

# DIGINTO

The background features a series of overlapping, wavy lines in shades of purple, green, yellow, and red, creating a sense of motion and digital data flow. The lines are thin and numerous, creating a mesh-like effect as they intersect.

*Digital kommunikationsteknik*

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

Digital kommunikation

*Trådlös kommunikationsteknik*

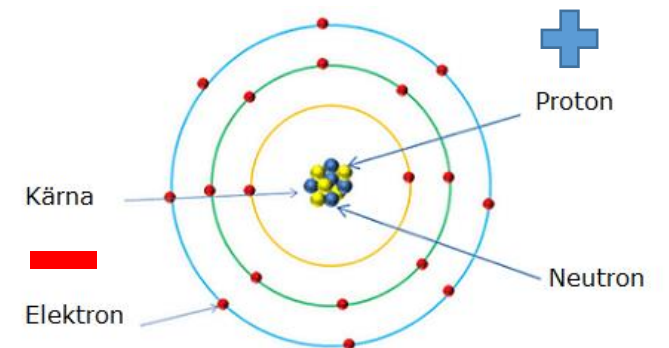
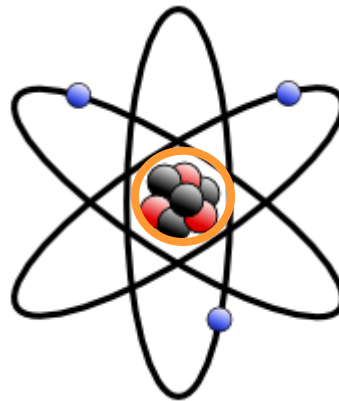
# Trådlös kommunikationsteknik

- ✚ Trådlös kommunikation refereras till vilken typ av datautbyte som helst mellan trådlösa kommunicerande partner, det vill säga utan kabelanslutna kommunicerande parter.
- ✚ Denna definition är extremt bred och abstrakt eftersom den kan motsvara många typer av teknik inom trådlös kommunikation, såsom:
  - Wi-Fi nätverkskommunikation (fokus i denna kurs, WLAN)
  - Bluetooth kommunikation
  - Satellitkommunikation
  - Mobil kommunikation
- ✚ För att förstå hur vi kommunicerar varandra trådlöst behöver vi ur ett tekniskt perspektiv börja från en grundläggande fysik och matematik relaterade till trådlösa signaler.



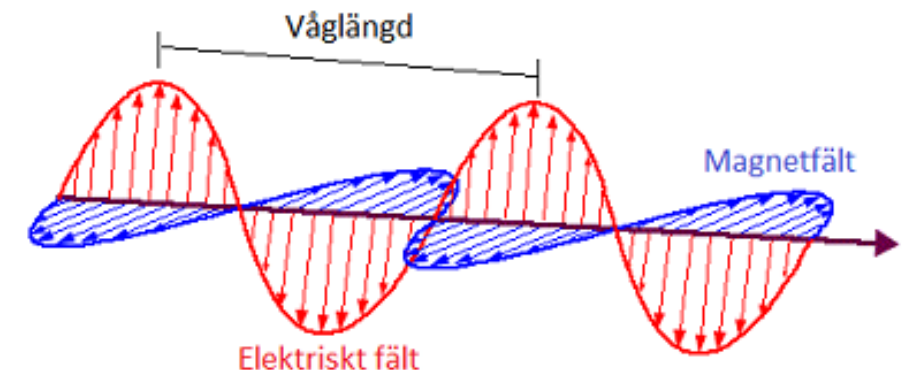
## Atomens beståndsdelar

- ✚ Allt runt omkring oss är uppbyggt av olika ämnen, som i sin tur består av mycket små partiklar som kallas *atomer*.
- ✚ Atomkärnan består av **protoner** och **neutroner**.
- ✚ I ett "moln" runt atomens kärna kretsar **elektroner**.
- ✚ Protoner är positivt laddade (+) och elektronerna är negativt laddade (-).
- ✚ Neutroner har ingen elektrisk laddning.
- ✚ Atomer består av lika många protoner som elektroner (neutrala).
- ✚ Ibland kan dock atomen av olika anledningar ha för få eller för många elektroner.
- ✚ Sådana atomer kallas **joner**.
- ✚ En jon är alltså en positivt eller negativt laddad atom.



## Vad är strålning?

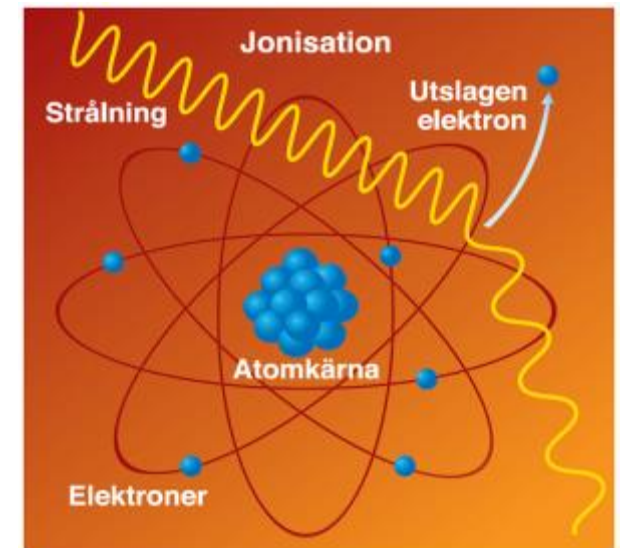
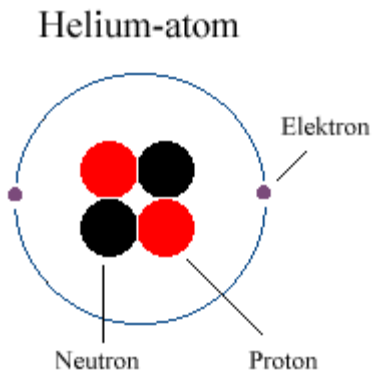
- ✚ Strålning handlar om energiöverföring utan fysisk kontakt eller utan något medium.
- ✚ Strålning kan till exempel färdas genom luft, men behöver inte luften för att ta sig fram.
- ✚ Strålning färdas lika bra i tomma rymden.
- ✚ Elektromagnetiska vågor består av ett elektriskt och ett magnetiskt fält
- ✚ Det finns flera olika sätt att gruppera många typer av strålning exempelvis:
  - partikelstrålning
  - elektromagnetisk strålning
- ✚ eller
  - Joniserande strålning
  - Icke joniserande strålning



# Joniserande strålning

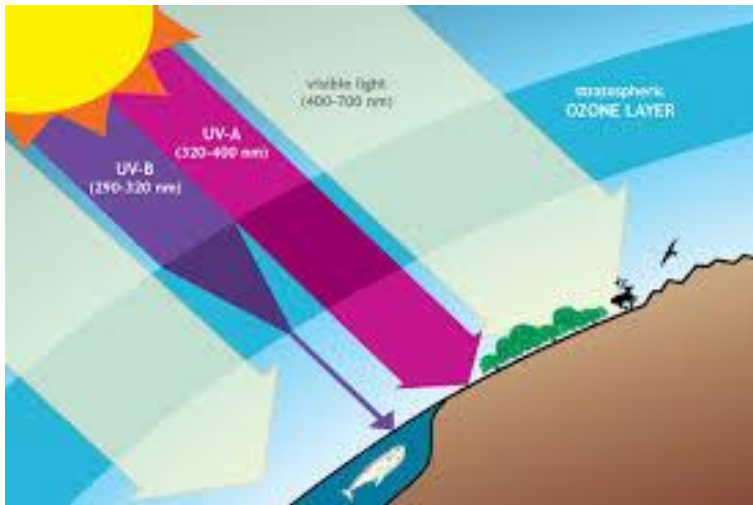
- ✚ Strålning med hög energi som har förmågan att slita loss elektroner från atomer och därmed bilda joner.
- ✚ Joniserande strålning kan delas in i
  - elektromagnetisk strålning, (gammastrålning och röntgenstrålning)
  - partikelstrålning, (alfa-, beta- och neutronstrålning).
- ✚ Röntgenstrålning skapas på konstgjord väg med hjälp av röntgenrör.
- ✚ Gammastrålning kommer från atomkärnorna i radioaktiva ämnen.
- ✚ Ultraviolettt strålning från solen gör att du kan skapa D-vitaminer, den bidrar till att du blir solbränd men det kan också leda till cancer.

## Alfastrålning



# Icke-joniserande strålning

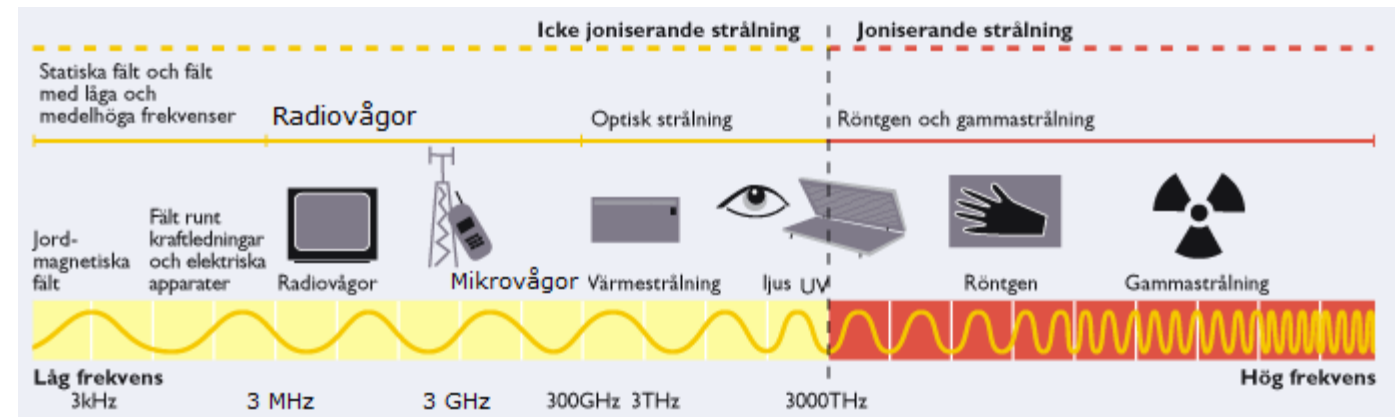
- ✚ Elektromagnetisk strålning som inte orkar slå sönder atomer.
- ✚ Icke-joniserande strålning delas in i:
  - Optisk strålning, (synligt ljus, ultraviolettt strålning och infraröd strålning)
  - Radiofrekvent strålning, (mikrovågor, radiovågor och lågfrekventa elektromagnetiska fält)
- ✚ UV-strålning – kommer till största delen från solen men den kan också skapas på konstgjord väg (i solarier och elsvetsar till exempel).
- ✚ Infraröd strålning – sänds ut från alla varma föremål som till exempel glödlampor och spisplattor.
- ✚ Ultraljud – räknas också till icke-joniserande strålning.



# Elektromagnetiska spektrum

- ✚ Det elektromagnetiska (EM) spektrumet är intervallet för all möjlig elektromagnetisk strålning.
- ✚ Bilden visar lågfrekventa vågor i gul bakgrund och högfrekventa vågor i röd bakgrund.
- ✚ Lågfrekventa radiovågor har längre våglängd än mikrovågor.
- ✚ Radiovågor är lågfrekventa och intressanta för trådlös kommunikation.
- ✚ *Mikrovågor* placeras inom de högfrekventa elektromagnetiska vågor.
- ✚ Mikrovågor kallas ofta också *korta radiovågor* därför placeras de nära radiovågor.
- ✚ Korta radiovågor (mikrovågor) har mindre än 30 cm våglängd.

