



ทฤษฎีต่างๆ สำหรับนักวิทยุสมัครเล่น

นายคณิน นิติวงศ์

E25USZ (วิทยุสมัครเล่นไทย)

KC3PXJ (วิทยุสมัครเล่นสหรัฐอเมริกา)

วิศวกรปฏิบัติการระดับสูง สำนักงาน กสทช.





ภาคผนวก 1, 2

แนบท้ายประกาศ กสทช. เรื่อง
หลักเกณฑ์การอนุญาตและกำกับ
ดูแลกิจการวิทยุสมัครเล่น

(คู่มือฯ หน้า 95-96, 105-106)



วิชาที่	หัวข้อวิชา	จำนวน (ข้อ)
๑	ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับกฎหมาย ระเบียบ ข้อบังคับต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับกิจการวิทยุสมัครเล่น	๒๕
๒	การติดต่อสื่อสารของนักวิทยุสมัครเล่น	๒๐
๓	ทฤษฎีต่างๆ สำหรับนักวิทยุสมัครเล่น	๒๐
๔	หลักปฏิบัติของนักวิทยุสมัครเล่น	๒๐
๕	คุณธรรมและจริยธรรมของพนักงานวิทยุสมัครเล่น	๑๕

oss.nbtc.go.th/OSS2



ระบบงานที่ให้บริการ

กลุ่มประกาศนียบัตร
พนักงานวิทยุสมัครเล่น

เพิ่มเติม

กลุ่มสมาชิกกลุ่มภาค
นักวิทยุสมัครเล่น

เพิ่มเติม

กลุ่มหลักสูตรการอบรม

เพิ่มเติม

กลุ่มบัตรผู้ประกาศ

เพิ่มเติม

กลุ่มประกาศนียบัตร
พนักงานวิทยุคมนาคมประจำเรือ

เพิ่มเติม

ดาวน์โหลด

แบบทดสอบกลางสำหรับพนักงานวิทยุสมัครเล่นขั้นต้น

แบบฟอร์มการขอใช้งานระบบสารสนเทศ (เจ้าหน้าที่ ทสทช.)

ขั้นตอนการต่ออายุใบอนุญาตผู้ประกาศ

คู่มือการสมัคร Digital ID

ประกาศ

Announcement

ประกาศสำนักงาน ทสทช. เรื่องผลการอบรมและสอบเพื่อรับ
ประกาศนียบัตรพนักงานวิทยุคมนาคมประจำเรือ ครั้งที่ 1/2567

ข้อสอบ
ทั้งหมด!!!



แบบทดสอบกลาง
สำหรับพนักงานวิทยุสมัครเล่นขั้นต้น
(BASIC AMATEUR RADIO OPERATOR)

สำนักงานคณะกรรมการกิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ
(สำนักงาน กสทช.)

พ.ศ. 2565



สารบัญ



	หน้า
วิชาที่ 1 : เดิม 175 ข้อ ใหม่ 100 ข้อ (สุ่มออก 25 ข้อ) ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับกฎ ระเบียบ และข้อบังคับต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับกิจการวิทยุสมัครเล่น	1
วิชาที่ 2 : เดิม 120 ข้อ ใหม่ 80 ข้อ (สุ่มออก 20 ข้อ) การติดต่อสื่อสารของนักวิทยุสมัครเล่น	36
วิชาที่ 3 : เดิม 328 ข้อ ใหม่ 200 ข้อ (สุ่มออก 20 ข้อ) ทฤษฎีต่าง ๆ สำหรับนักวิทยุสมัครเล่น	56
วิชาที่ 4 : เดิม 100 ข้อ ใหม่ 80 ข้อ (สุ่มออก 20 ข้อ) หลักปฏิบัติของนักวิทยุสมัครเล่น	118
วิชาที่ 5 : เดิม 60 ข้อ ใหม่ 40 ข้อ (สุ่มออก 15 ข้อ) คุณธรรมและจริยธรรมของพนักงานวิทยุสมัครเล่น	136

เนื้อหาในการบรรยาย



1 คลื่น

2 ไฟฟ้า

3 เครื่อง

คำนำหน้าหน่วย



คำอุปสรรค	สัญลักษณ์	ตัวคูณ	แฟคเตอร์
เดคา(deca)	da	10^1	10
เฮกโต(hecto)	h	10^2	100
กิโล(kilo)	k	10^3	1,000
เมกะ(mega)	M	10^6	1,000,000
จิกะ(giga)	G	10^9	1,000,000,000
เทระ(tera)	T	10^{12}	1,000,000,000,000
เพตะ(peta)	P	10^{15}	1,000,000,000,000,000
เอกซะ(exa)	E	10^{18}	1,000,000,000,000,000,000
เซตตะ(zetta)	Z	10^{21}	1,000,000,000,000,000,000,000
ยอตตะ(yotta)	Y	10^{24}	1,000,000,000,000,000,000,000,000

คำนำหน้าหน่วย ($10^{-x} = 1/10^x$)



คำอุปสรรค	สัญลักษณ์	ตัวคูณ	แฟคเตอร์
เดซี(deci)	d	$(1/10^1), 10^{-1}$	0.1
เซนติ(centi)	c	$(1/10^2), 10^{-2}$	0.01
มิลลิ(milli)	m	$(1/10^3), 10^{-3}$	0.001 (หนึ่งในพัน)
ไมโคร(micro)	μ	$(1/10^6), 10^{-6}$	0.000 001 (หนึ่งในล้าน)
นาโน(nano)	n	$(1/10^9), 10^{-9}$	0.000 000 001 (หนึ่งในพันล้าน)
พิโก(pico)	p	$(1/10^{12}), 10^{-12}$	0.000 000 000 001 (หนึ่งในล้านล้าน)
เฟมโต(femto)	f	$(1/10^{15}), 10^{-15}$	0.000 000 000 000 001
อัตโต(atto)	a	$(1/10^{18}), 10^{-18}$	0.000 000 000 000 000 001
เซปโต(zepto)	z	$(1/10^{21}), 10^{-21}$	0.000 000 000 000 000 000 001
ยอกโต(yocto)	y	$(1/10^{24}), 10^{-24}$	0.000 000 000 000 000 000 000 001

คำนำหน้าหน่วย



$$\begin{aligned} 15\ 000\ \text{วัตต์} &= 15 \times 10^3\ \text{วัตต์} \\ &= 15\ \text{กิโลวัตต์ (kW)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 0.000\ 005\ \text{แอมแปร์} &= 5 \times 10^{-6}\ \text{แอมแปร์} \\ &= 5\ \text{ไมโครแอมแปร์ (uA)} \end{aligned}$$



คำนำหน้าหน่วย

$$\begin{aligned} 1500 \text{ MHz} &= 1500 * 1000 \text{ 000 Hz} \\ &= 1.5 * \underline{1000 \text{ 000 000}} \text{ Hz} = \mathbf{1.5 \text{ GHz}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2.7 \text{ M}\Omega &= 2.7 * 1000 \text{ 000 } \Omega \\ &= 2700 * \underline{1000} \Omega = \mathbf{2700 \text{ k}\Omega} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 100 \text{ W} &= 0.1 * 1000 \text{ W} \\ &= \mathbf{0.1 \text{ kW}} \end{aligned}$$

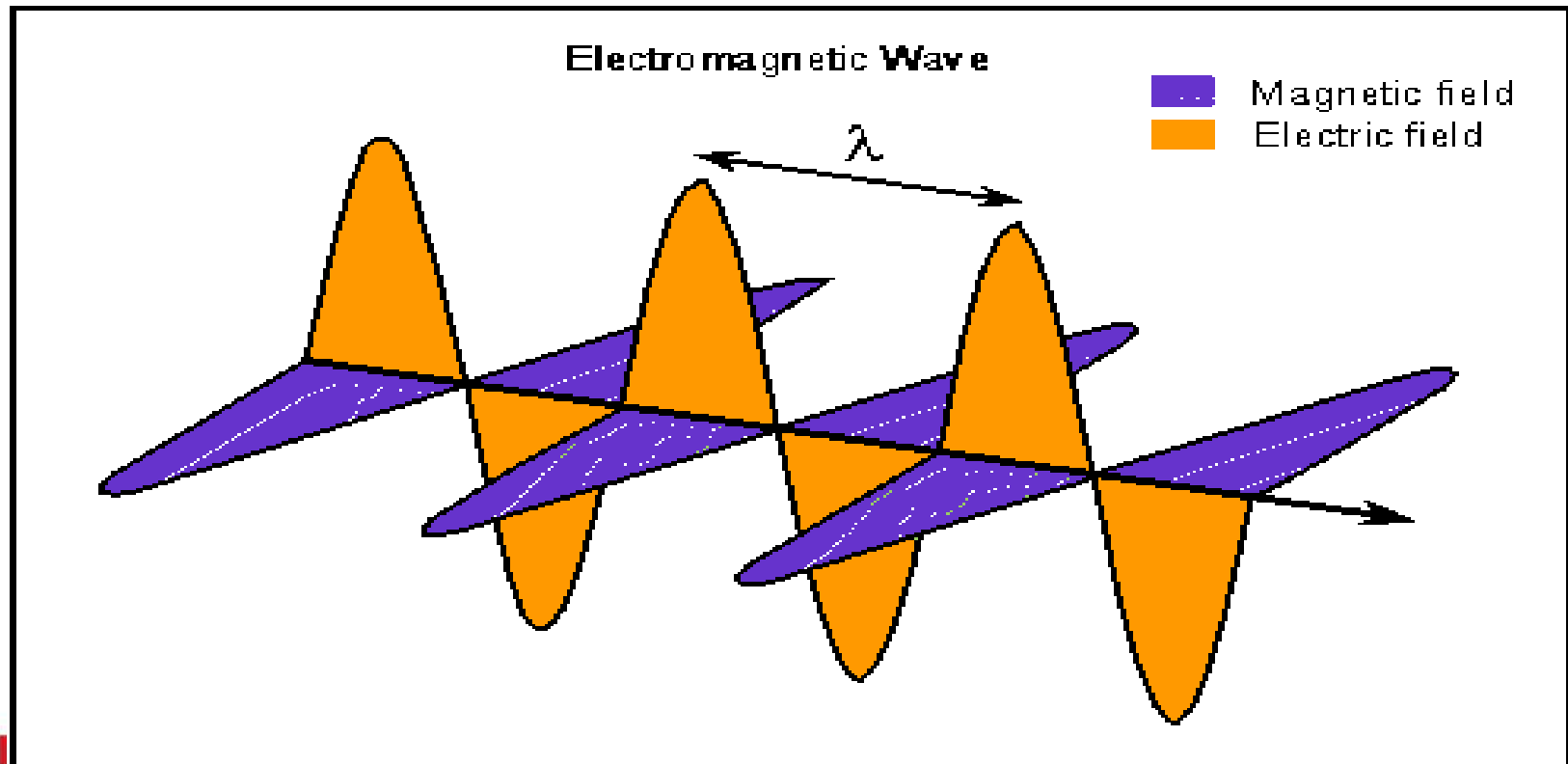


คลื่น

คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (ELECTROMAGNETIC WAVE)



เป็นคลื่นที่เกิดจากการผสมกันระหว่างสนามแม่เหล็ก (Magnetic Field) และสนามไฟฟ้า (Electric Field) **ตั้งฉากกัน** เคลื่อนที่ไปในอากาศด้วยความเร็ว 300 ล้านเมตร/วินาที เทียบเท่า ความเร็วแสง ($v = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$) ทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า **ตั้งฉาก** กับสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้า

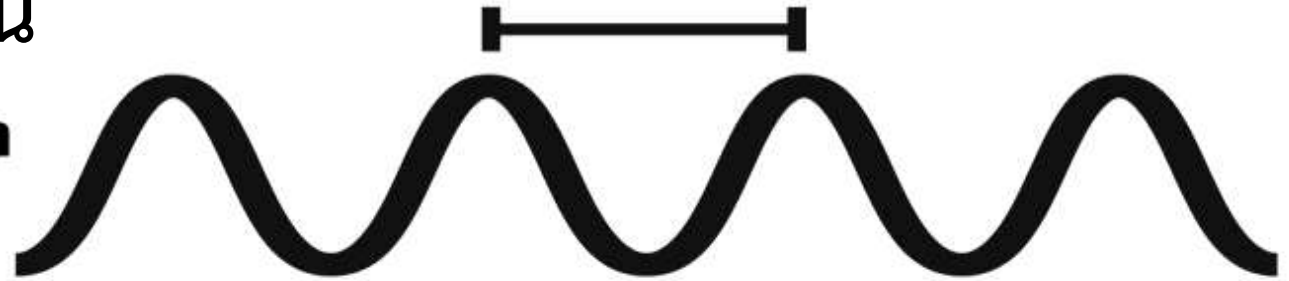




ความยาวคลื่น vs ความถี่

ความยาวคลื่น
Wavelength
 λ
[เมตร]

1 cycle, 1 รอบ



$$\lambda = \frac{v}{f}$$

ความถี่
Frequency
 f

[เฮิรตซ์, รอบต่อวินาที]



1 second

ตัวอย่าง $f = 2$ เฮิรตซ์ Hz

ย่านความถี่ 2 เมตร (VHF)



$$f = \mathbf{150} \text{ MHz (144-147 MHz)} = 1.5 \times 10^8$$

$$v = 3 \times 10^8$$

$$\lambda = v/f = (3 \times 10^8) / (1.5 \times 10^8) = \mathbf{300/150}$$

$$\lambda = \mathbf{2 \text{ m}}$$



ย่านความถี่ 10 เมตร (HF)

$$f = \mathbf{30} \text{ MHz (28 MHz)} = 30 \times 10^6$$

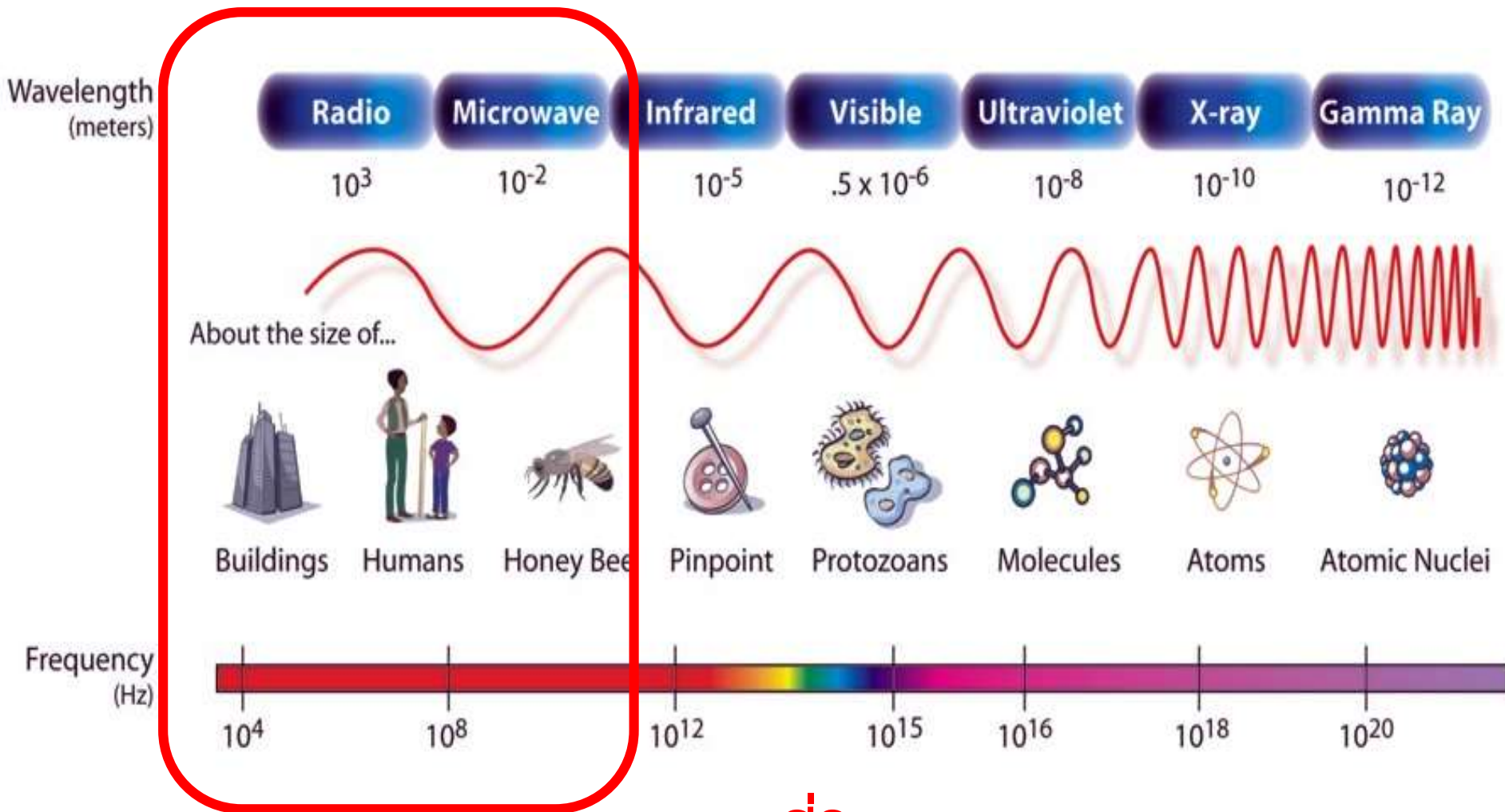
$$v = 3 \times 10^8$$

$$\lambda = v/f = (3 \times 10^8) / (3 \times 10^7) = \mathbf{300/30}$$

$$\lambda = \mathbf{10 \text{ m}}$$



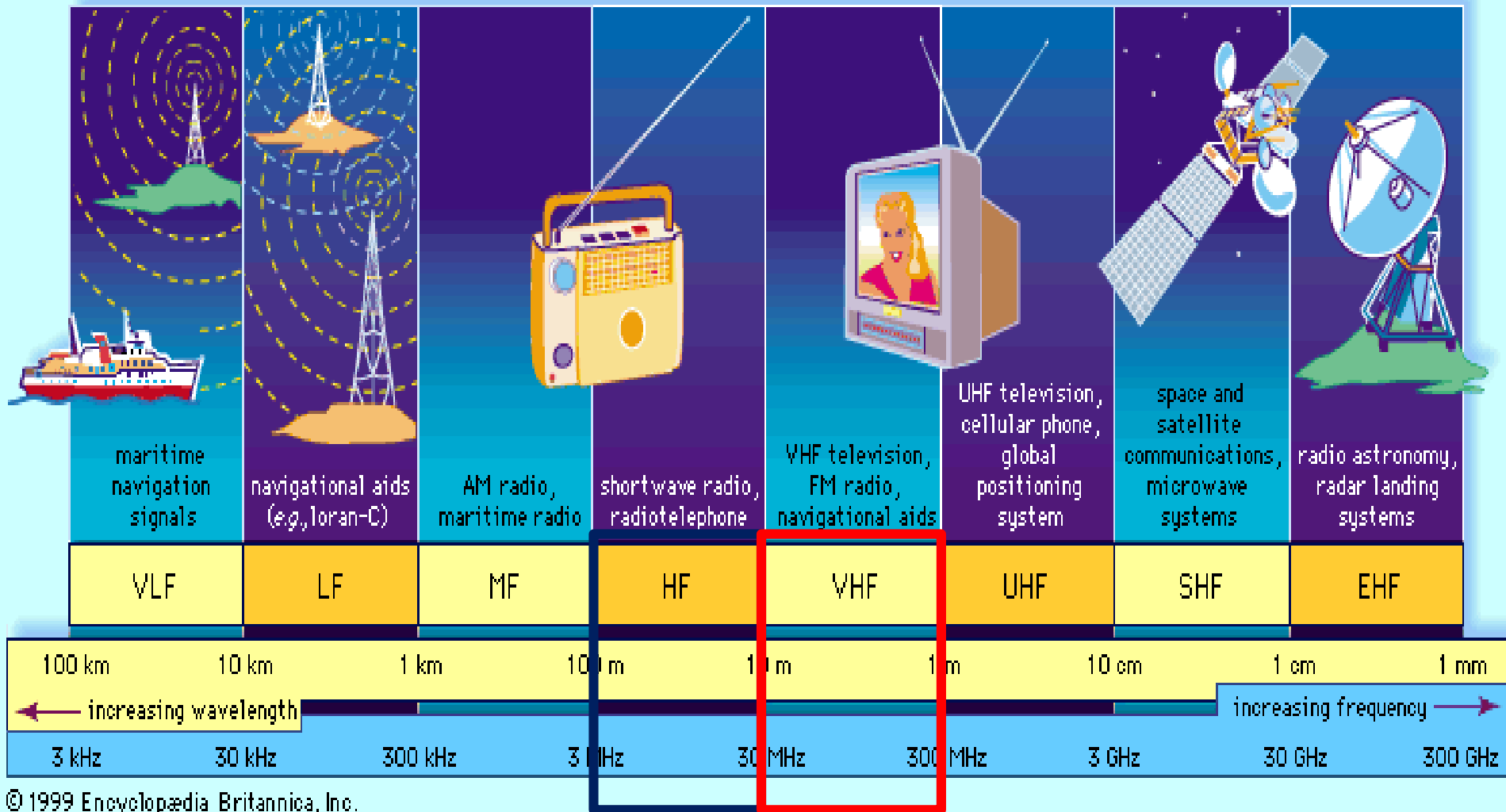
ย่านความถี่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า



ความถี่วิทยุ



การแบ่งย่านความถี่วิทยุ (Radio Frequency Range)

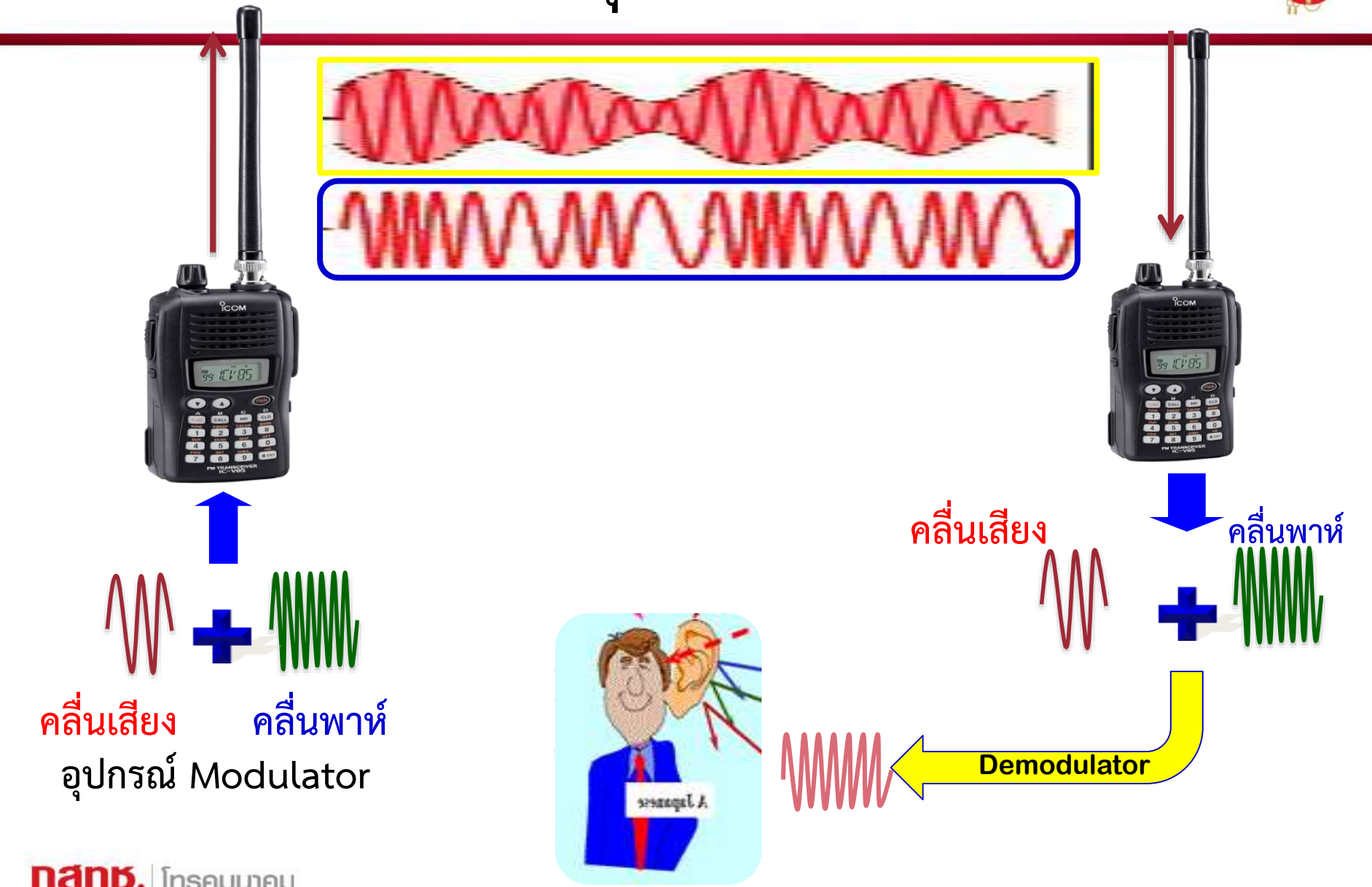


© 1999 Encyclopædia Britannica, Inc.

