

ไอซีลอจิกตระกูลต่าง ๆ

ไอซีลอจิกที่พบบ่อยกันมากมาย ในรูปของไอซีแบบตีนตะขาบ (Dual-in-line package DIP.) มีขาตั้งแต่ 14 ขาขึ้นไป เช่น 7400, 74LS00, 74ALS00, 74HCTXXX เหล่านี้เป็นต้น แต่ละตัวมีความเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร ซึ่งมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการเลือกใช้งานให้ถูกต้อง

การเลือกไอซีลอจิกให้ถูกต้องกับงาน

ไอซีลอจิกเกตรวมมีมากมายหลายชนิด แต่ละชนิดมีความสามารถในการทำงานต่างกัน บางชนิดเป็นแบบที่มีความเร็วสูง ในขณะที่บางชนิดกินกระแสไฟต่ำ แต่ละชนิดจะมีตัวอักษรบนตัวไอซีเป็นรหัสกำกับ ในการเลือกใช้อิซีที่ถูกต้องกับงานเฉพาะอย่างนั้นต้องรู้ถึงข้อดีข้อเสียของไอซีชนิดต่างๆ เป็นอย่างดี

ลอจิกเกตในแต่ละตระกูล

Technologies and Families

small-scale integration (SSI)	<12 gates/chip (Transistor)
medium-scale integration (MSI)	12 - 99 gates/chip (Transistor)
large-scale integration (LSI)	100 - 9,999 gates/chip (MOSFETs)
very large-scale integration (VLSI)	10,000 - 99,999 gates/chip (MOSFETs)
ultra large-scale integration (ULSI)	>100,000 gates/chip (MOSFETs)

Bipolar Families

Resistor-transistor logic (RTL)
Diode-transistor logic (DTL)
Transistor-transistor logic (TTL)
Emitter-coupled logic (ECL)

MOS Families

PMOS p-Channel MOSFETs (slowest type)
NMOS n-Channel MOSFETs (LSI, microprocessor, memories)
CMOS Complementary MOSFETs (push-pull of n and p-channel MOSFETs, low power)

ตระกูล TTL

ตระกูลที่ที่แอลเป็นตระกูลใหญ่ที่สุด ที่เห็นกันบ่อย ๆ ก็มีตระกูลที่ขึ้นต้นด้วย 54XXX และ 74XXX (XXX เป็นตัวระบุชนิดของการทำงาน) ข้อแตกต่างระหว่าง 2 ตระกูลนี้ เกี่ยวกับขอบเขตของอุณหภูมิที่ใช้งาน สำหรับตระกูล 54XXX อุณหภูมิที่ใช้งานอยู่ในช่วง -55 ถึง 125 องศาเซลเซียส ใช้ไฟเลี้ยงได้ 4.5 - 5.5 โวลท์ ส่วนตระกูล 74XXX อุณหภูมิที่ใช้งานอยู่ในช่วง 0 ถึง 70 องศาเซลเซียส ใช้ไฟเลี้ยงได้ 4.75 - 5.25 โวลท์ ทั้งสองตระกูลนี้สามารถใช้แทนกันได้ แต่ตระกูล 54XXX จะใช้กับทางด้านทหารเนื่องจากมีความทนทานสูงและมีราคาแพง ทั้งสองตระกูลนี้สามารถแยกออกเป็นกลุ่มย่อย ๆ ลงไปได้อีกตามประเภท

ของความเร็วและการกินกระแสไฟฟ้า ปกติไอซีในตระกูลที่ทีแอล ถ้ามีความเร็วสูงก็จะกินกระแสสูงด้วย และได้พัฒนาเป็นพวกชอตต์กีที่ทีแอล ซึ่งตระกูลนี้ให้ความเร็วสูงกว่า เนื่องจากตระกูล ของที่ทีแอลนี้จะมีปัญหาเรื่อง การกินกระแสไฟและการรบกวนเนื่องจากการกระเพื่อมของแหล่งจ่ายไฟ

ตารางที่ 1 ตัวเลขบอกชนิดของไอซีลอจิกตระกูลที่ทีแอล

Standard TTL	74	7404 (hex I
High-speed TTL	74H	74H04 (hex
Low-power TTL	74L	74L04 (hex I
Schottky TTL	74S	74S04 (hex I
Low-power Schottky TTL	74LS	74LS04 (hex INVERTER)
Advanced Schottky TTL	74AS	74AS04 (hex INVERTER)

