

中国电子学会线路与系统学会

第五届年会论文集

1984、西安·交通大学



电子线路与系统学会编辑

會議領導小組

主席：常 迴 沈尚賢

成員：魏鳴一 柴振明 郭梯云 陳鴻彬
金望德 閻懋生 盧國銘

論文委員會

陳鴻彬 常 迴 柴振明 方永綏 盧國銘
劉澤民 左 堦 林在旭 方 澄 李育珍

中國電子學會電子线路與系統學會委員會

主任委員：常 迴

副主任委員：柴振明 魏鳴一

委 員：（以下按姓氏筆劃順序排列）

方 澄(女)	王樹燁	左 堦	李育珍	李錦林
劉宜倫	劉澤民	沈尚賢	沈肇熙	楊龍生
陳尚勤	陳鴻彬	官知節	林在旭	陸志剛
鄭志航	郭梯云	姚庆株	顧德仁	秦治純
徐秉鐸	巢兆安	黃為倬	童志鵬	樓 格
虞厥邦				

學術秘書：方永綏 盧國銘

掛靠單位：中國科學院電子學研究所

前 言

1984年5月24日—28日,在我国历史名城西安市召开的中国电子学会电子线路与系统学会,是我国电路与系统学科领域的又一次盛会。西安交通大学受学会的委托作为这次会议的承办单位做了大量的工作。本论文集收集了这次年会上宣读的大部份论文111篇和会议交流的论文摘要41篇,涉及的内容范围包括:电路与系统理论、计算机辅助电路设计、图论、数字信号处理、非线性电路与系统、故障分析、大规模集成电路设计与应用、有源滤波器、数字滤波器、图论及其应用、自动设计、开关电容网络、分布网络等。

我国的电路与系统学科的研究工作,从二年前在无锡召开第四届年会以来,又取得了较快的进展,尤其在数字电路、有源和无源滤波器,开关电容网络、网络拓扑与图论、计算机辅助设计等分支中都有一些比较好的工作。这表明了我们电路与系统学术界对国际先进动向的关注以及正在奋起直追、欣欣向荣的好局面。

这次会议共收到应征论文258篇。由于会议规模的限制,未能满足广大论文作者都参加这次会议的要求,也还有部份有价值的论文未能列入本论文集中。这里,我们向所有本届年会应征的作者对这次会议的支持表示感谢!

学会挂靠单位中国科学院电子学研究所和本次会议承办单位西安交通大学的许多同志为编辑、出版本论文集和筹备本届年会付了辛勤的劳动,我们亦在此表示感谢!

中国电子学会电路与系统学会

1984年5月 北京

I. 專題報告

“电路与系统”学科的发展、现状与展望

陈 鸿 彬

一 概 论

现代信息技术革命是人类将自已从一部份特定的劳动中解放出来的科技革命，它是继人类以蒸汽动力革命和电力革命之后再一次新的伟大变革。百余年来，由于信息传输与处理的问题都是以电信号作为信息载体的形式出现和得到解决的，因此，弱电技术科学领域的工作者一直是信息技术的从事者与创造者。弱电技术的二个重要学科是“电路与系统”学科以及“电磁场”学科。

电路与系统学科研究载有信息的电信号在电路与系统中的传输运动规律和处理加工规律，即是研究电信号与电路系统之间发生相互作用规律。“电路”是一种系统，其中所流动着的对象是电信号。两种之间发生着信息、能量以及有物质吞吐耦合(交换)的一些局部所组成的有机整体都称为系统。这个意义下，可以将整个宇宙看成一个大的系统。改变到一个系统内部各部分之间的耦合有紧密和松散的区别，可以视相互耦合关系相对地松散加大局部分开来改变。这样，就得到了个别的小的系统。一般意义下的电路是一个相互发生着耦合的元件所组成的整体，相对地说是一个小的系统。

在系统形式的背后，存在着规范系统运动特性的一些初级基本规律，它们决定着各独立单元的局部的运动的因果动态关系。当各局部通过耦合而组成一个有机的系统时，这些统治着独立局部的因果关系就决定了系统的整体运动规律。人们要求认识这些规律从而驾驭系统的运动，使它仍服从自己的生存和发展的需要。这就是电路与系统学科产生和发展的原因。

