

SFML - Vrijeme i satovi

Objektno programiranje - 6. vježbe

dr. sc. Sebastijan Horvat

Prirodoslovno-matematički fakultet,
Sveučilište u Zagrebu

16. travnja 2025. godine

Vrijeme i satovi

- prije nego promotrimo rad s vremenom u SFML-u, nije loše pogledati kako se može mjeriti vrijeme pomoću prog. jezika C++
- prije C++11 standarda: strukture i funkcije za rad s vremenom naslijeđene iz programskog jezika C (C-ova biblioteka `time` ⇒ uključujemo `ctime`)

Primjer. Ispis broja sekundi od epohe (pokrenuti više puta):

```
#include <iostream>
#include <ctime>
using namespace std;

int main() {
    time_t s;
    s = time(nullptr);
    cout << s << endl;    //npr. 1685367686
    return 0;
}
```

Tip `time_h` i funkcija `time`

- tip `time_h` - iako nije definirano C standardom, gotovo uvijek drži cjelobrojnu vrijednost - funkcija `time` predstavlja broj sekundi od **epohe** (00:00h, 1. siječnja 1970, UTC¹)
 - UNIX inženjeri odabrali tu epohu jer im se činila prikladnom, a preciznost je promijenjena u sekunde kako ubrzo ne bi došlo do *overflowa* (vidi tzv. problem 2038. godine)
 - argument funkcije je null-pokazivač (često se piše i: `time(0)`) ili pokazivač na `time_t` varijablu u koju želimo spremiti sekunde od epohe
- ⇒ kod u prethodnom primjeru mogli smo napisati ovako:

```
time_t s;  
time(&s);  
cout << s << endl;
```

¹Svjetsko vrijeme (*Universal Time Coordinated*) - vrijeme nulte vremenske zone

Dobivanje vremena u čitljivom formatu (za čovjeka)

```
char *ctime(const time_t *time);
```

- vraća pokazivač na C-ovski string koji predstavlja lokalno vrijeme za dani broj sekundi od epohe u obliku:

dan_tjedna mjesec datum sati:minute:sekunde godina

Primjer.

```
time_t s = time(nullptr);  
char* t = ctime(&s);  
cout << t << endl;
```

Važno: kompajliranjem u VS2022 dobivamo sljedeću poruku o grešci:

*Error C4996 'ctime': This function or variable may be unsafe.
Consider using ctime_s instead.*

Objašnjenje: prema [službenoj stranici Microsofta](#), greška s kodom C4996 javlja se jer kod koristi funkciju, član klase, varijablu ili typedel koji je označen kao *zastarjeli* (ovdje je to funkcija `ctime`).



Dobivanje vremena u čitljivom formatu (za čovjeka)

- funkcija `ctime` (kao i kasnije `asctime` na koju ćemo naići) nije višedretveno sigurna funkcija (eng. *non-reentrant*)² glede statičkog *buffera* koji koristi
- zato ćemo koristiti funkciju `ctime_s` - za razliku od `ctime` ovdje smo sami alocirali niz znakova (*buffer*) u koji će se spremiti dobiveni string:

```
time_t s;  
time(&s);  
char buffer[30];  
ctime_s(buffer, sizeof(buffer), &s);  
cout << buffer << endl;
```

- osim adrese spremnika (što je ovdje naziv niza *buffer*), funkcija `ctime_s` prima i veličinu spremnika te adresu varijable tipa `time_t` koja ima spremljen broj sekundi od epohe

²vidi, primjerice, slajd 27 ovdje: www.zemris.fer.hr/~leonardo/os/Osnovni_koncepti_OSa/OS_03_sinkr_primjeri.pdf

Dobivanje vremena u čitljivom formatu (za čovjeka)

Primjer ispisa koji se dobiva kodom s prethodnog slajda:

```
Mon May 29 16:18:02 2023
```

Primjer. Objasniti ispis ako prvu gornju liniju primjera zamijenimo s:
`time_t s = 100;` (podsjetnik: Hrvatska je na UTC+1!)

```
Thu Jan 1 01:01:40 1970
```

Struktura tipa `tm`

- struktura tipa `tm` sadrži posebno pojedine komponente datuma i vremena:

```
struct tm {  
    int tm_sec;    //sekunde (0 do 61)  
    int tm_min;    //minute (0 do 59)  
    int tm_hour;    //sati (0 do 24)  
    int tm_mday;    //dani (1 do 31)  
    int tm_mon;    //mjesec (0 do 11)  
    int tm_year;    //godina (od 1900)  
    int tm_wday;    //dani od nedjelje  
    int tm_yday;    //dani od 1. siječnja  
    int tm_isdst;   //zastavica: ljetno rač. vremena  
}
```

