

บทที่ 2 ทฤษฎี/งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

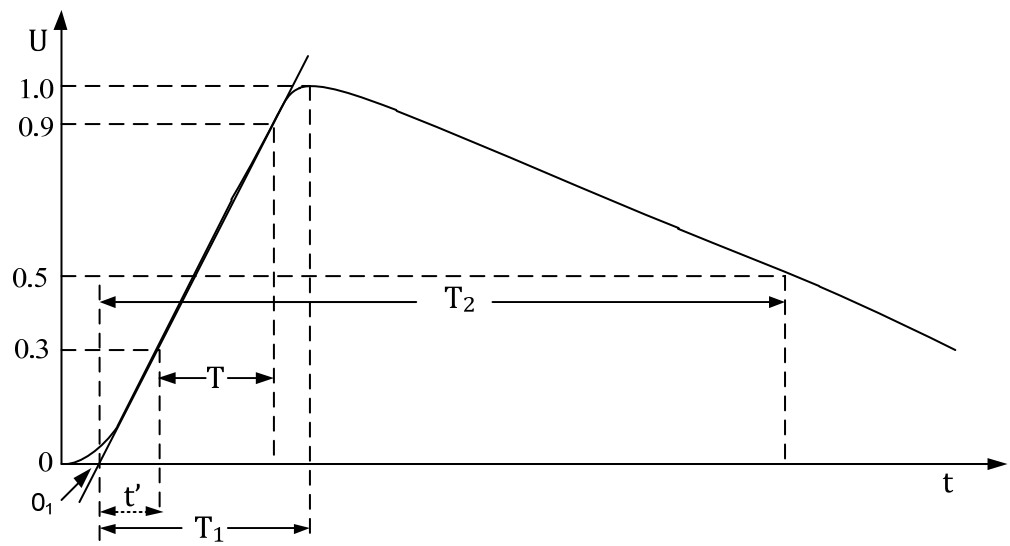
2.1 แรงดันอิมพัลส์

แรงดันอิมพัลส์เป็นแรงดันที่มีรูปคลื่นเลียนแบบมาจาก แรงดันเกินที่เกิดจากสาเหตุภายนอก คือ เกี่ยวข้องกับฟ้าผ่า เรียกว่าแรงดันอิมพัลส์รูปคลื่นฟ้าผ่า แรงดันเกินที่เกิดขึ้นจากสาเหตุภายในระบบส่งจ่ายเอง คือ เกิดจากการทำงานของสวิตหรือเซอร์กิตเบรกเกอร์ เมื่อมีความผิดปกติเกิดขึ้นในระบบ เรียกว่าแรงดันอิมพัลส์สวิตชิง ความมุ่งหมายของการสร้างแรงดันอิมพัลส์ขึ้นในห้องทดลองก็เพื่อที่จะนำไปทดสอบอุปกรณ์ต่าง ๆ ก่อนที่จะนำไปใช้งาน เพื่อที่จะดูว่าทนต่อแรงดันเกินเหล่านี้ได้ไหม ความคงทนต่อแรงดัน หรือความเครียดสนามไฟฟ้าอิมพัลส์ของฉนวนมิใช่ขึ้นอยู่กับขนาดแรงดันสูงสุดเท่านั้น หากแต่ยังขึ้นอยู่กับการแปรของแรงดันไปตามเวลาอีกด้วย ฉะนั้น เพื่อความสะดวกต่อการเปรียบเทียบผลการทดสอบ จึงมีการกำหนดรูปคลื่นอิมพัลส์ให้เป็นมาตรฐานขึ้น โดยยึดเอา รูปคลื่นที่เกิดขึ้นจริงตามธรรมชาติเป็นเกณฑ์

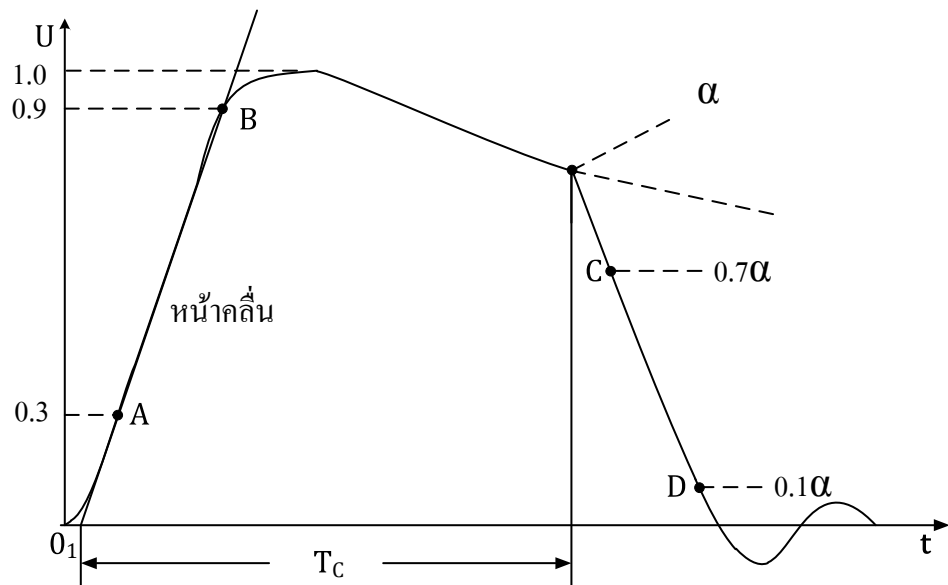
รูปลักษณะของคลื่นอิมพัลส์อาจกำหนดด้วย

1. ขนานของแรงดันโดยปกติจะหมายถึงค่ายอดรูปคลื่นแรงดันในกรณีที่มีคลื่นระลอกซ้อน ซึ่งเกิดจากออสซิลเลชันใกล้เคียง ๆ ยอดรูปคลื่นให้ถือเอาค่าเฉลี่ยจากค่ายอดรูปคลื่นระลอก
2. ขั้วของแรงดันอาจจะเป็นบวกหรือลบก็ได้เมื่อเทียบกับดิน
3. เวลาช่วงหน้าคลื่น T_1 หมายถึง ช่วงเวลาที่แรงดันเริ่มเพิ่มขึ้นจากศูนย์ผ่านค่ายอด
4. เวลาช่วงหลังคลื่น T_2 หมายถึง ช่วงเวลาที่แรงดันเริ่มเพิ่มขึ้นจากศูนย์ผ่านค่ายอดจนกระทั่งขนาดลดลงเหลือครึ่งหนึ่งของค่ายอด

