

数字电源控制器 UCD3138 的数字比较器与模数转换器的应用说明

Neil Li, Sundy Xu

China Telecom Application Team

摘要

数字电源控制器 UCD3138 内部集成有 4 个数字比较器，可以灵活配置其输入端和参考值。模拟前端 (AFE) 模块的绝对值量和 EADC 的输出都可以作为数字比较器的输入，因此使用数字比较器可以实现对系统输出电压的故障响应与保护。UCD3138 内部集成有 16 个模数转换器 (ADC)，其中名称为 ADC15 的模数转换器不对外部开放，可以用来检测 3 个 AFE 模块中任何一个的 EAP 或 EAN 引脚，实现对系统输出电压的精确采集，最终可以实现对输出电压的故障响应与保护。

目录

1	UCD3138 的数字比较器	2
1.1	数字比较器的硬件电路简介	2
1.2	数字比较器涉及的关键寄存器.....	3
1.2.1	EADC 的输出	3
1.2.2	DAC 的输入	3
1.2.3	绝对值量	3
1.3	数字比较器的软件配置	4
1.4	数字比较器的实际应用结果	5
1.5	数字比较器的实际应用结果	5
2	UCD3138 的内部模数转换器 ADC15	7
2.1	ADC15 的配置	7
2.2	实验结果	8
3	UCD3138 的内部模数转换器 ADC15	8
4	参考文献	8

图

Figure 1.	UCD3138 AFE 模块框图	2
------------------	-------------------------------	----------

Figure 2. Memory Debugger 中读取到的寄存器值.....4
 Figure 3. 数字比较器触发后关闭 DPWM0B.....5
 Figure 4. EADC 正向饱和.....6
 Figure 5. EADC 负向饱和.....6

表

Table 1. 绝对值量范围和 AFE 增益的关系.....7

1 UCD3138 的数字比较器

UCD3138 内部集成有 4 数字比较器，可以以 AFE 的绝对值量或者误差值为输入端，灵活配置参考值，最终实现对系统输出电压故障（过压，欠压等）的快速响应与保护。

1.1 数字比较器的硬件电路简介

图 1 所示的是 UCD3138 芯片内部模拟前端（Analog Front End，AFE）的框图。输出电压在分压后以差分信号的方式进入到 AFE 模块，与参考电压（DAC0 的输出值）比较后得到误差信号（模拟量）；该误差信号在模数转换后变为数字量，然后输入到数字环路补偿模块（Filter）。

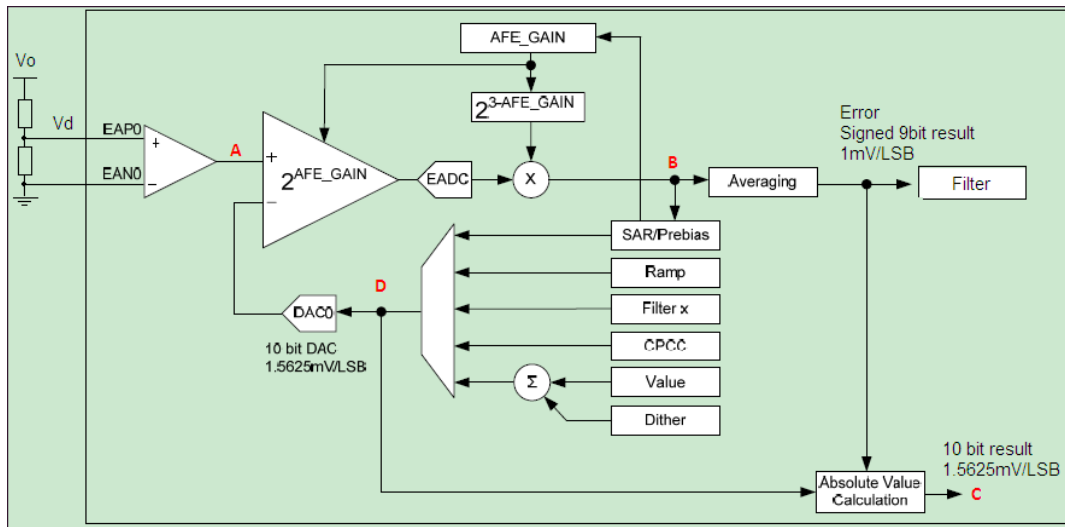


Figure 1. UCD3138 AFE 模块框图

为丰富应用的灵活性，用户设置的参考值（数字量）与 EADC 的输出值（数字量）相加后生成一个叫做“绝对值量（absolute value）”的数字信号，可以表征实际采集到的电压信息（即 Vd 的值）。