- pokazivač na popunjenu `tm` strukturu s podacima o trenutnom UTC vremenu vraća sljedeća funkcija:

```
struct tm *gmtime(const time_t *time);
```

Upotreba funkcije `gmtime_s` umjesto `gmtime`

- funkcija `gmtime` je *zastarjela* (kao i funkcija `ctime`) pa koristimo funkciju `gmtime_s`
- ta funkcija kao i `ctime_s` ne alocira `tm` strukturu nego dobiva adresu postojeće `tm` strukture koju treba popuniti:

```
time_t s = time(nullptr);  
tm v;  
gmtime_s(&v, &s);
```


Dobivanje stringa iz `tm` strukture

- pretvaranje u (pokazivač na) C-ovski string dobivamo funkcijom:

```
char *asctime (const struct tm * time);
```

- kao i u slučaju funkcija `ctime` i `gmtime`, funkcija `asctime` je *zastarjela* pa koristimo funkciju `asctime_s`:

```
time_t s = time(nullptr);  
tm v;  
gmtime_s(&v, &s);  
char buffer[30];  
asctime_s(buffer, sizeof(buffer), &v);  
cout << buffer << endl;
```

Primjer.

```
time_t s = time(nullptr);  
char t[30];  
ctime_s(t, sizeof(t), &s);  
cout << t << endl; //Sat Feb 25 16:47:46 2023  
tm v;  
gmtime_s(&v, &s);
```

Struktura tipa t_m - primjer (2. dio)

```
cout << v->tm_sec    << endl    //46
    << v->tm_min    << endl    //47
    << v->tm_hour    << endl    //15
    << v->tm_mday    << endl    //25
    << v->tm_mon     << endl    //1
    << v->tm_year     << endl    //123
    << v->tm_wday     << endl    //6
    << v->tm_yday     << endl    //55
    << v->tm_isdst    << endl;  //0

char b[30];
asctime_s(b, sizeof(b), &v);
cout << b << endl; //Sat Feb 25 15:47:46 2023
```

- `tm_sec` - do 61 (noviji standardi 60) zbog prijestupnih sekundi
- `tm_hour` - vrijednost 24 je zapravo 00:00 idućeg dana
- *Daylight Saving Time* zastavica (`tm_isdst`) - veća od nule (ljetno računanje vremena), nula (ljetnog računanja vremena nije na snazi), manje od nule ako info o tome nije dostupna
- ljetno vrijeme (Hrvatska 2025.): od 02:00 30. ožujka do 03:00 26. listopada (tj. zadnja nedjelja ožujka do zadnja nedjelja listopada)
- za razliku od prethodnog, funkcija

```
struct tm *localtime(const time_t *time);
```

vraća pokazivač na `tm` strukturu s podacima o lokalnom vremenu

- to je *zastarjela* funkcija pa koristimo funkciju `localtime_s`:

```
time_t s = time(nullptr);
```

```
tm v;
```

```
localtime_s(&v, &s);
```

Lokalno vs. UTC vrijeme

Lijevo je kao u prethodnom primjeru, a desno je prikaz izlaza za primjer koji umjesto funkcije `gmtime_s` koristi `localtime_s`.

	gmtime_s	localtime_s
	Mon May 29 17:09:06 2023	Mon May 29 19:09:06 2023
v->tm_sec	6	6
v->tm_min	9	9
v->tm_hour	17	19
v->tm_mday	29	29
v->tm_mon	4	4
v->tm_year	123	123
v->tm_wday	1	1
v->tm_yday	148	148
v->tm_isdst	0	1

Pomoću `ctime_s` dobivamo: "Mon May 29 19:09:06 2023"

```
time_t mktime (struct tm *timeptr);
```

- obratno od funkcije `localtime_s`
- vraća `time_t` vrijednost koja predstavlja lokalno vrijeme čiji podaci se nalaze u `tm` strukturi na koju pokazuje `timeptr`
- pri pretvorbi se članovi `tm_wday` i `tm_yday` zanemaruju
- ostali članovi se interpretiraju čak i izvan njihovih smislenih raspona

Primjer.

```
time_t s = time(nullptr);  
char t[30];  
ctime_s(t, sizeof(t), &s);  
cout << t << endl; //Mon May 29 19:34:46 2023  
tm v;  
localtime_s(&v, &s);  
time_t p = mktime(&v);  
ctime_s(t, sizeof(t), &p);  
cout << t << endl; //Mon May 29 19:34:46 2023
```

Primjer. Ispis dana u tjednu za zadani datum

- funkcija `mktime` će prilagoditi vrijednosti koje ne odgovaraju ostalim članovima (`tm_wday` i `tm_yday`)

Primjer.

