

การทดสอบ โปรแกรม SPEC

แบ่งการทดสอบโปรแกรม SPEC ออกเป็น 2 ลักษณะ คือ

- ก. ทดสอบจับเวลา การทำงานของโปรแกรม SPEC
- ข. ทดสอบความถูกต้องของโปรแกรม

8.1 ทดสอบจับเวลา การทำงานของโปรแกรม SPEC

วิธีการ

ทดสอบจับเวลาการทำงานของโปรแกรม SPEC ใน 2 ลักษณะ คือ เวลาที่ใช้ในการสร้างสมการเมตริกซ์ และเวลาที่ใช้ในการแก้สมการเมตริกซ์

วงจรที่ใช้ทดสอบ

วงจร R-2R Ladder ที่มีจำนวนโหนด เพิ่มจาก 2 โหนด จนถึง 39 โหนด

เครื่องที่ใช้ทดสอบ

คอมพิวเตอร์ VAX-11/750 ที่ติดตั้ง ณ สำนักบริการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัย
เชียงใหม่

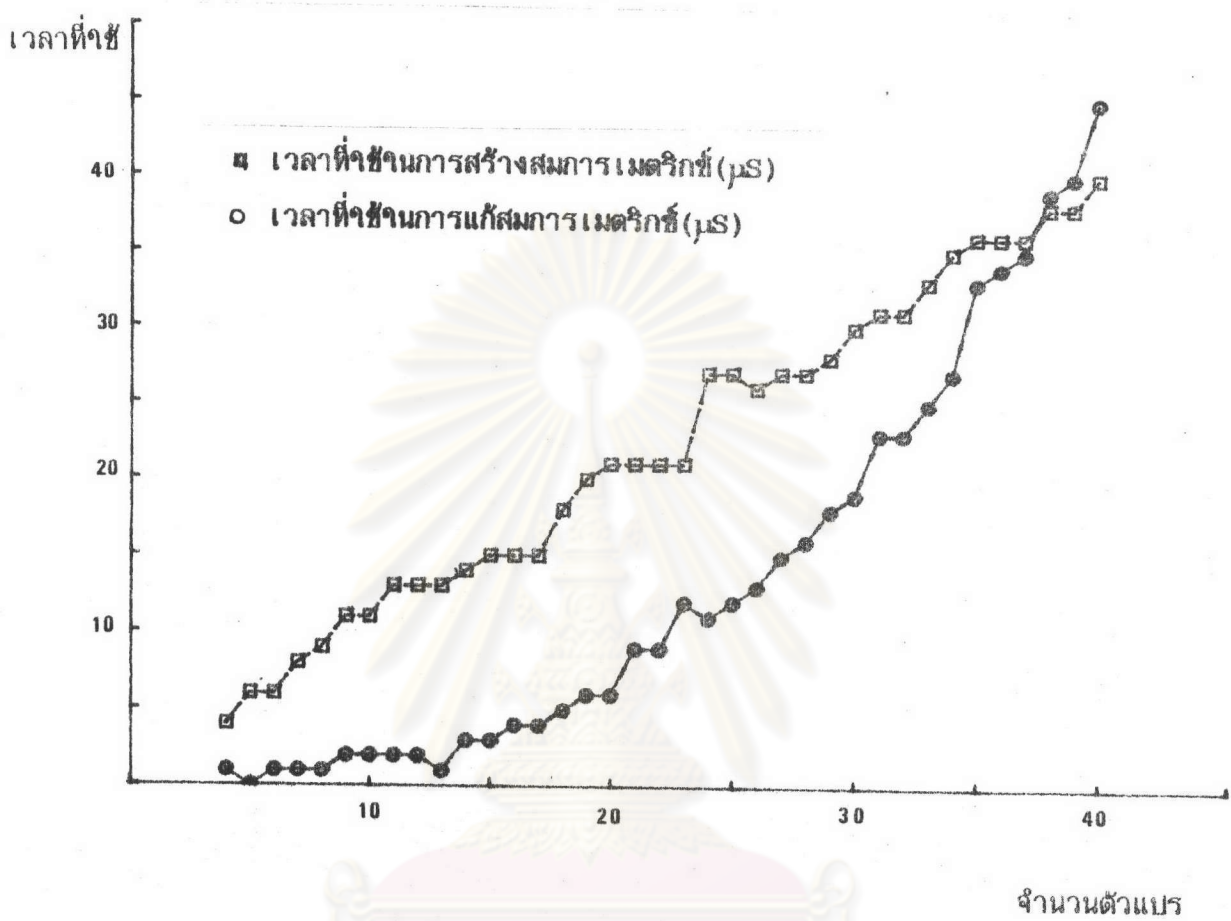
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 8.1.1 ความเร็วในการทำงานของโปรแกรม SPEC

จำนวนตัวแปร	จำนวนองค์ประกอบ วงจร	เวลาที่ใช้งานการสร้าง สมการเมตริกซ์ (uS)	เวลาที่ใช้งานการแก้ สมการเมตริกซ์ (uS)
4	5	4	1
5	7	6	0
6	9	6	1
7	11	8	1
8	13	9	1
9	15	11	2
10	17	11	2
11	19	13	2
11	21	13	2
13	23	13	1
14	25	14	3
15	27	15	3
16	29	15	4
17	31	15	4
18	33	18	5
19	35	20	6
20	37	21	6
21	39	21	9
22	41	21	9
23	43	21	12
24	45	27	11
25	47	27	12

จำนวนตัวแปร	จำนวนองค์ประกอบ วงจร	เวลาที่ใช้งานการสร้าง สมการเมตริกซ์ (ns)	เวลาที่ใช้งานการแก้ สมการเมตริกซ์ (ns)
26	49	26	13
27	51	27	15
28	53	27	16
29	55	28	18
30	57	30	19
31	59	31	23
32	61	31	23
33	63	33	25
34	65	35	27
35	67	36	33
36	69	36	34
37	71	36	35
38	73	38	39
39	75	38	40
40	77	40	45

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 8.1 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนตัวแปรกับเวลาที่ใช้ในการสร้าง และแก้สมการเมตริกซ์

8.2 ทดสอบความถูกต้องของโปรแกรม

หัวข้อดังนี้ วิธีการ ทดสอบความถูกต้องจากวงจรตัวอย่างทดสอบ โดยทดสอบวงจรต่าง ๆ ใน

- ก. ทดสอบจุดทำงานสงบ (DC. Operating Points)
- ข. ทดสอบคุณสมบัติโอนย้าย (Transfer Characteristics)
- ค. ทดสอบคุณสมบัติตอบสนองเชิงเวลา (Transient Response Characteristics)
- ง. ทดสอบคุณสมบัติตอบสนองเชิงความถี่ (Frequency Response Characteristics)

และ เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้ กับผลลัพธ์จากโปรแกรม SPICE

การทดสอบที่ 1

ชนิดของวงจร TTL Inverter

ชนิดของการวิเคราะห์ วิเคราะห์หาจุดทำงานสงบ

แผนภาพวงจร รูปที่ 8.2.1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลการวิเคราะห์จากโปรแกรม SPICE

```

:-----:
:-- SPEC --:      Operating point solution      :
:-----:

```

<u>voltage node</u>	<u>value</u>
1	0.000E-01 Volts
2	5.340E-02 Volts
3	7.277E-01 Volts
4	7.134E-02 Volts
5	4.975E+00 Volts
6	4.974E-04 Volts
7	4.965E+00 Volts
8	4.346E+00 Volts
9	3.716E+00 Volts
10	5.000E+00 Volts

ผลการวิเคราะห์จากโปรแกรม SPICE

NODE	VOLTAGE	NODE	VOLTAGE	NODE	VOLTAGE	NODE	VOLTAGE
(1)	.0000	(2)	.0534	(3)	.7274	(4)	.0713
(5)	4.9752	(6)	.0000	(7)	4.9646	(8)	4.3470
(9)	3.7175	(10)	5.0000				

การทดสอบที่ 2

ชนิดวงจร TTL Inverter

ชนิดของการวิเคราะห์ วิเคราะห์หาคุณสมบัติอินทรีย์

แผนภาพวงจร รูปที่ 8.2.1

ผลการวิเคราะห์จากโปรแกรม SPEC

```

:-----:
: -- SPEC --   Transfer characteristic response   :
:-----:

```

Step	Input Voltage	V. Node(1)	V. Node(9)
1	0.000E-01	0.000E-01	3.716E+00
2	1.000E-01	1.000E-01	3.716E+00
3	2.000E-01	2.000E-01	3.716E+00
4	3.000E-01	3.000E-01	3.716E+00
5	4.000E-01	4.000E-01	3.715E+00
6	5.000E-01	5.000E-01	3.694E+00
7	6.000E-01	6.000E-01	3.614E+00
8	7.000E-01	7.000E-01	3.506E+00
9	8.000E-01	8.000E-01	3.389E+00
10	9.000E-01	9.000E-01	3.266E+00
11	1.000E+00	1.000E+00	3.142E+00
12	1.100E+00	1.100E+00	3.014E+00
13	1.200E+00	1.200E+00	2.836E+00
14	1.300E+00	1.300E+00	1.860E+00
15	1.400E+00	1.400E+00	1.793E-02
16	1.500E+00	1.500E+00	1.793E-02
17	1.600E+00	1.600E+00	1.793E-02
18	1.700E+00	1.700E+00	1.793E-02
19	1.800E+00	1.800E+00	1.793E-02
20	1.900E+00	1.900E+00	1.793E-02
21	2.000E+00	2.000E+00	1.793E-02
22	2.100E+00	2.100E+00	1.793E-02
23	2.200E+00	2.200E+00	1.793E-02
24	2.300E+00	2.300E+00	1.793E-02
25	2.400E+00	2.400E+00	1.793E-02
26	2.500E+00	2.500E+00	1.793E-02
27	2.600E+00	2.600E+00	1.793E-02
28	2.700E+00	2.700E+00	1.793E-02
29	2.800E+00	2.800E+00	1.793E-02

V(1)= A V(9)= B

SCALE A= 5.8E-02 SCALE B= 7.4E-02

A--> -2.9E-01 2.9E-01 8.7E-01 1.4E+00 2.0E+00 2.6E+00 3.2E+00
 B--> -3.5E-01 3.9E-01 1.1E+00 1.9E+00 2.6E+00 3.3E+00 4.1E+00

