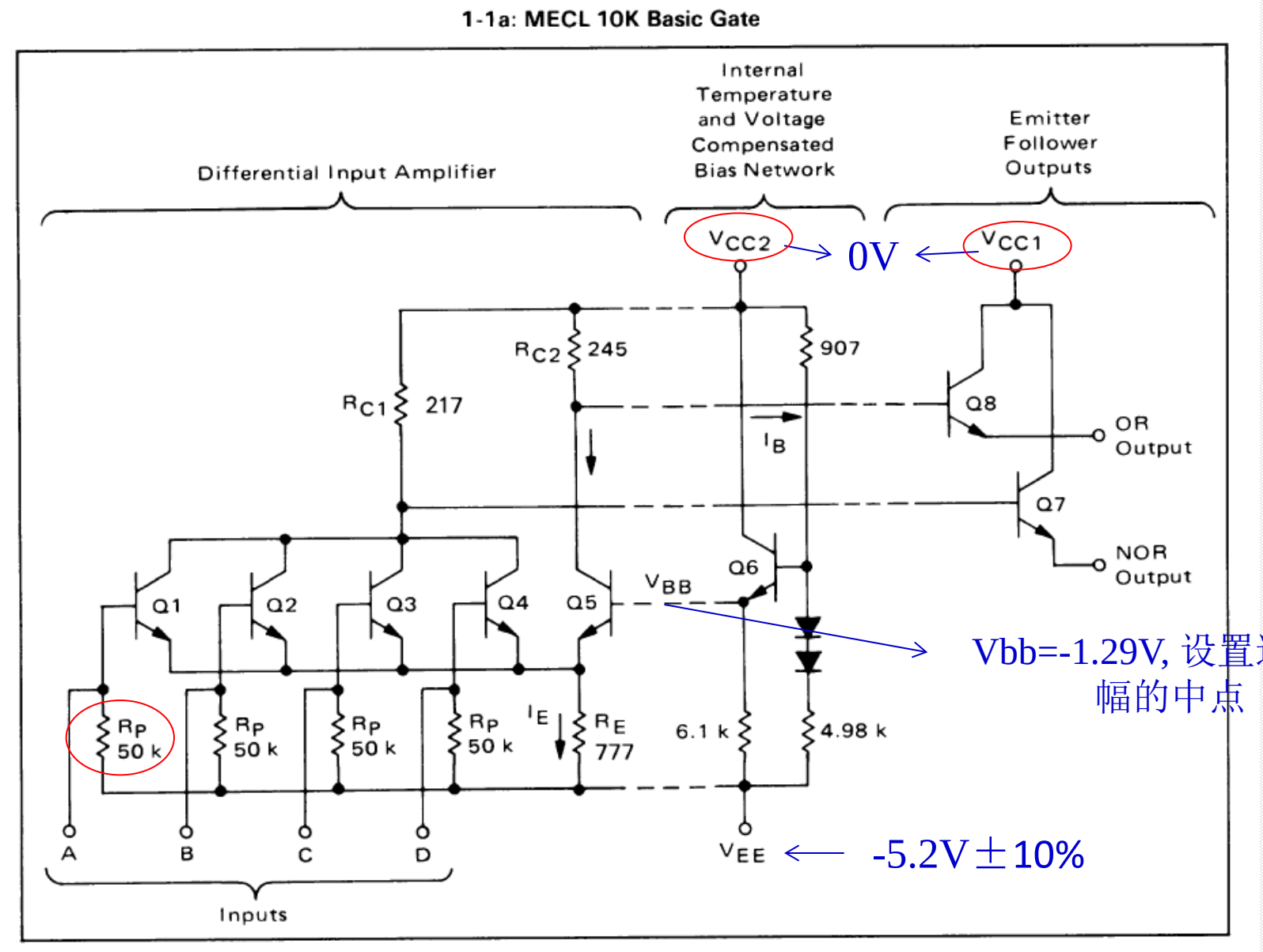
第二章：ECL逻辑及使用

- **ECL原理**
  - 历史
  - **ECL基本门电路**
  - **MECL电平**
  - **Noise Margin**
  - **ECL特点及比较**
- **ECL使用**
  - 基本考虑因素
  - 常见传输线特征阻抗
  - 匹配
- **ECL系统连接**
  - 连接器
  - 同轴电缆
  - 差分双绞线连接
  - Ribbon Cable
- **PECL – Positive ECL**

