

电子工程手册系列丛书

A11

标准集成电路数据手册

非线性电路

电子工程手册编委会 编
集成电路手册分编委会



电子工业出版社

内 容 提 要

本书共收集了列入国家标准的七个大类的非线性电路共 120 个品种。这些都是从国外主要公司的产品中优选出来的具有代表性的品种,门类基本上齐全。其中既有早期开发的至今一直得到广泛应用的成熟产品,更多的是近十几年来随着工艺技术的发展而陆续推出的具有高技术水平的品种,在整机应用领域具有相当广的覆盖面。

本书对每一个品种着重介绍其特点、功能、主要电参数规范及其定义和测试方法、引出端功能、使用要求等。为便于读者使用,书中对每个品种还给出了典型应用实例及典型特性曲线。本书突出了实用性的原则,力求使其具有权威性、全面性的特点。本书是从事非线性电路研制、生产和整机应用的工程技术人员必备的工具书,对于从事课题研究的大专院校师亦具有很好的参考价值。

丛 书 名: 电子工程手册系列丛书

书 名: 标准集成电路数据手册——非线性电路

著 者: 电子工程手册编委会

著 者: 集成电路手册分编委会

责任编辑: 陈晓莉

特约编辑: 仁 忠

排版制作: 北京市电子产品质量检测中心计算中心

印 刷 者: 北京科技印刷厂印刷

出版发行: 电子工业出版社出版、发行 URL: <http://www.phei.co.cn>

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036 发行部电话 68214070

经 销: 各地新华书店经销

开 本: 787×1092 1/16 印张: 27.5 字数: 686.4 千字

版 次: 1997 年 3 月第一版 1997 年 3 月第一次印刷

印 数: 4000 册

书 号: ISBN 7-5053-3506-5
TN·954

定 价: 56.00 元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页者,本社发行部负责调换

版权所有·翻版必究

编写说明

本书共收入了七个大类的非线性电路 120 个品种。这七个大类的非线性电路是：采样/保持放大器、模拟开关和模拟多路转换器、模拟乘/除法器、时基电路、锁相环、有效值—直流转换器、对数/反对数放大器。前五类非线性电路已制定了相应的国家标准(系列品种标准和测试方法标准)，后两类则还未制定国家标准。考虑到整个非线性电路体系的完整性，对于还未制定国家标准的有效值—直流转换器和对数/反对数放大器这两类非线性电路，我们在充分收集国外主要公司产品资料的基础上，并结合国内整机应用方面的实际情况，初步优选出一批有代表性的品种列入本书。此外，从这几年国内外集成电路的发展、应用来看，已制定了国家标准的五个非线性电路类别的品种也完全有必要作适当的增补，趁这次编写本书的机会，经过优选，对这五个非线性电路的品种进行了补充。

根据集成电路国家标准制定原则，本书中所列的品种只限于半导体集成电路，功能相同或类似的混合集成电路和模块结构的产品均不包括在内。所有非线性电路的型号均冠以“CB”，采样/保持放大器的型号则冠以“CSH”，请读者阅读时注意。

对于本书中所列品名品种的主要电参数，我们力求作全面、详细的介绍。但有些国外公司的某些品种的电参数规范值分档过于繁琐，对于这些品种的参数，书中只列出中档水平的规范值。

非线性电路的电参数除一些基本参数与相应的线性电路和数字电路的电参数相同外，还有相当一部分则是非线性电路特有的参数，对于初次非线性电路的使用者来说比较陌生；此外，国外各主要公司对同一含义的参数在名称及符号表示上也不尽相同，为使读者正确、方便地使用这些产品，我们将国家标准中规定的各类非线性电路的主要电参数定义和测试方法的有关内容，亦在本书中向读者作简要的介绍。

为便于读者查找和选择替换产品，本书除编入了按序号排列的器件型号索引和按功能排列的器件功能索引，并在附录中列出了国内外同类产品型号对照表，以及集成电路的外形尺寸。

本书由高信龄编写。上海无线电十厂厂长王国定高级工程师为本书撰写了“非线性电路概述”，并对本书进行了审校，对引表示衷心的感谢。

同时，这本书也是非线性电路工作组同仁们协作和辛勤努力的结果。在本书编写过程中，还得到了电子部标准化所童本敏所长、该所原一室的有关同志、电子工业出版社陈晓莉同志的帮助和支持，在此也一并表示深切的谢意。

