

运动控制系统简介

李泽湘

蒋仕龙

香港科技大学



运动控制系统

序：运动控制起源于早期的伺服控制(Servomechanism)。伺服控制包罗万象。“要一个伺服控制工程师给伺服系统一个精确的定义就象是一群神学家给‘罪过’做出一个都能接受的定义一样困难”(著名伺服控制工程师Ivan Getting)。“伺服”(Servo)一词最早出现在1873年法国工程师Jean Joseph Leon Farcot的一本书Le Servo-Motor on Moteur Asservi。该书中，Farcot描述了在轮船引擎上由蒸汽驱动的伺服马达的工作原理：

“To put away motor or engine under the absolute control of an operator by the movement of his hand directly or indirectly on the control member of the motor, so that the two go, stop, go back and forward together, the motor following step by step the finger of an operator, imitating as a slave every moment. We believe it necessary to give a new name and characteristic for this new engine and we have called it servo motor on slave motor”.



(1) 早期伺服控制对象主要是轮船驾驶。第一艘有闭环控制功能的轮船由英国人J. McFarlane于1859年设计完成，采用蒸汽驱动。



(2) 美国人H. S. Hele-Shew和T. E. Beecham发明用液压驱动的伺服控制系统(1911年)

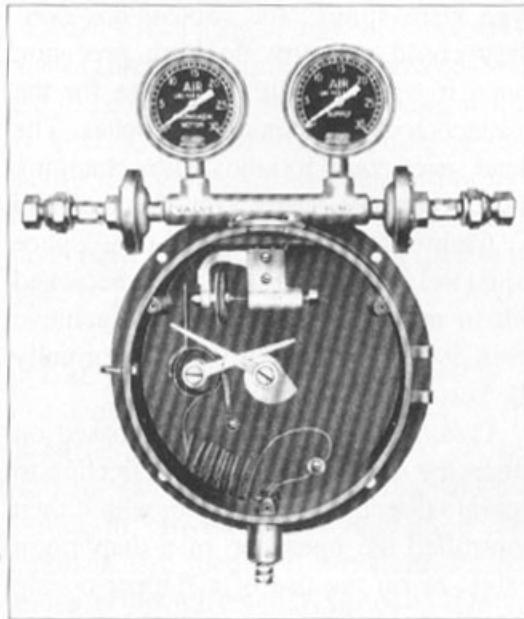


Fig. A simple Foxboro Company pneumatic controller. The controller was introduced in about 1922.

