รายงานการวิจัย

การพัฒนาระบบไมโครคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการควบคุมสัญญาณและเก็บข้อมูล
ทางด้านโฟโตอิเลกตริก โฟโตเมตรี

Microcomputer Programming Developments in System Control and Data Acquisition
in Photoelectric Photometry

โดย

บุญรักษา สุนทรธรรม

BOONRUCKSAR SOONTHORNTHUM

พรพจน์ พจนามาตร์

PORNPOT POTJANAMART

ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตามทุนอุดหนุนการวิจัย คณะวิทยาศาสตร์ ประจำปี 2530

สารบัญเรื่อง

		หน้า
กิตติกรรมประกาศ		ง
บทคัดย่อ		จ
บทที่ 1	บทนำ	1
บทที่ 2	แนวทางวิเคราะห์ระบบควบคุมสัญญาณและเก็บข้อมูลทางโฟโตอิเลกตริก โฟโตเมตรี	4
	2.1 ระบบโฟโตอิเลกตริก โฟโตมิเตอร์	4
	2.2 เครื่องนับโฟตอน Starlight-1	6
	2.3 พอร์ทขนานขาเข้า-ออก ของเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์	13
	2.4 การเชื่อมต่อเครื่องนับโฟตอนกับไมโครคอมพิวเตอร์	15
บทที่ 3	การสร้างวงจรเชื่อมต่อและการควบคุมสัญญาณทางด้านโฟโตอิเลกตริก โฟโตเมตรี	20
	3.1 วงจรเชื่อมต่อ (Data Interface)	20
	3.1.1 วงจรควบคุมเครื่องนับโฟตอน	23
	3.1.2 วงจรสร้างสัญญาณนาฬิกา	25
	3.2 การส่งถ่ายข้อมูลจากเครื่องนับโฟตอนสู่ไมโครคอมพิวเตอร์	27
	3.3 รูทีนภาษาเบสิคที่ใช้ในการควบคุมเครื่องนับโฟตอน	32
บทที่ 4	การเก็บข้อมูลทางโฟโตอิเลกตริก โฟโตเมตรี โดยไมโครคอมพิวเตอร์	33
	4.1 การเก็บข้อมูลในการวิจัยทางโฟโตอิเลกตริก โฟโตเมตรี	33
	4.2 โปรแกรมควบคุมเวลามาตรฐานท้องถิ่นในระหว่างการสังเกตการณ์ (SETTIME)	34
	4.3 โปรแกรมเก็บข้อมูลทางโฟโตอิเลกตริก โฟโตเมตรี (DATAAC)	38
	4.4 การทดสอบโปรแกรมและแฟ้มข้อมูลทางโฟโตอิเลกตริก โฟโตเมตรี	43
บทที่ 5	สรุปและวิจารณ์ผล	52
บรรณานุกรม		54

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1	ตารางเลือกตำแหน่งของตัวเลขที่ต้องการอ่านจากเครื่องนับโฟตอน	16
ตารางที่ 2.2	รายละเอียดของพอร์ทขาสัญญาณ เข้า-ออก ชนิด 25 บิท ในโหมดอ่านข้อมูลและโหมดนับ	17
ตารางที่ 4.1	แฟ้มข้อมูลทางโฟโตอิเลกตริก โฟโตเมตรี	48

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบัญภาพ

		หน้า
รูปที่ 2.1	ระบบโฟโตอิเลกตริก โฟโตมิเตอร์ทั่วไป	7
รูปที่ 2.2	บล๊อกไดอะแกรมของระบบนับพัลส์	7
รูปที่ 2.3	บล๊อกไดอะแกรมของหัวโฟโตมิเตอร์และเครื่องนับโฟตอน Staright-1	8
รูปที่ 2.4	ภาพด้านหน้าของเครื่องนับโฟตอน Staright-1	11
รูปที่ 2.5	ภาพด้านหลังของเครื่องนับโฟตอน Staright-1	12
รูปที่ 2.6	พอร์ทขนานขาเข้า-ออก ของเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์แบบแอปเปิ๊ลทู	14
รูปที่ 2.7	ผังการทำงานของโปรแกรมควบคุมวงจรเชื่อมต่อ	18
รูปที่ 3.1	บล๊อกไดอะแกรมของวงจรเชื่อมต่อ	21
รูปที่ 3.3	ภาพวงจรเชื่อมต่อที่สร้างขึ้นมา	26
รูปที่ 3.4	ภาพการเชื่อมต่ออุปกรณ์ระหว่างเครื่องนับโฟตอนกับไมโครคอมพิวเตอร์	26
รูปที่ 4.1	แอดเดรสของหน่วยความจำที่ใช้ติดต่อกับวงจรเชื่อมต่อ	35
รูปที่ 4.2	โปรแกรม "SETTIME" ใช้ในการควบคุมสัญญาณนาฬิกา	37
รูปที่ 4.3	โปรแกรม "DATAAC" ใช้ในการบันทึกข้อมูลของดาวจากเครื่องนับโฟตอนในระหว่างการสังเกตการณ์	39
รูปที่ 4.4	การทดสอบการเก็บข้อมูลในห้องปฏิบัติการ	44
รูปที่ 4.5	การติดตั้งอุปกรณ์เข้ากับกล้องดูดาวของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่	44
รูปที่ 4.6	โปรแกรมใช้ในการเรียกข้อมูลออกมาวิเคราะห์	47

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยใคร่ขอขอบคุณ ผู้มีรายนามดังต่อไปนี้ ที่ช่วยให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

Dr. Alan George ที่ให้คำปรึกษาเกี่ยวกับการออกแบบวงจรและการสร้างระบบควบคุมสัญญาณ โดยใช้ระบบไมโครคอมพิวเตอร์

นายนคร ราชกิจ และนายมาโนช นาคสาทา ผู้ช่วยเก็บข้อมูลในการวิจัย

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่สนับสนุนโครงการวิจัยนี้ และขอขอบคุณ คณะกรรมการวิจัยคณะวิทยาศาสตร์ ที่ให้ทุนอุดหนุนการวิจัยของคณาจารย์ ประจำปี 2530

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

บทคัดย่อ

การพัฒนาระบบไมโครคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการควบคุมสัญญาณและเก็บข้อมูล
ทางด้านโฟโตอิเลกตริก โฟโตเมตรี

บุญรักษา สุนทรธรรม
พรพจน์ พจนามาตร์

ผู้วิจัยได้พัฒนาอุปกรณ์เชื่อมต่อสัญญาณขาเข้า–ออก และวงจรสร้างสัญญาณนาฬิกา ตลอดจนโปรแกรมไมโครคอมพิวเตอร์ เพื่อใช้ในการควบคุมสัญญาณและเก็บข้อมูล จากเครื่องนับโฟตอน แล้วสร้างเป็นแฟ้มข้อมูลเก็บไว้ในเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์

ระบบดังกล่าวนี้ ได้นำมาติดตั้งอย่างถาวรกับกล้องโทรทรรศน์ ชนิดคาสซิเกรน ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 16 นิ้ว พร้อมกับระบบโฟโตมิเตอร์ที่ใช้อยู่ ณ หอดูดาวมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ซึ่งจะสามารถยังผลให้งานวิจัยทางด้านโฟโตอิเลกตริก โฟโตเมตรี ดำเนินไปด้วยประสิทธิภาพสูงสุด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Abstract

Microcomputer Programming Developments in System Control and Data Acquisition in Photoelectric Photometry

Boonrucksar Soonthornthum

Pornpot Potjanamart

We have developed I/O interface and clock signal circuit incorporating microcomputer programs for system control and data acquisition from a photon counter. As a result, data files have been built up into the computer. This system has been permanently installed with the 16-inch Cassegrain telescope and photometer system at Chiang Mai University Observatory. It is expected that this system will further the current work in photoelectric photometry with increased efficiency.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

บทที่ 1
บทนำ

การวิจัยทางด้านดาราศาสตร์ระดับสูงในปัจจุบัน จำเป็นต้องอาศัยกล้องโทรทรรศน์ขนาดใหญ่ พร้อมทั้งอุปกรณ์บันทึกสัญญาณในรูปแบบต่าง ๆ เช่น ในรูปของสัญญาณไฟฟ้า เพื่อสามารถใช้อุปกรณ์ทางอิเลกทรอนิคส์วิเคราะห์สัญญาณหรือในรูปของสเปกตรัม เพื่อสามารถใช้อุปกรณ์ทางแสงวิเคราะห์สัญญาณ เป็นต้น เทคนิคทางโฟโตอิเลกตริก โฟโตเมตรี เป็นเทคนิคสำคัญอย่างหนึ่งทางดาราศาสตร์ ที่ใช้ในการวิจัยระดับสูง ที่อาศัยหลักการแปลงสัญญาณแสงดาวให้อยู่ในรูปของสัญญาณไฟฟ้า โดยอุปกรณ์ที่มีชื่อเรียกว่า "โฟโตอิเลกตริก โฟโตมิเตอร์ (Photoelectric Photometer)" สัญญาณไฟฟ้าที่ออกมาจากเครื่องโฟโตอิเลกตริก โฟโตมิเตอร์ เป็นสัญญาณแบบอนาลอก (Analog) ซึ่งจะถูกแปลงให้เป็นสัญญาณดิจิตอล (Digital) และสามารถอ่านค่าออกมาเป็นตัวเลข โดยเครื่องนับโฟตอน (Photon Counter) สัญญาณที่วัดได้จะมีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับโชติมาตรปรากฏ(Apparent Magnitude) ของวัตถุท้องฟ้าที่ได้ทำการสังเกตการณ์ ค่าดังกล่าวนี้มีความสำคัญมากทางดาราศาสตร์ในการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพต่าง ๆ ของวัตถุท้องฟ้า เช่น สีของดาวฤกษ์ อุณหภูมิสัมฤทธิ์ของดาวฤกษ์ โครงสร้างทางกายภาพของกระจุกดาว คุณสมบัติของฝุ่นและก๊าซระหว่างดาว เป็นต้น การศึกษาและวิจัยทางด้านโฟโตอิเลกตริก โฟโตเมตรี นี้ นับว่าเป็นงานวิจัยหลักของหน่วยวิจัยดาราศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อยู่ในขณะนี้ ระบบดังกล่าวนี้กำลังอยู่ในระหว่างการพัฒนาและปรับปรุง ให้ใช้ร่วมกับกล้องโทรทรรศน์แบบคาสซิเกรน (Cassegrain) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 16 นิ้ว ของหอดูดาวมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

อย่างไรก็ตาม ในขณะนี้การใช้เครื่องโฟโตอิเลกตริก โฟโตมิเตอร์ นั้น ยังมีปัญหาอยู่มากโดยเฉพาะอย่างยิ่ง เรื่องการควบคุมสัญญาณและการเก็บข้อมูล ผู้ใช้เครื่องมือต้องปรับอุปกรณ์ต่าง ๆ และต้องจดข้อมูล ทั้งจากเครื่องนับโฟตอนและนาฬิกา เป็นจำนวนนับร้อย ๆ ข้อมูล ซึ่งมักจะก่อให้เกิดความผิดพลาดอยู่ตลอดเวลา โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การสังเกตการณ์ที่จำเป็นต้องทำเป็นช่วงระยะเวลานานตลอดทั้งคืน และวัตถุท้องฟ้าที่ทำการสังเกตการณ์มีแสงน้อยมาก แทบจะเป็นไม่ได้เลยที่จะทำการเก็บข้อมูลได้อย่างถูกต้องสมบูรณ์ ดังนั้น การใช้ไมโครคอมพิวเตอร์เข้าช่วยควบคุมการบันทึกสัญญาณและเก็บข้อมูลทางด้านโฟโตอิเลกตริก โฟโตเมตรี จึงนับว่ามีความสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่ง ที่จะทำให้การทำปฏิบัติการ และการวิจัยทางด้านนี้มีประสิทธิภาพสูงสุด ทั้งยังให้ความถูกต้องแน่นอน ประหยัดเวลา และกำลังคนอย่างมากอีกด้วย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สิ่งที่สำคัญที่สุดในการใช้ระบบโฟโตอิเลกตริก โฟโตเมตรี ในการบันทึกข้อมูลต่าง ๆ นั้น ก็คือ ความถูกต้องแม่นยำของการบันทึกเวลาที่ทำการสังเกตการณ์ ซึ่งอาจอยู่ในรูปเวลามาตรฐานท้องถิ่น (Local Standard Time) หรือเวลาสากล (Universal Time) ก็ได้ การจัดหมวดหมู่ของข้อมูลของดาวชนิดต่าง ๆ เช่น ดาวมาตรฐาน (Standard Stars) ดาวโปรแกรม (Program Stars) เป็นต้น จะต้องทำอย่างมีระเบียบ และถูกต้องให้มากที่สุด นอกจากนั้น ช่วงเวลาในการสังเกตการณ์แต่ละครั้งของดาวแต่ละประเภท จะต้องสั้นที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ในการสังเกตการณ์ ดาวแปรแสงประเภทดาวคู่อุปราคา ในช่วงเวลาที่แสงที่น้อยที่สุด (Time of Minima) ปัญหาก็คือ เรามีวิธีการอย่างไรที่จะดำเนินการเพื่อที่จะให้การควบคุมและการเก็บข้อมูลมีประสิทธิภาพสูงสุด ตามข้อกำหนดต่าง ๆ ขั้นต้น

คำตอบก็คือ ถ้าเราสามารถสร้างวงจรเชื่อมต่อสัญญาณขาเข้า-ออก (I/O Interface) ระหว่างเครื่องนับโฟตอน และเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ และวงจรสร้างสัญญาณนาฬิกา ที่สามารถบันทึกเวลาลงในแฟ้มข้อมูลได้ทุก ๆ ขณะที่มีการบันทึกข้อมูล พร้อมทั้งการพัฒนาทางด้านซอฟแวร์ด้วยภาษาต่าง ๆ เช่น ภาษาเครื่อง (Machine Language) ภาษาแอสเซมบลี้ (Assembly Language) หรือภาษาชั้นสูงต่าง ๆ เช่น ภาษาเบสิค (Basic Language) ภาษาฟอร์แทรน (Fortran Language) ภาษาปาสคาล (Pascal Language) เป็นต้น ซึ่งจะสามารถควบคุมการเก็บข้อมูลต่าง ๆ ลงในแผ่นดิสเก็ต (Diskette) เพียงแผ่นเดียว สำหรับการวิจัยแต่ละชุด เราก็จะได้ข้อมูลที่ถูกต้องและสมบูรณ์ที่สุด พร้อมที่จะนำมาวิเคราะห์หาคุณสมบัติของวัตถุท้องฟ้าต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และได้ระดับมาตรฐาน

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้พัฒนาทางด้านฮาร์ดแวร์ (Hardware) และซอฟแวร์ (Software) บนเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ แบบแอปเปิ้ลทู (Apple II) 8 บิท ขนาดหน่วยความจำ 64 K RAM ให้สามารถควบคุมการทำงานของเครื่องนับโฟตอน ซึ่งรับสัญญาณไฟฟ้าที่ส่งออกมาจากหลอดโฟโตมัลติพลายเออร์ (Photomultiplier Tube) และนำสัญญาณที่แสดงในรูปของตัวเลข (Digital) มาเก็บไว้ในแฟ้มข้อมูล (Data Files) ของเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การพัฒนาทางด้านฮาร์ดแวร์ สำหรับการวิจัยในครั้งนี้ มีขั้นตอนโดยสรุปดังนี้ คือ

(ก) การพัฒนาวงจรเชื่อมต่อสัญญาณขาเข้า-ขาออก (I/O Interface)

(ข) การพัฒนาวงจรสัญญาณนาฬิกา เพื่อบันทึกเวลาในขณะที่ทำการสังเกตการณ์

ส่วนการพัฒนาทางด้านซอฟแวร์ มีขั้นตอนโดยสรุปดังนี้ คือ

(ก) การพัฒนาโปรแกรมควบคุมการทำงานและรับส่งข้อมูลของเครื่องโฟโตมิเตอร์

(ข) การพัฒนาโปรแกรมควบคุมและอ่านสัญญาณนาฬิกา

(ค) การพัฒนาโปรแกรมการบันทึกข้อมูลของวัตถุท้องฟ้าชนิดต่าง ๆ และจัดแยกเป็นหมวดหมู่

(ง) เขียนโปรแกรมการอ่านข้อมูลจากแฟ้มข้อมูลชนิดต่าง ๆ เพื่อจะนำมาวิเคราะห์

ระบบการควบคุมสัญญาณและเก็บข้อมูลทางด้านโฟโตอิเลกตริก โฟโตเมตรี โดยใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ ในการวิจัยครั้งนี้ ได้รับการตรวจสอบและแก้ไข จนกระทั่ง สามารถนำมาใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพในการวิจัย โดยในขณะนี้ได้ถูกนำมาติดตั้งอย่างถาวรกับกล้องดูดาว แบบคาสซิเกรน ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 16 นิ้ว พร้อมกับระบบโฟโตมิเตอร์ที่ใช้อยู่ ณ หอดูดาวของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ซึ่งได้ใช้เก็บข้อมูลในงานวิจัยของคณาจารย์ และนักศึกษาเป็นจำนวนหลายโครงการแล้ว ในช่วงฤดูการสังเกตการณ์ที่ผ่านมา ปรากฏว่าได้ผลเป็นที่น่าพอใจ ทั้งทางด้านความแม่นยำของการเก็บข้อมูลและบันทึกเวลา ความรวดเร็วในการเก็บข้อมูล และความสะดวกในการใช้อุปกรณ์ดังกล่าวนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