ตารางที่ 2 ตัวเลขบอกชนิดของไอซีลอจิกตระกูลซีเอ็มอส

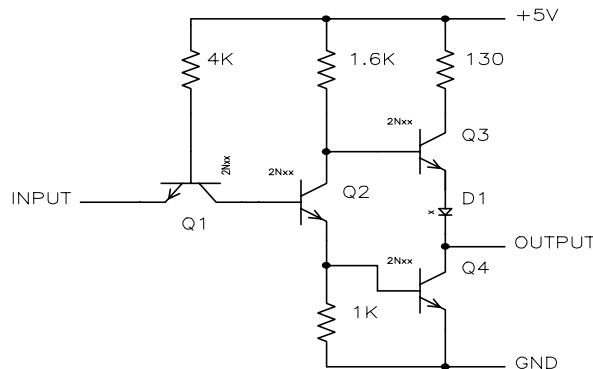
Metal-gate CMOS	40 or 140	4001 or 1401 (gates)
Metal-gate, pin-compatible with TTL	74C	74C02 (quad)
Silicon-gate, pin-compatible with TTL, high-speed	74HC	74HC02 (quad)

Standard TTL (74XXX)

จากรูปที่ 1 แสดงวงจร TTL NOT gate ในสภาวะปกติจะกินกระแสไม่มากเท่าไรนัก แต่ก็ยังสูงอยู่ เนื่องจากความต้องการกระแสของอินพุต (ขณะที่อินพุตเป็น "0") และภาคไดรเวอร์ (Q2) โดยในช่วงที่ เอาท์พุตเปลี่ยนจากสภาวะหนึ่งไปยังอีกสภาวะหนึ่ง Q1 และ Q2 จะเปรียบเสมือนเป็นสวิตช์ชั่วคราว ช่วงนี้จะใช้กระแสมาก และถ้ามีความถี่สูงขึ้นการเปลี่ยนสภาวะเร็วขึ้น ทำให้ความต้องการกระแสสูงขึ้นตามไปด้วย เราสามารถจะลดการกินกระแสในที่ทีแอลได้ โดยเปลี่ยนแปลงค่าในวงจร

หลักการทำงาน เมื่อขาอินพุตมีมิตเตอร์อยู่ในสภาวะ "0" Q1 จะนำกระแสผ่าน R1 ทำให้ขาคอล

เลขเตอรืของ Q1 เป็น "0" ด้วย ผลก็คือ Q2 หยุดนำกระแส ขาเบสของ Q3 ได้รับไบแอสผ่าน



รูปที่ 1 แสดงวงจร NOT Gate ของไอซีทีทีแอล

R2 แต่กระแสผ่านไปยังเบสของ Q4 น้อยมาก เอาท์พุทจึงได้เป็น "1" ถ้าอินพุทเป็น "1" จะมีไบอัสตรงผ่าน R1 ไปยัง Q2 ทำให้ Q2 นำกระแส ถ้าไม่มี D1 ในขณะที่ Q4 นำกระแสอยู่ Q3 จะไม่หยุดนำกระแส เมื่อใส่ D1 เข้าไปจะทำให้แรงดัน V_{BE} ของ Q3 ถูกรีเวอร์สไบอัสผลก็คือ Q3 หยุดนำกระแสแต่ Q4 นำกระแส เอาท์พุทจึงได้เป็น "0"

ทางด้านเอาท์พุททรานซิสเตอร์ Q3 และ Q4 จะต่อกันอยู่ในลักษณะของโทเท็ม-โพล (totem-pole transistor) เพื่อให้ได้เอาท์พุทอิมพีแดนซ์ต่ำ เมื่อ Q3 นำกระแส จะทำหน้าที่เป็นเสมือนอิมิตเตอร์ ฟอลโลเวอร์จะให้ลอจิกเอาท์พุทออกมาเป็น "1" จะมีเอาท์พุทอิมพีแดนซ์ประมาณ 70 โอห์ม และเมื่อ Q4 อยู่ในสภาวะอิ่มตัวให้ลอจิกเอาท์พุทออกมาเป็น "0" จะมีเอาท์พุทอิมพีแดนซ์ประมาณ 12 โอห์ม

High-Speed TTL (74HXXX)

