

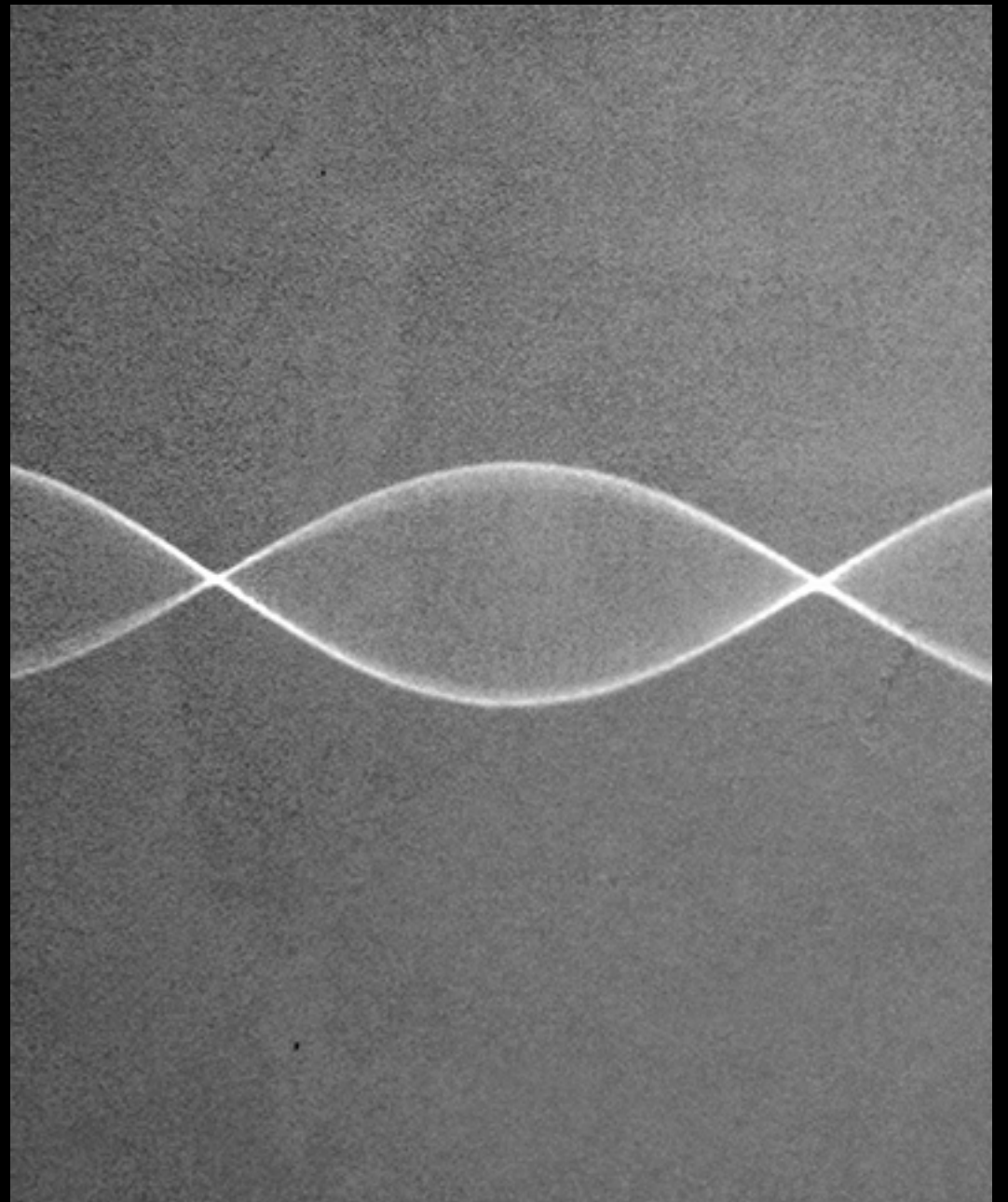
TNM103 - LJUDTEKNIK

DIGITALT LJUD

OSV...

LJUD... (LJUDFYSIKKURSEN)

- Uppkomst och spridning av ljud
- Svängningar och resonanser
- Vågutbredning
- Stående vågor
- ...



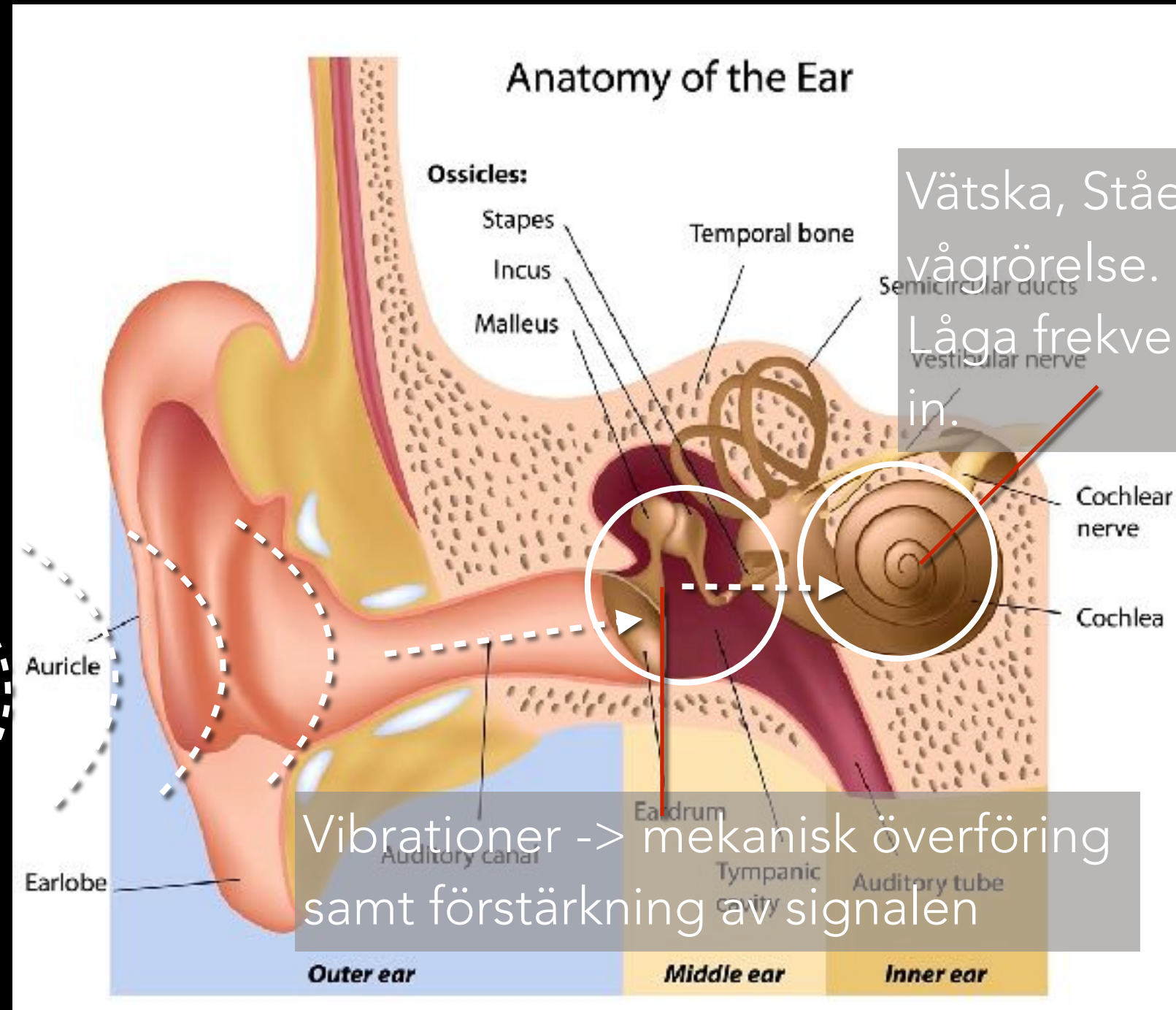
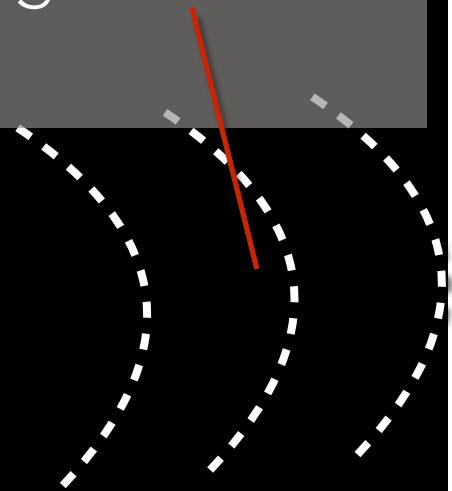
HÖRSELN ...

- 20-20000 Hz
 - 3000 & 4000 Hz
 - oktav = fördubbling av frekvensen
 - en CD-skivas frekvensomfång?
- 0-120+ dB
 - decibelskalan är logaritmisk
 - en CD-skivas dynamiska omfång?



ÖRAT

Ljud = vibrationer
i luften ->
tryckvariationer ->
utbreder sig som
ljudvågor



Vätska, Stående
vågrörelse.
Låga frekvenser långt
in.

Vibrationer -> mekanisk överföring
samt förstärkning av signalen

Outer ear

Middle ear

Inner ear

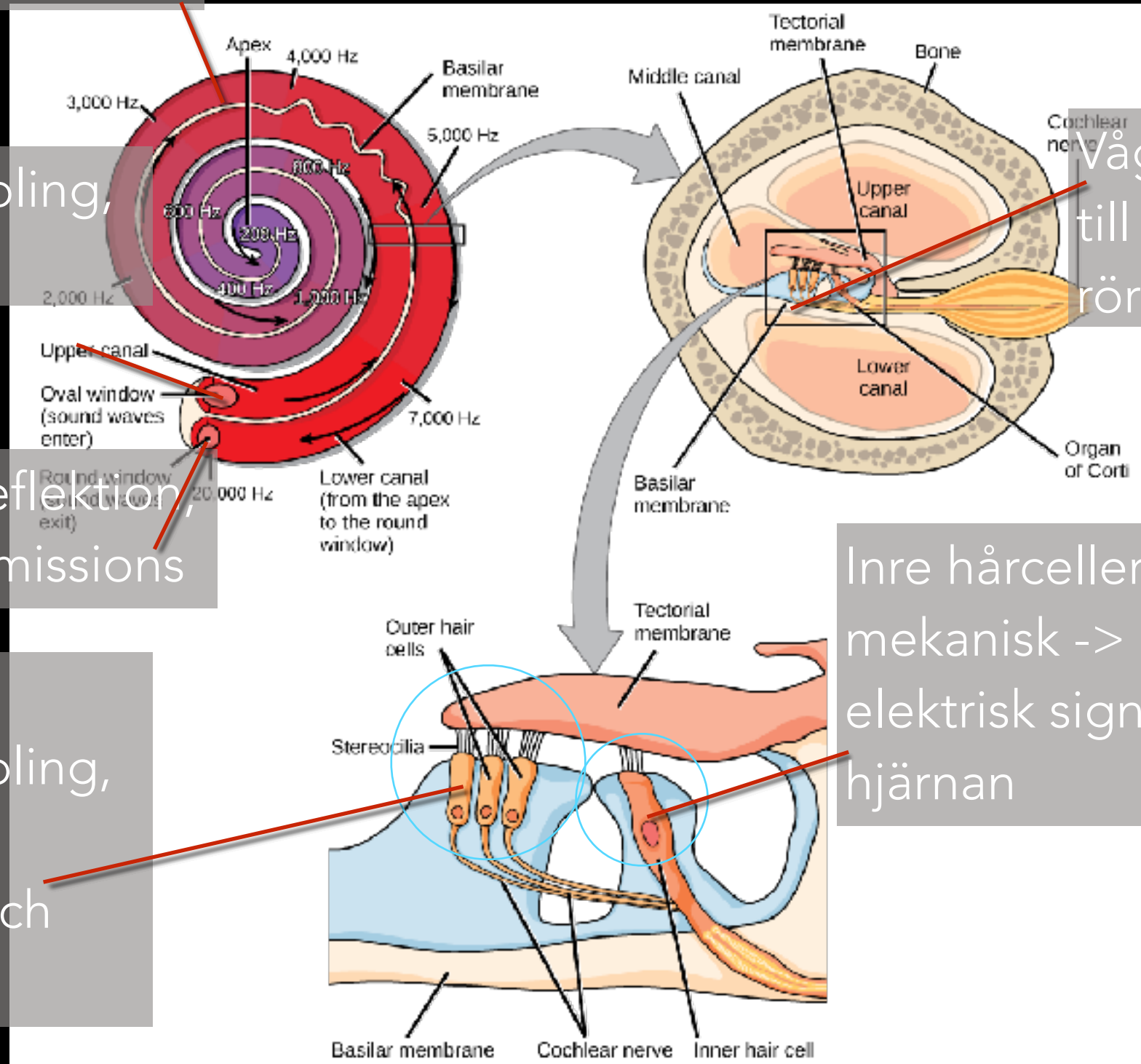
INNERÖRAT

Frekvenstransform,
snäcken är logaritmisk

Mekanisk koppling,
vågrörelse

Ljudrespons/reflektion,
Otoacoustic emissions

Yttre hårceller,
mekanisk koppling,
ickelinjär
förstärkning (och
dämpning)

