

**DP83620,DP83630,DP83640,DP83848C,
DP83848H,DP83848I,DP83848J,DP83848K,
DP83848M,DP83848Q,DP83848T,DP83848VYB,
DP83848YB,DP83849C,DP83849I,DP83849ID,
DP83849IF**

Application Note 1548 PHYTER 100 Base-TX Reference Clock Jitter Tolerance



Literature Number: ZHCA268

PHYTER 100 Base-TX 基准时钟 抖动容差

美国国家半导体公司
应用注释1548
Arlo Aude Devin Seely
2007年3月



1.0 引言

一些应用需采用的基准时钟频率比之从振荡器直接驱动的更不稳定。此外，一些客户的应用还要求其所用的器件具有超出IEEE 802.3规格的发送抖动。

PHYTER系列的设计可以实现鲁棒性的工作，并为电缆长度和抖动容差性能远超出IEEE规格而进行了优化。

本应用注释可适用于下列产品：

DP83848C DP83849C
DP83848I DP83849I
DP83848YB DP83849ID
DP83848M DP83849IF
DP83848T
DP83848H
DP83848J
DP83848K

2.0 概述

尽管美国国家半导体推荐使用具有最小抖动的稳定时钟源，来实现最佳的性能，但PHYTER系列产品能够使用不够完美且伴有过量发送抖动的基准源，并能实现无故障工作。

基准时钟上有高达3.5纳秒的抖动，DP83849 PHYTER能在典型的超过150米的CAT5电缆上实现无故障数据接收。DP83849 PHYTER以及具有标称抖动的基准时钟，能在150米的电缆上从超过最大允许抖动两倍的发送信号中恢复数据。

在IEEE发送抖动规格1.4纳秒处测量得到基准时钟抖动的发送容差。基于测试的数据DP83849 PHYTER在超过IEEE要求之前可容许高达1.1纳秒的基准时钟。

3.0 理论

时钟抖动会削弱任何通信系统，并对连续数据流产生严重的影响。基准时钟上的随机抖动会产生能量分布在频谱范围内与频率相关的噪声分量，这会降低信噪比，削弱信号质量。

对于随机抖动而言，峰值对标准值的偏差比取决于系统能够工作的位误差率（BER）。对于给定的BER，高斯噪声的幅值，平均而言，超过规定峰值的频率不会高于每1/BER一次。因此，随着随机抖动的峰峰值变化的增加，BER也会降低。

在设计一个系统时，基准时钟抖动通常以RMS为单位。对于高斯分布，为了实现在峰峰值（pk-pk）和RMS抖动之间的转换，必须先指定好BER。

PHYTER is a registered trademark of National Semiconductor.

表1列举了从峰峰值到RMS通用的BER转换因子。

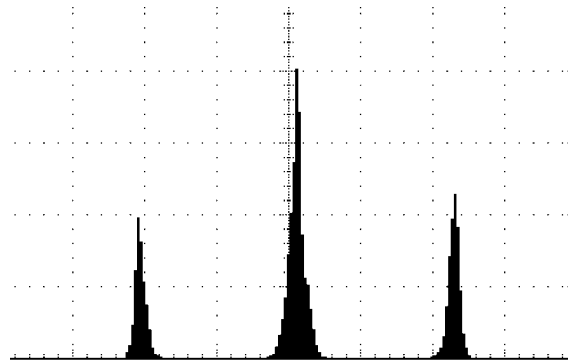
表1. 峰峰值到RMS的抖动转换因子与BER的对应关系

BER	10 ⁻¹⁰	10 ⁻¹²	10 ⁻¹⁴	10 ⁻¹⁶
Pk-Pk/ RMS Ratio	12.72	14.1	15.3	16.5

4.0 接收器结构的回顾

当通过铜双绞线对高速发送数据时，与频率相关的衰减变得很重要。在高速双绞信号线对上，发送信号的频率分量根据发送的数据流会产生明显的变化，特别是扰频数据的随机变化。所以必须对频率变化造成的信号衰减变化进行补偿，以确保发送的完整性，并对接收数据流进行精确的恢复和解码。

图1为典型的MLT-3数据流的三倍数据直方图。该信号之所以能提供良好的BER值，是因为其中每个分布的尾部都是互相远离的，这就为三种电平的正确解码提供了充足的距离空间。



20217301

图1. 发送MLT-3波形的直方图

为了确保采用MLT-3编码时发送的质量，补偿必须能够适应不同电缆长度和配合安装环境的电缆类型。因此，补偿或者均衡必须具有自适应性，以确保独立于电缆长度的接收信号可进行正确的调节。