对本书的不足之处，敬请读者不吝赐教。

编者

一九九六年十月

前 言

自 1959 年世界上出现第一块集成电路至今,它已深入到一切产业的每一种产品中。在导弹、卫星、战车、舰船、飞机等军事装备中;在数控机床、仪器仪表等工业设备中;在音响、电视、录像、洗衣机、电冰箱、钟表等家用电器中;在电子游艺机、电子乐器、照相机等娱乐器中;在各式各样的计算器、计算机中都采用了集成电路。

集成电路的技术发展将直接促进整机的小型化、高性能化、多功能化和高可靠性。毫不夸张地说,集成电路是工业的“食粮”和“原油”。

我国集成电路的研制工作是由 1963 年开始的。从 1971 年 4 月起着手集成电路的标准化工作,重点在提高集成电路质量及优选集成电路品种,经有关单位多年来的共同努力,确定了以国际电工委员会(IEC)电子元器件质量评定体系的有关标准为我国集成电路质量评定标准;以优选的国际通用集成电路品种为我国的推荐品种。

为了介绍这些优选品种特性,我们编写了《标准集成电路数据手册》,向集成电路的制造和使用者提供较完整的质量评定的标准数据(包括:引出端排列、功能框图、电特性、测试方法等)。按集成电路的系列,大致有下列分册:

TTL 电路;

ECL 电路;

CMOS4000 系列电路;

高速 CMOS 电路;

存储器电路;

微型计算机电路;

运算放大器电路;

稳压器电路;

音响电路;

非线性电路;

接口电路;

PAL 电路;

通信电路。

若能推动我国集成电路技术的发展、促进器件国产化,也就达到我们编写这套手册的目的。

为了及时反映我国的优选标准集成电路,本手册将不定期的修订。这套手册可以说是多年从事集成电路标准化工作的同仁们协作努力的结果。值此,向支持集成电路标准化工作的单位及参与集成电路标准化工作的同志致以谢意;向为本手册的出版提供帮助的单位及个人表示谢忱。

中国电子技术标准化研究所

目 录

器件功能索引	(1)
器件型号索引	(5)
非线性电路概述	(8)
非线性电路的主要参数及测试方法	(22)
一、采样/保持放大器	(1-1)
二、模拟开关和模拟多路转换器	(2-1)
三、模拟乘/除法器	(3-1)
四、时基电路	(4-1)
五、锁相环	(5-1)
六、有效值—直流转换器	(6-1)
七、对数/反对数放大器	(7-1)
八、附录	
国内外同类产品型号对照表	(8-1)
集成电路外形尺寸	(8-5)

器件功能索引

一、采样/保持放大器

采样/保持放大器	CSH1	(1-1)
采样/保持放大器	CSH2	(1-5)
采样/保持放大器	CSH10/11	(1-8)
采样/保持放大器	CSH20	(1-15)
采样/保持放大器	CSH81	(1-19)
采样/保持放大器	CSH198/298/398	(1-25)
采样/保持放大器	CSH346	(1-31)
采样/保持放大器	CSH389	(1-35)
采样/保持放大器	CSH582	(1-39)
采样/保持放大器	CSH583	(1-43)
采样/保持放大器	CSH585	(1-46)
采样/保持放大器	CSH681/683	(1-50)
采样/保持放大器	CSH2420/2425	(1-53)
采样/保持放大器	CSH5320	(1-59)
采样/保持放大器	CSH5330	(1-63)
采样/保持放大器	CSH5340	(1-67)

二、模拟开关和模拟多路转换器

双路单刀单掷 JFET 模拟开关	CB180/181/182	(2-1)
双路双刀单掷 JFET 模拟开关	CB183/184/185	(2-1)
单刀双掷 JFET 模拟开关	CB186/187/188	(2-1)
双路单刀双掷 JFET 模拟开关	CB189/190/191	(2-1)
双路单刀单掷 CMOS 模拟开关	CB200A	(2-9)
四路单刀单掷 CMOS 模拟开关	CB201A/202	(2-12)
双路单刀单掷 CMOS 模拟开关	CB304A	(2-18)
单刀双掷 CMOS 模拟开关	CB305A	(2-18)
双路双刀单掷 CMOS 模拟开关	CB306A	(2-18)
双路单刀双掷 CMOS 模拟开关	CB307A	(2-18)
四路单刀单掷 CMOS 模拟开关	CB308A/309	(2-24)
双路单刀单掷 CMOS 模拟开关	CB381A	(2-28)
双路双刀单掷 CMOS 模拟开关	CB384A	(2-28)
单刀双掷 CMOS 模拟开关	CB387A	(2-28)
双路单刀双掷 CMOS 模拟开关	CB390A	(2-28)