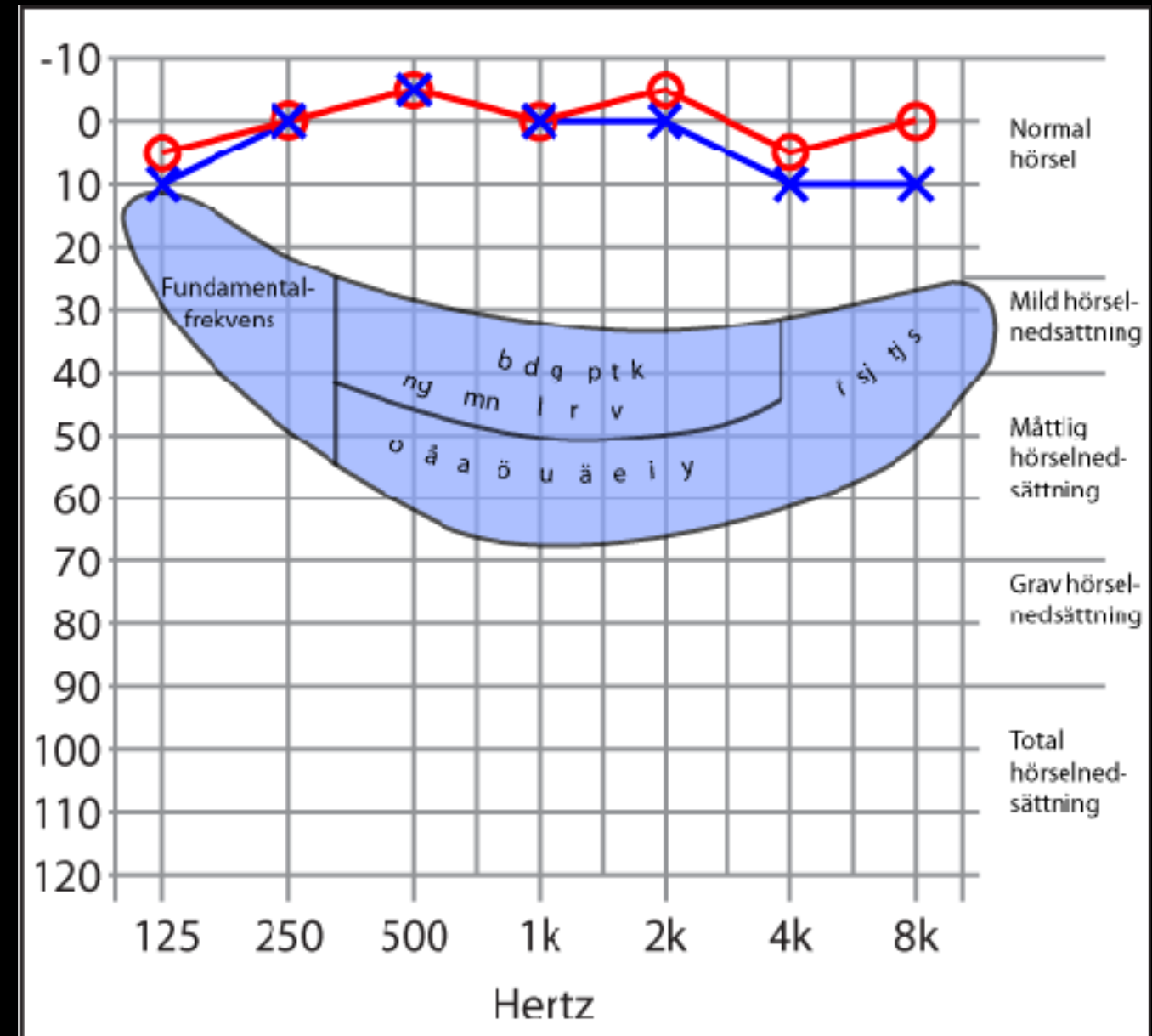


Vågrörelse i vätska
till mekanisk
rörelse/vibration

Inre hårceller,
mekanisk ->
elektrisk signal ->
hjärnan

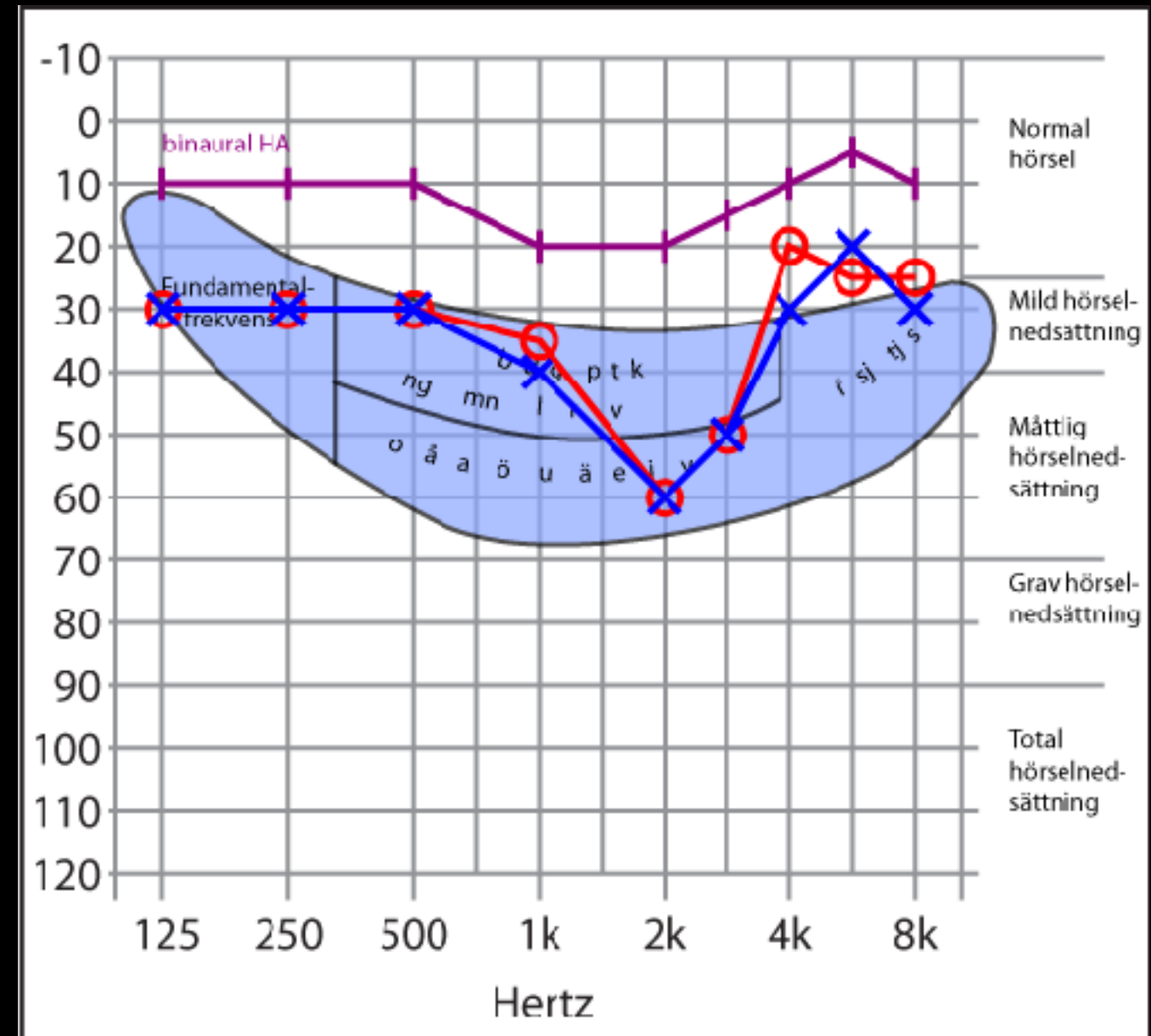
TALFREKVENSER & HÖRAPPARAT

- Frekvenserna visar var taljuden har mest innehåll, men inte hela frekvensomfånget.
- Första versionen av GSM...
- Normal hörsel



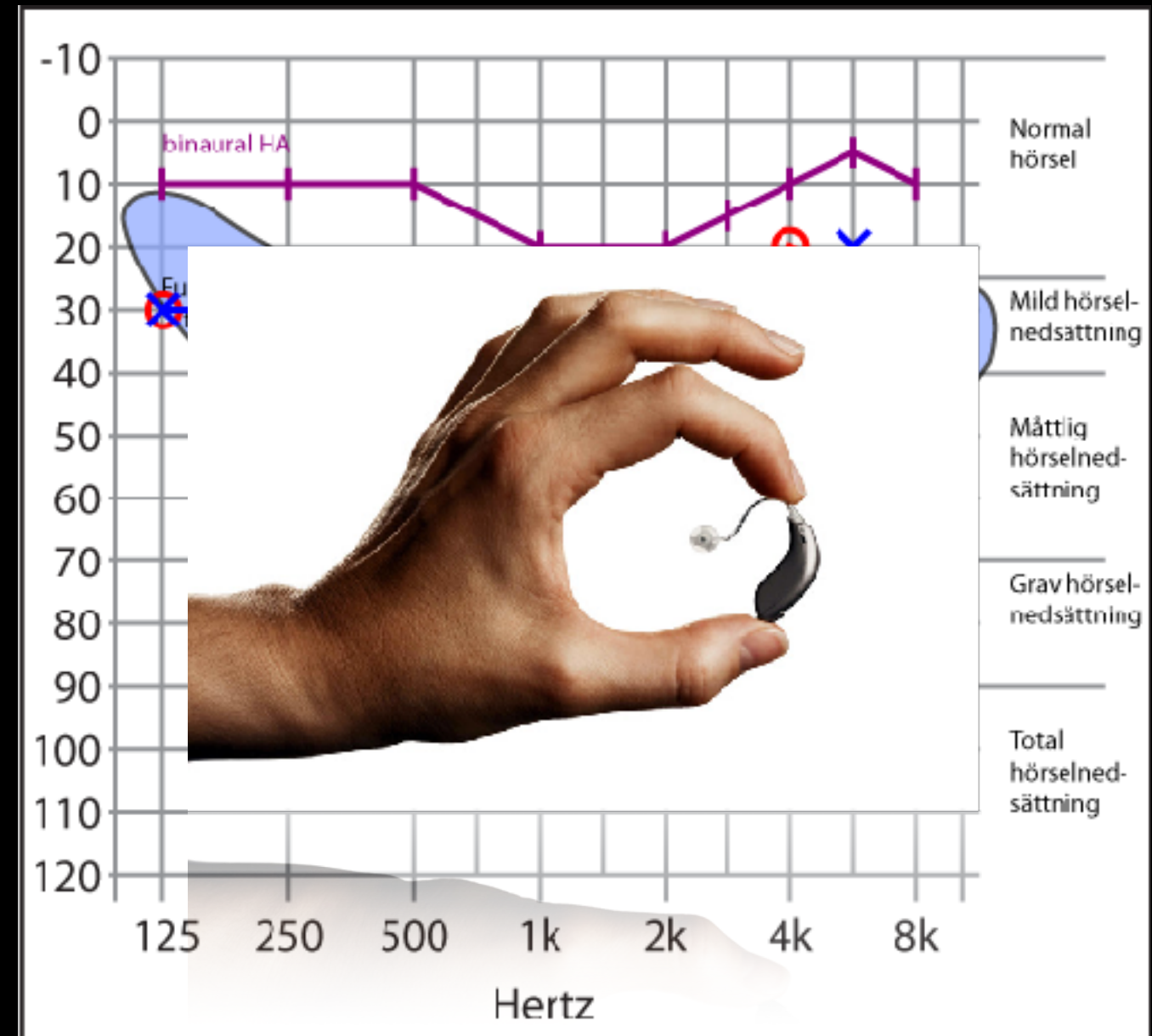
TALFREKVENSER & HÖRAPPARAT

- Frekvenserna visar var taljuden har mest innehåll, men inte hela frekvensomfånget.
- Första versionen av GSM...
- Normal hörsel
- Hörselnedsättning
- Hörapparat



