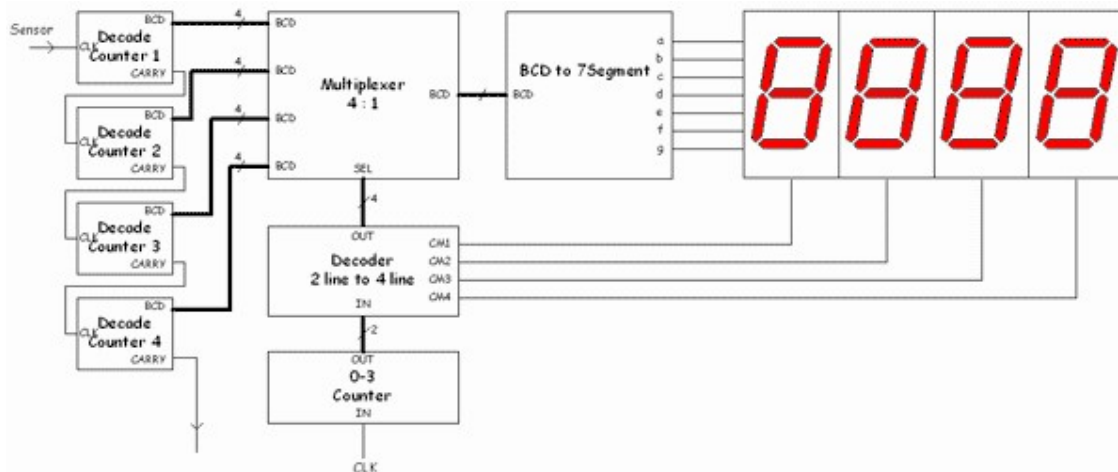


5 ระบบนับจำนวนแสดงตัวเลข 0 – 9999

ตัวนับข้อมูลหรือเคาน์เตอร์ (Counter) เป็นอุปกรณ์พื้นฐานที่ถูกนำมาใช้งานกันอย่างกว้างขวาง เช่นในระบบโรงงานอุตสาหกรรมอาจจะใช้เป็นตัวนับจำนวนผลผลิตเพื่อให้รู้ยอดผลิต หรือนับจำนวนครั้งของการใช้งานเครื่องจักรสำหรับการตรวจสอบสภาพการทำงานของเครื่องจักร แม้แต่ในงานเกษตรกรรม ก็ยังนำตัวนับมาใช้ในการนับผลผลิตที่ได้ว่ามีจำนวนเท่าไร ในการประยุกต์ใช้งาน CPLD ในส่วนนี้จะเป็นการออกแบบ CPLD ให้ทำหน้าที่เป็นตัวนับจำนวนสำหรับนับตัวเลขตั้งแต่เลข 0 ถึง 9999 เพื่อให้ผู้สนใจสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานเป็นตัวนับต่างๆ ต่อไป

หลักการทำงานของวงจรนับ

ระบบนับจำนวนแสดงตัวเลข 0 – 9999 ที่เราจะทำการออกแบบกันนั้นจะมีคุณสมบัติดังนี้คือ สามารถนับจำนวนได้ตั้งแต่ 0 – 9999 และมีสัญญาณตัวทศออกมาในกรณีที่นับจนถึง 9999 คน , มีสวิตช์สำหรับเริ่มต้นการนับและมีสวิตช์สำหรับเคลียร์ผลการนับ เราสามารถนำหลักการของระบบนับนี้ไปใช้เป็นระบบนับจำนวนวัตถุหรือผลผลิตก็ได้ สำหรับหลักการทำงานของระบบทั้งหมดแสดงดังในรูปที่ 1.1



