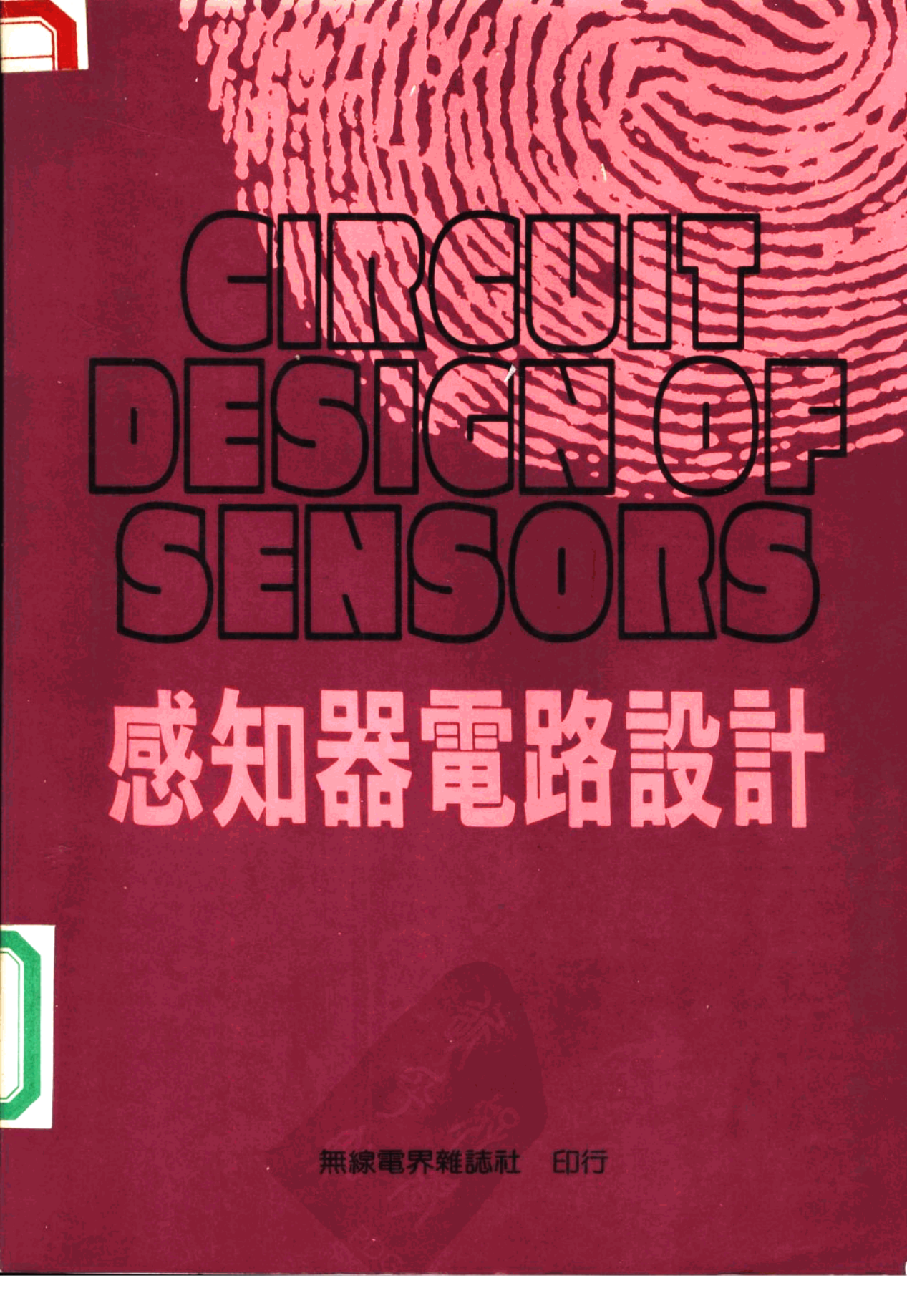




CIRCUIT DESIGN OF SENSORS

感知器電路設計

無線電界雜誌社 印行

序

本書的內容在介紹各種感知物理現象及化學現象等感知元件的種類與特性，並配合實際的電路製作應用例，引發大眾對感知元件的注意力。對於電子機器，機械設備，儀表，乃至電腦週邊裝置等自動化設計，極具參考價值，適合電子工程師，研究人員，學生及業餘製作者加以採用。

每一章節均針對一種特殊的元件分析其感知原理，電氣特性，最後以製作實例印證，使讀者能夠極輕易地掌握感知元件的電路設計。

希望本書能帶給讀者們莫大的助益，同時也希望您對於書中誤漏處，不吝批評指教。

無線電界雜誌社

感知器電路設計

(Circuit Design of Sensors)

目 錄

第一篇 緒論(Preface)

- 一、感知器開拓的新時代..... (P1)
- 二、感知器的基本常識及原理..... (P5)

第二篇 感知器電路設計

- 第一章 霍爾感知器(HALL SENSOR)及功率表..... (1)
 - 1.1 霍爾感知器的概要..... (2)
 - 1.2 霍爾感知器的驅動方式..... (3)
 - 1.3 霍爾感知器的放大電路..... (5)
 - 1.4 應用於功率表..... (5)
- 第二章 濕度感知器和驅動電路..... (9)
 - 2.1 濕度感知器的種類及使用上之注意點..... (9)
 - 2.2 阻抗變化型濕度感知器的驅動電路..... (13)
 - 2.3 靜電容量變化型濕度感知器的驅動電路..... (14)
 - 2.4 各濕度感知器的評價(CGS - D₂ , PQ 653 JA1 , H104R , CGS - H , CCH (15)
 - 2.5 專有名詞解說..... (17)
- 第三章 光二極體及光檢出電路..... (18)
 - 3.1 光二極體之基本電路..... (18)
 - 3.2 光二極體的概要..... (21)
 - 3.3 應用電路—照度計, 光量計, 光信號感知電路, 微弱光脈衝, 光量測試電路..... (22)
 - 3.4 附錄—光二極體的原理, 電子及電洞, PN 接合, 光電效果..... (25)
- 第四章 熱敏電阻器與溫度計..... (28)
 - 4.1 熱敏電阻器的構造—珠粒型熱敏電阻器, 片狀熱敏電阻器, 圓盤型熱敏電阻器..... (29)