UCD3138 的数字比较器就是以数字误差信号 (B 点值) 或绝对值量 (C 点值) 作为一个输入端 , 参考电压值 (用户可以自行设置) 为另一个输入端所组成 , 触发后可以配置其关断任何一路 DPWM。

UCD3138 中有 3 个 AFE 模块 , 同样地 , 也有 4 个数字比较器。

1.2 数字比较器涉及的关键寄存器

1.2.1 EADC 的输出

EADC 的输出是参考电压与输入模拟量相减后的值在数字化之后的信息量 , 即数字误差量 , 其范围与 AFE 自身的增益有直接关系。例如 , 当增益值设置为 1 时 , 其输出范围是 +248~-256 ; 而增益设置为 8 时 , 输出范围是 +31~-32。

寄存器 EADCRAWVALUE 的第 0~8 位 (共 9bit , 名称为 RAW_ERROR_VALUE) 保存的即为 EADC 的输出 , 分辨率为 1mV/bit。

1.2.2 DAC 的输入

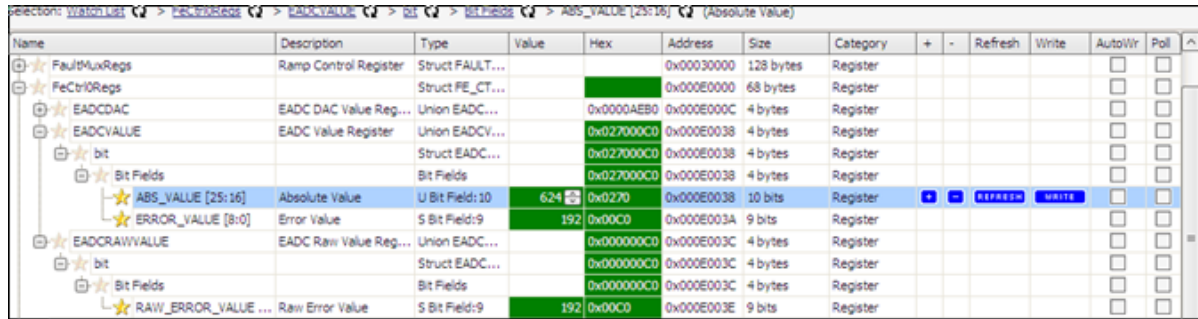
DAC 的输出即为系统的参考电压。在 UCD3138 的实际应用中 , 用户可以设置 DAC 的输入值 , 为数字信号量。寄存器 EADC_DAC 的第 4~13 位 (共 10bit , 名称为 DAC_VALUE) 保存了用户的设置值。分辨率为 1.5625mV/bit。

1.2.3 绝对值量

寄存器 EADCVALUE 的第 16~25 位 (共 10bit , 名称为 ABS_VALUE) 保存的就是绝对值量 , 分辨率为 1.5625mV/bit。

上文提到 , 绝对值量是 EADC 的输出信息与 DAC 的输入信息相加得到的 , 但并不是二者数字量的直接相加 , 因为其分辨率不同。事实上 , 上述三个数字量所各自表征的模拟量存在等式关系。

例如 , 某条件下 , EADC 的输出 (ERROR_VALUE) 为 192 ; DAC 的输入为 747 ; 绝对值量 (ABS_VALUE) 为 624 , 如下图 2 所示。



Name	Description	Type	Value	Hex	Address	Size	Category	+	-	Refresh	Write	AutoWir	Poll
FaultMuxRegs	Ramp Control Register	Struct FAULT...			0x00030000	128 bytes	Register					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
FeCtrl0Regs		Struct FE_CT...			0x000E0000	68 bytes	Register					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
EADC DAC	EADC DAC Value Reg...	Union EADC...		0x0000AEB0	0x000E000C	4 bytes	Register					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
EADCVALUE	EADC Value Register	Union EADCV...		0x027000CD	0x000E0038	4 bytes	Register					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
bit		Struct EADC...		0x027000CD	0x000E0038	4 bytes	Register					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bit Fields		Bit Fields		0x027000CD	0x000E0038	4 bytes	Register					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ABS_VALUE [25:16]	Absolute Value	U Bit Field:10	624	0x270	0x000E0038	10 bits	Register	+	-	REFRESH	WRITE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ERROR_VALUE [8:0]	Error Value	S Bit Field:9	192	0x00CD	0x000E003A	9 bits	Register					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
EADCRAWVALUE	EADC Raw Value Reg...	Union EADC...		0x000000CD	0x000E003C	4 bytes	Register					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
bit		Struct EADC...		0x000000CD	0x000E003C	4 bytes	Register					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bit Fields		Bit Fields		0x000000CD	0x000E003C	4 bytes	Register					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
RAW_ERROR_VALUE ...	Raw Error Value	S Bit Field:9	192	0x00CD	0x000E003E	9 bits	Register					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Figure 2. Memory Debugger 中读取到的寄存器值

