

**PENGENDALIAN KECEPATAN PUTARAN *BLENDER BUAH*
DENGAN PID *CONTROLLER* BERBASIS ATMEGA 328P**

SKRIPSI

KONSENTRASI SISTEM KONTROL

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh:

OKTA HERMAWAN

NIM. 0810633069

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

MALANG

2016



UNIVERSITAS BRAWIJAYA



LEMBAR PENGESAHAN

PENGENDALIAN KECEPATAN PUTARAN *BLENDER BUAH* DENGAN PID *CONTROLLER* BERBASIS ATMEGA 328P

SKRIPSI

TEKNIK ELEKTRO KONSENTRASI TEKNIK KONTROL

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan

Memperoleh Gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh:

OKTA HERMAWAN

NIM. 0810633069

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

M. Aziz Muslim, S.T., M.T., Ph.D
NIP. 1974 1203 200012 1 001

Dr. Ir. Bambang Siswoyo, M.T
NIP. 19621211 198802 1 001

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Elektro

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



UNIVERSITAS BRAWIJAYA



JUDUL SKRIPSI:

PENGENDALIAN KECEPATAN PUTARAN BLENDER BUAH DENGAN PID
CONTROLLER BERBASIS ATMEGA 328P

Nama Mahasiswa : OKTA HERMAWAN

NIM : 0810633069

Program Studi : Teknik Elektro

Konsentrasi : Teknik Kontrol

Komisi Pembimbing :

Ketua : M. Aziz Muslim, S.T., M.T., Ph.D.

Anggota : Dr. Ir. Bambang Siswoyo, M.T.

TIM DOSEN PENGUJI:

Dosen Penguji 1 : Goegoes Dwi N., S.T., M.T.

Dosen Penguji 2 : Dr. Ir. Erni Yudaningtyas, M.T.

Dosen Penguji 3 : Ir. Purwanto, M.T.

Tanggal Ujian : 19 Agustus 2016

SK Penguji : No. 1061/UN10.6/SK/2016





UNIVERSITAS BRAWIJAYA



PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Malang, 10 Agustus 2016

Mahasiswa,

OKTA HERMAWAN
NIM. 0810633069





UNIVERSITAS BRAWIJAYA



RINGKASAN

Okta Hermawan, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Agustus 2016, *Pengendalian Kecepatan Putaran Blender Buah Dengan PID Controller Berbasis ATMEGA 328P*, Dosen Pembimbing: M. Aziz Muslim dan Bambang Siswoyo.

Peralatan elektronik seperti Vacuum Cleaner, Hand Tools, Mesin Jahit, Peralatan dengan putaran tinggi, Mixer menggunakan motor universal sebagai penggeraknya. Motor universal yang digunakan tersebut pada umumnya dikendalikan secara open loop dengan beberapa metode seperti: Metode Resistansi, Metode Tapping-Field, Metode Sentrifugal, Metode SCR atau TRIAC. Kelemahan utama dari semua metode itu dalam penerapannya terhadap motor universal yang digunakan pada peralatan elektronik adalah masih bersifat open-loop. Sehingga kecepatan dan torsi dari peralatan elektronik tersebut tidak bisa dipantau dan ditinjau keakuratanya.

Berdasarkan pemasalahan yang dikemukakan maka penelitian ini mencoba menerapkan kontrol PID untuk menagatur kecepatan motor dengan metode pengaturan supply tegangan menggunakan switching TRIAC. Parameter PID yang digunakan dicari menggunakan metode Ziegler-Nichols pertama. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan maka didapatkan $kp=3.2571$, $ki=0.14$, $kd=0.035$.

Kontroler menggunakan arduinio nano sebagai pengolah data dan menghasilkan sinyal kontrol berupa sudut penyalaan untuk Driver TRIAC sehingga dihasilkan tegangan AC variabel. Kecepatan motor diatur dengan mengatur tegangan kerjanya. Feedback kecepatan motor diberikan hall efek sensor. Catu daya yang digunakan berasal dari listrik PLN 220 V.

Hasil pengujian diketahui response sistem menjadi lebih cepat 0.3 s untuk settling time, 0.05 s untuk time delay dan rise time, 0.4 s untuk peak time. Namun memiliki overshoot 3% lebih besar dibandingkan sebelum menggunakan PID meski error stedy state setelah menggunakan PID hanya 2.24%.

Kata kunci: PID, Motor universal, response, TRIAC



UNIVERSITAS BRAWIJAYA



SUMMARY

Okta Hermawan, Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, University of Brawijaya, in August 2016, *Speed Control of Blender Fruit With PID Controller Based ATMEGA 328P*, Supervisor: M. Aziz Muslim and Bambang Siswoyo.

Electronic equipment such as Vacuum Cleaner, Hand Tools, Sewing Machines, equipment with high rotation, Mixer are using universal motors as actuator. Universal motors are generally used in open-loop controlled by several methods such as: Method of Resistance, Tapping-Field Methods, centrifugal method, Method of SCR or TRIAC. The main drawback of all the methods in the application of the universal motors used in electronic equipment is still open-loop. So the speed and torque of electronic equipment that can not be monitored and reviewed the accuracy.

Based problem from above this research tries to apply PID control for Regulates motor speed by using the method of setting the supply voltage with switching TRIAC. PID parameters are determined by Ziegler-Nichols method first. Based on the testing and calculating that was done then obtained $k_p = 3.2571$, $k_i = 0.14$ $k_d = 0.035$.

The controller uses arduino nano as a data processor and generates a control signal in the form of the firing angle for TRIAC drivers to produce a variable AC voltage. Motor speed is set by adjusting the working voltage. Feedback of motor speed give by hall effect sensor. The power supply is derived from the electricity of PLN 220 V.

The test results are known to be faster system response 0.3 s for settling time, 0:05 s for the time delay and rise time, 0.4 s for peak time. But the overshoot is 3% higher than before using the PID despite error steady state after using PID only 2:24%

Keywords: PID, motor universal, response, TRIAC





UNIVERSITAS BRAWIJAYA



KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT karena hanya dengan rahmat, ridho, dan kasih sayang-Nya penelitian yang berjudul "*Pengendalian Kecepatan Putaran Blender Buah Dengan PID Controller Berbasis ATMEGA 328P*" dapat diselesaikan dengan baik. Shalawat dan salam kepada Nabi Muhammad Rasulullah SAW sebagai suri tauladan dalam menghadapi segala permasalahan. Penelitian ini disusun dalam rangka untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik, di Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.

Banyak kendala yang dihadapi dalam penyelesaian penelitian ini. Namun kendala tersebut dapat diatasi berkat bantuan dari pihak-pihak yang telah meluangkan waktu untuk membantu dalam menyelesaikan penelitian ini. Dalam kesempatan ini, ucapan terima kasih ingin disampaikan kepada:

1. Bapak M. Aziz Muslim, S.T., M.T., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya dan Bapak Hadi Suyono, S.T., M.T., Ph.D. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
2. Bapak Ir. Purwanto, MT. selaku KKDK Teknik Kontrol Teknik Elektro dan Bapak Ali Mustofa S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro.
3. Bapak M. Aziz Muslim, S.T., M.T., Ph.D. dan Ir. Bambang Siswoyo, MT selaku dosen pembimbing yang selalu membimbing dan mengarahkan dalam penyelesaian penelitian ini.
4. Ir. Wiyono, MT selaku dosen pembimbing akademik.
5. Dosen dan karyawan Jurusan Teknik Elektro yang telah membantu segala urusan administrasi selama ini.
6. Rekan-rekan mahasiswa Teknik Elektro Universitas Brawijaya dan semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik.

Sekiranya Allah SWT mencatat amalan ikhlas kita semua. Akhir kata, penelitian ini masih jauh dari sempurna namun semoga hasil penelitian ini bisa memberi manfaat kepada kita semua. Amin.



Malang, Agustus 2016

Penulis



DAFTAR ISI

halaman	
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL.....	v
DAFTAR GAMBAR	vii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	1
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	2
1.5 Sistematika Penulisan.....	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Motor Universal.....	5
2.2 Pengaturan Tegangan AC.....	6
2.3 Arduino Nano	8
2.4 Hall Efek Sensor.....	9
2.5 Metode Kontrol PID	10
BAB III METODE PENELITIAN.....	11
3.1 Perancangan Blok Diagram Sistem	12
3.2 Perancangan Perangkat Keras	12
3.3 Perancangan Perangkat Lunak.....	13
BAB IV HASIL DAN ANALISIS	15
4.1 Pengujian Driver TRIAC.....	15
4.2 Pengujian Magnet dan Hall Sensor	16
4.3 Pengujian Motor Universal.....	17
4.4 Pengujian Sistem Keseluruhan	18
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	21
5.1 Kesimpulan	21
5.2 Saran	21
DAFTAR PUSTAKA	23
LAMPIRAN	25

DAFTAR TABEL

halaman

Tabel 2. 1 Ziegler-Nichols metode pertama berdasarkan step response plant	10
Tabel 4. 1 Data pengukuran tegangan keluaran dari pengujian Driver TRIAC	15
Tabel 4. 2 Hasil pengujian jenis magnet terhadap sensor	17
Tabel 4. 3 Perbandingan response sebelum dan setelah diberi PID	20



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Motor Universal.....	5
Gambar 2. 2 Rangkaian Ekivalen Motor Universal	5
Gambar 2. 3 Karakteristik Motor Universal dengan Sumber AC dan DC	6
Gambar 2. 4 Rangkaian pengaturan tegangan bolak balik	7
Gambar 2. 5 Bentuk Gelombang tegangan dan arus output dengan beban resistif pada sudut penyalaan sebesar α	7
Gambar 2. 6 Arduino nano	8
Gambar 2. 7 Prinsip kerja hall efek sensor.....	9
Gambar 2. 8 Blok diagram PID kontroller	10
Gambar 3. 1 Flowchart Penelitian.....	11
Gambar 3. 2 Blok Diagram Sistem.....	12
Gambar 3. 3 Skema Implementasi Alat.....	13
Gambar 3. 4 Flowchart program Arduino nano	14
Gambar 4. 1 Blok diagram pengujian Driver TRIAC	15
Gambar 4. 2 Grafik hasil pengujian driver TRIAC	16
Gambar 4. 3 Blok diagram pengujian magnet dan hall efek sensor	16
Gambar 4. 4 Blok diagram pengujian motor universal tanpa beban	17
Gambar 4. 5 Hasi pengujian Motor Universal.....	18
Gambar 4. 6 Blok diagram pengujian sistem keseluruhan	18
Gambar 4. 7 Hasil pengujian sistem keseluruhan tanpa PID kontroler	19
Gambar 4. 8 Grafik hasil pengujian dengan penambahan PID kontroler.....	20





UNIVERSITAS BRAWIJAYA



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Peralatan elektronik seperti Vacuum Cleaner, Hand Tools, Mesin Jahit, Peralatan dengan putaran tinggi, Mixer menggunakan motor universal sebagai penggeraknya. Motor universal yang digunakan tersebut pada umumnya dikendalikan secara open loop dengan beberapa metode seperti: Metode Resistansi, Metode Tapping-Field, Metode Sentrifugal, Metode SCR atau TRIAC. Pada metode resistansi diberikan nilai resistansi tertentu untuk mengatur nilai kecepatan motor sedangkan metode tapping field dengan cara memberikan selector kecepatan. Metode setrifugal sedikit berbeda dengan kedua metode sebelumnya, pada metode ini jika kecepatan motor berkurang hingga kurang dari 70% maka setrifugal switch yang terpasang akan lepas.

Kemajuan teknologi dibidang elektronika daya telah memungkinkan untuk mengatur kecepatan dan torsi dari catu daya yang disupplykan ke motor. Salah satu metode yang digunakan adalah metode sudut penyalaan pada komponen elektronika daya yaitu SCR atau TRIAC. Metode ini memungkinkan untuk mengubah besarnya supply tegangan yang masuk pada motor. Sehingga bisa meminimalkan rugi-rugi yang terjadi jika menggunakan metode-metode sebelumnya.

Kelemahan utama dari semua metode itu dalam penerapannya terhadap motor universal yang digunakan pada peralatan elektronik adalah masih bersifat open-loop. Sehingga kecepatan dan torsi dari peralatan elektronik tersebut tidak bisa dipantau dan ditinjau keakuratanya. Maka diperlukan pengendalian yang lebih baik dengan mengabungan sistem kendali dan metode sudut penyalaan TRIAC.

Metode kontrol PID dipilih karena sederhana dan mudah untuk diimplementasikan. Sedangkan metode sudut penyalaan pada TRIAC dipilih karena memiliki jangkuan pengaturan yang cukup lebar dengan mengatur besarnya nilai rms tegangan AC. Maka pada penelitian ini akan difokuskan pada pengendalian kecepatan motor universal dengan plant berupa blender. Kecepatan dari blender untuk berbagai jenis beban akan dipertahankan dengan metode yang telah dipilih.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana merancang kontroller PID untuk mengendalikan kecepatan blender buah dan bagaimana respon yang diberikan setelah penambahan kontroler.

1.3 Batasan Masalah

Untuk menekankan pada objek penelitian, maka diperlukan batasan masalah sebagai berikut:

1. Plant yang digunakan adalah blender buah dengan motor universal 190 W.
2. Tegangan catu yang digunakan adalah tegangan AC 220 V.
3. Setpoint kecepatan yang digunakan adalah 75% dari kecepatan maksimal.
4. Metode yang digunakan adalah PID saja dan tidak membahas metode kontrol yang lain.
5. Tidak membahas rangkaian catu daya untuk microcontroller yang digunakan.
6. Tidak membahas rangkaian driver TRIAC secara mendalam.
7. Beban yang digunakan adalah buah dan es batu.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah membuat kontroller PID untuk mengatur kecepatan blender buah.

1.5 Sistematika Penulisan

Agar penyusunan laporan penelitian ini dapat mencapai sasaran dan tidak menyimpang dari judul yang telah ditentukan, maka diperlukan sistematika pembahasan yang jelas. Pembahasan dalam penelitian ini secara garis besar adalah sebagai berikut:

BAB I Pendahuluan

Menjelaskan tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan sistematika penulisan.

BAB II Tinjauan Pustaka

Menjelaskan teori dasar yang berisi penjelasan tentang teori Motor Universal, rangkaian Arduino nano, metode kontrol PID, metode sudut penyalaan untuk mengatur tegangan AC dan hall efek sensor.

Encoder dan Symmetrical Optimum.

BAB III Metodologi Penelitian

Menjelaskan tentang metodologi penelitian secara garis besar yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan, perancangan blok diagram, perancangan perangkat keras dan lunak.

BAB IV Pengujian dan Analisis

Menjelaskan tentang pengujian alat dan analisa yang meliputi pengujian bagian blok sistem secara keseluruhan dan mengalisis bagaimana respon sistem yang dikendalikan.

BAB V Penutup

Menjelaskan tentang pengambilan kesimpulan sesuai dengan hasil perealisasikan dan pengujian alat sesuai dengan tujuan dan rumusan masalah, serta pemberian saran untuk pengembangan selanjutnya.





UNIVERSITAS BRAWIJAYA



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

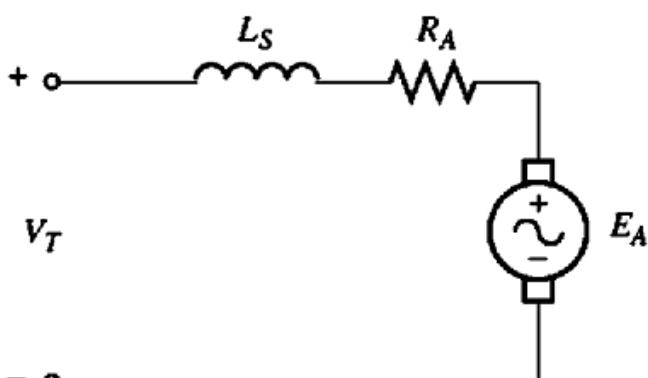
2.1 Motor Universal

Motor universal adalah motor arus bolak-balik, konstruksi maupun karakteristik motor universal sama dengan motor arus searah. Keuntungan motor universal ini dapat dioperasikan dengan sumber tegangan bolak-balik atau dengan tegangan arus searah pada nilai tegangan yang sama. Gambar desain dari motor universal ini diberikan oleh gambar 2.1.



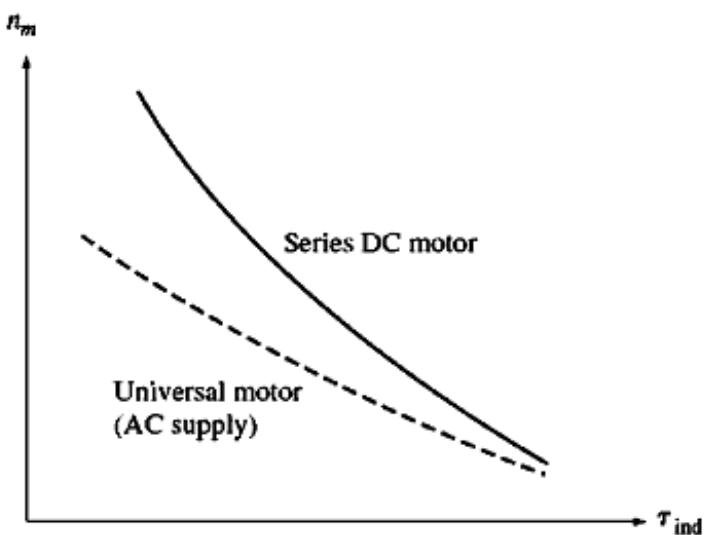
gambar 2. 1 Motor Universal

Rangkaian ekivalen untuk motor universal pada gambar 2.1 diperlihatkan oleh gambar 2.2



gambar 2. 2 Rangkaian Ekivalen Motor Universal

Pada gambar 2.2 terlihat bahwa rangkaian ekivalen motor universal sama dengan rangkaian ekivalen dari mesin DC seri. Sehingga karakteristik torsi dan kecepatanya mirip mesin DC seri yaitu memiliki torsi start tinggi dan kecepatannya sangat tinggi pada beban nol.



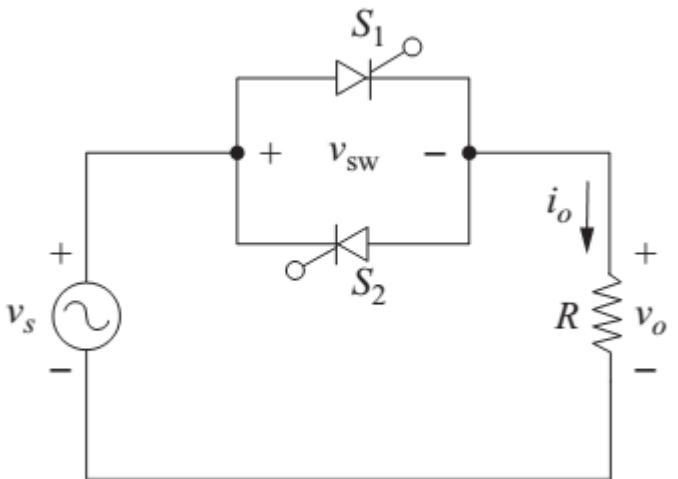
gambar 2. 3 Karakteristik Motor Universal dengan Sumber AC dan DC

Karakteristik dari motor universal salah satunya dapat dilihat di sisi kecepatan-torsinya seperti terlihat pada gambar 2.2. Mempunyai kapabilitas berkecepatan tinggi, motor universal memberikan rating horsepower yang lebih kecil daripada macam – macam motor AC lainnya yang beroperasi pada frekuensi yang sama. Torsi awal dari motor-motor AC relatif tinggi. Karakteristik ini membuat motor universal ideal untuk alat/perlengkapan seperti hand drills, gerinda, mixers, vaccum cleaners, dll yang membutuhkan operasi motor yang kompak berkecepatan lebih dari 3000/3600 rev/minutes.

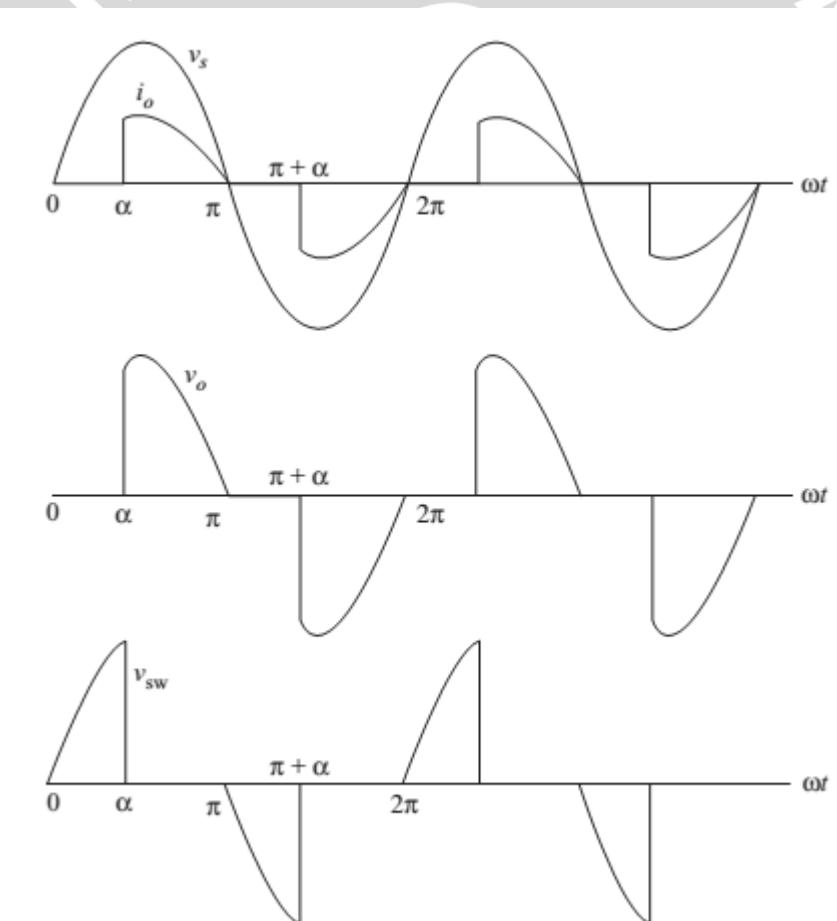
2.2 Pengaturan Tegangan AC

Tegangan AC dapat diatur dengan menggunakan komponen elektronika daya yaitu TRIAC atau dua SCR yang dipasang antipararel. Rangkaian pengaturan tegangan AC diperlihatkan oleh gambar 2.4. terlihat pada gambar bahwa sumber AC satu fasa yang memiliki siklus positif dan negative dapat diatur dengan memberikan sudut penyalaan pada S1 saat siklus positif dan S2 saat siklus negatif. Sehingga tegangan keluaran dan arus keluaran yang dirasakan oleh beban bisa dilihat pada gambar 2.5. pada beban resistif tegangan dan arus adalah sefasa namun pada beban resistif negatif tegangan dan arus akan memiliki beda fasa.





gambar 2. 4 Rangkaian pengaturan tegangan bolak balik



gambar 2. 5 Bentuk Gelombang tegangan dan arus output dengan beban resistif pada sudut penyalaan sebesar α .

2.3 Arduino Nano

Arduino Nano adalah sebuah board mikrokontroller berbasis ATmega328 atau ATmega168. Arduino nano bekerja dengan kabel USB Mini-B. Nano dirancang dan diproduksi oleh Gravitech. Arduino nano bekerja dengan power supply eksternal 6-20V (pin 30), atau catu daya eksternal 5V (pin 27). Catu daya tertinggi yang dipilih secara otomatis agar Arduino dapat bekerja.



gambar 2. 6 Arduino nano

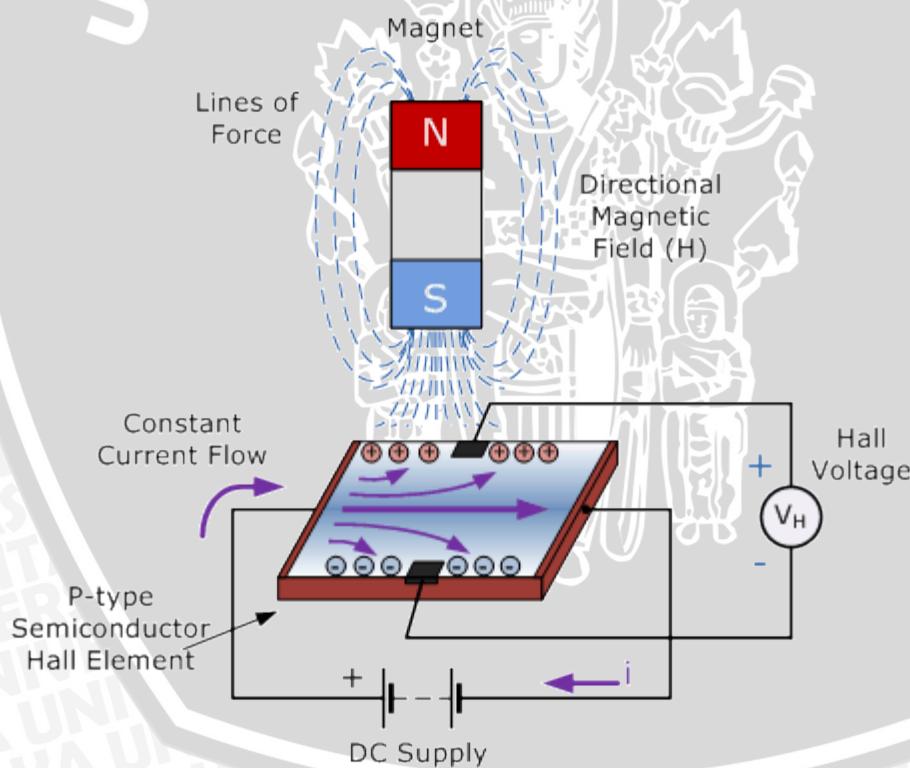
Arduino nano memiliki spesifikasi sebagai berikut:

Microcontroller	: Atmel ATmega168 or ATmega328
Operating Voltage (logic level)	: 5 V
Input Voltage (recommended)	: 7-12 V
Input Voltage (limits)	: 6-20 V
Digital I/O Pins	: 14 (of which 6 provide PWM output)
Analog Input Pins	: 8
DC Current per I/O Pin	: 40 mA
Flash Memory	: 16 KB (ATmega168) or 32 KB (ATmega328) of which 2 KB used by bootloader
SRAM	: 1 KB (ATmega168) or 2 KB (ATmega328)
EEPROM	: 512 bytes (ATmega168) or 1 KB (ATmega328)
Clock Speed	: 16 MHz
Dimensions	: 0.73" x 1.70"
Length	: 45 mm
Width	: 18 mm
Weighth	: 5 g

2.4 Hall Efek Sensor

Sensor magnetik menjadi perangkat solid state yang populer karena dapat digunakan dalam berbagai jenis aplikasi seperti sensing posisi, kecepatan atau arah gerakan. Sensor magnetik mengkonversi informasi magnetik atau magnetis dikodekan menjadi sinyal listrik untuk diproses oleh sirkuit elektronik. Sensor magnetik dirancang untuk menanggapi berbagai medan magnet positif dan negatif dalam berbagai aplikasi yang berbeda dan satu jenis sensor magnet yang sinyal output adalah fungsi dari kerapatan medan magnet di sekitar itu disebut Hall Effect Sensor.

Efek Hall Sensor adalah perangkat yang diaktifkan oleh medan magnet luar. Kita tahu bahwa medan magnet memiliki dua karakteristik penting kerapatan fluks, (B) dan polaritas (Kutub Utara dan Selatan). Sinyal output dari sensor efek Hall adalah fungsi densitas medan magnet di sekitar perangkat. Ketika kepadatan fluks magnetik di sekitar sensor melebihi ambang batas yang telah ditetapkan tertentu, sensor mendeteksi dan menghasilkan tegangan output yang disebut Hall Voltage (V_H).

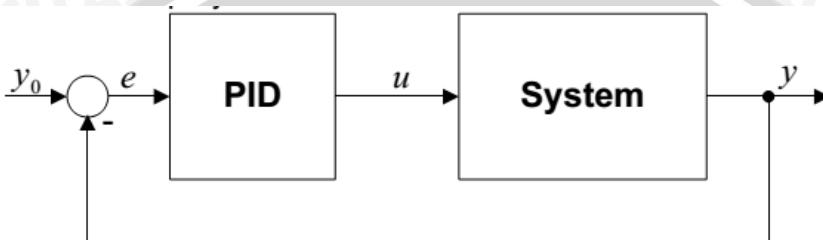


gambar 2. 7 Prinsip kerja hall efek sensor

Tegangan hall akan dihasilkan jika bahan semikonduktor tipe-P diberikan arus konstan dari catu daya berupa DC sehingga electron dan hole akan bergerak ke sisi yang berlainan dan menghasilkan tegangan. Medan magnet yang mempengaruhi adalah kutup selatan magnet yang didekatkan sedangkan untuk kutup utara pada umumnya tidak berpengaruh.

2.5 Metode Kontrol PID

Blok diagram PID kontroller diberikan oleh gambar 2.8. PID kontroller membandingkan nilai output y dengan nilai setpoint y_0 menghasilkan error. Dimana error digunakan untuk menentukan nilai $u(n)$ yang baru dalam proses sehingga dihasilkan output sesuai setpoint yang diinginkan. PID kontroller secara algoritma mudah untuk diterapkan dan memiliki keuntungan lain yaitu sinyal kontrol u bisa dimanipulasi agar keluaran sistem lebih akurat.



gambar 2. 8 Blok diagram PID kontroller

$$u(n) = K_p e(n) + K_i \sum_{k=0}^n e(k) + K_d (e(n) - e(n-1)) \quad (2.1)$$

Pada persamaan yang diberikan oleh persamaan 2.1 merupakan persamaan output PID dalam kawasan diskrit. sinyal kontrol $u(n)$ atau output dari PID kontroler ditentukan oleh nilai error, konstanta proporsional, integral serta derivative. Dimana untuk tuning PID sendiri demi menentukan nilai k_p , k_i , k_d bisa menggunakan tabel 2.1 dibawah ini.

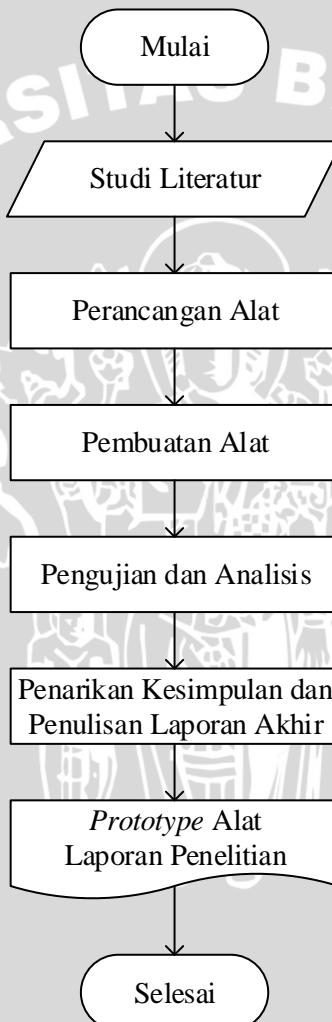
Tabel 2. 1 Ziegler-Nichols metode pertama berdasarkan step response plant.

Type of Controller	K_p	T_i	T_d
P	$\frac{T}{L}$	∞	0
PI	$0.9 \frac{T}{L}$	$\frac{L}{0.3}$	0
PID	$1.2 \frac{T}{L}$	$2L$	$0.5L$



BAB III METODE PENELITIAN

Metode penelitian pada dasarnya merupakan cara ilmiah untuk mendapatkan informasi dengan tujuan dan manfaat tertentu. Dalam menyelesaikan rumusan masalah dan merealisasikan tujuan penelitian yang terdapat di bab pendahuluan maka diperlukan langkah-langkah untuk menyelesaikan masalah tersebut. Metode penelitian dalam penelitian ini secara garis besar ditampilkan pada gambar 3.1.



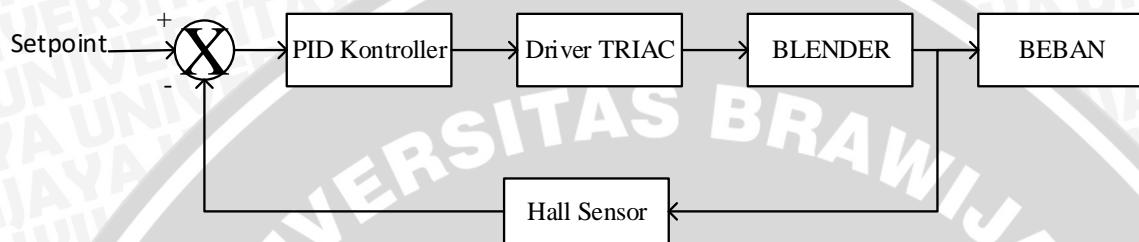
Gambar 3. 1 Flowchart Penelitian.

Pada gambar 3.1 Penelitian dimulai dengan studi literature terkait untuk memecahkan permasalahan seperti text book dan jurnal penelitian yang pernah dilakukan lalu dilanjutkan dengan perancangan dan pembuatan perangkat keras dan lunak sistem. Pembuatan hardware dan software dimulai dengan perancangan blok diagram dan skema implementasinya. Untuk perangkat lunak sendiri difokuskan pada metode PID. Setelah alat selesai dibuat maka diperlukan pengujian dan analisis data hasil

pengujian untuk melihat apakah sistem yang telah dibuat bisa bekerja sesuai perancangan serta apakah respon sistem bisa lebih baik setelah ditambahkan kontroller. Bagian akhir dari metode penelitian ini adalah penarikan kesimpulan berdasarkan hasil pengujian sistem dan pemberian saran untuk pengembangan lebih lanjut.

3.1 Perancangan Blok Diagram Sistem

Pada perancangan alat diperlukan perancangan blok diagram sistem yang dapat menjelaskan sistem secara garis besar dan diharapkan alat dapat bekerja sesuai dengan rencana. Diagram blok sistem dapat dilihat pada Gambar 3.2.

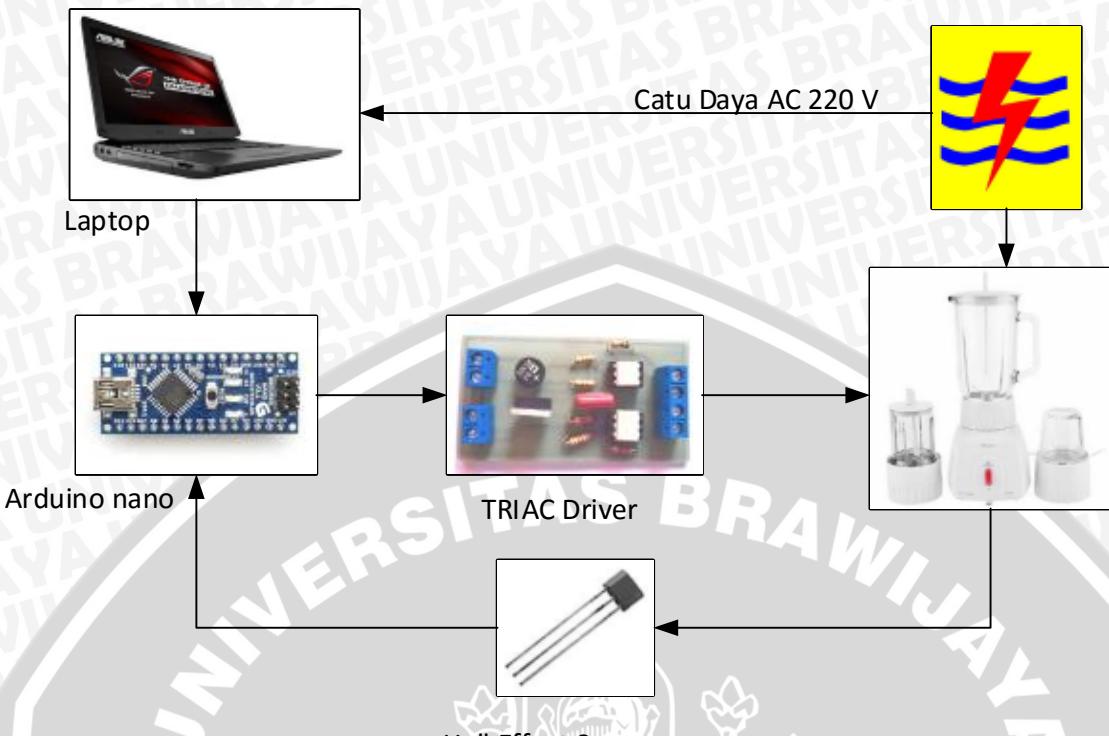


Gambar 3. 2 Blok Diagram Sistem

Pada blok diagram sistem yang ditunjukkan oleh gambar 3.2 kontroller menerima dua masukan berupa setpoint dan hall sensor, sebelum diolah oleh PID kontroller kedua masukan dibandingkan untuk mendapatkan nilai error, dari nilai error yang didapatkan akan dikonversikan untuk menghasilkan sinyal kontrol berupa besarnya sudut penyalaan yang harus diberikan kepada TRIAC sehingga dihasilkan tegangan AC yang bisa diatur besar nilai rms-nya. Plant sendiri berupa blender yang menggunakan motor universal sebagai aktuatornya. Plant akan berputar dan menghasilkan kecepatan sesuai masukan tegangan yang diberikan oleh driver TRIAC.

3.2 Perancangan Perangkat Keras

Skema dari implementasi alat bisa dilihat pada gambar 3.3. PC atau Laptop berfungsi sebagai membuat program dan mendownloadnya dalam Arduino nano serta untuk memantau proses yang terjadi dalam Arduino melalui serial monitor. Catu daya yang digunakan dalam sistem berasal dari listrik PLN dengan besar tegangan sebesar 220 volt untuk mencatu plant berupa blender. Driver TRIAC sendiri terdiri dari dua rangkaian utama yaitu zero crossing detector dan rangkaian dimmer AC. Zero crossing detector akan memberikan sinyal berlogika satu ketika sinyal sinus tegangan AC milik PLN bermagnitud nol. Titik nol ini penting untuk mensinkronkan besar sudut penyalaan TRIAC dengan sumber yang digunakan. Dimmer AC sendiri berguna untuk merubah tegangan AC yang berasal dari PLN menjadi tegangan AC yang variabel. Maksudnya nilai rms dari tegangan listrik PLN bisa diubah-ubah dengan memberikan nilai sudut penyalaan pada TRIAC.

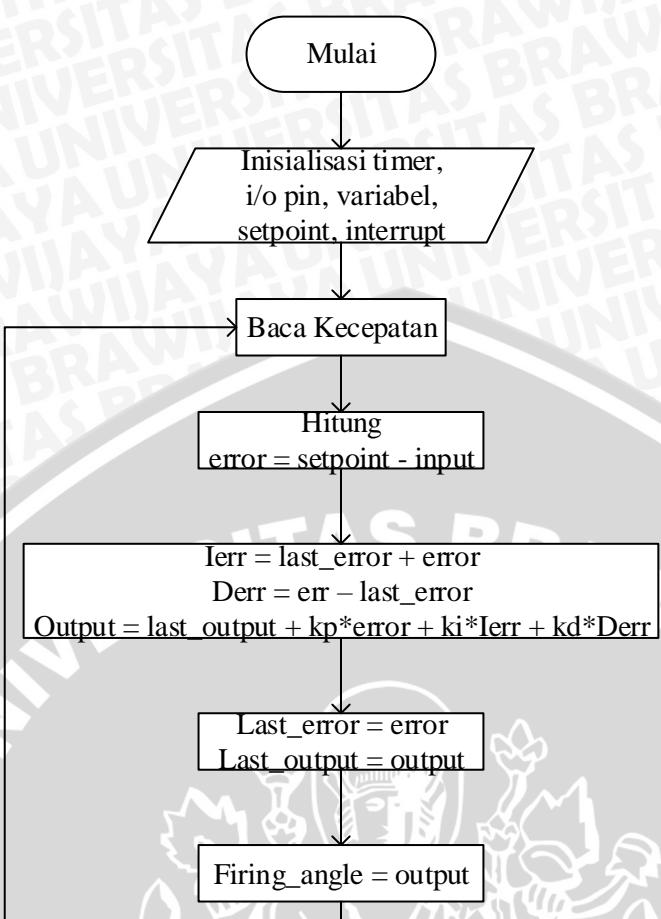


Gambar 3. 3 Skema Implementasi Alat

3.3 Perancangan Perangkat Lunak

Algoritma program dari perangkat lunak Arduino nano diberikan oleh gambar 3.4. berdasarkan flowchart tersebut ketika program dieksekusi pertama kali akan melakukan inisialisasi i/o, timer, variabel, setpoint, interrupt, serta konstanta proporsional, integral dan diferensial. Kemudian program dilanjutkan dengan membaca masukan hall effect sensor untuk mendeteksi kecepatan motor universal pada blender. Error antara setpoint dan masukan dari sensor yang dibandingkan akan dikalkulasi ke dalam program PID diskrit sehingga dihasilkan sinyal kontrol berupa besar sudut penyalaan pada driver TRIAC. Program akan terus berulang membaca kecepatan motor dan begitu seterusnya kecuali catu daya dihentikan maka blender akan off total. Parameter yang diamati dalam serial monitor pada PC atau laptop berupa waktu, kecepatan motor, dan sudut penyalaan.





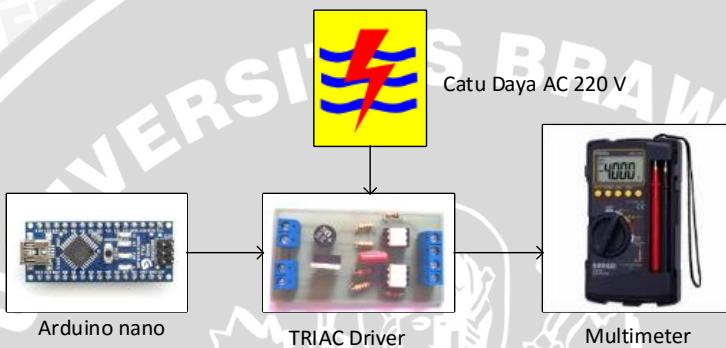
Gambar 3. 4 Flowchart program Arduino nano

BAB IV

PENGUJIAN DAN ANALISIS

4.1 Pengujian Driver TRIAC

Pengujian driver TRIAC bertujuan untuk melihat kinerja driver dalam melakukan switching tegangan AC sehingga dihasilkan Vrms yang variabel. Prosedur pengujian ditunjukkan oleh gambar 4.1. berdasarkan gambar 4.1 rangkaian driver TRIAC menerima masukan dari Arduino nano dan dicatut dengan 220 volt yang berasal dari listrik PLN lalu Vout diukur dengan multimeter. Hasil pengukuran tegangan terhadap sudut penyalaan yang diberikan oleh tabel 4.1.

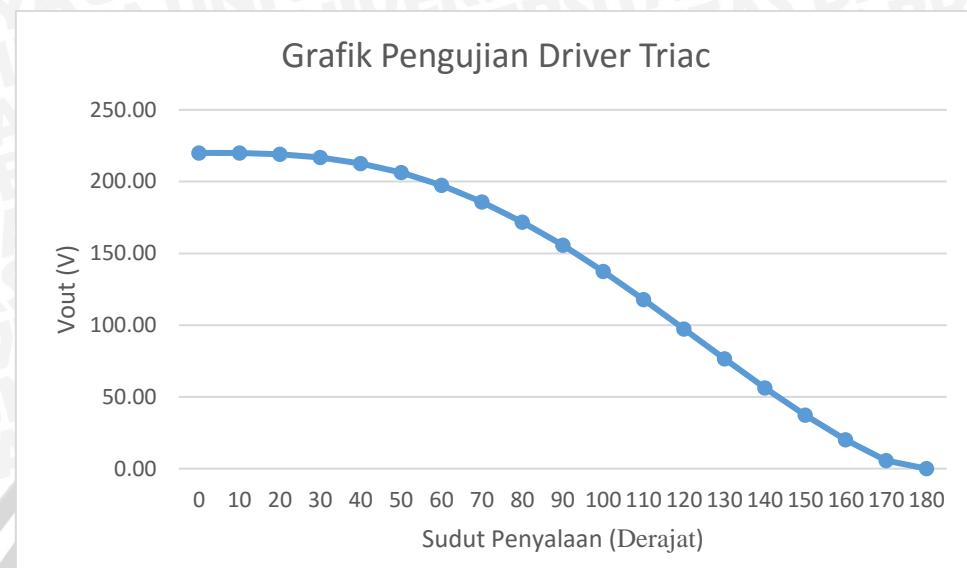


Gambar 4. 1 Blok diagram pengujian Driver TRIAC

Tabel 4. 1 Data pengukuran tegangan keluaran dari pengujian Driver TRIAC

No	Sudut derajat	sudut radian	vout volt
1	0	0.00	220.00
2	10	0.17	219.88
3	20	0.35	219.03
4	30	0.52	216.81
5	40	0.70	212.68
6	50	0.87	206.27
7	60	1.05	197.35
8	70	1.22	185.85
9	80	1.40	171.86
10	90	1.57	155.60
11	100	1.74	137.43
12	110	1.92	117.81
13	120	2.09	97.30
14	130	2.27	76.54
15	140	2.44	56.23
16	150	2.62	37.18
17	160	2.79	20.18
18	170	2.97	5.58
19	180	3.14	0.00

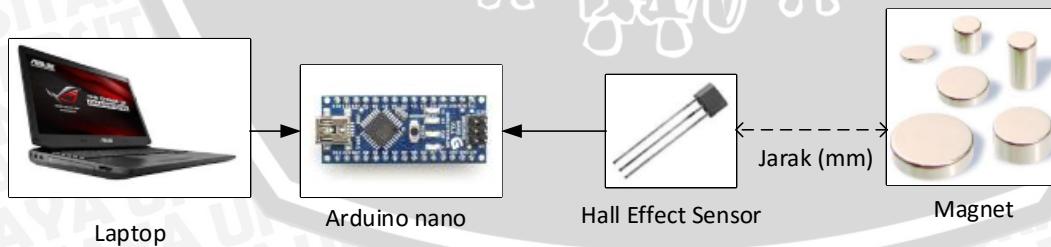
Berdasarkan hasil pengukuran yang telah dilakukan diketahui bahwa nilai tegangan keluaran dari driver TRIAC berbanding terbalik terhadap besar sudut penyalaan yang diberikan. Hal ini bisa kita amati pada grafik yang diberikan oleh Gambar 4.2



Gambar 4. 2 Grafik hasil pengujian driver TRIAC

4.2 Pengujian Magnet dan Hall Sensor

Pengujian manget dan hall efek sensor bertujuan untuk mengetahui tipe magnet yang memiliki medan magnetic terkuat dan jarak minimal yang diperlukan hall sensor untuk mendeteksi medan magnet tersebut. Sehingga magnet dan sensor dapat digunakan untuk sensing kecepatan motor universal pada blender. Prosedur pengujian diberikan oleh gambar 4.3. Arduino nano menerima masukan dari hall sensor lalu dibaca melalui serial monitor pada laptop. Magnet yang diuji terdiri dari tiga macam yaitu neodymium 35, ceramic 5, dan SmCo 26. Hasil pengujian dengan mengukur jarak antara sensor magnetic dengan magnet ditampilkan dalam tabel 4.2,



Gambar 4. 3 Blok diagram pengujian magnet dan hall efek sensor

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan didapatkan magnet dengan tipe neodymium 35 dapat dideteksi dengan jarak minimal 11 mm, lalu manet tipe ceramic 5 dapat dideteksi dengan jarak minimal 6 mm sedangkan magnet tipe SmCo26 dapat dideteksi

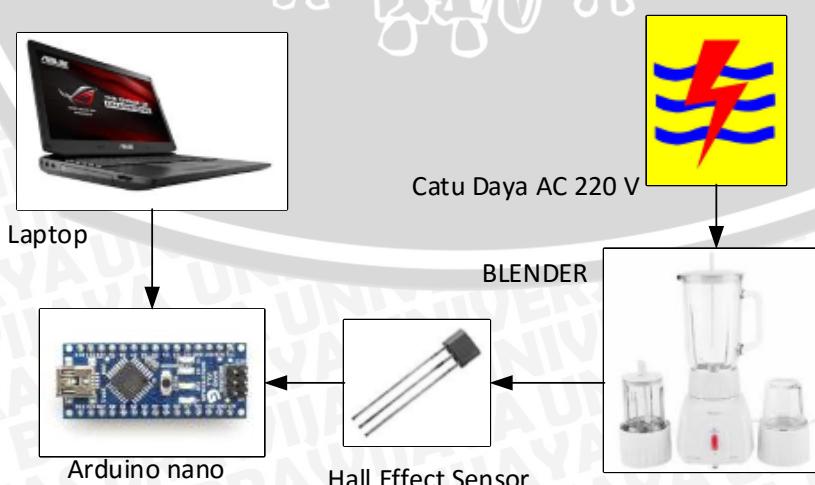
dengan jarak minimal 8 mm. Magnet yang digunakan adalah tipe neodymium 35 dengan jarak pemasangan sebesar 7 mm untuk penyesuaian posisi pada blender.

Tabel 4. 2 Hasil pengujian jenis magnet terhadap sensor

jarak mm	jenis magnet		
	neodymium 35	Ceramic 5	SmCo 26
1	terdeteksi	terdeteksi	terdeteksi
2	terdeteksi	terdeteksi	terdeteksi
3	terdeteksi	terdeteksi	terdeteksi
4	terdeteksi	terdeteksi	terdeteksi
5	terdeteksi	terdeteksi	terdeteksi
6	terdeteksi	terdeteksi	terdeteksi
7	terdeteksi	tidak	terdeteksi
8	terdeteksi	tidak	terdeteksi
9	terdeteksi	tidak	tidak
10	terdeteksi	tidak	tidak
11	terdeteksi	tidak	tidak
12	tidak	tidak	tidak
13	tidak	tidak	tidak
14	tidak	tidak	tidak
15	tidak	tidak	tidak

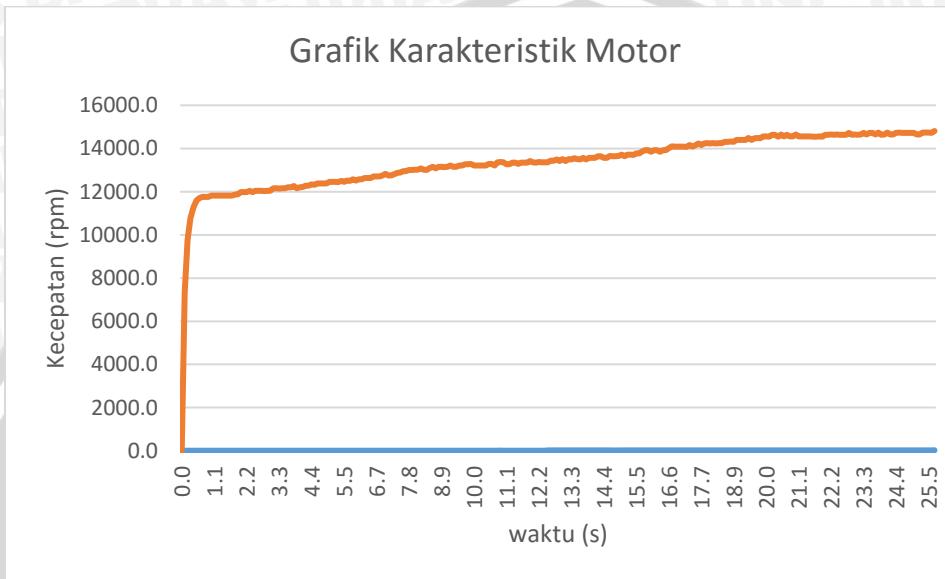
4.3 Pengujian Motor Universal

Pengujian motor universal dilakukan untuk melihat karakteristik motor, kecepatan maksimum motor. Prosedur pengujian diberikan oleh blok diagram pada gambar 4.4. Kecepatan putaran dari motor blender disensing menggunakan hall efek sensor lalu data yang diperoleh diolah didalam Arduino nano untuk menghasilkan data kecepatan motor dalam rpm.



Gambar 4. 4 Blok diagram pengujian motor universal tanpa beban

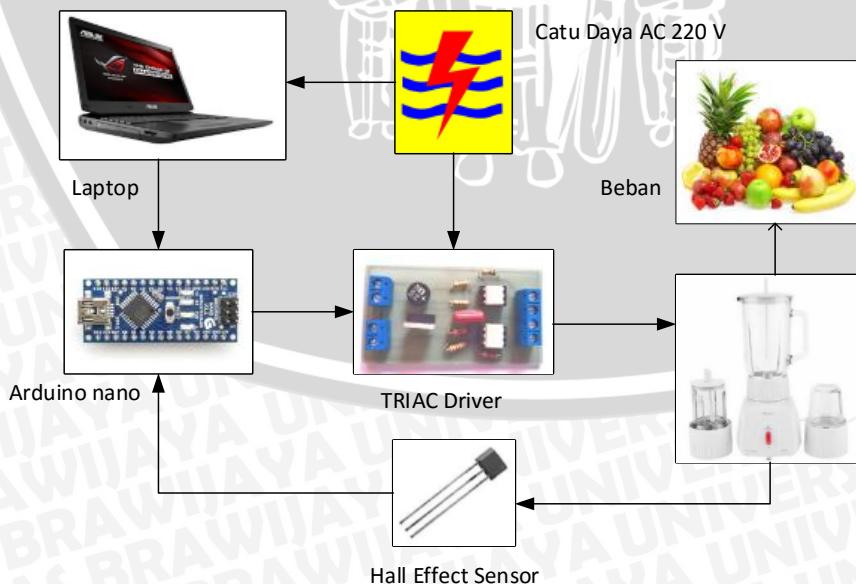
Hasil sensing oleh hall efek sensor lalu ditampilkan pada serial monitor di laptop. Kecepatan rpm dari motor didapatkan dengan menjadikan clock timer pada Arduino sebagai referensi. Hasil pengujian diberikan oleh Gambar 4.5. Kecepatan motor meningkat dengan sangat cepat pada satu sekon pertama lalu naik dengan lambat. Sesuai karakteristik motor dc seri bahwa kecepatan motor akan tinggi saat torsi beban nol. Pada grafik diketahui kecepatan motor saat beban nol adalah 14000 rpm.



Gambar 4. 5 Hasil pengujian Motor Universal

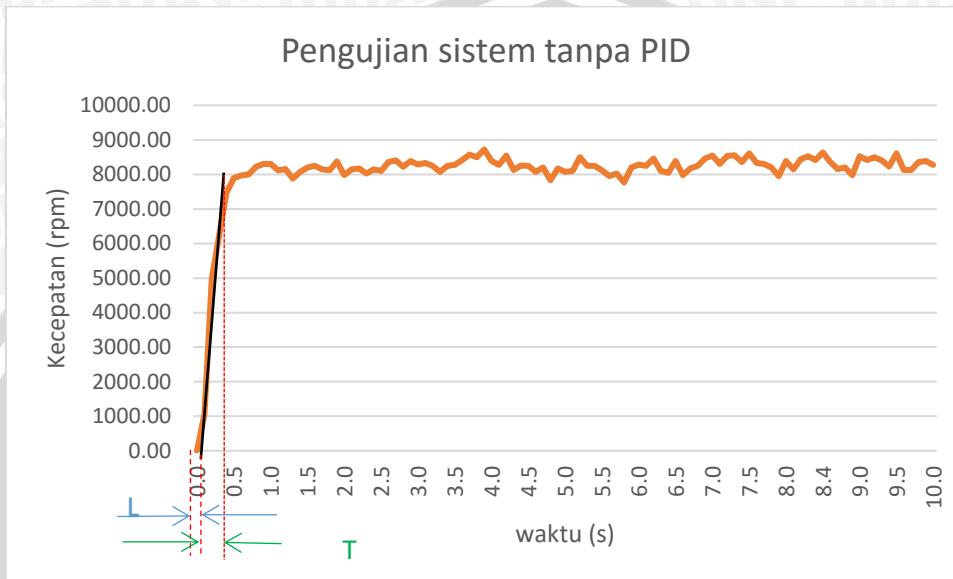
4.4 Pengujian Sistem Keseluruhan

Pengujian keseluruhan sistem bertujuan untuk mengetahui kinerja sistem sebelum dan setelah diberi PID kontroler. Blok diagram pengujian diberikan oleh Gambar 4.6.



Gambar 4. 6 Blok diagram pengujian sistem keseluruhan

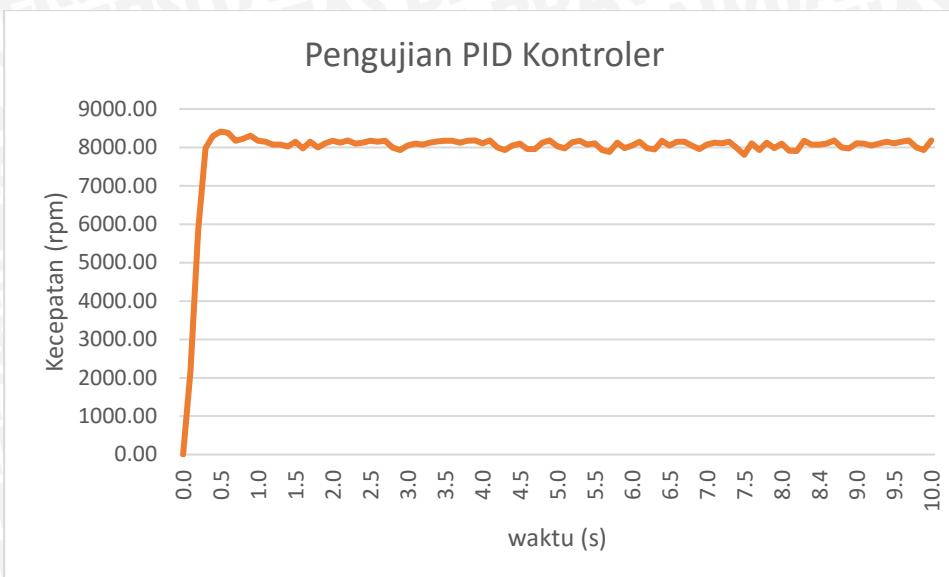
Berdasarkan Gambar 4.6 keseluruhan sistem yang telah dibuat diuji dengan menggunakan beban berupa buah dan es batu. Catu daya berasal dari listrik PLN dengan tegangan terukur adalah 207.6 volt. Hasil sensing kecepatan diamati secara langsung pada serial monitor di laptop. Driver TRIAC menerima sinyal kontrol dari Arduino nano berupa besarnya sudut penyalaan pada TRIAC. Kecepatan motor disensing dengan hall efek sensor dengan frekuensi kerja timer sebesar 250kHz menjadi referensi.



Gambar 4. 7 Hasil pengujian sistem keseluruhan tanpa PID kontroler

Berdasarkan pengujian sistem keseluruhan dengan memberikan setpoint 8000 rpm tanpa metode PID didapatkan respon plant yang ditunjukkan oleh gambar 4.6. konstanta proporsional, integral, derivatif dapat ditentukan dengan metode ziegel-nichols pertama. Berdasarkan metode tersebut maka didapatkan nilai $L=0.07$ dan $T=0.19$. menurut aturan ZN-1 yang diberikan oleh Tabel 2.1 maka didapatkan $kp=3.2571$, $ki=0.14$, $kd=0.035$.

Selanjutnya dilakukan pengujian untuk melihat kinerja alat setelah metode PID diterapkan dengan konstanta PID didapatkan dari pengujian sebelumnya. Hasil pengujian dengan dengan penambahan PID kontroler didapatkan seperti tampak pada gambar 4.8. response sistem secara keseluruhan meningkat jika dibandingkan dengan response sistem pada gambar 4.7. setelah PID diterapkan pada kontroler didapatkan ada sedikit overshoot namun sistem lebih cepat steady dan error yang lebih kecil.



Gambar 4. 8 Grafik hasil pengujian dengan penambahan PID kontroler

Perbandingan sebelum dan setelah plant diberi PID kontroler bisa diamati pada tabel 4.3. response sistem menjadi lebih cepat 0.3 s untuk settling time, 0.05 s untuk time delay dan rise time, 0.4 s untuk peak time. Namun memiliki overshoot 3% lebih besar dibandingkan sebelum menggunakan PID meski error steady state setelah menggunakan PID hanya 2.24%.

. Tabel 4. 3 Perbandingan response sebelum dan setelah diberi PID

No	Parameter	sebelum	setelah
1	time delay (td)	0.25 s	0.2 s
2	rise time (tr)	0.35 s	0.25 s
3	peak time (tp)	0.9 s	0.5 s
4	maksimum overshoot (Mp)	2.70%	5.20%
5	settling time (ts)	1.1 s	0.7 s
6	error steady state	9.10%	2.24%

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Kontroler menggunakan arduino nano sebagai pengolah data dan menghasilkan sinyal kontrol berupa sudut penyalakan untuk Driver TRIAC sehingga dihasilkan tegangan AC variabel. Kecepatan motor diatur dengan mengatur tegangan kerjanya. Feedback kecepatan motor diberikan hall efek sensor kembali ke kontroler.
2. Response sistem menjadi lebih cepat 0.3 s untuk settling time, 0.05 s untuk time delay dan rise time, 0.4 s untuk peak time. Namun memiliki overshoot 3% lebih besar dibandingkan sebelum menggunakan PID meski error steady state setelah menggunakan PID hanya 2.24%.

5.2 Saran

Demi pengembangan selanjutnya maka diperlukan saran berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan. Beberapa saran yang bisa diberikan adalah sebagai berikut:

1. Metode pengaturan dengan TRIAC memiliki range yang lebih sempit karena hanya mengatur tegangan saja. Maka diperlukan metode selain itu, salah satunya dengan inverter satu fasa sehingga baik tegangan dan frekuensi dapat diatur
2. Metode kontrol yang digunakan bisa diganti dengan selain PID





UNIVERSITAS BRAWIJAYA



DAFTAR PUSTAKA

- Alciatore, David G dan Histand, Michael B. 2012. *Introduction to Mechatronics and Measurement Systems*. New York. McGraw-Hill.
- Amstrom, K. J. & Hagglund, Tore. 1995. *PID Controllers: Theory, Design and Tuning* Instrument Society of Amerika: Research Triangle Park
- Daniel W. Hart. 2010. *Power Electronics*. India. Valparaiso University.
- Gunterus, Frans. 1994. *Falsafah Dasar: Sistem Pengendali Proses*. Jakarta: PT Elex Media Komputindo
- Ogata, Katsuhiko. 2002. *Modern Control Engineering 4th editon*. New Jersey: Prentice Hall
- Soemarwanto. 2006. *Dasar Konversi Energi*. Teknik Elektro. Universitas Brawijaya
- Suryani, R.D. 2013. *Rangkaian Motor DC*. Semarang: Universitas Diponegoro
- Zuhal. 2004. *Dasar Tenaga Listrik*. Bandung: ITB Press





UNIVERSITAS BRAWIJAYA





LAMPIRAN



Lampiran 1 Listing Program Arduino

```
int Sampling, Value1, Value2, ZC=0;  
double err, RPM, Ierr, Derr, last_err, output, last_output, angle,f;  
double kp = 3.2571, ki = 0.14, kd = 0.035;  
double setpoint = 10000;  
  
void setup() {  
    // put your setup code here, to run once:  
    noInterrupts();  
  
    pinMode(5, OUTPUT);  
  
    TCCR1A=(0<<COM1A1) | (0<<COM1A0) | (0<<COM1B1) | (0<<COM1B0) |  
    (0<<WGM11) | (0<<WGM10);  
    TCCR1B=(0<<ICNC1) | (1<<ICES1) | (0<<WGM13) | (0<<WGM12) | (0<<CS12)  
    | (1<<CS11) | (1<<CS10);  
    TCNT1H=0x00;  
    TCNT1L=0x00;  
    ICR1H=0x00;  
    ICR1L=0x00;  
    OCR1AH=0x00;  
    OCR1AL=0x00;  
    OCR1BH=0x00;  
    OCR1BL=0x00;  
  
    attachInterrupt(0, sensor, RISING);  
    attachInterrupt(1, Driver, RISING);  
    Serial.begin(9600);  
    interrupts();  
}
```



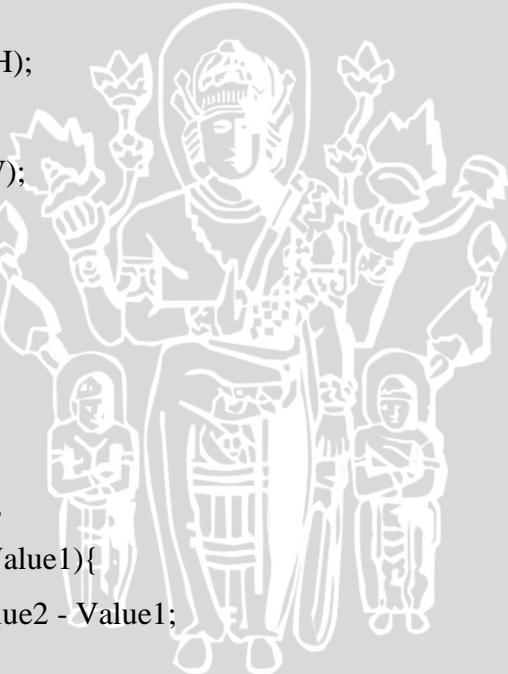
```

void loop() {
    // put your main code here, to run repeatedly:
    if (ZC == 1){
        err = setpoint - RPM;
        Ierr = err + last_err;
        Derr = err - last_err;
        output = last_output + kp*err + ki*Ierr + kd*Derr;
        last_err = err;
        last_output = output;
        angle = map(output,0,10000,0,10);

        delay(angle);
        digitalWrite(5, HIGH);
        delay (0.5);
        digitalWrite(5, LOW);
    }
    displayresponse();
}

void sensor(){
    Value2 = TCNT1;
    if (Value2 > Value1){
        Sampling = Value2 - Value1;
    }
    else if (Value1 > Value2){
        Sampling = (65535 - Value1) + Value2;
    }
    f = (double)250000/Sampling; //clock timer1 diset 250KHz
    RPM = f*60;
    Value1 = Value2;
}

```





```
void Driver(){  
    ZC = 1;  
}  
  
void dispayresponse(){  
  
    Serial.print(millis());  
    Serial.print("\t");  
    //Serial.print(angle);  
    //Serial.print("\t");  
    Serial.println(RPM);  
}
```

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



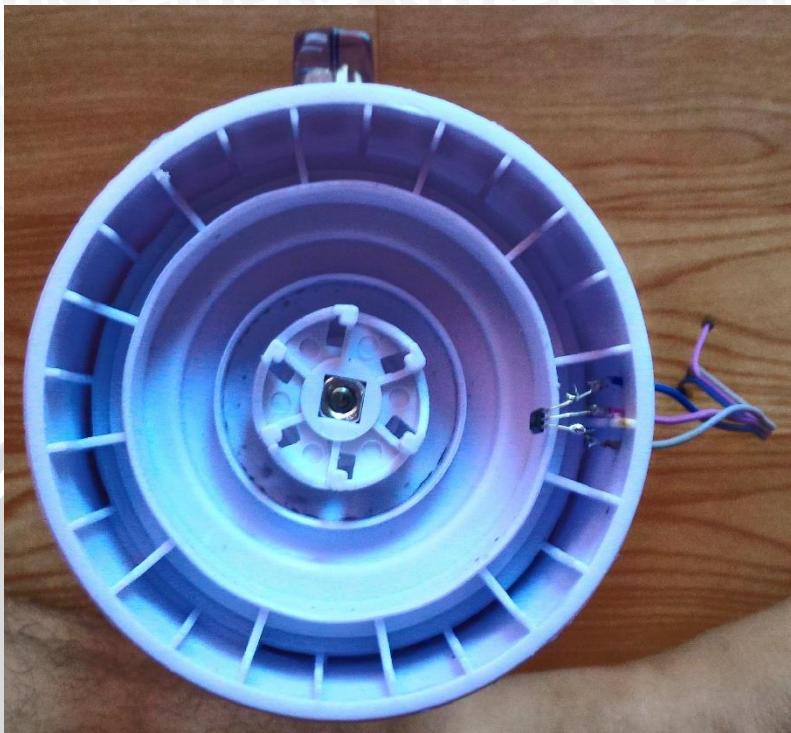
Lampiran II Foto Alat

Foto 1. Letak pemasangan hall sensor



Foto 2. Letak pemasangan magnet

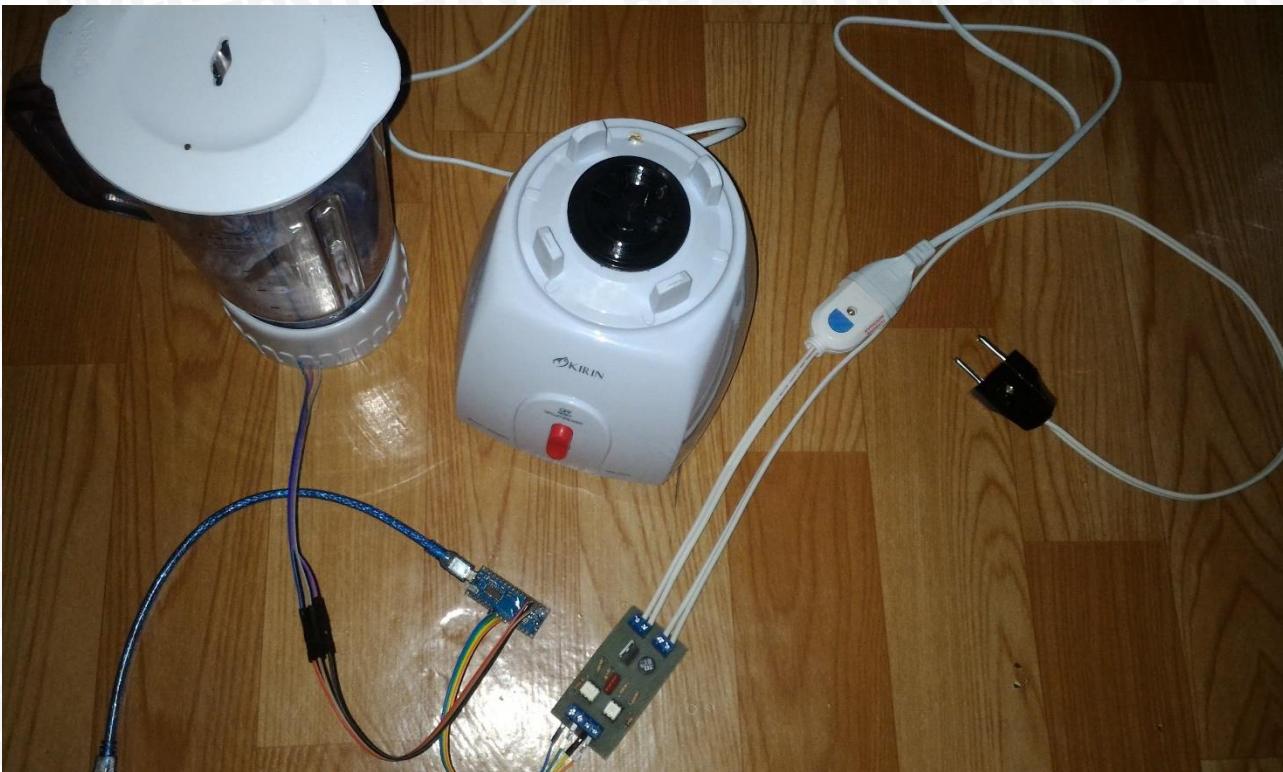


foto 3. Alat keseluruhan.

Lampiran III Datasheet





ATMEL 8-BIT MICROCONTROLLER WITH 4/8/16/32KBYTES IN-SYSTEM PROGRAMMABLE FLASH

DATASHEET

Features

- High Performance, Low Power Atmel® AVR® 8-Bit Microcontroller Family
- Advanced RISC Architecture
 - 131 Powerful Instructions – Most Single Clock Cycle Execution
 - 32 x 8 General Purpose Working Registers
 - Fully Static Operation
 - Up to 20 MIPS Throughput at 20MHz
 - On-chip 2-cycle Multiplier
- High Endurance Non-volatile Memory Segments
 - 4/8/16/32KBytes of In-System Self-Programmable Flash program memory
 - 256/512/512/1KBytes EEPROM
 - 512/1K/1K/2KBytes Internal SRAM
 - Write/Erase Cycles: 10,000 Flash/100,000 EEPROM
 - Data retention: 20 years at 85°C/100 years at 25°C⁽¹⁾
 - Optional Boot Code Section with Independent Lock Bits
 - In-System Programming by On-chip Boot Program
 - True Read-While-Write Operation
 - Programming Lock for Software Security
- Atmel® QTouch® library support
 - Capacitive touch buttons, sliders and wheels
 - QTouch and QMatrix® acquisition
 - Up to 64 sense channels
- Peripheral Features
 - Two 8-bit Timer/Counters with Separate Prescaler and Compare Mode
 - One 16-bit Timer/Counter with Separate Prescaler, Compare Mode, and Capture Mode
 - Real Time Counter with Separate Oscillator
 - Six PWM Channels
 - 8-channel 10-bit ADC in TQFP and QFN/MLF package
 - Temperature Measurement
 - 6-channel 10-bit ADC in PDIP Package
 - Temperature Measurement
 - Programmable Serial USART
 - Master/Slave SPI Serial Interface
 - Byte-oriented 2-wire Serial Interface (Philips I²C compatible)
 - Programmable Watchdog Timer with Separate On-chip Oscillator
 - On-chip Analog Comparator
 - Interrupt and Wake-up on Pin Change

- Special Microcontroller Features
 - Power-on Reset and Programmable Brown-out Detection
 - Internal Calibrated Oscillator
 - External and Internal Interrupt Sources
 - Six Sleep Modes: Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, Standby, and Extended Standby
- I/O and Packages
 - 23 Programmable I/O Lines
 - 28-pin PDIP, 32-lead TQFP, 28-pad QFN/MLF and 32-pad QFN/MLF
- Operating Voltage:
 - 1.8 - 5.5V
- Temperature Range:
 - -40°C to 85°C
- Speed Grade:
 - 0 - 4MHz@1.8 - 5.5V, 0 - 10MHz@2.7 - 5.5V, 0 - 20MHz @ 4.5 - 5.5V
- Power Consumption at 1MHz, 1.8V, 25°C
 - Active Mode: 0.2mA
 - Power-down Mode: 0.1µA
 - Power-save Mode: 0.75µA (Including 32kHz RTC)

1. Pin Configurations

Figure 1-1. Pinout ATmega48A/PA/88A/PA/168A/PA/328/P

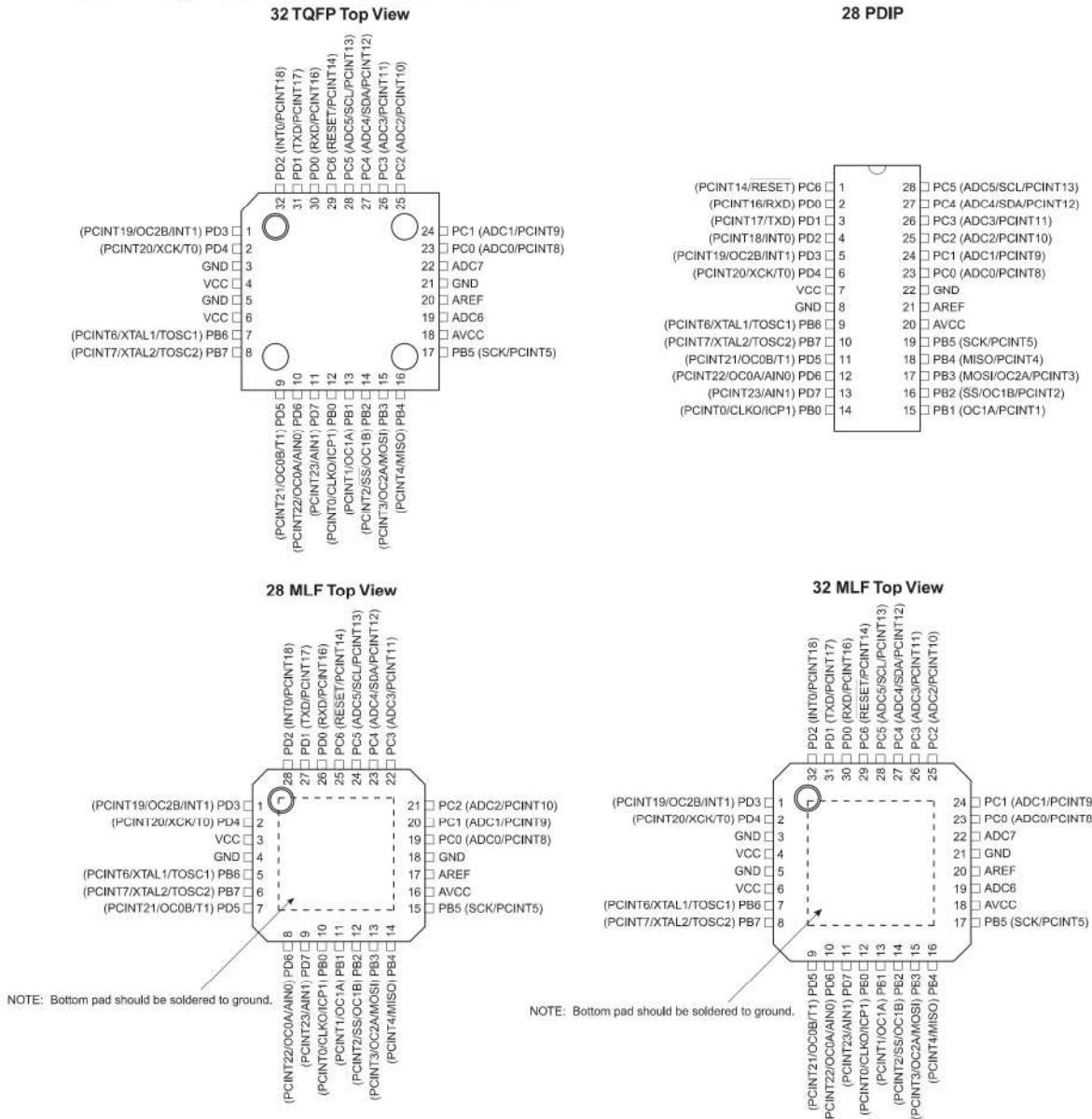


Table 1-1. 32UFBGA - Pinout ATmega48A/48PA/88A/88PA/168A/168PA

	1	2	3	4	5	6
A	PD2	PD1	PC6	PC4	PC2	PC1
B	PD3	PD4	PD0	PC5	PC3	PC0
C	GND	GND			ADC7	GND
D	VDD	VDD			AREF	ADC6
E	PB6	PD6	PB0	PB2	AVDD	PB5
F	PB7	PD5	PD7	PB1	PB3	PB4

29. Electrical Characteristics – ($T_A = -40^\circ\text{C}$ to 85°C)

29.1 Absolute Maximum Ratings*

Operating Temperature	-55°C to +125°C
Storage Temperature	-65°C to +150°C
Voltage on any Pin except <u>RESET</u> with respect to Ground	-0.5V to $V_{CC}+0.5V$
Voltage on <u>RESET</u> with respect to Ground	-0.5V to +13.0V
Maximum Operating Voltage	6.0V
DC Current per I/O Pin	40.0mA
DC Current V_{CC} and GND Pins	200.0mA

*NOTICE: Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress rating only and functional operation of the device at these or other conditions beyond those indicated in the operational sections of this specification is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

29.2 DC Characteristics

29.2.1 ATmega48A DC Characteristics

Table 29-1. ATmega48A DC characteristics - $T_A = -40^\circ\text{C}$ to 85°C , $V_{CC} = 1.8\text{V}$ to 5.5V (unless otherwise noted)

Symbol	Parameter	Condition	Min.	Typ. ⁽²⁾	Max.	Units
I_{CC}	Power Supply Current ⁽¹⁾	Active 1MHz, $V_{CC} = 2\text{V}$		0.2	0.55	mA
		Active 4MHz, $V_{CC} = 3\text{V}$		1.2	3.5	mA
		Active 8MHz, $V_{CC} = 5\text{V}$		4.0	12	mA
		Idle 1MHz, $V_{CC} = 2\text{V}$		0.03	0.5	mA
		Idle 4MHz, $V_{CC} = 3\text{V}$		0.21	1.5	mA
		Idle 8MHz, $V_{CC} = 5\text{V}$		0.9	5.5	mA
	Power-save mode ⁽³⁾	32kHz TOSC enabled, $V_{CC} = 1.8\text{V}$		0.75		µA
		32kHz TOSC enabled, $V_{CC} = 3\text{V}$		0.9		µA
	Power-down mode ⁽³⁾	WDT enabled, $V_{CC} = 3\text{V}$		3.9	15	µA
		WDT disabled, $V_{CC} = 3\text{V}$		0.1	2	µA

- Notes:
1. Values with "Minimizing Power Consumption" enabled (0xFF).
 2. Typical values at 25°C .
 3. The current consumption values include input leakage current.

29.2.8 ATmega328P DC Characteristics

Table 29-8. ATmega328P DC characteristics - $T_A = -40^\circ\text{C}$ to 85°C , $V_{CC} = 1.8\text{V}$ to 5.5V (unless otherwise noted)

Symbol	Parameter	Condition	Min.	Typ. ⁽²⁾	Max.	Units
I_{CC}	Power Supply Current ⁽¹⁾	Active 1MHz, $V_{CC} = 2\text{V}$		0.3	0.5	mA
		Active 4MHz, $V_{CC} = 3\text{V}$		1.7	2.5	
		Active 8MHz, $V_{CC} = 5\text{V}$		5.2	9	
		Idle 1MHz, $V_{CC} = 2\text{V}$		0.04	0.15	
		Idle 4MHz, $V_{CC} = 3\text{V}$		0.3	0.7	
		Idle 8MHz, $V_{CC} = 5\text{V}$		1.2	2.7	
	Power-save mode ⁽³⁾	32kHz TOSC enabled, $V_{CC} = 1.8\text{V}$		0.8		μA
		32kHz TOSC enabled, $V_{CC} = 3\text{V}$		0.9		
	Power-down mode ⁽³⁾	WDT enabled, $V_{CC} = 3\text{V}$		4.2	8	
		WDT disabled, $V_{CC} = 3\text{V}$		0.1	2	

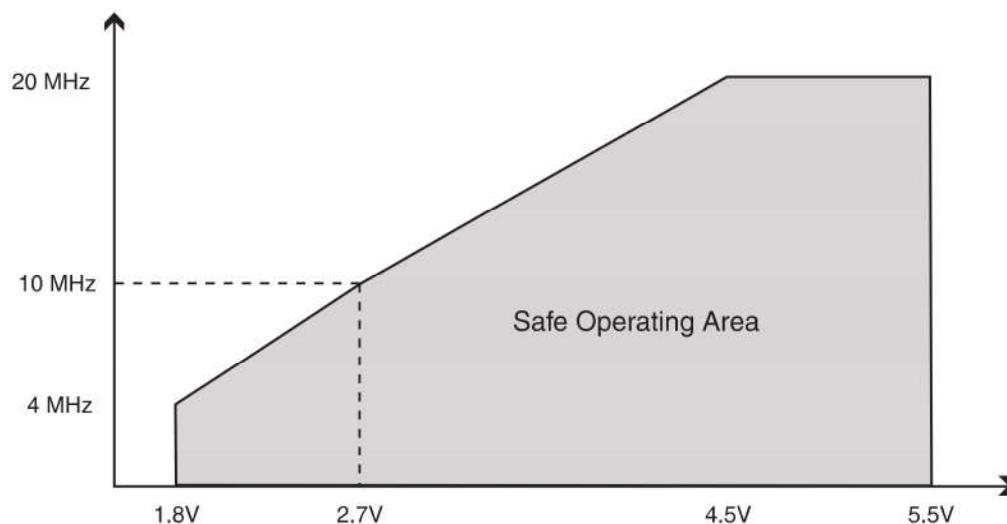
Notes:

1. Values with "Minimizing Power Consumption" enabled (0xFF).
2. Typical values at 25°C . Maximum values are test limits in production.
3. The current consumption values include input leakage current.

29.3 Speed Grades

Maximum frequency is dependent on V_{CC} . As shown in Figure 29-1, the Maximum Frequency vs. V_{CC} curve is linear between $1.8\text{V} < V_{CC} < 2.7\text{V}$ and between $2.7\text{V} < V_{CC} < 4.5\text{V}$.

Figure 29-1. Maximum Frequency vs. V_{CC}



Features and Benefits

- Geartooth Sensor
- Zero Speed Detection
- Insensitive to Orientation
- Short Circuit Protection
- Self-Adjusting Magnetic Range
- On-chip 10 bit A/D Converter
- High Speed Operation
- No Chopper Delay

Applications

- Geartooth Sensor
- Speed Sensor
- Camshaft Sensor
- Direction Detection*

*See applications example

Ordering Code

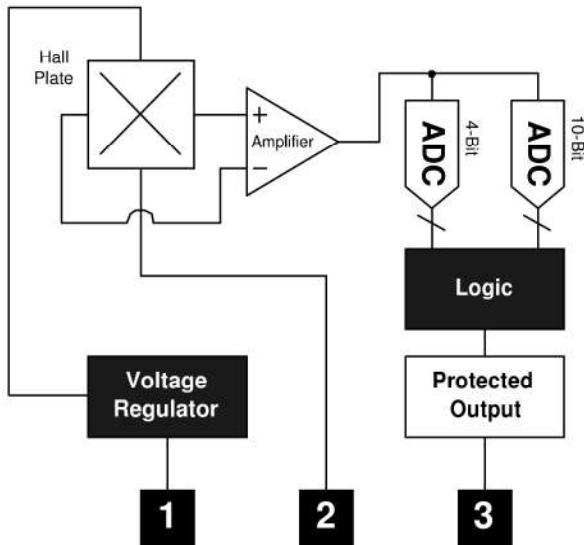
Product Code	Temperature Code	Package Code	Option Code	Packing Form Code
MLX90217	L	UA	CAA-000	BU
MLX90217	L	UA	CCA-000	BU

Legend:

Temperature Code:	L for Temperature Range -40 °C to 150 °C
Package Code:	UA for UA package
Option Code:	AAA-xxx: Die version xxx-000: Standard version
Packing Form:	BU for Bulk

Ordering example: MLX90217LUA-CAA-000-BU

Functional Diagram



Pin 1 - V_{DD} (Supply)
 Pin 2 - V_{SS} (Ground)
 Pin 3 - Output

Note: Static sensitive device, please observe ESD precautions.

Description

The MLX90217 is a self adjusting digital output rotary position gear tooth sensor designed for use in automotive camshaft sensing as well as other speed sensing applications. It is designed to be used with a bias magnet south facing the back (non-marked) side of the IC. The device has an open collector output which is short circuit protected.

The MLX90217 is a sophisticated IC featuring an on-chip 10-bit A/D Converter and logic that acts as a digital sample and hold circuit. A separate 4-bit A/D converter provides a fixed hysteresis. The 90217 does not have a chopper delay. The 90217 uses a single Hall plate which is immune to rotary alignment problems. The bias magnet can be from 50 to 400mT.

As the signal is sampled, the logic recognizes an increasing or decreasing flux density. The output will turn on (B_{OP}) after the flux has reached its peak and decreased by an amount equal to the hysteresis. Similarly the output will turn off (B_{RP}) after the flux has reached its minimum value and increased by an amount equal to the hysteresis.

MLX90217 Electrical Specifications

DC Operating Parameters $T_A = -40^\circ\text{C}$ to 150°C , $V_{DD} = 3.5\text{V}$ to 24V (unless otherwise specified).

Parameter	Symbol	Test Conditions	Min	Typ	Max	Units
Supply Voltage	V_{DD}	Operating	3.5	-	24	V
Supply Current	I_{DD}	$V_{DD} = 12\text{V}$	1.5	3.0	4.5	mA
Supply Current	I_{DD}	$V_{DD} = 3.5\text{V}$ to 24V	1	-	6	mA
Leakage Current	I_{LEAK}	$V_{OUT} = 3.5\text{V}$ to 24V	-	-	10	A
Output Current	I_{OUT}	Operating	-	-	25	mA
Output Saturation Voltage	V_{SAT}	$V_{DD} = 12\text{V}$, $I_{OUT} = 25\text{mA}$	-	-	600	mV
Output Short Circuit Current	I_{FAULT}	Fault	50	100	150	mA
Output Short Circuit Shutdown	T_{FAULT}	Fault	100	-	200	s
Clock Frequency	f_{CLK}	Operating	300	500	800	kHz
Output Rise Time	t_r	$V_{DD}=12\text{V}$ $R_1 = 880\Omega$ $C_1 = 20\text{pF}$		-	400	nS
Output Fall Time	t_f	$V_{DD}=12\text{V}$ $R_1 = 880 \Omega$ $C_1 = 20\text{pF}$		-	400	nS
Bandwidth	BW	Operating	-	-	15	kHz
Thermal Resistance	R_{TH}	Operating	-	-	200	°C/Watt

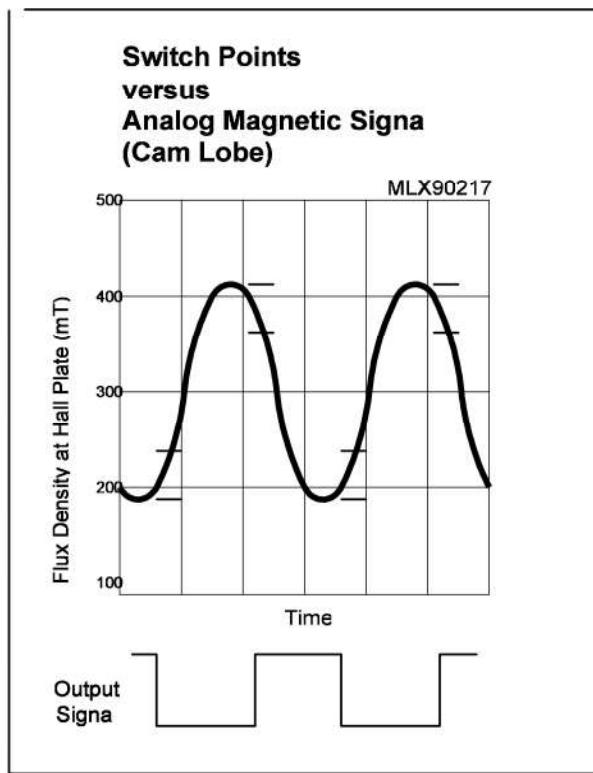
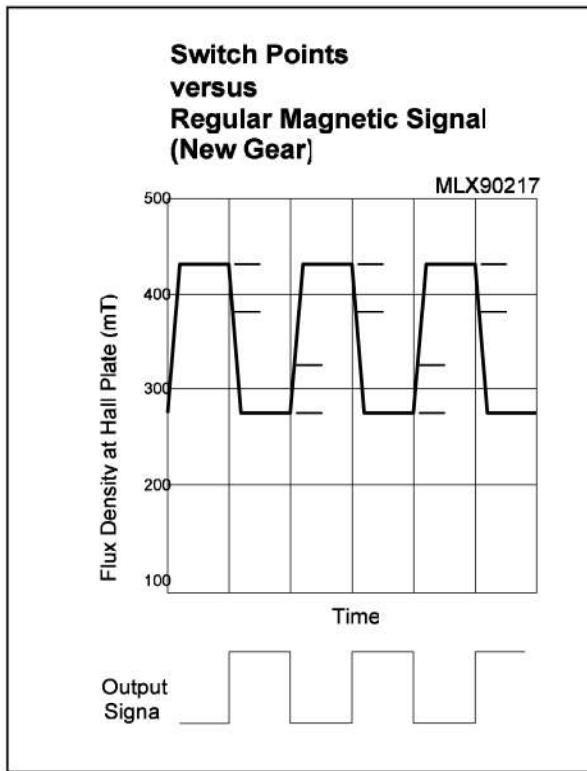
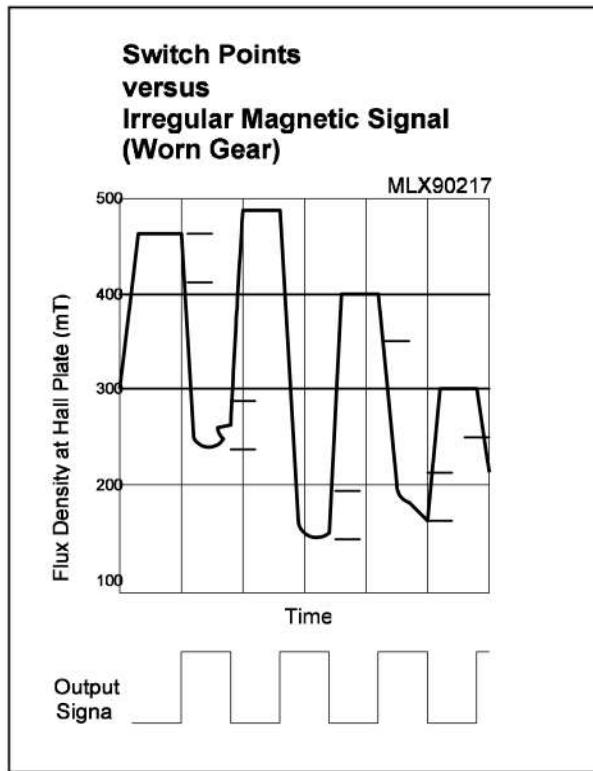
MLX90217 Magnetic Specifications

DC Operating Parameters $T_A = -40^\circ\text{C}$ to 150°C , $V_{DD} = 3.5\text{V}$ to 24V (Unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Test Conditions	Min	Typ	Max	Units
Back Bias Range	B_{BIAS}	Operating	-30	-	400	mT
Linear Region		$V_{DD} = 12\text{V}$	50	-	500	mT
Hysteresis	B_{hys}	(CAA-000)	1.8	3.5	10	mT
		(CCA-000)	3.8	5.5	12	mT

Note: $1\text{ mT} = 10\text{ Gauss}$

Performance Graphs



Absolute Maximum Ratings

Supply Voltage (Operating), V _{DD}	30V
Supply Current (Fault), I _{DD}	50mA
Output Current (Fault), I _{OUT}	30mA
Output Current (Fault), I _{fault}	50mA
Output Voltage, V _{OUT}	30V
Power Dissipation, P _D	100mW
Operating Temperature Range, T _A	- 40°C to 150°C
Storage Temperature Range, T _S	- 65°C to 150°C
Maximun Junction Temp, T _J	175°C

Application Notes

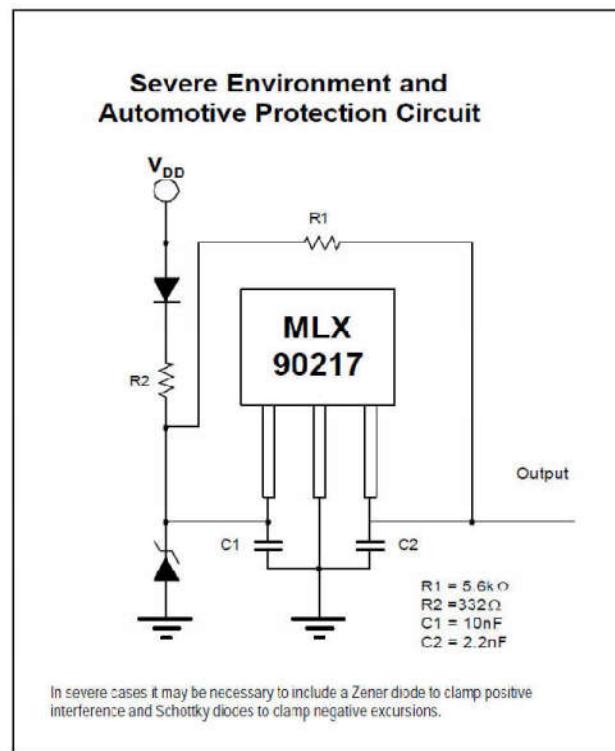
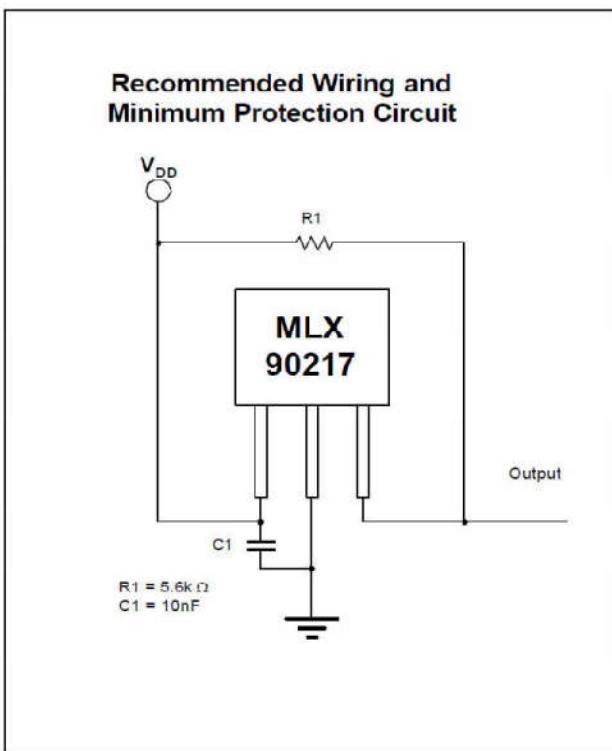
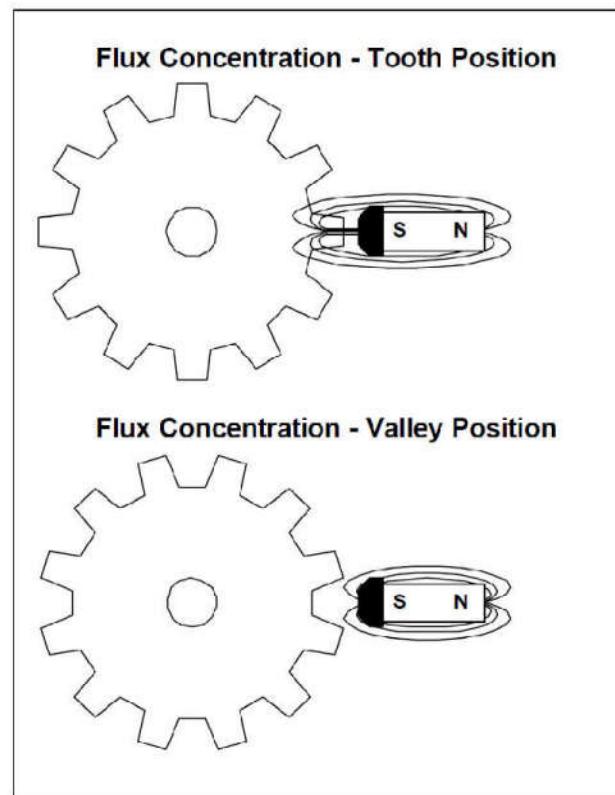
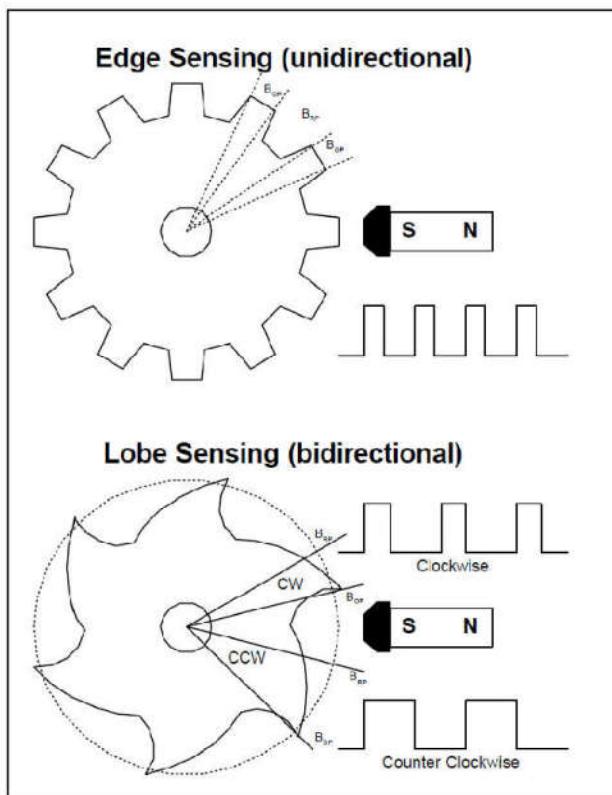
Maximum dynamic range is 500 mT. The hysteresis is fixed at 5.0 mT. Best angular accuracy will be obtained when the magnetic circuit provides peak magnetic flux at the chip near the high end of the linear range of 500 mT. EMC protection using external components are recommended. Two possibilities are shown on the following page. Normally the South pole faces the unbranded side of the device. A North pole will enable a test sequence used in factory testing.

Unique Features

The output is reset to the high state at power on (output driver is off) whatever the field is. The output only changes after the first min is detected. The reset state holds no information about the field. If the supply of the chip is raised slowly, the reset state is not stable. This has been observed at 0 field but it should be the same with small and large fields.

Gear tooth sensors often need to be adjusted after the module is assembled to align the magnet with differential Hall plates or orient with teeth. However the MLX90217 is "self adjusting" over a wide range of back bias flux eliminating the need for any trimming in the application. The magnet may be glued to the back surface (non branded side) of the IC using a cyanoacrylate adhesive or suitable epoxy.

Applications Examples



MOC3020 THRU MOC3023
OPTOCOUPLEDERS/OPTOISOLATORS

SOES025A – OCTOBER 1986 – REVISED APRIL 1998

- 400 V Phototriac Driver Output
 - Gallium-Arsenide-Diode Infrared Source and Optically-Coupled Silicon Traic Driver (Bilateral Switch)
 - UL Recognized . . . File Number E65085
 - High Isolation . . . 7500 V Peak
 - Output Driver Designed for 220 Vac
 - Standard 6-Terminal Plastic DIP
 - Directly Interchangeable with Motorola MOC3020, MOC3021, MOC3022, and MOC3023

typical 115/240 Vac(rms) applications

- Solenoid/Valve Controls
 - Lamp Ballasts
 - Interfacing Microprocessors to 115/240 Vac
Peripherals
 - Motor Controls
 - Incandescent Lamp Dimmers

absolute maximum ratings at 25°C free-air temperature (unless otherwise noted)

[†] 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.

NOTES: 1. Input-to-output peak voltage is the internal device dielectric breakdown rating.

2. Derate linearly to 100°C free-air temperature at the rate of 1.33 mW/°C.
 3. Derate linearly to 100°C free-air temperature at the rate of 4 mW/°C.
 4. Derate linearly to 100°C free-air temperature at the rate of 4.4 mW/°C.

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



Copyright © 1998, Texas Instruments Incorporated

MOC3020 THRU MOC3023 OPTOCOUPLES/OPTOISOLATORS

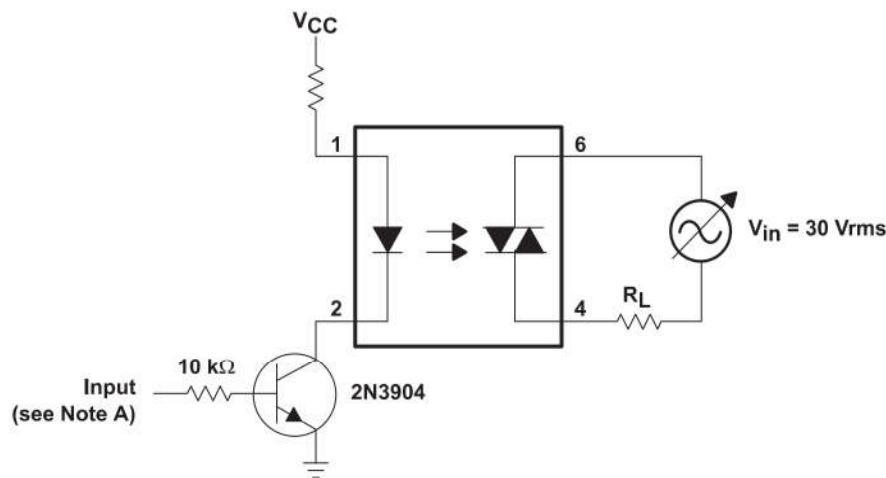
SOES025A – OCTOBER 1986 – REVISED APRIL 1998

electrical characteristics at 25°C free-air temperature (unless otherwise noted)

PARAMETER		TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
I _R	Static reverse current	V _R = 3 V		0.05	100	µA
V _F	Static forward voltage	I _F = 10 mA		1.2	1.5	V
I _(DRM)	Repetitive off-state current, either direction	V _(DRM) = 400 V, See Note 5		10	100	nA
dv/dt	Critical rate of rise of off-state voltage	See Figure 1		100		V/µs
dv/dt(c)	Critical rate of rise of commutating voltage	I _O = 15 mA, See Figure 1		0.15		V/µs
I _{FT}	Input trigger current, either direction	MOC3020		15	30	mA
		MOC3021		8	15	
		MOC3022		5	10	
		MOC3023		3	5	
V _{TM}	Peak on-state voltage, either direction	I _{TM} = 100 mA		1.4	3	V
I _H	Holding current, either direction			100		µA

NOTE 5: Test voltage must be applied at a rate no higher than 12 V/µs.

PARAMETER MEASUREMENT INFORMATION



NOTE A. The critical rate of rise of off-state voltage, dv/dt, is measured with the input at 0 V. The frequency of V_{in} is increased until the phototriac turns on. This frequency is then used to calculate the dv/dt according to the formula:

$$dv/dt = 2\sqrt{2}\pi fV_{in}$$

The critical rate of rise of commutating voltage, dv/dt(c), is measured by applying occasional 5-V pulses to the input and increasing the frequency of V_{in} until the phototriac stays on (lashes) after the input pulse has ceased. With no further input pulses, the frequency of V_{in} is then gradually decreased until the phototriac turns off. The frequency at which turn-off occurs may then be used to calculate the dv/dt(c) according to the formula shown above.

Figure 1. Critical Rate of Rise Test Circuit

TYPICAL CHARACTERISTICS

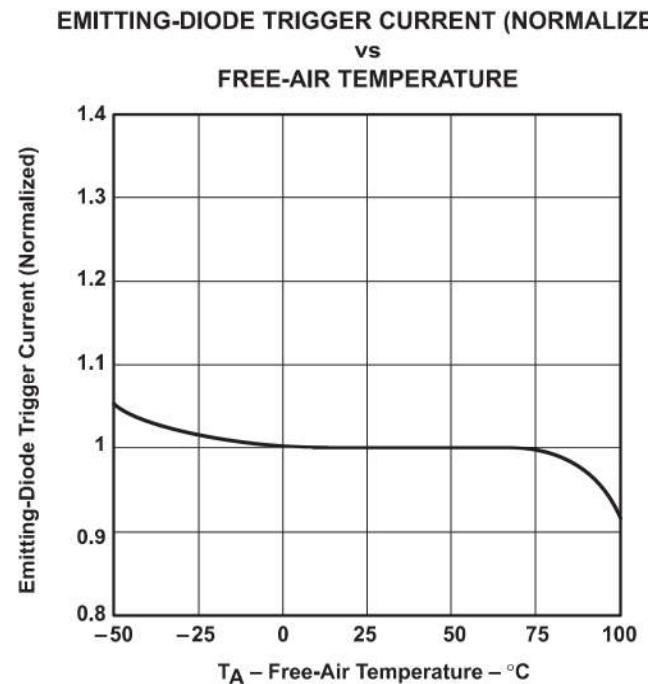


Figure 2

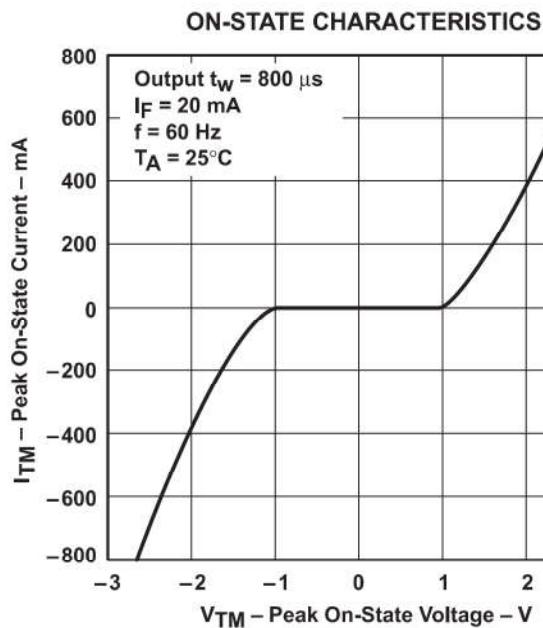


Figure 3

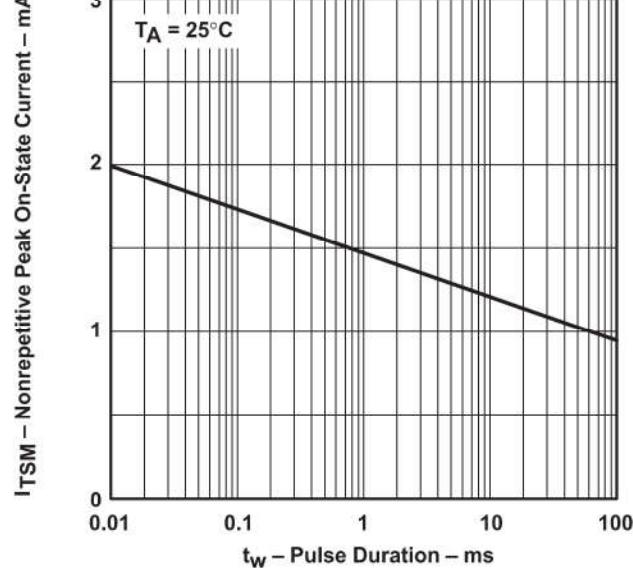


Figure 4

MOC3020 THRU MOC3023 OPTOCOUPLES/OPTOISOLATORS

SOES025A – OCTOBER 1986 – REVISED APRIL 1998

APPLICATIONS INFORMATION

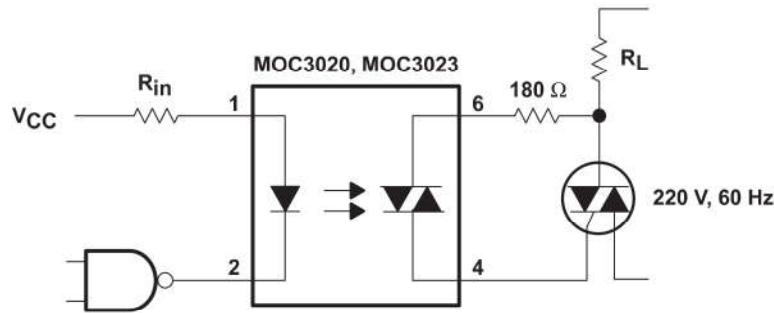


Figure 5. Resistive Load

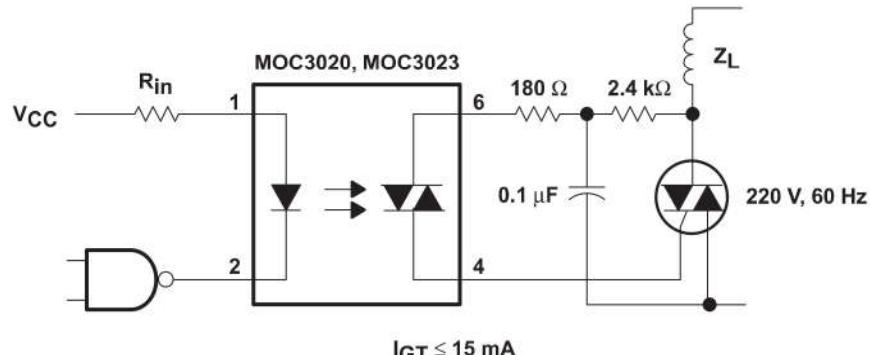


Figure 6. Inductive Load With Sensitive-Gate Triac

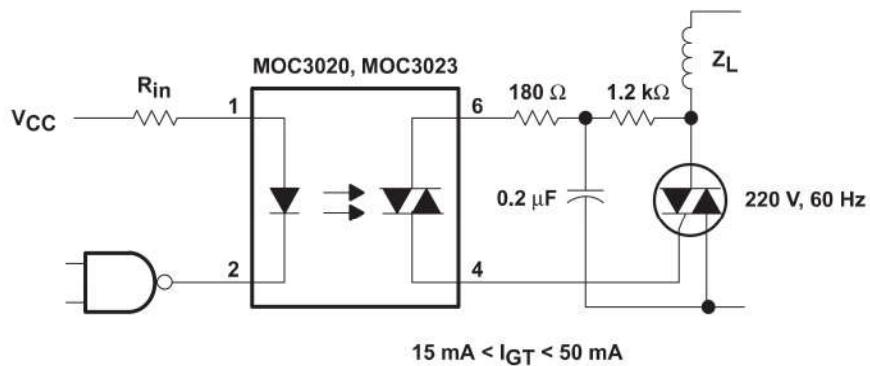


Figure 7. Inductive Load With Nonsensitive-Gate Triac

Triacs sensitive gate

BT139 series E

GENERAL DESCRIPTION

Passivated, sensitive gate triacs in a plastic envelope, intended for use in general purpose bidirectional switching and phase control applications, where high sensitivity is required in all four quadrants.

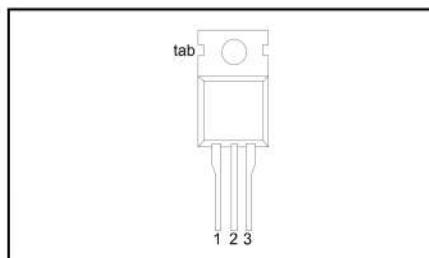
QUICK REFERENCE DATA

SYMBOL	PARAMETER	MAX.	MAX.	UNIT
V_{DRM}	Repetitive peak off-state voltages	600E	800E	V
$I_{T(RMS)}$	RMS on-state current	600	800	
I_{TSM}	Non-repetitive peak on-state current	16	16	A
	Non-repetitive peak on-state current	140	140	A

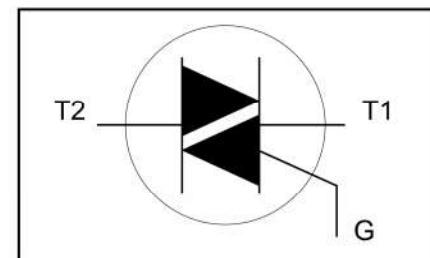
PINNING - TO220AB

PIN	DESCRIPTION
1	main terminal 1
2	main terminal 2
3	gate
tab	main terminal 2

PIN CONFIGURATION



SYMBOL



LIMITING VALUES

Limiting values in accordance with the Absolute Maximum System (IEC 134).

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	MAX.	UNIT
V_{DRM}	Repetitive peak off-state voltages		-	-600 600 ¹	V
$I_{T(RMS)}$	RMS on-state current	full sine wave; $T_{mb} \leq 99^\circ\text{C}$	-	16	A
I_{TSM}	Non-repetitive peak on-state current	full sine wave; $T_j = 25^\circ\text{C}$ prior to surge			
I^2t	I^2t for fusing	$t = 20 \text{ ms}$	-	140	A
dI_T/dt	Repetitive rate of rise of on-state current after triggering	$t = 16.7 \text{ ms}$	-	150	A
		$t = 10 \text{ ms}$	-	98	A ² s
		$I_{TM} = 20 \text{ A}; I_G = 0.2 \text{ A}; dI_G/dt = 0.2 \text{ A}/\mu\text{s}$			
		T2+ G+	-	50	A/ μs
		T2+ G-	-	50	A/ μs
		T2- G-	-	50	A/ μs
		T2- G+	-	10	A/ μs
I_{GM}	Peak gate current		-	2	A
V_{GM}	Peak gate voltage		-	5	V
P_{GM}	Peak gate power		-	5	W
$P_{G(AV)}$	Average gate power	over any 20 ms period	-	0.5	W
T_{stg}	Storage temperature		-40	150	°C
T_j	Operating junction temperature		-	125	°C

¹ Although not recommended, off-state voltages up to 800V may be applied without damage, but the triac may switch to the on-state. The rate of rise of current should not exceed 15 A/ μs .

Triacs sensitive gate

BT139 series E

THERMAL RESISTANCES

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
$R_{th\ j-mb}$	Thermal resistance junction to mounting base	full cycle	-	-	1.2	K/W
$R_{th\ j-a}$	Thermal resistance junction to ambient	half cycle in free air	-	60	1.7	K/W

STATIC CHARACTERISTICS

$T_j = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise stated

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
I_{GT}	Gate trigger current	$V_D = 12\text{ V}; I_T = 0.1\text{ A}$	-	2.5	10	mA
		$T_2+ G+$	-	4.0	10	mA
		$T_2+ G-$	-	5.0	10	mA
		$T_2- G-$	-	11	25	mA
I_L	Latching current	$V_D = 12\text{ V}; I_{GT} = 0.1\text{ A}$	-	3.2	30	mA
		$T_2+ G+$	-	16	40	mA
		$T_2+ G-$	-	4.0	30	mA
		$T_2- G-$	-	5.5	40	mA
I_H V_T V_{GT}	Holding current On-state voltage Gate trigger voltage	$V_D = 12\text{ V}; I_{GT} = 0.1\text{ A}$	-	4.0	30	mA
		$I_T = 20\text{ A}$	-	1.2	1.6	V
		$V_D = 12\text{ V}; I_T = 0.1\text{ A}$	-	0.7	1.5	V
I_D	Off-state leakage current	$V_D = 400\text{ V}; I_T = 0.1\text{ A}; T_j = 125^\circ\text{C}$	0.25	0.4	-	V
		$V_D = V_{DRM(max)}; T_j = 125^\circ\text{C}$	-	0.1	0.5	mA

DYNAMIC CHARACTERISTICS

$T_j = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise stated

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
dV_D/dt	Critical rate of rise of off-state voltage	$V_{DM} = 67\% V_{DRM(max)}; T_j = 125^\circ\text{C};$ exponential waveform; gate open circuit	-	50	-	V/ μs
t_{gt}	Gate controlled turn-on time	$I_{TM} = 20\text{ A}; V_D = V_{DRM(max)}; I_G = 0.1\text{ A};$ $dI_G/dt = 5\text{ A}/\mu\text{s}$	-	2	-	μs

Triacs sensitive gate

BT139 series E

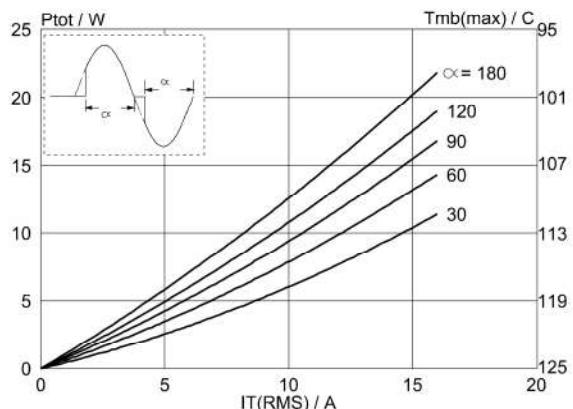


Fig.1. Maximum on-state dissipation, P_{tot} , versus rms on-state current, $I_{T(RMS)}$, where α = conduction angle.

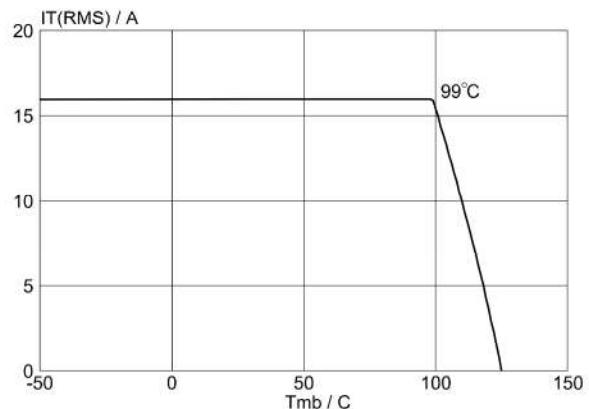


Fig.4. Maximum permissible rms current $I_{T(RMS)}$, versus mounting base temperature T_{mb} .

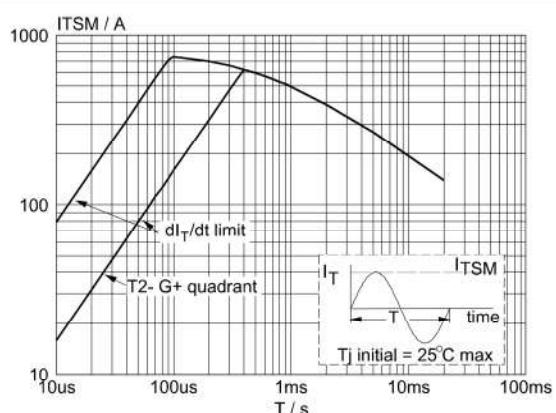


Fig.2. Maximum permissible non-repetitive peak on-state current I_{TSM} , versus pulse width t_p , for sinusoidal currents, $t_p \leq 20\text{ms}$.

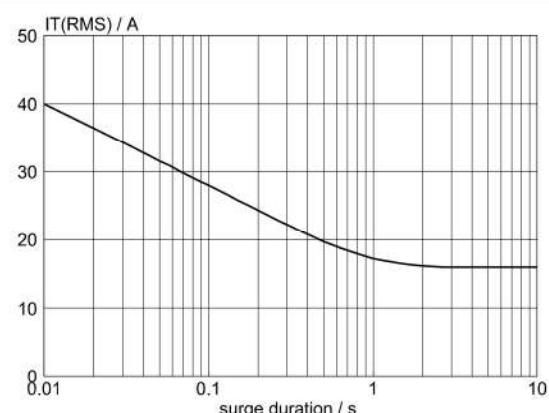


Fig.5. Maximum permissible repetitive rms on-state current $I_{T(RMS)}$, versus surge duration, for sinusoidal currents, $f = 50\text{ Hz}$; $T_{mb} \leq 99^\circ\text{C}$.

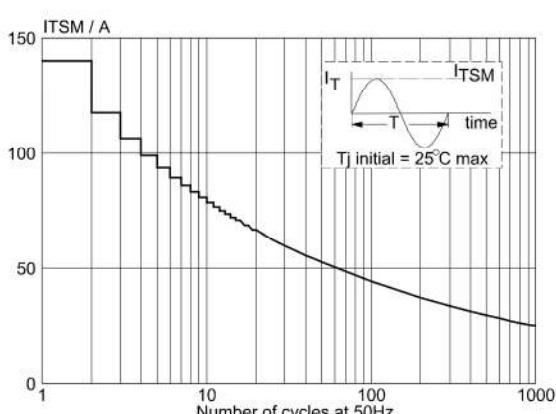


Fig.3. Maximum permissible non-repetitive peak on-state current I_{TSM} , versus number of cycles, for sinusoidal currents, $f = 50\text{ Hz}$.

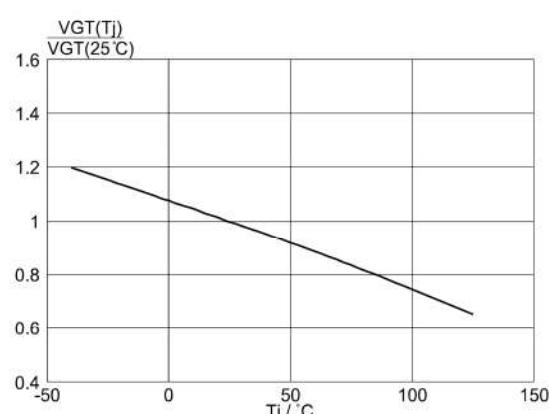


Fig.6. Normalised gate trigger voltage $V_{GT}(T_j)/V_{GT}(25^\circ\text{C})$, versus junction temperature T_j .

Triacs sensitive gate

BT139 series E

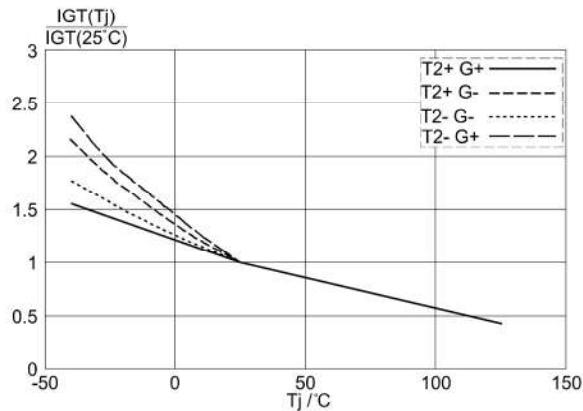


Fig.7. Normalised gate trigger current $I_{GT}(T_j)/I_{GT}(25^\circ\text{C})$, versus junction temperature T_j .

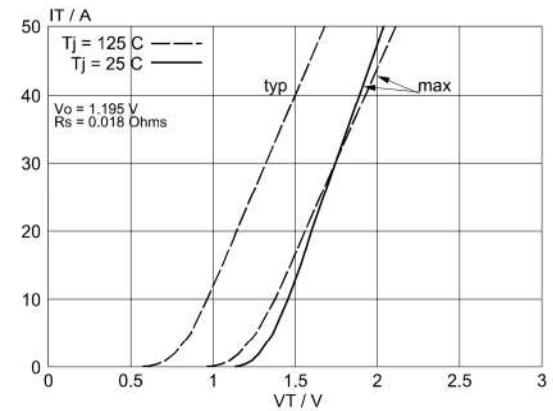


Fig.10. Typical and maximum on-state characteristic.

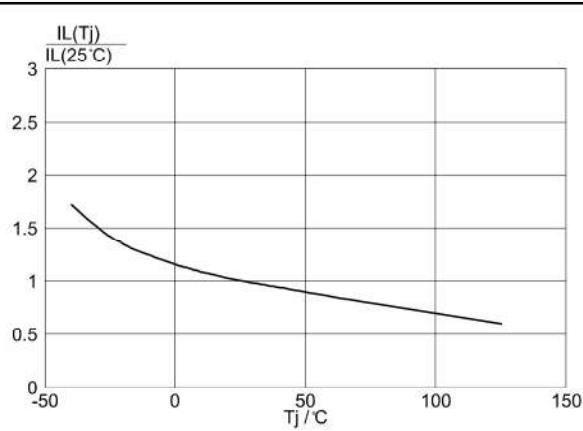


Fig.8. Normalised latching current $I_L(T_j)/I_L(25^\circ\text{C})$, versus junction temperature T_j .

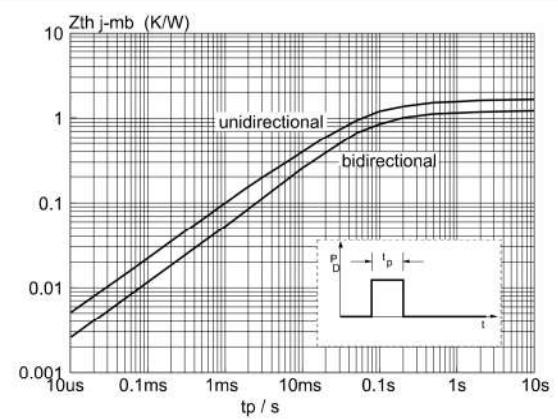


Fig.11. Transient thermal impedance $Z_{th j-mb}$, versus pulse width t_p .

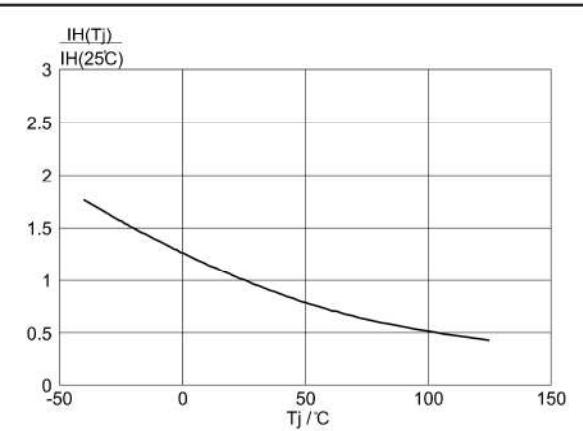


Fig.9. Normalised holding current $I_H(T_j)/I_H(25^\circ\text{C})$, versus junction temperature T_j .

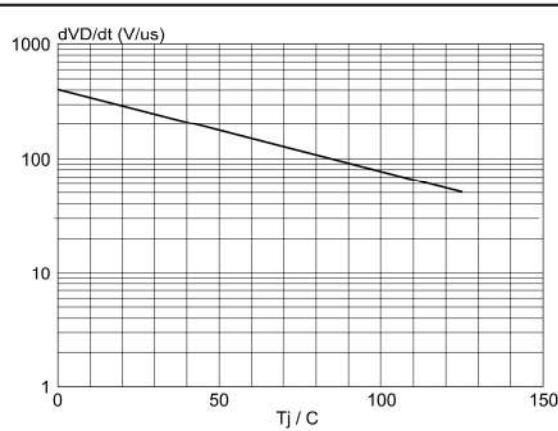


Fig.12. Typical, critical rate of rise of off-state voltage, dV_D/dt versus junction temperature T_j .