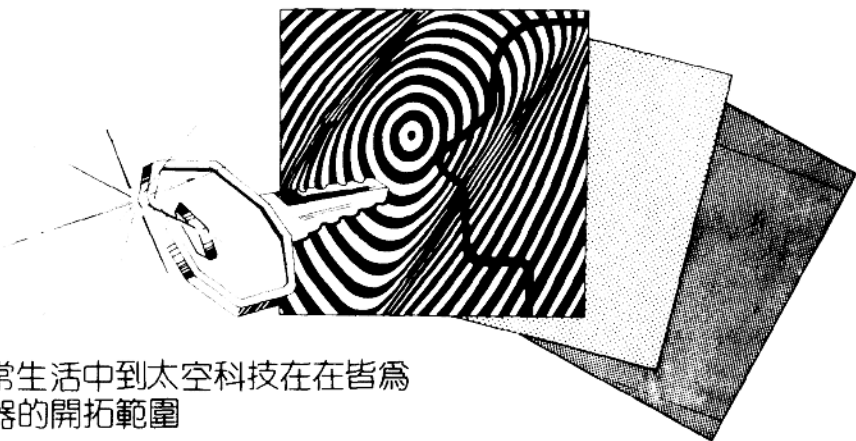
4.2	使用熱敏電阻器之注意點	(30)
4.3	直線化	(31)
4.4	熱敏電阻器的應用—溫度計轉接器的設計，數位式溫度計的設計，溫度調節器的設計	(33)
第五章	石英溫度感知器和溫度計	(38)
5.1	石英振動子的概要	(38)
5.2	石英振動子的構造	(39)
5.3	石英溫度感知器的概要	(40)
5.4	石英溫度感知器的應用—溫度計，深井遙測溫度計，殘響式溫度計	(42)
第六章	二極體溫度感知器與IC化溫度感知器	(46)
6.1	二極體溫度感知器之特性	(48)
6.2	二極體溫度感知器之應用	(48)
6.3	IC化溫度感知器之特性	(50)
6.4	IC化溫度感知器之應用	(50)
6.5	附錄—熱敏電阻器式溫度控制器之製作	(53)
第七章	熱電型紅外線感知器與人體檢知電路	(55)
7.1	紅外線感知器的種類	(55)
7.2	熱電型紅外線感知器的概要	(56)
7.3	熱電型紅外線感知器的種類	(57)
7.4	熱電型紅外線感知器的應用—人體檢知電路，非接觸型溫度計測	(59)
第八章	磁性電阻元件及圖形辨認感知器	(65)
8.1	磁性電阻元件的概要	(65)
8.2	使用磁性電阻元件之磁性感知器—非接觸角度感知器，旋轉感知器，圖形辨認感知器	(67)
8.3	磁性感知器的驅動電路和放大電路	(71)
8.4	應用於圖形辨認感知器的磁性油墨檢出電路	(72)
第九章	加速感知器與緊急剎車檢出電路	(75)
9.1	振動與加速度	(75)
9.2	加速度感知器的種類	(76)
9.3	壓電型加速度感知器的使用方法	(79)
9.4	感知器驅動電路	(81)
9.5	加速度感知器的應用—汽車用緊急剎車檢出器，敲擊音檢出電路	(82)
9.6	附錄—衝擊感知器與振動感知器	(84)

第十章 光敏電阻器(CdS)與自動點滅電路	(85)
10.1 CdS 光敏電阻器的概要.....	(85)
10.2 CdS 光敏電阻器的特性.....	(87)
10.3 CdS 光敏電阻器的應用—自動點滅電路，自動調光器.....	(90)
第十一章 超音波感知器與速度測量儀	(93)
11.1 超音波感知器的概要.....	(93)
11.2 超音波感知器的驅動電路.....	(96)
11.3 超音波感知器應用於速度測量儀.....	(97)
11.4 調整方式.....	(103)

第三篇 附錄(Appendix)

一、溫度控制裝置的分析.....	(A1)
二、數位式溫度 / 濕度計之製作法.....	(A13)
三、程式溫度控制器的製作.....	(A19)
四、超音波距離探測器.....	(A26)
五、超音波通信裝置之製作.....	(A33)

感知器開拓的新時代



從日常生活中到太空科技在在皆為感知器的開拓範圍

模擬人類五項感官——感知器

一旦聽到美國盲啞教師「海倫凱勒女傑（Helen Keller）」的芳名時，就會立即使人對這位耳不聰、目不明，却畢生從事於敦敦善誘誨人不倦的偉大教師，由衷的產生敬意。這位女傑比常人莫不具備的視覺、聽覺、觸覺、嗅覺及味覺等五項感官的感覺，却短缺了兩項。雖然因目盲失去了視覺，因耳聾失去了聽覺，但她却不氣餒，更以絕非常人所能想像的毅力，奮力不懈。面對海倫凱勒女傑成功的實例，令人不禁產生這樣的疑問——人類能否擁有完美的五官，真是那麼重要嗎？

相當於人類五種感官的感知器，無論在科技領域中，或吾人日常生活裡，莫不一一處於極為重要的地位。倘若缺乏感知器，必會感到十分的不便，目前，由於感知器的相繼開發日趨普遍，故其拓展的領域也日漸廣闊。現代的感知器，在功能上，簡直就是青出於藍而勝於藍的五項感官模擬器了！

感知器與計算機

倘若將感知器（Sensor）比喻為五項感官的模擬器，則計算機（Computer）便可順理成章地視為人類頭腦的模擬器（圖1）。

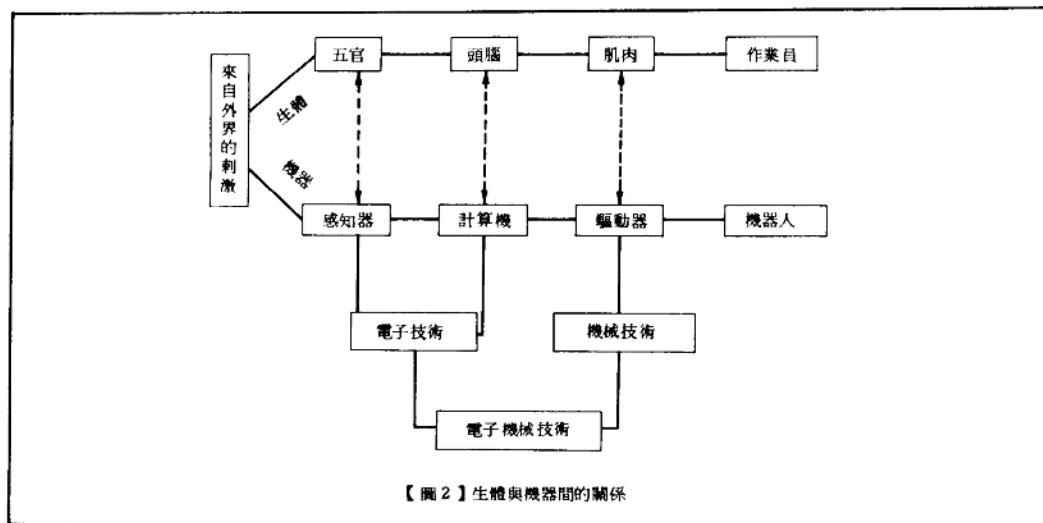
海倫凱勒女傑，因聽覺的不便，而無法發

揮其言語功能。相同地，若缺乏感知器，則計算機亦無法充份發揮其運作功能。目前的感知器，係為將來自外部的訊號向計算體內輸入上，所需之重要媒體。

人類利用五種感官，感受來自外界的各種刺激，然後再將其轉換為訊號，傳入腦部，使肌肉在腦部發號施令下從事動作。若將此一運作系列的進行過程，視為屬於工程性的模擬式性，則其對應關係，即如圖2所示。由此可知，感知器與計算機，可說是科技發展的起飛上，不可或缺的雙翼。