显然， $747-624=123 \neq 192$ 。但是，各自的模拟量则满足等式关系，如下：

- ▶ EADC 的输出 192 对应的模拟量为 $192 \times 1\text{mV/bit} = 192\text{mV}$ ；
- ▶ DAC 的输入 747 对应的模拟量为 $747 \times 1.5625\text{mV/bit} = 1167.1875\text{mV}$ ；
- ▶ 绝对值量 624 对应的模拟量为 $624 \times 1.5625\text{mV/bit} = 975\text{mV}$ ；
- ◎ 最终， $1167.1875 - 975 = 192.1875 \approx 192$ 。

或者，三个数字量可以在增加衰减系数后存在如下等式关系：

$$(\text{绝对值量}) = (\text{DAC的输入}) - \frac{(\text{EADC的输出})}{1.5625}$$

1.3 数字比较器的软件配置

在程序初始化阶段，可以完成对数字比较器的配置。以配置数字比较器 0 为例，主要代码如下：

```
FaultMuxRegs.DCOMPCTRL0.bit.CNT_THRESH = 1;
```

上述代码配置只需触发一次数字比较器就会产生一个 fault。

```
FaultMuxRegs.DCOMPCTRL0.bit.FE_SEL = 0;
```

上述代码配置数字比较器的输入为 AFE0 的绝对值量。也可以配置为 EADC 的输出。另外，其余两个 AFE 的绝对值量和 EADC 的输出也可以配置为数字比较器 0 的输入。

```
FaultMuxRegs.DCOMPCTRL0.bit.COMP_POL = 1;
```

上述代码配置为数字比较器的输入高于参考量后才会触发。

```
FaultMuxRegs.DCOMPCTRL0.bit.THRESH = 850;
```

参考量设置为 850。如果输入量选择为绝对值量，则当 Vd 电压大于 $850 \times 1.5625\text{mV/bit} = 1.33\text{V}$ 时便会触发数字比较器。

```
FaultMuxRegs.DPWM0FLTABDET.bit.DCOMP0_EN=1;
```

上面代码配置为，数字比较器触发后立即关断 DPWM0A 和 DPWM0B。

1.4 数字比较器的实际应用结果

实际调试时，图 1 的 Vd 处外接一个可调电压，并由 0V 慢慢增大。可以观察到，当电压超过 1.33V 后，驱动信号便立即被关闭，符合预期，如下图 3 (CH3 为 Vd 电压，CH2 为 DPWM0B)。

