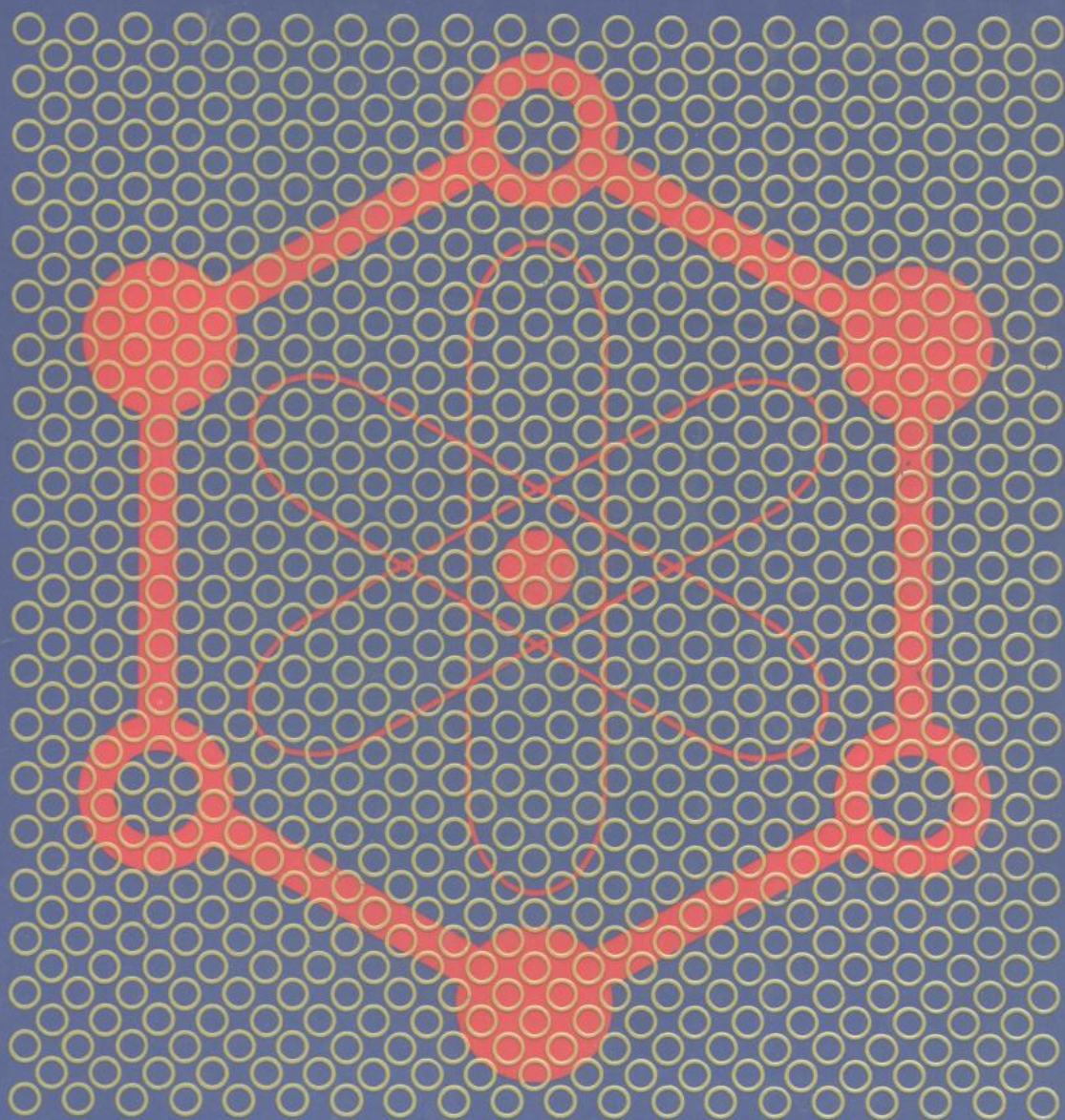


工專電子計算機概論

余政光 編著



五南圖書出版公司印行

遵照部頒五專課程標準編著

工專電子計算機概論

余政先 編著

英國渥太華大學電機工程博士
國立中央大學電機系兼任教授
教育部電子計算機中心主任

五南圖書出版公司 印行

工 電子計算機概論

中華民國 76 年 6 月初版
中華民國 77 年 10 月再版

編著者 余 政 光
發行人 楊 榮 川
發行所 五南圖書出版公司

局版臺業字第 0598 號
臺北市銅山街 1 號
電話：3 9 1 6 5 4 2
郵政劃撥：0 1 0 6 8 9 5-3

印刷所 茂榮印刷事業有限公司
板橋市双十路2段46巷22弄11號
電話：2 5 1 3 5 2 9

定 價： 200 元

(本書如有缺頁或倒裝，本公司負責換新)