【圖1】五官與感知器的對照



從日常生活中到太空科技 在在皆為感知器的拓展領域

試就吾人日常生活中所使用的感知器，展開觀察探討。

諸如電爐、冷氣機、電鍋以及冰箱內所安裝的溫度感知器，錄音機內的磁性感知器，電視機遙控器上安裝的紅外線感知器，電子櫥灶上的濕度感知器，及火災警報器上安裝的煙霧感知器等，無論任何家用電氣產品，至少都具有一種以上的感知器。甚至照相機、自動販賣機、自動售票機、自動取款機及棒球投手球速測定器等，皆有內裝的感知器，故吾人日常生活的每一角落，皆有感知器的形影存在。

火車站內通常設有自動錢幣兌換機。以往兌換錢幣時，負責兌換人員收到兌換者的百元鈔票後，首先利用視覺和觸覺以確定該鈔票的真偽，然後再將十元硬幣十枚，利用視覺和觸覺點算清楚，換予兌換者。現今，自動錢幣兌換機將上述繁瑣的兌換過程，以工程性的模擬方式，執行此項兌換作業。將百元鈔票置入機器內，票面的正反或前後顛倒並無妨礙，感知器均能立刻辨別出百元鈔票的真偽，此項可靠性極高的感知器，其性能優異程度足堪令人訝異。

其次再將探討方向轉至太空科技方面。太空梭哥倫比亞號，業已完成了若干次太空之旅

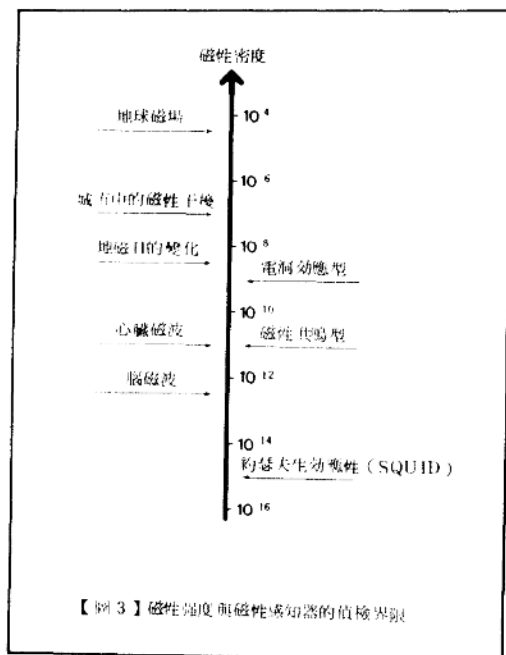
。而太空梭發射到太空後，仍能由浩瀚無垠的太空中，毫不迷失地回航，安然無恙地降落在地球某一希望的地點上，這都是仰賴感知器與計算機，兩者在太空飛行中相互結合的功能（Docking）。例如，擔任木星及土星探測工作的航海家衛星（Voyager）的星際感測器，即說明了感知器的拓展，已由吾人日常生活中擴大至太空科技的範疇了。

業已凌駕於本體功能 之上的模擬器（感知器）

人類的感官雖然缺乏察覺磁性的功能，但却成功地開發出感磁性極為優異的感知器來。吾人身邊即有許多磁性感知器的應用實例，自動取款機即為其一。

自動取款機取款卡片的磁帶上，存錄有磁性訊號，當取款卡插入銀行的自動取款機時，則由其內裝的磁性感知器，正確讀取磁性訊號直接感覺有無磁性的存在，却是巧妙地利用了磁性感覺功能，改善周遭的生活環境。倘若人們也具有感受磁性的敏銳功能，並用以識別暗號、暗碼，藉以為非作歹，那麼恐怕真要天下大亂了。

目前，業已開發出以嶄新原理為基礎，劃時代的磁性感知器。此類新產品中，首要者即係利用核子磁性共鳴吸收作用的磁性感知器，其次則係利用約瑟夫生效應（Josephson Ef-



fect) 磁性感知器。利用圖 3 所示的 SQUID 感知器，可測出相當於地磁千億分之一，人體心臟脈動所發出之磁力的萬分之一，極為微弱的磁場強度。此項微弱磁場之測定功能的研究成功，不啻磁性技術的開拓上，又邁入嶄新的領域。自一九六〇年代起，由於成功的採用核磁共振吸收性感知器，已能向世界科學界，明確地展出地球上陸塊移動的具體證明資料。此外，SQUID 感知器的問世，在醫學學門中亦開拓出磁性心臟學的新領域。

人類的感官中也缺乏紅外線的感覺功能。但在吾人的日常生活中却廣泛加以利用，諸如防盜用的攝影機及遙控偵測地下探勘的紅外線感知器等。

至於溫度感知器，所測定的溫度範圍，可由相當於絕對溫度百萬分之一的最低溫度起，高至核融合電漿 (Plasma) 一億度以上的高溫。

上述各項，僅係若干應用實體的少數範例，隨同科技的進步，視為人類感官模擬器的感知器，亦有長足開發的績效；目前，此類模擬感知器的功能，業已凌駕於人類感官功能之上。

模擬器(感知器)——注重靈敏

以雙金屬 (Bi-metal) 為代表的早期感知器，僅具有單純的功能。然而近來的感知器，從銀行自動取款機到哥倫比亞太空梭，其所從事的偵測功能，林林總總極為複雜。太空梭飛行時固然需要速度、加速度、位置及姿勢等的感知器，即使是太空人活動的空間，亦需有執行溫度、氣壓、濕度及微少氣體成份等監視之用的各種感知器。甚至尚應考慮，如何搭載科學觀測之用的感知器。實際上，太空梭本身就是一個感知器的集合體。

太空梭觀測所得的各種資料，其內容極為廣泛，故須備有超大型計算機，始能處理此類龐雜的資料。除在謀求成本降低，以及不致使觀測所得之資料的品質降低的目的下，不僅須使感知器與計算機整體化，且須使感知器達到智慧化。所謂靈敏型的感知器，即係指「偵檢外界訊號，將其轉換為電訊號（此係感知器早期的功能範圍），並執行資料的記憶，存儲，分析以及統計處理等，以抽取已轉換成所需資料型態的資訊」。目前，正積極研究如何能將上述各項功能，存錄在同一形狀的微小晶片上 (Chip)。

感知器的寶藏——生體感知器

狗的嗅覺十分靈敏是衆所皆知的。由火柴盒中取出一根火柴棒，握在手裡一秒鐘，再將其隨意放回盒內，則狗可利用敏銳的嗅覺，毫無失誤地挑出曾握於手中的那根火柴。到目前為止，尚未能開發出靈敏度能與靈犬嗅覺比擬的感知器（氣味感知器）。

此外，蝙蝠具有超音波的偵測功能，動物具有歸穴性，鳥類具有感巢性，鯨魚能預測地震等，究竟這些動物的生體，具有何種偵測器之功能呢？

以人類心臟的跳動為例，由於其回授結構上具有性能完滿無缺的靈敏感知器，故可將既定部位所需之血液，毫釐不差地正確送達此部位處。

當吾人看見冰雪時，便立即感到寒冷，此係利用視覺執行溫度的偵檢。在咖啡杯內加入白色粉末，我們自然知道是“糖”，不是“鹽”。

”，由此證明僅靠視覺仍能執行味覺「甜度」的偵檢。此項偵檢係賴經驗與學習始能竟功。

目前的感知器，仍然無法達到利用視覺偵檢溫度、氣味的境界。如果能透徹瞭解此類感知器，妥善運用，定能創造出性能更高的模擬器（感知器）。

結 論

生體感知器是否為感知器偵測功能的最高境界？畢竟生體感知器的複雜程度，非一般工程技術性感知器所能比擬的。此係由於基本上所屬零件的組成單位元件，差異太大；工程技術性感知器的組成元件，極為單純，而生體感知器的單位元件，就是細胞。細胞本身非常複

雜。其複雜程度，可視為一項超級的計算機。吾人身體結構上，即具有此類超級計算機五十兆個之多。經過幾十億年始逐漸孕育而成的生體感知器，與問世不到百年的工程技術性感知器，自然有其感覺功能上之差距的。

然而近代的科學技術，却敢公然向生體感知器挑戰，岌岌謀求其間奧秘，希冀能夠有所超越。感知器的開發，促使吾人生活益加充實，而太空旅遊也不再是遙遠的夢境了，人類正一步一步，逐日實現以往的不可能。描繪未來的遠景，想必將是一個觸目皆是感知器，宛如劉姥姥進大觀園般，盡情欣賞這充滿神奇色彩的美妙境界！

感知器的基本技術

感知器的

基本常識及原理

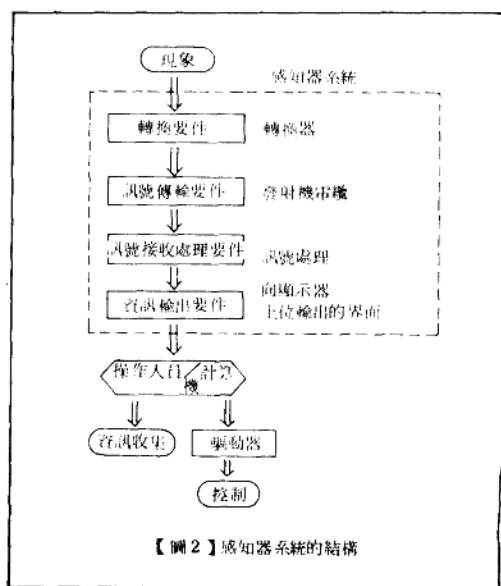
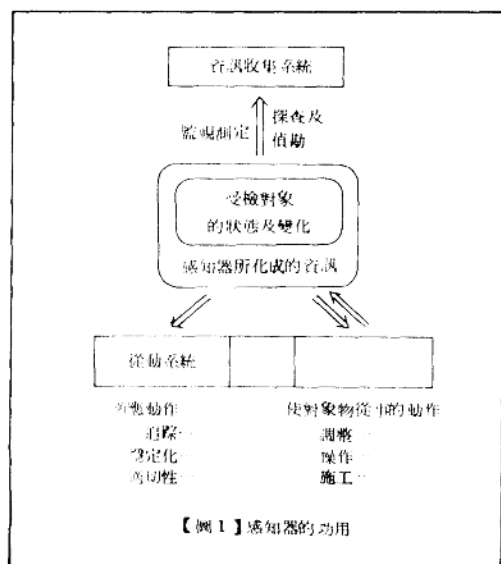
何謂感知器？其結構如何？

所謂感知器 (Sensor)，係指利用某項工具，可使吾人在周遭環境及相關的事物狀態中，獲得具體而明確的資訊，此項工具即稱為感知器 (圖一)。其所能獲得的資訊，計有下述三大類：①可執行對象事物之狀態的察知、測定、監視、探索及資料蒐集等。②對於人或系統可執行適時的追蹤、穩定化、適切化及保護等動作。③利用操作、調整及施工等，適當地改變對象物，使其能與目的一致。上述的②及③兩大類，係以感知器系統，或設備中的一部

分，負責資訊存取的執行。

感知器係由①轉換要件、②訊號傳輸要件、③訊號接收及處理要件、④資訊輸出要件等所構成 (圖2)。

首要的轉換要件 (Converting Element)，係表示對象事物和現象的狀態量，可變換為②、③、④等易於使用的訊號量要件，即為「轉換」。轉換要件亦可簡稱為「轉換器」 (Transducer)。若以電訊做為轉換要件的輸出訊號時，因其操作較為簡易，故一般均採用電訊號作為輸出訊號；此外，亦可轉換成光、音波及



流體質量等訊號。

轉換要件的輸出訊號中，可在輸出後執行處理者頗多，向既定部分傳輸後，再執行處理者為數亦不少。此項訊號的傳輸，係利用發射機 (Transmitter)，執行適於傳輸線路特性的訊號轉換。若此項傳輸線路為電訊號時，則須使用電線；若為光訊號，則須使用光纖；若係流體訊號時，則須使用空壓及氣壓管線。無論使用何種傳輸媒體，均須能符合損失低、雜音少，以及忠實執行訊號傳輸等的需求。

來自轉換要件，傳輸至接收及訊號處理要件上的訊號，經過放大，且接受雜音清除及溫度變異等補償，轉換成具有既定規則的訊號後，再執行運算，即可成為從事判斷的訊號。

資訊輸出要件，係將人類可理解其含意的資訊，向顯示裝置或上位系統，執行訊號的傳輸及調整，以作為「資訊訊號」，執行輸出。

並將來自於感知器所獲得的資訊，由操作人員或計算機，執行處理及判斷。

控制系統係以此項判斷結果的控制指令為基礎，用以向操作要件上提供控制訊號。依據裝置結構的不同，亦有使感知器與驅動器合為一體者。

使用感知器時，尚須考慮使用對象、目的、場所、狀況、條件、時間、方法、適用性能、結構、可靠性及價格等情況，因其係屬於具有強烈專用特性的裝置，此亦即「感知器結構變化多端」的重要原因之一。唯有能供給實用上嚴格需求的感知器，方有其存在價值。若係極易毀損，或對設備及系統運轉形成阻碍的感知器，即無使用意義存在。

