บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีทดลอง

3.1 อุปกรณ์การทดลอง

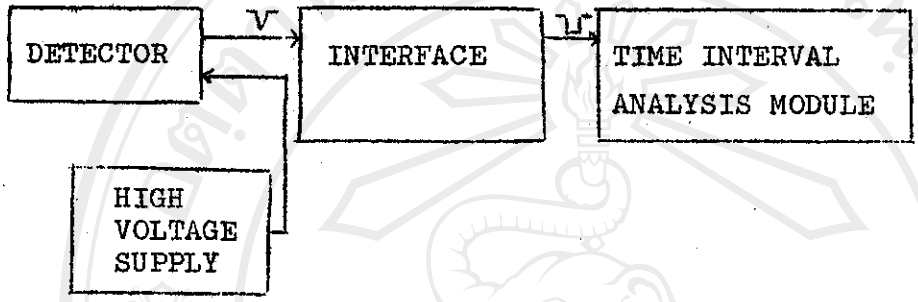
อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง ได้แสดงไว้ในรูปที่ 3.1 ซึ่งประกอบไปด้วย หัววัดรังสี, Interface และเครื่องนับช่วงเวลา (Time Interval Analysis Module) หัววัดรังสีจะทำหน้าที่ให้สัญญานไฟฟ้าตามจังหวะที่มีกัมมันตรังสีตกกระทบหัววัด สัญญานไฟฟ้าจากหัววัดรังสีซึ่งเป็นสัญญาน analog จะถูกเปลี่ยนเป็นสัญญานลอจิค (logic) แบบเลขฐานสอง (binary coded decimal) โดย Interface ให้แก่เครื่องนับช่วงเวลา ซึ่งทำหน้าที่ให้ค่าของช่วงเวลาในหน่วย 10^{-3} วินาที

ระหว่างสัญญาน BCD(binary coded decimal) สองตัวที่ได้จากการตกกระทบหัววัดของรังสีสองตัวที่มาต่อเนื่องกัน รายละเอียดของอุปกรณ์แต่ละอย่างจะได้กล่าวถึงต่อไปนี้

3.1.1 หัววัดรังสี(Detector)

หัววัดรังสีที่ใช้ในการทดลองคือ NaI(Tl) ขนาด 2" x 2" ติดกับ photomultiplier tube (PMT) ผลิตโดย บริษัท BICRON แบบ 2M2 และ photomultiplier base (PMB) ผลิตโดย ORTEC แบบ 266 หัววัดรังสีใช้ high voltage+900 V. ต่อสัญญาน anode ขนาดใหญ่กว่า 0.25 V. เข้ากับ Interface

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 3.1 แสดงอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.1.2 Interface

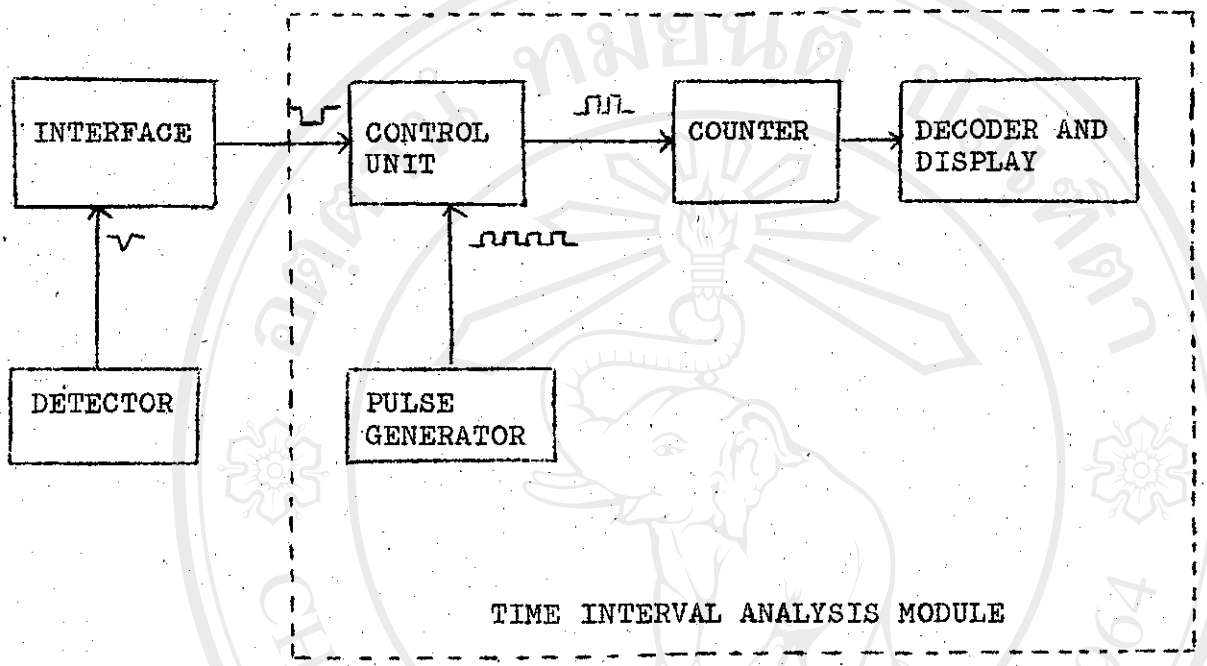
เครื่องนับช่วงเวลาที่สร้างขึ้นต้องการอินพุทเป็นสัญญาณลอจิคแบบ BCD แต่ตัววัดรังสีจะให้สัญญาณแบบ analog ดังนั้นจึงต้องใช้ Interface เปลี่ยนสัญญาณ analog ของหัววัดรังสีเป็นสัญญาณลอจิค และเป็นสัญญาณแบบ BCD ด้วย