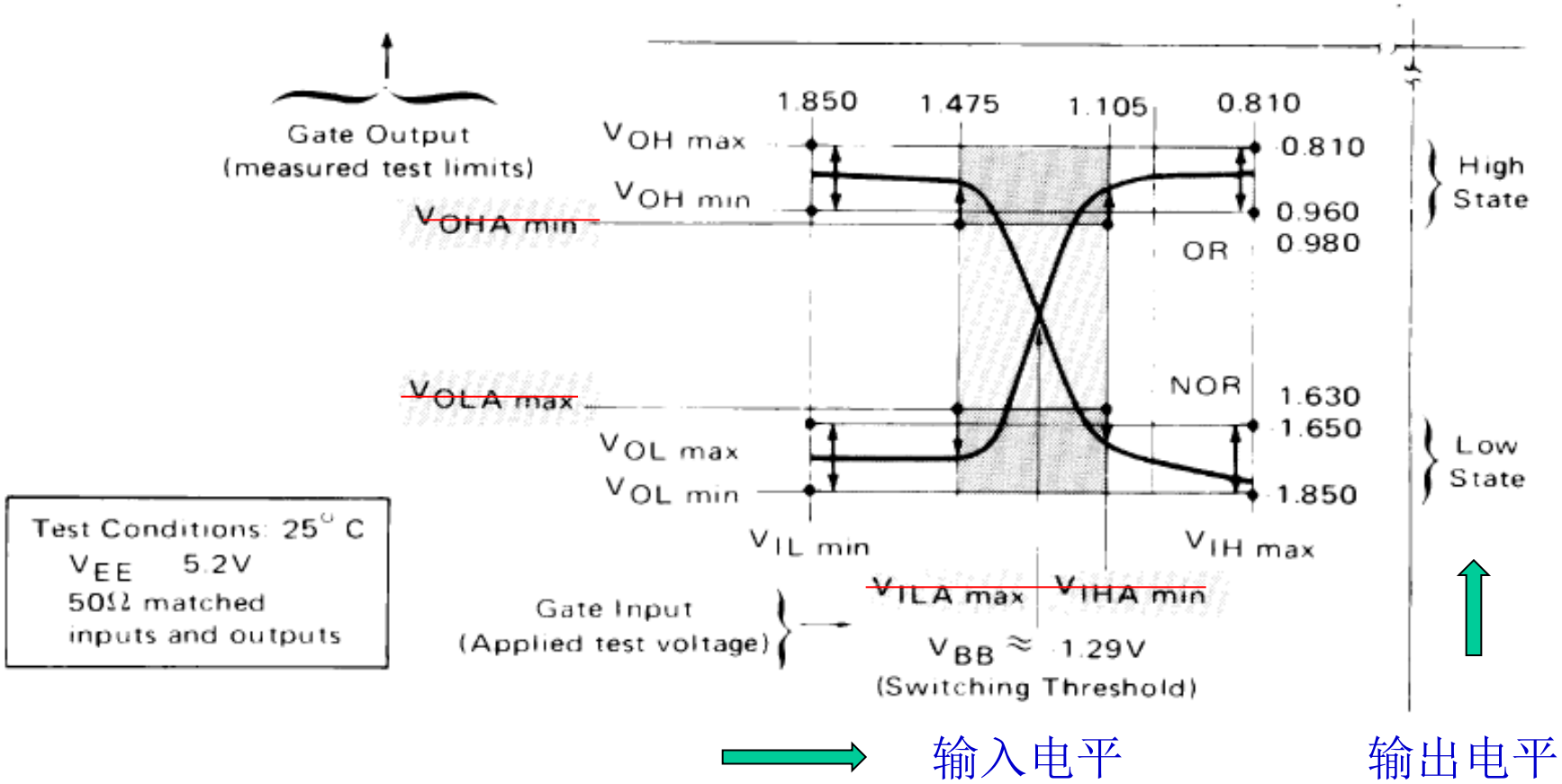
ECL原理

- ECL发展历史：MECL: Motorola Emitter Coupled Logic；非饱和数字逻辑器件，可以减少晶体管存储时间对逻辑反转速度的限制，速度快；差分放大器输入提供高输入阻抗和高增益；发射极射随输出提供低输出阻抗和强驱动和扇出能力。
  - MECL I: 1962， 8ns门延迟，30MHz toggle rate
  - MECL II: 1966， 4ns， 70MHz （在1970年被STTL达到）
  - MECL III: 1968， 1ns， 500MHz
  - MECL 10K: 1971，2ns，信号沿上升时间（10-90%）3.5ns，
  - MECL 10KH: 1981，1ns，1.8ns 功耗和10K系列一样
  - MECLinps
- MECL优点：最高速IC逻辑；
  低输出阻抗，高扇出能力；
  低噪声；
  互补逻辑输出；
  输出可以连接一起，形成逻辑“OR”功能；
  使数据长距离传输容易。

基本门电路


1-1a: MECL 10K Basic Gate
Differential Input Amplifier
Internal Temperature and Voltage Compensated Bias Network
Emitter Follower Outputs
VCC2
0V
VCC1
RC2
245
907
RC1
217
Q8
OR Output
IB
Q7
NOR Output
Q6
VBB
Q1
Q2
Q3
Q4
Q5
Vbb=-1.29V, 设置逻辑摆幅的中点
RP 50 k
RP 50 k
RP 50 k
RP 50 k
IE
RE 777
6.1 k
4.98 k
A
B
C
D
Inputs
VEE
-5.2V±10%

MECL电平



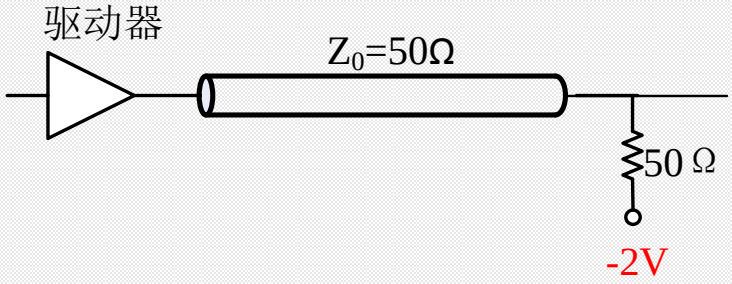
(b) MECL TRANSFER CURVES (MECL 10K EXAMPLE)
and SPECIFICATION TEST POINTS

Noise Margin

- 高电平的噪声容限定义为： $V_{OH\min} - V_{IH\min}$
- 高电平的噪声容限定义为： $V_{IL\max} - V_{OL\max}$
  - 对ECL10K来讲，容限均大于0.125V
  - 对ECLIII，容限均大于0.115V
  - 对ECL10KH，大于或等于ECL10K系列

MECL系列特点总结（1）

- 所有MECL均有独立的Vbb偏置驱动器，使之工作独立于较宽的温度范围，电源电压范围和电路功耗
- 均为发射极开路输出，方便于传输线连接（MC1648 VCO例外）
- 内部输入均有50欧姆下拉电阻，输入无连接时认为是“0”电平，但差分设备如线接收器、MECL到TTL转换器没有下拉电阻
- 输入直流负载电流很小，约为 $I_{in} = \frac{|-5.2+0.9|}{30K} = 143uA$
- 确定的输出电流为22mA，最大输出电流50mA, 均可直接驱动50Ω传输线



