

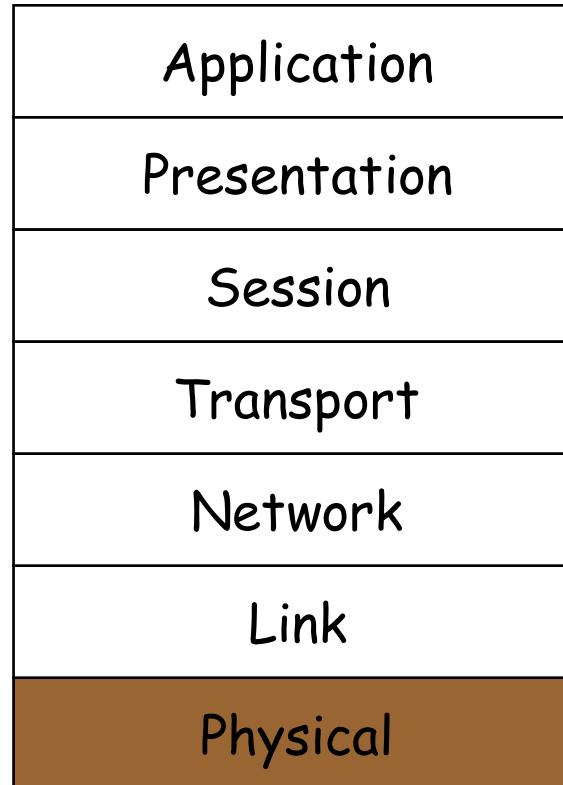
תקשורת מחשבים ואלגוריתמים מבזרים

קורס מס' 202-2-1131

מתרגל: ד"ר גיא לשם leshemg@cs.bgu.ac.il

הרצאה שנייה – השכבה הפיסית

The OSI Model (7 layers)



The 7-layer OSI Model

כיצד fe ניצק k איך אמצעים פיזיים נקרא פאראומט?

■ נבין טוב את הבסיס:

■ מההבט הפיסי

■ אנרגיה.

■ התפשטות/העברה גל אלקטرومגנטי

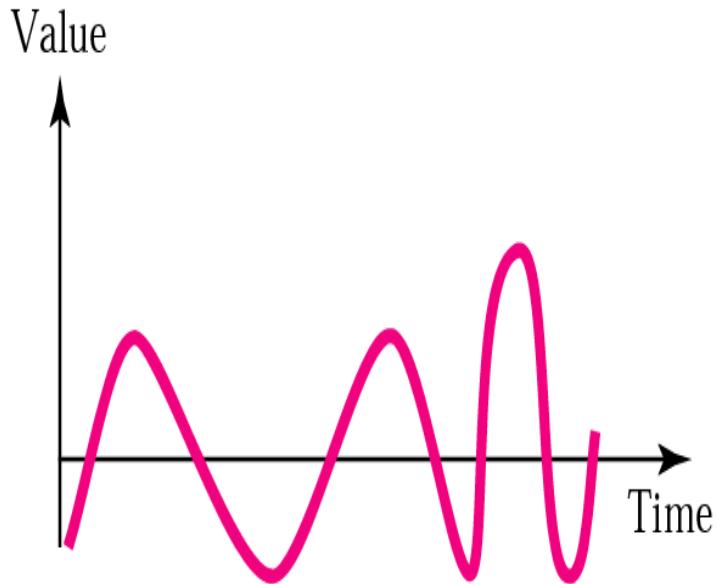
■ מההבט המתמטי:

■ תיאורית הקידוד.

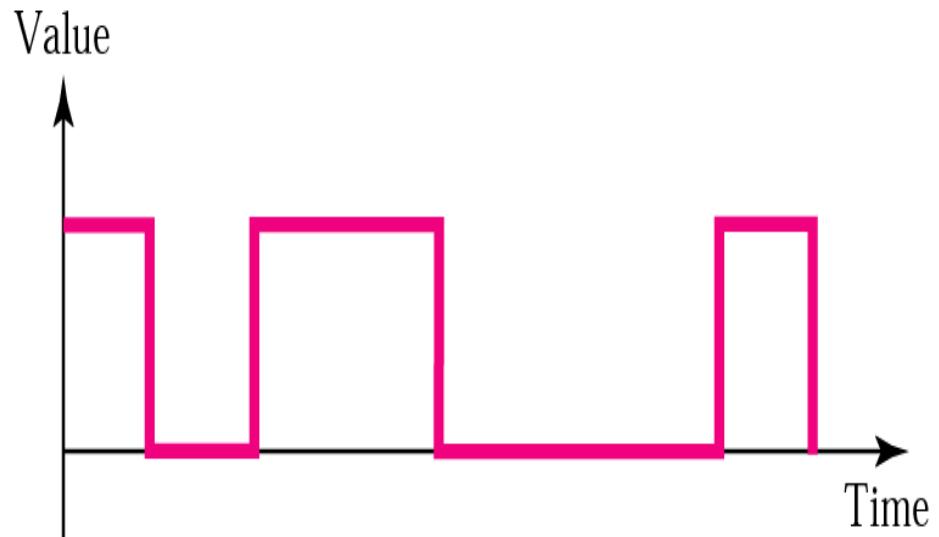
אותות (Signals)

- כדי להישלח, נתונים חיבים להפוך לאותות אלקטרומגנטיים. למשל ערכוי התקשרות מעבירים אנרגיה אלקטרו-מגנטית בין נקודת המקור לנקודת היעד.
- ערכוי התקשרות עשוי להמיר את האנרגיה האלקטרו-מגנטית מצורה אחת לאחרת ולכן אותות יכולים להיות אנלוגיים או דיגיטליים.
- אותות אנלוגיים יכולים להיות בעלי מספר אין סופי של ערכים בטווח.
- אותות דיגיטליים יכולים להכיל רק מספר ערכים מוגבל.

הוילק פיר קומוט גלובים ואינטגרט



a. Analog signal

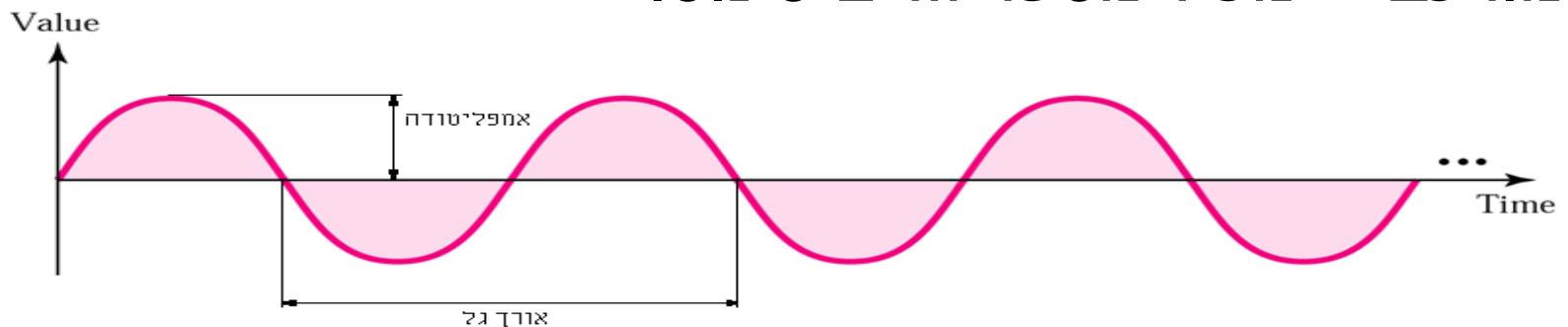


b. Digital signal

- ציר אנכי - הערך או החזק (לדוגמא נמדד בvoltim)
- ציר אופקי – זמן

אות ארכוי (Analog Signals)

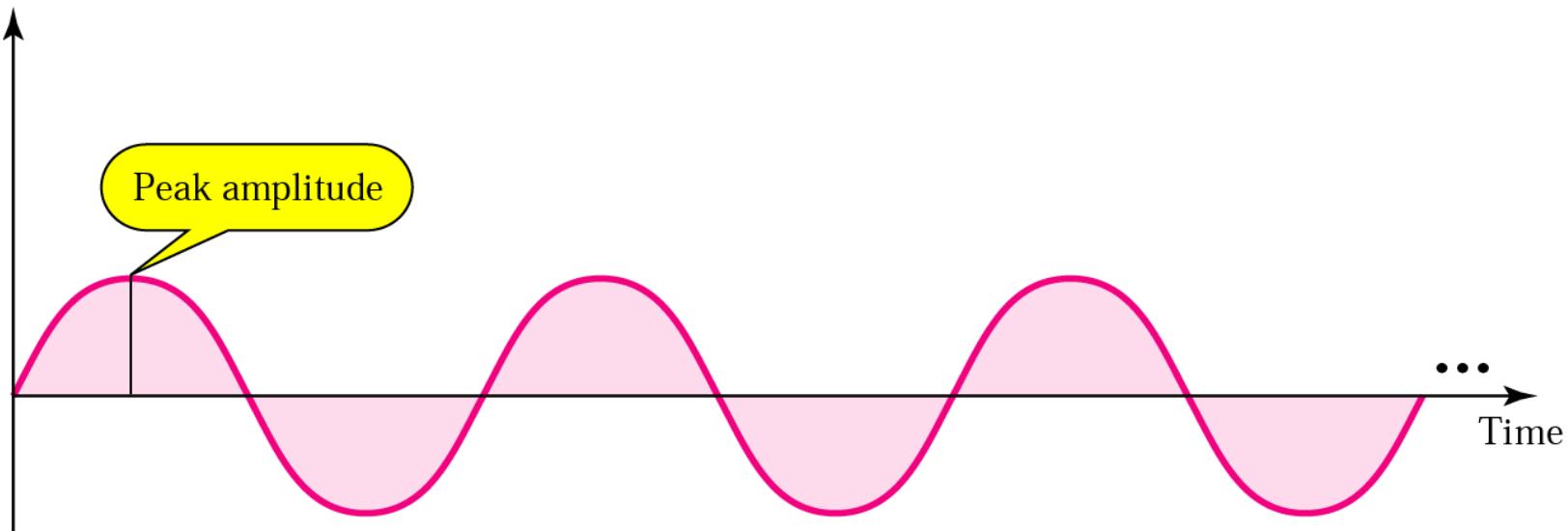
- ▢ פשוט – לא יכול להתפרק לתוכו יותר יותר פשוטים (גל סינוס).
- ▢ מורכב – מכיל מספר גלים סינוס.



- ▢ **גל סינוס מיוצג ע"י:**
 - $S(t) = A \sin (2\pi ft + \phi)$
 - (גודל ההפרעה המקסימלי) **A** – peak amplitude
 - (מספר המוחזרים לחידת זמן) **f** – frequency
 - (הפרש מופע הנמדד ברדיאנים) **ϕ** - phase

אַמְלָתָה (Amplitude)

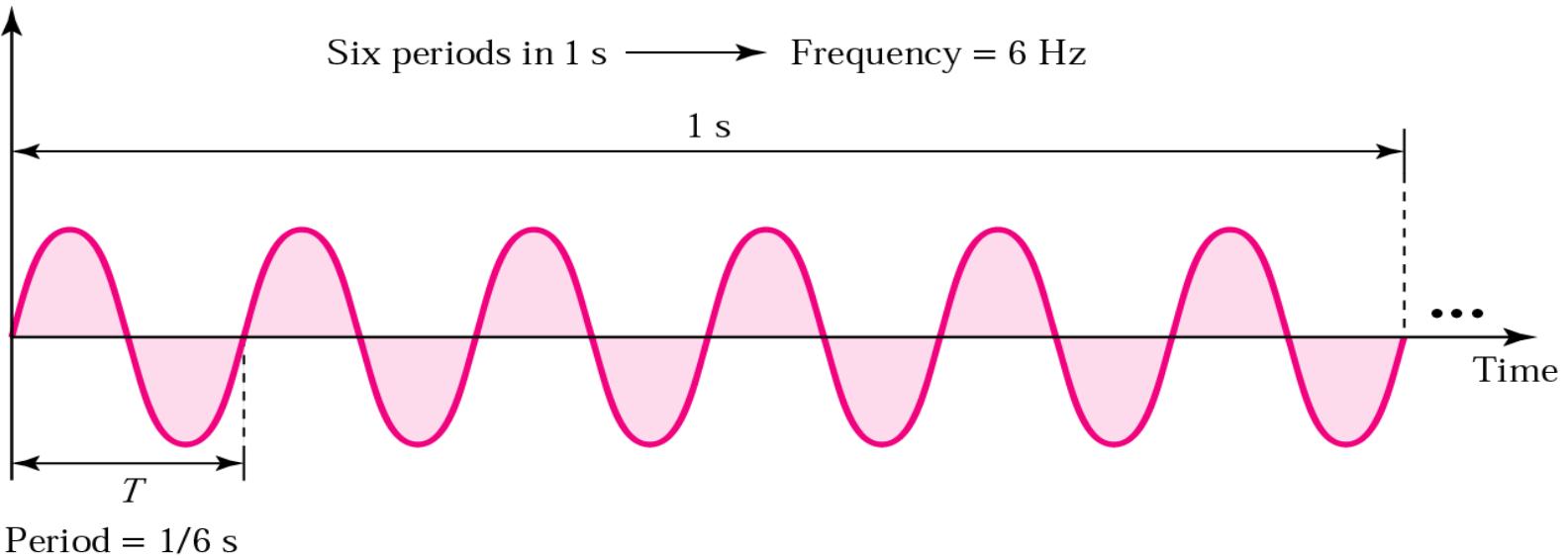
Amplitude



□ עוצמה – אוטות חשמליים, בדרך כלל נמדדים בוואטים.

תדירות וזמן אמצע (frequency and mean period)

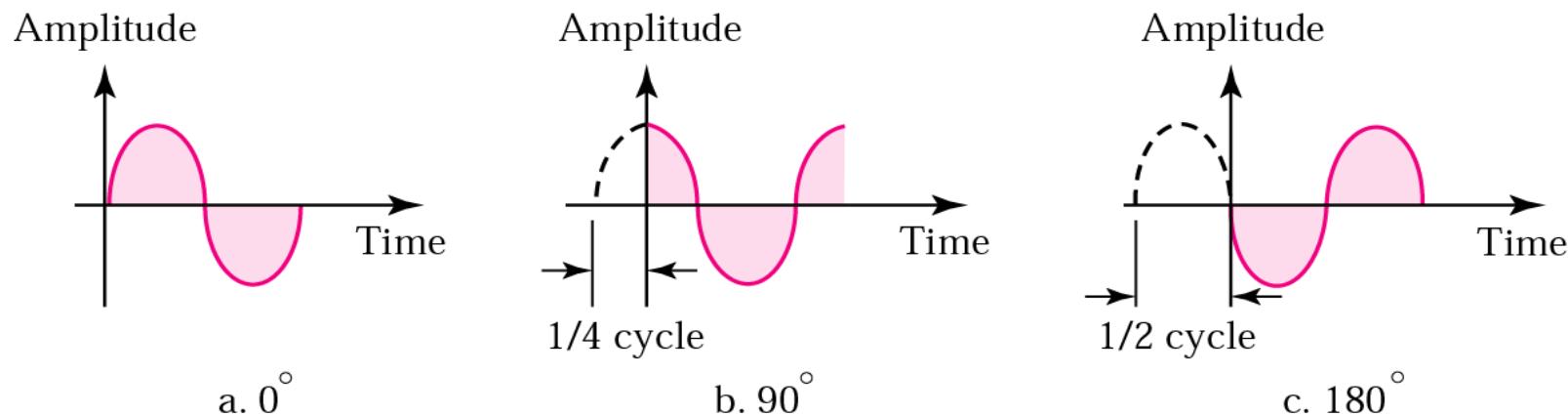
Amplitude



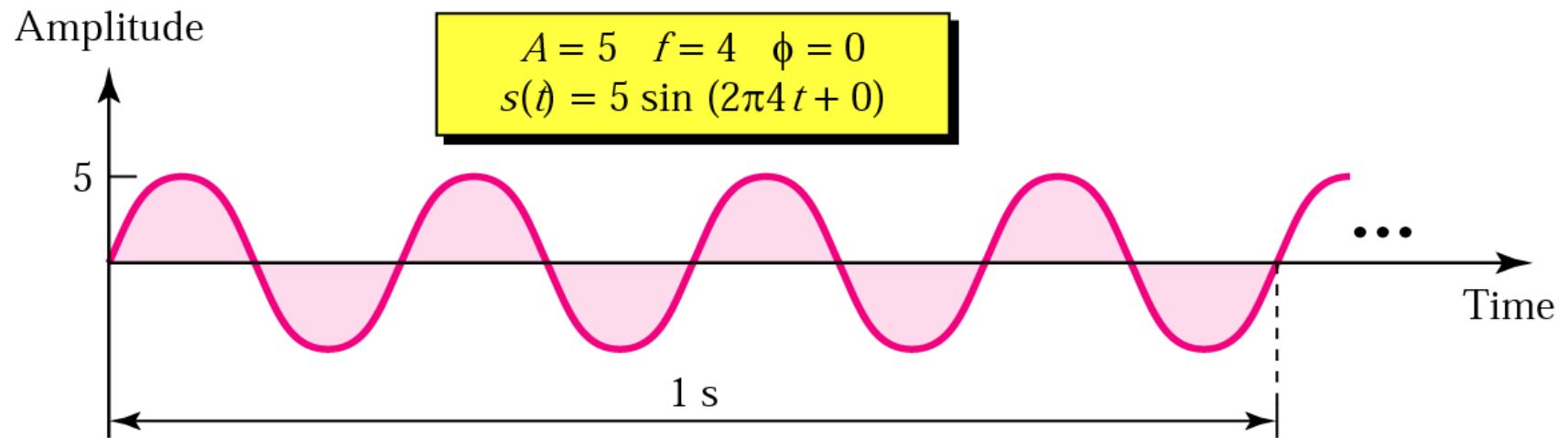
- $f = 1/T \quad T = 1/f$
- זמן מחזור (Period) - כמות הזמן שלוקח לגמור מחזור 1.
- תדר הגל (Frequency) - הוא מספר הממחזורים שהגל משלים בשניה אחת. תדרות הגל היא קבוע השינוי עם התיחסות בזמן. שינוי במרוחק קצר בזמן, אומר תדרות גבוהה. שינוי במרוחק ארוך בזמן, אומר תדרות נמוכה.

אינטא (Phase)

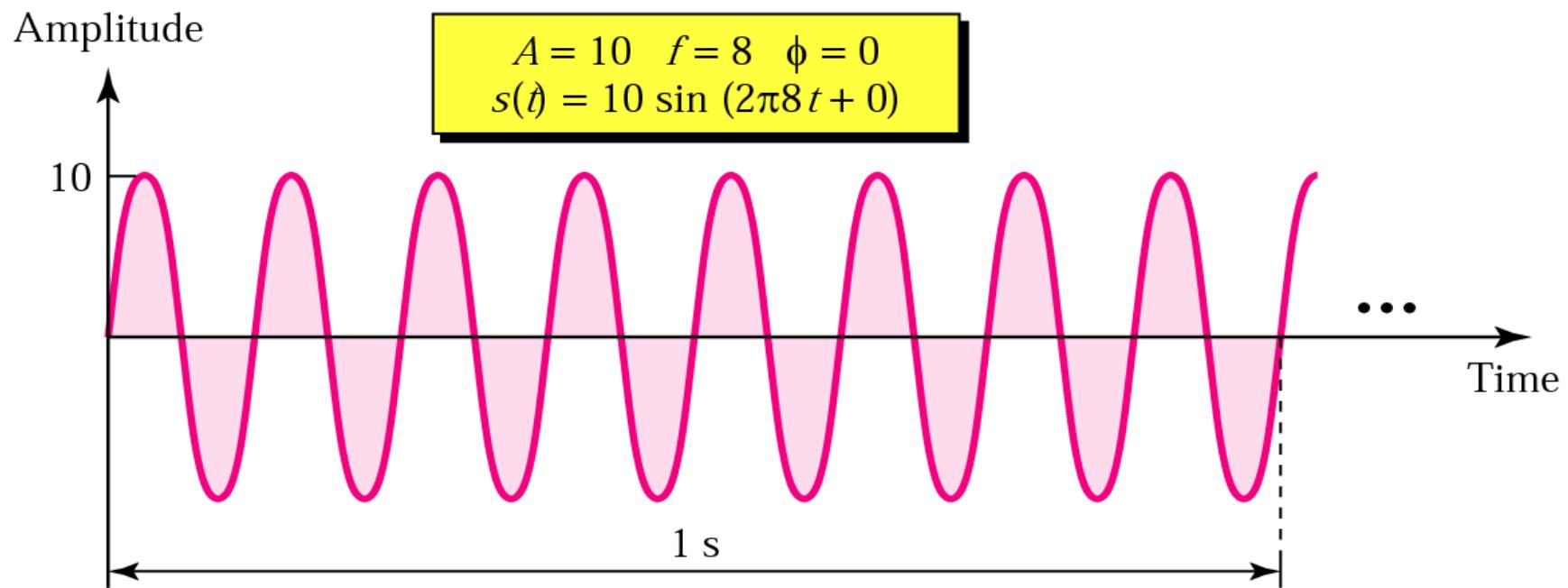
- המופע מתאר את מצב צורת הגל יחסית בזמן של אפס נמדד במעלות או רדייאנים.



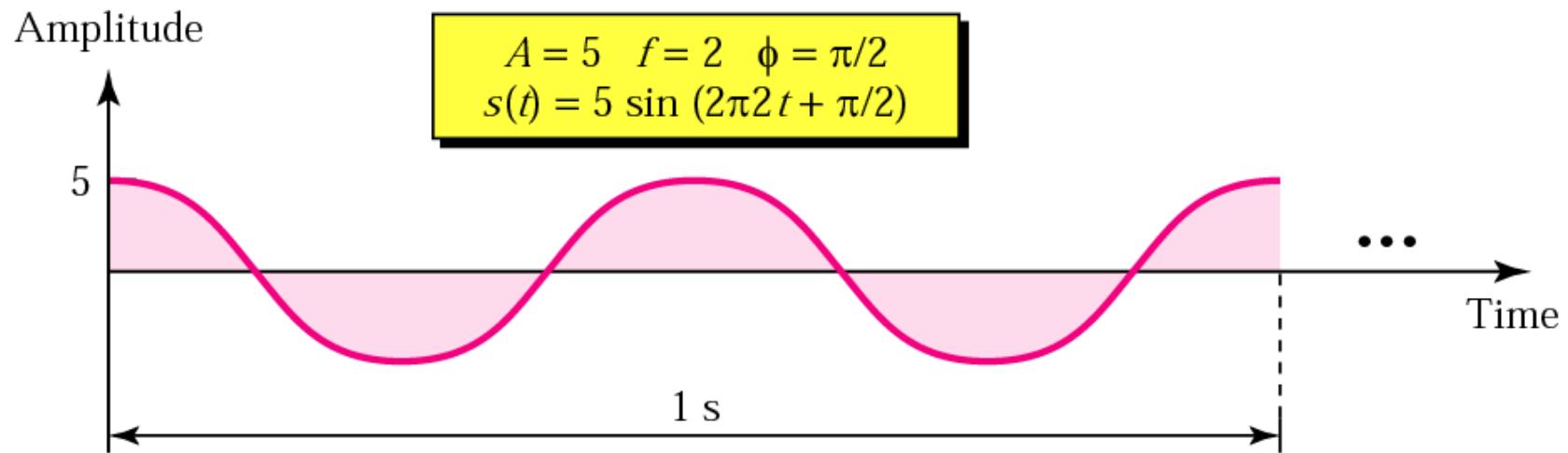
סינוסOID פונקציית



סינוסOID פונקציית

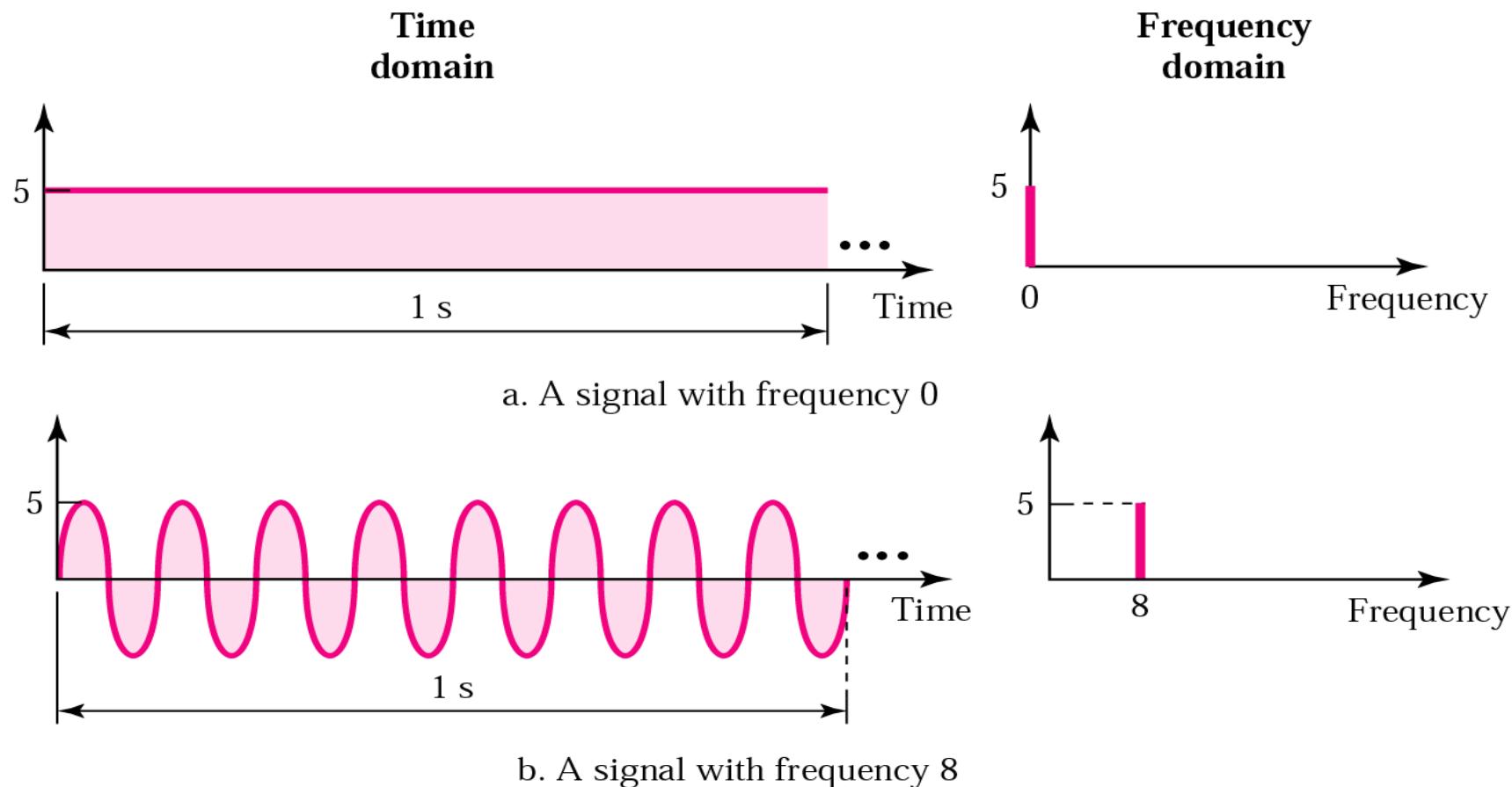


סינוסoidים וקונפליז



וּמְקֻפָּה (האנך)

□ אוט אנלוגי מייצג הci טוב בתחום התדרות.

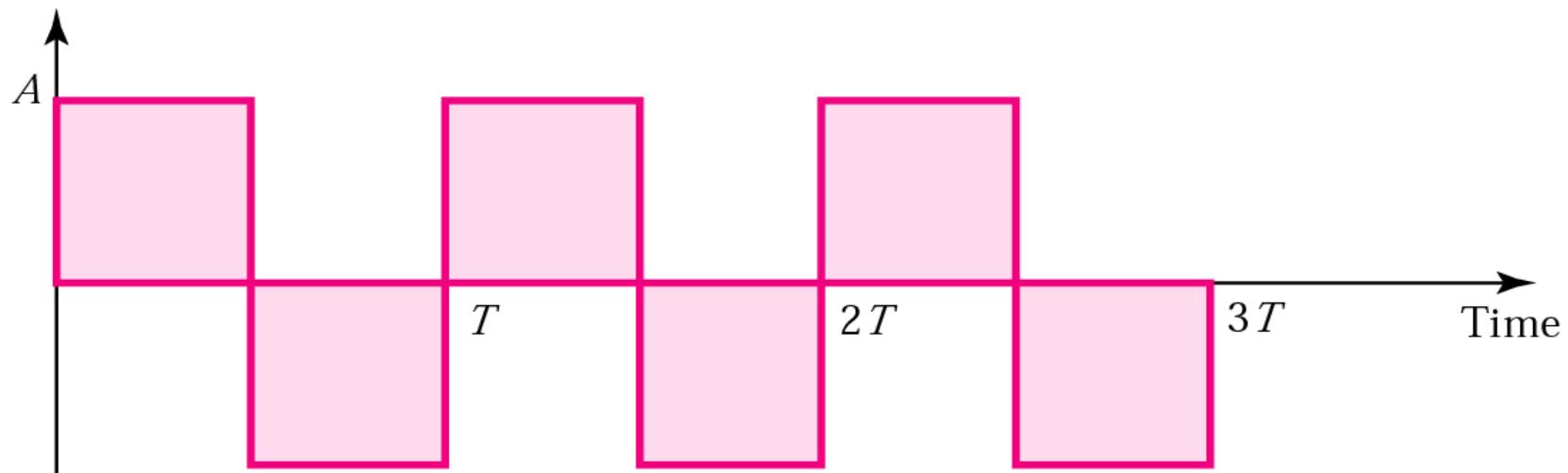


אותם (גאך)

- תדירות האות של גל סינוס אינה שימושית בקשרו
נתונים ;
- אנחנו צריכים להפוך אחד או יותר מהמאפיינים שלו על מנת
לעשות אותו שימושי.
- כאשר אנחנו הופכים אחד או יותר המאפיינים של אות
התדירות, הוא הופך לאות המורכב מהרבה תדריות.
- על פי ניתוח פורייה, כל אות מורכב יכול להיות מיוצג על
ידי שילוב של גלים סינוס פשוטים עם תדריות שונות,
מופע ומשרעת.

גל אכוּמָה (Square wave)

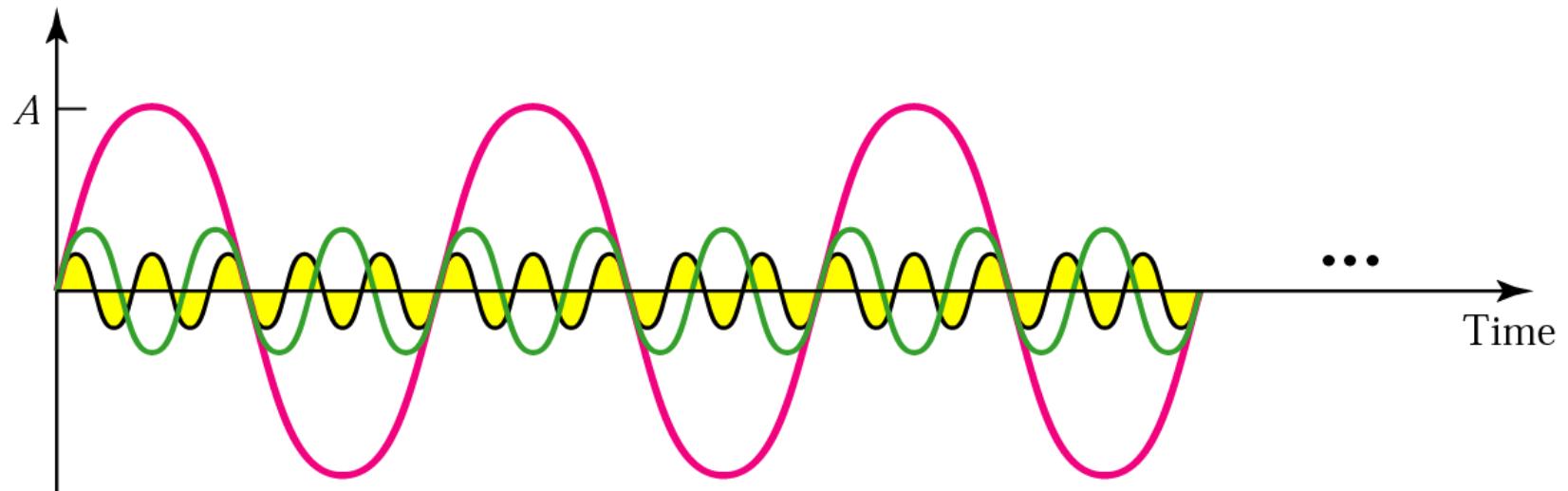
על מנת לעשוט את הגל האלקטרומגנטי לשימושי עבור תקשורת דיגיטלי צריך להפוך אותו לגל מרובע:



המלה הרכינהית

(Three harmonics)

Amplitude



תאור של אות הרמוני:

$$v_h(t) = A \cos(\omega_0 t + \varphi) = A \cos[\omega_0(t + \tau_d)] = \operatorname{Re}\{A e^{j\varphi} e^{j\omega_0 t}\} = \frac{A}{2} e^{j\varphi} e^{j\omega_0 t} + \frac{A}{2} e^{-j\varphi} e^{-j\omega_0 t}$$

$v_h(t)$ - גל הרמוני למשל מתח או זרם
 A - אמפליטודה.

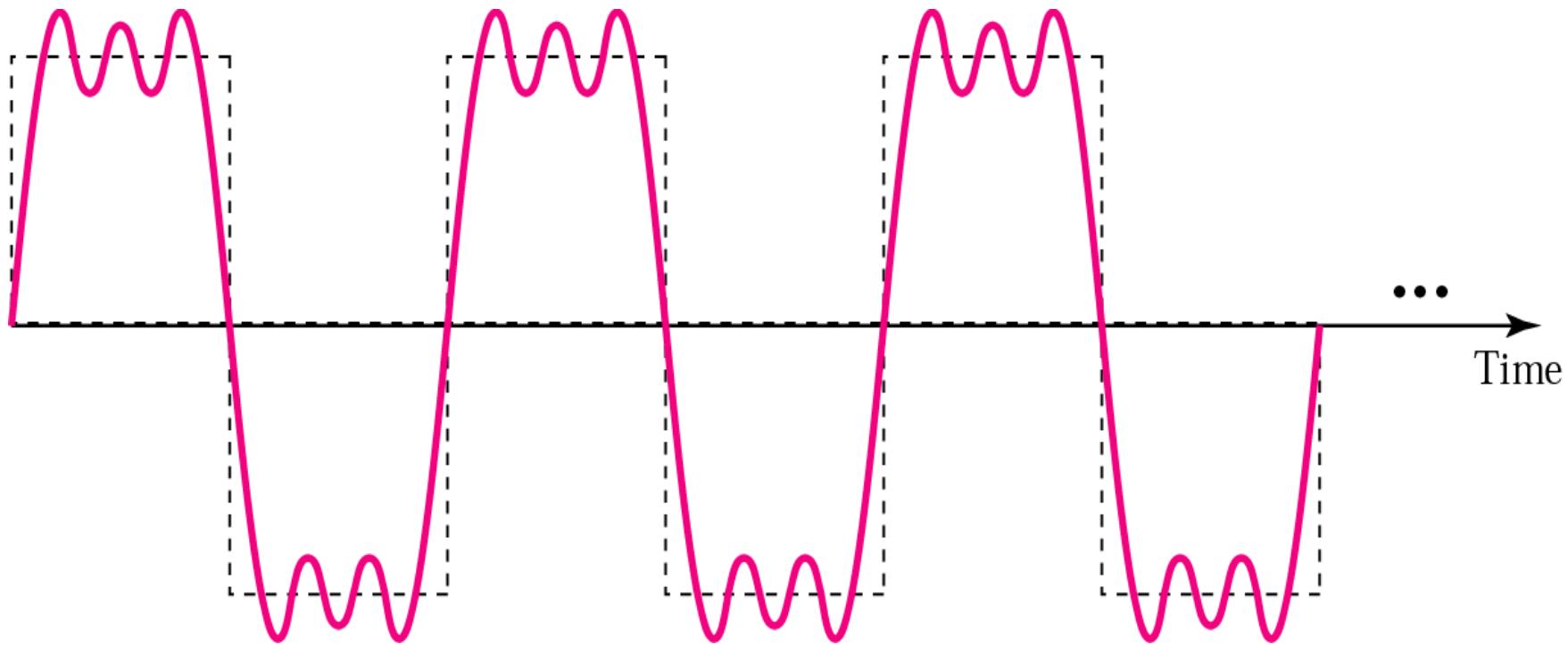
ω - תדירות זוויתית

φ - פאזה ההתחלתית

תוספת *fe fe* הצלאות הרכזיות

(Adding first three harmonics)

- ◻ ע"י חיבור בין שלושת ההרמוניות ניתן ליצור את האות המרובע.

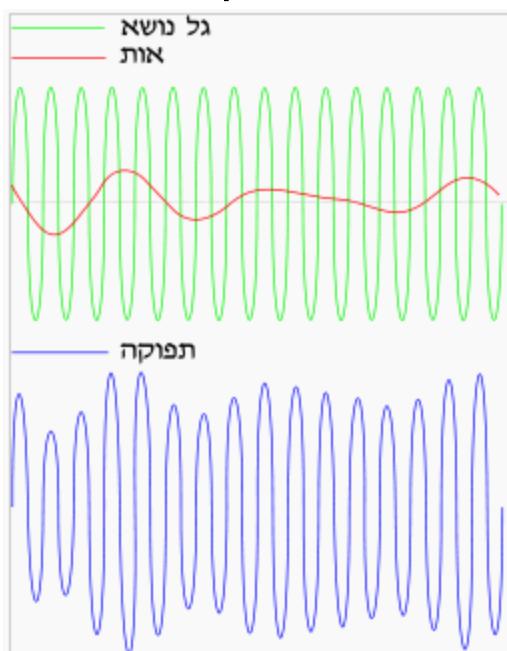


'clfjk nlk jjak

- כדי להוליך מידע או נתונים על קו תקשורת פתוחו במהלך השנים טכניקות אפנון בהם נעשה שימוש בתקשורת. שלוש השיטות האנלוגיות הן:
 - אפנון משרעת (amplitude modulation).
 - אפנון תדרות (frequency modulation).
 - אפנון מופע (phase modulation).
 - בנוסף פותחה עבור ערכיו תקשורת דיגיטליים טכניתה הנקראת אפנון דיגיטלי (digital modulation).
 - כל אחת מהטכניקות האנלוגיות מחייבת גל נשא (carrier signals) יוצרות גל המורכב מהגל הנושא פלוס גל מידע עם מאפיינים ייחודיים.
 - כל טכנית אפנון (מודולציה) מחייבת גם טכנית גילוי (demodulation) תואמת בקצה הקולט.

אפקט AM

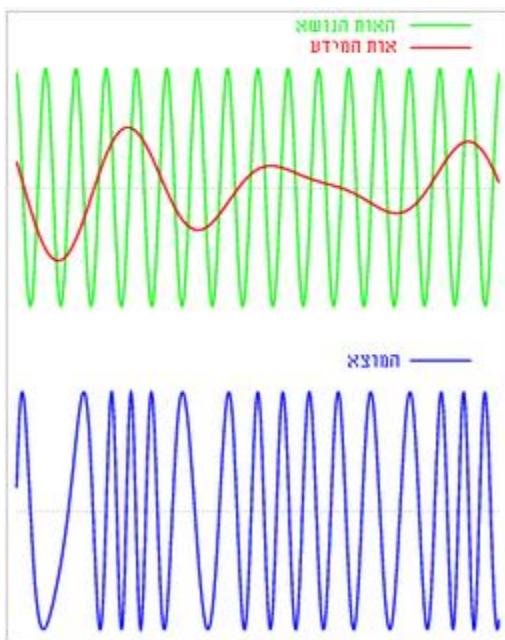
▫ **אפקון מושעת (אמפליטודה)** הוא שיטת שידור לשם העברת מידע המורכב על גבי גלים אלקטרוניים בתדר רדיו כך **শמושעת (עוצמת)** הגל המשודר משתנה **בתלות במידע**, בעוד תדר הגל נשאר ללא שינוי. בדרך כלל תדרות הגל הנושא גובהה יותר מהתדרות של המידע המורכב עליו. שיטה זו נועדה בעיקר להפצת אוטות שמע אלחוטיים, אך ניתן להעביר בה גם צפנים ונתונים. שיטה זו נפוצה בשידורי הרדיו בתחום הגלים הארכיים, הבינוניים והקצרים.



▫ דוגמה של אפקון מושעת: התרשימים העליין מראות את הגל (באדום) שאותו מעוניינים לאפקן, ואת הגל הנושא (ירוק). התמונה התחרתונה מראה את תוצאה אפקון המושעת בין שני הגלים.

אנו FM מתר

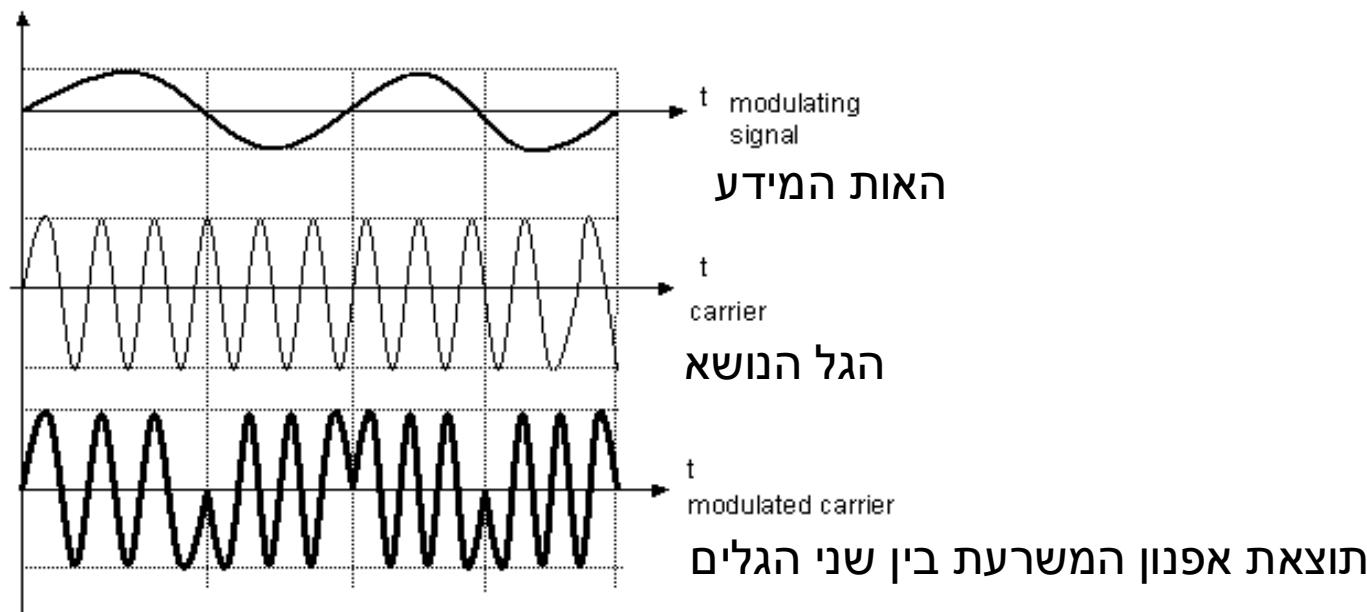
- אפנון תדר הוא שיטת אפנון שבה מידע מיוצג בעזרת שינויים בתדר של הגל הנושא (בניגוד לאפנון משרעת שבו משרעת האות הנושא משתנה והתדר נשאר קבוע). בישומים אנלוגיים, תדר האות הנושא משתנה בתלות בשינויים בעוצמת אות המידע. לאפנון תדר שני יתרונות עיקריים על פני אפנון משרעת:
 - רוחב פס גבוה יותר משל אפנון משרעת (דבר המאפשר למשל שידור בסטריאו).
 - עמידות טובה יותר מפני רעשיהם, שכן הם בדרך כלל פוגעים במשרעת של הגל ולא בתדר שלו.



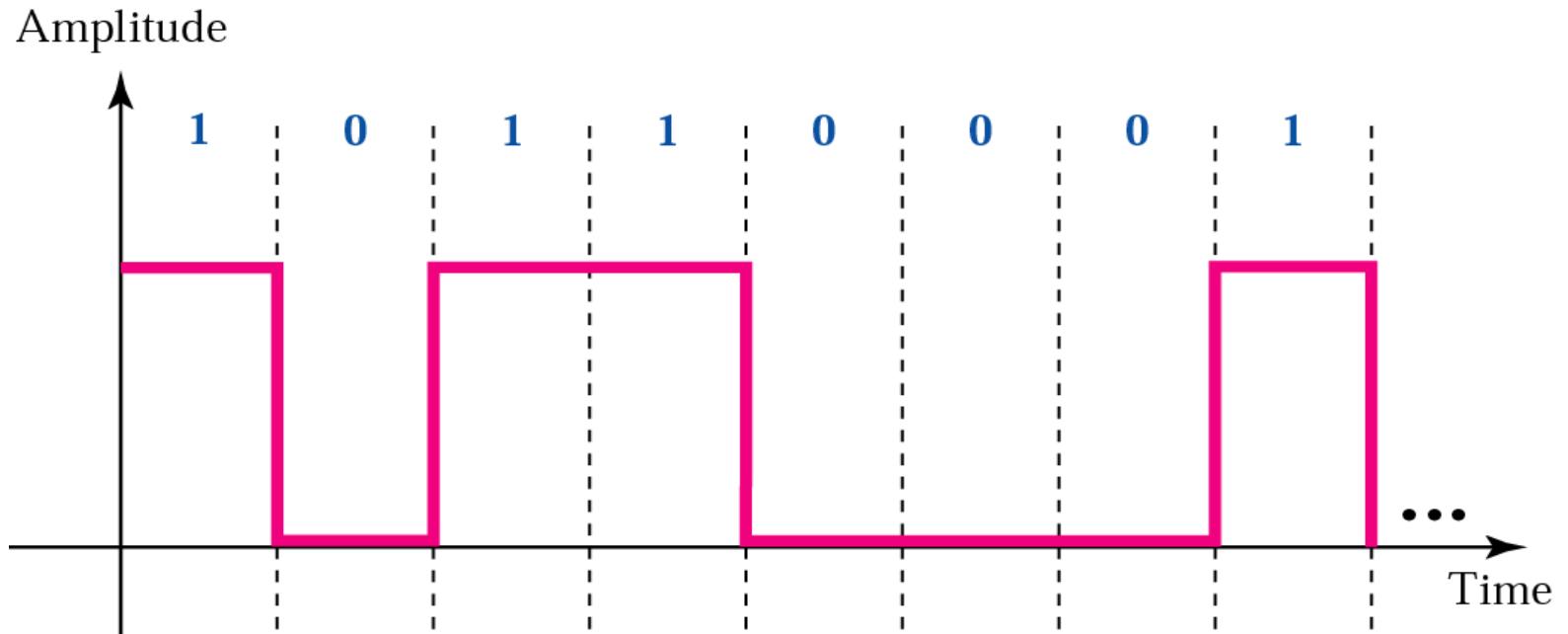
- אות המידע הוא אות האדום, גודלו בכל נקודה הוא המידע אותו נרצה לשמר. האות הנושא (הירוק) הוא אות מ חוזר בעל תדר גבוה. אפנון תדר הוא הוספת גודל אות המידע (מכפל בקבוע ידוע) לתדר האות הנושא. כפי שניתן לראות בשרטוט, האות המואפן (הכחול) אינו מ חוזר ומהירות השינוי שלו (קרי התדר הרגעי) משתנה – לעיתים השינויים מהירים ולעתים איטיים. ניתן לראות כי האזורי שבהם האות המואפן משתנה במהירות, הם האזוריים שבהם אות המידע בעל ערכיהם גבוהים - ולהיפך.

