

JICHENG DIANLUTU SHIDU
KUAISU RUMEN

集成电路图识读 快速入门

张宪 张大鹏 主编



化学工业出版社

JICHENG DIANLUTU SHIDU
KUAISU RUMEN

集成电路图识读 快速入门

张宪 张大鹏 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

集成电路图识读快速入门/张宪, 张大鹏主编. —北京:
化学工业出版社, 2010.2
ISBN 978-7-122-07125-5

I. 集… II. ①张…②张… III. 集成电路-电路图-
识图法 IV. TN4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 211820 号

责任编辑: 卢小林

文字编辑: 王 洋

责任校对: 陈 静

装帧设计: 韩 飞

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 化学工业出版社印刷厂

850mm×1168mm 1/32 印张 10 字数 269 千字

2010 年 5 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686)

售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 25.00 元

版权所有 违者必究

前 言

集成电路乃至大规模集成电路的广泛应用，给工农业生产、国防事业、科学技术和人民生活带来了革命性的变革。为普及电子科学知识，推广现代集成电路的使用，我们组织编写了本书，以帮助相关人员尽快理解现代集成电路与电子装置构成原理，了解各种集成电路器件在电子设备中的应用情况。本书力求引导广大电子爱好者轻松进入集成电路的“大门”，激发他们对集成电路的探索兴趣，掌握深入研究和应用所必备的基础知识。

这本书从广大电子爱好者的实际需要出发，在内容上简洁实用、通俗易懂，在编写安排上由浅入深、循序渐进，对学习和分析识读集成电路图有相当裨益。

本书主要介绍了集成电路识图基本知识、常用模拟集成电路的识图、常用组合逻辑电路的识图、常用时序集成电路的识图、555定时器集成电路的识图、集成稳压电源电路的识图、单片机系统集成电路的识图、家用电器集成电路的识图、集成电路应用举例等内容。

本书适合具有电子技术基础知识的电子爱好者阅读，也可供从事电子设备与电子装置维修的技术人员参考。

本书由张宪、张大鹏主编，康晓明、张宣、李振兴、谭振东副主编，参加编写的人员还有李志勇、赵慧敏、付兰芳、安居、刘卜源、林秀珍、沈虹，全书由付少波、李良洪、孙昱负责审核。

由于编者水平有限，加之集成电路的发展十分迅速，书中可能存在不妥之处，衷心希望广大读者批评指正。

编 者

目 录

第一章 集成电路识图基本知识	1
第一节 集成电路的结构与分类	2
第二节 集成电路图中常用符号	14
第三节 集成电路图的识读方法	27
第四节 集成电路图的识读	31
第二章 常用模拟集成电路的识图	38
第一节 集成运算放大器	38
第二节 集成运算放大器的基本运算电路	45
第三节 有源滤波器	51
第四节 电压比较器	57
第五节 采样保持器	63
第六节 波形发生器	66
第七节 集成运算放大器应用电路	72
第三章 常用组合逻辑电路的识图	78
第一节 基本逻辑运算和逻辑门电路	79
第二节 常用组合逻辑电路部件	93
第三节 存储器和可编程逻辑器件	102
第四节 组合逻辑电路应用电路	106
第四章 常用时序集成电路的识图	112
第一节 触发器和锁存器	112
第二节 寄存器	120
第三节 计数器	124
第四节 脉冲波形的产生和整形电路	134
第五节 时序逻辑电路应用	139
第五章 555 定时器集成电路的识图	144
第一节 555 定时器的组成	144

第二节	555 定时器典型电路	146
第三节	555 定时器应用电路	158
第六章	集成稳压电源电路的识图	169
第一节	三端稳压集成电路的组成	169
第二节	三端稳压集成电路典型电路	174
第三节	三端稳压集成电路的应用	178
第四节	开关稳压电源集成电路	182
第五节	电源变换电路	193
第七章	单片机系统集成电路的识图	199
第一节	8051 单片机的内部结构及外部引脚	199
第二节	单片机应用电路	204
第三节	用单片机存取访问 U 盘的硬件电路	209
第四节	发光二极管 (LED) 遥控时钟屏系统	213
第五节	LED 显示界面及接口电路	218
第六节	数/模转换器 (DAC)	224
第七节	模/数转换器 (ADC)	231
第八章	家用电器集成电路的识图	237
第一节	收音机和录音机集成电路识读	237
第二节	电视机专用集成电路识读	248
第三节	洗衣机和微波炉集成电路识读	254
第四节	空调器集成电路识读	259
第九章	集成电路应用举例	267
第一节	集成功率放大电路的识读	267
第二节	音响放大器	271
第三节	汽车电器中集成电路的识读	277
第四节	集成电路的综合应用	284
附录一	半导体集成电路的型号命名	297
附录二	集成运放和集成稳压器的主要性能指标	300
附录三	半导体集成电路的主要功能和引脚排列	304
参考文献		310

