

针对IGBT和MOSFET可再生能源应用的35V、单通道栅极驱动器

作者: John Stevens, 德州仪器 (TI) 高性能隔离式电源系统工程师

引言

对电能转换而言, 可再生能源电子细分市场是一个复杂且多样化的竞技场。在一些负载点应用中, 开关型功率转换器通常为非隔离式, 功率水平相当低 (<200 W), 并且常常会把电源从一个DC电压转换到另一个, 例如: 12V转换为3.3V。另外, 功率级开关为集成式, 也能够通过低电流控制器或者晶体管驱动。今天, 控制器和功率级之间的整合正在成为现实。硅 (Si) MOSFET在这一市场中起主导作用, 因为人们喜欢更高的开关频率, 它可以达到1MHz以上的速度。这些功率开关通常均由一个5V或者12V IC栅极驱动器或类似解决方案来驱动。

高效管理可再生能源系统的挑战

在某个风或者光伏发电机的电力系统中, 存在一些特殊的性能问题。使用微型逆变器时典型可再生能源功率水平为1到3kW, 串型逆变器为3到10kW, 而大型中央式逆变器站则为10kW到1MW。除DC到DC转换以外, 还可使用DC到AC和AC到DC转换, 有时也可两者组合使用。

老式的风力发电机直接连接电网, 只能工作在电力线频率下。在经过许多作业点以后, 它们变得很低效。新型的风力发电机 (图1) 常常把AC转换为DC, 然后再把DC转换回AC, 这样风力发电机便可工作在各种速度下, 从而获得最大效率。

相反, 光伏电池产生DC电压/电流。一般而言, 先升高电压, 然后通过一个DC到AC逆变器发送, 最后再连接电网。

可再生能源发展趋势

对于世界上的大多数国家而言, 利用风和太阳能生产的清洁能源都仅为其能源的很小一部分。近年来, 可再生能源获得了持续的发展。在一些地方, 可再生能源已经占有很大一部分。例如, 根据丹麦能源局数据, 在2012年上半年, 丹麦所生产的全国总电

量中约有34%为风力发电。丹麦能源局的上部栅极丹麦气候、能源与建筑部发布消息称, 到2020年, 丹麦的风力发电将占到总能源的50%。当风力发电在一个国家总能源中占有较大比重时, 转换系统的可靠性变得至关重要。除此以外, 还有高功率电网连接、电隔离安全要求和大型可再生能源转换系统的成本问题。这意味着, 系统可靠性始终都是设计优先考虑因素, 其次是效率问题。因此, 在所有层面 (从控制器到FET/IGBT驱动器本身), 保护功能和可靠性都是优先考虑项。

典型电源管理结构

高功率电平带来更高的系统电压, 因此转换器内所用各种组件的切断电压也更高。为了降低400V以上电压的功率损耗, 大多数电路设计人员更喜欢使用绝缘栅极双极型晶体管 (IGBT), 或者最新的碳化硅 (SiC) FET。这些器件的切断电压可高达1200V, 并且相比等效Si MOSFET拥有更低的“导通”电阻。这些复杂的电源系统通常由一个数字信号处理器、一个微控制器或者一个专用数字电源控制器来管理。因此, 它们常常会要求同时将电和信号都隔离于功率级的高噪声开关环境。即使在稳态开关周期内, 电路的电压和电流也会剧烈变化, 形成明显的接地跳动。