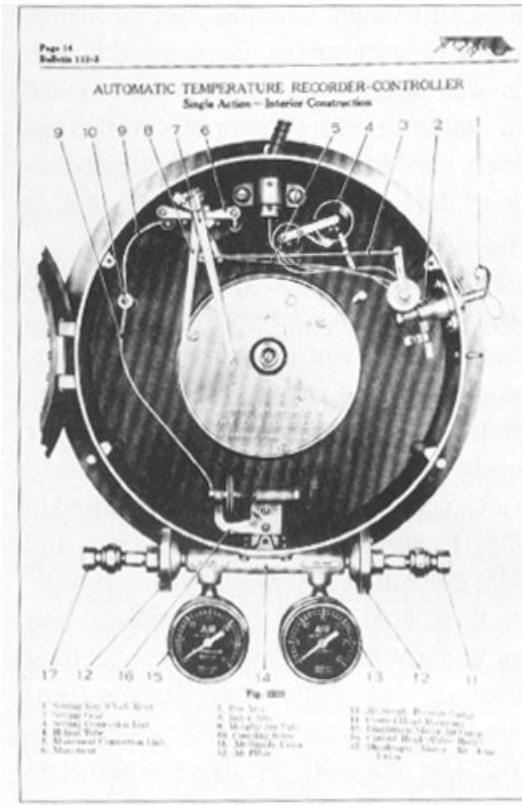


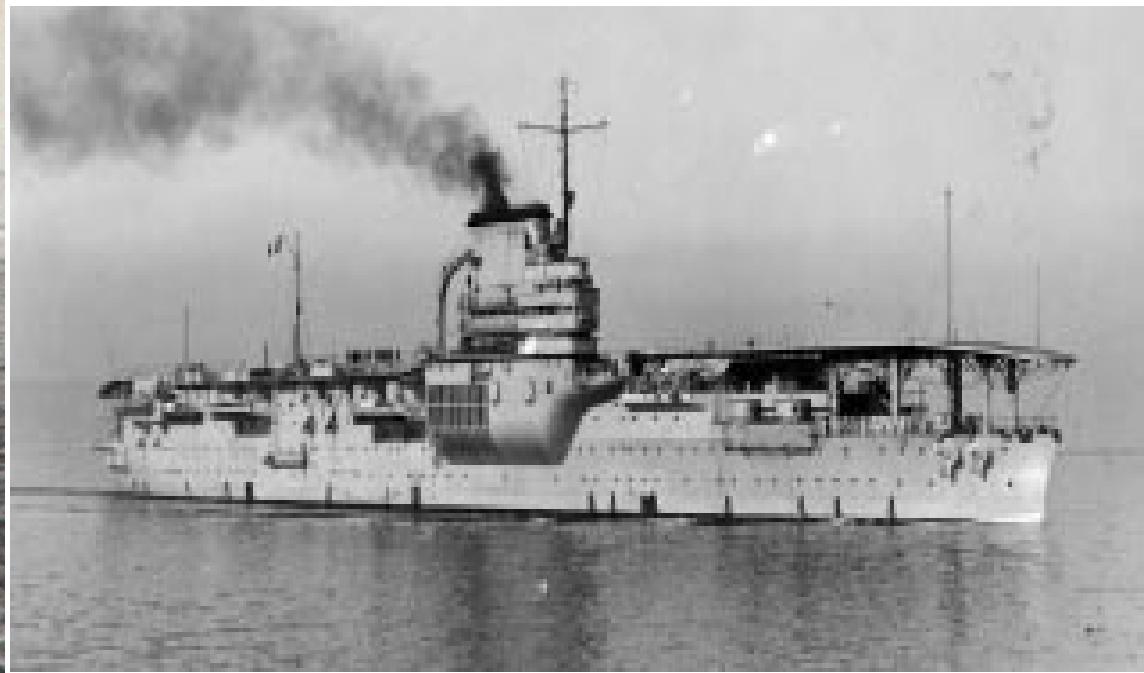
Fig. A Foxboro Company pneumatic recorder-controller of about 1929.



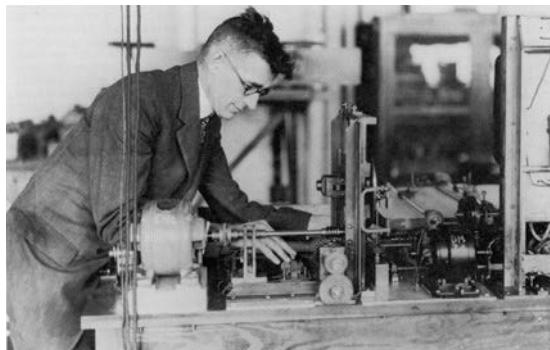
(3) 美国Elmer Sperry发明了各种不同的(汽车和机械的)伺服Valve，并被广泛地应用在轮船，鱼雷和飞机的控制中(1916年)。



4) 美国俄籍工程师Nicholas Minorsky系统地分析了很多商用的伺服控制单元，发表论文“Directional Stability of Automatically Steered Bodies”([1922年](#))。他发明的PID伺服控制器被用在在美国军舰USS New Mexico号上([1922年](#))。



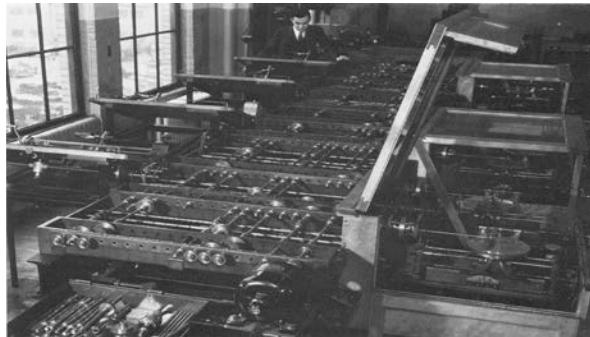
(5) 在与V. Bush和N. Wiener合作建立世界第一台模拟计算机(Differential Analyzer)的过程中, H. Hazen完成了伺服控制理论的基础研究, 其结果发表在1934年9月的Franklin Institute杂志上。他设计的直流伺服电机在1932年的芝加哥世界博览会上出现。