- prvo ćemo popuniti strukturu `v` tipa `tm` podacima koji odgovaraju trenutnom vremenu:

```
time_t sek = time(NULLptr);  
tm v;  
localtime_s(&v, &sek);
```

- zatim ćemo od korisnika učitati datum poput 27.12.2020. (ali po komponentama - učitamo broj 27, broj 12 i broj 2020)
- želimo saznati koji dan u tjednu je tada bio (ponedjeljak ili utorak ili srijeda ili ...)

- dan, mjesec i godinu učitamo u pripadne dijelove strukture `v` - no neke moramo prilagoditi (mjesec nije od 1 do 12 kako je unio korisnik, nego do 0 do 11, a također su godine od 1900, npr. 2020 spremamo kao $2020 - 1900 = 120$)

```
cout << "Unesite dan: " << endl;
cin >> v.tm_mday;
cout << "Unesite mjesec: " << endl;
cin >> v.tm_mon;
v.tm_mon--;
cout << "Unesite godinu: " << endl;
cin >> v.tm_year;
v.tm_year -= 1900;
```

Nastavak primjera

- sada datum spremljen u strukturi `v` ne odgovara podacima u ostalim dijelovima strukture (poput dana u tjednu)
- vrijednosti tih dijelova će prilagoditi funkcija `mktime` tako da oni odgovaraju tom datumu

```
mktime(&v);
```

- time smo dobili u `tm_wday` dijelu strukture dan u tjednu - taj podatak je 0 ako se radi o nedjelji, 1 ponedjeljku, 2 utoraku, itd.
- iskoristimo stringove i vektore kako bi ispisali umjesto brojke pripadni naziv dana (npr. umjesto 2 se ispiše `tjedan[2]` što smo spremili kao string *utorak*)

```
vector<string> tjedan = {"nedjelja",  
    "ponedjeljak", "utorak", "srijeda",  
    "cetvrtak", "petak", "subota"};  
cout << tjedan[v.tm_wday] << endl;
```

(Ne zaboraviti za ovo trebamo: `#include <vector>` i `#include <string>`)

```
double difftime(time_t time1, time_t time2);
```

- vraća razliku u sekundama između `time1` i `time2`
(tj. vraća `time1 - time2`)

Primjer.

```
time_t tstart, tkraj;  
time(&tstart);  
tkraj = tstart + 5;  
cout << difftime(tstart, tkraj) << ", "  
      << difftime(tkraj, tstart) << endl;
```

Ispis: -5, 5

- kolekcija tipova i funkcija za rad s datumom i vremenom
- dio STL-a, uključeno u sve verzije od C++11
- zašto **chrono**: satovi za mjerenje vremena različiti na različitim sustavima $\Rightarrow$ potrebno unaprijediti preciznost mjerenja vremena

Primjer. Izmjerimo vrijeme izvršavanja funkcije:

```
#include <iostream>
#include <chrono>
#include <ctime>
using namespace std;

size_t funkcija(){
    size_t br = 0;
    for(int i = 0; i < 2000; i++)
        for(int j = 0; j < 1500; j++)
            br++;
    return br;
}
```

- služe za dobivanje vremena
- sastoje se od početne točke (epohe) i stopa otkucaja
- tri tipa satova - koristimo `system_clock` ako želimo raditi sa satom sustava
- imaju funkciju članicu `now()` - vraća koliko je vremena prošlo od početne točke sata - to predstavlja predložak klase `time_point` (parametar predloška je tip sata koji koristimo) - primjer:

```
time_point<system_clock> t = system_clock::now();
```

- možemo računati s tim tipom - primjerice, možemo zbrojiti dva takva vremena (ali moraju se odnositi na isti tip sata!)
- duration** - predložak koji predstavlja vremenski interval (ne ovisi o tipu sata!)
- po *defaultu* vrijednost u sekundama (vrijednost vraća funkcija članica **count**) - tip navodimo kao prvi parametar predloška

