

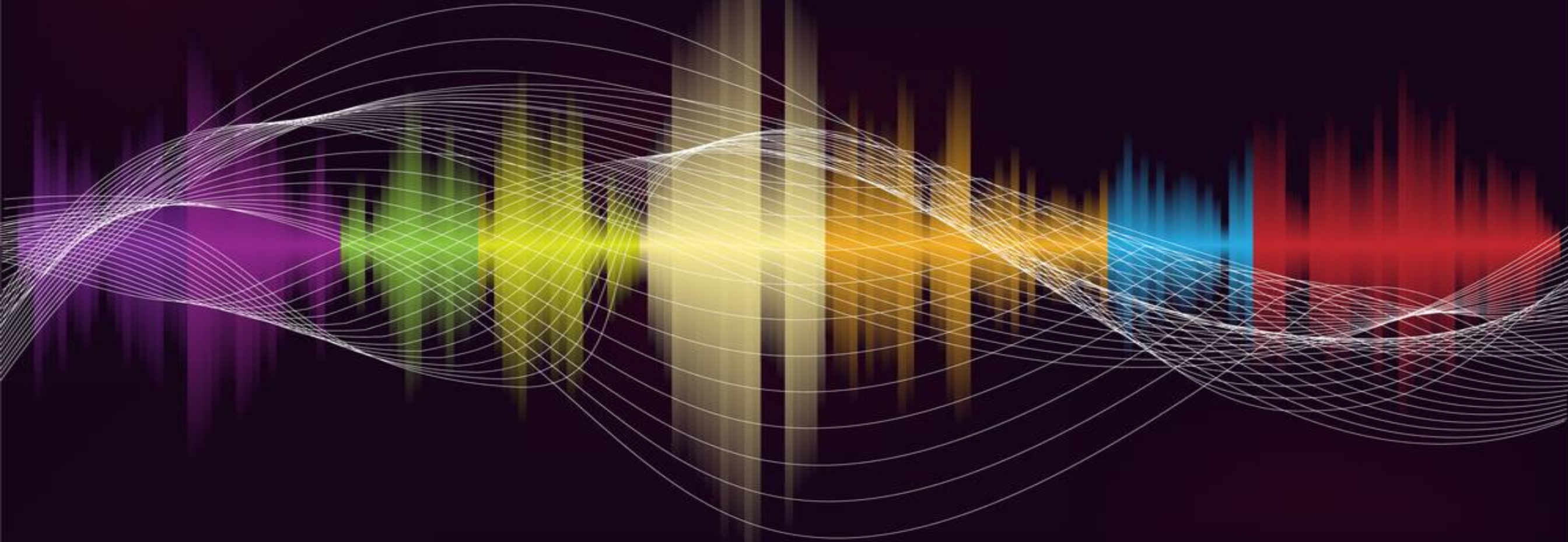
DIGINTO

The background features a series of white, wavy lines that create a sense of motion and depth. These lines are overlaid on a horizontal rainbow spectrum that transitions from purple on the left to red on the right. The overall effect is a dynamic, digital aesthetic.

Digital kommunikationsteknik

Gonzalo Rivera ©

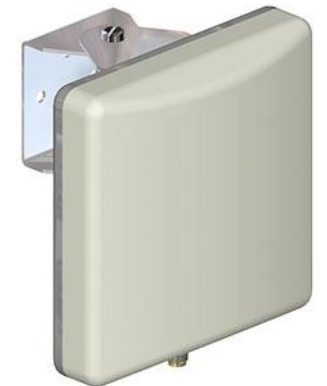
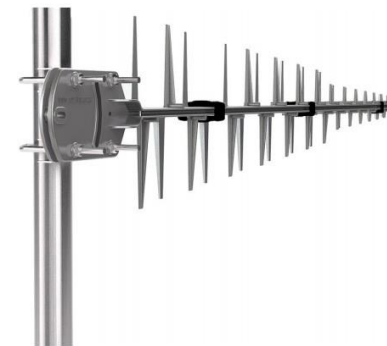
Digital kommunikation



Antennentechnik

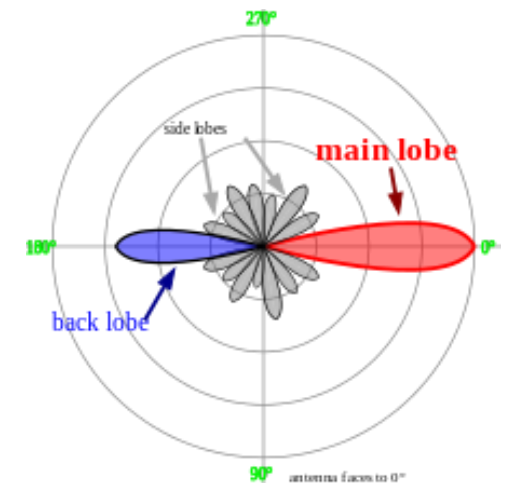
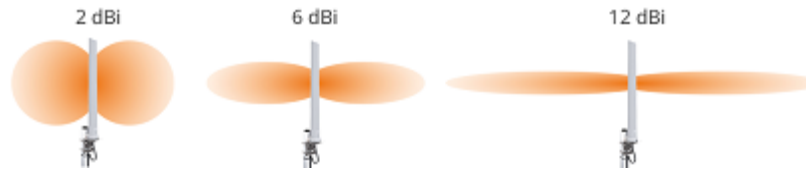
Antenntyper

- ✚ Nästan alla trådlösa system baseras på tre huvudkomponenter: en sändare eller mottagare, en antennkabel och en yttre antenn.
- ✚ Det finns flera och olika modeller och utföranden.
- ✚ **Rundstrålande antenner**: Till rundstrålande antenner räknas till exempel puckantenner, magnetfotsantenner och sprötantenner.
- ✚ **Riktantenner**: Det finns i huvudsak i två utföranden, yagi antenner med synliga eller inkapslade spröt eller panelantenner som i allmänhet ser ut som en låda.



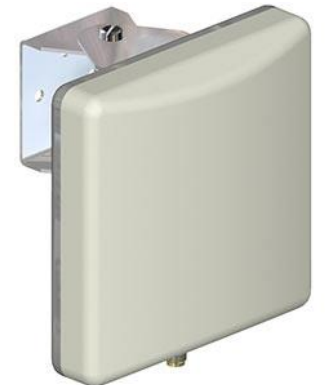
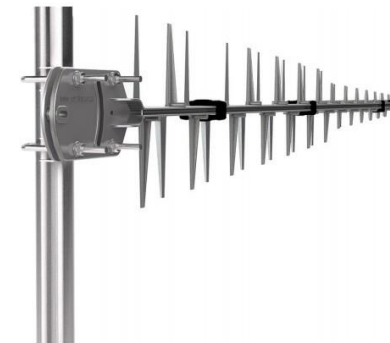
Rundstrålande antenner

- ✚ De konstrueras för att ge ett signalmönster på 360 grader.
- ✚ Rundstrålande antenner används mest inomhus.
- ✚ De inkluderas oftast som standard till de flesta accesspunkter.
- ✚ De sprider signalen ut från sidorna och kan därför bilda vita fläckar strax över och under antennen där mottagningen kan vara svagare.
- ✚ Därför är en rundstrålande antenn inte att rekommendera om man vill sprida signalen över ex. flera plan i en byggnad.

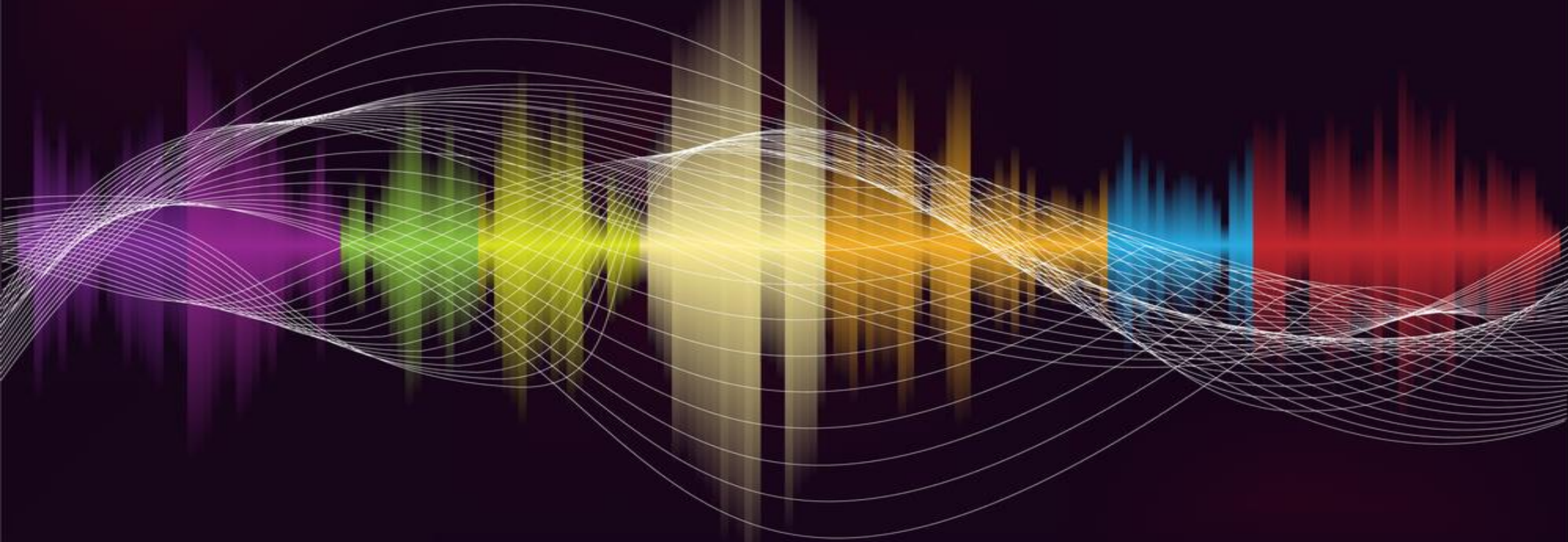


Riktantenner

- ✚ Riktantenner sänder och tar emot en signal från framförallt en riktning.
- ✚ Riktantenn fungerar ungefär som en ficklampa, en ficklampa lyser i en smal och koncentrerad stråle i den riktning som den pekar åt.
- ✚ Lyser du på objekt nära är strålen smal och koncentrerad, lyser du på något längre bort är det belysta området större.
- ✚ På samma sätt fungerar en riktantenn, den sänder och tar emot radiosignaler från en enda riktning och ju längre bort den mottagande stationen är ju bredare blir området som täcks av radiosignalen.
- ✚ Riktantenner används mest utomhus.



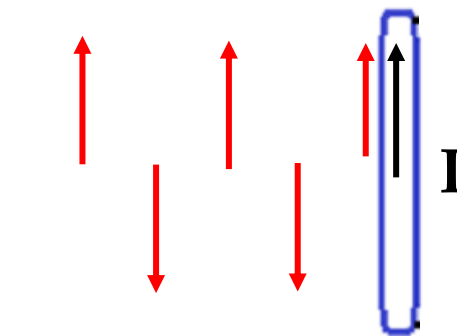
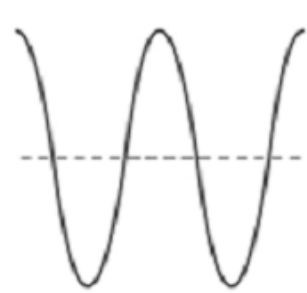
Digital kommunikation



Antennenteori

Antennteknik

- ✚ EM-vågor närmar sig till en metallisk tråd (ledare).
- ✚ EM-vågen träffar tråden och ström rör sig i samma riktning som E.
- ✚ Kopplar vi det till en krets med induktor och kondensator.
- ✚ Kopplar vi det till en förstärkare och reglerar kondensatorn för att justera frekvensen och få samma som vågens frekvens.
- ✚ I princip det är det som är en antenn.
- ✚ Vilken elektronisk apparat motsvarar kretsen i exemplet?
- ✚ Vilka typer av vågor pratar vi om?



Antenn

L
C

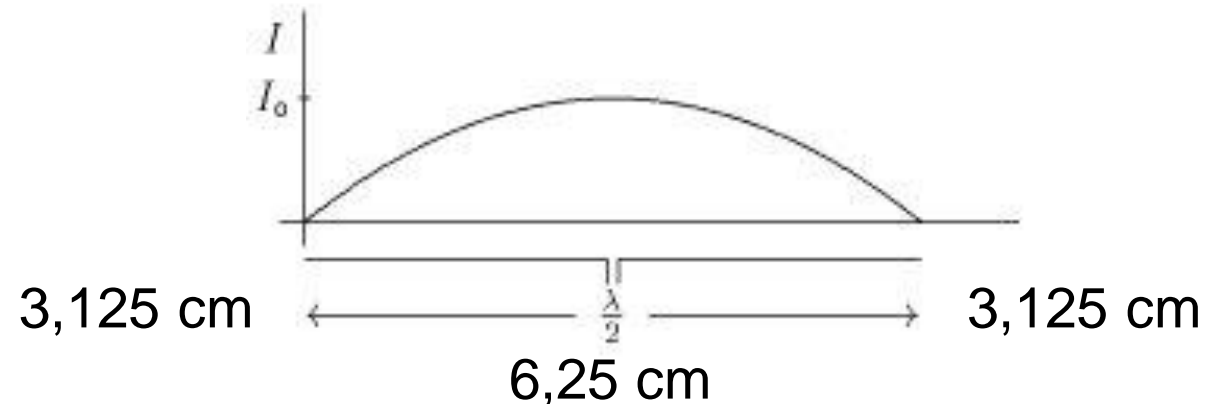


Radiovågor

Radio

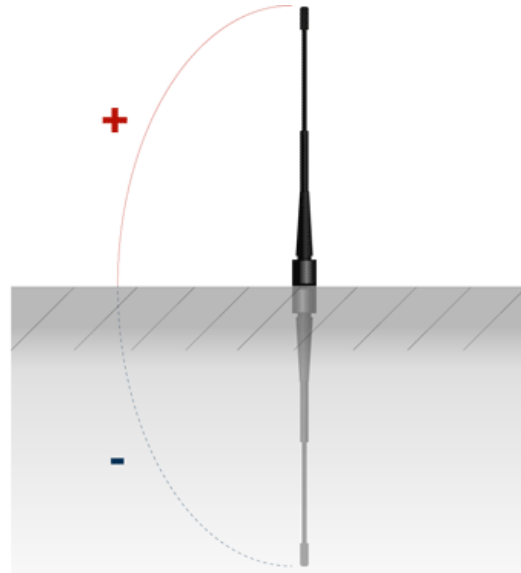
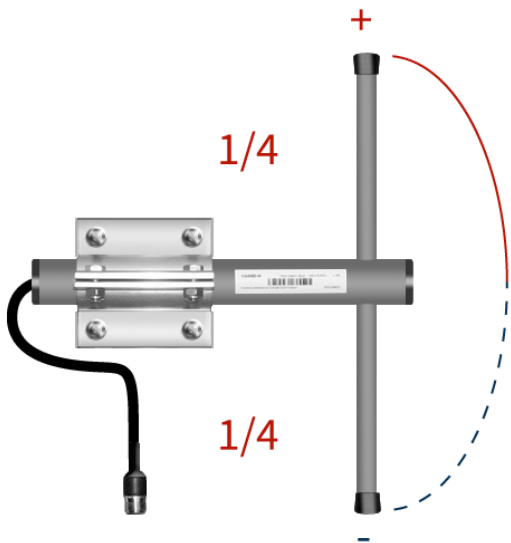
Antennteknik

