



มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY



ภาคผนวก ก.

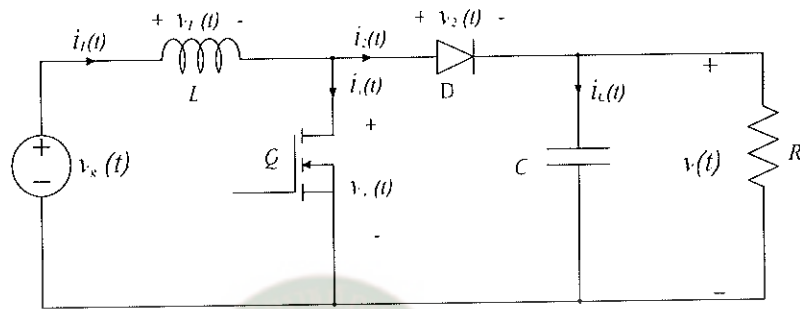
การทำงานของวงจรแปลงผันไฟตรงเป็นไฟตรงแบบเพิ่มแรงดัน

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

หลักการพื้นฐานของวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์

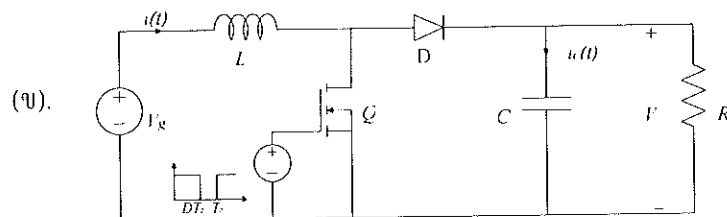
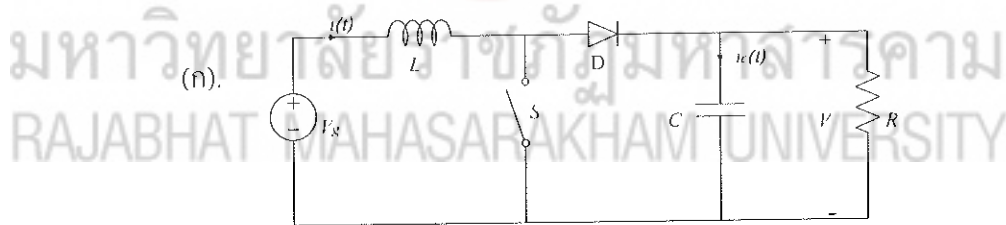
เงื่อนไขการทำงานของวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์

การวิเคราะห์การทำงานของวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์ในช่วงสภาวะอยู่ตัว จะมีการกำหนดเงื่อนไขในการทำงานของวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์ เพื่อให้ง่ายต่อการวิเคราะห์ดังนี้



รูปที่ ก.1 แสดงวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์

หลักการการทำงานของวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์ เพื่อให้ได้แรงดันไฟฟ้าด้านออกตามต้องการ จะเริ่มต้นจากข้อกำหนดที่ว่าแรงดันไฟฟ้าเฉลี่ยตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำในแต่ละคาบเวลาจะเท่ากับศูนย์ และสามารถหากระแสไฟฟ้ที่ไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำได้โดยวิเคราะห์การทำงานของสวิตช์ในแต่ละโหมด ทั้งนี้การทำงานต้องอยู่ในช่วงสภาวะอยู่ตัวดังนี้



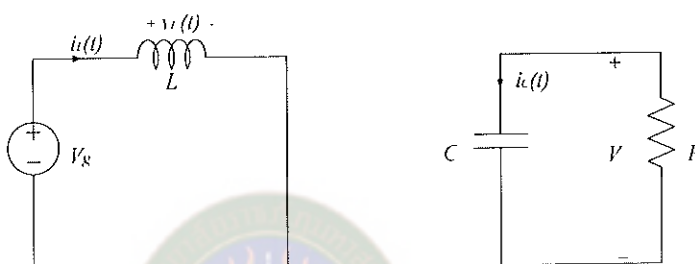
รูปที่ ก.2 แสดงหลักการการทำงานของวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์

(ก.) แสดงวงจรเทียบเคียงการทำงานของวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์

(ข.) แสดงวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์โดยมี MOSFET เป็นอุปกรณ์สวิตช์

ในวงจรบุสท์คอนเวอร์เตอร์ ในรูปที่ ก.2 จะประกอบไปด้วยแรงดันค่านเข้า V_g จ่ายพลังไฟฟ้าเข้าสู่ตัววงจรบุสท์คอนเวอร์เตอร์, แรงดันค่านออก V จ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับภาระ (Load), อุปกรณ์สวิตช์ Q , ไดโอด D , ขดลวดเหนี่ยวนำ L , และตัวเก็บประจุไฟฟ้า C และตัวต้านทาน R ในการพิจารณาการทำงานของวงจร ในรูปที่ ก.3 สามารถวิเคราะห์การทำงานของวงจรออกเป็น 3 ช่วงการทำงาน

ช่วงที่ 1 สวิตช์ Q ทำงาน ไดโอด D ไม่ทำงาน



รูปที่ ก.3 แสดงวงจรบุสท์คอนเวอร์เตอร์ที่ สวิตช์ Q ทำงาน แต่ไดโอด D ไม่ทำงาน

ช่วงที่ 2 สวิตช์ Q ไม่ทำงาน ไดโอด D ทำงาน



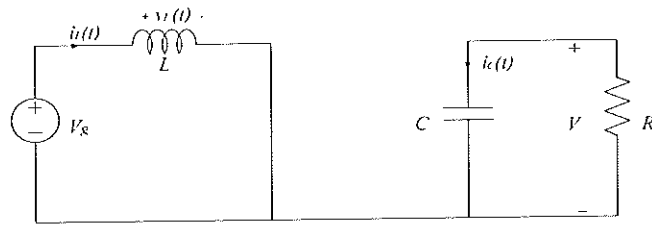
รูปที่ ก.4 แสดงวงจรบุสท์คอนเวอร์เตอร์ที่ สวิตช์ Q ไม่ทำงาน แต่ไดโอด D ทำงาน

ช่วงที่ 3 สวิตช์ Q ไม่ทำงาน ไดโอด D ไม่ทำงาน



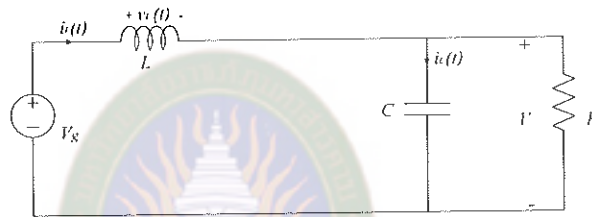
รูปที่ ก.5 แสดงวงจรบุสท์คอนเวอร์เตอร์ที่ สวิตช์ Q และ D ไม่ทำงาน

การวิเคราะห์การทำงานของวงจรบุสท์คอนเวอร์เตอร์ในโหมด กระแสต่อเนื่อง



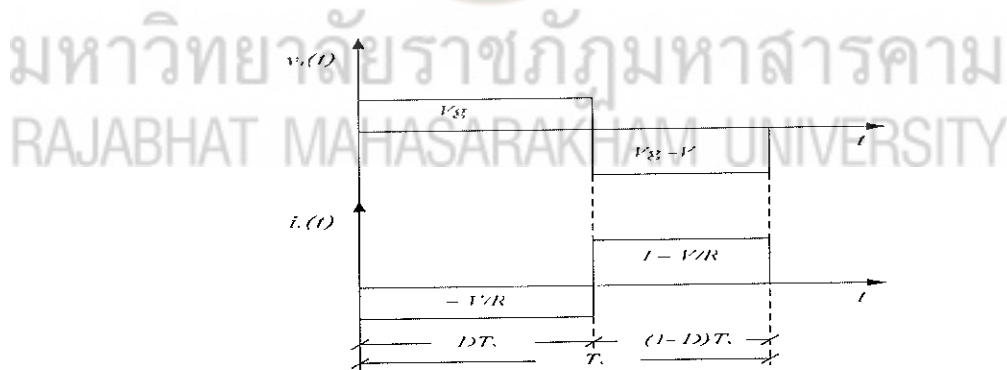
รูปที่ 6.6 แสดงวงจรบุสท์คอนเวอร์เตอร์ในโหมดกระแสต่อเนื่อง

สวิตช์ Q ทำงาน ไดโอด D ไม่ทำงานที่ $0 < t \leq DT_s$



รูปที่ 6.7 แสดงวงจรบุสท์คอนเวอร์เตอร์ในโหมดกระแสต่อเนื่อง

สวิตช์ Q ไม่ทำงาน ไดโอด D ทำงาน ที่ $DT_s < t \leq T_s$



รูปที่ 6.8 แสดงค่าแรงดันตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำ L และค่ากระแสที่ไหลผ่านตัวเก็บประจุ C ในโหมดกระแสต่อเนื่องของวงจรบุสท์คอนเวอร์เตอร์

ในรูปที่ 6.6 สามารถหาค่าแรงดันดันออก V ของวงจรโดยการอินทิกรัล (Integral)

