

MAXIM

用于工业控制的模拟电流/ 电压输出调理器

MAX15500/MAX15501

概述

特性

MAX15500/MAX15501模拟输出调理器可提供与控制电压信号成比例的高达 $\pm 24\text{mA}$ 的可编程电流或高达 $\pm 12\text{V}$ 的可编程电压。控制电压通常由外部DAC提供，对于MAX15500，外部DAC输出电压范围为0至4.096V；对于MAX15501，外部DAC输出电压范围为0至2.5V。输出电流和电压可选择配置为单极性或双极性。在单极性配置中，5%的满量程(FS)控制电压产生0A或0V标称输出，实现欠范围驱动能力。100%FS的控制电压产生两个可编程电平(105%FS或120%FS)之一，实现超范围驱动能力。MAX15500/MAX15501的输出具有过流保护以及短路至地或电源电压(高达 $\pm 35\text{V}$)的保护能力。器件还监测过热及电源欠压状态，电源欠压门限可编程。

MAX15500/MAX15501可通过SPI™接口进行编程，实现菊花链工作模式。MAX15500/MAX15501通过SPI接口和一路漏极开路中断输出提供各种错误报告。器件还提供一路模拟输出，以监视负载状态。

MAX15500/MAX15501工作在 -40°C 至 $+105^{\circ}\text{C}$ 温度范围，器件采用32引脚、5mm x 5mm TQFN封装。

- ◆ 电源电压高达 $\pm 32.5\text{V}$
- ◆ 输出保护高达 $\pm 35\text{V}$
- ◆ 可编程输出(外加超量程范围)
 - $\pm 10\text{V}$
 - 0至10V
 - 0至5V
 - $\pm 20\text{mA}$
 - 0至20mA
 - 4至20mA
- ◆ 电流输出驱动0至1k Ω 负载
- ◆ 电压输出驱动低至1k Ω 的负载
- ◆ HART兼容
- ◆ 整个温度范围内2ppm增益误差漂移
- ◆ SPI接口，提供菊花链功能
- ◆ 支持+4.096V (MAX15500)或+2.5V (MAX15501)满量程输入信号
- ◆ 多种故障报告
 - 短路和过流保护
 - 开路检测
 - 欠压检测
 - 过热保护
- ◆ 40 μs 快速建立时间

应用

订购信息

可编程逻辑控制器(PLC)

分布式I/O

嵌入式系统

工业控制和自动化

PART	PIN-PACKAGE	REFERENCE
MAX15500GTJ+	32 TQFN-EP*	+4.096V
MAX15501GTJ+	32 TQFN-EP*	+2.5V

注：所有器件工作在 -40°C 至 $+105^{\circ}\text{C}$ 温度范围。

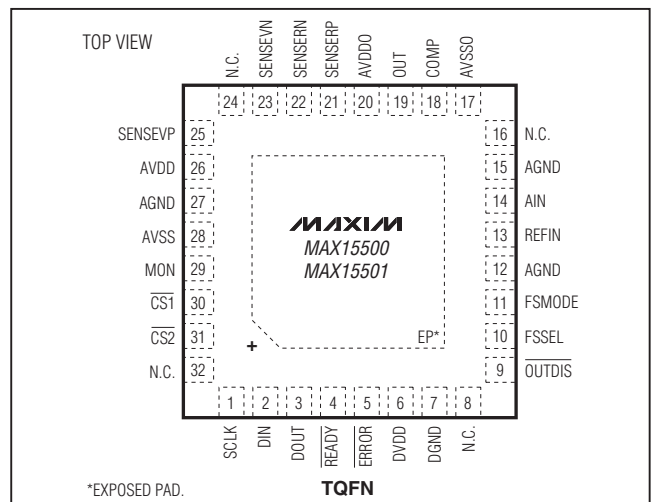
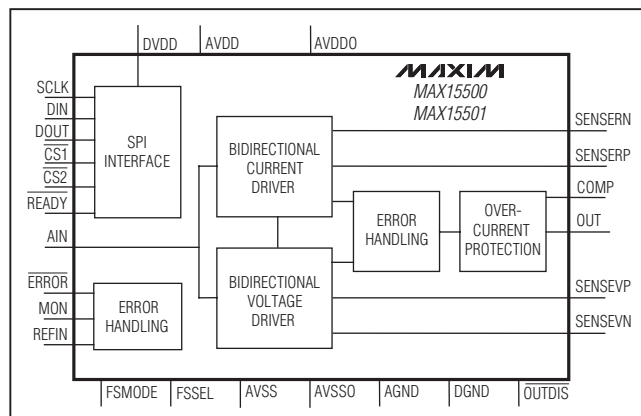
+表示无铅(Pb)/符合RoHS标准的封装。

*EP= 裸焊盘

SPI是Motorola, Inc.的商标。

引脚配置

简化框图



用于工业控制的模拟电流/ 电压输出调理器

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

AVDD to AGND	-0.3V to +35V
AVSS to AGND	-35V to +0.3V
AVDD to AVSS	0 to +70V
AVDD to AVDDO	0 to +4V
AVSS to AVSSO	-4V to 0V
DGND to AGND	-0.3V to +0.3V
AVDD to DVDD	-6V to +35V
DVDD to DGND	-0.3V to +6.0V
CS1, CS2, SCLK, DIN, DOUT, READY, ERROR, FSMODE, MON, OUTDIS, FSSEL to DGND	-0.3V to +6.0V
AIN, REFIN to AGND	-0.3V to +6.0V

SENSEVP, SENSEVN, SENSERP, SENSERN to AGND	the higher of -35V and (VAVSS - 0.3V) to the lower of (VAVDD + 0.3V) and +35V
OUT, COMP to AGND ..	the higher of -35V and (VAVSS - 0.3V) to the lower of (VAVDD + 0.3V) and +35V
Maximum Current on Pin	±100mA
Continuous Power Dissipation (derate 34.5mW/°C above +70°C) 32-Pin TQFN (TA = +70°C, multilayer board)	2758.6mW
Operating Temperature Range	-40°C to +105°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.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(VAVDD = +24V, VAVSS = -24V, VD VDD = 5.0V, CLOAD = 1nF, CCOMP = 0nF, VREFIN = 4.096V for the MAX15500, VREFIN = 2.5V for the MAX15501. All specifications for TA = -40°C to +105°C. Typical values are at TA = +25°C, unless otherwise noted.)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
POWER SUPPLY (Note 1)						
Analog Positive Supply Voltage	VAVDD	5% overrange (FSMODE = DVDD)	15	24	32.5	V
		20% overrange (FSMODE = DGND)	18.5	24	32.5	
Analog Negative Supply Voltage	VAVSS	5% overrange (FSMODE = DVDD)	-32.5	-24	-15	V
		20% overrange (FSMODE = DGND)	-32.5	-24	-18.5	
AVDD to AVDDO Voltage Difference	VAVDDO	(Note 1)		2.5		V
AVSS to AVSSO Voltage Difference	VAVSSO	(Note 1)		2.5		V
Digital Supply Voltage	VDVDD		2.7		5.25	V
Analog Positive Supply Current	IAP	IAP = IAVDD + IAVDDO, ILOAD = 0A		5	7	mA
Analog Negative Supply Current	IAN	IAN = IAVSS + IAVSSO, ILOAD = 0A	-7	-4.5		mA
Digital Supply Current	IDVDD	VDVDD = 5V		0.1	0.4	mA
Analog Positive Standby Current	ISTBYP	ISTBYP = IAVDD + IAVDDO, OUTDIS = DGND or software standby mode		1		mA
Analog Negative Standby Current	ISTBYN	ISTBYN = IAVSS + IAVSSO, OUTDIS = DGND or software standby mode		-0.5		mA
ANALOG INPUT (AIN, REFIN)						
Input Impedance	RIN			10		kΩ
Input Capacitance	CIN			10		pF
Analog Input Full Scale	VAIN	FSSEL = DVDD, MAX15500	4.0	4.096	4.2	V
		FSSEL = DGND, MAX15501	2.4	2.5	2.6	
REFIN Full-Scale Input	VREFIN	FSSEL = DVDD, MAX15500	4.0	4.096	4.2	V
		FSSEL = DGND, MAX15501	2.4	2.5	2.6	

用于工业控制的模拟电流/ 电压输出调理器

MAX15500/MAX15501

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

(VAVDD = +24V, VAVSS = -24V, VDVDD = 5.0V, CLOAD = 1nF, CCOMP = 0nF, VREFIN = 4.096V for the MAX15500, VREFIN = 2.5V for the MAX15501. All specifications for TA = -40°C to +105°C. Typical values are at TA = +25°C, unless otherwise noted.)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
CURRENT OUTPUT (Note 2)						
Maximum Load Resistance	RLOAD	VAVDD = +24V, VAVSS = -24V		750		Ω
		VAVDD = +32.5V, VAVSS = -32.5V		1000		
Maximum Load Inductance	LLOAD	CCOMP = 100nF (Note 3)		15		mH
Maximum Load Capacitance	CLOAD	CCOMP = 4.7nF		100		μ F
Maximum Settling Time		Full-scale step from 0 to 20mA or -20mA to + 20mA, RLOAD = 750 Ω	To 0.1% accuracy, LLOAD = 20 μ H, CCOMP = 0nF	40		μ s
			To 0.1% accuracy, LLOAD = 1mH, CCOMP = 0.15nF	500		
			To 0.1% accuracy, LLOAD = 10mH, CCOMP = 0.15nF	500		
			To 0.01% accuracy, LLOAD = 20 μ H, CCOMP = 0nF	60		
			To 0.01% accuracy, LLOAD = 10mH, CCOMP = 0.15nF	600		
		1% full-scale step, RLOAD = 750 Ω	To 0.1% accuracy, LLOAD = 20 μ H, CCOMP = 0nF	20		
			To 0.1% accuracy, LLOAD = 1mH, CCOMP = 0.15nF	100		
			To 0.1% accuracy, LLOAD = 10mH, CCOMP = 0.15nF	100		
			To 0.01% accuracy, LLOAD = 20 μ H, CCOMP = 0nF	40		
			To 0.01% accuracy, LLOAD = 10mH, CCOMP = 0.15nF	200		
Full-Scale Output Current	IOUT	VFSMODE = VDVDD		$\pm$ 21		mA
		VFSMODE = VDGND		$\pm$ 24		

用于工业控制的模拟电流/ 电压输出调理器

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

($V_{AVDD} = +24V$, $V_{AVSS} = -24V$, $V_{DVDD} = 5.0V$, $C_{LOAD} = 1nF$, $C_{COMP} = 0nF$, $V_{REFIN} = 4.096V$ for the MAX15500, $V_{REFIN} = 2.5V$ for the MAX15501. All specifications for $T_A = -40^{\circ}C$ to $+105^{\circ}C$. Typical values are at $T_A = +25^{\circ}C$, unless otherwise noted.)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
Offset Error		VAIN = 5% of VREFIN (unipolar mode), VAIN = 50% of VREFIN (bipolar mode)			±0.1	±0.5	%FS
Offset-Error Drift					±5		ppm/°C
Gain Error	GE	0.01% precision RSENSE, tested according to the ideal transfer functions shown in Table 8	MAX15500		±0.1	±0.51	%FS
			MAX15501		±0.1	±0.5	
Gain-Error Drift		No RSENSE drift			±2		ppm/°C
Integral Nonlinearity Error	INL				0.05		%FS
Output Conductance		(dIOUT/dVOUT), IOUT = 24mA, RLOAD = 750Ω to 0Ω, FSMODE = DGND, unipolar mode			1.0		μA/V
Power-Supply Rejection Ratio	PSRR	At DC, VAVDD = +24V to +32.5V, VAVSS = -24V to -32.5V, VAIN = VREFIN, unipolar mode, FSMODE = DVDD			1.6		μA/V
Overcurrent Limit		RSENSE shorted		25	30	40	mA
Output Current Noise		0.1Hz to 10Hz			20		nARMS
		At 1kHz			2.6		nA/√Hz
Output Slew Rate					1.5		mA/μs
Small-Signal Bandwidth					30		kHz
Maximum OUT Voltage to AVDDO		VAVDDO - VOUT			2.0		V
Minimum OUT Voltage to AVSSO		VOUT - VAVSSO			2.0		V
VOLTAGE OUTPUT (RLOAD = 1kΩ)							
Minimum Resistive Load	RLOAD				1		kΩ
Maximum Capacitive Load	CLOAD	CCOMP = 4.7nF			100		μF
Maximum Settling Time (Full- Scale Step)		To 0.1% accuracy, load = 1kΩ in parallel with 1nF, CCOMP = 0nF			20		μs
		To 0.1% accuracy, load = 1kΩ in parallel with 1μF, CCOMP = 4.7nF			1000		
		To 0.01% accuracy, load = 1kΩ in parallel with 1nF, CCOMP = 0nF			30		
		To 0.01% accuracy, load = 1kΩ in parallel with 1μF, CCOMP = 4.7nF			1300		