บทที่ 2
แนวทางวิเคราะห์ระบบควบคุมสัญญาณและเก็บข้อมูลทางโฟโตอิเลกตริก โฟโตเมตรี

แนวทางวิเคราะห์เพื่อที่จะใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ ในการควบคุมสัญญาณและเก็บข้อมูลทางโฟโตอิเลกตริก โฟโตเมตรี นั้น ผู้วิจัยจะต้องทำความเข้าใจอย่างถ่องแท้ในระบบโฟโตอิเลกตริก โฟโตมิเตอร์ที่ใช้ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง พอร์ทรับสัญญาณขาเข้า-ขาออก (I/O Port) ของเครื่องนับโฟตอนที่ใช้ในการปิด-เปิดวงจร เมื่อพร้อมที่จะรับสัญญาณ และการรับข้อมูล ตลอดจนสัญญาณติดต่อระหว่างเครื่องนับโฟตอนและเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ สำหรับไมโครคอมพิวเตอร์ ผู้วิจัยจำเป็นต้องทราบถึงลักษณะการทำงานของพอร์ทรับสัญญาณขาเข้า-ขาออกเช่นกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง บัสข้อมูล (Data Bus) และสิ่งที่สำคัญที่สุดก็คือ วงจรเชื่อมต่อ (Interface) ระหว่างเครื่องนับโฟตอนกับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ นอกจากนั้น ผู้วิจัยยังต้องศึกษาถึงภาษาคอมพิวเตอร์ เช่น ภาษาแอสเซมบลี้, ภาษาเบสิค เป็นต้น เพื่อควบคุมการทำงานของระบบ ตลอดจนเก็บข้อมูลไว้ในแฟ้มข้อมูลที่สร้างขึ้น เพื่อสามารถนำเอาข้อมูลต่าง ๆ มาใช้ในการวิเคราะห์และตีความต่อไปอีกด้วย

2.1 ระบบโฟโตอิเลกตริก โฟโตมิเตอร์

เทคนิคทางโฟโตอิเลกตริก โฟโตเมตรี เป็นเทคนิคการวัดความเข้มของแหล่งกำเนิดแสง ซึ่งอาจจะเป็น ดาวฤกษ์ทั่ว ๆ ไป ดาวแปรแสง ดาวเคราะห์น้อย หรือ ดาวหางก็ได้ แล้วแสดงผลในรูปของสัญญาณไฟฟ้า อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับเทคนิคดังกล่าวนี้ มีชื่อเรียกว่า ระบบ "โฟโตอิเลกตริก โฟโตมิเตอร์ (Photoelectric Photometer)" ซึ่งอุปกรณ์หลักของระบบนี้ก็คือ อุปกรณ์วัดสัญญาณแสง (Light Detector) ซึ่งได้แก่ หลอดโฟโตมัลติพลายเออร์ (Photomultiplier Tube) อุปกรณ์นี้จะทำหน้าที่ เปลี่ยนสัญญาณแสงที่ตกกระทบลงบนผิวของโฟโตคาโธด (Photocathode) ไปเป็นสัญญาณไฟฟ้า โดยใช้หลักปรากฏการณ์ทางโฟโตอิเลกตริก (Photoelectric Effect) สัญญาณไฟฟ้าดังกล่าวจะถูกขยายหลายครั้ง โดยชั้วไดโนด (Dynodes) ในหลอดหลายครั้ง แล้วส่งออกทางชั้วอาโนด (Anode) ของหลอด การขยายสัญญาณไฟฟ้าในหลอดโฟโตมัลติพลายเออร์ดังกล่าวนี้ จะถูกควบคุมโดยแหล่งจ่ายไฟศักย์สูง (High-Voltage Supply)

เนื่องจากแสงที่ตกกระทบที่โฟโตคาโธดของหลอดโฟโตมัลติพลายเออร์นั้น มีทุกความยาวคลื่น เราอาจจะเลือกให้แสงเฉพาะบางความยาวคลื่นเท่านั้น ตกลงบนโฟโตคาโธด โดยใช้ระบบแผ่นกรองแสง ซึ่งออกแบบให้มีช่วงกว้างของการผ่านของสเปกตรัมขนาดต่าง ๆ ผ่านเข้ามา แล้วแต่ลักษณะ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การวิจัย แต่ระบบแผ่นกรองแสงที่นิยมใช้ โดยทั่วไปจะเป็นแบบแถบกว้าง (Wide-Band Filter System) ในช่วงความยาวคลื่นอุลตราไวโอเล็ต (U) สีน้ำเงิน (B) และสีเหลือง (V) นอกจากนี้ยังมีระบบไดอะแฟรม (Diaphragm) ซึ่งเป็นช่องเปิดขนาดต่าง ๆ เพื่อเลือกดาวดวงที่ต้องการสังเกตการณ์เท่านั้น ให้ผ่านเข้าสู่โฟโตคาโธดของหลอดโฟโตมัลติพลายเออร์

สัญญาณไฟฟ้าขาออกจากหลอดโฟโตมัลติพลายเออร์ จะถูกป้อนเข้าสู่เครื่องขยายสัญญาณ (Amplifier) เมื่อขยายพัลส์ (Pulse) และจัดรูปร่างของพัลส์ ตลอดจน กำจัดสัญญาณรบกวน (Noise) ต่าง ๆ จากพัลส์ด้วย หลังจากนั้น ก็จะผ่านเข้าสู่เครื่องนับพัลส์ (Pulse Counter) หรือที่รู้จักกันในชื่อของ เครื่องนับความถี่ (Frequency Counter) ซึ่งอุปกรณ์ดังกล่าวนี้ จะประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วน คือ

(ก) วงจรนับ (Counting Circuit) ที่จะนับพัลส์ทุกพัลส์ที่ผ่านเข้ามา

(ข) เกท (Gate) ซึ่งเป็นตัวกำหนดช่วงเวลาการจัดจำนวนพัลส์ที่ผ่านเข้ามา

(ค) วงจรจับเวลา (Timing Circuit) เพื่อใช้ในการควบคุมเกท

จำนวนนับที่เกิดขึ้นเนื่องจากการเปลี่ยนความเข้มของแสงดาว เป็นสัญญาณไฟฟ้า สามารถอ่านได้โดยตรงจากเครื่องนับ (Counter) เอง หรือส่งผ่านวงจรเชื่อมต่อเข้าสู่เครื่องคอมพิวเตอร์ก็ได้ รูปที่ 2.1 แสดงระบบโฟโตอิเลกตริก โฟโตมิเตอร์ทั่วไป ส่วนรูปที่ 2.2 แสดงบล็อกไดอะแกรมของระบบนับพัลส์ ซึ่งมีวงจรเชื่อมต่อเข้าสู่คอมพิวเตอร์ เครื่องบันทึกเทป (Tape Recorder) หรือเทลไทม์ (Teletype) เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์จะทำการเก็บข้อมูลเกี่ยวกับจำนวนพัลส์ เนื่องจากความเข้มของแสงดาวที่วัดได้ และเก็บไว้ในแฟ้มข้อมูล ซึ่งสามารถถ่ายลงสู่แผ่นดิสเก็ตเป็นการถาวรได้ และสามารถนำมาใช้ได้เมื่อต้องการวิเคราะห์ข้อมูลเหล่านั้น

นอกจากข้อมูลที่เกี่ยวกับจำนวนพัลส์แล้ว ยังอาจสร้างวงจรสร้างสัญญาณนาฬิกาเชื่อมต่อเข้าสู่เครื่องคอมพิวเตอร์ เพื่อบันทึกเวลาในขณะที่ทำการสังเกตการณ์ได้อย่างแม่นยำอีกด้วย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เครื่องนับพัลส์หรือเครื่องนับความถี่ ที่ใช้ในการวิจัยทางด้านดาราศาสตร์นั้น จะต้องมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

(ก) มีความสามารถนับได้ถึง 100 เมกกะเฮิทซ์ (MHz) หรือมากกว่า

(ข) สามารถเลือกฐานเวลา (Time Base) ได้ อย่างน้อยที่สุดจะต้องมีเวลาเกท (Gating Time) 1 และ 10 วินาที สำหรับการวัดปกติและ 0.001 และ 0.01 วินาที สำหรับการสังเกตการบดบังดาว (Occultation Observations)

(ค) มีความสามารถในการทริกเกท (Gate Triggering) และรีเซทเคาเตอร์ (Counter Reset) จากภายนอกได้

(ง) มี BCD และสัญญาณขาออกแบบไบนารี่ (Binary Output) สำหรับวงจรเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ได้

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้มุ่งวิเคราะห์ส่วนที่เป็นวงจรเชื่อมต่อ ระหว่างเครื่องนับพัลส์และเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ พร้อมทั้งสร้างวงจรและใช้คอมพิวเตอร์ควบคุม เครื่องนับพัลส์หรือเครื่องนับโฟตอน ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นเครื่องยี่ห้อ Starlight-1 ซึ่งผลิตจากบริษัท Thorn EMI Gencom, Inc. ส่วนเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ เป็นเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ชนิด 8 บิท ยี่ห้อแอปเปิ้ลทู (Apple II) ซึ่งมีหน่วยความจำ 64 k RAM

2.2 เครื่องนับโฟตอน Starlight-1

รูปที่ 2.3 แสดงบล๊อกไดอะแกรมของหัวโฟโตมิเตอร์ และเครื่องนับโฟตอน Starlight-1 เมื่อแสงตกกระทบผ่านหน้าต่างของหลอดโฟโตมัลติพลายเออร์ เมื่อผ่านระบบช่องเปิด ระบบแผ่นกรองแสง และเลนส์แล้ว โฟตอนที่ตกกระทบโฟโตคาโธด ประมาณ 33 เปอร์เซ็นต์ จะถูกกระตุ้นให้เกิดโฟโตอิเลกตรอนขึ้น ซึ่งโฟโตอิเลกตรอนแต่ละตัวจะถูกเร่ง โดยแหล่งจ่ายไฟศักย์สูงผ่านไดโนด และการชนแต่ละครั้งของอิเลกตรอนปฐมภูมิ จะก่อให้เกิดอิเลกตรอนทุติยภูมิ ประมาณ 4-6 ตัว ค่า Gain ของหลอดโฟโตมัลติพลายเออร์ ปรับไว้ที่ 4×10^{6} ที่ขั้วอาโนด ซึ่งจะสร้างพัลส์ของประจุมีค่าเท่ากับ 6.4×10^{-13} คูลอมบ์ พัลส์ดังกล่าวมีค่า FWHM (Full Width Half Maximum) ประมาณ 3×10^{-8} วินาที สำหรับหลอดโฟโตมัลติพลายเออร์ เบอร์ EMI 9924 A ที่ใช้ ซึ่งทำให้ได้กระแส 2.13×10^{-5} แอมแปร์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

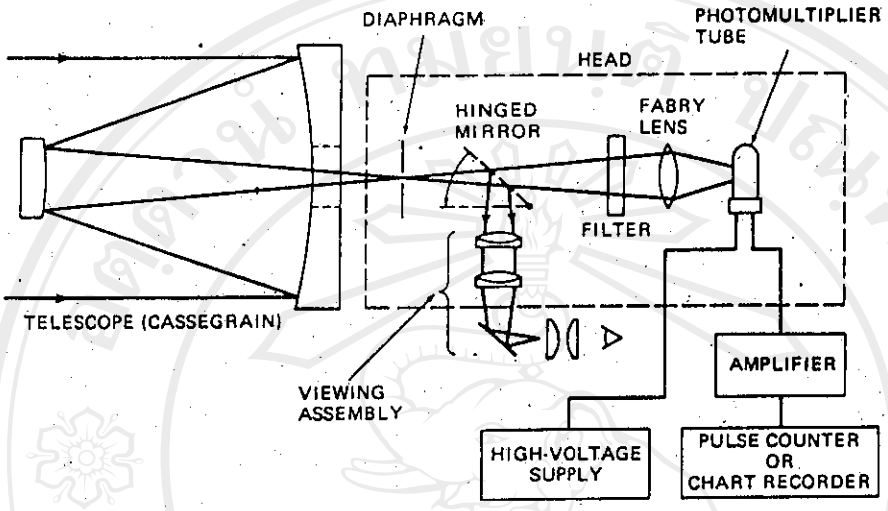


Figure 1.3 A typical photometer.

รูปที่ 2.1 ระบบโฟโตอิเลกตริก โฟโตมิเตอร์ ทั่วไป

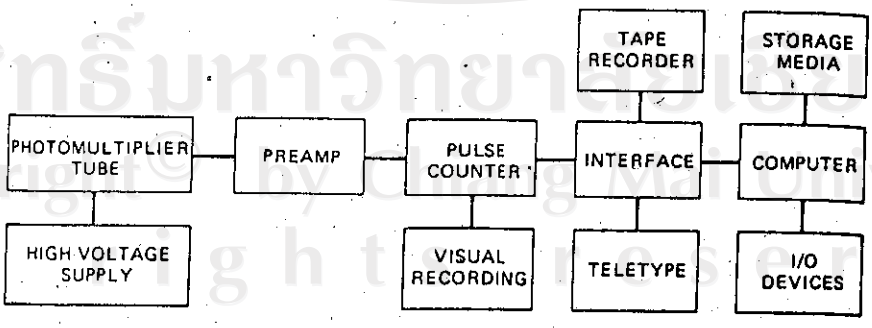


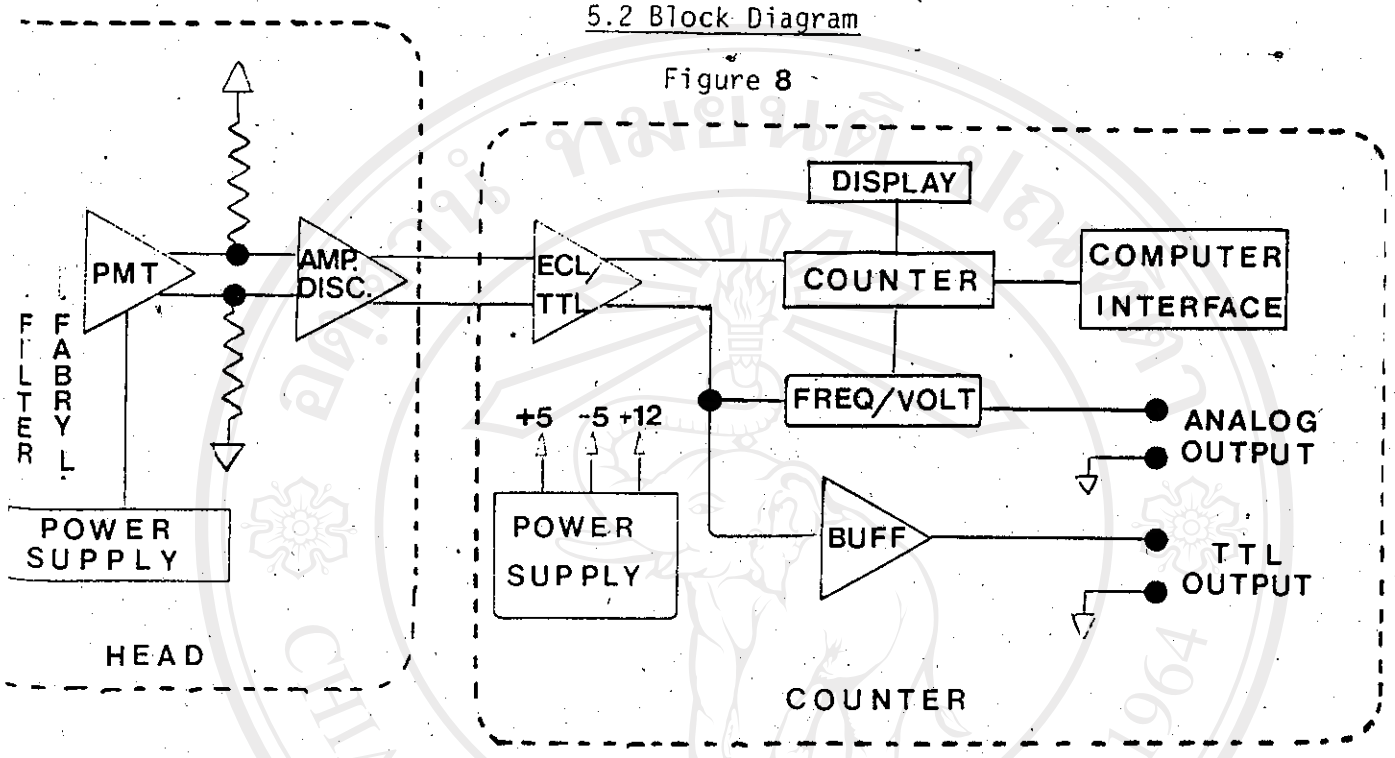
Figure 7.1. Block diagram of pulse counting system.

รปที่ 2.2 บล๊อกไดอะแกรมของระบบนับพัลส์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

5.2 Block Diagram

Figure 8



รูปที่ 2.3 บล๊อกไดอะแกรมของหัวโฟโตมิเตอร์และเครื่องนับโฟตอน Starlight-1

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

วงจรแอมปลิฟลายเออร์และดิสคริมิเนเตอร์ (Amp./Disc.) ปรับค่าอิมพิแดนซ์ขาเข้า (Input Impedance) ไว้ 50 โอห์ม และมีค่าศักย์ขีดเริ่ม (Treshold Voltage) 1 มิลลิโวลท์ ดังนั้น ถ้าคูณ 2.13×10^{-5} แอมแปร์ด้วย ค่าความต้านทาน 50 โอห์ม จะได้พัลส์ขนาด 1.07 มิลลิโวลท์ ซึ่งเพียงพอสำหรับเครื่องนับโฟตอนที่จะวัดโฟโตอิเลกตริก 1 ตัวได้

พัลส์ที่ได้นี้จะถูกเปลี่ยนไปเป็นสัญญาณแบบทีทีแอล (TTL) ซึ่งสามารถผ่านเข้าสู่วงจรนับของเครื่องนับโฟตอนโดยตรง หรือ อาจเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของศักย์ไฟฟ้า โดย Freq/Volt Converter แล้วส่งเป็นสัญญาณขาออกแบบอนาล็อก (Analog Output) หรือผ่านวงจรบัฟเฟอร์ (Buffer) แล้วส่งออกเป็นสัญญาณทีทีแอล โดยตรง

เครื่องนับโฟตอนยี่ห้อ Starlight-1 สามารถแยกคู่พัลส์ซึ่งห่างกัน 100 นาโนวินาที (Nanosecond) ได้ ซึ่งเรียกว่าค่า "Dead Time" ของเครื่องนับโฟตอน ซึ่งถ้าอัตราการส่งพัลส์ออกจากหลอดโฟโตมัลติพลายเออร์มีค่ามาก เปอร์เซนต์ความผิดพลาดของการนับของเครื่องนับโฟตอนก็จะสูงขึ้นตาม การแก้ความผิดพลาดเนื่องจากการนับของเครื่องนับโฟตอน เป็นไปตามสมการ

$$C = D(1 + dD) \qquad (2.1)$$

โดย C เป็น จำนวนนับที่แก้ความผิดพลาดแล้ว

D เป็น จำนวนนับที่อ่านได้

d เป็น ค่าคงที่

รูปที่ 2.4 และ 2.5 แสดงภาพด้านหน้าและด้านหลังของเครื่องนับโฟตอน ยี่ห้อ Starlight-1 อุปกรณ์นี้แสดงผลเป็นตัวเลข 8 หลัก โดยใช้ L.E.D. ซึ่งสามารถนับได้ถึง 10^8 ถ้าจำนวนนับที่ได้มีค่าเกินกว่าตัวเลขดังกล่าวนี้ หลอดไฟแสดงค่าโอเวอร์โฟล์ (Overflow Indicator) จะติดขึ้นมา ในทางปฏิบัติ อัตรานับปกติจะมีค่าอยู่ในช่วง 1000 ถึง 10,000 จำนวนนับต่อวินาที ตัวเลข 8 หลักดังกล่าวจะแสดงอยู่ตลอดตราบเท่าที่ยังไม่มีการนับครั้งต่อไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เมื่อต้องการอ่านตัวเลข ผู้ใช้สามารถเลือกโหมดการทำงานใด ๆ ต่อไปนี้คือ

- GATE
- UNIT COUNT

ในโหมด GATE ผู้ใช้อาจเลือกช่วงเวลาในการนับพัลส์ เป็น 10, 1, 0.1 หรือ 0.01 วินาที โดยจำนวนนับจะถูกสะสมในช่วงเวลาดังกล่าวนี้ และจะแสดงผลเมื่อช่วงเวลาสิ้นสุดลง

ในโหมด UNIT COUNT จำนวนนับจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ อย่างต่อเนื่อง และจะแสดงผลตลอดเวลา จนกว่าผู้ใช้จะให้สัญญาณหยุดจากเครื่องนับ โหมดนี้จะมีความสำคัญในกรณีที่ผู้ใช้ต้องการนับและสะสมจำนวนพัลส์มากกว่า 10 วินาทีขึ้นไป และสามารถกำหนดช่วงเวลาได้ตามต้องการ โดยการควบคุมจากเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์

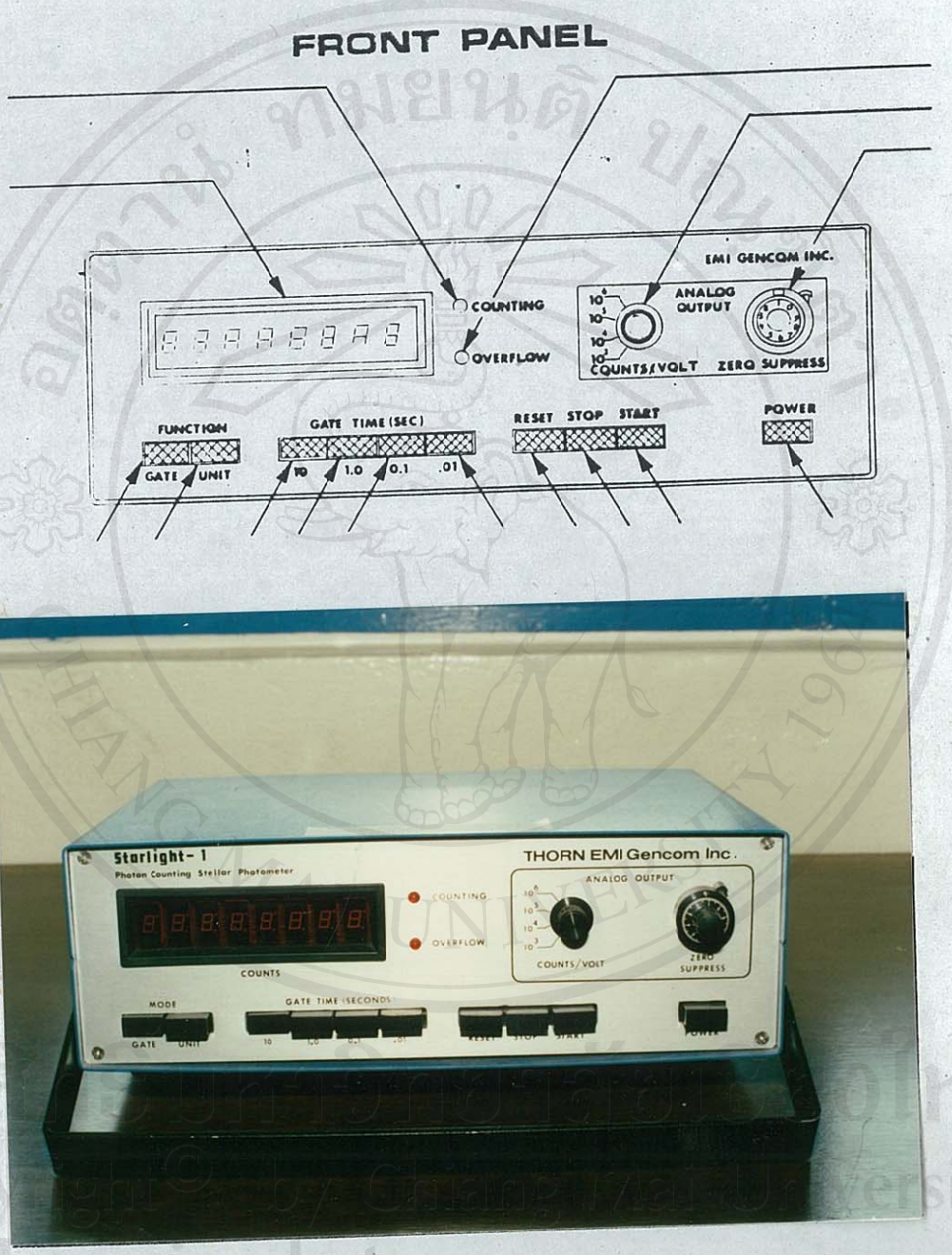
ผู้ใช้สามารถควบคุมการทำงานของเครื่องนับ โดยกดปุ่ม START STOP และ RESET ซึ่งอยู่ด้านหน้าของอุปกรณ์ดังกล่าวนี้ อย่างไรก็ตาม อาจใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ควบคุมโหมดเหล่านี้โดยอัตโนมัติ

ด้านหลังของเครื่องนับโฟตอน จะมีพอร์ทรับสัญญาณเข้าจากหัวของหลอดโฟโตมัลติพลายเออร์ ชนิด 9-Pin และมีพอร์ทส่งสัญญาณออก จำนวน 3 พอร์ท กล่าวคือ

- TTL-OUT
- ANALOG
- IN-OUT

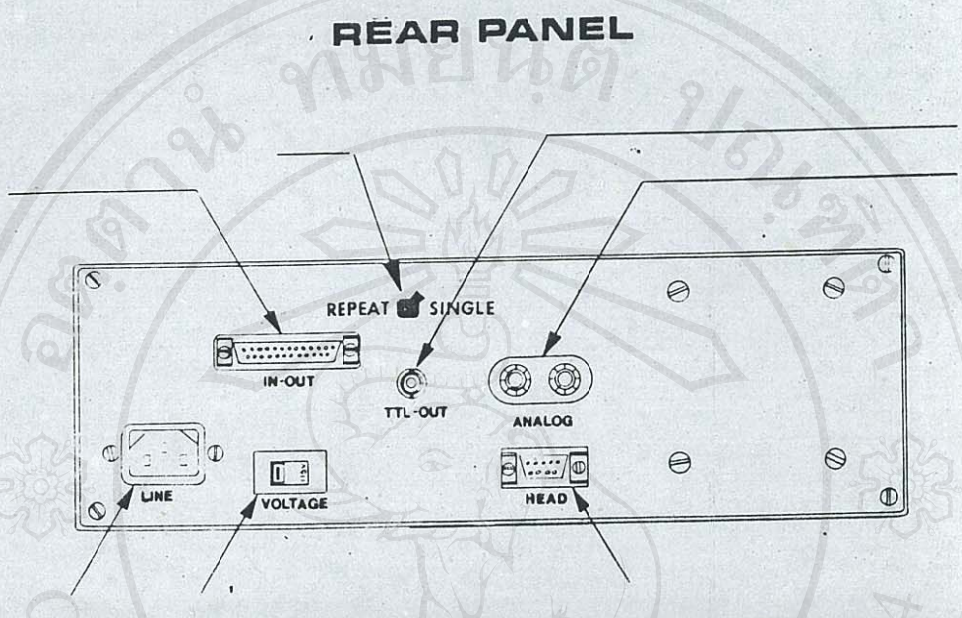
ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้พอร์ท IN-OUT ซึ่งเป็นพอร์ทรับ-ส่ง สัญญาณ ชนิด 25-Pin เชื่อมต่อกับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ เพื่อใช้ในการควบคุมสัญญาณ และบันทึกข้อมูลทางด้านโฟโตอิเลกตริก โฟโตเมตรี สำหรับรายละเอียดของพอร์ท IN-OUT จะกล่าวถึงในหัวข้อการเชื่อมต่อเครื่องนับโฟตอนกับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 2.4 ภาพด้านหน้าของเครื่องนับโฟตอน Starlight-1

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 2.5 ภาพด้านหลังของเครื่องนับโฟตอน Starlight-1

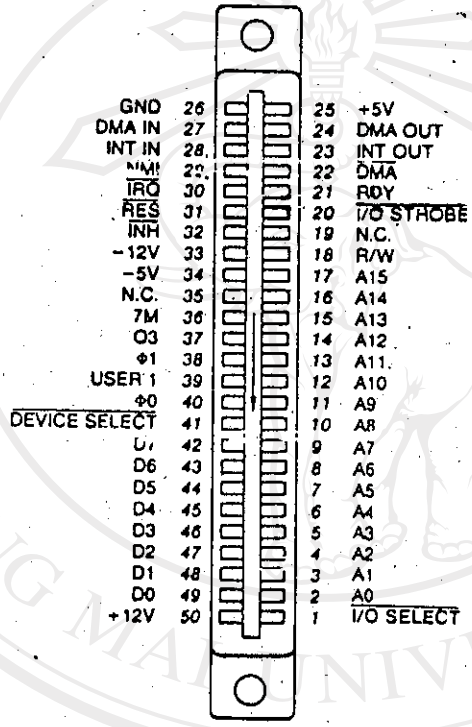
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.3 พอร์ทขนานขาเข้า-ออก ของเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์

ในเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ แบบแอปเปิ้ลทู จะมีพอร์ทขนานขาเข้า-ออก (I/O Parallel Port) หรือ พอร์ทเพอริเฟอรัล (Peripheral Port) ชนิด 50-Pin อยู่ 8 พอร์ท เพื่อใช้ในการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอก เช่น จานรับเคลื่อนแผ่นข้อมูล (Disk Drive) วงจรเชื่อมต่อ (Interface) แบบต่าง ๆ เป็นต้น รูปที่ 2.6 แสดงภาพของพอร์ทขนานขาเข้า-ออก ดังกล่าว ซึ่งรายละเอียดของพินต่าง ๆ ที่ใช้กับวงจรเชื่อมต่อกับเครื่องนับโฟตอน ยี่ห้อ Starlight-1 มีดังนี้

พิน	ชื่อ	การทำงาน
2-17	AO-A15	เป็นบัพเฟอร์ของบัสข้อมูล
18	R/W	เป็นบัพเฟอร์สัญญาณอ่าน/เขียน ซึ่งมีค่าเป็น 1 ในไซเคิลของการอ่าน และมีค่าเป็น 0 ในไซเคิลของการเขียน
25	+5V	เป็นแหล่งจ่ายไฟ +5 โวลท์ และจ่ายกระแส 500 มิลลิแอมแปร์
26	GND	เป็นขากราวด์ (Ground)
41	DEVICE SELECT	ขานี้จะทำงานเมื่อสัญญาณเป็น 0 เมื่อแอดเดรสบัสมีตำแหน่งอยู่ระหว่าง $COn0 และ $COnF เมื่อ n เป็น หมายเลขของสล๊อต (Slot Number) บวก $8
42-49	DO-D7	เป็นบัพเฟอร์ของบัสข้อมูลแบบ 2 ทาง (Bidirectional Data Bus)
50	+12V	เป็นแหล่งจ่ายไฟขนาด +12 โวลท์ และสามารถจ่ายกระแสได้สูงถึง 250 มิลลิแอมแปร์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รูปที่ 2.6 พอร์ทขนานขาเข้า-ออกของเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์แบบแอปเปิ้ลทู

2.4 การเชื่อมต่อเครื่องนับโฟตอนกับไมโครคอมพิวเตอร์

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่า ที่ด้านหลังของเครื่องนับโฟตอน Starlight-1 นั้น มีพอร์ทขาสัญญาณเข้า-ออก ชนิด 25-Pin ที่อาจใช้สำหรับเชื่อมต่อกับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ เพื่อใช้ในการควบคุมและะเก็บข้อมูลทางโฟโตอิเลกตริก โฟโตเมตรี พิน 1-11 เท่านั้นที่ใช้ในการเชื่อมต่อวงจรนับกับระบบไมโครคอมพิวเตอร์ ผ่านพอร์ทขนานได้โดยตรง ซึ่งผู้ใช้เพียงเขียนซอฟแวร์ที่เหมาะสมในการขับวงจรเชื่อมต่อเท่านั้น โดยสัญญาณทุกระดับอยู่ในรูปของทีทีแอล มาตรฐาน

มีโหมดของการทำงาน 2 โหมด ที่อาจควบคุมได้ โดยใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ คือ

(ก) โหมดอ่านข้อมูล (READ DATA)

(ข) โหมดนับ (COUNTING)

พิน 9 ของพอร์ทขาสัญญาณเข้า-ออก ใช้ในการควบคุมโหมดการทำงานของเครื่องนับ ลอจิก 1 ที่พิน 9 จะมีผลทำให้เครื่องนับอยู่ในโหมด "อ่านข้อมูล (READ DATA)" และลอจิก 0 จะมีผลให้เครื่องนับอยู่ในโหมด "นับ (COUNTING)"

ในโหมดอ่านข้อมูล พิน 6, 7 และ 8 จะทำหน้าที่เลือกตัวเลขที่จะอ่านเข้าสู่เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ ข้อมูลในรูปของเลขฐานสอง (BCD) จะแสดงที่พิน 2, 3, 4 และ 5 เมื่อสัญญาณข้อมูลพร้อม (Data Ready Signal) ที่พิน 1 มีลอจิกเป็น 1 เนื่องจากสายข้อมูลพร้อมดังกล่าวนี้ จะมีลอจิกเป็น 1 เพียง 244 ไมโครวินาที/ดิจิต เท่านั้น จึงต้องการมีการแลทช์ (Latch) ข้อมูลในรูปของเลขฐานสองในเวลานั้น ตารางที่ 2.1 แสดงการเลือกตำแหน่งของตัวเลขที่ต้องการอ่าน (หลักใดหลักหนึ่งใน 8 หลัก ที่แสดงบนเครื่องนับโฟตอน) โดยการควบคุมสัญญาณ โดยอาศัยไมโครคอมพิวเตอร์

เมื่อพิน 9 มีลอจิกเป็น 0 เครื่องนับจะอยู่ในโหมดนับ ในโหมดนี้ พิน 6, 7 และ 8 จะไม่ทำหน้าที่เลือกตัวเลขที่จะอ่านเข้าสู่เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์อีกต่อไป แต่จะทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมการรีเซท (Reset) การเริ่มนับ (Start) และการหยุดนับ (Stop) ของเครื่องนับโฟตอน ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ในช่วงสิ้นสุดเวลานับของเครื่องนับโฟตอน ที่ขา 1 ของพอร์ทขาสัญญาณเข้า-ออก จะรับสัญญาณ "สิ้นสุดการวัด (End of Measurement, EOM) เพื่อที่จะบอกเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ ว่าถึงเวลาที่จะต้องเปลี่ยนเป็นโหมดอ่านข้อมูลแล้ว

ตารางที่ 2.1 ตารางการเลือกตำแหน่งของตัวเลขที่ต้องการอ่านจากเครื่องนับโฟตอน

หมายเลขพิน				ดิจิตที่เลือก
6	7	8	9	
0	0	0	1	1 (LSD)
1	0	0	1	2
0	1	0	1	3
1	1	0	1	4
0	0	1	1	5
1	0	1	1	6
0	1	1	1	7
1	1	1	1	8 (MSD)

หมายเหตุ พิน 9 เป็น บิทควบคุม (Control bit) ต้องมีลอจิกเป็น 1 เสมอ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