TALFREKVENSER & HÖRAPPARAT

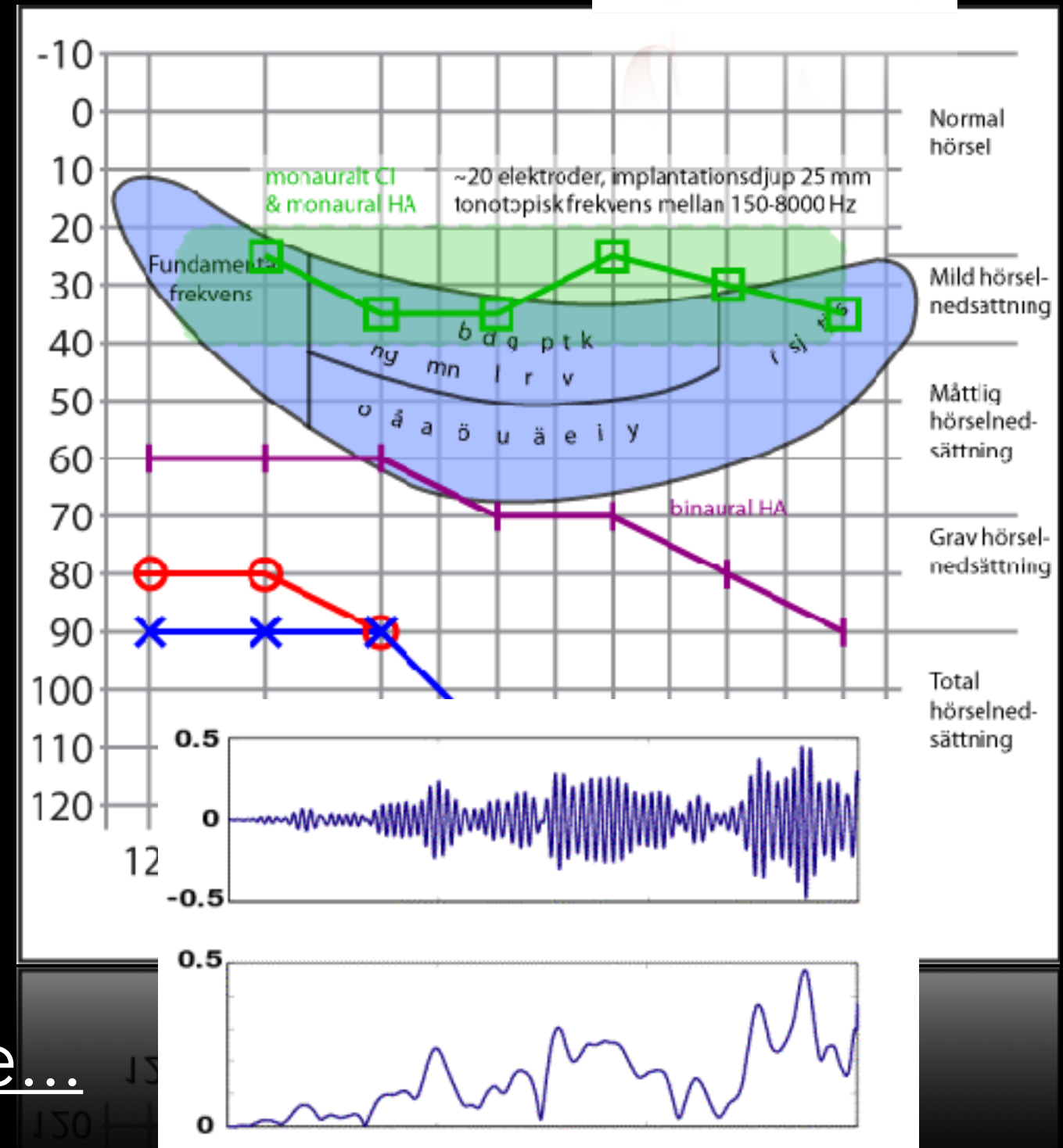
- 24 kanaler parallellprocessning
 - Förstärkning
 - Kompression och expansion av det dynamiska omfånget
 - Brusreducering
 - Rundgångsdämpning
- Rundupptagande och/eller riktade mikrofoner
- Auditory scene analyses
- Kommunikation mellan HA
- Batteri på 1.45V som ska räcka en vecka...



COCHLEARIMPLANTAT...

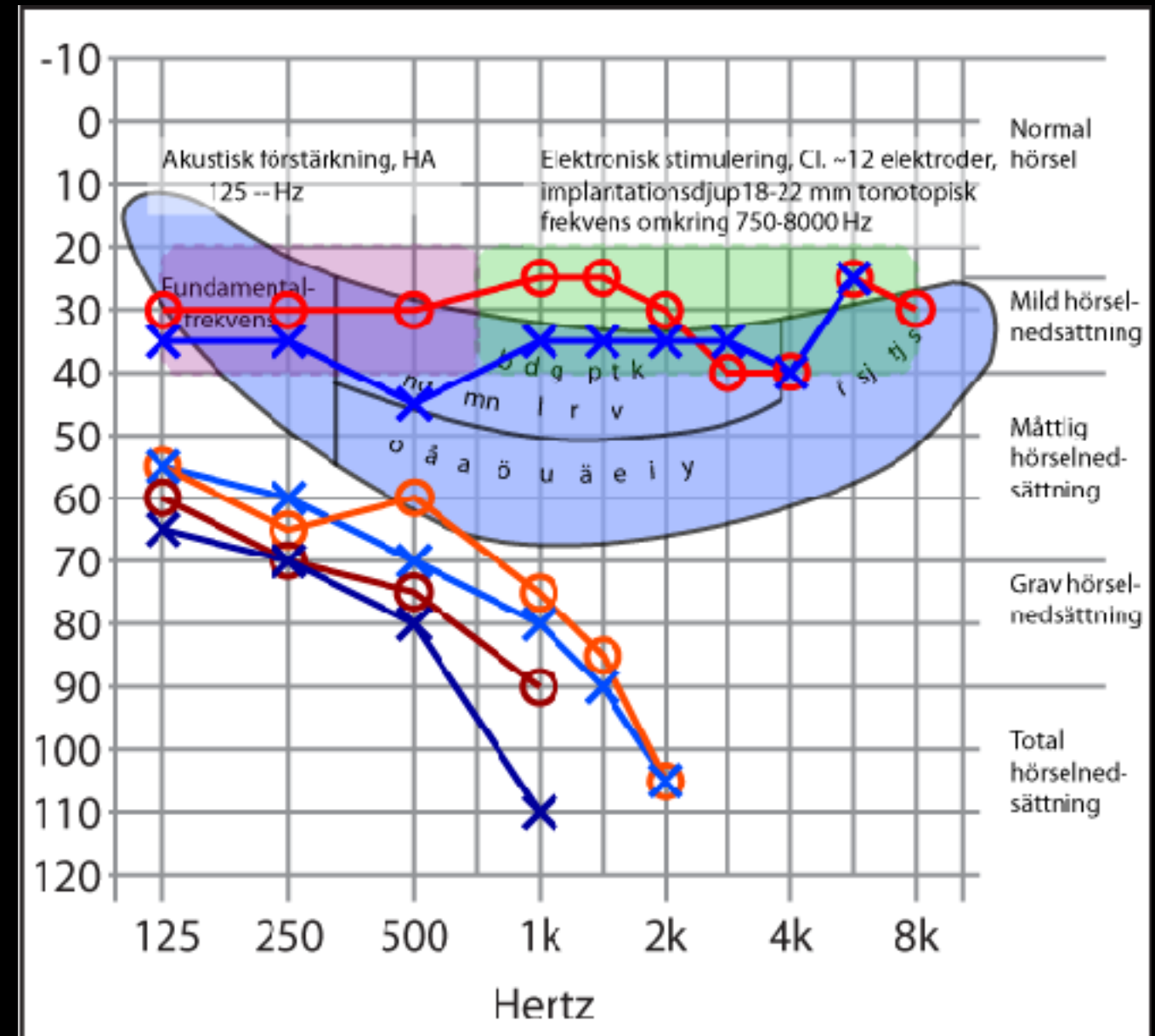


- HA -> frekvensband
- Sänder via elektromagnetisk induktion
- ~ 22 elektroder
- Påverkar ljudet mycket!
- Ingen temporal fine structure
- Dålig pitchuppfattning och frekvensdiskrimination
- Inget batteri = döv Youtube...



ELECTRIC ACOUSTIC STIMULATION

- Försiktig implantation
- Kombinerar HA med CI (~8 electrodes)
- HA i de låga frekvenserna och CI i de högre
- Bevarar (mer) temporal fine structure
- Bättre frekvens-diskriminering
- Bevarar hörseln



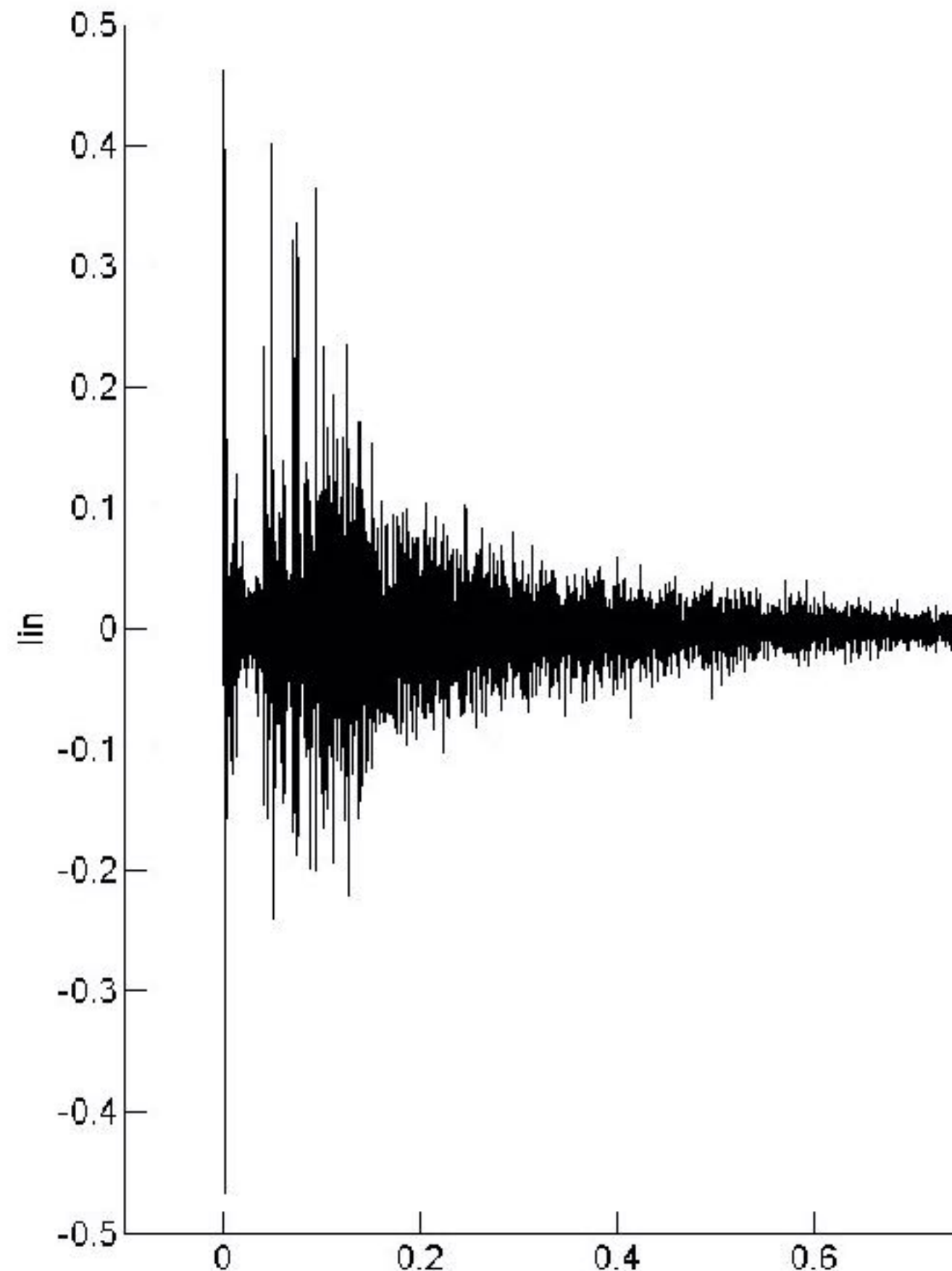
TNM103 - LJUDTEKNIK

EXJOBBSIDÉER

OSV...

AUTOMATISK ANALYS OCH IGENKÄNNING AV IMPULSLJUD

- Vad karakteriserar olika impulsljud (som pistolskott, punktering på ett däck, fyrverkeripjäs)?
- Vilken metod beskriver dessa karaktärer bäst?
- Kan machine learning-principer användas för att skapa en automatisk analys och igenkännande av impulsljud



POSITIONERING AV MIKROFONLJUD I DOMEN

- Skulle en positionering av mikrofonljud i domen skapa en bättre upplevelse av presentationer i domen?
- Hur kan mikrofonens (mikrofonernas) position bestämmas? (triangulering av FM-sändare, bluetooth triangulering, tidsdifferenser mellan mikrofonen och kontrollmikrofoner samt högtalare, optisk tracking)
- Hur positioneras sedan mikrofonens position rätt med hjälp av domens befintliga ljudsystem?



