

用于高可靠性医疗应用的混合信号解决方案

◆ 凌力尔特公司混合信号产品产品市场经理/Alison Steer



医学和医疗方式的进步使得有希望进行更准确的诊断、采用新的治疗方法以及对病人进行更方便的医疗看护。从高分辨率成像系统到药品提供系统和可植入电子产品，模拟和数字IC正在医疗领域发挥着越来越大的作用。这些仪器越来越多地要求高性能、小尺寸和低功率，而这正是凌力尔特优于其他公司的领域。

此外，医疗费用上涨也在加速对便携式设备需求的增长，这类设备能在医院之外监视患者情况。存储在设备中的医疗数据可下载到PC或以电子方式发送回医院。便携式解决方案需要非常准确的低功率采样IC。凌力尔特公司提供非常适合各种不同医疗应用的创新产品组合，例如电子脑电图仪(EEG)、心电图(ECG)机、脉冲血氧计测量、血液分析、PET/SPECT和CT扫描仪、输注/胰岛素泵、血液透析机、生命体征监视器、医疗成像等医疗应用。本文介绍凌力尔特公司这类创新产品组合中的一些新的产品线。

用于医疗监视的 SAR ADC

诸如ECG/EEG和脉冲血氧计以及血液和体液分析应用等医疗监视需要精确和采样率高达1Msps的模数转换。视系统架构的不同而不同，12位~16位SAR型ADC是良好的选择。这类监视器系统的便携性要求正在驱

动对低功率解决方案和小占板面积器件的需求。为满足这类需求，凌力尔特已经开发了一个器件系列。

LTC2383 16位、250ksps~1Msps ADC系列器件具4mmx3mm的小占板面积，提供了卓越的速度、分辨率和低功率(参见表1)。±2.5V的全差分输入范围实现了92dB SNR，在工业和汽车温度范围具有保证的THD性能规格。该系列器件在转换之间自动断电，同时当采样频率降低时，线性地降低功耗。LTC2383在1Msps时仅消耗13mW功率。该引脚和软件兼容的系列包括LTC2382(500ksps、6.5mW)和LTC2381(250ksps、3.25mW)，这两款器件具专有采样架构，使ADC能在当前转换期间开始获取下一个采样值。这延长了采样时间，从而允许使用极低功率的ADC驱动器，因此降低了整个数据采集解决方案的总功耗。LTC2383系列还提供明显的BUSY和CHAIN引脚，以简化至微处理器的信号接口。LTC2383系列器件非常适用于多通道应用，例如外科设备中使用的光编码器，在这类应用中，功耗和小尺寸至关重要。

如果需要更宽的输入动态范围，那么LTC2393 16位250ksps~1Msps ADC系列提供±4.096Vp-p的全差分输入范围，具94dB SNR性能，同时提供一个集成和精确的10ppm/oC(最大值)基准。LTC2393非常适用于需要高度集成解决方案的血液和体液分析以及脉冲血氧计应用。在1Msps时，功耗为135mW，使用该系列

表1: 具明显 BUSY 和 CHAIN 引脚的 LTC2383低功率、串行 SAR ADC 系列

	LTC2383-16	LTC2382-16	LTC2381-16
分辨率	16 位	16 位	16 位
速度	1Msps	500ksps	250ksps
功率	13mW	6.5mW	3.25mW
封装	4mm x 3mm DFN-16, 16 引线 MSOP	4mm x 3mm DFN-16, 16 引线 MSOP	4mm x 3mm DFN-16, 16 引线 MSOP