3 – 30 MHz (28 MHz) 30 – 300 MHz (144 – 147 MHz)



ระบบของการรับ-ส่งวิทยุคมนาคม





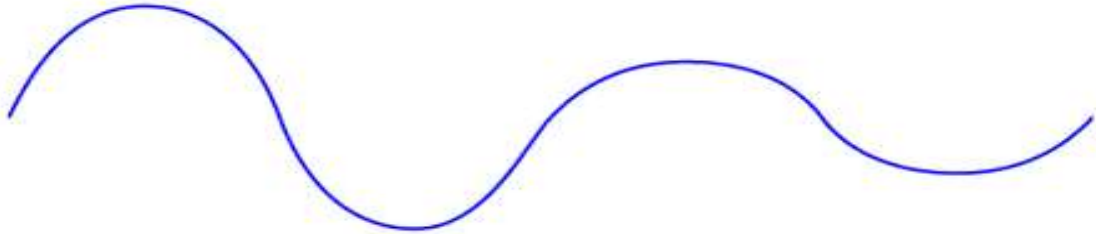
การผสมสัญญาณ (Modulation)



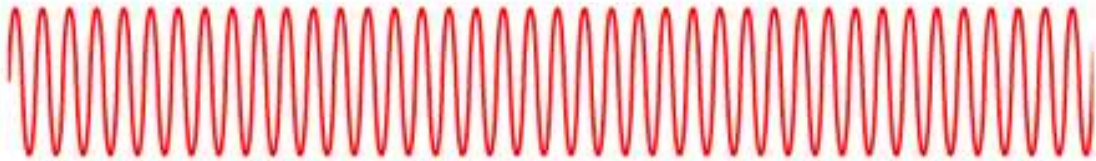
คลื่นเสียง กับ คลื่นวิทยุ เป็นคลื่นพาห์ ในเครื่องส่งวิทยุส่งออกทางสายอากาศแพร่กระจายคลื่นออกไปในอากาศ
ในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

(sound or signal wave + Radio wave)

Modulator



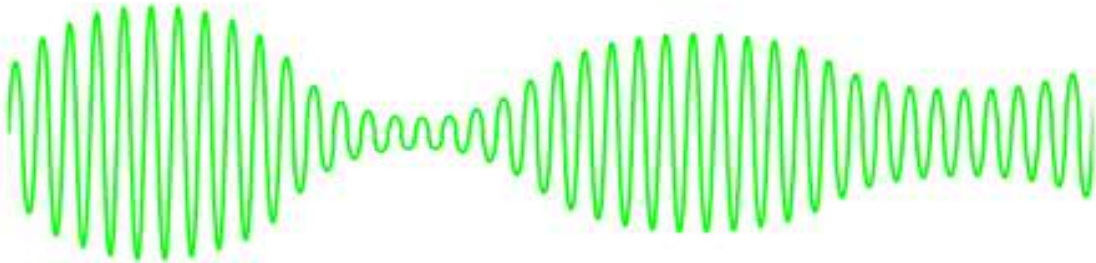
คลื่นพาห์ (RF Carrier Signal) Carrier



AM

การผสมทางความสูง

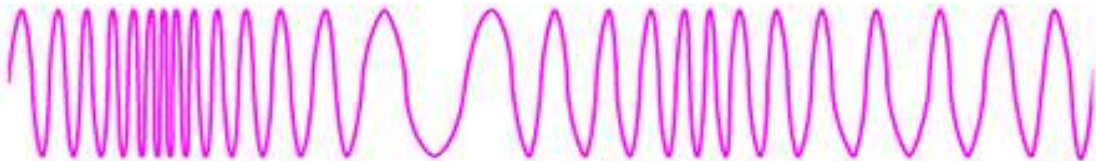
Amplitude Modulation



FM

การผสมทางความถี่

Frequency Modulation

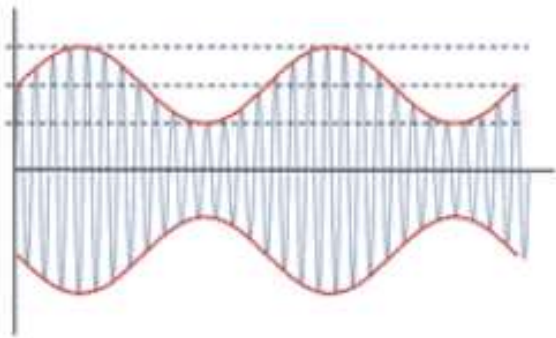




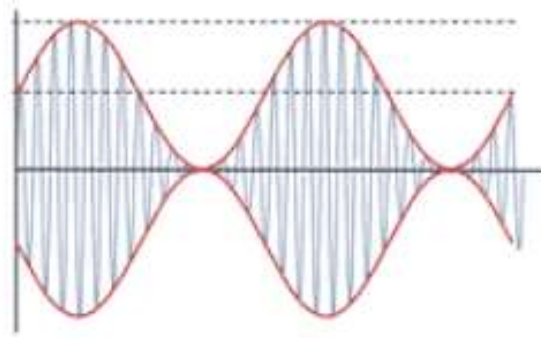
เปอร์เซ็นต์ของการผสมคลื่น ระบบ AM

เปอร์เซ็นต์ของการผสมคลื่น ระบบ AM

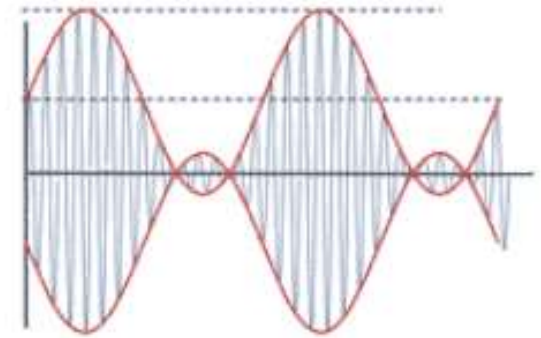
หมายถึง อัตราการผสมคลื่นเสียงกับคลื่นพาห์ (Carrier)



50%



100%



150%

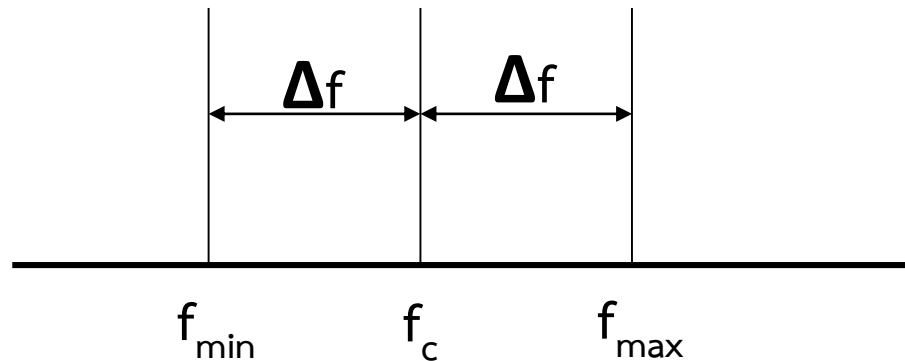
ถ้าผสมคลื่น AM มากกว่า 100% คลื่นที่มากเกินไปจะถูกตัดทิ้ง



การเบี่ยงเบนความถี่ (Frequency Deviation) FM

การเบี่ยงเบนความถี่ (Frequency Deviation) ระบบ FM หมายถึง การเบี่ยงเบนไปจากความถี่กลางของคลื่นพาห์ (Carrier) มีหน่วยเป็น กิโลเฮิรตซ์ (kHz)

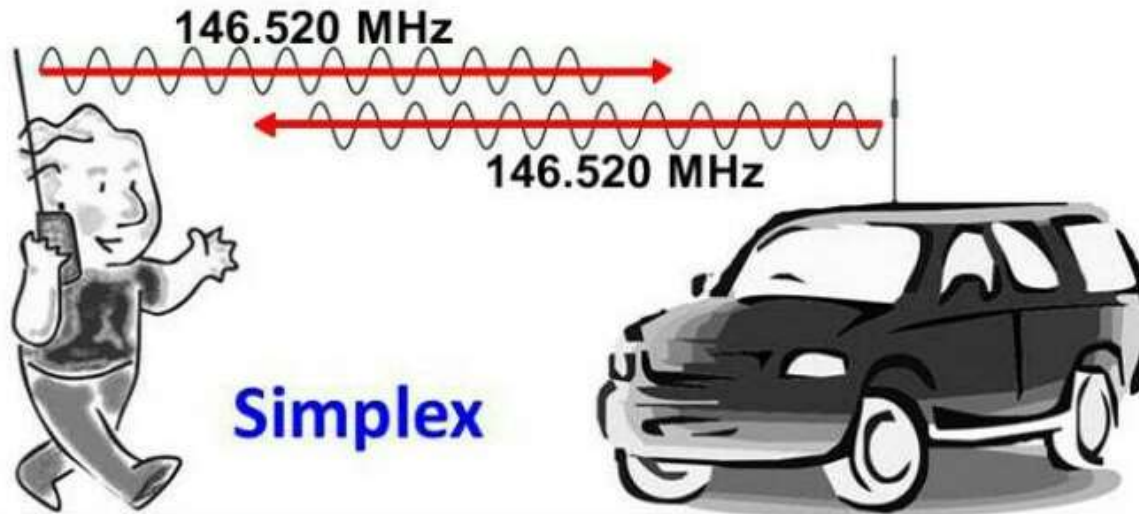
$$\Delta f = f_{\max} - f_c = f_c - f_{\min}$$



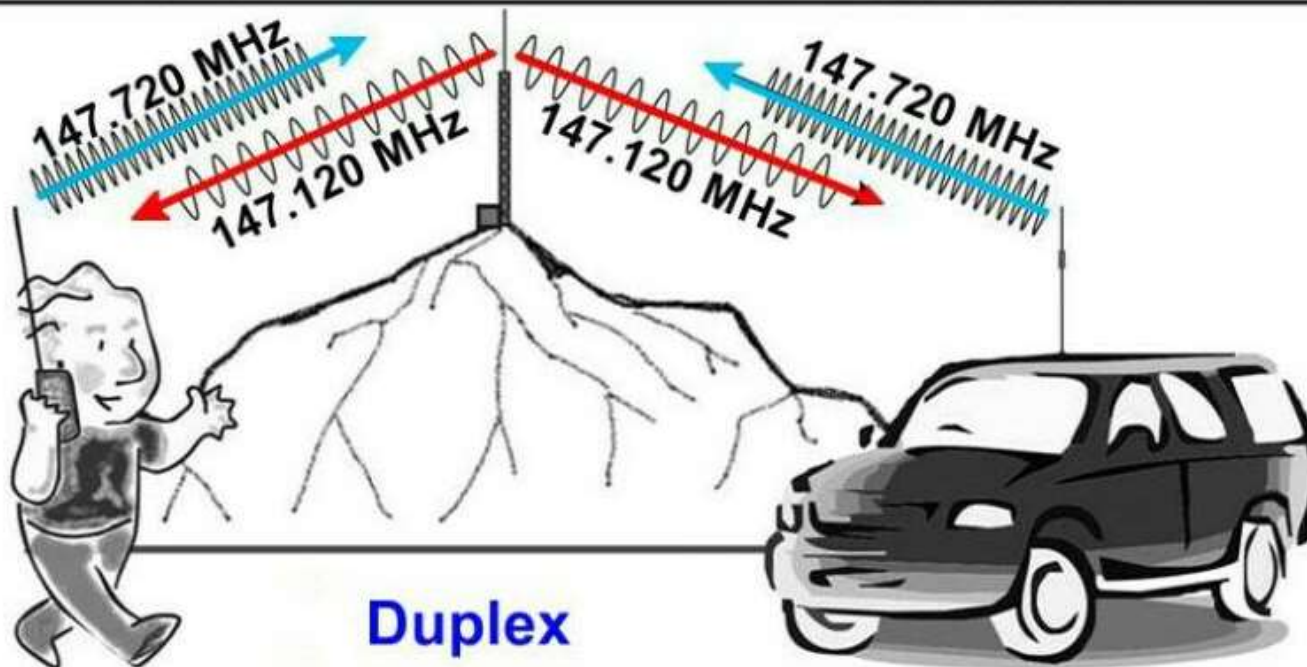
ความแตกต่างระหว่าง AM - FM



AM	FM
Amplitude Modulation	Frequency Modulation
คุณภาพเสียงไม่ค่อยดี มีสัญญาณรบกวนมากกว่า	คุณภาพเสียงดีกว่า มีสัญญาณรบกวนน้อยกว่า
เครื่องไม่ซับซ้อน ราคาถูกกว่า	เครื่องซับซ้อน ราคาแพงกว่า
ระยะทางส่งได้ไกลกว่า	ระยะทางส่งใกล้
ใช้แบนด์วิดท์น้อยกว่า ทำให้มี ช่องสถานีมากกว่า	ใช้แบนด์วิดท์มากกว่า
ย่านความถี่ต่ำกว่า [kHz]	ย่านความถี่สูงกว่า [MHz]



Simplex



Duplex

Semi Duplex

-Repeater

ใช้ 2 ความถี่

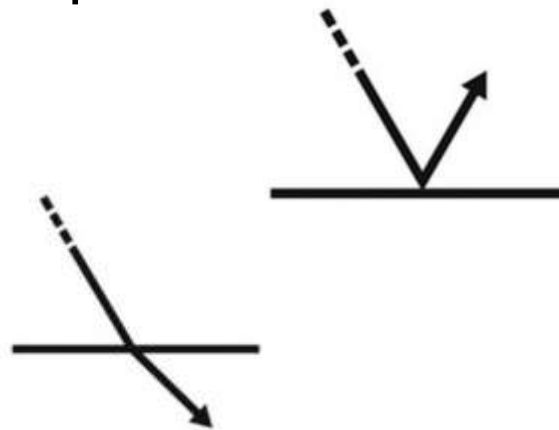
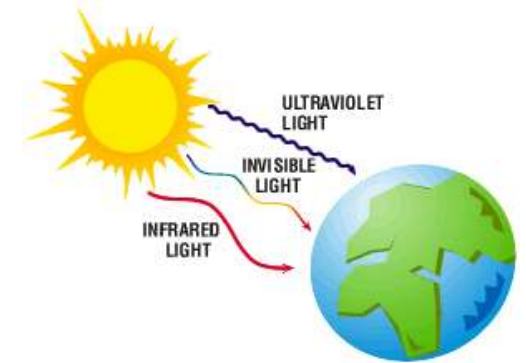
-เครื่องรับส่งวิทยุ

ใช้ 1 ความถี่

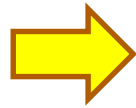


คุณสมบัติของคลื่นวิทยุเบื้องต้น

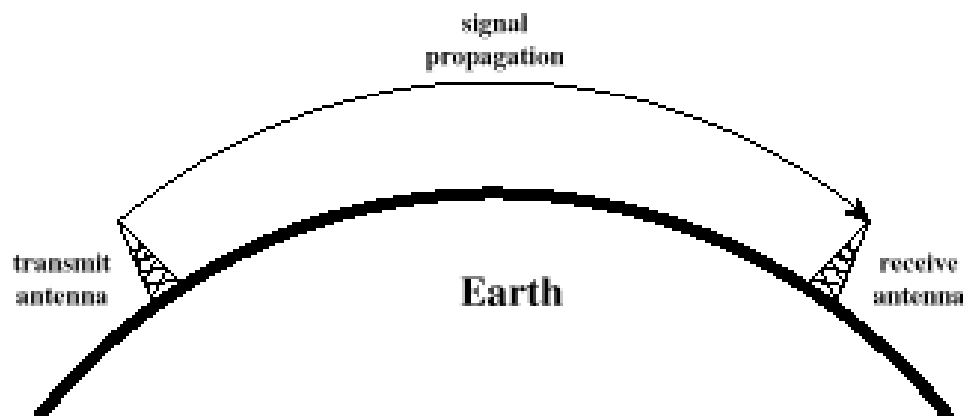
1. เดินทางเป็นเส้นตรง
2. เดินทางผ่านสุญญากาศได้
3. สะท้อนได้
4. หักเหได้
5. เคลื่อนที่ผ่านโลหะได้ยาก



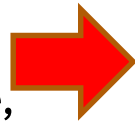
○ คลื่นดิน



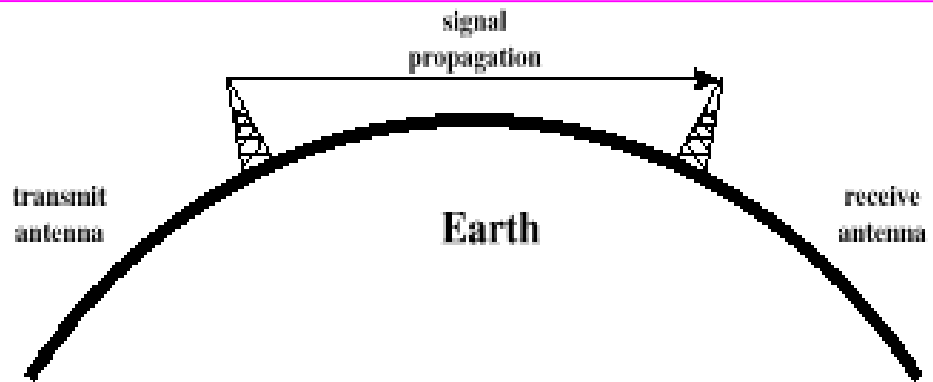
(Ground wave, Surface wave)



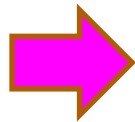
○ คลื่นตรง



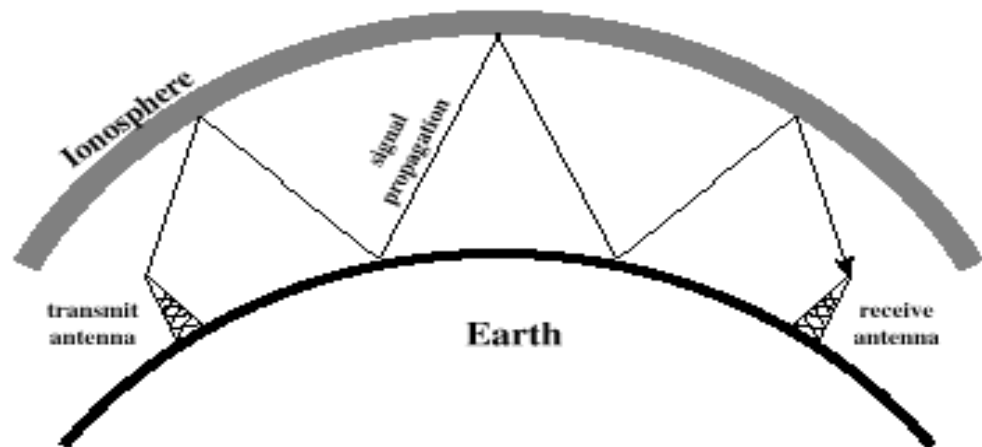
(Direct wave, Space wave, Line-of-sight propagation)



○ คลื่นฟ้า



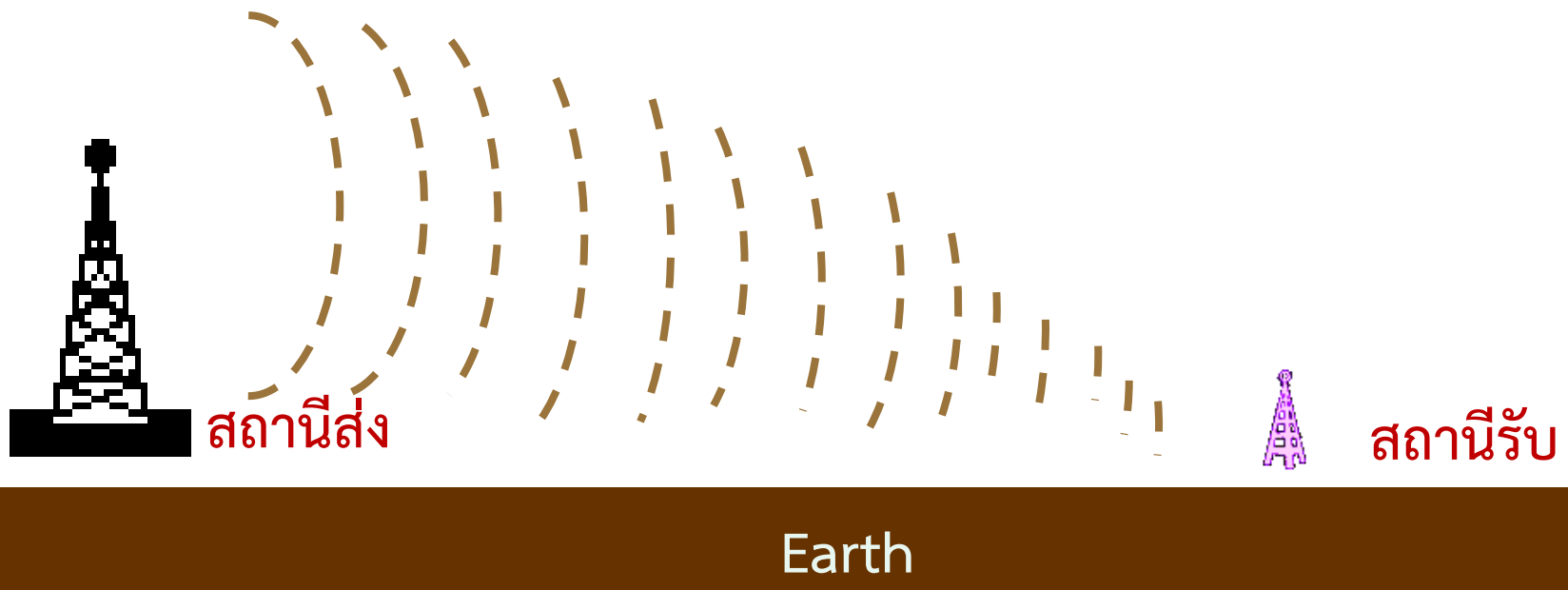
(Sky-wave, Ionosphere wave propagation)





