

ABSTRAK

David Yosaputra:

Aplikasi *Sound Card* Pada Pembuatan *Oscilloscope* Untuk Frekuensi Audio

Kebutuhan pemakaian *oscilloscope* masih cukup tinggi tetapi kesulitan untuk memiliki, memakai, serta membawa-bawanya masih cukup tinggi pula. Oleh sebab itu diciptakan *software PC-Oscilloscope* yang dapat memberikan fasilitas sebagai *oscilloscope* untuk frekuensi audio dan *sound generator*. *PC-Oscilloscope* berfungsi sebagai *sound generator* dan *oscilloscope*.

PC-Oscilloscope menggunakan *Delphi programming language*, *WindowsXP operating system*, dan media *soundcard*. Metode yang digunakan adalah menampilkan sinyal *input*-an yang diberikan melalui *line-in soundcard*. *PC-Oscilloscope* memerlukan pengkalibrasian untuk nilai 1Vpp pada *soundcard* menggunakan *function generator* eksternal dengan spesifikasi *squarewave*, 1kHz, 1Vpp, 60% *duty cycle*.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa *PC-Oscilloscope* mempunyai performa yang kurang untuk analisa sinyal frekuensi tinggi karena keterbatasan kemampuan dalam *sampling data* dan tidak adanya *filter anti-aliasing*. Respon *PC-Oscilloscope* menggunakan *soundcard onboard ACER* dan *soundcard Sound Blaster Live!* mempunyai tegangan *input* maksimal 2.5V (*line-in*), tegangan *output* 2.8V (*line out*), dan pada frekuensi tinggi (15kHz-20kHz) menghasilkan gelombang *aliasing* 2kHz-6kHz. Untuk penggunaan *soundcard Sound Blaster Live!* juga menghasilkan gelombang yang relatif amplitudonya semakin kecil pada frekuensi tinggi (10kHz-20kHz). *Software* ini nantinya dapat dikembangkan menjadi *spectrum analyzer* dan memiliki fasilitas *filter* yang berguna untuk menghilangkan sinyal-sinyal yang tidak diinginkan (*noise, aliasing*).

Kata kunci:

Soundcard, PC-Oscilloscope, Function Generator, Frequency, Sampling Data

ABSTRACT

David Yosaputra:

Sound Card Application in the Making of an Oscilloscope for Audio Frequency

The need of using Oscilloscope is still high but the difficulty to have, use, and bring are also high. That is why the PC-Oscilloscope software is created which can give the facilities as an oscilloscope. PC-Oscilloscope can be used as a sound generator and an oscilloscope for audio frequency.

PC-Oscilloscope uses Delphi programming language, WindowsXp operating system, and soundcard as its media. The method is showing the input signal from soundcard line-in input. PC-Oscilloscope needs 1Vpp calibration in the soundcard using external function generator with squarewave, 1kHz, 1Vpp, and 60% duty cycle.

Result shows that PC-Oscilloscope has a low performance in high frequency because the lack of ability on data sampling and do not have anti-aliasing filter. PC-Oscilloscope using ACER onboard soundcard and Sound Blaster Live! soundcard has 2.5V maximum input (line-in), 2.8V maximum output (line-out), and produce 2kHz-6kHz aliasing wave at high frequency (15kHz-20kHz). Using Sound Blaster Live! soundcard also produces waves with decreasing amplitude value at high frequency (10kHz-20kHz). The further development of this software can be implemented as a spectrum analyzer and have any filter that can reduce noise and aliasing signal.

Key Words:

Soundcard, PC-Oscilloscope, Function Generator, Frequency, Sampling Data

DAFTAR ISI

HALAMAN KULIT JUDUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR PENGALIHAN HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL.....	iv
KATA PENGANTAR.	v
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xxiii
 1. PENDAHULUAN	 1
1.1. Latar Belakang Masalah.....	1
1.2. Perumusan Masalah	2
1.3. Ruang Lingkup.....	2
1.4. Tujuan	3
1.5. Metodologi	3
1.6. Sistematika Penulisan.....	4
 2. LANDASAN TEORI.....	 6
2.1. <i>Soundcard</i>	6
2.2. <i>Function Generator</i>	9
2.3. LM555.....	10
2.3.1. Astable Operation.....	11
2.4. Oscilloscope	13
2.4.1. <i>Trigger Controls</i>	16
2.4.2. <i>Trigger Modes</i>	17
2.4.3. <i>Trigger Coupling</i>	17
2.4.4. <i>Trigger Holdoff</i>	18
2.4.5. <i>Input Coupling</i>	18
2.4.6. <i>Probe</i>	19
2.4.7. Metode-metode <i>Sampling</i>	21

