

如何将数字电位器的带宽从10倍提高到100倍

最新更新时间：2023-06-30 来源：elecfans 关键字：数字电位器 带宽 视频带宽 手机看文章

收藏

评论0

分享到

微博

QQ

微信

LinkedIn

本文介绍了一种简单电路，能够将数字电位器的带宽从10倍提高到100倍。利用这一方法，数字电位器可以用于视频带宽的高频应用。

数字电位器(digital pot或digipot)被广泛用于控制或调整电路参数。一般而言，由于数字电位器本身的带宽限制，它只能用于直流或低频应用。其典型的-3dB带宽在100kHz至几MHz内，具体与型号有关。然而，通过使用下面介绍的简单方法，可以将电位器的信号带宽从10倍提高到100倍，获得4MHz的0.1dB带宽以及25MHz以上的-3dB带宽。采用这一方法，数字电位器可用于视频或其他高速应用。

有限的调整范围

该方法利用了这一事实——在很多数字电位器应用中，电位器用于对信号进行微调，并不需要从0%到100%的满量程调整，例如：一次性工厂校准等。在这些例子中，数字电位器一般提供10%以下的调整范围。我们正是借助这一有限的调整范围来提高数字电位器的带宽。

典型应用电路

典型的电位器电路配置如图1所示。这里，数字电位器用于改变信号的衰减量。R2为数字电位器，图中还标出了寄生电容(Cwiper)。该电容是所有数字电位器固有的，它限制了电路带宽。电位器在0至满量程之间摆动时，R1和R3用于限制由数字电位器引起的信号衰减。

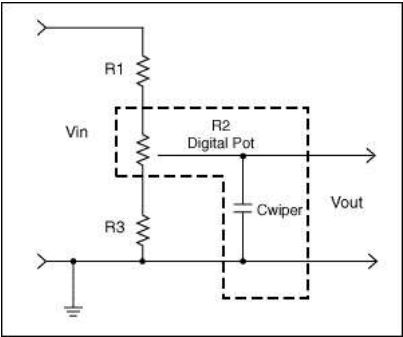


图1. 典型的数字电位器电路配置

注：由于采用了运算放大器，该电路可以用于放大和衰减。当然，以下介绍的提高带宽的方法与所选择的电路拓扑无关。

为计算电路的传输函数(VOUT/VIN)，可以使用不同模式的电位器——参见图2。图中，

小广播

有奖直播：Keysight《AI列讲座

参与福利：倍思无线充电器、倍思附件包、乐扣乐扣

推荐内容



迅速适应变化的以太网

A2B及音频处理系统解决方案介绍

世健KOL: A2B及音频处理系统解决方案介...

FPGA设计思想与验证方法视频教程（小梅... 伟

【电路】声音信号带宽显示

【电路】24%带宽音频译码

【电路】30kHz带宽的隔直

【电路】大带宽峰值检测电路

【电路】利用光传感电路

【电路】带宽0.1HZ - 10Hz

热门活动



- 有奖直播 | 与英飞凌一同
- 有奖直播: 走进实验室之
- 有奖直播: Keysight 《AI
- 报名直播赢【保温杯】等

最新嵌入式文章

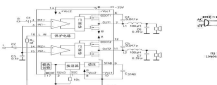
摩尔线程首个千卡智算中心
详细了解i.MX 8ULP应用
Achronix提供由FPGA赋能
芯原与谷歌携手合作开源
车规技术|浅谈激光雷达光
虹科案例研究 | DAF (达
芯北科技线性稳压器CN8E
贸泽和Analog Devices联
贸泽和Analog Devices联

何立民专栏

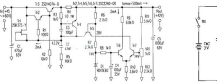
单片机及嵌入式宝典
北京航空航天大学
致力于单片机与嵌入式系统

《单片机与嵌入式系统应用》
物联网时代的嵌入式系统机
从嵌入式系统视角看物联网

精选电路图



D类双50W数字功
放TDA8902J应... 插



输出40V~80V的低
串联稳压电路 的



由TL431组成的可
调稳压电源的制作 型

相关热搜器件

ATSAME70Q21B-CFN

R2被分成了R2top和R2bottom，其中，R2top是电位器触点以上的电阻，R2bottom是电位器触点以下的电阻。假设我们使用的电位器具有10kΩ的端到端电阻(忽略触点电阻的影响)，R2top和R2bottom相对于数字编码的理想传输函数如图3所示。下面介绍了传输函数的两个端点和中点：