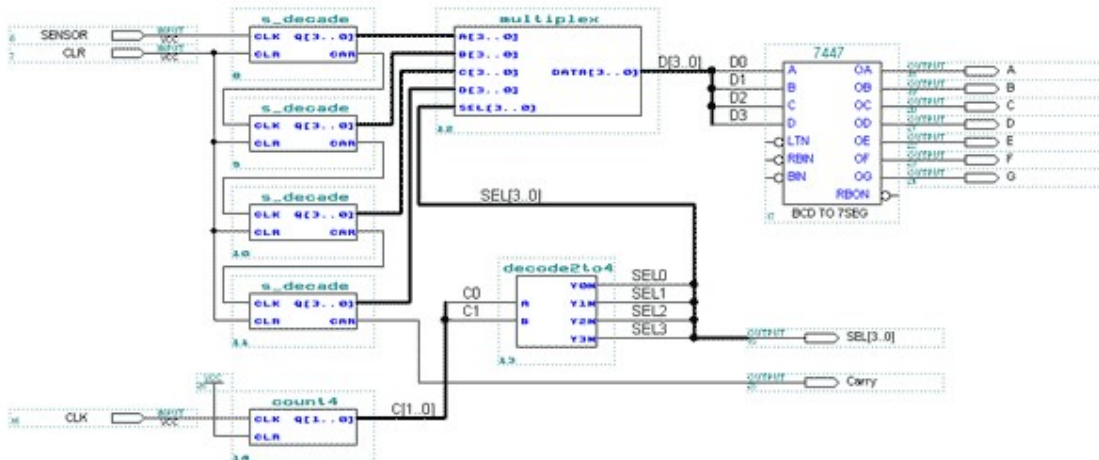
รูปที่ 1.1 หลักการทำงานของวงจรนับจำนวนแสดงตัวเลข 0 – 9999

จากวงจรในรูปที่ 1.1 เมื่อมีสัญญาณพัลส์จากชุด Sensor ส่งเข้ามาที่วงจรนับสิบชุดที่ 1 (Decade Counter 1) วงจรนับชุดที่ 1 จะทำการนับขึ้นครั้งละ 1 เมื่อทำการนับสัญญาณพัลส์ได้ 10 ลูก (แสดงว่านับถึง 9) ก็จะส่งสัญญาณตัวทศออกมาที่วงจรนับสิบชุดที่ 2 และเมื่อวงจรนับชุดที่ 2 ทำการนับสัญญาณตัวทศได้ 10 ครั้ง (แสดงว่านับถึง 99) ก็จะส่งสัญญาณตัวทศออกมาที่วงจรนับชุดที่ 3 และหากวงจรนับชุดที่ 3 ทำการนับสัญญาณตัวทศที่ส่งมาจากวงจรนับชุดที่ 2 ครบ 10 ครั้ง (แสดงว่านับถึง 999) ก็จะส่งสัญญาณตัวทศให้แก่วงจรนับชุดที่ 4 และเมื่อวงจรนับชุดที่ 4 ทำการนับสัญญาณตัวทศจากวงจรนับชุดที่ 3 ครบ 10 ครั้ง (แสดงว่านับถึง 9999) ก็จะส่งสัญญาณตัวทศออกมา และระบบก็จะวนกลับมาเริ่มนับ 0000 ใหม่อีกครั้งหนึ่ง ผลลัพธ์ที่ได้จากการนับของวงจรนับสิบแต่ละชุดจะถูกส่งเข้าสู่วงจร Multiplexer เข้า 4 ชุด ออก 1 ชุด เพื่อทำการ Multiplex ออกวงจรแปลงรหัส BCD เป็นรหัส 7 เซ็กเมนต์ เพื่อแสดงค่าตัวเลขที่ 7 เซ็กเมนต์ต่อไป ในส่วนของวงจร 0 – 3 Counter จะทำหน้าที่เป็นวงจรนับ 0 – 3 ผลลัพธ์ที่ได้จากการนับจะนำมาเป็นตัวเลือกของสัญญาณที่จะทำการ Multiplex และเป็นตัวเลือกหลักของ 7 เซ็กเมนต์ที่จะ

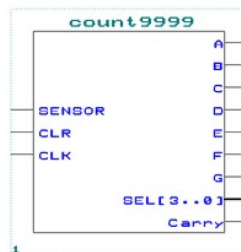
ทำการแสดงผล วงจรที่ใช้สำหรับเลือก 7 เซ็กเมนต์จะใช้วงจร Decoder 2 line to 4 line ซึ่งจะต้องทำการเลือก 7 เซ็กเมนต์ให้สอดคล้องกับข้อมูลที่ส่งมาจากวงจร Multiplexer ด้วย