$$I = \frac{-2.0V - 0.9V}{50\Omega} \approx -22mA$$

MECL系列特点总结（2）

- 直接扇出系数：从直流驱动角度扇出系数很大，但实际上主要考虑AC性能限制及匹配等对扇出系数的限制
- 一些参数：

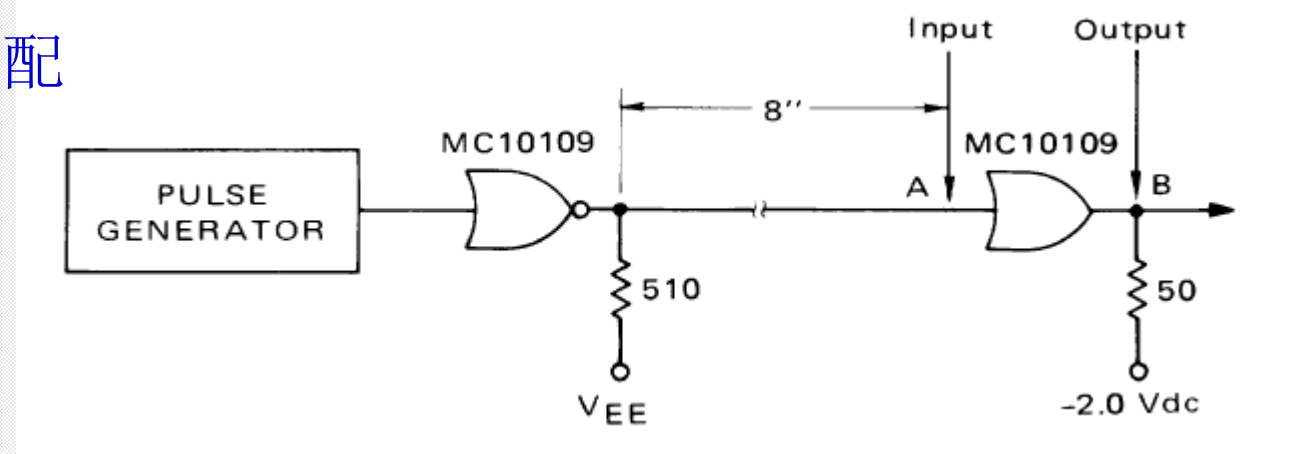
	ECL10KH	ECL10K	MECLIII
输入电容	2.9pf	2.9～3.3pf	3.3pf
输出电阻	7Ω	7Ω	7Ω
门延迟	1.0ns	2～1.5ns	1ns
Flip-Flop toggle rate	250MHz	125～200MHz	500MHz
门功耗	25mW	25mW	60mW

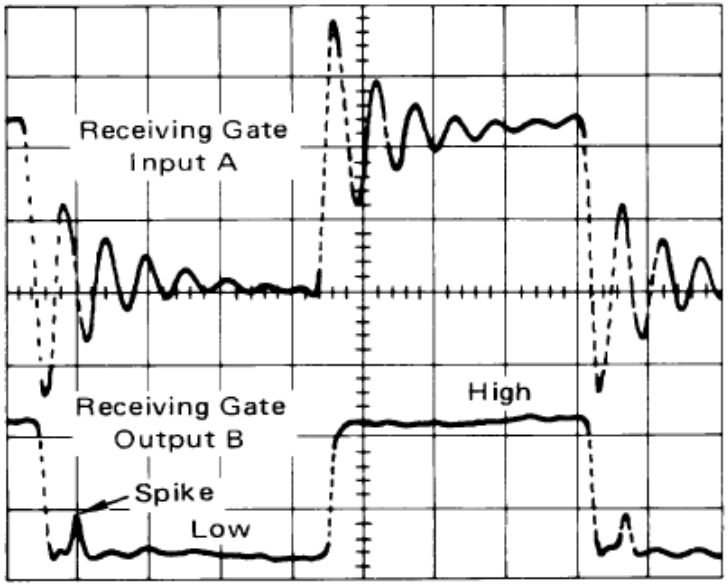
- 均允许在输出端连接串联阻尼电阻，一般5～75Ω，可以延长驱动长线的长度（加倍）
- 均有分离的VCC，以减少串扰
- 输出均有“线或”能力

ECL使用

- **ECL信号的上升时间小于3ns，要应用传输线技术**
  - 系统处理信号的上升时间
  - 互联距离
  - 电容负载（Fanout数）
  - 电阻负载（线匹配）
  - 上冲和下冲允许的百分比（对噪声容限的损失）：一个通用规则是下冲量不能超过10%逻辑摆幅（保证小于100mV的噪声容限），上冲量不应超过35%逻辑摆幅（保证输入不致饱和）。连线是否匹配以及布线情况均会影响下冲：

