O DIÁLOGO COM OS COMPUTADORES

2ª. Sessão - As simulações analógicas

(27 de Novembro de 1968)

A sessão anterior tinha terminado com a afirmação de que o "computer-minded-manager" tem de saber abdicar, em primeiro lugar, da sua forma tradicional de inteligência, adaptando-se a fórmulas novas de raciocínio resultantes da imensidade de dados que pode ter e que precisa de ter à sua disposição.

Vamos tentar analisar mais a fundo o conteúdo dessa afirmação.

Para isso, vamos considerar de novo a última equação que apresentámos:

$$x^3 y'' + x y' + (x^2 - n^2) y = 0$$

Como tivémos ocasião de dizer, esta equação não se sabe resolver pelos métodos clássicos, o que aliás acontece com uma infinidade de equações.

Esta situação conduziu a um tipo de mentalidade muito curiosa, que é a mentalidade da "desistência", a qual se pode classificar como sendo a mentalidade pré-comp tador.

Traduzida em linguagem corrente, esta mentalidade pode esquematizar-se do seguinte modo:

Suponhamos que uma dessas equações que não se sabe resolver constituia o modelo matemático que descrevia um determinado fenómeno real, que tanto poderia ser do mundo físico, como do mundo económico.

Uma vez que a equação não tinha solução, só havia um caminho a seguir - o de desistir de resolver o problema por via científica, susbtituindo-a pelo recurso ao bom senso ou à intuição.

E daí o prestígio que estas fórmulas de solução tiveram no passado, apesar de terem um grau de rigor inferior ao que se conseguiria se as equações se soubessem resolver.

Actualmente porém, a situação é completamente diversa porque deixou de haver, no campo dos princípios, equações que não se sabem resolver.

Simplesmente, como também se disse, os métodos de resolução a adoptar exigem uma "capacidade de trabalho" superior à do cérebro humano, o qual continua condicionado às soluções de bom senso e de intuição se não tiver às suas ordens os computadores indispensáveis.

E como estas últimas soluções não podem competir em precisão com as que são obtidas por intermédio de um equacionamento científico, o processamento electrónico de dados torna-se um instrumento vital de decisão nas Empresas modernas, pelo menos a partir de uma certa dimensão. E como o aumento de dimensão constitui também, por necessidade, uma tendência do Mundo actual, o recurso aos computadores tornou-se cada vez mais um fenómeno corrente.

Posto o problemas nestes termos, pode surgir com uma certa lógica a seguinte pergunta:

Será que um gestor moderno se verá na necessidade de se tornar um perito em Matemática?

A resposta é evidentemente NÃO, porque o que está implícito na filosofia do que se tem vindo a expôr é um problema de atitude e não pròpriamente de técnicas de execução.

Essa atitude, pode sintetizar-se em quatro pontos:

1º) - Uma decisão tem uma probabilidade tanto maior de ser correcta quanto mais científica fôr a sua preparação.

2º) - A complexidade dos modelos matemáticos não é, em princípio, um obstáculo à resolução dos problemas que descrevem.

3º) - O estabelecimento dos modelos matemáticos implica uma análise profunda dos dados que neles intervêm.

4º) - A validade das soluções obtidas depende da "reliability" dos dados de partida.

Mas em face desta esquematização, surge uma nova pergunta:

Então a Indústria Moderna terá de ser gerida exclusivamente através de modelos matemáticos?

Evidentemente que SIM, porque um modelo matemático não é um bicho de sete cabeças, mas é um conceito perfeitamente comezinho.

Suponhamos por exemplo que o Grupo Desportivo queria escolher para o "basket" pessoal das Fábricas do Barreiro e punha apenas como condição de selecção uma altura de, pelo menos 1,82 m.

Se assim fôsse, o modelo matemático de admissão seria apenas

$$x \geqslant 1,82$$

Ora nós podíamos perfeitamente pôr esta problema a um computador se dispuzéssemos por exemplo de cartões perfurados, com indicação da altura de cada operário. E então se não dispuzéssemos de qualquer indicação mais perfeita nos cartões, faríamos uma passagem para eliminar os de 1,81 m. outra para 1,80 m, e assim sucessivamente até se eliminar a altura menor existente na Companhia.

Deste modo e sem nos preocuparmos por enquanto,com as velocidades das operações dos computadores, podemos dizer que,em 5 minutos, teríamos uma indicação completa de todo o pessoal que poderia ser admitido para o "basket".

E então poderíamos começar as convocações para exame médico.

