



קובץ הכנה ניסוי מעבדה מס' 7

**Tutorial 7.1 – Introduction to ADC (Analog-to-Digital Converter)
and DAC (Digital-to- Analog Converter)**

מעבדת מיקרומחשבים – המחלקה להנדסת חשמל ומחשבים

מס' קורס - 361.1.3353

כתיבה ועריכה: חנן ריבוא

מהדורה 1 – שנה"ל תשע"ו

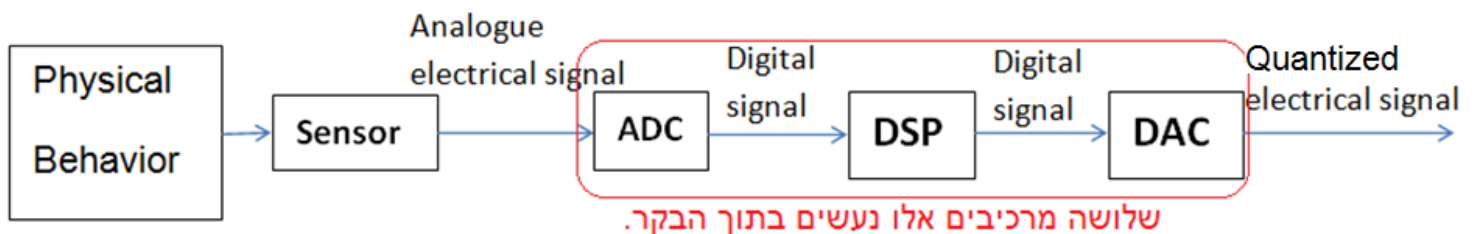
A. הקדמה:

מודול חומרה נוסף הנמצא בבקר (המחובר למעבד) נקרא ADC12 ותפקידו לקשר בין העולם האנלוגי **מחוץ לבקר** (מתח רציף) לעולם הדיגיטלי (עיבוד נתונים **בתוך הבקר**). כדי לעבוד בעולם האמיתי הכוונה לתופעות פיזיקאליות שהן רציפות, יש צורך בממשק חומרתי הממיר ערכים רציפים של מתח למספר בינארי בעל m ביטים (במקרה שלנו $m=12$ לכן המודול נקרא ADC12).

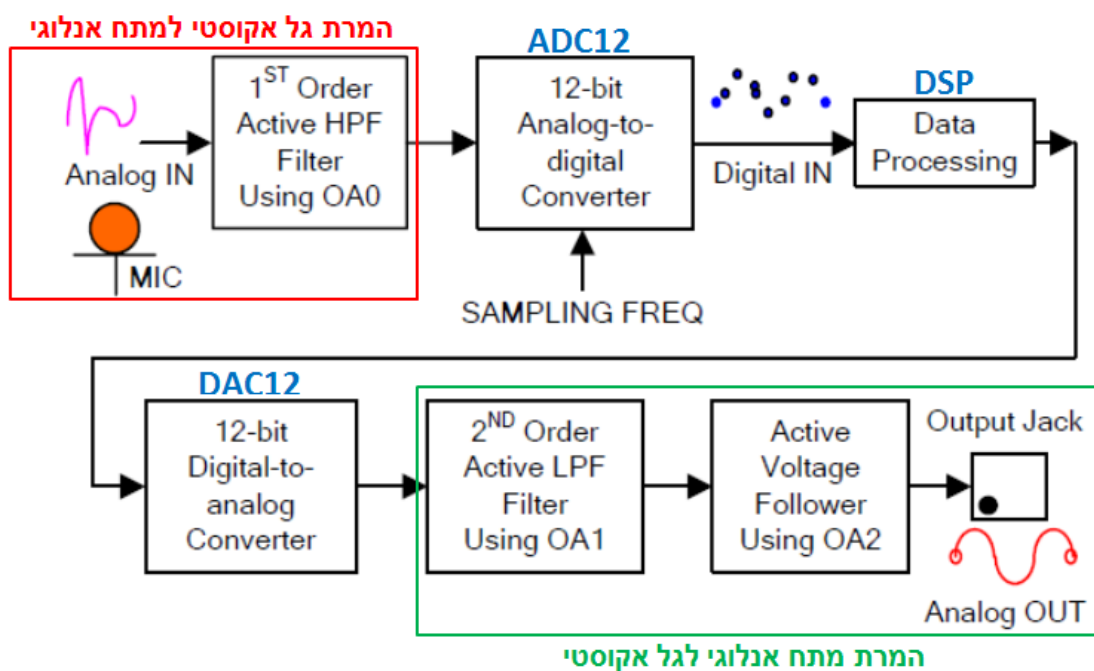
Analog Signal Chain

כמתואר לעיל עבודה עם העולם האמיתי מתבצעת באופן הבא (ראה בנוסף איור הבא).