Interface ที่ใช้ในการวิจัยนี้คือ Scaler Model 955150 ของบริษัท Baird Atomic ซึ่งสามารถให้สัญญาณลอจิคแบบเลขฐานสอง (BCD) ที่ขา 6, 16, W และ C ของ Decade/Multiplexer Board (ดูรายละเอียดในภาคผนวก 1 รูปที่ ผ.1.2.1) ดังนั้นเราจึงต้องใช้ Interface นี้เปลี่ยนสัญญาณ analog หัววัดเป็นสัญญาณอินพุทแบบลอจิคให้แก่เครื่องนับช่วงเวลา

3.1.3 เครื่องนับช่วงเวลา (Time Interval Analysis Module)

ส่วนประกอบของเครื่องนับช่วงเวลาแสดงในรูปที่ 3.2 จะประกอบด้วยส่วนกำเนิดสัญญาณนาฬิกา (pulse generator) ให้สัญญาณพัลซ์รูปสี่เหลี่ยมแก่หน่วยควบคุมการนับซึ่งจะเปิด-ปิดการนับตามสัญญาณจากรังสีที่มาตกกระทบหัววัดรังสีซึ่งถูกเปลี่ยนเป็นสัญญาณลอจิคแบบ BCD โดย Interface เมื่อหน่วยควบคุมการนับเปิด สัญญาณก็จะผ่านไปยังหน่วยนับและถอดระหัส (Counter and Decoder) เพื่อเปลี่ยนสัญญาณที่นับให้เป็นสัญญาณไฟฟ้าแก่ภาคแสดงผล (Seven Segments Decoder Drivers) เพื่อแสดงจำนวนสัญญาณที่นับได้เป็นตัวเลขทั่วไป รายละเอียดส่วนประกอบแต่ละส่วนของเครื่องนับช่วงเวลาจะได้กล่าวถึงต่อไปนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 3.2 แสดงส่วนประกอบของเครื่องนับช่วงเวลา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

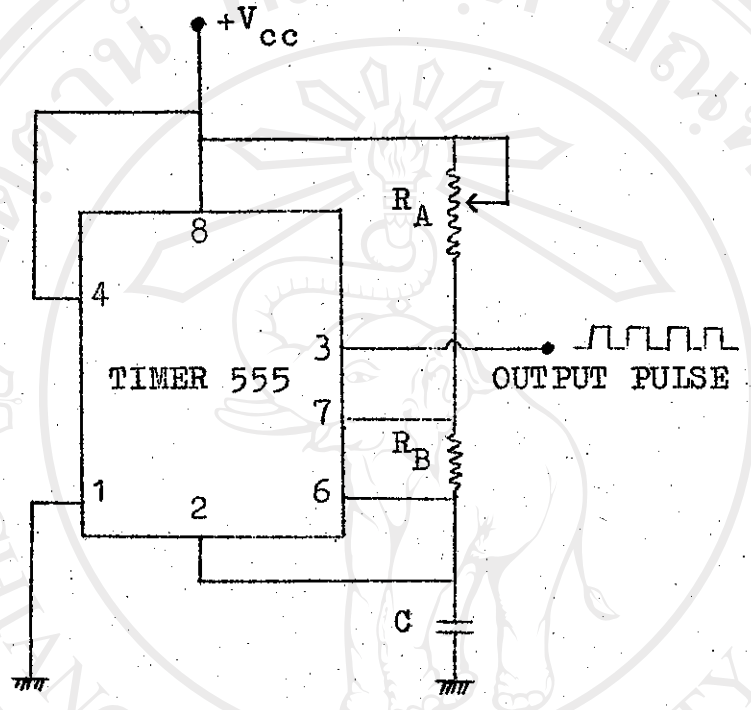
3.1.3.1 <u>ส่วนกำเนิดสัญญาณนาฬิกา (Pulse Generator)</u>

ส่วนกำเนิดสัญญาณนาฬิกาในเครื่องนับช่วงเวลาใช้ไอซี Precission Timer หมายเลข SN 52555 (Timers 555) ต่อวงจรขาต่างๆ ตามรูปที่ 3.3 ความถี่ของสัญญาณนาฬิกาจาก Timer 555 นั้นมีได้หลายค่าขึ้นกับการเลือกใช้ค่า R_A, R_B และ C ในวงจรรูปที่ 3.3 ความถี่สัญญาณนาฬิกาจาก Timer 555 หาได้จากความสัมพันธ์ต่อไปนี้ (ยืน ภู่วรรณ,2522)

$$f = \frac{1.44}{(R_A+2R_B)C} \qquad (3.1)$$

ในการวิจัยนี้ใช้ความถี่ 1 KHz (โดยใช้ R_A เท่ากับ 2×10^3 โอห์ม R_B เท่ากับ 0.15×10^3 โอห์ม และ C เท่ากับ 0.6×10^6 ฟารัด) แสดงเวลาโดยตัวเลขหกหลัก ดังนั้นตัวเลขหลักแรกสุดจะแสดงเวลาเป็น 10^{-3} วินาที

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 3.3 แสดงวงจรของ Precission Timer SN52555

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.1.3.2 หน่วยควบคุมการเปิด-ปิดสัญญาณเวลา (Control unit)