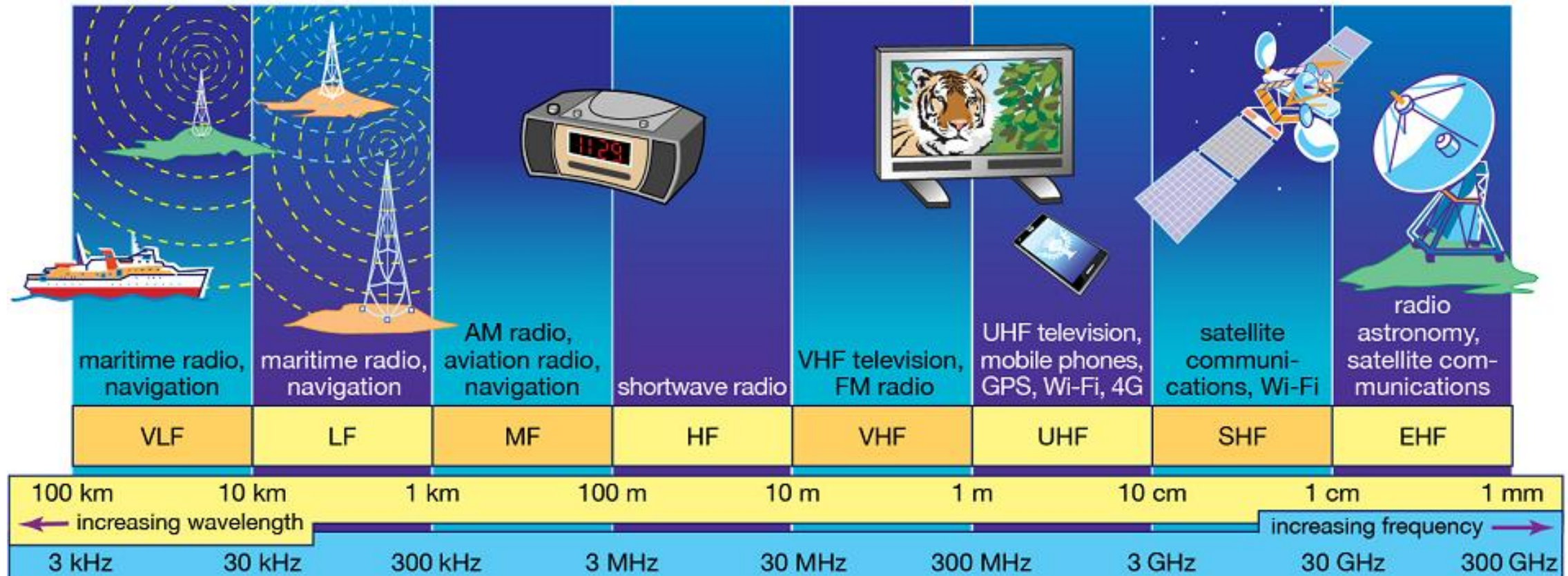
Frekvensområde	Frekvens	Våglängd
Radiovågor	30 KHz - 3 GHz	1 km - 10 cm
Mikrovågor	600 MHz - 300 GHz	0,5 m - 1 mm
Infrarött ljus	300 GHz - 430 THz	1 mm - 700 nm
Synligt ljus	430 THz - 790 THz (terahertz)	700 nm - 380 nm
Ultraviolettt ljus	790 THz - 30 PHz (picohertz)	380 nm - 10 nm
Röntgenstrålning	30 PHz - 30 EHz (exahertz)	10 nm - 0,01 nm
Gammalstrålning	> 10 EHz	< 0,01 nm





# Frekvensspektrum

- Det finns många användningsområden för radiovågor, och därför är kategorin indelad i många underkategorier, inklusive mikrovågor.



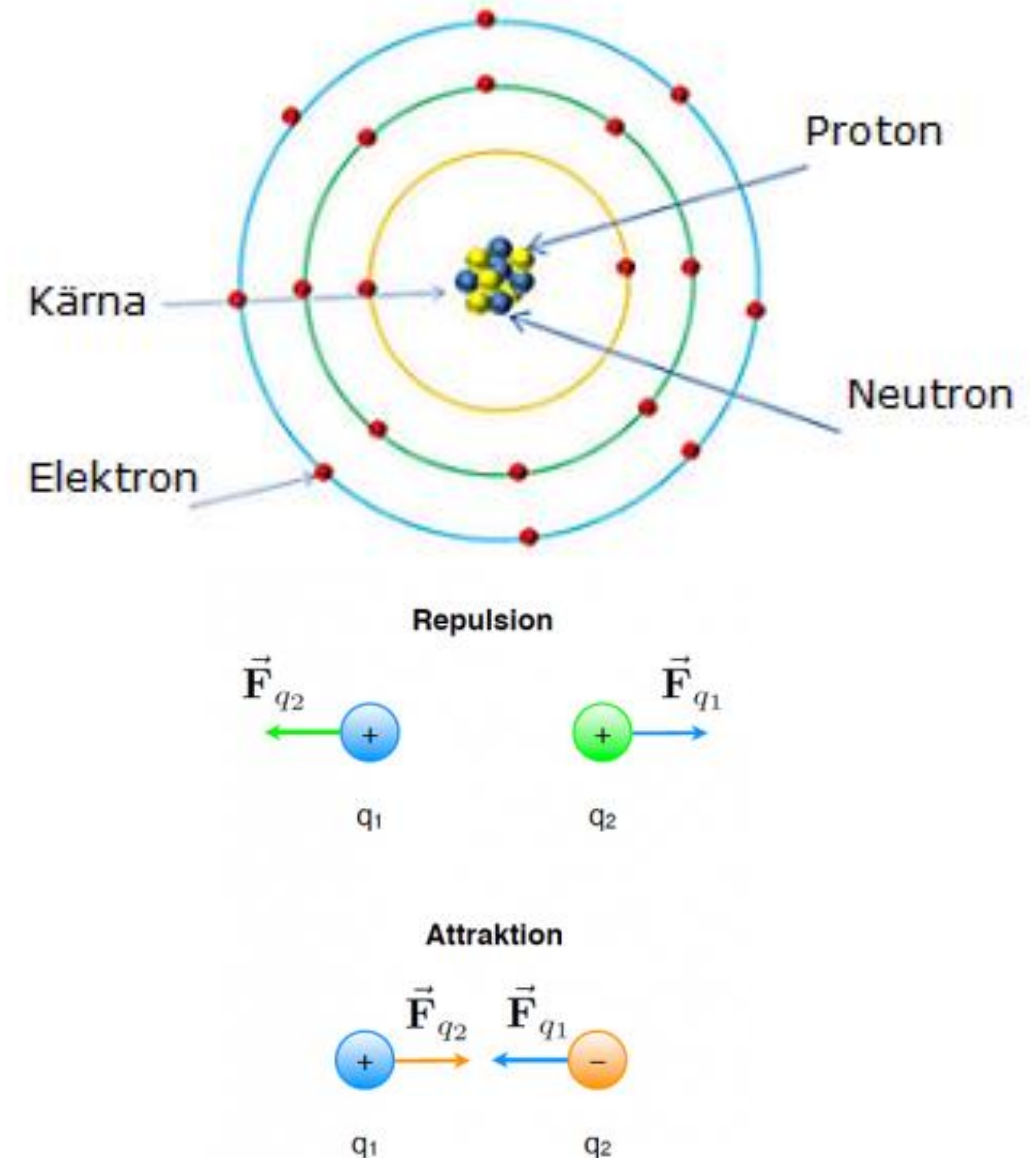
The image features a dark background with a series of vertical, blurred lines in a rainbow spectrum (purple, green, yellow, orange, blue, red) that create a sense of depth and light. Overlaid on this are several thin, white, wavy lines that represent electromagnetic waves, flowing from left to right across the frame.

Digital kommunikation

*Elektromagnetiska vågor*

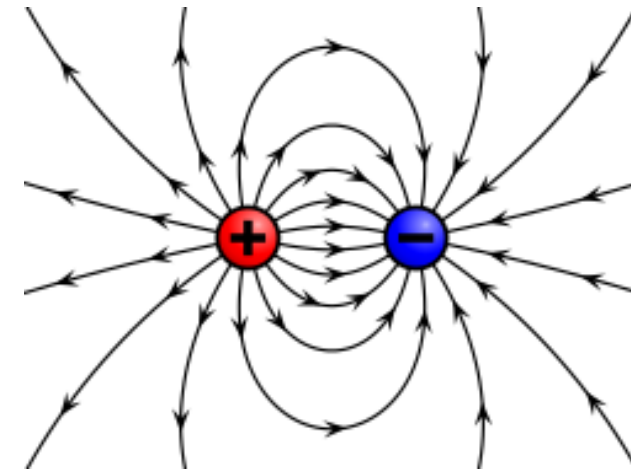
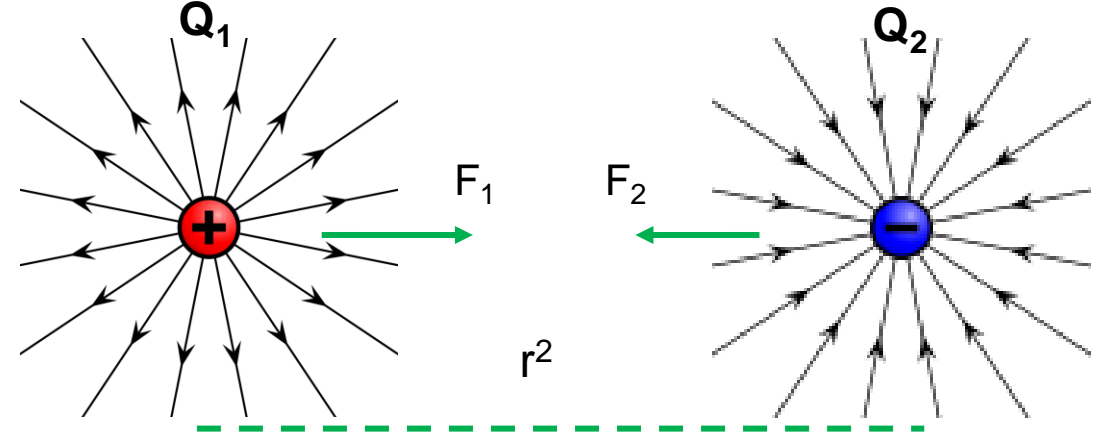
# Elektromagnetiska vågor

- ✚ Det finns två typer av elektrisk laddning:
  - Positiv laddning (protoner)
  - Negativ laddning (elektroner)
- ✚ Laddningar kommer från atomernas byggstenar (elementär partiklar)
- ✚ *partikel* = en liten del av något, atom, molekyl.
- ✚ Materiens minsta beståndsdel som bär någon form av kraft.
- ✚ Ett negativt laddat föremål har överskott på elektroner.
- ✚ Ett positivt laddat föremål har underskott på elektroner.
- ✚ Vad händer om två laddningar möts?
  - *Repulsion*, stöter bort varandra
  - *Attraktion*, dras till varandra



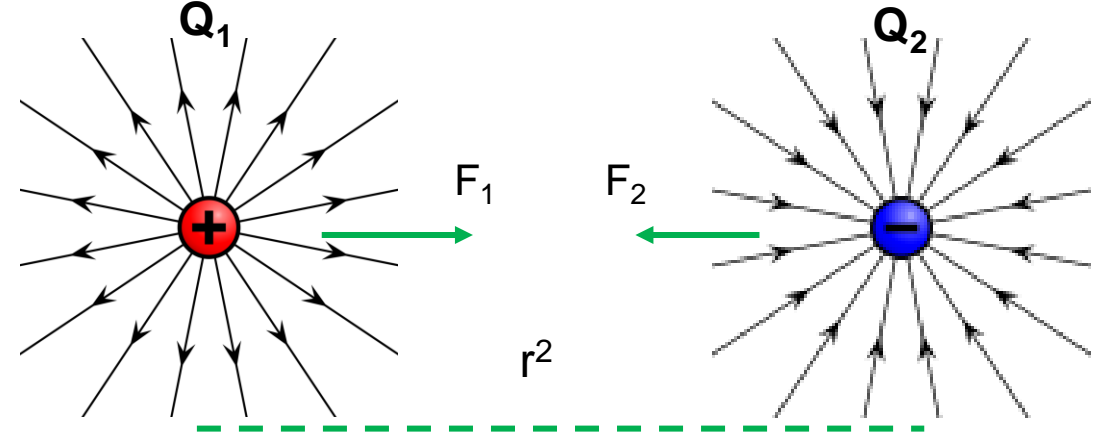
# Elektromagnetiska vågor

- ✚ En laddning i vila producerar ett elektriskt fält omkring sig men inget magnetfält.
- ✚ Termen fält betyder att någon osynlig "*strålning*" omgärdar laddningen.
- ✚ Denna "strålning" kallar vi för *fältlinjer*.
- ✚ Positiva laddningar har fältlinjer riktade utåt.
- ✚ Negativa laddningar har fältlinjer riktade inåt.
- ✚ Fältets styrka avgörs av laddningarnas *kraft*
- ✚ Avståndet  $r^2$  påverkar fältets styrka.



# Coulombs lag

- + Denna lag säger att storleken av kraften mellan två punktformiga laddningar är direkt proportionell mot laddningarnas produkt och omvänt proportionell mot kvadraten av deras inbördes avstånd.
- + Om avståndet halveras fyrdubblas kraften
- + Om bägge laddningar fördubblas, blir kraften fyra gånger så stor.
- + Avståndet mellan laddningar betecknas  $r^2$
- + Kraften  $F$  mäts i N (Newton)
- +  $K = 8,99 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$
- + Den minsta elektriska laddning kallas elementarladdning
- +  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

