

致尊敬的顾客

关于产品目录等资料中的旧公司名称

NEC电子公司与株式会社瑞萨科技于2010年4月1日进行业务整合（合并），整合后的新公司暨“瑞萨电子公司”继承两家公司的所有业务。因此，本资料中虽还保留有旧公司名称等标识，但是并不妨碍本资料的有效性，敬请谅解。

瑞萨电子公司网址：<http://www.renesas.com>

2010年4月1日
瑞萨电子公司

【发行】瑞萨电子公司（<http://www.renesas.com>）

【业务咨询】<http://www.renesas.com/inquiry>

Notice

1. All information included in this document is current as of the date this document is issued. Such information, however, is subject to change without any prior notice. Before purchasing or using any Renesas Electronics products listed herein, please confirm the latest product information with a Renesas Electronics sales office. Also, please pay regular and careful attention to additional and different information to be disclosed by Renesas Electronics such as that disclosed through our website.
2. Renesas Electronics does not assume any liability for infringement of patents, copyrights, or other intellectual property rights of third parties by or arising from the use of Renesas Electronics products or technical information described in this document. No license, express, implied or otherwise, is granted hereby under any patents, copyrights or other intellectual property rights of Renesas Electronics or others.
3. You should not alter, modify, copy, or otherwise misappropriate any Renesas Electronics product, whether in whole or in part.
4. Descriptions of circuits, software and other related information in this document are provided only to illustrate the operation of semiconductor products and application examples. You are fully responsible for the incorporation of these circuits, software, and information in the design of your equipment. Renesas Electronics assumes no responsibility for any losses incurred by you or third parties arising from the use of these circuits, software, or information.
5. When exporting the products or technology described in this document, you should comply with the applicable export control laws and regulations and follow the procedures required by such laws and regulations. You should not use Renesas Electronics products or the technology described in this document for any purpose relating to military applications or use by the military, including but not limited to the development of weapons of mass destruction. Renesas Electronics products and technology may not be used for or incorporated into any products or systems whose manufacture, use, or sale is prohibited under any applicable domestic or foreign laws or regulations.
6. Renesas Electronics has used reasonable care in preparing the information included in this document, but Renesas Electronics does not warrant that such information is error free. Renesas Electronics assumes no liability whatsoever for any damages incurred by you resulting from errors in or omissions from the information included herein.
7. Renesas Electronics products are classified according to the following three quality grades: “Standard”, “High Quality”, and “Specific”. The recommended applications for each Renesas Electronics product depends on the product’s quality grade, as indicated below. You must check the quality grade of each Renesas Electronics product before using it in a particular application. You may not use any Renesas Electronics product for any application categorized as “Specific” without the prior written consent of Renesas Electronics. Further, you may not use any Renesas Electronics product for any application for which it is not intended without the prior written consent of Renesas Electronics. Renesas Electronics shall not be in any way liable for any damages or losses incurred by you or third parties arising from the use of any Renesas Electronics product for an application categorized as “Specific” or for which the product is not intended where you have failed to obtain the prior written consent of Renesas Electronics. The quality grade of each Renesas Electronics product is “Standard” unless otherwise expressly specified in a Renesas Electronics data sheets or data books, etc.
 - “Standard”: Computers; office equipment; communications equipment; test and measurement equipment; audio and visual equipment; home electronic appliances; machine tools; personal electronic equipment; and industrial robots.
 - “High Quality”: Transportation equipment (automobiles, trains, ships, etc.); traffic control systems; anti-disaster systems; anti-crime systems; safety equipment; and medical equipment not specifically designed for life support.
 - “Specific”: Aircraft; aerospace equipment; submersible repeaters; nuclear reactor control systems; medical equipment or systems for life support (e.g. artificial life support devices or systems), surgical implantations, or healthcare intervention (e.g. excision, etc.), and any other applications or purposes that pose a direct threat to human life.
8. You should use the Renesas Electronics products described in this document within the range specified by Renesas Electronics, especially with respect to the maximum rating, operating supply voltage range, movement power voltage range, heat radiation characteristics, installation and other product characteristics. Renesas Electronics shall have no liability for malfunctions or damages arising out of the use of Renesas Electronics products beyond such specified ranges.
9. Although Renesas Electronics endeavors to improve the quality and reliability of its products, semiconductor products have specific characteristics such as the occurrence of failure at a certain rate and malfunctions under certain use conditions. Further, Renesas Electronics products are not subject to radiation resistance design. Please be sure to implement safety measures to guard them against the possibility of physical injury, and injury or damage caused by fire in the event of the failure of a Renesas Electronics product, such as safety design for hardware and software including but not limited to redundancy, fire control and malfunction prevention, appropriate treatment for aging degradation or any other appropriate measures. Because the evaluation of microcomputer software alone is very difficult, please evaluate the safety of the final products or system manufactured by you.
10. Please contact a Renesas Electronics sales office for details as to environmental matters such as the environmental compatibility of each Renesas Electronics product. Please use Renesas Electronics products in compliance with all applicable laws and regulations that regulate the inclusion or use of controlled substances, including without limitation, the EU RoHS Directive. Renesas Electronics assumes no liability for damages or losses occurring as a result of your noncompliance with applicable laws and regulations.
11. This document may not be reproduced or duplicated, in any form, in whole or in part, without prior written consent of Renesas Electronics.
12. Please contact a Renesas Electronics sales office if you have any questions regarding the information contained in this document or Renesas Electronics products, or if you have any other inquiries.

(Note 1) “Renesas Electronics” as used in this document means Renesas Electronics Corporation and also includes its majority-owned subsidiaries.

(Note 2) “Renesas Electronics product(s)” means any product developed or manufactured by or for Renesas Electronics.

低电压 CMOS 逻辑 IC HD74LV_A/LVC 系列

应用说明

1. 前言

笔记本电脑和手机等便携型信息设备正在迅速普及，而且处理速度确实也在提高，这就要求标准逻辑 IC 能在低电压下进行高速运行并且具有低功耗功能。

作为 3V 工作的标准逻辑系列，瑞萨公司提供了“ALVC 系列”、“LVC 系列”和“LV-A 系列”的 3 族产品阵容。

这些族的产品能在 3.3V 下进行高速运行，并且有 CMOS 的低功耗优点。

在本应用说明中，提示 LVC 系列的电路特性和安装时的信息以及为了在系统中实现低电压和低功耗时有效地利用 LVC 系列性能的使用方法。

请客户在设计产品时参考。

2. 产品的定位

作为 3V 工作的标准逻辑系列，瑞萨公司开发了适合超高速系统的“ALVC 系列”、适合高速低功耗系统的“LVC 系列”以及适合中低速低功耗系统的“LV-A 系列”的 3 族产品，以便对应广泛的应用系统。

另外，通过和德克萨斯仪器公司的技术合作，将这些系列进行了规格的共同化，安定地提供给客户。

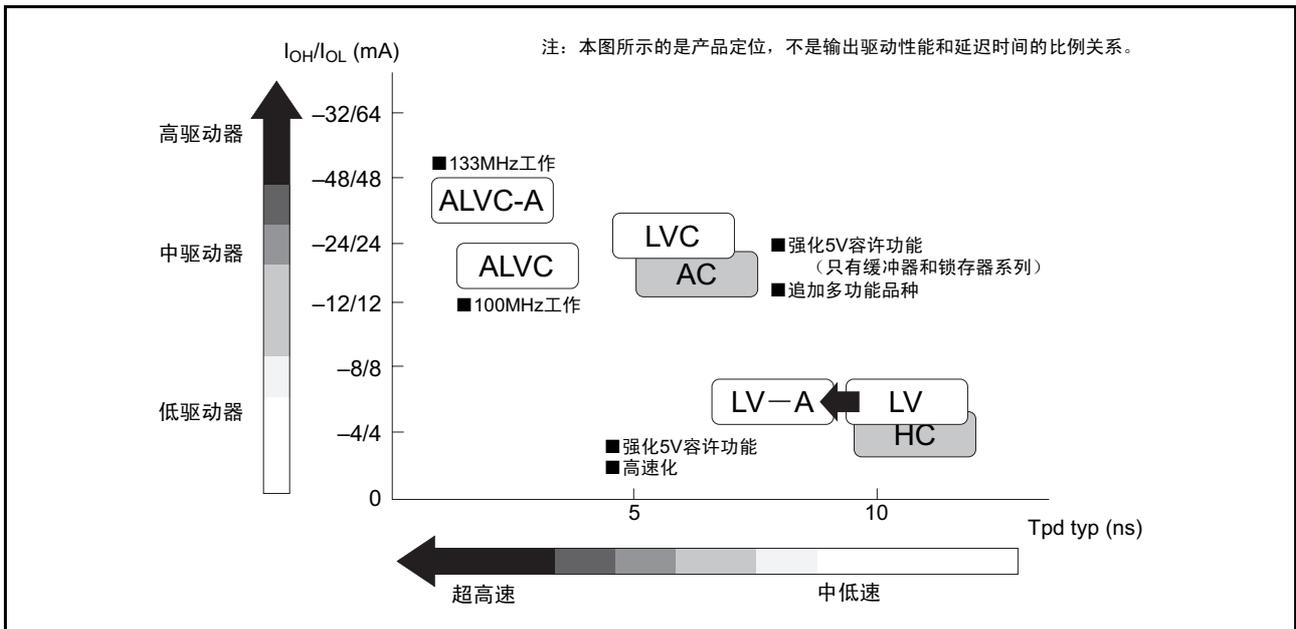


图1 低电压标准逻辑 IC 的产品展开图

3. 性能和特点

如果以低电压驱动工作在 5V 的传统 CMOS 逻辑，传播延迟时间就会很长。因为在传统的 CMOS 逻辑中，电流能经过二极管从输入引脚流到电源，所以用电池驱动的产品会消耗电池。

为了弥补 CMOS 逻辑的这些缺点，在 LVC 系列中，实现了以下的低电压和低功耗功能。

3.1 低电压标准逻辑的性能和特点

3.1.1 性能

- (1) 低电压高速开关特性
ALVC: 2.0ns typ、LVC: 5ns typ、LV-A: 5.4ns typ 的高速运行
- (2) 驱动电流大
ALVC/LVC最大±24mA、LV-A最大±8mA的高输出电流特性
- (3) 工作范围大
保证LVC系列在电源电压为3.3V和5V、LV-A系列在电源电压为2.5V、3.3V和5V时的电特性，能在大范围的电源电压下工作。

3.1.2 特点

- (1) 输出噪声的降低
 V_{OLP} (Output Ground Bounce) < 0.8V (Typ) [$V_{CC}=3.3V$ 、 $T_a=25^{\circ}C$]
 V_{OHV} (Output VOH Undershoot) > 2V (Typ) [$V_{CC}=3.3V$ 、 $T_a=25^{\circ}C$]
- (2) 切断电源时漏电流的防止 [ALVC、LVC、LV-A]
通过改善输入保护电路来防止漏电流
- (3) 和5V工作器件的直接接口 [LVC、LV-A]
输入电压的额定值为5.5V，在3V工作时能直接输入5V工作器件的信号
- (4) 小型贴面封装的系列产品
提供高密度贴装的小型贴面封装 (SOP、TSSOP)

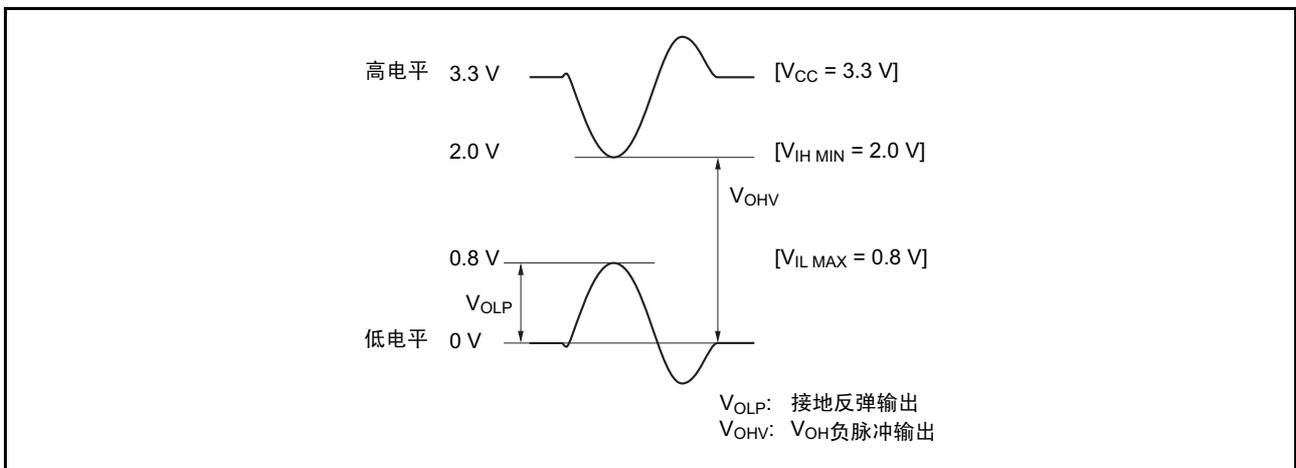


图2 输出噪声的波形图像和略号

3.2 防止反射噪声的产品 [ALVC、LVC]

反射是在传输线路上必然会产生现象，作为噪声影响无源元件。此反射噪声的对策之一是使用阻尼电阻。在ALVC系列和LVC系列的一部分产品中内置了阻尼电阻。此阻尼电阻对应阻抗50Ω的传输线路。5.4节记载了有关反射噪声的详细内容。

3.3 内置总线保持电路的产品 [ALVCH]

因为CMOS的输入引脚为高阻抗，所以在输入不稳定或者未使用的状态下，必须将输入引脚上拉或者下拉，而取代上拉和下拉处理的是保持总线电路。

总线保持电路类似于在输入引脚的电路里有锁存电路，根据输入的信号，将输入引脚固定为High电平或者Low电平。

因为总线保持电路随着电平而发生变化，并且没有准备时间和保持时间，所以能用作短时间的锁存电路。

3.4 对应热交换的产品 [LVCZ]

热交换是指在接通电源的状态下将副插件拔插到主板的插座。因此，需要在电源电压低于规定值时也能保证稳定的输出。

在此，以典型应用系统的交换机为例。

交换机在平时经常进行热交换，如果工作不稳定，数万条电话线路就有可能堵塞。

Low信号在TTL的规格中为 $V_{IL}=0.8V$ ，在CMOS的5V规格中为 $V_{IL}=1.5V$ 。通常，CMOS在0.8V左右开始工作。即使工作在电源电压为0.8V的IC输出High信号，也只能输出到0.8V，然而从总线角度来看，0.8V就被识别为Low电平。因此，如果将输出引脚上拉，就要求在电源电压上升到1.5V前保持高阻抗。“LVCZ系列”的输出引脚在电源电压 $\leq 2.0V$ (typ)时处于高阻抗。