1. คลื่นดิน (Ground Wave)

เป็นคลื่นวิทยุที่เดินทางบนผิวโลกโดยอาศัยพื้นดินเป็นสื่อ ความแรงของสัญญาณจะลดลงเรื่อยๆ เมื่อระยะทางเพิ่มขึ้น ใช้ในย่าน ความถี่ต่ำ VLF, LF, MF เช่น ใช้ในการส่งวิทยุกระจายเสียง ระบบ AM



2. คลื่นตรง (Direct Wave)/คลื่นในอากาศ (Space wave)

มีลักษณะการแพร่กระจายคลื่นวิทยุในระดับสายตา (Line of sight) เป็นเส้นตรง
หากสภาพภูมิประเทศมีสิ่งกีดขวาง สัญญาณจะถูกลดทอน

ชั้นบรรยากาศ
โทรโพสเฟียร์

อาจเกิดปรากฏการณ์
ท่อนำคลื่น Ducting

ใช้ความถี่ย่าน VHF/ UHF



สถานีส่ง



สถานีรับ



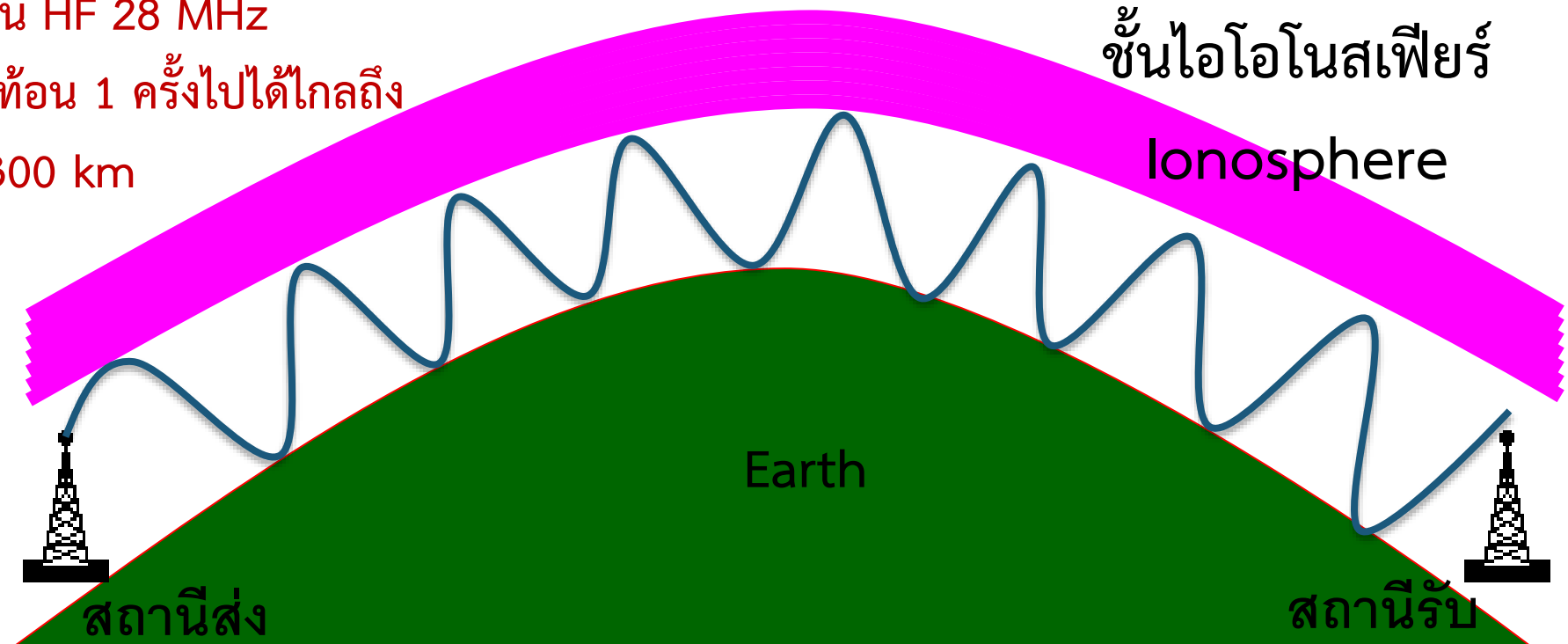
3. คลื่นฟ้า (Sky Wave) - HF

เป็นการแพร่กระจายคลื่นโดยอาศัยหลักการสะท้อนหรือหักเหของคลื่นสัญญาณ
กับชั้นบรรยากาศไอโอโนสเฟียร์มายังพื้นดิน ทำให้รับ-ส่งในระยะไกลสามารถ
ติดต่อข้ามประเทศได้ เหมาะสมสำหรับการใช้ความถี่วิทยุย่าน HF

คลื่น HF 28 MHz

สะท้อน 1 ครั้งไปได้ไกลถึง

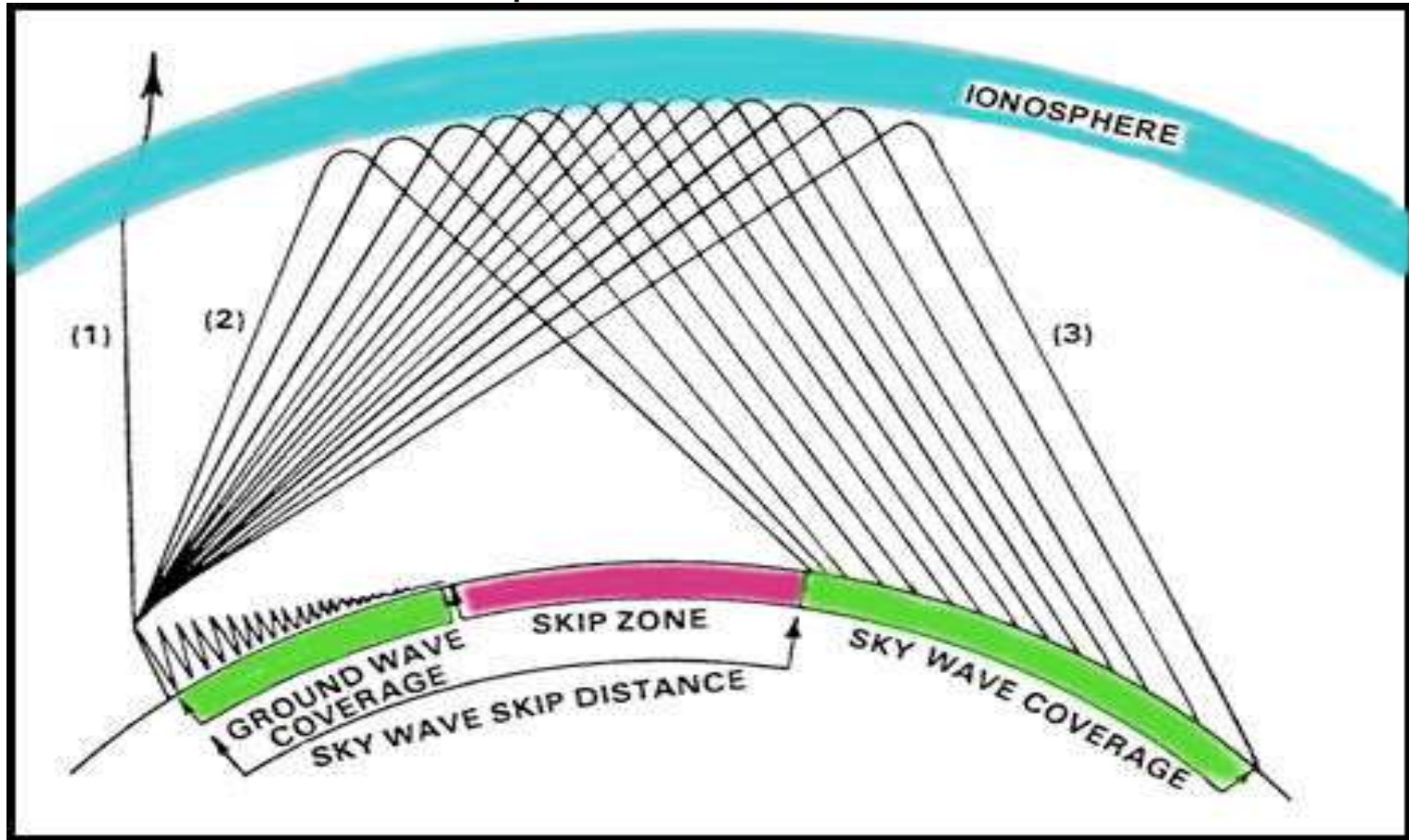
2,300 km





SKIP ZONE และ อาการจางหาย (Fading)

SKIP ZONE ไม่สามารถ ได้รับความถี่วิทยุทั้งคลื่นดิน (GROUND WAVE) และคลื่นฟ้า (SKY WAVE)

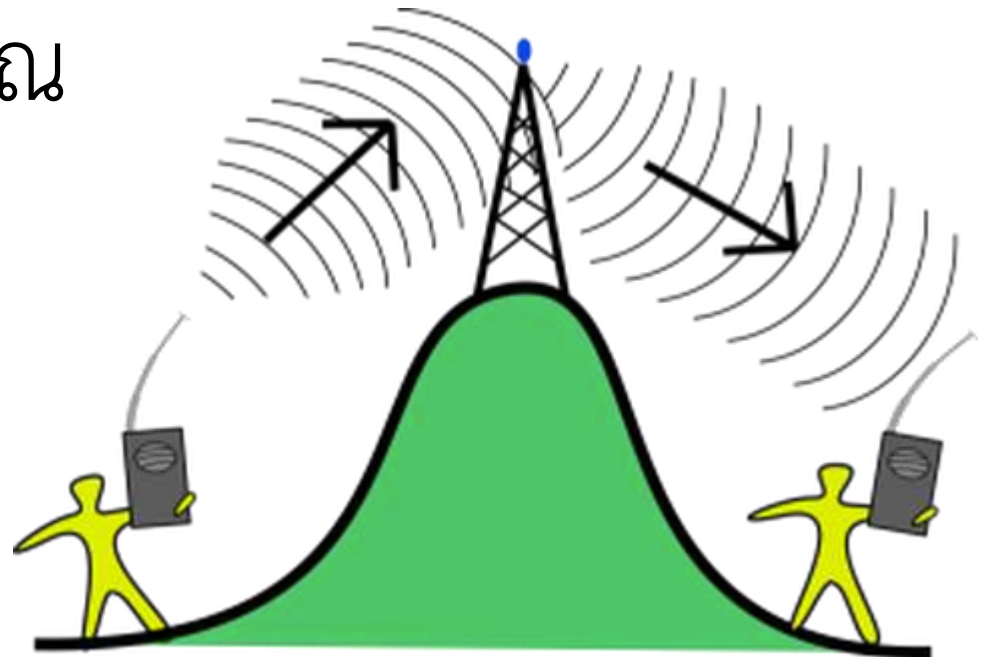


อาการจางหาย (Fading) การรับสัญญาณได้ไม่สม่ำเสมอ สัญญาณขาดหาย รับได้ไม่ดี

การเพิ่มรัศมีการรับ-ส่งคลื่นวิทยุให้ไกลขึ้น



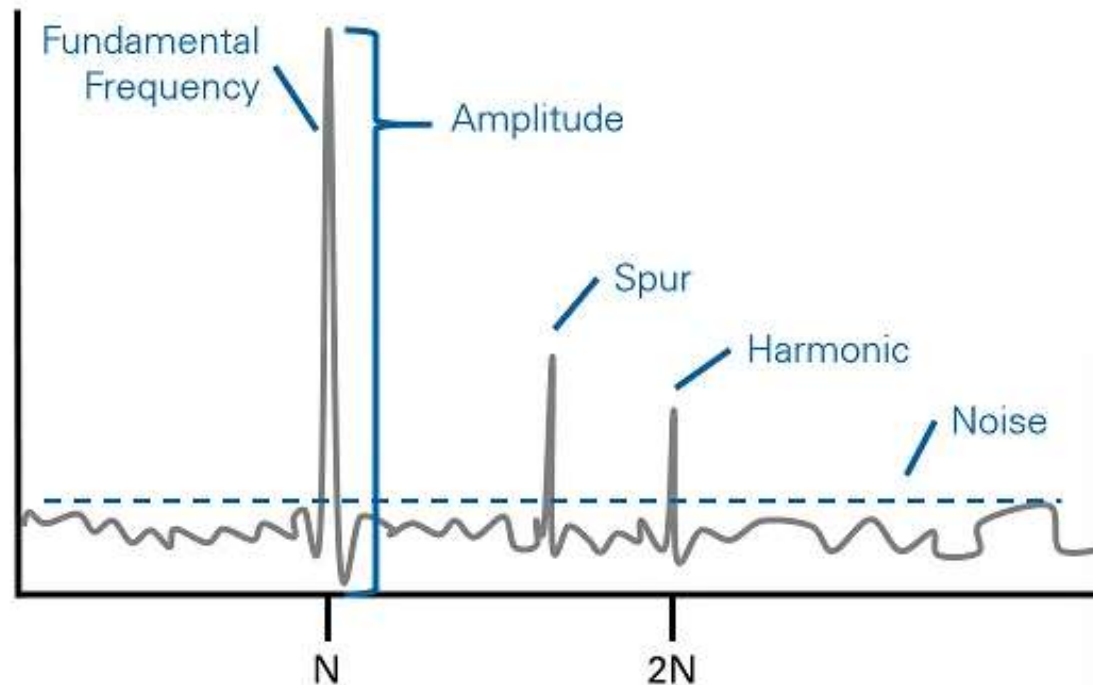
1. เพิ่มกำลังส่ง ของเครื่องวิทยุ
2. เพิ่มอัตราขยาย (Gain) ของสายอากาศ
3. ใช้สถานีสถานสัญญาณ
(Repeater)





Spurious Emission

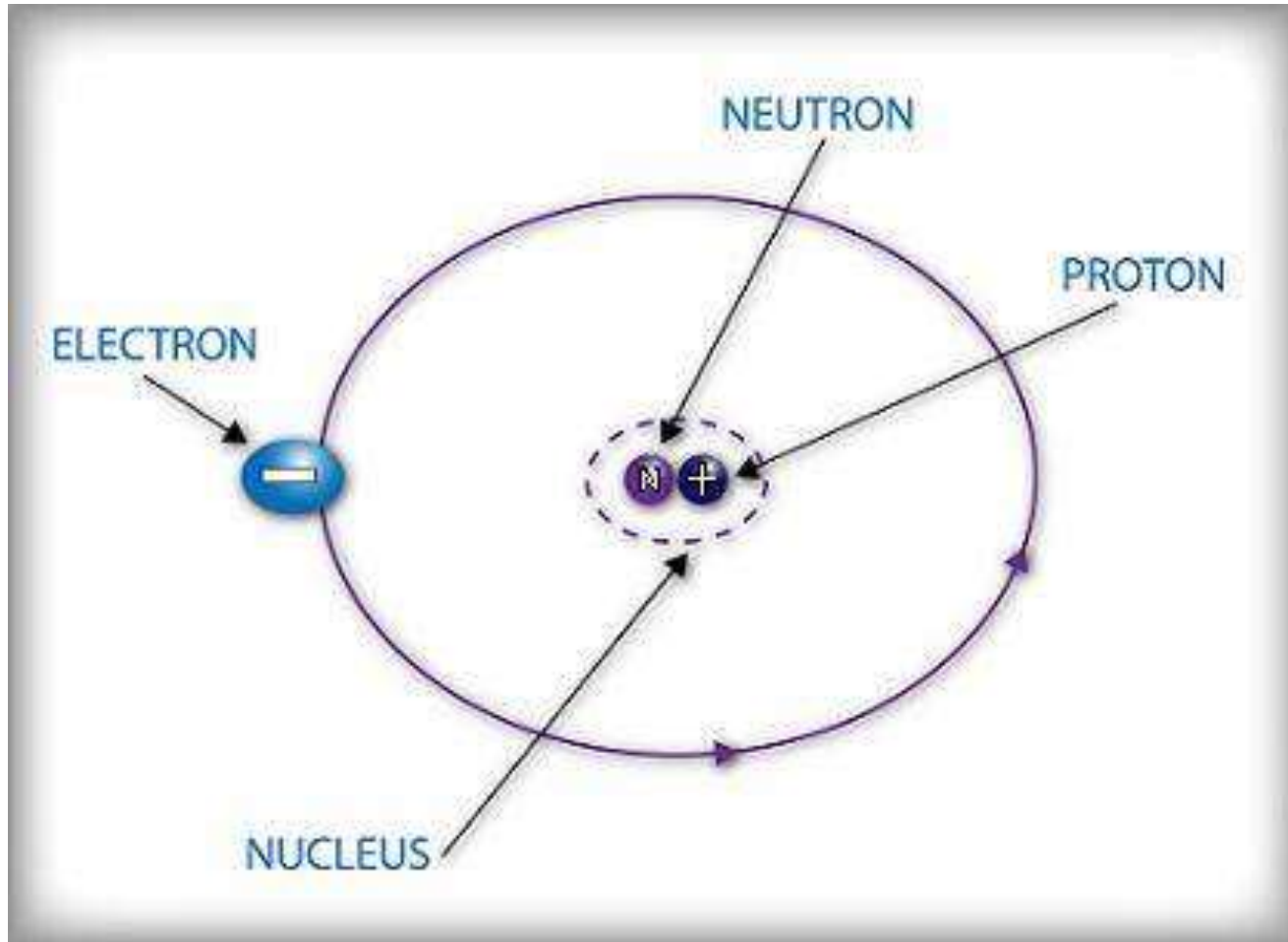
เครื่องส่งวิทยุที่มีคลื่นความถี่อื่นปนออกไปขณะส่ง ซึ่งอาจทำให้เกิดการรบกวนความถี่อื่น การส่งคลื่นความถี่ที่ไม่พึงประสงค์ออกไปนี้ เรียกว่า **Spurious Emission**





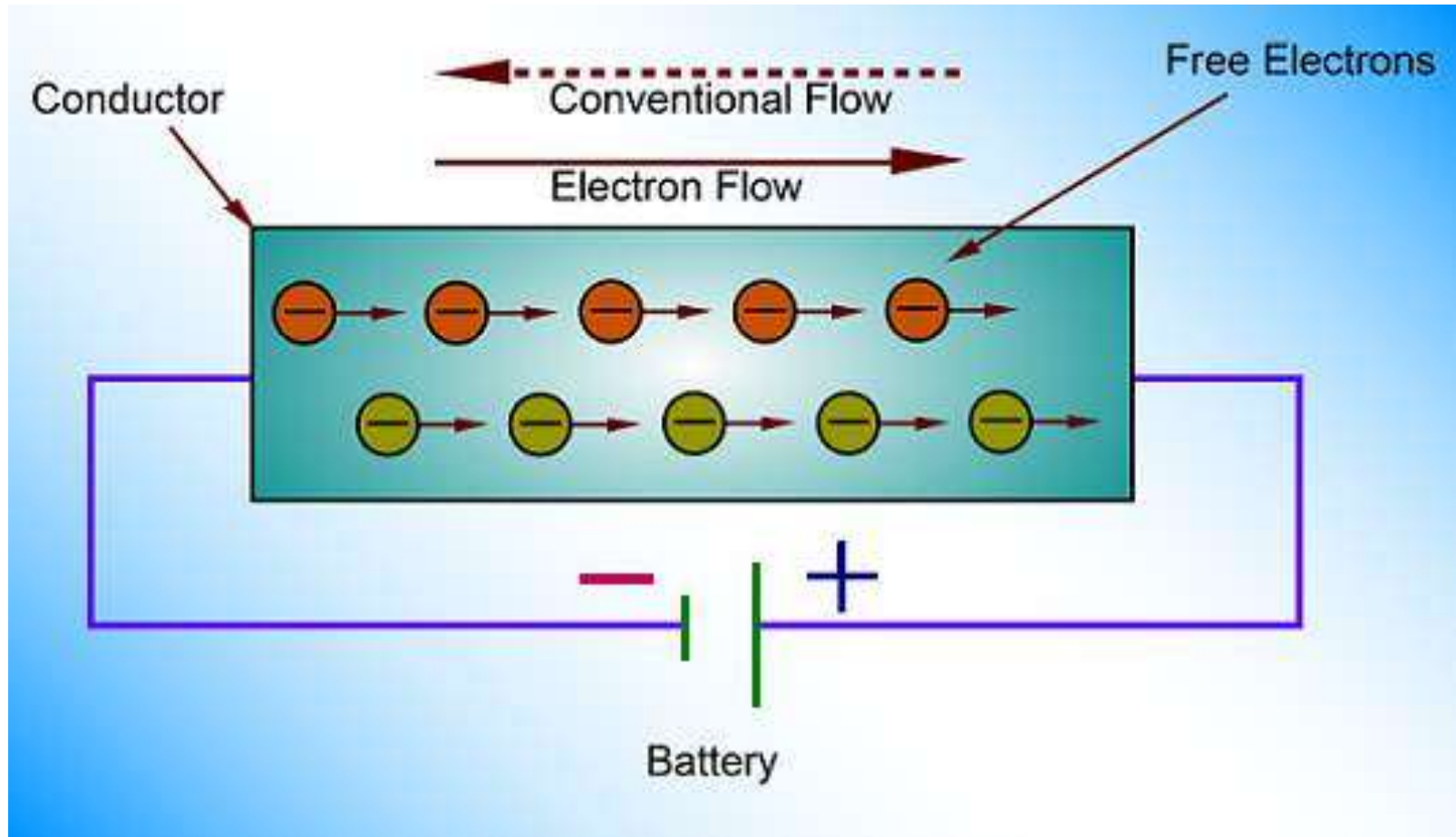
ไฟฟ้า

ไฟฟ้าคืออะไร?



โดยปกติ สสารต่างๆ จะเป็นกลาง (มีประจุบวก+ เท่ากับ ประจุลบ-)

ไฟฟ้าคืออะไร?