แรงดัน $v_L(t)$

$$\int_0^{T_s} v_L(t) dt = V_g DT_s + (V_g - V)(1 - D)T_s \tag{6.1}$$

จากสมการที่ (ก.1) สามารถหาค่าแรงดันตกคร่อม L เฉลี่ย $\langle v_L(t) \rangle$

$$\langle v_L(t) \rangle = \frac{1}{T_s} \int_0^{T_s} v_L(t) dt = 0 \quad (\text{ก.2})$$

$$V = \frac{V_E}{(1-D)} \quad (\text{ก.3})$$

$$D = 1 - \frac{V_E}{V} \quad (\text{ก.4})$$

เมื่อ D คือ ดิวตี้ไซเคิล (Duty cycle)

ดังนั้น จะได้ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันด้านออกกับแรงดันด้านเข้า (Voltage conversion ratio)

$$\frac{V}{V_E} = \frac{1}{(1-D)} \quad (\text{ก.5})$$

ในรูปที่ ก.7 สามารถหาค่ากระแสด้านเข้า I ของวงจร โดยการอินทิกรัลกระแสที่ไหลผ่านตัวเก็บประจุ $i_C(t)$

$$\int_0^{T_s} i_C(t) dt = \left(-\frac{V}{R}\right)DT_s + \left(I - \frac{V}{R}\right)(1-D)T_s \quad (\text{ก.6})$$

จากสมการที่ (ก.6) สามารถหาค่ากระแสเฉลี่ยที่ไหลผ่านตัวเก็บประจุ $C \langle i_C(t) \rangle$

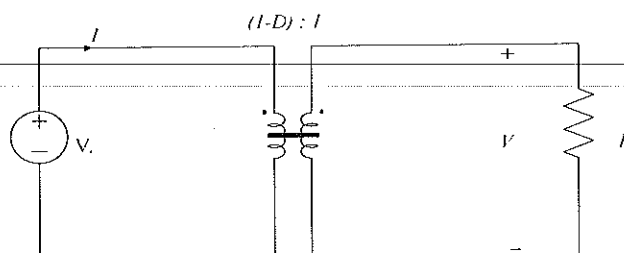
$$\langle i_C(t) \rangle = \frac{1}{T_s} \int_0^{T_s} i_C(t) dt = 0 \quad (\text{ก.7})$$

$$I = \frac{V}{(1-D)R} \quad (\text{ก.8})$$

นำค่า V ในสมการที่ (ก.3) แทนในสมการที่ (ก.8)

$$I = \frac{V_E}{(1-D)^2 R} \quad (\text{ก.9})$$

สามารถเขียนวงจรสมมูล (Equivalent circuit model) ของวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์ เมื่อทำงานโหมดกระแสต่อเนื่อง ดังรูปที่ ก.9



รูปที่ ก.9 แสดงวงจรสมมูลของวงจรบูสต์คอนเวอร์เตอร์ในโหมดกระแสต่อเนื่อง

จากวงจรในรูปที่ ก.9 สามารถหาค่ากำลังไฟฟ้าด้านเข้าและกำลังไฟฟ้าด้านออก เมื่อไม่นำค่าสูญเสียที่อุปกรณ์ต่าง ๆ ในวงจรมาคิด (Idea circuit)

$$P_{in} = (Vg) (I) \tag{ก.10}$$

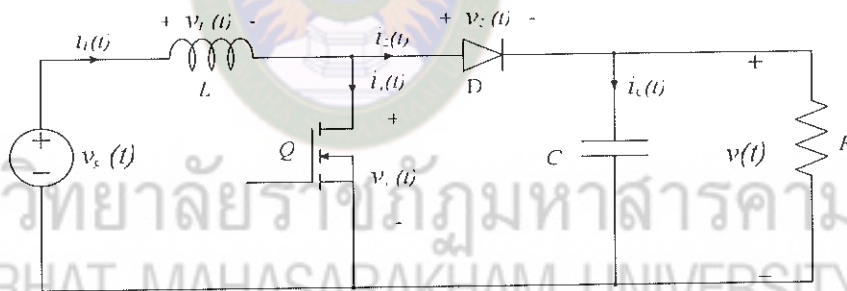
$$P_{out} = (V) (1-D)I \tag{ก.11}$$

จากสมการที่ (ก.10) และสมการที่ (ก.11) หาค่าประสิทธิภาพของวงจรได้

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} = \frac{V}{V_g} (1 - D) \tag{ก.12}$$

การวิเคราะห์การทำงานของวงจรบัสท์คอนเวอร์เตอร์ในโหมด กระแสไม่ต่อเนื่อง

ในการพิจารณาในการทำงานในโหมดกระแสไม่ต่อเนื่องจะเป็นการทำงานที่ครบทั้ง 3 ช่วง ดังนั้น ในการวิเคราะห์การทำงานของวงจรจะพิจารณาแรงดันตกคร่อมสวิตช์ $Q (v_1(t))$, แรงดันตกคร่อมไดโอด $D (v_2(t))$ และแรงดันตกคร่อมขดลวดเหนี่ยวนำ $L (v_L(t))$ ดังรูปที่ ก.10



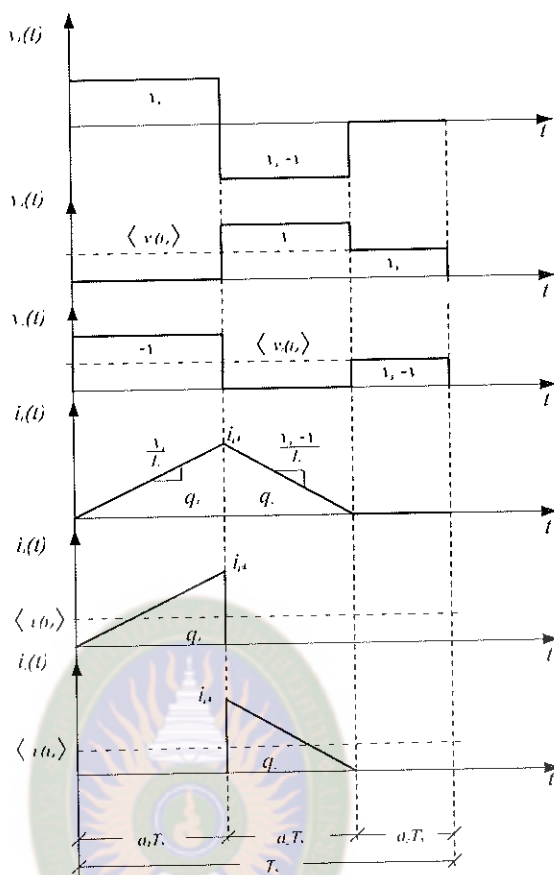
รูปที่ ก.10 แสดงวงจรบัสท์คอนเวอร์เตอร์

จากการทำงานทั้ง 3 ช่วง ของวงจรสามารถเขียนกราฟความสัมพันธ์ได้ตามรูปที่ ก.9 และจากรูปที่ ก.10 เมื่อพิจารณาแรงดันตกคร่อมสวิตช์ $Q (v_1(t))$ และแรงดันตกคร่อมไดโอด $D (v_2(t))$ ในเทอมของแรงดันเฉลี่ย

$$\langle v_1(t) \rangle = \langle v(t) \rangle d_1(t) + \langle v_g(t) \rangle d_3(t) = \langle v_g(t) \rangle \tag{ก.13}$$

$$\langle v_2(t) \rangle = \langle -v(t) \rangle d_2(t) + (\langle v_g(t) \rangle - \langle v(t) \rangle) d_3(t) = \langle v_g(t) \rangle - \langle v(t) \rangle \tag{ก.14}$$

เมื่อ $d_1(t) + d_2(t) + d_3(t) = 1$



รูปที่ ก.11 แสดงคุณสมบัติของกระแสและแรงดันจุดต่างๆ ของวงจรบรูสท์คอนเวอร์เตอร์ ในโหมดกระแสไม่ต่อเนื่อง

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

และพิจารณาค่ากระแสเฉลี่ยที่ไหลผ่านสวิตช์และไดโอดจากวงจร ในรูปที่ ก.10 โดยการอินทิเกรตพื้นที่ใต้กราฟของสัญญาณกระแส ในรูปที่ ก.11

$$\langle i_1(t) \rangle = \frac{1}{T_s} \int_0^{T_s} i_1(t) dt = \frac{q_1}{T_s} \tag{ก.15}$$

$$\langle i_2(t) \rangle = \frac{1}{T_s} \int_0^{T_s} i_2(t) dt = \frac{q_2}{T_s} \tag{ก.16}$$

