



DIPARTIMENTO DI  
INGEGNERIA ELETTRICA  
E DELL'INFORMAZIONE

**GRUPPO MISURE ELETTRICHE ED ELETTRONICHE**

Corso di: **Misure**

Corso di Laurea: **Ing. Informatica e dell'Automazione**

Docente: **Prof. Attivissimo Filippo**

# **Esercitazione n: 1**

## **Titolo: Analisi Onde**

**A.A. 2025-2026**

**Gruppo n.: 6**

Componenti del gruppo:

**Ventura Vito** (Matricola: **591562**)

**Torraco Gabriele** (Matricola: **591958**)

**Zappatore Gianmarco** (Matricola: **591835**)

**Martello Giovanni Pio** (Matricola: **591340**)

**Palazzo Fabio** (Matricola: **591386**)

## **Scopo dell'esercitazione**

La finalità della seguente esercitazione è l'**analisi di alcune tipologie di onde** (Sinusoidale, Quadre, Triangolare) anche in presenza di segnale Multi-Armonico. Sono state poi studiate le casistiche in presenza di **rumore** e di **raddrizzamento**, a singola e doppia semionda in modo tale da verificarne il cambiamento nel tempo e in frequenza.

Tutto ciò è stato svolto attraverso il calcolo di alcuni parametri, ovvero: **Valore Efficace** e **Valore Medio** dei segnali con relativi grafici, grazie all'utilizzo del linguaggio "**Matlab**".

# Risultati (Parte 1)

## Onda Sinusoidale

Ponendo i seguenti parametri: ( $N = 256$ ,  $f = 50$ ,  $M = 2$ )

$K = [1];$

$A = [5];$

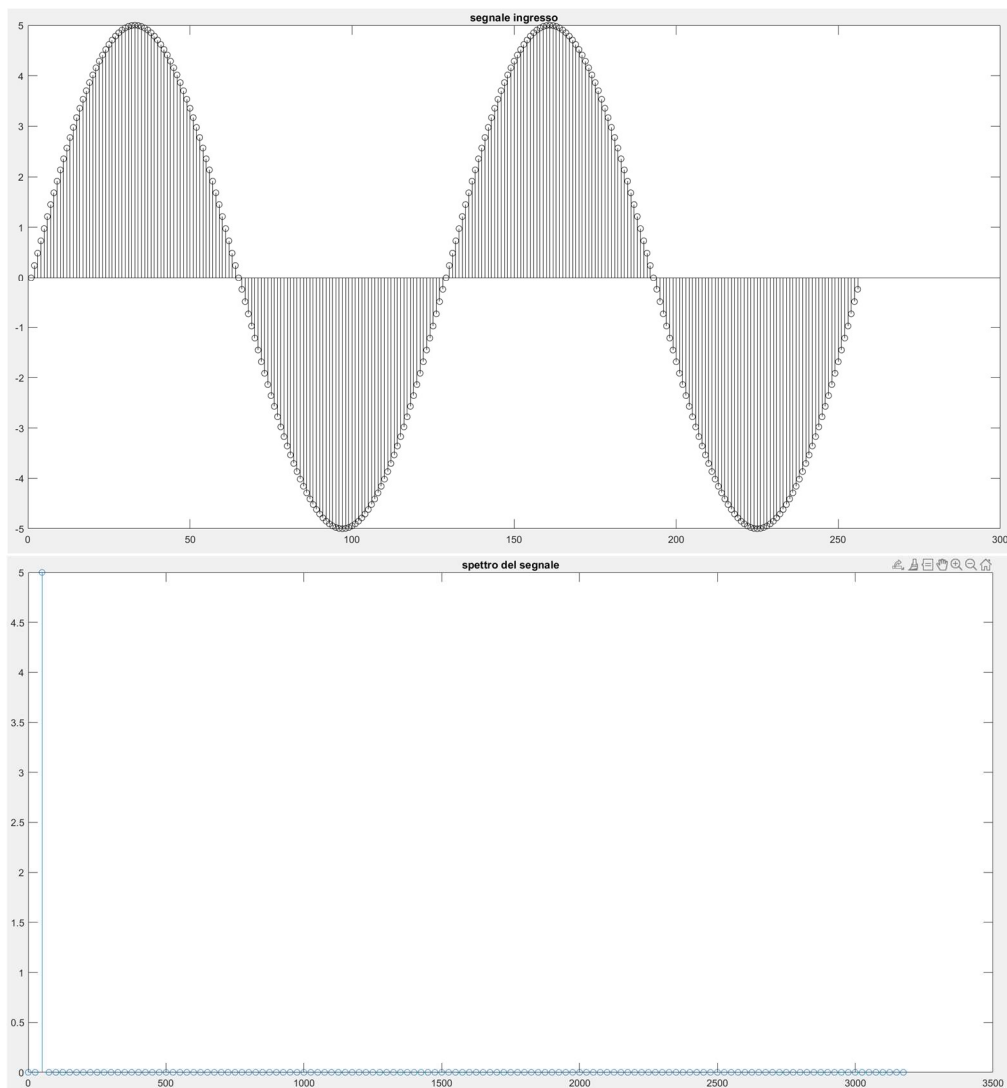
$P = [0].$

Si ottengono i seguenti risultati

**MATLAB:**  $V_m = 1.1796e - 16V$ ;  $V_{eff} = 3.5355V$ .

**METODO ANALITICO:**  $V_m = 0V$ ;  $V_{eff} = \frac{V_p}{\sqrt{2}} = 3.5355V$ .

Riportiamo di seguito i grafici ottenuti:



## Segnale Multi-Armonico a tre componenti

Ponendo i seguenti parametri: ( $N = 256$ ,  $f = 50$ ,  $M = 2$ )

$K = [1, 2, 5];$

$A = [3, 4, 5];$

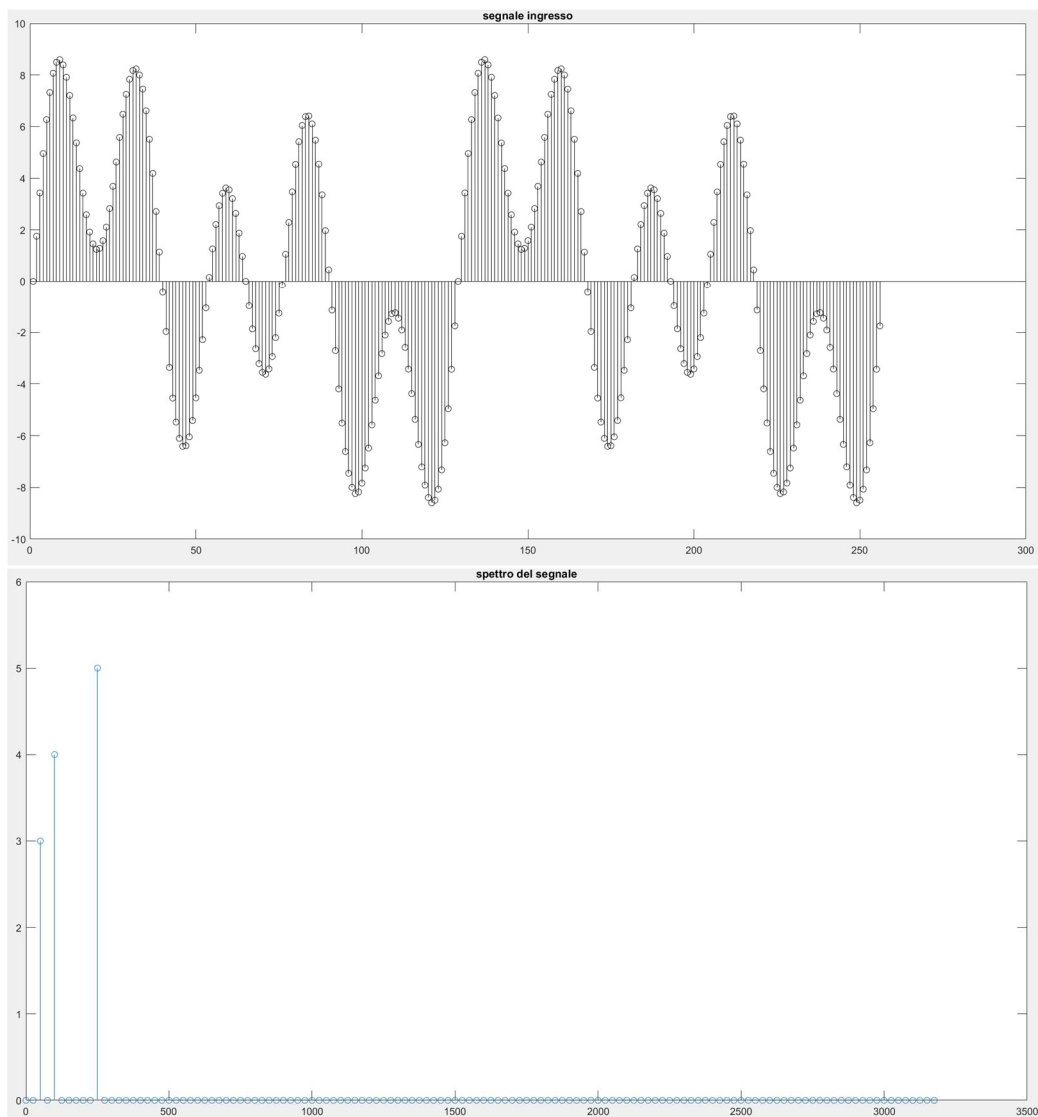
$P = [0, 0, 0].$

Si ottengono i seguenti risultati:

**MATLAB:**  $V_m = 1.7174e - 16V$ ;  $V_{eff} = 5.0000V$ .

**METODO ANALITICO:**  $V_m = 0V$ ;  $V_{eff} = \sqrt{\left(\frac{A_1}{\sqrt{2}}\right)^2 + \left(\frac{A_2}{\sqrt{2}}\right)^2 + \left(\frac{A_3}{\sqrt{2}}\right)^2} = 5V$ .