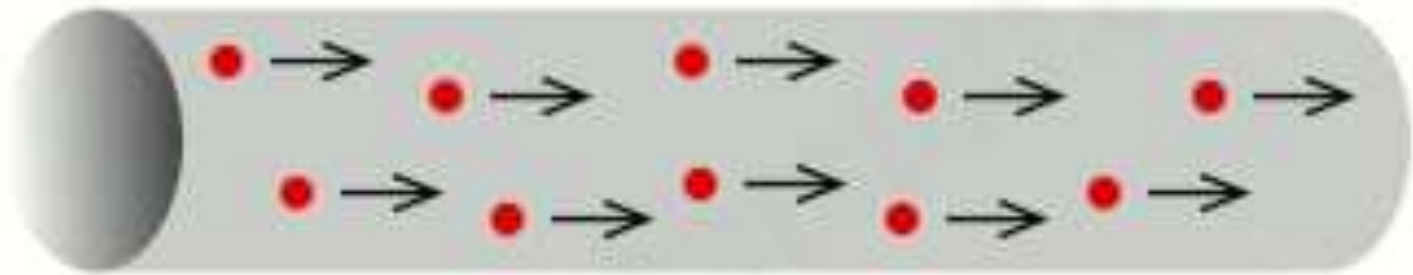


การไหลของกระแสไฟฟ้า ไหลในทิศทางข้ามกับ การไหลของอิเล็กตรอน

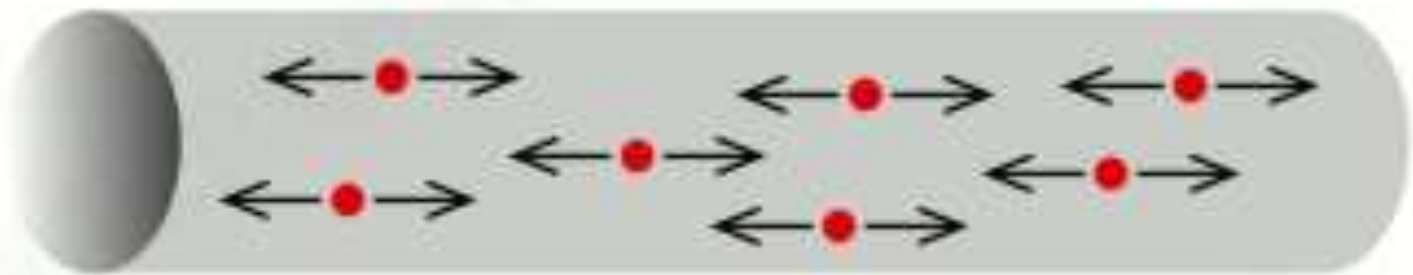
ไฟฟ้ากระแสตรง vs กระแสสลับ



Direct current (DC) กระแสตรง



Alternating current (AC) กระแสสลับ



ไฟฟ้ากระแสตรง vs กระแสสลับ

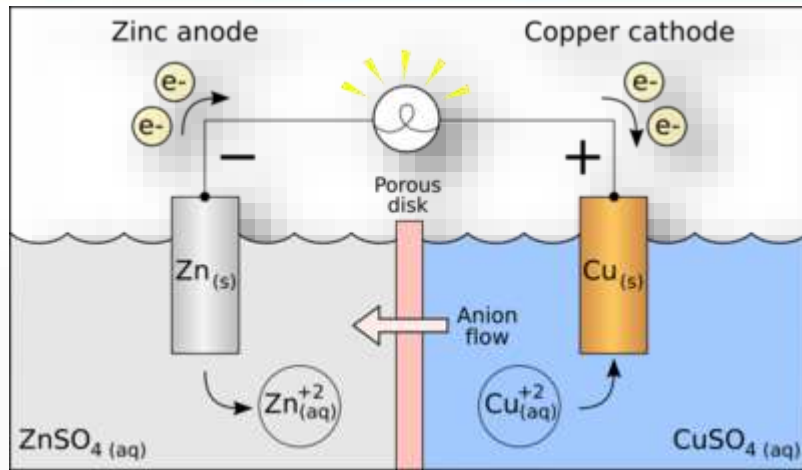


แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง (DC)	แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ (AC)
ถ่านไฟฉาย	ไดนาโมกระแสสลับ
แบตเตอรี่รถยนต์	โรงไฟฟ้า*

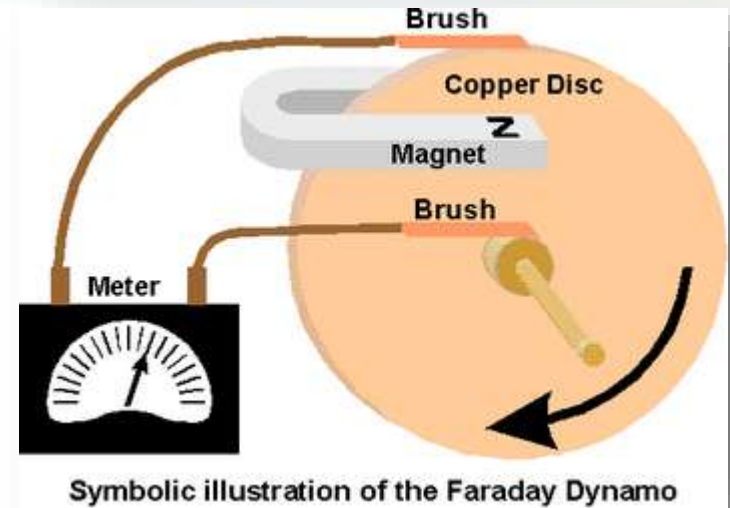
*ประเทศไทยใช้ไฟฟ้าตามบ้านเป็นกระแสสลับ
แรงดันไฟฟ้า 220 V ความถี่ 50 Hz



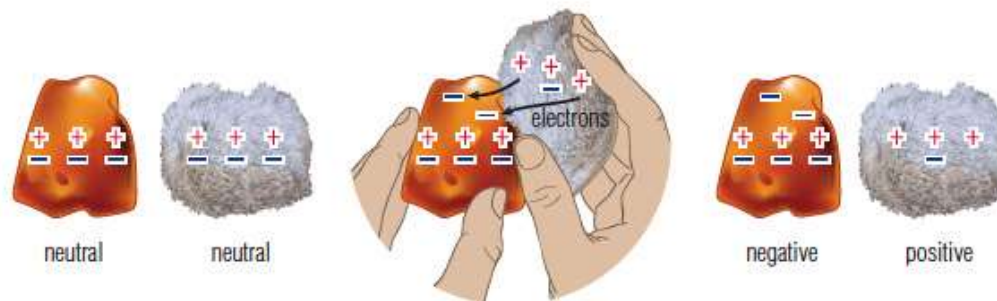
กระแสไฟฟ้าเกิดขึ้นได้อย่างไร



ปฏิกิริยาทางเคมี



ตัวนำเคลื่อนที่ผ่านสนามแม่เหล็ก



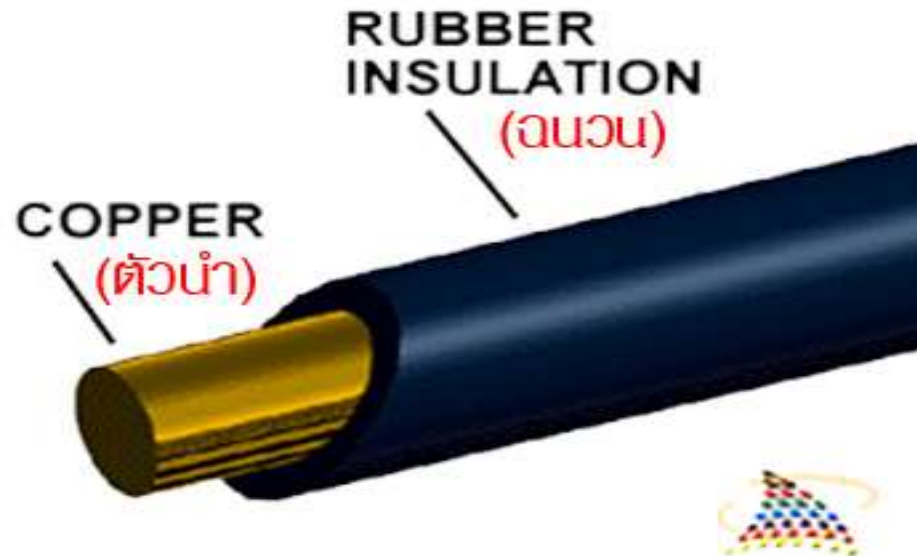
วัตถุต่างชนิดมาขัดสีกัน (ไฟฟ้าสถิต)



ตัวนำไฟฟ้า และ ฉนวนไฟฟ้า

ตัวนำไฟฟ้า (Conductor) คือ สารที่ยอมให้กระแสไฟฟ้าผ่านได้ดี เช่น เงิน > ทองแดง > ทองคำ > อะลูมิเนียม

ฉนวนไฟฟ้า (Insulator) คือ สารที่ยอมให้กระแสไฟฟ้าผ่านได้ยากมาก เช่น แก้ว ไม้ ยาง พลาสติก น้ำบริสุทธิ์



สารกึ่งตัวนำ



สารกึ่งตัวนำ (Semiconductor) คือ สารที่ยอมให้กระแสไฟฟ้าผ่าน โดยมีเงื่อนไข เช่น ซิลิกอน เจอร์เมเนียม เทลลูเรียม



อุปกรณ์ที่สร้างขึ้นมาจาก**สารกึ่งตัวนำ** เช่น
ทรานซิสเตอร์, ไดโอดชนิดซิลิคอน (Silicon Diode),
ไอซี (Integrated Circuit)



กฎของโอห์ม

E, V คือ แรงดันไฟฟ้า มีหน่วยเป็น โวลต์ [V]

I คือ กระแสไฟฟ้าของวงจร มีหน่วยเป็น แอมแปร์ [A]

R คือ ความต้านทานของวงจร มีหน่วยเป็น โอห์ม [Ω]



Alessandro Volta

André-Marie Ampère

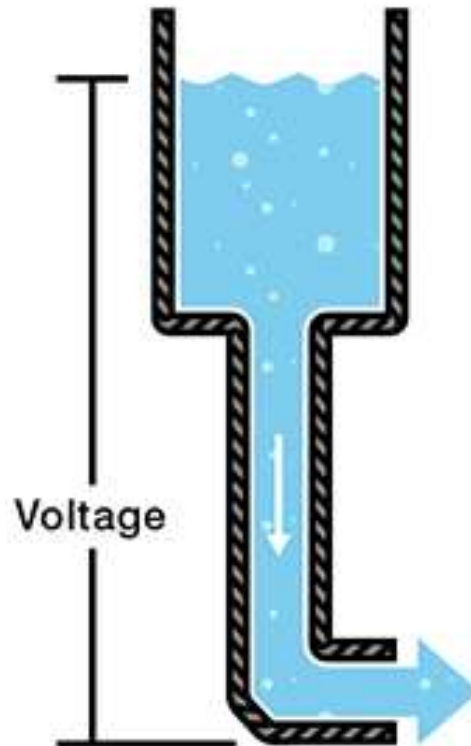


Georg Simon Ohm



กฎของโอห์ม

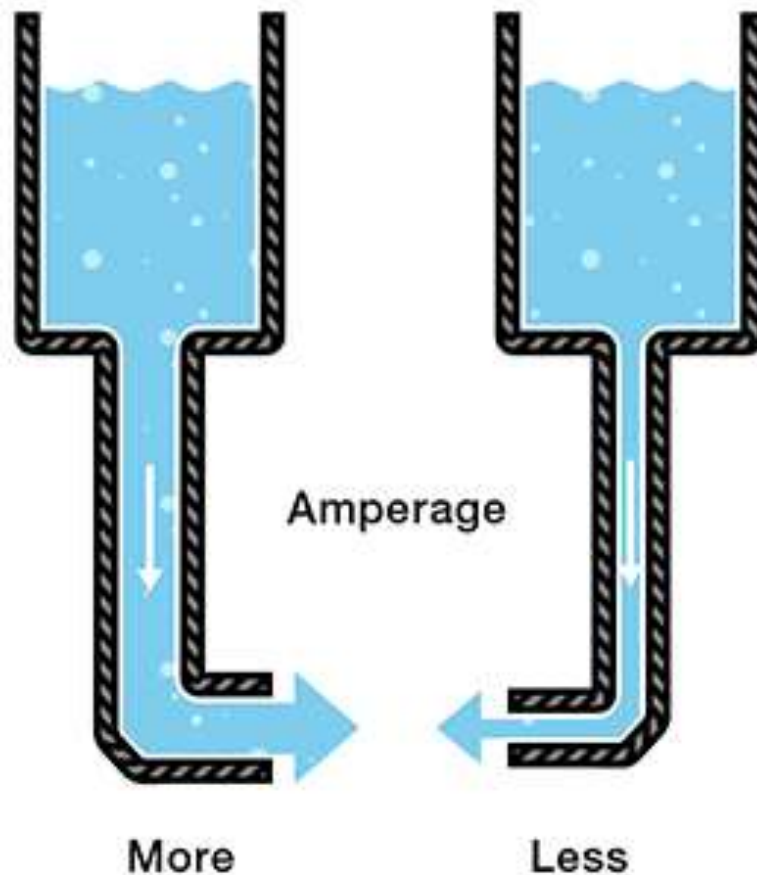
V แรงดันไฟฟ้า (บางทีอาจใช้ E : electromotive force แทน)



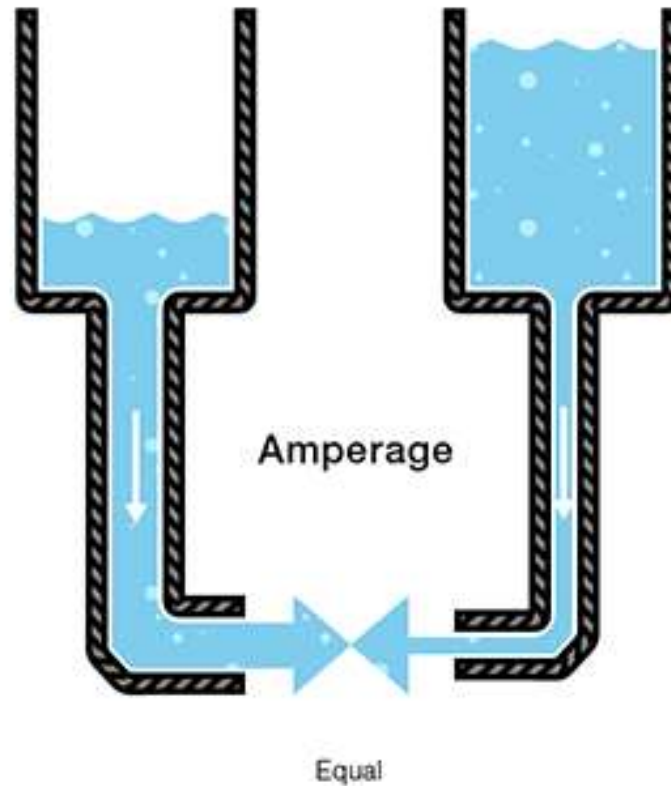


กฎของโอห์ม

I กระแสไฟฟ้าของวงจร



กฎของโอห์ม



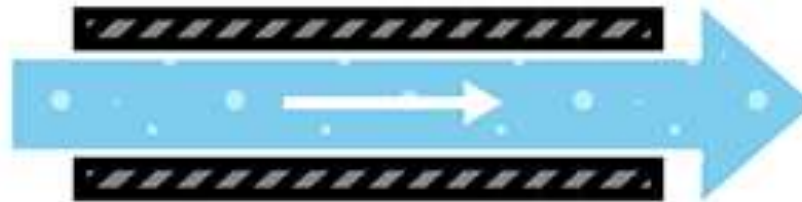


กฎของโอห์ม

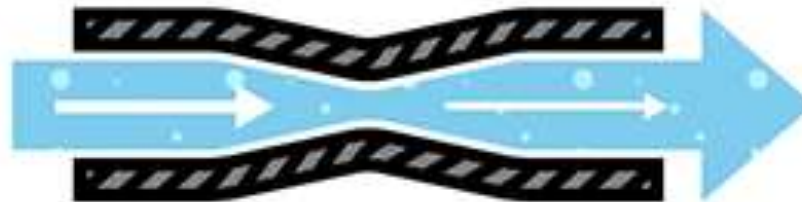
R ความต้านทานของวงจร

Resistance

Less resistance



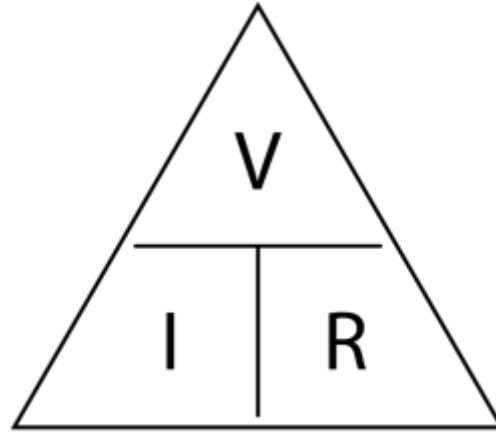
More resistance



กฎของโอห์ม



$$V = IR$$



$$I = \frac{V}{R}$$

$$R = \frac{V}{I}$$

****V** แรงดันไฟฟ้า (บางตำราอาจใช้ E แทน)

กำลังไฟฟ้า (Power)



$$P \text{ [วัตต์ W]} = IV = I^2R = V^2/R$$

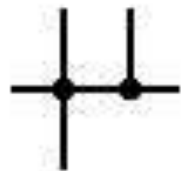
$V=IR$

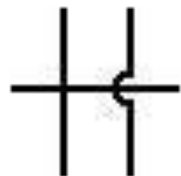


สัญลักษณ์ทางไฟฟ้า



 Electrical Wire

 Connected Wires

 Not Connected Wires

 Earth Ground

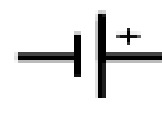
 Lamp / light bulb

 Diode

 Capacitor

 Inductor

 Resistor

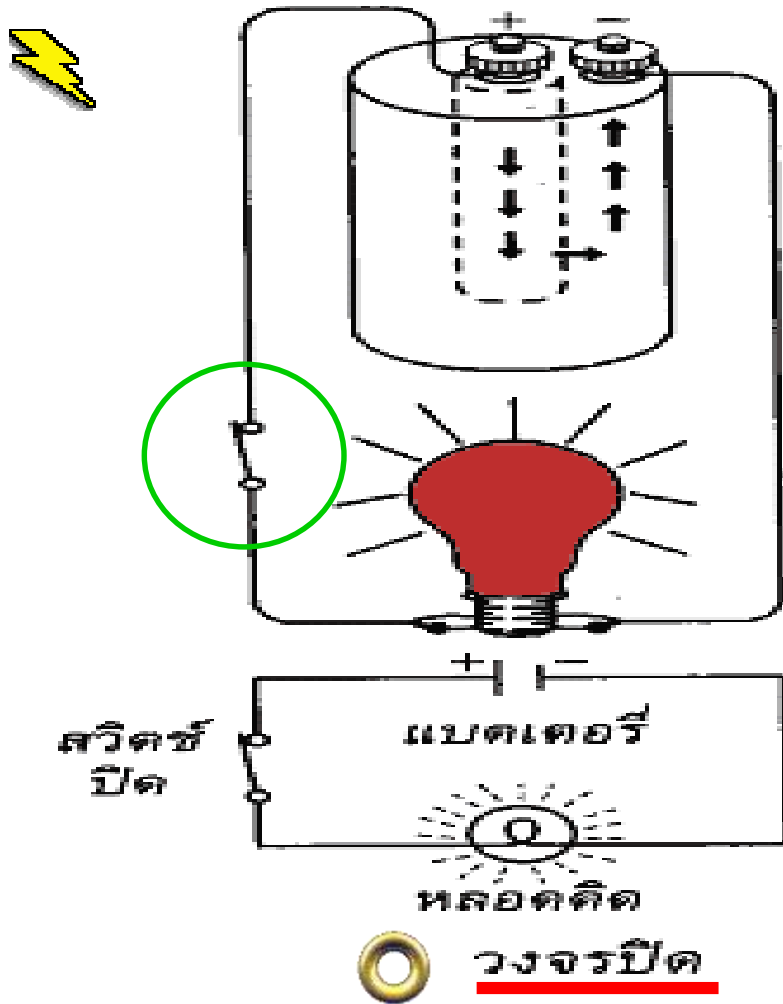
 DC voltage source

 AC voltage source

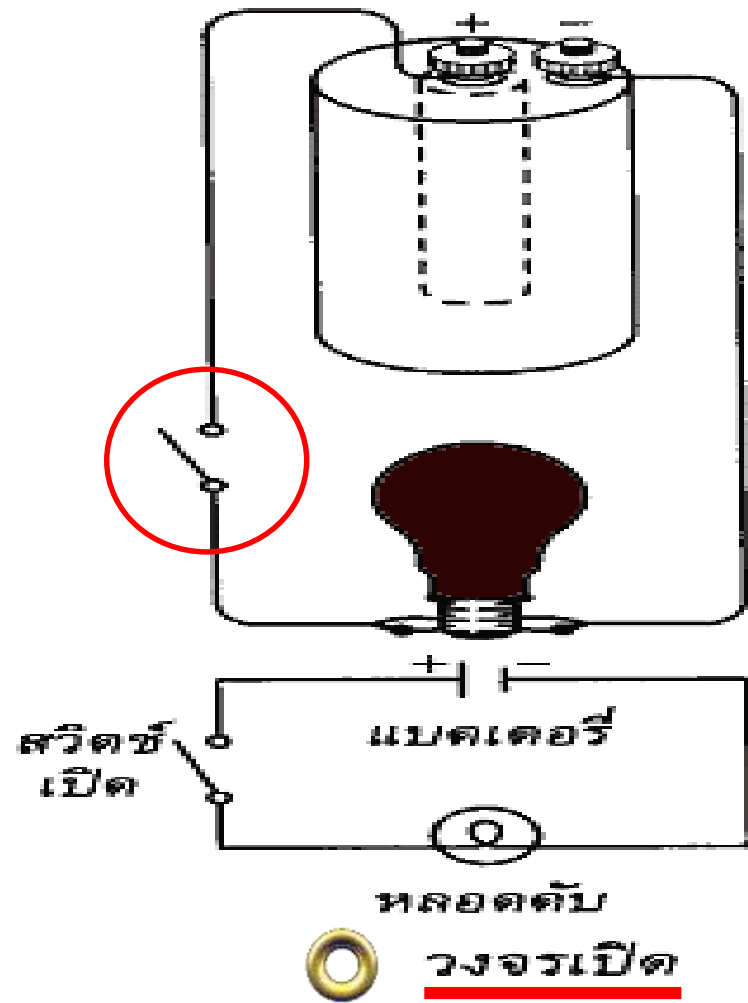
 Fuse



วงจรปิด vs วงจรเปิด



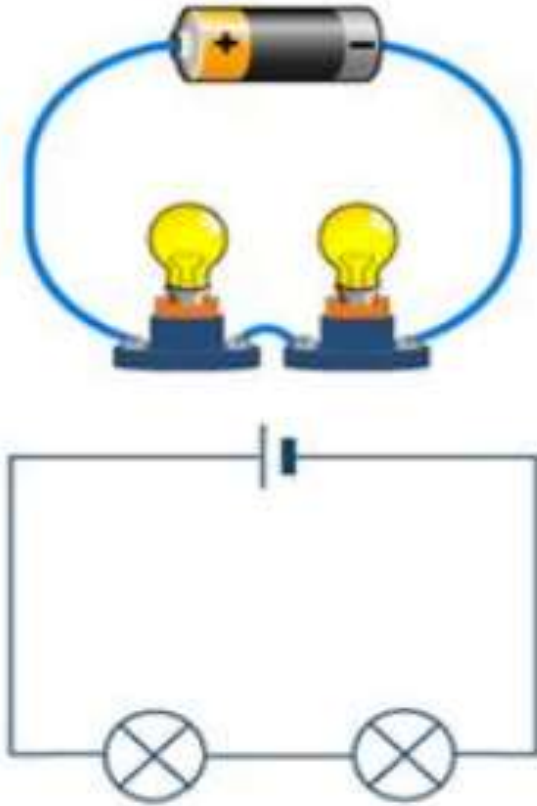
CLOSE CIRCUIT



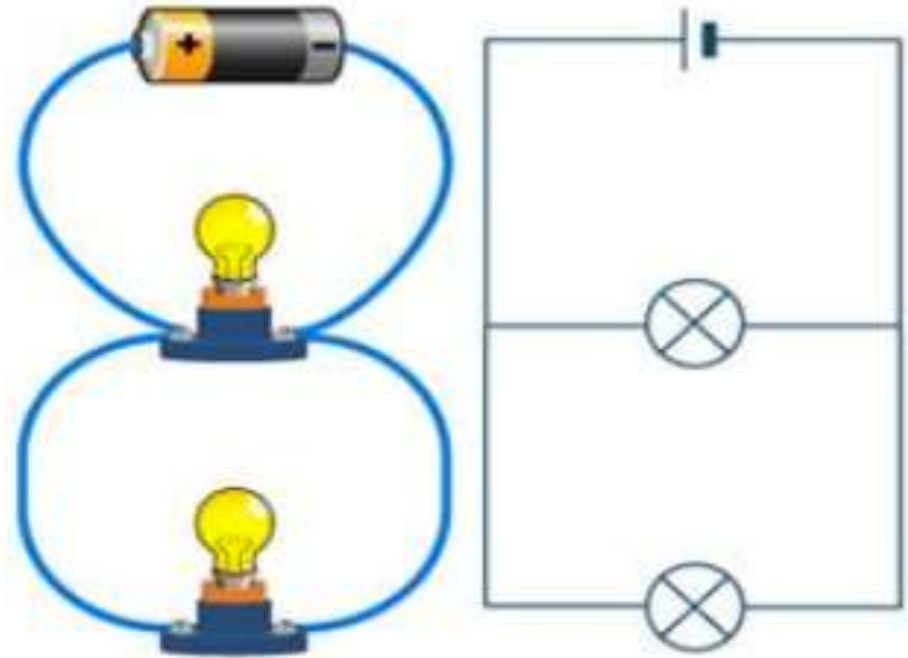
OPEN CIRCUIT



อนุกรม vs ขนาน



อนุกรม
Series Circuit



ขนาน
Parallel Circuit

เกร็ดความรู้ : อุปกรณ์ไฟฟ้าตามบ้านต่อแบบขนาน

R-L-C



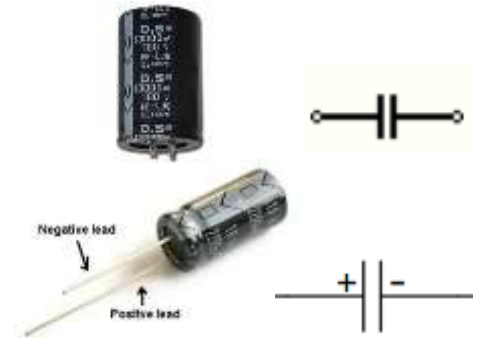
R : Resistor (รีซิสเตอร์)