感知器的轉換要件結構

感知器的轉換要件結構，係針對偵檢對象的顯示質量及變化，從事選擇性的反應動作，一般而言，此種構造可獲得單值函數和雙值函數的輸出量。其構造為：

①基本轉換要件……此係屬於單一要件的結構。

②裝置轉換要件……係由多數結構要件組成的轉換要件。

基本轉換要件，係為兩種性質互異的系統間，能量轉換的自然現象。

④利用非取決於物質的能量轉換過程者。

⑤利用特定物質中的固有物性，和物質形成特定結構的能量轉換過程者。

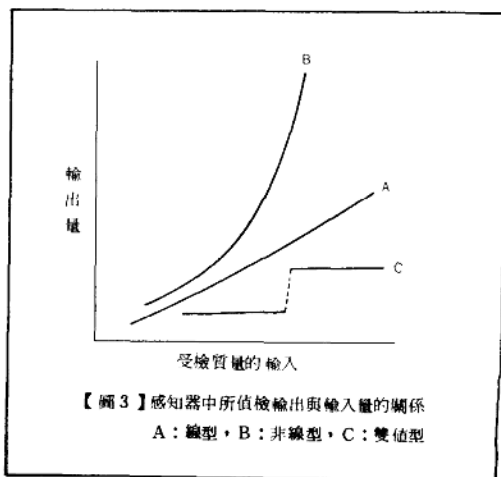
形式④，宛如電極的平行板，針對實施位移時所運用的壓力—電量轉換器，執行運作的容量型轉換器，其構造及轉換結構則依循自然法則而成，屬於視野從寬的結構。

形式⑤，係針對與磁通對應後可獲得輸出電壓的電動元件，並與受光光束及發生光電動勢的光二極體對應，利用具有導電現象的半導體物質，執行轉換，係一項與物質結構有極為密切關係，且屬於視野從微的結構。

然而自然界的現象，均係視野從寬的連續變化，所偵檢的能量亦為類比量。因此，除了特殊情況外，一般的轉換器的動作，係為類比，執行類比訊號的輸出。若轉換器係由振盪結構及鬆弛振盪結構等所構成，其所獲得的輸出，分別為振盪或脈衝振盪頻率，此項頻率訊號，具有易於後段變為數位訊號的優點。

裝配轉換要件，係由基本轉換要件及其他要件共同組成，故利用安裝於內部的人工數位轉換要件，可產生數位輸出。例如，由角度及位置的數位轉換器，可組成數位解碼器等。

轉換器輸入及輸出間的函數關係，有成正比及非成正比等兩種，前者乃屬線性關係，後者即屬非線性關係。輸出入間的關係，以使用線性轉換器轉換較易；由於目前的微處理機感知器極為發達，故若為單純的單值函數時，使用非線性執行處理，亦毫無困難。轉換器的感



度與輸入的轉換係數之間，有極密切的關係（參閱圖3）。

感知器的種類

感知器的種類，林林總總，堪稱千變萬化。因此，須依各種不同的觀點，始能進行感知器的分類。

首先就各項分類之依據及內容，加以說明，其次再逐項介紹。

(1)依據構成形式分類……有基本感知器，裝配感知器及應用感知器等。

(2)依據結構分類……有結構型（或構造型）、物性型及結構、物性混合型等。

(3)依據偵檢功能分類……有空間質量、力學質量、熱學質量、電磁學質量、光學質量及化學質量等，或視學及觸覺等。

(4)依據轉換方法分類……應用力學、熱學、電、磁、電磁學、光學、電化學、觸媒化學、酵素化學及微生物學等屬之。

(5)依據用途分類……則有儀測、監視、檢查及控制等用途。

(6)依據材料分類……有應用半導體、陶瓷、金屬合金、高分子材料、酵素及微生物等感知器。

(7)依據偵檢訊號分類……計有類比型、數位型、頻率型及雙值型等感知器。

(8)依據構成成份及功能特徵分類……包含多因次感知器及多功能感知器等。

(9)依據應用範圍分類……應用於工業、醫療、理化、太空及軍事等方面的感知器。

●依據構成分類

由轉換元件（Converting Device）所構成的基本感知器，與各種不同的基本感知器組合而成的裝配感知器，以及與其他結構共同裝配而成的應用感知器。例如，熱電耦（Thermocouple）則係由基本感知器所構成，由熱電耦及熱線吸收體（紅外線—熱轉換器）所裝配而成的紅外線感知器，即為裝配感知器；若再與其他掃描結構共同裝配成熱圖像感知器，則屬於應用感知器的範疇。

●依據結構分類

結構型（或構造型）感知器，係運用力學、電磁力學、古典光學等機械轉換結構為基礎

；所謂物性型感知器，即係利用物質的物化，化學及生化性等轉換效應為基礎，所構成之具有轉換結構的感知器；稱為結構及物性混合型的感知器，則係由兩種以上的不同結構組合而成。將壓力轉變成電容器極片的位移，利用電容量的變化，量測壓力的感知器，應列入結構型，針對裝於矽結晶膜內之阻力橋接壓力之膜應變（Diaphragm Strain），利用其應變阻力效應之壓力量測，即可列入物性型中。

●依據偵檢功能分類

舉凡針對溫度、濕度、壓力、流量、影像、氣體及光等功能的偵測均為感知器的範圍中之一種。其中，使用最多的則為溫度感知器，約佔所有感知器的七成左右，其次，則為壓力及流量等感知器。

●依據轉換方法分類

利用與轉換有關的主要作用，分別剖析觀察，予以分類者屬之。例如，應用光學、電化學及酵素等為主要轉換作用的感知器。

●依據用途分類

包括精密儀器中使用的儀測用感知器，以偵檢異常為主的監視用感知器，中間成品和成品檢查設備與機器檢查等保養維護用之檢查感知器、醫療診斷、檢查及監視用的感知器，以及機器人，NC控制及各項設備的自動控制、廠房操作控制、太空儀器控制等所使用的控制感知器，以及分析儀器上所應用的分析用感知器等。

●依據材料分類

此係針對主要使用材料，予以分類。依據使用材料範圍的不同，感知器的製造方法、轉換原理、應用方法等，均有若干差異。

●依據偵檢訊號分類

最普遍的感知器為類比型及雙值型等兩種，此外，尚有少數屬於頻率型者。至於數位型感知器，僅限於裝在數位解碼器及類比—數位轉換器等之上。以頻率型感知器為例，流程內感知流體流動交互產生的漩渦，稱為卡曼渦流面（Karman's Vortex Sheet），並以之執行該桿上所產生的振盪頻率偵檢，藉以測定流體速度的流速感知器。所謂雙值型感知器，因可取用ON、OFF（啓閉）的雙值，故於控制用途上使用最多。微開關及光電開關等，均為具有代

表性的圖例。

● 依據構成成份及功能的特徵分類

一般說來，此項分類並無具體的體系可言。例如，利用綜合有機性，同時執行多元性的偵檢，即可獲得多層面的資訊，此項感知器因而稱為多因次感知器 (Multiple Dimension Sensor)。若勉強加以歸納，則一般的感知器均應屬於點偵檢型；攝取影像用的感知器，有一因次掃描型及二因次掃描型之分；此外，亦有執行形狀偵檢用的三因次感知器。不過，此項分類方法僅為區分而已，並無任何意義可言。