用于工业控制的模拟电流/ 电压输出调理器

MAX15500/MAX15501

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

(VAVDD = +24V, VAVSS = -24V, VDvDD = 5.0V, CLOAD = 1nF, CCOMP = 0nF, VREFIN = 4.096V for the MAX15500, VREFIN = 2.5V for the MAX15501. All specifications for TA = -40°C to +105°C. Typical values are at TA = +25°C, unless otherwise noted.)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
Maximum Settling Time (1% Full-Scale Step)		To 0.1% accuracy, load = 1k Ω in parallel with 1nF, CCOMP = 0nF			10		μ s
		To 0.1% accuracy, load = 1k Ω in parallel with 1 μ F, CCOMP = 4.7nF			300		
		To 0.01% accuracy, load = 1k Ω in parallel with 1nF, CCOMP = 0nF			20		
		To 0.01% accuracy, load = 1k Ω in parallel with 1 μ F, CCOMP = 4.7nF			600		
Gain Error		Tested according to the ideal transfer functions shown in Table 9			± 0.1	± 0.5	%FS
Gain-Error Drift					± 2		ppm/°C
Full-Scale Output Voltage	VOUT	FSMODE = DVDD	5V range		5.25		V
			10V range		10.5		
		FSMODE = DGND	5V range		6		
			10V range		12		
Offset Error		VAIN = 5% of VREFIN (unipolar mode), VAIN = 50% of VREFIN (bipolar mode)			± 0.1	± 0.5	%FS
Offset-Error Drift					± 2		ppm/°C
Integral Nonlinearity Error	INL				0.05		%FS
Power-Supply Rejection	PSRR	At DC, VAVDD = +18.5V to +32.5V, VAVSS = -18.5V to -32.5V, VAIN = VREFIN			30		μ V/V
Output-Voltage Noise		0.1Hz to 10Hz			16.3		μ V _{RMS}
		1kHz			250		nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$
Output-Voltage Slew Rate					1.5		V/ μ s
Short-Circuit Current				20	30	45	mA
Maximum OUT Voltage to AVDDO		VAVDDO - VOUT			2.0		V
Minimum OUT Voltage to AVSSO		VOUT - VAVSSO			2.0		V

用于工业控制的模拟电流/ 电压输出调理器

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

($V_{AVDD} = +24V$, $V_{AVSS} = -24V$, $V_{DVDD} = 5.0V$, $C_{LOAD} = 1nF$, $C_{COMP} = 0nF$, $V_{REFIN} = 4.096V$ for the MAX15500, $V_{REFIN} = 2.5V$ for the MAX15501. All specifications for $T_A = -40^{\circ}C$ to $+105^{\circ}C$. Typical values are at $T_A = +25^{\circ}C$, unless otherwise noted.)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
OUTPUT MONITOR (MON)						
Maximum Output Voltage		Current mode, see the <i>Output Monitor</i> section for V_{MON} equations		3		V
		Voltage mode, see the <i>Output Monitor</i> section for V_{MON} equations		3		
Output Resistance				35		$k\Omega$
OVERTEMPERATURE DETECTION						
Overtemperature Threshold				+150		$^{\circ}C$
Overtemperature Threshold Hysteresis				10		$^{\circ}C$
DIGITAL INPUTS ($\overline{CS1}$, $\overline{CS2}$, $SCLK$, DIN, $OUTDIS$, $FSSEL$, $FSMODE$)						
Input High Voltage	V_{IH}		0.7 x V_{DVDD}			V
Input Low Voltage	V_{IL}			0.3 x V_{DVDD}		V
Input Hysteresis	V_{IHYST}			300		mV
Input Leakage Current	I_{IN}	$V_{INPUT} = 0V$ or V_{DVDD}	± 0.1	± 1.0		μA
Input Capacitance	C_{IN}			10		pF
DIGITAL OUTPUT (DOUT, $\overline{READY}$)						
Output Low Voltage	V_{OL}	$I_{SINK} = 4mA$			0.4	V
Output High Voltage	V_{OH}	$I_{SOURCE} = 4mA$	$V_{DVDD} - 0.5$			V
Output Three-State Leakage	I_{OZ}	DOUT only	± 0.1	± 10		μA
Output Three-State Capacitance	C_{OZ}	DOUT only		15		pF
Output Short-Circuit Current	I_{OSS}	$V_{DVDD} = 5.25V$	± 150			mA
DIGITAL INTERRUPT ($\overline{ERROR}$)						
Interrupt Active Voltage	V_{INT}	$I_{SINK} = 5.0mA$			0.4	V
Interrupt Inactive Leakage	I_{INTZ}		± 0.1	± 1.0		μA
Interrupt Inactive Capacitance	C_{INTZ}			15		pF
Interrupt Short-Circuit Current	I_{INTSS}	$V_{DVDD} = 2.7V$	5	30		mA

用于工业控制的模拟电流/ 电压输出调理器

MAX15500/MAX15501

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

(VAVDD = +24V, VAVSS = -24V, VDvDD = 5.0V, CLOAD = 1nF, CCOMP = 0nF, VREFIN = 4.096V for the MAX15500, VREFIN = 2.5V for the MAX15501. All specifications for TA = -40°C to +105°C. Typical values are at TA = +25°C, unless otherwise noted.)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
TIMING CHARACTERISTICS						
Serial-Clock Frequency	fSCLK	(Note 4)	0		20	MHz
SCLK Pulse-Width High	tCH	40% duty cycle	20			ns
SCLK Pulse-Width Low	tCL	60% duty cycle	20			ns
CS ₁ Fall to SCLK Fall Setup Time	tCSS	To 1st SCLK falling edge	15			ns
SCLK Fall to CS ₁ Fall Hold Time	tCSH	(Note 5)	0			ns
DIN to SCLK Fall Setup Time	tDS		15			ns
DIN to SCLK Fall Hold Time	tDH		0			ns
SCLK Fall to DOUT Settle Time	tDOT	CLOAD = 20pF			30	ns
SCLK Fall to DOUT Hold Time	tDOH	CLOAD = 0pF	2			ns
SCLK Fall to DOUT Disable	tDOZ	14th SCLK deassertion (Note 6)			30	ns
SCLK Fall to $\overline{\text{READY}}$ Fall	tCR	16th SCLK assertion, CLOAD = 0pF or 20pF	2		30	ns
CS ₁ Fall to DOUT Enable	tDOE	Asynchronous assertion	1		35	ns
CS ₁ Rise to DOUT Disable	tCSDOZ	Asynchronous deassertion			35	ns
CS ₁ Rise to $\overline{\text{READY}}$ Rise	tCSR	Asynchronous deassertion, CLOAD = 20pF			35	ns
CS ₁ Pulse-Width High	tCSW		15			ns

Note 1: Use diodes as shown in the *Typical Operating Circuit/Functional Diagram* to ensure a voltage difference of 2V to 3.5V from AVDD to AVDDO and from AVSS to AVSSO.

Note 2: RLOAD = 750Ω. For the MAX15500, RSENSE = 48.7Ω for FSMODE = DVDD and RSENSE = 42.2Ω for FSMODE = DGND. For the MAX15501, RSENSE = 47.3Ω for FSMODE = DVDD and RSENSE = 41.2Ω for FSMODE = DGND. See the *Typical Operating Circuit/Functional Diagram*.

Note 3: Condition at which part is stable.

Note 4: The maximum clock speed for daisy-chain applications is 10MHz.

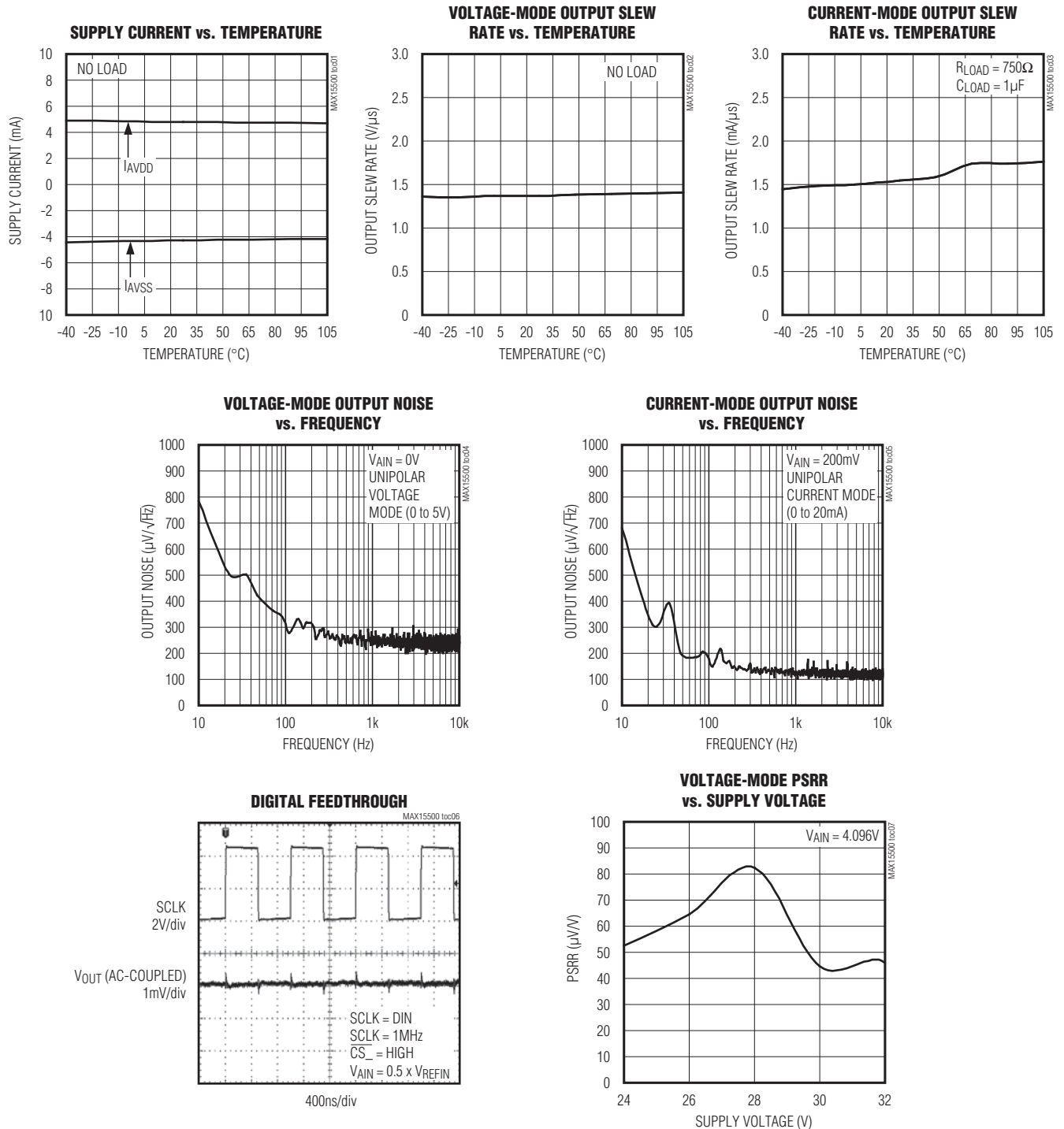
Note 5: tCSH is applied to CS₁ falling to determine the 1st SCLK falling edge in a free-running SCLK application. It is also applied to CS₁ rising with respect to the 15th SCLK falling edge to determine the end of the frame.

Note 6: After the 14th SCLK falling edge, the MAX15500/MAX15501 outputs are high impedance and DOUT data is ignored.

用于工业控制的模拟电流/ 电压输出调理器

典型工作特性

($V_{AVDD} = +24V$, $V_{DVDD} = +5V$, $V_{AVSS} = -24V$, $C_{LOAD} = 1nF$, 5% overrange mode, unipolar current output or bipolar voltage-output mode, $V_{REFIN} = +4.096V$, $T_A = +25^\circ C$, unless otherwise specified.)