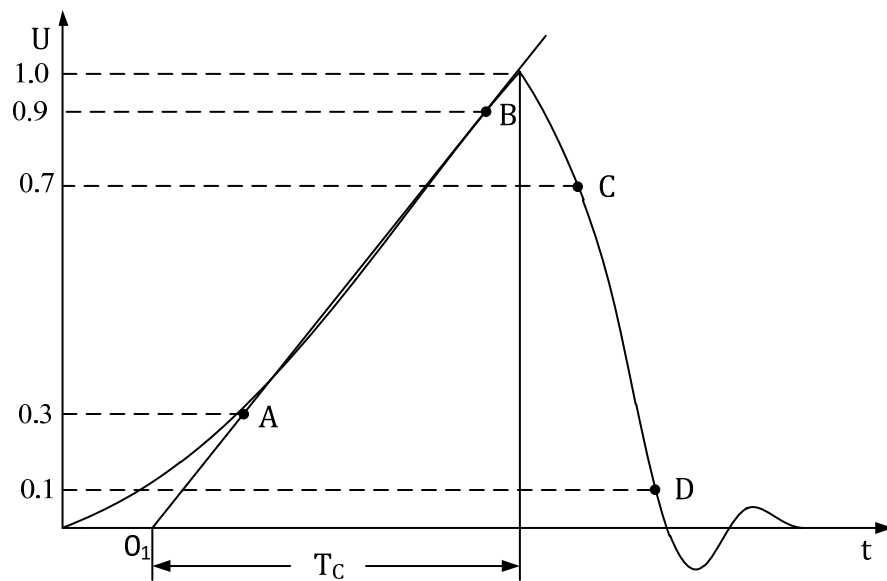
จากข้อกำหนดหรือคำอธิบายลักษณะของรูปคลื่นตั้งแต่ข้อ 1 ถึงข้อ 4 นั้นเป็นลักษณะของคลื่นเต็ม (full wave) ดังแสดงในรูปที่ 2.1 ซึ่งหมายถึงรูปคลื่นที่ขนาดเพิ่มขึ้นถึงค่ายอดแล้วค่อย ๆ ลดลงอย่างต่อเนื่องจนกระทั่ง เป็นศูนย์ แรงดันรูปคลื่นเต็มนี้อาจเกิดเป็นรูปคลื่นตัด (chopped wave) ซึ่งเกิดจากการป้อนแรงดันอิมพัลส์รูปคลื่นเต็มเข้าไปที่วัสดุทดสอบ และการฉนวนของวัสดุทดสอบนั้น ทนต่อแรงดันที่ป้อนเข้าไปไม่ได้จึงเกิดการสปาร์กผ่าน เกิดวบไฟตามผิว หรือเกิดเบรกดาวนผ่านทะลุ ทำให้เกิดลัดวงจร ณ จุดนั้นการเกิดคลื่นตัดนี้อาจจะเกิดขึ้นที่ส่วนหน้าคลื่นก็ได้ ดังแสดงในรูปที่ 2.2 และรูปที่ 2.3 ตามลำดับ ลักษณะของรูปคลื่นตัดจะมีส่วนกำหนดที่สำคัญ คือ เวลาช่วงคลื่นตัด (chopped time) T_c โดยทั่วไปจะเรียกรูปคลื่นแรงดันอิมพัลส์ รูปคลื่นฟ้าผ่าอย่างสั้น ๆ ว่ารูปคลื่น 1.2/50 μs



รูปที่ 2.1 แรงดันอิมพัลส์รูปคลื่นเต็ม



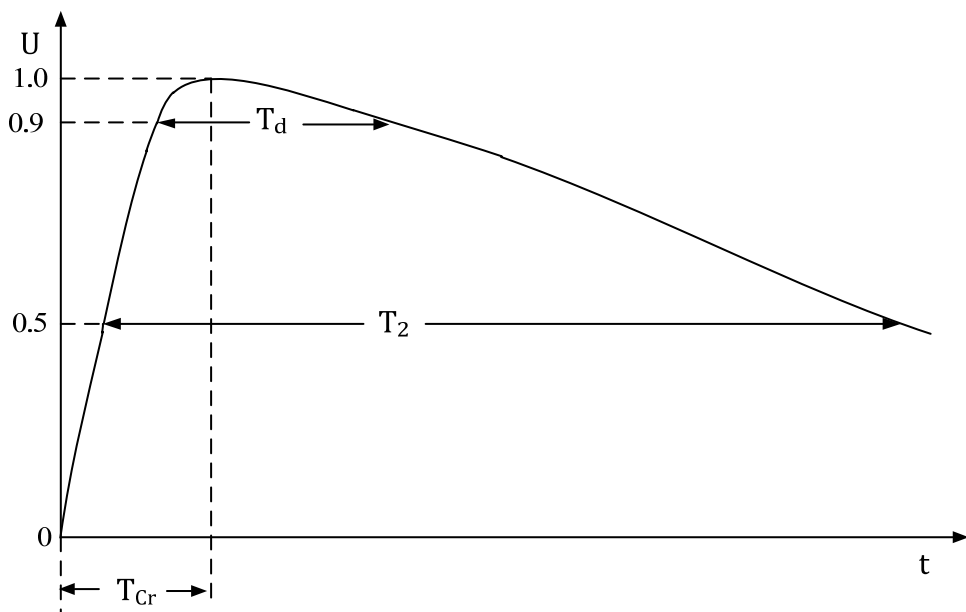
รูปที่ 2.2 แรงดันอิมพัลส์รูปคลื่นตัดหางคลื่น



รูปที่ 2.3 แรงดันอิมพัลส์รูปคลื่นตัดหน้าคลื่น

ถ้าต้องการทราบว่าแรงดันอิมพัลส์ที่สร้างขึ้นมานั้นเป็นไปตามมาตรฐานกำหนดหรือไม่ให้หาค่า T_1 , T_2 หรือ T_c โดยวิธีที่แสดงไว้ในรูปที่ 2.1 ว่าอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดต่อไปนี้หรือไม่ คือ

