次将一位移入移位寄存器。从ROM移入第56位或者从Scratchpad的字节7移入最高有效位后，多项式生

成器即包含重新计算的CRC。接下来，来自于器件的8位ROM码或暂存器CRC必须移入电路。此时，如果重新计算的CRC正确，移位寄存器全部为0。关于1-Wire CRC的更多信息请参阅[应用笔记27：理解和运用Maxim iButton®产品中的循环冗余校验\(CRC\)](#)。

1-Wire总线系统

1-Wire总线系统采用单个总线控制器控制一个或多个从器件。MAX31850/MAX31851总为从器件。线上只有一个从器件时，系统称为单点系统；如果总线上有多个从器件，系统则为多点系统。在1-Wire总线上，所有的数据和命令总是先发送最低有效位。

以下分三个主题讨论1-Wire总线：硬件配置、传输时序和1-Wire信令(信号类型和定时)。

硬件配置

顾名思义，1-Wire总线只有单根数据线。每个器件(主控制器或从器件)通过开漏或三态端口连接至数据线。这允许每个器件在不传输数据时“释放”数据线，总线可供其它器件使用。器件的1-Wire端口(DQ)为开漏，具有等效于图6所示的内部电路。

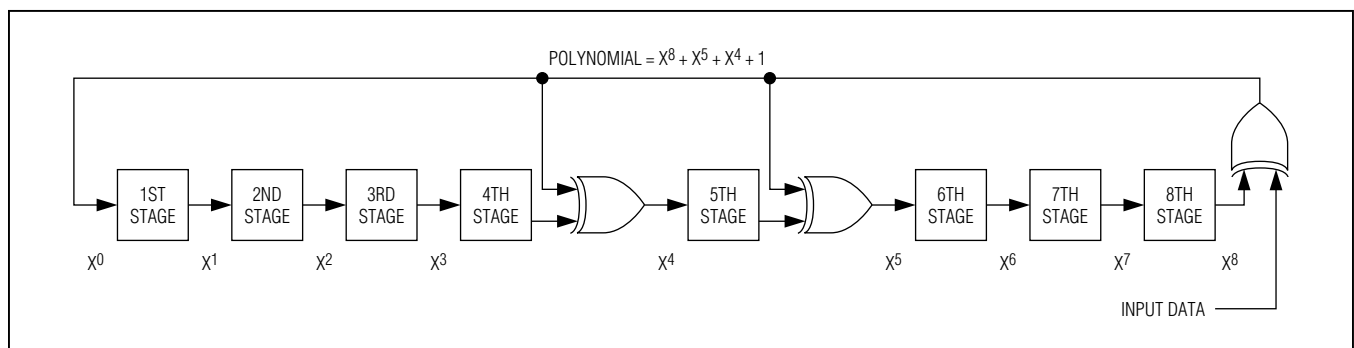


图5. CRC生成器

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

MAX31850/MAX31851

冷端补偿、1-Wire 热电偶至数字转换器

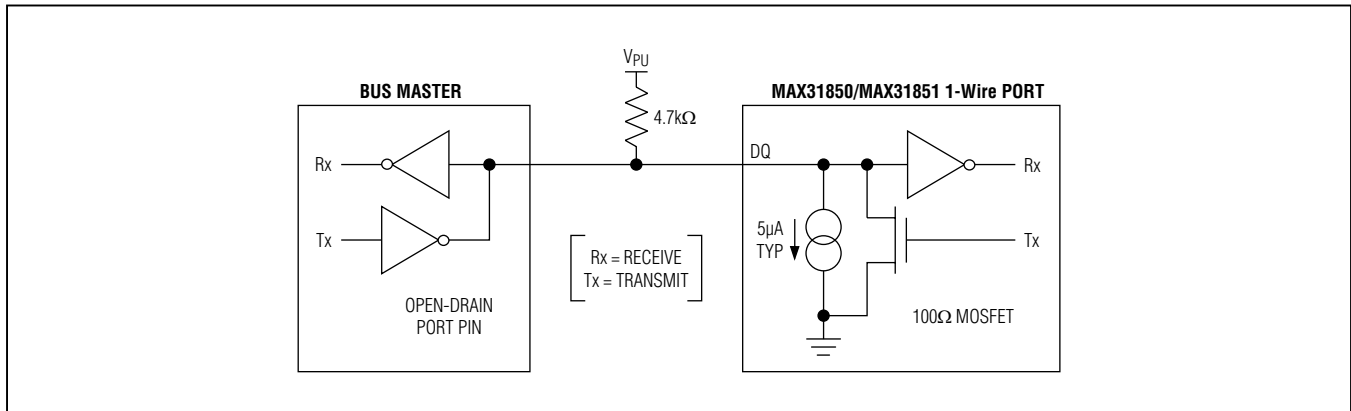


图6. 硬件配置

1-Wire总线需要大约5kΩ的外部上拉电阻，所以1-Wire总线空闲状态为高电平。如果由于某种原因需要暂停工作，稍后还能恢复工作的话，必须将总线置于空闲状态。恢复周期期间，只要1-Wire总线处于非工作(高电平)状态，位之间的恢复时间就可能无限。如果总线保持为低电平的时间超过480μs，总线上的全部器件复位。

处理流程

访问器件的处理流程如下：

- 1) 第1步：初始化
- 2) 第2步：ROM命令(后边跟任意必需的数据交换)
- 3) 第3步：MAX31850/MAX31851功能命令(后边跟任意必需的数据交换)

如果丢失序列中的任何一步或顺序不对，器件均不响应，所以每次访问器件时遵守以上时序非常重要。该规则的一个例外是Search ROM [F0h]命令。发送该ROM命令后，主控制器必须返回至序列中的第1步。