双路单刀单掷 CMOS 模拟开关	CB401	(2-33)
双路单刀双掷 CMOS 模拟开关	CB403	(2-33)
双路双刀单掷 CMOS 模拟开关	CB405	(2-33)
四路单刀单掷 CMOS 模拟开关	CB411/412/413	(2-39)
双路单刀单掷 CMOS 模拟开关	CB421	(2-43)
双路单刀双掷 CMOS 模拟开关	CB423	(2-43)
双路双刀单掷 CMOS 模拟开关	CB425	(2-43)
8 路 CMOS 模拟开关阵列	CB485	(2-48)
单刀单掷 CMOS 模拟开关	CB5040	(2-54)
双路单刀单掷 CMOS 模拟开关	CB5041/5048	(2-54)
单刀双掷 CMOS 模拟开关	CB5042/5050	(2-54)
双路单刀双掷 CMOS 模拟开关	CB5043/5051	(2-54)
双刀双掷 CMOS 模拟开关	CB5044	(2-54)
双路双刀单掷 CMOS 模拟开关	CB5045/5049	(2-54)
双刀双掷 CMOS 模拟开关	CB5046/5046A	(2-54)
四刀单掷开关 CMOS 模拟开关	CB5047/5047A	(2-54)
单刀单掷 CMOS 模拟开关	CB5140	(2-60)
双路单刀单掷 CMOS 模拟开关	CB5141	(2-60)
单刀双掷 CMOS 模拟开关	CB5142	(2-60)
双路单刀双掷 CMOS 模拟开关	CB5143	(2-60)
双刀单掷 CMOS 模拟开关	CB5144	(2-60)
双路双刀单掷 CMOS 模拟开关	CB5145	(2-60)
四路单刀单掷 CMOS 模拟开关	CB7590/7591	(2-66)
双路单刀双掷 CMOS 模拟开关	CB7592	(2-66)
16 路 CMOS 模拟多路转换器	CB506A	(2-70)
双 8 路 CMOS 模拟多路转换器	CB507A	(2-70)
8 路 CMOS 模拟多路转换器	CB508A	(2-76)
双 4 路 CMOS 模拟多路转换器	CB509A	(2-76)
16 路/差动 8 路 CMOS 模拟多路转换器	CB516	(2-83)
8 路/差动 4 路 CMOS 模拟多路转换器	CB518	(2-87)
4 路 CMOS 模拟多路转换器	CB524	(2-90)
16 路 CMOS 模拟多路转换器	CB526	(2-93)
双 8 路 CMOS 模拟多路转换器	CB527	(2-93)
8 路 CMOS 模拟多路转换器	CB528	(2-97)
双 4 路 CMOS 模拟多路转换器	CB529	(2-97)
16 路 CMOS 模拟多路转换器	CB7506	(2-102)
双 4 路 CMOS 模拟多路转换器	CB7507	(2-102)

三、模拟乘/除法器

模拟乘/除法器	CB532	(3-1)
模拟乘/除法器	CB533	(3-6)
模拟乘/除法器	CB4213	(3-10)
四象限模拟乘/除法器	CB534	(3-17)
四象限模拟乘/除法器	CB632	(3-24)
四象限模拟乘/除法器	CB734	(3-28)
四象限模拟乘/除法器	CB834	(3-34)
四象限模拟乘/除法器	CB1494/1594	(3-39)
四象限模拟乘/除法器	CB1495/1595	(3-46)
双通道模拟乘/除法器	CB539	(3-53)
实时模拟计算电路	CB538	(3-59)
平衡调制/解调器	CB630	(3-65)
平衡调制/解调器	CB1496/1596	(3-70)

四、时基电路

单时基电路	CB555	(4-1)
双时基电路	CB556	(4-9)
CMOS 单时基电路	CB7555	(4-14)
CMOS 双时基电路	CB7556	(4-19)

五、锁相环

模拟锁相环	CB564	(5-1)
模拟锁相环	CB565	(5-7)
模拟锁相环	CB567	(5-12)
模拟锁相环	CB1391	(5-18)
数字锁相环	CB4046	(5-22)

六、有效值-直流转换器

有效值-直流转换器	CB536A	(6-1)
有效值-直流转换器	CB636	(6-7)
有效值-直流转换器	CB637	(6-13)
有效值-直流转换器	CB736	(6-20)
有效值-直流转换器	CB737	(6-27)

七、对数/反对数放大器

对数放大器	CB640	(7-1)
对数放大器	CB8048	(7-12)
对数放大器	CB9521	(7-17)
双对数放大器	CB441	(7-20)
反对数放大器	CB8049	(7-27)