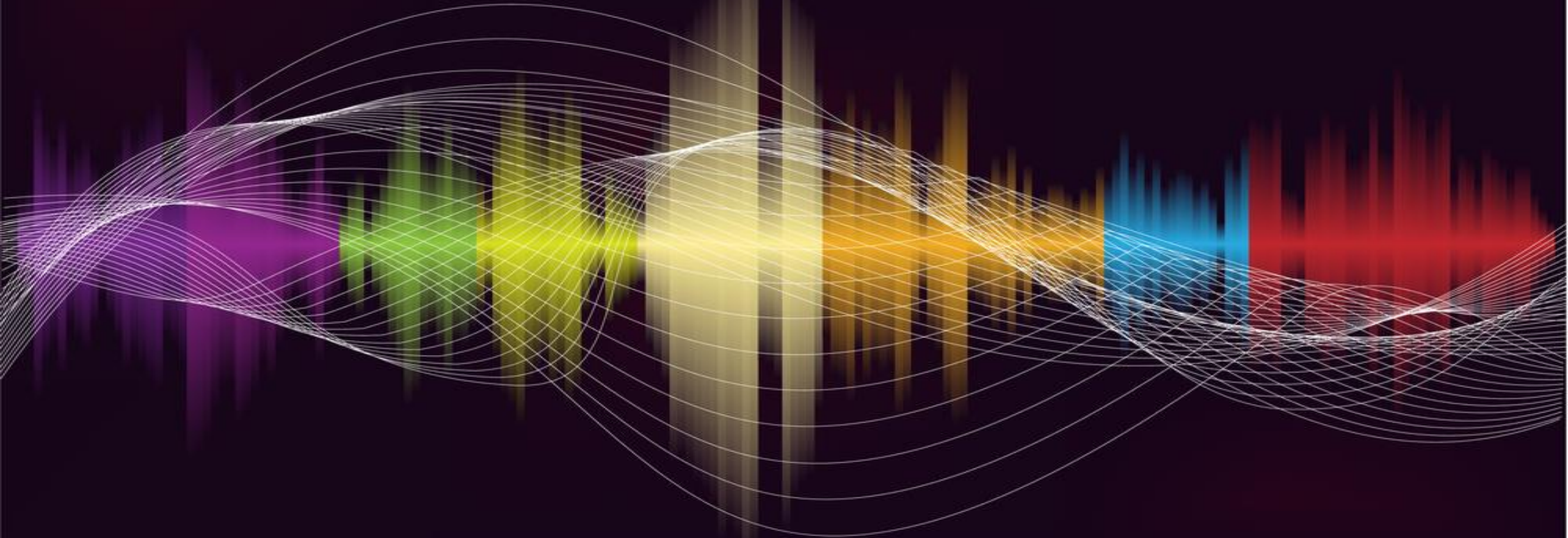


## Coulombs lag

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

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

Digital kommunikation

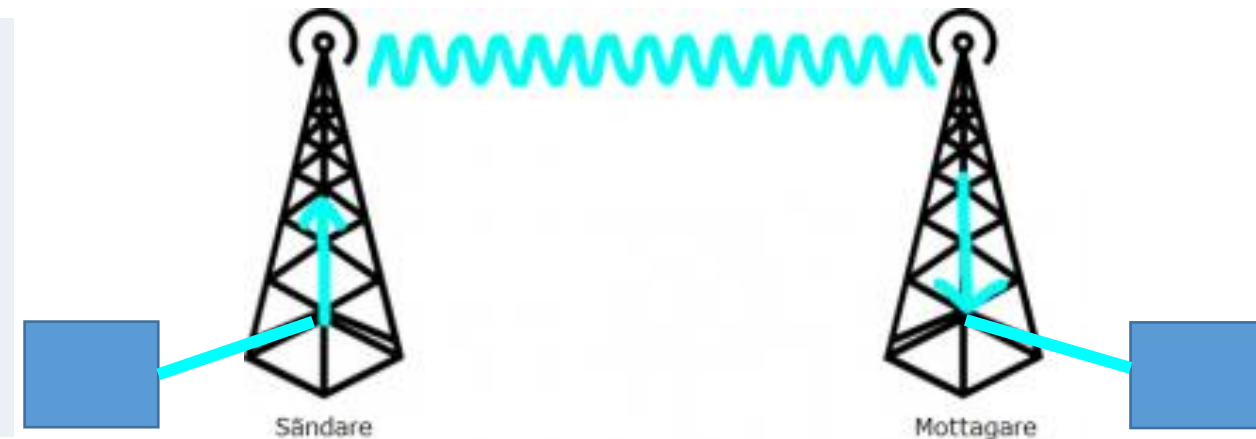
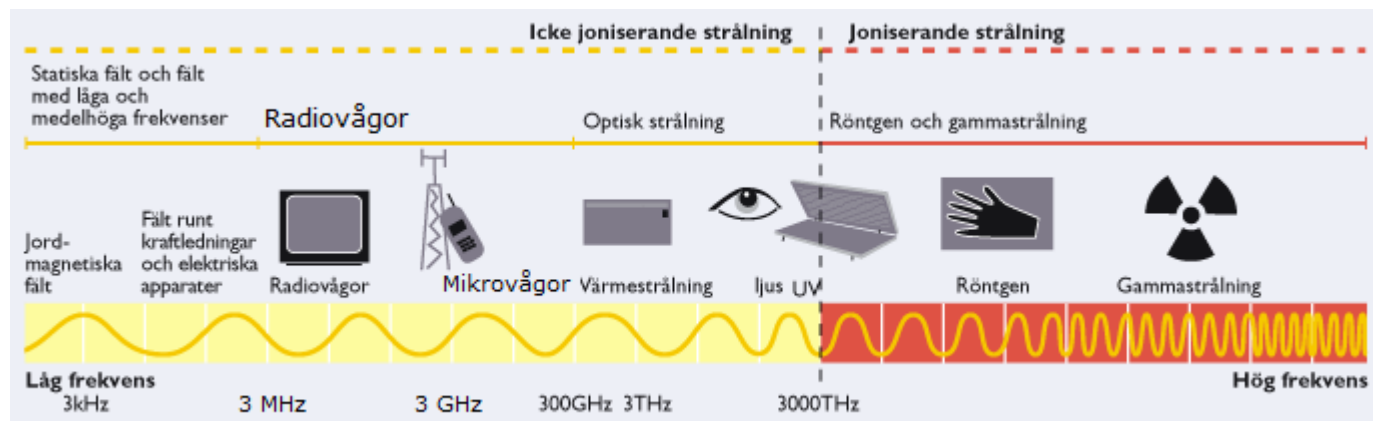


*Radiovågor*

Gonzalo Rivera ©

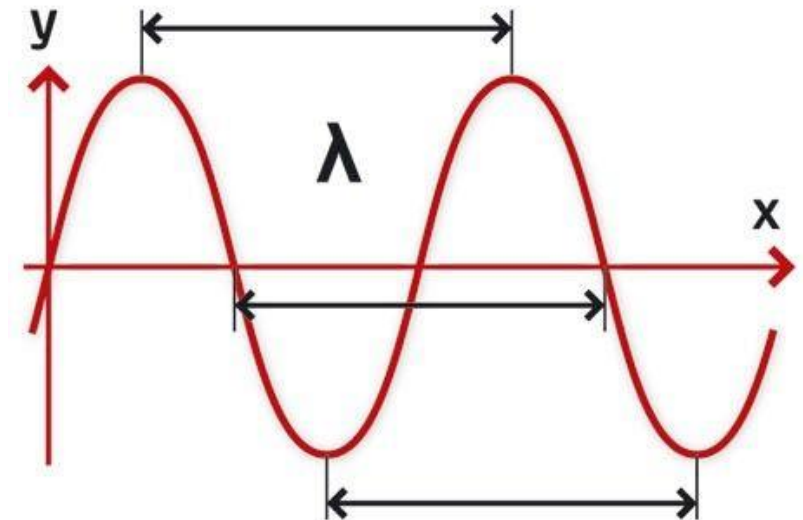
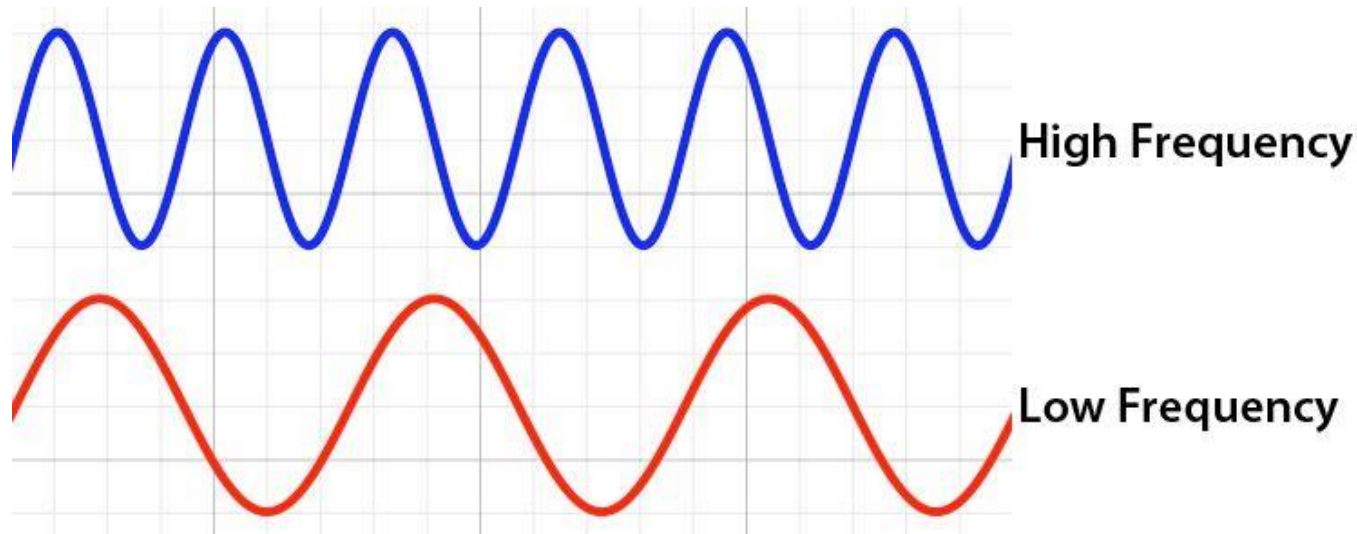
# Radiovågor

- ✚ Radiovågor omfattas inom *radiofrekvent strålning* som är en icke-joniserande strålning.
- ✚ Radiovågor har den lägsta frekvens och den längsta våglängd.
- ✚ Radiovågor är båda, naturliga och skapad på konstgjord väg.
- ✚ De används inom trådlös kommunikation och de kallas ofta *radiofrekvens*-signaler, RF signaler.
- ✚ En RF-signal börjar som en elektrisk växelströmssignal (AC) genererad av en sändare.
- ✚ Denna AC-signal sänds via en kopparledare (typiskt en koaxialkabel) till en antenn och utstrålas ur den i form av en elektromagnetisk våg.



## Radiovågor - Våglängd

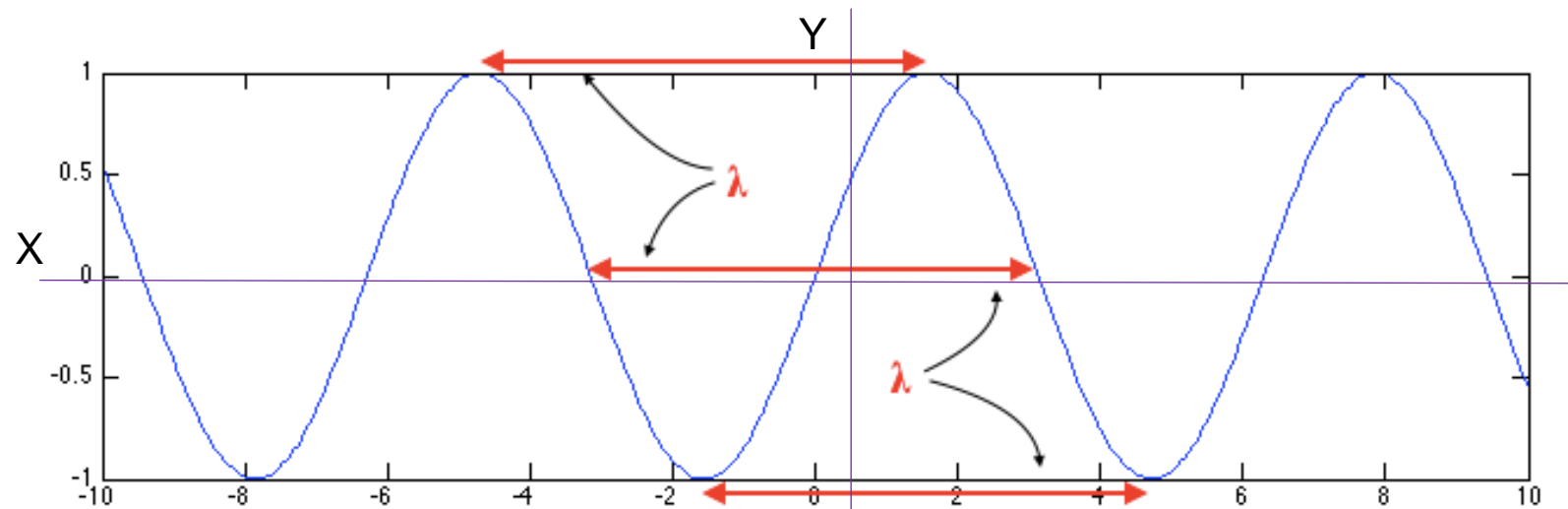
- ✚ En RF-signal strålar bort från antennen i ett kontinuerligt mönster som styrs av vissa egenskaper, såsom *våglängd*, *frekvens*, *amplitud* och *fas*.
- ✚ *Våglängd* ( $\lambda$ ) - Sträckan som en våg hinner färdas innan den har gått en hel cykel.
- ✚ Det finns ett omvänt förhållande mellan våglängd och frekvens.
- ✚ En förenklad förklaring är att ju högre frekvens, desto kortare våglängd eller lägre frekvens desto längre våglängd.