	+.....+.....+.....+.....+.....+.....+						
0.0E-01 :	A	:	:	:	:	:	B
1.0E-01 :	A	:	:	:	:	:	B
2.0E-01 :	A	:	:	:	:	:	B
3.0E-01 :	A	:	:	:	:	:	B
4.0E-01 :	+.....+A.....+			+.....+.....+			B.....+
5.0E-01 :	:	A	:	:	:	:	B
6.0E-01 :	:	A	:	:	:	:	B
7.0E-01 :	:	A	:	:	:	:	B
8.0E-01 :	:	A	:	:	:	:	B
9.0E-01 :	+.....+.....A.....+			+.....+.....+			B.....+
1.0E+00 :	:	:	A	:	:	B	:
1.1E+00 :	:	:	A	:	:	B	:
1.2E+00 :	:	:	A	:	:	B	:
1.3E+00 :	:	:	A B:	:	:	:	:
1.4E+00 :	+.....B.....+		+.....A.....+		+.....+.....+		
1.5E+00 :	B	:	:	A	:	:	:
1.6E+00 :	B	:	:	A	:	:	:
1.7E+00 :	B	:	:	A	:	:	:
1.8E+00 :	B	:	:	A	:	:	:
1.9E+00 :	+.....B.....+		+.....A.....+		+.....+.....+		
2.0E+00 :	B	:	:	:	A:	:	:
2.1E+00 :	B	:	:	:	A:	:	:
2.2E+00 :	B	:	:	:	A:	:	:
2.3E+00 :	B	:	:	:	A:	:	:
2.4E+00 :	+.....B.....+		+.....A.....+		+.....+.....+		
2.5E+00 :	B	:	:	:	:	A:	:
2.6E+00 :	B	:	:	:	:	A:	:
2.7E+00 :	B	:	:	:	:	A:	:
2.8E+00 :	B	:	:	:	:	A:	:
2.9E+00 :	+.....B.....+		+.....A.....+		+.....+.....+		

ผลการวิเคราะห์จากโปรแกรม SPICE

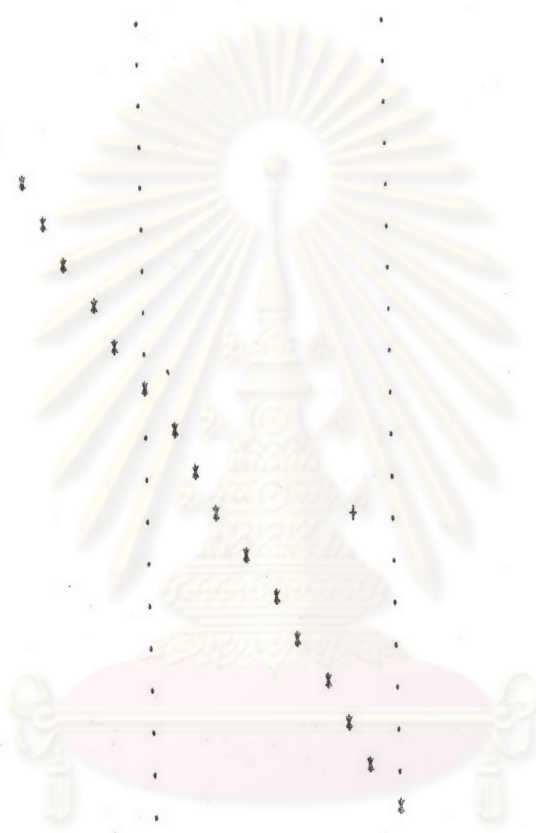
VIN	V(1)	V(9)
.000E+00	.000E+00	3.717E+00
1.000E-01	1.000E-01	3.717E+00
2.000E-01	2.000E-01	3.717E+00
3.000E-01	3.000E-01	3.717E+00
4.000E-01	4.000E-01	3.717E+00
5.000E-01	5.000E-01	3.695E+00
6.000E-01	6.000E-01	3.615E+00
7.000E-01	7.000E-01	3.507E+00
8.000E-01	8.000E-01	3.389E+00
9.000E-01	9.000E-01	3.267E+00
1.000E+00	1.000E+00	3.142E+00
1.100E+00	1.100E+00	3.014E+00
1.200E+00	1.200E+00	2.836E+00
1.300E+00	1.300E+00	1.847E+00
1.400E+00	1.400E+00	1.792E-02
1.500E+00	1.500E+00	1.792E-02
1.600E+00	1.600E+00	1.792E-02
1.700E+00	1.700E+00	1.792E-02
1.800E+00	1.800E+00	1.792E-02
1.900E+00	1.900E+00	1.792E-02
2.000E+00	2.000E+00	1.792E-02
2.100E+00	2.100E+00	1.792E-02
2.200E+00	2.200E+00	1.792E-02
2.300E+00	2.300E+00	1.792E-02
2.400E+00	2.400E+00	1.792E-02
2.500E+00	2.500E+00	1.792E-02
2.600E+00	2.600E+00	1.792E-02
2.700E+00	2.700E+00	1.792E-02
2.800E+00	2.800E+00	1.792E-02
2.900E+00	2.900E+00	1.792E-02
3.000E+00	3.000E+00	1.792E-02

LEGEND:

*: V(1)

+: V(9)

VIN	V(1)	.000D+00	1.000D+00	2.000D+00	3.000D+00	4.000D+00
.000D+00	.000D+00	*	.	.	.	+
1.000D-01	1.000D-01	.	.	.	.	+
2.000D-01	2.000D-01	.	.	.	.	+
3.000D-01	3.000D-01	.	.	.	.	+
4.000D-01	4.000D-01	.	.	.	.	+
5.000D-01	5.000D-01	.	.	.	.	+
6.000D-01	6.000D-01	.	.	.	.	+
7.000D-01	7.000D-01	.	.	.	.	+
8.000D-01	8.000D-01	.	.	.	.	+
9.000D-01	9.000D-01	.	.	.	.	+
1.000D+00	1.000D+00	.	.	.	.	+
1.100D+00	1.100D+00	.	.	.	.	+
1.200D+00	1.200D+00	.	.	.	.	+
1.300D+00	1.300D+00	.	.	.	.	+
1.400D+00	1.400D+00	+	.	.	.	+
1.500D+00	1.500D+00	+	.	.	.	+
1.600D+00	1.600D+00	+	.	.	.	+
1.700D+00	1.700D+00	+	.	.	.	+
1.800D+00	1.800D+00	+	.	.	.	+
1.900D+00	1.900D+00	+	.	.	.	+
2.000D+00	2.000D+00	+	.	.	.	+
2.100D+00	2.100D+00	+	.	.	.	+
2.200D+00	2.200D+00	+	.	.	.	+
2.300D+00	2.300D+00	+	.	.	.	+
2.400D+00	2.400D+00	+	.	.	.	+
2.500D+00	2.500D+00	+	.	.	.	+
2.600D+00	2.600D+00	+	.	.	.	+
2.700D+00	2.700D+00	+	.	.	.	+
2.800D+00	2.800D+00	+	.	.	.	+
2.900D+00	2.900D+00	+	.	.	.	+
3.000D+00	3.000D+00	+	.	.	.	+



ศูนย์วิทยทรัพยากร
 ภาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การทดสอบที่ 3

ชนิดของวงจร TTL Inverter

ชนิดของการวิเคราะห์ วิเคราะห์หาคุณสมบัติตอบสนองเชิงเวลา

แผนภาพวงจร รูปที่ 8.2.1

ผลการวิเคราะห์จากโปรแกรม SPEC



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

```

:-----:
:  -- SPEC  --                      Transient response  :
:-----:

```

Time	V.node(1)	V.Node(9)
0.000000E+00	0.000000E+00	0.3716203E+01
0.100000E-10	0.500000E+01	0.3902527E+01
0.200000E-10	0.500000E+01	0.4085992E+01
0.300000E-10	0.500000E+01	0.4250695E+01
0.400000E-10	0.500000E+01	0.4400840E+01
0.500000E-10	0.500000E+01	0.4531054E+01
0.600000E-10	0.500000E+01	0.4581667E+01
0.700000E-10	0.500000E+01	0.4572306E+01
0.800000E-10	0.500000E+01	0.4558673E+01
0.900000E-10	0.500000E+01	0.4543906E+01
0.100000E-09	0.500000E+01	0.4527009E+01
0.110000E-09	0.500000E+01	0.4506138E+01
0.120000E-09	0.500000E+01	0.4480526E+01
0.130000E-09	0.500000E+01	0.4450783E+01
0.140000E-09	0.500000E+01	0.4417979E+01
0.150000E-09	0.500000E+01	0.4383370E+01
0.160000E-09	0.500000E+01	0.4347350E+01
0.170000E-09	0.500000E+01	0.4310566E+01
0.180000E-09	0.500000E+01	0.4273303E+01
0.190000E-09	0.500000E+01	0.4235763E+01
0.200000E-09	0.500000E+01	0.4198092E+01
0.210000E-09	0.500000E+01	0.4160389E+01
0.220000E-09	0.500000E+01	0.4122737E+01
0.230000E-09	0.500000E+01	0.4085222E+01
0.240000E-09	0.500000E+01	0.4047843E+01
0.250000E-09	0.500000E+01	0.4010605E+01
0.260000E-09	0.500000E+01	0.3973666E+01
0.270000E-09	0.500000E+01	0.3936926E+01
0.280000E-09	0.500000E+01	0.3900376E+01
0.290000E-09	0.500000E+01	0.3864186E+01
0.300000E-09	0.500000E+01	0.3828250E+01

V(1)= A V(9)= B

SCALE A= 1.0E-01 SCALE B= 1.9E-02

A--> -5.0E-01 5.0E-01 1.5E+00 2.5E+00 3.5E+00 4.5E+00 5.5E+00
 B--> 3.6E+00 3.7E+00 3.9E+00 4.1E+00 4.3E+00 4.5E+00 4.7E+00

	A	B					
0.0E-01	:	:	:	:	:	:	:
1.0E-11	:	:	B	:	:	:	A
2.0E-11	:	:	:	B	:	:	A
3.0E-11	:	:	:	:	B	:	A
4.0E-11	+	+	+	+	+	B	A
5.0E-11	:	:	:	:	:	:	B A
6.0E-11	:	:	:	:	:	:	*
7.0E-11	:	:	:	:	:	:	*
8.0E-11	:	:	:	:	:	:	BA
9.0E-11	+	+	+	+	+	+	B A
1.0E-10	:	:	:	:	:	:	B A
1.1E-10	:	:	:	:	:	B	A
1.2E-10	:	:	:	:	:	B:	A
1.3E-10	:	:	:	:	:	B	A
1.4E-10	+	+	+	+	+	B	A
1.5E-10	:	:	:	:	B	:	A
1.6E-10	:	:	:	:	B	:	A
1.7E-10	:	:	:	B	:	:	A
1.8E-10	:	:	:	B	:	:	A
1.9E-10	+	+	+	+	B	+	A
2.0E-10	:	:	:	B	:	:	A
2.1E-10	:	:	:	B	:	:	A
2.2E-10	:	:	B	:	:	:	A
2.3E-10	:	:	B	:	:	:	A
2.4E-10	+	+	+	B	+	+	A
2.5E-10	:	:	B	:	:	:	A
2.6E-10	:	:	B	:	:	:	A
2.7E-10	:	B	:	:	:	:	A
2.8E-10	:	B	:	:	:	:	A
2.9E-10	+	+	B	+	+	+	A