第一章 集成电路识图基本知识

随着电子计算机的普及和信息时代的到来,数字电子技术正以前所未有的速度在各个领域取代模拟电子技术,并迅速渗入人们的日常生活。

与模拟电路相比,数字电路具有抗干扰能力强、可靠性高、精确性和稳定性好、通用性广、便于集成、便于故障诊断和系统维护等特点。以抗干扰能力和可靠性为例,数字电路不仅可以通过整形去除叠加于传输信号上的噪声和干扰,还可以进一步利用差错控制技术对传输信号进行检错和纠错。

不仅如此,数字集成电路正向着大规模、低功耗、高速度、可编程、可测试和多值化方向发展,这就越来越显示出数字电路的优势。

(1) 大规模

如今,一块半导体硅片上已可集成上百万个数字逻辑门,集成规模的提高将极大地提高数字系统的可靠性,减小系统的体积,降低系统的功耗与成本。

(2) 低功耗

即使是包含上百万个逻辑门的超大规模数字集成电路,其功耗也可低达毫瓦(mW)级。

(3) 高速度

随着社会的发展,需要处理的信息越来越多,这就要求所使用的集成电路速度越来越高,目前,每秒运算速度为上亿次的超级计算机已不是新鲜事。虽然计算机的这种高速度在很大程度上依赖于并行处理技术,但集成电路本身的高速度也不容置疑。

(4) 可编程

早期数字集成电路的功能是由生产厂家根据用户的一般需求而在生产时决定的，而现在许多数字集成电路具有“可编程”的特性，即厂家只生产“半定制”的产品，模块的具体功能由用户根据实际需要进行现场“编程”，这不仅为用户研究开发产品带来了极大的方便和灵活性，也大大提高了产品的可靠性和保密性。

在数字电路中，一般都采用二进制，凡具有两个稳定状态的元件都可用来表示二进制的两个数码，故其基本单元电路简单。由于数字电路传递和处理的是二值信息，不易受外界的干扰，因而抗干扰能力强。另外，数字电路还具有精度高、信号便于长期存储、保密性好、通用性强等特点。随着半导体集成电路的迅速发展，数字电路的集成度高、成本低、使用方便。因此，数字电路在计算机技术、测量技术、自动控制、数字通信；家用电器等各个技术领域得到广泛应用。

集成电路看似很神秘，因为只见到集成电路的一个个方框（集成电路的图形符号），看不见其内部的具体电路，于是认为分析集成电路相当困难。其实，这是认识上的误区。不论是电子电路系统的分析，还是电路故障的分析与检修，在同等功能的情况下，集成电路构成的电子电路要比分立电子元器件电路简单得多。

第一节 集成电路的结构与分类

集成电路这个名词大家并不陌生，在家用电器、电子设备的印制电路板上安装着各色的长方块。这些带很多引脚的长方形块或圆形的器件（有的上面印着 IC 两个字母）就是集成电路。

集成电路（integrated circuits, IC）是在一块极小的硅单晶片上，利用半导体工艺制作上许多晶体二极管、三极管、电阻器、电容器等，并连成能完成特定功能的电子电路（有的就为单片整机功能），然后封装在一个便于安装的外壳中的。

早期的集成电路集成度低、速度慢、功耗大；后来集成电路的工艺、技术不断发展。从 TTL 型到 MOS 型、CMOS 型集成电路

(互补金属氧化物电路)、HMOS（高性能的电路）及高速 CMOS 型集成电路。随着电子技术的飞速发展，半导体工艺的不断改进，进一步提高了集成电路的运行速度，降低了功耗；提高了可靠性和集成度。

