วงจร AND, OR และ NOT เป็นลอจิกเกทพื้นฐานที่ใช้กันอย่างกว้างขวาง การสร้างวงจรพวกนี้มีทั้งชนิดที่ใช้หลอดสูญญากาศ (vacuum tube) ไดโอด และทรานซิสเตอร์

OR เกท

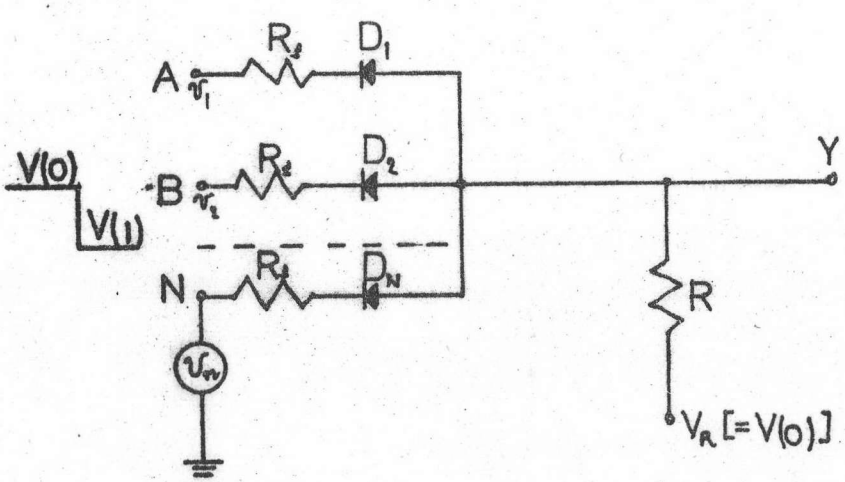
OR เกทจะมี input ตั้งแต่ 2 อันขึ้นไป แต่มี 1 output การทำงานของมันเป็นไปตามคำนิยามที่ว่า output ของ OR จะมีค่าเป็น 1 ถ้า input ตั้งแต่หนึ่งอันขึ้นไปมีค่าเป็น 1

ในระบบไดโอด–ลอจิก (diode-logic (DL) system) วงจรจะประกอบด้วยไดโอด รูปที่ 15 แสดงถึงวงจร OR เมื่อใช้ลอจิกลบโดยที่

D แทนไดโอด

R_s เป็น generator source resistance

เราจะพิจารณาในกรณีที่ supply voltage V_R มีค่าเท่ากับ V(0) ซึ่งเป็นระดับ 0



รูปที่ 15 วงจรไดโอดฟังชั่น OR สำหรับลอจิกลบ

ถ้าทุก input อยู่ในระดับ 0 ค่าโวลต์เตจที่คร่อมไดโอดจะมีค่า V(0) - V(0) = 0 แต่โดยที่ไดโอดจะยอมให้กระแสไฟผ่านก็ต่อ เมื่อมันถูกไบแอสตามด้วยค่าโวลต์เตจ เท่ากับค่า cutin voltage V_γ เป็นอย่างต่ำ ดังนั้น เมื่อโวลต์เตจที่คร่อมไดโอดทุกตัวมีค่า เท่ากับศูนย์ มันก็จะไม่ยอมให้กระแสผ่าน โวลต์เตจทาง output จะเท่ากับ V(0) คืออยู่ระดับ 0

