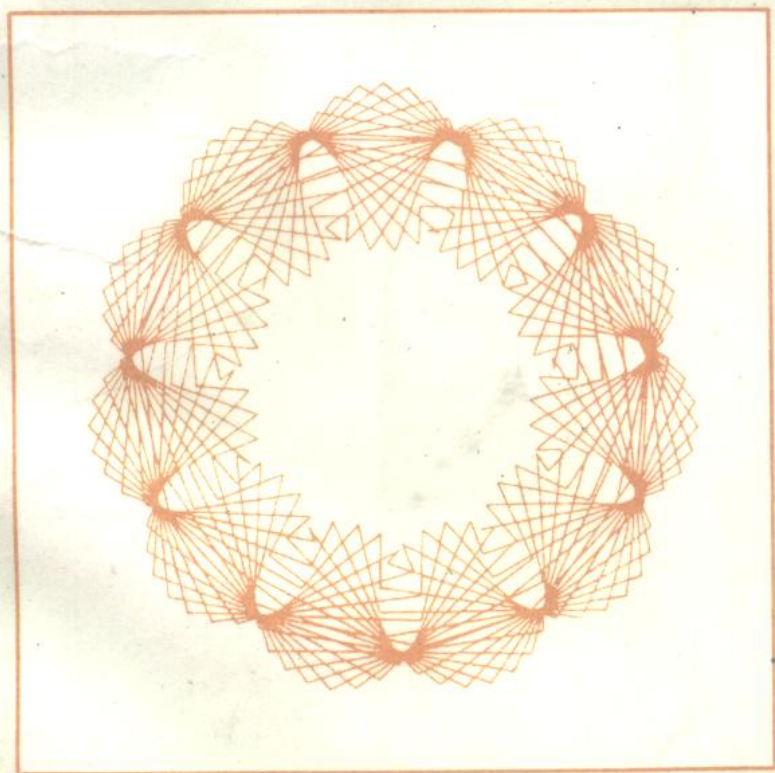


CAD—PSPICE—微机(PC)

电子电路计算机 辅助分析与设计

李本俊 刘选忠 宋俊德 辛德禄 编著



电子工业出版社

73.8/237
251

电子电路计算机 辅助分析与设计

李本俊 刘选忠 编著
宋俊德 辛德禄

电子工业出版社

(京)新登字 055 号

0457/22

内容提要

本书介绍了电子电路计算机辅助分析与设计(CAA/CAD)的基本知识、基本理论和基本方法,以及实用软件 PSPICE 的程序结构、算法原理和分析过程。详细介绍了 PSPICE 软件的安装和使用,提示易出现的问题及解决办法,并给出了典型电路的应用实例。本书既是入门教材,又是实用手册,可供大专院校师生和从事电路设计分析的技术人员阅读。

电子电路计算机辅助分析与设计

李本俊 刘选忠 编著
宋俊德 辛德禄
责任编辑 杜振民

*

电子工业出版社出版(北京万寿路)
电子工业出版社发行 各地新华书店经售
电子工业出版社计算机排版室排版
北京顺义李史山胶印厂印刷

*

开本:850×1168 毫米 1/32 印张:11.875 字数:307千字

1992年8月第1版 1992年8月第1次印刷

印数:6000册 定价:9.00元

ISBN7-5053-1749-0/TP·396

前 言

计算机辅助设计(CAD)的应用领域非常广泛,发展十分迅速。近年来,各种 CAD 软件不断推出,具有很强的功能,充分体现了 CAD 直观简捷,高效准确,以及对设计参数变化快速反应能力等一系列优势,已成为设计人员的得力工具。在电子电路 CAD 领域,开发了如 ASCAP、SSCAP、SPICE 和 PSPICE 等电路模拟程序,目前公认最好的软件是 SPICE 和 PSPICE。在此基础上,国内外均已开发出一些专用的电子电路 CAD 软件。特别是 PSPICE 软件可在 PC 机上运行,对电路模拟分析的精度比较高,使设计人员不必先搭焊实际电路,而直接进入用计算机模拟分析的阶段,这在设计上是一个飞跃。正因为如此,越来越多的电路工程师希望学习和运用这一方法,也迫切需要有关介绍 CAD 的书籍。