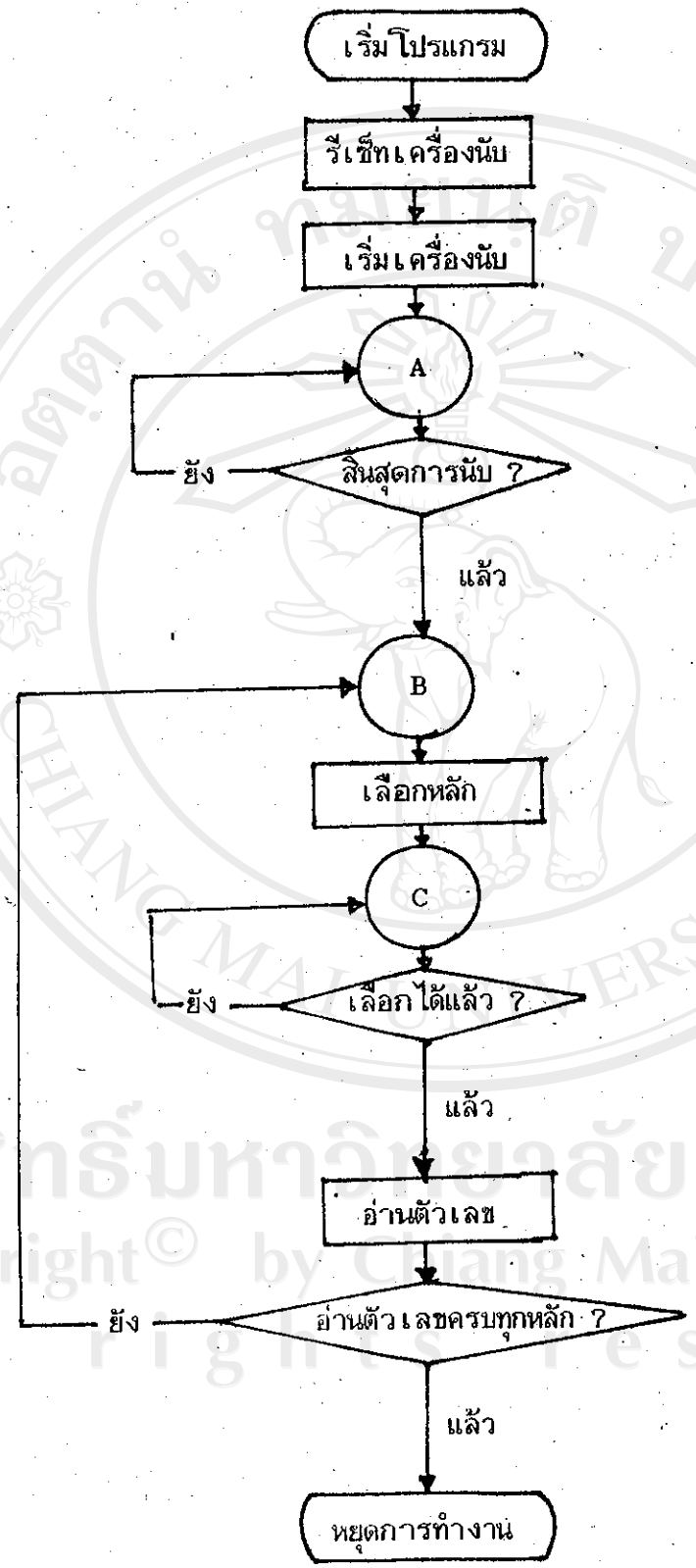
ตารางที่ 2.2 รายละเอียดของพอร์ทขาสัญญาณเข้า-ออก ชนิด 25-Pin ในโหมดอ่านข้อมูลและโหมดนับ

หมายเลขพิน	โหมดอ่านข้อมูล	โหมดนับ
1	Digit Ready	End of Measurement
2	BCD-1	X
3	BCD-2	X
4	BCD-3	X
5	BCD-4	X
6	Digit Select (LSD)	Reset
7	Digit Select	Start
8	Digit Select (MSB)	Stop
9	Logic 1 for Read Data	Logic 0 for Counting
11	Digital Ground	Digital Ground
25	Protective Ground	Protective Ground

ตารางที่ 2.2 แสดงรายละเอียดของพอร์ทขาสัญญาณเข้า-ออก ชนิด 25-Pin ในโหมดอ่านข้อมูลและโหมดนับ

ในการควบคุมการทำงานของวงจรเชื่อมต่อระหว่างเครื่องนับโฟตอนกับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ เราอาจเขียนซอฟแวร์เพื่อที่จะขับวงจรเชื่อมต่อดังกล่าวนี้ อย่างไรก็ตาม เนื่องจากการควบคุมการอ่านข้อมูลและการนับ ตลอดจนการปิด-เปิดวงจรอิเลกโทรนิกส์ ต้องกระทำในเวลาอันรวดเร็ว ดังนั้น ซอฟแวร์ที่ใช้ควรจะเป็นภาษาเครื่อง (Machine Language) หรือภาษาแอสเซมบลี้ (Assembly Language) หรือถ้าใช้ภาษาชั้นสูง เช่น ภาษาเบสิค ภาษาฟอร์แทรน ฯลฯ ก็ต้องใช้ตัวคอมไพเลอร์ (Compiler) แปลงให้เป็นภาษาเครื่องเสียก่อน ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้ภาษาแอสเซมบลี้ในการควบคุมระบบดังกล่าว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 2.7 ผังการทำงานของโปรแกรมควบคุมวงจรเชื่อมต่อ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รูปที่ 2.7 เป็นผังการทำงาน (Flow Chart) ของโปรแกรมคอมพิวเตอร์โดยทั่ว ๆ ไป เพื่อใช้ในการควบคุมการทำงานของวงจรเชื่อมต่อ ลักษณะการทำงานของโปรแกรมสามารถอธิบายได้โดยสังเขป ดังนี้

เริ่มโปรแกรมโดยการรีเซ็ทเครื่องนับ แล้วใช้คำสั่งควบคุมการเปิดสวิทช์เครื่องนับ เมื่อเริ่มต้นการนับ เมื่อสิ้นสุดการนับแล้ว เลือกหลักที่ถูกต้อง การอ่าน (Select Digit) แล้วทำการอ่านจนกระทั่งได้ตัวเลขครบทุกหลัก เป็นอันสิ้นสุดการทำงานของวงจรเชื่อมต่อ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

บทที่ 3
การสร้างวงจรเชื่อมต่อและการควบคุมสัญญาณทางด้านโฟโตอิเลกตริก โฟโตเมตรี

ในการวิจัยครั้งนี้ คณะผู้วิจัยได้ออกแบบวงจรเชื่อมต่อ (Interface) ระหว่างเครื่องนับโฟตอน Starlight-1 กับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ โดยมีจุดประสงค์เพื่อใช้คอมพิวเตอร์ในการ

(ก) ควบคุมการทำงานของเครื่องนับโฟตอน

(ข) รับข้อมูลจากเครื่องนับโฟตอน แล้วนำมาเก็บในแฟ้มข้อมูล (Data Files) ของเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์

(ค) บันทึกเวลาท้องถิ่นมาตรฐาน (Local Standard Time) ที่สร้างขึ้นจากวงจรสร้างสัญญาณนาฬิกา

3.1 วงจรเชื่อมต่อ (Data Inteface)

เนื่องจากได้เคยวิเคราะห์มาแล้วว่า ถ้าพอร์ทขารับ-ส่ง วงจรชนิด 25-Pin ของเครื่องนับโฟตอน Starlight-1 ได้รับสัญญาณในรูปของเลขฐานสองที่เหมาะสม ก็จะสามารถปิด-เปิด วงจรนับได้โดยอัตโนมัติ ทั้งยังสามารถส่งข้อมูลออกมาทางพอร์ทดังกล่าวได้อีกด้วย ดังนั้น คณะผู้วิจัยจึงได้ออกแบบวงจรเชื่อมต่อ ซึ่งประกอบด้วยวงจรสำคัญ 2 วงจร คือ

(ก) วงจรควบคุมการปิด-เปิดเครื่องนับโฟตอน เมื่อพร้อมที่จะส่งสัญญาณและรับข้อมูลเข้าสู่เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ เพื่อเก็บไว้ในแฟ้มข้อมูล

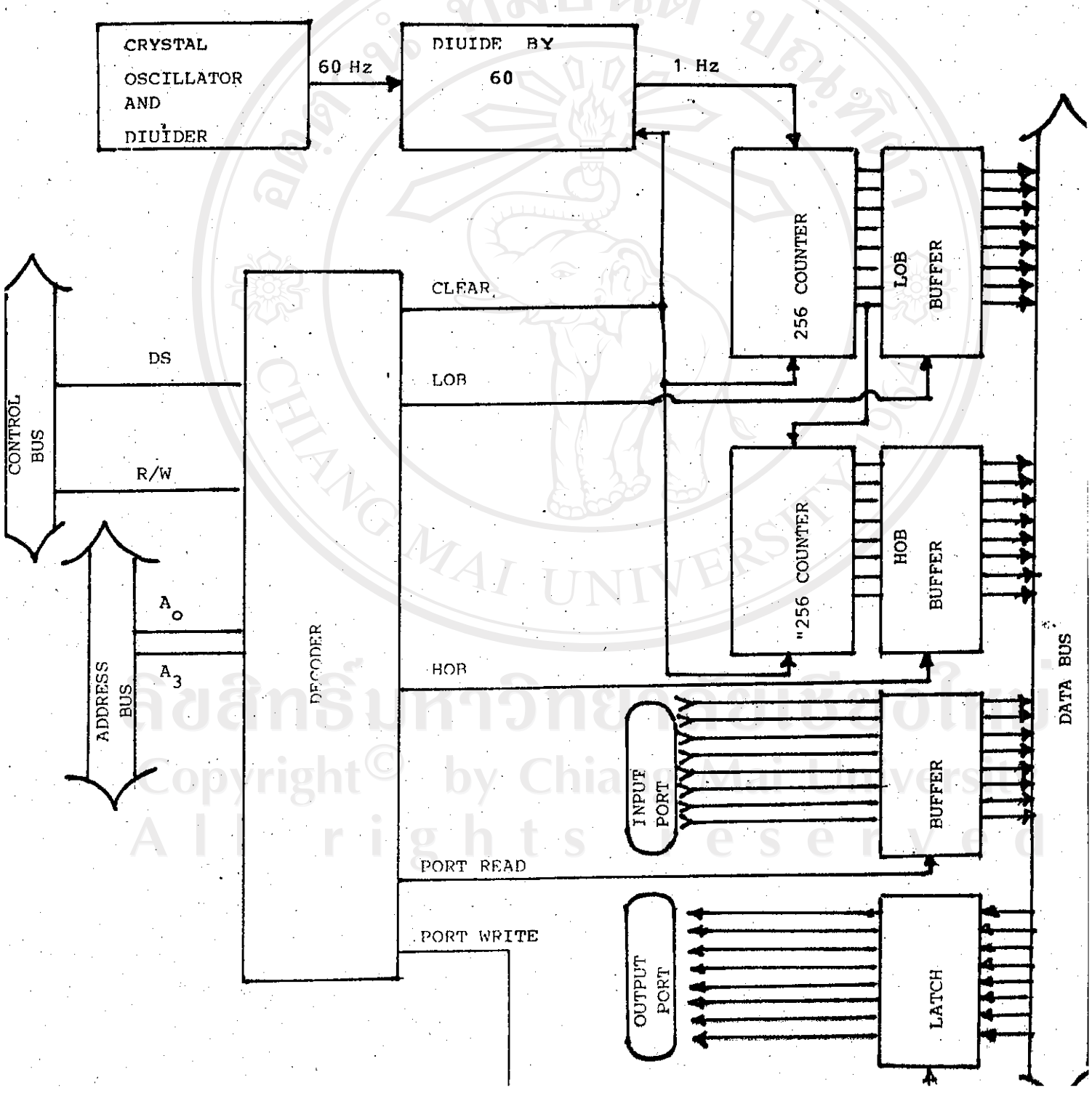
(ข) วงจรสร้างสัญญาณนาฬิกา เพื่อบันทึกเวลาในขณะที่ทำการสังเกตการณ์

โดยเชื่อมต่อกับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ แอปเปิ้ลทู โดยผ่านทางพอร์ทขนานขาเข้า-ออก (I/O Parallel Port) ช่องที่ 5

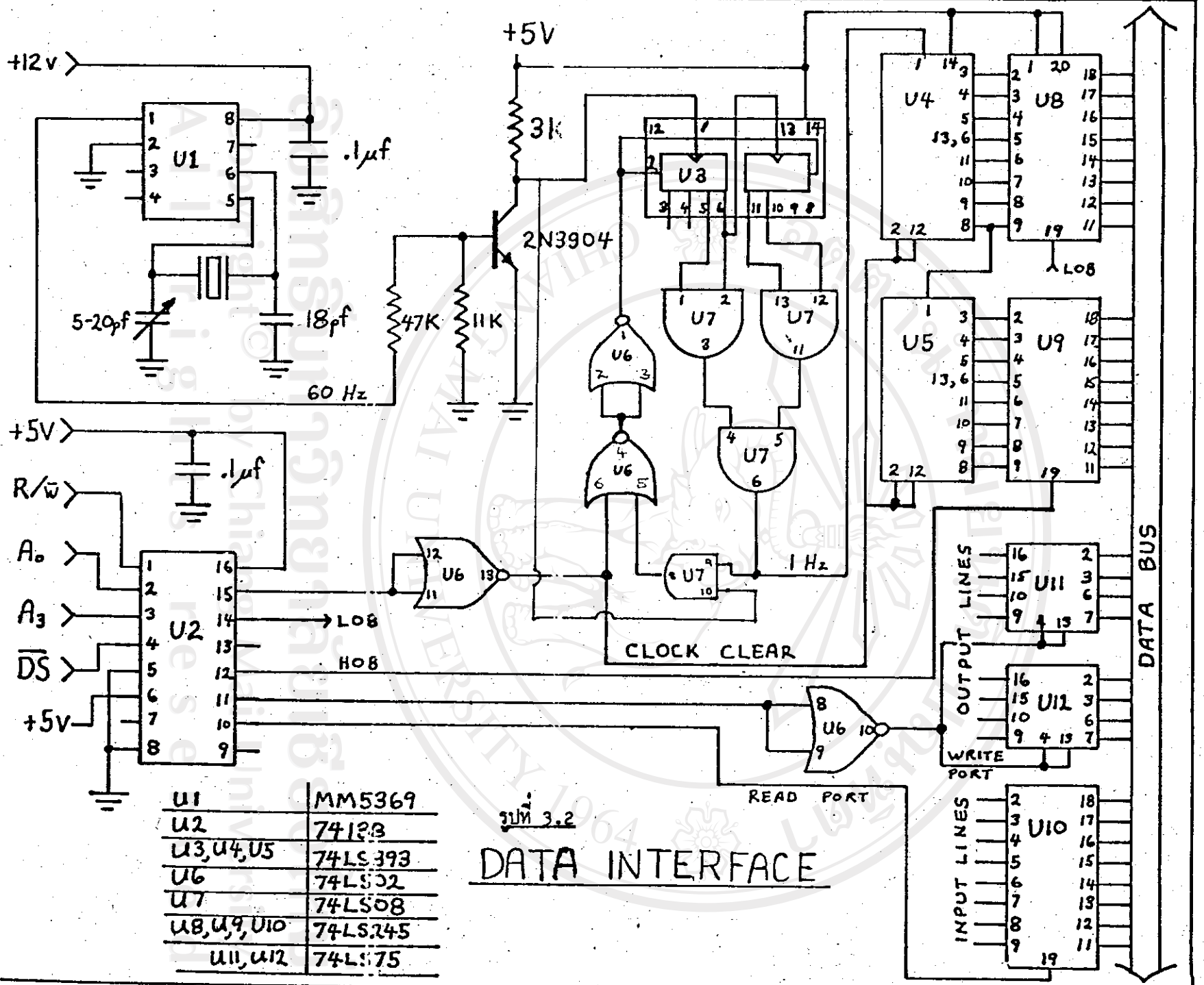
รูปที่ 3.1 เป็นแผ่นไดอะแกรมของวงจรเชื่อมต่อ และรูปที่ 3.2 เป็นรายละเอียดเกี่ยวกับการวางไอซีเบอร์ต่าง ๆ และการเชื่อมต่อ ซึ่งจากรูปทั้งสองจะเห็นว่า วงจรประกอบไปด้วย วงจรควบคุมการปิด-เปิด และอ่านข้อมูลจากเครื่องนับโฟตอน และวงจรสร้างสัญญาณนาฬิกา ซึ่งการทำงานของวงจรมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมของวงจรเชื่อมต่อ



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



U1	MM5369
U2	74123
U3,U4,U5	74LS393
U6	74LS32
U7	74LS08
U8,U9,U10	74LS245
U11,U12	74LS175

รูปที่ 3.2

DATA INTERFACE

3.1.1 วงจรควบคุมเครื่องนับโฟตอน

จากรูปที่ 3.2 ไอซี U2 (เบอร์ 74138) เรียกว่า "3-line-to-8-line Decoder" มีหน้าที่เป็นตัวถอดรหัส ไบนารี่ 3 อินพุท ซึ่งส่งมาจากพอร์ทขนานของเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ ซึ่งต่อกับบัฟเฟอร์แอดเดรสบัส (Address Bus) A_0 และ A_3 และบัฟเฟอร์สัญญาณ อ่าน/เขียน (Read/Write Signal) ภายใน สำหรับขาอินาเบิ้ล (Enable) คือ ขา 4, 5, 6 จะต่อกับ Device Select (DS), กราวด์ และ +5 โวลท์ จากพอร์ทขนานของเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ ตามลำดับ (ดูรูป 2.6) สัญญาณอินพุทดังกล่าวจะถูกถอดรหัสเป็น 8 เอาท์พุท (ขา 7, 9-15) ซึ่งสัญญาณที่ออกจากไอซีทั้งแปด สามารถอินาเบิ้ลไอซี U8, U9, U10 (เบอร์ 74 LS 245) ซึ่งเป็นบัฟเฟอร์ 3 สถานะ (3-State Buffer) ที่ขา 19 และไอซี U11, U12 (เบอร์ 74 LS 75) ซึ่งเป็นวงจรคงสถานะ (Latch) ที่ขา 4 และ 13 นอกจากนี้ สัญญาณเอาท์พุทที่ขา 15 ยังใช้ในการเคลียร์สัญญาณนาฬิกา (Clock Clear) โดยส่งไปที่ขา 2 และ 12 ของไอซี U4 และ U5 (เบอร์ 74 LS 393) ซึ่งเป็น "Dual 4-Bit Binary Counter"

