

**RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING DAN PERINGATAN  
KEBOCORAN GAS KARBON MONOKSIDA PADA KABIN MOBIL DENGAN  
FASILITAS SMS**

**SKRIPSI**

TEKNIK ELEKTRO KONSENTRASI TEKNIK ELEKTRONIKA

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**SWARAKA MAULANA PRAMONO**  
**NIM. 115060300111032**

**KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI**  
**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**MALANG**  
**2015**

LEMBAR PERSETUJUAN

RANCANG BANGUN SISTEM *MONITORING DAN PERINGATAN*  
KEBOCORAN GAS KARBON MONOKSIDA PADA KABIN MOBIL DENGAN  
FASILITAS SMS

SKRIPSI

TEKNIK ELEKTRO KONSENTRASI TEKNIK ELEKTRONIKA

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan

memperoleh gelar Sarjana Teknik



SWARAKA MAULANA PRAMONO

NIM. 115060300111032

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing :

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Ir. Nanang Sulistiyanto, M.T.  
NIP. 19700113 199403 1 002

Eka Maulana, S.T., M.T, M.Eng.  
NIK. 841130 06 1 1 0280

**LEMBAR PENGESAHAN**  
**RANCANG BANGUN SISTEM *MONITORING DAN PERINGATAN***  
**KEBOCORAN GAS KARBON MONOKSIDA PADA KABIN MOBIL DENGAN**  
**FASILITAS SMS**

**SKRIPSI**

TEKNIK ELEKTRO KONSENTRASI TEKNIK ELEKTRONIKA

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik

**SWARAKA MAULANA PRAMONO**

**NIM. 115060300111032**

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus sidang skripsi  
pada tanggal 1 Juli 2015

Dosen Pengaji I

Dosen Pengaji II

**Dr. Ir. Ponco Siwindarto, M.Eng.Sc.**  
NIP. 19590304 198903 1 001

**Moch. Rif'an, S.T., M.T.**  
NIP. 19710301 200012 1 001

Dosen Pengaji III

**Dr. Eng. Panca Mudji Rahardjo, S.T.,M.T.**  
NIP. 19700329 200012 1 001

Mengetahui  
Ketua Jurusan Teknik Elektro

**M. Aziz Muslim, S.T., M.T., Ph.D.**  
NIP. 19741203 200012 1 001



## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, karena atas segala petunjuk dan nikmat-Nya lah skripsi ini dapat diselesaikan. Skripsi berjudul “Rancang Bangun Sistem Monitoring dan Peringatan Kebocoran Gas Karbon Monoksida pada Kabin Mobil dengan Fasilitas SMS” ini disusun untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan ketulusan dan kerendahan hati penulis menyampaikan terima kasih kepada:

- Ayah Hery Pramono, Ibu Savitri Octaviany selaku orang tua penulis atas segala inspirasi, nasehat, kasih sayang, perhatian dan kesabarannya didalam membesarkan dan mendidik penulis, serta telah banyak mendoakan kelancaran penulis hingga terselesaikannya skripsi ini,
- Kedua adik Swaradhika Mukti Pramono dan Swazandra Maghriva Pramono
- Keluarga besar di Purwakarta, Subang & Cirebon.
- Bapak M. Aziz Muslim, ST., MT., Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya,
- Bapak Hadi Suyono, ST., MT., Ph.D selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya,
- Bapak Ir. Nanang Sulistiyanto, MT. selaku Dosen Pembimbing I dan Bapak Eka Maulana, ST., MT., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing II atas segala bimbingan, pengarahan, saran, dan kritik yang telah diberikan selama proses penggerjaan skripsi.
- Ibu Ir. Nurussa'adah, MT. selaku Ketua Kelompok Dosen Keahlian Elektronika Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya atas segala bimbingan, pengarahan, saran, dan kritik yang telah diberikan selama perkuliahan.
- Ibu Dr. Ir. Erni Yudaningtyas, MT. selaku Dosen Penasehat Akademik atas segala bimbingan, pengarahan, saran, dan kritik yang telah diberikan selama perkuliahan.
- Bapak Bambang Widjanarko, Ibu Yuli dan Bapak Irfan dari PT. South Pasific Viscose yang telah membantu penulis dalam proses pengujian alat.

- Seluruh dosen pengajar Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya,
- Seluruh staff recording Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
- Rekan – rekan seperjuangan skripsi (Elektronika 2011), Naufal, Agung, Tegar, Bustanul, April, Rizal Wahyudi, Nurdin. Terima kasih atas segala bantuan yang telah diberikan.
- Teman – teman *Steering Comitte* (SC) Probinmaba 2013, Opek, Cakdi, Rafdi, Harfin, Malinda, Aisyah, terima kasih atas kerja sama, niat, semangat, pengorbanan serta kebersamaan yang telah dilalui.
- Joko, Aldy, Rama, Ruyung terima kasih atas segala bantuan yang telah diberikan selama ini.
- Teman – teman “shift malam” HME, Rosyid, Gagah, Muel, Abdul, Cilik, Bimo, Doni, Yogi, Tian, Yanto, Angga atas segala kebersamaan yang telah dilalui dan bantuan yang telah diberikan.
- Teman – teman konsentrasi Teknik Elektronika 2011.
- Saudara - saudari Inverter 2011 atas segala bantuan dan kebersamaan yang telah diberikan selama 4 tahun ini.
- Keluarga Besar Laboratorium Sistem Digital atas segala pengalaman, kebersamaan dan bantuan selama menjadi asisten.
- Laboratorium Elektronika yang menyediakan tempat bagi penulis untuk mengerjakan skripsi.
- Keluarga Besar Mahasiswa Teknik Elektro Universitas Brawijaya,
- Seluruh teman-teman serta semua pihak yang tidak mungkin bagi penulis untuk mencantumkan satu-persatu, terimakasih banyak atas bantuan dan dukungannya

Pada akhirnya, penulis menyadari bahwa skripsi ini masih belum sempurna. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi serta bagi masyarakat.

Malang, Juni 2015

Penulis

**DAFTAR ISI**

KATA PENGANTAR .....	i
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR GAMBAR.....	v
DAFTAR TABEL.....	vii
RINGKASAN .....	viii
SUMMARY.....	ix
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan .....	3
1.5 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	4
2.1 Gas Karbon Monoksida.....	4
2.2 Sensor Gas CO .....	5
2.3 DC – DC <i>Converter</i> .....	7
2.4 Mikrokontroler ATMega 32.....	9
2.4.1 <i>Sleep Mode</i> Mikrokontroler .....	10
2.4.2 Analog Digital Converter.....	11
2.5 Modem GSM.....	12
2.6 ATCommand untuk SMS.....	12
2.7 Modul LCD .....	13
2.8 Buzzer .....	14
BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....	16
3.1 Perancangan dan Pembuatan Perangkat Keras .....	16
3.2 Perancangan dan Pembuatan Perangkat Lunak.....	16
3.3 Pengujian Alat.....	16
BAB IV PERANCANGAN ALAT .....	19
4.1 Penentuan Spesifikasi Alat.....	19
4.2 Perancangan Kerja Sistem.....	19
4.3 Perancangan dan Pembuatan Sistem Elektrik .....	20



4.3.1	Perancangan Rangkaian Sensor Gas Karbon Monoksida.....	20
4.3.2	Perancangan Rangkaian 12 V – 5 V DC <i>Converter</i> .....	23
4.3.3	Perancangan Rangkaian <i>Minimum System</i> Mikrokontroler.....	25
4.3.4	Perancangan Rangkaian Modul LCD .....	27
4.3.5	Perancangan Rangkaian TTL to RS232 <i>Converter</i> .....	27
4.4	Perancangan dan Pembuatan Perangkat Lunak.....	28
BAB V PENGUJIAN DAN ANALISIS .....		32
5.1	Pengujian Rangkaian Sensor Gas Karbon Monoksida.....	32
5.2	Pengujian Rangkaian 12 V – 5 V DC <i>Converter</i> .....	33
5.3	Pengujian mode sleep mikrokontroler .....	35
5.4	Pengujian modul LCD.....	36
5.5	Pengujian kirim – terima SMS menggunakan modem GSM.....	37
5.6	Pengujian rangkaian TTL to RS232 <i>Converter</i> .....	38
5.7	Pengujian keseluruhan .....	39
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN .....		41
6.1	Kesimpulan .....	41
6.2	Saran.....	41
DAFTAR PUSTAKA .....		43
LAMPIRAN I DOKUMENTASI ALAT .....		44
Sistem Keseluruhan.....		44
Fisik Alat Keseluruhan.....		44
LAMPIRAN II SKEMATIK KESELURUHAN .....		45
LAMPIRAN III LISTING PROGRAM .....		47
LAMPIRAN IV DATASHEET .....		53
Datasheet Mikrokontroler (ATMEGA32) .....		54
Datasheet Sensor Gas CO (MQ-7) .....		68
Datasheet IC Switching Regulator (LM2596) .....		70
Datasheet IC TTL-RS232 Driver (MAX232) .....		72
Datasheet Modem GSM (Wavecom Fastrack) .....		75



**DAFTAR GAMBAR**

Gambar 2.1 Blok diagram sensor gas karbon monoksida .....	5
Gambar 2.2 Grafik karakteristik sensor gas karbon monoksida.....	6
Gambar 2.3 Topologi rangkaian buck <i>converter</i> .....	8
Gambar 2.4 Skematik rangkaian <i>buck converter</i> .....	8
Gambar 2.5 Layout pin mikrokontroler ATMega32 .....	10
Gambar 2.6 Register MCUCR mikrokontroler.....	10
Gambar 2.7 Jenis mode sleep mikrokontroler .....	11
Gambar 2.8 Jenis clock yang dimatikan untuk setiap jenis mode sleep. ....	11
Gambar 2.9 Karakteristik elektrik modem GSM.....	12
Gambar 2.10 <i>Pin layout LCD 16x2</i> .....	13
Gambar 2.11 Skematik rangkaian buzzer .....	14
Gambar 4.1 Blok diagram sistem .....	20
Gambar 4.2 Skematik rangkaian sensor gas karbon monoksida .....	21
Gambar 4.3 Skematik rangkaian 12 V DC – 5 V DC <i>Converter</i> .....	23
Gambar 4.4 Grafik perbandingan konstanta volt microsecond dengan arus maksimum	24
Gambar 4.5 Grafik rasio arus kapasitor terhadap batas tegangan maksimum kapasitor	24
Gambar 4.6 Daftar nilai kapasitor keluaran untuk tegangan keluaran tertentu .....	25
Gambar 4.7 Skematik rangkaian minimum system mikrokontroler .....	26
Gambar 4.8 Skematik rangkaian TTL to RS232 <i>converter</i> . ....	27
Gambar 4.9 <i>Flowchart</i> keseluruhan sistem .....	28
Gambar 4.10 <i>Flowchart</i> subrutin “waspada” .....	29
Gambar 4.11 <i>Flowchart</i> subrutin “aman” .....	30
Gambar 4.12 <i>Flowchart</i> subrutin “bahaya” .....	31
Gambar 5.1 Blok pengujian sensor gas karbon monoksida.....	32
Gambar 5.2 Grafik hubungan tegangan keluaran sensor terhadap konsentrasi. ....	33
Gambar 5.3 Blok pengujian rangkaian 12 V - 5 V DC <i>Converter</i> tanpa beban .....	34
Gambar 5.4 Blok pengujian rangkaian 12 V – 5 V DC <i>Converter</i> berbeban.....	34
Gambar 5.5 Tampilan osiloskop pada kondisi tak berbeban .....	34
Gambar 5.6 Tampilan osiloskop pada kondisi berbeban .....	35
Gambar 5.7 Blok pengujian mode sleep mikrokontroler.....	35
Gambar 5.8 Blok pengujian modul LCD .....	36
Gambar 5.9 String karakter yang ditulis pada mikrokontroler .....	36

Gambar 5.10 Tampilan pada modul LCD.	37
Gambar 5.11 Blok pengujian kirim - terima SMS menggunakan modem GSM.	37
Gambar 5.12 Pesan yang dikirim dari modem GSM.	38
Gambar 5.13 Pesan yang diterima oleh handphone.	38
Gambar 5.14 Blok pengujian rangkaian TTL to RS232 <i>converter</i> .	38
Gambar 5.15 Tampilan pada serial terminal PC.	39
Gambar 5.16 Tampilan LCD pada kondisi aman	40
Gambar 5.17 Hasil pengujian sistem peringatan pada kondisi waspada	40
Gambar 5.18 Hasil pengujian sistem peringatan pada kondisi bahaya	40



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Efek gas karbon monoksida pada manusia .....	4
Tabel 2.2 Perintah dalam AT Command .....	12
Tabel 2.3 Fungsi pin LCD 16x2 .....	13
Tabel 4.1 Konfigurasi pin mikrokontroler .....	25
Tabel 5.1 Tabel hasil pengujian sensor gas CO .....	32
Tabel 5.2 Tabel hasil pengujian mode sleep mikrokontroler .....	35
Tabel 5.3 Hasil pengujian keseluruhan sistem .....	39



## RINGKASAN

**Swaraka Maulana Pramono**, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Juli 2015, *Rancang Bangun Sistem Monitoring dan Peringatan Kebocoran Gas Karbon Monoksida pada Kabin Mobil dengan Fasilitas SMS*, Dosen Pembimbing: Ir. Nanang Sulistiyanto, M.T, Eka Maulana S.T, M.T, M.Eng.

Gas karbon monoksida (CO) merupakan salah satu jenis gas beracun yang sulit dideteksi oleh alat indera manusia, gas ini sangat berbahaya apabila dihirup oleh manusia dalam waktu yang lama. Pada kendaraan roda empat atau mobil sering terjadi peristiwa kebocoran gas karbon monoksida yang mengakibatkan jatuhnya korban jiwa. Untuk itu dibutuhkan suatu sistem yang dapat mendeteksi dan memantau kebocoran gas karbon monoksida pada kabin mobil, sistem ini juga dapat memberikan peringatan apabila terjadi kebocoran gas karbon monoksida.

Pada penelitian ini digunakan sensor gas CO dengan tipe MQ-7 sebagai komponen pendeksi gas karbon monoksida, kemudian sebagai pengontrolnya digunakan mikrokontroler yang berfungsi mengolah data dari sensor untuk ditampilkan pada LCD, sistem mikrokontroler diatur dalam mode tidur (*sleep mode*) untuk menggunakan arus seminimal mungkin ketika sistem bekerja pada keadaan mobil mati. Untuk sistem peringatan digunakan modem GSM yang berfungsi mengirimkan indikator peringatan pada pengguna melalui fasilitas SMS dan buzzer sebagai indikator bahaya.

Dari hasil pengujian keseluruhan didapatkan sistem memiliki kesalahan rata – rata (*error*) pengukuran gas karbon monoksida sebesar 1,6 ppm atau sebesar 3% untuk range pengukuran 10 – 2000 ppm jika dibandingkan dengan alat ukur berupa gas analyzer. Kemudian rata – rata arus yang digunakan sistem ketika dalam kondisi mobil mati sebesar 28 mA, hal ini menunjukkan arus yang digunakan sistem masih berada dibawah arus maksimal yang diizinkan yaitu 32 mA. Sistem akan memberikan peringatan dalam dua level yaitu waspada dan bahaya, dimana ketika level waspada sistem akan mengaktifkan buzzer dengan delay 5 detik untuk setiap kali berbunyi dan mengirimkan sms peringatan waspada kepada user, sedangkan ketika level bahaya sistem akan mengaktifkan buzzer dengan delay 1 detik untuk setiap kali berbunyi dan mengirimkan sms peringatan bahaya kepada user.

*Kata kunci* – Gas karbon monoksida, sensor gas CO, *sleep mode* mikrokontroler, fasilitas SMS



## SUMMARY

**Swaraka Maulana Pramono**, Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, University of Brawijaya, July 2015, *Monitoring and Warning System for Preventing CO Gas Leak on Vehicle Cabin using Short Message Service (SMS)*, Academic Supervisor: Ir. Nanang Sulistiyanto, M.T, Eka Maulana S.T, M.T, M.Eng.

Carbon monoxide (CO) is a poisonous gas that is hard to detect by human senses, this gas is very dangerous when inhaled by humans for a long time. In the four-wheel vehicle or a car there are possibilities an incident of carbon monoxide gas leak that resulted in casualties. Therefore it requires a system that can detect and monitor the carbon monoxide gas leak in the car cabin, this system should also provide a warning in case of leakage of carbon monoxide gas happen.

This project using CO gas sensor MQ-7 as a component of carbon monoxide gas detector, then as a controller microcontroller is used to process data from the sensor to be displayed on the LCD, microcontroller system is set in sleep mode (sleep mode) to use a minimum current flow when the system works on the car turned off. For warning system GSM modem is used to sends warning indicator that serves the user through SMS facility and buzzer as an indicator of danger.

Results show obtained overall fault system has error average measurement of carbon monoxide gas at 1.6 ppm or 3% for the measurement range of 10-2000 ppm when compared to the measuring instrument in the form of gas analyzer. Then the current average used when the system is in the condition of the car turned off at 28 mA, it shows that the current used is still under the permitted maximum of 32 mA. The system provides a warning in two levels, alert and danger, whereby when at the alert level the system will enable buzzer with a delay of 5 seconds for each beep and sends sms alert warning to the user, whereas when at the level of danger the system will activate buzzer with a delay of 1 second for each beep and sends SMS warning of danger to the user.

**Keywords** – Carbon Monoxide Gas, CO gas sensor, microcontroller *sleep mode*, SMS facility



## BAB 1

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Gas karbon monoksida (CO) merupakan gas yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar yang tidak sempurna pada kendaraan. Pada kendaraan bermotor, gas karbon monoksida ini akan dikeluarkan ke udara bebas melalui suatu sistem pembuangan. Gas karbon monoksida merupakan salah satu gas yang memiliki sifat tidak berbau, tidak berwarna dan beracun sehingga sulit dideteksi keberadaannya dengan alat indera manusia, akibatnya sulit untuk mendeteksi ada atau tidaknya konsentrasi gas karbon monoksida pada suatu tempat.

Pada kendaraan roda empat atau mobil sering terjadi peristiwa kebocoran gas karbon monoksida ke dalam kabin mobil yang disebabkan adanya suatu masalah pada sistem pembuangan mobil yang menyebabkan gas karbon monoksida mengalir kedalam kabin mobil. Dikarenakan gas karbon monoksida ini sulit dideteksi oleh alat indera manusia peristiwa kebocoran ini sering menimbulkan korban jiwa, pada bulan April 2015 (Wartakota, 2015) satu keluarga tewas didalam mobil yang mereka tumpangi akibat keracunan gas karbon monoksida. Kejadian tersebut bermula ketika keluarga tersebut memutuskan tidur didalam mobil dalam keadaan AC (Air conditioner) menyala, untuk menyalakan AC mobil harus dalam keadaan hidup yang secara otomatis sistem pembuangan juga bekerja, kemudian diketahui bahwa sistem pembuangan pada mobil tersebut bermasalah sehingga menyebabkan gas karbon monoksida hasil pembakaran mesin mengalir kedalam kabin mobil dan meracuni keluarga tersebut.

Selain diakibatkan sistem pembuangan mobil yang bermasalah kebocoran gas karbon monoksida juga disebabkan adanya gas karbon monoksida dari luar kabin mobil yang masuk ke dalam kabin mobil melalui celah – celah, peristiwa ini biasa terjadi di tempat yang tertutup dan penuh dengan kendaraan seperti parkir basement. Hal ini sangat membahayakan karena mobil yang ditinggal dalam waktu yang lama dan dalam keadaan mati dapat membuat gas karbon monoksida dari luar terkumpul di kabin mobil tersebut, user yang tidak mengetahui bahwa mobilnya berisi gas karbon monoksida dalam tingkat berbahaya akan mengalami keracunan ketika user memasuki kabin mobil tersebut.

Dalam penelitian tahun 2008 (Nyoman, 2008) telah dirancang suatu sistem pendekripsi gas karbon monoksida pada kabin mobil. Pada penelitian tersebut terdapat beberapa kekurangan yaitu berupa tidak adanya sistem monitoring berapa konsentrasi gas

karbon monoksida yang berada pada kabin mobil dan tidak adanya sistem peringatan apabila konsentrasi gas karbon monoksida melebihi batas maksimal. Sedangkan dalam penelitian pada tahun 2009 (Jakfriady, 2009) telah dirancang suatu sistem monitoring kadar gas karbon monoksida dan peringatan pengendara di dalam kabin mobil. Namun dalam penelitian tersebut tidak dijelaskan mengenai penggunaan baterai aki sebagai catu daya sistem tersebut, padahal baterai aki merupakan sumber daya utama pada mobil ketika mobil dalam keadaan mati. Selain tidak adanya penjelasan mengenai penggunaan baterai aki pada penelitian tersebut sistem monitoring hanya berupa tampilan jumlah konsentrasi gas karbon monoksida yang ditampilkan pada LCD.

Oleh karena itu pada penelitian ini akan dirancang suatu sistem yang mampu mendeteksi dan memantau konsentrasi gas karbon monoksida pada kabin mobil, selain itu sistem tersebut juga mampu memberikan peringatan kepada user berupa buzzer. Pada sistem ini akan digunakan fasilitas SMS menggunakan modem GSM yang bertujuan sebagai media komunikasi pada pemantauan konsentrasi gas karbon monoksida dan peringatan kebocoran gas karbon monoksida pada kabin mobil. Pada penelitian ini juga ditekankan bahwa alat yang akan dibuat harus memiliki konsumsi arus yang rendah ketika mobil dalam keadaan mati, hal ini dikarenakan batas maksimum konsumsi arus pada aki mobil sebesar 32 mA (Toyota Motor Sales, 2011)

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, dapat disusun rumusan masalah sebagai berikut:

- 1) Bagaimana merancang dan membuat sistem yang dapat mendeteksi dan menghitung jumlah kandungan gas karbon monoksida dalam kabin mobil.
- 2) Bagaimana merancang dan membuat sistem pengiriman data hasil penghitungan gas karbon monoksida menggunakan fasilitas SMS.
- 3) Bagaimana merancang dan membuat sistem peringatan kebocoran gas karbon monoksida.
- 4) Bagaimana merancang dan membuat sistem *monitoring* dan peringatan kebocoran gas karbon monoksida dengan arus seminimal mungkin.

## 1.3 Batasan Masalah

Dengan mengacu pada permasalahan yang telah dirumuskan, maka hal – hal yang berkaitan dengan alat akan diberikan batasan sebagai berikut:

- 1) Alat yang dibuat tidak diujikan langsung pada kabin mobil

- 2) Catu daya yang digunakan berupa aki sepeda motor 12 Volt.
- 3) Parameter suhu pada kabin mobil tidak dibahas.
- 4) Kondisi awal pengapian mobil dalam keadaan hidup.

#### **1.4 Tujuan**

Tujuan penelitian ini adalah membuat suatu sistem pendekripsi, pemantauan dan peringatan terhadap kebocoran gas karbon monoksida pada kabin mobil dengan menggunakan fasilitas SMS.

#### **1.5 Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan yang digunakan dalam penyusunan laporan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

##### **BAB I Pendahuluan**

Memuat tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, dan sistematika pembahasan.

##### **BAB II Tinjauan Pustaka**

Membahas mengenai teori-teori yang mendukung dalam perancangan dan pembuatan alat.

##### **BAB III Metodologi**

Membahas mengenai metode-metode yang digunakan dalam perancangan, pengujian, dan analisis data.

##### **BAB IV Perancangan Alat**

Membahas mengenai penentuan spesifikasi alat beserta fungsi dan prinsip kerjanya, perancangan diagram blok, perancangan perangkat keras, dan perancangan perangkat lunak.

##### **BAB V Pengujian dan Analisis**

Memuat tentang aspek – aspek pengujian yaitu penjelasan tentang cara pengujian dan hasil pengujian. Aspek analisis meliputi hasil-hasil pengujian. Pengujian dan analisis dilakukan pada seluruh sub sistem dan sistem secara keseluruhan.

##### **BAB VI Kesimpulan dan Saran**

Memuat tentang intisari hasil pengujian, menjawab rumusan masalah, serta saran untuk perbaikan kualitas penelitian pada masa mendatang.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Gas Karbon Monoksida

Gas karbon monoksida atau gas CO terbentuk pada pembakaran tidak sempurna, misalnya pembakaran dalam mesin – mesin mobil atau pembakaran sampah. Secara kimiawi, gas karbon monoksida dapat meracuni darah atau sistem pernapasan pada tubuh manusia. Hal ini disebabkan afinitas gas karbon monoksida terhadap hemoglobin lebih besar dari afinitas gas oksigen terhadap hemoglobin. Hemoglobin yang telah mengikat karbon monoksida tidak dapat mengikat gas oksigen lagi sehingga akan menganggu pengangkutan gas oksigen dari paru – paru ke jaringan tubuh. (Sumardjo, 2006).

Tingkat konsentrasi gas karbon monoksida diukur dengan menggunakan sistem yang disebut Parts Per Million (PPM). Gas karbon monoksida mempengaruhi kesehatan manusia berdasarkan konsentrasi. Pada Tabel 2.1 ditunjukkan tingkatan dari jumlah konsentrasi gas karbon monoksida dalam sistem ppm dan pengaruh dari masing – masing tingkatan terhadap kesehatan manusia.

Tabel 2.1 Efek gas karbon monoksida pada manusia

Konsentrasi CO di udara (ppm)	Gangguan pada tubuh
25 – 50	Tidak ada gejala
50 – 100	Aliran darah meningkat, sakit kepala ringan
100 – 250	Tegang daerah dahi, sakit kepala, penglihatan agak terganggu
250 – 450	Sakit kepala sedang, berdenyut – denyut, wajah memerah, mual
450 – 650	Sakit kepala berat, mual, muntah, lemas
650 – 1000	Sakit kepala berat, mual, muntah, lemas, mudah pingsan
1000 – 1500	Koma, kadang disertai dengan kejang
>1500	Koma dengan kejang, bisa menyebabkan kematian

Sumber: Asmino & R.Soedoko (1987:5)

Dari Tabel 2.1 dapat disimpulkan bahwa standar maksimum tingkat konsentrasi gas karbon monoksida yang masih diperbolehkan ada pada tingkat 50 ppm, sedangkan pada tingkat 100 ppm akan mulai gejala – gejala yang dapat membahayakan kesehatan manusia.

## 2.2 Sensor Gas CO

Sensor gas CO merupakan suatu sensor gas yang dapat mendeteksi konsentrasi gas karbon monoksida (CO) di udara. Sensor ini terdiri dari keramik  $O_3Al_2$ , lapisan tipis  $SnO_2$ , elektroda serta *heater* yang digabungkan dalam suatu lapisan kerak yang terbuat dari plastik dan *stainless*, blok diagram sensor gas karbon monoksida ditunjukkan pada Gambar 2.1.

Prinsip kerja dari sensor ini adalah ketika arus elektrik mengalir melewati daerah sambungan pada kristal  $SnO_2$  akan terjadi penyerapan oksigen yang mencegah muatan untuk bergerak bebas. Apabila terdeteksi gas karbon monoksida maka tegangan *output* pada sensor akan naik, sehingga konsentrasi gas akan menurun dan terjadi proses deoksidasi. Proses deoksidasi ini menyebabkan muatan negatif dari oksigen akan berkurang, sehingga akan menyebabkan penurunan resistansi sensor. Hubungan antara resistansi sensor dengan konsentrasi gas pada proses deoksidasi dapat ditunjukkan pada Persamaan (2-1):

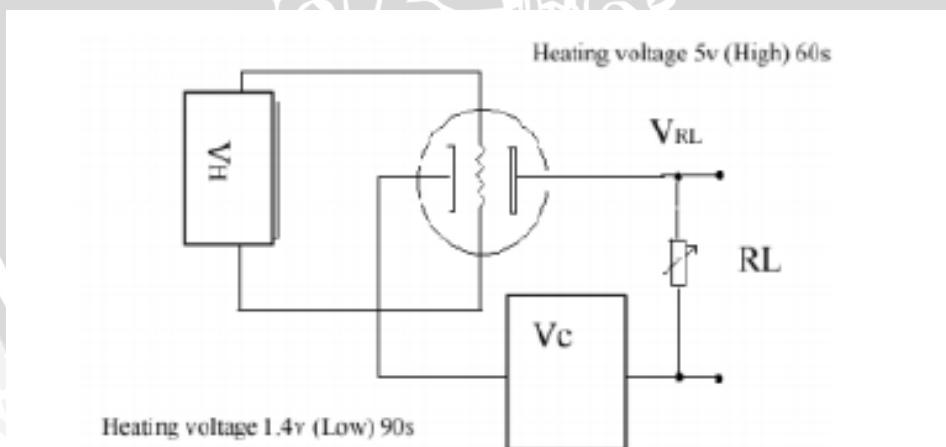
$$R = A[C] - \alpha \quad (2-1)$$

Dimana:

R = resistansi sensor

A,  $\alpha$  = konstanta

[C] = konsentrasi gas.

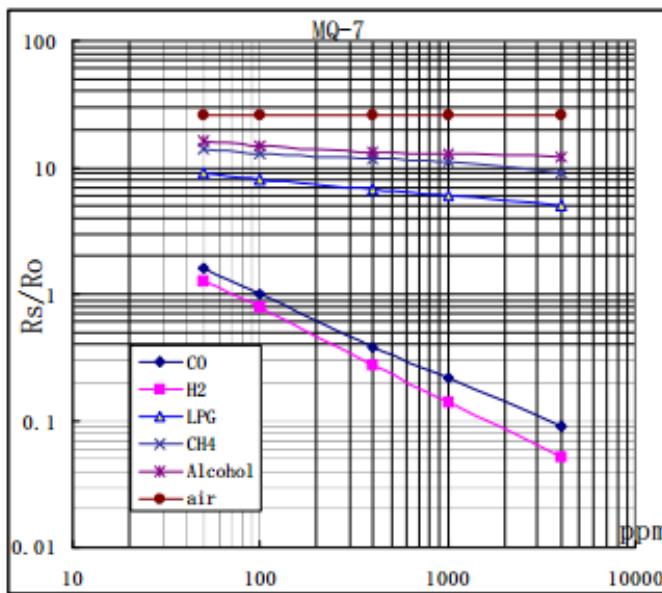


Gambar 2.1 Blok diagram sensor gas karbon monoksida

Sumber: Henan Hanwei Electronics (2012:2)

Berdasarkan grafik karakteristik output sensor, apabila sensor mendeteksi keberadaan gas karbon monoksida akan terjadi penurunan resistansi sensor ( $R_s/R_o$ ) dan

mengakibatkan output sensor yang berupa tegangan akan mengalami kenaikan sesuai dengan besarnya kadar ppm. Grafik karakteristik dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Grafik karakteristik sensor gas karbon monoksida  
Sumber: Henan Hanwei Electronics (2012:3)

Metode pengukuran gas karbon monoksida diperoleh dari resistansi sensor pada saat terdapat gas CO (Rs), nilai Rs didapatkan dari perbandingan Rs dengan resistansi sensor pada udara bersih yang mengandung konsentrasi gas CO sebesar 100 ppm (Ro) yaitu rasio resistansi (Rs/Ro). Berdasarkan grafik pada Gambar 2.2 diketahui bahwa semakin tinggi konsentrasi (ppm) maka rasio resistansi (Rs/Ro) akan semakin kecil sehingga dapat diketahui bahwa hubungan antara rasio resistansi (Rs/Ro) dengan konsentrasi [C] adalah berbanding terbalik secara logaritmik, untuk mencari nilai rasio resistansi dapat digunakan Persamaan (2-2)

$$\text{rasio resistansi} = \frac{1}{[C]} \quad (2-2)$$

Sebagai pembanding digunakan rasio pada konsentrasi 100 ppm yaitu sebesar 1, hal ini dikarenakan Ro merupakan resistansi sensor ketika konsentrasi gas CO sebesar 100 ppm. dimana Ro bernilai 10 kΩ sehingga persamaan akhir untuk mencari Rs ditunjukkan pada Persamaan (2-8) :

$$1 = \frac{1}{100} \quad (2-3)$$

$$\frac{1}{\text{rasio resistansi}} = \frac{\frac{1}{100}}{\frac{1}{[C]}} \quad (2-4)$$

$$\frac{1}{rasio\ resistansi} = \frac{1}{100} \times \frac{[C]}{1} \quad (2-5)$$

$$\frac{1}{rasio\ resistansi} = \frac{[C]}{100} \quad (2-6)$$

$$rasio\ resistansi = \frac{Rs}{Ro} \quad (2-7)$$

$$Rs = \frac{rasio\ resistansi}{Ro} \quad (2-8)$$

Sedangkan untuk mencari VRL (Tegangan keluaran sensor) digunakan persamaan pembagi tegangan, dimana nilai  $RL = 10\ k\Omega$ , dan  $Ro = 10\ k\Omega$  seperti yang ditunjukkan pada Persamaan (2-9).

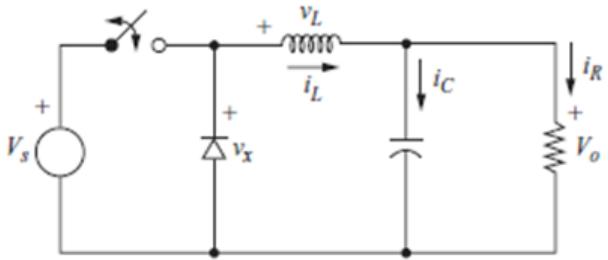
$$V_{RL} = \frac{R_L}{R_o + R_s} \times V_C \quad (2-9)$$

Sesuai dengan datasheet, nilai  $R_L$  pada sensor ditetapkan sebesar  $10k\Omega$ , dan dari Persamaan (2-9) dapat disimpulkan semakin kecil nilai resistansi sensor ( $R_s$ ) maka nilai  $V_{RL}$  akan semakin meningkat begitupula sebaliknya jika nilai resistansi sensor ( $R_s$ ) semakin besar maka nilai  $V_{RL}$  akan semakin mengecil, pada sensor gas karbon monoksida digunakan tegangan input ( $V_C$ ) sebesar 5V. Untuk sensitifitas sensor diketahui menggunakan rumus yang ditunjukkan pada Persamaan (2-10)

$$\frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{V_{max} - V_{min}}{[C]_{max} - [C]_{min}} \quad (2-10)$$

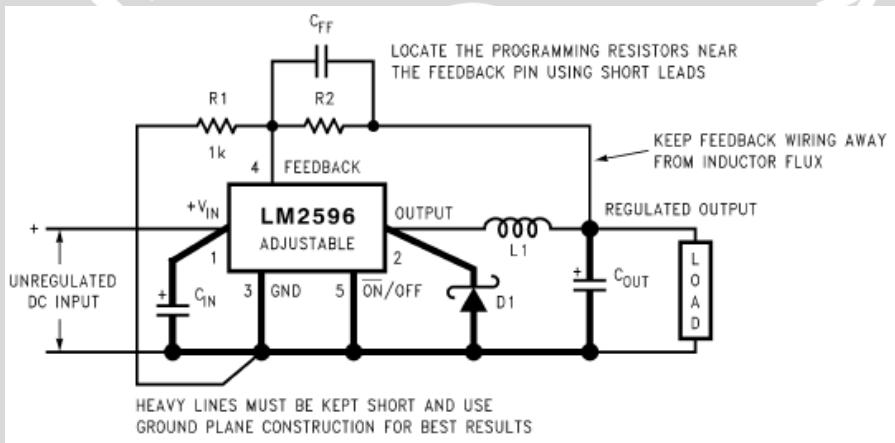
### 2.3 DC – DC Converter

DC – DC converter adalah suatu rangkaian elektronik yang berfungsi mengubah suatu tegangan DC menjadi tegangan DC pada level yang berbeda (Hart, 2010) . Salah satu jenis DC – DC Converter adalah buck converter atau step-down converter yang berfungsi mengubah tegangan DC pada level tertentu menjadi tegangan DC pada level yang lebih kecil (step-down). Buck converter terdiri dari komponen – komponen utama yang terdiri dari saklar, dioda, kapasitor, dan induktor, pada Gambar 2.3 ditunjukkan topologi dasar dari rangkaian buck converter. Buck converter menggunakan prinsip kerja switching regulator dimana rangkaian ini bekerja dalam dua kondisi. Kondisi ON terjadi apabila saklar terhubung dimana akan mengakibatkan induktor, kapasitor, dan beban akan terhubung dengan sumber tegangan, pada kondisi ini dioda akan berada pada kondisi reverse bias. Sedangkan kondisi OFF terjadi apabila saklar terbuka yang akan mengakibatkan seluruh komponen akan terisolasi dari sumber tegangan.



Gambar 2.3 Topologi rangkaian buck *converter*  
Sumber: Hart (2010:34)

Pada aplikasinya sering digunakan sebuah IC switching regulator yang memiliki prinsip kerja sama dengan prinsip kerja switching regulator. Pada IC tersebut memiliki tegangan referensi (Vref) yang digunakan dalam proses switching. Salah satu contoh rangkaian buck *converter* dengan menggunakan IC switching regulator ditunjukkan pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Skematik rangkaian buck *converter*  
Sumber: Texas Instrument (2014:15)

Berdasarkan gambar 2.4 besarnya tegangan keluaran yang diinginkan dapat diatur dengan menentukan besarnya nilai resistansi  $R_1$  yang didapatkan dari Persamaan (2-11).

$$V_{out} = V_{ref} \left( 1 + \frac{R_2}{R_1} \right) \quad (2-11)$$

$$R_2 = R_1 \left( \frac{V_{out}}{V_{ref}} - 1 \right) \quad (2-12)$$

dengan:

$V_{out}$  = tegangan keluaran (volt)

$V_{ref}$  = tegangan referensi (volt)

$R_1$  = nilai resistansi 1 (ohm)

$R_2$  = nilai resistansi 2 (ohm)



Rangkaian ini bekerja dalam dua kondisi. Kondisi pertama ketika IC dalam kondisi ON maka arus keluaran dari IC akan mengalir melewati induktor L1, kapasitor C<sub>out</sub>, Resistor R1 dan R2. Kondisi kedua ketika IC dalam kondisi OFF dioda D1 akan menghantarkan energi yang tersimpan di dalam induktor L1 dan arus akan mengalir melewati induktor L1, kapasitor Cout, resistor R1 dan R2. Arus yang mengalir dalam kondisi ini akan semakin turun sampai dengan IC kembali dalam keadaan On pada siklus berikutnya. Persamaan (2-13) digunakan untuk menentukan konstanta volt microsecond dalam penentuan induktor yang digunakan pada rangkaian:

$$ET = (V_{in} - V_{out} - V_{sat}) \left( \frac{V_{out} + V_{breakdown}}{V_{in} - V_{sat} + V_{breakdown}} \right) \frac{1000}{150} \quad (2-13)$$

dengan:

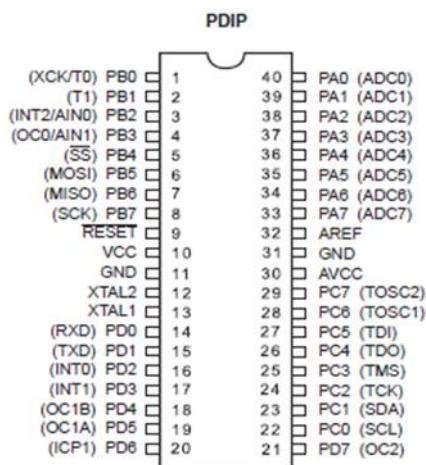
ET	= konstanta volt microsecond (V.μs)
V <sub>out</sub>	= tegangan keluaran (Volt)
V <sub>in</sub>	= tegangan masukan (Volt)
V <sub>sat</sub>	= tegangan saturasi (Volt)
V <sub>breakdown</sub>	= tegangan breakdown (Volt)

#### 2.4 Mikrokontroler ATMega 32

ATMega 32 adalah IC mikrokontroler low power CMOS 8 bit berdasarkan arsitektur AVR RISC. Arsitektur AVR ini menggabungkan perintah secara efektif dengan 32 register umum. Semua register tersebut langsung terhubung dengan Arithmetic Logic Unit (ALU) yang memungkinkan 2 register terpisah diproses dengan satu perintah tunggal dalam satu clock cycle. Hal ini menghasilkan kode yang efektif dan kecepatan prosesnya 10 kali lebih cepat dari pada mikrokontroler CISC biasa (Andrianto, 2013). Pin layout mikrokontroler ATMega 32 ditunjukkan pada Gambar 2.5.

Mikrokontroler digunakan dalam produk secara otomatis dikontrol dan perangkat, seperti sistem kontrol mesin mobil, perangkat medis implant, remote kontrol, mesin kantor, peralatan, peralatan listrik, dan mainan. Dengan mengurangi ukuran dan biaya dibandingkan dengan desain yang menggunakan perangkat mikroprosesor terpisah, memory dan input / output. Mikrokontroler membuatnya lebih ekonomis dan proses untuk mengendalikan perangkat digital. Mikrokontroler sinyal campuran yang umum mengintegrasikan komponen analog yang diperlukan untuk sistem kontrol elektronik

non-digital. Sedangkan prinsip kerja sebuah mikrokontroler dapat dijelaskan sebagai berikut:



Gambar 2.5 Layout pin mikrokontroler ATMega32

Sumber: Atmel (2011:3)

#### 2.4.1 *Sleep Mode* Mikrokontroler

*Sleep mode* (mode tidur) merupakan salah satu fitur yang tersedia di dalam sebuah mikrokontroler. Mode tersebut digunakan ketika pengguna menginginkan penggunaan daya yang kecil ketika menggunakan sumber daya yang terbatas. Mode sleep dapat diaktifkan dengan cara mengatur bit SE pada register MCUCR mikrokontroler. Register MCUCR mikrokontroler yang digunakan untuk mengatur mode sleep ditunjukkan pada Gambar 2.6.

7	6	5	4	3	2	1	0	MCUCR
SE	SM2	SM1	SM0	ISC11	ISC10	ISC01	ISC00	
R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	

Gambar 2.6 Register MCUCR mikrokontroler

Sumber: Atmel (2011:32)

Bit SE diatur sesaat sebelum memasuki mode sleep agar mikrokontroler tidak memasuki mode sleep pada keadaan yang tidak diinginkan. Bit SM2 – SM0 digunakan untuk memilih mode sleep apa yang akan digunakan. Mikrokontroler memiliki mode sleep sebanyak 6 mode yang dapat dipilih dengan kombinasi dari logika – logika pada bit SM2 – SM0. Jenis mode sleep ditunjukkan pada Gambar 2.7.

Pada Gambar 2.7 terlihat ada 6 jenis mode sleep yang disediakan yaitu *Idle*, *ADC Noise Reduction*, *Power – down*, *Power – save*, *Standby*, dan *Extended Standby*. Ketika mikrokontroler berada dalam mode sleep maka untuk mengembalikan mikrokontroler pada mode normal digunakan perintah interupsi. Mode sleep dasarnya adalah mematikan

*clock – clock* pada mikrokontroler, pada Gambar 2.8 ditunjukkan bagian clock apa saja yang dimatikan untuk setiap jenis mode sleep dan interupsi apa saja yang dapat membangunkannya.

SM2	SM1	SM0	Sleep Mode
0	0	0	Idle
0	0	1	ADC Noise Reduction
0	1	0	Power-down
0	1	1	Power-save
1	0	0	Reserved
1	0	1	Reserved
1	1	0	Standby <sup>(1)</sup>
1	1	1	Extended Standby <sup>(1)</sup>

Gambar 2.7 Jenis mode sleep mikrokontroler  
Sumber: Atmel (2011:32)

Sleep Mode	Active Clock domains					Oscillators		Wake-up Sources							
	clk <sub>CPU</sub>	clk <sub>FLASH</sub>	clk <sub>O</sub>	clk <sub>ADC</sub>	clk <sub>ASY</sub>	Main Clock Source Enabled	Timer Oscillator Enabled	INT2	INT1	INT0	TWI Address Match	Timer 2	SPM / EEPROM Ready	ADC	Other I/O
Idle		X	X	X		X	X <sup>(2)</sup>	X		X	X	X	X	X	X
ADC Noise Reduction			X	X		X	X <sup>(2)</sup>	X <sup>(3)</sup>		X	X	X	X	X	
Power-down								X <sup>(3)</sup>		X					
Power-save				X <sup>(2)</sup>		X <sup>(2)</sup>	X <sup>(3)</sup>	X <sup>(3)</sup>		X	X <sup>(2)</sup>				
Standby <sup>(1)</sup>						X		X <sup>(3)</sup>		X					
Extended Standby <sup>(1)</sup>				X <sup>(2)</sup>	X	X <sup>(2)</sup>	X <sup>(3)</sup>	X	X	X <sup>(2)</sup>					

Gambar 2.8 Jenis clock yang dimatikan untuk setiap jenis mode sleep.  
Sumber: Atmel (2011:34)

#### 2.4.2 Analog Digital Converter

Analog Digital Converter (ADC) adalah suatu alat yang mampu mengubah sinyal analog menjadi sinyal digital. Resolusi ADC selalu dinyatakan sebagai jumlah bit – bit dalam kode keluaran digitalnya. Jika resolusi ADC semakin tinggi, maka semakin banyak kemungkinan nilai – nilai analog yang bisa disajikan. Misalnya ADC dengan resolusi 8 bit akan menghasilkan bilangan 0 sampai 255. Pada ATMega32 terdapat fitur ADC sebanyak 8 channel dengan resolusi 10 bit (Andrianto, 2013). Untuk mendapatkan nilai

tegangan ADC digunakan Persamaan (2-14) sedangkan untuk mendapatkan resolusi ADC digunakan Persamaan (2-15).

$$V_{ADC} = \left( \frac{\text{Nilai Digital}}{1024} \right) \times V_{Ref} \quad (2-14)$$

$$\text{Resolusi ADC} = \left( \frac{V_{\max} - V_{\min}}{1024} \right) \times V_{Ref} \quad (2-15)$$

## 2.5 Modem GSM

Modem GSM adalah modul komunikasi seluler GSM yang menggunakan prinsip Plug and Play sehingga tidak memerlukan instalasi yang rumit untuk dapat menggunakannya. Modem GSM menggunakan komunikasi serial dengan antarmuka RS232 sebagai media komunikasi dengan perangkat lainnya seperti *personal computer* (PC) atau mikrokontroler. Sesuai dengan Gambar 2.9 tegangan kerja dari modem ini sebesar 5.5V – 32V DC dengan arus rata – rata 480mA. Karena alat ini menggunakan antarmuka RS232 maka untuk menghubungkan modem dengan mikrokontroler dibutuhkan rangkaian *converter* untuk merubah level tegangan RS232 menjadi level tegangan TTL.

<b>Operating Voltage ranges</b>	5.5 V to 32 V DC (GSM or DCS or GPRS).
<b>Maximum current</b>	480 mA Average at 5.5V. 2.1 A Peak at 5.5 V.

Gambar 2.9 Karakteristik elektrik modem GSM  
Sumber: Wavecom (2006:51)

## 2.6 ATCommand untuk SMS

AT-Command adalah perintah yang dapat diberikan kepada handphone atau GSM/CDMA modem untuk melakukan sesuatu hal, termasuk untuk mengirim dan menerima SMS. Dengan memprogram pemberian perintah ini di dalam komputer/mikrokontroler maka perangkat kita dapat melakukan pengiriman atau penerimaan SMS secara otomatis untuk mencapai tujuan tertentu. Komputer ataupun mikrokontroler dapat memberikan perintah AT-Command melalui hubungan kabel secara serial atau bluetooth. Beberapa contoh AT-Command ditunjukkan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Perintah dalam AT Command

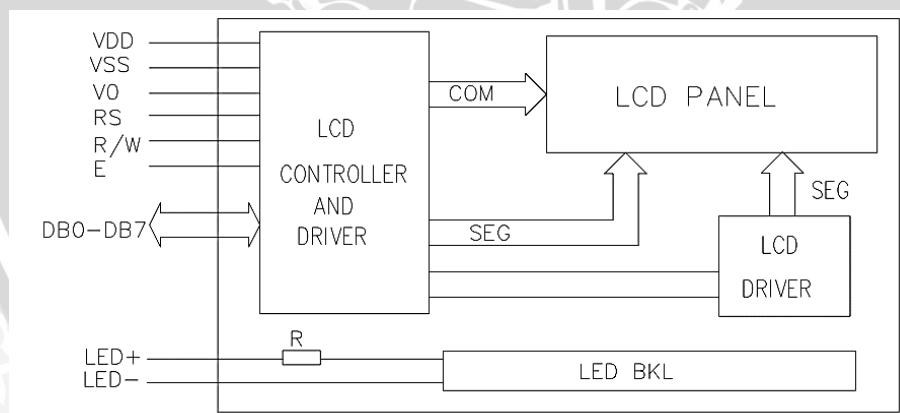
AT Command	Keterangan
AT	Mengecheck apakah handpone telah tersambung
AT+CMGF	Menetapkan mode dari terminal

<b>AT+CSCS</b>	Menetapkan jenis encoding
<b>AT+CNMI</b>	Mendeteksi pesan SMS
<b>AT+CMGL</b>	Membuka daftar SMS pada SIM Card
<b>AT+CMGS</b>	Mengirim pesan SMS
<b>AT+CMGR</b>	Membaca pesan SMS
<b>AT+CMGD</b>	Menghapus pesan SMS
<b>ATE1</b>	Mengatur ECHO
<b>AT+CSQ</b>	Mengecheck kualitas sinyal

Sumber: Wavecom (2006:35)

## 2.7 Modul LCD

*Liquid Crystal Display* (LCD) Karakter merupakan perangkat elektronika termodul yang digunakan untuk menampilkan karakter, baik berupa karakter angka, huruf, atau karakter lainnya, sehingga tampilan tersebut dapat dilihat secara visual. Jenis modul LCD karakter pada umumnya ditentukan menurut spesifikasi jumlah karakter yang dapat ditampilkan, warna karakter yang ditampilkan, dan juga warna *backlight* LCD. Meskipun memiliki spesifikasi berbeda-beda, jumlah serta fungsi pin LCD karakter tetap sama. Gambar 2.10 menunjukkan kofigurasi pin LCD karakter 20x4, dan Tabel 2.3 menunjukkan fungsi masing-masing pin LCD karakter.



Gambar 2.10 Pin layout LCD 16x2

Sumber: Xiamen (2011:2)

Tabel 2.3 Fungsi pin LCD 16x2

No	Simbol	Level	Fungsi
1	Vss		GND
2	Vcc	Power Suply	5 Volt
3	Vee		LCD Drive

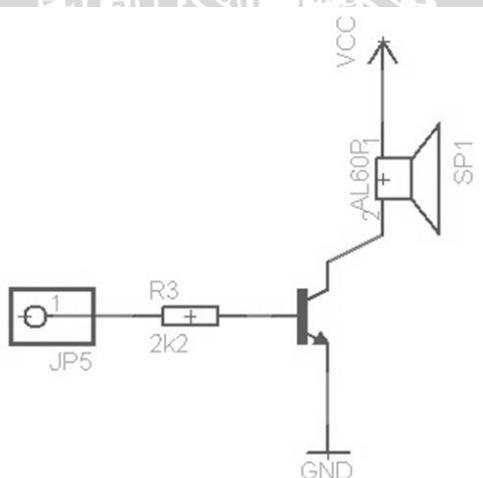


4	RS	H/L	H: Data Input L: Ins Input
5	R/W	H/L	H: Read L: Write
6	E	H	Enable Signal
7	DB0	H/L	
8	DB1	H/L	
9	DB2	H/L	
10	DB3	H/L	
11	DB4	H/L	
12	DB5	H/L	
13	DB6	H/L	
14	DB7	H/L	
15	V+BL		4 - 4.2 Volt
16	V-BL		GND

Sumber: Xiamen (2011:4)

## 2.8 Buzzer

Buzzer adalah suatu alat yang dapat mengubah sinyal listrik menjadi sinyal suara. Buzzer terdiri dari alat penggetar yang berupa lempengan yang tipis dan lempengan logam tebal. Bila kedua lempengan diberi tegangan maka electron dan proton akan mengalir dari lempengan satu ke lempengan lain. Kejadian ini dapat menunjukkan bahwa gaya mekanik dan dimensi dapat digantikan oleh muatan listrik.



Gambar 2.11 Skematik rangkaian buzzer  
Sumber: Velleman (2009:3)

Bila buzzer mendapatkan tegangan maka lempengan 1 dan 2 bermuatan listrik.

Dengan adanya muatan listrik maka terdapat beda potensial di kedua lempengan, beda



potensial akan menyebabkan lempengan 1 bergerak saling bersentuhan dengan lempengan 2. Diantara lempengan 1 dan 2 terdapat rongga udara, sehingga apabila terjadi proses getaran di rongga udara maka buzzer akan menghasilkan bunyi dengan frekuensi tinggi. Buzzer biasanya digunakan sebagai alarm. Frekuensi suara yang keluar dari buzzer mencapai 1-5 KHz.



## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

Penyusunan skripsi ini didasarkan pada masalah yang bersifat aplikatif, yaitu perencanaan dan prealisasi alat agar dapat bekerja sesuai dengan yang direncanakan dengan mengacu pada rumusan masalah. Langkah – langkah yang perlu dilakukan untuk merealisasikan alat yang dirancang adalah perancangan dan pembuatan perangkat keras, perancangan dan pembuatan perangkat lunak, pengujian alat, dan pengambilan kesimpulan.

#### 3.1 Perancangan dan Pembuatan Perangkat Keras

Perancangan dan pembuatan perangkat keras pada penelitian ini berupa perancangan dan pembuatan sistem elektrik dari alat. Perancangan elektrik meliputi perancangan rangkaian *minimum system* mikrokontroler, rangkaian 12 V to 5 V DC *Converter*, rangkaian modul LCD dan rangkaian antarmuka mikrokontroler dengan modul GSM. Untuk perancangan elektrik digunakan software EAGLE untuk membuat layout PCB (Printed Circuit Board).

#### 3.2 Perancangan dan Pembuatan Perangkat Lunak

Perangkat lunak dirancang melalui pembuatan diagram alir (*flowchart*). Setelah dibuat diagram alir, lalu dilakukan penulisan program dalam bahasa C dengan compiler bahasa pemrograman C berupa software CodeVision AVR. Setelah program dicompile oleh software CodeVision AVR program ditulis pada mikrokontroler menggunakan downloader USBAsp.

#### 3.3 Pengujian Alat

##### 1) Pengujian Rangkaian Sensor Gas MQ-7

Pengujian ini dilakukan dengan cara mengukur tegangan keluaran rangkaian sensor gas MQ-7 menggunakan voltmeter. Pengujian ini bertujuan untuk mendapatkan tegangan keluaran rangkaian sensor gas MQ-7 pada konsentrasi gas karbon monoksida yang berbeda – beda, kemudian hasil pengukuran tersebut dibandingkan dengan hasil pengukuran oleh gas analyzer untuk didapatkan %error dan linearitas sensor. Untuk pengambilan sampel digunakan gas karbon monoksida yang ditaruh di dalam beberapa wadah tertutup, sampel gas karbon monoksida diambil dengan konsentrasi berbeda – beda

dengan rentang 20 – 2000 ppm sesuai dengan kemampuan rangkaian sensor gas MQ-7. Untuk mengetahui konsentrasi sampel gas karbon monoksida digunakan alat ukur berupa gas analyzer.

#### 2) Pengujian Rangkaian 12V DC – 5V DC *Converter*

Pengujian ini dilakukan dengan cara mengukur keluaran dari rangkaian 12 V DC – 5 V DC *Converter* ketika dalam kondisi berbeban dan tanpa beban menggunakan multimeter. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah rangkaian 12 V DC – 5 V DC *Converter* ini dapat menghasilkan tegangan  $\pm 5$  V DC yang digunakan untuk mencatut sistem. Dalam pengujian ini digunakan catu daya berupa baterai aki 12 V.

#### 3) Pengujian rangkaian modul LCD

Pengujian ini dilakukan dengan cara memprogram mikrokontroler agar rangkaian modul LCD dapat menampilkan string sesuai dengan yang diinginkan. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah rangkaian modul LCD dapat menampilkan string sesuai dengan yang diprogram oleh mikrokontroler.

#### 4) Pengujian mode sleep mikrokontroler

Pengujian ini dilakukan dengan mengukur arus yang keluar dari rangkaian sistem mikrokontroler ketika mode sleep mikrokontroler diaktifkan dan tidak diaktifkan (mode normal). Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan arus yang dihasilkan mikrokontroler ketika dalam mode sleep dan mode normal.

#### 5) Pengujian Kirim – Terima SMS Menggunakan Modul GSM

Pengujian kirim dan terima SMS dilakukan dengan menyambungkan modul GSM dengan personal computer menggunakan rangkaian USB to RS232 *Converter*, kemudian dari *personal computer* (PC) digunakan software *Hyperterminal* untuk menuliskan ATCommand yang digunakan untuk mengirimkan SMS dan menerima SMS. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah modul GSM dapat melakukan perintah kirim dan terima SMS sesuai dengan yang diberikan oleh PC dengan indikasi pesan SMS yang saling berkesesuaian antara pesan yang dikirim dan yang diterima.

## 6) Pengujian Rangkaian TTL to RS232 Converter

Pengujian ini dilakukan dengan menyambungkan *personal computer* (PC) dengan rangkaian mikrokontroler yang telah dilengkapi rangkaian MAX232, kemudian mikrokontroler diprogram untuk mengirimkan perintah mengirimkan string kepada serial terminal pada PC. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah rangkaian TTL to RS232 converter dapat merubah level tegangan mikrokontroler (TTL) menjadi level tegangan PC (RS232) sehingga data yang dikirim dari mikrokontroler dapat diterima oleh PC.

## 7) Pengujian Keseluruhan Sistem

Pengujian keseluruhan sistem ini dengan menyambungkan semua perangkat keras yang dibuat berdasarkan blok diagram dan memasukkan program berupa perangkat lunak yang bekerja untuk mengendalikan perangkat keras yang telah dibuat. Sistem bekerja dengan baik jika dapat berjalan sesuai *flowchart* yang telah direncanakan.



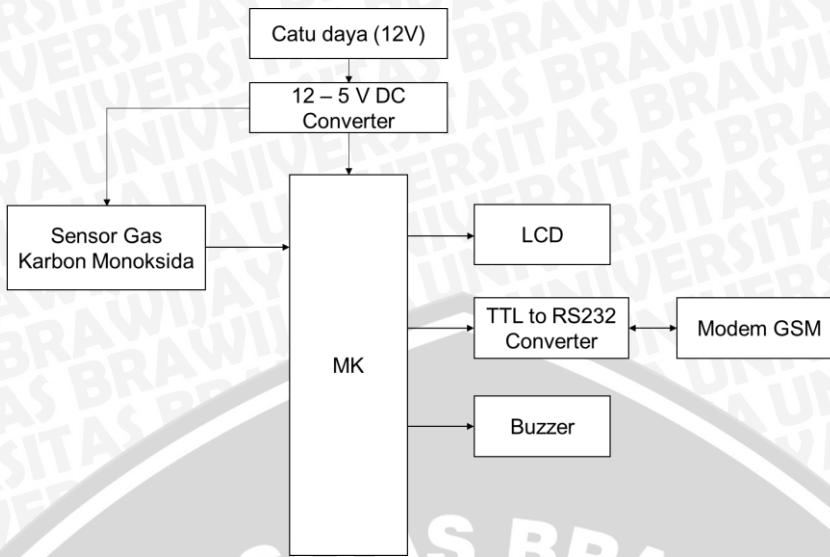
#### 4.1 Penentuan Spesifikasi Alat

Sistem yang dirancang terdiri atas beberapa bagian, yaitu:

- 1) Regulator 12 V – 5 V DC digunakan untuk merubah tegangan catu daya baterai aki sebesar 12 V menjadi 5 V untuk mencatu rangkaian sistem.
- 2) Sensor gas CO (karbon monoksida) tipe MQ-7 digunakan untuk membaca konsentrasi gas karbon monoksida pada mobil kabin mobil.
- 3) Mikrokontroler tipe ATMEGA 32 befungsi sebagai pengolah data konsentrasi gas karbon monoksida yang didapat dari pembacaan sensor gas CO. Selain itu mikrokontroler juga berfungsi untuk mengirimkan perintah kirim – terima SMS kepada modem GSM.
- 4) LCD 16x2 digunakan sebagai media penampil pendukung kerja sistem
- 5) Rangkaian TTL to RS232 *converter* menggunakan IC MAX232 digunakan sebagai rangkaian antarmuka modem gsm untuk merubah level tegangan RS232 yang digunakan pada modem GSM dengan level tegangan TTL pada mikrokontroler.
- 6) Buzzer digunakan untuk memberikan indikator bahaya apabila konsentrasi gas karbon monoksida melebihi batas aman.

#### 4.2 Perancangan Kerja Sistem

Sistem monitoring dan peringatan kebocoran gas karbon monoksida terbagi dari dua jenis sistem yaitu sistem monitoring gas karbon monoksida dan sistem peringatan kebocoran gas karbon monoksida. Sistem monitoring secara umum bekerja dengan cara membaca konsentrasi gas karbon monoksida yang terdeteksi dalam satuan ppm dan ditampilkan pada LCD. Sedangkan sistem peringatan kebocoran bekerja dengan cara memberi peringatan kepada *user* yang berada di luar kabin mobil melalui suara dan SMS apabila jumlah konsentrasi gas karbon monoksida melewati batas aman yang ditentukan.. Blok diagram sistem secara keseluruhan ditunjukkan pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Blok diagram sistem

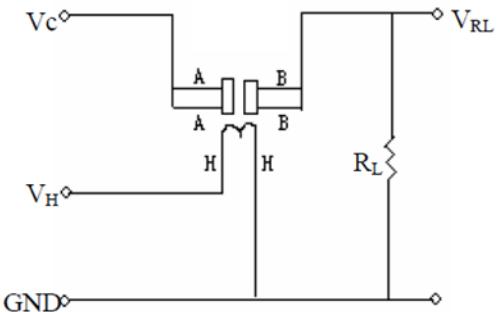
Sistem ini dapat menjalankan fungsinya apabila memiliki komponen-komponen yang sesuai dengan cara kerja sistem yang diinginkan. Sistem monitoring gas karbon monoksida dapat mendeteksi konsentrasi gas karbon monoksida menggunakan sensor sebagai komponen input. Pada penelitian ini sensor yang digunakan adalah sensor gas karbon monoksida untuk mengetahui konsentrasi gas karbon monoksida yang terdeteksi. Sedangkan untuk sistem peringatan kebocoran gas digunakan beberapa komponen output berupa buzzer sebagai alarm apabila terjadi kebocoran gas karbon monoksida, modem GSM sebagai media komunikasi peringatan kebocoran menggunakan fasilitas SMS. Komponen input dan komponen output pada kedua sistem tersebut dihubungkan dengan mikrokontroler yang telah diprogram sebagai pemroses data dan menjalankan sistem secara keseluruhan. Komponen penting lainnya adalah baterai aki 12 V sebagai catu daya sistem dan regulator DC yang berfungsi sebagai pengatur tegangan yang dibutuhkan oleh sistem.

### 4.3 Perancangan dan Pembuatan Sistem Elektrik

#### 4.3.1 Perancangan Rangkaian Sensor Gas Karbon Monoksida

Rangkaian sensor gas karbon monoksida digunakan untuk membaca konsentrasi gas karbon monoksida dan kemudian akan diolah dengan menggunakan mikrokontroler. Rangkaian ini menggunakan sensor gas karbon monoksida dimana nilai  $RL$  ditentukan sebesar  $10\text{ k}\Omega$  (Henan Hanwei Electronics, 2012). Pin  $V_{RL}$  pada sensor gas karbon monoksida dihubungkan dengan pin ADC pada mikrokontroler. Pin  $V_H$  dan  $V_C$  dihubungkan dengan catu daya 5V DC. Pada penelitian ini sensor yang digunakan

berjumlah satu buah dengan posisi peletakannya pada *dashboard* kabin mobil dengan pertimbangan agar kebocoran gas CO yang sering terjadi di area pengemudi dapat segera terdeteksi. Skematik rangkaian sensor gas karbon monoksida ditunjukkan pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Skematik rangkaian sensor gas karbon monoksida

Sumber: (Henan Hanwei Electronics, 2012)

Untuk menentukan berapa tegangan minimal dan tegangan maksimal yang akan diolah oleh mikrokontroler konsentrasi minimal dan maksimal dari pengukuran harus dikonversi menjadi tegangan. 20 ppm merupakan konsentrasi minimal dan 2000 ppm merupakan konsentrasi maksimal, untuk mengkonversi digunakan Persamaan (2-3) dimana rasio merupakan representasi dari rasio resistansi sensor ( $R_s/R_o$ ). Untuk mendapatkan nilai  $R_s$  dari konsentrasi tertentu digunakan Persamaan (2-8), perhitungan  $R_s$  untuk konsentrasi 20 ppm (minimal) ditunjukkan pada Persamaan (4-1).

$$\frac{1}{rasio} = \frac{20}{100} \quad (4-1)$$

$$rasio = \frac{100}{20} = 5$$

$R_o = 10 \text{ k}\Omega$ , maka:

$$5 = \frac{R_s}{10 \text{ k}\Omega}$$

$$R_s_{\min} = 50 \text{ k}\Omega \quad (4-2)$$

Sedangkan perhitungan  $R_s$  untuk konsentrasi 2000 ppm (maksimal) ditunjukkan pada Persamaan (4-3).

$$\frac{1}{rasio} = \frac{2000}{100} \quad (4-3)$$

$$rasio = \frac{100}{2000} = 0,05$$

$R_o = 10 \text{ k}\Omega$ , maka:

$$0,05 = \frac{R_s}{10 \text{ k}\Omega}$$



$$R_{S_{\max}} = 0,5 \text{ k}\Omega \quad (4-4)$$

Setelah nilai  $R_s$  untuk 20 dan 2000 ppm didapatkan,  $V_{RL}$  dapat diketahui dengan menggunakan Persamaan (2-9). Perhitungan  $V_{RL}$  untuk konsentrasi 20 ppm dengan  $V_c = 5 \text{ V}$ ,  $R_o = 10 \text{ k}\Omega$ , sebagai ditunjukkan pada Persamaan (4-5).

$$V_{RL} = \frac{10 \text{ k}\Omega}{10 \text{ k}\Omega + 50 \text{ k}\Omega} \times 5 \text{ V} \quad (4-5)$$

$$V_{RL} = \frac{10 \text{ k}\Omega}{60 \text{ k}\Omega} \times 5 \text{ V}$$

$$V_{RL(\min)} = 0,83 \text{ V} \quad (4-6)$$

Sedangkan perhitungan  $V_{RL}$  untuk konsentrasi 2000 ppm dengan  $V_c = 5 \text{ V}$ ,  $R_o = 10 \text{ k}\Omega$ , dan  $R_L = 10 \text{ k}\Omega$  sebagaimana ditunjukkan pada Persamaan (4-7)

$$V_{RL} = \frac{10 \text{ k}\Omega}{10 \text{ k}\Omega + 0,5 \text{ k}\Omega} \times 5 \text{ V} \quad (4-7)$$

$$V_{RL} = \frac{10 \text{ k}\Omega}{10,5 \text{ k}\Omega} \times 5 \text{ V}$$

$$V_{RL(\max)} = 4,76 \text{ V} \quad (4-8)$$

Dari perhitungan tersebut didapatkan nilai minimum sensor sebesar 0,83 V dan maksimum sebesar 4,76 V. Sensitifitas sensor diperoleh dari Persamaan (2-10), perhitungan sensitifitas sensor ditunjukkan pada Persamaan (4-9).

$$\frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{V_{\max} - V_{\min}}{[C]_{\max} - [C]_{\min}} = \frac{4,76 - 0,83}{2000 - 20} = \frac{3,93}{1980} = 0,001 \text{ V/ppm} \quad (4-9)$$

Nilai 0,001 V/ppm merepresentasikan bahwa setiap kenaikan 0,001 V atau 1 mV bernilai 1 ppm.

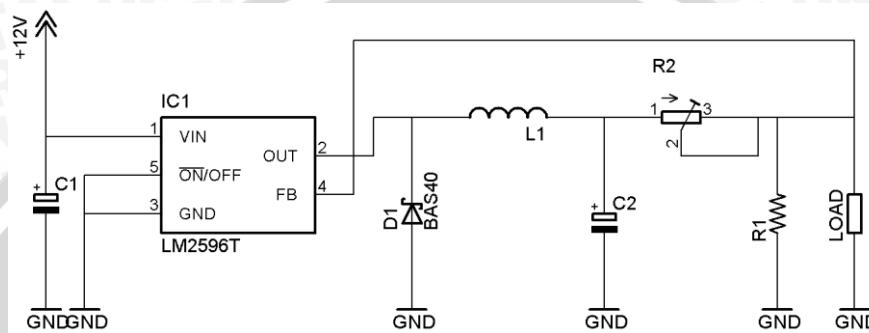
Mikrokontroler dapat mengolah data tersebut dikarenakan tegangan maksimal keluaran sensor masih berada dibawah tegangan maksimal masukan mikrokontroler yaitu sebesar 5 V. Untuk merubah keluaran sensor berupa tegangan menjadi satuan konsentrasi yaitu ppm digunakan fitur ADC pada mikrokontroler dimana tegangan keluaran sensor dikalikan dengan resolusi ADC. Metode mendapatkan resolusi tegangan ADC menggunakan Persamaan (2-15) dengan nilai  $V_{ref} = 5 \text{ V}$ , pada perancangan ini digunakan resolusi ADC sebesar 10-bit (1024) sehingga nilai resolusi tegangan ADC ditunjukkan pada Persamaan (4-10).

$$\text{Resolusi ADC}_{(v)} = \frac{4,76 - 0,83}{1024} \times 5 = 0,0038 \text{ V} \quad (4-10)$$

Nilai 0,0038 V adalah nilai yang merepresentasikan bahwa setiap 1 bit ADC bernilai 0,0038 V atau 3,8 mV. Dari perhitungan tersebut didapatkan setiap kenaikan 1 ppm bernilai 1 mv sehingga setiap kenaikan 1 bit ADC ekuivalen dengan kenaikan 3,8 ppm.

#### 4.3.2 Perancangan Rangkaian 12 V – 5 V DC Converter

Rangkaian sumber tegangan 12 V DC – 5 V DC *converter* digunakan sebagai sumber tegangan bagi sensor gas karbon monoksida, mikrokontroler, LCD 16x2 karakter, modem GSM, dan buzzer. Rangkaian 12 V DC – 5 V DC *converter* terdiri atas beberapa komponen yang meliputi IC LM2596, kapasitor, induktor dioda scottky, dan resistor variabel. Skematik rangkaian 12 V DC – 5 V DC *converter* ditunjukkan pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Skematik rangkaian 12 V DC – 5 V DC *Converter*

Sumber: Texas Instrument (2014:15)

Pada perancangan ini Vref ditentukan sebesar 1,23 V sesuai datasheet (Texas Instrument, 2014), nilai  $R_1$  sebesar  $1 \text{ k}\Omega$  dan tegangan keluaran yang diinginkan sebesar 5 V. Maka berdasarkan perhitungan dari Persamaan (2-12) akan didapatkan nilai  $R_2$  yang ditunjukkan pada Persamaan (4-12):

$$R_2 = 1000 \left( \frac{5}{1,23} - 1 \right) \quad (4-11)$$

$$R_2 = 1000 \left( \frac{5}{1,23} - 1 \right)$$

$$R_2 = 1000 (3,065)$$

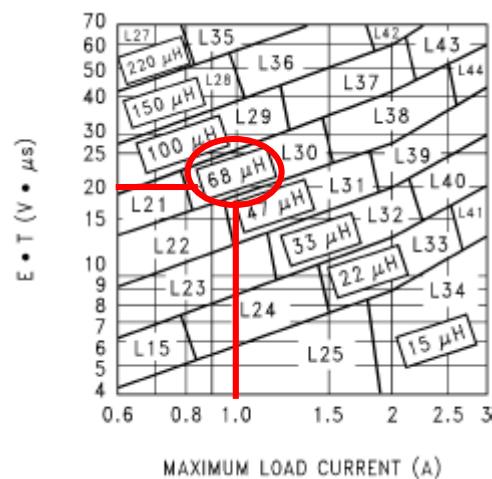
$$R_2 = 3,065 \text{ k}\Omega \quad (4-12)$$

Setelah nilai  $R_1$  dan  $R_2$  diketahui, nilai dioda scottky perlu ditentukan dimana dioda scottky D1 yang dibutuhkan adalah dioda scottky yang besar tegangannya melebihi 5 V. Setelah dioda scottky ditentukan nilai induktor L, nilai kapasitor C1 dan C2 perlu ditentukan. Pada perancangan ini tegangan masukan yang digunakan sebesar 12 V dan tegangan keluaran sebesar 5 V. Sesuai dengan datasheet didapatkan tegangan saturasi IC sebesar 1,16 V dan tegangan jatuh pada dioda sebesar 0,5 V. Arus beban maksimum yang dirancang mencapai kurang dari 0,8 A. Berdasarkan Persamaan (2-13) nilai konstanta volt microsecond dari induktor yang diperlukan yaitu:

$$ET = (12 - 5 - 1,16) \left( \frac{5 + 0,5}{12 - 1,16 + 0,5} \right) \frac{1000}{150} \quad (4-13)$$

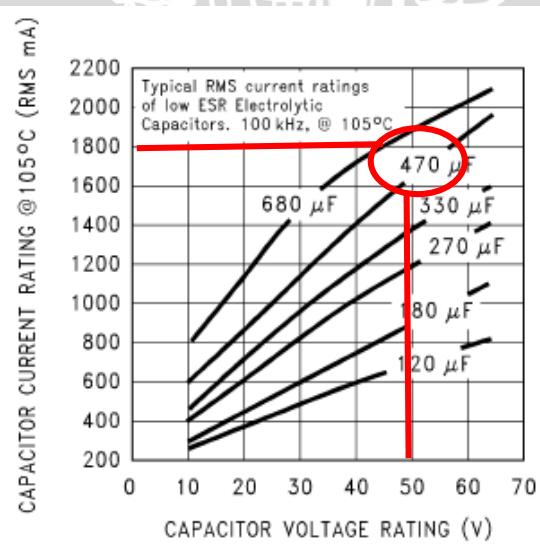
$$ET = 18,88 V\mu s \quad (4-14)$$

Dari perhitungan (4-14) didapatkan nilai konstanta *volt microsecond* sebesar  $18,88 V\mu s$ . Nilai konstanta *volt microsecond* kemudian digunakan untuk menentukan nilai induktor L, dan sesuai dengan grafik pada Gambar 4.4 nilai induktor yang diperlukan sebesar  $68 \mu H$ .



Gambar 4.4 Grafik perbandingan konstanta volt microsecond dengan arus maksimum  
Sumber: (Texas Instrument, 2014)

Dalam penentuan nilai kapasitor  $C_1$  direkomendasikan nilai  $C_1$  bernali 1,5 kali dari tegangan masukan maksimum yang digunakan. Jika tegangan masukan maksimum adalah sebesar 12 V maka tegangan kapasitor yang digunakan sebaiknya mencapai 18 V. Berdasarkan grafik pada Gambar 4.5 nilai  $C_1$  didapatkan bernali  $470 \mu F$  dengan tegangan maksimum kapasitor mencapai 50 V.



Gambar 4.5 Grafik rasio arus kapasitor terhadap batas tegangan maksimum kapasitor  
Sumber: (Texas Instrument, 2014)

Untuk penentuan nilai kapasitansi kapasitor  $C_2$  didasarkan pada tegangan keluaran yang dibutuhkan. Tegangan keluaran yang dibutuhkan sebesar 5 V sehingga berdasarkan pada Gambar 4.6 maka kapasitor  $C_2$  yang digunakan bernilai 220  $\mu\text{F}/10\text{ V}$ .

Output Voltage (V)	Through Hole Output Capacitor			Surface Mount Output Capacitor		
	Panasonic HFQ Series ( $\mu\text{F}/\text{V}$ )	Nichicon PL Series ( $\mu\text{F}/\text{V}$ )	Feedforward Capacitor	AVX TPS Series ( $\mu\text{F}/\text{V}$ )	Sprague 595D Series ( $\mu\text{F}/\text{V}$ )	Feedforward Capacitor
2	820/35	820/35	33 nF	330/6.3	470/4	33 nF
4	560/35	470/35	10 nF	330/6.3	390/6.3	10 nF
6	470/25	470/25	3.3 nF	220/10	330/10	3.3 nF

Gambar 4.6 Daftar nilai kapasitor keluaran untuk tegangan keluaran tertentu

Sumber: (Texas Instrument, 2014)

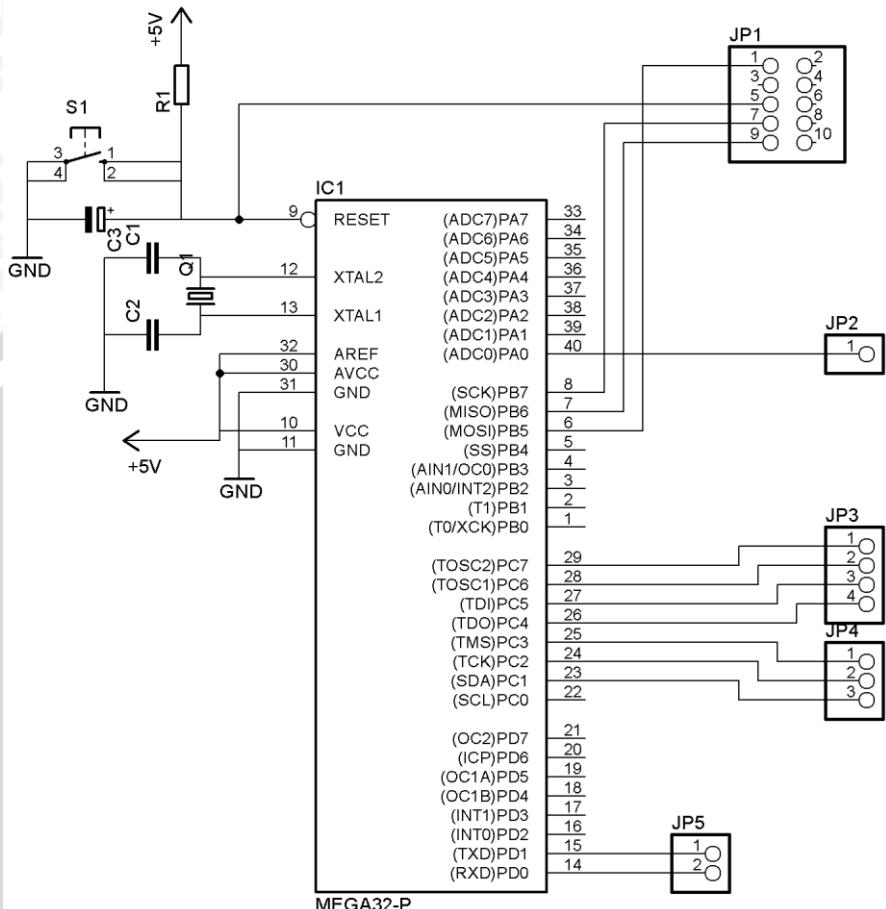
#### 4.3.3 Perancangan Rangkaian *Minimum System* Mikrokontroler

Rangkaian *minimum system* mikrokontroler berfungsi sebagai pengolah data yang dikirimkan oleh sensor gas karbon monoksida. Selain sebagai pengolah data, rangkaian *minimum system* mikrokontroler juga berfungsi sebagai pemberi perintah kepada modem GSM untuk melakukan perintah kirim – terima SMS. Sebelum merancang rangkaian *minimum system* mikrokontroler, terlebih dahulu harus ditentukan konfigurasi pin mikrokontroler yang akan digunakan, konfigurasi pin mikrokontroler ditunjukkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Konfigurasi pin mikrokontroler

Pin Mikrokontroler	Fungsi
PA0	Terhubung pada pin Analog Output sensor gas CO
PC0	Terhubung pada pin D7 Modul LCD
PC1	Terhubung pada pin D6 Modul LCD
PC2	Terhubung pada pin D5 Modul LCD
PC3	Terhubung pada pin D4 Modul LCD
PC4	Terhubung pada pin E Modul LCD
PC5	Terhubung pada pin R/W Modul LCD
PC6	Terhubung pada pin RS Modul LCD
PB1	Terhubung pada rangkaian buzzer
PB7	Terhubung pada pin 7 header 2 x 5
PB6	Terhubung pada pin 9 header 2 x 5
PB5	Terhubung pada pin 1 header 2 x 5
PD1	Terhubung pada pin T1IN IC TTL to RS232 Driver
PD0	Terhubung pada pin T2OUT IC TTL to RS232 Driver

Setelah konfigurasi pin mikrokontroler ditentukan rangkaian *minimum system* dapat dibuat skematiknya, rangkaian *minimum system* mikrokontroler ditunjukkan pada Gambar 4.7 .



Gambar 4.7 Skematic rangkaian minimum system mikrokontroler

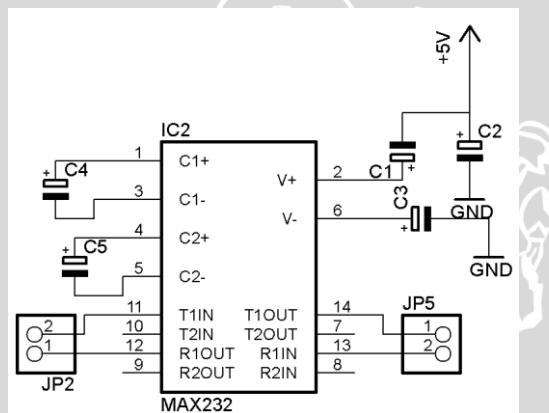
Pada rangkaian *minimum system* mikrokontroler ini dilengkapi dengan rangkaian *oscillator* eksternal sebagai pembangkit *clock* mikrokontroler dan rangkaian reset sebagai pemicu reset mikrokontroler. Rangkaian oscillator terdiri dari dua buah kapasitor dan XTAL (kristal), sedangkan rangkaian reset terdiri dari *push button*, resistor dan kapasitor. Pada mikrokontroler nilai XTAL yang digunakan pada rangkaian oscillator eksternal berkisar antara 0,4 MHz sampai 16 MHz Pada perancangan ini akan digunakan kristal sebesar 11,0592 MHz, sedangkan nilai C<sub>1</sub> dan C<sub>2</sub> disesuaikan dengan datasheet dimana nilai C<sub>1</sub> dan C<sub>2</sub> yang diperbolehkan berkisar antara 12 pF dan 22 pF, pada perancangan ini digunakan kapasitor C<sub>1</sub> dan C<sub>2</sub> sebesar 22 pF.

#### 4.3.4 Perancangan Rangkaian Modul LCD

Rangkaian LCD merupakan rangkaian yang terdiri dari antarmuka LCD dengan ATmega32 dan satu buah variable resistor yang digunakan untuk mengubah kontras dari karakter LCD. Satu buah variable resistor akan dihubungkan ke pin VEE dari LCD yang digunakan untuk mengatur kontras dari LCD karakter tersebut.

#### 4.3.5 Perancangan Rangkaian TTL to RS232 Converter

Rangkaian antarmuka mikrokontroler (TTL to RS232 *Converter*) dengan modem GSM ini digunakan sebagai media agar komunikasi kirim dan terima antara dua perangkat tersebut dapat bekerja dengan cara menyetarkan level tegangan. Rangkaian antarmuka ini terdiri atas IC TTL to RS232 *driver* dan beberapa kapasitor. Rangkaian tersebut dihubungkan dengan pin TX dan RX pada mikrokontroler dan modem GSM. Skematik rangkaian antarmuka tersebut ditunjukkan dalam Gambar 4.8.

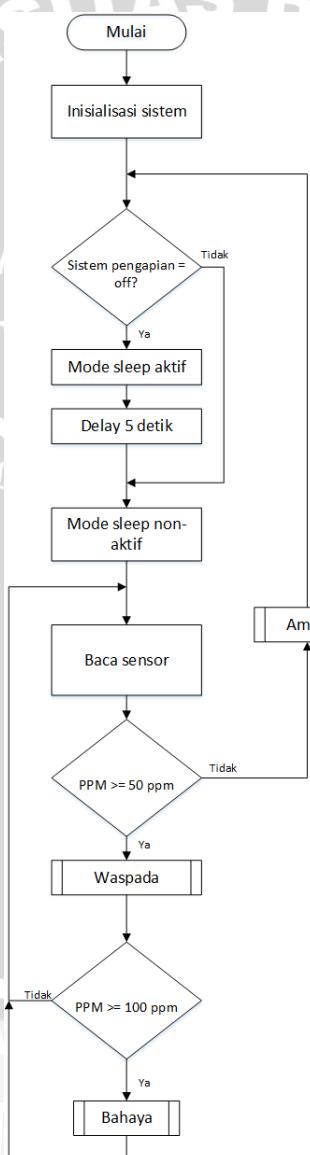


Gambar 4.8 Skematik rangkaian TTL to RS232 converter.

Nilai kapasitor yang digunakan pada perancangan ini sebesar  $1 \mu\text{F}$  berdasarkan datasheet. Untuk tegangan supply pada IC ( $V_{cc}$ ) digunakan tegangan sebesar 5 V dimana tegangan yang digunakan berada dibawah tegangan maksimal supply IC yaitu 6 V. Tegangan pada pin T1IN, T2IN, R1OUT, R2OUT memiliki nilai sebesar 5 V dikarenakan berasal dari tegangan pada pin mikrokontroler, tegangan ini berada dibawah tegangan maksimal input pin IC yaitu  $5 \pm 0,3$  V. Sesuai dengan datasheet, tegangan pada pin T1OUT, T2OUT memiliki nilai  $V_{OL}$  maksimal sebesar -7 V dan  $V_{OH}$  minimal sebesar 5 V, sedangkan tegangan pada pin R1IN, R2IN memiliki nilai  $V_{OL}$  maksimal sebesar 0,4 V dan  $V_{OH}$  minimal sebesar 3,5 V.

#### 4.4 Perancangan dan Pembuatan Perangkat Lunak

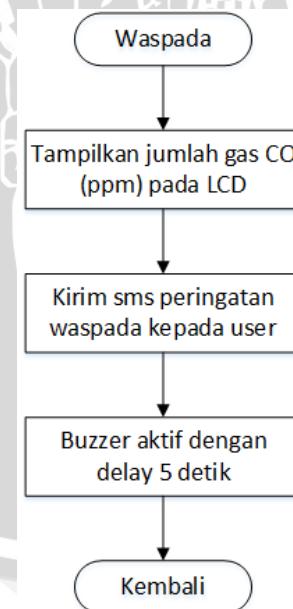
Perancangan perangkat lunak dibuat agar data dari pembacaan sensor gas karbon monoksida yang berupa tegangan dapat diolah sehingga sistem dapat bekerja dengan baik. Perancangan perangkat lunak bertujuan untuk membuat mikrokontroler memasuki mode hemat daya (*sleep mode*) dikarenakan arus beban maksimal yang bisa terus menerus dicatut oleh baterai aki mobil ketika mobil dalam keadaan mati sebesar 35 mA. Pada alat ini terdapat beberapa *flowchart* yaitu *flowchart* keseluruhan sistem, *flowchart* subrutin kondisi waspada, *flowchart* subrutin kondisi bahaya, dan *flowchart* kondisi aman. Pembuatan perangkat lunak disesuaikan dengan *flowchart – flowchart* pada sistem yang dibuat.



Gambar 4.9 *Flowchart* keseluruhan sistem

Sesuai dengan *flowchart* pada Gambar 4.9 sistem ini bekerja pada dua kondisi pengapian yaitu pengapian hidup dan pengapian mati. Pada kondisi pengapian hidup, mikrokontroler akan bekerja pada normal mode sedangkan pada kondisi pengapian mati, mikrokontroler akan bekerja pada sleep mode. Pada kondisi pengapian mati yang mengharuskan mikrokontroler menggunakan arus yang sekecil mungkin, mikrokontroler mengganti modenya dari sleep ke normal pada setiap 5 detik, apabila pada saat normal mode mikrokontroler mendeteksi kebocoran gas karbon monoksida ( $>50$  ppm) maka sesuai dengan *flowchart* sistem mikrokontroler akan menjalankan *flowchart* subrutin waspada.

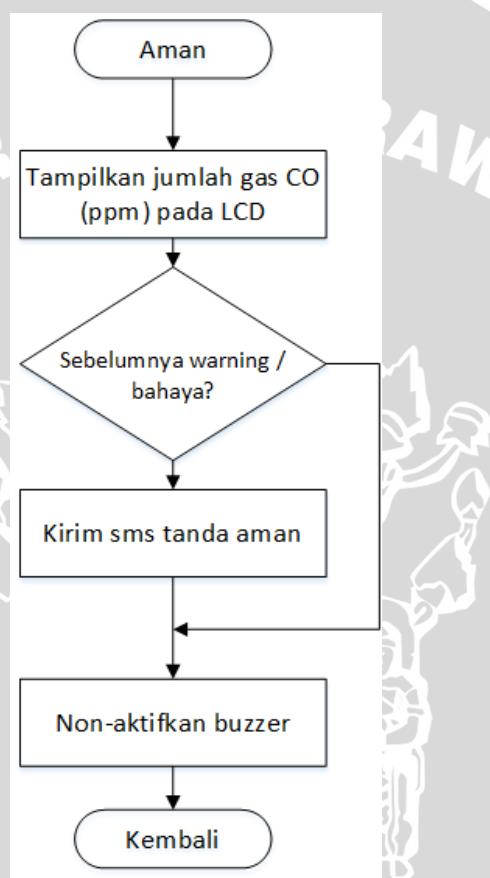
Sesuai dengan *flowchart* pada Gambar 4.10 pada subrutin waspada mikrokontroler akan menampilkan jumlah gas CO pada LCD, kemudian mikrokontroler akan memberikan instruksi kepada modul GSM dalam bentuk AT-Command untuk mengirimkan pesan SMS tanda “waspada” kepada handphone user, selain tanda waspada user diberikan data konsentrasi gas CO pada saat mikrokontroler mengirimkan SMS tersebut. User akan menerima pesan SMS (tanda waspada dan data konsentrasi), kemudian buzzer sebagai indikator akan berbunyi. Buzzer akan berbunyi secara periodik dengan delay 5 detik setiap kali berbunyi, kemudian sistem akan kembali ke *flowchart* awal (*flowchart* keseluruhan sistem).



Gambar 4.10 *Flowchart* subrutin “waspada”.

Apabila konsentrasi gas karbon monoksida menurun dan atau tidak melewati batas minimal aman (50 ppm) maka mikrokontroler akan menjalankan subrutin aman sebagaimana ditunjukkan dalam *flowchart* pada Gambar 4.11. Pada subrutin aman

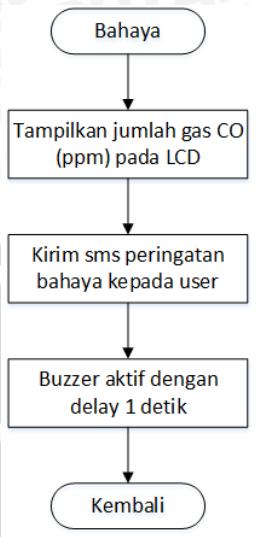
mikrokontroler akan menampilkan jumlah gas CO ada LCD dan menon-aktifkan buzzer. Sedangkan jika sebelumnya mikrokontroler telah melakukan subrutin waspada atau bahaya maka mikrokontroler selain menampilkan jumlah gas CO pada LCD mikrokontroler juga akan memberikan instruksi kepada modul GSM dalam bentuk AT-Command untuk mengirimkan pesan SMS tanda “aman” dan data konsentrasi gas CO kepada handphone user, kemudian buzzer yang akif pada subrutin waspada atau bahaya akan dinon-aktifkan. Setelah subrutin aman dijalankan mikrokontroler akan kembali ke *flowchart* awal (*flowchart* keseluruhan sistem).



Gambar 4.11 *Flowchart* subrutin “aman”

Apabila konsentrasi gas karbon monoksida meningkat dan melewati batas maksimal (100 ppm) maka mikrokontroler akan menjalankan subrutin bahaya sebagaimana ditunjukkan dalam *flowchart* pada Gambar 4.12 dimana mikrokontroler akan menampilkan jumlah gas CO pada LCD kemudian mikrokontroler akan memberikan instruksi kepada modul GSM dalam bentuk AT-Command untuk mengirimkan pesan SMS tanda “bahaya” kepada handphone user. Mikrokontroler juga akan mengaktifkan buzzer, buzzer pada subrutin bahaya berbeda dengan buzzer pada

subrutin waspada, dimana pada subrutin ini buzzer berbunyi secara periodik dengan delay dua detik setiap kali berbunyi.



Gambar 4.12 *Flowchart* subrutin “bahaya”

Setelah subrutin bahaya dijalankan mikrokontroler akan memeriksa kembali apakah konsentrasi gas karbon monoksida sudah menurun dan tidak melewati batas minimal aman (50 ppm) atau tidak. Jika sudah tidak melewati batas minimal mikrokontroler akan menjalankan *flowchart* subrutin aman jika masih melewati batas mikrokontroler akan menjalankan *flowchart* subrutin waspada kembali.



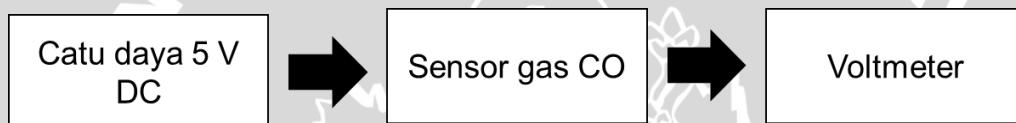
## BAB V

### PENGUJIAN DAN ANALISIS

#### 5.1 Pengujian Rangkaian Sensor Gas Karbon Monoksida

Pengujian rangkaian sensor gas karbon monoksida bertujuan untuk mengetahui tegangan keluaran sensor ketika mendeteksi gas karbon monoksida serta untuk mengetahui apakah rangkaian sensor gas karbon monoksida bekerja dengan baik. Seperti yang ditunjukkan oleh blok pengujian sensor gas karbon monoksida pada

Gambar 5.1 pengujian dilakukan dengan cara mengukur tegangan keluaran sensor menggunakan voltmeter, hasil pengukuran digunakan untuk mengetahui grafik hubungan tegangan keluaran sensor dengan data konsentrasi yang dideteksi sensor gas CO dalam satuan ppm. Kemudian data konsentrasi yang dideteksi sensor gas CO dibandingkan dengan data konsentrasi yang tertampil di gas analyzer untuk mendapatkan %error.



Gambar 5.1 Blok pengujian sensor gas karbon monoksida.

Tabel 5.1 Tabel hasil pengujian sensor gas CO

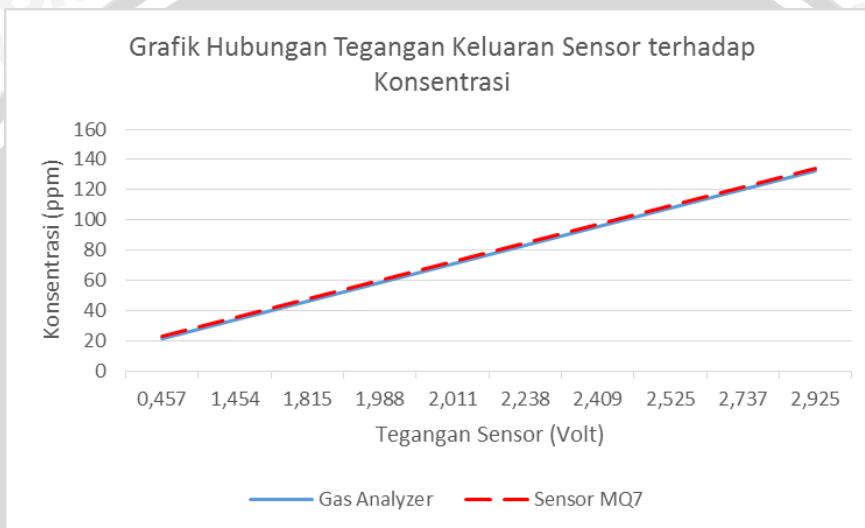
No.	Data Konsentrasi Gas Analyzer (ppm)	Data Konsentrasi Sensor (ppm)	Tegangan keluaran sensor (V)	Selisih ppm	Selisih %error
1	10	11	0,457	1	10,0%
2	40	41	1,454	1	2,5%
3	55	57	1,815	2	3,6%
4	65	66	1,988	1	1,5%
5	70	73	2,011	3	4,3%
6	80	81	2,238	1	1,3%
7	90	93	2,409	3	3,3%
8	100	102	2,525	2	2,0%
9	120	121	2,737	1	0,8%
10	140	141	2,925	1	0,7%
<b>Kesalahan rata - rata</b>				1,6	3%

Berdasarkan Tabel 5.1 dapat diketahui bahwa kesalahan rata-rata pengukuran adalah sebesar 1,6 ppm atau sekitar 3%. Kesalahan maksimum pengukuran tercatat sebesar 10,0% pada pengukuran untuk konsentrasi 10 ppm dan kesalahan minimum pengukuran tercatat sebesar 0,7% pada pengukuran untuk konsentrasi 140 ppm.

Kesalahan maksimum pengukuran terjadi ketika tingkat konsentrasi berada dibawah batas minimal pengukuran sensor yaitu 20 ppm sehingga dapat disimpulkan bahwa besarnya %error yang terjadi diakibatkan ketidakmampuan sensor mendeteksi



dengan baik ketika mengukur konsentrasi dibawah 20 ppm yang merupakan batas minimal pengukuran sensor. Kemudian tidak meratanya persentasi kesalahan diakibatkan terjadi fluktuasi tegangan keluaran sensor ketika pengujian sehingga data sensor cenderung kurang stabil ketika *sampling*, tidak stabilnya tegangan keluaran disebabkan sensor mencapai titik stabil ketika detik ke-90 sedangkan ketika dilakukan *sampling* data pengukuran langsung diambil tanpa menunggu detik ke-90. Data pengukuran tegangan keluaran sensor dapat diolah menjadi grafik untuk melihat hubungan antara tegangan keluaran sensor dengan konsentrasi gas dalam satuan ppm.



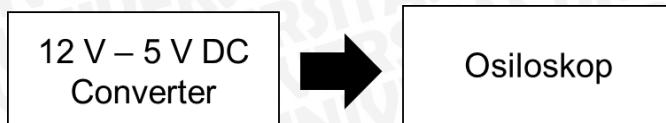
Gambar 5.2 Grafik hubungan tegangan keluaran sensor terhadap konsentrasi.

Dari grafik yang ditunjukkan pada Gambar 5.2 dapat disimpulkan tegangan keluaran sensor cukup linear terhadap tingkat konsentrasi gas, dimana semakin tinggi tingkat konsentrasi gas maka tegangan keluaran sensor akan semakin tinggi, begitu juga sebaliknya. Hal ini disebabkan apabila tingkat konsentrasi yang terdeteksi tinggi akan menyebabkan resistansi sensor mengalami penurunan sehingga tegangan keluaran sensor akan menjadi tinggi, sedangkan apabila tingkat konsentrasi yang terdeteksi rendah akan menyebabkan resistansi sensor mengalami kenaikan sehingga tegangan keluaran sensor akan menjadi rendah.

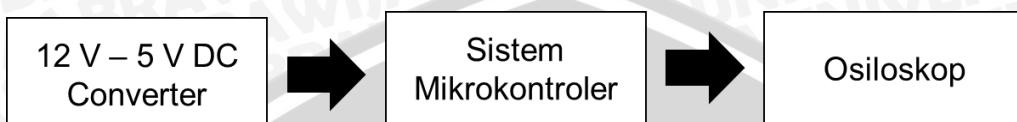
## 5.2 Pengujian Rangkaian 12 V – 5 V DC Converter

Pengujian rangkaian 12 V – 5 V DC converter bertujuan untuk mengetahui apakah rangkaian berfungsi dengan baik melalui pengukuran tegangan keluaran rangkaian ketika dalam kondisi tanpa beban dan berbeban dimana tegangan keluaran rangkaian yang

diharapkan adalah sebesar 5 V. Pengujian dilakukan dalam dua tahap yaitu pengujian tanpa beban dan berbeban.

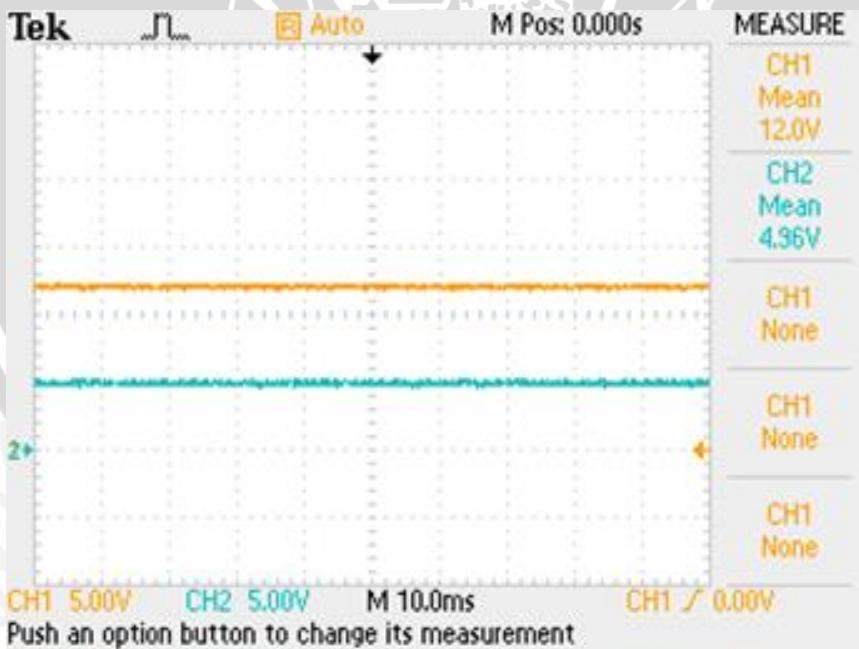


Gambar 5.3 Blok pengujian rangkaian 12 V - 5 V DC *Converter* tanpa beban.



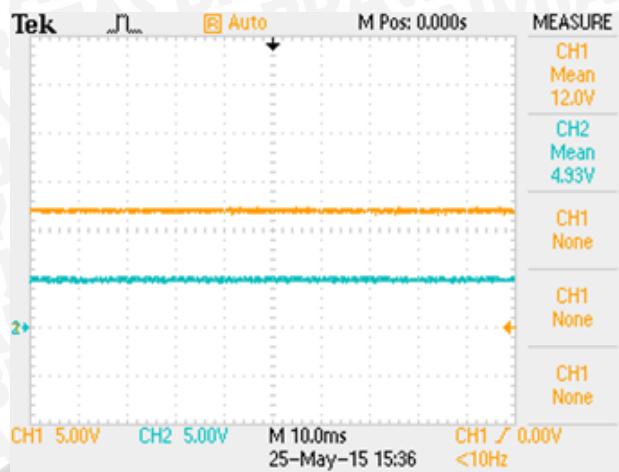
Gambar 5.4 Blok pengujian rangkaian 12 V - 5 V DC *Converter* berbeban.

Untuk pengujian tanpa beban keluaran rangkaian dihubungkan langsung dengan osiloskop dan diukur seperti terlihat pada blok pengujian di Gambar 5.3. Sedangkan, untuk pengujian berbeban keluaran rangkaian dihubungkan dengan resistor dan diukur dengan osiloskop seperti terlihat pada blok pengujian di Gambar 5.4. Tegangan catu daya rangkaian yang digunakan sebesar +12 V yang berasal dari baterai aki. Dari Gambar 5.5 didapatkan tegangan keluaran rangkaian sebesar 4,96 V dan pada Gambar 5.6 didapatkan tegangan keluaran rangkaian sebesar 4,93 V.



Gambar 5.5 Tampilan osiloskop pada kondisi tak berbeban



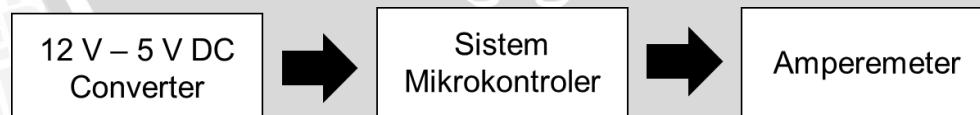


Gambar 5.6 Tampilan osiloskop pada kondisi berbeban

Pada kedua tampilan di osiloskop terlihat ada *ripple* tegangan pada tegangan masukan dan keluaran rangkaian, *ripple* yang terjadi menyebakan tegangan keluaran rangkaian tidak dapat mencapai 5 V seperti yang diinginkan. Ripple yang terjadi disebabkan oleh komponen induktor pada rangkaian, dimana induktor yang berfungsi untuk mengurangi *ripple* arus yang mengalir pada rangkaian juga menimbulkan *ripple* tegangan. Tegangan keluaran 4,93 V pada kondisi berbeban sudah mencukupi kebutuhan tegangan minimal yang dibutuhkan oleh mikrokontroler yaitu 4,5 V (Atmel, 2011).

### 5.3 Pengujian mode sleep mikrokontroler

Pengujian mode sleep mikrokontroler bertujuan untuk mengetahui konsumsi arus sistem ketika digunakan, hal ini dikarenakan konsumsi arus sistem diharuskan berada dibawah 35 mA. Pengujian ini dilakukan dengan mengukur arus sistem ketika normal mode dan sleep mode, arus diukur sebanyak 10 kali percobaan untuk mendapatkan rata – rata arus yang digunakan oleh setiap mode. Blok pengujian ditunjukkan pada Gambar 5.7.



Gambar 5.7 Blok pengujian mode sleep mikrokontroler.

Tabel 5.2 Tabel hasil pengujian mode sleep mikrokontroler

Mode	Pengujian ke									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Normal mode (mA)	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92
Sleep mode (mA)	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28



Dari hasil pengujian yang ditunjukkan pada Tabel 5.2 didapatkan nilai arus yang digunakan rangkaian pada keadaan normal sebesar 92 mA dimana besarnya arus tersebut melebihi batas arus maksimum yang dapat dicatuh oleh baterai aki. Sedangkan pada keadaan sleep arus yang digunakan rangkaian sebesar 28 mA dimana besarnya arus tersebut berada dibawah batas arus maksimum yang dapat dicatuh oleh baterai aki yaitu sebesar 32 mA.

Adanya perbedaan nilai konsumsi arus yang digunakan ketika mode normal dan mode sleep diakibatkan fungsi dari mode sleep sendiri yaitu mematikan beberapa fitur mikrokontroler yaitu *clock*, sehingga mikrokontroler sebagai unit utama dari sistem hanya menggunakan arus dengan nilai yang sangat kecil. Manfaat dari penggunaan *mode sleep* mikrokontroler ini adalah sistem dapat menghemat penggunaan arus jika sumber daya dari sistem sangat terbatas dalam waktu yang lama.

#### 5.4 Pengujian modul LCD

Pengujian modul LCD bertujuan untuk mengetahui apakah modul LCD dapat menampilkan karakter sesuai dengan yang diprogram. Pengujian ini dilakukan dengan menulis program menampilkan karakter pada mikrokontroler kemudian tampilan pada LCD berupa string disesuaikan dengan program yang ditulis. Blok pengujian ditunjukkan pada Gambar 5.8.



Gambar 5.8 Blok pengujian modul LCD

String karakter yang dituliskan pada mikrokontroler terdiri dari dua baris karakter, dimana baris pertama berisi string “Pengujian LCD” dan baris kedua berisi string “Swaraka M.P”. Setelah program dituliskan modul LCD dihubungkan dengan sistem mikrokontroler sesuai dengan pin mikrokontroler yang sudah difungsikan sebagai jalur data untuk modul LCD. Pada Gambar 5.9 ditunjukkan format string karakter yang ditulis pada mikrokontroler dan nantinya akan ditampilkan oleh modul LCD.

Pengujian LCD  
Swaraka M.P

Gambar 5.9 String karakter yang ditulis pada mikrokontroler



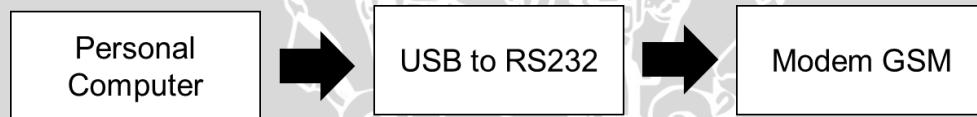


Gambar 5.10 Tampilan pada modul LCD.

Berdasarkan hasil pengujian yang ditunjukkan pada Gambar 5.10 modul LCD berhasil menampilkan string karakter sesuai dengan string karakter yang ditulis pada mikrokontroler yaitu berupa string karakter dua baris, sehingga dapat disimpulkan bahwa modul LCD dapat bekerja sesuai dengan apa yang dirancang.

### 5.5 Pengujian kirim – terima SMS menggunakan modem GSM

Pengujian kirim – terima SMS menggunakan modem GSM bertujuan untuk mengetahui apakah modem GSM dapat mengirim dan menerima SMS sesuai dengan apa yang diperintahkan yang dalam hal ini menggunakan *Personal Computer* sebagai media komunikasinya.



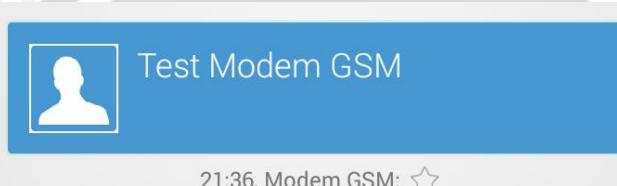
Gambar 5.11 Blok pengujian kirim - terima SMS menggunakan modem GSM.

Sesuai dengan blok pengujian yang ditunjukkan pada Gambar 5.9 pengujian ini dilakukan dengan menghubungkan Personal Computer dengan modem GSM menggunakan konektor USB to RS232, kemudian software *hyperterminal* digunakan untuk menuliskan perintah kirim dan terima SMS dalam AT Command. SMS yang diterima atau dikirim oleh handphone kemudian disesuaikan dengan SMS yang diterima atau dikirim oleh Personal computer.

AT Command yang digunakan adalah AT+CMGS yang membuat modem GSM melakukan proses pengiriman sms. Format untuk AT+CMGS adalah AT+CMGS<nomor handphone>, pada pengujian ini nomor handphone yang digunakan adalah nomor 085720581924. Setelah AT+CMGS<nomor handphone> dimasukan kedalam HyperTerminal user diminta untuk mengetikan isi SMS, setelah isi SMS diketikan user menekan kombinasi CTRL+Z untuk memulai proses pengiriman.

The screenshot shows a window titled "Modem GSM - HyperTerminal". The menu bar includes File, Edit, View, Call, Transfer, Help. The toolbar has icons for Open, Save, Print, Copy, Paste, Cut, Find, Replace, and Exit. The main text area displays the following text:  
AT  
OK  
AT+CMGS=085720581924  
> Test Modem GSM  
+CMGS: 18  
OK

Gambar 5.12 Pesan yang dikirim dari modem GSM.

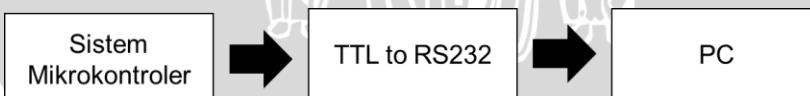


Gambar 5.13 Pesan yang diterima oleh handphone.

Dari dan Gambar 5.12 dan Gambar 5.13 dapat diketahui bahwa modem GSM dapat mengirimkan pesan dengan menggunakan fasilitas SMS ke nomor handphone yang ditentukan, sehingga dapat disimpulkan bahwa modem GSM dapat mengirimkan SMS sesuai apa yang diinginkan dengan menggunakan perintah dalam bentuk AT Command.

## 5.6 Pengujian rangkaian TTL to RS232 Converter

Pengujian rangkaian TTL to RS232 *Converter* bertujuan untuk mengetahui apakah mikrokontroler yang menggunakan level tegangan TTL dapat memberikan perintah kirim – terima SMS kepada modem GSM yang menggunakan level tegangan RS232.



Gambar 5.14 Blok pengujian rangkaian TTL to RS232 converter.

Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.14 pengujian ini dilakukan dengan menghubungkan mikrokontroler dengan PC menggunakan rangkaian TTL to RS232 driver, kemudian mikrokontroler diprogram untuk mengirimkan string karakter “Test TTL to RS232” kepada PC, apabila string tersebut berhasil diterima PC akan menampilkan string tersebut pada serial terminal secara kontinyu.

```

Terminal
Disconnect Hex Code: Send Rx File Tx File Hex Clear
Test TTL to RS232

```

Gambar 5.15 Tampilan pada serial terminal PC

Dari Gambar 5.15 dapat diketahui bahwa rangkaian TTL to RS232 converter yang berfungsi mengubah level tegangan mikrokontroler (TTL) menjadi level tegangan RS232 bekerja dengan baik. Parameter yang diamati adalah kesesuaian data yang dikirim dari mikrokontroler yaitu string karakter “Test TTL to RS232” dengan data yang ditampilkan oleh PC pada serial terminal.

### 5.7 Pengujian keseluruhan

Pengujian keseluruhan sistem dilakukan dengan menyambungkan semua komponen perangkat keras yang dibuat berdasarkan blok diagaram sistem dan memasukkan program perangkat lunak yang bekerja untuk mengendalikan perangkat keras yang telah dibuat. Sistem bekerja dengan baik jika sistem dapat berjalan sesuai *flowchart* yang telah dirancang.

Pengujian keseluruhan yang dilakukan terbagi menjadi 3 tahap pengujian yaitu pengujian sistem monitoring dan peringatan kebocoran gas karbon monoksida pada kondisi aman (<50 ppm) dimana sistem akan menonaktifkan buzzer, pengujian sistem monitoring dan peringatan kebocoran gas karbon monoksida pada kondisi waspada (>50 ppm) dimana sistem akan mengaktifkan buzzer yang akan berbunyi secara periodik dengan delay 5 detik setiap kali berbunyi dan mengirimkan SMS berisi peringatan waspada beserta data konsentrasi gas karbon monoksida. Pengujian sistem monitoring dan peringatan kebocoran gas karbon monoksida pada kondisi bahaya (>100 ppm) dimana sistem akan mengaktifkan buzzer yang akan berbunyi secara periodik dengan delay 1 detik setiap kali berbunyi dan mengirimkan SMS berisi peringatan bahaya dan data konsentrasi gas karbon monoksida.

Tabel 5.3 Hasil pengujian keseluruhan sistem

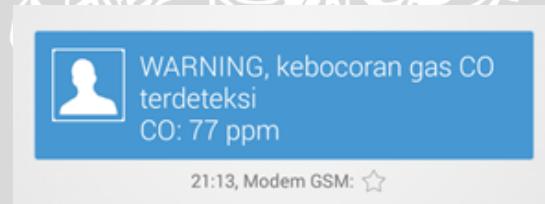
No	Konsentrasi (ppm)	Kirim SMS	Buzzer	Kondisi
1	16	Tidak	Non-aktif	Aman
2	30	Tidak	Non-aktif	Aman
3	64	Ya	Aktif	Waspada
4	77	Ya	Aktif	Waspada
5	128	Ya	Aktif	Bahaya

Dari Tabel 5.3 dapat diketahui bahwa pada saat sistem mendeteksi tingkat gas karbon monoksida berada di kondisi aman (<50 ppm) yaitu 16 dan 30 ppm, sistem akan kembali mengaktifkan mode sleep untuk menghemat pemakaian arus. Fitur pengiriman SMS tidak bekerja pada kondisi ini demikian juga dengan buzzer yang dinon-aktifkan apabila sebelumnya telah aktif. Pada tahap ini juga sistem hanya akan menampilkan tingkat konsentrasi pada LCD seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.16.



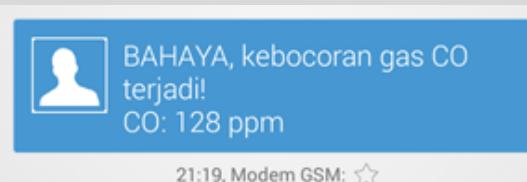
Gambar 5.16 Tampilan LCD pada kondisi aman

Pada pengujian kondisi waspada yaitu ketika konsentrasi gas yang terukur adalah 64 dan 77 ppm sistem akan mengirimkan SMS berisi indikator waspada (warning) beserta tingkat konsentrasi gas yang terukur seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.17. Selain SMS, buzzer akan aktif dimana buzzer akan berbunyi secara periodik dengan delay 5 detik setiap kali berbunyi.



Gambar 5.17 Hasil pengujian sistem peringatan pada kondisi waspada

Pada pengujian kondisi bahaya yaitu ketika konsentrasi gas yang terukur adalah 128 ppm, sistem akan menon-aktifkan mode sleep dan keembali ke mode normal. Kemudian sistem akan mengirimkan SMS berisi indikator bahaya beserta tingkat konsentrasi gas yang terukur seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.18. Selain SMS, buzzer akan aktif dimana buzzer akan berbunyi secara periodik dengan delay 1 detik setiap kali berbunyi.



Gambar 5.18 Hasil pengujian sistem peringatan pada kondisi bahaya

## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian tiap bagian dan keseluruhan sistem yang telah dilaksanakan didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Sistem dapat mendeteksi dan menghitung tingkat konsentrasi gas karbon monoksida pada kabin mobil. Gas karbon monoksida dapat dideteksi menggunakan sensor gas CO tipe MQ-7 yang kemudian diolah oleh mikrokontroler untuk diketahui tingkat konsentrasi gas karbon monoksida yang terdeteksi. Dari hasil perbandingan olahan data mikrokontroler dengan gas analyzer didapatkan rata-rata kesalahan pengukuran konsentrasi gas karbon monoksida sebesar 3%.
- 2) Sistem dapat mengirim data monitoring gas karbon monoksida kepada user melalui fasilitas SMS menggunakan modem GSM, dimana mikrokontroler mengirimkan perintah kepada modem GSM untuk mengirim SMS melalui rangkaian TTL to RS232 converter.
- 3) Sistem dapat menggunakan arus minimal ketika mobil dalam keadaan mati yaitu sebesar 28 mA, dimana nilai tersebut berada dibawah batas minimal pemakaian arus dari baterai aki yaitu sebesar 32 mA .
- 4) Sistem dapat mengaktifkan buzzer sebagai indikator terjadinya kebocoran gas karbon monoksida pada kabin mobil. Buzzer akan aktif ketika tingkat konsentrasi gas karbon monoksida berada di level waspada ( $>50$  ppm) dan di level bahaya ( $>100$  ppm), sedangkan buzzer akan non-aktif apabila tingkat konsentrasi gas karbon monoksida berada di level aman ( $<50$  ppm). Selain buzzer sistem juga dapat mengirimkan SMS indikator kepada user jika tingkat konsentrasi gas karbon monoksida berada pada level waspada ( $>50$  ppm) dan bahaya ( $>100$  ppm).

#### 6.2 Saran

Saran yang dapat digunakan dalam peningkatkan kerja sistem dapat diuraikan sebagai berikut:

- 1) Sistem ini dapat ditambahkan fitur pembuangan gas CO yang dapat digunakan untuk memberikan sirkulasi udara pada kabin mobil dengan cara mengeluarkan gas CO yang berada pada kabin mobil.



- 2) Sistem ini dapat ditambahkan fitur kalibrasi otomatis yang digunakan untuk mengkalibrasi sensor. Hal ini diperlukan dikarenakan sangat pentingnya sensitifitas sensor terhadap tingkat konsentrasi gas karbon monoksida.



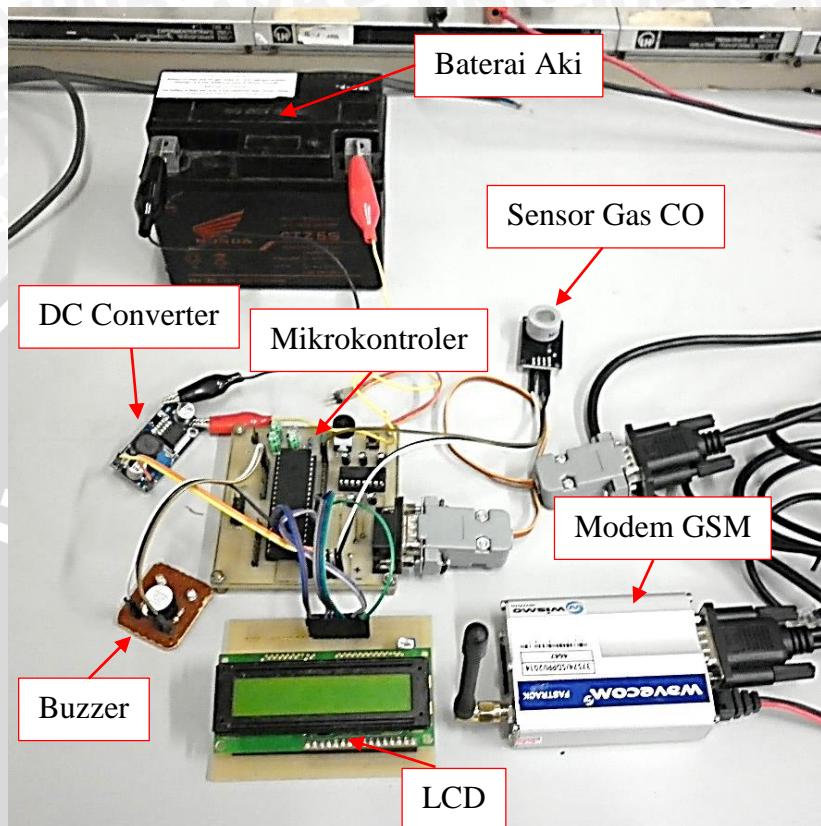
## DAFTAR PUSTAKA

- Andrianto, H. (2013). *Pemrograman AVR ATmega 16/32 Menggunakan Bahasa C (CodeVision AVR)*. Bandung: Penerbit Informatika.
- Asmino, & R.Soedoko. (1987). Dampak merokok terhadap kesehatan dan kehidupan. *Lokakarya Program Nasional Penelitian Tembakau*. Malang.
- Atmel. (2011). ATmega32/ATmega32L 8-bit Microcontroller with 32 Kbytes In-System Programmable Flash. San Jose: Atmel Corporation.
- Hart, D. W. (2010). *Power Electronics*. New York: McGraw-Hill.
- Henan Hanwei Electronics. (2012). Technical Data MQ-7 Gas Sensor. Zhengzhou: Henan Hanwei Electronics.
- Jakfriady. (2009). *Sistem Pendekripsi Gas Karbon Monoksida pada Mobil*. Malang: Universitas Brawijaya.
- Nyoman, I. (2008). *Sistem Pendekripsi Gas CO*. Malang: Universitas Brawijaya.
- Sumardjo, D. (2006). *Pengantar Kimia Buku Panduan Kuliah Mahasiswa Kedokteran*. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC.
- Texas Instrument. (2014). LM2596. Dallas: Texas Instrument Incorporation.
- Toyota Motor Sales. (2011). Batteries. U.S.A: Toyota Incorporation.
- Velleman. (2009). Micro Buzzer 5V DC. U.S.A: Velleman Incorporation.
- Wartakota. *Pedagang Batu Akik Tewas Keracunan Gas Karbon Monoksida* [Online] <http://wartakota.tribunnews.com/2015/04/17/pedagang-batu-akik-tewas-keracunan-gas-karbon-monoksida>. [Diakses: 20 April 2015]
- Wavecom. (2006). Fastrack M1306B User Guide. San Diego: Wavecom Incorporation.
- Xiamen. (2011). LCD 16x2 Datasheet. China.



# LAMPIRAN I

## DOKUMENTASI ALAT



Sistem Keseluruhan



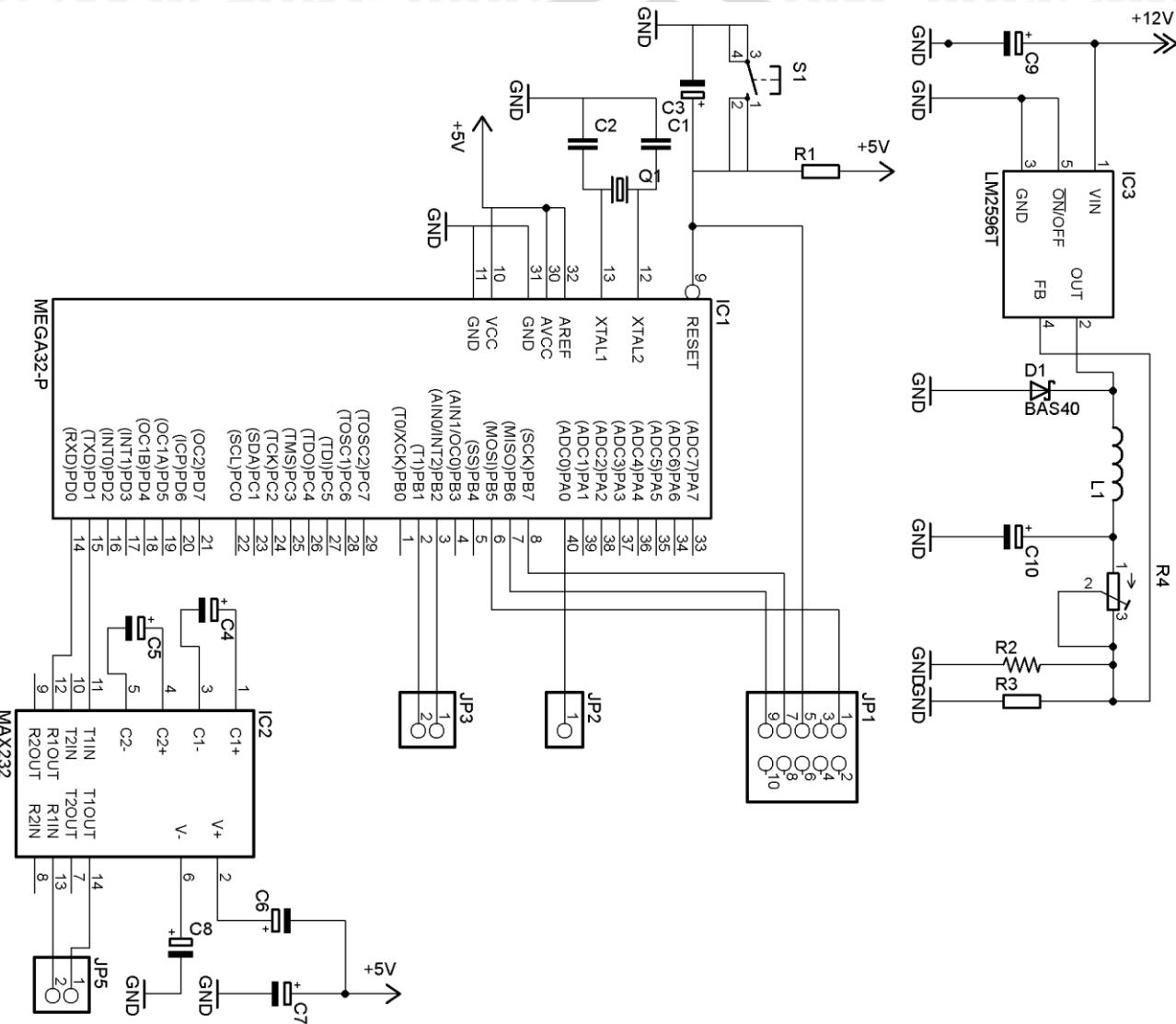
Fisik Alat Keseluruhan

## LAMPIRAN II

### SKEMATIK KESELURUHAN

UNIVERSITAS BRAWIJAYA





# LAMPIRAN III

## LISTING PROGRAM

```
*****
This program was produced by the
CodeWizardAVR V2.05.0 Professional
Automatic Program Generator
© Copyright 1998-2010 Pavel Haiduc, HP InfoTech s.r.l.
http://www.hpinfotech.com
```

```
Project : Sistem monitoring dan peringatan gas CO
Version : Final
Date    : 08/06/2015
Author   : Swaraka
Company  : TEUB
Comments: Program keseluruhan
```

```
Chip type          : ATmega32
Program type       : Application
AVR Core Clock frequency: 11,059200 MHz
Memory model       : Small
External RAM size  : 0
Data Stack size    : 128
*****/
```

```
#include <mega32.h>
#include <delay.h>
#include <sleep.h>
#include <stdio.h>
```

```
// Alphanumeric LCD Module functions
#include <alcd.h>

#define ADC_VREF_TYPE 0x00

// Read the AD conversion result
unsigned int read_adc(unsigned char adc_input)
{
ADMUX=adc_input | (ADC_VREF_TYPE & 0xff);
// Delay needed for the stabilization of the ADC input
voltage
delay_us(10);
// Start the AD conversion
ADCSRA|=0x40;
// Wait for the AD conversion to complete
while ((ADCSRA & 0x10)==0);
ADCSRA|=0x10;
return ADCW;
}

char lcd_buffer[33];
float vout,rs1,rs2, rasio;
unsigned int ro=10000,temp,ppm;
int b,x,y,co;

// External Interrupt 1 service routine
interrupt [EXT_INT1] void ext_int1_isr(void)
```

```

repo

{
    x=1;
}

// Timer2 overflow interrupt service routine
interrupt [TIM2_OVF] void timer2_ovf_isr(void)
{
    TCNT2=0xFF;
    y++;
    if(y==10000)
    {
        sleep_disable();
        b=1;
    }
}

void baca_sensor()
{
    temp=read_adc(0);
    vout=((float)temp*0.00465);
    rs1=((5*10000)/(float)vout);
    rs2=((float)rs1-ro);
    rasio=((float)rs2/ro);
    ppm=100/(float)ratio;
}

void tampil_sensor()
{
    lcd_gotoxy(0,0);
    sprintf(lcd_buffer, "CO: %d ppm", ppm);
    lcd_puts(lcd_buffer);
    delay_ms(100);
}

void sms_set()

{
    printf("ATE0");
    putchar(0x0D);
    delay_ms(1000);

    printf("AT+CMGF=1");
    putchar(0x0D);
    delay_ms(1000);

    lcd_clear();
    lcd_gotoxy(0,0);
    lcd_putsf("Modem GSM");
    lcd_gotoxy(0,1);
    lcd_putsf("OK");
}

void kirim_1()
{
    printf("AT+CMGF=1");
    putchar(0x0D);
    delay_ms(500);
    printf("AT+CMGS=085720581924");
    putchar(0x0D);
    delay_ms(1000);
    printf("WARNING, kebocoran gas CO terdeteksi!");
    delay_ms(1000);
    printf("CO: %d ppm", ppm);
    putchar(0x0D);
    PORTB.2=1;
    delay_ms(2000);
}

void kirim_2()
{
    printf("AT+CMGF=1");
    putchar(0x0D);
    delay_ms(500);
}

```

```
printf("AT+CMGS=085720581924");
putchar(0x0D);
delay_ms(1000);
printf("BAHAYA, kebocoran gas CO terjadi!");
delay_ms(1000);
printf("CO: %d ppm", ppm);
putchar(0x0D);
PORTB.2=1;
delay_ms(2000);
}

void kirim_3()
{
    printf("AT+CMGF=1");
    putchar(0x0D);
    delay_ms(500);
    printf("AT+CMGS=085720581924");
    putchar(0x0D);
    delay_ms(1000);
    printf("AMAN");
    delay_ms(1000);
    printf("CO: %d ppm", ppm);
    putchar(0x0D);
    PORTB.2=1;
    delay_ms(2000);
}

void alarm_off()
{
    PORTB.1=0;
    PORTB.2=0;
}

void lcd_awal()
{
    lcd_clear();
}

lcd_gotoxy(2,0);
lcd_puts("CO DETECTION");
lcd_gotoxy(5,1);
lcd_puts("SYSTEM");
delay_ms(2000);

lcd_clear();
lcd_gotoxy(2,0);
lcd_puts("Designed By:");
lcd_gotoxy(1,1);
lcd_puts("Swaraka Maulana");
delay_ms(2000);

}

void alarm_warning()
{
    PORTB.1=1;
    delay_ms(2000);
    PORTB.1=0;
    delay_ms(2000);
}

void alarm_danger()
{
    PORTB.1=1;
    delay_ms(500);
    PORTB.1=0;
    delay_ms(500);
}

void main(void)
{
    // Declare your local variables here

    // Input/Output Ports initialization
    // Port A initialization
```

```
// Func7=Out Func6=Out Func5=Out Func4=Out Func3=Out  
Func2=Out Func1=Out Func0=In  
// State7=0 State6=0 State5=0 State4=0 State3=0  
State2=0 State1=0 State0=T  
PORTA=0x00;  
DDRA=0xFE;  
  
// Port B initialization  
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In  
Func2=In Func1=In Func0=In  
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T  
State2=T State1=T State0=T  
PORTB=0x00;  
DDRB=0x06;  
  
// Port C initialization  
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In  
Func2=In Func1=In Func0=In  
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T  
State2=T State1=T State0=T  
PORTC=0x00;  
DDRC=0x00;  
  
// Port D initialization  
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In  
Func2=In Func1=In Func0=In  
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T  
State2=T State1=T State0=T  
PORTD=0xFF;  
DDRD=0x00;  
  
// Timer/Counter 0 initialization  
// Clock source: System Clock  
// Clock value: Timer 0 Stopped  
// Mode: Normal top=0xFF  
// OC0 output: Disconnected  
TCCR0=0x00;  
  
TCNT0=0x00;  
OCR0=0x00;  
  
// Timer/Counter 1 initialization  
// Clock source: System Clock  
// Clock value: Timer1 Stopped  
// Mode: Normal top=0xFFFF  
// OC1A output: Discon.  
// OC1B output: Discon.  
// Noise Canceler: Off  
// Input Capture on Falling Edge  
// Timer1 Overflow Interrupt: Off  
// Input Capture Interrupt: Off  
// Compare A Match Interrupt: Off  
// Compare B Match Interrupt: Off  
TCCR1A=0x00;  
TCCR1B=0x00;  
TCNT1H=0x00;  
TCNT1L=0x00;  
ICR1H=0x00;  
ICR1L=0x00;  
OCR1AH=0x00;  
OCR1AL=0x00;  
OCR1BH=0x00;  
OCR1BL=0x00;  
  
// Timer/Counter 2 initialization  
// Clock source: System Clock  
// Clock value: 10,800 kHz  
// Mode: Normal top=0xFF  
// OC2 output: Disconnected  
ASSR=0x00;  
TCCR2=0x07;  
TCNT2=0xFF;  
OCR2=0x00;  
  
// External Interrupt(s) initialization
```

```
// INT0: Off
// INT1: On
// INT1 Mode: Low level
// INT2: Off
GICR|=0x80;
MCUCR=0x30;
MCUCSR=0x00;
GIFR=0x80;

// Timer(s)/Counter(s) Interrupt(s) initialization
TIMSK=0x40;

// USART initialization
// Communication Parameters: 8 Data, 1 Stop, No Parity
// USART Receiver: On
// USART Transmitter: On
// USART Mode: Asynchronous
// USART Baud Rate: 115200
UCSRA=0x00;
UCSRB=0x18;
UCSRC=0x86;
UBRRH=0x00;
UBRRL=0x05;

// Analog Comparator initialization
// Analog Comparator: Off
// Analog Comparator Input Capture by Timer/Counter 1:
Off
ACSR=0x80;
SFIOR=0x00;

// ADC initialization
// ADC Clock frequency: 86,400 kHz
// ADC Voltage Reference: AREF pin
// ADC High Speed Mode: Off
// ADC Auto Trigger Source: Free Running
ADMUX=ADC_VREF_TYPE & 0xff;

ADCSRA=0xA7;
SFIOR&=0x0F;

// SPI initialization
// SPI disabled
SPCR=0x00;

// TWI initialization
// TWI disabled
TWCR=0x00;

// Alphanumeric LCD initialization
// Connections specified in the
// Project|Configure|C Compiler|Libraries|Alphanumeric
LCD menu:
// RS - PORTC Bit 1
// RD - PORTC Bit 2
// EN - PORTC Bit 3
// D4 - PORTC Bit 4
// D5 - PORTC Bit 5
// D6 - PORTC Bit 6
// D7 - PORTC Bit 7
// Characters/line: 16
lcd_init(16);
lcd_awal();
sms_set();

// Global enable interrupts
#asm("sei")
powersave();

while (1)
{
    if(x==1)
    {
        sleep_enable();
    }
}
```

```
if(b==1)
{
    sleep_disable();
    baca_sensor();
    if(ppm>=50)
    {
        // Kondisi waspada (>=50 ppm)
        if(ppm<=100)
        {
            lcd_clear();
            tampil_sensor();
            lcd_gotoxy(0,1);
            lcd_puts("Warning");
            kirim_1();
            alarm_warning();
            co=1;
        }
        // Kondisi bahaya (>=100 ppm)
        else if(ppm>=100)
        {
            lcd_clear();
            tampil_sensor();
            lcd_gotoxy(0,1);
            lcd_puts("Danger");
            kirim_2();
            alarm_danger();
            co=1;
        }
        else
        {
            //Kondisi aman (<50 ppm)
            lcd_clear();
            tampil_sensor();
            lcd_gotoxy(0,1);
            lcd_puts("Safe");
            if(co==1)
            {
                kirim_3();
                alarm_off();
            }
            else
            {
                alarm_off();
            }
            co=0;
            b=0;
        }
    }
}
```



UNIVERSITAS **BRAWIJAYA**



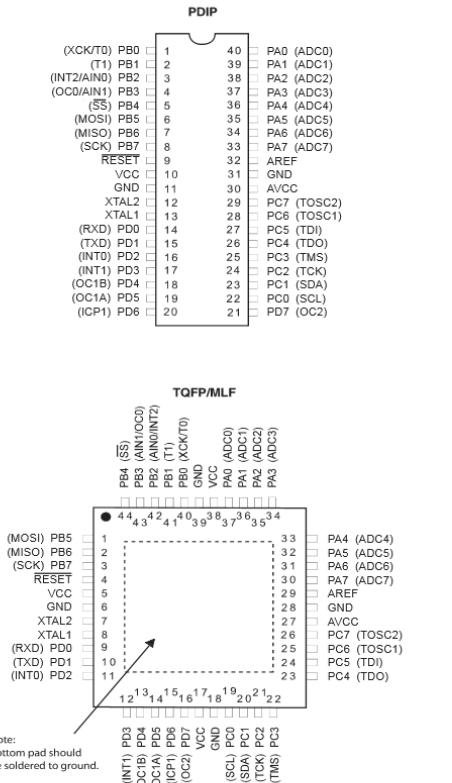
## LAMPIRAN IV

### DATASHEET

## Datasheet Mikrokontroler (ATMEGA32)

**ATmega32(L)****Pin Configurations**

Figure 1. Pinout ATmega32



2503Q-AVR-02/11



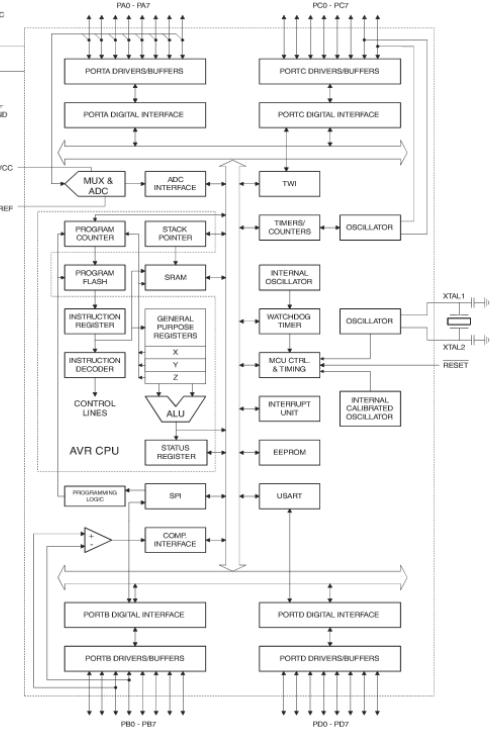
## ATmega32(L)

### Overview

The Atmel®AVR®ATmega32 is a low-power CMOS 8-bit microcontroller based on the AVR enhanced RISC architecture. By executing powerful instructions in a single clock cycle, the ATmega32 achieves throughputs approaching 1 MIPS per MHz allowing the system designer to optimize power consumption versus processing speed.

### Block Diagram

Figure 2. Block Diagram



## ATmega32(L)

The Atmel®AVR® core combines a rich instruction set with 32 general purpose working registers. All the 32 registers are directly connected to the Arithmetic Logic Unit (ALU), allowing two independent registers to be accessed in one single instruction executed in one clock cycle. The resulting architecture is more code efficient while achieving throughputs up to ten times faster than conventional CISC microcontrollers.

The ATmega32 provides the following features: 32Kbytes of In-System Programmable Flash Program memory with Read-While-Write capabilities, 1024bytes EEPROM, 2Kbyte SRAM, 32 general purpose I/O lines, 32 general purpose working registers, a JTAG interface for Boundary-scan, On-chip Debugging support and programming, three flexible Timer/Counters with compare modes, Internal and External Interrupts, a serial programmable USART, a byte oriented Two-wire Serial Interface, an 8-channel, 10-bit ADC with optional differential input stage with programmable gain (TQFP package only), a programmable Watchdog Timer with Internal Oscillator, an SPI serial port, and six software selectable power saving modes. The Idle mode stops the CPU while allowing the USART, Two-wire interface, A/D Converter, SRAM, Timer/Counters, SPI port, and interrupt system to continue functioning. The Power-down mode saves the register contents but freezes the Oscillator, disabling all other chip functions until the next External Interrupt or Hardware Reset. In Power-save mode, the Asynchronous Timer continues to run, allowing the user to maintain a timer base while the rest of the device is sleeping. The ADC Noise Reduction mode stops the CPU and all I/O modules except Asynchronous Timer and ADC, to minimize switching noise during ADC conversions. In Standby mode, the crystal/resonator Oscillator is running while the rest of the device is sleeping. This allows very fast start-up combined with low-power consumption. In Extended Standby mode, both the main Oscillator and the Asynchronous Timer continue to run.

The device is manufactured using Atmel's high density nonvolatile memory technology. The On-chip ISP Flash allows the program memory to be reprogrammed in-system through an SPI serial interface, by a conventional nonvolatile memory programmer, or by an On-chip Boot program running on the AVR core. The boot program can use any interface to download the application program in the Application Flash memory. Software in the Boot Flash section will continue to run while the Application Flash section is updated, providing true Read-While-Write operation. By combining an 8-bit RISC CPU with In-System Self-Programmable Flash on a monolithic chip, the Atmel ATmega32 is a powerful microcontroller that provides a highly-flexible and cost-effective solution to many embedded control applications.

The Atmel AVR ATmega32 is supported with a full suite of program and system development tools including: C compilers, macro assemblers, program debugger/simulators, in-circuit emulators, and evaluation kits.

### Pin Descriptions

**VCC** Digital supply voltage.

**GND** Ground.

**Port A (PA7..PA0)** Port A serves as the analog inputs to the A/D Converter.

Port A also serves as an 8-bit bi-directional I/O port, if the A/D Converter is not used. Port pins can provide internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port A output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. When pins PA0 to PA7 are used as inputs and are externally pulled low, they will source current if the internal pull-up resistors are activated. The Port A pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.



## ATmega32(L)

### Port B (PB7..PB0)

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

Port B also serves the functions of various special features of the ATmega32 as listed on [page 57](#).

### Port C (PC7..PC0)

Port C is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port C output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port C pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port C pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running. If the JTAG interface is enabled, the pull-up resistors on pins PC5(TDI), PC3(TMS) and PC2(TCK) will be activated even if a reset occurs.

The TDO pin is tri-stated unless TAP states that shift out data are entered.

Port C also serves the functions of the JTAG interface and other special features of the ATmega32 as listed on [page 60](#).

### Port D (PD7..PD0)

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

Port D also serves the functions of various special features of the ATmega32 as listed on [page 62](#).

### RESET

Reset Input. A low level on this pin for longer than the minimum pulse length will generate a reset, even if the clock is not running. The minimum pulse length is given in [Table 15](#) on [page 37](#). Shorter pulses are not guaranteed to generate a reset.

### XTAL1

Input to the inverting Oscillator amplifier and input to the internal clock operating circuit.

### XTAL2

Output from the inverting Oscillator amplifier.

### AVCC

AVCC is the supply voltage pin for Port A and the A/D Converter. It should be externally connected to  $V_{CC}$ , even if the ADC is not used. If the ADC is used, it should be connected to  $V_{CC}$  through a low-pass filter.

### AREF

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



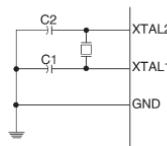
## ATmega32(L)

### Crystal Oscillator

XTAL1 and XTAL2 are input and output, respectively, of an inverting amplifier which can be configured for use as an On-chip Oscillator, as shown in [Figure 12](#). Either a quartz crystal or a ceramic resonator may be used. The CKOPT Fuse selects between two different Oscillator amplifier modes. When CKOPT is programmed, the Oscillator output will oscillate with a full rail-to-rail swing on the output. This mode is suitable when operating in a very noisy environment or when the output from XTAL2 drives a second clock buffer. This mode has a wide frequency range. When CKOPT is unprogrammed, the Oscillator has a smaller output swing. This reduces power consumption considerably. This mode has a limited frequency range and it can not be used to drive other clock buffers.

For resonators, the maximum frequency is 8MHz with CKOPT unprogrammed and 16 MHz with CKOPT programmed. C1 and C2 should always be equal for both crystals and resonators. The optimal value of the capacitors depends on the crystal or resonator in use, the amount of stray capacitance, and the electromagnetic noise of the environment. Some initial guidelines for choosing capacitors for use with crystals are given in [Table 4](#). For ceramic resonators, the capacitor values given by the manufacturer should be used.

**Figure 12.** Crystal Oscillator Connections



The Oscillator can operate in three different modes, each optimized for a specific frequency range. The operating mode is selected by the fuses CKSEL3..1 as shown in [Table 4](#).

**Table 4.** Crystal Oscillator Operating Modes

CKOPT	CKSEL3..1	Frequency Range (MHz)	Recommended Range for Capacitors C1 and C2 for Use with Crystals (pF)
1	101 <sup>(1)</sup>	0.4 - 0.9	-
1	110	0.9 - 3.0	12 - 22
1	111	3.0 - 8.0	12 - 22
0	101, 110, 111	1.0 ≤	12 - 22

Note: 1. This option should not be used with crystals, only with ceramic resonators.



## ATmega32(L)

### Power Management and Sleep Modes

Sleep modes enable the application to shut down unused modules in the MCU, thereby saving power. The AVR provides various sleep modes allowing the user to tailor the power consumption to the application's requirements.

To enter any of the six sleep modes, the SE bit in MCUCR must be written to logic one and a SLEEP instruction must be executed. The SM2, SM1, and SM0 bits in the MCUCR Register select which sleep mode (Idle, ADC Noise Reduction, Power-down, Power-save, Standby, or Extended Standby) will be activated by the SLEEP instruction. See [Table 13](#) for a summary. If an enabled interrupt occurs while the MCU is in a sleep mode, the MCU wakes up. The MCU is then halted for four cycles in addition to the start-up time, it executes the interrupt routine, and resumes execution from the instruction following SLEEP. The contents of the Register File and SRAM are unaltered when the device wakes up from sleep. If a Reset occurs during sleep mode, the MCU wakes up and executes from the Reset Vector.

[Figure 11 on page 24](#) presents the different clock systems in the ATmega32, and their distribution. The figure is helpful in selecting an appropriate sleep mode.

#### MCU Control Register – MCUCR

The MCU Control Register contains control bits for power management.

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
ReadWrite	R/W							
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0

MCUCR

- Bit 7 – SE: Sleep Enable

The SE bit must be written to logic one to make the MCU enter the sleep mode when the SLEEP instruction is executed. To avoid the MCU entering the sleep mode unless it is the programmers purpose, it is recommended to write the Sleep Enable (SE) bit to one just before the execution of the SLEEP instruction and to clear it immediately after waking up.

- Bits [6:4] – SM2..0: Sleep Mode Select Bits 2, 1, and 0

These bits select between the six available sleep modes as shown in [Table 13](#).

**Table 13.** Sleep Mode Select

SM2	SM1	SM0	Sleep Mode
0	0	0	Idle
0	0	1	ADC Noise Reduction
0	1	0	Power-down
0	1	1	Power-save
1	0	0	Reserved
1	0	1	Reserved
1	1	0	Standby <sup>(1)</sup>
1	1	1	Extended Standby <sup>(1)</sup>

Note: 1. Standby mode and Extended Standby mode are only available with external crystals or resonators.

## ATmega32(L)

### Idle Mode

When the SM2..0 bits are written to 000, the SLEEP instruction makes the MCU enter Idle mode, stopping the CPU but allowing SPI, USART, Analog Comparator, ADC, Two-wire Serial Interface, Timer/Counters, Watchdog, and the interrupt system to continue operating. This sleep mode basically halts  $\text{clk}_{\text{CPU}}$  and  $\text{clk}_{\text{FLASH}}$ , while allowing the other clocks to run.

Idle mode enables the MCU to wake up from external triggered interrupts as well as internal ones like the Timer Overflow and USART Transmit Complete interrupts. If wake-up from the Analog Comparator interrupt is not required, the Analog Comparator can be powered down by setting the ACD bit in the Analog Comparator Control and Status Register – ACSR. This will reduce power consumption in Idle mode. If the ADC is enabled, a conversion starts automatically when this mode is entered.

### ADC Noise Reduction Mode

When the SM2..0 bits are written to 001, the SLEEP instruction makes the MCU enter ADC Noise Reduction mode, stopping the CPU but allowing the ADC, the External Interrupts, the Two-wire Serial Interface address watch, Timer/Counter2 and the Watchdog to continue operating (if enabled). This sleep mode basically halts  $\text{clk}_{\text{IO}}$ ,  $\text{clk}_{\text{CPU}}$ , and  $\text{clk}_{\text{FLASH}}$ , while allowing the other clocks to run.

This improves the noise environment for the ADC, enabling higher resolution measurements. If the ADC is enabled, a conversion starts automatically when this mode is entered. Apart from the ADC Conversion Complete interrupt, only an External Reset, a Watchdog Reset, a Brown-out Reset, a Two-wire Serial Interface Address Match interrupt, a Timer/Counter2 interrupt, an SPM/EPPROM ready interrupt, an External level interrupt on INT0 or INT1, or an external interrupt on INT2 can wake up the MCU from ADC Noise Reduction mode.

### Power-down Mode

When the SM2..0 bits are written to 010, the SLEEP instruction makes the MCU enter Power-down mode. In this mode, the External Oscillator is stopped, while the External interrupts, the Two-wire Serial Interface address watch, and the Watchdog continue operating (if enabled). Only an External Reset, a Watchdog Reset, a Brown-out Reset, a Two-wire Serial Interface address match interrupt, an External level interrupt on INT0 or INT1, or an External interrupt on INT2 can wake up the MCU. This sleep mode basically halts all generated clocks, allowing operation of asynchronous modules only.

Note that if a level triggered interrupt is used for wake-up from Power-down mode, the changed level must be held for some time to wake up the MCU. Refer to ["External Interrupts" on page 66](#) for details.

When waking up from Power-down mode, there is a delay from the wake-up condition occurs until the wake-up becomes effective. This allows the clock to restart and become stable after having been stopped. The wake-up period is defined by the same CKSEL fuses that define the reset time-out period, as described in ["Clock Sources" on page 25](#).

### Power-save Mode

When the SM2..0 bits are written to 011, the SLEEP instruction makes the MCU enter Power-save mode. This mode is identical to Power-down, with one exception:

If Timer/Counter2 is clocked asynchronously, that is, the AS2 bit in ASSR is set, Timer/Counter2 will run during sleep. The device can wake up from either Timer Overflow or Output Compare event from Timer/Counter2 if the corresponding Timer/Counter2 interrupt enable bits are set in TIMS2, and the Global Interrupt Enable bit in SREG is set.

If the Asynchronous Timer is NOT clocked asynchronously, Power-down mode is recommended instead of Power-save mode because the contents of the registers in the Asynchronous Timer should be considered undefined after wake-up in Power-save mode if AS2 is 0.

This sleep mode basically halts all clocks except  $\text{clk}_{\text{ASY}}$ , allowing operation only of asynchronous modules, including Timer/Counter2 if clocked asynchronously.

**ATmega32(L)****Standby Mode**

When the SM2..0 bits are 110 and an external crystal/resonator clock option is selected, the SLEEP instruction makes the MCU enter Standby mode. This mode is identical to Power-down with the exception that the Oscillator is kept running. From Standby mode, the device wakes up in six clock cycles.

**Extended Standby Mode**

When the SM2..0 bits are 111 and an external crystal/resonator clock option is selected, the SLEEP instruction makes the MCU enter Extended Standby mode. This mode is identical to Power-save mode with the exception that the Oscillator is kept running. From Extended Standby mode, the device wakes up in six clock cycles..

**Table 14.** Active Clock Domains and Wake Up Sources in the Different Sleep Modes

Sleep Mode	Active Clock domains				Oscillators		Wake-up Sources							
	clk <sub>CPU</sub>	clk <sub>FLASH</sub>	clk <sub>I/O</sub>	clk <sub>ADC</sub>	clk <sub>ASR</sub>	Main Clock Source Enabled	Timer Oscillator Enabled	INT2	INT1	TWI Address Match	Timer 2	SPM / EEPROM Ready	ADC	Other IO
Idle	X	X	X	X	X	X <sup>(2)</sup>	X	X	X	X	X	X	X	X
ADC Noise Reduction		X	X	X	X	X <sup>(2)</sup>	X <sup>(3)</sup>	X	X	X	X	X	X	
Power-down							X <sup>(3)</sup>	X						
Power-save			X <sup>(2)</sup>		X <sup>(2)</sup>	X <sup>(3)</sup>	X	X <sup>(2)</sup>						
Standby <sup>(1)</sup>					X	X	X <sup>(3)</sup>	X						
Extended Standby <sup>(1)</sup>			X <sup>(2)</sup>	X	X <sup>(2)</sup>	X <sup>(3)</sup>	X	X <sup>(2)</sup>						

Notes:

1. External Crystal or resonator selected as clock source.

2. If AS2 bit in ASSR is set.

3. Only INT2 or level interrupt INT1 and INT0.

**Minimizing Power Consumption**

There are several issues to consider when trying to minimize the power consumption in an AVR controlled system. In general, sleep modes should be used as much as possible, and the sleep mode should be selected so that as few as possible of the device's functions are operating. All functions not needed should be disabled. In particular, the following modules may need special consideration when trying to achieve the lowest possible power consumption.

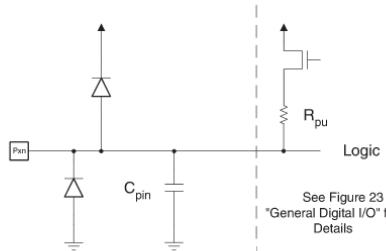
**Analog to Digital Converter**

If enabled, the ADC will be enabled in all sleep modes. To save power, the ADC should be disabled before entering any sleep mode. When the ADC is turned off and on again, the next conversion will be an extended conversion. Refer to "Analog to Digital Converter" on page 201 for details on ADC operation.

**ATmega32(L)****I/O Ports****Introduction**

All AVR ports have true Read-Modify-Write functionality when used as general digital I/O ports. This means that the direction of one port pin can be changed without unintentionally changing the direction of any other pin with the SBI and CBI instructions. The same applies when changing drive value (if configured as output) or enabling/disabling of pull-up resistors (if configured as input). Each output buffer has symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. The pin driver is strong enough to drive LED displays directly. All port pins have individually selectable pull-up resistors with a supply-voltage invariant resistance. All I/O pins have protection diodes to both V<sub>CC</sub> and Ground as indicated in Figure 22. Refer to "Electrical Characteristics" on page 287 for a complete list of parameters.

**Figure 22.** I/O Pin Equivalent Schematic



All registers and bit references in this section are written in general form. A lower case "x" represents the numbering letter for the port, and a lower case "n" represents the bit number. However, when using the register or bit defines in a program, the precise form must be used, that is, PORTB3 for bit no. 3 in Port B, here documented generally as PORTx. The physical I/O Registers and bit locations are listed in "Register Description for I/O Ports" on page 64.

Three I/O memory address locations are allocated for each port, one each for the Data Register – PORTx, Data Direction Register – DDRx, and the Port Input Pins – PINx. The Port Input Pins I/O location is read only, while the Data Register and the Data Direction Register are read/write. In addition, the Pull-up Disable – PUD bit in SFIOR disables the pull-up function for all pins in all ports when set.

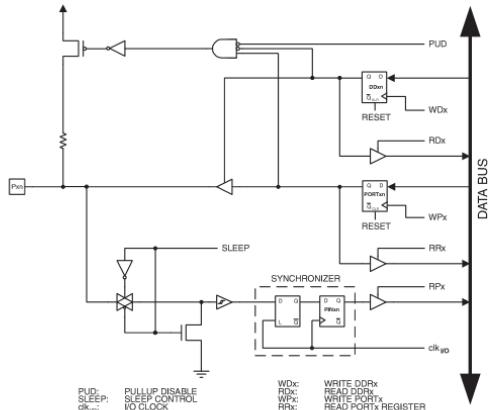
Using the I/O port as General Digital I/O is described in "Ports as General Digital I/O" on page 50. Most port pins are multiplexed with alternate functions for the peripheral features on the device. How each alternate function interferes with the port pin is described in "Alternate Port Functions" on page 54. Refer to the individual module sections for a full description of the alternate functions.

Note that enabling the alternate function of some of the port pins does not affect the use of the other pins in the port as general digital I/O.

**ATmega32(L)****Ports as General Digital I/O**

The ports are bi-directional I/O ports with optional internal pull-ups. Figure 23 shows a functional description of one I/O-port pin, here generically called Pxn.

Figure 23. General Digital I/O<sup>(1)</sup>



Note: 1. WPx, WDX, RRx, RPx, and RDx are common to all pins within the same port. clk<sub>I/O</sub>, SLEEP, and PUD are common to all ports.

**Configuring the Pin**

Each port pin consists of three register bits: DDxn, PORTxn, and PINxn. As shown in "Register Description for I/O Ports" on page 64, the DDxn bits are accessed at the DDRx I/O address, the PORTxn bits at the PORTx I/O address, and the PINxn bits at the PINx I/O address.

The DDxn bit in the DDRx Register selects the direction of this pin. If DDxn is written logic one, Pxn is configured as an output pin. If DDxn is written logic zero, Pxn is configured as an input pin.

If PORTxn is written logic one when the pin is configured as an input pin, the pull-up resistor is activated. To switch the pull-up resistor off, PORTxn has to be written logic zero or the pin has to be configured as an output pin. The port pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if no clocks are running.

If PORTxn is written logic one when the pin is configured as an output pin, the port pin is driven high (one). If PORTxn is written logic zero when the pin is configured as an output pin, the port pin is driven low (zero).

When switching between tri-state ({DDxn, PORTxn} = 0b00) and output high ({DDxn, PORTxn} = 0b11), an intermediate state with either pull-up enabled ({DDxn, PORTxn} = 0b01) or output low ({DDxn, PORTxn} = 0b10) must occur. Normally, the pull-up enabled state is fully acceptable, as a high-impedant environment will not notice the difference between a strong high driver

**ATmega32(L)**

and a pull-up. If this is not the case, the PUD bit in the SFIOR Register can be set to disable all pull-ups in all ports.

Switching between input with pull-up and output low generates the same problem. The user must use either the tri-state ({DDxn, PORTxn} = 0b00) or the output high state ({DDxn, PORTxn} = 0b11) as an intermediate step.

Table 20 summarizes the control signals for the pin value.

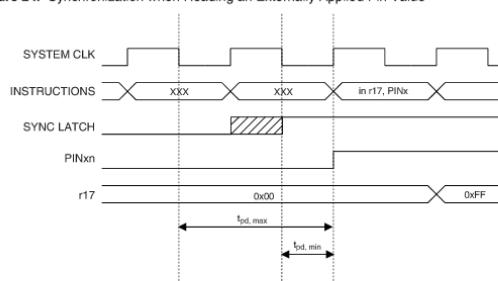
Table 20. Port Pin Configurations

DDxn	PORTxn	PUD (in SFIOR)	I/O	Pull-up	Comment
0	0	X	Input	No	Tri-state (Hi-Z)
0	1	0	Input	Yes	Pxn will source current if ext. pulled low.
0	1	1	Input	No	Tri-state (Hi-Z)
1	0	X	Output	No	Output Low (Sink)
1	1	X	Output	No	Output High (Source)

**Reading the Pin Value**

Independent of the setting of Data Direction bit DDxn, the port pin can be read through the PINxn Register bit. As shown in Figure 23, the PINxn Register bit and the preceding latch constitute a synchronizer. This is needed to avoid metastability if the physical pin changes value near the edge of the internal clock, but it also introduces a delay. Figure 24 shows a timing diagram of the synchronization when reading an externally applied pin value. The maximum and minimum propagation delays are denoted t<sub>pd,max</sub> and t<sub>pd,min</sub> respectively.

Figure 24. Synchronization when Reading an Externally Applied Pin Value

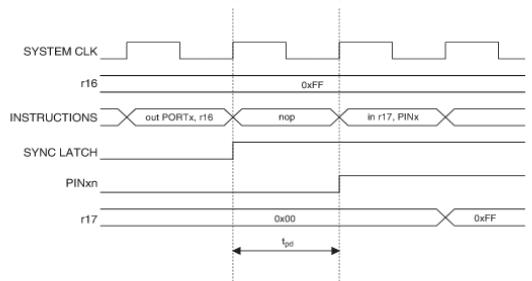


Consider the clock period starting shortly after the first falling edge of the system clock. The latch is closed when the clock is low, and goes transparent when the clock is high, as indicated by the shaded region of the "SYNC LATCH" signal. The signal value is latched when the system clock goes low. It is clocked into the PINxn Register at the succeeding positive clock edge. As indicated by the two arrows t<sub>pd,max</sub> and t<sub>pd,min</sub>, a single signal transition on the pin will be delayed between ½ and 1½ system clock period depending upon the time of assertion.

**ATmega32(L)**

When reading back a software assigned pin value, a *nop* instruction must be inserted as indicated in [Figure 25](#). The *out* instruction sets the "SYNC LATCH" signal at the positive edge of the clock. In this case, the delay  $t_{pd}$  through the synchronizer is one system clock period.

**Figure 25.** Synchronization when Reading a Software Assigned Pin Value

**ATmega32(L)**

### External Interrupts

The External Interrupts are triggered by the INT0, INT1, and INT2 pins. Observe that, if enabled, the interrupts will trigger even if the INT0..2 pins are configured as outputs. This feature provides a way of generating a software interrupt. The external interrupts can be triggered by a falling or rising edge or a low level (INT2 is only an edge triggered interrupt). This is set up as indicated in the specification for the MCU Control Register – MCUCR – and MCU Control and Status Register – MCUCSR. When the external interrupt is enabled and is configured as level triggered (only INT0/INT1), the interrupt will trigger as long as the pin is held low. Note that recognition of falling or rising edge interrupts on INT0 and INT1 requires the presence of an I/O clock, described in "Clock Systems and their Distribution" on [page 24](#). Low level interrupts on INT0/INT1 and the edge interrupt on INT2 are detected asynchronously. This implies that these interrupts can be used for waking the part also from sleep modes other than Idle mode. The I/O clock is halted in all sleep modes except Idle mode.

Note that if a level triggered interrupt is used for wake-up from Power-down mode, the changed level must be held for some time to wake up the MCU. This makes the MCU less sensitive to noise. The changed level is sampled twice by the Watchdog Oscillator clock. The period of the Watchdog Oscillator is 1 us (nominal) at 5.0V and 25°C. The frequency of the Watchdog Oscillator is voltage dependent as shown in "Electrical Characteristics" on [page 287](#). The MCU will wake up if the input has the required level during this sampling or if it is held until the end of the start-up time. The start-up time is defined by the SUT fuses as described in "System Clock and Clock Options" on [page 24](#). If the level is sampled twice by the Watchdog Oscillator clock but disappears before the end of the start-up time, the MCU will still wake up, but no interrupt will be generated. The required level must be held long enough for the MCU to complete the wake up to trigger the level interrupt.

#### MCU Control Register – MCUCR

The MCU Control Register contains control bits for interrupt sense control and general MCU functions.

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	MCUCR
ReadWrite	R/W								
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

- **Bit 3, 2 – ISC11, ISC10: Interrupt Sense Control 1 Bit 1 and Bit 0**

The External Interrupt 1 is activated by the external pin INT1 if the SREG I-bit and the corresponding interrupt mask in the GICR are set. The level and edges on the external INT1 pin that activate the interrupt are defined in [Table 34](#). The value on the INT1 pin is sampled before detecting edges. If edge or toggle interrupt is selected, pulses that last longer than one clock period will generate an interrupt. Shorter pulses are not guaranteed to generate an interrupt. If low level interrupt is selected, the low level must be held until the completion of the currently executing instruction to generate an interrupt.

**Table 34.** Interrupt 1 Sense Control

ISC11	ISC10	Description
0	0	The low level of INT1 generates an interrupt request.
0	1	Any logical change on INT1 generates an interrupt request.
1	0	The falling edge of INT1 generates an interrupt request.
1	1	The rising edge of INT1 generates an interrupt request.

## ATmega32(L)

- Bit 1, 0 – ISC01, ISC00: Interrupt Sense Control 0 Bit 1 and Bit 0

The External Interrupt 0 is activated by the external pin INT0 if the SREG I-flag and the corresponding interrupt mask are set. The level and edges on the external INT0 pin that activate the interrupt are defined in [Table 35](#). The value on the INT0 pin is sampled before detecting edges. If edge or toggle interrupt is selected, pulses that last longer than one clock period will generate an interrupt. Shorter pulses are not guaranteed to generate an interrupt. If low level interrupt is selected, the low level must be held until the completion of the currently executing instruction to generate an interrupt.

**Table 35.** Interrupt 0 Sense Control

ISC01	ISC00	Description
0	0	The low level of INT0 generates an interrupt request.
0	1	Any logical change on INT0 generates an interrupt request.
1	0	The falling edge of INT0 generates an interrupt request.
1	1	The rising edge of INT0 generates an interrupt request.

**MCU Control and Status Register – MCUCSR**

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	MCUCSR	
ReadWrite	R/W	R/W	R	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W		
Initial Value	0	0	0		See Bit Description					

- Bit 6 – ISC2: Interrupt Sense Control 2

The Asynchronous External Interrupt 2 is activated by the external pin INT2 if the SREG I-bit and the corresponding interrupt mask in GICR are set. If ISC2 is written to zero, a falling edge on INT2 activates the interrupt. If ISC2 is written to one, a rising edge on INT2 activates the interrupt. Edges on INT2 are registered asynchronously. Pulses on INT2 wider than the minimum pulse width given in [Table 36](#) will generate an interrupt. Shorter pulses are not guaranteed to generate an interrupt. When changing the ISC2 bit, an interrupt can occur. Therefore, it is recommended to first disable INT2 by clearing its Interrupt Enable bit in the GICR Register. Then, the ISC2 bit can be changed. Finally, the INT2 Interrupt Flag should be cleared by writing a logical one to its Interrupt Flag bit (INTF2) in the GIFR Register before the interrupt is re-enabled.

**Table 36.** Asynchronous External Interrupt Characteristics

Symbol	Parameter	Condition	Min	Typ	Max	Units
$t_{INT}$	Minimum pulse width for asynchronous external interrupt			50		ns

**General Interrupt Control Register – GICR**

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	GICR
ReadWrite	R/W	R/W	R/W	R	R	R	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

- Bit 7 – INT1: External Interrupt Request 1 Enable

When the INT1 bit is set (one) and the I-bit in the Status Register (SREG) is set (one), the external pin interrupt is enabled. The Interrupt Sense Control1 bits 1/0 (ISC11 and ISC10) in the MCU General Control Register (MCUCR) define whether the External Interrupt is activated on rising

## ATmega32(L)

and/or falling edge of the INT1 pin or level sensed. Activity on the pin will cause an interrupt request even if INT1 is configured as an output. The corresponding interrupt of External Interrupt Request 1 is executed from the INT1 interrupt Vector.

- Bit 6 – INT0: External Interrupt Request 0 Enable

When the INT0 bit is set (one) and the I-bit in the Status Register (SREG) is set (one), the external pin interrupt is enabled. The Interrupt Sense Control0 bits 1/0 (ISC01 and ISC00) in the MCU General Control Register (MCUCR) define whether the External Interrupt is activated on rising and/or falling edge of the INT0 pin or level sensed. Activity on the pin will cause an interrupt request even if INT0 is configured as an output. The corresponding interrupt of External Interrupt Request 0 is executed from the INT0 interrupt vector.

- Bit 5 – INT2: External Interrupt Request 2 Enable

When the INT2 bit is set (one) and the I-bit in the Status Register (SREG) is set (one), the external pin interrupt is enabled. The Interrupt Sense Control2 bit (ISC2) in the MCU Control and Status Register (MCUCSR) defines whether the External Interrupt is activated on rising or falling edge of the INT2 pin. Activity on the pin will cause an interrupt request even if INT2 is configured as an output. The corresponding interrupt of External Interrupt Request 2 is executed from the INT2 interrupt Vector.

**General Interrupt Flag Register – GIFR**

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	GIFR
ReadWrite	R/W	R/W	R/W	R	R	R	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

- Bit 7 – INTF1: External Interrupt Flag 1

When an edge or logic change on the INT1 pin triggers an interrupt request, INTF1 becomes set (one). If the I-bit in SREG and the INT1 bit in GICR are set (one), the MCU will jump to the corresponding interrupt vector. The flag is cleared when the interrupt routine is executed. Alternatively, the flag can be cleared by writing a logical one to it. This flag is always cleared when INT1 is configured as a level interrupt.

- Bit 6 – INTFO: External Interrupt Flag 0

When an edge or logic change on the INT0 pin triggers an interrupt request, INTFO becomes set (one). If the I-bit in SREG and the INT0 bit in GICR are set (one), the MCU will jump to the corresponding interrupt vector. The flag is cleared when the interrupt routine is executed. Alternatively, the flag can be cleared by writing a logical one to it. This flag is always cleared when INT0 is configured as a level interrupt.

- Bit 5 – INTF2: External Interrupt Flag 2

When an event on the INT2 pin triggers an interrupt request, INTF2 becomes set (one). If the I-bit in SREG and the INT2 bit in GICR are set (one), the MCU will jump to the corresponding interrupt vector. The flag is cleared when the interrupt routine is executed. Alternatively, the flag can be cleared by writing a logical one to it. Note that when entering some sleep modes with the INT2 interrupt disabled, the input buffer on this pin will be disabled. This may cause a logic change in internal signals which will set the INTF2 Flag. See [“Digital Input Enable and Sleep Modes”](#) on page 53 for more information.

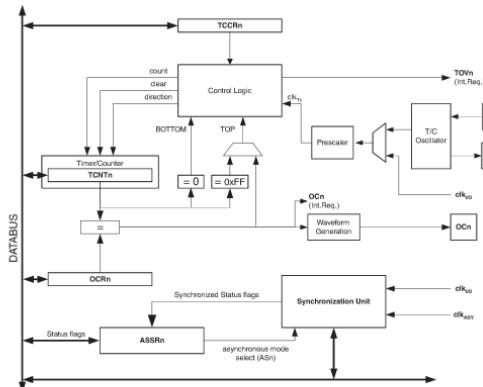
**ATmega32(L)****8-bit  
Timer/Counter2  
with PWM and  
Asynchronous  
Operation****Overview**

Timer/Counter2 is a general purpose, single compare unit, 8-bit Timer/Counter module. The main features are:

- Single Compare unit Counter
- Clear Timer on Compare Match (Auto Reload)
- Glitch-free, Phase Correct Pulse Width Modulator (PWM)
- Frequency Generator
- 8-bit Clock Prescaler
- Overflow and Compare Match Interrupt Sources (TOV2 and OCF2)
- Allows clocking from External 32kHz Watch Crystal Independent of the I/O Clock

A simplified block diagram of the 8-bit Timer/Counter is shown in [Figure 53](#). For the actual placement of I/O pins, refer to [Pinout ATmega32](#) on page 2. CPU accessible I/O Registers, including I/O bits and I/O pins, are shown in bold. The device-specific I/O Register and bit locations are listed in the [8-bit Timer/Counter Register Description](#) on page 125.

**Figure 53.** 8-bit Timer/Counter Block Diagram

**Registers**

The Timer/Counter (TCNT2) and Output Compare Register (OCR2) are 8-bit registers. Interrupt request (shorten as Int.Req.) signals are all visible in the Timer Interrupt Flag Register (TIFR). All interrupts are individually masked with the Timer Interrupt Mask Register (TIMSK). TIFR and TIMSK are not shown in the figure since these registers are shared by other timer units.

The Timer/Counter can be clocked internally, via the prescaler, or asynchronously clocked from the TOSC1/2 pins, as detailed later in this section. The asynchronous operation is controlled by the Asynchronous Status Register (ASSR). The Clock Select logic block controls which clock source the Timer/Counter uses to increment (or decrement) its value. The Timer/Counter is inactive when no clock source is selected. The output from the Clock Select logic is referred to as the timer clock ( $\text{clk}_{\text{T2}}$ ).

**ATmega32(L)**

The double buffered Output Compare Register (OCR2) is compared with the Timer/Counter value at all times. The result of the compare can be used by the waveform generator to generate a PWM or variable frequency output on the Output Compare Pin (OC2). See ["Output Compare Unit"](#) on page 116, for details. The compare match event will also set the Compare Flag (OCF2) which can be used to generate an output compare interrupt request.

**Definitions**

Many register and bit references in this document are written in general form. A lower case "n" replaces the Timer/Counter number, in this case 2. However, when using the register or bit defines in a program, the precise form must be used (that is, TCNT2 for accessing Timer/Counter2 counter value and so on). The definitions in [Table 49](#) are also used extensively throughout the document.

**Table 49.** Definitions

BOTTOM	The counter reaches the BOTTOM when it becomes zero (0x00).
MAX	The counter reaches its MAXimum when it becomes 0xFF (decimal 255).
TOP	The counter reaches the TOP when it becomes equal to the highest value in the count sequence. The TOP value can be assigned to be the fixed value 0xFF (MAX) or the value stored in the OCR2 Register. The assignment is dependent on the mode of operation.

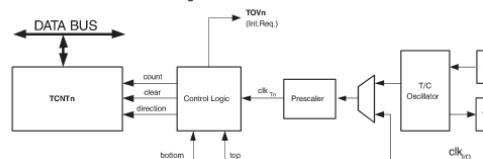
**Timer/Counter  
Clock Sources**

The Timer/Counter can be clocked by an internal synchronous or an external asynchronous clock source. The clock source  $\text{clk}_{\text{T2}}$  is by default equal to the MCU clock,  $\text{clk}_{\text{IO}}$ . When the AS2 bit in the ASSR Register is written to logic one, the clock source is taken from the Timer/Counter Oscillator connected to TOSC1 and TOSC2. For details on asynchronous operation, see ["Asynchronous Status Register - ASSR"](#) on page 128. For details on clock sources and prescaler, see ["Timer/Counter Prescaler"](#) on page 131.

**Counter Unit**

The main part of the 8-bit Timer/Counter is the programmable bi-directional counter unit. [Figure 54](#) shows a block diagram of the counter and its surrounding environment.

**Figure 54.** Counter Unit Block Diagram

**Signal description (internal signals):**

<b>count</b>	Increment or decrement TCNT2 by 1.
<b>direction</b>	Selects between increment and decrement.
<b>clear</b>	Clear TCNT2 (set all bits to zero).
<b>clk<sub>T2</sub></b>	Timer/Counter clock.
<b>top</b>	Signaling that TCNT2 has reached maximum value.

**ATmega32(L)**

**8-bit**  
**Timer/Counter**  
**Register**  
**Description**

**Timer/Counter Control**  
**Register – TCCR2**

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	TCCR2
Read/Write	FOC2 R/W	WGM20 R/W	COM21 R/W	COM20 R/W	WGM21 R/W	CS22 R/W	CS21 R/W	CS20 R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

• **Bit 7 – FOC2: Force Output Compare**

The FOC2 bit is only active when the WGM bits specify a non-PWM mode. However, for ensuring compatibility with future devices, this bit must be set to zero when TCCR2 is written when operating in PWM mode. When writing a logical one to the FOC2 bit, an immediate compare match is forced on the waveform generation unit. The OC2 output is changed according to its COM21:0 bits setting. Note that the FOC2 bit is implemented as a strobe. Therefore it is the value present in the COM21:0 bits that determines the effect of the forced compare.

A FOC2 strobe will not generate any interrupt, nor will it clear the timer in CTC mode using OCR2 as TOP.

The FOC2 bit is always read as zero.

• **Bit 6, 3 – WGM21:0: Waveform Generation Mode**

These bits control the counting sequence of the counter, the source for the maximum (TOP) counter value, and what type of waveform generation to be used. Modes of operation supported by the Timer/Counter unit are: Normal mode, Clear Timer on Compare match (CTC) mode, and two types of Pulse Width Modulation (PWM) modes. See [Table 50](#) and “[Modes of Operation](#)” on page 118.

**Table 50.** Waveform Generation Mode Bit Description<sup>(1)</sup>

Mode	WGM21 (CTC2)	WGM20 (PWM2)	Timer/Counter Mode of Operation	TOP	Update of OCR2	TOV2 Flag Set on
0	0	0	Normal	0xFF	Immediate	MAX
1	0	1	PWM, Phase Correct	0xFF	TOP	BOTTOM
2	1	0	CTC	OCR2	Immediate	MAX
3	1	1	Fast PWM	0xFF	BOTTOM	MAX

Note: 1. The CTC2 and PWM2 bit definition names are now obsolete. Use the WGM21:0 definitions. However, the functionality and location of these bits are compatible with previous versions of the timer.

• **Bit 5:4 – COM21:0: Compare Match Output Mode**

These bits control the Output Compare pin (OC2) behavior. If one or both of the COM21:0 bits are set, the OC2 output overrides the normal port functionality of the I/O pin it is connected to. However, note that the Data Direction Register (DDR) bit corresponding to OC2 pin must be set in order to enable the output driver.

**ATmega32(L)**

When OC2 is connected to the pin, the function of the COM21:0 bits depends on the WGM21:0 bit setting. [Table 51](#) shows the COM21:0 bit functionality when the WGM21:0 bits are set to a normal or CTC mode (non-PWM).

**Table 51.** Compare Output Mode, non-PWM Mode

COM21	COM20	Description
0	0	Normal port operation, OC2 disconnected.
0	1	Toggle OC2 on compare match
1	0	Clear OC2 on compare match
1	1	Set OC2 on compare match

[Table 52](#) shows the COM21:0 bit functionality when the WGM21:0 bits are set to fast PWM mode.

**Table 52.** Compare Output Mode, Fast PWM Mode<sup>(1)</sup>

COM21	COM20	Description
0	0	Normal port operation, OC2 disconnected.
0	1	Reserved
1	0	Clear OC2 on compare match, set OC2 at BOTTOM, (non-inverting mode)
1	1	Set OC2 on compare match, clear OC2 at BOTTOM, (inverting mode)

Note: 1. A special case occurs when OCR2 equals TOP and COM21 is set. In this case, the compare match is ignored, but the set or clear is done at TOP. See “[Fast PWM Mode](#)” on page 120 for more details.

[Table 53](#) shows the COM21:0 bit functionality when the WGM21:0 bits are set to phase correct PWM mode.

**Table 53.** Compare Output Mode, Phase Correct PWM Mode<sup>(1)</sup>

COM21	COM20	Description
0	0	Normal port operation, OC2 disconnected.
0	1	Reserved
1	0	Clear OC2 on compare match when up-counting. Set OC2 on compare match when downcounting.
1	1	Set OC2 on compare match when up-counting. Clear OC2 on compare match when downcounting.

Note: 1. A special case occurs when OCR2 equals TOP and COM21 is set. In this case, the compare match is ignored, but the set or clear is done at TOP. See “[Phase Correct PWM Mode](#)” on page 121 for more details.



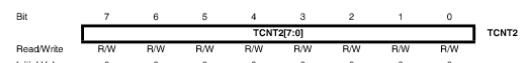
**ATmega32(L)**

- Bit 2:0 – CS22:0: Clock Select

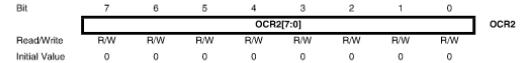
The three Clock Select bits select the clock source to be used by the Timer/Counter, see [Table 54](#).

**Table 54.** Clock Select Bit Description

CS22	CS21	CS20	Description
0	0	0	No clock source (Timer/Counter stopped).
0	0	1	clk <sub>T2S</sub> /8 (No prescaling)
0	1	0	clk <sub>T2S</sub> /8 (From prescaler)
0	1	1	clk <sub>T2S</sub> /32 (From prescaler)
1	0	0	clk <sub>T2S</sub> /64 (From prescaler)
1	0	1	clk <sub>T2S</sub> /128 (From prescaler)
1	1	0	clk <sub>T2S</sub> /256 (From prescaler)
1	1	1	clk <sub>T2S</sub> /1024 (From prescaler)

**Timer/Counter Register – TCNT2**

The Timer/Counter Register gives direct access, both for read and write operations, to the Timer/Counter unit 8-bit counter. Writing to the TCNT2 Register blocks (removes) the compare match on the following timer clock. Modifying the counter (TCNT2) while the counter is running, introduces a risk of missing a compare match between TCNT2 and the OCR2 Register.

**Output Compare Register – OCR2**

The Output Compare Register contains an 8-bit value that is continuously compared with the counter value (TCNT2). A match can be used to generate an output compare interrupt, or to generate a waveform output on the OC2 pin.

**ATmega32(L)**
**Asynchronous Operation of the Timer/Counter**
**Asynchronous Status Register – ASSR**

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	ASSR
ReadWrite	-	-	-	-	AS2	TCN2UB	OCR2UB	TCR2UB	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

- Bit 3 – AS2: Asynchronous Timer/Counter2

When AS2 is written to zero, Timer/Counter 2 is clocked from the I/O clock, clk<sub>I/O</sub>. When AS2 is written to one, Timer/Counter2 is clocked from a Crystal Oscillator connected to the Timer Oscillator 1 (TOSC1) pin. When the value of AS2 is changed, the contents of TCNT2, OCR2, and TCCR2 might be corrupted.

- Bit 2 – TCN2UB: Timer/Counter2 Update Busy

When Timer/Counter2 operates asynchronously and TCNT2 is written, this bit becomes set. When TCNT2 has been updated from the temporary storage register, this bit is cleared by hardware. A logical zero in this bit indicates that TCNT2 is ready to be updated with a new value.

- Bit 1 – OCR2UB: Output Compare Register2 Update Busy

When Timer/Counter2 operates asynchronously and OCR2 is written, this bit becomes set. When OCR2 has been updated from the temporary storage register, this bit is cleared by hardware. A logical zero in this bit indicates that OCR2 is ready to be updated with a new value.

- Bit 0 – TCR2UB: Timer/Counter Control Register2 Update Busy

When Timer/Counter2 operates asynchronously and TCCR2 is written, this bit becomes set. When TCCR2 has been updated from the temporary storage register, this bit is cleared by hardware. A logical zero in this bit indicates that TCCR2 is ready to be updated with a new value.

If a write is performed to any of the three Timer/Counter2 Registers while its update busy flag is set, the updated value might get corrupted and cause an unintentional interrupt to occur.

The mechanisms for reading TCNT2, OCR2, and TCCR2 are different. When reading TCNT2, the actual timer value is read. When reading OCR2 or TCCR2, the value in the temporary storage register is read.

**Asynchronous Operation of Timer/Counter2**

When Timer/Counter2 operates asynchronously, some considerations must be taken.

- Warning: When switching between asynchronous and synchronous clocking of Timer/Counter2, the Timer Registers TCNT2, OCR2, and TCCR2 might be corrupted. A safe procedure for switching clock sources is:

- Disable the Timer/Counter2 interrupts by clearing OCIE2 and TOIE2.
- Select clock source by setting AS2 as appropriate.
- Write new values to TCNT2, OCR2, and TCCR2.
- To switch to asynchronous operation: Wait for TCN2UB, OCR2UB, and TCR2UB.
- Clear the Timer/Counter2 Interrupt Flags.
- Enable interrupts, if needed.

**ATmega32(L)**

1. Write any value to either of the registers OCR2 or TCCR2.
2. Wait for the corresponding Update Busy Flag to be cleared.
3. Read TCNT2.
- During asynchronous operation, the synchronization of the Interrupt Flags for the asynchronous timer takes three processor cycles plus one timer cycle. The timer is therefore advanced by at least one before the processor can read the timer value causing the setting of the Interrupt Flag. The output compare pin is changed on the timer clock and is not synchronized to the processor clock.

**Timer/Counter  
Interrupt Mask  
Register – TIMSK**

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	TIMSK
ReadWrite	R/W								
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

## • Bit 7 – OCIE2: Timer/Counter2 Output Compare Match Interrupt Enable

When the OCIE2 bit is written to one and the I-bit in the Status Register is set (one), the Timer/Counter2 Compare interrupt is enabled. The corresponding interrupt is executed if a compare match in Timer/Counter2 occurs, that is, when the OCF2 bit is set in the Timer/Counter Interrupt Flag Register – TIFR.

## • Bit 6 – TOIE2: Timer/Counter2 Overflow Interrupt Enable

When the TOIE2 bit is written to one and the I-bit in the Status Register is set (one), the Timer/Counter2 Overflow interrupt is enabled. The corresponding interrupt is executed if an overflow in Timer/Counter2 occurs, that is, when the TOV2 bit is set in the Timer/Counter Interrupt Flag Register – TIFR.

**Timer/Counter  
Interrupt Flag Register  
– TIFR**

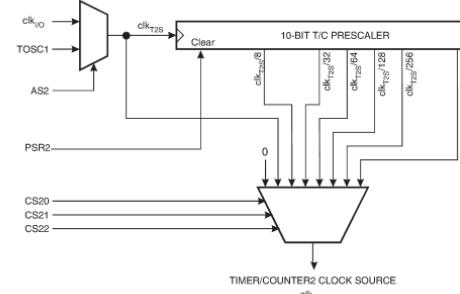
Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	TIFR
ReadWrite	R/W								
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

## • Bit 7 – OCF2: Output Compare Flag 2

The OCF2 bit is set (one) when a compare match occurs between the Timer/Counter2 and the data in OCR2 – Output Compare Register2. OCF2 is cleared by hardware when executing the corresponding interrupt handling vector. Alternatively, OCF2 is cleared by writing a logic one to the flag. When the I-bit in SREG, OCIE2 (Timer/Counter2 Compare match interrupt Enable), and OCF2 are set (one), the Timer/Counter2 Compare match interrupt is executed.

## • Bit 6 – TOV2: Timer/Counter2 Overflow Flag

The TOV2 bit is set (one) when an overflow occurs in Timer/Counter2. TOV2 is cleared by hardware when executing the corresponding interrupt handling vector. Alternatively, TOV2 is cleared by writing a logic one to the flag. When the SREG I-bit, TOIE2 (Timer/Counter2 Overflow Interrupt Enable), and TOV2 are set (one), the Timer/Counter2 Overflow interrupt is executed. In PWM mode, this bit is set when Timer/Counter2 changes counting direction at \$00.

**Timer/Counter  
Prescaler****Figure 64. Prescaler for Timer/Counter2**

The clock source for Timer/Counter2 is named  $\text{clk}_{T2S}$ .  $\text{clk}_{T2S}$  is by default connected to the main system I/O clock  $\text{clk}_{IO}$ . By setting the AS2 bit in ASSR, Timer/Counter2 is asynchronously clocked from the TOSC1 pin. This enables use of Timer/Counter2 as a Real Time Counter (RTC). When AS2 is set, pins TOSC1 and TOSC2 are disconnected from Port C. A crystal can then be connected between the TOSC1 and TOSC2 pins to serve as an independent clock source for Timer/Counter2. The Oscillator is optimized for use with a 32.768kHz crystal. Applying an external clock source to TOSC1 is not recommended.

For Timer/Counter2, the possible prescaled selections are:  $\text{clk}_{T2S}/8$ ,  $\text{clk}_{T2S}/32$ ,  $\text{clk}_{T2S}/64$ ,  $\text{clk}_{T2S}/128$ ,  $\text{clk}_{T2S}/256$ , and  $\text{clk}_{T2S}/1024$ . Additionally,  $\text{clk}_{T2S}$  as well as 0 (stop) may be selected. Setting the PSR2 bit in SFIOR resets the prescaler. This allows the user to operate with a predictable prescaler.

**Special Function IO  
Register – SFIOR**

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	SFIOR
ReadWrite	R/W								
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

## • Bit 1 – PSR2: Prescaler Reset Timer/Counter2

When this bit is written to one, the Timer/Counter2 prescaler will be reset. The bit will be cleared by hardware after the operation is performed. Writing a zero to this bit will have no effect. This bit will always be read as zero if Timer/Counter2 is clocked by the internal CPU clock. If this bit is written when Timer/Counter2 is operating in asynchronous mode, the bit will remain one until the prescaler has been reset.

**ATmega32(L)****Analog to Digital Converter****Features**

- 10-bit Resolution
- 0.5 LSB Integral Non-linearity
- $\pm 2$  LSB Absolute Accuracy
- $13 \mu s - 260 \mu s$  Conversion Time
- Up to 15 kSPS at Maximum Resolution
- 8 Multiplexed Single Ended Input Channels
- 7 Differential Input Channels
- 2 Differential Input Channels with Optional Gain of 10x and 200x
- Optional Left adjustment for ADC Result Readout
- $0 - V_{CC}$  ADC Input Voltage Range
- Selectable 2.56V ADC Reference Voltage
- Free Running or Single Conversion Mode
- ADC Start Conversion by Auto Triggering on Interrupt Sources
- Interrupt on ADC Conversion Complete
- Sleep Mode Noise Canceler

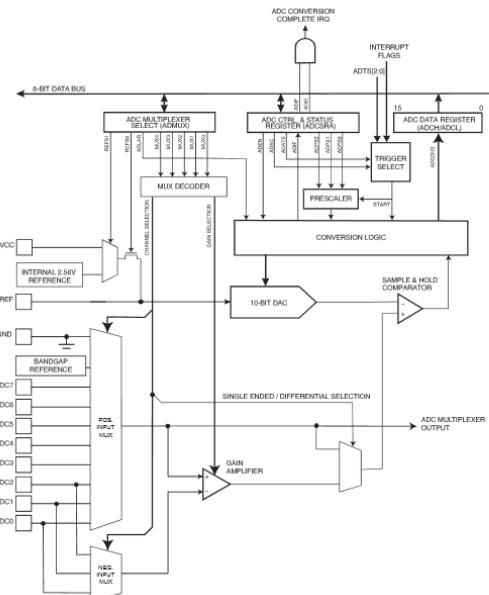
The ATmega32 features a 10-bit successive approximation ADC. The ADC is connected to an 8-channel Analog Multiplexer which allows 8 single-ended voltage inputs constructed from the pins of Port A. The single-ended voltage inputs refer to 0V (GND).

The device also supports 16 differential voltage input combinations. Two of the differential inputs (ADC1, ADC0 and ADC3, ADC2) are equipped with a programmable gain stage, providing amplification steps of 0 dB (1x), 20 dB (10x), or 46 dB (200x) on the differential input voltage before the A/D conversion. Seven differential analog input channels share a common negative terminal (ADC1), while any other ADC input can be selected as the positive input terminal. If 1x or 10x gain is used, 8-bit resolution can be expected. If 200x gain is used, 7-bit resolution can be expected.

The ADC contains a Sample and Hold circuit which ensures that the input voltage to the ADC is held at a constant level during conversion. A block diagram of the ADC is shown in Figure 98.

The ADC has a separate analog supply voltage pin, AVCC. AVCC must not differ more than  $\pm 0.3V$  from  $V_{CC}$ . See the paragraph **"ADC Noise Canceler"** on page 208 on how to connect this pin.

Internal reference voltages of nominally 2.56V or AVCC are provided On-chip. The voltage reference may be externally decoupled at the AREF pin by a capacitor for better noise performance.

**ATmega32(L)****Figure 98. Analog to Digital Converter Block Schematic****Operation**

The ADC converts an analog input voltage to a 10-bit digital value through successive approximation. The minimum value represents GND and the maximum value represents the voltage on the AREF pin minus 1 LSB. Optionally, AVCC or an internal 2.56V reference voltage may be connected to the AREF pin by writing to the REFSn bits in the ADMUX Register. The internal voltage reference may thus be decoupled by an external capacitor at the AREF pin to improve noise immunity.

The analog input channel and differential gain are selected by writing to the MUX bits in ADMUX. Any of the ADC input pins, as well as GND and a fixed bandgap voltage reference, can be selected as single ended inputs to the ADC. A selection of ADC input pins can be selected as positive and negative inputs to the differential gain amplifier.

If differential channels are selected, the differential gain stage amplifies the voltage difference between the selected input channel pair by the selected gain factor. This amplified value then

## ATmega32(L)

becomes the analog input to the ADC. If single ended channels are used, the gain amplifier is bypassed altogether.

The ADC is enabled by setting the ADC Enable bit, ADEN in ADCSRA. Voltage reference and input channel selections will not go into effect until ADEN is set. The ADC does not consume power when ADEN is cleared, so it is recommended to switch off the ADC before entering power saving sleep modes.

The ADC generates a 10-bit result which is presented in the ADC Data Registers, ADCH and ADCL. By default, the result is presented right adjusted, but can optionally be presented left adjusted by setting the ADLAR bit in ADMUX.

If the result is left adjusted and no more than 8-bit precision is required, it is sufficient to read ADCH. Otherwise, ADCL must be read first, then ADCH, to ensure that the content of the Data Registers belongs to the same conversion. Once ADCL is read, ADC access to Data Registers is blocked. This means that if ADCL has been read, and a conversion completes before ADCH is read, neither register is updated and the result from the conversion is lost. When ADCH is read, ADC access to the ADCH and ADCL Registers is re-enabled.

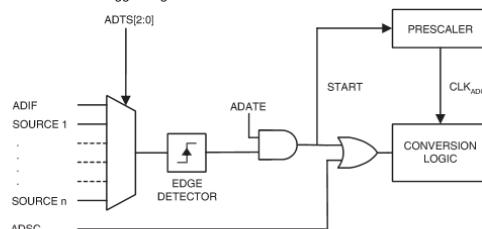
The ADC has its own interrupt which can be triggered when a conversion completes. When ADC access to the Data Registers is prohibited between reading of ADCH and ADCL, the interrupt will trigger even if the result is lost.

### Starting a Conversion

A single conversion is started by writing a logical one to the ADC Start Conversion bit, ADSC. This bit stays high as long as the conversion is in progress and will be cleared by hardware when the conversion is completed. If a different data channel is selected while a conversion is in progress, the ADC will finish the current conversion before performing the channel change.

Alternatively, a conversion can be triggered automatically by various sources. Auto Triggering is enabled by setting the ADC Auto Trigger Enable bit, ADATE in ADCSRA. The trigger source is selected by setting the ADC Trigger Select bits, ADTS in SFIOR (see description of the ADTS bits for a list of the trigger sources). When a positive edge occurs on the selected trigger signal, the ADC prescaler is reset and a conversion is started. This provides a method of starting conversions at fixed intervals. If the trigger signal still is set when the conversion completes, a new conversion will not be started. If another positive edge occurs on the trigger signal during conversion, the edge will be ignored. Note that an Interrupt Flag will be set even if the specific interrupt is disabled or the global interrupt enable bit in SREG is cleared. A conversion can thus be triggered without causing an interrupt. However, the Interrupt Flag must be cleared in order to trigger a new conversion at the next interrupt event.

Figure 99. ADC Auto Trigger Logic



203

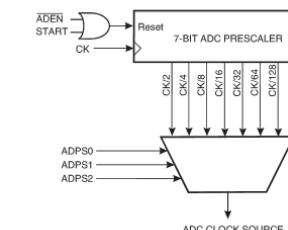
## ATmega32(L)

Using the ADC Interrupt Flag as a trigger source makes the ADC start a new conversion as soon as the ongoing conversion has finished. The ADC then operates in Free Running mode, constantly sampling and updating the ADC Data Register. The first conversion must be started by writing a logical one to the ADSC bit in ADCSRA. In this mode the ADC will perform successive conversions independently of whether the ADC Interrupt Flag, ADIF is cleared or not.

If Auto Triggering is enabled, single conversions can be started by writing ADSC in ADCSRA to one. ADSC can also be used to determine if a conversion is in progress. The ADSC bit will be read as one during a conversion, independently of how the conversion was started.

### Prescaling and Conversion Timing

Figure 100. ADC Prescaler



By default, the successive approximation circuitry requires an input clock frequency between 50kHz and 200kHz to get maximum resolution. If a lower resolution than 10 bits is needed, the input clock frequency to the ADC can be higher than 200kHz to get a higher sample rate.

The ADC module contains a prescaler, which generates an acceptable ADC clock frequency from any CPU frequency above 100kHz. The prescaling is set by the ADPS bits in ADCSRA. The prescaler starts counting from the moment the ADC is switched on by setting the ADEN bit in ADCSRA. The prescaler keeps running for as long as the ADEN bit is set, and is continuously reset when ADEN is low.

When initiating a single ended conversion by setting the ADSC bit in ADCSRA, the conversion starts at the following rising edge of the ADC clock cycle. See "Differential Gain Channels" on page 206 for details on differential conversion timing.

A normal conversion takes 13 ADC clock cycles. The first conversion after the ADC is switched on (ADEN in ADCSRA is set) takes 25 ADC clock cycles in order to initialize the analog circuitry.

The actual sample-and-hold takes place 1.5 ADC clock cycles after the start of a normal conversion and 13.5 ADC clock cycles after the start of a first conversion. When a conversion is complete, the result is written to the ADC Data Registers, and ADIF is set. In single conversion mode, ADSC is cleared simultaneously. The software may then set ADSC again, and a new conversion will be initiated at the first rising ADC clock edge.

When Auto Triggering is used, the prescaler is reset when the trigger event occurs. This assures a fixed delay from the trigger event to the start of conversion. In this mode, the sample-and-hold takes place 2 ADC clock cycles after the rising edge on the trigger source signal. Three additional CPU clock cycles are used for synchronization logic.

204

**ADC Conversion Result**

After the conversion is complete (ADIF is high), the conversion result can be found in the ADC Result Registers (ADCL, ADCH).

For single ended conversion, the result is

$$ADC = \frac{V_{IN} \cdot 1024}{V_{REF}}$$

where  $V_{IN}$  is the voltage on the selected input pin and  $V_{REF}$  the selected voltage reference (see Table 83 on page 214 and Table 84 on page 215). 0x000 represents analog ground, and 0x3FF represents the selected reference voltage minus one LSB.

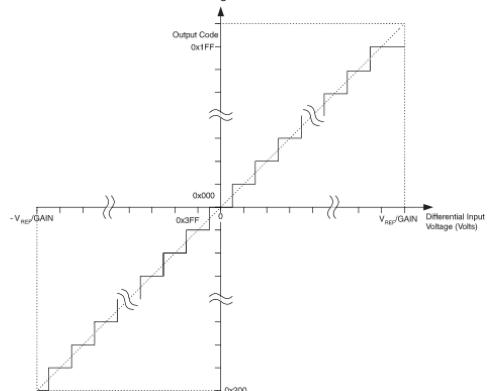
If differential channels are used, the result is

$$ADC = \frac{(V_{POS} - V_{NEG}) \cdot GAIN \cdot 512}{V_{REF}}$$

where  $V_{POS}$  is the voltage on the positive input pin,  $V_{NEG}$  the voltage on the negative input pin, GAIN the selected gain factor, and  $V_{REF}$  the selected voltage reference. The result is presented in two's complement form, from 0x200 (-512d) through 0x1FF (+511d). Note that if the user wants to perform a quick polarity check of the results, it is sufficient to read the MSB of the result (ADC9 in ADCH). If this bit is one, the result is negative, and if this bit is zero, the result is positive. Figure 111 shows the decoding of the differential input range.

Table 82 shows the resulting output codes if the differential input channel pair (ADCn - ADCm) is selected with a gain of GAIN and a reference voltage of  $V_{REF}$ .

**Figure 111.** Differential Measurement Range



## Datasheet Sensor Gas CO (MQ-7)

HANWEI ELECTRONICS CO., LTD

MQ-7

<http://www.hwsensor.com>

### TECHNICAL DATA

### MQ-7 GAS SENSOR

#### FEATURES

- \* High sensitivity to carbon monoxide
- \* Stable and long life

#### APPLICATION

They are used in gas detecting equipment for carbon monoxide(CO) in family and industry or car.

#### SPECIFICATIONS

##### A. Standard work condition

Symbol	Parameter name	Technical condition	Remark
V <sub>c</sub>	circuit voltage	5V ± 0.1	Ac or Dc
V <sub>H</sub> (H)	Heating voltage (high)	5V ± 0.1	Ac or Dc
V <sub>H</sub> (L)	Heating voltage (low)	1.4V ± 0.1	Ac or Dc
R <sub>L</sub>	Load resistance	Can adjust	
R <sub>H</sub>	Heating resistance	33 Ω ± 5%	Room temperature
T <sub>H</sub> (H)	Heating time (high)	60 ± 1 seconds	
T <sub>H</sub> (L)	Heating time (low)	90 ± 1 seconds	
PH	Heating consumption	About 350mW	

##### b. Environment conditions

Symbol	Parameters	Technical conditions	Remark
T <sub>ao</sub>	Using temperature	-20°C~50°C	
T <sub>as</sub>	Storage temperature	-20°C~50°C	Advice using scope
RH	Relative humidity	Less than 95%RH	
O <sub>2</sub>	Oxygen concentration	21%(stand condition) the oxygen concentration can affect the sensitivity characteristic	Minimum value is over 2%

##### c. Sensitivity characteristic

symbol	Parameters	Technical parameters	Remark
R <sub>s</sub>	Surface resistance Of sensitive body	2-20k In 100ppm Carbon Monoxide	
a (300/100ppm)	Concentration slope rate	Less than 0.5 Rs (300ppm)/Rs(100ppm)	
Standard working condition	Temperature -20°C~2°C relative humidity 65%±5% Vc:5V±0.1V VH:5V±0.1V VH:1.4V±0.1V	RL:10K Ω ± 5%	
Preheat time	No less than 48 hours	Detecting range: 20ppm-2000ppm carbon monoxide	

#### D. Structure and configuration, basic measuring circuit

Structure and configuration of MQ-7 gas sensor is shown as Fig. 1 (Configuration A or B), sensor composed by micro Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ceramic tube, Tin Dioxide (SnO<sub>2</sub>) sensitive layer, measuring electrode and heater are fixed into a crust made by plastic and stainless steel net. The heater provides necessary work conditions for work of sensitive components. The enveloped MQ-7 have

6 pin ,4 of them are used to fetch signals, and other 2 are used for providing heating current.

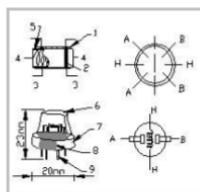
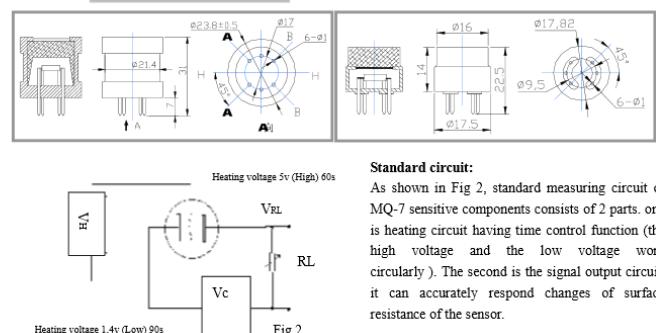


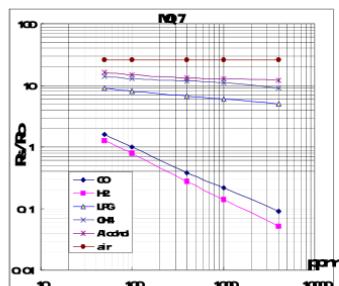
Fig.1

Parts	Materials
1 Gas sensing layer	SnO <sub>2</sub>
2 Electrode	Au
3 Electrode line	Pt
4 Heater coil	Ni-Cr alloy
5 Tubular ceramic	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
6 Anti-explosion network	Stainless steel gauze (SUS316 100-mesh)
7 Clamp ring	Copper plating Ni
8 Resin base	Bakelite
9 Tube Pin	Copper plating Ni



Electric parameter measurement circuit is shown as Fig.2

E. Sensitivity characteristic curve



TEL:86-371-67169070 67169080 FAX:86-371-67169090

Email: [sales@hwsensor.com](mailto:sales@hwsensor.com)

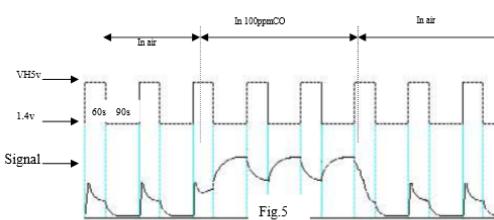
Fig.4 is shows the typical dependence of the MQ-7 on temperature and humidity.  
R<sub>0</sub>: sensor resistance at 100ppm CO in air at 33%RH and 20degree.  
R<sub>s</sub>: sensor Resistance at 100ppm CO at different temperatures and humidities.

#### OPERATION PRINCIPLE

The surface resistance of the sensor R<sub>s</sub> is obtained through effected voltage signal output of the load resistance RL which series-wound. The relationship between them is described:

$$R_s/RL = (V_c - V_RL) / V_RL$$

Fig. 5 shows alterable situation of RL signal output measured by using Fig. 2 circuit output



signal when the sensor is shifted from clean air to carbon monoxide (CO) , output signal measurement is made within one or two complete heating period (2.5 minute from high voltage to low voltage ).

Sensitive layer of MQ-7 gas sensitive components is made of SnO<sub>2</sub> with stability, So, it has excellent long term stability. Its service life can reach 5 years under using condition.

#### SENSITIVITY ADJUSTMENT

Resistance value of MQ-7 is difference to various kinds and various concentration gases. So, When using this components, sensitivity adjustment is very necessary. we recommend that you calibrate the detector for 200ppm CO in air and use value of Load resistance that( R<sub>L</sub>) about 10 KΩ (5KΩ to 47 KΩ).

When accurately measuring, the proper alarm point for the gas detector should be determined after considering the temperature and humidity influence. The sensitivity adjusting program:

- Connect the sensor to the application circuit.
- Turn on the power, keep preheating through electricity over 48 hours.
- Adjust the load resistance RL until you get a signal value which is respond to a certain carbon monoxide concentration at the end point of 90 seconds.
- Adjust the another load resistance RL until you get a signal value which is respond to a CO concentration at the end point of 60 seconds .

Supplying special IC solutions, More detailed technical information, please contact us.

TEL:86-371-67169070 67169080

FAX:86-371-67169090

Email: [sales@hwsensor.com](mailto:sales@hwsensor.com)

# Datasheet IC Switching Regulator (LM2596)



[www.ti.com](http://www.ti.com)

## LM2596 SIMPLE SWITCHER® Power Converter 150 kHz 3A Step-Down Voltage Regulator

Check for Samples: [LM2596](#)

### FEATURES

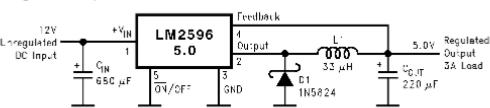
- 3.3V, 5V, 12V, and Adjustable Output Versions
- Adjustable Version Output Voltage Range, 1.2V to 37V  $\pm 4\%$  Max Over Line and Load Conditions
- Available in TO-220 and TO-263 Packages
- Ensured 3A Output Load Current
- Input Voltage Range Up to 40V
- Requires Only 4 External Components
- Excellent Line and Load Regulation Specifications
- 150 kHz Fixed Frequency Internal Oscillator
- TTL Shutdown Capability
- Low Power Standby Mode,  $I_Q$  Typically 80  $\mu A$
- High Efficiency
- Uses Readily Available Standard Inductors
- Thermal Shutdown and Current Limit Protection

### APPLICATIONS

- Simple High-Efficiency Step-Down (Buck) Regulator
- On-Card Switching Regulators
- Positive to Negative Converter

### Typical Application

(Fixed Output Voltage Versions)



**⚠** Please be aware that an important notice concerning availability, standard warranty, and use in critical applications of Texas Instruments semiconductor products and disclaimers thereto appears at the end of this data sheet. SIMPLE SWITCHER is a registered trademark of Texas Instruments. All other trademarks are the property of their respective owners.

PRODUCTION DATA information is current as of publication date. Products conform to specifications per the terms of the Texas Instruments standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.

Copyright © 1999–2013, Texas Instruments Incorporated

LM2596

SNVS124C –NOVEMBER 1999–REVISED APRIL 2013

LM2596

SNVS124C –NOVEMBER 1999–REVISED APRIL 2013



[www.ti.com](http://www.ti.com)

### Connection Diagrams

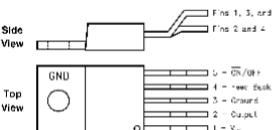


Figure 1. 5-Lead Bent and Staggered Leads,  
Through Hole TO-220 (T) Package  
See Package Number NDH0005D

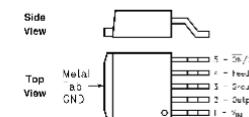


Figure 2. 5-Lead DDPAK/TO-263 (S) Package  
See Package Number KTT0005B

**⚠** These devices have limited built-in ESD protection. The leads should be shorted together or the device placed in conductive foam during storage or handling to prevent electrostatic damage to the MOS gates.

### Absolute Maximum Ratings <sup>(1)(2)</sup>

Maximum Supply Voltage	45V
ION/OFF Pin Input Voltage	-0.3 $\leq$ V $\leq$ +25V
Feedback Pin Voltage	-0.3 $\leq$ V $\leq$ +25V
Output Voltage to Ground (Steady State)	-1V
Power Dissipation	Internally limited
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C
ESD Susceptibility	
Human Body Model <sup>(3)</sup>	2 kV
Lead Temperature	
DDPAK/TO-263 Package	
Vapor Phase (60 sec.)	+215°C
Infrared (10 sec.)	+245°C
TO-220 Package (Soldering, 10 sec.)	+260°C
Maximum Junction Temperature	+150°C

(1) Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. Operating Ratings indicate conditions for which a device is intended to be functional, but do not ensure specific performance limits. For ensured specifications and test conditions, see the Electrical Characteristics.

(2) If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the Texas Instruments Sales Office/ Distributors for availability and specifications.

(3) The human body model is a 100 pF capacitor discharged through a 1.5k resistor into each pin.

### Operating Conditions

Temperature Range	-40°C $\leq$ T <sub>J</sub> $\leq$ +125°C
Supply Voltage	4.5V to 40V

2 Submit Documentation Feedback

Copyright © 1999–2013, Texas Instruments Incorporated

Product Folder Links: [LM2596](#)

## LM2596

SNVS124C –NOVEMBER 1999–REVISED APRIL 2013

**LM2596-3.3 Electrical Characteristics**

Specifications with standard type face are for  $T_J = 25^\circ\text{C}$ , and those with **boldface** type apply over full Operating Temperature Range

Symbol	Parameter	Conditions	LM2596-3.3		Units (Limits)
			Typ (1)	Limit (2)	
<b>SYSTEM PARAMETERS</b> <sup>(3)</sup> Test Circuit Figure 20					
$V_{\text{OUT}}$	Output Voltage	$4.75\text{V} \leq V_{\text{IN}} \leq 40\text{V}$ , $0.2\text{A} \leq I_{\text{LOAD}} \leq 3\text{A}$	3.3	$3.168/3.135$ $3.432/3.465$	V V(min) V(max)
$\eta$	Efficiency	$V_{\text{IN}} = 12\text{V}$ , $I_{\text{LOAD}} = 3\text{A}$	73		%

- (1) Typical numbers are at  $25^\circ\text{C}$  and represent the most likely norm.

(2) All limits specified at room temperature (standard type face) and at temperature extremes (bold type face). All room temperature limits are 100% production tested. All limits at temperature extremes are ensured via correlation using standard Statistical Quality Control (SQC) methods. All limits are used to calculate Average Outgoing Quality Level (AOQL).

(3) External components such as the catch diode, inductor, input and output capacitors, and voltage programming resistors can affect switching regulator system performance. When the LM2596 is used as shown in the Figure 20 test circuit, system performance will be as shown in system parameters of Electrical Characteristics section.

**LM2596-5.0 Electrical Characteristics**

Specifications with standard type face are for  $T_J = 25^\circ\text{C}$ , and those with **boldface** type apply over full Operating Temperature Range

Symbol	Parameter	Conditions	LM2596-5.0		Units (Limits)
			Typ (1)	Limit (2)	
<b>SYSTEM PARAMETERS</b> <sup>(3)</sup> Test Circuit Figure 20					
$V_{\text{OUT}}$	Output Voltage	$7\text{V} \leq V_{\text{IN}} \leq 40\text{V}$ , $0.2\text{A} \leq I_{\text{LOAD}} \leq 3\text{A}$	5.0	$4.800/4.750$ $5.200/5.250$	V V(min) V(max)
$\eta$	Efficiency	$V_{\text{IN}} = 12\text{V}$ , $I_{\text{LOAD}} = 3\text{A}$	80		%

- (1) Typical numbers are at  $25^\circ\text{C}$  and represent the most likely norm.

(2) All limits specified at room temperature (standard type face) and at temperature extremes (bold type face). All room temperature limits are 100% production tested. All limits at temperature extremes are ensured via correlation using standard Statistical Quality Control (SQC) methods. All limits are used to calculate Average Outgoing Quality Level (AOQL).

(3) External components such as the catch diode, inductor, input and output capacitors, and voltage programming resistors can affect switching regulator system performance. When the LM2596 is used as shown in the Figure 20 test circuit, system performance will be as shown in system parameters of Electrical Characteristics section.

**LM2596-12 Electrical Characteristics**

Specifications with standard type face are for  $T_J = 25^\circ\text{C}$ , and those with **boldface** type apply over full Operating Temperature Range

Symbol	Parameter	Conditions	LM2596-12		Units (Limits)
			Typ (1)	Limit (2)	
<b>SYSTEM PARAMETERS</b> <sup>(3)</sup> Test Circuit Figure 20					
$V_{\text{OUT}}$	Output Voltage	$15\text{V} \leq V_{\text{IN}} \leq 40\text{V}$ , $0.2\text{A} \leq I_{\text{LOAD}} \leq 3\text{A}$	12.0	$11.52/11.40$ $12.48/12.60$	V V(min) V(max)
$\eta$	Efficiency	$V_{\text{IN}} = 25\text{V}$ , $I_{\text{LOAD}} = 3\text{A}$	90		%

- (1) Typical numbers are at  $25^\circ\text{C}$  and represent the most likely norm.

(2) All limits specified at room temperature (standard type face) and at temperature extremes (bold type face). All room temperature limits are 100% production tested. All limits at temperature extremes are ensured via correlation using standard Statistical Quality Control (SQC) methods. All limits are used to calculate Average Outgoing Quality Level (AOQL).

(3) External components such as the catch diode, inductor, input and output capacitors, and voltage programming resistors can affect switching regulator system performance. When the LM2596 is used as shown in the Figure 20 test circuit, system performance will be as shown in system parameters of Electrical Characteristics section.

Copyright © 1999–2013, Texas Instruments Incorporated

Submit Documentation Feedback 3

Product Folder Links: [LM2596](#)

## LM2596

[www.ti.com](http://www.ti.com)

SNVS124C –NOVEMBER 1999–REVISED APRIL 2013

**LM2596-ADJ Electrical Characteristics**

Specifications with standard type face are for  $T_J = 25^\circ\text{C}$ , and those with **boldface** type apply over full Operating Temperature Range

Symbol	Parameter	Conditions	LM2596-ADJ		Units (Limits)
			Typ (1)	Limit (2)	
<b>SYSTEM PARAMETERS</b> <sup>(3)</sup> Test Circuit Figure 20					
$V_{\text{FB}}$	Feedback Voltage	$4.5\text{V} \leq V_{\text{IN}} \leq 40\text{V}$ , $0.2\text{A} \leq I_{\text{LOAD}} \leq 3\text{A}$ $V_{\text{OUT}}$ programmed for 3V. Circuit of Figure 20	1.230	$1.193/1.180$ $1.267/1.280$	V V(min) V(max)
$\eta$	Efficiency	$V_{\text{IN}} = 12\text{V}$ , $V_{\text{OUT}} = 3\text{V}$ , $I_{\text{LOAD}} = 3\text{A}$	73		%

- (1) Typical numbers are at  $25^\circ\text{C}$  and represent the most likely norm.

(2) All limits specified at room temperature (standard type face) and at temperature extremes (bold type face). All room temperature limits are 100% production tested. All limits at temperature extremes are ensured via correlation using standard Statistical Quality Control (SQC) methods. All limits are used to calculate Average Outgoing Quality Level (AOQL).

(3) External components such as the catch diode, inductor, input and output capacitors, and voltage programming resistors can affect switching regulator system performance. When the LM2596 is used as shown in the Figure 20 test circuit, system performance will be as shown in system parameters of Electrical Characteristics section.

**All Output Voltage Versions Electrical Characteristics**

Specifications with standard type face are for  $T_J = 25^\circ\text{C}$ , and those with **boldface** type apply over full Operating Temperature Range. Unless otherwise specified,  $V_{\text{IN}} = 12\text{V}$  for the 3.3V, 5V, and Adjustable version and  $V_{\text{IN}} = 24\text{V}$  for the 12V version.  $I_{\text{LOAD}} = 500\text{ mA}$

Symbol	Parameter	Conditions	LM2596-XX		Units (Limits)
			Typ (1)	Limit (2)	
<b>DEVICE PARAMETERS</b>					
$I_b$	Feedback Bias Current	Adjustable Version Only, $V_{\text{FB}} = 1.3\text{V}$	10		nA
$f_o$	Oscillator Frequency	See <sup>(3)</sup>	150	$127/110$	kHz kHz(min) kHz(max)
$V_{\text{SAT}}$	Saturation Voltage	$I_{\text{out}} = 3\text{A}$ <sup>(4)(5)</sup>	1.16		V
DC	Max Duty Cycle (ON)	See <sup>(6)</sup>	100		%
	Min Duty Cycle (OFF)	See <sup>(6)</sup>	0		
$I_{\text{CL}}$	Current Limit	Peak Current <sup>(4)(5)</sup>	4.5		A
				$3.6/3.4$	A(min) A(max)
$I_{\text{L}}$	Output Leakage Current	Output = 0V <sup>(4)(6)</sup>	50		$\mu\text{A}$ (max)
		Output = -1V <sup>(7)</sup>	2		mA
$I_Q$	Quiescent Current	See <sup>(6)</sup>	5		mA
				10	$\mu\text{A}$ (max)

- (1) Typical numbers are at  $25^\circ\text{C}$  and represent the most likely norm.

(2) All limits specified at room temperature (standard type face) and at temperature extremes (bold type face). All room temperature limits are 100% production tested. All limits at temperature extremes are ensured via correlation using standard Statistical Quality Control (SQC) methods. All limits are used to calculate Average Outgoing Quality Level (AOQL).

(3) No diode, inductor or capacitor connected to output pin.

(4) Feedback pin removed from output and connected to 0V to force the output transistor switch ON.

(5) Feedback pin removed from output and connected to 12V for the 3.3V, 5V, and the ADJ. version, and 15V for the 12V version, to force the output transistor switch OFF.

(7)  $V_{\text{IN}} = 40\text{V}$ .

4 Submit Documentation Feedback

Copyright © 1999–2013, Texas Instruments Incorporated

Product Folder Links: [LM2596](#)

**All Output Voltage Versions Electrical Characteristics (continued)**Specifications with standard type face are for  $T_J = 25^\circ\text{C}$ , and those with **boldface type** apply over full OperatingTemperature Range. Unless otherwise specified,  $V_{IN} = 12\text{V}$  for the 3.3V, 5V, and Adjustable version and  $V_{IN} = 24\text{V}$  for the 12V version.  $I_{LOAD} = 500\text{ mA}$ 

Symbol	Parameter	Conditions	LM2596-XX		Units (Limits)
			Typ (1)	Limit (2)	
$I_{STBY}$	Standby Quiescent Current	ON/OFF pin = 5V (OFF) (7)	80	200/250	$\mu\text{A}$ $\mu\text{A}(\text{max})$
$\theta_{JC}$	Thermal Resistance	TO-220 or TO-263 Package, Junction to Case	2		°C/W
$\theta_{JA}$		TO-220 Package, Junction to Ambient (8)	50		°C/W
$\theta_{JA}$		TO-263 Package, Junction to Ambient (9)	50		°C/W
$\theta_{JA}$		TO-263 Package, Junction to Ambient (10)	30		°C/W
$\theta_{JA}$		TO-263 Package, Junction to Ambient (11)	20		°C/W
<b>ON/OFF CONTROL Test Circuit Figure 20</b>					
$V_{IH}$	ON/OFF Pin Logic Input Threshold Voltage	Low (Regulator ON) High (Regulator OFF)	1.3	0.6 2.0	V V(max) V(min)
$I_L$	ON/OFF Pin Input Current	$V_{LOGIC} = 2.5\text{V}$ (Regulator OFF)	5	15	$\mu\text{A}$ $\mu\text{A}(\text{max})$
		$V_{LOGIC} = 0.5\text{V}$ (Regulator ON)	0.02	5	$\mu\text{A}$ $\mu\text{A}(\text{max})$

(8) Junction to ambient thermal resistance (no external heat sink) for the TO-220 package mounted vertically, with the leads soldered to a printed circuit board with (1 oz.) copper area of approximately 1 in<sup>2</sup>.(9) Junction to ambient thermal resistance with the TO-263 package tab soldered to a single printed circuit board with 0.5 in<sup>2</sup> of (1 oz.) copper area.(10) Junction to ambient thermal resistance with the TO-263 package tab soldered to a single sided printed circuit board with 2.5 in<sup>2</sup> of (1 oz.) copper area.(11) Junction to ambient thermal resistance with the TO-263 package tab soldered to a double sided printed circuit board with 3 in<sup>2</sup> of (1 oz.) copper area on the LM2596S side of the board, and approximately 16 in<sup>2</sup> of copper on the other side of the p-c board. See Application Information in this data sheet and the thermal model in Switchers Made Simple™ version 4.3 software.**Datasheet IC TTL-RS232 Driver (MAX232)****MAX232x Dual EIA-232 Drivers/Receivers****1 Features**

- Meets or Exceeds TIA/EIA-232-F and ITU Recommendation V.28
- Operates From a Single 5-V Power Supply With 1.0- $\mu\text{F}$  Charge-Pump Capacitors
- Operates up to 120 kbit/s
- Two Drivers and Two Receivers
- $\pm 30\text{-V}$  Input Levels
- Low Supply Current: 8 mA Typical
- ESD Protection Exceeds JEDEC 22
  - 2000-V Human-Body Model (A114-A)
- Upgrade With Improved ESD (15-kV HBM) and 0.1- $\mu\text{F}$  Charge-Pump Capacitors Is Available With the MAX202 Device

**3 Description**

The MAX232 device is a dual driver/receiver that includes a capacitive voltage generator to supply TIA/EIA-232-F voltage levels from a single 5-V supply. Each receiver converts TIA/EIA-232-F inputs to 5-V TTL/CMOS levels. These receivers have a typical threshold of 1.3 V, a typical hysteresis of 0.5 V, and can accept  $\pm 30\text{-V}$  inputs. Each driver converts TTL/CMOS input levels into TIA/EIA-232-F levels.

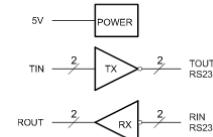
**Device Information<sup>(1)</sup>**

ORDER NUMBER	PACKAGE (PIN)	BODY SIZE
	SOIC (16)	9.90 mm × 3.91 mm
MAX232x	SOIC (16)	10.30 mm × 7.50 mm
	PDIP (16)	10.30 mm × 6.35 mm
	SOP (16)	10.3 mm × 5.30 mm

(1) For all available packages, see the orderable addendum at the end of the datasheet.

**2 Applications**

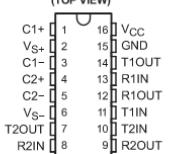
- TIA/EIA-232-F
- Battery-Powered Systems
- Terminals
- Modems
- Computers

**4 Simplified Schematic**

 An IMPORTANT NOTICE at the end of this data sheet addresses availability, warranty, changes, use in safety-critical applications, intellectual property matters and other important disclaimers. PRODUCTION DATA.

**6 Pin Configuration and Functions****Top View**

MAX232 . . . D, DW, N, OR NS PACKAGE  
MAX232I . . . D, DW, OR N PACKAGE  
(TOP VIEW)

**Pin Functions**

PIN	NAME	NO.	TYPE	DESCRIPTION
C1+	C1+	1	—	Positive lead of C1 capacitor
VS+	VS+	2	O	Positive charge pump output for storage capacitor only
C1-	C1-	3	—	Negative lead of C1 capacitor
C2+	C2+	4	—	Positive lead of C2 capacitor
C2-	C2-	5	—	Negative lead of C2 capacitor
VS-	VS-	6	O	Negative charge pump output for storage capacitor only
T2OUT, T1OUT	T2OUT, T1OUT	7, 14	O	RS232 line data output (to remote RS232 system)
R2IN, R1IN	R2IN, R1IN	8, 13	I	RS232 line data input (from remote RS232 system)
R2OUT, R1OUT	R2OUT, R1OUT	9, 12	O	Logic data output (to UART)
T2IN, T1IN	T2IN, T1IN	10, 11	I	Logic data input (from UART)
GND		15	—	Ground
V <sub>CC</sub>		16	—	Supply Voltage, Connect to external 5V power supply

**MAX232, MAX232I**

SLLS047M –FEBRUARY 1989–REVISED NOVEMBER 2014

**MAX232, MAX232I**

SLLS047M –FEBRUARY 1989–REVISED NOVEMBER 2014

**7 Specifications****7.1 Absolute Maximum Ratings<sup>(1)</sup>**

over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

		MIN	MAX	UNIT
V <sub>CC</sub>	Input Supply voltage range <sup>(2)</sup>	-0.3	6	V
V <sub>S+</sub>	Positive output supply voltage range	V <sub>CC</sub> - 0.3	15	V
V <sub>S-</sub>	Negative output supply voltage range	-0.3	-15	V
V <sub>I</sub>	Input voltage range	T1IN, T2IN R1IN, R2IN	-0.3 ±30	V
V <sub>O</sub>	Output voltage range	T1OUT, T2OUT R1OUT, R2OUT	V <sub>S+</sub> + 0.3 -0.3 V <sub>CC</sub> + 0.3	V
	Short-circuit duration	T1OUT, T2OUT	Unlimited	
T <sub>J</sub>	Operating virtual junction temperature	150		°C

(1) Stresses beyond those listed under **Absolute Maximum Ratings** may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated under **Recommended Operating Conditions** is not implied. Exposure to absolute-maximum-rated conditions for extended periods may affect device reliability.

(2) All voltages are with respect to network GND.

**7.2 Handling Ratings**

T <sub>stg</sub>	Storage temperature range	MIN	MAX	UNIT
T <sub>stg</sub>	Human body model (HBM), per ANSI/ESDA/JEDEC JS-001, all pins <sup>(1)</sup>	-65	150	°C

V<sub>(ESD)</sub> Electrostatic discharge Charged device model (CDM), per JEDEC specification JESD22-C101, all pins<sup>(2)</sup>

(1) JEDEC document JEP155 states that 500-V HBM allows safe manufacturing with a standard ESD control process.

(2) JEDEC document JEP157 states that 250-V CDM allows safe manufacturing with a standard ESD control process.

**7.3 Recommended Operating Conditions**

	MIN	NOM	MAX	UNIT
V <sub>CC</sub>	Supply voltage	4.5	5	5.5 V
V <sub>IH</sub>	High-level input voltage (T1IN, T2IN)	2		V
V <sub>IL</sub>	Low-level input voltage (T1IN, T2IN)		0.8	V
R1IN, R2IN	Receiver input voltage		±30	V
T <sub>A</sub>	Operating free-air temperature	MAX232 MAX232I	0 -40	70 85 °C

**7.4 Thermal Information**

THERMAL METRIC <sup>(1)</sup>	MAX232xD	MAX232xDW	MAX232xN	MAX232xNS	UNIT
SOIC	SOIC	SOIC wide	PDIP	SOP	
16 PINS	16 PINS	16 PINS	16 PINS	16 PINS	

R<sub>JA</sub> Junction-to-ambient thermal resistance 73 57 67 64 °C/W

(1) For more information about traditional and new thermal metrics, see the **IC Package Thermal Metrics** application report ([SPRA953](#)).**7.5 Electrical Characteristics — Device**over recommended ranges of supply voltage and operating free-air temperature (unless otherwise noted) (see [Figure 6](#))

PARAMETER	TEST CONDITIONS <sup>(1)</sup>	MIN	TYP <sup>(2)</sup>	MAX	UNIT
I <sub>CC</sub> Supply current	V <sub>CC</sub> = 5.5V, all outputs open, T <sub>A</sub> = 25°C		8	10	mA

(1) Test conditions are C1=C4 = 1 μF at V<sub>CC</sub> = 5 V ± 0.5 V(2) All typical values are at V<sub>CC</sub> = 5 V, and T<sub>A</sub> = 25°C.

### 7.6 Electrical Characteristics — Driver

over recommended ranges of supply voltage and operating free-air temperature (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS <sup>(1)</sup>	MIN	TYP <sup>(2)</sup>	MAX	UNIT
$V_{OH}$ High-level output voltage	T1OUT, T2OUT $R_L = 3 \text{ k}\Omega$ to GND	5	7	—	V
$V_{OL}$ Low-level output voltage <sup>(3)</sup>	T1OUT, T2OUT $R_L = 3 \text{ k}\Omega$ to GND	—	-7	-5	V
$r_o$ Output resistance	T1OUT, T2OUT $V_S = V_{SS} = 0, V_O = \pm 2 \text{ V}$	300	—	—	$\Omega$
$I_{OS}^{(4)}$ Short-circuit output current	T1OUT, T2OUT $V_{CC} = 5.5 \text{ V}, V_O = 0 \text{ V}$	—	$\pm 10$	—	mA
$I_S$ Short-circuit input current	T1IN, T2IN $V_I = 0$	—	200	—	$\mu\text{A}$

(1) Test conditions are  $C1-C4 = 1 \mu\text{F}$  at  $V_{CC} = 5 \text{ V} \pm 0.5 \text{ V}$ .

(2) All typical values are at  $V_{CC} = 5 \text{ V}, T_A = 25^\circ\text{C}$ .

(3) The algebraic convention, in which the least-positive (most negative) value is designated minimum, is used in this data sheet for logic voltage levels only.

(4) Not more than one output should be shorted at a time.

### 7.7 Electrical Characteristics — Receiver

over recommended ranges of supply voltage and operating free-air temperature (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS <sup>(1)</sup>	MIN	TYP <sup>(2)</sup>	MAX	UNIT
$V_{OH}$ High-level output voltage	R1OUT, R2OUT $I_{OH} = -1 \text{ mA}$	3.5	—	—	V
$V_{OL}$ Low-level output voltage <sup>(3)</sup>	R1OUT, R2OUT $I_{OL} = 3.2 \text{ mA}$	—	0.4	—	V
$V_{IT+}$ Receiver positive-going input threshold voltage	R1IN, R2IN $V_{CC} = 5 \text{ V}, T_A = 25^\circ\text{C}$	—	1.7	2.4	V
$V_{IT-}$ Receiver negative-going input threshold voltage	R1IN, R2IN $V_{CC} = 5 \text{ V}, T_A = 25^\circ\text{C}$	0.8	1.2	—	V
$V_{HYS}$ Input hysteresis voltage	R1IN, R2IN $V_{CC} = 5 \text{ V}$	0.2	0.5	1	V
$r_i$ Receiver input resistance	R1IN, R2IN $V_{CC} = 5 \text{ V}, T_A = 25^\circ\text{C}$	3	5	7	$\text{k}\Omega$

(1) Test conditions are  $C1-C4 = 1 \mu\text{F}$  at  $V_{CC} = 5 \text{ V} \pm 0.5 \text{ V}$ .

(2) All typical values are at  $V_{CC} = 5 \text{ V}, T_A = 25^\circ\text{C}$ .

(3) The algebraic convention, in which the least-positive (most negative) value is designated minimum, is used in this data sheet for logic voltage levels only.

### 7.8 Switching Characteristics

over recommended ranges of supply voltage and operating free-air temperature (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS <sup>(1)</sup>	MIN	TYP <sup>(2)</sup>	MAX	UNIT
SR Driver slew rate	$RL = 3 \text{ k}\Omega$ to 7 $\text{k}\Omega$ , see Figure 4	—	30	—	$\text{V}/\mu\text{s}$
SR(t) Driver transition region slew rate	see Figure 5	—	3	—	$\text{V}/\mu\text{s}$
Data rate	One TOUT switching	—	120	—	kbit/s
$t_{PLH(B)}$ Receiver propagation delay time, low- to high-level output	TTL load, see Figure 3	—	500	—	ns
$t_{PHL(B)}$ Receiver propagation delay time, high- to low-level output	TTL load, see Figure 3	—	500	—	ns

(1) Test conditions are  $C1-C4 = 1 \mu\text{F}$  at  $V_{CC} = 5 \text{ V} \pm 0.5 \text{ V}$ .

### MAX232, MAX232I

SLLS047M –FEBRUARY 1989–REVISED NOVEMBER 2014

### 7.9 Typical Characteristics

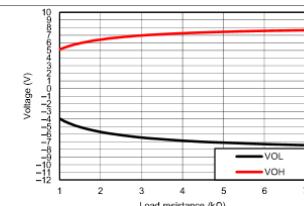


Figure 1. TOUT VOH &amp; VOL vs Load Resistance, Both Drivers Loaded

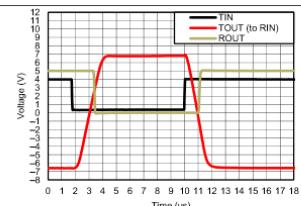


Figure 2. Driver to Receiver Loopback Timing Waveform

## Datasheet Modem GSM (Wavecom Fastrack)



### Fastrack M1306B User Guide Basic Features and Services

#### 4 Basic Features and Services

Basic features of the M1306B and available services are summarized in the table below.

Table 3: Basic features of the M1306B

Features	GSM	DCS
<b>Open AT*</b>	Open AT® programmable: Native execution of embedded standard ANSI C applications, Custom AT command creation, Custom application library creation, Standalone operation.	
<b>Standard</b>	900 MHz. E-GSM compliant. Output power: class 4 (2W). Fully compliant with ETSI GSM phase 2 + small MS.	1800 MHz Output power: class 1 (1W). Fully compliant with ETSI GSM phase 2 + small MS.
<b>GPRS</b>	Class 10. PBCCH support. Coding schemes: CS1 to CS4. Compliant with SMG31bis. Embedded TCP/IP stack (optional).	
<b>Interfaces</b>	RS232 (V.24/V.28) Serial interface supporting: <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Baud rate (bits/s): 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 38400, 57600, 115200,</li><li>▪ Autobauding (bits/s): 2400, 4800, 9600, 19200, 38400, 57600.</li></ul> 2 General Purpose Input/Output gates (GPIOs) available. 3 V SIM interface. AT command set based on V.25ter and GSM 07.05 & 07.07. Open AT® interface for embedded application.	
<b>SMS</b>	Text & PDU. Point to point (MT/MO). Cell broadcast.	



### Fastrack M1306B User Guide

#### Basic Features and Services

Features	GSM	DCS
<b>Data</b>	Data circuit asynchronous. Transparent and Non Transparent modes. Up to 14.400 bits/s. MNP Class 2 error correction. V42.bis data compression.	
<b>Fax</b>	Automatic fax group 3 (class 1 and Class 2).	
<b>Audio</b>	Echo cancellation Noise reduction Telephony. Emergency calls. Full Rate, Enhanced Full Rate and Half Rate operation (FR/EFR/HR). Dual Tone Multi Frequency function (DTMF).	
<b>GSM supplement services</b>	Call forwarding. Call barring. Multiparty. Call waiting and call hold. Calling line identity. Advice of charge. USSD	
<b>Other</b>	DC power supply Real Time Clock with calendar Complete shielding	

For other detailed technical characteristics, refer to Chapter 8.

## Fastrack M1306B User Guide

### Technical Characteristics

#### 8.2 Electrical Characteristics

##### 8.2.1 Power Supply

Table 13: Electrical characteristics

Operating Voltage ranges	5.5 V to 32 V DC (GSM or DCS or GPRS).
Maximum current	480 mA Average at 5.5V. 2.1 A Peak at 5.5 V.

**Note:**

The M1306B is permanently powered once the power supply is connected. The following table describes the consequences of over-voltage and under-voltage with the Fastrack M1306B.

**Warning:**

All the input voltages specification described in this chapter are at the M1306B input. While powering the M1306B, take into account the input drop caused by the power cable. With the delivered cable, this input drop is around 700 mV at 5.5 V and 220 mV at 32V.

Table 14: Effects of power supply defect

If the voltage	then
falls below 5.5 V,	the GSM communication is not guaranteed.
is over 32 V (Transient peaks),	the M1306B guarantees its own protection.
is over 32 V (continuous overvoltage)	the protection of the M1306B is done by the fuse (the supply voltage is disconnected).

The fuse is a 800 mA / 250 V FAST-ACTING 5\*20mm. See Chapter 10 for recommended references.

The following table provides information on power consumption of the Fastrack M1306B, assuming an operating temperature of +25 °C and using a 3 V SIM card.

## Fastrack M1306B User Guide

### Technical Characteristics

Table 15: Power consumption (1\*)

Power Consumption in E-GSM 900/DCS 1800 MHz - GPRS class 10		E-GSM 900	DCS 1800
Input Peak Supply Current Power = 33,10 dBm GSM 900 During 2TX bursts @Pcl5 Power = 30,00 dBm GSM 1800 During 2TX bursts @Pcl0	@ 5.5 V	2.1 A	1,88 A
	@ 13,2 V	1.4 A	1.1 A
	@ 32 V	610 mA	390 mA
Input average supply current in communication mode Power = 33,10 dBm GSM 900 Average 3Rx/2Tx @Pcl5 Power = 30,00 dBm GSM 1800 Average 3Rx/2Tx @Pcl0	@ 5.5 V	500 mA	390 mA
	@ 13,2 V	500 mA	160 mA
	@ 32 V	95 mA	80 mA
Input Peak Supply Current Power = 33,10 dBm GSM 900 During 1TX bursts @Pcl5 Power = 30,00 dBm GSM 1800 During 1TX bursts @Pcl0	@ 5.5 V	2.1 A mA	1,88 A
	@ 13,2 V	1.4 A	1.1 A
	@ 32 V	570 mA	380 mA
Input average supply current in communication mode Power = 33,10 dBm GSM 900 Average 1Rx/1Tx @Pcl5 Power = 30,00 dBm GSM 1800 Average 1Rx/1Tx @Pcl0	@ 5.5 V	300 mA	240 mA
	@ 13,2 V	125 mA	100 mA
	@ 32 V	60 mA	50 mA
Input average supply current in idle mode with active RS232 link (2*)	@ 5.5 V	34 mA	34 mA
	@ 13,2 V	18 mA	18 mA
	@ 32 V	9 mA	9 mA
Input average supply current in idle mode with no RS232 link (3*)	@ 5.5 V	31 mA	31 mA
	@ 13,2 V	16.5 mA	16.5 mA
	@ 32 V	8.9 mA	8.9 mA
disconnection by software	@ 5.5 V	31 mA	31 mA
	@ 13,2 V	6.5 mA	6.5 mA
	@ 32 V	4.5 mA	4.5 mA

(1\*):The power consumption might vary by 5 % over the whole operating temperature range (-20 °C to +55 °C).

(2\*): In this Mode, the RF function is active and the M1306B synchronized with the network, but there is no communication.

(3\*): In this Mode, the RF function is disabled, but regularly activated to keep the synchronization with the network. This Mode works only if the serial link is disconnected either physically or by the software (DTE turns DTR in inactive state).

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

