

บทที่ ๕

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

การศึกษาพฤติกรรมของเครื่องวัดรังสีชนิดมีหลอดวัดรังสีหลายหลอด ซึ่งได้แบ่งทำการทดลองศึกษาออกเป็น ๕ ลักษณะ ให้ข้อมูลที่จะนำมาสรุปได้ดังต่อไปนี้

๑. ในการนำหลอดไกเกอร์ชนิดเดียวกันมาต่อขนานกัน กราฟประจำตัวของหัววัดระบบหลายหลอดจะเสมือนกับเกิดจากผลบวกของกราฟประจำตัวของหลอดไกเกอร์แต่ละหลอด ความต่างศักย์ใช้งานยังมีค่าคงเดิม คือค่าเดียวกับความต่างศักย์ใช้งานของหลอดไกเกอร์ ๑ หลอด แต่ความต่างศักย์เริ่มนับจะเปลี่ยนไปทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ

๑.๑ กราฟประจำตัวของหลอดไกเกอร์แต่ละหลอดที่นำมาต่อขนานกัน

๑.๒ การผนวกกันของสัญญาณพัลส์จากหลอดไกเกอร์

ผลทั้งสองประการนี้จะทำให้ความต่างศักย์เริ่มนับลดลง

๒. ระบบหัววัดรังสีหลายหลอดจะมองเห็นภูมิหลัง มีความสมมาตรในทุกทิศทาง แต่ทั้งนี้จะต้องขึ้นอยู่กับตำแหน่งที่วางหัววัด กล่าวคือ สิ่งแวดล้อมที่อยู่ล้อมรอบหัววัดจะต้องมีความสมมาตรด้วย จากการทดลองตั้งหัววัดชิดกำแพงตึกเอียงหน้าหนึ่ง ๔๕ องศาเข้าหาผนังตึก ปรากฏว่าให้อัตราการนับน้อยกว่าเมื่อเอียงหน้านั้นออกจากผนังตึก นอกจากนั้นอัตราการนับยังขึ้นอยู่กับปริมาณของแสงสว่างด้วย โดยเมื่อแผงหัววัดถูกแสงอัตรานับจะเพิ่มสูงขึ้น คาดว่าทั้งนี้เป็นตัวผลจาก Photoelectric Effect ดังนั้นในการนำระบบหัววัดหลายหลอดนี้ไปใช้งาน เช่น ใช้ทำ Cosmic Ray Telescope จึงควรวางแผงหัววัดในที่โล่งและควรป้องกันแผงหัววัดจากแสงโดยเด็ดขาด

๓. การเพิ่มขึ้นของจำนวนหลอดโกลกเกอร์ต่อชานาน มีแนวโน้มแปรผันโดยตรงกับการเพิ่มขึ้นของอัตราการนับรังสี ที่ความเข้มของรังสีช่วงหนึ่ง เมื่อความเข้มของรังสีเพิ่มมากขึ้น ความสัมพันธ์จะไม่เป็นไปในรูปแปรผันโดยตรงอีกต่อไป ทั้งนี้สันนิษฐานว่าเป็นเพราะ

๓.๑ ความไวของคอมแพเรเตอร์ ในกรณีที่สัญญาณพัลส์วิ่งเข้าสู่คอมแพเรเตอร์ ในเวลาที่ไล่เลี่ยกันมาก คอมแพเรเตอร์อาจจะรับเป็นสัญญาณพัลส์ลูกเดียว

๓.๒ การผนวกกันของสัญญาณพัลส์จากหลอดโกลกเกอร์ตั้งแต่ ๒ หลอดขึ้นไป เมื่อความเข้มของรังสีมีค่าสูงขึ้น โอกาสที่สัญญาณพัลส์จะออกมาจากหลอดโกลกเกอร์ ๒ หลอด หรือมากกว่านั้น เข้าสู่คอมแพเรเตอร์พร้อมกัน ก็ย่อมจะมีมากขึ้น

จากผลทั้งสองประการนี้ อัตราการสูญหายของสัญญาณพัลส์จะเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อเพิ่มจำนวนหลอดโกลกเกอร์ต่อชานานมากขึ้น

๔. ในการวัดความเข้มของการแผ่รังสีของสารกัมมันตรังสีใด ๆ ก็ตาม ควรวางสารรังสีที่จุดกึ่งกลางของหลอดโกลกเกอร์ เพราะมีความไวสูงสุด ในการนำหลอดโกลกเกอร์มาต่อชานานกันหลาย ๆ หลอด ความไวของหัววัดรังสีมีค่าสูงขึ้น แต่บริเวณกัมมันต์ที่มีความไวสม่ำเสมอจะลดลง ทั้งนี้สันนิษฐานว่า อิทธิพลส่วนใหญ่เกิดจากผลต่างของ Solid Angle ระหว่างจุดกึ่งกลางหลอดกับที่ปลายทั้งสองของหลอดโกลกเกอร์ จะเพิ่มมากขึ้นเมื่อนำหลอดโกลกเกอร์มาต่อชานานเพิ่มมากขึ้น

๕. โดยใช้สมการ ก. (๓) ในภาคผนวกหาเวลาแยกของระบบหัววัดรังสีหลายหลอดเปรียบเทียบกันตั้งแต่ใช้หลอดโกลกเกอร์ ๑ หลอดจนถึง ๕ หลอดต่อชานาน แสดงให้เห็นว่าเวลาแยกนานขึ้น ทั้งนี้เป็นด้วยอิทธิพลตามที่ได้อธิบายไว้ข้อที่ ๓ กล่าวคือ ที่ความเข้มของการแผ่รังสีสูง ๆ อัตราการสูญเสียสัญญาณพัลส์จะเพิ่มขึ้นด้วย นั่นคือ เมื่อใช้จำนวนหลอดโกลกเกอร์ต่อชานานเพิ่มมากขึ้น ผลต่างระหว่าง $(m_1 + m_2)$ กับ m_{12} ก็จะมีค่ามากขึ้น ทำให้เวลาแยกมีค่าเพิ่มขึ้นในลักษณะเดียวกัน

๖. จากผลของการหาเวลาแยกโดยใช้สมการ ก. (3) ในภาคผนวก ซึ่งได้ผลว่า เวลาแยกจะมีค่าอยู่ในช่วง 5.5×10^{-4} วินาที ถึง 28.9×10^{-4} วินาที คือเมื่อเพิ่มจำนวนหัววัดรังสีมากขึ้น เวลาแยกจะมีค่าสูงขึ้นด้วย ดังได้แสดงไว้แล้วในกราฟรูปที่ ๔.๑๓ แล้วนั้น เมื่อเปรียบเทียบการหาค่าเวลาแยกโดยวิธีของ R.E. Lapp และ H.L. Andrew ซึ่งใช้สมการในการหาเวลาแยกว่า

$$\tau = \frac{n_1 + n_2 - n_{12}}{2n_1n_2}$$

เมื่อ τ คือ เวลาแยก

n_1 คือ อัตรานับของสารรังสีชนิดที่ -1 เมื่อลบค่าภูมิหลังออกแล้ว

n_2 คือ อัตรานับของสารรังสีชนิดที่ -2 เมื่อลบค่าภูมิหลังออกแล้ว

n_{12} คือ อัตรานับของสารรังสีชนิดที่ -1 และ -2 เมื่อลบค่าภูมิหลังออกแล้ว

ซึ่งลิขิต ฉัตรสกุล¹ ได้ทำงานวิจัยไว้โดยใช้วิธีดังกล่าว ปรากฏว่าได้ค่าเวลาแยกอยู่ในช่วง 4.1×10^{-3} วินาที ถึง 10.9×10^{-3} วินาที คือได้ผลว่าเมื่อเพิ่มจำนวนหัววัดรังสี เวลาแยกจะมีค่าสูงขึ้นเช่นเดียวกัน แต่วิธีหลังปรากฏว่ามีค่าเวลาแยกสูงกว่าวิธีที่ใช้ในการทดลองนี้ ทั้งนี้อาจจะเนื่องมาจากความแตกต่างในวิธีและวงจรรีเลคทรอนิกส์ที่ใช้ในการวิจัยก็เป็นไปได้

