

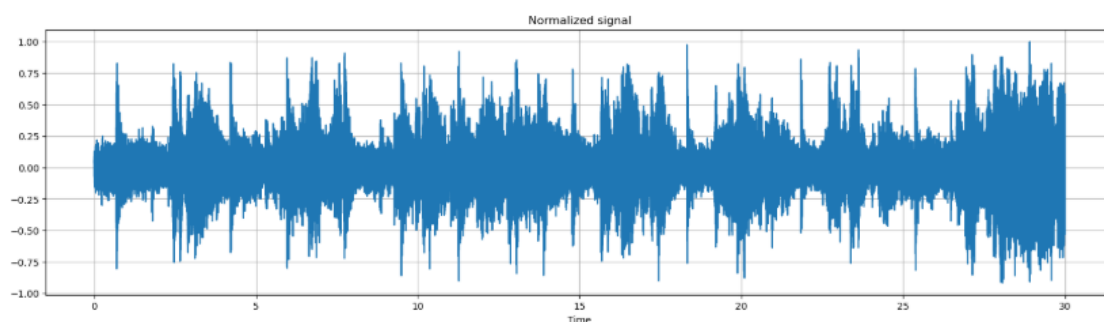
# Ψηφιακή Εργασία Σήματος

## 2<sup>η</sup> Εργαστηριακή Άσκηση

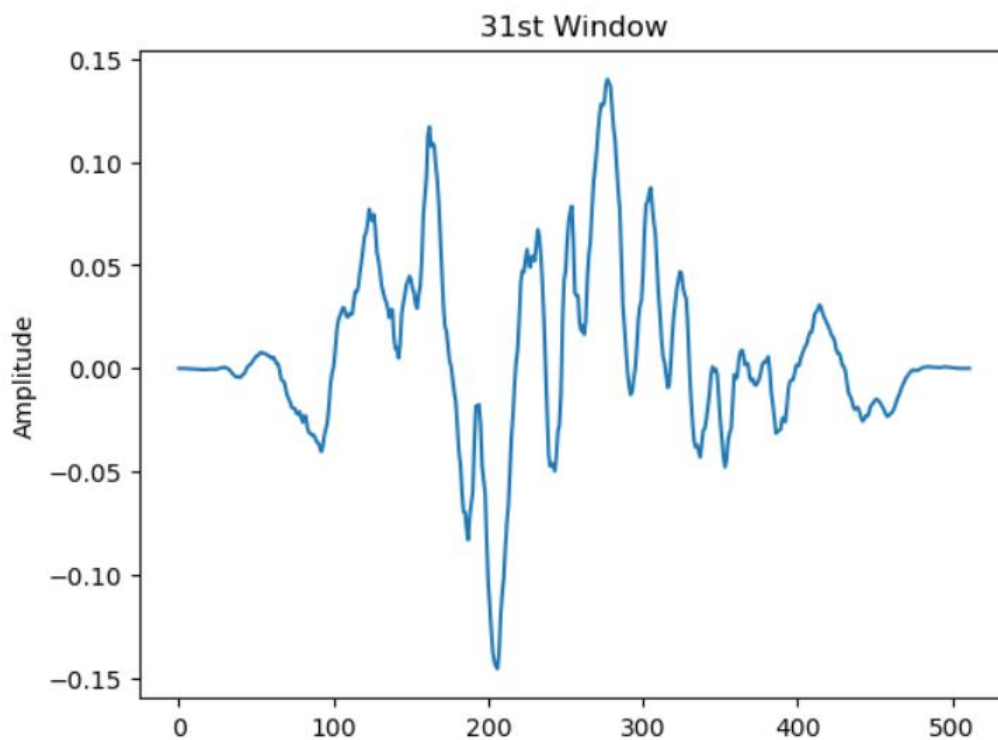
Άννα Κουτσώνη-03120019

### Μέρος 1<sup>ο</sup> – Ψυχοακουστικό Μοντέλο 1

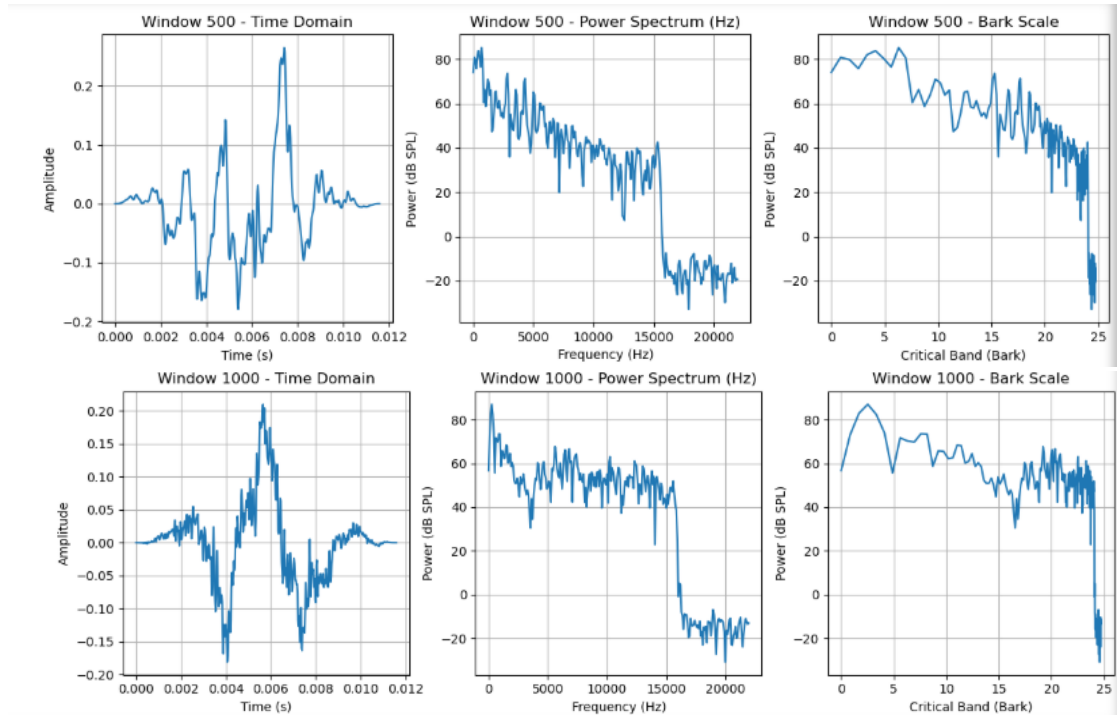
1.0 Διαβάζουμε το σήμα μουσικής music\_dsp.wav το οποίο βρίσκεται σε μορφή mono και στη συνέχεια αφού το κανονικοποιήσουμε στο διάστημα  $[-1,1]$  παίρνουμε το εξής σήμα:



Παραθυροποιούμε το σήμα με παράθυρο Hanning χρησιμοποιώντας 512 δείγματα. Παρατίθεται το 31ο παράθυρο του σήματος:



1.1 Ορίζουμε την κλίμακα bark με βάση την εξίσωση (2) της εκφώνησης και υπολογίζουμε το μονόπλευρο φάσμα ισχύος. Για ευκολία της οπτικοποίησης αναπαριστούμε τα παράθυρα 500 και 1000, τα οποία θα επιλεγθούν και στη συνέχεια της άσκησης για επόμενα διαγράμματα.



1.2 Χρησιμοποιούμε την εξής Boolean συνάρτηση για να εντοπίσουμε ανά critical band τα τοπικά μέγιστα:

$$S_T(k) = \begin{cases} 0, & \text{αν } k \notin [2, 250) \\ P(k) > P(k \pm 1) \wedge P(k) > P(k \pm \Delta_k) + 7\text{dB}, & \text{αν } k \in [2, 250) \end{cases}$$

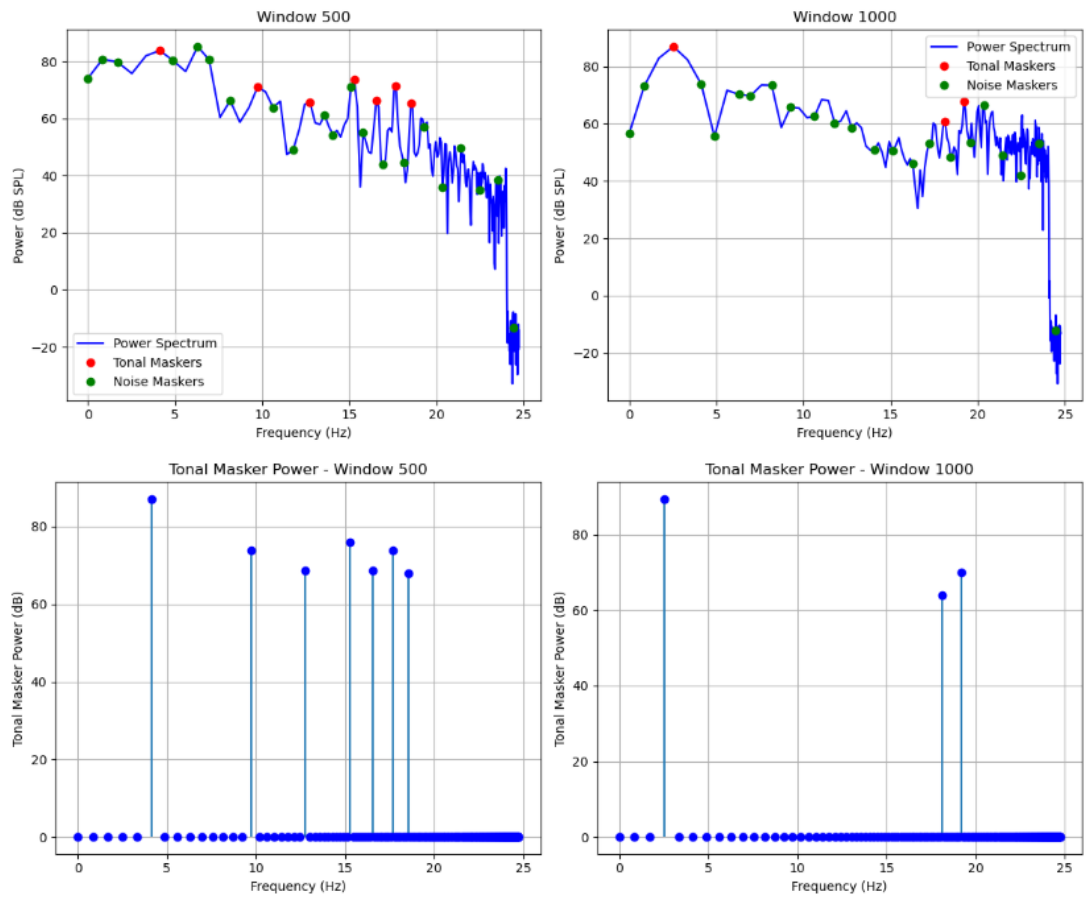
όπου το  $\wedge$  ισοδυναμεί με boolean and και το  $\Delta_k$ :

$$\Delta_k \in \begin{cases} 2, & 2 \leq k < 63 \quad (0.17 - 5.5\text{kHz}) \\ [2, 3] & 63 \leq k < 127 \quad (5.5 - 11\text{kHz}) \\ [2, 6] & 127 \leq k < 250 \quad (11 - 20\text{kHz}) \end{cases}$$

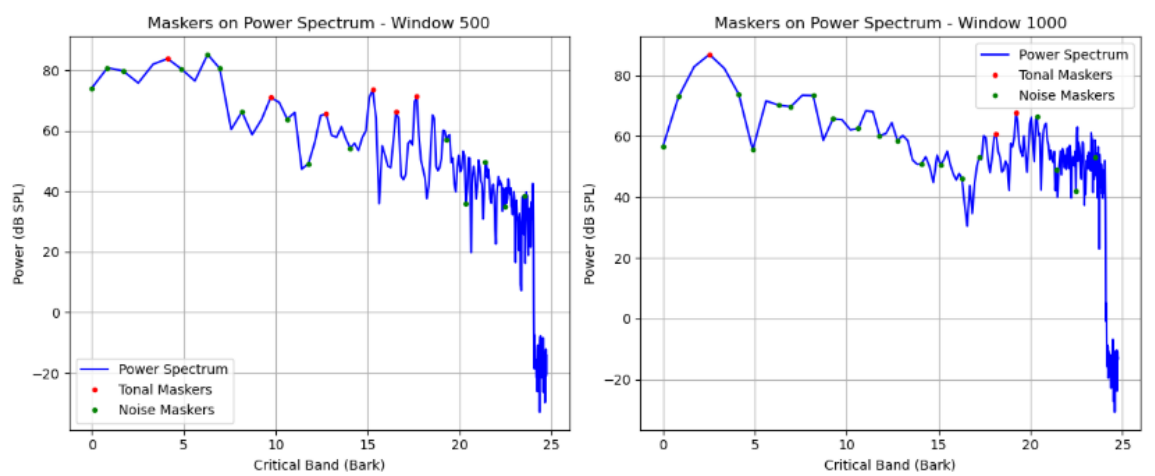
Στη συνέχεια υπολογίζουμε την ισχύ των τονικών μασκών με βάση την εξής συνάρτηση:

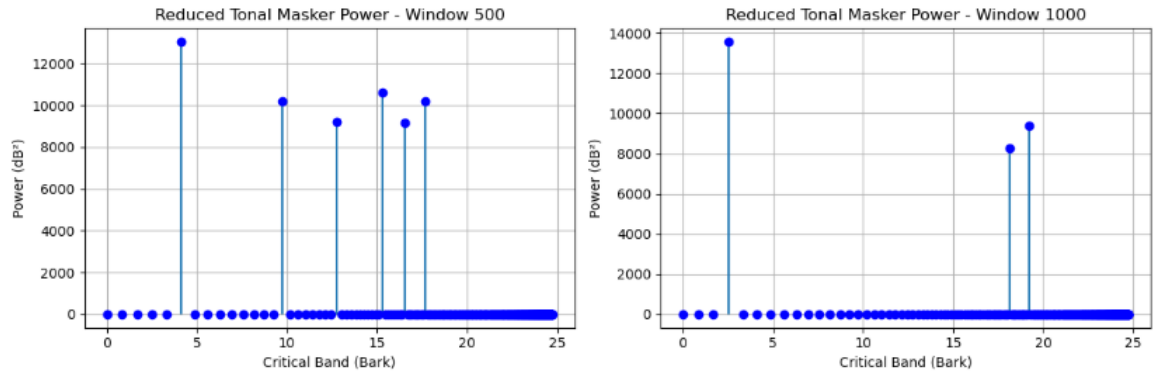
$$P_{TM}(k) = \begin{cases} 10 \log_{10}(10^{0.1(P(k-1))} + 10^{0.1(P(k))} + 10^{0.1(P(k+1))}) (\text{dB}), & \text{αν } S_T(k) = 1 \\ 0, & \text{αν } S_T(k) = 0 \end{cases}$$

Παρατίθενται τα διαγράμματα για τα παράθυρα 500 και 1000:



1.3 Ακολουθούμε αντίστοιχη μεθοδολογία χρησιμοποιώντας τους νέους πίνακες P\_TMc, P\_NMc που δίνονται.





Υλοποιούμε και μια συνάρτηση για να κάνουμε σύγκριση των δύο περιπτώσεων και παρατηρούμε πράγματι μείωση στον αριθμό των μασκών.

```
Tonal Maskers:
Original count: 11599
Reduced count: 8657
Retained count: 74.64%
Noise Maskers:
Original count: 58034
Reduced count: 52012
Retained count: 89.62%
```

1.4 Υπολογίζουμε τα δύο διαφορετικά κατώφλια κάλυψης με βάση τις εξής συναρτήσεις:

$$T_{TM}(i, j) = P_{TM}(j) - 0.275b(j) + SF(i, j) - 6.025(\text{dB SPL})$$

$$T_{NM}(i, j) = P_{NM}(j) - 0.175b(j) + SF(i, j) - 2.025(\text{dB SPL})$$

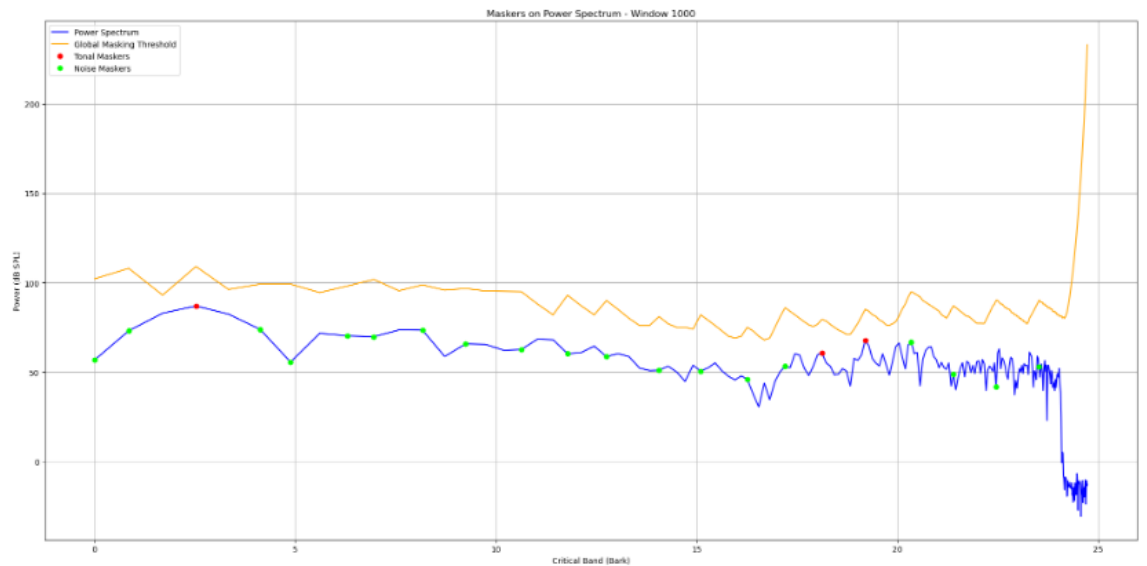
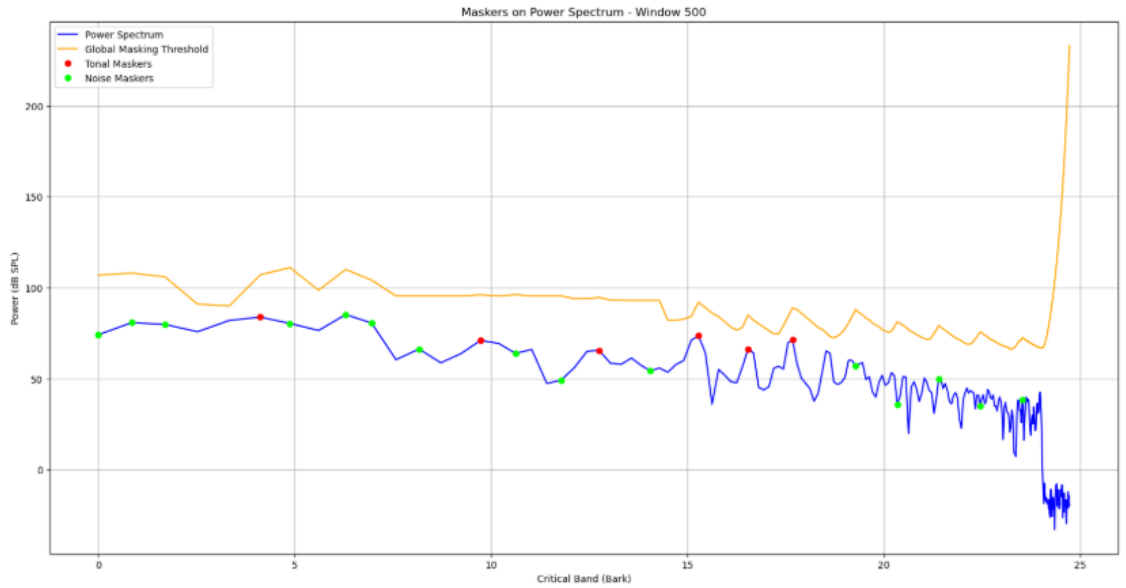
Πίνακες των τονικών μασκών και των μασκών θορύβου:

```
[[ 0  0  0 ...  0  0  0]
 [ 0  0  0 ...  0  0  0]
 [ 0  0  0 ...  0  0  0]
 ...
 [35 40 37 ...  0 60 62]
 [35 40 37 ...  0 60 62]
 [35 40 37 ...  0 60 62]]
Total tonal maskers: 8657
Total noise maskers: 52012
```

1.5 Αφού υπολογίσαμε κάθε κατώφλι ξεχωριστά υπολογίζουμε το συνολικό κατώφλι κάλυψης με βάση την εξίσωση:

$$T_g(i) = 10 \log_{10} \left( 10^{0.1T_q(i)} + \sum_{l=0}^{255} 10^{0.1T_{TM}(i,l)} + \sum_{m=0}^{255} 10^{0.1T_{NM}(i,m)} \right) \text{ dB SPL},$$

Στα παρακάτω διαγράμματα με μπλε φαίνεται το φάσμα ισχύος που υπολογίσαμε και προηγουμένως στο 1.1, με κίτρινο το Global Masking Threshold, με κόκκινο τα Tonal Maskers και με πράσινο τα Noise Maskers.



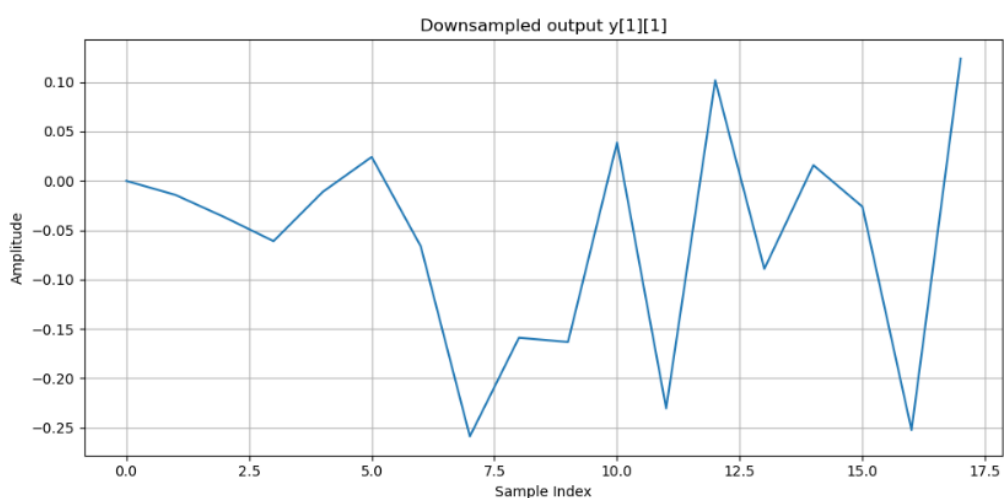
## Μέρος 2<sup>ο</sup> – Χρονο-Συχνотική Ανάλυση με Συστοιχία Ζωνοπερατών Φίλτρων

2.0 Κατασκευάζουμε τα ζητούμενα ζωνοπερατά φίλτρα, φίλτρο ανάλυσης και σύνθεσης, με κρουστικές αποκρίσεις:

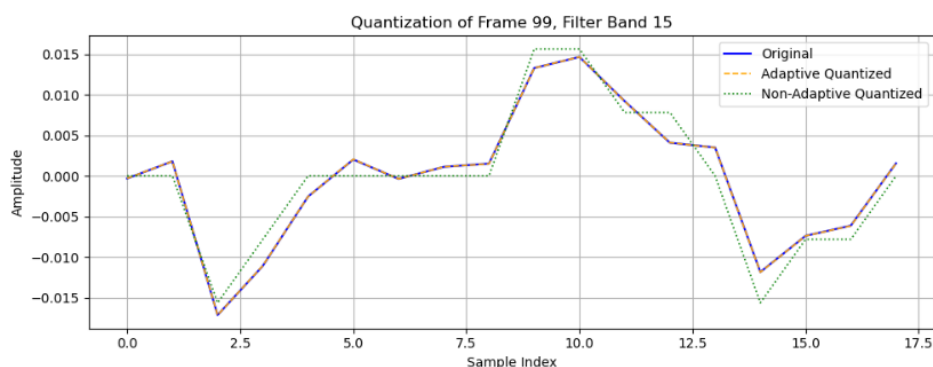
$$h_k(n) = \sin \left[ \left( n + \frac{1}{2} \right) \frac{\pi}{2M} \right] \sqrt{\frac{2}{M}} \cos \left[ \frac{(2n + M + 1)(2k + 1)\pi}{4M} \right]$$

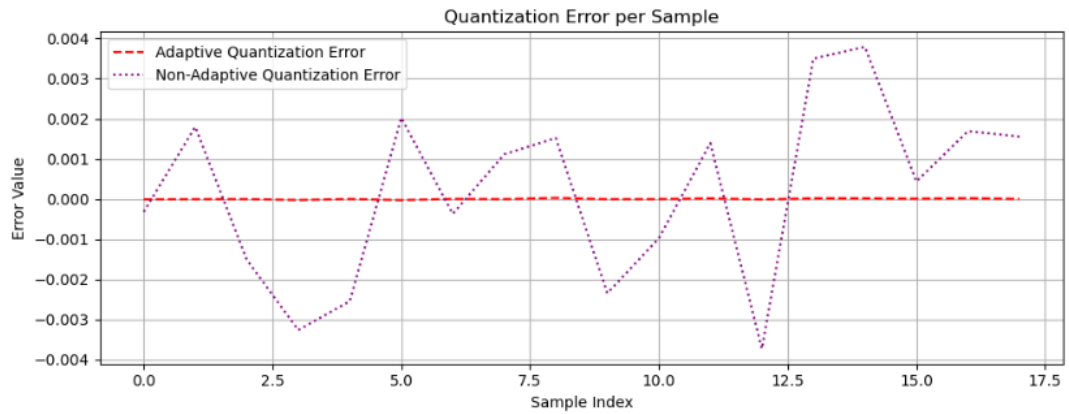
$$g_k(n) = h_k(2M - 1 - n)$$

2.1 Συνελίσσουμε κάθε παράθυρο με τα 32 διαφορετικά φίλτρα ανάλυσης. Από κάθε παράθυρο  $x_n$  προκύπτουν 32 νέα σήματα τα οποία υποδειγματοληπτούνται. Το αποδεκατισμένο σήμα για το παράθυρο 1 με το φίλτρο 1:



2.2 Συνεχίζουμε με την κβαντοποίηση του σήματος, για την οποία θα υλοποιήσουμε έναν προσαρμοζόμενο ομοιόμορφο κβαντιστή  $2^{(Bk)}$  επίπεδων: Ορίζουμε επίσης έναν μη-προσαρμοζόμενο κβαντιστή με σταθερό αριθμό bits του κβαντιστή,  $Bk = 8$  bits. Παρακάτω το αρχικό σήμα, το σήμα μετά την κβαντοποίηση με τον προσαρμοζόμενο κβαντιστή και το σήμα μετά την κβαντοποίηση με τον μη προσαρμοζόμενο κβαντιστή. Επίσης αναπαρίσταται το error μεταξύ αυτών των σημάτων και όπως φαίνεται και στα δύο διαγράμματα ο προσαρμοζόμενος κβαντιστής παράγει σήμα πολύ πιο κοντινό στο σήμα πριν την κβάντιση, δηλαδή εισάγει λιγότερο θόρυβο και το error ανάμεσα τους είναι ελάχιστο.





2.3 Αποκωδικοποιούμε τις ακολουθίες και τις αθροίζουμε. Δημιουργούμε μια συνάρτηση για υπερδειγματοληψία που βασίζεται στην παρακάτω σχέση:

$$w_k(n) = \begin{cases} \hat{y}_k(n/M), & n = 0, M, 2M, 3M, \dots \\ 0, & \text{αλλιώς.} \end{cases}$$

Υλοποιούμε στη συνέχεια τα φίλτρα σύνθεσης, τα οποία συνελίσσουμε με τα φίλτρα ανακατασκευής.

Τελικά το ανακατασκευασμένο σήμα:

