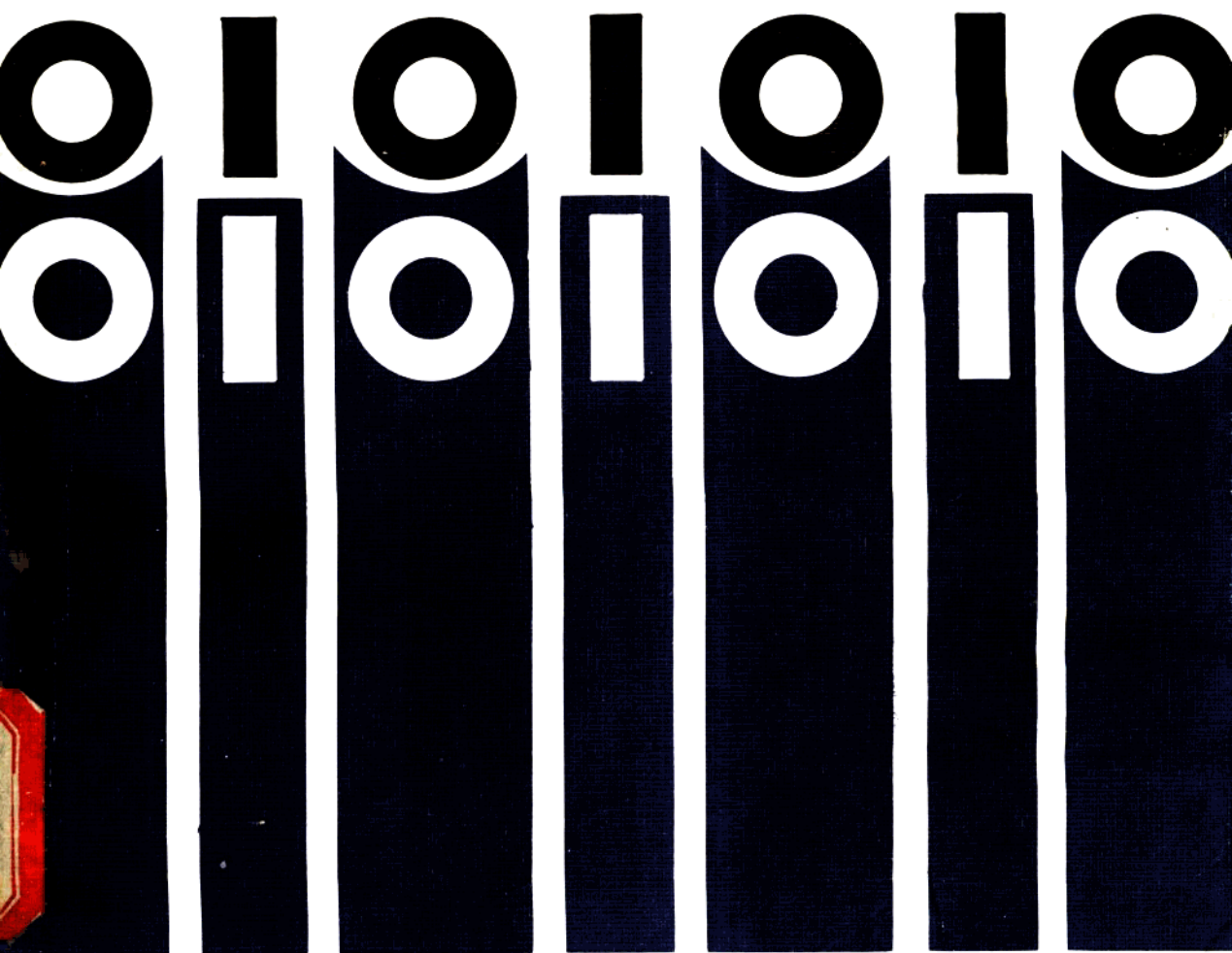


數位系統電路實作叢書之三

計算機實作

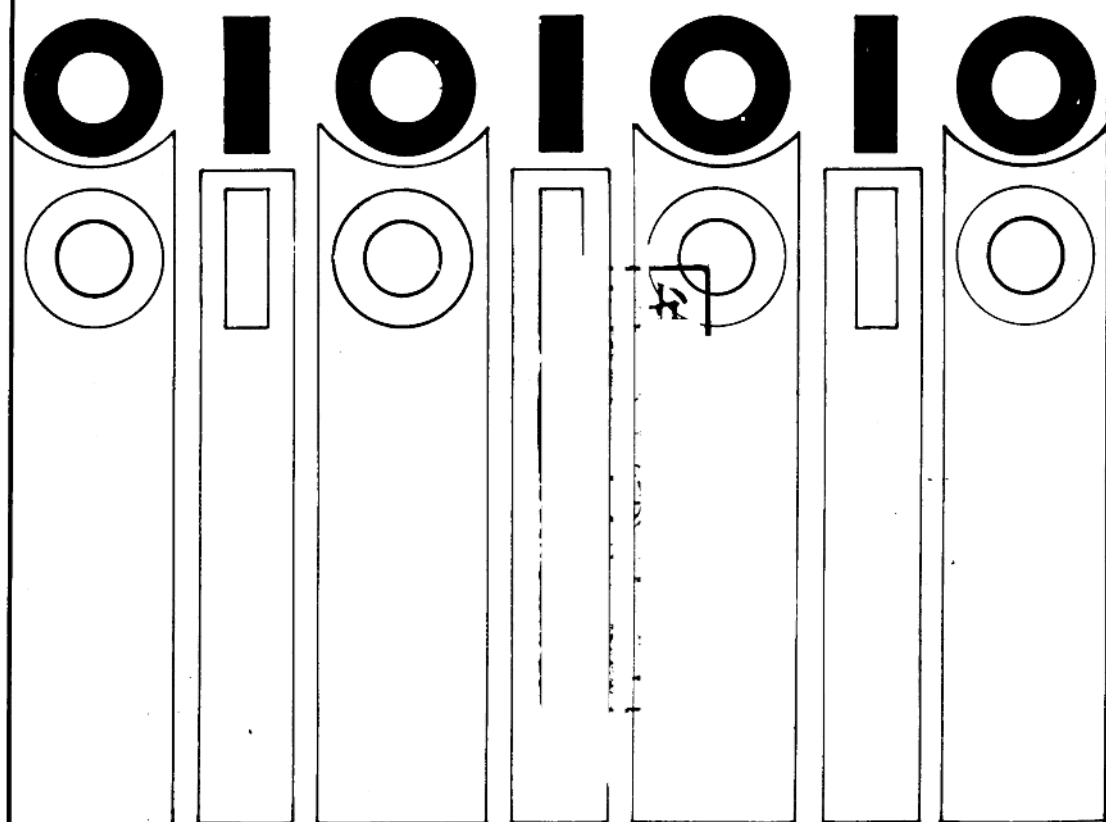
張躍騰 譯



全華科技圖書公司印行

數位系統電路實作叢書之三

計算機實作



全華科技圖書公司印行



全華圖書 版權所有 翻印必究
局版台業字第0223號 法律顧問：陳培豪律師

計算機實作

張躍騰 譯

出版者 全華科技圖書公司
北市建國北路85巷9號
電話：581-1300-564-1819
郵撥帳號：100836

發行者 蕭 而 廣
印刷者 慶福彩色印刷廠
東南亞 港 明 書店
總經理 香港九龍彌敦道500號2樓
電話：3-302846-3-309093

定價 新臺幣 180 元
海外定價 港 幣 30 元
再 版 中華民國69年7月

數位系統電路實作叢書

總 序

數位 IC 的製作成功在電子儀器、控制電路或其他電路設計技術上引起了一次「數位化革命」。由於數位技術的突飛猛進，對於從事電子電路設計者必須不斷吸收新知識，才能趕上時代的潮流。在工業進步快速的時代中，時間就是金錢，選擇一本良好的參考書才能使您以最少的時間和精力獲得最新的科技知識。