初始化

1-Wire总线上的所有数据传输均从初始化过程开始。该初始化过程由主机发送的复位脉冲和从器件发送的在线应答脉冲组成。在线应答脉冲用于通知主机总线上有从器件(例

如MAX31850/MAX31851)，并已准备就绪。复位和应答脉冲的时序在[1-Wire信令](#)部分详细介绍。

ROM命令

总线主控制器检测到应答脉冲后，可发送ROM命令。这些命令作用于每个从器件的唯一64位ROM码，如果1-Wire总线上有多个从器件，允许主控制器识别具体的器件。这些命令也允许主控制器确定总线有多少以及什么类型的器件。有四个ROM命令，每个命令为8位长。主控器件在发送MAX31850/MAX31851功能命令之前必须发送相应的ROM命令。[图7](#)所示为ROM命令工作的流程图。

Search ROM命令[F0h]

系统初始上电时，主控制器必须识别总线上全部从器件的ROM码，这样允许主控制器确定器件的数量及其器件类型。主控制器通过排除过程获得ROM码，该过程要求主控制器根据需要执行多次Search ROM循环(即Search ROM命令后边跟数据交换)，以识别从器件。如果总线上只有一个从器件，可使用更简单的Read ROM命令代替Search ROM过程。关于Search ROM命令过程的详细说明，请参见[应用笔记937: Book of iButton® Standards](#)。每个Search ROM循环之后，总线主控制器必须返回传输时序中的第1步(初始化)。

MAX31850/MAX31851

冷端补偿、1-Wire 热电偶至数字转换器

Read ROM命令[33h]

该命令仅适用于总线上连接单个器件的状况，允许总线控制器不使用Search ROM命令过程而读取从器件的64位ROM码。总线上有多个从器件时，如果使用该命令，全部从器件同时试图响应，会发生数据冲突。

Match ROM命令[55h]

Match ROM命令后边跟64位ROM码，允许总线控制器寻址多点或单点总线上的特定从器件。只有与64位ROM码序列严格匹配的从器件响应总线控制器发送的功能命令；总线上的其它全部器件等待复位脉冲。

Skip ROM命令[CCh]

主控制器可使用该命令同时寻址总线上的全部器件，无需发送任何ROM码命令。例如，主控制器可通过发送Skip ROM命令，后边跟Convert T [44h]功能命令，使总线上的全部器件同时执行温度转换。

注意，总线上只有一个从器件时，Skip ROM命令之后才可跟Read Scratchpad命令。这种情况下，允许主控制器从从器件进行读取，无需发送64位ROM码，节省时间。Skip ROM命令后边跟Read Scratchpad命令时，如果有多个从器件，由于多个器件试图同时发送数据，会造成数据冲突。

MAX31850/MAX31851功能命令

总线主控制器已经利用ROM命令寻址所要通信的MAX31850/MAX31851后，主控制器可发送MAX31850/MAX31851功能命令。这些命令允许主控制器读取从器件的暂存器、启动温度转换，以及确定供电模式。MAX31850/MAX31851功能命令汇总在表5，流程图如图8所示。

Convert T [44h]

该命令启动单次温度转换，包括测量内部(冷结)温度、测量热电偶温度，以及检测故障。转换之后，得到的冷端补偿热电偶数据、内部温度数据以及故障状态储存在暂存器的2字节温度寄存器中，MAX31850/MAX31851返回至低功耗空闲状态。如果器件工作在寄生供电模式，发送该命令之后10μs(最大)内，主控制器必须使能1-Wire总线的强上拉，持续时间为转换时间(t_{CONV})，如为MAX31850/MAX31851供电部分所述。如果器件由外部电源供电，主控制器可在Convert T命令之后发送读时隙，如果正在进行温度转换，器件通过发送“0”进行响应；完成转换时，发送“1”进行响应。寄生供电模式下，因为总线在转换期间被强上拉为高电平，所以不能使用这种通知方法。

表5. MAX31850/MAX31851功能命令集

COMMAND	DESCRIPTION	PROTOCOL	1-Wire BUS ACTIVITY AFTER COMMAND IS ISSUED
Convert T (Note 1)	Initiates temperature conversion.	44h	The device transmits conversion status to master (not applicable for parasite-powered devices).
Read Scratchpad (Note 2)	Reads the 9-byte scratchpad including the CRC byte.	BEh	The device transmits up to 9 data bytes to master. The 9th byte is the CRC byte.
Read Power Supply (Note 3)	Signals the device's power-supply mode to the master.	B4h	The device transmits supply status to the master.