1. בעזרת חיישנים מתבצעת מדידה של תופעה פיסיקאלית והמרתה למתח רציף (המהווה כניסה למודול ADC12 שבתוך הבקר).
2. המתח הרציף מומר לבקר דרך מודול ADC12 למספר בינארי בעל 12bit שעליו ניתן לבצע עיבוד נתונים.
3. המידע המעובד הינו דיגיטלי המועבר למודול חומרתי בשם DAC12 (נעסוק בו ב- Tutorial 7.3) הממיר אותו לאות מתח "אנלוגי" מסוג Quantized signal (המהווה מוצא של הבקר).



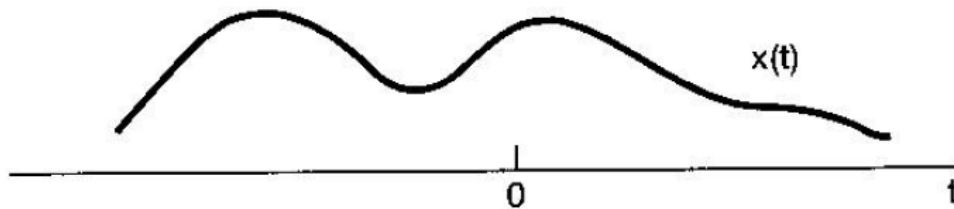
לדוגמה, באיור הבא נרצה לדגום ממיקרופון (גל אקוסטי יוצר רעידות בממברנה הנמצאת במיקרופון ורעידות אלה מומרות למתח אנלוגי הנכנס לבקר) אות דיבור עם הפרעות (שימוש ב-ADC12) ובעזרת הבקר לבצע עיבוד נתונים לצורך ביטול ההפרעות (נקרא DSP). לסיום, נוציא מהבקר לרמקול (המרת מתח אנלוגי היוצא מהבקר לגל אקוסטי) אות דיבור נקי ללא הפרעות (שימוש ב-DAC12).



B. סקירת מושגי ייסוד:

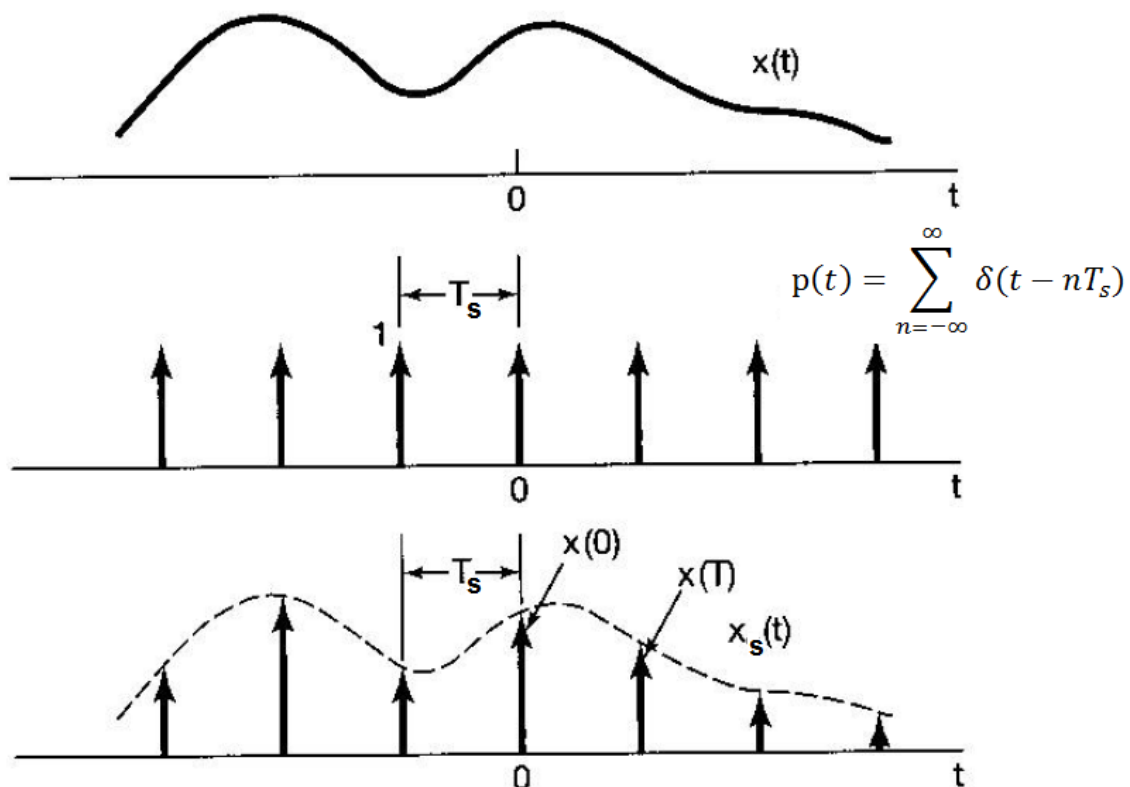
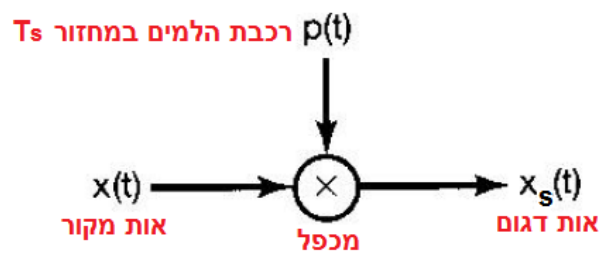
1. Analog Signal