全華爲了推展此一科技知識，特地從日本引進這一套實用的「數位系統電路實作叢書」。本書最大的特色在於提供此行業的技術人才進修之用，同時也提供給正在學習的朋友們一個很好的機會。本叢書已出版四冊：第一冊爲「數位儀器之製作」，列舉實驗室、家庭中、汽車上與業餘方面各種實用電路，供讀者參考與實作。第二冊爲「數位電路之設計與研究」，分基礎篇與實務篇，由淺入深引發讀者思考、分析與設計能力。第三冊爲「計算機之製作」，分別介紹軟體與硬體技術，並以實例說明如何利用便宜的單晶片微處理器 IC 來製作計算機，讀者可經由實作過程而對硬體與軟體都有進一步的瞭解。第四冊爲「自己製作微電腦」，介紹 Intel-8080 與 F-8 兩種系統，並介紹數種套件，著重實際微電腦系統的製作，程式方面以實用有趣爲主，可增進讀者對微電腦的興趣與瞭解。

本叢書出版以來，深獲讀者好評，爲了迎合數位技術的不斷更新，我們將繼續爲您推出此一系列的新技術和新知識，讓我們共同爲科技發展而努力，使我們的電子界趕上先進國家。

計 算 機 實 作

序 文

近年來，計算機之應用已漸普遍，學習及使用計算機的人，也與日俱增，但一般所能瞭解的僅止於如何使用計算機，具體而言，即學習計算機的基本原理與語言並加以應用，但對於計算機的結構及低水準語言，一般人就無法輕易地更進一步瞭解，原因是這些牽涉到機器種類且較偏於專門化之故，而且，坊間書籍雜誌所提的，或不夠深入，或偏於學術討論，較不易為一般人所接受。另外，微處理器的出現，確是計算機技術史上的一大突破，使計算機能最普遍化、業餘化，一般業餘者，想瞭解並實際動手製作計算機，應該不是難事了。

本書係取材自日本的電子技術雜誌——製作計算機，由淺入深，介紹計算機的原理與實作，給讀者作為參考，尤其在忙碌的今天，時間不允許去詳讀專業化的書籍，但又必須充實自己，無論本行或業餘，本書皆適合讀者作為進修之用。第一篇先從簡單的結構與基本原理着手，進一步提到實作成品的ATOM-8及TC-1；第二篇則為微處理器的應用，就是說，利用所到手的微處理器晶片，自行設計，選擇適當的零件，以完成特定目的的成品，例如行印機控制器、電視遊樂顯示器等等，最後一篇則介紹記憶體IC的基礎知識。本書事實上是幾篇獨立的論文所組成，但由淺而深地編排，讀者不一定從前面看起，當然，對於未學過計算機的人而言，仍宜自首篇着手，願本書能引發學習的興趣，作進一步的探討。至於最後一篇，很明顯地是獨立的一篇，作為前面兩篇的參考知識。

本書得以完成，承內人幫忙謄稿及舍弟協助解決難題，謹於此表示謝意；另外，本書之編譯，雖經盡力，如有漏誤，尚祈各位先進，不吝指教。

編譯者 謹識

1979年4月

計 算 機 實 作

目 錄

第一篇 自製計算機

第一章 自製計算機的進行過程.....	1
1-1-1 前 言.....	1
1-1-2 硬體方面的基本組成.....	2
1-1-3 程式的基本組成.....	7
第二章 ATOM-8 的製作.....	17
1-2-1 前 言.....	17
1-2-2 ATOM-8 的基本動作.....	18
1-2-3 ATOM-8 的製作.....	20
1-2-4 程式製作.....	33
1-2-5 ATOM-8 的擴張和運用.....	43
第三章 TC-1 的製作.....	49
1-3-1 前 言.....	49
1-3-2 有關TC-1.....	51
1-3-3 TC-1 的製作.....	63
1-3-4 成品功能及應用.....	78

