

Än mäter astronomiska ur tiden

Tidmätning - från medeltida kyrkor till dagens tidsstyrda automationssystem

FOTON: DAGMAR ZITKOVA



Astronomiska ur blev populära på medeltiden. Uret på bilden ovan är konstruerat cirka år 1410 och finns på rådhuset i Prag. Tidhållning var tidigare en fråga för astronomiska observationer som hade modeller för jordens rörelser runt sin egen axel och runt solen samt jordens förhållande till fixstjärnorna. Tid var lokalt definierad och kyrkklockorna utgjorde en referens tills den så kallade "jämvägstiden" infördes.

Ett ljusrelä ic Astro från Schneider Electric innehåller ett astronomiskt ur. Det styr belysningen automatiskt efter solens upp- och nedgång, helt utan en extern sensor. Inställningen sker med de geografiska parametrarna, det vill säga en GPS-position.

BILD: SCHNEIDER ELECTRIC

Sammanfattat

□□ Naturvetenskapligt definieras tiden som en koordinat i relativitetens rumtid – 4D (tre rumskoordinater plus tid).

□□ Tiden mäts med hjälp av flera atomur, cesiumur och väteur, som ständigt jämförs. SI enheten är 1 sekund.

□□ Tidsskalan heter UTC och utgör standarden för tidsangivelser.

Att mäta tiden är något som människor har gjort sedan urminnestider. Eller rättare sagt, de har försökt att göra tillvaron mer begriplig och hanterbar genom att på olika sätt skapa en regelbundenhet, avgränsa olika tidsintervaller och sätta dem i system. I denna strävan har de fått hjälp av naturen eftersom det finns en helt naturlig och självklar rytm i tiden och en regelbundenhet med vilken olika tidsintervaller återkommer. Nu har vi kommit så långt i tiden som till år 2015 men frågan är om vi har blivit så mycket klokare när det gäller att veta vad tiden egent-

ligen är, än mänskligheten varit förut. Första uppgiften blir att definiera tiden.

Tiden bestäms av naturlagarna

Här skulle man nu kunna starta en omfattande filosofisk betraktelse, men vi gör det enkelt för oss och konstaterar att tiden är en ständig förändringsprocess och beskrivs med hjälp av naturlagarna. För att mäta tiden har man utgått från jordens rörelser och konstruerat olika tidsmätningssystem efter det. Tiden mäts med hjälp av klockor (ur) och anges på en tidsskala. De tidigaste uren använde solens skuggor. Nack-

delen var att de inte gick att använda på natten, på vintern och vid molnigt väder. Desutom behövde man kalibrera om dessa ur efter årstider.

Moderna tidsmätningssystem

Mekaniska klockor med steghjul kom fram i Europa i början av 1300-talet och förblev den vanligaste urmekanismen tills fjäderdrivna klockor och fickur uppfanns på 1500-talet. Efter dem följde pendeluren på 1600-talet. På 1900-talet utvecklades kvartsoscillatorn och atomuret. Kvartsoscillatorn var verkligen ett stort steg framåt och användes i början mest i laboratorier. Den kan tillverkas billigt, därför används den idag i vanliga armbandsur.

Dagens atomklockor är mer exakta än något tidigare tidsmätningssystem och används för att kalibrera andra klockor och för att beräkna den internationella atomtiden som det standardiserade tidssystemet UTC utgår från. UTC (universal coordinated time) är den internationella tidsskalan för standardtid. Den infördes 1972 och skapas ur medelvärdet av drygt 400 atomur runt om i världen.

Svensk tid kommer från Borås

Tidsskalan utgör standarden för tidsangivelser och anger hur klockor ska ställas in, sekund för sekund. Växlingen från en sekund till nästa ska ske exakt med en noggrannhet på mindre än en miljondels sekund. Den officiella svenska tidsskalan heter UTC (SP) och är en nationell tillämpning av den internationella UTC. Det är SP i Borås (Sveriges Tekniska Forskningsinstitut) som på regeringens uppdrag ansvarar för den nationella tidhållningen. Det görs med hjälp av flera atomur, cesiumur och väteur, som ständigt jämförs internationellt för maximal precision. Jämförelsen får man genom mätningar mot satelliter inom GPS-systemet och via den Internationella Byrån för Mått och Vikt strax utanför Paris. År 1995 utnämndes SP till riksmätplats i Sverige för tid och frekvens.

– Huvuduppgiften för oss som riksmätplats är att distribuera den svenska normaltiden. Verksamhet bedrivs inom nationell och internationell tidhållning, tidssynkronisering, forskning och olika kalibrerings- och utvecklings-tjänster, säger Carsten Rieck, ingenjör vid Tid- och frekvenslaboratoriet på SP.

