

醫療病患點滴之滴速告警系統

林靖翔、劉建志、范揚興*

摘要

聯合國世界衛生組織 (WHO) 定義中提到, 當 65 歲以上人口占總人口比率達到 7% 時, 稱之為「高齡化社會」, 根據衛生福利部社會及家庭署之因應超高齡社會對策方案(112-115 年)(核定本)中提到, 我國老人人口在 2026 年占總人口比率將達 20.8%, 人口快速老化的趨勢及速度對全民健保制度有關醫療照護造成嚴重的挑戰。

遠見雜誌在 114 年 4 月 14 日的標題報導:護理師離職潮:近 4 個月已逾千人報導發出警訊顯示, 護理師離職率持續上升所造成的急診壅塞問題以及病患就醫時, 護理人員嚴重不足的情形將日益嚴重, 當民眾就醫時, 需要護理人員定期巡視及監控以便能即時照護住院病患, 但隨著台灣邁入高齡化社會, 病患人數日漸增多以及頻繁進出醫院進行醫療措施時, 造成醫護人員極大的工作負擔。為降低護理人員的工作負擔以及提高醫療安全, 本論文設計醫療病患點滴之滴速告警系統, 透過光源及光檢測電路模組及 LM358 運算放大器電路模組進行點滴之滴速是否過快、過慢及不足的情形進行告警, 實驗結果顯示, 本系統能在以上三種情形發生時發出告警資訊進行通知。

關鍵字: 點滴滴速、點滴告警系統、光源及光檢測電路、LM358 運算放大電路

林靖翔, 國立臺東大學公共與文化事務學系學生。E-mail: 11018142@gm.nttu.edu.tw

劉建志, 國立臺東大學資訊工程學系學生。E-mail: 11111242@gm.nttu.edu.tw

范揚興(通訊作者), 國立臺東大學資訊工程學系教授。E-mail: yhfan@nttu.edu.tw

Medical Patient Drip Rate Alarm System

Jing-Xiang Lin, Yang-Hsin Fan*

Abstract

The World Health Organization (WHO) defines a society as "aging" when the proportion of the population aged 65 and over reaches 7% of the total population. According to the "Countermeasures Plan for Super-Aging Society (2023-2026)" (Approved Version) issued by the Social and Family Affairs Administration of the Ministry of Health and Welfare, the proportion of elderly people in Taiwan will reach 20.8% of the total population in 2026. The trend and speed of rapid population aging pose serious challenges to the medical care related to the National Health Insurance system.

The Global Views magazine headline report in the April 14, 2025 issue highlights titled "Nurse Resignation Wave: Over a Thousand in the Last Four Months," warned of a rising nurse turnover rate. This report highlighted the increasingly severe problems of emergency room congestion and staff shortages during patient visits. While regular rounds and monitoring by nurses are necessary to provide timely care for hospitalized patients, Taiwan's aging population and the increasing number of patients requiring frequent hospital visits place a heavy workload on healthcare professionals. To reduce this workload and improve patient safety, this paper designs an IV drip rate alarm system. The system uses a light source and light detection circuit module, along with an LM358 operational amplifier circuit module, to issue alarms for excessively fast, slow, or insufficient drip rates. Experimental results show that the system can issue alarm messages in these three scenarios.

Keywords: Drip rate, Drip alarm system, Light source and light detection circuit, LM358 operational amplifier circuit.

Jing-Xiang Lin, Student, Dept. of Public and Cultural Affairs, National Taitung University. E-mail: 11018142@gm.nttu.edu.tw

Jian-Zhi Liu, Student, Dept. of Computer Science and Information Engineering, National Taitung University. E-mail: 11111242@gm.nttu.edu.tw

Yang-Hsin Fan, (Corresponding Author), Professor, Dept. of Computer Science and Information Engineering, National Taitung University. E-mail: yhfan@nttu.edu.tw

