



Modulation - אפנון

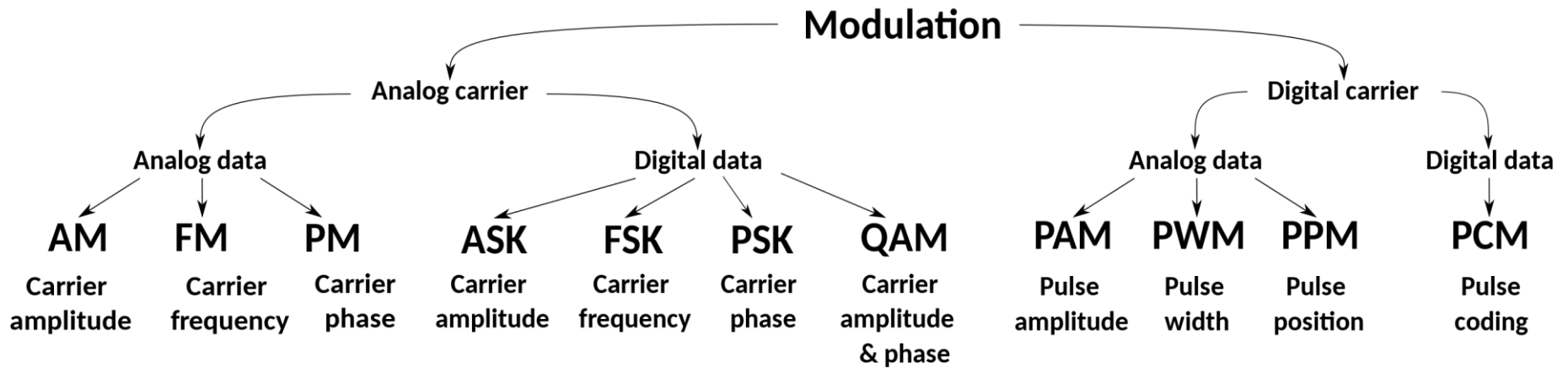
Definition:

Modulation is the process of varying one or more properties of a periodic waveform, called the carrier signal, in accordance with a separate signal called the *modulation signal* that typically contains information to be transmitted.

Modulation is usually applied to electromagnetic signals: radio waves, lasers/optics and computer networks.



Modulation Spectrum





Modulation Common Types

Amplitude modulation (AM)

The height (i.e., the strength or intensity) of the signal carrier is varied to represent the data being added to the signal.

Frequency modulation (FM)

The frequency of the carrier waveform is varied to represent the data.

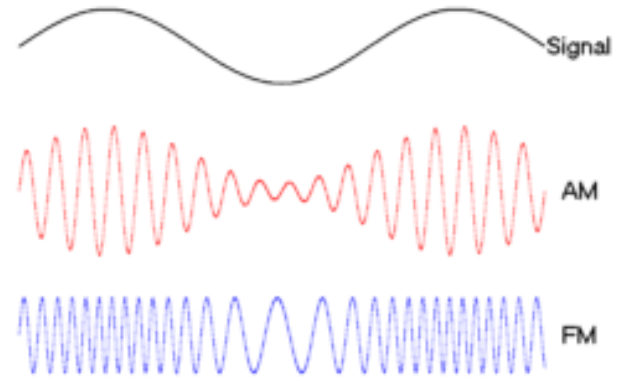
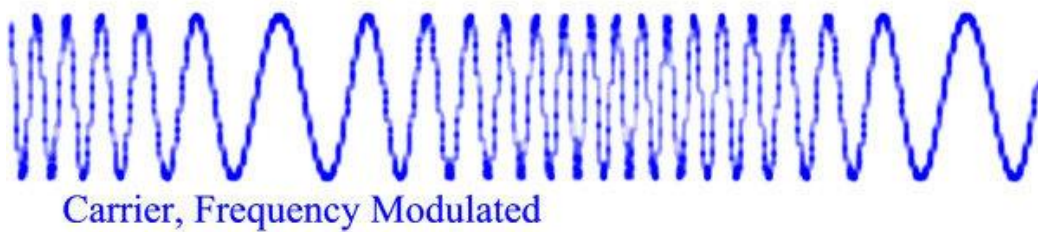
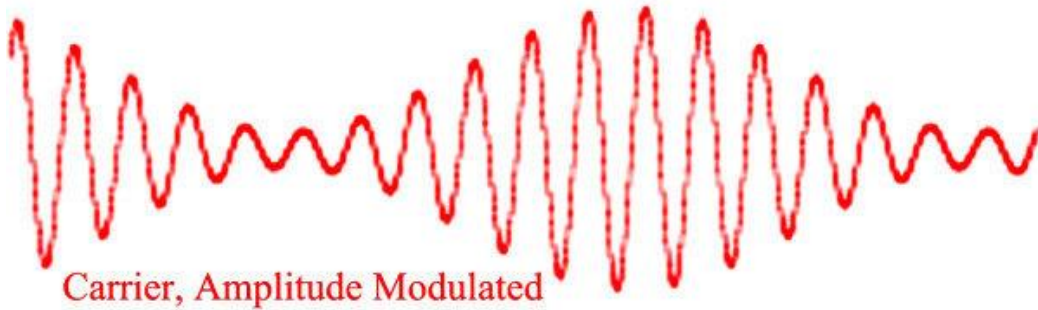
Phase modulation (PM)

The phase of the carrier waveform is varied to represent the data. In PM, the frequency is unchanged while the phase is changed relative to the base carrier frequency.



Modulation FM Vs. AM

Amplitude and Frequency Modulation





Modulation Applications

העברה אמינה של אינפורמציה.

פענוח תזוזה ע"י LVDT

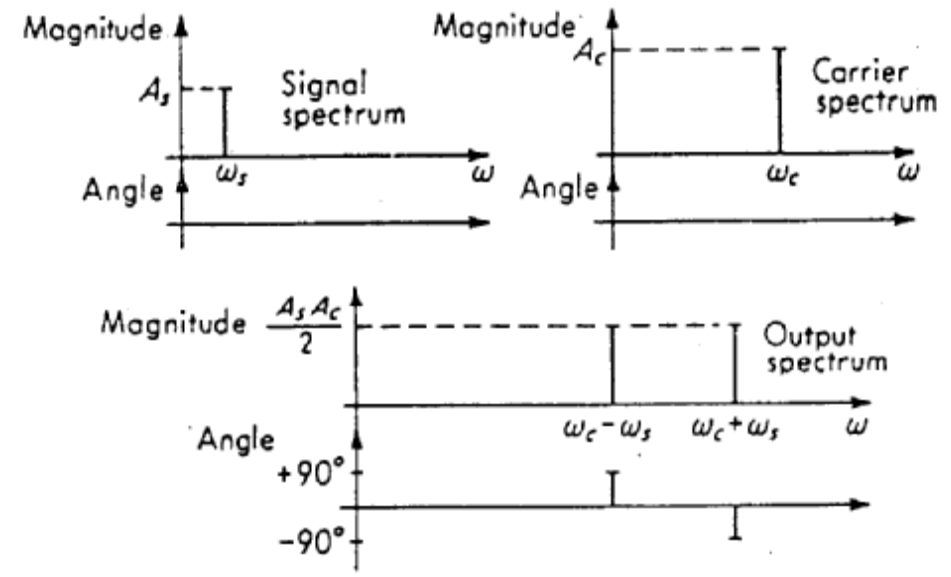
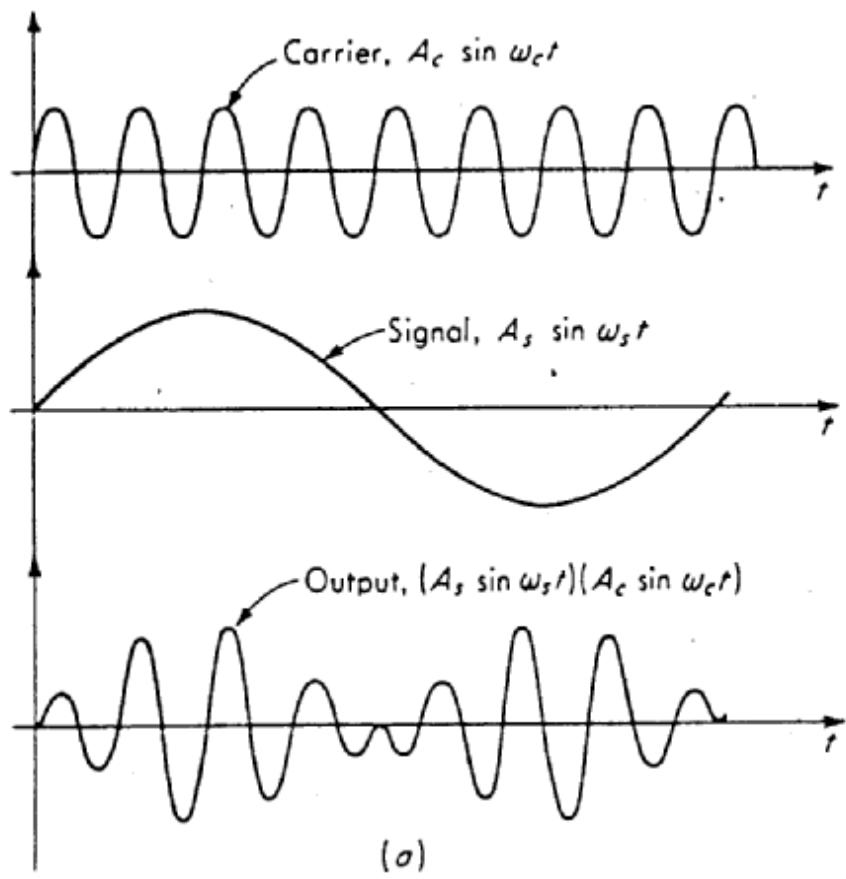
דחיית רעשים בתדרים נמוכים.

גילוי שינויים קטנים בתדר בחיישנים המבוססים על אפקט דופלר.



Harmonic Modulation

Output Spectrum





גשר מדי עיבור המוזן ע"י ספק AC

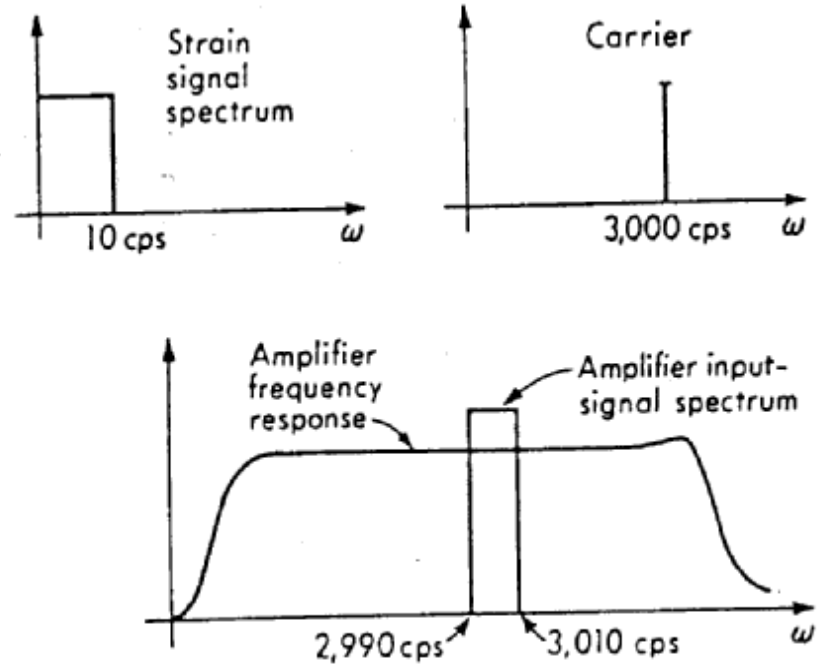
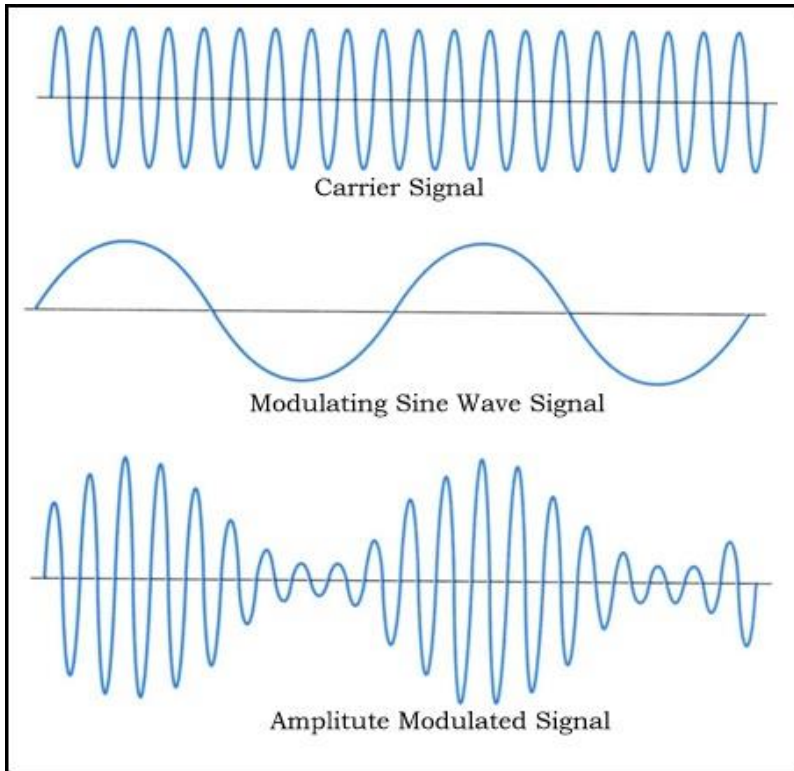
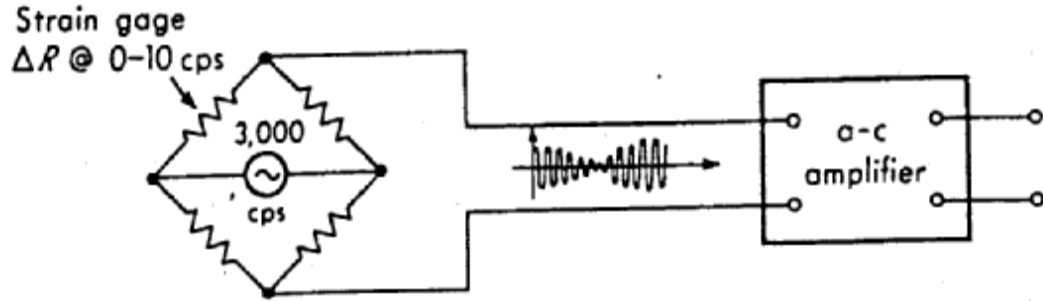


Fig. 3.83. Application of amplitude modulation.



מגבר גל נושא - דחית רעשים בגשר מדי עיבור

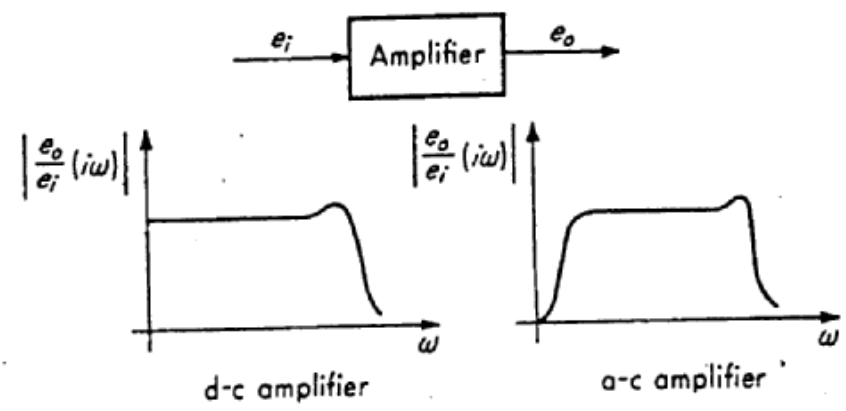
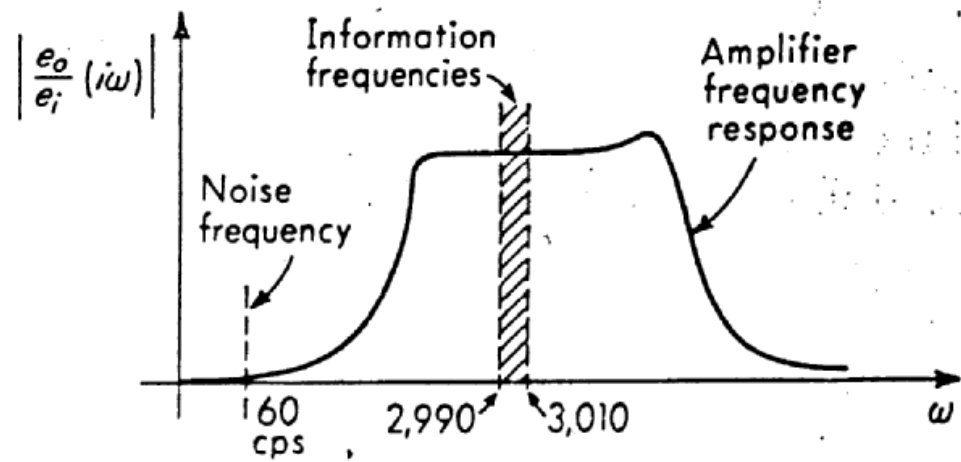


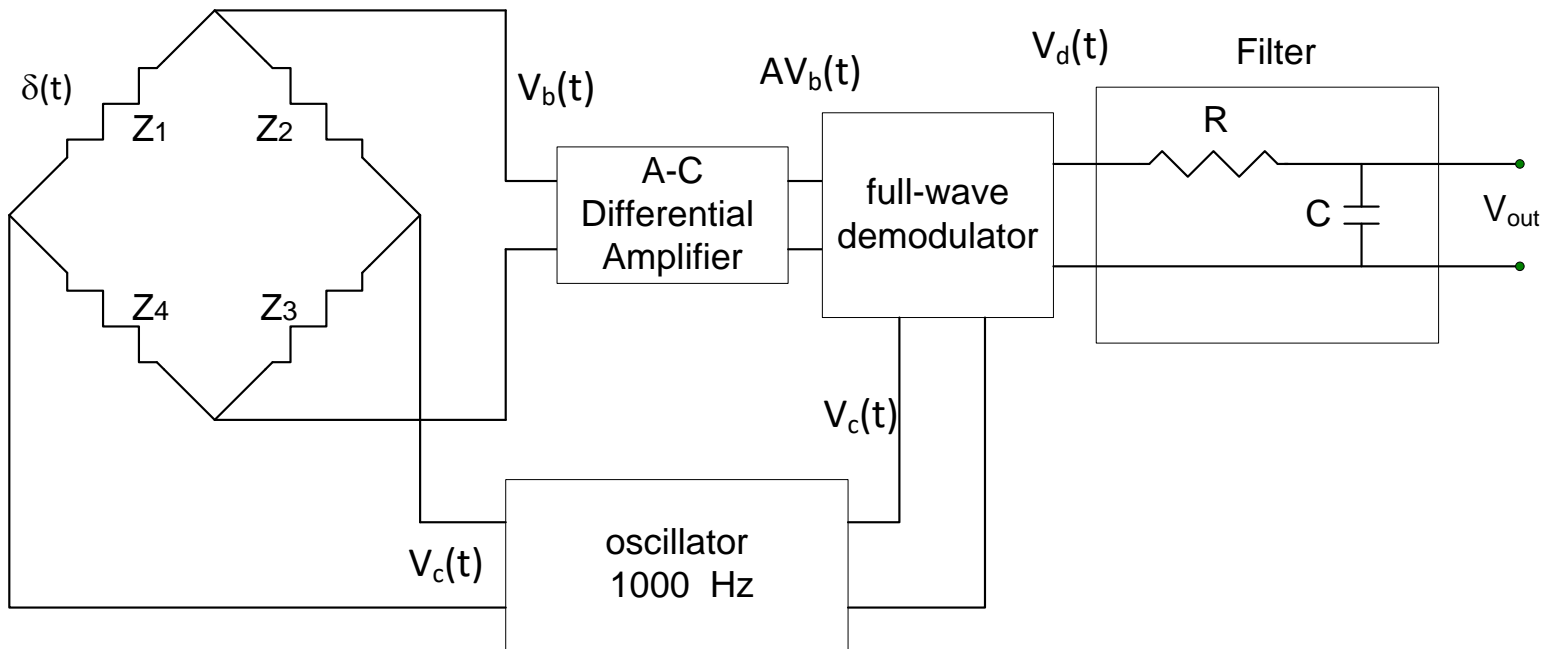
Fig. 3.84. Noise rejection through amplitude modulation.

- מגבר DC - מגביר גם רעשים בתחום נמוך
- עדיף לבצע מודולציה ודימודולציה:
 - להעביר את האות הנמדד לתחום תדירות גבוהה
 - לבצע הגברה במגבר AC (BPF ראה לעיל).
 - להעביר חזרה לתחום התדרים הנמוכים



מגבר גל נושא - ניתוח מפורט

- שימושים
 - מעגלי גשר עם חיישנים השראתיים או קיבוליים
 - מעגלי גשר עם נגדים (מדי עיבור) לדחיית רעשים
 - LVDT, LDA, U-Sonic
- מערכת הכוללת:
 - עירור במתח חילופין (סינוסידלי)
 - הגברה של אותות חילופיים
 - דמודולציה לשחזור האות הנמדד





מגבר גל נושא - פיתוח מתמטי

• אות בעל שינוי סינוסואידלי:

$$\delta(t) = A_s \sin(\omega_s t + \phi_s)$$

$$V_b = A_c A_s \sin(\omega_c t) \sin(\omega_s t + \phi_s) / 4$$

• אות היציאה מהחיישן (גשר) בעל ספקטרום דיסקרטי בתדירות:

$$\omega_c \pm \omega_s$$

הנקראות Side Frequencies

• אות היציאה מהמגבר

$$V_{Amplifier} = A_A V_b$$

$$V_b = \frac{A_s A_c}{8} \left[\cos((\omega_c - \omega_s)t - \phi_s) - \cos((\omega_c + \omega_s)t + \phi_s) \right]$$

• מודולציה:

– אות עירור:

$$V_c = A_c \sin(\omega_c t)$$

– אות נמדד:

$$V_{signal} = V_s(t) = \delta(t)$$

– אות יציאה מהגשר:

(עבור רבע גשר מדי עיבור)

$$V_b = V_c \frac{\delta(t)}{4}$$

$$V_b = A_c \sin(\omega_c t) \delta(t) / 4$$



מגבר גל נושא - פיתוח מתמטי (המשך)

• דמודולציה:

הכפלה באות העירור

$$V_d = A_A V_b A_c \sin(\omega_c t)$$

• פיתוח לרכיבים:

$$V_d = A_A \frac{A_s A_c^2}{16} \cdot$$

$$[\sin((2\omega_c - \omega_s)t - \phi_s) + \sin(\omega_s t + \phi_s) + \\ - \sin((2\omega_c + \omega_s)t + \phi_s) - \sin(-\omega_s t - \phi_s)]$$

• היציאה ממסנן LPF:

(המסנן מעביר רק את הרכיבים בתדר נמוך)

$$V_{out} = A_A \frac{A_s A_c^2}{8} \cdot \sin(\omega_s t + \phi_s)$$

• היציאה משחזרת את

האות הנמדד!

$$V_{out} = A_A \frac{A_c^2}{8} \cdot \delta(t) = \frac{A_A A_c}{2} \cdot V_b$$



סופרפוזיציה של גלים - מקצבים Beats

כאשר שני גלים בעלי תדרים שונים אך קרובים אחד לשני מתאבכים נקבל:

$$\cos(2\pi f_1 t) + \cos(2\pi f_2 t) = 2 \cos\left(2\pi \frac{f_1 + f_2}{2} t\right) \cos\left(2\pi \frac{f_1 - f_2}{2} t\right)$$

הגל המתקבל הוא בתדר ממוצע של שני גלי המקור אך הוא נמצא במעטפת העוברת ממצב מקסימום למינימום (מהתאבכות בונה להתאבכות הורסת) בתדר מקצבי של:

$$f_{beat} = f_1 - f_2$$