ประกอบวงจรต่างๆเข้าด้วยกันเป็นวงจรนับ 0 – 9999

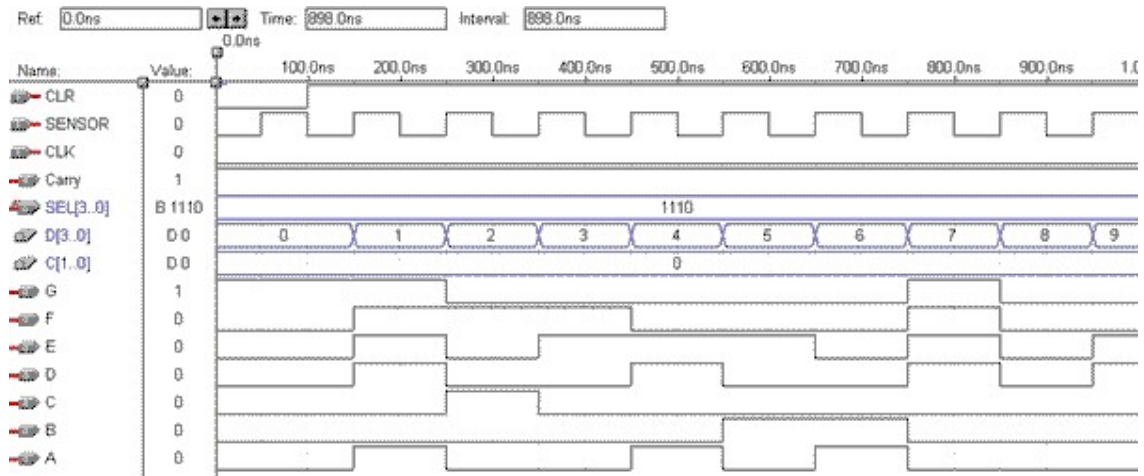
หลังจากออกแบบวงจรต่างๆ เสร็จเรียบร้อยแล้ว เราจะต้องนำสัญลักษณ์ของวงจรเหล่านั้นมาประกอบเป็นวงจร นับจำนวนเพื่อแสดงผลตัวเลขตั้งแต่ 0 ถึง 9999 ดังรูปที่ 1.6