- ✚ En antenn kan användas som sändar- och/eller mottagarantenn.
- ✚ En sändarantenn konverterar elektriska signaler till elektromagnetiska vågor som utbreder sig i rymden.
- ✚ En mottagarantenn tar emot elektromagnetiska vågor som inducerar växelström.
- ✚ Den växelström kan vidare konverteras till trådbundna signaler.
- ✚ Antennutformningen bygger på signalernas våglängden.
- ✚ En vanlig antenn har ofta en längd som motsvarar halva signalens våglängd.
- ✚ De flesta antenner är så kallade *dipol* som består av två kvartsvågselement.
- ✚ När en ström matas till de två element avger de radiovågor.
- ✚ Signaler på 2,4 GHz har 12,5 cm



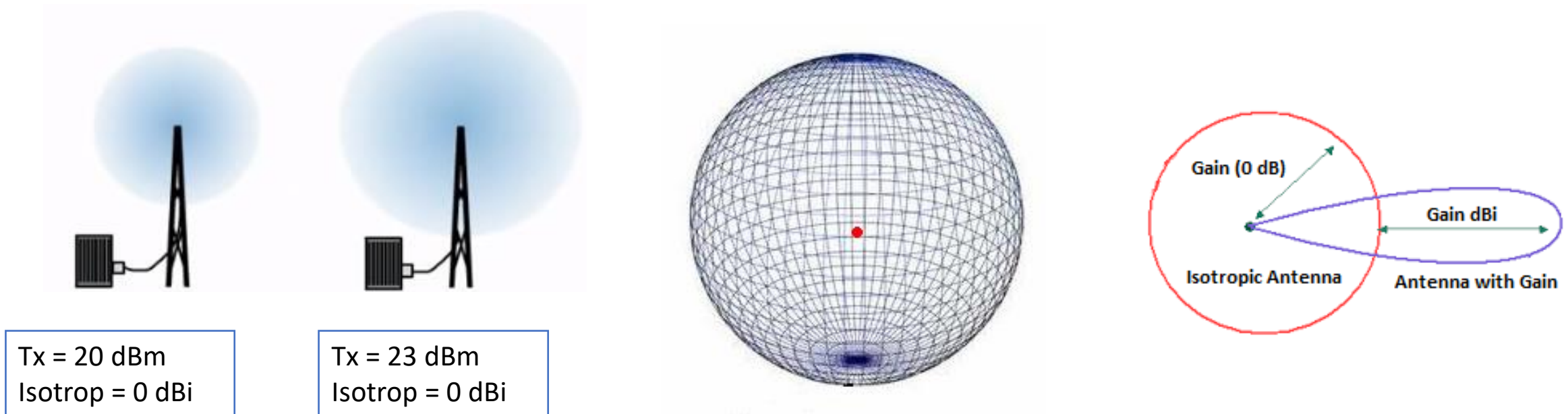
Dipolantenn

- ✚ En dipolantenn är den enklaste typen av radioantenn och består i grunden av ett antennelement som har en halv våglängd.
- ✚ Antennelementen består av två delar, två kvartsvågselement, som ansluts till antennkabeln i den del av antennen som är närmast antennens mitt.
- ✚ Dipolantennen uppfanns 1886 av en tysk fysiker vid namn Heinrich Hertz.
- ✚ En 1/2-vågsantenn är en komplett elektrisk krets medan en 1/4-vågsantenn inte är det och behöver ett jordplan för att fungera.



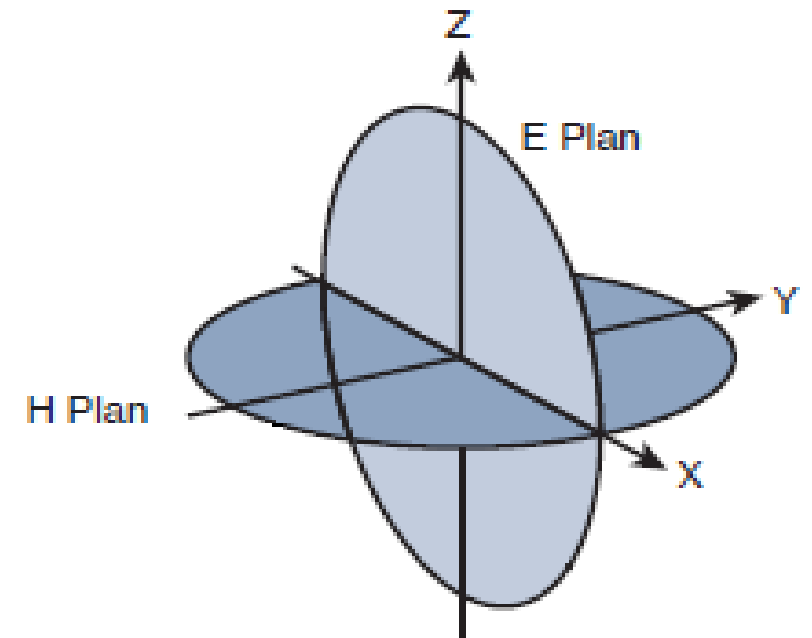
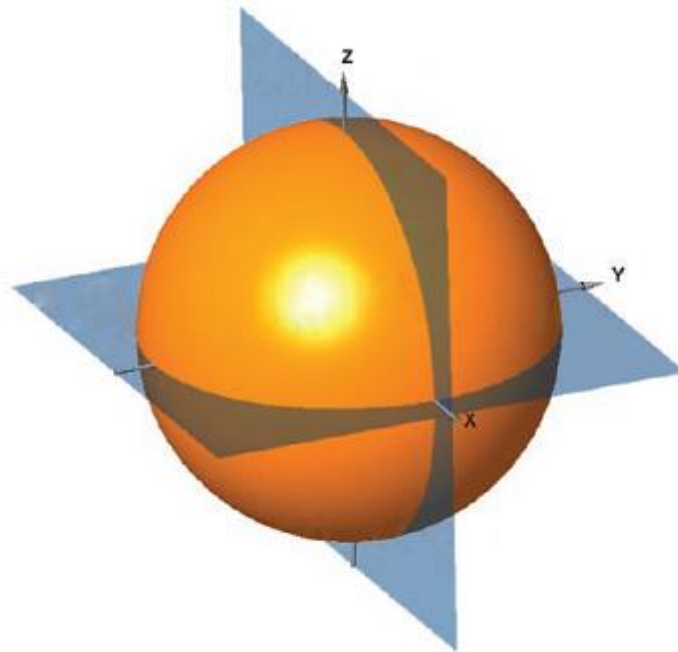
Isotrop antenn

- ✚ En isotrop antenn är en teoretisk antenn som strålar lika i alla riktningar, horisontellt och vertikalt med samma intensitet.
- ✚ En isotrop antenn används ofta som referensantenn för antennvinst (gain).
- ✚ Antennvinst specificeras ofta i dBi, eller decibel över isotrop.
- ✚ Antennvinst är kraften i den starkaste riktningen dividerad med kraften som skulle överföras av en isotrop antenn som avger samma totala effekt.



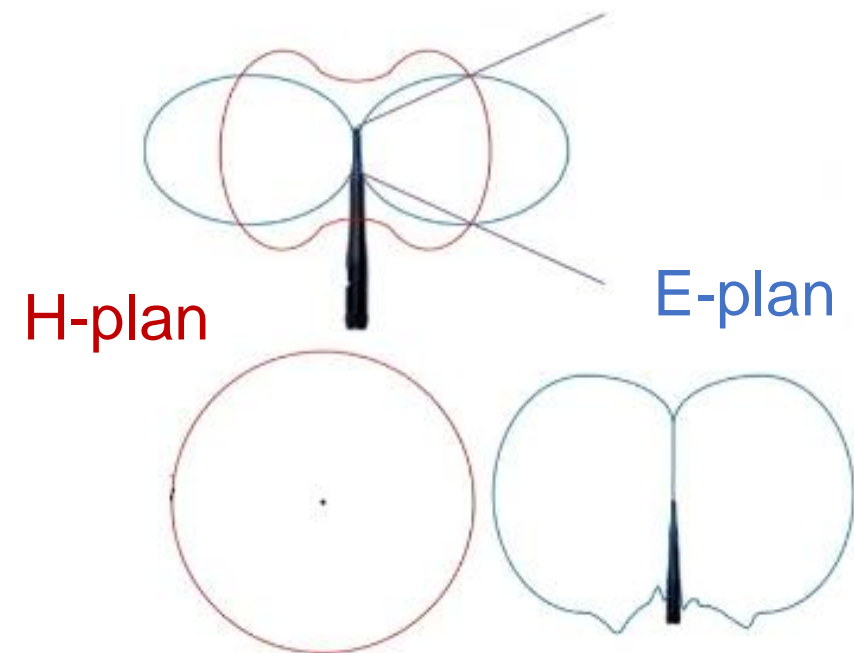
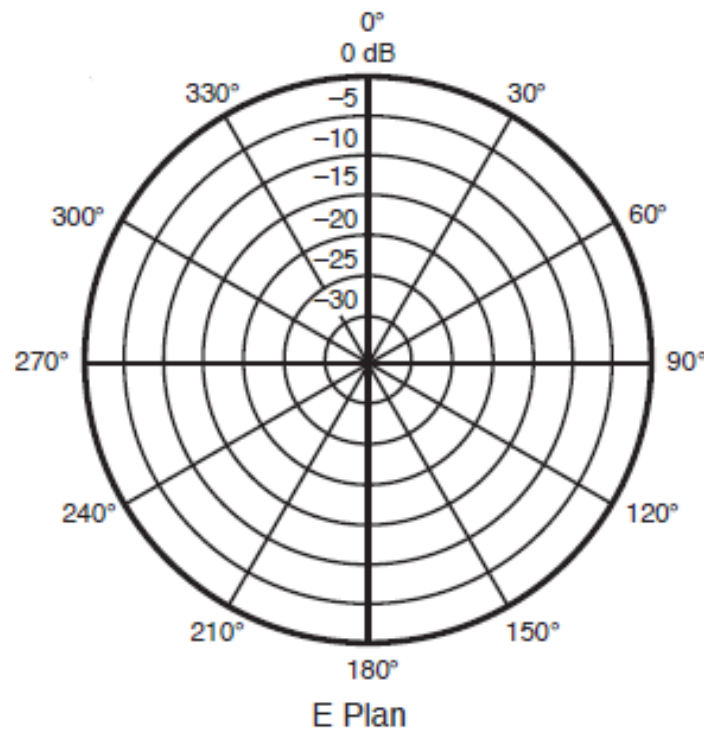
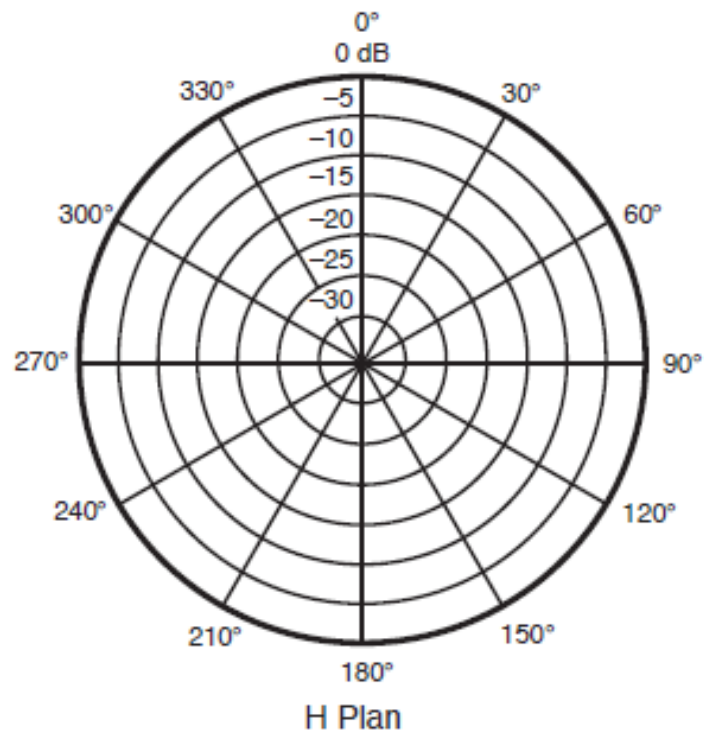
Antenns strålningsmönster

- ✚ En antenn är en givare mellan en styrd våg och en utstrålad våg, eller vice versa.
- ✚ Den utstrålade energin kännetecknas av antennens strålningsmönster.
- ✚ Strålningsmönstret beskriver hur antennen strålar ut energi (eller tar emot)
- ✚ Strålningsmönster kan visualiseras som tredimensionellt.
- ✚ Det är emellertid vanligt att beskriva detta 3D-mönster med två 3D-dimensionella skivor, horisontal och vertikal.



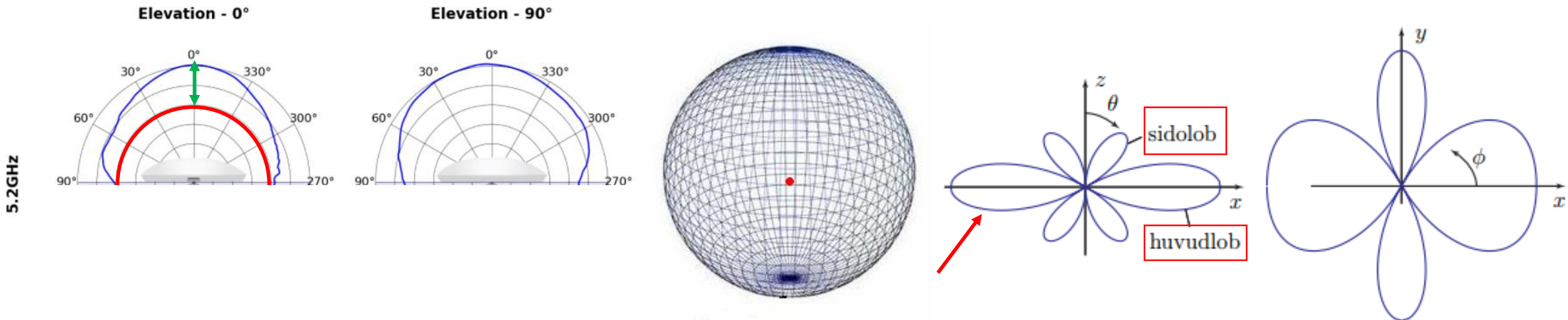
Antenns strålningsmönster

- ✚ Hur läses av en antennis strålningsmönster?
- ✚ Från två plan, horisontell (fågelperspektiv) och vertikal (sidoperspektiv).
- ✚ Horisontalplanen är känt som H-plan och vertikalplanen som E-plan.
- ✚ En tvådimensionell diagram i decibel skala hjälper att beskriva strålningsmönster.