壹、前言

在臨床醫學中，主要活動之一便是使用藥理學治療疾病，這是通過口服、皮下、肌肉內、動脈內或靜脈內（IV）途徑給藥來進行的。靜脈治療是將液體物質直接注入靜脈，是將液體和藥物快速輸送到全身的最快方法。靜脈治療可用於糾正脫水、糾正電解質失衡、給藥或進行輸血。IV 治療是一種相對便宜且快速的程序，提供 100% 的生物利用度。儘管 IV 治療很受歡迎，但在低資源環境中操作時也會面臨一些挑戰。這些挑戰包括空氣栓塞、滴速偏差、液體過載等，若沒及時發現，將導致多中併發症，嚴重時會危及性命。

為了克服與 IV 治療相關的挑戰，有許多的研究致力於使用不同技術來開發點滴監測系統，其中有莊昀笙[1]透過深度神經網路(DNN)，藉由偵測藍芽接收訊號強度(RSS)，將 RSS 透過機率分布的方式進行深度學習的模型訓練，由模型輸出機率最高的水位作為當前水位的結果、還有孔祥鈞[2]使用重力感測加光遮斷器進行監測。在王廣靖[3]、Kavyashree Venkatesh 等人[4]的兩篇研究中，皆透過光學技術來進行滴水監測，利用發光二極體(LED)作為光源，而光敏電阻(LDR)則作為光檢測器，在沒有滴水時，LED 會直接射向 LDR 上，這樣 LDR 的電阻會較低。一旦有水滴通過滴注室，光束會被切斷，LDR 的電阻會增加。因此透過高電壓到低電壓的轉變來進行點滴的監測，也有 Pranshul Sardana 等人[5]結合電容式液位檢測加紅外線感測來進行監測。在下一章節的文獻探討會對各個研究的優缺點進行分析。

貳、文獻探討

在靜脈輸液（IV）治療中，精確監測輸液速率與總量以避免併發症為重要的課題之一。近年來，有多項研究致力於開發低成本、高可靠性的輸液監測系統，其中 2019 年 Sardana 等人[5]的系統包含兩個核心單元：滴液室單元與輸液架單元。滴液室單元採用雙紅外（IR）傳感器對檢測點滴液，並通過電容式傳感器實時監測液位；輸液架單元則集成微控制器（Arduino UNO）和 GSM 模塊，將數據傳輸至雲端。其創新點在於透過在滴液室兩側部署兩對紅外發射器（IR Tx）與接收器（IR Rx）。當液滴遮擋任一傳感器時，系統記錄為有效滴液；若雙傳感器同時檢測到遮擋，則進一步驗證信號的可靠性。能夠顯著降低因環境光波動或點滴液偏移導致偵測錯誤。且具有故障容錯能力，在單一傳感器發生故障時，另一對傳感器依然能維持的監測的準確性，確保系統在硬體出現異常時仍舊照常運行。

2022 年 Venkatesh 等人[4]提出的 DripOMeter 系統，以其開源設計與光電感測技術的創新整合，成為該領域的進展之一。其核心在於其光學液滴檢測模塊，該模塊通過綠色 LED 與光敏電阻（LDR）的組合，捕捉滴液室中液滴下落時的光線變化。相較於傳統的紅外線或超聲波技術（Cataldo et al., 2012），此設計不僅降低了硬體成本，還能適應不同光照環境（如病房或居家場景）。此外，系統搭載多種警報功能（如滴速偏

差、輸液暫停及容量超限)，並允許用戶自定義參數(如滴速因子與目標容量)。此外，論文中的實驗驗證顯示，系統估算的輸液量與量筒及電子秤的測量結果高度一致具有可靠性。但 DripOMete 仍有改進空間。其中包括用戶界面(如 0.96 英寸 OLED 螢幕與旋轉編碼器)在操作直覺性上略顯不足。此外，儘管系統支援多參數設置，但缺乏實時數據記錄與遠程監控能力，限制了其在智慧醫療場景中的潛力。