เวลาช่วงหน้าคลื่น T_1	=	1.2	μs	$\pm$	30 %
เวลาช่วงหางคลื่น T_2	=	50	μs	$\pm$	20 %
ค่ายอดแรงดัน	U_M	$\pm$	3 %		



รูปที่ 2.4 แสดงคลื่นแรงดันอิมพัลส์สวิตชิง

ในรูปที่ 2.4 แสดงถึงรูปคลื่นแรงดันอิมพัลส์แบบสวิตช์ซึ่ง ซึ่งแตกต่างไปจากแรงดันอิมพัลส์รูปคลื่นไฟฟ้าก็คือ ช่วงหน้าคลื่นจะยาวกว่า ความหมายของเวลาช่วงห่างคลื่น T_2 จะมีนิยามเหมือน อิมพัลส์รูปคลื่นไฟฟ้า ส่วนเวลาช่วงหน้าคลื่นจะกำหนดเป็น T_{cr} ซึ่งหมายถึงช่วงเวลาที่นับจากจุดที่แรงดันเริ่มจากศูนย์จริงไปจนถึงเวลาที่แรงดันเพิ่มขึ้นถึงค่ายอด รูปคลื่นแรงดันอิมพัลส์แบบสวิตช์ซึ่งโดยทั่วไปจะมีรูปคลื่น 250/2500 μs และกำหนดให้มีความคลาดเคลื่อนได้อยู่ในเกณฑ์ดังนี้

$$T_{cr} = 250 \mu s \pm 60 \%$$

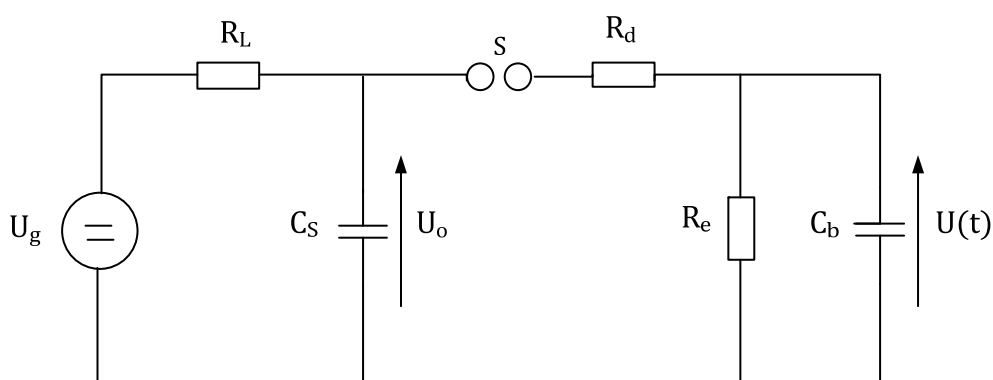
$$T_2 = 2500 \mu s \pm 60 \%$$

2.2 เครื่องกำเนิดแรงดันอิมพัลส์

แรงดันอิมพัลส์อาจสร้างขึ้นโดยอาศัยวงจรทรานเซียน RC หรือวงจรทรานเซียน RLC โดยทั่วไปแรงดันรูปคลื่นไฟฟ้าที่สร้างขึ้นกันมากมักสร้างจากวงจร RC โดยอาศัยหลักการอัดประจุให้กับตัวเก็บประจุจนถึงค่าแรงดันที่ต้องการ ($U = \frac{Q}{C}$) แล้วปล่อยให้คายประจุหรือดิสชาร์จผ่านวงจร RC ที่สามารถปรับค่าคงตัวเวลาให้รูปคลื่นตามที่ต้องการได้

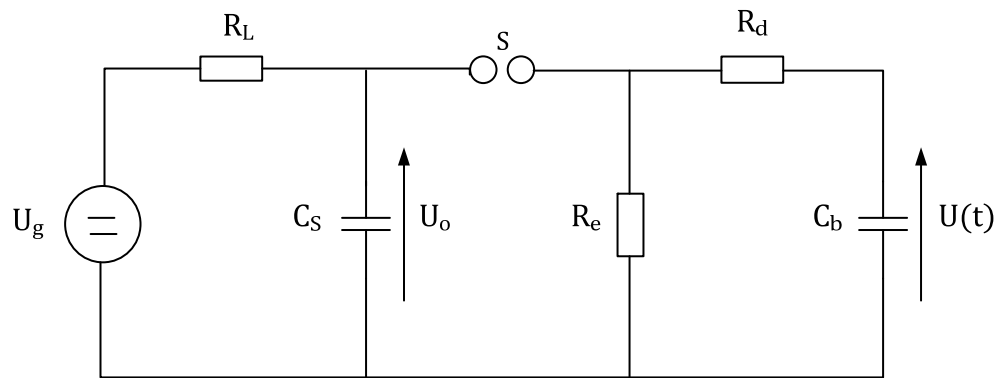
2.2.1 วงจรพื้นฐานของเครื่องกำเนิดแรงดันอิมพัลส์ RC

วงจรพื้นฐานที่ใช้สร้างแรงดันอิมพัลส์รูปคลื่นไฟฟ้ามี 2 แบบ ดังแสดงในรูปที่ 2.5 (ก) และรูปที่ 2.5 (ข)



(ก)

รูปที่ 2.5 วงจรพื้นฐานของเครื่องกำเนิดแรงดันอิมพัลส์



(ข)

รูปที่ 2.5 วงจรพื้นฐานของเครื่องกำเนิดแรงดันอิมพัลส์ (ต่อ)

ความหมายในรูปที่ 2.5 (ก) และ (ข)

- U_g = แรงดันกระแสตรงของตัวจ่าย
 U_o = แรงดันอัดประจุกระแสตรง
 C_s = ตัวเก็บประจุอิมพัลส์เป็นตัวเก็บพลังงาน
 C_b = โหลดตัวเก็บประจุ (รวมทั้งความจุไฟฟ้าของอุปกรณ์เครื่องวัดและอื่น ๆ)
 R_L = ความต้านทานจำกัดกระแสอัดประจุ
 R_d = ความต้านทานหน่วง
 R_e = ความต้านทานปล่อยประจุ
 $U(t)$ = แรงดันอิมพัลส์ที่ได้แปรไปตามเวลา
 S = สปรັกแกป