PHYTER系列利用一个特别鲁棒的，具有紧耦合连续模拟和数字自适应均衡的DSP均衡方案。在图2中通过模拟前端（AFE）的简化视图来作图解。通过连续地自适应模拟和数字均衡器，从而提供了具有通道反向频率响应的滤波器，使均衡器能从接收的数据流中移除交互信号的干扰。在连接中使用增益级时，均衡使接收“眼图”能充分地展开，以实现极为可靠的数据恢复和非常鲁棒的噪声容差。

一种先进的时钟恢复环路可以确保总是在均衡数据图的中间进行数据采集，将可能会关闭眼图的抖动影响最小化。

均衡器确实可以对长达150米之内的任何长度电缆进行自适应调节。

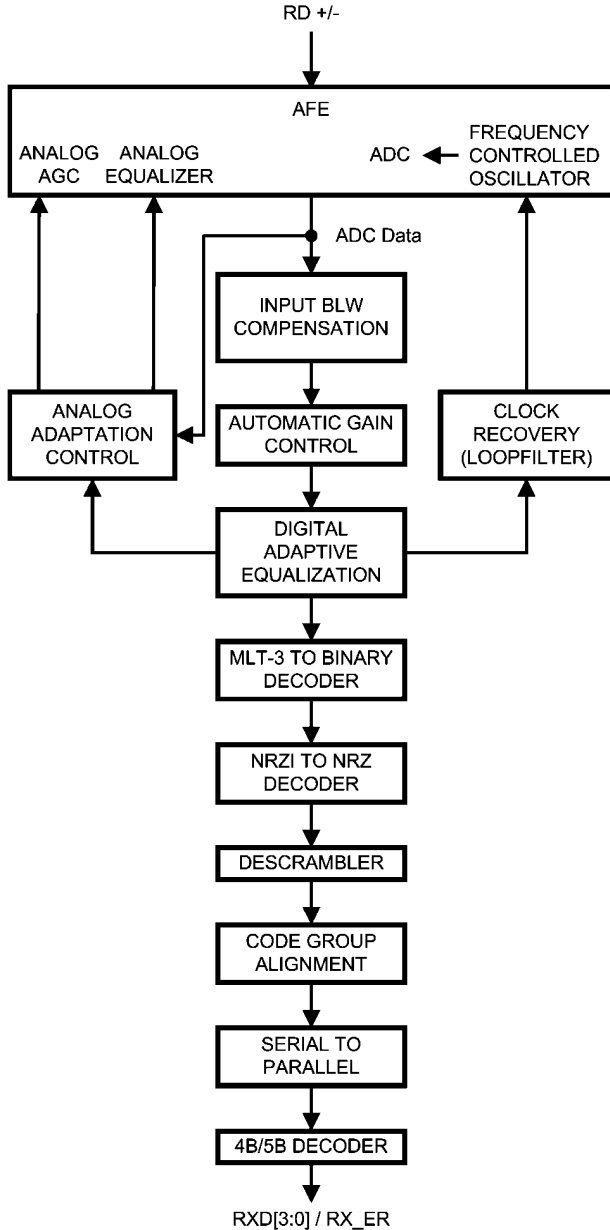


图2. 接收器的结构

5.0 抖动测量

为了验证PHYTER抖动容差的鲁棒性，在100 Base-TX模式中通过可调节长度的CAT5电缆盒将两个DP83849器件连接在一起。在其中一个器件的基准时

钟上能引起不同程度的抖动。短期抖动和长期抖动的性能都是可表征的。

由高频噪声内容造成的短期抖动，一般被定义为逐周期的抖动。出于测试的目的，采用12个周期的间隔来测试短期抖动。而长期抖动在本质上是低频的，将其定义为发生在足够久的时间之后的最大抖动，使得系统可以对其跟踪。在这种情况下，该时间为10微秒。

5.1 测试设定

为了产生基准时钟上的抖动，我们采用FM调制信号。设定调制频率使得在所需要的测试点上产生峰值抖动（短期抖动为480纳秒，长期抖动为10微秒）。FM偏差控制了峰峰值抖动的总量。

对于短期抖动，信号发生器与0.99兆赫芝的调制频率一起配置，偏差范围从0千赫芝至137.2千赫芝。1千赫芝的FM偏差会产生大约25.5皮秒的抖动，短期抖动的总体范围大约从150皮秒至3.6纳秒。49.9千赫芝的FM调制会感应长期抖动，偏差范围从0千赫芝至8千赫芝。这会产生大约150皮秒至4纳秒的抖动，并且每个千赫芝的偏差有大约500皮秒的抖动。在这两种情况下，使用的调制频率不是时钟频率的偶数倍，以防止抖动与时钟频率同步。

使用示波器来测量基准时钟和发送信号抖动，其中使用的延迟触发的延迟时间等于基准时钟的12至250个周期。在发送抖动的情况下，将被测器件（DUT）与自动协商禁止一起编程，在发送对之间将RJ-45连接器与100欧姆电阻作端接。在DUT的RJ-45连接器处根据习惯使用差分探头采集发送空闲波形。