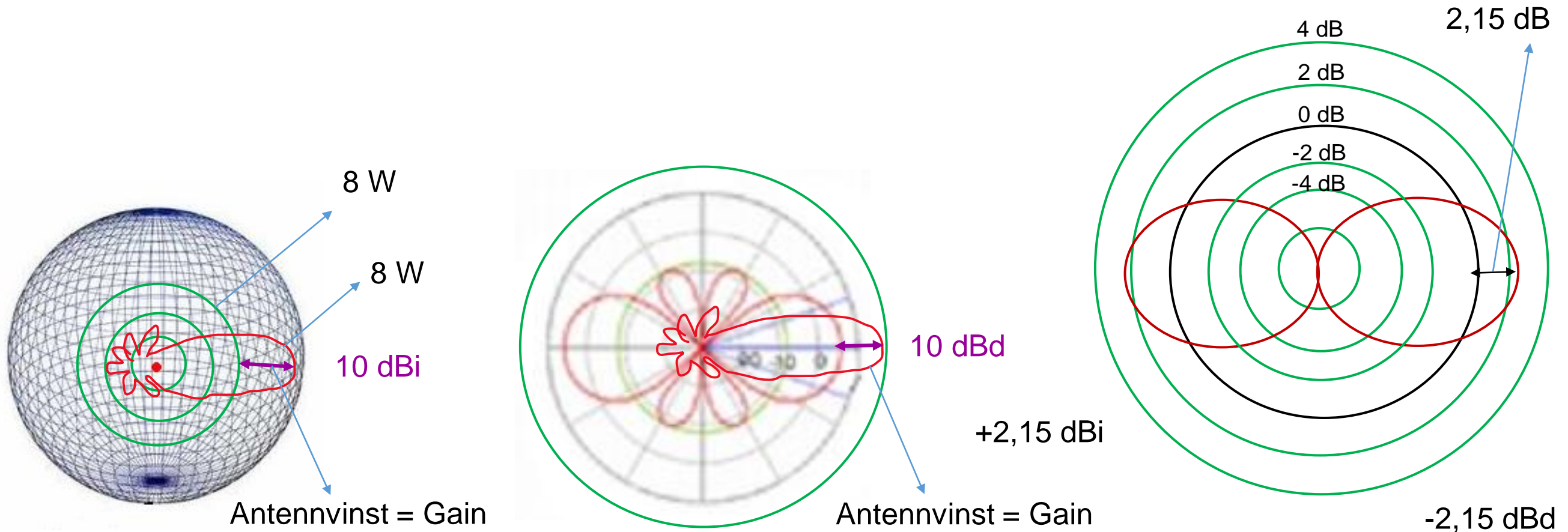
Antenns strålningsmönster

- ✚ Strålningsmönster illustrerar RF-signalstyrka.
- ✚ Isotrop antenn strålar överallt och en dipolantenn mest på sidorna.
- ✚ Den riktning som har störst signalstyrka kallas huvudlob, precis motsatt huvudloben är den bakre loben, och alla andra oönskade eller oavsiktliga strålning kallas sidolob.
- ✚ Horisontalplanen (fågelperspektivet) är känd som *Azimuth*
- ✚ Vertikalplanen (sidoperspektiv) är känd som *Elevation*



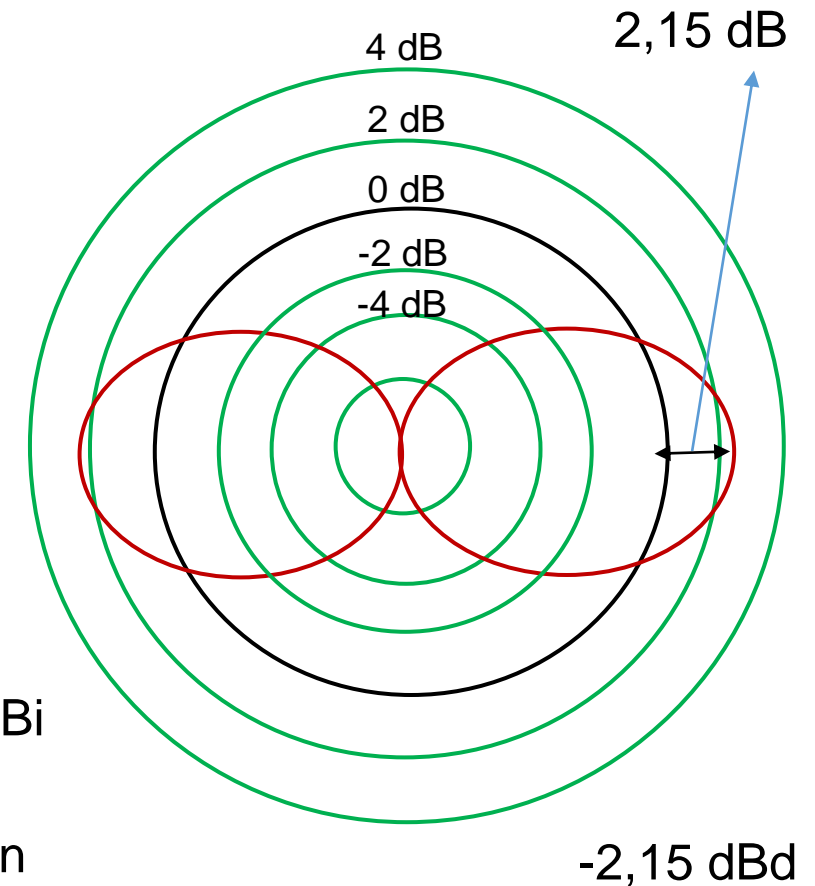
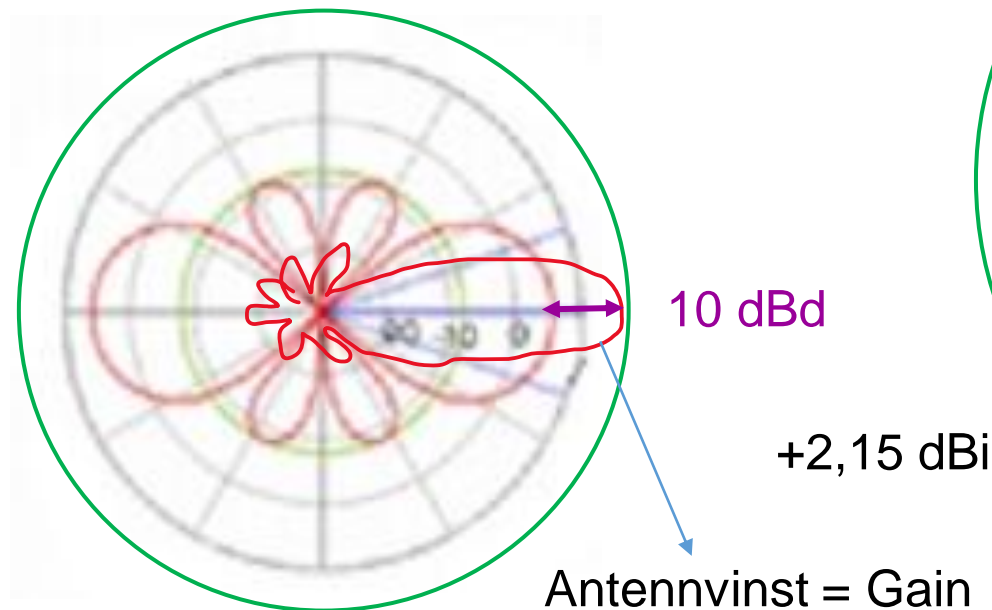
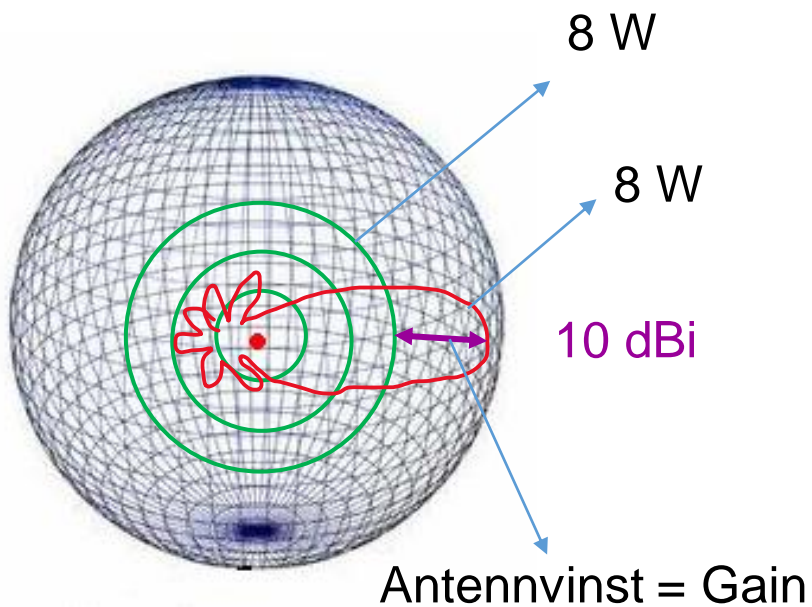
Antennvinst (gain)

- ✚ Antenner är passiva enheter, de förstärker inte en sändarens signal.
- ✚ I stället samlar de energi så att signalerna kan utformas för längre avstånd.
- ✚ Det är det som gain betyder, effektivt samla energi och utforma signalerna så att dessa kan åka längre avstånd inom en viss riktning.



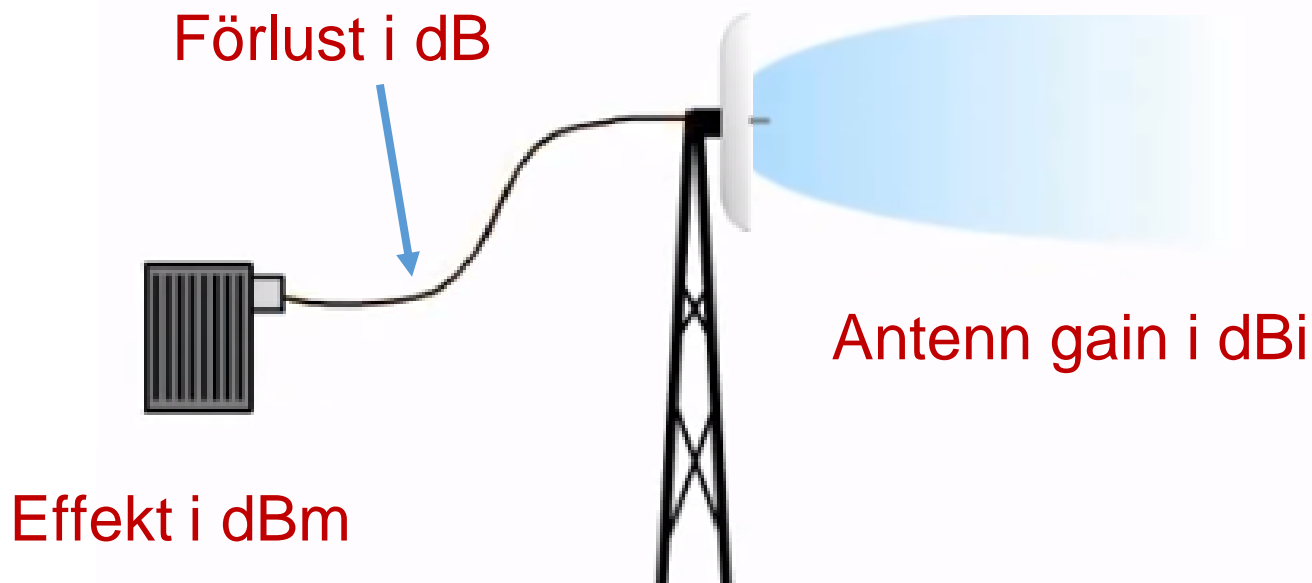
Antennvinst (gain)

- ✚ Antennvinst beräknas genom att jämföra signalens styrka med ett referensvärde av en isotrop antenn (dBi) eller en dipolantenn (dBd).
- ✚ Antennvinst av en dipolantenn jämförd med isotrop antenn
- ✚ För att konvertera dBi till dBd:
- ✚ Gain i dBd = Gain i dBi - 2,5 dB
- ✚ Gain i dBi = Gain i dBd + 2,5 dB



Hur starka är signalerna från en sändare? - EIRP

- ✚ Effective isotrop Radiated Power – EIRP
- ✚ $EIRP = \text{Sändarantenn effekt (dBm)} - \text{förlust i kabeln (dB)} + \text{Antenn gain (dBi)}$
- ✚ Varför sådana beräkningar?
- ✚ Varje land reglerar utstrålning och vi som nätverkstekniker har ansvar för rätt utstrålning från utrustningar.
- ✚ Sändarens Tx = 20 dBm, dämpning 3 dB, gain 6 dBi
- ✚ $EIRP = 20 - 3 + 6 = 23 \text{ dBm}$



Sändare på 1 W (30 dBm)
En antennkabel med 3 dBi dämpning
En antennvinst på 6 dBi
Vad är EIRP (uteffekten)?
 $30 \text{ dB} - 3 \text{ dB} + 6 \text{ dB} = 33 \text{ dB} = 33 \text{ dBm}$

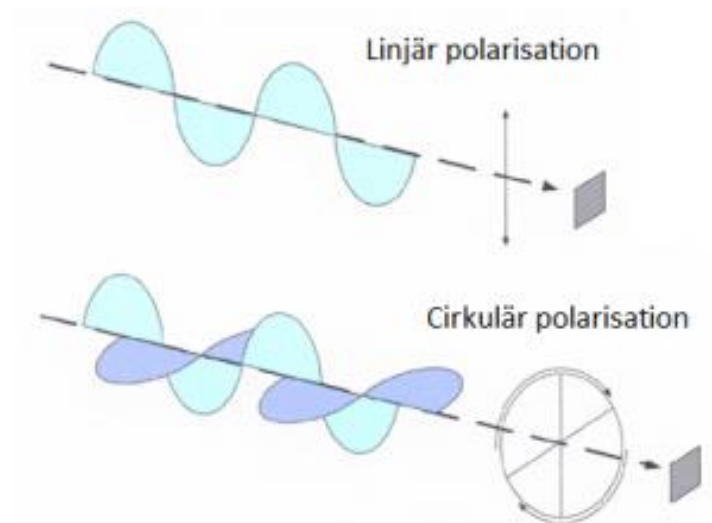
Digital kommunikation

An abstract graphic representing digital communication. It features a series of vertical bars of varying heights and colors (purple, green, yellow, orange, blue, red) that resemble a digital signal or data stream. Overlaid on this are several thin, white, wavy lines that create a sense of motion and connectivity, suggesting the flow of information or data packets.