- (1) 当电位器编码 = 0时，R2top = 10kΩ，R2bottom = 0kΩ
- (2) 当电位器编码 = 中间位置时，R2top = R2bottom = 5kΩ
- (3) 当电位器编码 = 满标位置时，R2top = 0kΩ，R2bottom = 10kΩ

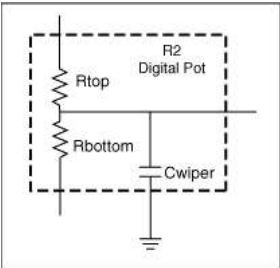


图2. 数字电位器，R2分成了R2top和R2bottom

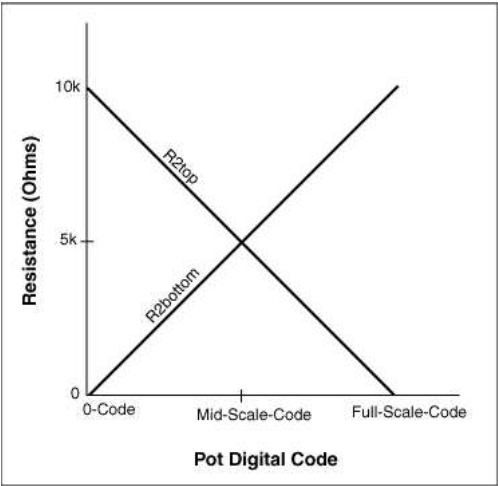


图3. 数字电位器的理想传输函数

从图4可以得出VOUT/VIN的直流传输函数：

(4)
$$\frac{V_{OUT}}{V_{IN}} = \frac{(R_3 + R_{2bottom})}{(R_1 + R_2 + R_3)}$$
 其中 $R_2 = R_{2top} + R_{2bottom}$

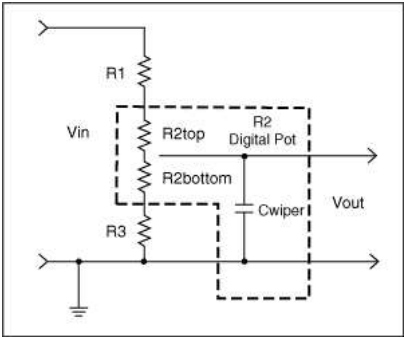


图4. 典型数字电位器的电路配置，数字电位器采用新模型

下面，让我们做一些假设：

假设

假设 $R2 = 10\text{k}\Omega$ (常用的数字电位器电阻值)，如果希望把输入信号衰减到任意电平，例如，输入值的70% \pm 5% (输入值的65%到75%)。

然后，使用式(1)–(4)，可以看到有65%到75%的调整范围，标称值(中间位置)为70%：

(5) $R1 = 24.9\text{k}\Omega$ 并且 $R3 = 64.9\text{k}\Omega$

典型应用电路的带宽

利用式(5)的电阻值，假设 $C_{\text{wiper}} = 10\text{pF}$ ，可以获得表1所列出的带宽。实际触点电容在3pF在80pF范围内，与触点电阻、步长数、所采用的IC工艺以及电位器体系结构等因素有关。3V至5V供电、32至256步长的10k Ω 电位器的典型电容值为3pF–10pF。

注意，本文分析基于的假设是：触点电容与电位器电阻并联，由此限制电位器的带宽。这种方法是最直接的电位器使用方式，如果采用更复杂的电位器配置，可能会进一步限制带宽。因此，下面对提高带宽的讨论非常有用，即使实际得到的带宽没有达到预期目的。