หน้าที่ของส่วนประกอบในวงจร คือ แรงดันกระแสตรง U_g เป็นตัวป้อนแรงดันอัดประจุให้กับตัวเก็บประจุอิมพัลส์ จนกระทั่งได้แรงดันที่ต้องการ U_o การอัดประจุนี้จะผ่านความต้านทาน R_L ซึ่งทำหน้าที่ควบคุมการอัดประจุเร็วหรือช้า (ปกติ 2-3 วินาที) ค่าแรงดันอัดประจุ U_o นี้ขึ้นอยู่กับระยะห่างของสปรັกแกป S ที่ปรับได้ เพื่อให้สามารถสร้างแรงดันอิมพัลส์ได้มากขึ้นตามต้องการ สปรັกแกป นอกจากจะเป็นตัวกำหนดค่าแรงดันอัดประจุแล้วยังทำหน้าที่เหมือนกับสวิทช์หรือไก (Trigger) เพื่อให้ตัวเก็บประจุ C_s ทำการปล่อยประจุให้กับโหลด การเกิดสปรັกในช่องสปรັกแกปจะดำเนินไปด้วยความรวดเร็ว คือ ใช้เวลาน้อยกว่า $100 \mu s$ ค่าแรงดันที่ทำให้เกิดสปรັก เมื่อกำหนดระยะห่างช่องสปรັกแกปอาจจะแตกต่างกันไปบ้างแต่ไม่มากนักประมาณน้อยกว่า 1 % ถ้าหากอากาศสะอาดปราศจากฝุ่นละออง ช่วงระยะเวลาระหว่างการเกิดสปรັกต่อเนื่องจะถี่หรือห่างขึ้นขึ้นอยู่กับแรงดัน

กระแสตรงที่ป้อนให้กับ C_s ถ้าปรับ U_0 ให้สูงมาก ๆ ก็จะเกิดสปาร์คง่ายหรือสปาร์คถี่ขึ้น เมื่อเกิดสปาร์คที่ S แรงดันประจุ U_0 จะคร่อม R_d และ C_b ประจุจะถ่ายทอดไปยังวัสดุทดสอบ ซึ่งแทนด้วย C_b การถ่ายทอดหรือปล่อยประจุนี้จะเร็วหรือช้า ขึ้นอยู่กับ R_d และ C_b นับเป็นเวลาช่วงหน้าคลื่น ฉะนั้นจึงกล่าวได้ว่า R_d และ C_b นี้จะเป็นตัวกำหนดเวลา ช่วงหน้าคลื่น T_1 เมื่อถ่ายประจุให้ C_b จนเต็มที่แล้ว ประจุนี้ก็จะดีสชาร์จหรือปล่อยประจุออกไปสู่ R_c จึงกล่าวได้ว่า R_c ทำหน้าที่ควบคุมเวลาช่วงหางคลื่น T_2 คือ ถ้า R_c มีค่าสูง T_2 ก็จะมีค่ามากตามไปด้วย (ค่าคงตัวเวลาคายประจุวงจร A เท่ากับ $C_s(R_d+R_c)$ และวงจร B เท่ากับ $C_s R_c$)

ค่ายอดแรงดันที่จ่ายออกที่ปลายแรงสูง $\dot{U}$ จะน้อยกว่าแรงดันอัดประจุ U_0 เพราะประจุจะกระจายให้กับ C_s และ C_b ฉะนั้นอัตราส่วนของ $\dot{U}$ ต่อ U_0 จะน้อยกว่า 1 เสมอ และเรียกอัตราส่วนนี้เป็นประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดแรงดันอิมพัลส์ นั่นคือ

$$\text{ประสิทธิภาพของวงจร} \quad \eta = \frac{\dot{U}}{U_0} \leq \frac{C_s}{C_s + C_b} \quad (2.1)$$

ฉะนั้นเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพของวงจรมีค่าสูง ๆ ควรเลือกให้ C_s มีค่าสูงกว่าโหลด C_b มาก ๆ ($C_s \gg C_b$)

ข้อกำหนดทางเทคนิคของเครื่องกำเนิดแรงดันอิมพัลส์โดยทั่วไปจะกำหนดด้วย

- แรงดันที่กำหนดของเครื่องกำเนิด
- แรงดันอัดประจุรวมทั้งหมด U_0
- ค่าความจุไฟฟ้ารวมทั้งหมด C_s
- พลังงานที่กำหนดของเครื่องกำเนิด
- อัตราการดีสชาร์จจำนวนครั้งต่อนาที
- รูปคลื่นแรงดันแบบฟ้าผ่า แบบสวิตชิง

ค่าแรงดันที่กำหนดของเครื่องกำเนิดแรงดันอิมพัลส์ขึ้นอยู่กับขนาดแรงดันทดสอบ BIL หรือ SIL ตามมาตรฐานกำหนด ตามระดับแรงดันของระบบที่จะนำเอาอุปกรณ์ไปใช้ ซึ่งมีหลักการเลือกและการกำหนดทำนองเดียวกับการกำหนดขนาดแรงดันที่กำหนดของหม้อแปลงทดสอบ

พลังงานของเครื่องกำเนิดแรงดันอิมพัลส์เป็นลักษณะสำคัญประการหนึ่งที่จะต้องกำหนดพลังงานของเครื่องกำเนิดขึ้นอยู่กับค่าความจุไฟฟ้า C_s และแรงดันอัดประจุ U_0 ซึ่งคำนวณได้จากสมการ