一、集成电路的结构形式

部分集成电路的实物图如图 1-1 所示。

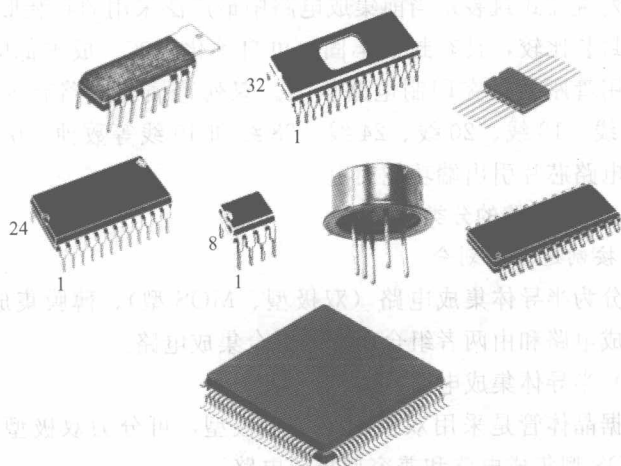
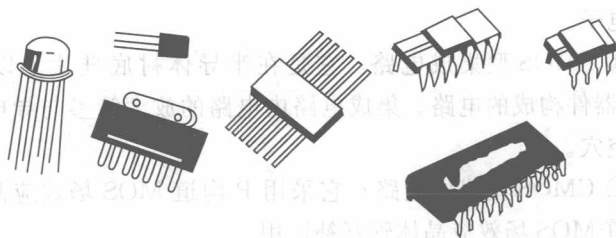


图 1-1 部分集成电路的实物图

半导体集成电路的封装形式有晶体管式的圆形封装、扁平封装、双列直插式封装及软封装等，如图 1-2 所示。



(a) 圆形封装 (b) 直插扁平封装 (c) 扁平封装 (d) 双列直插式封装

图 1-2 半导体集成电路封装形式

在晶体管式封装中, 半导体芯片被封装在晶体管壳内, 有 8~14 条引线, 以适应整个电路中各种电源、输入、输出及接其他外接元件引线连接的需要。

扁平封装中, 芯片被封装在扁平的长方形外壳中, 引线从外壳的两边或四边引出。引线数目较多, 可达 60 条以上。在电路外壳上打印有电路的型号、厂标及引脚顺序标记。

双列直插式封装是当前集成电路中最广泛采用的封装形式。它与扁平封装比较, 具有封装牢固、可自动化生产、成本低的优点, 且可采用管座插接在印制电路板上。双列直插式电路有 8 线、14 线、16 线、18 线、20 线、24 线、28 线和 40 线等数种。引线的数目根据电路芯片引出端功能而定。

二、集成电路的分类

1. 按制造工艺划分

可分为半导体集成电路 (双极型、MOS 型)、薄膜集成电路、厚膜集成电路和由两者组合而成的混合集成电路。

(1) 半导体集成电路

根据晶体管是采用双极型还是单极型, 可分为双极型集成电路、MOS 型集成电路和兼容型集成电路。

① 双极型集成电路。在半导体衬底硅片上制作双极型晶体管, 参与导电的是电子和空穴两种载流子。

② NMOS 型集成电路。是在半导体衬底硅片上以 N 沟道 MOS 器件构成的电路。集成电路内电路的放大管参与导电的载流子是电子。

③ PMOS 型集成电路。它是在半导体衬底硅片上以 P 沟道 MOS 器件构成的电路。集成电路内电路的放大管参与导电的载流子是空穴。

④ CMOS 型集成电路。它采用 P 沟道 MOS 场效应晶体管和 N 沟道 MOS 场效应晶体管互补运用。

(2) 膜集成电路

这种集成电路可分为以下两类。

① 厚膜集成电路。这种集成电路采用膜工艺制造，其中，采用丝网漏印工艺制作厚膜电阻、电容等，焊上晶体管芯，构成集成电路的内电路。

② 薄膜集成电路。这种集成电路采用真空镀膜或溅射工艺制作薄膜电子元器件，或由薄膜电子元器件与平面工艺为基本制作工艺。

(3) 混合集成电路

凡是一个完整的，不能由膜工艺或半导体集成工艺单独制作，而是利用半导体集成工艺、膜工艺和分立电子元器件工艺三种中的任何两种或全部工艺制作的集成电路都称为混合集成电路。