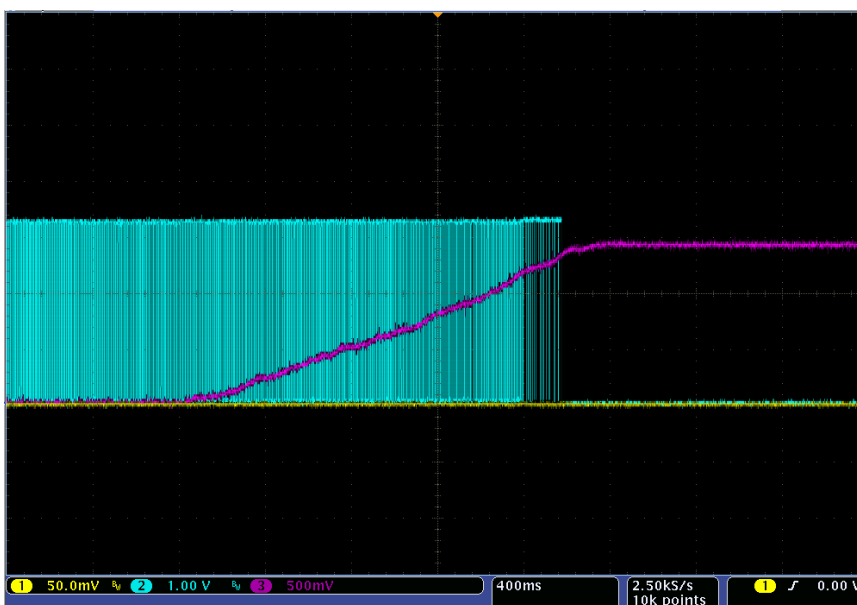


Figure 3. 数字比较器触发后关闭 DPWM0B

1.5 数字比较器的实际应用结果

实际应用中需要注意 EADC 的饱和问题。

上文 1.2 节提到，EADC 的输出有一定的范围，当输入过大或过小时，EADC 的输出会固定在其上限或下限，此时便是 EADC 处于了饱和状态。仍以上面提到的实验为背景进行说明，其中 AFE 的增益设置为 1。

当 V_d 电压为 554mV 时，绝对值量预计为 355（因为 $554/1.5625 \approx 355$ ），EADC 的输出预计为 613（参考 1.2 节最后的等式）。而实际读取发现，绝对值量为 588，EADC 的输出为 248，这与设想完全不同。分析原因可知，此时 EADC 已经处于了正向饱和，输出的上限为 248。

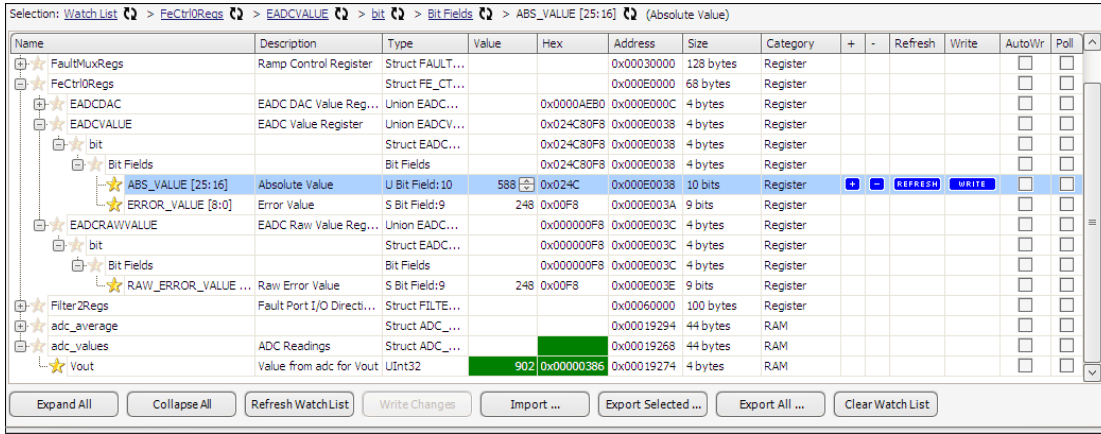


Figure 4. EADC 正向饱和

同样地，当 V_d 电压为 1.64V 时，绝对值量预计为 1050（因为 $1640/1.5625 \approx 1050$ ），EADC 的输出预计为 -473（参考 1.2 节最后的等式）。而实际读取发现，绝对值量为 911，EADC 的输出为 -256，这与设想也是完全不同。分析原因亦可知，此时 EADC 已经处于负向饱和，输出的下限为 -256。