也有的研究在探討致力於優化光學照射的效率，2019 年在王廣靖[3]的研究當中，他透過 TracePro 光學軟體模擬紅、綠、藍、紫光(15°與 30°)四種 LED 光源的配光曲線，結合 SolidWorks 設計的滴液室模型，驗證光敏電阻的收光效果，結果顯示，紅光在空氣與點滴液間的信號差異最大，而紫光因穿透率低被排除，且進一步利用 Light Tools 對 LED 光源進行透鏡優化，使 LED 光源集中至光敏電阻表面，使其增加光敏電阻接收面的照輻度，使光學監測的穩定性、可靠性提供了不一樣的思路。

在智慧醫療持續進化的背景下，如何提升靜脈注射(IV)治療過程的即時監控與自動化控制，成為醫療輔具研究中的一大重點。其中，光電感測技術因具備非接觸、高靈敏度與低功耗等特性，廣泛應用於點滴監測系統的設計中。在 2021 年孔祥鈞[2]提出之「病人院外定位與點滴安全系統」中，光電感測器(光遮斷器)被應用於即時監測點滴流速與判斷是否發生迴血現象。系統透過感測滴液遮斷光線所產生的脈波頻率來換算滴速，並結合藍芽與手機 APP 進行資料傳輸與異常警示。此系統亦搭配重量感測器與三軸加速度感測器，提供更全面的多參數監控，並將數據上傳至雲端以利護理人員掌握病患狀況。這項研究展現了光電感測技術在「異常偵測」與「遠端警示」應用上的可行性與實用性。

另一篇是 2023 年由賴維淑[6]等人發表的研究，著重於點滴輸注的「流速控制」，透過高精度電子秤偵測點滴袋重量變化，並以比例控制演算法計算理論滴注間隔時間，再由步進馬達調整傳統點滴調節器的開口大小，達到動態調控。雖然其核心感測元件為重量模組，但該研究亦回顧多項先前研究，其中包括使用光電技術進行流速監測與警報的系統(如 IR 感測器與光電遮斷器等)。由此可見，光電感測在點滴監控領域已被多方驗證為高效且實用的偵測方式，特別適用於即時流速變化偵測與警報應用。

綜合而言，現有研究多以光電技術進行點滴異常偵測或輔助監控，但相對較少針對其感測機制之優化、偵測準確性或抗干擾能力進行深入探討。因此，本研究以「基於光電感測之點滴監測系統」為主題，旨在進一步探討並強化光電感測器於滴速偵測中的應用，並設計出具即時反應能力、高準確率與良好通訊介面的系統架構，期望在現有技術基礎上提出具創新性與實用性的點滴監控解決方案。

我們在國家新創獎的網站中蒐集到三項已經商品化的點滴監測系統，分別是英華達[7]公司的思邁輸液幫浦、奇美醫院的無限流量趨勢監視警示系統[8]、永磐科技的點滴監測系統 MIKO2.0[9]。經過比較與分析後，我們發現點滴監測系統主要分為兩大類，一為機器自動且精準調節點滴流速並監控滴注情況；一為醫護人員自行調整點滴流速，機器單純監測滴注狀況是否異常或結束，並發出警示通知醫護人員。

其中，全自動滴注的是英華達公司[7]研發的思邁輸液幫浦搭配思邁幫浦輸液套及思邁輸液連線系統，現已全面導入台大醫療體系及北醫體系。思邁輸液幫浦以自行研發的量子隧道合成物力感測器，以超音波偵測點滴流速，並連接輸液馬達以精準控制輸液流速，避免傳統人工輸液可能出現的誤差情況，並以無線傳輸將實時輸液過程送至連線系統，連線系統直接與醫院資訊系統介接，輸液前自動比對醫囑資訊、藥品資訊、病患資訊、藥典庫資訊是否正確，完整紀錄所有輸液過程，並將幫浦給藥記錄自動寫入醫院系統，減少人為疏失的可能。而護理站端也可進行即時輸液監控，若出現異常會顯示警示訊息，通知醫護人員緊急處理。