第二篇 微算機篇——單晶片CPU

第一章 MYCOM-4 的製作.....	83
2-1-1 前 言.....	83
2-1-2 MYCOM-4 製作上必先具備的知識.....	83
2-1-3 軟體及硬體的預備知識.....	91

2-1-4 MYCOM-4 的製作	115
2-1-5 MYCOM-4 之調整	132
第二章 TC-2 的製作	141
2-2-1 前 言	141
2-2-2 關於 8008	142
2-2-3 TC-2 之構成及製作指引	147
2-2-4 TC-2 之操作指引	159
第三章 電視遊樂器顯示裝置的製作	171
2-3-1 前 言	171
2-3-2 遊戲顯示的規則及動作結構	172
2-3-3 有關各部份的動作	176
2-3-4 遊戲的程式	192
2-3-5 卡式介面的製作	204
第四章 行印機控制器	211
2-4-1 MCS-40	211
2-4-2 行印機控制裝置	226
2-4-3 控制裝置的構成	233
2-4-4 軟 體	242

第三篇 記憶積體電路

記憶體IC的基礎知識	265
附錄微處理器選粹一覽表	283

數位儀器製作

目 錄

第一篇 數位IC在儀表上的應用(Lab-Electronics)

第一章 50MHz頻率計數器之製作	1
1-1-1 50MHz 頻率計數器	1
1-1-2 50MHz 頻率計數器之製作與調整	18
第二章 200MHz前置比例器之製作	23
1-2-1 前置比例器各部的工作情形	24
1-2-2 150 MHz 前置比例器之製作與調整	28
1-2-3 計數器之修改	29
第三章 多用電表的製作	33
1-3-1 多用電表的使用元件	34
1-3-2 多用電表各部的工作	39
1-3-3 多用電表之製作與調整	49

第二篇 數位IC在汽車電子裝置上的應用

第一章 60分鐘用馬錶的製作(Stop Watch)	59
2-1-1 馬錶之工作與電路構造	59
2-1-2 馬錶之裝配與調整	65
第二章 24小時顯示用時鐘之製作	69
2-2-1 車輛用 24 小時顯示時鐘之概要	69
2-2-2 時鐘之製作與調整	77
第三章 長程賽車用計時器之製作	83
2-3-1 長程賽車用計時器之組合與調整	84

2-3-2 長程賽車用計時器之概要	89
第四章 旅程表之製作	97
2-4-1 旅程表概要	97
2-4-2 旅程表之工作	98
第五章 自動駕駛操縱器(Autopilot)之製作	111
2-5-1 自動駕駛操縱器簡介	111
2-5-2 自動駕駛操縱器之規格	111
2-5-3 操縱員的作業與計算之自動化	112
2-5-4 數位化自動駕駛操縱器	114
2-5-5 自動駕駛操縱器之裝配與動作檢查	126
2-5-6 自動駕駛操縱器的使用方法	131

第三篇 數位IC在家庭電器上的應用

第一章 單晶片時鐘之製作	135
3-1-1 單晶片時鐘用IC之介紹	136
3-1-2 單晶片時鐘之製作調整與使用方法	141
第二章 數位定時器之製作	145
3-2-1 數位式定時器之概要	146
3-2-2 數位式定時器之構造與調整	151
第三章 電話計費器之製作	159
3-3-1 電話計費器之概要	159
3-3-2 電話計費器之構造與調整	166
第四章 單晶片計數器之製作	173

3-4-1 計算器用 L S I 與顯示器	173
3-4-2 利用TMS-0105 BNC的計算器	177
3-4-3 計數器之製作與調整	181

第四篇 數位IC在業餘電子界的運用

第一章 電子鍵之製作	187
4-1-1 電子鍵的電路實例	188
4-1-2 電子鍵之工作概要	191
4-1-3 電子鍵與操作器	197
第二章 呼喚電鍵之製作	203
4-2-1 本機規格	203
4-2-2 自動呼喚電鍵	203
4-2-3 自動呼喚電鍵之製作與調整	213
第三章 觸摸式電碼產生器之製作	217
4-3-1 何謂觸摸式電碼產生器	217
4-3-2 觸摸式電碼產生器之電路構造與動作	218
4-3-3 觸摸式電碼產生器之製作與調整	226
第四章 世界性時鐘	233
4-4-1 設計之目標	233
4-4-2 時差之產生	234
4-4-3 世界性時鐘之動作	234
4-4-4 世界性時鐘製作上要點	245