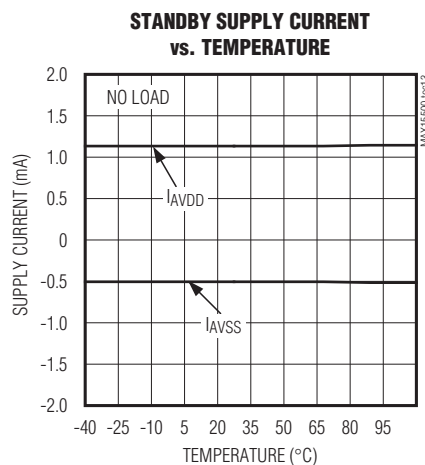
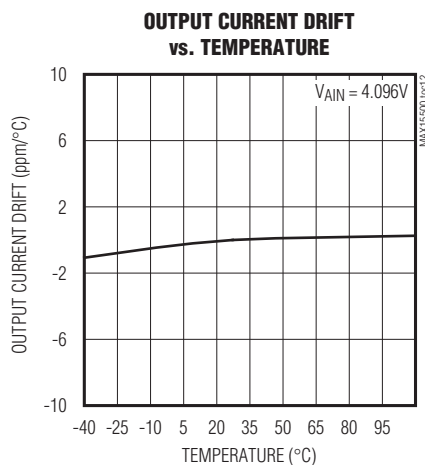
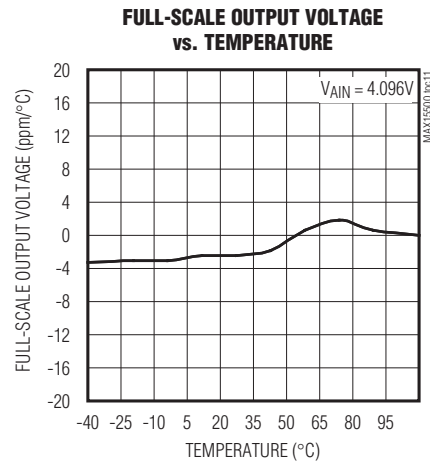
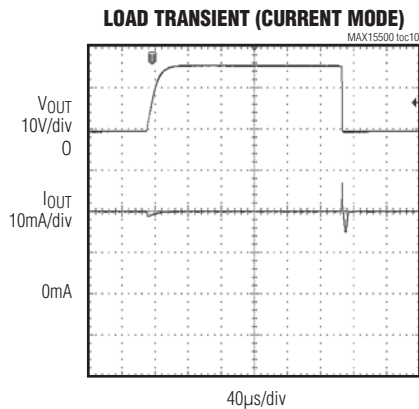
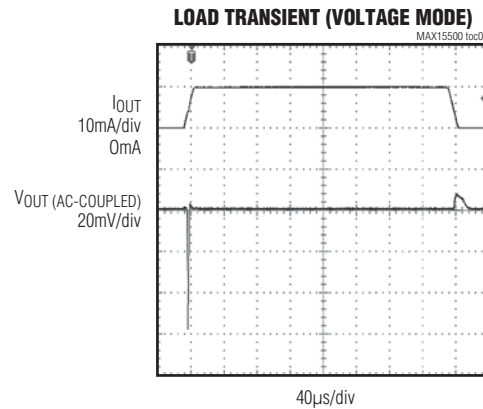
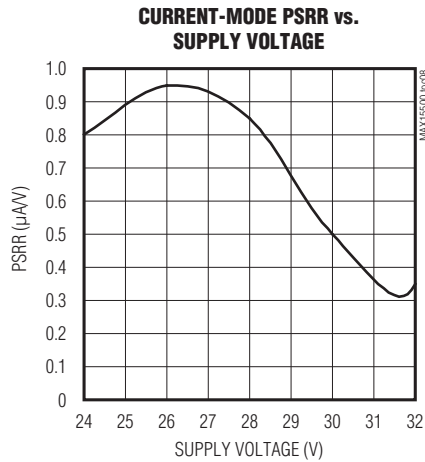


用于工业控制的模拟电流/ 电压输出调理器

典型工作特性(续)

($V_{AVDD} = +24V$, $V_{DVDD} = +5V$, $V_{AVSS} = -24V$, $C_{LOAD} = 1nF$, 5% overrange mode, unipolar current output or bipolar voltage-output mode, $V_{REFIN} = +4.096V$, $T_A = +25^\circ C$, unless otherwise specified.)

MAX15500/MAX15501

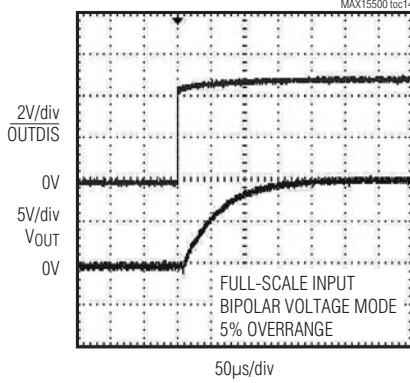


用于工业控制的模拟电流/ 电压输出调理器

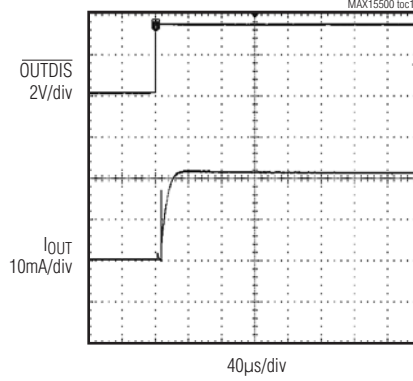
典型工作特性(续)

($V_{AVDD} = +24V$, $V_{DVDD} = +5V$, $V_{AVSS} = -24V$, $C_{LOAD} = 1nF$, 5% overrange mode, unipolar current output or bipolar voltage-output mode, $V_{REFIN} = +4.096V$, $T_A = +25^\circ C$, unless otherwise specified.)

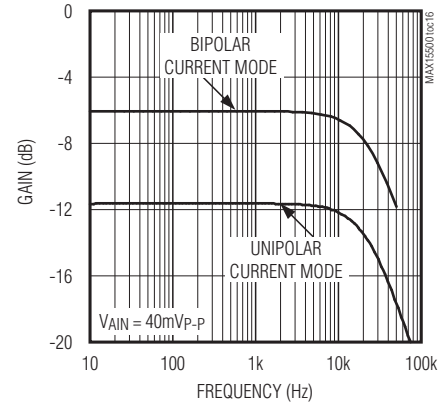
**WAKEUP FROM STANDBY
(VOLTAGE MODE)**



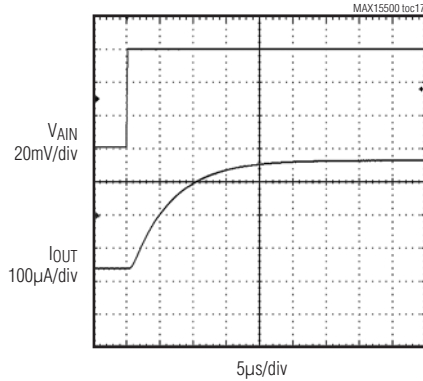
**WAKEUP FROM STANDBY
(CURRENT MODE)**



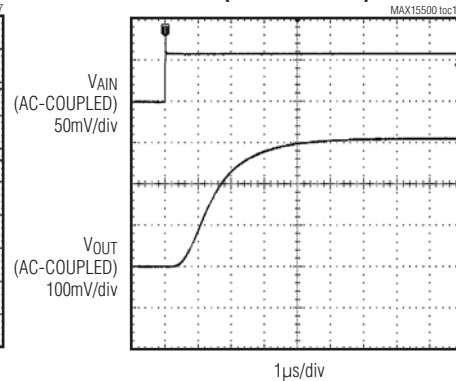
**GAIN vs. FREQUENCY
(HART COMPLIANT)**



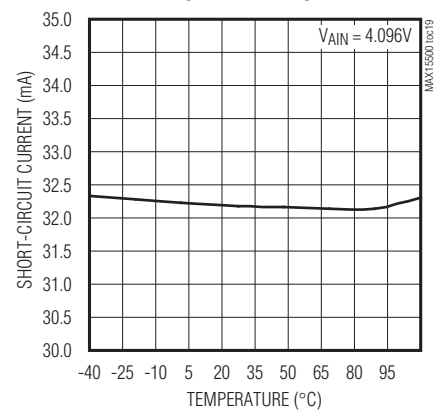
**SMALL-SIGNAL STEP RESPONSE
(CURRENT MODE)**



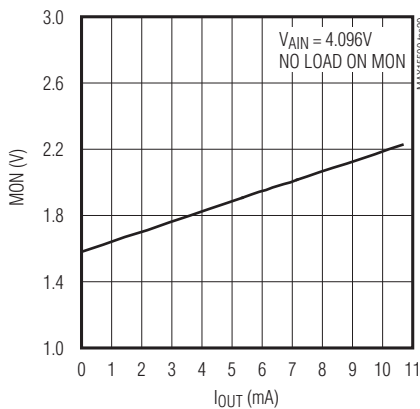
**SMALL-SIGNAL STEP RESPONSE
(VOLTAGE MODE)**



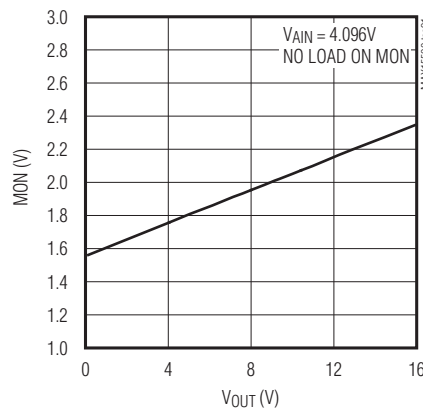
**OUTPUT SHORT-CIRCUIT CURRENT
vs. TEMPERATURE**



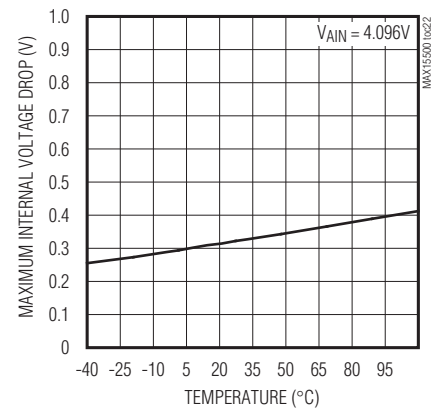
**VOLTAGE-MODE MON TRANSFER
CURVE vs. OUTPUT CURRENT**



**CURRENT-MODE MON TRANSFER
CURVE vs. OUTPUT VOLTAGE**



**VOLTAGE-MODE MAXIMUM OUT TO
AVDDO VOLTAGE vs. TEMPERATURE**

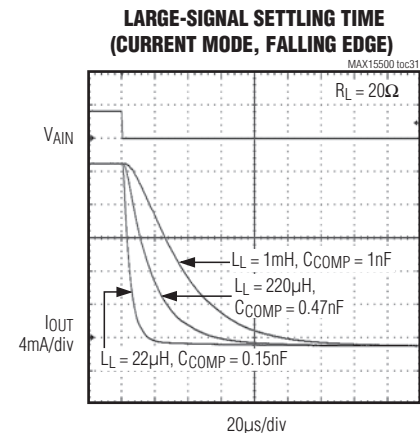
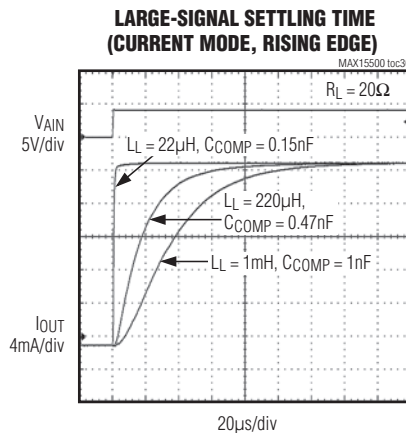
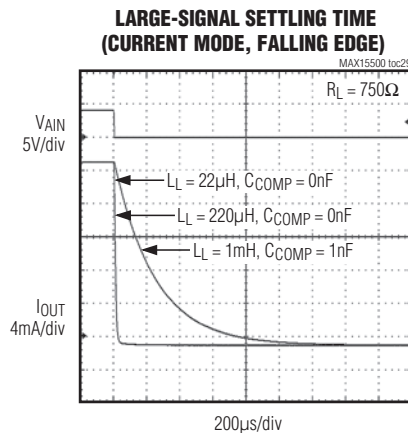
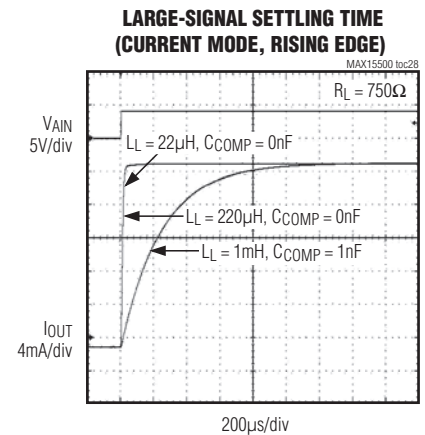
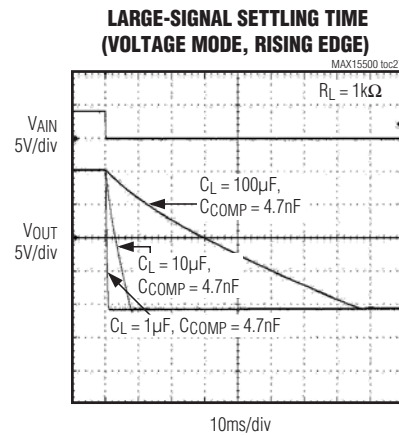
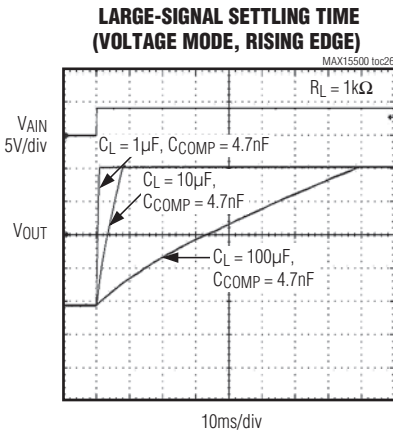
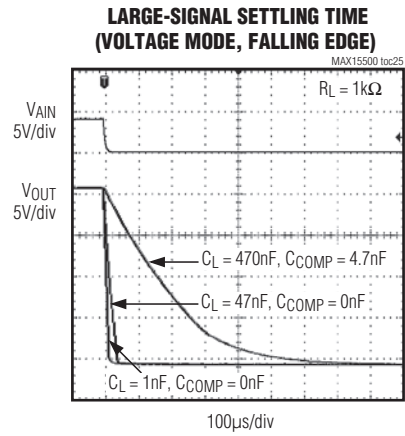
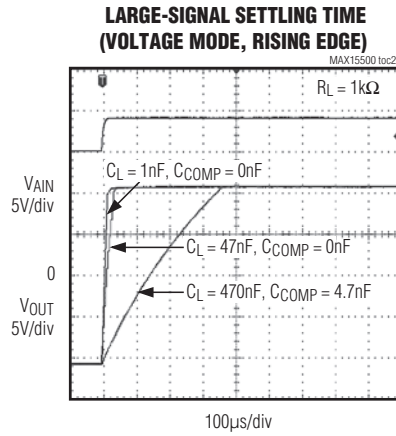
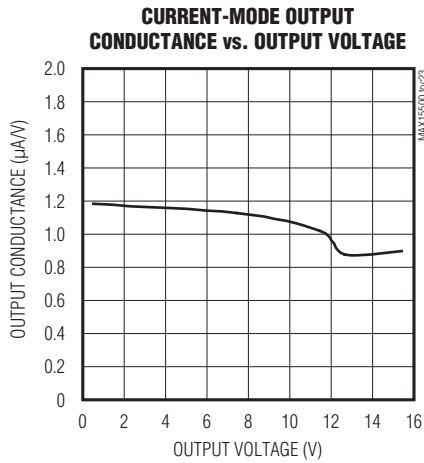


用于工业控制的模拟电流/ 电压输出调理器

典型工作特性(续)

($V_{AVDD} = +24V$, $V_{DVDD} = +5V$, $V_{AVSS} = -24V$, $C_{LOAD} = 1nF$, 5% overrange mode, unipolar current output or bipolar voltage-output mode, $V_{REFIN} = +4.096V$, $T_A = +25^\circ C$, unless otherwise specified.)