ถ้า input A ไปอยู่ในระดับ 1 คือมีโวลต์เตจ เท่ากับ V(1) (ค่าน้อยกว่า V(0) เพราะเป็นลอจิกลบ) ไดโอด D1 ก็จะยอมให้กระแสผ่าน (conduct) output จะมีค่าดังนี้

$$V_0 = V(0) - IR$$

$$I = \frac{(V(0) - V(1) - V_\gamma)}{R + R_s + R_f}$$

$$V_0 = V(0) - V(0) + V(1) + V_\gamma \frac{R}{R + R_s + R_f}$$

R_f เป็นความต้านทานของไดโอด เมื่อถูกไบแอสตาม

I เป็นกระแสในวงจร

ปกติค่า R ที่ใช้จะมีค่ามากกว่าค่า $R_s + R_f$ มาก

ดังนั้น $V_0 \simeq V(1) + V_\gamma$

จะเห็นว่าโวลต์เตจของ output จะมีค่าเป็นลบน้อยกว่า V(1) อยู่ V_γ (มีค่า 0.2 โวลต์สำหรับเยอรมันเนี่ยม หรือ 0.6 โวลต์สำหรับซิลิกอน) แสดงว่าโวลต์เตจทาง output จะมีขนาดเล็กกว่าทาง input เล็กน้อย

เราพอสรุปได้ว่า ถ้า A = 1, B = 0,....., N = 0 y จะมีค่า = 1 ซึ่งเป็นไปตามนิยามของ OR เมื่อ A =1 โวลต์เตจของ output มีค่าประมาณ V(1) จะทำให้ไดโอดตัวอื่น ๆ ยกเว้น D1 ถูกไบแอสกลับ

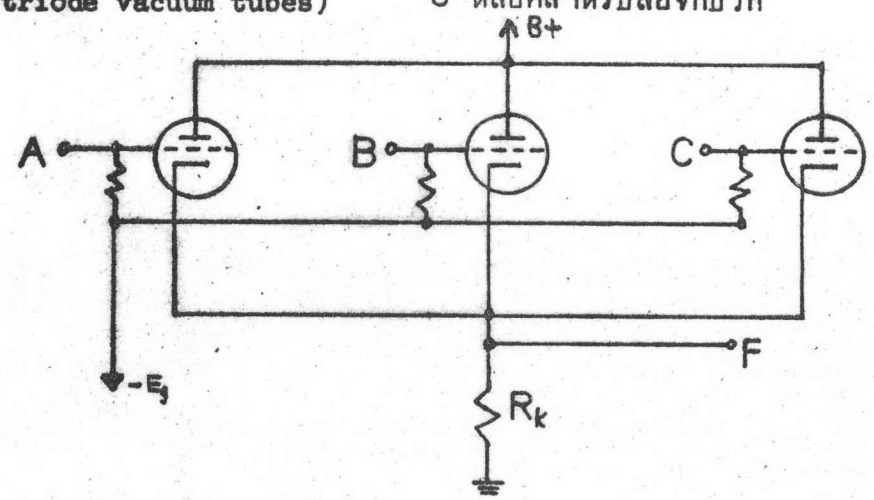
ถ้า input อยู่ระดับ 1 หลายอัน ไดโอดของ input พวกนั้นก็จะยอมให้กระแสผ่าน และตัวอื่น ๆ ที่เหลือก็จะถูกไบแอสกลับ output ที่ได้ก็คงมีค่าเป็น V(1)

ถ้าค่า V(1) ของ input แต่ละตัวมีค่าไม่เท่ากัน สำหรับลอจิกลบ ค่า output จะเป็นค่า V(1) ที่เป็นลบมากที่สุด และไดโอดทุกตัว เว้นแต่ตัวที่มีค่า input ต่ำสุดจะถูกไบแอสกลับหมด

สำหรับวงจร OR ที่ใช้กับลอจิกบวกจะกลับกับรูปที่ 15 คือไดโอดที่ใช้จะกลับกันหมด และ output ที่ได้จะเท่ากับค่า V(1) ที่เป็นบวกมากที่สุด

ไดโอดที่กล่าวถึงในวงจรดังกล่าวแล้วอาจเป็นหลอดหรือสารกึ่งตัวนำก็ได้ แต่แบบแรกไม่ค่อยนิยมใช้ เนื่องจากทำงานช้า เว้นเสียแต่เราต้องการค่าโวลต์เตจสูง ๆ สำหรับไดโอดที่เป็นสารกึ่งตัวนำจะทำงานเร็วขึ้นแต่ข้อเสียของไดโอดพวกนี้คือค่าโวลต์เตจที่ได้ทาง output จะมีค่าน้อยกว่าทาง input เวลาใช้งานจริง ๆ จึงต้องมีเครื่องขยาย (amplifier) เพื่อช่วยให้ค่าโวลต์เตจคงรูป