= ตัวต้านทาน  

L : Inductor (อินดักเตอร์)

= ตัวเหนี่ยวนำ  

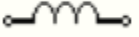
C : Capacitor (คาปาซิเตอร์) = ตัวเก็บประจุ

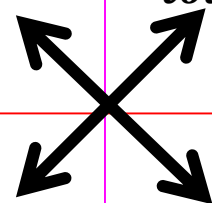


ถ้าเราใช้ Resistor ที่มีค่าทนกำลังไฟฟ้า [Watt] ต่ำกว่ากำลังไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจริงในวงจร ก็อาจจะทำให้ Resistor ร้อนจนไหม้ได้

ผลรวม ความต้านทาน R / ความเหนี่ยวนำ L / ความจุไฟฟ้า C



	วงจรอนุกรม (Series)	วงจรขนาน (Parallel)
R : Resistance [Ω]  Ohm	$R_{total} = R_1 + R_2 + \dots R_n$	$\frac{1}{R_{total}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots \frac{1}{R_n}$
L : Inductance [H]  Henry	$L_{total} = L_1 + L_2 + \dots L_n$	$\frac{1}{L_{total}} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \dots \frac{1}{L_n}$
C : Capacitance [F]  Farad	$\frac{1}{C_{total}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots \frac{1}{C_n}$	$C_{total} = C_1 + C_2 + \dots C_n$



R - อนุกรม



$$R_1 = 2 \, \Omega$$

$$R_2 = 4 \, \Omega$$

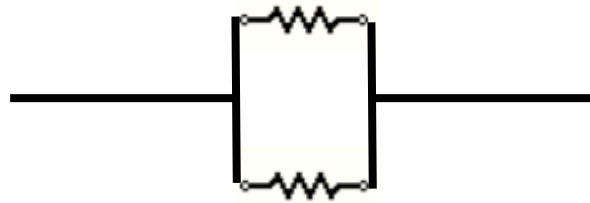


$$\begin{aligned} R_{\text{TOTAL}} &= R_1 + R_2 \\ &= 2 + 4 \\ &= 6 \, \Omega \end{aligned}$$

R - ขน่าน



$$R_1 = 2 \Omega$$



$$R_2 = 4 \Omega$$

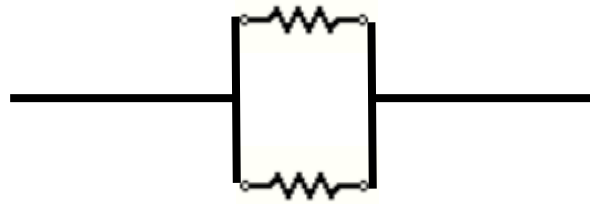
$$\begin{aligned} 1/R_{\text{TOTAL}} &= (1/R_1) + (1/R_2) \\ &= (1/2) + (1/4) \\ &= (2/4) + (1/4) = 3/4 \end{aligned}$$

$$R_{\text{TOTAL}} = 4/3 \Omega$$

หลักคิดเร็ว ต่อขนานถ้า R “เท่ากัน” 2, 3, ... ตัว



$$R_1 = 8 \Omega$$

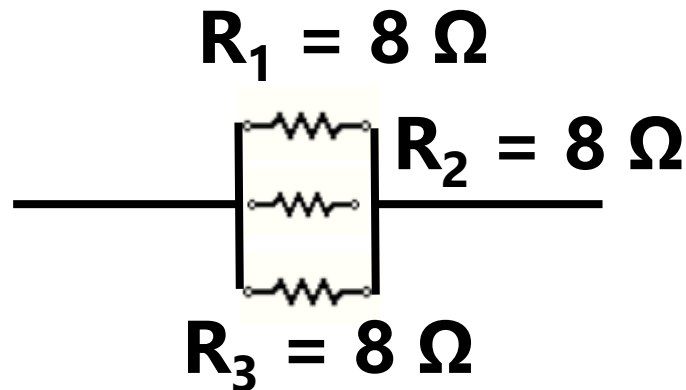


$$R_2 = 8 \Omega$$

$$\begin{aligned} 1/R_{\text{TOTAL}} &= (1/R_1) + (1/R_2) \\ &= (1/8) + (1/8) \\ &= (2/8) \end{aligned}$$

$$R_{\text{TOTAL}} = 8/2 \Omega$$

หลักคิดเร็ว ต่อขนานถ้า R “เท่ากัน” 2, 3, ... ตัว



$$\begin{aligned} 1/R_{\text{TOTAL}} &= (1/R_1) + (1/R_2) + (1/R_3) \\ &= (1/8) + (1/8) + (1/8) \\ &= (3/8) \end{aligned}$$

$$R_{\text{TOTAL}} = 8/3 \Omega$$

C - อนุกรม



$$C_1 = 2 \text{ F}$$

$$C_2 = 4 \text{ F}$$

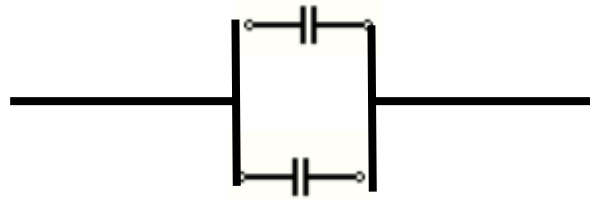


$$\begin{aligned} 1/C_{\text{TOTAL}} &= (1/C_1) + (1/C_2) \\ &= (1/2) + (1/4) \\ &= (2/4) + (1/4) = 3/4 \\ C_{\text{TOTAL}} &= 4/3 \text{ F (Farad)} \end{aligned}$$

C - ขนาน



$$C_1 = 2 \text{ F}$$



$$C_2 = 4 \text{ F}$$

$$\begin{aligned} C_{\text{TOTAL}} &= C_1 + C_2 \\ &= 2 + 4 \\ &= 6 \text{ F} \end{aligned}$$

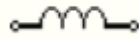


ความต้านทาน (R-L-C)



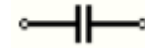
R

Resistance



X_L, X_L

Inductive
Reactance



X_C, X_C

Capacitive
Reactance



AC [f]

สูตรการหาค่าความต้านทานของ C และ L (X_C , X_L)



X_C (CAPACITIVE REACTANCE) คือ ความต้านทานของ C (ตัวเก็บประจุ Capacitor) ที่มีต่อไฟกระแสสลับ

$$X_C = \frac{1}{2\pi fC} = \frac{0.5}{\pi fC}$$

ความถี่สูงขึ้น ความต้านทานจะลดลง
f ↑ , X_C ↓

X_C = ค่า capacitive reactance มีหน่วยเป็น ohms

f = ค่าความถี่มีหน่วยเป็น Hertz

C = ค่าความจุของคาปาซิเตอร์ มีหน่วยเป็น Farads

π = 3.1416

X_L (INDUCTIVE REACTANCE) คือ ความต้านทานของ L (ขดลวด Inductor) ที่มีต่อไฟกระแสสลับ

$$X_L = 2\pi fL$$

ความถี่สูงขึ้น ความต้านทานจะสูงขึ้น
f ↑ , X_L ↑

X_L = ค่า inductive reactance มีหน่วยเป็น ohms

f = ค่าความถี่มีหน่วยเป็น Hertz

L = ค่าความเหนี่ยวนำ มีหน่วยเป็น Henrys

π = 3.1416



อิมพีแดนซ์ (IMPEDANCE : Z)

R

Resistance

X_L, X_L

Inductive
Reactance

X_C, X_C

Capacitive
Reactance

Resistance

Reactance

$$Z = R + X_L + X_C \quad [\Omega]$$

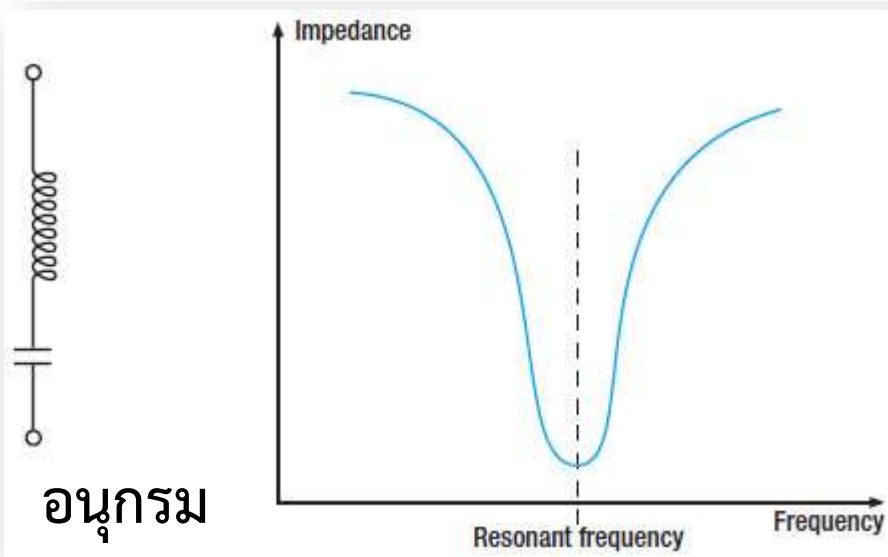
สายอากาศ, สายนำสัญญาณ มีโครงสร้างเป็นวงจรสมมูล RLC



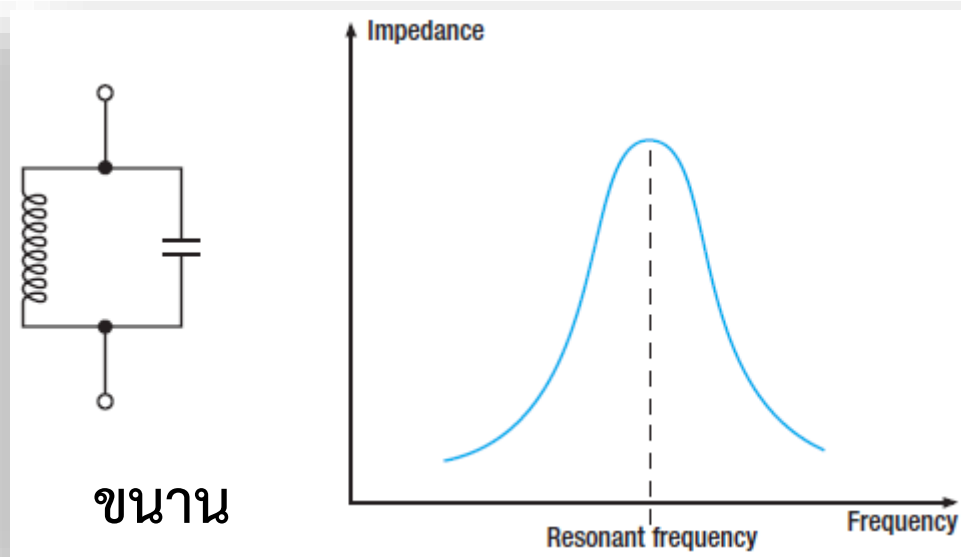
ความถี่เรโซแนนซ์ (Resonance : F)

เมื่อเราป้อนความถี่หนึ่งเข้าไปให้กับ **L** และ **C** ที่ต่อร่วมกัน ทำให้ ค่าความต้านทาน(REACTANCE) $X_L = X_C$ เรียกว่า ความถี่เรโซแนนซ์ (Resonance)

$$F = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{0.159}{\sqrt{LC}}$$



กระแสไฟฟ้าไหลได้มากที่สุด



กระแสไฟฟ้าไหลได้น้อยที่สุด

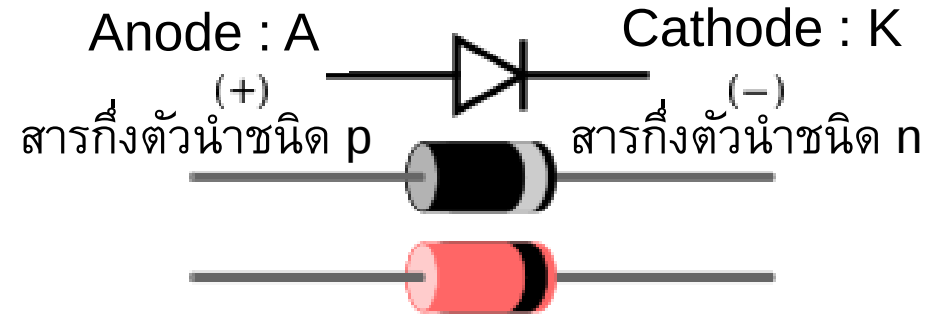


อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (สารกึ่งตัวนำ : ยอมให้ไฟฟ้าไหลผ่านแบบมีเงื่อนไข)

ไดโอด



กระแสไฟฟ้าไหลได้ทางเดียว



ไดโอดเปล่งแสง



(Light Emitting Diode : LED)



ซีเนอร์ไดโอด

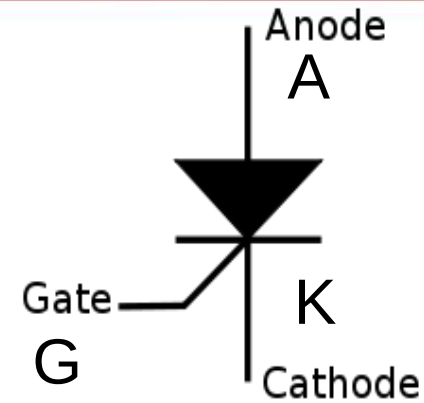
(Zener Diode)



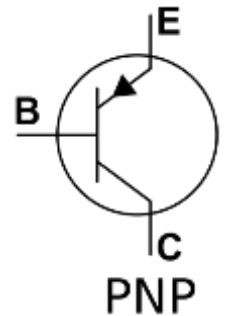
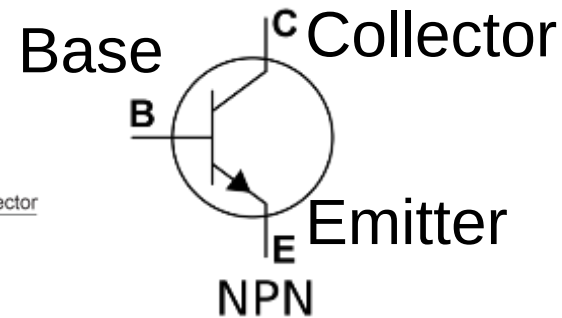
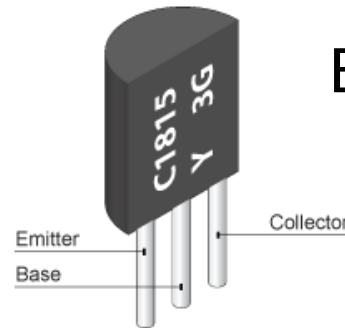


อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (สารกึ่งตัวนำ : ยอมให้ไฟฟ้าไหลผ่านแบบมีเงื่อนไข)

เอส ซี อาร์



ทรานซิสเตอร์



ตัวต้านทานปรับค่าได้



ตัวเก็บประจุปรับค่าได้

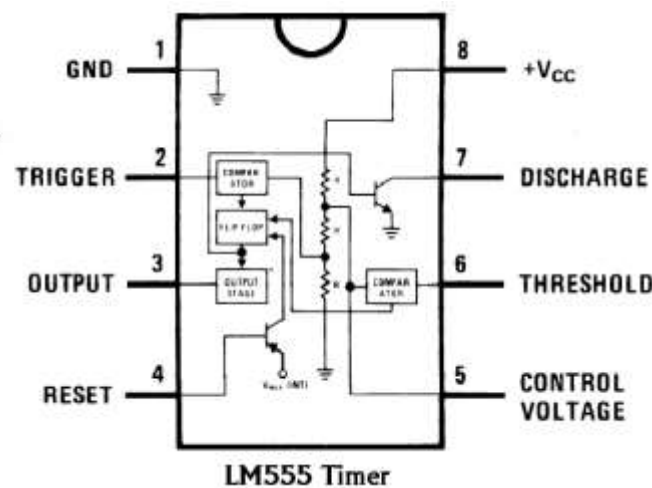
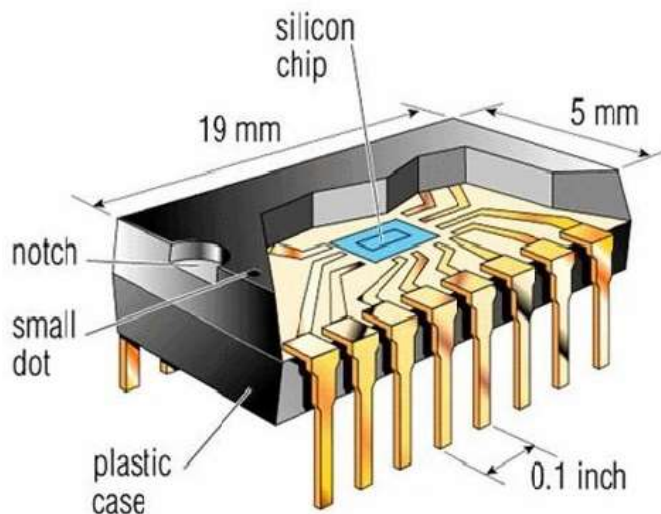


อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (สารกึ่งตัวนำ)



อินทิเกรตเซอร์กิต IC : Integrated Circuit

เป็นวงจรรวมอิเล็กทรอนิกส์ ที่มีอุปกรณ์ต่อรวมกันอยู่ ประกอบด้วย ไดโอด (D) ทรานซิสเตอร์ (TR) และ ตัวต้านทาน (R)

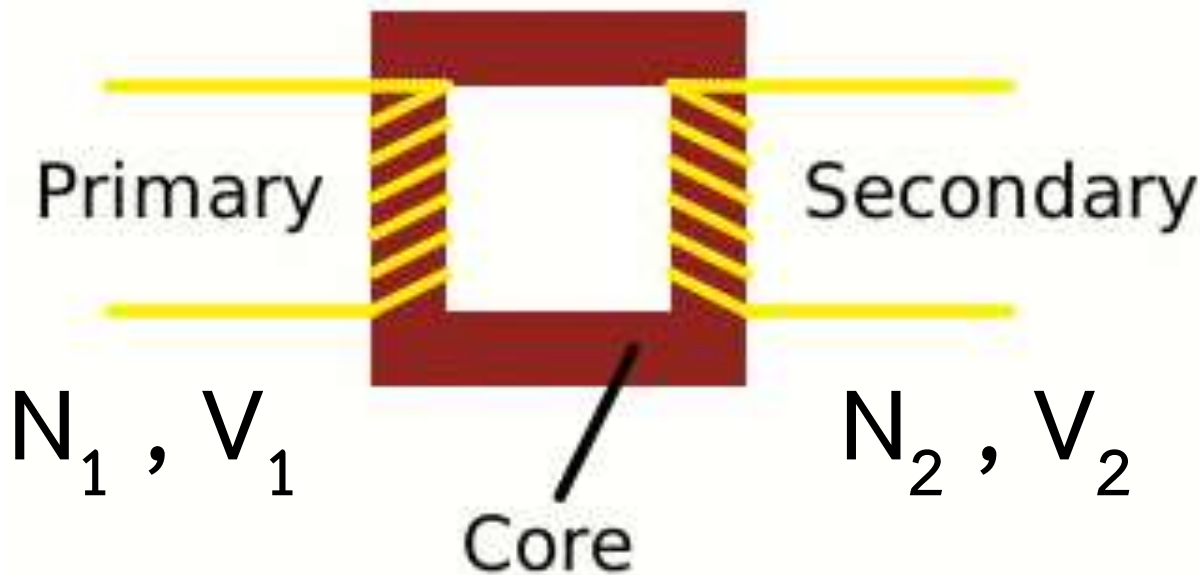


นิยมใช้เป็นส่วนประกอบของ แอมพลิไฟเออร์ (Amplifier)

หม้อแปลงไฟฟ้า (transformer)