OPEN SPACE OCH LJUD

- Hur kan ljud användas i open space?
- Vad kan berättas och vad kan underlättas att förstå med hjälp av ljud?
- Vad, hur, och varför berätta det med ljud?



LJUDSPEL FÖR SYNSKADADE

- Det finns ljudspel för synskadade, men dessa är tämligen enkla och inte så engagerande, hur kan detta ändras?
- Hur kan HRTF användas för att skapa 3D, en mer immersiv spelupplevelse än stereo?
- Hur byggs ett ljudspel upp för storytelling och rätt upplevelse?



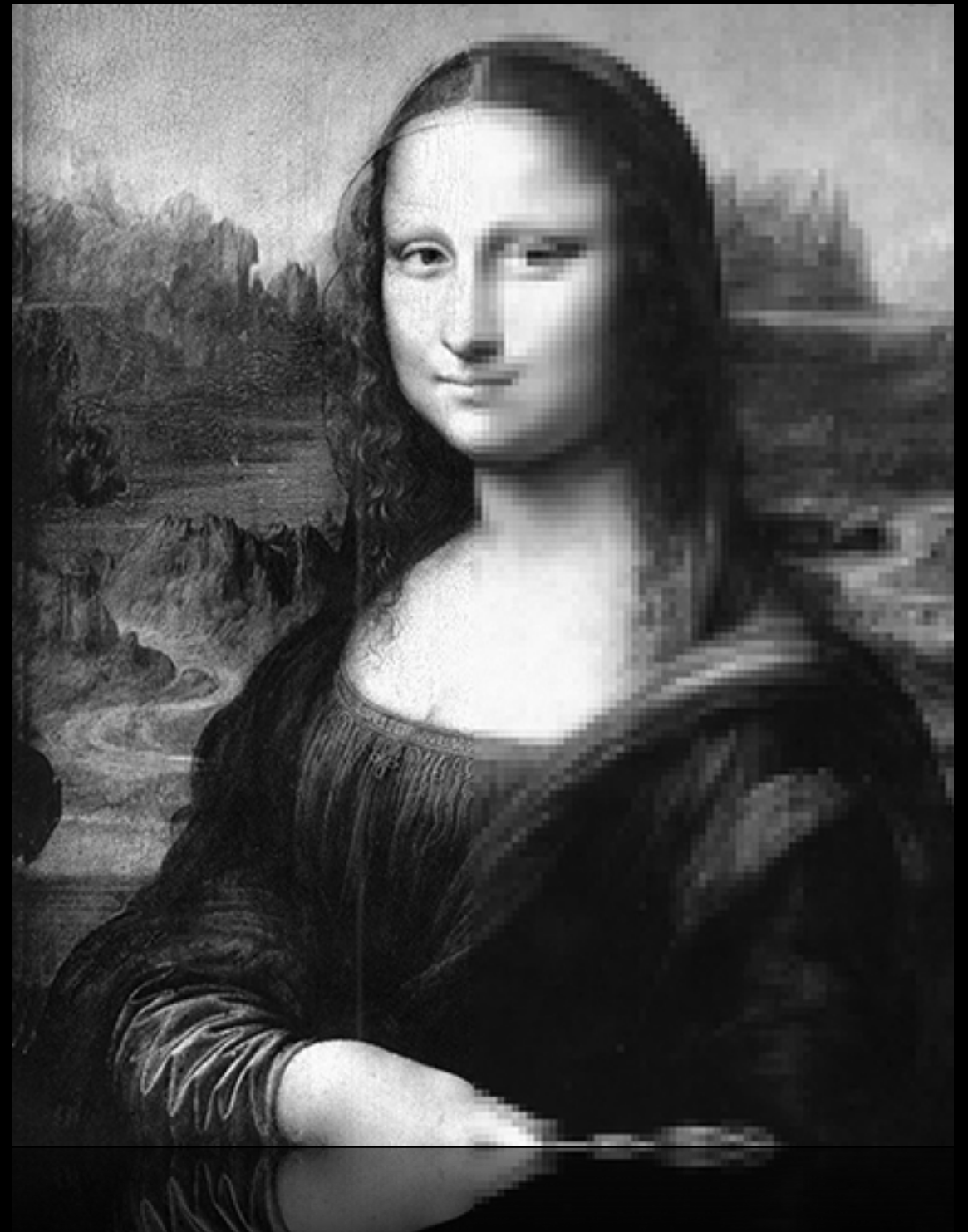
LJUD I BESLUTS- ARENAN

- Hur kan ljud användas i beslutsarenan för att skapa en så effektiv arena som möjligt?
- Vilka aspekter av flerkanaligt och positionsbestämt ljud är viktiga och användbara i en diskussionsituation i beslutsarenan?
- Hur kopplas watchout och 8-kanalers ljud för en sömlös upplevelse av immersivt ljud?



DIGITAL LJUDREPRESENTATION

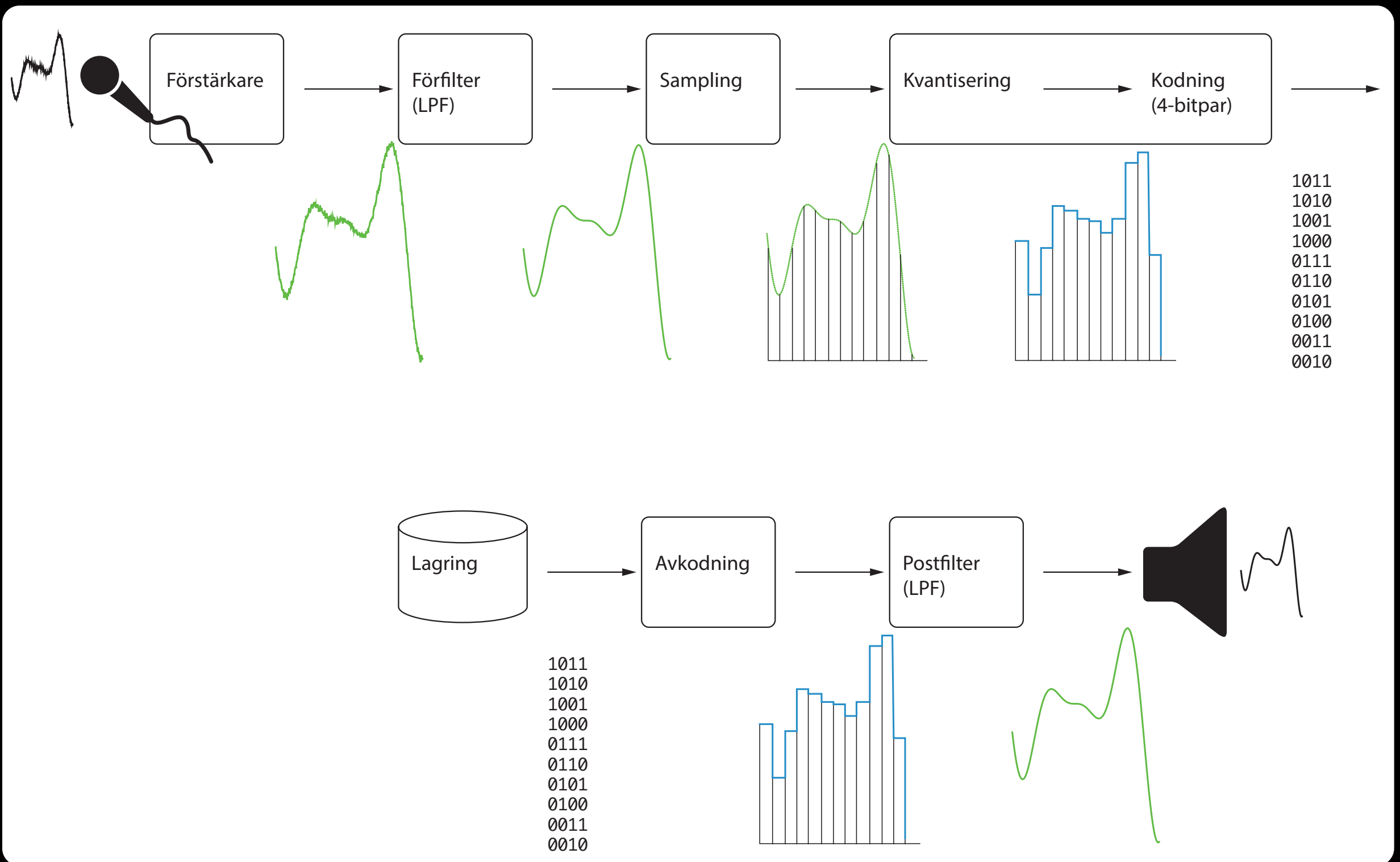
- Ljud är tryckförändringar i luften.
- Dessa ändras kontinuerligt i tiden.
- Alltså, ljud är analogt.
- Analogt $\leftrightarrow$ digitalt.



AD/DA-OMVANDLARE

- En bandbreddsbegränsad signal kan samplas och rekonstrueras utan förlust.
- De numeriska värdena associerade med samplingen kan lagras digitalt.
- Sampeln hålls på samma nivå under en klockcykel under rekonstruktionen.
- Ett lågpassfilter interpolerar för att återskapa den ursprungliga vågformen.

AD/DA-OMVANDLARE



SAMPLING

- Nyquistteoremet
- Ett ljud (bandbegränsad tidskontinuerlig signal), med bandbredd f_0 Hz, och som samplas med samplingsfrekvensen f_s kan återskapas från den samplade signalen om $f_s > 2f_0$.

