

ANALISIS DAN PEMBUATAN PROGRAM KOMPUTER UNTUK KENDALI PEMBANGKIT SINYAL RF SIKLOTRON PROTON 13 MeV DENGAN TEKNIK DDS

Prajitno

Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan, BATAN

Jl. Babarsari Kotak Pos 6101 Ykbb, Yogyakarta 55281

Email: prajit@batan.go.id

ABSTRAK

ANALISIS DAN PEMBUATAN PROGRAM KOMPUTER UNTUK KENDALI PEMBANGKIT SINYAL RF SIKLOTRON PROTON 13 MeV DENGAN TEKNIK DDS. Telah dilakukan analisis dan pembuatan program komputer untuk mengendalikan pembangkit sinyal Radio Frekuensi (RF) siklotron proton DECY-13. Pembangkit sinyal menggunakan teknik Direct Digital Synthesiser (DDS) yang pengaturannya harus dilakukan dengan perangkat lunak. Pembangkit sinyal terdiri dari modul elektronik yaitu: DDS, mikrokontroler Atmega16, penguat RF, dan catu daya ± 12 Vdc. Program yang telah dibuat berfungsi untuk mengatur modul DDS yaitu: frekuensi keluaran, step pengaturan frekuensi dan fasa serta menampilkan parameter operasi DDS dan penguat RF pada layar monitor. Program komputer dibuat menggunakan Visual Basic dan telah diuji coba untuk mengendalikan pembangkit sinyal RF dengan mengirim data secara serial ke modul Atmega16 serta menerima data untuk ditampilkan pada layar monitor. Pengujian mengirim dan menerima data dilakukan dengan baudrate dari 1200bps sampai 19200bps dengan hasil yang sempurna. Program komputer yang dibuat dilengkapi dengan Human Machine Interface untuk memberikan masukan nilai parameter operasi pada DDS.

Katakunci: Siklotron, Direct Digital Synthesiser, Baud rate

ABSTRACT

ANALYSIS AND SOFTWARE DEVELOPMENT FOR CONTROLLING RF SIGNAL GENERATOR PROTON CYCLOTRON DECY-13 USING DDS TECHNIQUE. Analysis and manufacture of computer programs for controlling the signal generator Radio Frequency (RF) proton cyclotron Decy-13 have been done. Signal generator uses a technique Direct Digital Synthesiser (DDS) which settings must be done with software. Signal generator consists of electronic modules which are: DDS, microcontroller ATmega16, amplifier RF, and ± 12 Vdc power supply. Function of the programs that have been made is to set the DDS module, namely: output frequency, step frequency and phase settings and displays the operating parameters of the DDS and the RF amplifier on the monitor screen. Computer programs created with Visual Basic and has been tested to control the RF signal generator to send data serially to the module ATmega16 and receives data to be displayed on the monitor screen. Testing sending and receiving data is done with a baudrate of 1200bps to 19200bps with perfect results. Computer programs that have been made equipped with a Human Machine Interface to provide values parameter input on the DDS operations.

Keywords: Cyclotron, Direct Digital Synthesiser, Baud rate

PENDAHULUAN

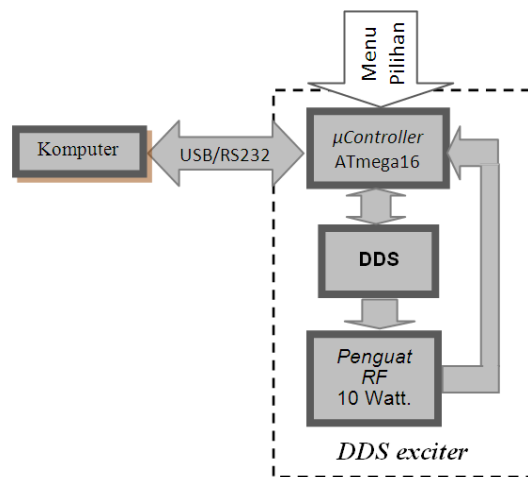
Dalam upaya mendukung pengembangan teknologi akselerator saat ini di Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan (PTAPB) Yogyakarta sedang dilakukan kegiatan perancangan

detil siklotron proton dengan sasaran luaran diperoleh rancangan detil dan prototipe sistem Radio Frequency (RF) dan magnet.

DECY-13 adalah siklotron proton dengan energi 13 MeV yang rencananya akan dibangun di PTAPB. Salah satu bagian terpenting yang telah selesai dibuat adalah prototip pembangkit sinyal RF

menggunakan teknik *Direct Digital Synthesizer (DDS)*. Agar pembangkit sinyal RF dapat bekerja dengan baik dan mudah dioperasikan (*user friendly*), perlu dukungan perangkat lunak yang berfungsi untuk mengatur keping (*chip*) DDS dan menampilkan parameter operasi pembangkit sinyal. Blok diagram sistem pembangkit RF dengan teknik DDS seperti ditampilkan pada Gambar 1 dapat dijelaskan sebagai berikut:

- Pengubah USB/RS-232 digunakan untuk menjembatani komunikasi data antara komputer dan mikrokontroler Atmega16
- Menu akan dipilih oleh pengguna
- Mikrokontroler memberikan perintah kepada DDS sesuai data yang diterima dari komputer atau pengguna untuk melakukan: perubahan frekuensi, step perubahan atau fasa keluaran.
- Keluaran DDS diumpungkan ke penguat RF dan parameter operasi penguat RF dibaca oleh mikrokontroler dan hasilnya ditampilkan pada layar komputer untuk memberikan informasi kondisi operasi.



Gambar 1. Blok diagram DDS exciter.

Pembangkit sinyal RF yang telah selesai dibuat, keluaran dayanya dapat diatur dari 0 sampai maksimum 10 W dan fasa keluaran dapat diatur dengan step 11,25^o mulai 11,25^o sampai 348,75^o serta mempunyai jangkauan frekuensi yang dibatasi oleh *band pass filter* 76,325 - 78,821 MHz.^[1] Pengaturan frekuensi, fasa dan keluaran daya RF dilakukan secara manual melalui tombol kendali dengan antarmuka mikrokontroler Atmega16.

Agar supaya pengendalian pembangkit RF dapat dilakukan dari jarak jauh dan dapat diintegrasikan dengan sistem yang lain maka perlu dibuat program komputer yang berfungsi sebagai *Man Machine Interface (MMI)* dan penampil parameter operasi. Program komputer yang telah dibuat digunakan untuk mengatur DDS: frekuensi, fasa dan step perubahan frekuensi kelipatan sepuluh yang dapat dipilih dari 1Hz sampai 10 MHz. Selain

itu program juga berfungsi untuk mengatur batas maksimum parameter operasi penguat RF: tegangan dan arus, tegangan RF forward, tegangan RF reflected dan suhu pendingin transistor.

Program komputer telah diuji coba untuk mengendalikan pembangkit sinyal RF dengan cara mengirim data secara serial ke modul Atmega16 dengan *baudrate* 1200 sampai 19200 dan menerima data parameter operasi untuk ditampilkan di layar monitor dengan hasil sempurna.

TATA KERJA

Bahan dan alat yang digunakan dalam penelitian pembuatan program komputer untuk kendali pembangkit radio frekuensi dengan teknik DDS ini adalah sebagai berikut:

Bahan

Kabel pengubah USB ke RS-232

Alat penelitian

1. *DDS exciter* 10 Watt
2. Komputer *Notebook*
3. *Dummy Load Resistor* 50 Ω
4. Digital Multimeter Sanwa PC-100
5. *Soldering Iron*

Siklus Pembuatan Perangkat Lunak

Secara sederhana siklus kerja pembuatan perangkat lunak dapat disajikan seperti pada Gambar 2^[2].

- Tahap Perencanaan: menyangkut studi kebutuhan pengguna, kelayakan baik secara teknis maupun teknologi serta penjadwalan pembuatan suatu perangkat lunak.
- Tahap Analisis: yaitu tahap dimana usaha mengenali segenap permasalahan yang muncul pada pengguna, mengenali komponen-komponen sistem, obyek-obyek dan hubungan antar obyek.
- Tahap Perancangan: yaitu tahap dimana mencoba mencari solusi permasalahan yang didapat dari tahap analisis.
- Tahap implementasi: tahap dimulainya pemilihan perangkat keras, penyusunan perangkat lunak aplikasi, melihat apakah sistem yang dibuat sudah sesuai dengan kebutuhan pengguna.

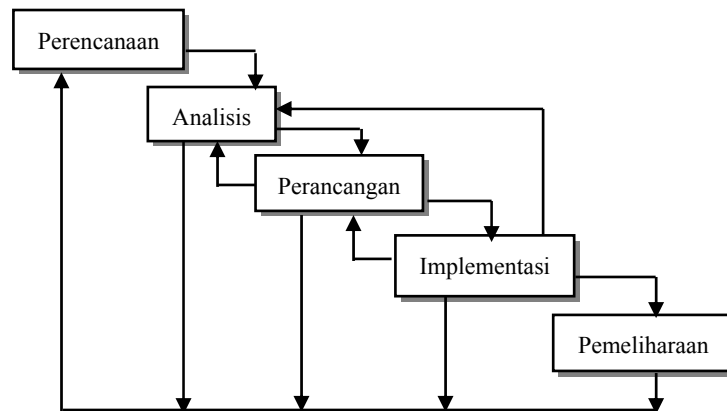
Tahap Pemeliharaan: mulai melakukan pengoperasian sistem dan jika diperlukan dapat dilakukan perbaikan-perbaikan kecil.

Analisis Keperluan

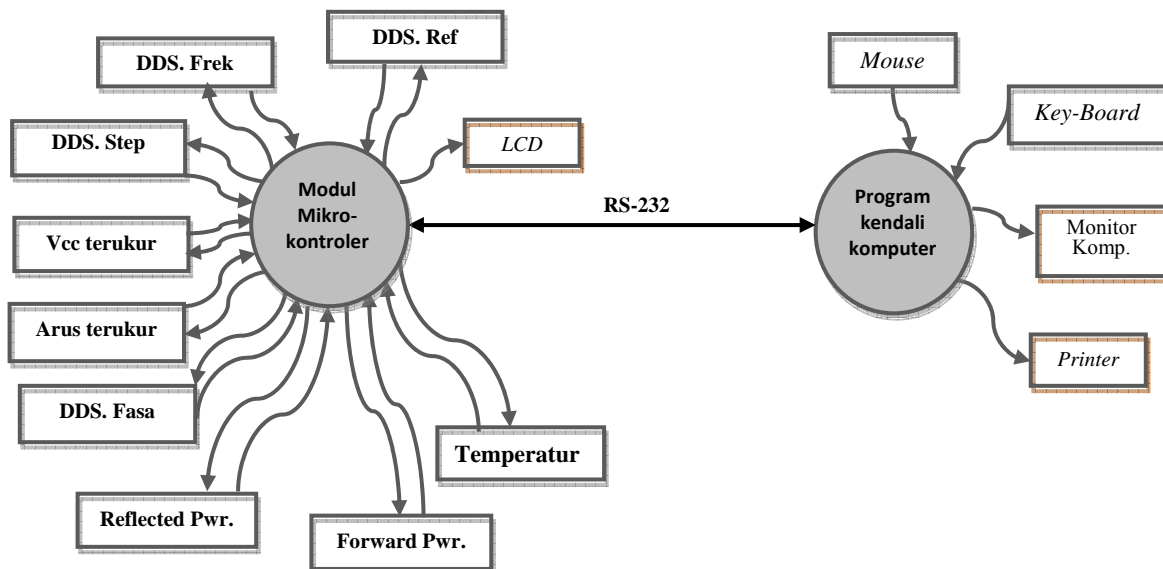
Informasi ditransformasikan sebagaimana aliran data yang telah ada dalam komputer. Sistem menerima dari berbagai macam masukan data: dapat berupa perangkat keras, perangkat lunak atau elemen manusia yang selanjutnya ditransformasikan ke keluaran sesuai dengan keinginan, seperti ditampilkan pada Gambar 3.

Data yang dikirimkan oleh modul mikrokontroler Atmega16 berupa runtunan karakter ASCII yang panjangnya 83 dan diawali dengan karakter '@'. Parameter dan panjang karakter dengan urutan seperti ditampilkan pada Gambar 4.

Program kendali komputer memberikan perintah ke DDS exciter dengan mengirimkan runtunan karakter dengan format seperti pada Tabel 1.



Gambar 2. Siklus pembuatan perangkat lunak.



Gambar 3. Diagram konteks.

Tanda awal data @ (1)					
DDS-Ref (10)	DDS-Frek. (10)	DDS-step (10)	Vcc-ukur (5)	Arus-ukur (5)	DDS-fasa (5)
Refl.-ukur (4)	Fwd.-ukur (4)	Temp.-ukur (5)	Refl.-maks (5)	Vcc.-maks (5)	Arus-maks (4)
Fwd.-maks (4)	Temp.-maks (5)	No.menu (1)			

Gambar 4. Runtunan data ASCII dari mikrokontroler.

Tabel 1. Format perintah ke DDS exciter.

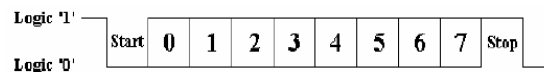
Format	x	Keterangan
@KBx(0D)	1	pilihan menu arah kanan
	2	set +
	3	set -
	8	pilihan menu arah kiri
	9	reset
@xyyyyy(0D)	V	Vcc
	R	Reflected
	F	Forward
	T	Temperatur
	S	Step
	P	Phase
	yyyyy	data sesuai pilihan x
Contoh: '@T00400' = Set temperatur 40 °C		
@xyyyyyyyyy(0D)	F	Frekuensi
	R	Referensi
	yyyyyyyyy	data sesuai pilihan x
Contoh: '@F0077667000'= Set frekuensi 77.667.000 Hz.		

Komunikasi serial RS-232

Sistem transmisi sinyal RS232 menggunakan level tegangan dengan referensi ke *ground* bagus digunakan untuk komunikasi data secara satu – satu (*point to point communications*). RS232 port pada PC hanya diperuntukkan untuk satu alat (*single device*). Syarat sinyal RS232 dapat berfungsi adalah dengan hubungan ke *ground* antara PC dengan alat (*common ground*). Jarak maksimal jalur komunikasi sangat terbatas hanya sekitar 6 meter untuk komunikasi data secara asinkron, oleh karena itu RS232 hanya untuk komunikasi area lokal dan hanya untuk satu *driver* dan satu *receiver*.

Data Terminal Equipment (DTE) dan *Data Communication Equipment* (DCE) pada masing-masing terminal. Pengiriman data dilakukan secara bit per bit. Kecepatan *transfer data* harus sama antara pengirim dan penerima, jika tidak sama akan terjadi *overflow*. Kecepatan transmisi *transfer data* disebut dengan *baudrate* dan panjang data bit yang

sering digunakan adalah 8 bit dengan format 8n1 data seperti pada Gambar 5. Data dimulai dengan *start bit* ("0"), 8 bit data, tanpa pengecekan *parity* (n) dan *stop bit* ("1").

**Gambar 5.** Bentuk komunikasi data serial 8n1.

Konfigurasi Null Modem

Konfigurasi *Null Modem* digunakan untuk menghubungkan dua DTE, dengan diagram pengkabelan seperti pada Tabel 2. Dalam hal ini hanya dibutuhkan tiga kabel antar DTE, yaitu untuk TD (*Transmit Data*), RD (*Receive Data*) dan SG (*Signal Ground*)^[3].

Diagram alir program komputer untuk kendali pembangkit sinyal RF siklotron proton 13 MeV disajikan pada Lampiran 1.

Tabel 2. Konfigurasi hubungan *Null Modem*.

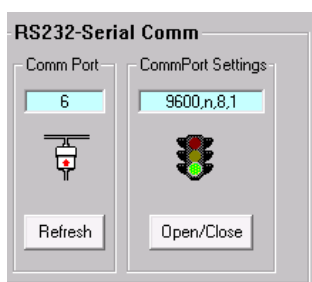
<i>Signal Name</i>	<i>DB-9 Pin</i>		<i>DB-9 Pin</i>	
<i>FG (Frame Ground)</i>	-	X	-	<i>FG</i>
<i>TD (Transmit Data)</i>	3	-	2	<i>RD</i>
<i>RD (Receive Data)</i>	2	-	3	<i>TD</i>
<i>RTS (Request To Send)</i>	7	-	8	<i>CTS</i>
<i>CTS (Clear To Send)</i>	8	-	7	<i>RTS</i>
<i>SG (Signal Ground)</i>	5	-	5	<i>SG</i>
<i>DSR (Data Set Ready)</i>	6	-	4	<i>DTR</i>
<i>CD (Carrier Detect)</i>	1	-	4	<i>DTR</i>
<i>DTR (Data Terminal Ready)</i>	4	-	1	<i>CD</i>
<i>DTR (Data Terminal Ready)</i>	4	-	6	<i>DSR</i>

HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk memudahkan penggunaan pembangkit sinyal RF dengan teknik DDS, program komputer yang telah dibuat dilengkapi dengan *Human Machine Interface (HMI)* agar pengguna dapat berinteraksi dengan perangkat, untuk memberi memasukkan nilai operasi DDS *exciter* yang sesuai yaitu:

1. RS232 Serial Comm.

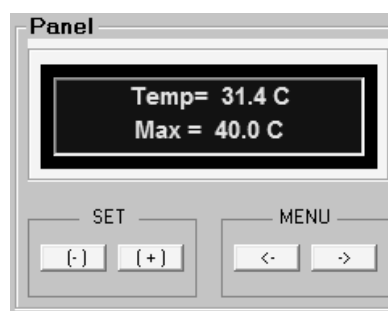
Program akan mendeteksi port serial komunikasi RS-232 komputer yang siap digunakan secara otomatis termasuk mendeteksi formatnya. Namun pilihan port yang akan digunakan dan *baud rate* dapat dipilih secara manual. *Baud rate* yang disediakan dapat dipilih sesuai standar komunikasi data serial RS-232 yaitu: 1200, 2400, 4800, 9600 dan 19200 *bps*. Pada Gambar 6. ditampilkan contoh pengaturan komunikasi serial menggunakan *Com Port 6*, *Baud Rate 9600*, data 8 bit dan 1 *Stop bit*.



Gambar 6. Tampilan pengaturan komunikasi serial.

2. Panel

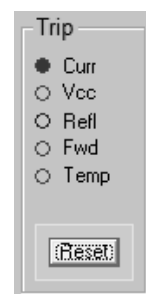
Pada grup ini terdapat menu pilihan yang dapat dipilih menggunakan tanda << atau >>. Menu yang dipilih selanjutnya nilai dapat diubah menggunakan tanda - atau +. Seperti contoh tampilan pada Gambar 7, temperatur terukur 31,4 °C dan temperatur maksimum 40 °C sehingga apabila saat beroperasi temperatur pendingin naik melebihi nilai maksimum 40 °C maka akan terjadi trip dan DDS akan off.



Gambar 7. Tampilan panel pengaturan menu.

3. Trip

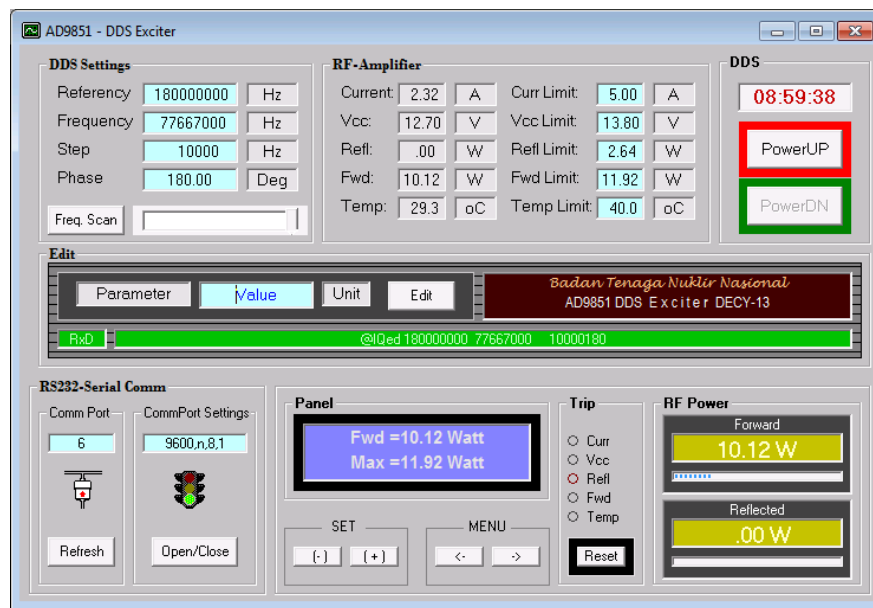
Grup ini berfungsi menampilkan indikator jika salah satu dari parameter operasi penguat RF melebihi nilai batas yang sudah ditentukan, maka simulasi LED akan berubah warna (merah) seperti ditampilkan pada Gambar 8, terjadi trip untuk arus penguat RF. Agar supaya DDS dapat aktif kembali dilakukan dengan menekan tombol reset.



Gambar 8. Indikator trip.

4. RF Power

Pada kelompok power RF nilai numerik *forward power* dan *reflected power* yang masing-masing disertai dengan *bar-graph* mendatar. Pada Gambar 9 ditampilkan contoh tampilan daya *forward* RF 10.12 W dan daya *reflected* .00 W.



Gambar 14. Tampilan program komputer.

KESIMPULAN

Telah selesai dibuat program komputer untuk mengendalikan pembangkit sinyal RF yang akan digunakan untuk siklotron proton DECY-13 melalui antar muka komunikasi data serial dengan mikrokontroler Atmega16 yang ada di dalam prototip DDS *exciter*.

Program komputer dilengkapi dengan *Human Machine Interface*, sehingga pengguna dapat dengan mudah memilih parameter operasi yang akan diubah dan memberikan masukan nilai yang sesuai kebutuhan.

Program komputer telah berfungsi sesuai kebutuhan dan telah diuji untuk menerima data hasil akuisisi parameter operasi DDS dan penguat RF yang dilakukan modul mikrokontroler serta mengirimkan data ke modul mikrokontroler untuk mengubah keluaran DDS dan batasan maksimum parameter operasi. Pengujian dilakukan dengan *baud rate* mulai 1200 bps sampai dengan 19200 bps dengan hasil yang sempurna.

UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan selesainya pembuatan program komputer untuk kendali pembangkit sinyal rf siklotron proton DECY-13 ini, disampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Bapak Ir. Slamet Santosa, M.Sc., yang telah memberikan kepercayaan untuk melakukan pembuatan pembangkit Radio Frekwensi Siklotron Proton 13 MeV untuk produksi radio isotop.

DAFTAR PUSTAKA

1. **PRAJITNO**, "Pembuatan dan Analisis Exciter Generator RF Untuk Siklotron Proton DECY-13", JURNAL IPTEK NUKLIR GANENDRA Vol 14 No.2 (2011) 111-121.
2. **S.PRESSMAN, ROGER S**, "Software Engineering A Practitioner's Approach", McGraw Hill Book Company (1997)
3. **MARTIN D. SEYER**, "RS-232 Made Easy: Connecting Computers, Printers, Terminals and Modems", Prentice Hall Ptr; 2nd edition (1991).

TANYA JAWAB

Frida Iswinning Diah

- Kendali dalam pembuatan program ini bagian mana yang dikendalikan secara otomatis? Karena kalau dilihat dari tampilan layar monitor semua dikendalikan secara manual.

Prajitno, S.Kom

- ✓ Kendali yang dimaksud adalah kendali "open-loop" karena program hanya memberikan nilai parameter/batasan operasi, sedang yang melaksanakan perubahan DDS excited adalah microcontroller (konsep "Distributed Control")

Slamet Santosa

- Bagaimana kemungkinan koordinasi dengan komponen sistem yang lain ketika RF siklotron beroperasi?

Prajitno, S.Kom

- ✓ *Koordinasi dengan komponen sistem yang lain dilakukan dengan komunikasi RS-485 tetapi kalau koordinasi interlock/trip dilakukan secara "hardwired" dengan mengambil keluaran trip dari mikrokontroler.*

Saminto

- Terkait dengan sistem interlock/keselamatan, sinyal apa yang dapat diambil (dikeluarkan) dari sistem ini?

Prajitno, S.Kom

- ✓ *Terkait dengan keselamatan alat sudah disediakan keluaran trip kalau terjadi kesalahan yang terjadi pada penguat RF yaitu keluaran dari mikrokontroler sebagai sistem control.*

Pramudita Anggraita

- Dalam koneksi RS-232 apakah data pada pin RS-232 semua dapat diteruskan melalui pin USB?

Prajitno, S.Kom

- ✓ *Tidak, untuk "null modem" hanya dibutuhkan 2 kabel (transmit and receive) dan signal ground.*

Lampiran 1. Diagram alir program untuk kendali pembangkit sinyal RF siklotron Proton 13 MeV.