אכזון ומולטיפל

- **אפנון המופע** דורש שני גלים, גל נושא הננתונים וגל נושא מידע. גלים אלה בעלי משרעת ומתח קבועים. הגלים נמצאים בהיסט זמן זמני (חוצים את ציר הזמן בנקודות שונות), כאשר הפרש בין הגלים הוא זווית המופע (הפאזה), משרעת הגל עוקבת אחרי העקומה עד להיתקלות בשינוי מופע, בנקודת שינוי המופע נשברת תבנית העקומה והיא מתחדרת שוב בנקודתה שונה.



(Digital Signals) סינלים דיגיטליים



אנו מים?

- טכניות אונן שראינו אינן מתייחסות לתקשורת דיגיטלית.
- גל דיגיטלי מבצע שינויים חדים (רמת מתה גבוהה לנמוכה), כאשר בגל דיגיטלי אין צורך בגל נושא והוא שומר על רמת מתה יציבה לאורק זמן עד לקביעת ערך הסיבית (0 או 1) האות משתנה מערך אחד לשני, רק כאשר המידע עצמו גורם לשינוי הערך.
- נדרש כי אונן גל דיגיטלי יהיה חזק עם מרעת גובהה כך שיתאים לגיל מידע דיגיטלי חלש. אונן הגל הדיגיטלי לא מגביר את הרעשיהם ולכן יעיל להגדלת מרחק השידור.
- משתמשים באונני הגל הדיגיטלי הבאים:
 - *Amplitude shift key modulation (ASK)*
 - *Frequency shift key modulation (FSK)*
 - *Binary-phase shift key modulation (BPSK)*
 - *Quadrature-phase shift key modulation (QPSK)*
 - *Quadrature amplitude modulation (QAM)*

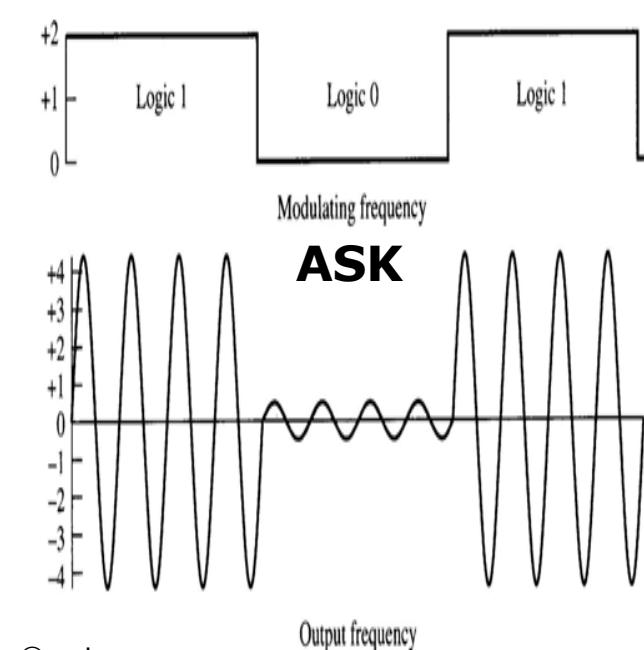
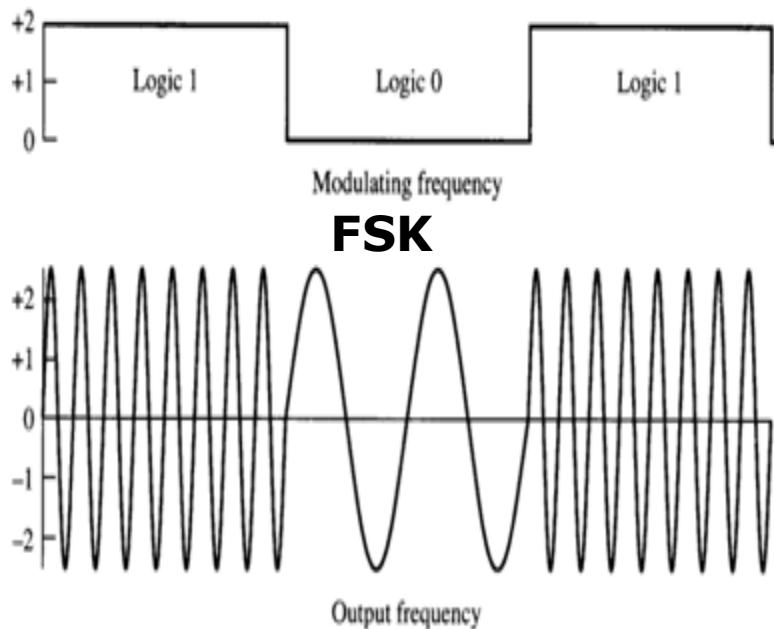
סיגומט אקסלן ופיזיון

ASK

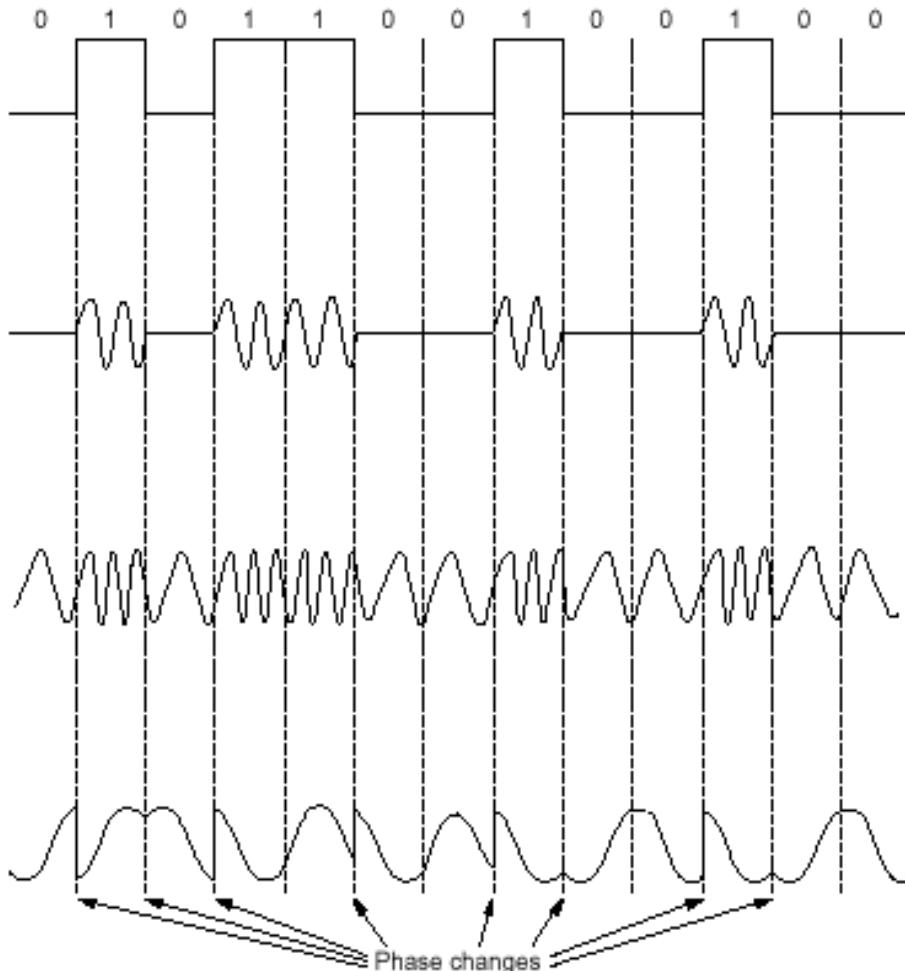
Amplitude-shift keying היא שיטה המשנה את עוצמת הגל-הנושא ע"מ לייצג נתונים דיגיטליים (בדומה ל- AM). המימוש הפשטוט ביותר מעביר את הביט "1" כgal הנושא עצמו, ואת הביט "0" כהפסקה בגל הנושא. מימושים מורכבים יותר מייצגים צירופים שונים של ביטים על ידי עוצמות שונות של gal הנושא. (כל שיש שימוש ביותר רמות-עוצמה של gal הנושא - עולה הסיכוי לשגיאה בתקשורת).

FSK

Frequency-shift keying היא שיטה המייצגת ביטים באמצעות שינויים בדים בתדר של gal הנושא, כאשר כל שינוי בתדר מייצג ביט או צירוף מסוים של ביטים.



קִרְבָּנִים



A binary signal □

Amplitude □
Modulation

Frequency □
Modulation

Phase □
Modulation

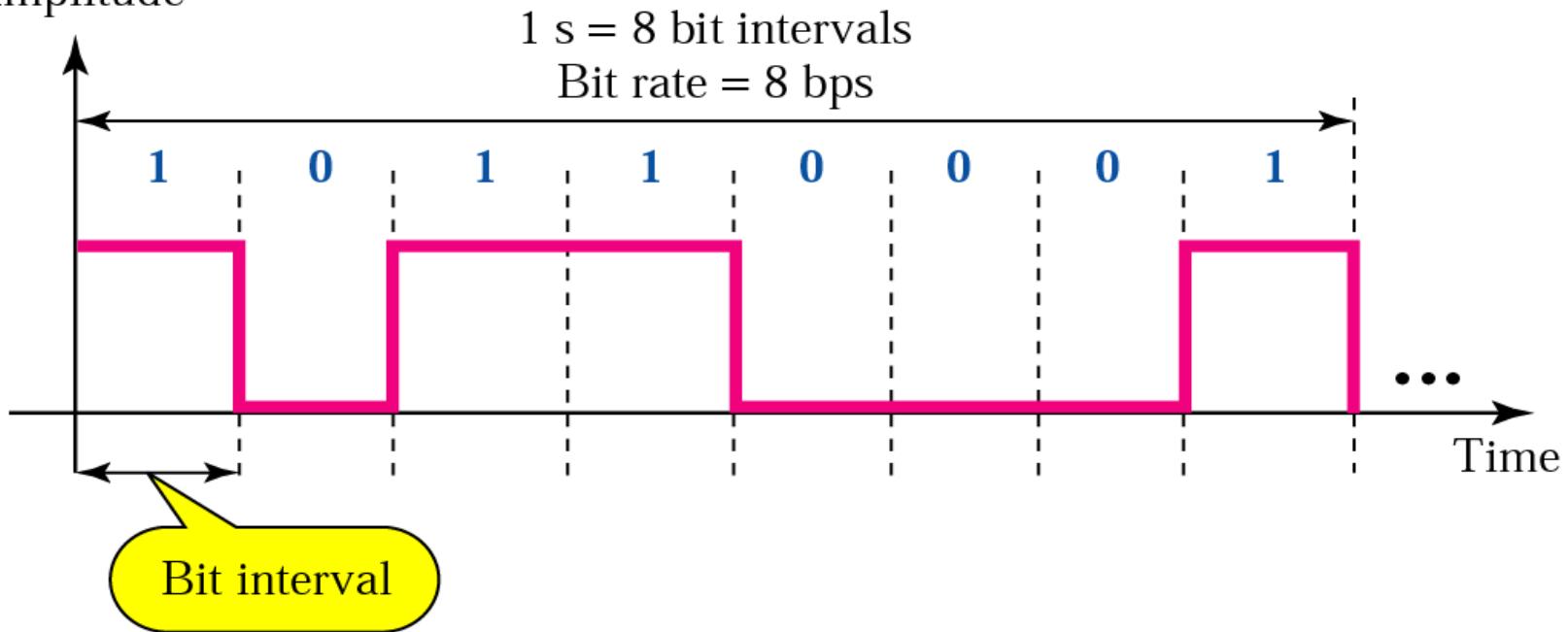
הקיוגם של אכזב דיגיטלי

- ◻ לעורץ התקשרות המעביר אותות דיגיטליים, יש מגבלות הקובעות באיזו דחיפות יכול האות לשנות את מצבו בפרק זמן נתון, ומגבלות אילו קובעות את הקצב המקורי.
- ◻ בכלל נקודת זמן נתונה יש לעורץ התקשרות קיבולת מוגדרת המאפשרת לו לשדר מידע באמצעות מספר קבוע של סיביות (bits) ליחידת זמן.
- ◻ מערכת דיגיטלית ממתגת את האות בין שני מצבים אנרגיה או יותר, ו מצב האנרגיה הינט רמות מתח שונות (הנדדיות בווולטים) הנבדלות זו מזו.
- ◻ המערכת מבצעת שינוי מתח חדים ופרטאים (שינויי מדרגה) ובכך היא שונה מערכת אנלוגית (בה רמות המתח של הגל האנלוגי משתנה באופן הדרגתי, רציף ומתרמן).

קצב סיגינט ואכואם גין סיגינט

(Bit rate and bit interval)

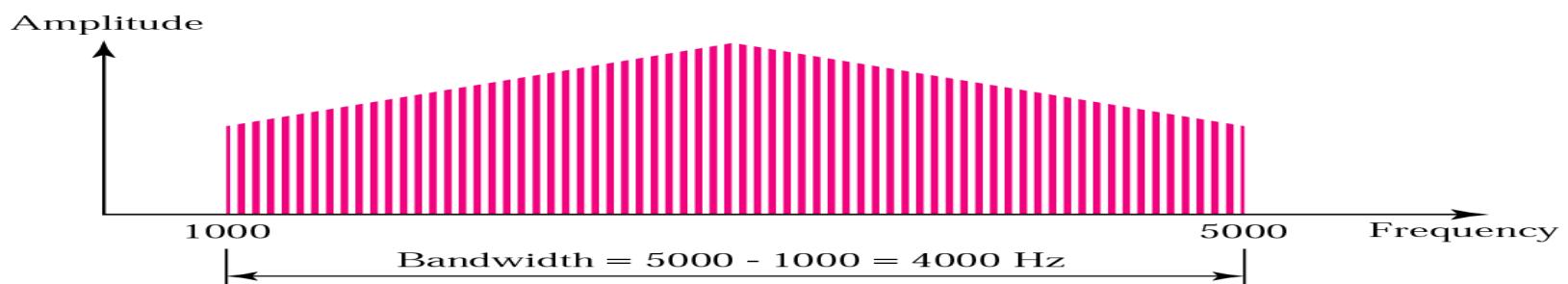
Amplitude



- **אכואם גין סיגינט** (Bit interval) - הזמן הדרוש כדי לשלוח Bit אחד.
- **קצב סיגינט** (Bit rate) - מספר סיביות שנשלחו בשנייה אחת.
- מבטא את הביט לשנייה (bps).

רוחב פס (Bandwidth)

- רוחב הפס הוא תכונה של התוור (האמצעי): הוא ההבדל בין התדריות הגבוהה לנמוכה שהתוור יכול להעביר בצורה מספקת.
- אנו משתמשים במנוח רוחב פס (bandwidth) בהתייחסות לתכונה של התוור (האמצעי).



- **רוחב פס:**
 - הקצב המקסימלי שהחומרה יכולה לשנות את אותות.
 - נמדד במחזורים לשניה או בהרץ (Hz).
 - **קצב סיביות** ורוחב הפס הם פרופורציוניים אחד לשני.

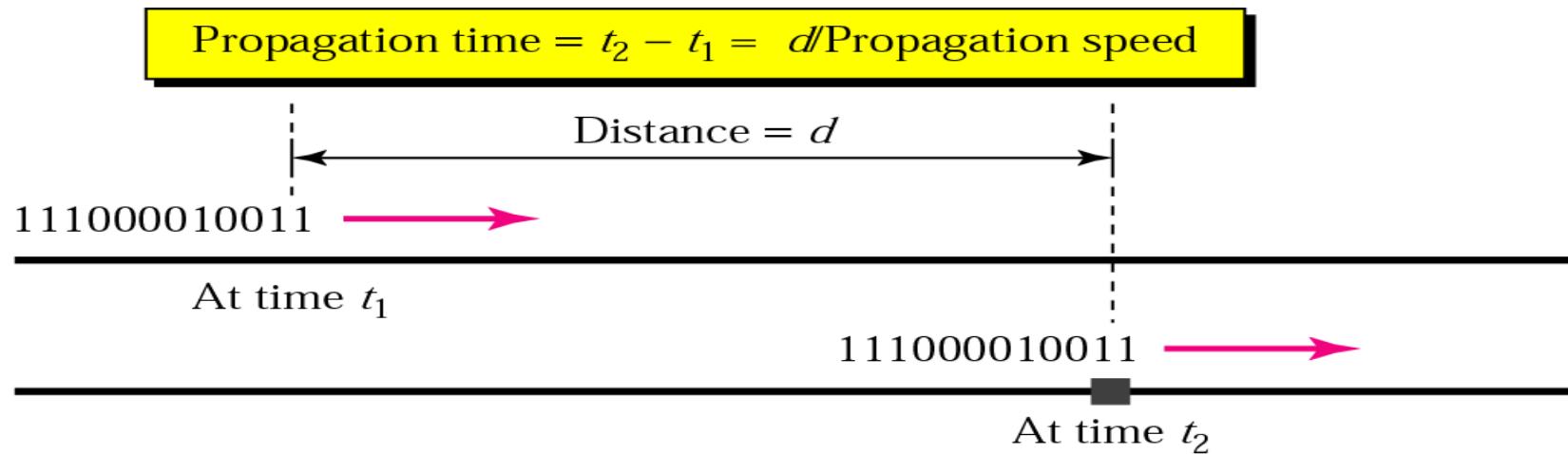
טַבָּא הַעֲמָת נִזְמָנָן

(Standard Transmission Rates)

- Low Rates – 300 bps and multiplies – 1200, 2400, 9600, 19200
- LANs – 2, 4, 10, 16, 100, 1000 Mbps
- Wireless LANS – 11 Mbps, 54 Mbps
- Wireless MAN – 32 Mbps

5.11 הגמישות (הഗייה) אונליין

- ▢ זמן הგמישות (Propagation delay) :
 - הזמן הנדרש לאות לנوع דרך התווך (אטומי).
 - לדוגמה: מהירות התקדמות אות חשמלי בሪק:
 $C=3 \times 10^8$ meters/sec
 - ביחסית נוחשת מהירות התקדמות אות היא $C=2 \times 10^8$ meters/sec



- הזמן הנדרש לשלח N ביטים (bits) בקצב שילחה נתון.

קצב שידור / אורך הודעה =

זמן איסוף ו传送 נתונים (תעלת נתונים)

□ Example

- Message length: 500 Bytes
- Bit transmission Rate: 4 Mb/s
- Optical fiber length: 2 Km
- Speed of information in the fiber: 66% C ~ 2×10^8 m/s

- Transmission time = (Message length) / (Bit transmission Rate) = $(500 \times 8 \text{ bits}) / (4 \times 10^6 \text{ b/s}) = 10^{-3} \text{ s} = 1 \text{ ms}$
- Propagation delay = d / (propagation speed) = $(2000 \text{ m}) / (2 \times 10^8 \text{ m/s}) = 0.01 \text{ ms}$

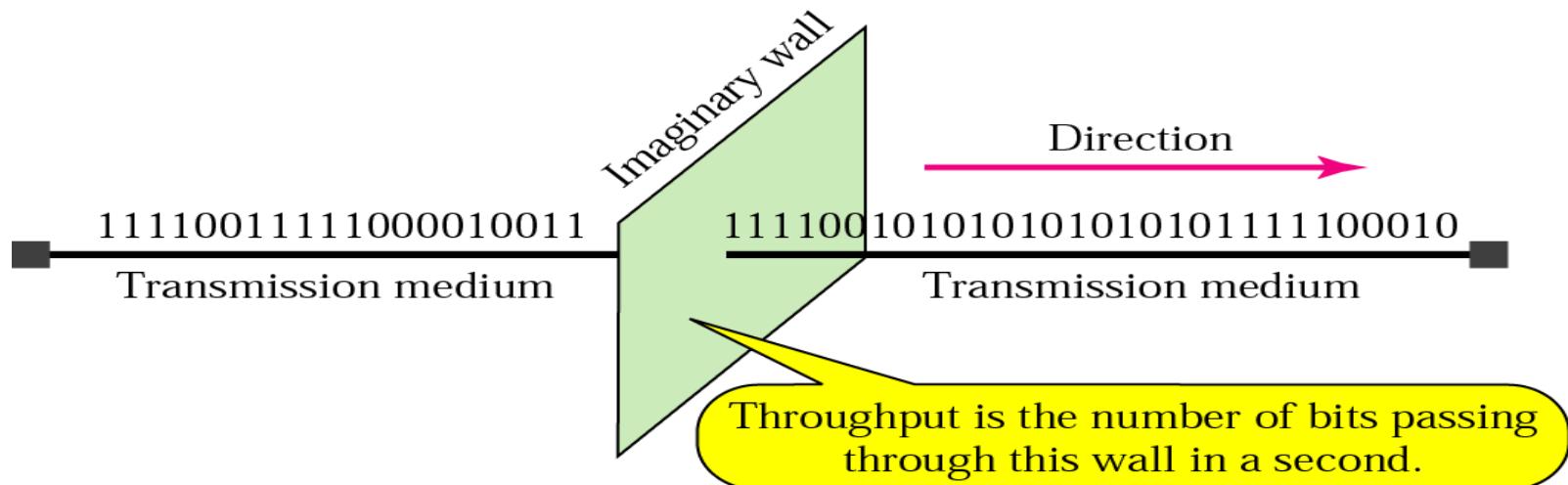
קצת עלעכמת גאנז

קצב העברת המידע עברו ערך נטוני מוגדר כמהירות שבה יכול המידע הבינארי לעבור מהמקור ליעד.

- היחידה של קצב העברת המידע -- bits/second.

- בהתיכון ליחס הפס (מספר הפעמים לשניה שבו האות יכולה להשתנות).

- קצב העברת המידע = $1000 \text{ bits/second} = 6 \text{ bits/6ms}$



סיכום מקצועים

▢ אוט ריב שכבות המשמש בערזץ תקשורת יחיד

- ▢ שידור מידע בערזץ חייב בהכרח לא להיות מוגבל לפורמט בינארי – כל מספר של רמות מתח יכול להיות בשימוש. לדוגמה, שימוש ב- 4 רמות מתח. אנו יכולים באופן ייחודי להציגן 2 ביטים לטור הרמות הבאות מתח. אם ננסה לשנות את המצב היצוג (symbol), שני ביטים של מידע נמסרים לעומת רק אחד למערכת בינארית. אנחנו לכך שולחים מידע במהירות כפולה עבור רוחב פס נתון.

▢ אוט ריב שכבות המשמש בערזצי תקשורת מרובים מקבילים

- ▢ ניתן להשתמש באותות רב שכבותיים עם הרבה ערזצי תקשורת, ועל ידי כך כמות המידע המשודרת גדלה.

כיצומת יזט כמ סכמתית

- במקורו אנו יכולים להשתמש בכל מספר של מצבים ייצוגים (symbols) למסירת מידע דיגיטלי, לדוגמה 1024 של רמות מתה שונות מוסרות:
$$10 = \log_2 1024$$
- הגבול מעשי תלוי ביכולת שלנו לפתור את המצב האינדיבידואלי (מתחמים חשמליים, תדריות, עצמת אור וכו') באופן מדויק במקלט; זה יהיה תלוי ברמת הרעש והעיות של העroz.

כאות יזום כ סכמתית (האפק)

- היחס בין ביטים (bits) לייצוג (symbols):
 - מספר מוצבי הייצוג (symbols) צריכים באופן ייחודי לייצג כל תבנית של n ביטים ניתנים על ידי הביטוי הפשטוט הבא:
 - $M = 2^n$ symbol states
 - لكن קבוצה של 3 ביטים יכולה להיות מיוצגת באופן הבא:
 - $M = 2^3 = 8$ symbol states
 - $4 \text{ bits by } M = 2^4 = 16$ symbol states
 - $5 \text{ bits by } M = 2^5 = 32$ symbol states

קֶזֶת הַעֲמָתָה הַאִזְעָדָה הַאֲקָסִיאָה, f_{c}

(Maximum Data Rate of a Channel)

כל ניוקויסט (Nyquist) הפשט:
היחס בין כמויות הנתונים שניתן להעביר בערזע תקשורת לרוחב הפס,
נתון ע"י

$$D = 2 * B * \log_2 K$$

כאשר:

- D: קצב העברת המידע המקסימלי של הערזע ב- s/b.
- B: רוחב פס של המערכת.
- K: ערך אפשרי של המתח (בינארי 2^k).

כמְגַדֵּל נַיְקְווִיסְטָן אֶקְלִים כְּכֹ� יְמָם

- עברו RS-232:
 - K הוא 2 משומש ש- RS-232 משתמש רק בשני ערכאים, +15 או -15 וולט, לקודד ביטים של מידע - $\log_2 2 = 1$.
 - $D = 2 B$

- עברו קידוד הזרת פאזה (phase-shift encoding):
 - נניח K הוא 8 (הזרת אפשרית) . $\log_2 8 = \log_2 2^3 = 3$
 - $D = 6 B$

כג^o (Noise)

- שיתוף לא רצוי של אותות עם הרעש בשידור המידע עלול לגרום למידע שגוי.
- רמות רעש: יחו את לרען S/N (SNR).
 - S: עוצמת אות ממוצעת.
 - N: עוצמת רעש באות.
 - מדידה בדציבלים (decibels): $10 \log_{10} S/N$.

הנפאה של התקשורת

כלל שאנון (Shannon):

נוסחת קיבולת הערזן בנסיבות רעש

$$C = B * \log_2(1 + S/N)$$

כאשר:

C: גבול עילאי לקיבולת הערזן (S/B).

B: רוחב פס של החומרה (ערוז).

S/N: יחס אות לרעש.

עוצם מתחילה

□ כללי שנון (Shannon) ונייקויסט (Nyquist):

- כל כמות של הנדסה פיקחת אינה יכולה להתגבר על הגבולות היסודיים והפיזיים היסודיים של מערכת שידור אמיתית.
- נשיר את כמות הנתונים שנitin להעביר באפקן נתוניים לרוחב הפס (bandwidth).
- נועד מהנדסים לשימוש בקידוד מסווג.
 - נגדיל את הערך של K .
- נחפש דרך לקודד עוד ביטים פר מחזור לשיפור קצב העברת המידע
 - נכוון את הרעש.
 - נפרט גבולות על מערכות שידור מידע אמיתיות.

1 קולאי

- שאלה: אנו יכולים לחשב את קצב העברת הביטים התיאורטי הגבוה ביותר לקו טלפון סטנדרטי. לקו טלפון נורמלי יש רוחב פס של (Hz 300 to 3000 Hz). ויחס אות לרעש בוא בד"כ 1000.
- פתרון: עבור ערך זה הקיבולת על פי נוסחת שאנו תחשוב כך:

$$\begin{aligned} C &= B \log_2 (1 + \text{SNR}) = 3000 \log_2 (1 + 10^3) \\ C &= 29.901 \text{ kbps} \end{aligned}$$

2 knca ?

◻ שאלה: יש לנו ערוץ תקשורת עם רוחב פס של 1 MHz ויחס אות לרעש בערוץ זה הוא 63. מהו קצב העברת הביטים המתאים לערוץ זה? ומהי רמת האות?

◻ פתרון: תחילת נשתמש בנוסחת שאנו למציאת הגבול

- העליון של קצב השידור:

$$C = B \log_2 (1 + \text{SNR}) = 10^6 \log_2 (1 + 63) = 10^6 \log_2 (64) = 6 \text{ Mbps}$$

◻ נשתמש בנוסחת ניוקוויסט למצוא את מספר רמות האות המתאימות

$$D = 2 * B * \log_2 K$$

$$6 \text{ Mbps} = 2 \times 1 \text{ MHz} \times \log_2 L \rightarrow L = 8$$

סיממת קידוד RZ & NRZ

■ RZ(Return to Zero)

- אות חוזר לאפס אחרי כל קידוד בית.
- 0 / 1: positive / negative pulse

■ NRZ(Non-return to Zero)

- רמת המתח קבוע במשך בית אינטראול
- (אין חזרה ל- 0 בرمמות המתח).

■ NRZ-L(NRZ Level)

- positive voltage : 0
- negative voltage : 1

■ NRZ-I(NRZ Inverted)

- תוכנית קידוד דיפרנציאלית
- . 0 : אין שינוי (transition)
- . 1 : שינוי (transition)

■ NRZ פשוט, ויעיל -

