

## บทที่ 5

### การทดสอบ

เครื่องวัดกาชเรดอนที่ได้สร้างขึ้น จะถูกนำไปทดสอบใน 2 ลักษณะคือ

การทดสอบทางวงจรรีเลคทรอนิกส์

การทดสอบการวัดปริมาณรังสีแอลฟา

#### 5.1 การทดสอบทางวงจรรีเลคทรอนิกส์

##### 5.1.1 การทดสอบผลตอบสนองทางความถี่

การทดสอบใช้สัญญาณรูปคลื่นไซน์ขนาด 10 มิลลิโวลต์ (จากยอดกลางถึงยอดบน) ที่ทุกค่าความถี่ที่เปลี่ยนไป บ้อนเข้าวงจรรขยายหลักในรูป 4.4 และ 4.5 เมื่อวัดขนาดของสัญญาณขาออกของวงจรทั้งสองที่ความถี่ต่างๆ และนำมาเขียนกราฟผลตอบสนองทางความถี่ในแกน log ทั้งแนวตั้งและแนวนอนจะได้ผลการทดสอบดังรูป 5.1 (ก) และ 5.2 (ก) ตามลำดับ จะเห็นได้ว่ารูป 5.1 (ก) ช่วงความถี่คัทออฟต่ำถึงความถี่คัทออฟสูง คือช่วงความถี่กลางซึ่งอยู่ในช่วง 1.6 kHz ถึง 16 kHz ส่วนรูป 5.2 (ก) ช่วงความถี่กลางคือ 3.8 kHz ถึง 15.2 kHz

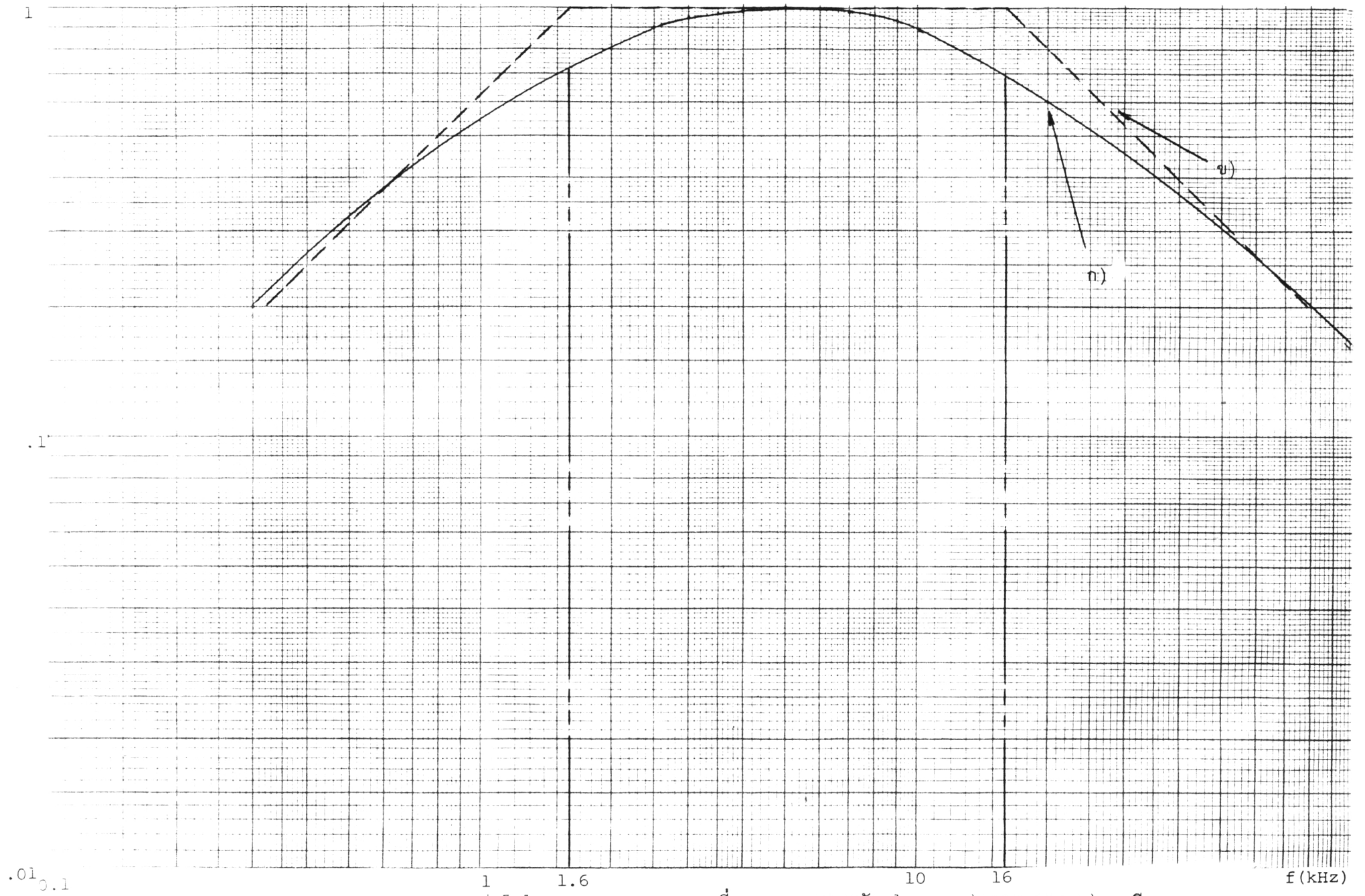
จากการวิเคราะห์เชิงความถี่ของวงจรรขยาย 1 ภาค ในรูป 4.4 โดยหา  $|V_o/V_i|$  เป็นฟังก์ชันของ  $\omega$