Fröken Ur

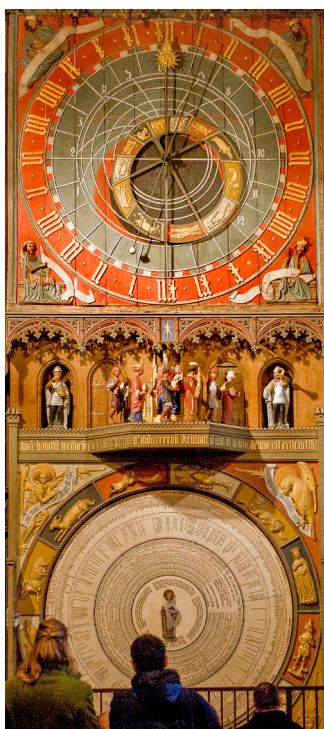
Fröken Ur har under många decennier varit en mycket populär taltjänst från Telia och egentligen det enda sättet att distribuera tid till en bred allmänhet i Sverige. Sedan år 2000 är talmaski-

” Vi ställer inga klockor, de får leva ett fritt liv. Vi har utrusning som tar signalen av en klocka och ”förbättrar den i frekvens”. Vi har även möjligheten att flytta tiden i små, små steg”.

CARSTEN RIECK, INGENJÖR, TID- OCH FREKVENSLABORATORIET, SP.

Nya Fröken Ur är datorbaserad. Noggrannheten hos den tid som Fröken Ur levererar ligger vid normala driftförhållanden inom 100 millisekunder när tiden lämnar SP.

Sedan 1968 hade Telia haft en Fröken Ur-maskin i drift i Stockholm. År 2000 flyttade den till SP i Borås där den fortfarande står men den används inte längre.



Lunds domkyrka har ett eget astronomiskt ur.

nen för Fröken Ur placerad i Tid och frekvenslaboratoriet vid SP och består av tre datorer som är synkroniserade till den nationella tidsskalan UTC (SP). Den tid som ges av Fröken Ur är direkt kopplad till SPs atomur. Fröken Ur anger timma, minut och var tionde sekund med hjälp av en ton, även dag, månad och år en gång per minut. Dessutom anges normaltids och sommardags ett dygn före och efter aktuellt datum.

– Vi tillhandahåller tjänster för synkronisering av olika typer av klockor, och har investerat mycket i tidsinfrastruktur, säger Carsten Rieck.

Internettid

Exempelvis tillhandahåller SP en service för synkronisering av datorklockor via Internet och det standardiserade Internet-protokollet, Network Time Protocol (NTP). I flera tillämpningar är klockans noggrannhet av central betydelse. Filhantering och arkivering, larm- och säkerhetssystem samt krypteringsnycklar är några exempel där det kan vara viktigt att klockorna hos enskilda datorer eller datorsystem är synkroniserade. För datorer och datorsystem tillhandahål-



Katedralen i Strasbourg
har också ett astronomiskt ur.

ler SP synkronisering via uppringt modem eller via Internet och NTP.

Det finns två grundläggande sätt att mäta tiden och tre intentionella tidsskalor som kompletterar varandra används för olika ändamål.

Astronomisk tid och atomtid

Astronomisk tid har använts i historien och utgår från klockan 12 då solen står högst på himlen. Astronomisk tid varierar. Timmar, minuter, sekunder och dygn är inte exakt lika långa varje år.

Atomtid beräknas med hjälp av atomur. Sekundens längd definieras i den internationella SI-standard. Atomtidssekunder är alltid lika långa.

– Egentligen varierar atomtiden också, säger Carsten Rieck. Fysikaliska fenomen används inom relativitetsteoris lagar (speciellt ekvivalensprincipen är avgörande). Dagens atomklockor har fel och fungerar inte exakt efter definitionen. De bästa mikrovågsatomklockorna har onoggrannhet på så mycket som $1e-16$!

– Men utveckling inom optiska klockor kommer att inom några år definiera om sekunden.

Onoggrannheten blir cirka $1e-18$ eller till och med bättre.

Det finns som sagt tre tidsskalor: UT1, UTC och TAI. Skillnaderna mellan dem är inte märkbara men de är viktiga när det krävs hög precision i tidmätning. Sekundens längd i UTC är exakt samma som i atomtid (som i TAI). Men för att tiden inte ska avvika för mycket från astronomisk tid (UT1) lägger man då och då till en så kallad skottsekund.