MAX15500/MAX15501

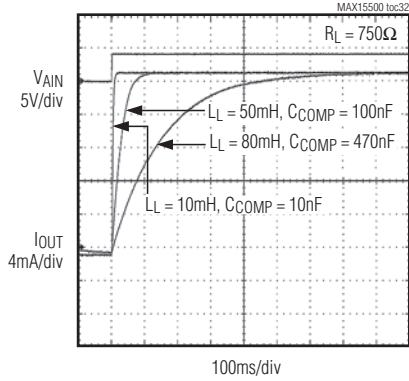


用于工业控制的模拟电流/ 电压输出调理器

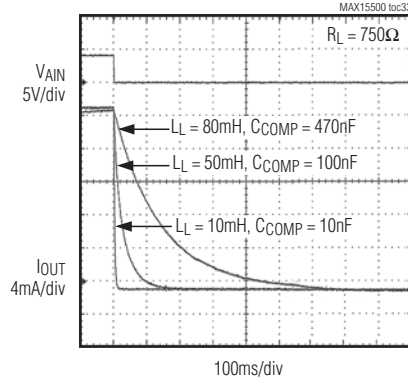
典型工作特性(续)

($V_{AVDD} = +24V$, $V_{DVDD} = +5V$, $V_{AVSS} = -24V$, $C_{LOAD} = 1nF$, 5% overrange mode, unipolar current output or bipolar voltage-output mode, $V_{REFIN} = +4.096V$, $T_A = +25^\circ C$, unless otherwise specified.)

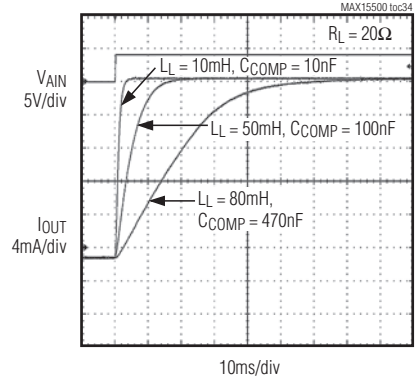
**LARGE-SIGNAL SETTLING TIME
(CURRENT MODE, RISING EDGE)**



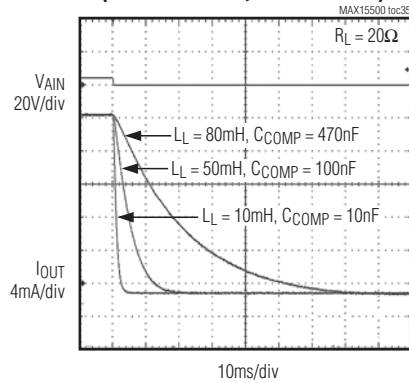
**LARGE-SIGNAL SETTLING TIME
(CURRENT MODE, FALLING EDGE)**



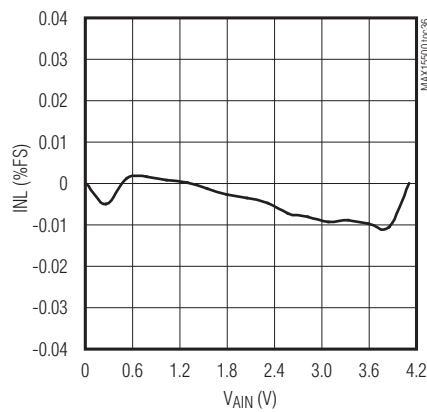
**LARGE-SIGNAL SETTLING TIME
(CURRENT MODE, RISING EDGE)**



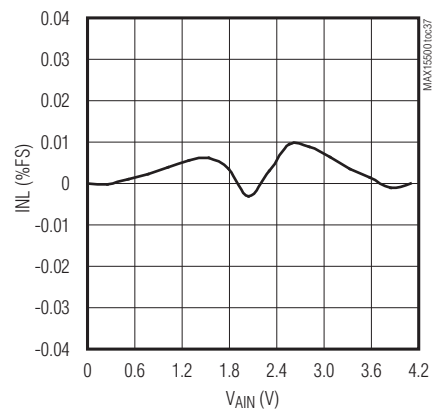
**LARGE-SIGNAL SETTLING TIME
(CURRENT MODE, FALLING EDGE)**



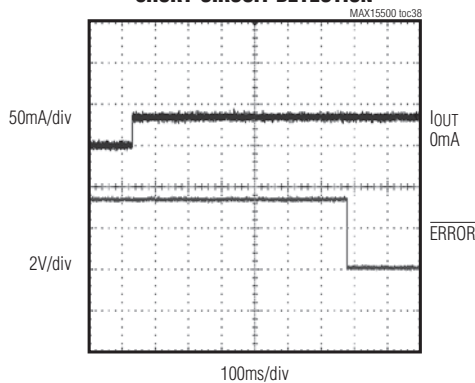
CURRENT-MODE INL



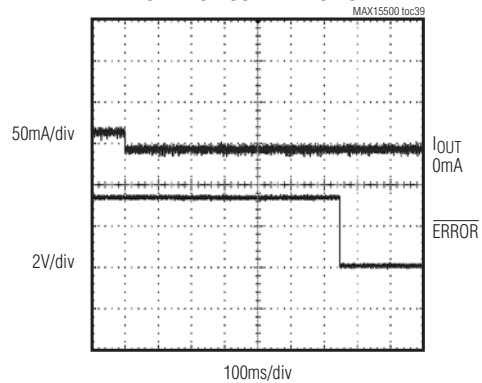
VOLTAGE-MODE INL



**VOLTAGE-MODE
SHORT-CIRCUIT DETECTION**



**CURRENT-MODE
OPEN-CIRCUIT DETECTION**



用于工业控制的模拟电流/ 电压输出调理器

引脚说明

MAX15500/MAX15501

引脚	名称	功能
1	SCLK	SPI时钟输入。为减小噪声耦合，只有当 $\overline{CS}_1$ 为低时SCLK有效。
2	DIN	SPI数据输入。数据在SCLK下降沿载入串行接口。
3	DOUT	SPI数据输出。在SCLK下降沿，DOUT输出数据。 $\overline{CS}_1$ 或 $\overline{CS}_2$ 为高电平时，DOUT为高阻。
4	$\overline{READY}$	低电平有效器件就绪输出。 $\overline{READY}$ 为低电平有效输出，当器件成功完成一次SPI数据帧处理时变为低电平。 $\overline{CS}_1$ 的下一个上升沿 $\overline{READY}$ 返回高电平。菊链应用中， $\overline{READY}$ 输出通常用来驱动链路中下一个器件的 $\overline{CS}_1$ 输入或者是微控制器的GPIO。
5	$\overline{ERROR}$	低电平有效标志输出。 $\overline{ERROR}$ 为开漏输出，发生输出短路、输出开路、过热或电源跌落时拉低。 $\overline{ERROR}$ 通常用来作为微控制器的中断输入。通过SPI接口读取内部故障寄存器后可以清除 $\overline{ERROR}$ 输出， $\overline{ERROR}$ 通过10k Ω 电阻上拉至DVDD。
6	DVDD	数字电源输入。连接标称电压为3V或5V的电源至DVDD，DVDD为MAX15500/MAX15501的数字电路供电，利用0.1 μ F电容将DVDD旁路至DGND，电容应尽可能靠近器件安装。
7	DGND	数字地。
8, 16, 24, 32	N.C.	无连接，内部没有连接。
9	$\overline{OUTDIS}$	低电平有效输出禁止输入。 $\overline{OUTDIS}$ 为低电平有效输入，连接至DGND时，强制模拟输出为0A或0V并将器件置于待机模式；正常工作时将 $\overline{OUTDIS}$ 连接至DVDD。
10	FSSEL	满幅选择输入。对于MAX15500，REFIN作用+4.096V基准时，将FSSEL连接至DVDD；对于MAX15501，REFIN作用+2.50V基准时，将FSSEL连接至DGND。
11	FSMODE	超量程模式选择输入。当输入电压等于满幅时，FSMODE连接至DVDD，输出电压设置为105%FS；FSMODE连接至DGND时，输出电压设置为120%FS。电流模式下，FSMODE不起作用。
12, 15, 27	AGND	模拟地。
13	REFIN	基准电压输入。对于MAX15500，REFIN接外部+4.096V基准；对于MAX15501，REFIN接外部+2.5V基准。REFIN用于单极性和双极性模式下的偏置设置。
14	AIN	模拟信号输入。AIN模拟输入信号范围为：0V至标称满幅电压，MAX15500为+4.096V，MAX15501为+2.5V。
17	AVSSO	负压输出驱动供电电源。AVSSO为驱动输出级提供电源，通过0.1 μ F电容将AVSSO旁路至AVSS。采用典型工作电路/功能框图所示的二极管保证AVSS与AVSSO之间的压差在2V至3.5V。
18	COMP	输出放大器反馈补偿端。在COMP与OUT之间连接补偿电容，推荐的补偿电容值如表10所示。

用于工业控制的模拟电流/ 电压输出调理器

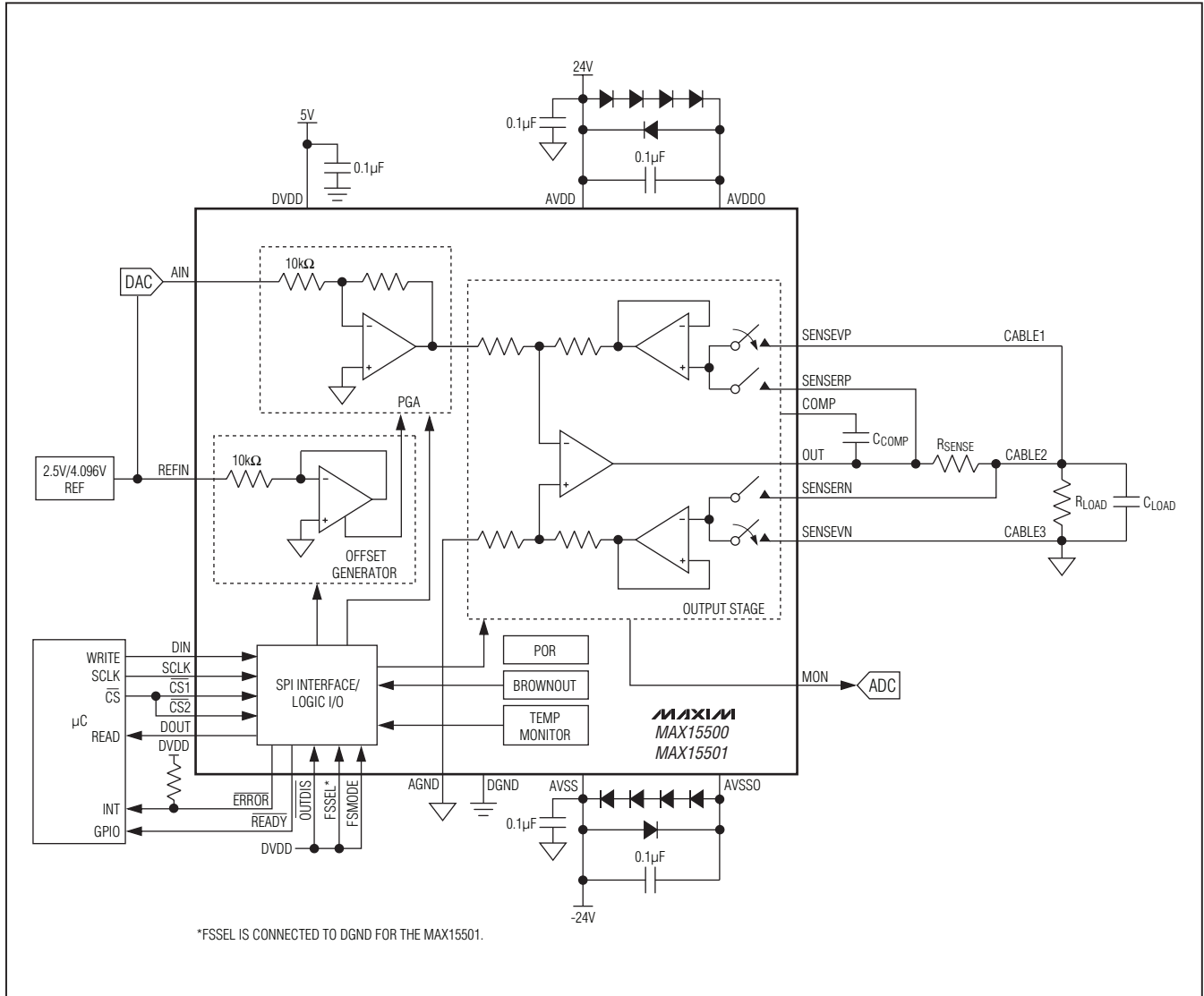
引脚说明(续)