图 1 风力发电机到电网的简化电力传输流程图

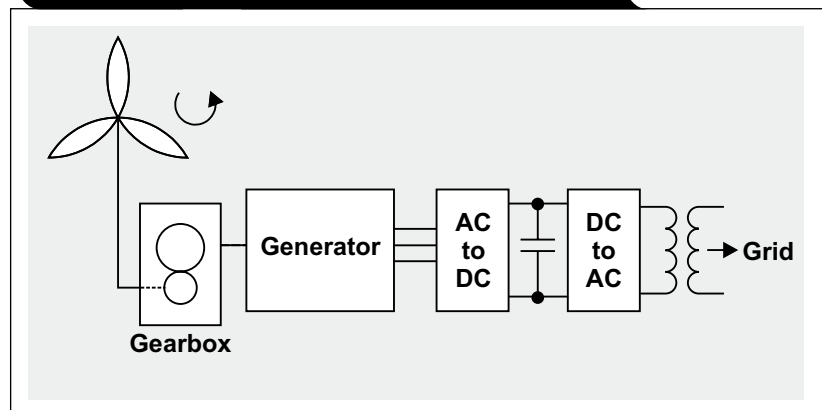


图 2 单相逆变器基本结构

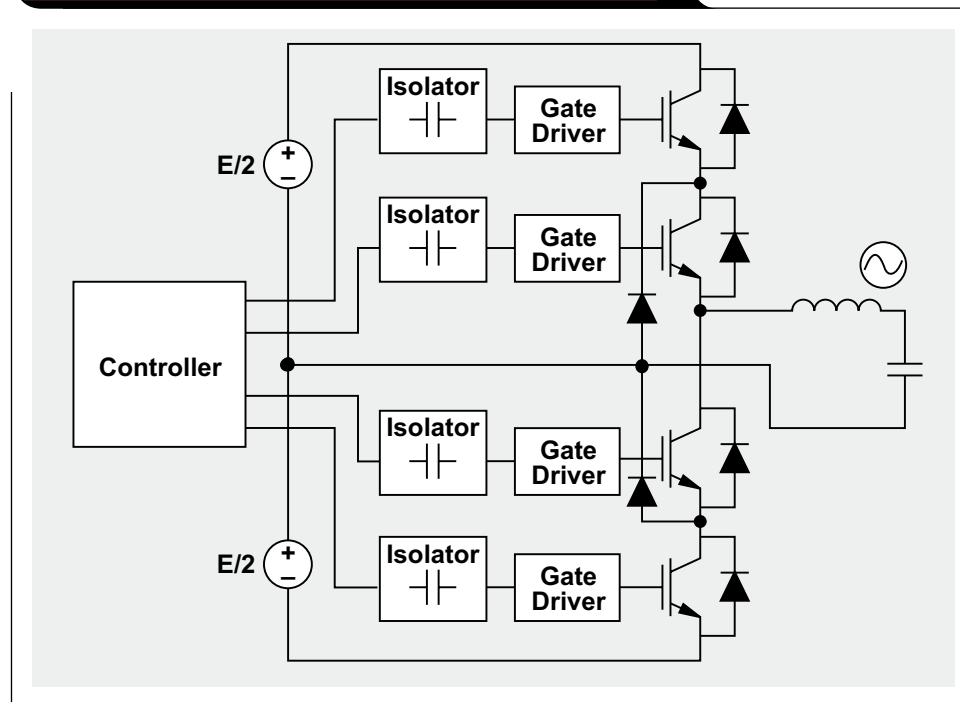
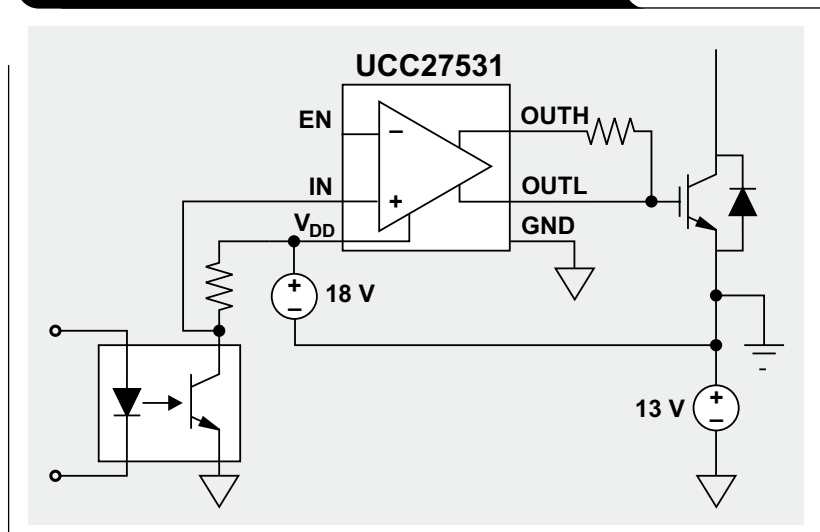