אות אנלוגי $x(t)$ מורכב מערכים רציפים ולכן אות זה **רציף בציר הזמן ובציר המתח**. כל מקטע זמן שנבחר מורכב מאינסוף נקודות.



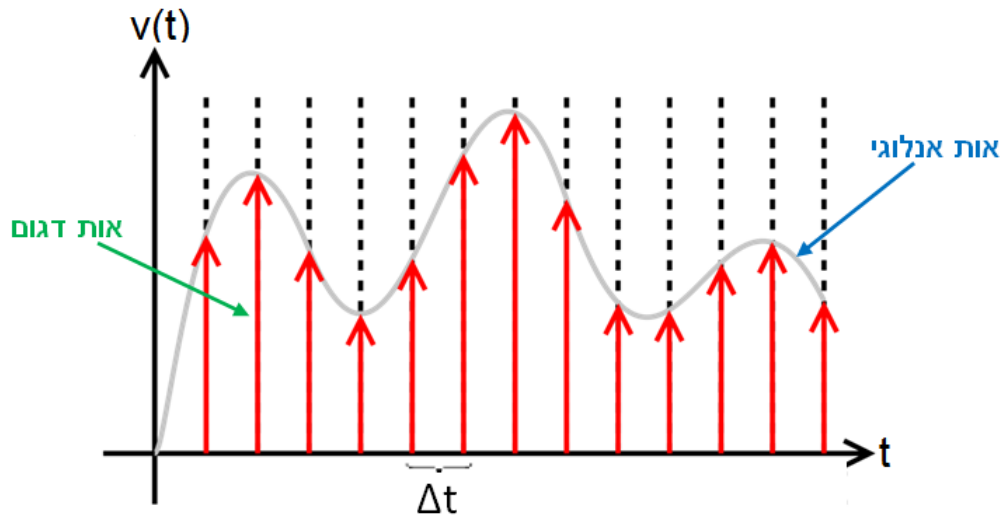
2. Sampled Signal

אות דגום $x_s(t)$ הינו אות מתמטי, אות זה **בדיד בציר הזמן ורציף ובציר המתח**. הגדרה מתמטית תיאורטית:



מרווח הדגימה $T_s \equiv \Delta t [\text{sec}]$ (נקרא גם מחזור הדגימה) קובע את מספר הנקודות לכל

מקטע זמן שנבחר. תדר הדגימה הוא $f_s = \frac{1}{T_s} [\text{sps} \equiv \frac{\text{samp}}{\text{sec}}]$



3. Quantized Signal

אות $v_{zo}(t)$ זה **רציף בציר הזמן ובדיד בציר המתח**.

