Grunnatriði og Ad hoc

Bergur Snorrason

15. janúar 2021

Grunntög og takmarkanir þeirra

- Í grunninn snýst forritun um gögn.

Grunntög og takmarkanir þeirra

- Í grunninn snýst forritun um gögn.
- Þegar við forritum flokkum við gögnin okkar með *tögum*.

Grunntög og takmarkanir þeirra

- Í grunninn snýst forritun um gögn.
- Þegar við forritum flokkum við gögnin okkar með *tögum*.
- Dæmi um tög í `C/C++` eru `int` og `double`.

Grunntög og takmarkanir þeirra

- Í grunninn snýst forritun um gögn.
- Þegar við forritum flokkum við gögnin okkar með *tögum*.
- Dæmi um tög í `C/C++` eru `int` og `double`.
- Helstu tögin í `C/C++` eru (yfirleitt):

Heiti	Lýsing	Skorður
`int`	Heiltala	Á bilinu $[-2^{31}, 2^{31}-1]$
`unsigned int`	Heiltala	Á bilinu $[0, 2^{32}-1]$
`long long`	Heiltala	Á bilinu $[-2^{63}, 2^{63}-1]$
`unsigned long long`	Heiltala	Á bilinu $[0, 2^{64}-1]$
`double`	Fleytitala	Takmörkuð nákvæmni
`char`	Heiltala	Á bilinu $[-128, 127]$

Hvað með tölur utan þessa bila?

- Einn helsti kostur `Python` í keppnisforritun er að heiltölur geta verið eins stórar (eða litlar) og vera skal.

Hvað með tölur utan þessa bila?

- Einn helsti kostur `Python` í keppnisforritun er að heiltölur geta verið eins stórar (eða litlar) og vera skal.

```
from math import factorial
print(factorial(100))
```

Hvað með tölur utan þessa bila?

- Einn helsti kostur `Python` í keppnisforritun er að heiltölur geta verið eins stórar (eða litlar) og vera skal.

```
from math import factorial
print(factorial(100))
```

```
93326215443944152681699238856266700490715968264381621
46859296389521759999322991560894146397615651828625369
7920827223758251185210916864000000000000000000000000
```

Hvað með tölur utan þessa bila?

- Einn helsti kostur `Python` í keppnisforritun er að heiltölur geta verið eins stórar (eða litlar) og vera skal.

```
from math import factorial
print(factorial(100))
```

```
9332621544394415268169923885626670049071596826438 1621
4685929638952175999932299156089414639761565182862536 9
7920827223758251185210916864000000000000000000000000
```

- Það er einnig hægt að nota `fractions` pakkann í `Python` til að vinna með fleytitölur án þess að tapa nákvæmni.

Hvað með tölur utan þessa bila?

- Sumir `C/C++` þýðendur bjóða upp á gagnatagið `__int128` (til dæmis `gcc`).

Hvað með tölur utan þessa bila?

- Sumir `C/C++` þýðendur bjóða upp á gagnatagið `__int128` (til dæmis `gcc`).
- Þetta tag býður upp á að nota tölur á bilinu $[-2^{127}, 2^{127} - 1]$.

Hvað með tölur utan þessa bila?

- Sumir `C/C++` þýðendur bjóða upp á gagnatagið `__int128` (til dæmis `gcc`).
- Þetta tag býður upp á að nota tölur á bilinu $[-2^{127}, 2^{127} - 1]$.
- Þetta þarf ekki að nota oft.

Röðun

- Við munum reglulega þurfa að raða gögnum í einhverja röð.

Röðun

- Við munum reglulega þurfa að raða gögnum í einhverja röð.
Forritunarmál	Röðun
`C`	`qsort(...)`
`C++`	`sort()`
`Python`	`this.sort()` eða `sorted(...)`

Röðun

- Við munum reglulega þurfa að raða gögnum í einhverja röð.
-
Forritunarmál	Röðun
`C`	`qsort(...)`
`C++`	`sort()`
`Python`	`this.sort()` eða `sorted(...)`

- Skoðum nú hvert forritunarmál til að sjá nánar hvernig föllin eru notuð.

Röðun í C++

- Í grunninn tekur `sort(...)` við tveimur gildum.

Röðun í C++

- Í grunninn tekur `sort(...)` við tveimur gildum.
- Fyrra gildið svarar til fyrsta staks þess sem við viljum raða og seinna gildið vísar á enda þess sem við viljum raða (ekki síðasta stakið)

Röðun í C++

- Í grunninn tekur `sort(...)` við tveimur gildum.
- Fyrra gildið svarar til fyrsta staks þess sem við viljum raða og seinna gildið vísar á enda þess sem við viljum raða (ekki síðasta stakið)
- Ef við erum með n staka fylki a þá röðum við því með `sort(a, a + n)`.