หน่วยความจำกลาง (CPU) ในเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ จะถือว่าพอร์ทขนานเสมือนขนานกับ Memory Location ดังนั้น ข้อมูลจากสายสัญญาณจะถูกอ่านเข้าไปในบัสข้อมูล (Data Bus) ในระหว่างไซเคิลของการอ่าน (Read Cycle) ที่พอร์ทแอดเดรส (Port Address) ดังกล่าว ส่วนข้อมูลที่จะเขียนไปยังพอร์ทแอดเดรสในระหว่างไซเคิลของการเขียน (Write Cycle) จะถูกแลทช์ (Latch) เอาไว้ โดยสัญญาณเอาท์พุทจากไอซีถอดรหัส (Decoder) และจะถูกตรึงอยู่อย่างนั้น จนกระทั่งจะมีคำสั่งเปลี่ยนแปลงจาก Write Instruction

แอดเดรสของพอร์ทขนานขึ้นอยู่กับช่อง (Slot) ในเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ ที่วงจรเชื่อมต่อนี้เสียบอยู่ด้วย (slot Dependent) การคำนวณหาแอดเดรสของพอร์ทขนาน เป็นไปตามสูตรดังต่อไปนี้ คือ

Parallel Port Address (เลขฐาน 16) = $ C0 n8 ..... (1)

โดย n เป็นหมายเลขของช่อง (Slot) + $8

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตัวอย่างเช่น ถ้าวงจรเชื่อมต่อเสียบอยู่ในช่องที่ 5 (Slot #5)

n = $5 + $8 = $D

ดังนั้น Parallel Port Address = $ C0 D8 (ฐาน 16)

= 49368 (ฐาน 10)

แอดเดรสของพอร์ทขนานนี้จะถูกนำไปใช้ในโปรแกรมภาษาแอสเซมบลี้ (Assembly Language) และภาษาเบสิค (Basic Language) ที่ใช้ในการควบคุมและสร้างแฟ้มเก็บข้อมูลทางดาราศาสตร์จากเครื่องโฟโตอิเลกตริก โฟโตมิเตอร์

การต่อสายระหว่างพอร์ทขนานของไมโครคอมพิวเตอร์กับพอร์ทของโฟโตมิเตอร์ ผ่าน Input Line และ Output Line ในวงจรเชื่อมต่อ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

พอร์ทขนาน	พอร์ทของโฟโตมิเตอร์
1. (Input Line)	
0 (บิทต่ำสุด)	Pin 2, BCD-1
1	Pin 3, BCD-2
2	Pin 4, BCD-3
3	Pin 5, BCD-4
4	ไม่ได้ต่อ
5	ไม่ได้ต่อ
6	ไม่ได้ต่อ
7 (บิทสูงสุด)	Pin 1, Digit Ready/EOM

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2. (Output)

0 (บิทต่ำสุด)	Pin 6, Ditit Select/Reset
1	Pin 7, Digit Select/Start
2	Pin 8, Digit Select/Stop
3	ไม่ได้ต่อ
4	ไม่ได้ต่อ
5	ไม่ได้ต่อ
6	ไม่ได้ต่อ
7 (บิทสูงสุด)	Pin 9, Control Mode

3.1.2 วงจรสร้างสัญญาณนาฬิกา

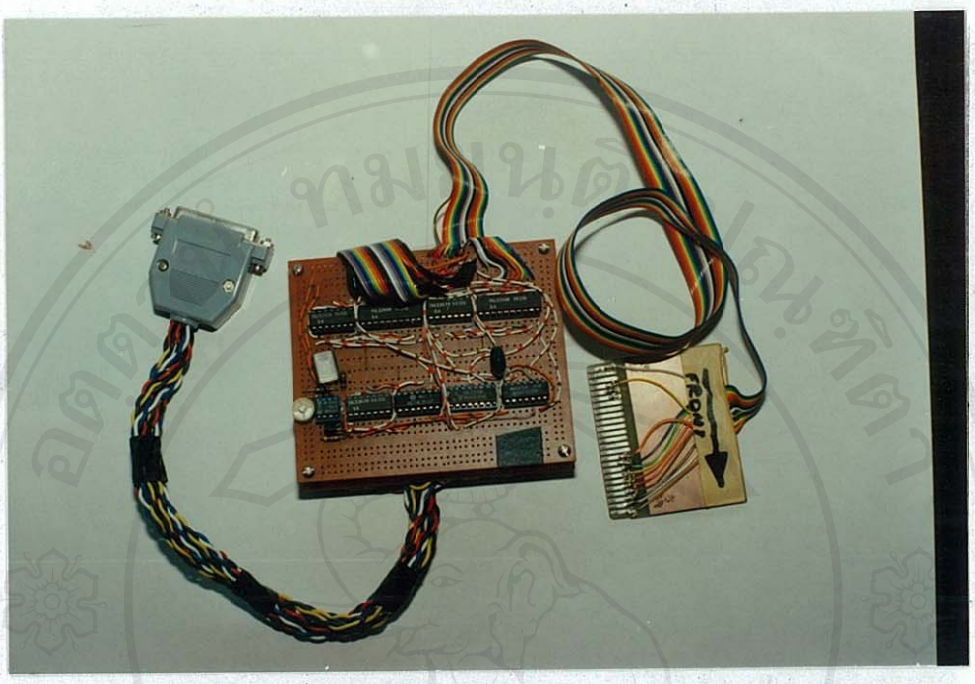
จากรูปที่ 3.2 ในส่วนที่เป็นวงจรสร้างสัญญาณนาฬิกา จะมีฐานเวลา (Time Base) ซึ่งเป็นออสซิเลเตอร์แบบผลึกควอตซ์ (Quartz Crystal Oscillator) ซึ่งมีความถี่ 3.58 เมกะเฮิทซ์ (MHz) ความถี่ของการออสซิเลตนี้จะถูกหาร จนกระทั่งเหลือความถี่ 60 เฮิทซ์ โดยชิพที่ทำหน้าที่เป็นออสซิเลเตอร์/ดีไวเดอร์ (Oscillator/Divider) เบอร์ MM5369 ซึ่งเป็นซีมอส (CMOS) สัญญาณดังกล่าวจะถูกเปลี่ยนเป็นสัญญาณทีทีแอล (TTL) ความถี่ 60 เฮิทซ์ แล้วผ่านวงจรหาร จนได้สัญญาณทีทีแอลความถี่ 1 เฮิทซ์ แล้วสัญญาณนาฬิกานี้จะถูกส่งเข้าสู่ "Dual 4-Bit Binary Counter" (ไอซี เบอร์ 74 LS 393) และจะถูกหน่วงเอาไว้ จนกว่าจะมีสัญญาณอินาเบิ้ลที่ขา 19 ของวงจรคงสถานะ (ไอซี เบอร์ 74 245) กล่าวคือ ไอซี U8 และ U9 นั่นเอง แล้วจึงส่งสัญญาณนาฬิกาออกทางบัสข้อมูล (Data Bus)

สัญญาณนาฬิกาดังกล่าว จะถูกบัฟเฟอร์ลงสู่บัสข้อมูลในลักษณะที่เป็น 2 ไบท์ (Byte) กล่าวคือ

(ก) High Order Clock Byte

(ข) Low Order Clock Byte

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 3.3 ภาพวงจรเชื่อมต่อที่สร้างขึ้นมา

รูปที่ 3.4 ภาพการเชื่อมต่ออุปกรณ์ระหว่างเครื่องนับโฟตอนกับไมโครคอมพิวเตอร์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตัวดีโคดเดอร์ (Decoder) ที่ต่อกับแอสเดรสบัส และคอนโทรลบัส จะส่งสัญญาณไปเคลียร์ (Clear) หรือเกท (Gate) ข้อมูลเกี่ยวกับสัญญาณนาฬิกาลงสู่บัสข้อมูลอีกทีหนึ่งด้วย

รูปที่ 3.3 เป็นวงจรเชื่อมต่อที่คณะผู้วิจัย ได้สร้างขึ้นและนำมาใช้ในการเชื่อมต่อกับเครื่องนับโฟตอน และเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ ในการวิจัยทางโฟโตอิเลกตริก โฟโตเมตรี ณ หอดูดาวมหาวิทยาลัยเชียงใหม่

3.2 การส่งถ่ายข้อมูลจากเครื่องนับโฟตอนสู่ไมโครคอมพิวเตอร์

ด้านหลังของเครื่องนับโฟตอนยี่ห้อ Starlight-1 จะมีพอร์ทขาสัญญาณเข้า-ออก (I/O Port) ชนิด 25 พิน (Pin) โดยพินที่ 1-11 ใช้ในการเชื่อมต่อเครื่องนับเข้ากับระบบไมโครคอมพิวเตอร์ โดยสามารถต่อโดยตรงกับพอร์ทขนาน ซึ่งการสั่งงานก็เพียงแต่ใช้ซอฟแวร์ (Software) ควบคุมการทำงานของวงจรเชื่อมต่อเท่านั้น

ในการควบคุมเครื่องนับโฟตอนโดยคอมพิวเตอร์นั้น จำเป็นต้องใช้ระบบการทำงาน 2 โหมด (Mode) คือ

(ก) โหมดอ่านข้อมูล (Read Data)

(ข) โหมดนับ (Counting)

พิน 9 ของพอร์ทขาสัญญาณเข้า-ออก จะควบคุมโหมดการทำงานของเครื่องนับ โดยถ้าพิน 9 มีลอกจิกเท่ากับ 1 (> 10,000,000 (ฐาน 2) หรือ > 128 (ฐาน 10)) เครื่องนับจะถูกเซ็ทให้อยู่ในโหมดของการอ่านข้อมูล (Read Data) แต่ถ้าพิน 9 มีลอจิกเท่ากับ 0 (< 10,000,000 (ฐาน 2) หรือ < 128 (ฐาน 10)) เครื่องนับจะถูกเซ็ทให้อยู่ในโหมดของการนับ (Counting)

ถ้าพิน 9 มีลอจิกเท่ากับ 1 หรืออยู่ในโหมดอ่านข้อมูลแล้ว พิน 6, 7, 8 จะเป็นตัวเลือกตำแหน่งที่จะอ่าน (มี 8 ตำแหน่ง ซึ่งแสดงอยู่ด้านหน้าของเครื่องนับโฟตอน) เพื่อที่จะบันทึกเข้าไปในไมโครคอมพิวเตอร์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ข้อมูลที่จะอ่าน จะอยู่ที่พิน 2, 3, 4 และ 5 ของพอร์ทขาสัญญาณเข้า-ออก เป็นตัวเลข 4 บิท ตัวอย่างเช่น เลข 3 ที่พินดังกล่าวจะมีลอจิกดังนี้

พิน	2	3	4	5
ลอจิก	0	0	1	1

ซึ่งหมายถึง เลข 3 และพร้อมที่จะส่งข้อมูลเมื่อสัญญาณพร้อมที่จะรับข้อมูล (Data Ready Signal) ที่พิน 1 มีลอจิกเป็น 1 ซึ่งช่วงที่มีลอจิกเป็น 1 ดังกล่าวนี้จะมีช่วงเวลา 244 ไมโครวินาที/ดิจิต เท่านั้น ดังนั้น จึงมีความจำเป็นจะต้องแลทช์ (Latch) ข้อมูล สำหรับแต่ละดิจิตในเวลานั้น

ดังที่ทราบมาแล้วว่า ลอจิก 0 ที่พิน 9 จะทำให้เครื่องนับอยู่ในโหมดของการนับ โดยพิน 6, 7, 8 จะทำหน้าที่เป็นตัว Reset, Start และ Stop ตามลำดับ ซึ่งถ้าจะให้เครื่องนับโฟตอนรับคำสั่งจากคอมพิวเตอร์ได้แน่นอนแล้ว ทั้ง Reset, Start และ Stop Pulse จะต้องมีช่วงเวลาอย่างน้อยที่สุด 10 มิลลิวินาที (MS)

ในตอนช่วงสุดท้ายของ "Selected Gate Time" สัญญาณสิ้นสุดการวัด (EOM) จะมีลอจิกเท่ากับ 0 ที่พิน 1 สัญญาณนี้ใช้บอกให้คอมพิวเตอร์รู้ว่า เมื่อใดต้องการเปลี่ยนโหมด และเมื่อใดต้องการอ่านข้อมูล

ในการส่งจำนวนนับจากโฟโตมิเตอร์ไปยังคอมพิวเตอร์ สิ่งแรกที่ต้องทำคือ ส่งตัวเลข 128 + I ไปยังพอร์ทขาออก (Output Port) โดย I เป็นค่าดิจิต (0-7) ซึ่ง 0 เป็นดิจิตซึ่งมีนัยสำคัญน้อยที่สุด (Least Significant Digit, LSD) และ 7 เป็นดิจิตซึ่งมีนัยสำคัญมากที่สุด (Most Significant Digit, MSD)

ตัวอย่างเช่น ถ้าต้องการอ่านหลักแรกของโฟโตมิเตอร์ (หลักขวาสุดหรือ LSD) เราอาจเรียกได้ โดยส่งสัญญาณหรือคำสั่งในภาษาเบสิค ดังนี้

```
POKE 49368, 128 + 0
```

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ดังนั้น จำนวนเลขฐานสองซึ่งมีค่า 10000000 (หรือ 128 สำหรับฐาน 10) จะถูกนำไปเก็บไว้ ณ ตำแหน่ง 49368 (เลขฐาน 10) ของหน่วยความจำ ซึ่งหมายความว่า เลขหลักสุดท้ายจะถูกอ่าน (ค่า Digit Select เป็น 000)

เพราะฉะนั้น ถ้าใช้คำสั่ง

```
POKE  49368, 128 + 1
```

จำนวนเลขฐานสอง ซึ่งมีค่า 10000001 (หรือ 129 สำหรับฐาน 10) จะถูกนำไปเก็บไว้ ณ ตำแหน่ง 49368 ของหน่วยความจำ ซึ่งหมายความว่า เลขหลักที่สองจะถูกอ่าน (ค่า Digit Select เป็น 001) ในโหมดนี้ ค่าสมมูลย์ของ BCD ของการเลือกหลักจะถูกส่งเข้าไปในเส้นสัญญาณขาเข้า (Input Lines) โดยเลือกหลัก 8, 7, 6, 5, 4,..... ตามกันไปเรื่อย ๆ จนครบ 8 หลัก

สาย "Digit Reade" (เส้นที่ต่อกับ MSB ของพอร์ทขาเข้า) เป็นเส้นที่บอกให้ทราบว่ามีข้อมูลอยู่ และสามารถอ่านได้จากพอร์ทขาเข้า (Input Port)

ในการอ่านตัวเลขจากเครื่องนับโฟตอนนั้น ผู้วิจัยได้พัฒนาโปรแกรมภาษาแอสเซมบลี้ (Assembly Language Routine) ชื่อ "I/O" และเก็บไว้ที่แอสเดรสของหน่วยความจำ (Memory Address) AS 039C โปรแกรมดังกล่าวนี้มีความยาว $ 24 ไบท์ ซึ่งมีรายละเอียดดังแสดงต่อไปนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โปรแกรมภาษาแอสเซมบลี้เพื่ออ่านตัวเลขจากเครื่องนับโฟตอน

ภาษาเครื่อง	ภาษาแอสเซมบลี้	ความหมาย
48	PHA	Push Accumulator
08	PHP	Save Processor Status
AD D8 C0	LDA $C0 D8	อ่านพอร์ทขาเข้า
38	SEC	เซ็ทตัวทด
E9 80	SBC # $ 80	ลบออกจาก 128
30 F8	BMI $ 039E	กลับไปที่แอดเดรส $039E ใหม่ ถ้ามีผลแสดง
85 1B	STA $ 1B	เก็บตัวเลขไว้ ณ ตำแหน่ง $ 001B
AD D8 C0	LDA $ C0 D8	อ่านพอร์ทขาเข้ามาเก็บใน Accumulator
38	SEC	เซ็ทตัวทด
E9 80	SBC # $80	ลบออก 128
C5 1B	CMP $ 1B	เทียบกับผลครั้งก่อน
D0 EC	BNE $ 039F	กลับไปเริ่มใหม่ ถ้าผลไม่เท่าครั้งก่อน
AD D8 C0	LDA $ C0 D8	อ่านพอร์ทใหม่เข้ามาใน accumulator
38	SEC	เซ็ทตัวทด
E9 80	SBC # $80	ลบออก 128
C3 1B	CMP $ 1B	เทียบกับผลครั้งก่อน
D0 E2	BNE $ 039E	กลับไปเริ่มใหม่ ถ้าผลไม่เท่าครั้งก่อน
28	PLP	Restore Status
68	PLA	Pull (หรือ Restore) Accumulator
60	RTS	เลิกซับรูทีนนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เมื่อโปรแกรมดังกล่าวถูกเรียกโดยภาษาชั้นสูง ซึ่งในที่นี้ใช้ภาษาเบสิค โปรแกรมจะอ่านพอร์ทขาเข้า จนกระทั่ง ได้รับค่าที่สอดคล้องกับตัวเลขหลักที่ต้องการอ่าน แล้วรูทีนนี้จะอ่านพอร์ทอีก 2 ครั้ง ติดต่อกัน และเทียบกับผลครั้งแรก และจะอยู่ในรูทีนนี้ จนกระทั่ง ได้ค่าที่อ่านติดต่อกัน 3 ค่าเท่ากันหมด จึงกลับเข้าสู่โปรแกรมภาษาเบสิค โดยค่าของตัวเลขหลักเก็บอยู่ในตำแหน่ง $ 1B หรือ 27