$$\frac{V_o}{V_i} = - \frac{Z_o(j\omega)}{Z_i(j\omega)} \quad (5.1)$$

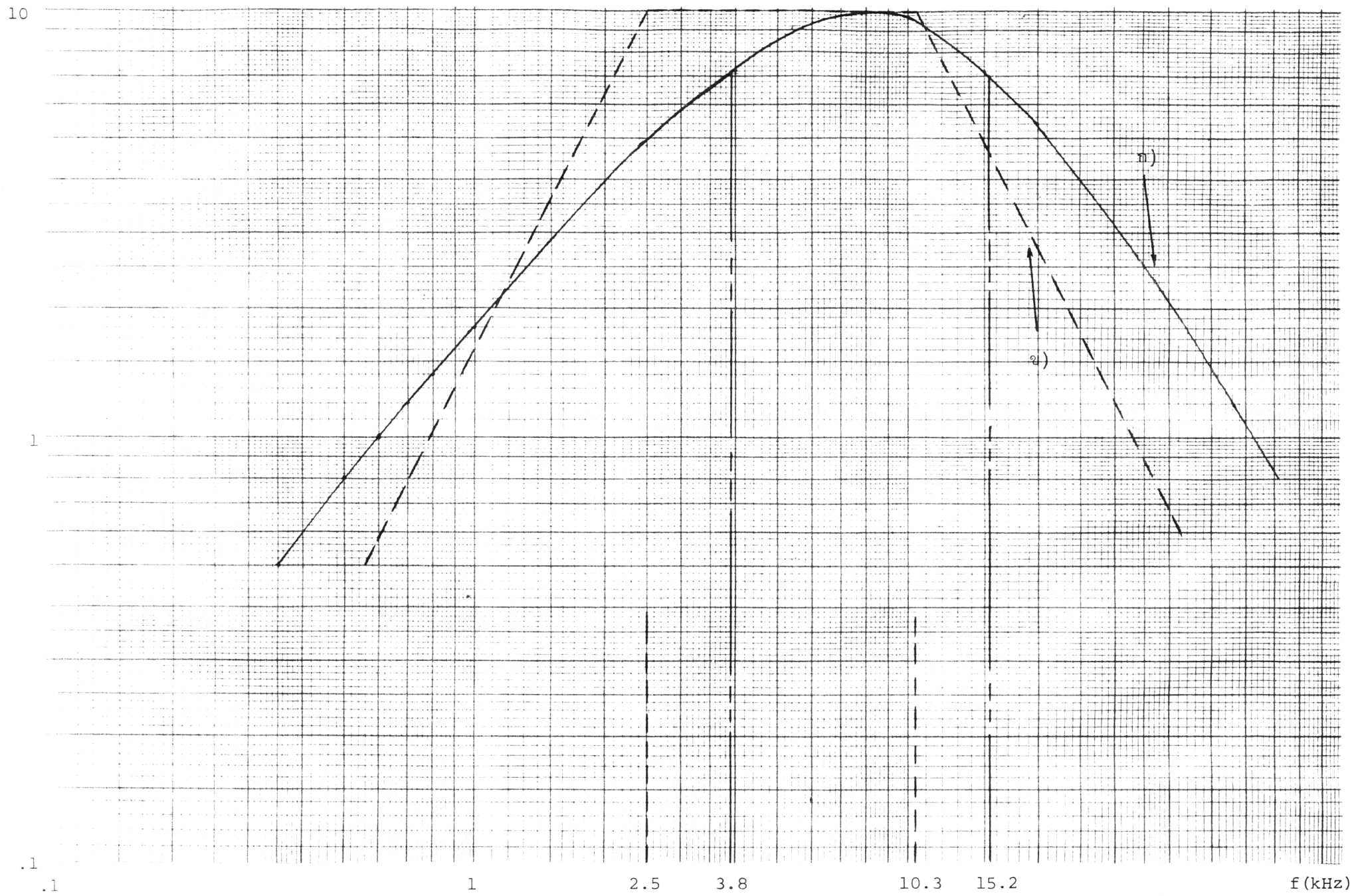
$$= - \frac{1}{(R_1 - j/\omega C_1) \left( \frac{1}{R_2} + j\omega C_2 \right)} \quad (5.2)$$

$$= - \frac{R_2}{R_1} \frac{1}{\left( 1 + \frac{1}{j\omega C_1 R_1} \right) (1 + j\omega C_2 R_2)} \quad (5.3)$$

$$\left| \frac{V_o}{V_i} \right| = \frac{1}{\sqrt{\left[ \frac{R_1}{R_2} + \frac{C_2}{C_1} \right]^2 + \left[ \omega C_2 R_1 - \frac{1}{\omega C_1 R_2} \right]^2}} \quad (5.4)$$



รูป 5.1 ผลตอบสนองทางความถี่ของวงจรขยายหลัก 1 ภาค ก)ฉารทดลอง ข)ทฤษฎี



รูป 5.2 ผลตอบสนองทางความถี่ของวงจรขยายหลัก 2 ภาค ก) การทดลอง ข) ทฤษฎี

เมื่อแทนค่า  $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$ ,  $R_2 = 10 \text{ k}\Omega$ ,  $C_1 = 0.01 \text{ }\mu\text{F}$ ,  $C_2 = 100 \text{ pF}$  ลงในสมการ (5.4) แล้วนำไปเขียนกราฟโดยประมาณในแกน  $\log$  ทั้ง 2 แนว ระหว่าง  $|V_o/V_i|$  และ  $f$  ได้ดังรูป 5.1 ข) ซึ่งมีความถี่กลางในช่วง 1.6 kHz ถึง 16 kHz และอัตราขยายในย่านความถี่กลาง  $= \frac{R_2}{R_1} = 10$

เมื่อพิจารณาวงจรรูป 4.5 ซึ่งเป็นวงจรรูป 4.4 ต่อเนื่องกัน 2 ภาค โดยไม่คำนึงถึงผลการโหลดของภาคที่ 2 ที่มีต่อภาคแรก จะได้

$$\left| \frac{V_o}{V_i} \right| = \frac{1}{\left( \frac{R_1}{R_2} + \frac{C_2}{C_1} \right)^2 + \left( \omega C_2 R_1 - \frac{1}{\omega C_1 R_2} \right)^2} \quad (5.5)$$

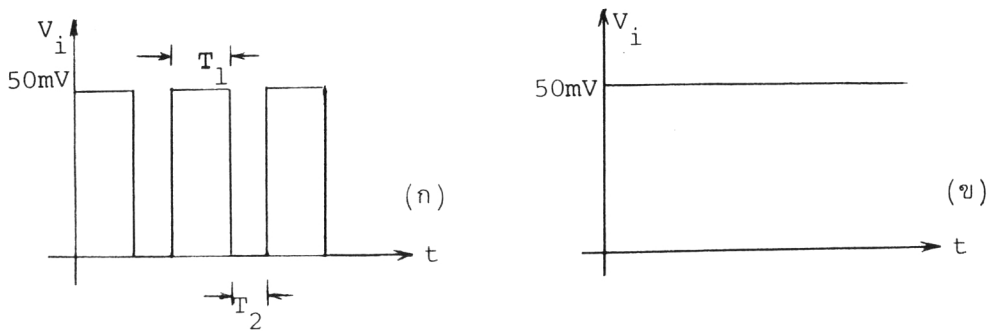
เมื่อนำมาเขียนกราฟโดยประมาณ เช่นเดียวกับรูป 5.1 (ข) จะได้รูป 5.2(ข) จะเห็นว่าความถี่คutoffต่ำจะมากขึ้น และความถี่คutoffสูงจะลดลง ทำให้ช่วงความถี่กลางแคบเข้า และอัตราขยายจะลดลงจากอัตราขยายที่ความถี่กลาง 40 dB/decade ทั้งสองข้าง ในทางทฤษฎี ความถี่คutoffต่ำ  $= 1.6 \text{ kHz} / \sqrt{2^{\frac{1}{2}} - 1} = 2.5 \text{ kHz}$  และความถี่คutoffสูง  $= 16 \times \sqrt{2^{\frac{1}{2}} - 1} = 10.3 \text{ kHz}$  และค่าอัตราขยายที่ความถี่กลาง  $= \left( \frac{R_2}{R_1} \right)^2 = 100$  ดังนั้นเมื่อพิจารณากราฟที่ได้จากการทดลองในรูป 5.1 (ก) จะใกล้เคียงกับทฤษฎี แต่กรณีวงจรรขยายต่อเนื่อง 2 ภาคนั้น กราฟที่ได้จากการทดลองในรูป 5.2 (ก) ความถี่คutoffทั้งสองจะผิดพลาดจากค่าของทฤษฎี เนื่องจากโดยความเป็นจริงแล้ววงจรรภาคที่ 2 จะมีผลต่อภาคแรก