为了进行位误差率测试，数字信息包发生器配置发送信息包并在DUT及其辅助器件处监测信息包数量，如图3所示。BER测试结果是基于1514字节的一百万个信息包（除了CRC之外）。

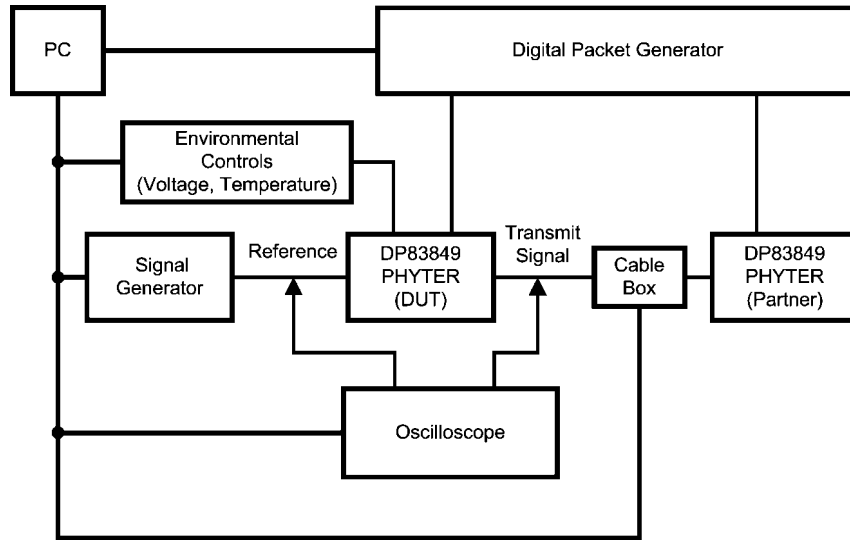
从3.0V至3.6V，以及在-40°C至+85°C范围对几种器件进行测试，以确认器件在环境条件范围上的鲁棒性。

5.2 测试结果

作为参考，图4、图5和图6显示了实际的示波器波形，展示出具不同抖动水平的MLT-3波形眼图。这些波形都是在DUT发送近端采集的，并不包括150米电缆的影响。图5所示为信号衰减具有IEEE发送抖动规格允许的最大1.4纳秒峰峰值。

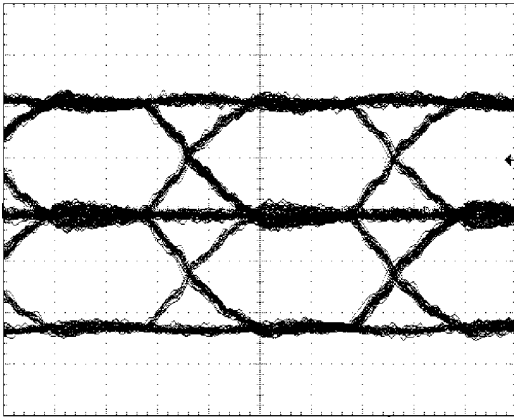
为满足100Base-TX工作，IEEE位误差率规格要求BER低于 10^{-7} 。美国国家半导体的器件能满足要求并提供优于三个数量级的幅值（ $BER < 10^{-10}$ ）。通过150米的CAT5电缆测试，得到的典型结果如表2和表3所示。