ผลการวิเคราะห์จากโปรแกรม SPICE

TIME	V(1)	V(9)
.000E+00	.000E+00	3.717E+00
1.000E-11	5.000E+00	3.801E+00
2.000E-11	5.000E+00	3.997E+00
3.000E-11	5.000E+00	4.160E+00
4.000E-11	5.000E+00	4.284E+00
5.000E-11	5.000E+00	4.407E+00
6.000E-11	5.000E+00	4.489E+00
7.000E-11	5.000E+00	4.570E+00
8.000E-11	5.000E+00	4.568E+00
9.000E-11	5.000E+00	4.564E+00
1.000E-10	5.000E+00	4.501E+00
1.100E-10	5.000E+00	4.438E+00
1.200E-10	5.000E+00	4.369E+00
1.300E-10	5.000E+00	4.299E+00
1.400E-10	5.000E+00	4.222E+00
1.500E-10	5.000E+00	4.145E+00
1.600E-10	5.000E+00	4.068E+00
1.700E-10	5.000E+00	3.991E+00
1.800E-10	5.000E+00	3.915E+00
1.900E-10	5.000E+00	3.838E+00
2.000E-10	5.000E+00	3.763E+00
2.100E-10	5.000E+00	3.687E+00
2.200E-10	5.000E+00	3.614E+00
2.300E-10	5.000E+00	3.540E+00
2.400E-10	5.000E+00	3.467E+00
2.500E-10	5.000E+00	3.395E+00
2.600E-10	5.000E+00	3.324E+00
2.700E-10	5.000E+00	3.254E+00
2.800E-10	5.000E+00	3.185E+00
2.900E-10	5.000E+00	3.117E+00
3.000E-10	5.000E+00	3.050E+00

LEGEND:

*: V(1)

+: V(9)

TIME	V(1)				
(*)-----	.000D+00	2.000D+00	4.000D+00	6.000D+00	8.000D+00
(+)-----	1.000D+00	2.000D+00	3.000D+00	4.000D+00	5.000D+00
.000D+00	.000D+00	*	.	+	.
1.000D-11	5.000D+00	.	.	*	+
2.000D-11	5.000D+00	.	.	*	+
3.000D-11	5.000D+00	.	.	*	+
4.000D-11	5.000D+00	.	.	*	+
5.000D-11	5.000D+00	.	.	*	+
6.000D-11	5.000D+00	.	.	*	+
7.000D-11	5.000D+00	.	.	*	+
8.000D-11	5.000D+00	.	.	*	+
9.000D-11	5.000D+00	.	.	*	+
1.000D-10	5.000D+00	.	.	*	+
1.100D-10	5.000D+00	.	.	*	+
1.200D-10	5.000D+00	.	.	*	+
1.300D-10	5.000D+00	.	.	*	+
1.400D-10	5.000D+00	.	.	*	+
1.500D-10	5.000D+00	.	.	*	+
1.600D-10	5.000D+00	.	.	*	+
1.700D-10	5.000D+00	.	.	*	+
1.800D-10	5.000D+00	.	.	*	+
1.900D-10	5.000D+00	.	.	*	+
2.000D-10	5.000D+00	.	.	*	+
2.100D-10	5.000D+00	.	.	*	+
2.200D-10	5.000D+00	.	.	*	+
2.300D-10	5.000D+00	.	.	*	+
2.400D-10	5.000D+00	.	.	*	+
2.500D-10	5.000D+00	.	.	*	+
2.600D-10	5.000D+00	.	.	*	+
2.700D-10	5.000D+00	.	.	*	+
2.800D-10	5.000D+00	.	.	*	+
2.900D-10	5.000D+00	.	.	*	+



ศูนย์วิทยทรัพยากร
 ภาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การทดสอบที่ 5ชนิดของวงจร Transistor Schmitt Triggerชนิดของการวิเคราะห์ วิเคราะห์หาค่าคุณสมบัติไอออนชาขึ้นแผนภาพวงจร รูปที่ 8.2.2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลการวิเคราะห์จากโปรแกรม SPIC

 : -- SPEC -- Transfer characteristic response :

Step	Input Voltage	V. Node(4)	V. Node(6)
1	2.000E+00	6.566E+00	2.000E+00
2	2.100E+00	6.566E+00	2.100E+00
3	2.200E+00	6.566E+00	2.200E+00
4	2.300E+00	6.566E+00	2.300E+00
5	2.400E+00	6.566E+00	2.400E+00
6	2.500E+00	6.566E+00	2.500E+00
7	2.600E+00	6.566E+00	2.600E+00
8	2.700E+00	6.566E+00	2.700E+00
9	2.800E+00	6.566E+00	2.800E+00
10	2.900E+00	6.566E+00	2.900E+00
11	3.000E+00	6.566E+00	3.000E+00
12	3.100E+00	6.566E+00	3.100E+00
13	3.200E+00	6.566E+00	3.200E+00
14	3.300E+00	6.566E+00	3.300E+00
15	3.400E+00	6.566E+00	3.400E+00
16	3.500E+00	6.566E+00	3.500E+00
17	3.600E+00	6.566E+00	3.600E+00
18	3.700E+00	6.566E+00	3.700E+00
19	3.800E+00	6.566E+00	3.800E+00
20	3.900E+00	6.566E+00	3.900E+00
21	4.000E+00	6.573E+00	4.000E+00
22	4.100E+00	1.000E+01	4.100E+00
23	4.200E+00	1.000E+01	4.200E+00
24	4.300E+00	1.000E+01	4.300E+00
25	4.400E+00	1.000E+01	4.400E+00
26	4.500E+00	1.000E+01	4.500E+00
27	4.600E+00	1.000E+01	4.600E+00
28	4.700E+00	1.000E+01	4.700E+00
29	4.800E+00	1.000E+01	4.800E+00
30	4.900E+00	1.000E+01	4.900E+00
31	5.000E+00	1.000E+01	5.000E+00

V(4)= A V(6)= B

SCALE A= 6.9E-02 SCALE B= 5.8E-02

A-->	6.2E+00	6.9E+00	7.6E+00	8.3E+00	9.0E+00	9.7E+00	1.0E+01
B-->	1.7E+00	2.3E+00	2.9E+00	3.4E+00	4.0E+00	4.6E+00	5.2E+00

	+.....+.....+.....+.....+.....+.....+						
2.0E+00 :	*	:	:	:	:	:	:
2.1E+00 :	AB	:	:	:	:	:	:
2.2E+00 :	A B	:	:	:	:	:	:
2.3E+00 :	A B	:	:	:	:	:	:
2.4E+00 :	+.....A.....+B.....+.....+.....+.....+						
2.5E+00 :	A	:	B	:	:	:	:
2.6E+00 :	A	:	B	:	:	:	:
2.7E+00 :	A	:	B	:	:	:	:
2.8E+00 :	A	:	B	:	:	:	:
2.9E+00 :	+.....A.....+.....B.....+.....+.....+.....+						
3.0E+00 :	A	:	B	:	:	:	:
3.1E+00 :	A	:	B	:	:	:	:
3.2E+00 :	A	:	B	:	:	:	:
3.3E+00 :	A	:	B	:	:	:	:
3.4E+00 :	+.....A.....+.....B.....+.....+.....+						
3.5E+00 :	A	:	B	:	:	:	:
3.6E+00 :	A	:	B	:	:	:	:
3.7E+00 :	A	:	B	:	:	:	:
3.8E+00 :	A	:	B	:	:	:	:
3.9E+00 :	+.....A.....+.....B.....+.....+.....+						
4.0E+00 :	A	:	B	:	:	:	:
4.1E+00 :	:	:	:	:	B	:	A
4.2E+00 :	:	:	:	:	B	:	A
4.3E+00 :	:	:	:	:	B	:	A
4.4E+00 :	+.....+.....+.....+.....B.....+.....A.....+						
4.5E+00 :	:	:	:	:	B	:	A
4.6E+00 :	:	:	:	:	B	:	A
4.7E+00 :	:	:	:	:	B	:	A
4.8E+00 :	:	:	:	:	BA	:	:
4.9E+00 :	+.....+.....+.....+.....+.....+.....*						

ผลการวิเคราะห์จากโปรแกรม SPICE

```
*****11/20/86 ***** SPICE 2G.6 05/31/84*****16:04:46*****
TRANSISTOR SCHMITT TRIGGER
***          BJT MODEL PARAMETERS          TEMPERATURE = 27.000 DEG C
*****
```

```
          NPN
TYPE     NPN
IS       1.00D-14
BF       100.000
NF       1.000
BE       1.000
NR       1.000
```

ERROR: NO CONVERGENCE IN DC TRANSFER CURVES AT VIN = 4.100D+00

LAST NODE VOLTAGES:

NODE	VOLTAGE	NODE	VOLTAGE	NODE	VOLTAGE	NODE	VOLTAGE	NODE	VOLTAGE	NODE	VOLTAGE
(1)	10.0000	(2)	10.3610	(3)	4.3863	(4)	6.0291	(5)	3.6774	(6)	4.1000

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

*****11/20/86 ***** SPICE 2G.6 05/31/84*****16:04:46*****

TRANSISTOR SCHMITT TRIGGER

DC TRANSFER CURVES

TEMPERATURE = 27.000 DEG C

V(1)	V(6)	V(2)	V(4)
2.000E+00	2.000E+00	9.723E+00	6.565E+00
2.100E+00	2.100E+00	9.723E+00	6.565E+00
2.200E+00	2.200E+00	9.723E+00	6.565E+00
2.300E+00	2.300E+00	9.723E+00	6.565E+00
2.400E+00	2.400E+00	9.723E+00	6.565E+00
2.500E+00	2.500E+00	9.723E+00	6.565E+00
2.600E+00	2.600E+00	9.723E+00	6.565E+00
2.700E+00	2.700E+00	9.723E+00	6.565E+00
2.800E+00	2.800E+00	9.723E+00	6.565E+00
2.900E+00	2.900E+00	9.723E+00	6.565E+00
3.000E+00	3.000E+00	9.723E+00	6.565E+00
3.100E+00	3.100E+00	9.723E+00	6.565E+00
3.200E+00	3.200E+00	9.723E+00	6.565E+00
3.300E+00	3.300E+00	9.723E+00	6.565E+00
3.400E+00	3.400E+00	9.723E+00	6.565E+00
3.500E+00	3.500E+00	9.723E+00	6.565E+00
3.600E+00	3.600E+00	9.723E+00	6.565E+00
3.700E+00	3.700E+00	9.723E+00	6.565E+00
3.800E+00	3.800E+00	9.723E+00	6.565E+00
3.900E+00	3.900E+00	9.722E+00	6.565E+00
4.000E+00	4.000E+00	9.714E+00	6.572E+00

*****11/20/86 ***** SPICE 2G.6 05/31/84*****16:04:46*****

TRANSISTOR SCHMITT TRIGGER

*** DC TRANSFER CURVES

TEMPERATURE = 27.000 DEG C

LEGEND:

*: V(6)

+: V(2)

=: V(4)