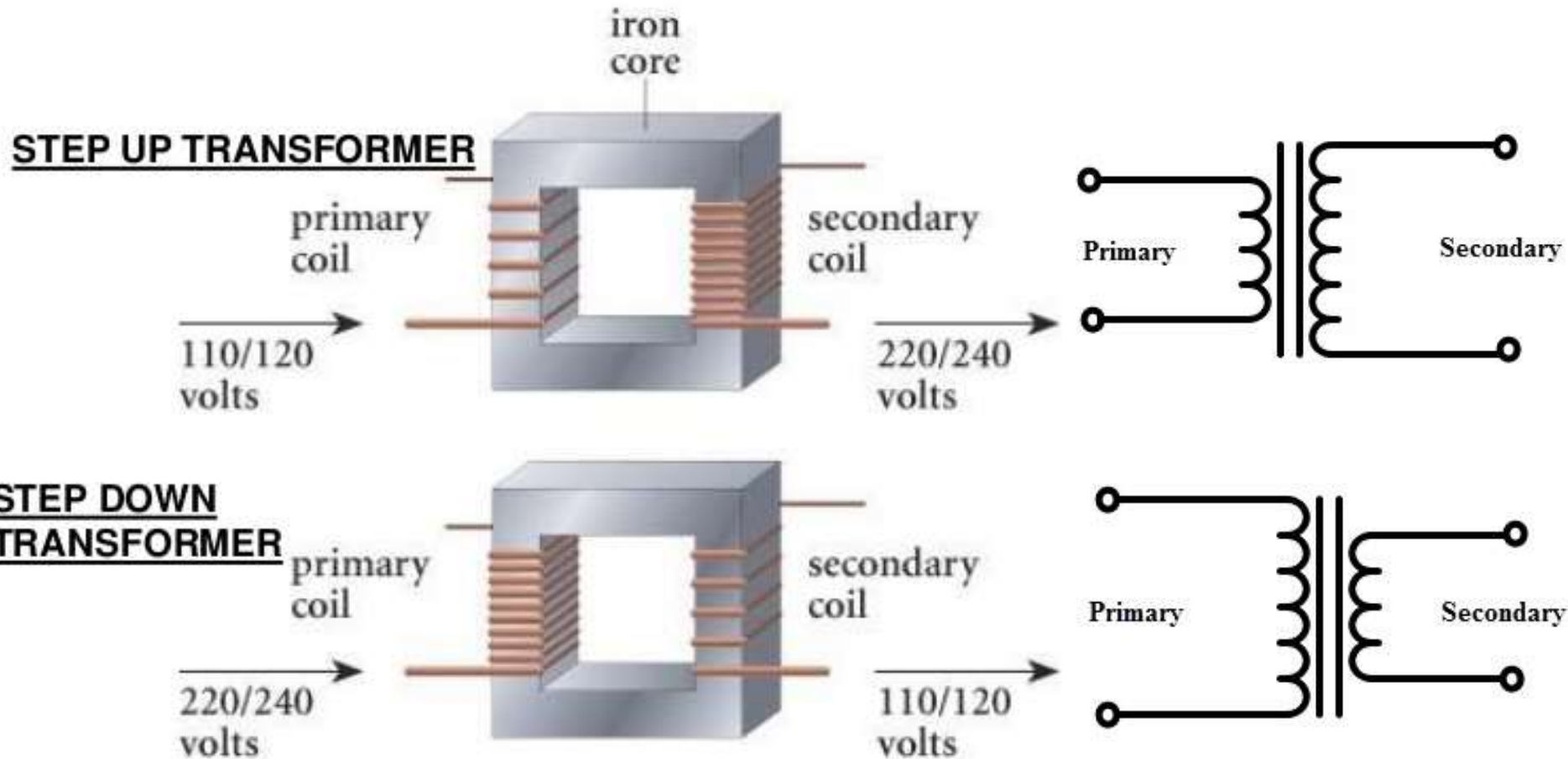


เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับส่งผ่านพลังงานไฟฟ้า สามารถ
เปลี่ยนขนาดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ

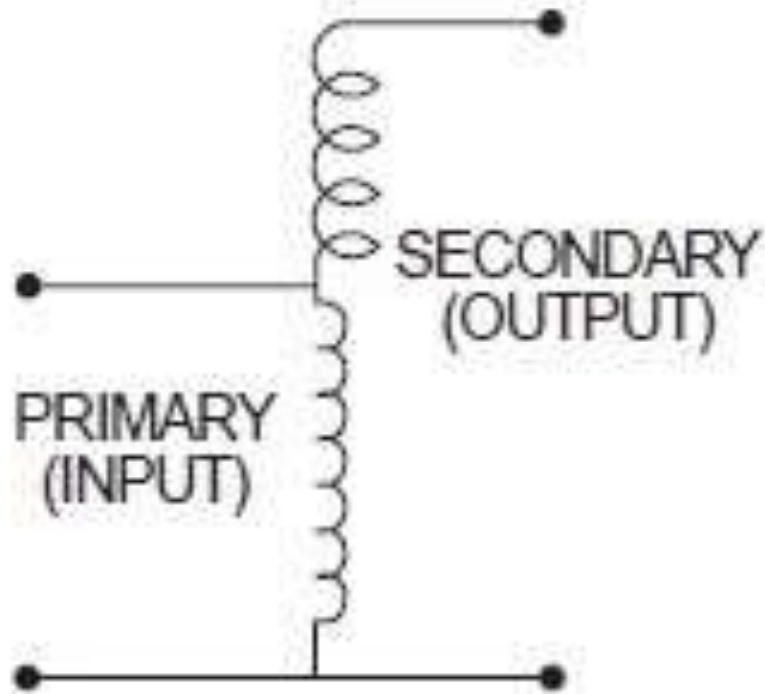


$$\begin{aligned} N_1 : N_2 \\ = \\ V_1 : V_2 \end{aligned}$$

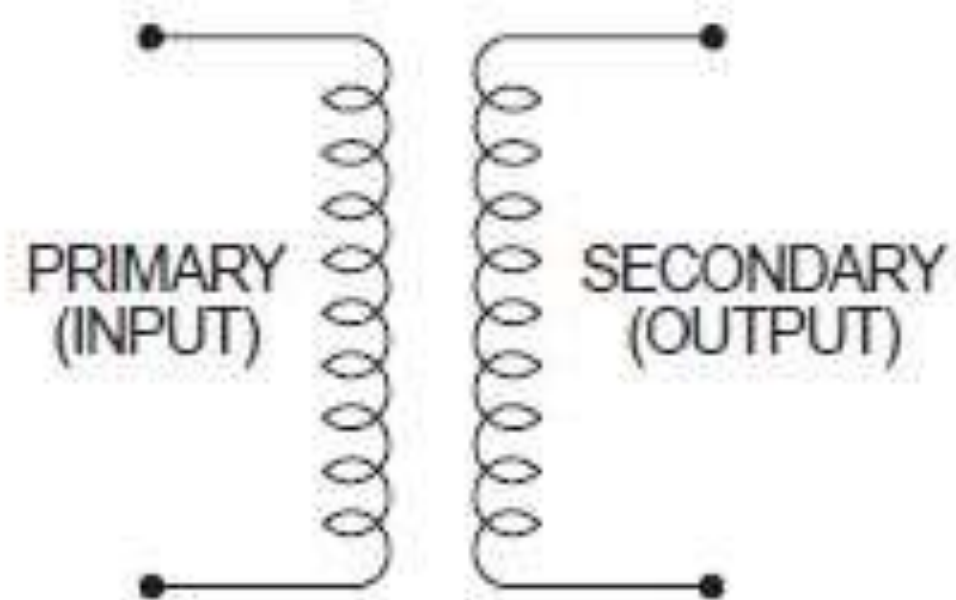
หม้อแปลงไฟฟ้า (transformer)



หม้อแปลงไฟฟ้า (transformer)



AUTOTRANSFORMER



ISOLATION
TRANSFORMER
(ALSO CALLED
"INSULATING TRANSFORMER")



เครื่อง



เครื่องวิทยุคมนาคมและอุปกรณ์

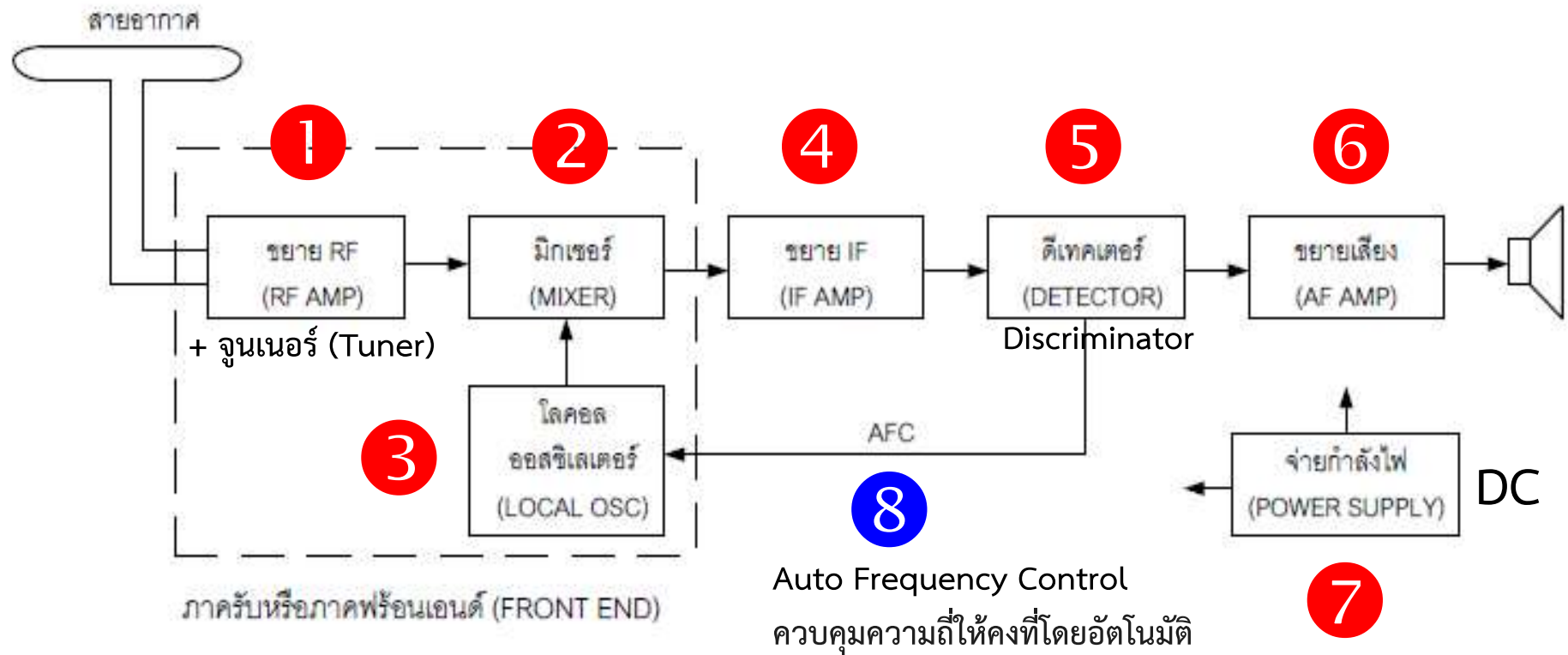
1. เครื่องวิทยุคมนาคม (Transceiver)
2. สายอากาศ (Antenna)
3. สายนำสัญญาณ (Signal cable)
4. แหล่งจ่ายไฟฟ้า (Power Supply)



บล็อกไดอะแกรมเครื่องวิทยุคมนาคม Superheterodyne

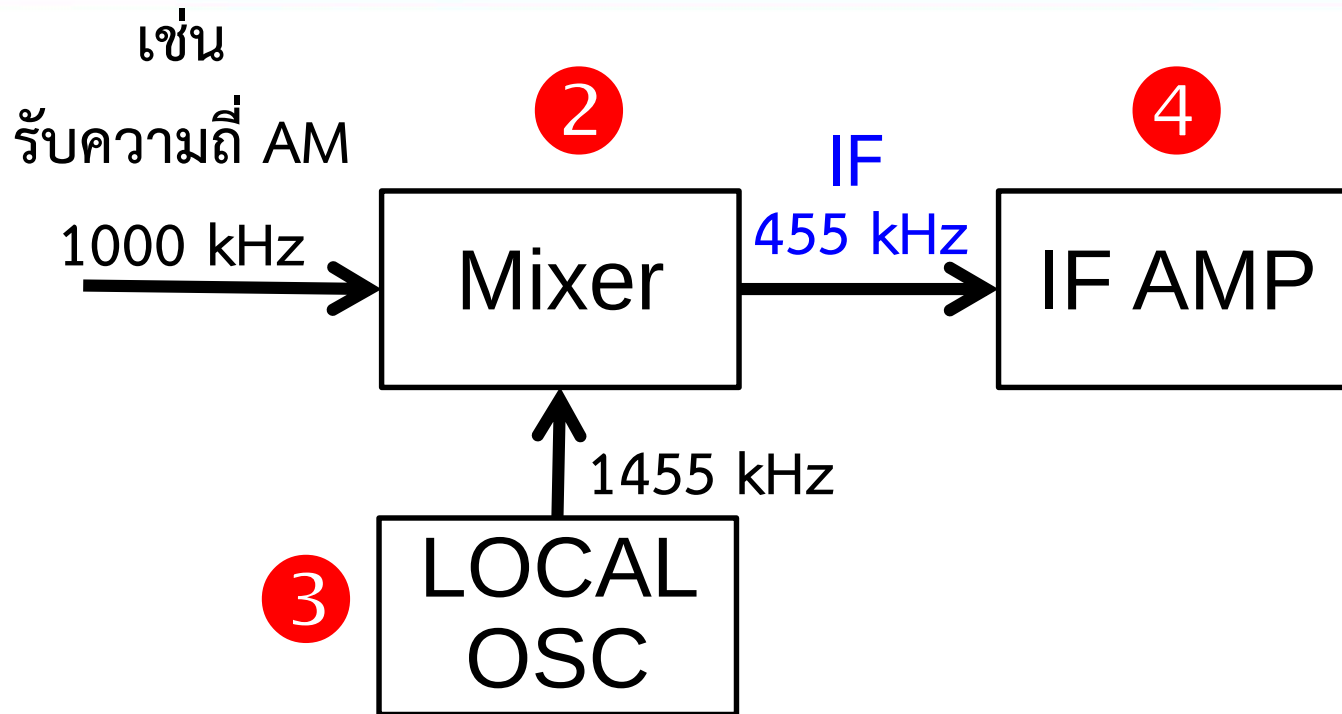


เครื่องรับวิทยุ Superheterodyne พัฒนาให้ดีกว่าเครื่องรับวิทยุแบบเลือกรับความถี่ TRF (Tuned Radio Frequency) โดยเพิ่มภาค IF (Intermediate frequency) ทำให้มีความสามารถในการแยกสถานีได้ดีกว่า





ความถี่ไอเอฟ (IF : Intermediate frequency)



ความถี่ IF ที่นิยม

Superheterodyne FM : IF = 10.7 MHz

Superheterodyne AM : IF = 455 kHz

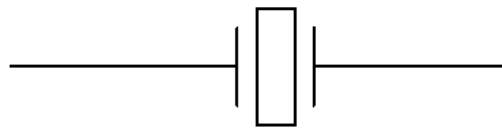
วงจรอาร์เอฟออสซิลเลเตอร์ (RF Oscillator)



แร่บังคับความถี่ ในวงจรอาร์เอฟออสซิลเลเตอร์ (RF Oscillator)

ให้กำเนิดความถี่เฉพาะค่าหนึ่งเมื่อได้รับพลังงานไฟฟ้า

ใช้ในเครื่องวิทยุฯ แบบสังเคราะห์ความถี่ (Synthesizer) สามารถเปลี่ยนแปลงได้หลายความถี่ตามการใช้งาน



ความถี่จากวงจรออสซิลเลเตอร์ (Oscillator) ของเครื่องส่ง FM ถูกทำให้สูงขึ้นเพื่อออกอากาศโดยใช้ วงจร Frequency Multiplier

ภาคขยายสัญญาณวิทยุ ในเครื่องส่ง



RF Power Amplifier เป็นเครื่องขยายสัญญาณความถี่วิทยุให้แรง
ตามต้องการก่อนส่งออกอากาศ

Linear Amplifier ทำหน้าที่ เพิ่มกำลังส่งให้สูงขึ้น

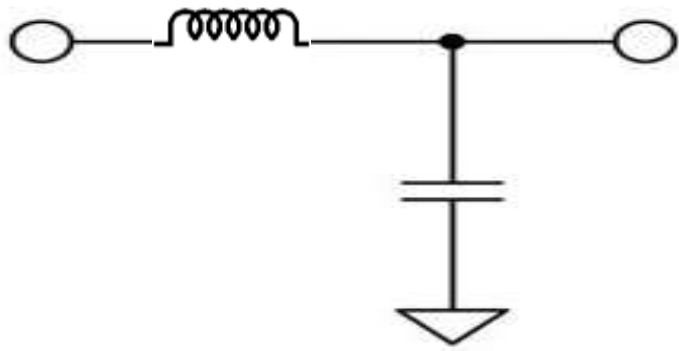


RF Booster 1 Watt



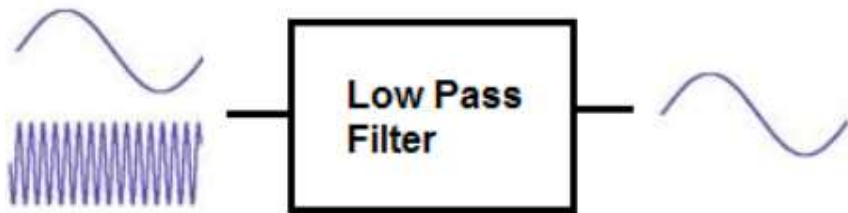


วงจรกรองความถี่วิทยุ (Filter) R-L-C



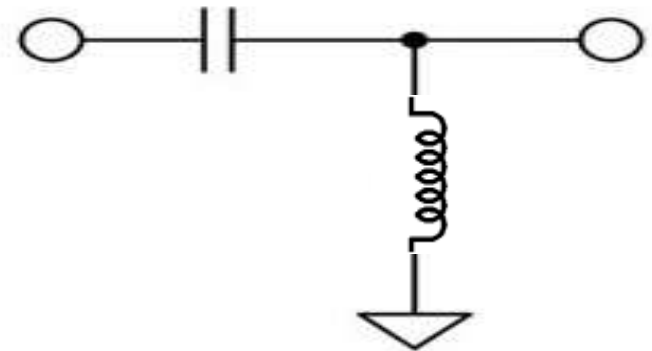
(A)
LOWPASS

วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน
(Low Pass Filter)



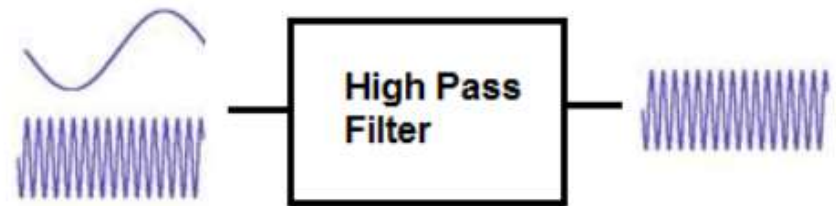
ใช้ในภาค Power Supply ด้วย

นสทช. | โทรคมนาคม



(B)
HIGHPASS

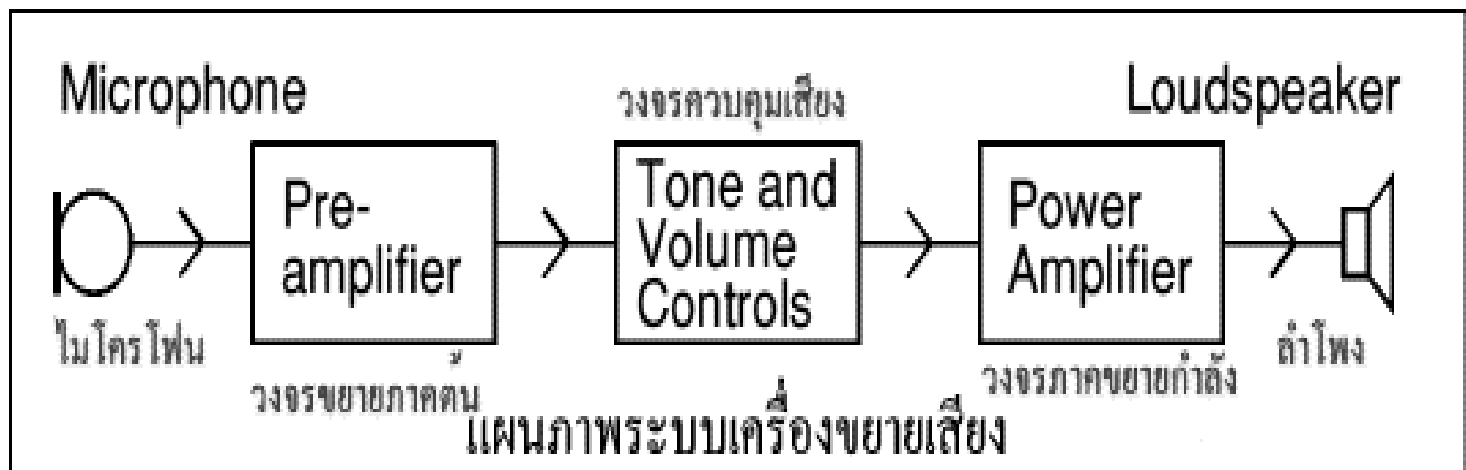
วงจรกรองความถี่สูงผ่าน
(High Pass Filter)



ไมโครโฟน (Microphone)



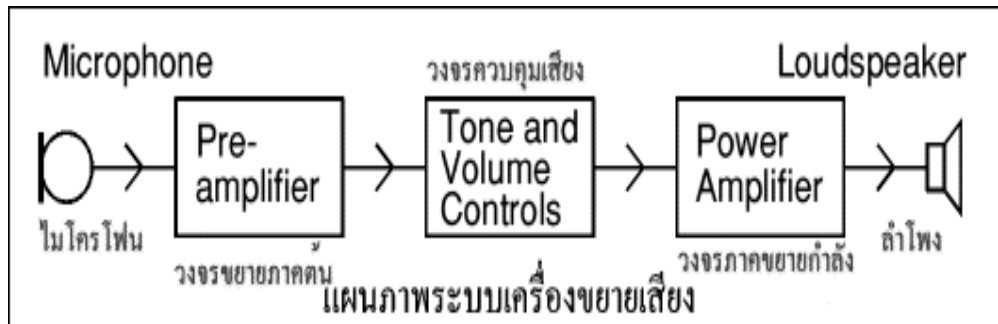
แปลงสัญญาณเสียงเป็นสัญญาณไฟฟ้า



ลำโพง (Speaker)



แปลงสัญญาณไฟฟ้าเป็นสัญญาณเสียง



1. ลำโพง ชนิดเสียงแหลม ทวีตเตอร์ (TWEETER)
2. ลำโพง ชนิดเสียงกลาง มิดเรนจ์ (MIDRANGE)
3. ลำโพง ชนิดเสียงทุ้ม วูฟเฟอร์ (WOOFER)



สายอากาศ (Antenna) สัญญาไฟฟ้า <-> คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (ความถี่วิทยุ)

1. แบบรอบตัว (Omni-directional)

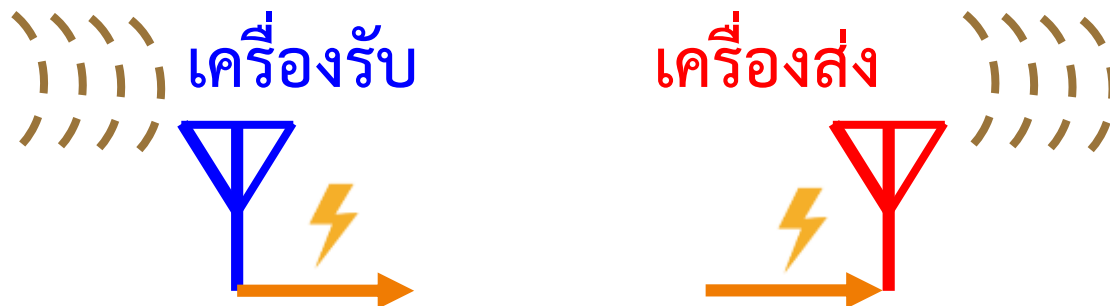
แพร่กระจายขนานกับพื้นโลกทุกทิศทาง

เช่น Whip, Telescopic, Quarter Wave Ground Plane

2. แบบบังคับทิศทาง (Directional)