图7和图8为与基准抖动相关的发送抖动图



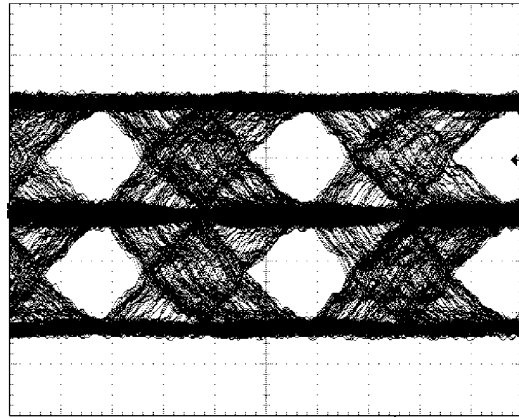
20217307

图3. 简化的测试设置



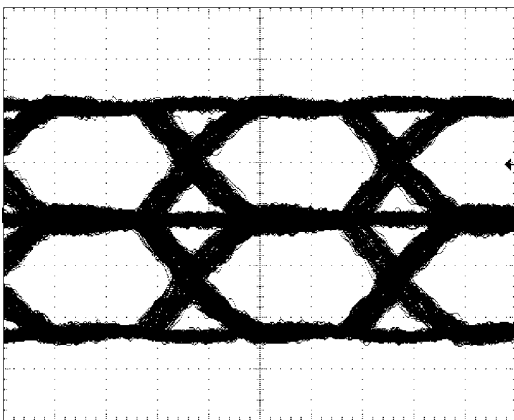
20217304

图4. 具有标称抖动的发送信号眼图



20217306

图5. 具有1.4纳秒抖动 (IEEE规格最大允许值) 的发送信号眼图



20217305

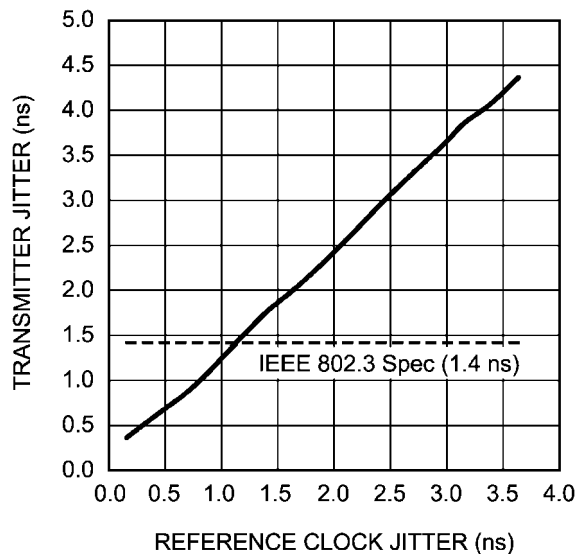
图6. 具有4纳秒抖动的发送信号眼图

表2. 发送抖动和RX误差作为峰峰值短期抖动的函数
(12个周期, 150米)

基准时钟抖动 (纳秒)	发送抖动 (纳秒)	DUT RX 误差	Partner RX 误差
0.16	0.35	0	0
0.64	0.79	0	0
1.12	1.39	0	0
1.64	2.01	0	0
2.12	2.59	0	0
2.64	3.21	0	2 CRC
3.16	3.84	0	21 CRC
3.64	4.36	2 CRC	148 CRC

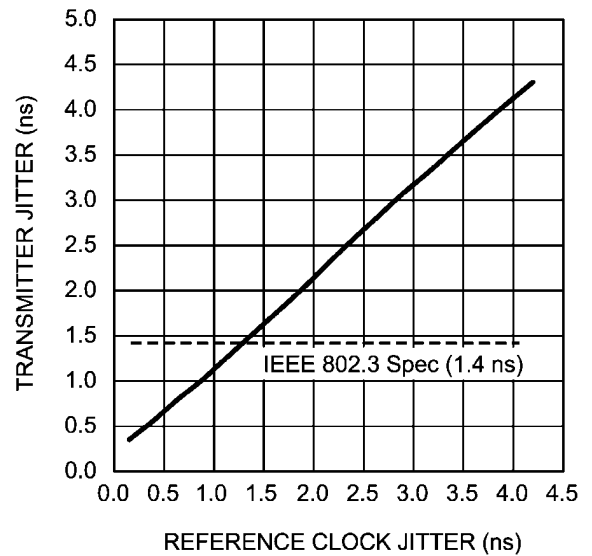
表3. 发送抖动和RX误差作为峰峰值长期抖动的函数
(250个周期, 150米)

基准时钟抖动 (纳秒)	发送抖动 (纳秒)	DUT RX 误差	Partner RX 误差
0.14	0.35	0	0
0.60	0.77	0	0
1.10	1.25	0	0
1.62	1.75	0	0
2.12	2.27	0	0
2.63	2.79	0	0
3.16	3.30	0	4 CRC
3.66	3.81	0	33 CRC
4.19	4.31	1 CRC	277 CRC



20217308

图7. 峰峰值发送抖动作为峰峰值短期抖动的函数
(12个周期)



20217309

图8. 峰峰值发送抖动作为峰峰值长期抖动的函数
(250个周期)

6.0 结论

设计具有紧耦合的连续模拟和数字自适应均衡的PHYETR接收器结构的DSP均衡方案，以及先进的定时恢复环路，可允许短期抖动和长期抖动。它能适应长达150米CAT5电缆的通道影响。系统确保在开眼的中间采集数据，提供极为可靠的数据恢复和超出IEEE限制的抖动容差。

基于如表2和表3所示测量的数据，BET优于IEEE规格三个数量级，即 $BER < 10^{-10}$ ，具有标称基准抖动的DP83849 PHYETR可在150米电缆长度处检测到超过最大允许发送抖动两倍的信号。即使在基准时钟上有3.5纳秒的抖动，DP83849 PHYETR仍能在超过150米CAT5电缆上从典型的辅助器件处避免接收误差。在更短的电长度处可以允许抖动量的增加。

提供给发送路径的基准源未经滤波。结果是，发送抖动会跟随基准抖动上的增加而增加。从图7和图8中可以看到，随着基准抖动超过1纳秒，发送抖动也接近1.4纳秒的IEEE规格的限制值。

注释

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，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: europa.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