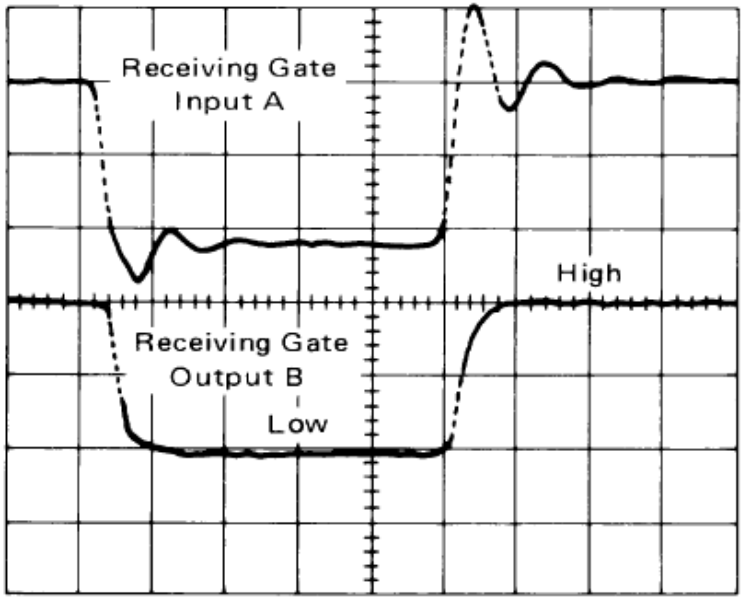
无匹配





Vertical Scale = 400 mV/cm
Horizontal Scale = 20 ns/cm

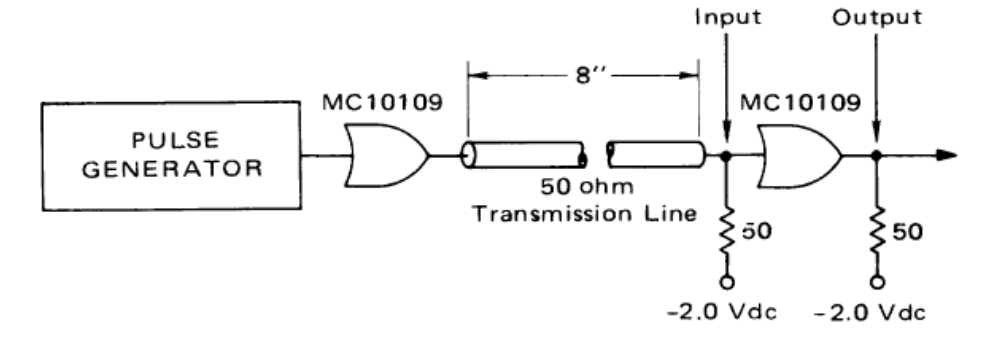
(b) Ground Plane Not Used

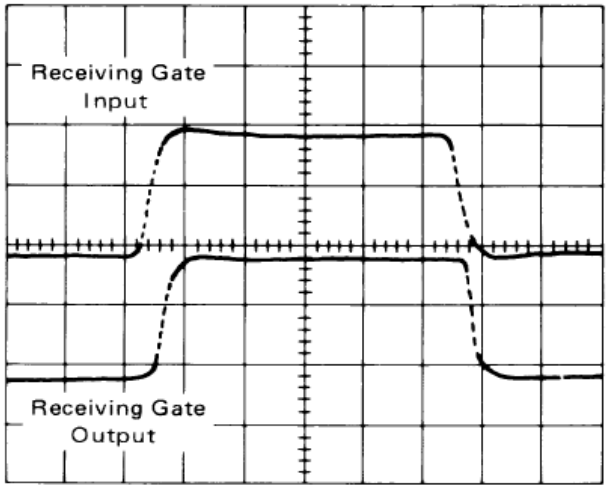


Vertical Scale = 400 mV/cm
Horizontal Scale = 10 ns/cm

(c) Ground Plane Added

有匹配



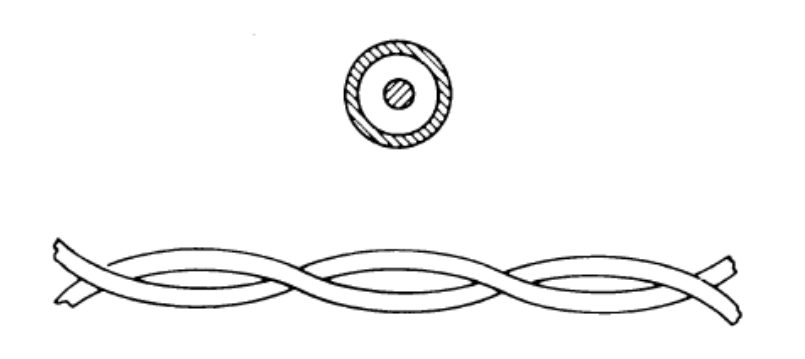


Vertical Scale = 400 mV/cm
Horizontal Scale = 10 ns/cm

各种传输线几何形状

- 同轴电缆和双绞线：特征阻抗

有50Ω， 75Ω， 93Ω， 125Ω等，双绞线（30绞/英尺，AWG24-28）大致为110 Ω.

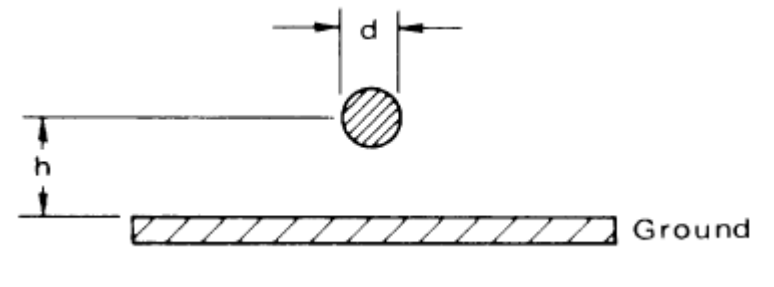


- **Wire Over Ground**

$$Z_o = \frac{60}{\sqrt{e_r}} \ln\left(\frac{4h}{d}\right)$$

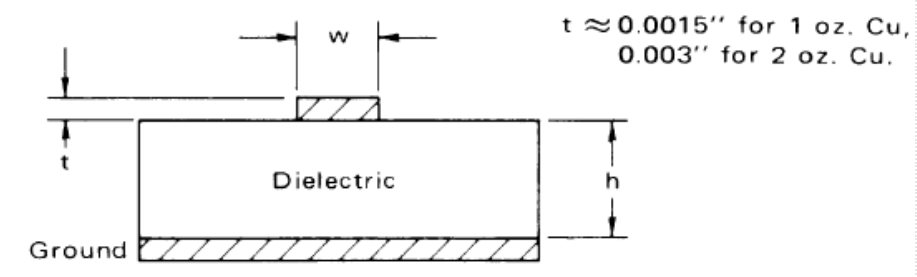
e_r是线周围介电常数

Z0=120Ω



- **Microstrip Line**

$$Z_o = \frac{87}{\sqrt{e_r + 1.41}} \ln\left(\frac{5.98h}{0.8w + t}\right)$$

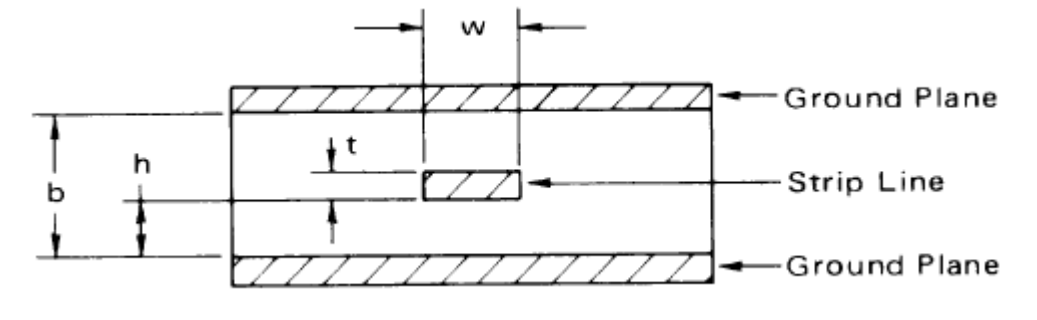


$$L_o = Z_o^2 C_o,$$

$$t_{pd} = 1.017 \sqrt{0.475\, e_r + 0.67} \quad \text{ns/ft}$$

➡ 与线宽和间隔无关

- Strip Line



$$Z_o = \frac{60}{\sqrt{e_r}} \ln\left(\frac{4b}{0.67\,\pi w\,(0.8 + \frac{t}{w})}\right).$$