Antennpolarisation

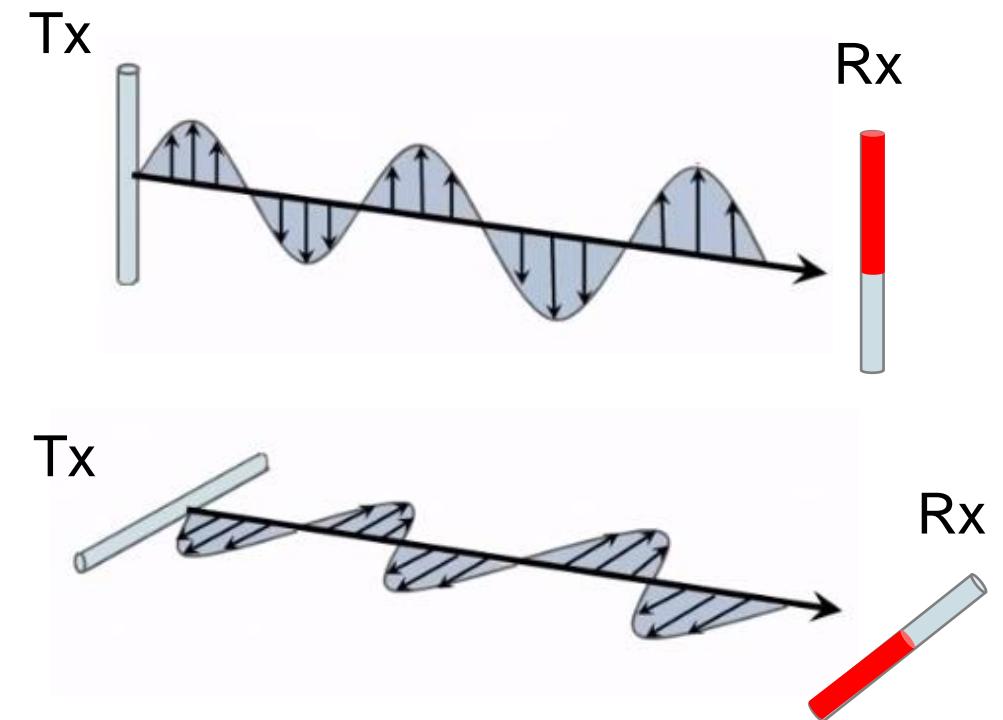
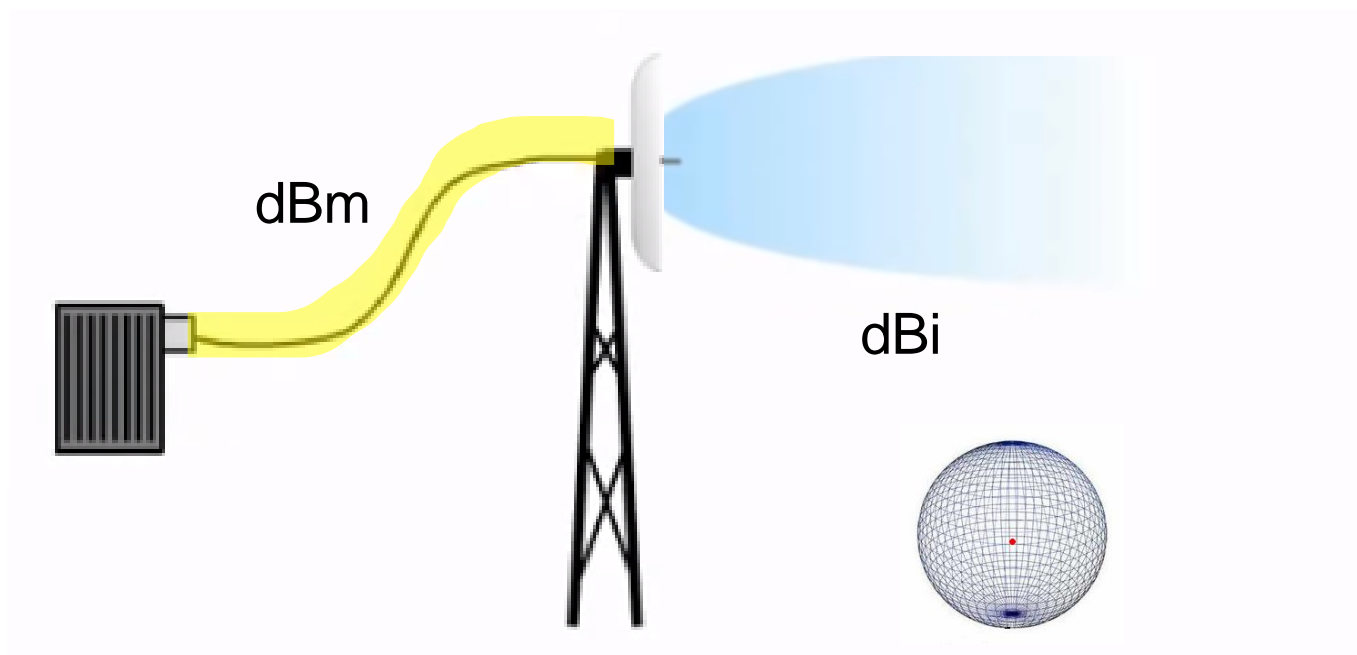
Antennpolarisation

- ✚ En sändarantenn omvandlar elektrisk ström till elektromagnetiska vågor som strålar ut i rymden.
- ✚ Det sätt på vilket vågorna strålas är känd som antennens polarisation.
- ✚ Antennpolarisation är en viktig faktor för radiokommunikation i allmänhet och vid montering av antenner i synnerhet.
- ✚ Både antenner och elektromagnetiska vågor har en polarisation som beskriver hur vågorna svänger i luften.
- ✚ Antennpolarisation kan vara horisontell, vertikal, korspolariserad eller cirkulär.



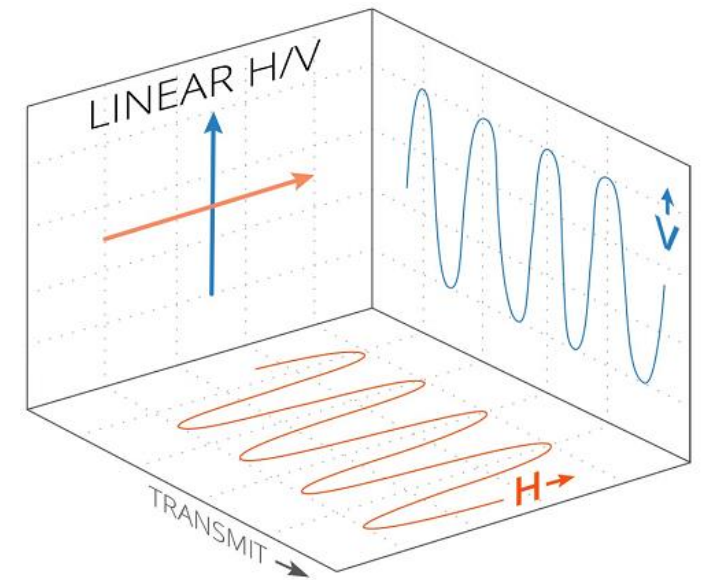
Antennpolarisation

- ✚ Polaritet uppfattas som en antennis orientering/position.
- ✚ När antenn Tx är vertikal så är det också det elektriska fältet.
- ✚ När antenn Tx är i horisontellt läge så är det också det elektriska fältet.
- ✚ Effekten i RF-signalen mäts i dBm eller decibel relaterad till milliwat.
- ✚ Effekten i RF-signals utbredning mäts i dBi eller decibel relaterad till en isotrop antenn.



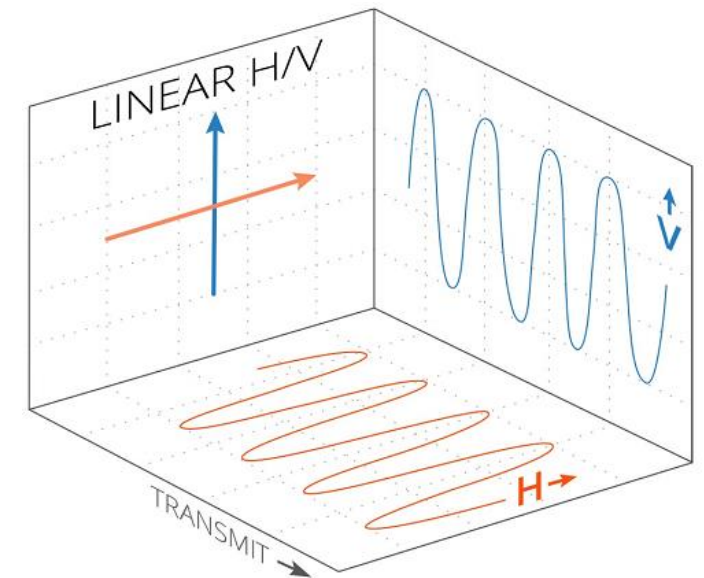
Vertikal polarisation

- ✚ En vertikal polarisationsantenn har sitt elektriskt fält vinkelrätt, eller i 90 graders vinkel, till jordens yta.
- ✚ Denna typ av antenn används ofta för att utstråla en radiosignal i alla riktningar.
- ✚ Vertikal polarisation är vanlig för mobiltelefoner och radioapparater i frekvensområdet över 30 megahertz.
- ✚ En sådan polarisation är mest effektiv på landsbygden, särskilt där topografin inkluderar kullar eller berg.



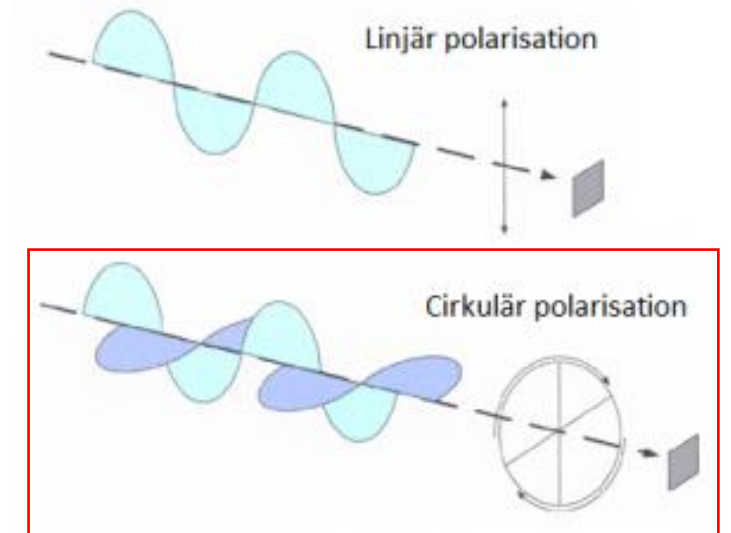
Horizontal polarisation

- ✚ En horisontell polarisationsantenn har sin elektriska fält parallell med jordens yta.
- ✚ Denna typ av antenn används för att sända TV-signaler.
- ✚ TV-mottagning inte lider interferens från vertikalt polariserade signaler, såsom mobilradio.
- ✚ TV-mottagning inte påverkas av de flesta konstgjorda elektriskt brus som tenderar att vara vertikalt polariserad.



Cirkulär polarisation

- ✦ En *cirkulär* polarisationsantenn utstrålar elektromagnetiska vågor i de vertikala och horisontella plan.
- ✦ Den roterar genom hela 360° under varje våglängd.
- ✦ Cirkulär polarisation används typiskt för satellitkommunikation.
- ✦ Cirkulär polarisation håller signalen konstant om en satellit tycks röra sig i förhållande till en fast antenn på ytan av jorden.
- ✦ I olika system är det ofta bestämt att systemet använder vågor som enbart svänger horisontellt eller enbart vertikalt.
- ✦ Både sändare och mottagare skall ha antenner som använder samma polarisation, horisontell eller vertikal polarisation.



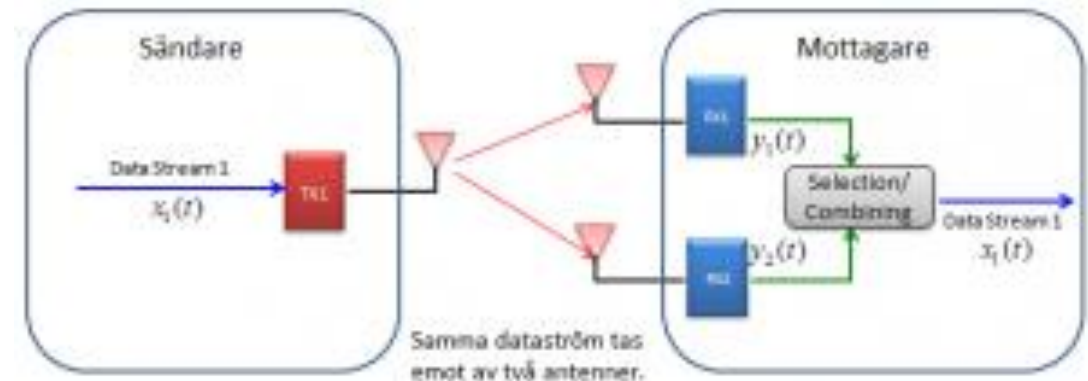
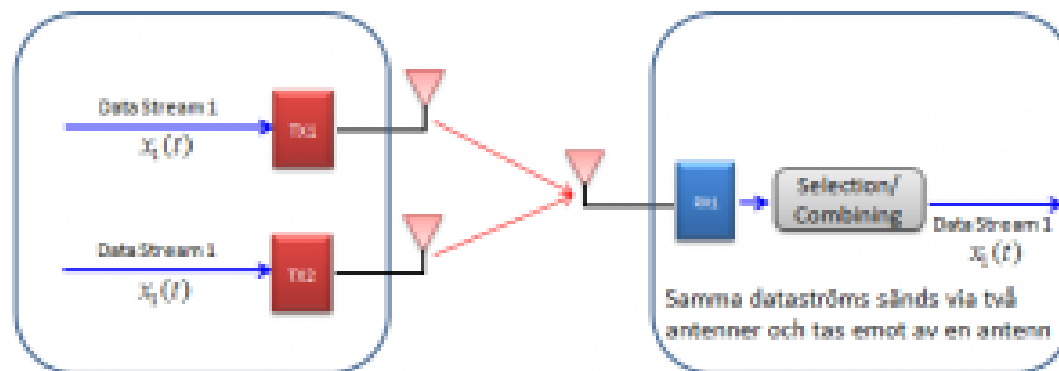
Digital kommunikation

An abstract graphic representing digital communication. It features a series of vertical bars of varying heights and colors (purple, green, yellow, orange, blue, red) that resemble a signal waveform. Overlaid on these bars are numerous thin, white, wavy lines that create a sense of motion and connectivity. The background is dark, making the colorful bars and white lines stand out.

Antennndiversitet

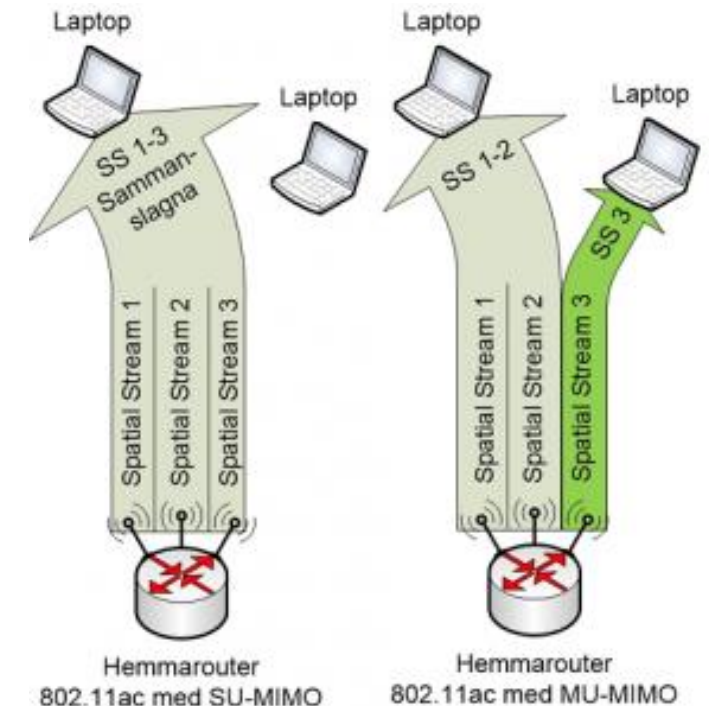
Antennteknik – Multipath

- ✚ Trådlösa nätverk, särskilt inomhusnätverk, har påverkats negativt av ett flervägs utbredning eller på engelska Multipath.
- ✚ Trådlösa signaler tar sig till mottagande antenn genom att studsas på olika föremål av olika material.
- ✚ Detta gör att signaler påverkas av störningar som reflektion, diffraktion, refraktion, dämpning mm.
- ✚ *Antenndiversitet* innebär att flera antenner fungerar tillsammans för att minimera de negativa effekterna av multipath.
- ✚ *Antenndiversitet* kan betraktas från sändande antenn och från mottagarantenn.



