

HW 1: Read Articles on Digital Control	Digital Control Systems, Spring 2021, NTU-EE
Name: 陳宇強 R09921016	Date: 3/06, 2021

1.1 Section 1.2: Computer Technology

在控制系統中，使用數位的電腦的想法，一開始是想要用在飛彈和飛機上面，但是當時的電腦技術不發達，無論體積、能耗都不合適，後來在工業生產環境中展開了應用，在美國德州的 Port Arthur 煉油廠的聚合物裝置開始研究，1959 年 12 月，RW-300 開始運作，他達到程序控制的功能(程序控制:指使用一電腦系統，調整連續操作或程序之控制方式)，可以做到根據生產過程中量測到的催化劑活性數據，控制系統的熱水流入量。這個系統逐漸啟發後續的發展，可以分成幾個階段討論。

一開始是開創期，這個系統讓無論電腦設備產業界、學術界都看到了一個新的領域開始研究。受限於當時的電腦技術不佳，在執行控制的動作時，仍需要傳統的類比系統，電腦計算出一個數據，由工人操作機台或調整類比系統的設定值(監督、指導式、設定值控制)。但是除了計算機技術，更深入的如何計算更好的運作條件，可以看成是一個靜態的最佳化問題。傳統上要得到問題的解，需要建立程序的數學模型，可能來自於物理模型或是數據分析求得，這樣的需求更進一步發展出動態模型，以及關於建模的方法、系統識別等。

直接數位控制時期，對比監督式控制，直接數位控制(DDC)可以直接量測變數並控制設備，取代了原本的類比系統。此時，雖然一個數位控制系統非常昂貴，但一個數位控制系統增加控制迴路需要增加的成本相對類比系統卻很低，可以建構

HW 1: Read Articles on Digital Control	Digital Control Systems, Spring 2021, NTU-EE
Name: 陳宇強 R09921016	Date: 3/06, 2021

大型系統，此外數位系統的好處還有其靈活性，僅需調整程式即可。此時，也發展出簡化的 DDC 專用、簡化後的程式語言，讓控制系統的使用者無需撰寫複雜的計算機程式，但是就無法實現複雜的策略了。此時也發展出用戶與廠商共同定義系統的性能規格。

之後就是小型計算機時期，隨著科技進步，計算機逐漸往小型、快速、便宜與可靠發展。出現了許多製造程序控制器的廠商，同時在不同的小型工程中也開始應用了。

接下來計算機科技持續進步，進入了微型計算機時期，受益於超大型積體電路 (VLSI) 的發展，電腦的成本、效能、能耗越來越低，數位控制器可以廣泛的發展。像是可程式邏輯控制器 (PLC) 問世 (見 Figure 1.(b))，逐漸取代由繼電器組合的邏輯電路的控制系統，可以利用熟悉的符號表示法來撰寫控制器的程式，就像 Figure 1.(c) 一般。此外數位控制器也發展出許多附加的功能像是自動整定 (auto-tuning)、增益調度、適應性等，在類比系統中很難實現的功能。

接下來系統逐漸龐大，發展到分散式控制系統 (DCS)，可以套用到整個工廠，可以把系統分成各種不同的功能，例如現場的、監控的等等，彼此透過網路連線，可以提高系統性能、改善利用率並避免“把雞蛋放在同一個籃子中”的情況。

考慮整個工廠的所有控制器等是一個整體，從主管到現場的操作員可以從系統獲得自己需要的資訊，用圖、表、動畫等方式呈現，並且有統一的介面可以連接周圍的其他設備、程式套件或第三方應用等 (如 Figure 1.(a))。

HW 1: Read Articles on Digital Control	Digital Control Systems, Spring 2021, NTU-EE
Name: 陳宇強 R09921016	Date: 3/06, 2021

未來的發展可以從四個面向出發，第一是**程序**的知識，像是系統識別、數據分析；第二是**感測**的技術，新的感測器；第三是**計算機**的技術，除了硬體的進步外，撰寫程式也是可以突破的地方，考慮控制系統需要可靠、即時等特性；最後最重要的是在**控制理論**上的發展，像是模型預測控制、適應性控制等理論內容就是至今有在應用的理論內容。