และเมื่อ

$$q_1 = \frac{1}{2} (d_1(t) T_s) (i_{pk}) \tag{ก.17}$$

$$q_2 = \frac{1}{2} (d_2(t) T_s) (i_{pk}) \tag{ก.18}$$

$$i_{pk} = \frac{\langle v_B \rangle}{L} (d_1(t) T_s) \tag{ก.19}$$

$$d_2(t) = \frac{\langle -v_g \rangle}{\langle v_2 \rangle} d_1(t) \tag{ก.20}$$

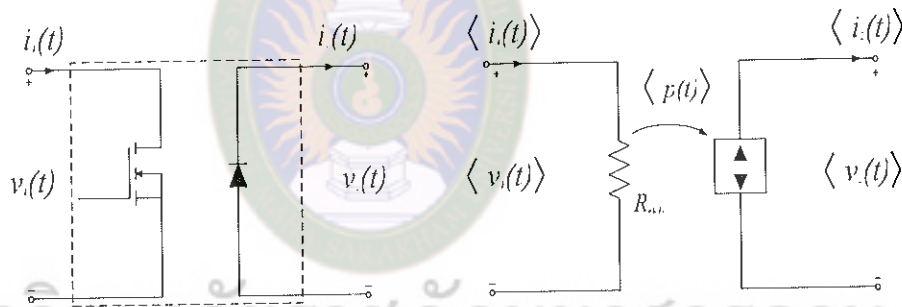
เมื่อนำสมการที่ (ก.17) แทนในสมการที่ (ก.15) และนำสมการที่ (ก.18) แทนในสมการที่ (ก.16)

$$\langle i_1(t) \rangle = \frac{\langle v_1(t) \rangle}{R_{e(d_1(t))}} \tag{ก.21}$$

$$\langle i_2(t) \rangle = \frac{\langle -v_1^2(t) \rangle}{R_{e(d_1(t))} \langle v_2(t) \rangle} \tag{ก.22}$$

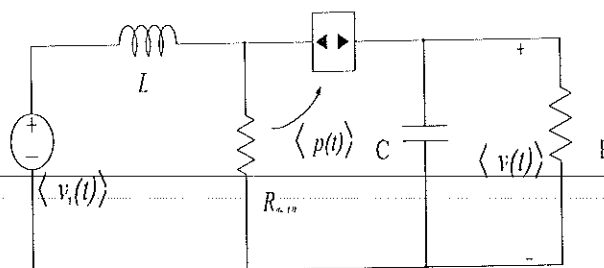
$$\text{เมื่อ } R_{e(d_1(t))} = \frac{2L}{d_1^2(t) T_s}$$

เนื่องจากวงจรการทำงานกระแสโหมคไม่ต่อเนื่องจึงสามารถนำแบบจำลองสวิตช์เฉลี่ยมาใช้ในการวิเคราะห์ ดังรูปที่ ก.11



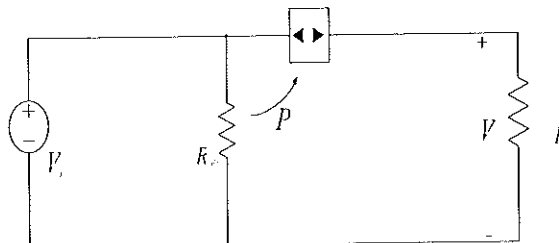
รูปที่ ก.12 แสดงแบบจำลองสวิตช์เฉลี่ยของวงจรในโหมคกระแสไม่ต่อเนื่อง
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

เมื่อแทนอุปกรณ์สวิตช์และไดโอดด้วยแบบจำลองสวิตช์เฉลี่ยของวงจรในโหมคกระแสไม่ต่อเนื่องได้ ดังรูปที่ ก.13



รูปที่ ก.13 แสดงวงจรบูสท์คอนเวอร์เตอร์ที่ถูกแทนด้วยแบบจำลองสวิตช์เฉลี่ยในโหมคกระแสไม่ต่อเนื่อง

จากรูปที่ ก.13 ก็จะสามารถลดรูปเนื่องจากคุณสมบัติของวงจรที่แหล่งเป็นไฟฟ้ากระแสตรง ดังนั้น ขดลวดเหนี่ยวนำมีค่าต่ำมาก ๆ เทียบได้กับการลัดวงจรและตัวเก็บประจุจะเปิดวงจร ดังรูปที่ ก.14



รูปที่ ก.14 แสดงแบบวงจรสมมูลที่ใช้แทนวงจรบุสต์คอนเวอร์เตอร์
ในโหมดกระแสไม่ต่อเนื่อง

จากรูปในรูปที่ ก.14 สามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันด้านออกกับแรงดัน
ด้านเข้า

$$\frac{V}{V_g} = \frac{1 + \sqrt{1 + \frac{4R}{R_e}}}{2}$$

(ก.23)

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY



ภาคผนวก ข.

ข้อมูลอุปกรณ์

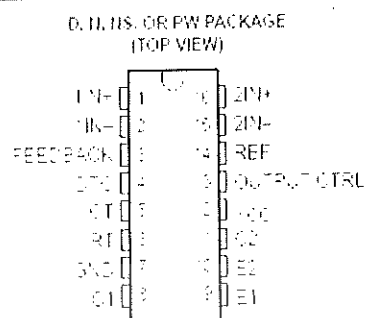
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ไอซีเบอร์ TL 494 สำหรับโหมดควบคุมจากแรงดัน

TL494 PULSE-WIDTH-MODULATION CONTROL CIRCUITS

1.0/00748 - 01.04.97 (201) - REVISED JULY 1995

- Complete PWM Power Control Circuitry
- Uncommitted Outputs for 200-mA Sink or Source Current
- Output Control Selects Single-Ended or Push-Pull Operation
- Internal Circuitry Prohibits Double Pulse at Either Output
- Variable Dead Time Provides Control Over Total Range
- Internal Regulator Provides a Stable 5-V Reference Supply With 5% Tolerance
- Circuit Architecture Allows Easy Synchronization



description

The TL494 incorporates all the functions required in the construction of a pulse-width-modulation (PWM) control circuit on a single chip. Designed primarily for power-supply control, this device offers the flexibility to tailor the power-supply control circuitry to a specific application.

The TL494 contains two error amplifiers, an on-chip adjustable oscillator, a dead-time control (DTC) comparator, a pulse-steering control (psp), a 5-V, 5%-precision regulator, and output-control circuits.

The error amplifiers exhibit a common-mode voltage range from -0.5 V to $V_{CC} - 2\text{ V}$. The dead-time control comparator has a fixed offset that produces approximately 6% deadtime. The on-chip oscillator can be bypassed by terminating RT to the reference output and providing a sawtooth input to CT, or it can drive the common circuitry in synchronous multiple-rail power supplies.

The uncommitted output transistors provide either common-emitter or emitter-follower output capability. The TL494 provides for push-pull or single-ended output operation, which can be selected through the output-control function. The architecture of this device prohibits the possibility of either output being pulsed twice during push-pull operation.

The TL494C is characterized for operation from 0°C to 70°C . The TL494 is characterized for operation from -40°C to 85°C .

FUNCTION TABLE

INPUT TO OUTPUT CTRL	OUTPUT FUNCTION
$V_{EE} = \text{H.C.}$	Single-ended or source output
$V_{EE} = \text{ref}$	Internal push-pull operation

TL494 PULSE-WIDTH-MODULATION CONTROL CIRCUITS

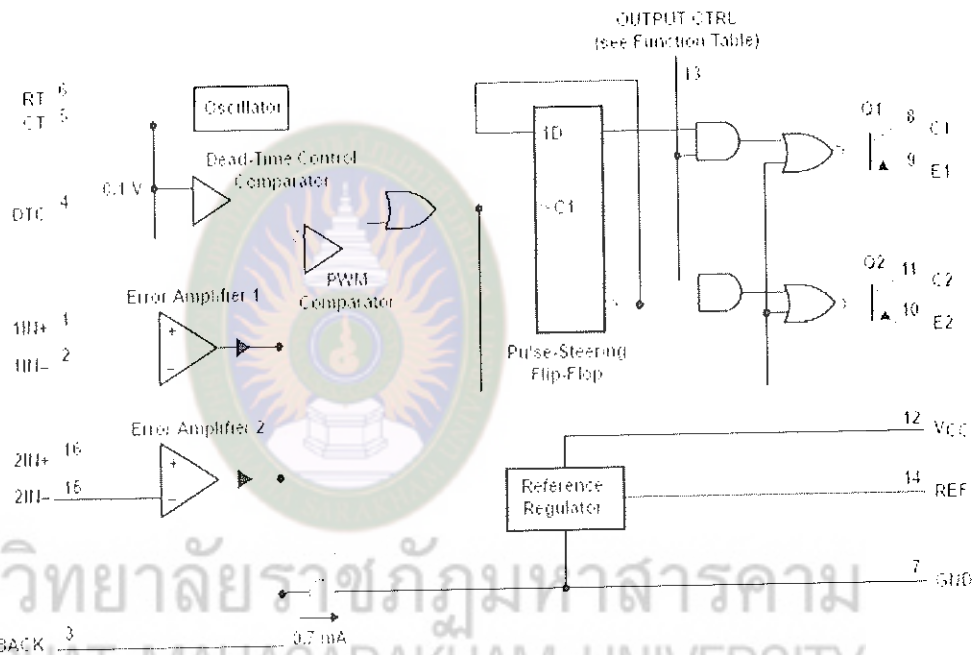
LM3071E - JANUARY 1982 - REVISED JULY 1988