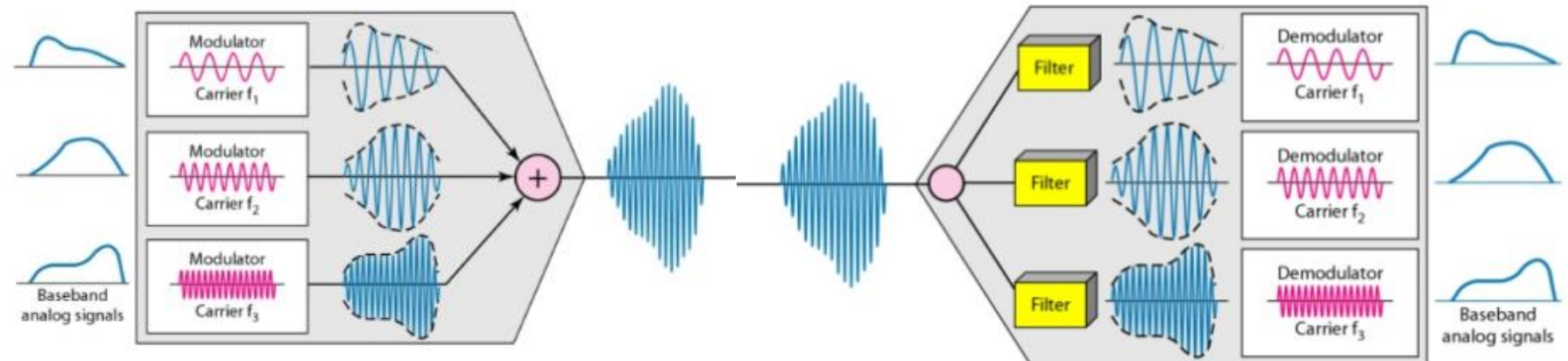
Antenndiversitet – MIMO antenner

- ✚ Tekniken påminner oss om MIMO antenner som använder flera antenner i kommunikation på samma radiokanal.
- ✚ **MIMO** står för Multiple Input, Multiple Output.
- ✚ Tekniken använder spatial multiplexering.
- ✚ **Spatial Multiplexering** innebär att man skickar flera dataströmmar eller **Spatial Streams** samtidigt.
- ✚ Dessa Spatial Streams skickas med en precision som gör att dataströmmarna inte stör ut varandra.

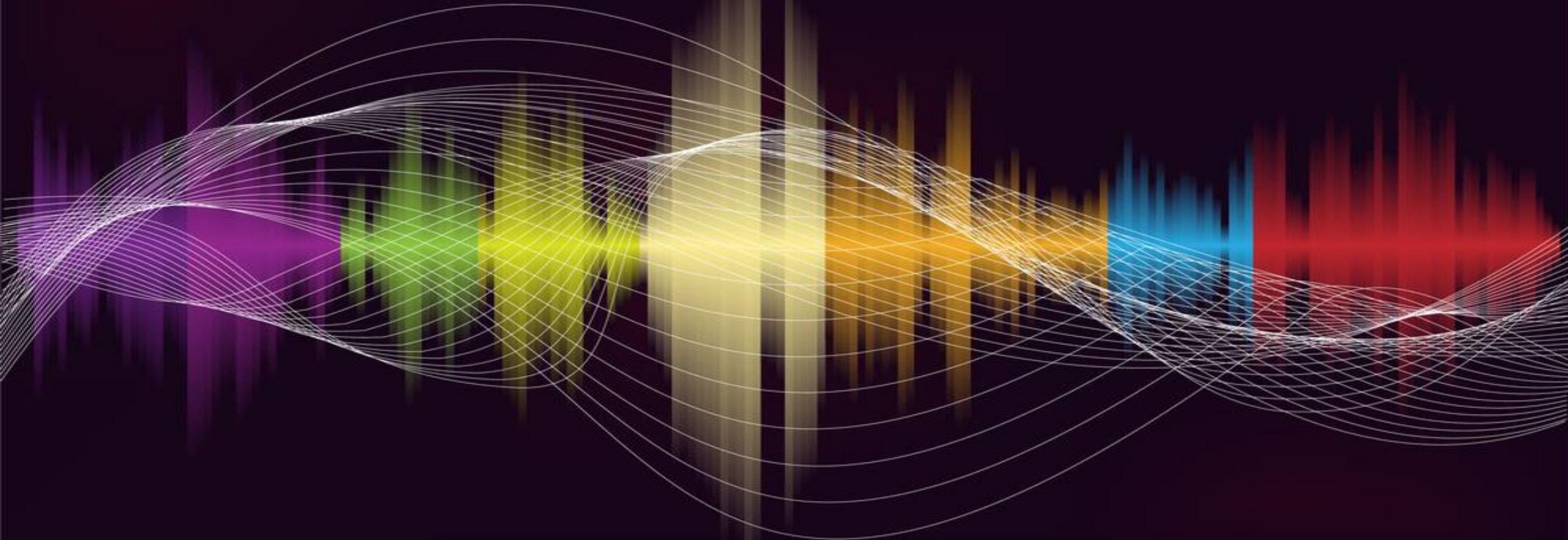


Antenndiversitet – MIMO antenner

- ✚ För att kunna använda MIMO teknik så måste både sändare och mottagare ha flera antenner och stöd för samma MIMO standard.
- ✚ Den stora fördelen med att skicka flera strömmar på en gång är att den totala bandbredden kan ökas.
- ✚ Termen Multiplexering innebär just att flera dataströmmar kan slås ihop till en kombinerad högre överföringskapacitet.
- ✚ Mottagaren som arbetar med samma MIMO standard separerar dataströmmarna med hjälp av speciella filter.
- ✚ Olika Wi-Fi standarder kan använda olika antal antenner för att uppnå högre överföringskapacitet genom MIMO tekniken.



Digital kommunikation

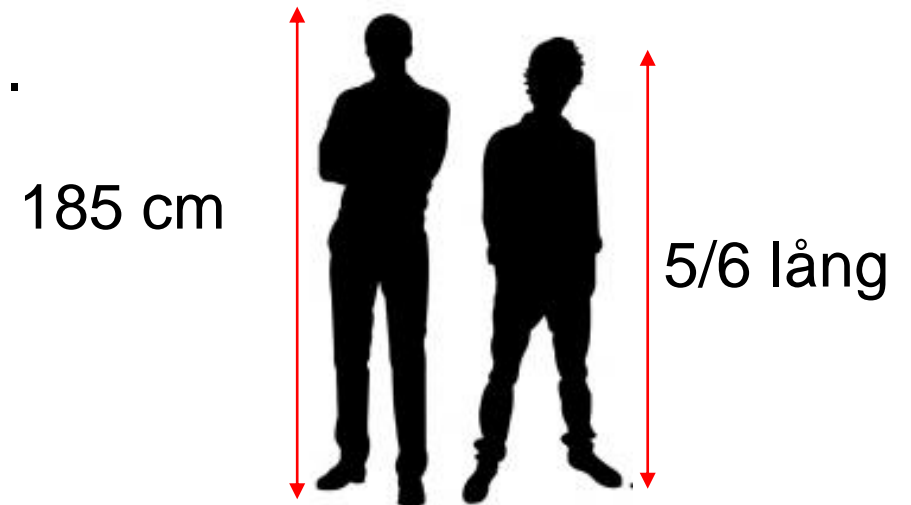


Mätenheter

Gonzalo Rivera ©

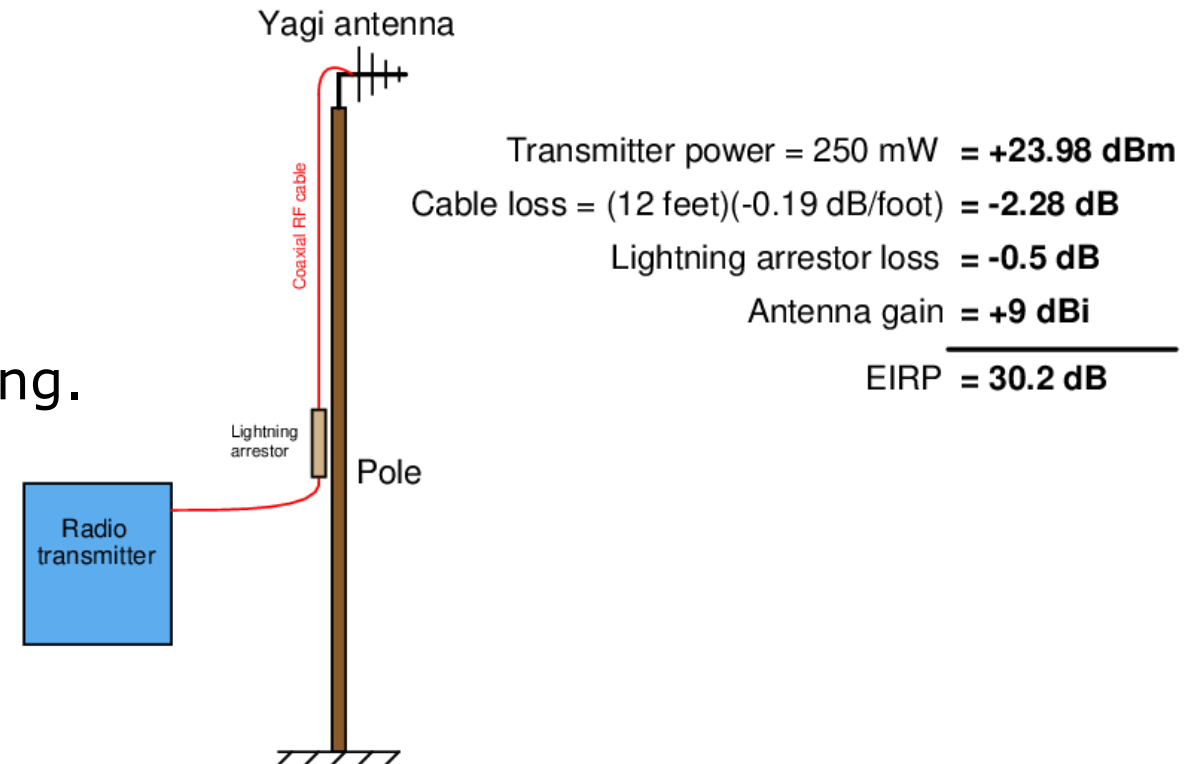
Mätenheter

- ✚ När ett trådlöst nätverk ska installeras, två nyckelkomponenter är avgörande: täckning och prestanda, dvs. RF-effekt (Power)
- ✚ En god förståelse för RF effekt, jämförelse mellan antenners effekt, och goda kunskaper om RF matematik kan vara till stor hjälp.
- ✚ Två typer av mätenheter blir aktuella:
 - relativa mätenheter
 - absoluta mätenheter
- ✚ Relativa mätenheter används vid jämförelse mellan absoluta värde.
- ✚ Den första mannen är 185 cm lång
- ✚ medan den andra är fem sjättedelar lång som den första.



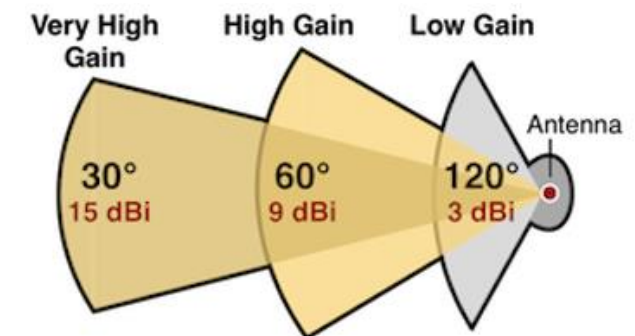
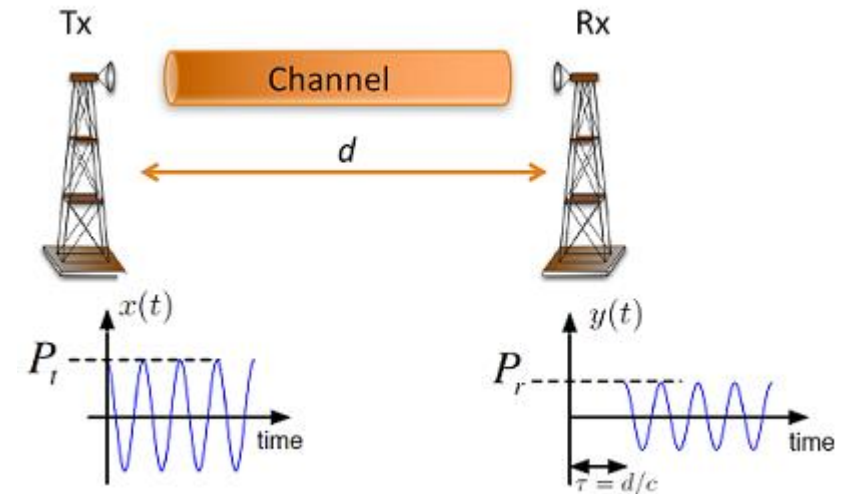
Mätenheter

- ✚ Vilka mätenheter är relevanta för en nätverkstekniker?
- ✚ Absoluta mätenheter
 - Watt (W)
 - milliWatt (mW)
 - decibel relativ till 1 milliwatt (dBm)
- ✚ Relativa mätenheter (jämförelse)
 - decibel (dB)
 - decibel relativ till en isotrop radiator (dBi)
 - decibel relativ till en halv-våg dipol antenn (dBd)
- ✚ Termerna dB, dBm och dBi liknar varandra och används ofta i samma typer av sammanhang.
- ✚ Det är viktigt att vara helt säker på vad de olika termerna innebär och hur de är relaterade till varandra.



Mätenheter - Decibel

- ✚ **Decibel** (dB) – mäter hur starkare eller svagare en RF signal har blivit.
- ✚ dB skrivs ibland som **dBd**, **dBm** eller **dBi** och några andra till.
- ✚ Enheten dB mäter hur mycket effekten ökas vid sändning eller hur mycket effekt finns kvar hos RF-signaler vid mottagning.
- ✚ Ju högre dB-tal, desto kraftigare förstärkning.
- ✚ Decibel isotrop (dBi) är i förhållande till en isotrop strålningskälla.
- ✚ Decibel dipol (dBd) är i förhållande till en dipol strålningskälla.
- ✚ Decibel milliwat (dBm) refererar till sändarens effekt omvandlat till decibel.
- ✚ dBm är det absoluta värde av en RF-signal.