引脚	名称	功能
19	OUT	模拟输出。OUT端的模拟电压或电流的输出范围可编程，输出量程设置如表1至表4所示。
20	AVDDO	正压输出驱动供电电源。AVDDO为驱动输出级提供电源，通过0.1μF电容将AVDDO旁路至AVDD。采用典型工作电路/功能框图所示的二极管保证AVDD与AVDDO之间的压差在2V至3.5V。
21	SENSE _{RP}	取样电阻正端连接，典型连接请参考典型工作电路/功能框图。
22	SENSE _{RN}	取样电阻负端连接，典型连接请参考典型工作电路/功能框图。
23	SENSE _{VN}	Kelvin检测电压负端输入，典型连接请参考典型工作电路/功能框图。
25	SENSE _{VP}	Kelvin检测电压正端输入，典型连接请参考典型工作电路/功能框图。
26	AVDD	模拟电源正端输入，通过0.1μF电容将AVDD旁路至AGND。
28	AVSS	模拟电源负端输入，通过0.1μF电容将AVSS旁路至AGND。
29	MON	负载监测输出。MON提供0至3V模拟输出，请参考监测输出部分。
30	$\overline{CS1}$	低电平有效SPI片选输入1，请参考SPI接口部分。
31	$\overline{CS2}$	低电平有效SPI片选输入2，请参考SPI接口部分。
—	EP	裸焊盘，内部连接至AVSS。将其连接到AVSS，接大面积敷铜有助于改善散热。不要通过EP接地或信号线。

用于工业控制的模拟电流/ 电压输出调理器

典型工作电路/功能框图

MAX15500/MAX15501



用于工业控制的模拟电流/ 电压输出调理器

详细说明

MAX15500/MAX15501能够输出高达 $\pm 24\text{mA}$ 的可编程电流或高达 $\pm 12\text{V}$ 的可编程电压，输出与AIN端控制信号成比例。器件采用15V至32.5V双电源供电。AIN端的控制信号通常由外部DAC提供，对于MAX15500，DAC输出电压范围为0至4.096V；对于MAX15501，DAC输出电压范围为0至2.5V。MAX15500/MAX15501可提供单极性或双极性电流、电压输出。电流模式下，器件可产生-1.2mA至+24mA或-24mA至+24mA的输出电流；电压模式下，器件可产生-0.3V至+6V、-0.6V至+12V或 $\pm 12\text{V}$ 的输出电压。为了在单极性模式下提供超量程和欠量程范围，当AIN电压为满幅的5%时，MAX15500/MAX15501的传输函数具有一定偏置， I_{OUT} 为0mA， V_{OUT} 为0V。一旦 V_{AIN} 达到满幅值，根据FSMODE的状态， V_{OUT} 或 I_{OUT} 达到满幅的+5%或+20%。当OUT接地或高达 $\pm 32.5\text{V}$ 的电压时，MAX15500/MAX15501的保护电路能够在过流和短路条件下损坏。器件还可以监测过热和电源跌落条件，电源跌落检测门限可以在 $\pm 10\text{V}$ 至 $\pm 24\text{V}$ 之间以2V为步长进行设置。

MAX15500/MAX15501可通过SPI接口编程并支持菊链配置。在多器件应用中，器件就绪逻辑输出(READY)和两个片选输入($\overline{\text{CS1}}$ 和 $\overline{\text{CS2}}$)能够方便地实现菊链配置。

表1. FSMODE = DVDD，单极性、5%超量程设置下的输出值

OUTPUT RANGE	OUTPUT VALUES	
	$V_{\text{AIN}} = 5\% \text{FS}$	$V_{\text{AIN}} = \text{FS}$
0 to 20mA (4mA to 20mA)	0mA	21mA
0 to 5V	0V	5.25V
0 to 10V	0V	10.5V

表2. FSMODE = DGND，单极性、20%超量程设置下的输出值

OUTPUT RANGE	OUTPUT VALUES	
	$V_{\text{AIN}} = 5\% \text{FS}$	$V_{\text{AIN}} = \text{FS}$
0 to 20mA (4mA to 20mA)	0mA	24mA
0 to 5V	0V	6V
0 to 10V	0V	12V

MAX15500/MAX15501通过SPI接口和附加的开漏中断输出($\overline{\text{ERROR}}$)报告短路、开路、电源跌落以及过热等多种故障。MAX15500/MAX15501具有一个0至3V的模拟输出(MON)，用于监测OUT端的负载状态。

模拟部分

MAX15500/MAX15501支持两种输出模式：电流和电压。根据FSMODE状态，每种模式下具有不同的满幅输出值，详细内容请参考表1至表4以及图1、图2。按照表6配置寄存器，选择所要求的电压或电流输出量程。

开启

开启时，MAX15500/MAX15501输出设置为0并且所有的寄存器位设置为0。在通过SPI接口配置之前器件处于待机模式。

输入电压范围

通过逻辑输入FSSEL在2.5V和4.096V之间选择输入电压的满量程范围。MAX15500的输入电压范围为0至4.096V；MAX15501的输入电压范围为0至2.500V。FSSEL接DVDD时，MAX15500的输入范围设置为0至4.096V；FSSEL接DGND时，MAX15501的输入范围设置为0至2.500V。

表3. FSMODE = DVDD，双极性、5%超量程设置下的输出值

OUTPUT RANGE	OUTPUT VALUES	
	$V_{\text{AIN}} = 0\text{V}$	$V_{\text{AIN}} = \text{FS}$
$\pm 20\text{mA}$	-21mA	+21mA
$\pm 10\text{V}$	-10.5V	+10.5V

表4. FSMODE = DGND，双极性、20%超量程设置下的输出值

OUTPUT RANGE	OUTPUT VALUES	
	$V_{\text{AIN}} = 0\text{V}$	$V_{\text{AIN}} = \text{FS}$
$\pm 20\text{mA}$	-24mA	+24mA
$\pm 10\text{V}$	-12V	+12V

用于工业控制的模拟电流/ 电压输出调理器

监测输出

MON输出提供一路模拟电压信号，该信号在电流模式下与输出电压成比例，在电压模式下与输出电流成比例。利用该信号可以测量连接在输出端的系统负载，MON满幅输出为3V，典型精度为10%。单极性模式下，典型输出信号范围为1.5V至3V，双极性模式下为0至3V。

电流模式下，MAX15500/MAX15501对 I_{OUT} 编程并监测SENSE电压。

$$V_{MON} = 1.425V + (V_{SENSE}/20)$$

$$R_{LOAD} = ((V_{MON} - 1.425V) \times 20)/I_{OUT(PROGRAMMED)}$$

电压模式下，MAX15500/MAX15501对 V_{OUT} 编程并监测 I_{OUT} 。

$$V_{MON} = 1.521V + 62.4 \times I_{LOAD}$$

$$R_{LOAD} = V_{OUT(PROGRAMMED)} / ((V_{MON} - 1.521V) / 62.4)$$

故障处理

许多工业控制系统需要故障检测和处理，MAX15500/MAX15501提供多种故障状态指示。

当检测到一个故障状态时，开漏输出中断标志 $\overline{ERROR}$ 被拉至低电平。故障寄存器保存这一故障源。每次读取故障寄存器将复位 $\overline{ERROR}$ 引脚，但不会清除故障寄存器，使系统能够确定故障源并修复故障状态。修复故障后，第二次读取故障寄存器，使器件清除故障寄存器。第三次读取故障寄存器可以验证故障寄存器是否已清零，如果第一次读取后发生其它故障， $\overline{ERROR}$ 会再次拉低。*SPI*接口部分介绍了读取、清除故障寄存器的详细信息。

如果发生输出短路或输出负载开路故障，并且这些故障在读取故障寄存器之前消失，将置位故障寄存器的间断位；发生电源跌落、过热故障时，不会将该位置位。

故障条件

输出短路

当输出电流大于30mA（典型值）的时间超过260ms时，将置位输出短路故障位。电流模式下，如果取样电阻短路，而检测电压不为0V，则认为产生这种故障。电压模式下，如果负载与电源或地短路，则认为产生这种故障。如果这种故障在读取故障寄存器之前消失，短路故障将使故障寄存器的间断位置位。

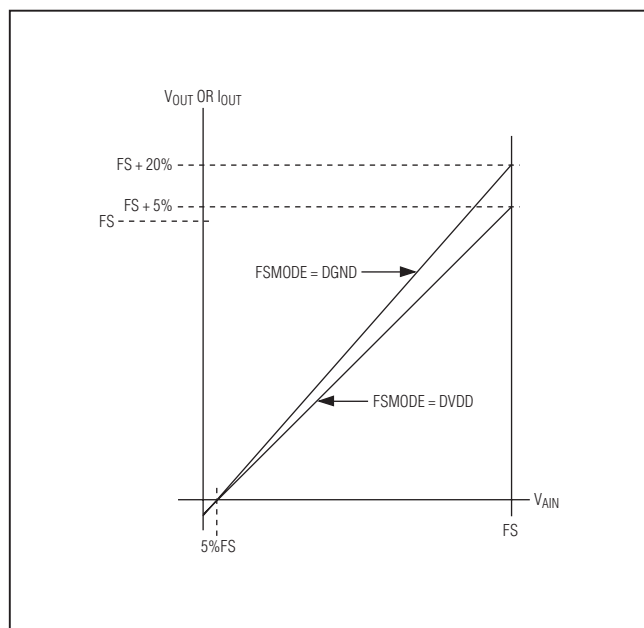


图1. 单极性传输函数

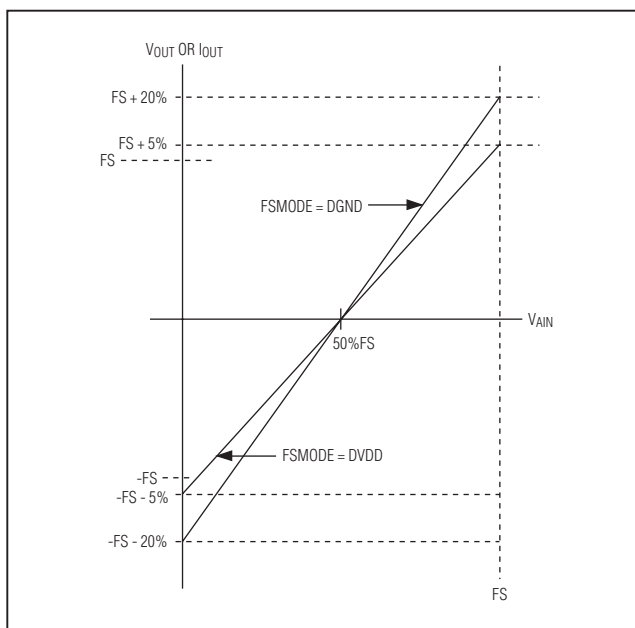


图2. 双极性传输函数

用于工业控制的模拟电流/ 电压输出调理器

输出负载开路

当V_{OUT}处于AVDDO或AVSSO 30mV以内，并且在电流模式下不存在短路电流的时间超过260ms，将置位开路故障位。如果这种故障在读取故障寄存器之前消失，开路故障将使故障寄存器的间断位置位。

内部过热

如果管芯温度超过+150°C并且如表6所示使能过热保护功能，MAX1500/MAX1501将进入待机模式。当管芯温度下降到+140°C以下，必须经过两次读取故障寄存器才能恢复正常工作，器件具有10°C温度滞回。

电源电压跌落

当电源电压(V_{AVDD}或V_{AVSS})跌落到低压报警门限以下时将置位电源跌落故障位。该门限可在±10V与±24V之间以2V为步长进行设置, 详见表6, MAX15500/MAX15501为电源跌落门限提供2%的滞回电压, 门限精度典型值保持在10%以内。上电时, $\overline{\text{ERROR}}$ 拉低并且电源跌落寄存器置位。用户需对故障寄存器读取两次才能清除所有故障寄存器位, 并将 $\overline{\text{ERROR}}$ 复位至高电平。

输出保护

MAX15500/MAX15501电源输入(AVDD、AVDDO、AVSS和AVSSO)以及检测输入(SENSERN、SENSERP、SENSEVN和SENSEVP)具有以AGND为参考的 $\pm 35\text{V}$ 电压保护。典型工作电路/功能框图部分给出了推荐的电源连接方式。

SPI接口

执行标准的SPI

MAX15500/MAX15501 SPI接口支持菊链配置，多片MAX15500/MAX15501可通过一个4线SPI接口控制。MAX15500/MAX15501带有两个 $\overline{\text{CS}}$ 输入和附加的数字输出READY，用于指示器件完成SPI帧处理。 $\overline{\text{CS1}}$ 和 $\overline{\text{CS2}}$ 在器件内部相“或”。将 $\overline{\text{CS1}}$ 和 $\overline{\text{CS2}}$ 都拉至低电平时开启MAX15500/MAX15501。菊链应用中，所有器件的 $\overline{\text{CS1}}$ 输入连接到微控制器的 $\overline{\text{CS}}$ 驱动器。将第一个器件的 $\overline{\text{CS2}}$ 接地或微控制器的 $\overline{\text{CS}}$ 驱动器。其余器件的 $\overline{\text{CS2}}$ 连接到链路中前一器件的READY输出。链路中最后一个器件的READY输出用于指示链路的所有从器件是否配置完成。将链路最后一个器件的READY输出连接到微控制器，开漏ERROR输出“线或”后用作中断，如图3至图6所示。