VIN	V(6)				
(*)-----	2.000D+00	2.500D+00	3.000D+00	3.500D+00	4.000D+00
(+)	9.710D+00	9.715D+00	9.720D+00	9.725D+00	9.730D+00
(=)	6.560D+00	6.565D+00	6.570D+00	6.575D+00	6.580D+00
2.000D+00	2.000D+00	*	=	.	+
2.100D+00	2.100D+00	.	*	=	.
2.200D+00	2.200D+00	.	*	=	.
2.300D+00	2.300D+00	.	*	=	.
2.400D+00	2.400D+00	.	*	=	.
2.500D+00	2.500D+00	.	*	=	.
2.600D+00	2.600D+00	.	*	=	.
2.700D+00	2.700D+00	.	*	=	.
2.800D+00	2.800D+00	.	*	=	.
2.900D+00	2.900D+00	.	*	=	.
3.000D+00	3.000D+00	.	*	=	.
3.100D+00	3.100D+00	.	*	=	.
3.200D+00	3.200D+00	.	*	=	.
3.300D+00	3.300D+00	.	*	=	.
3.400D+00	3.400D+00	.	*	=	.
3.500D+00	3.500D+00	.	*	=	.
3.600D+00	3.600D+00	.	*	=	.
3.700D+00	3.700D+00	.	*	=	.
3.800D+00	3.800D+00	.	*	=	.
3.900D+00	3.900D+00	.	*	=	.
4.000D+00	4.000D+00	.	*	=	.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
 ภาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การทดสอบที่ 6

ชนิดของวงจร Transistor Schmitt Trigger

ชนิดของการวิเคราะห์ วิเคราะห์หาคุณสมบัติอินพุต-เอาต์พุต

แผนภาพวงจร รูปที่ 8.2.2



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลการวิเคราะห์จากโปรแกรม SPEC

 : -- SPEC -- Transfer characteristic response :

Step	Input Voltage	V. Node(2)	V. Node(6)
1	5.000E+00	4.339E+00	5.000E+00
2	4.900E+00	4.242E+00	4.900E+00
3	4.800E+00	4.145E+00	4.800E+00
4	4.700E+00	4.048E+00	4.700E+00
5	4.600E+00	3.952E+00	4.600E+00
6	4.500E+00	3.857E+00	4.500E+00
7	4.400E+00	3.763E+00	4.400E+00
8	4.300E+00	3.670E+00	4.300E+00
9	4.200E+00	3.580E+00	4.200E+00
10	4.100E+00	3.497E+00	4.100E+00
11	4.000E+00	3.442E+00	4.000E+00
12	3.900E+00	3.581E+00	3.900E+00
13	3.800E+00	3.772E+00	3.800E+00
14	3.700E+00	3.964E+00	3.700E+00
15	3.600E+00	4.155E+00	3.600E+00
16	3.500E+00	4.347E+00	3.500E+00
17	3.400E+00	4.538E+00	3.400E+00
18	3.300E+00	4.730E+00	3.300E+00
19	3.200E+00	4.921E+00	3.200E+00
20	3.100E+00	5.112E+00	3.100E+00
21	3.000E+00	5.303E+00	3.000E+00
22	2.900E+00	5.508E+00	2.900E+00
23	2.800E+00	9.722E+00	2.800E+00
24	2.700E+00	9.722E+00	2.700E+00
25	2.600E+00	9.722E+00	2.600E+00
26	2.500E+00	9.722E+00	2.500E+00
27	2.400E+00	9.722E+00	2.400E+00
28	2.300E+00	9.722E+00	2.300E+00
29	2.200E+00	9.722E+00	2.200E+00
30	2.100E+00	9.722E+00	2.100E+00
31	2.000E+00	9.722E+00	2.000E+00



$V(2) = A \quad V(6) = B$

SCALE A= 1.3E-01 SCALE B= 5.8E-02

A--> 2.8E+00 4.1E+00 5.3E+00 6.6E+00 7.8E+00 9.1E+00 1.0E+01
 B--> 1.8E+00 2.4E+00 3.0E+00 3.6E+00 4.1E+00 4.7E+00 5.3E+00

5.0E+00	:	:	A	:	:	:	:	B	:
4.9E+00	:	:	A	:	:	:	:	B	:
4.8E+00	:	:	A	:	:	:	:	B	:
4.7E+00	:	:	A:	:	:	:	:	B:	:
4.6E+00	+	.....	A+	.....	.....	.....	.....	B+	.....
4.5E+00	:	:	A	:	:	:	:	B	:
4.4E+00	:	:	A	:	:	:	:	B	:
4.3E+00	:	:	A	:	:	:	:	B	:
4.2E+00	:	:	A	:	:	:	:	B	:
4.1E+00	+	.....	A	.....	.....	.....	.....	B	.....
4.0E+00	:	:	A	:	:	:	:	B	:
3.9E+00	:	:	A	:	:	:	:	B	:
3.8E+00	:	:	A	:	:	:	:	B	:
3.7E+00	:	:	A:	:	:	:	:	B	:
3.6E+00	+	.....	A	.....	.....	.....	.....	B	.....
3.5E+00	:	:	:	A	:	:	:	B:	:
3.4E+00	:	:	:	A	:	:	:	B	:
3.3E+00	:	:	:	A	:	:	:	B	:
3.2E+00	:	:	:	A	:	:	:	B	:
3.1E+00	+	.....	A	.....	.....	.....	.....	B	.....
3.0E+00	:	:	:	AB	:	:	:	:	:
2.9E+00	:	:	:	B	:	:	:	A	:
2.8E+00	:	:	:	B	:	:	:	A	:
2.7E+00	:	:	:	B	:	:	:	A	:
2.6E+00	+	.....	B	.....	.....	.....	.....	A	.....
2.5E+00	:	:	:	B	:	:	:	A	:
2.4E+00	:	:	:	B	:	:	:	A	:
2.3E+00	:	:	:	B	:	:	:	A	:
2.2E+00	:	:	:	B	:	:	:	A	:
2.1E+00	+	.....	B	.....	.....	.....	.....	A	.....

ผลการวิเคราะห์จากโปรแกรม SPICE

*****11/20/86 ***** SPICE 2G.6 05/31/84*****16:05:41*****

TRANSISTOR SCHMITT TRIGGER

**** BJT MODEL PARAMETERS

TEMPERATURE = 27.000 DEG C

TYPE NPN
 IS 1.00D-14
 BF 100.000
 NF 1.000
 BE 1.000
 NR 1.000

ERROR: NO CONVERGENCE IN DC TRANSFER CURVES AT VIN = 2.800D+00

LAST NODE VOLTAGES:

NODE	VOLTAGE	NODE	VOLTAGE	NODE	VOLTAGE	NODE	VOLTAGE	NODE	VOLTAGE	NODE	VOLTAGE
(1)	10.0000	(2)	5.6838	(3)	2.8419	(4)	10.0000	(5)	2.1079	(6)	2.8000

ศูนย์วิทยทรัพยากร
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

*****11/20/86 ***** SPICE 2G.6 05/31/84*****16:05:41*****

TRANSISTOR SCHMITT TRIGGER

DC TRANSFER CURVES

TEMPERATURE = 27.000 DEG C

VIN	V(6)	V(2)	V(4)
5.000E+00	5.000E+00	4.318E+00	1.000E+01
4.900E+00	4.900E+00	4.220E+00	1.000E+01
4.800E+00	4.800E+00	4.123E+00	1.000E+01
4.700E+00	4.700E+00	4.027E+00	1.000E+01
4.600E+00	4.600E+00	3.931E+00	1.000E+01
4.500E+00	4.500E+00	3.836E+00	1.000E+01
4.400E+00	4.400E+00	3.742E+00	1.000E+01
4.300E+00	4.300E+00	3.649E+00	1.000E+01
4.200E+00	4.200E+00	3.560E+00	1.000E+01
4.100E+00	4.100E+00	3.477E+00	1.000E+01
4.000E+00	4.000E+00	3.428E+00	1.000E+01
3.900E+00	3.900E+00	3.579E+00	1.000E+01
3.800E+00	3.800E+00	3.771E+00	1.000E+01
3.700E+00	3.700E+00	3.963E+00	1.000E+01
3.600E+00	3.600E+00	4.154E+00	1.000E+01
3.500E+00	3.500E+00	4.346E+00	1.000E+01
3.400E+00	3.400E+00	4.537E+00	1.000E+01
3.300E+00	3.300E+00	4.728E+00	1.000E+01
3.200E+00	3.200E+00	4.920E+00	1.000E+01
3.100E+00	3.100E+00	5.111E+00	1.000E+01
3.000E+00	3.000E+00	5.302E+00	1.000E+01
2.900E+00	2.900E+00	5.506E+00	9.993E+00

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

*****11/20/86 ***** SPICE 2G.6 05/31/84*****16:05:41*****

TRANSISTOR SCHMITT TRIGGER

**** DC TRANSFER CURVES

TEMPERATURE = 27.000 DEG C

LEGEND:

*: V(6)

+: V(2)

=: V(4)

VIN	V(6)				
(*)-----	2.000D+00	3.000D+00	4.000D+00	5.000D+00	6.000D+00
(+)------	3.000D+00	4.000D+00	5.000D+00	6.000D+00	7.000D+00
(=)------	9.992D+00	9.994D+00	9.996D+00	9.998D+00	1.000D+01
5.000D+00	5.000D+00	.	.	.	.
4.900D+00	4.900D+00	.	.	.	.
4.800D+00	4.800D+00	.	.	.	.
4.700D+00	4.700D+00	.	.	.	.
4.600D+00	4.600D+00	.	.	.	.
4.500D+00	4.500D+00	.	.	.	.
4.400D+00	4.400D+00	.	.	.	.
4.300D+00	4.300D+00	.	.	.	.
4.200D+00	4.200D+00	.	.	.	.
4.100D+00	4.100D+00	.	.	.	.
4.000D+00	4.000D+00	.	.	.	.
3.900D+00	3.900D+00	.	.	.	.
3.800D+00	3.800D+00	.	.	.	.
3.700D+00	3.700D+00	.	.	.	.
3.600D+00	3.600D+00	.	.	.	.
3.500D+00	3.500D+00	.	.	.	.
3.400D+00	3.400D+00	.	.	.	.
3.300D+00	3.300D+00	.	.	.	.
3.200D+00	3.200D+00	.	.	.	.
3.100D+00	3.100D+00	.	.	.	.
3.000D+00	3.000D+00	.	.	.	.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
ศาลากลางกรมมหาวิทยาลัย

การทดสอบที่ 6ชนิดของวงจร Cascode Amplifierชนิดของการวิเคราะห์ วิเคราะห์หาคุณสมบัติตอบสนองความถี่แผนภาพวงจร รูปที่ 8.2.3

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลการวิเคราะห์จากโปรแกรม SPEC