Mätenheter - Watt

- ✚ Watt, med symbolen W, är en SI-enhet för den fysikaliska storheten effekt.
- ✚ Inom trådlös kommunikation vill man mäta energi som överförs från sändarantenn till mottagarantenn.
- ✚ Trådlösa routrar och accesspunkter kan sända upp till 100 mW
- ✚ En radiostation kan sända upp till 50 000 Watt
- ✚ En mikrovågsugn fungerar med 1000 Watt



1 – 100 mWatt

Enheter med förstorande prefix			Enheter med förminskande prefix		
Enhet	Symbol	Betydelse	Enhet	Symbol	Betydelse
Kilowatt	kW	10^3 watt = 1 000 watt	Milliwatt	mW	10^{-3} watt = 0,001 watt
Megawatt	MW	10^6 watt = 1 000 kilowatt	Mikrowatt	μ W	10^{-6} watt = 0,001 milliwatt
Gigawatt	GW	10^9 watt = 1 000 megawatt	Nanowatt	nW	10^{-9} watt = 0,001 mikrowatt
Terawatt	TW	10^{12} watt = 1 000 gigawatt	Pikowatt	pW	10^{-12} watt = 0,001 nanowatt
Petawatt	PW	10^{15} watt = 1 000 terawatt	Femtowatt	fW	10^{-15} watt = 0,001 pikowatt
Exawatt	EW	10^{18} watt = 1 000 petawatt	Attowatt	aW	10^{-18} watt = 0,001 femtowatt

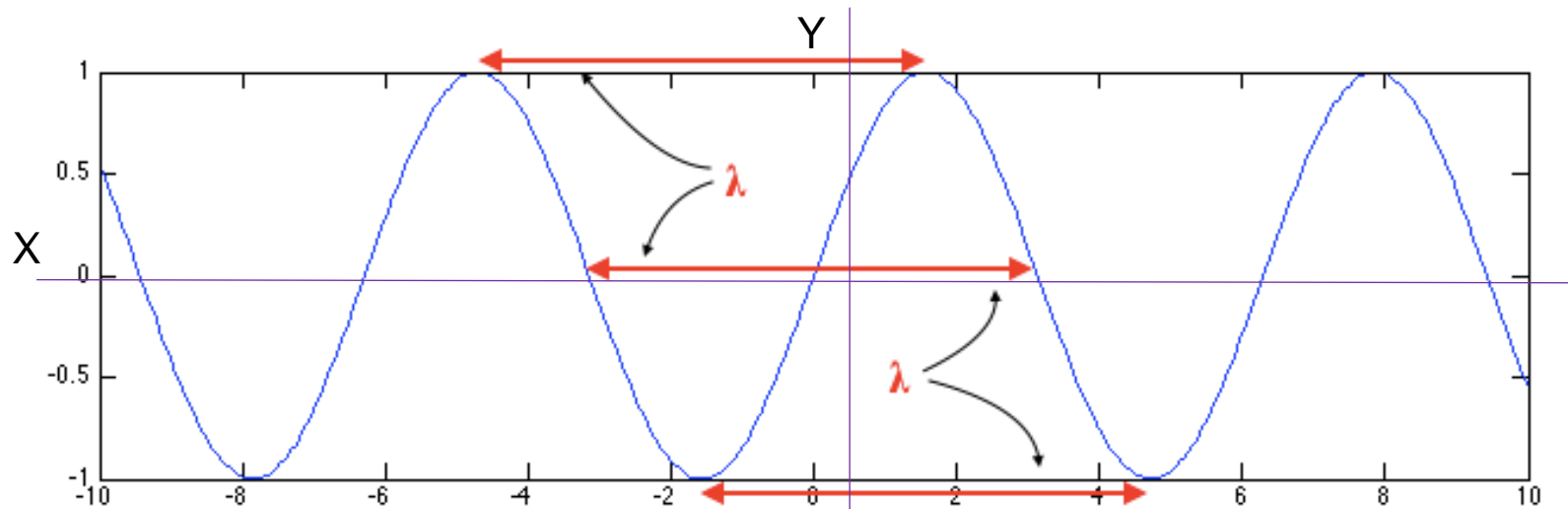
Digital kommunikation

An abstract graphic featuring a series of overlapping, wavy lines in various colors (purple, green, yellow, blue, red) that create a sense of motion and digital energy. The lines are thin and numerous, creating a mesh-like effect as they overlap. The background is dark, making the colorful lines stand out.

EM-vågors matematik

Matematik - EM vågors egenskaper

- Hos en utbredande våg finns det enkla samband mellan vågens våglängd, frekvens, hastighet (utbredningshastighet) och periodtid.
- $c = \lambda f \rightarrow f = \frac{1}{T}$
- c (v) är utbredningshastigheten i m/s och λ är våglängden i meter.
- f är frekvensen i Hertz och T är periodtiden, även kallad svängningstiden.
- En våglängd är avståndet mellan två identiska punkter på vågen.
- Våglängden kan mätas mellan två vågtoppar eller två vågdalar.
- Figuren illustrerar en helt vanlig sinuskurva, en nästintill perfekt våg.



Matematik - EM vågors egenskaper

- ✚ Vid beräkningar av våglängder används ljusets hastighet avrundat till 300 000 km/s och frekvensen i kHz
- ✚ 2,4 GHz = 2400000 kHz
- ✚ 2,4 GHz har våglängd på 12,5 cm
- ✚ 5 GHz har våglängd på 6 cm.

Vilken våglängd motsvarar 2310 kHz och 2,4 GHz?

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{300000}{2310} = 129,9 \text{ m}$$

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{300000}{2400000} = \frac{3}{24} = 0,125 \text{ m} = 12,5 \text{ cm}$$

Vilken frekvens motsvarar 25,54 meter våglängd?

$$c = \lambda f \rightarrow f = \frac{c}{\lambda}$$

$$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{300000}{25,54} = 11746,280344 \approx 11\,746 \text{ kHz}$$

Matematik - EM vågors egenskaper

- ✚ Vi beräknar om exempel 1 för RF-vågen med frekvens 2,4 GHz
- ✚ Förhållandet uttrycks (fysik och matematik): $\lambda = c / f$
 - Frekvens (f) i Hertz eller Hz. Våglängd (λ) i meter. C ljusets hastighet

Vilken våglängd motsvarar 2310 kHz och 2,4 GHz?

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{300000000 \frac{m}{s}}{2310000 Hz} = \frac{3,0 * 10^8}{2,31 * 10^6} * \frac{m}{s} * \frac{s}{1} = \frac{3,0 * 10^8}{2,31 * 10^6} m$$

$$\lambda = \frac{3,0 * 10^8 * 10^{-6}}{2,31} m = \frac{3,0 * 10^2}{2,31} m = \frac{300}{2,31} m \approx 129,9 m$$

En AM radiostationen i Atlanta (USA) sänder RF-signaler vid 750 KHz. Vilken våglängd har de RF-signalerna?

$$\lambda = \frac{300000}{750} = 400 m$$

Coulombs lag – exempel 1

✚ En liten laddning på $q = +2,0 \text{ pC}$ befinner sig $r = 3,0 \text{ cm}$ från en punktformig laddning på $Q = +8,0 \text{ }\mu\text{C}$. Hur stor är kraften som påverkar laddningen?

✚ $q = Q_1 = 2,0 \text{ pC} = 2,0 * 10^{-12} \text{ C}$

✚ $Q = Q_2 = 8,0 \text{ }\mu\text{C} = 8,0 * 10^{-6} \text{ C}$

✚ $r = 3,0 \text{ cm} = 3,0 * 10^{-2} \text{ m}$

✚ $F = ?$



Coulombs lag

$$F = k \frac{Q_1 * Q_2}{r^2}$$

$k = 8,99 * 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2}$

$$F = k \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$$

$$F = 8,99 * 10^9 * \frac{(2,0 * 10^{-12}) * (8,0 * 10^{-6})}{(3,0 * 10^{-2})^2} =$$

$$F = \frac{(8,99 * 10^9) * (2,0 * 10^{-12}) * (8,0 * 10^{-6})}{9,0 * 10^{-4}} =$$

$$F = \frac{8,99 * 2,0 * 8,0 * 10^9 * 10^{-12} * 10^{-6} * 10^4}{9,0} =$$

$$F = \frac{8,99 * 2,0 * 8,0 * 10^{-5}}{9,0} = 16 * 10^{-5} \text{ N} = 0,16 \text{ mN}$$

Coulombs lag – exempel 2

✚ Två punktformiga laddningar, $Q = +1,2 \mu\text{C}$ och $q = -2,4 \mu\text{C}$, befinner sig 1,2 cm från varandra. Hur stor är kraften på vardera laddningen?

✚ $q = Q_1 = -2,4 \mu\text{C} = 2,4 * 10^{-6} \text{ C}$

✚ $Q = Q_2 = +1,2 \mu\text{C} = 1,2 * 10^{-6} \text{ C}$

✚ $r = 1,2 \text{ cm} = 1,2 * 10^{-2} \text{ m}$

✚ $F = ?$

✚ Kraftens tecknet indikerar riktningen

✚ Kraften är alltid positiv

✚ Observera att laddningarna är olika

✚ Attraktion



Coulombs lag

$$F = k \frac{Q_1 * Q_2}{r^2}$$

$$k = 8.99 * 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2}$$

$$F = k \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$$

$$F = 8,99 * 10^9 \cdot \frac{(-2,4 \cdot 10^{-6}) \cdot (1,2 \cdot 10^{-6})}{(1,2 \cdot 10^{-2})^2} =$$

$$F = \frac{(8,99 * 10^9) * (-2,4 * 10^{-6}) * (1,2 \cdot 10^{-6})}{1,44 \cdot 10^{-4}} =$$

$$F = \frac{8,99 * (-2,4) * 1,2 * 10^9 * 10^{-6} * 10^{-6} * 10^4}{1,44} =$$

$$F = \frac{8,99 * (-2,4) * 1,2 * 10^1}{1,44} = 179,8 \text{ N} = 180 \text{ N}$$

Coulombs lag – exempel 3

- ✚ Beräkna den elektriska kraften som uppstår mellan två laddningar på $2,0 \cdot 10^{-4} \text{ C}$ respektive $4,0 \cdot 10^{-5} \text{ C}$.
- ✚ Avståndet mellan laddningarna är $2,0 \text{ m}$
- ✚ $Q_1 = 2 \cdot 10^{-4} \text{ C}$
- ✚ $Q_2 = 4 \cdot 10^{-5} \text{ C}$
- ✚ $r = 2 \text{ m}$
- ✚ $F = ?$

Coulombs lag

$$F = k \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2}$$
$$k = 8,99 \cdot 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2}$$



$$F = k \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$$

$$F =$$

$$F = \frac{(8,99 \cdot 10^9) \cdot (2,0 \cdot 10^{-4}) \cdot (4,0 \cdot 10^{-5})}{2,0^2} =$$

$$F = \frac{8,99 \cdot 2,0 \cdot 4,0 \cdot \cancel{10^9} \cdot \cancel{10^{-4}} \cdot \cancel{10^{-5}}}{2,0^2}$$

$$F = 8,99 \cdot 2,0 =$$

Coulombs lag – exempel 4

- ✚ Beräkna den elektriska kraften som uppstår mellan två laddningar på $2,0 \cdot 10^{-4} \text{ C}$ respektive $4,0 \cdot 10^{-5} \text{ C}$.
- ✚ Avståndet mellan laddningarna är $2,0 \text{ m}$
- ✚ $Q_1 = 2 \cdot 10^{-4} \text{ C}$
- ✚ $Q_2 = 4 \cdot 10^{-5} \text{ C}$
- ✚ $r = 4 \text{ m}$
- ✚ $F = ?$

Coulombs lag

$$F = k \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2}$$
$$k = 8,99 \cdot 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2}$$



$$F = k \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$$

$$F =$$

$$F = \frac{(8,99 \cdot 10^9) \cdot (2,0 \cdot 10^{-4}) \cdot (4,0 \cdot 10^{-5})}{4,0^2} =$$

$$F = \frac{8,99 \cdot 2,0 \cdot 4,0 \cdot \cancel{10^9} \cdot \cancel{10^{-4}} \cdot \cancel{10^{-5}}}{4,0^2}$$

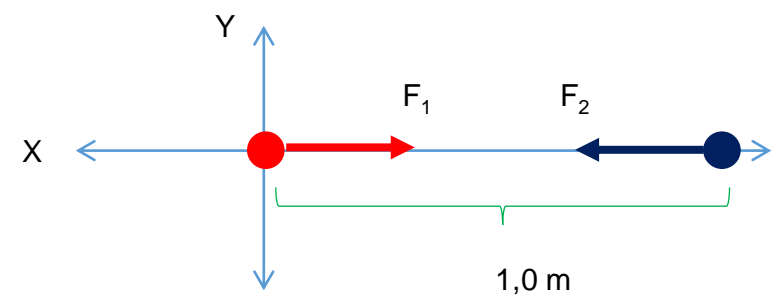
$$F = 8,99 \cdot 0,5 =$$

Coulombs lag – exempel 5

- ✚ $Q_1 = 6 \mu\text{C}$ placeras i origo och $Q_2 = -4,0 \mu\text{C}$ placeras 1 m till höger av Q_1
- ✚ Vad är kraften av Q_1 och Q_2 ? Vad är krafternas riktningar?
- ✚ $Q_1 = 6 * 10^{-6} \text{ C}$
- ✚ $Q_2 = -4,0 * 10^{-6} \text{ C}$
- ✚ $r = 1,0 \text{ m}$
- ✚ $F = ?$

Coulombs lag

$$F = k \frac{Q_1 * Q_2}{r^2}$$
$$k = 8.99 * 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2}$$


$$F = k \frac{Q_1 Q_2}{r^2} = \underline{\hspace{10cm}}$$
$$F = \frac{\left(\frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2}\right) \left(\frac{\text{C}}{1}\right) \left(\frac{\text{C}}{1}\right)}{\text{m}^2}$$
$$F = \frac{(9 * 10^9)(6,0 * 10^{-6})(4,0 * 10^{-6})}{1,0}$$
$$F = 9 * 6,0 * 4,0 * 10^9 * 10^{-6} * 10^{-6}$$

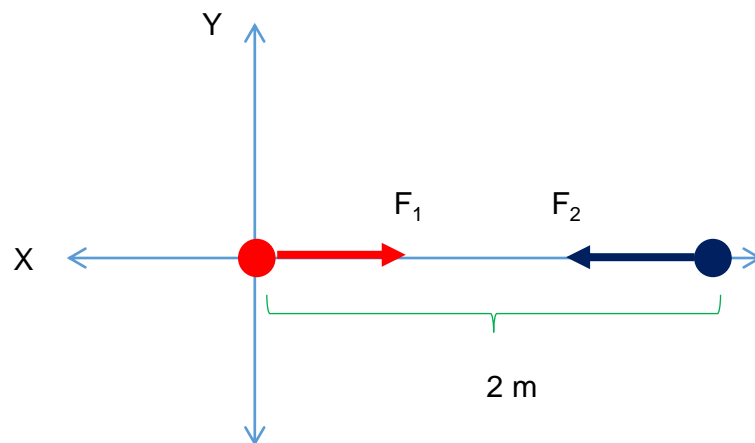
Coulombs lag – exempel 6

- ✚ $Q_1 = 6 \mu\text{C}$ placeras i origo och $Q_2 = -4,0 \mu\text{C}$ placeras 2 m till höger av Q_1
- ✚ Vad är kraften av Q_1 och Q_2 ? Vad är krafternas riktningar?
- ✚ $Q_1 = 6 * 10^{-6} \text{ C}$
- ✚ $Q_2 = -4,0 * 10^{-6} \text{ C}$
- ✚ $r = 2 \text{ m} = 2 * 10^{-2}$

Coulombs lag

$$F = k \frac{Q_1 * Q_2}{r^2}$$

$$k = 8.99 * 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2}$$



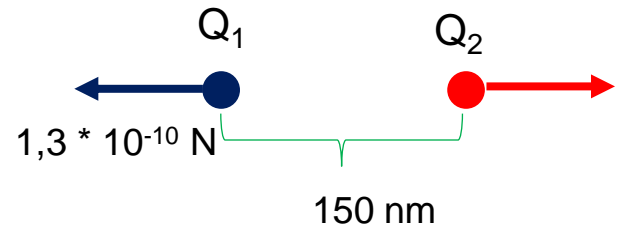
$$F = k \frac{Q_1 Q_2}{r^2} = \underline{\hspace{10cm}}$$

$$F = \frac{\left(9 * 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2}\right) (6,0 * 10^{-6} \text{ C}) (4,0 * 10^{-6} \text{ C})}{(2,0 \text{ m})^2} = \underline{\hspace{10cm}}$$

$$F = \frac{(9 * 10^9) (6,0 * 10^{-6}) (4,0 * 10^{-6})}{4,0} =$$

Coulombs lag – exempel 7

- ✚ $Q_1 = 1,8 * 10^{-17}$ C placeras 150 nm ifrån Q_2
- ✚ Hur stor laddning har Q_2 om den attraherande kraften är $1,3 * 10^{-10}$ N?
- ✚ $Q_1 = 1,8 * 10^{-17}$ C
- ✚ $F = 1,3 * 10^{-10}$ N
- ✚ $r = 150 * 10^{-9}$ m
- ✚ $Q_2 = ?$