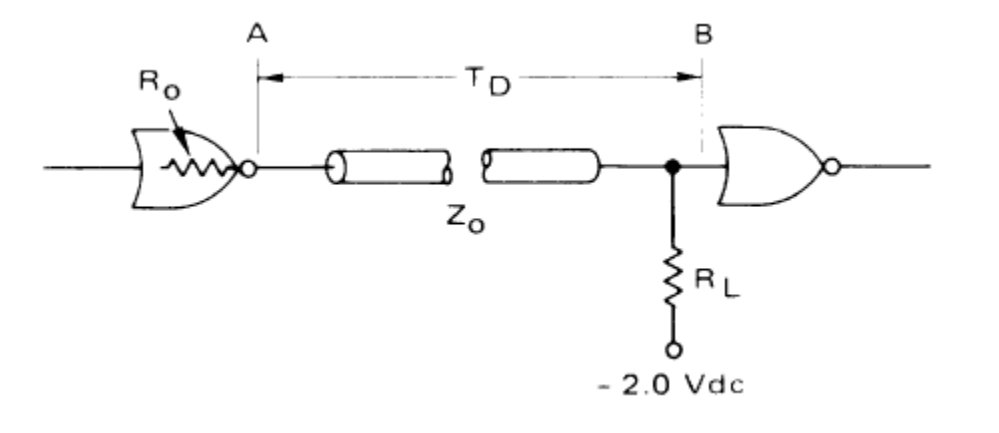
$$L_o = Z_o^2 C_o,$$

$$t_{pd} = 1.017\sqrt{e_r} \quad \text{ns/ft}.$$

ECL匹配连接

- 匹配的基本形式

$$\Delta V_A = \Delta V_{INT}\left(\frac{Z_o}{R_o + Z_o}\right).$$



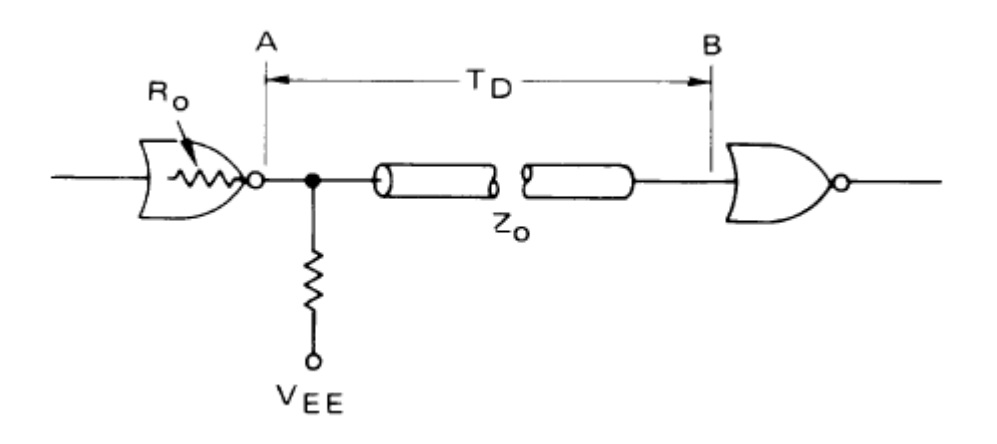
末端反射 $\rho_L = \dfrac{R_L - Z_o}{R_L + Z_o}$

始端反射 $\rho_S = \dfrac{R_o - Z_o}{R_o + Z_o}$

- 不匹配连接：

  最大开线长度

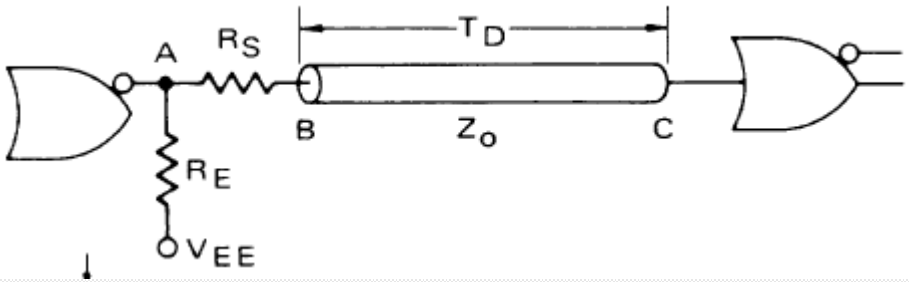
$$\ell_{max} \leqq \frac{t_r}{2t_{pd}},$$