編 輯 大 意

本書編輯之方針係使初學者能了解電腦運作的
基本原理並期能於最短時間內開始撰寫 BASIC 程
式，並使工業專科學校學生不分科系均能一窺 BAS
IC 全貌。

本書所介紹之各種 BASIC 指令，於不同的電
腦系統均能使用，本書之每一例題均經實際測試，
希初學者能實際上機測試，方能體會 BASIC 語言
的真正內涵。

全書共分八個單元，每一單元章節順序均係按
教育部頒佈之課程標準編寫，故此書亦可用為教科
書之用。

本書之編寫雖力求完美，唯編者才疏學淺，如
有謬誤之處，尚祈諸位先進不吝賜正。

工專電子計算機概論

目 錄

第一單元 計算機的歷史	1
1-1 什麼是計算機？ Calculator 和 Computer 之區別	1
1-2 如何利用計算機解決問題.....	3
1-2-1 計算機的能力特徵	3
1-2-2 計算機應用範疇	5
1-2-3 如何使用計算機	12
1-3 計算機之發展過程（ Von Neumann 模型之介紹）	15
1-3-1 早期的計算工具	15
1-3-2 萌芽期的計算機	17
1-3-3 第一代至第五代計算機	18
1-4 大型計算機、迷你計算機與微計算機之簡介及未來計算機之展望...	21
第二單元 數字系統和資料表示法	25
2-1 數字系統之簡介及常用數字系統間之轉換.....	25
2-1-1 十進位數字系統	25
2-1-2 二進位數字系統及其運算	26
2-1-3 八進位數字系統及其運算	28
2-1-4 十六進位數字系統及其運算	30
2-1-5 不同基底數字系統間的轉換	33
2-2 定點數、浮點數及其正、負數之表示法.....	44

2 工專電子計算機概論

2-2-1	定點數及其正、負數之表示法	44
2-2-2	浮點數及其正、負數之表示法	46
2-3	數碼之介紹及文字之表示法	49
2-3-1	BCD碼(Binary Coded Decimal)	50
2-3-2	EBCDIC 碼	54
2-3-3	ASCII 碼	56
2-3-4	中文資料表示法	58

第三單元 計算機之基本組織..... 61

3-1	計算機之架構	61
3-2	中央處理機：ALU, Control	63
3-2-1	算術及邏輯運算部門	63
3-2-2	控制部門	64
3-3	記憶裝置：主記憶體及輔助儲存裝置	65
3-3-1	儲存裝置的種類	66
3-3-2	儲存裝置位址法(Storage Addressing Scheme)	72
3-4	輸入、輸出及常用之週邊設備	74
3-4-1	輸入輸出機器的種類	74
3-4-2	磁帶(Magnetic Tape)及磁帶機(Tape Drive)	76
3-4-3	磁碟(Magnetic Disk)	85
3-4-4	電腦終端機	95
3-4-5	印表機	98
3-4-6	卡片及讀卡機	103
3-5	軟體系統之簡介	106
3-5-1	系統軟體	108
3-5-2	應用軟體	110

第四單元 演算法及流程圖.....113

4-1	演算法之定義及特性	113
4-1-1	演算法的形貌與特性	114
4-1-2	演算法的分類	118
4-2	流程圖表示法	121
4-2-1	流程圖種類	124
4-2-2	流程圖到計算機程式	133
第五單元	程式與程式設計	139
5-1	指令與程式	139
5-1-1	程式之讀入與執行	139
5-1-2	指令的種類	140
5-2	位址	141
5-2-1	位址邊界 (Address Boundary)	142
5-3	指令的組成	143
5-4	程式語言	145
5-5	BASIC 程式語言基本指令敘述	147
5-5-1	PRINT	147
5-5-2	LET	151
5-5-3	INPUT	153
5-5-4	GOTO	156
5-5-5	IF THEN ELSE	157
5-5-6	STOP/END	167
5-5-7	READ/DATA	167
5-5-8	RESTORE	171
5-5-9	REM	173
5-5-10	ON-GOTO	173
5-5-11	LINE INPUT/WRITE	177
5-5-12	PRINT USING	177

