

MASTERS 2009

THE WORLDWIDE CONFERENCE FOR EMBEDDED CONTROL ENGINEERS



C10L12 SIG

信号完整性、传输线和以太网

课程安排

- 信号完整性
- 传输线
- 集总电路还是传输线？
- 传输线布线
- 以太网布线

什么是信号完整性？

信号完整性

- “信号完整性或 **SI** 是一种电信号质量的测量方法” ([Wikipedia](#))
- 我们如何测量电信号质量？
 - 延迟
 - 上升时间
 - 过冲
 - 串扰

良好的信号完整性

- 需要的信号仅到达指定的目的地
 - 通过传输介质到达接收器
 - 走线
 - 天线

需要的信号和不需要的信号

- 将到达负载的信号最大化
- 传递到其它地方的信号尽可能小
- 良好的信号完整性能带来良好的
EMI/EMC性能

什么是传输线？

单端传输线

- “单”线
 - 电流从地平面或屏蔽层返回
- 实现简单
- 易受共模信号的干扰

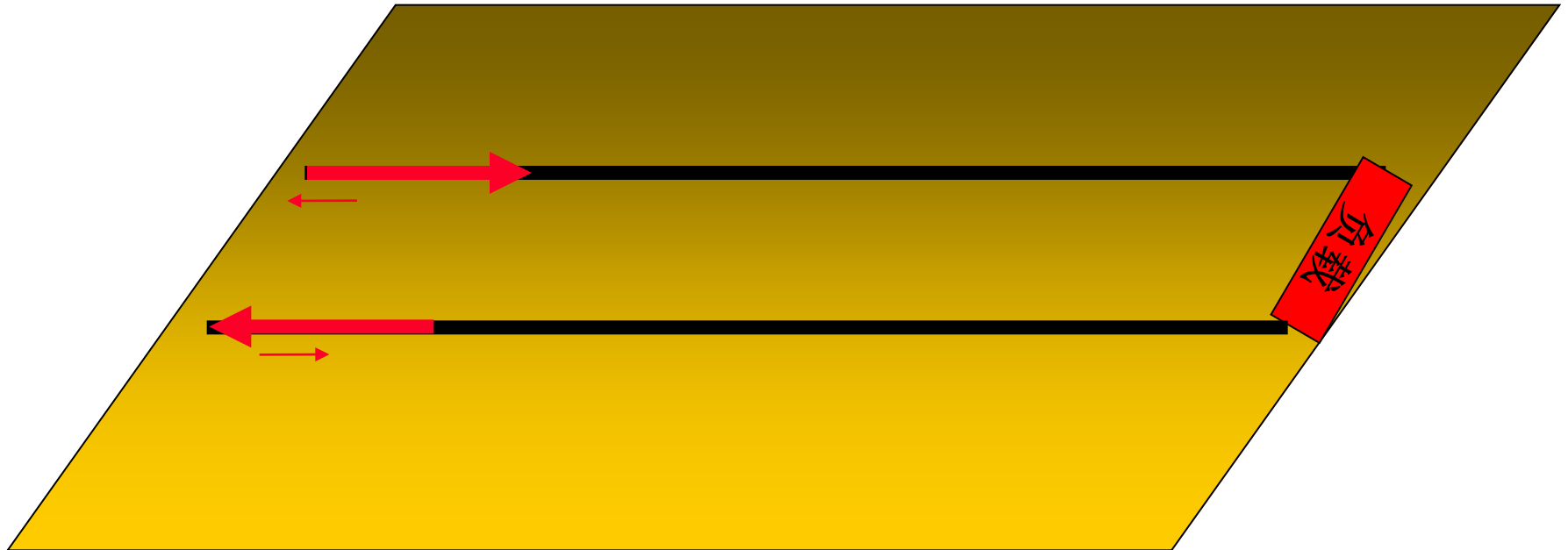
单端传输线中电流流动示意图



差分传输线

- “双”线
 - 大部分电流从双线中的另外一根线中返回
- 能够提供共模抑制

差分传输线中的电流流动示意图



传输线

- 理想的网络连接
 - 零长度
 - 零阻抗
- 集总电路
 - 零长度
 - 非零阻抗
- 传输线
 - 有限长度
 - 非零阻抗

理想的网络连接

- 零长度
- 信号不会失真

集总电路

- 零长度
 - 串联电感
 - 并联电容
 - 串联电阻

传输线

□ 理想的传输线

- 信号以有限的速度传输
- 信号可延伸到无限距离
- 信号传输时不失真
- 信号传输时不衰减

□ 实际的传输线

- 电容不为零
- 电感不为零

传输线

- 有时，这并无大碍
 - 通常没有足够的时间分析设计中的每个网络连接
- 仔细选择
 - 上升时间
 - 长度
 - 电容

集总电路还是传输线？

长度法

- 短传输线可看作集总电路
 - $l = T_r / d$
 - L: 上升沿长度
 - T_r : 上升时间
 - D: 延迟（速度的倒数）
 - 电路短于 $l/6$ 时，可以看成集总电路

带宽方法

□ $F_{3dB} \approx K/T_r$

□ F_{3dB} : 脉冲响应滚降3dB时的频率

□ T_r : 脉冲上升时间

□ $K=0.338$ (对高斯脉冲而言)

$K=0.350$ (对单极指数衰减而言)

长度和频率结合法

- 若 **$K=0.35$** : $T_r \approx 0.35/F_{3dB}$
- 传播速度随介质的不同而变化。对**FR4**而言:
 - 外层约为 $0.6c$
 - 内层约为 $0.47c$
- **$T_r = l_d = l/0.6c$**
- 计算上升沿长度
 - $l \approx 0.6c \cdot 0.35/F_{3dB}$
 - $l (m) \approx 6.3 \times 10^7 (m/s) / F_{3dB} (Hz)$

电容性负载

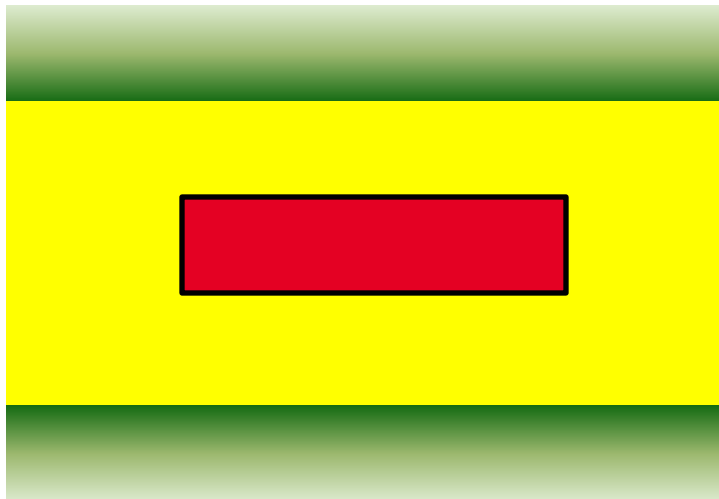
- 带大电流的**FET**驱动器的小电流**MOSFET**
 - 振铃
 - 过冲
- 使驱动器与负载匹配