Nastavak prethodnog primjera

```
int main() {  
    chrono::time_point<chrono::system_clock> start,  
        kraj;  
    start = chrono::system_clock::now();  
    cout << funkcija() << endl;  
    kraj = chrono::system_clock::now();  
    chrono::duration<double> uk = kraj - start;  
    time_t t = chrono::system_clock::to_time_t(kraj);  
    std::cout << "Završeno " << ctime(&t)  
        << "ukupno vrijeme: " << uk.count()  
        << " sekundi." << endl;  
    return 0;  
}
```

- koristimo imenički prostor `std::` `chrono`
- u gornjem kodu koristili `to_time_t` kako bi `duration` pretvorili u `time_t` tip (za kasniji ispis podataka pomoću `ctime`)



- primjer ispisa za prethodni kod:

```
3000000
```

```
Završeno Mon May 29 22:36:03 2023
```

```
ukupno vrijeme: 0.0056243 sekundi.
```

- zajedno s vrijednosti, `duration` sadrži i omjer (zaglavlje **ratio**) koji određuje jedinice vremena koje vrijednost predstavlja
- *default* je 1:1 za sekunde (za milisekunde je 1:1000, a za mikrosekunde 1:1000000 - razni omjeru mogu se vidjeti [ovdje](#))

Primjer. Promjene u prethodnom primjeru za broj milisekundi:

```
#include <ratio>
```

```
...
```

```
chrono::duration<double, milli> uk = kraj - start,
```



Rad s vremenom u SFML-u

- sve klase i funkcije koje rade s vremenom koriste klasu **sf::Time** - predstavlja vremenski interval (tj. vrijeme između dvije vremenske točke)
- vrijednost se može konstruirati iz sekundi, milisekundi i mikrosekundi

Primjer. Sva sljedeća tri objekta imaju istu vrijednost:

```
sf::Time t1 = sf::microseconds(10000);  
sf::Time t2 = sf::milliseconds(10);  
sf::Time t3 = sf::seconds(0.01f);
```

Ovako dobivamo obratne pretvorbe (iz vrijednosti vremena u sekunde, milisekunde ili mikrosekunde):

```
sf::Time t = ...;  


sf::Int64

 us = t.asMicroseconds();  


sf::Int32

 ms = t.asMilliseconds();  


float

 s = t.asSeconds();
```


sf::Time podržava uobičajene aritmetičke operacije

Iz implementacije (datoteka [Time.hpp](#)):

```
bool operator ==(Time left, Time right);
bool operator !=(Time left, Time right);
bool operator <(Time left, Time right);
bool operator >(Time left, Time right);
bool operator <=(Time left, Time right);
bool operator >=(Time left, Time right);
Time operator -(Time right);
Time operator +(Time left, Time right);
Time& operator +=(Time& left, Time right);
Time operator -(Time left, Time right);
Time& operator -=(Time& left, Time right);
Time operator *(Time left, float right);
Time operator *(Time left, Int64 right);
Time operator *(float left, Time right);
Time operator *(Int64 left, Time right);
```

Nastavak s prethodnog slajda

```
Time& operator *=(Time& left, float right);  
Time& operator *=(Time& left, Int64 right);  
Time operator /(Time left, float right);  
Time operator /(Time left, Int64 right);  
Time& operator /=(Time& left, float right);  
Time& operator /=(Time& left, Int64 right);  
float operator /(Time left, Time right);  
Time operator %(Time left, Time right);  
Time& operator %=(Time& left, Time right);
```

Primjer.

```
sf::Time t1 = ...;  
sf::Time t2 = t1 * 2;  
sf::Time t3 = t1 + t2;  
sf::Time t4 = -t3;  
bool b1 = (t1 == t2);  
bool b2 = (t3 > t4);
```

Mjerenje vremena u SFML-u

- jednostavna klasa za mjerenje vremena: **sf::Clock**
- daje najpreciznije moguće mjerenje vremena koje OS podržava (općenito u mikrosekundama ili nanosekundama)
- osigurana je monotonost (u smislu da vrijeme ne može ići unatrag čak i ako se promijeni vrijeme sustava)
- konstruktor pokreće sat - nakon toga imamo dvije funkcije na raspolaganju:

Time sf::Clock::restart()

- ☐ stavlja brojač vremena na nulu
- ☐ vraća vrijeme koje je proteklo od posljednjeg (ponovnog) pokretanja sata (tj. konstrukcije ili posljednjeg restarta)

Time sf::Clock::getElapsedTime() const

- ☐ vraća vrijeme proteklo od (posljednjeg) pokretanja sata

Primjer.

```
sf::Clock sat;  
...  
sf::Time v1 = sat.getElapsedTime();  
std::cout << v1.asSeconds() << std::endl;  
sat.restart();  
...  
sf::Time v2 = sat.getElapsedTime();  
std::cout << v2.asSeconds() << std::endl;
```

Napomena: mogli smo izbaciati gornji `sat.restart()`; te napisati ovako: `sf::Time v1 = sat.restart();` (no, tada `v2` uključuje i vrijeme potrebno za ispis `v1` vremena).