2.4.8. <i>Real Time Sampling with Interpolation</i>	22
2.5. <i>WAVEFORMAT</i>	23
2.6. <i>WAVE File</i>	25
2.6.1. <i>Sample Points dan Sample Frames</i>	28
2.6.2. <i>Format PCM</i>	30
2.7. <i>Waveform</i>	31
2.7.1. <i>Tegangan</i>	31
2.7.2. <i>Sinusoidal</i>	32
3. <i>PERANCANGAN MODUL</i>	35
3.1. <i>Fitur-fitur PC-Oscilloscope</i>	35
3.2. <i>Konsep Perancangan</i>	39
3.2.1. <i>Design Sistem Function Generator</i>	39
3.2.2. <i>Prepare Wave Format</i>	40
3.2.3. <i>Calculate The Tone Signal</i>	42
3.2.4. <i>Draw The Tone Signal</i>	42
3.2.5. <i>Play Sound of The Tone Signal</i>	42
3.3. <i>Design Sistem Oscilloscope</i>	43
3.3.1. <i>Design Konsep Wavein</i>	44
3.3.2. <i>Design Konsep Oscilloscope</i>	44
3.3.3. <i>Allocate the Buffers and Other Data Sstructures Used by</i> <i>Wavein API</i>	48
3.3.4. <i>Find a Suitable Input Device</i>	49
3.3.5. <i>Prepares Buffer</i>	49
3.3.6. <i>Add Buffer to the Device</i>	49
3.3.7. <i>Start Recording</i>	51
3.3.8. <i>Drawing Data</i>	52
3.3.9. <i>Reset Wavein</i>	53
3.3.10. <i>Close Device</i>	53
3.4. <i>Kalibrasi Eksternal</i>	54
4. <i>PENGUJIAN SISTEM</i>	55
4.1. <i>Spesifikasi Komputer Untuk Pengujian</i>	55
4.2. <i>Pengujian Respon PC-Oscilloscope Menggunakan Sound Card Onboard ..</i>	55
4.2.1. <i>Pengujian PC-Oscilloscope Menggunakan Soundcard Onboard dan</i> <i>Function Generator Eksternal</i>	56
4.2.2. <i>Pengujian PC-Oscilloscope Menggunakan Soundcard Onboard dan</i> <i>Function Generator Internal</i>	63
4.3. <i>Pengujian Respon PC-Oscilloscope Menggunakan Soundcard Sound</i> <i>Blaster Live!</i>	70
4.3.1. <i>Pengujian Respon PC-Oscilloscope Menggunakan Soundcard</i> <i>Sound Blaster Live! dan Function Generator Eksternal</i>	70
4.3.2. <i>Pengujian Respon PC-Oscilloscope Menggunakan Soundcard</i> <i>SoundBlaster Live!.dan Function Generator Internal</i>	80
4.4. <i>Pengujian Amplitudo Maksimum Respon PC-Oscilloscope</i>	90
4.5. <i>Pengujian Respon PC-Oscilloscope 8-bit Stereo</i>	90

4.6. Pengujian Respon <i>PC-Oscilloscope</i> 8-bit Stereo L/R <i>Channel</i>	92
4.7. Analisa Data Pengujian.....	94
 5. KESIMPULAN DAN SARAN.....	 96
5.1. Kesimpulan	96
5.2. Saran	96
 DAFTAR REFERENSI	 97
 LAMPIRAN.....	 99

DAFTAR TABEL

4.1. Spesifikasi Komputer untuk Pengujian Respon <i>PC-Oscilloscope</i>	55
4.2. Respon Tegangan <i>Soundcard</i> pada <i>PC-Oscilloscope</i>	90
4.3. Frekuensi <i>Sampling</i> untuk Frekuensi Uji pada Pengujian	94

DAFTAR GAMBAR

2.1. Bagian-bagian dari Tipe <i>Modern Wavetable Soundcard</i>	6
2.2. Blok Diagram <i>Soundcard</i> 16-bit.....	7
2.3. <i>Jack</i> dan Konektor pada <i>Soundcard Sound Blaster Live!</i>	8
2.4. <i>Soundcard</i> Terhubung pada <i>Digital Device Eksternal</i>	9
2.5. Konfigurasi Pin LM555	11
2.6. <i>Astable Multivibrator Circuit</i>	11
2.7. <i>Astable Waveform</i>	12
2.8. Frekuensi <i>Free Running</i>	13
2.9. X, Y, and Z Components of a Displayed Waveform.....	14
2.10. TAS 465 <i>Analog Oscilloscope Front Panel</i>	14
2.11. TDS 320 <i>Digital Oscilloscope Front Panel</i>	15
2.12. <i>Digital and Analog Oscilloscopes Display Waveforms</i>	16
2.13. <i>Positive dan Negative Slope Triggering</i>	17
2.14. <i>Trigger Holdoff</i>	18
2.15. <i>AC dan DC Input Coupling</i>	19
2.16. <i>High-Impedance Input</i> Terhubung ke Rangkaian Menggunakan <i>1X Probe</i>	20
2.17. Diagram Rangkaian <i>10X Probe</i> Terhubung Dengan <i>Oscilloscope High Impedance Input</i>	20
2.18. Contoh <i>10X probe compensation</i> , (a) <i>Overcompensated</i> (b) <i>Undercompensated</i> (c) <i>Properly compensated</i>	21
2.19. <i>Real-time Sampling</i>	22
2.20. <i>Linear and Sine Interpolation</i>	23
2.21. Ilustrasi Susunan Penyimpanan Data.....	27

2.22. <i>WAVE File Minimal Berisi Single WAVE (Format dan Data Chunk)</i>	27
2.23. Penyimpanan <i>Sample Point</i> Sebagai 16-bit word	28
2.24. “LSB” Pada Awal <i>Wave File</i>	28
2.25. <i>Single Sample Point</i> Pada <i>Multichannel Sounds</i>	29
2.26. <i>Sample Point</i> Pada <i>Monophonic Sound</i>	29
2.27. <i>Frequency and Period</i>	31
2.28. Grafik Sinus dan Cosinus	32
2.29. Grafik Sinusoidal Dengan Perubahan Amplitudo	33
2.30. Grafik Sinusoidal $y = \sin(ax)$ dengan Perubahan Frekuensi	34
2.31. Grafik Sinusoidal dengan Perubahan Fasa atau Pergeseran Horizontal	34
3.1. <i>Waveform</i> Dengan <i>Zoomgraph</i> = 1	35
3.2. <i>Waveform</i> Dengan <i>Zoomgraph</i> = 2	36
3.3. <i>Waveform</i> Dengan <i>Zoomgraph</i> = 3	36
3.4. Perbesaran Vertikal = 1	37
3.5. Perbesaran Vertikal = 2	37
3.6. Perbesaran Vertikal = 3	37
3.7. <i>Graph Up</i>	38
3.8. <i>Graph Center</i>	38
3.9. <i>Graph Down</i>	38
3.10. Blok Diagram <i>Function Generator</i>	39
3.11. <i>Flowchart</i> dari <i>Function Generator</i> Internal	40
3.12. Blok Diagram Proses <i>Wavein API</i>	44
3.13. Blok Diagram Proses <i>Oscilloscope</i>	45

3.14. <i>Flowchart Oscilloscope pada PC-Oscilloscope</i>	47
3.15. <i>Flowchart dari Proses Add Buffer to the Device</i>	50
3.16. <i>Flowchart dari Proses Start Recording</i>	57
4.1. Blok Diagram Pengujian Respon <i>PC-Oscilloscope</i> Menggunakan <i>Soundcard Onboard</i> dan <i>Function Generator</i> Eksternal.....	56
4.2. Grafik 20Hz, $f_s=11\text{kHz}$, 1Vpp, 0.5V/div, 0.5ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard Onboard</i> dengan <i>Function Generator</i> Eksternal	56
4.3. Grafik 30Hz, $f_s=11\text{kHz}$, 1Vpp, 0.5V/div, 0.5ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard Onboard</i> dengan <i>Function Generator</i> Eksternal	56
4.4. Grafik 40Hz, $f_s=11\text{kHz}$, 1Vpp, 0.5V/div, 0.5ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard Onboard</i> dengan <i>Function Generator</i> Eksternal	57
4.5. Grafik 50Hz, $f_s=11\text{kHz}$, 1Vpp, 0.5V/div, 0.5ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard Onboard</i> dengan <i>Function Generator</i> Eksternal	57
4.6. Grafik 100Hz, $f_s=11\text{kHz}$, 1Vpp, 0.5V/div, 5ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard Onboard</i> dengan <i>Function Generator</i> Eksternal	57
4.7. Grafik 200Hz, $f_s=11\text{kHz}$, 1Vpp, 0.5V/div, 5ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard Onboard</i> dengan <i>Function Generator</i> Eksternal	57
4.8. Grafik 300Hz, $f_s=11\text{kHz}$, 1Vpp, 0.5V/div, 5ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard Onboard</i> dengan <i>Function Generator</i> Eksternal	58
4.9. Grafik 400Hz, $f_s=11\text{kHz}$, 1Vpp, 0.5V/div, 5ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard Onboard</i> dengan <i>Function Generator</i> Eksternal	58
4.10. Grafik 500Hz, $f_s=11\text{kHz}$, 1Vpp, 0.5V/div, 5ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard Onboard</i> dengan <i>Function Generator</i> Eksternal	58
4.11. Grafik 1kHz, $f_s=22\text{kHz}$, 1Vpp, 0.5V/div, 2ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard Onboard</i> dengan <i>Function Generator</i> Eksternal	58
4.12. Grafik 2kHz, $f_s=22\text{kHz}$, 1Vpp, 0.5V/div, 2ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard Onboard</i> dengan <i>Function Generator</i> Eksternal	59
4.13. Grafik 3kHz, $f_s=44\text{kHz}$, 1Vpp, 0.5V/div, 1ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard Onboard</i> dengan <i>Function Generator</i> Eksternal	59

4.14. Grafik 5kHz, fs=44kHz, 1Vpp, 0.5V/div, 1ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard Onboard</i> dengan <i>Function Generator</i> Eksternal	59
4.15. Grafik 6kHz, fs=44kHz, 1Vpp, 0.5V/div, 1ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard Onboard</i> dengan <i>Function Generator</i> Eksternal	59
4.16. Grafik 7kHz, fs=44kHz, 1Vpp, 0.5V/div, 1ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard Onboard</i> dengan <i>Function Generator</i> Eksternal	60
4.17. Grafik 8kHz, fs=44kHz, 1Vpp, 0.5V/div, 1ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard Onboard</i> dengan <i>Function Generator</i> Eksternal	60
4.18. Grafik 9kHz, fs=44kHz, 1Vpp, 0.5V/div, 1ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard Onboard</i> dengan <i>Function Generator</i> Eksternal	61
4.19. Grafik 10kHz, fs=44kHz, 1Vpp, 0.5V/div, 1ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard Onboard</i> dengan <i>Function Generator</i> Eksternal	61
4.20. Grafik 12kHz, fs=44kHz, 1Vpp, 0.5V/div, 1ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard Onboard</i> dengan <i>Function Generator</i> Eksternal	61
4.21. Grafik 13kHz, fs=44kHz, 1Vpp, 0.5V/div, 1ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard Onboard</i> dengan <i>Function Generator</i> Eksternal	61
4.22. Grafik 15kHz, fs=44kHz, 1Vpp, 0.5V/div, 1ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard Onboard</i> dengan <i>Function Generator</i> Eksternal	61
4.23. Grafik 17kHz, fs=44kHz, 1Vpp, 0.5V/div, 1ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard Onboard</i> dengan <i>Function Generator</i> Eksternal	61
4.24. Grafik 18kHz, fs=44kHz, 1Vpp, 0.5V/div, 1ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard Onboard</i> dengan <i>Function Generator</i> Eksternal	62
4.25. Grafik 19kHz, fs=44kHz, 1Vpp, 0.5V/div, 1ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard Onboard</i> dengan <i>Function Generator</i> Eksternal	62
4.26. Grafik 20kHz, fs=44kHz, 1Vpp, 0.5V/div, 1ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard Onboard</i> dengan <i>Function Generator</i> Eksternal	62
4.27. Blok Diagram Pengujian Respon <i>PC-Oscilloscope</i> Menggunakan <i>Soundcard Onboard</i> dan <i>Function Generator</i> Internal	63
4.28. Grafik 20Hz, fs=11kHz, 1Vpp, 0.5V/div, 5ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard Onboard</i> dengan <i>Function Generator</i> Internal	63

4.29. Grafik 30Hz, $f_s=11\text{kHz}$, 1Vpp, 0.5V/div, 5ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard Onboard</i> dengan <i>Function Generator</i> Internal.....	63
4.30. Grafik 40Hz, $f_s=11\text{kHz}$, 1Vpp, 0.5V/div, 5ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard Onboard</i> dengan <i>Function Generator</i> Internal.....	64
4.31. Grafik 50Hz, $f_s=11\text{kHz}$, 1Vpp, 0.5V/div, 5ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard Onboard</i> dengan <i>Function Generator</i> Internal.....	64
4.32. Grafik 100Hz, $f_s=11\text{kHz}$, 1Vpp, 0.5V/div, 5ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard Onboard</i> dengan <i>Function Generator</i> Internal.....	64
4.33. Grafik 200Hz, $f_s=11\text{kHz}$, 1Vpp, 0.5V/div, 5ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard Onboard</i> dengan <i>Function Generator</i> Internal.....	64
4.34. Grafik 300Hz, $f_s=11\text{kHz}$, 1Vpp, 0.5V/div, 5ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard Onboard</i> dengan <i>Function Generator</i> Internal.....	65
4.35. Grafik 400Hz, $f_s=11\text{kHz}$, 1Vpp, 0.5V/div, 5ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard Onboard</i> dengan <i>Function Generator</i> Internal.....	65
4.36. Grafik 500Hz, $f_s=11\text{kHz}$, 1Vpp, 0.5V/div, 5ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard Onboard</i> dengan <i>Function Generator</i> Internal.....	65
4.37. Grafik 1kHz, $f_s=22\text{kHz}$, 1Vpp, 0.5V/div, 2ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard Onboard</i> dengan <i>Function Generator</i> Internal.....	65
4.38. Grafik 2kHz, $f_s=22\text{kHz}$, 1Vpp, 0.5V/div, 2ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard Onboard</i> dengan <i>Function Generator</i> Internal.....	66
4.39. Grafik 3kHz, $f_s=44\text{kHz}$, 1Vpp, 0.5V/div, 1ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard Onboard</i> dengan <i>Function Generator</i> Internal.....	66
4.40. Grafik 5kHz, $f_s=44\text{kHz}$, 1Vpp, 0.5V/div, 1ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard Onboard</i> dengan <i>Function Generator</i> Internal	66
4.41. Grafik 6kHz, $f_s=44\text{kHz}$, 1Vpp, 0.5V/div, 1ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard Onboard</i> dengan <i>Function Generator</i> Internal.....	66
4.42. Grafik 7kHz, $f_s=44\text{kHz}$, 1Vpp, 0.5V/div, 1ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard Onboard</i> dengan <i>Function Generator</i> Internal.....	67
4.43. Grafik 8kHz, $f_s=44\text{kHz}$, 1Vpp, 0.5V/div, 1ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard Onboard</i> dengan <i>Function Generator</i> Internal.....	67

4.44. Grafik 9kHz, fs=44kHz, 1Vpp, 0.5V/div, 1ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard Onboard</i> dengan <i>Function Generator</i> Internal.....	67
4.45. Grafik 10kHz, fs=44kHz, 1Vpp, 0.5V/div, 1ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard Onboard</i> dengan <i>Function Generator</i> Internal.....	67
4.46. Grafik 12kHz, fs=44kHz, 1Vpp, 0.5V/div, 1ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard Onboard</i> dengan <i>Function Generator</i> Internal.....	68
4.47. Grafik 13kHz, fs=44kHz, 1Vpp, 0.5V/div, 1ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard Onboard</i> dengan <i>Function Generator</i> Internal.....	68
4.48. Grafik 15kHz, fs=44kHz, 1Vpp, 0.5V/div, 1ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard Onboard</i> dengan <i>Function Generator</i> Internal.....	68
4.49. Grafik 17kHz, fs=44kHz, 1Vpp, 0.5V/div, 1ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard Onboard</i> dengan <i>Function Generator</i> Internal.....	68
4.50. Grafik 18kHz, fs=44kHz, 1Vpp, 0.5/div, 1ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard Onboard</i> dengan <i>Function Generator</i> Internal.....	69
4.51. Grafik 19kHz, fs=44kHz, 1Vpp, 0.5V/div, 1ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard Onboard</i> dengan <i>Function Generator</i> Internal.....	69
4.52. Grafik 20kHz, fs=44kHz, 1Vpp, 0.5V/div, 1ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard Onboard</i> dengan <i>Function Generator</i> Internal.....	69
4.53. Blok Diagram Pengujian Respon <i>PC-Oscilloscope</i> Menggunakan <i>Soundcard Sound Blaster Live!</i> dan <i>Function Generator</i> eksternal	70
4.54. Grafik 20Hz, fs=11kHz, 1Vpp, 0.5V/div, 5ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard SBLive!</i> dengan <i>Function Generator</i> Eksternal	70
4.55. Grafik 30Hz, fs=11kHz, 1Vpp, 0.5V/div, 5ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard SBLive!</i> dengan <i>Function Generator</i> Eksternal	71
4.56. Grafik 40Hz, fs=11kHz, 1Vpp, 0.5V/div, 5ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard SBLive!</i> dengan <i>Function Generator</i> Eksternal	71
4.57. Grafik 50Hz, fs=11kHz, 1Vpp, 0.5V/div, 5ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard SBLive!</i> dengan <i>Function Generator</i> Eksternal	71
4.58. Grafik 60Hz, fs=11kHz, 1Vpp, 0.5V/div, 5ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard SBLive!</i> dengan <i>Function Generator</i> Eksternal	71

4.59. Grafik 70Hz, $f_s=11\text{kHz}$, 1Vpp, 0.5V/div, 5ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard SBLive!</i> dengan <i>Function Generator</i> Eksternal	72
4.60. Grafik 80Hz, $f_s=11\text{kHz}$, 1Vpp, 0.5V/div, 5ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard SBLive!</i> dengan <i>Function Generator</i> Eksternal	72
4.61. Grafik 90Hz, $f_s=11\text{kHz}$, 1Vpp, 0.5V/div, 5ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard SBLive!</i> dengan <i>Function Generator</i> Eksternal	72
4.62. Grafik 100Hz, $f_s=11\text{kHz}$, 1Vpp, 0.5V/div, 5ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard SBLive!</i> dengan <i>Function Generator</i> Eksternal	72
4.63. Grafik 200Hz, $f_s=11\text{kHz}$, 1Vpp, 0.5V/div, 5ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard SBLive!</i> dengan <i>Function Generator</i> Eksternal	73
4.64. Grafik 300Hz, $f_s=11\text{kHz}$, 1Vpp, 0.5V/div, 5ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard SBLive!</i> dengan <i>Function Generator</i> Eksternal	73
4.65. Grafik 400Hz, $f_s=11\text{kHz}$, 1Vpp, 0.5V/div, 5ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard SBLive!</i> dengan <i>Function Generator</i> Eksterna	73
4.66. Grafik 500Hz, $f_s=11\text{kHz}$, 1Vpp, 0.5V/div, 5ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard SBLive!</i> dengan <i>Function Generator</i> Eksternal	73
4.67. Grafik 600Hz, $f_s=11\text{kHz}$, 1Vpp, 0.5V/div, 5ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard SBLive!</i> dengan <i>Function Generator</i> Eksternal	74
4.68. 700Hz, $f_s=11\text{kHz}$, 1Vpp, 0.5V/div, 5ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard SBLive!</i> dengan <i>Function Generator</i> Eksternal	74
4.69. Grafik 800Hz, $f_s=11\text{kHz}$, 1Vpp, 0.5V/div, 5ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard SBLive!</i> dengan <i>Function Generator</i> Eksternal	74
4.70. Grafik 900Hz, $f_s=11\text{kHz}$, 1Vpp, 0.5V/div, 5ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard SBLive!</i> dengan <i>Function Generator</i> Eksternal	74
4.71. Grafik 1kHz, $f_s=22\text{kHz}$, 1Vpp, 0.5V/div, 2ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard SBLive!</i> dengan <i>Function Generator</i> Eksternal	75
4.72. Grafik 2kHz, $f_s=22\text{kHz}$, 1Vpp, 0.5V/div, 2ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard SBLive!</i> dengan <i>Function Generator</i> Eksternal	75
4.73. Grafik 3kHz, $f_s=44\text{kHz}$, 1Vpp, 0.5V/div, 1ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard SBLive!</i> dengan <i>Function Generator</i> Eksternal	75

4.74. Grafik 4kHz, $f_s=44\text{kHz}$, 1Vpp, 0.5V/div, 1ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard SBLive!</i> dengan <i>Function Generator</i> Eksternal	75
4.75. Grafik 5kHz, $f_s=44\text{kHz}$, 1Vpp, 0.5V/div, 1ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard SBLive!</i> dengan <i>Function Generator</i> Eksternal	76
4.76. Grafik 6kHz, $f_s=44\text{kHz}$, 1Vpp, 0.5V/div, 1ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard SBLive!</i> dengan <i>Function Generator</i> Eksternal	76
4.77. Grafik 7kHz, $f_s=44\text{kHz}$, 1Vpp, 0.5V/div, 1ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard SBLive!</i> dengan <i>Function Generator</i> Eksternal	76
4.78. Grafik 8kHz, $f_s=44\text{kHz}$, 1Vpp, 0.5V/div, 1ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard SBLive!</i> dengan <i>Function Generator</i> Eksternal	76
4.79. Grafik 9kHz, $f_s=44\text{kHz}$, 1Vpp, 0.5V/div, 1ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard SBLive!</i> dengan <i>Function Generator</i> Eksternal	77
4.80. Grafik 10kHz, $f_s=44\text{kHz}$, 1Vpp, 0.5V/div, 1ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard SBLive!</i> dengan <i>Function Generator</i> Eksternal	77
4.81. Grafik 11kHz, $f_s=44\text{kHz}$, 1Vpp, 0.5V/div, 1ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard SBLive!</i> dengan <i>Function Generator</i> Eksternal	77
4.82. Grafik 12kHz, $f_s=44\text{kHz}$, 1Vpp, 0.5V/div, 1ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard SBLive!</i> dengan <i>Function Generator</i> Eksternal	77
4.83. Grafik 13kHz, $f_s=44\text{kHz}$, 1Vpp, 0.5V/div, 1ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard SBLive!</i> dengan <i>Function Generator</i> Eksternal	78
4.84. Grafik 14kHz, $f_s=44\text{kHz}$, 1Vpp, 0.5V/div, 1ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard SBLive!</i> dengan <i>Function Generator</i> Eksternal	78
4.85. Grafik 15kHz, $f_s=44\text{kHz}$, 1Vpp, 0.5V/div, 1ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard SBLive!</i> dengan <i>Function Generator</i> Eksternal	78
4.86. Grafik 16kHz, $f_s=44\text{kHz}$, 1Vpp, 0.5V/div, 1ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard SBLive!</i> dengan <i>Function Generator</i> Eksternal	78
4.87. Grafik 17kHz, $f_s=44\text{kHz}$, 1Vpp, 0.5V/div, 1ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard SBLive!</i> dengan <i>Function Generator</i> Eksternal	79
4.88. Grafik 18kHz, $f_s=44\text{kHz}$, 1Vpp, 0.5V/div, 1ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard SBLive!</i> dengan <i>Function Generator</i> Eksternal	79

4.89. Grafik 19kHz, fs=44kHz, 1Vpp, 0.5V/div, 1ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard SBLive!</i> dengan <i>Function Generator</i> Eksternal.....	79
4.90. Grafik 20kHz, fs=44kHz, 1Vpp, 0.5V/div, 1ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard SBLive!</i> dengan <i>Function Generator</i> Eksternal.....	79
4.91. Blok Diagram Pengujian Respon <i>PC-Oscilloscope</i> Menggunakan <i>Soundcard Sound Blaster Live!</i> dan <i>Function Generator</i> Internal	80
4.92. Grafik 20Hz, fs=11kHz, 1Vpp, 0.5V/div, 5ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard SBLive!</i> dengan <i>Function Generator</i> Internal.....	80
4.93. Grafik 30Hz, fs=11kHz, 1Vpp, 0.5V/div, 5ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard SBLive!</i> dengan <i>Function Generator</i> Internal.....	80
4.94. Grafik 40Hz, fs=11kHz, 1Vpp, 0.5V/div, 5ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard SBLive!</i> dengan <i>Function Generator</i> Internal.....	81
4.95. Grafik 50Hz, fs=11kHz, 1Vpp, 0.5V/div, 5ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard SBLive!</i> dengan <i>Function Generator</i> Internal.....	81
4.96. Grafik 60Hz, fs=11kHz, 1Vpp, 0.5V/div, 5ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard SBLive!</i> dengan <i>Function Generator</i> Internal.....	81
4.97. Grafik 70Hz, fs=11kHz, 1Vpp, 0.5V/div, 5ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard SBLive!</i> dengan <i>Function Generator</i> Internal.....	81
4.98. Grafik 80Hz, fs=11kHz, 1Vpp, 0.5V/div, 5ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard SBLive!</i> dengan <i>Function Generator</i> Internal.....	82
4.99. Grafik 90Hz, fs=11kHz, 1Vpp, 0.5V/div, 5ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard SBLive!</i> dengan <i>Function Generator</i> Internal.....	82
4.100. Grafik 100Hz, fs=11kHz, 1Vpp, 0.5V/div, 5ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard SBLive!</i> dengan <i>Function Generator</i> Internal.....	82
4.101. Grafik 200Hz, fs=11kHz, 1Vpp, 0.5V/div, 5ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard SBLive!</i> dengan <i>Function Generator</i> Internal.....	82
4.102. Grafik 300Hz, fs=11kHz, 1Vpp, 0.5V/div, 5ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard SBLive!</i> dengan <i>Function Generator</i> Internal.....	83
4.103. Grafik 400Hz, fs=11kHz, 1Vpp, 0.5V/div, 5ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard SBLive!</i> dengan <i>Function Generator</i> Internal.....	83

4.104. Grafik 500Hz, $f_s=11\text{kHz}$, 1Vpp, 0.5V/div, 5ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard SBLive!</i> dengan <i>Function Generator</i> Internal.....	83
4.105. Grafik 600Hz, $f_s=11\text{kHz}$, 1Vpp, 0.5V/div, 5ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard SBLive!</i> dengan <i>Function Generator</i> Internal.....	83
4.106. Grafik 700Hz, $f_s=11\text{kHz}$, 1Vpp, 0.5V/div, 5ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard SBLive!</i> dengan <i>Function Generator</i> Internal.....	84
4.107. Grafik 800Hz, $f_s=11\text{kHz}$, 1Vpp, 0.5V/div, 5ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard SBLive!</i> dengan <i>Function Generator</i> Internal.....	84
4.108. Grafik 900Hz, $f_s=11\text{kHz}$, 1Vpp, 0.5V/div, 5ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard SBLive!</i> dengan <i>Function Generator</i> Internal.....	84
4.109. Grafik 1kHz, $f_s=22\text{kHz}$, 1Vpp, 0.5V/div, 2ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard SBLive!</i> dengan <i>Function Generator</i> Internal.....	84
4.110. Grafik 2kHz, $f_s=22\text{kHz}$, 1Vpp, 0.5V/div, 2ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard SBLive!</i> dengan <i>Function Generator</i> Internal.....	85
4.111. Grafik 3kHz, $f_s=22\text{kHz}$, 1Vpp, 0.5V/div, 2ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard SBLive!</i> dengan <i>Function Generator</i> Internal.....	85
4.112. Grafik 4kHz, $f_s=44\text{kHz}$, 1Vpp, 0.5V/div, 1ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard SBLive!</i> dengan <i>Function Generator</i> Internal.....	85
4.113. Grafik 5kHz, $f_s=44\text{kHz}$, 1Vpp, 0.5V/div, 1ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard SBLive!</i> dengan <i>Function Generator</i> Internal.....	85
4.114. Grafik 6kHz, $f_s=44\text{kHz}$, 1Vpp, 0.5V/div, 1ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard SBLive!</i> dengan <i>Function Generator</i> Internal.....	86
4.115. Grafik 7kHz, $f_s=44\text{kHz}$, 1Vpp, 0.5V/div, 1ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard SBLive!</i> dengan <i>Function Generator</i> Internal.....	86
4.116. Grafik 8kHz, $f_s=44\text{kHz}$, 1Vpp, 0.5V/div, 1ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard SBLive!</i> dengan <i>Function Generator</i> Internal.....	86
4.117. Grafik 9kHz, $f_s=44\text{kHz}$, 1Vpp, 0.5V/div, 1ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard SBLive!</i> dengan <i>Function Generator</i> Internal.....	86
4.118. Grafik 10kHz, $f_s=44\text{kHz}$, 1Vpp, 0.5V/div, 1ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard SBLive!</i> dengan <i>Function Generator</i> Internal.....	87

4.119. Grafik 11kHz, fs=44kHz, 1Vpp, 0.5V/div, 1ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard SBLive!</i> dengan <i>Function Generator</i> Internal.....	87
4.120. Grafik 12kHz, fs=44kHz, 1Vpp, 0.5V/div, 1ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard SBLive!</i> dengan <i>Function Generator</i> Internal.....	87
4.121. Grafik 13kHz, fs=44kHz, 1Vpp, 0.5V/div, 1ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard SBLive!</i> dengan <i>Function Generator</i> Internal.....	87
4.122. Grafik 14kHz, fs=44kHz, 1Vpp, 0.5V/div, 1ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard SBLive!</i> dengan <i>Function Generator</i> Internal.....	88
4.123. Grafik 15kHz, fs=44kHz, 1Vpp, 0.5V/div, 1ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard SBLive!</i> dengan <i>Function Generator</i> Internal.....	88
4.124. Grafik 16kHz, fs=44kHz, 1Vpp, 0.5V/div, 1ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard SBLive!</i> dengan <i>Function Generator</i> Internal.....	88
4.125. Grafik 17kHz, fs=44kHz, 1Vpp, 0.5V/div, 1ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard SBLive!</i> dengan <i>Function Generator</i> Internal.....	88
4.126. Grafik 18kHz, fs=44kHz, 1Vpp, 0.5V/div, 1ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard SBLive!</i> dengan <i>Function Generator</i> Internal.....	89
4.127. Grafik 19kHz, fs=44kHz, 1Vpp, 0.5V/div, 1ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard SBLive!</i> dengan <i>Function Generator</i> Internal.....	89
4.128. Grafik 20kHz, fs=44kHz, 1Vpp, 0.5V/div, 1ms/div pada Pengujian Menggunakan <i>Soundcard SBLive!</i> dengan <i>Function Generator</i> Internal.....	89
4.129. Grafik 1kHz, fs=22kHz, 1Vpp, 0.5V/div, 2ms/div, 8-bit stereo Dengan <i>Function Generator</i> Internal.....	90
4.130. Grafik 8kHz, fs=22kHz, 1Vpp, 0.5V/div, 2ms/div, 8-bit stereo Dengan <i>Function Generator</i> Internal.....	91
4.131. Grafik 9kHz, fs=22kHz, 1Vpp, 0.5V/div, 2ms/div, 8-bit stereo Dengan <i>Function Generator</i> Internal.....	91
4.132. Grafik 15kHz, fs=44kHz, 1Vpp, 0.5V/div, 1ms/div, 8-bit stereo Dengan <i>Function Generator</i> Internal.....	91
4.133. Grafik 16kHz, fs=44kHz, 1Vpp, 0.5V/div, 1ms/div, 8-bit stereo Dengan <i>Function Generator</i> Internal.....	92

4.134. Grafik 19kHz, fs=44kHz, 1Vpp, 0.5V/div, 1ms/div, 8-bit stereo Dengan <i>Function Generator</i> Internal.....	92
4.135. Grafik 20kHz, fs=44kHz, 1Vpp, 0.5V/div, 1ms/div, 8-bit stereo Dengan <i>Function Generator</i> Internal.....	92
4.136. Gambar 4.136. Grafik 1kHz, fs=22kHz, 1Vpp, 0.5V/div, 5ms/div, 8-bit stereo, (a) <i>Left Channel</i> dan (b) <i>Right Channel</i> Dengan <i>Function</i> <i>Generator</i> Internal	93
4.137. Grafik 8kHz, fs=44kHz, 1Vpp, 0.5V/div, 1ms/div, 8-bit stereo, (a) <i>Left</i> <i>Channel</i> dan (b) <i>Right Channel</i> Dengan <i>Function Generator</i> Internal	93
4.138. Grafik 15kHz, fs=44kHz, 1Vpp, 0.5V/div, 1ms/div, 8-bit stereo, (a) <i>Left</i> <i>Channel</i> dan (b) <i>Right Channel</i> Dengan <i>Function Generator</i> Internal	93
4.139. Grafik 18kHz, fs=44kHz, 1Vpp, 0.5V/div, 1ms/div, 8-bit stereo, (a) <i>Left</i> <i>Channel</i> dan (b) <i>Right Channel</i> Dengan <i>Function Generator</i> Internal	93
4.140. Grafik 20kHz, fs=44kHz, 1Vpp, 0.5V/div, 1ms/div, 8-bit stereo, (a) <i>Left</i> <i>Channel</i> dan (b) <i>Right Channel</i> Dengan <i>Function Generator</i> Internal	94
4.141. Pengaruh Performa CPU yang Bekerja Penuh Terhadap Respon <i>PC-Oscilloscope</i> 8-bit Data	95

DAFTAR LAMPIRAN

1. Program Unit <i>Oscilloscope</i>	99
2. Program Unit <i>Wavein</i>	117
3. <i>National Semiconductor LM555 Timer Datasheet</i>	124
4. <i>Soundcard Sound Blaster Live! Support Datasheet</i>	127
5. Proposal Tugas Akhir.....	131
6. <i>Curriculum Vitae</i>	138