作者多年从事 CAD 的教学和科研活动,并举办过多次电路 CAD 的培训班。在此基础上编写了本书,其中第一、二章介绍电路 CAD 的发展和电路分析程序的结构和编译过程(由宋俊德教授编写);第三章至第七章介绍电路 CAD 的基本原理,包括线性 and 非线性网络分析方法,电路元器件模型,最优化设计等(由李本俊副教授编写);第八章至第十二章介绍 PSPICE 软件的安装、使用和练习(第九、十章由辛德禄教授编写,第八、十一、十二章由刘选忠同志编写)。全书由辛德禄教授统稿审阅。

本书既是入门读物,又是实用手册。书中给出的十一个典型应用练习(第十三章),供读者参考。本书适合于大专院校师生和从事电路分析设计的技术人员阅读。

受作者水平所限,书中会有不妥之处,敬请读者指正。

作者

1992 年 3 月于北京邮电学院

目 录

| | | |
|------------|-------------------------------|-------|
| 第一章 | 绪论 | (1) |
| (一) | VLSI/ULSI 技术的发展与 CAD 技术 | (3) |
| (二) | 电路模拟程序 SPICE(含 PSPICE) | (11) |
| 第二章 | 电路模拟程序的结构与编译过程 | (20) |
| (一) | 电路分析程序 SPICE 的组成及结构 | (20) |
| (二) | SPICE 程序的编译过程和数据结构 | (24) |
| 第三章 | 线性网络的稳态分析 | (31) |
| (一) | 电路方程 | (31) |
| (二) | 节点分析法 | (37) |
| (三) | 改进节点法 | (43) |
| (四) | 线性代数方程组解法概述 | (48) |
| 第四章 | 电路元器件模型 | (58) |
| (一) | 二极管与双极型晶体管的数学模型 | (58) |
| (二) | 场效应晶体管的数学模型 | (67) |
| (三) | 运算放大器的宏模型 | (73) |
| 第五章 | 非线性网络分析方法 | (81) |
| (一) | 非线性电阻性网络的分析 | (81) |
| (二) | 非线性动态网络的瞬态分析 | (94) |
| 第六章 | 灵敏度分析 | (110) |
| (一) | 灵敏度的定义和计算方法..... | (110) |
| (二) | 增量网络法..... | (111) |
| (三) | 伴随网络法..... | (117) |
| 第七章 | 电子线路的最优化设计概念 | (125) |
| (一) | 电路的最优化设计及其数学描述..... | (125) |

| | | |
|-------------|---------------------------|--------------|
| (二) | 最优化基本原理 | (128) |
| (三) | 一维搜索 | (130) |
| 第八章 | PSPICE 程序 | (133) |
| (一) | 安装 | (134) |
| (二) | 快速参考(在线帮助) | (136) |
| (三) | 用户文件描述 | (141) |
| (四) | 运行 PSPICE | (144) |
| 第九章 | PSPICE 中的器件模型及模型参数 | (158) |
| (一) | PSPICE 中元器件的名称及类型 | (158) |
| (二) | 无源器件的模型及其模型参数 | (161) |
| (三) | 半导体器件的模型及其模型参数 | (164) |
| 第十章 | PSPICE 中的语句分析 | (191) |
| (一) | 各种元器件的描述语句 | (192) |
| (二) | PSPICE 中用于电路分析的语句 | (212) |
| (三) | PSPICE 中的控制语句 | (221) |
| (四) | PSPICE 中的注释语句 | (237) |
| 第十一章 | PROBE 程序 | (239) |
| (一) | 设备文件的建立 | (239) |
| (二) | 运行 PROBE | (242) |
| (三) | 其它应用举例 | (254) |
| 第十二章 | PARTS 程序 | (260) |
| (一) | PARTS 程序的运行 | (260) |
| (二) | 二极管模型参数的计算 | (265) |
| (三) | 双极型晶体管模型参数的计算 | (274) |
| (四) | 场效应晶体管模型参数的计算 | (293) |
| (五) | 功率 MOS 场效应晶体管模型参数的计算 | (311) |
| (六) | 运算放大器实际模型参数的计算 | (323) |
| (七) | 电压比较器宏模型参数的计算 | (329) |
| 第十三章 | PSPICE 应用练习 | (336) |

