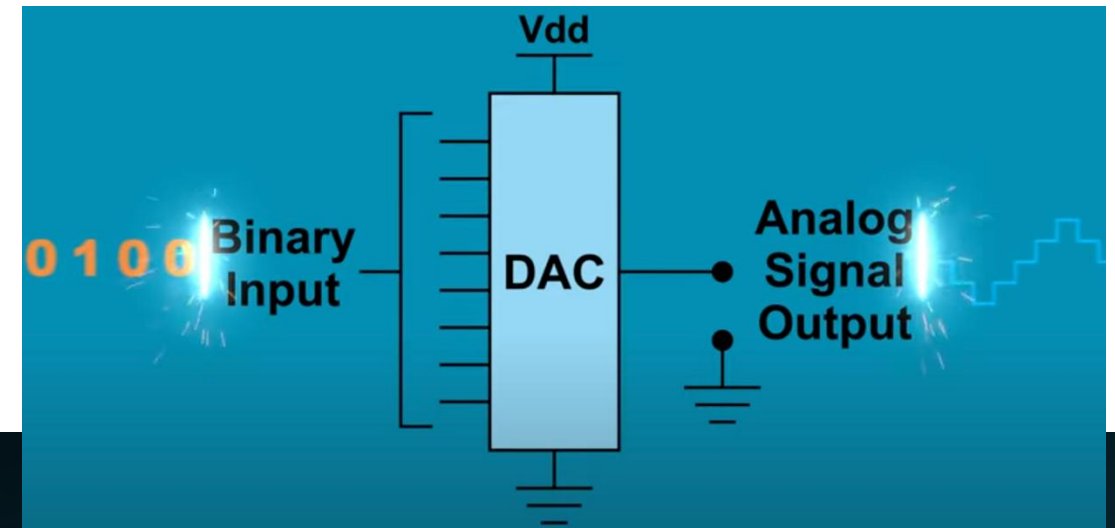


Μετατροπέας Ψηφιακού Σήματος σε Αναλογικό (DAC)



Είδη, Χαρακτηριστικά, Κβαντισμός
& Σφάλματα

Εισαγωγή

To Digital to Analog Converter (DAC)

Μετατρέπει ψηφιακά
σήματα σε αναλογικά

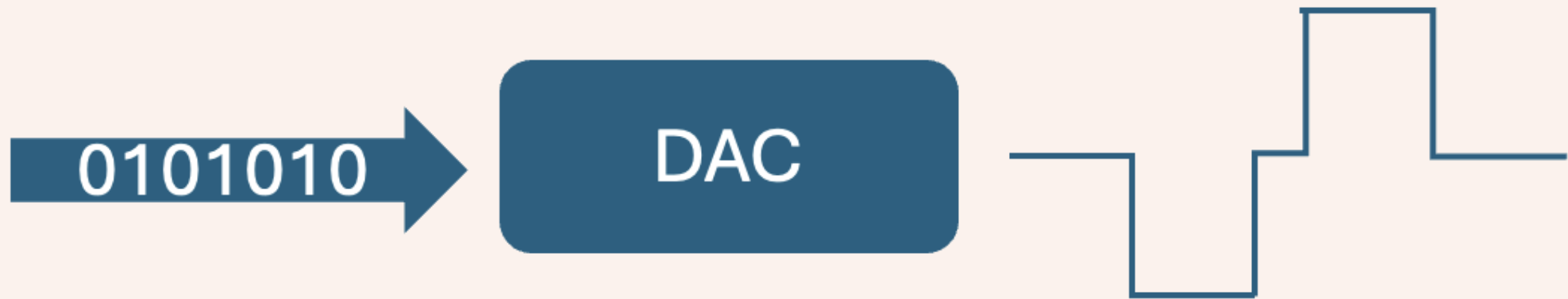
Είναι ο τρόπος για να
συνδέσουμε τον
ψηφιακό κόσμο με
τον αναλογικό

