

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

## 視障點字印表機傳動系統減振與列印控制之分析設計與製作 (II)

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC91-2614-E-032-001-

執行期間：91 年 08 月 01 日至 92 年 07 月 31 日

執行單位：淡江大學機械與機電工程學系

計畫主持人：蔡慧駿

計畫參與人員：張政斌 蘇威碩

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 92 年 10 月 16 日

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

## 視障點字印表機傳動系統減振與列印控制之分析設計與製作(II)

### To the Vibration Suppression and Print Control in Designing and Manufacturing the Transportation System of a Braille Printer

計畫編號：NSC 91-2614-E-032-001

執行期限：91 年 08 月 01 日至 92 年 07 月 31 日

主持人：蔡慧駿

淡江大學機械與機電工程學

系

共同主持人：葉豐輝

淡江大學機械與機電工程學

系

計畫參與人員：張政斌 蘇威碩 淡江大學機械與機電工程學

系

#### 一、中文摘要

本計畫針對一具有凹凸雙衝擊頭點字印表機之傳動與列印控制進行分析與實作。先由理論分析建立傳動系統數學模式，接而分析探討系統動態特性並以減振設計與速度曲線規劃改善傳動系統定位之加減速度特性，經整合列印前端處理與資料交握傳輸單元後，完成傳送列印控制命令予傳動機構執行列印，最後在實驗驗證列印性能後確達減振與提高列印速度之目的。

**關鍵詞：**視障用點字印表機、傳動系統、減振、列印控制

## **Abstract**

The vibration suppression and print control to the transportation system of print impact hammers of a newly designed Braille printer is examined in this project. During the study, a mathematic model for the transportation system is first established. Through dynamic analyses and parametric studies, vibration suppression design and velocity profile planning for improving the positioning and acceleration performance of the impact hammers are achieved. After the integrations of print pre-processing and data communication units, print commands are well send from PC to the control unit of the transportation system for moving the hammers. At the end, study results also show the vibration level is reduced and position control is also improved.

**Keywords:** Braille Printer, Transportation System, Vibration Suppression, Print Control.

## **二、緣由與目的**

視障輔具包括點字印表機(Braille Printer)、點字顯示器(Braille Display)、視障用電腦(Braille Computer)、語音合成器(Text-to-Speech System)等等[1,2]。其中點字(Braille)是視障者藉由觸覺輔助學習之一重要媒介。

點字印表機的字印方式主要分為衝擊式與非衝擊式兩種。非衝擊式的印表機有利用融化之塑膠擠至印表紙上，冷卻後產生凸點點字[3]；或利用影印機影印在特殊材質的印表紙上，經高溫加熱膨脹浮凸產生所要之點字或圖形[4]。惟衝擊式印表機在使用上仍佔最大多數。其列印原理係利用凹凸形狀之衝擊桿結合凹凸形狀之點字模版，衝擊通過的印表紙產生凹凸形狀的點字碼；本計畫研究者即屬此類[5]。

衝擊式印表機傳動列印過程在控制器設計中必需兼顧到定位精度、減振、量產容易與低成本等考量。顯然的，需由列印規劃、電路控制設計與傳動系統動態設計等加以整合，才可以達到點字碼位置精確、避免盲人觸覺上的錯誤認知。

本研究將針對一具凹凸雙衝擊頭點字印表機之整體傳動與控制進行分析與實作，先於理論分析中建立傳動系統的數學模式，並經數值模擬瞭解系統之動態特性，接著以減振設計與速度曲線規劃[6]改善傳動系統定位過程中之加減速度特性，並且整合印表機前端處理與資料交握傳輸單元，將列印控制命令傳送給傳動機構執行列印程序，最後驗證整體之列印性能，以達到減振與提高列印速度之目的。

## **三、研究方法**

本計畫所探討之雙凹凸撞針（正反兩面列印用）衝擊式點字印表機(Braille Printer)傳動系統係將兩撞針固定於點字衝擊頭模組內移動於兩平行滑桿間。傳動時以一步進馬達驅動轉輪，再以轉輪依序帶動皮帶、惰輪與點字衝擊頭模組。傳