Logo por azar, a primeira convocação era um empregado de 63 anos, do escritório do Serviço de Pessoal.

Moralidade da história: modelo matemático inadequado para descrever a realidade.

Para melhorar o modelo, poderemos por exemplo introduzir a condição

$$18 \leq y \leq 25,$$

sendo y a idade.

Ou então fazer umas pequenas transigências do seguinte género:

$$x + 0{,}004\ (25-y) = 1{,}82$$

Isto quere dizer que se admite que a altura pode variar com a idade.

Assim, no limite $y = 25$, a altura tem de ser de 1,82 m. Mas se a idade fôr inferior, admite-se que a altura possa ser ligeiramente menor; por exemplo, para 20 anos seria:

$$x + 0{,}004\ (25-4) = 1{,}82$$

ou

$$x = 1{,}82 - 0{,}020 = 1{,}80$$

Então o modelo a resolver pelo computador- seria finalmente

$$18 \leq y \leq 25$$

$$x - 0.004\ y = 1{,}72$$

E a isto poderia chamar-se pomposamente o modelo matemático da selecção de jogadores de basket-ball.

Mas se se fizesse esta afirmação, ninguém acreditaria porque o modelo apresentado está muito longe de descrever as características de um jogador de basket-ball.

Em todo o caso, o modelo apresentado já permitiria fazer uma selecção prévia e nesse aspecto, não era inútil de todo.

Mas tinha o inconveniente de obrigar a um trabalho suplementar que poderia ser parcialmente evitado se o modelo fôsse mais completo, entrando em linha de conta com outros elementos quantificáveis das características indispensáveis a um jogador de basket-ball.

E note-se que há muitas características aparentemente apenas qualitativas, que podem ser quantitativas por meio de índices. Por exemplo, se se tomasse em linha de conta a rapidez dos reflexos, poderia encontrar-se uma quantificação com base, digamos, em cinco níveis designados por 1,2,3,4 e 5 e considerar que no modelo matemático só interessavam os níveis 4 e 5 .

Não vamos evidentemente preocupar-nos mais com este modelo, mas fazemos notar desde já, que as considerações feitas estão de acordo com a preocupação da nossa Informática, de os documentos iniciais conterem a maior informação possível, dentro daquilo que virá a ser necessário a curto e a longo prazo.

Chegados a este ponto, convém tentarmos estabelecer uma classificação dos modelos matemáticos, sem grandes preocupações de uma análise exaustiva.

De acordo com o ponto de vista que interessar em cada caso, os modelos podem ser classificados em:

I - Estáticos e Dinâmicos
II - Determinísticos e Probabilísticos
III - Discretos e Contínuos

Com toda a generalidade, podemos definir um modelo dinâmico como aquele que descreve um fenómeno em função do tempo; estático, o que não entra com variações ao longo do tempo; determinístico, o que faz intervir dados conhecidos; probabilísticos, o que está dependente de leis de probabilidade; contínuo, o que assenta sobre variações contínuas das variáveis; discreto, o que se refere a grandezas com variações finitas.

Por exemplo um processamento de salários é feito com base num modelo estático, determinístico e discreto.

Seja como fôr, os modelos podem ter vários aspectos, de entre os quais já citámos as equações e inequações algébricas, as equações diferenciais e os índices de classificação. E de qualquer modo, são específicos de cada problema em particular e em nada alteram a generalidade do problema que estamos a tratar do diálogo com os computadores.

Chegados a este ponto, podemos finalmente entrar no título desta sessão, estudando um modelo muito curioso, que é o da Simulação.

Começamos já por dizer que a palavra Simulação não tem um sentido unívoco, porque tanto se pode usar como representando um modelo dinâmico, determinístico e contínuo, como um modelo estático, probabilístico e discreto ou ainda um modelo dinâmico, probabilístico e discreto, o que, aparentemente, é uma grande confusão.

Mas é só aparentemente, porque na realidade, trata-se de modelos tão diferentes, que não há hipótese de confusão.

Vamos começar por definir a palavra Simulação, o que à semelhança de outras definições a que nos referimos atràs, não adianta muito.

Segundo a definição clàssica, designa-se por Simulação um processo pelo qual se imagina a aparência da realidade sem essa realidade.

Vamos aceitá-la como boa, para podermos prosseguir, tentando concretizá-la.

Quando se fala numa Simulação do tipo dinâmico, determinístico e contínuo, pretende-se significar uma representação da realidade, por intermédio de analogias eléctricas (é o que se chama a Simulação Analógica).

Quando se fala numa Simulação do tipo estático, probabilístico e discreto, pretende-se significar uma representação da realidade através de uma hipótese de acaso (é o que se intitula Método de Monte Carlo).

Quando se fala numa Simulação do tipo dinâmico, probabilístico e discreto, pretende-se significar uma representação da realidade, através de uma hipótese de comportamento humano (é o que se designa por Jogos de Empresa).

Não se fará referência aqui nem ao Método de Monte Carlo nem aos Jogos de Empresa (estes temas, aliás, fazem parte do programa das sessões do Barreiro sobre Investigação Operacional, o primeiro tratado em Abril e Maio de 1968 e o segundo previsto para Dezembro de 1968 e Janeiro de 1969), porque constituem aspectos específicos que não afectam directamente o problema central que estamos a tratar.

No entanto, as Simulações Analógicas têm neste momento, um interêsse directo, porque obrigam à utilização de um computador especial, designado por computador analógico, de tipo completamente diferente daquele que existe no Centro Mecanográfico (que tem o nome de computador digital).

É claro que esta classificação dos computadores é conhecida de todos os presentes, mas neste momento, era necessário referi-la para a sequência do texto.

Pode perguntar-se no entanto para que é que se vem falar em computadores analógicos, quando aqueles com que temos de lidar nos problemas de gestão são computadores digitais.

As razões são cinco:

I - Um computador analógico tem um"cérebro""menos complicado do que um computador digital e isso permite-nos entrar com mais facilidade nos segredos da execução dos cálculos.

II - Deu-nos uma oportunidade de falarmos dos diferentes significados da palavra Simulação, de modo a evitar confusões.

III - Constitui um exemplo frizante de que os computadores não são um meio de nos diminuirem o trabalho.

IV - Dá-nos uma idéia precisa de que os computadores não são apenas máquinas aplicáveis à gestão, mas têm uma importância fundamental nos problemas da Tecnologia.

V - Exemplificam a máquina ideal para o tratamento de fenómenos contínuos.

Vamos desenvolver estes pontos, para se perceber bem aonde é que pretendemos chegar.

Para começar, podemos afirmar que um computador, qualquer que ele seja, substitui a energia psíquica, por energia eléctrica, quer sob a forma de correntes eléctricas, quer de electromagnetismo.

Acontece por outro lado que as correntes eléctricas em jôgo são normalmente tão pequenas em intensidade e em tensão, que necessitam de ser grandemente ampliadas (por meio dos chamados amplificadores) e, para isso, é preciso recorrer a equipamento electrónico, cujos elementos fundamentais são as válvulas ter mo-iónicas (as conhecidas válvulas de rádio), substituidas modernamente em muitos casos por transistores.

E daí o nome de computadores electrónicos.

Posto o probelma nestes termos, podemos dizer desde já que o "cérebro" dos computadores analógicos está baseado em propriedades das correntes eléctricas (do mesmo modo que, como veremos, o dos computadores digitais se baseia na acção de electromagnetos).

E o que é curioso é que partindo desta esquematização tão simples, nós podemos imediatamente compreender como funciona um computador analógico.

Em primeiro lugar, compreende-se perfeitamente que um amplificador permita efectuar uma multiplicação, transformando uma tensão de um dado valor noutra de valor mais elevado.

Sob o ponto de vista gráfico, os amplificadores que se utilizam, são os chamados amplificadores de elevado ganho, com um grau de amplificação da ordem de grandeza de 10^8 (ou seja 100 milhões).

Esquemàticamente, esta amplificação representa-se do seguinte modo: (Fig.1)

Fig.1

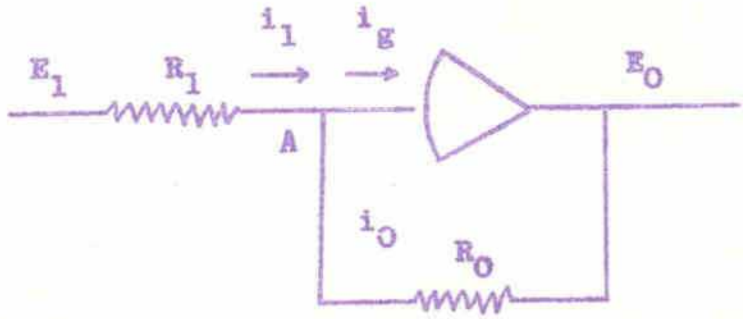
E_1 é a tensão de entrada e E_0 a de saída, o que permite escrever que

$$E_1 = - 10^8 E_0,$$

resultando o sinal (-) do próprio fenómeno da amplificação.

Isto quere dizer que se a tensão de entrada fôr de 0,000001 volts, a tensão de saída será de 100 volts.

Suponhamos agora que nós imaginamos um circuito qualquer, como por exemplo, o da fig.2, no qual R_1 e R_0 representam duas resistências.



Para estudar este circuito, aplicam-se as conhecidas leis de Kirchoff aprendidas no 5º.ano do Liceu. Como se sabe (ou se soube), a primeira lei de Kirchoff diz que a soma das intensidades num dado nó é igual a zero e, portanto, no nó A tem-se

$$i_1 + i_0 + i_g = 0$$

(o índice g refere-se à grelha da vávula)

E como as intensidades se calculam dividindo as tensões pelas resistências, ter-se-à

$$\frac{E_1}{R_1} + \frac{E_0}{R_0} + i_g = 0$$

Como por outro lado, a corrente i_g é muito pequena, (como vimos, a tensão de entrada tem de ser da ordem de grandeza de 10^{-6} volts a fim de não originar tensões de saída de ordem de grandeza superior a 100 volts), podemos escrever $i_g \approx 0$.

Logo,

$$\frac{E_1}{R_1} + \frac{E_0}{R_0} = 0$$

e portanto,

$$E_0 = - E_1 \frac{R_0}{R_1}$$

Isto significa que a tensão de saída é igual à tensão de entrada multiplicada pela relação $\frac{R_0}{R_1}$, pelo que este circuito efectua multiplicações e divisões. Basta ter um voltímetro à entrada e outro à saída.

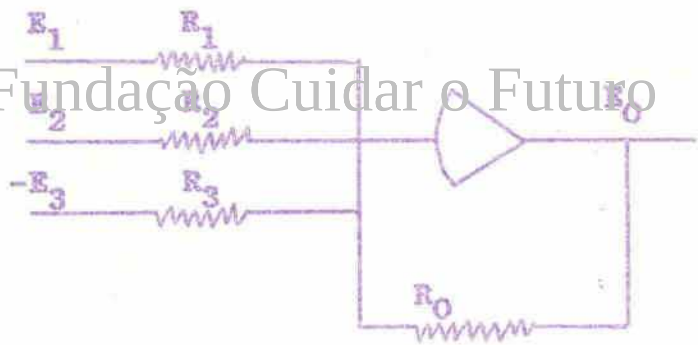
Deve notar-se que o sinal (-) em nada afecta o que se disse, porque apenas quere dizer que se inverte o sentido da corrente, o que para efeitos de medida da tensão é indiferente.

A partir deste ponto, tudo está em criar circuitos que executem outras operações, das quais as mais importantes são evidentemente, a soma (e a subtracção), a derivação e a integração.

Não vamos evidentemente, porque isso já não tem interêsse, estudar esses circuitos em pormenor, mas vamos indicá-los resumidamente.

a) - <u>Soma (e subtracção)</u>

O esquema é o seguinte:



A relação entre as tensões será:

$$E_0 = -E_1 \left(\frac{R_0}{R_1}\right) - E_2 \left(\frac{R_0}{R_2}\right) + E_3 \left(\frac{R_0}{R_3}\right)$$

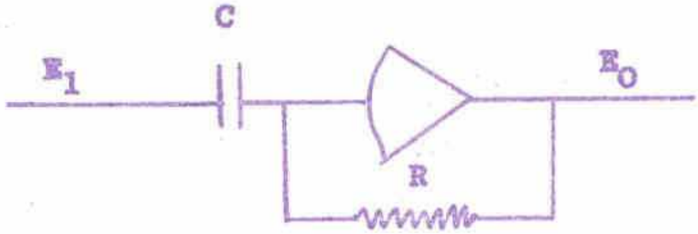
(para efeitos de subtracção, a corrente correspondente a E_3 tem um sentido inverso das restantes)

Se fizermos $R_1 = R_2 = R_3 = R_0$, ter-se-à

$$E_0 = -(E_1 + E_2 - E_3)$$

b) - <u>Derivação</u>

Corresponde ao seguinte esquema, no qual C representa um condensador de capacidade C:



A relação entre E_O e E_1 é a seguinte:

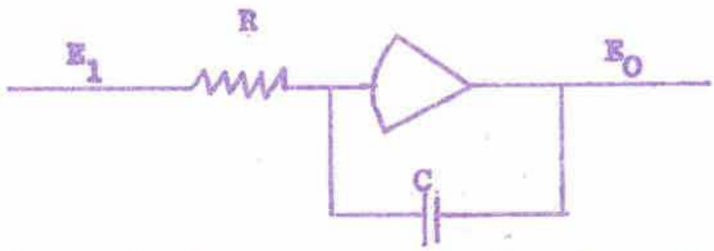
$$E_O = -RC \frac{dE_1}{dt}$$

Deve notar-se que este esquema não se usa na prática, devido a dificuldades de funcionamento.