รูปที่ 16 เป็นวงจรของลอจิก OR โดยใช้หลอดสูญญากาศtriode (triode vacuum tubes) 3 หลอดสำหรับลอจิกบวก

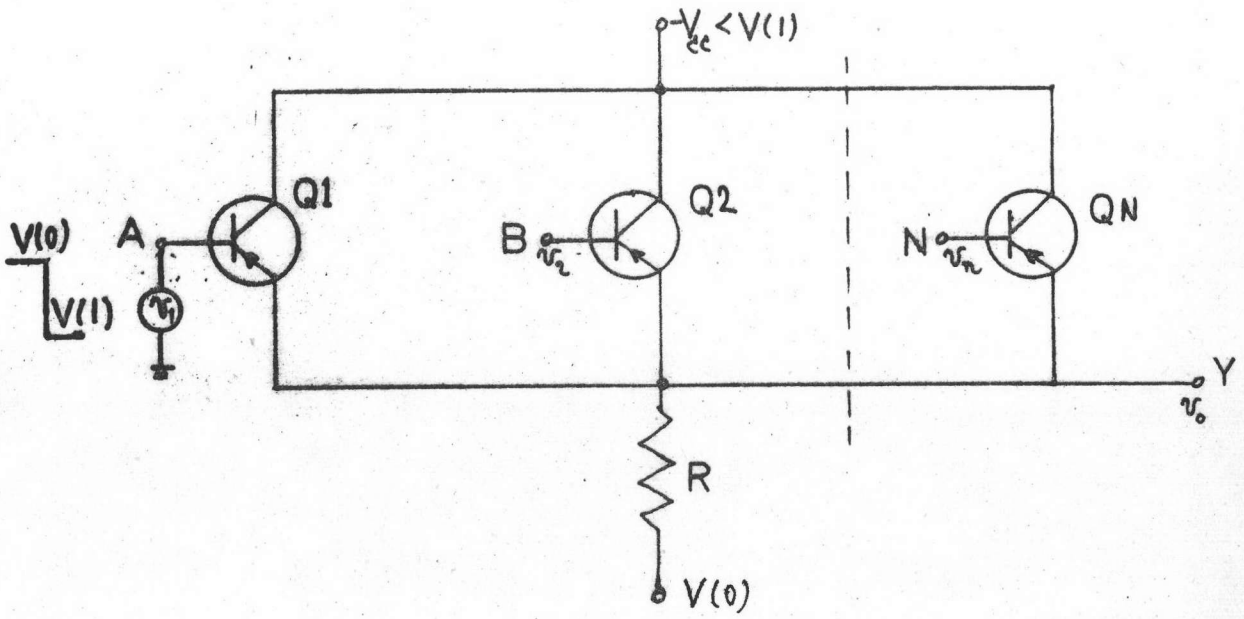


รูปที่ 16 วงจรหลอดไตรโอดฟังชั่น OR สำหรับลอจิกบวก

เมื่อไม่มีสัญญาณ หรือว่า pulse เข้าไป triodes ทั้ง 3 ตัวจะถูกไบแอสที่ cutoff คือไม่ให้กระแสผ่าน ทาง output ก็จะอยู่ที่ระดับ 0 เมื่อมี pulse บวกที่มีค่าสูงพอที่จะเข้าทาง input A,B, หรือ C มันจะทำให้ triode หลอดนั้นมีค่าสูงกว่า cutoff กระแสก็จะไหลและผ่าน R_k ทาง output ที่ F ก็จะมี pulse ที่มีโวลต์เตจเป็นบวก