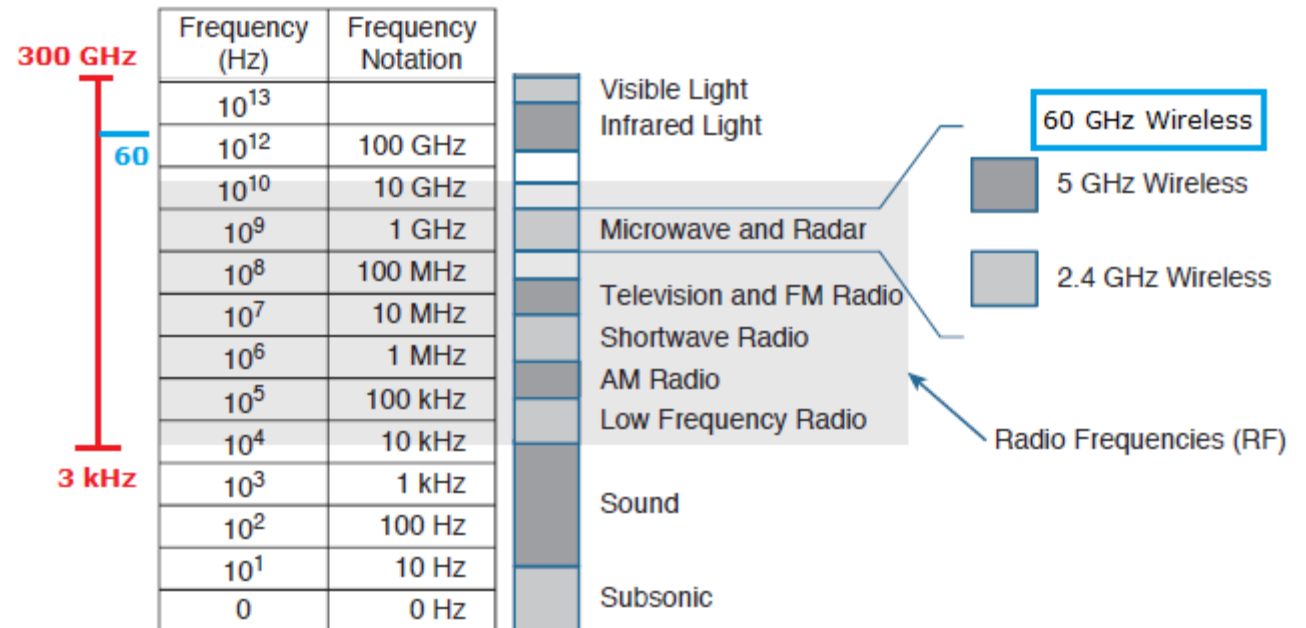
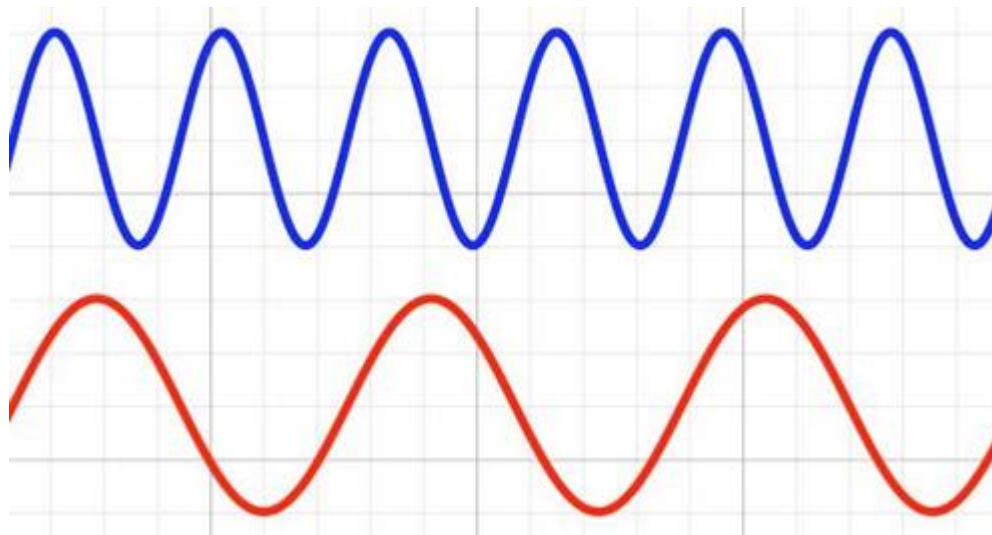
# Radiovågor - Våglängd

- ✚ 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  $\lambda$  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.



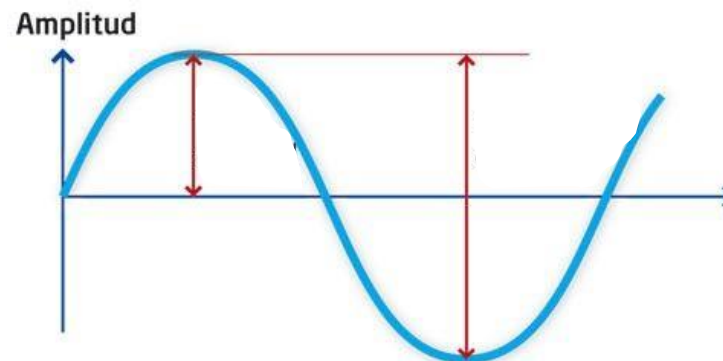
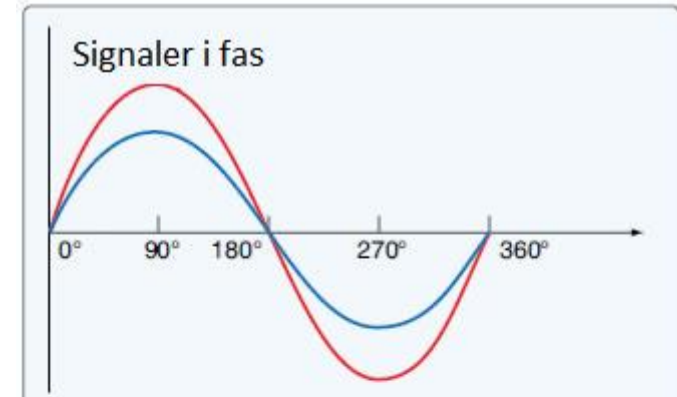
# Radiovågor - Frekvens

- ✚ **Frekvens** är det antal gånger en specifik händelse inträffar inom ett bestämt tidsintervall.
- ✚ Antalet svängningar som vågen gör per sekund (hertz).
- ✚ Med 1 hertz svänger, eller oscillerar, vågen en cykel per sekund.
- ✚ Med 1 kilohertz oscillerar vågen tusen gånger på en sekund, och så vidare.
- ✚ Frekvensintervallet mellan 3 kHz och 300 GHz är känd som **radiofrekvens**, eller bara RF.
- ✚ Till radiofrekvenser inkluderas flera olika typer av radiokommunikation såsom lågfrekvens radio, AM radio, kortvåg radio, television, FM radio, mikrovåg, och radar.
- ✚ **Mikrovågor används inom WiFi**

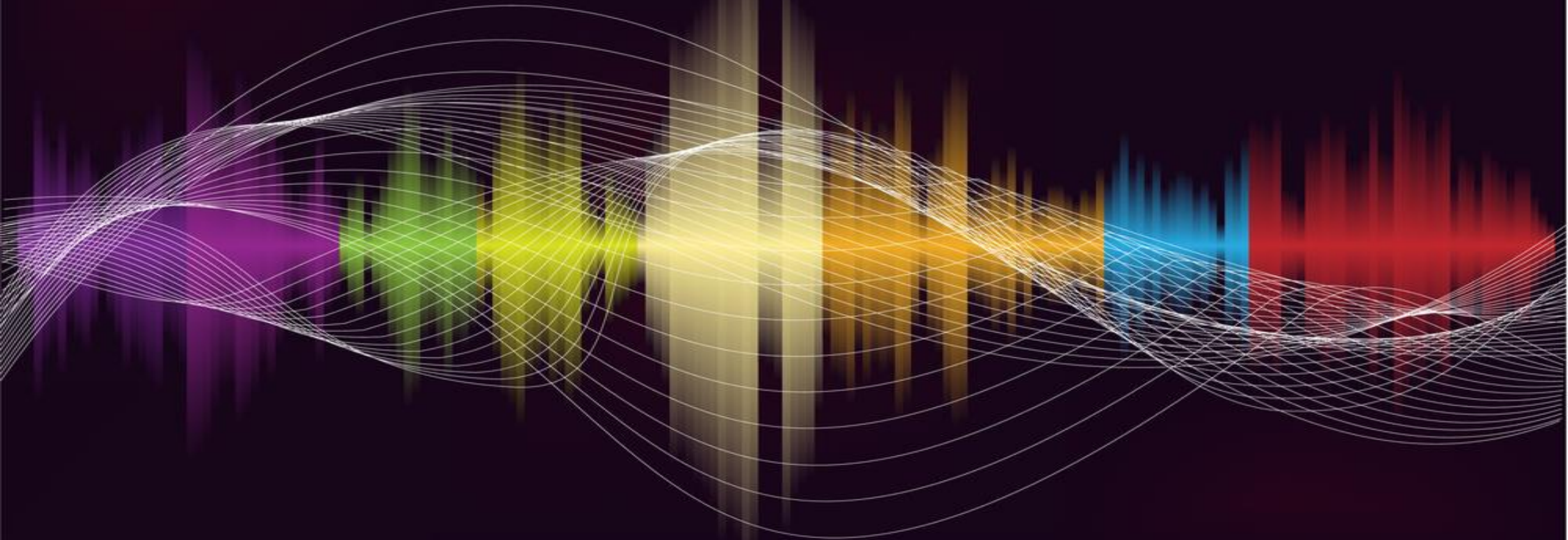


## Radiovågor – Amplitud och fas

- ✚ När man tittar på en RF-signal med ett oscilloskop representeras amplituden av sinus vågens positiva toppar och negativa dalar.
- ✚ **Amplitud** - Med en signals amplitud anges hur stark signalen är.
- ✚ Topp-amplitud beskriver storleken på signalen från ett nolläge.
- ✚ **Fas** - När man anger fas delar man upp en våglängd i 360 grader.
- ✚ Signaler som är i fas kombinerar faktiskt deras amplitud vilket resulterar i mycket större signalstyrka.
- ✚ Fasskillnaden mellan två radiovågor.
- ✚ Om två RF-signaler är 180 grader ur fas avbryter de varandra och den effektiva signalstyrkan är noll.
- ✚ Det innebär att signalernas fas har en *kumulativ effekt*.



Digital kommunikation

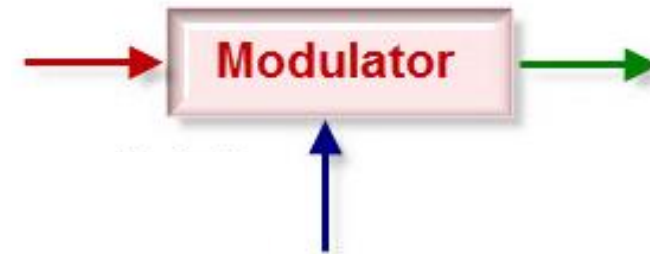


*Moduleringsteknik*

Gonzalo Rivera ©

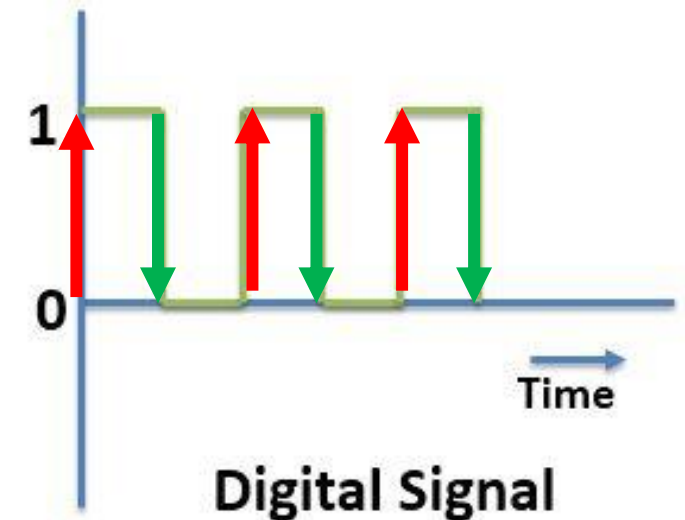
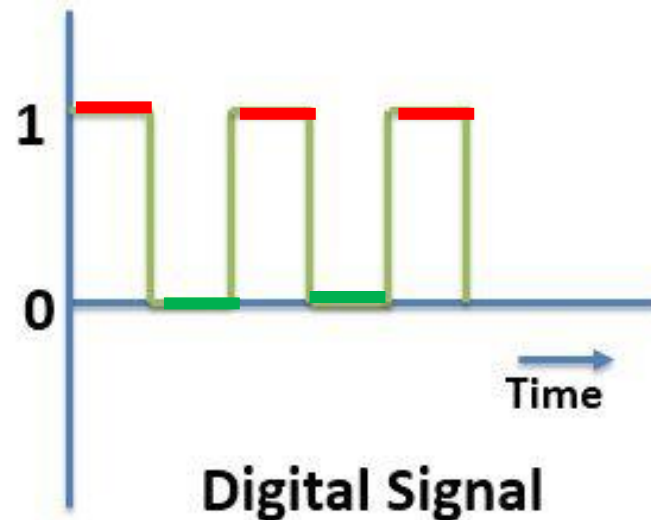
# Moduleringsteknik

- ✚ Eftersom data kodas som ettor och nollor behöver sändaren ett sätt att skicka dessa ettor och nollor till mottagaren.
- ✚ Genom att ändra eller modifiera radiovågornas egenskaper (amplitud, frekvens, fas) kan ettor och nollor vara en del av RF-signaler.
- ✚ Metoden för att justera/modifiera signalers egenskaper kallas *modulering*.
- ✚ Analoga signaler moduleras med AM, FM och PM
- ✚ Digitala signaler moduleras med ASK, FSK och PSK