### 5.1.2 การทดสอบผลตอบสนองต่อสัญญาณพัลส์

เนื่องจากเวลาที่ใช้ในการรวบรวมประจุซึ่งเกิดจากรังสีแอลฟาที่หัววัดนั้นมีค่าน้อยมาก (ประมาณ  $10^{-9}$  ถึง  $10^{-6}$  วินาที) <sup>(4)</sup> เมื่อเปรียบเทียบกับช่วงเวลาในการคายประจุที่วงจรรขยายส่วนหน้า ชนิดไวต่อประจุ (ประมาณ 100  $\mu\text{s}$ ) ดังนั้นสัญญาณที่ได้จากขาออกของวงจรรขยายส่วนหน้าจะเป็นพัลส์แรงดันที่มีค่าคงที่เวลาในการคายประจุมากกว่าช่วงเวลาขาขึ้นมากๆ พัลส์แรงดันดังกล่าวจะเป็นฟิงชันของเอ็กซ์โปเนนเชียล

การทดสอบผลตอบสนองต่อสัญญาณพัลส์ เพื่อดูผลของการขยายและแต่งรูปสัญญาณของวงจรรขยายหลักในแต่ละภาค

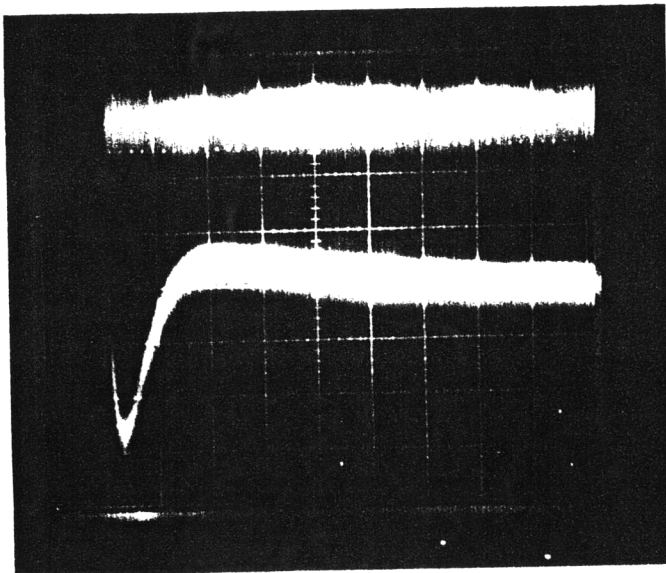
ผลตอบสนองต่อสัญญาณแบบ step



รูป 5.3 (ก) รูปคลื่นสัญญาณสี่เหลี่ยม

(ข) รูปคลื่นสัญญาณแบบ step

โดยการขยายช่วงเวลา  $T_1$  ของรูปคลื่นสี่เหลี่ยม จากเครื่องกำเนิดสัญญาณในรูป 5.3 (ก) ใ้ขามากๆ ก็จะได้รูปคลื่นสัญญาณแบบ step ในรูป 5.3 (ข) เมื่อนำรูปคลื่นแบบ step ที่มีขนาด 50 มิลลิโวลต์ ป้อนเข้าวงจรในรูป 4.4 ซึ่งเป็นวงจรขยายหลักภาคเดียว จะพบว่าวงจรขยายหลักจะตอบสนองต่อสัญญาณแบบ step ดังรูป 5.4 โดยมีการกลับเฟสกับสัญญาณขาเข้า และมีช่วงเวลาขาขึ้นประมาณ  $10\mu\text{s}$  ช่วงเวลาขาลง  $50\mu\text{s}$



สเกลเวลา  $50\mu\text{s}/\text{ช่อง}$

-90% แรงดันขาเข้า  $50\text{ mV}/\text{ช่อง}$   
ระดับ 0 โวลต์ อยู่ที่ 90%

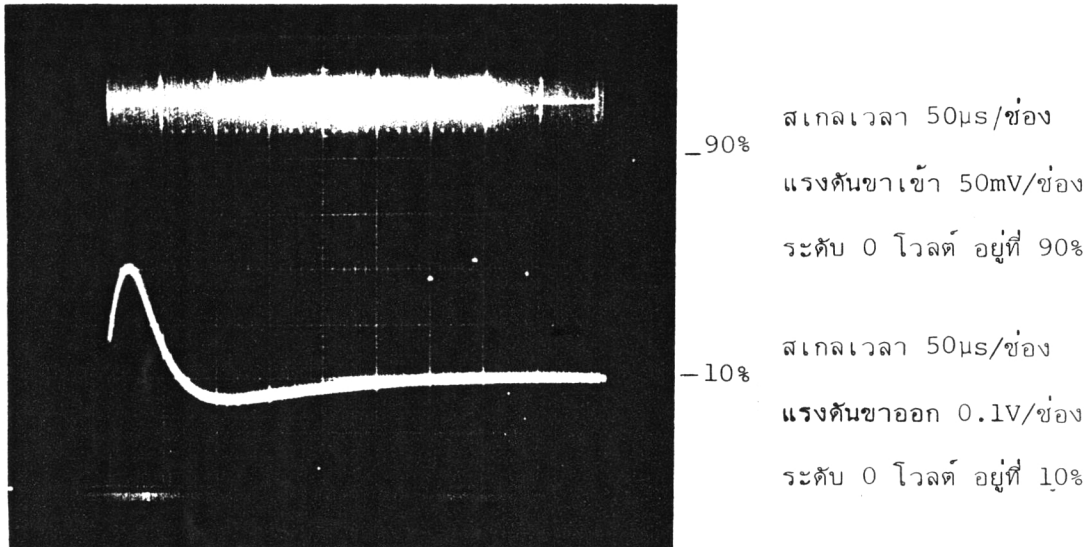
-50%

สเกลเวลา  $50\mu\text{s}/\text{ช่อง}$

แรงดันขาออก  $0.1\text{V}/\text{ช่อง}$   
ระดับ 0 โวลต์ อยู่ที่ 50%

รูป 5.4 ผลตอบสนองต่อรูปคลื่นสัญญาณแบบ step ของ วงจรขยายหลักภาคเดียว

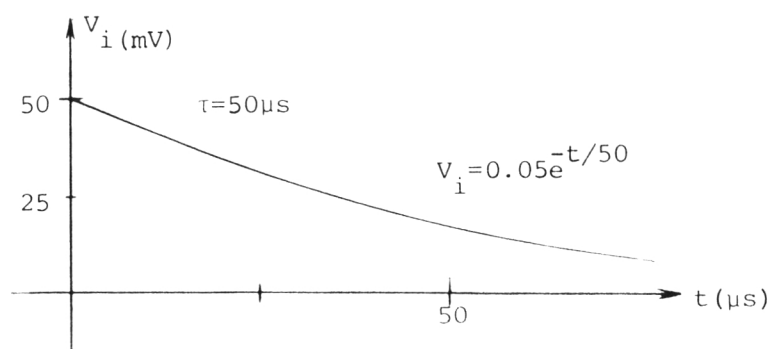
เมื่อนำรูปคลื่นสัญญาณแบบ step ป้อนเข้าวงจรขยายหลัก 2 ภาค (รูป 4.5) และวัดสัญญาณขาออก จะได้ดังรูป 5.5 ซึ่งเป็นพัลส์บวก โดยมีช่วงเวลาขาขึ้น  $20\mu\text{s}$  ช่วงเวลาขาลง  $40\mu\text{s}$