Röðun í C++

- Í grunninn tekur `sort(...)` við tveimur gildum.
- Fyrra gildið svarar til fyrsta staks þess sem við viljum raða og seinna gildið vísar á enda þess sem við viljum raða (ekki síðasta stakið)
- Ef við erum með n staka fylki a þá röðum við því með `sort(a, a + n)`.
- Við getum raða nær öllum ílátum með `sort`.

Röðun í C++

- Í grunninn tekur `sort(...)` við tveimur gildum.
- Fyrra gildið svarar til fyrsta staks þess sem við viljum raða og seinna gildið vísar á enda þess sem við viljum raða (ekki síðasta stakið)
- Ef við erum með n staka fylki a þá röðum við því með `sort(a, a + n)`.
- Við getum raða nær öllum ílátum með `sort`.
- Ef við erum með eitthva ílát (til dæmis `vector`) a má raða með `sort(a.begin(), a.end())`.

Röðun í C++

- Í grunninn tekur `sort(...)` við tveimur gildum.
- Fyrra gildið svarar til fyrsta staks þess sem við viljum raða og seinna gildið vísar á enda þess sem við viljum raða (ekki síðasta stakið)
- Ef við erum með n staka fylki a þá röðum við því með `sort(a, a + n)`.
- Við getum raða nær öllum ílátum með `sort`.
- Ef við erum með eitthva ílát (til dæmis `vector`) a má raða með `sort(a.begin(), a.end())`.
- Við getum líka bætt við okkar eigin samanburðarfalli sem þriðja inntak.

Röðun í C++

- Í grunninn tekur `sort(...)` við tveimur gildum.
- Fyrra gildið svarar til fyrsta staks þess sem við viljum raða og seinna gildið vísar á enda þess sem við viljum raða (ekki síðasta stakið)
- Ef við erum með n staka fylki a þá röðum við því með `sort(a, a + n)`.
- Við getum raða nær öllum ílátum með `sort`.
- Ef við erum með eitthva ílát (til dæmis `vector`) a má raða með `sort(a.begin(), a.end())`.
- Við getum líka bætt við okkar eigin samanburðarfalli sem þriðja inntak.
- Það kemur þá í stað "minna eða samasem" samanburðarins sem er sjálfgefinn.

Röðun í `Python`

- Til að raða lista í `Python` þá má nota annað hvort `this.sort()` eða `sorted(...)`.

Röðun í Python

- Til að raða lista í `Python` þá má nota annað hvort `this.sort()` eða `sorted(...)`.
- Gerum ráð fyrir að listinn okkar heiti a.

Röðun í `Python`

- Til að raða lista í `Python` þá má nota annað hvort `this.sort()` eða `sorted(...)`.
- Gerum ráð fyrir að listinn okkar heiti a.
- Þá nægir að kalla á `a.sort()` og eftir það er a raðað.

Röðun í Python

- Til að raða lista í `Python` þá má nota annað hvort `this.sort()` eða `sorted(...)`.
- Gerum ráð fyrir að listinn okkar heiti a.
- Þá nægir að kalla á `a.sort()` og eftir það er a raðað.
- Hinsvegar skilar `sorted(a)` afriti af a sem hefur verið raðað.

Röðun í Python

- Til að raða lista í `Python` þá má nota annað hvort `this.sort()` eða `sorted(...)`.
- Gerum ráð fyrir að listinn okkar heiti a.
- Þá nægir að kalla á `a.sort()` og eftir það er a raðað.
- Hinsvegar skilar `sorted(a)` afriti af a sem hefur verið raðað.
- Til að raða a á þennan hátt þarf `a = sorted(a)`.

Röðun í `Python`

- Til að raða lista í `Python` þá má nota annað hvort `this.sort()` eða `sorted(...)`.
- Gerum ráð fyrir að listinn okkar heiti a.
- Þá nægir að kalla á `a.sort()` og eftir það er a raðað.
- Hinsvegar skilar `sorted(a)` afriti af a sem hefur verið raðað.
- Til að raða a á þennan hátt þarf `a = sorted(a)`.
- Nota má inntakið `key` til að raða eftir öðrum samanburðum.

Röðun í `Python`

- Til að raða lista í `Python` þá má nota annað hvort `this.sort()` eða `sorted(...)`.
- Gerum ráð fyrir að listinn okkar heiti a.
- Þá nægir að kalla á `a.sort()` og eftir það er a raðað.
- Hinsvegar skilar `sorted(a)` afriti af a sem hefur verið raðað.
- Til að raða a á þennan hátt þarf `a = sorted(a)`.
- Nota má inntakið `key` til að raða eftir öðrum samanburðum.
- Það er einnig inntak sem heitir `reverse` sem er Boole gildi sem leyfir auðveldlega að raða öfugt.

Röðun í C

- Í `C` er enginn sjálfgefinn samanburður, svo við þurfum alltaf að skrifa okkar eigið samanburðarfall.