CD = 44.1kHz

96kHz

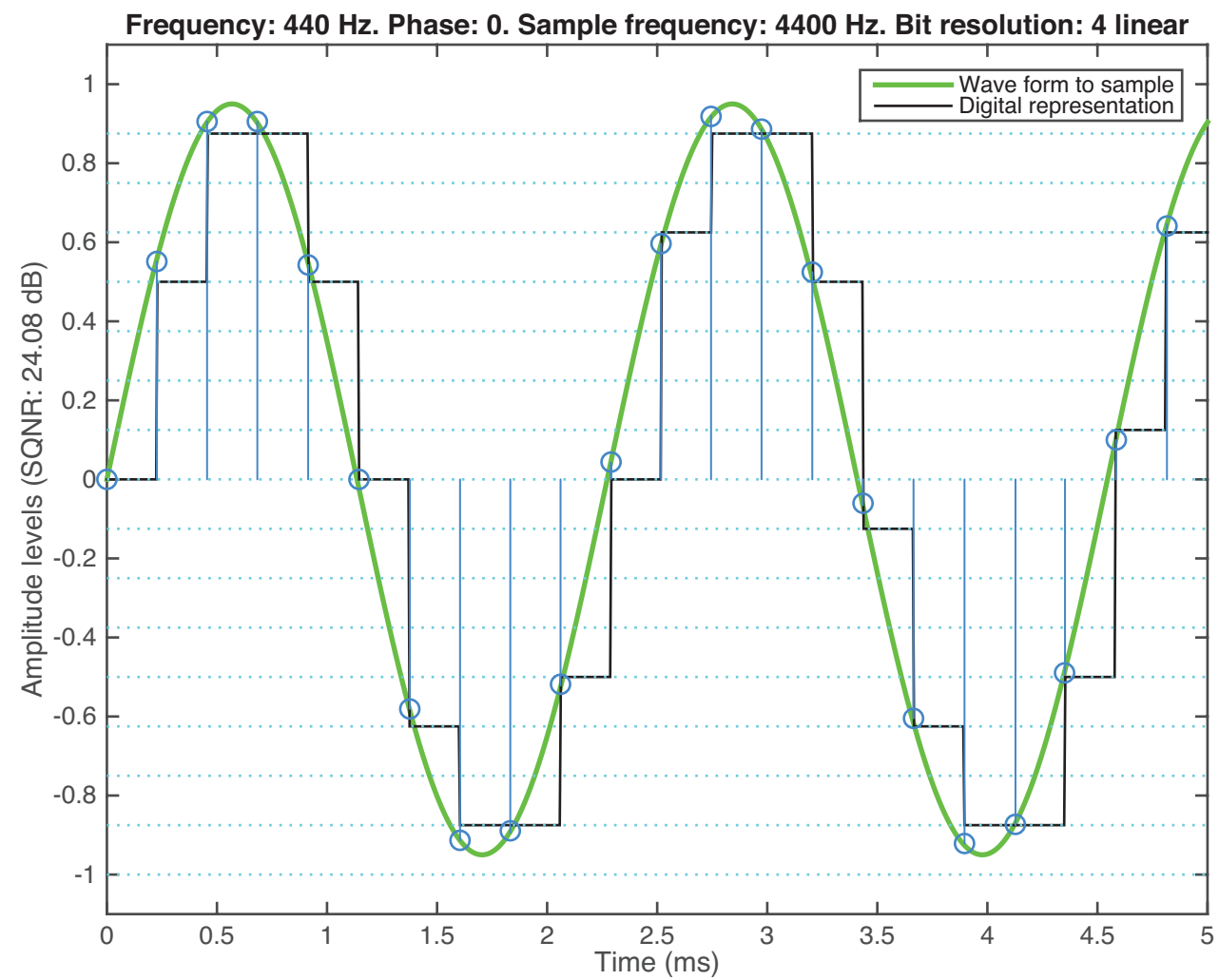
DAT/DV = 48kHz

192kHz

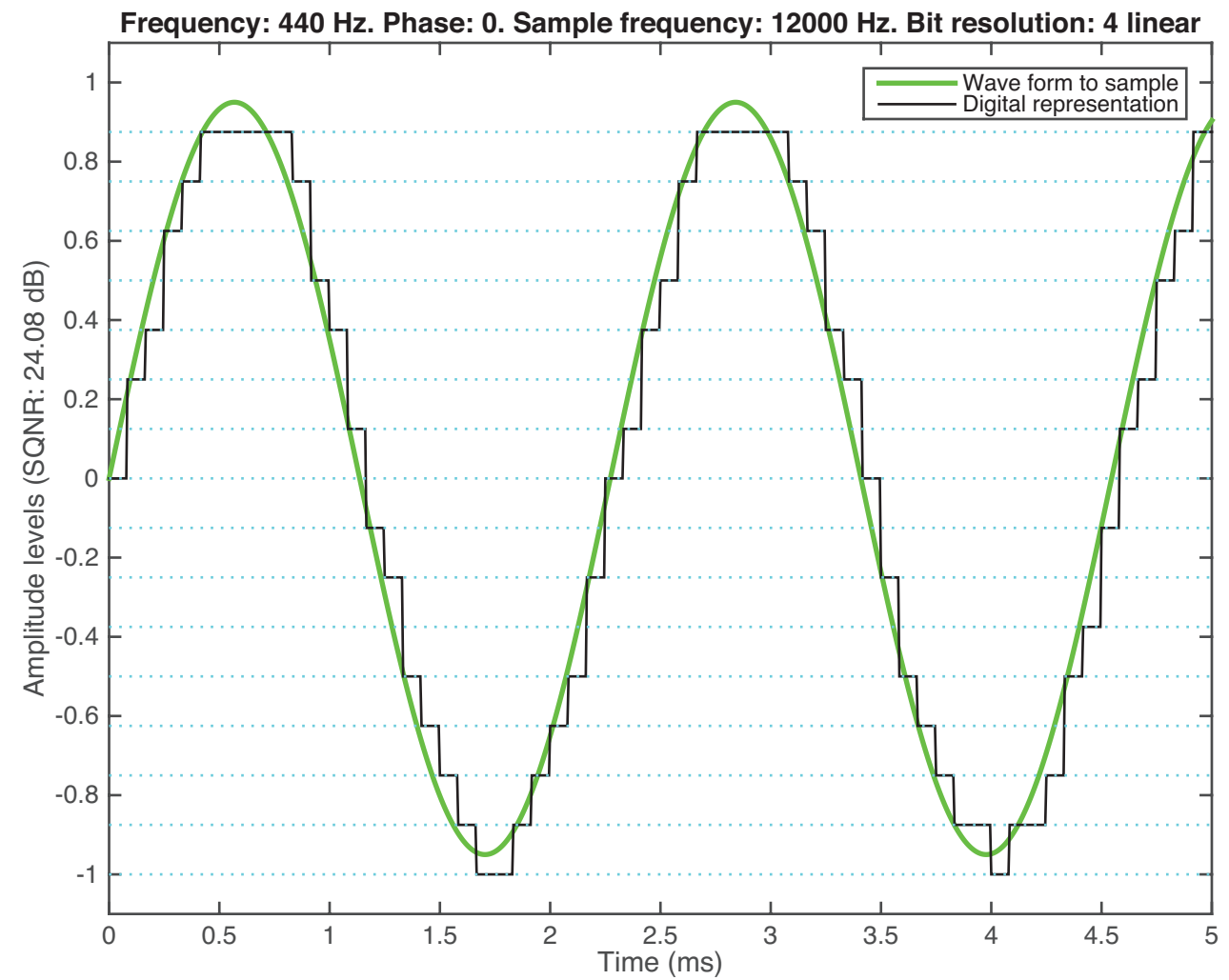
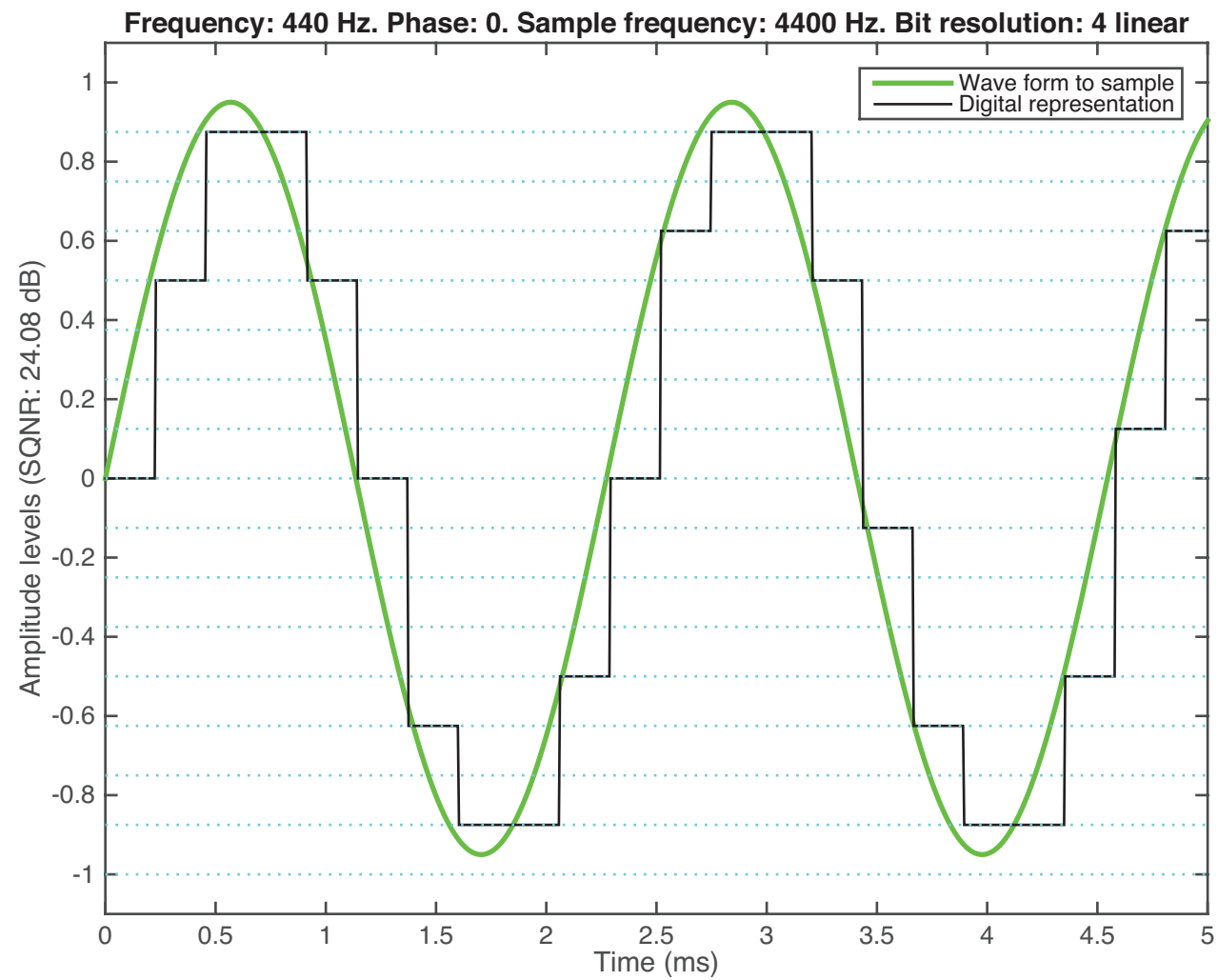
DVDA = 96kHz (24bit)

SACD = 2.8224MHz (1bit)

SAMPLINGSFREKVENNS

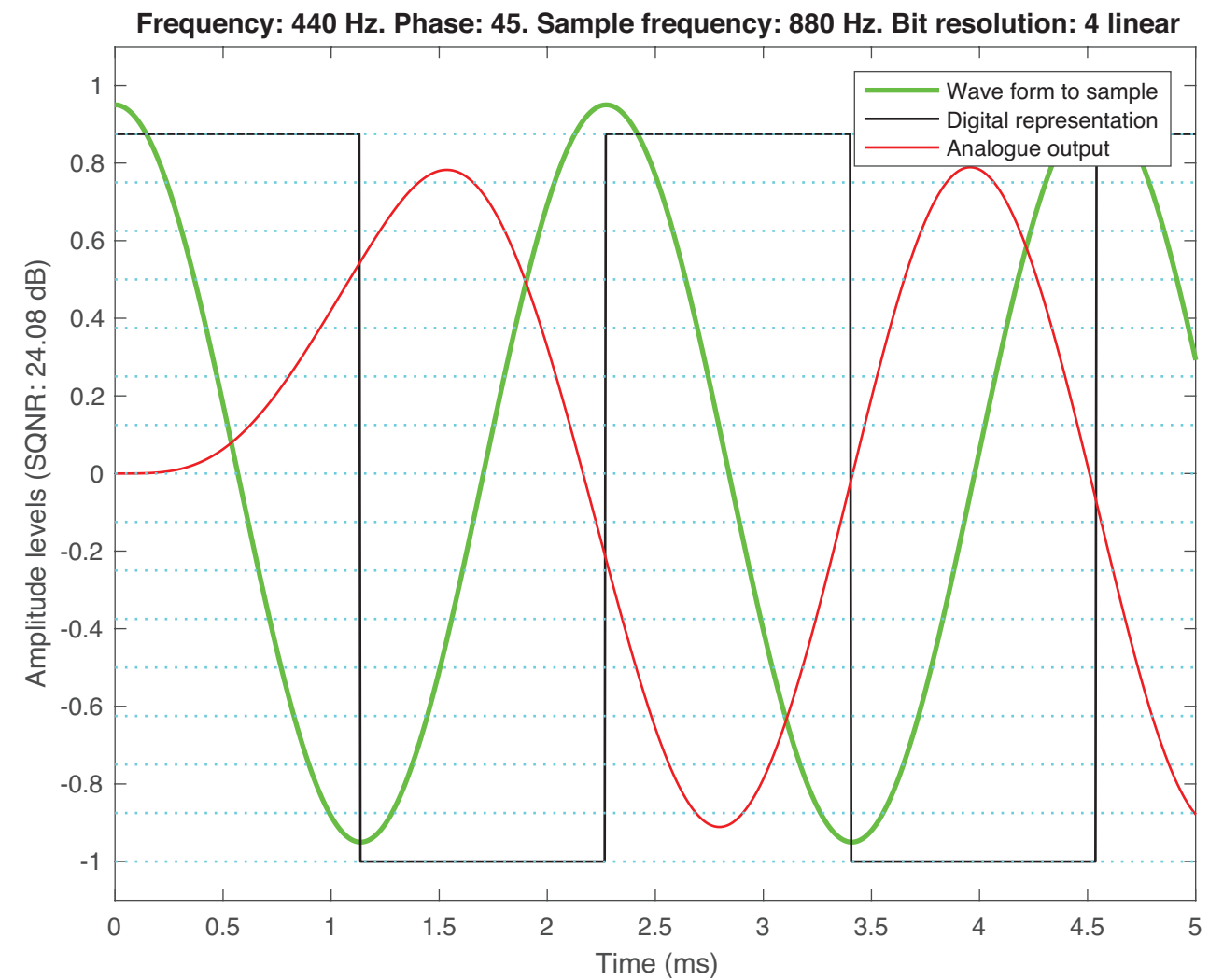
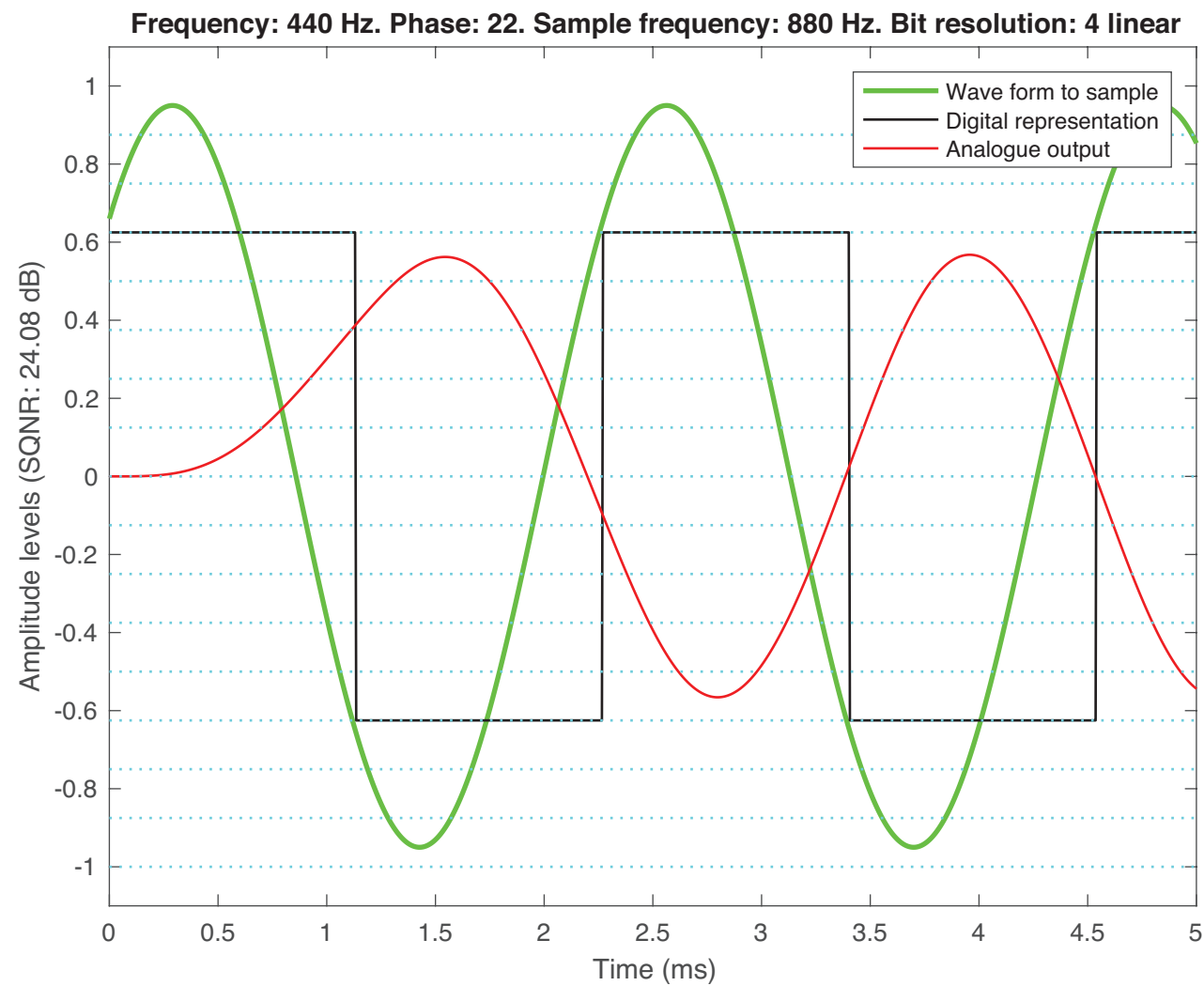