Riportiamo di seguito i grafici ottenuti:



## Onda Quadra

Ponendo i seguenti parametri: ( $N = 256$ ,  $f = 50$ ,  $M = 2$ )

$A = [3]$ ;

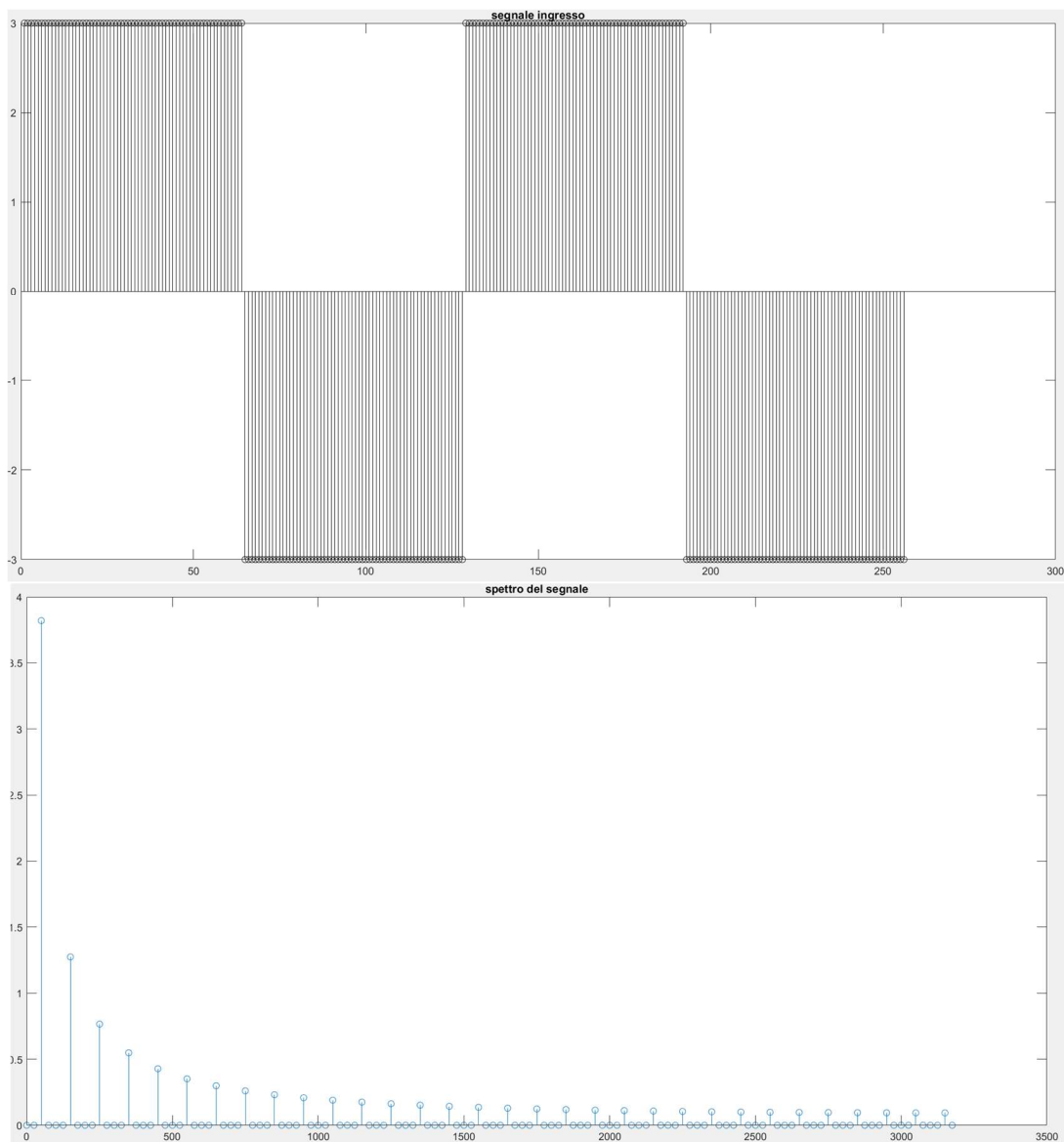
Duty Cycle = 50% (*Default*).

Si ottengono i seguenti risultati:

**MATLAB:**  $V_m = 0V$ ;  $V_{eff} = 3.0000V$ .

**METODO ANALITICO:**  $V_m = 0V$ ;  $V_{eff} = V_p = 3.0000V$ .

Riportiamo di seguito i grafici ottenuti:



## Onda Triangolare

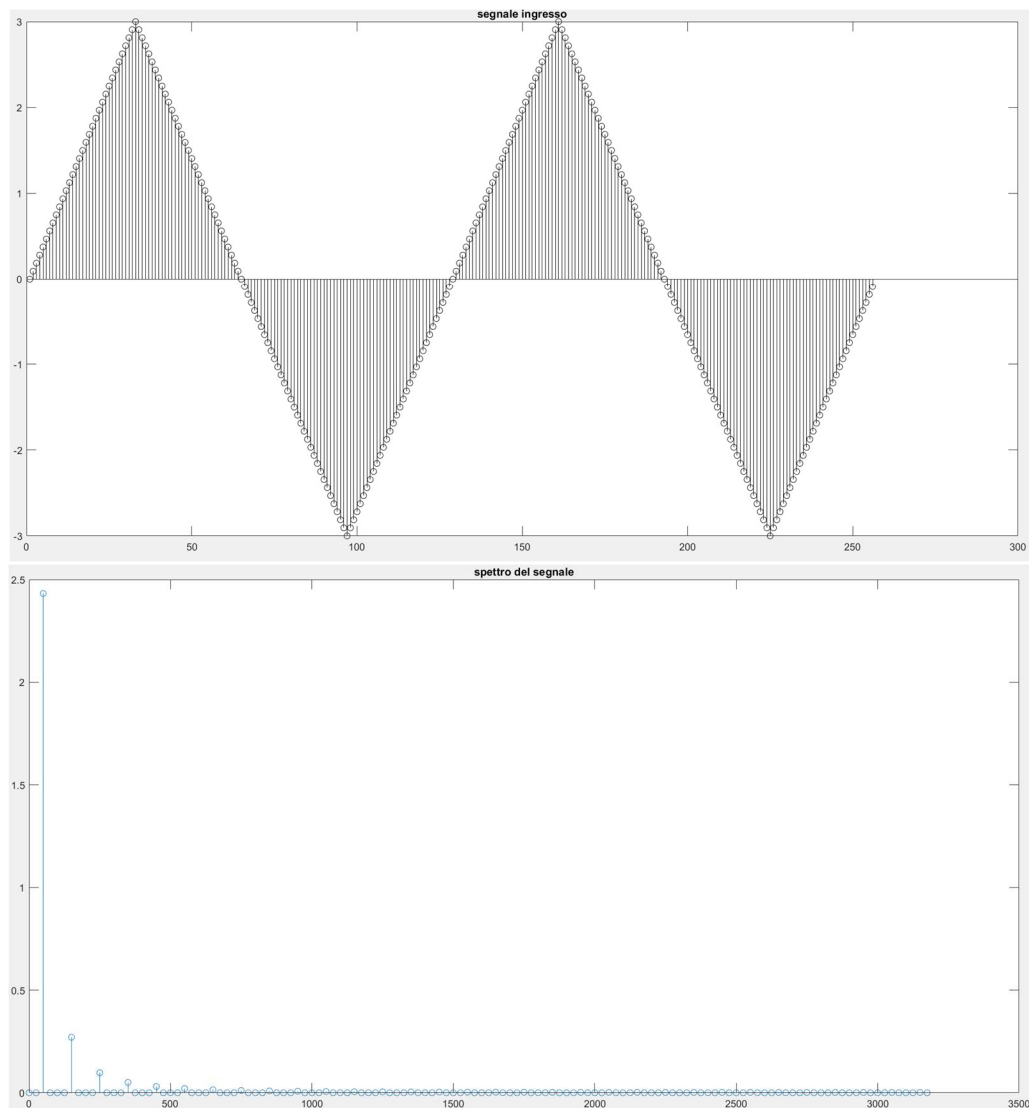
Ponendo i seguenti parametri: ( $N = 256$ ,  $f = 50$ ,  $M = 2$ )  
 $A = [3]$ .

Si ottengono i seguenti risultati:

**MATLAB:**  $V_m = 2.1814e - 16V$ ;  $V_{eff} = 1.7325V$ .

**METODO ANALITICO:**  $V_m = 0V$ ;  $V_{eff} = \frac{V_p}{\sqrt{3}} = 1.7320V$ .

Riportiamo di seguito i grafici ottenuti:



## Risultati (Parte 2)

### **Segnale Sinusoidale con Rumore a distribuzione Gaussiana ( $\sigma = \frac{A}{3}$ )**

Rumore a distribuzione Gaussiana, a media ( $\mu$ ) nulla e deviazione standard ( $\sigma$ ) pari a 1/3 del valore di picco dell'ampiezza della sinusoide.