4 工專電子計算機概論

5 - 5 - 13 FOR-NEXT 184

5 - 5 - 14 DIM 195

第六單元 資料結構.....223

6 - 1 非數字資料之處理..... 223

6 - 2 字串 (Character Strings)..... 224

6 - 2 - 1 基本字串的應用 226

6 - 3 鏈結構 (Linked Lists) 229

6 - 3 - 1 單鏈式線性串列上的運算 231

6 - 3 - 2 環狀鏈式線性串列 (Circularly Linked Linear Lists) 243

6 - 3 - 3 雙向鏈式線性串列 244

6 - 4 樹狀結構 (Tree) 249

6 - 4 - 1 二元樹之運算 258

6 - 4 - 2 二元樹之處理及其儲存體表示法 265

6 - 5 疊表 (STACKS)..... 272

6 - 5 - 1 疊表的應用 275

6 - 5 - 2 波蘭記號法 (Polish Notation) 和它們的編譯 279

6 - 6 圖結構 (GRAPHS)..... 286

6 - 7 排序 (Sorting) 或找尋 (Searching) 之介紹 295

6 - 7 - 1 排序 (Sorting) 299

6 - 7 - 2 找尋 (Searching) 306

第七單元 數值方法.....315

7 - 1 如何利用計算機解決數學問題..... 315

7 - 2 線性方程式組 (Linear Equations) 之解法..... 316

7 - 3 非線性方程式 (Non-Linear Equation) 之解法 322

7 - 3 - 1 連續近似法 324

7 - 3 - 2 半區間法 326

7-3-3	切割法	327
7-3-4	牛頓法	329
7-4	積分法 (Numerial Integration)	331
7-4-1	矩形法則	332
7-4-2	梯形法則	333
7-4-3	辛普森法則	335
7-5	最小平方曲線湊配法	338
7-5-1	單一變數的曲線湊配	339
7-5-2	權重係數和多重變數湊配法	341
7-6	數值誤差	343
7-6-1	捨入誤差	344
7-6-2	截取誤差	345
7-6-3	誤差的擴大	346
第八單元 結 論		349
8-1	微電腦與微處理機	349
8-1-1	微處理機	350
8-1-2	微電腦系統的硬體與軟體	354
8-2	程式設計之技巧	358
8-2-1	好的程式應具有好的條件	359
8-2-2	程式設計之程序	361
8-2-3	由上而下的程式設計法	362
8-2-4	程式規劃型態的基本原則	364
8-2-5	影響程式設計師工作的外在因素	370
8-3	資料處理、整批及線上處理之介紹	372
8-3-1	整批處理系統	372
8-3-2	連線處理系統	373
8-3-3	即時處理系統	375

6 工專電子計算機概論

8-3-4	分時處理系統	375
8-3-5	交談處理系統	376
8-3-6	集中型資料處理系統	376
8-3-7	非集中型處理系統	378
8-3-8	分散型處理系統	379
8-4	資料庫 (Data Base)	380
8-4-1	資料庫的優點	381
8-4-2	資料庫的要求	382
8-5	中文電腦	383
8-5-1	中文輸入方法與機器	385
8-5-2	中文資訊處理的探討	390
8-6	計算機網路與計算機通訊之簡介	392
8-6-1	計算機網路的組件	395
8-6-2	網路的拓模型態	397
8-6-3	區域網路	398

第一單元

計算機的歷史

1-1 什麼是計算機？Calculator和Computer之區別

電子計算機（Electronic Computer）一般簡稱為計算機（Computer）或電腦，就是使用電子迴路而行自動計算、處理的一種裝置之總稱。根據美國無線電工程師協會對計算機所下之定義為：「計算機可視為一種可以接受資料（Data）的設備，它運用事先設計好的步驟對所接受之資料加以合理的運算與推理分析，產生資訊（Information）」。