| | | |
|-------|-------------------------|-------|
| 练习 1 | 所有命令说明——差分放大器 | (336) |
| 练习 2 | 砷化镓 MOS 器件测试电路 | (340) |
| 练习 3 | 传输线反向器特性测试 | (342) |
| 练习 4 | 磁性材料 B-H 曲线测试电路 | (343) |
| 练习 5 | 砷化镓缓冲驱动器电路 | (345) |
| 练习 6 | NMOS 运算放大器 | (347) |
| 练习 7 | 高速 CMOS 运算放大器电路 | (351) |
| 练习 8 | 均衡放大器电路 | (354) |
| 练习 9 | 开关电源电路 | (357) |
| 练习 10 | ECLNOR 电路 | (361) |
| 练习 11 | 数字电路——一位与非门二进制加法器 | (368) |

第一章 绪 论

90年代进入了以超大规模和甚大规模集成(VLSI/ULSI)电路为主导的微电子技术时代,加之以计算机技术为核心的信息技术,掀起了一场新的世界工业革命。

现在,人类已经掌握了在一个几平方厘米大小的芯片上制造几千万个甚至上亿个晶体管的技术。人们已认识到要设计这样的集成电路和系统必须采用计算机辅助设计(Computer Aided Design 其缩写为CAD)技术。因此,CAD技术成为设计集成电路与系统最关键的技术。

集成电路按其功能分为数字集成电路和模拟集成电路。当前,从数量和品种上看仍以数字集成电路为主,但由于人们要处理的信号绝大多数是模拟信号(如声音、图像、自然界各种物理变量),因此模拟集成电路,特别是大规模/超大规模集成(Large Scale Integration/Very Large Scale Integration 其缩写为LSI/VLSI)的模拟集成电路的重要性越来越被人们所认识。科学家预料将来模拟集成电路的发展速度可能要赶上,甚至超过数字集成电路。用于模拟集成电路的CAD技术,所涉及的范围是十分广泛的,主要为:电路模拟分析与设计;模拟电路版图生成和验证等。近20年来,用于模拟集成电路设计与分析的CAD的系统软件层出不穷。但是就用于电子电路,特别是模拟电路分析与设计的软件包来说,应用最广,影响最大,功能最全的要算SPICE(Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis)了。由于SPICE程序很大,计算量大而精度又要求高,因此,过去一直运行在中、小型计算机或功能较强的工

工作站上。人们早就期望能有一个可工作在微型计算机上的 SPICE。经过几年努力,工作在微型计算机上的 SPICE 诞生了,它被称为 PSPICE(Personal-SPICE)。由于微机数量大而应用 SPICE 的人又多,所以 PSPICE 得到了极为广泛的应用。我们知道,SPICE 在开发时主要目的是作集成电路设计和分析用的。现在它的用途早已超过了这个范围。很多电路与系统设计工作者常用它模拟和验证自己的电路设计。据统计,当前世界上工作在电路与系统的设计工程技术人员约是集成电路设计人员的 30 倍左右。这些电路与系统设计人员所在单位往往没有大型 CAD 工具及其良好的硬件环境,因此在这个领域内对 PSPICE 的需求就十分迫切了。

我国现在已有相当数量的 PSPICE 程序包在运行,但至今尚无介绍如何使用 PSPICE 程序的书,这正是我们编写这本书的原因。

这本书的主要内容是:

——对 CAD 技术作一个简要介绍,介绍有关 CAD 系统的组成以及在电子领域的应用。说明 SPICE(含 PSPICE)在 CAD 技术中的地位以及将来的发展。使读者对包含 SPICE 在内的 CAD 系统有一个全面认识。

——对电子电路计算机辅助分析与设计的基本理论和基本方法作一简要介绍。使读者对使用 PSPICE 程序过程中遇到的一些问题具备基本的分析能力。对该程序的结构、算法原理、分析过程有一个基本的了解,也就是说不仅要学会怎样使用 PSPICE,还能懂得为什么这样做。