מחלקים את מרווח המתח הכולל הנמצא בין גבולות המתח $(V_{R_max} - V_{R_min})$

ל- $N \triangleq (2^m - 1)$ חלקים בגודל $\Delta V = \frac{V_{R_max} - V_{R_min}}{N}$ עבור 2^m רמות מתח (כאשר m

מהווה מספר הביטים). רמות מתח אלו הן בדידות וכל רמה משויכת למספר מתאים בגודל m bit.

רמת המתח V_{R_max} נקראת רמת ייחוס עליונה ורמת המתח V_{R_min} נקראת רמת ייחוס תחתונה.

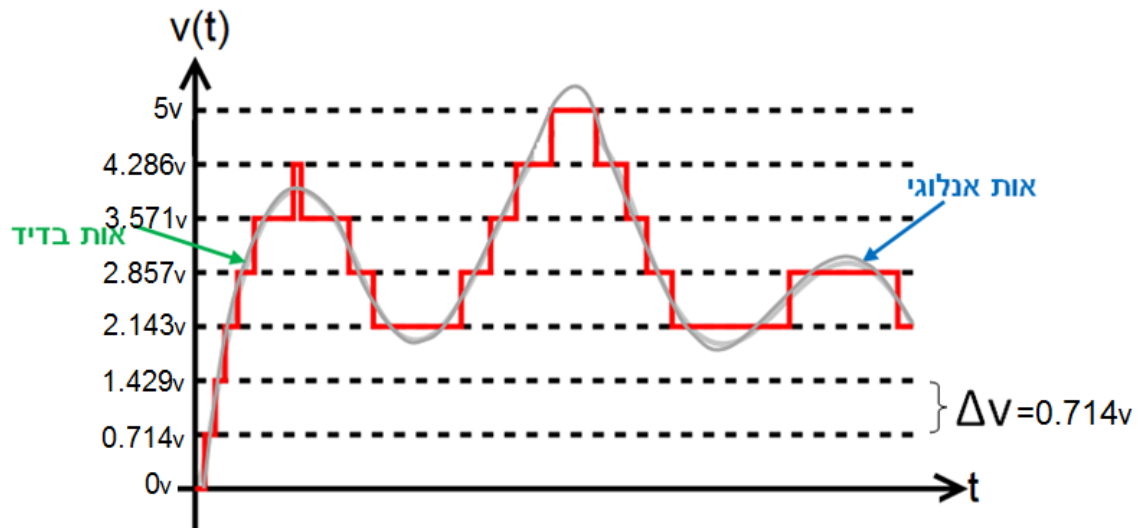
בקביעת הערכים V_{R_max} , V_{R_min} , m , ניתן לשלוט על הרזולוציה של המתח (גודל ΔV).

דוגמה:

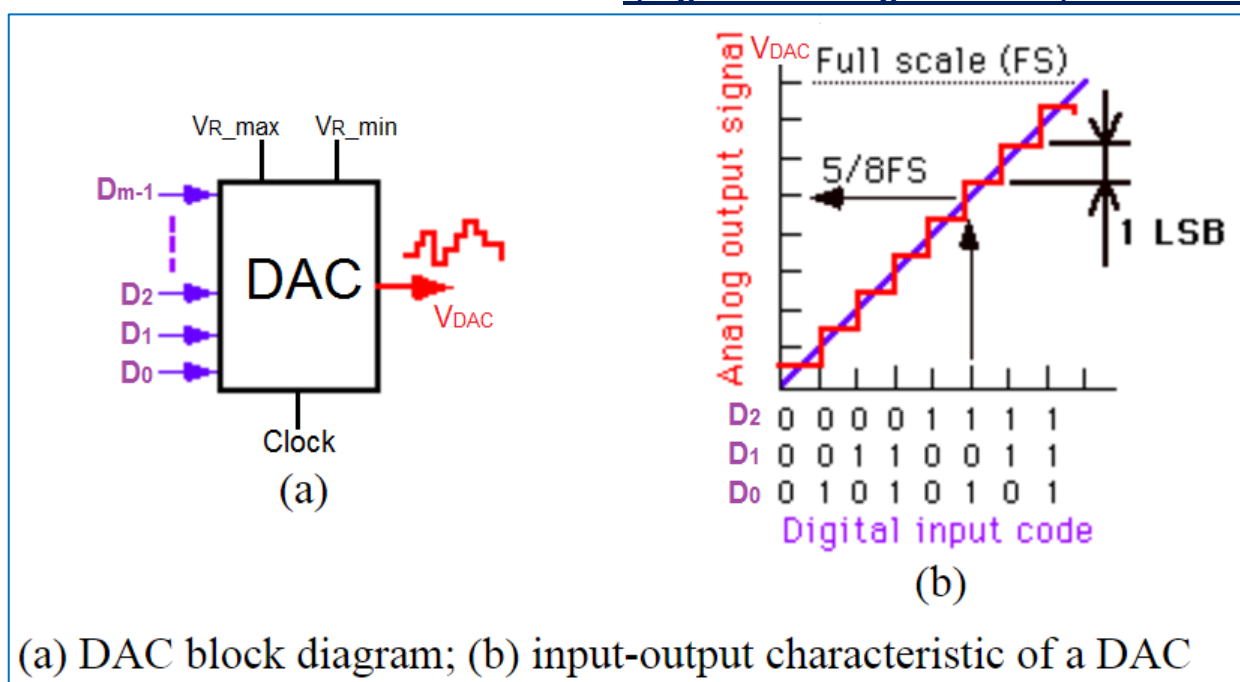
עבור הערכים הבאים: $V_{R_max} = 5\text{v}$, $V_{R_min} = 0\text{v}$, $m = 3$