Έχει εφαρμογές σε
ήχο, μετάδοση και
λήψη εικόνας,
τηλεπικοινωνίες και
ρομποτική

Λειτουργία DAC

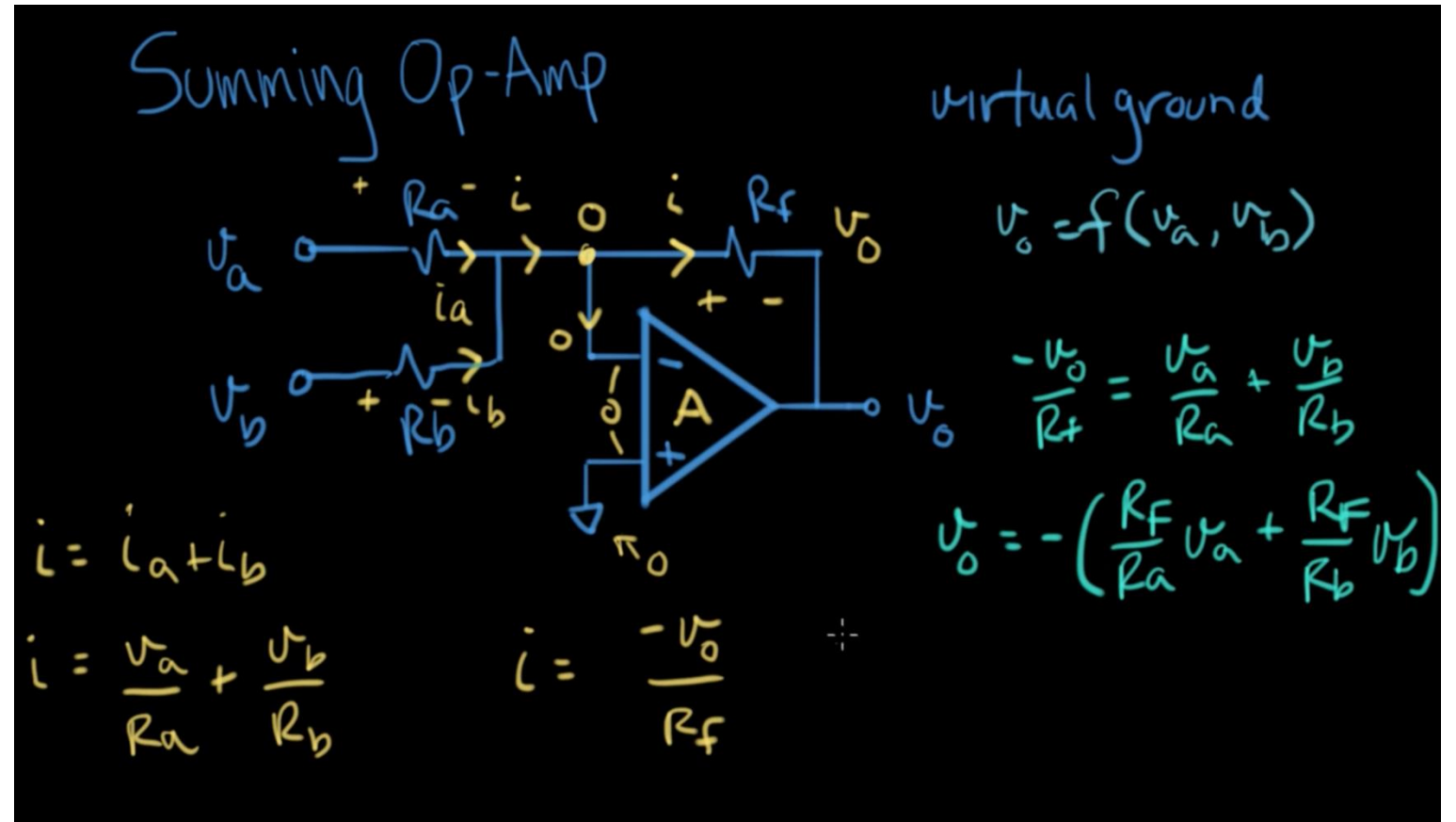
Binary input

Analog output



- Ψηφιακή είσοδος (π.χ. 3-bit: 000–111) → αναλογική έξοδος.
- Κάθε bit διπλασιάζει το resolution* (2^n).