รูป 5.5 ผลตอบสนองต่อรูปคลื่นสัญญาณแบบ step ของวงจรขยายหลัก 2 ภาค

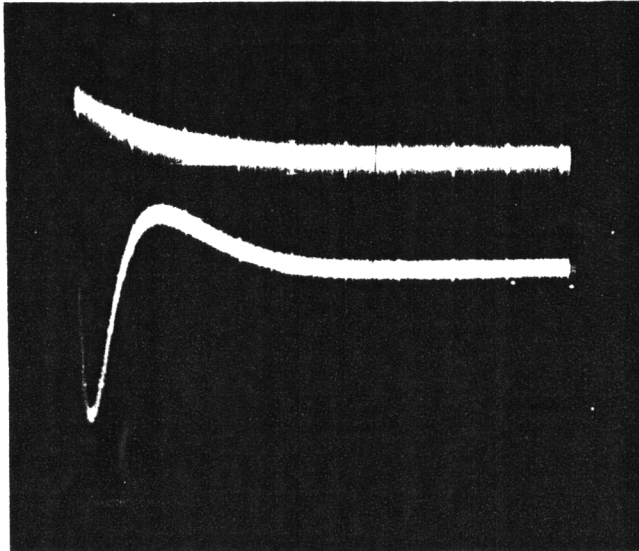
#### ผลตอบสนองต่อสัญญาณเอ็กซ์โปเนนเชียล

การทดสอบจะใช้สัญญาณเอ็กซ์โปเนนเชียลที่มีค่าคงที่เวลา  $= 50\mu\text{s}$  ขนาด  $50\text{mV}$  จากเครื่อง Pulser ดังรูป 5.6



รูป 5.6 รูปคลื่นสัญญาณเอ็กซ์โปเนนเชียล

ผลตอบสนองที่ขาออกของวงจรมายหลักภาคเดียว (รูป 4.4) จะเป็นสัญญาณพัลส์ลบ  
ที่มีค่าเวลาขาขึ้น  $5 \mu\text{s}$  ช่วงเวลาขาลง  $30 \mu\text{s}$  ดังรูป 5.7

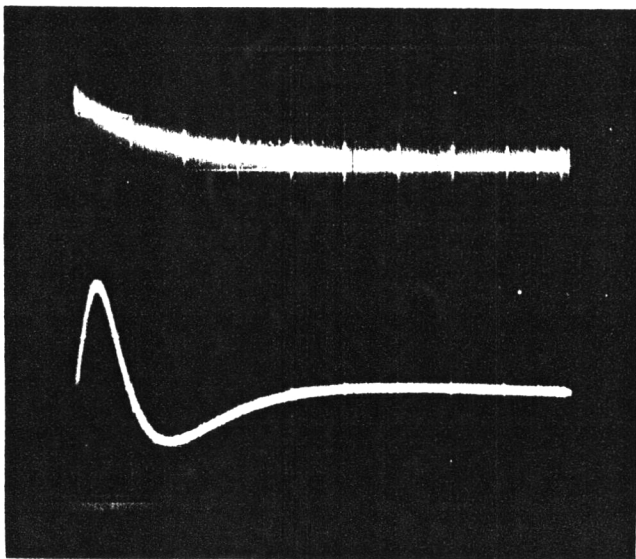


— 90% สเกลเวลา  $50\mu\text{s}/\text{ช่อง}$   
แรงดัน  $50\text{mV}/\text{ช่อง}$   
— 50% ระดับ 0 โวลต์ อยู่ที่ 90%

สเกลเวลา  $50\mu\text{s}/\text{ช่อง}$   
แรงดัน  $0.1\text{V}/\text{ช่อง}$   
ระดับ 0 โวลต์ อยู่ที่ 50%

รูป 5.7 ผลตอบสนองต่อสัญญาณเอ็กซ์โปเนนเชียลของวงจรมายหลักภาคเดียว

รูป 5.8 เป็นผลตอบสนองต่อรูปคลื่นสัญญาณเอ็กซ์โปเนนเชียลที่ขาออกของวงจรมายหลัก 2 ภาค ซึ่งเป็นพัลส์บวก ช่วงเวลาขาขึ้น  $= 15 \mu\text{s}$  ช่วงขาลง  $= 30 \mu\text{s}$



— 90% สเกลเวลา  $50\mu\text{s}/\text{ช่อง}$   
แรงดัน  $50\text{mV}/\text{ช่อง}$   
ระดับ 0 โวลต์ อยู่ที่ 90%

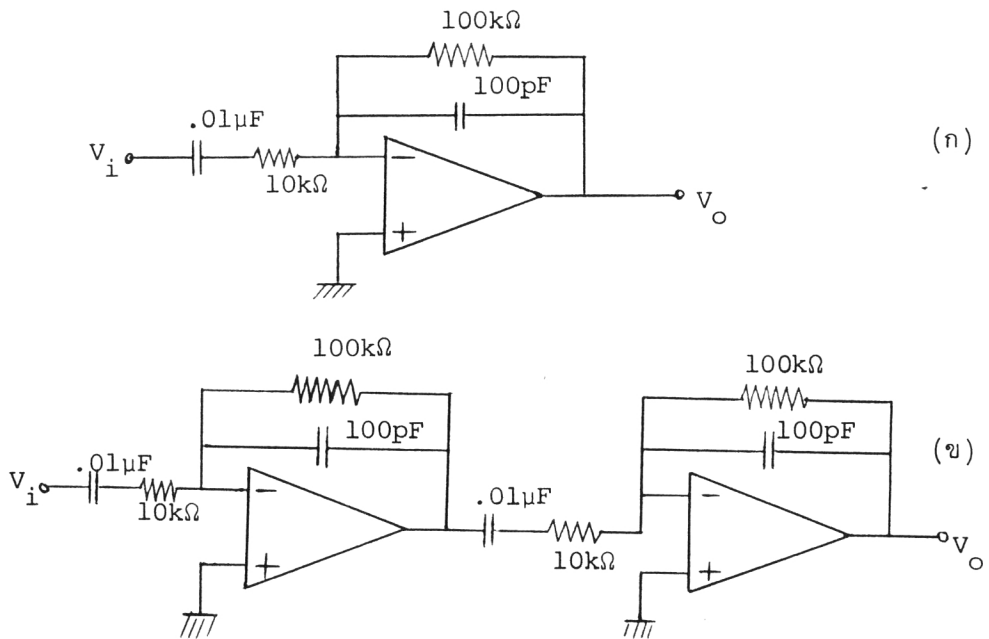
— 10% สเกลเวลา  $50\mu\text{s}/\text{ช่อง}$   
แรงดัน  $1\text{V}/\text{ช่อง}$   
ระดับ 0 โวลต์ อยู่ที่ 10%

รูป 5.8 ผลตอบสนองต่อสัญญาณเอ็กซ์โปเนนเชียลของวงจรมายหลัก 2 ภาค

รูปร่างของรูปคลื่นสัญญาณที่ขาออกของวงจรระบบเชิงเส้น จะถูกกำหนดโดยสัญญาณขาเข้า และลักษณะสมบัติของวงจร ดังนั้นเมื่อป้อนสัญญาณ  $V_i(t)$  เข้าที่วงจรขยายหลักในรูป 4.4 และ 4.5 โดยการวิเคราะห์ในโดเมนของ  $S$  จะได้

$$\frac{V_o}{V_i} = G(s) \quad (5.6)$$

เมื่อ  $V_o$  และ  $V_i$  เป็นฟังก์ชันอินเวอร์สลาปลาซทรานสฟอร์มของ  $V_o(t)$  และ  $V_i(t)$   $G(s)$  เป็นทรานสเฟอร์ฟังก์ชันของวงจรขยายหลัก



รูป 5.9 วงจรขยายหลัก

ทรานสเฟอร์ฟังก์ชันของวงจรรูป 5.9 (ก) หาได้จากสมการ (4.13)

$$\frac{V_o}{V_i} = -k \frac{s}{(s-a)(s-b)} \quad (5.7)$$

ทรานสเฟอร์ฟังก์ชันของวงจรรูป 5.9 (ข) โดยไม่คำนึงถึงการไหลจากวงจรภาคที่ 2

$$\frac{V_o}{V_i} = k^2 \frac{s^2}{(s-a)^2 (s-b)^2} \quad (5.8)$$



$$\begin{aligned}\text{โดย } k &= \frac{1}{(100 \text{ pF})(10 \text{ k}\Omega)} = 10^6 \\ a &= \frac{1}{(0.01 \mu\text{F})(10 \text{ k}\Omega)} = -1 \times 10^4 = -1/100 \text{ }\mu\text{s} \\ b &= \frac{1}{(100 \text{ pF})(100 \text{ k}\Omega)} = -10 \times 10^4 = -1/10 \text{ }\mu\text{s}\end{aligned}$$

การวิเคราะห์จะแยกพิจารณาการป้อนสัญญาณที่เป็นแบบ step และเป็นแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลเข้าวงจรรูป 5.9 (ก) และ 5.9 (ข)

กรณี  $V_i$  เป็นรูปคลื่น step 50 mV ป้อนเข้าวงจรรูป 5.9 (ก)

$$V_i = 0.05 u(t) \text{ เมื่อ } u(t) \text{ เป็น unit step function}$$

$$V_i = 0.05/s$$

$$V_o = -k \frac{0.05}{(s-a)(s-b)}$$

$$V_o(t) = -0.05 k \left[ \frac{e^{bt} - e^{at}}{b - a} \right] \quad (\text{ภาคผนวก ข})$$

$$V_o(t) = \frac{5}{9} \left[ e^{-t/10} - e^{-t/100} \right] \quad t \text{ เป็น } \mu\text{s} \quad (5.9)$$

กรณี  $V_i$  เป็นรูปคลื่น step 50 mV ป้อนเข้าวงจรรูป 5.9 (ข)

$$V_i = 0.05 u(t)$$

$$V_i = 0.05/s$$

$$V_o = k^2 \frac{0.05 s}{(s-a)^2 (s-b)^2}$$

$$V_o(t) = 6.2 \left[ \left(-\frac{t}{100} + 1.2\right) e^{-t/100} + \left(-\frac{t}{10} - 1.2\right) e^{-t/10} \right] t \text{ เป็น } \mu\text{s} \quad (5.10)$$

กรณี  $V_i$  เป็นรูปคลื่นเอ็กซ์โปเนนเชียล 50 mV ค่าคงที่เวลา = 50  $\mu\text{s}$  ป้อนเข้าวงจรรูป 5.9 (ก)

$$V_i = 0.05 e^{-t/50}$$

$$V_i = 0.05/(s-c) \quad c = -2 \times 10^4 = -\frac{1}{50 \text{ }\mu\text{s}}$$

$$V_o = -k \frac{0.05 s}{(s-a)(s-b)(s-c)}$$

$$V_o(t) = 0.55 e^{-t/100} + 0.7 e^{-t/10} - 1.25 e^{-t/50} \quad t \text{ เป็น } \mu\text{s} \quad (5.11)$$

กรณี  $V_i$  เป็นรูปคลื่นเอ็กซ์โปเนนเชียล 50 mV ค่าคงที่เวลา = 50  $\mu\text{s}$  ป้อนเข้าวงจรรูป 5.9 (ข)

$$V_o = 0.05 k^2 \frac{s^2}{(s-a)^2 (s-b)^2 (s-c)}$$

$$v_o = 6.2 \left[ (0.01t-3.2)e^{-t/100} - (0.125t+1.8)e^{-t/10} + 5e^{-t/50} \right] t \text{ เป็น } \mu s \quad (5.12)$$

เมื่อเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันขาออกในกรณีสมการ (5.9) ถึง (5.12) กับเวลาจะได้ดังรูป 5.10 ถึง 5.13 ตามลำดับ

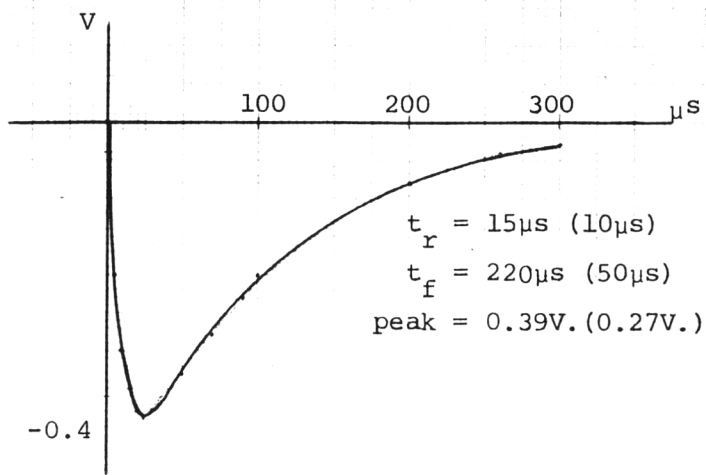
จากการพิจารณารูปคลื่นที่ได้จากการทดลองและรูปคลื่นที่ได้จากการวิเคราะห์ทางทฤษฎีพบว่าวงจรมีลักษณะเฉพาะที่เด่นชัดที่แต่งรูปสัญญาณที่ขาเข้าให้ได้สัญญาณที่ขาออกโดยเพิ่มช่วงเวลาขาขึ้น ( $t_r$ ) และลดช่วงเวลาขาลง ( $t_f$ ) เมื่อผ่านวงจรมีลักษณะที่ 2 ก็จะทำให้ค่า  $t_r$  มากขึ้น และค่า  $t_f$  ยิ่งลดลงอีก ดังนั้น เมื่อสัญญาณจากวงจรมีลักษณะที่ 2 เข้ามาต่อประจุซึ่งมีค่า  $t_r$  น้อย และค่า  $t_f$  มาก ถูกป้อนเข้าวงจรมีลักษณะที่ 2 ภาค สัญญาณขาออกที่ได้จะเป็นรูปคลื่นใกล้เคียงเกาส์เซียนมากยิ่งขึ้น เมื่อเปรียบเทียบผลการทดลองและผลจากการวิเคราะห์ทางทฤษฎี จะให้ผลใกล้เคียงกัน ยกเว้นกรณีที่  $V_i$  เป็นแบบ step 50 mV ป้อนเข้าวงจรมีลักษณะที่ 2 (รูป 5.4 และรูป 5.10) จะเห็นได้ว่าการตอบสนองต่อรูปคลื่นที่มีค่าช่วงเวลาขาลง =  $\infty$  ในทางทฤษฎีนั้น จะไม่เกิด Undershoot หรือ Overshoot<sup>(5)</sup> แต่ผลการทดลองจะมี Overshoot เนื่องจากสัญญาณขาเข้าแบบ step ที่ใช้นั้นแท้จริงค่าช่วงเวลาขาลงไม่เท่ากับ  $\infty$