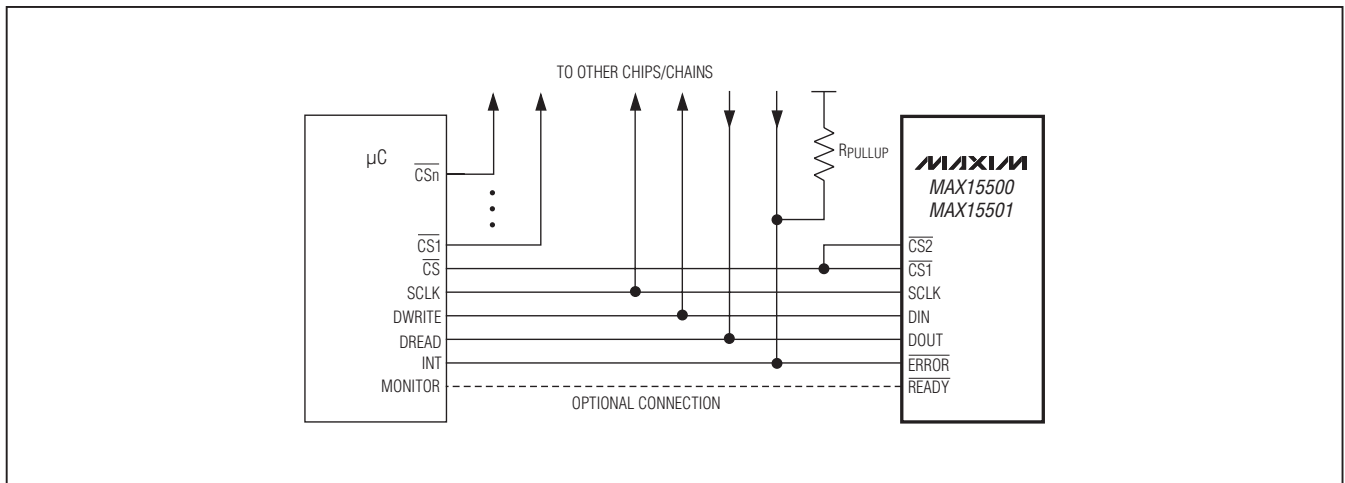


图3. 单片连接(兼容于标准SPI)

用于工业控制的模拟电流/ 电压输出调理器

MAX15500/MAX15501

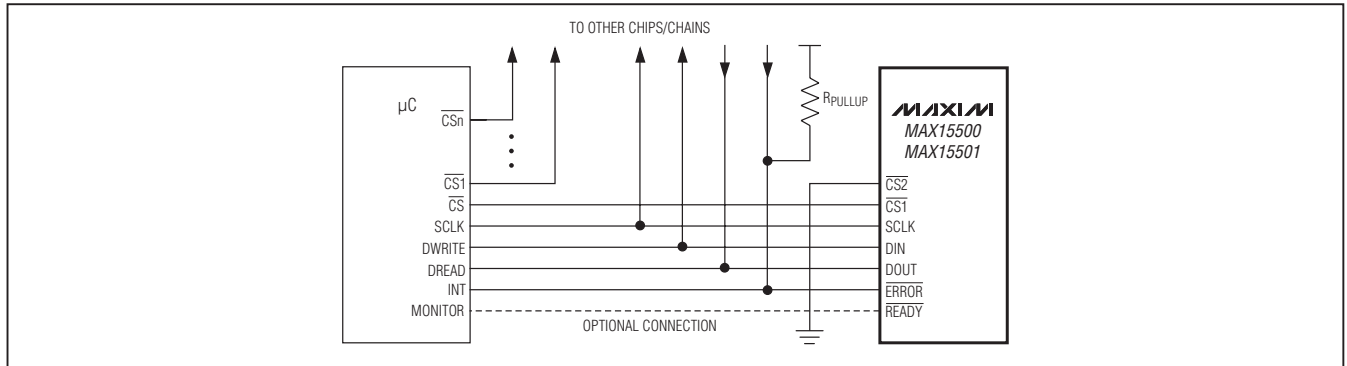


图4. 另一种单片连接(兼容于标准SPI)

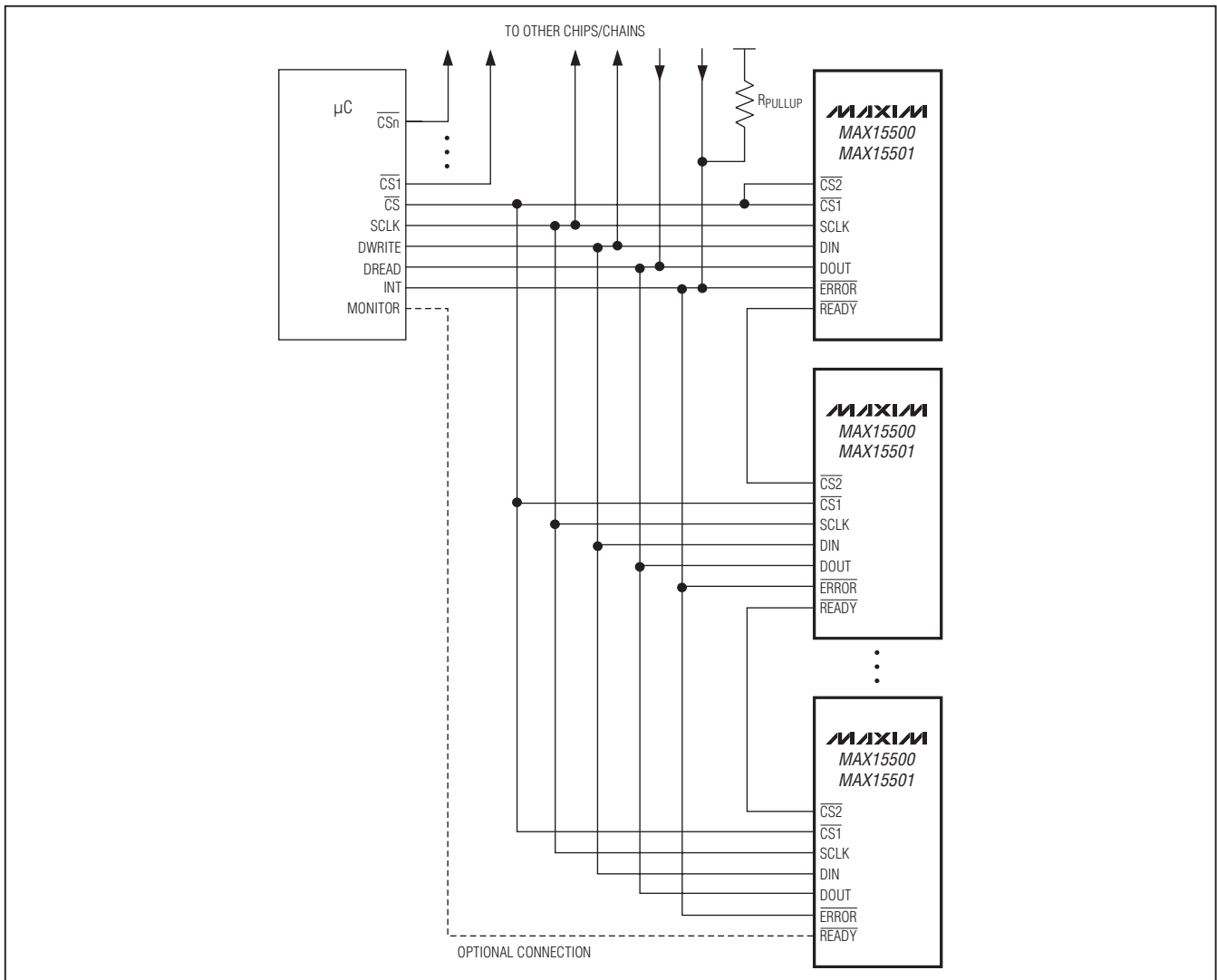


图5. 菊花链连接(兼容于标准SPI)

用于工业控制的模拟电流/ 电压输出调理器

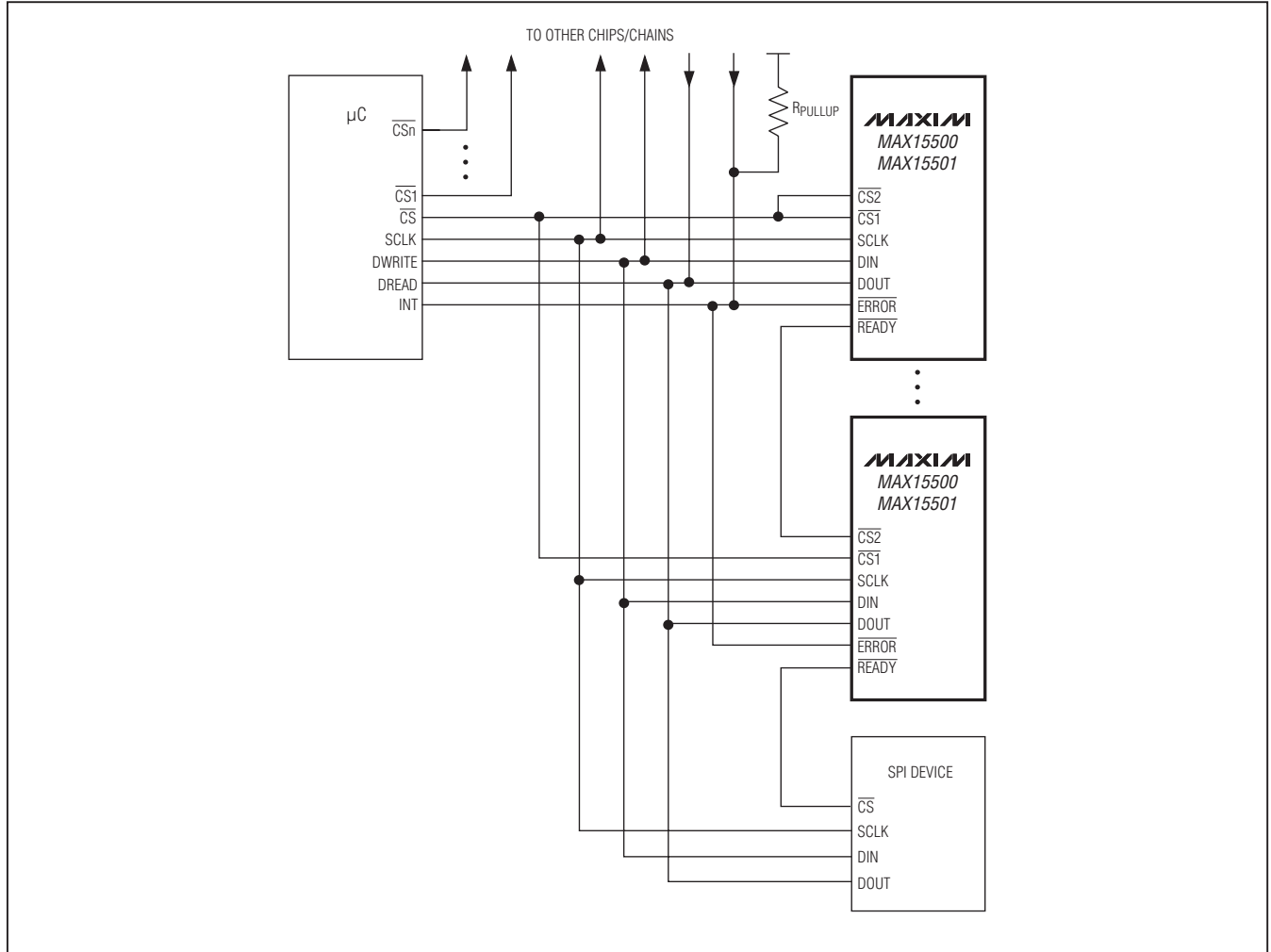


图6. 菊花链终止端(兼容于标准SPI)

对SPI接口的修订说明

假设MAX15500/MAX15501的SCLK、DIN、DOUT具有标准的SPI功能，另外，MAX15500/MAX15501 $\overline{CS}_1$ 输入的基本功能与标准SPI接口协议相同，只是修改了链路中的 $\overline{CS}_1$ 输入管理。当两个 $\overline{CS}_1$ 均为低电平时，MAX15500/MAX15501将控制DOUT输出并在数据帧结束、READY变为低电平之前连续控制数据线(图9)。一旦完成数据帧处理并触发READY信号输出，在 $\overline{CS}_1$ 或 $\overline{CS}_2$ 上升后回到低电平之前，器件将不接受来自DIN的任何数据。通过后续

的 $\overline{CS}_1$ 或 $\overline{CS}_2$ 的下降沿初始化一次新的通信周期。当 $\overline{CS}_1$ 或 $\overline{CS}_2$ 为高电平时，MAX15500/MAX15501的SPI接口被禁止，DOUT返回高阻模式，解除READY输出(如果有效)，并忽略任何没有处理的帧数据。