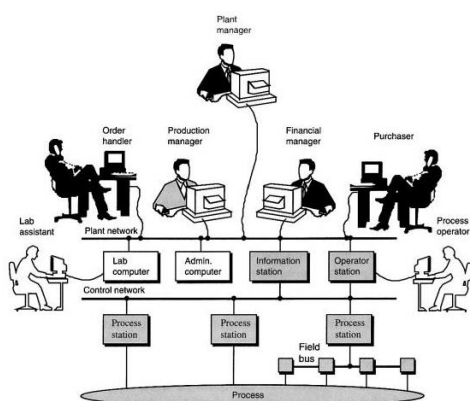


Figure 1.3 Modern industrial control systems like the Advant OCS tie computers together and help create a common uniform computer environment supporting all industrial activities, from input to output, from top to bottom. (By courtesy of ABB Industrial System, Västerås, Sweden.)



(b)



(c)

Figure 1. (a)現代工業控制系統示意圖，從現場的 IO 到最上層的主管，建立起來一個通用而統一的架構 (b)一台 PLC (c)一種 PLC 的語法，撰寫如同邏輯電路接線一般的控制器程式

HW 1: Read Articles on Digital Control	Digital Control Systems, Spring 2021, NTU-EE
Name: 陳宇強 R09921016	Date: 3/06, 2021

1.2 Section 1.4: Inherently Sampled Systems

現有的採樣系統有很多，一種分類是因為量測的需要(限制)所產生的採樣，例如 Figure 2.(a)旋轉中的雷達、取樣的離線分析(生廠過程中的產品樣本)、磁通量以及經濟系統(會產生每日、每週、每月等的統計資訊)；另一分類是因為使用脈衝運作的採樣，例如 Figure 2.(b)中的電力電子設備中的開關(需要在電流的零點動作)、生物的神經訊號、內燃機與粒子加速器等。



(a)

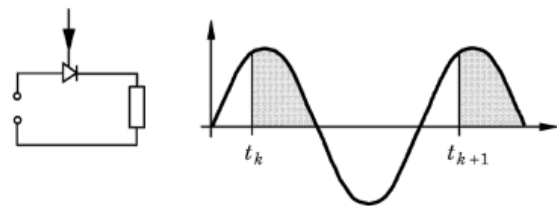


Figure 1.13 Thyristor control circuit.

(b)

Figure 2. (a)雷達旋轉造成掃描到的資料是間段的示意圖 (b)電力電子元件切換開關的狀態，造成電路訊號不連續

HW 1: Read Articles on Digital Control	Digital Control Systems, Spring 2021, NTU-EE
Name: 陳宇強 R09921016	Date: 3/06, 2021

1.3 Section 1.5: How Theory Developed

因為數位控制的發展，有許多理論出現。首先是關於取樣的 Shannon 取樣定理，要把一個弦波重現每個週期至少兩次取樣；在連續時間上我們有微分方程來表示一個系統，在離散的時間上，可以轉換成差分方程，並且如在連續時間用的穩定性分析準則 Routh-Hurwitz 準則也有對應的 Schur-Cohn 法；數值分析方法，來計算連續系統的近似方法，也會產生新的議題，例如步長的調整；變換方法，如 Z 轉換修正型 Z 轉換，這些轉換方法提供了取樣系統良好的分析工具，並且可以從連續時間系統轉作小量的修正即可應用。

還有許多的控制理論、方法被研究出來。像是狀態空間理論，來自一群共同努力的數學家，並且由卡爾曼先生應用於控制理論；最佳控制與隨機控制，許多問題可以寫成最佳化問題的形式，例如線性二次型問題可以簡化成 Riccati 方程式的解；代數系統理論；系統識別，所有的控制器設計與分析都建立在系統的模型上，透過頻率響應等方法來確定轉移函數；適應性控制，像是參數估計法，控制器設計演算法，並且由於微處理機的出現，使得演算法更加有效；最後是關於 Auto-tuning 自動整定，對於兩個以上參數的控制器要手動調整是很困難的，透過將 tuning 的工具結合到控制器當中是很有幫助的，並且也在工業界中使用。