注1：对于寄生供电的器件，温度转换期间，主控制器必须使能1-Wire总线的强上拉。这段时间，总线上不能有其它操作。

注2：主控制器可通过发送复位随时中断数据传输。

注3：读时隙期间，寄生供电的器件将DQ总线拉低，外部供电器件则使总线保持为高电平。

MAX31850/MAX31851

冷端补偿、1-Wire 热电偶至数字转换器

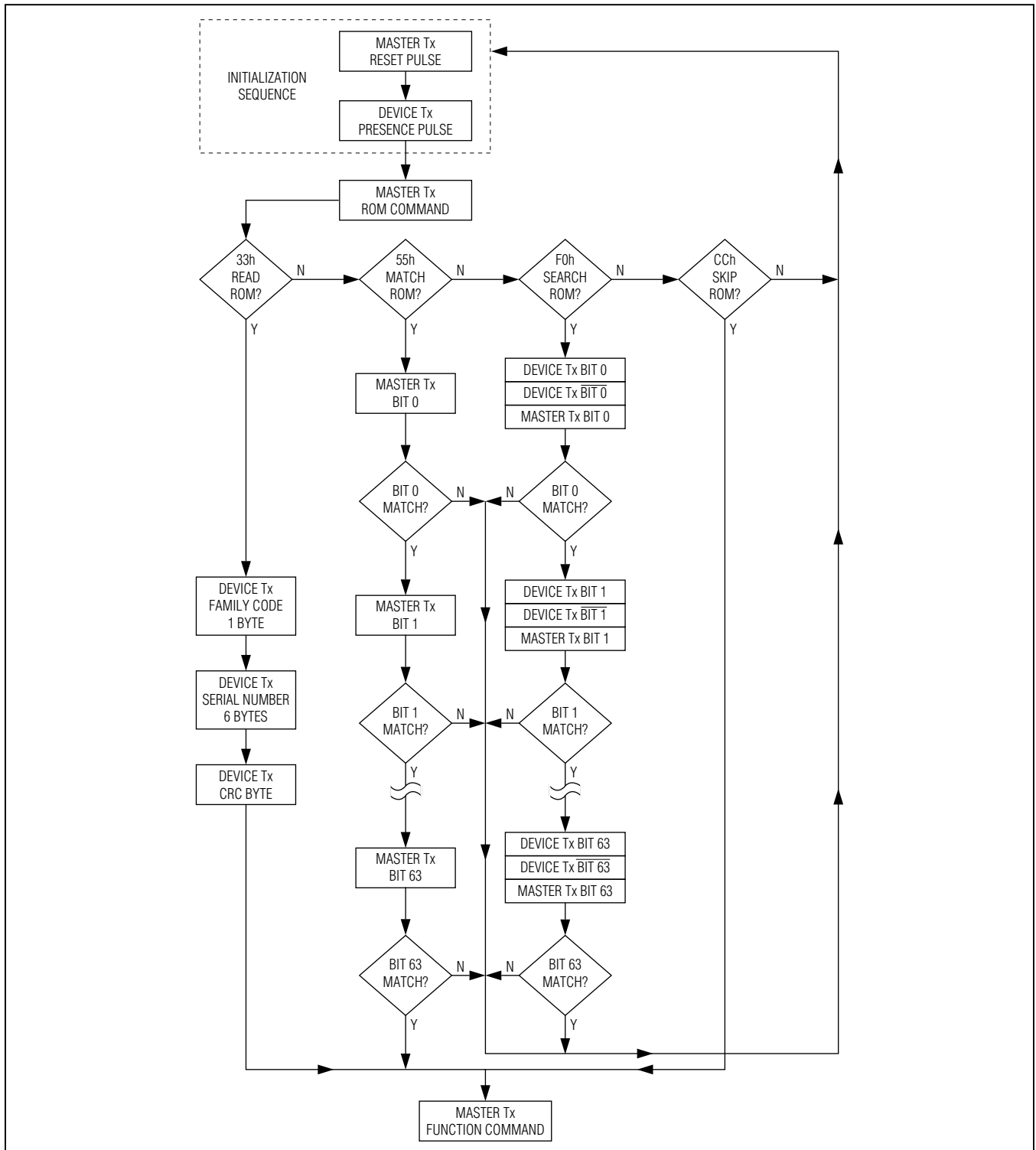


图7. ROM命令流程图

MAX31850/MAX31851

冷端补偿、1-Wire 热电偶至数字转换器

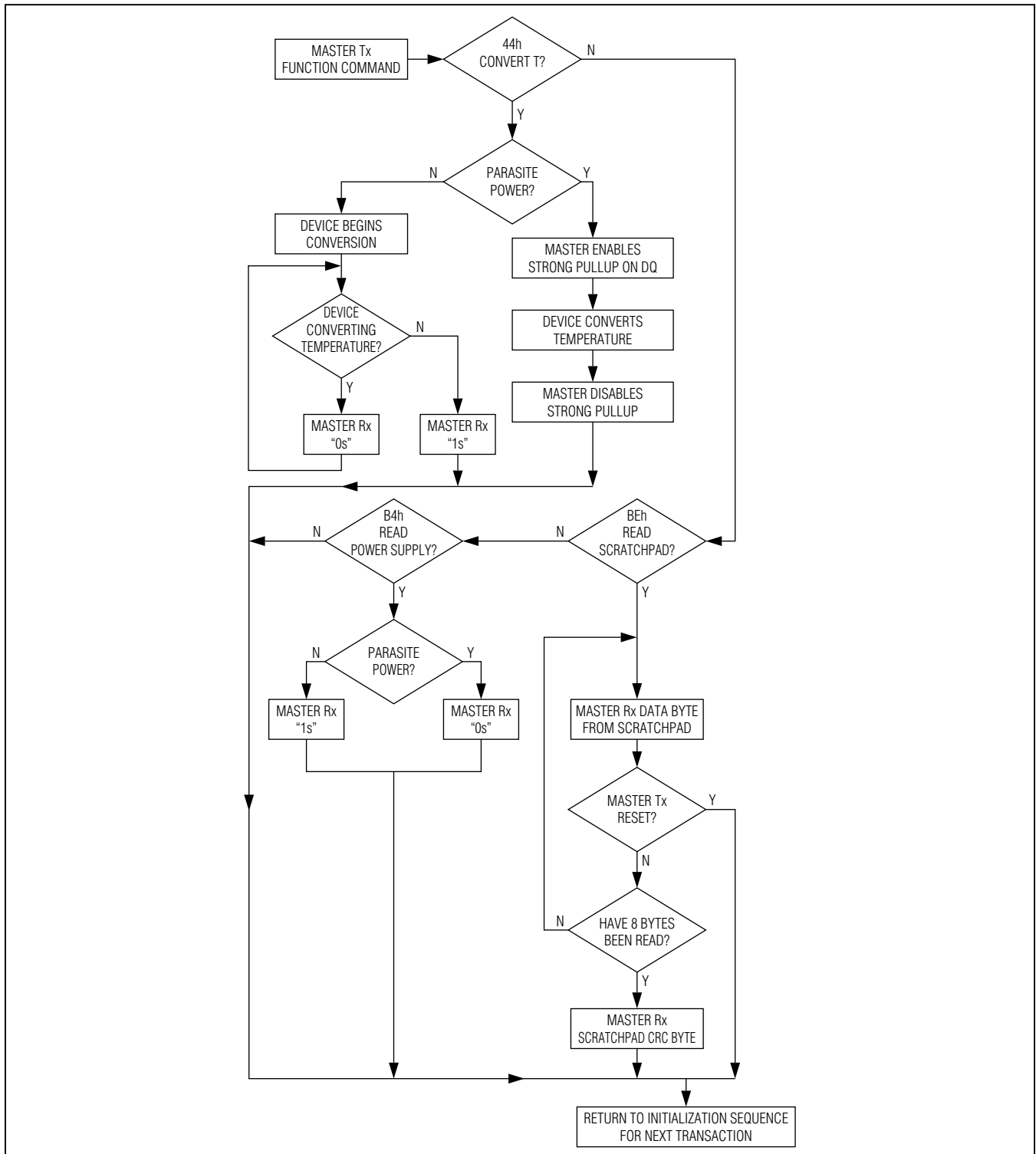


图8. MAX31850/MAX31851功能命令流程图

MAX31850/MAX31851

冷端补偿、1-Wire 热电偶至数字转换器

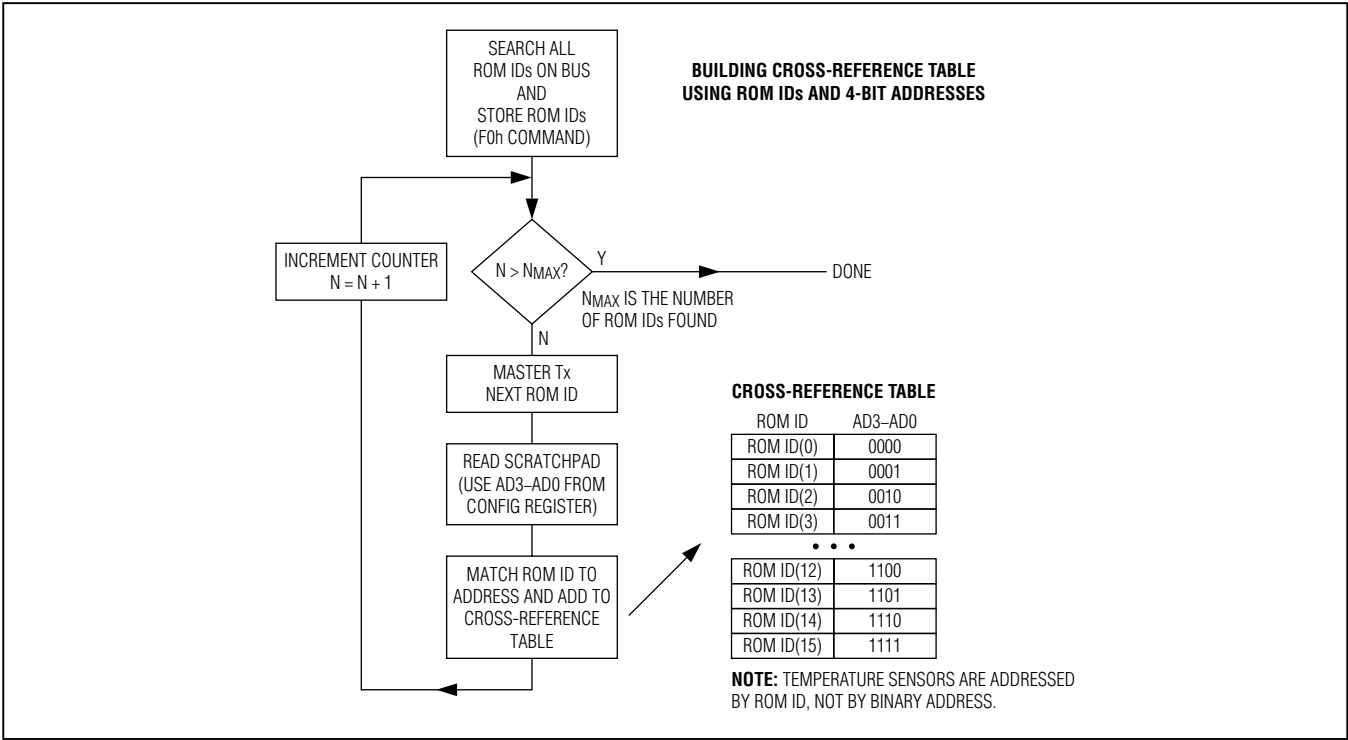


图9. 构建交叉引用表

Read Scratchpad [BEh]

该命令允许主机读取暂存器的内容。数据传输以字节0的最低有效位开始，直到读取第9字节(字节8, CRC)。如果只需要中间结果存储器的部分数据，主控制器可随时发送复位，中断读取。从字节0-7读取数据时，计算CRC，然后作为字节8移出。

Read Power Supply [B4h]

主控制器发布该命令，后边跟一个读时隙，以确定总线上是否有任何器件采用寄生供电。读时隙期间，寄生供电的器件将总线拉低，外部供电的器件不拉低总线。更多信息请参见为[MAX31850/MAX31851供电](#)部分。

构建交叉引用表

图9所示的过程使用Search ROM命令查找1-Wire总线上的全部MMAX31850/MAX31851(最多16个)，然后读取每个配置寄存器，将ROM ID与硬件连接地址相匹配。

1-Wire信令

器件采用严谨的1-Wire通信协议，以确保数据完整性。该协议定义了多种信号类型：复位脉冲、应答脉冲、写0、写1、读0和读1。除应答脉冲外，这些信号全部由总线控制器发起。总线上的全部MAX31850/MAX31851为从机。

