SKRIPSI

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN PENGONTROL MODUL DIRECT DIGITAL SYNTHESIZER SI5351 SEBAGAI PEMBANGKIT FREKUENSI BERBASIS ARDUINO UNO

MILIK
PERPUSTAKAAN
ITN MALANG

Disusun Oleh :
PUGUH ADI PRASETYO
12.12.209

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1
KONSENTRASI TEKNIK ELEKTRONIKA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2016

LEMBAR PERSETUJUAN

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN PENGONTROL MODUL DIRECT DIGITAL SYNTHESIZER SI5351 SEBAGAI PEMBANGKIT FREKUENSI BERBASIS ARDUINO UNO

SKRIPSI

Disusun dan Diajukan Untuk Melengkapi dan Memenuhi Persyaratan
Guna Mencapai Gelar Sarjana Teknik

Disusun oleh :
PUGUH ADI PRASETYO
NIM. 1212209

Diperiksa dan Disetujui,

Dosen Pembimbing I	Dosen Pembimbing II
Dr. F. Yudi Limpraptono, ST, MT	Dr. Eng. I Komang Somawirata, ST, MT
NIP. Y. 1039500274	NIP. P. 1030100361

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1

M. IbrahimAshari, ST, MT
NIP.P. 1030100358

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1
KONSENTRASI TEKNIK ELEKTRONIKA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
2016

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN PENGONTROL MODUL DIRECT DIGITAL SYNTHESIZER SI5351 SEBAGAI PEMBANGKIT FREKUENSI BERBASIS ARDUINO UNO

Puguh Adi Prasetyo
12.12.209

Konsentrasi Teknik Elektronika, Jurusan Teknik Elektro S-1
Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang
Jl. Raya Karanglo Km.2 Malang
E-mail : padi32.pa@gmail.com

ABSTRAK

Frekuensi adalah gelombang suara yang pada masa dewasa ini sangat dibutuhkan di berbagai bidang.terutama dalam bidang telekomunikasi dan kemajuan IT. Oleh karena itu di butuhkan pembangkit frekuensi yang efisien dan juga ekonomis guna mengikuti perkembangan teknologi yang semakin maju.dengan menggunakan arduino uno sebagai pengontrolnya dan juga Modul SI5351 sebagai pembangkit frekuensinya yang diharapkan dapat dikembangkan pada kemudian hari.

Dari hasil pengujian alat secara keseluruhan sistem dapat bekerja sesuai dengan perencanaan awal yaitu dapat membangkitkan frekuensi serta mengatur input sesuai dengan kebutuhan pengguna pada frekuensi 8 Khz sampai dengan 40 MHz

KATA PENGANTAR

Puji Syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Kuasa atas berkat dan rahmat-Nya, sehingga kami selaku penyusun dapat menyelesaikan Laporan Skripsi ini yang berjudul "PERANCANGAN DAN PEMBUATAN PENGONTROL MODUL DIRECT DIGITAL SYNTHESIZER SI5351 SEBAGAI PEMBANGKIT FREKUENSI BERBASIS ARDUINO UNO" dapat terselesaikan.

Adapun maksud dan tujuan dari penulisan laporan ini merupakan salah satu syarat untuk dapat menyelesaikan studi dan mendapatkan gelar Sarjana Jurusan Teknik Elektro S-1, Konsentrasi Teknik Elektronika ITN Malang.

Sebagai pihak penyusun penulis menyadari tanpa adanya kemauan dan usaha serta bantuan dari berbagai pihak,maka laporan ini tidak dapat diselesaikan dengan baik. Oleh karena itu , penyusun mengucapkan terima kasih kepada yang terhormat :

1. Dr.Ir. Lalu Mulyadi, MTA selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang
2. Ir. Anang Subardi, MT selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional Malang.
3. M. Ibrahim Ashari, ST,MT selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1 Institut Teknologi Nasional Malang
4. Dr. F. Yudi Limpraptono, ST, MT selaku Dosen Pembimbing satu Skripsi.
5. Dr. Eng. I Komang Somawirata, ST, MT selaku Dosen Pembimbing satu Skripsi.
6. Sahabat-sahabat dan rekan-rekan yang tidak dapat disebutkan satu persatu, yang telah membantu baik dari segi teknis maupun dukungan moral dalam terselesaikanya skripsi ini.

Usaha telah kami lakukan semaksimal mungkin, namun jika ada kekurangan dan kesalahan dalam penyusunan, kami mohon saran dan kritik yang sifatnya membangun. Begitu juga sangat kami perlukan untuk menambah kesempurnaan laporan ini dan dapat bermanfaat bagi rekan-rekan mahasiswa pada khususnya dan pembaca pada umumnya.

Malang, Agustus 2016

Penyusun

DAFTAR ISI

Lembar Persetujuan i
Abstrak ii
Kata Pengantar iii
Daftar Isi iv
Daftar Gambar vii
Daftar Tabel viii

BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 2
1.3 Tujuan 2
1.4 Batasan Masalah 2
1.5 Metodologi Masalah 3
1.6 Sistematika Penulisan 4

BAB II DASAR TEORI 5
2.1 Direct Digital Synthesizer 5
2.2 SI5351 6
2.2.1 Modul SI5351A 7
2.3 Arduino Uno 8
2.3.1 Catu daya 10
2.3.2 Input dan Output 11
2.3.3 Komunikasi 12
2.4 LCD 20x4 12
2.4.1Fungsi Pin-pin LCD 20x4 13
2.5 Keypad 14
2.6 Rotary Encoder 15

BAB III PERANCANGAN DAN ANALISA SISTEM 17
3.1 Pendahuluan 17
3.2 Perancangan Sistem 17
3.2.1Prinsip Kerja 19
3.3 Perancangan SI5351 19
3.4 Perancangan Perangkat Keras 20
3.4.1Perancangan Arduino Uno 20
3.4.2 Perancangan LCD 20x4 22
3.4.3Perancangan Keypad 24
3.4.4 Perancangan Rotary Encoder 26
3.5 Perancangan Software 27
3.5.1 Flowchart Sistem Pengoperasian Alat 28
BAB IV PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN SISTEM 32
4.1 Pendahuluan 32
4.2 Pengujian Keypad 3x4 32
4.2.1Peralatan yang Digunakan 32
4.2.2Langkah-Langkah yang Dilakukan 32
4.2.3Hasil Pengujian 33
4.2.4Analisa Pengujian 34
4.3 Pengujian Rotary Encoder 35
4.3.1Peralatan yang Digunakan 35
4.3.2Langkah-Langkah yang Dilakukan 35
4.3.3Hasil Pengujian 35
4.3.4Analisa Pengujian 37
4.4 Pengujian Modul DDS SI5351 38
4.4.1Peralatan yang Digunakan 38
4.4.2Langkah-Langkah yang Dilakukan 38
4.4.3Hasil Pengujian 39
4.4.4Analisa Pengujian 45

BAB V PENUTUP 46
5.1 Kesimpulan 46
5.2 Saran 46

DAFTAR PUSTAKA 48

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 : Dasar DDS 5
Gambar 2.2: *Chip* SI 5351 6
Gambar 2.3: Block diagram Chip SI5351 7
Gambar 2.4: Modul Si5351A 7
Gambar 2.5: Board Arduino Uno 9
Gambar 2.6: Kabel USB Board Arduino Uno 9
Gambar 2.7: LCD 20x4 Modul 13
Gambar 2.8: Konfigurasi Keypad 3x4 15
Gambar 2.9: Keypad 3x4 15
Gambar 2.10 : Rotary Encoder Modul 16
Gambar 2.11 : Pin rotary encoder 11
Gambar 3.1 : Diagram Blok Sistem pembangkit frekuensi 18
Gambar 3.2: Rangkaian Modul DDS SI5351 20
Gambar 3.3: Pin Arduino Uno 20
Gambar 3.4: Skematik Rangkaian Keseluruhan 22
Gambar 3.5: Skematik Rangkaian *LCD* 23
Gambar 3.6: Konfigurasi Keypad 24
Gambar 3.7: Skematik Rangkaian Keypad to Arduino 25
Gambar 3.8: Skematik Rotary Encoder to Arduino 26
Gambar 3.9: Pin Rotary Encoder 26
Gambar 3.10 : Tampilan Software Pemrogaman Arduino 27
Gambar 4.1 : Hasil Pengujian tombol 0 sampai 9 33
Gambar 4.2: Hasil Pengujian tombol "*" sebagai Reset 33
Gambar 4.3: Hasil Pengujian tombol "#" sebagai Pindah Chanel 34
Gambar 4.4: Hasil Pengujian Rotary encoder Putar ke kiri 36
Gambar 4.5: Hasil Pengujian Rotary Encoder Putar ke Kanan 36
Gambar 4.6: Hasil Pengujiantombol Rotary sebagai Multiplier 37
Gambar 4.7: Hasil pengujian Menggunakan Universal Counter Chanel A 39
Gambar 4.8: Hasil pengujian Menggunakan Universal Counter Chanel B 41
Gambar 4.9: Hasil pengujian Menggunakan Universal Counter Chanel C 43

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Teknologi terus berkembang dan selalu diupayakan untuk memiliki fungsi yang lengkap tetapi sederhana. Sehingga tidak mengherankan jika banyak alat yang sudah ada diperbaharui dengan alasan menyederhanakan komponen tetapi dapat mempertahankan atau bahkan dapat meningkatkan performa dari suatu alat.Seperti halnya pembangkit frekuensi, alat ini banyak digunakan untuk berbagai keperluan dalam berbagai bidang sebagai alat untuk menguji, *radio receiver*, sistem GPS (*Global Positioning Sistem*), *handphone, radiophone*, *walkie-talkies*, radio komunikas, *satellite receiver*, *clock generator*, modulasi *FM* (Frekuensi Modulasi) dan lain lain [1].

Fungsi pembangkit frekuensi adalah men-scan range frekuensi tertentu yang dapat menghasilkan sinyal analog.Harganya yang mahal maka dengan kemampuan DDS (*Direct Digital Synthesizer*) untuk membangkitkan sinyal dapat dirancang sebuah pembangkit frekuensi yang memiliki spesifikasi yang tidak jauh berbeda dan hasil keluaran yang diharapkan tidak jauh berbeda dengan pembangkit frekuensi yang ada dari sisi bentuk sinyal keluaran.

DDS adalah sebuah metode sintesa frekuensi secara langsung menggunakan teknik digital. Sebuah ROM (*Read Only Memory)* yang berisi data wave form di cuplik dalam kecepatan dan interval tertentu sehingga membentuk frekuensi yang diinginkan. Dengan menggunakan DDS masalah-masalah yang selama ini muncul pada sintesa dengan PLL(*Phase Lock Loop)* menjadi mudah diatasi, diantaranya adalah bandwidth dari VCO (*Voltage Control Oscillator)*, settling time, continues phase switching response, noise dan sebagainya. DDS pada akhirnya menyederhanakan rancang bangun rangkaian elektronika serta memastikan proses sintesa frekuensi bahkan hingga akurasi 0.0001Hz (dan ini masih akan terus berkembang) [2].

Dalam skripsi ini,dirancang suatu pembangkit frekuensi menggunakan DDS SI5351 dengan rang frekuensi 8KHz – 40MHz. Data frekuensi diperoleh dari Rotari encoder dan keypad yang ditampilkan pada LCD juga akan dikontrol oleh ARduino Uno yang berfungsi mengolah progam pembangkit frekuensi sehingga DDS SI5351 bisa difungsikan sebagai sebuah pembangkit frekuensi.

1.2 Rumusan masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diutarakan diatas, maka dapat disimpulkan permasalahan yang dituangkan dalam karya ilmiah ini, yaitu :

1. Memahami Cara kerja DDS SI5351 ?
2. Bagaimana cara kerja dan konsep dari pembangkit frekuensi menggunakan modul DDS SI5351?
3. Bagaimana cara memprogam DDS SI5351 agar dapat berfungsi menggunakan Arduino Uno ?
4. Berapa besar akurasi yang di hasilkan frekuensi yang di hasilkan menggunakan modul DDS SI5351

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini untuk merancang dan membuat suatu pembangkit frekuensi berbasis modul DDS SI5351dengan pengendali Mc.arduino uno yang diharapkan biaya yang dikeluarkan untuk pembuatan pembangkit akan lebih murah dan ekonomis.Selain itu diharapkan pembangkit frekuensi menggunakan modul SI5351 ini memiliki akurasi yang lebih baik.

1.4 Batasan Masalah

Agar perancangan dan pembuatan alat ini dapat sesuai dengan tujuan yang diharapkan dan tetap fokus pada konsep awal dan tidak meluas, maka diberikan batasan masalah sebagai berikut :

1. Untuk mengatur frekuensi menggunakan keypad 3x4 dan rotary encoder.
2. Modul pembangkit ferkuensi menggunakan DDS SI5351A.
3. Pengontrolan perangkat dilakukan menggunakan Arduino Uno.
4. Tampilan dari frekuensi menggunakan LCD 20x4.

5. Range frekuensi antara 8 KHz sampai 40 MHz
6. Multiplier yang di gunakan 1Hz, 10Hz, 100Hz, 1KHz, 10KHz, 100KHz, dan 1Mhz

1.5 Metodologi Pemecahan Masalah

Metode yang digunakan dalam penyususan skripsi ini adalah:

1. Kajian Literatur

   Pengumpulan data dan informasi yang dilakukan dengan mencari bahan-bahan kepustakaan dan referensi dari berbagai sumber sebagai landasan teori yang ada hubunganya dengan permasalahan pada perancangan alat.

2. Perancangan Alat

   Sebelum melaksanakan pembuatan alat, dilakukan perancangan terhadap alat yang meliputi merancang rangkaian setiap blok, serta penalaran metode yang digunakan.

3. Pembuatan Alat

   Pada tahap ini realisasi alat yang dibuat, dilakukan perakitan sistem terhadap seluruh hasil rancangan yang telah dibuat.

4. Pengujian Alat

   Proses uji coba rangkaian dan keseluruhan sistem untuk mengetahui adanya kesalahan agar sistem sesuai dengan konsep yang telah dirancang sebelumnya.

5. Pelaporan hasil pengujian dan kesimpulan.

1.6 Sistematika Penulisan

Untuk mempermudah dan memahami pembahasan penulisan skripsi ini, sistematika penulisan disusun sebagai berikut:

BAB I : PENDAHULUAN

Berisi tentang latar belakang rumusan masalah, tujuan, batasan masalah, metodologi penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II : KAJIAN PUSTAKA

Membahas tentang dasar teori mengenai permasalahan yang berhubungan dengan penelitian.

BAB III : PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT

Bab ini membahas tentang perencanaan dan proses pembuatan meliputi perencanaan, pembuatan alat, cara kerja, dan penggunaan alat.

BAB IV : PENGUJIAN DAN ANALISA

Berisi tentang pembahasan dan analisa alat dari hasil yang diperoleh pada pengujian.

BAB V : PENUTUP

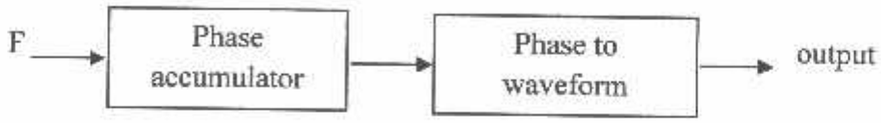
Berisi tentang semua kesimpulan yang berhubungan dengan penulisan skripsi, dan saran yang digunakan sebagai pertimbangan dalam pengembangan program selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

BAB II
DASAR TEORI

2.1 Direct Digital Synthesizer

DDS adalah metode elektronik untuk menciptakan frekuensi / gelombang (arbitrary) dari sebuah sumber frekuensi tunggal. Aplikasi dari DDS adalah : function generator, mixer, modulator, dan sound synthesizer. Rangkaian DDS terdiri dari kontroler elektronik, RAM (random-access memory), referensi frekuensi (biasanya crystal oscillator), counter, dan DAC (digital-to-analog converter). Ada 2 langkah untuk membuat alat ini bekerja.[3]



Gambar 2.1 Dasar DDS[3]

Pada langkah pertama, kontroler elektronik mengisi memori dengan data. Tiap data adalah *binary word* yang merepresentasikan amplitudo dari signal pada waktu tertentu. Susunan data ini kemudian dibentuk menjadi tabel amplitudo. Sebagai contoh, jika setengah bagian pertama dari tabel berisi nilai 100% dan setengahnya lagi berisi nol, maka data akan merepresentasikan gelombang kotak. Bentuk gelombang lainnya bisa dibuat dengan mengubah data.

Pada langkah kedua, counter (phase accumulator) diinstruksikan untuk berjalan setiap peningkatan pulsa yang masuk dari referensi frekuensi. Output dari phase accumulator digunakan untuk memilih data sesuai dari tabel.kemudian, DAC mengubah data ini menjadi gelombang analog.

Untuk mendapatkan gelombang periodik, rangkaian diatur agar setiap (data) yang melewati tabel itu sama waktunya dengan perioda dari gelombang. Sebagai contoh, jika frekuensi 1MHz dan tabel mengandung 1000 isian, maka jika melewati semua ini dengan kenaikan fase 1 maka waktunya 1000/1MHz =1ms, maka frekuensi gelombang output akan menjadi 1/(1ms) = 1kHz

Sistem dapat menghasilkan frekuensi yang lebih tinggi dengan menambah kenaikan fase sehingga counter-nya dapat melewati tabel dengan lebih cepat. Dalam contoh sebelumnya, kenaikan fasenya adalah 1, maka jika diubah menjadi 2, akan menggandakan frekuensi output. Untuk menghasilkan kontrol frekuensi yang lebih baik, kenaikan fase dapat diset menjadi, sebagai contoh, 10. Hal ini dapat mengakibatkan kenaikan / penurunan frekuensi yang kecil / sedikit. Sebagai contoh, jika kenaikan fasenya diubah menjadi 11 maka akan membuat frekuensi meningkat 10%, dan mengubahnya menjadi 9 akan menguranginya 10% juga. Jika menginginkan kenaikan / penurunan frekuensi yang lebih presisi, bit yang tinggi diperlukan pada counternya.[3]

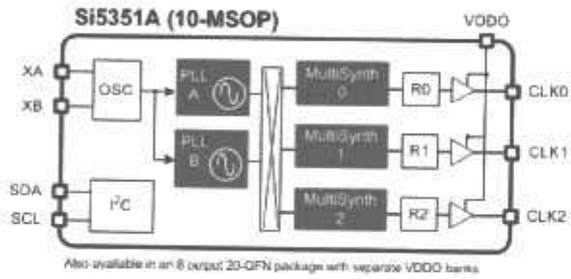
2.2 SI5351

Si5351 adalah sinyal clock generator yang dikonfigurasi melalui jalur komunikasi i2c, komponen ini cocok untuk menggantikan kristal, osilator kristal, VCO, PLL, dan buffer fan out di aplikasi biaya-sensitif. Bekerja berdasarkan fungsi PLL / VCXO + resolusi tinggi *MultiSynth* pecahan pembagi arsitektur, Si5351 dapat menghasilkan frekuensi 25khz hingga 200 MHz pada masing-masing nya output dengan kesalahan 0 ppm. Tiga versi dari Si5351 yang tersedia untuk memenuhi berbagai aplikasi sesuai kebutuhan. Tipe Si5351A menghasilkan hingga 3 clock bebas berjalan menggunakan osilator internal untuk mengganti kristal dan kristal osilator. Tipe Si5351B menambahkan VCXO internal dan menyediakan fleksibilitas untuk mengganti kedua clock generator sinyal bebas berjalan dan clock sinkron. Hal ini menggantikan kebutuhan biaya yang lebih tinggi, kristal customable menyediakan operasi yang handal. Untuk tipe Si5351C menawarkan sama fleksibilitas tetapi mensinkronisasikan ke clock referensi eksternal (CLKIN).[4]

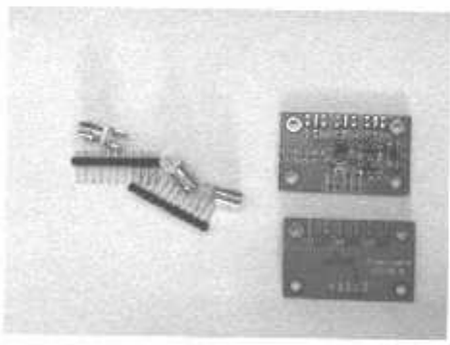
Gambar 2.2 Chip SI5351[5]

2.2.1 Modul Si5351A

Modul SI5351A adalah modul yang berisi chip Si5351A yang dibuat oleh Silicon Laboratories. Komponen ini memiliki varian sebagai berikut Si5351A/B/C-B. Untuk keperluan disini kita menggunakan Si5351A I2C-PROGRAMMABLE ANY-FREQUENCY CMOS CLOCK GENERATOR + VCXO, seri label belakang A, memiliki fitur mampu membangkitkan sinyal generator output sampai dengan 3 jalur, yaitu clk-0, clk-1, dan clk-2. Komponen Si5351a untuk dapat berkomunikasi dengan perangkat lain, atau agar bisa dilakukan pengaturan output sinyal generator menggunakan komunikasi i2c, yaitu pin sda dan pin scl. Clock generator *Board* rentang 8KHz sampai dengan 40MHz.[4]



Gambar 2.3 Block diagram Chip SI5351A[5]



Gambar 2.4 Modul Si5351A[4]

Spesifikasi dan fiture Modul SI5351A sebagai berikut

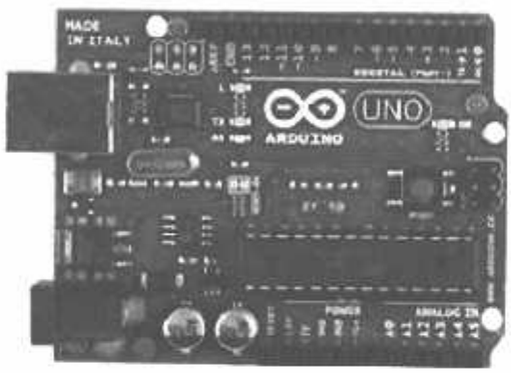
- *Generates up to 8 non-integer-related*
- *frequencies from 2.5 kHz to 200 MHz*
- *I2C user definable configuration*
- *Exact frequency synthesis at each output (0 ppm error)*
- *Highly linear VCXO*
- *Optional clock input (CLKIN)*
- *Low output period jitter: < 70 ps pp, typ*
- *Configurable spread spectrum selectable at each output*
- *Operates from a low-cost, fixed frequency*
- *crystal: 25 or 27 MHz*
- *Supports static phase offset*
- *Programmable rise/fall time control*
- *Glitchless frequency changes*
- *Separate voltage supply pins provide level translation:*
- *Core VDD: 2.5 or 3.3 V*
- *Output VDDO: 1.8, 2.5, or 3.3 V*
- *Excellent PSRR eliminates external power supply filtering*
- *Very low power consumption*
- *Adjustable output delay*
- *Available in 2 packages types:*
- *10-MSOP: 3 outputs*

2.3 Arduino Uno

Uno Arduino adalah board berbasis mikrokontroler pada ATmega328.*Board* ini memiliki 14 digital input / output pin (dimana 6 pin dapat digunakan sebagai *output PWM*), 6 input *analog*, 16 MHz *osilator* kristal, koneksi USB, jack listrik tombol reset. Pin-pin ini berisi semua yang diperlukan untuk mendukung mikrokontroler, hanya terhubung ke komputer dengan kabel USB atau sumber tegangan bisa didapat dari adaptor AC-DC atau baterai untuk menggunakannya.[6]

Board *Arduino Uno* memiliki fitur-fitur baru sebagai berikut :

- 1,0 pinout: tambah SDA dan SCL pin yang dekat ke pin aref dan dua pin baru lainnya ditempatkan dekat ke pin RESET, dengan IO REF yang memungkinkan sebagai *buffer* untuk beradaptasi dengan tegangan yang disediakan dari board sistem. Pengembangannya, sistem akan lebih kompatibel dengan *Prosesor* yang menggunakan AVR, yang beroperasi dengan 5V dan dengan Arduino Karena yang beroperasi dengan 3.3V. Yang kedua adalah pin tidak terhubung, yang disediakan untuk tujuan pengembangannya.



Gambar 2.5 *Board Arduino Uno*[6]

Gambar 2.6 *Kabel USB Board Arduino Uno*[6]

Tabel 2.1 Deskripsi *Arduino Uno*

Mikrokontroller	Atmega328
Operasi *Voltag*	5V
Input *Voltage*	7-12V (Rekomendasi)
Input Voltage	6-20 V (limit)
I/O	14 Pin (6 Pin untuk PWM)
Arus	50mA
Flash Memory	32KB
Bootloader	SRAM 2KB
EEPROM	1KB
Kecepatan	16Mhz

2.3.1 Catu Daya

Uno Arduino dapat diaktifkan melalui koneksi USB atau dengan catu daya eksternal. Sumber listrik dipilih secara otomatis. Eksternal (non- USB) daya dapat datang baik dari AC-DC adaptor atau baterai. Adaptor ini dapat dihubungkan dengan cara menghubungkannya *plug* pusat-positif 2.1mm ke dalam board colokan listrik. Lead dari baterai dapat dimasukkan ke dalam *header* pin Gnd dan Vin dari konektor *Power*.

Board dapat beroperasi pada pasokan daya dari 6 - 20 volt. Jika diberikan dengan kurang dari 7V, bagaimanapun, pin 5V dapat menyuplai kurang dari 5 volt dan *board* mungkin tidak stabil. Jika menggunakan lebih dari 12V, regulator tegangan bisa panas dan merusak *board*. Rentang yang dianjurkan adalah 7 - 12 volt.

Pin catu daya adalah sebagai berikut:

- VIN. Tegangan input ke *board* Arduino ketika menggunakan sumber daya eksternal (sebagai lawan dari 5 volt dari koneksi USB atau sumber daya lainnya diatur). Anda dapat menyediakan tegangan melalui pin ini, atau, jika memasok tegangan melalui colokan listrik, mengaksesnya melalui pin ini.

- 5V. Catu daya diatur digunakan untuk daya mikrokontroler dan komponen lainnya di *board*. Hal ini dapat terjadi baik dari VIN melalui regulator onboard, atau diberikan oleh USB .
- 3,3 volt pasokan yang dihasilkan oleh regulator on-board. Menarik arus maksimum adalah 50 mA.
- GND

2.3.2 Input & Output

Masing-masing dari 14 pin digital pada Uno dapat digunakan sebagai input atau output, menggunakan fungsi pinMode(), digitalWrite(), dan digitalRead(). Mereka beroperasi di 5 volt. Setiap pin dapat memberikan atau menerima maksimum 40 mA dan memiliki resistor pull-up internal dari 20-50 K_. Selain itu, beberapa pin memiliki fungsi khusus:

- Serial: 0 (RX) dan 1 (TX). Digunakan untuk menerima (RX) dan mengirimkan (TX) data TTL serial. Pin ini terhubung ke pin yang sesuai dari chip ATmega8U2 USB-to-Serial TTL.
- Eksternal Interupsi: 2 dan 3. Pin ini dapat dikonfigurasi untuk memicu interupsi pada nilai yang rendah, tepi naik atau jatuh, atau perubahan nilai. Lihat attachInterrupt () fungsi untuk rincian.
- PWM: 3, 5, 6, 9, 10, dan 11. Menyediakan 8-bit output PWM dengan analogWrite () fungsi.
- SPI: 10 (SS), 11 (mosi), 12 (MISO), 13 (SCK). Pin ini mendukung komunikasi SPI menggunakan perpustakaan SPI.
- LED: 13. Ada built-in LED terhubung ke pin digital 13. Ketika pin adalah nilai TINGGI, LED menyala, ketika pin adalah RENDAH, itu off.

Uno memiliki 6 input analog, diberi label A0 melalui A5, masing-masing menyediakan 10 bit resolusi yaitu 1024 nilai yang berbeda. Secara default sistem mengukur dari tanah sampai 5 volt.

- TWI: A4 atau SDA pin dan A5 atau SCL pin. Mendukung komunikasi TWI

- Aref. Referensi tegangan untuk input analog. Digunakan dengan *analogReference* ().
- Reset.

2.3.2 Komunikasi

Uno Arduino memiliki sejumlah fasilitas untuk berkomunikasi dengan komputer, Arduino lain, atau mikrokontroler lain. ATmega328 ini menyediakan UART TTL (5V) komunikasi serial, yang tersedia pada pin digital 0 (RX) dan 1 (TX). Sebuah ATmega16U2 pada saluran *board* ini komunikasi serial melalui USB dan muncul sebagai com port virtual untuk perangkat lunak pada komputer. *Firmware* Arduino menggunakan USB *driver* standar COM, dan tidak ada *driver* eksternal yang dibutuhkan. Namun, pada Windows, file. Inf diperlukan. Perangkat lunak Arduino termasuk monitor serial yang memungkinkan data sederhana yang akan dikirim ke *board* Arduino. RX dan TX LED di *board* akan berkedip ketika data sedang dikirim melalui chip USB-to-serial dan koneksi USB ke komputer. ATmega328 ini juga mendukung komunikasi I2C (TWI) dan SPI. Fungsi ini digunakan untuk melakukan komunikasi inteface pada sistem.

2.4 LCD 20x4

LCD adalah display atau tampilan yang prinsip kerjanya menggunakan pemantulan cahaya dari luar sebagai tampilannya. LCD sendiri adalah kepanjangan dari Liquid Crystal Display. Dot-Matrix HD44780 adalah salah satu jenis LCD dot-matrik dengan 4×20 karakter yang di maksutkan 4 karakter ke bawah dan 20 ke kanan dan di dalamnya dikendalikan oleh sebuah kontroler hitachi HD44780. LCD (Liquid Crystal Display) Dot-Matrix HD44780 ini dapat menampilkan karakter sesuai kebutuhan. Kedua komponen tersebut dikemas dalam suatu PCB atau bord sehingga akan membentuk satu modul yang langsung dapat digunakan. Modul ini mempunyai delapan jalur data (DB0 s/d DB7) dan tiga jalur control (RS, R/W, E). Modul ini menggunakan tegangan Vcc sebesar +5V.

LCD adalah display yang menggunakan pemantulan cahaya dari luar sebagai tampilannya. LCD (Liquid Crystal Display) Dot-Matrix HD44780 adalah salah satu jenis LCD dot-matrik dengan 4×20 karakter dan dikendalikan oleh kontroler hitachi HD44780. LCD (Liquid Crystal Display) Dot-Matrix HD44780 ini dapat

menampilkan karakter angka numeric, huruf alphabet, huruf jepang dan simbol. Kedua komponen tersebut dikemas dalam suatu PCB sehingga membentuk satu modul yang dapat langsung digunakan. Maka ini mempunyai delapan jalur data (DB0 s/d DB7) dan tiga jalur control (RS, R/W, E). Modul ini menggunakan tegangan Vcc sebesar +5V.[7]

Gambar 2.7 LCD 20x4 Modul[7]

2.4.1 Fungsi pin-pin LCD 20x4

- Pin 1 (Vss) sebagai jalur power supply ground (GND)
- Pin 2 (Vcc) sebagai jalur power supply positif (+5V)
- Pin 3 (Vee) merupakan kontrol kontras LCD
- Pin 4 (RS) jalur instruksi pemilihan data atau perintah
- Pin 5 (R/W) merupakan jalur instruksi read / write pada LCD
- Pin 6 (E) jalur kontrol enable LCD
- Pin7 – pin 14 (DB0 – DB7) adalah sebuah jalur control data dan data karakter untuk LCD, Dari 14 pin yang sudah dimiliki LCD, Dot-Matrix HD44780, 8 pin diantaranya digunakan sebagai menerima dan mengirimkan data dari dan ke LCD, yaiitu pin DB0 – DB7. Sedangkan 3 pin lainya digunakan untuk kendali suatu operasi.
- Pin RS, digunakan oleh sistem prosesor HD44780 untuk meberi tahu LCD, apakan informasi biner yang diberikan pada DB0 – DB7 merupakan instruksi atau data.
- Jika RS = Low, maka informasi biner pada DB0-DB7 adalah instruksi.
- Jika RS = High, maka informasi biner pada DB0-DB7 adalah data.
- Pin R/W, akan digunakan oleh prosesor HD44780 untuk memberitahu bahwa LCD apakah mikrokontroler akan mengirim atau membaca data. Jika R/W = Low, maka akan mengirim data Jika R/W = High maka akan membaca data.

- Pin E, digunakan oleh sistem prosesor HD44780 untuk memberitahu LCD agar mulai memproses sinyal yang diberikan oleh prosesor, yan ditandai dengan peralihan logika pin E dari High ke Low. Khusus untuk pin DB7 selain sebagai data bus, pin ini juga dapat digunakan untuk memberitahukan sistem mikrokontroler bahwa LCD masih sibuk dan belum siap menerima data instruksi berikutnya.

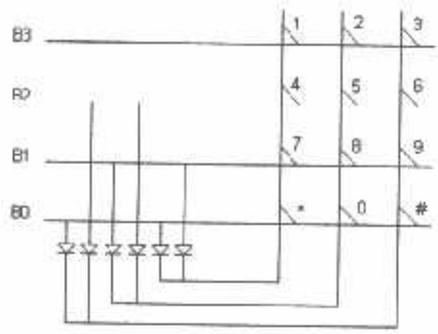
Tabel 2.2 data sheet lcd 4x20

Pin No.	Symbol	Level	Description
1	V_{SS}	0V	Ground
2	V_{DD}	5.0V	Supply Voltage for logic
3	V0	(Variable)	Operating voltage for LCD
4	RS	H/L	H: DATA. L: Instruction code
5	R/W	H/L	H: Read(MPU→Module) L: Write(MPU→Module)
6	E	H.H→L	Chip enable signal
7	DB0	H/L	Data bit 0
8	DB1	H/L	Data bit 1
9	DB2	H/L	Data bit 2
10	DB3	H/L	Data bit 3
11	DB4	H/L	Data bit 4
12	DB5	H/L	Data bit 5
13	DB6	H/L	Data bit 6
14	DB7	H/L	Data bit 7
15	LED(+)		Anode of LED Backlight
16	LED(-)		Cathode of LED Backlight

2.5 Keypad

Keypad sering digunakan sebagi suatu input pada beberapa peralatan yang berbasis mikroprosessor atau mikrokontroller. *Keypad* terdiri dari sejumlah saklar, yang terhubung sebagai baris dan kolom. Agar mikrokontroller dapat melakukan scan *keypad*, maka port mengeluarkan salah satu bit dari 4 bit yang terhubung pada kolom dengan logika low "0" dan selanjutnya membaca 4 bit pada baris untuk menguji jika ada tombol yang ditekan pada kolom tersebut. Sebagai konsekuensi, selama tidak ada tombol yang ditekan, maka mikrokontroller akan melihat sebagai logika *high* "1" pada setiap pin yang terhubung ke baris.[8]

konfigurasi keypad 3x4 :

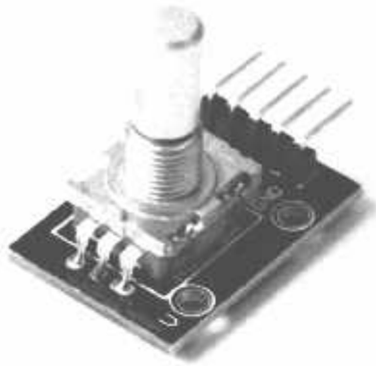


Gambar 2.8 konfigurasi keypad 3x4[7]

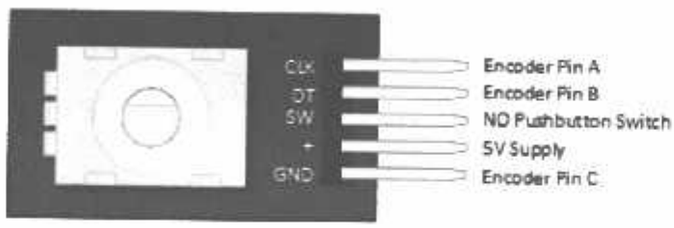
Gambar 2.9 keypad 3x4

2.6 Rotary Encoder

Rotary Encoder adalah suatu komponen elektro mekanis yang memiliki fungsi untuk memonitoring posisi anguler pada suatu poros yang berputar. Dari perputaran benda tersebut data yang termonitoring akan diubah ke dalam bentuk data digital oleh rotary encoder berupa lebar pulsa kemudian akan dihubungkan ke kontroler (Mikrokontroler/PLC). Berdasarkan data yang di dapat berupa posisi anguler (sudut) kemudian dapat diolah oleh kontroler sehingga mendapatkan data berupa kecepatan, arah, dan posisi dari perputaran porosnya.[9]



Gambar 2.10 Rotary encoder modul[9]



Gambar 2.11 Pin Rotary encoder[10]

BAB III
PERANCANGAN DAN ANALISA SISTEM

3.1 Pendahuluan

Pada bab ini akan membahas tentang perencanaan sistem, prinsip kerja dan perancangan perangkat keras (*hardware*) serta perangkat lunak (*software*) yang berkaitan dengan pembangkit frekuensi yaitu mengenai sistem yang menggunakan DDS SSSSI5351 dan ARDUINO sebagai control. Pada perancangan ini akan diimplementasikan konsep dan teori dasar yang telah dibahas sebelumnya, sehingga tujuan dari perencanaan dapat tercapai dengan baik. Untuk itu pembahasan difokuskan pada desain yang direncanakan pada diagram blok system yang sudah ada.

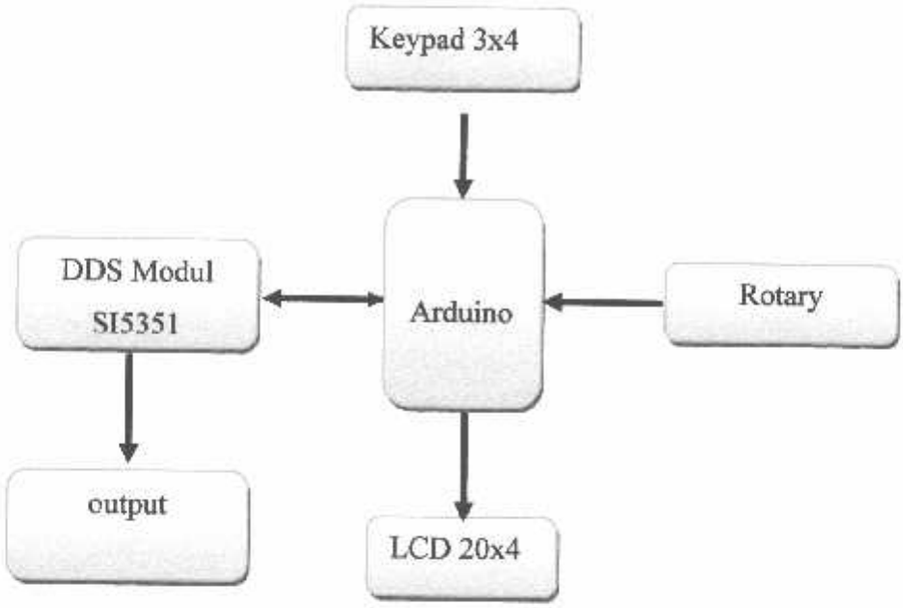
3.2 Perancangan sistem

Sistem yang akan dirancang akan dibagi menjadi dua bagian utama yaitu perancangan perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*) pada sistem pembangkit frekuensi.

Perancangan sistem perangkat keras meliputi bagian pengemasan suatu sistem perakitan (cabling) pada suatu sistem. Pada bagian pengkabelan menggunakan cabel jumper male dan fimale yang digunakan sebagai penyambung antar modul. Pada bagian input terdapat keypad 3x4 dan rotary encoder yang di gunakan sebagai inputan pada sistem dan modul DDS SI5351 sebagai pembangkit frekuensi.

Bagian kontroler terdiri dari modul ARDUINO Uno yang di gunakan sebagai pengontrol Modul DDS SI5351. ARDUINO Uno dipilih sebagai Kontroler karena memiliki ukuran yang cukup kecil dan harganya lebih murah disbanding dengan arduino mega. Sedangkan untuk bagian output terdiri dari modul DDS SI5351 digunakan sebagai pembangkit frekuensi yang nantinya akan di tampilkan di LCD 20x4 dengan 3 *chanel* yang di letakan menjadi satu dengan sistem.

Diagram blok keseluruhan sistem dapat dilihat pada gambar ,



Gambar3.1 Diagram blok sistem pembangkit frekuensi

Penjelasan Diagram Blok :

- Rotary dan keypad 4x3 digunakan sebagai input pengatur frekuensi yang akan di bangkitkan melalui arduino Uno
- Arduino sebagai kontrol sistem yang terhubung dengan Modul DDS SI5351 yang nantinya modul DDS SI5351 akan membangkitkan frekuensi sesuai dengan inputan yang dimasukkan melalui rotary encoder dan juga keypad
- Modul DDS SI5351 akan membangkitkan Kristal clock sesuai dengan inputan kemudian ditampilkan melalui LCD 20x4
- LCD akan menampilkan hasil frekuensi dari DDS SI5351 yang di kontrol oleh arduino Uno

3.2.1 Prinsip Kerja

Modul *Direct Digital Synthesis* SI5351 digunakan sebagai pembangit frekuensi secara digital berupa sinyal sinusoida ataupun sinyal pulsa yang dihubungkan *radio receiver*, sistem GPS, *handphone, radiophone, walkie-talkies*, radio komunikasi untuk CB, *satellite receiver, clock generator*, modulasi sebagai output dari Modul *Direct Digital Synthesis* SI5351.

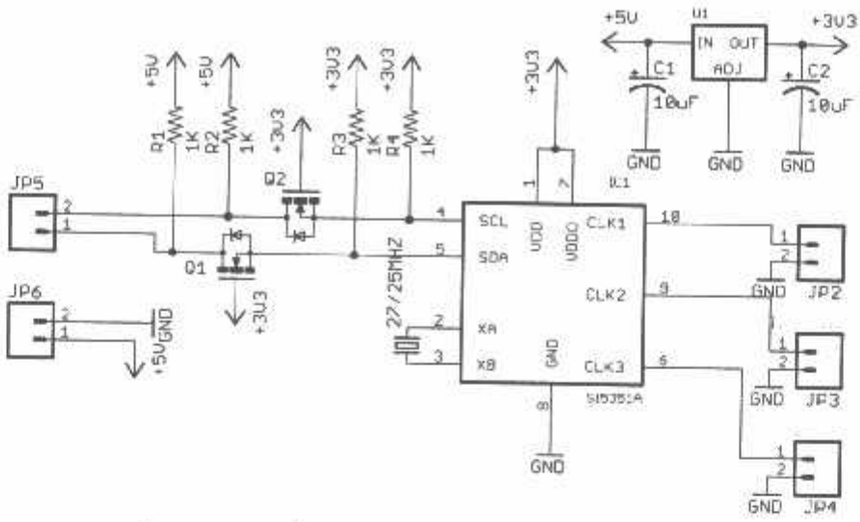
Rotary Encoder dan keypad 4x3 berfungsi sebagai inputan secara langsung berapa frekuensi yang diinginkan sesuai dengan range SI5351 dan LCD 20X4 untuk menampilkan frekuensi yang sudah di atur oleh rotary encoder yang terhubung dengan Arduino Uno sebagai pengontrol Modul *Direct Digital Synthesis* SI5351 dengan LCD sebagai tampilan dari frekuensi yang sudah di bangkitkan olehkristal dalam modul SI5351.

3.3 Penggunaan SI5351

Si5351 adalah pembangkit clock yang dapat mengeluarkan 3 output yg masing masing tidak bergantungan, keluarannya berupa gelombang kotak (square) dgn frekwensi range 8 kHz sampai dengan 40 Mhz. IC ini menggunakan kristal referensi 25 Mhz atau 27 Mhz.

Penggunaannya cukup luas, khususnya untuk di bidang radio adalah sebagai VFO dan BFO, IQ Software Define Radio, Antena Analyzer dll.
Spesifikasinya sebagai berikut :

- Number of outputs: 3
- Output impedance: 50 Ω
- Output drive levels: 2 mA, 4 mA, 6 mA, 8 mA (into 50 Ω)
- Power supply: +3.3 V or +5 V
- Interface: I2C (on a 0.1" header)
- Output jacks: 0.1" header or optional SMA female end launch
- PCB material: high quality 1.6 mm double-sided FR4 with soldermask and ENIG coating
- PCB dimensions: 30 mm x 50 mm

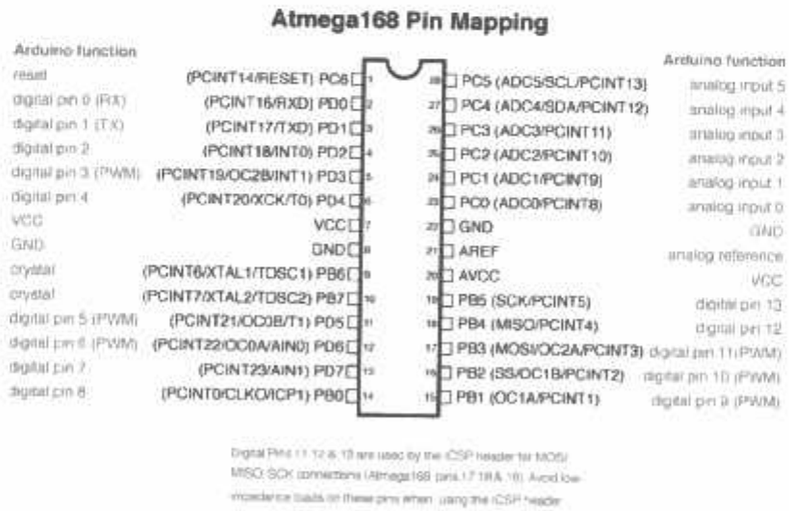


Gambar 3.2 Rangkaian Modul DDS SI5351

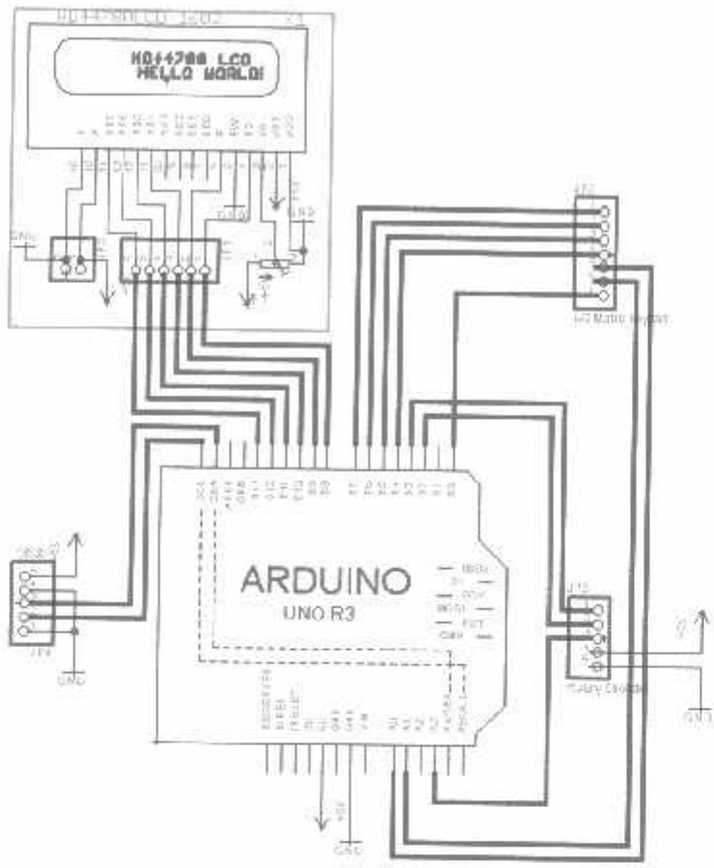
3.4 Perancangan Perangkat Keras

3.4.1 Perancangan ARDUINO UNO

ARDUINO Uno adalah mikrokontroler yang di gunakan sebagai control unit yang bekerja untuk mengontrol suatu sistem pembangkit frekuensi menggunakan Modul DDS SI5351 karena ARDUINO Uno dalam bentuk suatu modul maka dalam perancangan akan di bahas pengaturan pin yang akan digunakan sebagai input dan output.



Gambar 3.3 port arduino uno



Gambar 3.4 skematik rangkaian keseluruhan

3.4.2. Perancangan LCD 20x4

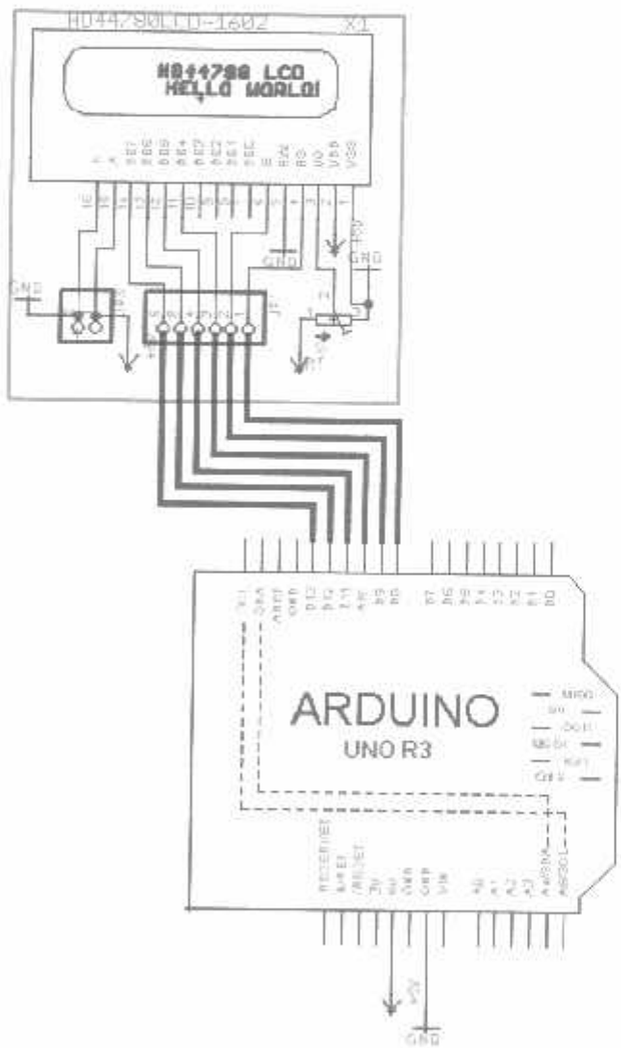
LCD (Liquid Crystal Display) merupakan suatu media sebagai tampilan yang menggunakan kristal cair untuk tampilan utama. LCD umum untuk digunakan sebagai alal–alat elektronik seperti kalkulator, televisi, atau pun layar PC. Pada sistem pembangkit frekuensi ini LCD yang dugunakan adalah LCD jenis dot matrik dengan jumlah karakter 20x4. LCD dalam sistem ini berfungsi sebagai penampil yang nantinya akan digunakan untuk menampilkan nilai frekuensi dari inputan keypad dan juga rotary encoder. Berikut fungsi masing-masing pin sinyal LCD.

Tabel 3.1 fungsi pin LCD

Nama signal	Fungsi
DB0-DB7	Merupakan saluran data, berisi perintah dan data yang akan ditampilkan di LCD

Enable	Sinyal operasi awal, sinyal ini mengaktifkan data tulis atau baca
R/W	Sinyal seleksi tulis atau baca 0 : tulis 1 : baca
RS	Sinyal pemilihan register 0 : intruksi register (tulis) 1 : data register (baca dan tulis)

Secara garis besar program LCD diatur oleh 3 sinyal RS, R/W, enable dan 8 buah saluran data.



Gambar 3.5 skematik rangkaian LCD

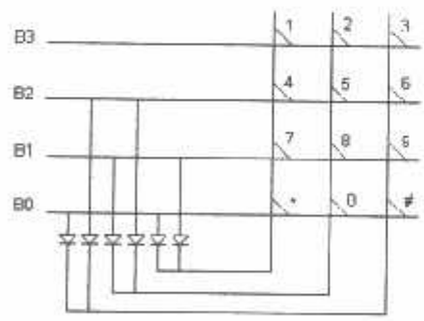
Pada rangkaian LCD maka pin LCD akan di sambungkan ke ARDUINO 2560 berikut penyambungan LCD ke ARDUINO.

1. RS disambung ke digital pin 8 ARDUINO Uno.
2. E disambung ke digital pin 9 ARDUINO Uno
3. D4 disambung ke digital pin 10 ARDUINO Uno
4. D5 disambung ke digital pin 11 ARDUINO Uno
5. D6 disambung ke digital pin 12 ARDUINO Uno
6. D7 disambung ke digital pin 13 ARDUINO Uno
7. K disambungkan ke pin GND
8. A disambungkan ke pin 5V
9. VSS disambungkan ke GND
10. VDD disambungkan ke 5V
11. VS disambungkan ke 5V(ref)

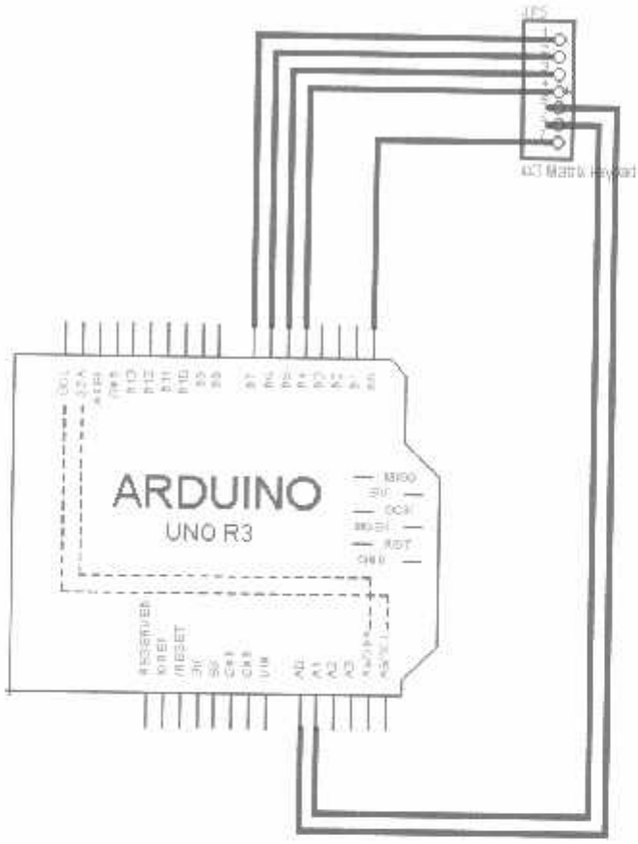
VS membutuhkan tegangan sebagai daya menyala yang nantinya di beri resistor sebagai penghambat arus sehingga LCD dapat menyala dengan resonansi cahaya yang sesuai.

3.4.3 Perancangan keypad

Dalam perancangan ini keypad berfungsi sebagai media untuk memasukkan inputan untuk menu pergantian frekuensi. Keypad yang digunakan dalam perancangan ini adalah keypad 3x4, keypad ini bekerja dengan metode scanning pada jalur kolom dan jalur baris, jika terdeteksi adanya persambungan antara baris dan kolom yang pas maka control akan mengkodekan data dengan data biner dan di ubah menjadi karakter sesuai dengan keypad yang di tekan.



Gambar 3.6 Konfigurasi keypad



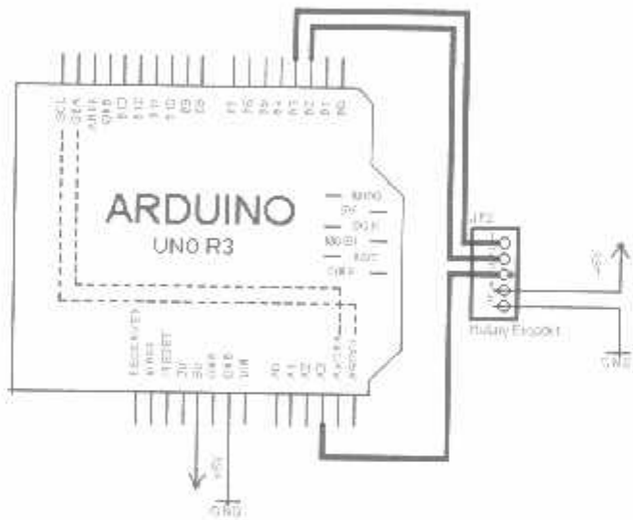
Gambar 3.7 Skematik rangkaian keypad to arduino

Pada rangkaian keypad maka kaki keypad akan di sambungkan ke arduino

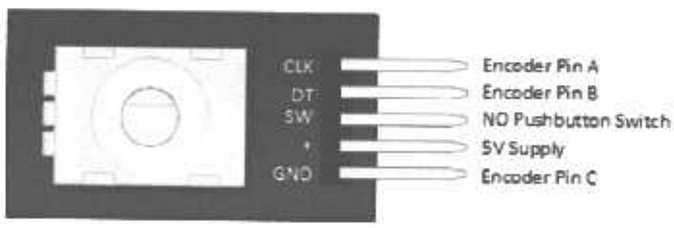
1. Kaki keypad 1 di sambungkan ke pin D7
2. Kaki keypad 2 di sambungkan ke pin D6
3. Kaki keypad 3 di sambungkan ke pin D5
4. Kaki keypad 4 di sambungkan ke pin D4
5. Kaki keypad 5 di sambungkan ke pin A0
6. Kaki keypad 6 di sambungkan ke pin A1
7. Kaki keypad 7 di sambungkan kc pin D0

3.4.4 Perancangan Rotary encoder

Dalam perancangan ini Rotary encoder berfungsi sebagai media untuk memasukkan inputan untuk mengganti frekuensi secara langsung atau cepat dengan cara diputar ke kanan untuk menaikan frekuensi dan di putar ke kiri untuk menurunkan nilai frekuensi. Cara kerjanya adalahdengan memonitoring posisi anguler pada suatu poros yang berputar. Dari perputaran benda tersebut data yang termonitoring akan diubah ke dalam bentuk data digital oleh rotary encoder berupa lebar pulsa kemudian akan dihubungkan Arduino Uno.



Gambar 3.8 skematik Rotary encoder to Arduino



Gambar 3.9 Pin Rotary encoder

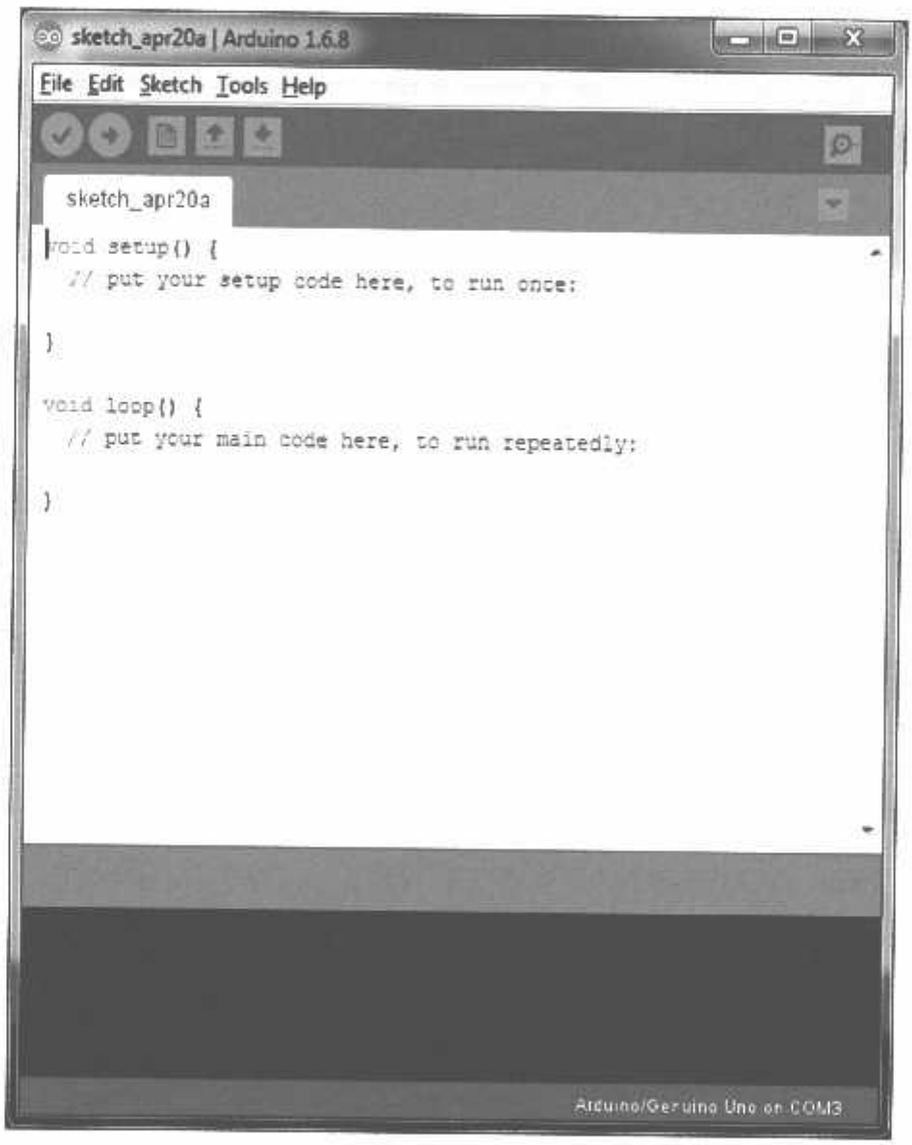
Pada Modul rotary encoder maka kaki rotary encoder akan di sambungkan ke arduino

1. CLK disambungkan ke pin D3
2. DT disambungkan ke pin D2

3. SW disambungkan ke pin A3
4. + disambungkan ke pin +5v
5. GND disambungkan ke pin GND

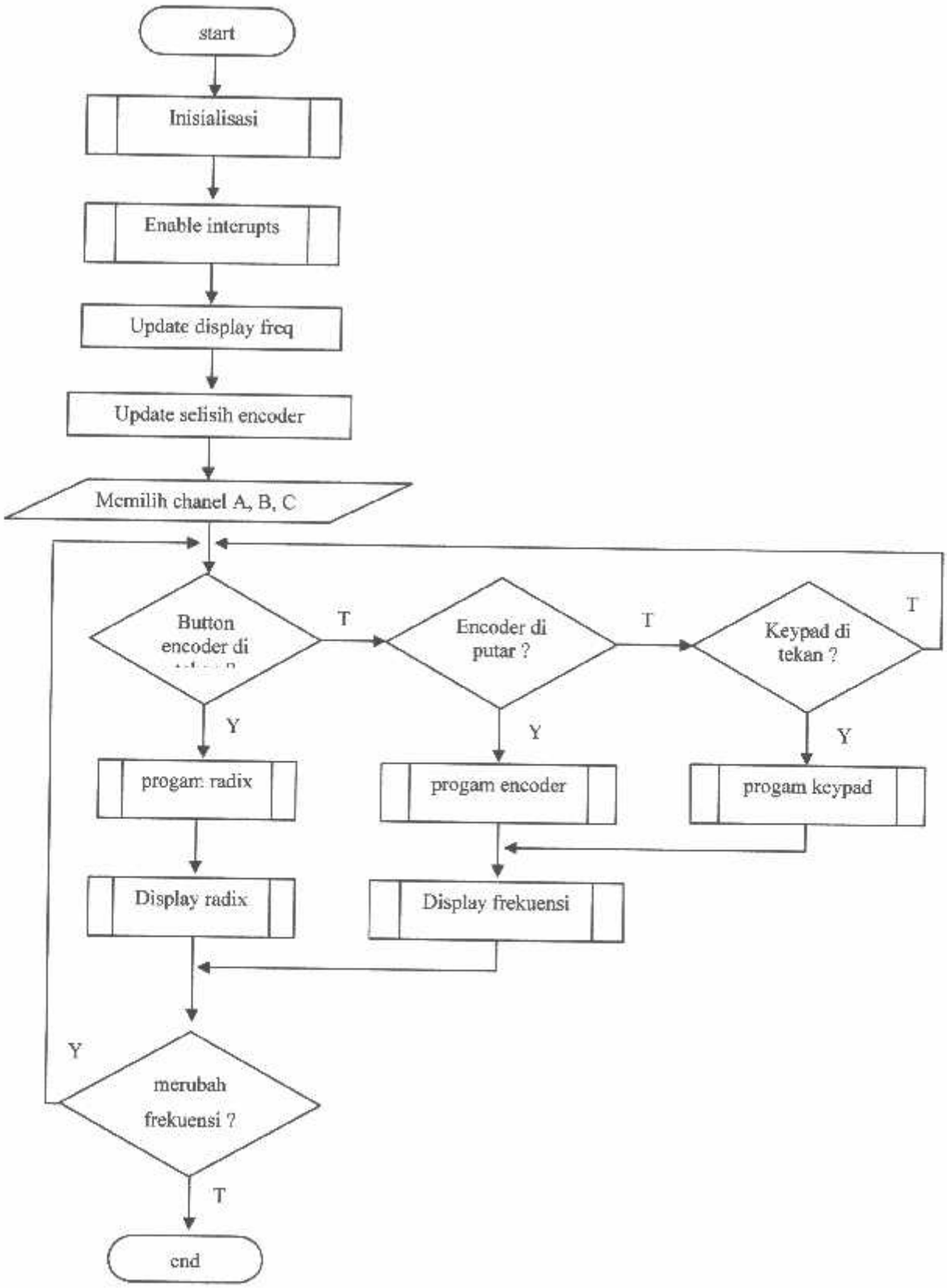
3.5 Perancangan Sofware

Dalam perancangan sofware Sistem kontrol pada pada pembangkit frekuensi menggunakan ARDUINO uno dengan menggunakan sofware bawaan arduino. Mikrokontroler diprogram menggunakan bahasa pemrograman arduino yang memiliki kemiripan *syntax* dengan bahasa pemrograman C.

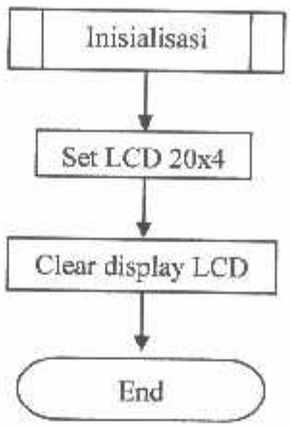


Gambar 3.10 tampilan software pemrogaman Arduino

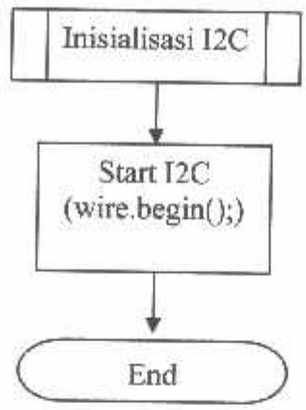
3.5.1 Flowchart Sistem pengoperasian alat



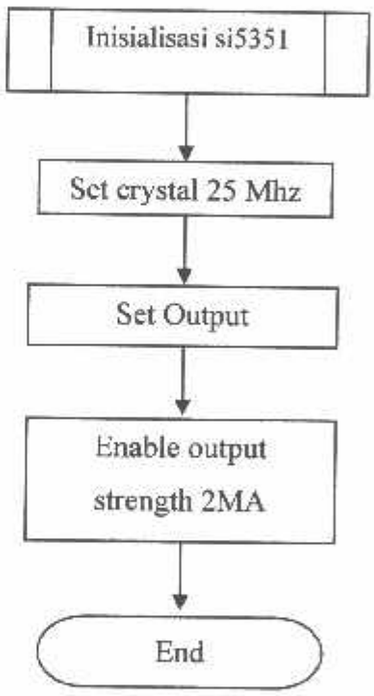
1. flowchart inisialisai LCD



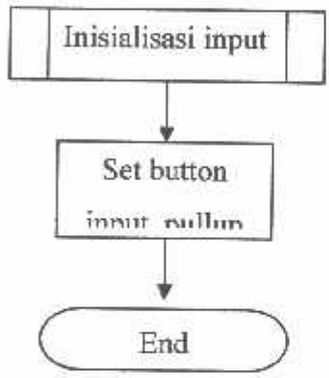
2. flowchard inisialisaiI2C



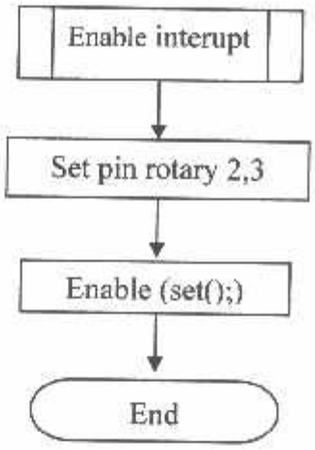
3. flowchart inisialisasi Si5351



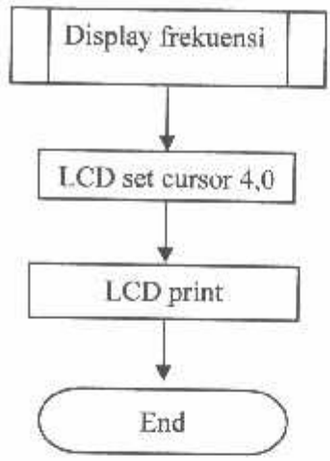
4. flowchard inisialisasi input



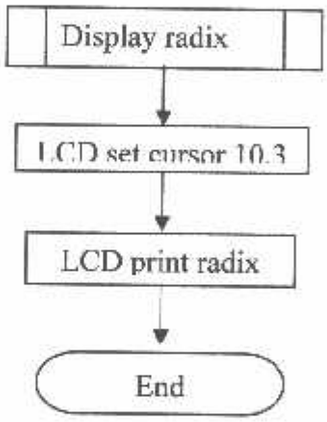
5. flowchart enable interrupt



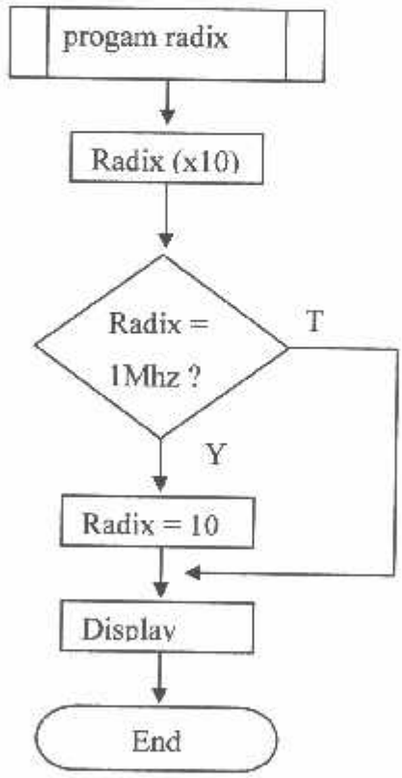
6. Flowchart display frekuensi



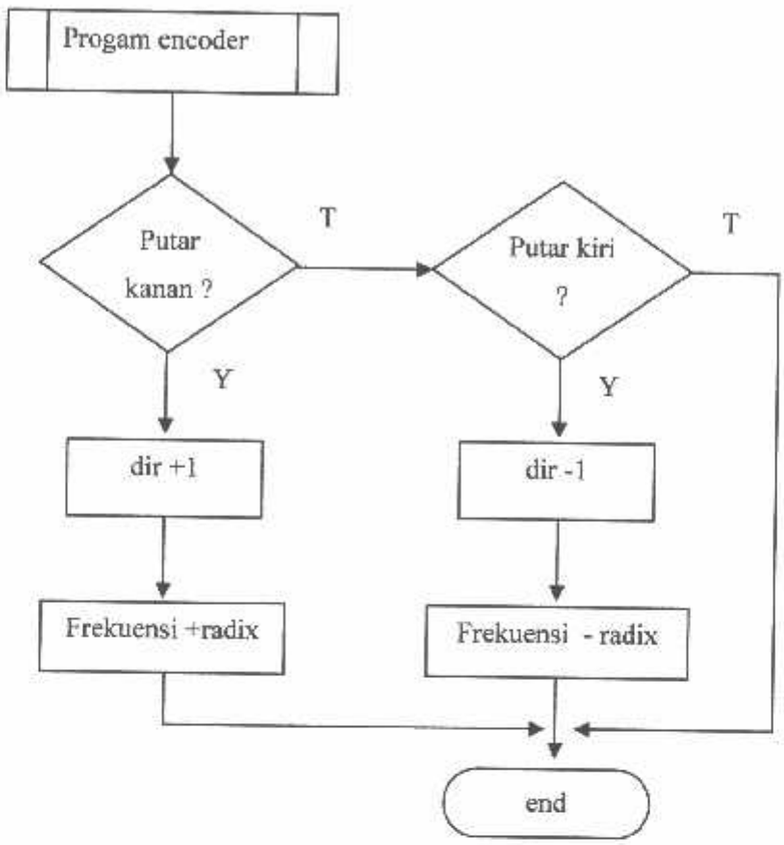
7. flowchat display radix



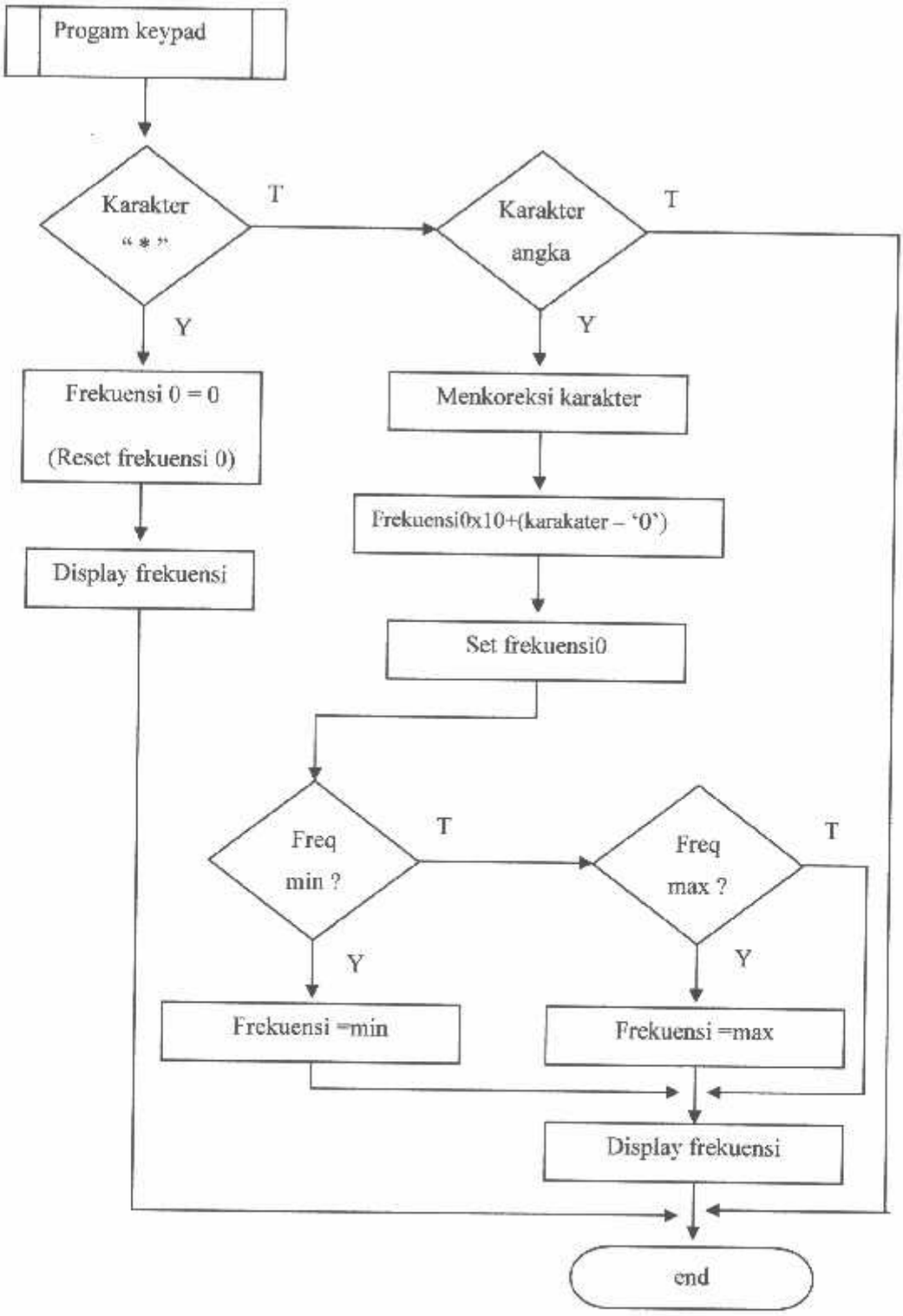
8. Flowchart progam radix



9. flowchart progam encoder



10. flowchart progam keypad



BAB IV
PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN SISTEM

4.1 Pendahuluan

Pada bab ini ditujukan untuk melakukan pengujian dan pembahasan dari sistem yang telah dirancang sebelumnya agar dapat diketahui bagaimana kinerja dari keseluruhan sistem maupun kinerja masing-masing bagian. Dari hasil pengujian tersebut akan dijadikan dasar untuk menentukan kesimpulan serta point-point kekurangan yang harus segera diperbaiki agar kinerja keseluruhan sistem dapat sesuai dengan perencanaan dan perancangan yang telah dibuat.

Pengujian yag di lakukan meliputi

1. Pengujian keypad 3x4
2. Pengujian rotary encoder
3. Pengujian modul DDS SI5351

4.2 Pengujian keypad 3x4

Tujuan pengujian pada keypad ini bertujuan untuk mengetahui apakah progam pada Arduino uno dapat membaca data masukan yang dimasukkan dari keypad 4x3 dan menampilkan data tersebut ke LCD.

4.2.1 Peralatan yang digunakan

1. Arduino Uno
2. Catu daya 5 VDC
3. Kabel conector
4. LCD 20x4
5. modul keypad 4x3
6. *software* IDE Arduino

4.2.2 Langkah-langkah yang dilakukan

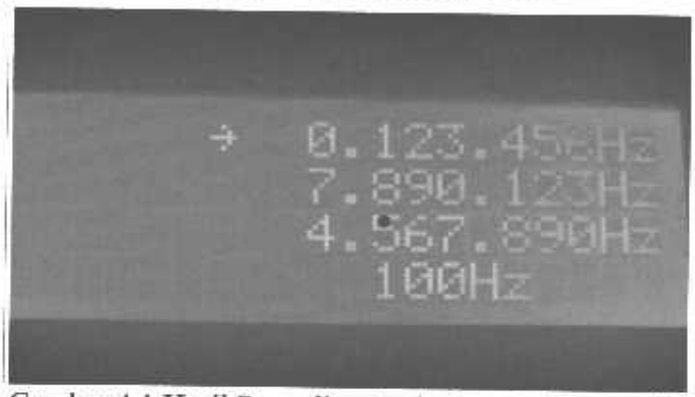
1. Hubungkan pin LCD dengan pin Arduino Uno
2. Menghubungkan pin keypad dengan pin Arduino Uno
3. Hubungkan pin Vcc dan ground dengan catu daya

4. Memprogam Arduino agar tombol pada keypad dapat di tampilkan di LCD
5. Mencatat hasil pengamatan yang telah dilakukan.

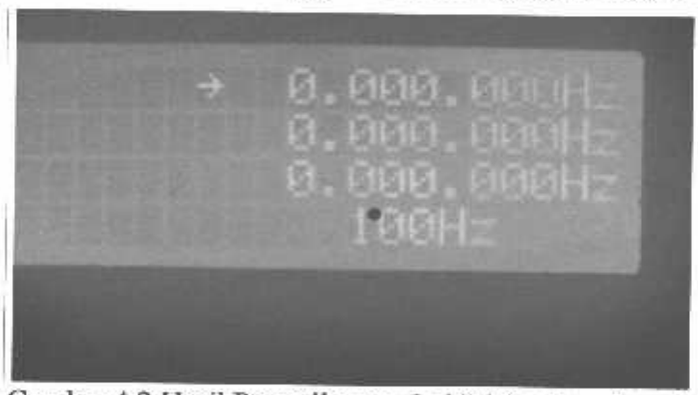
4.2.3 Hasil Pengujian

Pada pengujian Keypad ini mengetahui progam pada Arduino uno dapat membaca data masukan yang dimasukkan dari keypad 4x3 dan menampilkan data tersebut ke LCD.

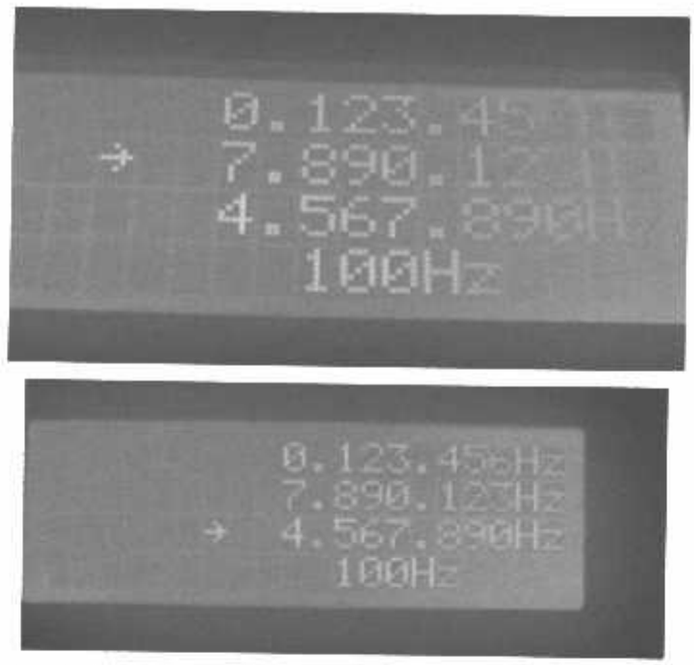
Tabel 4.1 Hasil Pengujian tombol Keypad 3x4



Gambar 4.1 Hasil Pengujian tombol angka 0 sampai 9



Gambar 4.2 Hasil Pengujian tombol " * " sebagai reset



Gambar 4.3 Hasil Pengujian tombol " # " sebagai pindah chanel

Tabel 4.1 Hasil Pengujian tombol Keypad 3x4

tombol	Pengujian	Hasil Pengujian
0	Menampilkan angka 0	Sukses
1	Menampilkan angka 1	Sukses
2	Menampilkan angka 2	Sukses
3	Menampilkan angka 3	Sukses
4	Menampilkan angka 4	Sukses
5	Menampilkan angka 5	Sukses
6	Menampilkan angka 6	Sukses
7	Menampilkan angka 7	Sukses
8	Menampilkan angka 8	Sukses
9	Menampilkan angka 9	Sukses
*	Reset nilai frekuensi	Sukses
#	pindah chanel	Sukses

4.2.4 Analisa Pengujian

Pada gambar 4.1 terlihat tampilan LCD sesuai dengan penekanan tombol keypad 0 sampai 9, pada gambar 4.2 terlihat tombol " * " sebagai tombol reset, pada gambar 4.3 terlihat tombol " # " sebagai pemindah kursor chanel

4.3 Pengujian rotary encoder

Rotary encoder ini digunakan sebagai pengontrol untuk menaikkan ataupun mengurangi nilai frekuensi secara countinue.

4.3.1 Peralatan yang digunakan

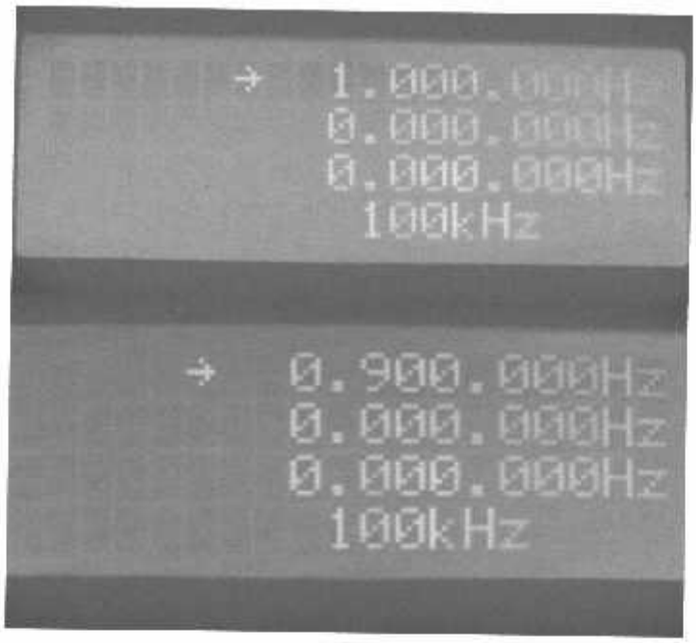
1. Power Supply 5 V
2. Rotary encoder
3. LCD 20x4
4. Arduino Uno
5. Kabel penghubung
6. *software* IDE Arduino

4.3.2 Langkah-langkah yang dilakukan

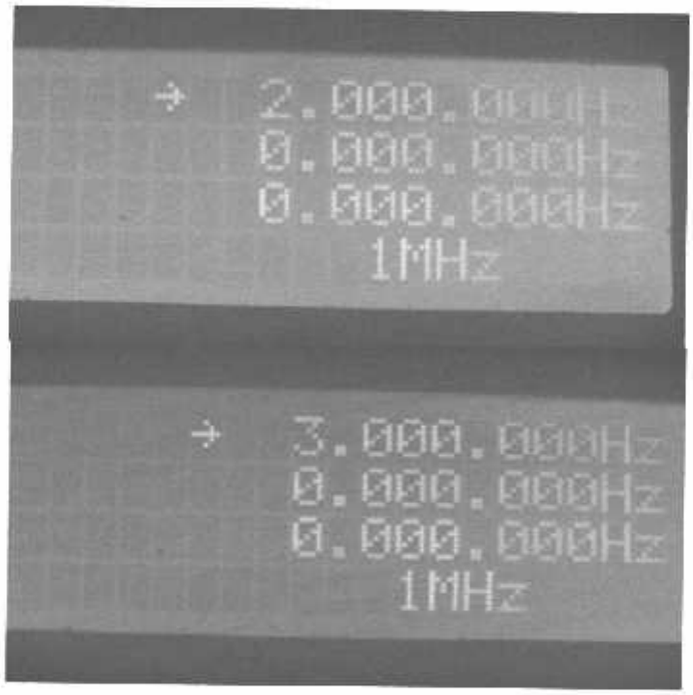
1. Hubungkan pin rotary encoder dengan pin arduino Uno
2. Hubungkan pin LCD 20x4 dengan pin arduino uno
3. Menghubungkan pin Vcc dan Ground dengan catu daya 5v
4. Memprogam arduino Uno agar rotary dapat berfungsi
5. Putar rotary encoder ke arah kanan
6. Catat hasil pengujian
7. Putar rotary ke arah kiri
8. Catat hasil pengujian
9. Tekan tombol rotary encoder
10. Catat hasil pengujian

4.3.3 Hasil Pengujian

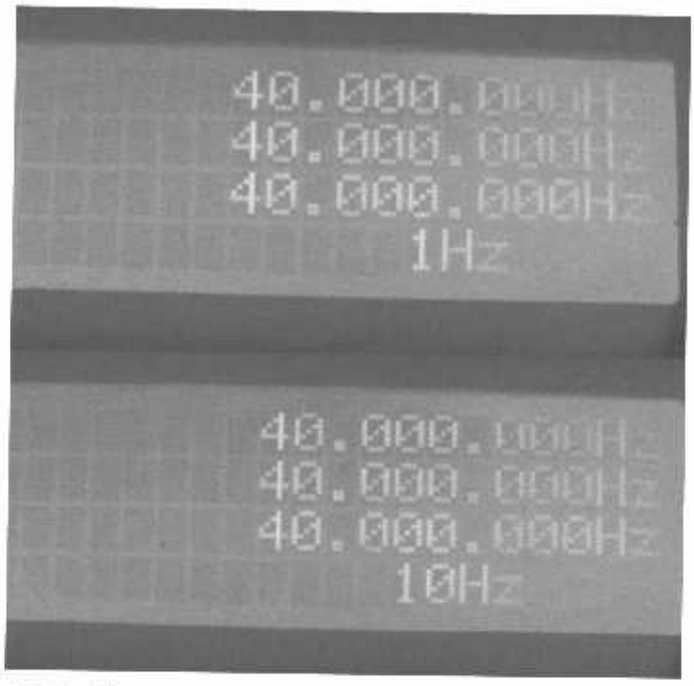
Pada Pengujian Rotary encoder untuk mengetahui progamrotary encoder bekerja pada saat rotary encoder diputar ke kiri, diputar ke kanan,dan di tekan



Gambar 4.4 Hasil Pengujian rotary encoder putar ke kiri



Gambar 4.5 Hasil Pengujian Rotyary encoder putar ke kanan



Gambar 4.6 Hasil Pengujian tombol Rotyary encoder sebagai multiplier

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Rotary encoder

pengujian	Pengujian	Hasil Pengujian
Putar ke kiri	Mengurangi nilai frekuensi	sukses
Putar ke kanan	Menambah nilai frekuensi	sukses
Tekan tombol rotary	Sebagai multiplier	sukses

4.3.4 Analisa Pengujian

Pada tabel 4.2 diatas pengujian pada rotary encoder di putar ke kiri 1 kali step putaran maka nilai frekuensi akan berkurang 1 step tergantung dengan multiplier. pada pengujian ini meggunakan multiplier 100Khz/100.000 IIz, maka satu kali step putaran rotary akan berkurang 100Khz/100.000 hz. Nilai frekuensi 1.000.000 Hz menjadi 900.000 Hz.

Pada pengujian rotary encoder di putar ke kanan 1 kali step putaran maka nilai frekuensi akan bertambah 1 step tergantung dengan multiplier. pada pengujian ini meggunakan multiplier 1Mhz/1.000.000 Hz, maka satu kali step

putaran rotary akan bertambah 1Mhz/1.000.000 hz. Nilai frekuensi 2.000.000 Hz menjadi 3.000.000 Hz.

Pada pengujian tombol rotary encoder berfungsi sebagai multiplier yang menentukan seberapa besar nilai dari setiap step putaran dari rotary encoder tersebut. Multiplier pada progam di buat dengan kelipatan 10 mulai dari 1Hz,10Hz, 100Hz,1Khz, 10Khz, 100Khz, 1MHz

4.4 Pengujian Modul DDS SI5351

4.4.1 Peralatan yang digunakan

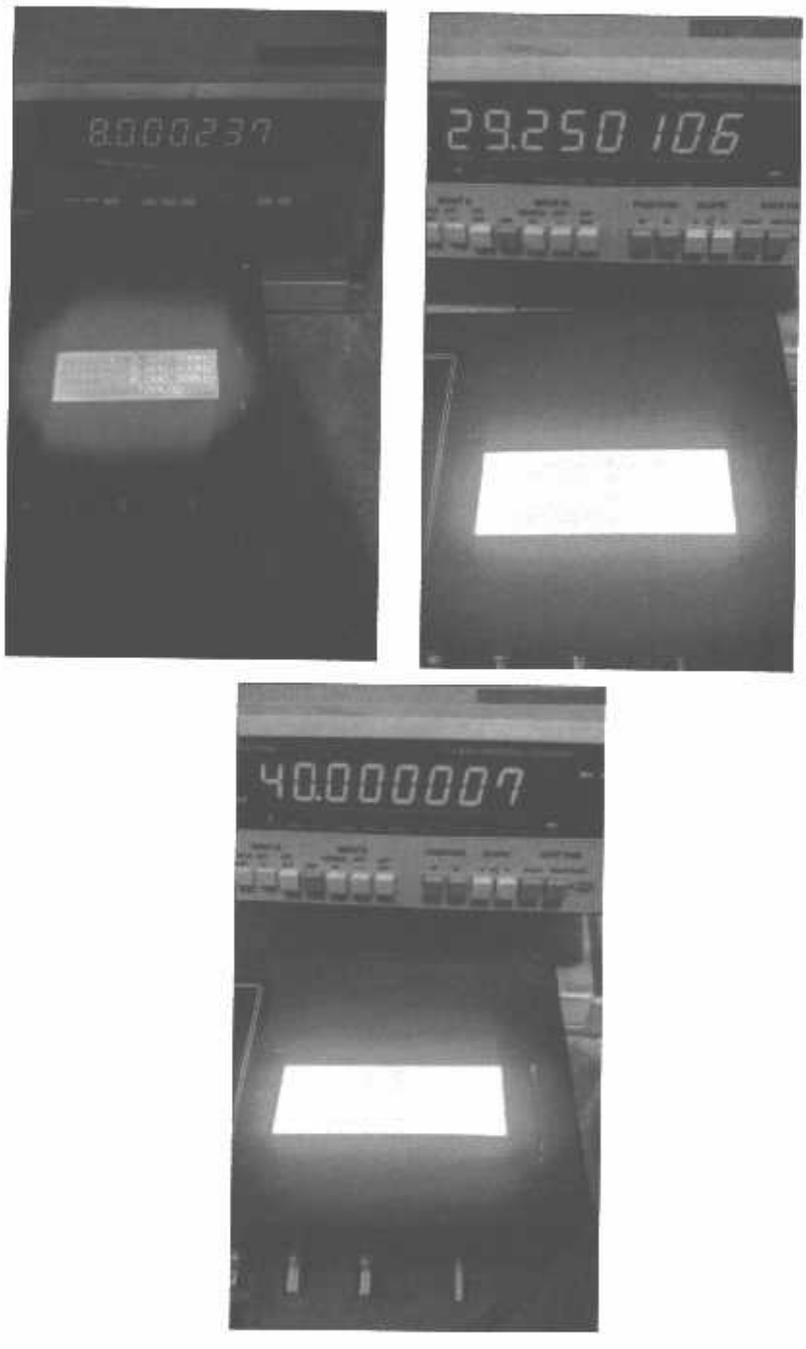
1. Arduino Uno
2. Modul DDS SI5351
3. Rotary Encoder
4. Keypad 4x3
5. Lcd 20x4
6. Catu daya 5v
7. Kabel penghubung
8. *software* IDE Arduino
9. Kabel prop
10. Universal counter

4.4.2 Langkah-langkah Pengujian

1. Hubungkan pin Modul DDS Dengan pin arduino Uno
2. Hubungkan pin rotary encoder dengan pin Arduino Uno
3. Hubungkan pin Keypad 4x3 dengan pin Arduino Uno
4. Hubungkan pin LCD 20x4 dengan pin Arduino Uno
5. Hubungkan pin Vcc dan ground dengan catu daya 5 volt
6. Memprogam arduino
7. Hubungkan output modul DDS dengan universal counter menggunakan prop
8. Catat hasil pengujian

4.4.3 Hasil Pengujian

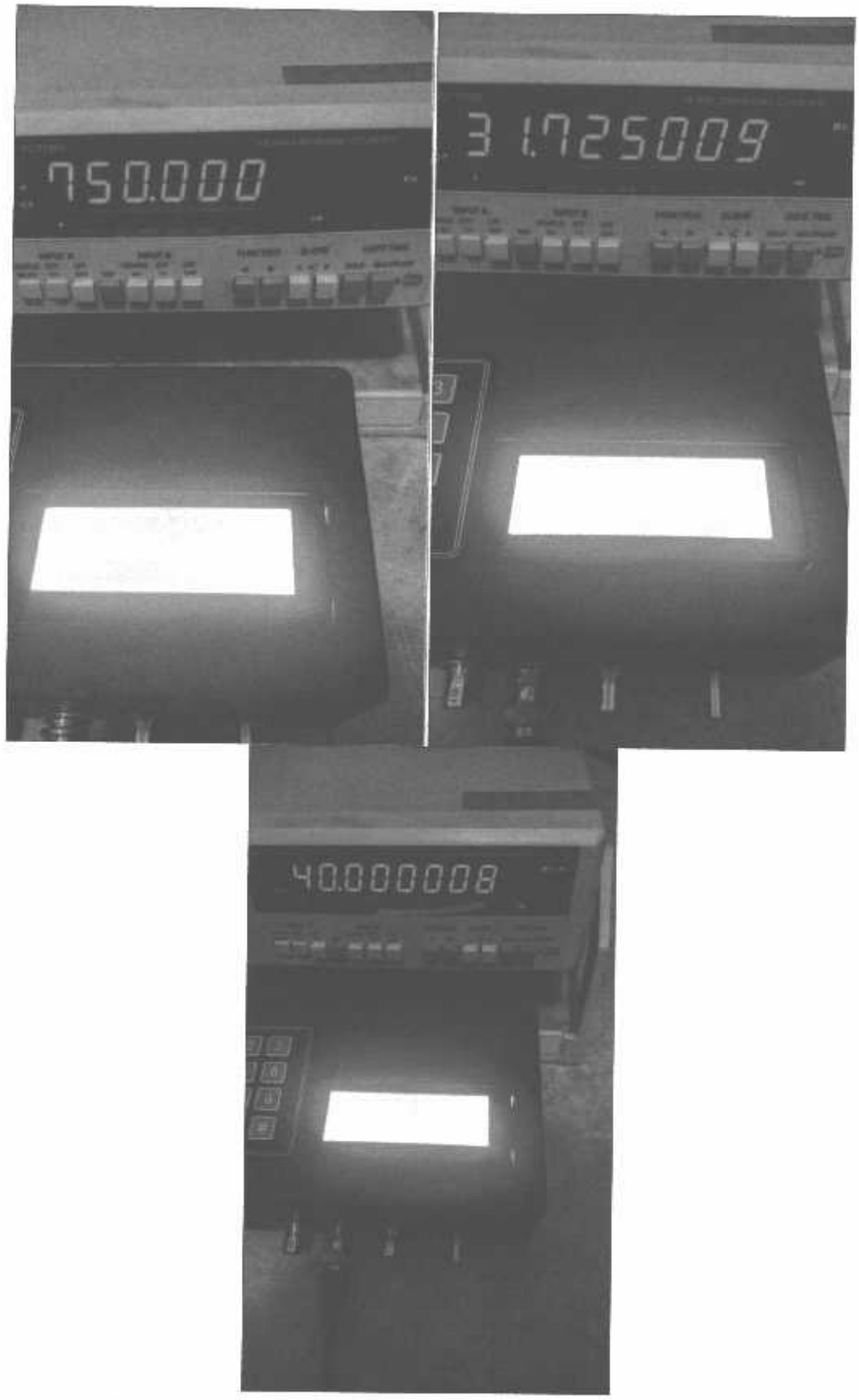
Pengujian Untuk Frekuensi A, B, dan C di lakukan dengan sampel sebanyak 25 sampel dari setiap chanel secara random



Gambar 4.7 hasil pengujian menggunakan universal counter chanel A

Tabel 4.3 Hasil Pengujian frekuensi chanel A

No	Modul DDS SI5351	Universal counter	Nilai error %
1	8.000 hz	8.000,2 hz	0.002 %
2	10.000 hz	9.999,5 hz	0.005 %
3	100.000 hz	100.000 hz	0 %
4	200.000 hz	200.000 hz	0 %
5	500.000 hz	500.000,2 hz	0.0004 %
6	750.000 hz	750.000hz	0 %
7	1.000.000 hz	1.000.000 hz	0 %
8	2.000.000 hz	2.000.000, hz	0 %
9	5.000.000 hz	5.000.000 hz	0 %
10	7.000.000 hz	7.000.000 hz	0 %
11	9.000.000 hz	9.000.000,6 hz	0.00006 %
12	15.000.000 hz	15.000.003 hz	0.0002 %
13	20.000.000 hz	20.000.004 hz	0.0002 %
14	22.000.000hz	22.000.004 hz	0.0002 %
15	25.000.000hz	25.000.004 hz	0.0002 %
16	26.100.000hz	26.100,006hz	0.0002 %
17	27.560.000 hz	27.560.005 hz	0.0002 %
18	29.250.100 hz	29.250.106 hz	0.0002 %
19	30.000.000 hz	30.000.006 hz	0.0002 %
20	31.725.000 hz	31.725.006 hz	0.0002 %
21	33.000.000 hz	33.000.006 hz	0.0002 %
22	35.230.000 hz	35.230.007 hz	0.0002 %
23	37.250.000 hz	37.250.007 hz	0.0002 %
24	38.000.000 hz	38.000.007 hz	0.0002 %
25	40.000.000 hz	40.000.007 hz	0.0002 %
Rata rata error %			0.0003 %



Gambar 4.8 hasil pengujian menggunakan universal counter chanel B

Tabel 4.4 Hasil Pengujian Frekuensi Chanel B

No	Modul DDS SI5351	Universal counter	Nilai error %
1	8.000 hz	8.000,2 hz	0.002 %
2	10.000 hz	9.999,5 hz	0.005 %
3	100.000 hz	100.000 hz	0 %
4	200.000 hz	200.000 hz	0 %
5	500.000 hz	500.000 hz	0 %
6	750.000 hz	750.000 hz	0 %
7	1.000.000 hz	1.000.000 hz	0 %
8	2.000.000 hz	2.000.000 hz	0 %
9	5.000.000 hz	5.000.000 hz	0 %
10	7.000.000 hz	7.000.000 hz	0 %
11	9.000.000 hz	9.000.000.5 hz	0.00005 %
12	15.000.000 hz	15.000.003 hz	0.0002 %
13	20.000.000 hz	20.000.004 hz	0.0002 %
14	22.000.000hz	22.000.004 hz	0.0002 %
15	25.000.000hz	25.000.005 hz	0.0002 %
16	26.100.000hz	26.100,006hz	0.0002 %
17	27.560.000 hz	27.560.007 hz	0.0002 %
18	29.250.100 hz	29.250.107 hz	0.00025 %
19	30.000.000 hz	30.000.008 hz	0.00026 %
20	31.725.000 hz	31.725.009 hz	0.00028 %
21	33.000.000 hz	33.000.008hz	0.00024 %
22	35.230.000 hz	35.230.008 hz	0.0002 %
23	37.250.000 hz	37.250.008 hz	0.0002 %
24	38.000.000 hz	38.000.008 hz	0.0002 %
25	40.000.000 hz	40.000.008 hz	0.0002 %
Reeor rata rata %			0.0004 %

Gambar 4.9 hasil pengujian menggunakan universal counter chanel C

Tabel 4.5 Hasil Pengujian Frekuensi Chanel C

No	Modul DDS SI5351	Universal counter	Nilai error %
1	8.000 hz	8.000,2 hz	0.002 %
2	10.000 hz	10.000 hz	0 %
3	100.000 hz	100.000 hz	0 %
4	200.000 hz	200.000 hz	0 %
5	500.000 hz	500.000 hz	0 %
6	750.000 hz	750.000 hz	0 %
7	1.000.000 hz	1.000.000 hz	0 %
8	2.000.000 hz	2.000.000 hz	0 %
9	5.000.000 hz	5.000.000 hz	0 %
10	7.000.000 hz	7.000.000 hz	0 %
11	9.000.000 hz	9.000.001 hz	0.0001 %
12	15.000.000 hz	15.000.006 hz	0.0003 %
13	20.000.000 hz	20.000.006 hz	0.0003 %
14	22.000.000hz	22.000.006 hz	0.0003 %
15	25.000.000hz	25.000.007 hz	0.0003 %
16	26.100.000hz	26.100,007hz	0.0003 %
17	27.560.000 hz	27.560.008 hz	0.0003 %
18	29.250.100 hz	29.250.108 hz	0.0003 %
19	30.000.000 hz	30.000.008 hz	0.0003 %
20	31.725.000 hz	31.725.008 hz	0.0003 %
21	33.000.000 hz	33.000.009 hz	0.0003 %
22	35.230.000 hz	35.230.009 hz	0.0003 %
23	37.250.000 hz	37.250.010 hz	0.0003 %
24	38.000.000 hz	38.000.010 hz	0.0003 %
25	40.000.000 hz	40.000.010 hz	0.0003 %
Reeor rata rata			0.00025 %

4.4.4 Analisa Pengujian

Bedasarkan kesalahan dari hasil pengujian dengan perhitungan sebagai berikut

$$\%\ Error = \left| \frac{universal\ Counter - DDS\ SI5351}{universal\ counter} \right| \times 100\ \%$$

Presentasi kesalahan pengujian Frekuensi misalnya pada frekuensi 8000 hz diperoleh kesalahan 0,002%

$$\%\ Error = \left| \frac{8.000{,}2 - 8.000}{8.000{,}2} \right| \times 100\ \%$$

$$\%\ Error = 0.00002 \times 100\ \%$$

$$\%\ Error = 0.002\%$$

kesalahan rata rata hasil pengujian frekuensi

$$kesalahan\ rata - rata = \frac{totalerror}{hanyak.pengujian}$$

Dari hasil pengujian perbandingan nilai frekuensi pada Universal counter dan Modul DDS SI5351 pada tabel maka dapat di cari presentase rata-rata kesalahan pada hasil pengujian.

BAB V
PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Bedasarkan hasil data yang diperoleh melalui pengujian dapat di simpulkan sebagai berikut :

1. Dari hasil pengujian perbandingan nilai frekuensi pada Universal counter dan Modul DDS SI5351 pada tabel presentase rata-rata kesalahan pada hasil pengujian kurang dari 0,0005 %
2. Pada pengujian rotary encoder di putar ke kanan atau ke kiri 1 kali step putaran maka nilai frekuensi akan bertambah atau berkurang 1 step tergantung dengan multiplier. pada pengujian ini meggunakan multiplier 1Mhz/1.000.000 Hz, maka satu kali step putaran rotary ke kanan akan bertambah 1Mhz/1.000.000 hz. Nilai frekuensi 2.000.000 Hz menjadi 3.000.000 Hz. frekuensi akan berkurang 1 step tergantung dengan multiplier yang di pilih.
3. Multiplier yang dapat di pilih adalah kelipatan 1Hz, 10Hz, 100 Hz, 1Khz, 10Khz, 100 Khz, 1Mhz dengan cara menekan tombol pada rotary.
4. Pada pengujian keypad tombol keypad 0 sampai 9 berfungsi sebagai masukan input, tombol " * " berfungsi sebagai tombol reset, tombol " # " berfungsi sebagai pemindah kursor chanel A, B, C

5.2 Saran

Pada perancangan dan pembuatan skripsi ini tak lepas dari kekurangan-kekurangan baik dari perancangan sistem maupun peralatan yang digunakan, untuk itu agar sistem dapat menjadi lebih baik maka diperlukan beberapa perbaikan dan penyempurnaan, yaitu :

1. Untuk meningkatkan keakurasian pembangkit frekuensi guna memberikan data yang akurat

2. Untuk meningkatkan performa dengan pengeluaran biaya yang lebih ekonomis sehingga pembangkit frekuensi bisa terjangkau untuk semua kalangan.
3. Membuat inovasi desain bentuk alat yang lebih mudah untuk dioperasikan.
4. Meningkatkan range frekuensi sehingga dapat di gunakan untuk lebih banyak nilai frekuensi.

DAFTAR PUSTAKA

D. Kurniawan, ATMega8+DDS (*Direct Digital Synthesizer*), [Online]. (Available:http://elektronika.web.id/elkav2/index.php?topic=978.msg16112#msg16112).

Saroso,Dony Harris. (2009). "Desain Function Generator Berbasis PLD (FPGA)".Universitas Indonesia

Banzi, Massimo. "Gettting Started with Arduino". O'Reilly. 2008

Setiawan,Iwan. (2006). "Fungsi Akses Keypad Untuk Microcontroller AVR dengan bahasa C (Code Vision AVR) ,

Fernando Briz, et al. *Speed Measurement Using Rotary Encoder for High Performance ac Drives*. IEEE Trans.

Kadir,A. 2015."*Form Zero To a Pro Arduino*". Yogyakarta :Penerbit ANDI

Istianto,E.J. , "Pengantar Elektronika dan Instrumentasi (Pendekatan project Arduino dan Android)",Andi,Ed. Yogyakarta:Arieta,2003

Silicon Labs,Copyright 2016, Datasheet SI5351

Adafruit Industries, "Adafruit SI5351 Clock Generator Breakout " . (https://learn.adafruit.com/adafruit-si5351-clock-generator-breakout)

Anonim, 2013, Datasheet Arduino Uno (https://www.arduino.cc)

LAMPIRAN

PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK
PT. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG
Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

Nomor Surat : ITN-180/EL-FTI/2015 — 8 Maret 2016
Lampiran : -
Perihal : BIMBINGAN SKRIPSI (**Baru**)

Kepada : Yth. Bapak/Ibu **DR.Ir.F.Yudi Lumpraptono. MT**
Dosen Teknik Elektro S-1
ITN MALANG

Dengan Hormat

Sesuai dengan permohonan dan persetujuan dalam Proposal Skripsi untuk mahasiswa:

Nama	: Puguh Adi Prasetyo
Nim	: 1212209
Fakultas	: **Teknologi Industri**
Program Studi	: **Teknik Elektro S-1**
Konsentrasi	: Teknik Elektronika

Maka dengan ini pembimbingan tersebut kami serahkan sepenuhnya kepada Saudara/i selama masa waktu :

" Semester Genap Tahun Akademik 2015-2016 "

Demikian atas perhatian serta bantuannya kami sampaikan terima kasih.

Mengetahui
Ketua Program Studi Teknik
Elektro S-1

M. Ibrahim Ashari, ST, MT
NIP.P. 1030100358

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
Kampus II : Jl. Raya Karanglo Km. 2 Malang

MONITORING BIMBINGAN SKRIPSI
SEMESTER GENAP TAHUN AKADEMIK 2015-2016

Nama Mahasiswa : Puguh Adi Prasetyo
NIM : 1212209
Nama Pembimbing : Dr. F.Yudi Limpraptono, ST, MT
Judul Skripsi : PERENCANAAN DAN PEMBUATAN PENGONTROL MODUL DIRECT DIGITAL SYNTHESIZER SI5351 SEBAGAI PEMBANGKIT FREKUENSI BERBASIS ARDUINO UNO

Minggu Ke-	Hari, Tanggal	Waktu Bimbingan	Materi Bimbingan	Paraf
1	4/4 2016	11.10	Bab I - perbaiki rumusan, tujuan & latasan Bab II diperbaiki pengetikan	
2	14/4 2016	10-40	Perbaiki	
3	11/5 2016	10.20	Progres.	
4	13/5 2016	9.05	makalah Progres. flow chart.	
5	27/6 2016	7.30	makalah Seminar	
6				
7				

Malang, ...

Pembimbing

Dr. F.Yudi Limpraptono, ST, MT.
NIP. Y. 1039500274

PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

PT. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

Nomor Surat : ITN-180/EL-FTI/2015 — 8 Maret 2016
Lampiran : -
Perihal : BIMBINGAN SKRIPSI (**Baru**)

Kepada : Yth. Bapak/Ibu **DR.Eng.Komang Somawirata.ST,MT**
Dosen Teknik Elektro S-1
ITN MALANG

Dengan Hormat

Sesuai dengan permohonan dan persetujuan dalam Proposal Skripsi untuk mahasiswa:

Nama : Puguh Adi Prasetyo
Nim : 1212209
Fakultas : **Teknologi Industri**
Program Studi : **Teknik Elektro S-1**
Konsentrasi : Teknik Elektronika

Maka dengan ini pembimbingan tersebut kami serahkan sepenuhnya kepada Saudara/i selama masa waktu :

" Semester Genap Tahun Akademik 2015-2016"

Demikian atas perhatian serta bantuannya kami sampaikan terima kasih.

Mengetahui
Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1

M. Ibrahim Ashari, ST, MT
NIP.P. 1030100358

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
Kampus II : Jl. Raya Karanglo Km. 2 Malang

MONITORING BIMBINGAN SKRIPSI
SEMESTER GENAP TAHUN AKADEMIK 2015-2016

Nama Mahasiswa : Puguh Adi Prasetyo
NIM : 1212209
Nama Pembimbing : Dr. Eng. I Komang Somawirata, ST., MT.
Judul Skripsi : PERENCANAAN DAN PEMBUATAN PENGONTROL MODUL DIRECT DIGITAL SYNTHESIZER SI5351 SEBAGAI PEMBANGKIT FREKUENSI BERBASIS ARDUINO UNO

Minggu Ke-	Hari, Tanggal	Waktu Bimbingan	Materi Bimbingan	Paraf
1	4/16 4 Senin	13.30	Konsultasi perancangan Alat	[signature]
2	14/16 14 Kamis	17.00	Konsultasi Hardware LCD → dilanjutkan	[signature]
3	Jumat 14/5 16	9 30	Mahalah Seminar Progress.	[signature]
4	Kamis 20/5 16	10 30	Konsultasi bab: I s/d III	[signature]
5	Rabu 24/5 16	12 30	Konsultasi bab: IV lanjut ke Semhas.	[signature]
6	21/7 16	11:30	Acc Semhas	[signature]
7	27/7 16		Acc Buku laporan skripsi Bab I s/d Bab VI	[signature]
8	8/8 16	Acc Kompre		[signature]

Malang, ...

Pembimbing

[signature]

Dr. Eng. I Komang Somawirata, ST., MT.
NIP. P. 1030100361

BERITA ACARA RAPAT PERSETUJUAN JUDUL/PROPOSAL SKRIPSI

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1

Konsentrasi : T. ELKA S1

Tanggal : 29-2-2016

1.	NIM	1212209
2.	Nama	Puguh Adi Prasetyo
3.	Judul yang diajukan	Perancangan dan Pembuatan Pengontrol Modul Direct Digital Synthesizer SI5351 Sebagai Pembangkit Frekuensi Berbasis Arduino Uno
4.	**Disetujui/Ditolak** *	
5.	Catatan:	
6.	Pembimbing yang diusulkan: 1. Dr. F. Yudi L, ST. MT 2. Dr. Eng. I Komg. Somawirata, ST. MT	

Menyetujui

1. Koordinator Dosen Kelompok Keahlian

* : Coret yang tidak perlu

KONSENTRASI TEKNIK ELEKTRONIKA

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

SEMINAR PROPOSAL

PERENCANAAN DAN PEMBUATAN PENGONTROL MODUL DIRECT DIGITAL SYNTHESIZER SI5351 SEBAGAI PEMBANGKIT FREKUENSI BERBASIS ARDUINO UNO

DisusunOleh :

PUGUH ADI PRASETYO

NIM. 12.12.209

Malang, Maret 2016

Diperiksa dan Disetujui Oleh

Dosen Pembimbing I	Dosen Pembimbing II
Dr. F.Yudi Limpraptono, ST, MT	Dr. Eng. I Komang Somawirata, ST, MT
NIP.Y. 1039500274	NIP. P. 1030100361

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

BERITA ACARA SEMINAR PROPOSAL SKRIPSI
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S1

KONSENTRASI	T. ELEKTRONIKA S1

1.	Nama Mahasiswa	Bagus Adi Prasetyo		NIM	1212209
2.	Keterangan	Tanggal	Waktu		Tempat / Ruang
	Pelaksanaan	17 Maret 2016			

3. Spesifikasi Judul (berilah tanda silang) *)

a.	Sistem Tenaga Elektrik	e.	Embbeded System	i.	Sistem Informasi
b.	Konversi Energi	f.	Antar Muka	j.	Jaringan Komputer
c.	Sistem Kendali	g.	Elektronika Telekomunikasi	k.	Web
d.	Tegangan Tinggi	h.	Elektronika Instrumentasi	l.	Algoritma Cerdas

4. Judul Proposal yang diseminarkan Mahasiswa: Perencanaan dan Pembuatan Pengontrolan Modul Direct Digital Synthesizer SI5351 Sebagai Pembangkit Frekuensi Berbasis Arduino UNO

5. Perubahan Judul yang diusulkan oleh Kelompok Dosen Keahlian
.....
.....
.....
.....

6. Catatan :
- Rotary → Key pad
- pembahasan Modul DDS di per tajam

7. Catatan :
.....
.....
.....
.....

Persetujuan Judul Skripsi

Disetujui, Dosen Keahlian I	Disetujui, Dosen Keahlian II
.....	EKO-N

Mengetahui, Ketua Jurusan	Disetujui, Calon Dosen Pembimbing	
	Pembimbing I	Pembimbing II
M. Ibrahim Ashari,ST,MT NIP. P. 1030100358	DR.Ir.F.Yudi Limpraptono. MT	DR.Eng.Komang Somawirata.ST,MT

KONSENTRASI TEKNIK ELEKTRONIKA

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

SEMINAR PROGRES

PERENCANGAN DAN PEMBUATAN PENGONTROL MODUL DIRECT DIGITAL SYNTHESIZER SEBAGAI PEMBANGKIT FREKUENSI BERBASIS ARDUINO UNO

Disusun Oleh :

PUGUH ADI PRASETYO

NIM. 12.12.209

Malang, MEI 2016

Diperiksa dan Disetujui Oleh

Dosen Pembimbing I	Dosen Pembimbing II
Dr. F. Yudi Limpraptono, ST, MT	Dr. Eng. I Komang Somawirata, ST, MT
NIP. Y. 1039500274	NIP. P. 1030100361

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

BERITA ACARA SEMINAR PROGRESS SKRIPSI
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S1

KONSENTRASI		T. Elektronika			
1.	Nama Mahasiswa	Puguh Adi Prasetyo		NIM	1212209
2.	Keterangan Pelaksanaan	Tanggal	Waktu		Tempat / Ruang
3.	Judul Skripsi	Perencanaan Dan Pembuatan Pengontrol ModulDirect Digital Synthesizer Sebagai Pembangkit Frekuensi Berbasis Arduino Uno			
4.	Perubahan Judul	…………			
5.	Catatan : - Flowchart pelajari cara kerja & cara mengukur ST5351 - pengujian dilakukan utk 1 chanel yg bekerja, tes 2 chanel & 3 chanel				
6.	Mengetahui, Ketua Jurusan M. Ibrahim Ashari, ST, MT	Disetujui, Dosen Pembimbing Pembimbing I Dr. Ir. F. Yudi Limpraptono, MT		Pembimbing II Dr. Eng. I Komang Somawirata, ST, MT	

KONSENTRASI TEKNIK ELEKTRONIKA

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

SEMINAR HASIL

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN PENGONTROL MODUL DIRECT DIGITAL SYNTHESIZER SI5351 SEBAGAI PEMBANGKIT FREKUENSI BERBASIS ARDUINO UNO

PROPOSAL SKRIPSI

Disusun Oleh :

PUGUH ADI PRASETYO

NIM. 12.12.209

Malang, JULI 2016

Diperiksa dan Disetujui Oleh

Dosen Pembimbing I	Dosen Pembimbing II
Dr. F.Yudi Limpraptono, ST, MT.	Dr. Eng. I Komang Somawirata, ST, MT
NIP. Y. 1039500274	NIP. P. 1030100361

PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK
PT. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG
Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

Nama	: Puguh Adi Prasetyo
NIM	: 1212209
Program Studi	: TEKNIK ELEKTRO S-1
Konsentrasi	: TEKNIK ELEKTRONIKA
Judul Skripsi	: **PERANCANGAN DAN PEMBUATAN PENGONTROL DIRECT DIGITAL SYNTHESIZER SI5351 SEBAGAI PEMBANGKIT FREKUENSI BERBASIS ARDUINO UNO**

Dipertahankan dihadapan Majelis Penguji Skripsi Jenjang Strata Satu (S-1) pada :

Hari	**: Senin**
Tanggal	**: 8 Agustus 2016**
Dengan Nilai	**: 83,55 (A)**

Panitia Ujian Skripsi

Ketua Majelis Penguji

M. IbrahimAshari, ST, MT
NIP.P. 1030100358

Sekretaris Majelis Penguji

Dr. Eng. I Komang Somawirata, ST, MT
NIP.P. 1030100361

Anggota Penguji

Penguji I

Dr. Eng. Aryuanto Soetedjo, ST, MT
NIP.Y. 1030800417

Penguji II

M. IbrahimAshari, ST, MT
NIP.P. 1030100358

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO S-1
KONSENTRASI TEKNIK ELEKTRONIKA

PERSETUJUAN PERBAIKAN SKRIPSI

Dari hasil ujian skripsi Program Studi Teknik Elektro jenjang strata satu (S-1) yang diselenggarakan pada :

Hari : Senin

Tanggal : 8 Agustus 2016

Telah dilakukan perbaikan skripsi oleh :

Nama :Puguh Adi Prasetyo

NIM : 1212209

Program Studi : Teknik Elektro S-1

Konsentrasi : Teknik Elektronika

Judul Skripsi : **PERANCANGAN DAN PEMBUATAN PENGONTROL MODUL DIRECT DIGITAL SYHNTHESIZER SI5351 SEBAGAI PEMBANGKIT FREKUENSI BERBASIS ARDUINO UNO**

No	Materi Perbaikan	Keterangan
1	Daftar pustaka diperbaiki (perbanyak Jurnal)	✓

Dosen Penguji I

Dr. Eng. Aryuanto Soetedjo, ST, MT
NIP.Y. 1030800417

Dosen Pembimbing I

Dr. F. Yudi Limpraptono, ST, MT
NIP.Y. 1039500274

Dosen Pembimbing II

Dr. Eng. I Komang Somawirata, ST, MT
NIP.P. 1030100361

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1
Jl. Raya Karanglo, Km. 2 MALANG

Formulir Perbaikan Ujian Skripsi

Dalam Pelaksanaan Ujian Skripsi Jenjang Strata 1 Jurusan Teknik Elektro Konsentrasi T.Energi Listrik,/ T. Elektronika, /T. Komputer, / T.Telekomunikasi, Maka Perlu Adanya Perbaikan Skripsi Untuk Mahasiswa:

Nama : Puguh Adi P
NIM : 1212209
Perbaikan Meliputi :

- Daftar Pustaka disesuaikan
(disesuaikan jurnal).

Malang, 8/8/16 20

(.....)

Arguna

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1
Jl. Raya Karanglo, Km. 2 MALANG

Formulir Perbaikan Ujian Skripsi

Dalam Pelaksanaan Ujian Skripsi Jenjang Strata 1 Jurusan Teknik Elektro Konsentrasi T.Energi Listrik,/ T. Elektronika, /T. Komputer, / T.Telekomunikasi, Maka Perlu Adanya Perbaikan Skripsi Untuk Mahasiswa:

Nama : Puguh Adi Prasetyo
NIM : 12 12 209
Perbaikan Meliputi :

Daftar pustaka urut abjad
Tabel 4.1. diberi keterangan
Hasil pengujian
foto pada tabel dibuat
tabel 4.5

Malang, 8 agust 2016

(M. Ibrahim Ashari)

1. Electrical Specifications

Table 1. Recommended Operating Conditions

Parameter	Symbol	Test Condition	Min	Typ	Max	Unit
Ambient Temperature	T_A		–40	25	85	°C
Core Supply Voltage	V_{DD}		3.0	3.3	3.60	V
			2.25	2.5	2.75	V
Output Buffer Voltage	V_{DDOx}		1.71	1.8	1.89	V
			2.25	2.5	2.75	V
			3.0	3.3	3.60	V

Notes: All minimum and maximum specifications are guaranteed and apply across the recommended operating conditions.
Typical values apply at nominal supply voltages and an operating temperature of 25 °C unless otherwise noted.
VDD and VDDOx can be operated at independent voltages.
Power supply sequencing for VDD and VDDOx requires that both voltage rails are powered at the same time.

Table 2. DC Characteristics
(V_{DD} = 2.5 V ±10%, or 3.3 V ±10%, T_A = –40 to 85 °C)

Parameter	Symbol	Test Condition	Min	Typ	Max	Unit
Core Supply Current	I_{DD}	Enabled 3 outputs	—	22	35	mA
		Enabled 8 outputs	—	27	45	mA
		Power Down (PDN = V_{DD})	—	—	20	µA
Output Buffer Supply Current (Per Output)*	I_{DDOx}	C_L = 5 pF	—	2.2	5	mA
Input Current	I_{CLKIN}	CLKIN, SDA, SCL Vin < 3.6 V	—	—	10	µA
	I_{VC}	VC	—	—	30	µA
Output Impedance	Z_O	8 mA output drive current. See "6. Design Considerations" on page 21.	—	85	—	Ω

*Note: Output clocks less than or equal to 100 MHz.

Table 3. AC Characteristics
(V_{DD} = 2.5 V ±10%, or 3.3 V ±10%, T_A = –40 to 85 °C)

Parameter	Symbol	Test Condition	Min	Typ	Max	Unit
Power-up Time	T_{RDY}	From $V_{DD} = V_{DDmin}$ to valid output clock, C_L = 5 pF, f_{CLKn} > 1 MHz	—	1	10	ms
Output Enable Time	T_{OE}	From OEB pulled low to valid clock output, C_L = 5 pF, f_{CLKn} > 1 MHz	—	—	10	µs
Output Phase Offset	P_{STEP}		—	333	—	ps/step
Spread Spectrum Frequency Deviation	SS_{DEV}	Down spread	–0.1	—	–2.5	%
		Center spread	±0.1	—	±1.5	%
Spread Spectrum Modulation Rate	SS_{MOD}		30	31.5	33	kHz
VCXO Specifications (Si5351B only)						
VCXO Control Voltage Range	Vc		0	$V_{DD}/2$	V_{DD}	V
VCXO Gain (configurable)	Kv	Vc = 10–90% of V_{DD}, V_{DD} = 3.3 V	18	—	150	ppm/V
VCXO Control Voltage Linearity	KVL	Vc = 10–90% of V_{DD}	–5	—	+5	%
VCXO Pull Range (configurable)	PR	V_{DD} = 3.3 V*	±30	0	±240	ppm
VCXO Modulation Bandwidth			—	10	—	kHz
*Note: Contact Silicon Labs for 2.5 V VCXO operation.						

Table 4. Input Clock Characteristics
(V_{DD} = 2.5 V ±10%, or 3.3 V ±10%, T_A = –40 to 85 °C)

Parameter	Symbol	Test Condition	Min	Typ	Max	Units
CLKIN Input Low Voltage	V_{IL}		–0.1	—	0.3 x V_{DD}	V
CLKIN Input High Voltage	V_{IH}		0.7 x V_{DD}	—	3.60	V
CLKIN Frequency Range	f_{CLKIN}		10	—	100	MHz

Table 5. Output Clock Characteristics
(V_{DD} = 2.5 V ±10%, or 3.3 V ±10%, T_A = –40 to 85 °C)

Parameter	Symbol	Test Condition	Min	Typ	Max	Units
Frequency Range	F_{CLK}		0.008	—	160	MHz
Load Capacitance	C_L		—	5	15	pF
Duty Cycle	DC	Measured at $V_{DD}/2$, f_{CLK} = 50 MHz	45	50	55	%
Rise/Fall Time	t_r	20%–80%, C_L = 5 pF, Drive Strength = 8 mA	0.5	1	1.5	ns
	t_f		0.5	1	1.5	ns
Output High Voltage	V_{OH}	C_L = 5 pF	V_{DD} – 0.6	—	—	V
Output Low Voltage	V_{OL}		—	—	0.6	V
Period Jitter	J_{PER}	Measured over 10k cycles	—	35	100	ps pk-pk
Period Jitter VCXO	J_{PER_VCXO}		—	60	110	ps pk-pk
Cycle-to-Cycle Jitter	J_{CC}	Measured over 10k cycles	—	30	90	ps pk
Cycle-to-Cycle Jitter VCXO	J_{CC_VCXO}		—	50	95	ps pk
RMS Phase Jitter	J_{RMS}	12 kHz–20 MHz	—	3.5	11	ps rms
RMS Phase Jitter VCXO	J_{RMS_VCXO}		—	8.5	18.5	ps rms

Table 6. Crystal Requirements[1,2]

Parameter	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Crystal Frequency	f_{XTAL}	25	—	27	MHz
Load Capacitance	C_L	6	—	12	pF
Equivalent Series Resistance	r_{ESR}	—	—	150	Ω
Crystal Max Drive Level	d_L	—	—	100	µW

Notes:
1. Crystals which require load capacitances of 6, 8, or 10 pF should use the device's internal load capacitance for optimum performance. See register 183 bits 7:6. A crystal with a 12 pF load capacitance requirement should use a combination of the internal 10 pF load capacitors in addition to external 2 pF load capacitors.
2. Refer to "AN551: Crystal Selection Guide" for more details.

Table 7. I²C Specifications (SCL,SDA)[1]

Parameter	Symbol	Test Condition	Standard Mode 100 kbps		Fast Mode 400 kbps		Unit
			Min	Max	Min	Max	
LOW Level Input Voltage	V_{ILI2C}		–0.5	0.3 x V_{DDI2C}	–0.5	0.3 x V_{DDI2C}[2]	V
HIGH Level Input Voltage	V_{IHI2C}		0.7 x V_{DDI2C}	3.63	0.7 x V_{DDI2C}[2]	3.63	V
Hysteresis of Schmitt Trigger Inputs	V_{HYS}		—	—	0.1	—	V
LOW Level Output Voltage (open drain or open collector) at 3 mA Sink Current	V_{OLI2C}[2]	V_{DDI2C}[2] = 2.5/3.3 V	0	0.4	0	0.4	V
		V_{DDI2C}[2] = 1.8 V	—	—	0	0.2 x V_{DDI2C}	V
Input Current	I_{II2C}		–10	10	–10	10	µA
Capacitance for Each I/O Pin	C_{II2C}	V_{IN} = –0.1 to V_{DDI2C}	—	4	—	4	pF
I²C Bus Timeout	T_{TO}	Timeout Enabled	25	35	25	35	ms

Notes:
1. Refer to NXP's UM10204 I²C-bus specification and user manual, revision 03, for further details, go to: www.nxp.com/acrobat_download/usermanuals/UM10204_3.pdf.
2. Only I²C pullup voltages (VDDI2C) of 2.25 to 3.63 V are supported.

Table 8. Thermal Characteristics

Parameter	Symbol	Test Condition	Package	Value	Unit
Thermal Resistance Junction to Ambient	θ_{JA}	Still Air	10-MSOP	131	°C/W
			24-QSOP	80	°C/W
			20-QFN	51	°C/W
Thermal Resistance Junction to Case	θ_{JC}	Still Air	10-MSOP	43	°C/W
			24-QSOP	31	°C/W
			20-QFN	16	°C/W

Table 9. Absolute Maximum Ratings[1]

Parameter	Symbol	Test Condition	Value	Unit
DC Supply Voltage	V_{DD_max}		–0.5 to 3.8	V
Input Voltage	V_{IN_CLKIN}	CLKIN, SCL, SDA	–0.5 to 3.8	V
	V_{IN_VC}	VC	–0.5 to (VDD+0.3)	V
	$V_{IN\_XA/B}$	Pins XA, XB	–0.5 to 1.3 V	V
Junction Temperature	T_J		–55 to 150	°C
Soldering Temperature (Pb-free profile)[2]	T_{PEAK}		260	°C
Soldering Temperature Time at TPEAK (Pb-free profile)[2]	T_P		20–40	Sec

Notes:
1. Permanent device damage may occur if the absolute maximum ratings are exceeded. Functional operation should be restricted to the conditions as specified in the operational sections of this data sheet. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.
2. The device is compliant with JEDEC J-STD-020.

2. Detailed Block Diagrams

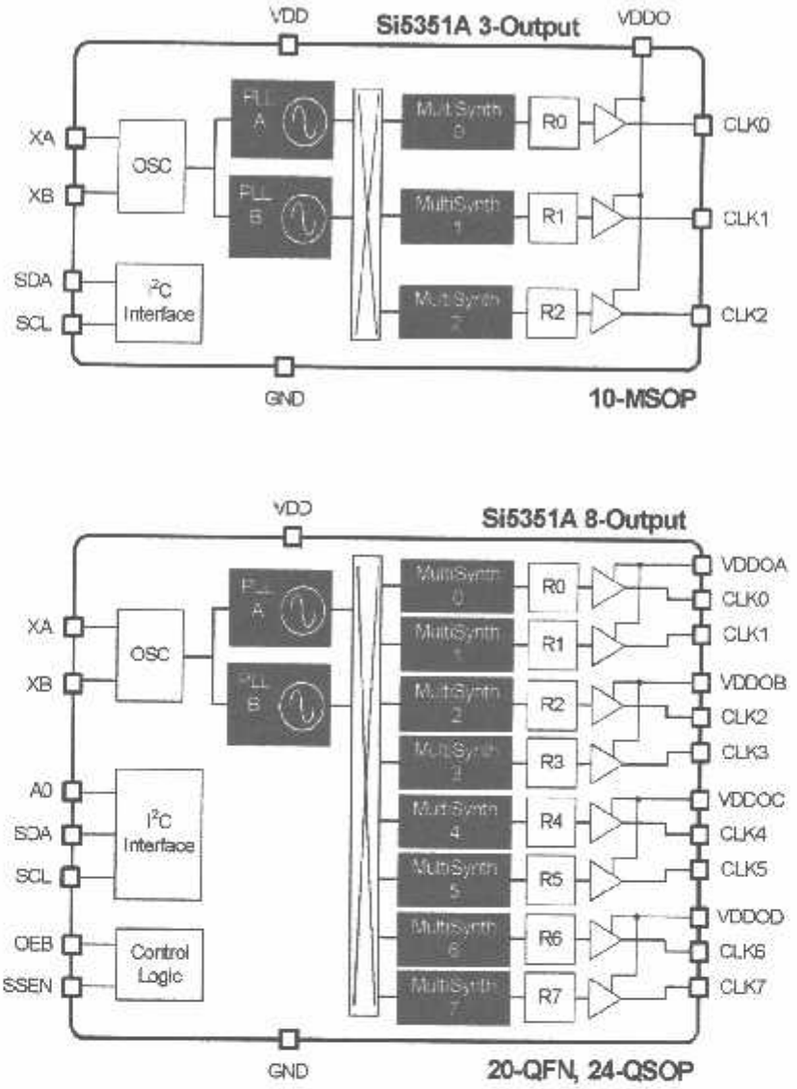


Figure 1. Block Diagrams of 3-Output and 8-Output Si5351A Devices

Features

- High Performance, Low Power AVR® 8-Bit Microcontroller
- Advanced RISC Architecture
  - 131 Powerful Instructions – Most Single Clock Cycle Execution
  - 32 x 8 General Purpose Working Registers
  - Fully Static Operation
  - Up to 20 MIPS Throughput at 20 MHz
  - On-chip 2-cycle Multiplier
- High Endurance Non-volatile Memory Segments
  - 4/8/16/32K Bytes of In-System Self-Programmable Flash progam memory (ATmega48PA/88PA/168PA/328P)
  - 256/512/512/1K Bytes EEPROM (ATmega48PA/88PA/168PA/328P)
  - 512/1K/1K/2K Bytes Internal SRAM (ATmega48PA/88PA/168PA/328P)
  - Write/Erase Cycles: 10,000 Flash/100,000 EEPROM
  - Data retention: 20 years at 85°C/100 years at 25°C(1)
  - Optional Boot Code Section with Independent Lock Bits
    - In-System Programming by On-chip Boot Program
    - True Read-While-Write Operation
  - Programming Lock for Software Security
- Peripheral Features
  - Two 8-bit Timer/Counters with Separate Prescaler and Compare Mode
  - One 16-bit Timer/Counter with Separate Prescaler, Compare Mode, and Capture Mode
  - Real Time Counter with Separate Oscillator
  - Six PWM Channels
  - 8-channel 10-bit ADC in TQFP and QFN/MLF package
    - Temperature Measurement
  - 6-channel 10-bit ADC in PDIP Package
    - Temperature Measurement
  - Programmable Serial USART
  - Master/Slave SPI Serial Interface
  - Byte-oriented 2-wire Serial Interface (Philips I²C compatible)
  - Programmable Watchdog Timer with Separate On-chip Oscillator
  - On-chip Analog Comparator
  - Interrupt and Wake-up on Pin Change
- Special Microcontroller Features
  - Power-on Reset and Programmable Brown-out Detection
  - Internal Calibrated Oscillator
  - External and Internal Interrupt Sources
  - Six Sleep Modes: Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, Standby, and Extended Standby
- I/O and Packages
  - 23 Programmable I/O Lines
  - 28-pin PDIP, 32-lead TQFP, 28-pad QFN/MLF and 32-pad QFN/MLF
- Operating Voltage:
  - 1.8 - 5.5V for ATmega48PA/88PA/168PA/328P
- Temperature Range:
  - -40°C to 85°C
- Speed Grade:
  - 0 - 20 MHz @ 1.8 - 5.5V
- Low Power Consumption at 1 MHz, 1.8V, 25°C for ATmega48PA/88PA/168PA/328P:
  - Active Mode: 0.2 mA
  - Power-down Mode: 0.1 µA
  - Power-save Mode: 0.75 µA (Including 32 kHz RTC)

8-bit AVR® Microcontroller with 4/8/16/32K Bytes In-System Programmable Flash

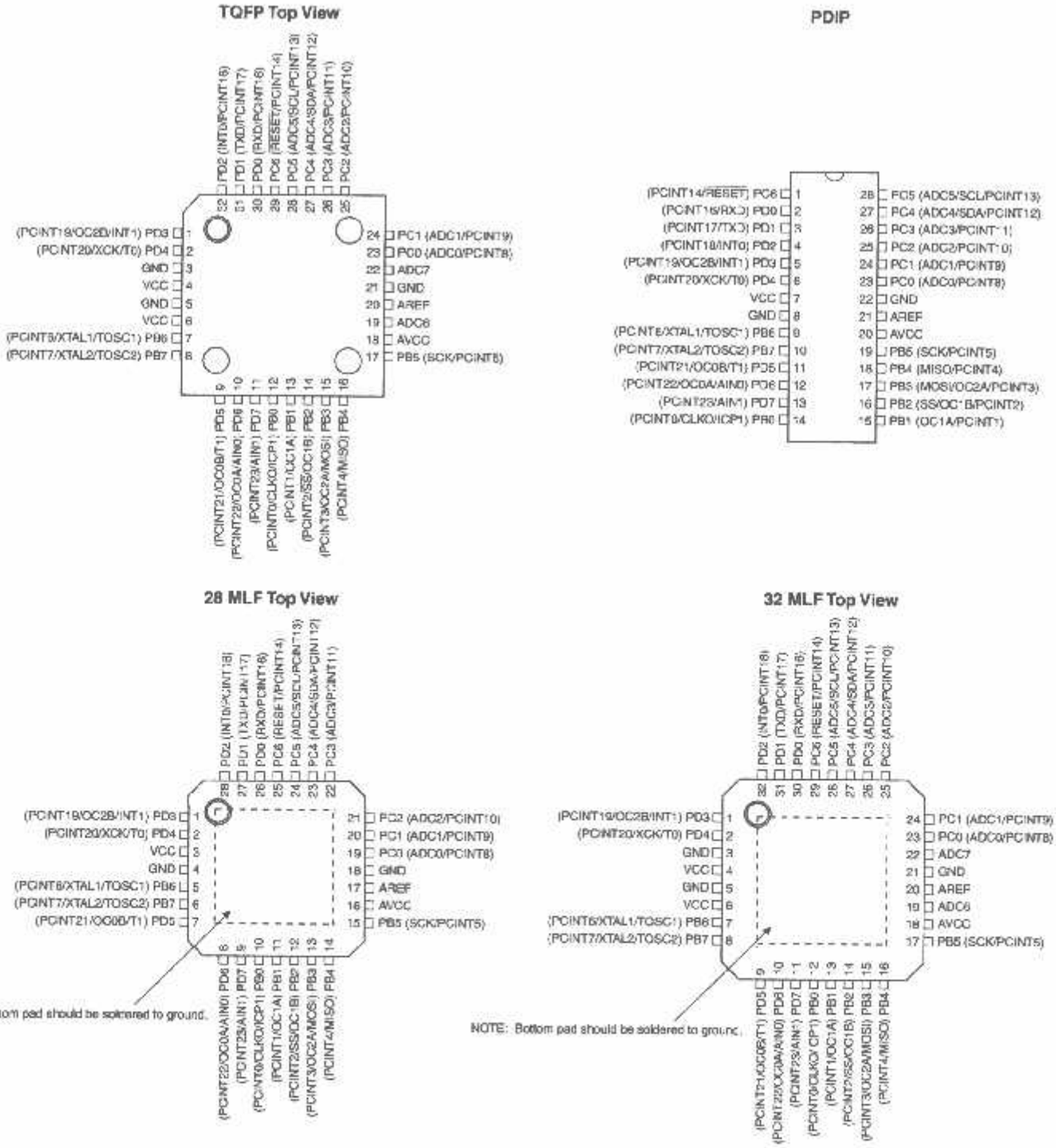
ATmega48PA
ATmega88PA
ATmega168PA
ATmega328P

Summary

Rev. 8161CS–AVR–05/09

1. Pin Configurations

Figure 1-1. Pinout ATmega48PA/88PA/168PA/328P



1.1 Pin Descriptions

1.1.1 VCC

Digital supply voltage.

1.1.2 GND

Ground.

1.1.3 Port B (PB7:0) XTAL1/XTAL2/TOSC1/TOSC2

Port B is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port B output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port B pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port B pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.

Depending on the clock selection fuse settings, PB6 can be used as input to the inverting Oscillator amplifier and input to the internal clock operating circuit.

Depending on the clock selection fuse settings, PB7 can be used as output from the inverting Oscillator amplifier.

If the Internal Calibrated RC Oscillator is used as chip clock source, PB7..6 is used as TOSC2..1 input for the Asynchronous Timer/Counter2 if the AS2 bit in ASSR is set.

The various special features of Port B are elaborated in "Alternate Functions of Port B" on page 76 and "System Clock and Clock Options" on page 26.

.1.4 Port C (PC5:0)

Port C is a 7-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The PC5..0 output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port C pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port C pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.

.1.5 PC6/$\overline{\text{RESET}}$

If the RSTDISBL Fuse is programmed, PC6 is used as an I/O pin. Note that the electrical characteristics of PC6 differ from those of the other pins of Port C.

If the RSTDISBL Fuse is unprogrammed, PC6 is used as a Reset input. A low level on this pin for longer than the minimum pulse length will generate a Reset, even if the clock is not running. The minimum pulse length is given in Table 28-3 on page 308. Shorter pulses are not guaranteed to generate a Reset.

The various special features of Port C are elaborated in "Alternate Functions of Port C" on page 79.

1.6 Port D (PD7:0)

Port D is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port D output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port D pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port D pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.

The various special features of Port D are elaborated in "Alternate Functions of Port D" on page 82.

1.1.7 AV_{CC}

AV_{CC} is the supply voltage pin for the A/D Converter, PC3:0, and ADC7:6. It should be externally connected to V_{CC}, even if the ADC is not used. If the ADC is used, it should be connected to V_{CC} through a low-pass filter. Note that PC6..4 use digital supply voltage, V_{CC}.

1.1.8 AREF

AREF is the analog reference pin for the A/D Converter.

1.1.9 ADC7:6 (TQFP and QFN/MLF Package Only)

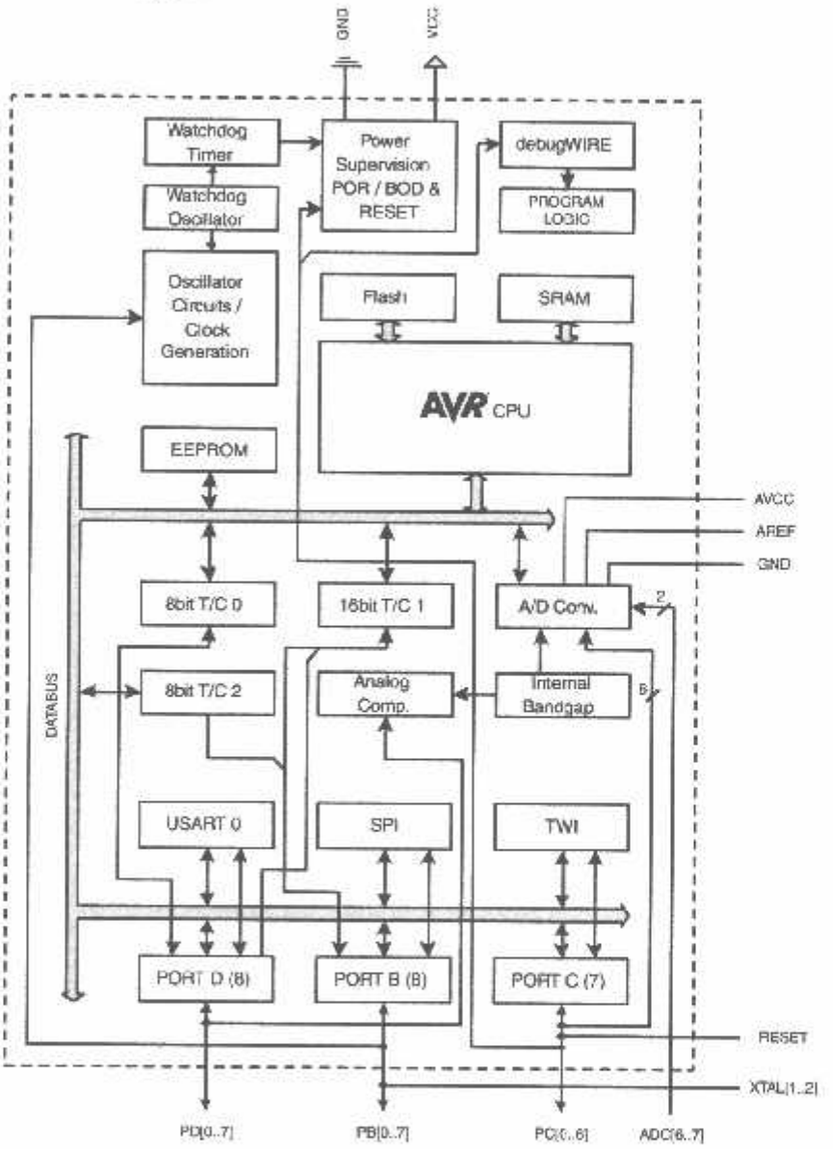
In the TQFP and QFN/MLF package, ADC7:6 serve as analog inputs to the A/D converter. These pins are powered from the analog supply and serve as 10-bit ADC channels.

2. Overview

The ATmega48PA/88PA/168PA/328P is a low-power CMOS 8-bit microcontroller based on the AVR enhanced RISC architecture. By executing powerful instructions in a single clock cycle, the ATmega48PA/88PA/168PA/328P achieves throughputs approaching 1 MIPS per MHz allowing the system designer to optimize power consumption versus processing speed.

2.1 Block Diagram

Figure 2-1. Block Diagram



The AVR core combines a rich instruction set with 32 general purpose working registers. All the 32 registers are directly connected to the Arithmetic Logic Unit (ALU), allowing two independent registers to be accessed in one single instruction executed in one clock cycle. The resulting

3. Resources

A comprehensive set of development tools, application notes and datasheets are available for download on http://www.atmel.com/avr.

4. Data Retention

Reliability Qualification results show that the projected data retention failure rate is much less than 1 PPM over 20 years at 85°C or 100 years at 25°C.

5. Register Summary

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Page
(0xFF)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xFE)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xFD)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xFC)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xFB)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xFA)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xF9)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xF8)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xF7)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xF6)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xF5)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xF4)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xF3)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xF2)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xF1)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xF0)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xEF)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xEE)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xED)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xEC)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xEB)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xEA)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xE9)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xE8)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xE7)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xE6)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xE5)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xE4)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xE3)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xE2)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xE1)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xE0)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xDF)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xDE)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xDD)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xDC)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xDB)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xDA)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xD9)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xD8)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xD7)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xD6)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xD5)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xD4)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xD3)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xD2)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xD1)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xD0)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xCF)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xCE)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xCD)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xCC)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xCB)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xCA)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xC9)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xC8)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xC7)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xC6)	UDR0	USART I/O Data Register								189
(0xC5)	UBRR0H					USART Baud Rate Register High				193
(0xC4)	UBRR0L	USART Baud Rate Register Low								193
(0xC3)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xC2)	UCSR0C	UMSEL01	UMSEL00	UPM01	UPM00	USBS0	UCSZ01 / UDORD0	UCSZ00 / UCPHA0	UCPOL0	191,205

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Page
(0xC1)	UCSR0B	RXCIE0	TXCIE0	UDRIE0	RXEN0	TXEN0	UCSZ02	RXB80	TXB80	190
(0xC0)	UCSR0A	RXC0	TXC0	UDRE0	FE0	DOR0	UPE0	U2X0	MPCM0	189
(0xBF)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xBE)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xBD)	TWAMR	TWAM6	TWAM5	TWAM4	TWAM3	TWAM2	TWAM1	TWAM0	–	239
(0xBC)	TWCR	TWINT	TWEA	TWSTA	TWSTO	TWWC	TWEN	–	TWIE	236
(0xBB)	TWDR	2-wire Serial Interface Data Register								238
(0xBA)	TWAR	TWA6	TWA5	TWA4	TWA3	TWA2	TWA1	TWA0	TWGCE	239
(0xB9)	TWSR	TWS7	TWS6	TWS5	TWS4	TWS3	–	TWPS1	TWPS0	238
(0xB8)	TWBR	2-wire Serial Interface Bit Rate Register								236
(0xB7)	Reserved	–		–	–	–	–	–	–	
(0xB6)	ASSR	–	EXCLK	AS2	TCN2UB	OCR2AUB	OCR2BUB	TCR2AUB	TCR2BUB	158
(0xB5)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xB4)	OCR2B	Timer/Counter2 Output Compare Register B								156
(0xB3)	OCR2A	Timer/Counter2 Output Compare Register A								156
(0xB2)	TCNT2	Timer/Counter2 (8-bit)								156
(0xB1)	TCCR2B	FOC2A	FOC2B	–	–	WGM22	CS22	CS21	CS20	155
(0xB0)	TCCR2A	COM2A1	COM2A0	COM2B1	COM2B0	–	–	WGM21	WGM20	152
(0xAF)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xAE)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xAD)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–		
(0xAC)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xAB)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xAA)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xA9)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xA8)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xA7)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xA6)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xA5)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xA4)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xA3)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xA2)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xA1)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xA0)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0x9F)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0x9E)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0x9D)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0x9C)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0x9B)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0x9A)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0x99)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0x98)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0x97)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0x96)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0x95)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0x94)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0x93)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0x92)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0x91)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0x90)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0x8F)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0x8E)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0x8D)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0x8C)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0x8B)	OCR1BH	Timer/Counter1 - Output Compare Register B High Byte								132
(0x8A)	OCR1BL	Timer/Counter1 - Output Compare Register B Low Byte								132
(0x89)	OCR1AH	Timer/Counter1 - Output Compare Register A High Byte								132
(0x88)	OCR1AL	Timer/Counter1 - Output Compare Register A Low Byte								132
(0x87)	ICR1H	Timer/Counter1 - Input Capture Register High Byte								133
(0x86)	ICR1L	Timer/Counter1 - Input Capture Register Low Byte								133
(0x85)	TCNT1H	Timer/Counter1 - Counter Register High Byte								132
(0x84)	TCNT1L	Timer/Counter1 - Counter Register Low Byte								132
(0x83)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0x82)	TCCR1C	FOC1A	FOC1B	–	–	–	–	–	–	131
(0x81)	TCCR1B	ICNC1	ICES1	–	WGM13	WGM12	CS12	CS11	CS10	130
(0x80)	TCCR1A	COM1A1	COM1A0	COM1B1	COM1B0	–	–	WGM11	WGM10	128

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Page
(0x7F)	DIDR1	–	–	–	–	–	–	AIN1D	AIN0D	244
(0x7E)	DIDR0	–	–	ADC5D	ADC4D	ADC3D	ADC2D	ADC1D	ADC0D	261
(0x7D)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0x7C)	ADMUX	REFS1	REFS0	ADLAR	–	MUX3	MUX2	MUX1	MUX0	257
(0x7B)	ADCSRB	–	ACME	–	–	–	ADTS2	ADTS1	ADTS0	260
(0x7A)	ADCSRA	ADEN	ADSC	ADATE	ADIF	ADIE	ADPS2	ADPS1	ADPS0	258
(0x79)	ADCH	ADC Data Register High byte								260
(0x78)	ADCL	ADC Data Register Low byte								260
(0x77)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0x76)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0x75)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0x74)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0x73)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0x72)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0x71)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0x70)	TIMSK2	–	–	–	–	–	OCIE2B	OCIE2A	TOIE2	157
(0x6F)	TIMSK1	–	–	ICIE1	–	–	OCIE1B	OCIE1A	TOIE1	133
(0x6E)	TIMSK0	–	–	–	–	–	OCIE0B	OCIE0A	TOIE0	105
(0x6D)	PCMSK2	PCINT23	PCINT22	PCINT21	PCINT20	PCINT19	PCINT18	PCINT17	PCINT16	68
(0x6C)	PCMSK1	–	PCINT14	PCINT13	PCINT12	PCINT11	PCINT10	PCINT9	PCINT8	68
(0x6B)	PCMSK0	PCINT7	PCINT6	PCINT5	PCINT4	PCINT3	PCINT2	PCINT1	PCINT0	68
(0x6A)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0x69)	EICRA	–	–	–	–	ISC11	ISC10	ISC01	ISC00	65
(0x68)	PCICR	–	–	–	–	–	PCIE2	PCIE1	PCIE0	
(0x67)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0x66)	OSCCAL	Oscillator Calibration Register								37
(0x65)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0x64)	PRR	PRTWI	PRTIM2	PRTIM0	–	PRTIM1	PRSPI	PRUSART0	PRADC	42
(0x63)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0x62)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0x61)	CLKPR	CLKPCE	–	–	–	CLKPS3	CLKPS2	CLKPS1	CLKPS0	37
(0x60)	WDTCSR	WDIF	WDIE	WDP3	WDCE	WDE	WDP2	WDP1	WDP0	54
0x3F (0x5F)	SREG	I	T	H	S	V	N	Z	C	9
0x3E (0x5E)	SPH	–	–	–	–	–	(SP10) [1]	SP9	SP8	12
0x3D (0x5D)	SPL	SP7	SP6	SP5	SP4	SP3	SP2	SP1	SP0	12
0x3C (0x5C)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
0x3B (0x5B)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
0x3A (0x5A)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
0x39 (0x59)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
0x38 (0x58)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
0x37 (0x57)	SPMCSR	SPMIE	(RWWSB) [1]	–	(RWWSRE) [1]	BLBSET	PGWRT	PGERS	SELFPRGEN	284
0x36 (0x56)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
0x35 (0x55)	MCUCR	–	BODS	BODSE	PUD	–	–	IVSEL	IVCE	44/62/86
0x34 (0x54)	MCUSR	–	–	–	–	WDRF	BORF	EXTRF	PORF	54
0x33 (0x53)	SMCR	–	–	–	–	SM2	SM1	SM0	SE	40
0x32 (0x52)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
0x31 (0x51)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
0x30 (0x50)	ACSR	ACD	ACBG	ACO	ACI	ACIE	ACIC	ACIS1	ACIS0	242
0x2F (0x4F)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
0x2E (0x4E)	SPDR	SPI Data Register								169
0x2D (0x4D)	SPSR	SPIF	WCOL	–	–	–	–	–	SPI2X	168
0x2C (0x4C)	SPCR	SPIE	SPE	DORD	MSTR	CPOL	CPHA	SPR1	SPR0	167
0x2B (0x4B)	GPIOR2	General Purpose I/O Register 2								25
0x2A (0x4A)	GPIOR1	General Purpose I/O Register 1								25
0x29 (0x49)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
0x28 (0x48)	OCR0B	Timer/Counter0 Output Compare Register B								
0x27 (0x47)	OCR0A	Timer/Counter0 Output Compare Register A								
0x26 (0x46)	TCNT0	Timer/Counter0 (8-bit)								
0x25 (0x45)	TCCR0B	FOC0A	FOC0B	–	–	WGM02	CS02	CS01	CS00	
0x24 (0x44)	TCCR0A	COM0A1	COM0A0	COM0B1	COM0B0	–	–	WGM01	WGM00	
0x23 (0x43)	GTCCR	TSM	–	–	–	–	–	PSRASY	PSRSYNC	137/159
0x22 (0x42)	EEARH	(EEPROM Address Register High Byte) [3]								21
0x21 (0x41)	EEARL	EEPROM Address Register Low Byte								21
0x20 (0x40)	EEDR	EEPROM Data Register								21
0x1F (0x3F)	EECR	–	–	EEPM1	EEPM0	EERIE	EEMPE	EEPE	EERE	21
0x1E (0x3E)	GPIOR0	General Purpose I/O Register 0								25

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Page
0x1D (0x3D)	EIMSK	–	–	–	–	–	–	INT1	INT0	66
0x1C (0x3C)	EIFR	–	–	–	–	–	–	INTF1	INTF0	66
0x1B (0x3B)	PCIFR	–	–	–	–	–	PCIF2	PCIF1	PCIF0	
0x1A (0x3A)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
0x19 (0x39)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
0x18 (0x38)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
0x17 (0x37)	TIFR2	–	–	–	–	–	OCF2B	OCF2A	TOV2	157
0x16 (0x36)	TIFR1	–	–	ICF1	–	–	OCF1B	OCF1A	TOV1	134
0x15 (0x35)	TIFR0	–	–	–	–	–	OCF0B	OCF0A	TOV0	
0x14 (0x34)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
0x13 (0x33)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
0x12 (0x32)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
0x11 (0x31)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
0x10 (0x30)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
0x0F (0x2F)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
0x0E (0x2E)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
0x0D (0x2D)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
0x0C (0x2C)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
0x0B (0x2B)	PORTD	PORTD7	PORTD6	PORTD5	PORTD4	PORTD3	PORTD2	PORTD1	PORTD0	87
0x0A (0x2A)	DDRD	DDD7	DDD6	DDD5	DDD4	DDD3	DDD2	DDD1	DDD0	87
0x09 (0x29)	PIND	PIND7	PIND6	PIND5	PIND4	PIND3	PIND2	PIND1	PIND0	87
0x08 (0x28)	PORTC	–	PORTC6	PORTC5	PORTC4	PORTC3	PORTC2	PORTC1	PORTC0	86
0x07 (0x27)	DDRC	–	DDC6	DDC5	DDC4	DDC3	DDC2	DDC1	DDC0	86
0x06 (0x26)	PINC	–	PINC6	PINC5	PINC4	PINC3	PINC2	PINC1	PINC0	86
0x05 (0x25)	PORTB	PORTB7	PORTB6	PORTB5	PORTB4	PORTB3	PORTB2	PORTB1	PORTB0	86
0x04 (0x24)	DDRB	DDB7	DDB6	DDB5	DDB4	DDB3	DDB2	DDB1	DDB0	86
0x03 (0x23)	PINB	PINB7	PINB6	PINB5	PINB4	PINB3	PINB2	PINB1	PINB0	86
0x02 (0x22)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
0x01 (0x21)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
0x0 (0x20)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	

ote:
1. For compatibility with future devices, reserved bits should be written to zero if accessed. Reserved I/O memory addresses should never be written.
2. I/O Registers within the address range 0x00 - 0x1F are directly bit-accessible using the SBI and CBI instructions. In these registers, the value of single bits can be checked by using the SBIS and SBIC instructions.
3. Some of the Status Flags are cleared by writing a logical one to them. Note that, unlike most other AVRs, the CBI and SBI instructions will only operate on the specified bit, and can therefore be used on registers containing such Status Flags. The CBI and SBI instructions work with registers 0x00 to 0x1F only.
4. When using the I/O specific commands IN and OUT, the I/O addresses 0x00 - 0x3F must be used. When addressing I/O Registers as data space using LD and ST instructions, 0x20 must be added to these addresses. The ATmega48PA/88PA/168PA/328P is a complex microcontroller with more peripheral units than can be supported within the 64 location reserved in Opcode for the IN and OUT instructions. For the Extended I/O space from 0x60 - 0xFF in SRAM, only the ST/STS/STD and LD/LDS/LDD instructions can be used.
5. Only valid for ATmega88PA.

6. Instruction Set Summary

Mnemonics	Operands	Description	Operation	Flags	#Clocks
ARITHMETIC AND LOGIC INSTRUCTIONS					
ADD	Rd, Rr	Add two Registers	Rd ← Rd + Rr	Z,C,N,V,H	1
ADC	Rd, Rr	Add with Carry two Registers	Rd ← Rd + Rr + C	Z,C,N,V,H	1
ADIW	Rdl,K	Add Immediate to Word	Rdh:Rdl ← Rdh:Rdl + K	Z,C,N,V,S	2
SUB	Rd, Rr	Subtract two Registers	Rd ← Rd - Rr	Z,C,N,V,H	1
SUBI	Rd, K	Subtract Constant from Register	Rd ← Rd - K	Z,C,N,V,H	1
SBC	Rd, Rr	Subtract with Carry two Registers	Rd ← Rd - Rr - C	Z,C,N,V,H	1
SBCI	Rd, K	Subtract with Carry Constant from Reg.	Rd ← Rd - K - C	Z,C,N,V,H	1
SBIW	Rdl,K	Subtract Immediate from Word	Rdh:Rdl ← Rdh:Rdl - K	Z,C,N,V,S	2
AND	Rd, Rr	Logical AND Registers	Rd ← Rd • Rr	Z,N,V	1
ANDI	Rd, K	Logical AND Register and Constant	Rd ← Rd • K	Z,N,V	1
OR	Rd, Rr	Logical OR Registers	Rd ← Rd v Rr	Z,N,V	1
ORI	Rd, K	Logical OR Register and Constant	Rd ← Rd v K	Z,N,V	1
EOR	Rd, Rr	Exclusive OR Registers	Rd ← Rd ⊕ Rr	Z,N,V	1
COM	Rd	One's Complement	Rd ← 0xFF – Rd	Z,C,N,V	1
NEG	Rd	Two's Complement	Rd ← 0x00 – Rd	Z,C,N,V,H	1
SBR	Rd,K	Set Bit(s) in Register	Rd ← Rd v K	Z,N,V	1
CBR	Rd,K	Clear Bit(s) in Register	Rd ← Rd • (0xFF - K)	Z,N,V	1
INC	Rd	Increment	Rd ← Rd + 1	Z,N,V	1
DEC	Rd	Decrement	Rd ← Rd – 1	Z,N,V	1
TST	Rd	Test for Zero or Minus	Rd ← Rd • Rd	Z,N,V	1
CLR	Rd	Clear Register	Rd ← Rd ⊕ Rd	Z,N,V	1
SER	Rd	Set Register	Rd ← 0xFF	None	1
MUL	Rd, Rr	Multiply Unsigned	R1:R0 ← Rd x Rr	Z,C	2
MULS	Rd, Rr	Multiply Signed	R1:R0 ← Rd x Rr	Z,C	2
MULSU	Rd, Rr	Multiply Signed with Unsigned	R1:R0 ← Rd x Rr	Z,C	2
FMUL	Rd, Rr	Fractional Multiply Unsigned	R1:R0 ← (Rd x Rr) << 1	Z,C	2
FMULS	Rd, Rr	Fractional Multiply Signed	R1:R0 ← (Rd x Rr) << 1	Z,C	2
FMULSU	Rd, Rr	Fractional Multiply Signed with Unsigned	R1:R0 ← (Rd x Rr) << 1	Z,C	2
BRANCH INSTRUCTIONS					
RJMP	k	Relative Jump	PC ← PC + k + 1	None	2
IJMP		Indirect Jump to (Z)	PC ← Z	None	2
JMP[1]	k	Direct Jump	PC ← k	None	3
RCALL	k	Relative Subroutine Call	PC ← PC + k + 1	None	3
ICALL		Indirect Call to (Z)	PC ← Z	None	3
CALL[1]	k	Direct Subroutine Call	PC ← k	None	4
RET		Subroutine Return	PC ← STACK	None	4
RETI		Interrupt Return	PC ← STACK	I	4
CPSE	Rd,Rr	Compare, Skip if Equal	if (Rd = Rr) PC ← PC + 2 or 3	None	1/2/3
CP	Rd,Rr	Compare	Rd – Rr	Z, N,V,C,H	1
CPC	Rd,Rr	Compare with Carry	Rd – Rr – C	Z, N,V,C,H	1
CPI	Rd,K	Compare Register with Immediate	Rd – K	Z, N,V,C,H	1
SBRC	Rr, b	Skip if Bit in Register Cleared	if (Rr(b)=0) PC ← PC + 2 or 3	None	1/2/3
SBRS	Rr, b	Skip if Bit in Register is Set	if (Rr(b)=1) PC ← PC + 2 or 3	None	1/2/3
SBIC	P, b	Skip if Bit in I/O Register Cleared	if (P(b)=0) PC ← PC + 2 or 3	None	1/2/3
SBIS	P, b	Skip if Bit in I/O Register is Set	if (P(b)=1) PC ← PC + 2 or 3	None	1/2/3
BRBS	s, k	Branch if Status Flag Set	if (SREG(s) = 1) then PC←PC+k + 1	None	1/2
BRBC	s, k	Branch if Status Flag Cleared	if (SREG(s) = 0) then PC←PC+k + 1	None	1/2
BREQ	k	Branch if Equal	if (Z = 1) then PC ← PC + k + 1	None	1/2
BRNE	k	Branch if Not Equal	if (Z = 0) then PC ← PC + k + 1	None	1/2
BRCS	k	Branch if Carry Set	if (C = 1) then PC ← PC + k + 1	None	1/2
BRCC	k	Branch if Carry Cleared	if (C = 0) then PC ← PC + k + 1	None	1/2
BRSH	k	Branch if Same or Higher	if (C = 0) then PC ← PC + k + 1	None	1/2
BRLO	k	Branch if Lower	if (C = 1) then PC ← PC + k + 1	None	1/2
BRMI	k	Branch if Minus	if (N = 1) then PC ← PC + k + 1	None	1/2
BRPL	k	Branch if Plus	if (N = 0) then PC ← PC + k + 1	None	1/2
BRGE	k	Branch if Greater or Equal, Signed	if (N ⊕ V= 0) then PC ← PC + k + 1	None	1/2
BRLT	k	Branch if Less Than Zero, Signed	if (N ⊕ V= 1) then PC ← PC + k + 1	None	1/2
BRHS	k	Branch if Half Carry Flag Set	if (H = 1) then PC ← PC + k + 1	None	1/2
BRHC	k	Branch if Half Carry Flag Cleared	if (H = 0) then PC ← PC + k + 1	None	1/2
BRTS	k	Branch if T Flag Set	if (T = 1) then PC ← PC + k + 1	None	1/2
BRTC	k	Branch if T Flag Cleared	if (T = 0) then PC ← PC + k + 1	None	1/2
BRVS	k	Branch if Overflow Flag is Set	if (V = 1) then PC ← PC + k + 1	None	1/2
BRVC	k	Branch if Overflow Flag is Cleared	if (V = 0) then PC ← PC + k + 1	None	1/2

Mnemonics	Operands	Description	Operation	Flags	#Clocks
BRIE	k	Branch if Interrupt Enabled	if (I = 1) then PC ← PC + k + 1	None	1/2
BRID	k	Branch if Interrupt Disabled	if (I = 0) then PC ← PC + k + 1	None	1/2
BIT AND BIT-TEST INSTRUCTIONS					
SBI	P,b	Set Bit in I/O Register	I/O(P,b) ← 1	None	2
CBI	P,b	Clear Bit in I/O Register	I/O(P,b) ← 0	None	2
LSL	Rd	Logical Shift Left	Rd(n+1) ← Rd(n), Rd(0) ← 0	Z,C,N,V	1
LSR	Rd	Logical Shift Right	Rd(n) ← Rd(n+1), Rd(7) ← 0	Z,C,N,V	1
ROL	Rd	Rotate Left Through Carry	Rd(0)←C,Rd(n+1)← Rd(n),C←Rd(7)	Z,C,N,V	1
ROR	Rd	Rotate Right Through Carry	Rd(7)← C,Rd(n)← Rd(n+1),C←Rd(0)	Z,C,N,V	1
ASR	Rd	Arithmetic Shift Right	Rd(n) ← Rd(n+1), n=0..6	Z,C,N,V	1
SWAP	Rd	Swap Nibbles	Rd(3..0)←Rd(7..4),Rd(7..4)← Rd(3..0)	None	1
BSET	s	Flag Set	SREG(s) ← 1	SREG(s)	1
BCLR	s	Flag Clear	SREG(s) ← 0	SREG(s)	1
BST	Rr, b	Bit Store from Register to T	T ← Rr(b)	T	1
BLD	Rd, b	Bit load from T to Register	Rd(b) ← T	None	1
SEC		Set Carry	C ← 1	C	1
CLC		Clear Carry	C ← 0	C	1
SEN		Set Negative Flag	N ← 1	N	1
CLN		Clear Negative Flag	N ← 0	N	1
SEZ		Set Zero Flag	Z ← 1	Z	1
CLZ		Clear Zero Flag	Z ← 0	Z	1
SEI		Global Interrupt Enable	I ← 1	I	1
CLI		Global Interrupt Disable	I ← 0	I	1
SES		Set Signed Test Flag	S ← 1	S	1
CLS		Clear Signed Test Flag	S ← 0	S	1
SEV		Set Twos Complement Overflow.	V ← 1	V	1
CLV		Clear Twos Complement Overflow	V ← 0	V	1
SET		Set T in SREG	T ← 1	T	1
CLT		Clear T in SREG	T ← 0	T	1
SEH		Set Half Carry Flag in SREG	H ← 1	H	1
CLH		Clear Half Carry Flag in SREG	H ← 0	H	1
DATA TRANSFER INSTRUCTIONS					
MOV	Rd, Rr	Move Between Registers	Rd ← Rr	None	1
MOVW	Rd, Rr	Copy Register Word	Rd+1:Rd ← Rr+1:Rr	None	1
LDI	Rd, K	Load Immediate	Rd ← K	None	1
LD	Rd, X	Load Indirect	Rd ← (X)	None	2
LD	Rd, X+	Load Indirect and Post-Inc.	Rd ← (X), X ← X + 1	None	2
LD	Rd, - X	Load Indirect and Pre-Dec.	X ← X - 1, Rd ← (X)	None	2
LD	Rd, Y	Load Indirect	Rd ← (Y)	None	2
LD	Rd, Y+	Load Indirect and Post-Inc.	Rd ← (Y), Y ← Y + 1	None	2
LD	Rd, - Y	Load Indirect and Pre-Dec.	Y ← Y - 1, Rd ← (Y)	None	2
LDD	Rd,Y+q	Load Indirect with Displacement	Rd ← (Y + q)	None	2
LD	Rd, Z	Load Indirect	Rd ← (Z)	None	2
LD	Rd, Z+	Load Indirect and Post-Inc.	Rd ← (Z), Z ← Z+1	None	2
LD	Rd, -Z	Load Indirect and Pre-Dec.	Z ← Z - 1, Rd ← (Z)	None	2
LDD	Rd, Z+q	Load Indirect with Displacement	Rd ← (Z + q)	None	2
LDS	Rd, k	Load Direct from SRAM	Rd ← (k)	None	2
ST	X, Rr	Store Indirect	(X) ← Rr	None	2
ST	X+, Rr	Store Indirect and Post-Inc.	(X) ← Rr, X ← X + 1	None	2
ST	- X, Rr	Store Indirect and Pre-Dec.	X ← X - 1, (X) ← Rr	None	2
ST	Y, Rr	Store Indirect	(Y) ← Rr	None	2
ST	Y+, Rr	Store Indirect and Post-Inc.	(Y) ← Rr, Y ← Y + 1	None	2
ST	- Y, Rr	Store Indirect and Pre-Dec.	Y ← Y - 1, (Y) ← Rr	None	2
STD	Y+q,Rr	Store Indirect with Displacement	(Y + q) ← Rr	None	2
ST	Z, Rr	Store Indirect	(Z) ← Rr	None	2
ST	Z+, Rr	Store Indirect and Post-Inc.	(Z) ← Rr, Z ← Z + 1	None	2
ST	-Z, Rr	Store Indirect and Pre-Dec.	Z ← Z - 1, (Z) ← Rr	None	2
STD	Z+q,Rr	Store Indirect with Displacement	(Z + q) ← Rr	None	2
STS	k, Rr	Store Direct to SRAM	(k) ← Rr	None	2
LPM		Load Program Memory	R0 ← (Z)	None	3
LPM	Rd, Z	Load Program Memory	Rd ← (Z)	None	3
LPM	Rd, Z+	Load Program Memory and Post-Inc	Rd ← (Z), Z ← Z+1	None	3
SPM		Store Program Memory	(Z) ← R1:R0	None	-
IN	Rd, P	In Port	Rd ← P	None	1
OUT	P, Rr	Out Port	P ← Rr	None	1
PUSH	Rr	Push Register on Stack	STACK ← Rr	None	2

Mnemonics	Operands	Description	Operation	Flags	#Clocks
POP	Rd	Pop Register from Stack	Rd ← STACK	None	2
MCU CONTROL INSTRUCTIONS					
NOP		No Operation		None	1
SLEEP		Sleep	(see specific descr. for Sleep function)	None	1
WDR		Watchdog Reset	(see specific descr. for WDR/timer)	None	1
BREAK		Break	For On-chip Debug Only	None	N/A

7. Ordering Information

7.1 ATmega48PA

Speed (MHz)	Power Supply	Ordering Code[2]	Package[1]	Operational Range
20[3]	1.8 - 5.5	ATmega48PA-AU ATmega48PA-MMH[4] ATmega48PA-MU ATmega48PA-PU	32A 28M1 32M1-A 28P3	Industrial (-40°C to 85°C)

Note:
1. This device can also be supplied in wafer form. Please contact your local Atmel sales office for detailed ordering information and minimum quantities.
2. Pb-free packaging complies to the European Directive for Restriction of Hazardous Substances (RoHS directive). Also Halide free and fully Green.
3. See "Speed Grades" on page 306.
4. NiPdAu Lead Finish.

Package Type	
32A	32-lead, Thin (1.0 mm) Plastic Quad Flat Package (TQFP)
28M1	28-pad, 4 x 4 x 1.0 body, Lead Pitch 0.45 mm Quad Flat No-Lead/Micro Lead Frame Package (QFN/MLF)
32M1-A	32-pad, 5 x 5 x 1.0 body, Lead Pitch 0.50 mm Quad Flat No-Lead/Micro Lead Frame Package (QFN/MLF)
28P3	28-lead, 0.300" Wide, Plastic Dual Inline Package (PDIP)

7.2 ATmega88PA

Speed (MHz)	Power Supply	Ordering Code[2]	Package[1]	Operational Range
20[3]	1.8 - 5.5	ATmega88PA-AU ATmega88PA-MMH[4] ATmega88PA-MU ATmega88PA-PU	32A 28M1 32M1-A 28P3	Industrial (-40°C to 85°C)

Note:
1. This device can also be supplied in wafer form. Please contact your local Atmel sales office for detailed ordering information and minimum quantities.
2. Pb-free packaging complies to the European Directive for Restriction of Hazardous Substances (RoHS directive).Also Halide free and fully Green.
3. See "Speed Grades" on page 306.
4. NiPdAu Lead Finish.

	Package Type
32A	32-lead, Thin (1.0 mm) Plastic Quad Flat Package (TQFP)
28M1	28-pad, 4 x 4 x 1.0 body, Lead Pitch 0.45 mm Quad Flat No-Lead/Micro Lead Frame Package (QFN/MLF)
32M1-A	32-pad, 5 x 5 x 1.0 body, Lead Pitch 0.50 mm Quad Flat No-Lead/Micro Lead Frame Package (QFN/MLF)
28P3	28-lead, 0.300" Wide, Plastic Dual Inline Package (PDIP)

7.3 ATmega168PA

Speed (MHz)[3]	Power Supply	Ordering Code[2]	Package[1]	Operational Range
20	1.8 - 5.5	ATmega168PA-AU ATmega168PA-MMH[4] ATmega168PA-MU ATmega168PA-PU	32A 28M1 32M1-A 28P3	Industrial (-40°C to 85°C)

Note:
1. This device can also be supplied in wafer form. Please contact your local Atmel sales office for detailed ordering information and minimum quantities.
2. Pb-free packaging complies to the European Directive for Restriction of Hazardous Substances (RoHS directive). Also Halide free and fully Green.
3. See "Speed Grades" on page 312.
4. NiPdAu Lead Finish.

Package Type	
32A	32-lead, Thin (1.0 mm) Plastic Quad Flat Package (TQFP)
28M1	28-pad, 4 x 4 x 1.0 body, Lead Pitch 0.45 mm Quad Flat No-Lead/Micro Lead Frame Package (QFN/MLF)
32M1-A	32-pad, 5 x 5 x 1.0 body, Lead Pitch 0.50 mm Quad Flat No-Lead/Micro Lead Frame Package (QFN/MLF)
28P3	28-lead, 0.300" Wide, Plastic Dual Inline Package (PDIP)

7.4 ATmega328P

Speed (MHz)	Power Supply	Ordering Code[2]	Package[1]	Operational Range
20[3]	1.8 - 5.5	ATmega328P- AU ATmega328P- MU ATmega328P- PU	32A 32M1-A 28P3	Industrial (-40°C to 85°C)

Note:
1. This device can also be supplied in wafer form. Please contact your local Atmel sales office for detailed ordering information and minimum quantities.
2. Pb-free packaging complies to the European Directive for Restriction of Hazardous Substances (RoHS directive).Also Halide free and fully Green.
3. See Figure 28-1 on page 316.

	Package Type
32A	32-lead, Thin (1.0 mm) Plastic Quad Flat Package (TQFP)
28P3	28-lead, 0.300" Wide, Plastic Dual Inline Package (PDIP)
32M1-A	32-pad, 5 x 5 x 1.0 body, Lead Pitch 0.50 mm Quad Flat No-Lead/Micro Lead Frame Package (QFN/MLF)

Lampiran 2 Progam

```
// Skripsi
//puguh adi prasetyo
//1212209
//elektronika 5i
 #include <Key.h>
 #include <Keypad.h>

 #include <Rotary.h>
 #include <si5351.h>
 #include "Wire.h"
 #include <LiquidCrystal.h>



 #define F_MIN      8000L          // Lower frequency limit
 #define F_MAX      40000000L
//  #define OLED_RESET 4
 #define ENCODER_A   3              // Encoder pin A
 #define ENCODER_B   2              // Encoder pin B
 #define ENCODER_BTN  A3
 #define INDICATOR_CHARACTER  0xb6
////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////
char customKey;
const byte ROWS = 4;
const byte COLS = 3;
char keys[ROWS][COLS] = {
{'1','2','3'},
{'4','5','6'},
{'7','8','9'},
{'*','0','#'}
};
byte rowPins[ROWS] = {0, A1, A0, 4}; //connect to the row pinouts of the kpd
byte colPins[COLS] = {5, 6 , 7}; //connect to the column pinouts of the kpd

Keypad kpd = Keypad( makeKeymap(keys), rowPins, colPins, ROWS, COLS );
////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////////


 LiquidCrystal lcd(8, 9, 10, 11, 12, 13);      // LCD - pin assignement in
 Si5351 si5351;
 Rotary r = Rotary(ENCODER_A, ENCODER_B);

 volatile uint32_t frequency0 = 40000000L;
 volatile uint32_t frequency1 = 40000000L;
 volatile uint32_t frequency2 = 40000000L;
 volatile uint32_t radix = 100;
 byte mainMenuPage = 1;
 int channel = 0;
 //boolean changed_f = 0;
```

```
 /*************************************/
 /* Interrupt service routine untuk   */
 /* perubahan frekuensi encoder       */
 /*************************************/
 ISR(PCINT2_vect) {
  unsigned char result = r.process();
  if (result == DIR_CW)
   set_frequency(1);
  else if (result == DIR_CCW)
   set_frequency(-1);
 }
/*************************************/
 /* display pointer          */
 /* penanda channel          */
 /*************************************/
//..... deklarasi menu, display pointer, dan penanda channel
void MenuA()
{
  lcd.clear();

  lcd.setCursor(6,0);
  lcd.print("~");
  lcd.setCursor(6,1);
  lcd.print(" ");
 lcd.setCursor(6,2);
  lcd.print(" ");
   channel=0;
}
void MenuB()
{
  lcd.clear();

  lcd.setCursor(6,0);
  lcd.print(" ");
  lcd.setCursor(6,1);
  lcd.print("~");
 lcd.setCursor(6,2);
  lcd.print(" ");
   channel=1;

}
void MenuC()
{
  lcd.clear();

 lcd.setCursor(6,0);
  lcd.print(" ");
  lcd.setCursor(6,1);
  lcd.print(" ");
 lcd.setCursor(6,2);
```

```
    lcd.print("~");
   channel=2;
 }
 //.....


 /*************************************/
 /* merubah frekuensi                 */
 /* dir = 1   Increment               */
 /* dir = -1  Decrement               */
 /*************************************/


 void set_frequency(short dir)
 {
 if(channel == 0){
  if(dir == 1)
    frequency0 += radix;
  if(dir == -1)
    frequency0 -= radix;

  if(frequency0 > F_MAX)
    frequency0 = F_MAX;
  if(frequency0 < F_MIN)
    frequency0 = F_MIN;

//   changed_f = 1;
 }
 if(channel == 1){
  if(dir == 1)
    frequency1 += radix;
  if(dir == -1)
    frequency1 -= radix;

  if(frequency1 > F_MAX)
    frequency1 = F_MAX;
  if(frequency1 < F_MIN)
    frequency1 = F_MIN;

//   changed_f = 1;
 }
 if(channel == 2){
  if(dir == 1)
    frequency2 += radix;
  if(dir == -1)
    frequency2 -= radix;

  if(frequency2 > F_MAX)
    frequency2 = F_MAX;
  if(frequency2 < F_MIN)
    frequency2 = F_MIN;
```

```
//   changed_f = 1;
 }
 }
 /*********************************************/
 /* Membaca button encoder dengan debouncing  */
 /*********************************************/
 boolean get_button()
 {
  if(!digitalRead(ENCODER_BTN))
  {
   delay(20);
   if(!digitalRead(ENCODER_BTN))
   {
    while(!digitalRead(ENCODER_BTN));
    return 1;
   }
  }
  return 0;
 }

 /*************************************/
 /* Display frequensi                 */
 /*************************************/
  void display_frequency()
 {
  uint16_t f, g;

  lcd.setCursor(8, 0);
  f = frequency0 / 1000000;
  if(f<10)
   lcd.print(' ');
  lcd.print(f);
  lcd.print('.');
  f = (frequency0 % 1000000)/1000;
  if(f<100)
   lcd.print('0');
  if(f<10)
   lcd.print('0');
  lcd.print(f);
  lcd.print('.');
  f = frequency0 % 1000;
  if(f<100)
   lcd.print('0');
  if(f<10)
   lcd.print('0');
  lcd.print(f);
  lcd.setCursor(18, 0);
  lcd.print("Hz");

//////////////////////clk1
```

```
  lcd.setCursor(8, 1);
  f = frequency1 / 1000000;
  if(f<10)
    lcd.print(' ');
  lcd.print(f);
  lcd.print('.');
  f = (frequency1 % 1000000)/1000;
  if(f<100)
    lcd.print('0');
  if(f<10)
    lcd.print('0');
  lcd.print(f);
  lcd.print('.');
  f = frequency1 % 1000;
  if(f<100)
    lcd.print('0');
  if(f<10)
    lcd.print('0');
  lcd.print(f);
  lcd.setCursor(18, 1);
  lcd.print("Hz");
//////////////////////////clk2
  lcd.setCursor(8, 2);
  f = frequency2 / 1000000;
  if(f<10)
    lcd.print(' ');
  lcd.print(f);
  lcd.print('.');
  f = (frequency2 % 1000000)/1000;
  if(f<100)
    lcd.print('0');
  if(f<10)
    lcd.print('0');
  lcd.print(f);
  lcd.print('.');
  f = frequency2 % 1000;
  if(f<100)
    lcd.print('0');
  if(f<10)
    lcd.print('0');
  lcd.print(f);
  lcd.setCursor(18, 2);
  lcd.print("Hz");
}

/*************************************/
/* Display langkah perubahan frekuensi */
/*************************************/
void display_radix()
{
  lcd.setCursor(10, 3);
```

```
 switch(radix)
 {
  case 1:
   lcd.print("  1");
   break;
  case 10:
   lcd.print("  10");
   break;
  case 100:
   lcd.print(" 100");
   break;
  case 1000:
   lcd.print("  1k");
   break;
  case 10000:
   lcd.print(" 10k");
   break;
  case 100000:
   lcd.print("100k");
   break;
  case 1000000:
   lcd.print("  1M");
   break;
 }
 lcd.print("Hz");
}


void setup()
{
 lcd.begin(20, 4);                              // Initialize and clear the LCD
 lcd.clear();
 Serial.begin(9600);            //komunikasi
 Wire.begin();
 // Start serial and initialize the Si5351

 si5351.init(SI5351_CRYSTAL_LOAD_8PF,25000000);


 si5351.set_pll(SI5351_PLL_FIXED, SI5351_PLLA);
 si5351.set_freq((frequency0*99.99705), SI5351_PLL_FIXED, SI5351_CLK0);

 si5351.set_freq((frequency1*99.99705), SI5351_PLL_FIXED, SI5351_CLK1);

 si5351.set_freq((frequency2*99.99705), SI5351_PLL_FIXED, SI5351_CLK2);

 si5351.drive_strength(SI5351_CLK0,SI5351_DRIVE_8MA);
 si5351.drive_strength(SI5351_CLK1,SI5351_DRIVE_8MA);
 si5351.drive_strength(SI5351_CLK2,SI5351_DRIVE_8MA);

  pinMode(ENCODER_BTN, INPUT_PULLUP);
```

```
  PCICR |= (1 << PCIE2);        // Enable pin change interrupt for the encoder
  PCMSK2 |= (1 << PCINT18) | (1 << PCINT19);
  sei();
  display_frequency(); // Update the display
  display_radix();
}



void loop()

{
  char key=kpd.getKey();
while(key)                    //ketika keypad ditekan, maka akan masuk ke statement ini
{char karakter = key;
short int screenline=0;
if (karakter=='#'){
    {
     mainMenuPage++;
     if(mainMenuPage > 3)
      mainMenuPage = 1;
    }
//ganti channel
switch (mainMenuPage)
    {
       case 1:
        MenuA();

        break;
       case 2:
        MenuB();

        break;
       case 3:
        MenuC();
        break;
    }
display_frequency();
display_radix();
  break;
    }
if (karakter=='*'){
//reset
if(channel == 0) {
frequency0=0;
display_frequency();
break; }

if(channel == 1) {
frequency1=0;
display_frequency();
```

```
break; }

if(channel == 2) {
frequency2=0;
display_frequency();
break; }

display_frequency();
display_radix();
break;
  }


   if(karakter != '*'&& karakter != '#' &&  channel == 0) //jika tombol 1,2,3,4,5,6,7,8,9,0 ditekan
maka akan muncul angka tersebut di LCD
          {
            frequency0=frequency0*10+(karakter-'0'); // dikurangi '0' itu mengubah ke integer
                si5351.set_freq((frequency0*99.99705), SI5351_PLL_FIXED, SI5351_CLK0);
           display_frequency();

            break;
           }
   if(karakter != '*'&& karakter != '#' &&  channel == 1) //jika tombol 1,2,3,4,5,6,7,8,9,0 ditekan
maka akan muncul angka tersebut di LCD
          {
            frequency1=frequency1*10+(karakter-'0'); // dikurangi '0' itu mengubah ke integer
                si5351.set_freq((frequency1*99.99705), SI5351_PLL_FIXED, SI5351_CLK1);
           display_frequency();

            break;
           }
   if(karakter != '*'&& karakter != '#' &&  channel == 2) //jika tombol 1,2,3,4,5,6,7,8,9,0 ditekan
maka akan muncul angka tersebut di LCD
          {
            frequency2=frequency2*10+(karakter-'0'); // dikurangi '0' itu mengubah ke integer
                si5351.set_freq((frequency2*99.99705), SI5351_PLL_FIXED, SI5351_CLK2);
           display_frequency();

            break;
           }

}
 // Update the display if the frequency has been changed
 {
  display_frequency();
  //display_radix();
  //synt.simple_set_frequency(CLK0, frequency*F_MULT);

   si5351.set_freq((frequency0*99.99705), SI5351_PLL_FIXED, SI5351_CLK0);
   si5351.set_freq((frequency1*99.99705), SI5351_PLL_FIXED, SI5351_CLK1);
```

```
      si5351.set_freq((frequency2*99.99705), SI5351_PLL_FIXED, SI5351_CLK2);

//    changed_f = 0;
   }



   // Button press changes the frequency change step
   if(get_button())
   {
    switch(radix)
    {
     case 1:
      radix = 10;
      break;
     case 10:
      radix = 100;
      break;
     case 100:
      radix = 1000;
      break;
     case 1000:
      radix = 10000;
      break;
     case 10000:
      radix = 100000;
      break;
     case 100000:
      radix = 1000000;
      break;
     case 1000000:
      radix = 1;
      break;
    }
    display_radix();
   }
}
```

3. Tampak Samping Kiri

4. Tampak Belakang

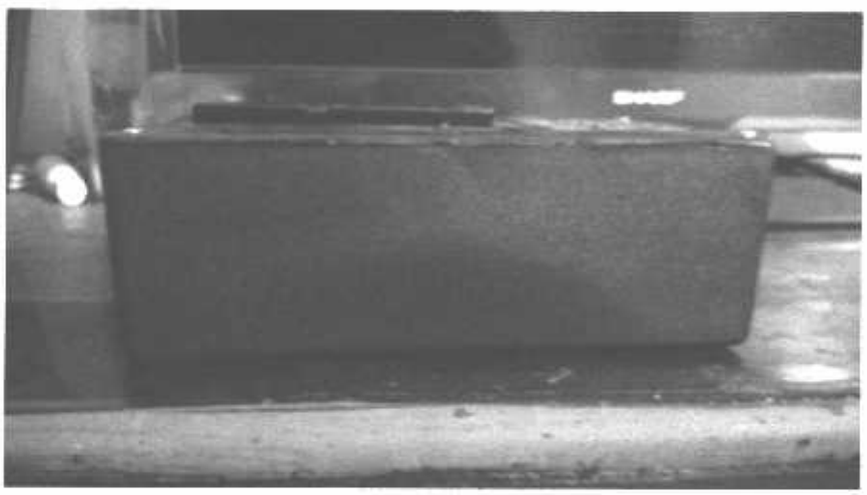


Foto Alat

1. Tampak Depan

2. Tampak atas

5. Tampak samping kanan

SURAT PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : Puguh Adi Prasetyo

NIM : 12.12.209

Program Studi : T.Elektro S-1

Konsentrasi : Teknik Elektronika

Dengan ini menyatakan bahwa Skripsi yang saya buat adalah hasil karya sendiri, tidak merupakan plagiasi dari karya orang lain. Dalam Skripsi ini tidak memuat karya orang lain, kecuali dicantumkan sumbernya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat, dana pabila di kemudian hari ada pelanggaran atas surat pernyataan ini, saya bersedia menerima sangsinya.

Malang, Agustus 2016

Yang membuat Pernyataan,

Puguh Adi Prasetyo

NIM : 1212209