Sono stati posti i valori: ( $N = 256$ ,  $f = 50$ ,  $M = 2$ )

$K = [1];$

$A = [5];$

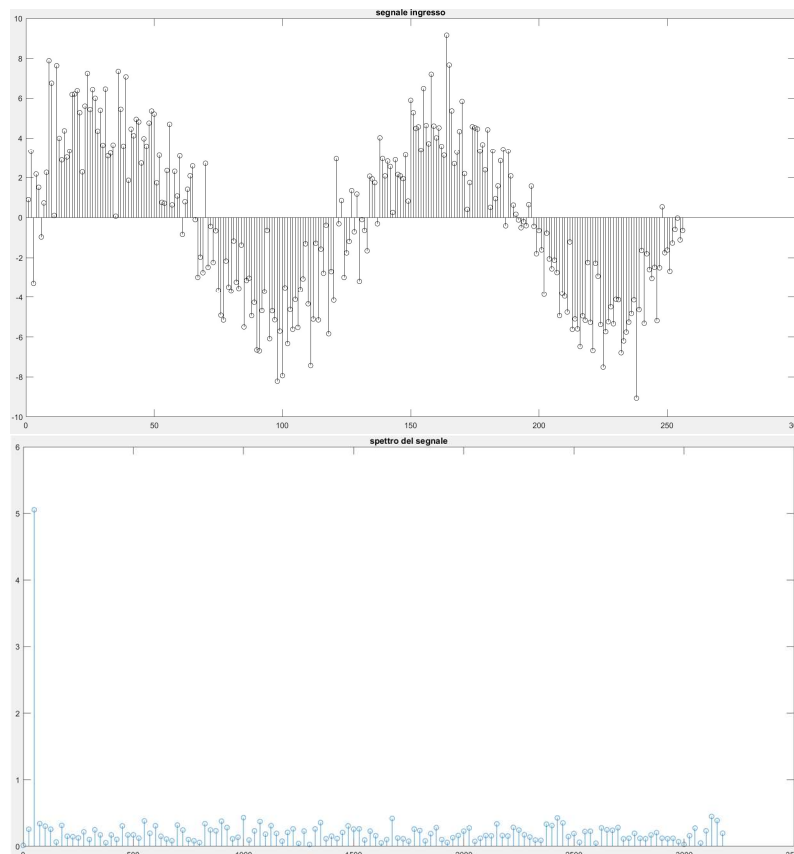
$P = [0].$

Si ottengono i seguenti risultati:

**MATLAB:**  $V_m = -0.0139V$ ;  $V_{eff} = 3.9747V$ .

**METODO ANALITICO:**  $V_m = \mu = 0V$ ;  $V_{eff} = \sqrt{\left(\frac{V_p}{\sqrt{2}}\right)^2 + (\sigma)^2} = 3.9106V$ .

Riportiamo di seguito i grafici ottenuti:



## Segnale Sinusoidale con Rumore a distribuzione Gaussiana ( $\sigma = \frac{2 \cdot A}{3}$ )

Rumore a distribuzione Gaussiana, a media ( $\mu$ ) non nulla e deviazione standard ( $\sigma$ ) pari a  $2/3$  del valore di picco dell'ampiezza della sinusoide.

Sono stati posti i valori: ( $N = 256$ ,  $f = 50$ ,  $M = 2$ )

$K = [1];$

$A = [5];$

$P = [0];$

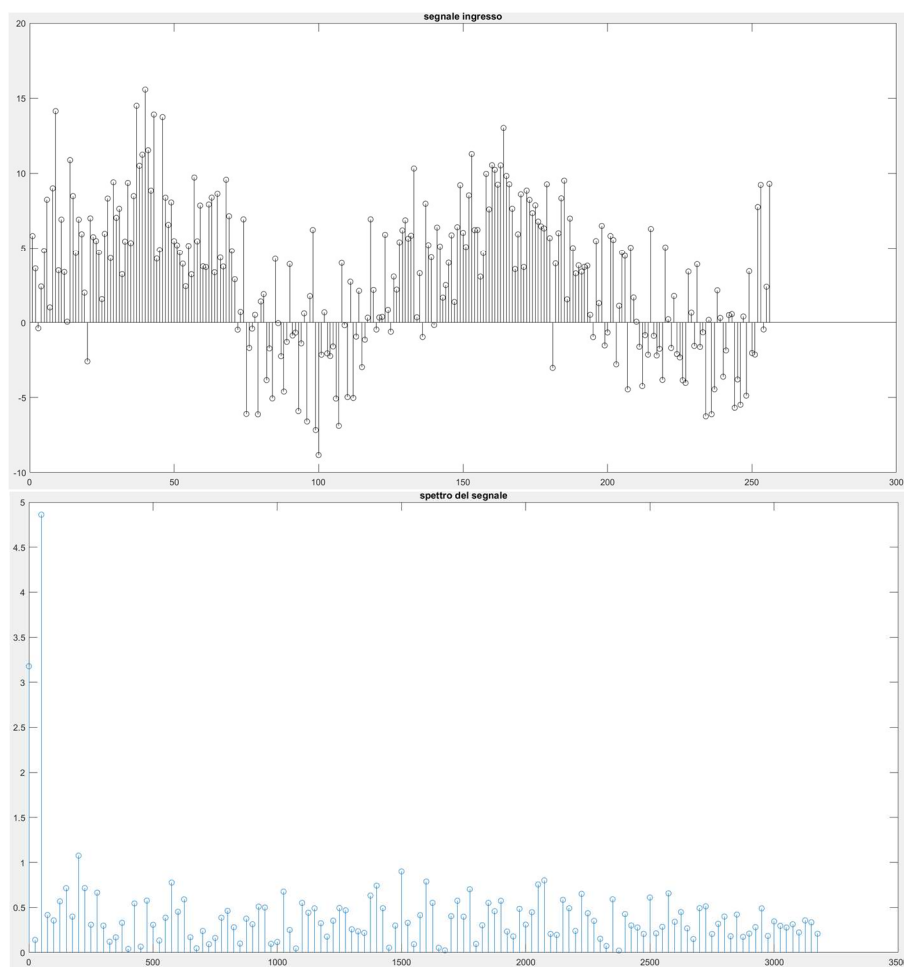
$\mu = 3.$

Si ottengono i seguenti risultati:

**MATLAB:**  $V_m = 3.1785V$ ;  $V_{eff} = 5.7535V$ .

**METODO ANALITICO:**  $V_m = \mu = 3V$ ;  $V_{eff} = \sqrt{\left(\left(\frac{V_p}{\sqrt{2}}\right)^2 + (\sigma)^2 + (\mu)^2\right)} = 5.7106V$ .

Riportiamo di seguito i grafici ottenuti:





## Segnale Sinusoidale con Rumore a distribuzione Uniforme ( $\sigma = \frac{A}{3}$ )

Rumore a distribuzione uniforme, a media ( $\mu$ ) nulla e deviazione standard ( $\sigma$ ) pari a 1/3 del valore di picco dell'ampiezza della sinusoide.

Sono stati posti i valori: ( $N = 256$ ,  $f = 50$ ,  $M = 2$ )

$K = [1];$

$A = [5];$

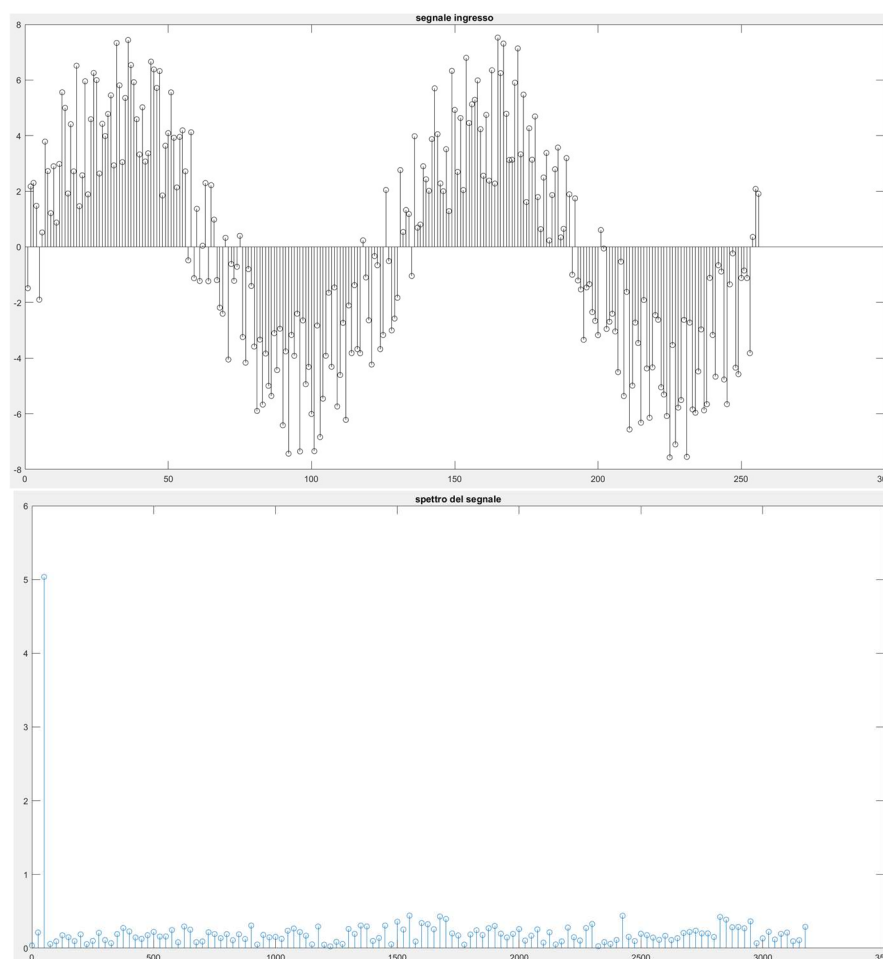
$P = [0].$

Si ottengono i seguenti risultati:

**MATLAB:**  $V_m = 0.0349V$ ;  $V_{eff} = 3.9344V$ .

**METODO ANALITICO:**  $V_m = \mu = 0V$ ;  $V_{eff} = \sqrt{\left(\left(\frac{V_p}{\sqrt{2}}\right)^2 + (\sigma)^2\right)} = 3.9087V$ .