2. 按功能划分

可分为模拟集成电路（运算放大器、音响电路、视频电路、稳压器、非线性电路）、数字集成电路（TTL 型集成电路、HTL 型集成电路、ECL 型集成电路、CMOS 型集成电路、存储器集成电路、微机集成电路）、接口电路（电压比较器、电平转换器、外围驱动器、线驱动接收器）、特殊电路（传感器、通信电路、消费类电路、机电仪电路）。

(1) 模拟集成电路

模拟集成电路就是用于处理、传输、变换模拟信号的集成电路，模拟信号是一种连续变化的信号。随着集成电路工艺水平和电路设计技术的不断提高，模拟集成电路的新产品不断增多，实现的功能范围迅速扩大。目前已广泛用于通信、广播、测量、计算机及自动控制等电子技术领域。与数字电路相比，模拟集成电路更倾向于向专用化方向发展。模拟集成电路按照电路功能划分可以分成下列多种类型。

① 集成运算放大器。简称集成运放，它是一种高增益、低漂移的直流放大电路。

② 音响集成电路。它是用于各类音响设备中的集成电路。

③ 视频集成电路。它是用于各类视频设备中的集成电路。

④ 稳压集成电路。它是用于稳压电路中的集成电路，有各种

电压等级的稳压集成电路。

⑤ 非线性集成电路。它是集成运算放大器的一种非线性运用方式。此时，集成运放处于无反馈或正反馈状态。其输出量与输入量之间不成线性关系，输出量不是处于正饱和状态就是处于负饱和状态。

另外，还有集成比较器、集成功率放大器、集成模拟多路开关、集成隔离放大器、集成电源变换电路、集成调制解调电路、集成有源滤波器、集成波形信号产生电路、集成采样保持器等。但是从应用角度来看，用量最大、应用最广的是集成运算放大器。集成运算放大器又分成通用型集成运算放大器和专用型集成运算放大器。

(2) 数字集成电路

数字集成电路是用于数字电路中的集成电路，它所处理的都是数字信号，数字集成电路的应用十分广泛，按功能可分成多种。除集成门电路外，主要有以下两种。

① 微机集成电路。这是用于计算机中的集成电路，比如 CPU 就是数字集成电路。

② 存储器集成电路。在数字电路系统中，常使用这种具有存储功能的集成电路，它是由门电路和触发器组合起来的集成电路。

(3) 接口集成电路

接口集成电路是一种重要的电路，既可用于各类信号之间的转换，也可用于不同类型电路之间的连接。这类集成电路主要有以下三类。

① 电压比较器集成电路。它是一种将模拟量按量值的大小转换成逻辑代码的集成电路。

② 电平转换器集成电路。它是一种可以用来衔接不同类型器件的集成电路，是一种转换电平的专用集成电路。

③ 外围驱动器集成电路。它是一种微机与外围接口电路的驱动电路。

(4) 特殊集成电路

特殊集成电路是为某系统而专门设计的专用集成电路。

① 传感器集成电路。它是为了配合各类传感器件而设计的专用集成电路，不同的传感器用不同的集成电路与之配合。

② 通信集成电路。它是为通信系统而设计的专用集成电路。

③ 消费类集成电路。它是为适应消费品而专门设计的各种功能的集成电路，应用面相当广泛。

3. 按集成度划分

集成电路的集成度是指在一块基片上能制作的最多电子元器件数量，从集成度角度来看，集成电路可以分成四种：小规模集成电路（SSI，集成度 <10 个门电路）、中规模集成电路（MSI，集成度为 $10\sim100$ 个门电路）、大规模集成电路（LSI，集成度为 $100\sim1000$ 个门电路）以及超大规模集成电路（VLSI，集成度 >1000 个门电路）。

在民用无线电设备中，一般使用大规模集成电路以下集成度的集成电路。超级单片电视机中使用了大规模集成电路。在民用无线电设备中，大量使用的是模拟集成电路，还有为数不少的使用数字集成电路，如一些数字伺服集成电路、影碟机中的许多小信号处理集成电路等。