器件，可以选择串行或并行接口。

在最近推出的LTC2379-18、18位1.6Msps SAR ADC中，凌力尔特公司的ADC设计师还实现了突破性的SNR性能。LTC2379-18不仅是最快的18位无延迟SAR ADC，而且还实现了无与伦比的101dB SNR基带性能，同时仅消耗23mW功率。此外，该器件还提供一种数字压缩方法，使得无需负轨就能使用ADC驱动器。通过将输入范围调节至比满标度小 $\pm 500\text{mV}$ ，该ADC可将调节后的范围理解为满标度输入驱动范围，从而仅在最低限度降低SNR性能的情况下，利用所有数字代码。这种数字压缩方法允许使用具较低正电源电压的单电源ADC驱动器，去掉了产生负轨所需的成本。总之，这种方法提供了一种更低功率的解决方案。为了实现这种不打折扣的AC性能，建议使用快速稳定的、低噪声LT6350 16位和18位ADC驱动器。

适用于便携式监视应用的增量累加ADC

医疗设备正在给家庭医疗保健市场带来革命，使人们不用走出家门就能诊断各种健康问题。科技正在实现自助护理保健系统，实现血压、血糖、体温等生命体征监控。

家庭医疗检查和监视系统使人们能控制他们的健康状况，但是这类医疗设备必须快速、高效率和可靠地运行。随着便携式医疗传感器的演变，就无创护理而言，对更长电池寿命和更小外形尺寸的需求变得更加关键了。

有些医疗测量需要模拟电路连续运行，每秒获取成千上万甚至数百万读数。而另一些医疗应用每天仅需要一个读数。就这类非经常性的测试而言，模拟电路必须仅加电一次，进行测量，然后处于闲置状态，在一天的其余时间以低功率“休眠”模式运行。这类IC需要提供低功率休眠或打盹模式，以在停机时实现低功耗。

凌力尔特公司为便携式应用提供了纤巧、低成本、16位增量累加ADC系列(图1)，应用包括：患者

		具外部基准的 30Hz/60Hz ADC	具 10ppm/oC 基准的 60Hz ADC	具 10ppm/oC 基准的 快速 (250Hz/1000Hz) ADC
SPI	单端	2450/ 2450-1	2460	2470
	差分	2452	2462	2472
	封装	2mm x 2mm DFN, 3mm x 2mm DFN, 8 引线 TSOT-23	3mm x 3mm DFN, 12 引线 MSOP	3mm x 3mm DFN, 12 引线 MSOP
I ² C	单端	2451	2461	2471
	差分	2453	2463	2473
	封装	3mm x 2mm DFN, 8 引线 TSOT-23	3mm x 3mm DFN, 12 引线 MSOP	3mm x 3mm DFN, 12 引线 MSOP

图1：凌力尔特公司的纤巧增量累加 ADC 系列

可戴在身上及具无线接口的ECG监视器、或体温和葡萄糖监视器等。LTC2470系列提供高达1ksps的输出速率，具有保证的无漏码16位性能、SPI或I²C接口，并含有一个内部10ppm/oC基准，以确保最佳解决方案尺寸。

面向医疗成像的高速ADC

医疗成像应用采用种类繁多的高性能数据转换器。超声、PET/SPECT、核磁共振成像(MRI)和X射线成像都采用多通道采样系统来收集图像数据。因为这类应用需要非常宽的动态范围，所以ADC的动态性能至关重要。要实现最佳性能，就需要高的信噪比和失真度(SINAD)以及无寄生动态范围(SFDR)性能。此外，在MRI等应用中，采用欠采样方法，宽带宽采样和保持性能是关键。凌力尔特公司已经为成像应用开发了一个高性能、低功率12位和14位多通道ADC产品线。该引脚兼容、同时采样的4通道(LTC2175)和双通道(LTC2268)ADC系列的采样率从25Msps直至125Msps，在最高采样率时，每通道仅消耗140mW功率(参见图2)。关键特点包括：在14位、800MHz满功率带宽时具73.1dB SNR和88dB SFDR；串行LVDS输出；低功率休眠和打盹模式。

就需要更高分辨率的应用而言，新的和具灵活数字输出的低功率16位单通道和双通道ADC系列提供优于76.8dB的SNR和90dB的SFDR。单通道LTC2165和双通道LTC2185 ADC系列提供了全速率CMOS或