วงจรแบบนี้จะได้รูป pulse ที่ผิดรูปไป (มี distort) และขนาดของ pulse เล็กกว่าทาง input เนื่องจากวงจรนี้ไม่ช่วยขยาย เมื่อจะใช้วงจรนี้ก็จะต้องมีเครื่องขยายและวงจรสำหรับจัดรูป (wave-shaping circuits) ซึ่งต้องใช้ทุก ๆ วงจรของลอจิก นอกจากนั้นวงจรหลอดพวกนี้ต้องใช้ supply voltage สูง และมีความร้อนมากและทำงานช้าจึงมีใช้อยู่เฉพาะวงจรในคอมพิวเตอร์แบบแรก ๆ

วงจรที่ใช้กันต่อมาเป็นวงจรแบบ ทรานซิสเตอร์ ดังรูปที่ 17 วงจรแบบนี้เรียกว่า Emitter-Follower Logic (EFL)



รูปที่ 17 วงจรทรานซิสเตอร์ฟังชั่น OR สำหรับลอจิกลบ

Output ของวงจรนี้ได้จากโวลต์เตจที่คร่อมความต้านทาน R ความต้านทาน R จะต่อกับ supply voltage ที่มีค่า V(0) และอีมิเตอร์ของทรานซิสเตอร์แบบ P-N-P เมื่อใช้กับลอจิกลบ ถ้า input ทั้งหมดของวงจรอยู่ระดับ 0 โวลต์เตจระหว่าง เบสกับอีมิตเตอร์ (base-to-emitter voltage) ทุกตัวจะมีค่าดังนี้

$$V(0) - V(0) = 0$$

และทรานซิสเตอร์ทุกตัวจะอยู่ที่ cutoff output V_0 ก็จะมีค่าเท่ากับ V(0) หรือว่า Y = 0 แต่ถ้าเกิด input อันใดอันหนึ่งมีค่า 1 output V_0 = V(1) หรือ Y = 1 โวลต์เตจระหว่าง เบสกับอีมิตเตอร์ของทรานซิสเตอร์ตัวอื่น ๆ จะมีค่าเป็น V(0) - V(1) ซึ่งจะทำให้จังชั่น เบส–อีมิตเตอร์ถูกไบแอสกลับ ทรานซิสเตอร์ PNP ก็จะหยุดทำงาน (off) ถ้าวงจรมี pulse เข้ามากกว่า 1 input ค่า output ที่ได้ก็จะมีค่าเป็นค่า V(1) ที่เป็นลบมากที่สุด จะสังเกตเห็นว่า supply voltage ที่คอลเล็คเตอร์ ($-V_{cc}$) จะต้องมีค่าน้อยกว่า V(1) เนื่องจากเราต้องการให้จังชั่น–เบส–คอลเล็คเตอร์ถูกไบแอสกลับตลอดเวลาไม่ว่าค่าที่เบสจะมีโวลต์เตจเท่าใด

ลักษณะของวงจร OR สำหรับลอจิกบวกก็เหมือนกับรูปที่ 17 เพียงแต่ทรานซิสเตอร์ที่จะใช้จะเป็นแบบ N-P-N และ V_{cc} จะต้องมีค่ามากกว่า V(1)