Röðun í C

- Í `C` er enginn sjálfgefinn samanburður, svo við þurfum alltaf að skrifa okkar eigið samanburðarfall.
- Til röðunar notum við fallið `qsort(...)`.

Röðun í C

- Í C er enginn sjálfgefinn samanburður, svo við þurfum alltaf að skrifa okkar eigið samanburðarfall.
- Til röðunar notum við fallið `qsort(...)`.
- Fallið tekur fjögur viðföng:

Röðun í C

- Í `C` er enginn sjálfgefinn samanburður, svo við þurfum alltaf að skrifa okkar eigið samanburðarfall.
- Til röðunar notum við fallið `qsort(...)`.
- Fallið tekur fjögur viðföng:
  - `void* a`. Þetta er fylkið sem við viljum raða.

Röðun í C

- Í `C` er enginn sjálfgefinn samanburður, svo við þurfum alltaf að skrifa okkar eigið samanburðarfall.
- Til röðunar notum við fallið `qsort(...)`.
- Fallið tekur fjögur viðföng:
  - `void* a`. Þetta er fylkið sem við viljum raða.
  - `size_t n`. Þetta er fjöldi staka í fylkinu sem `a` svarar til.

Röðun í C

- Í `C` er enginn sjálfgefinn samanburður, svo við þurfum alltaf að skrifa okkar eigið samanburðarfall.
- Til röðunar notum við fallið `qsort(...)`.
- Fallið tekur fjögur viðföng:
  - `void* a`. Þetta er fylkið sem við viljum raða.
  - `size_t n`. Þetta er fjöldi staka í fylkinu sem `a` svarar til.
  - `size_t s`. Þetta er stærð hvers staks í fylkinu okkar (í bætum).

Röðun í C

- Í C er enginn sjálfgefinn samanburður, svo við þurfum alltaf að skrifa okkar eigið samanburðarfall.
- Til röðunar notum við fallið `qsort(...)`.
- Fallið tekur fjögur viðföng:
  - `void* a`. Þetta er fylkið sem við viljum raða.
  - `size_t n`. Þetta er fjöldi staka í fylkinu sem `a` svarar til.
  - `size_t s`. Þetta er stærð hvers staks í fylkinu okkar (í bætum).
  - `int (*cmp)(const void *, const void*)`. Þetta er samanburðarfallið okkar.

Röðun í C

- Í C er enginn sjálfgefinn samanburður, svo við þurfum alltaf að skrifa okkar eigið samanburðarfall.
- Til röðunar notum við fallið `qsort(...)`.
- Fallið tekur fjögur viðföng:
  - `void* a`. Þetta er fylkið sem við viljum raða.
  - `size_t n`. Þetta er fjöldi staka í fylkinu sem a svarar til.
  - `size_t s`. Þetta er stærð hvers staks í fylkinu okkar (í bætum).
  - `int (*cmp)(const void *, const void*)`. Þetta er samanburðarfallið okkar.
- Síðasta inntakið er kannski flókið við fyrstu sýn en er einfalt fyrir okkur að nota.

Röðun í C

- Í `C` er enginn sjálfgefinn samanburður, svo við þurfum alltaf að skrifa okkar eigið samanburðarfall.
- Til röðunar notum við fallið `qsort(...)`.
- Fallið tekur fjögur viðföng:
  - `void* a`. Þetta er fylkið sem við viljum raða.
  - `size_t n`. Þetta er fjöldi staka í fylkinu sem `a` svarar til.
  - `size_t s`. Þetta er stærð hvers staks í fylkinu okkar (í bætum).
  - `int (*cmp)(const void *, const void*)`. Þetta er samanburðarfallið okkar.
- Síðasta inntakið er kannski flókið við fyrstu sýn en er einfalt fyrir okkur að nota.
- Þetta er *fallabendir* (e. *function pointer*) ef þið viljið kynna ykkur það frekar.

Röðun í C

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>

int cmp(const void* p1, const void* p2)
{
    return *(int*)p1 - *(int*)p2;
}

int rcmp(const void* p1, const void* p2)
{
    return *(int*)p2 - *(int*)p1;
}

int main()
{
    int n, i;
    scanf("%d", &n);
    int a[n];
    for (i = 0; i < n; i++) scanf("%d", &a[i]);

    qsort(a, n, sizeof(a[0]), cmp);

    for (i = 0; i < n; i++) printf("%d ", a[i]);
    printf("\n");

    qsort(a, n, sizeof(a[0]), rcmp);

    for (i = 0; i < n; i++) printf("%d ", a[i]);
    printf("\n");

    return 0;
}
```

Uppsetning dæma

- Dæmin sem við sjáum á Kattis eru (oftast) af stöðluðu sniði.

Uppsetning dæma

- Dæmin sem við sjáum á Kattis eru (oftast) af stöðluðu sniði.
  - Saga.

Uppsetning dæma

- Dæmin sem við sjáum á Kattis eru (oftast) af stöðluðu sniði.
    - Saga.
    - Dæmið.

Uppsetning dæma

- Dæmin sem við sjáum á Kattis eru (oftast) af stöðluðu sniði.
  - Saga.
  - Dæmið.
  - Inntaks -og úttakslýsingar.

Uppsetning dæma

- Dæmin sem við sjáum á Kattis eru (oftast) af stöðluðu sniði.
  - Saga.
  - Dæmið.
  - Inntaks -og úttakslýsingar.
  - Sýnidæmi.

Uppsetning dæma

- Dæmin sem við sjáum á Kattis eru (oftast) af stöðluðu sniði.
  - Saga.
  - Dæmið.
  - Inntaks -og úttakslýsingar.
  - Sýnidæmi.
- Fyrstu tveir punktarnir geta verið blandaðir saman.

Uppsetning dæma

- Dæmin sem við sjáum á Kattis eru (oftast) af stöðluðu sniði.
  - Saga.
  - Dæmið.
  - Inntaks -og úttakslýsingar.
  - Sýnidæmi.
- Fyrstu tveir punktarnir geta verið blandaðir saman.
- Þeir eru líka lengsti hluti dæmisins.

A Different Problem

Write a program that computes the difference between non-negative integers.

Input

Each line of the input consists of a pair of integers. Each integer is between 0 and 10^{15} (inclusive). The input is terminated by end of file.

Output

For each pair of integers in the input, output one line, containing the absolute value of their difference.

Sample Input 1

```
10 12
71293781758123 72784
1 12345677654321
```

Sample Output 1

```
2
71293781685339
12345677654320
```

Röng lausn. Hver er villan?

```
#include <bits/stdc++.h>
using namespace std;

int main()
{
    int a, b;
    while (cin >> a >> b)
    {
        cout << abs(a - b) << endl;
    }
}
```

Rétt lausn

```cpp
#include <bits/stdc++.h>
using namespace std;

int main()
{
    long long a, b;
    while (cin >> a >> b)
    {
        cout << abs(a - b) << endl;
    }
}
```

`long long`

- Þurfum við þó alltaf að skrifa `long long`?

`long long`

- Þurfum við þó alltaf að skrifa `long long`?
- Nei!

`long long`

- Þurfum við þó alltaf að skrifa `long long`?
- Nei!
- Við getum notað `typedef`.

`long long`

- Þurfum við þó alltaf að skrifa `long long`?
- Nei!
- Við getum notað `typedef`.
- Við notum einfaldlega `typedef <gamla> <nýja>;`.

`long long`

- Þurfum við þó alltaf að skrifa `long long`?
- Nei!
- Við getum notað `typedef`.
- Við notum einfaldlega `typedef <gamla> <nýja>;`.
- Venjan í keppnisforritun er að nota `typedef long long ll;`.

`long long`

- Þurfum við þó alltaf að skrifa `long long`?
- Nei!
- Við getum notað `typedef`.
- Við notum einfaldlega `typedef <gamla> <nýja>;`.
- Venjan í keppnisforritun er að nota `typedef long long ll;`.
- Við munum nota `typedef` aftur.

Rétt lausn með typedef

```
#include <bits/stdc++.h>
using namespace std;
typedef long long ll;