表1. 图1电路的带宽，采用式5电阻

Condition	$C_{\text{wiper}} = 10\text{pF}^*$		
	-0.1dB bandwidth	-0.5dB bandwidth	-3dB Bandwidth
Pot at 0 Code	106kHz	245kHz	702kHz
Pot at Mid Scale	115kHz	265kHz	760kHz
Pot at Full Scale	130kHz	296kHz	852kHz

*注意，带宽与触点电容成反比。例如，采用3pF C_{wiper} ，带宽频率将提高3.3倍(即，10/3)。

对于视频等应用，这些带宽还是过低。

提高电路带宽

使用低电阻电位器

一种提高电路带宽最明显的方法是选择具有较低阻值的数字电位器，例如，1k Ω 电位器，按比例调整R1和R2 (1k Ω 电位器与10k Ω 电位器相比，阻值减小10倍)。然而，低阻值数字电位器(1k Ω)一般占用较大的裸片面积，意味着较高的成本和较大的封装尺寸，出于这一原因，1k Ω 电位器的实际应用非常有限。

- AS6214-EK
- NJW4184U3-33B-TE2
- T912-B250K-100-05
- SMTHDT80
- S29AL008D55BAIR13
- HM658512ALTT-7
- PC3751C-12S4
- AAT4250IGV-T1
- MFR25H0Z02JR5

热门文章

进化十多年，四足机器人自
安富利：论抗疫持久战之
罗德与施瓦茨推出结合ED
台积电上调代工费 芯片及I
支持“中国芯”，极狐Git
OPPO发布首个自研NPU
STM32笔记（九）---串口
西门子200-SMART模拟量
转向管柱总成的性能设计

每日新闻

第五代至强背后的故事
电机控制与驱动，卷出新高
AK2车载超声波传感器助力
车企全力冲刺 固态电池迎
大众电动车发布最新科技，
超薄智能界面惊艳亮相！新
更加智能便捷？特斯拉研发
低速自动驾驶商业化临近，
固态电池材料趋势和产业概
五大全球首创技术，比亚迪

往期活动

艾睿电子直播：聚焦 “TI FP
中秋芯币兑大礼
商业航空解决方案，赋能互
填问卷，解锁赢好礼！看泰
TI携您共创未来乘驾新体验-
“西北模电王” 新概念模拟
“TI 中国大学计划” 知多少

厂商技术中心

TI 技术论坛
TI 在线培训
Qorvo 射频技术研习社

随便看看

如果某一电位器能够满足设计要求，上面提到的10kΩ电位器的带宽会随着电阻的减小而线性提高，例如，提高10倍(假设杂散触点电容没有变化)。

例如，使用1kΩ电位器，设置 $R1 = 2.49k\Omega$ ， $R3 = 6.49k\Omega$ ，触点电容为10pF，电位器设在中间位置，可以获得1.15MHz的-0.1dB带宽，以及7.6MHz的-3dB带宽。这要比表1所列出的带宽提高10倍。

使用10kΩ电位器，改变电路拓扑
使用高精度电位器，限制编码范围
与1kΩ电位器相比，选择5kΩ和10kΩ电位器可能是更好的方案—可以获得更小封装的电位器，从中可以选择易失或非易失存储器，也有更多的数字接口选择(up/down、I²C、SPI™)以及调整步长(32、64、128、256等)。出于这一原因，下面的设计实例选择了具有10kΩ端到端电阻的电位器。

假设由于成本、体积、接口以及电位器调整步长等因素的限制，需要使用10kΩ端到端电阻电位器，这种情况下如何提高图1电路的带宽呢？

提高带宽的一种方法是去掉电阻R1和R3，使用步长数多于图1电路要求的电位器。例如，32步长电位器获得10%的调整范围，按照上述介绍，可以选择替换这一步长的电位器，而使用256步长电位器，去掉R4和R6，限制电位器的调整范围在达到要求衰减的编码之内—我们继续上面的设计目标，65%到75%。这种方法在图5给出了解释。所使用的编码是从 $0.65 \times 256 (= 166.4)$ ，使用166)到编码 $0.75 \times 256 (= 192)$ 。这个例子中使用了一个256步长的电位器；由于有限的编码将可用步长数限制在26 (即，10%的调整范围，仅用了256步长的10%)。26步长可用范围对应于上例中的32步长范围。

