



Konversi Data Analog ke Sinyal Digital

- Proses transformasi data analog ke digital dikenal sebagai digitalisasi.
- Tiga hal yang paling umum terjadi setelah proses digitalisasi adalah:
 1. Data digital dapat ditransformasikan menggunakan NRZ-L.
 2. Data digital dapat diandaikan sebagai sinyal digital menggunakan kode selain NRZ-L. dengan demikian diperlukan tahap tambahan.
 3. Data digital dapat diubah menjadi sinyal analog menggunakan salah satu teknik modulasi.

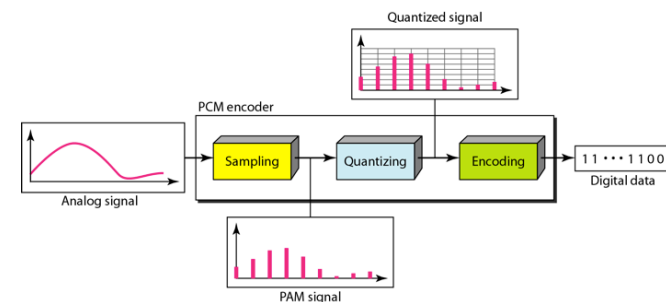
Codec-Decoder

- Codec-Decoder adalah perangkat yang digunakan untuk mengubah data analog menjadi data digital untuk transmisi dan kemudian mendapatkan kembali data analog asal dari data digital tersebut. Dua teknik yang digunakan dalam codec:

1. **Pulse Code Modulation (PCM)**
2. **Delta Modulation (DM)**

Pulse Code Modulation (PCM)

- **Pulse Code Modulation (PCM)** adalah metode yang digunakan untuk digital mewakili sampel sinyal analog, yang diciptakan oleh Alec Reeves pada tahun 1937.
- PCM encoder memiliki tiga proses, yaitu **sampling**, **kuantisasi** dan **encoding**. sebagaimana ditunjukkan pada gambar dibawah ini:



Sampling

- Langkah awal dari PCM adalah proses sampling. Sinyal analog di ambil sample setiap T_s detik, dimana T_s adalah interval dari sampel atau perioda. Frekuensi sampling (f_s) adalah hasil inverse dari Perioda Sampling, dimana $f_s = 1/T_s$.
- Menurut teorema Nyquist, untuk mereproduksi sinyal analog yang asli, satu kondisi yang diperlukan adalah bahwa tingkat sampling minimal dua kali frekuensi tertinggi dari sinyal asli tersebut.

$$f_s \geq 2 f_H$$

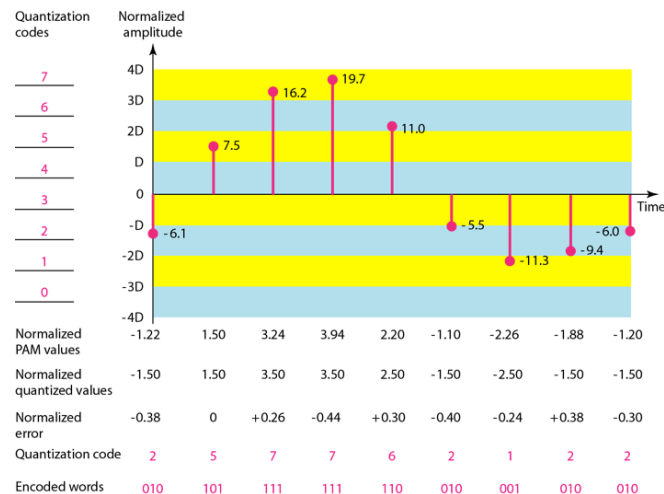
Kuantisasi (Quantization)

- Hasil sampling serangkaian pulsa dengan nilai-nilai amplitudo antara amplitudo maksimum dan minimum dari sinyal. Himpunan amplitudo bisa tak terbatas dengan nilai-nilai non integral antara kedua batas. Nilai-nilai ini tidak dapat digunakan dalam proses encoding. Berikut ini adalah langkah-langkah dalam kuantisasi:
 - Berasumsi bahwa sinyal analog yang asli memiliki amplitudo sesaat antara V_{min} dan V_{max} .
 - Membagi rentang menjadi L zona, masing-masing tinggi Δ (delta).
 - Diberikan nilai terkuantisasi 0 sampai $L - 1$ ke titik tengah masing-masing zona.
 - Perkiraan nilai amplitudo sampel ke nilai terkuantisasi.