传输线布线

传输线类型

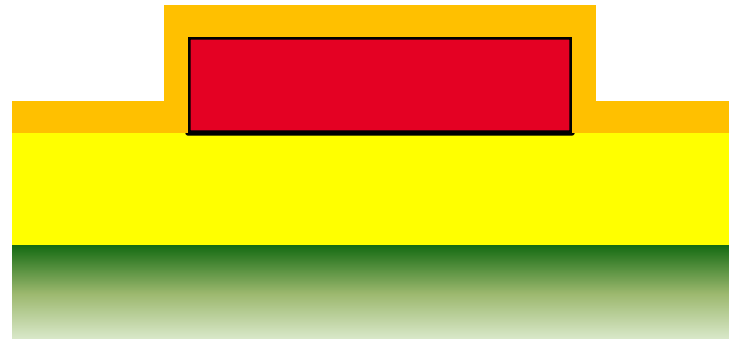
带状线

- 内层
- 两个地平面



微带线

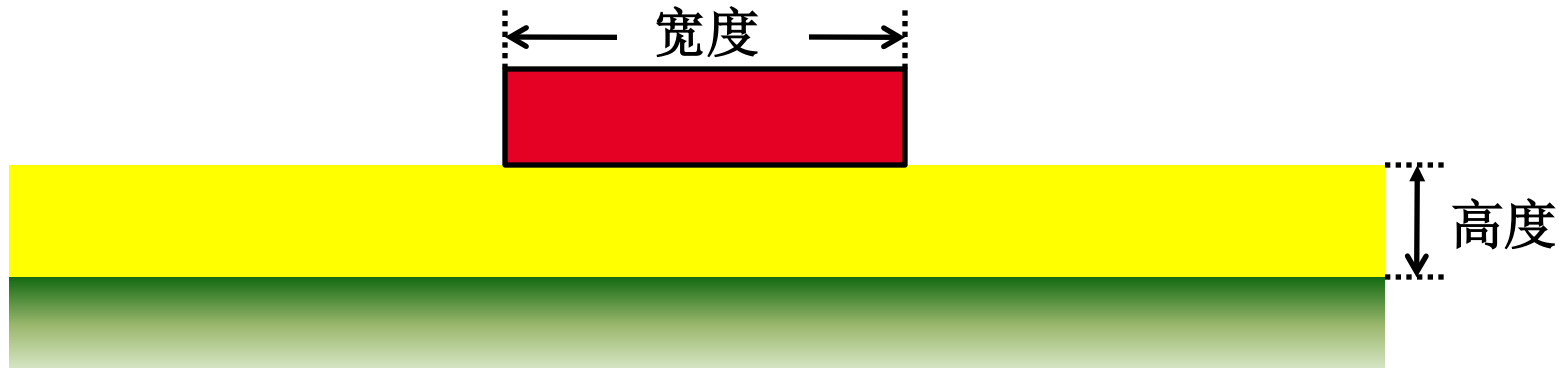
- 外层
- 一个地平面
- 将阻焊盘作为电介质!