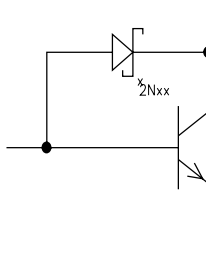
จากวงจร standard TTL ในรูปที่ 1 เมื่อเราลดค่าความต้านทานของตัวต้านทานลง จะทำให้ค่า time-constant และค่า delay time ของวงจรลดลง ซึ่งจะมีผลทำให้วงจรสามารถทำงานได้เร็วขึ้น แต่จะมีข้อเสียคือ วงจรจะกินกระแสมากขึ้น เรียก ทีทีแอลชนิดนี้ว่า High-Speed TTL

Low-power TTL (74LXXX)

เราสามารถจะลดการกินกระแสในทีทีแอล ได้ โดยการเพิ่มค่าความต้านทานในวงจร ทำให้วงจรต้องการกระแสน้อยลง จึงพัฒนามาเป็น Low-Power TTL ตระกูล 74LXXX แต่ตระกูลนี้ไม่ค่อยได้รับความนิยม เพราะความเร็วต่ำ เนื่องจากการลดกระแสลง

Schottky TTL (74SXXX)

ข้อดัดก็ ทีทีแอลเป็นตระกูลที่ประสบความสำเร็จมาก การสร้างเหมือนกับทีทีแอลมาตรฐาน แต่มีไดโอดชอตต์กี้ต่อกับทรานซิสเตอร์ทำให้มีความเร็วสูงขึ้นและระดับแรงดันขณะนำกระแสต่ำเพียง 0.2 โวลท์เท่านั้น ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 แสดงการต่อชอตต์กี้ไดโอด

จุดประสงค์ของการต่อไดโอดเพื่อป้องกันไม่ให้อานซิสเตอร์อิ่มตัว การให้ไบแอสทรานซิสเตอร์จนถึงจุดอิ่มตัวทำให้ความเร็วของการสวิตช์ช้าลง ปัญหาเกิดจากตัวเก็บประจุที่เกิดขึ้น จะไปหน่วงเวลาการหยุดนำกระแส วิธีการแก้ไขก็เพียงแค่ทำให้กระแสเบสมีค่าเพียงแค่นี้ แรงดันที่ขาคอลเลคเตอร์ตกลงไปที่ระดับศูนย์ เท่านั้น วิธีการก็โดยต่อไดโอดชอตต์กี้เข้าไประหว่างเบสกับคอลเลคเตอร์

เมื่อไดโอดนำกระแสและระดับแรงดันที่ขาคอลเลคเตอร์ตกลงต่ำกว่า 0.4 - 0.5 โวลต์ จะทำให้มีกระแสส่วนหนึ่งไหลผ่านจากเบสผ่านไดโอดไปยังคอลเลคเตอร์ จึงไม่ทำให้เกิดการอิ่มตัว

Low-Power Schottky TTL (74LSXXX)

ไอซีลอจิกตระกูลชอตต์กี้ได้ถูกสร้างให้มีความเร็วสูงขึ้น โดยที่ความต้องการกระแสยังสูงอยู่จึงมีการพัฒนาเป็น 74LSXXX ซึ่งเป็นที่ที่แอลทีกินกระแสไฟฟ้าต่ำเพียง 1 ใน 5 ของ 74XXX จากตารางที่ 3 เมื่อพิจารณาถึงความเร็วและการกินกระแสไฟฟ้าแล้วจะเห็นว่าไอซีลอจิกตระกูลชอตต์กี้เป็นตระกูลที่ดีที่สุด ทั้งประหยัดพลังงานและให้ความเร็วสูง

ในปัจจุบันจะมีไอซีลอจิกตระกูลชอตต์กี้ในรูปแบบของแอดวานซ์ (advanced schottky) ขึ้นต้นด้วย 74ASXXX และแอดวานซ์โลว์-เพาเวอร์ 74ALSXXX ทั้งสองตระกูลนี้กินกระแสเท่ากับตระกูล 74LSXXX แต่ความเร็วสูงกว่ามาก

ตารางที่ 3 TTL Power-Delay Values

Type	Power (mW)	Delay-time (nS)
Low-power 74LXXX	1	35
Advance low-power Schottky 74ALSXXX	1.2	4
Low-power Schottky 74LSXXX	2	10
Advance Schottky 74ASXXX	8	1.7
Standard 74XXX	10	10
High-speed 74HXXX	22	6
74CXXX	22	~