——本书又是一本由浅入深、容易掌握的 PSPICE 使用说明书。在书中我们给读者一些运行的实例,并提示读者在使用中易出现的问题,尽量多地告诉读者对这些问题的解决办法。

(一)VLSI/ULSI 技术的发展与 CAD 技术

1. VLSI/ULSI 数字和模拟集成电路的发展

近 20 年来半导体集成电路的集成度正以略低于莫尔(Moore)定律所预见的速度继续增长。差不多每隔一年到两年,集成度会翻一番(芯片密度每年平均增长 40%左右)。图 1-1 给出了以随机存取存储器(Random Access Memory 其缩写为 RAM)和微处理器(Central Processor Unit 其缩写为 CPU)为代表的集成电路的集成度发展趋势。

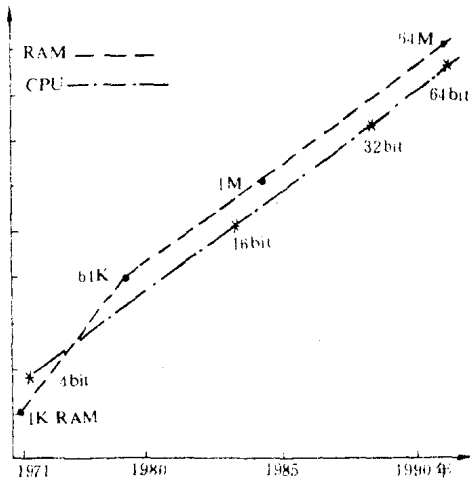


图 1-1 RAM 和 CPU 集成度发展趋势

人们习惯上把随机存储器(RAM)和微处理器(CPU)的集成度作为衡量一个国家 VLSI 技术发展的水平。1970 年科学家用金属-氧化物-半导体(Metal-Oxide-Semiconductor 缩写为 MOS)工艺作出了第一块 1K 位的 RAM,使集成电路由小规模(Small Scale Integration 其缩写为 SSI)、中规模(Medium Scale Integration 其缩写为

MSI,集成度高于 100 小于 1000 晶体管)进入到大规模集成电路(LSI,集成度高于 1000 小于 10000)。1977 年美国在不到 30mm² 的半导体芯片上集成了 13 万个晶体管,作出了第一块 64 千(K)位的静态存储器(Static RAM—SRAM)芯片,这就是超大规模集成电路的诞生。以后 128K, 256K, 512K 的动态存储器(Dynamic RAM—DRAM)及 SRAM 不断被研制成功并批量生产。人们把这个时期叫做“K(千位)”时代。1985 年人们研制出了 1 兆(M)位的 SRAM,表示半导体集成电路进入了“M(兆位)”时代。到 1990 年,美、日、德先后宣布他们已研制出 64M 位的随机存取存储器,预计到 2000 年可以作出 1 千兆(G)位的 DRAM。当然,人们现在还没有来得及讨论是否把它叫做“G(亿位)”时代。与此同时微处理器 CPU 也从 1971 年 4 位芯片发展到 1990 年的 64 位芯片(64 位芯片目前仍属研究阶段)。

前面讨论的 CPU 和 RAM 均属数字集成电路范畴。随着科学技术的发展,对模拟集成电路(含专用模拟集成电路)的需求量大增长。应该指出,模拟电路(含模拟专用集成电路 Application Specific Integratil Circuit ASIC)的性能和电参数要比数字电路严格。例如许多模拟 ASIC 对增益、抗噪声、频带特性、动态范围和功耗有特殊要求,有的对寄生电容和电阻也有严格限制,因此设计和制造工艺都较数字电路复杂。只有在工艺和设计水平相当高的今天,这些要求才有可能得到满足。所以,有人提出模拟电路的集成度的计算方法应与数字电路不同,一般可把模拟电路实际含有晶体管数乘以 100 或更大的数作为它的集成度。