Este facto não tem grande importância, porque a operação de derivação não é fundamental para os computadores analógicos.

c) - Integração

O esquema é análogo ao da derivação, trocando o condensador com a resistência.



A correlação entre as tensões é, neste caso

$$E_O = -\frac{1}{RC} \int_{t_1}^{t_1} E_1 \, dt + E_{oi}$$

sendo E_{oi} a tensão de saída inicial (se fôr $E_{oi}=0$, vem $E_O = -\frac{1}{RC}\int_{t_1}^{t_1} E_1 \, dt$).

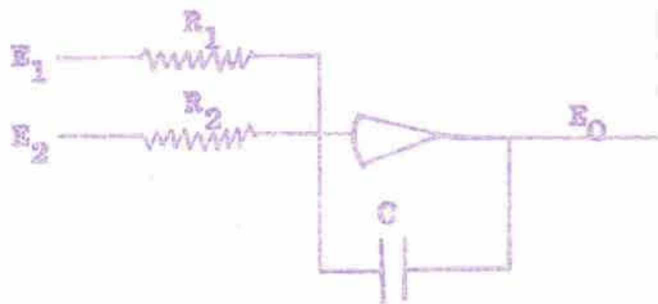
À fracção $\frac{1}{RC}$, dá-se o nome de ganho do integrador.

Se nós fizermos RC = 1 (por exemplo R = 1 megohm = $= 10^6$ ohm e C = 1 microfarad = 10^{-6} farad), o integral será:

$$E_o = -\int_{t_1}^{t_1} E_1\, dt + E_{oi}$$

Uma vez estabelecidos estes circuitos básicos, podem imaginar-se todas as combinações possíveis.

Por exemplo, se considerarmos o circuito seguinte:



ele representará a seguinte operação, como é evidente:

$$E_O = \int_{t_1}^{t} \left[\left(-\frac{1}{R_1 C}\right) E_1 + \left(-\frac{1}{R_2 C}\right) E_2 \right] dt + E_{oi}$$

Passemos agora a uma equação diferencial, por exemplo

$$y' + 4\,y = -80$$

Antes de estudarmos o circuito de integração, vamos integrá-la pelos métodos correntes.

Se fizermos

$$y = z_O$$

vem

$$y' = z'$$

Substituindo, temos

$$z' + 4\,(z - z_O) = -80$$

ou

$$z' + 4z = 0$$

Separando as variáveis, tem-se

$$\frac{dz}{dt} = -4z$$

ou

$$\frac{dz}{z} = -4t$$

e, integrando

$$\log z = -4t + \log C$$

(escreveu-se log c em vez de C, por comodidiade)

Ter-se-à finalmente (aplicando a regra do logaritmo do produto e notando que o logaritmo da exponencial é o expoente):

$$z = Ce$$

Substituindo o z pelo seu valor, virá

$$y = Ce^{-4t} + z_0$$

Admitindo que para $t = 0$, seja $y = 60$, será

$$60 = C + 20,$$

ou

$$C = 40$$

Portanto

$$y = 40e^{-4t} + 20$$

Esta solução satisfaz evidentemente.

Com efeito,

$$y' = -60e^{-4t}$$

Logo, substituindo na equação dada, tem-se

$$-160e^{-4t} + 4\,(40e^{-4t} + 20) = -80$$

e portanto está certo.

Imaginemos agora um circuito para integrar a equação dada, utilizando um computador.

À semelhança do que se fez na sessão anterior, teremos:

$$t_{n+1} = t_n + \Delta_{tn}$$

$$y_n + y'_n \Delta t_n = y_{n+1}$$

$$\longrightarrow y'_n = -80 - 4\, y_n$$

sendo as condições iniciais $t_1=0$ e $y_1=60$.

Simplesmente, como no computador analógico, as variáveis podem variar continuamente, o esquema pode ser substituido por outro, substituindo Δtn por uma variação infinitesimal dt.

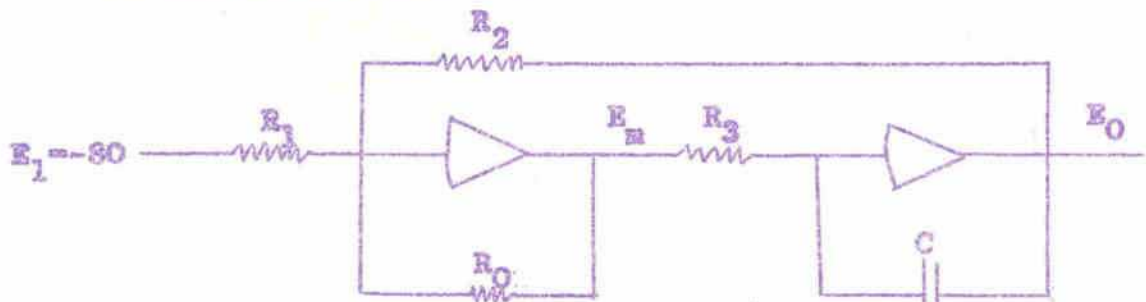
Fica portanto

$$t = t + dt$$

$$y = \int_{t_1}^{t} y'\, dt$$

$$\longrightarrow y' = -80 - 4y$$

Este esquema corresponde ao seguinte circuito de um computador analógico



Com efeito, de acordo com os circuitos estudados atràs ter-se-à:

$$E_m = - E_0 \left(\frac{R_0}{R_2}\right) - E_1 \left(\frac{R_0}{R_1}\right)$$

e

$$E_0 = - \frac{1}{R_3 C} \int_{t_1}^{t} E_m\, dt + E_{0i} =$$

$$= \frac{1}{R_3 C} \int_{t_1}^{t} \left[E_0 \left(\frac{R_0}{R_2}\right) + E_1 \left(\frac{R_0}{R_1}\right) \right] dt + E_{0i}$$

Se fizermos $R_3C = 1$; $\dfrac{R_0}{R_2} = 4$, $\dfrac{R_0}{R_1} = 1$ e $E_1 = -80$ volts, ficará

$$E_0 = \int_{t_i}^{t} \left[4\ E_0 - 80\right]\ dt + E_{oi}$$

Mas como $-E_0 = y$, vem

$$4\ E_0 - 80 = -4\ y - 80 = y'$$

Logo, àparte o sinal, esta expressão equivale ao integral

$$y = \int_{t_i}^{t} y'\ dt + y_i$$

Uma vez compreendido este exemplo, é fácil imaginar um circuito para integrar uma equação de 2ª. ordem do tipo que foi indicado na sessão anterior, isto é

$$y'' + a\ y' + b\ y = c$$

Se nos lembrarmos do esquema de integração da sessão anterior e notando também que, como no caso da equação de 1ª. ordem, nós podemos substituir Δt_n por dt, teremos:

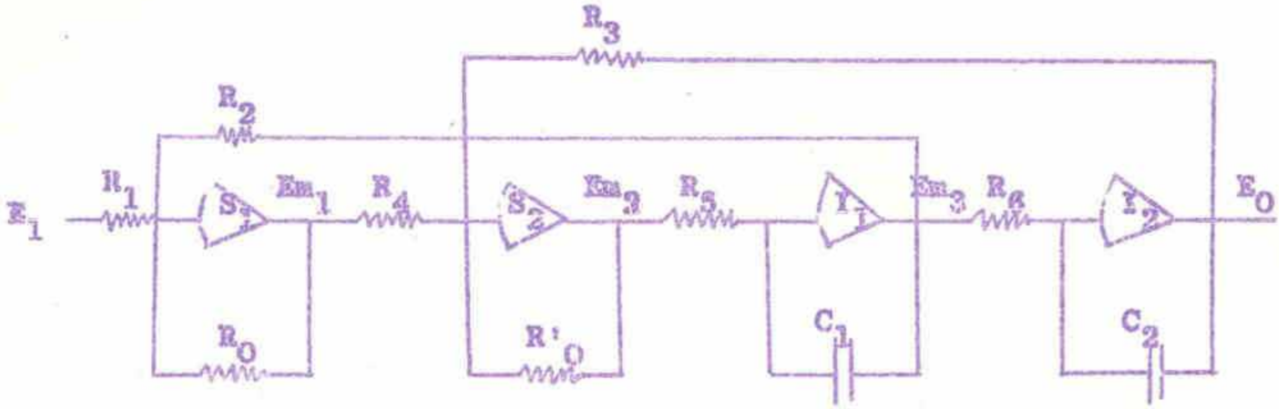
$$t = t + dt$$

$$y = \int_{t_i}^{t} y'\ dt$$

$$y' = \int_{t_i}^{t} y''\ dt$$

$$y'' = c - a\ y' - b\ y$$

O circuito do computador será pois



Com efeito,

$$Em_1 = - Em_3 \left(\frac{R_O}{R_2}\right) - E_1 \left(\frac{R_O}{R_1}\right)$$

$$Em_2 = - E_O \left(\frac{R'_O}{R_3}\right) - Em_1 \left(\frac{R'_O}{R_4}\right) =$$

$$= - E_O \left(\frac{R'_O}{R_3}\right) + E_{m3} \left(\frac{R'_O}{R_1}\right) \left(\frac{R_O}{R_2}\right) + E_1 \left(\frac{R'_O}{R_4}\right) \left(\frac{R_O}{R_2}\right)$$

$$E_{m3} = - \frac{1}{R_5 C_1} \int_{t_i}^{t} E_{m2} \, dt + E_{m3i}$$

$$E_O = - \frac{1}{R_6 C_2} \int_{t_i}^{t} E_{m3} \, dt + E_{Oi}$$

No que se refere aos sinais, cada operação origina uma troca de sinal. Daqui resulta que E_{m3} e E_1 têm sinais diferentes pelo que E_{m1} é uma diferença; por outro lado, E_O e E_{m3} também têm sinais diferentes, pelo que a expressão

$$\left[- E_O \left(\frac{R'_O}{R_3}\right) + E_{m3} \left(\frac{R'_O}{R_1}\right) \left(\frac{R_O}{R_2}\right) \right]$$

é uma soma. Em consequência,

$$E_{m2} = c - a\, y' - b\, y = y'',$$

se fôr

$$E_1 \left(\frac{R'_O}{R_4}\right) \left(\frac{R_O}{R_2}\right) = c$$

$$\left(\frac{R'_0}{R_1}\right)\left(\frac{R_0}{R_2}\right) = a$$

$$\frac{R'_0}{R_3} = b$$

Se fôr, por outro lado, $R_5C_1 = 1$ e $R_6\ C_2 = 1$, teremos $E_{m3} = -y'$ e $E_0 = y$, visto que

$$-y' = -\int_{t_{oi}}^{t} y''\,dt - y'_{oi}$$

e

$$y = \int_{t_{oi}}^{t} y'\,dt + y_{oi}$$

Vemos assim que o circuito é composto de dois integradores I_1 e I_2 e de dois adicionadores S_1 e S_2.

Este computador pode ser usado para substituir um fenómeno físico que seja representado pela equação

$$y'' + a\ y' + b\ y = c$$

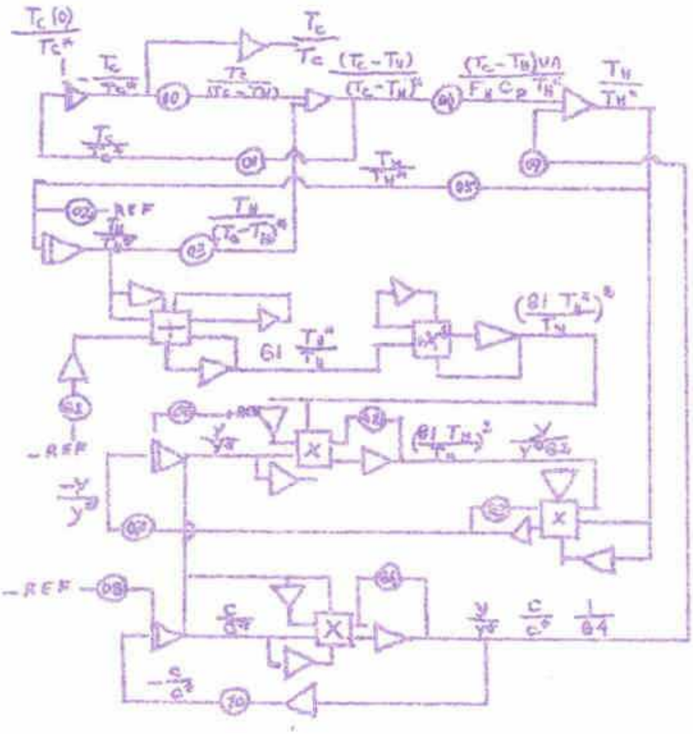
E nessas condições, em vez de estarmos a fazer experiências sobre o próprio fenómeno físico, podemos simulá-las no computador.

E daí o nome de computador analógico.

Chegados a este ponto, pode talvez dizer-se que estivemos a apresentar um exemplo muito complicado, que excede o âmbito destas sessões.

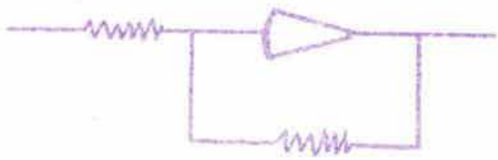
No entanto, por muito que nos possa custar, o exemplo é excepcionalmente simples.

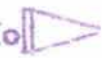
Na realidade, se quizermos fazer idéia do que é um computador com uma certa complicação, podemos olhar para o esquema da figura seguinte.

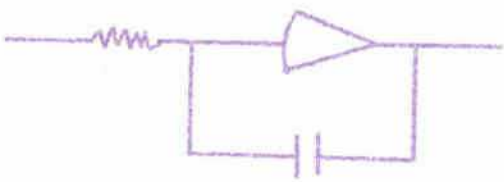


Neste esquema são utilizadas duas convenções que são correntes e que são as seguintes:

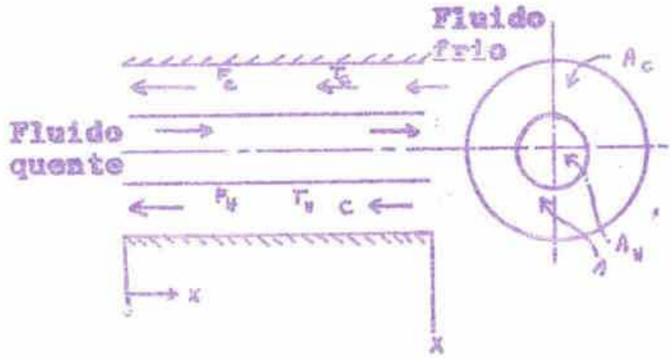
A representação  indica um multiplicador que, como vimos, corresponde ao seguinte circuito:



A representação  indica um integrador, ou seja o circuito



O que é curioso é que este esquema se destina a simular um aparelho de reacção tubular, cujo regime de funcionamento está re presentado na figura seguinte:



E além disso, é de notar também que é tirado de uma revista puramente técnica (Hydrocarbon Processing, de Outubro de 1968, pag. 131), o que mostra que este problema é tomado muito a sério.

Chegados a este ponto, dissemos o suficiente sobre computadores analógicos para não ser preciso voltar a falar neles dentro da orientação geral destas sessões.

Em todo o caso, antes de terminarmos, há toda a vantagem em chamar a atenção para um aspecto que é particularmente nítido neste tipo de computadores.

É que a utilização de simulações analógicas só é possível se fôr acompanhada de um aperfeiçoamento equivalente na compreensão dos fenómenos da Tecnologia.

Por outras palavras, a evolução da ciência destes computadores é totalmente inútil se não houver paralelamente um aperfeiçoamento da ciência física dos fenómenos que têm de simular.

Na realidade, não vale a pena ter a pretensão de gastar alguns milhares de contos num computador analógico, se não forem conhecidas as equações que há que simular.

Porque, se assim não fôr, é legítimo perguntar o que é que se vai simular.

Pode ser que um computador analógico seja um brinquedo muito bonito, mas é caro demais para ser usado como brinquedo.

Por outro lado, é certo que há muitas empresas no Mundo, que utilizam computadores analógicos e com certeza que não é para perde rem dinheiro com o seu emprego. Mas para o fazerem, são obrigados a dominar os fenómenos da Tecnologia em toda a extensão da sua fundamentação científica, o que representa, de certo modo, uma viragem na forma de gestão das bases físico-químicas da indústria.

E neste caso, não vale a pena estar a falar em "computer-minded managers"porque não há opção: ou se é ou se não é, porque se não se fôr, não se sabe mesmo o que é que se deve pedir ao computador.

Esta situação não é tão nítida em relação aos computadores digitais, porque toda a gente, mesmo que não seja "computer minded", sabe que estes computadores se empregam para operações sem grande transcendência, tais como processamento de salários, formação de preços, facturação, etc.

Ora para saber isso, não é preciso ser "computer-minded" e portanto o problema precisa de ser analisado mais a fundo.

Mas para isso, ainda temos mais 7 sessões e portanto, por hoje chega.

Lisboa, 18 de Novembro de 1968