图 3 利用 FET/IGBT 单栅极驱动器驱动电源开关

可再生能源的栅极驱动器

作为一种小型、非隔离式栅极驱动器，单通道 UCC27531 可以很好地工作在前述环境下。它的 IC 输入信号通过一个光耦合器或者数字隔离器提供。它的高电源/输出驱动电压范围为 10 到 35V，让其成为 12V Si MOSFET 应用和 IGBT/SiC FET 应用的理想选择。这里，正栅极驱动通常更高，并且关断时负电压下拉，目的是防止电源开关受到错误导通的损害。一般而言，SiC FET 由一个相对于电源的 +20/-5V 栅极驱动器驱动。同样，就 IGBT 而言，系统设计人员可能会使用一个 +18/-13V 栅极驱动，如图 3 所示。

图 2 表明，即使是一个单相 DC 到 AC 逆变器，也需要许多栅极驱动器，以正确地在功率级中对 IGBT 进行开关操作。作为一种单通道栅极驱动器，只要具有必需的信号和偏压隔离，德州仪器 UCC27531 就能驱动开关桥的任何开关。利用一个光耦合器或者数字隔离器，实现信号隔离。对于偏压隔离，设计人员可以使用一种带二极管和电容器的自举电路，或者一个隔离式偏压电源。另一种方法是，与控制器一样，连接同一个



隔离端上的栅极驱动器，然后通过栅极驱动器后面的一个栅极变压器驱动开关。这种方法允许通过控制端上一个非隔离式电源，对驱动器进行偏置。

由于UCC27531是一种轨到轨驱动器，因此相对于发射极，OUTH上拉电源开关栅极至其 $18V V_{DD}$ 。相对于发射极，OUTL下拉栅极至驱动器的 $-13V GND$ 。驱动器有效地从 $+18$ 到 $-13V$ ，或者从相对于其自有GND的 V_{DD} 到 $31V$ 。另外， $35V$ 额定电压提供了一定的余量，可防止噪声和振铃产生的IC过电压故障。

OUTH和OUTL的分离输出，允许用户单独控制导通（灌）电流和关断（拉）电流。它帮助最大化效率，并保持开关时间控制，从而满足噪声和电磁干扰要求。另外，即使是分离输出，单栅极驱动器也在输出级保持最小电感，防止出现过多振铃和过冲。利用一种非对称驱动（ $2.5A$ 导通， $5A$ 关断），UCC27531经过了优化，适用于高功率可再生能源应用的平均开关时序。再者，利用低下拉阻抗，这种驱动器通过确保栅极不遭受电压尖峰来增加可靠性。由于IGBT的集电极和栅极之间以及FET的漏极和栅极之间的寄生米勒效应电容，这些电压尖峰可能会导致出现错误导通。开关导通期间集电极/漏极电压迅速上升，这时在栅极上拉升电压，这种内部电容便以此来引导栅极超出导通阈值电压。

UCC27531的输入级也为可再生能源等高可靠性系统而设计。它拥有一个所谓的TTL/CMOS输入，其与电源电压无关，从而实现了与标准TTL级信号的兼容。相比典型TTL中的常见 $0.5V$ 磁滞，它拥有约 $1V$ 的高磁滞。如果输入信号因故丢失变得不稳定，则拉低输出。另外，驱动器IC的GND电压较大变化时，如果在开关沿期间GND跳动较高，则输入信号可能表现为负。由于能够连续对这些事件期间输入（IN）或激活（EN）端上 $-5V$ 电压进行处理，因此驱动器成功地解决了这个问题。

UCC27531使用 $3 \times 3mm$ 的工业标准SOT-23封装，相比使用离散式电平位移器、没有负输入能力或者缺少保护的离散式双晶体管解决方案，它拥有非常大的竞争力。除节省大量空间以外，把UCC27531的各种功能集成到一块单IC封装中还提高了系统的整体可靠性。

这种单通道驱动器是一种引人注目的解决方案，因为它可以非常靠近电源开关栅极放置。相比在一块单IC中组

合高侧/低侧栅极驱动器，它的灵活度更高。这种灵活性可帮助最小化驱动器和电源开关之间的电感，并让设计人员能够更好地控制开关栅极。图2说明了许多高功率开关如何集成到一个DC到AC级单相中。对于一个完整的多转换（DC和AC之间往复转换）三相系统而言，甚至一些应用中还需要DC到DC转换增压级，需要许多的栅极驱动器。每一个驱动器的放置都必须在PCB上安排好，以确保获得正确的设计。