Coulombs lag

$$F = k \frac{Q_1 * Q_2}{r^2}$$

$$k = 8.99 * 10^9 \frac{Nm^2}{C^2}$$

$$F = k \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$$

$$r^2 \cdot F = k \frac{Q_1 \cdot Q_2}{1} \cdot r^2$$

$$r^2 \cdot F = k Q_1 \cdot Q_2$$

$$\frac{r^2 * F}{k * Q_1} = \frac{k * Q_1 \cdot Q_2}{k * Q_1}$$

$$\frac{r^2 * F}{k * Q_1} = Q_2$$

$$Q_2 = \frac{F * r^2}{k * Q_1}$$

$$Q_2 = \frac{Nm^2}{\frac{Nm^2}{C^2} * C} = \frac{Nm^2}{\frac{Nm^2}{C * C}} = \frac{Nm^2}{\frac{Nm^2}{C}} = \frac{Nm^2}{1} * \frac{C}{Nm^2} = C$$

$$Q_2 = \frac{F * r^2}{k * Q_1}$$

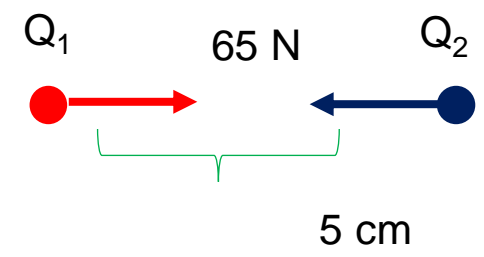
$$Q_2 = \frac{1,3 * 150^2 * 10^{-10} * 10^{-9} * 10^{-9}}{8,99 * 1,8 * 10^9 * 10^{-17}} =$$

$$Q_2 = \frac{1,3 * 22500 * 10^{-28} * 10^8}{8,99 * 1,8}$$

$$Q_2 = \frac{1,3 * 22,500 * 10^{-17}}{16,182} = 1,8 * 10^{-17} C$$

Coulombs lag – exempel 8

- ✚ $Q_1 = -6 \mu\text{C}$ attraheras av en annan laddning. Avståndet mellan laddningarna är 5 cm.
- ✚ Hur stor laddning har Q_2 om den attraherande kraften är 65 N?
- ✚ $Q_1 = -6 * 10^{-6} \text{ C}$
- ✚ $F = 65 \text{ N}$
- ✚ $r = 5 \text{ cm} = 0,05 \text{ m}$
- ✚ $Q_2 = ?$



Coulombs lag

$$F = k \frac{Q_1 * Q_2}{r^2}$$

$$k = 8.99 * 10^9 \frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2}$$

$$F = k \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$$

$$r^2 \cdot F = k \frac{Q_1 \cdot Q_2}{1} \cdot r^2$$

$$r^2 \cdot F = k Q_1 \cdot Q_2$$

$$\frac{r^2 * F}{k * Q_1} = \frac{k * Q_1 \cdot Q_2}{k * Q_1}$$

$$\frac{r^2 * F}{k * Q_1} = Q_2$$

$$Q_2 = \frac{F * r^2}{k * Q_1}$$

$$Q_2 = \frac{\text{Nm}^2}{\frac{\text{Nm}^2}{\text{C}^2} * \text{C}} = \frac{\text{Nm}^2}{\frac{\text{Nm}^2}{\text{C} * \text{C}}} = \frac{\text{Nm}^2}{\frac{1}{\text{Nm}^2}} = \frac{\text{Nm}^2}{1} * \frac{\text{C}}{\text{Nm}^2} = \text{C}$$

$$Q_2 = \frac{F * r^2}{k * Q_1} = \frac{65 * 2,5 * 10^{-3}}{8,99 * 6 * 10^3} = \frac{65 * 2,5 * 10^{-3} 10^{-3}}{8,99 * 6}$$

$$Q_2 = \frac{65 * 2,5 * 10^{-6}}{8,99 * 1,8} = 3,01 * 10^{-6} \text{C}$$

$$Q_2 = 3,01 \mu\text{C}$$

Digital kommunikation

The background features a series of overlapping, wavy lines in shades of purple, green, yellow, and red, creating a sense of motion and digital connectivity. The lines are thin and numerous, forming a complex, layered pattern that suggests data flow or signal transmission.

dB matematik

Matematik – Potens och tiologaritmer

✚ Att upprepa multiplikationer flera gånger om kallas potenser.

■ Exponenter adderas om basen är samma för alla termer.

■ $10 * 10 * 10 =$

■ $10^{-1} * 10^{-1} * 10^{-1} = 10^{-3} = 0,001$

✚ *Tiologaritmer*

✚ $1 = 10^0$

✚ $2 = 10^{0,3}$

✚ $3 = 10^{0,48}$

✚ $10 = 10^1$

✚ $0,1 = 10^{-1}$

✚ $y = 10^x$

✚ $1 = 10^0$

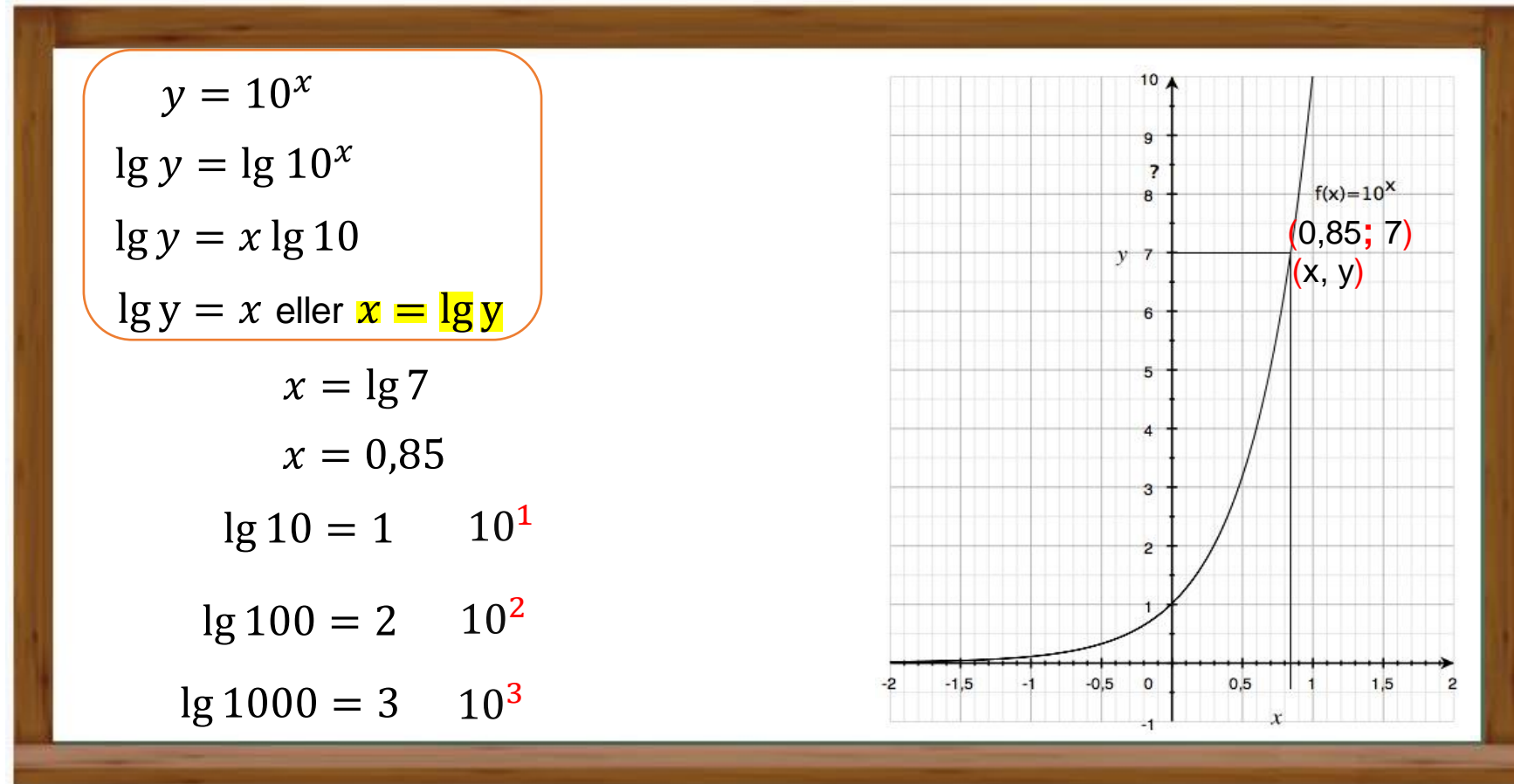
✚ $10 = 10^1$

✚ $0,1 = 10^{-1}$

✚ $y > 0$


Exponent


Bas



Matematik – Decibel (dB)

- ✚ Decibel är en relativ enhet som utvisar ett förhållande mellan två värden.
- ✚ Det relativa värdet i dB räknas ut grundat i ett referensvärde.
- ✚ Antag att vi har en förstärkare (Amplifier)
- ✚ Något som går in i A förändras på vägen ut.
- ✚ Hur uttrycker vi detta matematiskt?
- ✚ Hur jämförs värdena in och ut?
- ✚ A är enhetslös.
- ✚ A behöver en enhet.
- ✚ Bell eller bara **B**
- ✚ Vad händer om $x_{in} = x_{ut}$?
- ✚ Ingen skillnad, ingen förändring.
- ✚ Vad händer om $x_{ut} = 10 x_{in}$?

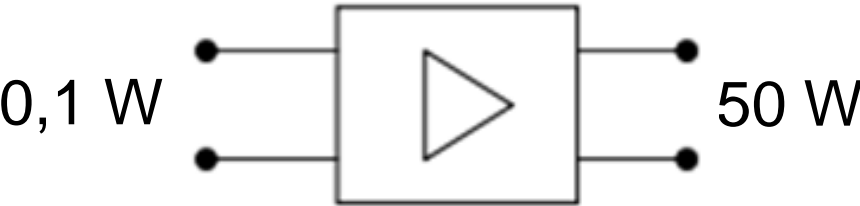


x_{in}  x_{ut}

$$x_{ut} = A * x_{in}$$
$$\frac{x_{ut}}{x_{in}} = \frac{Ax_{in}}{x_{in}}$$
$$\frac{x_{ut}}{x_{in}} = A$$
$$A_B = \lg[A] = \lg\left(\frac{x_{ut}}{x_{in}}\right)$$
$$A_B = \lg\left(\frac{10x_{in}}{1x_{in}}\right) = \lg(10) = 1 B$$
$$A_{dB} = 10 * \lg[A] = 10 * \lg\left(\frac{x_{ut}}{x_{in}}\right)$$
$$A_{dB} = 10 * \lg\left(\frac{10x_{in}}{1x_{in}}\right) = 10 * \lg(10) = 10 dB$$

Matematik – Decibel (dB)

- ✚ Antag att en förstärkare får in en tiondels Watt och matar ut 50 Watt.
- ✚ Det är uppenbart att den tiondels Watt har blivit 50 Watt.
- ✚ Men hur kan skillnaden eller förändringen uttryckas matematiskt?
- ✚ Det är här som decibel begrepp tar sin plats.
- ✚ Hur tolkas 27 dB?



The diagram shows a rectangular box representing an amplifier with a right-pointing triangle inside. On the left side, two horizontal lines represent input terminals, with the label "0,1 W" to their left. On the right side, two horizontal lines represent output terminals, with the label "50 W" to their right.

$$P_{ut} = 10 * \lg\left(\frac{P_{ut}}{P_{in}}\right)$$
$$P_{ut} = 10 * \lg\left(\frac{50W}{0,1W}\right) = 27 \text{ dB}$$

Matematik – Decibel (dB)

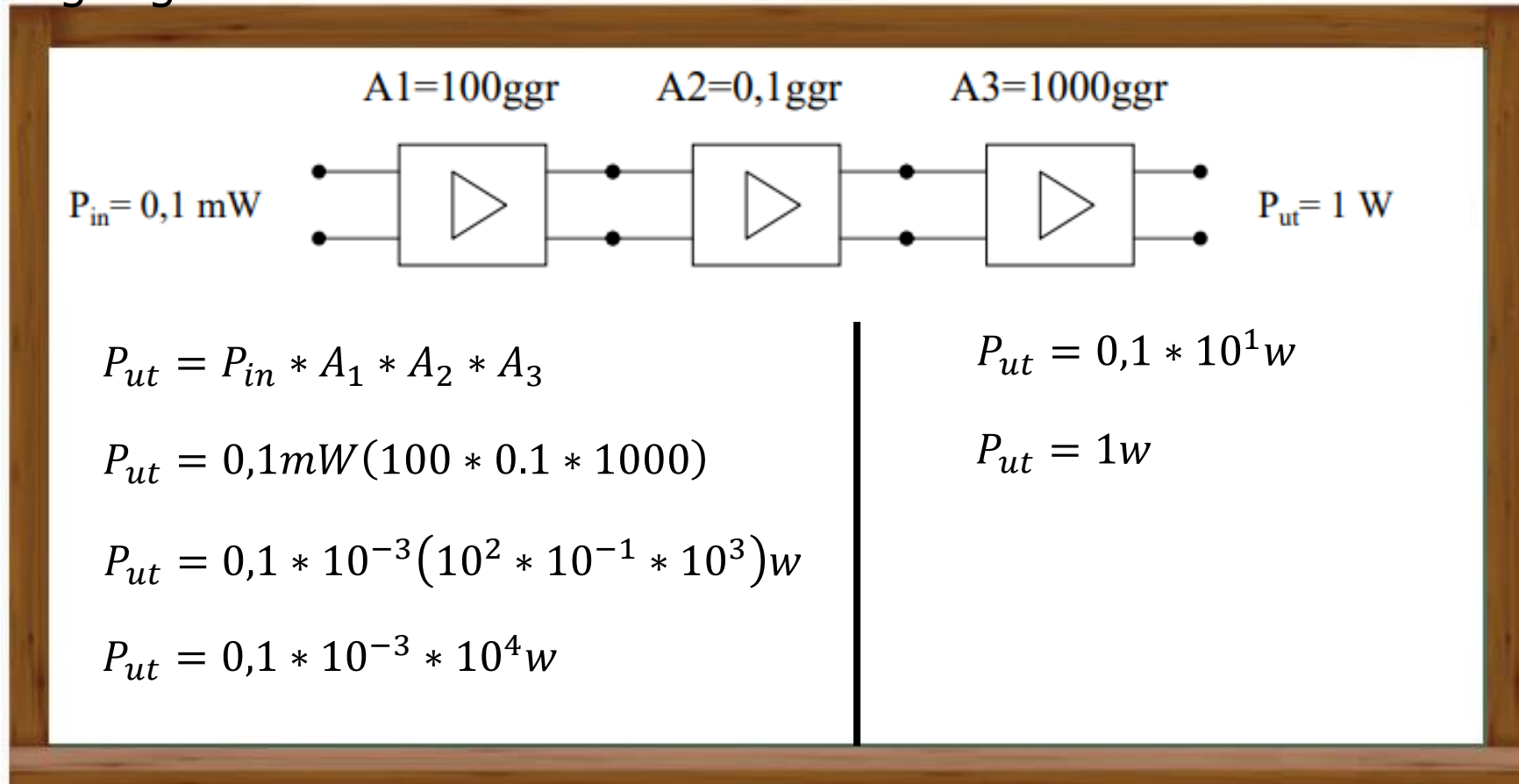
- ✚ 0 dB är referensen för att jämföra effekt (signalstyrka)
- ✚ +3 dB är dubbel så mycket än referensen
- ✚ -3 dB är hälften så mycket än referensen
- ✚ +10 dB är tio gånger så mycket än referensen
- ✚ -10 dB är en tiondel så mycket än referensen
- ✚ Till exempel skillnaden mellan in-effekt på 0,1 W och uteffekt 50 W är 27 dB.
- ✚ 30 dB = 1000 ggr, en minskning på -3 dB ger
- ✚ 27 dB = 500 ggr
- ✚ Därmed 50 W är 500 ggr starkare än 0,1 W.
- ✚ Observera att i tabellen är utgångspunkten 0 dB = 1 ggr
- ✚ För att beskriva skillnaden mellan tal mindre än 1 används negativa decibelvärden exempelvis -30 dB vilket innebär att något är 1000 ggr mindre än 0 dB.