● 依據應用範圍分類

應用於生產業者，計有工業、流通、輸送、事務機器、通信及測量等；用於民生必需品上者，則有家庭電器、音響設備、照相機、汽車及防災等；應用於醫療方面者，有醫學檢查與診斷、復建醫療；應用於理化方面者，計有研究儀測與分析；至於應用在軍事及太空等方面者，則包含探查、偵察及飛行等。諸如此類，依應用範圍的不同，而有其獨特的需求，故從事感知器的設計及製造時，尚須顧及其應用範圍並配合其需求。

感知器的系統設計

所謂感知器，係將偵檢部位的轉換器所拾取的偵檢訊號，在輸出前，轉換成機器或操作人員可判定的資訊，屬於一項綜合歸納的系統。一個完整的感知器，並非僅由轉換器組成即可，轉換器僅係其中能使偵檢訊號立即轉換成有效資訊的裝備而已。一般而言，此類訊號均極微弱，且含有雜音，其線性並不充分。此外，在傳輸過程中，尚有由外部或內部結構滲入雜音的可能。

在如許雜音中，針對使用要求，須獲取正確的資訊實非易事，故感知器的系統結構中，須包含轉換、訊號傳輸、接收及訊號處理，與資訊輸出等不同的部分。有時尚須設置可執行受檢對象偵檢前處理（例如特殊照明、位置設定等）的附屬部分。

因此，感知器的系統設計，各部分的搭配，均不可或缺。其中，轉換器的設計，因對於部分系統有深切的影響，故最為重要。

感知器的系統設計，大致可按下列步驟進

行（參閱圖4）。

①用戶（或市場）需求的分析

因感知器具有高度的專用性，故須針對使用目的、適用性質、使用環境及條件、功能及性能上的需求，法規限制與規格標準、市場行銷及技術策略，以及價格範圍與獲益性等，作多層面的分析。

②一次規格的製作

依據上述的分析結果，訂定出理想感知器的功用、性能、可靠性、耐用性及成本等。

③確認方式的選擇、構想及原理的可能性等

首先就一次規格及有關的問題，作一適當的解決，並肯定其所需的結構原理，及採取的有效方式；再就原理上的可能性，作模式分析與預備實驗等。

④2次規格的決定

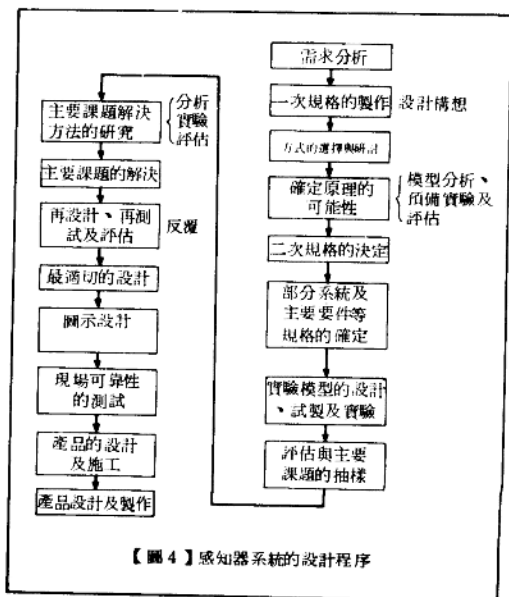
依據前述結果，執行評估；針對一次規格的評估，提出修正並更新細部內容，以決定2次規格。

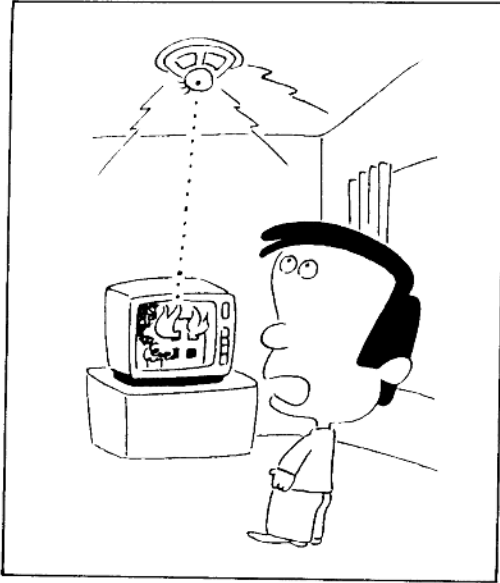
⑤部分系統及主要要件等的決定

以包含轉換器在內的2次規格為準則，決定各部分系統與重要零件的規格。

⑥實驗模式的設計、試作及實驗等課題的抽樣

④與⑤兩項係奠定2次規格的基礎；透過





實驗模式的設計與試製，及模式實驗等，即可將整體系統中有待解決的主要問題過濾一番。

⑦問題的解決及再設計

將上述有待解決的主要課題，各部分系統，尤其是轉換器與零件上的需求，執行必要的设计變更。

⑧採取最適切的設計方法

針對重複設計，再試作及評估過程，以求符合規格目標。

⑨現場測試試件的評估

以適當的設計為基礎的試作，不僅須於實驗室執行零件測試，另外在現場，除檢查其性能外，尚須檢查其可靠性、耐久性及壽命等實用條件，進而實際探討就人體功能而言使用的難易程度及方法等問題。

⑩產品設計工程

綜合以上所獲得的結果，著手從事產品製作的正式設計。

從事感知器的系統設計時，基本構想極為重要。在特定目的與性質的總體系統中，以部分裝配為前題的感知器系統設計，即係以基本構想為準則。

即使偵檢部位有攝影元件的型態識別系統。然而，因觀測、探勘、檢查及焊接等不同的目的，其構想亦將相差甚

遠。若以觀測與探勘為主時，則偵檢畫面的色調、濃淡分佈及受光波長的資訊，均有極重要的意義。若係以檢查為主時，則僅須有形狀及輪廓等資訊即可；若係焊接時，只要獲得特徵性的影像資訊，即是敷應用。其中的差異，可謂形形色色，無法一一列舉。

此外，若係安置在裝配與控制系統內部的感知器，其設計系統的構想，則須視該系統所需的功能、動作特性及理想中的功用而定。若感知器尚須具有定量性、轉換特性時，執行有無偵檢的雙值響應，則為不可或缺，使用時須加以區分。在負回援型控制與預測控制中，須有定量的轉換特性；然而，若係順序控制，則須具有雙值響應特性。

設備系統的設計與感知器的選用

執行自動控制裝置、機器人及量測系統等感知器設備與系統的設計時，選用感知器的適當與否，對性能及可靠性影響極大，其重要性亦可見一斑。

以實際的立場而言，選用感知器時，首先應與設備所需的功用及性能等對照，然後將所能獲得的感知器資料與其他資料蒐集齊全，並加以研討及分析，取出可供輔用的備補零件；就其實體，執行性能、可靠性、耐久性及實際安裝等測試，進而評估其結果及價格，逐漸縮小其設計範圍。若從實用性着手，須考慮感知