SAMPLINGSFREKVENNS



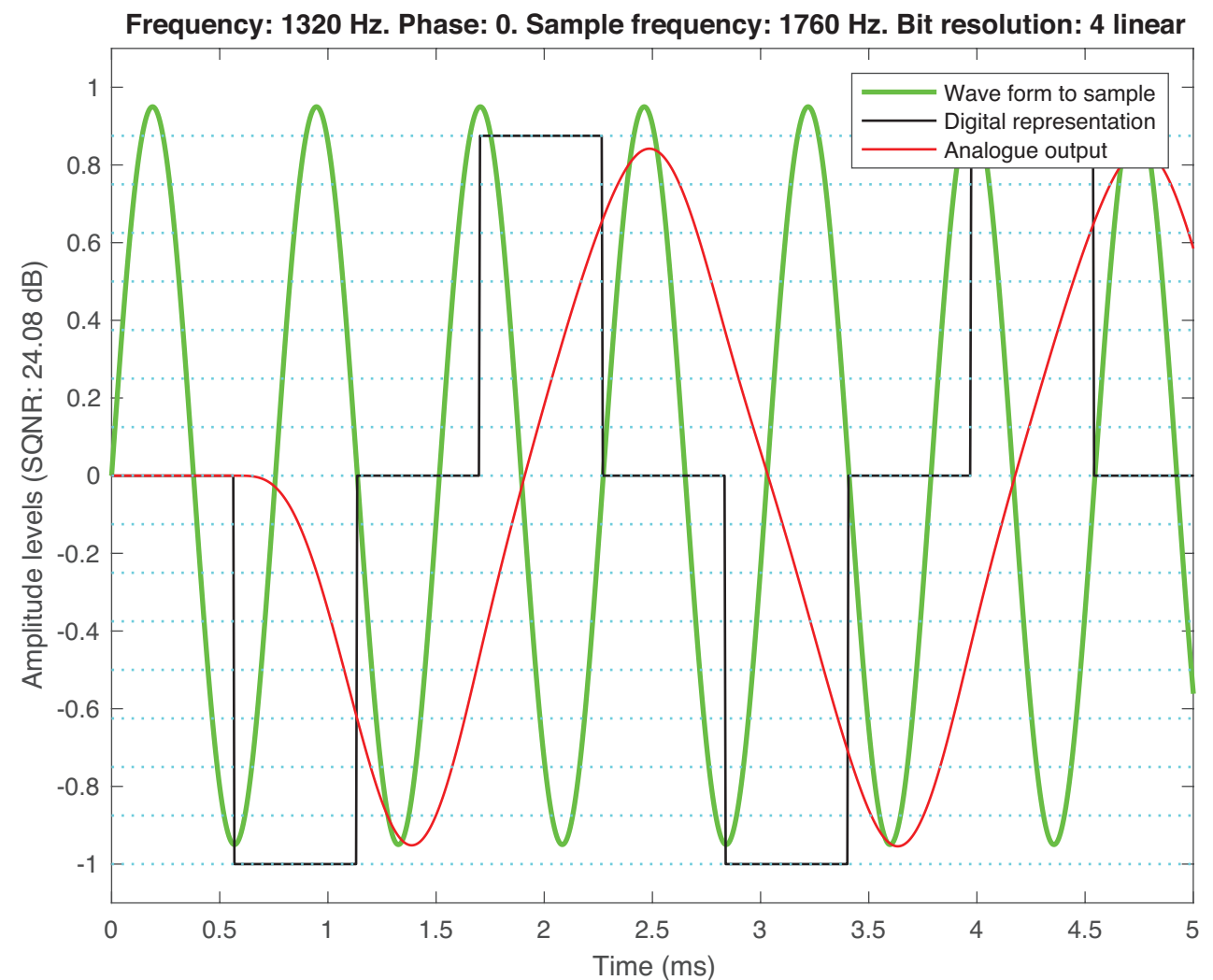
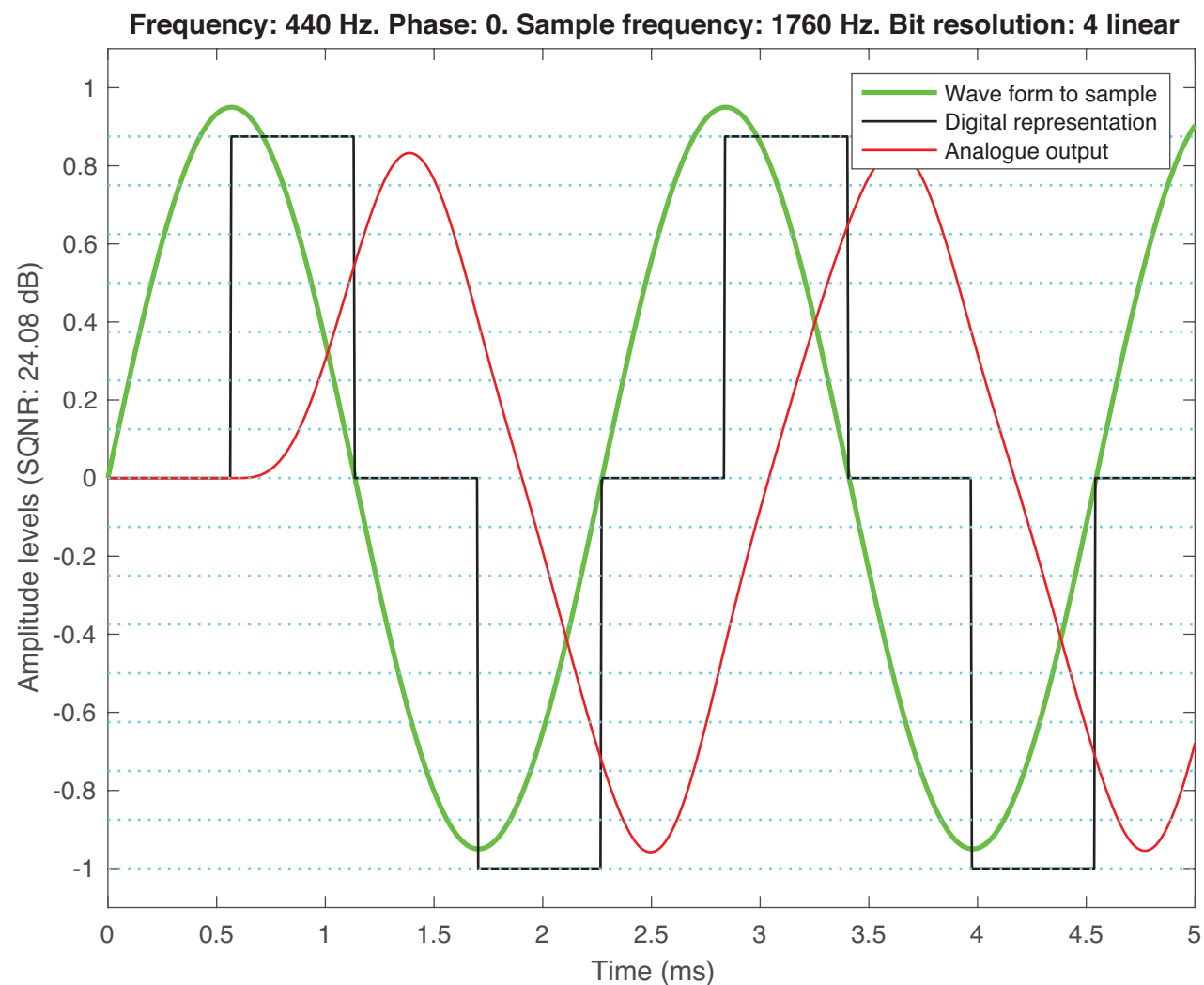
$$\text{INTE} \geq \text{UTAN} >$$

- Nyquistteoremet $f_s > 2f_0$.



ALIASING (VIKNINGSDISTORTION)

- Aliasing uppstår om $f_0 > f_s/2$.
- Högre frekvenser viks tillbaka till frekvenser $< f_s/2$.



JITTER

- Vid både inspelning och uppspelning förutsätts att klockpulserna kommer med exakt samma tidsmellanrum.
- Ofta finns det små tidskillnader som kan degradera prestanda. Detta kallas jitter
- Jitter kan uppstå tex vid
 - Hastighetsvariationer hos en CD/DVD-spelare
 - Oregelbundenheter hos de klockor som styr AD och DA omvandling
 - Vid överföring av en dataström (oftast synkroniseras klockor mellan sändare/mottagare)

KVANTISERING

- Det samplade analoga värdet omvandlas i en AD-omvandlare till ett digitalt värde.
- Eftersom det är digitalt värde finns det ett begränsat antal nivåer, en begränsad noggrannhet, som bestäms av antalet bitar systemet arbetar med.
- Antalet intervall blir 2^n , där n är antalet bitar.