dB-värde	Skillnad
60	1 000 000
50	100 000
40	10 000
30	1000
20	100
10	10
9	8
6	4
3	2
0	1

Matematik – dB

- ✚ Antag att vi har 3 förstärkare (A1, A2 och A3).
- ✚ Vi har också en in-effekt $P_{in} = 0,1 \text{ mW}$.
- ✚ Hur stor blir uteffekten, P_{ut} i Watt?
- ✚ Vi gör om beräkningar denna gången i dB:
- ✚ $20 + (-10) + 30 = 40 \text{ dB}$
- ✚ $40 \text{ dB} = 10\,000 \text{ ggr}$
- ✚ P_{ut} är 10 000 ggr starkare än P_{in}

dB-värde	Skillnad
60	1 000 000
50	100 000
40	10 000
30	1000
20	100
10	10
9	8
6	4
3	2
0	1



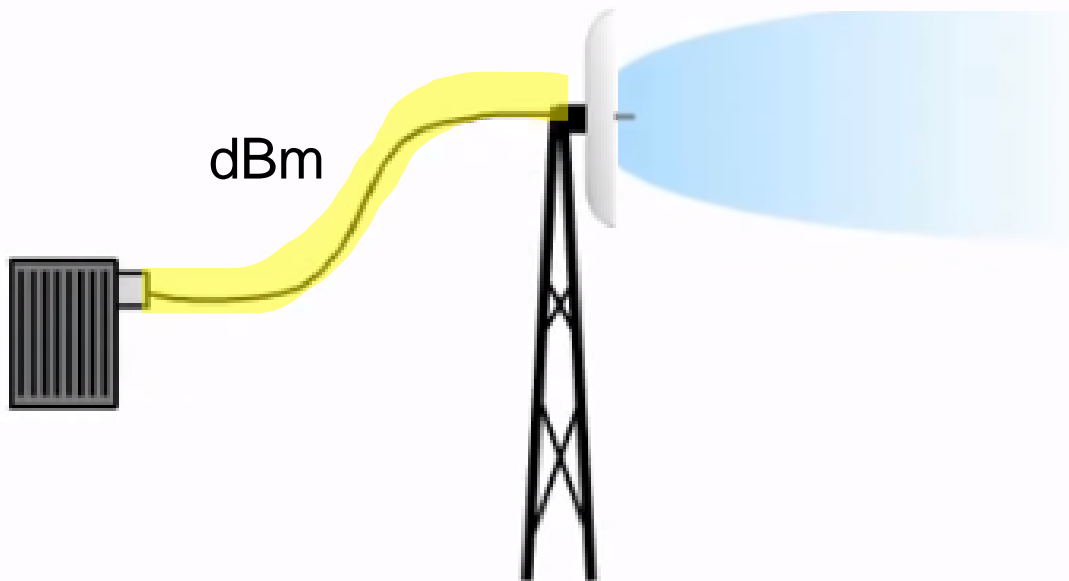
Digital kommunikation

An abstract graphic representing digital communication. It features a series of vertical bars of varying heights and colors (purple, green, yellow, orange, blue, red) that resemble a digital signal or data stream. Overlaid on this are several thin, white, wavy lines that create a sense of motion and connectivity, suggesting a network or data flow.

dBm matematik

Matematik – dBm

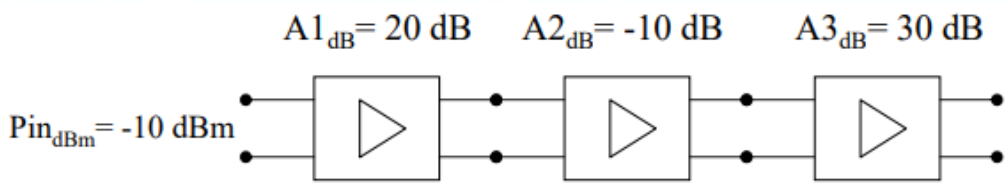
- ✚ dBm används för att definiera signalstyrka i ledningar och kablar som används tillsammans med antenner.
- ✚ dBm betyder dB i förhållande till 1 milliwatt, en tusendels Watt.
- ✚ Referensen är 1 mW, det vill säga **0 dBm = 1 mW**
- ✚ Positiva värde på dBm betyder att styrkan är större än 1 mW och negativa värde mindre än 1 mW.
- ✚ Observera att $30 \text{ dBm} = 1000 \text{ mW} = 1 \text{ W}$



dB-värde	Skillnad
60	1 000 000
50	100 000
40	10 000
30	1000
20	100
10	10
9	8
6	4
3	2
0	1

Matematik – dBm

- ✚ Antag att vi har 3 förstärkare (A1, A2 och A3).
- ✚ Förstärkningar anges i dB
- ✚ Vi har också en in-effekt $P_{in} = -10$ dBm.
- ✚ Hur stor blir uteffekten, P_{ut} i Watt?
- ✚ Ett annat alternativ är:
 - ✚ $P_{ut} = 30$ dBm
 - ✚ $30/10$ ger 10^3 mW = 1 W



$P_{in_dBm} = -10$ dBm

$A1_{dB} = 20$ dB $A2_{dB} = -10$ dB $A3_{dB} = 30$ dB

$P_{ut} = ?$

$$P_{ut} = P_{in} + (A_1 + A_2 + A_3)$$
$$P_{ut} = -10 \text{ dBm} + (20 - 10 + 30) \text{ dB}$$
$$P_{ut} = -10 \text{ dBm} + 40 \text{ dB}$$
$$P_{ut} = -10 \text{ dBm} + 40 \text{ dBm}$$
$$P_{ut} = 30 \text{ dBm} = 1000 \text{ mW} = 1 \text{ W}$$

$0 \text{ dBm} = 1 \text{ mW}$
 $+10 \text{ dBm} = 10 \text{ mW}$
 $+10 \text{ dBm} = 100 \text{ mW}$
 $+10 \text{ dBm} = 1000 \text{ mW}$
 $30 \text{ dBm} = 1000 \text{ mW}$
 $30 \text{ dBm} = 1 \text{ W}$

Matematik – dBm

✚ Vad blir 24 dBm i W?

dB-värde	Skillnad
60	1 000 000
50	100 000
40	10 000
30	1000
20	100
10	10
9	8
6	4
3	2
0	1

$$\frac{24}{10} = 2,4$$

$$10^{2,4} = 251mW$$

$$24 \text{ dBm} = 251 \text{ mW}$$

$$24 \text{ dBm} = 0,251 \text{ W}$$

$$30 \text{ dBm} = 1000 \text{ mW}$$

$$30 \text{ dBm} = 1 \text{ W}$$

$$27 \text{ dBm} = 0,5 \text{ W}$$

$$24 \text{ dBm} = 0,250 \text{ W}$$

Matematik - dBm

- ✚ Hur stor är skillnaden mellan två sändare på 1 mW i dBm?
- ✚ $1 \text{ mW} = 0 \text{ dBm}$ (ingen skillnad)
- ✚ Vad motsvarar 10 mW i dBm?
- ✚ $1 \text{ mW} = 0 \text{ dBm}$
- ✚ $10 * 1 \text{ mW} = 0 + 10 \text{ dBm}$ (du adderar 10, inte multiplicerar)
- ✚ **$10 \text{ mW} = 10 \text{ dBm}$**
- ✚ Vad motsvarar 100 mW i dBm?
- ✚ $10 \text{ mW} = 10 \text{ dBm}$
- ✚ $10 * 10 \text{ mW} = 10 + 10 \text{ dBm}$
- ✚ **$100 \text{ mW} = 20 \text{ dBm}$**
- ✚ Vad motsvarar 200 mW i dBm?
- ✚ $2 * 100 \text{ mW} = 20 + 3 = 23 \text{ dBm}$ (när du dubblar adderar du 3 dBm)
- ✚ **$200 \text{ mW} = 23 \text{ dBm}$**
- ✚ Vad motsvarar 50 mW i dBm?
- ✚ $100 \text{ mW} = 20 \text{ dBm}$
- ✚ $100/2 \text{ mW} = 20 - 3 \text{ dBm} = 17 \text{ dBm}$
- ✚ **$50 \text{ mW} = 17 \text{ dBm}$** (50 är hälften av 100, dvs. -3 dBm)

dB-värde	Skillnad
60	1 000 000
50	100 000
40	10 000
30	1000
20	100
10	10
9	8
6	4
3	2
0	1

Matematik - dBm

✚ Om effekt i mW är känd och man vill beräkna i dB:

$$\text{✚ } x \text{ dB} = \log_{10}(P) * 10$$

$$\text{✚ } 20 \text{ mW} = x \text{ dB}; \log(20) * 10 = 13 \text{ dB}$$

$$\text{✚ } 40 \text{ mW} = x \text{ dB}; \log(40) * 10 = 16 \text{ dB}$$

$$\text{✚ } 80 \text{ mW} = x \text{ dB}; \log(80) * 10 = 19 \text{ dB}$$

$$\text{✚ } 100 \text{ mW} = x \text{ dB}; \log(100) * 10 = 20 \text{ dB}$$

✚ Om dB är känd och man vill beräkna i mW:

$$\text{✚ } x \text{ mW} = 10^{\left(\frac{\text{dB}}{10}\right)}$$

$$\text{✚ } 13 \text{ dB} = x \text{ mW}; 13/10 = 1,3; 10^{1,3} \approx 20 \text{ mW}$$

$$\text{✚ } 16 \text{ dB} = x \text{ mW}; 16/10 = 1,6; 10^{1,6} \approx 40 \text{ mW}$$

$$\text{✚ } 19 \text{ dB} = x \text{ mW}; 19/10 = 1,9; 10^{1,9} \approx 80 \text{ mW}$$

$$\text{✚ } 20 \text{ dB} = x \text{ mW}; 20/10 = 2; 10^2 = 100 \text{ mW}$$

$$\text{✚ } 22 \text{ dB} = x \text{ mW}; 22/10 = 2,2; 10^{2,2} \approx 158 \text{ mW}$$

Matematik - dBm

✚ Vad motsvarar 30 dBm i mW?

✚ $1 \text{ mW} = 0 \text{ dBm}$

✚ $10 * 1 \text{ mW} = 10 + 0 \text{ dBm}$ ($10 \text{ mW} = 10 \text{ dBm}$)

✚ $10 * 10 \text{ mW} = 100 \text{ mW}$ ($100 \text{ mW} = 20 \text{ dBm}$)

✚ $10 * 100 \text{ mW} = 1000 \text{ mW} = 30 \text{ dBm}$

✚ **$30 \text{ dBm} = 1000 \text{ mW}$**

✚ Vad motsvarar 36 dBm i x mW?

✚ $30 \text{ dBm} = 1000 \text{ mW}$

✚ $+3 \text{ dBm} = 33 \text{ dBm} = 2 * 1000 \text{ mW} = 2000 \text{ mW}$

✚ $+3 \text{ dBm} = 36 \text{ dBm} = 2 * 2000 \text{ mW} = 4000 \text{ mW}$

✚ **$36 \text{ dBm} = 4000 \text{ mW}$**

✚ Vad motsvarar -50 dBm i mW?

✚ $0 \text{ dBm} = 1 \text{ mW}$

✚ $-10 \text{ dBm} = 0,1 \text{ mW}$ (5 ggr ger $0,00001 \text{ mW}$)

✚ **$-50 \text{ dBm} = 0,00001 \text{ mW}$**

dB-värde	Skillnad
60	1 000 000
50	100 000
40	10 000
30	1000
20	100
10	10
9	8
6	4
3	2
0	1

Matematik - dBm

- ✚ Decibel används för att uttrycka skillnaden mellan två värden där det ena är ett referensvärde.
- ✚ Det finns två sätt som hjälper att hantera decibel-värde vid konverteringar.
- ✚ **Ändring i 3 dB dubblar signalens effekt** (upp eller ned):

- 14 dBm = 25 mW
- 17 dBm = 50 mW
- 20 dBm = 100 mW
- 23 dBm = 200 mW

- ✚ **Ändring i +10 dB ger 10 ggr effekt**

- -20 dBm = 0,01 mW
- -10 dBm = 0,1 mW
- 0 dBm = 1 mW
- 10 dBm = 10 mW
- 20 dBm = 100 mW
- 30 dBm = 1000 mW
- 40 dBm = 10000 mW

✚ Vad är 28 dBm =

✚ Vad är 19 dBm =

$$\begin{aligned}24 \text{ dBm} &= x \text{ W} \\24/10 &= 2,4 \\10^{2,4} &= 251 \\251/1000 &= 0,251 \text{ W}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}40 \text{ dBm} &= 10 \text{ W} \\37 \text{ dBm} &= 5 \text{ W} \\34 \text{ dBm} &= 2,5 \text{ W} \\31 \text{ dBm} &= 1,25 \text{ W} \\28 \text{ dBm} &= 0,625 \text{ W}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{dB} &= 10\log(\text{put}/\text{pin}) \\ \text{Tre förstärkare på 100} \\ \text{Tillsammans?} \\ 100 \times 100 \times 100 &= 1\,000\,000 \\ 20 + 20 + 20 &= 60 \text{ dB} \\ \text{dB} &= 10 \log 100 \\ \text{dB} &= 10 \times 2 = 20\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}29 \text{ dBm} &= 800 \text{ mW} \\19 \text{ dBm} &= 80 \text{ mW}\end{aligned}$$

Sammanfattning

- ✚ 0 dB är referensen för att jämföra effekt (signalstyrka)
- ✚ +3 dB är dubbel så mycket än referensen
- ✚ -3 dB är hälften så mycket än referensen
- ✚ +10 dB är tio gånger så mycket än referensen
- ✚ -10 dB är en tiondel så mycket än referensen
- ✚ Om effekt i mW är känd och man vill beräkna i dB:
- ✚ $x \text{ dB} = 10 * \log_{10}(P)$
- ✚ 20 mW = x dB; $10 * \log(20) = 13 \text{ dB}$
- ✚ Om dB är känd och man vill beräkna i mW:
- ✚ $x \text{ mW} = 10^{\left(\frac{\text{dB}}{10}\right)}$
- ✚ 13 dB = x mW; $13/10 = 1,3$; $10^{1,3} \approx 20 \text{ mW}$

dB-värde	Skillnad
60	1 000 000
50	100 000
40	10 000
30	1000
20	100
10	10
9	8
6	4
3	2
0	1

DIGINTO

The background features a series of white, wavy lines that create a sense of motion and depth. These lines are set against a dark background with a vertical rainbow spectrum of colors: purple, green, yellow, orange, blue, and red. The overall effect is a dynamic and futuristic digital aesthetic.

Digital kommunikationsteknik

Gonzalo Rivera ©