4. 按外形划分

可分为圆形（金属外壳晶体管封装型，适用于大功率）、扁平型（稳定性好、体积小）和双列直插式（有利于采用大规模生产技术进行焊接，因此获得广泛的应用）。

(1) 圆形集成电路

这种集成电路的外壳是金属的，如同中功率三极管。集成电路的引脚数目比较多，最多可达十几根。这种封装形式的集成电路现在已经很少见到了。

(2) 单列直插扁平封装集成电路

这种集成电路的外壳采用陶瓷、低熔玻璃及塑料制成。单列直插扁平封装集成电路的引脚数目一般少于12根，小规模、中规模集成电路大多采用这种封装形式。

(3) 双列直插式集成电路

集成电路的外壳采用陶瓷、低熔玻璃或塑料制成。采用这种封装形式的集成电路外形有多种，它的引脚呈对称的两列排列，引脚数目一般在 12 根以上（也有少于 12 根引脚的），24 根以下，引脚数一般是 2 的整倍数。通常大规模集成电路多采用这种封装形式。

(4) 贴片封装集成电路

集成电路的外壳采用陶瓷、低熔玻璃或塑料制成。采用这种封装形式的集成电路外形有双列封装和四列封装两种，双列或四列的引脚均对称排列。这种集成电路在安装时与前面介绍的集成电路不同，由于引脚相当短，可直接贴在电路板铜箔线路上。通常数字集成电路和超大规模集成电路（四列形式）多采用这种封装形式。

三、集成电路引脚的识别

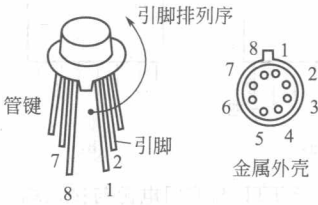
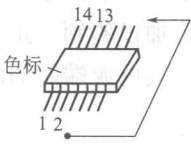
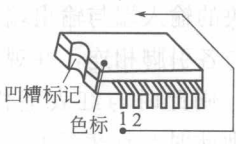
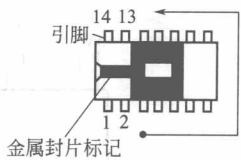
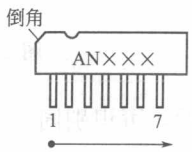
使用集成电路前，必须认真查对识别集成电路的引脚，确认电源、地、输入、输出、控制等端的引脚号，以免因错接而损坏器件。引脚排列的一般规律为：圆形集成电路：识别时，面向引脚正视，从定位销顺时针方向依次为 1, 2, 3, 4……如表 1-1 所示。圆形多用于模拟集成电路。

扁平式和双列直插式集成电路：识别时，将文字符号标记正放（一般集成电路上有一圆点或有一缺口，将缺口或圆点置于左方），由顶部俯视，从左下角起，按逆时针方向数，依次为 1, 2, 3, 4……，如表 1-1 所示。扁平封装多用于数字集成电路。双列直插式广泛应用于模拟和数字集成电路。

四、识别 TTL 型集成电路电源和接地端

国产 TTL 与非门电源与接地端的安排有两种：一种是俯视图上排最左的脚为电源端，下排最右的脚为接地端，如图 1-3(a) 所示，新产品多采用这种方式；另一种则是上排中间一脚为电源端，下排中间一脚为接地端，如图 1-3(b) 所示，老产品多采用这种方式。

表 1-1 正确识别集成电路引脚

集成电路结构形式	引脚标记形式	引脚识别方法
圆形结构		圆形结构的集成电路形似晶体管, 体积较大, 外壳用金属封装, 引脚有 3、5、8、10 多种。识别时将管底对准自己, 从管键开始顺时针方向读引脚序号
平插式扁平型结构		这类结构的集成电路通常以色点作为引脚的参考标记。识别时, 从外壳顶端看, 将色点置于正面左方位置, 靠近色点的引脚即为第 1 脚, 然后按逆时针方向读出第 2、3、……
直插式扁平型结构(塑料封装)		塑料封装的直插式扁平集成电路通常以凹槽作为引脚的参考标记。识别时, 从外壳顶端看, 将凹槽置于正面左方位置, 靠近凹槽左下方第一个脚为第 1 脚, 然后按逆时针方向读第 2、3、……
直插式扁平型结构(陶瓷封装)		这种结构的集成电路通常以凹槽或金属封片作为引脚参考标记。识别方法同上
单列直插式扁平结构		这种结构的集成电路通常以倒角或凹槽作为引脚参考标记。识别时将引脚向下置标记于左方, 则可从左向右读出各脚。有的集成电路没有任何标记, 此时应将印有型号的一面正向对着自己, 按上法读出引脚号