结论

在可再生能源应用中，太阳能电池板阵列和风力发电机的功率转换给广大系统设计人员带来巨大的挑战。这些挑战包括高压和高功率电平、满足安全与可靠性要求以及完整连接系统的总体复杂程度。表面看起来，尽管电源开关的栅极驱动器只是总系统控制和电力生产流程中一个小小的部件，但它们对整体设计性能却十分的重要。

参考文献

- 1 《可再生能源系统的电源电子组件和可靠性》，作者：F. Blaabjerg等人，2012年5月28日-31日中国杭州第21届IEEE国际工业电子研讨会发言稿。
- 2 《可再生能源系统中电源组件的作用》，作者Veda Prakash Galigekere和Marian K. Kazimierczuk，在线版《白皮书》，访问网址：www.magnelab.com。
- 3 《碳化硅MOSFET的应用考虑》，作者Bob Calanan，2011年1月，在线版《电源应用说明》，访问网址：www.cree.com/power/document-library

相关网站

电源管理：

www.ti.com/power-aaaj

www.ti.com/ucc27531-aaaj

《模拟应用期刊》订阅，

请访问：www.ti.com/subscribe-aaaj



WEBENCH®
Design Center



WEBENCH® 设计中心: 易于使用且可提供定制结果的设计工具。
PowerLab™ 参考设计库, 包含了近千个适用于所有应用的参考设计。
电源在线培训课程

www.ti.com.cn/webench
www.ti.com.cn/powerlab
www.ti.com.cn/powertraining

WEBENCH® Designer

Power | **FPGA/μP** | Sensors | LED

Enter your power supply requirements:

	Min	Max
Vin	14.0 V	22.0 V
	Vout	Iout
Output	3.3 V	2.0 A
Ambient Temp	30 °C	

Multiple Loads | Single Output

Power Architect | **Start Design**

WEBENCH® Designer My Designs

	最小	最大
输入电压	14.0 V	22.0 V
	输出电压	输出电流
输出	3.3 V	2.0 A
环境温度	30 °C	

SIMPLE SWITCHER®
开始设计 ▶

德州仪器在线技术支持社区

中国产品信息中心 免费热线:

TI新浪微博



www.deyisupport.com

800-820-8682

e.weibo.com/tisemi

热门产品

TPS92075	具有自适应基准的非隔离式、相位可调光、降压 PFC LED 驱动器
BQ24195	具有 5.1V 1A/2.1A 同步升压运行的由 I2C 控制的 2.5A/4.5A 单电池
LM3447	相位调光、初级侧电源调整的准谐振反激式控制器
LM34917	具有智能电流限制的超小型 33V、1.25A 恒准时降压开关稳压器
ADS1298	具有集成 ECG 前端的 8 通道 24 位模数转换器
SN65HVD82	针对要求严格的工业类应用的稳健耐用的驱动器和发送器
LM22670	具有同步或可调节开关频率的 3A SIMPLE SWITCHER、降压电压稳压器
ISO1050	电镀隔离的隔离式 CAN 收发器

了解更多, 请搜索以下产品型号:

TPS92075



**TEXAS
INSTRUMENTS**

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间接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, 但他们将独立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, 并且独立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	接口	http://www.ti.com.cn/interface
通信与电信	www.ti.com.cn/telecom	安防应用	www.ti.com.cn/security
放大器和线性器件	http://www.ti.com.cn/amplifiers	逻辑	http://www.ti.com.cn/logic
计算机及周边	www.ti.com.cn/computer	汽车电子	www.ti.com.cn/automotive
数据转换器	ers http://www.ti.com.cn/dataconvert	电源管理	http://www.ti.com.cn/power
消费电子	www.ti.com.cn/consumer-apps	视频和影像	www.ti.com.cn/video
DLP® 产品	www.dlp.com	微控制器	ers http://www.ti.com.cn/mcu
能源	www.ti.com.cn/energy		microcontrol
DSP - 数字信号处理器	http://www.ti.com.cn/dsp	无线通信	www.ti.com.cn/wireless
工业应用	www.ti.com.cn/industrial	RFID 系统	http://www.ti.com.cn/rfid
时钟和计时器	ers http://www.ti.com.cn/clockandtim	RF/IF 和 ZigBee® 解决方案	www.ti.com.cn/radio
医疗电子	www.ti.com.cn/medical		

TI E2E 工程师社区 <http://e2e.ti.com/cn/> IMPORTANT NOTICE

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

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