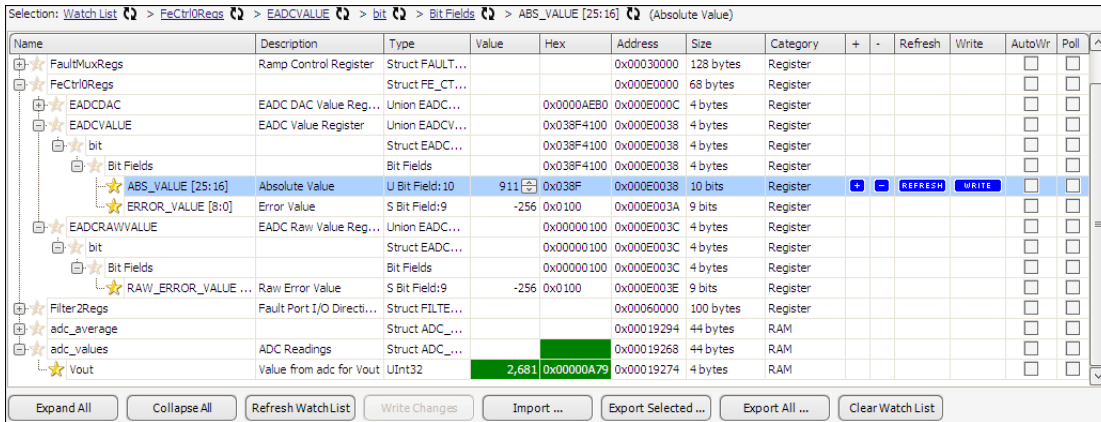


Figure 5. EADC 负向饱和

综合上面分析可知，在 DAC 的值固定后，绝对值量存在一个范围，该范围与 AFE 的增益有直接关系，如下表所示。

Table 1. 绝对值量范围和 AFE 增益的关系

AFE Gain	DAC Value	EADC Value	Absolute Value
1	x	+248 to -256	(x-159) to (x+164)
2	x	+124 to -128	(x-79) to (x+82)
4	x	+62 to -64	(x-40) to (x+41)
8	x	+31 to -32	(x-20) to (x+20)

可以观察到，如果 AFE 的增益设置为 8，DAC 的值为 747 时，绝对值的范围是 727~767。此时，如果计划让数字比较器在 V_d 为 1.33V 时触发，则其参考值需要设置为 850。然而，数字比较器的另一端（输入为绝对值）最大仅为 767，因此数字比较器将没有机会被触发。

实际应用中，设置数字比较器的参考值时需要考虑 AFE 的增益，以防止因 EADC 提前饱和而导致其输出被钳制而无法触发数字比较器。

2 UCD3138 的内部模数转换器 ADC15

UCD3138 芯片内部共有 16 个模数转换器，其中 ADC15 可以在芯片内部连接到 AFE 模块的 EAP 或 EAN 引脚。实际应用中，ADC15 可以用来检测系统的反馈电压，在软件中可以还原出实际的输出电压。

2.1 ADC15 的配置

UCD3138 芯片内部的 ADC15 可以连接到任意一个 AFE 模块的 EAP 或 EAN 引脚，完成模拟信号的数字化。在应用时，与其它 ADC 的配置方式非常相似，唯一的差别是需要配置 ADC15 到指定的 AFE。

下面三行代码是完成 ADC15 与 AFE 的关联。其中，AFE_MUX_CH_SEL 为 1 是指 ADC15 连接到 AFE0；AFE_VIN_MUX 为 0 是指 ADC15 连接到 EAP 引脚。

```
MiscAnalogRegs.AFECTRL.bit.AFE_MUX_SEL=3;
```

```
MiscAnalogRegs.AFECTRL.bit.AFE_VIN_MUX=0;
```

```
MiscAnalogRegs.AFECTRL.bit.AFE_MUX_CH_SEL=1;
```

综合上述配置，ADC15 是连接到了 AFE0 的 EAP 引脚，即可以检测图 1 中的 V_d 电压。

2.2 实验结果

如图 4，当 V_d 为 554mV 时，ADC15 的结果 (`adc_values.Vout`) 为 902。二者近似符合下面的等式：

$$902 \times \frac{2.5V}{4095} = 551mV$$

如图 5，当 V_d 为 1.64V 时，ADC15 的结果 (`adc_values.Vout`) 为 2681。二者近似符合下面的等式：

$$2681 \times \frac{2.5V}{4095} = 1.637V$$

上述物理值与数字量之间的差别，主要是测量误差导致。

3 UCD3138 的内部模数转换器 ADC15

UCD3138 芯片内部的数字比较器和模数转换器 ADC15 都可以用来处理与输出电压相关的工作。其中，数字比较器配置之后可以实现对输出电压过压或欠压等的快速响应与保护；ADC15 配置之后可以精确的采集输出电压信息，然后借助软件设计同样可以实现对输出电压的故障保护。

4 参考文献

1. UCD3138 datasheet, Texas Instruments Inc., 2011
2. UCD31xx Fusion Digital Power Peripherals Programmer's Manual, Texas Instruments Inc., 2011
3. UCD31xx Miscellaneous Analog Control _MAC_, Texas Instruments Inc., 2011

重要声明

德州仪器(TI)及其下属子公司有权根据 JESD46 最新标准,对所提供的产品和服务进行更正、修改、增强、改进或其它更改,并有权根据 JESD48 最新标准中止提供任何产品和服务。客户在下订单前应获取最新的相关信息,并验证这些信息是否完整且是最新的。所有产品的销售都遵循在订单确认时所提供的TI 销售条款与条件。