一旦完成有效的帧处理，将触发READY输出，并允许链路的下个器件开始处理后续的帧数据。一个有效的帧数据包括 $\overline{CS}_1$ 下降沿之后的16个SCLK周期。一旦触发READY输出，器件将保持就绪状态直到任何一个 $\overline{CS}_1$ 变为高电平，完成链路设置。

用于工业控制的模拟电流/ 电压输出调理器

器件进行帧处理时，MAX15500/MAX15501放弃对DOUT的控制。当SPI接口所要求的帧处理完成后继续保持 $\overline{CS}$ 为低电平，DOUT将置于高阻态。在DOUT端安装一个上拉/下拉电阻，使DOUT处于高阻态时保持在所要求的电平。

单器件SPI连接

在使用单个MAX15500或MAX15501器件的应用中，将 $\overline{CS1}$ 和 $\overline{CS2}$ 输入连接到主控制器的片选驱动器。也可以将一个 $\overline{CS}$ 输入连接到主控制器的片选驱动器，而将另一个 $\overline{CS}$ 连接到DGND。两种方法都符合标准的SPI接口操作，如图3、图4所示。

菊链SPI连接

修改后的MAX15500/MAX15501 SPI接口允许用单个SPI主机驱动菊链配置的多个器件，节省其它器件占用的SPI通道，这在隔离应用中可大大降低成本。

图5所示为菊链配置的多个MAX15500/MAX15501器件。对微控制器而言，该链路表现为一个器件，按照每个器件需要16个SCLK周期的扩展帧指令的时序完成编程。由于所有器件通过 $\overline{CS1}$ 输入连接到微控制器片选端， $\overline{READY}$ 的传输延时对时序参数没有影响。

MAX15500/MAX15501器件链路可以终止于任何一个兼容于标准SPI、并且没有 $\overline{READY}$ 输出的单个器件。链路中的MAX15500/MAX15501部分仍然保持与单个器件基本相同的时序参数。如图6所示。

MAX15500/MAX15501用于混合链路时，需要对连接方式进行一些修改，以满足链路其它器件的接口要求。如果所使用的器件具有相同的 $\overline{READY}$ 输出，但不具备两路 $\overline{CS}$ 输入，例如：MAX5134四通道16位DAC，按照图7所示构建菊链架构。链路需要承担相对于 $\overline{CS}$ 上升沿的定时裕量，以满足 $\overline{READY}$ 信号到达并通过MAX5134的延时。

任何一种类型的器件都可以作为链路的开始和终止端。链路中的每片MAX5134或MAX15500/MAX15501器件都可以用相似的器件子链代替。如果链路终止于标准的SPI器件，忽略 $\overline{READY}$ 至微控制器监测输入的连接选项。链路中

的MAX15500/MAX15501部分仍然保持与单个器件基本相同的时序参数。

SPI数字规范和波形

图8、图9和图10列举了修改后的SPI接口操作。单器件应用中，简化编程操作通常需要16个SCLK周期，是一个最小的有效帧。该时序同样适用于链路的最后一个器件。

扩展编程操作通常用于菊花链连接中的器件。在这种情况下， $\overline{READY}$ 驱动链中下一个器件的片选输入。链中下一个器件在用于响应 $\overline{READY}$ 下降沿的第16个SCLK下降沿时开始其有效帧(如果有数据，在第17个SCLK的下降沿锁存DIN[13])。

中断SPI操作

在SPI帧有效传输到器件之前如果将 $\overline{CS}$ 驱动至高电平，将会导致错误的命令。在SPI帧有效传输到器件之前须避免 $\overline{CS}$ 置为高电平，有效的SPI操作时序如图9、图10所示。

SPI操作定义

输入数据DIN[13:11]位表示SPI命令地址，DIN[9:0]表示向命令地址写入的数据或从命令地址读取的数据。在命令地址的引导下，把随后的输入数据正确装载到内部寄存器，以设置器件的操作，或者选择通过DOUT读取正确的状态数据。命令地址0h指向一个空操作，并不影响器件操作，该操作中DOUT有效并读回00h。命令地址1h指向配置寄存器，对MAX15500/MAX15501进行编程。在第14个SCLK的下降沿，器件配置生效。该操作中DOUT有效并保持低电平。命令地址4h和5h指向MAX15500/MAX15501的读回命令。读回命令通过DOUT[9:0]提供配置和故障寄存器的状态，不影响器件的内部操作。命令地址2h、3h、6h和7h保留，供以后使用，表5给出了命令列表。

器件配置

表6说明了写入配置寄存器1h的各位功能，表7给出了读取寄存器的数据。

用于工业控制的模拟电流/ 电压输出调理器

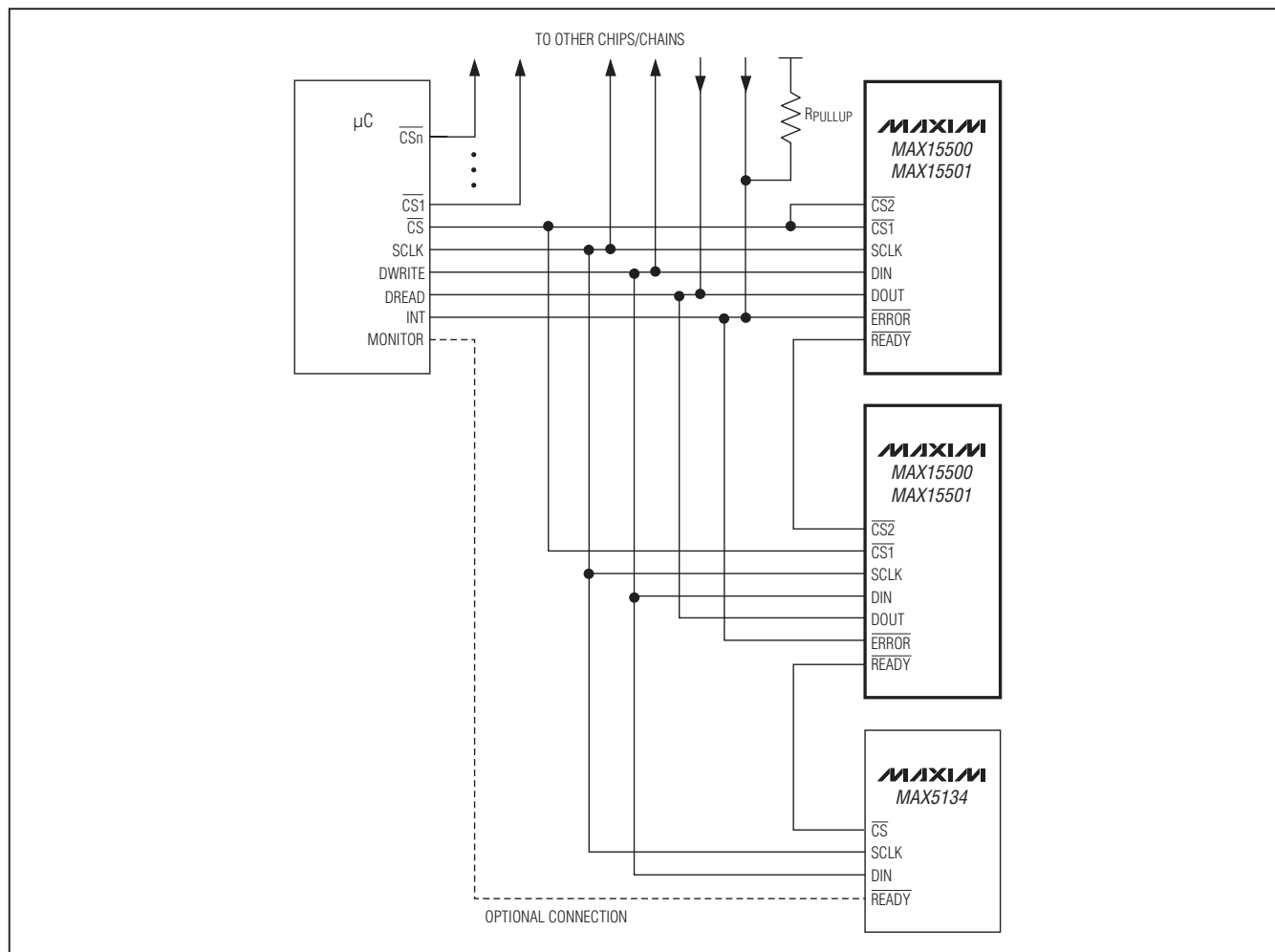


图7. MAX15500/MAX15501与MAX5134构建的混合菊花链

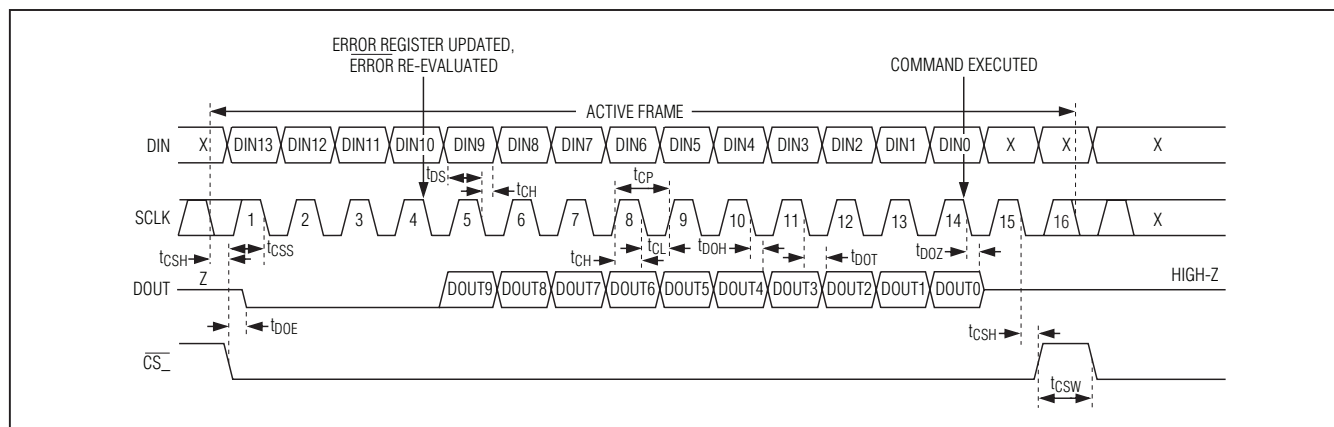


图8. 简化SPI编程操作(通常用于单器件操作)

用于工业控制的模拟电流/ 电压输出调理器

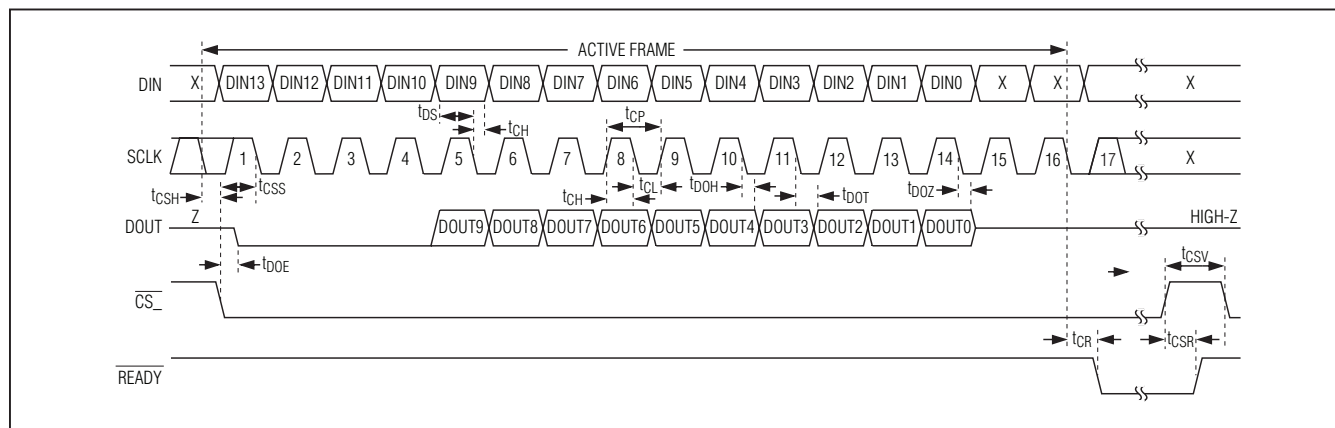


图9. 扩展SPI编程操作(菊花链应用)

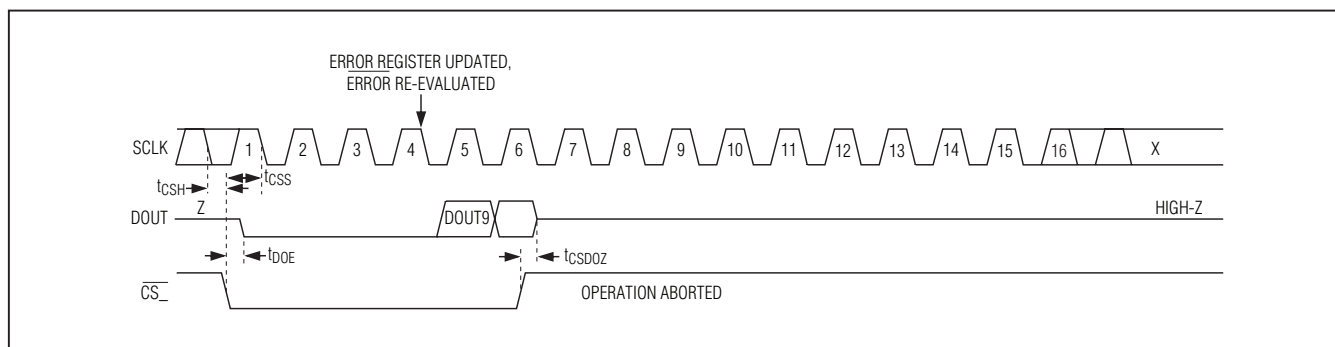


图10. 中止SPI编程操作(无效, 用于说明 t_{CSDOZ} 和内部操作)