前面介绍的模拟集成电路是指对模拟量(如温度、电压和电流、声音、图像等连续变化的量)进行放大、运算和功能变换的集成电路。目前发展较成熟的,应用较广泛的有以下几种:运算放大器、专用运算放大器、高频线性放大器、非线性放大器、滤波器和调制解调器等。现在一些先进工业国家掀起的一股 3A(办公室自动化、工厂自动化和家庭自动化)热潮,以及各种现代化军事技术装备

(例如,作为导弹自动驾驶装置专用集成电路等)和民用消费类产品(如照像机、洗衣机电路等),使品种繁多的模拟电路有了用武之地,从而促进模拟 ASIC 的发展和市场的扩大。

发展模拟电路的关键问题是设计自动化,这是因为模拟电路复杂,要求严格,品种繁多,每开发一个新产品,就要设计一套新版图,要花费一定的研制费用,有时设计周期相当长。为解决这个矛盾,提高产品性能价格比,广泛采用集成电路 CAD 的工具,并朝完全设计自动化方向努力。

当前,在集成电路制造中广泛使用的两种工艺是:MOS 和双极工艺。在考虑以何种工艺作为模拟专用集成电路设计的基础时,涉及多种因素。从集成度来看,显然 MOS 工艺比双极工艺要好,这是 MOS 数字电路集成度容易作得高的原因。另外,数字集成电路近年来广泛使用互补 MOS(Complementary MOS—CMOS)工艺,因为这种工艺制作的电路功耗低、抗噪声能力强和具有较好的电气性能。所以为了便于将数字和模拟电路组合在一块公共芯片上,最好用 CMOS 工艺制作模拟 ASIC。当前越来越多的模拟、数字混合电路芯片相继问世,均采用 CMOS 工艺。由于 CMOS 工艺的芯片集成密度可以做得高,以及利用开关电容技术还能够实现精密复杂的滤波器集成化,所以虽然 CMOS 模拟集成电路是比较新的,但发展极为迅速。表 1-1 给出了 CMOS 模拟电路(CMOS 运算放大器和开关电容滤波器)的基本性能。

设计集成电路的模式很多,一般分为用户全定制电路和用户半定制电路模式。用户全定制电路是指:生产厂家按照用户的要求,从最基本电路设计起,充分利用设计者本人及前人之经验,并有计算机辅助,力求作到芯片面积最小,工作速度快,功耗小,而各项电气性能和功能要符合用户定制时的要求。显然这种方法设计周期长,成本高。近 10 年来发展很快的则是用户半定制电路:它是一种既可满足用户“定作”的要求,又能作到设计周期短,成本低的方法。该种设计方法与用户全定制不同,它把设计和生产某些

部分在用户定货之前就“预先加工”和“预先设计”好,供用户选用。如设计数字电路的门阵列法(近几年也有人用它设计模拟电路),先设计出一系列母片供用户选用,用户的任务是在这些母片上完成电路安排和连线形成自己所要求的电路。另一种叫作标准单元法,它是在用户定作之前把一些基本单元电路和它们的版图设计好并存放在计算机中,此后再按照用户的要求选用,并最后由专门软件包帮助用户作好版图安排和连线,达到预定的各项要求。显然这两种方法并非全部由用户确定,而是厂家预先确定一半,用户决定另一部分,故得名用户半定制电路。当然最好是能综合使用全定制和半定制电路这两种模式,这样可以吸收二者的优点于一个芯片上,这就是近来发展并已应用的综合设计方法(Integrated Design Method IDM)。

表 1-1 典型 CMOS 模拟电路

| | |
|---------|---|
| 运算放大器特性 | 开环增益 10000 左右 建立时间 2 μ s 输入失调 3mV 输入参考噪声 5mV/Hz 单位增益带宽 1.2MHz 电源抑制 40dB 电源电流: 工作状态 0.7mA 截止状态 0.1mA 负荷: 电阻性 10k Ω 电容性 300pF |
| 开关电容滤波器 | 精度: $\pm 0.5\%$ 左右 频率范围: 100~200kHz |