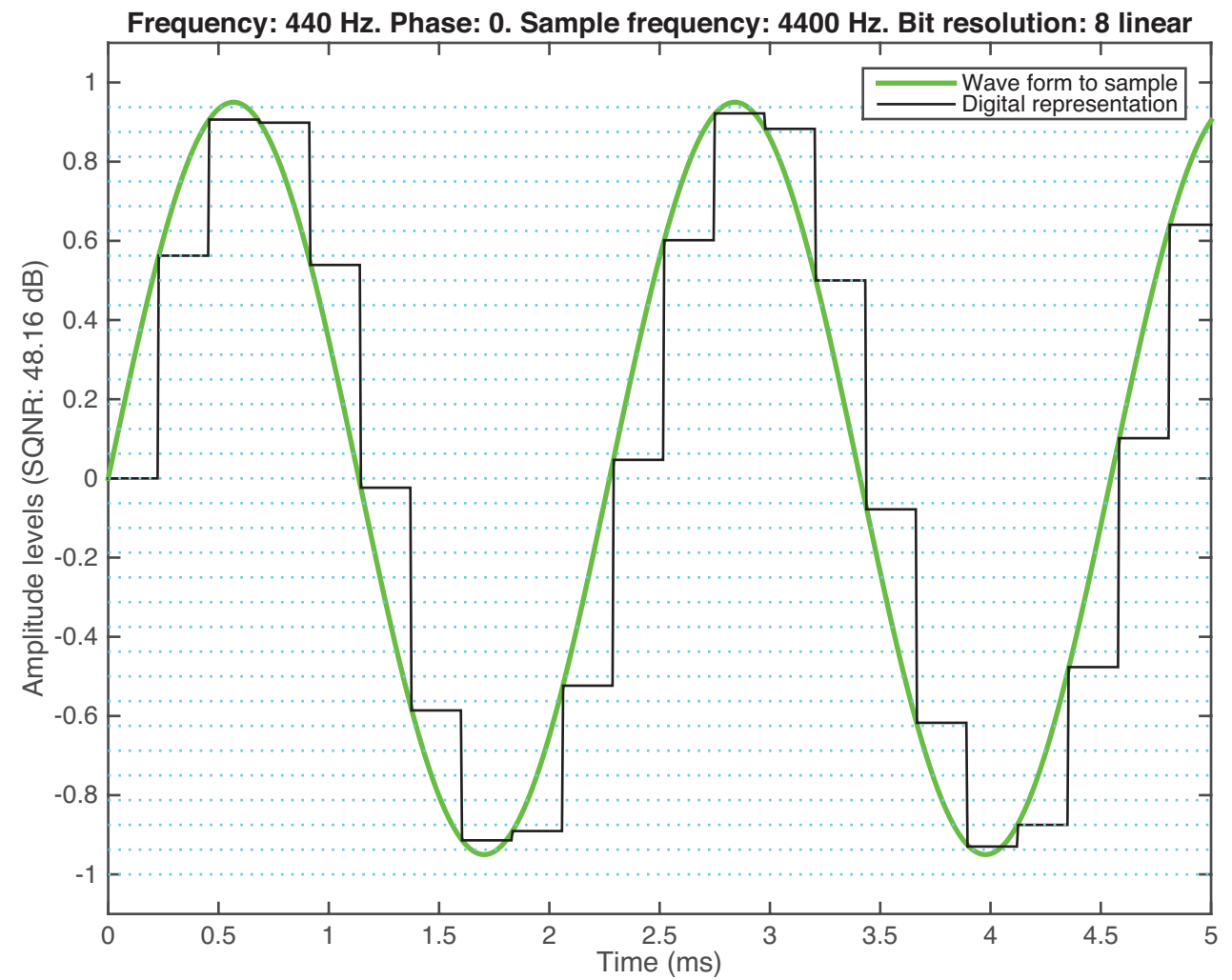
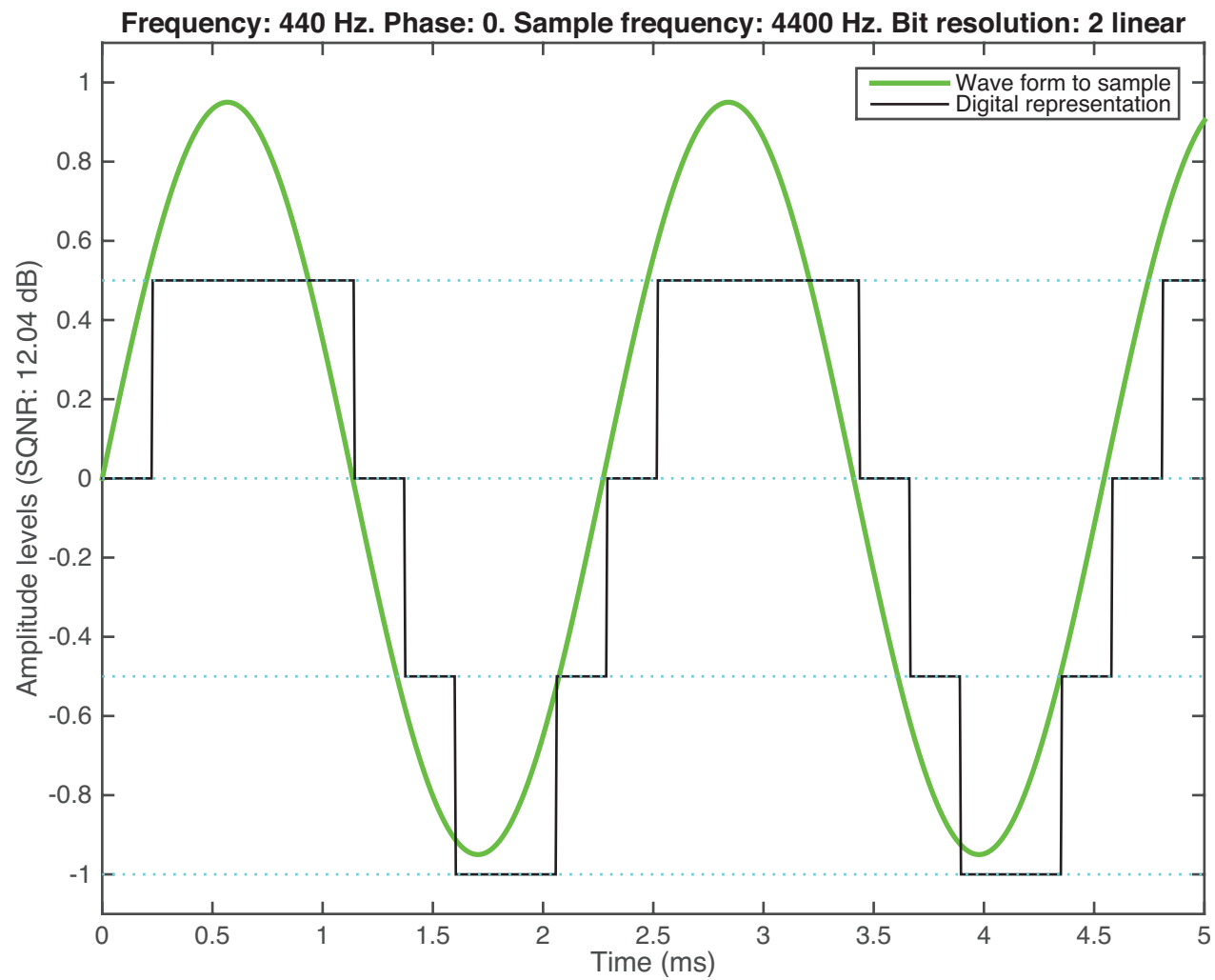
$$2^4 = 16$$

$$2^{12} = 4096$$

$$2^{16} = 65536$$

$$2^{24} = 16777216$$

KVANTISERING



EFFEKTIVT ANTAL BITAR

- Det effektiva antalet bitar (ENOB) kan skrivas som:
$$\text{ENOB} = (\text{dynamic range} - 1.72) / 6.02$$
- En 16-bits omvandlare med 90 dB dynamiskt omfång, motsvarar 14.7 bitars effektiv upplösning.
- Ett ljud representerat i 16-bitar, och en 16-bitars DAC minskar antalet effektiva bitar med 1 varje gång volymen halveras.
- Vid inspelning är fler bitar att föredra vad gäller dynamiskt omfång och head-room.

DYNAMISKT OMFÅNG

- Skillnaden mellan den i amplitud starkaste samplen och tyst, eller
- Signal-to-error ratio
- 8-bitar = 49.8dB
- 16-bitar = 97.8dB
- 24-bitar = 145.8dB

KVANTISERINGSFEL

- Kvantiseringen kommer att ge ett fel i den samplade signalen på upp till $\pm 1/2$ LSB. (Least Significant Bit)
- Vid starka signaler är det liten korrelation mellan signalen och kvantiseringsbruset. Det påminner om vitt brus.
- Kvantiseringsfelet blir ohörbart vid fler bitar, 16-20 bitar.
- Men, vid svaga signaler, och sämre upplösning, blir bruset ofta korrelerat till signalen och kan ge hörbar distortion.

DITHER

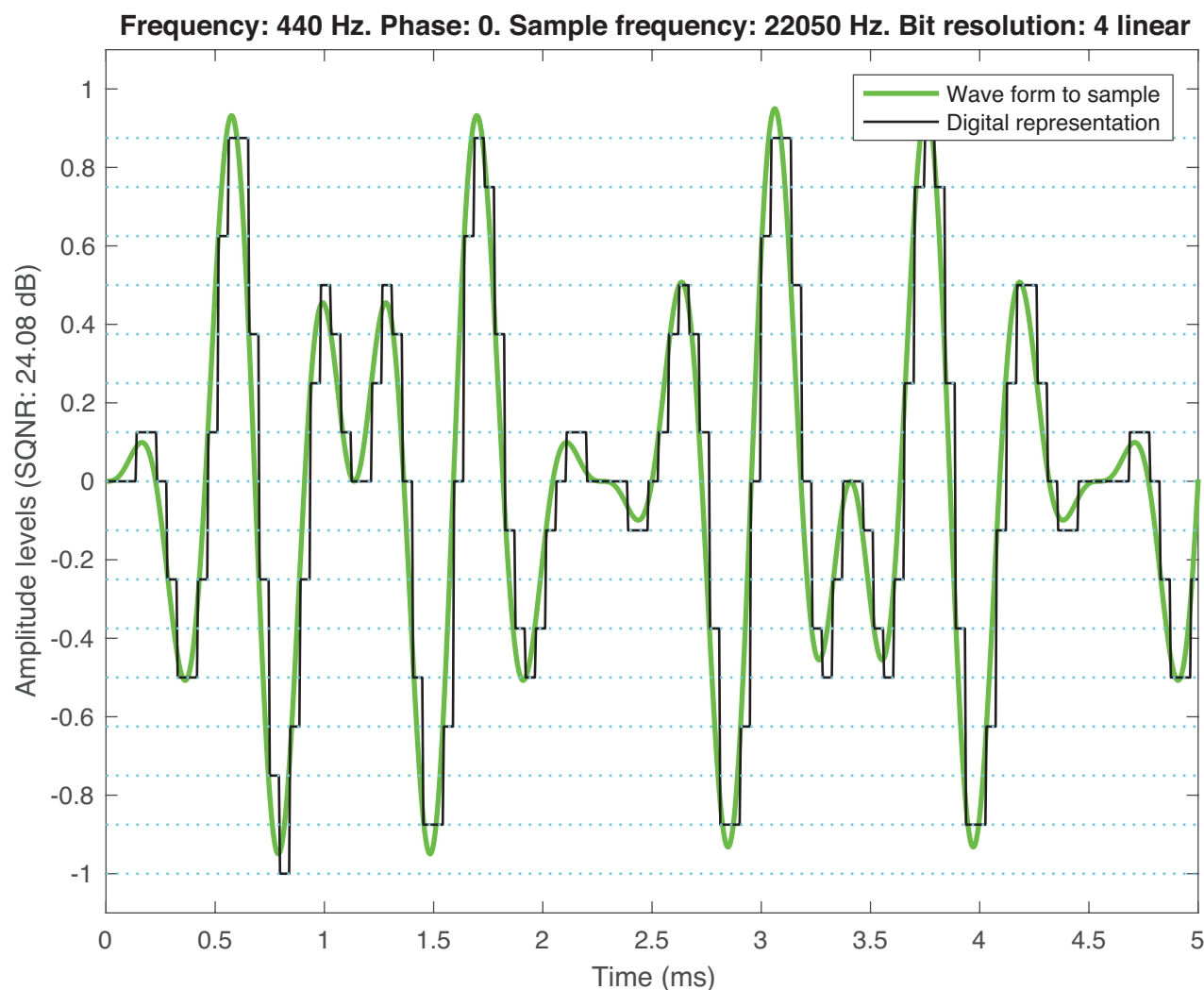
- Nivåer under LSB-nivån kan inte kvantiseras och kodas. Dessa blir antingen 1 eller 0, dvs 50% chans.
- Med dithering kan hörbara artefakter som uppstår pga kvantiseringen undertryckas.
- Dithering lägger till ett svagt brus.
- Detta svaga brus gör att samples som är lägre än LSB-nivån på ett korrekt sätt antingen blir 1 eller 0.

BRUS

- Vitt brus, har lika stor amplitud i alla frekvenser.
 - 40-80 Hz har samma intensitet som 4000-4040 Hz.
- Rosa brus, har samma ljudintensitet inom frekvensområden som är proportionellt lika stora.
 - 40-80 Hz har samma intensitet som 4000-8000 Hz.
 - -3dB/oktav
- Rött brus = -6dB/oktav
Blått brus = +3dB/oktav
Lila brus = +6dB/oktav
...