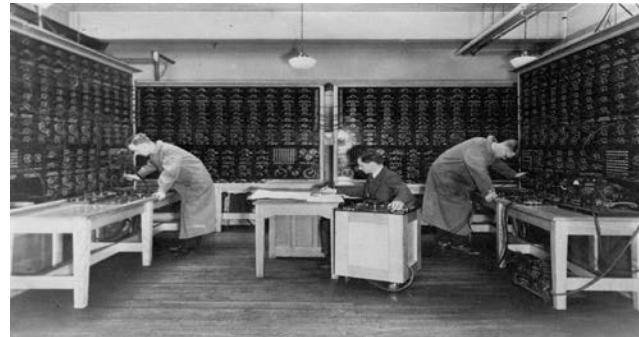
Vannevar Bush



Harold Hazen

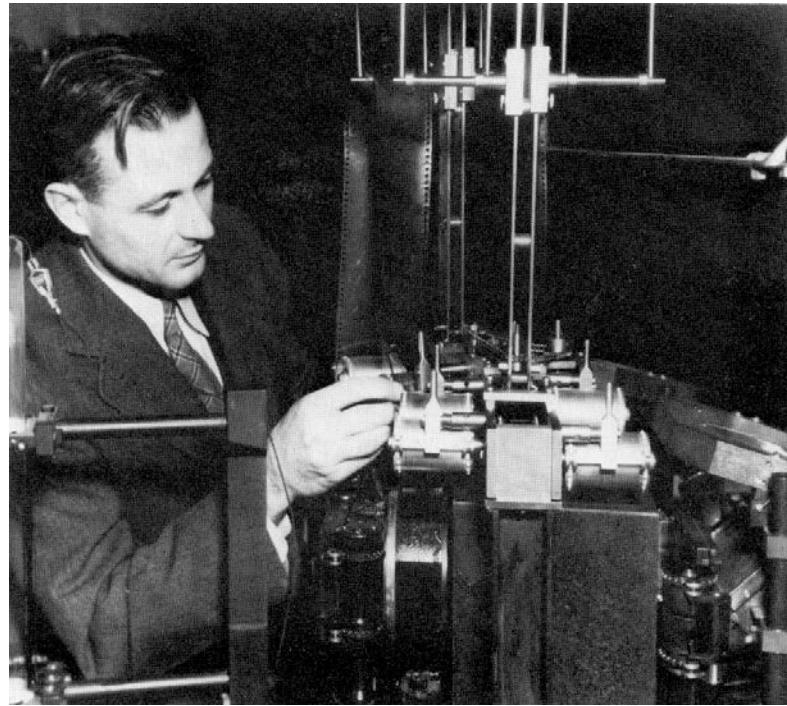


Bush Analyzer



Hazen Analyzer

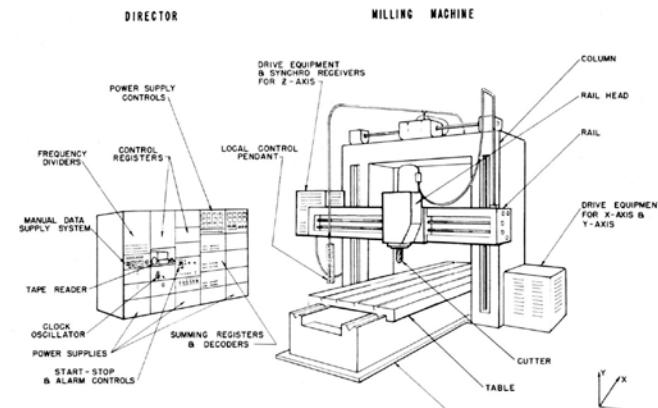
(6) 在系主任H. Hazen的支持下，MIT的G.S. Brown教授为美国海军从事火炮控制工作的四名学员(随后都升了将军)开设了第一门伺服控制课程(1939年)。次年，G.S. Brown在MIT创立了世界上第一个伺服机构实验室(Servomechanisms Laboratory)。