AVAILABLE OPTIONS

T _A	PACKAGED DEVICES				CHIP FORM (Y)
	SMALL OUTLINE (D)	PLASTIC DIP (R)	SMALL OUTLINE (NS)	SHRINK SMALL OUTLINE (PW)	
0°C to 70°C	TL494D	TL494R	TL494NS	TL494PW	TL494
-40°C to 85°C	TL494D	TL494R	—	—	—

The D, NS, and PW packages are available taped and reeled. Add the suffix R to device type (e.g., TL494DR). Chip forms are tested at 25°C.

functional block diagram



มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

TL494 PULSE-WIDTH-MODULATION CONTROL CIRCUITS

TL494E – JANUARY 1982 – REVISED JULY 1988

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

		TL494	UNIT
Supply voltage V_{CC} (see Note 1)		41	V
Amplifier input voltage V_{in}		$V_{CC} + 0.5$	V
Collector output voltage V_{O}		41	V
Collector output current I_{O}		250	mA
Package thermal impedance θ_{JC} (see Notes 2 and 3)	D package	75	°C
	T package	88	
	TO-18 package	94	
	PW package	103	
Lead temperature 1.6 mm (1/16 inch) from case for 10 seconds	D, T, or PW package	230	°C
Storage temperature range T_{stg}		-65 to 150	°C

Stresses beyond those listed under absolute maximum ratings may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated under recommended operating conditions is not implied. Exposure to above-mentioned conditions for extended periods may affect device reliability.

- NOTES
- All voltage values, except differential voltages, are with respect to the network ground terminal.
 - Maximum power dissipation is a function of T_{amb} , θ_{JC} , and T_J . The maximum allowed power dissipation at any allowable ambient temperature is $P_{D(max)} = (T_J - T_{amb}) / \theta_{JC}$. Operating at the absolute maximum T_J of 150°C can impact reliability.
 - The package thermal impedance is calculated in accordance with JEDEC 51, except for through-hole packages, which use a trace length of zero.

recommended operating conditions

	TL494		UNIT
	MIN	MAX	
Supply voltage V_{CC}	7	40	V
Amplifier input voltage V_{in}	-0.5	$V_{CC} - 0.5$	V
Collector output voltage V_{O}		40	V
Collector output current (each transistor)		200	mA
Current-mode feedback terminal		0.5	mA
Switcher frequency f_{sw}		500	kHz
Timing capacitor C_T	0.47	10000	µF
Timing resistor R_T	1.6	500	kΩ
Operating free-air temperature T_a	TL494C	0	70
	TL494	-40	65

TL494 PULSE-WIDTH-MODULATION CONTROL CIRCUITS

SLV907IE – 19 JUNE 1993 – REVISED JULY 1993

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range, $V_{CC} = 15\text{ V}$,
 $f = 10\text{ kHz}$ (unless otherwise noted)

reference section

PARAMETER	TEST CONDITIONS†	TL494C, TL494I			UNIT
		MIN	TYP‡	MAX	
Output voltage (REF)	$I_{O2} = 1\text{ mA}$	4.75	5	5.25	V
Input regulator	$V_{IO} = 7\text{ V to }40\text{ V}$	2	15	∞	∅
Output regulation	$I_{O2} = 1\text{ mA to }10\text{ mA}$	1	15	∞	∅
Output voltage change with temperature	$\Delta T_D = \text{MIN to MAX}^\ddagger$	2	10	∞	mV/°C
Short-circuit output current§	REF = 0	25			mA

† For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions.

‡ All typical values, except for parameter changes with temperature, are at $T_D = 25^\circ\text{C}$.

§ Duration of the short circuit should not exceed one second.

oscillator section, $C_T = 0.01\text{ }\mu\text{F}$, $R_T = 12\text{ k}\Omega$ (see Figure 1)

PARAMETER	TEST CONDITIONS†	TL494, TL494I			UNIT
		MIN	TYP‡	MAX	
Frequency			10		kHz
Standard deviation of frequency¶	+ values of V_{IO} , R_T , C_T , and T_D constant		100		±%
Frequency change with voltage	$V_{IO} = 7\text{ V to }40\text{ V}$, $T_D = 25^\circ\text{C}$		1		±%/V
Frequency change with temperature‡	$\Delta T_D = \text{MIN to MAX}^\ddagger$			10	±%/°C

† For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions.

‡ All typical values, except for parameter changes with temperature, are at $T_D = 25^\circ\text{C}$.

¶ Standard deviation is a measure of the statistical distribution about the mean as derived from the formula:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n}}$$

‡ Temperature coefficient of timing capacitor and timing resistor are not taken into account.

error amplifier section (see Figure 2)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	TL494, TL494I			UNIT
		MIN	TYP‡	MAX	
Input offset voltage	$V_{IO} = \text{FEEDBACK} = 2.5\text{ V}$	2	10	∞	mV
Input offset current	$V_{IO} = \text{FEEDBACK} = 2.5\text{ V}$	25	250	∞	nA
Input bias current	$V_{IO} = \text{FEEDBACK} = 2.5\text{ V}$	0.5	1	∞	nA
Common-mode input voltage range	$V_{IO} = 7\text{ V to }40\text{ V}$	-0.2 to 100-2			V
Over-drive voltage amplification	$V_{IO} = 5\text{ V}$, $R_{IO} = 2\text{ k}\Omega$, $V_{O2} = 0.5\text{ V to }3.5\text{ V}$	70	85	∞	dB
Unity-gain bandwidth	$V_{IO} = 2.5\text{ V to }5\text{ V}$, $R_{IO} = 2\text{ k}\Omega$		300		kHz
Common-mode rejection ratio	$V_{IO} = 40\text{ V}$, $T_D = 25^\circ\text{C}$	80	90	∞	dB
Output sink current (FEEDBACK)	$I_{O2} = -15\text{ mA to }-5\text{ mA}$, $V_{IO} = \text{FEEDBACK} = 0.7\text{ V}$	0.7	0.7	∞	mA
Output source current (FEEDBACK)	$I_{O2} = 15\text{ mA to }5\text{ mA}$, $V_{IO} = \text{FEEDBACK} = 3.5\text{ V}$	-2			mA

‡ All typical values, except for parameter changes with temperature, are at $T_D = 25^\circ\text{C}$.

TL494 PULSE-WIDTH-MODULATION CONTROL CIRCUITS

D, 200749 - NUMBER 1691 - REVISED JULY 1993

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range, $V_{CC} = 15\text{ V}$, $f = 10\text{ kHz}$, $T_A = 25\text{ }^\circ\text{C}$ (unless otherwise noted)

reference section

PARAMETER	TEST CONDITIONS†	TL494Y			UNIT
		MIN	TYP‡	MAX	
Output voltage (REF)	$I_O = 1\text{ mA}$		5		V
Input regulator	$V_{CC} = 7\text{ V}$ to 40 V		2		mV
Output regulator	$I_O = 1\text{ mA}$ to 10 mA		1		mV
Short-circuit output current	REF = 0 V		25		mA

† Typical values, except for parameter changes with temperature, are at $T_A = 25\text{ }^\circ\text{C}$.

‡ Duration of the short circuit end point is less than one second.

oscillator section, $C_T = 0.01\text{ }\mu\text{F}$, $R_T = 12\text{ k}\Omega$ (see Figure 1)

PARAMETER	TEST CONDITIONS†	TL494Y			UNIT
		MIN	TYP‡	MAX	
Frequency			10		kHz
Standard deviation of test error [§]	All values of I_O , C_T , R_T and T_A constant		100		Hz/kHz
Frequency change with V_{CC} type	$V_{CC} = 7\text{ V}$ to 40 V				Hz/kHz

† Typical values, except for parameter changes with temperature, are at $T_A = 25\text{ }^\circ\text{C}$.

‡ Standard deviation is an average of the standard deviation values about the mean as derived from the formula

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

error-amplifier section (see Figure 2)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	TL494Y			UNIT
		MIN	TYP‡	MAX	
Input offset voltage	$V_{FEEDBACK} = 0\text{ V}$		0		mV
Input offset current	$V_{FEEDBACK} = 0\text{ V}$		25		nA
Input bias current	$V_{FEEDBACK} = 0\text{ V}$		2.0		μA
Open-loop voltage amplification	$V_{CC} = 0\text{ V}$, $R_L = 2\text{ k}\Omega$, $f = 1.5\text{ Hz}$ to 3.5 kHz		85		dB
Unity-gain bandwidth	$V_{CC} = 0\text{ V}$ to 3.5 V , $f_L = 0\text{ kHz}$		200		kHz
Common-mode rejection ratio	$V_{CC} = 0\text{ V}$		80		dB
Output sink current (FEEDBACK)	$I_O = 10\text{ mA}$ to 100 mA , FEEDBACK = 0 V		2.7		mV

† Typical values, except for parameter changes with temperature, are at $T_A = 25\text{ }^\circ\text{C}$.