動過程中如振盪與超越量過大即造成點字衝擊頭列印定位不良；整體傳動系統亦會因皮帶撓度及點字衝擊頭模組質量影響而造成傳動系統的共振現象[6-9]。

本計畫首先完成傳動系統步進馬達電路方程式、馬達之力矩輸出與主動輪傳動耦合方程式、點字衝擊頭之水平運動方程式、及惰輪與傳動皮帶之力矩平衡方程式，接而進行傳動系統動態頻域響應分析與減振設計，探討輸出命令與點字衝擊頭模組之傳輸關係並了解相對之振盪量與最大超越量。在不增加硬體成本下，另由步進馬達之驅動電路中擷取電流訊號執行步進馬達本體回授減振設計。最後由無因次化分析掌握控制因子完成振動抑制分析與設計。

為實現與提升列印品質及性能，計畫依序完成：

(一) 速度曲線規劃分析與設計

避免因加速度不連續性產生突振。

(二) 傳動系統硬體選用與製作

參考傳動系統動態與減振分析成果選用規格品，並完成傳動系統硬體製作。

(三) 列印傳輸單元

以 89C52 單晶片為基礎完成列印命令之 LPT 及 COM 介面之交握傳輸軟體韌體撰寫及硬體製作。

(四) 步進馬達控制及驅動單元

依據傳動系統加減速規劃，以 89C52 單晶片及電子零件完成列印控制韌體、電路，再透過相關驅動電路驅動步進馬達及列印衝擊頭作動。

(五) 整體系統振動量測與驗證

以振動分析儀配合加速度規完成傳動系統振動量測，並驗證成果。

## 四、結果與討論

點字印表機列印架構概分點字印表機前置處理、資料傳輸、傳動機構驅動控制與列印衝擊驅動等。

點字列印前置處理器在電腦端主要將中英文電子資料轉換成所需之點字碼及列印排版命令，本研究點字列印格式預設為 A4 紙張、每列 27 個點字方、每頁 24 列、內線法之雙面列印。撰寫點字版面配置(如圖 2 所示)與點字規格等相關列印屬性後即可由資料傳輸交握通訊傳給傳動機構控制單元進行列印。

本研究資料傳輸單元係以 89C52 單晶片為基礎進行 LPT 及 COM 兩介面之交握傳輸軟體、韌體撰寫及硬體製作。資料傳輸單元硬體即如圖 3 右下部分所示。

印表機傳動機構控制單元係針對列印衝擊頭之定位效能(位移，速度，加速度)所設計的，其基本架構如圖 4 所示。由極限開關回授系統的安全極限狀態，並由控制器之幾何位置運算器處理點字碼轉變點字幾何位置，如圖 5 所示，再交列印位置運算器計算凹凸點字衝擊頭之定位址及相關步階，最後經由步進馬達控制器及驅動器執行點字列印傳動動作。計畫規劃之系統流程簡要如圖 6 所示。

傳動機構中步進馬達之啟動與停止常因加速度不連續而形成震盪。為免產生傳動機構破壞與列印噪音，計畫中針對轉動角加速度之連續性加以改進。採用 S 型平滑旋轉速度曲線規劃[10]提升列印速度與品質。

S 型平滑旋轉速度曲線規劃主要將加減速度劃分成 5 個區間如圖 7 所示。圖中  $t_0$  至  $t_1$ ， $t_1$  至  $t_2$ ， $t_4$  至  $t_5$ ， $t_5$  至  $t_6$  之間隔都為  $\Delta t_a$ ，而  $t_2$  至  $t_4$  之間隔大小為  $\Delta t_c$ 。經由加速度調整使每一個區間有不同的速度變化，並使整體之速度與加速

度達到平滑連續，而減少傳動系統運作過程的振盪。規劃中角加速度 $\alpha(t)$ 可表示為 $\alpha(t) = \alpha_d \hat{e} \frac{d}{dt} f(t, \Delta t_a, \Delta t_c)$ ，其中 $\alpha_d$ 為最大角加速度振幅， $\hat{e}$ 為旋轉軸的常數向量；而 $f$ 為一時間函數用以表示期望的角速度。至於期望角速度之一階導數則可以由參數 $\Delta t_a$ 與 $\Delta t_c$ 決定並表示如下：