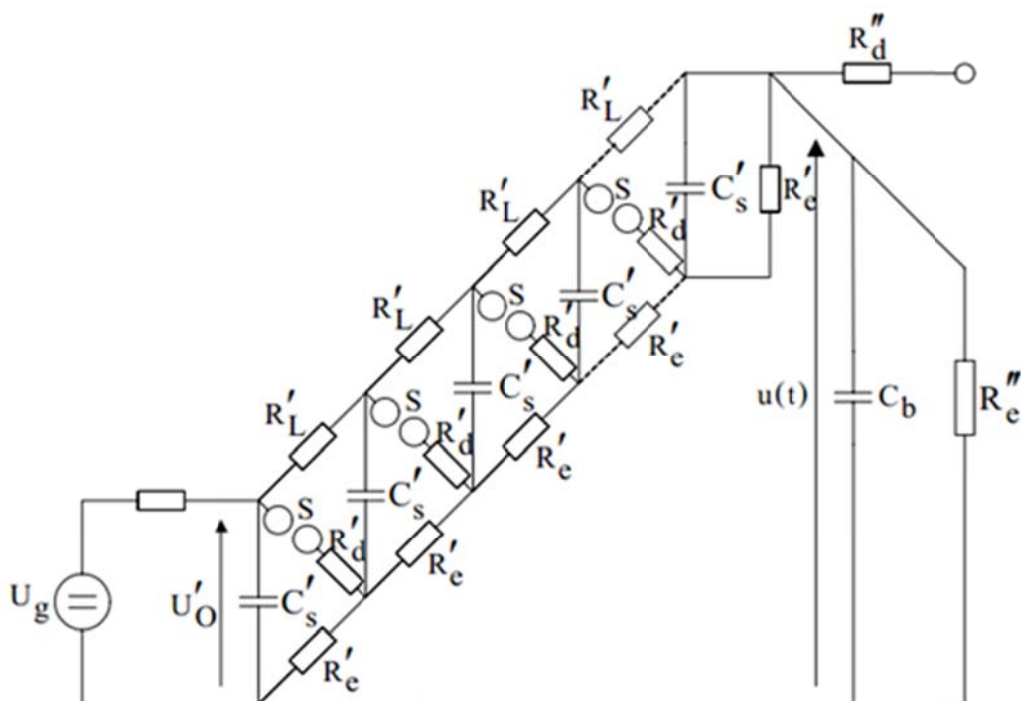
$$\begin{aligned} W &= \frac{1}{2} C_s U_0^2 \\ &= \frac{1}{2} C_s U_0^2 \times 10^{-9} \quad \text{kJ} \end{aligned} \quad (2.2)$$

เมื่อ W คือ พลังงานอัดประจุเป็น kJ

C_s คือ ความจุไฟฟ้าของตัวเก็บประจุเป็น pF

2.2.2 วงจรเครื่องกำเนิดแรงดันอิมพัลส์หลายชั้น

เครื่องกำเนิดแรงดันอิมพัลส์หลายชั้นประกอบด้วยวงจรอิมพัลส์พื้นฐานหลาย ๆ ชั้นมาต่อซ้อนกันตามหลักการของวงจรมาร์กซ์ (Marx's Circuit) คือ ใช้ตัวเก็บประจุอิมพัลส์หลาย ๆ ตัวมาต่อขนานกันเพื่ออัดประจุ ดังแสดงในรูปที่ 2.6 เมื่อได้แรงดันอัดประจุตามที่ต้องการแล้วให้ตัวเก็บประจุเหล่านั้นปล่อยประจุผ่านสปาร์กแกปตัวเก็บประจุที่อัดประจุไว้จะต่อกันแบบอนุกรม จึงได้แรงดัน เป็นทวีคูณของแต่ละชั้น วงจรของมาร์กซ์มักจะจัดให้สปาร์กแกปปรับระยะได้ และจะปรับตั้งให้ สปาร์กแกปล่างมีระยะน้อยที่สุด เพื่อจะให้เริ่มเกิดสปาร์กก่อน และสปาร์กแกปถัดไปค่อยเกิดสปาร์ก ตามลำดับ



รูปที่ 2.6 วงจรพื้นฐานของเครื่องกำเนิดแรงดันอิมพัลส์หลายชั้น

ความหมายของสัญลักษณ์ในวงจรจะเหมือนกับวงจรขั้นพื้นฐาน เครื่องหมาย ' แสดงถึงเป็นค่าต่อชั้น และเครื่องหมาย '' แสดงถึงองค์ประกอบที่เพิ่มขึ้นเพื่อปรับรูปคลื่น

ถ้าเป็นแรงดันอิมพัลส์รูปคลื่นฟ้าผ่า ปกติ $R_d'' = 0$ แต่ถ้าเป็นแรงดันอิมพัลส์รูปคลื่นสวิตชิง $R_d'' \gg R_d'$ (นั่นคือ $R_d \cong R_d''$ เมื่อ R_d คือ ความต้านทานหน่วงรวมทั้งหมด)

เมื่อสปาร์กแกปเกิดสปาร์กหมดทุกอัน C_s จะต่อกันเป็นอันดับ ฉะนั้น C_b จะได้รับอัดประจุผ่านความต้านทานหน่วง R'_d ต่อกันแบบอันดับ และในที่สุดทั้ง C_s และ C_b ต่างก็จะดีสชาร์จปล่อยประจุผ่าน R'_e และ R'_d ต่อไป

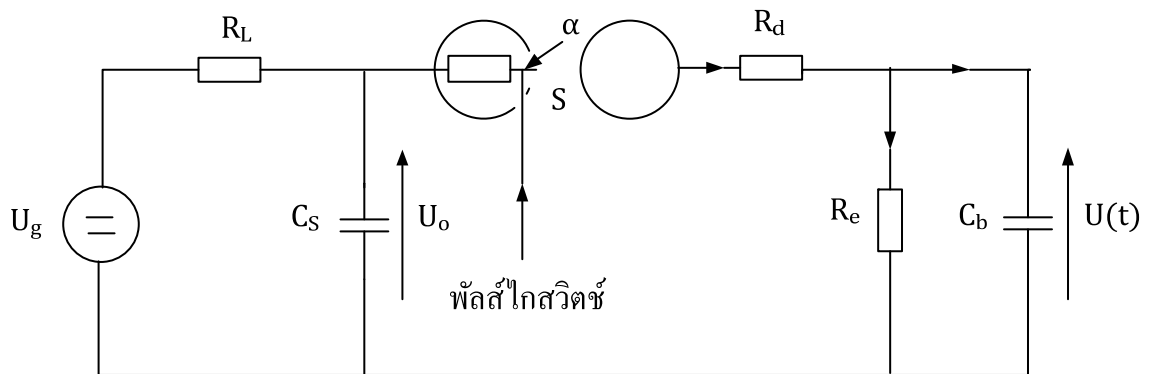
ในกรณีที่เครื่องกำเนิดแรงดันอิมพัลส์มี n ชั้น และถ้า $R_e = \infty$ ความต้านทานปล่อยประจุรวม R_e อาจคำนวณได้จากสมการ

$$R_e = \frac{(n-1)R'_e \cdot (n-1)R'_L}{(n-1)(R'_e + R'_L)} + R'_e$$

โดยปกติมักจะออกแบบสร้างให้ $R'_L \gg R'_e$ ฉะนั้น R_e รวม $= nR'_e$ ถ้าคิดเทียบให้เป็นวงจรชั้นเดียว คังวงจรชั้นพื้นฐานจะได้ค่ารวมต่าง ๆ ดังนี้

$$\begin{aligned} U_o &= nU'_o, & C_s &= \frac{C'_s}{n} \\ R_d &= nR'_d, & R_e &= nR'_e \end{aligned}$$