Computer 一字是由拉丁文之 Computare 一字演變而來，原是指計算（To Compute）之意，今日我們常稱之謂計算機系統（Computer Systems）因為它是由多部作用與性能不同的機器組合而成，用來接受或輸入資料，先予儲存後再將資料作合理運用，以產生預期的結果或答案。所謂合理運用是指計算機能在吾人所編寫的程式指令監督下，有秩序有條理的從事加、減、乘、除、開方、指數運算等數學運算，以及分類、比較、選擇、匹配、合併、校正及作決定等邏輯運算過程而言。

由上述我們可以知道，電腦之所以能計算或處理資料並求出答案，它不僅要有處理資料的機器，包括資料輸入輸出電腦的機器（Input / Output Units 或 Devices）即所謂的電腦週邊機器（Computer Peripherals），以及計算或處理資料用的中央處理機（Central Processing Unit：CPU），儲存資料和程式指令的主儲存器（Main storage）等機器設備，或稱電腦主機體（Co-

mputer Main Frame)；這些電腦的週邊機器與電腦主機體是有形的設備(Physical Equipments)，因此一般均稱之謂電腦的硬體(Computer Hardware)。

此外，電腦系統更要有指揮、監督及管理所有輸出入機器讀入資料儲存於主儲存器或從主儲存器取出資料，以及使中央處理機執行數學與邏輯運算的程式(亦即指令之集合體)，這些程式或指令的集合體就稱為電腦的軟體(Computer Software)。

日常為大家熟悉的計算器常常被混淆不分地稱為計算機(有些生產計算器的廠商就把他們的產品稱作計算機)，實際上計算機的功能要比一般觀念中的桌上型計算器超出了太多，因此，「計算機」、「計算器」(Calculator)這兩個名詞絕不能混為一談。一般桌上型計算器的使用者必須一步一步地按鍵指揮計算器進行一件計算工作中的每一個運算，計算器因此只是一個沒有任何智慧的純粹計算工具；而計算機卻能夠接受並且記憶長串的指令(Instruction)，然後自己指揮自己逐步進行指令所指明的計算處理工作。計算機能夠記住並且自動遵行不論多長或多複雜的指令序列(只要使用計算機的人能夠設計出來)，這是它和計算器最大的不同點。另外傳統的計算器只能夠進行「數值性」的計算應用，計算機卻沒有這個限制，它可以幫你從圖書館大筆的書目資料中找出你要的書籍，它可以替你把冗長的客戶名單按照字母次序排好順序，它可以作為你遊戲的對手，……。這些「非數值性」的功能愈來愈成為計算機對人類最重要的服務項目。

如上所述，不難了解計算機(Computer)與一般所謂計算器(Calculator)有下列數點差異：

1. 計算機性能優越，計算精確，處理速度奇快無比，其速度單位已以十億之一秒為單位(10^{-9})，大約二個五位數字相加可在十億分之一秒內完成。人類如果不用電腦高速而精確的計算能力，根本不可能有人登陸月球，也不可能準確地降落在月球預定的地點上，更談不到返回地球了。
計算器只具有固定且簡單的功能。例如：每種廠牌的計算器所能做的事情，就只有計算器面板上所標示的運算而已。
2. 計算機具有內儲式的程式(Stored Program)，能連續地將輸入資料作

一連串有系統的運算直到產生預期結果為止，完全自動無須人手干與。計算機不但能作加減乘除等四則運算，更重要者是也能作分類、選擇、比較等邏輯運用。因此，任何問題只要將其處理方法或步驟寫成程式，便可將它及有關資料輸入計算機求出結果，問題在於利用計算機的人們，並不能完全把所有問題的處理方法或程序寫成程式。

計算器為人工操作，必須一步步地按鍵指揮計算器進行工作。

3. 計算機因有多方面的輸入裝置，資料可經由不同媒體輸入計算機處理或將處理結果從計算機輸出，同時又有儲存裝置可將資料儲存在主儲存器內隨時取出處理或送回儲存。大量的資料更可利用磁帶、磁碟等媒體長久保存起來，以便必要時再予取用。計算機的資料儲存量在理論上為無窮大，沒有限制。計算器無法儲存大量資料：有的計算器附有記憶體（Memory）以儲存資料，但畢竟是少量的。