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt} f(t, \Delta t_a, \Delta t_c) = & \\ & \left\{ \left( \frac{t-t_0}{\Delta t_a} \right)^2 \left( 3 - 2 \left( \frac{t-t_0}{\Delta t_a} \right) \right) \quad t < t_1 = t_0 + \Delta t_a \right. \\ & \left\{ \left( \frac{t_2-t}{\Delta t_a} \right)^2 \left( 3 - 2 \left( \frac{t_2-t}{\Delta t_a} \right) \right) \quad t < t_2 = t_1 + \Delta t_a \right. \\ & \left\{ \begin{array}{ll} 0 & t < t_4 = t_2 + \Delta t_c \end{array} \right. \\ & \left\{ \left( \frac{t-t_3}{\Delta t_a} \right)^2 \left( 3 - 2 \left( \frac{t-t_3}{\Delta t_a} \right) \right) \quad t < t_5 = t_4 + \Delta t_a \right. \\ & \left\{ \left( \frac{t_5-t}{\Delta t_a} \right)^2 \left( 3 - 2 \left( \frac{t_5-t}{\Delta t_a} \right) \right) \quad t < t_6 = t_5 + \Delta t_a \end{aligned}$$

依序角速度 $\omega(t)$ 可表為 $\omega_d \hat{e} f(t, \Delta t_a, \Delta t_c)$ ，其中 $\omega_d$ 為最大角速度值。而旋轉角度

$\Delta\theta(t)$ 可由上式直接積分求得，即 $\Delta\theta(t) = \omega_d \hat{e} \int_0^t f(t, \Delta t_a, \Delta t_c)$ 。圖 6 顯示為正規化

後的旋轉角度、角速度與角加速度曲線，均為一平滑連續曲線。

規劃之點字衝擊頭位移最大超越量應小於 2%、上升時間小於 0.005 秒及安定時間小於 0.01 秒。圖 8 顯示調整皮帶彈性常數與點字衝擊頭質量比之均方根值即可設計點字衝擊頭之振盪量、最大超越量、上升時間、安定時間等。數據顯示只要將前述均方根值提高並超越 170 即可符合設計性能需求。此設計變更同理於減低點字衝擊頭與滑架質量或提高傳動皮帶剛性。如此即可達到點字衝擊頭之最大超越量 1.8868%、上升時間 0.0045 秒及安定時間 0.0083 秒符合設計性能需求。

本計畫經上述分析依序完成傳動機構(圖 1)、通訊、控制、驅動整合電路(圖 3,9)、點字衝擊頭(圖 10)及點字衝擊支撐模板(圖 11)等製作。整體系統經列印“中華民國”驗證點字衝擊頭位置曲線(圖 12)吾人可發現衝擊頭位置確達平滑要求。

## 五、計畫成果自評

- (一) 本研究內容與原計畫規劃完成相符、達成預期目標。
- (二) 完成點字印表機前置處理、資料傳輸、傳動機構驅動振動抑制及速度控制與列印衝擊驅動等分析、設計與硬體製作。
- (三) 完成中英文轉換點字程序、雙面列印規劃、列印幾何位置與傳動位置規劃、經測試其功能符合視障者之需求。
- (四) 本計畫研究成果可供延伸專利內涵。