<u>AND เกท</u>

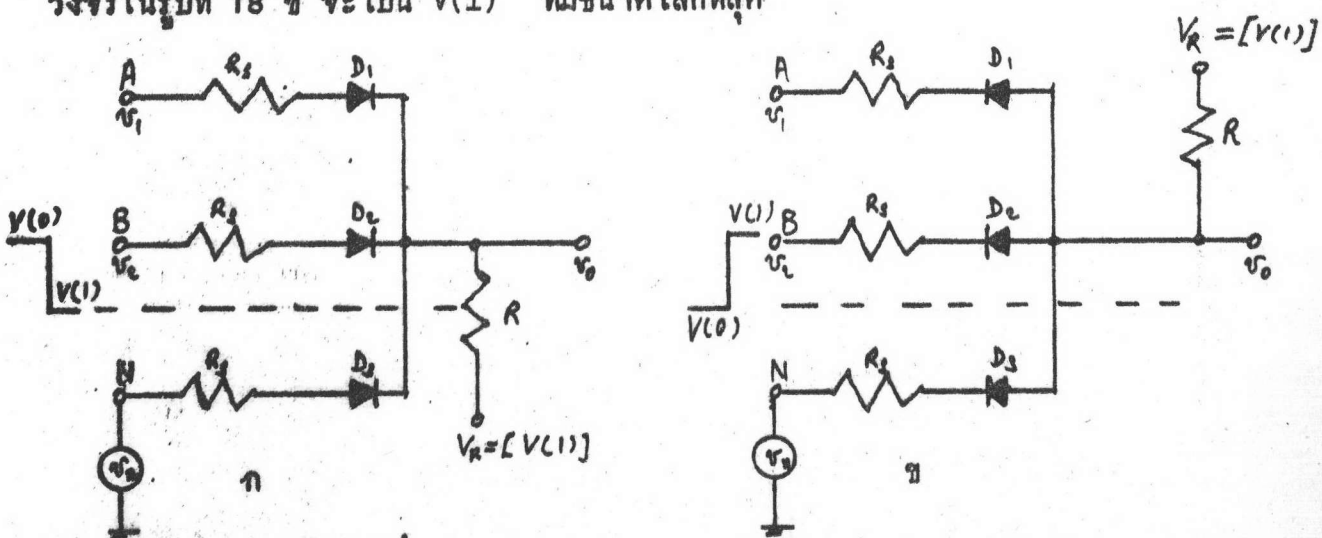
Input ของ AND จะมีตั้งแต่ 2 อันขึ้นไป และ output จะมีเพียงอันเดียว การทำงานของมันเป็นไปตามคำนิยามที่ว่า output ของ AND จะมีค่าเป็น 1 ถ้าทุก input ของเกทมีค่าเป็น 1

รูปที่ 18 ก เป็นวงจรไดโอด–ลอจิก (diode-logic (DL)) ของ AND สำหรับลอจิกลบ เมื่อ input อันใดอันหนึ่งอยู่ระดับ 0 คือมีโวลต์เตจเป็น V(0) diode ใน input นั้นก็จะยอมให้กระแสผ่าน ทำให้ output มีค่า

เท่ากับ V(0) หรือ Y = 0 แต่ถ้า input ทุกตัวอยู่ที่ระดับ 1 คือมีโวลต์เตจ V(1) ไดโอดทุกตัวจะถูกไบแอสกลับ และ V_0 = V(1) หรือ Y = 1 ซึ่งก็เป็นไปตามคำนิยามของ AND

สำหรับ AND เกทของลอจิกบวก ลักษณะวงจรก็เหมือนกับรูปที่ 18 ก เว้นแต่ไดโอดทุกตัวจะกลับกัน ดังรูปที่ 18 ข เมื่อเปรียบเทียบวงจรในรูป 18 ข กับรูปที่ 15 จะเห็นได้ว่าค่าโวลต์เตจ V(0) ในรูป 15 เหมือนกับค่า V(1) ในรูปที่ 18 ข เพราะต่างก็แทนระดับโวลต์เตจที่มีค่าสูง เราสรุปได้ว่าวงจรของ OR สำหรับลอจิกลบก็คือวงจรของ AND สำหรับลอจิกบวก