而奇美醫院的無限流量趨勢監視警示系統[8]，以及永磐科技的點滴監測系統 MIKO2.0，都只有監控及警報功能，機器無法自行調控滴注情況，兩者說明如下：奇美醫院研發的無限流量趨勢監視警示系統，已全面使用於奇美體系醫院的加護病房，以重量感測為產品設計核心，將點滴袋掛於裝置的掛鉤上，監測一單位時間內的重量變化，換算成該點滴的流速，可連續十二小時偵測，使用專屬 zigbee 無線傳輸將滴注情況實時傳送至資訊整合系統，傳輸訊號不影響其他醫療設備，系統上可顯示各裝置的滴注情況，若有滴注異常或滴注結束會發出警報通知醫護人員。

永磐科技研發的點滴監測系統 MIKO2.0[9]，以掛鉤感測重量搭配夾在點滴管上的 IR 紅外線感測器，來監測點滴流速及剩餘量，可有效防止因患者或家屬自行調整點滴流速而導致醫療事故。機器配有資訊面板顯示醫囑藥劑資訊、患者資訊、點滴剩餘滴注時間，醫護人員可直接在裝置上查看或修改。機器會紀錄輸液過程，並以藍芽 BLE5.0 無線傳輸接收和發送資訊至介接的醫院系統，於醫護人員端整合各裝置的滴注情況，若有滴注異常或滴注結束會發出警報通知。

三項產品比較如下：

- 一、**監測方法**：奇美醫院研發的無限流量趨勢監視警示系統（以下簡稱為奇美）使用重量感測點滴總重量，並加入區段流量監測以計算測量滴注速度；永磐科技研發的點滴監測系統 MIKO2.0（以下簡稱為永磐）使用重量感測點滴總重量，並配置 IR 紅外線感測器監測滴注速度；英華達研發的思邁輸液幫浦（以下簡稱為英華達）使用量子隧道合成物力感測器，分析點滴流速及壓力變化，監測並控制滴注速度。
- 二、**資料傳輸方法**：都是透過無線傳輸傳遞資訊，英華達是利用 Wi-Fi，奇美是利用 zigbee，永磐是利用 BLE5.0。
- 三、**介接醫院資訊系統**：英華達及永磐的機器和系統有相互連結，奇美只有單向的將機器連接到系統。

藥品和病患資訊比對：英華達及永磐都有，但英華達要比對正確才能開始輸液，永磐只是顯示讓醫護人員檢閱。至於滴注結束或異常警示功能，三個系統都有。

參、系統架構

滴速告警系統由兩階段的模組進行有無滴水的電路檢查所組成，系統包含光源及光檢測器模組及 LM358 運算放大器電路模組，第一階段的光源及光檢測器模組由光源、光檢測器及分壓電路所組成；第二階段的 LM358 運算放大器模組由電壓比較器做成的兩級運算放大器 LM358 組成，功能是将光敏電阻(LDR)獲得的訊號，再經由 RC 電路後，提供動態基準電壓供後續比較電路處理，由於使用的元件提供兩級運算放大電路，因此，本系統設計採用兩級運算放大電路進行設計。

一、光源及光檢測器電路模組

圖 1 為光源及光檢測器電路模組，它由光源、光檢測器和分壓電路組成。光源和光檢測器安裝在滴注室的兩側。圖 1(a)是光源產生電路，由 V_{cc} 、 R_1 及 D_1 (LED) 組成，LED 採用綠色可見光之光發射二極管，由電源 V_{cc} 經電阻 R_1 供電；圖 1(b) 是光檢測器電路，由 R_2 、 R_3 及光敏電阻 (LDR) 組成，LDR 經 R_2 及 R_3 形成電壓分壓電路。該電路的設計使得 LDR 的暗電阻與串聯連接的標準電阻相匹配。這一設計確保從 LDR 和標準電阻的接點獲取的電壓信號保持在所需範圍內，以便運算放大器作為比較器正常運行。在沒有滴水的情況下，LED 發出的光束直接照射到 LDR 上，這樣 LDR 的電阻會較低。一旦有水滴通過滴注區，光束會被切斷而造成 LDR 的電阻增加。因此，會出現高電壓到低電壓的轉變，此電壓的變化可做為比較器模組的輸入來源。