數位電路設計與研究

目 錄

第一篇 基礎篇

前 言	1
第一章 水温警報器電路	3
1-1-1 主題	3
1-1-2 要點提示	3
1-1-3 實 例	4
1-1-4 問 題	8
第二章 電子節拍器電路	9
1-2-1 製作主題	9
1-2-2 要點提示	9
1-2-3 實 例	9
1-2-4 問 題	11
第三章 順次亮滅閃示電路	13
1-3-1 製作主題	13
1-3-2 要點提示	13
1-3-3 實 例	19
1-3-4 練 習	23
第四章 馬錶電路	25
1-4-1 製作主題	25
1-4-2 要點提示 1	25
1-4-3 要點提示 2	27
1-4-4 實 例	28
1-4-5 練 習	31
第五章 電動骰子電路	33
1-5-1 製作主題	33

1-5-2 要點提示·····	34
1-5-3 實 例·····	36
第六章 定時器 ·····	39
1-6-1 製作主題·····	39
1-6-2 要點提示·····	39
1-6-3 實 例·····	39
1-6-4 練 習·····	44
第七章 數位顯示測速計電路 ·····	45
1-7-1 製作主題·····	45
1-7-2 要點提示·····	45
1-7-3 實 例·····	51
1-7-4 練 習·····	55
第八章 附加定時器之24時顯示用時鐘電路 ·····	57
1-8-1 製作主題·····	57
1-8-2 要點提示·····	57
1-8-3 實 例·····	58
1-8-4 練 習·····	65
第九章 電子報音控制電路 ·····	67
1-9-1 製作主題·····	67
1-9-2 要點提示·····	67
1-9-3 實 例·····	68
1-9-4 練 習·····	69

第二篇 實務篇

前 言·····	71
第一章 電子鎖之設計 ·····	73

2-1-1 製作主題.....	73
2-1-2 要點提示.....	73
2-1-3 實 例.....	73
第二章 自動販賣機控制電路之設計	87
2-2-1 製作主題.....	87
2-2-2 要點提示.....	88
2-2-3 實 例.....	88
第三章 最小與最大值判別電路之設計	97
2-3-1 製作主題.....	97
2-3-2 要點提示.....	97
2-3-3 實 例.....	99
第四章 電算器用LSI所構成資訊處理電路之設計	107
2-4-1 製作主題.....	107
2-4-2 要點提示.....	107
2-4-3 實 例.....	107
第五章 由計數器作成計算電路之設計	115
2-5-1 製作主題.....	115
2-5-2 要點提示.....	115
2-5-3 實 例.....	116
第六章 數字顯示電容測量之設計	123
2-6-1 製作主題.....	123
2-6-2 要點提示.....	123
2-6-3 實 例.....	125
2-6-4 關於要求的測量精密度.....	129
第七章 電子脈拍計之設計	133
2-7-1 製作主題.....	133

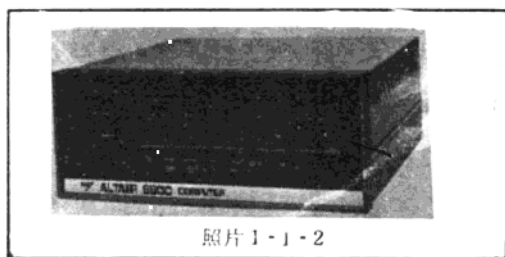
2-7-2 要點提示	133
2-7-3 實 例	133
第八章 數字顯示溫度計之設計	147
2-8-1 製作主題	147
2-8-2 要點提示	147
2-8-3 實 例	148
第九章 由PPL作成的脈波產生器之設計	157
2-9-1 製作主題	157
2-9-2 要點提示	157
第十章 亂數發生器與投幣器之設計	165
2-10-1 製作主題	165
2-10-2 要點提示	165
2-10-3 電路實例	165
第十一章 彈珠計數器與贈品兌換器之設計	175
2-11-1 製作主題	175
2-11-2 要點提示	175
2-11-3 電路實例	175
2-11-4 贈品兌換電路之計算	177
第十二章 麻將點數計算器之設計	181
2-12-1 製作主題	181
2-12-2 要點提示	181
2-12-3 電路實例	183
附錄一 TTL IC互換表	189
附錄二 TTL IC資料表	195
附錄三 C-MOS IC資料表	213

