

ADC14V155,LMK02000,LMK03000

*Application Note 1721 High Speed ADCs with Interfacing, Driving and
Clocking Schemes*



Literature Number: ZHCA330

高速ADC的接口，驱动和时钟方案

美国国家半导体公司
应用注释1721
Uwe Kopp
2007年9月



引言

目前，高速流水线模数转换器的性能已经达到了新的高度。精度、采样速度和动态性能也被推到了新的极限。ADC14V155是当前一流性能的转换器之一，与14比特的竞争产品相比可传送多达57%的全功率带宽。其面临的挑战是在数据表中给定的参数下如何能保持静态，尤其是动态的性能。设计师必须非常小心地选择转换器周边器件。本应用注释讨论了如何通过设计正确的时钟电路和良好的模拟输入网络，来优化高速流水线ADC的性能，以及如何将ADC的高速不失真的数据输送到FPGA或ASIC上。

一个应用实例为有14位精度以及高达155MSPS采样速率的ADC14V155。它采用了差分流水线结构，其独特的低抖动采样保持级提供了1.1 GHz的全功率带宽。这种高输入带宽使其成为所有类型的通信接收器的极佳选择，特别是对于欠采样系统。器件可采样高达450 MHz带宽的信号，为系统的规划提供了灵活性，并可从单载波结构移植到单个ADC能数字化数个载波的多载波方案。

这种ADC可应用在其它方面，如快速测量和测试仪器。数据从芯片上的并行LVDS（低压差分信号传输）接口以DDR（双倍数据速率）格式送出，能以纯净的数据传输到现代FPGA或ASIC。为了进一步减少噪声和功耗，器件为输出接口（1.8V）和模拟部分（3.3V）分别提供电源。典型情况下器件功耗小于1W。在输入频率为70 MHz时，器件呈现的信噪比为71.7 dBFS，无杂散动态范围（SFDR）为86.9 dBFS。

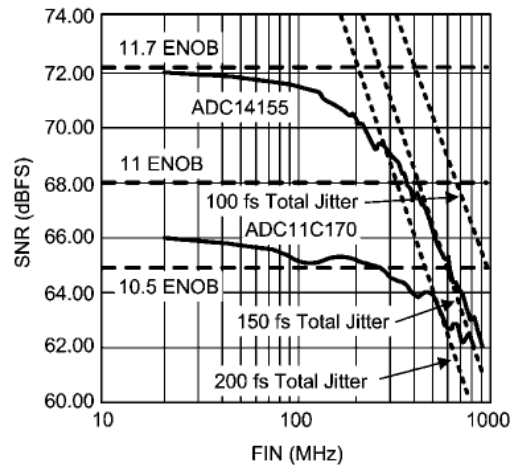
时钟抖动 信噪比性能之大敌

高频输入和高精度应用时，时钟抖动和数据抖动成为ADC的信噪比性能的最大限制之一。不影响信噪比的最大抖动必须低于量化噪声（1/2LSB），可计算如下：

$$T_{j(rms)} = (V_{IN(p-p)} / V_{INFSR}) * (1 / (2^{(N+1)} * \pi * f_{in}))$$

当优化输入电压摆幅到满幅时，第一项为1，抖动仅取决于精度（N）和输入频率。对具有11位到14位精度的

ADC的信噪比性能测量表明，在高于100 MHz的输入频率下，对于11位的ADC，总体系统抖动不应超过200 fs，对于ADC14V155（11.5有效位数），约在100 fs左右。



30038402

图1. 11位到14位ADC的信噪比性能和抖动限制

这些信息有助于定位时钟源规格以及实现的设计。大多数时钟产品都由其频率和相位噪声来定义，可在其相应的数据手册图示中找到。相位噪声和抖动描述的是相同的现象或问题，其中相位噪声用频域表示，而抖动是通过集成相位噪声图的衍生所得。由此，关于造成ADC时钟上抖动的原因，其提供了很好的深入理解，接下来，电路设计会涉及并解决这个问题。良好的起点是将图表分为两个区域：近载波相位噪声和宽带噪声。宽带噪声能被很容易地滤除，所以我们将注意力集中在近载波相位噪声上。需要近载波噪声较低的时钟源，其在最低失调处的滚降应尽可能陡峭。