Summing Circuit



If $V_a = V_b = V_{ref}$ and $R_a = R_b$

$$V_o = \left[\frac{-V_{ref} \times R_f}{R} \right]$$

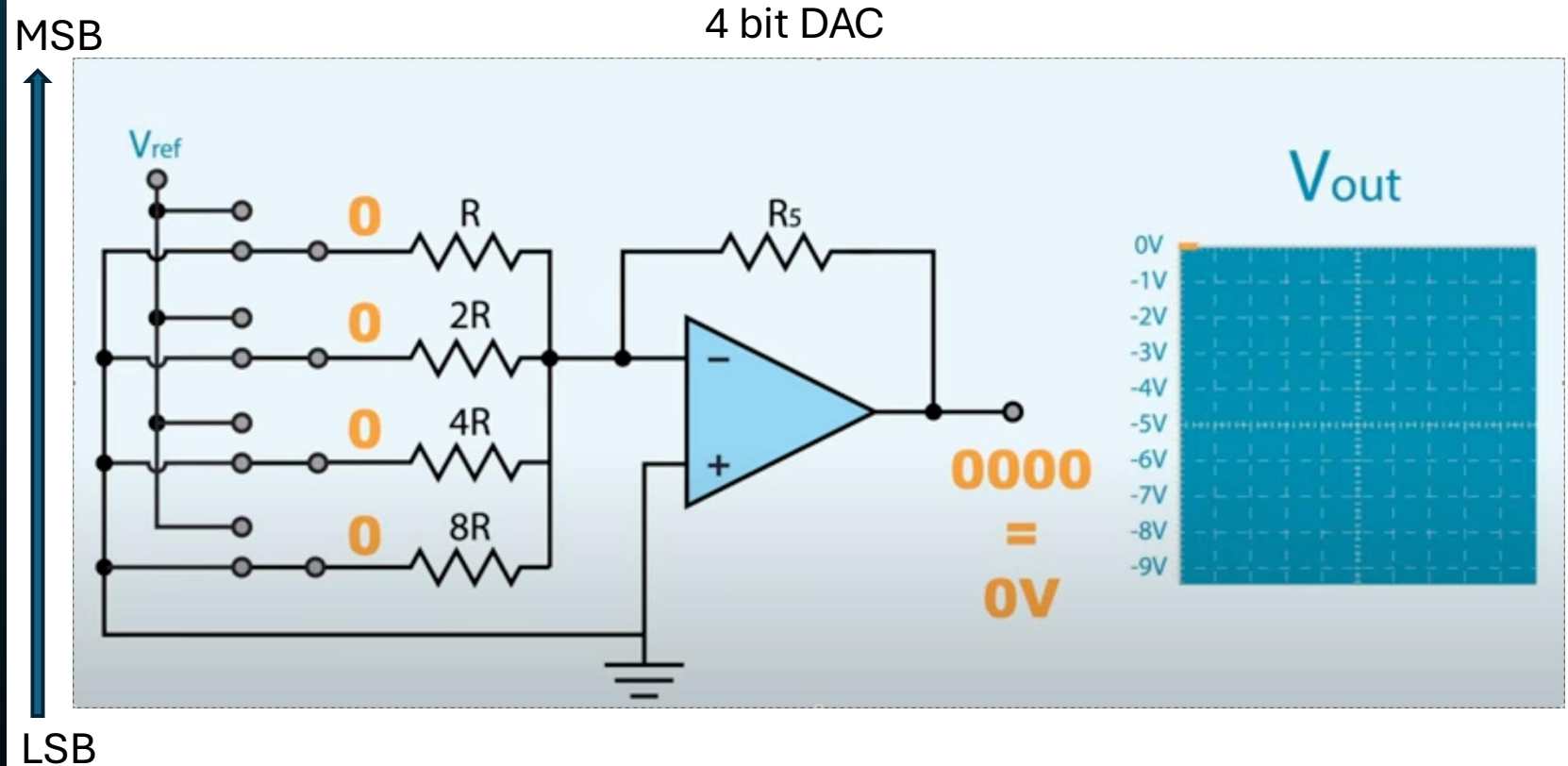
Είδη DAC

Binary-weighted DAC

R-2R Ladder DAC

Pulse Width Modulation DAC

Binary-weighted DAC



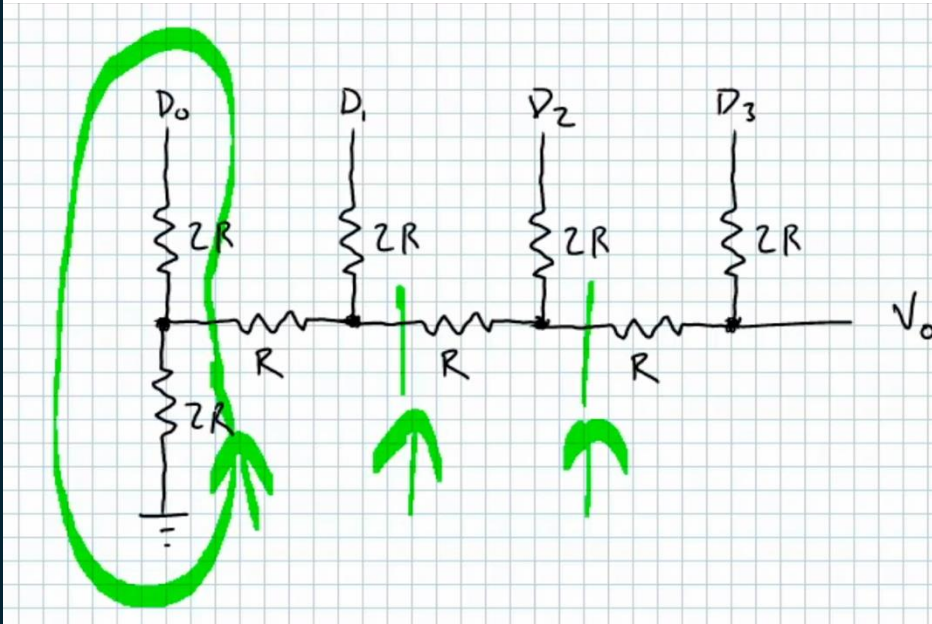
- Each Input represents the digital signal (0 or 1)
- Different resistor values to represent each bit 2^n
- High input (1) outputs voltage and low input (0) outputs no voltage