既然在漫长的岁月中，电技术的发展自然也提供了信息传输和处理以及能量传输与转换最方便的手段，所以，自然逐步地在电技术科学开发领域中系统地形成并发展了关于电路以及其他系统的系统科学。研究电路与系统的运动规律。首先是发展了关于电路的运动规律的理论与电力学系统的运动规律的现论，然后，推广到更广泛的系统。实际上，某种意义上说，因为电系统和其他系统的一些基本规律(其中包括微/差分方程)的统一性，几乎所有系统问题都归结到以电的方式来认识、求定性解和求定量解的阶段。在应用数学领域，也平行地进行着类似相同问题的研

究工作。在若干方面，应用数学工作者更早些从事关于系统问题的研究。然而，因为电气信号的易于被人所利用，以及，用电技术的定量语言可以更明确地认识和剖析系统，所以，总的来说，多数关于系统的研究的发展工作是由从事电子技术科学的人们进行的。

在一些电路与系统问题的解决有了一定积累和逐步系统化的基础上，大约在1949年左右，在有些电路理论工作者之中开始组成了电路理论专业学会。到了1970年左右，由于器件、电路、系统和算法诸方面问题的方法界限逐步消失，电路与系统作为一个学科的概念开始形成。1970年以后到现在，从器件模型化到大系统的研究，这些形式上很不相同的问题，都成为电路与系统学科的研究对象。前之而后，电路与系统学科发展的知识积累经历了约150年的历程，而近期的加速积累，则大体经历了35年的过程。

由于上面所说的微分/差分方程的普遍刻画能力和其它一些共同基础，电路与系统学科的发展成果常之可以由许多领域所移植。例如，人们常之要研究种之系统从一个状态向另一个状态过渡的问题。一个结构既定的系统的过渡特性，可以通过改变组成此系统的各单元的参量而改变。不同参量的组合将带来不同的过渡特性。实际上存在一种客观的规律准确地刻画着过渡特性与参量间的关系（在附加一些代价条件的条件下）。人们当然应当遵从这种客观的定量规律办事。

电路与系统学科的主要方向，可以分为“电”直接有关的电路理论及其工程应用，和更概括的系统科学及其应用两个方面。前者的定量特性是比较清楚的，而后者，当别当有人这种因素介入时，研究方法的结果还不可靠。就目前的水平来说，人参与的因素较多，则理论指导的成功率较低。

就第一方面来说，到了70年代，发生很大的改变，人们称之为受到计算机和固态电子学的冲击。在60年代初期，人们关心的是线性、集中参数、有源/无源、时不变/时变的电路理论问题。到了70年代，非线性电路与算法问题诸方面的工作报导增加，同时，在本学科专业人员中出现了诸如并行处理等之这样的技术术语，开始反映了固态电子学发展和计算机大规模渗入的冲击。这个所谓冲击的中心问题是因为集成电路的发展，使得用笔和纸进行电路分析和设计变得不实际了（因为涉及元件器件的数目太多了，设计难度随之增加）。另外，要进行原型电路的实验室试制，耗资大、周期长，已经行不通了。而且，这些都无法解决元件偏差敏感度

和误差问题。为控制成本和节约时间，要求设计一次成功。这样必须用计算机来进行电路的仿真分析和设计，从而，推动了研究用集分析非线性电路的程序。这里，包含了电路表征问题（表记法和高斯消去法），联解非常大量的解非线性方程组问题（稀疏化的利用），以及集成方式的进展。逐步地，更大规模的电路分析和设计问题相继提出，一个电路上的器件愈来愈多，中央处理单元的工作时间显得过长，跟着就要求提出解诸问题的新构思和新技巧。一个方法是将大规模的问题分解成较小规模的分问题，这就带来了要据分解得到的电路子块用另外一些电路模型来替代（消去冗余）的新问题，等之。逐步地，计算机已从当时用作来进行解诸的装置，变为改变这类大规模电路的分析与合成（综合）方法的因素。