int main()
{
    ll a, b;
    while (cin >> a >> b)
    {
        cout << abs(a - b) << endl;
    }
}
```

Time Limit Exceede

- Hvernig vitum að lausnin okkar sé of hæg?

Time Limit Exceede

- Hvernig vitum að lausnin okkar sé of hæg?
- Ein leið er að útfæra lausnina, senda hana inn og gá hvað Kattis segir.

Time Limit Exceede

- Hvernig vitum að lausnin okkar sé of hæg?
- Ein leið er að útfæra lausnina, senda hana inn og gá hvað Kattis segir.
- Það myndi þó spara mikla vinnu ef við gætum svarað spurningunni án þess að útfæra.

Time Limit Exceede

- Hvernig vitum að lausnin okkar sé of hæg?
- Ein leið er að útfæra lausnina, senda hana inn og gá hvað Kattis segir.
- Það myndi þó spara mikla vinnu ef við gætum svarað spurningunni án þess að útfæra.
- Einnig gæti leynst önnur villa í útfærslunni okkar sem gefur okkur `Time Limit Exceeded` (`TLE`).

Time Limit Exceede

- Hvernig vitum að lausnin okkar sé of hæg?
- Ein leið er að útfæra lausnina, senda hana inn og gá hvað Kattis segir.
- Það myndi þó spara mikla vinnu ef við gætum svarað spurningunni án þess að útfæra.
- Einnig gæti leynst önnur villa í útfærslunni okkar sem gefur okkur `Time Limit Exceeded` (`TLE`).
- Til að ákvarða hvort lausn sé nógu hröð þá notum við tímaflækjur.

Time Limit Exceede

- Hvernig vitum að lausnin okkar sé of hæg?
- Ein leið er að útfæra lausnina, senda hana inn og gá hvað Kattis segir.
- Það myndi þó spara mikla vinnu ef við gætum svarað spurningunni án þess að útfæra.
- Einnig gæti leynst önnur villa í útfærslunni okkar sem gefur okkur `Time Limit Exceeded` (`TLE`).
- Til að ákvarða hvort lausn sé nógu hröð þá notum við tímaflækjur.
- Sum ykkar munu þekkja tímaflækjar og önnur ekki.

Time Limit Exceede

- Hvernig vitum að lausnin okkar sé of hæg?
- Ein leið er að útfæra lausnina, senda hana inn og gá hvað Kattis segir.
- Það myndi þó spara mikla vinnu ef við gætum svarað spurningunni án þess að útfæra.
- Einnig gæti leynst önnur villa í útfærslunni okkar sem gefur okkur `Time Limit Exceeded` (`TLE`).
- Til að ákvarða hvort lausn sé nógu hröð þá notum við tímaflækjur.
- Sum ykkar munu þekkja tímaflækjar og önnur ekki.
- Skoðum fyrst hvað tímaflækjur eru í grófum dráttum.

Tímaflækjur í grófum dráttum

- Keyrslutími forrits er háður stærðinni á inntakinu.

Tímaflækjur í grófum dráttum

- Keyrslutími forrits er háður stærðinni á inntakinu.
- Tímaflækjan lýsir hvernig keyrslutími forritsins skalast þegar inntakið skalast.

Tímaflækjur í grófum dráttum

- Keyrslutími forrits er háður stærðinni á inntakinu.
- Tímaflækjan lýsir hvernig keyrslutími forritsins skalast þegar inntakið skalast.
- Ef forritið er með tímaflækju $\mathcal{O}(f(n))$ þýðir það að keyrslutíminn vex eins of f þegar n vex.

Tímaflækjur í grófum dráttum

- Keyrslutími forrits er háður stærðinni á inntakinu.
- Tímaflækjan lýsir hvernig keyrslutími forritsins skalast þegar inntakið skalast.
- Ef forritið er með tímaflækju $\mathcal{O}(f(n))$ þýðir það að keyrslutíminn vex eins of f þegar n vex.
- Til dæmis ef forritið hefur tímaflækju $\mathcal{O}(n)$ þá tvöfaldast keyrslutími þegar inntakið tvöfaldast (í versta falli).

Tímaflækjur í grófum dráttum

- Keyrslutími forrits er háður stærðinni á inntakinu.
- Tímaflækjan lýsir hvernig keyrslutími forritsins skalast þegar inntakið skalast.
- Ef forritið er með tímaflækju $\mathcal{O}(f(n))$ þýðir það að keyrslutíminn vex eins of f þegar n vex.
- Til dæmis ef forritið hefur tímaflækju $\mathcal{O}(n)$ þá tvöfaldast keyrslutími þegar inntakið tvöfaldast (í versta falli).
- Hér gerum við ráð fyrir að grunnaðgerðirnar okkar taki fastann tíma, eða séu með tímaflækju $\mathcal{O}(1)$.

- Ef forritið okkar þarf að framkvæma $\mathcal{O}(f(n))$ aðgerð m sinnum þá er tímaflækjan $\mathcal{O}(m \cdot f(n))$.

- Ef forritið okkar þarf að framkvæma $\mathcal{O}(f(n))$ aðgerð m sinnum þá er tímaflækjan $\mathcal{O}(m \cdot f(n))$.
- Þetta er reglan sem við notum oftast í keppnisforritun.

- Ef forritið okkar þarf að framkvæma $\mathcal{O}(f(n))$ aðgerð m sinnum þá er tímaflækjan $\mathcal{O}(m \cdot f(n))$.
- Þetta er reglan sem við notum oftast í keppnisforritun.
- Hún segir okkur til dæmis að tvöföld `for`-lykkja, þar sem hver `for`-lykkja er n löng, er $\mathcal{O}(n^2)$.

- Ef forritið okkar þarf að framkvæma $\mathcal{O}(f(n))$ aðgerð m sinnum þá er tímaflækjan $\mathcal{O}(m \cdot f(n))$.
- Þetta er reglan sem við notum oftast í keppnisforritun.
- Hún segir okkur til dæmis að tvöföld `for`-lykkja, þar sem hver `for`-lykkja er n löng, er $\mathcal{O}(n^2)$.
- Ef við erum með tvær einfaldar `for`-lykkjur, báðar af lenged n, þá er forritið $\mathcal{O}(n) + \mathcal{O}(n) = \mathcal{O}(n)$

- Ef forritið okkar þarf að framkvæma $\mathcal{O}(f(n))$ aðgerð m sinnum þá er tímaflækjan $\mathcal{O}(m \cdot f(n))$.
- Þetta er reglan sem við notum oftast í keppnisforritun.
- Hún segir okkur til dæmis að tvöföld `for`-lykkja, þar sem hver `for`-lykkja er n löng, er $\mathcal{O}(n^2)$.
- Ef við erum með tvær einfaldar `for`-lykkjur, báðar af lenged n, þá er forritið $\mathcal{O}(n) + \mathcal{O}(n) = \mathcal{O}(n)$
- Einnig gildir að tímaflækja forritsins okkar takmarkast af hægasta hluta forritsins.

- Ef forritið okkar þarf að framkvæma $\mathcal{O}(f(n))$ aðgerð m sinnum þá er tímaflækjan $\mathcal{O}(m \cdot f(n))$.
- Þetta er reglan sem við notum oftast í keppnisforritun.
- Hún segir okkur til dæmis að tvöföld `for`-lykkja, þar sem hver `for`-lykkja er n löng, er $\mathcal{O}(n^2)$.
- Ef við erum með tvær einfaldar `for`-lykkjur, báðar af lenged n, þá er forritið $\mathcal{O}(n) + \mathcal{O}(n) = \mathcal{O}(n)$
- Einnig gildir að tímaflækja forritsins okkar takmarkast af hægasta hluta forritsins.
- Til dæmis er $\mathcal{O}(n + n + n + n + n^2) = \mathcal{O}(n^2)$.

Stærðfræði

- Við segjum að fall $g(x)$ sé í menginu $\mathcal{O}(f(x))$ ef til eru rauntölur c og x_0 þannig að

$$|g(x)| \leq c \cdot f(x)$$

fyrir öll $x > x_0$.

Stærðfræði

- Við segjum að fall $g(x)$ sé í menginu $\mathcal{O}(f(x))$ ef til eru rauntölur c og x_0 þannig að

$$|g(x)| \leq c \cdot f(x)$$

  fyrir öll $x > x_0$.
- Þetta þýðir í raun að fallið $|g(x)|$ verður á endanum minna en $k \cdot f(x)$.

Stærðfræði

- Við segjum að fall $g(x)$ sé í menginu $\mathcal{O}(f(x))$ ef til eru rauntölur c og x_0 þannig að

  $$|g(x)| \leq c \cdot f(x)$$

  fyrir öll $x > x_0$.
- Þetta þýðir í raun að fallið $|g(x)|$ verður á endanum minna en $k \cdot f(x)$.
- Þessi lýsing undirstrikar betur að $f(x)$ er efra mat á $g(x)$, og er því að segja að $g(x)$ hagi sér ekki verr en $f(x)$.

Þekktar tímaflækjur

- Tímaflækjur algrengra aðgerða eru:

Þekktar tímaflækjur

- Tímaflækjur algrengra aðgerða eru:
-

Aðgerð	Lýsing	Tímaflækja
Línulega leit	Almenn leit í fylki	$\mathcal{O}(n)$
Helmingunarleit	Leit í röðuðu fylki	$\mathcal{O}(\log n)$
Röðun á heiltölum	Röðun á heiltalna fylki	$\mathcal{O}(n \log n)$
Almenn röðun	Röðun með $\mathcal{O}(T(n))$ samanburð	$\mathcal{O}(T(n) \cdot n \log n)$

10^8 reglan

- Þegar við ræðum tímaflækjur er “tími” er ekki endilega rétt orðið.

10^8 reglan

- Þegar við ræðum tímaflækjur er “tími” er ekki endilega rétt orðið.
- Við erum frekar að lýsa fjölda aðgerða sem forritið framkvæmir.

10^8 reglan

- Þegar við ræðum tímaflækjur er “tími” er ekki endilega rétt orðið.
- Við erum frekar að lýsa fjölda aðgerða sem forritið framkvæmir.
- Í keppnisforritun notum við 10^8 *regluna*:

10^8 reglan

- Þegar við ræðum tímaflækjur er "tími" er ekki endilega rétt orðið.
- Við erum frekar að lýsa fjölda aðgerða sem forritið framkvæmir.
- Í keppnisforritun notum við 10^8 *regluna*:
  - Tökum verstu tilfellin sem koma fyrir í inntakslýsingunni á dæminu, stingum því inn í tímaflækjuna okkar og deilum með 10^8.

10^8 reglan

- Þegar við ræðum tímaflækjur er "tími" er ekki endilega rétt orðið.
- Við erum frekar að lýsa fjölda aðgerða sem forritið framkvæmir.
- Í keppnisforritun notum við 10^8 *regluna*:
  - Tökum verstu tilfellin sem koma fyrir í inntakslýsingunni á dæminu, stingum því inn í tímaflækjuna okkar og deilum með 10^8.
  - Ef útkoman er minni en fjöldi sekúnda í tímamörkum dæmisins þá er lausnin okkar nógu hröð, annars er hún of hæg.

10^8 reglan

- Þegar við ræðum tímaflækjur er "tími" er ekki endilega rétt orðið.
- Við erum frekar að lýsa fjölda aðgerða sem forritið framkvæmir.
- Í keppnisforritun notum við 10^8 *regluna*:
  - Tökum verstu tilfellin sem koma fyrir í inntakslýsingunni á dæminu, stingum því inn í tímaflækjuna okkar og deilum með 10^8.
  - Ef útkoman er minni en fjöldi sekúnda í tímamörkum dæmisins þá er lausnin okkar nógu hröð, annars er hún of hæg.
- Þessa reglu mætti um orða sem: "Við gerum ráð fyrir að forritið geti framkvæmt 10^8 aðgerðir á sekúndu".

10^8 reglan

- Þegar við ræðum tímaflækjur er “tími” er ekki endilega rétt orðið.
- Við erum frekar að lýsa fjölda aðgerða sem forritið framkvæmir.
- Í keppnisforritun notum við 10^8 *regluna*:
  - Tökum verstu tilfellin sem koma fyrir í inntakslýsingunni á dæminu, stingum því inn í tímaflækjuna okkar og deilum með 10^8.
  - Ef útkoman er minni en fjöldi sekúnda í tímamörkum dæmisins þá er lausnin okkar nógu hröð, annars er hún of hæg.
- Þessa reglu mætti um orða sem: “Við gerum ráð fyrir að forritið geti framkvæmt 10^8 aðgerðir á sekúndu”.
- Þessi regla er gróf nálgun, en virkar mjög vel því þetta er það sem dæmahöfundar hafa í huga þegar þeir semja dæmi.

10^8 reglan

- Þegar við ræðum tímaflækjur er "tími" er ekki endilega rétt orðið.
- Við erum frekar að lýsa fjölda aðgerða sem forritið framkvæmir.
- Í keppnisforritun notum við 10^8 *regluna*:
  - Tökum verstu tilfellin sem koma fyrir í inntakslýsingunni á dæminu, stingum því inn í tímaflækjuna okkar og deilum með 10^8.
  - Ef útkoman er minni en fjöldi sekúnda í tímamörkum dæmisins þá er lausnin okkar nógu hröð, annars er hún of hæg.
- Þessa reglu mætti um orða sem: "Við gerum ráð fyrir að forritið geti framkvæmt 10^8 aðgerðir á sekúndu".
- Þessi regla er gróf nálgun, en virkar mjög vel því þetta er það sem dæmahöfundar hafa í huga þegar þeir semja dæmi.
- Með þetta í huga fáum við eftirfarandi töflu.

Stærð n	Versta tímaflækja	Dæmi
≤ 10	$\mathcal{O}(n!)$	TSP með heildstærðri leit
≤ 15	$\mathcal{O}(n^2 2^n)$	TSP með kvikri bestun
≤ 20	$\mathcal{O}(n 2^n)$	Kvik bestun yfir hlutmengi
≤ 100	$\mathcal{O}(n^4)$	Almenn spyrðingar
≤ 400	$\mathcal{O}(n^3)$	Floyd-Warshall
$\leq 10^4$	$\mathcal{O}(n^2)$	Lengsti sameiginlegi hlutstrengur
$\leq 10^5$	$\mathcal{O}(n\sqrt{n})$	Reiknirit sem byggja á rótarþáttun
$\leq 10^6$	$\mathcal{O}(n \log n)$	Of mikið til að þora að taka dæmi
$\leq 10^7$	$\mathcal{O}(n)$	Næsta tala sem er stærri (`NGE`)
$\leq 2^{10^7}$	$\mathcal{O}(\log n)$	Helmingunarleit
$> 10^7$	$\mathcal{O}(1)$	Ad hoc

Innbyggðar gagnagrindur í C+

- Grunnur C++ býr yfir mörgum sterkum gagnagrindum.

Innbyggðar gagnagrindur í C+

- Grunnur C++ býr yfir mörgum sterkum gagnagrindum.
- Skoðum helstu slíku gagnagrindur og tímaflækjur mikilvægust aðgerða þeirra.

Innbyggðar gagnagrindur í C+