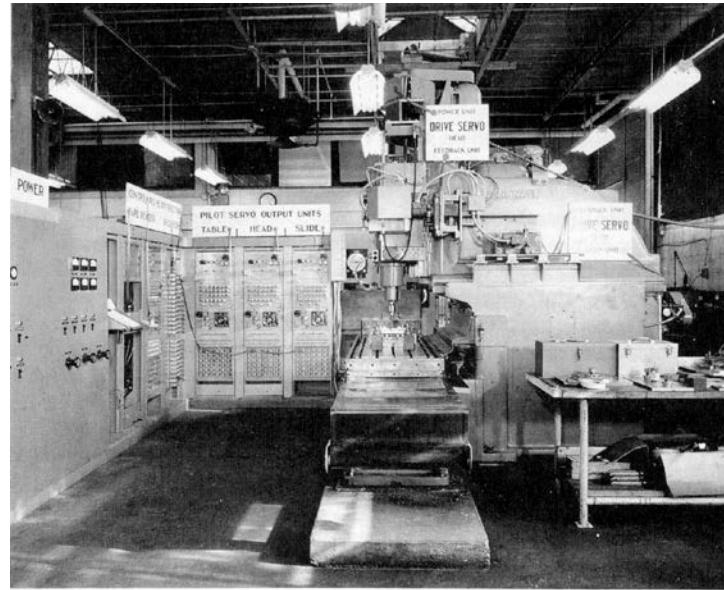
Gordan S. Brown



(7) 通过与Parsons 公司的合作，MIT Servomechanisms Laboratory 的研究人员在G.S. Brown 的领导下，研制出了世界上第一台数控铣床(**1952**)。随后，他们又研究开展了APT以及计算机辅助设计的研究工作(**1952-1969**)。G.S. Brown对制造业产生了革命性的影响，被誉为数控机床之父。



Conceptual layout of the experimental numerically controlled milling machine.



The MIT numerically controlled milling machine.





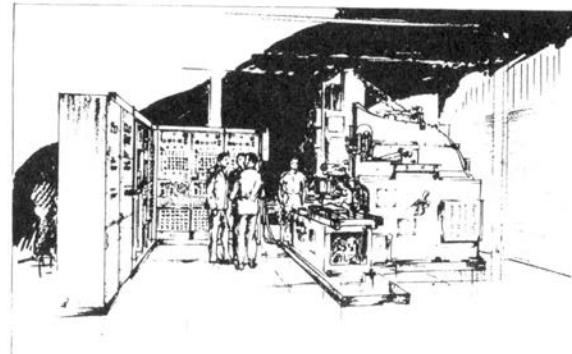
Servomechanisms Laboratory
of the
Massachusetts Institute of Technology
under a program sponsored by
Air Materiel Command
U. S. Air Force

will demonstrate a

Numerically Controlled Milling Machine

at M. I. T.

September 15, 16, 17, 1952



ELECTRONIC SYSTEMS LABORATORY

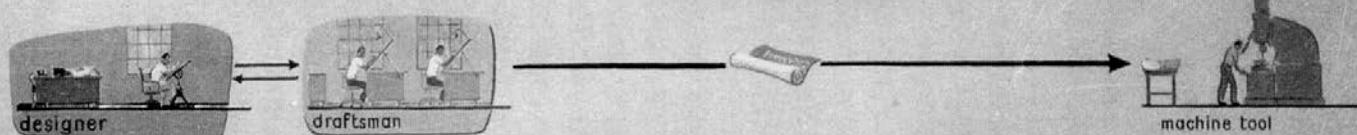
DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING

MIT INNOVATIONS IN MANUFACTURING TECHNOLOGY

SPONSORED BY THE UNITED STATES AIR FORCE

TRADITIONAL MANUFACTURING METHOD

PRIOR TO
1949



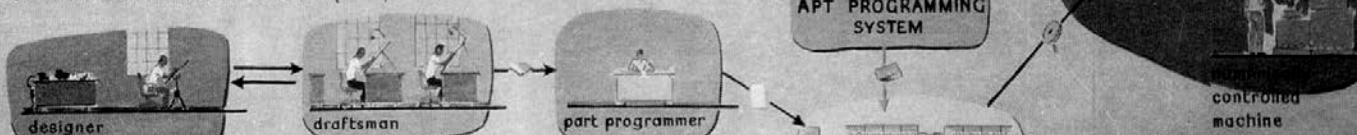
NUMERICAL MACHINE CONTROL (NMC) PROJECT

1949 - 1954



AUTOMATICALLY PROGRAMMED TOOL (APT) PROJECT

1955 - 1959



COMPUTER-AIDED DESIGN (CAD) PROJECT

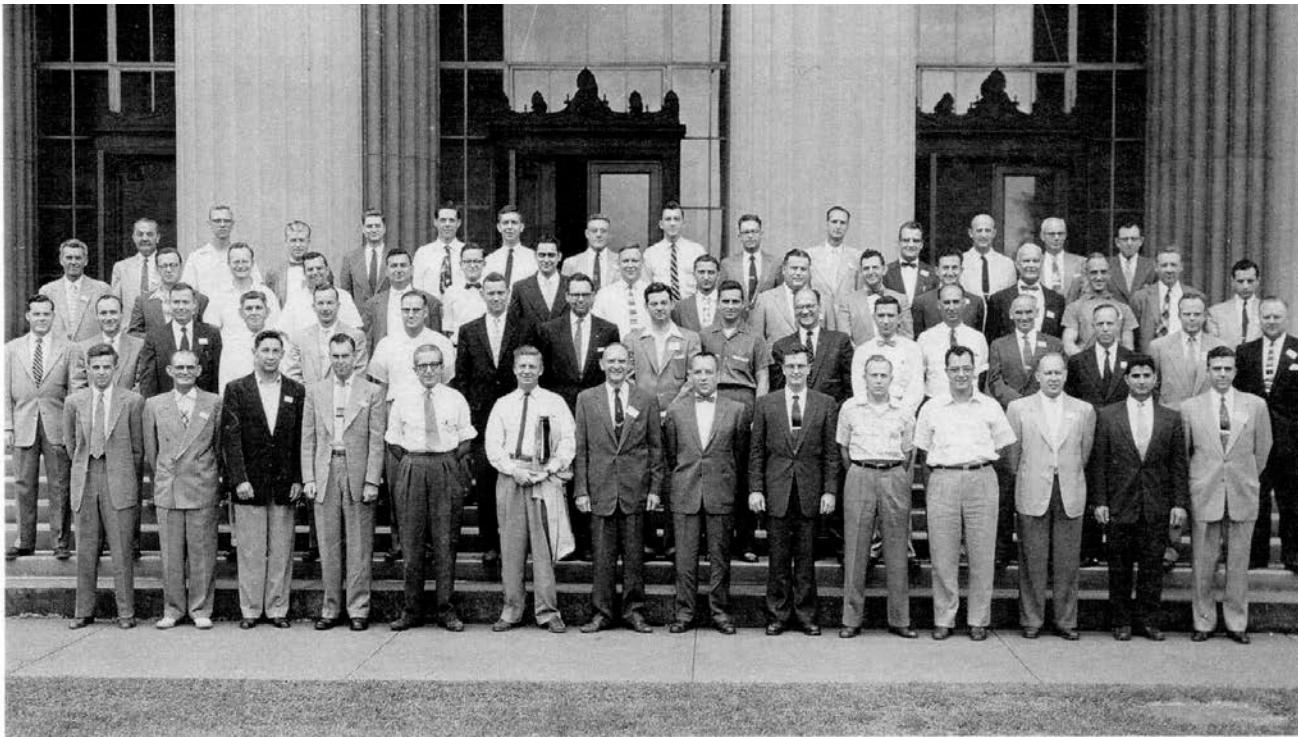
(IN COOPERATION WITH THE DEPARTMENT
OF MECHANICAL ENGINEERING)

1960 —



Pictorial representations of the various stages of the MIT numerical control project.





Participants in the 1955 special summer program on numerically controlled machine tools.

First Row (l to r): G. A. Harris; W. H. McKnight; J. E. Stell; E. F. Gallagher; G. S. Glinski; G. E. Lingenfelter; J. F. Reintjes; E. L. Juell; D. H. Ross; H. W. Brainard; F. J. Yannotti; R. L. Curtner; A. L. Consalvi; D. C. Dick

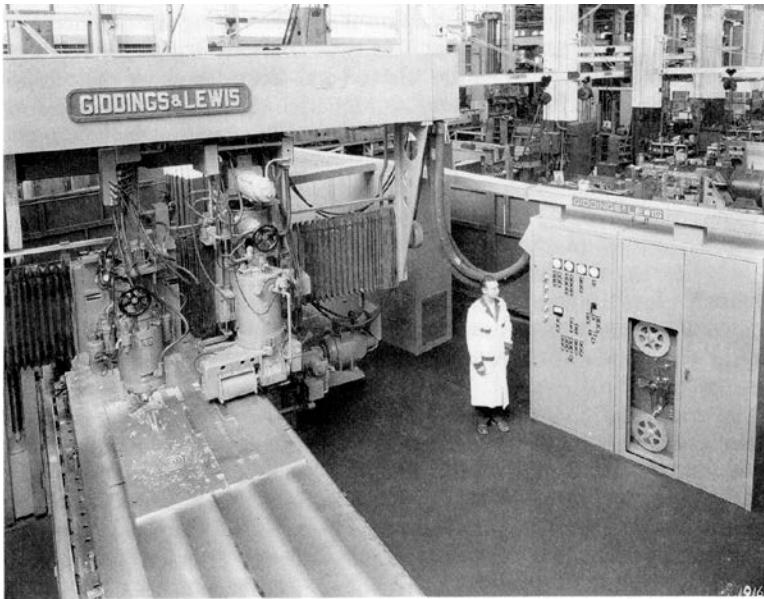
Second Row (l to r): J. H. Brown; J. J. Sennello; H. B. Buchanan; W. W. Wilder; J. A. Wilkening; V. E. Tice; E. F. Carlberg; R. G. Chamberlain; H. P. Grossimon; W. H. Lynch; J. Fondrk; J. F. Salatin; W. A. Fletcher; J. K. Webb; J. J. Finden; R. W. Lawrie; P. W. Winkelman