初始化过程：复位和应答脉冲

器件的全部通信从初始化序列开始，序列包括来自于主控制器的复位脉冲，后边跟来自器件的应答脉冲。如图10所示。器件发送应答脉冲响应复位时，向主控制器表明器件在总线上准备就绪。

初始化期间，主控制器通过将1-Wire总线拉低480μs(最小)，发送(Tx)复位脉冲。然后主控制器释放总线并进入接收模式(Rx)。总线释放时，5kΩ上拉电阻将1-Wire总线拉高。器件检测到该上升沿时，等待15μs至60μs，然后通过将1-Wire总线拉低60μs至240μs，发送应答脉冲。

MAX31850/MAX31851

冷端补偿、1-Wire 热电偶至数字转换器

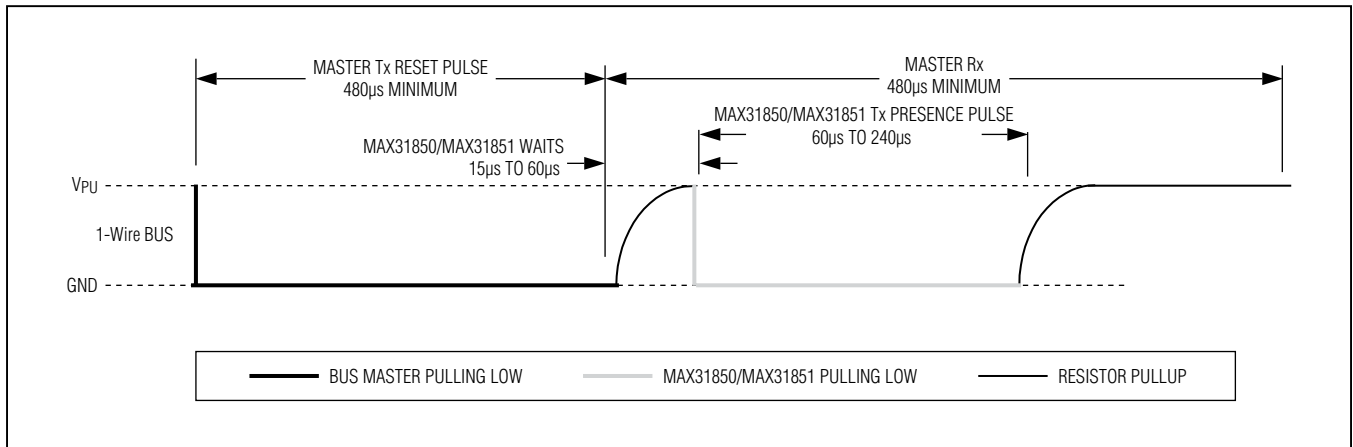


图10. 初始化时序

读/写时隙

总线主控制器在写时隙期间将数据写入器件，在读时隙期间从器件读取数据。每个时隙通过1-Wire总线传输数据的一位。

写时隙

有两种类型的写时隙：写1时隙和写0时隙。总线主控制器利用写1时隙向从机写逻辑1，利用写0时隙向从机写逻辑0。所有写时隙必须具有60µs (最小)的持续时间，写时隙之间具有1µs (最小)恢复时间。两种类型的写时隙均由主控制器将1-Wire总线拉低发起(图11)。

为产生写1时隙，在将1-Wire总线拉低后，总线主控制器必须在15µs内释放1-Wire总线。总线被释放时，5kΩ上拉电阻将总线拉高。为产生写0时隙，在将1-Wire总线拉低后，总线主控制器必须在时隙的持续时间(至少60µs)保持拉低总线。

主控制器发起写时隙后的15µs至60µs时间窗口内，从机采样1-Wire总线。如果总线在采样窗口期间为高电平，向从机写1；如果数据线为低电平，向器件写0。

读时隙

主控制器产生读时隙时，从机只能向主控制器发送数据。因此，主控制器在发送Read Scratchpad [BEh]命令或Read Power Supply [B4h]命令后必须立即产生读时隙，使器件提供请求的数据。此外，主控制器可在发送Convert T [44h]命令后产生读时隙，以验证工作状态，如[MAX31850/MAX31851功能命令](#)部分所述。

所有读时隙必须具有60µs (最小)的持续时间，时隙之间具有1µs (最小)恢复时间。主控制器通过将1-Wire总线拉低至少1µs (t_{INIT})，然后释放总线，发起读时隙(图11)。主控制器发起读时隙后，从机开始在总线上发送1或0。从机通过使总线保持为高电平发送1，通过将总线拉低发送0。发送0时，从机在时隙结束时释放总线，上拉电阻将总线拉为高电平空闲状态。从机的输出数据在读时隙下降沿之后15µs内有效。因此，主控制器必须在时隙开始后的15µs内释放总线并采样总线状态。

图12中，对于读时隙， t_{INIT} 、 t_{RC} 及主控制器采样窗口之和必须小于15µs。 t_{RC} 为由于总线的电阻和电容特性引起的上升时间。图13中，通过使 t_{INIT} 和 t_{RC} 尽量短，以及在读时隙期间将主控制器采样时间定位在15µs周期的末端，将系统定时裕量最大化。