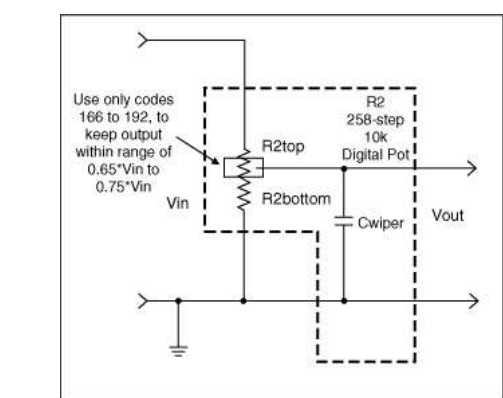


图5. 只使用高精度(256步长)电位器的部分编码以获得0.65到0.75的调整范围

与32步长的电位器相比，这一方法的一个缺点是：256步长电位器的成本要高得多，可以选择的电位器封装尺寸较大(额外的精度需要额外的开关—例如，256步长和32步长相比，需要占用额外的裸片面积，而且，这些开关并不利于改善Cwiper)。假设Cwiper为30pF， $VOUT/VIN = 0.70$ —在调整范围的中点，图5电路有384kHz的-0.1dB带宽，879kHz的-0.5dB带宽，2.52MHz的-3dB带宽。与表1结果相比，带宽提高了3倍。

一种成本更低、性能更好的方案是在图1电路中加入一些分立电阻，如图6所示。

STM32的SDIO模块读写SD-
旧LED灯泡拆解及改造
射极跟随器的原理及典型电
怪物史莱克造型的MP3
敷铜开窗口是什么意思？
三极管电路分析
直流测试中，激光二极管或
有没有人不加OS,成功驱动m
【eeworld年终总结+明年预
MSP430F149的ADC转换过

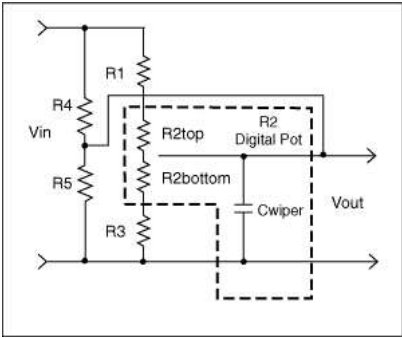


图6. 在最初电路中使用两个并联电阻(R4和R5)，与图1和图2相比，带宽增大100倍

使用并联电阻降低电路阻抗

图6中的电路在图1基础上增加了并联电阻(注意，使用了图2中引入的数字电位器模型)。并联电阻降低了电路阻抗(从而提高了带宽)，通过设置电路增益，限制由数字电位器在0编码到满标编码之间摆动时导致的衰减，可以达到双重目的。

设置电位器电路增益，使用并联器件限制其调整范围(R4和R5，而不是简单使用串联器件R1、R2和R3)，电路带宽优于图1带宽。

还需要注意，电阻R1、R2和R3还会影响电路增益，但是由于其串联电阻要比R4和R5大得多，这种影响非常小。

可以通过几个简单的示例来说明R4和R5对图6电路的影响。在图7中，电路上部的电阻采用了图中方程给出的电阻组合值。注意，由于R4是与R1和R2top并联，它降低了电路阻抗。

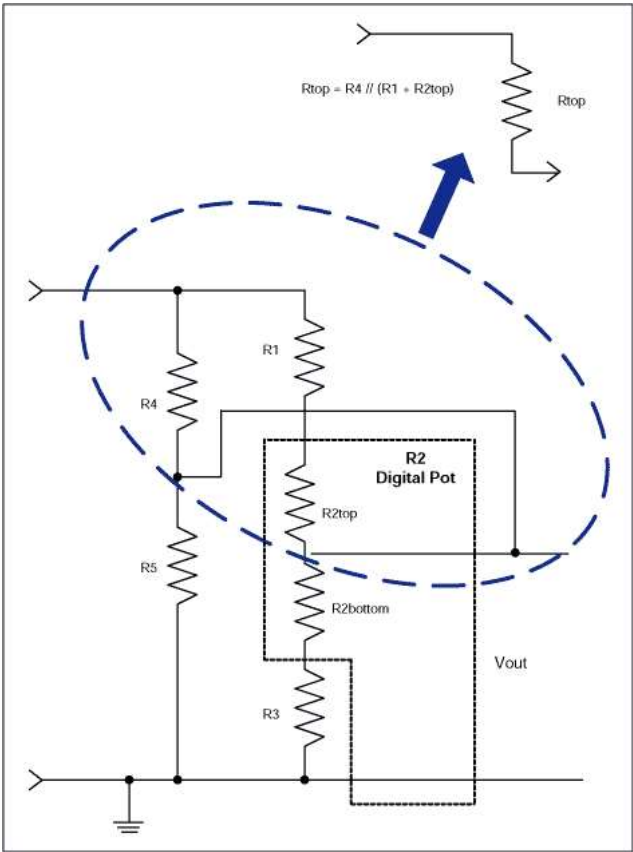


图7. 简化电路“上部”电阻

在图8中，电路下部的电阻采用了图中方程给出的电阻组合值。注意，由于R5与R3和R2bottom并联，它也降低了电路阻抗。正是较低的电路阻抗使得带宽大大体高，达到设计目标的要求。

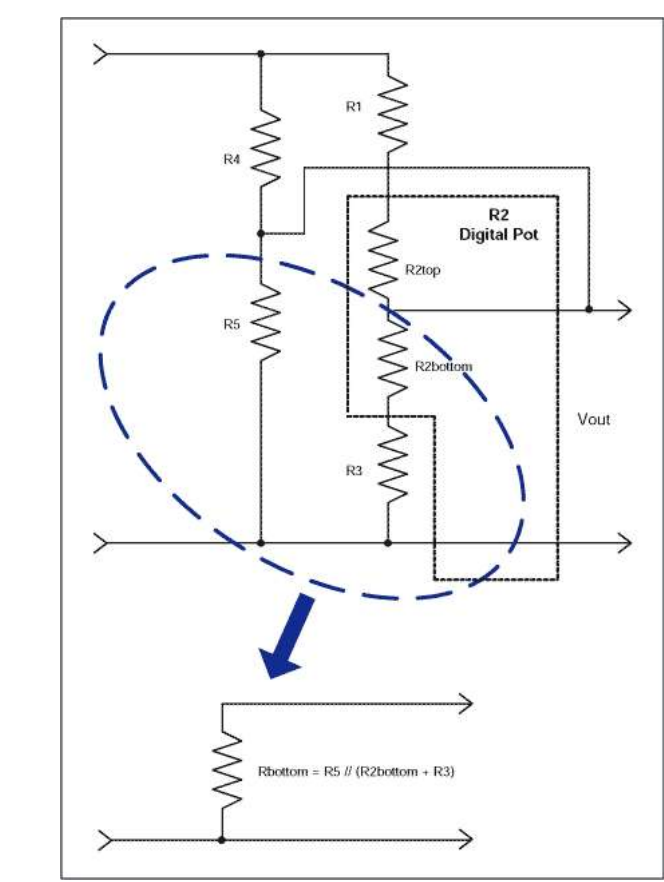


图8. 简化电路 “下部” 电阻

图9结合了前面图中的简化示例，给出了VOUT/VIN传输函数。从该图中可以清楚看到，通过降低电路阻抗(Rtop小于R1 + R2top, Rbottom小于R2bottom + R3)，提高了电路带宽。

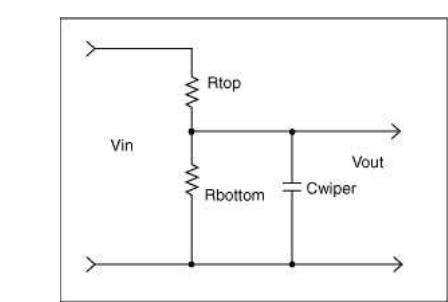


图9. 图7和图8的简化电路

实际值

实际设置R1、R3、R4和R5的阻值，可以对比图1电路得到的带宽，从而确定R4和R5对电路性能的影响。

使用图9中的方程，可以得出R1、R3、R4和R5的阻值，然后计算最终带宽。

使用表格，可以找到满足图9方程的元件值：

(6) $R1 = 3.48k\Omega$, $R2 = 10k\Omega$, $R3 = 4.53k\Omega$, $R4 = 1k\Omega$ 和 $R5 = 2.8k\Omega$