4. 输入/输出电路的特性

4.1 输入/输出等效电路

作为静电击穿对策，需要在输入电路配置保护二极管，所以在切断IC的电源时，如果给输入引脚输入High电平的信号，传统的CMOS逻辑就会出现以下问题：

- (1) 电流从保护二极管流到电源，产生意外的功耗。
- (2) 由于给电源引脚外加了Hi电平，所以IC工作，引起系统的误动作。

LV-A、LVC系列改进了输入电路，防止切断电源时的漏电流，并且因为输入电压的额定值不受电源电压的影响，所以输入引脚能承受最大5.5V的电压。

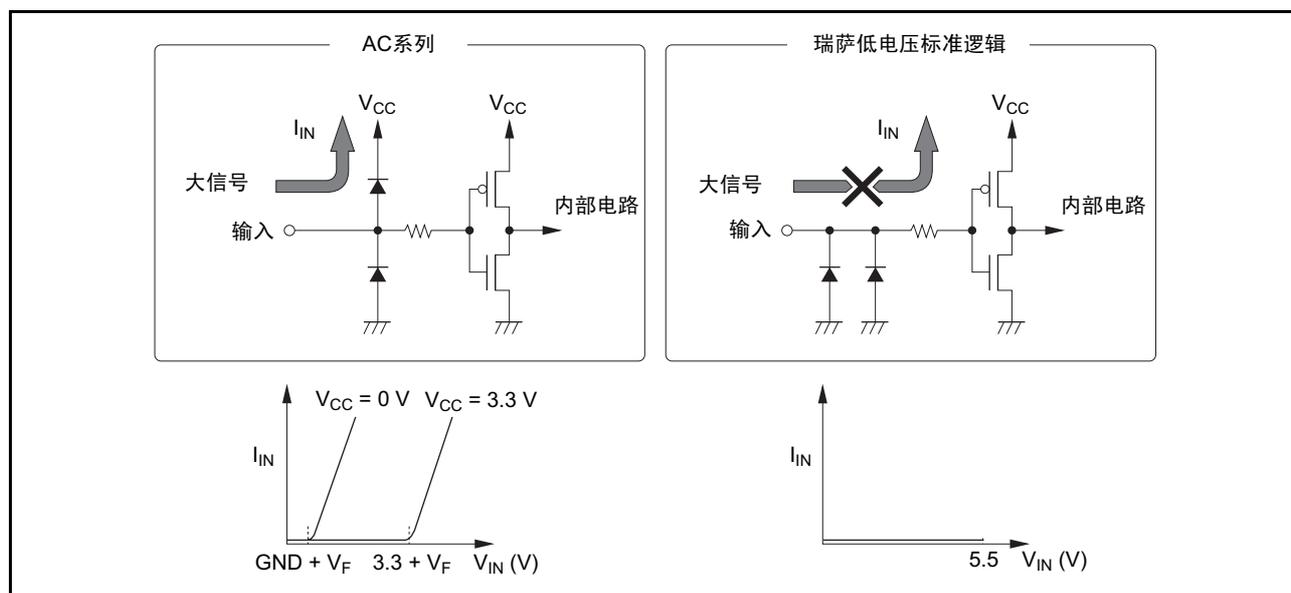


图3 LV-A和LVC系列的输入保护电路

但是，对于如图3所示的输出引脚、输入和输出在一起的引脚，必须考虑寄生二极管。

在CMOS输出电路的电源侧有寄生二极管。因此，对于输入和输出在一起的引脚，外加的电压不能超过 V_{CC} 。

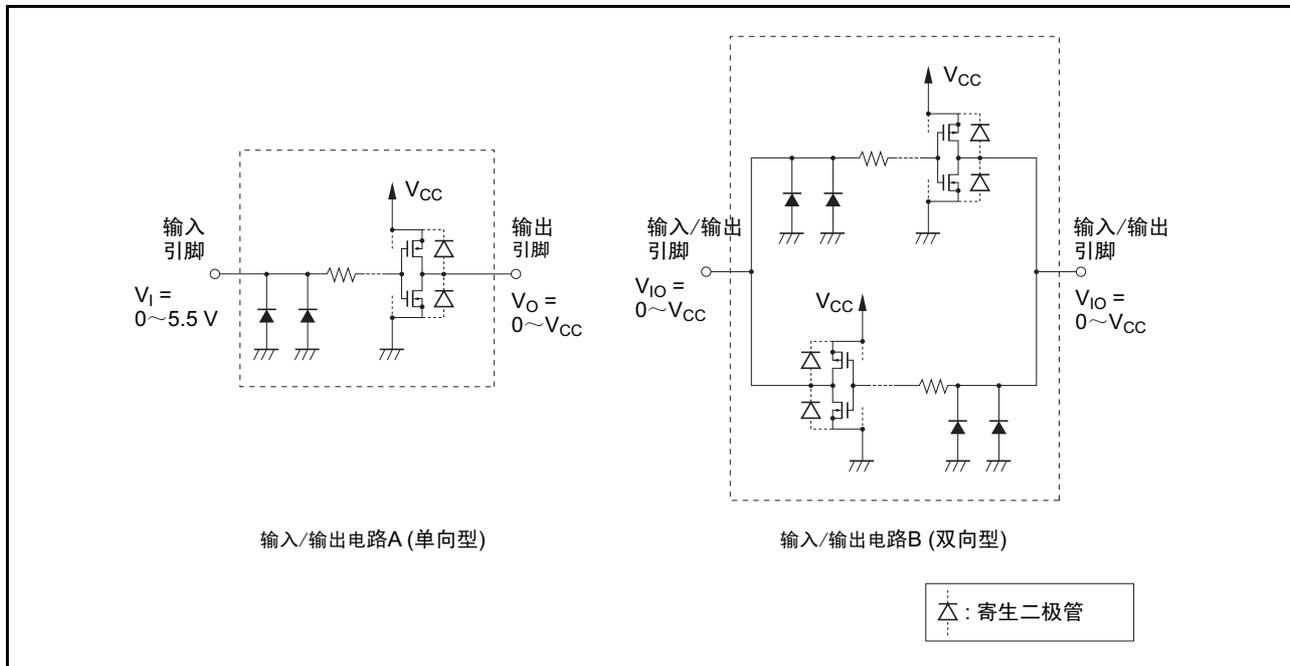


图4 输出引脚没有容许功能时的输入/输出电路例子

在LVC-A和LV-A版本中，还改进了输出电路，追加了输入/输出引脚的容许功能。因此，即使在连接“HD74LVC245A”等双向总线时，只要总线为TTL电平，就能实现5V容许。

另外，输入引脚和输出引脚都没有漏电流，所以适用于电源管理。

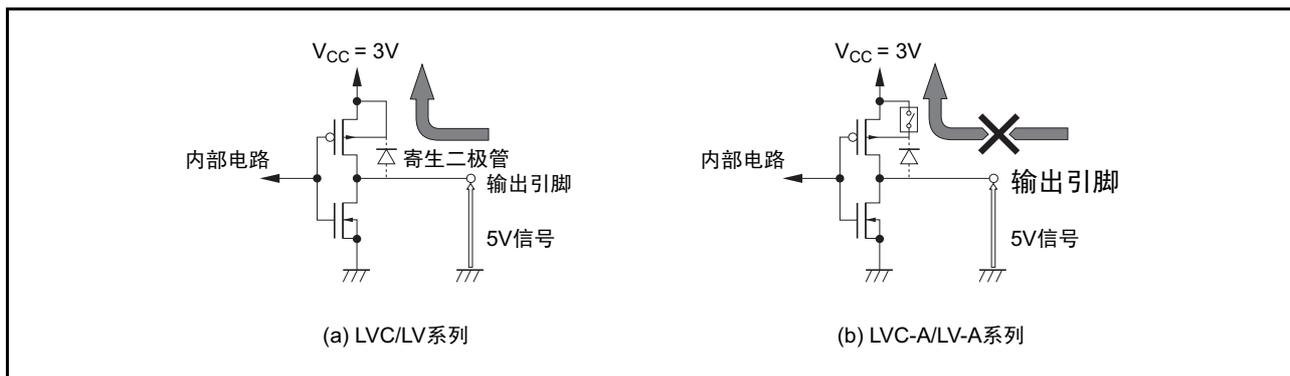


图5 LVC-A/LV-A系列的输出电路

输出引脚如图5所示，通过开关来防止漏电流。具体在以下状态时，接通开关，防止输出引脚的漏电流。

- (1) 输出高阻抗状态
- (2) 电源电压为0V

4.2 和5V工作器件的接口

当满足一定的条件时，LV-A、LVC系列能在3V工作中和5V器件连接。

4.2.1 从5V器件的输入

LV-A、LVC系列能直接输入5V器件的信号。

另外，输出引脚需要5V信号的特殊情况如下：

(1) 缓冲器系列

LV-A、LVC-A系列能通过禁止引脚（有效地利用 \overline{OE} 、DIR等的引脚）来防止漏电流。当电源电压为0V时，没有漏电流。

(2) 门系列

当电源电压为0V时，能防止漏电流。

4.2.2 输出到5V器件

在5V器件接受以3.3V工作的LV-A、LVC系列的输出时，需要使用输入电平为TTL输入电平的器件。如图6所示，这是因为5V CMOS器件需要输入的High电平 $V_{IH}=3.5V$ （Min），而LVC的输出（当 $V_{OH}=2.4V/V_{CC}=3.0V$ 时）达不到此有效电平。

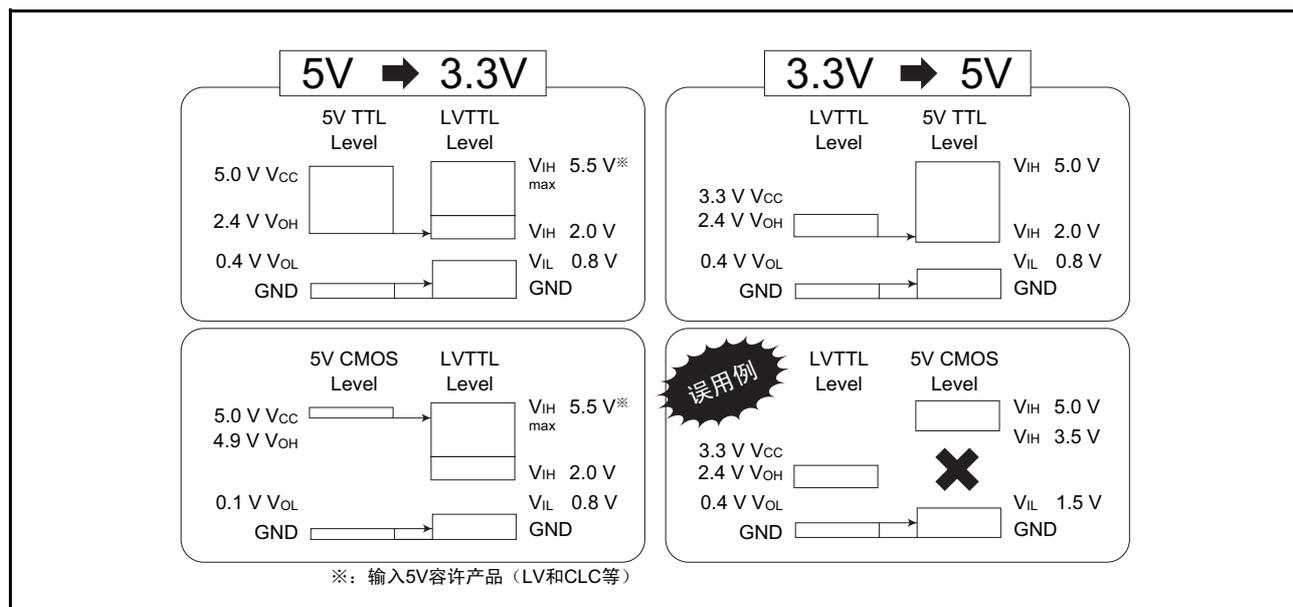


图6 3.3V-5V电位电平的比较图

此时，必须使用HCT和ACT系列。

虽然也有用5V将输出上拉的方法，但是只限于漏极开路（HD74LV05A、06A、07A）的产品。因为在其他产品中，电流通过输出电路的MOS栅极流到IC的电源，所以不能推荐。这是因为在CMOS输出High电平时，输出引脚和电源是由MOS开关连接的。

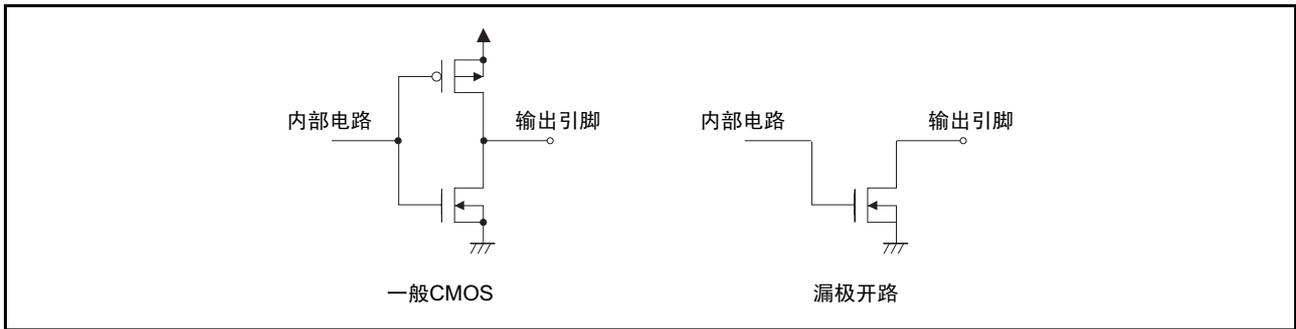


图7 一般CMOS和漏极开路结构的不同

即，每当CMOS输出High电平时，用5V上拉就和将3.3V电源线上拉到5V电源线的情况相同。

但是，在输出的状态下给引脚外加5V电压，IC本身不会损坏。

4.2.3 3V器件-5V器件的双向接口

LV-A系列和LVC-A系列既能在电源电压为5V的情况下工作，又能在3.3V工作中接受5V的信号。但是，对于5V器件的双向接口，输出引脚的容许功能会有限制。

双向接口的基本想法是：

- (1) 对于3.3V工作的LSI:
接受5V的信号，用3.3V的信号进行传递。
- (2) 对于5V工作的LSI:
接受3.3V的信号，用5V的TTL信号进行传递。

为了用3.3V的信号进行传递，必须将电源电压设定为3.3V。但是这满足不了5V CMOS ($V_{IH(min)}=3.5V$)，所以需用5V的TTL信号 ($V_{IH(min)}=2.0V$)进行传递。

因此，无法实现5V CMOS电平IC的双向接口，而能实现5V TTL电平IC的双向接口。

在将信号变为5V时，虽然可以介电阻进行上拉，但是不推荐用电阻上拉的方法。

输出引脚的容许功能只在以下状态时才能防止漏电流。

- (1) 输出高阻抗的状态
- (2) 电源电压为0V

即，在引脚为输出的状态下，不能外加比电源电压高的电压。这是因为电流流过输出电路的MOS栅极（如4.2.2节中说明的）。

但是，在输出的状态下给引脚外加5V电压，IC本身不会损坏。

另外，还备有可实现5V CMOS电平IC和3.3V的双向接口的电平转换IC。

能否进行各种3.3V-5V组合的连接如图8所示。

		LVC	LV-A/LVC-A
5V → 3V	 5V → 3V 低电压IC	○	○
	 5V → 3V 低电压IC	○	○
3V → 5V	 3V → 5V 低电压IC CMOS	—	—
	 3V → 5V 低电压IC TTL	○	○
	 3V → 5V 低电压IC BUS	—	—
	 3V → 5V 低电压IC TTL电平 BUS	—	○
3V ↔ 5V	 3V ↔ 5V 低电压IC CMOS	—	—
	 3V ↔ 5V 低电压IC TTL	—	○
	 3V ↔ 5V 低电压IC 总线	—	—
	 3V ↔ 5V 低电压IC TTL电平 BUS	—	○

图8 3.3V-5V系统之间的接口例子

4.3 AC特性

4.3.1 测量电路

用于规定开关时间的AC测量电路以及测量波形和略号分别如图9和图10所示。

假设下段连接的IC输入引脚电容为5pF并且扇出数为10，则用于测量的负载电容 $C_L=50pF$ ，接近于一般应用系统假设的负载。

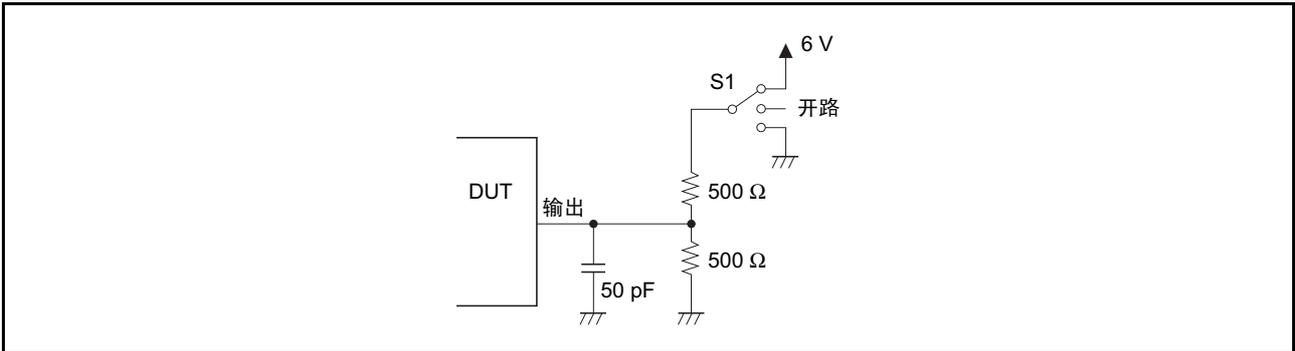


图9 AC特性的测量电路

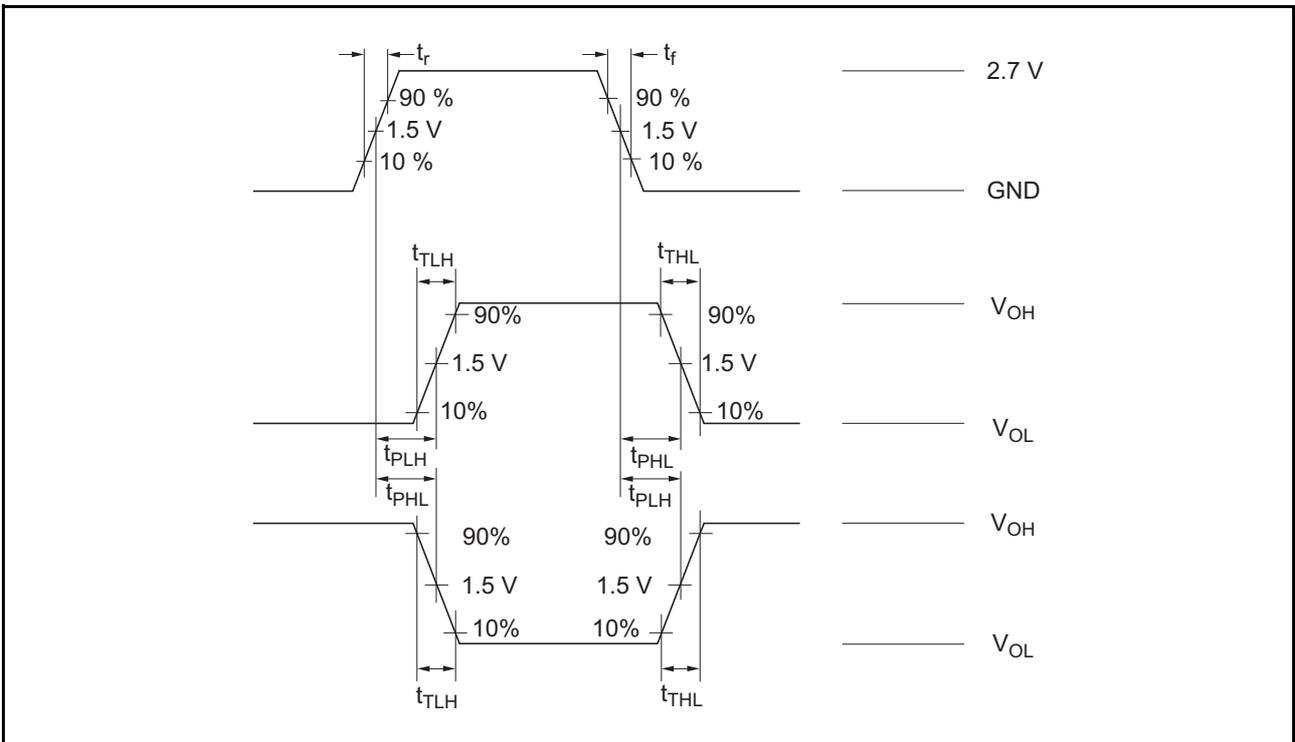


图10 测量波形和略号

4.3.2 输出转移时间

输出电平从Low电平变为High电平或者从High电平变为Low电平的时间如图11所示。此特性称为瞬变率，是反射分析中的重要参数。

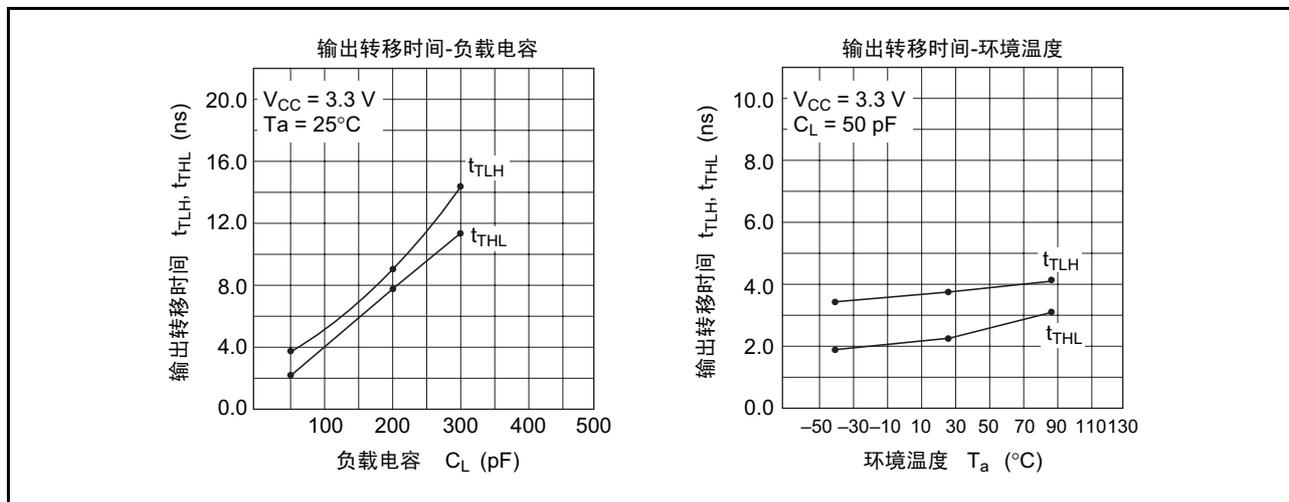


图11 输出转移时间的测量结果（负载电容和环境温度）

4.3.3 传播延迟时间

输入的信号到被输出为止的延迟时间如图12所示。

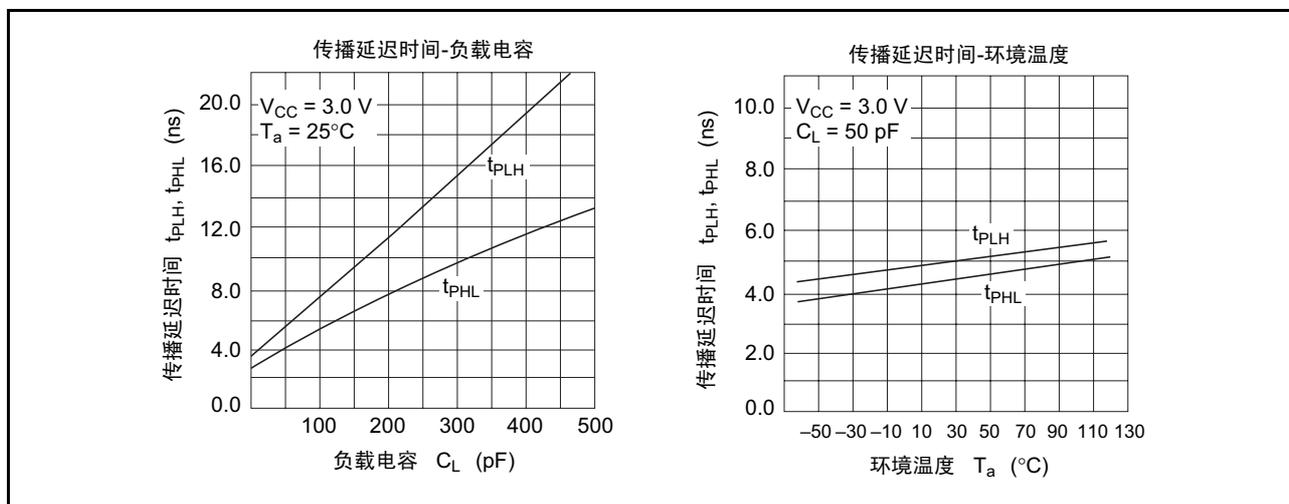


图12 传播延迟时间的测量结果（负载电容和环境温度）

4.3.4 寄生负载的延迟

(a) 传输线延迟

传输线路也有延迟时间，在印刷电路板中以大约5.5~7.5ns/m的速度传输信号。这是由于传输线上的寄生电感和寄生电容引起的，受电路板介电常数的影响。

另外，跨接线和连接器的电感成分很多，是延迟的主要原因。除了延迟以外，对防止高速电路中的噪声和EMI也很不利。

在无论如何也要使用的情况下，最好使用较短的屏蔽线。

(b) 多个输出的同时开关

传播延迟时间受同时变化的输出引脚数的影响。因为在低速逻辑中对传播延迟时间的变化率较小，所以能忽略此值，而在 AC 系列以后的高速逻辑中不能忽略。

在 LVC 系列中，对于输出引脚数为 2 个以上（含 2 个）的器件，同时变化的输出引脚数每增加 1 个，传播延迟时间就比数据手册的记载值平均慢 400pS。

这是由于输出侧的寄生电容成分造成芯片内部的接地和电源电位发生变化，从而引起延迟。电容成分即使在传输线路的负载电容中也会发生变化，电容越大开关时间就越长。

为了减小传输线路的负荷电容，有以下对策：

- (1) 强化接地
- (2) 加大传输线路的布线间隔

和 8 个电路内置型（8 bit 型）相比，16 个电路内置型（16 bit 型）在封装内部强化了接地，所以传播延迟时间小于指标值。

多个输出同时开关的实际测量例子如表 1 所示。

表 1 多个输出同时开关的测量结果

- HD74LVC244FP (V_{CC}=3.3V、Ta=25°C)

电路开关的个数	t _{PLH} (ns)	t _{PHL} (ns)
1 个电路	4.39	4.15
8 个电路	6.36	5.29

- HD74LVC16244T (V_{CC}=3.3V、Ta=25°C)

电路开关的个数	t _{PLH} (ns)	t _{PHL} (ns)
1 个电路	3.22	3.22
8 个电路	3.55	3.45
16 个电路	3.93	3.79

(c) 实际的电路和延迟

电路板的传输线路也有传播延迟时间，以下说明多个输出同时开关的延迟：

在此，求出最坏的情况。在印刷电路板中以大约 5.5~7.5ns/m 的速度传输信号。

例如，当

传输线路的传播延迟时间为 7[ns/m]

传输线路长为 30[cm]

时，则延迟时间为

$$7[\text{ns/m}] \times 30[\text{cm}] = 2.1[\text{ns}]$$

并且多个输出的同时开关有 400ps/OUT 的延迟。在此，当 4 个输出同时发生变化时，则延迟时间为

$$400[\text{ps/OUT}] \times (4[\text{OUT}] - 1) = 1.2[\text{ns}]$$

如果在 30cm 的布线上有 4 个输出同时发生变化，就会产生 3.3ns 的传播延迟。

这些传播延迟时间是由寄生电感和寄生电容引起的，受电路板的介电常数和布线方法的影响。对于测量延迟时间所用的负载电容 C_L，假设下段连接的 IC 的输入电容为 5pF 并且扇出数为 10。

如果减小负载电容、使用TSSOP的IC并且降低线路阻抗，就能减少延迟时间。

4.4 低速输入的特性

如果输入的信号非常慢，因为输入电位不稳定状态的持续时间较长，所以输出就不稳定，并产生振荡和误动作。LVC系列既是高速总线接口又保证了最大10[ns/V]的输入上升或者下降的压摆率，并且比8[ns/V]的AC系列更容易使用。

4.5 功耗

CMOS逻辑的功耗与电压的2次方成正例。因此，用单纯的计算，3V工作逻辑的功耗大约是5V工作逻辑的36%。

如果CMOS逻辑和TTL逻辑相比，在低工作频率时CMOS逻辑就有功耗特别小的特点。但是CMOS逻辑在开关工作时，其贯通电流从电源流到接地，所以与工作频率成正比，功耗变大。

工作频率和功耗的关系图如图13所示。

因为LVC系列也是CMOS逻辑，所以有可能因工作频率而发生功耗的变化。

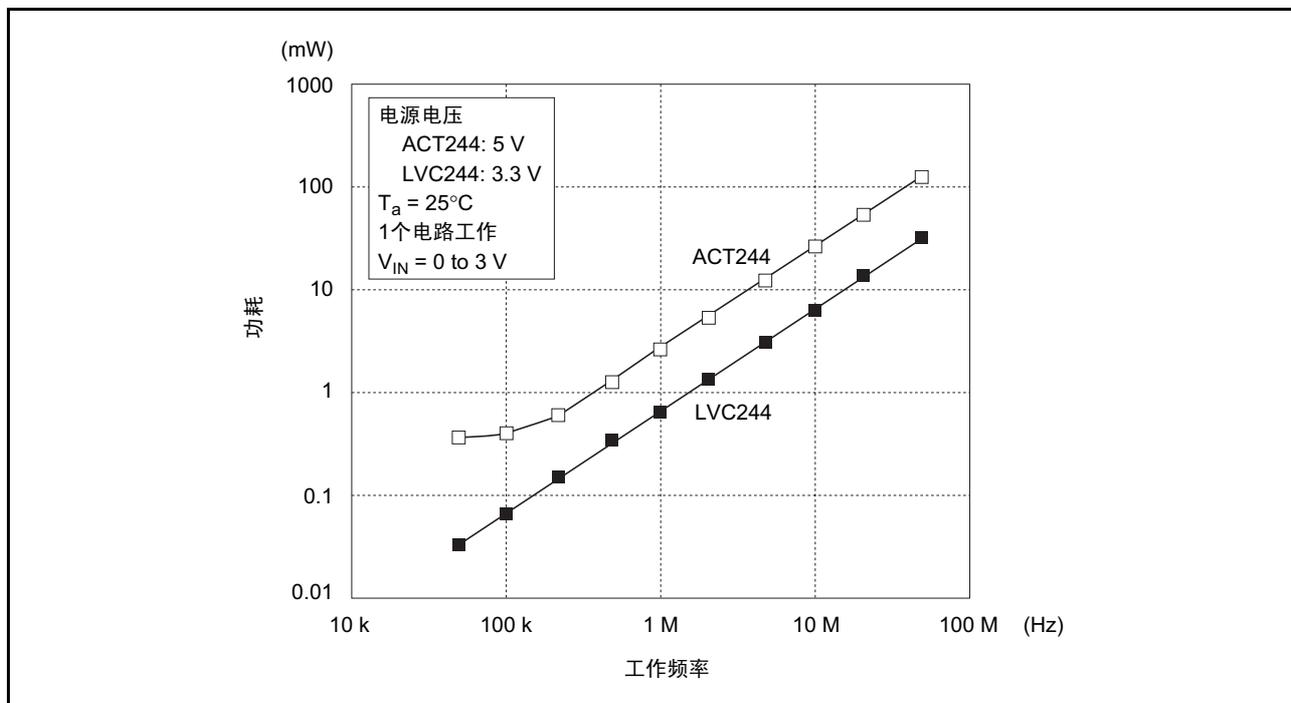


图13 工作频率和功耗的关系图

5. 噪声对策

噪声有从IC单体产生的噪声以及因布线而产生的噪声。

和传统的AC系列相比，同时开关噪声和振铃噪声等从IC单体产生的噪声有了大幅度的抑制。因此，在LVC系列中

$$V_{OLP}(\text{Output Ground Bounce}) < 0.8\text{V (Typ)} [V_{CC}=3.3\text{V、} T_a=25^\circ\text{C}]$$

$$V_{OHV}(\text{Output } V_{OH} \text{ Undershoot}) > 2\text{V (Typ)} [V_{CC}=3.3\text{V、} T_a=25^\circ\text{C}]$$

在使用时应该可以不介意噪声。

因布线而产生的噪声不是IC单体而是整个系统的问题。如果电源电压为3V，就在阈值电压降低的同时，噪声容限会变窄，容易受噪声的影响。在建立系统时，必须充分考虑电源线、阻抗匹配和串扰。

本章使用HD74LVC244T测量噪声波形，噪声的实际测量电路如图14所示。以后，只要没有特别指定，就使用此电路。

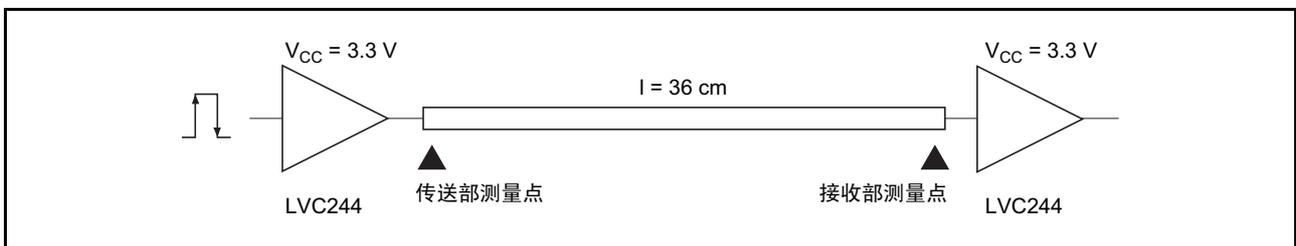


图14 噪声的实际测量电路

5.1 产生噪声的原因

在高速系统中，即使是数字电路也需要有模拟高频电路的知识。噪声的产生原因大致可分为以下4种：

- (1) IC的输出阻抗和传输线路的特性阻抗不匹配（LVC的输出阻抗大约为25Ω，传输线路的特性阻抗一般为50Ω~200Ω左右）
 - 反射噪声
 - 振铃噪声
- (2) 因寄生在IC内部和传输线路的L-C成分和L-C-R成分而产生共振
 - 振铃噪声
- (3) 因负载的充放电电流和转移电流通过IC内部的寄生电感而产生的电压
 - 电源线噪声
 - 同时开关噪声
- (4) 邻接的传输线路的电容耦合和电应耦合
 - 串扰噪声

在实际设计电路时，与复杂的因素有着密切的关系。例如，反射噪声的解决方法之一是提高系统的贴装密度以及缩短布线长度，但是在提高密度时有可能引起系统的其他传输线路发生串扰等问题。

要设计高速低功耗的系统时，需要有关噪声的正确知识。

5.2 电源线的噪声

在没有实施电源线噪声对策的系统中，能看到波形有尖峰。

电源线的噪声有：

- (1) AC 电源线的噪声传播
- (2) 其他布线的感应、强磁场或者电波的影响
- (3) 连接电源线的电路的影响

在此说明随着电路本身的工作而产生的噪声。

在数字电路中，电源电流随着开关的工作而发生急剧的变化。电源电流的急剧变化大多包含高频成分，容易产生脉冲性的噪声。另外，在高速系统中除了数字电路以外还有高频模拟电路。

电源线噪声的具体对策有：

- (1) 使用旁路电容。
- (2) 通过强化接地来减少电感。

5.2.1 旁路电容

可以说在数字电路中必须使用旁路电容。因为这些电容的频带不同，所以使用能覆盖适当频带的多个电容比使用1个大电容更有效。

通常对于1个IC，尽可能将1个旁路电容配置在此IC的电源引脚附近。通常，最合适的电容为：

0.01 μ F ~ 1 μ F 叠层陶瓷电容

0.1 μ F ~ 10 μ F 钽电容

在此，LVC系列的输出转移时间是：

上升……约3.5ns

下降……约2.5ns

所以必须考虑的频带为140~200MHz。如果是叠层陶瓷电容，0.01 μ F左右就比较适合。

必须将这些旁路电容配置在IC的电源引脚附近。旁路电容本来只有电容成分，如果将器件安装到电路板，就会产生寄生电感成分。如果旁路电容的引脚越长，电感成分就越大，并且旁路电容的使用目的有可能适得其反。

这和放大电路板的图形是一样的。作为噪声对策，布线原则上要既粗又短。在图形设计中，最好参考模拟高频电路的布线方法。作为连接旁路电容的参考例子，推荐的图形如图15所示。

作为低频滤波器，必须将1个10 μ F~100 μ F铝电解电容置于电源附近。

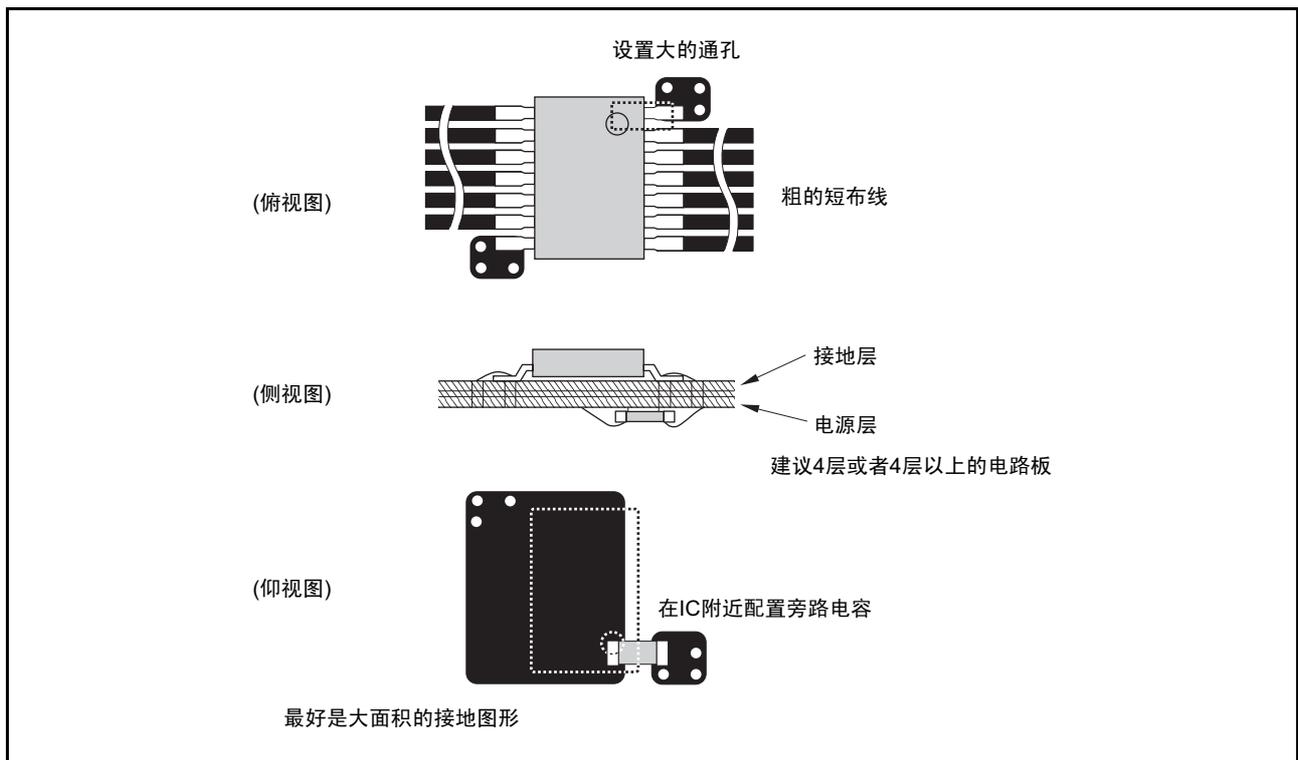


图 15 推荐的图形

5.2.2 强化接地

强化接地的方法有加宽并缩短PCB（Printed Circuit Board）上的布线以及设置接地层等。

尤其对高速电路，必须用3层以上的电路板设置接地层。通过设置接地层，能降低布线的特性阻抗并抑制振铃和串扰。电源层也同样能降低特性阻抗。

对于图形的配置，推荐以下层的分配：

3层电路板：图形—接地—图形

4层电路板：图形—接地—电源—图形

6层电路板：图形—图形—接地—电源—图形—图形

因为在6层电路板中，越接近接地层或者电源层，阻抗就越低，所以必须设置地址总线 and 数据总线。另外，邻接层的图形之间必须设计为正交。

PCB的制作手法有多线法。此方法是在基板上埋入引线，所以除了强化接地以外，还有以下特点：

- (1) 容易调整接线阻抗。
- (2) 能以最短的路径进行接线。
- (3) 等长布线比较容易，能将布线的延迟时间控制到最小。

在1块电路板上既有模拟电路又有数字电路时，因为数字电路的高频成分影响模拟电路的电源线，所以接地层和电源层必须分开。

如果强化接地，噪声就会明显减少。对于高速电路，建议使用多层电路板和多线法，但是如果还在各要处设置类似于模拟电路的大面积接地图形，效果会更好。

如果在各要处设置大面积接地图形和大量电源图形，即使是双面电路板也能提高抗噪声能力。如果大面积接地图形和大量电源图形面对面，就和有高频旁路电容一样。反之，接地和电源都未被连接的大面积图形因为电位不稳定，所以抗EMC噪声变弱。

5.3 振铃噪声

振铃是指因寄生在IC内部和传输线路的L-C成分和L-C-R成分而产生的共振或者因IC的输出阻抗和传输线路的特性阻抗不匹配而产生的输出波形的振动。

尤其是驱动能力强的IC，因为输出阻抗很小，所以与传输线路的特性阻抗有很大的差异，容易产生振铃。

振铃的程度因布线长度、负载电容和连接的终端形式而不同。缩短布线长度对抑制振铃有效，但是对于长的布线，附加连接终端也有效。

在高速运行的系统中，不仅要考虑传输线的电阻，而且要适当考虑L-C-R的集合体。阻抗的影响与频率成正比，布线越长就越容易受阻抗的影响，噪声也就越大。

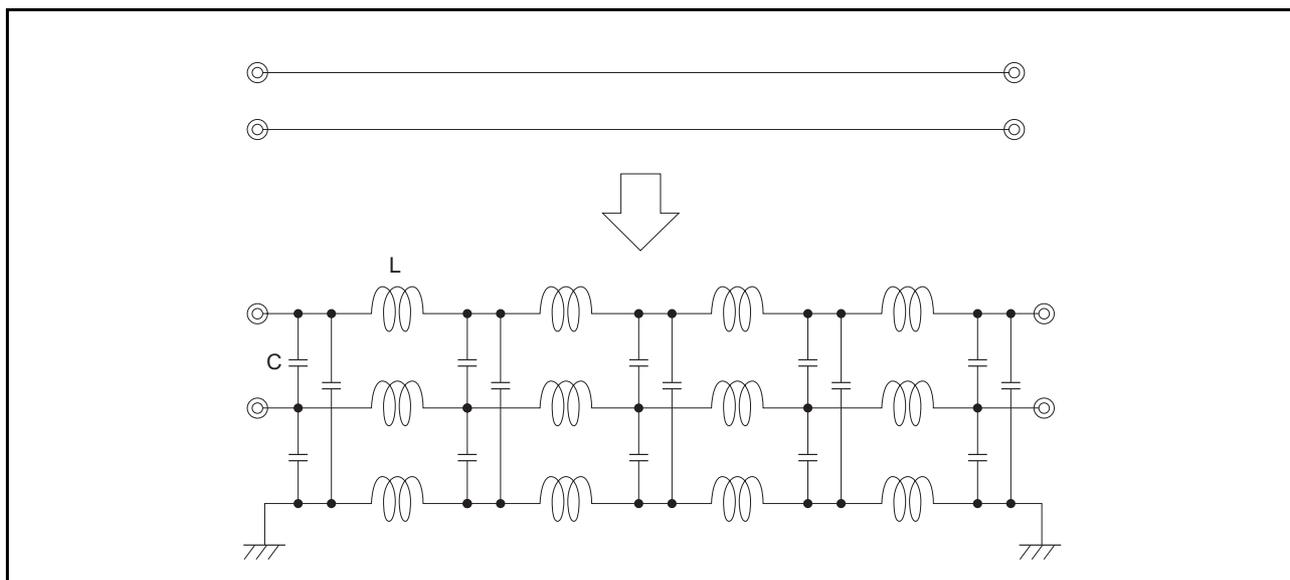


图 16 传输线路的概念图

5.4 反射噪声

传输线路或者IC相互间的特性阻抗不匹配一定会引起反射噪声。因为CMOS逻辑只有电容负载，所以阻抗变高，此时必须考虑反射对信号产生的影响。

5.4.1 集中常数电路和分布常数电路

对于短的传输线路，可以不需要过多地考虑反射的影响，这样的传输线路作为集中常数电路进行处理。

如果传输线路的传播延迟时间大于或者等于信号脉冲的过渡时间，就必须将传输线路作为分布常数电路，考虑反射的影响。通常，当传输线路的传播延迟时间比IC的上升时间或者下降时间慢大约1/3时，就不能忽视反射的影响。

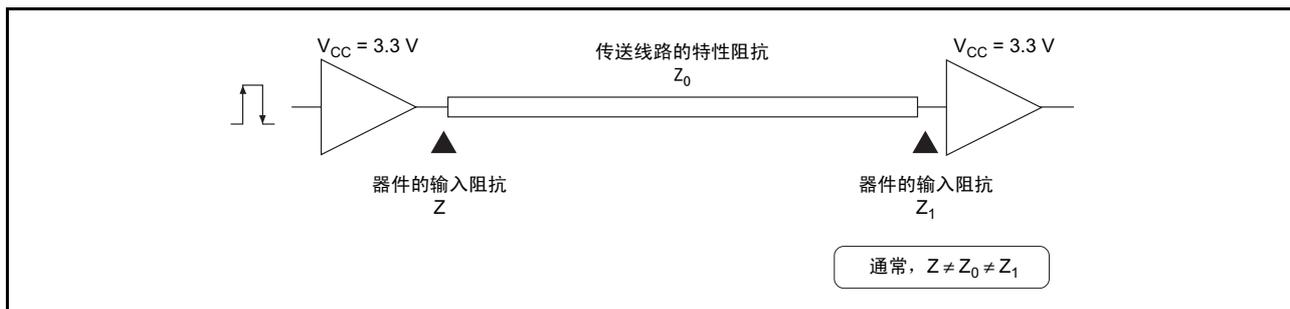


图 17 反射的原理

为了不容易受反射的影响，最好的办法是缩短传输线路，使其能作为集中常数电路进行处理。但是，在怎么也无法变短的情况下，就需要连接适当的终端。

5.4.2 逻辑相互之间的反射

如果只比较大小，与其说传输线路不如说终端逻辑的特性阻抗给反射噪声带来的影响更大。这是因为逻辑电路的输入阻抗比传输线路高得多，从而引起信号的全反射。

如果知道输入/输出特性和传输线路等的阻抗，就能用贝瑞隆曲线图在理论上求出反射波形。以传输线路的特性阻抗 75Ω 为例来说明分析的步骤。

—发送端—

- (1) 在输入/输出特性图上，从 $0V$ 、 $0A$ 开始，以传输线路的特性阻抗 (75Ω) 的斜率朝着正方向画直线。
- (2) 如果和输入/输出特性的曲线相交，就朝着收敛方向返回到 $3.3V$ 、 $0A$ 。
- (3) 重复执行(2)到收敛为止。

—接收端—

- (4) 在输入/输出的特性图上，从 $3.3V$ 、 $0A$ 开始，以传输线路的特性阻抗 (75Ω) 的斜率朝着负方向画直线。
- (5) 如果和输入/输出特性的曲线相交，就朝着收敛方向返回到 $0V$ 、 $0A$ 。
- (6) 重复执行(5)到收敛为止。

—发送端和接收端—

- (7) 在贝瑞隆曲线图上，按照发送端和接收端的顺序，标上时序的符号 (0 、 T 、 $2T$ 、 $3T$...)。描绘的贝瑞隆曲线图如图 18(1) 所示。
- (8) 基于贝瑞隆曲线图，描绘时序和电压的图形。
描绘的理论波形图如图 18(2) 所示。

如图 18(3) 所示，反射分析的理论波形和实际反射波形进行比较。另外， 25Ω 、 50Ω 、 75Ω 、 100Ω 的各贝瑞隆曲线图如图 19 所示，仅供参考。

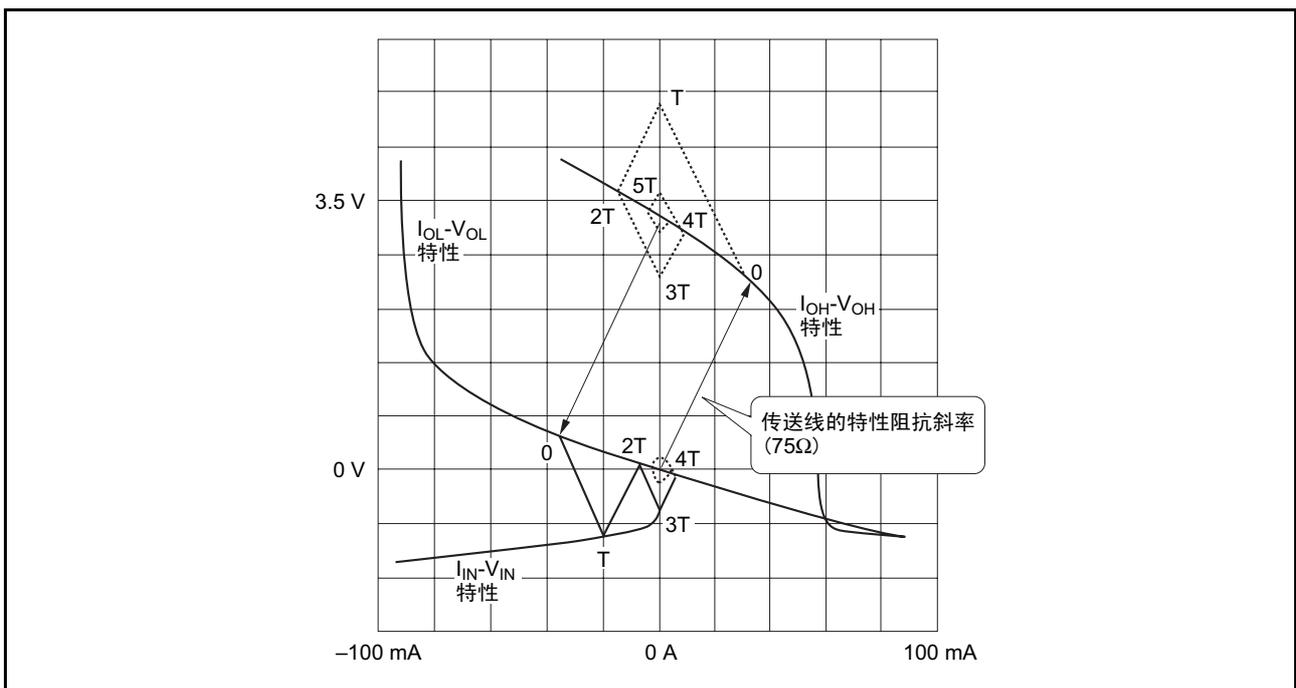


图 18(1) 反射波形的分析法-贝瑞隆曲线图

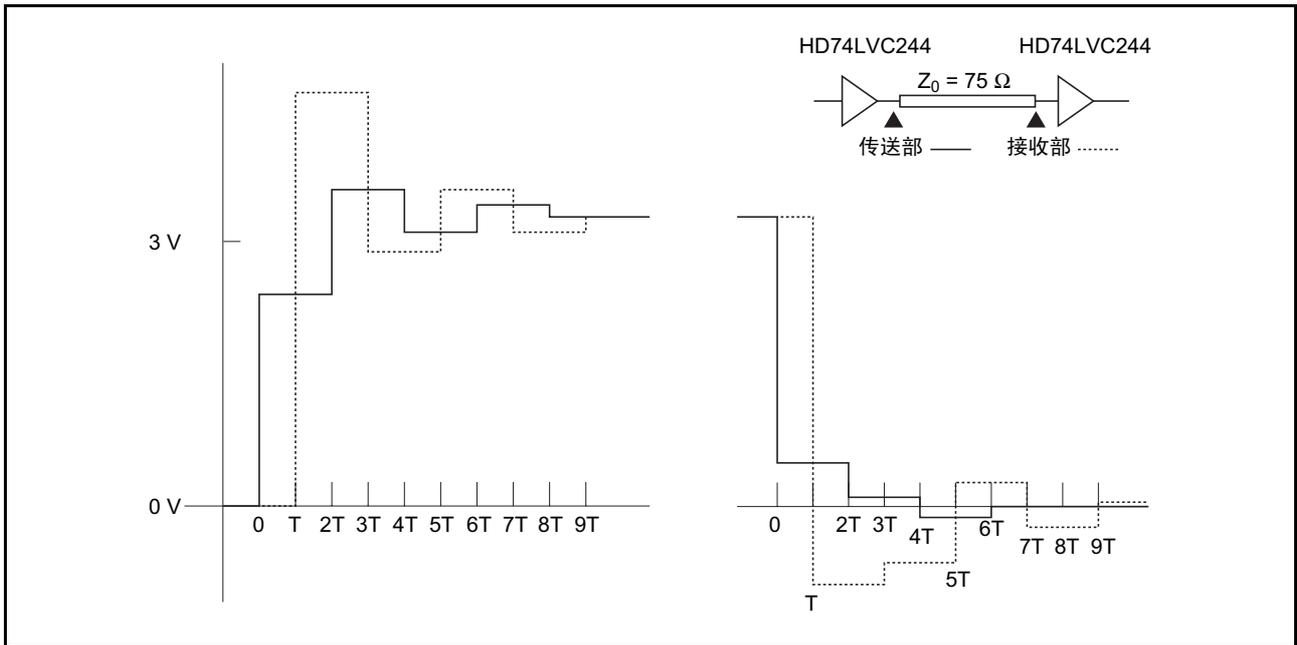


图18(2) 反射波形的分析法-理论波形的描绘

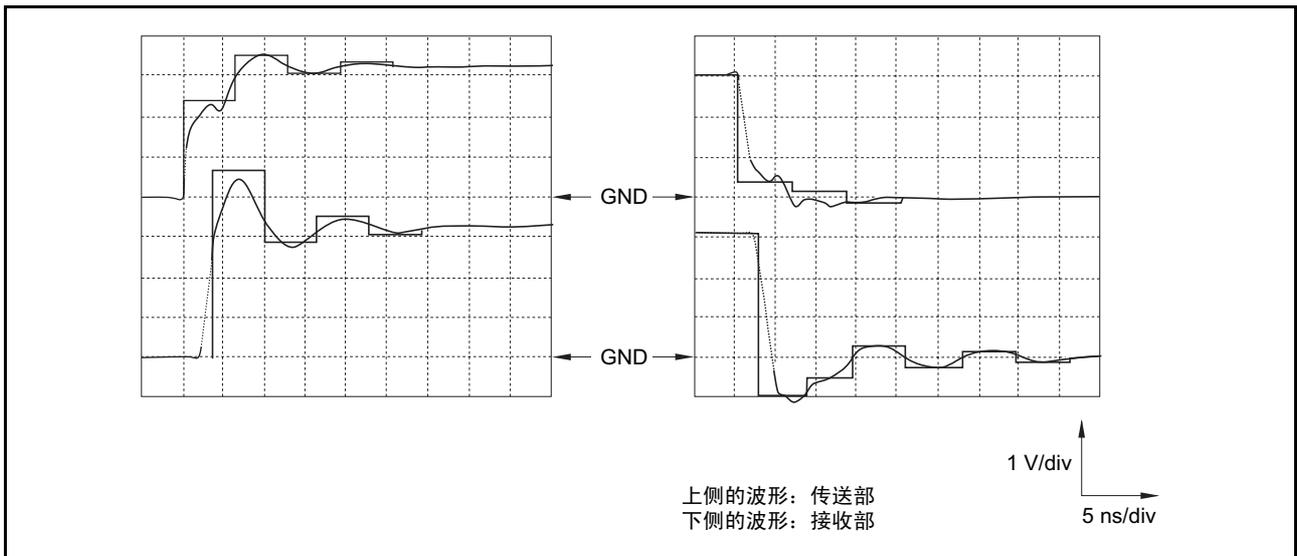


图18(3) 反射波形的解析法和实际波形的比较

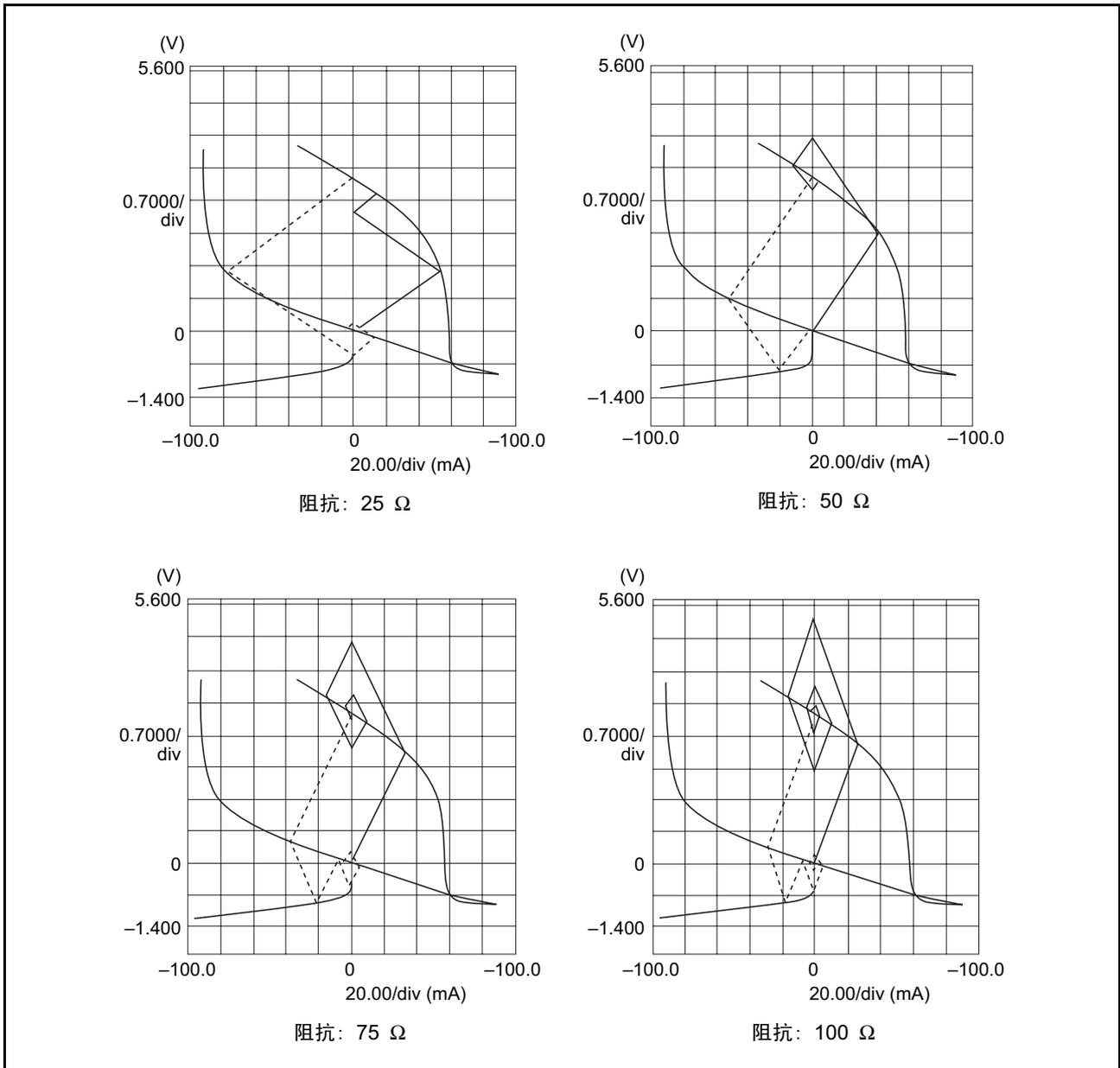


图19 各反射分析

实际连接时的反射噪声波形如图20所示。

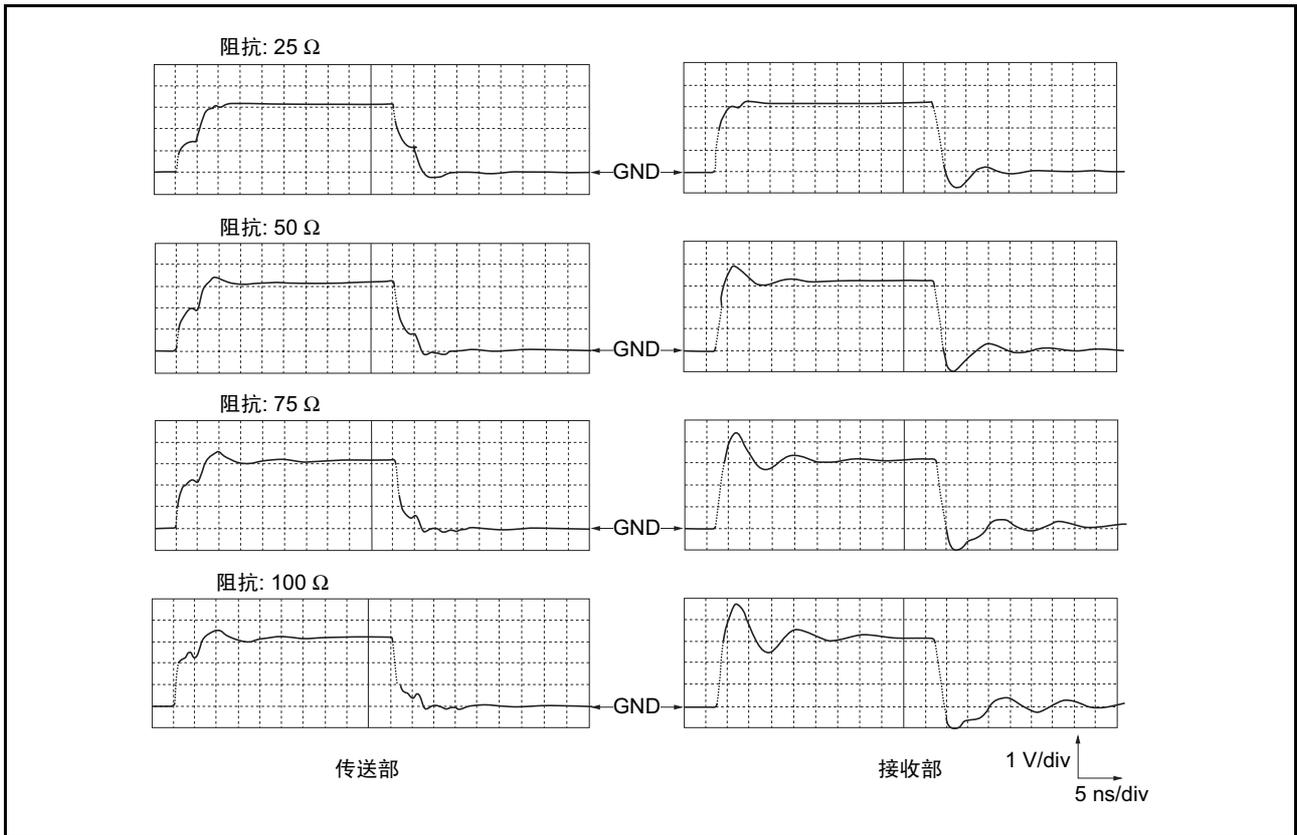


图 20 反射噪声波形图

另外，在驱动多个逻辑电路时，会在分支处出现传输线路的特性阻抗不匹配的部分。如图 21 所示，此时为了使布线阻抗均匀，有以下的对策：

- (1) 不设计分支（在最后的逻辑电路连接终端）
- (2) 在分支的枝干部分追加阻尼电阻

在经过多个连接器来连接扩展总线等时，扩展总线侧的传输线路的特性阻抗通常会下降到 50Ω 左右。

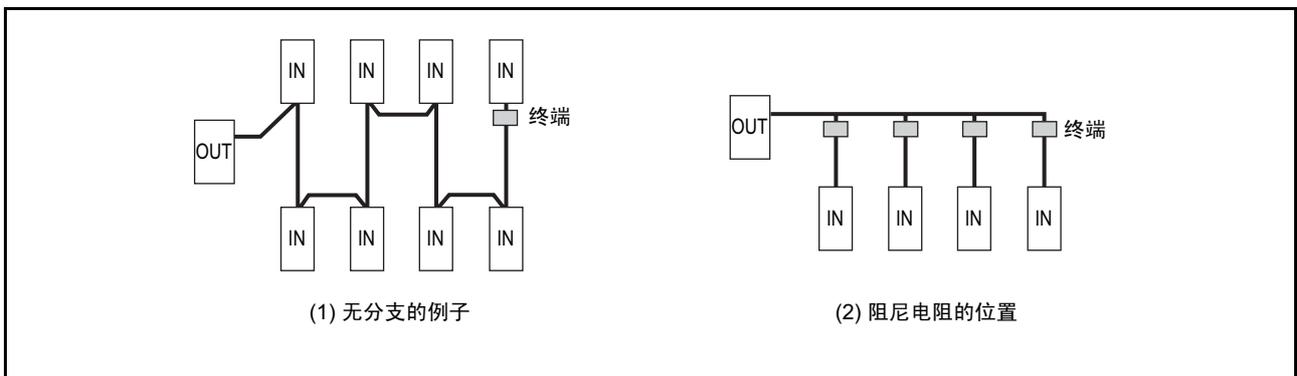


图 21 传输线路分支的图形例子

5.4.3 连接终端的处理

为了抑制反射噪声，必须调整器件和传输线路的阻抗。连接终端的处理是调整此阻抗的手段。

连接终端的方法如下：

(1) 并联终端和戴维南终端

并联终端和戴维南终端因为其终端本身的功耗很大，所以不能达到降低功耗的目的。

(2) AC 并联终端和 AC 戴维南终端

此终端不消耗 DC 功耗，在实现应用系统的低功耗时有效。但是，为了使 R-C 电路的时间常数等于信号的上升时间和下降时间，需要选择电阻和电容的值。

(3) 钳位二极管

如果不考虑切断电源时的漏电流、热交换和 3.3V/5V 的混合工作，就不需要和传输线路匹配，所以钳位二极管的处理很容易并且有效。

需要选择 V_F （正向电压）为 0.3V 左右的小钳位二极管。瑞萨公司推荐“HSM107S”和“HSM126S”为系统保护二极管。

(4) 阻尼电阻

阻尼电阻在防止终端的功耗时有效。阻尼电阻是指为了传输线路的匹配而串联到驱动器附近的传输线路的电阻。阻尼电阻适用于附加元件数少并且有足够的时序和驱动能力的情况，尤其在经过多个连接器来连接扩展总线等的处理时有效。

但是必须注意：如果串联太大的电阻，电压就达不到阈值电压，无法驱动下段电路。

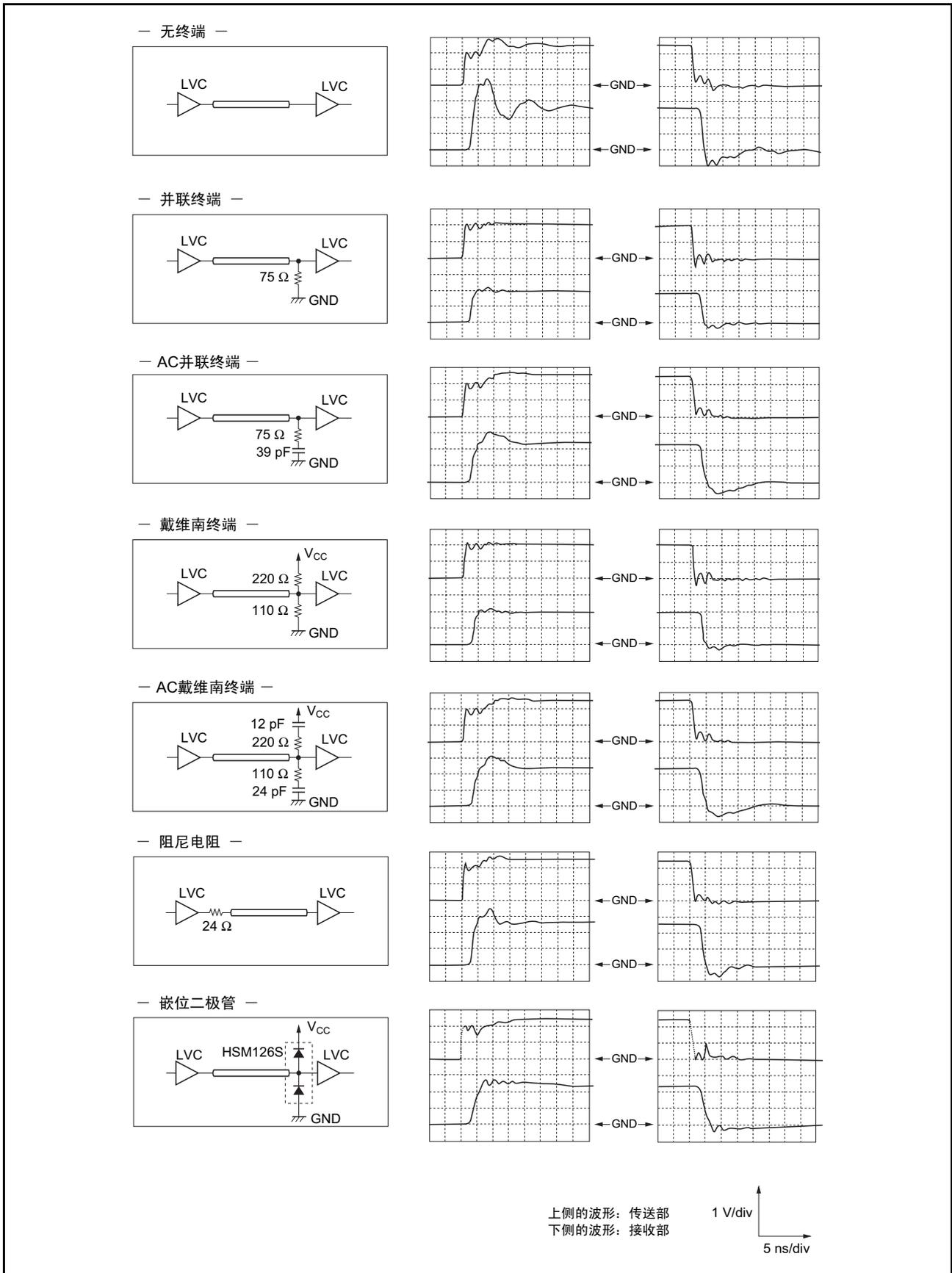


图 22 连接终端的种类和实例

5.5 串扰噪声

串扰噪声是指因电容耦合和电感耦合，某传输线路的传播信号被邻接的其他传输线路引发的噪声。从宏观上可分为：AC 电源线的影响、马达的影响、带电的人体引起的静电噪声（也可称为串扰噪声）。

串扰噪声的对策如下：

- (1) 尽量缩短传输线路的长度。
- (2) 降低传输线路的特性阻抗。
- (3) 强化接地。
- (4) 加大图形之间的间隔，根据情况可插入接地线。
- (5) 尽量不设计并行图形，或者控制到最小。

另外，总线有并行传输线路中信号方向相同的并行传输和相反的逆并行传输，串扰的发生源随信号的转移时间以及传输线路的特性阻抗而发生变化。通常，逆并行传输的噪声电平比较大。

串扰噪声的测量电路如图 23 所示，实际测量的波形如图 24(1)、图 24(2) 和图 24(3) 所示。

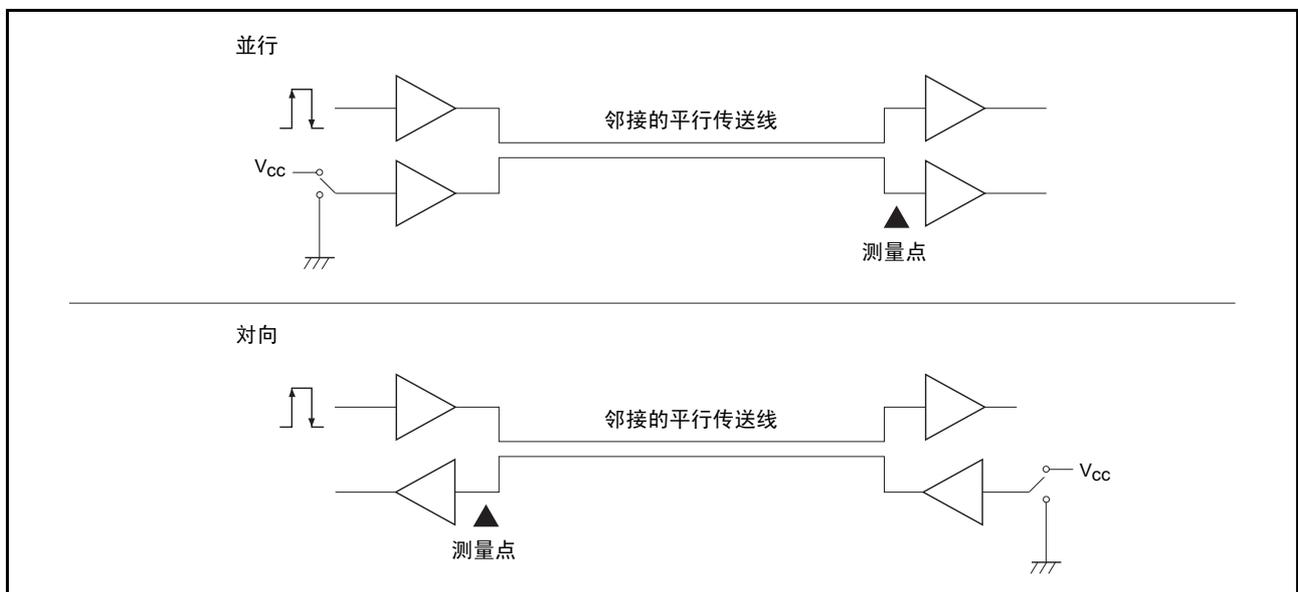
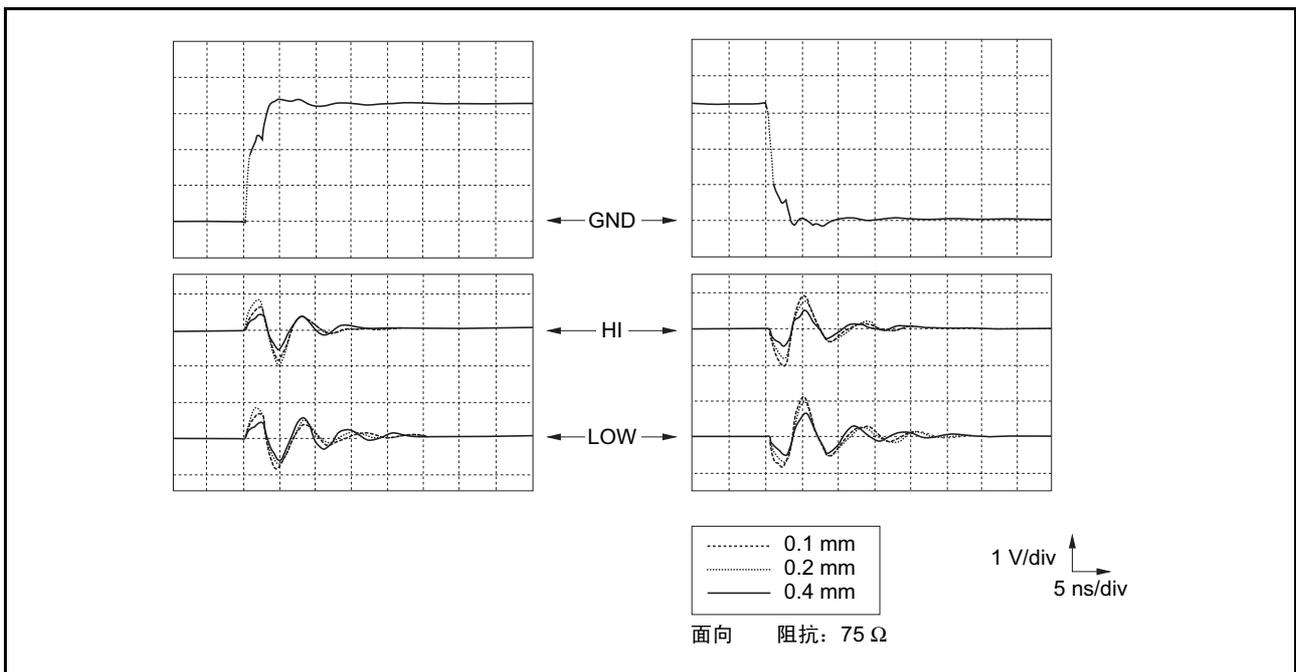
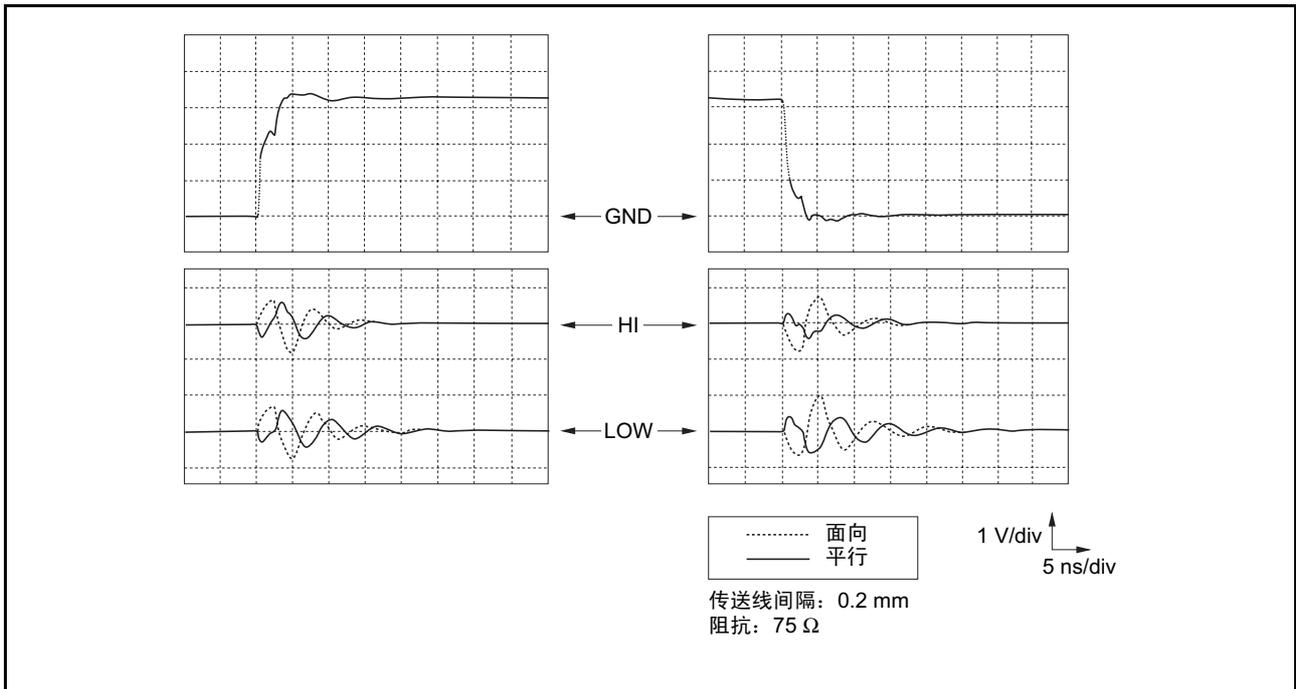


图 23 串扰噪声的测量电路



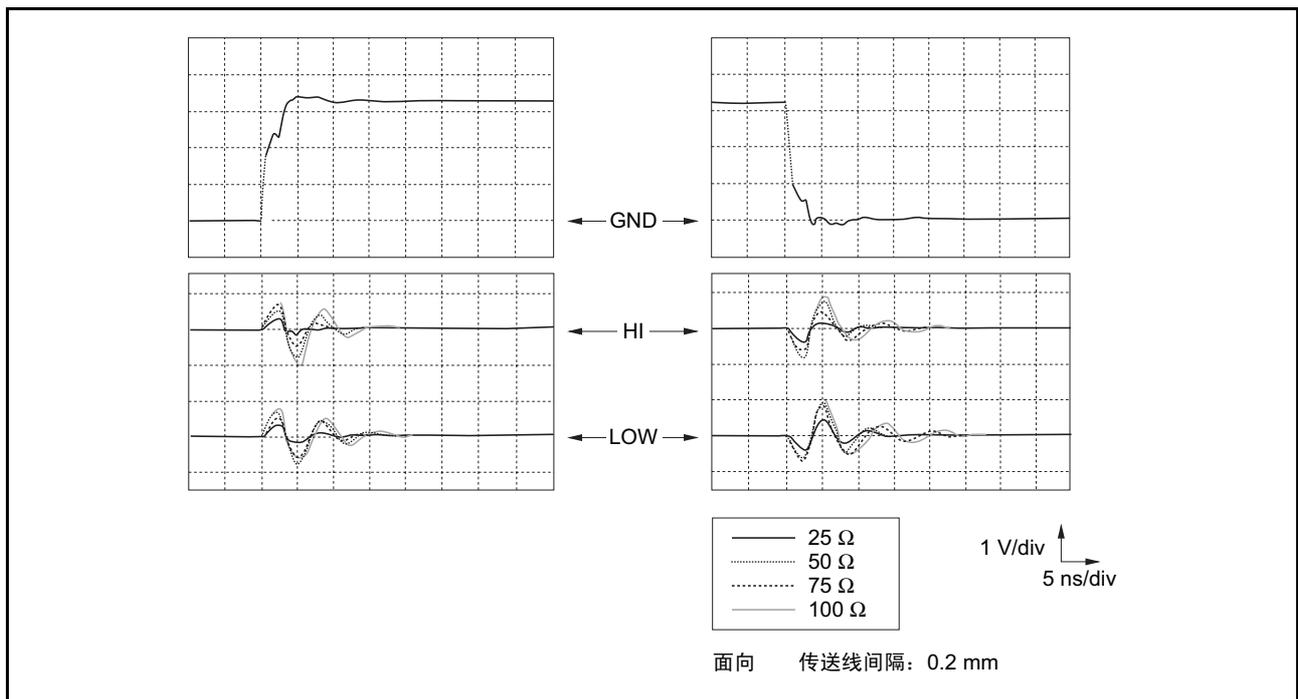


图24(3) 串扰噪声 - 布线阻抗的影响

当不限定逻辑电路而考虑单片机等系统时，最好在考虑以下事项后再进行设计：

- (1) 如果电路板面积有空余，就尽量将地址总线 and 数据总线分开进行布线。
- (2) 分离高速控制总线。
- (3) 尽量不设计并行的传输线路。
- (4) 使用内层为大面积接地层的电路板。

另外，因为存储器等的电容性负载的串扰噪声较大，所以需要特别注意传输线路。

5.6 同时开关噪声

同时开关噪声是指在1个封装内使几个输出同时发生变化时，对剩余的非工作输出产生噪声。

同时开关噪声的发生原理如图25所示。在输出发生变化时，因共同接地部的寄生电感成分而使接地发生变化。因此也称之为接地反弹，以接地为标准点的数字电路是产生误动作的原因。

这是受到同时工作电路的个数、IC内部的接地引脚及其输出引脚位置的关系、负载电容和电源电压的影响。

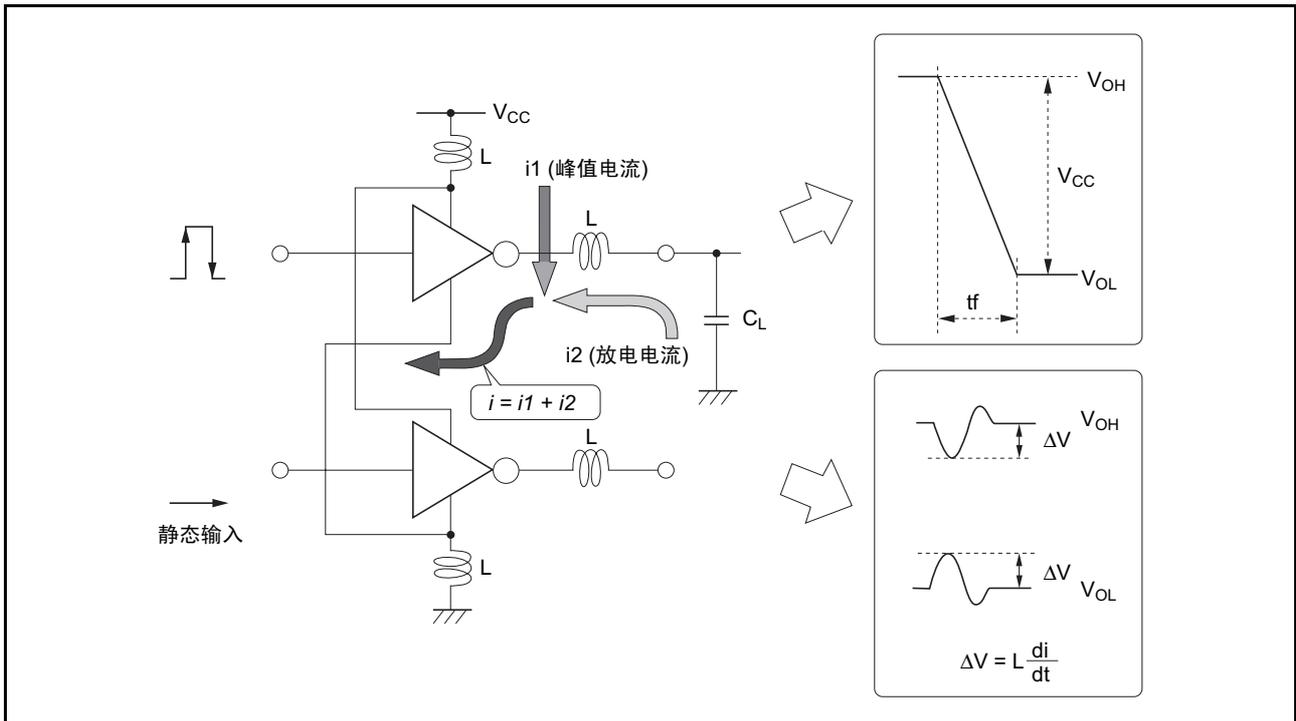


图25 同时开关噪声的发生原理

同时开关噪声有以下特点：

- (1) 在1个封装内同时工作的电路个数越多，噪声电平就越大。
- (2) 如果驱动器IC的输出引脚在Hi电平时接近于V_{CC}，而在Low电平时接近于GND，同时开关噪声就小。
- (3) 电源电压越低，噪声电平就越小。

LVC系列将同时开关噪声V_{OLP}抑制在不超过0.8V。另外，16个电路内置型的V_{CC}和GND引脚数多于8个电路内置型，并且在封装内部强化了接地，所以噪声电平变得更小。

用于测量的电路图如图26所示，图中取了对同时开关噪声影响最大的测量点。实际测量的波形如图27(1)、图27(2)和图27(3)所示，有关在1个封装内同时工作电路个数的影响如图28所示。

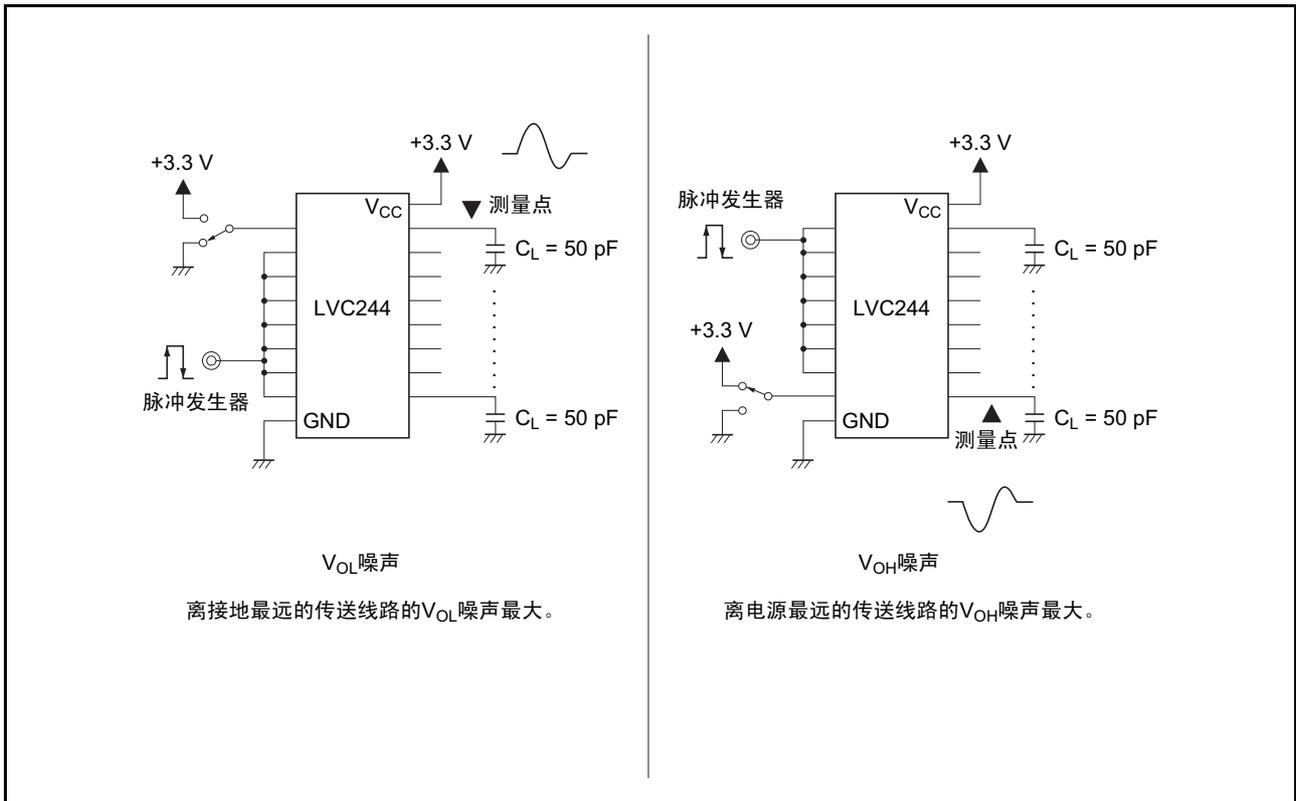


图26 同时开关噪声的测量电路图

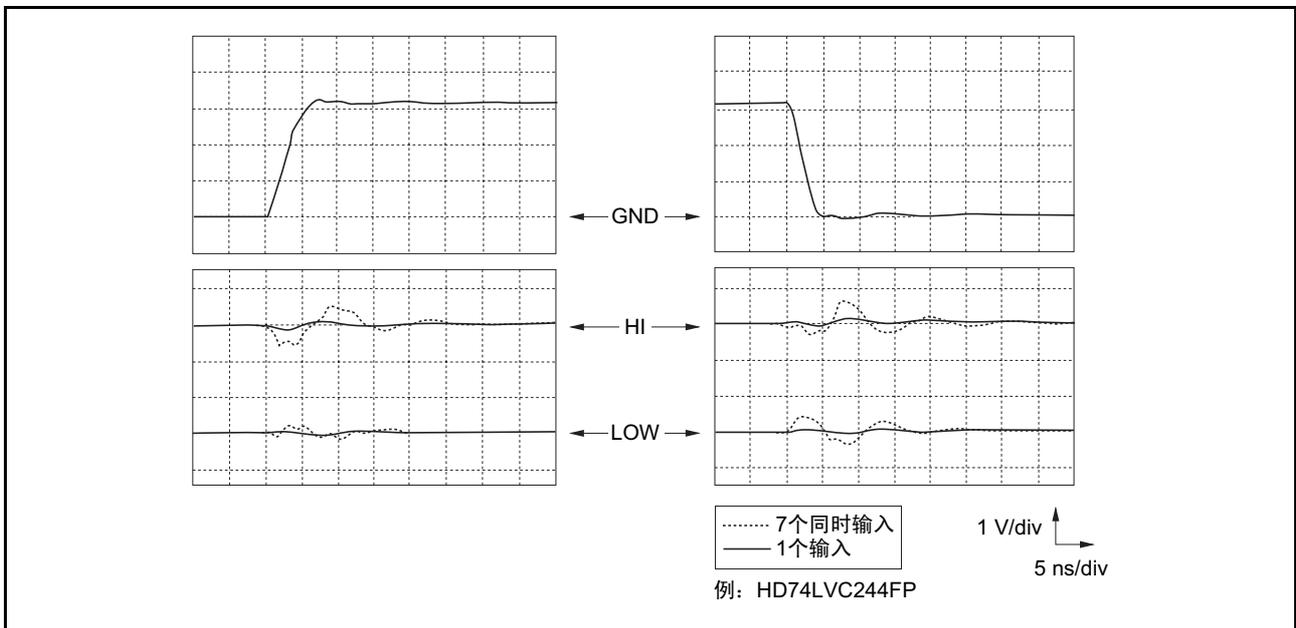


图27(1) 同时开关噪声-8个电路封装的同时工作

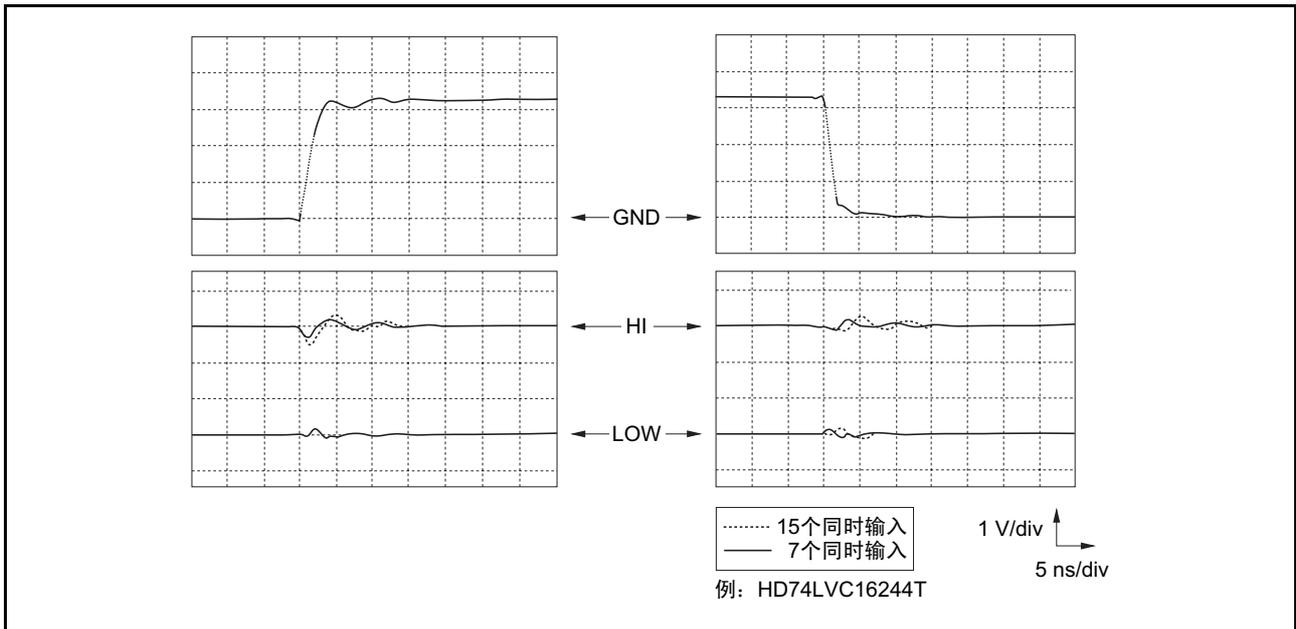


图 27(2) 同时开关噪声-16个电路封装的同时工作

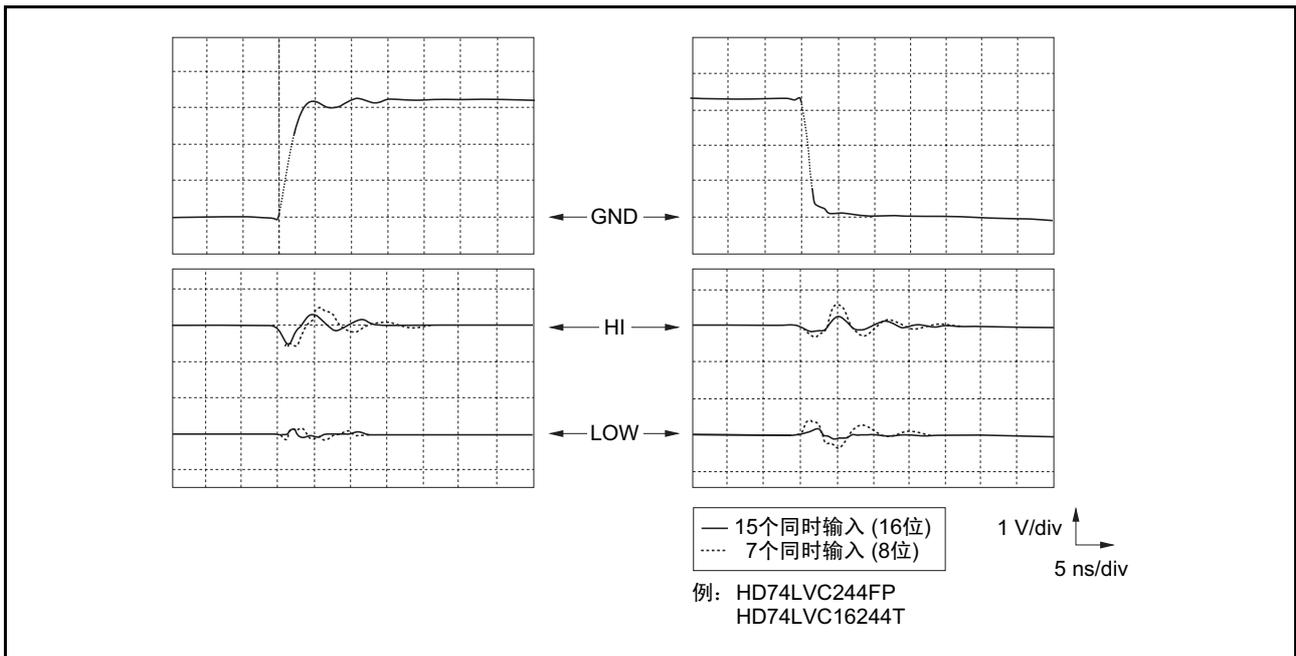


图 27(3) 同时开关噪声-8个电路-16个电路封装的比较

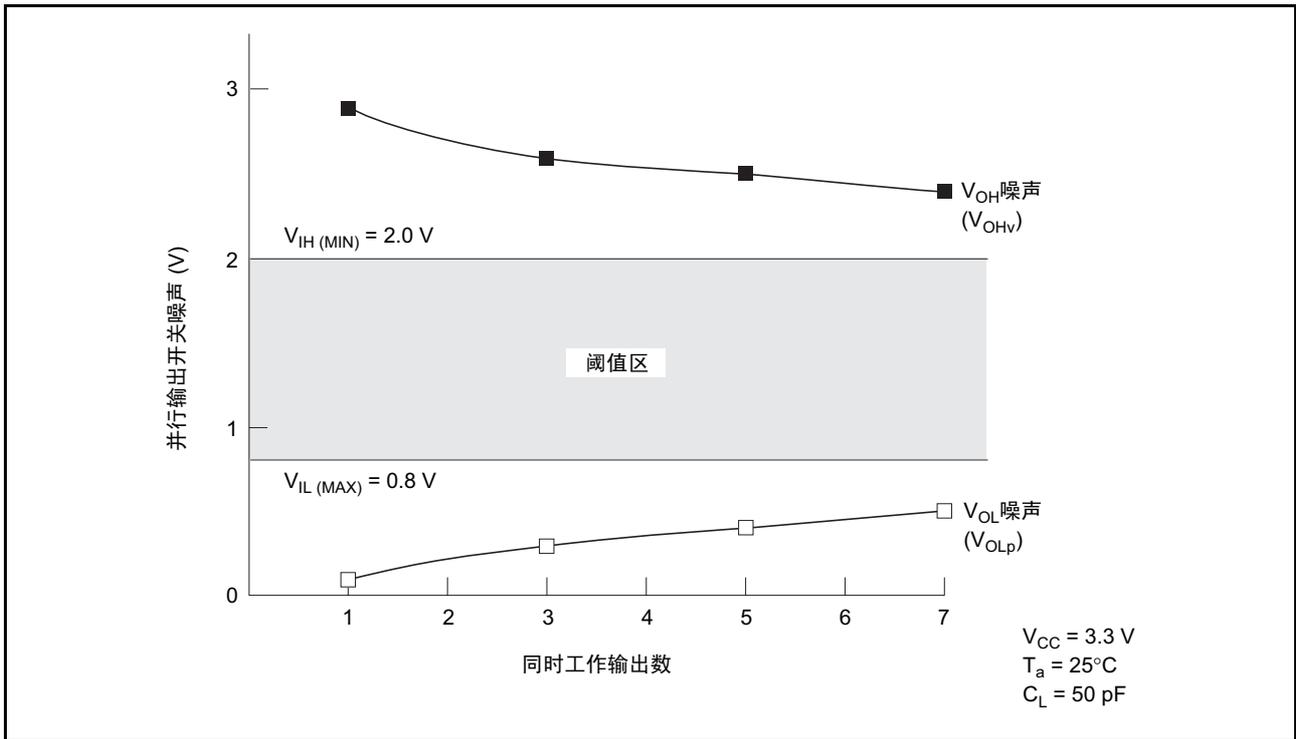


图 28 同时工作电路个数的影响

抑制系统中同时开关噪声影响的方法有：

- (1) 在同一封装内，减少同时变化的输出引脚数。
- (2) 地址总线用地址专用封装、数据总线用数据专用封装、控制总线用控制专用封装。
- (3) 将地址总线低位的布线设置在接地附近。
- (4) 为了使控制总线不容易相互影响，分配多个封装。