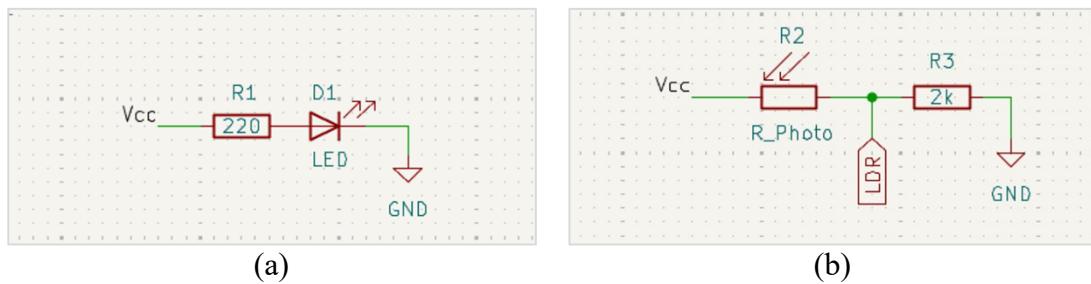


圖 1. 滴水檢測模組

二、LM358 運算放大器電路模組

圖 2 是 LM358 運算放大器電路模組，它由兩級的 LM358 運算放大器組成，目的在進行電壓比較，圖 2 最左方的光敏電阻(LDR)獲得訊號，經過 R_4C_1 形成的低通濾波器後，形成用於比較的動態基準電壓(節點 5)後，再與第二級運算放大電路(節點 7)回授訊號(節點 6)進行比較。之後再交由 R_5 與 R_6 分壓電路(節點 3)進行處理。運算放大器的反相輸入端(節點 2)有來自光敏電阻的訊號。在沒有滴水的情況下，比較器的輸出將是低電壓狀態。在水滴通過時，非反相輸入的低通信號不受影響，而反相輸入的信號則顯示出電壓的下降。當該模組檢測到水滴時，比較器的輸出從低電壓狀態上升到高電壓，從而產生方波信號，這個方波信號形成了微控制器模組中用於檢測水滴的中斷引腳輸入。

