

1. O relógio físico procura manter o tempo o mais próximo possível do horário astronômico, enquanto o lógico tenta organizar a ordem dos eventos em um sistema distribuído, resolver problemas de concorrência, sem o propósito de sincronizar-se com o horário astronômico (ou real).
2. Na forma astronômica, é medida a partir de um observador em um ponto fixo na Terra, observando o sol ou outra estrela e marcando o movimento dele ao longo do dia, até chegar mais ou menos no mesmo ponto que foi observado anteriormente.
Com o relógio atômico, a marcação é feita através da observação da frequência de oscilação de átomos (mais comumente o césio 133). Conta-se o número de transições e, dependendo do átomo, após chegar a um valor, marca-se a unidade de tempo, por exemplo: após 1 milhão de oscilações do átomo X, marca-se 1 segundo.
3. UTC surgiu a partir da evolução do TAI (Tempo Atômico Internacional) e serve para manter um horário padronizado em todo o mundo, funcionando através de relógios atômicos sincronizados em vários laboratórios ao redor do planeta. Periodicamente, é adicionado 1 segundo para manter esse horário sincronizado com o horário astronômico que é bastante influenciado pelos movimentos celestes, gravitacionais e até mesmo por terremotos e eventos extremos na Terra.
4. NTP serve para que dispositivos conectados à internet possam manter o horário próximo do real, sincronizando o horário com servidores NTP. Existe uma hierarquia de servidores, onde o nível mais alto está se comunicando diretamente com uma fonte confiável de horário, como um relógio atômico. O nível mais alto possui o horário mais preciso mas os outros também conseguem manter um horário próximo do real pois o NTP possui mecanismos para compensar atrasos na comunicação entre servidores e clientes.
5. Nem sempre. O conceito do “acontece antes” diz que se um evento A ocorre antes do evento B, então A possui um valor de tempo menor que B. Mas, quando eventos independentes ocorrem, essa condição não é satisfeita, ou seja, B pode ter valor menor que A, mesmo tendo acontecido depois.
6. Lamport trabalha com atualização do relógio do destinatário caso o relógio dele esteja com uma marcação de tempo menor que o remetente. Cristian com os servidores entregando a hora real ou próximo do real para os clientes que perguntam pela hora. Berkeley trabalha com uma média de tempo, calculando essa média regularmente e informando aos clientes quantas unidades de tempo cada cliente específico deve atrasar ou adiantar ou fazer nada. Todas as estratégias garantem que eventos ocorram em ordem coerente.
7. (T)
(T)
(L)
(C)
(T)
8. Somando todos os horários, temos:

$$1:10:15s + 1:10:25s + 1:10:05s = 3:30:45s$$

$$3:30:45s / 3 = 1:10:15s$$

1:10:15s é a média

P1 não sofre alterações
P2 deve atrasar 10 segundos
P3 deve adiantar 10 segundos

9. c1 = momento que o cliente envia
s1 = momento que o servidor recebe
s2 = momento que o servidor envia
c2 = momento que o cliente recebe

c1 = 6
c2 = 15
s1 = 4
s2 = 9

atraso = $(c2 - c1) - (s2 - s1) = (15 - 6) - (9 - 4) = 4$ segundos

deslocamento = $((s1 - c1) + (s2 - c2)) / 2 = ((4 - 6) + (9 - 15)) / 2 = (-2 + -6) / 2 = -8 / 2 = -4$ segundos

Então o cliente deve atrasar o relógio em 4 segundos, para bater com o relógio do servidor.

10.