– Jag vill också tilläga att man just nu diskuterar avskaffandet av skottsekunden för att underlätta för tekniska system, säger Carsten Rieck.

– Idag är det över 400 atomklockor från mer än 60 nationella labb (mest industrikllockor av Cesiumtyp och väteatomur) som används för att skapa TAI. Sverige bidrar med upp till 30 klockor utspridda i hela landet. Klockorna finns hos SP i Borås och Stockholm och våra partners, bland annat Onsala Rymdobservatoriet och Stupi i Stockholm. Det ger oss 7-8 procents vikt i TAI, det är mycket i förhållande till vårt lands storlek.

Dagmar Zitkova

Så fungerar den moderna tidmätningen

Officiell världstid, definitionen på SI-enheten 1 sekund och relaterade tidsskalor enligt en sammanställning gjord vid SP:s laboratorium för tid och frekvens:

EN TIDSSKALA MÅSTE HA EN BÖRJAN och därefter en kontinuerlig uppräknings. Från tidsskalans början (kallas den initiala fasen) lägger man till tidintervall. Dessa tidintervall kan vara sekunder som ackumuleras till minuter, timmar, dagar, veckor, månader, år, århundraden, årtusenden, och så vidare.

MAN SKILJER TIDSSKALOR ÅT genom att de antingen har olika början eller olika längd på sekunden, eller bådadera. Definitionen på 1 sekund har ändrats flera gånger, men även officiell världstid har ändrats - det vill säga olika tidsskalor har använts för den officiella världstiden.

VÄRLDSTIDSSKALAN UT (Universal Time) baseras på jordens rotation kring sin egen axel. Soltiden (tidintervallet mellan två tidpunkter då solen står som högst) varierar beroende var på jorden man befinner sig och när på året man mäter. De största variationerna beror på att jordens lutningsplan är olika. Jordens rotation kring solen är inte cirkulär utan elliptisk. Korrigerar man för dessa variationer får man medelsoltid. Tidsskalan UT0 är lika med medelsoltid om man gör korrektionerna vid Greenwich meridianen i England.

TIDSSKALAN UT0 VARIERAR på grund av polvandring då jordens rotationsaxel varierar. Korrigerar man dessa variationer (upp till ca 50 ms får man världstidsskalan UT1. UT1 kan beräknas med en noggrannhet på ca 3 ms på en dag.

Fram till 1960 definierades SI-enheten 1 sekund av $1/86400$ delar av medelsoldygnen, given i UT1 beräknad vid Greenwich meridi-

anen. Den initiala fasen är vald så att 00:00:00 UT1 sammanfaller, i medel, med midnatt i Greenwich. Den officiella världstiden baserades på UT1 fram till 1972 och kallades då GMT (Greenwich Mean Time). Efterföljare till Greenwichid är den så kallade UTC-skalan.

DEN INTERNATIONELLA ATOMTIDSSKALAN, TAI (International Atomic Time). Sedan 1967 definieras SI-enheten 1 sekund som varaktigheten av 9192631770 perioder av den strålning som motsvarar övergången mellan de två hyperfina nivåerna i grundtillståndet hos atomen Cesium 133. TAI är den koordinerade referenstiden etablerad av den Internationella Byrån för Mått och Vikt (BIPM) och baserad på tiden från atomklockor upprätthållna enligt överensstämmelse med definitionen på sekunden. Med koordinerad tidsskala menas att tiden är en av koordinaterna i ett system av tre rymdkoordinater (x, y, z) och en tidskoordinat (t). De klockor som ingår i TAI måste antingen vara placerade vid havsnivå eller, om så inte är fallet, korrigeras för höjdskillnaden. Detta beror på gravitationseffekter inom relativitetsteorin. Till skillnad från UT1 är TAI inte en fysisk klocka utan en systemtid (en så kallad pappersklocka). TAI beräknas som ett viktat medelvärde av ca 400 atomur lokaliserade i ett 60-tal laboratorier världen runt.

DEN KOORDINERADE VÄRLDSTIDSSKALAN UTC (Coordinated Universal Time) definierades om 1972 och blev en ny officiell världstid. UTC består av en kombination av TAI och UT1 och är definierad enligt följande:

$UTC - TAI = n$ sekunder (n helta)

$UTC - UT1 \approx 0,9$ sekunder.

UTC 00:00:00 sammanfaller med midnatt vid nollmeridianen i Greenwich. Lokala tidsskalor beräknas utifrån UTC, genom att lägga till eller dra ifrån ett helt antal eller till och med halva timmar, beroende på tidszon.