$$V_o = \left[-\frac{V_{ref} \times R_f}{R} \right] \sum_{i=0}^{i=N-1} \frac{B_i}{2^{(N-1)-i}}$$

R-2R Ladder DAC

MSB
↑
LSB

4 bit DAC

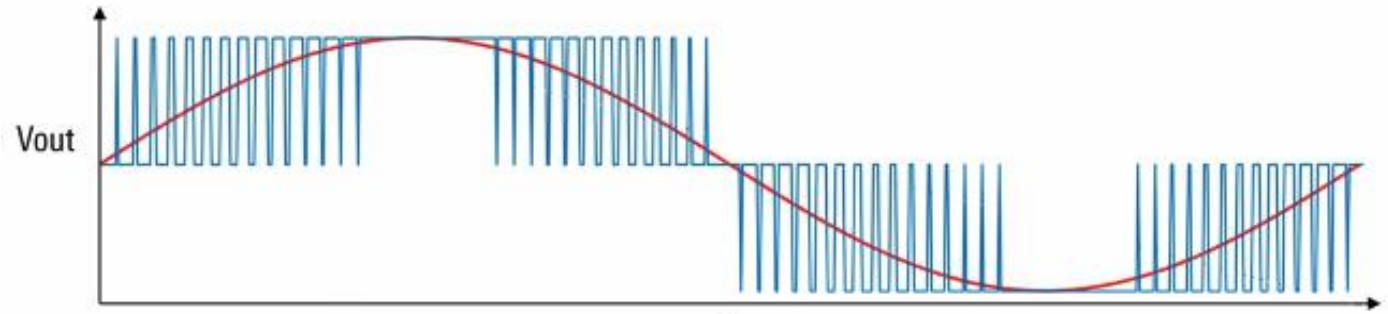


- One type of resistor is needed to make this converter
- It uses Thevenin's Theorem as shown above

After the op amp conversion:

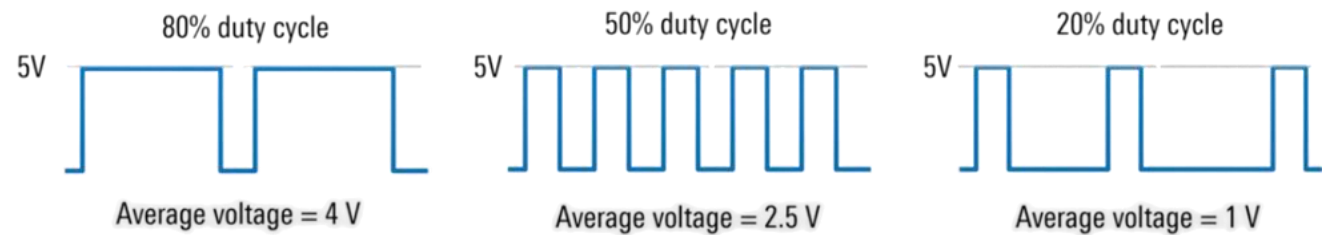
$$V_o = \left[\frac{-V_{ref} \times R_f}{R} \right] \sum_{i=0}^{i=N-1} \frac{B_i}{2^{(N-i)}}$$