¹ ลิขิต ฉัตรสกุล , ระบบวัดรังสีชนิดมีหลอดวัดรังสีหลายหลอด (กรุงเทพมหานคร : รายงานการวิจัยวิทยาศาสตร์ , ๒๕๒๐)

อย่างไรก็ตาม ผลของการวิจัยทั้งสองตรงกันในประเด็นที่ว่า เมื่อเพิ่มจำนวนหัววัดรังสีต่อขนานขึ้น เวลาแยกจะมีค่าสูงขึ้นด้วย ซึ่งให้เห็นถึงคุณสมบัติที่ต่ำกว่าข้อหนึ่งของหัววัดรังสีชนิดหลายหลอด เมื่อเทียบกับระบบวัดรังสีที่ใช้หัววัดรังสีหลอดเดียว

๗. จากกราฟรูปที่ ๔.๖ แสดงให้เห็นว่าเมื่อเพิ่มจำนวนหัววัดรังสีขึ้น อัตรานับของภูมิหลังก็จะเพิ่มขึ้นด้วย จุดนี้เป็นข้อเสียอีกประการหนึ่งของระบบวัดรังสีแบบหลายหลอด ในเวลาที่จะใช้หัววัดระบบนี้ไปวัดความเข้มของสารกัมมันตรังสี แต่ถึงอย่างไรก็ตามเมื่อเทียบกับกราฟรูปที่ ๔.๗ การเพิ่มขึ้นของอัตรานับของสารรังสี เมื่อเพิ่มจำนวนหลอดหัววัดรังสีขึ้นจะมีอัตราสูงกว่าการเพิ่มขึ้นของภูมิหลัง นั่นหมายถึงว่ายังคงมีประสิทธิภาพสูงกว่า

อนึ่ง การเพิ่มขึ้นของภูมิหลังเมื่อเพิ่มจำนวนหัววัดรังสีขึ้น จะกลับเป็นผลดีเมื่อใช้ระบบวัดรังสีแบบหลายหลอดนี้ไปทำเป็น Cosmic Ray Telescope เพราะทำให้เห็นการเปลี่ยนแปลงความเข้มของรังสีคอสมิกได้ชัดเจน

ภาคผนวก

ก. การหาเวลาแยก (Resolving Time) โดยวิธี Two-source Method

เวลาแยกของระบบวัดรังสีนี้สามารถหาได้จากวิธีที่เรียกว่า Two-source Method ซึ่งเป็นวิธีวัดอัตรานับของสารตั้งต้นกำเนิดรังสี ๒ ชนิด มาเปรียบเทียบกัน

โดยการกำหนดให้

n_1 คืออัตรานับของสารรังสีชนิดที่ ๑ + ภูมิหลัง เมื่อถือว่าเวลาแยกมีค่าน้อยมาก

n_2 คืออัตรานับของสารรังสีชนิดที่ ๒ + ภูมิหลัง เมื่อถือว่าเวลาแยกมีค่าน้อยมาก

n_{12} คืออัตรานับของสารรังสีชนิดที่ ๑ + ๒ + ภูมิหลัง เมื่อถือว่าเวลาแยกมีค่าน้อยมาก

n_b คืออัตรานับของภูมิหลัง เมื่อถือว่าเวลาแยกมีค่าน้อยมาก

ดังนั้นจะได้ว่า

$$n_1 + n_2 = n_{12} + n_b \quad \text{ก} - (1)$$

แต่โดยที่ถ้าสมมุติให้มีอนุภาครังสีผ่านเข้าไปในหัววัดมีจำนวน n ตัวต่อ ๑ หน่วยเวลา แต่สามารถถูกนับได้จริงจากระบบวัดรังสีที่มีเวลาแยกเท่ากับ τ เป็นจำนวน m ตัว ในหนึ่งหน่วยเวลาที่เท่ากัน ดังนั้นช่วงเวลาที่ระบบวัดรังสีอยู่ในภาวะไม่ตอบสนองจึงเท่ากับ $m\tau$ ด้วยเหตุนี้ จำนวนอนุภาคที่สูญหายไปเป็นหนึ่งในหน่วยเวลาคือ $n m \tau$ ดังนั้น

$$n - m = n m \tau$$

$$n = \frac{m}{1 - m\tau} \quad \text{ก} - (2)$$



แทนค่าสมการที่ (2) ในสมการที่ (1)

$$\therefore \frac{m_1}{1 - m_1\tau} + \frac{m_2}{1 - m_2\tau} = \frac{m_{12}}{1 - m_{12}\tau} + \frac{m_b}{1 - m_b\tau}$$

แต่เนื่องจาก

$$\begin{aligned} \frac{m}{1 - m\tau} &= m [1 + m\tau + (m\tau)^2 + \dots] \\ &= m + m^2\tau + m^3\tau^2 + \dots \\ &\approx m + m^2\tau \quad \text{เพราะว่า } \tau \text{ มีค่าน้อย} \end{aligned}$$

$$\therefore m_1 + m_1^2\tau + m_2 + m_2^2\tau = m_{12} + m_{12}\tau + m_b + m_b\tau$$

ในที่สุดจะได้สมการของเวลาแยกว่า

$$\tau = \frac{m_1 + m_2 - m_{12} - m_b}{m_{12} + m_b - m_1 - m_2}$$

ก - (3)

ข. รายละเอียดเกี่ยวกับสมบัติของไอซี ออฟ แอมป์ เบอร์ 709¹

Linear IC Cross-Reference Guide²

Fairchild Direct Replacement	Motorola	Texas Instruments	National Semiconductor (NS)	Signetics
μ A 709	MC 1709	SN 52709	LM 709	μ A 709
μ A 709 A	-	SN 52709 A	LM 709 A	-
μ A 709 C	-	SN 72709	LM 709 C	-

Fair child Functional Equivalent	RCA
μ A 709	CA 3033
μ A 709	CA 3033 A
μ A 709	CA 3037
μ A 709	CA 3037 A
μ A 709	CA 3038
μ A 709	CA 3038 A

¹The Engineering Staff of Texas Instruments. Incorporated Semiconductor Group. The Linear Control Circuits Data Book for Design Engineers.

1st ed. Dallas, Texas Instruments, 1976.

²Jung, W.G. IC Op-amp Cook book 4th ed. Indianapolis.:

Howard W. Sams & Co., 1977.