Third Row (l to r): F. X. McGarrigle; A. H. Stillman; P. Tarver; M. I. Schneebaum; P. J. Issacs; D. C. Caulkins; W. W. Woods; L. S. Peck; J. Feiner; L. V. Griffin; A. L. Keller; E. R. Beck; T. A. Wetzel; R. D. Rutt; J. O. McDonough; P. C. DeLuca

Fourth Row (l to r): L. E. Walker; R. S. Litterst; C. H. Laommel; C. F. Carter; R. R. Hawkins; J. Meess; C. F. Erikson; R. A. Wade; R. W. Pfaff; N. Zlatin; S. A. Duran; R. Bartsch; W. M. Webster; A. K. Susskind



(8) 继MIT CNC Project之后，NC技术迅速进入商品化时代。1957年，Giddings & Lewis把NC装置装在Skin Miller上，制成NC工作母机。1958年，Kearney & Trecker开发了NC加工中心。同一年，日本富士通和牧野FRAICE公司开发成功NC铣床。



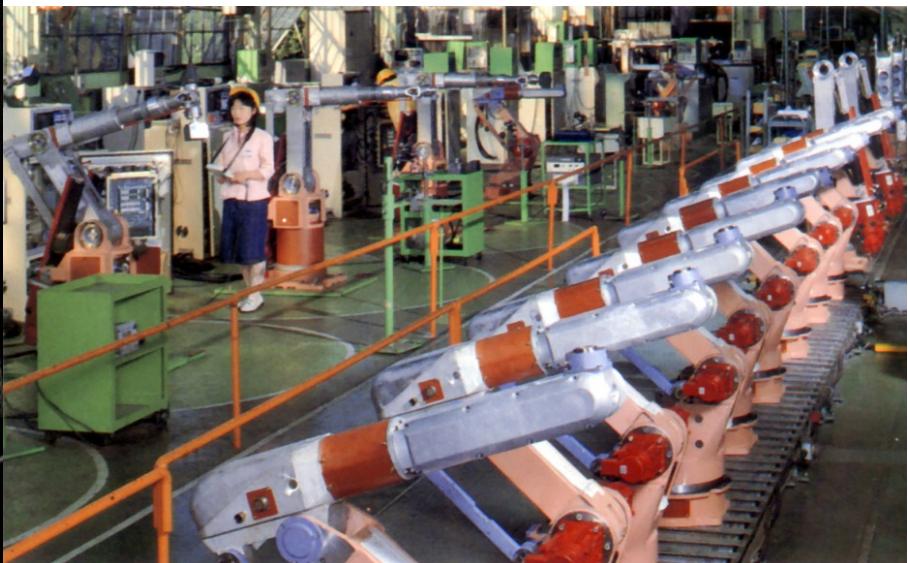
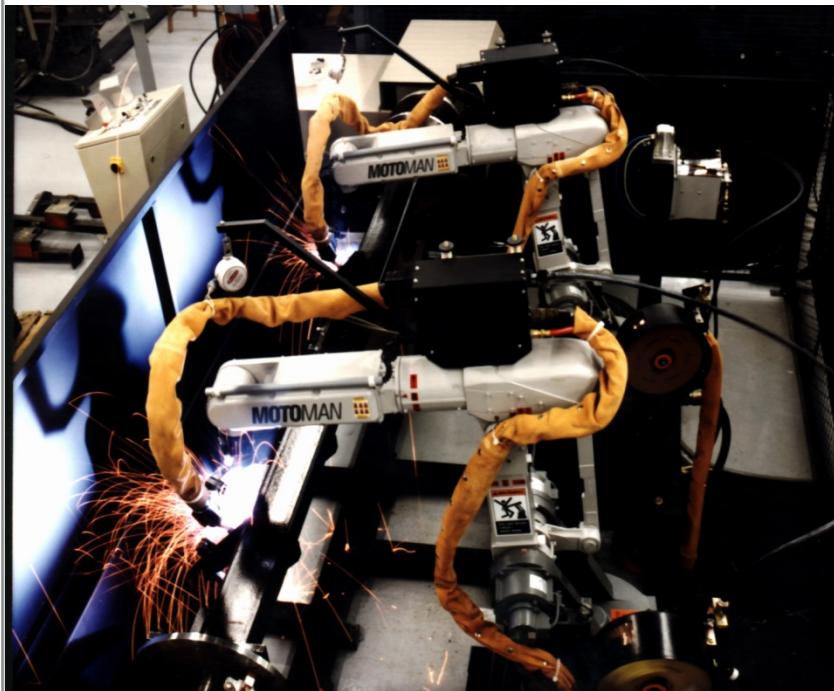
The G&L 5-axis skin milling machine and its associated magnetic-tape unit. Courtesy of the Giddings and Lewis Machine Tool Company.