สำหรับการพิจารณาในแง่ของขนาดของพัลส์ที่ได้นั้นพบว่าขนาดของพัลส์จะขึ้นกับองค์ประกอบที่เป็นรูปคลื่นขาเข้า ความถี่ฮาร์โมนิคต่างๆ ของสัญญาณขาเข้า เนื่องจากวงจรมีลักษณะที่ 2 เป็นวงจรมีการจำกัดช่วงความถี่ต่ำและความถี่สูง ดังนั้นองค์ประกอบรูปคลื่นขาเข้าที่มีความถี่ในช่วงความถี่กลางเท่านั้นที่จะถูกขยายและผ่านวงจรมีลักษณะที่ 2 ไปได้ นั่นคือรูปคลื่นพัลส์ที่ได้จากวงจรมีลักษณะที่ 2 ก่อนที่จะป้อนเข้าวงจรมีลักษณะที่ 2 จะมีความถี่ประมาณ 1 โวลต์ เมื่อสัญญาณที่ได้จากวงจรมีลักษณะที่ 2 ส่วนหน้ามีขนาด 27 มิลลิโวลต์

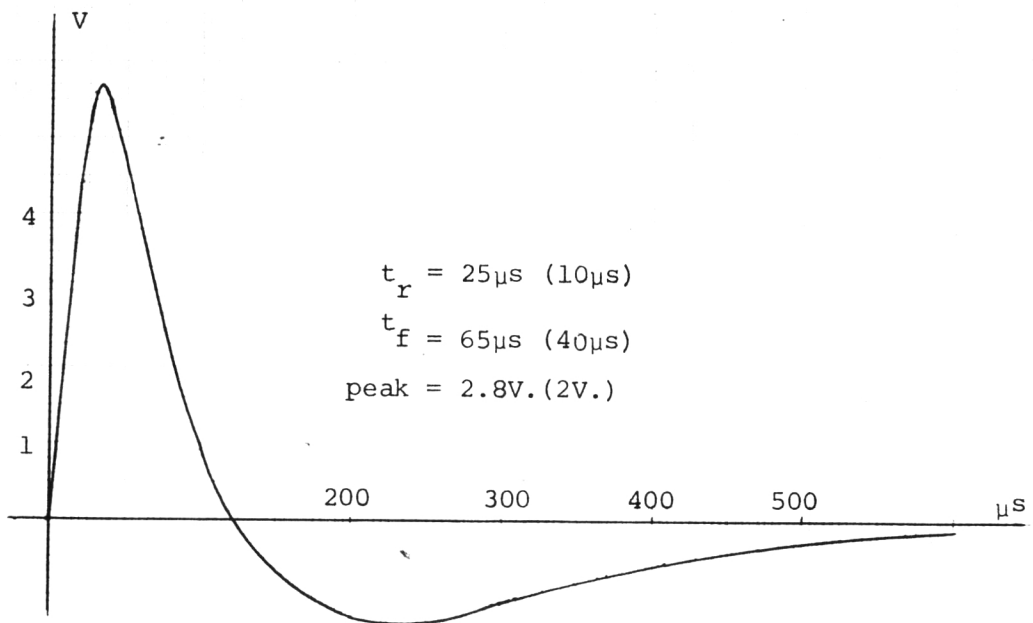
ในกรณีที่รังสีตกกระทบหัววัดในลักษณะติดต่อกันมากๆ สัญญาณพัลส์ที่ได้จากวงจรมีลักษณะที่ 2 ส่วนหน้าซึ่งมีช่วงเวลาขาขึ้นเร็ว และช่วงเวลาขาลงนาน นั้นจะไม่สามารถแยกสัญญาณแต่ละพัลส์ได้ ดังนั้นการแต่งรูปคลื่นสัญญาณให้เป็นรูปเกาส์เซียนจะทำให้พัลส์แต่ละพัลส์ถูกแยกเพื่อให้เหมาะสมกับการทำงานของวงจรมีลักษณะที่ 2<sup>(5)</sup> ดังรูป 5.14

### 5.1.3 การทดสอบการทำงานของภาคนับรังสี

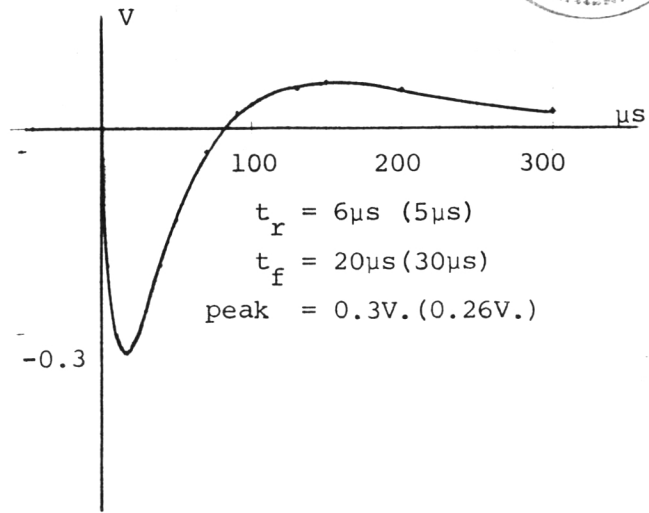
วงจรมีลักษณะที่ 2 ที่ออกแบบขึ้นนั้นได้ถูกนำมาทดสอบเพื่อให้มีความเชื่อถือในการทำงานมากขึ้น เมื่อคำนึงถึงความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นในวงจรมีลักษณะที่ 2 เวลาซึ่งใช้ เป็นแบบ