MAX31850/MAX31851

冷端补偿、1-Wire 热电偶至数字转换器

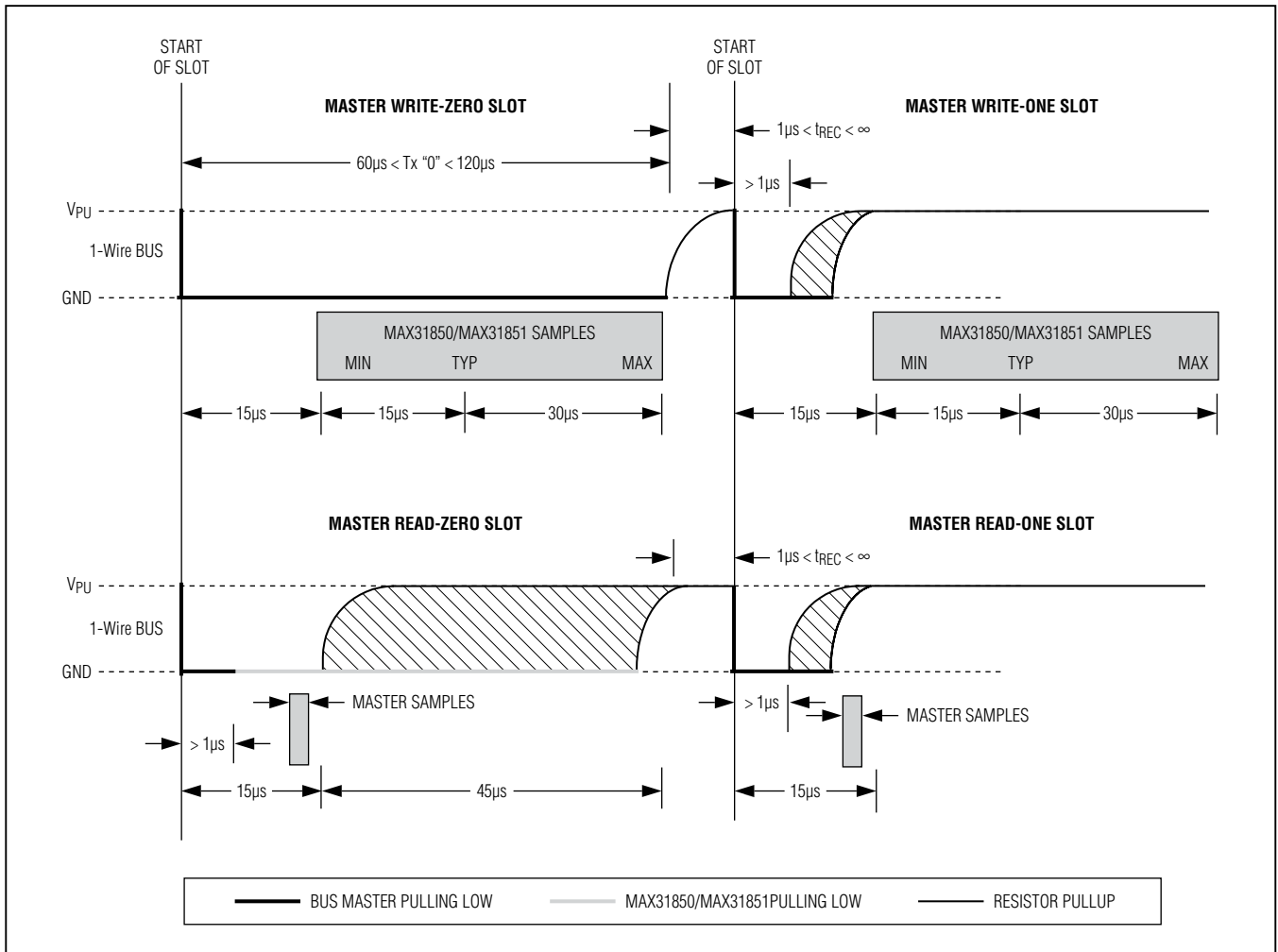


图11. 读/写时序图

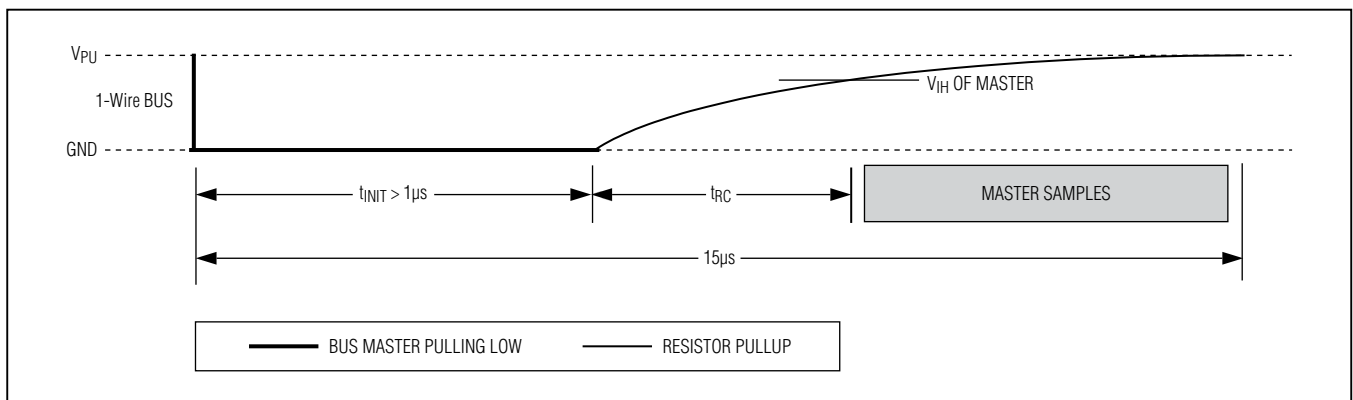


图12. 详细的主控制器读1时序

MAX31850/MAX31851

冷端补偿、1-Wire 热电偶至数字转换器

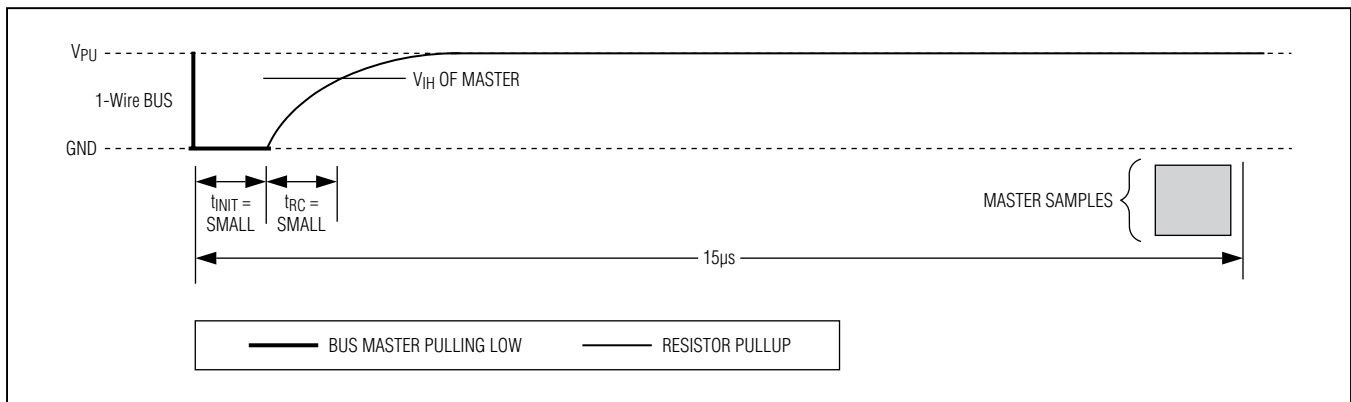


图13. 推荐的主控制器读1时序

表6. 工作示例

MASTER MODE	DATA (LSB FIRST)	COMMENTS
Tx	Reset	Master issues reset pulse.
Rx	Presence	Devices respond with presence pulse.
Tx	F0h	Master issues Search ROM command
Tx	Reset	Master issues reset pulse.
Rx	Presence	Devices respond with presence pulse.
Tx	55h	Master issues Match ROM command for desired address
Tx	64-bit ROM code	Master sends device ROM code.
Tx	44h	Master issues Convert T command.
Tx	DQ line held high by strong pullup	Master applies strong pullup to DQ for the duration of the conversion (t_{CONV}).
Tx	Reset	Master issues reset pulse.
Rx	Presence	Devices respond with presence pulse.
Tx	55h	Master issues Match ROM command.
Tx	64-bit ROM code	Master sends device ROM code.
Tx	BEh	Master issues Read Scratchpad command.
Rx	9 data bytes	Master reads entire scratchpad including CRC. The master then recalculates the CRC of the first 8 data bytes from the scratchpad and compares the calculated CRC with the read CRC (byte 9). If they match, the master continues; if not, the read operation is repeated.

工作示例

表6所示的工作示例中，总线上有多个器件，采用寄生供电。

总线主控制器在特定MAX31850/MAX31851中发起温度转换，然后读取Scratchpad并重新计算CRC，以验证数据。

MAX31850/MAX31851

冷端补偿、1-Wire 热电偶至数字转换器

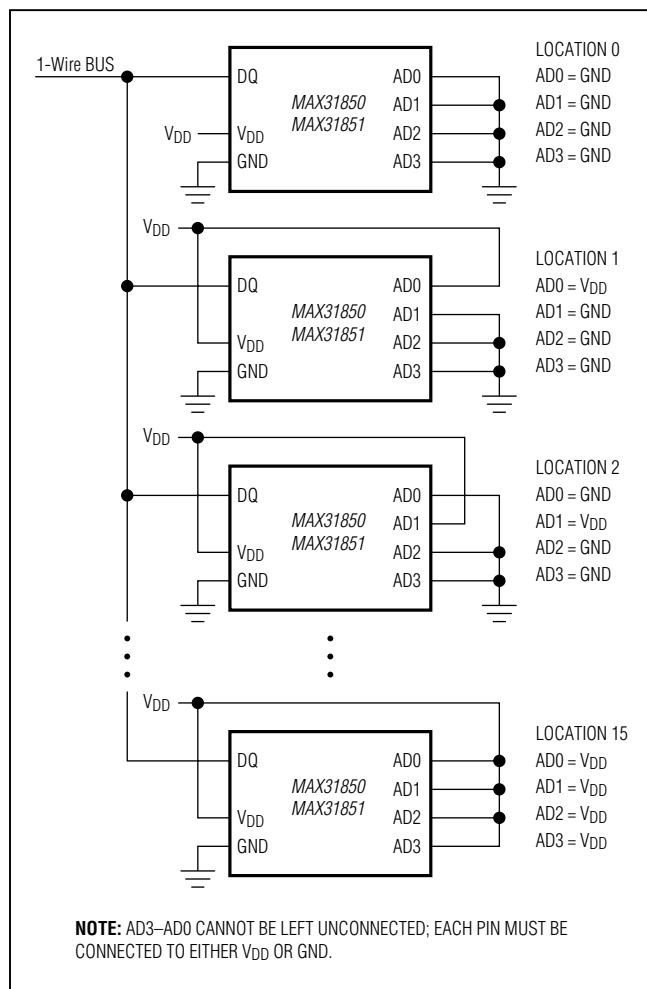


图14. 地址编程示意图—— V_{DD} 供电

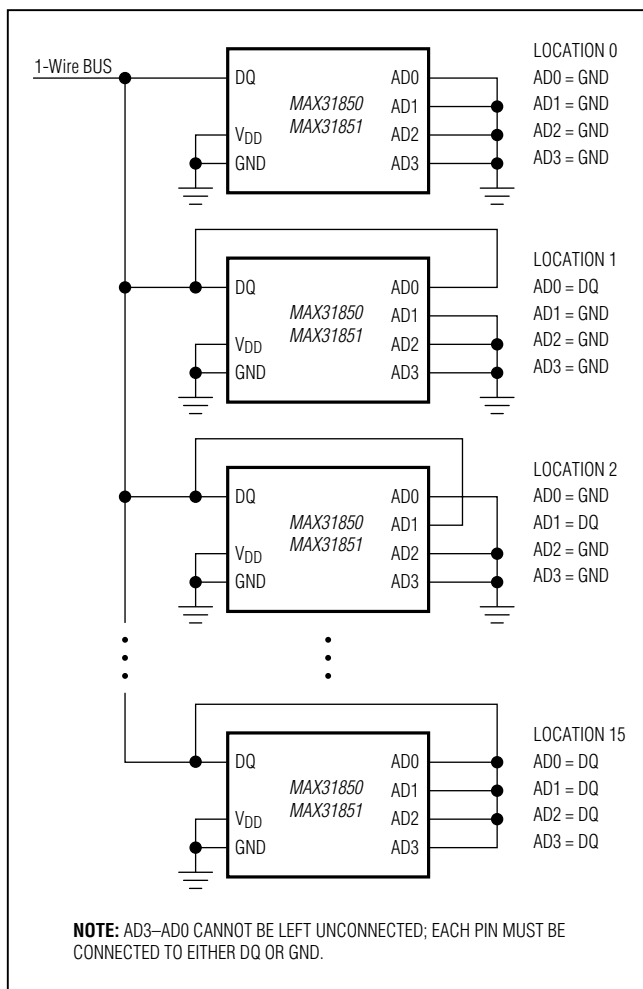


图15. 地址编程示意图——寄生供电

应用信息

热电偶开路 and 短路检测

Scratchpad字节0的LSB在正常状态下为低电平，热电偶输入开路或对地、 V_{DD} 短路时变为高电平。字节2的第0、1和2位通常为低电平。当第2位(SCV)为高电平时，表示热电偶短路至 V_{DD} ；当第1位(SCG)为高电平时，表示热电偶短路至地；当第0位(OC)为高电平时，表示热电偶开路。

噪声

由于涉及到小信号处理，热电偶温度测量很容易受电源耦合噪声的影响。在靠近器件 V_{DD} 引脚的位置安装 $0.1\mu\text{F}$ 陶瓷旁路电容，旁路至GND，将电源噪声的影响降至最低。

输入放大器为低噪声放大器，该放大器可以对输入进行高精度检测。确保热电偶和连接线远离电气噪声源。

MAX31850/MAX31851

冷端补偿、1-Wire 热电偶至数字转换器

建议在T+和T-引脚之间安装10nF陶瓷表贴差分电容，以滤除热电偶引线上的噪声。

散热考虑

有些应用中，自身发热会影响MAX31850/MAX31851的温度测量精度。温度误差量级取决于MAX31850/MAX31851封装的导热特性、安装工艺及空气流通条件的影响。采用大面积地可改善MAX31850/MAX31851的温度测量精度。

也可通过以下预防措施改善热电偶系统的精度：

- 确保测量区域的热量不扩散的情况下采用尽可能粗的导线。

- 如果必须使用细导线，仅在测量区域使用，在没有温度梯度的区域使用延长线。
- 避免机械应力和振动，这会对导线造成应力。
- 热电偶引线较长时，使用双绞线对延长线。
- 避免陡峭的温度梯度。
- 尽量使用在其温度额定值以内的热电偶引线。
- 恶劣环境下采用适当的屏蔽材料，保护热电偶引线。
- 仅在低温及小梯度区域使用延长线。
- 保存事件记录，并连续记录热电偶的电阻。

订购信息

器件	热电偶类型	温度范围	引脚-封装
MAX31850 KATB+	K	-270°C至+1372°C	10 TDFN-EP*