หน่วยเปิด-ปิดสัญญาณเวลาเป็นหน่วยที่ควบคุมให้สัญญาณพัลซ์จาก Timer 555 ผ่านไปสู่หน่วยนับสัญญาณและภาคแสดงผล (counter and decoder system) ส่วนประกอบต่างๆ ของหน่วยควบคุมการเปิด-ปิดสัญญาณแสดงไว้ในรูปที่ 3.4 ส่วนประกอบที่สำคัญคือฟลิปฟลอป (Dual D-type Positive Edge-Triggered Flip-Flop) ไอซีหมายเลข SN 7474 เป็นไอซีที่ให้เอาท์พุทเป็นสภาวะ H และ L กลับกับสภาวะเดิม เมื่อมีสัญญาณเข้า clock สภาวะ H ของฟลิปฟลอปจะเป็นตัวเปิดให้สัญญาณพัลซ์จาก Timer 555 ผ่านไปยังหน่วยนับ และสภาวะ L ของฟลิปฟลอปจะเป็นตัวปิดไม่ให้สัญญาณนาฬิกาผ่านไปสู่หน่วยนับ ดังนั้นโดยการกำหนดสัญญาณ clock ของฟลิปฟลอปโดยสัญญาณจากหัววัดรังสี เราจะได้การเปิด-ปิดการนับเวลาตามสัญญาณของรังสีที่วัดได้ จากหัววัดรังสี

ตามรูป 3.4 สัญญาณ clock ที่เข้าฟลิปฟลอป (SN 7474) จะได้มาจากเอาท์พุทที่มีลักษณะเป็นพัลซ์ของดิจิตอลไอซีแบบ Retriggerable Monostable Multivibrator with Clear (SN 74123) ซึ่งไอซีตัวนี้จะให้เอาท์พุทพัลซ์เมื่อสัญญาณอินพุท (Input B ที่ขา 2 หรือที่ขา 10 ของ SN 74123) เปลี่ยนจากสภาวะ L เป็น H สัญญาณตัวนี้ (Input B) จะนำมาจากเอาท์พุทของ Interface

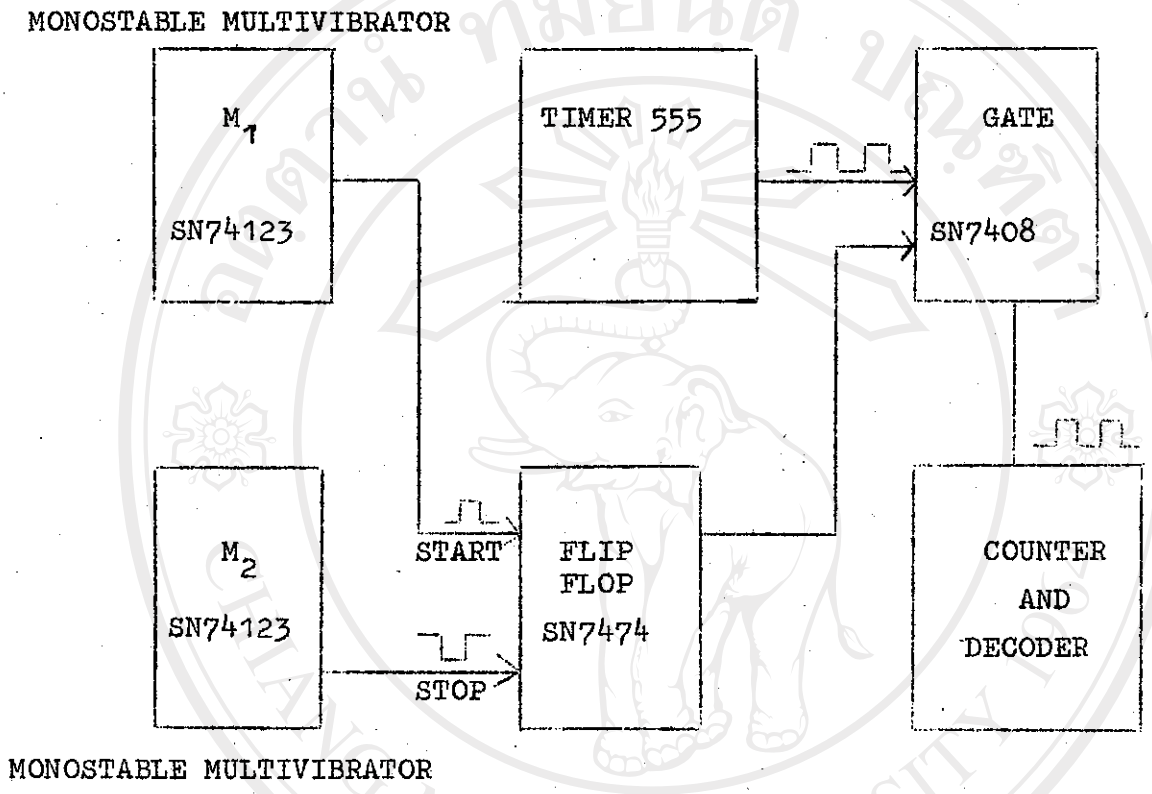
เมื่อมีรังสีมาตกกระทบหัววัด Interface จะให้สัญญาณ H แก่ input B ของ M_1(SN 74123) ทำให้ฟลิปฟลอป (SN 7474) มีเอาท์พุทสภาวะ H ทำให้สัญญาณพัลซ์ จาก Timer 555 ถูกปล่อยเข้าสู่หน่วยนับ ตอนนี้เรียกว่า เปิดการนับช่วงเวลา (Start)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เมื่อมีรังสีตัวที่สองตกกระทบหัววัด Interface จะให้สัญญาน BCD หลักที่สองเป็น H นำสัญญานนี้ผ่าน M_2(SN 74123) ตามรูปที่ 3 4 ทำให้มีเอาท์พุทพัลซ์ นำเอาท์พุท ($\bar{Q}$) ของ M_2 (ดูรายละเอียดวงจรในรูปที่ 3.7) เข้าไป clear ฟลิปฟลอป (SN 7474) เมื่อฟลิปฟลอปถูก clear จะให้เอาท์พุท (Q) เป็นสภาวะ L ทำให้สัญญานนาฬิกาของ Timer555 ถูก block โดย gate ก่อนจะไปเข้าหน่วยนับ ตอนนี้เรียกว่า การปิดการนับช่วงเวลา (stop)