## 六、參考文獻

- [1] 杞昭安, “視覺障礙者輔具簡介,” 國立師範大學特殊教育學系, 1999.
- [2] 萬明美, “眼科學與視障工學,” 五南圖書出版公司, 2000.
- [3] T. Otake, T. Saito, and Y. Yonezawa, “Braille Printer Using Hot-Melt Material,” *Journal of Microcomputer Applications*, **13**(2), 123-131, 1990.
- [4] Y. Yonezawa and K. Itoh, “A Method of Non-Impact Braille Printer by Electro-thermosensitive Process,” *Electronics and Communications in Japan, Part2*, **71**(11), 1-10, 1988.
- [5] 葉豐輝, 蔡慧駿, 洪錫銘, “盲用點字印表機之雙面打印驅動機構新型專利”(新型第 169846 號).
- [6] K. Nishimura, “The Dynamics of Impact Printing in Belt Type Printer,” *Trans. Japan. Soc. Mech. Eng.*, (In Japanese), **42**(353), 153, 1976.
- [7] Taich SATO, Yoshiharu MOURI, and Toshiyuki TAMATSU, “Influence of Print-head Vibration in Impact Printer on Printing Quality,” *JSME International Journal Series III*, **33**(1), 1990.
- [8] N. Iwazawa, M. Hashimoto, and N. Tagawa, “Development of an Ultrahigh-Speed Serial Printer Using the Modal Control,” *JSME International Journal, SIII*, **33**(1), 83-88, 1990.
- [9] 華建智、葉豐輝、蔡慧駿、李經綸, “適應性類神經模糊控制系統於盲用點字印表機之應用,” 自動控制研討會, 294-299, 1998.
- [10] NASA, “NGST Slew Algorithm Description,” 1998.



圖 1：點字衝擊頭傳動機構

列印版面，每頁一行，每行 10 萬字方<sup>41</sup>  
 請輸入第一頁的資料：<sup>42</sup>  
 請輸入第二頁的資料：<sup>43</sup>  
 (1 0) (1 0) (1 1) (1 1) (1 0) (0 0) (0 0) (0 0) (0 0) (0 0)<sup>44</sup>  
 (0 0) (1 0) (0 0) (0 1) (0 1) (0 0) (0 0) (0 0) (0 0) (0 0)<sup>45</sup>  
 (0 0) (0 0) (0 0) (0 0) (0 0) (0 0) (0 0) (0 0) (0 0) (0 0)<sup>46</sup>  
 (1 0) (1 0) (1 0) (1 0) (1 0) (0 0) (0 0) (0 0) (0 0) (0 0)<sup>47</sup>  
 (0 0) (0 0) (0 0) (0 0) (0 0) (0 0) (0 0) (0 0) (0 0) (0 0)<sup>48</sup>  
 (0 0) (0 0) (0 0) (0 0) (0 0) (1 0) (1 1) (1 1) (1 0) (1 0)<sup>49</sup>  
 (0 0) (0 0) (0 0) (0 0) (0 0) (0 1) (0 1) (0 0) (1 0) (0 0)<sup>50</sup>  
 (0 0) (0 0) (0 0) (0 0) (0 0) (0 0) (0 0) (0 0) (0 0) (0 0)<sup>51</sup>