MAX31850KATB+T	K	-270°C至+1372°C	10 TDFN-EP*
MAX31850JATB+	J	-210°C至+1200°C	10 TDFN-EP*
MAX31850JATB+T	J	-210°C至+1200°C	10 TDFN-EP*
MAX31850NATB+	N	-270°C至+1300°C	10 TDFN-EP*
MAX31850NATB+T	N	-270°C至+1300°C	10 TDFN-EP*
MAX31850TATB+	T	-270°C至+400°C	10 TDFN-EP*
MAX31850TATB+T	T	-270°C至+400°C	10 TDFN-EP*
MAX31850EATB+	E	-270°C至+1000°C	10 TDFN-EP*
MAX31850EATB+T	E	-270°C至+1000°C	10 TDFN-EP*
MAX31851 SATB+	S	-270°C至+1768°C	10 TDFN-EP*
MAX31851SATB+T	S	-270°C至+1768°C	10 TDFN-EP*
MAX31851RATB+	R	-270°C至+1768°C	10 TDFN-EP*
MAX31851RATB+T	R	-270°C至+1768°C	10 TDFN-EP*

注：所有器件均可工作于-40°C至+125°C温度范围内。

+表示无铅(Pb)/符合RoHS标准的封装。

T = 卷带包装。

*EP = 裸焊盘

封装信息

如需最近的封装外形信息和焊盘布局(占位面积)，请查询china.maximintegrated.com/packages。请注意，封装编码中的“+”、“#”或“-”仅表示RoHS状态。封装图中可能包含不同的尾缀字符，但封装图只与封装有关，与RoHS状态无关。

封装类型	封装编码	外形编号	焊盘布局编号
10 TDFN-EP	T1034N+1	21-0268	90-0247

MAX31850/MAX31851

冷端补偿、1-Wire 热电偶至数字转换器

修订历史

修订号	修订日期	说明	修改页
0	6/13	最初版本。	—
1	8/13	声明MAX31850可用于R型和S型热电偶。	1, 4, 11,16, 24

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。电气特性表中列出的参数值(最小值和最大值)均经过设计验证，数据资料其它章节引用的参数值供设计人员参考。

Maxim Integrated 160 Rio Robles, San Jose, CA 95134 USA 1-408-601-10 00

25