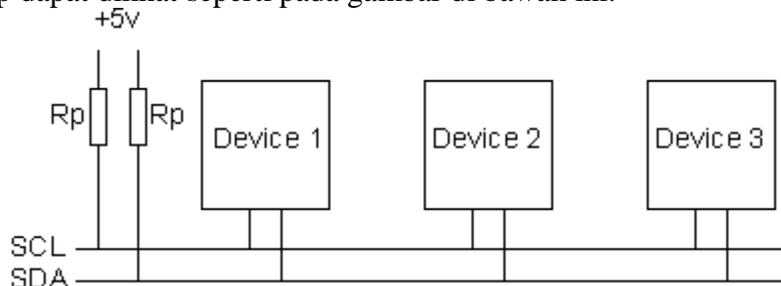


## I<sup>2</sup>C Protokol

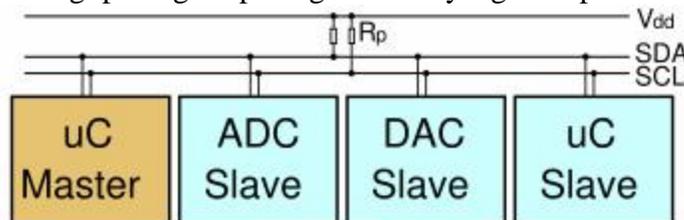


I<sup>2</sup>C merupakan singkatan dari *Inter-Integrated Circuit*, yang disebut dengan *I-squared-C* atau *I-two-C*. I<sup>2</sup>C merupakan protokol yang digunakan pada *multi-master serial computer bus* yang diciptakan oleh Philips yang digunakan untuk saling berkomunikasi dengan perangkat *low-speed* lainnya yang diaplikasikan pada *motherboard*, *embedded system*, atau *cellphone*. Jalur I<sup>2</sup>C bus hanya merupakan 2 jalur yang disebut dengan SDA line dan SCL line, dimana SCL line merupakan jalur untuk clock dan SDA line merupakan jalur untuk data. Semua peralatan yang akan digunakan dihubungkan seluruhnya pada jalur SDA line dan SCL line dari I<sup>2</sup>C bus tersebut. Jenis komunikasi yang dilakukan antar peralatan dengan menggunakan protokol I<sup>2</sup>C mempunyai sifat *serial synchronous half duplex bidirectional*, dimana yang data ditransmisikan dan diterima hanya melalui satu jalur data SDA line (bersifat *serial*), setiap penggunaan jalur data bergantian antar perangkat (bersifat *half duplex*) dan data dapat ditransmisikan dari dan ke sebuah perangkat (bersifat *bidirectional*). Sumber clock yang digunakan pada I<sup>2</sup>C bus hanya berasal dari satu perangkat master melalui jalur clock SCL line (bersifat *synchronous*). Kedua jalur SDA dan SCL merupakan driver yang bersifat "open drain", yang berarti bahwa IC yang digunakan dapat mendrive outputnya low, tetapi tidak dapat mendrive menjadi high. Untuk dapat mendapatkan data yang high maka kita harus menyediakan resistor pull-up pada tegangan power supply sebesar 5 volt terhadap jalur SDA dan SCL tersebut. Kita hanya membutuhkan satu set pull-up resistor untuk semua jalur I<sup>2</sup>C bus, tidak untuk semua perangkat yang kita gunakan, pemasangan resistor pull-up dapat dilihat seperti pada gambar di bawah ini:



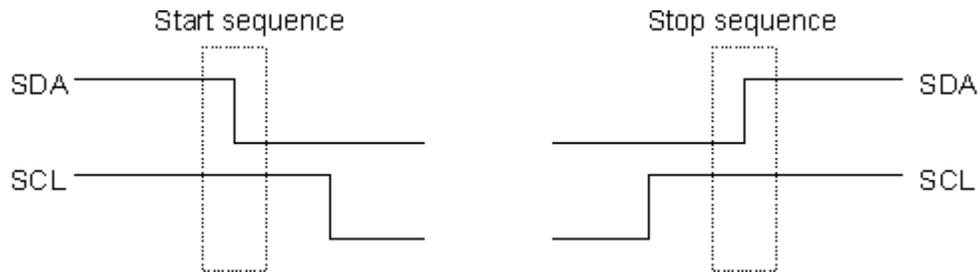
Jika resistor-resistor tersebut tidak ada, maka jalur SCL dan SDA akan selalu mendekati low – mendekati 0 volt dan jalur-jalur I<sup>2</sup>C bus tidak dapat bekerja. Nilai resistor yang kita dapat gunakan berkisar dari 1K8 $\Omega$  hingga 47K $\Omega$ . Biasanya nilai 1K8, 4K7 dan 10K merupakan nilai-nilai yang umum digunakan tetapi semua nilai yang berada dalam range nilai di atas dapat digunakan dan bekerja dengan baik.

Semua perangkat yang terdapat dalam jalur I<sup>2</sup>C bus merupakan perangkat slave dan master, dimana master merupakan perangkat yang berfungsi sebagai pengatur (controller) dan sumber clock bagi perangkat-perangkat slave yang terdapat dalam jalur I<sup>2</sup>C bus.

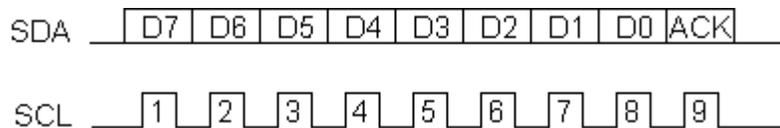


Dalam sebuah jalur I<sup>2</sup>C bus selain memungkinkan adanya penggunaan banyak perangkat slave, juga bisa menggunakan beberapa perangkat master dalam sebuah jalur I<sup>2</sup>C bus yang sama. Jika menggunakan multiple perangkat master dalam sebuah jalur I<sup>2</sup>C bus maka penggunaan jalur bergantian antar tiap-tiap perangkat master, tetapi umumnya hanya digunakan satu master device dengan multiple perangkat slave pada sebuah jalur I<sup>2</sup>C bus. Kecepatan transfer data dari protocol I<sup>2</sup>C ditentukan oleh besar clock speed yang digunakan pada jalur SCL line. Kecepatan clock standar yang diberikan pada jalur SCL line pada I<sup>2</sup>C sebesar 100 KHz. Philips sebagai pencipta protocol I<sup>2</sup>C ini membuat standar kecepatan I<sup>2</sup>C lainnya yaitu Fast Mode yang mempunyai kecepatan clock sebesar 400 KHz dan High Speed Mode yang mempunyai kecepatan hingga sebesar 3.4 MHz.

Untuk melakukan transmisi data pada sebuah jalur I<sup>2</sup>C bus, dimulai dengan mengirimkan sebuah start sequence dan diakhiri dengan mengirimkan stop sequence. Start sequence dan stop sequence menandakan awal dan akhir dari proses transmisi data dengan perangkat yang lainnya dalam sebuah jalur I<sup>2</sup>C bus. Berikut merupakan gambar dari start sequence dan stop sequence.

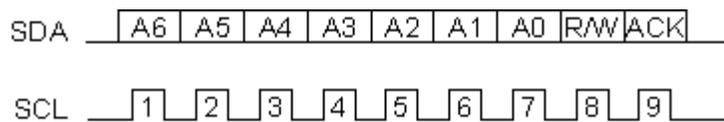


Transmisi data antar perangkat terjadi setelah start sequence dan sebelum stop sequence. Data yang ditransmisikan sejumlah 8 bit dengan MSB (Most Significant Bit) yang dikirimkan terlebih dahulu hingga kepada LSB (Least Significant Bit) kemudian selalu terdapat tambahan satu bit yang merupakan Acknowledgement bit (ACK bit). ACK bit digunakan untuk mengetahui kondisi transmisi data, jika ACK bit berupa kondisi low maka perangkat yang ada sudah menerima data dan siap untuk menerima data yang selanjutnya, sedangkan ACK bit berupa kondisi high maka perangkat yang ada sudah tidak dapat melakukan transmisi data dan master harus mengirimkan stop sequence untuk menghentikan komunikasi yang sedang berlangsung. Pada saat berlangsung komunikasi antar perangkat dalam sebuah jalur I<sup>2</sup>C bus, bit data dikirimkan pada saat jalur SCL line dalam kondisi high dan pergantian bit data terjadi pada saat jalur SCL line dalam kondisi low, yang seperti dapat dilihat pada gambar berikut:

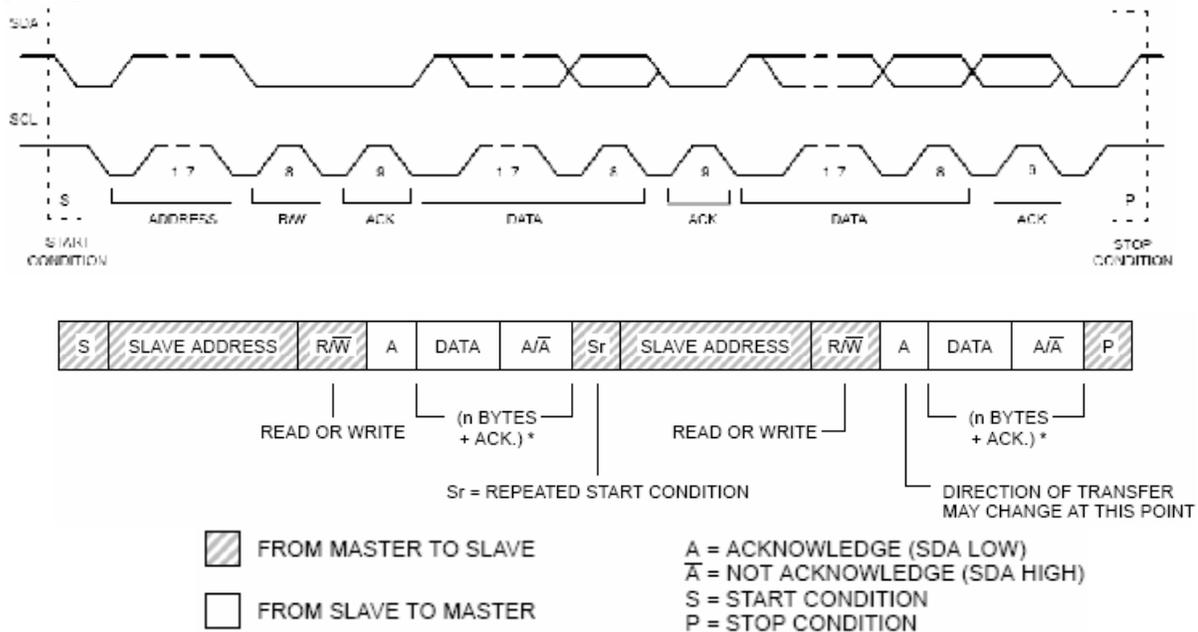


Pada sebuah jalur I<sup>2</sup>C bus ditujukan untuk mengendalikan beberapa perangkat slave dengan menggunakan sebuah perangkat master. Setiap perangkat slave pada jalur I<sup>2</sup>C bus masing-masing mempunyai alamat I<sup>2</sup>C yang berbeda-beda. Jumlah pengalamatan yang umumnya digunakan pada sebuah protokol I<sup>2</sup>C sebesar 7 bit alamat, sehingga pada

sebuah jalur I<sup>2</sup>C bus dapat digunakan perangkat slave sebanyak 2<sup>7</sup> perangkat dengan alamat yang berkisar antara 0 sampai dengan 127. Pada saat mengirimkan 7 bit alamat sebuah perangkat slave kita selalu mengirimkan 8 bit data, yaitu 7 bit alamat + 1 bit R/W. Bit R/W (Read/Write) digunakan untuk memberitahukan kepada perangkat slave yang dipanggil tindakan yang akan dilakukan perangkat master pada perangkat slave tersebut, dimana Read → perangkat master akan melakukan pembacaan data dari perangkat slave tersebut dan Write → perangkat master akan melakukan pengiriman data pada perangkat slave tersebut. Untuk melakukan Read maka pada bit R/W diberikan kondisi logic high, sedangkan untuk melakukan Write maka pada bit R/W diberikan kondisi logic low. Pengiriman alamat perangkat slave pada sebuah sequence protocol I<sup>2</sup>C dapat dilihat pada gambar berikut:

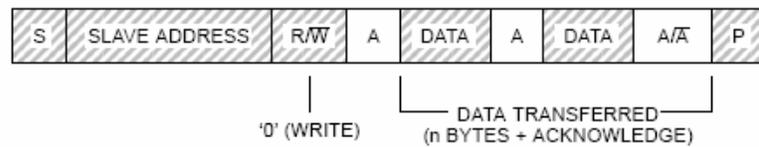
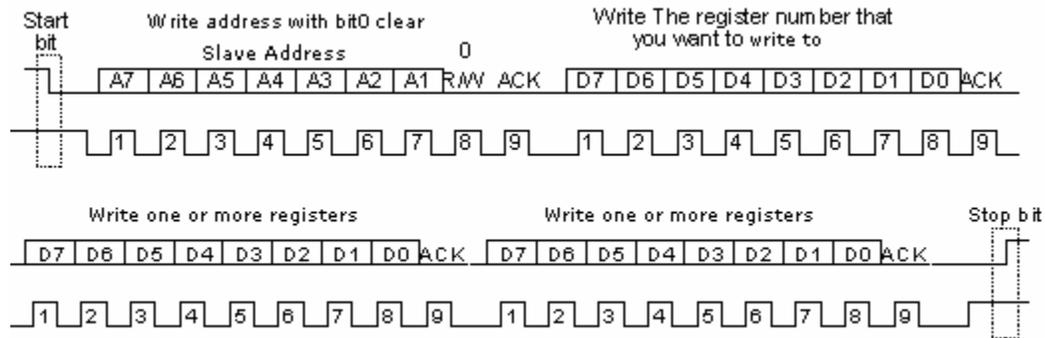


Sebuah perangkat master dapat melakukan dua tindakan pada perangkat slave yang terhubung dalam sebuah jalur I<sup>2</sup>C bus, yaitu melakukan read dari perangkat slave atau melakukan write ke perangkat slave. Penggunaan protocol untuk melakukan read atau write sedikit berbeda, namun untuk memulai komunikasi antara master dan slave sama untuk write atau read, yaitu dengan mengirimkan start sequence kemudian alamat perangkat slave yang dituju dan tindakan yang akan dilakukan write atau read, dan pada akhirnya mengirimkan stop sequence untuk menyelesaikan komunikasi yang sedang berlangsung. Komunikasi yang terjadi pada protokol I<sup>2</sup>C secara lengkap dapat dilihat pada gambar berikut:



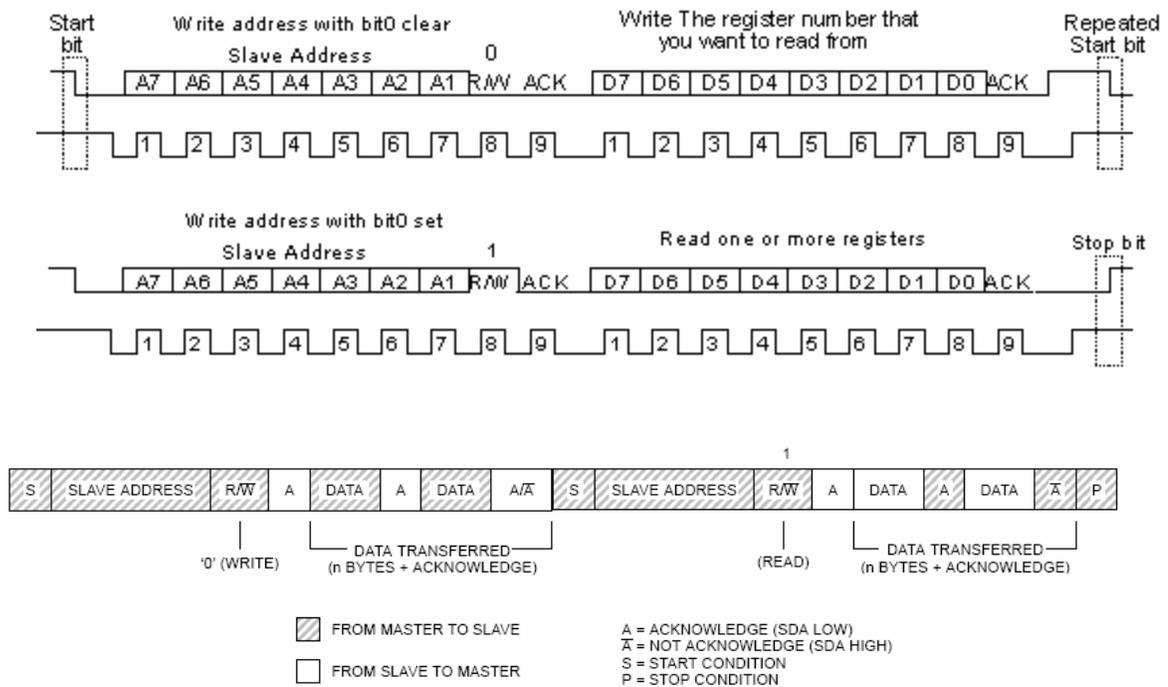
Pembahasan protokol yang digunakan oleh perangkat master untuk melakukan read data byte dan write data byte pada sebuah perangkat slave dibahas terpisah sebagai berikut:

- o Untuk melakukan write pada sebuah perangkat slave maka langkah-langkah yang harus dilakukan oleh sebuah perangkat master sebagai berikut:
  1. Mengirimkan start sequence
  2. Mengirimkan alamat perangkat slave dengan bit R/W low
  3. Mengirimkan (write) command register yang diinginkan
  4. Mengirimkan (write) data byte ke perangkat slave
  5. [Optional, mengirimkan (write) data bytes lainnya]
  6. Mengirimkan stop sequence



A = ACKNOWLEDGE (SDA LOW)  
 A̅ = NOT ACKNOWLEDGE (SDA HIGH)  
 S = START CONDITION  
 P = STOP CONDITION

- o Untuk melakukan read pada sebuah perangkat slave, pertama kali perangkat master harus memberitahukan internal address perangkat slave yang ingin dibaca. Jadi untuk melakukan read dari sebuah slave, sebenarnya dimulai dengan melakukan write pada perangkat slave tersebut. Untuk melakukan read pada sebuah perangkat slave maka langkah-langkah yang harus dilakukan oleh sebuah perangkat master sebagai berikut:
  1. Mengirimkan start sequence
  2. Mengirimkan alamat perangkat slave dengan bit R/W low
  3. Mengirimkan (write) command register yang diinginkan
  4. Mengirimkan start sequence kembali (repeated start)
  5. Mengirimkan alamat perangkat slave dengan bit R/W high
  6. Membaca (read) data byte dari perangkat slave
  7. [Optional, membaca (read) data bytes lainnya]
  8. Mengirimkan stop sequence



I<sup>2</sup>C mempunyai keterbatasan dalam hal pengalaman perangkat slave yang digunakan. Kebanyakan vendor perangkat slave I<sup>2</sup>C tidak membebaskan kepada pengguna untuk merancang sendiri alamat slave yang diinginkan, kebanyakan vendor hanya memberikan 3 pin alamat yang bebas dikonfigurasi sendiri sedangkan 4 bit lainnya merupakan fixed yang merupakan identitas model dari perangkat tersebut ataupun identitas dari vendor pembuat perangkat tersebut. Hal ini diatasi dengan pengalaman I<sup>2</sup>C dengan 10 bit alamat namun penggunaannya belum umum. Selain itu I<sup>2</sup>C mempunyai kecepatan yang terbatas sehingga implementasi protokol I<sup>2</sup>C pada kelas high end dapat menyebabkan terjadinya kekurangan bandwidth, sedangkan untuk mengimplemtasikan protokol I<sup>2</sup>C pada kelas low end membutuhkan dedicated hardware untuk mengatasi master berada dalam kondisi busy. Penggunaan kecepatan transfer clock sangat kritis karena I<sup>2</sup>C hanya dapat bekerja dengan kecepatan clock standar yang ada, jika tidak protokol I<sup>2</sup>C tersebut tidak dapat digunakan.