TI 保证其所销售的组件的性能符合产品销售时 TI 半导体产品销售条件与条款的适用规范。仅在 TI 保证的范围内,且 TI 认为有必要时才会使用测试或其它质量控制技术。除非适用法律做出了硬性规定,否则没有必要对每种组件的所有参数进行测试。

TI 对应用帮助或客户产品设计不承担任何义务。客户应对其使用 TI 组件的产品和应用自行负责。为尽量减小与客户产品和应用相关的风险,客户应提供充分的设计与操作安全措施。

TI 不对任何 TI 专利权、版权、屏蔽作品权或其它与使用了 TI 组件或服务的组合设备、机器或流程相关的 TI 知识产权中授予的直接或隐含权作出任何保证或解释。TI 所发布的与第三方产品或服务有关的信息,不能构成从 TI 获得使用这些产品或服务的许可、授权、或认可。使用此类信息可能需要获得第三方的专利权或其它知识产权方面的许可,或是 TI 的专利权或其它知识产权方面的许可。

对于 TI 的产品手册或数据表中 TI 信息的重要部分,仅在没有对内容进行任何篡改且带有相关授权、条件、限制和声明的情况下才允许进行复制。TI 对此类篡改过的文件不承担任何责任或义务。复制第三方的信息可能需要服从额外的限制条件。

在转售 TI 组件或服务时,如果对该组件或服务参数的陈述与 TI 标明的参数相比存在差异或虚假成分,则会失去相关 TI 组件或服务的所有明示或暗示授权,且这是不正当的、欺诈性商业行为。TI 对任何此类虚假陈述均不承担任何责任或义务。

客户认可并同意,尽管任何应用相关信息或支持仍可能由 TI 提供,但他们将独力负责满足与其产品及其应用中使用的 TI 产品相关的所有法律、法规和安全相关要求。客户声明并同意,他们具备制定与实施安全措施所需的全部专业技术和知识,可预见故障的危险后果、监测故障及其后果、降低有可能造成人身伤害的故障的发生机率并采取适当的补救措施。客户将全额赔偿因在此类安全关键应用中使用任何 TI 组件而对 TI 及其代理造成的任何损失。

在某些场合中,为了推进安全相关应用有可能对 TI 组件进行特别的促销。TI 的目标是利用此类组件帮助客户设计和创立其特有的可满足适用的功能安全性标准和要求的终端产品解决方案。尽管如此,此类组件仍然服从这些条款。

TI 组件未获得用于 FDA Class III (或类似的生命攸关医疗设备)的授权许可,除非各方授权官员已经达成了专门管控此类使用的特别协议。

只有那些 TI 特别注明属于军用等级或“增强型塑料”的 TI 组件才是设计或专门用于军事/航空应用或环境的。购买者认可并同意,对并非指定面向军事或航空航天用途的 TI 组件进行军事或航空航天方面的应用,其风险由客户单独承担,并且由客户独力负责满足与此类使用相关的所有法律和法规要求。

TI 已明确指定符合 ISO/TS16949 要求的产品,这些产品主要用于汽车。在任何情况下,因使用非指定产品而无法达到 ISO/TS16949 要求, TI 不承担任何责任。

	产品		应用
数字音频	www.ti.com.cn/audio	通信与电信	www.ti.com.cn/telecom
放大器和线性器件	www.ti.com.cn/amplifiers	计算机及周边	www.ti.com.cn/computer
数据转换器	www.ti.com.cn/dataconverters	消费电子	www.ti.com.cn/consumer-apps
DLP® 产品	www.dlp.com	能源	www.ti.com.cn/energy
DSP - 数字信号处理器	www.ti.com.cn/dsp	工业应用	www.ti.com.cn/industrial
时钟和计时器	www.ti.com.cn/clockandtimers	医疗电子	www.ti.com.cn/medical
接口	www.ti.com.cn/interface	安防应用	www.ti.com.cn/security
逻辑	www.ti.com.cn/logic	汽车电子	www.ti.com.cn/automotive
电源管理	www.ti.com.cn/power	视频和影像	www.ti.com.cn/video
微控制器 (MCU)	www.ti.com.cn/microcontrollers		
RFID 系统	www.ti.com.cn/rfidsys		
OMAP应用处理器	www.ti.com.cn/omap		
无线连通性	www.ti.com.cn/wirelessconnectivity	德州仪器在线技术支持社区	www.deyisupport.com

邮寄地址: 上海市浦东新区世纪大道 1568 号, 中建大厦 32 楼 邮政编码: 200122
Copyright © 2013 德州仪器 半导体技术(上海)有限公司