

Perancangan Prototipe *Transmitter Beacon Black Box Locator Acoustic 37.5 kHz Pingers*

RUSTAMAJI, KANIA SAWITRI, RUDI GUNAWAN

Jurusan Teknik Elektro Institut Teknologi Nasional Bandung
e-mail : rustamaji@itenas.ac.id

ABSTRAK

Pingers transmitter berfungsi untuk memancarkan sinyal atau getaran pulsa akustik pada black box. Frekuensi sinyal yang dipancarkan sebesar 37,5 kHz yang dimodulasikan oleh pulsa dengan durasi 10 ms setiap interval 1 second. Modulasi yang digunakan adalah modulasi on off keying. Dalam penelitian ini dibuat perancangan pingers transmitter yang tersusun atas rangkaian osilator, timer, inverter, switch dan rangkaian amplifier. Frekuensi 37,5 kHz tersebut dibangkitkan oleh rangkaian osilator colpitts, sedangkan lebar pulsa dengan durasi 10 ms dan pengulangan pulsa setiap interval 1 second dibangkitkan oleh rangkaian timer. Berdasarkan perancangan yang telah dibuat, output sinyal yang dihasilkan oleh prototipe pingers transmitter tersebut sebesar 37,69 kHz dengan lebar pulsa 9,8 ms setiap interval 1 second.

Kata kunci: *Black box, pingers transmitter, on off keying.*

ABSTRACT

Pingers transmitter is used to emits a signal or pulse of acoustic vibrations in black box. The frequency of the transmitted signal is 37.5 kHz which is modulated by pulses with a duration of 10 ms every interval 1 second. The modulation that used this research is on off keying modulation. In this research, made the design of pingers transmitter which arrange of the oscillator circuit, timer, inverter, switch, and amplifier circuit. The 37.5 kHz frequency is generated by the colpitts oscillator circuit, while the pulse width with a duration of 10 ms, and each pulse repetition interval of 1 second generated by timer circuit. Based on the design that have made, signal output from the pingers transmitter prototype is 37.69 kHz, with the pulse width 9.8 ms every 1 second interval.

Keywords : *Black box, pingers transmitter, on off keying.*

1. PENDAHULUAN

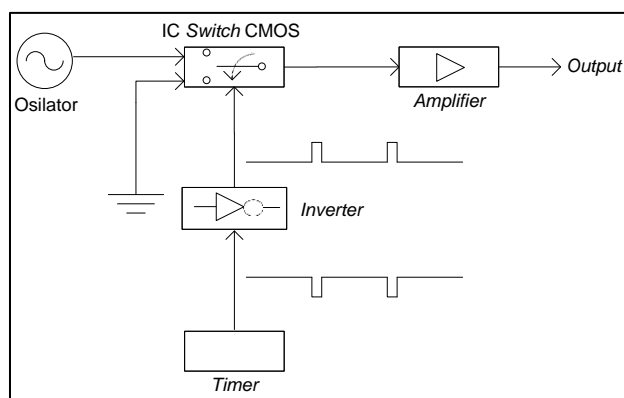
Seringnya terjadi kecelakaan pesawat terbang menjadi salah satu masalah bagi keamanan pada saat penerbangan. Penyebab kecelakaan itu dapat teridentifikasi oleh suatu alat yang bernama *black box*. Seandainya pesawat terbang mengalami kecelakaan, maka *black box* tersebut menjadi suatu barang bukti yang amat penting untuk mengetahui penyebab kecelakaan dan bagaimana menghindarinya pada masa mendatang. *Black box* terdiri dari FDR dan CVR yang berfungsi untuk merekam informasi yang terjadi dalam pesawat selama perjalanan. *Black box* menjadi alat utama yang dicari untuk mengetahui penyebab dari kecelakaan pesawat. Oleh karena itu pada *black box* dilengkapi dengan suatu alat yang bernama *pingers*.

Pingers akan aktif secara otomatis apabila pesawat terbang mengalami kecelakaan, dimana pesawat terbang masuk ke dalam air atau lautan. Di dalam air, *pingers* akan memancarkan sinyal atau getaran akustik dengan frekuensi 37,5 kHz sebagai penanda (*beacon*) untuk memudahkan pencarian ketika pesawat terbang mengalami kecelakaan (Hanafi, 2007). *Pingers* akan memancarkan sinyal atau getaran akustik dengan frekuensi 37.5 kHz yang dimodulasi oleh pulsa dengan durasi 10 ms setiap interval 1 *second* (Sutoyo, 2014).

Oleh karena pentingnya kegunaan dari *pingers*, maka pada penelitian ini akan dilakukan perancangan dan realisasi rangkaian *pingers transmitter*. Judul penelitian yang akan dilakukan adalah Perancangan Prototipe *Transmitter Beacon Black Box Locator Acoustic 37.5 kHz Pingers*.

2. PERANCANGAN

Pada perancangan *pingers transmitter* ini, dibagi menjadi beberapa sub pokok pembahasan meliputi perancangan rangkaian osilator, rangkaian *timer*, rangkaian *inverter*, penggabungan dari seluruh rangkaian yang telah dirangkai melalui rangkaian *switch* yang akan dikuatkan oleh rangkaian *amplifier*. Rancangan dari rangkaian *pingers transmitter* yang akan diimplementasikan ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Blok Rangkaian *Pingers Transmitter*

Gambar 1 menunjukkan tahapan dalam perancangan rangkaian *pingers transmitter*. Dimulai dengan perancangan rangkaian osilator, dilanjutkan dengan perancangan rangkaian *timer* yang sinyal keluarannya akan dibalikkan oleh rangkaian *inverter*. Sinyal keluaran dari rangkaian *inverter* akan dimodulasikan oleh rangkaian osilator melalui rangkaian *switch*. Setelah sinyal *output* yang dihasilkan sesuai, sinyal diperkuat dengan rangkaian *amplifier* agar amplituda yang dihasilkan cukup besar untuk diterima oleh *receiver*.

2.1 Perancangan Rangkaian Osilator

Osilator yang akan dirancang adalah osilator colpitts, dimana osilator ini menghasilkan gelombang sinusoida dengan frekuensi sebesar 37,5 kHz sesuai dengan frekuensi standar yang digunakan *black box*.

Perhitungan dari rangkaian osilator yang akan diimplementasikan adalah sebagai berikut :

$$f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{L \cdot C_T}}$$

$$C_T = \frac{(0,1 \times 10^{-6}) \cdot (0,1 \times 10^{-6})}{(0,1 \times 10^{-6}) + (0,1 \times 10^{-6})} = 5 \times 10^{-8}$$

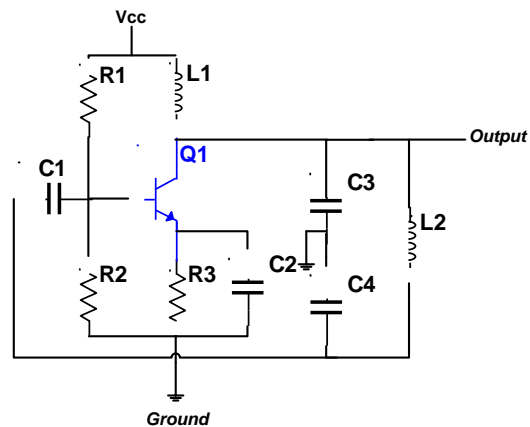
$$37,5 \times 10^3 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L \cdot C_T}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L \cdot 5 \times 10^{-8}}}$$

$$(235619,449\sqrt{L \cdot 5 \times 10^{-8}})^2 = 1^2$$

$$5,55165 \times 10^{10} \cdot L \cdot 5 \times 10^{-8} = 1$$

$$L = \frac{1}{5,55165 \times 10^{10} \cdot 5 \times 10^{-8}} = 3,60253258 \times 10^{-4} H = 360,2533 \mu H$$

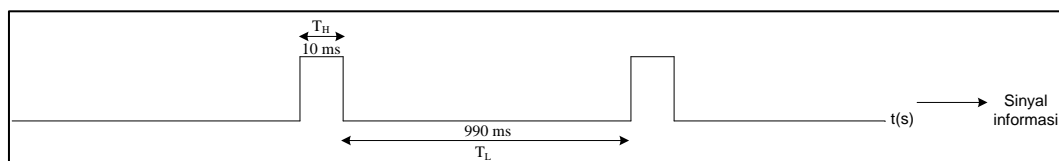
Rancangan rangkaian osilator yang akan diimplementasikan ditampilkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Rangkaian Osilator

2.2 Perancangan Rangkaian Timer

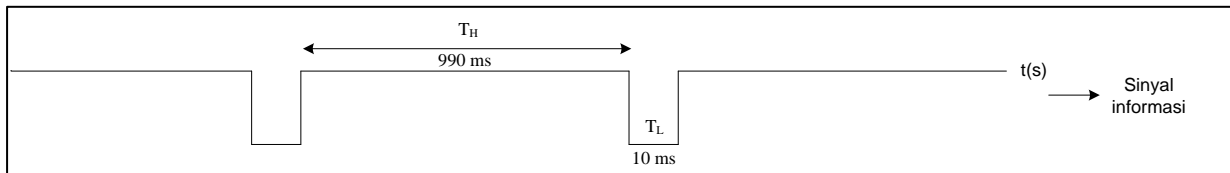
Rangkaian *timer* yang diinginkan menghasilkan lebar pulsa 10 ms setiap interval 1 *second* atau disebut PRF (*Pulse Repetition Frequency*). Hasil sinyal yang diinginkan pada rangkaian *timer* ditampilkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Sinyal Informasi pada Rangkaian *Timer*

Pada Gambar 3, lebar pulsa sinyal informasi yang diinginkan adalah sebesar berikut : $T_H = 10 \times 10^{-3} s$; $T_L = 990 \times 10^{-3} s$.

Pada perhitungan ini nilai T_H dan T_L harus dibalik agar nilai R_A positif. Berikut adalah gambar sinyal informasi dengan T_H dan T_L yang dibalik ditampilkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Sinyal Informasi dengan T_H dan T_L yang Dibalik

$$T_H = 990 \times 10^{-3} s ; T_L = 10 \times 10^{-3} s$$

Perhitungan R_A dan R_B

$$C = 2 \times 10^{-6}$$

$$T_H = (R_A + R_B) \cdot C \cdot \ln 2 = (R_A + R_B) \cdot C \cdot 0,693$$

$$990 \times 10^{-3} = (R_A + R_B) \cdot 2 \times 10^{-6} \cdot 0,693$$

$$(R_A + R_B) = \frac{990 \times 10^{-3}}{0,693 \cdot 2 \times 10^{-6}} = 714,286 k\Omega$$

$$T_L = R_B \cdot C \cdot \ln 2$$

$$10 \times 10^{-3} = R_B \cdot 2 \times 10^{-6} \cdot 0,693$$

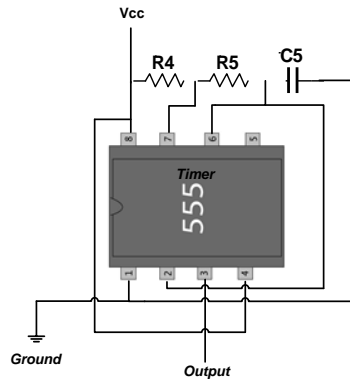
$$R_B = \frac{10 \times 10^{-3}}{2 \times 10^{-6} \cdot 0,693} = 7,22 k\Omega$$

$$(R_A + R_B) = 714,286 k\Omega$$

$$R_A = 714,286 k\Omega - R_B = 714,286 k\Omega - 7,22 k\Omega = 707,066 k\Omega$$

Maka : $R_4 = 707,066 k\Omega$ dan $R_5 = 7,22 k\Omega$

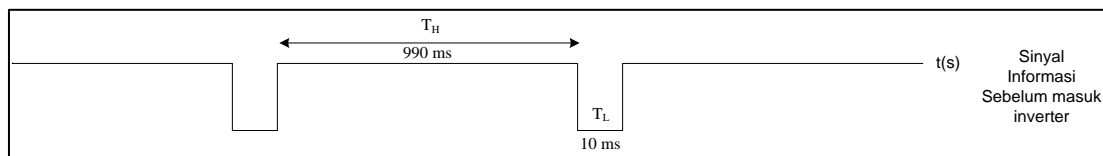
Rancangan dari rangkaian *timer* yang akan diimplementasikan ditampilkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Rangkaian Timer

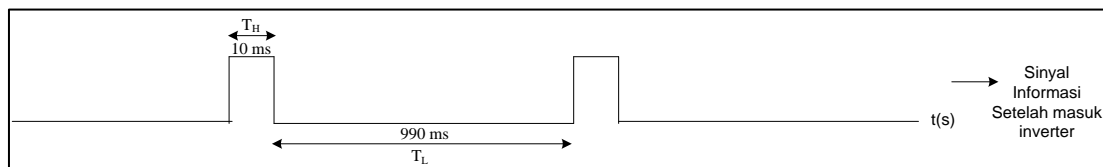
2.3 Perancangan Rangkaian *Inverter*

Rangkaian *inverter* merupakan rangkaian yang berfungsi untuk mengubah polaritas sinyal informasi dari *high* ke *low* atau sebaliknya dari *low* ke *high* pada keluaran rangkaian *timer*. Sinyal masukan *inverter* dengan lebar pulsa $T_H = 990 \times 10^{-3} s$ dan $T_L = 10 \times 10^{-3} s$ ditampilkan pada Gambar 6.



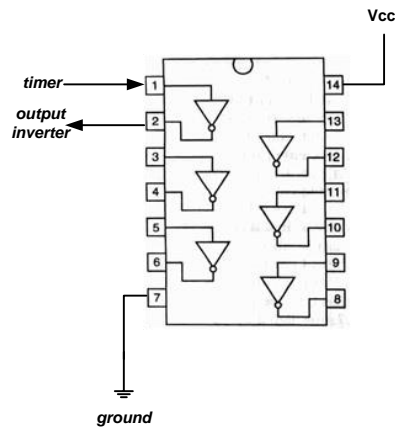
Gambar 6. Sinyal Masukan *Inverter*

Sinyal keluaran *inverter* dengan lebar pulsa $T_H = 10 \times 10^{-3} s$ dan $T_L = 990 \times 10^{-3} s$ ditampilkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Sinyal Keluaran *Inverter*

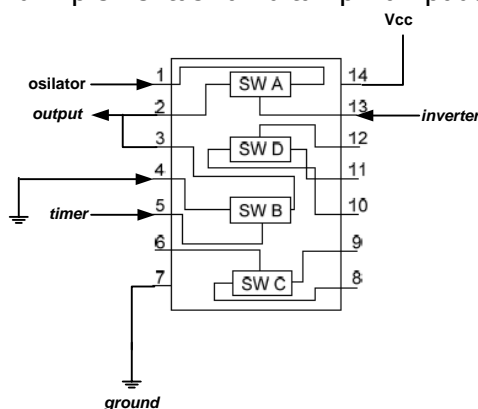
Lebar pulsa sinyal keluaran *inverter* yang ditampilkan pada Gambar 7 di atas adalah sebesar Rangkaian *inverter* yang akan diimplementasikan ditampilkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Rangkaian Inverter

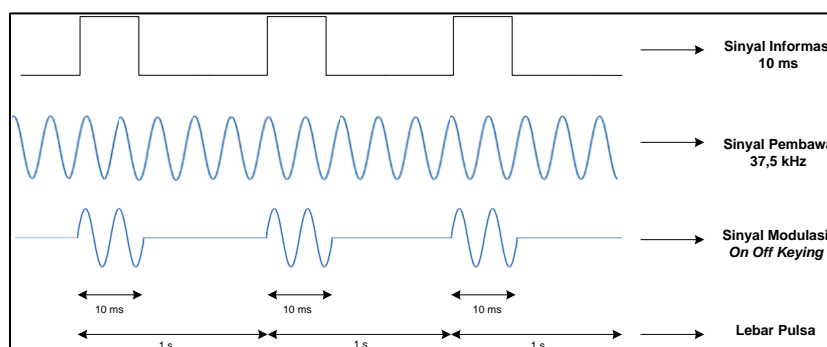
2.4 Perancangan Rangkaian *Switch*

IC *switch* digunakan untuk memodulasikan sinyal informasi (pulsa) pada sinyal pembawa 37,5 kHz sehingga menghasilkan sinyal *on off keying*. Rangkaian *switch* ini menggabungkan keluaran dari rangkaian *inverter* dan rangkaian osilator, sehingga menghasilkan sinyal modulasi *on off keying* 37,5 kHz dengan lebar pulsa 10 ms setiap interval 1 *second*. Rangkaian *switch* yang akan diimplementasikan ditampilkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Rangkaian Switch

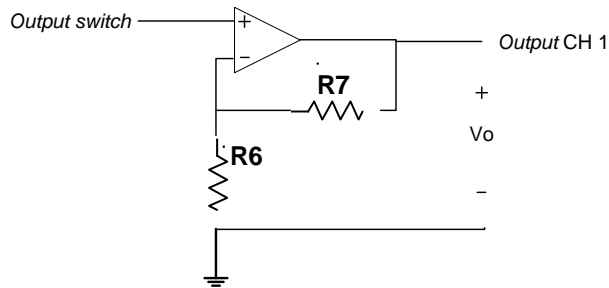
Komponen utama yang digunakan pada rangkaian *switch* adalah IC 4066. Pada Gambar 3.12 diatas, sinyal informasi *output* dari *inverter* dimodulasikan pada sinyal pembawa 37,5 kHz (sinyal dari osilator) melalui IC *switch* 4066. Sinyal modulasi *on off keying*, ditampilkan pada Gambar 10.



Gambar 10. Sinyal Modulasi *On Off Keying*

2.5 Perancangan Rangkaian *Amplifier*

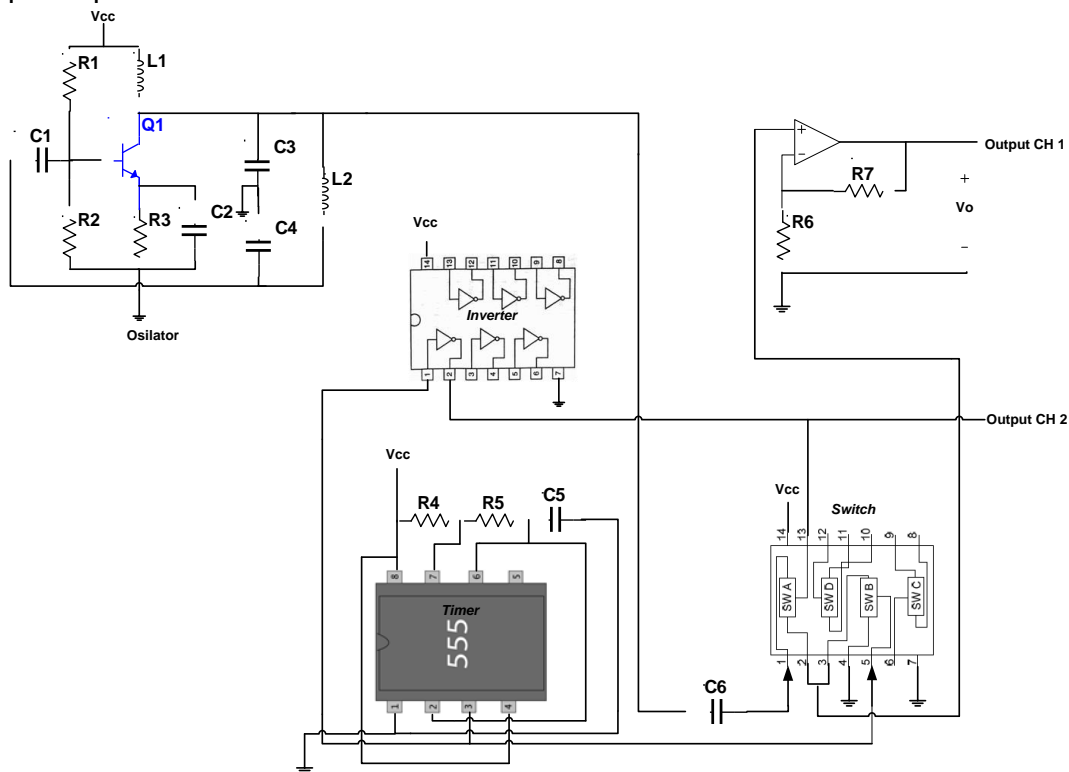
Rangkaian *Amplifier* yang digunakan pada perancangan ini adalah rangkaian op-amp. Op-amp adalah suatu rangkaian terintegrasi yang berisi beberapa tingkat dan konfigurasi penguat diferensial. Op-amp yang digunakan untuk rangkaian ini berjenis penguat *non-inverting*. Rangkaian op-amp yang akan diimplementasikan ditampilkan pada Gambar 11.



Gambar 11. Rangkaian Op-Amp *Non-Inverting*

2.6 Rangkaian *Pingers Transmitter*

Pingers Transmitter merupakan penggabungan dari seluruh rangkaian osilator, *timer* dan *inverter* yang telah dirangkai dengan menggunakan IC CMOS (*switch*). Sinyal yang dihasilkan pada realisasi rangkaian *pingers transmitter* yaitu modulasi sinyal *on off keying*. Berikut adalah rancangan dari rangkaian *pingers transmitter* yang akan diimplementasikan ditampilkan pada Gambar 12.



Gambar 12. Rangkaian *Pingers Transmitter*

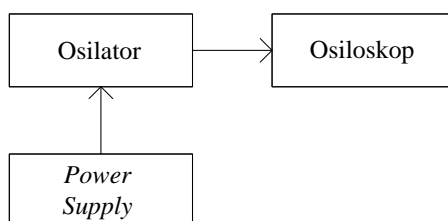
Pada Gambar 12 diatas, sinyal pembawa 37.5 kHz dibangkitkan oleh rangkaian osilator colpitts. Sedangkan sinyal informasi berbentuk pulsa dengan lebar 10 ms dalam interval 1

second dibangkitkan oleh rangkaian *timer*. *Output* dari *timer* dibalikkan dengan menggunakan IC *inverter* agar sinyal informasi berbentuk pulsa yang diinginkan sesuai. Kemudian sinyal pulsa dimodulasikan pada sinyal pembawa 37.5 kHz melalui *switch* (IC CMOS), menghasilkan sinyal *pingers* (*on off keying*). Selanjutnya sinyal tersebut diperkuat oleh *amplifier* untuk menggerakkan *hydrophone*.

3. PENGUKURAN DAN ANALISIS

3.1 Pengukuran pada Rangkaian Osilator

Pengukuran frekuensi pada rangkaian osilator diukur dengan menggunakan osiloskop. Diagram pengukuran pada rangkaian osilator ditampilkan pada Gambar 13.



Gambar 13. Diagram Blok Pengukuran Rangkaian Osilator

Dari pengukuran rangkaian osilator diatas didapatkan besarnya sinyal *output* sebagai berikut ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Sinyal *Output* Rangkaian Osilator

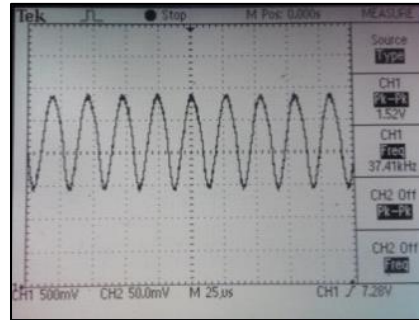
Sinyal <i>Output</i>	Nilai
Frekuensi	41.41 kHz
Amplituda	1.90 V _{p-p}

Dari pengukuran diatas, terlihat bahwa besarnya frekuensi yang diinginkan belum sesuai. Oleh karena itu, dilakukan perencanaan ulang dengan mengubah nilai induktor (L_2). Setelah dilakukan pengubahan nilai induktor dengan cara seri induktor pada komponen L_2 , didapatkan besarnya sinyal *output* rangkaian osilator ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Sinyal *Output* Rangkaian Osilator

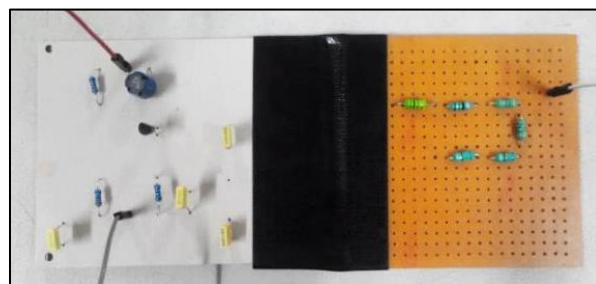
Sinyal <i>Output</i>	Nilai
Frekuensi	37,41 kHz
Amplituda	1,52 V _{p-p}

Sinyal *output* dari rangkaian osilator dapat dilihat pada Gambar 14.



Gambar 14. Sinyal *Output* Rangkaian Osilator pada Osiloskop

Realisasi rangkaian osilator setelah nilai komponen induktor (L_2) diganti, ditampilkan pada Gambar 15.



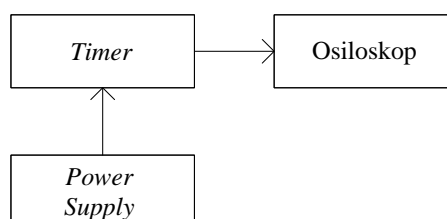
Gambar 15. Realisasi Rangkaian Osilator Setelah L_2 Diganti

Setelah dilakukan beberapa kali penambahan dan pengurangan nilai komponen induktor (L_2), didapat besarnya frekuensi yang diinginkan yaitu sebesar 37,41 kHz dengan nilai L_2 yang digunakan adalah sebesar 450 μH . Besarnya frekuensi tersebut masih dalam batas frekuensi yang diinginkan yaitu ($37,5 \pm 1$) kHz atau antara (36,5 – 38,5) kHz.

Nilai komponen induktor sesuai perhitungan adalah sebesar 360,25 μH . Perbedaan nilai komponen induktor (L_2) pada perhitungan dengan nilai komponen induktor (L_2) yang digunakan pada rangkaian yaitu sebesar 89,75 μH . Perbedaan tersebut dipengaruhi oleh adanya toleransi pada masing-masing komponen induktor. Nilai yang dimiliki oleh masing-masing komponen induktor tidak presisi sesuai dengan nilai komponen tersebut. Selain itu baik hubungan seri atau paralel induktor menyebabkan munculnya mutual induktansi (M) karena adanya pengaruh dari induktor satu ke induktor lainnya.

3.2 Pengukuran pada Rangkaian *Timer*

Pengukuran lebar pulsa rangkaian *timer* diukur dengan menggunakan osiloskop. Diagram pengukuran pada rangkaian *timer* ditampilkan pada Gambar 16.



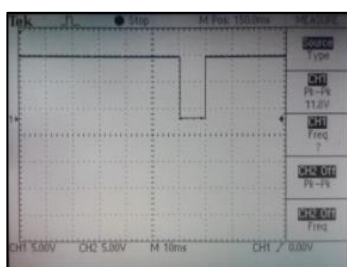
Gambar 16. Diagram Blok Pengukuran Rangkaian *Timer*

Dari pengukuran rangkaian *timer* diatas didapatkan besarnya sinyal *output* ditampilkan pada Tabel 3.

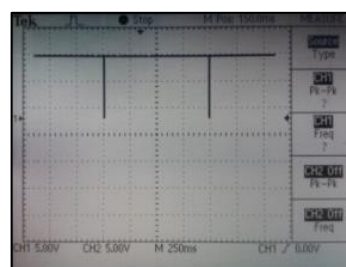
Tabel 3. Sinyal *Ouput* Rangkaian *Timer*

Sinyal <i>Output</i>	Nilai
Amplituda	11,8 V _{p-p}
Lebar Pulsa	980,2 ms
PRF	990 ms

Rangkaian *timer* pada osiloskop ditampilkan pada Gambar 17 (a) dan 17 (b).



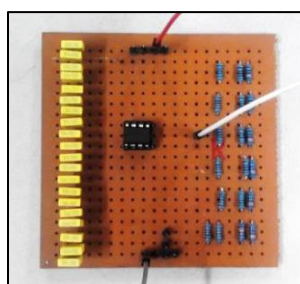
(a)



(b)

Gambar 17. Sinyal *Output* Rangkaian *Timer* ; (a). Pengaturan Volt/div 5V dan Time/div 10ms ; (b). Pengaturan Volt/div 5V dan Time/div 250 ms

Realisasi rangkaian *timer* ditampilkan pada Gambar 18.

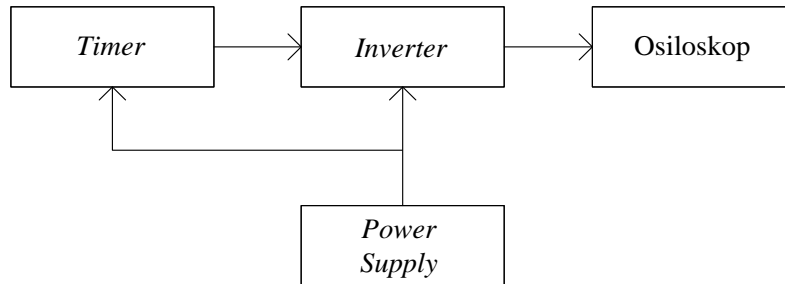


Gambar 18. Realisasi Rangkaian *Timer*

Gambar 17 (a) dan 17 (b) menunjukkan lebar pulsa dan PRF yang dihasilkan oleh rangkaian *timer*. Lebar pulsa yang dihasilkan rangkaian *timer* sebesar 980,2 ms dengan PRF 990 ms. Pada *datasheet*, ketelitian komponen untuk rangkaian *astable* IC NE555 yaitu sebesar 2.25 %. Nilai yang dibandingkan adalah lebar pulsa dan PRF hasil perhitungan dengan pengukuran. Maka lebar pulsa yang sesuai dengan *datasheet* adalah antara (977,5 – 1022,5) ms. Sedangkan pada pengukuran lebar pulsa yang dihasilkan sebesar 980,2 ms. Nilai tersebut masih dalam batas ketelitian yang dihasilkan oleh rangkaian *timer astable* dengan menggunakan IC *timer* NE555.

3.3 Pengukuran Rangkaian *Inverter*

Pengukuran rangkaian *inverter* dilakukan dengan menggunakan osiloskop. *Input* dari *Inverter* ini adalah sinyal *output* dari rangkaian *timer*. Diagram pengukuran pada rangkaian *inverter* ditampilkan pada Gambar 19.



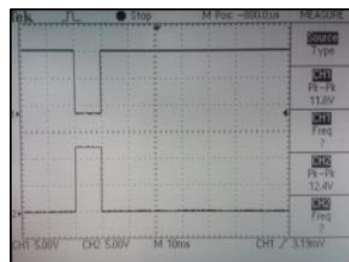
Gambar 19. Diagram Blok Pengukuran Rangkaian *Inverter*

Dari pengukuran rangkaian *inverter* diatas didapatkan besarnya sinyal *output* berikut ditampilkan pada Tabel 4.

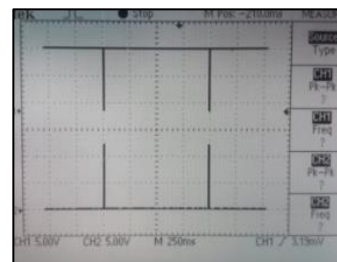
Tabel 4. Sinyal *Output* Rangkaian *Inverter*

Sinyal <i>Output</i>	Nilai
Amplituda	12.4 V _{p-p}
Lebar Pulsa	9.8 ms
PRF	990 ms

Sinyal *output* dari rangkaian *inverter* dapat dilihat pada Gambar 20 (a) dan 20 (b).



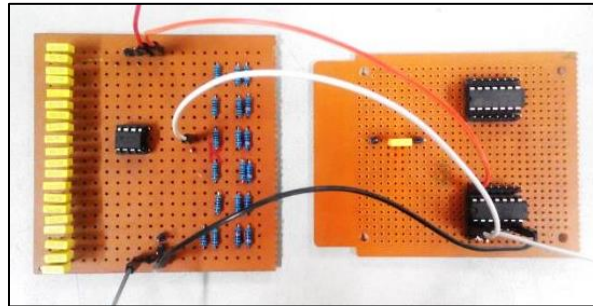
(a)



(b)

Gambar 20. Sinyal *Output* Rangkaian *Timer* (CH 1) dan *Output* Rangkaian *Inverter* (CH 2) (a). Pengaturan Time/div 10 ms ; (b). Pengaturan Time/div 250 ms

Realisasi rangkaian *timer* ditampilkan pada Gambar 21.



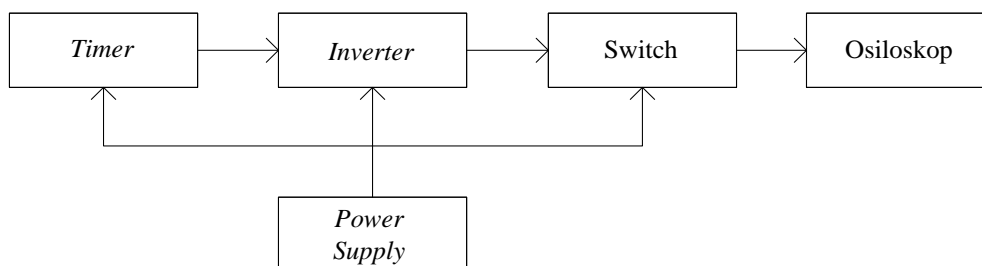
Gambar 21. Realisasi Rangkaian *Inverter*

Gambar 20 (a) dan 20 (b) menunjukkan lebar pulsa dan PRF yang dihasilkan oleh rangkaian *inverter*. Lebar pulsa yang dihasilkan rangkaian *inverter* sebesar 9,8 ms dengan pengulangan pulsa (PRF) setiap interval 990 ms. Besar lebar pulsa dan PRF tersebut masih dalam batas dari toleransi rangkaian sebelumnya yaitu rangkaian *timer*.

Amplituda yang dihasilkan oleh rangkaian *inverter* sebesar 12,4 V_{p-p} , sedangkan amplituda *output* rangkaian *timer* sebesar 11,8 V_{p-p} , sehingga terdapat perbedaan nilai amplituda sebesar 0,6 V_{p-p} . Dalam batas yang ada pada *datasheet* IC 4069, batas wajar yang diperbolehkan V_{out} adalah sebesar $V_{DD} + 0,5$ volt yaitu maksimum sebesar 12,5 volt. Pada hasil amplituda diatas masih dalam batas toleransi *output* tegangan dari IC *inverter* 4069.

3.4 Pengukuran Rangkaian *Switch*

Pengukuran rangkaian *switch* dilakukan dengan menggunakan osiloskop. *Switch* berfungsi untuk memodulasikan sinyal pulsa pada sinyal pembawa 37,5 kHz. Diagram pengukuran pada rangkaian *switch* ditampilkan pada Gambar 22.



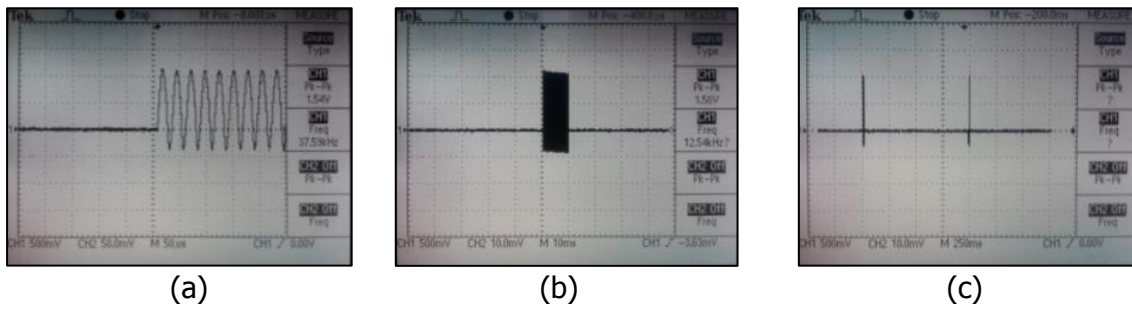
Gambar 22. Diagram Blok Pengukuran Rangkaian *Switch*

Dari pengukuran rangkaian *switch* diatas didapatkan besarnya sinyal *output* ditampilkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Sinyal *Output* Rangkaian *Switch*

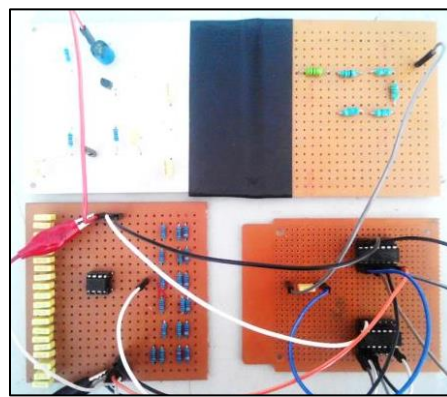
Jenis	Nilai
Amplituda	1,54 V_{p-p}
Frekuensi	37,59 kHz
Lebar Pulsa	9,6 ms
PRF	980 ms

Sinyal *output* dari rangkaian *switch* dapat dilihat pada Gambar 23 (a), 23 (b) dan 23 (c).



Gambar 23. Sinyal *Output* Rangkaian *Switch* dengan (a). Pengaturan *Time/div* 50 ms; (b). Pengaturan *Time/div* 10 ms; (c). Pengaturan *Time/div* 250 ms

Realisasi rangkaian *switch* ditampilkan pada Gambar 24.

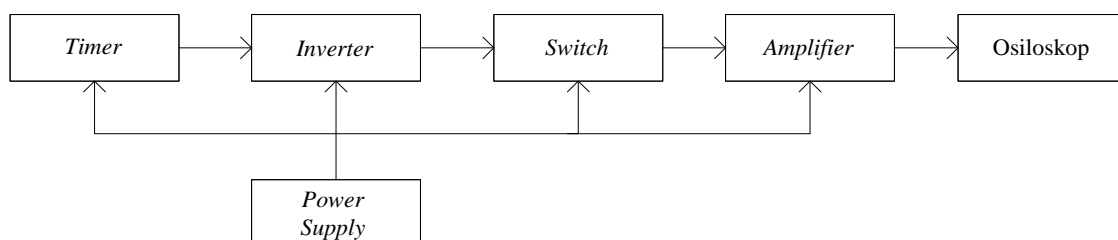


Gambar 24. Realisasi Rangkaian *Switch*

Gambar 23 (a), 23 (b) dan 23 (c) merupakan hasil modulasi sinyal pulsa pada sinyal pembawa 37,59 kHz (sinyal osilator) dengan amplituda 1,58 V_{p-p} dan lebar pulsa 9,6 ms setiap interval 0,98 *second*. Amplituda *output* yang dihasilkan rangkaian osilator sebesar 1,52 V_{p-p} , sedangkan untuk frekuensi *output* sebesar 37,41 kHz. Perbedaan amplituda yang dihasilkan sebesar 0,02 volt dan perbedaan frekuensi sebesar 0,18 kHz. Perbedaan amplituda yang dihasilkan tersebut masih dalam batas toleransi dari V_{out} IC 4066 yaitu ($V_{DD} + 0,5$) volt. Selain itu, perbedaan besar frekuensi yang dihasilkan juga masih dalam batas frekuensi yang diinginkan yaitu ($37,5 \pm 1$) kHz.

3.5 Pengujian Gabungan Keseluruhan Rangkaian

Pengujian gabungan keseluruhan rangkaian dilakukan dengan menggunakan osiloskop. Gabungan rangkaian meliputi rangkaian osilator, *timer*, *inverter*, *switch* dan rangkaian *amplifier*. Diagram pengujian gabungan keseluruhan rangkaian ditampilkan pada Gambar 25.



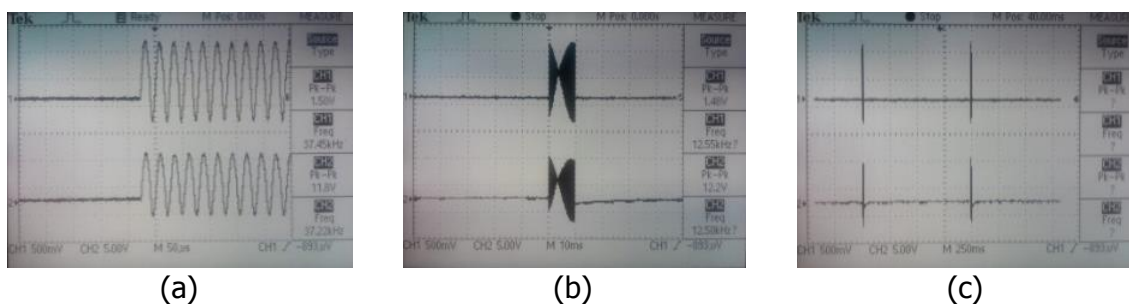
Gambar 25. Diagram Blok Pengujian Gabungan Keseluruhan Rangkaian

Dari pengukuran gabungan keseluruhan rangkaian diatas didapatkan besarnya sinyal *output* ditampilkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Sinyal *Output* Rangkaian *Switch*

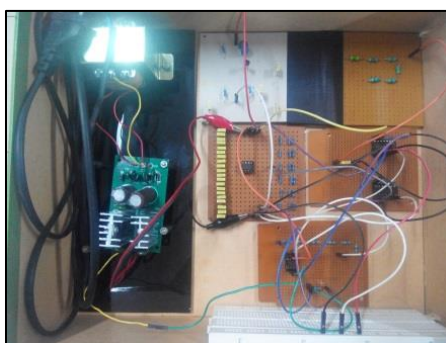
Jenis	Nilai
Amplituda	12,2 V _{p-p}
Frekuensi	37,69 kHz
Lebar Pulsa	9,8 ms
PRF	1 s

Sinyal *output* dari gabungan keseluruhan rangkaian dapat dilihat pada Gambar 26 (a), 26 (b) dan 26 (c).



Gambar 26. Sinyal *Output* Rangkaian *Switch* (CH 1) dan *Output* Gabungan Keseluruhan Rangkaian (CH 2) dengan pengaturan (a). Time/div 50 μ s; (b). Time/div 10 ms; (c). Time/div 250 ms

Realisasi gabungan keseluruhan rangkaian ditampilkan pada Gambar 27.



Gambar 27. Realisasi Gabungan Keseluruhan Rangkaian

Gambar 26(a), 26(b) dan 26(c) merupakan hasil modulasi sinyal pulsa pada sinyal pembawa 37,69 kHz (sinyal osilator) yang dikuatkan dengan menggunakan op-amp dengan amplituda 12,2 V_{p-p} dan lebar pulsa 9.8 ms setiap interval 1 *second*. Frekuensi yang dihasilkan dari gabungan keseluruhan rangkaian ini sebesar 37,69 kHz. Besar frekuensi ini masih dalam batas yang diinginkan yaitu (37,5 \pm 1) kHz atau pada *range* (36,5 – 38,5) kHz. Besarnya penguatan tegangan (*Av*) yang diinginkan pada rangkaian ini adalah sebesar 8 kali atau amplituda keluaran yang diinginkan sebesar 12,32 volt. Amplituda yang dihasilkan dari realisasi rangkaian ini sebesar 12,2 volt atau penguatan tegangannya sesuai dengan yang diinginkan yaitu sekitar 8 kali. Lebar pulsa yang dihasilkan pada rangkaian ini sebesar 9,8

ms. Lebar pulsa yang diinginkan yaitu sebesar 10 ms. Selisih lebar pulsa dari rangkaian sebesar 0,2 ms. Sedangkan untuk PRF yang dihasilkan sebesar 1 s. Hal ini sesuai dengan perencanaan PRF yang diinginkan.

4. KESIMPULAN

Dari hasil pengukuran dan analisis dapat ditarik kesimpulan bahwa :

1. Frekuensi yang dihasilkan oleh prototipe *transmitter beacon black box locator acoustic pingers* sebesar 37,69 kHz.
2. Lebar pulsa yang dihasilkan oleh prototipe *transmitter beacon black box locator acoustic pingers* sebesar 9,8 ms.
3. *Pulse Repetition Frequency* (PRF) yang dihasilkan oleh prototipe *transmitter beacon black box locator acoustic pingers* sebesar 1 second.
4. Secara keseluruhan, besarnya *output* dari perancangan alat *pingers transmitter* masih dalam batas toleransi dan batas kestabilan sistem.

DAFTAR RUJUKAN

Hanafi, D. (2007). *ELT Emergency Locator Transmitter*. Jakarta : ORARI.

Sutoyo, Pranjoto, H., Gunadhi, A., (2014), *Alat Uji Sinyal Ultrasonik dan Tegangan Baterai pada Underwater Locator Beacon*.13, (1), pp.10-20.

Chattopadhyay, D. (2006). *Electronics (fundamentals And Applications)*. New Age International. pp. 224–225.

Garg, R., K., Dixit, A., Yadav, P.(2008). *Basic Electronics*. Firewall Media. pp. 280.

Coughlin, F., Robert, Driscoll, F., F.. (1987). *Operational Amplifiers and Integrated Circuits*. New Delhi : Prentice Hall International (PHI).

Surjono, H. D. (2009). *Elektronika Lanjut*. Jember : Cerdas Ulet Kreatif. Pp. 61-66.