圖 2：點字正反面點字穿插列印版面

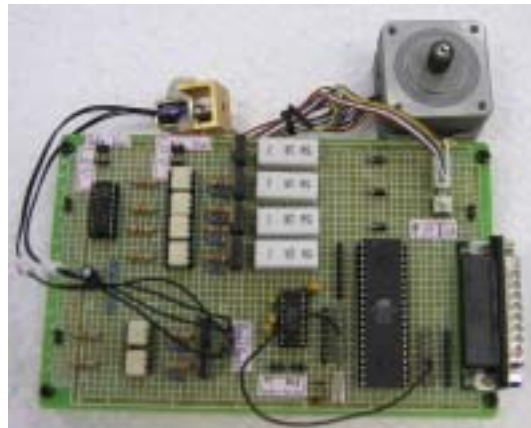


圖 3：傳動通訊、控制、驅動等電路

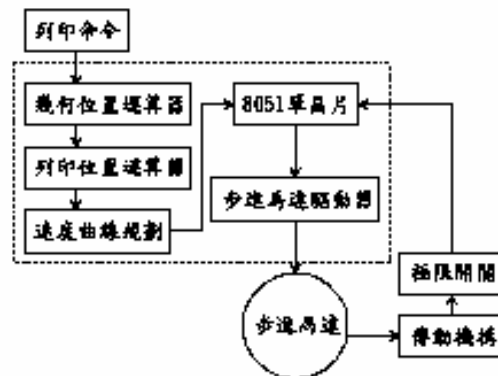


圖 4：機傳動機構控制器程序

正 1: 0.0 3.0 3.0 1.0 2.0 1.0 2.0<sup>41</sup>  
 反 1:<sup>42</sup>  
 正 2: 3.0 7.0 3.0<sup>43</sup>  
 反 2: 15.5 3.0 1.0 2.0 1.0 2.0 3.0<sup>44</sup>  
 正 3:<sup>45</sup>  
 反 3: 16.5 3.0 5.0<sup>46</sup>  
 正 4: 0.0 3.0 3.0 3.0 3.0<sup>47</sup>  
 反 4:<sup>48</sup>

圖 5：傳動位置規劃

圖 6: 系統流程規劃

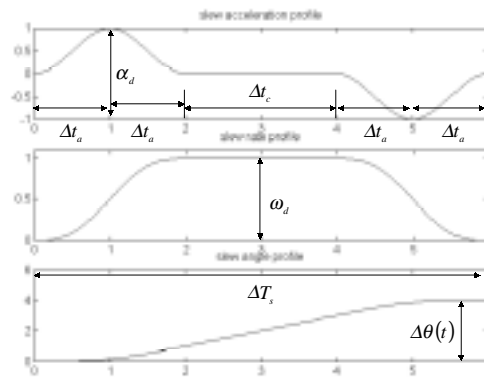


圖7：正規化之旋轉角度、角速度與角加速度曲線( $\alpha_d = 1$  ,  $\omega_d = 1$  ,  $\Delta t_a = 1$  ,  $\Delta t_c = 2$ )



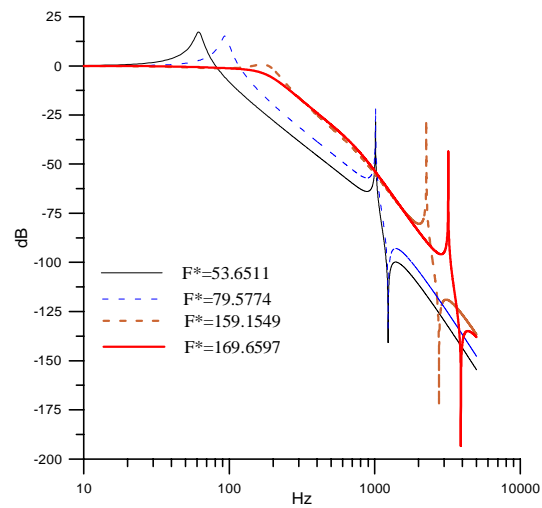


圖 8：點字衝擊頭位移傳輸函數頻率響應

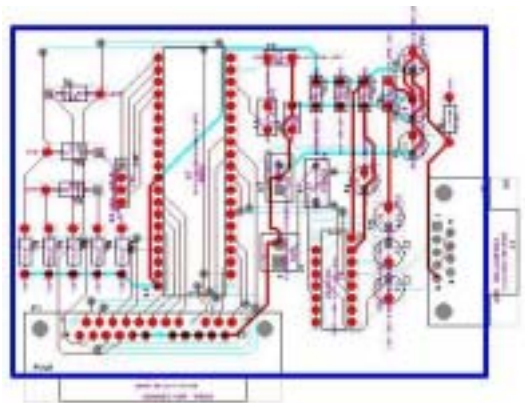


圖 9：通訊、控制、驅動整合電路



(a)



(b)

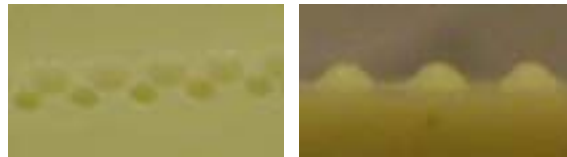


(c)

圖 10：點字衝擊頭 (a:外型, b:凹頭, c:凸頭)



(a)



(b)

(c)

圖 11：點字衝擊支撐模板  
(a:外型, b:點字模放大, c: 點字模側視)



圖 12：點字衝擊頭位置曲線(改善後)