

# PENGISI ULANG BATERAI NICAD CEPAT DENGAN TEKNOLOGI FUZZY LOGIC

## TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

ALI HUSEIN ALASIRY

NRP. 2291.100.101

PERPUSTAKAAN ITS	
Tgl. Terima	18-7-2000
Terima	H.
No. Agenda Prp.	21.068

RSE  
629.89  
Ala  
p-1  
1999



JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
1999



**PENGISI ULANG BATERAI NICAD CEPAT  
DENGAN TEKNOLOGI FUZZY LOGIC**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Elektro**

**Pada**

**Bidang Studi Elektronika**

**Jurusan Teknik Elektro**

**Fakultas Teknologi Industri**

**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

**S u r a b a y a**

**Mengetahui / Menyetujui**

**Dosen Pembimbing I**

**Dosen Pembimbing II**

  
**Ir. HARMANI SUHARDJO**

**NIP. 130 368 611**

**Ir. HENDRA KUSUMA**

**NIP. 131 846 104**

**S U R A B A Y A**

**Februari, 1999**

## ABSTRAK

Telah banyak proses kontrol otomatis yang digunakan di industri, baik secara analog maupun secara digital. Namun sebenarnya tidak semua proses dapat dikontrol oleh kedua cara diatas secara efektif dan maksimal. Kontrol logika fuzzy merupakan salah satu alternatif dengan logika jamak yang mampu mengenali derajat keabu-abuan dari suatu sistem yang non-linier.

Tugas Akhir ini mengaplikasikan kontrol logika fuzzy pada alat pengisi ulang baterai Nicad dengan memanfaatkan mikrokontroler logika fuzzy (*fuzzy logic microcontroller*) tipe NLX220 buatan American Neuralogix.

Prinsip kerja alat ini adalah penentuan arus pengisian yang lebih akurat dan adaptif yang disesuaikan dengan kapasitas, kondisi tegangan dan suhu baterai setiap saat sehingga tidak terjadi proses pengisian yang salah atau membahayakan sel (*overcharge*).

Parameter input berupa kapasitas, tegangan dan suhu baterai diolah terlebih dahulu oleh suatu rangkaian pengkondisi sinyal input, kemudian diinputkan ke NLX220 untuk diproses dengan aturan-aturan fuzzy (*rules*) yang disimpan dalam memory (PIC16C54 buatan Microchip). Aturan yang menang (*the winning rule*) dikeluarkan sebagai tegangan output yang mengontrol suatu sumber arus variabel (MAX724 buatan Maxim), sehingga menghasilkan arus pengisian yang paling sesuai dan akhirnya menghentikan pengisian bila sel Nicad telah penuh yang ditandai terjadinya perubahan tegangan negatif (*negatif delta\_V*).

Pengisi baterai Nicad berteknologi fuzzy ini mampu mempercepat pengisian dari 14 jam menjadi 20 menit dan memperpanjang usia pakai (*life time*) sel Nicad dari 500 kali menjadi 3000 kali dibandingkan dengan pengisi baterai Nicad konvensional.

## **KATA PENGANTAR**

Bismillahirrahmaanirrahim. Alhamdulillah. Puji dan syukur penulis panjatkan kehadlirat Allah SWT atas berkat rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dalam waktu yang telah ditentukan. Tugas akhir yang diambil berjudul :

### **PENGISI ULANG BATERAI NICAD CEPAT DENGAN TEKNOLOGI FUZZY LOGIC**

Tugas akhir ini merupakan salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan di Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya atas terselesaikannya tugas akhir ini kepada :

1. Bapak Ir. Harmani Suhardjo, selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak memberikan bimbingan dan dorongan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Bapak Ir. Soetikno selaku Koordinator Bidang Studi Elektronika, Jurusan Teknik Elektro FTI ITS, yang telah memberikan segala fasilitas serta bimbingannya.
3. Bapak Ir. Teguh Yuwono, selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro FTI ITS.
4. Seluruh Staf Dosen Bidang Studi Elektronika dan Karyawan di Jurusan Teknik Elektro FTI-ITS atas perhatian dan bantuannya yang sangat membantu kelancaran tugas akhir ini.
5. Mama, (Alm) Abah, Ibu Mertua, kakak Nonik, Erna, Ema, Hasan, adik Emi dan Erni, dan seluruh keluarga penulis atas segala pemberian materi dan non materi, do'a dan dorongannya yang terasa sangat berarti dan tak ternilai bagi penulis.

6. Istri tercinta, Endah, dan anakku tersayang, Zulfa, sebagai pelita hidup penulis atas pengertian dan dukungan materi dan non materi serta do'a yang tiada putus-putusnya.
7. Teman-teman warga Bidang Studi Elektronika semuanya tanpa terkecuali yang telah banyak memberikan bantuan, sumbangan pemikiran, saran-saran serta dorongan kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa dalam pembuatan tugas akhir ini masih banyak terdapat kekurangan. Dengan segala kerendahan hati penulis mengharapkan kritik serta saran demi penyempurnaan tugas akhir ini. Akhir kata penulis mengharapkan agar tugas akhir ini banyak berguna bagi perkembangan pengetahuan kita.

Surabaya, Februari 1999

Penulis

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
Judul	i
Lembar Pengesahan	ii
Abstrak	iii
Kata Pengantar	iv
Daftar Isi	vi
Daftar Gambar	x
Daftar Tabel	xii
<b>BAB I       PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1    Latar Belakang dan Permasalahan	1
1.2    Tujuan	4
1.3    Pembatasan Masalah	4
1.4    Metodologi	4
1.5    Sistematika Pembahasan	5
1.6    Relevansi	6
<b>BAB II       TEORI PENUNJANG</b>	<b>7</b>
2.1    Dasar-dasar Baterai Nicad	7
2.2    Metode Pengisian (Charging Method)	9
2.2.1   Normal Charging	9
2.2.2   Quick Charging	10
2.2.3   Fast/Rapid Charging	10

2.3	Regulator Mode switching	13
2.3.1	Dasar Teori Regulator Switching	13
2.3.2	Pedoman Perancangan	14
<b>BAB III</b>	<b>TEORI LOGIKA FUZZY</b>	<b>16</b>
3.1	Pendahuluan	16
3.2	Struktur Dasar Logika Fuzzy	19
3.2.1	Unit Fuzzifikasi	20
3.2.2	Unit Dasar Pengambilan Keputusan Fuzzy (Knowledge Base)	21
3.2.3	Unit Defuzzifikasi	21
3.3	Chip Kontroler Fuzzy NLX220	22
3.3.1	Diskripsi Umum	22
3.3.2	Deskripsi Pin	23
3.3.3	Arsitektur Device	27
3.4	Membership Function (MF)	28
3.5	Variabel Fuzzy	31
3.6	Rule	32
3.7	Evaluasi Rule	32
3.8	Floating Membership Function	33
3.9	Operasional Device	36
3.10	Mode Inactive	39
3.10	Organisasi Memori	39

<b>BAB IV</b>	<b>PERANCANGAN HARDWARE DAN SOFTWARE</b>	<b>42</b>
4.1	Perancangan sistem	42
4.1.1	Permasalahan Control Pengisi baterai	42
4.1.2	Model Input - Output	45
4.1.3	Blok Diagram	46
4.2	Perancangan Hardware	47
4.2.1	Pengkondisi Sinyal Input	47
4.2.1.1	Pengkondisi Sinyal Tegangan	48
4.2.1.2	Pengkondisi Sinyal Suhu	49
4.2.1.3	Pengkondisi Sinyal Display Arus	52
4.2.2	Modul Sumber Arus Variabel	52
4.2.3	Modul Fuzzy Logic Microcontroller NLX 220	53
4.3	Perencanaan Software	55
4.3.1	Input dan Output	55
4.3.2	Membership Function	56
4.3.3	Variabel Fuzzy	59
4.3.4	Rules	60
<b>BAB V</b>	<b>PENGUJIAN DAN PENGUKURAN</b>	<b>63</b>
5.1	Pengujian dan Alingment Alat	63
5.1.1	Modul Pengkondisi Sinyal Tegangan	64
5.1.2	Modul Pengkondisi Sinyal Suhu	64
5.1.3	Modul Switching Regulator	65
5.1.4	Modul Fuzzy Logic NLX220	66



5.1.5	Modul Display	66
5.2	Pengujian Kerja Alat	67
<b>BAB VI</b>	<b>PENUTUP</b>	<b>69</b>
6.1	Kesimpulan	69
6.2	Saran	71
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>		<b>72</b>
<b>LAMPIRAN :</b>		
Lampiran 1 : Pengkondisi Sinyal Input dan Display		
Lampiran 2 : Modul Kontroler Fuzzy NLX220		
Lampiran 3 : Switching Regulator dengan MAX724		
Lampiran 4 : Display Digital		
Lampiran 5 : Data Sheet : PIC16C54		
Lampiran 6 : Data Sheet : MAX724		
Lampiran 7 : Data Sheet : ICL7107		

## DAFTAR GAMBAR

<b>GAMBAR :</b>	<b>Halaman</b>
Gambar 2.1 Struktur Internal Baterai Silinder NiCad	7
Gambar 2.2 Regulator Switching Step-Down Dasar	13
Gambar 2.3 Arus pada L1 Dengan Acuan Terhadap VA	14
Gambar 3.1 Fungsi Keanggotaan Boolean dan Fuzzy	16
Gambar 3.2 Istilah-istilah dalam Fungsi Membership	17
Gambar 3.3 Fungsi S	17
Gambar 3.4 Fungsi $\pi$	18
Gambar 3.5 Fungsi Segitiga	18
Gambar 3.6 Tipikal Sistem Kontrol dengan Fuzzy Logic	19
Gambar 3.7 Struktur Dasar Fuzzy Logic Control	20
Gambar 3.8 Koneksi Pin-out chip NLX220 kemasan PLCC28	24
Gambar 3.9 Blok Diagram Kontroller Fuzzy Logic NLX220	28
Gambar 3.10 Jenis Membership Function	30
Gambar 3.11 Membership Function Kecepatan	30
Gambar 3.12 Overlap Dua Membership Function	31
Gambar 3.13 Fuzzifikasi dari Temperatur input	32
Gambar 3.14 Floating Membership function	33
Gambar 3.15 Mode immediate defuzzifikasi	38
Gambar 3.16 Mode accumulate defuzzifikasi	39
Gambar 3.17 Timing Diagram	41

Gambar 4.1	Grafik Hubungan Kapasitor Pengisian Dengan Temperatur Baterai	43
Gambar 4.2	Grafik Hubungan Kapasitas Pengisian Dengan Tegangan Sel	44
Gambar 4.3	Sistem Pengisi Baterai Cepat	45
Gambar 4.4	Blok Diagram Pengisi Baterai NiCad Dengan Fuzzy Logic	46
Gambar 4.5	Pengkondisi Sinyal Tegangan Baterai	48
Gambar 4.6	Pengkondisi Sinyal Suhu	50
Gambar 4.7	Sensor Suhu Dengan LM50	51
Gambar 4.8	Pengkondisi Display Arus	52
Gambar 4.9	Step-down Switching Regulator dengan MAX724	53
Gambar 4.10	Modul NLX 220	54
Gambar 4.11	Model Input-Output pada NLX 220	55
Gambar 4.12	Membership Function dari Timer	57
Gambar 4.13	Membership Function dari Suhu	57
Gambar 4.14	Membership Function dari Selisih Tegangan ( $\Delta V$ )	58
Gambar 4.15	Membership Function dari Mode Pengisian (Charge)	58
Gambar 4.16	Membership Function untuk Kontrol Arus (Current)	59

## DAFTAR TABEL

<b>TABEL :</b>		<b>Halaman</b>
Tabel 3.1	Absolute Maximum Rating Ta = 25° C	25
Tabel 3.2	Analog Conversion Specifications	26
Tabel 3.3	Specifications and Recommended Operation Condition	26
Tabel 3.4	Alokasi Memori NLX220	39
Tabel 3.5	Command Byte / Alamat genap	40
Tabel 3.6	Select Byte / Alamat Ganjil	40
Tabel 4.1	Hubungan input-output	61
Tabel 5.1	Hasil Pengujian Alat	67

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Peralatan-peralatan elektronik portable yang sekarang ini mulai populer seperti walkman, telephone genggam, kamera video mini, komputer notebook (laptop) dan sebagainya memanfaatkan sumber energi isi ulang sebagai power supply-nya. Salah satu jenis sumber energi listrik isi ulang yang sangat populer adalah baterai NiCad.

Baterai NiCad memiliki beberapa keunggulan dibanding type baterai lain diantaranya dapat diisi ulang (rechargeable), mempunyai arus puncak yang cukup tinggi, biaya murah dan telah tersedia dalam berbagai ukuran dan kemasan. Namun disamping itu terdapat beberapa kekurangan<sup>1</sup> yaitu:

1. Pengisian ulang baterai dalam kondisi baterai tidak benar-benar kosong akan menyebabkan pengurangan kapasitas baterai (efek memori).
2. Pengisian baterai secara berlebihan (terlalu lama) dapat menurunkan kapasitas dan usia pakai dari baterai.
3. Pengisian yang berlebihan melebihi kapasitas baterai akan merusak baterai.

---

<sup>1</sup> Von Altrock, Constantine, FUZZY LOGIC AND NEURO FUZZY APPLICATION EXPLAINED, Prentice-Hall PTR Englewood Cliffs, New Jersey ©1995, p193

Tiga kelemahan diatas sering diabaikan dan tidak dapat diantisipasi oleh pengisi ulang biasa. Umumnya pengisi ulang biasa hanya mengatur besarnya tegangan dan arus pengisian pada posisi konstan tertentu dengan pengaturan lama waktu pengisian yang dilakukan secara manual. Hal ini menyebabkan seringkali terjadi penurunan kinerja baterai bahkan baterai dapat rusak sebelum masa pakai yang diharapkan habis.

Untuk mengurangi hal tersebut dapat dilakukan dengan mengatur level pengisian secara tepat. Ketepatan level pengisian setiap saat dapat meningkatkan kecepatan pengisian dan dapat memperpanjang usia pakai dari baterai secara meyakinkan.

Besarnya level pengisian yang optimal setiap saat tidaklah konstan dan tidak dapat diukur dengan mudah. Banyak parameter-parameter yang secara tidak langsung mempengaruhi besarnya level pengisian. Perkiraan besar level pengisian sangat kompleks dan multi parameter sehingga interpretasi bentuk sinyal pengisian dengan model matematika yang ada tidak dimungkinkan.

Banyak aplikasi telah menggunakan mikroprosesor ataupun mikrokontroler untuk mengatur pemakaian daya agar lebih efektif namun sejauh ini tidak benar-benar efektif bila berhadapan dengan kondisi yang tidak linier. Kelemahan ini dapat diatasi dengan memanfaatkan teknologi fuzzy logic. Suatu mikrokontroler fuzzy dapat menggantikan sistem yang kompleks dan menekan biaya.

Dasar-dasar Logika fuzzy telah disinggung oleh banyak ilmuwan satu dua abad yang lampau sebagai jawaban atas kelemahan logika Boolean namun baru pada sekitar pertengahan 1960-an Profesor Lofti Zadeh menjabarkannya secara terperinci, logika ini ternyata mampu menjawab ketidakmampuan logika Boolean dalam mengenali perubahan parameter yang tidak jelas.

Pemakaian controller logika fuzzy adalah untuk menyederhanakan pengaturan. Biasanya sistem kontrol memakai implementasi persamaan matematis, yang sulit untuk menentukan persisnya, dalam hal pengaturan. Persamaan matematis yang demikian ini seringkali menemui kesulitan untuk diimplementasikan, karena begitu sangat berpengaruhnya ketidaklinearan device maupun ketergantungan didalam lingkungan yang ditempati. Apalagi sistem yang dipakai bertambah kompleks dengan memperhitungkan masalah nonlinearitas sensor, misalnya. Padahal operator tersebut, dengan bekal pengetahuan, pengalaman dan kemampuan belajarnya dapat mengatur proses-proses itu tanpa harus tahu persamaan matematisnya. Mereka lebih memilih operasi secara kualitatif, yaitu bekerja dengan sifat tidak tepat, tidak tentu dan penuh kearguan. Ungkapan semacam ini disebut sebagai *ungkapan linguistik*. Logika pengambilan keputusan ini adalah dasar dari kontroler logika fuzzy yang diturunkan secara heuristik berdasarkan keadaan proses dan pengalaman operator. Sehingga bisa disebut controller logika fuzzy sebagai suatu controller yang merubah sistem kontrol linguistik ke dalam strategi kontrol otomatis.

## **1.2. Tujuan**

Tujuan dari tugas akhir ini adalah mempelajari dan merancang suatu sistem pengisi ulang untuk baterai NiCad yang dikontrol dengan mikrokontroler fuzzy NLX220 yang diharapkan mampu mengikuti ketidaklinieran pola pengisian baterai Nicad sehingga dapat meningkatkan kecepatan pengisian dan usia pakai baterai.

## **1.3. Pembatasan Masalah**

Pada tugas akhir ini permasalahan akan dibatasi pada perancangan dan pembuatan pengisi ulang untuk baterai NiCad yang dikontrol dengan mikrokontroler fuzzy NLX220 dengan mengambil kondisi awal berupa suhu dan tegangan dan output kontrol arus pengisian serta kondisi sistem akan ditampilkan melalui display untuk melihat unjuk kerja peralatan ini .

## **1.4. Metodologi**

Untuk mempermudah penyusunan tugas akhir ini maka diterapkan metodologi pembuatan tugas akhir yang meliputi tahap-tahap sebagai berikut.

Langkah pertama adalah melakukan studi literatur mengenai baterai Nicad, yang meliputi prinsip dasar, parameter-parameter, kelebihan dan kekurangan, proses pengisian dan penanganannya.

Berikutnya adalah mempelajari penggunaan logika fuzzy dalam proses kontrol suatu sistem. Disini mencakup teori dasar logika fuzzy, kontrol open loop



dan close loop, penambahan kontroler fuzzy dalam sistem kontrol konvensional. Secara khusus mempelajari juga *chip* kontroler berbasis fuzzy, NLX220.

Selanjutnya dilakukan perencanaan dan pembuatan perangkat keras berupa sistem pengisi baterai Nicad yang meliputi modul-modul pengkodisi sinyal input dan display, kontroler NLX220, sumber arus variabel dengan switching regulator, display digital dan power supply.

Pembuatan perangkat lunak merupakan langkah berikutnya yang dimulai dengan pemahaman software program dan simulasi INSiGHT II dilanjutkan pembuatan rule-rule untuk fuzzy, simulasi, kompilasi dan akhirnya pemrograman PIC16C54.

Langkah selanjutnya adalah melakukan pengujian dan pengukuran alat. Dimulai dengan pengujian modul per modul, penggabungan menjadi satu sistem dan akhirnya pengujian akhir sistem dengan baterai Nicad.

Setelah selesai maka seluruh langkah diatas disusun dalam suatu laporan tugas akhir.

## **1.5 Sistematika**

Laporan tugas akhir ini terdiri dari 6 bab yang tersusun sebagai berikut :

Bab 1, pendahuluan yang berisi tentang latar belakang, tujuan, pembatasan masalah, metodologi, sistematika dan relevansi.

Bab 2, teori penunjang yang akan membahas tentang baterai nicad, dasar-dasar pengisi ulang baterai nicad konvensional, teknik regulasi switching, metode-metode *quick* dan *fast charging*, dan operasional amplifier.

Bab 3, pembahasan *chip fuzzy logic controller* NLX220 , yaitu mengenai cara kerja , diagram blok, proses pem-fuzzy-an, dan diagram waktu.

Bab 4, perancangan dan pembuatan perangkat keras meliputi perancangan rangkaian dasar pengisi baterai Nicad dan sistem untuk NLX220 berikut sistem sensor dan kontrolnya.

Bab 5 adalah pengujian dan pengukuran terhadap sistem yang dibuat, baik perbagian maupun secara keseluruhan.

Bab 7 adalah penutup yang meliputi kesimpulan tugas akhir, saran-saran, daftar pustaka dan lampiran.

#### **1.6. Relevansi**

Dengan membuat peralatan ini dapat diperoleh tambahan pengetahuan tentang logika Fuzzy, disamping itu peralatan ini diharapkan mampu mengatasi beberapa kekurangan pada peralatan konvensional sehingga bermanfaat secara luas.

## BAB II

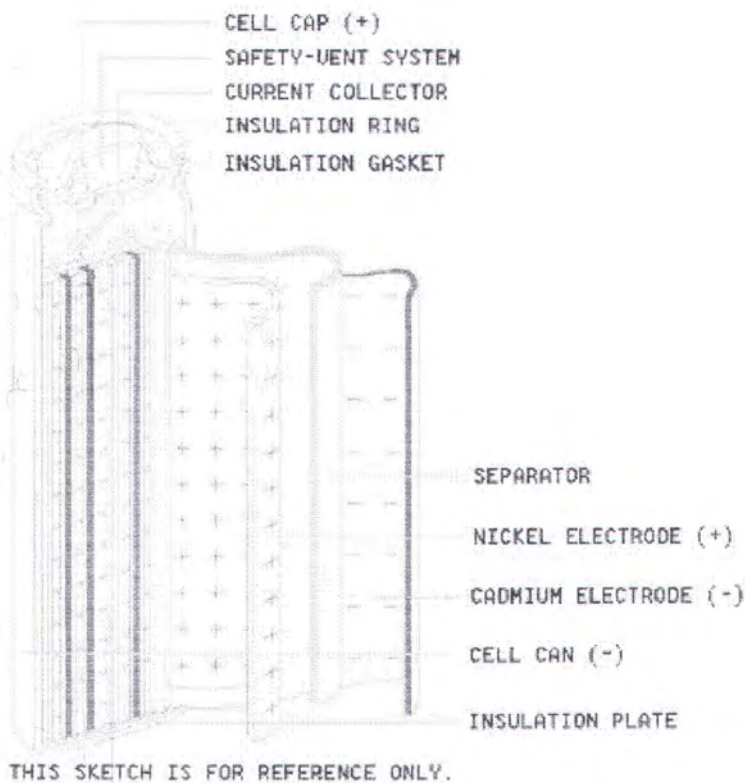
### TEORI PENUNJANG

#### 2.1. Dasar-dasar Baterai Nicad

Prinsip dasar dari sebuah baterai NiCd sel silinder adalah proses charge dan discharge yang dapat berbalik (reversible). Proses kimia untuk charging dan discharging adalah :



Struktur internal sebuah baterai NiCd dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 2.1 Struktur internal baterai NiCd silindris.<sup>2</sup>

<sup>2</sup> Well Link Industrial Limited. 1997. "RECHARGEABLE NICD CYLINDRICAL CELL". p.2

Elektroda positif pada sel baterai NiCad terbuat dari Nickel (Ni) sedangkan elektroda negatifnya dari Cadmium (Cd). Suatu material tidak berpori sintetik tersedia sebagai pemisah yang mengisolasi elektroda positif dari elektroda negatif. Elektroda berbentuk gulungan diselipkan pada kaleng logam plat nikel silindris. Elektrolit terbuat dari larutan encer alkaline melekat dengan elektroda dan separator. Kaleng bekerja sebagai elektroda negatif dan tutup sebagai elektroda positif. Lubang-lubang kecil (pori) memberikan keamanan tambahan dengan mencegah timbulnya tekanan berlebihan dalam keadaan tidak digunakan.<sup>3</sup> Sebuah sel Nicad memiliki potensial tegangan yang tertentu yaitu sekitar 1,2 Volt yang ditentukan oleh komposisi kimiawinya.

Ketika sel telah penuh terisi, katode tersusun oleh Nickelic Hydroxide. Nickel adalah salah satu dari elemen-elemen yang mempunyai tingkat oksidasi bertingkat. Ia dapat kehilangan elektron dalam jumlah yang berbeda-beda setiap atomnya tergantung pada seberapa besar tingkat energi yang dipaksakan padanya. Nickel biasanya ditemukan dengan tingkat oksidasi 0 (logam murni), +2, +3 dan +4. Nickelic Hydroxide sebenarnya adalah NiOOH (nickel memiliki tingkat oksidasi +3) atau Ni(OH) (nickel memiliki tingkat oksidasi +4).

Anode tersusun oleh logam Cadmium murni (tingkat oksidasi 0), sedangkan elektrolit biasanya berupa Potassium Hydroxide (KOH). Bila suatu beban dipasang pada sel, maka akan terjadi oksidasi pada anode. Elektron meninggalkan anode dimana cadmium teroksidasi dan membentuk Cd(OH), plus 2 elektron bebas. Kedua elektron ini bergerak menuju katode dimana terjadi

---

<sup>3</sup> ibid

reduksi Nickelic Hydroxide (tingkat oksidasi +4) menjadi Nickelous Hydroxide (tingkat oksidasi +2). Proses ini akan terus berlangsung hingga kedua material habis terurai. Dalam teori, sel-sel dibuat sedemikian sehingga kedua anode dan katode habis dalam waktu yang bersamaan.

## 2.2. Metode Pengisian (Charging Method)

Ada beberapa metode pengisian (charging). Secara umum dapat dibagi dalam 3 metode utama :<sup>4</sup>

- Standard Charging : yaitu bila arus pengisian adalah 1/10 dari kapasitas arus baterai selama waktu pengisian 14 - 16 jam.
- Quick Charging : yaitu bila arus pengisian adalah 1/3 sampai 1 kali dari kapasitas arus baterai selama waktu pengisian 4 - 6 jam.
- Fast / Rapid Charging : yaitu bila arus pengisian adalah 3 sampai 5 kali kapasitas arus baterai dengan waktu pengisian kurang dari 1 jam.

### 2.2.1. Standard Charging

Pada metode ini arus pengisian dihitung berdasarkan rumus  $C/10$  dimana  $C$  adalah *charging rate capacity* yaitu kapasitas arus maksimum yang tertulis pada baterai. Sebagai contoh untuk baterai dengan  $C = 600$  mAH maka arus pengisian adalah 60 mA. Pengisian akan mencapai 100% dalam waktu 14 – 16 jam.

---

<sup>4</sup> Jerry Smith. 1988. "NI-CDS CHARGING RATES". High Flight Articles. Vol.IX No.3., p. 13

Pada tingkat arus pengisian ini, difusi oksigen cukup banyak untuk mengatasi arus lebih yang terjadi pada saat kondisi penuh tercapai. Cara ini relatif aman terhadap depresi tegangan akibat pengisian berlebih (overcharge).

Tidak seperti pada pengisian *lead acid battery* (aki asam) dimana tegangan pengisian dibuat konstan dengan perubahan arus pengisian sebagai indikator proses, pengisian Nicad membutuhkan arus pengisian konstan dengan perubahan tegangan jepit baterai sebagai indikator proses pengisian

### **2.2.2. Quick Charging**

Metode ini menggunakan arus konstan yang dihitung dengan rumus  $C/3$ . Sebagai contoh untuk baterai dengan  $C = 600$  mAH maka besarnya arus pengisian adalah 200 mA.

Pada metode ini kondisi baterai yang akan diisi harus benar-benar kosong. Hal ini perlu untuk menghindari terjadinya pengisian berlebih (overcharge) karena pada tingkat arus ini, overcharge dapat mengurangi usia harapan pakai baterai dengan cepat. Cara yang umum dipakai yaitu dengan melakukan pengosongan (discharge) sebelum pengisian. Kelemahan metode ini adalah memperpendek usia pakai baterai.

### **2.2.3. Fast / Rapid Charging**

Pada metode ini arus pengisian dihitung dengan rumus  $3C$ . Sebagai contoh untuk baterai dengan  $C = 600$  mAH maka besarnya arus pengisian adalah 1,8 Amp. Kebanyakan baterai yang ada dipasaran dapat menerima fast charge, namun

tidak sembarang pengisi baterai dapat digunakan untuk metode ini. Karena arus pengisian yang sangat besar menyebabkan metode ini sangat riskan terhadap overcharge dan kerusakan sel. Untuk itu pabrik yang memproduksi pengisi baterai tipe ini biasanya memberikan spesifikasi tertentu untuk jenis baterai yang diperbolehkan.

Keberhasilan metode ini sangat ditentukan oleh keakuratan penentuan shut-off point, yaitu titik waktu dimana pengisian harus dihentikan. Permasalahan yang muncul adalah terlalu banyaknya parameter-parameter yang mempengaruhi penentuan shut-off point, antara lain :

- Baterai-baterai dapat berasal dari pabrik yang berbeda-beda dimana baterai menunjukkan parameter yang berbeda-beda pula.
- Posisi sensor temperatur yang berada diluar sehingga selalu berbeda hasilnya untuk baterai yang berbeda.
- Level pengisian pada titik awal pengisian (kondisi awal baterai), tidak diketahui, sehingga sering terjadi baterai tidak benar-benar kosong.
- Usia, keadaan dan asal baterai.
- Jumlah sel internal dalam baterai.
- Temperatur lingkungan dimana pengisian berlangsung.

Untuk pengisian (charging) ini sendiri ada beberapa algorithma yang sering digunakan untuk menentukan shut-off point diantaranya :<sup>5</sup>

- **Negative Delta U** : Algorithma ini adalah yang paling sering digunakan untuk fast charge. Selama pengisian, tegangan sel akan

---

<sup>5</sup> Altrock, op. cit., p. 195

terus meningkat. Bila sel telah penuh maka tegangan sel akan turun secara cepat. Terjadinya penurunan tegangan ini menyebabkan selisih tegangan negatif terhadap tegangan sebelumnya sebesar  $\approx 2 \text{ mV}$ . Bila ini terjadi maka arus pengisian dihentikan (shut-off).

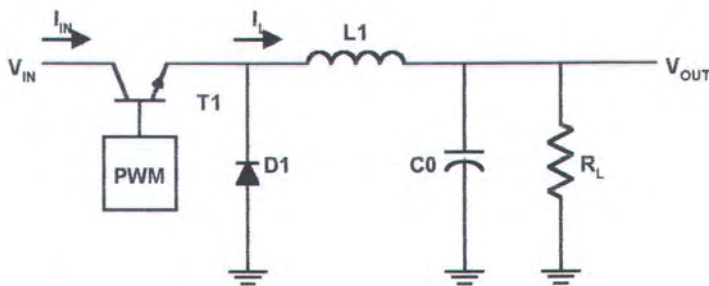
- **Tegangan Ambang** : Pendekatan ini menggunakan suatu tegangan ambang yang tetap untuk menghitung shut-off point. Selama pengisian, tegangan sel terus dimonitor dan bila tegangan ambang tercapai, arus pengisian dihentikan (shut-off). Namun dalam beberapa kasus, tegangan maksimum tidak pernah terjadi. Ini mungkin disebabkan karena baterai tidak digunakan dalam waktu yang lama, sehingga pengosongan sendiri (self discharge) terjadi secara berlebihan. Pada baterai yang panas ( $>40^\circ\text{C}$ ), kurva tegangan maksimum sangat landai bahkan mungkin tidak ada titik maksimum. Pada baterai yang dingin ( $<10^\circ\text{C}$ ), tegangan akan segera mencapai maksimum sebelum baterai selesai diisi.
- **Delta T** : Pada algoritma ini, arus pengisian akan dihentikan (shut-off) pada saat temperatur baterai meningkat melebihi  $15^\circ\text{C}$  diatas temperatur sebelum pengisian. Pendekatan ini mengakibatkan baterai menjadi panas secara percuma. Baterai yang sudah dalam kondisi panas tidak akan dapat diisi sebab peningkatan temperatur lebih lanjut dapat merusak sel.
- **Pembatasan Waktu** : Algoritma ini adalah yang paling sederhana. Caranya dengan menentukan lamanya pengisian dengan menggunakan



shut-off timer. Namun cara ini tidak dapat digunakan apabila kondisi awal sel tidak diketahui.

## 2.3. Regulator Mode Switching

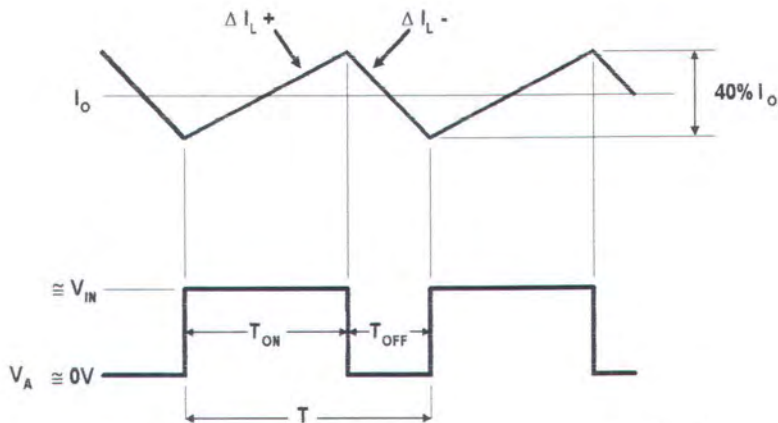
### 2.3.1. Dasar Teori Regulator Switching



*Gambar 2.2 Regulator Switching Step-Down Dasar.*

Rangkaian dasar dari sebuah switching regulator step-down adalah seperti pada gambar 2.2. Q1 digunakan sebagai switch yang waktu ON dan OFF-nya dikontrol oleh suatu pulse-width modulator. Pada saat Q1 ON, daya diteruskan dari  $V_{IN}$  dan disalurkan ke beban melalui  $L1$ . Tegangan  $V_A$  besarnya mendekati  $V_{IN}$  (Q1 saturasi ;  $V_{CE}$  kira-kira = 0.1V ). D1 dalam keadaan reverse-bias, dan  $C_o$  discharge. Pada saat Q1 OFF, induktor  $L1$  akan memaksa  $V_A$  menjadi negatif untuk menjaga arus tetap mengalir didalamnya. D1 sekarang menjadi forward-bias dan arus beban mengalir melalui D1 dan  $L1$ . Tegangan pada  $V_A$  diperhalus oleh  $L1$ , dan kapasitor filter  $C_o$  menghasilkan output DC yang bersih. Arus yang mengalir melalui  $L1$  adalah sama dengan arus beban DC nominal ditambah

beberapa  $\Delta I_L$  yang merupakan kesalahan pada tegangan pengisian. Hasil yang baik berdasarkan percobaan adalah dengan menset  $\Delta I_{LP-P} \approx 40\% \times I_o$ .



Gambar 2.3 Arus pada  $L1$  dengan acuan terhadap  $V_A$ .

Dengan hubungan :  $V_L = L di/dt$  ;  $\Delta I_L \approx V_L T/L1$

### 2.3.2. Pedoman Perancangan Switching Regulator

Dalam perancangan suatu regulator switching perlu diperhatikan urutan langkah perencanaan sebagai berikut<sup>6</sup> :

1. Menentukan tegangan masukan ( $V_{in}$ ), tegangan keluaran ( $V_{out}$ ), frekuensi switching ( $f$ ) dan tegangan kerut keluaran. Pemilihan frekuensi switching sangat bergantung pada kecepatan keseluruhan dari transistor switching dan diode *free-wheeling*. Frekuensi switching tinggi (beberapa kHz), lebih menguntungkan dari segi lebih ringan, ukuran fisik lebih kecil, noise lebih rendah. Namun kerugiannya dari segi harga komponen lebih mahal. Kapasitor keluaran juga menjadi lebih induktif pada frekuensi yang lebih tinggi. Untuk itu

<sup>6</sup> Gottlieb, Irving M. 1984. POWER SUPPLIES SWITCHING REGULATOR INVERTER & CONVERTER. Tab Book Inc.

frekuensi 20kHz merupakan pilihan yang baik karena disini terjadi keseimbangan antara faktor-faktor yang kontradiktif tersebut. Disini efisiensi cukup baik, harga elemen cukup murah dan noise diatas frekuensi suara. Tegangan kerut keluaran merupakan konsekuensi dari adanya arus kerut dalam induktor L.

2. Pilih suatu harga  $n$ , yang merupakan perbandingan antara arus puncak induktor ( $I_L$ ) terhadap arus keluaran (beban) maksimum DC rata-rata ( $I_o$ ). Nilai nominal untuk  $n$  berkisar antara 1,1 s.d 1,4. Arus puncak yang sedang akan mengurangi kebutuhan rancangan akan induktor. Sebagai contoh anggaphlah arus induktor maksimum adalah 1,2 kali arus beban maka  $n = 1,2$ .

3. Hitung besarnya  $t_{off}$ , yaitu : 
$$t_{off} = \left[ \frac{1}{f} \right] \cdot \left[ 1 - \frac{V_{out}}{V_{in}} \right]$$

4. Berdasarkan 1 dan 2 menentukan harga induktor L. Induktor harus cukup besar agar arus puncak yang melewatinya tidak akan lebih besar dari maksimum arus beban keadaan tetap (steady state). Hal ini untuk menjaga transistor switching tetap pada daerah operasi yang aman, dan untuk menahan arus puncak pada diode *free-wheeling*. Persamaan dasar untuk menghitung

induktansi L adalah :

$$L = \frac{V_{out} \cdot t}{I_L}$$

5. Menentukan kapasitor keluaran C. Besarnya kapasitor C ditentukan dengan persamaan :

$$C = \frac{1}{4\pi^2 f_c^2 L}$$

6. Pemilihan nilai C yang lebih besar dan L yang lebih rendah berguna untuk memperbaiki tanggapan transien dan waktu pemulihan.

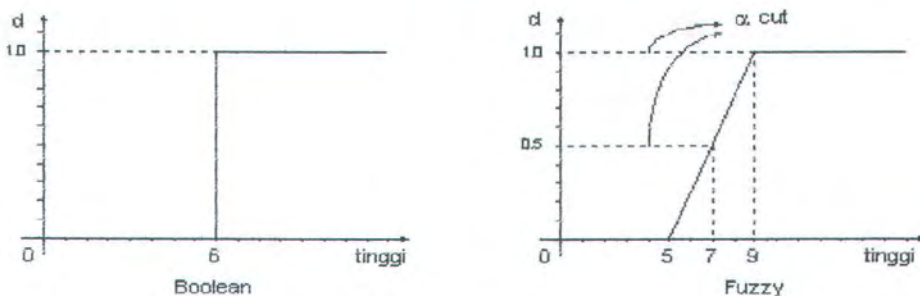
# BAB III

## TEORI LOGIKA FUZZY

### 3.1 Pendahuluan

Pada pertengahan tahun 1965 Prof. Lotfi Zadeh dari universitas California di Berkeley memperkenalkan teori logika fuzzy. Teori ini merupakan generalisasi dari logika multi nilai dan logika konvensional atau logika Boolean dalam kasus-kasus tertentu. Beberapa tahun kemudian teori ini dikembangkan ke arah aplikasi kontrol praktis.

Fungsi utama dari logika fuzzy adalah untuk aplikasi kontrol dengan mendefinisikan term dan rule yang intuitif sebagai pengganti fungsi matematis yang kompleks atau tidak linear. Dengan demikian logika fuzzy merupakan aproksimasi dari penalaran manusia. Perbedaan utama dari logika fuzzy dan logika konvensional adalah logika fuzzy tidak hanya mengevaluasi dua nilai true atau false, tetapi lebih dari itu fuzzy memberikan/mengijinkan derajat keanggotaan dari beberapa set/himpunan serta memungkinkan range yang kontinu.

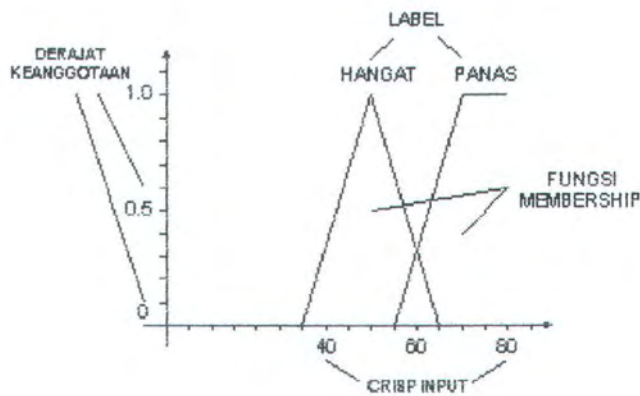


*Gambar 3.1 Fungsi Keanggotaan Boolean dan Fuzzy<sup>7</sup>*

<sup>7</sup> American NeuraLogix. 1992. FUZZY MICROCONTROLLER DEVELOPMENT. P. 5-1

Sebagai contoh klasik, suatu elemen secara pasti hanya mempunyai dua kemungkinan, menjadi anggota atau tidak. Tetapi dalam fuzzy elemen itu dapat mempunyai kemungkinan menjadi anggota dari beberapa set/himpunan dengan nilai keanggotaan (degree of membership) yang terletak antara 0 dan 1, seperti terlihat pada gambar 3.1.

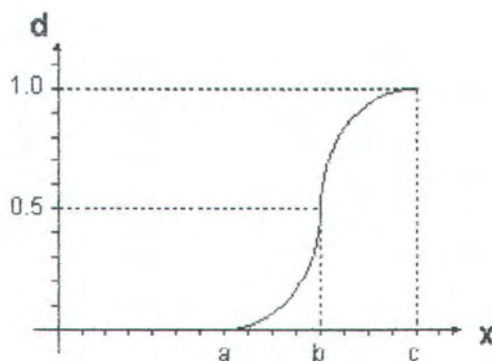
Bagian-bagian dari fungsi membership.



Gambar 3.2 Istilah-istilah dalam Fungsi Membership

Macam-macam bentuk fungsi membership:

Fungsi S :

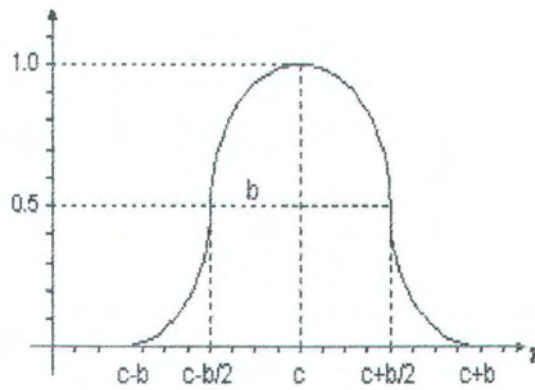


Gambar 3.3 Fungsi S

atau secara matematis:

$$\begin{aligned}
 S(x; a, b, c) &= 0 && \text{untuk } x \leq a \\
 &= 2((x-a)/(c-a)) && \text{untuk } a \leq x \leq b \\
 &= 1-2((x-a)/(c-a)) && \text{untuk } b \leq x \leq c \\
 &= 1 && \text{untuk } x \geq c
 \end{aligned}$$

Fungsi  $\pi$

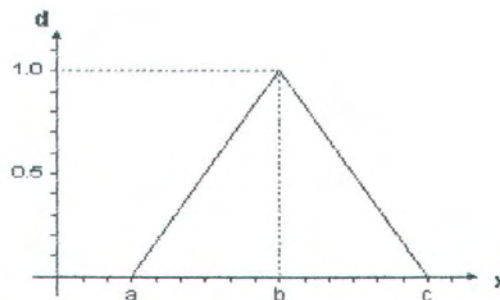


Gambar 3.4 Fungsi  $\pi$

atau secara matematis :

$$\begin{aligned}
 (x; a, b) &= S(x; c-b, c-b/2, c) && \text{untuk } x \leq c \\
 &= 1-S(x; c, c+b/2, c=b) && \text{untuk } x \geq c
 \end{aligned}$$

Fungsi Segitiga



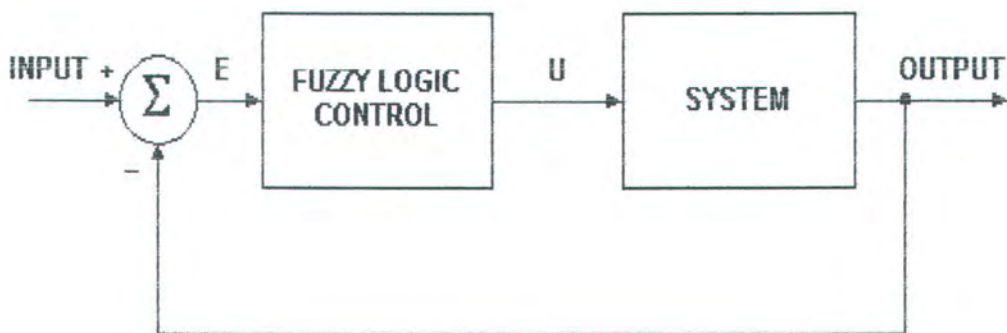
Gambar 3.5 Fungsi Segitiga

atau secara matematis:

$$\begin{aligned}
 T(x; a, b, c) &= 0 && \text{untuk } x \leq a \text{ dan } x \geq c \\
 &= (x-a)/(b-a) && \text{untuk } a \leq x \leq b \\
 &= (c-x)/(c-b) && \text{untuk } b \leq x \leq c
 \end{aligned}$$

### 3.2 Struktur Dasar Logika Fuzzy

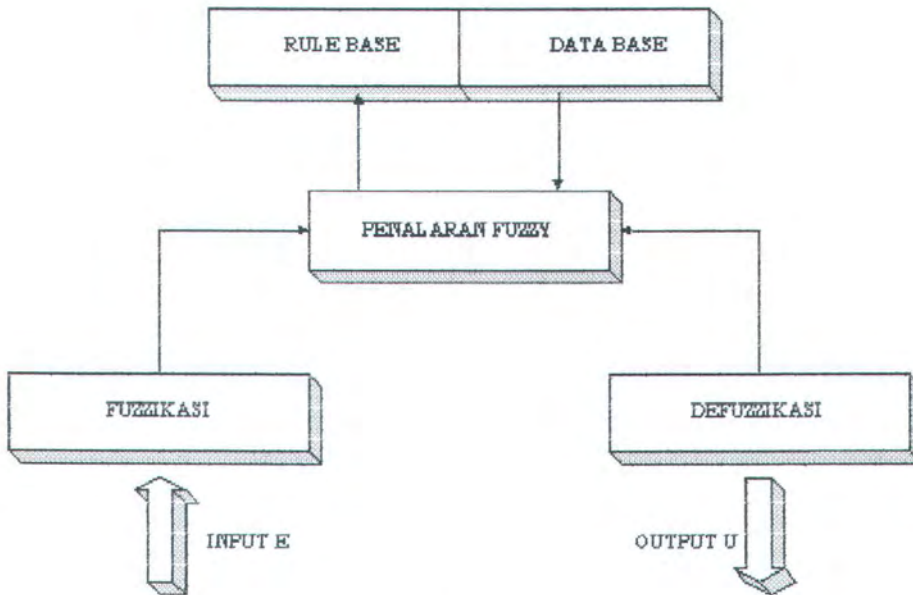
Fuzzy logic controller secara tipikal dapat digolongkan ke dalam sistem kontrol close-loop seperti pada gambar 3.6. Pada gambar 3.7 diperlihatkan elemen utama dari fuzzy logic controller adalah unit fuzzifikasi, unit penalaran fuzzy, data base pengambilan keputusan fuzzy (knowledge base) dan unit defuzzikasi.



Gambar 3.6 Tipikal Sistem Kontrol Dengan Fuzzy Logic<sup>8</sup>

Unit data base (knowledge base) terdiri dari dua bagian utama yaitu data base untuk mendefinisikan fungsi membership dan rule base yang menghubungkan nilai fuzzy input dengan nilai fuzzy output.

<sup>8</sup> Yan, Jun Ryan, Michael, Power dan James. 1992. USING FUZZY LOGIC. Prentice Hall. P. 46



*Gambar 3.7 Struktur Dasar Fuzzy Logic Control<sup>9</sup>*

### 3.2.1 Unit Fuzzifikasi

Fuzzifikasi adalah proses memetakan (mapping) crisp input ke dalam set/himpunan fuzzy. Data crisp yang sudah ter-map diubah menjadi variabel label dari fungsi membership yang sesuai (nilai fuzzy input). Definisi fuzzifikasi:

$$x = \text{fuzzifier}(x_0)$$

dimana :

$x_0$  : crisp input

$x$  : set/himpunan fuzzy

fuzzifier : Fuzzifikasi yang memetakan crisp input ke dalam set fuzzy

<sup>9</sup> Ibid. p.47



### 3.2.2 Unit Dasar Pengambilan Keputusan Fuzzy (Knowledge Base)

Knowledge base terdiri dari data base dan rule base. Data base terdiri dari parameter-parameter fuzzy sebagai set/himpunan fuzzy atau mendefinisikan fungsi membership dari tiap-tiap range variable. Dalam mendefinisikan data base terdapat beberapa pertimbangan yaitu, range (universe of discourse) tiap-tiap variable, jumlah set/himpunan fuzzy dan bentuk fungsi membership yang digunakan.

Rule Base mengandung pendefinisian rule control fuzzy untuk mengatur kerja sistem, sehingga diperoleh sistem kontrol yang diinginkan. Rule base ini memcerminkan penalaran manusia terhadap sistem kontrol tersebut. Pendefinisian rule secara garis besar adalah sebagai berikut:

Rule 1 IF  $x_1$  is  $A_{11}$  AND ... AND  $x_m$  is  $A_{1m}$  THEN  $y$  is  $B_1$

Rule 1 IF  $x_1$  is  $A_{11}$  AND ... AND  $x_m$  is  $A_{1m}$  THEN  $y$  is  $B_1$

Rule 1 IF  $x_1$  is  $A_{11}$  AND ... AND  $x_m$  is  $A_{1m}$  THEN  $y$  is  $B_1$

### 3.2.3 Unit Defuzzifikasi

Defuzzikasi adalah proses memetakan (mapping) nilai output fuzzy ke nilai non fuzzy (crisp) dan dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$y_o = \text{defuzzifier}(y)$$

dimana  $y$  : nilai output fuzzy

$y_o$  : nilai non-fuzzy (crisp)

defuzzifier : proses defuzzikasi yang didefinisikan pemrogram

Pada umumnya metode defuzzikasi yang digunakan adalah :

◆ Metode mean of max (MOM)

Metode ini juga disebut Height Defuzzification adalah metode yang menghasilkan nilai output rata-rata dari nilai-nilai output maksimum fungsi membership.

◆ Metode center of gravity (COG)

Metode ini menghasilkan nilai output yang merupakan gravity dari distribusi nilai output fungsi membership. Metode ini paling banyak digunakan.

### 3.3 Chip Fuzzy NLX220

#### 3.3.1 Diskripsi Umum

NLX220 merupakan device yang membentuk kalkulasi logika fuzzy secara langsung di hardware. Karena memang dibuat khusus sebagai kontroller, sehingga mudah dipakai, unjuk kerjanya bagus, memiliki keistimewaan, dan tangguh dalam lingkungan yang kasar.

Device ini terdiri dari 4 analog input dan output dengan sumber clock internal. NLX 220 akan menyerap daya yang rendah saat operasi normal dan mempunyai mode power-down yang akan mengurangi daya dengan faktor 10.

Fuzzy logic sangat sesuai dengan proses-proses yang mempunyai input data yang acak dan sistem tidak linier untuk laju sistem kontrol yang tangguh.

Metodologinya memakai deskripsi secara linguistik dari sistem, sehingga menjadikannya sangat intuitif dan mudah untuk dipakai. Dapat juga dipakai untuk

menambahkan kecerdasan pada produk-produk industri, misalnya untuk meningkatkan performansi, manambah feature, dan meningkatkan efisiensi.

NLX220P bisa diprogram yang sesuai untuk development dan produksi yang terbatas. Kompatibilitas pin NLX220 memakai teknologi OTP untuk storage dan sesuai untuk produksi yang beragam.

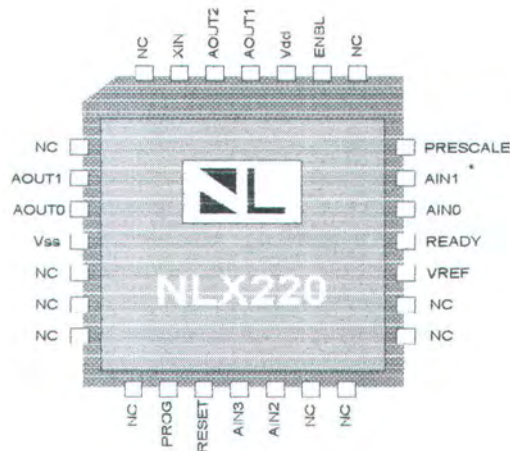
Memori menyimpan MF Fuzzy dan parameter rule. Pengorganisasian memori fleksibel dan dengan efisien mengadaptasi keperluan dari aplikasinya. Device ini menyimpan 111 variabel Fuzzy yang diorganisasikan dalam bentuk keperluan rulanya.

Device menyediakan 6 tipe MF yang berbeda untuk berbagai aplikasi. MF mempunyai slope konstan dan hanya perlu spesifikasi tipe, lebar, dan center. NLX220 juga menyediakan floating MF, dimana lebar dan center bisa 'float' dibuat berubah-ubah dengan dinamis. Floating MF dimanfaatkan untuk mengukur penurunan, membuat timer, atau meng-adjust untuk men-drive sensor.

Ada dua metode Defuzzifikasi, immediate dan accumulate. Immediate akan men-drive output untuk harga yang sudah tertentu dan accumulate untuk menambahkan harga yang telah ada.

### **3.3.2 Deskripsi Pin**

Susunan pin NLX220 pada kemasan PLCC 28 pin adalah sebagai gambar berikut:



Gambar 3.8 Koneksi Pin-out chip NLX220 kemasan PLCC28

### 3.3.2.1 Input

- **RESET**, untuk menginisialisasi device dengan sinyal aktif low. Harus telah habis. Dapat diaktifkan dengan rangkaian delay power-up. Dengan Reset akan mengaktifkan mode loe-power.
- **AIN(0-3)**, input data analog yang dengan internal akan dikonversikan ke 8 bit data digital. Input yang tidak dipaaki harus di-ground-kan.
- **XIN**, clock input, boleh dipakai eksternal input clock atau dengan kristal, di mana ujung satunya di-ground-kan.
- **PROG**, utnuk saat pemrograman NLX220P. Pin ini tidak dipakai pada NLX220. Saat operasi harus di-ground-kan.
- **PRESCALE**, input logika '1' menandakan dalam mode prescale dan '0' dalam operasi normal. Pin ini di-ground-kan saat mode prescale tidak pernah digunakan atau dihubungkan dengan pin READY untuk operasi kontinyu. Mode juga bisa dipanggil selama pengoperasian oleh logika eksternal. Setelah

RESET diaktifkan, PRESCALE input harus dipertahankan pada logika rendah sedikitnya selama 4 clock.

### 3.3.2.2 Output

- **AOUT (0-3)**, Analag output, 8 bit data digital dikonversikan secara internal ke level analog.
- **READY**, setelah reset pin ini menandakan device mulai men-sample dan memproses data. Pin ini seharusnya tidak dihubnungkan atau disambungkan dengan PRESCALE selama pengoperasian.
- **VREF**, memfilter referensi tegangan internal, hubungkan ke ground dengan 0,1uF kapasitor.

Tabel 3.1 Absolute Maximum Rating Ta = 25° C

Parameter	Min	Max	Unit
Vdd	- 0,5	7,0	V
Vss	0	0	V
Digital Input	0	Vdd	V
Analog Input	0	Vdd	V
Power dissipation	-	100	mV
Storage Temperature	- 50	150	C

Tabel 3.2 Analog Conversion Specifications

Parameter	Value	Unit
Resolution	1	Bit
Slew Rate, Tracking	1,6	V/ms max
Zero Code Error	1x	LSB
Full Scale Error	1x	LSB
Signal to Noise Ratio	45	dBmin
Sampling Rate	100KHz	Per Channel

Tabel 3.3 Specifications and Recommended Operation Condition

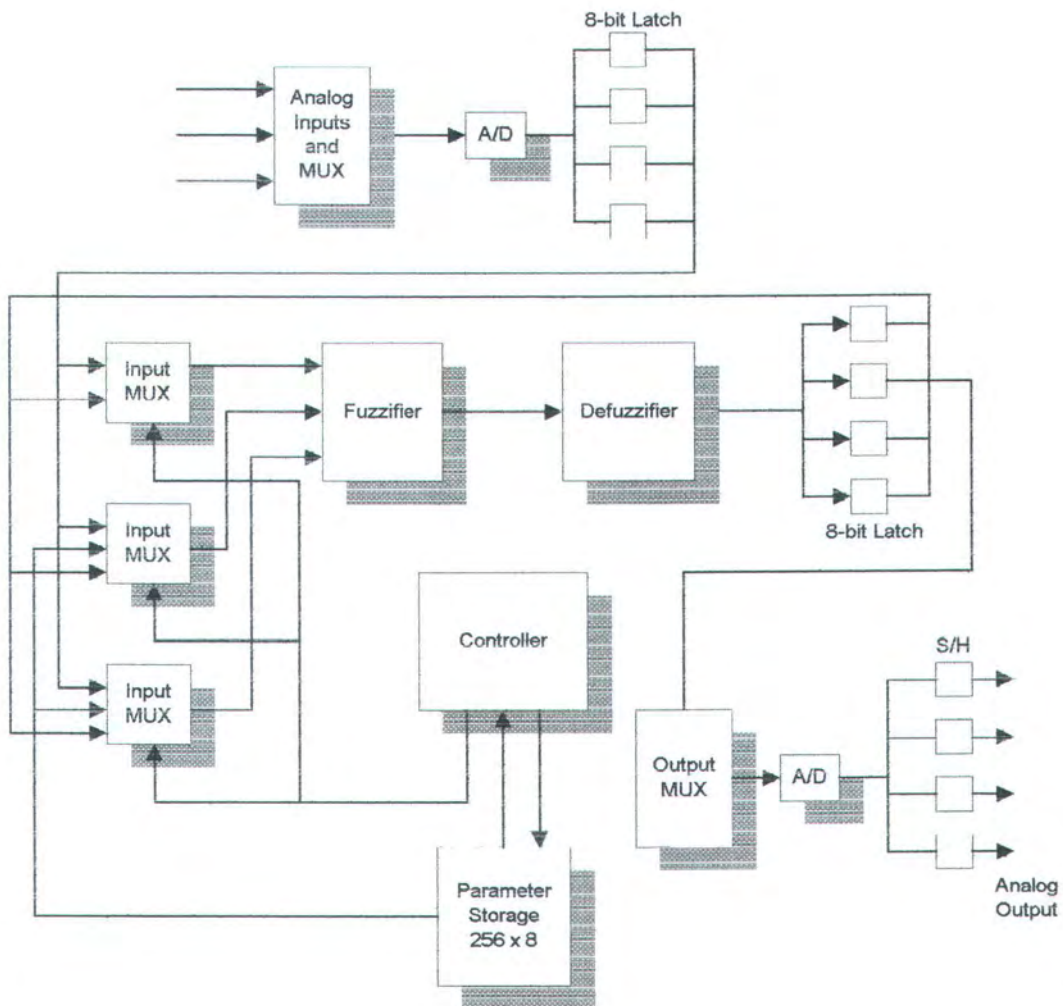
	Parameter	Min	Norm	Max	Unit
Vdd	Supply Voltage	4,75	5,0	5,25	V
Idd	Supply Current				mA
Iol	Digital Output Low Level Current			15	mA
Ioh	Digital output High Level Current			-40	uA
F	Clock Frequency	1		10	MHz
Vil	Digital Input Low Level Voltage	0		0,8	V
Vih	Digital Input High Level Voltage	3,5		Vdd	V
Iil	Digital Input Low Level Current			-40	uA
Iih	Digital Input High Level Current				uA

Zin	Analog Input Impedance	100	150	250	kOhm
Vin	Analog Input Voltage	0		Vdd-0,5	V
Vo	Analog Output Voltage Range	Vss+0,5			V
Io	Analog Output Current	-5		5	mA
Tw	Reset Pulse Width	100			ms
Tsv	Reset Inaktif Before Clock	10			ms
Ta	Operating Ambient Temperature	0		70	C

### 3.3.3 Arsitektur Device

Device ini adalah stand alone kontroller Fuzzy logic yang membentuk semua kalkulasi di dalam hardware dan tidak memerlukan software. Input dapat secara langsung dihubungkan ke sensor atau switch, demikian juga outputnya langsung dihubungkan dengan piranti analog atau digunakan untuk fungsi kontrol.

Komponen utama NLX220 adalah Fuzzifier, Deffuzzifier, dan Kontroller. Fuzzifier mengkonversikan input data ke dalam data Fuzzy, dan dalam hubungannya dengan kontroller, akan mengevaluasi data fuzzy dengan definisi set rule yang dimasukkan yang menggambarkan sistem kontrol yang dimaksud. Setelah rule-rule dievaluasi, Deffuzzifier memberikan nilai aksi ke output yang bersesuaian.



Gambar 3.9 Blok diagram NLX220

### 3.4 Membership Function (MF)

MF dipakai untuk membagi input ke dalam bagian-bagian dimana inputnya biasanya bervariasi. MF dibandingkan dengan data input untuk mengetahui dimana data tersebut akan ditempatkan. Tempat-tempat tersebut tergantung disainernya dalam mengklasifikasikan data, misalnya hangat, cepat, atau tinggi.



Dalam hal ini termometer, pembagiannya suhunya dibuat sehalus mungkin, misal :

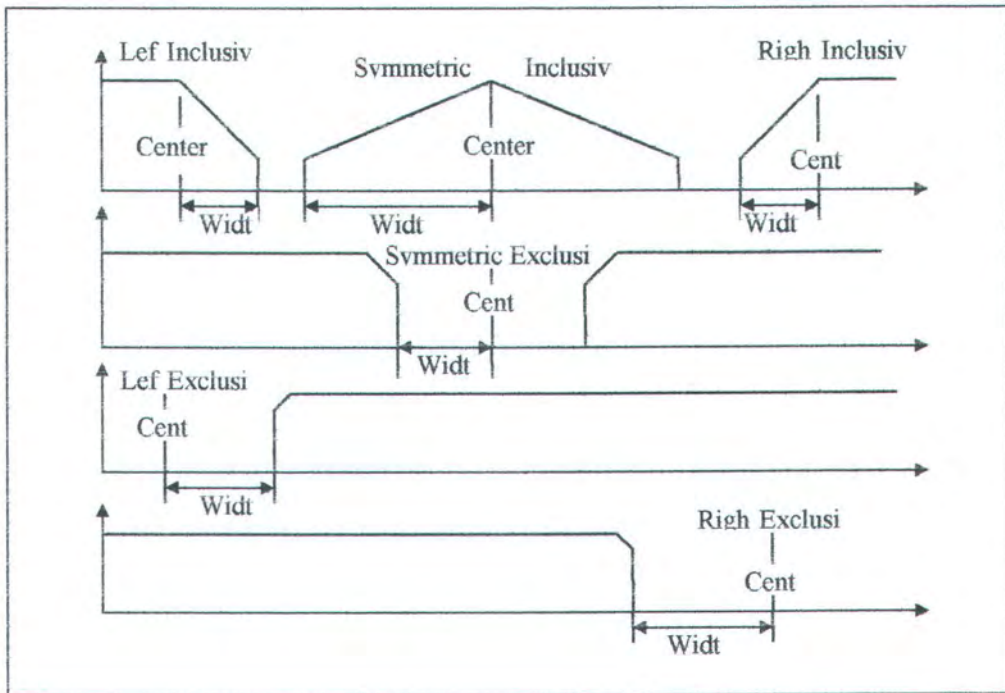
1. Di bawah 60 F = Dingin
2. 60 F - 70 F = Cool
3. 70 F - 75 F = Moderat
4. 75 F - 85 F = Warm
5. Di atas 85 F = Panas

Pembagian ini hanya secara intuitif saja. Di dalam Fuzzy Logic 5 bagian ini disebut MF. Pembagian ini boleh terjadi overlap, dimana datanya berarti member dari kedua MF. Misalnya dingin dengan cold.

NLX220 mensupport 6 macam slope:

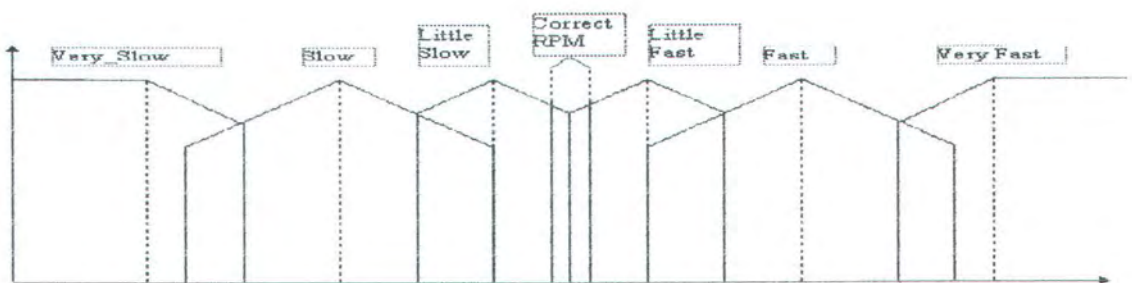
1. Left Inclusive
2. Symmetrical Inclusive
3. Right Inclusive
4. Symmetrical Exclusive
5. Left Exclusive
6. Right Exclusive

Di dalam aplikasinya didefinisikan dengan nama, tipe bentukannya, dan nilai numerik center dan width-nya. Pemilihan MF harus hati-hati agar dapat menyederhanakan banyak model. Misalnya, dalam termometer Dingin adalah left inclusive dan Panas right Inclusive MF.



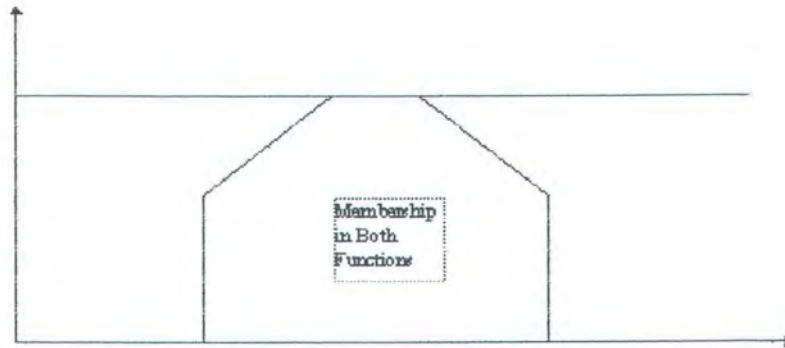
Gambar 3.10 Jenis Membership Function

Ketepatan kontrol pada operating point yang diinginkan dapat diberikan dengan sempitnya Symmetrical Inclusive MF. Aplikasinya kontrol motor, yang perlu sekali kepresisian. Contoh dari gabungan dari tipe dan lebar yang berbeda dipakai untuk memonitor kecepatan motor.



Gambar 3.11 Membership Function Kecepatan

MF dapat di-overlap-kan agar membentuk tipe MF baru seperti trapezoidal, yang merupakan gabungan dari Left Inclusive dan Right Inclusive. Data input yang masuk ke dalam tipe trapezoid adalah member dari kedua MF tersebut.



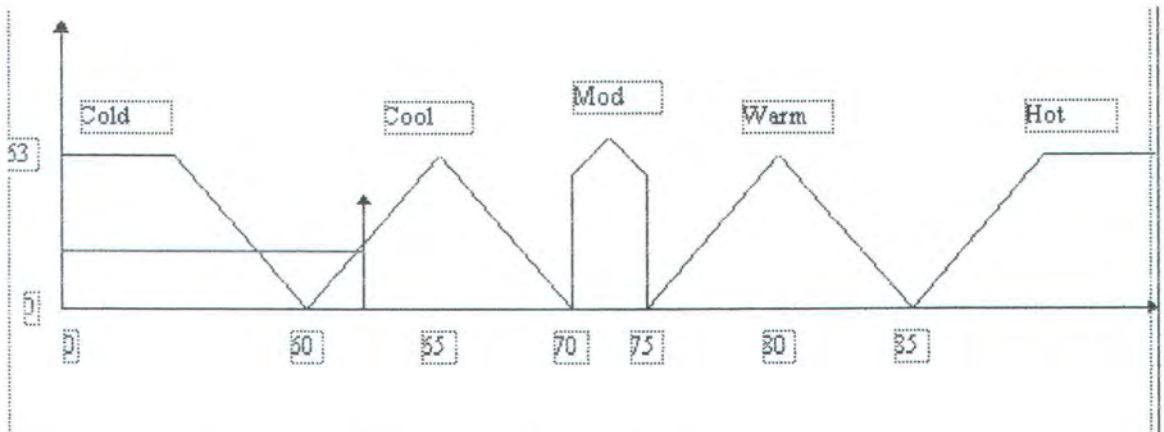
*Gambar 3.12 Overlap Dua Membership Function*

### 3.5 Variabel Fuzzy

Adalah ekspresi linguistic yang menunjukkan input bersesuaian dengan MF di sumbu mendatarnya. Variabel Fuzzy berdasarkan pada Membership Function dan Input variabel, seperti misalnya :

*if Temperatur is Cool*

Di dalam contoh ini 'Temperatur' adalah input dan 'Cool' adalah Membership Function. Hubungannya dikerjakan oleh Fuzzifier, hasilnya adalah data Fuzzy yang menunjukkan derajat mana data input yang sesuai dengan MF. Data Fuzzy adalah numerik dan berkisar antara 0 - 63 di dalam NLX220.



*Gambar 3.13 Fuzzifikasi dari Temperatur input .*

### 3.6 Rule

Rule adalah berisi satu atau lebih variabel Fuzzy dan sebuah nilai aksi ke outputnya. Rule dipakai untuk memberitahu ke kontroller bagaimana menanggapi perubahan input data.

Misalnya :

Output -5 if Velocity is Fast and Acceleration is Positive

Output +5 if Velocity is Little\_Slow and Acceleration is Zero

Di rule pertama, variabelnya adalah 'Velocity is Fast' dan kedua 'Acceleration is Positive'. Aksi '-5' dan '+5' diberikan ke output untuk mengurangi atau mempercepat motor. Jika memakai tanda ' $\pm$ ' berarti memakai mode output accumulate yang menunjukkan bahwa output bisa ditambah atau dikurangi.

### 3.7 Evaluasi Rule

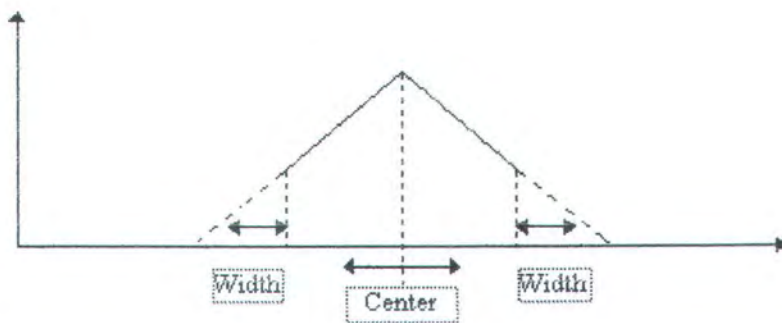
Ada beberapa metode untuk mengevaluasi Rule Fuzzy Logic. NLX220 mengevaluasi dengan teknik dua step MAX-of-MIN.

Step pertama - MIN, semua nilai variabel Fuzzy dibandingkan dan nilai paling rendah mewakili Rule. Step kedua - MAX, nilai rule dibandingkan dan nilai paling tinggi yang menang.

Membership function, variabel Fuzzy, dan Rule dibuat dan dikelompokkan menurut keperluan aplikasi. Sifat-sifat fisik sistem yang mau dikontrol harus dipahami sebelum memasukkan model Fuzzy.

### 3.8 Floating Membership Function

Keistimewaan memakai fungsi Floating MF. Floating yang dimaksudkan adalah nilai center dan width dari MF dapat dibuat berubah-ubah, yang biasanya adalah nilainya tetap dan disimpan di memori. Di dalam floating membership function nilainya dapat berasal dari input atau output



*Gambar 3.14 Floating Membership function.*

Beberapa MF dibuat floating saat entri data. Floating MF berfungsi merubah nilai center dan width sebagai data dari perubahan pilihan input atau output.

Misalnya :

IN1 is small (0, 25, Symmetrical Inclusive)

IN2 is small (0, 25, Symmetrical Inclusive)

Dimana :     0       = center

          25       = width

Dua variabel Fuzzy tadi dapat digabungkan menjadi:

Output +1 if IN 1 is small and IN2 is small

dimana varabel fuzzy 'IN1 is small' membandingkan input IN1 dengan membership function konvensional 'small'. Floating MF membuatnya akan menjadi lebih ringkas dengan variabel Fuzzy dan rule berikut :

IN1 is small\_difference (IN2, 25, symmetrical Exclusive)

Output +1 if IN1 is small\_difference

Di dalam variabel Fuzzy, center dari MF small\_difference di definisikan oleh nilai IN2 yang disimpan di latch input.

Saat proses Fuzzifikasi, sebuah input dikurangkan dari center dan nilai absolutnya di-inversikan untuk mengukur bagaimana sedekat mungkin hal itu dapat match dengan nilai centernya. Ketika fuzzifikasi floating MF akan mengurangi satu input dengan yang lain.

Floating MF seperti contoh di atas digunakan untuk mengkalibrasi input sensor over time, dengan cara langsung membandingkan dua input. Nilai stabil sensor dibandingkan dengan set tegangan. Rule kalibrasi mengecek derajat dari ketidaktepatan dan menyimpannya ke dalam output latch. Jika input dalam kalibrasi, center akan match dan nilai koreksi adalah nol. Koreksi ketidaktepatan

yang besar akan menyimpan nilai yang besar juga. Koreksi digunakan untuk meng-adjust floating center dari MF di dalam rule yang memproses data sensor.

Floating MF dapat digabungkan dengan aksi floating output untuk memperoleh derivatif dari nilai input. Rule dapat mereferensikan sebuah input sebagai aksi floating sehingga melewatkannya secara langsung ke output latch.

Selama input sampel berikutnya, nilai output latch memilih MF nilai center, yang berakibat berkurangnya nilai input yang sebelumnya. Beda nilai, dibagi oleh sampling interval, adalah nilai derivatif yang dapat dijadikan acuan di dalam rule.

Sebagai contoh pemakaian input atau aksi di dalam mengukur percepatan motor. Rule yang memberikan nilai input ke dalam output latch adalah :

$VALUE\_TO = IN1$  if  $IN1$  is  $MUST\_WIN(0, 0, Right\ Inclusive)$

Rule memberikan  $IN1$  sebagai nilai aksi .  $MUST\_WIN$  adalah tipe  $Right\ Inclusive$  mulai nol sehingga apapun nilai  $IN1$ , rule harus menang dan nilai  $IN1$  diberikan ke output latch.

Rule kedua menghitung derivatif dan meng-adjust output drive ke motor :

$ACCEL \pm$  if  $IN1$  is  $VALUE\_T1 (VALUE\_T0, 25, Symmetrical\ Inclusive)$

Maksudnya rule menentukan apakah nilai input pada  $T1$  masih di dalam range 25 dari nilai awal saat  $T0$ . Di dalam aplikasi aktual, perlu MF lain untuk menentukan polaritas derivatif dan rule yang lain untuk menjankau varasi yang lebar.

Contoh di atas floating membership function digunakan dengan jelas. Di dalam aplikasinya, floating MF dipakai ekstensif untuk menyimpan memory

karena lebih sedikit memakai varabel dan rule untuk mendeteksi perbedaan input daripada fungsi-fungsi konvensional yang biasa.

### 3.9 Operasional Device

Pemrosesan data meliputi beberapa step. Pertama, data sampel analog dikoversikan ke digital dan dilatch. Berikutnya Fuzzifier membandingkan isi dari input latch dengan variabel fuzzy untuk menemukan nilai varabel. Fuzifiier juga membentuk penghitungan MAX-of-MIN untuk mencari pemenang rule. Terakhir, Defuzzifier menentukan pemenang aksi rule dan menahannya untuk konversi ke analog output atau untuk internal feedback.

- **Fuzzifier**

Adalah membandingkan data input latch dengan MF untuk menghitung nilai fuzzy variabel. Ketika penghitungan MIN rule dilakukan, nilainya mewakili rule yang disimpan. Ketika penghitungan MAX dilakukan pada seluruh varabel yang mereferensikan nilai output, nilai rule pemenang akan diberikann ke Defuzzifier.

- **Peng-update-an Output Latch**

Rule dievaluasi dalam urutan saat masuknya. Banyak rule dapat mereferensikan output dan output dapat direferensikan berulang-ulang di dalam sebuah set rule. Ketika sebuah rule atau grup rule memberikan output yang dievaluasi dan rule selanjutnya memasukkan referensi ke output lain, compiler



akan menyertakan kode untuk Last Rule dengan output latch untuk di-update dengan nilai pemenang yang baru. Latch data juga bisa dengan cepat dipakai sebagai feedback.

Jika setelah pemrosesan rule yang berefek ke output lain, processor menemukan rule atau grup rule lain yang menunjuk output sebelumnya, output latch akan di-update lagi. Peng-update-an output mungkin bisa sesering mungkin selama proses sebagaimana disana ada bagian grup terpisah yang mereferensikannya.

Sebagaimana sebelumnya, sampling input adalah kontinyu. Output Analog juga sering di-update terus menerus. Selama proses varabel Fuzzy mungkin memakai data sample yang lalu atau dari data yang sedang dipakai proses tergantung dimana sampling input cycle berada relatif terhadap processing cycle. Jika lebih dari satu grup rule yang mereferensi ke input dan output yang sama, maka nilai output akan berubah lebih dari satu kali selama sebuah proses cycle berdasar pada perbedaan input data.

- **Defuzzifier**

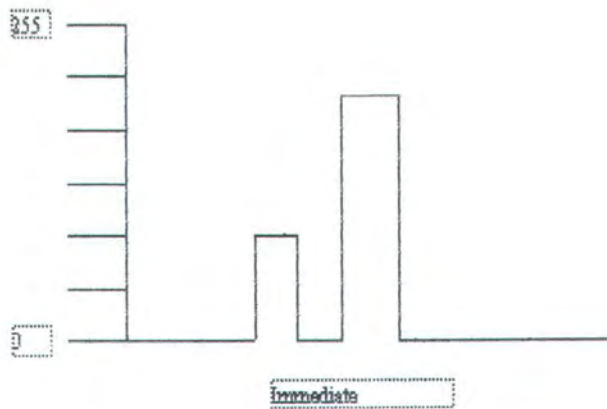
Nilai aksi rule yang menang dan mode data diberikan ke defuzzifier. Data digital dari defuzzifier di-latch dan dikonversikan ke analog untuk mendrive output atau diumpanbalikkan kembali secara internal.

Jika semua rule dalam sebuah grup mereferensikan sebuah hasil evaluasi output nol, maka grup tidak akan merubah nilainya. Jika lebih dari satu rule

mengevaluasi dengan hasil nilai paling tinggi dan tidak nol, maka rule pertama yang masuk akan menang dan aksinya menentukan output.

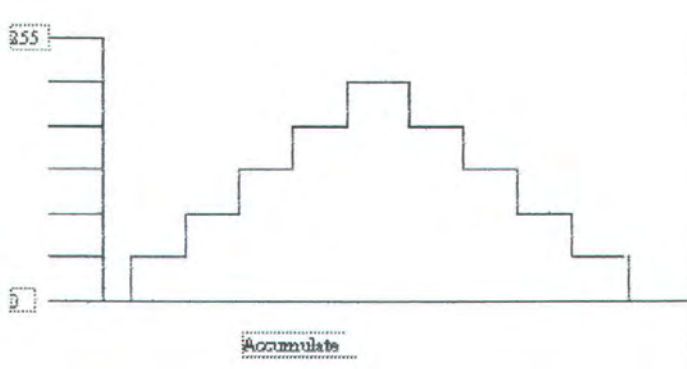
- **Metode Defuzzifikasi**

Hasil defuzzifikasi berpengaruh langsung ke output. Device ini mendukung dua metode defuzzifikasi, yaitu Accumulate dan Immediate. Mode immediate fungsinya sama dengan tabel, di mana nilai aksi yang menandakan ke rule pemenang selama pemasukan, diaplikasikan ke output. Immediate dipakai saat nilai output harus absolute.



*Gambar 3.15 Mode immediate defuzzifikasi*

Mode accumulate adalah untuk menaikkan atau menurunkan nilai output yang ada dengan nilai pemenang rule. Output merupakan fungsi dari aksi sekarang dengan aksi sebelumnya. Digunakan pada perubahan output yang halus saat sistem dalam kontrol yang mendekati titik operasinya. Sangat berguna juga pada pembuatan timing.



*Gambar 3.16 Mode accumulate defuzzifikasi*

### 3.10 Mode Inaktif

Konsumsi power dapat diperkecil dari mode operasi ke mode standby yaitu dengan mempertahankan pin clock high. Menghentikan clock berarti menunda pemrosesan dan membiarkan output pada setting terakhir. Nilai output analog akan menjadi nol, pemrosesan berlanjut lagi ketika clock memulai perhitungan lagi.

### 3.11 Organisasi Memori

Organisasi memori dalam NLX220 dibagi dalam tiga bagian, yaitu Rule/Fuzzy Variable storage, Center Storage dan Width storage seperti ditunjukkan pada tabel dibawah

Tabel 3.4 Alokasi Memori NLX220

Alamat (Desimal)	(Alamat Hexadesimal)	Fungsi
0	00	Rule
223	DF	Rule
224	E0	Center

239	EF	Center
240	F0	Width
225	FF	Width

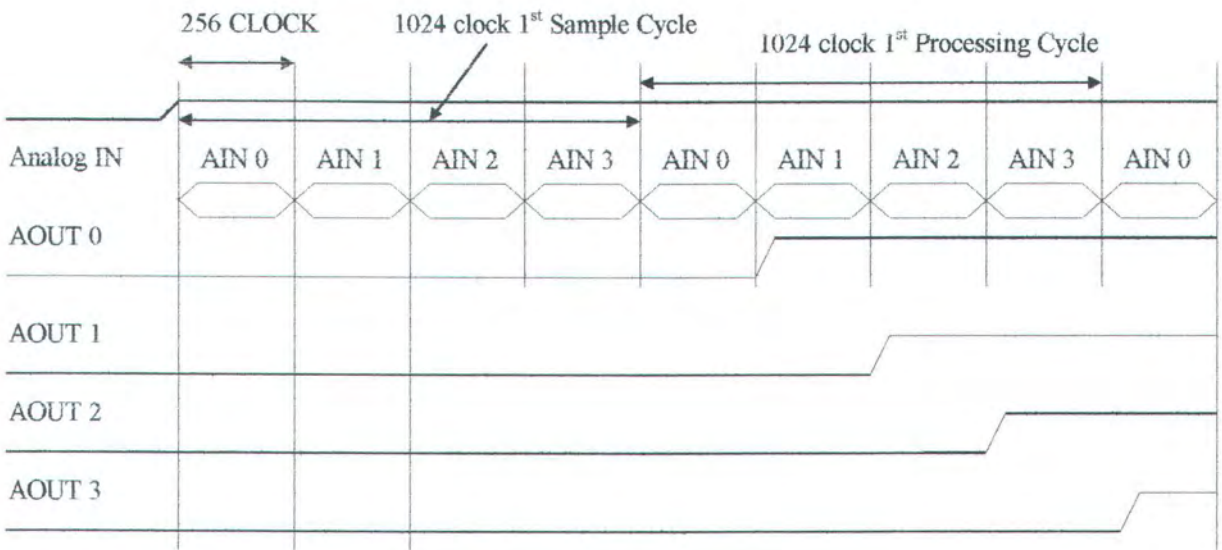
Tabel 3.5 Command Byte / Alamat genap

7	6	5	4	3	2	1	0	7	6	5	4	3	2	1	0	
WF	CF	I/O cont	I/O select		Type 2-7			center select		width select						
AF	Mode				Type 1			I/O cont	I/O select center		I/O cont	I/O select width				
AF	Mode		output select		Type 0			ACTION								
												I/O cont	I/O select action			

Tabel 3.6 Select Byte / Alamat Ganjil

Type	<u>2 1 0</u> 0 0 0 Last Term of last Rule of given output 0 0 1 Last Term of Current Rule 0 1 0 MF, Symmetrical, Inclusive 0 1 1 MF, Symmetrical, Exclusive 1 0 0 MF, Left, Inclusive 1 0 1 MF, Left, Exclusive 1 1 0 MF, Right, Inclusive 1 1 1 MF, Right, Exclusive	Width Select (0 - 3) Used as address index (E0-EF) for fixed 6-bit value Width when type= 2-7 and WF= 0.
I/O Select	<u>4 3</u> 00 I/O port 0 as Input 01 I/O port 1 as Input 10 I/O port 2 as Input 11 I/O port 3 as Input	Center Select (4 - 7) Used as Address index (F0-FF) for fixed 8-bit CENTER value when type = 2-7 and CF = 0
I/O Control	<u>5</u> 0 Select from Inputs 1 Select from outputs	I/O Select Width <u>1 0</u> 00 I/O port 0 as Width (Type=2-7 and WF=1) 01 I/O port 1 as Width (Type=2-7 and WF=1) 10 I/O port 2 as Width (Type=2-7 and WF=1) 11 I/O port 3 as Width (Type=2-7 and WF=1)
Mode	<u>6</u> 0 Immediate, Output equals Action 1 Accumulate, Output equals current output plus two's complement Action ( -128 to +127)	I/O Control <u>2</u> 0 Select from Inputs (Type = 2-7 and WF=1) 1 Select from outputs (Type = 2-7 and WF=1)
AF	<u>7</u> 0 Select Action from select Byte ( FIXED ) 1 Select Action from I/O via select Byte (FLOAT)	I/O Select Center <u>5 4</u> 00 I/O port 0 as Input (type=2-7 and WF=1) 01 I/O port 1 as Input (Type=2-7 and WF=1) 10 I/O port 2 as Input (Type=2-7 and WF=1) 11 I/O port 3 as Input (Type=2-7 and WF=1)
Output Select	<u>4 3</u>	I/O Control <u>6</u> 0 Select from Inputs (Type = 2-7 and WF=1) 1 Select from outputs (Type = 2-7 and WF=1)
		ACTION (0 - 7) 8-Bit Action value to be applied to an output due to winning of Last Term of Last Rule (Type = 1) or Last Term of Last Rule of given output (Type = 0), and AF = 0 (Fixed)

	00 ACTION from current RULE set to Output 0		
	01 ACTION from current RULE set to Output 1		
	10 ACTION from current RULE set to Output 2		
	11 ACTION from current RULE set to Output 3		
<hr/>			
CF	<u>6</u>	I/O Select Action	<u>10</u>
	0 Select Center from memory via Select byte (FIXED)		00 I/O port 0 as Action (type=0-1 and AF=1)
	1 Select Center from I/O via Select byte (FLOAT)		01 I/O port 1 as Action (type=0-1 and AF=1)
			10 I/O port 2 as Action (type=0-1 and AF=1)
			11 I/O port 3 as Action (type=0-1 and AF=1)
<hr/>			
WF	<u>7</u>	I/O Control	<u>2</u>
	0 Select Width from memory via Select byte (FIXED)		0 Select from Inputs (Type = 0 - 1 and WF=1)
	1 Select Width from I/O via Select byte (FLOAT)		1 Select from outputs (Type = 0 - 1 and WF=1)



Gambar 3.17. Timing Diagram

## **BAB IV**

### **PERANCANGAN HARDWARE DAN SOFTWARE**

Sistematika dalam perancangan alat ini adalah :

1. Merancang diagram blok sistem secara keseluruhan dan cara kerja umum.
2. Merancang rangkaian elektronika untuk setiap blok sesuai dengan kebutuhannya.
3. Merencanakan software yang akan digunakan sebagai pengontrol.

#### **4.1. Perancangan Sistem**

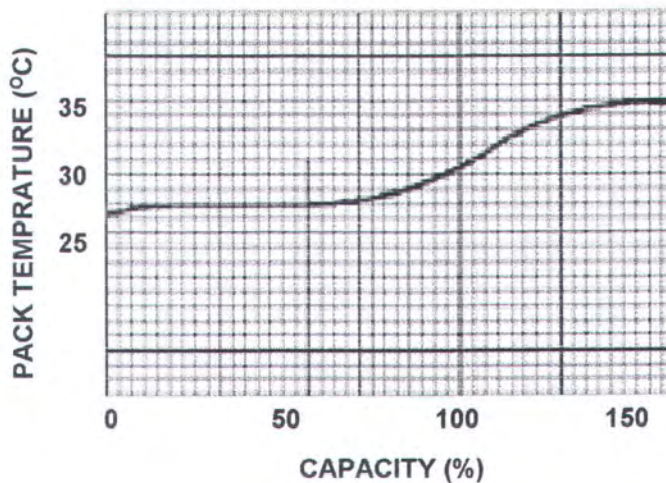
Secara umum, desain suatu kontroler logika fuzzy dimulai dengan memahami masalah kontrol dan menentukan model input-output dari proses yang akan dikontrol. Berikut langkah-langkah perancangan sistem kotroler logika fuzzy untuk pengisi baterai nicad cepat.

##### **4.1.1. Permasalahan Kontrol Pengisi Baterai**

Permasalahan utama dalam pengisian ulang baterai Nicad adalah bagaimana mensuplai arus pengisian dalam jumlah yang tepat. Hal ini tidak mudah karena jumlah arus yang tepat ini sangat relatif dipengaruhi oleh temperatur baterai dan level (tegangan) pengisian.

Selama proses pengisian, temperatur baterai meningkat secara tidak linier demikian halnya tegangan baterai. Temperatur sebelum pengisian sangat

dipengaruhi oleh suhu lingkungan. Dengan demikian kondisi kosong (capacity=0%) tidak ditunjukkan oleh temperatur tertentu. Grafik hubungan kapasitas baterai Nicad dengan kenaikan suhu selama proses pengisian berikut ini diperoleh pada temperatur lingkungan 27°C.



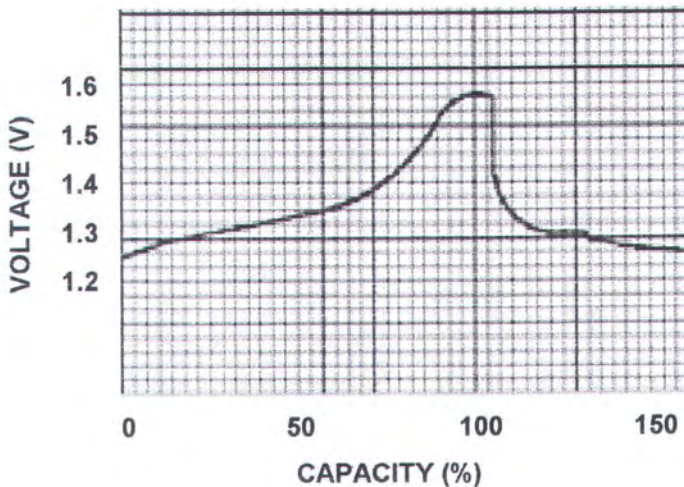
*Gambar 4.1 Grafik hubungan kapasitas pengisian dengan temperatur baterai<sup>10</sup>*

Perubahan temperatur baterai ini sangat penting untuk diperhatikan, dan digunakan sebagai syarat boleh tidaknya pengisian dilakukan dengan proses cepat. Ini dikarenakan sel Nicad sangat rentan terhadap suhu tinggi. Untuk sel nicad biasa yang tidak dilengkapi pengaman terhadap suhu tinggi, range temperatur operasi yang diijinkan adalah kira-kira  $-20^{\circ}\text{C}$  s.d.  $50^{\circ}\text{C}$ . Pengisian pada temperatur yang semakin rendah mendekati temperatur batas bawah ( $-20^{\circ}\text{C}$ ) atau semakin tinggi mendekati temperatur batas atas ( $+50^{\circ}\text{C}$ ) akan semakin mengurangi usia

<sup>10</sup> Stylianos S. Sbyrakis. 1997. "BUILDING EMBEDDED AUTOMOTIVE APPLICATION with FUZZY LOGIC : A NICD BATTERY CHARGER. (June) 10

pakai baterai. Usia pakai maksimum akan didapatkan bila proses pengisian dilakukan pada suhu 20°C s.d. 30°C.

Tegangan sel selama proses pengisian juga tidak tetap dan cenderung tidak linier. Tegangan akan naik secara perlahan pada awal proses, dan semakin cepat naik menjelang akhir proses. Bila sel telah penuh dan kapasitas baterai mencapai sedikit diatas 100% maka tegangan pengisian akan drop secara cepat, seperti ditunjukkan pada grafik. Perubahan tegangan negatif (turun) inilah yang selanjutnya dipakai sebagai pedoman bahwa sel telah penuh. Perubahan negatif tersebut harus dapat segera terdeteksi pada perubahan antara 10mV s.d. 20mV, karena pengisian lebih (overcharge) menyebabkan terjadinya efek memori yaitu berkurangnya kapasitas dari baterai.



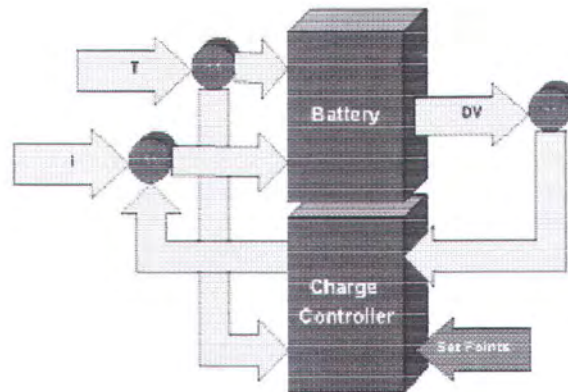
*Gambar 4.2 Grafik hubungan kapasitas pengisian dengan tegangan sel<sup>11</sup>*

<sup>11</sup> ibid



#### 4.1.2. Model Input-Output

Baterai Nicad dapat dimodelkan sebagai suatu kotak hitam (black box) yang memiliki 2 input (temperatur dan arus pengisian) dan satu output (level pengisian) seperti pada gambar.



Gambar.4.3 Sistem pengisi baterai cepat<sup>12</sup>

Model loop tertutup dari sistem pengisi baterai Nicad adalah seperti gambar. *Charge controller* yang berfungsi mengatur besarnya arus pengisian yang dialirkan ke baterai, memiliki input-input temperatur dan level tegangan pengisian dari baterai. Sebagai contoh metode Ultra Fast Charging pada Nicad, level tegangan pengisian baterai diekspresikan sebagai  $\Delta V$ .

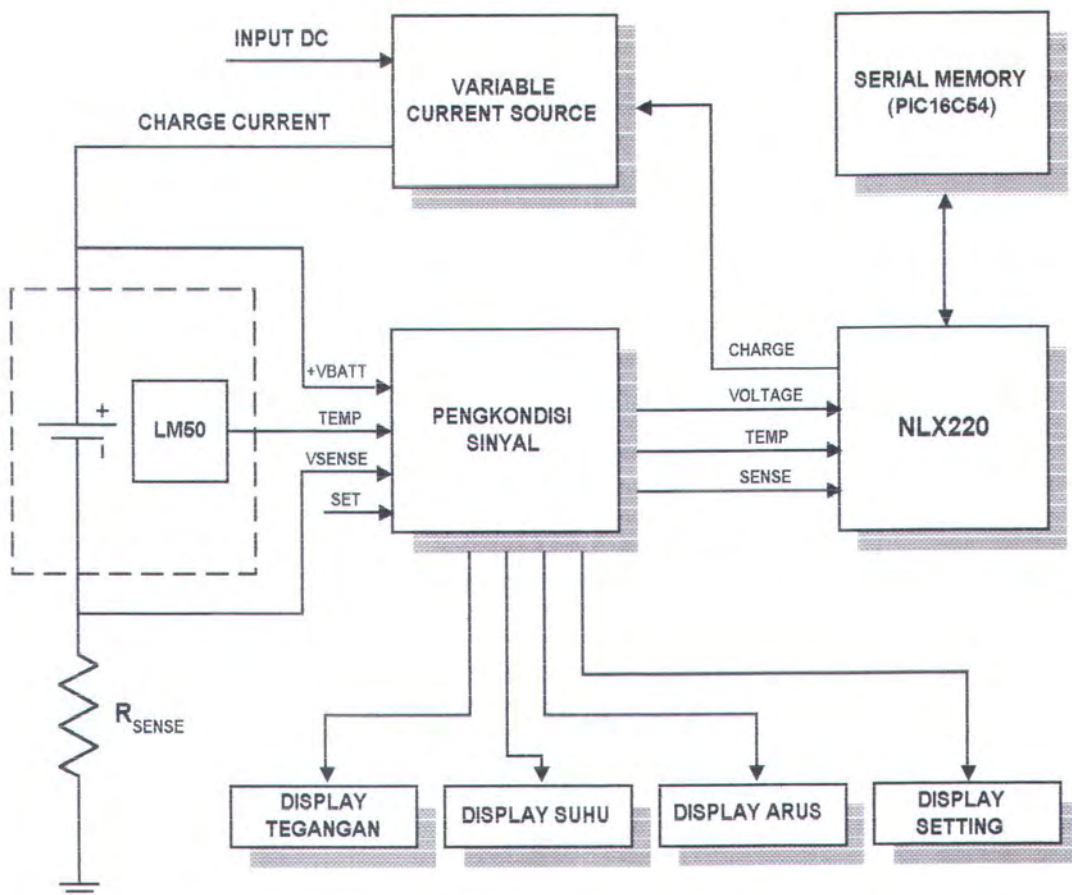
Set point yang digunakan untuk menspesifikasi nilai awal kontrol, tidak perlu dimasukkan sebagai input, tetapi akan digunakan sebagai target dari kontroler dalam penetapan aturan kontrol logika fuzzy.

<sup>12</sup> ibid

### 4.1.3. Blok Diagram

Blok diagram alat ini terdiri dari beberapa bagian penting antara lain :

- Variabel Level Current Source, berisi PWM dan switching regulator.
- NLX220P, sebagai prosesor/pengontrol fuzzy.
- Serial EPROM, sebagai memori non-volatile penyimpan data-data.
- Sensor temperatur LM50 dan sensor arus  $R_{SENSE}$ .
- Display, sebagai monitor kerja sistem



Gambar 4.4 Blok diagram pengisi baterai Nicad dengan fuzzy logic

## 4.2. Perancangan Hardware

Untuk mempermudah proses perancangan dan analisa dari alat ini maka perancangan dan pembuatan alat ini dilakukan secara blok per blok. Masing-masing blok akan dibuat pada modul yang terpisah berdasarkan fungsinya. Selengkapny alat ini terdiri dari modul-modul sebagai berikut :

- Pengkondisi sinyal input
- Sumber arus variabel (switching regulator)
- Mikrokontroller Fuzzy
- Display
- Power supply

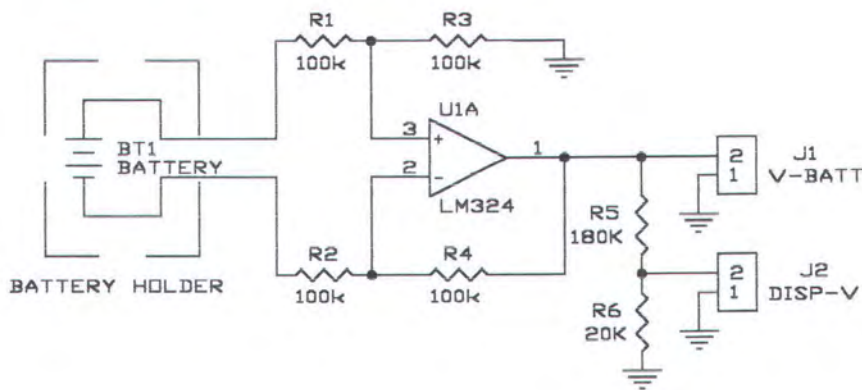
### 4.2.1. Pengkondisi Sinyal Input

Pengkondisi sinyal input berfungsi membaca parameter-parameter yang akan digunakan sebagai input, dari sensor-sensor dan titik-titik ukur pada obyek. Hasil yang terbaca oleh input-input modul ini selanjutnya dikondisikan sedemikian rupa sehingga menghasilkan sinyal-sinyal yang siap untuk diinputkan baik ke modul kontroler fuzzy maupun ke display-display.

Sesuai kebutuhan dari prototipe tugas akhir ini maka input-input yang diambil adalah tegangan baterai, suhu baterai, arus pengisian, tegangan sense dan setting. Sedangkan output yang dikehendaki adalah sinyal-sinyal input kontroler fuzzy yaitu tegangan (volt), suhu (temp) dan sense, dan sinyal-sinyal input display. Berikut penjelasan dari masing-masing bagian.

#### 4.2.1.1. Pengkondisi Sinyal Tegangan.

Pengkondisi sinyal tegangan baterai berfungsi menghasilkan besar tegangan jepit dari baterai. Rangkaian ini terdiri dari sebuah diferensial amplifier dengan penguatan satu kali. V-BATT adalah sinyal yang akan digunakan sebagai input-0 pada kontroler fuzzy (volt), sedangkan DISP-V digunakan sebagai input pada modul display tegangan. Rangkaian pengkondisi sinyal tegangan ditunjukkan pada gambar .



Gambar 4.5 Pengkondisi sinyal tegangan baterai

Diferensial amplifier dibutuhkan karena tegangan jepit yang diperoleh dari BATTERY tidak dapat langsung dimasukkan sebagai input pada kontroler fuzzy. Ini dikarenakan pemasangan resistor pengindera arus ( $R_{sense}$ ) secara seri pada jepitan negatif baterai sehingga kedua kutub baterai adalah titik-titik yang mengambang terhadap ground.

Tegangan input maksimum yang diijinkan pada kontroler fuzzy adalah 5 volt (skala 255) sehingga dengan perkiraan tegangan maksimum yang dapat

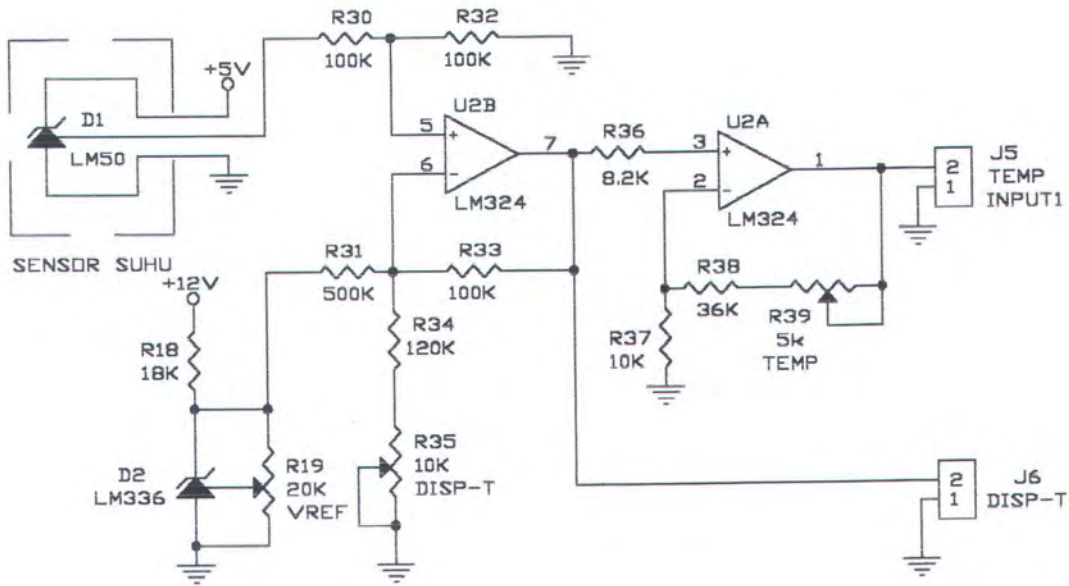
dicapai 1 sel NiCd selama proses pengisian sebesar 1,6 Volt maka jumlah sel maksimum yang dapat dipasang pada alat ini adalah 3 sel.

Pada sel elektrokimia pada umumnya, proses pengisian lebih dari 1 sel dilakukan secara paralel, dimana tegangan pengisian tetap dan arus variabel. Untuk pengisian lebih dari 1 sel NiCd, sel-sel harus dirangkai secara seri, dan tidak dianjurkan paralel. Ini dikarenakan resistansi internal sel NiCd sangat rendah bila diparalel menjadi semakin rendah sehingga rentan terhadap arus yang besar.

Untuk input display, DISP-V, karena skala penuh dari display yang digunakan adalah 1,999 volt maka ditambahkan pembagi tegangan R5 dan R6 yang menghasilkan sepersepuluh tegangan sel yang sebenarnya. Dengan demikian tegangan diatas 2 Volt dapat ditampilkan.

#### **4.2.1.2. Pengkondisi Sinyal Suhu.**

Pengkondisi sinyal suhu terdiri dari dua tahap. Tahap satu merupakan penguat diferensial yang berfungsi mengkompensasi output dari sensor suhu agar besarnya suhu dapat langsung ditampilkan dalam bentuk tegangan pada display. Output DISP-T dihubungkan pada modul display suhu. Sedangkan tahap kedua adalah sebuah penguat linier non-inverting yang gainnya dapat ditentukan dengan mengatur resistansi feedbacknya. Pada tahap kedua ini suhu yang telah berbentuk tegangan linier diatur skalanya agar sesuai dengan sinyal yang dibutuhkan untuk input-1 dari kontroler fuzzy (TEMP).



Gambar 4.6 Pengkondisi sinyal suhu

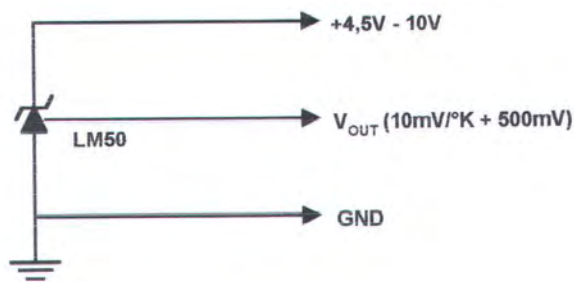
Input diambil dari tegangan output sensor suhu yang terpasang pada penggenggam baterai. Letak dari sensor suhu harus sedekat mungkin dengan sel nicad yang diisi. Hal ini penting karena perubahan suhu didalam sel harus segera dapat terdeteksi oleh sensor sebelum perubahan tersebut berbahaya terhadap sel, dan segera bisa direspon oleh prosesor. Karena sulit untuk memasang sensor didalam tubuh sel maka sedapat mungkin sensor menyatu dengan penggenggam baterai.

Sensor suhu yang digunakan adalah IC LM50 buatan National Semiconductor. Dalam aplikasinya LM50 mampu menjangkau range  $-40^{\circ}\text{C}$  s.d.  $+125^{\circ}\text{C}$  dengan kepekaan  $10\text{mV}/^{\circ}\text{C}$ . LM50 dioperasikan dengan catuan tunggal baik untuk range positif maupun negatif dan tidak memerlukan penambahan rangkaian kalibrasi eksternal. Toleransi yang diberikan oleh pabrik untuk seluruh range maksimal  $4^{\circ}\text{C}$ .

Hubungan antara besarnya suhu dengan tegangan output yang dihasilkan LM50 adalah :

$$V_{OUT} = (10\text{mV}/^{\circ}\text{C} \times \text{Temp}^{\circ}\text{C}) + 500\text{mV}^{13}$$

Dari hubungan tersebut maka tegangan output sensor adalah +1,75V pada 125°C, +750mV pada 25°C dan +100mV pada -40°C. Dengan demikian dengan mengabaikan suhu dibawah -40°C, dapat ditentukan range output sensor yaitu 0 – 1,75V atau 1750mV. Karena range input dari NLX220 adalah 0 – 5V maka penguatan rangkaian yang diperlukan adalah  $5 : 1,75 = 2,86$  kali.



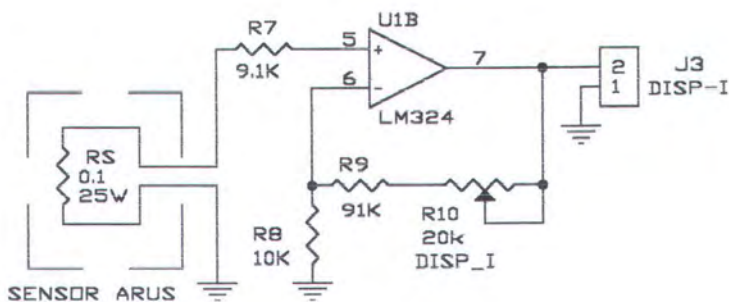
Gambar 4.7 Sensor Suhu dengan LM50

Pengkondisi display suhu digunakan untuk mengatur output dari sensor suhu agar sebanding dengan tegangan yang diminta oleh modul display. Output dari sensor LM50 adalah 750 mV untuk suhu 25°C. Display menunjukkan 0000 untuk 0 Volt dan 1999 untuk 1,999 Volt. Suhu 25°C dikondisikan pada tegangan 250mV sehingga output LM50 harus dikurangi 500mV.

<sup>13</sup> National Semiconductor. 1995. NATIONAL DATA ACQUISITION DATABOOK 1995.

#### 4.2.1.3. Pengkondisi Sinyal Display Arus.

Pengkondisi sinyal display arus berfungsi untuk menguatkan tegangan yang diperoleh dari sensor arus ( $R_{sense}$ ) sebelum ditampilkan pada display. Penambahan rangkaian ini dimaksudkan agar kesalahan pembacaan yang terjadi akibat nilai  $R_{sense}$  yang tidak persis 0,1 ohm dapat dihilangkan dengan mengatur penguatan.

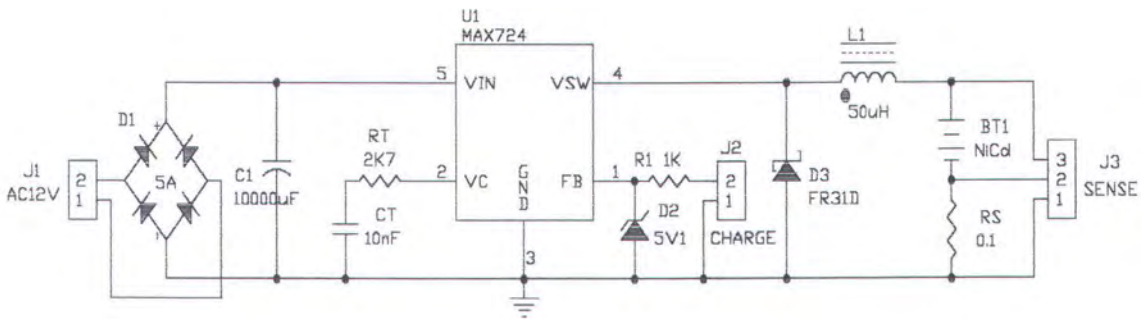


Gambar 4.8 Pengkondisi display arus

#### 4.2.2. Modul Sumber Arus Variabel

Modul ini merupakan suatu regulaor switching tipe Buck, yaitu step-down regulator. Inti rangkaian ini adalah sebuah IC power switching dc ke dc tipe MAX724 buatan MAXIM. Tegangan input diambil dari modul power supply yaitu tegangan DC teregulasi +20V. Rangkaian lengkap step down regulator seperti terlihat pada gambar.





*Gambar 4.9 Step-down switching regulator dengan MAX724*

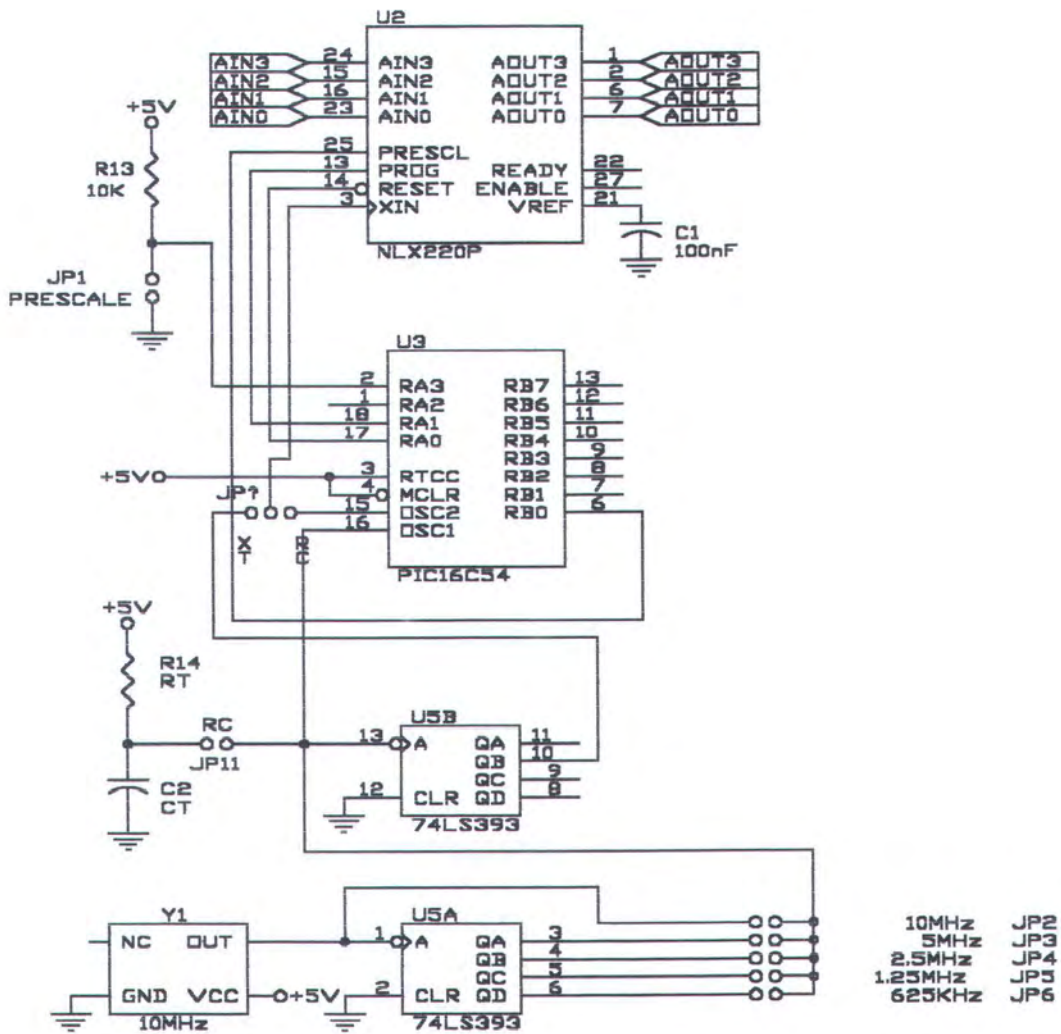
MAX724 merupakan sebuah IC regulator monolitik bipolar switch mode yang telah dilengkapi dengan fungsi PWM internal. IC ini dirancang khusus untuk penerapan secara optimal regulator step down pada aplikasi-aplikasi. Untuk mempermudah pemakaiannya IC ini dikemas dalam kemasan TO-220 5-pin. Besarnya input MAX724 sebelum regulasi antara 8V sampai 40V dan dapat memberikan arus output maksimum 5A.<sup>14</sup>

#### **4.2.3. Modul Fuzzy Logic Microcontroller NLX220**

Modul ini merupakan modul pengontrol utama yang mengontrol keseluruhan kerja alat. Inti modul ini adalah sebuah kontroler logika fuzzy (Fuzzy Logic Controller) tipe NLX220ES buatan American Neuralogix yang berfungsi memproses aturan logika fuzzy, dan sebuah mikrokontroler tipe PIC16C54 buatan Microchips yang berfungsi sebagai elemen memori eksternal tempat program disimpan.

<sup>14</sup> Maxim. 1994. MAXIM 1994 NEW RELEASES DATA BOOK. Sunnyvale, California : Maxim

NLX220 dirancang sebagai mikrokontroler yang mandiri (stand alone) dengan input maupun output analog karena telah dilengkapi ADC dan DAC internal. Memiliki 4 buah input analog dan 4 buah output analog ditambah empat buah intrnal input untuk proses loopback.



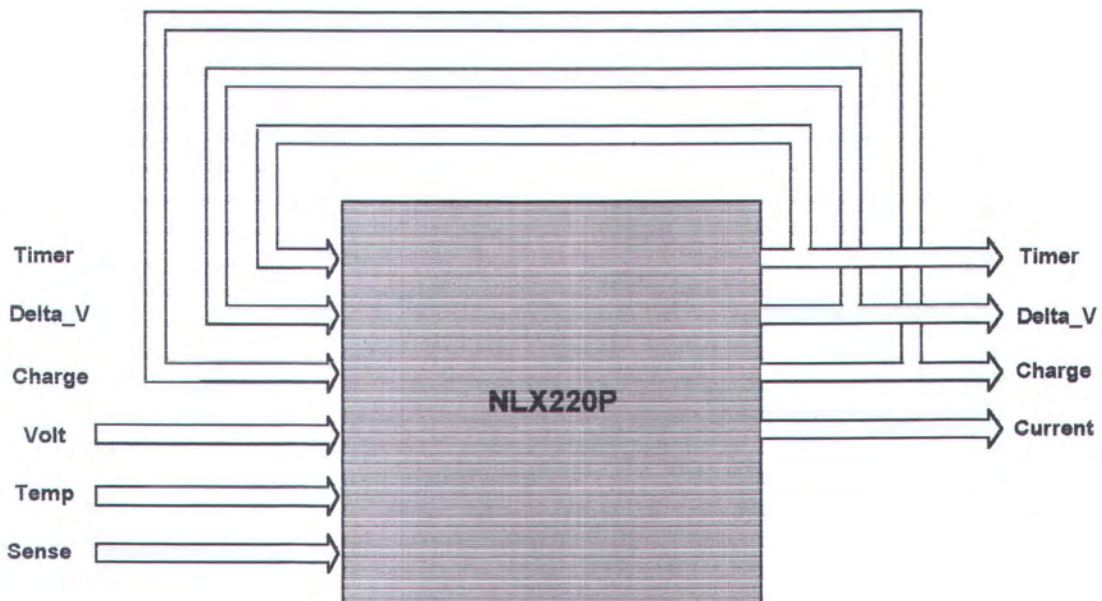
Gambar 4.10 Modul NLX220

### 4.3. PERENCANAAN SOFTWARE

Perangkat penunjang aplikasi ini adalah INSIGHT™. Software ini dipakai untuk mendefinisikan :

1. Input dan Output
2. Membership Function
3. Rules
4. Simulasi dan Down load rule ke IC

#### 4.3.1. Input dan Output



*Gambar 4.11 Model Input Output pada NLX220P*

Penentuan definisi input ditentukan berdasarkan kebutuhan. Dalam hal ini terdapat input internal dan external. Input internal merupakan feedback internal

yang secara fisik tidak dibutuhkan hubungan ke komponen luar, namun secara internal dihubungkan secara software (loopback). Sedangkan input external harus dihubungkan secara fisik. Disamping itu ada pula set point yaitu input-input yang sifatnya hanya sebagai inisialisasi dan nilainya tidak berubah selama proses.

Pada alat ini terdapat input internal yaitu :

1. Timer, yaitu input loopback timer untuk delay proses
2. Delta\_V, yaitu input loopback untuk mengatur output dari internal PWM
3. Charge, yaitu input loopback dari besarnya arus pengisian

Sedangkan input-input external adalah :

1. Volt, yaitu tegangan jepit sel selama proses pengisian.
2. Temp, yaitu suhu baterai setiap saat. yang dibutuhkan untuk mengetahui kondisi pengisian baterai dan menentukan ke
3. Sense, yaitu deteksi tegangan pada  $R_{SENSE}$ . yang berfungsi sebagai pengatur arus konstan.

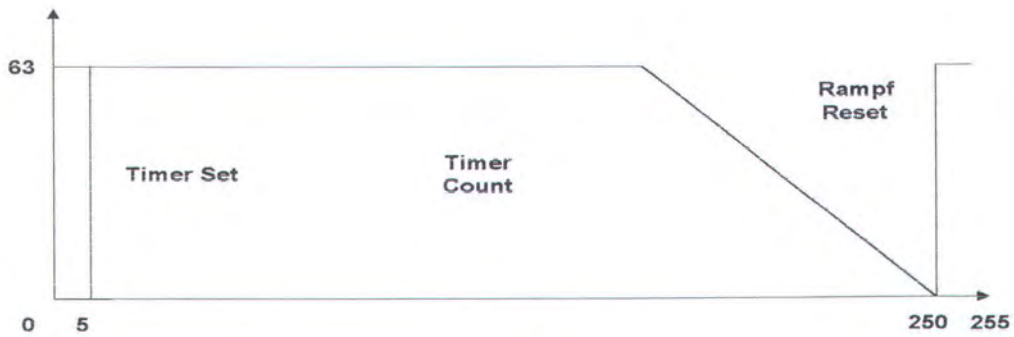
Output yang langsung dihubungkan dengan modul diluar adalah Current, yang terhubung langsung ke modul Switching.

#### **4.3.2. Membership Function (MF)**

Membership function untuk input membagi range input data 0 – 5V menjadi 0 – 255. Berdasarkan data-data baik dari referensi-referensi maupun dari pengetesan langsung dari parameter input, maka dapat dibuat membership function untuk input sebagai berikut :

### 1. MF untuk Interval Timer (Timer)

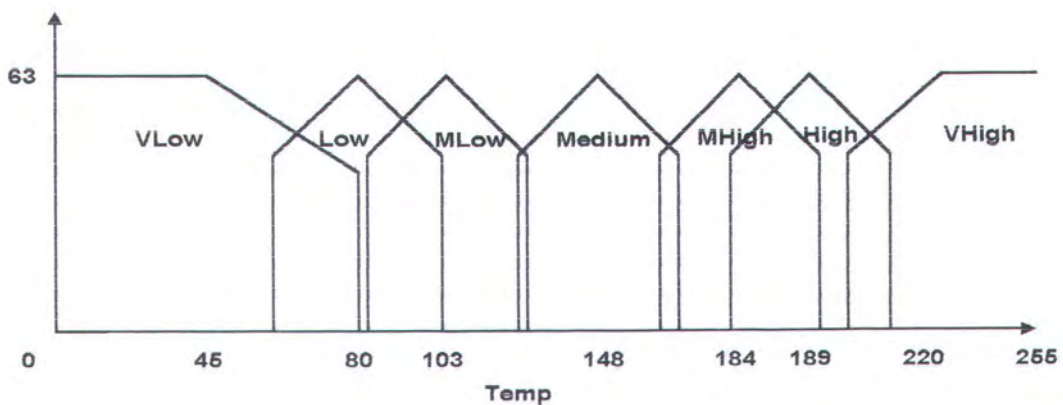
Ada tiga kondisi yang terjadi disini yaitu Timer Set, Timer Count dan Timer Reset.



*Gambar 4.12 Membership function dari Timer.*

### 2. MF untuk tempratur sel (Temp).

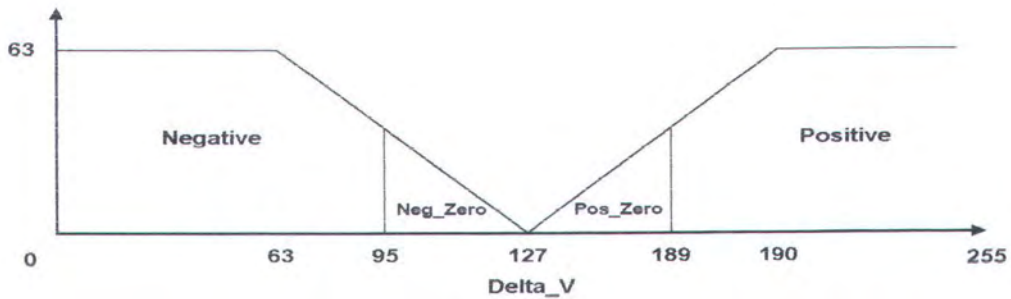
Membership function tempratur memiliki 7 anggota yaitu VLow, Low, MLow, Medium, MHigh, High dan VHigh. Range tempratur yang telah siap dari pengkondisi sinyal adalah 0 – 5 V dengan batas bawah  $-40^{\circ}\text{C} = 0\text{V}$  (0) dan batas atas  $+60^{\circ}\text{C} = 5\text{V}$  (255).



*Gambar 4.13. Membership function dari Suhu (Temp).*

3. MF untuk selisih tegangan (Delta\_V).

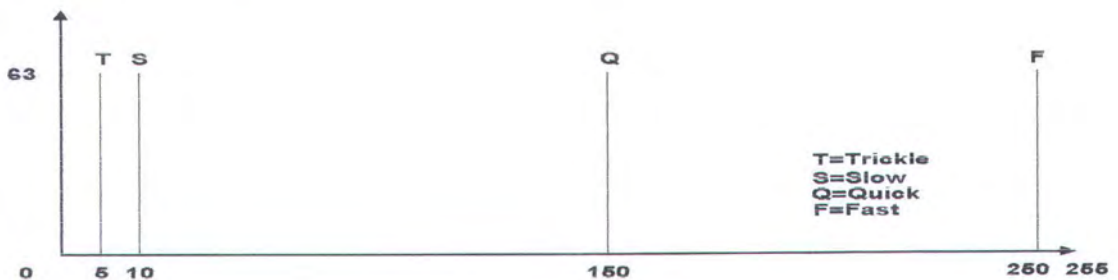
Membership Delta\_V memiliki 4 anggota yaitu Negative, Neg\_Zero, Pos\_Zero dan Positive.



Gambar 4.14 Membership function dari selisih tegangan (Delta\_V)

4. MF untuk fungsi loopback mode pengisian / arus

Input ini merupakan loopback dari mode arus pengisian yang berfungsi sebagai floating center bagi membership function sense. Keempat anggota membership menciptakan batas status on/off pada sense.

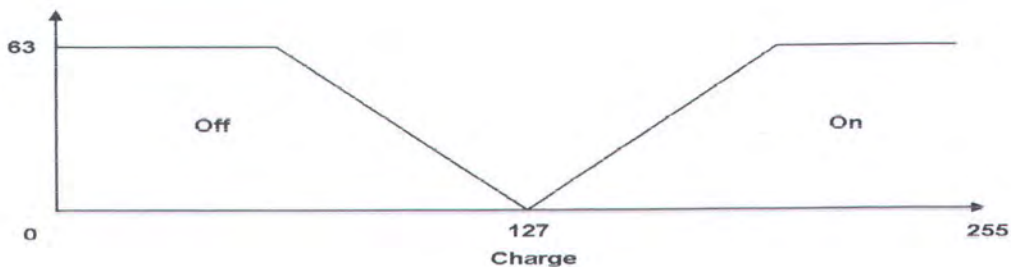


Gambar 4.15 Membership Function dari Mode Pengisian (Charge)

#### 5. MF untuk fungsi on-off arus pengisian

Fungsi digunakan untuk mengatur besarnya arus yang dialirkan kedalam sel agar sesuai dengan batasan yang telah ditetapkan. Bila tegangan sense lebih kecil dari batas maksimum arus suatu mode terpilih maka PWM pada modul switching akan bekerja, sebaliknya bila telah melampaui batas maksimum tersebut, PWM switching akan mati sehingga besarnya arus maksimum besarnya tetap.

Batas maksimum suatu mode terpilih ditetapkan secara mengambang (floating) oleh fariabel input Charge pada loopback.



*Gambar 4.16 Membership function untuk kontrol on-off Current*

#### 4.3.3. Variabel Fuzzy

Variabel-variabel fuzzy dibagi menjadi :

##### 1. Timing (Timer)

- Timer is Set (5, 0 , Left Inclusive)
- Timer is Count (250, 63 , Left Inclusive)
- Timer is Reset (255, 0 , Right Inclusive)

## 2. Deteksi suhu baterai (Temp)

- Temp is VLow ( 45, 35 , Left Inclusive)
- Temp is Low ( 80, 25 , Symmetric Inclusive)
- Temp is MLow ( 103, 24 , Symmetric Inclusive)
- Temp is Medium ( 148, 24 , Symmetric Inclusive)
- Temp is MHigh (184, 24, Symmetric Inclusive)
- Temp is High (200, 25 , Symmetric Inclusive)
- Temp is Vhigh (200, 31, , Right Inclusive)

## 3. Deteksi perubahan tegangan (Delta\_V)

- Delta\_V is Negatif ( 45, 35 , Left Inclusive)
- Delta\_V is NegZero ( 80, 35 , Symmetric Inclusive)
- Delta\_V is Positiv ( 189, 31 , Right Inclusive)
- Delta\_V is PosZero (138, 31 , Symmetric Inclusive)

### 4.3.4. Rules

Rule yang disusun dikelompokkan dalam 3 bagian :

1. Deteksi Arus Maksimum, selama proses pengisian arus dijaga pada kondisi tertentu apakah high (fast caharge), medium atau low.
2. Deteksi Perubahan Tegangan, bila positif menunjukkan baterai masih mungkin dicharge sedangkan bila terjadi perubahan tegangan negatif (drop) menunjukkan baterai telah penuh dan pengisian harus dihentikan.



3. Deteksi Suhu, menjaga kondisi pengisian hanya pada range suhu tertentu, bila melebihi suhu maksimum maka pengisian dihentikan.

Untuk memudahkan dalam proses perencanaan dan penulisan rule-rule dapat digunakan tabel matriks yang menunjukkan korelasi antara input-input dengan output.

Tabel 4.1 Hubungan input-output

Temp	Delta_V			
	Negative	Neg_Zero	Pos_Zero	Positive
VLow	Zero	Zero	Zero	Zero
Low	Zero	VLow	Low	Low
MLow	Zero	Low	Low	Medium
Medium	Zero	Medium	High	VHigh
MHigh	Zero	Low	Medium	High
High	Zero	Zero	Zero	Zero
VHigh	Zero	Zero	Zero	Zero

Detail rulanya adalah sebagai berikut:

1. Pengaturan delay waktu dengan timer (TIMER)

*If Timer is On then TIMER + 1*

*If Timer is Off then TIMER + 1*

*If Timer is Reset then TIMER = 0*

## 2. Pengaturan besarnya arus pengisian / mode (Charge)

*If Delta\_V is Positive and Temp is Low and Timer is Reset then Charge = 5*

*If Delta\_V is Positive and Temp is MLow and Timer is Reset then Charge = 10*

*If Delta\_V is Positive and Temp is Medium and Timer is Reset then Charge = 255*

*If Delta\_V is Positive and Temp is MHigh and Timer is Reset then Charge = 150*

*If Delta\_V is Pos\_Zero and Temp is and Timer is Reset Low then Charge = 5*

*If Delta\_V is Pos\_Zero and Temp is MLow and Timer is Reset then Charge = 5*

*If Delta\_V is Pos\_Zero and Temp is Medium and Timer is Reset then Charge = 150*

*If Delta\_V is Pos\_Zero and Temp is MHigh and Timer is Reset then Charge = 10*

*If Delta\_V is Neg\_Zero and Temp is Low and Timer is Reset then Charge = 2*

*If Delta\_V is Neg\_Zero and Temp is MLow and Timer is Reset then Charge = 5*

*If Delta\_V is Neg\_Zero and Temp is Medium and Timer is Reset then Charge = 10*

*If Delta\_V is Neg\_Zero and Temp is MHigh and Timer is Reset then Charge = 5*

*If Delta\_V is Negative and Timer is Reset then Charge = 0*

*If Temp is VLow then and Timer is on Charge = 0*

*If Temp is High then and Timer is on Charge = 0*

*If Temp is VHigh and Timer is on then Charge = 0*

## BAB V

### PENGUJIAN DAN PENGUKURAN

Pada bab ini akan dibahas mengenai pengujian alat yang dilanjutkan dengan pengukuran dan kalibrasi masing-masing bagian hardware yang telah dibuat dengan menggunakan alat ukur yang tersedia. Alat ukur yang digunakan adalah **Digital Multimeter Aron tipe M-838**, **Digital Multimeter HP tipe 3465B**, **Osilloscope Aron tipe GW-622B** dan **Frequency Counter tipe GFC-8055G**. Pengujian dan pengukuran serta alignment dilakukan secara bertahap yakni dimulai dari bagian sensor suhu, sensor arus, kontrol tegangan dan arus pada Switching serta masing-masing rangkaian display. Selanjutnya adalah pengujian dan pengukuran bagian Fuzzy Logic Mikrokontroler NLX220P.

#### 5.1 Pengujian dan Alingment Alat

Pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah alat yang telah dibuat sudah bekerja dengan baik atau belum dan apakah sudah sesuai dengan apa yang telah direncanakan sebelumnya. Pengujian dilakukan pada masing-masing modul yang telah dibuat yaitu;

- modul pengkondisi sinyal tegangan
- modul pengkondisi sinyal suhu
- modul pengkondisi sinyal seting
- modul Fuzzy Logic Mikrokontroler

- modul regulator arus
- modul power supply
- modul display sebanyak 4 buah

### 5.1.1. Modul Pengkondisi Sinyal Tegangan

Pengujian bagian ini sangat sederhana, hanya dengan memberikan input dua tegangan yang berbeda pada input-input diferensial. Bila tegangan output yang dihasilkan sama dengan selisih dari kedua tegangan input maka bagian ini sudah bekerja dengan benar

### 5.1.2. Modul Pengkondisi Sinyal Suhu

Pengujian pengkondisi sinyal suhu dilakukan dengan memasukkan sinyal output dari modul sensor suhu yang sudah di-adjust ke input dari rangkaian pengkondisi sinyal suhu. Bila suhu  $25^{\circ}\text{C}$  maka output modul sensor suhu adalah 750 mV dengan referensi 500Volt maka input diferensialnya adalah 250mV. Dengan penguatan 62.5 kali maka output dari modul pengkondisi sinyal adalah  $62.5 \times 0,27 = 16,875$  Volt.

Untuk menguji modul ini, rangkaian diberi tegangan supply, kemudian output sensor ( $V_T$ ) diukur dengan multimeter dan dibandingkan dengan temperatur ruangan (T). Karena menggunakan tipe LM50 maka suhu yang terukur adalah sebanding dengan suhu absolut, yaitu dalam skala Kelvin. Dengan perbandingan  $1^{\circ}\text{C}=10\text{mV}$  dan kondisi awal  $-40^{\circ}\text{C} = 100\text{mV}$  maka tegangan output output LM50 dalam skala Celcius adalah  $V_T = (T \cdot 10^{-3}) + 500\text{mV}$ . Sebagai contoh bila temperatur

ruangan terukur pada termometer adalah  $27^{\circ}\text{C}$  dan sensor bekerja dengan benar maka tegangan output  $V_T = (25 \cdot 10^{-3})V + 500\text{mV} = 750 \text{ mVolt}$ .

### 5.1.3. Modul Switching Regulator

Pengujian modul ini dilakukan dengan prosedur sebagai berikut. Output tegangan jepit dari  $R_{\text{sense}}$  dihubungkan pada sebuah modul penguat sederhana terdiri dari sebuah op-amp mode non inverting, yang penguatannya dapat diset untuk mendapatkan tegangan yang diinginkan. Output dari modul ini dihubungkan pada pin nomor 4 pada MAX724 (FB). Sebuah ampere meter yang dilengkapi pengaman (sekring) dihubungkan langsung pada output regulator (BATT).

Cara kerja dari MAX724 adalah bila pin FB diberi tegangan kurang dari 1.5 volt maka PWM akan on dan arus mengalir. Sebaliknya bila pin FB diberi tegangan lebih besar dari 2.5 volt maka PWM akan mati dan arus berhenti mengalir. Tegangan dari  $R_{\text{sense}}$  pada saat ada arus digunakan sebagai pengontrol pin FB tersebut. Semakin besar arus yang mengalir, maka semakin besar pula tegangan sense yang dihasilkan. Tegangan ini dikuatkan dengan amplifier sehingga berada pada level antara 1,5V s.d. 2,5V untuk besar arus yang dikehendaki mengalir melalui  $R_{\text{sense}}$ .

Sebagai pengetesan, untuk mendapatkan arus 1 ampere stabil, tegangan yang seharusnya dihasilkan pada  $R_{\text{sense}}$  adalah sebesar  $0.1 \text{ ohm} \times 1 \text{ ampere} = 0.1 \text{ volt}$ . Mula-mula penguatan dibuat minimal, kemudian dibesarkan perlahan-lahan sehingga arus mencapai penunjukan 1 ampere pada ampere meter. Arus ini akan konstan dengan beban yang berbeda-beda.

Fungsi dari amplifier ini pada modul pengkondisi sinyal input dilakukan oleh rangkaian sense. Penguatan pada rangkaian ini diatur sedemikian rupa sehingga besarnya arus maksimum dapat sesuai dengan lima kali besarnya kapasitas seting.

#### **5.1.4. Modul Fuzzy Logic NLX220**

Pengujian modul ini dilakukan dengan memberikan suatu program sederhana yang bila dieksekusi akan dapat dilihat fungsi, letak dan kerja dari masing-masing input dan output. Secara sederhana rule berikut ini dapat digunakan.:

IF IN0=127 THEN OUT0=63

IF IN1=127 THEN OUT1=127

IF IN2=127 THEN OUT2=190

IF IN3=127 THEN OUT3=255

Bila dijalankan maka masing-masing input dan output beserta posisinya dapat diketahui. Bila input0 lebih dari 2,5v maka output yang bereaksi adalah output0 dengan tegangan 1,25v. Bila input1 lebih dari 2,5v maka output yang bereaksi adalah output1 dengan tegangan 2,5v dan seterusnya. Bila pengujian diatas berhasil, maka dapat digunakan program lain yang lebih fungsional.

#### **5.1.5. Modul Display**

Pengujian modul display dilakukan dengan menginputkan tegangan analog pada input diferensialnya. Besarnya tegangan input ini disesuaikan dengan skala

ukur penuh yang ditetapkan. Untuk skala ukur penuh 2 volt maka tampilan malsimum adalah 1.999 volt.

Tegangan referensi sebesar 1.999 volt kita ambikan dari suatu baterai yang stabil kemudian kita ukur pada multimeter untuk memastikan.. Kemudian tegangan diinputkan pada modul. Variabel resistor pengatur diputar sehingga penunjukan display sama dengan penunjukan multimeter referensi yaitu 1.999 volt.

## 5.2. Pengujian Kerja Alat

Setelah semua modul dirangkai dan program yang dibuat telah sesuai, maka dilakukan pengujian kerja alat. Baterai dengan tegangan 1,2V dan kapasitas 600 mA dipasang pada baterai holder. Kemudian alat dihidupkan. Dari hasil pengamatan dan pengukuran maka diperoleh data sebagai berikut :

Tabel 5.1 Hasil Pengujian Alat

Waktu Charge (menit)	Tegangan Sel (Volt)	Tempratur (°C)
0	0,87	28.5
5	1,02	29.5
10	1,16	31.8
15	1,25	33.3
20	1,35	34.9
25	1,33	34.8
30	1,33	34.7

Dari hasil pengukuran diatas dapat dilihat bahwa tegangan sel naik dengan cepat pada awal proses dan cenderung agak lambat ketika mendekati akhir proses. Ini menunjukkan pengisian cepat terjadi pada awal hingga menjelang akhir proses. Pada pengisian 20 menit terlihat tegangan sel mencapai maksimum, kemudian

turun. Ini menunjukkan proses dihentikan pada saat terjadi perubahan tegangan sel negatif (turun).

Perubahan suhu pada awal proses sangat lambat namun naik dengan cepat ketika mendekati akhir proses seiring dengan semakin lambatnya kenaikan tegangan. Hal ini menunjukkan mulai terjadinya gejala overcharge. Tetapi kenaikan suhu (Temp) terhenti pada  $34.9^{\circ}\text{C}$  karena kondisi perubahan tegangan ( $\Delta V$ ) negatif telah terpenuhi. Disini terlihat fungsi dari fuzzy logic dimana perubahan tegangan negatif yang terjadi merupakan rule yang menang dibandingkan dengan tegangan yang masih mengizinkan.



## **BAB VI**

### **PENUTUP**

#### **6.1 KESIMPULAN**

Dari keseluruhan pelaksanaan tugas akhir ini, dimulai dari konsep, perencanaan, perancangan, pembuatan sampai uji coba alat maka dapat dipelajari dan disimpulkan berberapa hal antara lain :

1. Ada perbedaan yang cukup mendasar antara proses pengisian baterai Nicad dengan pengisian jenis sel isi ulang yang lain, dimana pada pengisian Nicad dibutuhkan arus konstan dengan level-level tertentu (trickle, normal, quick dan fast) yang dengan arus konstan tersebut perubahan tegangan (negatif  $\Delta V$ ) digunakan sebagai indikasi bahwa baterai telah penuh. Hal ini berbeda dengan sel Pb-H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (aki) misalnya, dimana tegangan pengisian dibuat konstan dan indikasi sel penuh adalah bila arus pengisian nol.
2. Diperlukan pengetahuan yang cukup luas mengenai baterai Nicad, mulai dari prinsip-prinsip kerjanya, proses pengisian (charge) dan pemakaian (discharge) beserta hal-hal yang seharusnya atau tidak seharusnya dilakukan selama kedua proses tersebut. Terutama perlu diketahui tentang jenis baterai Nicad karena ternyata pada merek yang berbeda-beda, kemampuan sel untuk menerima arus pengisian yang besar dan suhu tinggi juga tidak sama. Tipe yang bisa digunakan untuk pengisian cepat adalah hanya yang dilengkapi dengan lapisan pengaman (shield).

3. Pemilihan sumber arus variabel yang digunakan harus mampu memberikan arus besar (fast charge) maupun kecil (trickle charge) secara mantap karena sebagian desain sumber arus hanya mampu menghasilkan arus besar saja atau kecil saja secara stabil. Dalam hal ini ternyata penggunaan sumber arus mode switching lebih adaptif dan lebih stabil dibandingkan sumber arus linier. Pemilihan regulator IC seperti MAX724 atau LM2576 sangat membantu menyederhanakan desain rangkaian dan pengontrolan.
4. Dalam perancangan sistem berbasis kontroler fuzzy (misalnya NLX220), pengujian secara cermat terhadap sistem non-fuzzy (manual sistem) guna mendapatkan data yang akurat mengenai perilaku sistem sangat membantu dalam perancangan fungsi keanggotaan (membership function) dan aturan-aturan (rules). Selanjutnya diperlukan pengujian secara berulang-ulang baik menggunakan simulator maupun secara langsung dengan menyesuaikan kembali bentuk membership function dan rule agar diperoleh respon sistem yang benar-benar sesuai (adaptif).

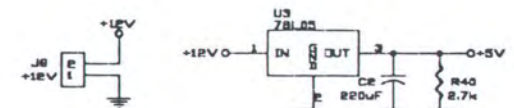
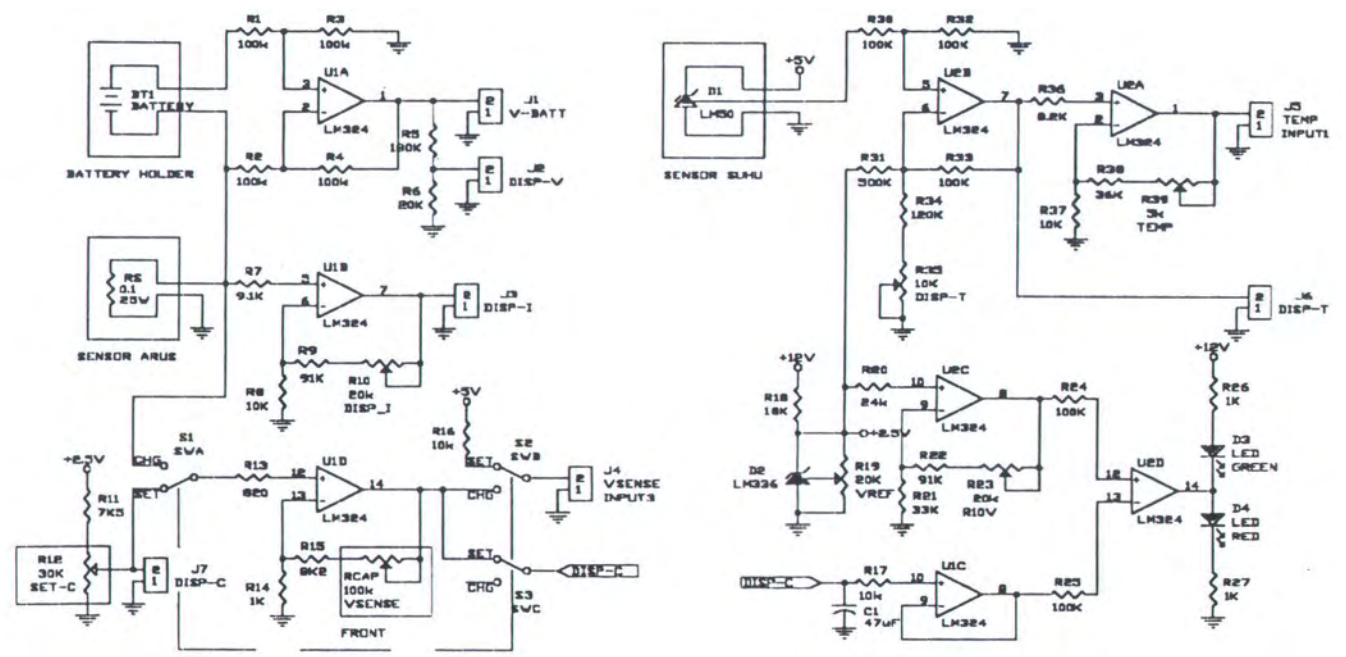
## 6.2 SARAN

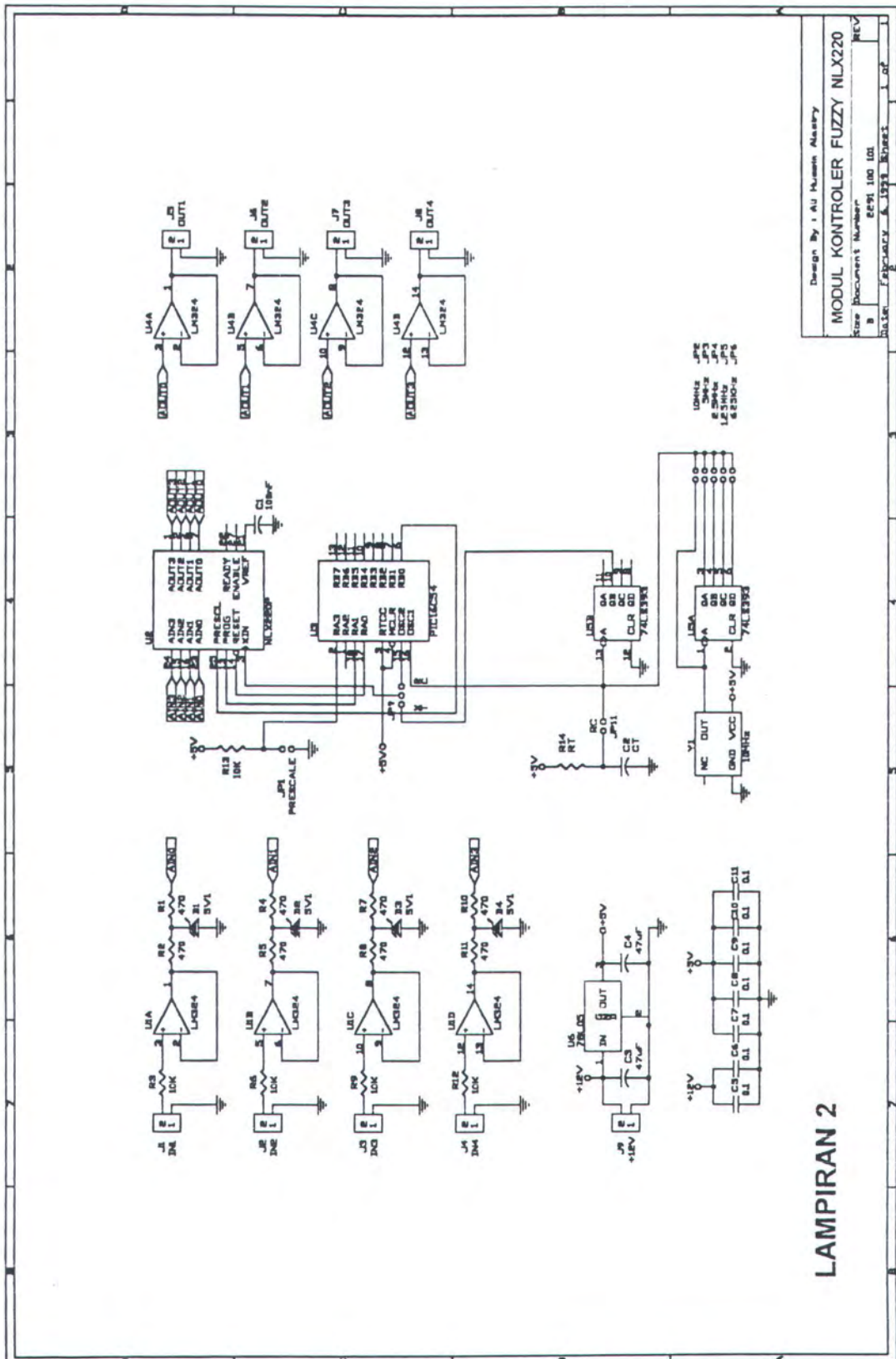
Untuk penyempurnaan dan pengembangan alat yang telah dibuat, penulis menyarankan :

1. Penambahan fasilitas pemilihan ukuran dan kapasitas baterai yang sangat terbatas pada alat ini karena tipe dan ukuran baterai Nicad sendiri bermacam-macam. Untuk itu dapat dimanfaatkan input dari NLX220 yang belum terpakai pada rancangan diatas. Mungkin dapat dibuat suatu selektor digital untuk memudahkan pemakai.
2. Penjajakan kemungkinan penerapan metode ini untuk jenis baterai lain yang sekarang mulai populer seperti Nickel Metal Hybrid (NiMH) dan Lithium Ion (Li<sup>+</sup>), sangat dimungkinkan karena kedua jenis baterai baru tersebut cara pengisiannya ada kesamaan dengan Nicad (NiCd).

## DAFTAR PUSTAKA

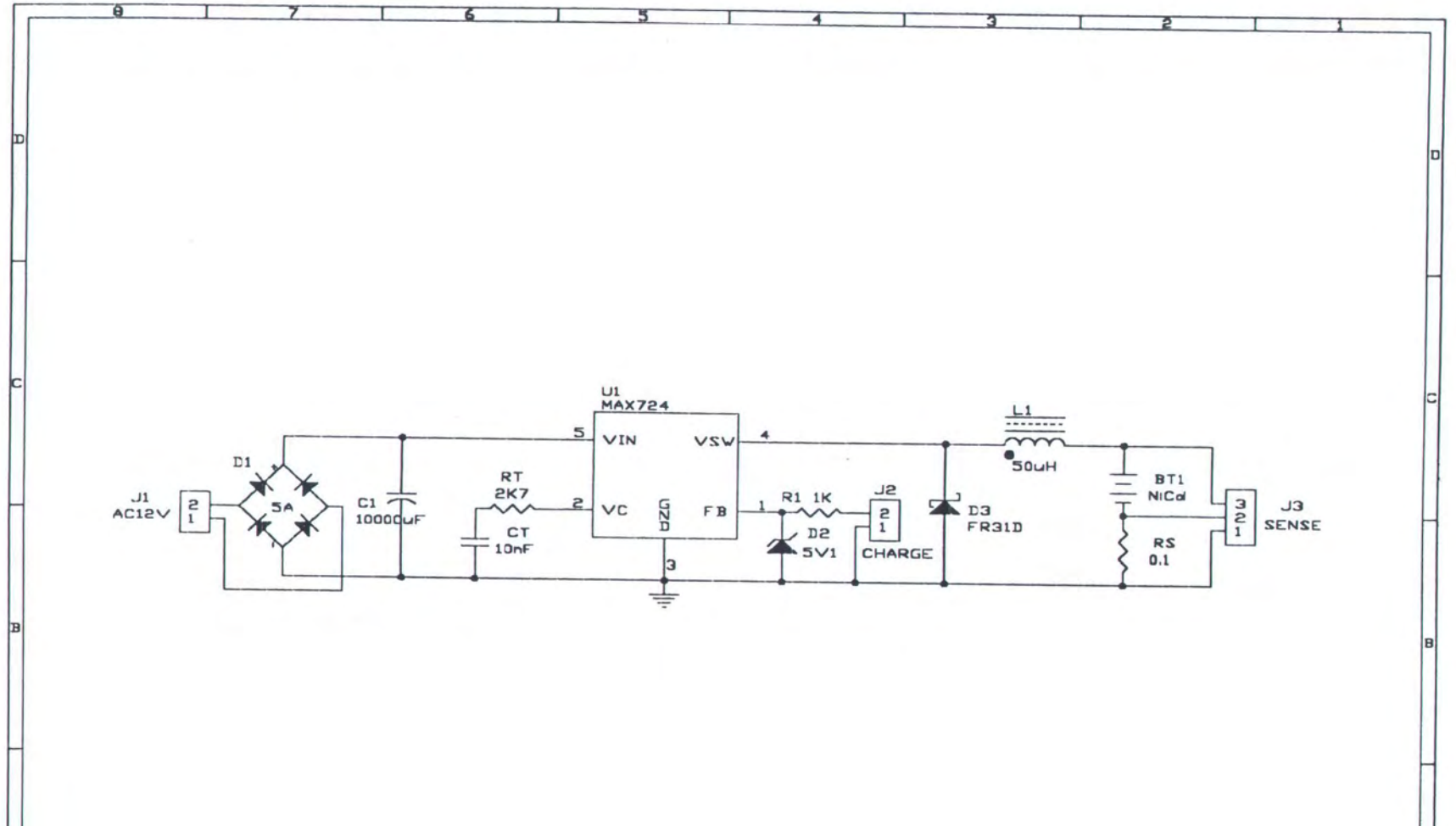
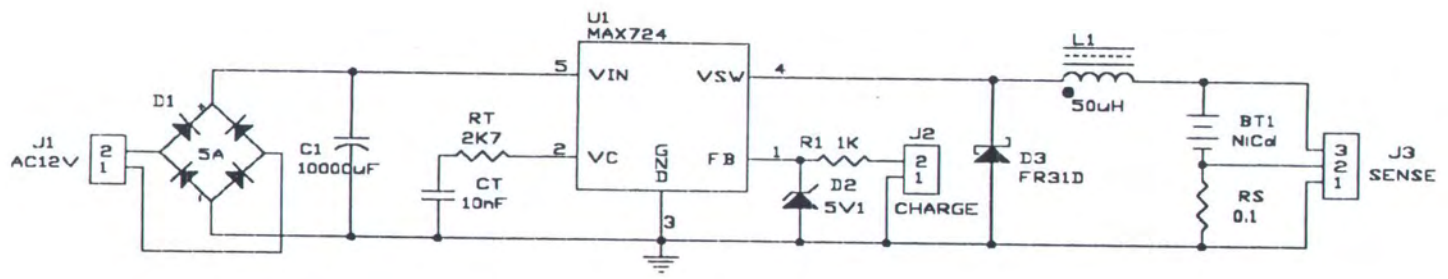
1. American NeuraLogix. 1992. FUZZY MICROCONTROLLER DEVELOPMENT. Sanford : American NeuraLogix
2. American NeuraLogix. 1994. NLX220, NLX220P STAND-ALONE LOGIC CONTROLLERS PRELIMINARY DATA. Sanford : American NeuraLogix
3. Coughlin, Robert F., dan Driscoll, Fredrick F. 1982. OPERATIONAL AMPLIFIERS AND LINEAR INTEGRATED CIRCUIT. Englewood Cliffs, N.J. : Prentice Hall Inc.
4. Dillip S., Zafar Ullah. 1994. "APPLICATION NOTE No.959 : SUPER FAST BATTERY CHARGER DESIGN". Santa Clara, California : National Semiconductor.
5. Gottlieb, Irving M. 1984. POWER SUPPLIES SWITCHING REGULATOR INVERTER & CONVERTER. USA : TAB BOOK Inc.
6. Jerry Smith. 1988. "NI-CDS CHARGING RATES". High Flight Articles. Vol.IX No.3
7. Von Altrock, Constantin. 1995. FUZZY LOGIC AND NEURO FUZZY APPLICATION EXPLAINED. Englewood Cliffs, New Jersey : Prentice-Hall PTR
8. Well Link Industrial Limited. 1997. "RECHARGEABLE NICKEL CADMIUM (NICD) CYLINDRICAL CELL".
9. Yan, Jun Ryan, Michael, Power dan James. 1992. USING FUZZY LOGIC. Prentice Hall.





Design By : Au Humam Alasary  
**MODUL KONTROLER FUZZY NILX220**  
 Size Document Number : 0091.100.101  
 Date : February 2008

LAMPIRAN 2









MICROCHIP

# PIC16C5X

## EPROM/ROM-Based 8-Bit CMOS Microcontroller Series

### Devices Included in this Data Sheet:

- PIC16C52
- PIC16C54s
- PIC16CR54s
- PIC16C55s
- PIC16C56s
- PIC16CR56s
- PIC16C57s
- PIC16CR57s
- PIC16C58s
- PIC16CR58s

**Note:** The letter "s" used following the part numbers throughout this document indicate plural, meaning there is more than one part variety for the indicated device.

### High-Performance RISC CPU:

- Only 33 single word instructions to learn
- All instructions are single cycle (200 ns) except for program branches which are two-cycle
- Operating speed: DC - 20 MHz clock input  
DC - 200 ns instruction cycle

Device	Pins	I/O	EPROM/ ROM	RAM
PIC16C52	18	12	384	25
PIC16C54	18	12	512	25
PIC16C54A	18	12	512	25
PIC16C54B	18	12	512	25
PIC16CR54A	18	12	512	25
PIC16CR54B	18	12	512	25
PIC16C55	28	20	512	24
PIC16C55A	28	20	512	24
PIC16C56	18	12	1K	25
PIC16C56A	18	12	1K	25
PIC16CR56A	18	12	1K	25
PIC16C57	28	20	2K	72
PIC16C57C	28	20	2K	72
PIC16CR57B	28	20	2K	72
PIC16CR57C	28	20	2K	72
PIC16C58A	18	12	2K	73
PIC16C58B	18	12	2K	73
PIC16CR58A	18	12	2K	73
PIC16CR58B	18	12	2K	73

- 12-bit wide instructions
- 8-bit wide data path
- Seven or eight special function hardware registers
- Two-level deep hardware stack
- Direct, indirect and relative addressing modes for data and instructions

### Peripheral Features:

- 8-bit real time clock/counter (TMR0) with 8-bit programmable prescaler
- Power-On Reset (POR)
- Device Reset Timer (DRT)
- Watchdog Timer (WDT) with its own on-chip RC oscillator for reliable operation
- Programmable code-protection
- Power saving SLEEP mode
- Selectable oscillator options:
  - RC: Low-cost RC oscillator
  - XT: Standard crystal/resonator
  - HS: High-speed crystal/resonator
  - LP: Power saving, low-frequency crystal

### CMOS Technology:

- Low-power, high-speed CMOS EPROM/ROM technology
- Fully static design
- Wide-operating voltage and temperature range:
  - EPROM Commercial/Industrial 2.0V to 6.25V
  - ROM Commercial/Industrial 2.0V to 6.25V
  - EPROM Extended 2.5V to 6.0V
  - ROM Extended 2.5V to 6.0V
- Low-power consumption
  - < 2 mA typical @ 5V, 4 MHz
  - 15  $\mu$ A typical @ 3V, 32 kHz
  - < 0.6  $\mu$ A typical standby current (with WDT disabled) @ 3V, 0°C to 70°C

**Note:** In this document, figure and table titles refer to all varieties of the part number indicated, (i.e., The title "Figure 14-1: Load Conditions - PIC16C54A", also refers to PIC16LC54A and PIC16LV54A parts).

TABLE 3-1: PINOUT DESCRIPTION - PIC16C52, PIC16C54s, PIC16CR54s, PIC16C56s, PIC16CR56s, PIC16C58s, PIC16CR58s

Name	DIP, SOIC No.	SSOP No.	I/O/P Type	Input Levels	Description
RA0	17	19	I/O	TTL	Bi-directional I/O port
RA1	18	20	I/O	TTL	
RA2	1	1	I/O	TTL	
RA3	2	2	I/O	TTL	
RB0	6	7	I/O	TTL	Bi-directional I/O port
RB1	7	8	I/O	TTL	
RB2	8	9	I/O	TTL	
RB3	9	10	I/O	TTL	
RB4	10	11	I/O	TTL	
RB5	11	12	I/O	TTL	
RB6	12	13	I/O	TTL	
RB7	13	14	I/O	TTL	
TOCKI	3	3	I	ST	Clock input to Timer0. Must be tied to Vss or Vdd, if not in use, to reduce current consumption.
MCLR/VPP	4	4	I	ST	Master clear (reset) input/programming voltage input. This pin is an active low reset to the device. Voltage on the MCLR/VPP pin must not exceed VDD to avoid unintended entering of programming mode.
OSC1/CLKIN	16	18	I	ST	Oscillator crystal input/external clock source input.
OSC2/CLKOUT	15	17	O	—	Oscillator crystal output. Connects to crystal or resonator in crystal oscillator mode. In RC mode, OSC2 pin outputs CLKOUT which has 1/4 the frequency of OSC1, and denotes the instruction cycle rate.
VDD	14	15,16	P	—	Positive supply for logic and I/O pins.
VSS	5	5,6	P	—	Ground reference for logic and I/O pins.

Legend: I = input, O = output, I/O = input/output,  
P = power, — = Not Used, TTL = TTL input,  
ST = Schmitt Trigger input

### Pin Diagrams

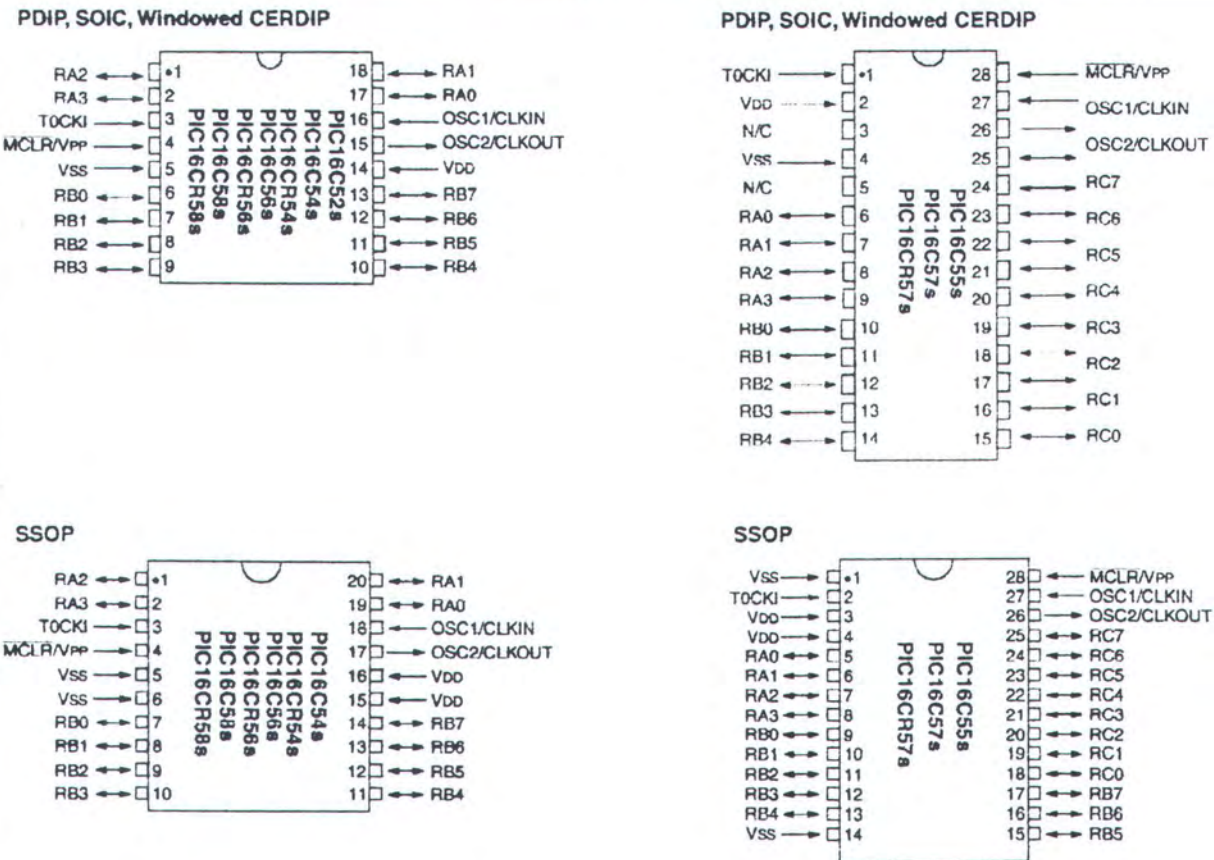
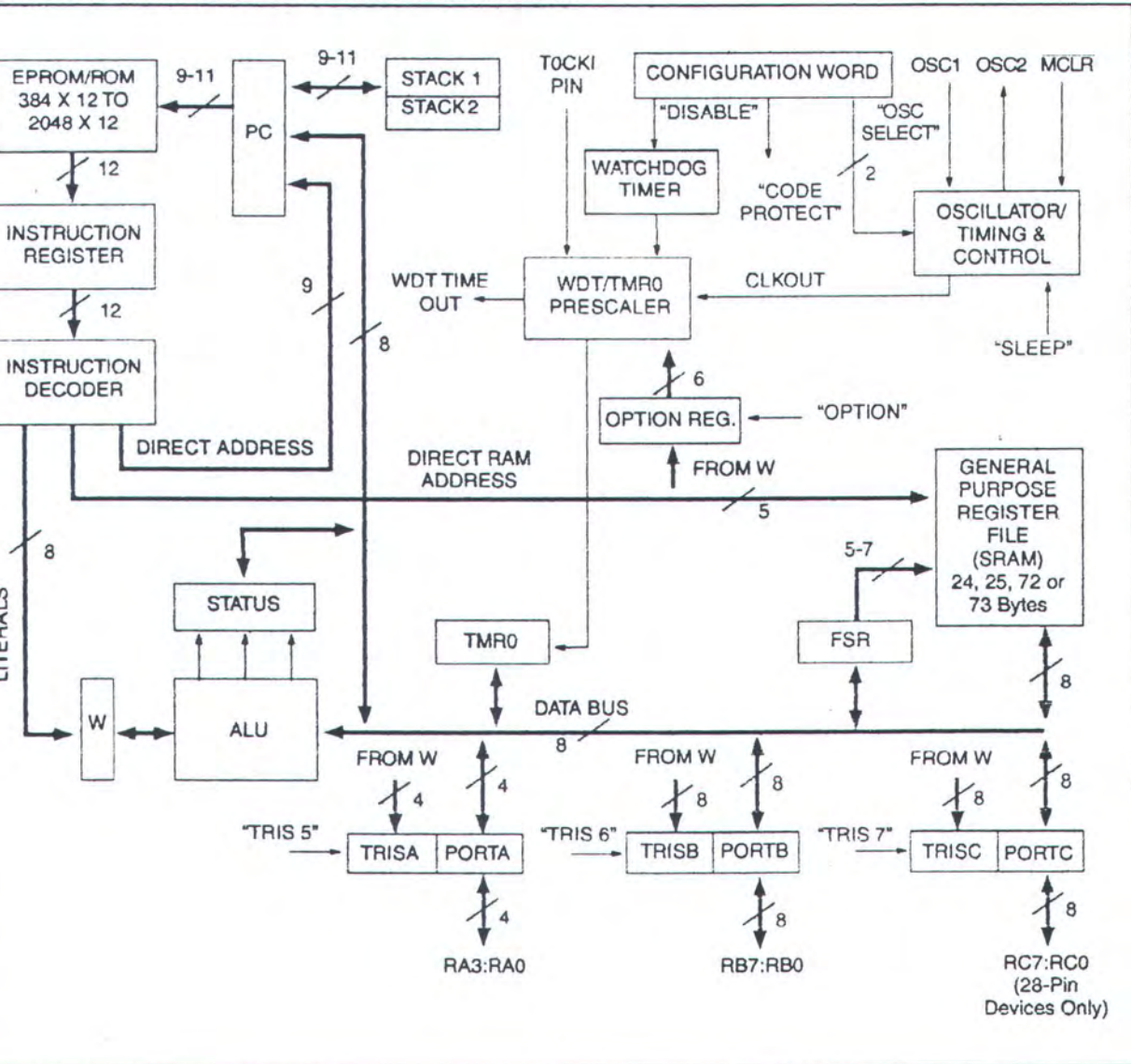


FIGURE 3-1: PIC16C5X SERIES BLOCK DIAGRAM



19-0107 Rev. 3: 9/95



## 5A/2A Step-Down, PWM, Switch-Mode DC-DC Regulators

MAX724/MAX726

### General Description

The MAX724/MAX726 are monolithic, bipolar, pulse-width modulation (PWM), switch-mode DC-DC regulators optimized for step-down applications. The MAX724 is rated at 5A, and the MAX726 at 2A. Few external components are needed for standard operation because the power switch, oscillator, and control circuitry are all on-chip. Employing a classic buck topology, these regulators perform high-current step-down functions, but can also be configured as inverters, negative boost converters, or flyback converters.

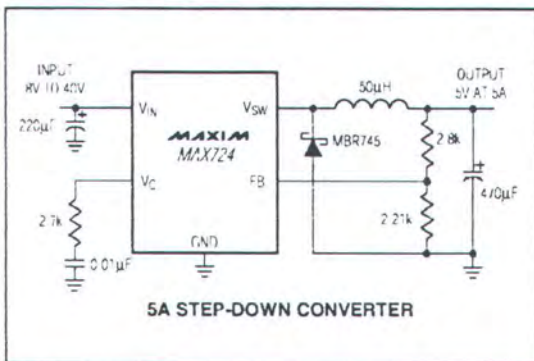
These regulators have excellent dynamic and transient response characteristics, while featuring cycle-by-cycle current limiting to protect against overcurrent faults and short-circuit output faults. The MAX724/MAX726 also have a wide 8V to 40V input range in the buck step-down configuration. In inverting and boost configurations, the input can be as low as 5V.

The MAX724/MAX726 are available in a 5-pin TO-220 package. The devices have a preset 100kHz oscillator frequency and a preset current limit of 6.5A (MAX724) or 2.6A (MAX726).

### Applications

- Distributed Power from High-Voltage Buses
- High-Current, High-Voltage Step-Down Applications
- High-Current Inverter
- Negative Boost Converter
- Multiple-Output Buck Converter
- Isolated DC-DC Conversion

### Typical Operating Circuit



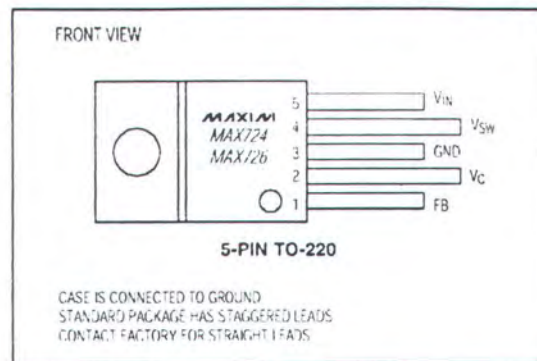
### Features

- ◆ Input Range: Up to 40V
- ◆ 5A On-Chip Power Switch (MAX724)  
2A On-Chip Power Switch (MAX726)
- ◆ Adjustable Output: 2.5V to 35V
- ◆ 100kHz Switching Frequency
- ◆ Excellent Dynamic Characteristics
- ◆ Few External Components
- ◆ 8.5mA Quiescent Current
- ◆ TO-220 Package

### Ordering Information

PART	TEMP. RANGE	PIN-PACKAGE
MAX724CCK	0°C to -70°C	5 TO-220
MAX724ECK	40°C to +85°C	5 TO-220
MAX726CCK	0°C to -70°C	5 TO-220
MAX726ECK	40°C to +85°C	5 TO-220

### Pin Configuration



Call toll free 1-800-998-8800 for free samples or literature.

## 5A/2A Step-Down, PWM, Switch-Mode DC-DC Regulators

### Pin Description

PIN	NAME	FUNCTION
1	FB	Feedback Input is the error amplifier's inverting input, and controls output voltage by adjusting switch duty cycle. Input bias current is typically 0.5µA when the error amplifier is balanced ( $I_{OUT} = 0V$ ). FB also aids current limiting by reducing the oscillator frequency when the output voltage is low. (See the <i>Applications Information</i> section.)
2	$V_C$	Error-Amplifier Output. A series RC network connected to this pin compensates the MAX724/MAX726. Output swing is limited to about 5.8V in the positive direction and -0.7V in the negative direction. $V_C$ can also synchronize the MAX724/MAX726 to an external clock. (See the <i>Applications Information</i> section).
3	GND	Ground requires a short low-noise connection to ensure good load regulation. The internal reference is referred to GND, so errors at this pin are multiplied by the error amplifier. See the <i>Applications Information</i> section for grounding details.
4	$V_{SW}$	Internal Power Switch Output. The switch output can swing 35V below ground and is rated for 5A (MAX724), 2A (MAX726).
5	$V_{IN}$	$V_{IN}$ supplies power to the MAX724/MAX726's internal circuitry and also connects to the collector. $V_{IN}$ must be bypassed with a low-ESR capacitor, typically 200µF or 220µF.

**MAX724/MAX726**

### Detailed Description

The MAX724/MAX726 are complete, single-chip, pulse-width modulation (PWM), step-down DC-DC converters (Figure 1). All oscillator (100kHz), control, and current-limit circuitry, including a 5A power switch (2A for MAX726), are included on-chip. The oscillator turns on the switch ( $V_{SW}$ ) at the beginning of each clock cycle. The switch turns off at a point later in the clock cycle, which is a function of the signal provided by the error amplifier. The maximum switch duty cycle is approximately 93% at the MAX724/MAX726's 100kHz switching frequency.

Both the input (FB) and output ( $V_C$ ) of the error amplifier are brought out to simplify compensation. Most applications require only a single series RC network connected from  $V_C$  to ground. The error amplifier is a transconductance amplifier with a  $g_m$  of approximately 5000µmho. When slewing,  $V_C$  can source about 140µA, and sink about 1.1mA. This asymmetry helps minimize start-up overshoot by allowing the amplifier output to slew more quickly in the negative direction.

Current limiting is provided by the current-limit comparator. If the current-limit threshold is exceeded, the switch cycle terminates within about 600ns. The current-limit threshold is internally set to approximately

6.5A (2.6A for MAX726).  $V_{SW}$  is a power NPN, internally driven by the PWM controller circuitry.  $V_{SW}$  can swing 35V below ground and is rated for 5A (2A for MAX726).

### Basic Step-Down Application

Figure 2 shows the MAX724/MAX726 in a basic step-down DC-DC converter. Typical MAX724 waveforms are shown in Figure 3 for  $V_{IN} = 20V$ ,  $V_{OUT} = 5V$ ,  $L = 50\mu H$ , and  $I_{OUT} = 3A$  and 0.16A. Two sets of waveforms are shown. One set shows high load current (3A) where inductor current never falls to zero during the switch "off-cycle" (continuous-conduction mode, CCM). The second set of waveforms, at low output current (0.16A), shows inductor current at zero during the latter half of the switch off-cycle (discontinuous-conduction mode, DCM). The transition from CCM to DCM occurs at an output current ( $I_{DCM}$ ) that can be derived with the following equation:

$$I_{DCM} = \frac{(V_{OUT} + V_D) [(V_{IN} \cdot V_{SW}) \cdot (V_{OUT} + V_D)]}{2 (V_{IN} - V_{SW}) f_{OSC} L}$$

where  $V_D$  is the diode forward voltage drop,  $V_{SW}$  is the voltage drop across the switch, and  $f_{OSC} = 100kHz$ . In most applications, the distinction between CCM and DCM is academic since actual performance differences are minimal. All CCM designs can be expected to exhibit DCM behavior at some level of reduced load current.

# 5A/2A Step-Down, PWM, Switch-Mode DC-DC Regulators

In DCM, ringing occurs at  $V_{SW}$  in the latter part of the switch off-cycle. This is due to the inductor resonating with the parallel capacitance of the catch diode and the  $V_{SW}$  node. This ringing is harmless and does not appear at the output. Furthermore, attempts to damp this ringing by adding circuitry will reduce efficiency and are not advised. No off-state ringing occurs in CCM because the diode always conducts during the switch-off time and consequently damps any resonance at  $V_{SW}$ .

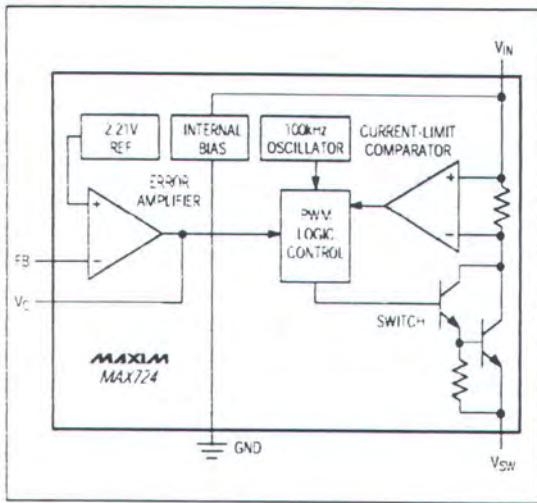


Figure 1. MAX724 Block Diagram

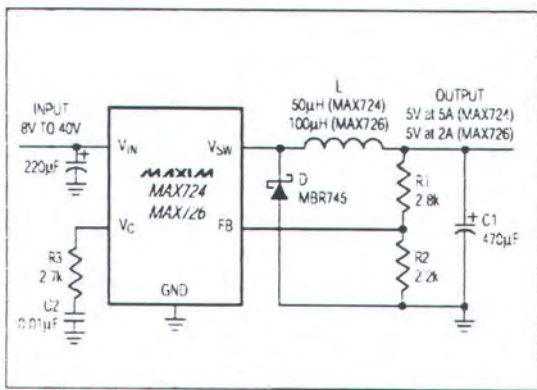


Figure 2. Basic Step-Down Converter

## Component Selection

Table 1 lists component suppliers for inductors, capacitors, and diodes appropriate for use with the MAX724/MAX726. Be sure to observe specified ratings for all components.

Table 1. Component Suppliers

### Surface-Mount Components (for designs typically below 2A)

- Inductors:** Sumida Electric - CDR125 Series  
 USA: Phone (708) 956-0666  
 Japan: Phone 81-3607-5111  
 FAX 81-3607-5144
- Coiltronics - CTX series  
 USA: Phone (305) 781-8900  
 FAX (305) 782-4163
- Capacitors:** Matsuo - 267 series  
 USA: Phone (714) 969-2491  
 FAX (714) 960-6492  
 Japan: Phone 81-6337-6450
- Sprague - 595D series  
 USA: Phone (603) 224-1961  
 FAX (603) 224-1430
- Diodes:** Motorola - MBR5 series  
 USA: Phone (602) 244-5303  
 FAX (602) 244-4015
- Nilton - NSQ series  
 USA: Phone (805) 867-2555  
 FAX (805) 867-2556  
 Japan: Phone 81-3-3494-7411  
 FAX 81-3-3494-7414

### Through-Hole Components

- Inductors:** Sumida - RCH-110 series  
 (see above for phone number)
- Cocell-Burns - 7070, 7300, 6860, and 7200 series  
 USA: Phone (516) 746-2310  
 FAX (516) 742-2416
- Renco - various series  
 USA: Phone (516) 586-5566  
 FAX (516) 586-5562
- Coiltronics - various series  
 (see above for phone number)
- Capacitors:** Nichicon - PL series low-ESR electrolytics  
 USA: Phone (708) 843-7500  
 FAX (708) 843-2798  
 Japan: Phone 81-7-5231-8461  
 FAX 81-7-5256-4158
- United Chemi-Con - LXF series  
 USA: Phone (714) 255-9500  
 FAX (714) 255-9400
- Sanyo - OS-CON low-ESR organic semiconductor  
 USA: Phone (619) 661-6835  
 FAX (619) 661-1055  
 Japan: Phone 81-7-2070-6306  
 FAX 81-7-2070-1174
- Diodes:** General Purpose - 1N5820-1N5825  
 Motorola - MBR and MBRD series  
 (see above for phone number)

# MAXIM

## 3½ Digit A/D Converter

ICL7106/7107

### General Description

The Maxim ICL7106 and ICL7107 are monolithic analog to digital converters. They have very high input impedances and require no external display drive circuitry. On-board active components include polarity and digit drivers, segment decoders, voltage reference and a clock circuit. The ICL7106 will directly drive a non-multiplexed liquid crystal display (LCD) whereas the ICL7107 will directly drive a common anode light emitting diode (LED) display.

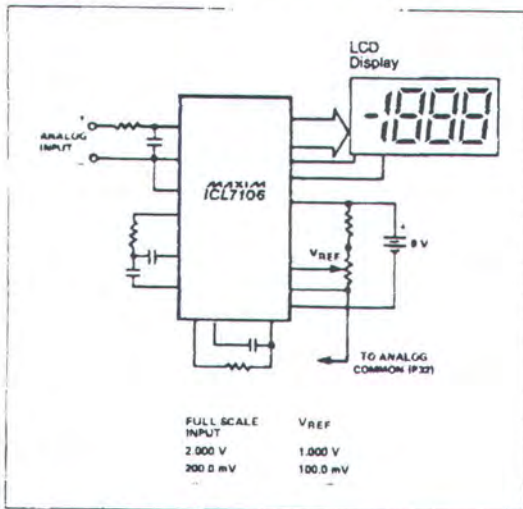
Versatility and accuracy are inherent features of these converters. The dual-slope conversion technique automatically rejects interference signals common in industrial environments. The true differential input and reference are particularly useful when making ratiometric measurements (ohms or bridge transducers). Maxim has added a zero-integrator phase to the ICL7106 and ICL7107, eliminating overrange hangover and hysteresis effects. Finally, these devices offer high accuracy by lowering rollover error to less than one count and zero reading drift to less than 1µV/°C.

### Applications

These devices can be used in a wide range of digital panel meter applications. Most applications, however, involve the measurement and display of analog data:

- Pressure
- Voltage
- Resistance
- Temperature
- Conductance
- Current
- Speed
- Material Thickness

### Typical Operating Circuit



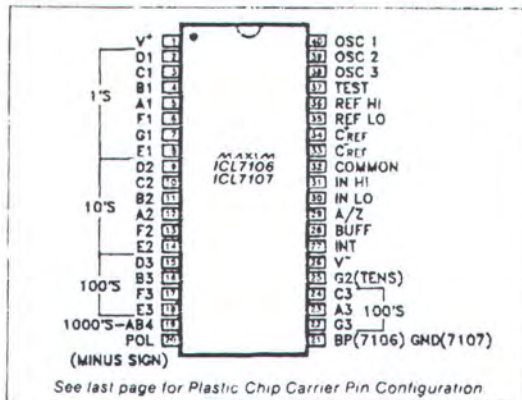
### Features

- ◆ Improved 2nd Source! (See 3rd page for "Maxim Advantage™")
- ◆ Guaranteed first reading recovery from overrange
- ◆ On board Display Drive Capability—no external circuitry required  
LCD-ICL7106  
LED-ICL7107
- ◆ High Impedance CMOS Differential Inputs
- ◆ Low Noise (< 15µV p-p) without hysteresis or overrange hangover
- ◆ Clock and Reference On-Chip
- ◆ True Differential Reference and Input
- ◆ True Polarity Indication for Precision Null Applications
- ◆ Monolithic CMOS design

### Ordering Information

PART	TEMP. RANGE	PACKAGE
ICL7106CPL	0°C to +70°C	40 Lead Plastic DIP
ICL7106CJL	0°C to +70°C	40 Lead CERDIP
ICL7106CQH	0°C to +70°C	44 Lead Plastic Chip Carrier
ICL7106C/D	0°C to +70°C	Dice
ICL7107CPL	0°C to +70°C	40 Lead Plastic DIP
ICL7107CJL	0°C to +70°C	40 Lead CERDIP
ICL7107CQH	0°C to +70°C	44 Lead Plastic Chip Carrier
ICL7107C/D	0°C to +70°C	Dice

### Pin Configuration



The "Maxim Advantage™" signifies an upgraded quality level. At no additional cost we offer a second-source device that is subject to the following: guaranteed performance over temperature along with tighter test specifications on many key parameters; and device enhancements, when needed, that result in improved performance without changing the functionality.



### 3 1/2 Digit A/D Converter

ICL7106/7107

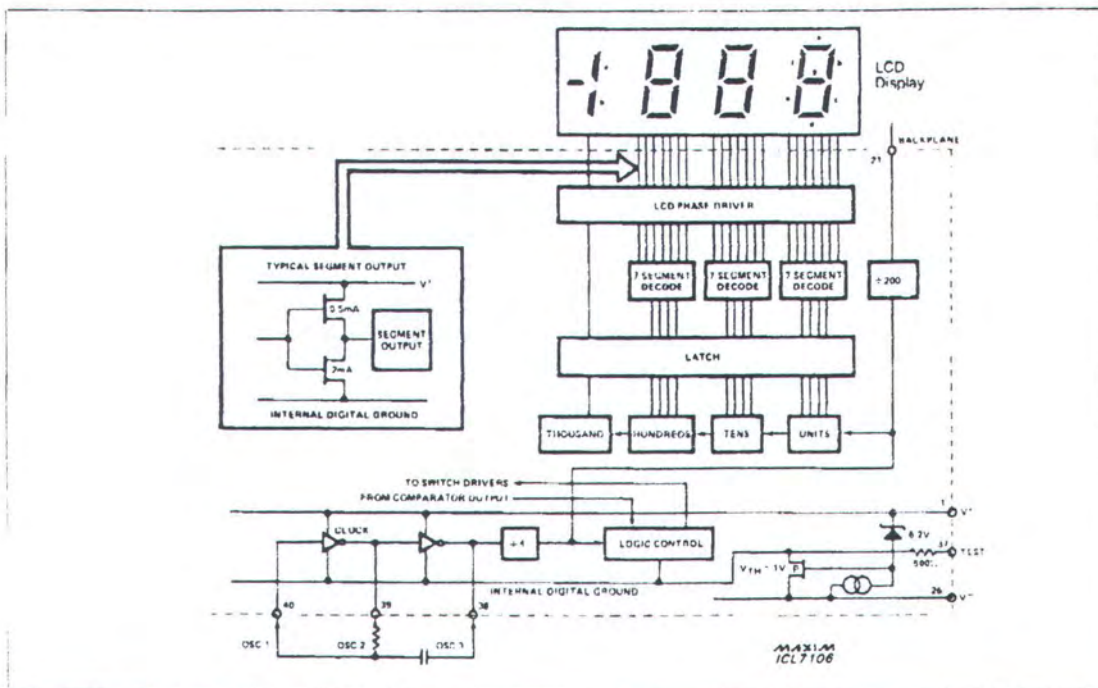


Figure 8. ICL7106 Digital Section

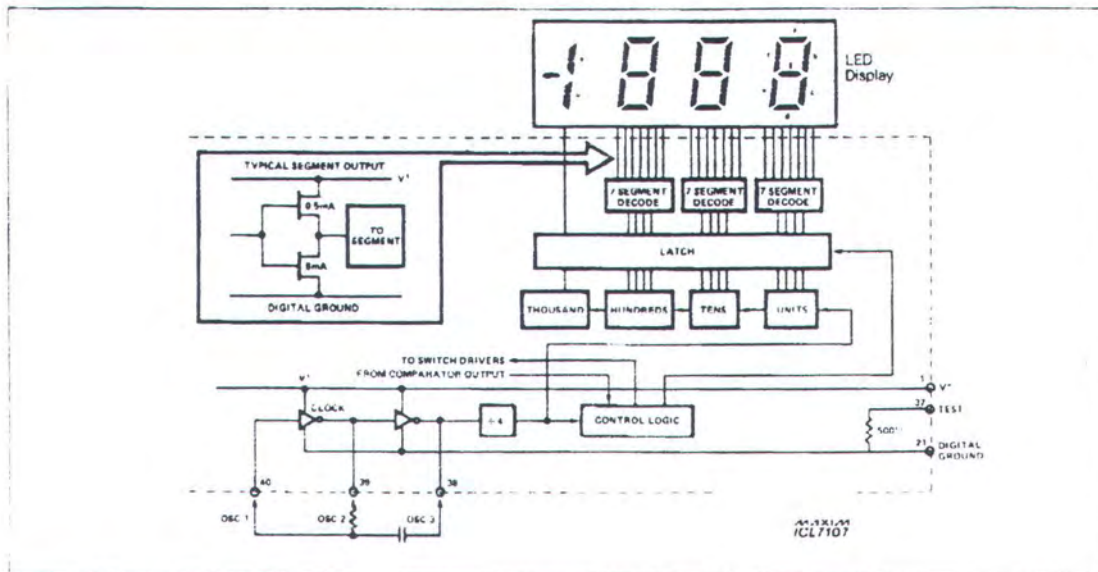


Figure 9. ICL7107 Digital Section

## 3½ Digit A/D Converter

### Component Value Selection

#### Auto-Zero Capacitor

The noise of the system is influenced by the auto-zero capacitor. For the 2V scale, a  $0.047\mu\text{F}$  capacitor is adequate. A capacitor size of  $0.47\mu\text{F}$  is recommended for 200mV full scale where low noise operation is very important. Due to the Z1 phase of Maxim's ICL7106/7, noise can be reduced by using a larger auto-zero capacitor without causing hysteresis or overrange hangover problems seen in other manufacturers' ICL7106/7 which do not have the Z1 phase.

#### Reference Capacitor

For most applications, a  $0.1\mu\text{F}$  capacitor is acceptable. However, a large value is needed to prevent rollover error where a large common-mode voltage exists (i.e., the REF-LO pin is not at analog common) and a 200mV scale is used. Generally, the roll over error will be held half a count by using a  $1.0\mu\text{F}$  capacitor.

#### Integrating Capacitor

To ensure that the integrator will not saturate (at approximately 0.3V from either supply), an appropriate integrating capacitor must be selected. A nominal  $\pm 2\text{V}$  full-scale integrator swing is acceptable for the ICL7106 or ICL7107 when the analog common is used as a reference. A nominal  $\pm 3.5$  to 4 volt swing is acceptable for the ICL7107 with a  $\pm 5\text{V}$  supply and analog common tied to supply ground. The nominal values for  $C_{INT}$  is  $0.22\mu\text{F}$  for three readings per second. (48kHz clock). These values should be changed in inverse proportion to maintain the same output swing if different oscillator frequencies are used.

The integrating capacitor must have low dielectric absorption to minimize linearity errors. Polypropylene capacitors are recommended for this application.

#### Integrating Resistor

The integrator and the buffer amplifier both have a class A output stage with  $100\mu\text{A}$  of quiescent current.  $20\mu\text{A}$  of drive current can be supplied with negligible non-linearity. This resistor should be large enough to maintain the amplifiers in the linear region over the entire input voltage range. The resistor value, however, should be low enough that undue leakage requirements are not placed on the PC boards. For a 200mV scale, a  $47\text{K}\Omega$  resistor is recommended; (2V scale/ $470\text{K}\Omega$ ).

#### Oscillator Components

A  $100\text{K}\Omega$  resistor is recommended for all ranges of frequency. By using the equation  $f = 0.45/RC$ , the capacitor value can be calculated. For 48kHz clock, (3 readings/second), the oscillator capacitor plus stray capacitance should equal  $100\text{pF}$ .

#### Reference Voltage

An analog input voltage of  $V_{IN}$  equal to  $2(V_{REF})$  is required to generate full scale output of 2000 counts. Thus, for 2V and 200mV scales,  $V_{REF}$  should equal 1V and 100mV respectively. However, there will exist a scale factor other than unity between the input voltage and the digital reading in many applications where the A/D is connected to a transducer.

As an example, the designer may like to have a full scale reading in a weighing system when the voltage from the transducer is 0.682V. The designer should use the input voltage directly and select  $V_{REF}$  at 0.341V instead of dividing the input down to 200mV. Suitable values of the capacitor and integrating resistor would be  $0.22\mu\text{F}$  and  $120\text{K}\Omega$ . This provides for a slightly quieter system and also avoids a divider network on the input. The ICL7107 can accept input signals up to  $\pm 3.5\text{V}$  with  $\pm 5\text{V}$  supplies. Another advantage of this system occurs when the digital reading of zero is desired for  $V_{IN} \neq \text{zero}$ . Examples are temperature and weighing systems with variable tare. By connecting the voltage transducer between  $V_{IN}$  positive and common, and the variable (or fixed) offset voltage between common and  $V_{IN}$  (negative), the offset reading can be conveniently generated.

#### ICL7107 Power Supplies

The ICL7107 is designed to operate from  $\pm 5\text{V}$  supplies. However, when a negative supply is not available it can be generated from a clock output with two diodes, two capacitors, and an inexpensive IC. Refer to Figure 10. Alternatively a  $-5\text{V}$  supply can be generated using Maxim's ICL7660 and two capacitors.

A negative supply is not required in selected applications. The conditions to use a single  $+5\text{V}$  supply are:

- ◆ An external reference is used.
- ◆ The signal is less than  $\pm 1.5\text{V}$ .
- ◆ The input signal can be referenced to the center of the common-mode range of the converter.

See Figure 18.

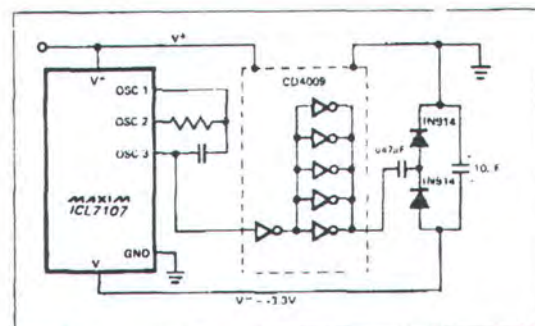


Figure 10. Generating Negative Supply from +5V

MAXIM

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Ali Husein Alasiry dilahirkan di Ambon Maluku pada tanggal 27 Oktober 1973, putra dari Almarhum H. Machmud Alasiry dan H. Fatimah Babgei. Yang kini berdomisili di Jalan Pendidikan SK 11/6 Ambon dan merupakan anak kelima dari tujuh bersaudara.

Pendidikan yang telah ditempuh adalah:

Tahun 1984 : Lulus SD Al-Hilal I Ambon

Tahun 1987 : Lulus SMP Negeri 3 Ambon

Tahun 1991 : Lulus SMA Negeri 6 Surabaya

Tahun 1991 : Diterima di Jurusan Teknik Elektro FTI-ITS dengan  
Nrp. 2291 100 101 melalui program UMPTN

Selama kuliah di Jurusan Teknik Elektro FTI-ITS penulis aktif sebagai asisten praktikum Rangkaian Listrik, dan Elektronika di Laboratorium Bidang Studi Elektronika.