TL494
PULSE-WIDTH-MODULATION CONTROL CIRCUITS

LMC0015E - JANUARY 1983 - REV. 1EC - 11/11/83

PARAMETER MEASUREMENT INFORMATION

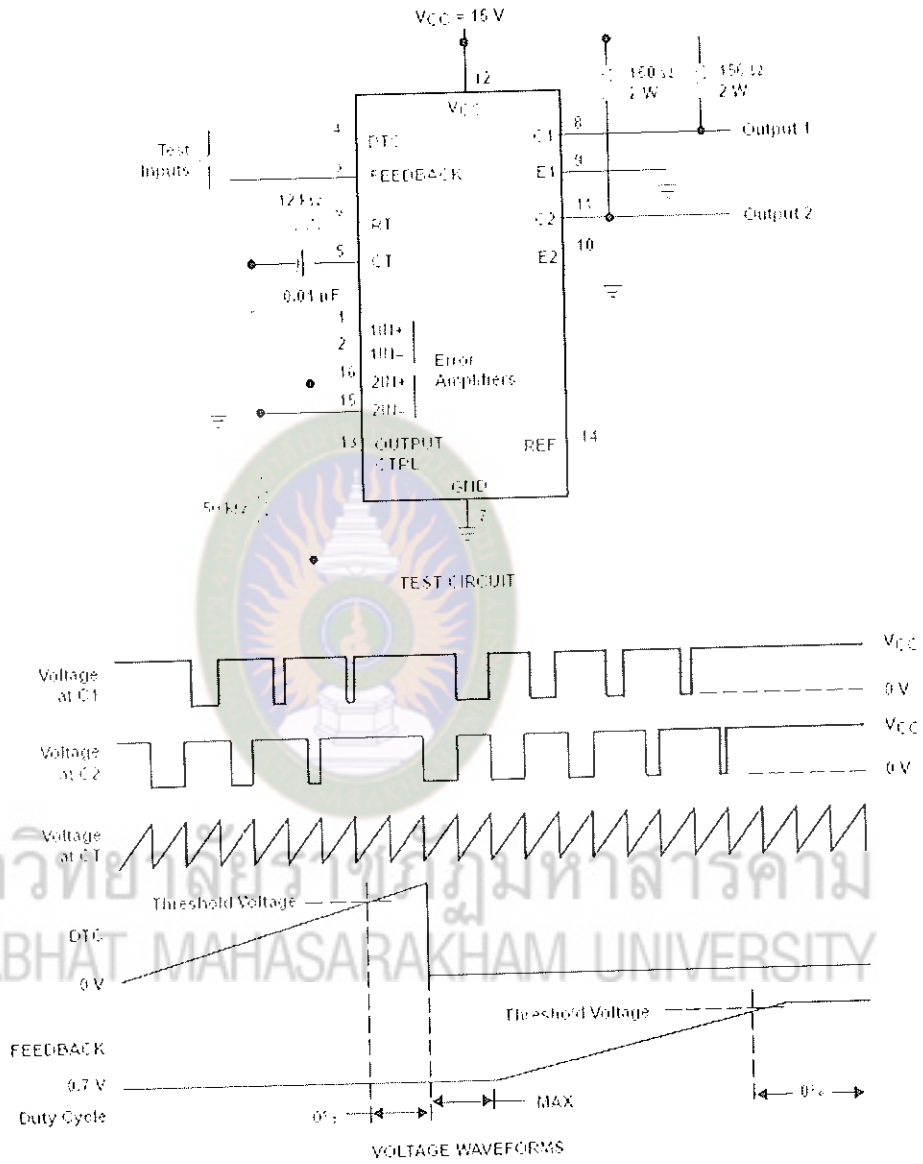


Figure 1. Operational Test Circuit and Waveforms

TL494
PULSE-WIDTH-MODULATION CONTROL CIRCUITS

REVISED JULY 1991 - REVISED JULY 1996

PARAMETER MEASUREMENT INFORMATION

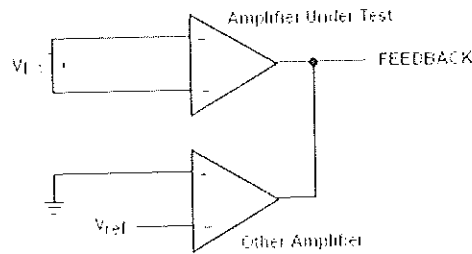


Figure 2. Amplifier Characteristics

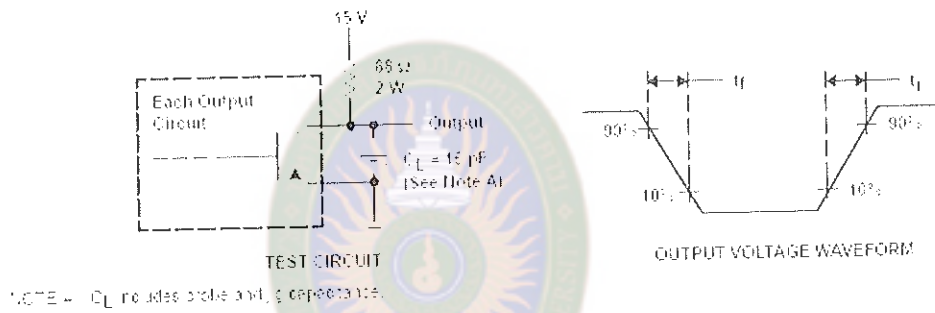


Figure 3. Common-Emitter Configuration

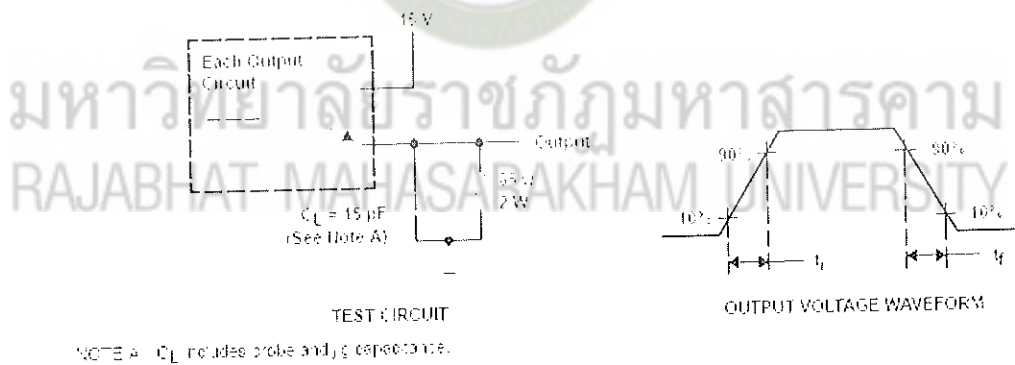


Figure 4. Emitter-Follower Configuration

TL494
PULSE-WIDTH-MODULATION CONTROL CIRCUITS

SNVS074E – JANUARY 1993 – REVISED JULY 1999

PARAMETER MEASUREMENT INFORMATION

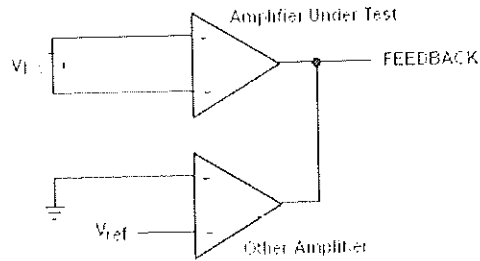


Figure 2. Amplifier Characteristics

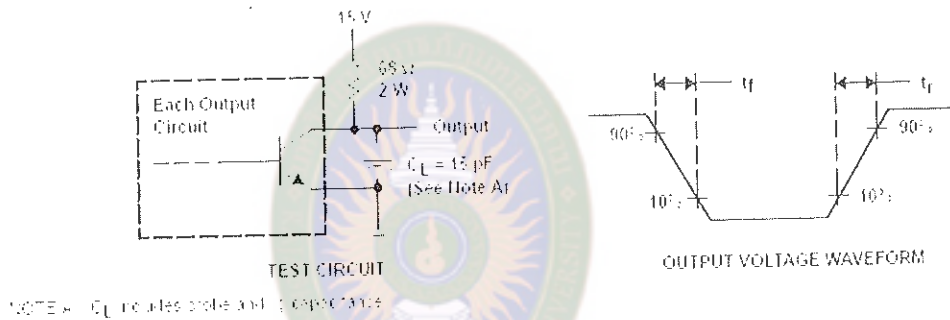


Figure 3. Common-Emitter Configuration

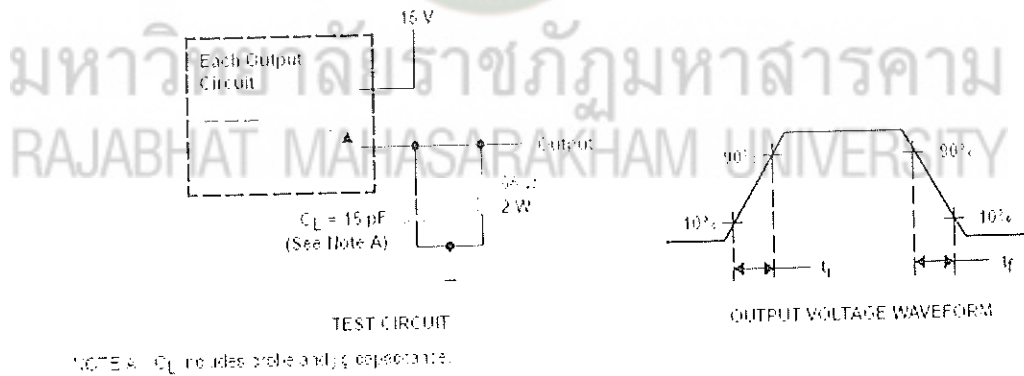


Figure 4. Emitter-Follower Configuration

TL494
PULSE-WIDTH-MODULATION CONTROL CIRCUITS

11/00/494 - 1 JANUARY 1973 - REV 1ED JULY 1985

TYPICAL CHARACTERISTICS

OSCILLATOR FREQUENCY AND
FREQUENCY VARIATION†

VS
TIMING RESISTANCE

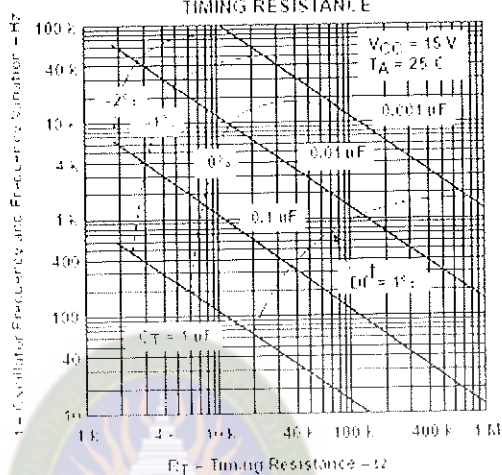


Figure 5

AMPLIFIER VOLTAGE AMPLIFICATION
VS
FREQUENCY

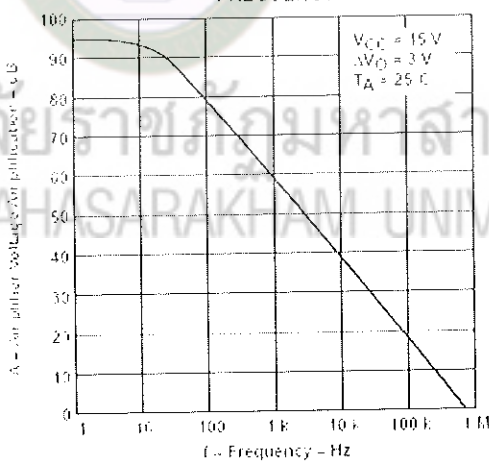


Figure 6

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

IMPORTANT NOTICE

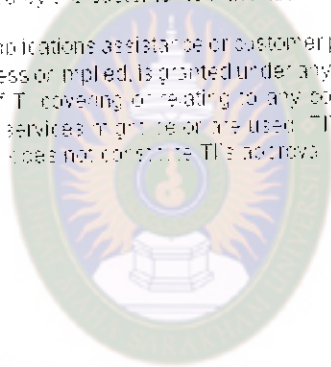
Texas Instruments and its subsidiaries (TI) reserve the right to make changes to their products or to discontinue any product or service without notice, and advise customers to obtain the latest version of relevant information to verify before placing orders that information being relied on is current and complete. All products are sold subject to the terms and conditions of sale supplied at the time of order acknowledgement, including those pertaining to warranty, patent infringement, and limitation of liability.

TI warrants performance of its semiconductor products to the specifications applicable at the time of sale in accordance with TI's standard warranty. Testing and other quality control techniques are utilized to the extent TI deems necessary to support this warranty. Specific testing of all parameters of each device is not necessarily performed, except those mandated by government requirements.

CERTAIN APPLICATIONS USING SEMICONDUCTOR PRODUCTS MAY INVOLVE POTENTIAL RISKS OF DEATH, PERSONAL INJURY, OR SEVERE PROPERTY OR ENVIRONMENTAL DAMAGE IN CRITICAL APPLICATIONS. TI SEMICONDUCTOR PRODUCTS ARE NOT DESIGNED, AUTHORIZED, OR WARRANTED TO BE SUITABLE FOR USE IN LIFE-SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS OR OTHER CRITICAL APPLICATIONS. INCLUSION OF TI PRODUCTS IN SUCH APPLICATIONS IS UNDERSTOOD TO BE FULLY AT THE CUSTOMER'S RISK.

In order to minimize risks associated with the customer's applications, adequate design and operating safeguards must be provided by the customer to minimize inherent or procedural hazards.