TTL PARAMETERS

Unconnected (Floating) inputs

ในสถานะที่เรากำลังจะดูขาอินพุตของทีทีแอลให้ลอยอยู่ที่ขาอิมิตเตอร์จะไม่ได้รับไบแอสเปรียบเสมือนกับอินพุตได้รับลอจิก "1" เพราะฉะนั้น ในกรณีที่มีขาอินพุตที่ไม่ได้ใช้งาน ควรจะต่อตัวต้านทานพูลอัพ (pull-up) หรือพูลดาวน์ (pull-down) ไว้เพื่อป้องกันการรบกวนจากภายนอก

Worst-case input/output voltages

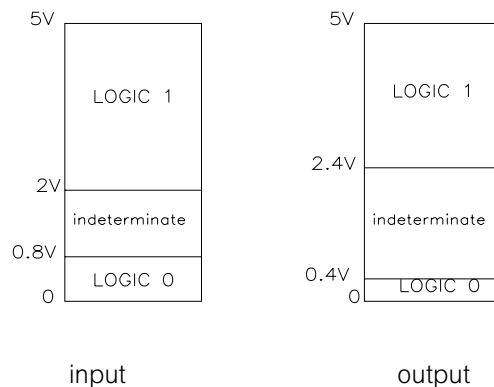
ไอซีทีทีแอลโดยปกติจะใช้ไฟเลี้ยง +5 V และมีการกระเพื่อมของระดับแรงดันไม่เกิน 15 % ค่าแรงดันต่ำสุดที่ยอมรับได้คือ +4.75 V ดังนั้นเพื่อให้มีการทำงานที่ถูกต้องในสถานะที่เลวร้ายที่สุด จึงมีความจำเป็นต้องกำหนดย่านของแรงดันทางด้านอินพุตและเอาต์พุตขึ้น

แรงดันอินพุตสูงสุดที่ถือว่าเป็นลอจิก "0" มีค่า = 0 - 0.8 V หรือเรียกว่า $V_{IL,max} = 0.8\text{ V}$

แรงดันอินพุตต่ำสุดที่ถือว่าเป็นลอจิก "1" มีค่า = 2.0 - 5.0 V หรือเรียกว่า $V_{IH,min} = 2.0\text{ V}$

แรงดันเอาต์พุตสูงสุดที่ถือว่าเป็นลอจิก "0" มีค่า = 0 - 0.4 V หรือเรียกว่า $V_{OL,max} = 0.4\text{ V}$

แรงดันเอาต์พุตต่ำสุดที่ถือว่าเป็นลอจิก "1" มีค่า = 2.4 - 5.0 V หรือเรียกว่า $V_{OH,min} = 2.4\text{ V}$



รูปที่ 3 ระดับแรงดันทางอินพุตและเอาต์พุตของไอซีทีทีแอล

Sourcing and sinking

การใช้งานไอซีทีทีแอลเป็นตัวขับ (driver) ทีทีแอล (load) ด้วยกัน ดังรูปที่ 4(a) ตัวขับอยู่ในสถานะลอจิก "0" มีแรงดันเอาต์พุตน้อยกว่า 0.4 V ต่ออยู่กับอินพุตของโหลด ซึ่งต้องการแรงดันอินพุตน้อยกว่า 0.8 V มีกระแสอิมิตเตอร์ประมาณ 1.6 mA มีทิศทางดังรูปที่ 4(b) กระแสจะไหลจากอิมิตเตอร์ของ Q1 ไปยังคอลเลคเตอร์ของ Q4 (drive) เพราะ Q4 อิมิตตัว เรียกกระแสที่ไหลเข้า Q4 ว่ากระแสซิงค์ (current sink)

เมื่อเอาต์พุตอยู่ในสถานะลอจิก "1" จะมีกระแสไหลจาก Q3 (drive) ไปยัง Q1 (load) ดังรูปที่ 4(c) ประมาณ 40 uA เรียกกระแสนี้ว่า กระแสซอร์ส (current source)

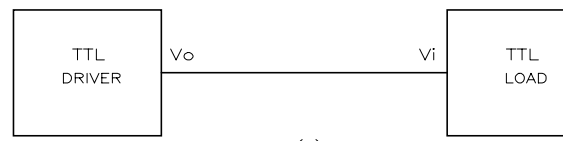
กระแสอินพุตสูงสุดที่ถือว่าเป็นลอจิก "0" มีค่า = -1.6 mA หรือเรียกว่า $I_{IL,max} = -1.6\text{ mA}$

กระแสอินพุตต่ำสุดที่ถือว่าเป็นลอจิก "1" มีค่า = 40 uA หรือเรียกว่า $I_{IH,max} = 40\text{ uA}$