מתקבל ש $\Delta V = \frac{5\text{v}}{7} = 0.7142857143 \approx 0.714$

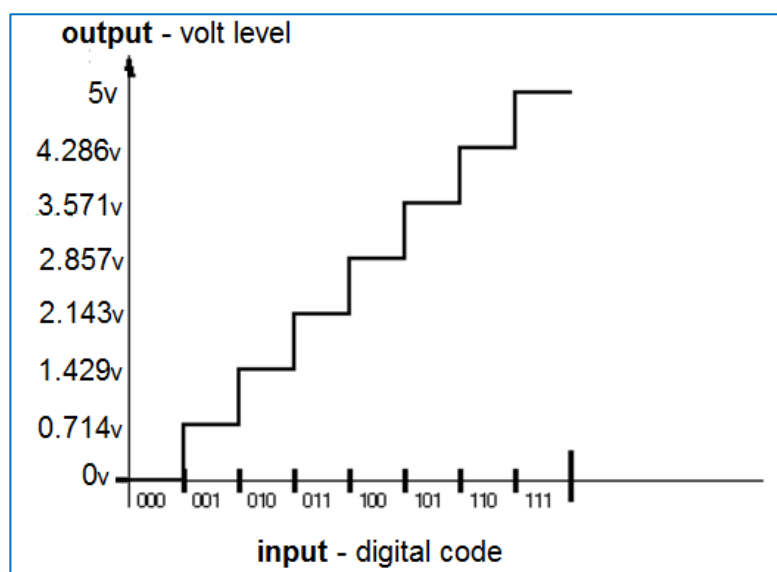
Decimal	D2 D1 D0 Binary Code Word	שמונה רמות מתח
		Voltage Value
0	000	0.000
1	001	0.714
2	010	1.429
3	011	2.143
4	100	2.857
5	101	3.571
6	110	4.286
7	111	5.000



4. חומרת DAC (Digital to Analog Converter):