HW 1: Read Articles on Digital Control	Digital Control Systems, Spring 2021, NTU-EE
Name: 陳宇強 R09921016	Date: 3/06, 2021

1.4 Section 1.6: Notes and References

最後是關於原文題到的注釋與參考文獻作者羅列了許多論文，並且根據時間線排列，可以很清楚地梳理他們之間時空背景的關係，此外如果去閱讀這些起源的論文原著也是很有用的！我也將他們整理在 [TABLE I](#) 了。

HW 1: Read Articles on Digital Control	Digital Control Systems, Spring 2021, NTU-EE
Name: 陳宇強 R09921016	Date: 3/06, 2021

TABLE I

依照年代與議題分類的重要文獻整理

	~1949	1950~1959	1960~1969	1970~1979	1980~1989	1990~
取樣系統	MacColl(1945)	Tsyppkin(1950)		Tsyppkin(1971)	Jury(1980)	Isermann(1991)
	Hurewicz(1947)	Lawden(1951)		Ackermann(1972)	Kuo(1980)	Kotelnikov(1993)
	OldenBurg&	Linville(1951)			Franklin&	Ackermann(1996)
	Sartorius(1948)	Ragazzini&			Powell(1989)	
	Shannon(1949)	Zadeh(1952)			Isermann(1989)	
	Tsyppkin(1949)	Barker(1952)				
		Jury(1956,1958)				
		Ragazzini&				
		Franklin(1958)				
		Tsyppkin(1958)				
		Tou(1959)				
狀態空間			Kalman(1961)			
最優控制		Bellman(1957)	Kalman(1960a)	Astrom,		
與隨機控		Bellman,	Pontryagin et	K.J.(1970)		
制		Glicksberg&	al.(1962)			
		Gross(1958)				
代數系統			Kalman, Falb&	Rosenbrock(1970)	Blomberg&	Kucera(1991,
方法			Arbib(1969)	Wonham(1974)	Ylinen(1983)	1993)
				Kucera(1979)		
系統識別				Astrom, K.J.&	Ljung&Soderstro	Johansson(1993)
				Eykhoof(1971)	m, T.(1983)	
					Norton(1986)	
					Liung(1987)	
					Soderstrom, T.&	
					Stoica(1989)	
適應控制			Bellman(1961)	Astrom, K.J.&	Astrom, K.J.&	Astrom, K.J.&
				Wittenmark(1973)	Wittenmark(1980)	(1995)
					Astrom, K.J.	Astrom, K.J.&
					(1983b,1987)	Hagglund,
					Goodwin&	T.(1995)
					Sin(1984)	
					Gupta(1986)	
分散控制					Lucas(1986)	
系統						

HW 1: Read Articles on Digital Control	Digital Control Systems, Spring 2021, NTU-EE
Name: 陳宇強 R09921016	Date: 3/06, 2021

References

[1: Åström & Wittenmark 1997]

Karl Johan Åström and Björn Wittenmark, [Computer-Controlled Systems: Theory and Design](#), Third Edition, Prentice-Hall, United States of America, 1997, pp. 1-29.

[2: Fapro Enterprise co., LTD]

Fapro Enterprise co., LTD. 產品介紹: PLC(可程式控制器) MELSEC-F 系列 PLC > FX3U 系列 PLC.[online]. Available: <https://www.fapro.com.tw/p2-product-detail.asp?cid=2&tid=2&nid=1&ppage=>

[3: Wiki. 2020]

Wiki. 可 程 式 化 邏 輯 控 制 器 .[online]. Available: <https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%8F%AF%E7%BC%96%E7%A8%8B%E9%80%BB%E8%BE%91%E6%8E%A7%E5%88%B6%E5%99%A8>

[4: Wiki. 2021]

Wiki. 雷 達 .[online]. Available: <https://zh.wikipedia.org/wiki/%E9%9B%B7%E8%BE%BE>