แรงดันอิมพัลส์ที่ใช้ทดสอบอุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูงนั้นควรจะต้องกำหนดหรือควบคุมได้ ทั้งนี้เพื่อให้ค่าแรงดันที่ป้อนเข้าไปที่วัสดุหรืออุปกรณ์ทดสอบหลาย ๆ ครั้งนั้นมีค่าคงที่ ซึ่งควบคุมได้โดยใช้ไกสวิตช์เป็นตัวเริ่มให้เกิดดีสชาร์จในสปาร์กแกปช่วยที่อยู่ในสปาร์กแกปของเครื่องกำเนิดแรงดันอิมพัลส์ด้วยสัญญาณอิมพัลส์ไก โดยการบังคับระยะไก ดังแสดงในรูปที่ 2.7 การใช้ไกสวิตช์บังคับให้เกิดสปาร์กตามที่กำหนดนี้จะช่วยให้การกระจายกระจายของแรงดันที่จ่ายออกน้อยลง นั่นคือ จะได้ค่าแรงดันทดสอบมีค่าคงที่ตามต้องการ และยังช่วยให้สามารถบังคับออสซิลโลสโคปเริ่มต้นบันทึกภาพรูปคลื่นอิมพัลส์ $U(t)$ ได้ด้วย



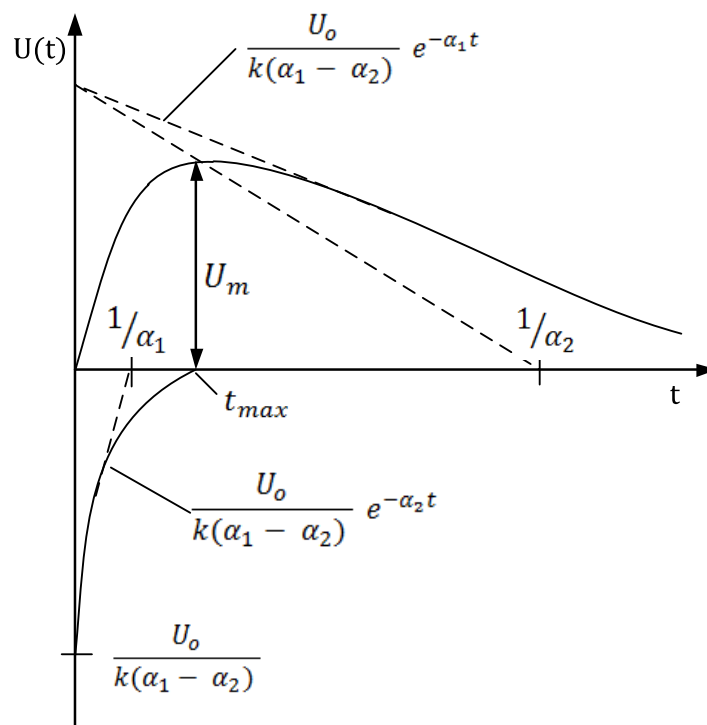
รูปที่ 2.7 วงจรสร้างแรงดันอิมพัลส์มีไกสวิตช์

2.3 การคำนวณวงจรแรงดันอิมพัลส์

2.3.1 การแปรของแรงดันในเทอมของเวลา

พิจารณาจากสมการของแรงดันที่ได้จากวงจรอิมพัลส์ดังสมการ 2.1 จะเห็นได้ว่าการเปลี่ยนแปลงของแรงดันในเทอมของเวลาประกอบด้วยเทอมเอ็กซ์โปเนนเชียลสองเทอม ซึ่งมีค่าคงตัวเวลา (time constant) เท่ากับ $\frac{1}{\alpha_1}$ และ $\frac{1}{\alpha_2}$ ดังแสดงในรูปที่ 2.8

$$u(t) = \frac{U_o}{K} \frac{1}{(\alpha_2 - \alpha_1)} (e^{-\alpha_1 t} - e^{-\alpha_2 t}) \quad (2.3)$$



รูปที่ 2.8 รูปคลื่นแรงดันอิมพัลส์ประกอบด้วยเอ็กซ์โปเนนเชียลสองเทอม

ตามนิยามของรูปคลื่นแรงดันอิมพัลส์มาตรฐาน ที่กำหนดด้วยเวลาช่วงหน้าคลื่นและหลังคลื่น T_1 และ T_2 ตามลำดับ มีความสัมพันธ์กับค่าคงตัวเวลา $\frac{1}{\alpha_1}$ และ $\frac{1}{\alpha_2}$ ซึ่งขึ้นอยู่กับอัตราส่วนของ T_1/T_2 อาจหาได้ดังนี้

$$T_1 = \frac{k_2}{\alpha_2} \quad (2.4)$$

$$T_2 = \frac{k_1}{\alpha_1} \quad (2.5)$$

ตารางที่ 2.1 ค่าแฟกเตอร์ k_1 และ k_2 สำหรับรูปคลื่นต่างๆที่กำหนดไว้ในมาตรฐาน

T_1 / T_2	k_1	k_2	$1/\alpha_1 (\mu s)$	$1/\alpha_2 (\mu s)$
1.2/5	1.44	1.49	3.47	0.805
1.2/50	0.73	2.96	68.5	0.405
1.2/200	0.70	3.15	286	0.381
250/2500	0.87	2.41	2875	104