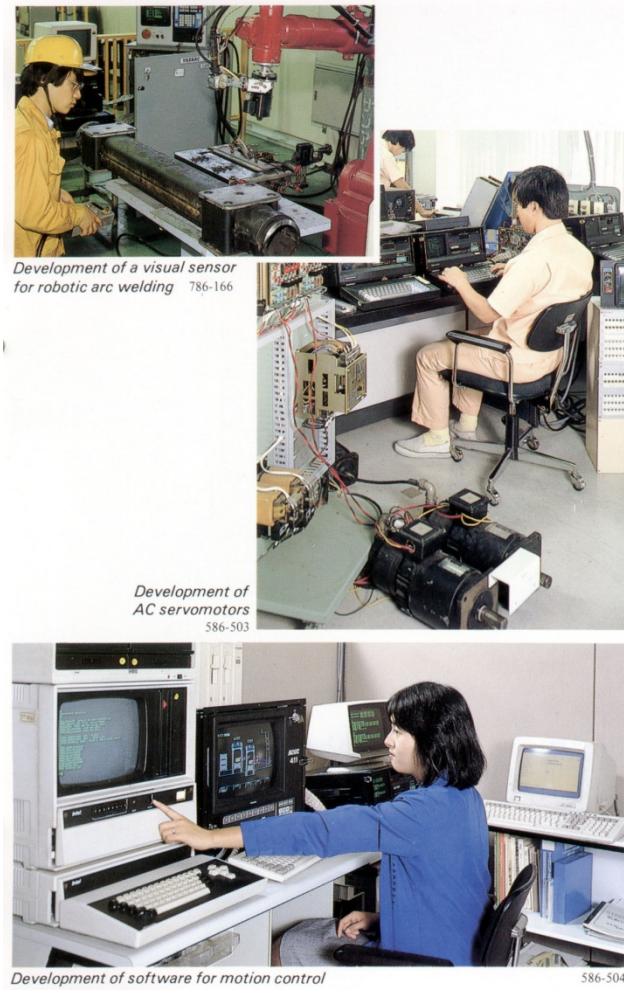
(9) 1961年，G. Devol研制成功世界第一台机器人。随后，被称为机器人之父的G.T. Engeleberger将其商业化，成立了世界第一家机器人公司 **Unimation**。



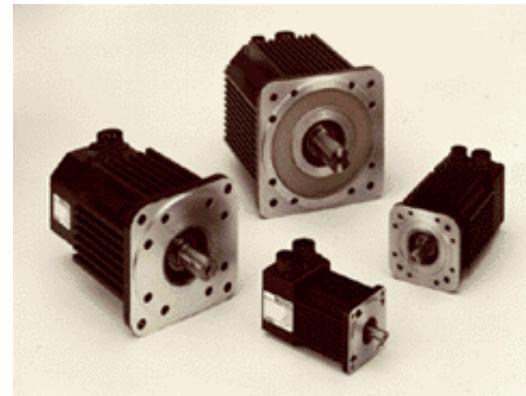
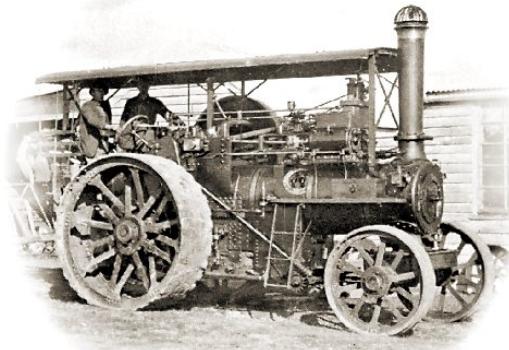
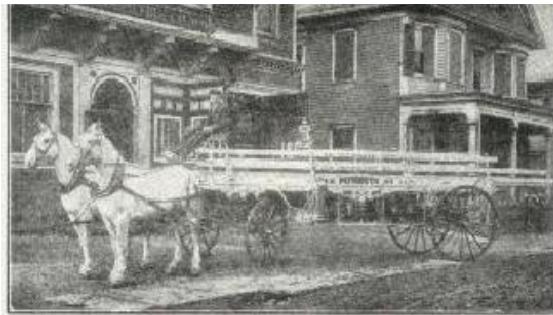
(10) 1968年，日本Kawasaki公司从Unimation买进技术。目前，Yaskawa公司已成为世界最大机器人公司之一。