PWM DAC



Duty cycle: Percentage of time the signal is 'on'

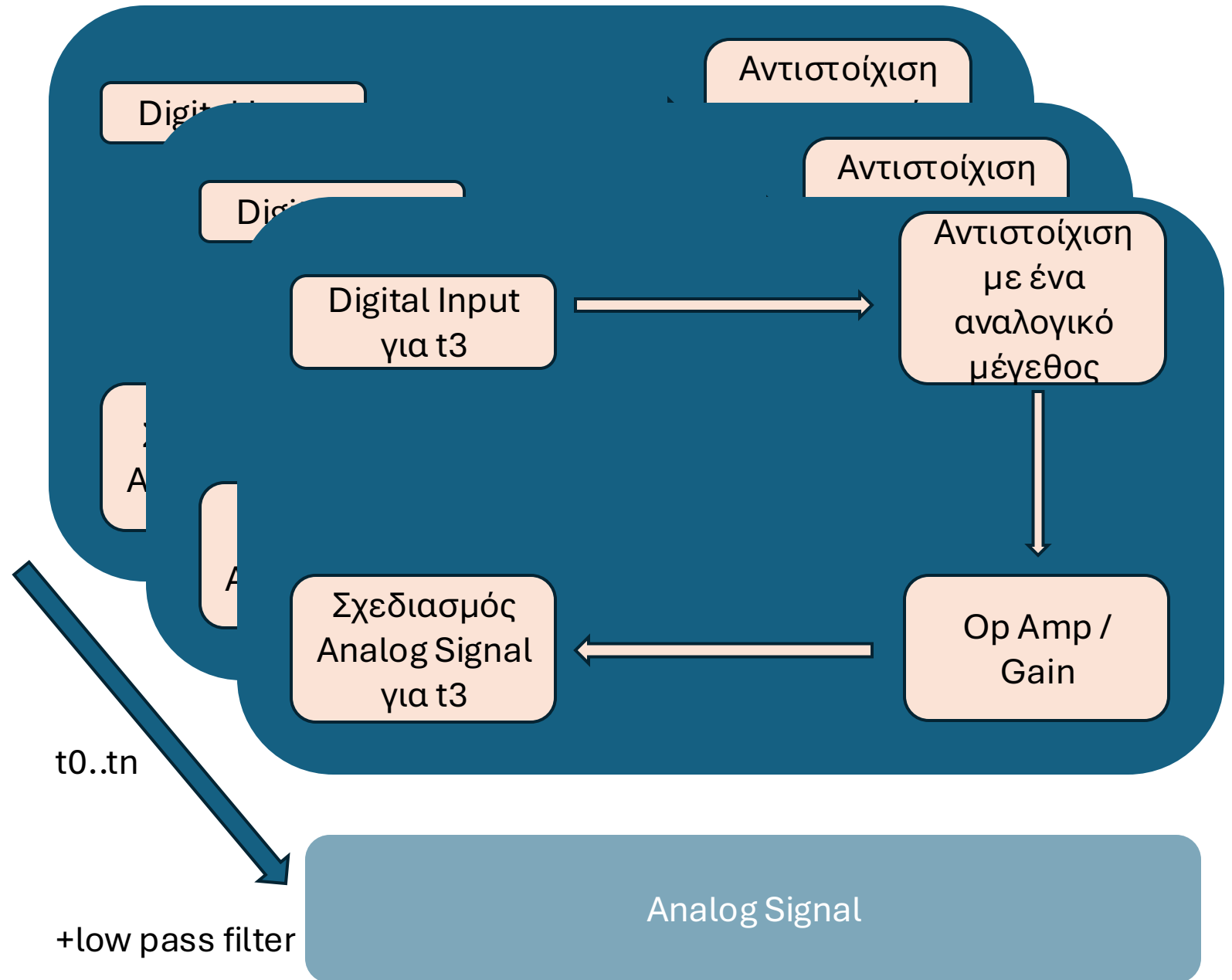
Avg voltage = Peak voltage * duty cycle



Switching frequency: Time between rising edges ($f = 1/\Delta t$)