2.3.2 คำนวณค่าองค์ประกอบของวงจร

เมื่อทราบว่าต้องสร้างแรงดันอิมพัลส์รูปคลื่นใด กำหนดด้วยค่า T_1 และ T_2 ปกติเราจะเริ่มต้นมาจากค่าความจุไฟฟ้าของโหลด C_b ก่อนเลือกตัวเก็บประจุอิมพัลส์ C_s ให้สอดคล้องกับ C_b กล่าวคือ C_s เป็นตัวเก็บ พลังงานได้มากพอที่จะจ่ายถ่ายเทให้กับโหลด ดังนั้นเมื่อทราบค่า C_b และ C_s แล้ว องค์ประกอบที่เหลือต้องคำนวณ คือ ความต้านทาน R_d และ R_c ซึ่งอาจหาได้จากความสัมพันธ์ของค่าคงตัวเวลา

$$\alpha_1, \alpha_2 = \sqrt{\frac{B_1}{2} \pm \left(\frac{B_1}{2}\right)^2 - B_0}$$

$$\text{จะได้ } \alpha_1, \alpha_2 = B_1$$

$$\alpha_1, \alpha_2 = B_0$$

วงจรรูปที่ 2.5 (ก)

$$R_e = \frac{1}{2(C_s + C_b)} \left\{ \left(\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2} \right) + \sqrt{\left[\left(\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2} \right)^2 - \frac{4(C_s + C_b)}{\alpha_1 \alpha_2 C_b} \right]} \right\} \quad (2.6)$$

$$R_d = \frac{1}{2C_s} \left\{ \left(\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2} \right) - \sqrt{\left[\left(\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2} \right)^2 - \frac{4(C_s + C_b)}{\alpha_1 \alpha_2 C_b} \right]} \right\} \quad (2.7)$$

วงจรรูปที่ 2.5 (ข)

$$R_e = \frac{1}{2(C_s + C_b)} \left\{ \left(\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2} \right) + \sqrt{\left[\left(\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2} \right)^2 - \frac{4(C_s + C_b)}{\alpha_1 \alpha_2 C_s} \right]} \right\} \quad (2.8)$$

$$R_d = \frac{1}{2C_b} \left\{ \left(\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2} \right) - \sqrt{\left[\left(\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2} \right)^2 - \frac{4(C_s + C_b)}{\alpha_1 \alpha_2 C_s} \right]} \right\} \quad (2.9)$$

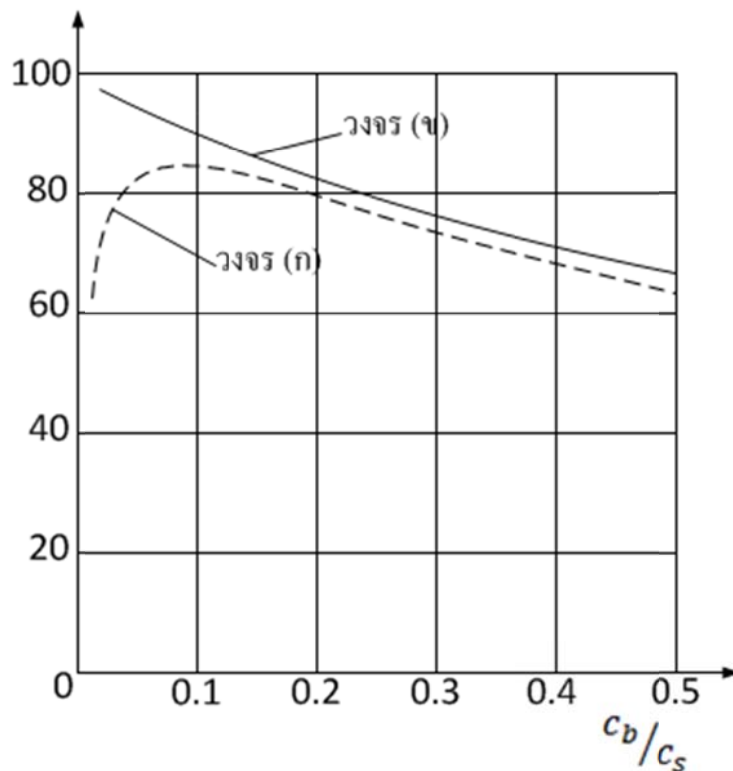
2.3.3 ประสิทธิภาพของวงจร

เมื่อกล่าวถึงประสิทธิภาพของวงจรหรือเครื่องกำเนิดแรงดันอิมพัลส์หมายถึงอัตราส่วน ค่ายอดของแรงดันที่สร้างขึ้นออกมาได้ต่อค่าแรงดันอัดประจุปกติจะมีค่าน้อยกว่าหนึ่งเสมอ ทั้งวงจร รูปที่ 2.5 (ก) หรือ วงจรรูปที่ 2.6 (ข)

$$\eta = \frac{U_m}{U_o} < 1 \quad (2.10)$$

เมื่อ U_m คือ ค่ายอดของแรงดันอิมพัลส์
 U_o คือ แรงดันอัดประจุให้กับ C_s

ในกรณีแรงดันอิมพัลส์รูปคลื่นฟ้าผ่า ($1.2/50 \mu s$) ประสิทธิภาพของวงจรอิมพัลส์ซึ่งขึ้นอยู่กับค่า C_b ต่อ C_s มีค่าดังแสดงในรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 เปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพของวงจรสร้างแรงดันอิมพัลส์

2.3.4 คำนวณหาค่าช่วงเวลาหน้าคลื่นและเวลาหางคลื่น

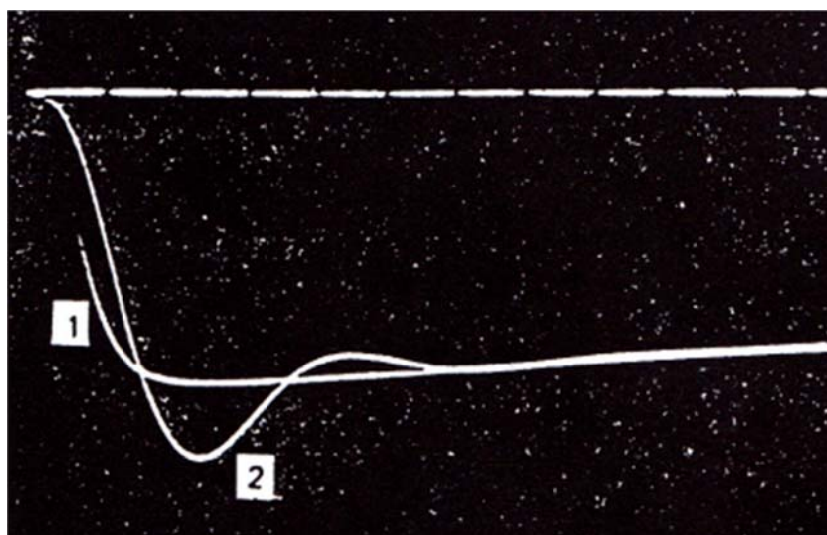
ในกรณีทราบค่าองค์ประกอบต่าง ๆ ของวงจรอิมพัลส์ ถ้าจำเป็นต้องทราบค่าเวลา ช่วงหน้าคลื่น และช่วงเวลาหางคลื่น อาจคำนวณค่าโดยประมาณได้จากค่า k_1 และ k_2 ดังนี้

