



MEKANISME PENGAMAN DALAM INSTRUMENTASI DAN SISTEM PENGENDALI BERBASIS MIKROKONTROLER

Daniel Kurnia

*Laboratorium Sinar-X, Departemen Fisika ITB
Jl. Ganeca 10 Bandung 40132
e-mail: daniel@fi.itb.ac.id*

ABSTRAK

MEKANISME PENGAMAN DALAM INSTRUMENTASI DAN SISTEM PENGENDALI BERBASIS MIKROKONTROLER Penggunaan mikrokontroler dalam instrumentasi dan sistem pengendali berbagai peralatan ilmiah telah merupakan suatu hal yang sangat lazim saat ini. Berbagai jenis mikrokontroler tersedia di pasaran dengan berbagai keunggulan dan harga yang relatif semakin terjangkau. Salah satu aspek yang perlu dipertimbangkan dalam merancang suatu sistem instrumentasi ataupun sistem kendali adalah kehandalan atau imunitas sistem terhadap malfungsi. Sistem yang kedap terhadap malfungsi, ataupun dapat memulihkan keadaan stabilnya (*Fault Tolerance System*), sangatlah diperlukan, terutama dalam instrumentasi dan pengendalian proses-proses yang mengandung risiko tinggi, misalnya pengendalian reaktor dan perangkat peralatan penunjang kehidupan. Makalah ini membahas alternatif langkah-langkah yang dapat diambil untuk mengantisipasi keadaan di atas

ABSTRACT

SAFETY MECHANISM OF INSTRUMENTATION AND CONTROL SYSTEM IN MICROCONTROLLER BASES. The application of microcontrollers in instrumentation and control of various scientific equipment is very common recently. Wide range of microcontrollers are available on the market, each with their own superiority and in a relatively affordable price. One aspect need to be considered in designing and constructing an instrumentation or a control system is the reliability or immunity of the system against malfunction. A system with high immunity or self-recovering ability (often referred to as a *fault tolerance system*) is widely needed, especially in instrumentation and control for high-risk processes, such as the control system of a reactor, or that of a life-supporting equipment. This paper discusses various steps and alternatives could be taken to anticipate such a problem

PENDAHULUAN

Salah satu dampak dari revolusi besar-besaran dalam bidang elektronika selama dua dekade terakhir adalah berlangsungnya proses miniaturisasi berbagai perangkat peralatan elektronik. Selain ukuran fisik yang lebih kecil dan penurunan penggunaan daya listrik secara keseluruhan, kemampuan serta kecepatan peralatan-peralatan ini meningkat secara luar biasa. Beberapa peralatan yang berukuran sebesar meja-tulis pada masa produksi tahun 70-an telah mengalami miniaturisasi menjadi 1/6 ukuran semula pada dekade berikutnya.

Dalam ruang lingkup komponen elektronika, dua dekade terakhir dari abad ke 20 yang lalu ditandai dengan hadirnya mikrokontroler chip tunggal (*SCM, single chip microcontroller*). Mikrokontroler ini sebenarnya merupakan penggabungan dari sebuah unit pemroses utama (*CPU, Central Processing Unit*) dan rangkaian pendukungnya (*peripheral*) ke dalam bentuk sebuah chip tunggal. Penggunaan mikrokontroler dalam

peralatan telah menjadi suatu hal yang sangat lazim dan melahirkan terminologi *SBC (Single Board Computer)*. Dari segi jumlah komponen, peralatan yang dahulunya menggunakan ribuan komponen, telah mengalami reduksi jumlah komponen menjadi orde puluhan atau bahkan belasan komponen saja.

Ditengah berlangsungnya proses miniaturisasi komponen elektronika tersebut, ada satu gejala yang tetap tinggal, yaitu peluang terjadinya peristiwa malfungsi. Secara statistik, peluang terjadinya malfungsi ini sangatlah kecil, yaitu sekitar 10^{-12} - 10^{-15} . Hal ini berarti, setiap kali sebuah mikrokontroler melakukan 10^{12} sampai 10^{15} langkah operasi, kemungkinan terjadinya kesalahan operasi adalah satu. Meskipun demikian, karena suatu mikrokontroler dapat mengeksekusi 10^6 langkah setiap detiknya, maka peluang untuk terjadinya malfungsi pada peralatan yang menggunakan

mikrokontroler tetap ada dan perlu diperhitungkan. Peluang terjadinya kesalahan ini menjadi signifikan, terutama untuk peralatan yang beroperasi dalam jangka waktu yang kontinu.

Dalam proses-proses tertentu, misalnya proses pengambilan data, peristiwa terjadinya malfungsi hanya berakibat harus diulangnya proses pengukuran yang sedang dilakukan. Meskipun merupakan suatu pemborosan atau inefisiensi, peristiwa tersebut secara prinsip tidak berakibat fatal. Namun bila hal yang sama terjadi pada bagian instrumentasi dan kontrol suatu reaktor ataupun alat penunjang kehidupan bagi orang sakit, maka akibat yang timbul akan menghadirkan suatu bencana.

Makalah ini membahas alternatif yang dapat dilakukan untuk membantu mengurangi akibat dari terjadinya malfungsi. Alternatif pertama adalah penggunaan metode yang disebut "Watchdog Timer", sedangkan yang kedua adalah penggunaan multikontroler dengan hirarki tertentu, sehingga membentuk suatu sistem pertahanan berlapis.

Satu hal yang sangat perlu ditegaskan adalah, tidak ada satu sistem pun yang benar-benar tidak mengandung peluang untuk terjadinya malfungsi. Kedua alternatif yang dibahas disini merupakan langkah-langkah yang dapat diambil untuk memperkecil akibat terjadinya malfungsi, bukan untuk meniadakan sama sekali peluang terjadinya malfungsi itu sendiri.

Metoda Watchdog Timer

Metoda Watchdog Timer menggunakan suatu pencacah pendamping atau pencacah bebas (*free-running counter*) yang bekerja seiring mulai beroperasinya suatu mikrokontroler. Pada saat mikrokontroler mengeksekusi langkah-langkah yang telah diprogramkan, pencacah pendamping ini juga akan bekerja secara independen (tidak bergantung) terhadap mikrokontroler. Cacahan naik yang berlangsung pada pencacah pendamping suatu saat akan membuat pencacah mencapai nilai maksimum tertentu dan kembali ke nilai nol, keadaan ini disebut keadaan limpah (*overflow*). Keadaan limpah inilah yang dimanfaatkan untuk memantau kerja dari mikrokontroler.

Pemantauan dilakukan dengan cara dan aturan sebagai berikut:

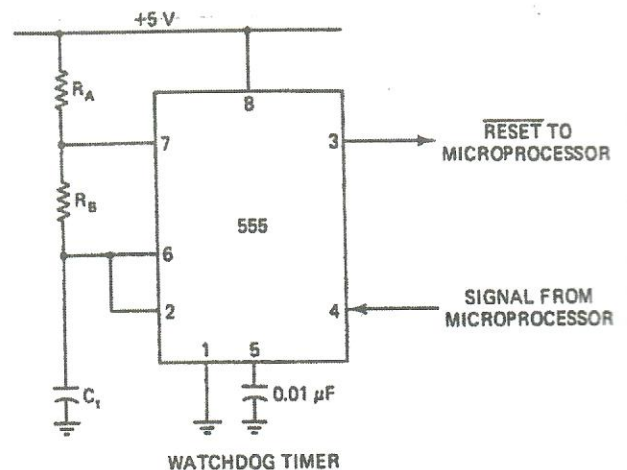
- setiap kali pencacah pendamping mencapai keadaan limpah, maka pencacah ini akan memaksa mikrokontroler memasuki keadaan RESET
- satu-satunya cara agar keadaan RESET mikrokontroler tidak terjadi adalah dengan mencegah tercapainya keadaan limpah pada pencacah pendamping
- mikrokontroler harus diprogram untuk mampu me-RESET pencacah pendamping secara berkala, sebelum pencacah ini mencapai nilai limpahnya.
- agar RESET mikrokontroler tidak pernah terjadi, maka RESET pencacah pendamping harus senantiasa terjadi (secara periodik, dengan perioda

waktu lebih pendek dari waktu yang diperlukan untuk tercapainya keadaan limpah)

- bila pada suatu saat mikrokontroler melakukan kesalahan operasi (salah langkah), maka RESET pencacah pendamping kemungkinan tidak akan terjadi, sehingga keadaan limpahnya akan tercapai sesaat kemudian dan ini akan berakibat terjadinya RESET mikrokontroler
- bila pada suatu saat berlangsung RESET mikrokontroler, maka program tahap inisialisasi dari mikrokontroler haruslah membawa sistem memasuki keadaan yang aman, sehingga bencana atau akibat yang fatal dapat dihindarkan

Beberapa mikrokontroler yang diproduksi tahun 90-an, telah dilengkapi sistem pengaman seperti ini secara internal (*built-in*), dengan lama atau tenggang waktu tercapainya keadaan limpah dapat disesuaikan atau diprogram.

Mikrokontroler yang belum dilengkapi dengan sistem pengaman Watchdog Timer, dapat dilengkapi dengan sarana ini secara eksternal, seperti tampak pada gb. 1.



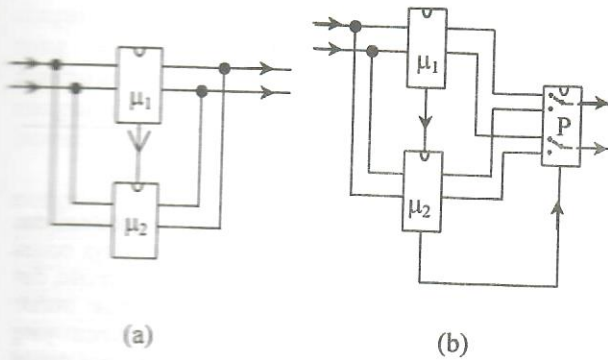
Gambar 1. Rangkaian Watchdog Timer untuk suatu mikrokontroler.

Metoda Multikontroler

Metoda Multikontroler mengacu pada sistem pilot dan ko-pilot pada penerbangan pesawat komersial. Dalam metoda ini, dapat digunakan satu atau lebih mikrokontroler yang memiliki jenjang atau hirarki, mulai dari kontroler utama, sekunder, tertier dst. Diagram blok untuk sistem dengan dua mikrokontroler (satu utama dan satu cadangan atau sekunder) dapat dilihat pada gb. 2.

Dalam Gambar 2a, mikrokontroler utama dan sekunder terhubung ke sejumlah masukan dan keluaran yang sama. Akibatnya keduanya dapat saja bekerja secara serentak (paralel-simultan). Masalah akan timbul bila kedua mikrokontroler dengan masukan yang sama menghasilkan tindakan (*action*) keluaran yang berbeda. Bila tidak diperhatikan, hal ini akan menimbulkan

kerusakan permanen pada terminal keluaran mikrokontroler. Untuk mengatasi hal tersebut, setiap keluaran dari masing-masing mikrokontroler dilengkapi komponen penyangga (*buffer*) yang dapat diaktifkan atau dinon-aktifkan (Gambar 2b). Selama operasi berlangsung wajar, maka hanya mikrokontroler utama yang terhubung pada keluaran sistem, sedangkan keluaran dari mikrokontroler sekunder dinon-aktifkan (tidak terhubung pada keluaran sistem).



Gambar 2. Diagram blok untuk sistem 2 mikrokontroler
(a) tanpa rangkaian penyangga,
(b) dengan rangkaian penyangga

Untuk memastikan bahwa suatu kontroler berfungsi secara benar, maka haruslah dirancang suatu mekanisme pelaporan. Mikrokontroler utama harus memberikan kode tertentu secara berkala kepada mikrokontroler ke 2 bahwa tugas telah dilaksanakan dan bahwa mikrokontroler utama ada dalam keadaan

fungsional. Bila suatu saat transmisi kode operasi ini tidak berlangsung, maka mikrokontroler kedua akan mengambil-alih kendali dengan mengnon-aktifkan keluaran mikrokontroler utama melalui penyangga utama dan sekaligus mengaktifkan penyangga sekunder.

Mekanisme pengaman untuk sistem instrumentasi dan kontrol yang lebih kritis dapat melibatkan lebih banyak lagi mikrokontroler cadangan. Penyusunan jenjang atau hirarki antara mikrokontroler utama dan lainnya merupakan suatu topik tersendiri untuk dipelajari.

KESIMPULAN

Suatu fasilitas pengaman dapat diterapkan pada sistem instrumentasi atau kontrol berbasis mikrokontroler. Fasilitas ini tidak melenyapkan peluang terjadinya kesalahan langkah operasi mikrokontroler, namun dapat menetralkan dampak dari kesalahan tersebut, sehingga malfungsi alat/sistem keseluruhan dapat dihindari atau diketahui oleh operator untuk ditindak-lanjuti dengan langkah pengamanan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. *PIC16F84 Microcontroller Data Book*, Microchip Technology Inc., Arizona, USA, 1996
- [2]. STEWART, J. W., 1993, *The 8051 Microcontroller Hardware, Software and Interfacing*, Regents/Prentice Hall, New Jersey.

TANYA - JAWAB

Penanya : Mardiyanto (P3IB – BATAN)

Malfungsi pada Mikrokontroler sebagian besar disebabkan oleh apa ?

Jawaban :

Program di dalam mikrokontroler tertutup bagi program masukan, sehingga apabila terjadi malfungsi, sebagian besar disebabkan oleh program di dalam mikrokontroler tersebut salah atau adanya gangguan secara listrik.

Penanya : Setyo Purwanto (P3IB – BATAN)

Bagaimana dengan kemungkinan *Fuzzy Logic* dalam aplikasi ke mikrokontroler ?

Jawaban :

Di dalam malfungsi mikrokontroler hanya ada salah atau benar, sehingga dengan demikian meskipun dalam analisa malfungsi digunakan algoritma *Fuzzy Logic*, hasil akhir yang didapatkan tetap biner.