【表1】測定方式的選擇：需求與技術上的限制

分類	需求與限制	分類	需求與限制
空間上	點／線／面	性質上	定性／定量
	局部／廣泛應用場面		絕對質量／差量(變化量)
	微小／巨大		靜止質量／變動率
時間上	近接／遙控	方法上	類比／數位
	接觸／非接觸		雙值／多值／連續
	集中／分散		固定形式／非固定形式
動力上	靜止／移動	使用	消耗／耐久
	連續／脫線		破壞／非破壞
	尺寸限制：嚴格／不甚嚴格		部份抽取／全部
經濟上	間歇／連續	方法	概括／連續
	動態／靜態(高速／低速)		中央監視／巡回／現場
	時間性／非時間性		使用後捨棄／短期／長期
經濟上	逐次／隨機／巡迴	使用	不必保養(無須隔格)／
	追蹤／平均		保養維護
	自供／外供／電池		不良環境／環境調節
經濟上	動力消耗限制：	使用	衛生、清潔條件：嚴格／不甚嚴格
	嚴格／不甚嚴格		勉強使用／正常使用
			位置一定／移動／攜帶
經濟上	特殊少量／特定大量／通用	使用	
	大規模系統用／中小規模系統用／單機用		
	容許價格範圍：高／中／低／極低		

【表2】感知器實用性技術評估的主要因素

輸入	輸入形態及偵檢範圍
響應	感度、分解功能、響應速度／時間常數、動態範圍、響應函數
輸出	輸出形態、輸出位準、S/N比
精確度	精確度、溫度補償、雜音補償、校正、檢定
準確度	容差範圍、位址及磁帶
可靠性；耐環境性	使用溫度範圍、耐溫循環性、耐濕性、耐鹽、耐衝擊性、化學的穩定性、抗電磁干擾性、耐電壓性及其他
耐過負載性	維護
保全性	互換性、安裝／安裝容易程度
壽命	材料、結構強化壽命、耐疲勞性
安全性	防爆性

器使用上的安全性、保養維護性及互換性等重要的判斷因素。

此時，尤須注意針對設計目的及應用，加以分析，並掌握偵檢對象的重要特質，選用最適當的偵檢、測試方法及硬體結構。在連續連線的狀態下，通常執行相同的量測，或在離機離線後，始執行設定，或中途有間歇性的設定等，依其採用的方法而有所不同。按此方式，視設備及系統的不同特性，據其需求與限制，決定偵檢及測試的方法，釐定出所需的感知器種類、結構、性能及條件等。

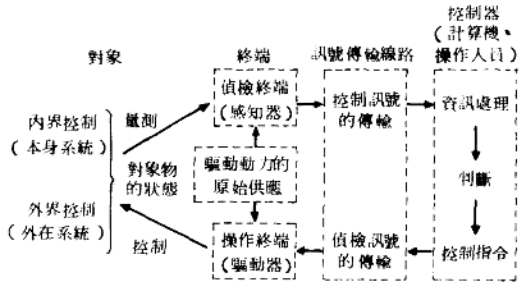
表1所示，即係選用偵檢及測試方式時，所應考慮的需求及技術性等限制的重要因素，堪稱為十分實用的查核表。其重要因素係指包含定性的及定量的等兩種不同的內容。

表2所列舉者，係感知器的實用性能及技術評估中不可或缺的重要事項。

選用感知器時，並非一味著重於感度、響應性及精度等方面而已，合適的使用方法、單純的使用結構、可靠性、耐久性及安全性等，更須倍加注意，以選擇出一優異的感知器。尤其當溫度發生變化時，仍具有高度的穩定性者，方為上品。

然而，符合設備及整體系統之需求的感知器，實非易於獲得，故在裝置與系統結構中，須重新開發具有重要特質者，以製作專用的感知器。

一般而言，雖同為感知器，然而，從零件的等級（例如型態識別裝置）之間，其種類極為繁多。零件等級須具備裝置動作結構的部分功能；系統等級則須具有某一設備系統的部分



【圖5】感知器與計算機的控制系統

功能，因此，選用時的重點，依感知器的等級而有差異。例如與系統等級愈接近時，對於與運作有關的優劣評估，則愈重要。

感知器與電腦控制

設備的自動控制中，均須具有執行內外狀態偵檢的各種感知器。若欲執行來自多數感知器上之資訊的組合與處理，則須以適當的控制參數，執行判定，藉以達到控制及監視裝置內界的功能。完成資訊處理、判斷及控制指令等功能者，則稱為控制器（Controller），此類控制器係由計算機構成（參閱圖5）。

然而，簡單的定值及順序結構裝置中，毋須設有計算機，僅裝置單純的負回授控制結構與電路，或順序控制結構即可。前者稱為負回授控制系統，後者稱為順序控制系統。此類系統中，類別上與感知器相當者，即為輸出偏差偵檢及回授結構（電路），或限制偵檢結構（限制開關）等。

順序控制中，多係使用所規劃的程式程序，進行操作，並將該程式的程序記憶於微電腦內，再按此既定程序，自動執行邏輯判斷的一項電子式順序器。

計算機控制原係屬數位控制。然而，因大多數的感知器均為類比系統，故在計算機與感知器之間，尚應具有類比與數位量的轉換元件。

此外，數位訊號較類比訊號尤不易受雜音干擾，故在訊號傳輸過程中，所產生的誤差亦較少。再者，數位訊號傳輸線路（資訊匯流排或資訊路徑），在幹線或分歧的環路線路上，係由為數甚多的數位終端機及微電腦結合而成，可事先執行局部性的訊號處理，因而適合用於分散處理的型態上。

由上述情況可知，計算機控制系統中的感知器，必須具數位化及智慧化。總之，須立即將感知器所偵測的類比量予以先行處理，轉換成碼化後的數位訊號，儲存於緩衝器記憶體內，以隨時執行感知器的呼出，並可執行記憶體內容的傳輸。此時，判斷呼出及讀取的指令訊號，尚須包含連貫程序的自動執行，以便控制用計算機的輸入，易於與感知器的輸出結合。感知器所具有之智慧型功能，利用微處理機(Micro Processor)與記憶體，即可實現。不過，須具有驅動微處理機及記憶體的電源。

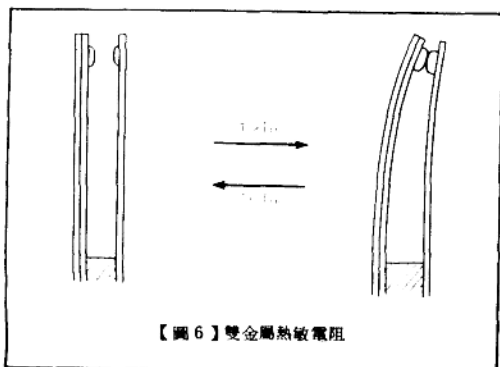
控制用計算機，係取用來自讀取訊號的資訊，以執行運算處理及指令判定。

感知器的輸出訊號傳輸線路，除了可使用同軸電纜及雙對電纜外，近來，使用不受電力限制及電磁感應干擾所影響，且可執行高密度資訊傳輸的光纖電纜者，日益增加。

感知器與驅動器

控制系統中，與外界的控制對象對應，執行操作的結構，稱為操作部分或驅動器(Actuator)。驅動器宛如控制系統的四肢，可依指令訊號執行運作，係屬可取用較大操作力的能量轉換器。例如，馬達與螺管線圈(Solenoid)係利用電訊號與電能，執行驅動，以從事電一動力間的轉換。此外，閥門開啓度的調整，可利用脈衝馬達；若係單純的閥門開啓動作，則可使用螺管線圈。