เมื่อรูทีนภาษาเครื่องนี้ ได้ถูกโหลดเข้าไป ณ ตำแหน่งเริ่มต้นที่ $ 039C โดยใช้คำสั่ง

```
BLOAD  I/O, A$ 039C
```

โปรแกรมภาษาเบสิคต่อไปนี้ จะใช้ในการรับตัวเลขจากโฟโตมิเตอร์ และแสดงผลในตัวแปร C ของโปรแกรม

โปรแกรมภาษาเบสิคเพื่ออ่านข้อมูล

```
10    C = 0                          :  ให้ค่า C = 0
20    FOR I = 0 TO 7                 :  อ่านตัวเลขให้ครบ 8 หลัก
30    POKE 49368, 128 + I            :  เลือกหลักจากเครื่องนับ
40    CALL (924)                     :  เรียกรูทีนภาษาเครื่องเพื่ออ่านตัวเลขที่
                                        เลือกเข้าไว้ในแอดเดรส 27 (ฐาน 10)
50    D = PEEK (27)                  :  ให้ D เท่ากับตัวเลขที่เลือก
60    C = C = INT (D*10^I)           :  เก็บไว้ในตัวแปร C ในรูปของเลขฐาน 10
70    NEXT I                         :  สำหรับค่าต่อไปของ I
```

โปรแกรมภาษาเบสิคข้างต้นนี้ จะอ่านตัวเลขทีละหลักจากเครื่องนับโฟตอน โดยอ่านจากหลักขวามือสุดก่อน

ตัวอย่างเช่น

ตัวเลขบนเครื่องนับโฟตอน	0	0	0	4	7	5	2	1
ค่า I (หลักที่)	7	6	5	4	3	2	1	0

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โดยที่ตำแหน่ง $ 1B (ฐาน 16) หรือ 27 (ฐาน 10) จะเป็นตัวเลขแสดงค่าที่อ่านได้แต่ละหลัก เช่น 1 สำหรับ I = 0, 2 สำหรับ I = 1, 5 สำหรับ I = 2 เป็นต้น

3.3 รูทีนภาษาเบสิคที่ใช้ในการควบคุมเครื่องนับโฟตอน

เมื่อเชื่อมต่อวงจรระหว่างเครื่องนับโฟตอนกับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ เรียบร้อยแล้ว เราอาจใช้รูทีนภาษาเบสิคในการควบคุมการรีเซ็ท, ปิด, เปิด เครื่องนับโฟตอนได้โดยอัตโนมัติ โดยเพียงแต่ใส่ตัวเลขที่เหมาะสมลงในแอดเดรสของหน่วยความจำที่ 49368 ดังได้เคยกล่าวมาแล้วในหัวข้อ 3.1.1 เกี่ยวกับวงจรควบคุมเครื่องนับโฟตอน

รูทีนภาษาเบสิคดังกล่าว มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

(ก) การรีเซ็ทเครื่องนับโฟตอน

```
10    POKE    49368, 0
20    POKE    49368, 1
30    POKE    49368, 0
```

(ข) การเปิดวงจรนับ (Start Counter)

```
10    POKE    49368, 0
20    POKE    49368, 2
30    POKE    49368, 0
```

(ค) การปิดวงจรนับ (Stop Counter)

```
10    POKE    49368, 0
20    POKE    49368, 4
30    POKE    49368, 0
```

(ง) การรอการสิ้นสุดของการวัด (Wait for End of Measurement)

ตอนแรก POKE 49368, 0 เพื่อเข้าสู่โหมดของการวัด แล้วใช้คำสั่ง

```
30 IF PEEK (49368) > 127 THEN GOTO 30
```

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

บทที่ 4
การเก็บข้อมูลทางโฟโตอิเลกตริก โฟโตเมตรี โดยไมโครคอมพิวเตอร์

4.1 การเก็บข้อมูลในการ วิจัยทางโฟโตอิเลกตริก โฟโตเมตรี

ในการวิจัยทางด้านโฟโตอิเลกตริก โฟโตเมตรี นั้น ไม่ว่าจะเป็นการศึกษาดาวแปรแสง กระจุกดาว หรือสสารที่อยู่ระหว่างดาว สิ่งที่สำคัญที่สุดในการศึกษาก็คือ ต้องมีดาวโปรแกรม (Program Stars) ซึ่งเป็นดาวเป้าหมายในการวิจัย นอกจากนี้ ดาวโปรแกรมดังกล่าวยังต้องนำมาเปรียบเทียบกับดาวมาตรฐาน (Standard Stars) เพื่อสามารถวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์สัมบูรณ์ (Absolute Parameters) ต่าง ๆ ของดาวโปรแกรมออกมาได้ ดังนั้น โดยปกติการสร้างไฟล์ (Files) หรือแฟ้มข้อมูลในการวิจัยทางด้านโฟโตอิเลกตริก โฟโตเมตรี เพื่อเก็บข้อมูลในระหว่างการสังเกตการณ์นั้น จำเป็นต้องบันทึกข้อมูลของดาวทั้งสองประเภทดังกล่าวสลับกันไปตลอดเวลา ซึ่งเมื่อนำไฟล์ดังกล่าวมาวิเคราะห์ ผู้วิจัยจะต้องเขียนโปรแกรมเพื่อที่จะแยกดาวทั้งสองประเภทออกจากกัน และวิเคราะห์โดยเป็นอิสระต่อกันเพื่อให้ได้ค่าโชติมาตรปรากฏที่แท้จริง (True Apparent Magnitude) ณ ค่าความยาวคลื่นต่าง ๆ

ในระหว่างการเก็บข้อมูลของดาวแต่ละประเภทนั้น ผู้วิจัยจำเป็นต้องบันทึกเวลามาตรฐานท้องถิ่น (Local Standard Time) อย่างถูกต้อง พร้อมทั้งค่า วัน เดือน ปี ที่ทำการสังเกตการณ์อย่างละเอียด ซึ่งในการพัฒนาระบบการเก็บข้อมูลทางโฟโตอิเลกตริก โฟโตเมตรี โดยใช้เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์นั้น ผู้วิจัยได้พัฒนาโปรแกรม "SETTIME" ซึ่งเป็นโปรแกรมภาษาเบสิค ที่ใช้ในการขับวงจรควบคุมสัญญาณนาฬิกา

นอกจากเวลาในขณะที่ทำการสังเกตการณ์แล้ว ข้อมูลที่จำเป็นต้องบันทึกเข้าสู่แฟ้มข้อมูล ยังมีดังต่อไปนี้

(1) ค่าจำนวนนับของดาว (Star Counts)

(2) ค่าจำนวนนับของท้องฟ้า (Sky Counts)

(3) ชนิดของแผ่นกรองแสง (Filter Type)

(4) ชื่อของดาว (Star's Name)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้พัฒนาโปรแกรมภาษาเบสิค ชื่อ "DATAAC" เพื่อใช้ในการควบคุมการอ่านตัวเลขจากเครื่องนับโฟตอนและบันทึกข้อมูลดังกล่าวข้างต้นทั้งหมด รวมทั้งวัน เดือน ปี ตลอดจนเวลามาตรฐานท้องถิ่น ในขณะที่ทำการสังเกตการณ์ ซึ่งถูกขับโดยโปรแกรม "SETTIME" อีกทีหนึ่ง

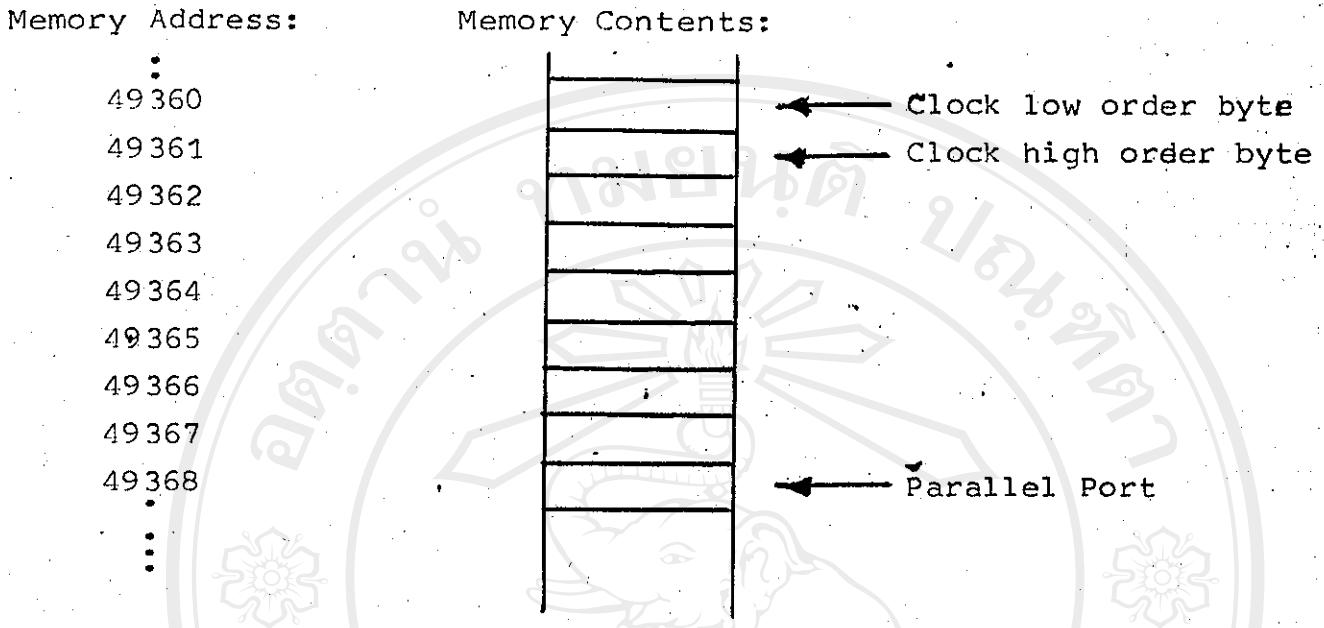
ทั้งโปรแกรม "SETTIME" และ "DATAAC" นี้ ผู้วิจัยได้พัฒนาโดยใช้เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ชนิดแอปเปิ้ลทู (Apple II) ขนาดหน่วยความจำ 64 K RAM เนื่องจากการพัฒนาทั้งระบบฮาร์ดแวร์และซอฟแวร์ของอุปกรณ์เชื่อมต่อบนเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ดังกล่าว สามารถทำได้โดยสะดวกและมีความกระทัดรัดมาก อย่างไรก็ตาม การวิเคราะห์ข้อมูลทางด้านโฟโตอิเลกตริก โฟโตเมตรี นั้นไม่อาจทำได้โดยละเอียดเพียงพอ โดยใช้เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ แบบแอปเปิ้ลทู โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การคำนวณค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุด (Time of Minima) ของดาวคู่อุปราคา ดังนั้น กลุ่มผู้วิจัยจึงได้พัฒนาวงจรส่งถ่ายข้อมูลที่บันทึกได้ โดยใช้เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ แอปเปิ้ลทู ลงสู่เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ ชนิดไอบีเอ็ม พีซี เอ็กซ์ที (IBM PC XT) ขนาดหน่วยความจำ 640 K RAM ซึ่งสามารถคำนวณค่าต่าง ๆ ได้ด้วยความละเอียดสูงเป็นทวีคูณ (Double Precission)

4.2 โปรแกรมควบคุมเวลามาตรฐานท้องถิ่นในระหว่างการสังเกตการณ์ (SETTIME)

จากวงจรเชื่อมต่อที่คณะผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นมา เราสามารถใช้ซอฟแวร์ในการควบคุมการนับเวลาของวงจรนาฬิกา ดังที่ได้เคยกล่าวมาแล้วโดยแอดเดรสของหน่วยความจำ (Memory Address) ที่ 49360 (ฐาน 10) จะเก็บไบท์อันดับต่ำของสัญญาณนาฬิกา (Clock Low Order Byte) ไว้ ส่วนแอดเดรสของหน่วยความจำที่ 49361 (ฐาน 10) จะเก็บไบท์อันดับสูงของสัญญาณนาฬิกา (Clock High Order Byte) ไว้เช่นกัน รูปที่ 4.1 เป็นแอดเดรสของหน่วยความจำที่ใช้ติดต่อกับวงจรเชื่อมต่อ ทั้งส่วนรับ-ส่งสัญญาณเข้า-ออก และส่วนสร้างสัญญาณนาฬิกา ซึ่งผู้เขียนโปรแกรมจะต้องทราบเพื่อที่จะสามารถติดต่อกับอุปกรณ์เชื่อมต่อต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้อง

ในการสร้างสัญญาณนาฬิกา จำเป็นต้องป้อนเวลาในขณะเริ่มทำการสังเกตการณ์อย่างถูกต้อง โดยตั้งจากเวลามาตรฐานแห่งประเทศไทย หรือ สถานีส่งกระจายเสียงต่างประเทศ ที่ประกาศเวลามาตรฐาน เช่น สถานี BBC ของอังกฤษ เป็นต้น โดยข้อมูลของเวลาซึ่งอยู่ในรูปของชั่วโมง นาที วินาที จะถูกเก็บอยู่ในตำแหน่งของหน่วยความจำต่อไปนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 4.1 แอดเดรสของหน่วยความจำที่ใช้ติดต่อกับวงจรเชื่อมต่อ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ดิจิต	ตำแหน่ง (ฐาน 16)	ตำแหน่ง (ฐาน 10)
ชั่วโมง	1C	28
นาที	1D	29
วินาที	1E	30

การทำงานของวงจรนาฬิกา เราสามารถใช้คำสั่งภาษาเบสิคเพื่อเริ่มนับเวลา คือ

POKE 49360, 0

ผู้วิจัยได้พัฒนาโปรแกรมภาษาเบสิค ชื่อ "SETTIME" เพื่อใช้ในการเปิดวงจรนับเวลา และแสดงผลด้วยค่าที่ถูกต้องในขณะที่ทำการสังเกตการณ์ โดยใช้เทคนิคทางโฟโตอิเลกตริก โฟโตเมตรี โปรแกรมแสดงในรูปที่ 4.2

บรรทัดที่ 10-50 เป็นการใส่ค่าเวลาขณะที่เริ่มทำการสังเกตการณ์ แล้วนำมาเก็บไว้ ณ ตำแหน่งของหน่วยความจำที่ 28 29 และ 30 ของเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์

บรรทัดที่ 70-80 เป็นการใช้คำสั่งเปิดวงจรนับเวลา

บรรทัดที่ 100-130 เป็นการอ่านค่าเวลา ซึ่งจะเปลี่ยนแปลงไปตามเวลาที่ดำเนินไป และสามารถแสดงผลได้เมื่อเรียกตัวแปร "H" "M" และ "S" ออกมา

บรรทัดที่ 140 เป็นคำสั่งดอส (DOS) ที่ใช้ในการนับโปรแกรมเก็บข้อมูล ชื่อ "DATAAC" หลังจากที่ได้มีการตั้งเวลาเรียบร้อยแล้ว

จากโปรแกรม "SETTIME" นี้ จะเห็นว่าเราสามารถควบคุมการเปิดวงจรนาฬิกา และอ่านเวลาได้ทุกเวลาที่ต้องการทราบค่า และหลังจากนั้น โปรแกรมก็จะสิ้นสุดและเข้าสู่โปรแกรม "DATAAC" ได้โดยอัตโนมัติ โดยในขณะที่อยู่ในโปรแกรม "DATAAC" นี้ วงจรนับเวลาจะยังคงทำงานอยู่ตลอดเวลา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รูปที่ 4.2

โปรแกรม "SETTIME" ใช้ในการควบคุมสัญญาณนาฬิกา

```
]POKE 1657,80

]LIST

10  REM   SET THE TIME
20  INPUT "ENTER THE TIME (HH,MM,SS):  ";H,M,S
30 TO = 3600 * H + 60 * M + S
40 B3 =  INT (TO / 65536):B2 =  INT ((TO - 65536 * B3) / 256):B1 = TO - B
    3 * 65536 - B2 * 256
50  POKE 28,B3: POKE 29,B2: POKE 30,B1
60  HOME : PRINT H":"M":"S
70  INPUT "HIT ENTER TO START CLOCK";V$
80  POKE 49360,0
90  REM  THE CLOCK HAS BEEN SET
100  REM  NEXT READ THE CLOCK
110 T = 65536 *  PEEK (28) + 256 * ( PEEK (29) +  PEEK (49361)) +  PEEK (
    30) + PEEK (49360)
120 H =  INT (T / 3600):M =  INT ((T - 3600 * H) / 60):S =  INT (T - 3600
    * H - 60 * M)
130  HOME : PRINT H":"M":"S
140  PRINT  CHR$ (4);"RUN DATAAC"
```

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.3 โปรแกรมเก็บข้อมูลทางโฟโตอิเลกตริก โฟโตเมตรี (DATAAC)

คณะผู้วิจัยได้พัฒนาโปรแกรมภาษาเบสิคขึ้นมาอีกโปรแกรมหนึ่ง เพื่อเก็บข้อมูลทางโฟโตอิเลกตริก โฟโตเมตรี ซึ่งมีชื่อเรียกว่า "DATAAC" โปรแกรมนี้จะสามารถบันทึกข้อมูลต่าง ๆ ที่จำเป็นในการวิจัยทางด้านโฟโตอิเลกตริก โฟโตเมตรี เช่น เวลา วันที่ทำการสังเกตการณ์ จำนวนนับของดาวและท้องฟ้าจากเครื่องนับโฟตอน เป็นต้น หลังจากรวบรวมข้อมูลตามต้องการแล้ว ข้อมูลเหล่านี้จะถูกนำมาเก็บในแฟ้มข้อมูลอย่างถาวร โดยแฟ้มข้อมูลที่คณะผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้น เป็นแฟ้มข้อมูลแบบ ซีเควนเชียล (Sequential File) กล่าวคือ จะเก็บข้อมูลเรียงตามลำดับการสังเกตการณ์ไปเรื่อย ๆ จนสิ้นสุด การเก็บข้อมูลในลักษณะเช่นนี้ จะมีความสะดวก และง่ายแก่การเรียกข้อมูลมาวิเคาะห์ นอกจากนี้ในโปรแกรม "DATAAC" ยังประกอบด้วย คำสั่งที่ใช้ในการควบคุมการปิด-เปิด เครื่องนับโฟตอน ตลอดจนอ่านข้อมูลจากเครื่องนับโฟตอนนำมาเก็บไว้ในไฟล์ของเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ในที่สุด

รูปที่ 4.3 เป็นโปรแกรม "DATAAC" ดังกล่าวซึ่งรายละเอียดการทำงานของโปรแกรมมีดังต่อไปนี้

บรรทัดที่ 100-200 โหลดโปรแกรมภาษาเครื่อง I/O ลงในแอดเดรสหน่วยความจำที่ต้องการ

บรรทัดที่ 400-1000 ใส่ วัน-เดือน-ปี ที่ทำการสังเกตการณ์และจองหน่วยความจำของตัวแปรเหล่านั้น

บรรทัดที่ 1200-2100 แสดงเมนูของการทำงานของโปรแกรม

(1) เปิดแฟ้มข้อมูลใหม่

(2) เรียกแฟ้มข้อมูลเก่า

(3) เช็คข้อมูล

(4) แก้ไขข้อมูล

(5) เพิ่มเติมข้อมูล

บรรทัดที่ 2200-2500 สั่งให้เปิดหรืออ่านแฟ้มข้อมูล

บรรทัดที่ 2600-4100 ใส่ข้อมูล เรียกซับรูทีน ควบคุมวงจรเชื่อมต่อและบันทึกข้อมูลลงในแฟ้มข้อมูล

บรรทัดที่ 4200 เรียกซับรูทีน เช็คข้อมูล

บรรทัดที่ 4300 ต้องการเก็บข้อมูลต่อหรือไม่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รูปที่ 4.3

โปรแกรม "DATAAC" ใช้ในการบันทึกข้อมูลข่องคาว จากคร่องบับโฟตอน ในระหว่างการสังเกตการณ์

```
100 D$ =  CHR$ (4)
200  PRINT D$"BLOAD I/O"
300  HOME
400  VTAB 8: INPUT " DATE OF OBSERVATION(D,M,Y):
";D1,M1,Y1
1000  DIM
D(200),M(200),Y(200),H(200),N(200),S(200),K(200),C(200
),F$(200),N$(200)
1100  HOME
1200  PRINT "DATA ACQUISITION"
1250  PRINT "BY B.SOONTHORNTHUM"
1300  PRINT
1400  PRINT "PLEASE FOLLOW INSTRUCTIONS"
1500  PRINT : PRINT "PROGRAM UTILITIES : "
1600  PRINT "      (1) NEW DATA FILE"
1700  PRINT "      (2) OLD DATA FILE"
1800  PRINT "      (3) CHECK THE DATA"
1900  PRINT "      (4) CORRECT THE DATA"
2000  PRINT "      (5) ADD MORE DATA"
2100  PRINT : PRINT "TYPE ANY KEY TO CONTINUE.";: GET
T$
2200  HOME : FLASH : PRINT "DATA ACQUISITION
STARTING....": NORMAL
2300  PRINT : PRINT "TYPE 'N' FOR NEW DATA"
2400  GET Y$: IF Y$ <  > "N" THEN  GOSUB 6300: HOME :
GOTO 4200
2500  HOME
2600  INPUT "TITLE :";TT$: I  =  0: PRINT : PRINT "DATA
INPUT STARTS "
2700  PRINT : PRINT "DATA  - ";I + 1;N = I + 1
2800  PRINT : INPUT "STAR'S NAME(2-LETTER) : ";N$(N)
2900  PRINT : INPUT "KIND OF FILTER(1 OR 2 -LETTER) :
";F$(N)
3000 D(N) = D1
3100 M(N) = M1
3200 Y(N) = Y1
3300  GOSUB 8700
3400 C(N) = C1
3450 H(N) = X:N(N) = M:S(N) = S
3500 K(N) = C2
3600  PRINT : INPUT "MORE DATA(Y/N)...";Y$
3700  IF Y$ = "N" THEN 4000
3800  IF Y$ <  > "Y" THEN 3600
3900 I = I + 1: GOTO 2700
4000 NUM = I + 1
```

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

```
 4100  GOSUB 5100
 4200  PRINT : PRINT "CHECK THE DATA?(Y/N)";: GET T$:
 IF T$ = "Y" THEN  GOSUB 7500
 4300  PRINT : PRINT "ADD MORE DATA?";: GET T$: IF T$
 = "Y" THEN  HOME : PRINT TT$: PRINT "LAST ADDRESS
 IS..";NUM: I = NUM: GOTO 2700
 4400  PRINT : PRINT "CORRECT THE DATA? ";: GET T$: IF
 T$ < > "Y" THEN  GOSUB 7500: END
 4500  HOME : PRINT "CORRECTION STARTS :-": PRINT
 "ADDRESS... 0 TO END"
 4600  PRINT : PRINT "ADDRESS : ";: INPUT G: IF G = 0
 THEN  GOSUB 5100: GOTO 4200
 4700  PRINT
 G;",";D(G);",";M(G);",";Y(G);",";H(G);",";N(G);",";S(G
 );",";N$(G);",";F$(G);",";C(G);",";K(G)
 4800  PRINT : PRINT "...BECOMES..."
 4900  PRINT : INPUT
 G,D(G),M(G),Y(G),H(G),N(G),S(G),N$(G),F$(G),C(G),K(G)
 5000  GOTO 4600
 5100  REM **WRITE-IN SUBROUTINE**
 5200  PRINT : INPUT "TO BE CALLED?";M$: PRINT
 5300 D$ =  CHR$ (4)
 5400  PRINT D$;"OPEN";M$
 5500  PRINT D$;"DELETE";M$
 5600  PRINT D$;"OPEN";M$
 5700  PRINT D$;"WRITE";M$
 5750  PRINT TT$: PRINT NUM
 5800  FOR R = 1 TO NUM
 5900  PRINT
 N$(R);",";F$(R);",";D(R);",";M(R);",";Y(R);",";H(R);",
 ";N(R);",";S(R);",";C(R);",";K(R)
 6000  NEXT R
 6100  PRINT D$;"CLOSE";M$
 6200  RETURN
 6300  REM ** READ-OUT SUBROUTINE**
 6400  HOME : INPUT "DATA FILE CALLED : ";M$
 6500  PRINT : FLASH : PRINT "READ DATA FILE ";M$:
 NORMAL
 6550 D$ =  CHR$ (4)
 6600  PRINT D$;"OPEN";M$
 6700  PRINT D$;"READ";M$
 6800  INPUT TT$
 6900  INPUT NUM
 7000  FOR R = 1 TO NUM
 7100  INPUT
 N$(R),F$(R),D(R),M(R),Y(R),H(R),N(R),S(R),C(R),K(R)
```

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

```
7200  NEXT R
7300  PRINT D$"CLOSE";M$
7400  RETURN
7500  REM ** CHECK DATA **
7600  HOME : HTAB 15: PRINT TT$: PRINT
7700  GOSUB 8400
7800  FOR R = 1 TO NUM
7900  PRINT : PRINT R;"-"; TAB(
5)D(R);"/";M(R);"/";Y(R) TAB( 14)H(R) TAB( 17)N(R)
TAB( 20)S(R) TAB( 23)N$(R) TAB( 26)F$(R) TAB( 28)C(R)
TAB( 36)K(R)
8000  IF R / 10 = INT (R / 10) THEN PRINT "TYPE ANY
KEY TO CONTINUE.";: GET I$: HOME
8100  NEXT R
8200  GOSUB 8400
8300  RETURN
8400  REM  ** SUBROUTINE UNDERLINE **
8500  PRINT : FOR I = 1 TO 40: PRINT "-";: NEXT :
PRINT
8600  RETURN
8700  REM  **DATA ACQUISITION**
8800  PRINT : HTAB 15: PRINT "COUNTS FOR STAR"
8900  PRINT : PRINT "HIT SPACE-BAR TO START COUNTER"
9000  GET B$
9100  POKE 49368,0: POKE 49368,1: POKE 49368,0
9200  POKE 49368,0: POKE 49368,2: POKE 49368,0
9300  IF  PEEK (49368) < 128 THEN 9300
9400 C1 = 0
9500  FOR II = 0 TO 7
9600  POKE 49368,128 + II
9700  CALL (924)
9800 D =  PEEK (27)
9900 C1 = C1 +  INT (D * 10 ^ II)
9905  NEXT II
9910  PRINT : PRINT "STAR'S COUNTS : ";C1
9915 S = 65536 *  PEEK (28) + 256.* ( PEEK (29) +
PEEK (49361)) +  PEEK (30) +  PEEK (49360)
9920 X =  INT (S / 3600):M =  INT ((S - 3600 * X) /
60):S =  INT (S - 3600 * X - 60 * M)
9925  PRINT : PRINT "LOCAL TIME : ";X;" HR. ";M;"
MIN. ";S;" SEC. "
9930  PRINT : HTAB 15: PRINT "COUNTS FOR SKY"
9935  PRINT : PRINT "HIT SPACE-BAR TO START COUNTER"
9940  GET B$
9945  POKE 49368,0: POKE 49368,1: POKE 49368,0
9950  POKE 49368,0: POKE 49368,2: POKE 49368,0
```

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

```
9955  IF  PEEK (49368) < 128 THEN 9955
9960 C2 = 0
9965  FOR I1 = 0 TO 7
9970  POKE 49368,128 + I1
9975  CALL (924)
9980 D =  PEEK (27)
9985 C2 = C2 +  INT (D * 10 ^ I1)
9990  NEXT I1
9993  PRINT : PRINT "SKY COUNTS :";C2
9995  RETURN
```

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

บรรทัดที่ 4400-5000 แก้ไขข้อมูล

บรรทัดที่ 5100-6200 ซับรูทีน บันทึกข้อมูลลงบนแฟ้มข้อมูล

บรรทัดที่ 6300-7400 ซับรูทีน อ่านข้อมูลจากแฟ้มข้อมูล

บรรทัดที่ 7500-8300 ซับรูทีน เช็คข้อมูล

บรรทัดที่ 8400-8600 ซับรูทีน ขีดเส้นใต้

บรรทัดที่ 8700-9995 ซับรูทีน ควบคุมการทำงานของวงจรเชื่อมต่อระหว่างเครื่องนับโฟตอนกับไมโครคอมพิวเตอร์ พร้อมทั้งการอ่านเวลา และตัวเลขพร้อมที่จะเก็บลงบนแฟ้มข้อมูล เมื่อตัวแปรดังกล่าวถูกเรียก

4.4 การทดสอบโปรแกรมและแฟ้มข้อมูลทางโฟโตอิเลกตริก โฟโตเมตรี

โปรแกรม SETTIME และ DATAAC จะเริ่มทำงานโดยอัตโนมัติ เมื่อเริ่มเปิดเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยผ่านทางโปรแกรม "HELLO" ซึ่งโปรแกรมดังกล่าวนี้จะเช็คว่า ผู้ใช้ต้องการจะตั้งเวลาหรือไม่ ถ้าต้องการก็จะเข้าสู่โปรแกรม SETTIME ถ้าไม่ต้องการตั้งเวลาก็จะเข้าสู่โปรแกรม DATAAC โดยตรง

อุปกรณ์ทั้งชุด รวมทั้งวงจรเชื่อมต่อและซอฟแวร์ ที่คณะผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นมา ได้รับการทดสอบในห้องปฏิบัติการ จนแน่ใจว่า ข้อมูลและเวลาที่บันทึกลงในแฟ้มข้อมูล มีความถูกต้องทุกข้อมูล ซึ่งข้อมูลเกี่ยวกับจำนวนนับของดาว และจำนวนนับของท้องฟ้า สามารถตรวจสอบได้โดยตรง โดยการเทียบผลที่แสดงที่หน้าปัทม์เครื่องนับโฟตอน และผลที่แสดงบนจอคอมพิวเตอร์ ส่วนการทดสอบเวลานั้นเทียบกับนาฬิกาดิจิตอล ซึ่งพบว่าไม่มีความคลาดเคลื่อนเลยในช่วงเวลา 24 ชั่วโมง ซึ่งมีความละเอียดเพียงพอแล้ว เนื่องจากการสังเกตการณ์ในแต่ละคืนนั้น จะใช้เวลาโดยปกติประมาณ 6-10 ชั่วโมงเท่านั้น และทุกครั้งที่เริ่มทำการสังเกตการณ์ในแต่ละคืน จะต้องตั้งเวลาใหม่

อุปกรณ์ชุดดังกล่าวได้ถูกนำไปติดตั้งอย่างถาวร กับกล้องโทรทรรศน์แบบสะท้อนแสง ชนิดคาสซิเกรน ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 16 นิ้ว ของหอดูดาวมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ซึ่งตั้งอยู่ ณ หลักกิโลเมตรที่ 12 ดอยสุเทพ จังหวัดเชียงใหม่ และนำมาใช้กับการวิจัยทางด้านโฟโตอิเลกตริก โฟโตเมตรี ในช่วงฤดูการสังเกตการณ์ที่ผ่านมา พบว่า ให้ความถูกต้องในการบันทึกข้อมูลทุกประการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รูปที่ 4.4 การทดสอบการเก็บข้อมูลในห้องปฏิบัติการ

รูปที่ 4.5 การติดตั้งอุปกรณ์เข้ากับกล้องดูดาวของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สำหรับการสร้างแฟ้มข้อมูลนั้น จากโปรแกรม DATAAC ผู้ใช้โปรแกรมจะป้อนชื่อดาว ชนิดของฟิลเตอร์ โดยการคีย์ (Key) เข้าไป ส่วนการบันทึกค่าจำนวนนับต่าง ๆ และเวลา จะทำโดยอัตโนมัติ โดยใช้ซอฟแวร์ควบคุมวงจรเชื่อมต่อและวงจรสร้างสัญญาณนาฬิกา ข้อมูลต่าง ๆ จะถูกเก็บบรรทัดละ 1 ชุด เรียงต่อกันไปเรื่อย ๆ ซึ่งเป็นลักษณะของไฟล์แบบซีเควนเชียล

แฟ้มข้อมูลดังกล่าวอาจถูกเรียกออกมาใช้ โดยเขียนโปรแกรมภาษาเบสิค อ่านออกมาจากเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ แอปเปิ้ลทู โดยตรง แต่ถ้าต้องการการคำนวณที่ละเอียดมาก ๆ ผู้ใช้โปรแกรมอาจถ่ายข้อมูล ซึ่งอยู่ในรูปของ Text File จากเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ แบบแอปเปิ้ลทู ลงสู่เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ แบบไอบีเอ็ม ได้ โดยผ่านวงจรเชื่อมต่อที่คณะผู้วิจัยในกลุ่มดาราศาสตร์ ได้พัฒนาขึ้นมา และจะสร้างเป็น Text File ใหม่ ในเครื่อง ไอบีเอ็ม ดังกล่าว

รูปที่ 4.4 เป็นโปรแกรมภาษาเบสิค บนเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ แบบไอบีเอ็ม ที่ใช้ในการเรียกข้อมูลออกมาใช้ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

บรรทัดที่ 100	จองหน่วยความจำของพารามิเตอร์ต่าง ๆ เช่น ชื่อดาว จำนวนนับ เวลา ฯลฯ ให้เพียงพอกับจำนวนข้อมูลที่ต้องการอ่าน
บรรทัดที่ 200-320	เปิดแฟ้มข้อมูลที่ต้องการอ่าน
บรรทัดที่ 350-1200	เป็นการเก็บข้อมูลลงในหน่วยความจำที่จองเอาไว้ พร้อมทั้งพิมพ์ข้อมูลออกมาทางจอภาพ (ใช้ "SCRN:" ในบรรทัดที่ 320) หรือออกทางพรินเตอร์ (ใช้ "LPT1:" ในบรรทัดที่ 320)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รายละเอียดของข้อมูลในแฟ้มข้อมูลที่สร้างขึ้น มีดังตัวอย่างต่อไปนี้

คอลัมน์ที่	1	2	3	4	5	6
	IU	V	25 11 87	23 1 24	72039	60952

คอลัมน์ที่ 1 : แสดงชื่อดาว

คอลัมน์ที่ 2 : แสดงชนิดของแผ่นกรองแสง

คอลัมน์ที่ 3 : แสดง วัน/เดือน/ปี ที่ทำการสังเกตการณ์

คอลัมน์ที่ 4 : แสดงเวลา เป็น ชั่วโมง นาที วินาที ในขณะที่ทำการสังเกตการณ์

คอลัมน์ที่ 5 : แสดงจำนวนนับของดาว (Star Counts)

คอลัมน์ที่ 6 : แสดงจำนวนนับของท้องฟ้า (Sky Counts)

ตารางที่ 4.1 แสดงแฟ้มข้อมูลทางโฟโตอิเลกตริก โฟโตเมตรี จากการสังเกตการณ์ดาวคู่อุปราคา ไอยูออไรจี (IU Aurigae) และดาวมาตรฐาน (Comparison Stars) ในคืนวันที่ 25 พฤศจิกายน 2530 และ 4 มกราคม 2531