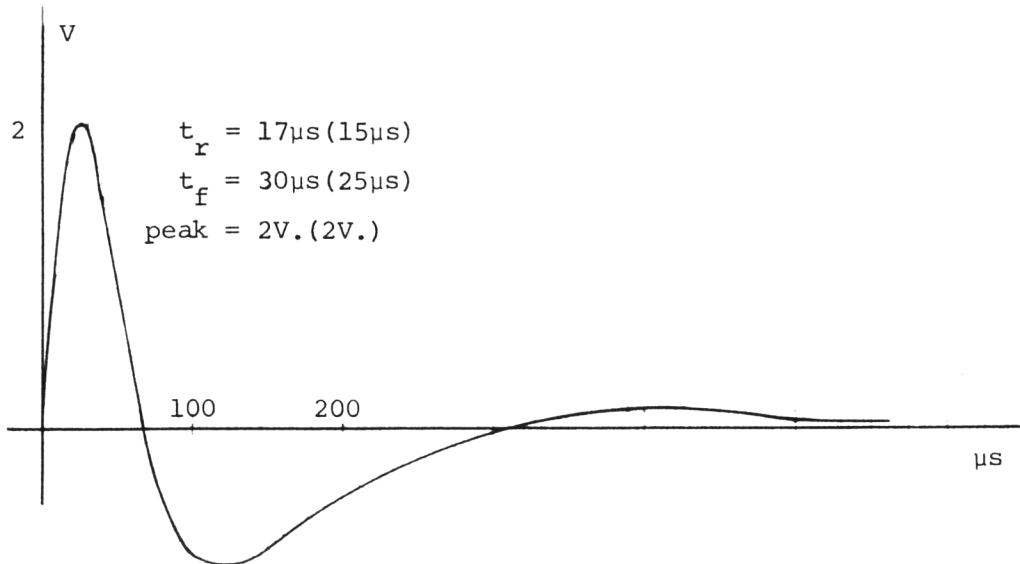
รูป 5.10 รูปคลื่นสัญญาณของสมการ 5.9



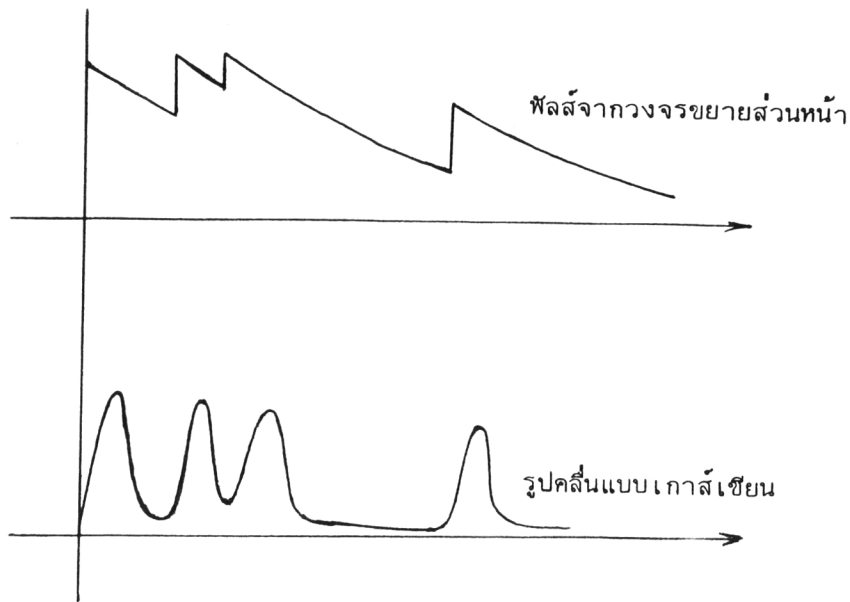
รูป 5.11 รูปคลื่นสัญญาณของสมการ 5.10



รูป 5.12 รูปคลื่นสัญญาณของสมการ 5.11



รูป 5.13 รูปคลื่นสัญญาณของสมการ 5.12



รูป 5.14 การแยกพัลส์โดยอาศัยการแต่งรูปคลื่นแบบเกาส์เซียน

RC oscillator โดยการวัดความถี่ 910.2 Hz ด้วยเครื่องนับความถี่ (Frequency Counter) พบว่าจะมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง 908 Hz ถึง 912 Hz ซึ่งทำให้เวลาในการนับพัลส์ความถี่ 0.027 Hz 1 ลูก เท่ากับ 35.93 วินาที ถึง 36.09 วินาที ดังนั้นในช่วงเวลา 36 วินาที จะผิดพลาดไป  $36.09 - 35.93 = 0.16$  วินาที ทำให้เวลาที่บันทึกได้ 1 วัน จะผิดพลาดไปประมาณ 6 นาที ซึ่งความผิดพลาดดังกล่าว (0.4%) สามารถยอมรับได้ เนื่องจากการใช้งานของเครื่องวัดไม่จำเป็นต้องอาศัยความเที่ยงตรงของเวลามากนัก

จากการวัดการกินกระแส วงจรทั้งหมดในเครื่องวัดกาซเรดอนจะกินกระแสประมาณ 22 มิลลิแอมป์ เมื่อทดสอบอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ขนาด AA (Energizer) สามารถใช้งานได้ต่อเนื่องเป็นเวลา 2 วัน

## 5.2 การทดสอบการวัดปริมาณรังสีแอลฟา

เมื่อนำเครื่องวัดกาซเรดอนซึ่งสร้างขึ้นในครั้งนี้นำไปทดสอบกับตัวอย่างสารกัมมันตรังสี เพื่อหาประสิทธิภาพของระบบเครื่องวัด และเพื่อวัดปริมาณรังสีแอลฟาที่สลายตัวจากกาซเรดอนของเราเตรียม

### 5.2.1 การหาประสิทธิภาพของเครื่องวัดกาซเรดอน

การทดสอบเพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องวัด ในที่นี้ใช้ตัวอย่างสารกัมมันตรังสีอะเมอร์เซียม

241 15 nCi เป็นมาตรฐาน โดยวางให้ระยะห่างระหว่างหัววัดรังสีกับอะเมอร์เซียม 241 ประมาณ 0.8 เซนติเมตร การทดสอบใช้เวลาในการวัดจำนวนนับภายในช่วงเวลา 5 นาที 3 ครั้ง และภายใน 10 นาที 3 ครั้ง อะเมอร์เซียม 241 จะให้รังสีแอลฟา 98% ที่มีพลังงาน 5.49 MeV อยู่ 85% และ 5.44 MeV เพียง 13% <sup>(6)</sup> ซึ่งค่าพลังงานทั้งสองจะใกล้เคียงกับพลังงานของรังสีแอลฟาที่สลายตัวจากกาซเรดอน ผลของการวัดจำนวนนับแสดงอยู่ในตาราง 6.1

จำนวนสุทธิ*	เวลา (ชั่วโมง)	เวลา (นาที)	จำนวนนับต่อชั่วโมง	จำนวนนับต่อนาที
24	0.08	5	288	4.8
29	.08	8	348	5.8
25	.08	5	300	5
46	.16	10	276	4.6
44	.16	10	264	4.4
43	.16	10	258	4.3
				เฉลี่ย = $\bar{x} \pm \sigma = 4.8 \pm 0.49$

ตารางที่ 6.1 ผลการวัดในอะเมอร์เซียม 241

\* จำนวนนับสุทธิ หมายถึง จำนวนนับที่หักค่าแบคกราวนด์แล้ว

$$\text{ประสิทธิภาพ} = \frac{\text{จำนวนนับที่อ่านค่าได้}}{\text{จำนวนนับจริง}} \times 100\%$$

ในการพิจารณาอนุภาคแอลฟาที่ตกกระทบหัววัดรังสีจะถือว่าต้นกำเนิดรังสีมีลักษณะเป็นจุด (Point Source) ดังนั้นลักษณะของลำอนุภาคจะเป็นรูปกรวยกลมโดยพื้นที่รับรังสีของหัววัดเป็นวงกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 มิลลิเมตร และความสูงของกรวยจะเป็นระยะห่างระหว่างจุดต้นกำเนิดกับหัววัด 0.8 เซนติเมตร กรณีอะเมอร์เซียม 241 15nCi จะให้รังสีแอลฟา =  $15\text{nCi} \times 3.7 \times 10^{10} \times 60 \times 0.98 = 32634$  ครั้งต่อนาที ในลักษณะทุกทิศทาง

$$\text{จำนวนนับจริง} = \frac{32634 \times 2 \left( \tan^{-1} \frac{0.8}{0.8} \right)^{\circ}}{360^{\circ}}$$

$$\begin{aligned}
 &= 8158.5 && \text{ครั้งต่อนาที} \\
 \text{จำนวนที่อ่านค่าได้} &= 4.8 && \text{ครั้งต่อนาที (ตาราง 6.1)} \\
 \therefore \text{ประสิทธิภาพ} &= \frac{4.8}{8158.5} \times 100\% = 0.059\%
 \end{aligned}$$

นั่นคือประสิทธิภาพในการนับของเครื่องวัดก๊าซเรดอนนี้ = 0.059%

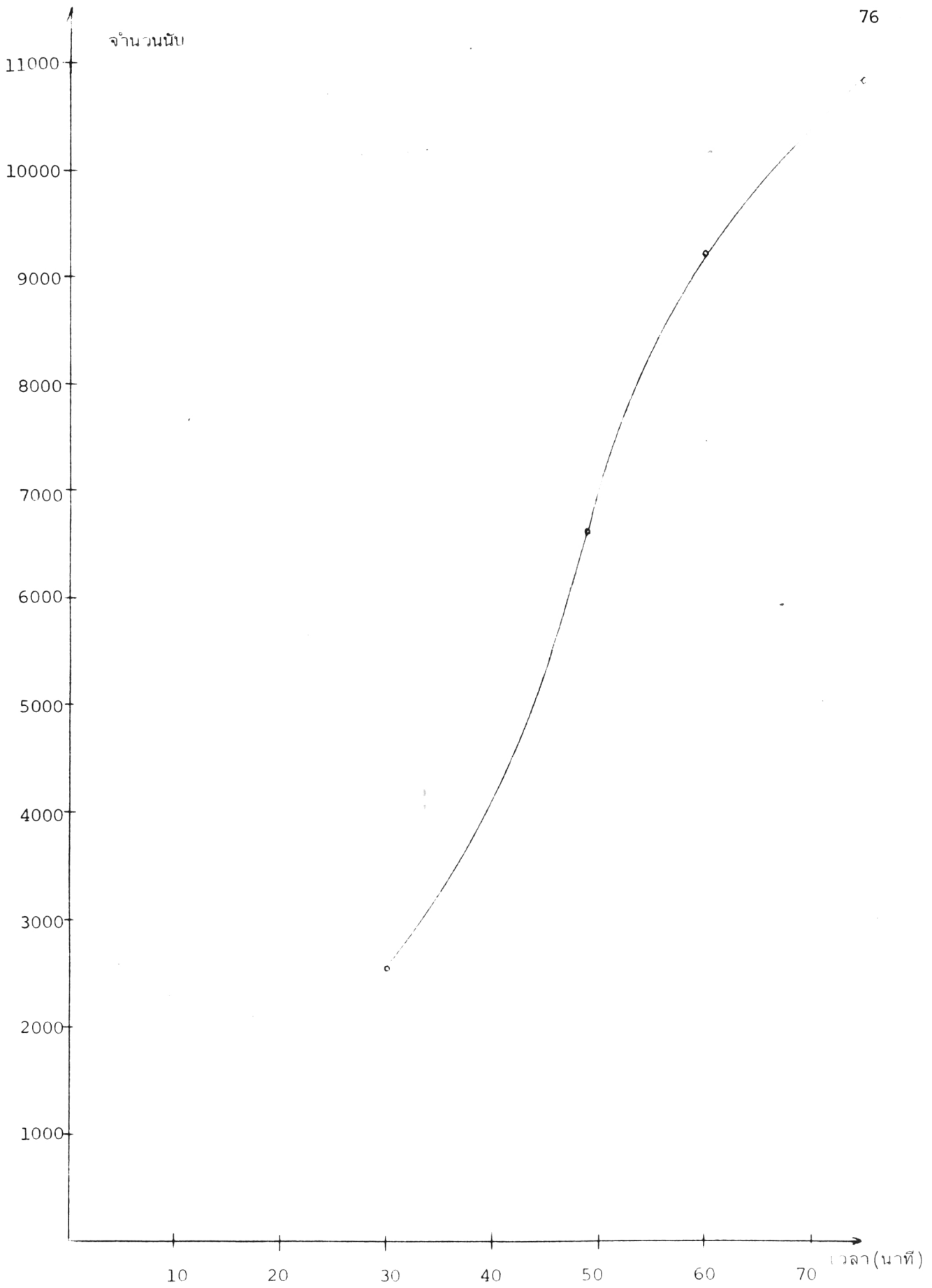
### 5.2.2 การวัดปริมาณรังสีแอลฟาที่สลายตัวจากก๊าซเรดอนของเรเดียม

การทดสอบใช้กับสารกัมมันตรังสีตัวอย่างเป็นเรเดียม 15  $\mu\text{Ci}$  วางในระยะห่างจากหัววัดรังสี 5 cm เพื่อป้องกันผลของรังสีแอลฟาที่สลายตัวโดยตรงจากเรเดียม<sup>(8)</sup> ซึ่งเป็นการวัดรังสีแอลฟาที่สลายตัวจากก๊าซเรดอนเท่านั้น สำหรับช่วงเวลาจะเพิ่มขึ้นครั้งละประมาณ 15 นาที ผลของจำนวนนับที่ช่วงเวลาต่างๆ กัน แสดงในตาราง 6.2 ซึ่งสามารถเขียนเป็นกราฟความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนนับที่เพิ่มขึ้นกับช่วงเวลาในการวัด ดังรูป 5.15

ครั้งที่	จำนวนนับสุทธิ	ช่วงเวลา (นาที)
1	2542	30
2	6586	49
3	9147	60
4	10803	75

ตาราง 6.2 ผลของจำนวนนับของรังสีแอลฟาจากก๊าซเรดอน

จากผลการทดสอบที่ได้ในรูป 5.15 นั้น จะเห็นได้ว่าจำนวนนับที่ได้จากปริมาณรังสีที่สลายตัวจากก๊าซเรดอน จะเพิ่มขึ้นเมื่อช่วงเวลากการนับนานขึ้น



รูป 5.15 กราฟที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนนับกับช่วงเวลาในการวัด