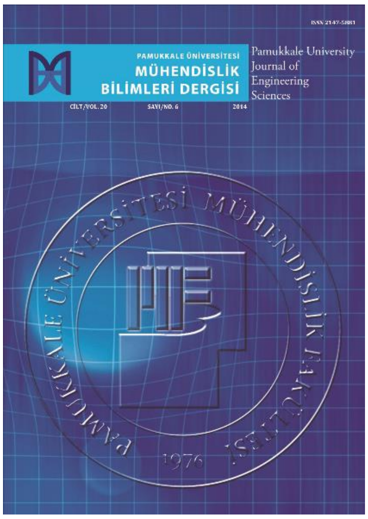
Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi

Pamukkale University Journal of Engineering Sciences



Kabul Edilmiş Araştırma Makalesi (Düzenlenmemiş Sürüm)

Accepted Research Article (Uncorrected Version)

Makale Başlığı / Title	QMF Bankası tasarımında Kaiser-Hamming penceresinin performansının incelenmesi Investigation of the performance of the Kaiser-Hamming window in design of QMF Bank
Yazarlar / Authors	Bircan KAMIŞLIOĞLU[1*], Nurhan KARABOĞA[2]
Referans No / Reference No	PAJES-37974
DOI	10.5505/pajes.2018.37974

Bu PDF dosyası yukarıda bilgileri verilen kabul edilmiş araştırma makalesini içermektedir. Sayfa düzeni, dizgileme ve son inceleme işlemleri henüz tamamlanmamış olduğundan, bu düzenlenmemiş sürüm bazı üretim ve dizgi hataları içerebilir.

This PDF file contains the accepted research article whose information given above. Since copyediting, typesetting and final review processes are not completed yet, this uncorrected version may include some production and typesetting errors.

Pamukkale - [illegible]
Pamukkale University Journal of Engineering Sciences

[illegible]

[illegible]

Bircan [illegible]

[1] [illegible]
bkamislioglu@firat.edu.tr, nurhan_k@erciyes.edu.tr

Geliş Tarihi / Received 02.12.2017, Kabul Tarihi / Accepted 22.06.2018
doi: 10.5505/pajes.2018.37974
[illegible] Corresponding Author / [illegible] Research Article

[illegible]

[illegible] QMF (Quadrature Mirror [illegible] FIR (Finite Impulse Response [illegible] Kaiser-Hamming penceresinin [illegible]

Abstract

In recent years, significant improvements have been in fast digital filter and filter banks. QMF (Quadrature Mirror Filter) bank, known as a application of multi-speed filter banks are widely used subband coding, image compression, word coding, biomedical signal processing a communication systems. In this study; QMF bank design is realized a windowing method with prototype FIR (Finite Impulse Response filter design and based on cascade bounded Kaiser and Hamming windows for eliminating undesired oscillations in QMF bank design. has been investigated how the performance changed of the filter design in designing filter with different window functions and at the results shown that Kaiser-Hamming window with lower stopband attenuation could be used in QMF bank design.

Anahtar kelimeler: FIR, [illegible] Kaiser penceresi, Hamming penceresi, Kaiser-Hamming penceresi

Keywords: FIR QMF bank, Windowing, Kaiser window, Hamming window, Kaiser-Hamming window

1 [illegible]

[illegible] Mirror Filter - [illegible] 1 - & [illegible] [4]-[6].

[illegible] FIR (Finite Impulse Response [illegible] [7]-[9] [illegible] Kumar, Anand [illegible] [10], [11] [illegible] QMF [illegible]

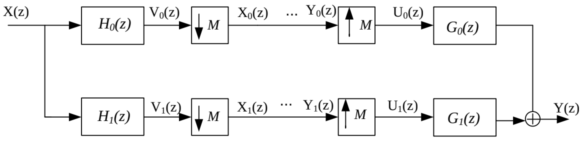
[illegible] WLS (Weighted Least Squares) [illegible] [12]-[13] [illegible] [16] [illegible] Kaiser [illegible] [22] [illegible] (error) [illegible] (ripple ratio) [illegible] MSR (main lobe to side lobe energy ratio [illegible] [22] [illegible] (Differential [illegible]

Evolution-Farksal [illegible] (PSO-Particle Swarm Optimization- [illegible]) [23], [26] [illegible]

[illegible] Kaiser-Hamming penceresi ile tasarlanan prototip FIR [illegible] [27] ile [28] [illegible] pencerelerin [illegible] Hamming penceresi ile QMF [illegible] elde edilen [illegible]

2 QMF [illegible]

[illegible] Reconstruction-PR) [illegible] (NPR) olarak [illegible] tasarlan[illegible] [28] [illegible] uygulanan $X(z)$ [illegible] tasarlanabilir [29] [illegible] $H_0(z)$ [illegible] ve $H_1(z)$ [illegible] olarak [illegible] ve $G_0(z)$ [illegible] ve $G_1(z)$ [illegible] $H_1(z)$, $G_0(z)$ ve $G_1(z)$ [illegible] ALD (Aliasing Distortion-[illegible]) (Amplitude Distortion-[illegible]) (Phase Distortion-[illegible]) [illegible] sistemlerle [illegible] [30] [illegible]



Şekil 1: [illegible] QMF [illegible]

Bozulma transfer fonksiyonu $T(z)$, [illegible] $A(z)$ [illegible] $X(z)$ [illegible] $Y(z)$ [illegible] Denklem 1 ile verilmektedir. [illegible]

$$Y(z) = T(z)X(z) + A(z)X(z) \quad (1)$$

Denklem 2 ve Denklem 3 [illegible]

$$T(z) = (1/2)[H_0(z)G_0(z) + H_1(z)G_1(z)] \quad (2)$$

$$A(z) = (1/2)[H_0(-z)G_0(z) + H_1(-z)G_1(z)] \quad (3)$$

[illegible]

$$A(z)=0 \quad (4)$$

[illegible] 5, 6 ve 7 denklemlerinde verilmektedir.

$$G_1(z) = -H_0(-z) \quad (5)$$

$$G_0(z) = H_1(-z) \quad (6)$$

$$Y(z) = T(z)X(z) \quad (7)$$

[illegible] 7 No.lu denklemde 2, 5 ve 6 [illegible]

$$Y(z) = \frac{1}{2}[H_0(z)H_1(-z) - H_1(z)H_0(-z)]X(z) \quad (8)$$

elde edilir. [illegible] ise [illegible]

$$Y(z) = \frac{1}{2}[H_0^2(z) - H_0^2(-z)]X(z) \quad (9)$$

olarak bulunur. Denklem 9 [illegible] ile [illegible]

$$T(z) = \frac{1}{2}[H_0(z)G_0(z) + H_1(z)G_1(z)] \quad (10)$$

[illegible] (pre) [illegible] Denklem 11 ile verilmektedir.

$$pre = \max\left|20\log_{10}\left|H_0^2(w) - H_0^2(w+\pi)\right|\right| \quad (11)$$

3 [illegible]

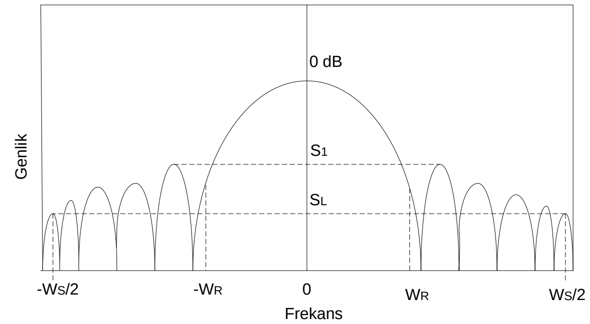
[illegible] Fourier [illegible] [31] [illegible] pencere fonksiyonu [illegible] Kullan[illegible] [32] [illegible] Tasarlanmak istenen [illegible]

Denklem 12 ... tasarlanabilir [35]. ... Chebyshev hata fonksiyonu ...

$$h[n] = h_{id}[n]W[n] \quad (12)$$

Zamana bağlı ... $W(nT)$, $|n| \le (N-1)/2$ ... durumlarda ... $W(e^{j\omega T})$ ... Denklem 13 ... Denklem 14 ... elde edilir.

Pahsedilen her iki algoritma ... [36] ... Chebyshev hata fonksiyonunu ... [37].



Şekil 2: Pencere fonksiyonunun normalize edilmiş genlik spektrumu ...

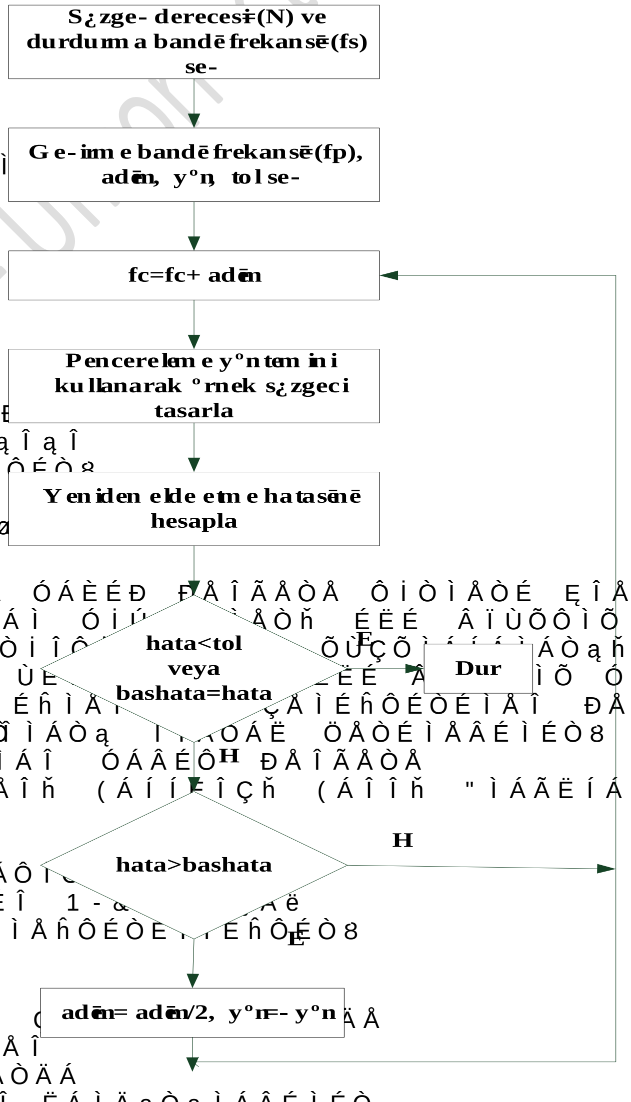
$$W(e^{jwt}) = |A(w)|e^{jq(w)} = w(0) + 2\sum_{n=1}^{(N-1)/2} w(nt)\cos wnt \quad (13)$$

$$|W_N(e^{jwt})| = 20\log_{10}(|A(w)|/|A(w)|_{max}) \quad (14)$$

W_M ... veya ... edici spektral parametreleri ... W_M ... W_R ... maksimum ... S_1 ... S_L ... $S = S_1 - S_L$ ...

... [33],[34]. ... Bartlett ... pencereler; ayarlanabilir pencere ... Chebyshev, Kaiser, Saramäki ve Ultraspherical ...

verilmektedir [27],[38],[39]. ... f_p ... f_c ... Bu prototip ... prototip ... uygulanır ...



Şekil 3: Parks McClellan optimizasyon algoritması ...

4 Parks-McClellan algoritması

... durdurma ... tercih edilmektedir. Bozulma ... fazla ... daha ... Parks McClellan optimizasyon ... bantlarında ...

... gereklidir ...

edilen ... elde edilmeye ... optimum ... Denklem 15 ... yeniden elde ...

$$Q = \max\left\{\left|H(w)\right|^2 + \left|H(w - \frac{p}{2})\right|^2 - 1\right\} \quad 0 < w < \frac{p}{2} \qquad (15)$$

Denklem 15 ile verilen Q ... fonksiyonu ... [17].

5 ...

... Kaiser penceresi ve ikinci olarak Hammig penceresi ... Q ... Kaiser ... Hamming ... pencerelerinin ... penceresi, Hamming penceresi, Kaiser-Hamming penceresi ile ...

5.1 Kaiser Penceresi ile 1-MF ...

... birinci ... Kaiser ... sıfırıncı dereceden Bessel fonksiyonu ... kullanan, N ... parametreye sahiptir [18]. ... Denklem 16 ...

$$w(n) = \frac{I_0(b\sqrt{1 - (2n/(N-1))^2})}{I_0(b)} \qquad (16)$$

Burada $I_0(x)$, ... fonksiyonudur, ... Denklem 17 ...

$$I_0(x) = 1 + \sum_{k=1}^{\infty}\left[\frac{1}{k!}\left(\frac{x}{2}\right)^k\right]^2 \qquad (17)$$

Sabit pencerelerde, ... azalmakta, ... Kaiser ... parametresi r ile analog ... W_M ...

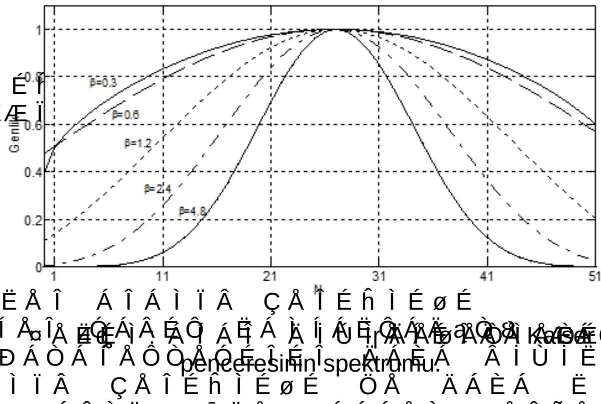
Tablo 1. ... r ve W_M ...

N	A_s(dB)	r	W_M
31	50	4.55126	0.07812
	60	5.65326	0.08593
	70	6.75526	0.09375
	80	7.85726	0.10156
111	50	4.55126	0.02148
	60	5.65326	0.02343
	70	6.75526	0.02539
	80	7.85726	0.02734

... A_s=60 dB ... 1-MF ... (pre) ... da 71.32 dB. olarak ...

N	pre	Q	t (s)	iter. sayısı	A_p (dB.)	A_s (dB.)
11	0.0471	0.0054	0.1344	45	0.0118	71.32
31	0.0202	0.0023	0.1357	45	0.0051	68.67
51	0.0132	0.0015	0.1447	47	0.0033	62.41
71	0.0199	0.0023	0.1258	43	0.0050	58.8[illegible]
91	0.0144	0.0017	0.1443	48	0.0036	61.62
111	0.0193	0.0022	0.1467	47	0.0048	59.09

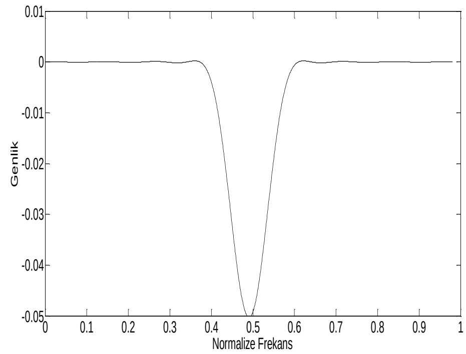
... verilmektedir. ... A_s ...

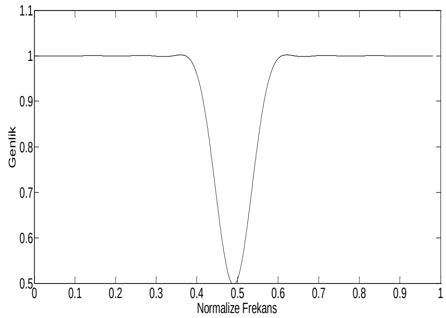


... Kaiser penceresinin spektrumu.

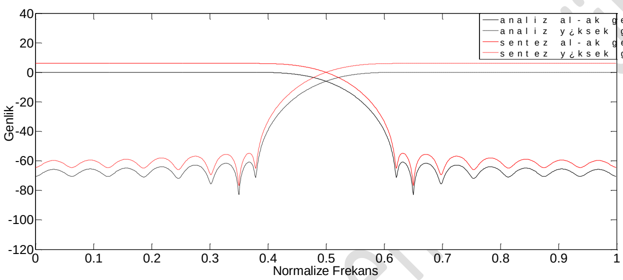
... Pencereleme ... Kaiser penceresi kullanılarak ... genlik ... verilmektedir.

Á Î Á Ì É Ú ÖÅ ÓÅ Î Ô Å Ú prototip Ó Ì Ú Ç Å ë Ì Å Ò É Î ÁÔÁ
Ð Ò Ï Ô Ï Ô É Ð Ó Ì Ú Ç Å ë Ì Å Ò É Î ÇÅ Î Ì É Ë Ô Å Ð Ë É Ì Å Ò É
genlik tepkileri dB cinsinden ÖÅ Ò É Ì Í É ĥ Ô É Ò 8





¤ Å Ë É Ì υ ϙ . È υ ρ É ë É Î + Á É Ó Å Ò Ð Å Î Ã Å Ò Å Ì Ó Ì Ú Ç Å ë Â Á Î Ë Á Ó Ú Î Ú Î (a): Tepe yanıt ÄÅ ø É ĥ É Í Å Ì Á Ò Ú Ì Á ą Ä Å ø É ĥ É Í



¤ Å Ë É Ì 6: E υ ρ Á É ë Å Ó É Î É Ú ÖÅ ÓÅ Î Ô Å Ú Ó Ì Ú Ç Å ë Ì Å Ò É (Kaiser penceresi)

5.2 υ 8 ς (Á Í Í É Î Ç 0 Å Î Ã Å Ò Å Ó É É Ì Å 1 - & Â Á

Sabit pencere fonksiyonuna sahip olarak bilinen Hamming Ð Å Î Ã Å Ò Å Ó É ĥ É Í Ð Ì Å Í Å Î Ô Á Ó Ú Î Ä Á uygulanabilir Ë Õ Ì Ì Á Î ą Ì Á Ë Ô Á Ä ą Ò 8 " Denklem (18) Ä Å Æ Ï Î Ë verilmektedir [7].

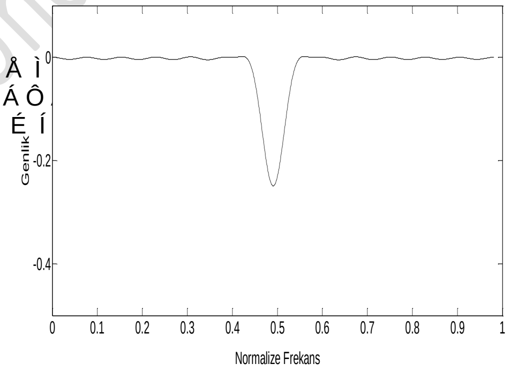
$$w(n) = \begin{cases} 0.54 - 0.46\cos\left(\frac{2\pi n}{N}\right) & |n| \le \frac{N-1}{2} \\ 0 & diger\ yerlerde \end{cases} \qquad (18)$$

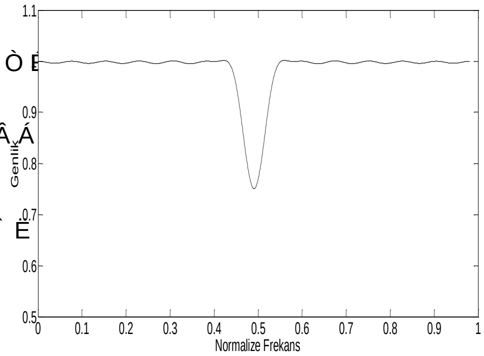
Pencere parametrelerinin Á Ù Á Ò Ì Á Î Í Á Ó Ú Sabit pencere Æ Ï Î Ë Ó É Ù Ï Î Ì Á Ò Ú Î Á Ä Á Í Å Ô Ò Å Ù Å Ó Á È É Ð Ï Ì Í Á Ä Ú ą Ú Î Ä Á Î Ä Ï Ì Á Ù Ú Ì Á Í Á Í Á Ë Ó Á Ä ą Ò 8 " Õ Î Å Ä Å Î Ì Å Ó Á Â É Ô Ð Å Î Ã Å Ò Å Ì Å Ò É Î Ù Å Ò É Î Å ayarlanabilir parametrelere sahip ayarlanabilir pencere Æ Ï Î Ë Ó É Ù Ï Î Ì Á Ò Ú Ô Å Ò Ã É È Å Ä É Ì Í É ĥ Ô É Ò 8 Ó Ì Ú Ç Å ë Õ Ú Õ Ì Õ Ë Ì Á Ò ą É ë É Î (Á Í Í É Î Ç Ð Å Î Ã Å Ò Å Ó É Ë Õ Ì Ì Á Î ą Ì Á Ò Á Ë Ô Á Ó Á Ò Ì Á Î 1 - & Â Á Î Ë Á Ó ą É ë É Î Å Ì Ä Å Å Ä É Ì Å Î Ó Ï Î Õ ë Ì Á Ò Ö Å Ò É Ì Í Å Ë Ô Å Ä É Ò

Tablo 3: Hamming Ð Å Î Ã Å Ò Å Ó É Ë Õ Ì Ì Á Î ą Ì Á Ò Á Ë Ó Ì Ú Ç Å ë Â Á Î Ë Á Ó ą É ë É Î Å Ì Ä Å Å Ä É Ì Å Î

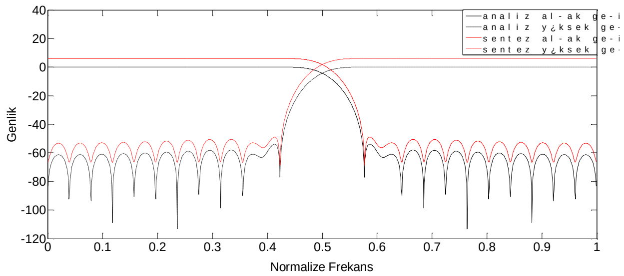
N	pre	Q	t(s)	iter. Ó Á Ù ą	A_p (dB.)	A_s (dB.)
11	0.1238	0.0143	0.1371	47	0.0311	62.91
31	0.0762	0.0088	0.1350	47	0.0191	67.13
51	0.0138	0.0016	0.1411	49	0.0034	62.17
71	0.0464	0.0054	0.1416	47	0.0116	71.47
91	0.0173	0.0020	0.1368	47	0.0043	70.04
111	0.0418	0.0048	0.1389	47	0.0105	72.36

4 Á Â Ì Ï σ õ Ô Å Ó Ì Ú Ç Å ë Ä Å Ò Å Ã Å Ó É Î É Î υ ρ Å Ì Ä Å Å Ô Í Å È Á Ô Á Ó ą π 8 π ρ σ ψ ň Á Í Á ë Á 0.0016, A_p 0.0034 ve A_s 62.17 Ä " Ï Ì Á Ò Á Ë Å Ì Ä Å Á 3 Ì Ú Ç Å Ã É Î Ä Å Ò Å Ã Å Ó É Î É Î υ ρ Ï Ì Í Á Ó ą Õ Ú Õ Î Ì Õ Ë Ì Á Ò ą Î Á Ç Ę Ò Å Ä Á È Á Ä Ì Í ĥ Ì Ë Ð É Ô Å Ò Á Ó Ù Ï Î É ë É Î π 8 ρ τ ρ ρ Ó õ Ä Á Ù Á Î É Ä Á È Á Õ Ú Õ Î Â É Ò Ó Ì Ò Å Ä Å pencere ile Í Á ĥ Ù Ę Î Ô Å Í É Ë Õ Ì Ì Á Î ą Ì Á Ò Á Ë tepe Ì Á Î Á Ù Á Î É Ä Å Î Å Ì Ä Å Å Ô Í Å È Á Ô Á Ó ą ÖÅ ÇÅ ¤ Å Ë É Ì χ Ä Å Ç Ę Ó Ô Å Ò É Ì Í É ĥ Ô É Ò 8 N=51 ve A_s=62.17 dB É ë É Î pencereleme Ù Ę Î Ô Å Í É Ì Å Hamming Ð Å Î Ã Å Ò Å Ó É Î penceresiyle tasarlanan analiz ve Ó Å Î Ô Å Ú Ó Ì Ú Ç Å ë Â Á Î Ë Á Ì Á Ò ą Î Ú Î Å Ì Ä Å Ë Á Ó ÖÅ Ù Ì Ë Ó Å Ë Ç Å ë É Ò Å Î Ó Ì Ú Ç Ã É Î Ó É Î Ä Å Î ÖÅ Ò É Ì Í É ĥ Ô É Ò 8





¤ Å Ë É Ì υ ρ É ë É Î (Á Í Í É Î Ç Ð Å Î Ã Å Ò Å Ì Å Ò É Î Ô Á Ó Á Ò Ì Á Î Á Î Ó Ì Ú Ç (a): Tepe yanıt Ä Å ø É ĥ É Í É Î Ä Å Ë É Ì Á Ò Á Ë Ó Ì Ú Ç Ì Á Î Á Ò Ú (b): Å ø É ĥ É Í É Ë Ì Á Ò Å Ï Ú Õ Ì Í Á Ó ą Ä Å ø



Şekil 8: Hamming penceresi ile tasarlanan analiz [illegible] ve sentez [illegible]

5.3 Kaiser-Hamming penceresi ile QMF bank tasarımı

Bu çalışmada Hamming [illegible] Kaiser penceresi ile elde edilen Kaiser-[illegible] Hamming olarak [illegible] kullanılarak tasarlanan QMF ba[illegible]

süzgeç uzunlukları Kaiser-Hamming [illegible] süzgeci [illegible] fonksiyonu Denklem (19)'da verilme[illegible] a_{kh} ile belirtilen Kaiser-Hamming penceresine ait yeni bir kontrol parametresi [40] [illegible] kullanılmış[illegible]

$$w(n) = 0.5 * \left[\frac{I_0\left(a_{kh}\sqrt{1 - (2n/(N-1))^2}\right)}{I_0(a_{kh})} + 0.54 - 0.46\cos\left(\frac{2\pi n}{N}\right) \right] \qquad (19)$$

Kaiser-Hamming penceresi [illegible] ile elde edilen [illegible] Hamming penceresi [illegible] Kaiser ve [illegible]

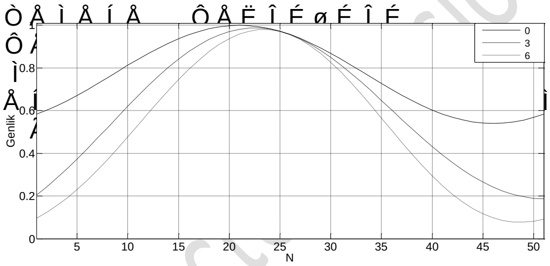
Tablo [illegible]: Önerilen Kaiser-Hamming penceresi [illegible]

As (dB.)	N	pre	Q	t (s)	iter. sayı	Ap (dB.)	As (dB.)
50	11	0.0052	0.0612	0.0981	47	0.1308	70.48
	31	0.0048	0.0573	0.0960	47	0.1224	71.05
	51	0.0032	0.0379	0.1023	47	0.0811	74.61
	71	0.0043	0.0512	0.0982	45	0.1096	72.01
	91	0.0036	0.0420	0.0985	47	0.0901	73.70
	111	0.0041	0.0489	0.1056	47	0.1050	72.38
60	11	0.0043	0.0511	0.0943	47	0.1095	72.02
	31	0.0037	0.0438	0.0945	47	0.0940	73.33
	51	0.0021	0.0250	0.1029	47	0.0536	78.19
	71	0.0032	0.0379	0.1006	47	0.0813	74.59
	91	0.0025	0.0293	0.0923	45	0.0629	76.82
	111	0.0031	0.0358	0.1099	47	0.0769	75.07
70	11	0.0044	0.0525	0.0959	47	0.1126	71.78
	31	0.0037	0.0440	0.1004	47	0.0944	73.30
	51	0.0022	0.0251	0.0959	47	0.0538	78.16
	71	0.0032	0.0379	0.0962	47	0.0813	74.58
	91	0.0025	0.0293	0.0976	47	0.0629	76.81
	111	0.0030	0.0357	0.0954	47	0.0769	75.07
80	11	0.0045	0.0534	0.0952	47	0.1146	71.63
	31	0.0038	0.0443	0.0993	47	0.0951	73.23
	51	0.0023	0.0253	0.1049	47	0.0543	78.08
	71	0.0033	0.0381	0.0985	47	0.0818	74.53
	91	0.0026	0.0295	0.0973	47	0.0633	76.75
	111	0.0032	0.0359	0.0963	47	0.0773	75.03

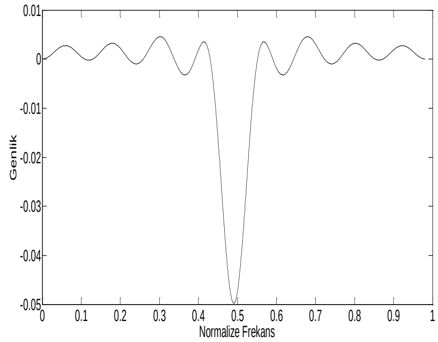
Tablo 4 incelenecek olursa; prototip [illegible] α_{kh} [illegible] ve 80 dB [illegible] A_s=50 dB [illegible] durumunda pre 0.0032, Q 0.0379, A_p 0.0811 ve A_s [illegible] ise 74.61 dB. [illegible]

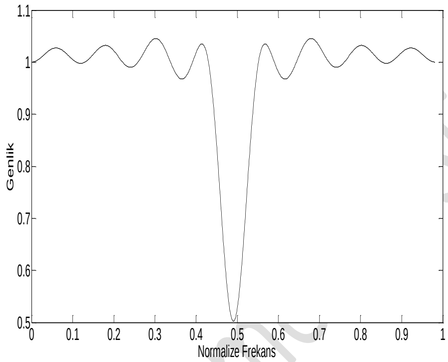
[illegible] parametresi [illegible] Hamming penceresinin [illegible] kontrol parametresi α_{kh} [illegible] uygun p [illegible] α_{kh} [illegible] elde edilmektedir.

[illegible]



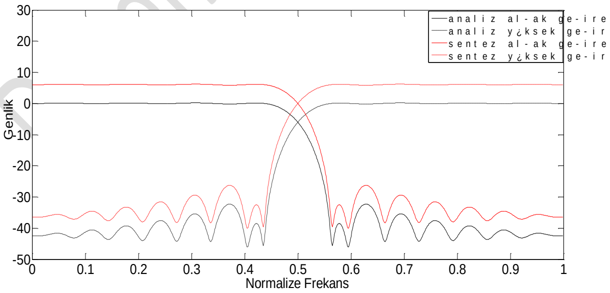
[illegible] N=51 [illegible] Hamming pencerensinin α_{kh} [illegible]





[illegible] (a) Tepe yeniden elde [illegible] (b) [illegible]

4 [illegible] Kaiser-[illegible] A_s=60 dB ve [illegible] 0.1 [illegible] olarak [illegible] durumda [illegible] penceresi ile 27 No.lu referanstaki Kaiser ve Chebyshev [illegible] 19 [illegible] No.lu referansta [illegible] Kaiser-[illegible]



[illegible]

6 [illegible]

[illegible] Hamming ve Kaiser-Hamming penceresi [illegible] 1-[illegible]

Tablo 5: v Î Å Ò É Ì Å Î 1 - & Â Á Î ËÁÓÉ ë É Ì Ð Ì Å Ì Å Î Ô Á Ó Ù Ì Ì Å Ô Ò É Ë Ì ą Ð Å Î Ã Å Ò Å Ì Å Ò

N	Pencere	a_w	pre	t (s)	iter. ÓÁÙą Ć	A_p (dB.)	A_s (dB.)
32	Kaiser	0.2	0.0203	0.1350	48	0.0045	66.88
	Hamming	0.2	0.0762	0.1350	47	0.0195	65.50
	Ramakrishna (Kaiser) [27]	0.2	0.0660	0.7811	150	0.0115	60.00
	Ramakrishna (Chebyshev) [27]	0.2	0.0460	0.6872	160	0.0060	60.00
	Proposed QMF Bank	0.2	0.0036	0.0941	47	0.0941	73.19
64	Chebyshev [28]	0.2	0.0082	0.4361	46	0.0026	60.00
	Chebyshev [27]	0.2	0.0410	0.7003	154	0.0025	60.00
	Proposed QMF Bank	0.2	0.0037	0.0977	45	0.0947	73.27

" Õ Î Á Ç Ą Ò Å Kaiser-Hamming penceresi, N È σ ç É ë É Î Ô Å Ð Å Ù Å Ò Ì Å Ë Ô Å Ä Ì Ò Å Kaiser, Hamming ve Chebyshev Ð Å Î Ã Å Ò Å Ì Å Ò É Î Å Ù Á Ë ą Î Â É Ò Ð Å Ò Æ Ï Ò Í Á Î Ó Â Á Î Ä ą Ú Á Ù ą Æ Ì Á Ô Í Á Ó ą Î ą Â Õ Ð Å Î Ã Å Ò Å Ì Å Ò Ä É ø É Â Å Ì É Ò Ì É Kaiser-Hamming penceresi N=64 É Ç É Î ą Ä Å Ò Å Ã Å Ù Å Ö Å Ç Å ë É ñ Â Á Î Ô Ç Å Ó É Ó Ì É ø É Î Å Ó Á È É Ð Ï Ì Ú Ç Å ë Ì Å Ò É Î Ä Á È Á É Ù É Ô Å Ð Å Ù Å Î É Ä Å Î Å Ì Ä Å Å Ä É Ì Å Î Á Ù Á Ò Ì Á Ò Ú Á Ù ą Æ Ì Á Ô Í Á Ó ą Yine bu pencere ile elde edilen ort. hata Ð Å Î Ã Å Ò Å Ì Å Ò É Î Ô Á Ó Á Ò ą Í ą Î Ä Á Ë Õ Ì Ì Á Î ą Ì Á Ç Ą Ò Å Ì Å Ó Ì É Á Ù Î ą Ó Ï Î Õ Ç Ì Á Ò ą Î Á Ì ą Î Ä ą ø ą Ç Å Ò ë Å Ë Ì Å ñ Ô É Ò É Ì Í É ñ Ô É Ò 8 % Ì Ä Å Å Ä É Ì Å Î Ï Ì Á Ò Á Ë Ä Å ø Å Ò Ì Å Ò Kaiser-Hamming penceresinin 1 - & Â Á Î Ë Á Ó ą Ô Á Ó Á Ò ą Í ą Î Ä Á Ë Õ Ì Ì Á Î ą Ì

7 Kaynaklar

[1] Croisier A, Esteban D, Galand C. "0 Å Ò Æ Å Ã Ô splitting Â Á Î Ä by use of interpolation decimation tree decomposition Ô Å Ã È Î É Ñ Õ Å Ó 8 Proceedings of the International Symposium on Information Circuits and Systems, Patras, Greece, 1976.

[2] Johnson JD. " ! Æ É Ì Ô Å Ò family designed for use in quadrature Í É Ò Ò Ï Ò Æ É Ì Ô Å Ò Â Á Î Ë Ó 8 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing, 5, 291-294, Nisan 1980.

[3] Crochiere 2 % 8 Sub-band Ã Ï Ä É Î Ç ". The Bell System Technical Journal, 60(7), 1633-1653, 1981.

[4] Smith MJT, Eddins SL. " ! Î Á Ì Ù Ó É Ó / techniques for Ó Õ Â Â Á Î Ä É Í Á Ç Å Ã Ï Ä É Î Ç ". IEEE Transactions on Acoustics, Speech, and Signal Processing, 38(8), 1446-1456, 1990.

[5] Aase SO. "& É Ì Ô Å Ò Â Á Î Ë Ó for sub-band Ã Ï Ä É Î Ç Ã Ï Í Ð Ò Å Ó Ó É Ï Î ". 18th Annual International Conference of IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, Amsterdam, The Netherlands, 1996.

[6] Saxena R, Saxena SC. " ! Ó É Í Ð Ì Å Á Ì É Á Ó Æ Ò Å Å Î Å Á Ò Ð Å Ò Æ Å Ã Ô . Indian Institute of Science Ï Î ", 85, 1-10, Nisan 2005.

[7] Mitra SJ. "Digital signal processing a computer based approach". Tata McGraw Hill Edition, 972, Singapore, 2006.

[8] Ishizaki N, Muneyasu M, Hinamoto T. " ! Î Å × Ò Å Á Ì É Ú Á ... 2-D adaptive separable denominator state-space filters based on DLMS algorithm suitable for parallel Ð Ò Ï Ã Å Ó Ó É Î Ç ". Journal of the Franklin Institute, 341(4), 431-442, 2004.

[9] Kumar A, Singh GK, Anand RS. " ! Ã Ì Ï Ó Å Ä Æ Ï Ò Í method for the two channel quadrature mirror filter Â Á Î Ë Ó ". Signal, Image and Video Processing, 5(1), 121-131, 2011.

[10] Kumar A, Singh GK, Anand RS. " ! Ó É Í Ð Ì Å Ä Å Ó É Ç Î the cosine modulated filter banks using weighted least Ó Ñ Õ Á Ò Å Ó Ô Å Ã È Î É Ñ Õ Å ". Journal of the Franklin Institute, 348(4), 606-621, 2011.

[11] Kumar A, ! Ò Å Ò Ç ... " An improved method for designing quadrature mirror filter banks via unconstrained optimization". Springer Science, 9 (1), 99-111, 2010.

[12] Antoniou A. ...) Ï Ð Ò Ï Ö Å Ä Á Ì Ç Ï Ò É Ô È Í Æ Ï Ò Weighted-Chebyshev nonrecursive digital Filters". IEEE Translation Circuits Systems, 30(10), 740-750, 1983.

[13] Vaidyanathan PP. " Õ Ì Ô É Ò Á Ô Å Ó Ù Ó Ô Å Í Ó Á Î Ä Æ É Ì Ô Å Ò Â Á Î Ë Ó ". Englewood Cliffs, Prentice Hall, NJ, 1993.

[14] Charles D, Mitra K. " ! Ó É Í Ð Ì Å Í Å Ô È Ï Ä Æ Ï Ò Ä Å Ó É Ç Î É Î Ç high quality prototype filters for M-band pseudo 1 - & Â Á Î Ë Ó ". IEEE Translation Signal Processing, 43(4), 1005-1007, Nisan 1995.

[15] Tawfik A, Abdel-Raheem E. "Design of two-channel FIR QMF banks satisfying prescribed specifications". Radio Science Conference, Proceedings of the Fifteenth National, C6/1- C6/9, 1998.

[16] Al-Namiy F, Nigam MJ. " / Î Ô È Å Ä Å Ó É Ç Î Ï Æ 2-band FIR QMF Æ É Ì Ô Å Ò Â Á Î Ë Ó ". High performance computing in the Asia-Pacific region Fourth International Conference, Exhibition, 2, 772-776, 2000.

[17] ! Î Ô Ï Î É Ï Õ ! 8 "Digital signal processing: Signals, systems and filters". McGraw-Hill, 2005.

[18] Kaiser, JF. " . Ï Î Ò Å Ã Õ Ò Ó É Ö Å digital filter design using I0-sinh window Æ Õ Î Ã Ô É Ï Î ". Proceedings of IEEE Int Symp Circuits and Syst Ó) 3 # ! 3 ... San Francisco, California, USA, 20-23 Nisan 1974.

[19] Bergen SWA, Antoniou A. "$ Å Ó É Ç Î Ï Æ nonrecursive digital filters using the ultraspherical window Æ Õ Î Ã Ô É Ï Î ". EURASIP Journal on Application Signal Processing, 12, 1910-1922, 2005.

[20] Avci + ñ . Á Ã Á Ò Ï ø Ì Õ ! 8 "Window family and its application to FIR filter Ä Å Ó É Ç Î ". International Journal of Electronics and Communications, 63(11), 907-916, 2009.

[21] ! Õ Ã É + ñ . Á Ã Á Ò Ï ø Ì Õ ! 8 "Digital filter design using the Exponential 7 É Î Ä Ï × ". ICMS International Conference on Mathematical Science, Bolu, Turkey, 1309, 100-107, 2010.

[22] Avci K. "Performance analysis of Kaiser-Hamming window for nonrecursive digital filter design". 21st Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU2013), 1-4, 2013.

[23] Koza T, Karaboga . 8 " $ É Æ Å Ò Á Î Ó É Ù Å Ì Ç Å Ì É ë Å Ù Ò Å Ë Á Ù Î Á Ó Ï Î Õ Ç Ì Á Ò ą ". 10th National Biomedical Engineering Meeting (BIYOMUT), 2015.

[24] Misra D, Deb S, Joardar S. "Efficient design of quadrature mirror filter bank for audio signal processing using

Craziness ÂÁÓÅÄ ÐÁÒÔÉÃÌÅ Ó×ÁÒÍ ÏÐÔÉ *IEEE International Conference on Computer, Communication and Control*, 2015.

[25] Koza T, Karaboga N. ŌComparison of QMF bank designs in frequency and time domain using ABC algorithm ō 8 *25th Signal Processing and Communications Applications Conference*, 1-4, 2017.

[26] vÚÄÅÍÉÒ 'ň +ÏÚÁ 4ň +ÁÒÁÂÏÇÁ . 8 Performance comparison of two channel CMFB and QMF bank designed via ABC !ÌÇÏÒÉÔÈÍō 8 *25th Signal Processing and Communications Applications Conference*, 2017.

[27] Kamislioglu B, Karaboga N. Ōew method for quadrater mirror filter bank design". *Journal of the faculty of engineering and arcitecture of Gazi University*, 30, 297-307, 2015.

[28] Vaidyanathan P.P. Multirate systems and filter banks, *Prentice Hall, Englewood Cliffs*, NJ, USA, 1993.

[29] Smith MJT, Barnwell TP. Ō%ØÁÃÔ ÒÅÃÏÎÓÔÒÕÃÔÉ for tree structured sub-band coders ō *IEEE Transactions on Acoustics Speech and Signal Processing*, 34(3), 434-441, 1986.

[30] Bregovic R, Saramaki 4 8 Ō4×Ï-channel FIR filterbanks a tutorial review and new results ō *2nd International Workshop on Transforms Filter Banks,* Brandenburg, Germany, 1999.

[31] Gibbs JW. "Fourier series". *Nature*, 59, 200-606, 1899.

[32] [32] Tsai, JT, Ho WH, Chou, JH. ŌDesign of two dimensional IIR digital structure specified filters by using an improved genetic algorithm ō 8 *Expert Systems with Applications*, 36, 6928- 6934, 2009.

[33] Soni RK, Jain A, Saxena R. ŌAn optimized design of non uniform filterbank using Blackman window family ō *International Journal of Signal and Image Processing*, 1, 18-23, 2010.

[34] Prabhu KMM, Bagan KB. ŌFIR digital filter design with variable parameter window families ō *Journal of the Institution of Electronic and Radio Engineers*, 58(6), 295-298, 1998.

[35] Selesnick IW, Burrus CS. ŌExchange algorithms that complement the parks-mcclellan algorithm for linear phase FIR filter design ō *IEEE Transactions on Circuits and Systems: Analog and Digital Signal Processing*, 44 (2), 137-143. 1997.

[36] Datar A, Jain ! ň 3ÈÁÒÍÁ of Kaiser window 8 Ō$ÅÓÉÇÎ based optimized prototype filter for cosine modulated filter banks ō *Signal Processing*, 90, 1742-1749, 2010.

[37] Kamislioglu B, Karaboga N. Ō9ÅÎÉ KÅÙÒÅË !ÙÎÁ "ÁÎËÁÓą 4ÁÓÁÒąÍąň 6Å ÌËÉ 5ÙÇÕÌÁÍÁÓÉ %ÒÃÉÙÅÓ -ÎÉÖÅÒÓÉÔÅÓÉň ςπρτ8

[38] Ï+ÎÁ ÍÔÉÁÓÃÌÈÉÎÏÇÑÌÕÓÅÓ"ň +ÁÒÁÂÏÇÁ . 8 Ō0 &)2 1-& ÂÁÎËÁ)Ó %%ÔÁÓÁ 8 Ò ą 3 Ýą ĺ ő 8 ÁÌ *dÌÅÔÉĥÉÍ 5ÙÇÕÌÁ-2014*, 95-9ą, 2014. ÕÒÕÌÔÁ

[39] +ÁÍÉÓÌÉÏÇÌÕ "ň +ÁÒÁÂÏÇÁ . 8 Ō1 (ÁÍÍÉÎÇ ×ÉÎÄÏ× *International Symposium on* 8 *Innovations in Intelligent Systems and Applications INISTA 2014*, June 23-25, 2014.

[40] Avci K. ŌDesign of high quality low order nonrecursive digital filters using the window functions ō 8 PHD Thesis, Gaziantep University, Gaziantep, Turkey, 2008.

[41] 2ÁÍÁËÒÉÓÈÎÁ !ň .ÉÇÁÍ -*8 Ō! ÓÉ 1-& "ÁÎËÓō 8)ÎÔÅÌÌÉÇÅÎÔ Computation 3ÅÎ 0ÒąÃÅÓÓÉÎÇň ςππφ8