选择微带线

微带线

- 走线宽度
- 高于地平面的走线高度
- 电介质的选择（最通用的是FR4）

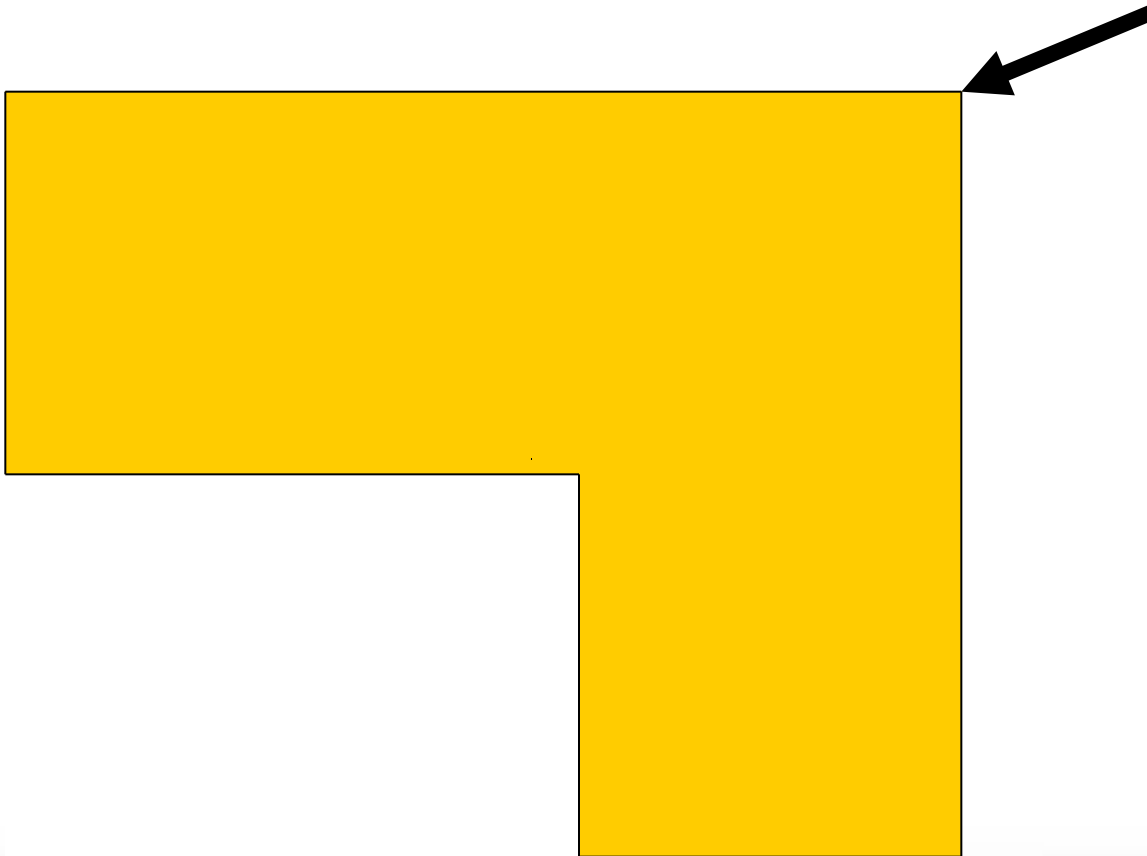


走线

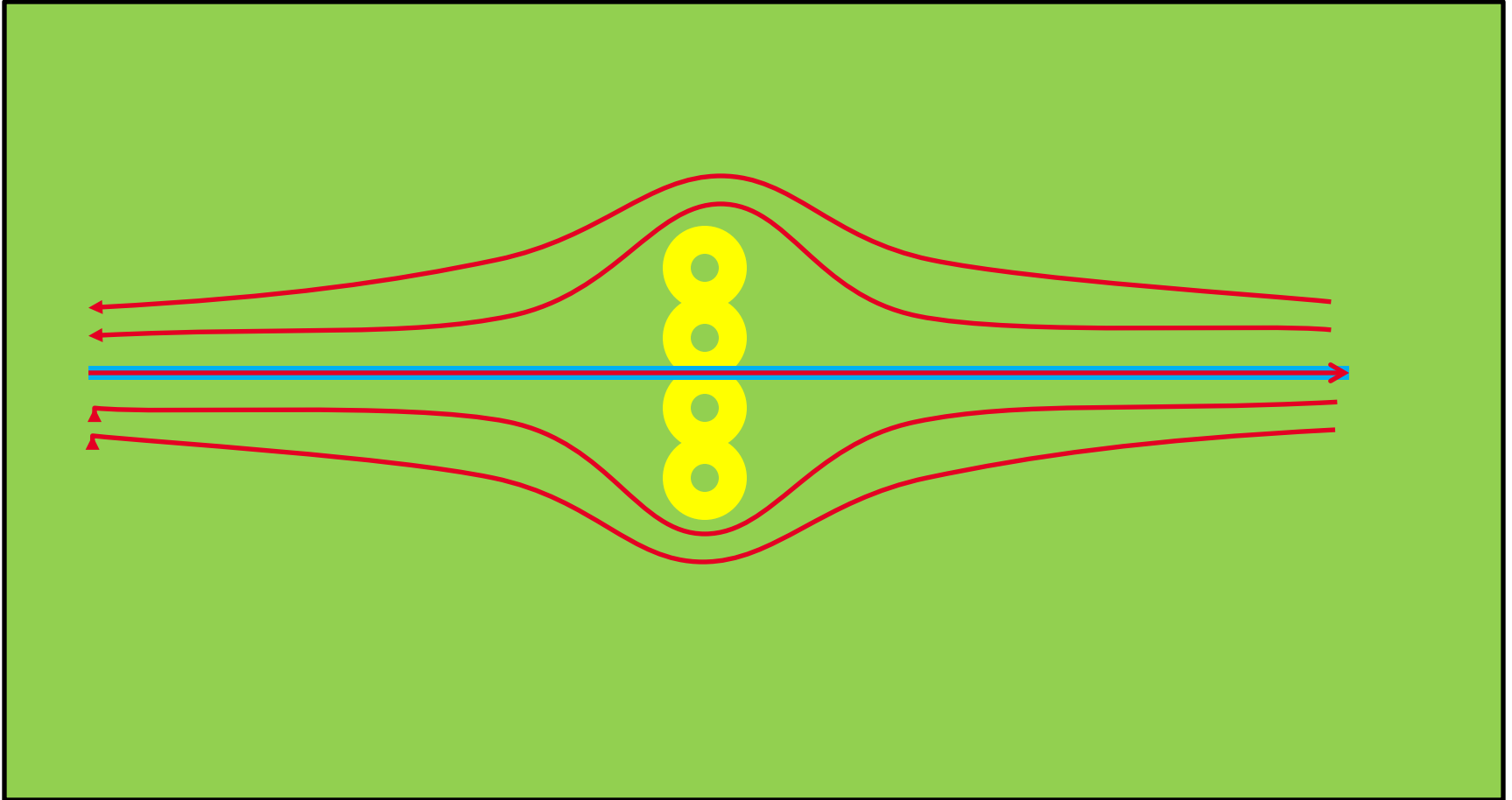
- 计算阻抗
 - 在线计算器——计算方程式是公开的！
 - 在Google中搜索“impedance calculator microstrip”
- 保持阻抗的一致性
- 隔离
 - 其它信号
 - 电路板边沿
- 解耦
 - 并行传输线间耦合得很好
- 知道大电流在哪里流动
 - 走线
 - 平面