ดังนั้น สัญญานนาฬิกาที่หน่วยนับ นับได้ตั้งแต่การเปิด (start) จนกระทั่งถึงการปิด (stop) สัญญานนาฬิกาโดยรังสีตัวแรกและตัวที่สองตามลำดับ จึงเป็นช่วงเวลาระหว่างรังสีสองตัวที่มาติดกันในหน่วย 10^{-3} วินาที

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 3.4 แสดงส่วนประกอบของหน่วยควบคุมการ เปิด-ปิดสัญญาณเวลา

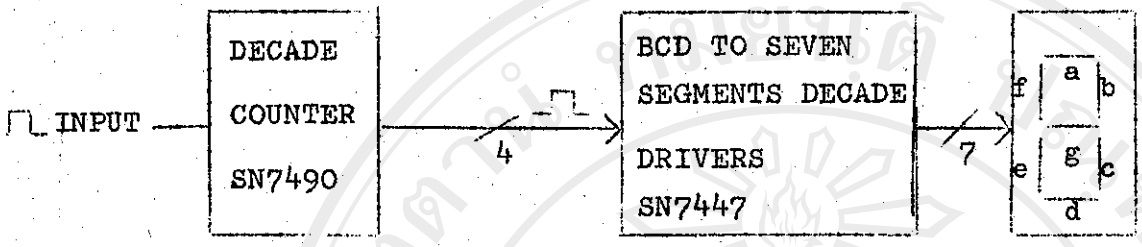
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.1.3.3 หน่วยนับสัญญาณและภาคแสดงผล (Counter and Decoder System)

เมื่อมีสัญญาณนาฬิกาจาก Timer 555 เข้าสู่หน่วยนับ ตามรูปที่ 3.5 ไอซีที่ทำหน้าที่นับสัญญาณพัลซ์คือ ไอซี Decade counter หมายเลข SN7490 เมื่อนับแล้วจะให้เอาท์พุทเป็นสัญญาน BCD

ไอซี BCD to-Seven Segments Decoders Drivers หมายเลข SN7447 จะทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาน BCD เป็นสัญญานอินพุทให้แก่ seven segment ของ Light Emitting Diode(LED) แบบ common anode ที่ทำหน้าที่ display สัญญานจาก SN7447 ก็จะทำให้ segments ต่าง ๆ ของ LED สว่าง เป็นตัวเลขตามจำนวนสัญญานนาฬิกาจาก Timer555 ที่ Decade counter(SN7490) นับได้ ซึ่งก็คือเวลาระหว่างช่วงรังสีตัวแรกถึงตัวที่สองในหน่วย 10^{-3} วินาที นั่นเอง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 3.5 แสดงวงจรหน่วยนับและภาคแสดงผล

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

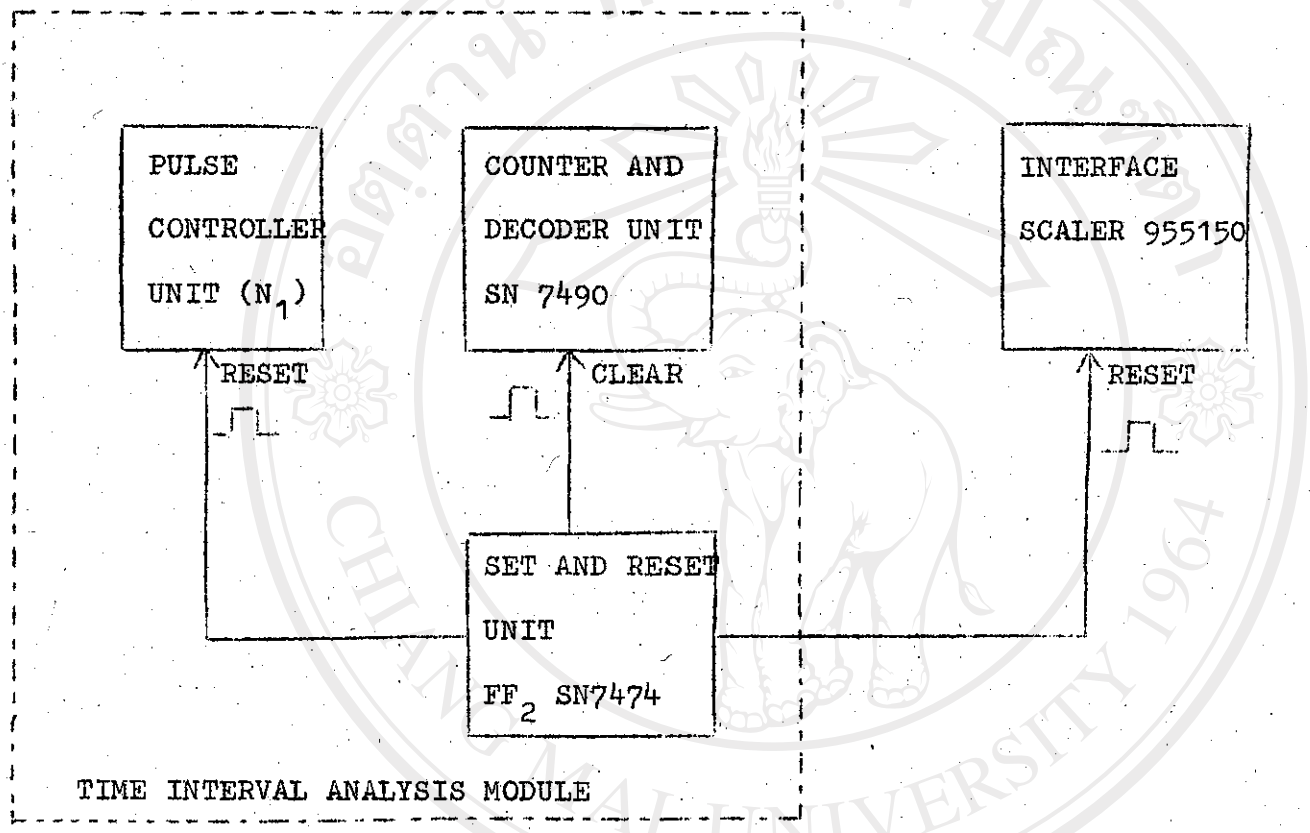
3.1.3.4 การ set และ reset เครื่องนับช่วงเวลาและ Interface

ในการทดลองเมื่อบันทึกช่วงเวลาของรังสีระหว่างพัลซ์ที่ 1 และ 2 แล้ว จะต้องมีการ clear และ set ที่พัลซ์ที่ 4 เพื่อให้เครื่องมือเริ่มทำงานนับช่วงเวลาระหว่างรังสีคู่ใหม่อีก หากไม่มีการ clear และ set ใหม่แล้ว เมื่อ Interface ที่ทำหน้าที่เป็น Scaler นับถึงพัลซ์ที่ 5 สัญญาณจาก BCD จาก Interface ก็จะทำให้เครื่องนับช่วงเวลาเริ่มนับอีกและหยุดเมื่อถึงพัลซ์ที่ 6 ซึ่งช่วงเวลาต่อมานี้ เราจะบันทึกไม่ได้เพราะเป็นค่ารวมช่วงเวลาของรังสีคู่ก่อน (1 กับ 2) ไว้ด้วย ดังนั้น จึงต้องมีการ reset ที่พัลซ์ที่ 4 ของสัญญาณจาก Interface

ตามรูปที่ 3.6 เมื่อถึงพัลซ์ที่ 4 FF_2 (Flip-Flop SN7474) จะให้เอาท์พุท (Q) เป็นสภาวะ H ไป reset หน่วยควบคุมสัญญาณพัลซ์คือ N_1 (ดูวงจรในรูปที่ 3.7) เพื่อรอนับสัญญาณพัลซ์ที่ 1 ใหม่อีก และสัญญาณ H จาก FF_2 จะไป clear หน่วยนับและภาคแสดงผลให้ตัวเลขเป็นศูนย์หมดเพื่อรอการ display ใหม่

สัญญาณ H จาก FF_2 จะไป reset ตัว Interface ที่ทำหน้าที่ Scaler ให้เริ่มต้นนับที่ศูนย์ใหม่เพราะเราไม่ต้องการให้สัญญาณ BCD เกินพัลซ์ที่ 4 โดยการผ่านสัญญาณ reset จาก FF_2 เข้าทางขา 22 บนแพง Decade/Multiplexer Board (ดูรายละเอียดในรูปที่ ผ.1.2.1) ก็จะทำให้ Interface ถูก reset พร้อมที่จะเริ่มทำงานใหม่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 3.6 แสดงส่วนประกอบของวงจร set และ reset

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.2 การทำงานของเครื่องมือทดลอง

จากรูปที่ 3.7 สัญญาน BCD จาก Interface จะเข้าสู่เครื่องนับช่วงเวลาทาง $\bar{A},\bar{B},\bar{C}$ และ $\bar{D}$ ซึ่งจะต้องผ่าน inverter เพื่อให้ได้สัญญานบวก A,B,C, และ D สัญญาน A,B,C และ D จะเป็นสัญญานจากรังสีตัวที่ 1,2,4, และ 8 ตามลำดับที่ตกกระทบหัวรังสี

ที่ input B จะมีสวิชท์ 2 $(S_2)^+$ ที่ input C มีสวิชท์ 3 (S_3) และที่ input D จะมีสวิชท์ 4 (S_4) สวิชท์เหล่านี้ต่อกับ AND gate (N_2) เพื่อทำหน้าที่เลือกการนับช่วงเวลาระหว่างรังสีว่าจะนับระหว่างคู่ใด ในการวิจัยนี้จะวัดช่วงเวลาระหว่างรังสีตัวแรกกับตัวที่สอง จึงให้ S_2 เป็น L ส่วน S_3 และ S_4 เป็น H

นอกจากการกำหนดสวิชท์เหล่านี้แล้วยังต้องมีการ set อุปกรณ์ตัวอื่นให้พร้อมทำงาน ซึ่งการ set จะมีขั้นตอนดังต่อไปนี้ (ดูรูป 3.7)

(1) ตั้ง S_2 เป็น L ตั้ง S_3 และ S_4 เป็น H

(2) โยก S_8 จาก L เป็น H ทำให้ clear ของฟลิปฟลอป FF_1 และ FF_2 เป็น H ฟลิปฟลอปทั้งสองอยู่ในสภาวะพร้อมทำงานให้เอาท์พุท Q เป็น L

(3) โยก S_5 จาก L H L ให้สัญญานพัลซ์เข้า input B ของ M_3 ซึ่ง M_3 จะให้เอาท์พุทพัลซ์เข้า clock ของ FF_2 ทำให้ FF_2 ให้เอาท์พุท (Q) เป็น H เข้า N_1 ขา And gate สองขาของ N_1 จึงเป็น H มีเฉพาะขา 3 เป็น L เอาท์พุทของ N_1 จึงยังเป็น L

(4) เมื่อมีสัญญานรังสีตัวแรกจากหัววัดเข้า Interface จะมีสัญญานเอาท์พุทเป็น H จาก Interface เข้าสู่ A ทำให้ N_1 ให้เอาท์พุทเป็น H เมื่อขา B เมื่อขา B ของ M_1 เปลี่ยนจาก L เป็น H ก็จะให้เอาท์พุทพัลซ์ เข้า clock ของ FF_1 (ซึ่ง clear เป็น H แล้วจากการโยก S_8) ทำให้เอาท์พุท (Q) ของ FF_1 เป็น H รวมกับสัญญานพัลซ์จาก Timer 555 เข้า N_7

+ สวิทช์ทุกตัวยกเว้น S_6 เป็น toggle on-off switch

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ในขณะเดียวกันเอาท์พุท ($\bar{Q}$) ของ M_1 จะทำให้ clear ของ FF_2 เป็น L ส่งไปยัง clear ของ Counter and Decoder System ทำให้ clear ของ Decade counter (SN 7490)เป็น L สัญญาน Q จาก FF_1 เข้า N_3 เป็น H ทำให้เอาท์พุทของ N_4 เป็นพัลซ์ส่งเข้าCounter and Decoder System ซึ่ง clear เป็น L จึงมีการ count (start)

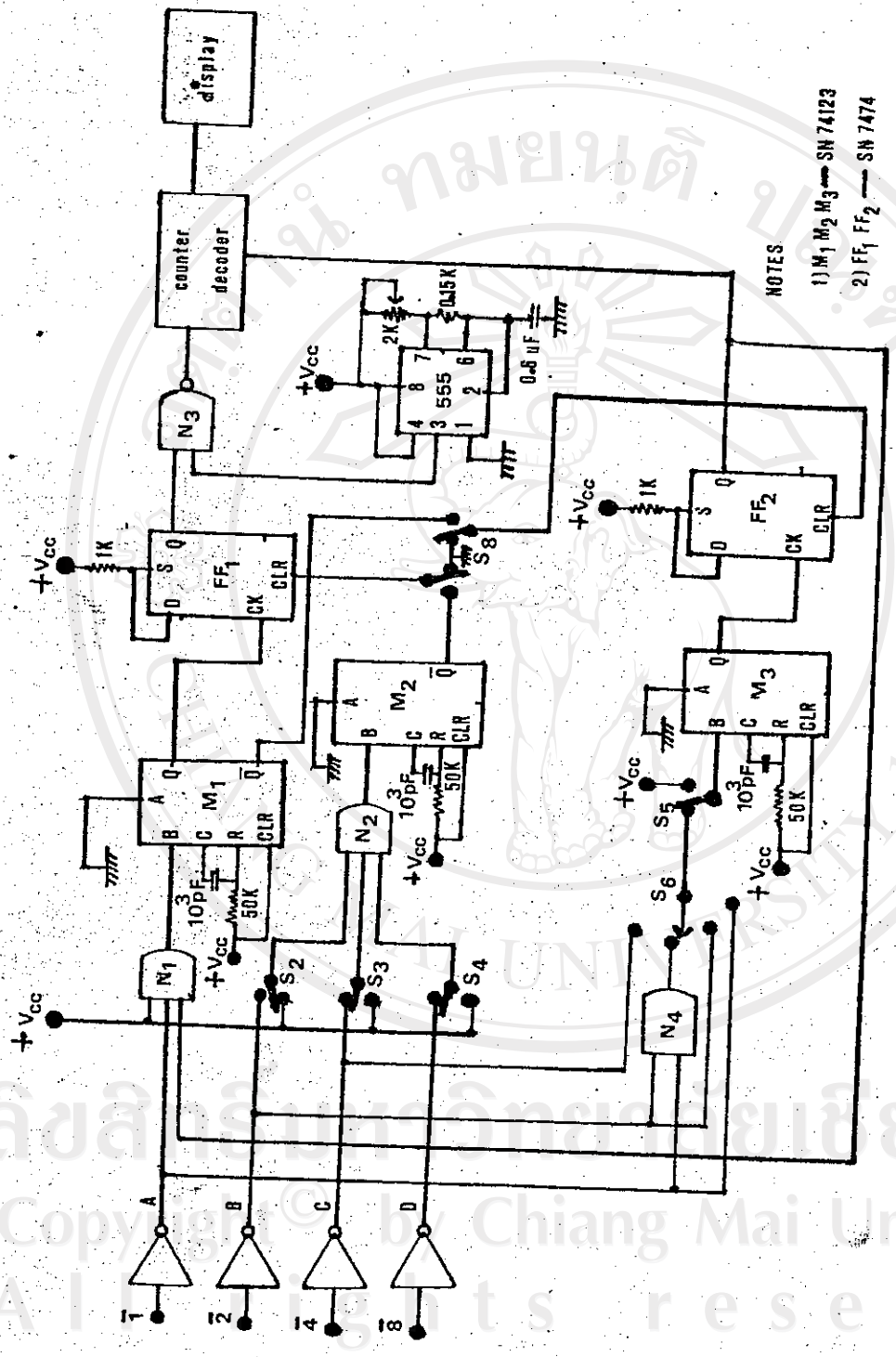
(5) เมื่อรังสีตัวที่สองตกกระทบหัววัดรังสี จะมีสัญญานลอจิคจาก Interface เป็นH เข้าที่ S_2 ทำให้เอาท์พุทของ N_2 เป็น H เพราะ S_3 และ S_4 เป็น H อยู่แล้วเอาท์พุท H จาก N_2 ทำให้ M_2 ให้สัญญานพัลซ์ที่ $\bar{Q}$ ซึ่งต่อกับ clear ของ FF_1 ผ่านทาง S_8 ทำให้ clear ของ FF_1 เป็น L ให้เอาท์พุท Q เป็น L เข้า N_3 เมื่อเอาท์พุท N_3เป็น L จึงไม่มีพัลซ์เข้า Counter System การนับจึงหยุด (Stop) หากแสดงผลแสดงตัวเลขที่นับได้ค้างไว้เพราะยังไม่มีการ clear

(6) เมื่อรังสีตัวที่สามตกกระทบหัววัดรังสี N_1 เป็น H จะเริ่มนับแต่ขณะเดียวกัน S_2 ก็เป็น H จึงหยุดนับ รังสีตัวที่สามจึงไม่ให้เวลานับเพิ่มขึ้นแต่เว้นไว้เพื่อบันทึกข้อมูล

(7) เมื่อรังสีตัวที่สี่ตกกระทบหัววัดรังสี Interface ให้เอาท์พุทH ที่ S_4 ซึ่งต่อกับ Selector Switch (S_6) และ S_5 ทำให้เอาท์พุท H เข้าขา B ของ M_3 ซึ่งจะให้เอาท์พุทพัลซ์แก่ clock ของ FF_2 ทำให้ Q ของ FF_2 เป็น H Q ของ FF_2 ที่เป็น H จะ clear ตัว counter ให้ display เป็นศูนย์หมด Q ของ FF_2 ที่เป็น H จะ reset ตัว Interface ที่ทำหน้าที่ Scaler ให้เป็นศูนย์พร้อมที่จะเริ่มนับ 1 ใหม่

Q ของ FF_2 ที่เป็น H จะทำให้อินพุทของ N_1 เป็น H สองขาเหลือ L เพียงขาเดียวที่ต่อกับ A สัญญานจากรังสีตัวใหม่ผ่าน Interface เป็น H เข้า A ก็จะทำให้ N_1 มีเอาท์พุทเป็น H วงจรนับก็จะเริ่มทำงานใหม่เหมือนเดิมอีก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 3.7 แสดงวงจรเครื่องนับช่วงเวลา (Time Interval Analysis Module)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

3.3 <u>การบันทึกข้อมูล</u>

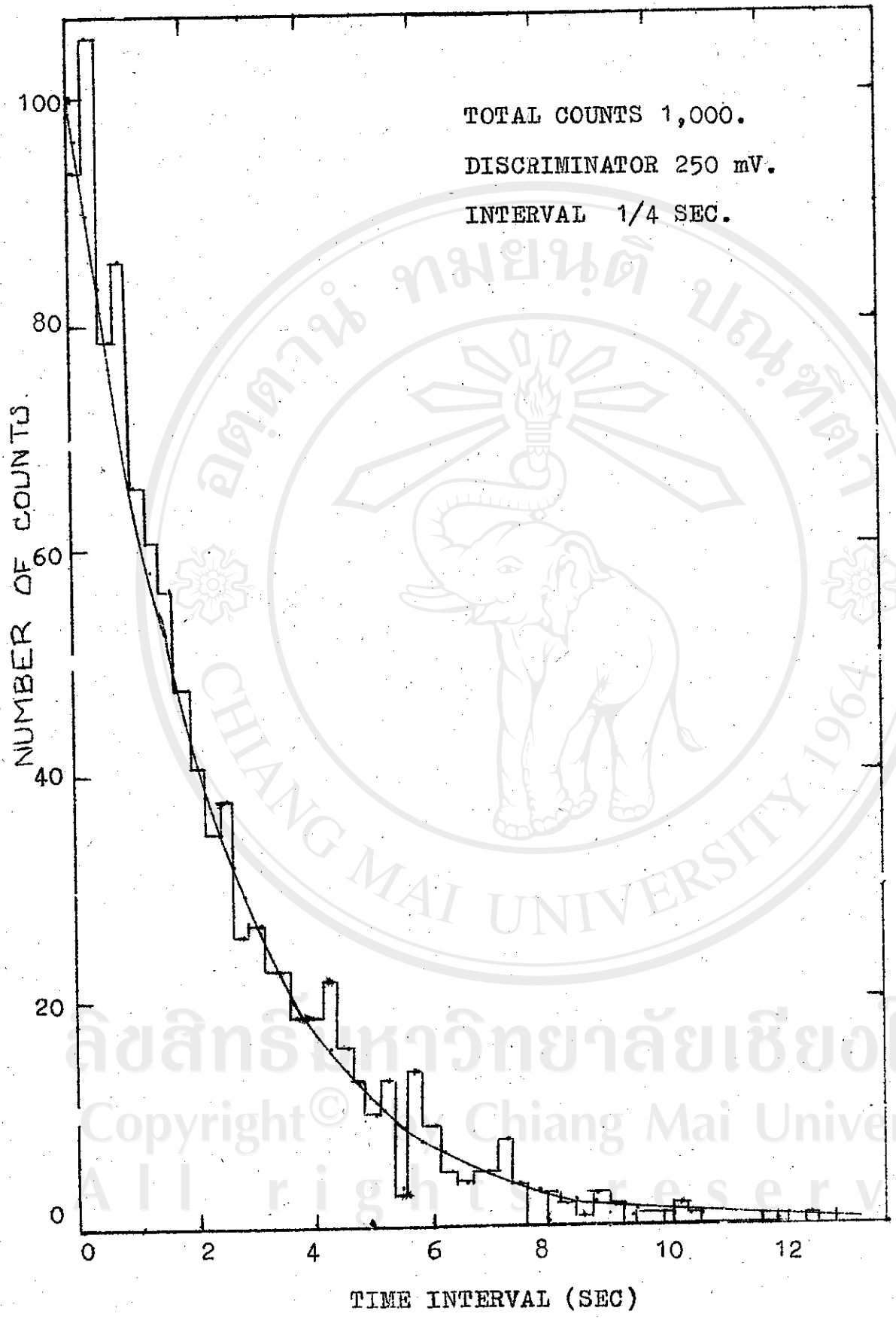
การบันทึกข้อมูลเป็นการบันทึกช่วงเวลา (time interval) แล้วนำมาแจกแจงความถี่ของช่วงเวลาต่างๆ ในการวิจัยได้บันทึกข้อมูลแบบต่างๆ ต่อไปนี้

ก. บันทึกจำนวน 20,000 ช่วงเวลา (intervals) โดยตั้ง Discriminator (ดูการตั้งและ calibrate discrimator ในภาคผนวกที่ 2) ที่ 250 mV

ข. บันทึกจำนวน 10,000 ช่วงเวลา (interval) โดยตั้ง Discriminator ที่ 500 mV. เพื่อลด background พลังงานต่ำๆ ซึ่งการบันทึกใช้เวลายาวนานกว่าครั้งแรก (หัวข้อ 3.3.1) มาก เพราะจำนวนรังสีต่อช่วงเวลามีค่าน้อยลง

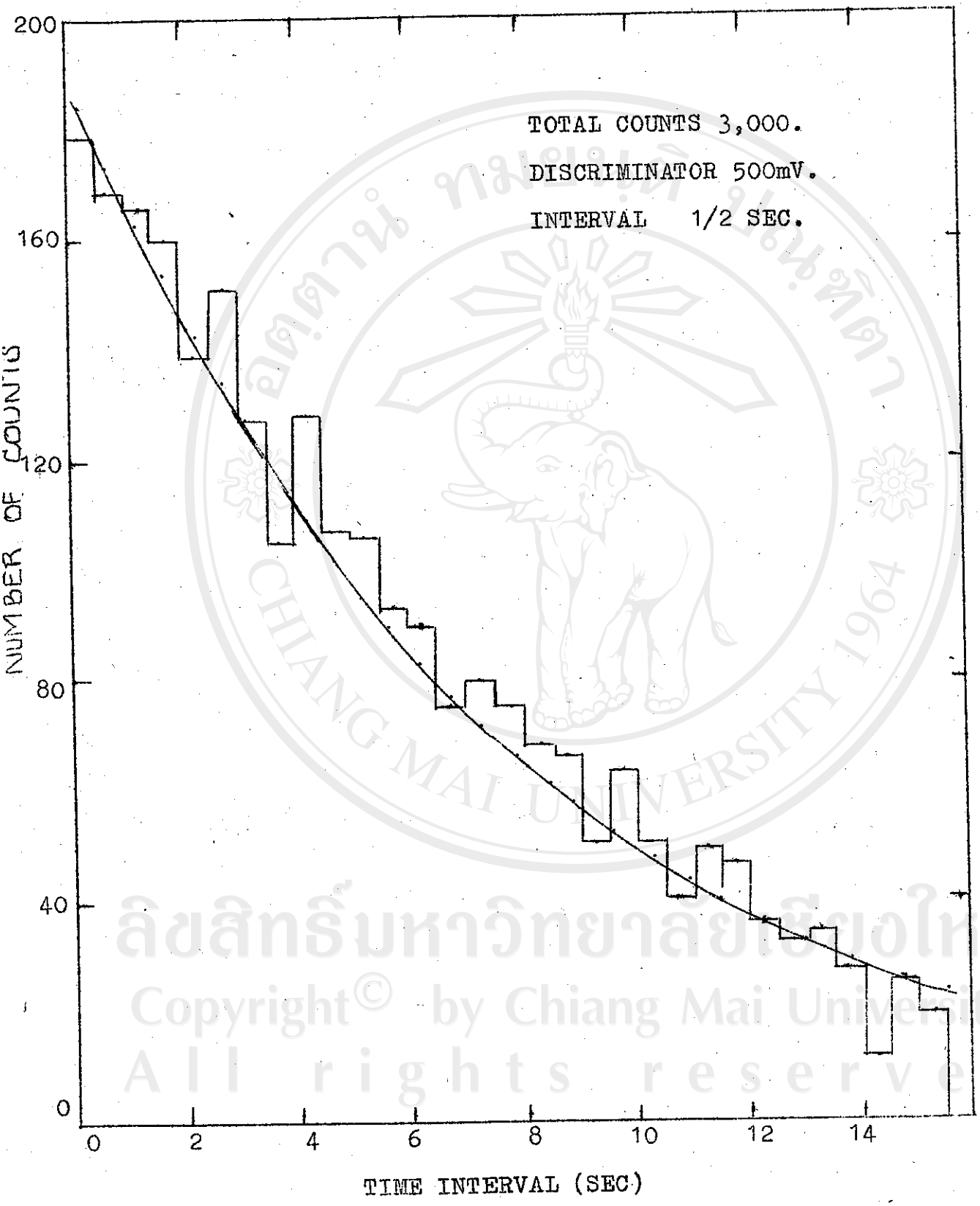
ต่อไปนี้เป็นตัวอย่างข้อมูลที่บันทึกได้ เป็นการแจกแจงความถี่ระหว่างจำนวน intervals (counts) กับช่วงเวลาในรูป 3.8 และ รูปที่ 3.9

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 3.8 แสดงการกระจายของช่วงเวลาระหว่างรังสี จำนวน 1,000 counts.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 3.9 แสดงการกระจายของช่วงเวลาระหว่างรังสี จำนวน 3,000 counts.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved