

# 准备迎接 5G 世界： 革新技术与硬件要求概览



**Pietro Scalia**  
部门总经理  
德州仪器 (TI)

# 5G部署在全球范围内的增长势头日趋强劲, 这有望实现超低延迟、更快速度、更低功耗以及更多链接。硬件公司和工程师也在摩拳擦掌, 纷纷意欲推出面向2020年及未来的产品系列。

对于用户而言, 4G 的关键在于网络容量 (或者说“口袋里的互联网”), 而 5G 的发展前景更是不可限量。

## 什么是 5G?

5G 是通信行业的中坚力量, 将在工业、汽车、医疗、甚至国防等其他市场中实现革命性应用。对于一个与物联网 (IoT) 联系日益紧密的世界来说, 5G 在速度 (至少比 4G 快 10 倍, 高达 10Gbps)、延迟 (比 4G 低 10 倍, 低至 1ms) 和密度 (支持每平方公里 100 万个物联网设备) 方面的显著改进, 将使许多创新应用成为可能, 尤其是在安全性、可靠性、服务质量、效率和成本等重要的领域。

如图 1 所示, 5G 将实现物品与服务的互联, 同时“物品”驻留在用户或企业空间内, 而“服务”通常驻留在云中。5G 网络将能够灵活切分并行连接、通过调整完美适配用户要求的服务级别, 并提供出色的成本/性能均衡方案。

5G 不仅仅是通信标准发展历程中的另一个“时代”

(Generation, G), 它还是一个至少包含三大主要趋势的概括性术语。根据国际电信联盟的定义 (请参阅图 2), 第一个趋势是增强型移动宽带 (emBB), 它将强化创新领域, 如增强现实和虚拟现实。第二个趋势是海量机器类通信 (mMTC), 包括无处不在的物联网传感器连接。第三个是面向关键型应用的超高可靠低时延通信, 例如自动驾驶或远程手术。

5G 必将无处不在, 遍及智能手机、汽车、公用事业、可穿戴设备、医院手术室、大型工厂、电网等应用, 更加贴近智慧城市、智能制造和互联世界的概念。

## 分阶段推出

5G 新无线电 (NR) 链接到 LTE-Advanced, 而 LTE-Advanced 仍是 5G 平台的基本组成部分, 以保证在现有核心网络基础设施上运行。随着于 2017 年年

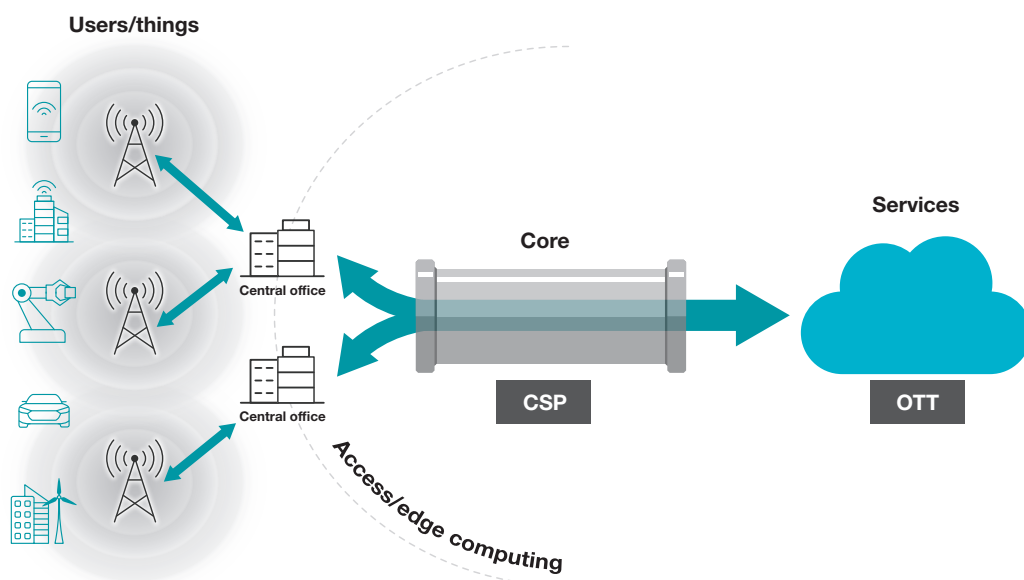


图 1: 5G 如何实现用户/物品与服务互联

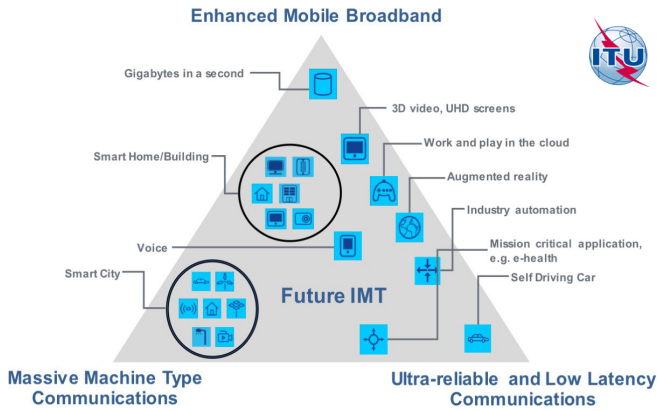


图 2: 摘自 ITU-R IMT-2020 愿景建议书 的 5G 使用场景

底完成的第三代合作伙伴计划 (3GPP) 第 15 版的推出, 此方法使该行业在低于 6GHz 的频谱方面取得稳定进展。到 2020 年, 第 15 版将能够推动 5G 大部分的早期部署。

然而, 预计在 2019 年下半年发布的第 16 版标准将影响 6GHz (毫米波) 以上的频谱 (请参阅图 3)。第 16 版对于关键型通信服务、虚拟现实和低功耗广域 (LPWA) 物联网来说至关重要。该标准将有望实现通常被标榜为 5G 愿景的真正潜能——这将使众多应用及各种新功能成为可能, 比如频谱共享、适用于汽车行业的蜂窝车联网 (C-V2X) 标准等, 从而彻底改变通信行业的格局。

### 采用 5G 的商业案例

5G 的首个商业案例十分直观易懂:

它提高了网络容量、速度、可靠性和可用性, 并以与 4G 相同的成本降低了延迟。

第二个商业案例已在美国投入商业运营, 即固定的无线应用, 它使用毫米波频率 (尚未指定 3GPP) 来覆盖远程用户, 以作为光纤的廉价安装备选方案, 提供 300Mbps 或以上的连接 (请参阅图 4)。这对于全球大多数参与早期 5G 测试和试验的移动运营商, 以及那些已构建基础设施来支持启动 5G 服务 (首先在核心网络中构建基础设施, 并增加新型异构蜂窝网络的覆盖密度) 的运营商来说已可满足要求。

在参与早期测试和试验的国家/地区中, 美国以快于任何其他国家的速度开始推广 5G, 以便为所需的蜂窝网络覆盖致密化做好准备, 但在安装基站收发信台 (BTS) 方面有所滞后。作为参考, 2018 年美国大约安装了 20 万台基站, 而与此同时, 中国则保持着大约 200 万台的基站数量。再加上中国同时拥有全球 70% 的现有物联网连接, 这使得两国的推广需求大相径庭。截至本文撰写时, 韩国、澳大利亚、英国、意大利、西班牙、美国和德国已出现新频率拍卖或已将其纳入计划。

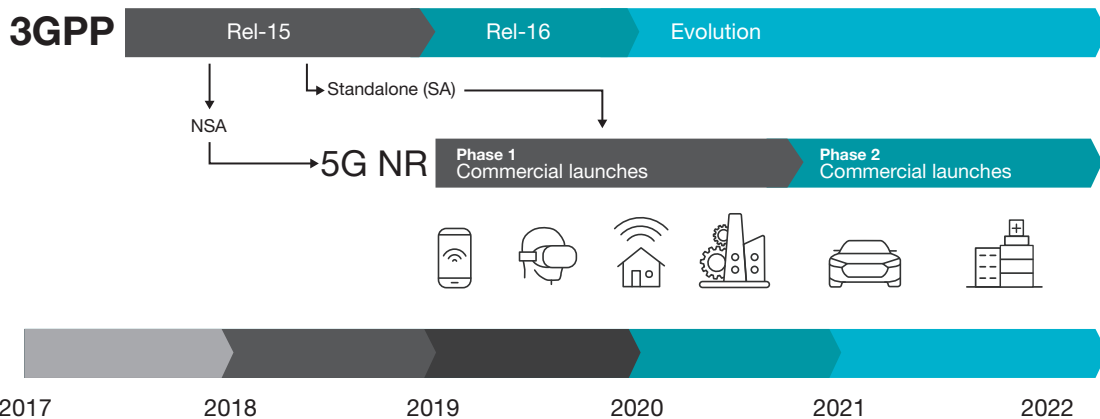


图 3: 3GPP 发布时间轴

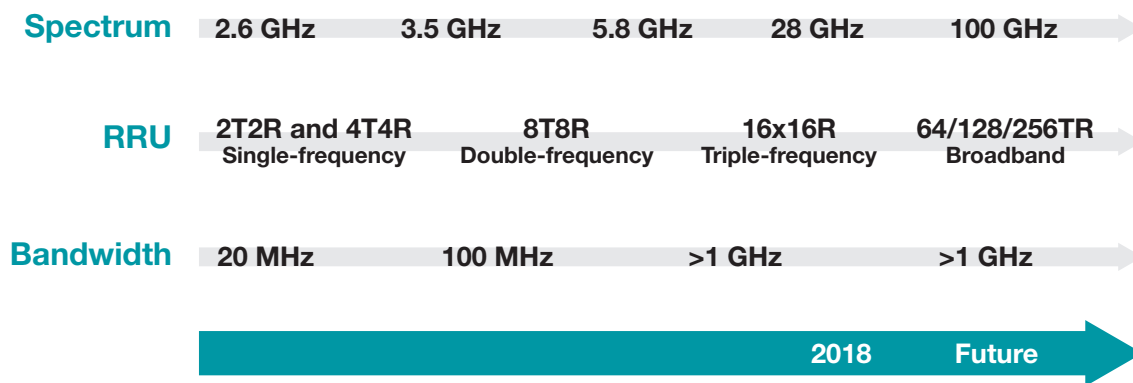


图 4: 无线电参数的演变

在 2018 年世界移动通信大会上, 全球移动通信系统协会 (GSMA) 预测到 2023 年将会有大约 4 亿个 5G 连接 (其中 30% 位于美国) 涵盖消费类应用和企业应用。

并非只有通信服务提供商 (CSP) 对 5G 发展满怀期待, 因为许多非传统玩家也在 5G 领域跃跃欲试。Over-the-top (OTT) 媒体提供商 (包括 Facebook、Microsoft、Google 和 Amazon) 正在密切关注着商机。这些 OTT 提供商拥有云, 其中驻留着大多数服务, 因此他们是 5G 运作的主要参与者。但他们不拥有访问权限, 这部分仍由 CSP 完全托管。

### 5G 的特性

即使是在 4G 实施期间, 许多网络功能便已实现了虚拟化, 这使得基础设施的公有云部分 (基础设施即服

务) 能够显著发展。然而, 该通道仍牢牢掌握在 CSP 手中。共生功能系统要求在提供商与用户之间建立正确连接并对其进行智能管理。在这些连接的发展过程中, 将包括网络切片和边缘计算等新技术, 它们是 5G 重要的新特性。

### 网络切片

使计算更加贴近用户 (边缘计算) 是 5G 蓝图的重要一环, 但是, 另一个同样重要的 5G 未来要素是网络切片概念, 它能够使 4G 的软件定义网络概念再登新台阶。

如图 5 所示, 网络切片允许运营商将数据包流量层与控制层分离开来, 支持针对需要不同质量、延迟和带宽级别的一系列用户并行运行多个应用和服务。

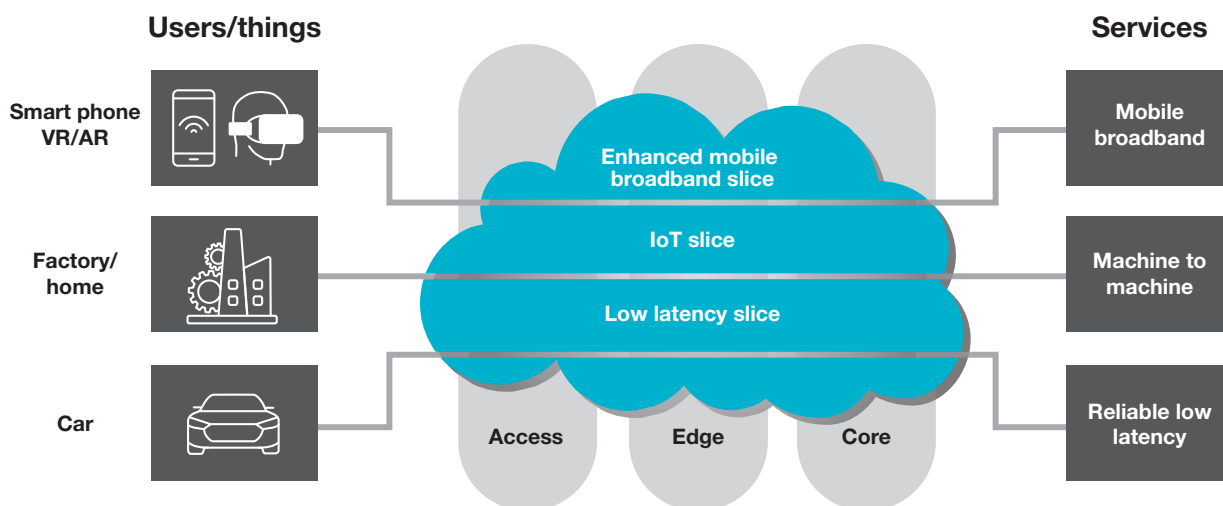


图 5: 5G 网络切片

这意味着 5G 系统将拥有许多逻辑网络切片(或“快速跟踪通道”),以支持特定的应用和客户。

例如,运营商的有些客户可能需要 eMBB 来使用增强现实工具,但同时其他客户可能需要适用于 mMTC、自动驾驶或远程手术的网络,因此需要提供大不相同的网络属性。每个应用都有其自身的特定要求,通过将网络切分成不同的专用会话或并行连接,便可相应地优化不同切片。

这使运营商能够以“网络即服务”的形式向客户销售网络,让每位客户都能体验到网络切片,如同与整体实现了完全物理隔离:有些类似于“如愿分走一杯羹”的方法,实时调制配方中可用的配料。从本质上来说,网络切片能够提高运行效率并缩短上市时间,以实施新服务。

事实上,网络切片或许是向企业客户交付具有成本效益的新 5G 服务的最大促成因素之一。

## 边缘计算

边缘计算意味着在接近数据源的位置做出实时决策。通过将计算智能定位到接近单独和不同的数据源的位置,边缘计算能够降低所请求服务实施中的延迟。边缘计算并非通过整个核心网络将数据发送到云中进行处理,而是使用分布式网络架构来确保实现近乎实时的处理,并同时降低延迟,否则对于特定服务来说,这根本是不能接受的。

随着需要即时计算资源的关键型应用的激增,以及由自动驾驶、远程医疗和虚拟现实应用等人工智能(AI)辅助的智能功能的激增,计算更贴近终端用户,进而更贴近边缘,这一点至关重要。例如,如果在汽车穿越整个网络和返回过程中,系统延迟了数十毫秒,那么汽车甚至在收到刹车命令后仍会多驶出几英尺。使用边缘资源并将延迟降低 10 倍,将会大大缩短从命令到制动的的时间。

边缘计算资源(或者多接入边缘计算)可在无线接入网(RAN)的传统中央办公室轻松找到一个房间。能够在距离天线集群长达数公里的可变距离内定位带有 AI 加速器的额外硬件资源和服务器。这将会生成大量的额外硬件基础设施。

## 5G 未来的关键硬件

5G 网络具有 NR 接入标准和特性,因此适用于具有不同应用的多个垂直市场。这样便造成了过多的硬件需求,包括对[有源天线系统\(AAS\)](#)等设备的需求,这也通过集成天线让远程无线电头端的概念发生演变。这种集成有助于解决 5G 在以下方面所面临的挑战:利用空间多样性和局部波束来提高容量,实施大规模 MIMO (mMIMO) 技术。

### AAS、mMIMO 和波束形成

AAS 技术可以最大程度提高基站效率,便于运营商大幅度提升其容量(5G 最高可增加五倍)及其网络的覆盖范围。功率放大器(PA)集群与天线元件是 AAS(目前最多可包含 1,024 个 PA)的基本组成部分,可提供完整的网络接入功能,以连接至基带节点,其中基带节点可位于与 AAS 相同的位置或者中央办公室(云 RAN)中。通过 mMIMO(这种技术基于空间多样性,针对个人用户支持多个同步和单独的数据路径)可实现频率复用,并且频率复用已成为提高 BTS 容量的主要促成因素,用于实施空间多路复用。

采用多种不同的天线时,还能使用增强型波束形成技术,这种技术使用的是 3D 定向和集中波束。该技术降低了相邻通道中的干扰,并以等量的功率最大限度提高可到达距离,将数据流量定向到所需的目标。因此,它可以优化整体容量并实现更高的无线电信号吞吐量。

AAS 是在 4G 的最后阶段开始部署的,现在,AAS 作为一种新型装置在需要提高容量和覆盖范围的地方得到了广泛应用。实施支持可向后兼容 4G 硬件的新频谱以及支持可升级软件的基带,也将推动宏 BTS 的硬件升级。

要增加新服务的覆盖密度,尤其是在高层公寓楼、体育场馆、购物中心和主题公园等密集环境中,将需要部署小型蜂窝,从而以更低的功耗和更高的比特率使传输更加接近用户。

从硬件角度来说,最突出的挑战为密度,主要包括:首先,如何在越来越小的封装中实现全面热管理。第二,如何通过功能和组件的大规模集成有效地满足期望。第三,在实现这一切的同时,以低功耗保持高性能。

为了实现这一点，AAS 内部的一切组件，从收发器到时钟，再到电源管理，都必须进行重新设计或调整，才能满足随着该新设备中组件数量不断增加而生成的挑战性要求。这可以从射频 (RF) 收发器开始实现，集成更多的射频收发器，添加辅助功能并创建智能系统解决方案，以通过常见的电源管理对许多新的组件进行集群化操作。

### 计时、集成收发器和功耗

高度集成的多通道 RF 收发器是 5G 硬件蓝图的核心要素。这不仅需要高达 1GHz 的 RF 信号带宽，还需要支持多频带操作。实施 RF 取样技术，能够在更简单的架构中以较低的成本实现所描述的特性。串行器/解串器收发器具有高于 10Gbps 的性能，并且具有集成的低抖动锁相环 (PLL)/压控振荡器 (VCXO)，作为这些新兴片上系统的另一类关键功能，它们可通过允许使用频率较低的参考时钟来简化采样时钟的生成。

满足 5G 高带宽网络的计时要求不容忽视。在当前的移动网络中，计时源 (电压控制晶体振荡器 (VCXO)/温度补偿晶体振荡器 (TCXO)) 必须具有非常低的抖动，并能够满足持续降低的噪音要求，以支持高阶正交调幅，获得最佳的毫米波传输性能。

根据云 RAN 架构，最新的通用公共无线接口 (CPRI) 规范 (名为 eCPRI (Ethernet CPRI))，作为 [基带单元 \(BBU\)](#) 池和 [远程无线电单元 \(RRU\)](#) 网络之间的多点链接，提供高带宽链接来处理多个 RRU 的要求。由于 5G 前传传输中采用了 5G eCPRI，因此需要满足新的计时要求。在点对点的 CPRI 链接中，必须从本质上保证时间同步和频率同步，但这种同步已不再是事后才考虑的问题，而是需要作为整个 5G 计时解决方案的一部分加以解决。因此，时钟树已经从 CPRI 传输采用的基于 VCXO 的抖动清除器解决方案演变为基于 TCXO 的网络同步器解决方案，以处理 eCPRI 中的计时需求。

此外，5G 宏基站针对 6GHz 以下的传输还将支持多载波全球移动通信系统标准 (GSM)，因此，时钟树还必须满足不违反整体 GSM 阻塞器规范的点相位噪声要求。对于 5G mMIMO 基站来说，采用波束形成技术可使频谱得到有效利用，同时最大限度减少干扰。这对于 RF 信号链的时钟树中的各种输出之间的偏斜