TI assumes no liability for applications assistance or customer product design. TI does not warrant or represent that any license, either express or implied, is granted under any patent right, copyright, mask work right, or other intellectual property right of TI covering or relating to any combination, machine, or process in which such semiconductor products or services might be or are used. TI's publication of information regarding any third party's products or services does not constitute TI's approval, warranty, or endorsement thereof.



มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
 Copyright © 1997 Texas Instruments Incorporated
 RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ทรานซิสเตอร์ เบอร์ 2SD2499

TOSHIBA

2SD2499

TOSHIBA TRANSISTOR SILICON NPN TRIPLE DIFFUSED MESA TYPE

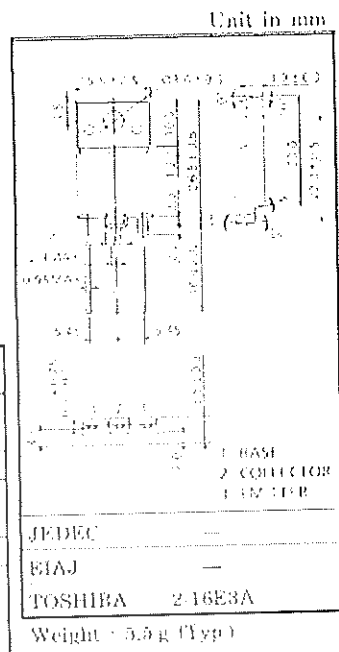
2SD2499

HORIZONTAL DEFLECTION OUTPUT FOR COLOR TV

- High Voltage : V_{CB0} 1500 V
- Low Saturation Voltage : V_{CE(sat)} 1.5 V (Max.)
- High Speed : t_r = 0.3 μs (Typ.)
- Built-in Damper Type
- Collector Metal (Fin) is Fully Covered with Mold Resin

MAXIMUM RATINGS (I_a = 25°C)

CHARACTERISTIC	SYMBOL	RATING	UNIT
Collector-Base Voltage	V _{CB0}	1500	V
Collector-Emitter Voltage	V _{CE0}	600	V
Emitter-Base Voltage	V _{EB0}	5	V
Collector Current	DC	I _C	6 A
	Pulse	I _{CP}	12 A
Base Current	I _B	3	A
Collector Power Dissipation (T _a = 25°C)	P _C	50	W
Junction Temperature	T _j	150	°C
Storage Temperature Range	T _{stg}	-55 ~ 150	°C



มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

EQUIVALENT CIRCUIT



• TOSHIBA is continually working to improve the quality and the reliability of its products. Nevertheless, semiconductor devices in general can malfunction or fail due to their inherent electrical sensitivity and vulnerability to physical stress. It is the responsibility of the buyer, when utilizing TOSHIBA products, to observe standards of safety, and to avoid situations in which a malfunction or failure of a TOSHIBA product could cause loss of human life, bodily injury or damage to property. In developing your designs, please ensure that TOSHIBA products are used within specified operating ranges as set forth in the most recent products specifications. Also, please keep in mind the precautions and conditions set forth in the TOSHIBA Semiconductor Reliability Handbook.

• The information contained herein is presented only as a guide for the applications of our products. No responsibility is assumed by TOSHIBA CORPORATION for any infringements of intellectual property or other rights of the third parties which may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any intellectual property or other rights of TOSHIBA CORPORATION or others.

• The information contained herein is subject to change without notice.

TOSHIBA

2SD2499

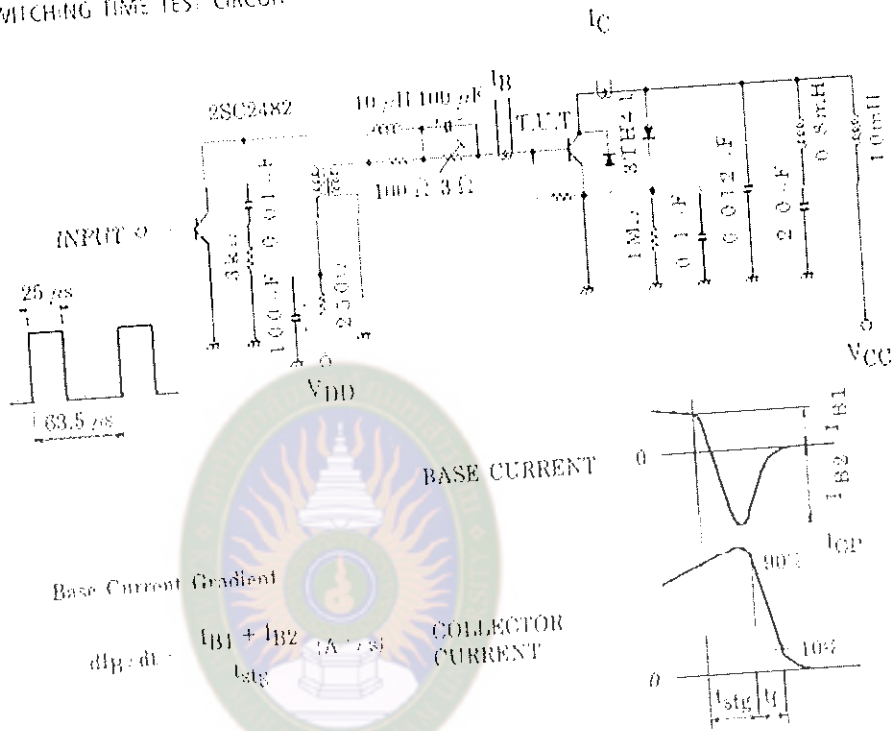
ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($I_a = 25^\circ\text{C}$)

CHARACTERISTIC	SYMBOL	TEST CONDITION	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
Collector Cut-off Current	I_{CBO}	$V_{CB} = 1500\text{ V}, I_E = 0$	—	—	1	mA
Emitter Cut-off Current	I_{EBO}	$V_{EB} = 5\text{ V}, I_C = 0$	67	—	200	mA
Emitter-Base Breakdown Voltage	V_{EBO}	$I_E = 400\text{ mA}, I_C = 0$	5	—	—	V
DC Current Gain	$h_{FE(1)}$	$V_{CE} = 5\text{ V}, I_C = 1\text{ A}$	8	—	25	—
	$h_{FE(2)}$	$V_{CE} = 5\text{ V}, I_C = 4\text{ A}$	5	—	9	—
Collector-Emitter Saturation Voltage	$V_{CE(sat)}$	$I_C = 4\text{ A}, I_B = 0.8\text{ A}$	—	—	5	V
Base-Emitter Saturation Voltage	$V_{BE(sat)}$	$I_C = 4\text{ A}, I_B = 0.8\text{ A}$	—	1.05	1.3	V
Forward Voltage (Dumper Diode)	$-V_F$	$I_F = 6\text{ A}$	—	1.6	2.0	V
Transition Frequency	f_T	$V_{CE} = 10\text{ V}, I_E = 0.1\text{ A}$	—	2	—	MHz
Collector Output Capacitance	C_{ob}	$V_{CB} = 10\text{ V}, I_E = 0, f = 1\text{ MHz}$	—	95	—	pF
Switching Time (Fig.1)	Storage Time	$I_{CP} = 4\text{ A}, I_{B1}(\text{end}) = 0.8\text{ A}$ $f_H = 15.75\text{ kHz}$	—	7.5	11	μs
	Fall Time		—	0.3	0.6	

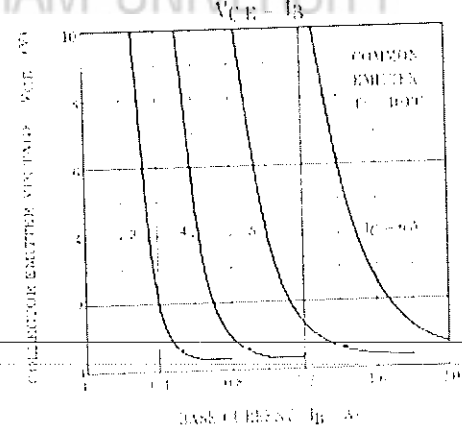
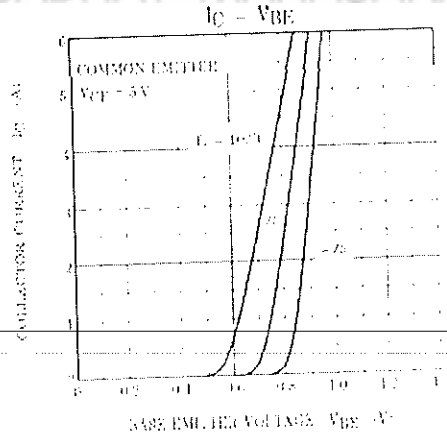
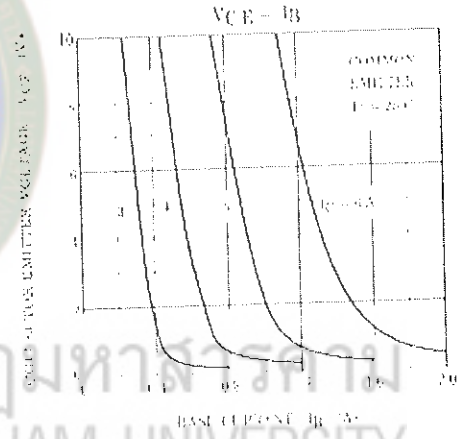
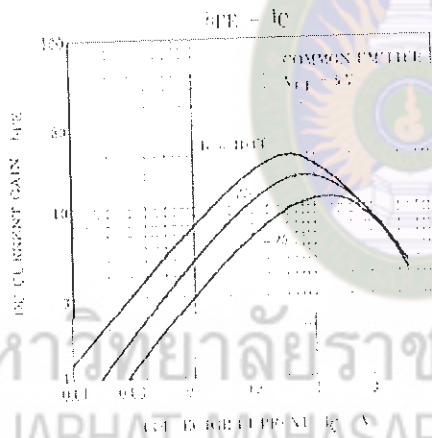
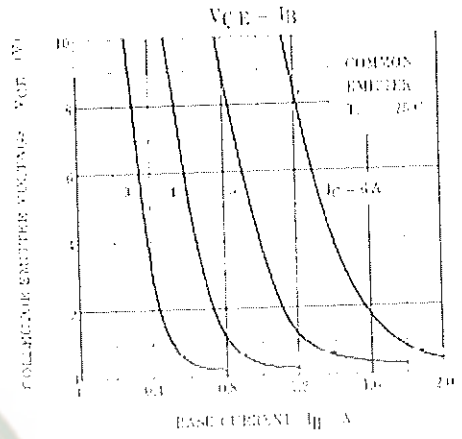
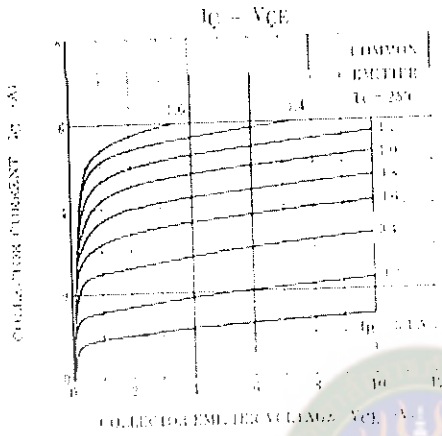
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

TOSHIBA

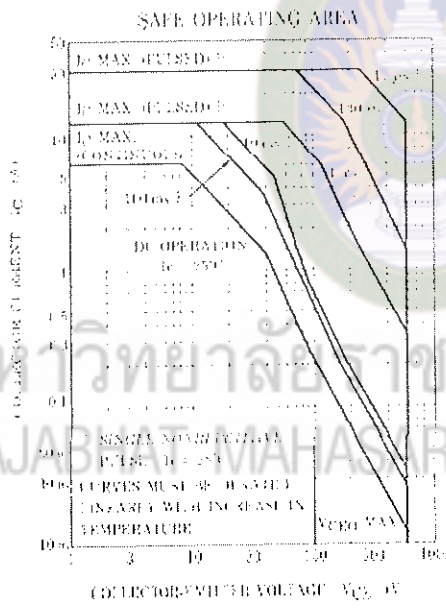
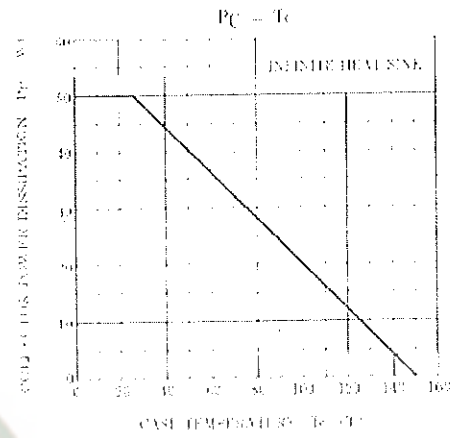
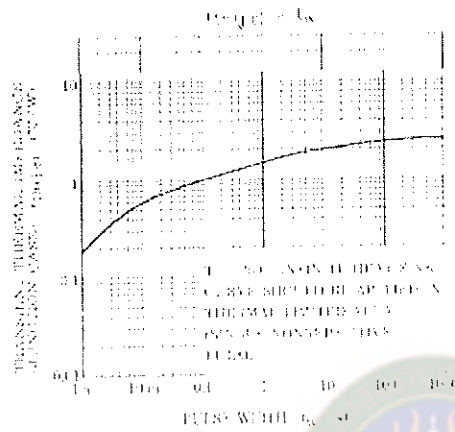
Fig.1 SWITCHING TIME TEST CIRCUIT



มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY



มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY



มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

IRF540

THERMAL DATA

$R_{\theta(jc)}$	Thermal Resistance, Junction-case	Max	1.76	$^{\circ}\text{C/W}$
$R_{\theta(ja)}$	Thermal Resistance, Junction-ambient	Max	62.5	$^{\circ}\text{C/W}$
T_c	Maximum Case Temperature for Soldering Purpose	Typ	300	$^{\circ}\text{C}$

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_{case} = 25^{\circ}\text{C}$ unless otherwise specified)

OFF

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
$V_{(BR)}$	Drain-source Breakdown Voltage	$I_D = 200\ \mu\text{A}, V_{GS} = 0$	100			V
$I_{(GS)}$	Zero Gate Voltage Drain Current $(V_{DS} = 0)$	$V_{GS} = \text{Max Rating}$ $V_{DS} = \text{Max Rating}, I_D = 1250$			1 10	μA μA
$I_{(GS)}$	Gate-leakage Current $(V_{GS} = 0)$	$V_{DS} = 120\text{V}$			100	nA

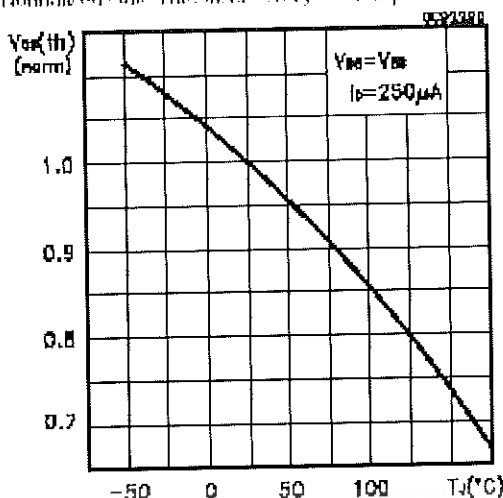
ON/OFF

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
$V_{(GS)}$	Gate Threshold Voltage	$V_{GS} = V_{DS}, I_D = 200\ \mu\text{A}$	2	3	4	V
$R_{(DS(on))}$	State Drain-source on Resistance	$V_{GS} = 10\text{V}, I_D = 11\text{A}$		0.086	0.077	Ω

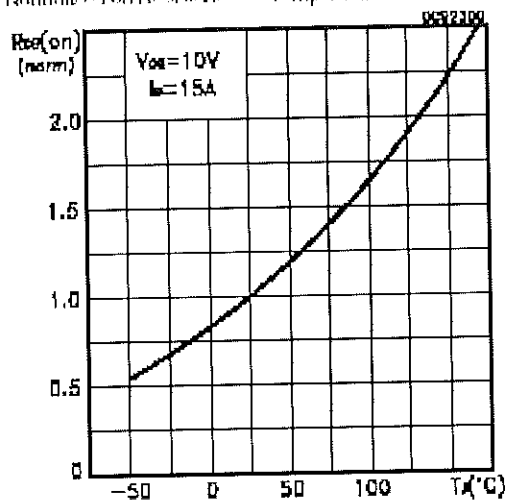
DYNAMIC

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
$r_{(DS)}$	Forward Transconductance	$V_{GS} = 20\text{V}, I_D = 11\text{A}$		20		S
$C_{(iss)}$	Input Capacitance	$V_{GS} = 20\text{V}, f = 1\text{MHz}, V_{DS} = 0$		870		pF
$C_{(oss)}$	Output Capacitance			125		pF
$C_{(rss)}$	Reverse Transfer Capacitance			19		pF

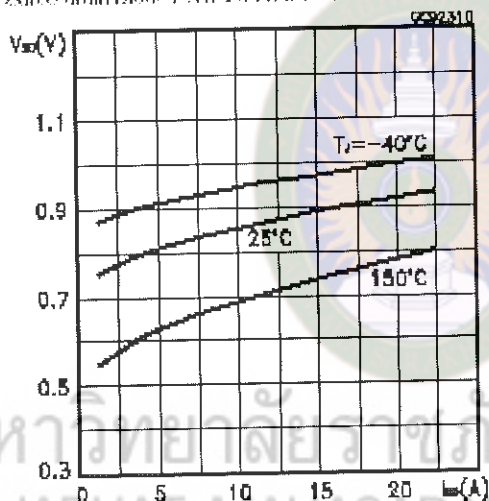
Normalized Gate Threshold Voltage vs. Temperature



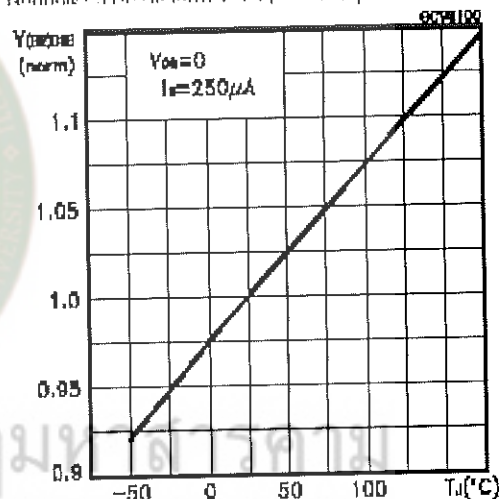
Normalized on-Resistance vs. Temperature



Source-drain Diode Forward Characteristics



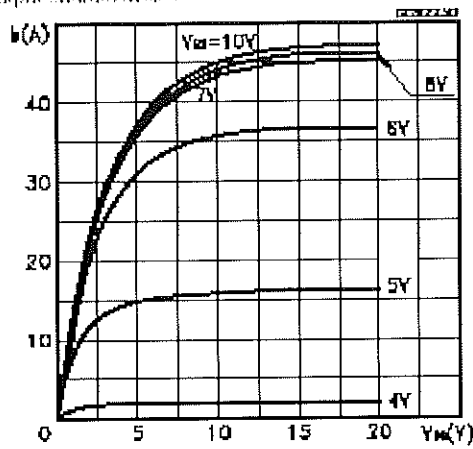
Normalized Breakdown Voltage vs. Temperature



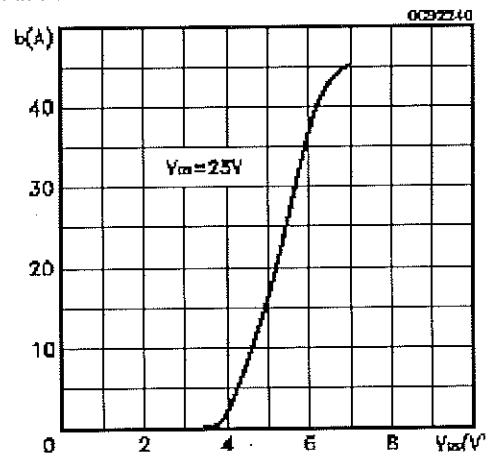
มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

IRF540

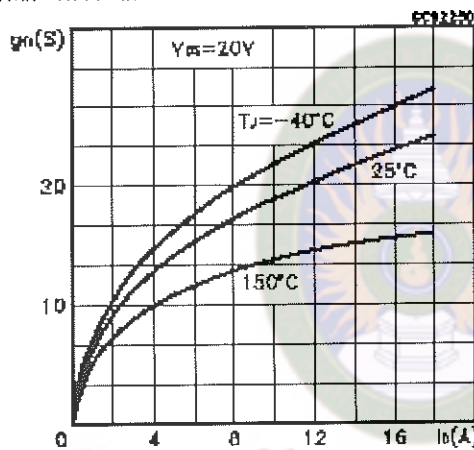
Output Characteristics



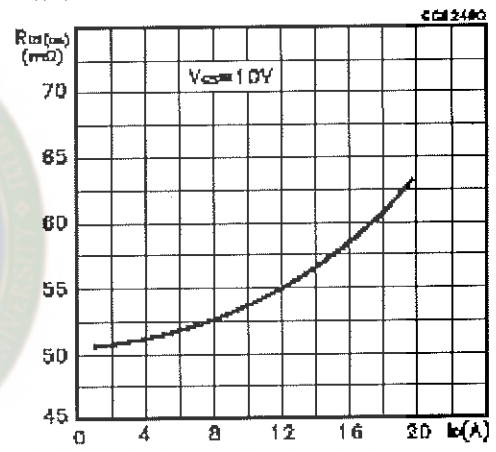
Transfer Characteristics



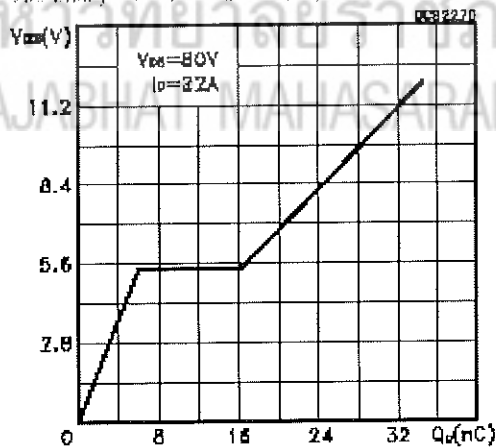
Transconductance



State Drain-source on Resistance



Gate Charge vs. Gate-source Voltage



Capacitance Variations