第一篇 自製計算機

1 自製計算機的進行過程



照片 1-1-1 M 6800 之一瞥 (Motorola)



照片 1-1-2

1-1-1 前言

自從第一架計算機問世以來，經過了二十餘年的努力，其間完成了驚人的發展，構成計算機邏輯電路的元件由最先的真空管經電晶體，積體電路發展至目前的大型積體電路 (LSI, Large Scale Integrated Circuits) [註一]，有了長足的進步。

也許當時以真空管製作計算機的人們做夢也不會想到 LSI。雖然計算機的範圍發展已很大，但是仍有不少地方仍待開發，以前的計算機係朝向自動計算機器方面發展，慢慢走向控制能力的分工並應用於自動控制之機器。

現在的計算機可做高速運算處理，記憶大量的情報資訊及做正確的通信之用等等，無往而不利，但對大多數的人而言，那是看不見實物也聽不到聲音的東西，事實上，隨著時代的日新月異，我們不但能看得到，或許有機會也能用到，甚至也可嘗試自己動手

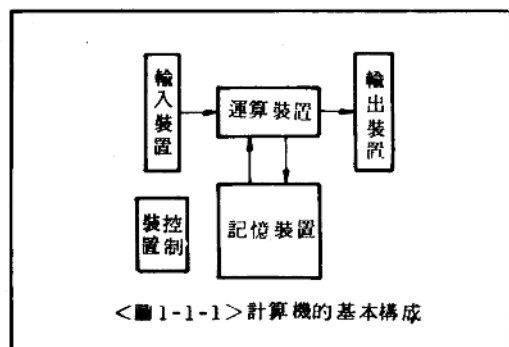
試作看看。

那麼，製作計算機該如何著手呢？登高必自卑，行遠必自邇，除了動手以前須準備零件工具以外，有關計算機的常識是一定必備的，當然，有空的話，有關零件性能知識亦多少知道一些較好，以下我們就分為硬體及軟體（即程式方面）來談，這也是本章的目的。

1-1-2 硬體方面的基本組成

首先要談到的是計算機究竟是什麼，即在本書中，我們所製作出來的能成為什麼樣的成品，因此我們必須對計算機的基本概念來研討一下，計算機基本上係由硬體及軟體所構成，現在先從硬體方面著眼看看。

計算機之硬體基本結構，如圖 1-1-1 所示，大致由五個方塊所組成，以下我們針對各方塊的動作原理，作一簡單的描述。



一、記憶裝置

這一部份乃用來存放執行程式所需用之記憶資料，或為運算中間資料之暫時記憶，或者用來存放最後之運算結果等，以前，計

算機主要是用磁蕊（core）來作記憶器，而最近較新型為 MOS（Metal Oxide Semiconductor）或是雙極（bipolar）型的 LSI。

以 LSI 記憶體而言，有隨機存取記憶體（RAM）〔註二〕，唯讀記憶體（ROM）〔註三〕及位移暫存器（SR）等等，ROM 及 SR 之用途稍微特殊一點，RAM 又分成靜態的 RAM 及動態的 RAM〔註四〕，一般來說，前者之記憶容量為 256 ~ 1 K 位元，後者為 1 K ~ 4 K 位元。