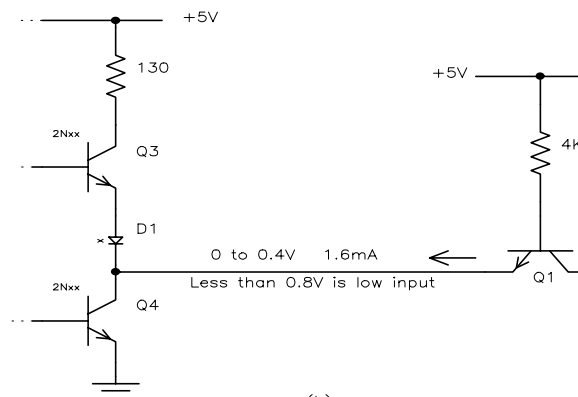
กระแสเอาต์พุตสูงสุดที่ถือว่าเป็นลอจิก "0" มีค่า = 16 mA หรือเรียกว่า $I_{OL,max} = 16\text{ mA}$

กระแสเอาต์พุตต่ำสุดที่ถือว่าเป็นลอจิก "1" มีค่า = -400uA หรือเรียกว่า $I_{OH,max} = -400\text{ uA}$

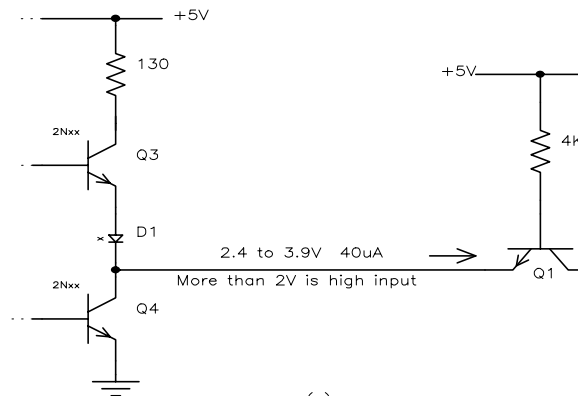
เครื่องหมายลบแสดงถึงทิศทางของกระแสไหลออกจากอุปกรณ์



(a)



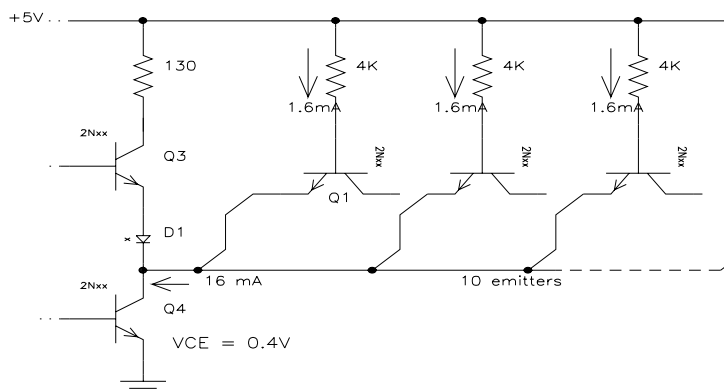
(b)



(c)

รูปที่ 4 แสดงกระแสซิงค์และกระแสซอร์ส

ทางด้านเอาต์พุต ทีทีแอลสามารถจ่ายกระแสเป็น 10 เท่าของอินพุต นั่นคือ เราสามารถใช้ ทีทีแอล 1 ตัว (drive) ขับทีทีแอล (load) ได้ 10 ตัว ดังรูปที่ 5 และรูปที่ 6



รูปที่ 5 Low-state fanout



ตารางที่ 4 *TTL Fanouts*

ตระกูล CMOS

แผนกวิชาเทคนิคคอมพิวเตอร์
สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล นครราชสีมา

Device Family	Output Drive	input Load
Standard TTL	$I_{OH} = 400\mu A$ $I_{OL} = 16mA$	$I_{IH} = 40\mu A$ $I_{IL} = 1.6mA$
Low Power Schottky	$I_{OH} = 400\mu A$ $I_{OL} = 8mA$	$I_{IH} = 20\mu A$ $I_{IL} = 400\mu A$
Advance Low Power Schottky	$I_{OH} = 400\mu A$ $I_{OL} = 8mA$	$I_{IH} = 20\mu A$ $I_{IL} = 100\mu A$
4000 Series	$I_{OH} = 400\mu A$ $I_{OL} = 400\mu A$	$I_{in} = 1\mu A$
74HC00 Series	$I_{OH} = 4mA$ $I_{OL} = 4mA$	$I_{in} = 1\mu A$