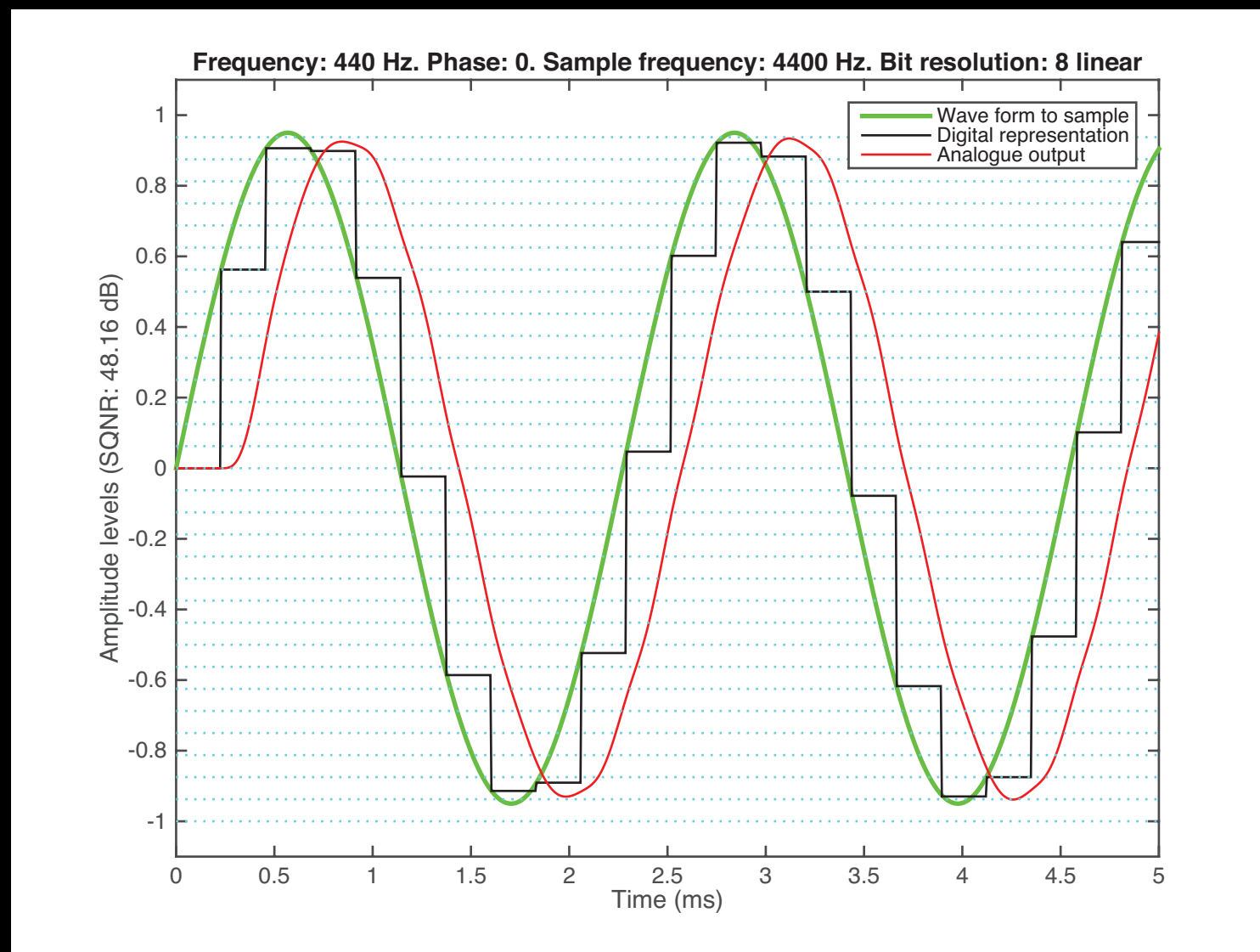
LINJÄR/OLINJÄR KVANTISERING

- Ett annat sätt att kringgå kvantiseringsfel är linjär kvantisering.

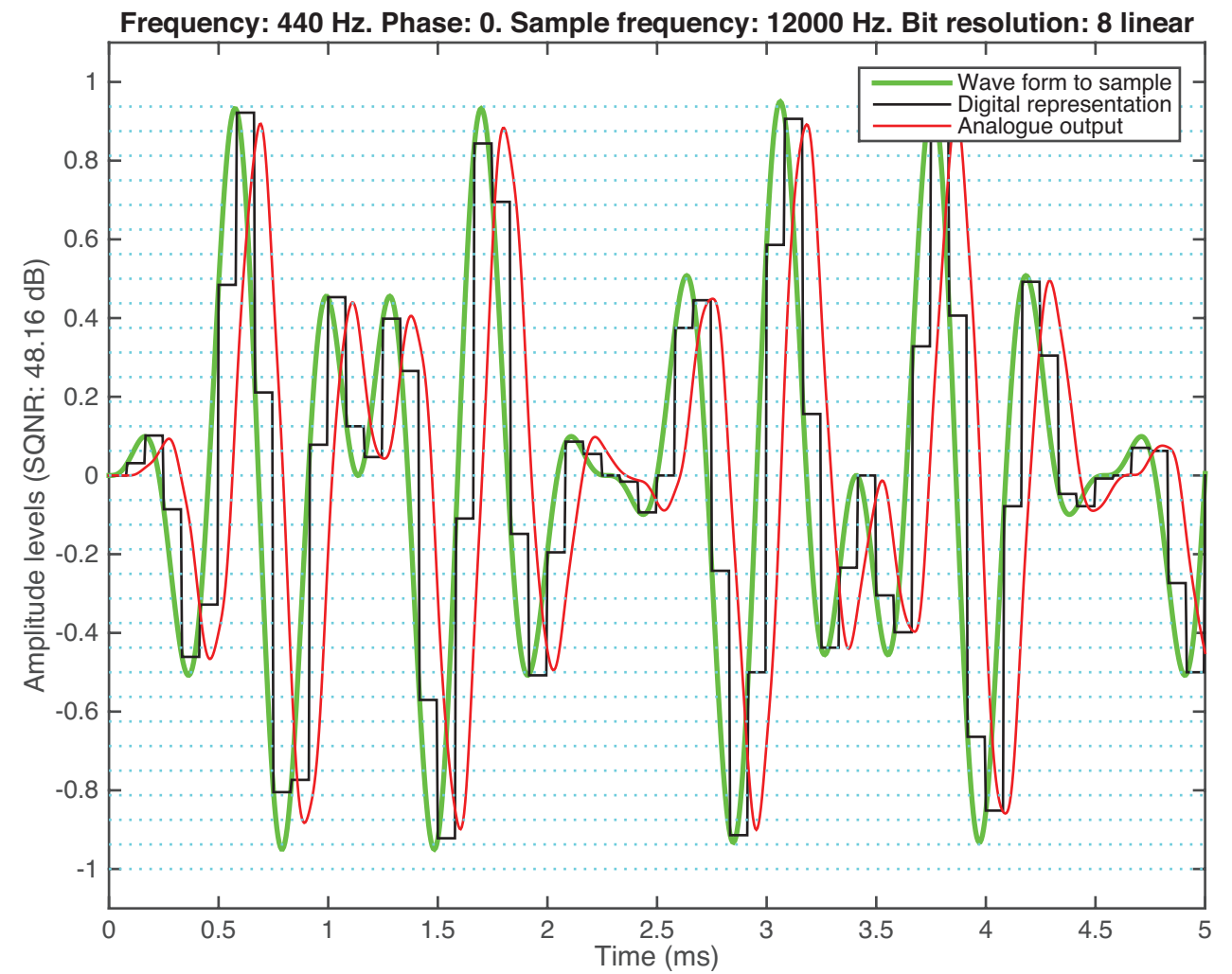
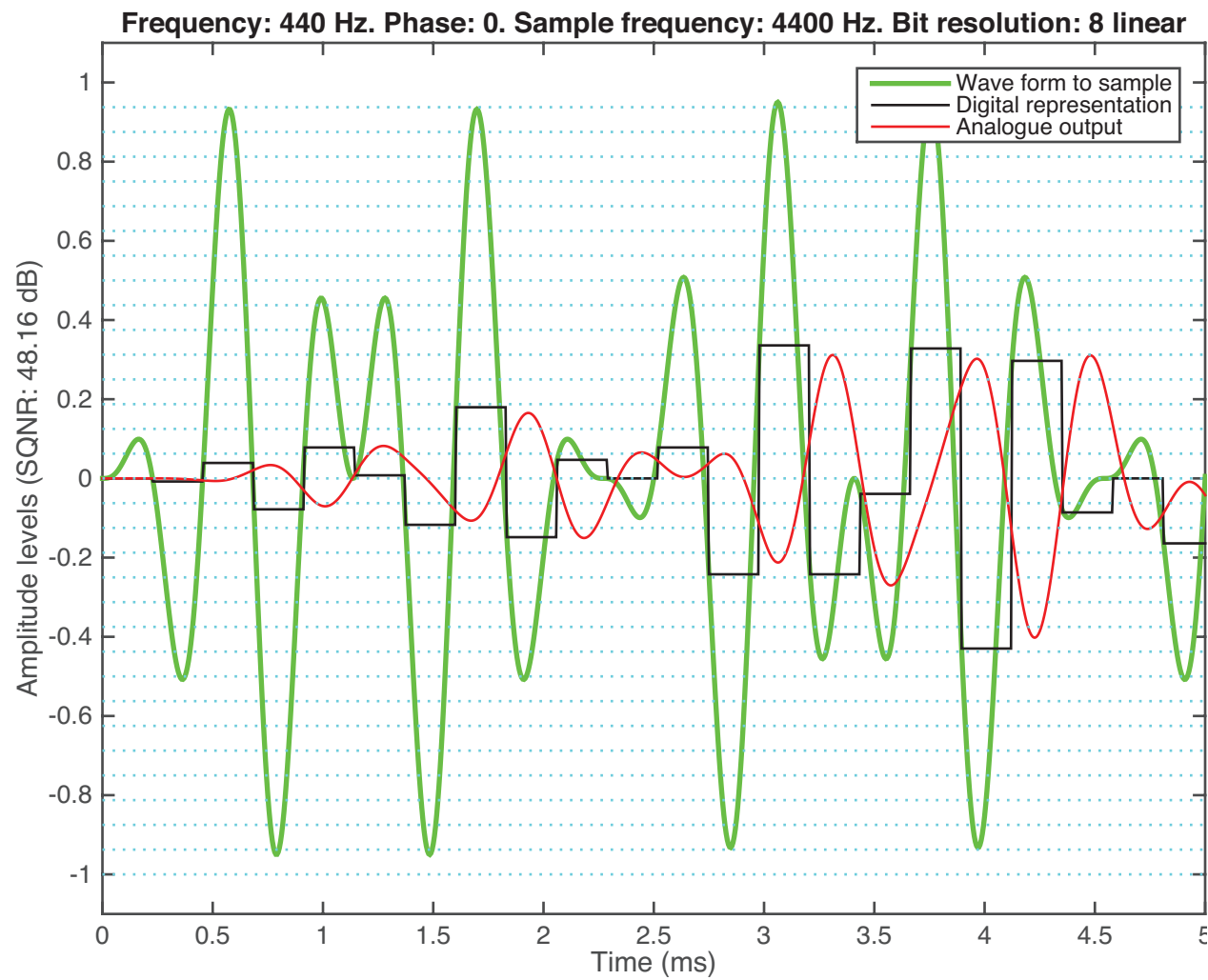


LÅGPASSFILTRERING

- Analogt eller digitalt lågpasfilter tar bort frekvenser $> f_s/2$ i samband med uppspelning av digitalt representerat ljud.



DIGITAL LJUDREPRESENTATION



TNM103 - LJUDTEKNIK

LJUD I MATLAB

ATT LÄSA IN LJUD I MATLAB

- Läsa in ett ljud till en vektor + samplingsfrekvens.
`[y,Fs] = audioread(filename);`
- Spela upp ett ljud:
`player = audioplayer(y, Fs);`
`play(player);`
- Spela upp ett ljud och vänta tills det är klart:
`playblocking(player);`
- Spara till ljudfil:
`audiowrite(filename,y,Fs);`

ATT PLOTTA LJUD I MATLAB

- Plotta ett ljud:
`plot(y);`
- Spektrogram av ett ljud:
 - short-time Fourier transform
 - delar ljudet i ett antal fönster
 - antal samples som överlappar mellan fönster
 - antal samplingar som används i Fouriertransformen
 - ange F_s för rätt skalning
 - sätt frekvensen på y-axeln`spectrogram(y, nwin, noverlap, nfft, Fs, 'yaxis');`

ATT MIXA I MATLAB

- Att mixa två ljud i Matlab = summera två vektorer.
`newVector = vectorOne + vectorTwo;`
- Att förändra ljudvolymen på ett ljud = multiplicera vektorn med ett värde mindre än 1.
`newVector = vectorOne.*0.5;`
- Matlab arbetar med flyttal, men ett ljud får inte ha högre nivå ut än -1 -> 1. En ljudvektor varierar runt 0.
- Annars uppstår överstyrning/distortion vid uppspelning.

ATT MIXA I MATLAB (FORTS.)

- Amplitudvärden i Matlab till dB:

```
amplitudeIndB = 20*log10(amplitudeLevel);
```

- Ett stereoljud är en vektor med två "serier" i.

```
left = y(:,1);  
right = y(:,2);
```

- Vridning/transformering av vektor i Matlab:

```
x = y';
```

- Ett monoljud spelas upp som stereo...
- Panorering av stereoljud