就另一方面来说，70年代以来也发生了很大的改变。原来，系统的概念易把电路作为一个系统，当扩充到电气/力学系统，也还是用同样的微分/差分方程组来表征一个有机体系，其中有时涉及到非线性问题。后来，人们遇到信息交换网络问题、能量发生耦合流动的大网络问题、有形物质在其中流动的大网络问题、以及信息和物质流交错在一起的大网络问题、等之；又遇到人与机器结合在同一网络内的问题，靠近时环节的系统问题、时间离散的系统问题、分布参数的系统问题、各种非线性因素/控制系统的系统问题、等之。因此，对系统问题的认识，一方面是日益清楚了（特别在61年以后），另一方面也感到茫然的一面，因为大系统中涉及的有些基本因果关系的定量性一时还不能确切。广义的系统已成为跨学科进行共同研究的问题。

电路与系统学科的特殊美是：它既是为了工程实际解决问题的技术学科，又是统观信息与物质传输与处理的基础学科。在后者的意义上，它常表现为比较抽象而又具体。在电路与系统学科的专业期刊上，较少出现诸如本学科总的所以发展或说明本学科新的专题进展的综述性文章。相比之下，有些其他电技术领域的专门期刊上却较多地出现这种性质的文章。但是，在综合各分学科和领域的信息技术类学科的期刊上（例如，在Proc. IEEE上），在新成果快速报告集中，关于电路与系统研究工作的快速报导却佔所有学科和领域快速报导论文之首位，这说明了本学科的特殊性。此外，本学科的发展方向，又常与若干其他领域的方向有共同的一面，这表现在这些学科有时有必要将各自的专门期刊的论文相互交叉转载。典型的例子是与自动控制学科、系统科学学科、控制论学科、以及信号处理学科等的专门期刊

的论文相互交叉转载，这说明了各学科的边缘性质。上面说过，在广义的系统的研究中，要求进行多学科的协同工作，电路与系统学科就是几个协同工作的队伍中一个。

尽管电路与系统学科已积累了许多许多严谨的、数学上非常和谐完美的概括和抽象性的进展结果，并且在不断改进其方法、手段以及适应新的发展前沿，电路与系统学科的已有成就还远未达到完整和完全系统的高度，甚至有时还要回顾到早期的基础工作，并给它们予以新的生命力，或者在这些经典的结果中发掘新的变化形式，予以新的应用。所以，摆在从事电路与系统学科研究的人的面前任务是：既要开发新的边缘，又要重新发掘故地中的宝藏；既要解决各种新的生产和应用问题提出来的挑战，又要系统地完善地掌握基础规律；既要对具体的从工业中来的电路和系统问题求得可行的定量计算方法，也要向这只能求得定性解的种之电路和系统问题的领域进军。

二. 沿革和现状

电路与系统学科的早期工作，是研究由线性、无源、互易、时不变的电元件组成的系统(网络、电路)的运动规律。从应用角度讲，最初是为了解决频率调制系统通信而促进了这一工作，所以，不妨可以称之为频域滤波器理论。这些工作主要奠基於30年代或更早。40年代以后，滤波器合成(综合)理论中的实现理论和逼近理论逐步趋于完整。由於第二次世界大战，在四十年代开展了与随机干扰体斗争的信号处理电路的理论与应用工作，出现了匹配滤波器理论(North, 1943)和最小均方误差估计滤波器理论(Wiener, 1949年公开, 以及 Kolmogorov, 1941), 从此, 由线性、无源、互易、时不变电元件组成的系统(网络、电路)的研究, 分别沿着不同的方向而发展, 为各种多路制通信服务, 和为信号检测、过虑与估计服务。在这个时期, 过虑器或估计器的概念被限制在固有线性或、容元件和无源性的电阻元件组成这样的思想框之内, 过虑器的频域特性、传递函数为物理可实现的有理分式。事实上, 信号处理(检测、过虑、估计)的方法依据将含有有用信息的全部过去信号数据, 通过取合理的加权求和(线性综合)来最优地在干扰背景中提取需要的信号。因此, 过虑器中的基本积分单元应该是提供理想延迟的单元。但在当时, 延迟加权积分的功能却是借用电路中的惯性元件(电感或电容)配置在有限自由度的物理可实现网