	25Msps	40Msps	65Msps	80Msps	105Msps	125Msps
14 位	2170-14	2171-14	2172-14	2173-14	2174-14	2175-14
	2263-14	2264-14	2265-14	2266-14	2267-14	2268-14
12 位	2170-12	2171-12	2172-12	2173-12	2174-12	2175-12
	2263-12	2264-12	2265-12	2266-12	2267-12	2268-12
功 耗	每通道40mW	每通道50mW	每通道80mW	每通道95mW	每通道110mW	每通道140mW
7 x 8 QFN 4 通道 ADC 串行 LVDS 输出 6 x 6 QFN 双通道 ADC 串行 LVDS 输出						

图2:14位和12位引脚兼容的4通道和双通道高速ADC系列

双数据速率 (DDR) CMOS/LVDS数字输出的选择。LTC2195 系列包括具串行LVDS输出、双通道、同时采样 ADC。在125Msps采样率时, 这些ADC每通道仅从1.8V电源消耗185mW功率(参见图3), 而且在每一个速度级上, 每通道约为1.5mW/Msps。SPI接口实现可编程数字输出定时、可编程LVDS输出电流以及可选LVDS输出终止。

面向医疗成像的电源管理

今天的高可靠性医疗系统需要复杂的数字电源管理解决方案, 以对大量电压轨进行排序、监察、监视

和裕度调节。一个应用电路板有几十个轨的情况并非不常见, 而且每一个轨都有自己独特的要求。典型情况下, 这类系统的电源管理解决方案要求由FPGA 或微控制器控制的几个分立器件分布于电路板各处, 以对电源阵列进行排序、检查、监视和裕度调节。采用这种方案时需要大量时间和工作量来开发必要的固件。

具EEPROM的LTC2978 8通道数字电源管理器(图4)为医疗系统设计师提供了一款集成和模块化的解决方案, 与微控制器解决方案相比, 该方案减少了调试时间和工作量。LTC2978可以对8个电源进行排序接通、排序断开、监视、检查、裕度调节和微调。多个LTC2978可以非常容易地利用单条共享时钟总线以及

	25Msps	40Msps	65Msps	80Msps	105Msps	125Msps
单通道	2160	2161	2162	2163	2164	2165
双通道	2180	2181	2182	2183	2184	2185
	2190	2191	2192	2193	2194	2195
功 耗	每通道40mW	每通道60mW	每通道80mW	每通道100mW	每通道155mW	每通道185mW
7 x 8 QFN 1.8V 双通道 ADC 串行 LVDS 输出 9 x 9 QFN 1.8V 双通道 ADC 并行输出 7 x 7 QFN 1.8V 单通道 ADC 并行输出						

图3:16 位单通道和双通道高速ADC系列

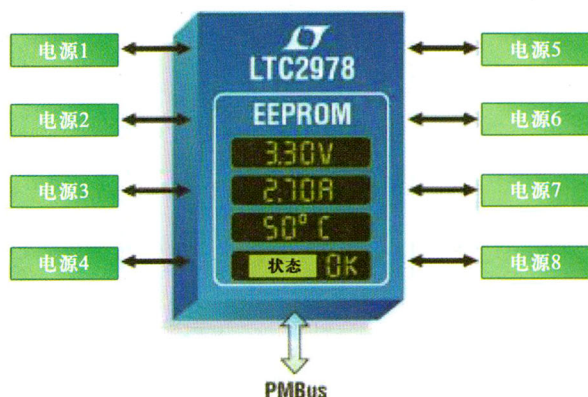


图4: 具EEPROM的LTC2978 8通道数字电源管理器

一个或多个双向故障引脚(图1显示了一个典型应用)进行级联, 以在单条I²C地址总线上控制多达72个轨。

此外, 如果关键系统出现故障, 那么LTC2978就用一种受保护的、非易失性存储器构件来记录系统电压和故障信息。在非易失性存储器中保留关键系统数据, 使用户能识别故障电压轨, 并在系统开发、测试调试或故障分析时隔离电路板故障源。

LTC2978运用业界标准PMBus指令协议, 以简化固件开发。LTC2978最重要的特点是其精确的集成基准和15位增量累加ADC, 当测量或调节电源电压时, 该基准和ADC提供 $\pm 0.25\%$ 的绝对准确度。

LTC2978成功的关键是凌力尔特的LTpowerPlay软件工具, LTpowerPlay是一款可免费下载的软件, 提供图形PC界面, 在设计和测试中方便了与该器件的互动。LTpowerPlay软件工具为使用LTC2978的功能提供了一种简单易用且非常强大的配置工具。该软件工具也将支持凌力尔特公司未来的数字电源管理器件。

为保护患者而产生的隔离要求

设计医疗产品时, 一个重要的考虑因素是, 接触患者的产品要满足IEC60601-1的4kV隔离额定值。此外, 要求低势垒电容, 以帮助最大限度地减少医疗设备的漏电流。患者或操作人员可能接触到的机壳漏电流称为“接触电流”。IEC60601规定, 在正常工作时, 该电流的限制为100A, 在发生单个故障情况下, 该电流的限制为500A。另一种漏电流测试标准规定了总的患者漏电流, 该项规定量度的是, 当医疗设备工作所需的所有应用部件与患者接触时产生的漏电流。

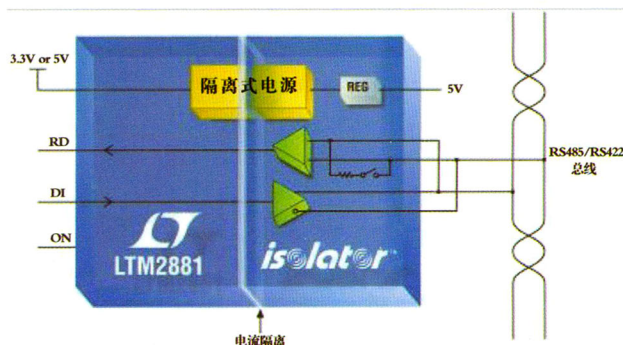


图5: 完整的隔离式RS485/RS422微型模块收发器 + 1W功率的LTM2881

按照IEC60601-1标准, 隔离势垒上的所有组件都须在持续1分钟的时间内满足4000VAC(或5600VDC)的隔离要求。该标准还定义了患者保护方法(MOPP), 该方法描述了降低患者受电击风险所需的隔离保护。该隔离保护包括爬电距离/间隙距离、绝缘及保护性接地线路。

凌力尔特公司用一个隔离器件产品线帮助满足了这些要求, 该系列器件提供集成的电源, 无需外部组件就可提供高达5kVRMS的隔离。该系列的第一批产品包括2.5kVRMS LTM2881隔离式RS485(图5)和LTM2882双通道隔离式RS232微型模块(Module)收发器, 2011年年初推出5kV的引脚兼容版本。两款产品都含有一个隔离式、效率高达65%的1W DC/DC转换器, 在5V稳定输出时提供超出所需的功率。从耦合电容、二极管到甚至可切换的终端电阻器(LTM2881), 所有组件都集成到模块中。在收发器引脚上以及跨隔离势垒两端很强的ESD保护确保无闭锁或损坏。这些新的器件提供了一种非常坚固、甚至经历30kV/ μ s瞬态事件都能提供连续通信的解决方案。LTM2881和LTM2882提供了一种低EMI解决方案, 如果遵循良好的布局实践, 那么该方案可满足EN55022 B类辐射要求。

结论

凌力尔特公司提供种类繁多的通用混合信号产品, 这些产品提供很高的模拟性能, 专注于效率和灵活性, 以满足医疗应用需求。因为医疗产品可能需要很多年才能投入生产, 所以在设计时能充分相信器件将持续供货这一点是很重要。凌力尔特公司有一项政策, 即不淘汰器件, 并努力持续支持所有已推出的产品。CIC