รูปที่ 1.6(a) วงจรนับจำนวน 0 – 9999



รูปที่ 1.6(b) สัญลักษณ์ของวงจรนับจำนวน 0 – 9999

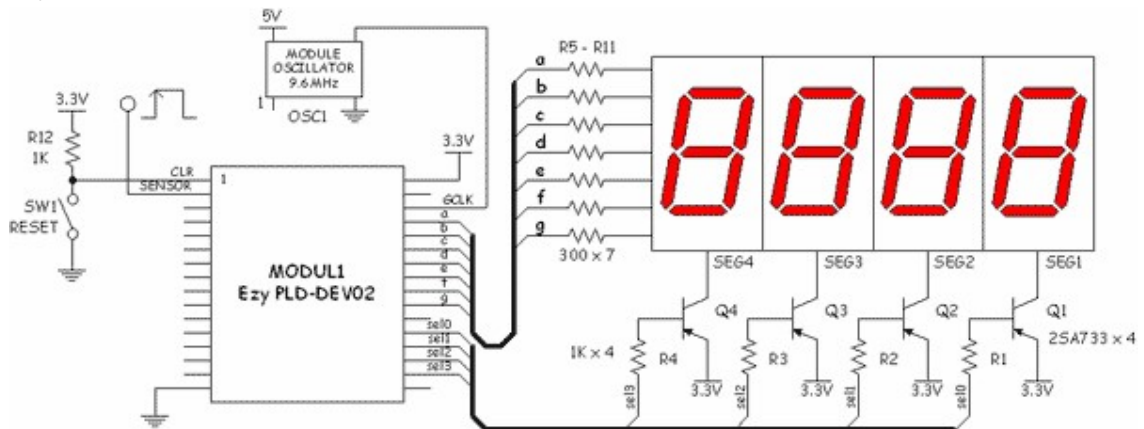


รูปที่ 1.6(c) ผลการจำลองการทำงาน

เมื่อวาดรูปวงจรนับ 0 – 9999 ในรูปที่ 1.6(a) เรียบร้อยแล้ว ทำการบันทึกเป็นไฟล์ชื่อ Count9999.gdf และสร้างเป็นสัญลักษณ์ของวงจรนับ 0 – 9999 จะได้สัญลักษณ์ดังรูปที่ 1.6(b) หลังจากนั้นทำการจำลองการทำงานของวงจรนับ 0 – 9999 จะได้ผลการจำลองการทำงานดังรูปที่ 1.6(c)

ทดสอบการทำงานจริง

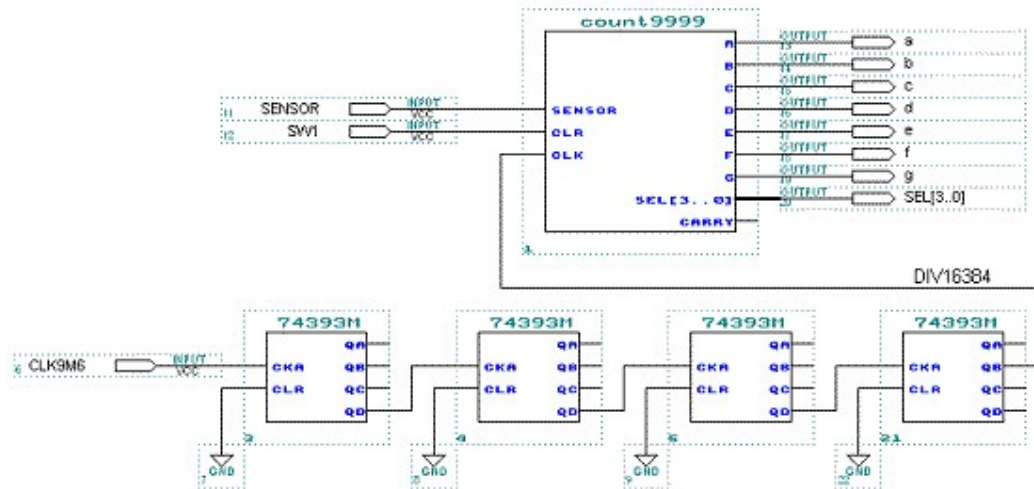
สำหรับการทดสอบการทำงานจริงของวงจรนับ 0 – 9999 ที่ได้ออกแบบมานั้น วงจรสำหรับทดสอบการทำงานแสดงดังรูปที่ 1.7



รูปที่ 1.7 วงจรทดสอบการทำงานจริงของวงจรนับ 0 – 9999

จากวงจรในรูปที่ 1.7 ในส่วนของ CPLD จะใช้โมดูล CPLD รุ่น Ezy PLD-DEV02 ซึ่งภายในโมดูล Ezy PLD-DEV02 จะใช้ CPLD เบอร์ EPM3064ALC44-10 ส่วน OSC1 เป็นโมดูลออสซิลเลเตอร์ทำหน้าที่ในการกำเนิดสัญญาณคล็อกให้แก่ Ezy PLD-DEV01 ซึ่งสัญญาณคล็อกนี้จะใช้กับวงจร Multiplexers เพื่อเป็นการเลือกข้อมูลจากวงจร Decade Counter เพื่อแสดงผลออกที่ 7 เซ็กเมนต์ต่อไป รายละเอียดดังที่กล่าวมาแล้วในขั้นตอนการ