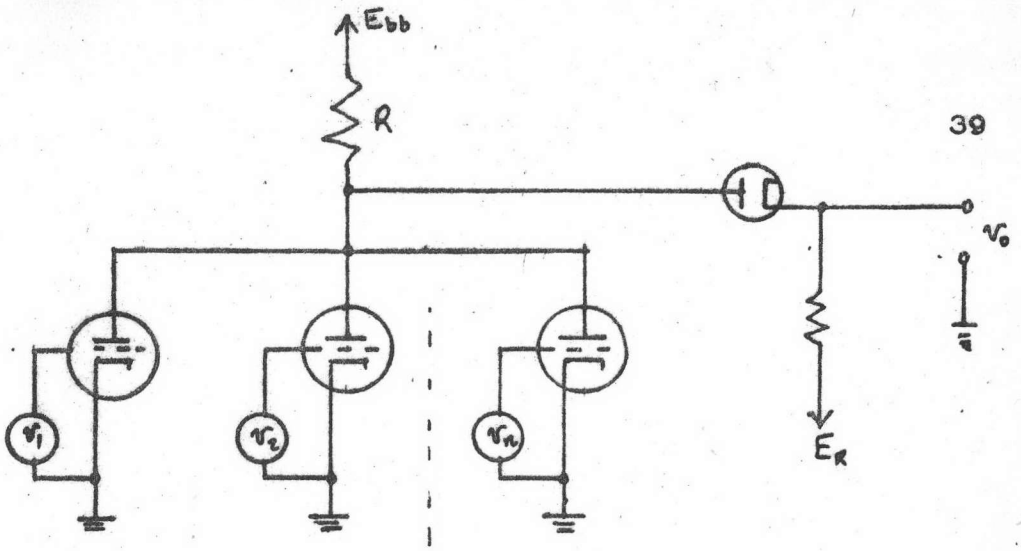
ถ้าโวลต์เตจใน input นั้น V(1) ไม่เท่ากัน output ที่ได้สำหรับวงจรในรูปที่ 18 ข จะเป็น V(1) ที่มีขนาดเล็กที่สุด



รูปที่ 18 วงจรไดโอดฟังชั่น AND (ก) สำหรับลอจิกลบ (ข) สำหรับลอจิกบวก

รูปที่ 19 เป็นวงจร triode ของ AND เมื่อใช้กับกับลอจิกลบ เมื่อมี pulse ที่เป็นลบเข้าที่ input ทุกตัวพร้อมกัน โวลต์เตจที่ plate ก็จะมีค่า E_{bb} และที่ output ก็จะมี pulse เกิดขึ้น

สำหรับวงจรที่เป็นทรานซิสเตอร์แบบ emitter-follower logic (EFL) ที่ใช้กับลอจิกบวกของ AND ก็เหมือนกับวงจรรูปที่ 17 ถ้าเป็นลอจิกลบทรานซิสเตอร์จะเป็นแบบ N-P-N แทน