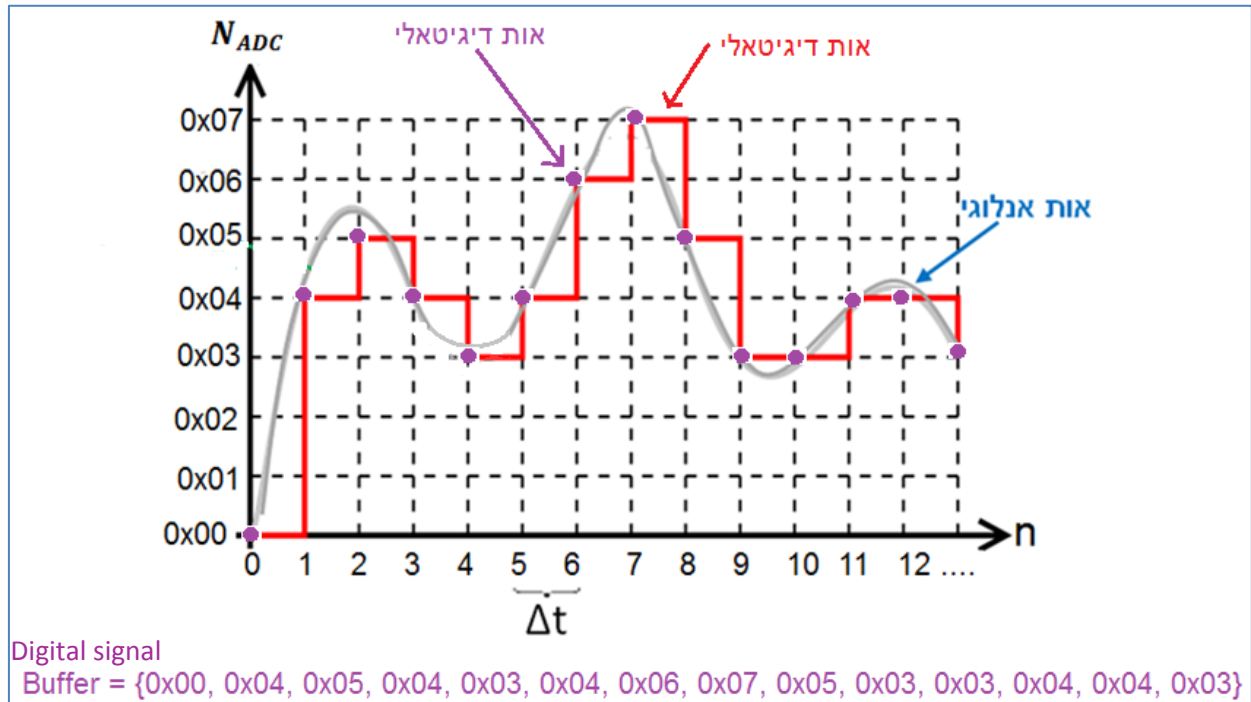
(a) DAC block diagram; (b) input-output characteristic of a DAC



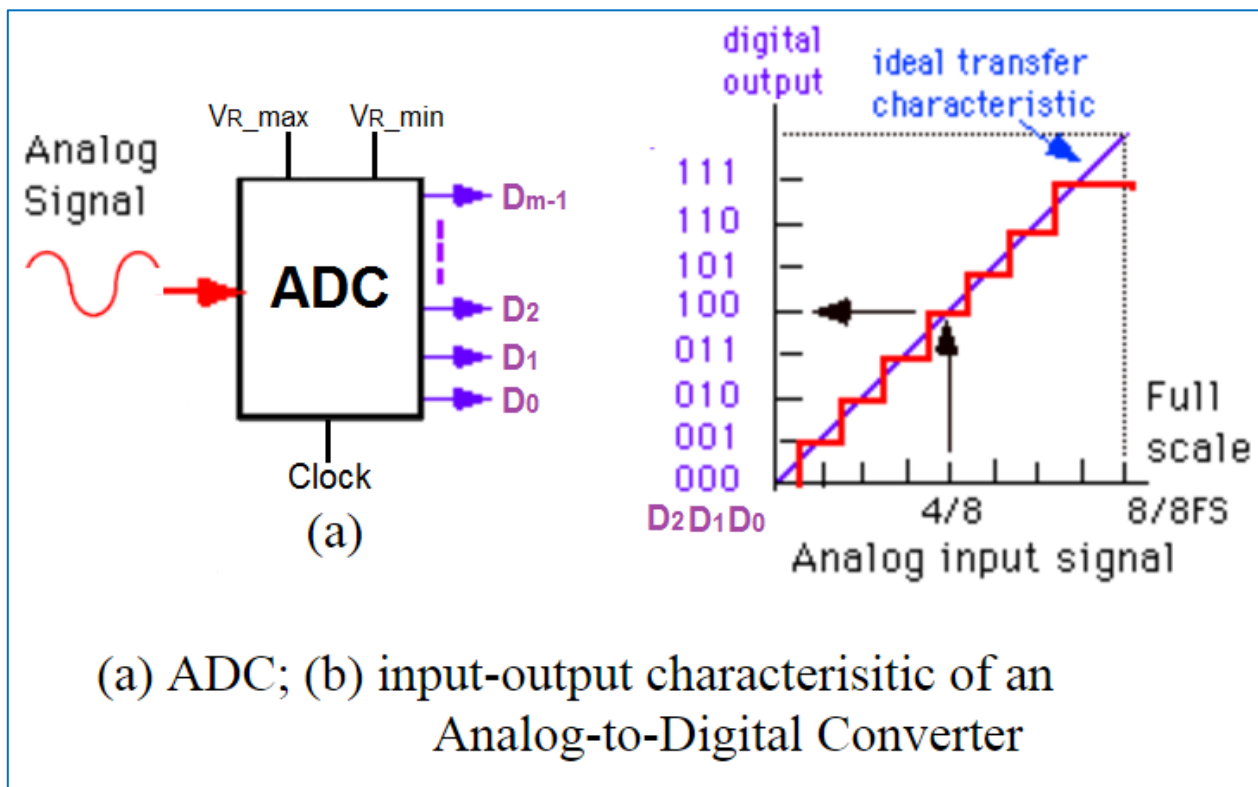
$$V_{DAC} = (V_{R_{max}} - V_{R_{min}}) \times \frac{\text{Data}_{DAC}}{(2^m - 1)} \quad \text{when } 0 \leq \text{Data}_{DAC} \leq 2^m - 1$$