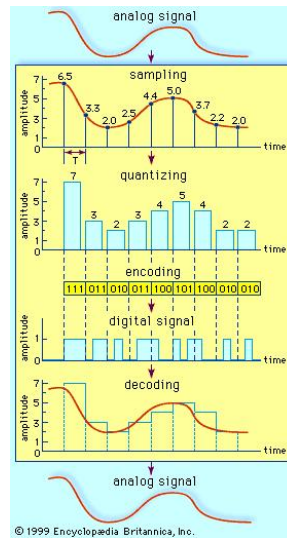
Encoding

- Langkah terakhir dalam PCM encoding. Setelah setiap sampel dikuantisasi dan jumlah bit per sampel ditentukan, masing-masing sampel dapat diubah ke kode kata l bit. dalam
- Sebuah kode kuantisasi 2 dikodekan sebagai 010, 5 dikodekan sebagai 101, dan sebagainya. Perhatikan bahwa jumlah bit untuk setiap sampel ditentukan dari jumlah level kuantisasi. Jika jumlah level kuantisasi adalah L , jumlah bit adalah $nb = \log_2 L$. Dalam contoh kita L adalah 8 dan karena nb adalah 3. Tingkat bit dapat ditemukan dari rumus :

$$\text{Bit rate} = \text{Sampling Rate} \times \text{Number of bits per sample} = f_s \times nb$$



Contoh



Jika kita ingin mendigitalkan suara manusia, berapakah jumlah level bit, apabila diasumsikan 8 bit per sampel?

Jawab;

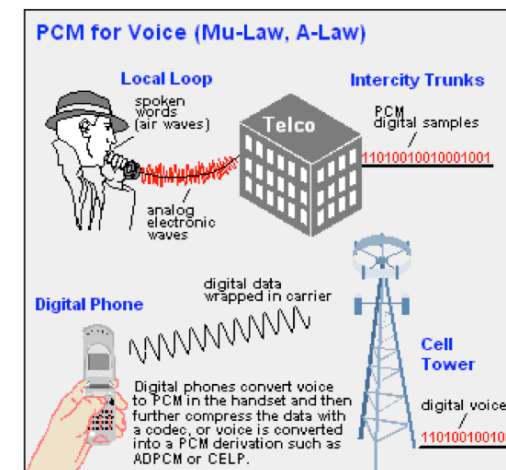
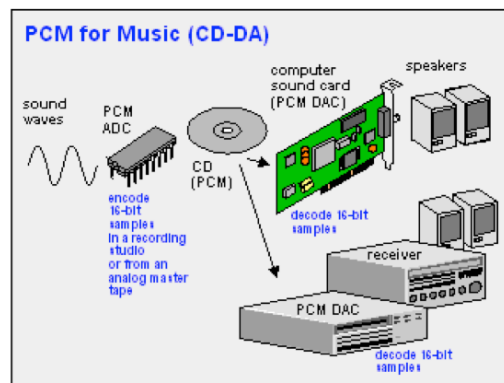
Suara manusia biasanya memiliki frekuensi 0 – 4000 Hz.

Jadi sampling rate dan bit rate dapat dihitung sebagai berikut:

Sampling rate = $4000 \times 2 = 8000$ sample/s

Bit rate = $8000 \text{ sample/s} \times 8 \text{ bit} = 64 \text{ kbps}$

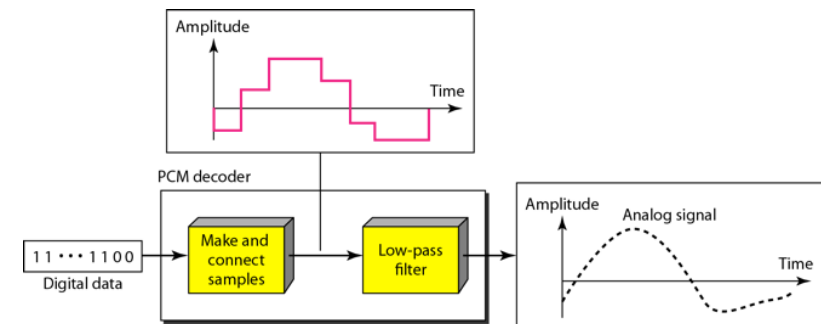
Contoh



Mengembalikan sinyal digital kedalam sinyal asli

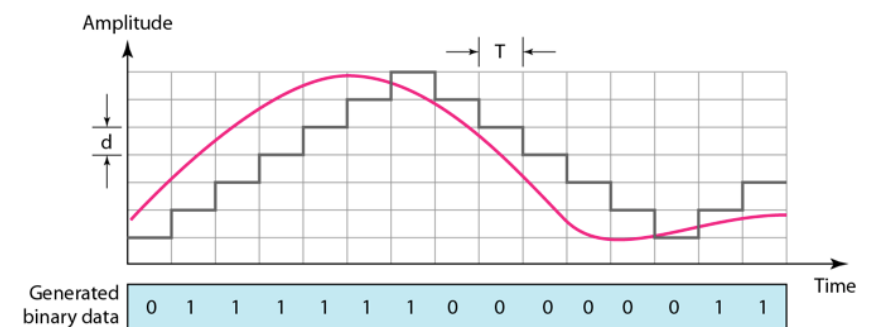
- Proses pemulihan dari sinyal asli membutuhkan PCM decoder. Decoder pertama menggunakan sirkuit untuk mengubah kata-kata kode ke pulsa yang memegang amplitudo sampai pulsa berikutnya. Setelah sinyal tangga selesai, ia melewati sebuah low-pass filter untuk kelancaran sinyal tangga menjadi sinyal analog. Filter ini memiliki frekuensi cutoff sama dengan sinyal asli pada pengirim. Jika contoh sinyal telah di (atau lebih besar dari) sampling rate Nyquist dan jika ada tingkat kuantisasi cukup, sinyal asli akan diciptakan. Perhatikan bahwa nilai-nilai maksimum dan minimum dari sinyal asli dapat dicapai dengan menggunakan amplifikasi.

- Gambar berikut menjelaskan komponen dari decoder PCM



Delta Modulation (DM)

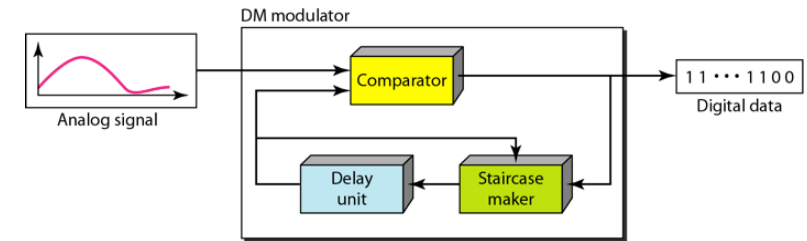
- PCM adalah teknik yang sangat kompleks. Teknik lainnya telah dikembangkan untuk mengurangi kompleksitas PCM. Yang paling sederhana adalah modulasi delta. PCM menemukan nilai amplitudo sinyal untuk setiap sampel, DM menemukan perubahan dari sampel sebelumnya. Gambar dibawah ini menunjukkan proses dari Delta Modulation. Perhatikan bahwa tidak ada kata kode di sini, bit dikirim satu demi satu.



- Modulator yang digunakan di lokasi pengirim untuk membuat aliran bit dari sebuah sinyal analog. Proses mencatat perubahan positif atau negatif kecil, yang disebut delta 0. Jika delta positif, proses tersebut mencatat 1, jika itu adalah negatif, proses mencatat 0.
- Namun, proses tersebut memerlukan dasar terhadap mana sinyal analog yang dibandingkan. Modulator membangun sinyal kedua yang menyerupai tangga. Menemukan perubahan tersebut kemudian dikurangi dengan membandingkan sinyal input dengan sinyal tangga secara bertahap dibuat.

Modulator Modulasi Delta (DM)

- Gambar dibawah menunjukkan komponen dari proses modulator.



Demodulator Modulasi Delta

- Gambar dibawah menunjukkan komponen dari proses demodulator.