采用这些元件值得出了表2列出的带宽。注意，这些结果比图1电路改善100倍，其数据列在表1中!!

表2. 图6电路的带宽，采用式6电阻

Condition	Cwiper = 10pF*		
	-0.1dB bandwidth	-0.5dB bandwidth	-3dB Bandwidth
Pot at 0 Code	4.1MHz	9.3MHz	26.3MHz
Pot at Mid Scale	4MHz	8.9MHz	25.1MHz
Pot at Full Scale	4.3MHz	9.6MHz	27.3MHz

*注意，带宽与触点电容成反比。例如，采用3pF Cwiper，带宽提高3.3倍(即，10/3)。

总结

本文介绍了在窄带数字电位器中简单加入几个并联电阻以提高系统带宽的方法，可以显著提高系统性能(带宽可提高100倍)。设计前提是假设实际应用允许降低电位器的控制范围，以提高带宽。带宽提高后，数字电位器可以用于以前无法涉及的高频领域，例如视频信号链路控制等。

关键字： 数字电位器 带宽 视频带宽

编辑：什么鱼 引用地址：如何将数字电位器的带宽从10倍提高到100倍

本网站转载的所有的文章、图片、音频视频文件等资料的版权归版权所有人所有，本站采用的非本站原创文章及图片等内容无法一一联系确认版权者。如果本网所选内容的文章作者及编辑认为其作品不宜公开自由传播，或不应无偿使用，请及时通过电子邮件或电话通知我们，以迅速采取适当措施，避免给双方造成不必要的经济损失。

上一篇：通过输出阻抗的有源组合降低匹配损耗
下一篇：降低视频子系统的工作和待机功耗，延长手持式视频系统的电池使用



关注eeworld公众号
快捷获取更多信息




关注eeworld服务号
享受更多官方福利



加好友，回复“进群”
拉你进技术交流群

评论

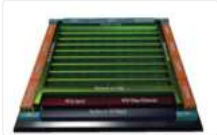


luxus 退出 发表评论



数字化时代，数据存储、计算、传输和应用需求成为新的驱动力，云服务、高性能计算等高端芯片都离不开底层IP的加持，其中尤以DDR技术、Chiplet、高速...

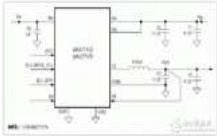
[工业控制]



技术文章—2D NoC可实现FPGA内部超高带宽逻辑互连

Achronix 最新基于台积电（TSMC）的7nm FinFET工艺的Speedster7t FPGA器件包含了革命性的新型二维片上网络（2D NoC）。2D NoC如同在FPGA可编程...

[嵌入式]



MAX77178/MAX77179高带宽的LTE/WCDMA PA电源管理IC

MAX77178/MAX77179降压转换器供电的应用，如LTE，WCDMA，以及其他的Wi-Fi®和WiMAX RF PA的应用，如3G/4G多模/多频手机的功率放大器（PA）...

[模拟电子]

TI 推出最低功耗零交越运算放大器 简化高性能设计

2007 年 8 月 28 日，北京讯 日前，德州仪器 (TI) 宣布推出业界最低功耗的零交越运算放大器 OPA369。该器件采用其独特的单输入级架构，避免了输入交越问题，实现了轨至轨性能，从而能够解决因共模电压改变而引...

[新品]

Microchip推出900 kHz可选增益放大器

以增益选择引脚取代负输入， 实现完善数字控制和 1% 增益 精度 全球领先的单片机和模拟半导体供应商——Microchip Technology（美国微芯科技公司）近日宣布推出全新 900 kHz 可选增益放大器系列，以扩...