(11) 机器人技术体现了电子控制和驱动，传感器以及运动机构一体化的新思想。日本安川(Yaskawa)公司的工程师把这叫做**Mechatronics**(机电一体化技术)(1972)



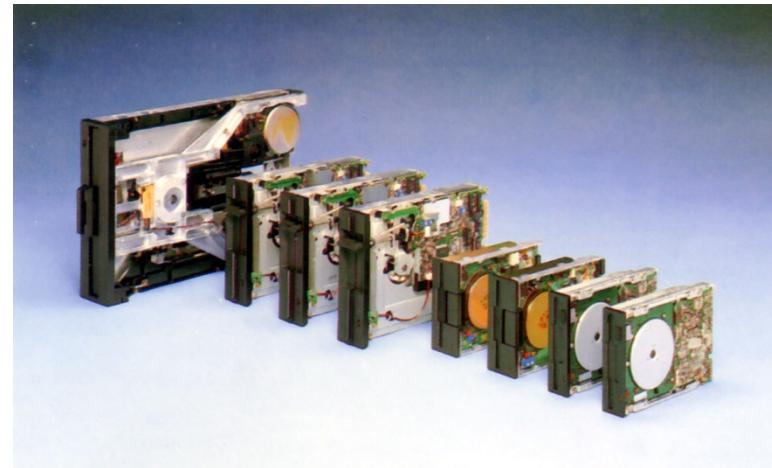
(12) 自1973年的石油危机以后，电气伺服成为市场主导。随着微电子技术的发展，交流伺服日趋成熟。



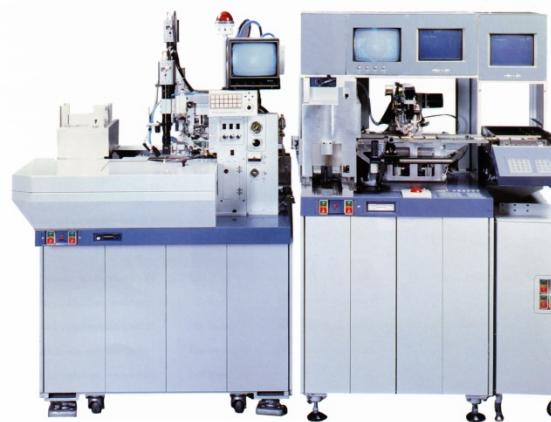
(13) 为适应市场为核心的多品种，小批量的需求，以计算机控制为核心的FMS(Flexible Manufacturing System), CIMS和FA(Factory Automation)技术应运而生(1975)



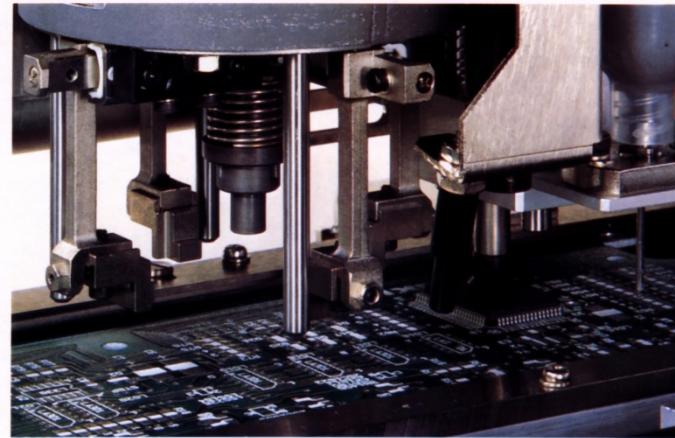
(14) 电脑周边设备。1956年，美国的Gerber和Calcomp公司分别推出平面自动绘图仪。1960年，日本多家公司也推出类似产品。1970年，IBM采用音圈式线性马达，推出第一代磁碟机。



(15) 为适应电子芯片制造的需求，机电一体化技术被广泛应用于 Mask Alignment, Wire Bonding, Die Bonding, Trim Forming 等高速高精度的芯片制造设备中去。



(16) PCB制造设备。



(17) 其他机械。



绕线机



弯管机

电伺服注塑机





木工机械



印刷设备



纺织设备



自动仓储设备