ตารางที่ 2.2 สูตรการคำนวณหาค่าเวลาช่วงหน้าคลื่นและเวลาช่วงหางคลื่น โดยประมาณ

	วงจร (ก)	วงจร (ข)
T_1	$k_2 \frac{R_d R_e}{R_d + R_e} \cdot \frac{C_b C_s}{C_b + C_s}$	$k_2 R_d \frac{C_b C_s}{C_b + C_s}$
T_2	$k_1 (R_d + R_e) (C_b + C_s)$	$k_1 R_e (C_b + C_s)$
η	$\frac{R_e C_s}{(R_d + R_e) (C_b + C_s)}$	$\frac{C_s}{C_s + C_b}$

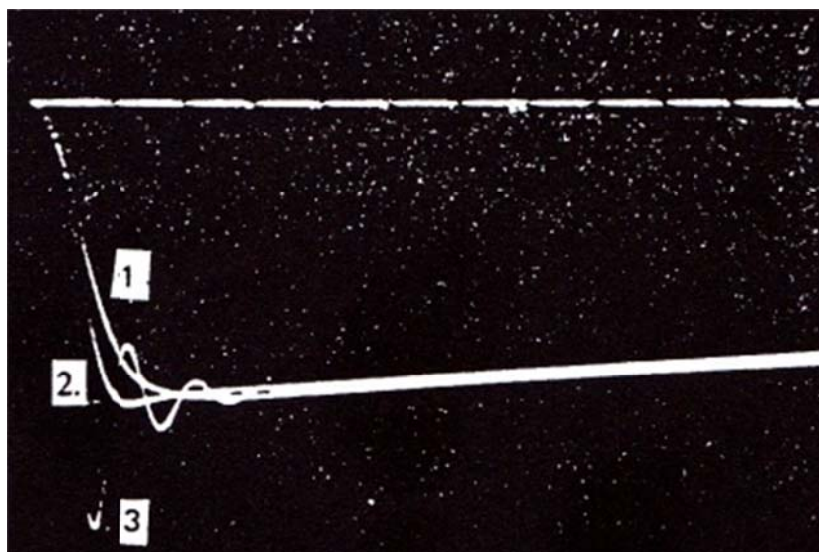
การคำนวณที่กล่าวแล้วข้างต้นนั้น ถือว่าวงจรที่ใช้คำนวณไม่มีค่าความเหนี่ยวนำในทางปฏิบัติ รูปคลื่นที่ได้มักจะแตกต่างไปจากทฤษฎี โดยเฉพาะค่าเวลาช่วงหน้าคลื่นและค่ายอดของแรงดัน ทั้งนี้เนื่องจากในวงจรมีความเหนี่ยวนำซึ่งหลีกเลี่ยงไม่ได้ อาจทำให้เกิดออสซิลเลชันได้เพื่อขจัด คลื่นระลอกซ้อน จึงจำเป็นต้องใส่ความต้านทานหน่วง R_d การพิจารณาให้ความเหนี่ยวนำต่ออันดับกับความต้านทาน R_d และสมมติว่าผลของ R_c มีน้อย ($R_c = \infty$) ความต้านทาน R_d ที่ใส่เข้าไปจะต้องมีค่ามากกว่าค่าวิกฤติ คือ

$$R_d \geq 2 \cdot \sqrt{L \frac{(C_b + C_s)}{C_b \cdot C_s}} \quad (2.11)$$



(ก)

รูปที่ 2.10 ผลของค่าความเหนี่ยวนำต่อรูปคลื่นแรงดันอิมพัลส์



(ข)

รูปที่ 2.10 ผลของค่าความเหนี่ยวนำต่อรูปคลื่นแรงดันอิมพัลส์ (ต่อ)

ตัวอย่างผลของ L และ R_d ในวงจรสร้างรูปคลื่นแรงดันอิมพัลส์ $1.2/50 \mu s$

วงจร B : $C_s = 67 nF$, $C_b = 2 nF$, $R_c = 996 \Omega$

(ก) ผลของ L ($R_d = 200 \Omega$)

(ข) ผลของ R_d

L น้อย (1), L มาก (2)

200Ω (1), 100Ω (2), 15Ω (3)

2.4 ไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) มาจากคำ 2 คำ คำหนึ่งคือ ไมโคร (Micro) หมายถึงขนาดเล็ก และคำว่า คอนโทรลเลอร์ (controller) หมายถึงตัวควบคุมหรืออุปกรณ์ควบคุม ดังนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์จึงหมายถึง อุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็ก แต่ในตัวอุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็กนี้ และได้บรรจุความสามารถทำงานเหมือนกับระบบคอมพิวเตอร์ที่คนโดยส่วนใหญ่คุ้นเคย นั่นคือ ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ได้รวมเอาซีพียู หน่วยความจำ และพอร์ต ซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักสำคัญของระบบคอมพิวเตอร์เข้าไว้ด้วยกัน โดยที่สามารถเขียนโปรแกรมเพื่อกำหนดรูปแบบการทำงาน และควบคุมได้อย่างอิสระตามความต้องการ

การควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์นั้น กระทำโดยผ่านกระบวนการควบคุมโดยโปรแกรม ที่เขียนขึ้นเพื่อบอกถึงการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยลักษณะที่ถูกระบบขึ้นโดยผู้เขียนโปรแกรมควบคุม ซึ่งควบคุมการทำงานทั้งหมดของไมโครคอนโทรลเลอร์ ในการกำหนดพอร์ตให้เป็นอินพุต หรือเอาต์พุต และยังสามารถกำหนดหน่วยความจำภายในซึ่งเป็นที่เก็บข้อมูล และ

เป็นที่พักข้อมูลตามความต้องการโดยในการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์แต่ละคำสั่งจะอ้างอิงเวลาจากสัญญาณนาฬิกาที่ส่งให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นหลัก