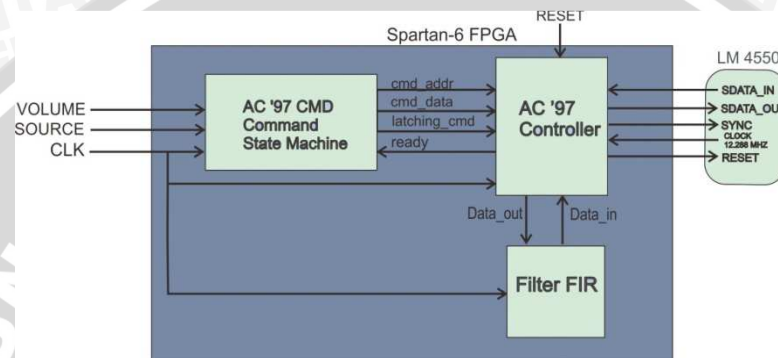


## BAB IV PERANCANGAN SISTEM

### 4.1 Gambaran Kerja Sistem

Sistem terdiri atas beberapa blok sistem yaitu AC'97 command,, AC'97 Controller, dan blok pemrosesan filter yang menggunakan metode FIR (*Finite Impulse Response*). Berikut gambar 4.1 menunjukkan diagram blok sistem.



Gambar 4.1 Blok diagram sistem pada Atlys

#### 4.1.1 Input dan Output Sistem

Sistem mempunyai dua input, input pertama dari Codec AC97 LM4550 dan yang kedua dari switch board. I/O dari codec mempunyai 5 port yaitu SDATA\_IN, SDATA\_OUT, SYNC, BIT\_CLOCK dan RESET. Berikut Tabel 4.1 menunjukkan penjelasan masing-masing port. Sedangkan input yang kedua berasal dari switch, yang disediakan oleh board Atlys, berfungsi sebagai pengatur volume output dan pemilih sumber input.

##### 4.1.2.1 AC Link Serial Interface Protocol

AC97 merupakan antarmuka serial, yaitu data di kirimkan dari dan ke codec sejumlah satu bit dalam satu waktu. Pada setiap cycle dari AC97 bit clock, satu bit data dikirim dari controller (FPGA) ke codec melalui jalur SDATA\_OUT, dan satu bit data dikirim dari codec ke FPGA melalui jalur SDATA\_IN.

##### 4.1.2 Codec AC97 LM4550

Aliran data konstan yang melewati antara FPGA dan codec AC97 dibagi menjadi frame-frame. BIT\_CLOCK dihasilkan oleh codec dengan frekuensi 12.288 MHz, karena dalam satu frame ada 256 bit sehingga ada 48.000 frame/detik yang dikirimkan. Setiap frame

yang dikirimkan ke codec menyediakan satu sample 20 bit untuk setiap DAC pada codec, dan setiap frame yang dikirimkan oleh codec menyediakan satu sample 20 bit pada setiap codec



Nama sinyal	Pin FPGA	Fungsi Pin
BIT_CLOCK	L13	adalah serial clock output sebesar 12.288 MHz, yang diambil dari setengah frekuensi 19ontrol input (XTAL_IN) sebesar 24.576 MHz.
SDATA_IN	T18	Serial Data In terdiri dari frame input AC97 link yang berisi konfigurasi dan data PCM audio. SDATA_IN data di picu oleh tepi naik daru BIT_CLOCK.
SDATA_OUT	N16	Serial Data Out dari FPGA. Data SDATA_OUT terdiri 19ontr frame AC97 yang berisi konfigurasi dan data audio DAC. SDATA_OUT di sampling oleh LM4550 pada tepi turun dari BIT_CLOCK.
SYNC	U17	Penanda frame AC link yang menandakan batas frame AC link. Setiap frame berlangsung selama 256 period dari BIT_CLOCK. SYNC biasanya berupa sebuah pulsa positif 48 kHz dengan duty cycle 6.25% (16/256). SYNC di sampling pada tepi naik dari BIT_CLOCK, dan sampling pertama dari SYNC mendefinisikan tanda mulai dari frame AC link yang baru. Jika pulsa SYNC terjadi pada periode 255 BIT_CLOCK pada frame start, maka akan di hiraukan. SYNC juga berperan sebagai Warm Reset yang digunakan untuk membersihkan status power down pada codec interface AC link.
RESET	T17	Berfungsi sebagai Cold Reset yaitu sinyal yang aktif pada logika rendah yang mengakibatkan reset secara hardware yang mengembalikan 19ontrol register dan semua sirkuit internal menjadi kondisi default.