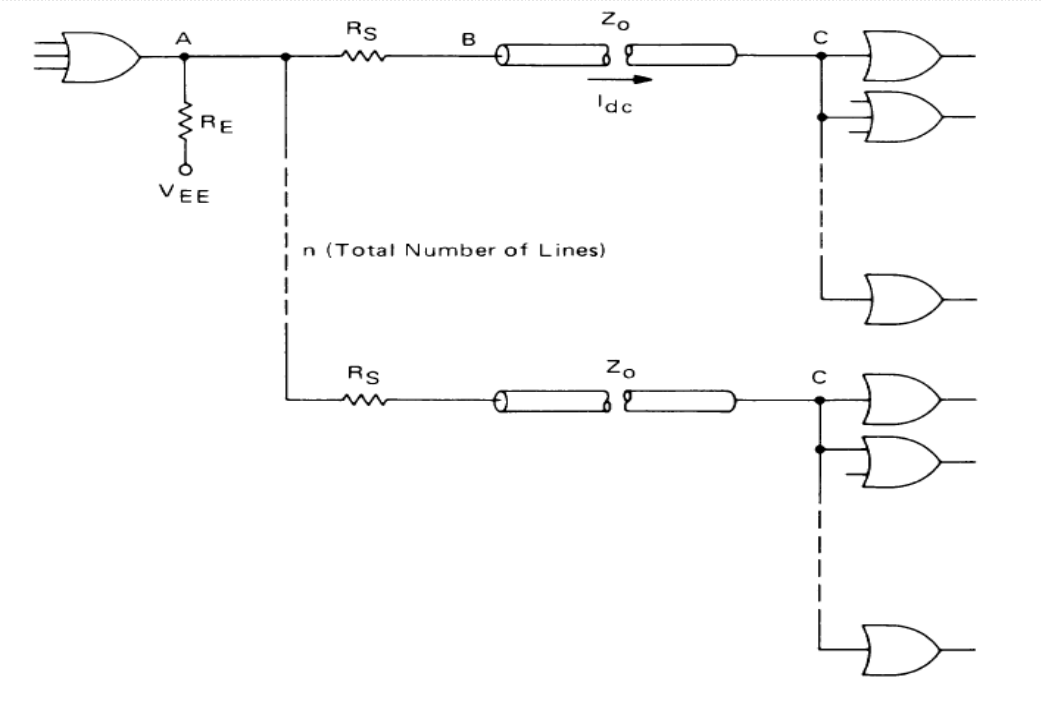
ECL匹配连接（2）

- 串联阻尼电阻和串联匹配

$$\Delta V_B = \Delta V_{INT}\left(\frac{Z_o}{R_S + R_o + Z_o}\right)$$



- 串联匹配并行多扇出

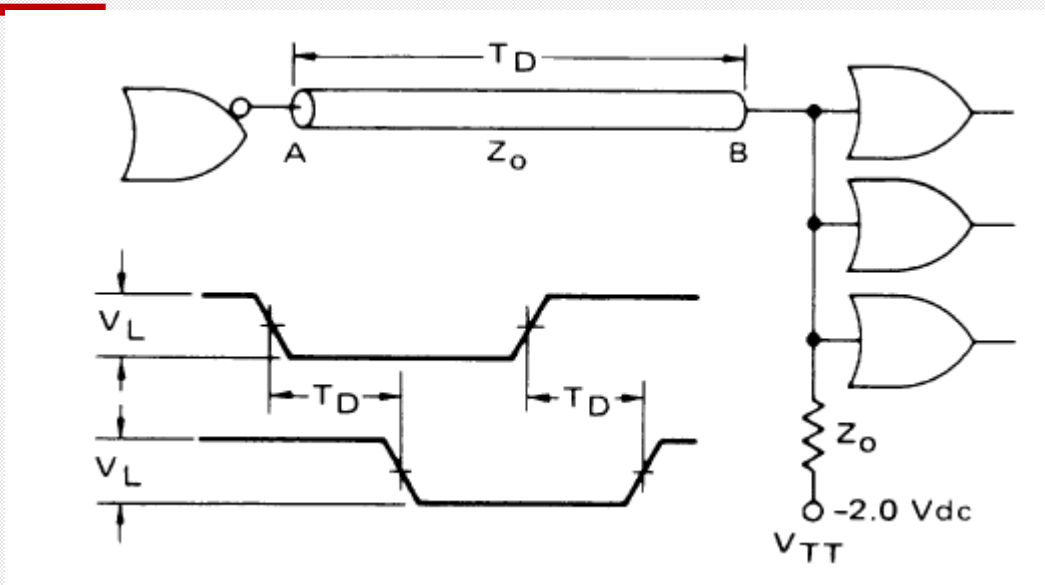


$$R_{E(max)} = \frac{10\,Z_o - R_S}{n}.$$

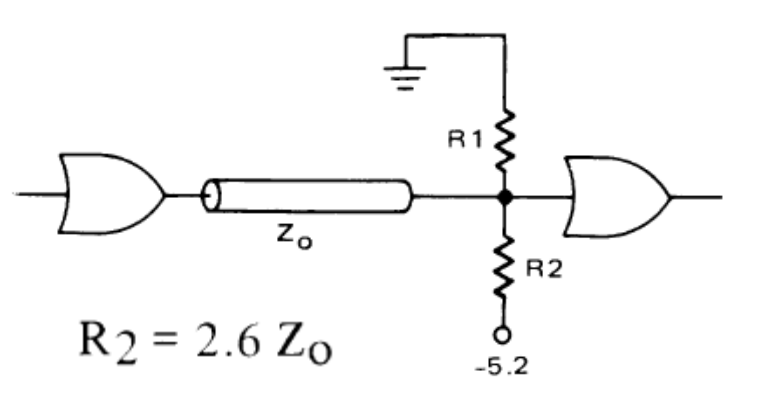
ECL匹配连接（3）

- 驱动并行匹配线

$$\Delta V_A = \Delta V_{INT}\left(\frac{Z_o}{R_o + Z_o}\right)$$



- 代文宁等效匹配
  方便使用单电源



$$R_2 = 2.6\ Z_o$$

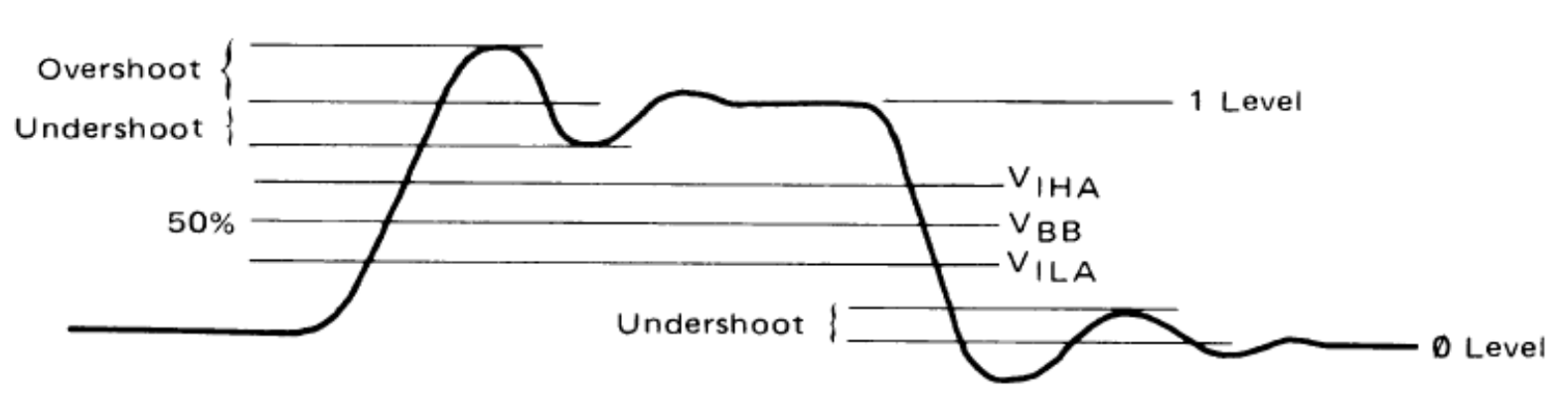
$$R_1 = \frac{R_2}{1.6}$$

THEVENIN EQUIVALENT RESISTORS FOR TERMINATION

Z_o (OHMS)	R1 (OHMS)	R2 (OHMS)
50	81	130
70	113	182
75	121	195
80	130	208
90	146	234
100	162	260
120	194	312
150	243	390

ECL系统连接

- 延迟、衰减和串扰



  - 减小系统上升时间
  - 减小系统间连接长度
  - 使用匹配连接方式

- 连接器：
  - 很少使用边缘连接器（edge connector）；BNC、SMA、SMAB

同轴电缆连接

- 对MECL使用同轴电缆，要求电缆的带宽：

$$f = \frac{k}{t_r}, \quad \text{where:} \quad k = 0.37^*, \quad t_r = \text{rise time};$$