VOLTAGE NODE 3

FREQUENCY	MAGNITUDE	PHASE
1.000E+05	2.404E-05	92.399
1.585E+05	3.816E-05	93.797
2.512E+05	6.074E-05	95.998
3.981E+05	9.728E-05	99.431
6.310E+05	1.582E-04	104.656
1.000E+06	2.658E-04	112.182
1.585E+06	4.760E-04	121.829
2.512E+06	9.362E-04	131.817
3.981E+06	2.024E-03	139.038
6.310E+06	4.639E-03	140.830
1.000E+07	1.071E-02	135.806
1.585E+07	2.354E-02	123.579
2.512E+07	4.626E-02	105.066
3.981E+07	7.751E-02	82.909
6.310E+07	1.092E-01	60.717
1.000E+08	1.326E-01	41.708
1.585E+08	1.458E-01	27.450
2.512E+08	1.520E-01	17.676
3.981E+08	1.547E-01	11.295
6.310E+08	1.558E-01	7.228
1.000E+09	1.564E-01	4.667
1.585E+09	1.567E-01	3.068
2.512E+09	1.571E-01	2.066
3.981E+09	1.575E-01	1.412
6.310E+09	1.578E-01	0.952
1.000E+10	1.580E-01	0.625
1.585E+10	1.581E-01	0.402
2.512E+10	1.581E-01	0.256
3.981E+10	1.581E-01	0.162
6.310E+10	1.581E-01	0.102

ผลการวิเคราะห์จากโปรแกรม SPICE

FREQ	VM(3)	VP(3)
1.000E+05	3.079E-05	9.234E+01
1.585E+05	4.892E-05	9.421E+01
2.512E+05	7.800E-05	9.696E+01
3.981E+05	1.255E-04	1.011E+02
6.310E+05	2.060E-04	1.072E+02
1.000E+06	3.533E-04	1.158E+02
1.585E+06	6.541E-04	1.259E+02
2.512E+06	1.337E-03	1.354E+02
3.981E+06	2.973E-03	1.410E+02
6.310E+06	6.888E-03	1.406E+02
1.000E+07	1.578E-02	1.333E+02
1.585E+07	3.373E-02	1.190E+02
2.512E+07	6.351E-02	9.928E+01
3.981E+07	1.015E-01	7.696E+01
6.310E+07	1.372E-01	5.552E+01
1.000E+08	1.620E-01	3.773E+01
1.585E+08	1.752E-01	2.468E+01
2.512E+08	1.813E-01	1.584E+01
3.981E+08	1.839E-01	1.010E+01
6.310E+08	1.851E-01	6.453E+00
1.000E+09	1.856E-01	4.158E+00
1.585E+09	1.859E-01	2.728E+00
2.512E+09	1.863E-01	1.838E+00
3.981E+09	1.866E-01	1.264E+00
6.310E+09	1.870E-01	8.629E-01
1.000E+10	1.872E-01	5.727E-01
1.585E+10	1.874E-01	3.706E-01
2.512E+10	1.874E-01	2.365E-01
3.981E+10	1.874E-01	1.499E-01
6.310E+10	1.875E-01	9.476E-02
1.000E+11	1.875E-01	5.984E-02

LEGEND:

*: VM(3)

+: VP(3)

	FRFQ	VM(3)					
(*)	-----	1.000D-06	1.000D-04	1.000D-02	1.000D+00	1.000D+02	
(+)	-----	.000D+00	5.000D+01	1.000D+02	1.500D+02	2.000D+02	
1.000D+05	3.079D-05	.	*	.	+	.	.
1.585D+05	4.892D-05	.	*	.	+	.	.
2.512D+05	7.800D-05	.	*	.	+	.	.
3.981D+05	1.255D-04	.	.	*	+	.	.
6.310D+05	2.060D-04	.	.	*	+	.	.
1.000D+06	3.533D-04	.	.	*	+	.	.
1.585D+06	6.541D-04	.	.	*	+	.	.
2.512D+06	1.337D-03	.	.	*	+	.	.
3.981D+06	2.973D-03	.	.	*	+	.	.
6.310D+06	6.888D-03	.	.	*	+	.	.
1.000D+07	1.578D-02	.	.	*	+	.	.
1.585D+07	3.373D-02	.	.	*	+	.	.
2.512D+07	6.351D-02	.	.	*	+	.	.
3.981D+07	1.015D-01	.	.	*	+	.	.
6.310D+07	1.372D-01	.	.	*	+	.	.
1.000D+08	1.620D-01	.	.	*	+	.	.
1.585D+08	1.752D-01	.	+	.	.	*	.
2.512D+08	1.813D-01	.	+	.	.	*	.
3.981D+08	1.839D-01	.	+	.	.	*	.
6.310D+08	1.851D-01	.	+	.	.	*	.
1.000D+09	1.856D-01	.	+	.	.	*	.
1.585D+09	1.859D-01	.	+	.	.	*	.
2.512D+09	1.863D-01	.	+	.	.	*	.
3.981D+09	1.866D-01	.	+	.	.	*	.
6.310D+09	1.870D-01	.	+	.	.	*	.
1.000D+10	1.872D-01	.	+	.	.	*	.
1.585D+10	1.874D-01	.	+	.	.	*	.
2.512D+10	1.874D-01	.	+	.	.	*	.
3.981D+10	1.874D-01	.	+	.	.	*	.
6.310D+10	1.875D-01	.	+	.	.	*	.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
 ภาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การทดสอบที่ 7ชนิดของวงจร Differential Amplifierชนิดของการวิเคราะห์ วิเคราะห์หาคุณสมบัติตอบสนองความถี่แผนภาพวงจร รูปที่ 8.2.4

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลการวิเคราะห์จากโปรแกรม SPEC

VOLTAGE NODE 5

FREQUENCY	MAGNITUDE	PHASE
1.000E+01	8.961E+01	0.000
1.585E+01	8.961E+01	-0.001
2.512E+01	8.961E+01	-0.001
3.981E+01	8.961E+01	-0.001
6.310E+01	8.961E+01	-0.002
1.000E+02	8.961E+01	-0.004
1.585E+02	8.961E+01	-0.006
2.512E+02	8.961E+01	-0.009
3.981E+02	8.961E+01	-0.015
6.310E+02	8.961E+01	-0.024
1.000E+03	8.961E+01	-0.037
1.585E+03	8.961E+01	-0.059
2.512E+03	8.961E+01	-0.094
3.981E+03	8.961E+01	-0.149
6.310E+03	8.961E+01	-0.236
1.000E+04	8.961E+01	-0.375
1.585E+04	8.961E+01	-0.594
2.512E+04	8.960E+01	-0.941
3.981E+04	8.958E+01	-1.492
6.310E+04	8.954E+01	-2.363
1.000E+05	8.944E+01	-3.743
1.585E+05	8.917E+01	-5.921
2.512E+05	8.851E+01	-9.339
3.981E+05	8.693E+01	-14.631
6.310E+05	8.329E+01	-22.556
1.000E+06	7.585E+01	-33.617
1.585E+06	6.345E+01	-47.217
2.512E+06	4.786E+01	-61.342
3.981E+06	3.309E+01	-74.063
6.310E+06	2.163E+01	-85.072

A = magnitude B = phase

	A-->	-9.0E+00	9.0E+00	2.7E+01	4.5E+01	6.3E+01	8.1E+01	9.9E+01
	B-->	-9.4E+01	-7.7E+01	-6.0E+01	-4.3E+01	-2.6E+01	-8.5E+00	8.5E+00
		+.....+.....+.....+.....+.....+.....+						
1.0E+01	:	:	:	:	:	:	:	*
1.6E+01	:	:	:	:	:	:	:	*
2.5E+01	:	:	:	:	:	:	:	*
4.0E+01	:	:	:	:	:	:	:	*
6.3E+01		+.....+.....+.....+.....+.....+.....+						
1.0E+02	:	:	:	:	:	:	:	*
1.6E+02	:	:	:	:	:	:	:	*
2.5E+02	:	:	:	:	:	:	:	*
4.0E+02	:	:	:	:	:	:	:	*
6.3E+02		+.....+.....+.....+.....+.....+.....+						
1.0E+03	:	:	:	:	:	:	:	*
1.6E+03	:	:	:	:	:	:	:	*
2.5E+03	:	:	:	:	:	:	:	*
4.0E+03	:	:	:	:	:	:	:	*
6.3E+03		+.....+.....+.....+.....+.....+.....+						
1.0E+04	:	:	:	:	:	:	:	*
1.6E+04	:	:	:	:	:	:	:	*
2.5E+04	:	:	:	:	:	:	:	*
4.0E+04	:	:	:	:	:	:	:	*
6.3E+04		+.....+.....+.....+.....+.....+.....+						
1.0E+05	:	:	:	:	:	:	:	BA
1.6E+05	:	:	:	:	:	:	:	B A
2.5E+05	:	:	:	:	:	:	:	B: A
4.0E+05	:	:	:	:	:	:	:	B : A
6.3E+05		+.....+.....+.....+.....+.....+.....+						
1.0E+06	:	:	:	:	B	:	A	:
1.6E+06	:	:	:	:	B	:	A	:
2.5E+06	:	:	:	:	B	:	A	:
4.0E+06	:	:	:	:	B	:	A	:
6.3E+06		+.....+.....+.....+.....+.....+.....+						

ผลการวิเคราะห์จากโปรแกรม SPICE

**** AC ANALYSIS

TEMPERATURE = 27.000 DEG C

FREQ	VM(5)	VP(5)
1.000E+01	8.516E+01	-9.936E-04
1.585E+01	8.516E+01	-1.575E-03
2.512E+01	8.516E+01	-2.496E-03
3.981E+01	8.516E+01	956E-03
6.310E+01	8.516E+01	269E-03
1.000E+02	8.516E+01	-9.936E-03
1.585E+02	8.516E+01	-1.575E-02
2.512E+02	8.516E+01	-2.496E-02
3.981E+02	8.516E+01	-3.956E-02
6.310E+02	8.516E+01	-6.269E-02
1.000E+03	8.516E+01	-9.936E-02
1.585E+03	8.516E+01	-1.575E-01
2.512E+03	8.516E+01	-2.496E-01
3.981E+03	8.515E+01	-3.956E-01
6.310E+03	8.515E+01	-6.269E-01
1.000E+04	8.514E+01	-9.935E-01
1.585E+04	8.512E+01	-1.574E+00
2.512E+04	8.508E+01	-2.494E+00
3.981E+04	8.496E+01	-3.950E+00
6.310E+04	8.466E+01	-6.245E+00
1.000E+05	8.392E+01	-9.840E+00
1.585E+05	8.215E+01	-1.538E+01
2.512E+05	7.815E+01	-2.357E+01
3.981E+05	7.023E+01	-3.471E+01
6.310E+05	5.766E+01	-4.781E+01
1.000E+06	4.275E+01	-6.054E+01
1.585E+06	2.928E+01	-7.096E+01
2.512E+06	1.916E+01	-7.869E+01
3.981E+06	1.226E+01	-8.440E+01
6.310E+06	7.756E+00	-8.899E+01
1.000E+07	4.865E+00	-9.331E+01

**** AC ANALYSIS

TEMPERATURE = 27.000 DEG C

LEGRND:

x: VM(5)

+: VP(5)