器件型号索引

CSH1	采样/保持放大器	(1-1)
CSH2	采样/保持放大器	(1-5)
CSH10/11	采样/保持放大器	(1-8)
CSH20	采样/保持放大器	(1-15)
CSH81	采样/保持放大器	(1-19)
CB180/181/182	双路单刀单掷JFET模拟开关	(2-1)
CB183/184/185	双路双刀单掷JFET模拟开关	(2-1)
CB186/187/188	单刀双掷JFET模拟开关	(2-1)
CB189/190/191	双路单刀双掷JFET模拟开关	(2-1)
CSH189/289/389	采样/保持放大器	(2-1)
CB200A	双路单刀单掷CMOS模拟开关	(2-9)
CB201A/202	四路单刀单掷CMOS模拟开关	(2-12)
CB304A	双路单刀单掷CMOS模拟开关	(2-18)
CB305A	单刀双掷CMOS模拟开关	(2-18)
CB306A	双路双刀单掷CMOS模拟开关	(2-18)
CB307A	双路单刀双掷CMOS模拟开关	(2-18)
CB308A/309	四路单刀单掷CMOS模拟开关	(2-24)
CSH346	采样/保持放大器	(1-31)
CB381A	双路单刀单掷CMOS模拟开关	(2-28)
CB384A	双路双刀单掷CMOS模拟开关	(2-28)
CB387A	单刀双掷CMOS模拟开关	(2-28)
CSH389	采样/保持放大器	(1-35)
CB390A	双路单刀双掷CMOS模拟开关	(2-28)
CB401	双路单刀单掷CMOS模拟开关	(2-33)
CB403	双路单刀双掷CMOS模拟开关	(2-33)
CB405	双路双刀单掷CMOS模拟开关	(2-33)
CB411/412/413	四路单刀单掷CMOS模拟开关	(2-39)
CB421	双路单刀单掷CMOS模拟开关	(2-43)
CB423	双路单刀双掷CMOS模拟开关	(2-43)
CB425	双路双刀单掷CMOS模拟开关	(2-43)
CB441	双对数放大器	(7-20)
CB485	八路CMOS模拟开关阵列	(2-48)
CB506A	16路CMOS模拟多路转换器	(2-70)
CB507A	双8路CMOS模拟多路转换器	(2-70)

CB508A	8路模拟多路转换器	(2-76)
CB509A	双4路CMOS模拟多路转换器	(2-76)
CB516	16路/差动8路CMOS模拟多路转换器	(2-83)
CB518	8路/差动4路CMOS模拟多路转换器	(2-87)
CB524	4路CMOS模拟多路转换器	(2-90)
CB526	16路CMOS模拟多路转换器	(2-93)
CB527	双8路CMOS模拟多路转换器	(2-93)
CB528	8路CMOS模拟多路转换器	(2-97)
CB529	双4路CMOS模拟多路转换器	(2-97)
CB532	模拟乘/除法器	(3-1)
CB533	模拟乘/除法器	(3-6)
CB534	四象限模拟乘/除法器	(3-17)
CB536	有效值-直流转换器	(6-1)
CB538	实时模拟计算电路	(3-59)
CB539	双通道模拟乘/除法器	(3-53)
CB555	单时基电路	(4-1)
CB556	双时基电路	(4-9)
CB564	模拟锁相环	(5-1)
CB565	模拟锁相环	(5-7)
CB567	模拟锁相环	(5-12)
CB630	平衡调制/解调器	(3-65)
CB632	四象限模拟乘/除法器	(3-24)
CB636	有效值-直流转换器	(6-7)
CB637	有效值-直流转换器	(6-13)
CB640	对数放大器	(7-11)
CB681/683	采样/保持放大器	(1-50)
CB734	四象限模拟乘/除法器	(3-28)
CB736	有效值-直流转换器	(6-20)
CB737	有效值-直流转换器	(6-27)
CB834	四象限模拟乘/除法器	(3-24)
CB1391	模拟锁相环	(5-18)
CB1494/1594	四象限模拟乘/除法器	(3-35)
CB1495/1595	四象限模拟乘/除法器	(3-46)
CB1496/1596	平衡调制/解调器	(3-70)
CSH2420/2425	采样/保持放大器	(1-53)
CB4046	数字锁相环	(5-22)
CB4213	模拟乘/除法器	(3-10)