价中时所具有的一切记忆性能未能实现的。幸好，当信号具有相关性而干扰则自相关性个别都是由物理可实现的有理分式系统所造成时，上述滤波器的记忆-加权积分特性却恰好符合最优化处理信号的要求。这时起，人们开始模糊地意识到，滤波器的构成，除了要用R、L、C元件之外，理想延时单元或其他存储机理也是基本组成元素。上述二种过滤波器(滤波机)的理论，都是谨严的数学结果。数学上谨严性、完美性一直是这些理论在它的发展中的缺点。因此，在50年代及稍后些时期，它仍曾经相当一部分攻读电气工程的研究生吸引到这个学科方面来。这造成了今天有一批强有力的电路与系统学者。50年代 Tellegen 定理的工作(1952)，它在后来计算机深入浅出地进入电路与系统理论问题时，显示了它的威力。到了1960—1961年间，出现了利用状态空间方法的估值和过滤波器构造(Kalman, Bucy)，使人们对系统或信号的概念产生极大的深化。这以前人们对线性系统的认识比较集中在研究它的传递函数上，集中注意力于一个输入和一个输出的响应关系上；人们将系统看成对外只有一个输入口和一个输出口的黑匣，而Kalman的工作，使人们对线性系统的认识，开始上升到对之内观(洞察)的高度。当估值的误差优化准则是最小均方差时，Kalman的结果与Wiener的结果是一样的，於是，关于最优化的概念就初步真正地形成。Kalman工作的出现，与数字计算机的到来直接有关。这就是用时间离散系统来处理信号，来处理在干扰背景中的随机信号。此时，过滤波器中的延时单元，开始了利用数字计算机中的存储器以定时存取的形式来实现的年代。这是一个很大的变革，它使得由差分方程描述的系统或过程可以用有周期节拍的时间离散系统来实现。还应该指出，状态空间的方法还使非线性问题、时变问题以及非平稳随机过程的处理问题，都能得到解决。计算机、时间离散系统又给人们带来了一整套的数字信号处理—数字滤波机的概念、方法和理论。到现在，人们已经通过时间离散系统，用横向往滤波机的概念或滑动平均机的概念，跳出了许多对过滤波器所物理可实现性的约束。Wiener的最小均方差准则所含蓄的思想，加上数字计算机的解译/学习能力，又带来了种自适应系统。这也是一个非常重要的质的前进：信号处理系统已经依功能全面化的系统。由於事物的因果时序是不可能倒逆的，所以，历来认为，激励一个被动系统所得到的总响应理应在激励完全过去之后才能消失。但是对逐滤波器来说，当它受与它对应的信号激励时，响应将在激励起始时就发生并且立即完成，似乎信号的尾部造成的响应在时间上被向前推了，这

似乎是违背因果时序律的。因此，在50年代上半期人们对逆卢波口曾争论不休。现在，人们已清楚这个问题中并无争论。事实上，各种逆卢波口或旁侧卢波口已用非线性研究和地震信号反卷积处理等场合。在60年代前后，随着各种新元件的出现，电路理论的对象就逐步发展成为包含有非线性的、有源的、非互易的、时变的和多端口的元件的电路系统。须指出的是前面说过，70年代起，随着大规模集成电路工艺的进展，使得电路只能求助于计算机来进行仿真分析和设计，以及进行自动布线设计和逻辑最小化设计，根本改变了对这类电路的分析和设计的方法，这是一套新的方法及其相应的理论。由于计算机对今日的所有生产领域的渗透和重要性，而大规模集成电路使计算机结构发生根本的改革，同时，各种通信装置要求集成化，所以，大规模集成电路的计算机辅助分析和设计十分重视，形成了热潮。当然，象频域卢波口合成的热潮一样，这个热潮也会过去，但是目前来说，还有许多工作要做。在过去二十年中，理论一直在不断地发展，由于某些应用价值到了最近15年，有了蓬勃的新发展，理论可以应用于种各系统的模型化。除了用在电路分析外，通信网、计算机网、电信交换控制系统、布网设计、故障诊断、等也都利用理论的方法。在频域卢波口的革新方面，70年代有很大的进展。由于用无源电抗组成的卢波口有许多缺点，70年代中期起开关系系统引起了极大的注意。开始，人们发现，线性模拟系统在周期开关系作用下的线性周期时变特性在性质上是某种理想时不变线性系统最接近的同类，向线性时不变系统引入周期开关系将生成一种新的灵活的线性时不变系统。其中，开关系电容可以等效于一个电阻。而由于集成电路工艺上的电阻有非线性的缺点，又值同面积过大，同时它的热稳定性不能作到与同一芯片上集成工艺电容相配合和保持时间常数不变，所以集成的有源一阻容卢波口是较难实现的。上述各点，加上正好开关系电容卢波口就显得十分醒目。目前，认识开关系电容卢波口的原理性质的阶段已经过去，剩下的工作是要解决一些实际问题。开关系电容系统的兴起，是近年来的一个特色。

70年代兴起了电路与系统为一整体的学科。对种各内部发生着信息流、能量流、有形物质流交换流动关系的动态特性进行研究，将有助于人们科学地认识这些系统的运动规律来预测其将来，也有助于指导人们正确调整容量以及改变系统的结构以使得系统的运动特性符合人们的需要。人们关心的系统是它的稳定性、运动轨迹的约束界限、状态变化的速度、如何控制其动态特性以及得到规定的动态时

性的代价, 等²。由于涉及的环节类型可以非常多, 对于各种环节的基本运动特性的认识现在还不完全, 这种大而广义的系统问题, 目前还不是任何单一学科所能完全认识和解决的。有人将理论所各个有关的专门学科对于大系统问题的研究工作喻为许多瞎子分别在摸象: 不同瞎子站在不同地位, 摸出来的象的概念都是十分片面的。这个譬喻是很恰当的。因此, 广义的大系统问题, 只能由多学科的人们来协同研究。电路与系统的人们自然具备了参与协同摸象的条件, 因为他们具有许多摸象的方法工具。模型化方法、图论方法、非线性问题方法、稳定性问题方法、状态空间的分析方法、随机变参问题方法、随机干扰问题、最优化理论、系统分解和稀疏技巧、估值和预测方法、自适应系统、……等²研究系统用的工具, 都是电路与系统工作者本身的专业工具。从系统/人/控制论学科来说, 他们感兴趣的系统是系统学科、优化问题、仿真、模型化、控制论(人-机系统)、模式识别、自适应学习系统和生物控制论问题。以上种², 这些专门领域的工具可以用来建立系统内部不同性质的环节之间的接口关系, 例如在生物与环节与优生存环节之间、社会经济与环节与资源环境环节之间, 等²。当涉及的环节表征只能定性而非定量时, 有关的系统问题的解答也只能是定性的。针对建立定量关系的困难, 形成了结构模型方法论。结构模型当然也用有向图表示, 但是节点之间的连线含义是定性的, 它们只用几何形式描述节点量之间的“结构”关系, (谁影响谁, 影响的性质为何), 因此有人说, 人们现在的工作是为了产生新的方法以及检验和改进上述各种已有的定量方法和理论的可应用性。当然象“结构模型”这样非常定性的情况是一种特例, 在许多的场合人们总是力图作定量的研究。例如, 对系统的稳定性问题, 整个地还只能是一个定性的问题, 但如果此系统不是中央集中控制的, 而是可分块, 人们先进行分块, 先分别逐块地取得定量性质, 然后再将各块耦合起来, 检查其稳定性。关于可分系统稳定性问题, 人们已作了一些方法的修正、推广和一般化工作, 使得一些方法可以通同时利于研究的形式。例如里阿普诺夫函数方法可以修正成为可应用到离散时间离散系统的形式, 可以统一(予以一般化)成为伊藤方程描述的系统, 而当推广到分布参数(无限维)系统问题时, 就可研究由延迟方程式描述的、由某些类偏微分方程描述的、以及由 Volterra 积分-微分方程描述的系统的稳定性问题了。据报导, 理论工作被认为可以付之实际应用的实际例子有: 大电力系统问题、多链结构反应堆系统问题、军备竞赛演变关系稳定性问题、优生系统问题、交通管理系统问题

等²。总的来说,虽然有人宣称在某些分支领域(例如,关于分解系统的稳定性问题)已经“成熟”,但从上面的状况看来,却还是在—个瞎子摸象的水平上,说成已“成熟”未免过早。放在人们面前还有很多问题。目前,人们的主要研究课题是:系统内部各系统间耦合关系定量表达的探讨、广泛的模型化问题、人的因素的探索、全局规划(Corporate planning)的原则、非线性起伏的研究方法、耐敏(robust)稳定性的获得途径等³。尽管现在还在瞎子摸象的阶段。现在,对于广义的系统问题研究已经有了初步的基础,并且有多个学科的人员分别已经具备了一些便利的工具正在协同工作。由于这类问题的经济价值一般都非常大,人们必须响应这个挑战,而事实上待探索的问题真是太多了,所以这个领域的未来必定是非常兴旺的。

以上我们大体勾勒了“电路与系统”学科的发展过程和现状。总的来说,“科学发展都是在社会生产的促进下形成而又返回促进生产的。这些领域的科学和技术发展,也是一种促进的条件。以早期的线性、无源、无时、时不变的电路理论来说,虽然它必须作为电学的一个支柱而发展,但是如果当年没有频率多重制通信问题的压力因素,它也许不会发展到象今天的高度。同样,如果没有需要的刺激,North和Wiener的工作也不一定会在二次大战期间产生和发展。Kalman的工作是因空间技术发展的需要而促成的,同时计算机进入成熟应用时期也给它的诞生准备了条件。Neumann意义下的数字计算机的基本思想,给抽样/理想低通离散系统提供了产生和发展条件,从而诱发出数字滤波和各种数字信号处理的方法。因在四件工艺的发展和计算机机的可用条件使得计算机整个地改变了大规模(集成)电路的分析和设计方法。随着计算机机的需要,又促进了信息流网络的发展。在频域滤波和集成化(小型化)问题放在人们面前的时刻,种之有源滤波和开系统滤波就被催生了。人们有时温故而知新,例如Tellegen定理的价值性质就是为此。这种过程又使人们对一些基本问题认识更深化。在周期开系统线性系统问题上,人们有所发现、有所前进、有所提高。由于图论在许多方面有效地应用而促进了图论的发展。同样,各种各样的非线性问题也是因为实际四件和系统的非线性而不得不迎刃而上去的。广义的系统问题的研究要发展,无非也是因为各种规模的生、活中有种(系统)问题要求解决。因此,生产和科研是必须相辅相成的。

我国的电路与系统研究工作的进展情况基本上是与国际上的动态相适应的。我国的弱电学术界前辈一直都特别注重电路与系统学科的研究工作。早期的图论和

线性专业期刊就刊载了我国前辈的工作，例如，系统暂态问题，非线性推挽电路二方交替期加暂态问题，等等。在网络分析与合成理论上达到高潮及后来的年代里，我国前辈学者的网络和非线性系统的专著相继出版。从中拿偏高的青年一辈来说，也都贡献了许多专著以及专业数学译作等等。在前几届电路与系统年会上、论文集、各学术刊物上以及各大学学报上已发表了数以百计的论文，出现在国际期刊或会议论文集上的论文也已数以十计。有些研究成果已经用于生产。研究所和工厂的广大工程人员广泛了解专业理论进展和专业动态，反映在工作中引用新的文献、广泛利用规范化表格、开展了机械设计。因此说，形势是很好的。然而，总的说来有一个问题，即是学术界与生产前沿的联系不够密切，结合得不够好。工业生产对学术界施加的压力不大。这个情况与我国的工业生产以往常之处在仿制的地位有关。例如，当我国在开始研制频率调制多路通信机年代，频域过冲回合理论早已十分成熟并且表格化了，在为了抑制干扰研制检测过冲与估值系统的时期，甚至放在 North, Wiener 这些人面前的问题早已解决；而当我们开始面临空间技术中的过冲量测问题时，计算机的应用已经创造条件去铺开，此时 Kalman 理论的方法则已不再是新的东西了；再例如，大规模集成电路工艺对电路理论的冲击，我们完全没有直接感觉到时，许多设计软件则已引进；滤波回合理论问题的压力也不大，因而我们没有像工业界的电路与系统理论界一样急切需要逼出一个开集电容滤波回来，时至今日这个题目的最高潮也已经过去；对于图论的研究则似乎可有可无，更是如此。工业滞后的局面决定了学术界的水平不能领先，而科学水平的滞后又使得我国工业院在后面，如此循环下去是十分不利的。但我们也有两条有利的条件，一是我们党的方针一贯坚持科研要与生产紧密结合起来，一是坚定不移地要求我国科学事业的兴旺发达。目前，我国已采取投入巨额资金研究和引进先进的技术，缩小这种差距，使我国工业（包括电子工业）不久之后将参加国际竞争，这就创造了以先进的工业生产来向学术界施加压力的局面；同时，目前我们拥有一大批立志振兴中华、奋力苦干的科研队伍，并已开展了有效的工作。而国际上对此工作也还只能说在摸索和徘徊前进的阶段，我们若能迎头赶上或超过的，使我国电路与系统学科在实现四化建设中作出大的贡献。

三 展 望

为了预测本世纪末我国和世界上的电路与系统学科将从事什么方面的探索研究工

作,首先列出目前电路与系统学科的主要分支结构,再通过简单回顾这个结构的演变,以及根据现时的新看法,再结合边缘领域的情况和支撑条件,来指出一个展望预测。

从当前人们进行工作方面,可以进行分类并列出电路与系统的分支方面如下:

- (1). 网络基础理论和滤波理论。
- (2). 非线性电路与系统。
- (3). 离散时间系统和数字信号处理。
- (4). 数字滤波器。
- (5). 自适应系统。
- (6). 时变系统。
- (7). 开关电容系统。
- (8). 有源滤波器、其他新元件滤波器和零比连续时间有源信号处理。
- (9). 图论及其应用。
- (10). 大规模网络。
- (11). 大系统问题及优化问题。
- (12). 计算机网络。
- (13). 超大规模集成电路设计。
- (14). 模型化与仿真。
- (15). 机辅电路分析与设计软件。
- (16). 布线自动化。
- (17). 故障诊断。
- (18). 通信机电路。
- (19). 分布参数网络。
- (20). 机器人技术中的电路与系统问题。
- (21). 专业教育及其它。

当然,这个分类有重复,也有还可以细分的问题。

从上一节我们已看到,历来学科的发展是具体工业生产和经济促进作用的结果,也是边缘学科和技术领域的发展的结果。回顾本学科几次大波峰的来临和过去的过程,务须有边缘领域的可能支撑条件,结合上面的分支方面表,我们多少可

以得到一些推测的依据。

表中分支项目(11)~(17)是因整个社会对计算机等的需求,从而对大规模集成电路产生的需求,在集成电路的进展条件下而带来的发展。在1968年以前,这些分支方面还没有形成。如果从单导线三极管现象和四极管现象起,上述各项的发展非常期和发件期前后共经历了20余年。这个酝酿过程,看来是必然的规律。因此,如果在本世纪末之前将有新的冲击等到来,现在应当看到它的胚胎影子。同时,也可以预期,已经到达高潮的分支,届时将进入理论比较完善和成熟的阶段,对它集中注意程度将会减退下来。这样,我们及时预测(12)~(16)的高潮已经过去;(17)也将结束其热潮阶段。有不断发展的应该是(5)。而可以归并到(8)的单导线—表面波四极管应用中的信号处理问题和系统问题,因为已出现苗头,将受到重视和发展。这里我们指的是模拟的集成信号处理四极管(横向渡波四、卷绕四、相交四)。这种四极管模拟输入的延时,乘法和积分功能集成为一个四极管上实现。整个系统确有许多优点:不需调谐、无漂移、对各种变化因素抗扰(robust)、灵活、准确度高,以及可以再现横向渡波,但是存在时间是一种浪费,乘法是一种障碍。而模拟的集成处理四极管可以完全省去这些时间,省去抽样问题,省去CPU系统,同时是天然地进行实时处理的。因此,可以期望有大的发展,也可能在形成一些变种时产生新的补充概念。(5)的发展是完全可以预期的,因为它有特别可取的效果,以及它正处在上升阶段。(2)会有发展看来也是当然的事,因为非线性问题范围极大,它将是一个永恒的研究题目。此外,非线性考量现象也许可以期望再次被大量利用,非线性考量过程的能谱搬移原理(Marley-Rowe)也许可望再次与微扰量子过程在解释上统一起来。从边缘领域的支持条件来看,由计算机直接支持的(3)和(5)应该有发展。因为可以适应广泛的对于各种系统的严谨和明晰的刻画能力,图论及其应用(4),看来也是一定要发展的。(11)的经济意义巨大,现在实际上正处在酝酿时期,必定有大的发展。总之,自适应系统、非线性系统、图论及其应用,以及广泛的系统问题,看来是发展的几个方向,可以再加上集成的模拟信号处理的成熟可能引出的电路、系统和信号处理的问题。

让我们再看一个大问题。人们取电信号作为主要的有线信息携带者已有从电报电话使用至今那么长的时间了,这并不偶然。现在人们已经开始用光作为一种长距离传输的信息携带者。这会带来什么剧烈的变化?现在很难预测。光是否能完全

替代电，现在还看不出具体的可能。但是，侧面的影子已经出现，光纤传感原理器件以及应用问题，已经从实验室进入工业；光纤陀螺已经在有些飞机上使用，1981年已在波士顿召开了第一届国际光纤传感讨论会。肯定地，光和光纤器件对信息技术必定带来冲击。波士顿会议有人预测，今后15年将会出现光纤器件热潮。这个边缘领域将给电路与系统学科带来什么，让我们拭目以待。

如果预测(2)、(5)、(9)、(11)的发展成立，那么，对我国国民经济意义和学术意义都是很大的。特别是(5)、(9)和(11) [(9)和(11)又有联系]，(5)会使计算机取得功能上的跳跃，而(9)和(11)将有效地改进各种广义系统的运转效率，将使人民受益匪浅。因此，在电路与系统工作者面前的任务是新的、艰巨的、光荣的、极有价值的。让我们电路与系统工作者同心协力、振兴中华、迎接2000年。

数字和模拟LSI/VLSI电路与系统

清华大学 郑君里

引言

自从五十年代末平面型晶体管问世以来,硅片上的元件数目逐年递增。六十年代末制成单片多晶体管的大规模(LSI)集成电路,到七十年代中期,每块芯片内晶体管数提高到上百万,称为超大规模(VLSI)集成电路。目前,单片集成度已达数十万,预计1990年将超过两百万个元件。

随着LSI/VLSI技术的广泛应用,电子系统的技术装置面貌发生了根本变化。电子设备在功能、速率、耗电、体积、成本和可靠性方面都取得了惊人的成就。这是一次意义深远的技术革命,电子科学技术的发展进入了“微电子学”时代。微电子学与计算机的研究和应用相互依赖,它们构成当代“信息革命”的基础。

从数字电路LSI到模拟电路LSI

由于数字电路的大规模集成较模拟电路易于实现,因而早在七十年代初LSI技术已经在数字计算机硬件研制中发挥了重要作用。十余年来,飞跃发展。目前达到的水平如下:动态随机存取单元(RAM)存储能力为64K,1983年开始有256K RAM商品出现。微处理器芯片字长达32位。在制造工艺方面,线上特征线宽减少至1微米以下,薄层厚度下降到300埃。单片功耗耗散约在几百毫瓦至1瓦左右。在不断扩展功能和改进各项指标的同时,单片成本从1980年的几十美元下降至1982年的几美元。为了提高集成度或减少门延迟时间,采用了各种新技术。如自对准工艺、多层布线、电子束刻蚀、以砷化镓代替硅作为基底材料等。如果将七十年代末期以LSI/VLSI电路构成的数字计算机与四十年代末的计算机相比较,重量从几十吨下降至数百克($1/10^5$),体积大约也减少到 $1/10^5 \sim 1/10^6$,功率从几千瓦降低到数百毫瓦($1/10^5$)成本则从数十万美元减价到几百美元($1/10^5$)。而且工作速度提高,功能得到改善。

模拟电路集成化的发展滞后于数字电路。近年来,主要由于MOS电路研究工作制作的进步,使得LSI/VLSI技术已能跨入模拟领域。模拟与数字混合的LSI/VLSI电路与系统在许多方面得到广泛应用。其中,一个重要方面是