形成了紧密的约束。除了系统级的天线校准计划外，还有多种板级和芯片级技术 (例如，零延迟模式)，它们能够最大程度降低时钟树在工艺、电压和温度角上的延迟变化，以提高波束形成效率。

5G 也在改变负载点范式，以适应物联网、小型蜂窝网络和有源天线的一系列功耗需求，其中功耗摆动 (扩展) 范围在零点几瓦到数百瓦之间。更具体地说，随着功耗/电流要求的提高，配电母线的值已更改为 12V，以满足 AAS、分布式天线系统和新一代 mMIMO 无线电的要求。

由于 RRU 和 BBU 中的功耗增加，电源管理总线 (PMBus) 的作用越来越明显。与此同时，高压降压型变换器正在不断改进以适应 PA 数量的增加，需要 3D 热耗散和具有可变电流限制的 100V 操作转换器。为了在增加密度的同时，在无线电中提供精密的时钟和收发器电路，还可以通过多通道专用转换器来降低尺寸和噪音，将转换器作为低压差稳压器的替代品，开关速度高于 1MHz，以便在保持效率的同时降低尺寸。

最大程度缩减物料清单内容、复杂性和成本是赢得 5G 硬件竞赛的关键，而将功能集成到集成电路中是实现这些目标的方式。半导体公司将必须与他们的基站设备客户紧密合作，生产高度集成的射频收发器、经过优化的信号链和电源，以支持 5G 技术的不断发展。

### 5G 将何去何从？

通信行业近来的历史数据表明，升级至下一代技术的周期为 10 年。5G 采用的速度与之相似，随之而来的是对其成熟高峰期的预期。

5G 已准备好通过新的基础设施、新的设备以及新的用例，为互联地球概念重新注入新的活力。5G 凭借其高容量和低延迟，将彻底改变人和设备之间的联系方式。

从企业层面来说，5G 可能更具变革性，能够实现有望彻底改变整个行业的任务关键型服务。在真正的 5G 时代，机器对机器技术、低功率传感器、移动性管理、远程设备/资产监控以及智能电网等将遍布未来的工厂。

当第 16 版启用更高段的频谱时, 5G 的其他方面将得到增强。毫米波网状网络可用于在人口稠密的市区实现成本更低的小型蜂窝基站回程传输。这些网络也将适用于车间或车联万物通信系统, 从而使该技术成为自动驾驶的关键推动力量, 因为车辆需要与车辆、交通信号和最新数字地图信息进行通信。

5G 也许是面向未来的网络, 但它凝结了当下工程师的辛勤付出, 必将使我们生活的世界变得更加美好。

## 了解更多信息

[了解 TI 通信设备解决方案。](#)

**重要声明:** 本文所提及德州仪器 (TI) 及其子公司的产品和服务均依照 TI 标准销售条款和条件进行销售。TI 建议用户在下订单前查阅全面的全新产品与服务信息。TI 对应用帮助、客户应用或产品设计、软件性能或侵犯专利不承担任何责任。有关任何其他公司产品或服务的发布信息均不构成 TI 因此对其的批准、担保或认可。

平台标识是德州仪器 (TI) 的商标。所有其他商标均为其各自所有者的财产。

## 重要声明和免责声明

TI 均以“原样”提供技术性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证其中不含任何瑕疵，且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、适合某特定用途或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

所述资源可供专业开发人员应用TI 产品进行设计使用。您将对以下行为独自承担全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的TI 产品；(2) 设计、验证并测试您的应用；(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他安全、安保或其他要求。所述资源如有变更，恕不另行通知。TI 对您使用所述资源的授权仅限于开发资源所涉及TI 产品的相关应用。除此之外不得复制或展示所述资源，也不提供其它TI 或任何第三方的知识产权授权许可。如因使用所述资源而产生任何索赔、赔偿、成本、损失及债务等，TI 对此概不负责，并且您须赔偿由此对TI 及其代表造成的损害。

TI 所提供产品均受TI 的销售条款 (<http://www.ti.com.cn/zh-cn/legal/termsofsale.html>) 以及ti.com.cn上或随附TI产品提供的其他可适用条款的约束。TI提供所述资源并不扩展或以其他方式更改TI 针对TI 产品所发布的可适用的担保范围或担保免责声明。

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 © 2019 德州仪器半导体技术（上海）有限公司