CB5040	单刀单掷CMOS模拟开关	(2-54)
CB5041/5048	双路单刀单掷CMOS模拟开关	(2-54)
CB5042/5050	单刀双掷CMOS模拟开关	(2-54)
CB5043/5051	双路单刀双掷CMOS模拟开关	(2-54)
CB5044	双刀单掷CMOS模拟开关	(2-54)
CB5045/5049	双路双刀单掷CMOS模拟开关	(2-54)
CB5046/5046A	双刀双掷CMOS模拟开关	(2-54)
CB5047/5047A	四刀单掷CMOS模拟开关	(2-54)
CB5140	单刀单掷CMOS模拟开关	(2-60)
CB5141	双路单刀单掷CMOS模拟开关	(2-60)
CB5142	单刀双掷CMOS模拟开关	(2-60)
CB5143	双路单刀双掷CMOS模拟开关	(2-60)
CB5144	双刀单掷CMOS模拟开关	(2-60)
CB5145	双路双刀单掷CMOS模拟开关	(2-60)
CSH5320	采样/保持放大器	(1-59)
CSH5330	采样/保持放大器	(1-63)
CSH5340	采样/保持放大器	(1-67)
CB7506	16路CMOS模拟多路转换器	(2-102)
CB7507	双8路CMOS模拟多路转换器	(2-102)
CB7555	CMOS单时基电路	(4-14)
CB7556	CMOS双时基电路	(4-19)
CB7590/7591	四路单刀单掷CMOS模拟开关	(2-66)
CB7592	双路单刀双掷CMOS模拟开关	(2-66)
CB8048	对数放大器	(7-12)
CB8049	反对数放大器	(7-27)
CB9521	对数放大器	(7-17)

非线性集成电路概述

一、引言

作为半导体集成电路的一个重要分支——非线性集成电路，由于受到微电子集成工艺技术水平的制约，相对于较早形成系列的数字集成电路和模拟集成电路而言，发展起步较晚，许多重要的非线性集成电路的系列和品种则是近十几年随着微电子集成工艺技术突破和发展而陆续问世的。它们在数据采集系统、工业自动控制、测量技术、广播通讯以及军事装备等领域得到越来越广泛的应用。

什么是非线性电路？从所周知，就电子电路的特定工作方式和范畴而言，可以分为数字电路和模拟电路两个大类。所谓数字电路（又称逻辑电路）是一种用来处理非连续的（即其输入和输出均是阶跃函数）的信号的电子电路，这类电路照布尔代数的法则对数字信号（一般是二进制数字信号）进行“与”、“或”、“非”操作或时序操作，进而完成一系列数字运算或作。这一类电路是微电子集成技术的一个而且发展极为迅速的领域。较为典型的有存储器、中央处理单元（CPU）、通用标准的系列产品，如 74/54 系列、4000 系列电路，以及一系列数字信号处理电路（DSP）等。而集成电路的另一个大类模拟电路是一种用来处理连续信号（其输入输出是连续函数）的电子电路，如各种频段的放大器、驱动器、稳压器、振荡器以及能进行模拟运算的运算放大器等都归入模拟电路的范畴。

如果将模拟电路按其工作方式、处理信号的范围再作进一步的细分，则又可将模拟电路分为线性电路和非线性电路两个大类。虽然它们处理的都是模拟信号，但就输入与输出关系来看，前者呈现的是单值函数关系，而后者则呈现复变式高次函数关系。这就是从电路的本质特征上给非线性电路所下的定义。从这个定义出发来看，本书中所列的七个大的非线性电路品只是最主要的几个大类的品种，还没有完全包罗全部的非线性电路品种。另外，还有一类电路它们是在同一芯片上制作数字和模拟兼容的电路，专门用于与模拟或模拟与数字相互转换，如模/数转换器、数/模转换器、电压/频率转换器、频率/电压转换器等，称为“界而”电路或接口电路。过去也有将此类电路归入非线性电路的。根据国际电工委员会（IEC）关于集成电路划分的规定，此类电路均划为接口电路类，因此，在本书中，不包括这类电路。

二、非线性集成电路的主要类别及基本工作原理

如前所述，非线性电路从其不同的功能来看，种类是繁多的，随着整机应用的需要的集成技术的发展，会越来越的衍生出更多的品种，本书所介绍的仅是已形成规模生产、已经渗透到各个应用领域的比较典型和常用的产品。粗分起来就是本书中所列的采样/保持放大器、模拟开关和模拟多路转换器、模拟乘/除法器、时基电路、锁相环、有效值—直流转换器和对数/反对数放大器等七个类别。为便于读者阅读本书所列各类别产品的内容，这里就每一类产品的基本工作原理作简要的介绍。不针对每一个具体品种，而是就一个类别的品