[新品]



利用数字电位器校准电源

传统的电源反馈 电源往往使用电阻网络设置输出电压，然许多器件的容限会影响输出电压的精度， 固定电阻 分压器不足以满足实际应用的需求，这种情...

[电源管理]

Altera展示25-Gbps收发器，树立满足业界带宽需求关键里程碑

Altera公司(NASDAQ: ALTR)今天宣布，公司率先在可编程逻辑中成功演示25-Gbps收发器性能，在收发器技术上树立了关键里程碑。Altera在28-nm收发器测试芯片上实现了这一具有里程碑意义的技术，该芯片是Altera...

[嵌入式]

采样频率和带宽的关系_示波器的采样率及存储深度

示波器都具有一定的带宽、采样率和存储深度，正确的选择具有合适的带宽、采样率和存储深度的示波器，才能保证波形测量的准确性。 例如下面的这一款采样...

[测试测量]

猜您喜欢



【下载中心】如何提高数字电位器的带宽



【下载中心】如何提高数字电位器的带宽.pdf



【下载中心】HDTV视频内容在带宽受限的广播信道环境中传送方法



【下载中心】微软亚洲研究院：无线有线网络视频组播中带宽及保护的最优分配



【下载中心】TI 嵌入式产品研讨会视频曝光_2017年



【下载中心】PCB设计教程(郭天祥)视频下载地址



【下载中心】2015年全国大学生电子设计竞赛短距离视频信号无线通信网络(G题)刘国强...

- [【下载中心】2015年全国大学生电子设计竞赛短距视频信号无线通信网络\(G题\)设计报告...](#)
- [【论坛】频谱分析仪分辨率带宽和视频带宽的联系和区别](#)
- [【论坛】AD9361的带宽配置](#)
- [【论坛】关于OPA847实测带宽小的问题](#)
- [【论坛】宽带到底是什么？带宽和宽带有什么区别？](#)
- [【论坛】Altium Designer 17 全套入门完整版视频教程](#)
- [【论坛】\[原创录制\]Altium Designer 双面板一条龙完成的项目实战视频](#)
- [【论坛】Altium Designer 19来了！安装包、破解图文、全程安装视频教程下载，手慢...](#)
- [【论坛】【第一季】PADS VX1.2入门级全套完整视频教程及案例免费共享](#)
- [【参考设计】使用 LT1205 100MHz 带宽和 85dB、10MHz 抑制的 4 x 4 视频交叉点](#)
- [【参考设计】TI高速示波器参考设计（采样率12.8Gsps，带宽6GHz，12bit分辨率）](#)
- [【参考设计】ZYNQ版高性能开源示波器：1Gsps采样率，100MHz带宽，捕获率22000...](#)
- [【参考设计】雷电USB4开源示波器：4通道，带宽350MHz，采样率1Gsps，上位机支...](#)
- [【参考设计】LTC1749、12 位、80Msps 宽带宽 ADC 的典型应用](#)
- [【参考设计】LTC5535 的典型应用 - 具有可调增益和 12MHz 基带带宽的精密 600MHz...](#)

热门资源推荐

热门放大器推荐

更多

[一种高带宽 高电源抑制比的跨阻放大器](#)

[射频和无线技术入门（第二版）](#)

[5G权威指南——信号处理算法及实现](#)

[大话无线通信（丁奇）](#)

[大规模锂离子电池管理系统](#)

[硬件系统工程师宝典 完整版](#)

[常用AD元件库与封装库](#)

[电子系统设计 基础篇 第3版](#)

电子工程世界

创新电子设计之原



About Us

关于我们

客户服务

联系方式

器件索引

网站地图

最新更新

手机版

站点相关:

嵌入式处理器

嵌入式操作系统

开发相关

FPGA/DSP

总线与接口

数据处理

消费电子

工业电子

汽车电子

其他技术

讯

论坛

电子百科

词云:

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

不良信息
举报中心

网络110
报警服务

网络防骗
技巧

北京市海淀区中关村大街18号B座15层1530室 电话:(010)82350740 邮编: 1

