

Sistemas de Tempo Real: O Tempo Real

Rômulo Silva de Oliveira
Departamento de Automação e Sistemas – DAS – UFSC

romulo@das.ufsc.br
<http://www.das.ufsc.br/~romulo>
Maio/2007

1

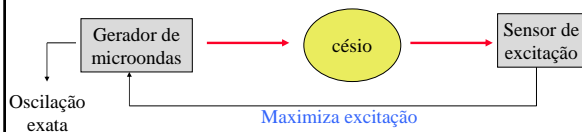
Relógio Físico - Astronômico

- Medição do tempo em termos **astronômicos**
 - Sol no ponto aparente mais alto: Trânsito Solar
 - Intervalo entre dois trânsitos solares: Dia Solar
 - $1/(24*3600)$ do Dia Solar: Segundo Solar
- Rotação da terra diminui com o tempo
 - 400 dias por ano a 300 milhões de anos atrás
 - Os dias estão ficando mais longos
 - Segundo Solar Médio - média de vários dias

2

Relógio Físico - Atômico

- Medição do tempo em termos **atômicos**
- Em 1948 foi criado o relógio atômico
 - Definição de segundo: Tempo necessário para ocorrerem 9.192.631.770 transições do átomo de césio 133
 - Por quê 9.192.631.770 ?
 - Resulta em 1 segundo solar médio no ano em que o relógio atômico foi introduzido



3

Relógio Físico - Atômico

- Atualmente dezenas de laboratórios no mundo possuem um relógio atômico
- Coordenados pelo Bureau International de l'Heure - BIH, Paris-França
- Cada laboratório informa o BIH quantos ticks ocorreram
- BIH faz a média, produz o **International Atomic Time - TAI**
- TAI é a média de ticks contados desde 1/jan/58

4

Relógio Físico - UTC

- Problema:
 - 24*3600 segundos do TAI é 3mS menor que o dia solar médio
 - Dia solar médio está ficando maior
 - Rotação da terra está ficando mais lenta
- Usando somente o TAI
 - Meio-dia do relógio e do sol ficariam diferentes

5

Relógio Físico - UTC

- Solução:
 - BIH atrasa segundos para manter o TAI em sincronia com o sol
 - Sempre que diferença entre TAI e tempo solar passa de 800 mS
 - Até hoje cerca de 30 segundos foram atrasados
- Relógio Atômico Corrigido é chamado de

UTC - Universal Coordinated Time

6

Relógio Físico – Via GPS

- GPS - Global Positioning System
- Sistema de navegação baseado em satélites orbitando a terra
- Fornece 24 horas por dia, no globo inteiro:
 - Posição precisa em 3 dimensões
 - Tempo preciso, relacionado com o UTC
- Operado pela Força Aérea americana, dirigido pelo DoD
- Projetado originalmente para fins militares
- Atualmente usado largamente para fins civis:
 - Monitoração de veículos, mapeamento, navegação
- Capacidade operacional completa em julho de 1995
- 50+ empresas fornecem 275+ modelos de receptores (1997)

7

Relógio Físico – Via GPS

- Níveis de precisão diferentes para civis e militares
- GPS-Time expresso em semanas e segundos desde 6/jan/1980 UTC
- Não inclui segundos atrasados (leap-seconds), ex: 11 em 1/1/96
- Mantido por relógios atômicos em terra e nos satélites
- Receptores para tempo são diferentes dos para navegação
 - Em geral assumem posição fixa e conhecida
 - Atrasos na antena, cabo e eletrônica devem ser computados
- Preço entre US\$ 200,00 e US\$ 60.000,00
- Muitos sinalizam tempo via RS-232, IEEE-488 e ethernet
- Problema: Colocação da antena é crítica
 - Visada direta entre antena e satélite, reflexos, perdas no cabo
 - Determinação da posição da antena

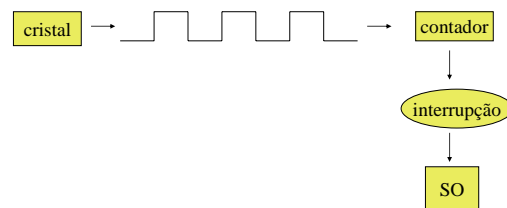
8

Relógio Físico - Computadores

- Cristais de quartzo sob tensão
 - Oscilam em uma frequência bem definida
 - Frequência depende do tipo de cristal, lapidação e tensão
- Um contador (Timer) é iniciado com algum valor
- Cada oscilação do cristal decremente o contador
- Quando contador chega a zero
 - Interrupção é gerada (clock tick)
 - Contador é reinicializado
- Período das interrupções definido pelo valor colocado na inicialização do timer

9

Relógio Físico - Computadores



- Cristais variam
 - É impossível produzir cristais com frequência exatamente igual
 - Na prática é preciso considerar frequências ligeiramente diferentes

10

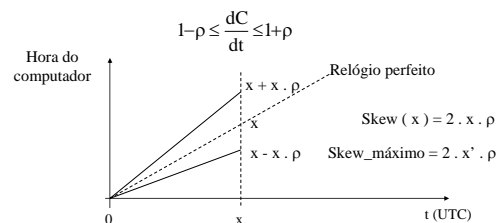
Sincronização de Relógios

- Seja t a hora UTC
- Seja $C_p(t)$ a hora indicada pela máquina p no instante t
- Ideal: Para qualquer p , qualquer t , $C_p(t) = t$
- Ou ainda: $dC / dt = 1$
 - $dC / dt > 1$ indica relógio muito rápido
 - $dC / dt < 1$ indica relógio muito lento
- Exemplo: Timer deve gerar 60 interrupções por segundo
 - Resulta em $60 * 60 * 60 = 216000$ ticks por hora
 - Erro típico é de 10^{-5}
 - Máquina típica vai gerar entre 215998 e 216002 ticks por hora
- Diferença absoluta entre relógios é chamada **SKEW**

11

Sincronização de Relógios

- Drift Rate máximo - ρ
 - Indica a precisão do timer
 - Definido por:



12

Sincronização - Solução Centralizada

- Time Server, Cristian, 1989
- Time Server tem acesso ao UTC
- Periodicamente, no máximo a cada $\text{Skew_máximo} / 2 \cdot \rho$
 - Clientes perguntam a hora
 - Time Server responde a UTC
- Se $\text{UTC} < \text{hora local}$
 - Não pode atrasar o relógio
 - Faz a correção gradualmente
- Tempo para comunicação entre clientes e servidores
 - Mede atraso entre request e reply, divide por 2
 - Usa média do atraso de vários pares request-reply
 - Considera tempo de processamento do server

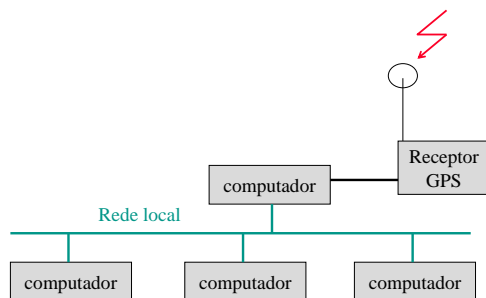
13

Sincronização - Solução Distribuída

- Não existe um servidor centralizado
- Intervalos de sincronização:
 - i -ésimo intervalo entre $T_0 + i.R$ e $T_0 + (i+1).R$
- No início de cada intervalo:
 - Cada máquina difunde a sua hora local
 - Relógios dessincronizados, difusão não ocorre ao mesmo tempo
- Após enviar a sua hora:
 - Cada máquina coleta todas as outras difusões
 - Limita coleta a um intervalo S
 - Descarta valores extremos
 - Estima atrasos de comunicação e processamento
 - Computa nova hora local fazendo a média

14

Sincronização Através de GPS



15

Resumo

- Algumas aplicações necessitam manipular o tempo
- Relógio Físico
 - Astronômico
 - Atômico
 - UTC
- Computadores utilizam a oscilação dos cristais
- Sincronização de Relógios é por vezes necessária
 - Algoritmo centralizado
 - Algoritmo distribuído
 - Através de GPS

16