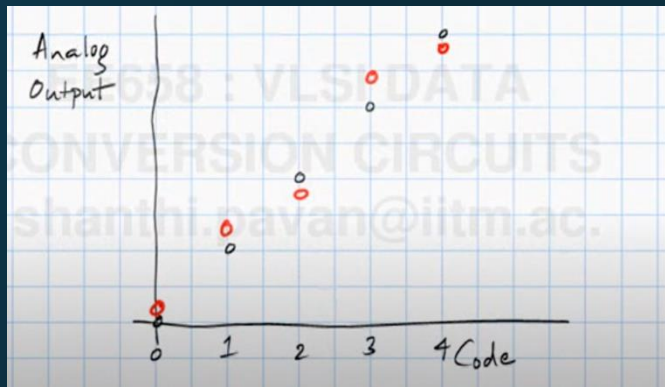


In conclusion



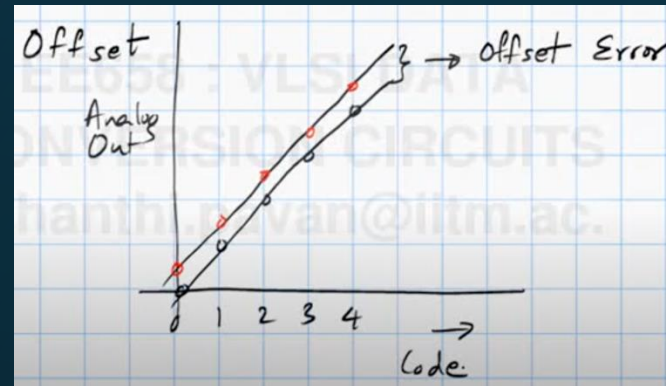
Σφάλματα & Μέτρηση

INL & DNL



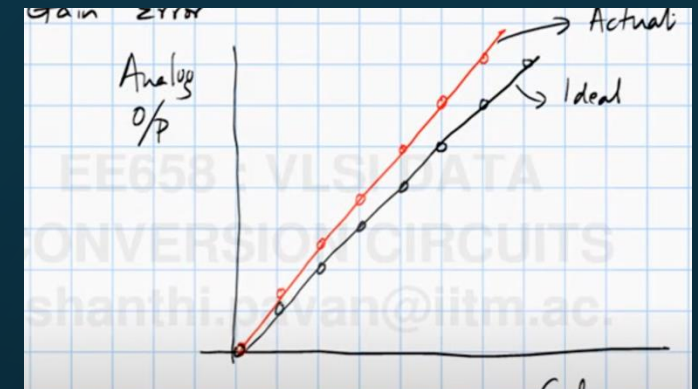
DNL: ομοιομορφία βημάτων
INL: απόκλιση από την ιδανική
καμπύλη