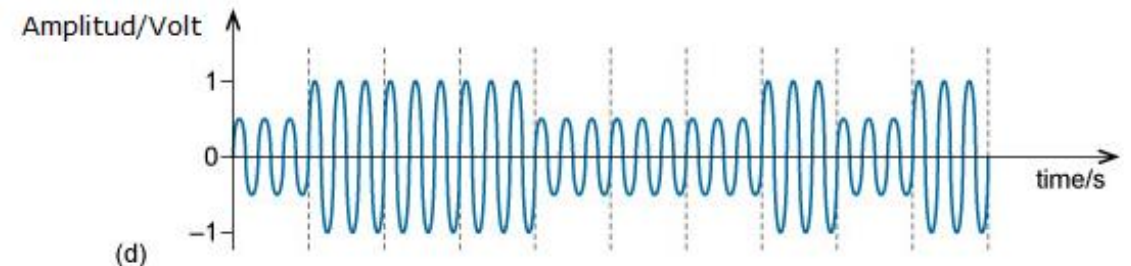
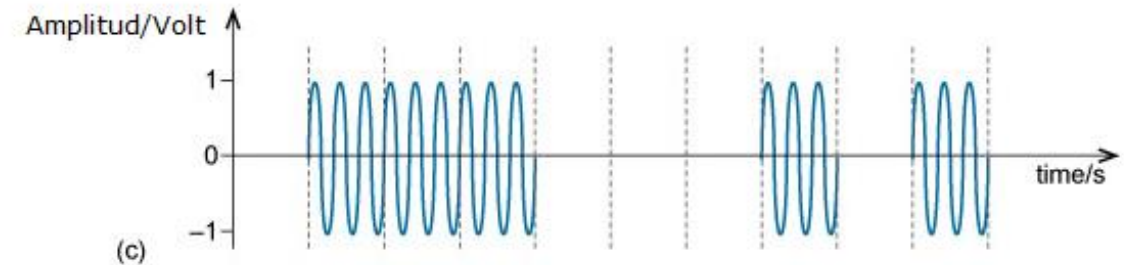
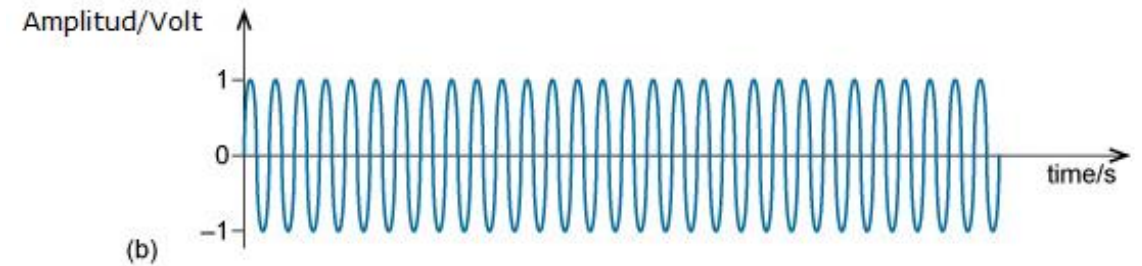
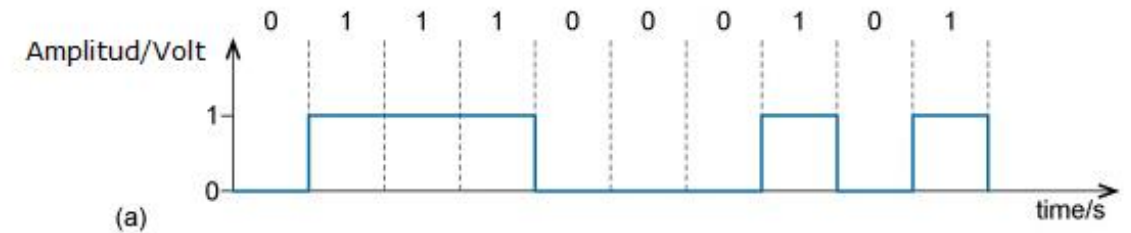
# Moduleringsteknik

- ✚ Det finns tre typer av digital modulering ("Keying method"):
  - Amplituds modulering eller Amplitude-shift keying (ASK)
  - Frekvensmodulering eller frequency-shift Keying (FSK)
  - Fasmodulering eller Phase-shift Keying (PSK)
- ✚ Digital moduleringsteknik använder två tillstånd hos signaler:
  - Nuläge eller Current State
  - Ändringsläge eller State Transition



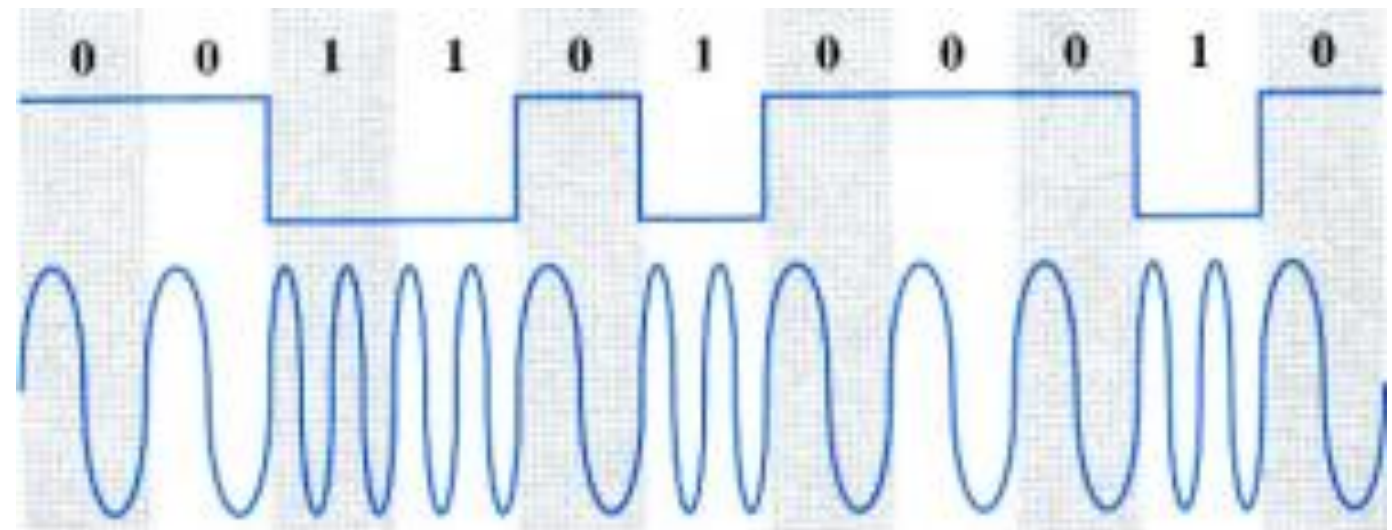
# Moduleringsteknik

- Amplitude-shift keying (ASK) varierar höjden av amplituden hos en signal för att representera binär data.
- ASK är en nuvarande tillståndsteknik, där en nivå av amplitud kan representera en 0 bit och en annan amplitudnivå kan representera en 1 bit.



# Moduleringsteknik

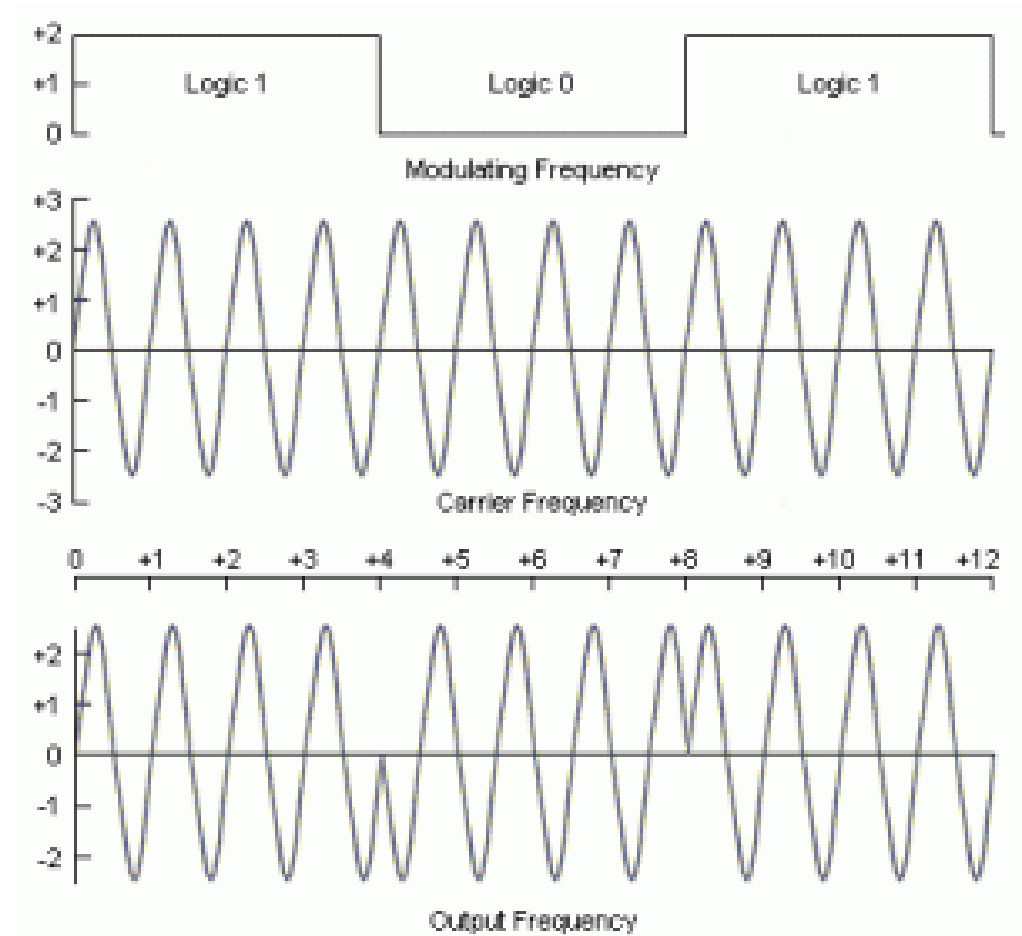
- ✚ Frekvens Shift Keying (FSK) är en nuläge tillståndsteknik där en viss frekvens kan representera en nolla och en annan en etta.
- ✚ När mottagningsstationen samplar signaler under symbolperioden bestämmer bärvågens frekvens och beroende på frekvensens värde kan stationen bestämma det binära värdet.
- ✚ Den snabbare frekvensvågen tolkas som en binär 1, och den långsammare frekvensvågen tolkas som en binär 0.
- ✚ FSK används i några av de äldre implementeringarna av 802.11 trådlösa nätverk.





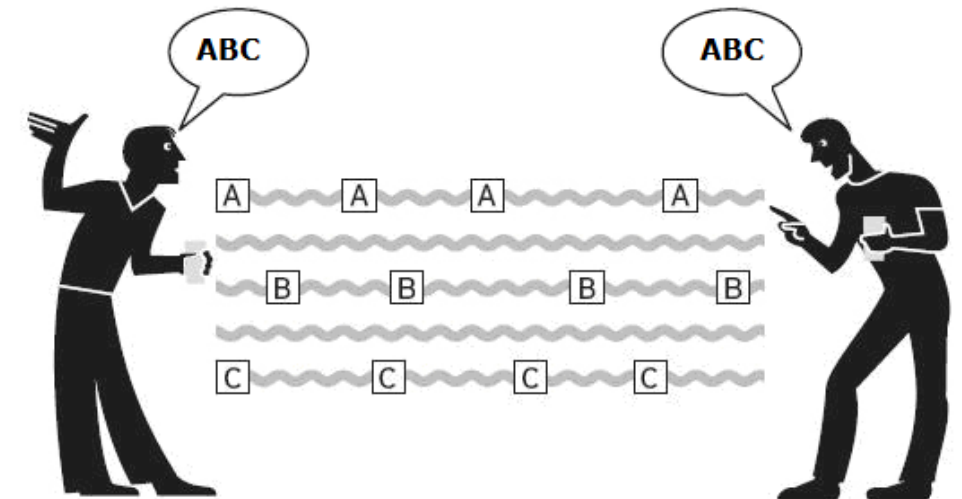
# Moduleringsteknik

- ✚ PSK varierar signalens fas för att representera binärdata.
- ✚ PSK kan vara en övergångsteknik där ändring i signalens fasen kan representera en 0 bit och ingen ändring kan representera en 1 bit eller vice versa.
- ✚ PSK kan också vara en nuläge tillståndsteknik.
- ✚ Mer avancerade versioner av PSK kan koda flera bitar per symbolperiod.
- ✚ Istället två faser kan användas fyra faser för att representera ettor och nollor.
- ✚ Var och en av de fyra faserna kan representera två binära värden (00, 01, 10 eller 11).
- ✚ När mer än två faser används, kallas detta för multipla fasmodulering (MPSK).

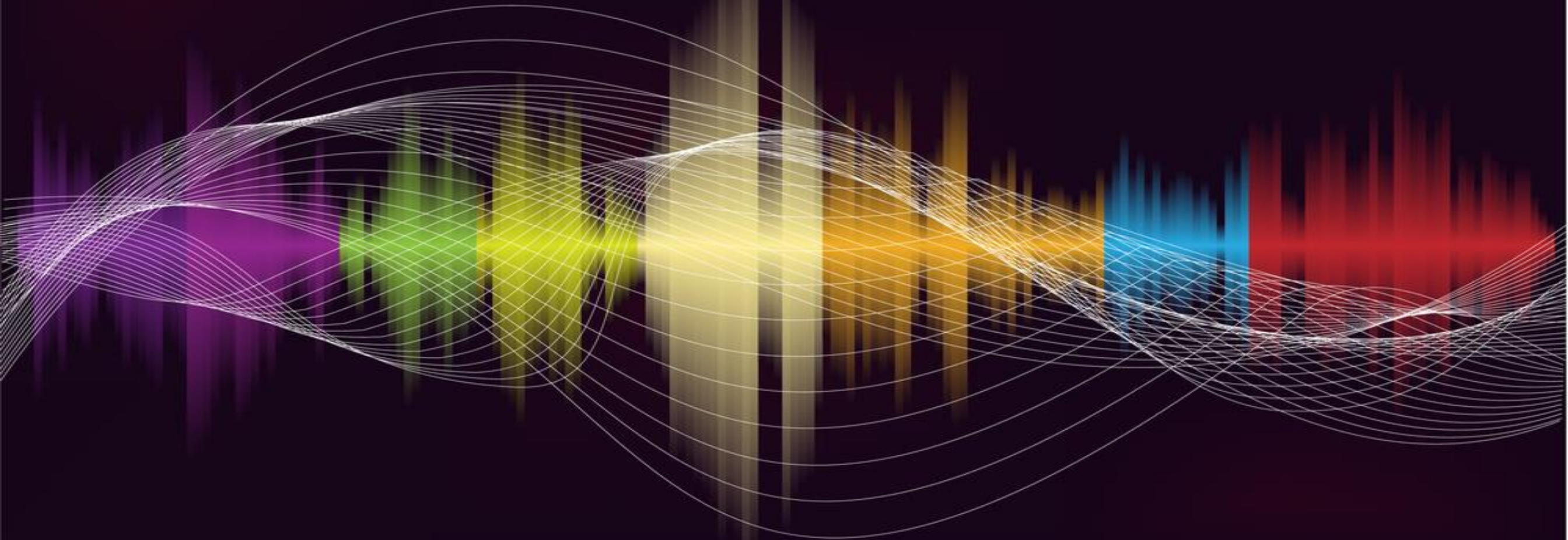


# Spridningsspektrum

- ✚ Det man gör vid trådlöst kommunikation är att dela meddelandet i en uppsättning relaterade överföringar, skicka delarna över ett brett spektrum av radiofrekvenser, sedan samla och sätta ihop de på mottagningssida.
- ✚ Det är denna teknik som kallas spridningsspektrum.
- ✚ Flera olika tekniker finns för att implementera spridningsspektrum för lokala trådlösa nätverk:
  - FHSS – Frequency Hopping Spread Spectrum. Är inte kompatibel med DSSS
  - DSSS – Direct Sequence Spread Spectrum. Är inte kompatibel med FHSS
  - OFDM – Orthogonal Frequency Division Multiplexing
- ✚ Wi-Fi protokoll använder både FHSS och DSSS spridningsspektrum.



Digital kommunikation

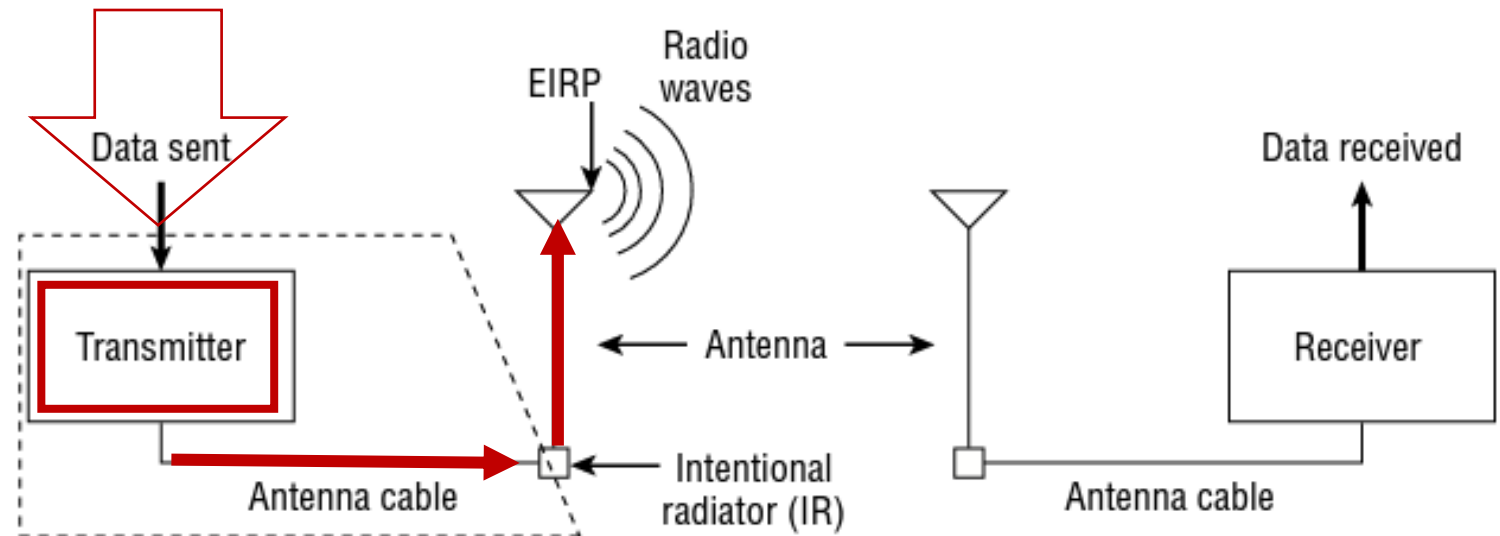


*RF-komponenter*

Gonzalo Rivera ©

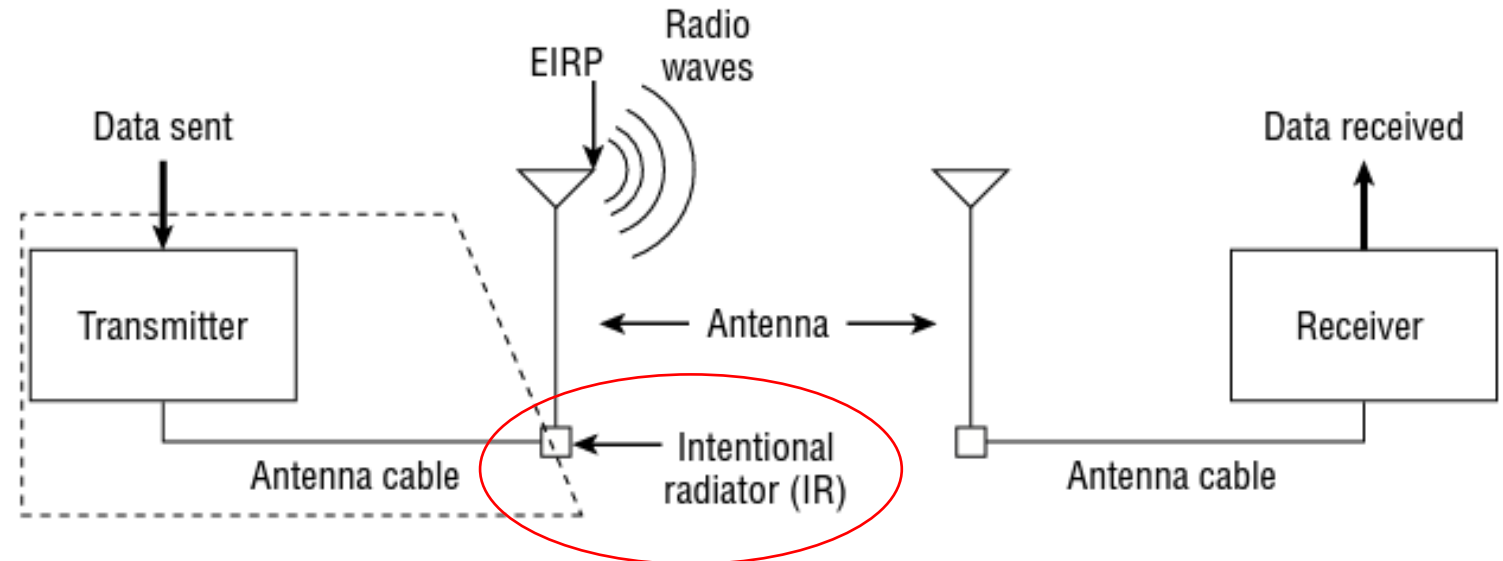
# RF komponenter

- ✚ Med RF komponenter menas sändare och mottagare, men även kablar och kontakter samt annan utrustning exempelvis jordning, åskledare, amplifierande, dämpare, osv.
- ✚ I diagrammet representeras sändaren som en enhet till vilken kommer in data som ska överföras.
- ✚ Sändaren genererar en växelström signal som oscillerar cirka 2,4 eller 5 miljarder gånger per sekund.
- ✚ Därefter modifierar sändaren AC-signalen till RF-signaler så att den kan bära data.
- ✚ Den modifierade signalen transporteras till antennen.



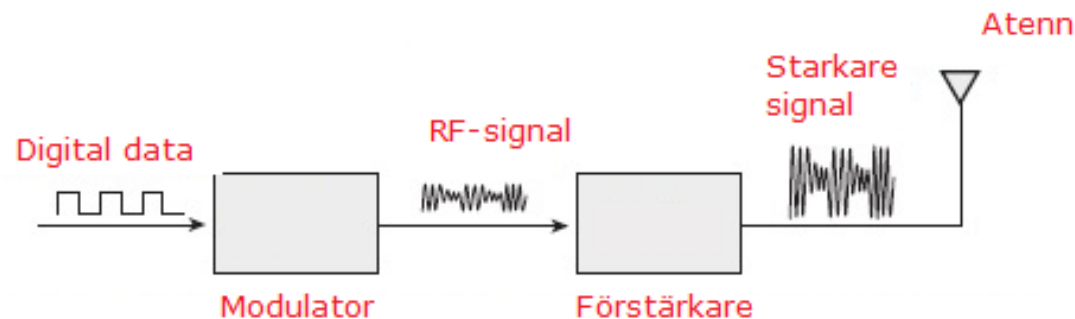
## RF komponenter – RF-generator

- ✚ Effektgenerator (Intentional radiator, IR) genererar radiofrekvensenergi, det vill säga RF-signaler.
- ✚ Standardiseringsorganisationer begränsar mängden effekt som tillåts att genereras av en effektgenerator (IR).
- ✚ Uteffekten från en effektgenerator är summan av alla komponenter från sändaren till antennen, men inte antennen själv.
- ✚ Kraften i IR mäts i milliWatt.
- ✚ [Strålsäkerhetsmyndigheten](#) bedömer att det inte finns några hälsorisker med att exponeras för radiovågor från trådlösa nätverk.



# RF komponenter - Antenn

- ✚ En antenn ger två funktioner i ett kommunikationssystem:
  - förbereder AC-signaler för överföring som RF-vågor och därefter dirigerar/strålar de bort från antennen.
  - tar emot RF-vågor och omvandlar till signaler som representerar ettor och nollor.
- ✚ Det är känt att RF-signaler anländer till mottagaren med mindre amplitud.
- ✚ Det finns två sätt att öka uteffekten från en antenn:
  - generera mer effekt vid sändaren.
  - rikta eller fokusera RF-signalen mot specifik mottagarantenn.



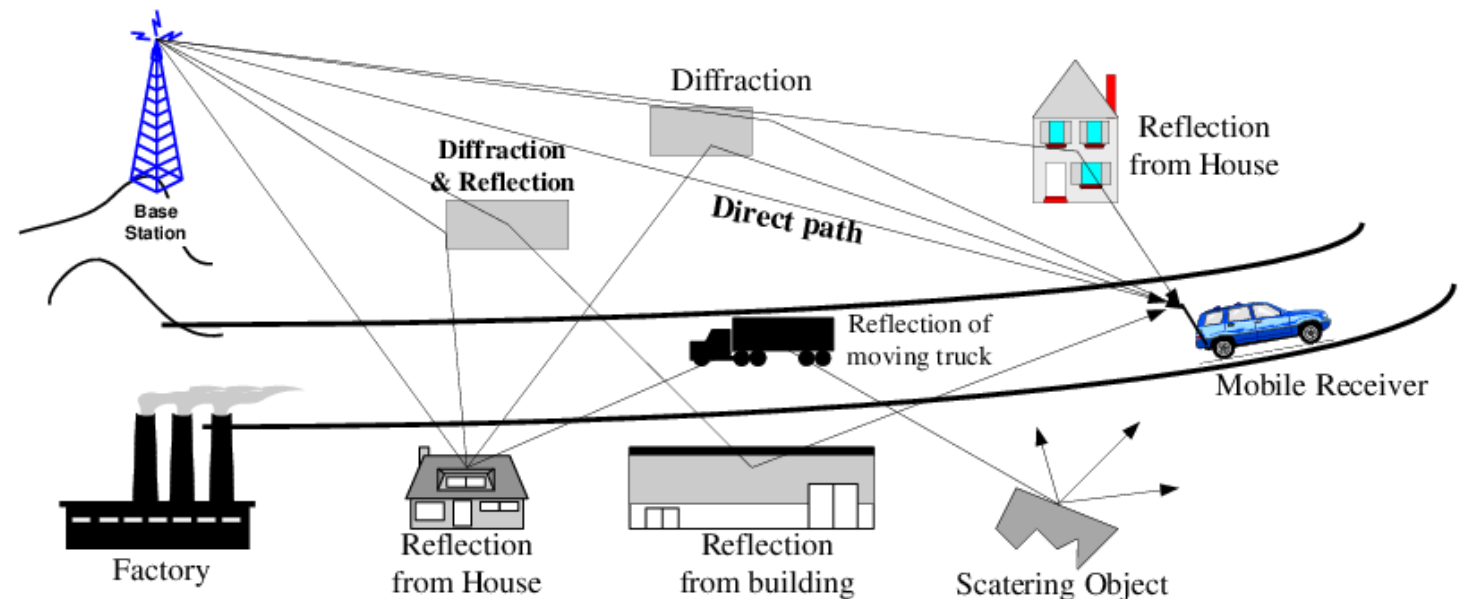
# Digital kommunikation

The background features a series of overlapping, wavy lines in various colors (purple, green, yellow, orange, blue, red) that create a sense of motion and digital data flow. The lines are thin and white, set against a dark, gradient background that transitions from black at the top to a deep purple at the bottom.