記憶體發展為 LSI 所製成，對自製計算機來說，有很重要的意義，因為現在磁蕊記憶體不可能很容易就得到，而且還需要相關之複雜周邊電路及大容量電源，業餘者很少能製作。

對於此點，因為 IC 記憶體既有電池，且大體上操作簡便，業餘者也容易買到，因此微算機（microcomputer）之發展成功，記憶體 IC 實居首要因素。

二、輸入裝置

如果以人類的語言向計算機說：「請做如此這般的工作」，而計算機能瞭解且實行的話，則沒什麼可挑剔的，問題是到目前為止，科學技術這麼發達，仍然無法辦到這點，因而，為了使計算機工作，必須以計算機語言作為指令。

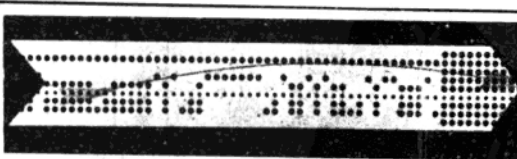
計算機之語言為機器語言，由二進制所構成，把要讓計算機做的工作內容變換為二進制數目並送進運算裝置的部份即為計算機的輸入裝置。

以此等輸入裝置來說，電傳打字機、紙帶閱讀機、卡片閱讀機或者是光學讀卡機等等很多東西已被實用化，可用來置定 (set) 程式及資訊於計算機。有關此類輸入裝置中，廣泛地被用於小型計算機的紙帶閱讀機，讓我們來研討一下其構造。



照片 1-1-3 作為計算機的 I/O 裝置之 ASR 33, 包括有鍵盤、印字機及紙帶之製讀器等

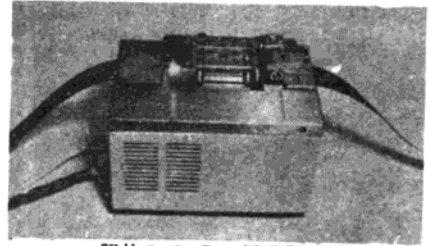
紙帶如照片所示，寬 1 英寸的紙帶上有 8 個表示 2 進碼 (code) 之孔，而圖 1-1-2 所示之物為紙帶閱讀機之構造之一例，圖中，電磁鐵 “ON” 時，置於轉動轆轤 (capstan) 及滾筒 (roller) 之間的紙帶即經由轉動轆轤帶動前進，然後經由右邊光源及 8 個光電晶體 (phototransistor) 檢查紙帶是否有孔，並變換為 8 個位元之電子信號以輸入計算機。



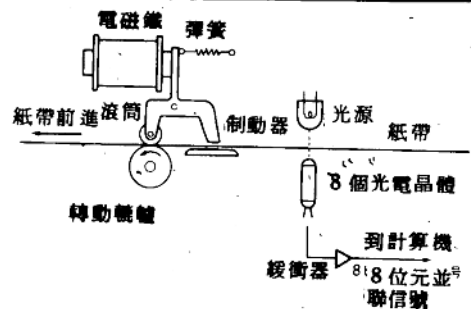
照片 1-1-4 紙帶，寬 1 英寸，以孔的有無來代表何碼，箭頭表移動方向

此類紙帶閱讀機，小型者每秒能夠讀 100~300 行，大型者每秒能夠讀 600~

1200 行之資訊，一般的輸入裝置都以高效率之讀進資料為目的，而且想辦法使得操作容易。



照片 1-1-5 紙帶閱讀機



<圖 1-1-2> 紙帶閱讀機的構造

這類東西價格很高昂，一般人想要買下來並不是件容易之事，因而，效率高及操作容易大體上辦不到，價錢再便宜的輸入裝置可由 8 個並聯開關 (parallel switch) 組成，此種輸入用並聯開關被稱為開關記錄器 (switch register)，用在小型計算機或微算機，一定要有附屬的控制面板，以作為線路檢查之用。

三、輸出裝置

因為計算機係以二進數來操作，所以它作業後之直接結果也以二進數表示，但是，此種二進數，對計算效率固然很好，而對人們却是一件大為不便之事，充其量也只能讀