1-2 如何利用計算機解決問題

如何利用計算機解決問題是研究計算機科學的重要目的，在此先將計算機目前常見的各種應用做一個整理和討論。

1-2-1 計算機的能力特徵

要建立正確的計算機應用概念必須先對計算機能力特性有正確的了解。一般而言，我們可說凡是人能進行的工作，計算機都能夠做。表 1—1 中列出了人類工作方式和計算機工作方式的比較，從表中我們可以感覺到人類處理日常事務的一般操作（或行動），計算機同樣地都可以進行，但是，不要忘記計算機在做這些動作時是以例如百萬分之一秒的驚人速度進行的，因此，就處理事務的速度而言，計算機的能力是超過人類千萬倍，這是計算機最有價值的能力特性。

表 1 - 1 計算機和人類工作方式的比較

人類處理事務的行為	計算機相對的動作
1. 記住連串的工作指示。	1. 將工作指令存於內部儲存裝置中
2. 閱讀文件上的資料並以大腦記憶或是置入文件檔案保存。	2. 讀入為機器閱讀準備的資料（如打孔卡片上的資料）並存入主記憶或次儲存裝置中。
3. 進行算術運算。	3. 亦可進行算術運算。
4. 處理文字符號。	4. 處理編碼後的文字符號碼。
5. 進行數值或符號的比較。	5. 同樣可進行數值資料或是文字符號碼的比較。
6. 處理過程中按狀況進行決策。	6. 處理過程中按資料值反映的狀況選擇不同的指令執行路徑。
7. 自檔案中索取資料。	7. 自次儲存裝置中索取資料。
8. 寫下或說出結果。	8. 以輸出裝置輸出結果。

然而，計算機卻沒有人類的創新、適應和推理能力，它的一切思考、推理範圍侷限於人類所下的指令之中，它只知道一步一步地遵循人類的指令工作。這也就是說在讓計算機開始處理事務之前，人一定要周全地考慮各種可能發生的狀況，並且針對每一種狀況給予計算機該如何反應的指示。計算機本身並無人類所有的從經驗中學習的能力，如果遇到一個指令中沒有說明的狀況，計算機就不知道該怎麼處理了，因此我們說計算機實際是沒有智慧的。目前有許多計算機科學家在研究所謂的人工智慧（Artificial intelligence），也就是利用計算機規劃的原理和技術指揮計算機模擬人的思考、推理判斷以及學習能力，但是現階段並沒有很大的突破。

表 1 - 2 中列出了在一般資料處理工作上一個普遍工作人員和計算機工作表現的比較，從表中我們可以看出計算機的優點是速度快、精確而不出錯、不會疲倦，並且絕對服從指示，可以說是一個缺乏智慧但是速度快、效率高的工作助理。

表 1 - 2 一般資料處理工作上人員和計算機能力的比較

比較項目	人員	計算機
1.工作執行速度	較慢	極端的快
2.長時間連續工作能力	差	極佳
3.資料的記憶和索取能力	相對地不精確	精確
4.工作精確與否	會發生錯誤	理論上無任何誤差
5.對工作指示的遵照和服從	不完全	完全
6.突發狀況下的創新、應變能力	甚佳	無
7.由經驗中學習的能力	甚佳	無

1-2-2 計算機應用範疇

對計算機的能力有了大致的概念後，接着可以開始談談計算機目前的各種用途。計算機對人類的助益大致分為兩方面。首先，一些人類可以進行的工作鑑於效率的考慮可以交給計算機進行以達到處理速度、精確度的增進及人力的節省；其次，有一些限於人類的天賦限制（如反應速度）無法由人類進行的工作也可以交由計算機完成。下面將列舉現今計算機最具代表性的一些用途作為計算機應用的介紹，這些計算機應用被歸納為四類，第一類是一般的資料處理作業，第二類是計算機輔助分析處理，第三類是自動控制及導引，第四類則是如計算機輔助教學等的其它應用。

第一類：計算機在資料處理方面的應用

雖然計算機本質上的功能就是各種不同型態、不同意義資料的處理，「資料處理」（Data Processing）一詞在計算機應用上則是專指人類社會中各種事務資料的處理而言。這些事務資料（例如公司行號的員工資料、貨物資料，政府機關的

戶政資料、稅務資料等等)處理工作的特徵是：大量資料必須記錄存檔、資料查詢和更新頻繁、資料數量龐大但計算處理單純，以及各種統計、分析的報表的需求；如果使用人工處理的話將有低成本、低效率的結果，而計算機大量的儲存能力和卓絕的處理速度恰是這類問題唯一不二的解答。資料處理因此成為目前最廣泛的計算機應用，下面我們看一些具代表性的例子。