*RF - signalbeteende*

## RF-signals utbredningsbeteende

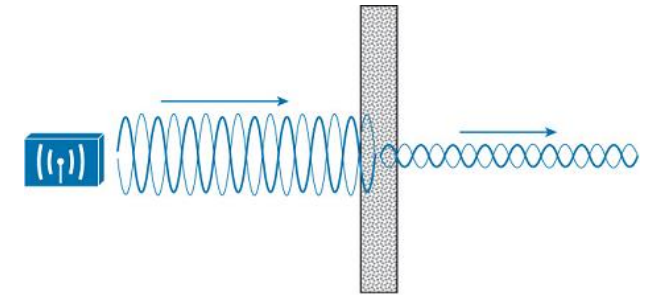
- ✚ När radiovågor utbreder sig träffar de olika förhinder som ändrar deras utbredning till exempel när de studsar mot ytor eller när de passerar genom olika material och tappar styrka.
- ✚ Förlusten i signalstyrka står i proportion till avståndet till basstation och frekvensen.
- ✚ Ju högre frekvensen är, desto större blir förlusten.
- ✚ Vad som även bör tas med i beräkningen är att signalen i många fall måste ta sig igenom väggar eller fönster.
- ✚ Olika materialslag försvagar signalen i olika grad.





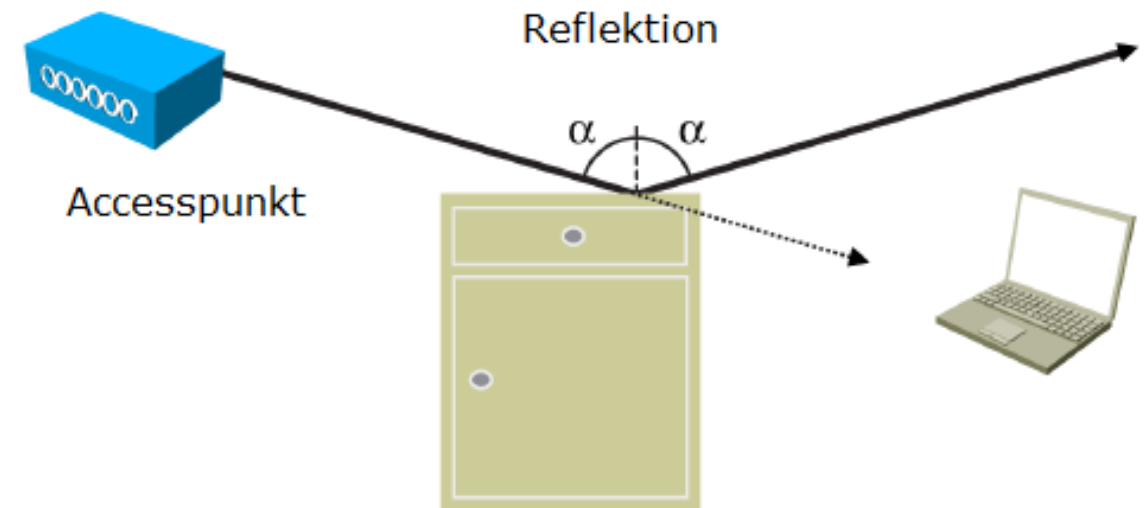
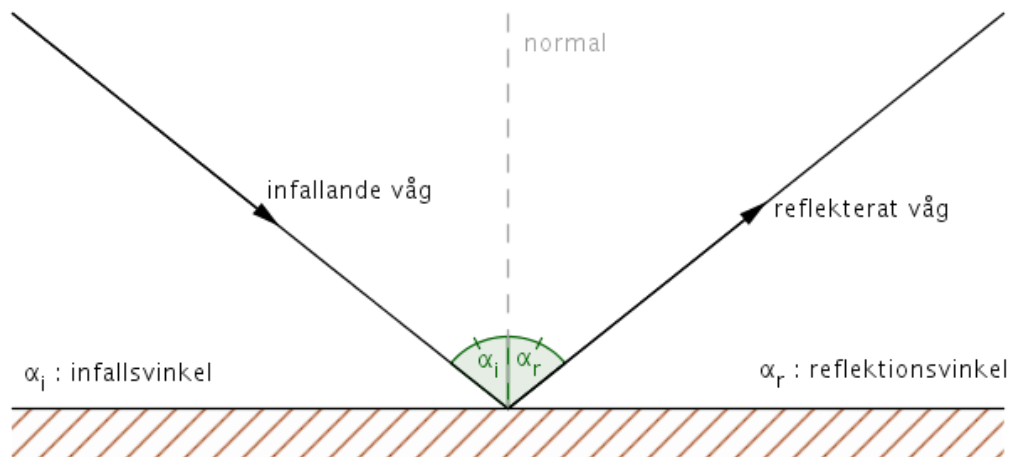
# Absorption

- ✚ En del av RF-signalens styrka absorberas och konverteras till någon annan form av energi när den tränger sig in i olika materia.
- ✚ Tegel- och betongväggar kommer att absorbera signaler signifikant medan gips mur i mindre utsträckning.
- ✚ RF-signaler kommer att förlora hälften av den ursprungliga effekten efter att ha passerat genom gipsmuren, dess amplitud blir mindre.
- ✚ Metallväggar absorberar RF signaler mest
- ✚ Absorption är en ledande orsak till *dämpning* (förlust).
- ✚ Dämpning mäts i decibel, dB
- ✚ Gips mur 3-4 dB på 2,4 GHz och 4-9 dB på 5 GHz



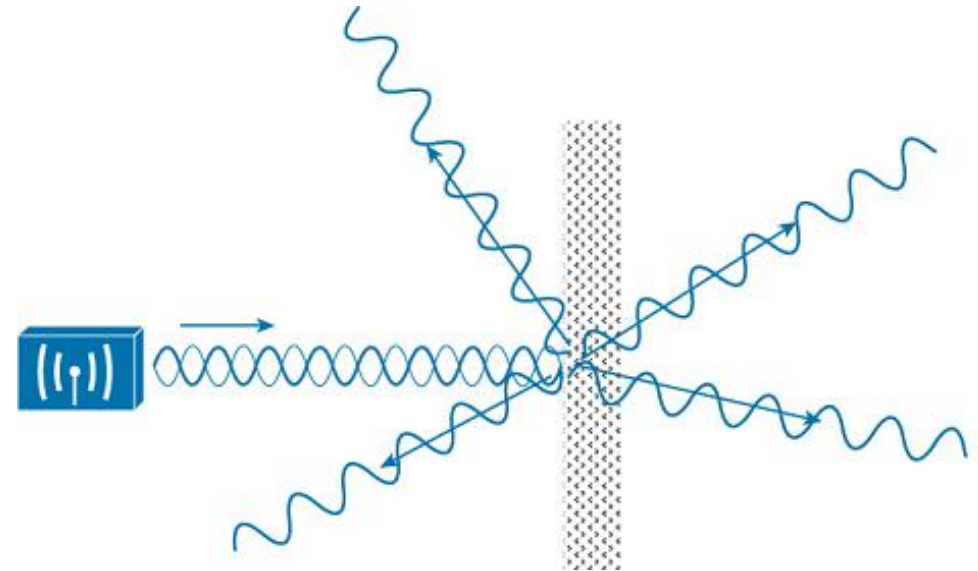
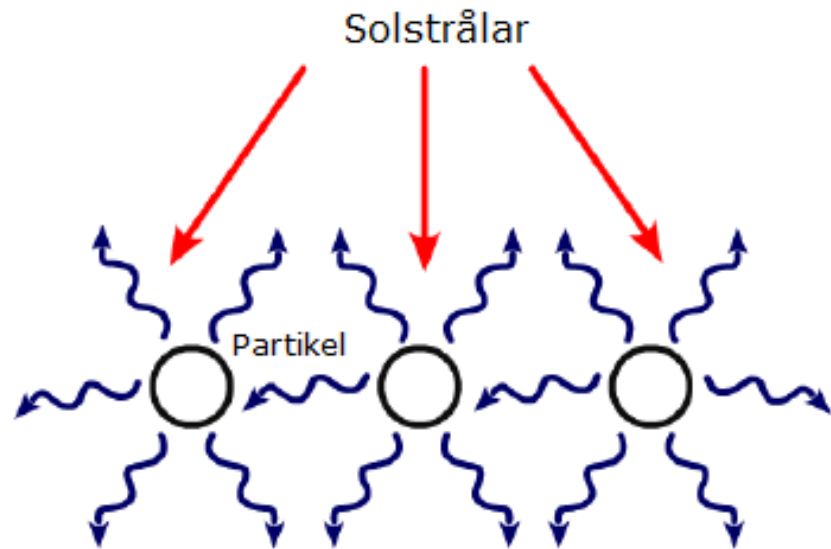
# Reflektion

- ✚ När EM-vågor träffar något yta kan de *studsas tillbaka* i en annan riktning.
- ✚ Mikrovågssignaler mellan 1 GHz och 300 GHz studsar på små föremål och de tenderar att bli svaga på väg till mottagare i Wi-Fi-miljöer.
- ✚ Inomhusmiljö reflekterar mikrovågor på platta ytor som dörrar, väggar, mm
- ✚ I en utomhusmiljö kan mikrovågor reflektera på stora föremål och släta ytor som byggnader, vägar, vatten och till och med jordens yta.
- ✚ Allt som tillverkas av metall kommer absolut att orsaka reflektion.
- ✚ Andra material som glas och betong kan också orsaka reflektion.



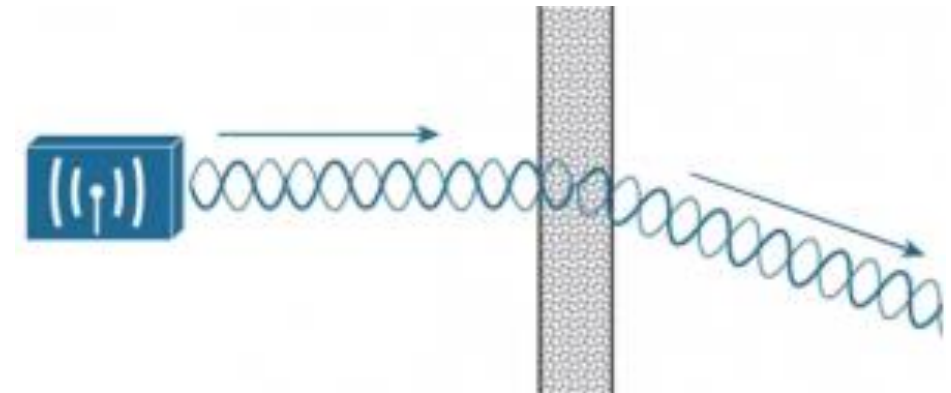
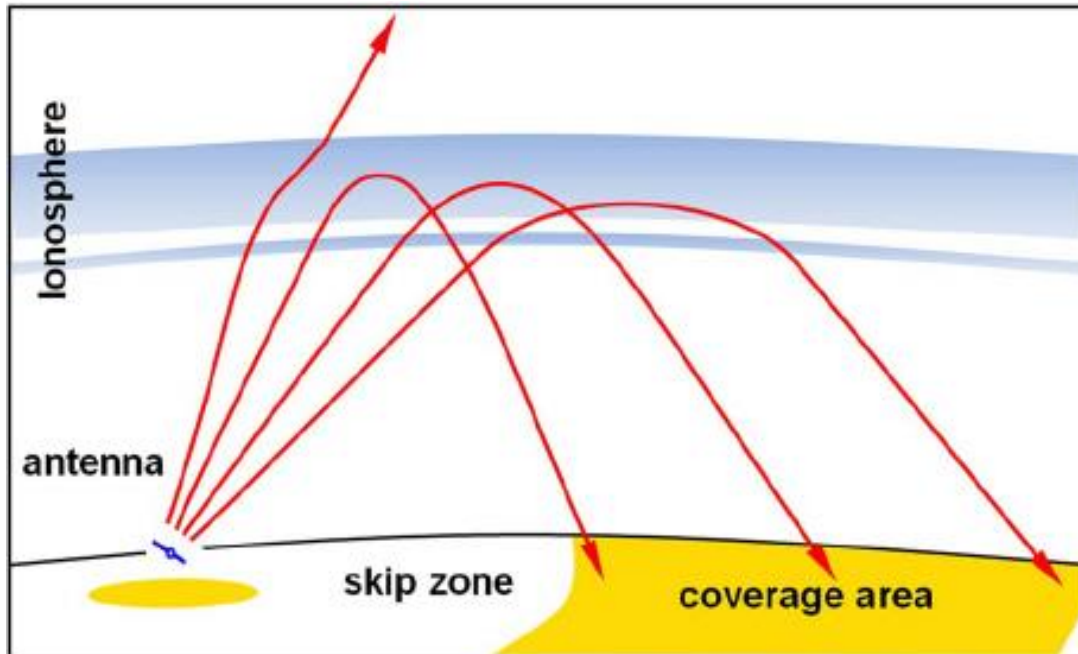
# Scattering

- ✚ Scattering är ett engelskt namn till hur signaler *sprider sig i flera olika riktningar* när de studsar mot ojämna ytor.
- ✚ Solstrålar stötar på partiklar och då sker diffraktion och spridning till olika håll.
- ✚ Spridning kan också uppstå när en trådlös signal passerar genom en dammig eller sandig miljö.
- ✚ Detta beror på att de små ojämna ytorna på mediet gör att RF-signaler kan reflektera olika håll.