**LINEAR
INTEGRATED CIRCUITS**

**TYPES μ A709AM, μ A709M, μ A709C
GENERAL-PURPOSE OPERATIONAL AMPLIFIERS**

BULLETIN NO. DLS 7611447, FEBRUARY 1971—REVISED JUNE 1976

FORMERLY SN52709A, SN52709, SN72709

- Common-Mode Input Range . . . ± 10 V Typical
- Designed to be Interchangeable with Fairchild μ A709A, μ A709, and μ A709C
- Maximum Peak-to-Peak Output Voltage Swing . . . 28 V Typical with 15 V Supplies

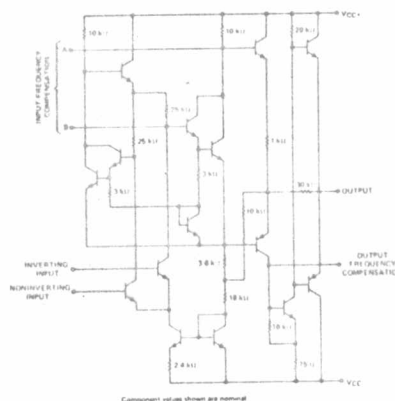
description

These circuits are general-purpose operational amplifiers, each having high-impedance differential inputs and a low-impedance output. Component matching, inherent with silicon monolithic circuit-fabrication techniques, produces an amplifier with low-drift and low-offset characteristics. Provisions are incorporated within the circuit whereby external components may be used to compensate the amplifier for stable operation under various feedback or load conditions. These amplifiers are particularly useful for applications requiring transfer or generation of linear or nonlinear functions.

The μ A709A circuit features improved offset characteristics, reduced input-current requirements, and lower power dissipation when compared to the μ A709 circuit. In addition, maximum values of the average temperature coefficients of offset voltage and current are guaranteed.

The μ A709AM and μ A709M are characterized for operation over the full military temperature range of -55°C to 125°C . The μ A709C is characterized for operation from 0°C to 70°C .

schematic

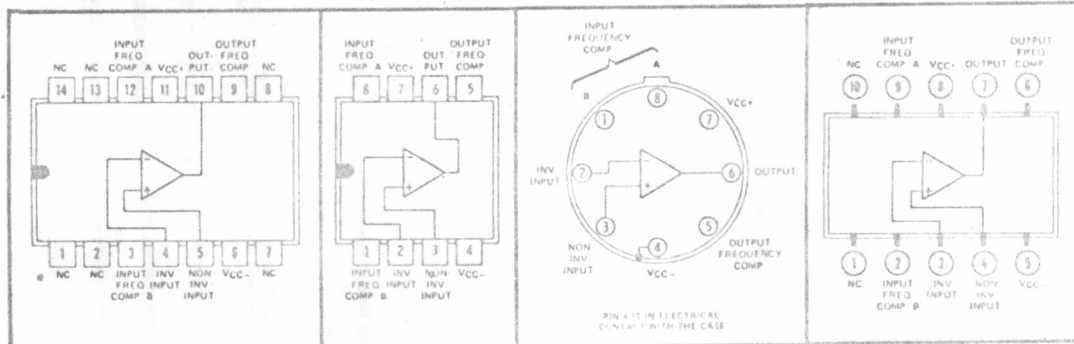


J OR N DUAL-IN-LINE PACKAGE (TOP VIEW)

JG OR P DUAL-IN-LINE PACKAGE (TOP VIEW)

L PLUG-IN PACKAGE (TOP VIEW)

U FLAT PACKAGE (TOP VIEW)



NC—No internal connection

voltages specified

Throughout this data sheet, supply voltages are specified either as a range or as a specific value. A positive voltage within the specified range (or of the specified value) is applied to V_{CC+} , and an equal negative voltage is applied to V_{CC-} .

TYPES μ A709AM, μ A709M, μ A709C GENERAL-PURPOSE OPERATIONAL AMPLIFIERS

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

	μ A709AM μ A709M	μ A709C	UNIT
Supply voltage V_{CC+} (see Note 1)	18	18	V
Supply voltage V_{CC-} (see Note 1)	-18	-18	V
Differential input voltage (see Note 2)	± 5	± 5	V
Input voltage (either input, see Notes 1 and 3)	± 10	± 10	V
Duration of output short-circuit (see Note 4)	5	5	s
Continuous total dissipation at (or below) 70°C free-air temperature (see Note 5)	300	300	mW
Operating free-air temperature range	-55 to 125	0 to 70	°C
Storage temperature range	-65 to 150	-65 to 150	°C
Lead temperature 1/16 inch from case for 60 seconds	J, JG, L, or U package		300
Lead temperature 1/16 inch from case for 10 seconds	N or P package		260

- NOTES: 1. All voltage values, unless otherwise noted, are with respect to the zero reference level (ground) of the supply voltages where the zero reference level is the midpoint between V_{CC+} and V_{CC-} .
2. Differential voltages are at the noninverting input terminal with respect to the inverting input terminal.
3. The magnitude of the input voltage must never exceed the magnitude of the supply voltage or 10 volts, whichever is less.
4. The output may be shorted to ground or either power supply.
5. For operation of μ A709AM and μ A709M above 70°C free air temperature, refer to Dissipation Derating Curves, Section 2.

electrical characteristics at specified free-air temperature, $V_{CC\pm} = \pm 9$ V to ± 15 V (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS†	μ A709AM			μ A709M			UNIT	
		MIN	TYP‡	MAX	MIN	TYP‡	MAX		
V_{IO}	Input offset voltage	$R_S \leq 10$ k Ω	25°C	0.6	2	1	5	mV	
αV_{IO}	Average temperature coefficient of input offset voltage	$R_S = 50$ Ω	Full range		3		6	μ V/°C	
			-55°C to 25°C	1.8	10	3			
			25°C to 125°C	4.8	25	6			
I_{IO}	Input offset current	$R_S = 10$ k Ω	25°C	2	15	6	200	nA	
			-55°C	10	50	50			
			125°C	40	250	100			
αI_{IO}	Average temperature coefficient of input offset current		-55°C to 25°C	0.45	2.8		200	nA/°C	
			25°C to 125°C	0.08	0.5				
I_{IB}	Input bias current		25°C	0.1	0.2	0.2	0.5	μ A	
			-55°C	0.3	0.6	0.5	1.5		
V_I	Input voltage range	$V_{CC\pm} = \pm 15$ V	25°C	± 8	± 10	± 8	± 10	V	
			Full range	± 8		± 8			
V_{OPP}	Maximum peak-to-peak output voltage swing	$V_{CC\pm} = \pm 15$ V, $R_L \geq 10$ k Ω	25°C	24	28	24	28	V	
			Full range	24		24			
			$V_{CC\pm} = \pm 15$ V, $R_L = 2$ k Ω	25°C	20	26	20		26
A_{VD}	Large-signal differential voltage amplification	$V_{CC\pm} = \pm 15$ V, $R_L \geq 2$ k Ω , $V_O = \pm 10$ V	25°C		45		45	V/mV	
			Full range	25	70	25	70		
r_i	Input resistance		25°C	350	750	150	400	k Ω	
			-55°C	85	185	40	100		
r_o	Output resistance	$V_O = 0$, See Note 6	25°C		150		150	Ω	
			25°C	80	110	70	90		
CMRR	Common mode rejection ratio	$R_S \leq 10$ k Ω	25°C					dB	
			Full range	80		70			
$\Delta V_{IO}/\Delta V_{CC}$	Power supply sensitivity	$R_S \leq 10$ k Ω	25°C		40	100	25	150	μ V/V
			Full range		100		150		
I_{CC}	Supply current	$V_{CC\pm} = \pm 15$ V, No load, No signal	25°C	2.5	3.6	2.6	5.5	mA	
			-55°C	2.7	4.5				
			125°C	2.1	3				
P_D	Total power dissipation	$V_{CC\pm} = \pm 15$ V, No load, No signal	25°C		75		75	mW	
			-55°C		81		135		
			125°C		63		90		

† All characteristics are specified under open-loop operation. Full range for μ A709AM and μ A709M is -55°C to 125°C.

‡ All typical values are at $V_{CC\pm} = \pm 15$ V.

Note 6: This typical value applies only at frequencies above a few hundred hertz because of the effects of drift and thermal feedback.

TYPES μ A709AM, μ A709M, μ A709C GENERAL-PURPOSE OPERATIONAL AMPLIFIERS

electrical characteristics at specified free-air temperature (unless otherwise noted $V_{CC\pm} = \pm 15$ V)

PARAMETER	TEST CONDITIONS†	μ A709C			UNIT
		MIN	TYP	MAX	
V_{IO} Input offset voltage	$V_{CC\pm} = \pm 9$ V to ± 15 V, $R_S < 10$ k Ω	25°C	2	7.5	mV
		Full range		10	
I_{IO} Input offset current	$V_{CC\pm} = \pm 9$ V to ± 15 V	25°C	100	500	nA
		Full range		750	
I_{IB} Input bias current	$V_{CC\pm} = \pm 9$ V to ± 15 V	25°C	0.3	1.5	μ A
		Full range		2	
V_I Input voltage range		25°C	± 8	± 10	V
		Full range			
V_{OPP} Maximum peak-to-peak output voltage swing	$R_L > 10$ k Ω	25°C	24	28	V
		Full range			
		25°C	20	26	
A_{VD} Large-signal differential voltage amplification	$R_L < 2$ k Ω , $V_O = \pm 10$ V	25°C	15	45	V/mV
		Full range		12	
r_i Input resistance		25°C	50	250	k Ω
		Full range		35	
r_o Output resistance	$V_O = 0$, See Note 6	25°C		150	Ω
CMRR Common-mode rejection ratio	$R_S < 10$ k Ω	25°C	65	90	dB
$\Delta V_{IO}/\Delta V_{CC}$ Supply voltage sensitivity	$R_S < 10$ k Ω	25°C		25	200 μ V/V
P_D Total power dissipation	No load, No signal	25°C		80	200 mW

†All characteristics are specified under open-loop operation. Full range for μ A709C is 0°C to 70°C.

NOTE 6: This typical value applies only at frequencies above a few hundred hertz because of the effects of drift and thermal feedback.

operating characteristics $V_{CC\pm} = \pm 9$ V to ± 15 V, $T_A = 25^\circ$ C

PARAMETER	TEST CONDITIONS	μ A709AM μ A709M μ A709C			UNIT
		MIN	TYP	MAX	
t_r Rise time	$V_I = 20$ mV, $R_L = 2$ k Ω , See Figure 1	$C_L = 0$	0.3	1	μ s
Overshoot factor		$C_L = 100$ pF	6%	30%	

PARAMETER MEASUREMENT INFORMATION

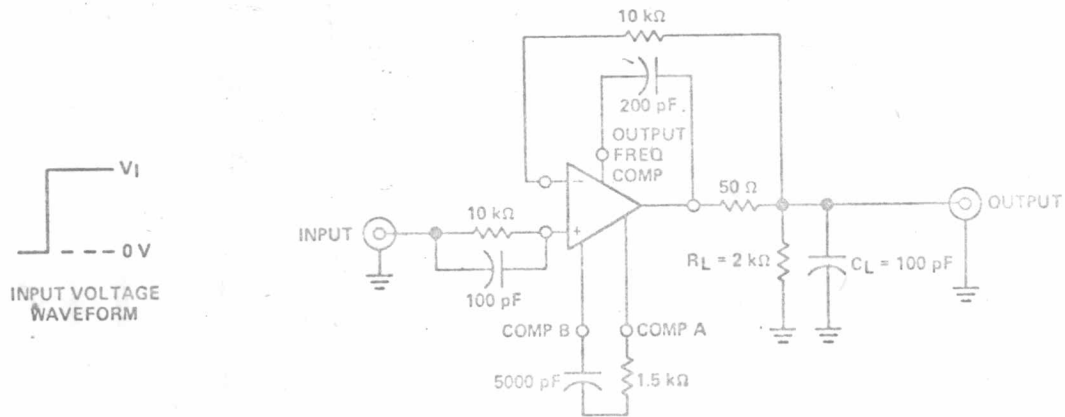


FIGURE 1—RISE TIME AND SLEW RATE

TYPES μ A709AM, μ A709M, μ A709C GENERAL-PURPOSE OPERATIONAL AMPLIFIERS

TYPICAL CHARACTERISTICS (unless designated maximum or minimum)

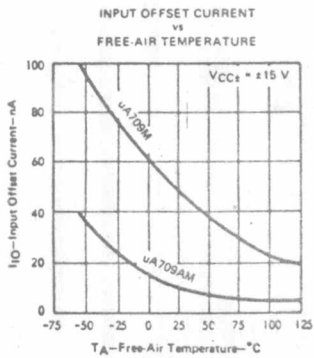


FIGURE 2

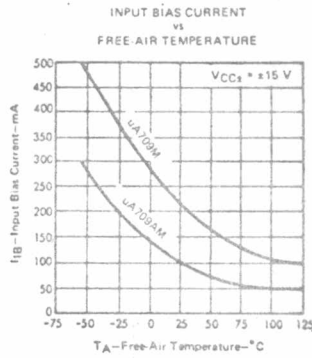


FIGURE 3

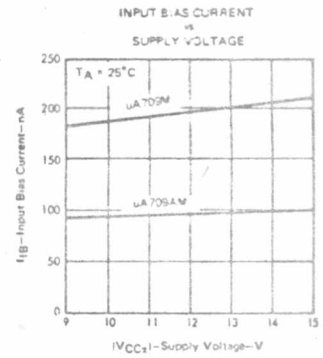


FIGURE 4

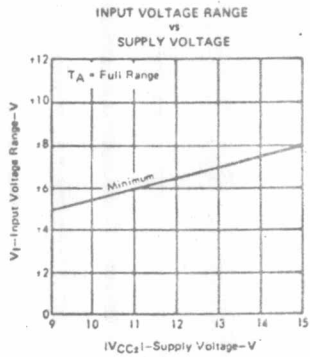


FIGURE 5

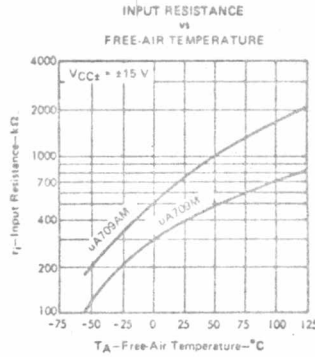


FIGURE 6

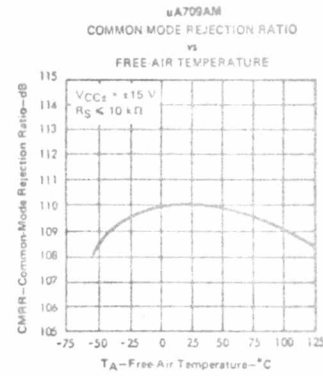


FIGURE 7

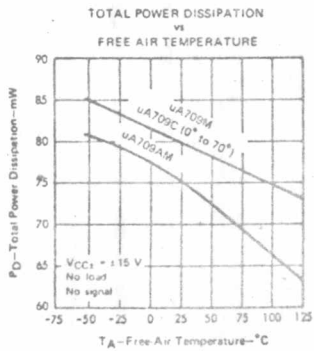


FIGURE 8

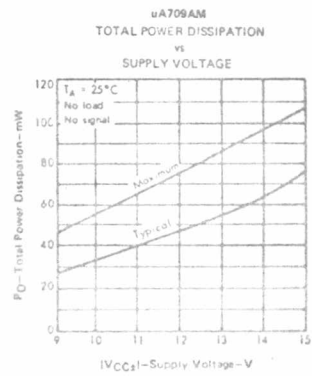


FIGURE 9

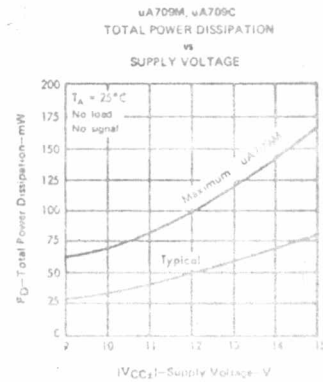


FIGURE 10

TYPES μ A709AM, μ A709M, μ A709C GENERAL-PURPOSE OPERATIONAL AMPLIFIERS

TYPICAL CHARACTERISTICS (unless designated maximum or minimum)

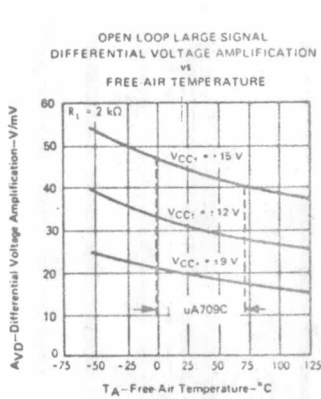


FIGURE 11

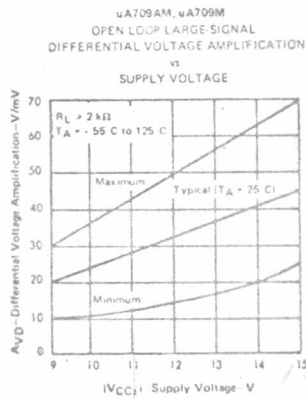


FIGURE 12

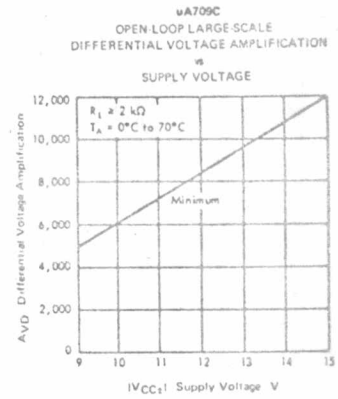


FIGURE 13

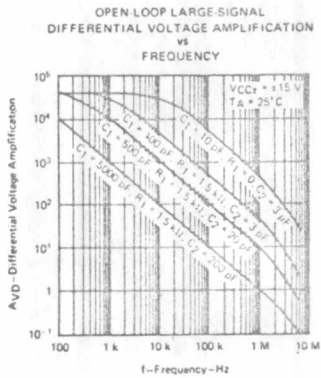


FIGURE 14

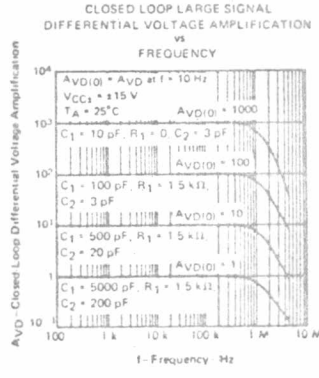
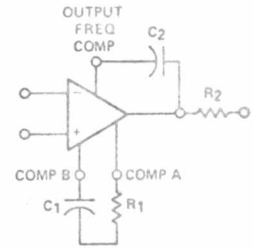


FIGURE 15



When the Amplifier is operated with capacitive loading, $R_2 = 50 \Omega$.

FREQUENCY
COMPENSATION
CIRCUIT
FOR FIGURES 14, 15, AND 18

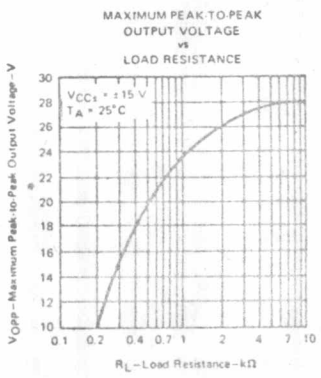


FIGURE 16

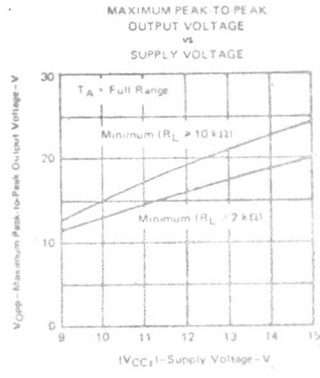


FIGURE 17

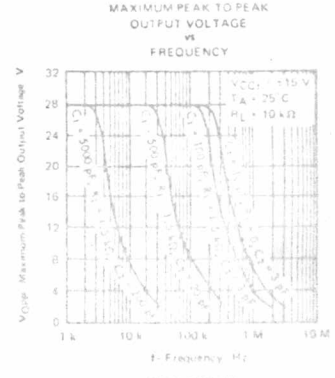


FIGURE 18

TYPES μ A709AM, μ A709M, μ A709C GENERAL-PURPOSE OPERATIONAL AMPLIFIERS

TYPICAL CHARACTERISTICS

μ A709AM, μ A709M
VOLTAGE TRANSFER
CHARACTERISTICS

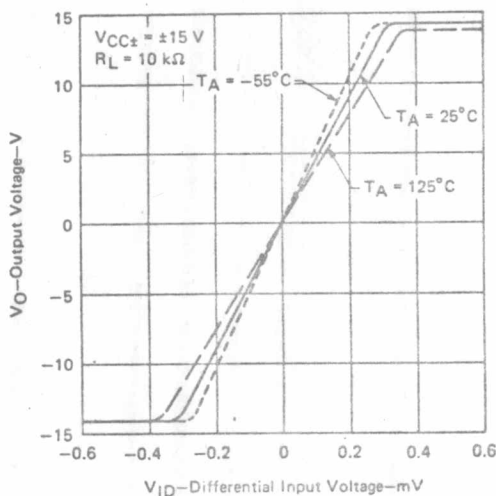


FIGURE 19

μ A709C
VOLTAGE TRANSFER
CHARACTERISTICS

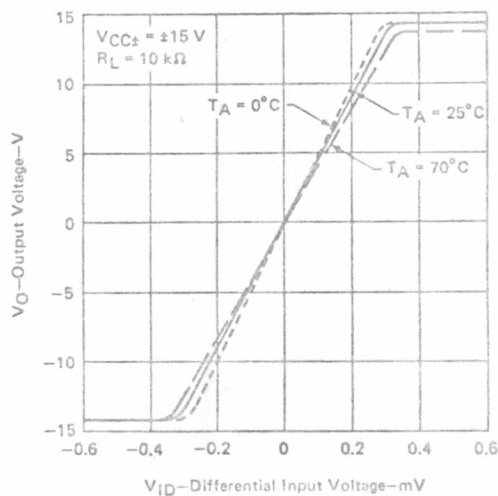


FIGURE 20

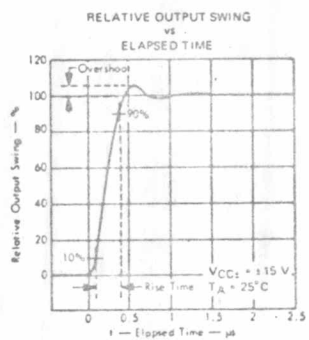


FIGURE 21

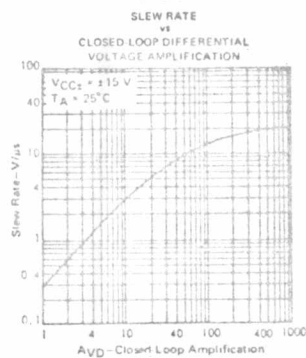


FIGURE 22

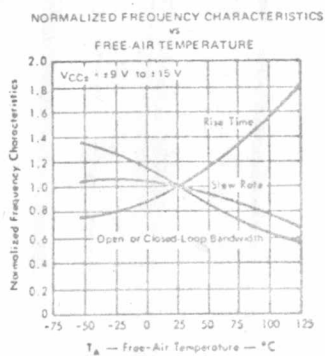


FIGURE 23

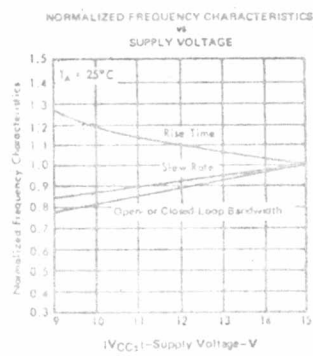


FIGURE 24

TEXAS INSTRUMENTS
INCORPORATED
POST OFFICE BOX 5012 • DALLAS, TEXAS 75222

PRINTED IN U.S.A.
TI cannot assume any responsibility for any circuits shown or represent that they are free from patent infringement.
TEXAS INSTRUMENTS RESERVES THE RIGHT TO MAKE CHANGES AT ANY TIME IN ORDER TO IMPROVE DESIGN AND TO SUPPLY THE BEST PRODUCT POSSIBLE.

ค. รายละเอียดเกี่ยวกับสมบัติของไอซี ออฟ แอมป์ เบอร์ 741¹

Linear IC Cross-Reference Guide²

Fairchild Direct Replacement	Motorola	Texas Instruments	National Semiconductor (NS)	Signetics	RCA
μ A 741	MC 1741	SN 52741	LM 741	μ A 741	CA 6741 , CA 3741
μ A 741 C	-	-	LM 741 C	-	CA 3741 C

Fairchild Functional Equivalent	Motorola -3
μ A 741	MC 1536

¹The Engineering Staff of Texas Instruments Incorporated. Semiconductor Group. The Linear Control Circuits Data Book for Design Engineers. 1st ed. Dallas, Texas : Texas Instruments, 1976.

²Jung, W.G. IC Op-amp Cookbook. 4th ed. Indianapolis : Howard W. Sams & Co., 1977.

**LINEAR
INTEGRATED CIRCUITS**

**TYPES μ A741M, μ A741C
GENERAL-PURPOSE OPERATIONAL AMPLIFIERS**

BULLETIN NO. DL-S 7611363, NOVEMBER 1970—REVISED JUNE 1976

FORMERLY SN52741, SN72741

- Short-Circuit Protection
- Offset-Voltage Null Capability
- Large Common-Mode and Differential Voltage Ranges
- No Frequency Compensation Required
- Low Power Consumption
- No Latch-up

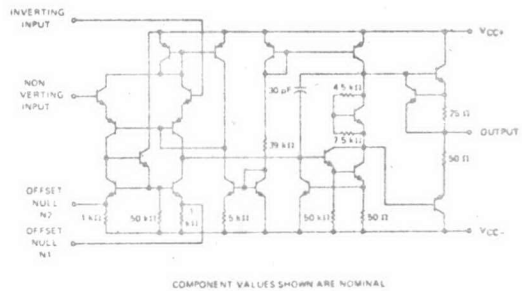
description

The μ A741 is a general-purpose operational amplifier, featuring offset-voltage null capability.

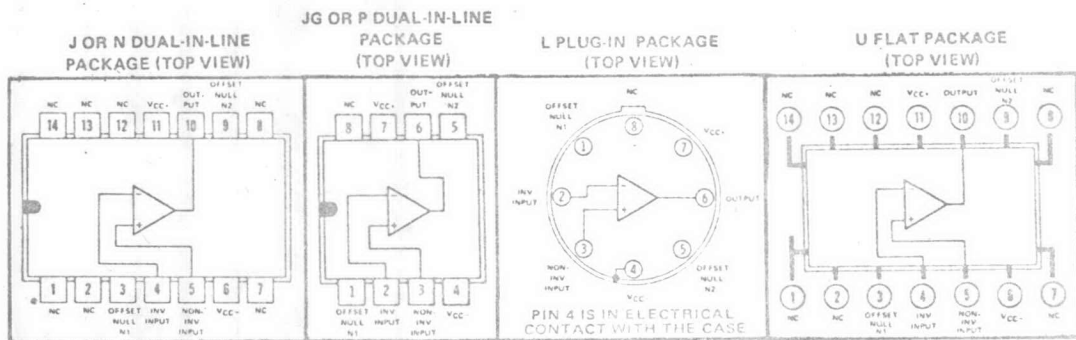
The high common-mode input voltage range and the absence of latch-up make the amplifier ideal for voltage-follower applications. The device is short-circuit protected and the internal frequency compensation ensures stability without external components. A low-value potentiometer may be connected between the offset null inputs to null out the offset voltage as shown in Figure 2.

The μ A741M is characterized for operation over the full military temperature range of -55°C to 125°C ; the μ A741C is characterized for operation from 0°C to 70°C .

schematic



terminal assignments



TYPES μ A741M, μ A741C

GENERAL-PURPOSE OPERATIONAL AMPLIFIERS

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

	μ A741M	μ A741C	UNIT	
Supply voltage V_{CC+} (see Note 1)	22	18	V	
Supply voltage V_{CC-} (see Note 1)	-22	-18	V	
Differential input voltage (see Note 2)	+30	+30	V	
Input voltage (either input, see Notes 1 and 3)	± 15	± 15	V	
Voltage between either offset null terminal (N1/N2) and V_{CC-}	± 0.5	± 0.5	V	
Duration of output short-circuit (see Note 4)	unlimited	unlimited		
Continuous total power dissipation at (or below) 25°C free-air temperature (see Note 5)	500	500	mW	
Operating free-air temperature range	-55 to 125	0 to 70	°C	
Storage temperature range	-65 to 150	-65 to 150	°C	
Lead temperature 1/16 inch from case for 60 seconds	J, JG, L, or U package	300	300	°C
Lead temperature 1/16 inch from case for 10 seconds	N or P package	260	260	°C

- NOTES: 1. All voltage values, unless otherwise noted, are with respect to the zero reference level (ground) of the supply voltages where the zero reference level is the midpoint between V_{CC+} and V_{CC-} .
2. Differential voltages are at the noninverting input terminal with respect to the inverting input terminal.
3. The magnitude of the input voltage must never exceed the magnitude of the supply voltage or 15 volts, whichever is less.
4. The output may be shorted to ground or either power supply. For the μ A741M only, the unlimited duration of the short-circuit applies at (or below) 125°C case temperature or 75°C free-air temperature.
5. For operation above 25°C free-air temperature, refer to Dissipation Derating Curves, Section 2.

electrical characteristics at specified free-air temperature, $V_{CC+} = 15$ V, $V_{CC-} = -15$ V

PARAMETER	TEST CONDITIONS†	μ A741M			μ A741C			UNIT
		MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
V_{IO} Input offset voltage	$R_S \leq 10$ k Ω	25°C	1	5	1	6	mV	
		Full range		6		7.5		
$\Delta V_{IO(adj)}$ Offset voltage adjust range		25°C	± 15		± 15	mV		
I_{IO} Input offset current		25°C	20	200	20	200	nA	
		Full range		500		300		
I_{IB} Input bias current		25°C	80	500	80	500	nA	
		Full range		1500		800		
V_i Input voltage range		25°C	± 12	± 13	± 12	± 13	V	
		Full range	± 12		± 12			
V_{OPP} Maximum peak-to-peak output voltage swing	$R_L = 10$ k Ω	25°C	24	28	24	28	V	
	$R_L \geq 10$ k Ω	Full range	24		24			
	$R_L = 2$ k Ω	25°C	20	26	20	26		
	$R_L \geq 2$ k Ω	Full range	20		20			
A_{VD} Large-signal differential voltage amplification	$R_L \geq 2$ k Ω , $V_O = \pm 10$ V	25°C	50	200	20	200	V/mV	
	Full range	25		15				
r_i Input resistance		25°C	0.3	2	0.3	2	M Ω	
r_o Output resistance	$V_O = 0$ V, See Note 6	25°C	75		75		Ω	
C_i Input capacitance		25°C	1.4		1.4		pF	
CMRR Common-mode rejection ratio	$R_S \leq 10$ k Ω	25°C	70	90	70	90	dB	
		Full range	70		70			
$\Delta V_{IO}/\Delta V_{CC}$ Supply voltage sensitivity	$R_S \leq 10$ k Ω	25°C	30	150	30	150	μ V/V	
		Full range		150		150		
I_{OS} Short-circuit output current		25°C	± 25	± 40	± 25	± 40	mA	
I_{CC} Supply current	No load, No signal	25°C	1.7	2.8	1.7	2.8	mA	
		Full range		3.3		3.3		
P_D Total power dissipation	No load, No signal	25°C	50	85	50	85	mW	
		Full range		100		100		

† All characteristics are specified under open-loop operation. Full range for μ A741M is -55°C to 125°C and for μ A741C is 0°C to 70°C.

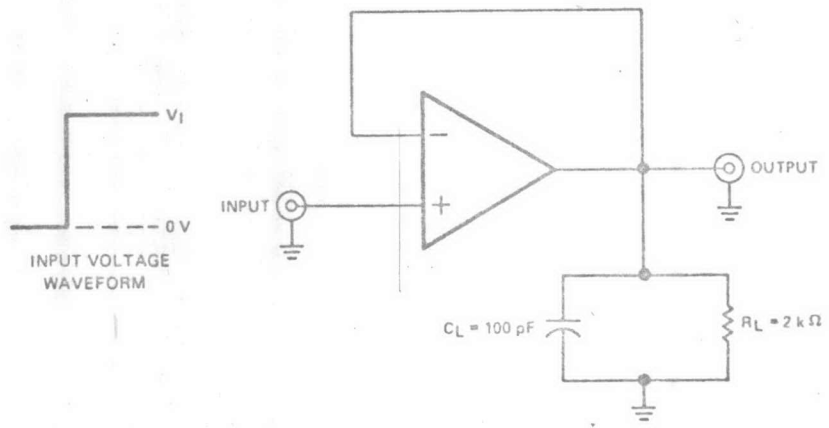
NOTE 6: This typical value applies only at frequencies above a few hundred hertz because of the effects of drift and thermal feedback.

TYPES μ A741M, μ A741C GENERAL-PURPOSE OPERATIONAL AMPLIFIERS

operating characteristics, $V_{CC+} = 15\text{ V}$, $V_{CC-} = -15\text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$

PARAMETER	TEST CONDITIONS	μ A741M			μ A741C			UNIT
		MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
t_r	Rise time	$V_i = 20\text{ mV}$, $R_L = 2\text{ k}\Omega$, $C_L = 100\text{ pF}$, See Figure 1						μs
	Overshoot factor	5%						
SR	Slew rate at unity gain	0.5			0.5			$\text{V}/\mu\text{s}$

PARAMETER MEASUREMENT INFORMATION



TEST CIRCUIT
FIGURE 1—RISE TIME, OVERSHOOT, AND SLEW RATE

TYPICAL APPLICATION DATA

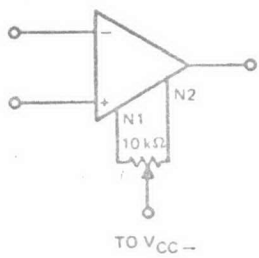


FIGURE 2—INPUT OFFSET VOLTAGE NULL CIRCUIT

TYPES μ A741M, μ A741C

GENERAL-PURPOSE OPERATIONAL AMPLIFIERS

TYPICAL CHARACTERISTICS

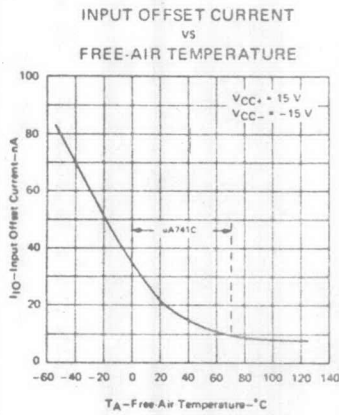


FIGURE 3

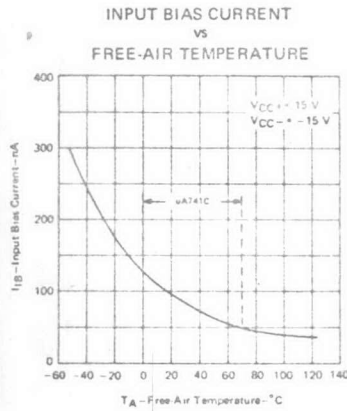


FIGURE 4

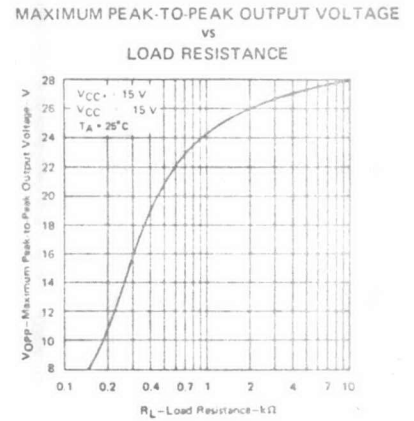


FIGURE 5

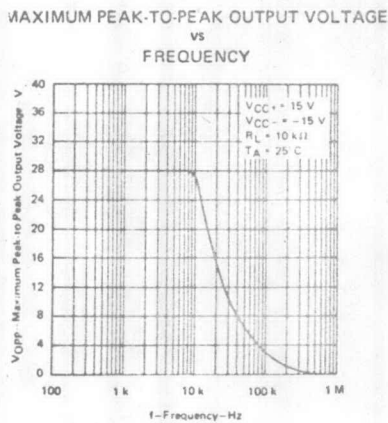


FIGURE 6

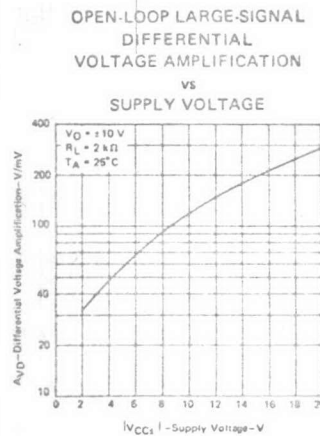


FIGURE 7

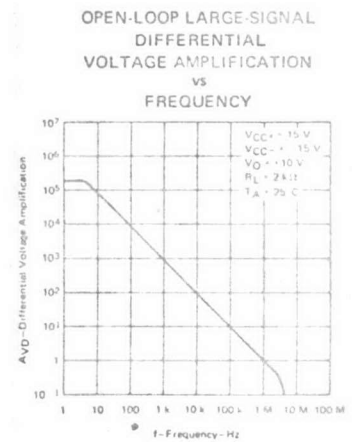


FIGURE 8

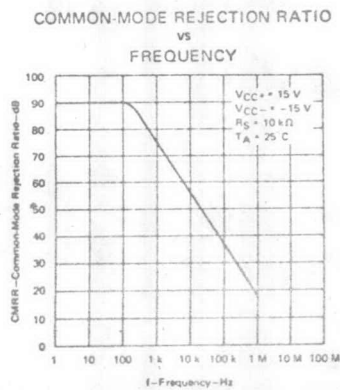


FIGURE 9

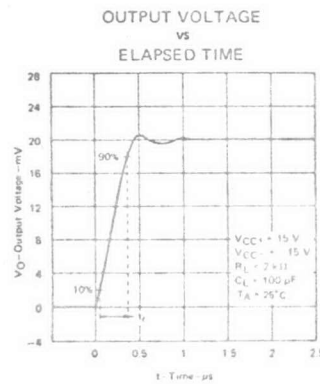


FIGURE 10

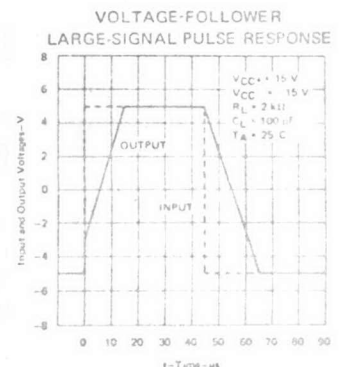


FIGURE 11

PRINTED IN U.S.A.

TEXAS INSTRUMENTS
INCORPORATED
POST OFFICE BOX 5012 • DALLAS, TEXAS 75222

TEXAS INSTRUMENTS RESERVES THE RIGHT TO MAKE CHANGES AT ANY TIME
IN ORDER TO IMPROVE DESIGN AND TO SUPPLY THE BEST PRODUCT POSSIBLE.

ง. ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation - τ_{n-1})

ธรรมชาติของการแผ่รังสีมีคุณสมบัติเป็นค่าทางสถิติ อัตรานับความเข้มของการแผ่รังสีแต่ละครั้ง จะแสดงให้เห็นว่ามีการแกว่งไกว คุณลักษณะเช่นนี้มีได้เป็นผลมาจากความไม่เสถียรของเครื่องมือวัดรังสีแต่อย่างใด ดังนั้น อัตรานับแต่ละค่าที่วัดได้จึงไม่ใช่อัตราการแผ่รังสีที่แท้จริง สิ่งที่จะหาได้จากการทดลองวัดจึงเป็นเพียงค่าเฉลี่ยของอัตราการแผ่รังสีที่แท้จริง (True Mean Rate - m) เท่านั้น

อย่างไรก็ตามสำหรับการทดลองที่ปฏิบัติกันอยู่ ก็ยังไม่สามารถหาค่า m ที่ถูกต้องได้ เพราะเป็นการทดลองวัดเพียงจำนวนไม่กี่ครั้งและในเพียงช่วงเวลาสั้น ๆ ดังนั้น ในการทดลองโดยทั่ว ๆ ไปจึงใช้การประมาณว่า

$$m \approx \bar{n} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n n_i \quad \text{ง-(1)}$$

เมื่อ \bar{n} คือค่าเฉลี่ยของอัตราการนับที่ได้จากการทดลองวัดจำนวน N ครั้ง

n_i คืออัตราการนับที่ได้จากการทดลองวัดแต่ละครั้ง

นั่นคือ ยิ่งทำการทดลองวัดมากครั้งขึ้นเท่าใด คือ N มีจำนวนมากขึ้น \bar{n} จะเข้าใกล้ m มากขึ้นเท่านั้น

อัตราการแผ่รังสีแต่ละครั้งจะแกว่งไกวอยู่รอบ ๆ ค่า m ช่วงความห่างที่อัตราการแผ่รังสีแต่ละครั้งแกว่งเบนไปจากค่า m เรียกว่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation - τ) ซึ่งกำหนดว่า คือ รากที่สองของค่าเฉลี่ยของความเบี่ยงเบนจากค่า m ของการทดลองวัดแต่ละครั้ง (เมื่อทำการทดลองวัดซ้ำจำนวนมากครั้ง) ยกกำลังสอง นั่นคือ

$$\tau^2 = \overline{(m - n)^2} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (m - n_i)^2 \quad \text{ง-(2)}$$

เมื่อ N มีค่ามาก และเรียก τ^2 ว่า Variance

แต่ตั้งที่ได้กล่าวมาแล้ว ในการปฏิบัติการทดลองที่ทำกันอยู่ N มีค่าน้อย จึงไม่อาจจะทราบค่า m ที่ถูกต้องได้ จึงได้ประมาณค่าของ Variance ไว้ว่า

$$(\tau_{n-1})^2 \approx \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (\bar{n} - n_i)^2$$

$$\therefore \tau_{n-1} \approx \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (\bar{n} - n_i)^2} \quad \text{ง-(3)}$$

ดังนั้น สัญลักษณ์ τ_{n-1} ที่ใช้ในตารางแสดงผลการทดลอง ของวิทยานิพนธ์เล่มนี้ จึงคือค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานที่คำนวณจากสมการ ง-(3)