必须滤除宽带噪声的原因是，ADC时钟输入上的信号包含在模拟输入中。ADC14V155的1.1 GHz的极高输入频率与极高的时钟输入带宽相匹配。这意味着有来自时钟源的大量宽带噪声，如果未被滤除，将会混叠到第一个Nyquist区，从而降低信噪比性能。

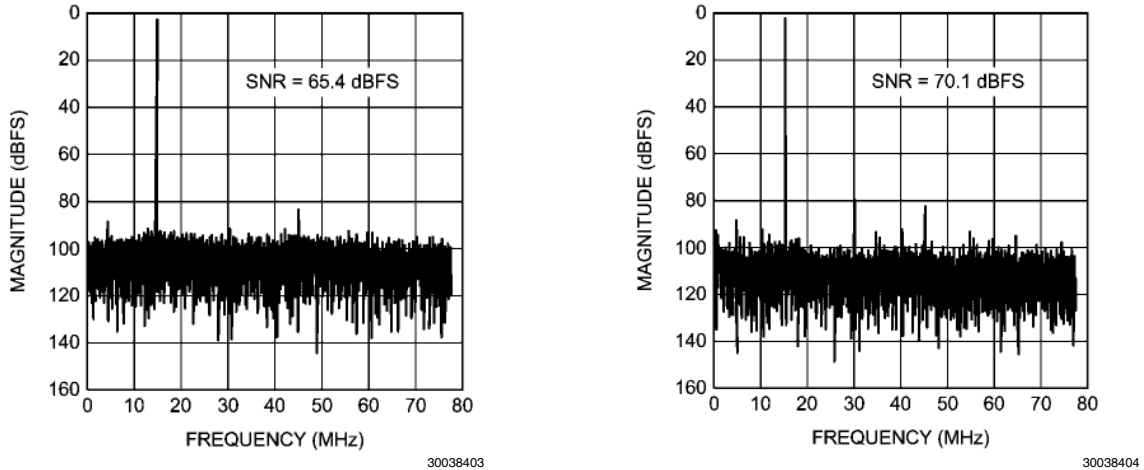


图2. 时钟源上使用和不使用带通滤波器对信噪比的影响
(使用带通滤波器时噪声本底降低了4.7 dB)

欠采样的缺点

如果采用欠采样,你可能会落入其它误区。欠采样是指时钟频率低于信号频率两倍的情况,这违反了采样频率 f_s 应大于两倍的信号频率 f_{in} 以避免混叠的Nyquist理论。欠采样会造成信号及其谐波混叠到第一个Nyquist频带,但只要我们知道它们被混叠到哪个频率,就可这种方式分配频率,使得关心的频率不会被混叠的谐波尖峰所破坏。

一个通用的频率规划是使输入频率被混叠到四分之一采样频率 $f_s/4$ 。在这个频率规划中,所有谐波将混叠到直流, $f_s/4$ 或 $f_s/2$ 。这种规划的益处是在谐波失真尖峰之间给出了最大间隔,简化了滤波并使基频在Nyquist频带内居中。然而,这种频率规划也通过交迭掩盖了所有ADC谐波尖峰,并使ADC的输出频谱相比于实际情况得到改善。为了看到实际性能,必须将输入频率偏移0.1到1 MHz,这就露出交迭的尖峰脉冲。

ADC时钟接收器

不幸的是,即使ADC内部的时钟接收器电路也会产生一些抖动。原因在于任何电源噪声都会轻微地改变时钟接收器的触发点。当施加一个有限斜率的时钟信号时,这种噪声会被转化为相位噪声。这类似于AM(幅度调制)到PM(相位调制)的转换,其中AM是转化为PM时钟噪声的电源噪声,然后转变为时域中的抖动。时钟的转换时间越长,增加的抖动也会越大。施加一个高压摆率时钟可将这种影响降到最低。最后,具有快速瞬态的方波时钟输入是最佳选择,能够得到最好的信噪比。

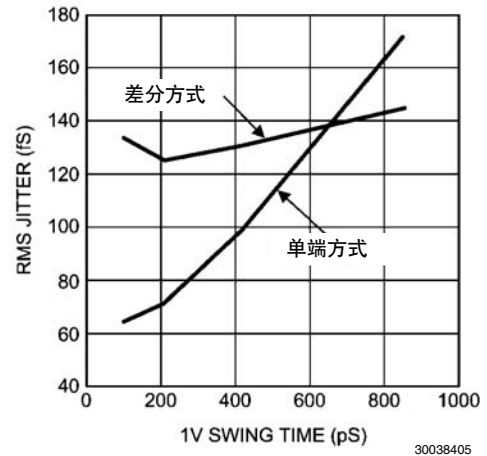


图3. 差分时钟和单端时钟的摆动时间与均方根抖动的关系

在实验室中以及对于测试来说,高品质的信号发生器是提供频率灵活性的最好选择。一旦确定了频率规划,晶体振荡器会提供最纯净的时钟信号。如果在PCB上需要多个时钟,美国国家半导体LMK03000/2000系列的一个高精度时钟调节器产品是不错的选择。

输入网络

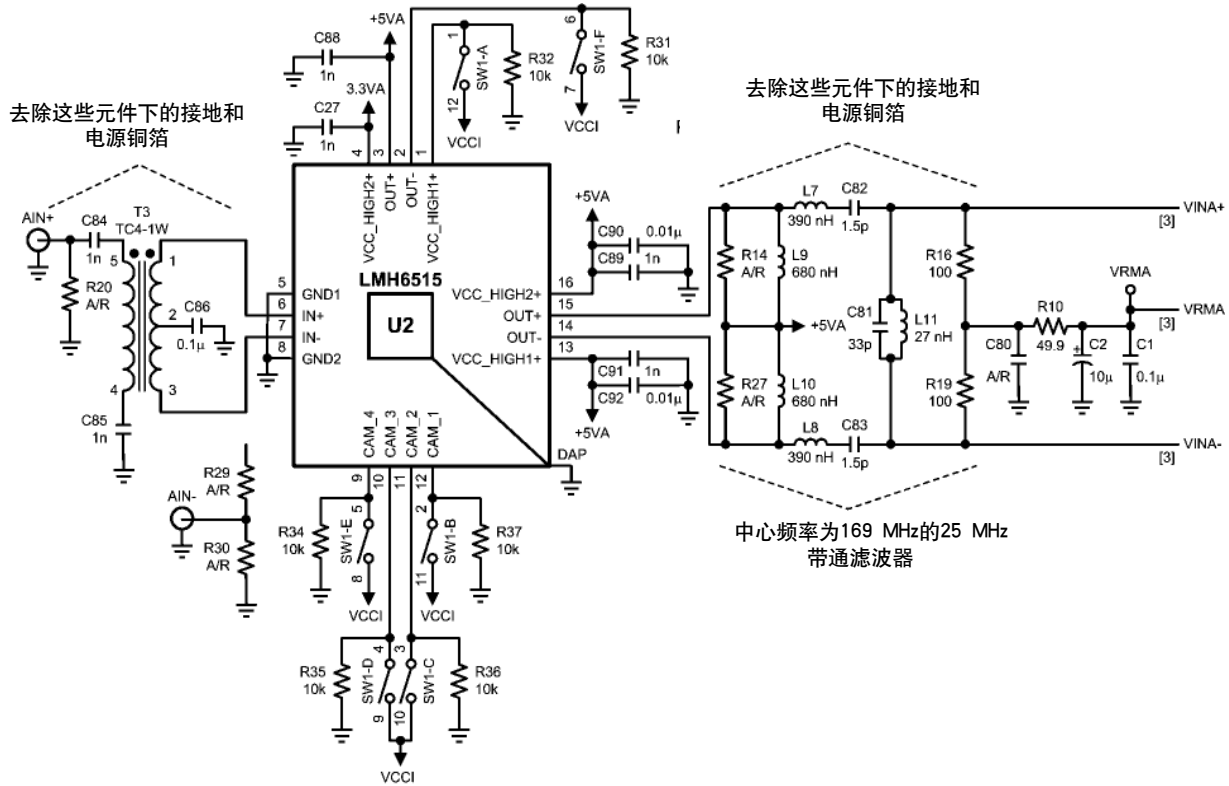
在ADC的选择和测试阶段,使用信号发生器来驱动输入。显然,测得的ADC结果不会比加到输入端的信号纯度更好。这意味着将信号发生器的输出强行滤波,可限制发生器传到ADC输入的谐波失真和噪声。典型的综合器二次谐波失真(H_2)将位于-40 dBc和-50 dBc之间,而ADC14V155的二次谐波失真在238 MHz时可低至-85 dBFS。建议使用可调带通滤波器,类似于Trilithic VF系列滤波器,来提供90 dB的二次和三次谐波衰减。

当然，在最终产品应用中对输入信号滤波更为关键。ADC14V155具有1.1 GHz的极高输入带宽，意味着可采样包括所有的多余噪声分量的整个频谱，如采样缺点章节中所述。即使ADC仅在155 MHz下采样，高于此频率的噪声会重叠折返到第一Nyquist频带上，将对信噪比性能产生负作用，但如果我们将中间频率附近的输入信号作带通滤波，就可避免这个问题。

在大多数实际应用中，ADC通过变压器和/或者放大器

与输入信号相耦合。使用差分电压增益放大器LMH6515驱动ADC14V155的电路实例如图4所示。在ADC和放大器之间，用一个中间频率为169 MHz，带宽为25 MHz的4阶滤波器。

电阻R16和R19为ADC提供了输入共模偏置，并设定了滤波器的负载阻抗。应注意即使会降低滤波器衰减，也不要使用过高的阻抗，因其会降低SFDR性能。在ADC和放大器失真之间作最佳折衷，得到阻抗为500欧姆。



30038406

图4. 驱动ADC14V155输入的实例电路

为了使SFDR性能最好，采用一个额外的RC网络，并将其调到应用的输入频率。网络由连到ADC输入引脚的两个串联电阻和并联电容组成。由于ADC输入端上有来自采保电路的扰动，这些电阻和电容会影响建立时间。RC组合也会在

ADC之前提供最后的低通滤波器，而且截止频率会影响噪声抑制和谐波衰减。较大数值的并联电容会降低低通滤波器的截止频率并改善低频失真（代价是牺牲输入带宽）。

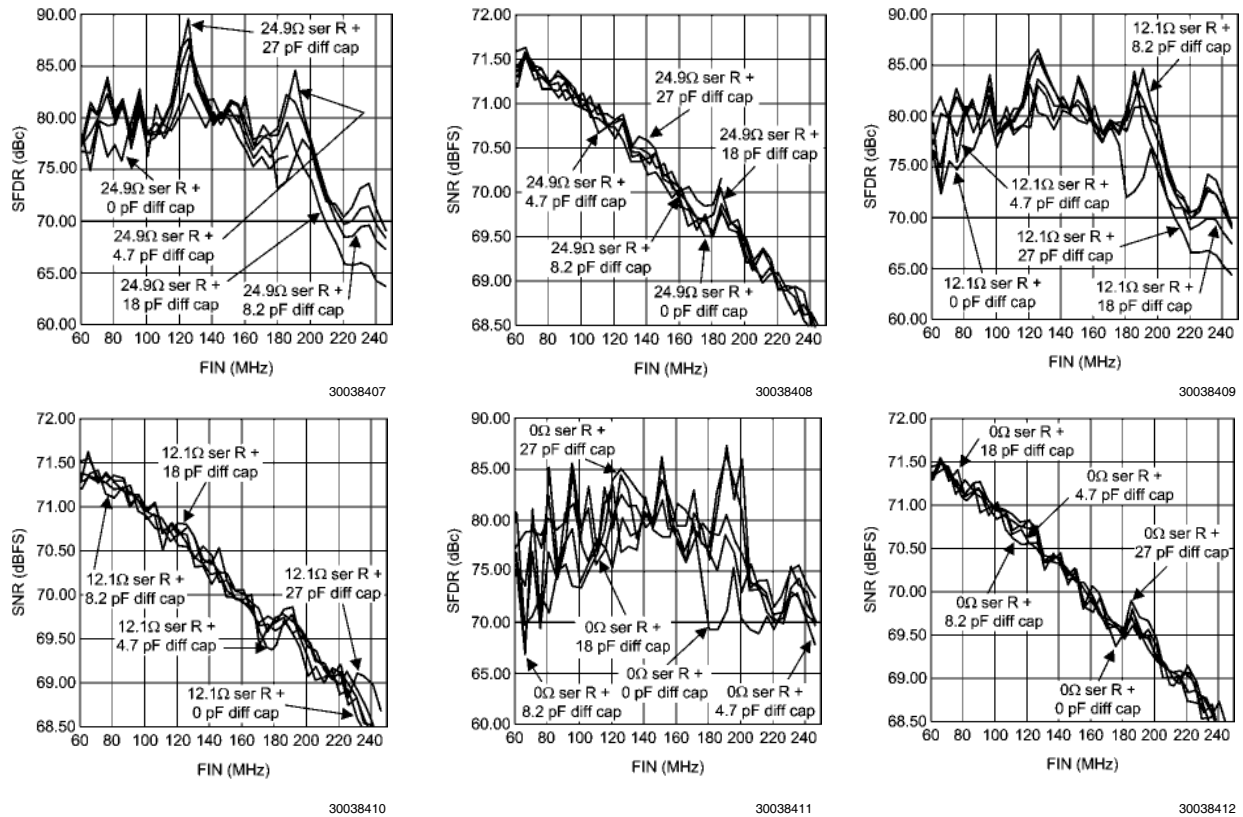


图5. 频率扫描图解了不同滤波器设置下的SFDR性能

ADC14V155的数据手册显示了12.1欧姆的电阻和15 pF的电容在较宽的输入频率 f_{in} 范围内展现出良好的平衡。

退耦

在选择合适的低抖动时钟并提供一个干净滤波的信号给ADC的输入端之后，还有一个方面仍需加以关注。噪声也会通过其参考源和电源引脚耦合到ADC。最好的解决方法是尽可能靠近ADC封装和引脚放置退耦电容。以毫米来计算！必须至少用两个不同的电容值来进行退耦：0.1 uF和0.01 uF，必须将它们直接连到电源层和接地层。较长的导线会引入寄生电阻，必须避免寄生电感。

当测量以LLP和TQFP封装的ADC14155的信噪比和SFDR性能时，如果未考虑引脚长度将会产生问题。测试显示，因为TQFP封装的引脚长度，退耦电容必须直接放在电路板的背面，参考源和电源引脚的下方以获得最佳性能。采用顶侧退耦，信噪比降低了约3 dB，SFDR下降超过3 dB。

输出接口

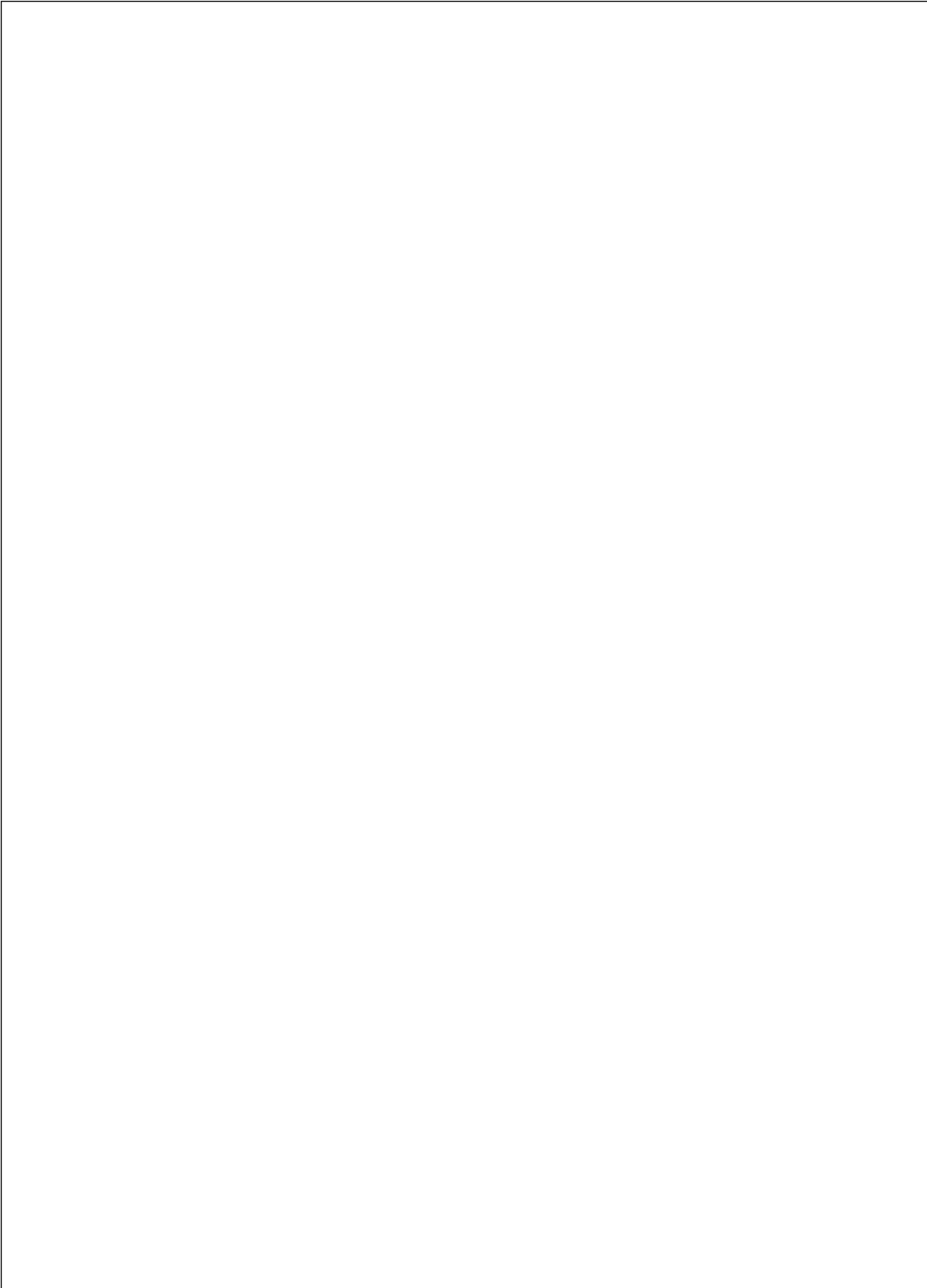
一旦已经转化了模拟信号，即可进入下一个处理步骤，如FPGA或ASIC。多年来一直用CMOS输出级来传输数字化的数据。CMOS级的输出电平 and 负载有关，信号为电压模式。单端类型的输出也意味着无共模抑制噪声。当提高开关速度时，驱动容性负载的电流也随之增加，降低了CMOS电

压摆幅。约在150 MHz下CMOS接口的数据传输变得不可靠。必须采用新型接口，LVDS是一个极好的备选方案。

在差分方案中，LVDS驱动器提供3.5 mA的恒定电流。必须在差分输出线路之间用100欧姆的终接电阻并尽可能靠近接收器引脚放置。ADC14V155采用交叉DDR输出方案，其首先显示奇数位，然后在相同引脚上显示偶数位。输出在时钟的上升沿和下降沿改变状态。这可节省封装上的50%或14个引脚，以及节省接收器件上相同数量的连接。除了数据引脚之外，过量指示（OVR）和数据就绪选通（DRDY）都采用LVDS格式提供。

结论

ADC14V155是具有极佳性能的新一代ADC。这种先进的器件具有极高带宽，可提供高精度性能。周边器件对于确定级联结构的信号完整性具有关键作用。通过采用一些关键设计和布局技巧可以实现较高的系统性能。



注释

对于上述任何电路的使用，美国国家半导体公司不承担任何责任且不默示任何电路专利许可。美国国家半导体公司保留随时更改上述电路和规格的权利，恕不另行通知。
想了解最新的产品信息，请访问我们的网址：www.national.com。

生命支持策略

未经美国国家半导体公司的总裁和首席律师的明确书面审批，不得将美国国家半导体公司的产品作为生命支持设备或系统中的关键部件使用。特此说明：

1. 生命支持设备/系统指：(a) 打算通过外科手术移植到体内的生命支持设备或系统；(b) 支持或维持生命，依照使用说明书正确使用时，有理由认为其失效会造成用户严重伤害。
2. 关键部件是在生命支持设备或系统中，有理由认为其失效会造成生命支持设备/系统失效，或影响生命支持设备/系统的安全性或效力的任何部件。

禁用物质合规

美国国家半导体公司制造的产品和使用的包装材料符合《消费产品管理规范（CSP-9-111C2）》以及《相关禁用物质和材料规范（CSP-9-111S2）》的条款，不包含CSP-9-111S2限定的任何“禁用物质”。
无铅产品符合RoHS指令。



National Semiconductor
Americas Customer
Support Center
Email: new.feedback@nsc.com
Tel: 1-800-272-9959

National Semiconductor
Europe Customer Support Center
Fax: +49 (0) 180-530 85 86
Email: europe.support@nsc.com
Deutsch Tel: +49 (0) 69 9508 6208
English Tel: +44 (0) 870 24 0 2171
Français Tel: +33 (0) 1 41 91 8790

National Semiconductor
Asia Pacific Customer
Support Center
Email: ap.support@nsc.com

National Semiconductor
Japan Customer Support Center
Fax: 81-3-5639-7507
Email: jpn.feedback@nsc.com
Tel: 81-3-5639-7560

重要声明

德州仪器(TI) 及其下属子公司有权在不事先通知的情况下, 随时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, 并有权随时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 保证其所销售的硬件产品的性能符合TI 标准保修的适用规范。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。除非政府做出了硬性规定, 否则没有必要对每种产品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 产品或服务的组合设备、机器、流程相关的TI 知识产权中授予的直接或隐含权限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, 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。在复制信息的过程中对内容的篡改属于非法的、欺诈性商业行为。TI 对此类篡改过的文件不承担任何责任。

在转售TI 产品或服务时, 如果存在对产品或服务参数的虚假陈述, 则会失去相关TI 产品或服务的明示或暗示授权, 且这是非法的、欺诈性商业行为。TI 对此类虚假陈述不承担任何责任。

TI 产品未获得用于关键的安全应用中的授权, 例如生命支持应用(在该类应用中一旦TI 产品故障将预计造成重大的人员伤亡), 除非各方官员已经达成了专门管控此类使用的协议。购买者的购买行为即表示, 他们具备有关其应用安全以及规章衍生所需的所有专业技术和知识, 并且认可和同意, 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在关键安全应用中使用其产品及TI 产品所需的所有法律、法规和安全相关要求。此外, 购买者必须全额赔偿因在此类关键安全应用中使用TI 产品而对TI 及其代表造成的损失。

TI 产品并非设计或专门用于军事/航空应用, 以及环境方面的产品, 除非TI 特别注明该产品属于“军用”或“增强型塑料”产品。只有TI 指定的军用产品才满足军用规格。购买者认可并同意, 对TI 未指定军用的产品进行军事方面的应用, 风险由购买者单独承担, 并且独力负责在此类相关使用中满足所有法律和法规要求。

TI 产品并非设计或专门用于汽车应用以及环境方面的产品, 除非TI 特别注明该产品符合ISO/TS 16949 要求。购买者认可并同意, 如果他们在汽车应用中使用任何未被指定的产品, TI 对未能满足应用所需要求不承担任何责任。

可访问以下URL 地址以获取有关其它TI 产品和应用解决方案的信息:

	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/consumer-apps
DLP® 产品	www.dlp.com	能源	www.ti.com/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 机动性处理器	www.ti.com/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 © 2011 德州仪器 半导体技术 (上海) 有限公司