一般而言，需要較大的作用能量時，則可使用驅動器。除前述經電動的驅動方法外，尚有以空壓做為原動能量，此僅被視為訊號系統中，以電一空壓訊號轉換器為媒體，執行能量放大的一種驅動方式。此外，尚可使用油壓式



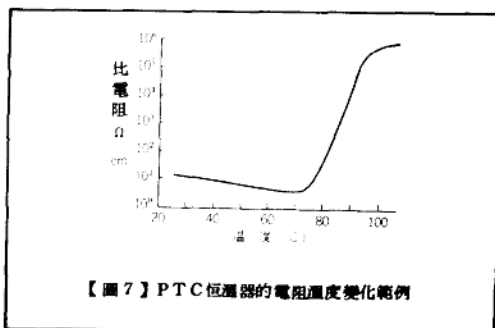
驅動器。

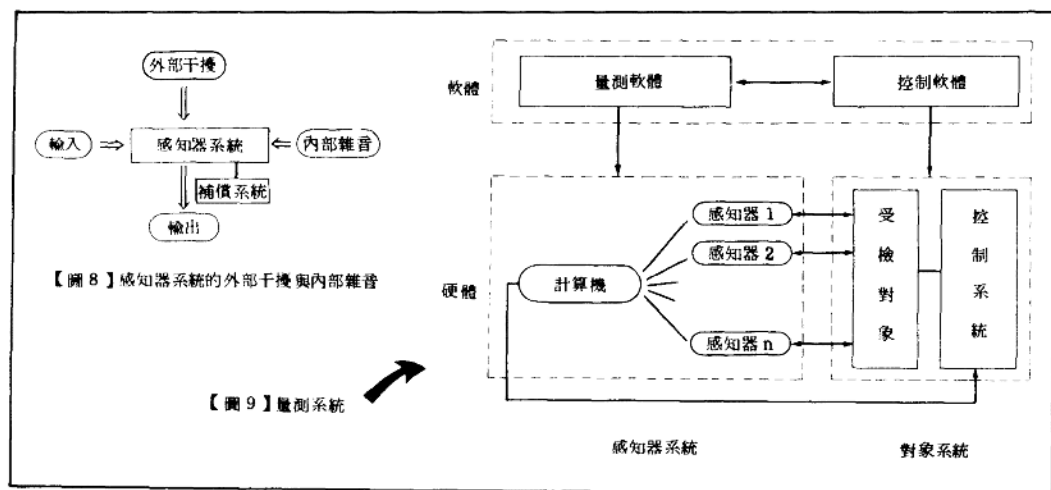
控制系統中，多係屬於感知器與驅動器執行任務的對象。感知器係可獲取控制對象資訊，及執行控制系統結構的動作狀態，驅動器則相反，其係依據控制器所輸出的判定結果指令，以執行操作，而使對象物從事運作。

控制器部分，係內裝於簡單伺服系統的輸出偏差偵檢與回授結構；在數位控制系統中，通常係由計算機構成。

最簡單的自動控制系統，係由感知器、控制器及驅動器等三者，形成整體所組成。

電爐及電鍋等家用電器內部，均設有雙金屬(Bi-metal)接點(圖 6)，亦可兼作簡易溫度控制及具有驅動器功能的恒溫器(Thermostat)之用。恒溫器中相當於控制器的部分，係形成雙金屬，施加應力後，產生應變的彈簧力大小之設定結構。此時，驅動的動能係由控





【圖8】感知器系統的外部干擾與內部雜音

【圖9】量測系統

制對象的熱環境本身，自動供應。雙金屬不僅屬於機械性結構，且在一定閾值的溫度限制下，尚可執行機械性的開關啓閉。

稱為PTC的熱敏電阻(Thermistor)(圖7)的陶瓷半導體正溫度係數感溫電阻元件，則與上述的雙金屬不同，係屬於無活動部分的限制電流，且具有防止過熱功用的裝置。當此項元件逐漸接近相移溫度(Phase Transition)時，電阻則急劇增加，故若溫度上升超過既定之值時，則須限制其電流，以防止過熱，亦可於輸出入熱流的平衡基礎下，保持其使用恒溫。保溫壺及電毯等家電用品，多係採用此種PTC熱敏電阻。此時，其感知器控制部分及驅動器等，均已相互融會，合成整體。

而且實用上，驅動器亦須具有良好的響應性、效率控制性、可靠性、耐久性及保養維護性等。

感知器及其量測

用於量測方面的感知器，需針對量測的目的、對象及方法等，訂定符合此些定量性的若干特性(包含感度、響應速度、響應、測定範圍、與精準度等)。在從事量測的偵測系統內，尚須具有無論外部的干擾強度如何，仍能保持穩定性的重要應變措施。經常遭遇的外部干擾，計有：溫度、濕度、氣壓變動、機械性的振動、衝擊及電壓的變動與雜音，受周遭磁場變動的影響所形成之電磁感應，受帶電體及靜

電感應影響的電位變動、光學系統中受於光路徑內塵埃及露珠影響，所產生之光的散射及吸收之變動等皆屬之。

為求抑制，或消除(補償)及避免此類外部干擾，感知器內尚須採取各種適當的防範對策。

感知器本身，亦有其內在的原始雜音存在。此些雜音中，包括有來自自然法則中無從避免的熱雜音，及量子雜音等。此外，由於結構上的不穩定性，構成材料成分的特性變異等因素，仍會引發若干雜音。(參閱圖8)。

量測設備或量測系統結構中(圖9所示)，一般均係利用功能與性能迥然有別的多數感知器，組合而成。此外，並使用微型或小型計算機，執行自動量測程序的處理，各個感知器輸出內容的運算處理，與執行其結果的顯示及存錄等。因此，量測設備及其系統的結構中，以感知器的使用方法為主所構成的軟體系統，在整體中佔有極重無比的地位。尤其係以量測系統作為控制系統的結構要件時，其控制系統內尤須具有能滿足各項需求條件的軟體，始敷應用。

所謂「量測」，依據其性質可分為：科技量測、環境量測，及產業量測等不同的型態；其中，產業量測可再區分為：工業量測、農、水產量測、及商業量測等。至於科技量測，一般不僅要求其具有極高的精準度，原則上，且須具有相當程度的設備環境；環境量測則包含