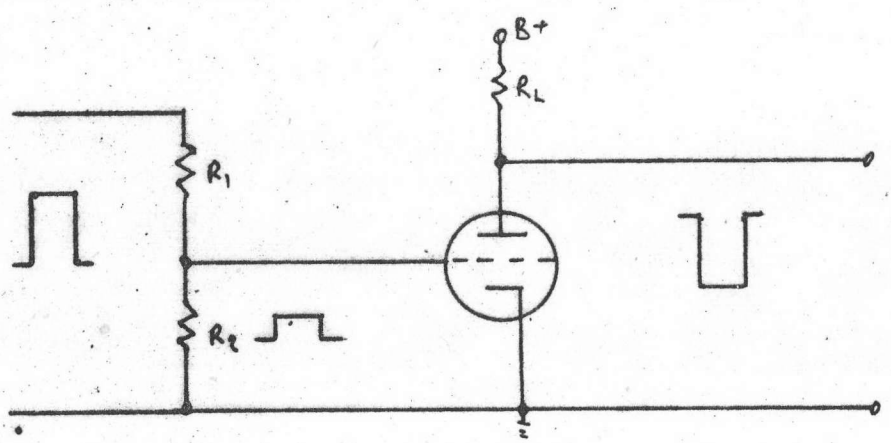


รูปที่ 19 วงจรไตรโอดฟังชั่น AND สำหรับลอจิกลบ

NOT เกท

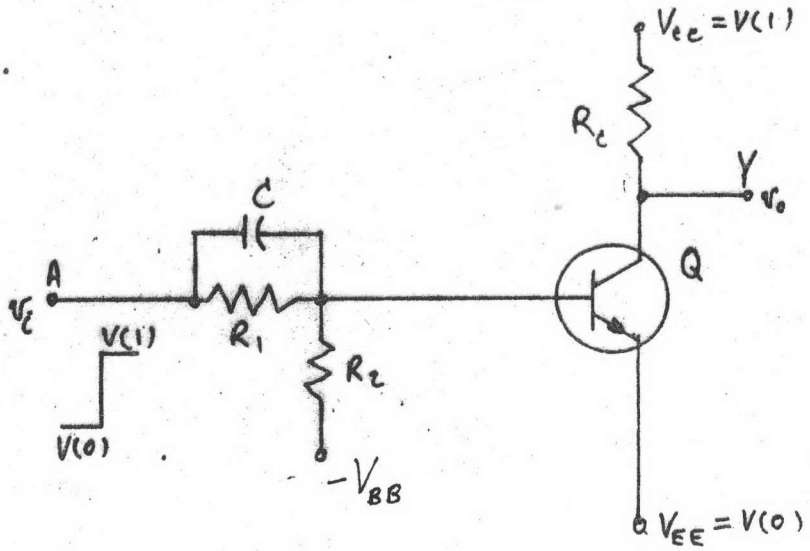
NOT เกทนี้บางที่เรียก inverter วงจรแบบนี้จะมี input และ output อย่างละ 1 อัน การทำงานเป็นไปตามคำนิยามที่ว่า output ของ NOT จะอยู่ระดับ 1 ถ้า input ของมันไม่ได้อยู่ในระดับ 1

รูปที่ 20 เป็นรูปวงจร NOT แบบใช้หลอด เราใช้ voltage divider ช่วยทำให้ลักษณะ pulse ของ output มีขนาดเท่ากับทาง input



รูปที่ 20 วงจรไตรโอดฟังชั่น NOT

ถ้าเป็นวงจรทรานซิส เตอร์ ดังรูปที่ 21 เป็นวงจรสำหรับลอจิกบวก โดยระดับ 0 คา $V(0) = V_{EE}$ และระดับ 1 คา $V(1) = V_{cc}$ ถาคา input ต่ำ คือ $V_i = V(0)$ ก็จะทำให้ทรานซิส เตอร์ Q ไม่ทำงาน $V_0 = V_{cc} = V(1)$ แตถา input มีคาสูงคือ $V_i = V(1)$ Q จะถูก saturate $V_0 = V_{EE} = V(0)$



รูปที่ 21 วงจรทรานซิส เตอร์ฟังชั่น NOT

วงจรลอจิกที่ใช้หลอดไดโอด หรือว่าทรานซิส เตอร์ที่กล่าวมาแล้ว มีความยุ่งยากในการประกอบและ เปลือง เนื้อที่มาก นอกจากนั้นขนาดของ pulse ที่ได้จาก output จะมีขนาด เล็ก และ เปลี่ยนรูปไปจาก input บาง จึงต้องมีวงจรสำหรับจัดรูปและทำให้ขนาดของ pulse คงที่ควบคู่กับวงจร เกท เครื่องคอมพิว เตอร์ที่ใช้วงจรแบบนี้จึงมีขนาดใหญ่ และมีความยุ่งยากในการตรวจซ่อม ในปัจจุบันมีวงจรแบบอื่นเข้ามาแทนที่ วงจรใหม่นี้เป็นวงจรอินติเกรตซึ่ง เป็นวงจรที่มีขนาด เล็ก แต่สามารถทำงานได้ดีกว่า และใช้งายกวาวงจรที่กล่าวมาแล้ว