แพร่กระจายได้ดีในทิศทางที่กำหนด

เช่น Dipole, Log-Periodic, Yagi-Uda





สายอากาศแบบ วิป(Whip) เทเลสโคปิก (Telescopic)



Whip



Telescopic

สายอากาศแบบชัก



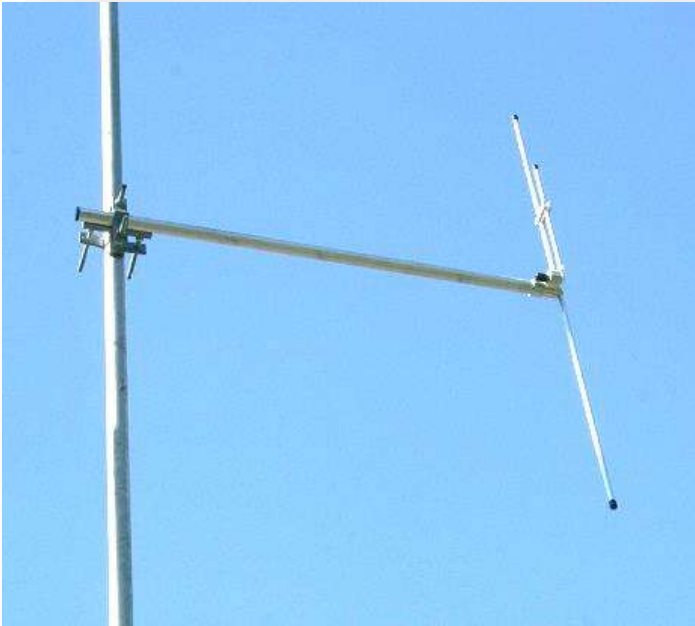
สายอากาศแบบ Quarter Wave Ground Plane



Quarter Wave Ground Plane



สายอากาศแบบ ไดโพล (Dipole)



Dipole



Folded Dipole



สายอากาศแบบ Log-periodic



Log-periodic

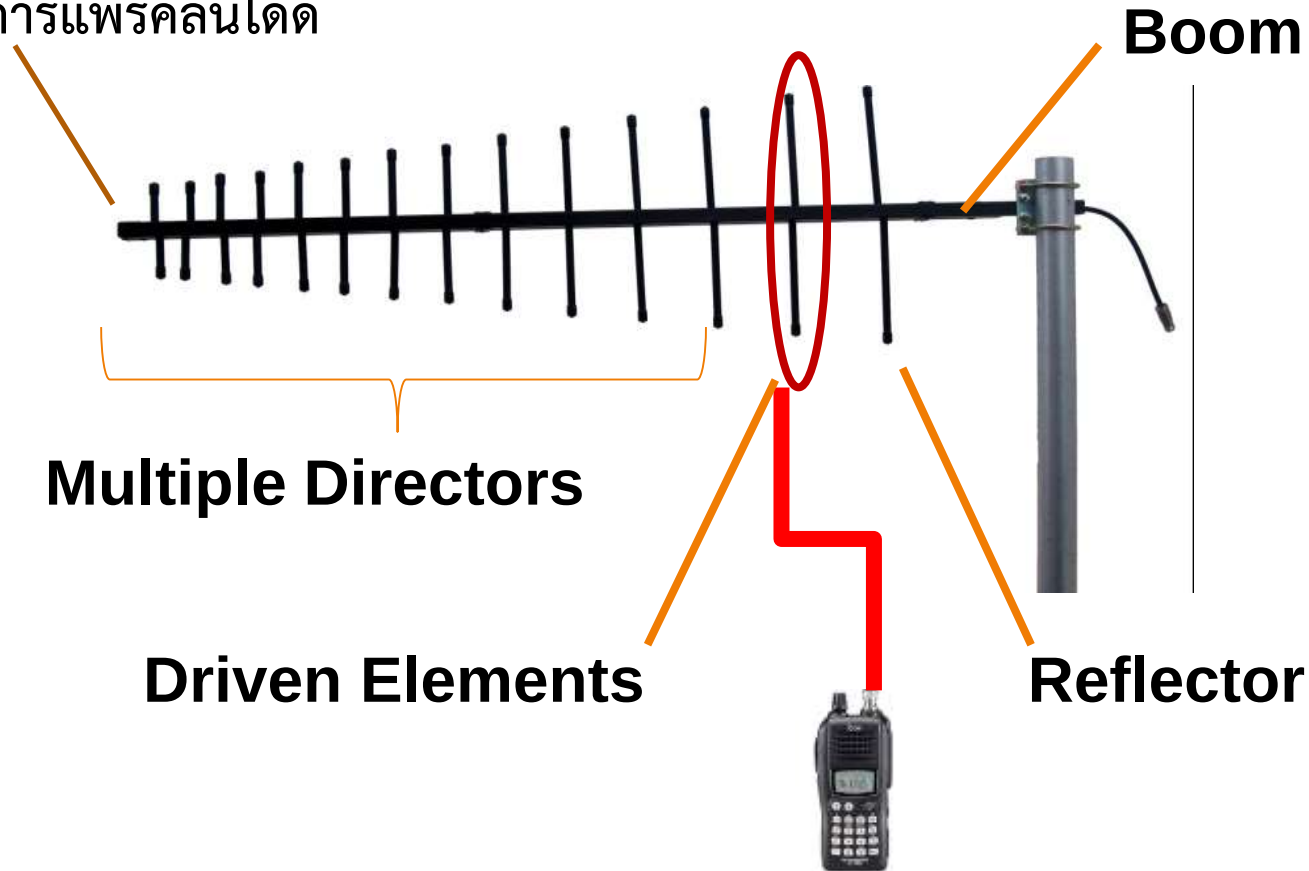


สายอากาศแบบยาก็ อุตะ (Yagi-Uda Antenna)

ทิศทางการแพร่ของสายอากาศ
←

Maximum radiation

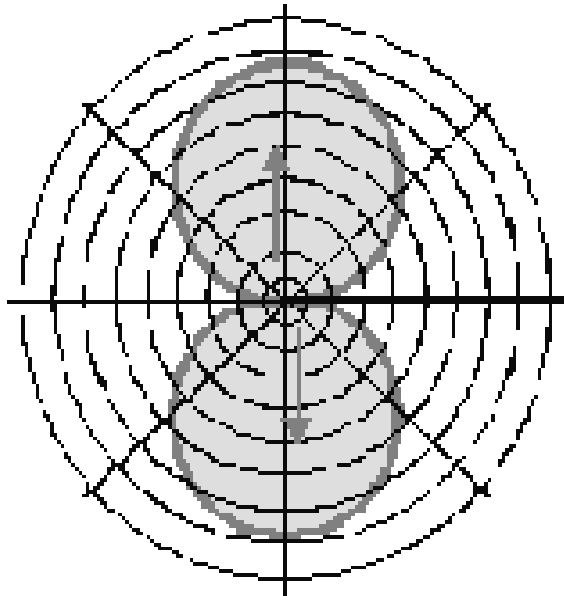
ทิศทางการแพร่คลื่นได้ดี



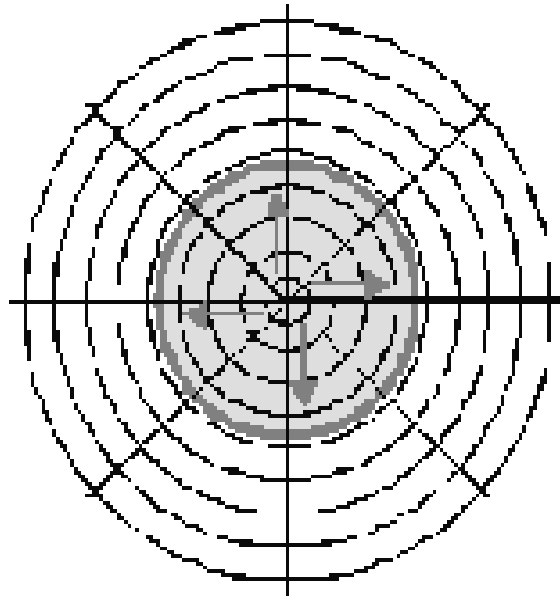
เรดิเอชัน แพทเทิร์น (Radiation Pattern)



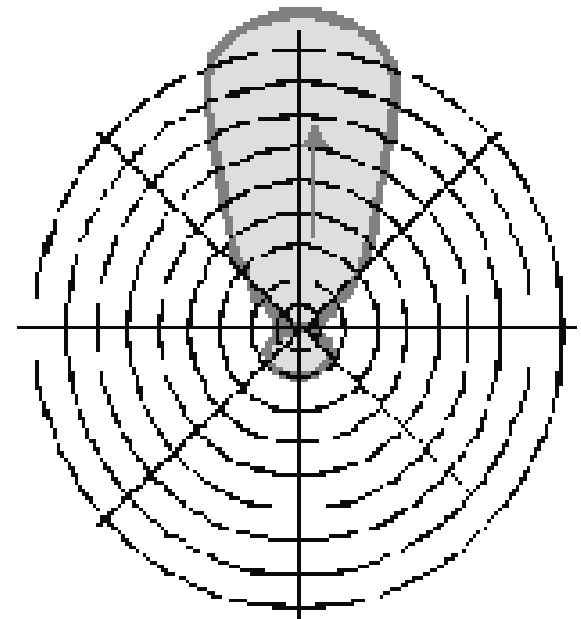
แบบรูปการแพร่กระจายคลื่นของสายอากาศ



**Dipole
Antenna**



**Whip
Antenna**



**Yagi-Uda
Antenna**



ความกว้างของแถบความถี่ (Frequency Bandwidth)

ย่านความถี่ ซึ่งสายอากาศถูกออกแบบให้สามารถทำงานได้ดีที่สุด

ตัวอย่าง: Folded Dipole Antenna

ส่งคลื่นความถี่ในช่วง 380 ถึง 470 MHz

$\text{Bandwidth} = 470 - 380 = 90 \text{ MHz}$



เรดิเอชัน รีซิสแตนซ์ (Radiation Resistance)



พลังงานที่เราป้อนเข้าสายอากาศจากเครื่องส่งวิทยุ พบว่าถูกนำไปใช้ 2 อย่าง คือ

- การสูญเสียเป็นความร้อนภายในลวดตัวนำ
- การแพร่กระจายคลื่นวิทยุออกอากาศ

กรณีของการสูญเสียความร้อน ค่า R เป็นค่าความต้านทานจริง

กรณีของการแพร่กระจายคลื่นวิทยุ ค่า R เป็นค่าความต้านทานสมมุติที่อาจแทนด้วยตัวต้านทานที่มีค่าเท่ากันได้ เราเรียกความต้านทานนี้ว่า

ความต้านทาน การแพร่คลื่น (radiation resistance)

Yagi = 300 Ohm

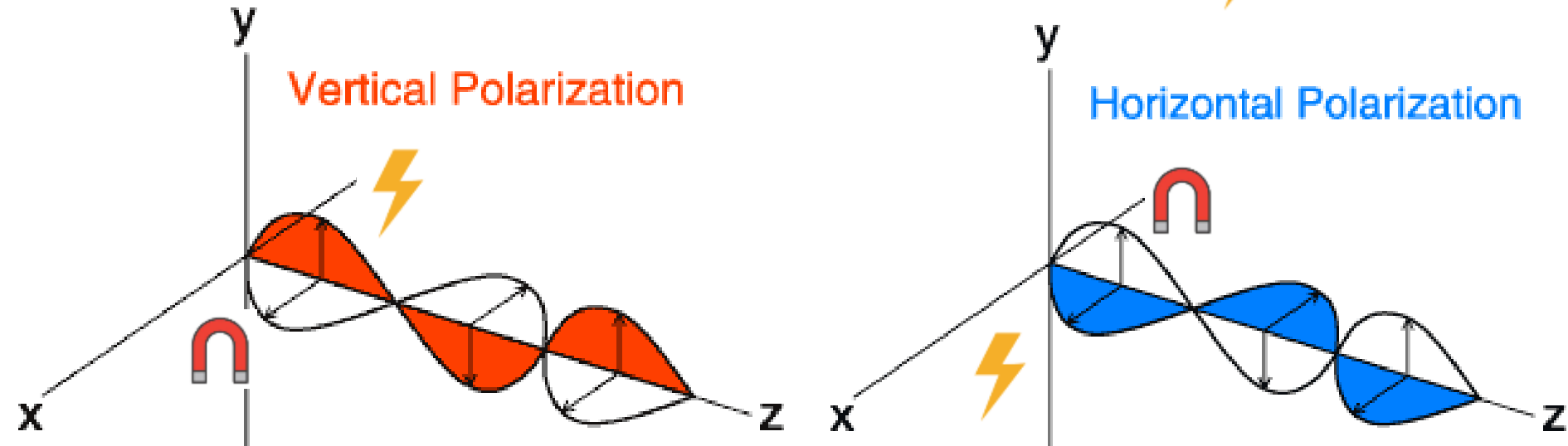
Half Wave Dipole = 73 Ohm

Quarter Wave Ground Plane = 36 Ohm

โพลาไรเซชัน



พิจารณาทิศทางโพลาไรเซชัน จาก ทิศทางสนามไฟฟ้า ⚡ กับพื้นโลก



Vertical Polarization

ทิศทางสนามไฟฟ้า แนวตั้งกับพื้นโลก

Horizontal Polarization

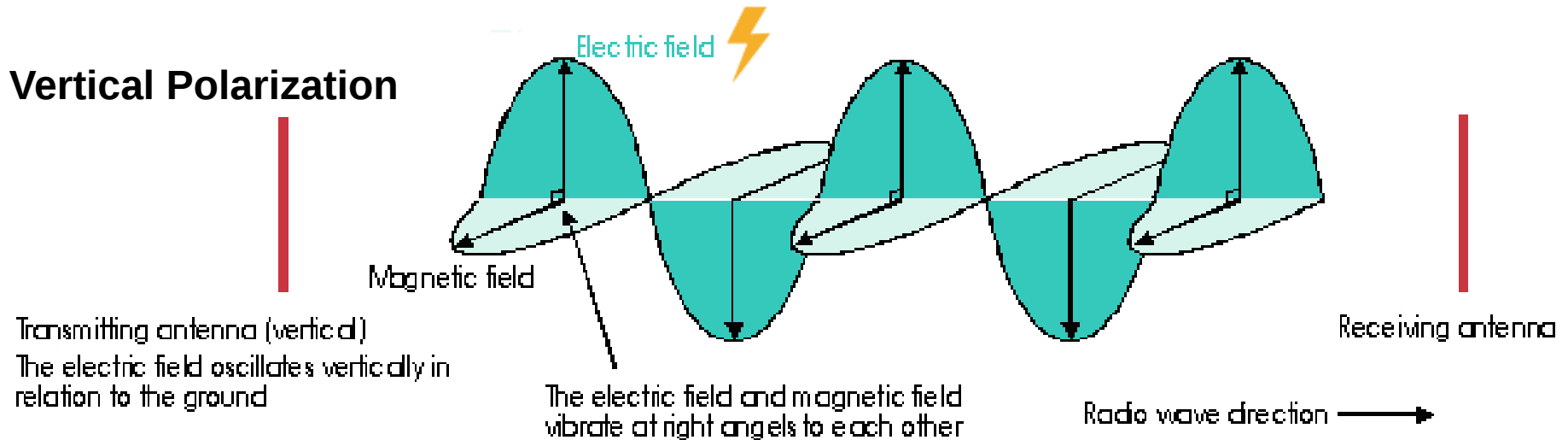
ทิศทางสนามไฟฟ้า แนวขนานกับพื้นโลก

โพลาไรเซชัน

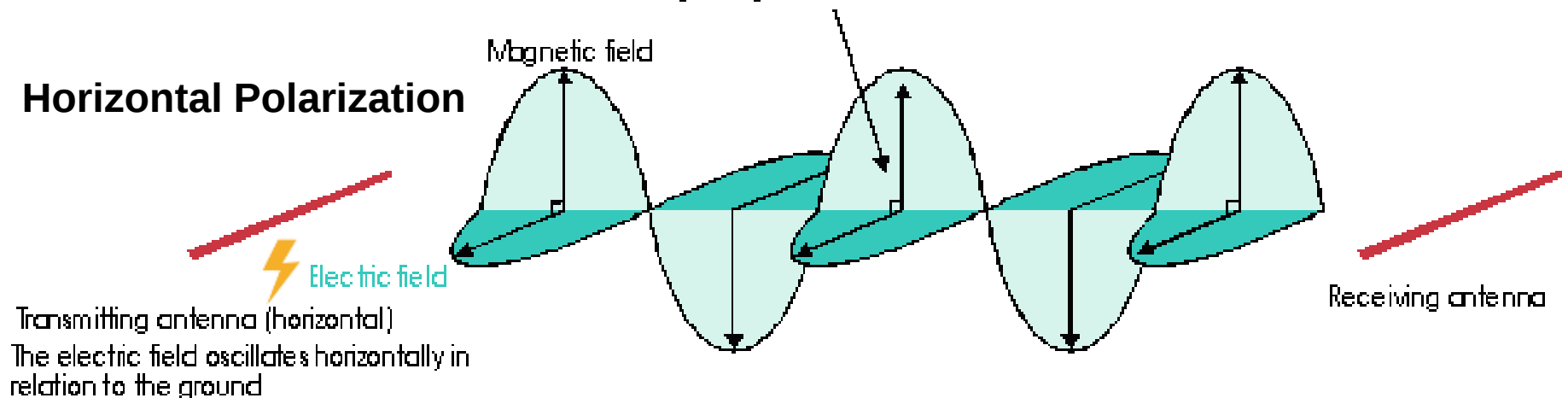


สายอากาศส่ง/สายอากาศรับ ควรวางให้ขนานกัน จึงจะได้คลื่นที่แรง

Vertical Polarization



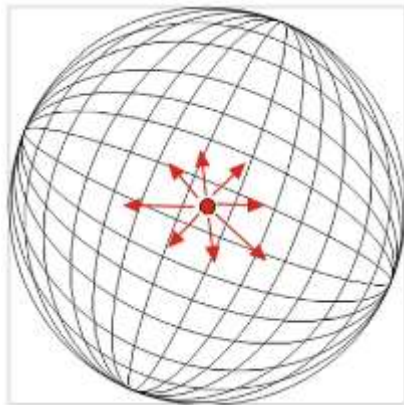
Horizontal Polarization



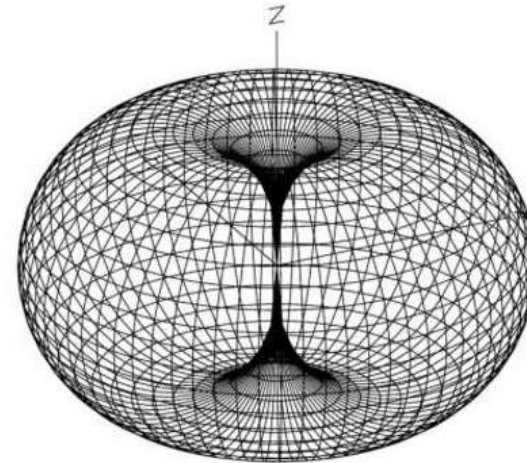


อัตราการขยายของสายอากาศ (Gain)

Gain คือ อัตราส่วน กำลังสัญญาณที่สายอากาศรับ-ส่งได้
เทียบกับ กำลังสัญญาณสายอากาศมาตรฐาน ณ ตำแหน่งเดียวกัน
มีหน่วยวัดเป็น เดซิเบล [dB] สองแบบคือ dBi กับ dBd



isotropic antenna

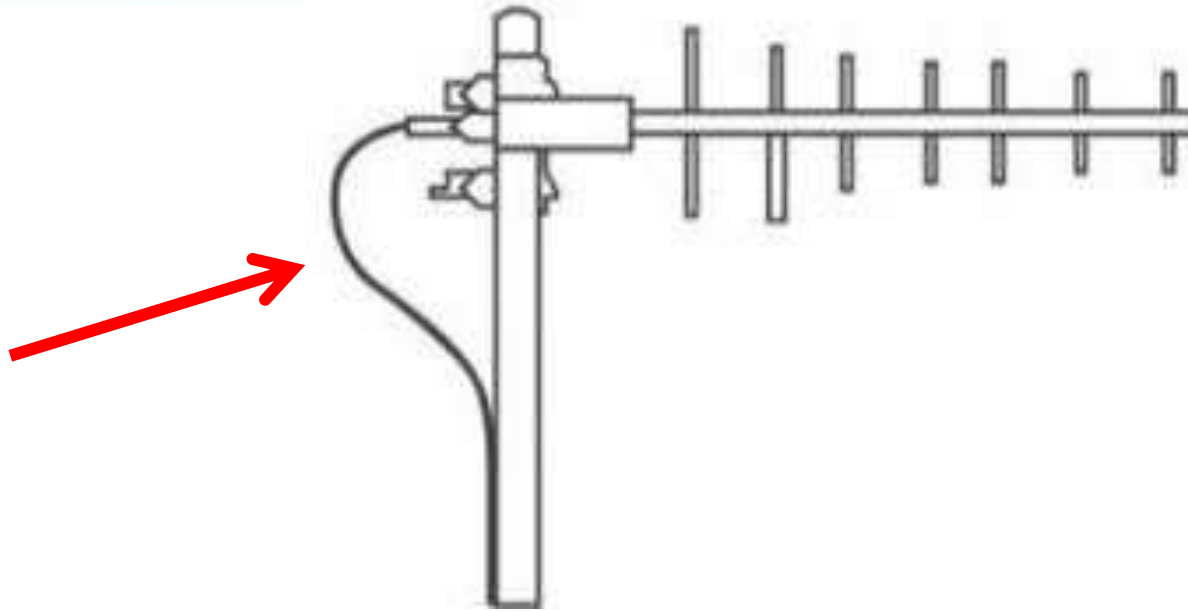


dipole antenna

สายอากาศที่ Gain ดีกว่า จะสามารถส่งคลื่นไปในทิศทางที่กำหนดได้แรงกว่า
เมื่อกำลังส่งเท่ากัน



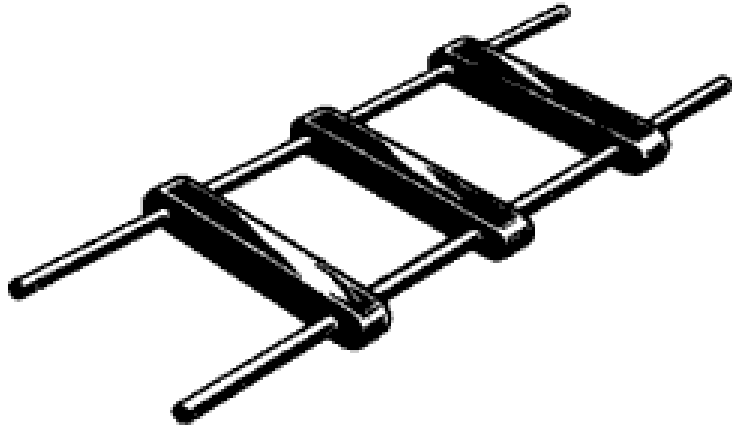
สายนำสัญญาณ (Transmission Line)