$$f = \frac{0.37}{1 \times 10^{-9}} = 370 \text{ MHz for MECL III with a } 50\ \Omega \text{ load}$$

$$f = \frac{0.37}{3.5 \times 10^{-9}} = 106 \text{ MHz for MECL 10K with a } 50\Omega \textit{ load}$$

$$f = \frac{0.37}{1.8 \times 10^{-9}} = 206 \text{ MHz for MECL 10KH with a } 50\Omega \text{load.}$$

- 信号的衰减：主要因为趋肤效应（**1GHz**以下介电损失不是主要的），趋肤效应衰减正比于**f**的平方根。假设信号衰减**100mV**（逻辑摆幅由**800mV**→**600mV**），传输电缆上允许的衰减：

$$\text{Loss (dB)} = 20 \log\left(\frac{V_{in}}{V_o}\right) = 20 \log\left(\frac{0.8}{0.6}\right) = 2.5 \text{ dB}.$$

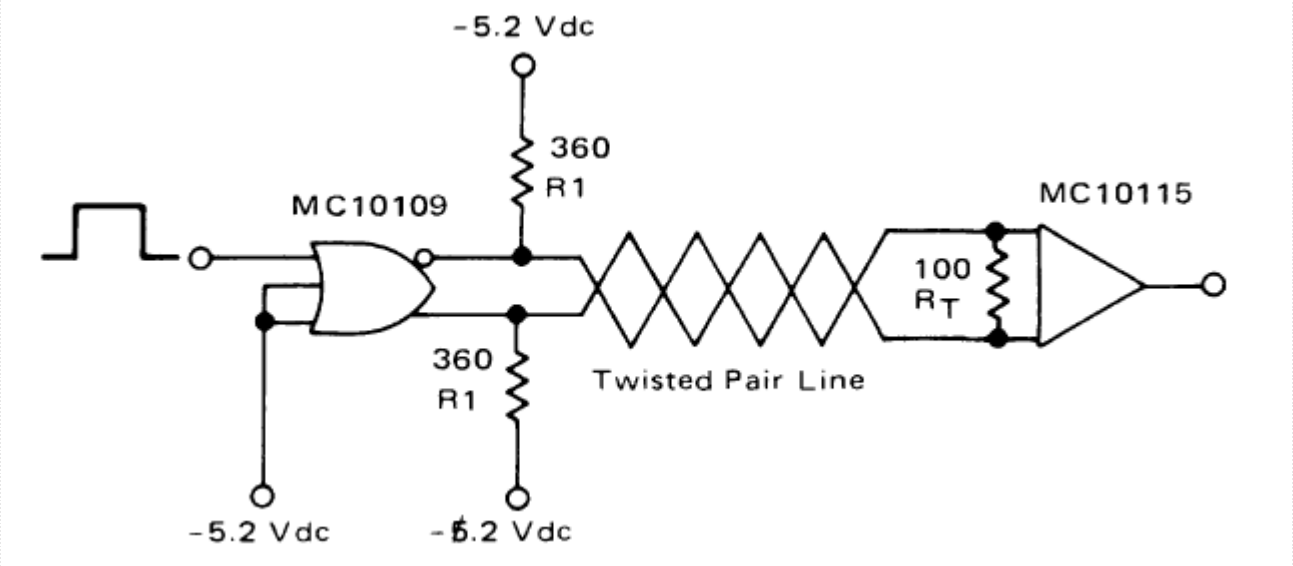
则最大传输长度

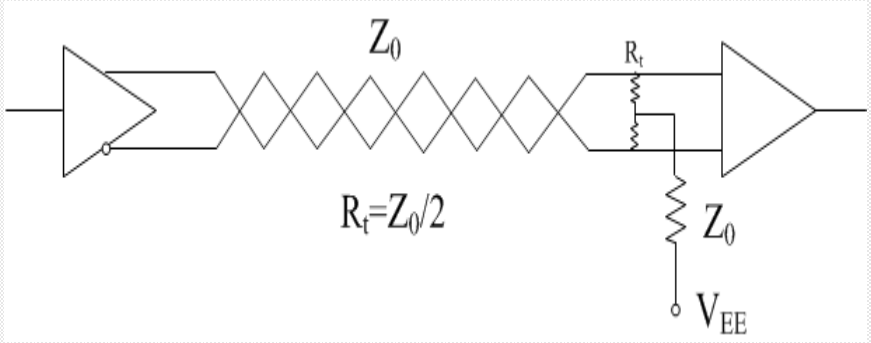
$$\text{Max Length} = 100 \text{ ft.} \cdot \left(\frac{2.5 \text{ dB}}{A}\right) = 20.8 \text{ ft.}$$