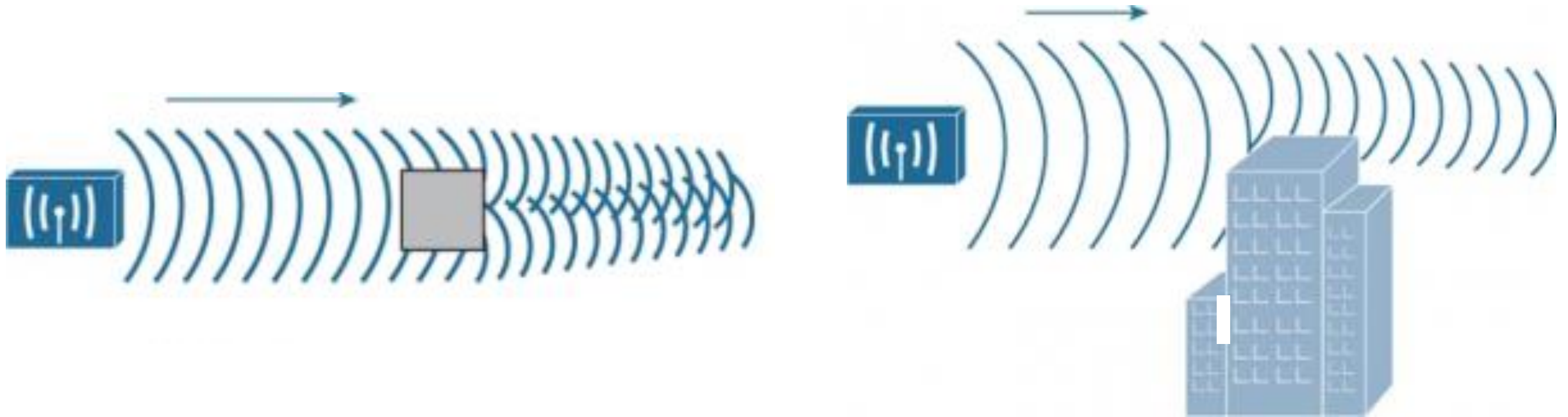
# Refraktion

- ✚ Böjningen av en RF-signal när den *passerar genom ett medium med en annan densitet*.
- ✚ I en utomhusmiljö böjer RF-signalerna sig tillbaka ner mot jordens yta.
- ✚ Ändringar i atmosfären kan dock leda till att signalen böjs bort från jorden.
- ✚ I långdistans utomhus kan refraktionen vara ett problem.
- ✚ Scattering liknar refraktion men den ändrar inte hela vågens utbredning utan delar av vågen.



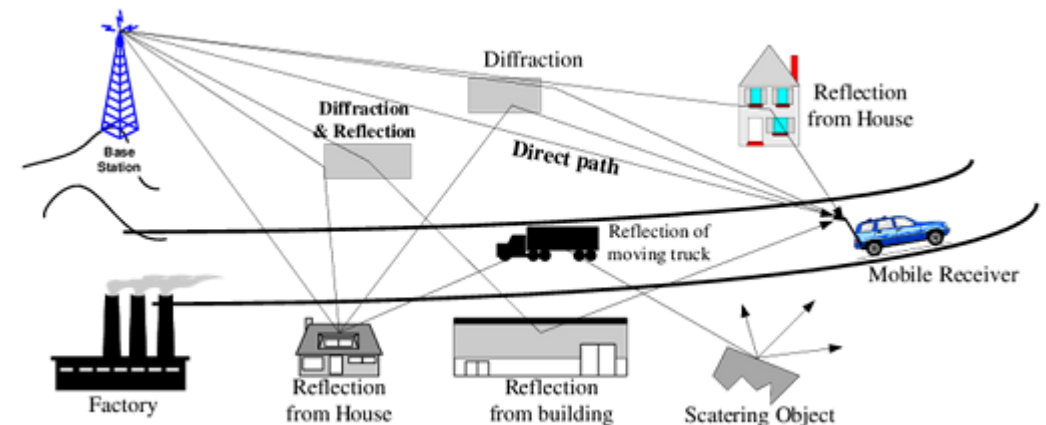
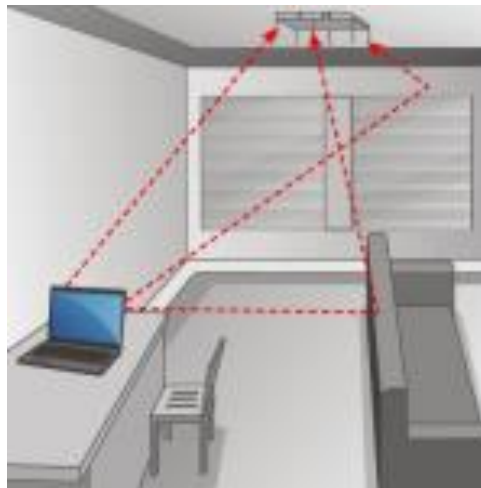
# Diffraktion

- + Diffraktion är böjningen av en RF-signal *runt ett objekt*.
- + Böjningen av en RF-signal sker när den möter en obstruktion.
- + Det beror helt och hållet på formen, storleken och materialet hos det obstruktiva objektet, liksom de exakta egenskaperna hos RF-signalen, såsom polarisering, fas och amplitud.
- + Vågorna som stöter på obstruktionen tar en annan och längre väg.
- + Vågorna som inte stöter på objektet bibehåller den kortare och ursprungliga vägen.



# Multipath

- ✚ Flervägs utbredning som resulterar i att de signaler som studsar tar sig till mottagaren genom flera vägar.
- ✚ I en inomhusmiljö kan reflekterade signaler och ekon orsakas av långa hallar, väggar, skrivbord, fönster, frysskåp och många metallytor.
- ✚ I en utomhusmiljö kan multipath orsakas av en flodvåg, en stor samling av vatten, en byggnad eller atmosfäriska förhållanden.
- ✚ Huvudsignalen kommer fortfarande att resa till mottagningsantennen men många av de studsande signalerna tar längre tid för att komma fram till mottagningsantennen.
- ✚ Tidsskillnaden mellan dessa multipla banor är känd som fördröjnings-spridningen (*delay spread*).



# Digital kommunikation

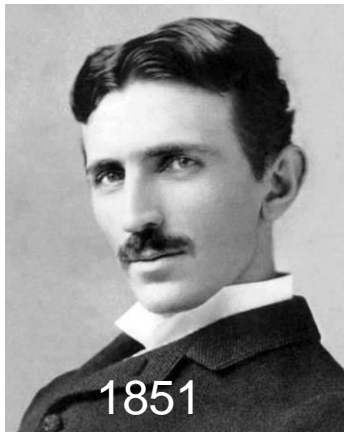
The background features a series of overlapping, wavy lines in various colors (purple, green, yellow, orange, blue, red) that create a sense of motion and digital connectivity. The lines are thin and numerous, forming a complex, layered pattern that flows across the frame.

## *Historik och standardiseringsorganisationer*

# Trådlöst kommunikationsteknik - Utforskare

- ✚ Under 17, 18 och 19 århundrade utforskades trådlös kommunikation febrilt:
  - James Clerk Maxwell brittisk fysiker beskriver radiovågors existens ur ett matematiskt perspektiv.
  - Heinrich Rudolf Hertz tysk fysiker experimenterade med ljuset som elektromagnetisk fenomen
  - Han lyckades att bevisa radiovågors existens genom att konstruera en sändare och en mottagare som fungerade på korta avstånd.
  - Guglielmo Marconi är först att lyckas sända radiosignaler över långa sträckor.
  - I december 1901 skickade han de första radiosignaler över Atlanten via telegraf.
  - Nikola Tesla i bakgrunden.

Matematiska grunder



Radiovågor existens



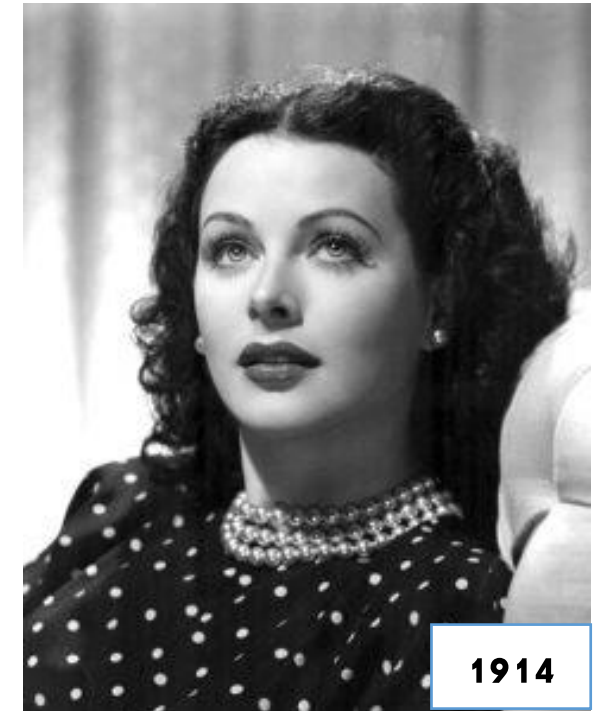
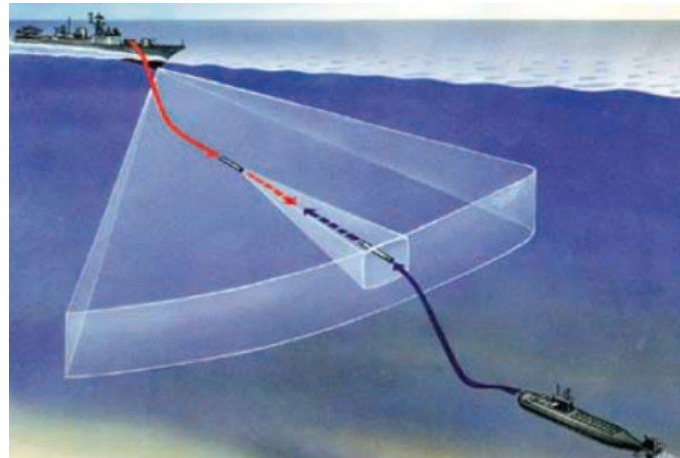
Radiovågor användning





# Utforskare

- ✦ Hollywoodstjärnan Hedy Lamarr var skarp, uppfinningsrik och hade ett bestämt brett spektrum av intressen.
- ✦ Lamarr var bekant med både radioteknik och vapenindustrin.
- ✦ Hon visste att torpederna var effektiva vapen, men mycket utsatta för detektering och sabotage av radiosignaler.
- ✦ Hon hade tanken på att använda flera frekvenser och hoppa mellan de.
- ✦ Frekvens hoppning
- ✦ Spread spectrum technology.
- ✦ 1942 patent
- ✦ 2000 dog



1914

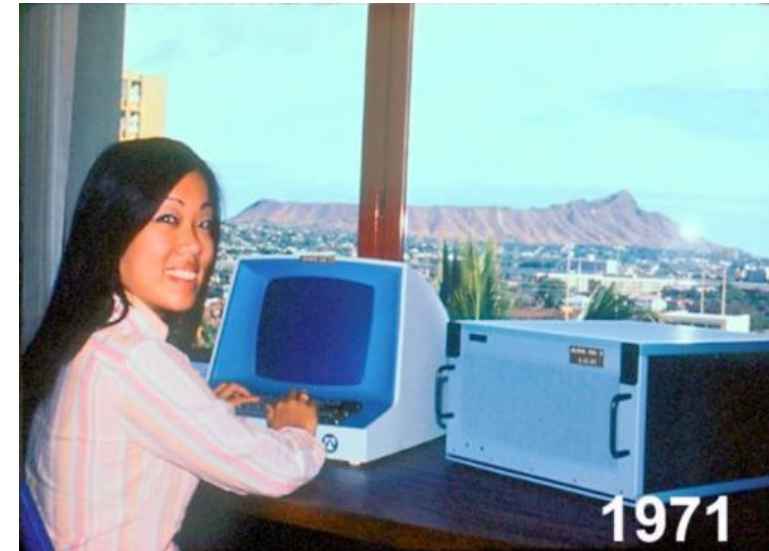
## WLAN historik - ALOHAnet

- + "*surfa på Internet*"
- + 1970-1971 utvecklade Hawaii universitet det första trådlösa nätverket som döptes till ALOHAnet.
- + Kommunikationen mellan olika Hawaiiska öar möjliggjordes av OSI datalänks skikt inom frekvensområdet 400 MHz.
- + Redan då refererades CSMA/CD och CSMA/CA som åtkomstkontroller till transmissionsmedier.



**1970**

Norman Abramson



# DIGINTO

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

*Digital kommunikationsteknik*