6. 其他注意事项

6.1 接地的方法

稳定的接地是最重要的因素。只要采用好的接地方法，就能设计出抗噪声强的电路。接地的方法如下所示：

- (1) 分开模拟电路和数字电路的接地，注意双方的接地不能产生电位差。
- (2) 用多层电路板设置大面积接地层，并通过大的通孔直接接地。
- (3) 避免接地环路，以防止产生电位差。
- (4) 将电路板上完全没有连接的或者处于悬空的图形接地。
- (5) 插入旁路电容。
用于电路板的电源部，实施外来噪声的对策
用在 IC 的附近，消除某种高频成分

6.2 未使用输入引脚的处理

(a) LV-A 系列、LVC 系列

CMOS 产品的输入阻抗非常高，如果在输入引脚为开路的状态下使用，就容易吸收噪声。另外，如果不确定输入引脚的电位（输入引脚为开路状态），输出的逻辑电平就不固定而处于不稳定的工作状态。

另外，当同一封装内有未使用的其他门和触发器时，在输入引脚为开路的状态下，可能在 CMOS 逻辑结构上会有电源电流流过。

在此，必须将未使用的输入引脚连接 GND 或者 V_{CC} 。在连接 V_{CC} 时，必须插入数 $k\Omega$ 的电阻。

只有“HD74LV123A”的 Cext、Rext/Cext 引脚是例外，在未使用时必须置为开路。

(b) ALVC 系列

对于 ALVC 系列，根据是否内置总线保持电路而有不同的对应方法。

当没有内置总线保持电路时，就和 LV-A 系列、LVC 系列一样，必须将未使用的输入引脚连接 GND 或者 V_{CC} 。

当内置了总线保持电路时，就不需要上拉或者下拉处理。如图 30 所示，相比于用电阻器进行上拉的情况，其特点是：即使处于上拉状态也不会有电流流过。

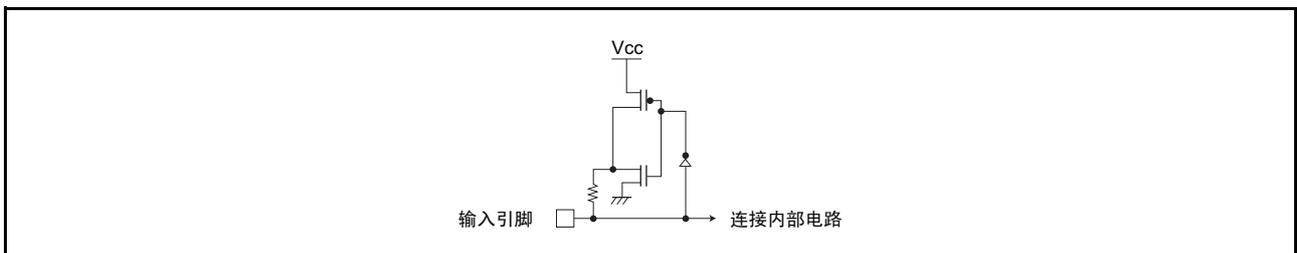


图 29 总线保持电路

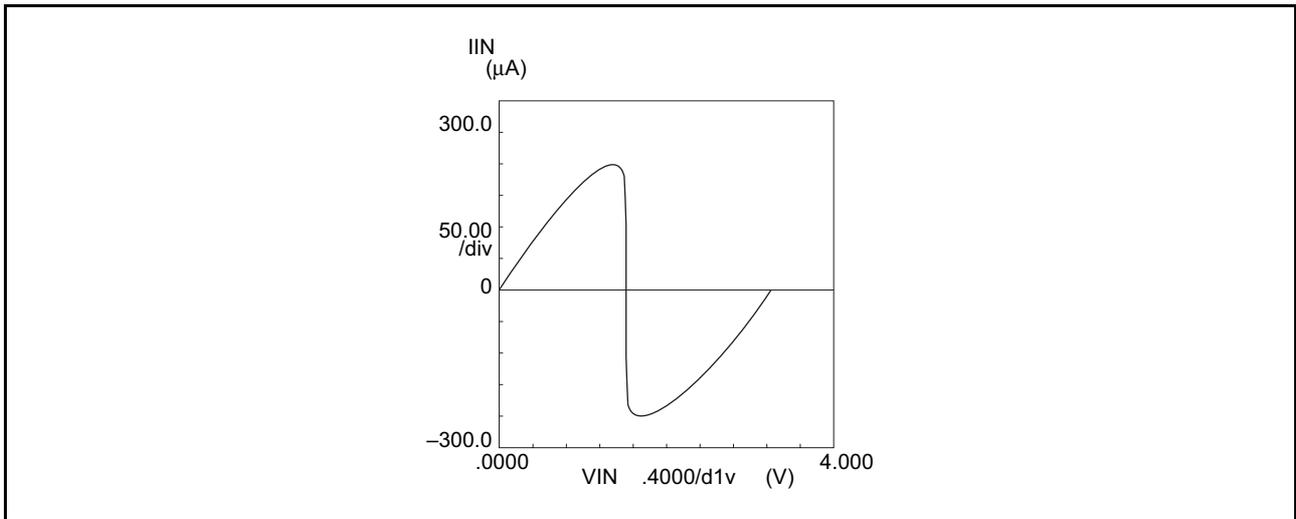


图 30 ALVC 系列的 Vin-Iin 特性图

总线保持电路在内部连接输入引脚，具有最小 $75\mu\text{A}$ 、最大 $500\mu\text{A}$ 的驱动器能力。如同 CMOS，在不工作的状态下保持高阻抗，连接到 ALVC 系列的输入引脚的布线为上拉或者下拉状态。

在使用总线保持电路时，必须注意以下事项：

- (1) 不能选择被固定为 High 或者 Low 的初始值。
- (2) 如果有 $75\mu\text{A}$ 或者 $75\mu\text{A}$ 以上的电流流过，保持就被解除。如果将低阻抗的部件连接到输入引脚，总线保持电路就无法工作。
- (3) 要强制上拉时，需要选择电阻使 $500\mu\text{A}$ 或者 $500\mu\text{A}$ 以上的电流流过。

6.3 3V 器件-5V 器件的双向接口

双向接口的基本想法如下：

- (1) 对于 3.3V 工作的 LSI：
接受 5V 的信号，用 3.3V 的信号进行传递。
- (2) 对于 5V 工作的 LSI：
接受 3.3V 的信号，用 5V 的 TTL 信号进行传递。

此时，必须注意 5V 工作的 LSI 是指“TTL 电平输入”。

为了将信号变为 5V，虽然可以介于电阻进行上拉，但是因为电流流过输出电路的 MOS 栅极，所以不推荐使用此方法。在输出的状态下，给引脚外加 5V 电压，IC 本身不会损坏。

此时，请使用电平移位器“HD151015”专用产品。

参考文献

晶体管技术 SPECIAL No.22 数字电路噪声的对策技术

修订记录

Rev.	发行日	修订内容	
		页	修订处
1.00	2008.03.25	一	初版发行

Notes regarding these materials

1. This document is provided for reference purposes only so that Renesas customers may select the appropriate Renesas products for their use. Renesas neither makes warranties or representations with respect to the accuracy or completeness of the information contained in this document nor grants any license to any intellectual property rights or any other rights of Renesas or any third party with respect to the information in this document.
2. Renesas shall have no liability for damages or infringement of any intellectual property or other rights arising out of the use of any information in this document, including, but not limited to, product data, diagrams, charts, programs, algorithms, and application circuit examples.
3. You should not use the products or the technology described in this document for the purpose of military applications such as the development of weapons of mass destruction or for the purpose of any other military use. When exporting the products or technology described herein, you should follow the applicable export control laws and regulations, and procedures required by such laws and regulations.
4. All information included in this document such as product data, diagrams, charts, programs, algorithms, and application circuit examples, is current as of the date this document is issued. Such information, however, is subject to change without any prior notice. Before purchasing or using any Renesas products listed in this document, please confirm the latest product information with a Renesas sales office. Also, please pay regular and careful attention to additional and different information to be disclosed by Renesas such as that disclosed through our website. (<http://www.renesas.com>)
5. Renesas has used reasonable care in compiling the information included in this document, but Renesas assumes no liability whatsoever for any damages incurred as a result of errors or omissions in the information included in this document.
6. When using or otherwise relying on the information in this document, you should evaluate the information in light of the total system before deciding about the applicability of such information to the intended application. Renesas makes no representations, warranties or guaranties regarding the suitability of its products for any particular application and specifically disclaims any liability arising out of the application and use of the information in this document or Renesas products.
7. With the exception of products specified by Renesas as suitable for automobile applications, Renesas products are not designed, manufactured or tested for applications or otherwise in systems the failure or malfunction of which may cause a direct threat to human life or create a risk of human injury or which require especially high quality and reliability such as safety systems, or equipment or systems for transportation and traffic, healthcare, combustion control, aerospace and aeronautics, nuclear power, or undersea communication transmission. If you are considering the use of our products for such purposes, please contact a Renesas sales office beforehand. Renesas shall have no liability for damages arising out of the uses set forth above.
8. Notwithstanding the preceding paragraph, you should not use Renesas products for the purposes listed below:
 - (1) artificial life support devices or systems
 - (2) surgical implantations
 - (3) healthcare intervention (e.g., excision, administration of medication, etc.)
 - (4) any other purposes that pose a direct threat to human life

Renesas shall have no liability for damages arising out of the uses set forth in the above and purchasers who elect to use Renesas products in any of the foregoing applications shall indemnify and hold harmless Renesas Technology Corp., its affiliated companies and their officers, directors, and employees against any and all damages arising out of such applications.
9. You should use the products described herein within the range specified by Renesas, especially with respect to the maximum rating, operating supply voltage range, movement power voltage range, heat radiation characteristics, installation and other product characteristics. Renesas shall have no liability for malfunctions or damages arising out of the use of Renesas products beyond such specified ranges.
10. Although Renesas endeavors to improve the quality and reliability of its products, IC products have specific characteristics such as the occurrence of failure at a certain rate and malfunctions under certain use conditions. Please be sure to implement safety measures to guard against the possibility of physical injury, and injury or damage caused by fire in the event of the failure of a Renesas product, such as safety design for hardware and software including but not limited to redundancy, fire control and malfunction prevention, appropriate treatment for aging degradation or any other applicable measures. Among others, since the evaluation of microcomputer software alone is very difficult, please evaluate the safety of the final products or system manufactured by you.
11. In case Renesas products listed in this document are detached from the products to which the Renesas products are attached or affixed, the risk of accident such as swallowing by infants and small children is very high. You should implement safety measures so that Renesas products may not be easily detached from your products. Renesas shall have no liability for damages arising out of such detachment.
12. This document may not be reproduced or duplicated, in any form, in whole or in part, without prior written approval from Renesas.
13. Please contact a Renesas sales office if you have any questions regarding the information contained in this document, Renesas semiconductor products, or if you have any other inquiries.

注意

本文只是参考译文，前页所载英文版“Cautions”具有正式效力。

关于利用本资料时的注意事项

1. 本资料是为了让用户根据用途选择合适的本公司产品的参考资料，对于本资料中所记载的技术信息，并非意味着对本公司或者第三者的知识产权及其他权利做出保证或对实施权力进行的承诺。
2. 对于因使用本资料所记载的产品数据、图、表、程序、算法及其他应用电路例而引起的损害或者对第三者的知识产权及其他权利造成侵犯，本公司不承担任何责任。
3. 不能将本资料所记载的产品和技术用于大规模破坏性武器的开发等目的、军事目的或其他的军需用途方面。另外，在出口时必须遵守日本的《外汇及外国贸易法》及其他出口的相关法令并履行这些法令中规定的必要手续。
4. 本资料所记载的产品数据、图、表、程序、算法以及其他应用电路例等所有信息均为本资料发行时的内容，本公司有可能在未做事先通知的情况下，对本资料所记载的产品或者产品规格进行更改。所以在购买和使用本公司的半导体产品之前，请事先向本公司的营业窗口确认最新的信息并经常留意本公司通过公司主页 (<http://www.renesas.com>) 等公开的最新信息。
5. 对于本资料中所记载的信息，制作时我们尽力保证出版时的精确性，但不承担因本资料的叙述不当而致使顾客遭受损失等的任何相关责任。
6. 在使用本资料所记载的产品数据、图、表等所示的技术内容、程序、算法及其他应用电路例时，不仅要对所使用的技术信息进行单独评价，还要对整个系统进行充分的评价。请顾客自行负责，进行是否适用的判断。本公司对于是否适用不负任何责任。
7. 本资料中所记载的产品并非针对万一出现故障或是错误运行就会威胁到人的生命或给人体带来危害的机器、系统(如各种安全装置或者运输交通用的、医疗、燃烧控制、航天器械、核能、海底中继用的机器和系统等)而设计和制造的,特别是对于品质和可靠性要求极高的机器和系统等(将本公司指定用于汽车方面的产品用于汽车时除外)。如果要用于上述的目的,请务必事先向本公司的营业窗口咨询。另外,对于用于上述目的而造成的损失等,本公司概不负责。
8. 除上述第7项内容外,不能将本资料中记载的产品用于以下用途。如果用于以下用途而造成的损失,本公司概不负责。
 - 1) 生命维持装置。
 - 2) 植埋于人体使用的装置。
 - 3) 用于治疗(切除患处、给药等)的装置。
 - 4) 其他直接影响到人的生命的装置。
9. 在使用本资料所记载的产品时,对于最大额定值、工作电源电压的范围、放热特性、安装条件及其他条件请在本公司规定的保证范围内使用。如果超出了本公司规定的保证范围使用时,对于由此而造成的故障和出现的事故,本公司将不承担任何责任。
10. 本公司一直致力于提高产品的质量和可靠性,但一般来说,半导体产品总会以一定的概率发生故障、或者由于使用条件不同而出现错误运行等。为了避免因本公司的产品发生故障或者错误运行而导致人身事故和火灾或造成社会性的损失,希望客户能自行负责进行冗余设计、采取延烧对策及进行防止错误运行等的安全设计(包括硬件和软件两方面的设计)以及老化处理等,这是作为机器和系统的出厂保证。特别是单片机的软件,由于单独进行验证很困难,所以要求在顾客制造的最终的机器及系统上进行安全检验工作。
11. 如果把本资料所记载的产品从其载体设备上卸下,有可能造成婴儿误吞的危险。顾客在将本公司产品安装到顾客的设备上时,请顾客自行负责将本公司产品设置为不容易剥落的安全设计。如果从顾客的设备上剥落而造成事故时,本公司将不承担任何责任。
12. 在未得到本公司的事先书面认可时,不可将本资料的一部分或者全部转载或者复制。
13. 如果需要了解关于本资料的详细内容,或者有其他关心的问题,请向本公司的营业窗口咨询。