FREQ	VM(5)	VP(5)
(*)-----	3.162D+00	1.000D+01 3.162D+01 1.000D+02 3.162D+02
(+)-----	-1.500D+02	-1.000D+02 -5.000D+01 .000D+00 5.000D+01
1.000D+01	8.516D+01 *
1.585D+01	8.516D+01 * +
2.512D+01	8.516D+01 * +
3.981D+01	8.516D+01 * +
6.310D+01	8.516D+01 * +
1.000D+02	8.516D+01 * +
1.585D+02	8.516D+01 * +
2.512D+02	8.516D+01 * +
3.981D+02	8.516D+01 * +
6.310D+02	8.516D+01 * +
1.000D+03	8.516D+01 * +
1.585D+03	8.516D+01 * +
2.512D+03	8.516D+01 * +
3.981D+03	8.515D+01 * +
6.310D+03	8.515D+01 * +
1.000D+04	8.514D+01 * +
1.585D+04	8.512D+01 * +
2.512D+04	8.508D+01 * +
3.981D+04	8.496D+01 * +
6.310D+04	8.466D+01 * +
1.000D+05	8.392D+01 * +
1.585D+05	8.215D+01 * +
2.512D+05	7.815D+01 * +
3.981D+05	7.023D+01 * +
6.310D+05	5.766D+01 * +
1.000D+06	4.275D+01 * +
1.585D+06	2.928D+01 * +
2.512D+06	1.916D+01 * +
3.981D+06	1.226D+01 * +



ศูนย์วิทยทรัพยากร
 วิทยาลัย

การทดสอบที่ 8ชนิดของวงจร Differential Amplifierชนิดของการวิเคราะห์ วิเคราะห์หาคคุณสมบัติตอบสนองเชิงเวลาแผนภาพวงจร รูปที่ 8.2.4

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลการวิเคราะห์จากโปรแกรม SPEC

```

:-----:
:  -- SPEC  --                      Transient response  :
:-----:

```

Time	V.node(5)	V.Node(100)
0.000000E+00	0.6337461E+01	0.000000E+00
0.100000E-08	0.4684576E+01	0.500000E+00
0.200000E-08	0.5161731E+01	0.500000E+00
0.300000E-08	0.5577825E+01	0.500000E+00
0.400000E-08	0.5895968E+01	0.500000E+00
0.500000E-08	0.6141110E+01	0.500000E+00
0.600000E-08	0.6333822E+01	0.500000E+00
0.700000E-08	0.6487792E+01	0.500000E+00
0.800000E-08	0.6614162E+01	0.500000E+00
0.900000E-08	0.6719938E+01	0.500000E+00
0.100000E-07	0.6810470E+01	0.500000E+00
0.110000E-07	0.6889778E+01	0.500000E+00
0.120000E-07	0.6961087E+01	0.500000E+00
0.130000E-07	0.7026428E+01	0.500000E+00
0.140000E-07	0.7087301E+01	0.500000E+00
0.150000E-07	0.7144738E+01	0.500000E+00
0.160000E-07	0.7199492E+01	0.500000E+00
0.170000E-07	0.7251793E+01	0.500000E+00
0.180000E-07	0.7302369E+01	0.500000E+00
0.190000E-07	0.7351638E+01	0.500000E+00
0.200000E-07	0.7399806E+01	0.500000E+00
0.210000E-07	0.7447030E+01	0.500000E+00
0.220000E-07	0.7493173E+01	0.500000E+00
0.230000E-07	0.7538614E+01	0.500000E+00
0.240000E-07	0.7583452E+01	0.500000E+00
0.250000E-07	0.7627733E+01	0.500000E+00
0.260000E-07	0.7671296E+01	0.500000E+00
0.270000E-07	0.7714354E+01	0.500000E+00
0.280000E-07	0.7756975E+01	0.500000E+00
0.290000E-07	0.7799162E+01	0.500000E+00
0.300000E-07	0.7840731E+01	0.500000E+00

V(5)= A V(**)= B

SCALE A= 7.1E-02 SCALE B= 1.0E-02

A--> 4.3E+00 5.0E+00 5.7E+00 6.5E+00 7.2E+00 7.9E+00 8.6E+00
 B--> -5.0E-02 5.0E-02 1.5E-01 2.5E-01 3.5E-01 4.5E-01 5.5E-01

	+	+	+	+	+	+	+
0.0E-01 :	B	:	:	A	:	:	:	:	:	:	:	:	:
1.0E-09 :	A	:	:	:	:	:	:	:	:	:	B	:	:
2.0E-09 :	:	A	:	:	:	:	:	:	:	:	B	:	:
3.0E-09 :	:	:	A	:	:	:	:	:	:	:	B	:	:
4.0E-09 +	.....	+	.....	+	A	.....	+	.....	+	.....	+	B	.....
5.0E-09 :	:	:	:	A	:	:	:	:	:	:	B	:	:
6.0E-09 :	:	:	:	:	A	:	:	:	:	:	B	:	:
7.0E-09 :	:	:	:	:	A	:	:	:	:	:	B	:	:
8.0E-09 :	:	:	:	:	A	:	:	:	:	:	B	:	:
9.0E-09 +	.....	+	.....	+	A	.....	+	.....	+	.....	+	B	.....
1.0E-08 :	:	:	:	:	A	:	:	:	:	:	B	:	:
1.1E-08 :	:	:	:	:	:	A	:	:	:	:	B	:	:
1.2E-08 :	:	:	:	:	:	A	:	:	:	:	B	:	:
1.3E-08 :	:	:	:	:	:	A	:	:	:	:	B	:	:
1.4E-08 +	.....	+	.....	+	A	.....	+	.....	+	.....	+	B	.....
1.5E-08 :	:	:	:	:	:	A	:	:	:	:	B	:	:
1.6E-08 :	:	:	:	:	:	A	:	:	:	:	B	:	:
1.7E-08 :	:	:	:	:	:	A	:	:	:	:	B	:	:
1.8E-08 :	:	:	:	:	:	A	:	:	:	:	B	:	:
1.9E-08 +	.....	+	.....	+	A	.....	+	.....	+	.....	+	B	.....
2.0E-08 :	:	:	:	:	:	A	:	:	:	:	B	:	:
2.1E-08 :	:	:	:	:	:	A	:	:	:	:	B	:	:
2.2E-08 :	:	:	:	:	:	A	:	:	:	:	B	:	:
2.3E-08 :	:	:	:	:	:	A	:	:	:	:	B	:	:
2.4E-08 +	.....	+	.....	+	A	.....	+	.....	+	.....	+	B	.....
2.5E-08 :	:	:	:	:	:	A	:	:	:	:	B	:	:
2.6E-08 :	:	:	:	:	:	A	:	:	:	:	B	:	:
2.7E-08 :	:	:	:	:	:	A	:	:	:	:	B	:	:
2.8E-08 :	:	:	:	:	:	A	:	:	:	:	B	:	:
2.9E-08 +	.....	+	.....	+	A	.....	+	.....	+	.....	+	B	.....

ผลการวิเคราะห์จากโปรแกรม SPICE

**** TRANSIENT ANALYSIS

TEMPERATURE = 27.000 DEG C

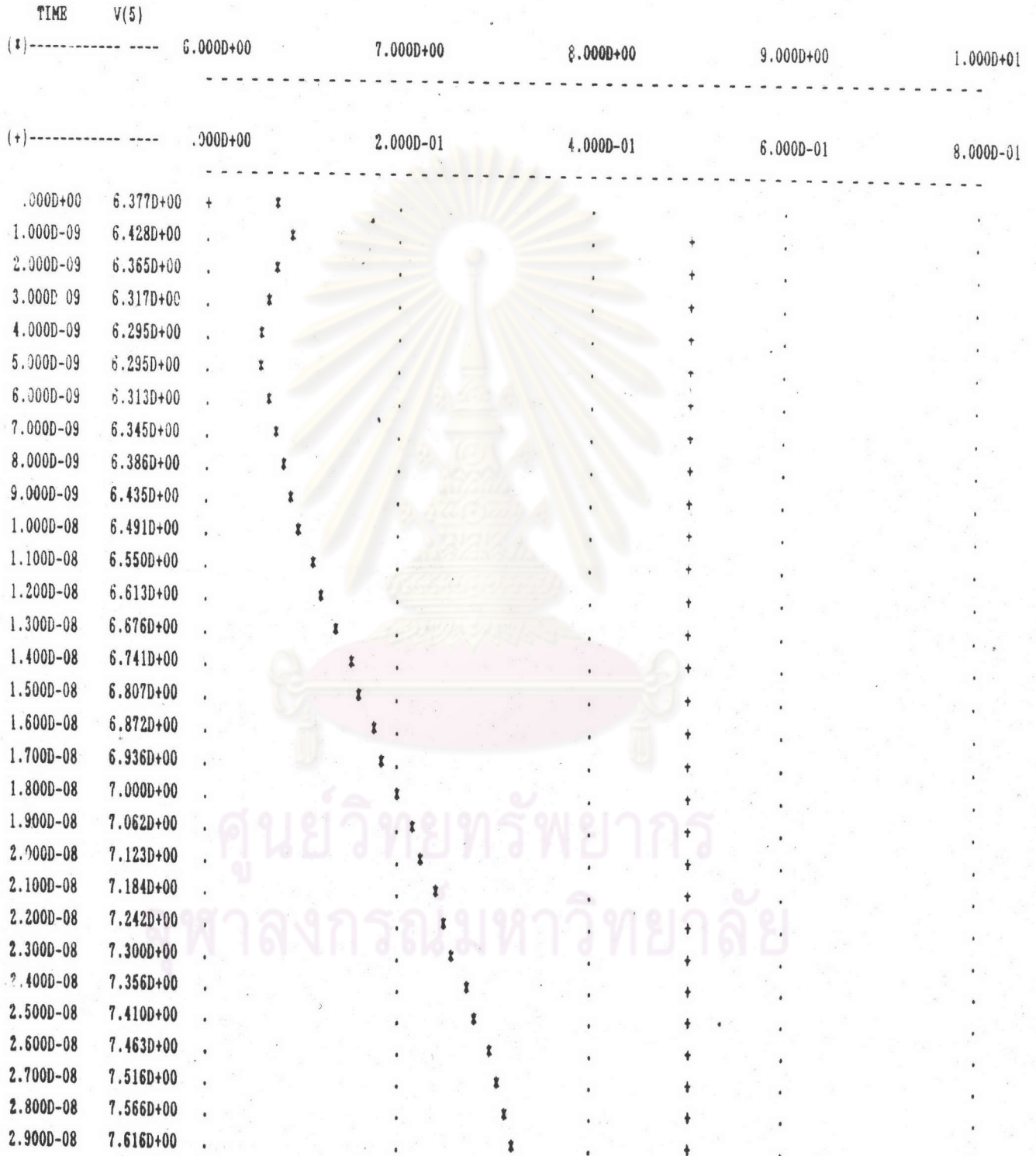
TIME	V(5)	V(100)
.000E+00	6.377E+00	.000E+00
1.000E-09	6.428E+00	5.000E-01
2.000E-09	6.365E+00	5.000E-01
3.000E-09	6.317E+00	5.000E-01
4.000E-09	6.295E+00	5.000E-01
5.000E-09	6.295E+00	5.000E-01
6.000E-09	6.313E+00	5.000E-01
7.000E-09	6.345E+00	5.000E-01
8.000E-09	6.386E+00	5.000E-01
9.000E-09	6.435E+00	5.000E-01
1.000E-08	6.491E+00	5.000E-01
1.100E-08	6.550E+00	5.000E-01
1.200E-08	6.613E+00	5.000E-01
1.300E-08	6.676E+00	5.000E-01
1.400E-08	6.741E+00	5.000E-01
1.500E-08	6.807E+00	5.000E-01
1.600E-08	6.872E+00	5.000E-01
1.700E-08	6.936E+00	5.000E-01
1.800E-08	7.000E+00	5.000E-01
1.900E-08	7.062E+00	5.000E-01
2.000E-08	7.123E+00	5.000E-01
2.100E-08	7.184E+00	5.000E-01
2.200E-08	7.242E+00	5.000E-01
2.300E-08	7.300E+00	5.000E-01
2.400E-08	7.356E+00	5.000E-01
2.500E-08	7.410E+00	5.000E-01
2.600E-08	7.463E+00	5.000E-01
2.700E-08	7.516E+00	5.000E-01
2.800E-08	7.566E+00	5.000E-01
2.900E-08	7.616E+00	5.000E-01
3.000E-08	7.664E+00	5.000E-01