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รูปที่ 4.4

โปรแกรมใช้ในการเรียกข้อมูลออกมาวิเคราะห์

```
0 DIM N$(200),F$(200),D(200),M(200),Y(200),H(200),N(200),S(200),K(200),C(200
0 CLS:KEY OFF:INPUT "data file called.";M$
0 OPEN M$ FOR INPUT AS #1
0 OPEN "LPT1:"FOR OUTPUT AS #2
0 FRMT$ = "   \    \    \    \     ## ## ##    ## ## ##    #########      ########"
5 CLS :PRINT
0 PRINT#2," NAME    FILTER        DATE        TIME       STARCOUNT    SKYCOUNT
5 PRINT#2,:PRINT#2,
0 WHILE NOT EOF (1)
0 INPUT#1,TT$
0 INPUT#1,NUM
0 FOR R=1 TO NUM
0 INPUT#1,N$(R),F$(R),D(R),M(R),Y(R),H(R),N(R),S(R),C(R),K(R)
0 PRINT #2,USING FRMT$; N$(R),F$(R),D(R),M(R),Y(R),H(R),N(R),S(R),C(R),K(R)
0 IF R=40 THEN INPUT A$
0 NEXT R
00 WEND
05 PRINT#2,
10 PRINT#2,"_____"
00 CLOSE
```

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.1

แฟ้มข้อมูลทางโฟโตอิเลกตริก โฟโตเมตรี

NAME	FILTER	DATE	TIME	STARCOUNT	SKYCOUNT
CM	U	25 11 87	22 47 16	63735	59505
CM	B	25 11 87	22 49 41	69369	59125
CM	V	25 11 87	22 51 3	69687	59263
IU	U	25 11 87	22 59 24	64539	59599
IU	B	25 11 87	23 0 31	72800	60372
IU	V	25 11 87	23 1 24	72039	60952
IU	U	25 11 87	23 3 30	65181	59892
IU	B	25 11 87	23 4 26	73071	61753
IU	V	25 11 87	23 5 26	72350	61245
IU	U	25 11 87	23 6 49	65533	60735
IU	B	25 11 87	23 7 47	73157	60948
IU	V	25 11 87	23 8 35	72984	61285
IU	U	25 11 87	23 10 5	65340	60451
IU	B	25 11 87	23 11 0	73596	62115
IU	V	25 11 87	23 11 54	72598	61700
CM	U	25 11 87	23 16 9	65625	61423
CM	B	25 11 87	23 17 4	71683	61788
CM	V	25 11 87	23 18 18	70777	61523
IU	U	25 11 87	23 27 53	67690	62342
IU	B	25 11 87	23 28 56	75574	63388
IU	V	25 11 87	23 29 57	73394	62414
IU	U	25 11 87	23 31 11	67641	62852
IU	B	25 11 87	23 32 10	75618	63477
IU	V	25 11 87	23 33 37	74166	62452
IU	U	25 11 87	23 34 54	67881	62592
IU	B	25 11 87	23 36 5	75485	63192
IU	V	25 11 87	23 37 26	74274	62516
IU	U	25 11 87	23 38 55	68176	62559
IU	B	25 11 87	23 40 6	76158	63164
IU	V	25 11 87	23 41 19	73978	63117
CM	U	25 11 87	23 45 48	66242	62209
CM	B	25 11 87	23 47 1	72141	62785
CM	V	25 11 87	23 48 17	71894	62990
IU	U	25 11 87	23 53 55	66882	62202
IU	B	25 11 87	23 55 9	75059	62757
IU	V	25 11 87	23 56 17	73682	62999
IU	U	25 11 87	23 57 25	66928	62087
IU	B	25 11 87	23 58 40	74630	62518
IU	V	25 11 87	23 59 58	73972	62867
IU	U	25 11 87	24 1 28	66754	61388

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

7193

IU	B	25 11 87	24	2	28	74695	62191
IU	V	25 11 87	24	3	40	73754	62183
IU	U	25 11 87	24	7	25	66854	61618
IU	B	25 11 87	24	8	46	74220	62176
IU	V	25 11 87	24	9	50	73375	62108
CM	U	25 11 87	24	13	2	65813	61189
CM	B	25 11 87	24	14	5	71674	62059
CM	V	25 11 87	24	15	5	70774	61819
IU	U	25 11 87	24	18	39	65712	61251
IU	B	25 11 87	24	20	10	73617	60906
IU	V	25 11 87	24	21	21	72160	61788
IU	U	25 11 87	24	22	40	65620	60393
IU	B	25 11 87	24	23	35	72910	60682
IU	V	25 11 87	24	24	48	71235	60501
IU	U	25 11 87	24	26	0	65075	60092
IU	B	25 11 87	24	26	56	72223	60207
IU	V	25 11 87	24	28	15	69996	61141
IU	U	25 11 87	24	29	30	64245	58690
IU	B	25 11 87	24	30	42	71146	59175
IU	V	25 11 87	24	31	43	70330	59387
CM	U	25 11 87	24	37	41	62874	58755
CM	B	25 11 87	24	38	54	68984	58904
CM	V	25 11 87	24	40	6	68431	59512
IU	U	25 11 87	24	43	7	63244	58237
IU	B	25 11 87	24	44	9	69690	58577
IU	V	25 11 87	24	45	6	69233	58998
IU	U	25 11 87	24	46	10	63143	61006
IU	B	25 11 87	24	49	47	69984	59639
IU	V	25 11 87	24	50	56	69028	59579
IU	U	25 11 87	24	52	35	62377	58530
IU	B	25 11 87	24	53	45	69262	58662
IU	V	25 11 87	24	57	54	67951	58842
IU	U	25 11 87	24	58	57	61789	58047

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ห้องสมุดคณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

NAME	FILTER	DATE	TIME	STARCOUNT	SKYCOUNT
CM	V	4 1 87	19 51 16	54923	43819
CM	B	4 1 87	19 52 33	55608	43412
CM	U	4 1 87	19 53 45	48004	43092
CM	I	4 1 87	19 54 55	60478	51654
IU	V	4 1 87	19 58 11	56818	43359
IU	B	4 1 87	19 59 17	58326	42794
IU	U	4 1 87	20 0 17	48616	42677
IU	I	4 1 87	20 1 18	62624	51209
IU	V	4 1 87	20 2 22	56620	42697
IU	B	4 1 87	20 3 28	57606	42492
IU	U	4 1 87	20 4 33	48486	42160
IU	I	4 1 87	20 5 28	61614	50809
IU	V	4 1 87	20 6 27	56771	42415
IU	B	4 1 87	20 7 48	57103	42450
IU	U	4 1 87	20 8 48	48067	42217
IU	I	4 1 87	20 9 58	61291	50995
CM	V	4 1 87	20 13 4	53536	42203
CM	B	4 1 87	20 14 5	54456	42236
CM	U	4 1 87	20 15 0	46802	42041
CM	I	4 1 87	20 16 4	60040	50659
IU	V	4 1 87	20 18 9	55937	41959
IU	B	4 1 87	20 19 0	56601	41986
IU	U	4 1 87	20 19 56	47926	41819
IU	I	4 1 87	20 20 50	60577	50509
IU	V	4 1 87	20 21 46	55696	41559
IU	B	4 1 87	20 22 34	56616	41737
IU	U	4 1 87	20 23 25	47721	41021
IU	I	4 1 87	20 24 10	61446	50605
IU	V	4 1 87	20 25 0	55591	41532
IU	B	4 1 87	20 25 46	56680	41935
IU	U	4 1 87	20 26 35	47485	41522
IU	I	4 1 87	20 27 33	61084	49900
CM	V	4 1 87	20 30 25	52952	41748
CM	B	4 1 87	20 31 46	53722	41439
CM	U	4 1 87	20 32 42	46778	41165
CM	I	4 1 87	20 33 30	58889	50537
IU	V	4 1 87	20 35 8	55386	41269
IU	B	4 1 87	20 35 55	56074	41262
IU	U	4 1 87	20 36 47	46995	41249
IU	I	4 1 87	20 37 54	60389	50148

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

IU	V	4	1	87	20	39	0	54845	41430
IU	B	4	1	87	20	39	56	56133	41428
IU	U	4	1	87	20	40	48	47010	40925
IU	I	4	1	87	20	41	45	59968	49769
IU	V	4	1	87	20	42	31	54612	41463
IU	B	4	1	87	20	43	18	55895	40965
IU	U	4	1	87	20	44	8	47204	40726
IU	I	4	1	87	20	45	5	59854	49586
CM	V	4	1	87	20	47	29	53105	40887
CM	B	4	1	87	20	48	27	53348	41096
CM	U	4	1	87	20	49	17	45861	40800
CM	I	4	1	87	20	50	28	58194	49896
IU	V	4	1	87	20	52	23	54784	41043
IU	B	4	1	87	20	53	13	56046	40699
IU	U	4	1	87	20	54	7	46791	40777
IU	I	4	1	87	20	55	8	59542	49740
IU	V	4	1	87	20	56	10	54655	41110
IU	B	4	1	87	20	56	56	55379	41125
IU	U	4	1	87	20	57	51	46832	40824
IU	I	4	1	87	20	58	35	59947	49070
IU	V	4	1	87	20	59	36	54481	40903
IU	B	4	1	87	21	0	24	55436	41134
IU	U	4	1	87	21	1	19	46484	40613
IU	I	4	1	87	21	2	14	59082	49215
CM	V	4	1	87	21	4	44	52458	40929
CM	B	4	1	87	21	5	29	53050	40969
CM	U	4	1	87	21	6	13	45911	40649
CM	I	4	1	87	21	7	8	58221	49320
IU	V	4	1	87	21	9	18	53652	41198
IU	B	4	1	87	21	10	3	54768	40375
IU	U	4	1	87	21	10	53	46046	40746
IU	I	4	1	87	21	11	38	58914	49289
IU	V	4	1	87	21	12	23	54330	40513
IU	B	4	1	87	21	13	8	55206	40774
IU	U	4	1	87	21	14	2	46449	40519
IU	I	4	1	87	21	14	53	59399	49268
IU	V	4	1	87	21	15	43	53552	40490
IU	B	4	1	87	21	16	28	55253	40718
IU	U	4	1	87	21	17	12	46517	40423
IU	I	4	1	87	21	18	16	58900	49220
CM	V	4	1	87	21	20	29	52159	40543
CM	B	4	1	87	21	21	27	52904	40294
CM	U	4	1	87	21	22	30	45383	39930
CM	I	4	1	87	21	23	18	57550	48662

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

บทที่ 5
สรุปและวิจารณ์ผล

การพัฒนาระบบควบคุมและเก็บข้อมูลทางด้านโฟโตอิเลกตริก โฟโตเมตรี โดยเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ ทั้งในด้านฮาร์ดแวร์และซอฟแวร์ นั้น สามารถนำมาใช้ในการวิจัยทางด้านดาราศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพและให้ความแม่นยำสูง อีกทั้งยังช่วยประหยัดเวลาและกำลังคนเป็นอย่างมากอีกด้วย แนวทางพัฒนาดังกล่าวนี้ ยังอาจขยายออกไปได้อีก จนสามารถให้ระบบดังกล่าวนี้ ปฏิบัติงานโดยไม่จำเป็นต้องอาศัยคนควบคุมได้ในอนาคต ซึ่งจะทำให้ระบบดังกล่าวเป็นระบบอัตโนมัติเต็มตัว (Fully Automatic) ดังเช่นในประเทศสหรัฐอเมริกาในขณะนี้ นักดาราศาสตร์ ได้ประสบความสำเร็จในการพัฒนาระบบโฟโตอิเลกตริก โฟโตเมตรี อัตโนมัติที่เรียกว่า "ระบบ เอ พี ที (APT)" ซึ่งกำลังถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวางในการวิจัยทางด้านโฟโตอิเลกตริก โฟโตเมตรี นี้

แนวทางการพัฒนาในอนาคตของระบบควบคุมและเก็บข้อมูลทางโฟโตอิเลกตริก โฟโตเมตรี โดยเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ ของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ต่อจากนี้ ก็คือ จะพยายามสร้างระบบเชื่อมต่อกับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์แบบ ไอบีเอ็มโดยตรง สำหรับกรณีที่ต้องการจะเรียกข้อมูลมาวิเคราะห์ในเครื่องไอบีเอ็ม ซึ่งจะทำให้ประหยัดขั้นตอนในการส่งถ่ายข้อมูลระหว่างเครื่องแอปเปิ้ล และไอบีเอ็มเป็นอย่างมาก

สำหรับระบบการควบคุมเครื่องมือโฟตอนโดยผ่านวงจรเชื่อมต่อนั้น ยังสามารถพัฒนาไปถึงการหมุนวงล้อของแผ่นกรองแสง และวงล้อของช่องเปิด โดยการควบคุมโดยตรงของเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์อีกด้วย นอกจากนี้ ยังอาจรวมถึงการตั้งโปรแกรมเพื่อควบคุมกล้องให้ค้นหาตำแหน่งของดาวโปรแกรมดาวมาตรฐาน โดยอัตโนมัติอีกด้วย

ข้อดีอย่างหนึ่งของวงจรเชื่อมต่อ ที่คณะผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นมานี้ ก็คือ อุปกรณ์อิเลกโทรนิกส์ทุกชิ้นสามารถหาได้ง่ายในประเทศไทย และราคาไม่สูงมาก สามารถสร้างทดแทนหรือซ่อมแซมได้โดยสะดวก นอกจากนี้ เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ที่ใช้ก็ยังมีราคาถูกและหามาใช้ได้ง่ายอีกด้วย

สำหรับซอฟแวร์ที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นมานั้น จะอำนวยความสะดวกในการเก็บข้อมูล การเรียกข้อมูลมาวิเคราะห์ การแก้ไข การตรวจสอบข้อมูล และการเก็บข้อมูลเพิ่มเติม ข้อมูลที่เก็บไว้ในแฟ้มข้อมูลเรียบร้อยแล้วนั้น สามารถเรียกมาวิเคราะห์ต่อไปได้โดยตรงเลย โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

คำนวณผลการลดลงของแสงดาวเนื่องจากบรรยากาศของโลก การหาโชติมาตรปรากฏที่แท้จริงของดาว และเฟสของดาวคู่อุปราคาทางกลุ่มดาราศาสตร์ ได้พัฒนาโปรแกรมที่สามารถเรียกข้อมูลที่เก็บไว้ในแฟ้ม แล้วคำนวณค่าต่าง ๆ ดังกล่าวมาข้างต้นได้ทันที

จากการตรวจสอบข้อมูลของตัวเลขที่เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ บันทึกในแฟ้มข้อมูล ทั้งจำนวนนับ และเวลา ยังไม่พบว่ามีความคลาดเคลื่อนแต่ประการใด

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัยในครั้งนี้ อาจสรุปเป็นข้อได้ดังนี้

(ก) ช่วยในการเรียน การสอน ปฏิบัติการวิชาดาราศาสตร์ ทั้งระดับปริญญาตรีและปริญญาโท (ฟิสิกส์ 318, 418, 781, 782 และ 714) ตลอดจนการวิจัยและการทำวิทยานิพนธ์ทางด้านโฟโตอิเลกตริก โฟโตเมตรี ทุกชนิดของนักศึกษาปริญญาตรีและโท รวมทั้งการวิจัยของคณาจารย์ในกลุ่มดาราศาสตร์ด้วย

(ข) ข้อมูลต่าง ๆ ที่บันทึกบนดิสเก็ต สามารถเรียกมาใช้ในการวิเคราะห์และคำนวณได้โดยง่าย นับว่าเป็นวิธีมาตรฐานและสะดวกอย่างยิ่ง

(ค) กล้องโทรทรรศน์ แบบสะท้อนแสง ชนิดคาสซิเกรน ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 16 นิ้ว ของหอดูดาวมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จะสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

(ง) ระบบตังกล่าวนี้ อาจนำไปใช้ในสถาบันอื่น ที่มีการวิจัยทางด้านดาราศาสตร์ได้ทันที

(จ) ทำให้สามารถดำเนินการวิจัยทางด้านโฟโตอิเลกตริก โฟโตเมตรี ได้ โดยใช้ผู้สังเกตการณ์เพียง 1-2 คนเท่านั้น

(ฉ) สามารถประหยัดเวลาและเก็บข้อมูลได้อย่างถูกต้อง แม่นยำ และมากกว่าที่เคยเป็นอยู่ในอดีตหลายเท่าตัว

(ช) สามารถนำไปประยุกต์ในสาขาวิชาฟิสิกส์แขนงต่าง ๆ นอกเหนือจากสาขาดาราศาสตร์ เช่น ทางด้านออปติก (Optics) วิศวกรรมไฟฟ้า เป็นต้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

บรรณานุกรม

1. คู่มือ/เทียบเบอร์ ไอซี TTL, 2529, พิมพ์ครั้งที่ 4, บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด
2. A Reference Manual for The Apple II and the Apple II Plus Personal Computers; Apple II Company.
3. Golay, M., "Introduction to Astronomical Photometry", Vol. 41, D. Reidel Publishing Company, 1974.
4. Hall, D.S and Genet, R.M., 1982,"Photoelectric Photometry of Variable Stars", 1st Edition, IAPPP.
5. Handbook of Starlight-1 Stellar Photometer: Thorn EMI Gencom Inc.
6. Henden, A.A and Kaitchuck, R.H., 1982, "Astronomical Photometry", Van Nostrand Reinhold Company.
7. Hopkins, J.L., "Photoclectric Photometry Data Acquisition", IAPPP, Communication No. 17, September 1984, pp. 13-21.
8. Miller, J.R., "Apple Interface for Photometric Measurements", IAPPP, Communication No. 23, March 1986, pp. 11-13.
9. Roy, A.E. and Clarke, D., "Astronomy: Principles and Practice", 2 nd Edition, Adam Hilger Ltd., 1978.
10. Zaks, R., "6502 Application Book", 1979, 1 st Edition, Sybex Inc.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved