# Modulazione di ampiezza

Marcello Colozzo – http://www.extrabyte.info

## 1 Inviluppo di modulazione

Nell' articolo precedente abbiamo visto come plottare con *Mathematica* grafici di più funzioni utilizzando l'istruzione `Evaluate`. In particolare, ci siamo riferiti allel funzioni:

$$f_n(x) = g_n(x)\sin\frac{1}{x}, \tag{1}$$

dove

$$g_n(x) = x^n, \quad (n \in \mathbb{N} - \{0\}) \tag{2}$$

Le funzioni (1) non sono definite in $x = 0$. Tuttavia, sono ivi regolari; più precisamente, sono infinitesime:

$$\lim_{x\to 0} f_n(x) = 0, \quad \forall n \in \mathbb{N} - \{0\}$$

Ad esempio, per $n = 2$ abbiamo l'andamento riportato in fig. 1.

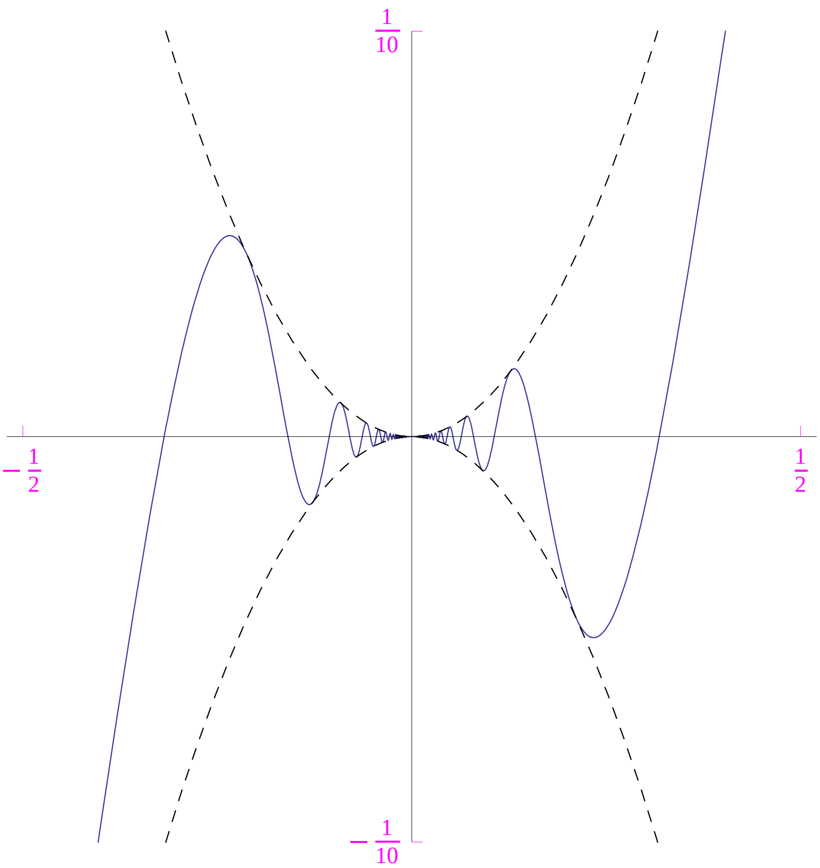


Figura 1: Grafico di $f_2(x) = x^2 \sin\frac{1}{x}$.

## 2 Modulazione di ampiezza

La funzione $g_n(x)$ si dice *inviluppo di modulazione*. Tale denominazione deriva dalla nozione di *modulazione di ampiezza*, quale sistema di comunicazione utilizzato in radiotecnica. Più precisamente, consideriamo la trasmissione di un segnale a bassa frequenza (non periodico) $\phi(t)$ utilizzando le onde elettromagnetiche come mezzo di trasmissione. Per la sua trasmissione si utilizza un *segnale portante*