ออกแบบวงจร Multiplexers ซึ่งความถี่ที่โมดูลออสซิลเลเตอร์ผลิตออกมานั้นจะมีความถี่ 9.6 MHz หากเรานำความถี่นี้ป้อนเข้าวงจร Multiplexers โดยตรงจะทำให้มีการ Multiplex ข้อมูลด้วยความเร็วสูง ทำให้การแสดงผลตัวเลขเร็วมากจนอาจมองเห็นว่า 7 เซ็กเมนต์ทุกตัวสว่างเหมือนกัน ดูไม่ออกว่าเป็นตัวเลขอะไร เพราะฉะนั้นเราจะต้องทำการหารความถี่จาก 9.6 MHz ลงมาให้เหลือความถี่ที่เหมาะสมกับการแสดงผลตัวเลขที่ 7 เซ็กเมนต์ 4 หลัก สำหรับการทดสอบวงจรนี้ เราจะทำการเพิ่มวงจรหารความถี่ดังรูปที่ 1.8



รูปที่ 1.8 วงจรทดสอบการทำงานของวงจรนับ 0 – 9999

ในส่วนของวงจรหารความถี่ที่เพิ่มเข้ามาจะใช้ไอซี 74393 ซึ่งทำหน้าที่เป็นวงจรนับแบบไบนารี 4 ชุดมาต่อเข้าด้วยกัน เอาท์พุทของวงจรหาร สัญญาณความถี่ทางอินพุทที่ป้อนเข้ามาจะถูกหารด้วย จะทำให้ได้สัญญาณคล็อกที่ป้อนให้แก่ ขา CLK ของวงจร Count9999 เท่ากับ $9.6 \text{ MHz} / 585.9375 \text{ Hz}$ ซึ่งเมื่อนำไปทำการ Multiplexers เพื่อส่งข้อมูลให้แก่ 7 เซ็กเมนต์ทั้ง 4 หลัก จะทำให้ 7 เซ็กเมนต์ในแต่ละหลักแสดงผลข้อมูลด้วยความเร็วประมาณ $585.9375 / 4 = 146.484375 \text{ Hz}$ ด้วยความเร็วในการแสดงผลระดับนี้จะทำให้เราเห็นตัวเลขในแต่ละหลักชัดเจนและไม่กระพริบ

เมื่อวาดวงจรในรูปที่ 1.8 เสร็จเรียบร้อยแล้ว ให้ทำการบันทึกเป็น ไฟล์ชื่อ t_count9999.gdf ทำการตรวจสอบความถูกต้องของวงจรที่วาด หลังจากนั้นกำหนดเบอร์ CPLD ที่จะใช้เป็น EPM3064ALC44-10 ทำการคอมไพล์ และกำหนดตำแหน่งขาที่จะใช้งานดังตารางที่ 1.3

เมื่อจัดตำแหน่งขาเสร็จเรียบร้อยแล้ว ทำการคอมไพล์ใหม่อีกครั้ง และโปรแกรมลงวงจรทดสอบในรูปที่ 1.7 ทดสอบการทำงานโดยการต่อชุด Sensor เข้าที่ขา Sensor ของวงจรทดสอบ เริ่มต้นจ่ายไฟให้กับวงจรสังเกตที่ 7 เซ็กเมนต์จะต้องแสดงเป็นตัวเลข 0000 และเมื่อมีวัตถุเคลื่อนที่ผ่านชุด Sensor จะทำให้มีพัลส์เข้ามาที่วงจรนับจะทำให้วงจรนับแสดงเป็นตัวเลข 0001 และเมื่อมีวัตถุเคลื่อนที่ผ่าน Sensor อีก วงจรนับก็จะทำการนับเพิ่มขึ้นมาอีกครั้งละ 1 เราสามารถนำวงจรนับนี้ไปประยุกต์ใช้งานเป็นเครื่องนับจำนวนผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้ หรือนำไปประยุกต์เป็นเครื่องนับจำนวนนักเรียนที่เข้าใช้บริการห้องสมุด หรือประยุกต์ใช้งานเป็นเครื่องนับอื่นๆ ได้อีก

ตารางที่ 1.3 การจัดตำแหน่งขาของ CPLD

NAME	EPM3064ALC44 Pins	NAME	EPM3064ALC44 Pins
CLK9M6	43	e	34
SENSOR	2	f	0
SW1	1	g	1
a	41	SEL0	1
b	40	SEL1	1
c	39	SEL2	1
d	37	SEL3	1