种,对其输入和输出功能,并结合这类品种在电路结构上的特点,从原理上另以阐述。通过本节介绍,读者可以与以后的章节互相印证,举一反三。

1. 采样/保持放大器

采样/保持放大器是由于数据采集系统(这在工业自动化控制、遥测遥控中应用十分普遍)的需要而发展起来的一个类别的电路,品种很多,主要根据处理信号的速度和精度来分类。

(1) 采样/保持放大器基本工作模式

在数据采集系统中,往往需要将控制器(或计算机)选中的某一地址所获取的模拟信号(如从一次仪表将温度、压力、流量某物理量转换成的电压或电流的电信号)“冻结”起来,并将模拟信号转换成数字信号,然后送入控制器(或计算机)处理。在这个过程中,完成获取和“冻结”信号功能的电路就是采样/保持电路。由于模拟信号随时间不断在变化,而要将一个连续信号转换成一种能为计算机识别的数字信号需要一定的时间;同时,有了这种能够“冻结”模拟信号的电路,就可以使控制器(或计算机)充分利用这一时间,发挥更多的作用。因此,采样/保持电路在“冻结”信号的同时,满足了时间差的要求。从本质上来讲,采样/保持放大器实际上是一种能“写入”和“读出”模拟信号的“模拟读写”存储器。

当控制器(或计算机)发出一个采样信号(即类似于“写”信号)时,采样/保持放大器将输入端的信号取入并送到输出端,此时,输入和输出具有相同信号,如同一个跟随器。当控制器(或计算机)发出一个保持信号时,采样/保持放大器将输入信号与输出切断,放大器输出保持切断前的输入信号,并维持到下次采样信号的到来。

与数字读写存储器相比,除信号性质不同外,数字读写存储器(如RAM)在不失电下可永久保存信号,而采样/保持放大器对信号的保存是有时间性的,即使不失电,也不能长期保存,只能在有限的时间内保存信号。

(2) 采样/保持放大的结构及工作原理

通常,一个采样/保持放大器由三个部分组成:1)输入缓冲放大器(A_1),用来进行阻抗变换;2)采样/保持开关,用来接收采样或保持指令;3)输出保持电路(A_2),它是一个高输入阻抗、低输出阻抗的电压源电路。当然,除上述三个部分外,还需要一个保持电容 C_H 。采样/保持放大器的一般结构原理图见图1。

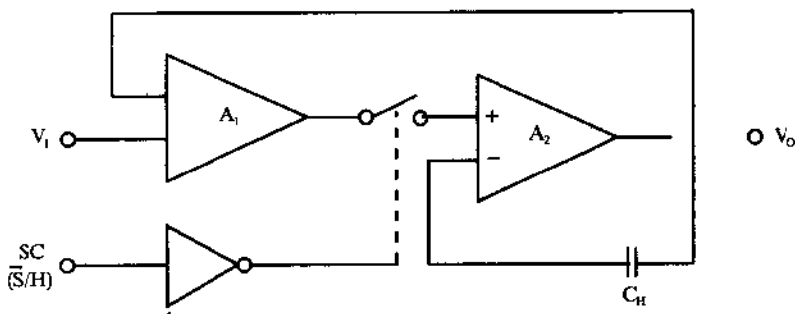


图1 采样/保持放大器结构原理图。

在采样期间,开关闭合, $V_o = V_i$,由于存在运放输入的虚地结构,使 A_2 放大器二个输入端有等电位,使保持电容 C_H 上被充电到 V_i 的电位,当保持信号到来时, C_H 上无放电回路,因而信号被保持。

采样/保持放大器的关键性能在于采样和保持的精度,而精度又与速度相关联。从结构原理图可以看出,采样精度取决于 A_1 和 A_2 这两个运放的开环增益和它们的响应速度,同时也决定于保持电容 C_H 的充电速率;而保持的精度则决定于 C_H 的放电速率,也就是说与它本身的漏电以及 A_2 的输入偏置电流(或漏电流)的关。

2. 模拟开关和模拟多路转换器

模拟开关和模拟多路转换器,同样也是随着数据采集和信号处理的需要而发展起来的非线性电路类别。下面从基本原理上对它们分别加以介绍。

(1) 模拟开关的基本工作原理和结构

模拟开关在电子设备系统中起接通信号或断开信号的作用,它具有三个端点,其中两个端点作为信号的输入/输出,另一个端点作为控制端,控制开关的通或断。对于一个理想的开关,当控制端加上接通信号时,开关闭合,两个输入/输出连通,导通电阻为零;当控制端加上断开信号时,开关断开,两个输入/输出端之间的电阻为无穷大,信号不能传递。同时,作为开关,还应要求有尽可能高的开关速度,以及开关在传输模拟信号时,具有良好的线性度(减小被传输信号的失真)。