回读操作

写命令地址4h或5h可通过DOUT[9:0]读取配置寄存器或内部故障信息。所读取的故障信息中, 每一位对应于特定的故障状态, 如果有多位置位代表发生了多种故障。

间断故障

间断故障定义为能够检测到, 并且在读取故障寄存器之前已经解除的故障。当这种故障在没有任何干预的条件下消失时, 间断位(第9位)置位。输出短路和输出开路故障可能置位间断位。内部过温和电源电压跌落不会置位间断位。

故障报告应用

ERROR输出通常连接到系统微控制器的中断输入。MAX15500/MAX15501只有检测到新的故障状态时才发出中断。如果故障(一个或多个)已经解除, 或者已经报告的故障持续存在时, 器件将不产生新的中断。系统微控制器读取故障寄存器时, 将复位ERROR。除非发生新的故障, 否则将不会触发ERROR输出。

用于工业控制的模拟电流/ 电压输出调理器

表5. SPI命令

COMMAND ADDRESS DIN[13:11]	NAME	DESCRIPTION
000	No-op	No operation.
001	Write configuration	Write device configuration register. See Table 6 for details.
010	Reserved	Reserved, no operation.
011	Reserved	Reserved, no operation.
100	Read error	Read error register status. See Table 7 for details.
101	Read configuration	Read device configuration register. See Table 6 for details.
110	Reserved	Reserved, no operation.
111	Reserved	Reserved, no operation.

表6. 配置寄存器

LOCATION	FUNCTION	DESCRIPTION
DIN[9:7]	Mode[2:0]	Sets device operating mode. 000 Mode[0]: Standby 001 Mode[1]: Bipolar current: $\pm 20\text{mA}$ 010 Mode[2]: Unipolar current: 0 to 20mA 011 Mode[3]: Unipolar current: 4mA to 20mA 100 Mode[4]: Standby 101 Mode[5]: Bipolar voltage: $\pm 10\text{V}$ 110 Mode[6]: Unipolar voltage: 0 to 10V 111 Mode[7]: Unipolar voltage: 0 to 5V
DIN[6:4]	VBOTH[2:0]	Sets supply voltage brownout threshold for error reporting. 000: $\pm 10\text{V}$ 001: $\pm 12\text{V}$ 010: $\pm 14\text{V}$ 011: $\pm 16\text{V}$ 100: $\pm 18\text{V}$ 101: $\pm 20\text{V}$ 110: $\pm 22\text{V}$ 111: $\pm 24\text{V}$
DIN[3]	Thermal shutdown	0 = thermal protection off. 1 = thermal protection on.
DIN[10], DIN[2:0]	—	Reserved

注：模式 2h 和 3h 功能相同。

表7. 回读操作和格式

DOUT BITS	DESCRIPTION
COMMAND ADDRESS DIN[13:11] = 101. READBACK DEVICE CONFIGURATION REGISTER	
DOUT[9:0]	See configuration register details in Table 6.
COMMAND ADDRESS DIN[13:11] = 100. READBACK ERROR REGISTER	
DOUT[9]	Output intermittent fault. For details, see the <i>Error Handling</i> section.
DOUT[8]	Output short circuit. This bit asserts when $I_{OUT} > 30\text{mA}$ in voltage and current modes for longer than 260ms.
DOUT[7]	Output open load. This bit asserts when V_{OUT} is within 30mV of AVDDO or AVSSO and there is no short-circuit condition for longer than 260ms.
DOUT[6]	Internal overtemperature. This bit asserts when the die temperature exceeds $+150^{\circ}\text{C}$.
DOUT[5]	Supply brownout. This bit asserts when either supply has entered the brownout limits. See Table 6 for details.
DOUT[4:0]	Reserved

用于工业控制的模拟电流/ 电压输出调理器

由于MAX15500/MAX15501没有使用连续时钟信号，利用SPI读周期循环检测故障并产生逻辑指示。在一个或多个故障解除，清除所有故障状态并读回故障报告之前，器件将连续保持巡检状态。见下面关于典型错误处理情形以及SPI读操作的作用的例子。

- 1) 由系统解决故障问题。
 - a) MAX15500/MAX15501检测到故障状态并触发 $\overline{\text{ERROR}}$ 输出。
 - b) 主控制器第一次读取故障寄存器，该操作将复位 $\overline{\text{ERROR}}$ 。数据向主处理器指示所发生的故障。
 - c) 主处理器成功解决故障问题。
 - d) 主处理器第二次读取故障寄存器。由于在步骤b之后、步骤c之前故障会保持一段时间，读回的数据将仍然显示存在故障。如果故障为负载开路或短路，将置位间断位。器件过热和电源电压跌落不会置位间断位。第二次读取寄存器时将复位寄存器。
 - e) 主机第三次读取故障寄存器，数据显示故障已经解除，再次发生这类故障时将同样触发 $\overline{\text{ERROR}}$ 。
- 2) 主处理器读取故障寄存器之前故障解除。
 - a) MAX15500/MAX15501检测到故障状态并触发 $\overline{\text{ERROR}}$ 输出，但器件自行解决了故障问题。
 - b) 主控制器第一次读取故障寄存器并复位 $\overline{\text{ERROR}}$ 。数据向主控制器指示所发生的故障。由于间断位已经置位，数据还向主控制器表明故障已经解除。
 - c) 主处理器第二次读取故障寄存器。数据仍然表示存在故障。如果故障为输出错误，由于间断位置位，数据向主控制器表明故障已解除。第二次读取寄存器将复位寄存器。

- 3) 无法解决故障问题。
 - a) MAX15500/MAX15501检测到故障状态并触发 $\overline{\text{ERROR}}$ 信号。
 - b) 主控制器第一次读取故障寄存器并复位 $\overline{\text{ERROR}}$ 。数据向主控制器指示所发生的故障。
 - c) 主处理器无法成功解决故障问题。
 - d) 主处理器第二次读取故障寄存器，数据表明仍然存在故障。
 - e) 主处理器第三次读取故障寄存器，数据表明故障没有解除。在解除故障并报告之前 $\overline{\text{ERROR}}$ 不再响应相同故障。如果发生不同故障，将触发 $\overline{\text{ERROR}}$ 输出。

应用信息

电流模式下设置输出增益

电流模式下，满幅时电流取样电阻两端的电压大约为1.0V。电流取样电阻用于设置增益，按照下式进行计算：

$$R_{\text{SENSE}} = V_{\text{SENSE_FS}} / I_{\text{MAX}}$$

其中 $V_{\text{SENSE_FS}}$ 为取样电阻两端的满幅电压。

$V_{\text{SENSE_FS}}$ 值请参考表8。

电压模式下的输出增益

电压模式下的输出增益为固定值，如表9所示。

补偿电容(C_{COMP})选择

按照表10选择补偿电容。

布局考虑

电流模式应用中，为减小增益误差漂移，SENSERN、SENSEFP与 R_{SENSE} 端的连线采用Kelvin连接，连线应尽可能短。为获得最佳性能，平衡并缩短所有模拟输入引线。

用于工业控制的模拟电流/ 电压输出调理器

表8. 推荐的电流设置元件

V _{REFIN} (V)	OVERRANGE (%)	BIPOLAR/ UNIPOLAR	MODE	V _{SENSE_FS} (V)	R _{SENSE} (Ω)	I _{OUT} (mA)	IDEAL GAIN	IDEAL TRANSFER FUNCTION
4.096	+20	Unipolar	2	1.02144	42.2	24.205	0.2625/42.2	$I_{OUT} = 0.2625 \times (V_{AIN} - 0.05 \times V_{REFIN})/42.2$
		Bipolar	1	±1.024	42.2	±24.27	0.5/42.2	$I_{OUT} = 0.5 \times (V_{AIN} - 0.5 \times V_{REFIN})/42.2$
	+5	Unipolar	2	1.02144	48.7	20.97	0.2625/48.7	$I_{OUT} = 0.2625 \times (V_{AIN} - 0.05 \times V_{REFIN})/48.7$
		Bipolar	1	±1.024	48.7	±21.03	0.5/48.7	$I_{OUT} = 0.5 \times (V_{AIN} - 0.5 \times V_{REFIN})/48.7$
2.500	+20	Unipolar	2	1.009375	41.2	24.5	0.425/41.2	$I_{OUT} = 0.425 \times (V_{AIN} - 0.05 \times V_{REFIN})/41.2$
		Bipolar	1	±1	41.2	±24.27	0.8/41.2	$I_{OUT} = 0.8 \times (V_{AIN} - 0.5 \times V_{REFIN})/41.2$
	+5	Unipolar	2	1.009375	47.5	21.25	0.425/47.5	$I_{OUT} = 0.425 \times (V_{AIN} - 0.05 \times V_{REFIN})/47.5$
		Bipolar	1	±1	47.5	±21.05	0.8/47.5	$I_{OUT} = 0.8 \times (V_{AIN} - 0.5 \times V_{REFIN})/47.5$

表9. 满幅输出电压

V _{REFIN} (V)	OVERRANGE (%)	BIPOLAR/ UNIPOLAR	MODE	IDEAL GAIN	IDEAL TRANSFER FUNCTION	IDEAL V _{OUT} (V)
4.096	+20	Unipolar	7	1.5625	$V_{OUT} = 1.5625 \times (V_{AIN} - 0.05 \times V_{REFIN})$	6.08
			6	3.125	$V_{OUT} = 3.125 \times (V_{AIN} - 0.05 \times V_{REFIN})$	12.16
		Bipolar	5	6.0	$V_{OUT} = 6.0 \times (V_{AIN} - 0.5 \times V_{REFIN})$	±12.288
	+5	Unipolar	7	1.375	$V_{OUT} = 1.375 \times (V_{AIN} - 0.05 \times V_{REFIN})$	5.3504
			6	2.75	$V_{OUT} = 2.75 \times (V_{AIN} - 0.05 \times V_{REFIN})$	10.7008
		Bipolar	5	5.25	$V_{OUT} = 5.25 \times (V_{AIN} - 0.5 \times V_{REFIN})$	±10.752
2.500	+20	Unipolar	7	2.5125	$V_{OUT} = 2.5125 \times (V_{AIN} - 0.05 \times V_{REFIN})$	5.96719
			6	5.0625	$V_{OUT} = 5.0625 \times (V_{AIN} - 0.05 \times V_{REFIN})$	12.0234
		Bipolar	5	9.6	$V_{OUT} = 9.6 \times (V_{AIN} - 0.5 \times V_{REFIN})$	±12
	+5	Unipolar	7	2.175	$V_{OUT} = 2.175 \times (V_{AIN} - 0.05 \times V_{REFIN})$	5.16563
			6	4.425	$V_{OUT} = 4.425 \times (V_{AIN} - 0.05 \times V_{REFIN})$	10.5094
		Bipolar	5	8.4	$V_{OUT} = 8.4 \times (V_{AIN} - 0.5 \times V_{REFIN})$	±10.5

用于工业控制的模拟电流/ 电压输出调理器

MAX15500/MAX15501

表10. 不同负载条件下的推荐补偿电容

MODE	C _L (F)	R _L (kΩ)	L _L (H)	C _{COMP} (F)
Voltage	0 to 1n	1	0	0
Voltage	1n to 100n	1	0	1n
Voltage	100n to 1μ	1	0	2.2n
Voltage	1μ to 100μ	1	0	4.7n
Current	0 to 1n	20 to 750	0 to 20μ	0
Current	0 to 1n	20 to 750	20μ to 1m	2.2n
Current	0 to 1n	20 to 750	1m to 50m	100n
Current	1n to 100n	20 to 750	0 to 20μ	1n
Current	1n to 100n	20 to 750	20μ to 1m	2.2n
Current	1n to 100n	20 to 750	1m to 50m	100n
Current	100n to 1μ	20 to 750	0 to 20μ	2.2n
Current	100n to 1μ	20 to 750	20μ to 1m	2.2n
Current	100n to 1μ	20 to 750	1m to 50m	100n
Current	1μ to 100μ	20 to 750	0 to 20μ	2.2n
Current	1μ to 100μ	20 to 750	20μ to 1m	2.2n
Current	1μ to 100μ	20 to 750	1m to 50m	100n

C_L = 负载电容。
R_L = 负载电阻。
L_L = 负载电感。
C_{COMP} = 补偿电容。

芯片信息

PROCESS: BiCMOS

封装信息

如需最近的封装外形信息和焊盘布局，请查询china.maxim-ic.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
32 TQFN-EP	T3255+4	21-0140	90-0012

用于工业控制的模拟电流/ 电压输出调理器

修订历史

修订号	修订日期	说明	修改页
0	7/09	最初版本。	—
1	2/11	在引脚说明部分更正了DOUT引脚的说明。	13

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。