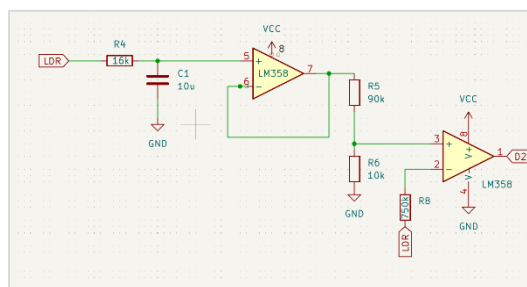


圖 2. 比較器模組

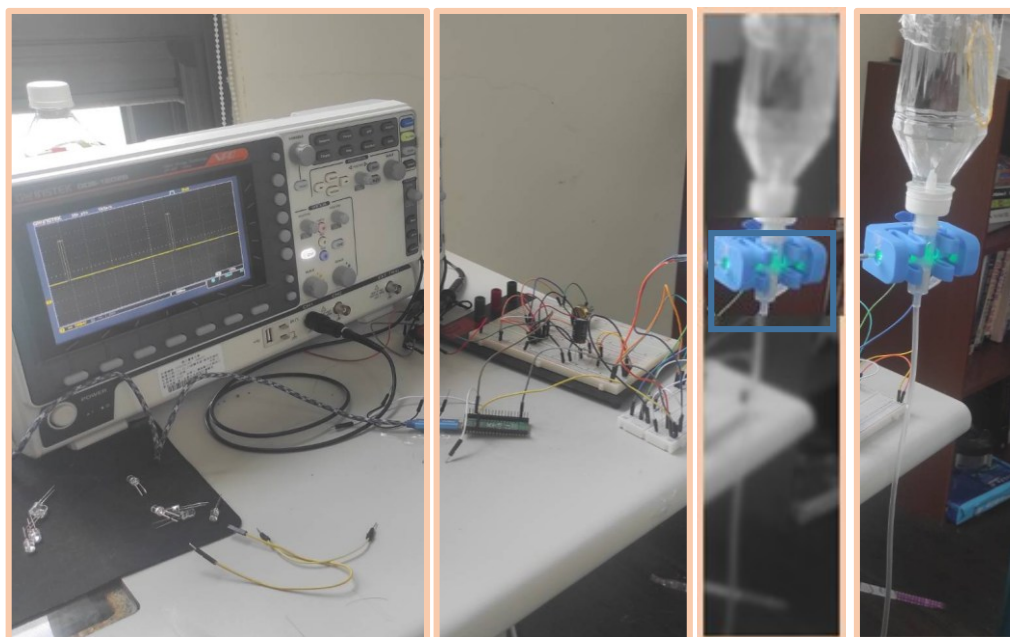
肆、實驗結果

圖 3 為滴水告警系統實驗情境圖，由(a)示波器量測訊號、(b)電路接線圖、(c)自製 3D 固定夾及(d) 點滴袋及 3D 固定夾四個部分所組成，圖 3(a)示波器量測訊號，分別對 40、100 及 140 三種點滴流速的週期訊號進行量測，做為調節三個由慢到快的點滴速度進行實驗；圖 3(b)是由 Raspberry Pi 連接系統架構所述之光源及光檢測器電路模組及 LM358 運算放大器電路模組以及其它輸出入裝置之電路接線圖；圖 3(c)為 3D 印表機列印輸出所製之 3D 固定夾；圖 3(d) 點滴袋連接 3D 固定夾之實景圖。

一、滴水驗證

本次實驗液體使用自來水進行測試，IV bag（靜脈輸液袋）中的液體在醫療上用來補充水分、電解質、營養素或給藥的液體。最常見的液體包括生理食鹽水（0.9%的氯化鈉溶液）、葡萄糖溶液（例如 5%或 10%葡萄糖），這些不同液體或許會產生不同的光學特性，但其共通處是其主要成分都由水所構成，因此本實驗以使用自來水裝於點滴袋內進行實驗。

將 3D 列印的固定夾兩端焊上 LED 及光敏電阻，在測試環境的室內光源充足之環境進行手動水滴計數，為確保計算準確，使用示波器，以確保水滴低落時能產生圖 4 之方波信號，在大約五分鐘的滴注過程中，設備都能準確檢測到讀數。



(a) 示波器量測訊號 (b) 電路接線圖 (c)自製 3D 固定夾 (d) 點滴袋及 3D 固定夾

圖 3. 滴水告警系統實驗情境



(a) 量測訊號 40

(b) 量測訊號 100

(c) 量測訊號 140

圖 4. 方波信號

二、流速偏差驗證

滴率因子固定為 20，滴速固定至 60gtt/min 左右，系統設定偏差大於 10gtt/min 時會出現警報，分別調整目標滴速 20gtt/min 和 90gtt/min，分別模擬滴速過快及滴速過慢的場景，在圖 5 的畫面中顯示”ALARM: HIGH FLOW”及圖 6 的畫面中顯示”ALARM: LOW FLOW”訊息，實驗結果顯示滴速過快及滴速過慢兩個場景皆能正確發出告警資訊。