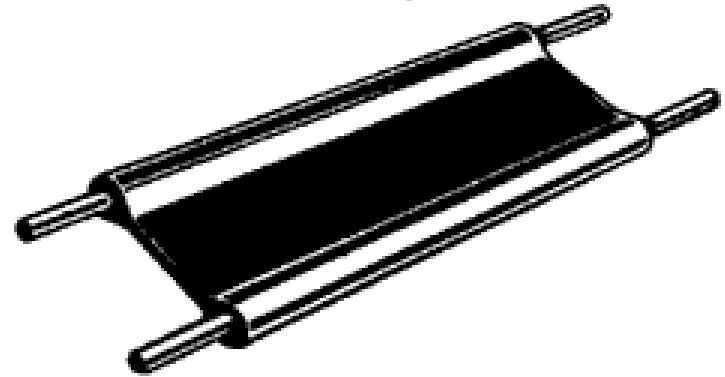
สายนำสัญญาณทุกชนิดจะมีค่าอิมพีแดนซ์ประจำตัว (Characteristic Impedance) ของสายนำสัญญาณขึ้นอยู่กับขนาดของสายและลักษณะของสายนำสัญญาณ (ไม่ขึ้นกับความยาวของสาย)
สายนำสัญญาณที่ดี ต้องมีการลดทอนกำลังสัญญาณวิทยุต่ำ



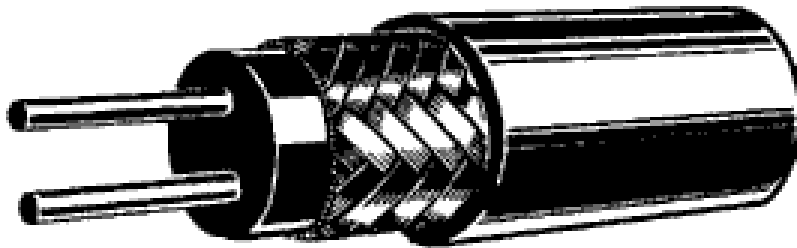
สายนำสัญญาณ (Transmission Line)



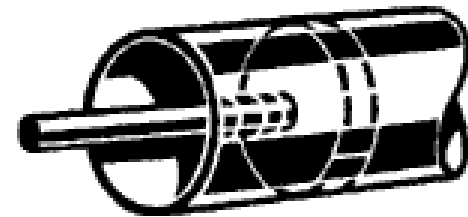
สายนำสัญญาณแบบเปิด (Open wire)



สายทวินลีด (Twin lead)



สายคู่หุ้มด้วยฉนวน (Shielded pairs)

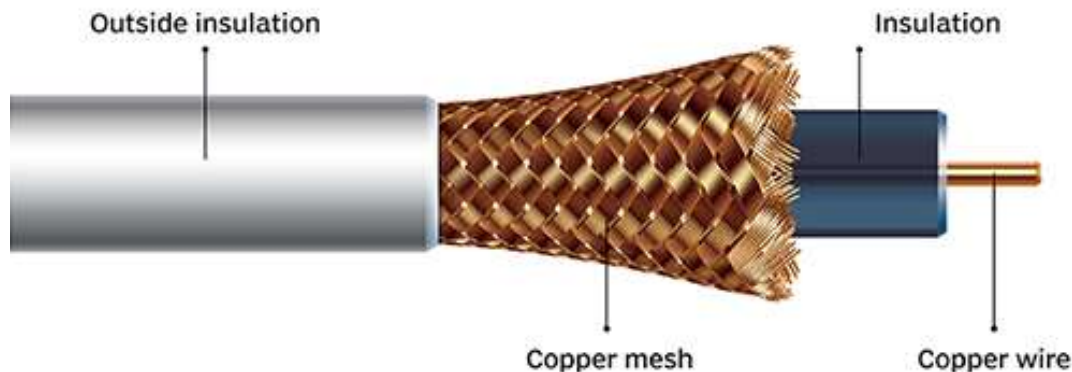


สายแกนร่วมหรือสายโคแอกเชียล
(Coaxial Cable)

สายนำสัญญาณโคแอกเชียล (Coaxial Transmission Line)



Coaxial cable

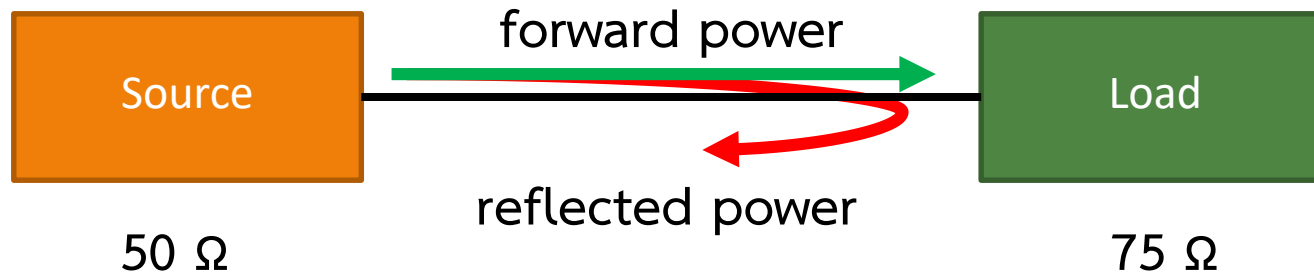


มีชีลด์ป้องกันสัญญาณรบกวนจากภายนอก
มาตรฐานค่าอิมพีแดนซ์ประจำตัว* ทั่วไป

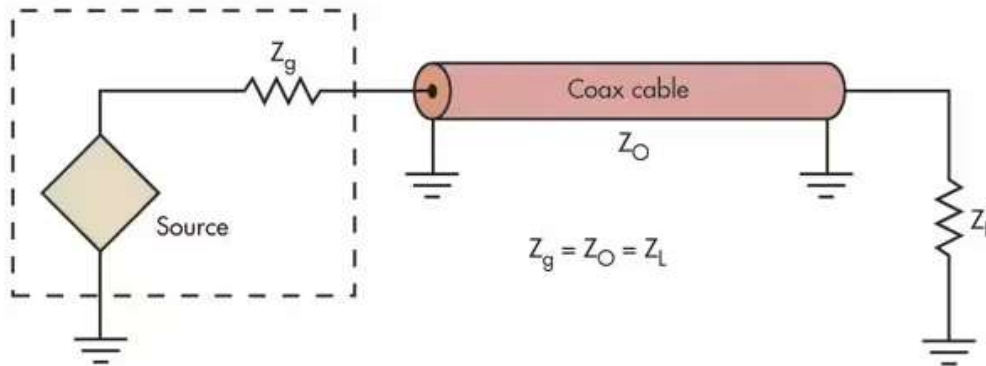
- รับ อย่างเดียว (TV) = 75 หรือ 300 โอห์ม (Ω)
- **รับ - ส่ง (วิทยุสมัครเล่น) = 50 โอห์ม (Ω)** 



การแมตซิ่ง (Matching) และ SWR



การแมตซิ่ง (MATCHING) คือ การปรับอิมพีแดนซ์ของสายนำสัญญาณ สายอากาศ กับ อิมพีแดนซ์ทางออกของเครื่องรับ-ส่ง ให้เท่ากัน



ถ้าแมตซิ่งดี

กำลังคลื่นที่ส่งออกไปจากสายอากาศสูง

กำลังคลื่นที่สะท้อนกลับมายังเครื่องส่งต่ำ

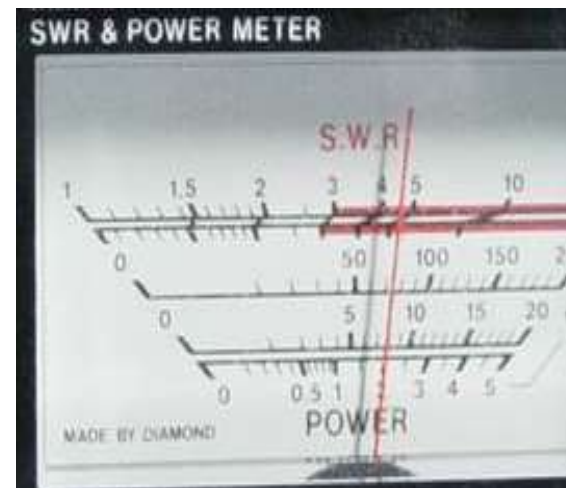


การแมตซิง (Matching) และ SWR

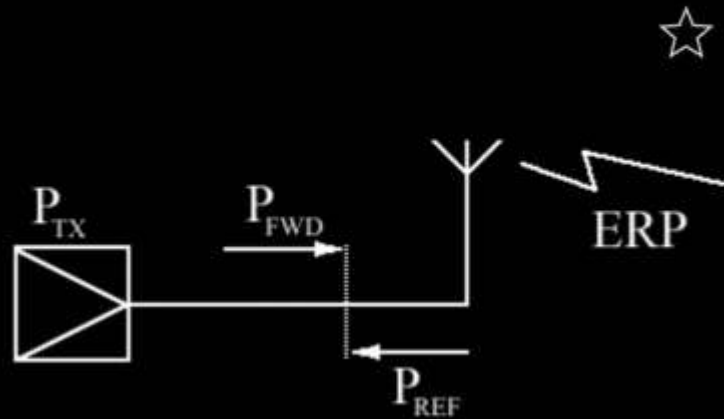
ค่า SWR (Standing Wave Ratio) หรือ VSWR (Voltage Standing Wave Ratio)

ค่าแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังของคลื่นวิทยุที่ออกไปจากสายอากาศส่ง กับ
กำลังคลื่นวิทยุที่สะท้อนกลับเข้ามา

การแมตซิง (Matching) จะทำให้ SWR มีค่าเท่ากับ 1:1 และสามารถส่งกำลังได้ดีที่สุด



RADIATED POWER



ERP = Effective Radiated Power

Enter at least VSWR value

VSWR : 1
Transmitter power (Ptx) W

CE

=

Forward power % = 88.89 %

Reflected power % = 11.11 %

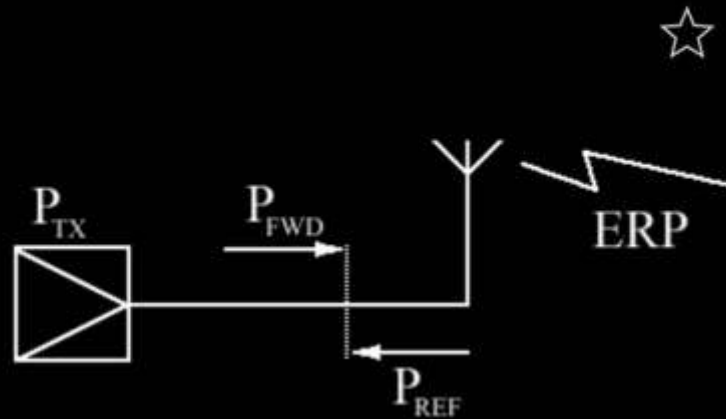
VSWR 2:1

FW Power 88.89%



RF Calculator

RADIATED POWER



ERP = Effective Radiated Power

Enter at least VSWR value

VSWR : 1

Transmitter power (Ptx) W

CE

=

Forward power % =

Reflected power % =

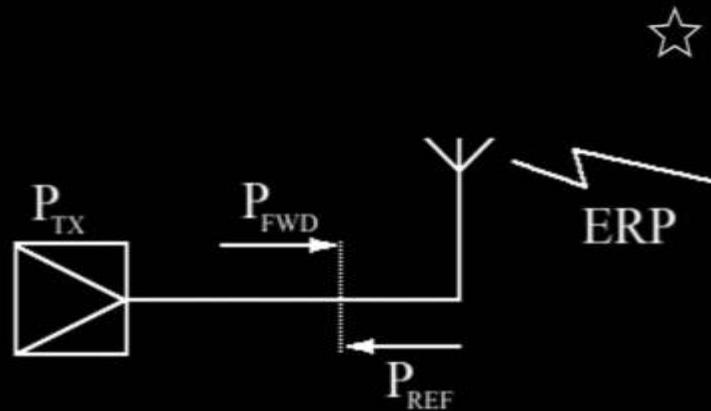
VSWR
1.5:1

FW Power
96 %



RF Calculator

RADIATED POWER



ERP = Effective Radiated Power

Enter at least VSWR value

VSWR : 1

Transmitter power (Ptx) W

CE

=

Forward power % =

Reflected power % =

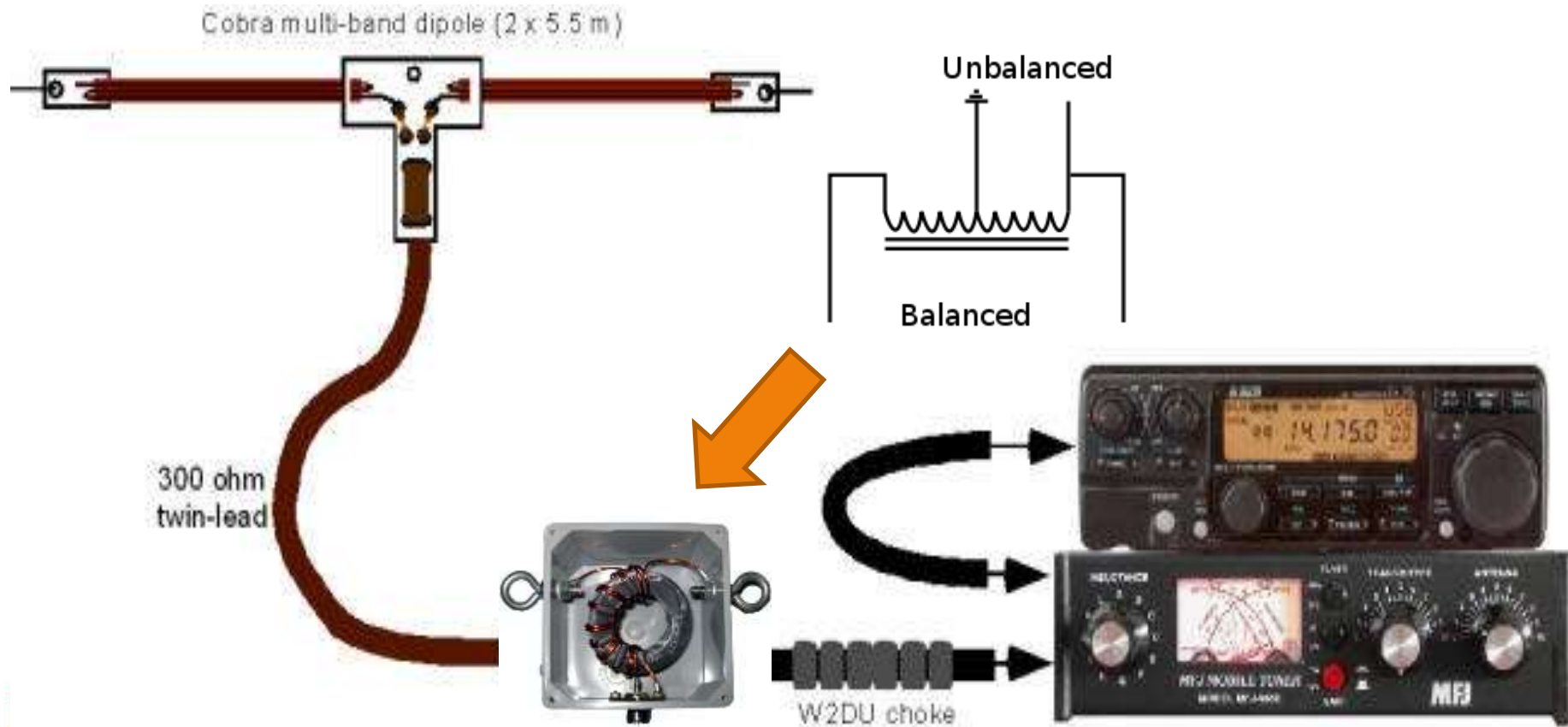
VSWR
1:1

FW Power
100 %

หม้อแปลงบาลัน Balun (Balanced-Unbalanced)



เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ทำหน้าที่แปลง impedance ระหว่าง การสมดุลกับไม่สมดุล ของ สายอากาศ และ สายนำสัญญาณ ให้เหมาะสมกันเท่ากัน



ชนิด passive (ไม่มีการขยายสัญญาณ ไม่ต้องการไฟเลี้ยง)

เซลล์ไฟฟ้า (Electric Cell)



เปลี่ยนจากพลังงานเคมี เป็นพลังงานไฟฟ้า



เซลล์ปฐมภูมิ (Primary Cell) ไม่สามารถนำกลับมาประจุไฟใหม่ได้

เช่น ถ่านไฟฉายแบบอัลคาไลน์ 1.5 V ถ่านไฟฉายแบบสังกะสี-ถ่าน 1.5 V,



เซลล์ทุติยภูมิ (Secondary Cell) สามารถนำกลับมาประจุไฟใหม่ได้ (Rechargeable)

เช่น แบตเตอรี่แบบนิกเกิล-แคดเมียม 1.2 V , แบตเตอรี่รถยนต์แบบตะกั่ว-กรด 2 V



ความจุแบตเตอรี่



ความจุ : mAh (milli Ampere hours) หรือ Ah (Ampere hours)

กระแสไฟฟ้า x เวลา

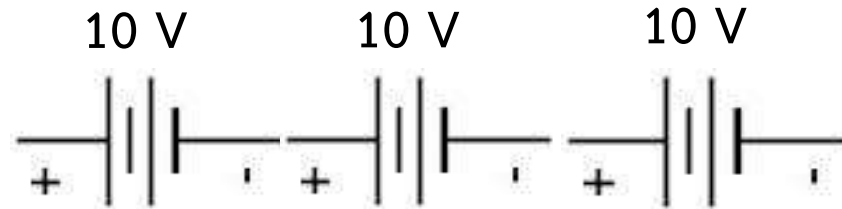
แบตเตอรี่ความจุ 500 mAh จ่ายกระแส 100 mA ได้กี่ชั่วโมง?

$$500 \text{ mAh} = 100 \text{ mA} \times \underline{5 \text{ hours}}$$

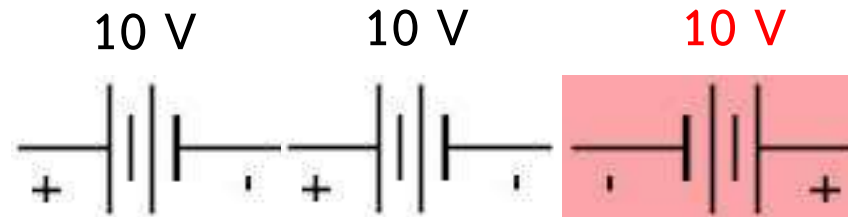
แบตเตอรี่ที่จ่ายกระแส 150 mA ได้เป็นเวลา 3 ชั่วโมงทั้งหมด มีความจุเท่าไร?

$$150 \text{ mA} \times 3 \text{ hours} = \underline{450 \text{ mAh}}$$

แบตเตอรี่ (Battery)



(แบตเตอรี่ต่ออนุกรมกันเพิ่มแรงดันไฟฟ้า) $10+10+10 = 30V$



ระวังอย่าต่อข้ามผิด! $10+10-10 = 10V$

เครื่องรับ-ส่งวิทยุ ถ้าใช้แรงดันไฟฟ้าไม่เหมาะสม

จะทำให้เครื่องชำรุดเสียหาย ☠

แบตเตอรี่ (Battery)

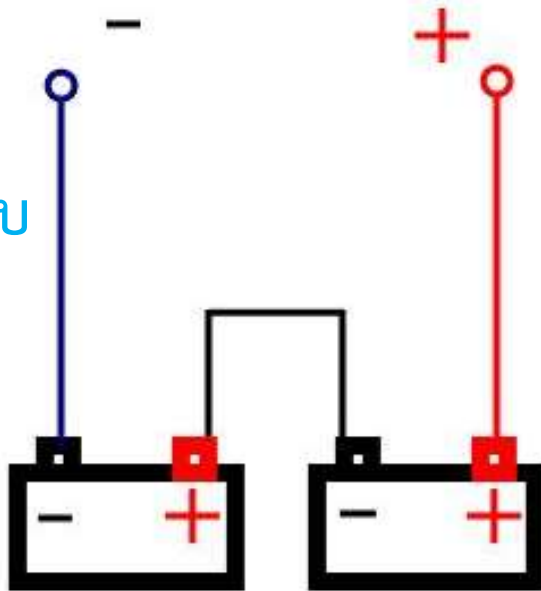


แบตเตอรี่ 12V 6A 2 ลูก

$$12V + 12V = 24V \ 6A$$

การต่อแบบอนุกรม

ขั้วบวกต่อขั้วลบ



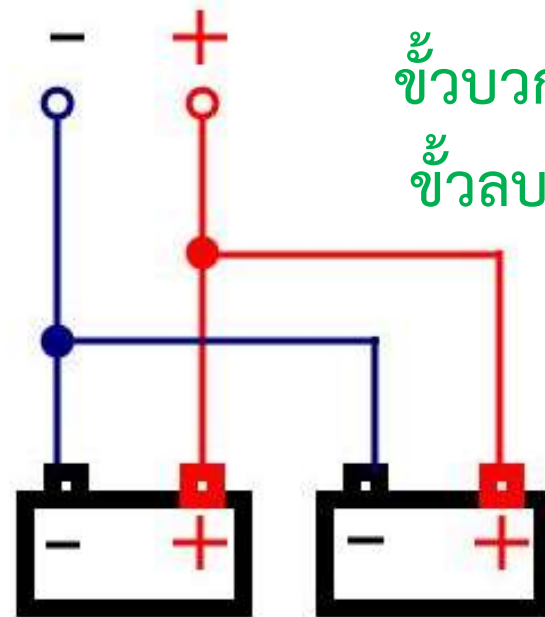
เพิ่มแรงดันV ความจุAเท่าเดิม

แบตเตอรี่ 12V 6A 2 ลูก

$$6A + 6A = 12A \ 12V$$

การต่อแบบขนาน

ขั้วบวกรวมกัน
ขั้วลบรวมกัน



เพิ่มความจุA แรงดันVเท่าเดิม

ทฤษฎี vs ปฏิบัติ



ทฤษฎี vs ปฏิบัติ



"... ความรู้ความเข้าใจที่ได้จากตำรากับที่ได้จากการปฏิบัตินั้น อาจไม่ตรงกันก็ได้ ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมและเหตุประกอบอีกหลายอย่าง ต่อเมื่อใดเราได้เรียนรู้และลงมือปฏิบัติครบทั้งสองอย่างแล้ว ความรู้อันแจ่มชัด ที่จะถือเป็นครูหรือเป็นแบบอย่างได้ จึงจะเกิดขึ้น ..."

ขอให้ถือว่าตำรากับการปฏิบัตินั้นเป็นสิ่งสำคัญทั้งคู่ เราต้องอาศัยตำราเป็นหลักปฏิบัติ และต้องอาศัยการปฏิบัติเป็นเครื่องสนับสนุนตำรา เพื่อให้การทำงานที่ทำสัมฤทธิ์ผลสมบูรณ์ และบรรลุประโยชน์ตามที่มุ่งหมายครบทุกสิ่ง ..."

พระบรมราโชวาทในพระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาภูมิพลอดุลยเดช รัชกาลที่ ๙

พิธีพระราชทานปริญญาบัตร มหาวิทยาลัยมหิดล ๒๘ กันยายน ๒๕๒๑



ขอให้โชคดีในการสอบครับ 😊