综合设计方法可由一个 CAD 系统支持,用户能够利用四种方法,即晶体管级、宏单元、预先设计的模块和标准单元等进行综合设计。每种设计方法在性能、制造成本和设计周期等方面各有千秋。IDM 的最大特点是允许设计者在一块芯片上混合或综合使用不同的设计模式,这样就为设计者提供很大的灵活性,能够根据具体情况选用最佳设计方法,以便满足最关键的要求。例如在集成芯

片的一部分面积内可以使用优化的晶体管级设计或全定制设计,以满足特殊的性能要求;而在芯片的基本部分,则利用标准单元或预设计的模块或宏单元等方法进行设计。这由研究时间、成本和硅面积利用率来决定。预设计的模块在电性能上等效于标准单元,但其版图不受自动通道布线器的接口的限制。所以比标准单元更为有效,其面积利用率提高约 25%,而比晶体管级设计方法,版图的设计速度提高 4~5 倍,但芯片面积增加 20%。

由于 IDM 方法具有综合和混合使用各种设计方法的能力,这个特点使设计者能够综合权衡研制周期、性能和生产成本诸因素,使之处于最佳状态之中。

应该指出,模拟集成电路(含模拟 ASIC)的集成密度提高也很快,用阵列法已作出两万个晶体管的芯片,用标准单元法则作出 4 万个晶体管的电路,而用 IDM 方法,由于它的综合性特点集成度高达 4 万~8 万个晶体管以上。它的集成度如果乘以系数 100,也是一个规模相当可观的集成电路了。

设计技术和 VLSI 工艺技术的进步使系统的概念将进入集成领域。因此专用集成电路(ASIC)将发展为专用集成系统(ASIS)。

在一个 ASIS 芯片上往往既有数字信号处理器、专用的存储器 RAM 和 ROM,也有模拟电路,以及采集数据的传感器、高驱动能力的功率器件等等。再进一步还可以把软件及优化算法固化在它的芯片上,从而得到一个智能化的芯片。为实现 ASIS 芯片,还有许多工作要做,例如进一步发展制造数字和模拟集成电路的兼容工艺(如 BIMOS 工艺),发展为 ASIS 服务的 CAD 技术等。

2. CAD 技术的发展

前面我们已经多次使用了 CAD 这个词了,但究竟什么是 CAD 技术呢?

随着科学技术的飞速发展,很多产品和工程设计的复杂程度加大(如一块超大规模半导体芯片可集成几十万晶体管以上),

单靠人力已无法设计。为此,设计者需借助于计算机的帮助从事设计工作,于是一门新兴的学科——计算机辅助设计(CAD)便脱颖而出,成为数字计算机在工程技术领域里应用的主要方面,它使计算机的快速而准确的处理能力和设计者的创造力、判断力结合起来,从而加快设计进程,提高产品质量,因而具有显著的经济效益和广阔的发展前途。

CAD的内容十分广泛。如前所述,它是指设计人员借助于CAD工具作各种设计。虽然至今尚无确切的定义,但它的含意是很清楚的,即计算机帮助人作分析和计算而不是全部代替人。CAD技术的出现至今只有40年左右的历史,但是无论其发展速度和已达到的水平,却是其它技术所不能比拟的。最近20年CAD技术已发展到相当成熟的地步,并以商品形式进入市场。它已成为工程计算、分析、模拟等工作中不可缺少的重要手段。

CAD技术的发展大体上经过如下三个阶段:

① 早期以研究图形系统为主。

② 自60年代末期至70年代中期可称为CAD技术的成熟阶段。计算机硬件设备发展比较快,使得CAD系统进入商品化阶段,并出现了很多专门开发的CAD系统。这些系统的应用领域主要集中在电子工业,如电路模拟、印制板的布局、布线和集成电路的版图设计等。

③ 70年代后期至今是CAD高速发展的阶段。随着计算机技术的飞速发展,特别是超大规模集成电路的出现,使得计算机价格大幅度下降。由于微处理器的广泛应用,智能化的图形终端、彩色光栅扫描图形终端、大容量的磁盘、高性能的数字化仪和图形输入板等外围设备的出现,加上各类绘图软件的配合,使得CAD系统得以高速发展。不少公司专门生产CAD专用系统。与此同时,微机和超微型机的出现,微机CAD系统又成为当前一个重要发展方向。CAD技术应用已进入电子、建筑、机械、化工、汽车等各个领域,并继续向其它领域发展。