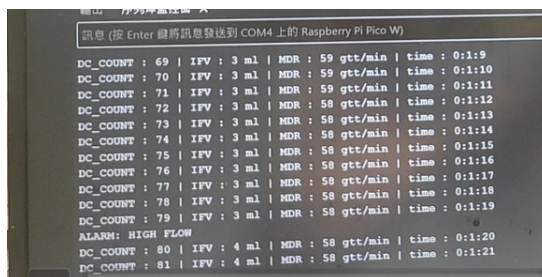


圖 5. 滴速過快實驗

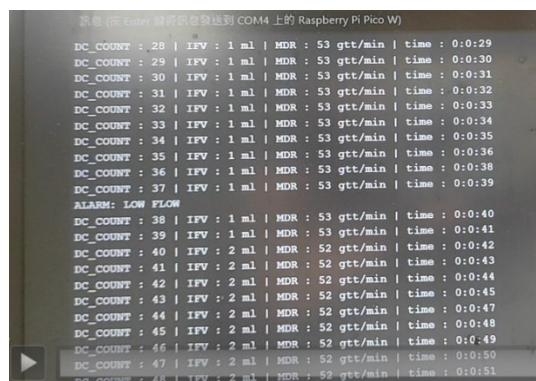


圖 6. 滴速過慢實驗

三、低容量告警驗證

除了進行滴速過快及滴速過慢的實驗外，我們還進行了點滴低容量的告警實驗，我們設定目標體積和已滴注體積在不超過 10ml 時會發送告警，當我們將剩餘體積設為 15ml 時，當已輸注體積減少至 5ml 時，會發送告警資訊的顯示為”ALARM: LOW VOLUME”。

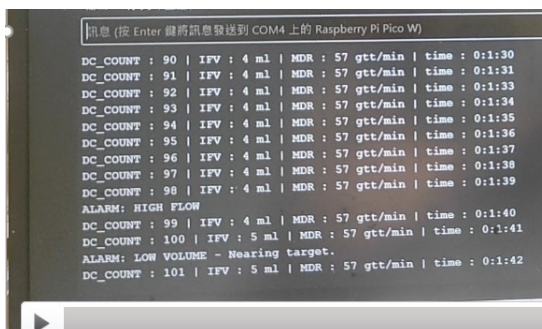


圖 7. 低容量告警驗證實驗

伍、結論

台灣步入高齡化社會後，長者就醫的需求與頻率將愈來愈高，再加上少子女化的因素後，百工百業缺工的情形將更加嚴重；護理人員的嚴重不足在現在或未來都是可預見的情形，當民眾就醫住院時，護理人員定期巡視及監控工作大量的耗盡了護理人員的體力與心力，因此，為降低護理人員的工作負擔以及提高醫療安全，本論文設計醫療病患點滴之滴速告警系統，透過光源及光檢測電路模組及 LM358 運算放大器電路模組進行點滴之滴速是否過快、過慢及不足的情形進行告警，實驗結果顯示，本系統能在以上三種情形發生時發出告警資訊進行通知。

參考文獻

- [1]. 莊昀笙，基於 DNN 之智慧點滴系統研發，碩士論文，銘傳大學，2020。
- [2]. 孔祥鈞，病人院外定位與點滴安全系統，碩士論文，亞東技術學院，2021。
- [3]. 王廣靖，光控式點滴偵測裝置模型設計與製作。碩士論文，國立高雄科技大學，2019。
- [4]. K.Venkatesh, S.S.Alagundagi, V.Garg, K.Pasala, D.Karia, M.Arora, DripOMeter: An open-source opto-electronic system for intravenous (IV) infusion monitoring, HardwareX, Volume 12, December 2022, PP 1-12.
- [5]. Sardana P, Kalra M, Sardana A, Design, Fabrication, and Testing of an Internet Connected Intravenous Drip Monitoring Device. Journal of Sensor and Actuator Networks, 2019, PP1-20.
- [6]. 賴維淑,黃威揚,陳擴屹,曾映嘉,宋旗桂,"智慧化點滴輸液監控及雲端資料庫服務系統之開發研究,"黃埔學報第八十五期,頁 91-100,2023.
- [7]. 英華達集團，思邁智慧輸液系統，https://innoaward.taiwan-healthcare.org/award_detail.php?REFDOCTYPID=0mge2pv6fmqrxoa1&num=1&REFDOCID=0rmz263hxdg54nel. 台灣專利 I698626、I653998.
- [8]. 奇美，無線流量趨勢監視警示系統，https://innoaward.taiwan-healthcare.org/award_detail.php?REFDOCTYPID=0r4ggllnka0x43sh&num=1&REFDOCID=0qls4pmu8016q6dj. 台灣專利 I616199.
- [9]. 永磐科技，新一代點滴監測系統 https://innoaward.taiwan-healthcare.org/award_detail.php?REFDOCID=0r4fxw3m9qyfupgb.