*** TRANSIENT ANALYSIS

TEMPERATURE = 27.000 DEG C

LEGEND:

*: V(5)



ศูนย์วิทยทรัพยากร
 ภาสกรณมหาวิทยาลัย

การทดสอบที่ 9ชนิดของวงจร Differential Amplifierชนิดของการวิเคราะห์ วิเคราะห์หาคุณสมบัติอินพุตแผนภาพวงจร รูปที่ 8.2.4

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลการวิเคราะห์จากโปรแกรม SPEC

```

:-----:
: -- SPEC --   Transfer characteristic response :
:-----:

```

Step	Input Voltage	V. Node(4)	V. Node(5)
1	-2.000E-01	1.199E+01	6.827E-01
2	-1.900E-01	1.199E+01	6.863E-01
3	-1.800E-01	1.198E+01	6.917E-01
4	-1.700E-01	1.198E+01	6.995E-01
5	-1.600E-01	1.196E+01	7.111E-01
6	-1.500E-01	1.195E+01	7.280E-01
7	-1.400E-01	1.192E+01	7.527E-01
8	-1.300E-01	1.189E+01	7.886E-01
9	-1.200E-01	1.183E+01	8.408E-01
10	-1.100E-01	1.176E+01	9.160E-01
11	-1.000E-01	1.165E+01	1.023E+00
12	-9.000E-02	1.150E+01	1.175E+00
13	-8.000E-02	1.129E+01	1.385E+00
14	-7.000E-02	1.101E+01	1.669E+00
15	-6.000E-02	1.063E+01	2.044E+00
16	-5.000E-02	1.015E+01	2.523E+00
17	-4.000E-02	9.563E+00	3.112E+00
18	-3.000E-02	8.868E+00	3.806E+00
19	-2.000E-02	8.082E+00	4.593E+00
20	-1.000E-02	7.227E+00	5.447E+00
21	1.490E-08	6.337E+00	6.337E+00
22	1.000E-02	5.447E+00	7.227E+00
23	2.000E-02	4.593E+00	8.082E+00
24	3.000E-02	3.806E+00	8.868E+00
25	4.000E-02	3.112E+00	9.563E+00
26	5.000E-02	2.523E+00	1.015E+01
27	6.000E-02	2.044E+00	1.063E+01
28	7.000E-02	1.669E+00	1.101E+01
29	8.000E-02	1.385E+00	1.129E+01
30	9.000E-02	1.175E+00	1.150E+01
31	1.000E-01	1.023E+00	1.165E+01
32	1.100E-01	9.160E-01	1.176E+01
33	1.200E-01	8.408E-01	1.183E+01
34	1.300E-01	7.886E-01	1.189E+01

35	1.400E-01	7.527E-01	1.192E+01
36	1.500E-01	7.280E-01	1.195E+01
37	1.600E-01	7.111E-01	1.196E+01
38	1.700E-01	6.995E-01	1.198E+01
39	1.800E-01	6.917E-01	1.198E+01
40	1.900E-01	6.863E-01	1.199E+01
41	2.000E-01	6.827E-01	1.199E+01



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

V(4)= A V(5)= B

SCALE A= 2.3E-01 SCALE B= 2.3E-01

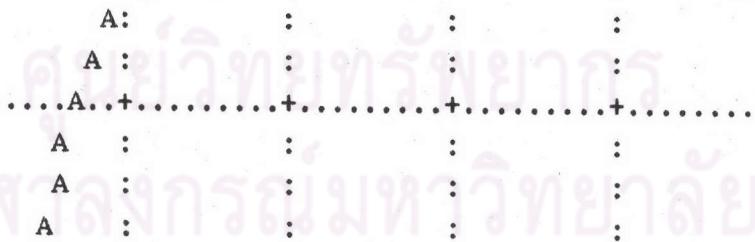
A--> -4.4E-01 1.8E+00 4.1E+00 6.3E+00 8.6E+00 1.1E+01 1.3E+01

B--> -4.5E-01 1.8E+00 4.1E+00 6.3E+00 8.6E+00 1.1E+01 1.3E+01

```

+.....+.....+.....+.....+.....+.....+.....+
-1.5E-01 :    B    :    :    :    :    :    A    :
-1.4E-01 :    B    :    :    :    :    :    A    :
-1.3E-01 :    B    :    :    :    :    :    A    :
-1.2E-01 :    B    :    :    :    :    :    A    :
-1.1E-01 +.....B.....+.....+.....+.....+.....+.....+
-1.0E-01 :    B    :    :    :    :    :    A    :
-9.0E-02 :    B    :    :    :    :    :    A    :
-8.0E-02 :    B    :    :    :    :    :    A    :
-7.0E-02 :    B    :    :    :    :    :    A    :
-6.0E-02 +.....+B.....+.....+.....+.....+.....+.....+
-5.0E-02 :    :    B    :    :    :    :    A    :
-4.0E-02 :    :    B    :    :    :    :    A    :
-3.0E-02 :    :    :    B    :    :    :    A    :
-2.0E-02 :    :    :    :    B    :    :    A    :
-1.0E-02 +.....+.....+.....+.....+.....+.....+.....+
1.5E-08 :    :    :    :    AB    :    :    :
1.0E-02 :    :    :    :    A    :    B    :    :
2.0E-02 :    :    :    :    A    :    :    B    :    :
3.0E-02 :    :    :    :    A    :    :    :    B    :    :
4.0E-02 +.....+.....+.....+.....+.....+.....+.....+
5.0E-02 :    :    A    :    :    :    :    :    B    :    :
6.0E-02 :    :    A    :    :    :    :    :    B    :    :
7.0E-02 :    :    A    :    :    :    :    :    B    :    :
8.0E-02 :    :    A    :    :    :    :    :    :    B    :    :
9.0E-02 +.....+.....+.....+.....+.....+.....+.....+
1.0E-01 :    A    :    :    :    :    :    :    B    :
1.1E-01 :    A    :    :    :    :    :    :    B    :
1.2E-01 :    A    :    :    :    :    :    :    B    :
1.3E-01 :    A    :    :    :    :    :    :    B    :
1.4E-01 +.....+.....+.....+.....+.....+.....+.....+

```



ผลการวิเคราะห์จากโปรแกรม SPICE

**** DC TRANSFER CURVES

TEMPERATURE = 27.000 DEG C

VIN	V(4)	V(5)
-2.000E-01	1.199E+01	7.629E-01
-1.900E-01	1.199E+01	7.669E-01
-1.800E-01	1.198E+01	7.728E-01
-1.700E-01	1.197E+01	7.814E-01
-1.600E-01	1.196E+01	7.940E-01
-1.500E-01	1.194E+01	8.125E-01
-1.400E-01	1.192E+01	8.394E-01
-1.300E-01	1.188E+01	8.786E-01
-1.200E-01	1.182E+01	9.353E-01
-1.100E-01	1.174E+01	1.017E+00
-1.000E-01	1.162E+01	1.132E+00
-9.000E-02	1.146E+01	1.294E+00
-8.000E-02	1.124E+01	1.515E+00
-7.000E-02	1.094E+01	1.812E+00
-6.000E-02	1.056E+01	2.197E+00
-5.000E-02	1.007E+01	2.681E+00
-4.000E-02	9.488E+00	3.267E+00
-3.000E-02	8.807E+00	3.947E+00
-2.000E-02	8.046E+00	4.708E+00
-1.000E-02	7.227E+00	5.527E+00
-5.551E-17	6.377E+00	6.377E+00
1.000E-02	5.528E+00	7.227E+00
2.000E-02	4.708E+00	8.046E+00
3.000E-02	3.947E+00	8.807E+00
4.000E-02	3.267E+00	9.488E+00
5.000E-02	2.681E+00	1.007E+01
6.000E-02	2.197E+00	1.056E+01
7.000E-02	1.812E+00	1.094E+01
8.000E-02	1.515E+00	1.124E+01
9.000E-02	1.294E+00	1.146E+01
1.000E-01	1.132E+00	1.162E+01
1.100E-01	1.017E+00	1.174E+01

1.200E-01	9.353E-01	1.182E+01
1.300E-01	8.786E-01	1.188E+01
1.400E-01	8.394E-01	1.192E+01
1.500E-01	8.125E-01	1.194E+01
1.600E-01	7.940E-01	1.196E+01
1.700E-01	7.814E-01	1.197E+01
1.800E-01	7.728E-01	1.198E+01
1.900E-01	7.669E-01	1.199E+01
2.000E-01	7.629E-01	1.199E+01



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

*** DC TRANSFER CURVES

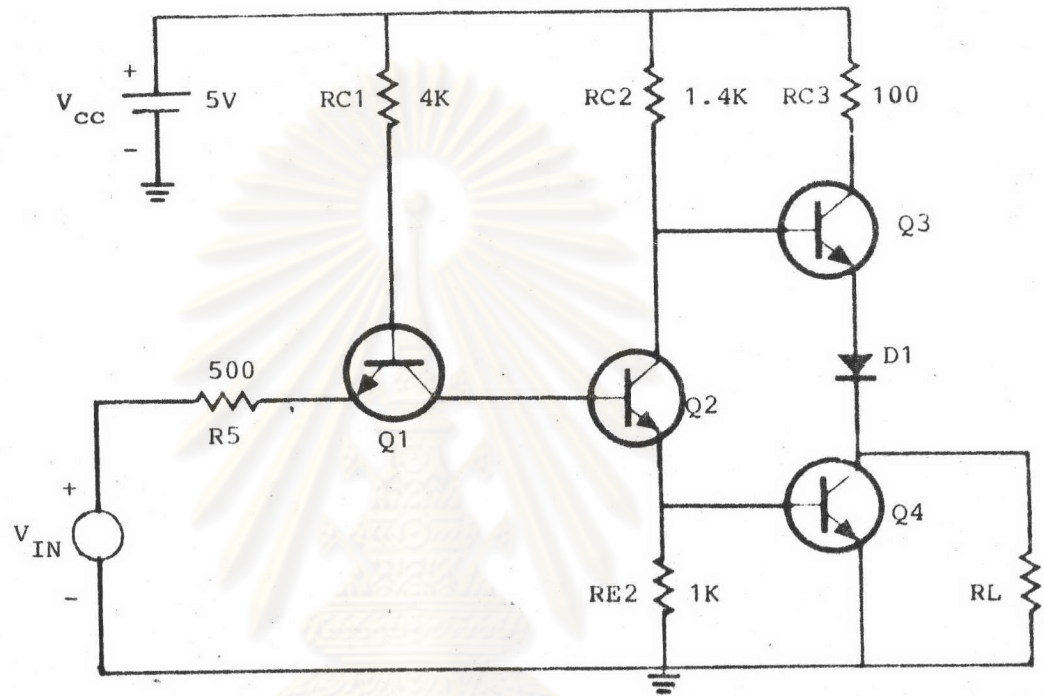
TEMPERATURE = 27.000 DEG C

VIN V(4)

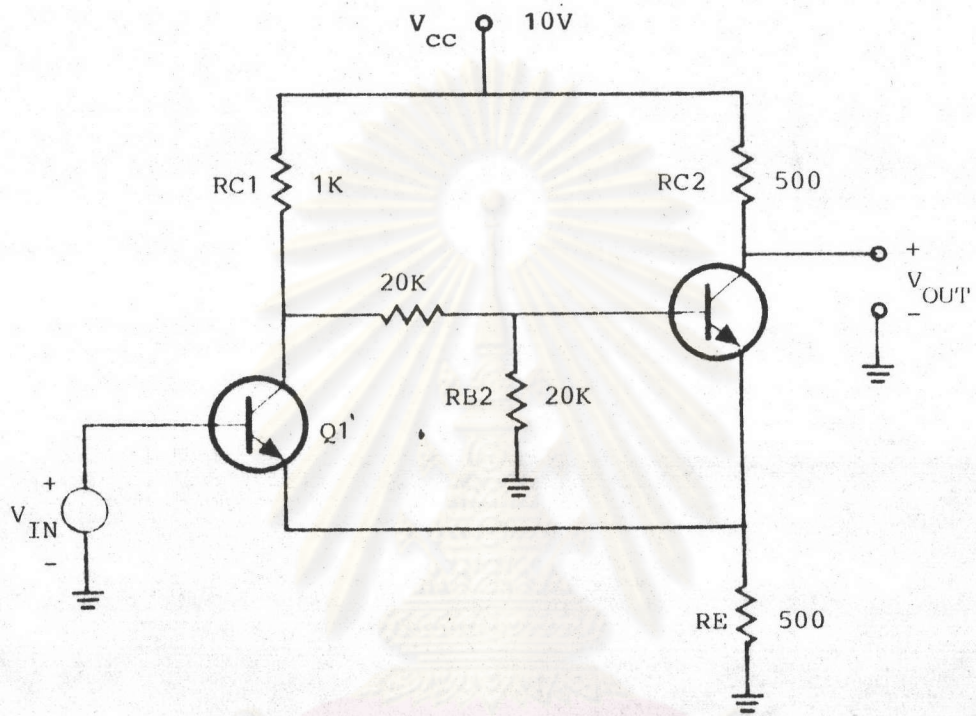
(z+)	-----	.000D+00	5.000D+00	1.000D+01	1.500D+01	2.000D+01
-1.500D-01	1.194D+01	.	+	.	.	x
-1.400D-01	1.192D+01	.	+	.	.	x
-1.300D-01	1.188D+01	.	+	.	.	x
-1.200D-01	1.182D+01	.	+	.	.	x
-1.100D-01	1.174D+01	.	+	.	.	x
-1.000D-01	1.162D+01	.	+	.	.	x
-9.000D-02	1.146D+01	.	+	.	.	x
-8.000D-02	1.124D+01	.	+	.	.	x
-7.000D-02	1.094D+01	.	+	.	.	x
-6.000D-02	1.056D+01	.	+	.	.	x
-5.000D-02	1.007D+01	.	+	.	.	x
-4.000D-02	9.488D+00	.	+	.	.	x
-3.000D-02	8.807D+00	.	+	.	.	x
-2.000D-02	8.046D+00	.	+	.	.	x
-1.000D-02	7.227D+00	.	+	.	.	x
-5.551D-17	6.377D+00	.	.	.	.	x
1.000D-02	5.528D+00	.	.	.	.	x
2.000D-02	4.708D+00	.	.	.	.	x
3.000D-02	3.947D+00	.	.	.	.	x
4.000D-02	3.267D+00	.	.	.	.	x
5.000D-02	2.681D+00	.	.	.	.	x
6.000D-02	2.197D+00	.	.	.	.	x
7.000D-02	1.812D+00	.	.	.	.	x
8.000D-02	1.515D+00	.	.	.	.	x
9.000D-02	1.294D+00	.	.	.	.	x
1.000D-01	1.132D+00	.	.	.	.	x
1.100D-01	1.017D+00	.	.	.	.	x
1.200D-01	9.353D-01	.	.	.	.	x
1.300D-01	8.786D-01	.	.	.	.	x
1.400D-01	8.394D-01	.	.	.	.	x



ศูนย์วิทยทรัพยากร
 ภาล่งกรณ์มหาวิทยาลัย

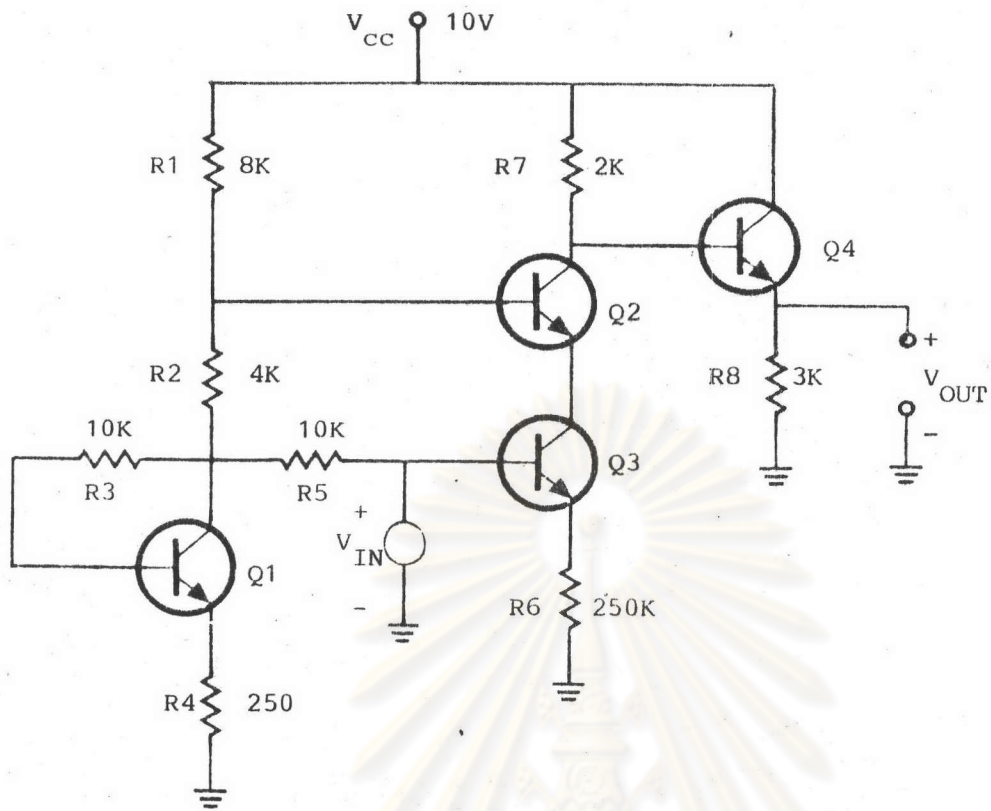


ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
รูปที่ 8.2.1 TTL Inverter



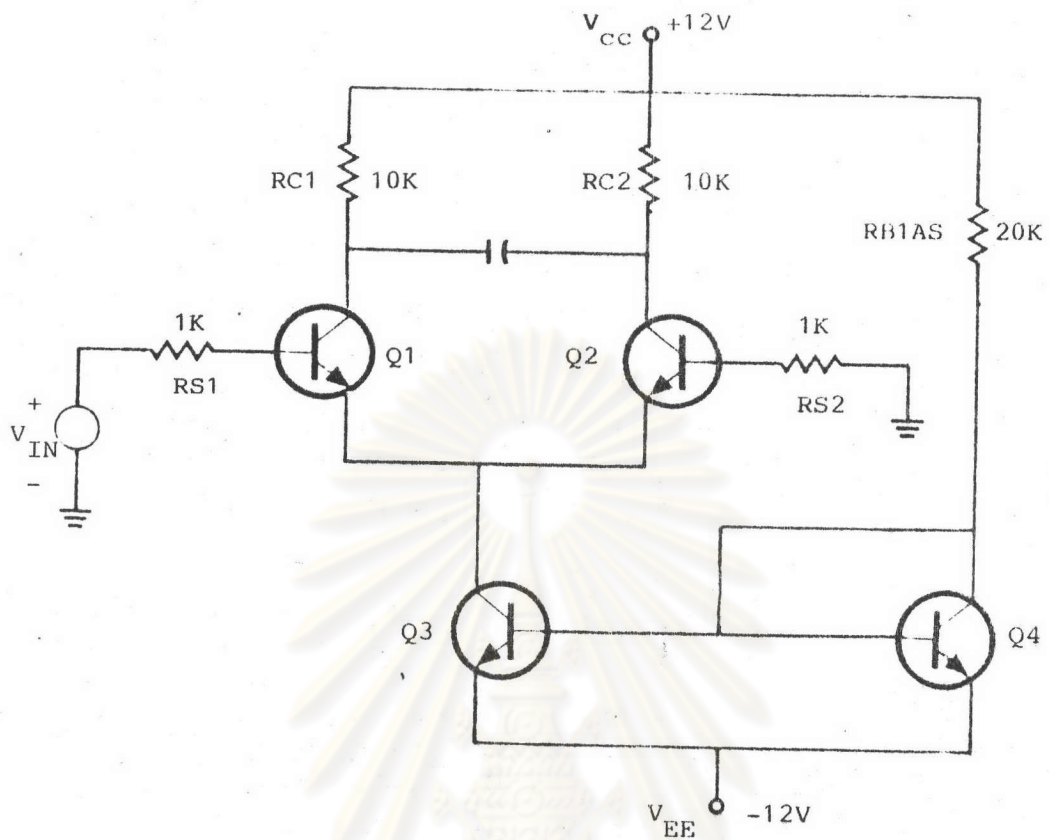
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 8.2.2 Transistor Schmitt trigger



รูปที่ 8.2.3 Cascode Amplifier

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 8.2.4 Differential Amplifier