避免直角走线

阻抗不连续



避免地平面間隙



以太网布线

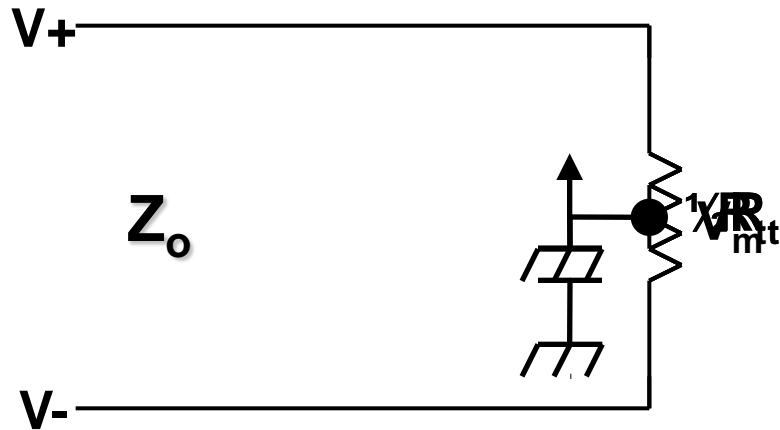
以太网规范

- 以太网采用差分信号
- 典型阻抗为**100Ω**
 - 相对于参考平面，阻抗为~65Ω
 - 与100Ω的偏差激发共模信号
- 匹配走线长度
 - 一对差分双绞线中的每一根线的长度都应相同
 - 成对走线，而不是以两根单独的线来走线
- 正确端接

以太网端接

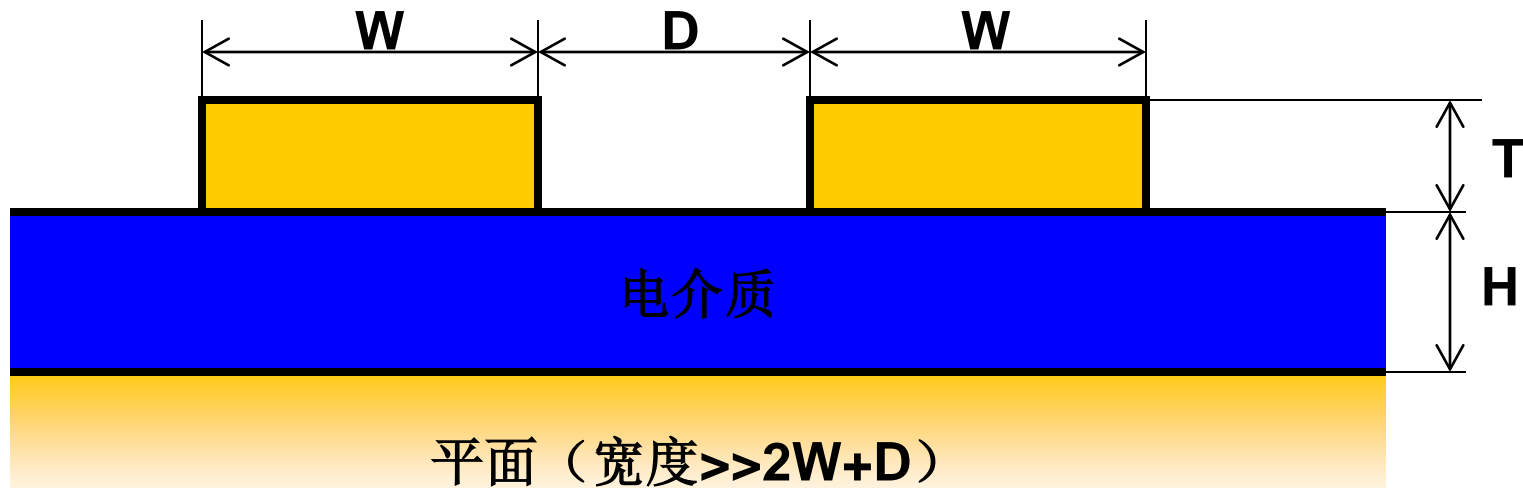
- 每个以太网双绞线必须端接
 - 传输线端接之外的走线为开路节点
- 通常每对以太网双绞线端接两个电阻
 - 两个电阻尽可能对称放置
- 以太网端接也可以为传输双绞线提供电流
 - 遵循厂家的建议