Offset Error



+C

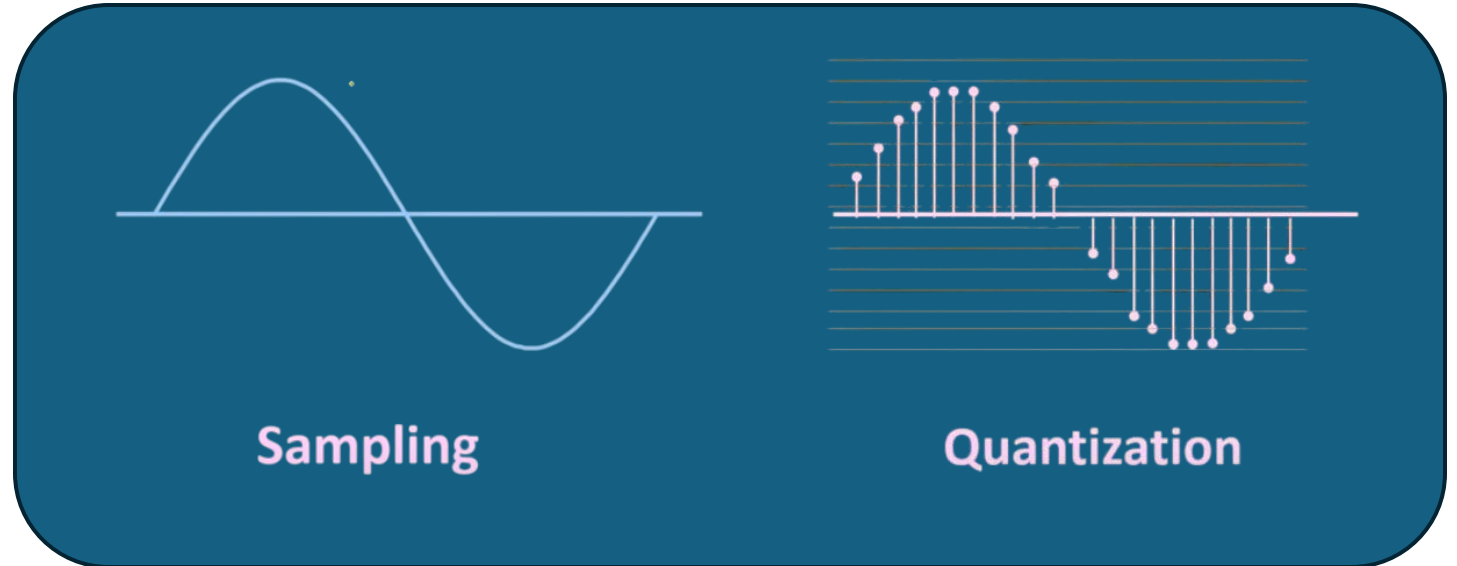
Gain Error



+Noise

Quantization Error

Quantization: Ο κβαντισμός είναι η διαδικασία κατά την οποία ένα συνεχές εύρος τιμών μετατρέπεται σε ένα σύνολο διακριτών επιπέδων.



Ανάλυση (Resolution):

Πλήθος bits της ψηφιακής εισόδου/ Βήμα γραφικής αναπαράστασης σήματος

$$R = \frac{V_{ref}}{2^n}$$

Μεγαλύτερη ανάλυση = καλύτερη αναπαράσταση αναλογικού σήματος. 12 bit DAC $\gg$ 3 bit DAC θα προσεγγίζει με μεγαλύτερη ακρίβεια την πραγματική τιμή.

More Errors

- **Total Harmonic Distortion (THD):** Μετράει πόση παραμόρφωση παράγεται λόγω αρμονικών
- **Signal-to-Noise and Distortion Ratio (SINAD):** Διαφορά (σε dB) ανάμεσα στην ισχύ της βασικής συχνότητας και στη μεγαλύτερη παρασιτική συχνότητα
- **Spurious-Free Dynamic Range (SFDR):** Δείχνει πόσο δυνατό είναι το σήμα σε σχέση με το συνολικό θόρυβο

Συμπέρασμα

Binary input

0101010

DAC

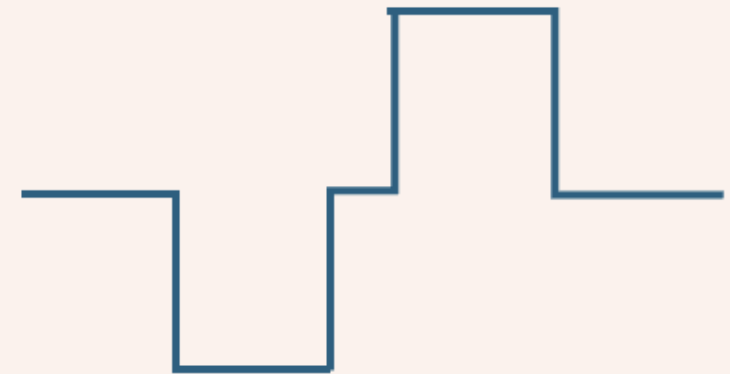
Μέθοδος DAC

Μετατροπή B -> A

Gain & low-pass filter

Errors

Analog output



*Το τελικό σήμα ποτέ δεν είναι το θεωρητικό

Ευχαριστώ πολύ!

Ιωάννης Αλεκιζόγλου

All sources

https://youtu.be/Pc1aFloXSMw?si=sSA_H4Y7ct4YdRlM
https://youtu.be/YAxrmoVtEtE?si=I5lsuZjp1VuY_UNz
<https://youtu.be/bXUfDLF4MVc?si=rEyoQTbF6bZEsdh9>
<https://www.youtube.com/watch?v=jlwcIRKCqek>