Riportiamo di seguito i grafici ottenuti:



## Segnale Sinusoidale con Rumore a distribuzione Uniforme ( $\sigma = \frac{2 \cdot A}{3}$ )

Rumore a distribuzione uniforme, a media ( $\mu$ ) non nulla e deviazione standard ( $\sigma$ ) pari a  $2/3$  del valore di picco dell'ampiezza della sinusoide.

Sono stati posti i valori: ( $N = 256$ ,  $f = 50$ ,  $M = 2$ )

$K = [1];$

$A = [5];$

$P = [0];$

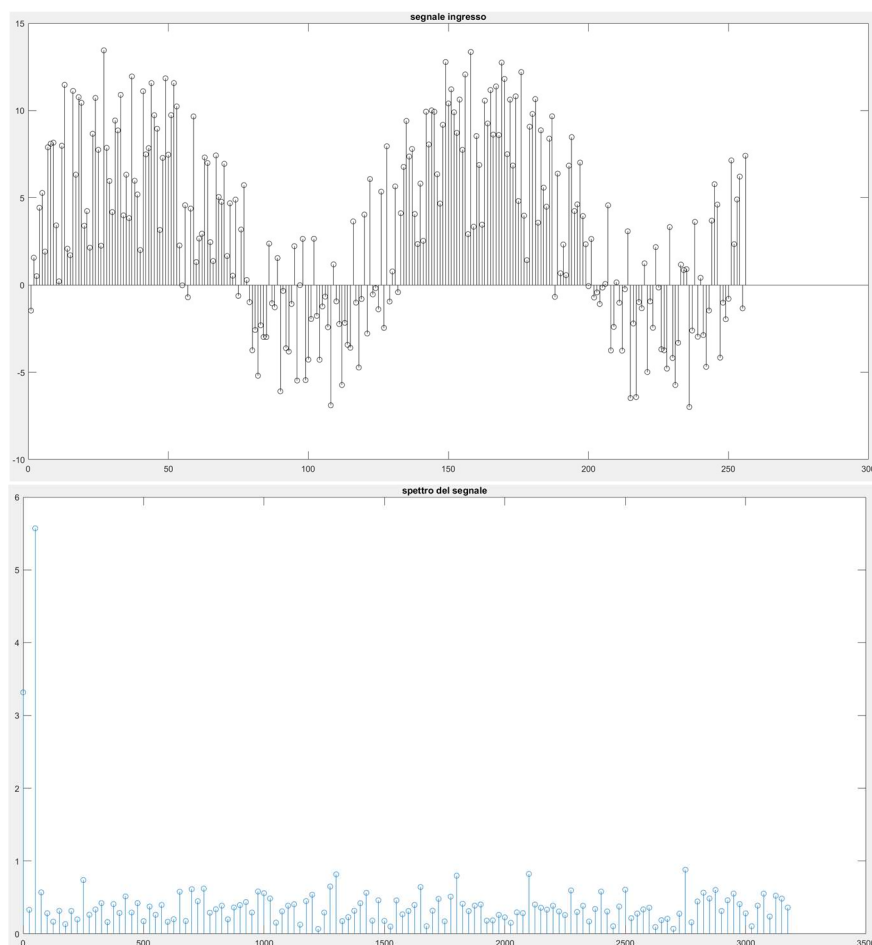
$\mu = 3.$

Si ottengono i seguenti risultati:

**MATLAB:**  $V_m = 3.3168V$ ;  $V_{eff} = 6.0425V$ .

**METODO ANALITICO:**  $V_m = \mu = 3V$ ;  $V_{eff} = \sqrt{\left(\left(\frac{V_p}{\sqrt{2}}\right)^2 + (\sigma)^2 + (\mu)^2\right)} = 5.7106V$ .

Riportiamo di seguito i grafici ottenuti:



## Segnale Multi-Armonico a tre componenti con Rumore a distribuzione Gaussiana ( $\sigma = \frac{A(3)}{3}$ )

Rumore a distribuzione Gaussiana, a media ( $\mu$ ) nulla e deviazione standard ( $\sigma$ ) pari a 1/3 del valore di picco dell'ampiezza del segnale multi-armonico.

Sono stati posti i valori: ( $N = 256$ ,  $f = 50$ ,  $M = 2$ )

$K = [1, 2, 5];$

$A = [3, 4, 5];$

$P = [0, 0, 0].$

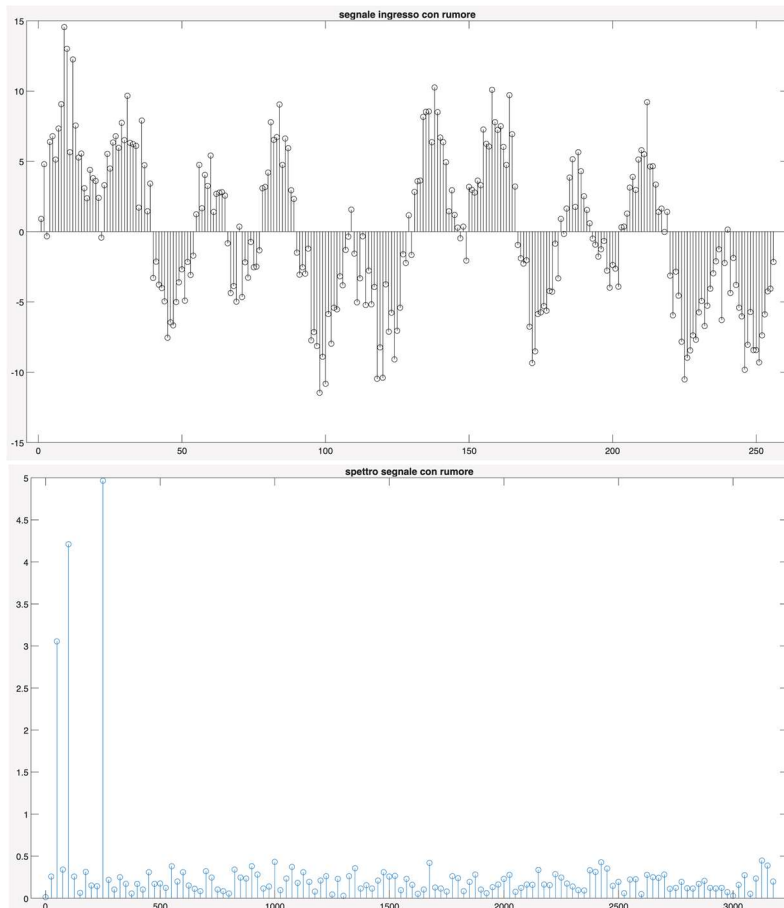
Si ottengono i seguenti risultati:

**MATLAB:**  $V_m = -0.0139V$ ;  $V_{eff} = 5.3690V$ .

**METODO ANALITICO:**

$$V_m = \mu = 0V; V_{eff} = \sqrt{\left(\left(\frac{A_1}{\sqrt{2}}\right)^2 + \left(\frac{A_2}{\sqrt{2}}\right)^2 + \left(\frac{A_3}{\sqrt{2}}\right)^2 + (\sigma)^2\right)} = 5.2704V.$$

Riportiamo di seguito i grafici ottenuti:



## Segnale Multi-Armonico a tre componenti con Rumore a distribuzione Gaussiana ( $\sigma = \frac{2 \cdot A(3)}{3}$ )

Rumore a distribuzione Gaussiana, a media ( $\mu$ ) non nulla e deviazione standard ( $\sigma$ ) pari a 2/3 del valore di picco dell'ampiezza del segnale multi-armonico.

Sono stati posti i valori: ( $N = 256$ ,  $f = 50$ ,  $M = 2$ )

$K = [1, 2, 5];$

$A = [3, 4, 5];$

$P = [0, 0, 0];$

$\mu = 3.$

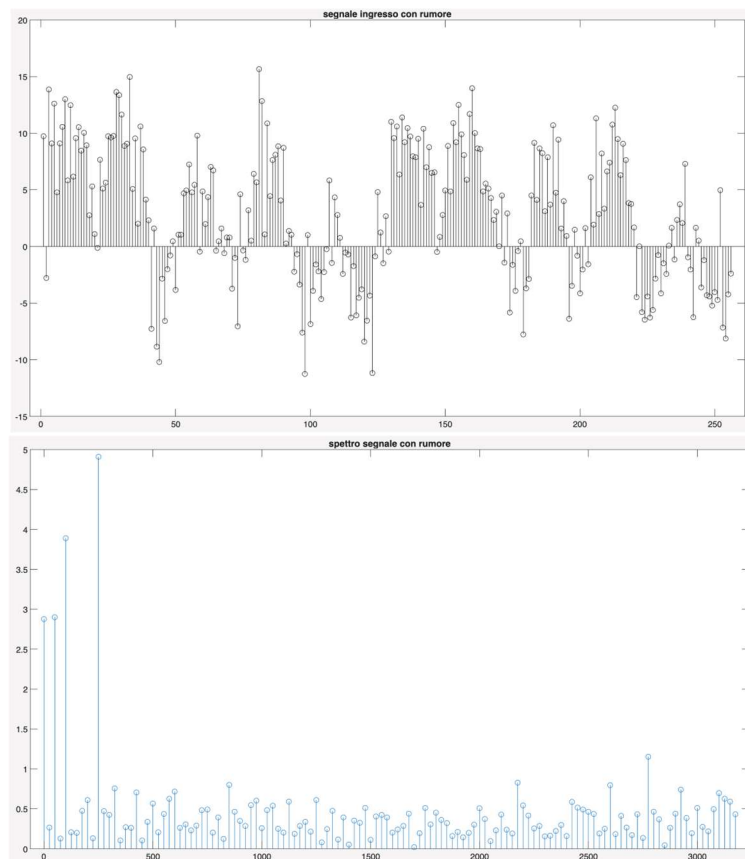
Si ottengono i seguenti risultati:

**MATLAB:**  $V_m = 2.8783V$ ;  $V_{eff} = 6.5152V$ .

**METODO ANALITICO:**

$$V_m = \mu = 3V; V_{eff} = \sqrt{\left(\left(\frac{A_1}{\sqrt{2}}\right)^2 + \left(\frac{A_2}{\sqrt{2}}\right)^2 + \left(\frac{A_3}{\sqrt{2}}\right)^2 + (\sigma)^2 + (\mu)^2\right)} = 6.7164V.$$

Riportiamo di seguito i grafici ottenuti:



## Segnale Multi-Armonico a tre componenti con Rumore a distribuzione Uniforme ( $\sigma = \frac{A(3)}{3}$ )

Rumore a distribuzione uniforme, a media ( $\mu$ ) nulla e deviazione standard ( $\sigma$ ) pari a 1/3 del valore di picco dell'ampiezza del segnale multi-armonico.

Sono stati posti i valori: ( $N = 256$ ,  $f = 50$ ,  $M = 2$ )

$K = [1, 2, 5];$

$A = [3, 4, 5];$

$P = [0, 0, 0].$

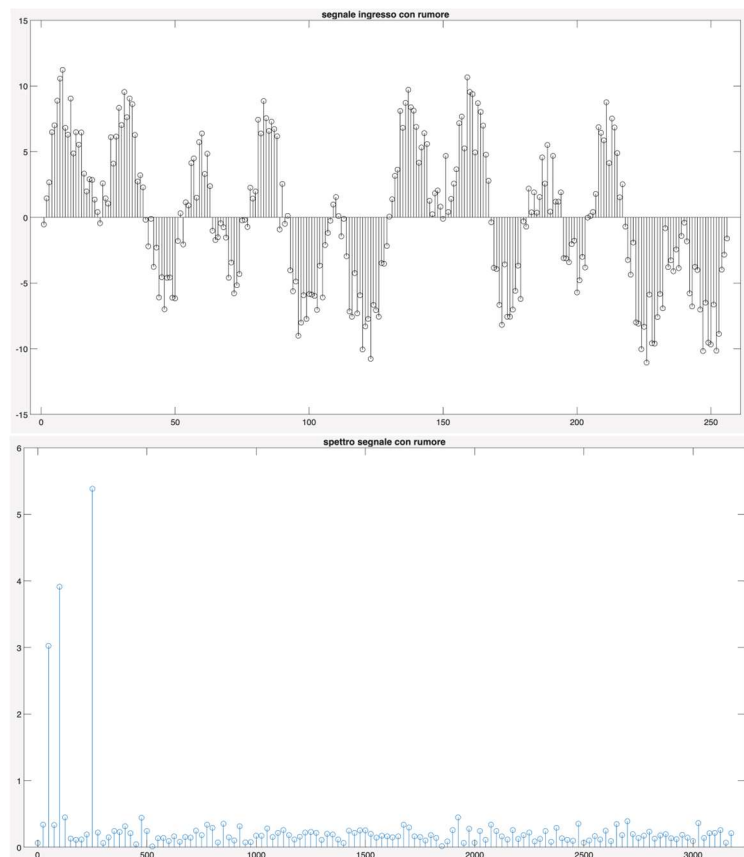
Si ottengono i seguenti risultati:

**MATLAB:**  $V_m = -0.0626V$ ;  $V_{eff} = 5.4222V$ .

**METODO ANALITICO:**

$$V_m = \mu = 0V; V_{eff} = \sqrt{\left(\left(\frac{A_1}{\sqrt{2}}\right)^2 + \left(\frac{A_2}{\sqrt{2}}\right)^2 + \left(\frac{A_3}{\sqrt{2}}\right)^2 + (\sigma)^2\right)} = 5.2704V.$$

Riportiamo di seguito i grafici ottenuti:



## Segnale Multi-Armonico a tre componenti con Rumore a distribuzione Uniforme ( $\sigma = \frac{2 \cdot A(3)}{3}$ )

Rumore a distribuzione uniforme, a media non ( $\mu$ ) nulla e deviazione standard ( $\sigma$ ) pari a 2/3 del valore di picco dell'ampiezza del segnale multi-armonico.

Sono stati posti i valori: ( $N = 256$ ,  $f = 50$ ,  $M = 2$ )

$K = [1, 2, 5];$

$A = [3, 4, 5];$

$P = [0, 0, 0];$

$\mu = 3.$

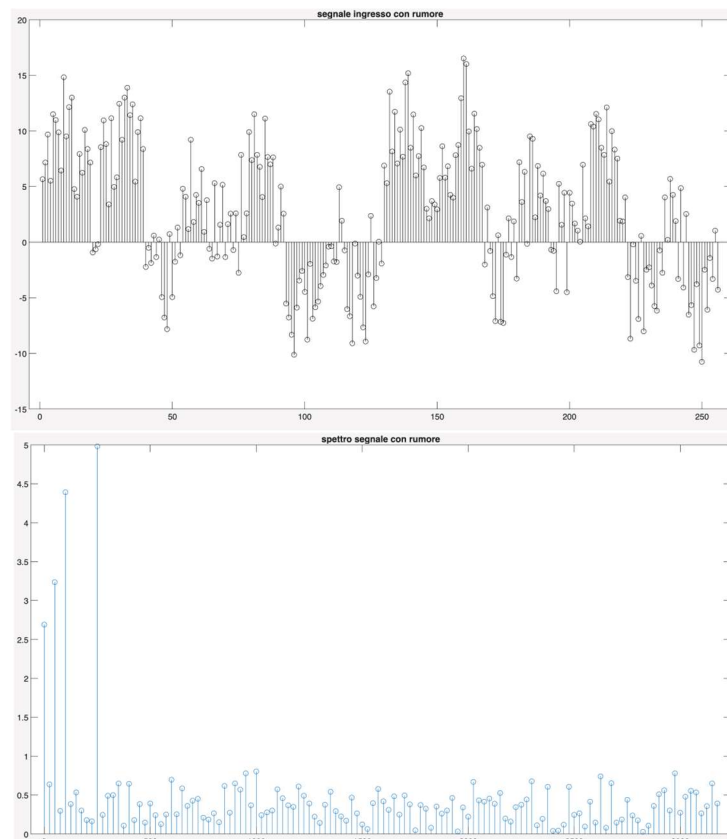
Si ottengono i seguenti risultati:

**MATLAB:**  $V_m = 2.6905V$ ;  $V_{eff} = 6.6816V$ .

**METODO ANALITICO:**

$$V_m = \mu = 3V; V_{eff} = \sqrt{\left(\left(\frac{A_1}{\sqrt{2}}\right)^2 + \left(\frac{A_2}{\sqrt{2}}\right)^2 + \left(\frac{A_3}{\sqrt{2}}\right)^2 + (\sigma)^2 + (\mu)^2\right)} = 6.7164V.$$

Riportiamo di seguito i grafici ottenuti:



## Risultati (Parte 3)

### Onda Sinusoidale con Raddrizzamento

Ponendo i seguenti parametri: (N = 256, f = 50, M = 2)

K = [1];

A = [5];

P = [0].

Si ottengono i seguenti risultati:

#### **MATLAB:**

$V_{m\_sin} = 1.5912V$ ;  $V_{eff\_sin} = 2.5000V$ .

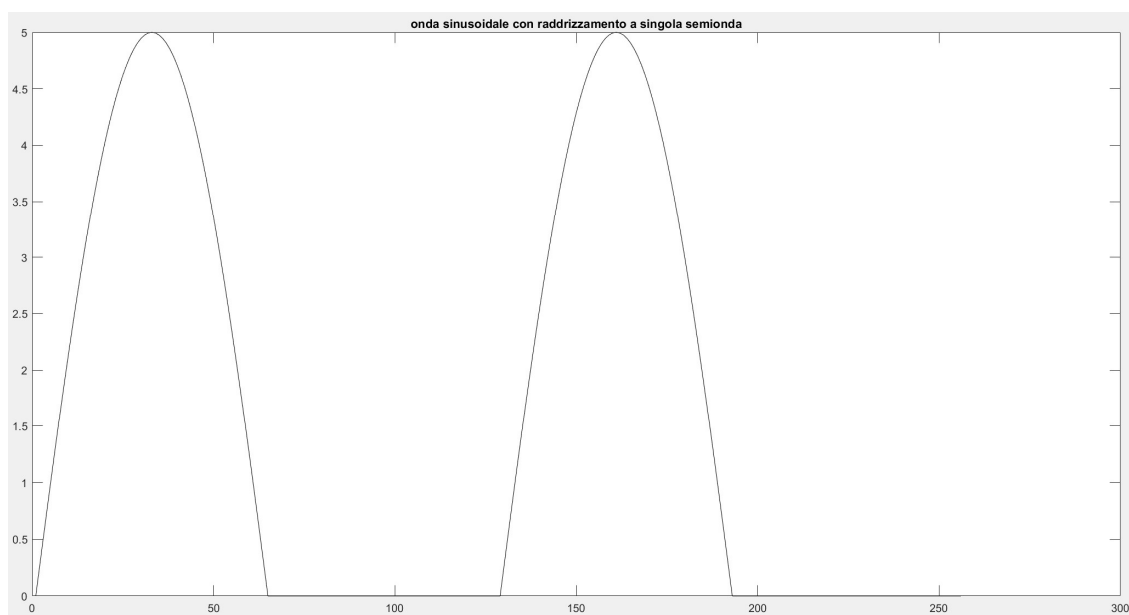
$V_{m\_double} = 3.1825V$ ;  $V_{eff\_double} = 3.5355V$ .

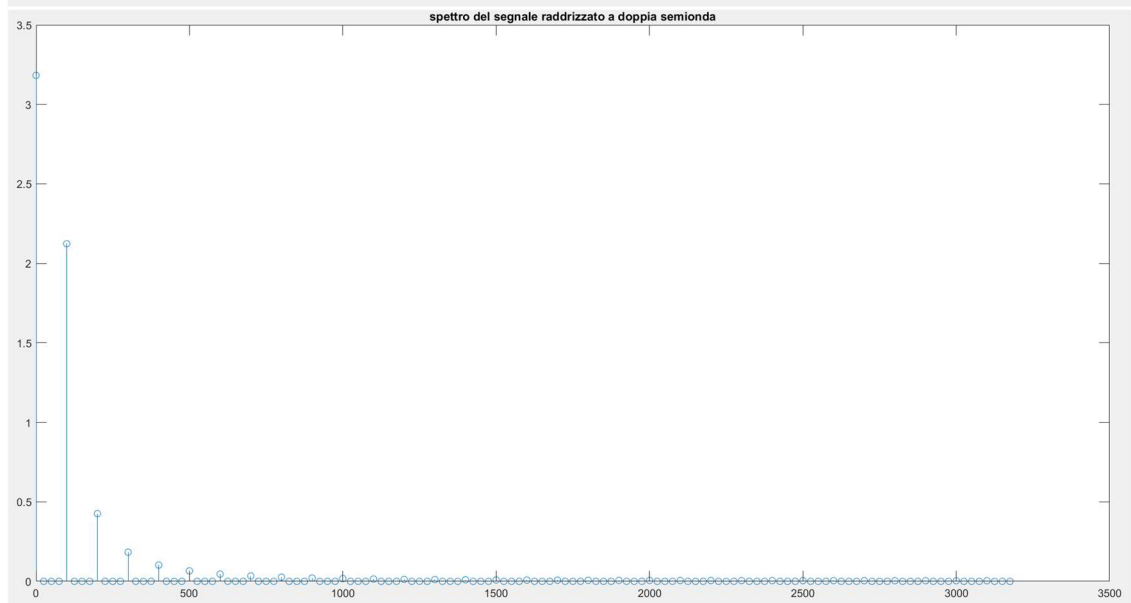
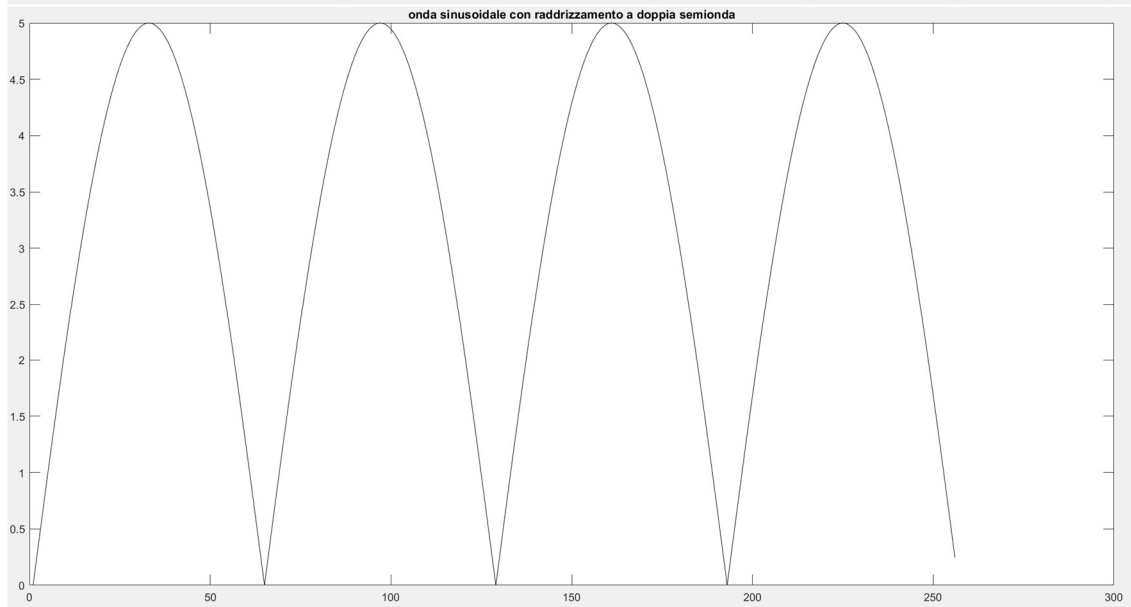
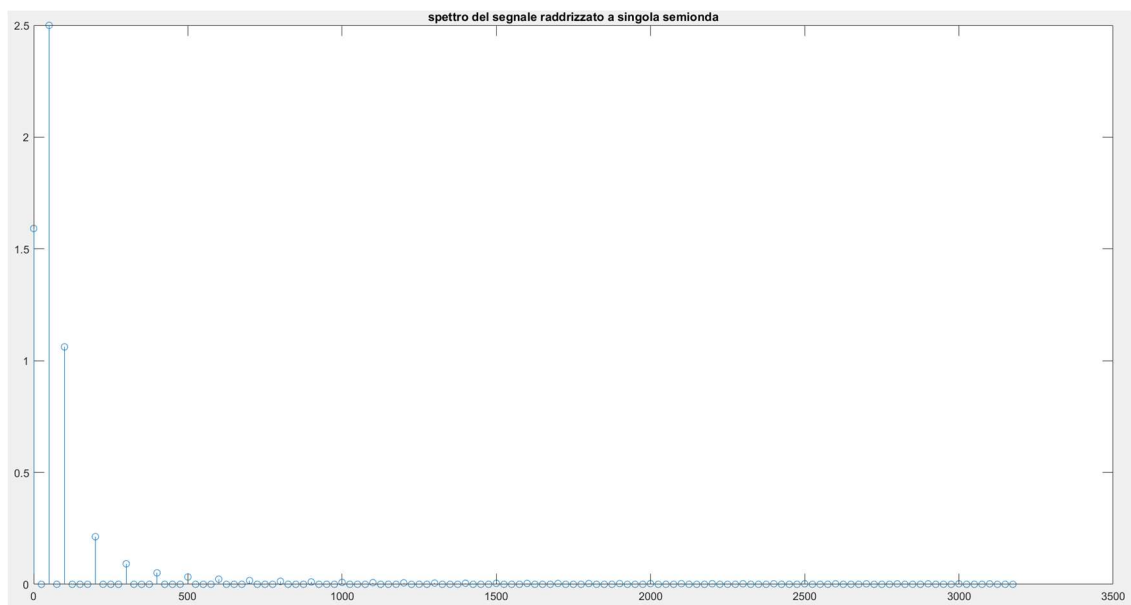
#### **METODO ANALITICO:**

$V_{m\_sin} = \frac{V_p}{\pi} = 1.5923V$ ;  $V_{eff\_sin} = \frac{V_p}{2} = 2.5000V$ .

$V_{m\_double} = \frac{2V_p}{\pi} = 3.1847V$ ;  $V_{eff\_double} = \frac{V_p}{\sqrt{2}} = 3.5355V$ .

Riportiamo di seguito i grafici ottenuti:







## Onda Triangolare con Raddrizzamento

Ponendo i seguenti parametri: ( $N = 256$ ,  $f = 50$ ,  $M = 2$ )  
 $A = [3]$ .

Si ottengono i seguenti risultati:

### MATLAB:

$V_{m\_sin} = 0.7500V$ ;  $V_{eff\_sin} = 1.2250V$ .

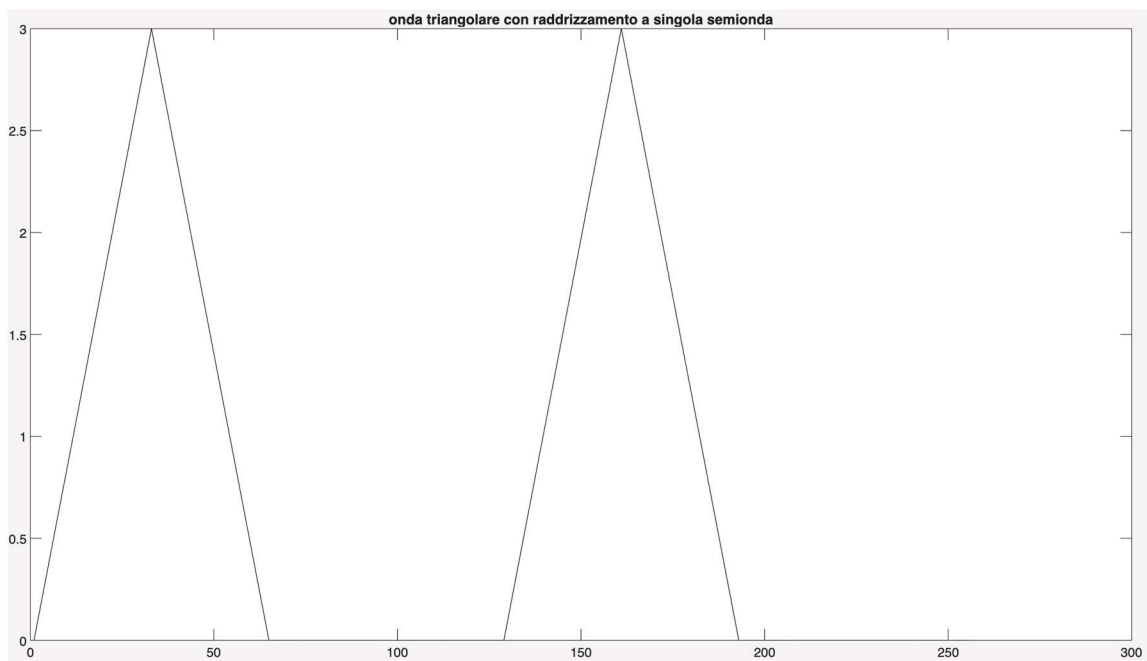
$V_{m\_double} = 1.5000V$ ;  $V_{eff\_double} = 1.7325V$ .

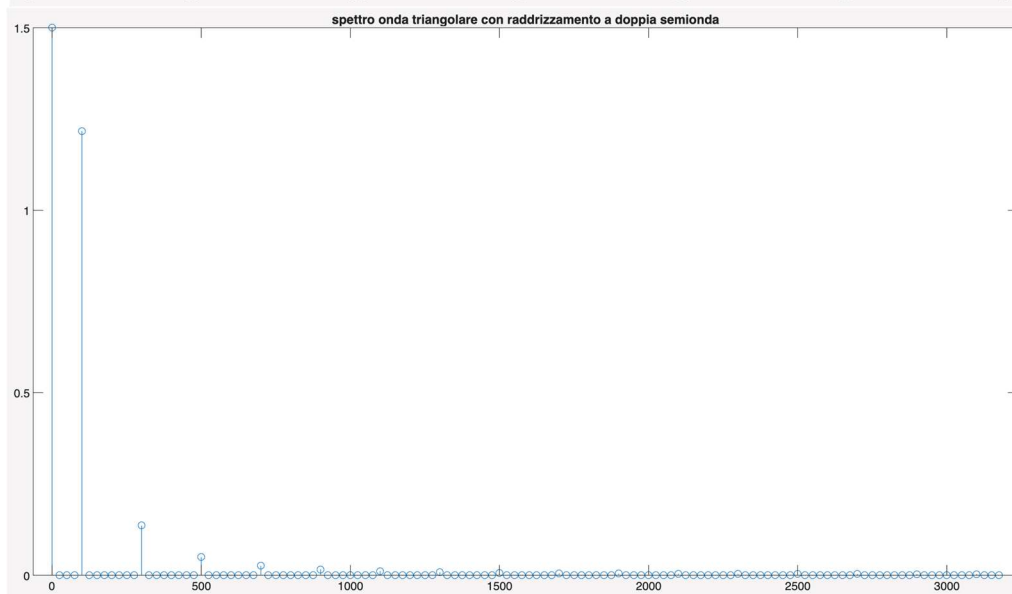
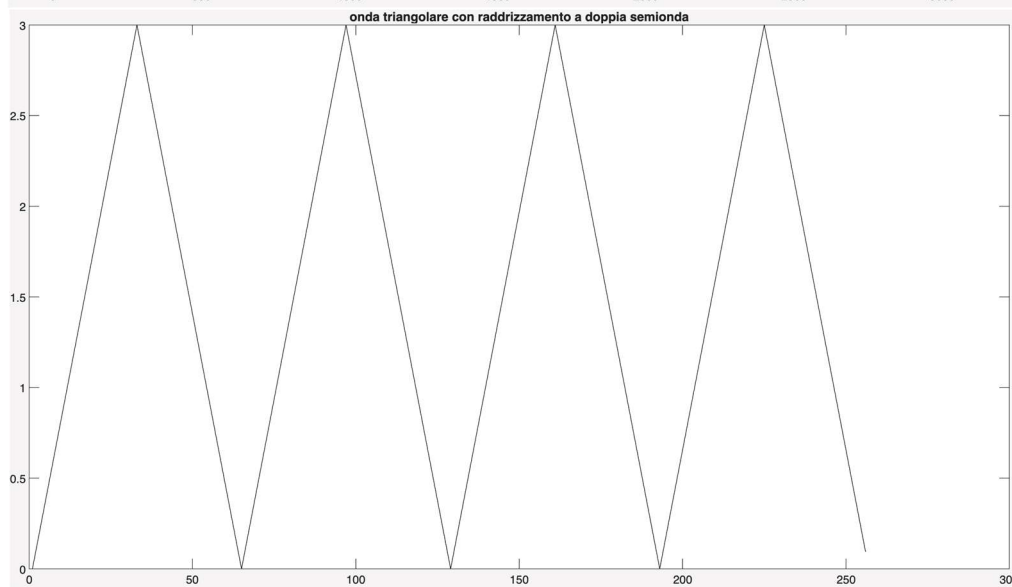
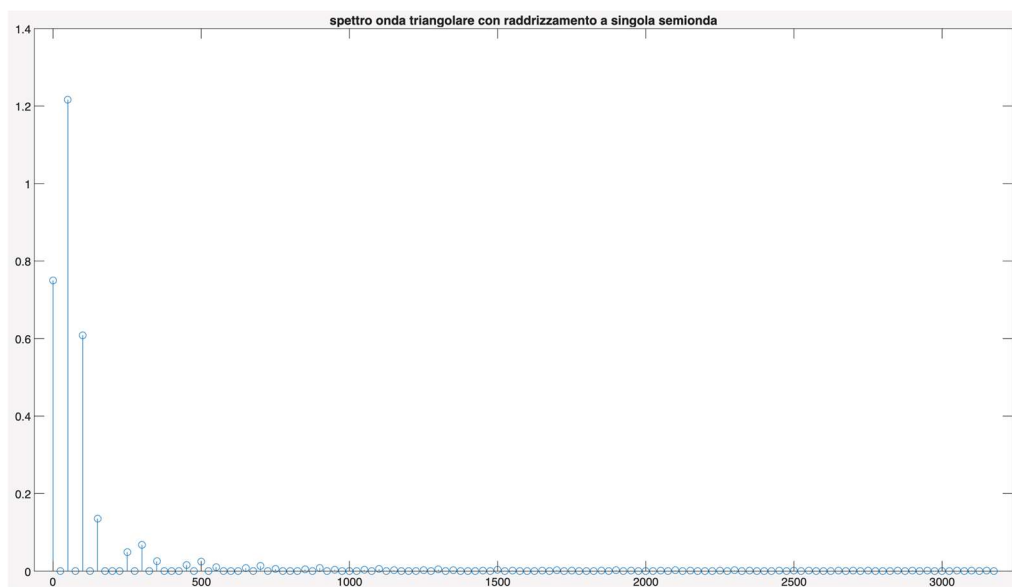
### METODO ANALITICO:

$V_{m\_sin} = \frac{V_p}{4} = 0.7500V$ ;  $V_{eff\_sin} = \frac{V_p}{2\sqrt{3}} = 1.2247V$ .

$V_{m\_double} = \frac{V_p}{2} = 1.5000V$ ;  $V_{eff\_double} = \frac{V_p}{\sqrt{3}} = 1.7320V$ .

Riportiamo di seguito i grafici ottenuti:





## Onda Quadra con Raddrizzamento

Ponendo i seguenti parametri: ( $N = 256$ ,  $f = 50$ ,  $M = 2$ )  
 $A = [3]$ .

Si ottengono i seguenti risultati:

### MATLAB:

$V_{m\_sin} = 1.5000V$ ;  $V_{eff\_sin} = 2.1213V$ .

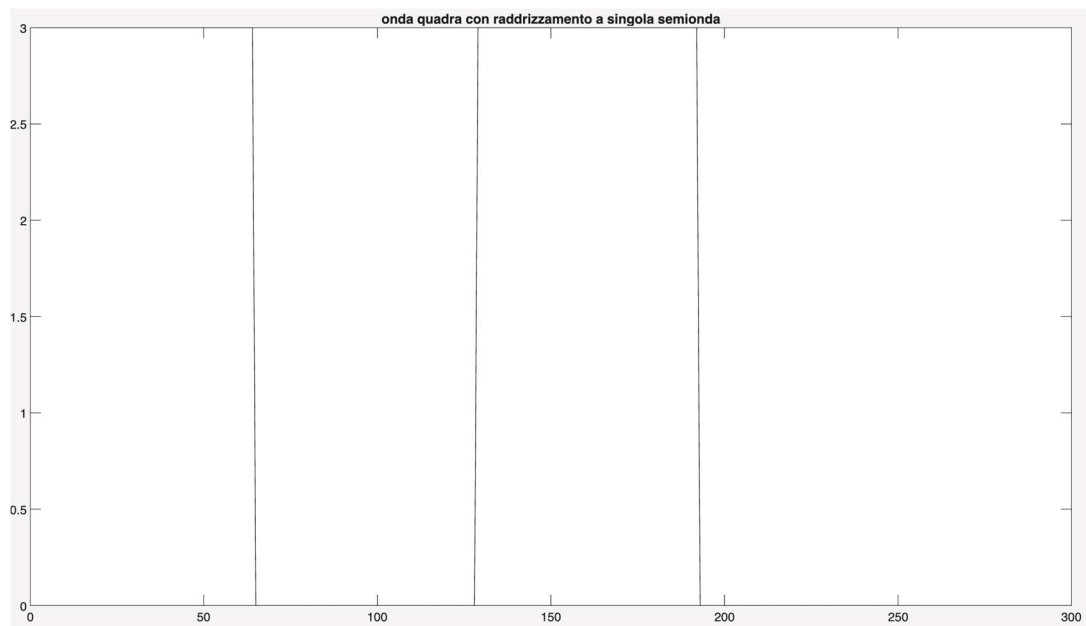
$V_{m\_double} = 3V$ ;  $V_{eff\_double} = 3V$ .

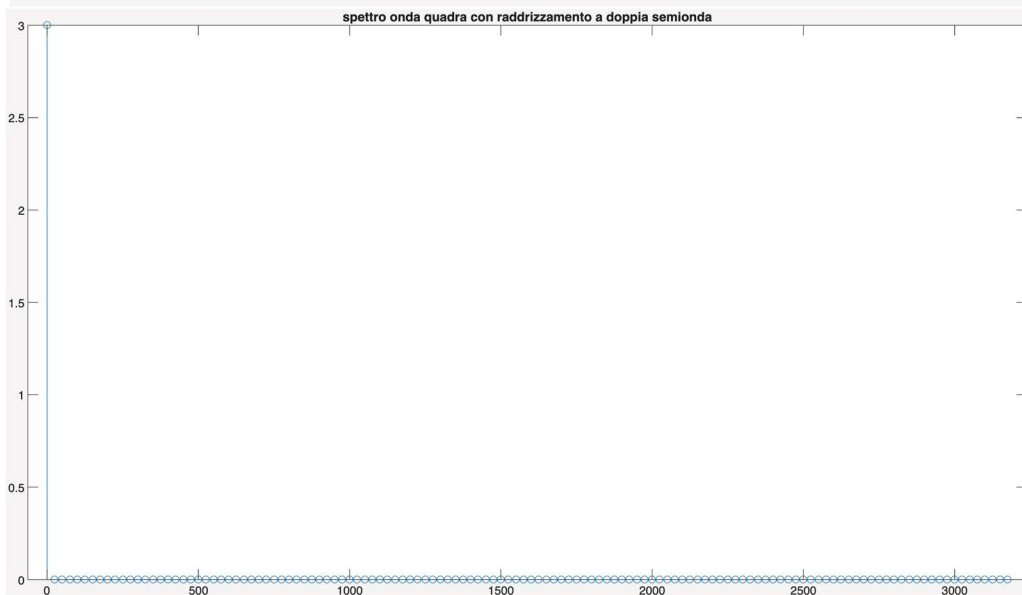
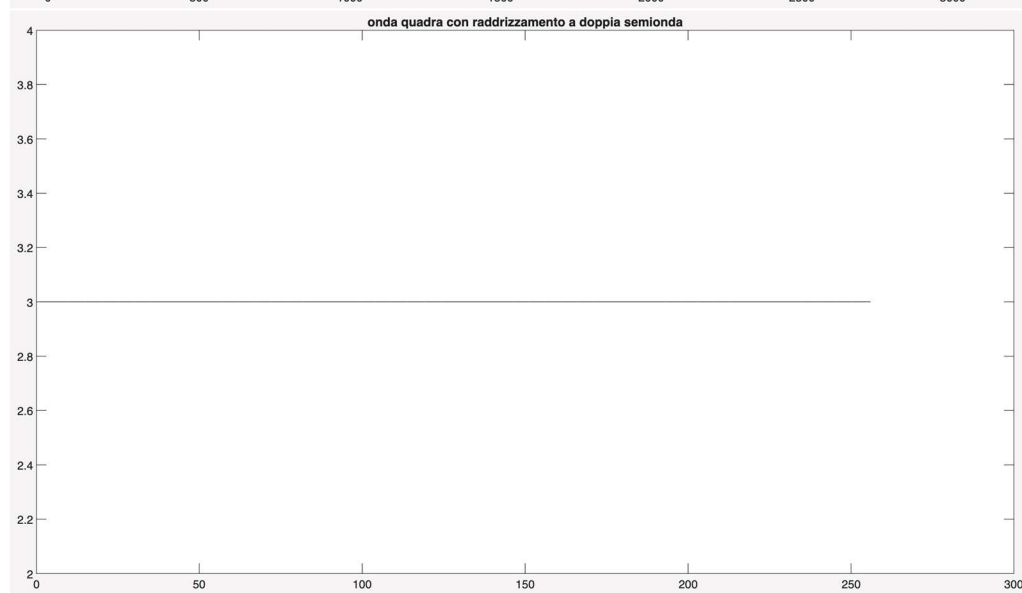
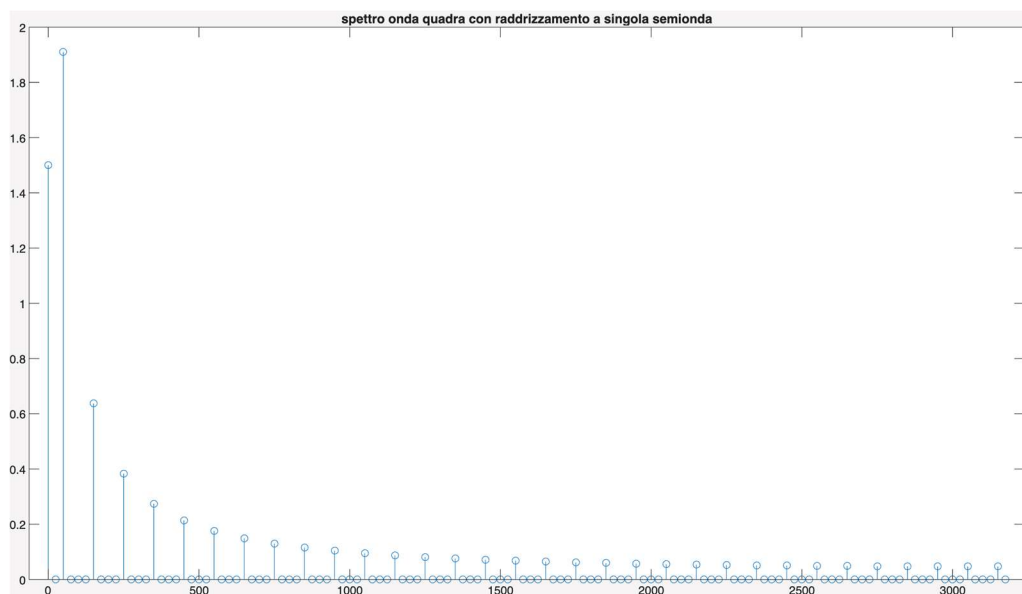
### METODO ANALITICO:

$V_{m\_sin} = \frac{V_p}{2} = 1.5000V$ ;  $V_{eff\_sin} = \frac{V_p}{\sqrt{2}} = 2.1213V$ .

$V_{m\_double} = V_p = 3V$ ;  $V_{eff\_double} = V_p = 3V$ .

Riportiamo di seguito i grafici ottenuti:





FORMULE ANALITICHE						
Tipo di Segnale	Non Raddrizzata		Raddrizzamento a singola semionda		Raddrizzamento a doppia semionda	
	V <sub>m</sub>	V <sub>eff</sub>	V <sub>m</sub>	V <sub>eff</sub>	V <sub>m</sub>	V <sub>eff</sub>
Onda Sinusoidale	0	$V_p/\sqrt{2}$	$V_p/\pi$	$V_p/2$	$2V_p/\pi$	$V_p/\sqrt{2}$
Onda Quadra	0	$V_p$	$V_p/2$	$V_p/\sqrt{2}$	$V_p$	$V_p$
Onda Triangolare	0	$V_p/\sqrt{3}$	$V_p/4$	$V_p/(2\sqrt{3})$	$V_p/2$	$V_p/\sqrt{3}$
RISULTATI						
Tipo di Segnale	Non Raddrizzata		Raddrizzamento a singola semionda		Raddrizzamento a doppia semionda	
	V <sub>m</sub>	V <sub>eff</sub>	V <sub>m</sub>	V <sub>eff</sub>	V <sub>m</sub>	V <sub>eff</sub>
Onda Sinusoidale	0.0000	3.5355	1.5923	2.5000	3.1847	3.5355
Onda Quadra	0.0000	3.0000	1.5000	2.1213	3.0000	3.0000
Onda Triangolare	0.0000	1.7320	0.7500	1.2247	1.5000	1.7320

## Considerazioni (Parte 1)

Per quanto riguarda la suddetta parte, è necessario soffermarsi sul verificare la coerenza tra i grafici proposti punto per punto, rispettivamente per il **dominio nel tempo** ed in **frequenza (spettro)**.

Se in ingresso vi è:

- **Una Sinusoide:** la massima ampiezza del segnale in ingresso corrisponde al valore più alto raggiunto dallo spettro;
- **Un Segnale Multi-Armonico:** la massima ampiezza di ogni armonica corrisponde ai picchi dello spettro alle rispettive frequenze;
- **Un'Onda Quadra o Triangolare:** in corrispondenza delle frequenze pari le armoniche sono nulle, in quelle dispari hanno un andamento decrescente.

Tutti i segnali in ingresso, essendo periodici, presentano banda limitata ed il loro spettro risulta a "righe".

Alla luce di queste considerazioni, è possibile affermare che, effettivamente, vi è coerenza tra il segnale in ingresso ed il suo spettro.

Si osservi che il valore medio è nullo per ogni tipo di segnale in ingresso, come ci si aspettava accadesse.

## Considerazioni (Parte 2)

Per quanto riguarda la suddetta parte, si introduce un **rumore** ai segnali in ingresso, studiati nella precedente parte; di questo rumore è stato analizzato anche lo spettro (il quale ha andamento costante in frequenza, come ci si aspettava).

Questo provoca dei cambiamenti, difatti il segnale risulta visibilmente disturbato, in base alle caratteristiche del rumore, quali:

- **Distribuzione Gaussiana** (andamento a campana): i valori sono concentrati attorno alla media (in un caso nulla, nell'altro non nulla) e raramente se ne hanno alle estremità, inoltre le fluttuazioni risultano un po' più "morbide" con qualche picco;
- **Distribuzione Uniforme** (andamento rettangolare): i valori sono distribuiti lungo l'intervallo e le fluttuazioni risultano più spigolose, ma senza picchi;
- **Media nulla**: il centro di distribuzione si aggira attorno allo zero (il segnale vi fluttua al di sopra e al di sotto, in modo tale da farlo risultare più bilanciato), inoltre, la media del segnale complessivo non viene influenzata;
- **Media non nulla**: la media del segnale complessivo viene influenzata, in particolare, risulta maggiore;
- **Deviazione Standard**: se corrisponde a  $\frac{1}{3}$  dell'ampiezza massima, le fluttuazioni sono più contenute e il rumore si nota meno rispetto ad una deviazione standard uguale a  $\frac{2}{3}$  dell'ampiezza massima.

## Considerazioni (Parte 3)

Per quanto riguarda la suddetta parte, il **raddrizzamento** provoca l'eliminazione della componente negativa dell'onda (diviene nulla se questo è a singola semionda, simmetrica se a doppia semionda) e, conseguentemente, si nota che il valore medio non sarà più nullo (anche il valore efficace subirà un incremento, più evidente nel caso di raddrizzamento a doppia semionda).