◆庫存管理

通常生產性的商業機構都會有材料倉庫和產品倉庫，即使是很小的公司往往也有成千的庫存物品種類。在庫存的管理上，每一種庫存物品都必須保有一個記錄(Record)，其中記載了該物品目前的庫存數量以及單價等資料。一旦倉庫中的該種物品數量發生了增減(例如增購物料或賣出成品)，記錄中的庫存數量就必須依據之更新(Updating)。許多同類的記錄通常被匯集成一個檔案(File)，檔案在人工的資料處理中常是一疊文件紙張，在計算機的資料處理作業中則是計算機次儲存裝置上的一塊儲存區域。

最簡單的計算機庫存管理是週期性的整批處理(Batch processing)，這是將各種庫存物品每次發生的更新異動(Transactions)視為一個記錄記載在另外一個異動檔案(Transaction file)中，然後到了固定的時刻(例如每週末、每月末)才實際進行庫存物品記錄的更新作業：將上一次更新作業更新過的庫存物品檔案(內存這段期間的期初資料)和這段期間所累積的異動記錄，自次儲存裝置讀入計算機的主記憶中，然後開始以每個庫存物品所屬的異動記錄更新該物品庫存記錄內的庫存數量資料。

整批整理是大量資料處理的一種方式，其他常見的資料處理例如會計帳目更新、薪資計算、所得稅計算等作業也都是使用整批整理。然而在有關資料更新的作業上整批整理有一個很大的缺點，就是資料檔案中的記錄在兩次更新作業之間的期間沒有反映當時的實際資料值，也就是說在某些應用上週期性的整批更新是不足的，實際需要的是異動發生時檔案內資料的「立即」更新以使得檔案中所存的隨時都是最新的資訊。這種立即更新作業方式稱作線上更新(On-Line Updating)。收貨部門以終端機隨時輸入所收入物品的數量，銷售部門也以終端機隨時輸入客戶訂單所購買的產品數量；計算機在收到這些立即傳入的更新異動之後，馬上以產品編

號自庫存檔案中找出該產品的記錄並且更新之，於是庫存資料的更新在甚短的延遲之後就完成了。由於計算機必須儘量減短自庫存檔案中找出產品記錄的時間，庫存檔案必須存放在能直接讀取的次儲存裝置例如磁碟之內。

◆銀行儲金作業

計算機化的銀行儲金作業通常在總行設置主計算機，各分支機構則裝置有和總行計算機連接的輸入輸出設備，分散各地的顧客存款、提款、付款交易立即由輸入裝置傳送到中央計算機，然後被記錄下來並且即刻進行帳戶儲金額的更新。於是銀行的各個分支機構隨時都可以得到任何一個帳戶最新的儲金資料，顧客存、提款作業因此可以在最短的時間內完成。

◆航空公司訂票作業

航空公司的訂票作業通常使用一個位於中央位置的計算機維持數週內各班次飛機的機位資料，分散在各處的訂票代理員則使用和中央的計算機連接的終端機詢問是否有顧客所要求的機位。例如當某個顧客訂購了一個機位，計算機會在主記憶中記下這個訂位事件並且將該班次飛機的剩餘機位數目減一；如果顧客所要求的班機已經沒有機位了，計算機可以顯示其它的班次以供選擇。通常一個訂票作業從詢問資料的鍵入到計算機反應的輸出不超過數秒鐘。

◆航空站離境班機客貨預先控制自動系統

在我國中正國際機場航空站離境班機客貨預先控制自動系統已裝設完成，並正式啓用，使我國機場現代化營運管理作業展開了新的局面。

中正國際航空站爲我國十大建設之一，每年進出口旅客達三百餘萬人次以上，貨運吞吐量十二萬餘噸。爲使大量離境旅客報到時獲得良好的服務，以及機場各航空公司內部處理登機旅客作業發揮高度效率，乃採用計算機控制系統，進行全天候即時作業（Real-time Processing），成爲我國當前規模最大即時作業電腦系統之一。

本系統計由離境旅客報到系統、航機負載平衡系統及貨運倉儲管理系統三大應用系統相互構成。

（一）離境旅客報到系統之主要功能：

1. 核對報到旅客訂位記錄