$u(t)$ che è periodico di periodo $T$. Qui $u(t)$ rappresenta la generica componente[1] del campo elettrico $\mathbf{E}$ o del campo magnetico $\mathbf{B}$. Lo scopo del segnale portante è quello di *trasportare* (da qui il nome "portante") il segnale a bassa frequenza. Il trasporto può avvenire attraverso la modulazione di ampiezza, nel senso che l'ampiezza del segnale portante non è costante, ma dipende dal tempo secondo la legge $\phi(t)$. In altre parole, il segnale modulato è $f(t) = \phi(t)\,u(t)$. Ad esempio, assumiamo come segnale modulante di prova, un segnale gaussiano:

$$\phi(t) = Be^{-kt^2},$$

dove $k$ è una costante positiva tale che $kt^2$ è adimensionale. Riesce:

$$\left|ABe^{-kt^2}\sin\omega t\right| = ABe^{-kt^2}\underbrace{|\sin\omega t|}_{\leq 1} \leq ABe^{-kt^2},$$

onde:

$$-ABe^{-kt^2} \leq f(t) \leq ABe^{-kt^2}$$

Ne consegue che il grafico $y = f(t)$ è contenuto nella regione:

$$\mathcal{R} = \left\{(t,y) \in R^2 \mid -\infty < x < +\infty,\ \ -ABe^{-kt^2} \leq y \leq -ABe^{-kt^2}\right\},$$

cioè tra le due gaussiane (simmetriche rispetto all'asse $t$) $\pm ABe^{-kt^2}$. Abbiamo, dunque, un *inviluppo gaussiano*. In fig. 2 riportiamo il grafico del segnale modulato.

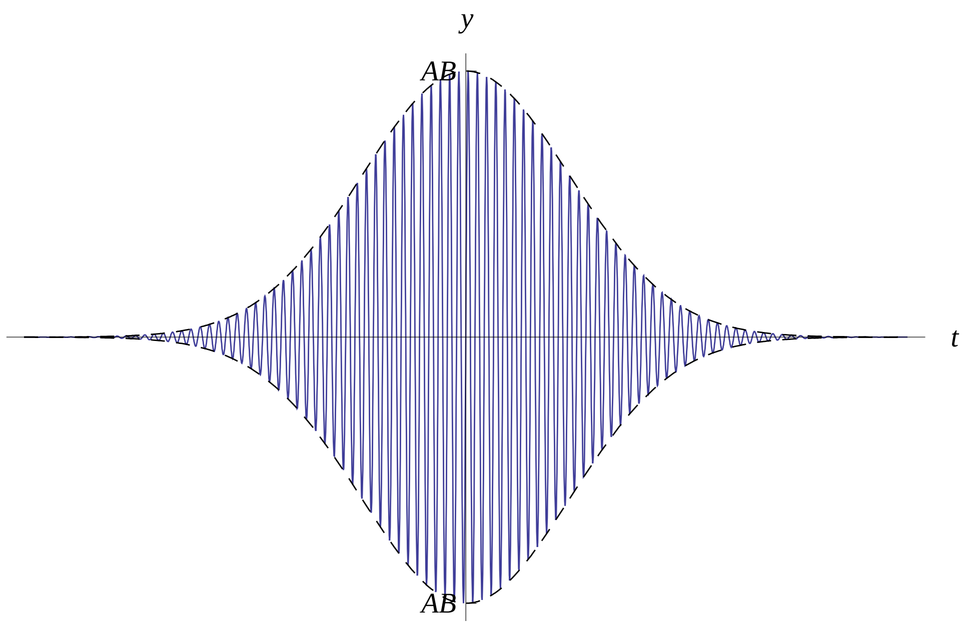


Figura 2: Il segnale a radiofrequenza $u(t) = A\sin\omega t$ è modulato in ampiezza da un segnale a bassa frequenza "di prova", dato dalla gaussiana $\phi(t) = Be^{-kt^2}$.

[1]Dovremmo tener conto della dipendenza dalle coordinate spaziali $(x, y, z)$, ma a noi interessa solo la dipendenza dal tempo $t$.