利用MOS晶体管固有的特性,采用集成化技术所制成的CMOS模拟开关,不仅具有双向传输性能,而且具有无残余电压以及很高的导通/截止输出电压比等优点。此外,CMOS开关还可以传输与开关控制信号相一致的全幅值信号。

根据MOS晶体管的输出特性可以知道,在 $V_{DS} < V_{GS} - V_T$ 时,MOS管处于非饱和区(或称线性电阻区、可调电阻区),在这个区域内,呈现一个线性电阻 R_{on} 可用下式表达:

$$R_{on} = \frac{1}{\beta(V_{GS} - V_T)}$$

式中, β 为MOS管的增益因子, V_T 为MOS管的开启电压, V_{GS} 为加在MOS管栅极与源极间的电压(栅源电压)。

由上式可以看出,在非饱和区,线性电阻 R_{on} 受 V_{GS} 控制,当 V_{GS} 足够高时,MOS管可视为阻值较小的电阻,反之,当 $V_{GS} \leq V_T$ 时,MOS管可视为阻值极高的电阻。即 V_{GS} 的大小,可控制处在非饱和区工作的MOS管的通断状态。图2示出了这种情况下MOS管的等效电路,图3则给出了电阻区的特性曲线。

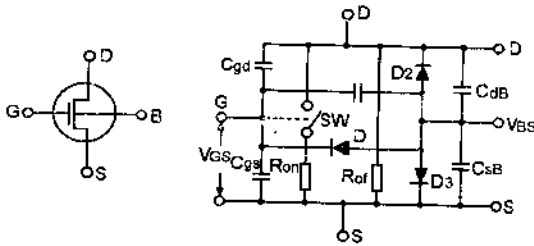


图2 MOS开关等效电路

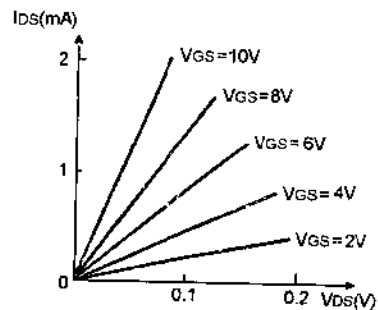


图3 MOS管线性电阻区特性曲线

这里要指出的是,上述 R_{on} 的表达式仅适用于 V_{BS} (即衬底与源极之间的电压) 等于常数的情况。实际上,当 MOS 管被用作模拟开关时,如果衬底电位 V_B 为定值(例如最低电位),则 MOS 管在传送模拟信号电压时,源极和衬底的电位将随输入电压的变化而变化,这是由于 V_{BS} 的变化使 V_T 变化而造成 R_{on} 的变化,这是在模拟开关的应用中所不希望的严重缺点。图 4、图 5 分别示出了 $R_{on} \sim V_{GS}$ 和 $R_{on} \sim V_A$ 曲线。

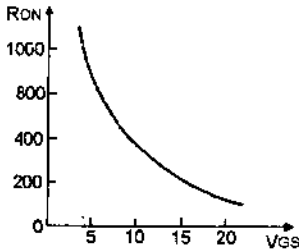


图 4 MOS 单管开关 $R_{on} \sim V_{GS}$ 曲线

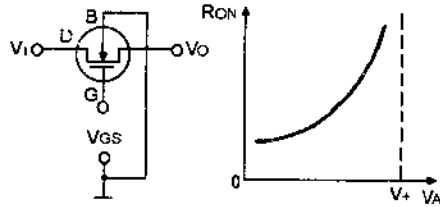


图 5 MOS 单管开关 $R_{on} \sim V_A$ 曲线

由图 5 可以看出,当 V_A (输入模拟电压) 接近 V_+ 时,由于 $V_{BS} \approx -V_+$, V_T 变得很大,使 MOS 管处于关闭的截止状态,导通电阻接近于断态电阻,这是单沟道 MOS 管作模拟开关的致命缺点。利用图 6 所示的由两个互补 MOS 管组成的电路可以克服上述缺点。其 $R_{on} \sim V_A$ 曲线如图 7 所示。

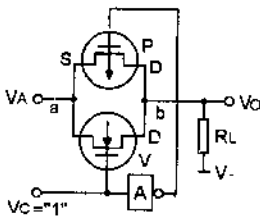


图 6 互补开关电路

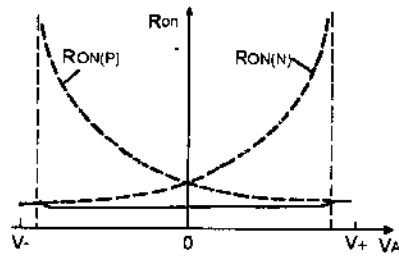


图 7 互补开关 $R_{on} \sim V_A$ 曲线

由图 7 可以看出, $R_{on(P)}$ 和 $R_{on(N)}$ 的关联作用,等效电阻 $R_{on(c)}$ (图中实线) 在 $V_+ \sim V_-$ 的范围内, V_A 的变化,对等效电阻 $R_{on(c)}$ 影响不大。显然,这种互补对的模拟开关,其导通电阻 R_{on} 要比单道器件制作的开关优越得多。这就是大多数模拟开关采用 CMOS 结构的主要原因所在。

需要说明的是,图 7 所示的特性没有考虑到 MOS 器件存在的衬底调变效应的影响,特别是 N 沟器件,由于衬底电位固定在 V_- 上,因此 V_A 的变化相当于 V_{BS} 发生的变化,就会使 R_{on} 变化。因此,在设计模拟开关时,必须采取特殊的电路结构,以消除衬底调变效应的影响,这在设计时已作了周密考虑,这里就不作详细介绍了。

由 CMOS 集成工艺制成的模拟开关,与理想开关的差异在于接通时存在一个导通电阻 R_{on} ,在断开时存在一个截止电阻 R_{off} , R_{on} 和 R_{off} 都是有限值,但这对于一般的应用而言已是足够的。采用不同的设计和制造工艺,可以获得所需的 R_{on} 数值范围。此外模拟开关的其他参数如电源电压、模拟电压范围以及开关速度等也可以通过电路设计和制造工艺的改进

来满足不同的需要。

(2)多路转换器

模拟开关可以接不同的用途和结构,组合成单刀单掷、单刀多掷、m刀n掷或者n选1等开关。多路转换器从其工作特点来看,大多是n选1方式的结构,例为四选1,八选1,十六选1等。而控制选择某一路通的方法大多采用地址译码的方法,选择器实际上是一个地址译码器。例如一个八选1多路转换器可以用3位二进制地址码来控制,从八个通道中选择某一个通道接通。

一个n选1的多路转换器一般由三个组成。

1)电平转换器,用来将来自选择地址信号电平和禁止端INH(亦有用允许端EN表示)的信号电平转换为适合于控制开类的电平;

2)地址译码器,用来在n通道中选择一个通道或者从禁止信号中确定这一转换器是被选中,否则全部通道关断;

3)多路模拟开关,它是由n个双向开关组成的一个开关阵列。

由于每一个多路转换器都有一个禁止端,因此可以将多个转换器加以组合,通过对INH₁, INH₂……INH_j译码,构成由j个n选1转换器组成的jn选1多路转换器,扩展了通道。

3.模拟乘/除法器

在电子信号处理中,有时需要对两个或两个以上信号相乘,进行乘法运算;或两个以上信号相除,进行除法运算,能完成乘法或除法运算功能的电子部件其输入和输出有如下关系:

$$Y = X_1 \cdot X_2 \quad (\text{相乘})$$

$$Y = X_1 / X_2 \quad (\text{相除})$$

式中,X₁,X₂是两个输入信号,Y是输出信号。

在集成电路中,能完成上述功能的就是模拟乘/除法器,一般将这两个功能结合在一个单片中,构成乘/除器。

模拟乘/除法器的符号可用图8来表示:

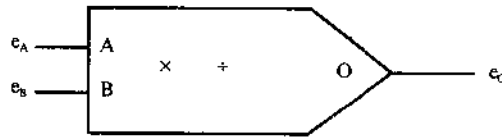


图8 乘/除法器符号

图中,A、B为输入端,O为输出端;e_A、e_B为输入信号,e_O为输出信号。以乘法运算为例:

$$e_A = E_A \cos \omega_o t$$

$$e_B = E_B \cos \omega_n t$$

$$\text{则: } e_O = e_A \cdot e_B = E_A E_B \cos \omega_o t \cos \omega_n t = \frac{1}{2} E_A E_B [\cos(\omega_o + \omega_n) t + \cos(\omega_o - \omega_n t)]$$