差分/共模端接



此电路（或其变种电路）通常用来端接以太网传输线
 对于AC表明该节点有效接地，应相等。
 R_t 等效于将2个阻值为 $\frac{1}{2}R_t$ 的电阻串联。
 通常，我们需采用一定的方法使其相等。

差分微带传输线



$$Z_0 = (87/\sqrt{\epsilon_r + 1.41}) * \ln(5.98 * H / (0.8 * W + T))$$

$$Z_{diff} = 2 * Z_0 * (1 - 0.48 * e^{-(0.96 * D / H)})$$

http://www.icd.com.au/Diff_Calc/diff_index.htm

W = 10 线宽度

T = 13 线厚度 (1oz 铜)

H = 10 最近的参考平面间的距离 $Z_0 = 65.5 \Omega$

D = 7.5 线边与边的间隔 $Z_{diff} = 100.4 \Omega$

$\epsilon_r = 4.7$ 介电常数

总结

- 今天的课程内容包括：
 - 信号完整性
 - 传输线
 - 布线
 - 以太网电路的布线规范

参考资料

- *High-Speed Digital Design*, Howard Johnson, Martin Graham, Prentice Hall, 1993, ISBN 0-13-395724-1
- *High Speed Signal Propagation*, Howard Johnson, Martin Graham, Prentice Hall, 2003, ISBN 0-13-084408-X
- <http://www.signalintegrity.com/>

附录

阻抗

- 源阻抗

- Z_S

- 传输线阻抗

- Z_0

- 负载阻抗

- Z_L

- 理想情况: $Z_S = Z_0 = Z_L$

商标

Microchip的名称和徽标组合、Microchip徽标、dsPIC、KeeLoq、KeeLoq徽标、MPLAB、PIC、PICmicro、PICSTART、rfPIC和UNI/O均为Microchip Technology Inc.在美国和其他国家或地区的注册商标。

FilterLab、Hampshire、HI-TECH C、Linear Active Thermistor、MXDEV、MXLAB、SEEVAl和The Embedded Control Solutions Company 均为Microchip Technology Inc.在美国的注册商标。

Analog-for-the-Digital Age、Application Maestro、CodeGuard、dsPICDEM、dsPICDEM.net、dsPICworks、dsSPEAK、ECAN、ECONOMONITOR、FanSense、HI-TIDE、In-Circuit Serial Programming、ICSP、Mindi、MiWi、MPASM、MPLAB Certified 徽标、MPLIB、MPLINK、mTouch、Octopus、Omniscient Code Generation、PICC、PICC-18、PICDEM、PICDEM.net、PICkit、PICtail、PIC32徽标、REAL ICE、rfLAB、Select Mode、Total Endurance、TSHARC、UniWinDriver、WiperLock和ZENA均为Microchip Technology Inc.在美国和其他国家或地区的商标。

SQTP是Microchip Technology Inc.在美国的服务标记。

在此提及的所有其他商标均为各持有公司所有。

© 2009, Microchip Technology Inc.版权所有。