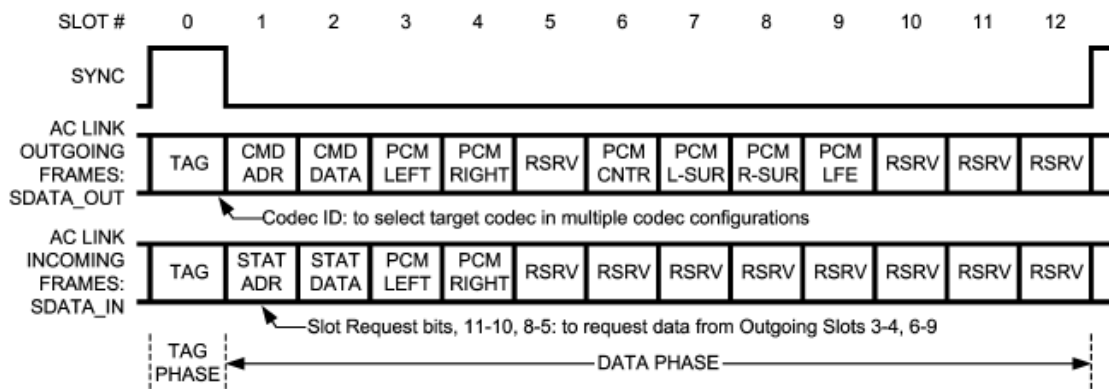
**Tabel 4. 1 Input dan output dari LM4550**



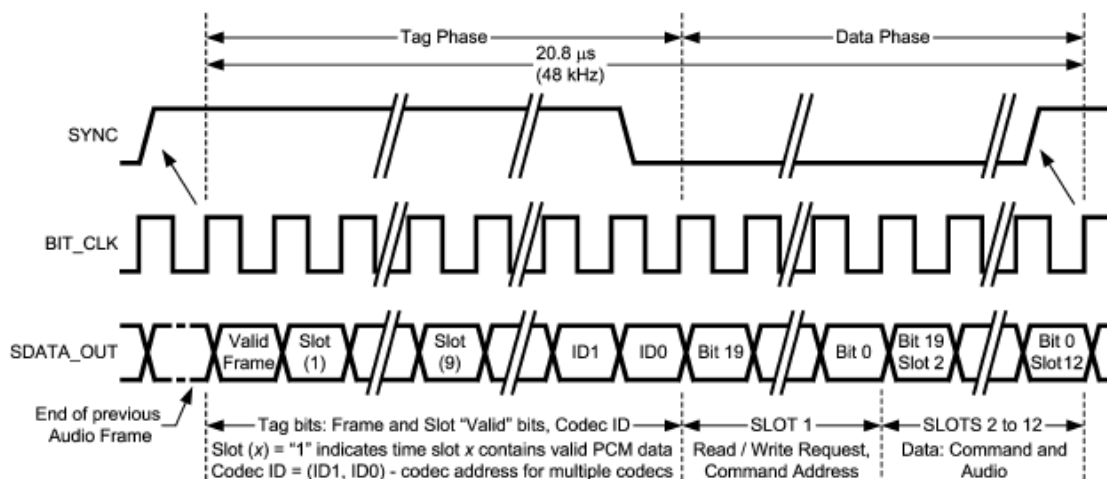
ADC. Satu frame terbagi menjadi 12 slot yang setiap slotnya terdiri dari 20 bit ditambah satu slot pengenalan yang berisi 16 bit, berfungsi sebagai header frame.

**4.1.2.1a AC Link Output Frame**

AC Link Output frame membawa control dan data PCM ke register control dan stereo DAC. Output frame di bawa pada SDATA\_OUT yang merupakan output dari AC '97 Digital Controller dan input ke LM4550 codec. Seperti yang ditunjukkan gambar 4.2 dan gambar 4.3, Output frame di susun dari 13 time slot: satu Tag Slot di ikuti dengan dua belas data slot



Gambar 4. 2 AC Link Bidirectional Audio Frame



Gambar 4. 3 AC Link Output Frame

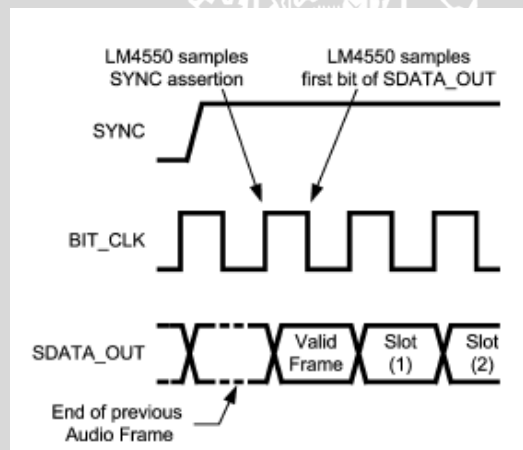
- SDATA\_OUT : Slot 0 –Tag Phase

Berikut tabel Slot pengenalan atau Slot 0 untuk output frame

Bit	Deskripsi	Keterangan
15	Valid frame	1 = menandakan frame tersebut valid
14	Control register address	1 = menandakan Control Address pada slot 1 valid
13	Control register data	1 = menandakan Control Data pada slot 2 valid
12	Left DAC data pada Slot 3	1 = menandakan PCM data pada slot 3 valid
11	Right DAC data pada slot 4	1 = menandakan PCM data pada slot 4 valid
10:0		Slot 10 sampai satu tidak digunakan dalam AC link mode primary

**Tabel 4. 2 Deskripsi slot 0 pada output frame**

Seperti yang ditunjukkan oleh gambar 4.4, awal dari setiap frame ditandai oleh picu tepi naik dari sinyal SYNC. Sinyal SYNC akan berubah menjadi logika tinggi satu cycle saat sebelum bit pertama frame dan akan turun menjadi logika rendah pada saat bersamaan dengan bit terakhir tag field terkirim.



**Gambar 4. 4 Start of AC link Output Frame**

Slot selanjutnya adalah slot 1 yaitu slot status address atau slot status request yang berisi 7-bit alamat codec control atau status register

- SDATA\_OUT : Slot 1 –Read/Write, Control address

Bit	Deskripsi	Keterangan
19	Read/Write	1 = Read 0 = Write
18:12	Register address	Mengidentifikasi status/command register untuk read/write
11:0	Reserved	Controller di set 0

**Tabel 4. 5 Slot 1 Output Frame**

- SDATA\_OUT : Slot 2 – Control data

Slot 2 di gunakan untuk memancarkan 16-bit control data ke LM4550 pada waktu mode 'write'. 4 bit terakhir harus terisi dengan nol oleh AC '97 controller. Jika akses operasi adalah register 'read', maka seluruh slot akan berisi nol.

Bit	Deskripsi	Keterangan
19:4	Control Register Write Data	Controller bernilai '0' jika operasi "read"
3:0	Reserved	di set 0

**Tabel 4. 6 Slot 2 output frame**

- SDATA\_OUT : Slot 3 & 4 – PCM Playback left/right Channel

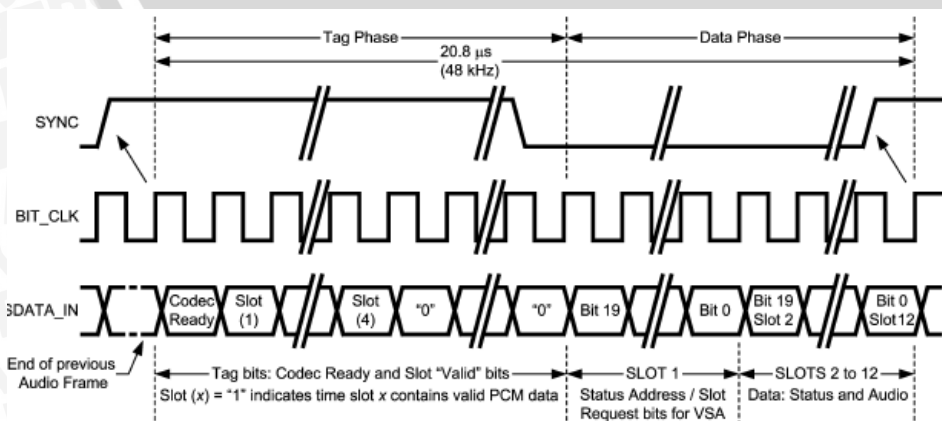
Slot 3 dan 4 digunakan untuk memancarkan 20 bit PCM data ke channel kiri dan kanan, saat codec pada primary mode.

Bit	Deskripsi	Keterangan
19:0	PCM Audio Data (Left/right channels)	Slot digunakan untuk mengalirkan data ke DAC ketika codec pada Primary Mode.

**Tabel 4. 7 Slot 3 & 4 Output Frame**

**4.1.2.1b AC Link Input Frame**

AC link input frame berisi status dan data PCM dari LM4550 control register dan stereo ADC. Frame input dibawa pada sinyal SDATA\_IN yang mana merupakan input ke AC '97 Digital Audio Controller dan output dari LM4550 codec. Seperti yang ditunjukkan oleh gambar 4.5, input frame tersusun dari 13 slot: satu Tag Slot di ikuti oleh dua belas data slot



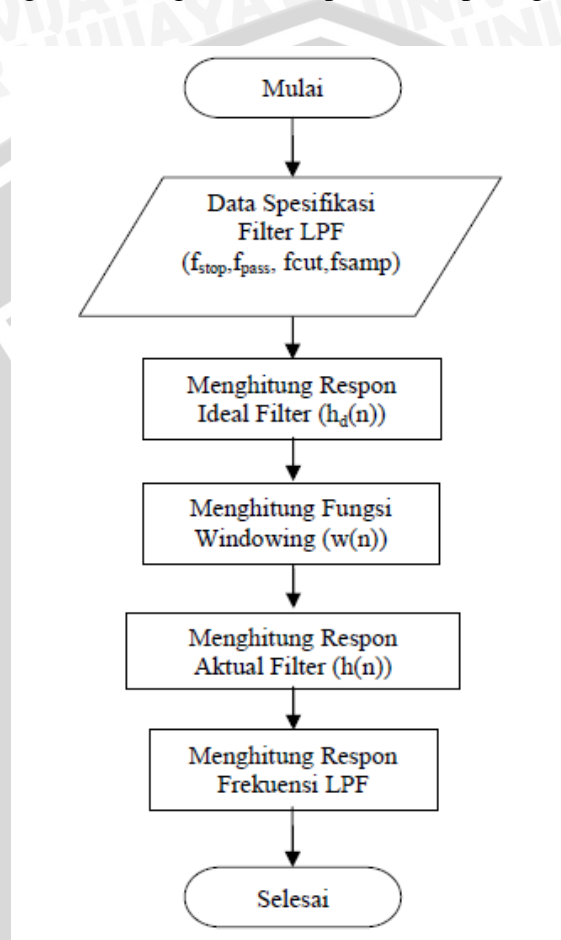
**Gambar 4. 5 AC Link Input Frame**



#### 4.53 Perancangan Filter FIR

Perancangan filter FIR dimulai dari menentukan data-data spesifikasi yang diperlukan. Setelah menentukan data spesifikasi, selanjutnya adalah menghitung Respon Ideal Filter ( $h_d(n)$ )

Diagram alir perancangan filter digital FIR dapat dilihat pada gambar 4.6



Gambar 4. 6 Diagram alir perancangan filter digital FIR

#### 4.2.3a Penentuan Spesifikasi Filter FIR

Dalam menentukan response frekuensi ditentukan terlebih dahulu spesifikasi Ada 4 spesifikasi yang ditentukan dalam merancang sebuah filter digital, di antara nya adalah, frekuensi cutoff ( $f_c$ ), frekuensi pass ( $f_{pass}$ ), frekuensi stop ( $f_{stop}$ ) dan frekuensi sampling ( $f_{samp}$ ). Pada perancangan filter digital FIR ini penulis menggunakan lowpass filter dengan metode Hamming window, Hanning window dan Blackman window. Frekuensi cutoff ( $F_c$ ) di dapat dari frekuensi batas pendengaran manusia yaitu 20.000 Hz, sedangkan frekuensi sampling ( $F_s$ ) di dapat pada spesifikasi audio AC97 yang di sediakan oleh board Atlys<sup>TM</sup> yaitu sebesar 48.000 Hz. Sehingga didapat frekuensi cut-off dalam radian ( $\omega_c$ ) yaitu :

### 4.2.3b Penghitungan Respon Ideal Filter

$$h_d(n) = \frac{\sin[\omega_c(n-\alpha)]}{\pi(n-\alpha)}$$

$$= \frac{\sin\left[\frac{40}{48}\pi(n-47,5)\right]}{\pi(n-23,5)}$$

Untuk  $n = 0$

$$h_d(0) = \frac{\sin\left[\frac{40}{48}\pi(0-47,5)\right]}{\pi(0-23,5)}$$

$$= -0,0130835633969386$$

Untuk  $n=1$

$$h_d(1) = \frac{\sin\left[\frac{40}{48}\pi(1-47,5)\right]}{\pi(1-23,5)}$$

$$= 0,0100035146239678$$

Untuk  $n=2$

$$h_d(2) = \frac{\sin\left[\frac{40}{48}\pi(2-47,5)\right]}{\pi(2-23,5)}$$

$$= -0,00383184468785022$$

Untuk  $n=3$

$$h_d(3) = \frac{\sin\left[\frac{40}{48}\pi(3-47,5)\right]}{\pi(3-23,5)}$$

$$= -0,00401876394091618$$

Untuk  $n=4$

$$h_d(4) = \frac{\sin\left[\frac{40}{48}\pi(4-47,5)\right]}{\pi(4-23,5)}$$

$$= 0,0115425168738091$$





Dengan memakai rumus yang sama maka di dapat data sampai  $n=95$ , seperti yang telah terdata pada tabel 4.1.

### 4.2.3c Penghitungan Fungsi Windowing

Penulis menggunakan 3 metode Windowing, diantaranya adalah :

#### 1. Metode Hamming Window

$$w(n) = \begin{cases} 0.54 - 0.46 \cos\left(\frac{2\pi n}{M-1}\right), & 0 \leq n \leq M-1 \\ 0 & \text{lainnya} \end{cases}$$

Untuk  $n=0$

$$\begin{aligned} w(0) &= 0.54 - 0.46 \cos\left(\frac{2\pi \cdot 0}{M-1}\right) \\ &= 0,08 \end{aligned}$$

Untuk  $n = 1$

$$\begin{aligned} w(1) &= 0.54 - 0.46 \cos\left(\frac{2\pi \cdot 1}{M-1}\right) \\ &= 0,0841043554488011 \end{aligned}$$

Untuk  $n = 2$

$$\begin{aligned} w(2) &= 0.54 - 0.46 \cos\left(\frac{2\pi \cdot 2}{M-1}\right) \\ &= 0,0963441794749868 \end{aligned}$$

Untuk  $n = 3$

$$\begin{aligned} w(3) &= 0.54 - 0.46 \cos\left(\frac{2\pi \cdot 3}{M-1}\right) \\ &= 0,116501052128843 \end{aligned}$$

#### 2. Metode Blackman Window

$$w(n) = \begin{cases} 0.42 - 0.5 \cos\left(\frac{2\pi n}{M-1}\right) + 0.08 \cos\frac{4\pi n}{M-1}, & 0 \leq n \leq M-1 \\ 0 & \text{lainnya} \end{cases}$$

Untuk  $n = 0$

$$\begin{aligned}w(0) &= 0.42 - 0.5 \cos\left(\frac{2\pi \cdot 0}{M-1}\right) \\ &= -0,08\end{aligned}$$

Untuk  $n = 1$

$$\begin{aligned}w(1) &= 0.42 - 0.5 \cos\left(\frac{2\pi \cdot 1}{M-1}\right) \\ &= -0,0755387440773901\end{aligned}$$

Untuk  $n = 2$

$$\begin{aligned}w(2) &= 0.42 - 0.5 \cos\left(\frac{2\pi \cdot 2}{M-1}\right) \\ &= -0,0622345875271883\end{aligned}$$

Untuk  $n = 3$

$$\begin{aligned}w(3) &= 0.42 - 0.5 \cos\left(\frac{2\pi \cdot 3}{M-1}\right) \\ &= -0,0403249433382144\end{aligned}$$

3. Metode Hanning Window

$$w(n) = \begin{cases} 0.5 \left[ 1 - \cos\left(\frac{2\pi n}{M-1}\right) \right], & 0 \leq n \leq M-1 \\ 0 & \text{lainnya} \end{cases}$$

Untuk  $n = 0$

$$\begin{aligned}w(0) &= 0.5 \left[ 1 - \cos\left(\frac{2\pi \cdot 0}{M-1}\right) \right] \\ &= 0\end{aligned}$$

Untuk  $n = 1$

$$\begin{aligned}w(1) &= 0.5 \left[ 1 - \cos\left(\frac{2\pi \cdot 1}{M-1}\right) \right] \\ &= 0.004461255922610\end{aligned}$$

Untuk  $n = 2$

$$w(2) = 0.5 \left[ 1 - \cos \left( \frac{2\pi 2}{M-1} \right) \right]$$

$$= 0.017765412472812$$

Untuk  $n = 3$

$$w(3) = 0.5 \left[ 1 - \cos \left( \frac{2\pi 3}{M-1} \right) \right]$$

$$= 0.039675056661786$$

Dengan rumus yang sama dapat di hitung  $w(n)$  sampai dengan  $n=48$  yang ditunjukkan oleh tabel 4.1, 4.2, dan 4.3

Dari kedua perhitungan di atas, didapat respon impulse aktual ( $H(n)$ ) dari sebuah filter dengan mengalikan respon impulse ideal ( $H_d(n)$ ) dan fungsi masing windowing ( $W(n)$ ).

N	$H_d(n)$	$W(n)$ Metode Hamming	$H(n) = H_d(n) * W(n)$
0	0,00517423170205237	0,08000000000000000	-0,00104668507175500
1	-0,00723444093713077	0,0841043554488011	0,000841339149671469
2	0,00740876481513390	0,0963441794749868	-0,000369175932326516
3	-0,00555750812442655	0,116501052128843	-0,000468190227374189
4	0,00208568761490580	0,144215273540336	0,00166460722830032
5	0,00213986131918915	0,178992282771816	-0,00297479117088561
6	-0,00600210877438073	0,220211483269665	0,00386897406852427
7	0,00842366410487829	0,267137317424497	-0,00364406190199567
8	-0,00866095041769175	0,318932392614125	0,00169517012774638
9	0,00652403127650075	0,374672424494744	0,00212877659302825
10	-0,00245924360563523	0,433362730876937	-0,00722525069301680
11	-0,00253491263965481	0,493955981852915	0,0121498842792750
12	0,00714536758854847	0,555370889423530	-0,0148483835351124
13	-0,0100807783550183	0,616511503108240	0,0132156039368307
14	0,0104224996551884	0,676286767207392	-0,00586480588550757
15	-0,00789751154523777	0,733629990717034	-0,00711057152114110



16	0,00299580584686476	0,787517882455151	0,0236338399613289
17	0,00310885512410492	0,836988811717049	-0,0395913400376562
18	-0,00882663055055985	0,881159968598061	0,0492590435148970
19	0,0125495404011452	0,919243117757210	-0,0459783098573302
20	-0,0130835633969386	0,950558664495545	0,0223747008955149
21	0,0100035146239678	0,974547782139643	0,0321151153816133
22	-0,00383184468785022	0,990782384316830	-0,148669591060247
23	-0,00401876394091618	0,998972764166651	0,614295804114101
24	0,0115425168738091	0,998972764166651	0,614295804114101
25	-0,0166196616123274	0,990782384316830	-0,148669591060247
26	0,0175693565616033	0,974547782139643	0,0321151153816133
27	-0,0136411563054107	0,950558664495546	0,0223747008955149
28	0,00531513940572778	0,919243117757210	-0,0459783098573302
29	0,00568170074405385	0,881159968598061	0,0492590435148969
30	-0,0166725243732797	0,836988811717049	-0,0395913400376562
31	0,0245970991862446	0,787517882455152	0,0236338399613289
32	-0,0267359773763528	0,733629990717034	-0,00711057152114110
33	0,0214361027656453	0,676286767207392	-0,00586480588550757
34	-0,00867206955671373	0,616511503108240	0,0132156039368307
35	-0,00969231303397423	0,555370889423530	-0,0148483835351124
36	0,0300105438719035	0,493955981852915	0,0121498842792750
37	-0,0473021138197011	0,433362730876937	-0,00722525069301680
38	0,0559024981505559	0,374672424494744	0,00212877659302825
39	-0,0500175731198392	0,318932392614126	0,00169517012774638
40	0,0235384745110802	0,267137317424497	-0,00364406190199567
41	0,0329538643155123	0,220211483269665	0,00386897406852427
42	-0,150052719359518	0,178992282771816	-0,00297479117088560
43	0,614927479656115	0,144215273540336	0,00166460722830032
44	0,00517423170205237	0,116501052128843	-0,000468190227374190
45	-0,00723444093713077	0,0963441794749869	-0,000369175932326517

46	0,00740876481513390	0,0841043554488012	0,000841339149671469
47	-0,00555750812442655	0,08000000000000000	-0,00104668507175509

**Tabel 4. 3 Koefisien *response ideal filter*, koefisien Hamming window dan hasil perkalian keduanya**

Dari koefisien yang didapat, terbentuk suatu grafik dari respon aktual  $h(n)$

N	Hd(n)	W(n) (Metode Blackman)	H(n) = Hd(n)* W(n)
0	0,0100035146239678	0,744516053438976	-0,00078325391098301
1	-0,00383184468785022	0,690743304241261	0,000282930446389441
2	-0,00401876394091618	0,632169508873742	0,000243265666970922
3	0,0115425168738091	0,569839918102391	-0,00044580450168471
4	-0,0166196616123274	0,504866804951139	0,000141244886107187
5	0,0175693565616033	0,438409616163412	0,000514824928993877
6	-0,0136411563054107	-0,371654281847525	-0,00101089035360465
7	0,00531513940572778	0,305792052525810	0,000664989078257380
8	0,00568170074405385	0,241998241240818	0,00103072443448105
9	-0,0166725243732797	0,181411250066233	-0,00403472157537837
10	0,0245970991862446	0,125112255294897	0,00752159744634267
11	-0,0267359773763528	0,0741059138222535	-0,00993654047130008
12	0,0214361027656453	0,0293024350202438	0,00939779358552603
13	-0,00867206955671373	-0,00849866197049513	-0,00437824004941211
14	-0,00969231303397423	-0,0386228156786399	-0,00552306686550262
15	0,0300105438719035	-0,0605324598676138	0,0189717507805352
16	-0,0473021138197011	-0,0738366164178156	-0,0326736183974166
17	0,0559024981505559	-0,0782978723404256	0,0416203073004315
18	-0,0500175731198392	0,744516053438976	-0,0396403362168693
19	0,0235384745110802	0,690743304241261	0,0196292731101731
20	0,0329538643155123	0,632169508873742	0,0286026870044393
21	-0,150052719359518	0,569839918102391	-0,134152634060340



22	0,614927479656115	0,504866804951139	0,560618917246152
23	0,614927479656115	0,438409616163412	0,566093362505365
24	-0,150052719359518	0,371654281847525	-0,138136367727145
25	0,0329538643155123	0,305792052525810	0,0300434772275434
26	0,0235384745110802	0,241998241240818	0,0210442594502923
27	-0,0500175731198392	0,181411250066233	-0,0434133300717322
28	0,0559024981505559	0,125112255294897	0,0466183738126982
29	-0,0473021138197011	0,0741059138222535	-0,0374882581985537
30	0,0300105438719035	0,0293024350202438	0,0223433316850669
31	-0,00969231303397423	-0,00849866197049513	-0,00669490033082800
32	-0,00867206955671373	-0,0386228156786399	-0,00548221795258665
33	0,0214361027656453	-0,0605324598676138	0,0122151470444098
34	-0,0267359773763528	-0,0738366164178156	-0,0134981074752452
35	0,0245970991862446	-0,0782978723404256	0,0107836048129749
36	-0,0166725243732797	0,744516053438976	-0,00619641507253664
37	0,00568170074405385	0,690743304241261	-0,00173741893236165
38	0,00531513940572778	0,632169508873742	0,00128625438813589
39	-0,0136411563054107	0,569839918102391	-0,00247465921771343
40	0,0175693565616033	0,504866804951139	0,00219814182350238
41	-0,0166196616123274	0,438409616163412	-0,00123161521119815
42	0,0115425168738091	0,371654281847525	0,000338223850664859
43	-0,00401876394091618	0,305792052525810	3,41541162730615e-05
44	-0,00383184468785022	0,241998241240818	0,000147996631088014
45	0,0100035146239678	0,181411250066233	-0,00060553734751042
46	-0,0130835633969386	0,125112255294897	0,000966046051917927
47	0,0125495404011452	0,0741059138222535	-0,00098260231225988

**Tabel 4. 4 Koefisien *response* ideal filter, koefisien fungsi Blackman window dan hasil perkalian keduanya**

N	Hd(n)	W(n) (Metode Hanning)	H(n) = Hd(n)* W(n)
0	0,00517423170205237	0	0
1	-0,00723444093713077	0,00446125592260993	2,15943091273022e-05



2	0,00740876481513390	0,0177654124728117	-3,21669775900071e-05
3	-0,00555750812442655	0,0396750566617856	-7,34520468507181e-05
4	0,00208568761490580	0,0697992103699303	0,000361157287074316
5	0,00213986131918915	0,107600307360670	-0,000778428068417881
6	-0,00600210877438073	0,152403786162679	0,00112912380861525
7	0,00842366410487829	0,203410127635322	-0,00113045343692395
8	-0,00866095041769175	0,259709122406658	0,000541672100081622
9	0,00652403127650075	0,320296113581244	0,000685389264139117
10	-0,00245924360563523	0,384089924866236	-0,00230534950819087
11	-0,00253491263965481	0,449952154187951	0,00379024581014570
12	0,00714536758854847	0,516707488503837	-0,00447517793838176
13	-0,0100807783550183	0,583164677291565	0,00380458459400064
14	0,0104224996551884	0,648137790442817	-0,00159392871671704
15	-0,00789751154523777	0,710467381214167	-0,00180097274470224
16	0,00299580584686476	0,769041176581686	0,00549508189740596
17	0,00310885512410492	0,822813925779401	-0,00829460481320460
18	-0,00882663055055985	0,870826052823979	0,00907618423528698
19	0,0125495404011452	0,912220780170880	-0,00720427414320534
20	-0,0130835633969386	0,946259417929941	0,00283480949688536
21	0,0100035146239678	0,972334545803959	0,00302284723506687
22	-0,00383184468785022	0,989980852518293	-0,00873819523730725
23	-0,00401876394091618	0,998883439311577	0,0125355280776755
24	0,0115425168738091	0,998883439311577	-0,0130689548043851
25	-0,0166196616123274	0,989980852518293	0,00990328793561486
26	0,0175693565616033	0,972334545803959	-0,00372583496415216
27	-0,0136411563054107	0,946259417929941	-0,00380279322752918
28	0,00531513940572778	0,912220780170880	0,0105293237477617
29	0,00568170074405385	0,870826052823979	-0,0144728343211333
30	-0,0166725243732797	0,822813925779401	0,0144563112458709
31	0,0245970991862446	0,769041176581687	-0,0104906108950477

32	-0,0267359773763528	0,710467381214168	0,00377623317437564
33	0,0214361027656453	0,648137790442817	0,00368252496620837
34	-0,00867206955671373	0,583164677291565	-0,00972282729577943
35	-0,00969231303397423	0,516707488503837	0,0127095053450042
36	0,0300105438719035	0,449952154187951	-0,0120299106148103
37	-0,0473021138197011	0,384089924866236	0,00823339110068163
38	0,0559024981505559	0,320296113581244	-0,00277763017572163
39	-0,0500175731198392	0,259709122406658	-0,00251718211214406
40	0,0235384745110802	0,203410127635323	0,00610444855938935
41	0,0329538643155123	0,152403786162679	-0,00720902123962044
42	-0,150052719359518	0,107600307360669	0,00601512598322906
43	0,614927479656115	0,0697992103699304	-0,00349118710838503
44	0,00517423170205237	0,0396750566617857	0,000933890309959106
45	-0,00723444093713077	0,0177654124728118	0,000585438992138150
46	0,00740876481513390	0,00446125592260999	-0,000669423582946382
47	-0,00555750812442655	0	0

**Tabel 4. 5** Koefisien *response* ideal filter, koefisien Hanning window dan hasil perkalian keduanya

Dari tabel didapat grafik respon aktual yang ditunjukkan oleh gambar 4.7

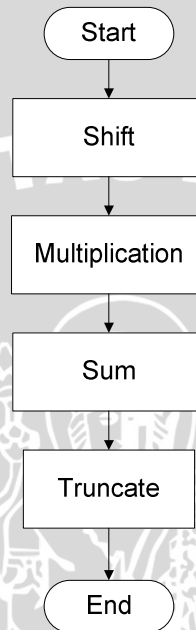


**Gambar 4. 7** Respon aktual masing-masing metode dalam satu grafik

#### 4.2.3d Perancangan Filter FIR dengan VHDL

Setelah mendapatkan koefisien response impulse, maka di lanjutkan dengan merancang algoritma dari filter FIR. Pada blok filter FIR terdapat 5 process yaitu process Shift, process *state update and timing*, process untuk kontrol dari *data path flags*, process Sum dan process Truncation.

Gambar 4.8 menunjukkan algoritma filter FIR



Gambar 4. 8 Diagram alir algoritma filter FIR

#### 4.642 Implementasi Filter FIR pada IC FPGA

Sistem yang telah dirancang selanjutnya diimplementasikan ke dalam IC FPGA Xilinx Spartan 6 LX45. Tahap implementasi desain ke dalam arsitektur FPGA terdiri dari beberapa langkah yang dapat dijelaskan sebagai berikut

##### 4.3.1. Pengaturan Relasi Antara I/O Sistem Dengan Kode Pin FPGA

Tahap pertama yang perlu dilakukan adalah proses pengaturan relasi antara I/O sistem dengan kode pin FPGA. Pengaturan relasi antara I/O sistem dengan kode pin FPGA mengacu pada konfigurasi pin IC FPGA Xilinx Spartan-6 LX45.

Relasi yang diperlukan adalah fix input output (switch), clock, input Audio, dan reset. Untuk mengatur relasi tersebut, diperlukan file “.ucf”. File “.ucf” bentuk teks untuk relasi antara I/O sistem dengan konfigurasi pin FPGA ditunjukkan sebagai berikut:

```
NET "SOURCE[2]" LOC = "E4";
```



```

NET "SOURCE[1]" LOC = "T5";
NET "SOURCE[0]" LOC = "R5";
NET "VOLUME[4]" LOC = "P12";
NET "VOLUME[3]" LOC = "P15";
NET "VOLUME[2]" LOC = "C14";
NET "VOLUME[1]" LOC = "D14";
NET "clk" LOC = "L15";
NET "BIT_CLK" LOC = "L13";
NET "SDATA_IN" LOC = "T18";
NET "SDATA_OUT" LOC = "N16";
NET "SYNC" LOC = "U17";
NET "AC97_n_RESET" LOC = "T17";
NET "n_reset" LOC = "T15";
NET "VOLUME[0]" LOC = "A10";

```

#### 4.3.2. Synthesize

Proses synthesize berfungsi untuk mengkonversi desain dalam bentuk VHDL Source Code menjadi gerbang-gerbang logika yang dibutuhkan untuk menyusun keperluan sistem. Proses synthesis dilakukan oleh software ISE Design Suite 14.3. Melalui proses synthesis dihasilkan jumlah slices, slice flip-flop, 4 input LUTs, dan GCLKs yang digunakan untuk menyusun sistem.

#### 4.3.3. Mapping, Placing, dan Routing

Proses mapping, placing dan routing desain dalam arsitektur FPGA dilakukan oleh software ISE Design Suite 14.3. Software melakukan pemetaan (mapping) jalur IOBs, menempatkan (placing) gates kedalam CLBs, dan menghubungkan (routing) antar PSM.

#### 4.3.4. Generate File Bitstream

Setelah proses mapping, placing dan routing selesai, software akan menghasilkan file bitstream dengan tipe file “.bit” yang akan di-download ke dalam arsitektur FPGA.

#### 4.3.5. Download File Bitstream

Pada tahap ini file bitstream yang dihasilkan akan di-download ke hardware FPGA. Download dapat dilakukan dengan koneksi serial atau menggunakan kabel JTAG. Pada perancangan ini, proses download menggunakan kabel JTAG yang dihubungkan dengan Atlys Circuit Board.