用于电子工业的 CAD 技术主要包括：

- ① 模拟技术(工艺、器件、电路和系统的分析与模拟)；
- ② 版图设计与生成用的软件；
- ③ 验证软件。

本书讨论的重点是用于电子电路的计算机辅助设计与分析(CAD/CAA)技术(CAA 为 Computer Aided Analysis 的缩写),人们常把电路的 CAD 技术简称为电路模拟。现在这一技术在LSI/ULSI电路与系统的设计和应用中占很重要的地位。当前不少电路和系统的设计人员已广泛采用了这种模拟技术,在方案确定之前,并不采用实际搭焊电路的方法,而预先用 CAD 和 CAA(计算机辅助分析)软件模拟设计的各种电气性能,用以证明设计是否正确。在逆向设计中则采用它来验证已有电路的解剖结果是否正确。在电路优化设计中也要用到它。

例如用 PSPICE 模拟各种电路的不同特性,无需任何物理元件。模拟用的程序取代了仪器和仪表,使设计效率提高,周期缩短。对电路的分析计算可以根据要求采用精确的元器件模型,使设计准确合理,有时可达到用实验测试所得不到的高精度。通过容差分析和最坏情况分析还可大大提高产品的合格率和可靠性;节省了原材料和人力。

在电路设计方面,当前数字逻辑电路占的比例较大,因此工作站多数是为数字电路设计用的。模拟电路和数字电路相比无论在工艺或设计方法上都存在很大不同。模拟电路难度大一些。直到最近,有了高速微处理器、廉价的存储器和高分辨率的图形显示器后,国际上才推出了新一代模拟电路工作站。最著名的是美国 ADT 公司的 Analog Workbench,它以 SPICE 通用电路分析程序为基础,加入了多种功能模块,成为一种包括各种分析、设计工具的,允许仿真整个设计的模拟电路设计系统。该系统软件可在多种工作站上运行,不同厂家生产的工作站有 SUN、GPX、HP、APOLLC 等。

3. CAD 技术的必要性

我们知道传统电路设计方法是用笔和纸估算和搭焊电路的方法;即设计人员根据要求,参考有关资料,凭借已有经验,初步确定电路方案;然后采用简化的电路及元器件模型,根据已知的参数采用数学解析法进行估算(当然也可采用计算器等),由分析结果检验设计的正确性。再到实验室搭实验电路板作电特性测试,通过调试直到设计电路满足设计指标为止。若不符合要求,则需修改元件参数,反复凑试,甚至全部重新修改电路方案。这种传统的设计方法,对一般较简单的电路和小型电子设备还是有效的,在我国目前不少单位仍采用。但它却存在不可克服的缺点:首先,电路的分析主要靠手工估算,就必须对元器件的等效电路和模型作近似和简化,忽略寄生参量的影响,这就使计算结果与实际性能往往相差很远;其次,传统的设计方法不能进行容差分析和最坏情况分析,无法估计元器件的容差范围,以保证产品合格率;不能模拟某些破坏性故障,无法确保产品的可靠性;此外,这种方法也不能对集成电路的内部寄生参量进行准确模拟。显然,该方法设计效率低,周期长,精度差,不能适应日新月异的电子产品设计的要求。

随着电子工业的迅速发展,尤其是集成电路的规模愈来愈大,集成度愈来愈高,已不可能用数学解析法对电路进行人工计算,很难用搭实验电路板进行实验,传统的设计方法正在被逐渐淘汰,CAD 技术以它快速的运算能力和人工估算无法达到的精度以及大容量的存储,使它成为设计人员的得力助手,广泛用于大规模集成电路和一般电子线路与设备的设计中。近 20 年产品更新换代的周期缩短,对 CAD 的采用显得更加迫切。作为解决这一问题的的重要手段,计算机辅助电路模拟技术已被提了出来,其中 SPICE 是一个主要手段。

以上讨论的是电路的模拟问题。在 CAD 领域中,版图设计是另一个重要方面。对 SSI、MSI 电路来说,由于集成度低、版图和布