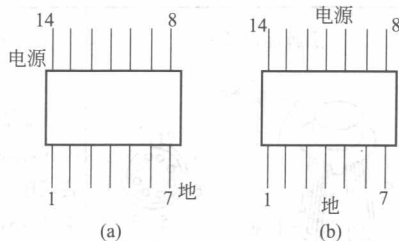


图 1-3 国产 TTL 与非门电源与接地端

若拿到 TTL 与非门集成块后，对于上述两种方式属于哪一种不明确的话，可通过测极间电阻加以鉴别。正常集成块，在地端接红表笔，黑表笔接其他引脚时，接电源端时的阻值明显小于输入端和输出端的阻值。

五、识别 TTL 型集成电路的输入、输出端

在已经知道了集成块的电源端和接地端之后，可用如图 1-4 所示测试电路进一步识别集成块的输入端与输出端。

将万用表的红表笔依次与各引脚相连，并观察万用表的电压读数，若电压读数在 1V 以上，则此时与红表笔相连的引脚为输入端；若读数在 0.2~0.4V，则此时与红表笔相连的引脚为输出端；而读数为零的引脚是空脚。

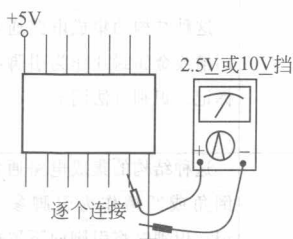


图 1-4 测试电路

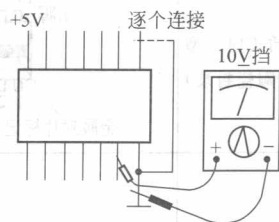


图 1-5 测试电路

在已识别输入、输出端之后，可识别同一个与非门的输入、输出端，测试电路如图 1-5 所示。

红表笔接在任一输出端，用一导线，依次将输入端对地短接

(相当于输入为低电平),并观察万用表电压读数变化,所有使读数由低(0.2~0.4V)变为高(大于2.7V)的输入端,便是同一个与非门的输入端。可以用同样方法识别同一集成块上另几个“与非”门的输入,输出端。

对于在测量中电压无任何变化的引脚或对任何一个输出端的电压变化都没有影响的输入端,可认为是空脚或内部引线断路。这样的引脚在使用中可剪去。

六、使用 MOS 型集成电路注意事项

MOS (Metal Oxide Semiconductor),即金属氧化物半导体。在使用中需注意以下七点。

① 焊接时,一般使用功率为 20W 的内热式电烙铁,而且烙铁头应该接地。

② 焊接的时间不宜超过 5s,严禁虚焊。

③ 在更换集成电路时,应该首先切断电源。

④ 不用的输入端不能悬空,应按其功能的要求接上电源或接地。

⑤ 存放时,必须用金属屏蔽包装,若需长期保存,应将其放入金属盒内。待焊的 MOS 型集成电路应在临焊前拆除屏蔽包装。

⑥ 焊接电路板时,应先将引脚全部短路,并将整个电路板一次焊完,再将引脚短路线断开。

⑦ 焊接时焊接人员注意良好接地。

七、正确选用集成电路

怎样正确合理选用集成电路,对初学者来说是一个至关重要的问题。正确选用,须从以下六点进行考虑。

① 根据电路设计要求,正确选用集成电路。在业余制作条件下,凡能用分立元件的,不必采用集成电路,因为集成电路价格高。确定使用集成电路,主要从三个方面考虑,即速度、抗干扰能力和价格。

集成电路中表示开关速度的参数是平均传输延迟时间 t_{pd} 和最高工作频率 f_m 。 t_{pd} 是指脉冲信号通过门电路后上升沿时延和下降