5. Digital Signal

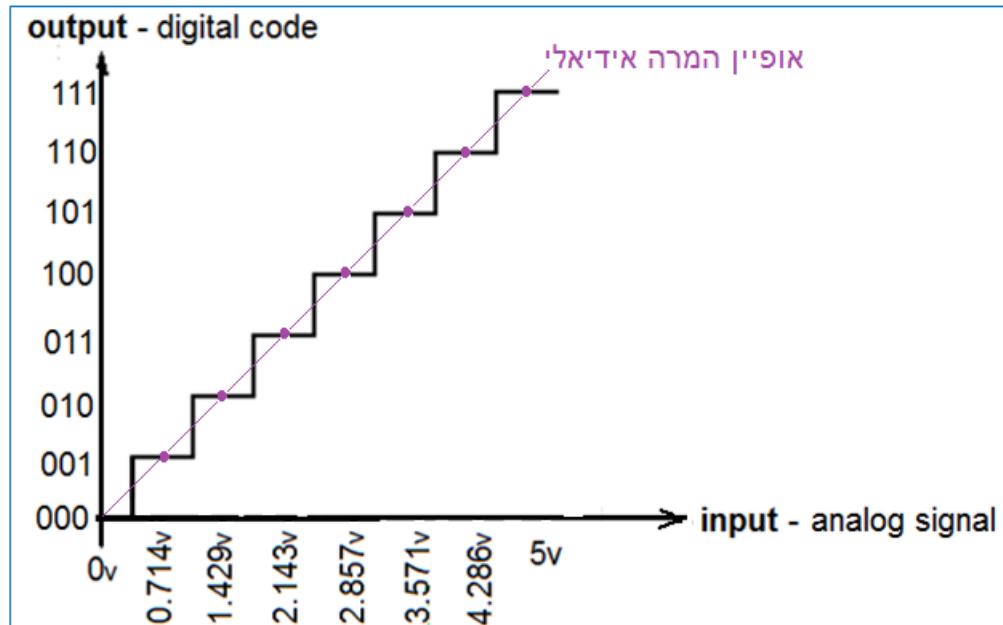
אות דיגיטלי הינו **בדיד בציר הזמן ובדיד בציר המתח**. הוא שילוב של אות דגום ואות בדיד ולכן לכל ערך דגימה בציר הזמן יש ערך מתאים $(0 \div 2^m - 1)$ בציר המתח, נסמנו N_{ADC} .



6. חומרת ADC (Analog to Digital Converter)



$$N_{ADC} = \text{Round} \left((2^m - 1) \times \frac{V_{in} - V_{R_min}}{V_{R_max} - V_{R_min}} \right)$$



דוגמה: מהו הקוד במוצא ADC הנ"ל עבור מתח כניסה 3.65v ?

$$N_{ADC} = \text{Round} \left((0x07) \times \frac{3.65v}{5v} \right) = \text{Round}(5.11) = 5_{10} = 101_2$$

[שלבי ביצוע חומרת ADC: סרטון הדגמה](#) [ADC animation.mp4](#)

C. דגימה ושחזור באופן מעשי ע"י MCU:

