



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
PERNYATAAN.....	iii
PRAKATA.....	iv
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR ISTILAH DAN SINGKATAN.....	xiv
INTISARI.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
1. BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Batasan Masalah.....	3
1.4. Tujuan Penelitian.....	4
1.5. Manfaat Penelitian.....	4
2. BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Oversampling.....	5
2.2. Dithering.....	6
3. BAB III DASAR TEORI.....	8
3.1. ADC.....	8
3.1.1. Cara kerja SAR ADC.....	8
3.1.2. Ralat Statis Pada SAR ADC.....	11
3.2. Frekuensi Nyquist.....	14
3.3. Sumber Noise ADC.....	15
3.4. Oversampling.....	17
3.5. Decimation.....	20
3.6. Dithering.....	21
4. BAB IV METODE PENELITIAN.....	24
4.1. Peralatan, Bahan, Dan Software Yang Digunakan Dalam Penelitian....	24
4.2. Skema Penelitian.....	26



4.3.	Perancangan Rangkaian Akuisisi Data.....	26
4.3.1.	Diagram Blok Rangkaian Akuisisi Data	27
4.3.2.	Blok Mikrokontroler	27
4.3.3.	Blok Catu Daya	29
4.3.4.	Blok Pengkondisi Sinyal (Buffer & Sum Amplifier).....	30
4.3.5.	Blok Sensor	31
4.3.6.	Blok Generator Sinyal Dither.....	31
4.3.7.	Noise dan <i>Grounding</i>	32
4.3.8.	Komunikasi Data Via USB	34
4.4.	Perancangan GUI Client PC.....	35
4.4.1.	Refresh Rate Dan Data Logging	35
4.4.2.	Penggambaran Grafik.....	37
4.4.3.	Pencarian modul akuisisi data di port USB.....	38
4.4.4.	Algoritma Penerimaan Data	40
4.5.	Perancangan Firmware Mikrokontroler	42
4.5.1.	Komunikasi USB	42
4.5.2.	ADC	43
4.5.3.	Timer	43
4.5.4.	Interrupt.....	44
4.5.5.	Algoritma Oversampling.....	45
4.5.6.	Algoritma Pemrosesan Dan Pengiriman Sinyal	46
4.6.	Karakterisasi Sinyal Dithering Dan Pengaruhnya Terhadap Unjuk Kerja ADC Yang di-oversampling.....	47
5.	BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN	50
5.1.	Sinyal Dan Noise Dalam Rangkaian	50
5.1.1.	Karakteristik Noise Pada Jalur Catu Daya	50
5.1.2.	Karakteristik Noise Pada Jalur <i>Ground</i>	51
5.1.3.	Karakteristik Noise Pada Output LM35.....	52
5.1.4.	Karakteristik Noise dan sinyal dithering Pada Output Opamp	53
5.1.5.	Karakteristik Noise Pada Output LM336.....	54
5.1.6.	Karakteristik Noise Pada Jalur Catu Daya Analog (<i>AVCC</i>)	55
5.1.7.	Hasil Pengukuran Noise Keseluruhan.....	55
5.2.	Hasil Karakterisasi Oversampling	56
5.2.1.	Hasil Oversampling 12 Bit.....	56



5.2.2.	Hasil Oversampling 13 Bit.....	57
5.2.3.	Hasil Oversampling 14 Bit.....	58
5.2.4.	Hasil Oversampling 15 Bit.....	58
5.2.5.	Hasil Oversampling 16 Bit.....	60
5.2.6.	Hasil Karakterisasi Oversampling Keseluruhan	61
5.3.	Hasil Variasi Dithering.....	62
5.3.1.	Hasil Variasi Amplitudo sinyal dithering terhadap pembacaan ADC yang di-oversampling	62
5.3.2.	Hasil Variasi Frekuensi sinyal dithering terhadap pembacaan ADC yang di-oversampling	64
6.	BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	67
6.1.	Kesimpulan.....	67
6.2.	Saran	68
	DAFTAR PUSTAKA	69
	LAMPIRAN A	71
	LAMPIRAN B	73
	LAMPIRAN C	90



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Hasil oversampling ADC Flash 6 bit menjadi 12 bit (Abumurad & Choi, 2012)	6
Gambar 2.2 Diagram blok suatu sistem ADC dengan dithering (Liu, et al., 2014).	7
Gambar 2.3 Hasil kuantisasi sinyal analog dengan berbagai distribusi sinyal dithering (Liu, et al., 2014).....	7
Gambar 3.1 Arsitektur SAR ADC (Kester, 2009)	8
Gambar 3.2 Langkah yang diambil dalam proses konversi oleh SAR ADC 6 bit dengan input 45 LSB (Kester, 2009).....	10
Gambar 3.3 Offset Error pada ADC (Texas Instrument, 1999).....	11
Gambar 3.4 Gain Error pada ADC (Texas Instrument, 1999).....	12
Gambar 3.5 Differential Non-linearity pada ADC (Texas Instrument, 1999).....	13
Gambar 3.6 Integral Non-linearity pada ADC (Texas Instrument, 1999)	14
Gambar 3.7 Sebaran noise dengan probabilitas yang sama sepanjang amplitudo quantization noise (Carusone, et al., 2012)	15
Gambar 3.8 Oversampling dengan faktor 2 (Agilent Technologies, 2008).....	17
Gambar 3.9 Diagram blok ADC dengan tambahan noise (Silicon Labs, 2013)....	18
Gambar 3.10 Rapat spektrum dari quantization noise (Carusone, et al., 2012)....	18
Gambar 3.11 (a) Diagram blok oversampling, menunjukkan ADC dan Low-pass filter (H(f)). (b) respon brick-wall dari Low-pass filter H(f). (Carusone, et al., 2012).....	19
Gambar 3.12 Sebaran data yang dapat memanfaatkan oversampling untuk meningkatkan akurasi dan unjuk kerja SNR (Silicon Labs, 2013)	21
Gambar 3.13 Sebaran data yang tidak sesuai dengan kurva Gaussian Bell tidak dapat memanfaatkan oversampling (Silicon Labs, 2013)	22
Gambar 3.14 Contoh penggunaan dithering (Atmel Corporation, 2005)	23
Gambar 4.1 Skema Penelitian	26
Gambar 4.2 Diagram blok rangkaian akuisisi data	27
Gambar 4.3 Blok Mikrokontroler	27



Gambar 4.4 Rangkaian filter EMI dan kurva respon frekuensi dari Ferrite Chip (Murata, 2006)	29
Gambar 4.5 Blok pengkondisi sinyal	30
Gambar 4.6 Blok sensor	31
Gambar 4.7 Blok generator sinyal dither	31
Gambar 4.8 Topologi star grounding pada rangkaian modul akuisisi data.....	33
Gambar 4.9 Blok komunikasi USB.....	34
Gambar 4.10 Contoh file .csv hasil logging jika dibuka dengan notepad	35
Gambar 4.11 Code Snippet untuk memulai logging.....	36
Gambar 4.12 Code Snippet penulisan data hasil pengukuran kedalam file .csv....	36
Gambar 4.13 Antarmuka GUI software PC Client untuk menerima dan menyimpan data dari mikrokontroler	37
Gambar 4.14 Code Snippet untuk memperbaharui tampilan plot grafik	37
Gambar 4.15 Code Snippet untuk proses pencarian modul akuisisi data	39
Gambar 4.16 Diagram alir algoritma penerimaan data oleh software PC Client...40	
Gambar 4.17 Diagram alir algoritma penerimaan data oleh software PC Client (lanjutan).....	41
Gambar 4.18 Code snippet untuk komunikasi data USB.....	42
Gambar 4.19 Code snippet untuk memulai konversi sinyal analog ke digital.....	43
Gambar 4.20 Code snippet inisiasi pengaturan timer0 dan timer2	43
Gambar 4.21 Code snippet untuk melakukan oversampling 2 bit dan 6 bit	45
Gambar 4.22 Diagram alir algoritma pemrosesan dan pengiriman sinyal via USB oleh mikrokontroler	46
Gambar 4.23 Diagram alir pelaksanaan karakterisasi sinyal dithering dengan variasi amplitudo	48
Gambar 4.24 Diagram alir pelaksanaan karakterisasi sinyal dithering dengan variasi frekuensi.....	49
Gambar 5.1 Amplitudo noise pada berbagai titik VCC (a) LM35 (b) USB (c) mikrokontroler (d) OpAmp	51



Gambar 5.2 Amplitudo noise berbagai titik ground (a) dekat pin GND LM35 (b) dekat pin GND OpAmp (c) dekat pin GND mikrokontroler (d) dekat pin GND USB	52
Gambar 5.3 Noise pada output LM35	52
Gambar 5.4 Berbagai amplitudo sinyal keluaran OpAmp beserta dither (a) 5mVpp (b) 15mVpp (c) 96mVpp	53
Gambar 5.5 Noise pada output LM336	54
Gambar 5.6 Noise pada pin AVCC	55
Gambar 5.7 Hasil pembacaan ADC tanpa oversampling, ralat kuantisasi adalah 2,54mV / 0,254°C	56
Gambar 5.8 Hasil output digital oversampling 10+2bit	57
Gambar 5.9 Hasil output digital oversampling 10+3 bit	57
Gambar 5.10 Hasil output digital oversampling 10+4 bit	58
Gambar 5.11 Hasil output digital oversampling 10+5 bit	59
Gambar 5.12 Hasil output digital oversampling 10+6 bit	61
Gambar 5.13 Hasil pembacaan sinyal input oleh ADC yang di-oversampling 10+2 bit tanpa dithering	62
Gambar 5.14 Pengaruh variasi amplitudo sinyal dither terhadap pembacaan ADC	63
Gambar 5.15 Hasil pembacaan ADC dengan frekuensi dither yang terlalu (a) rendah, (b) tinggi, hasil yang baik dapat dilihat pada gambar 5.8..	64
Gambar 5.16 Sinyal input dengan dithering dan sebaran data yang baik (Atmel Corporation, 2005)	65
Gambar 5.17 Aliasing akibat frekuensi sinyal yang lebih tinggi dibandingkan frekuensi sampling (Moxfyre, 2009)	66



DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Daftar komponen.....	25
Tabel 5.1 Hasil pengukuran noise di berbagai titik modul akuisisi data	55
Tabel 5.2 Hasil karakterisasi oversampling 10 – 16 bit.....	61



DAFTAR ISTILAH DAN SINGKATAN

ADC	<i>Analog to Digital Converter</i>
CPU	<i>Central Processing Unit</i>
DAC	<i>Digital to Analog Converter</i>
DNL	<i>Differential Non-Linearity</i>
DPWM	<i>Digital Pulse Width Modulation</i>
EMI	<i>Electromagnetic Inteference</i>
ENOB	<i>Effective Number of Bits</i>
ESR	<i>Equivalent Series Resistance</i>
INL	<i>Integral Non-Linearity</i>
LSB	<i>Least Significant Bit</i>
MSB	<i>Most Significant Bit</i>
PC	<i>Personal Computer</i>
PCB	<i>Printed Circuit Board</i>
PID	<i>Product Identity</i>
RMS	<i>Root Mean Square</i>
SHA	<i>Sample and Hold Amplifier</i>
SINAD	<i>Signal to Noise and Distortion</i>
SNR	<i>Signal to Noise Ratio</i>
USB	<i>Universal Serial Bus</i>
VID	<i>Vendor Identity</i>