Primjena: Igra na sporijim računalima

- prošla prezentacija: kako ograničiti FPS na prebrzim računalima

```
void Prozor::Stvori() {  
    auto stil = (cijeliZaslon ? sf::Style::Fullscreen  
                        : sf::Style::Default);  
    prozor.create(sf::VideoMode(velicina.x,  
                                velicina.y, 32), naslov, stil);  
    prozor.setFramerateLimit(500);  
}
```

- Pitanje: Što sa sporijim računalima?

Određivanje brzine formule

- kod koji trenutno imamo:

```
void Igra::pomakniFormulu() {  
    ...  
    sprite.move(pomak * smjer);  
}
```

- rješenje problema: izmjerit ćemo vrijeme potrebno za jedan ciklus igre (jedan prolaz `while` petljom iz `main` funkcije) i prema tome prilagoditi **brzinu** formule
- podsjetnik:

$$\text{brzina} = \frac{\text{put}}{\text{vrijeme}}$$
$$\Rightarrow \text{put} = \text{brzina} \cdot \text{vrijeme}$$

Izmjene u klasi Igra (datoteka Igra.h)

```
class Igra {
public:
    ...

    sf::Time protekloVrijeme();
    void restartSata();
private:
    ...

    sf::Clock sat;
    sf::Time vrijeme;
};

sf::Time Igra::protekloVrijeme() {
    return vrijeme;
}

void Igra::restartSata() {
    vrijeme = sat.restart();
}
```

Mjerenje vremena izvrš. jedne iteracije glavne petlje

```
int main() {  
    Igra igra;  
    while (!igra.dohvatiProzor()->jelGotov()) {  
        igra.obradiUlaz();  
        igra.update();  
        igra.renderiraj();  
        igra.restartSata();  
    }  
  
    return 0;  
}
```


Brzina formule

```
class Igra {  
    ...  
private:  
    ...  
    float brzina = 200; //br. piksela u sekundi  
    float kutnaBrzina = 90; //br. stupnjeva u sek.  
};
```

- u konstruktoru za `Igra::Igra()`:

```
pomak = pocetni_pomak = sf::Vector2f(0.f, -1.f);
```

- u funkciji `Igra::obradiUlaz()` (za jedinični vektor):

```
kut -= kutnaBrzina * protekloVrijeme().asSeconds();  
kut += kutnaBrzina * protekloVrijeme().asSeconds();
```

Brzina formule (nastavak)

- u funkciji `Igra::pomakniFormulu()`:
`sprite.move(pomak * smjer`
`* brzina * protekloVrijeme().asSeconds())` ;

Zadatak. Testirati dobiveno za različite FPS-ove:

```
void Prozor::Stvori() {  
    ...  
    prozor.setFramerateLimit(100); ←  
}
```

Kako dobiti fiksni broj iteracija u sekundi?

1. promjena

- umjesto da imamo samo vrijeme posljednje iteracije, promatramo ukupno vrijeme dosadašnjih iteracija

```
void Igra::restartSata() {  
    vrijeme += sat.restart();  
}
```

- ako želimo `brIteracija` iteracija u sekundi tada jedna iteracija treba trajati:

$$\text{trajanjeIteracije} = \frac{1.f}{\text{željeni_broj_iteracija_u_sekundi}}$$

2. promjena

- Ako nešto želimo napraviti npr. 60 puta u sekundi, tada koristimo sljedeći kod:

```
float vrijemeIteracije = 1.0f / 60.0f;  
if(vrijeme.asSeconds() >= vrijemeIteracije) {  
    ... //ovdje ono što želimo 60x u sek  
    vrijeme -= sf::seconds(vrijemeIteracije);  
}
```

- oduzimanje u gornjem kodu predstavlja resetiranje ciklusa i omogućava simuliranje izvršavanja konstantnom brzinom