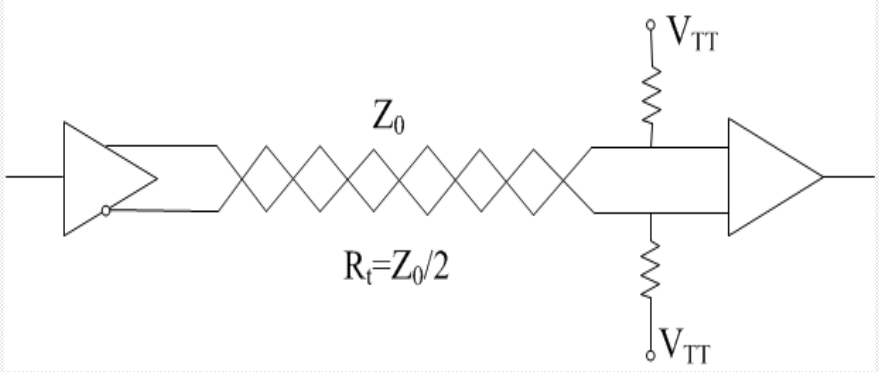
A为电缆的单位衰减量（dB/100ft）

差分双绞线连接

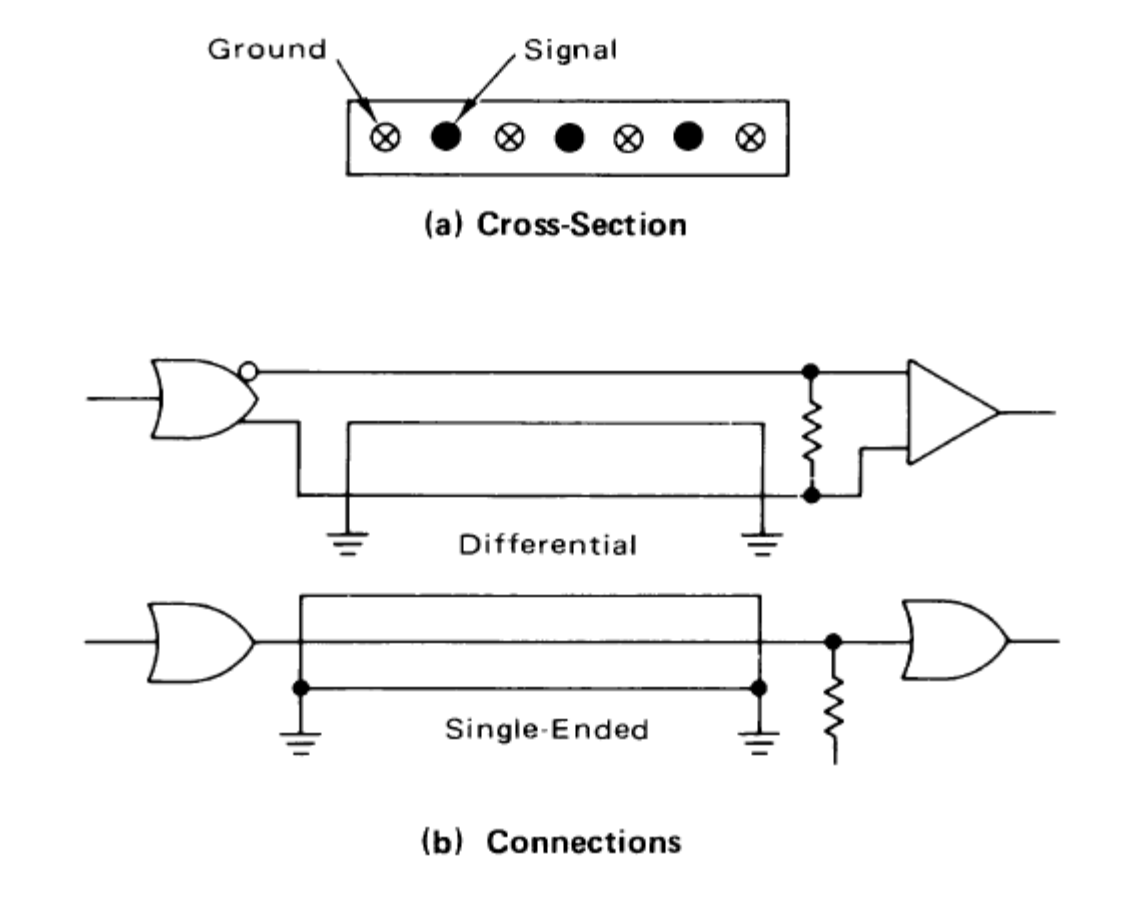
- 差分传输抗共模能力强





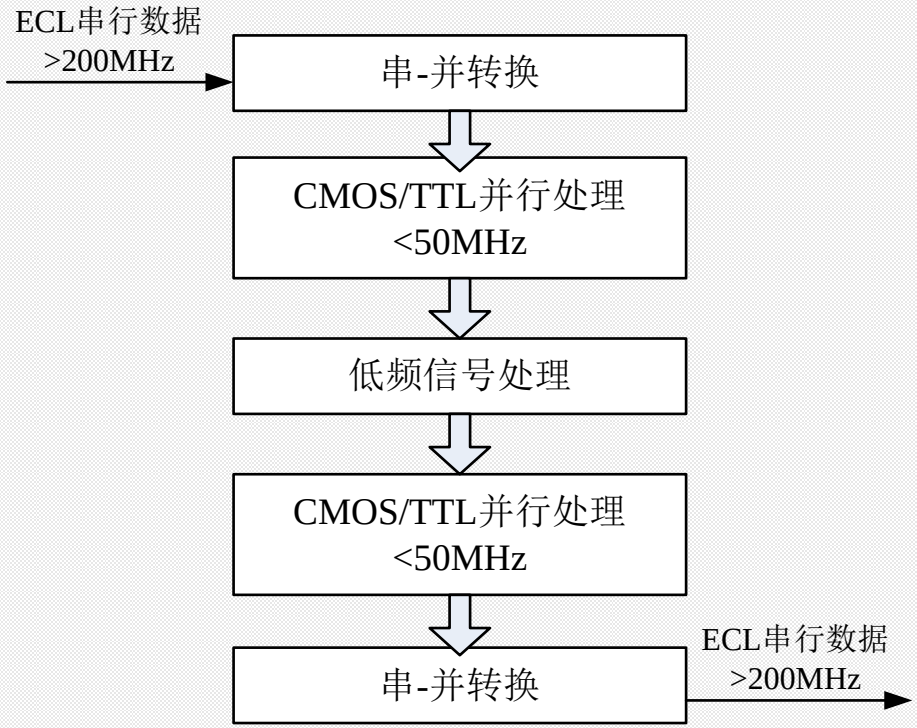


Ribbon Cable



PECL：Positive ECL

- **PECL仅是ECL用于单一正电源，即Vcc接+5.0～+5.2V电源，Vee接地，它可以和CMOS/TTL系统集成设计，但具有ECL的所有优点。**



- **电平转换：例如ECL，Vohmax=-0.81V，对PECL：5.0-0.81=4.9V**

$$PECLLevel = V_{CC(new)} - \left| SpecificationLevel \right|$$