- Grunnur C++ býr yfir mörgum sterkum gagnagrindum.
- Skoðum helstu slíku gagnagrindur og tímaflækjur mikilvægust aðgerða þeirra.
- Við munum bara fjalla um gagnagrindurnar í grófum dráttum.

Innbyggðar gagnagrindur í C+

- Grunnur C++ býr yfir mörgum sterkum gagnagrindum.
- Skoðum helstu slíku gagnagrindur og tímaflækjur mikilvægust aðgerða þeirra.
- Við munum bara fjalla um gagnagrindurnar í grófum dráttum.
- Það er hægt að finna ítarlegra efni og dæmi um notkun á netinu.

Fylki

- Lýkt og í mörgum öðrum forritunarmálum eru fylki í `C++`.

Fylki

- Lýkt og í mörgum öðrum forritunarmálum eru fylki í `C++`.
- Fylki geyma gögn og eru af fastri stærð.

Fylki

- Lýkt og í mörgum öðrum forritunarmálum eru fylki í `C++`.
- Fylki geyma gögn og eru af fastri stærð.
- Þar sem þau eru af fastri stærð má gefa þeim tileinkað, aðliggjandi svæði í minni.

Fylki

- Lýkt og í mörgum öðrum forritunarmálum eru fylki í `C++`.
- Fylki geyma gögn og eru af fastri stærð.
- Þar sem þau eru af fastri stærð má gefa þeim tileinkað, aðliggjandi svæði í minni.
- Þetta leyfir manni að vísa í fylkið í $\mathcal{O}(1)$.

Aðgerð	Tímaflækja
Lesa eða skrifa ótiltekið stak	$\mathcal{O}(1)$
Bæta staki aftast	$\mathcal{O}(n)$
Skeyta saman tveimur fylkum	$\mathcal{O}(n)$

`vector`

- Gagnagrindin `vector` er að mestu leiti eins og fylki.

`vector`

- Gagnagrindin `vector` er að mestu leiti eins og fylki.
- Það má þó bæta stökum aftan á `vector` í $\mathcal{O}(1)$.

`vector`

- Gagnagrindin `vector` er að mestu leiti eins og fylki.
- Það má þó bæta stökum aftan á `vector` í $\mathcal{O}(1)$.
- Margir nota bara `vector` og aldrei fylki sem slík.

Aðgerð	Tímaflækja
Lesa eða skrifa ótiltekið stak	$\mathcal{O}(1)$
Bæta staki aftast	$\mathcal{O}(1)$
Skeyta saman tveimur fylkum	$\mathcal{O}(n)$

`list`

- Gagnagrindin `list` geymir gögn líkt og fylki gera, en stökin eru ekki aðliggjandi í minni.

`list`

- Gagnagrindin `list` geymir gögn líkt og fylki gera, en stökin eru ekki aðliggjandi í minni.
- Því er uppfletting ekki hröð.

`list`

- Gagnagrindin `list` geymir gögn líkt og fylki gera, en stökin eru ekki aðliggjandi í minni.
- Því er uppfletting ekki hröð.
- Aftur á móti er hægt að gera smávægilegar breytingar á `list` sem er ekki hægt að gera á fylkjum.

Aðgerð	Tímaflækja
Finna stak	$\mathcal{O}(n)$
Bæta staki aftast	$\mathcal{O}(1)$
Bæta staki fremst	$\mathcal{O}(1)$
Bæta staki fyrir aftan tiltekið stak	$\mathcal{O}(1)$
Bæta staki fyrir framan tiltekið stak	$\mathcal{O}(1)$
Skeyta saman tveimur `list`	$\mathcal{O}(1)$

stack

- Gagnagrindin `stack` geymir gögn og leyfir aðgang að síðasta staki sem var bætt við.

Aðgerð	Tímaflækja
Bæta við staki	$\mathcal{O}(n)$
Lesa nýjasta stakið	$\mathcal{O}(1)$
Fjarlægja nýjasta stakið	$\mathcal{O}(1)$

`queue`

- Gagnagrindin `queue` geymir gögn og leyfir aðgang að fyrsta stakinu sem var bætt við.

Aðgerð	Tímaflækja
Bæta við staki	$\mathcal{O}(n)$
Lesa elsta stakið	$\mathcal{O}(1)$
Fjarlægja elsta stakið	$\mathcal{O}(1)$

`stack`

- Gagnagrindin `set` geymir gögn án endurtekninga og leyfir hraða uppflettingu.

Aðgerð	Tímaflækja
Bæta við staki	$\mathcal{O}(\log n)$
Gá hvort staki hafi verið bætt við	$\mathcal{O}(\log n)$

Lausnar aðferðir

- Lausnir okkar má flokka í fjóra flokka:

Lausnar aðferðir

- Lausnir okkar má flokka í fjóra flokka:
  - Ad hoc.

Lausnar aðferðir

- Lausnir okkar má flokka í fjóra flokka:
  - Ad hoc.
  - Gráðugar lausnir.

Lausnar aðferðir

- Lausnir okkar má flokka í fjóra flokka:
  - Ad hoc.
  - Gráðugar lausnir.
  - Deila og drottna (`D&C`).

Lausnar aðferðir

- Lausnir okkar má flokka í fjóra flokka:
  - Ad hoc.
  - Gráðugar lausnir.
  - Deila og drottna (`D&C`).
  - Kvik bestun (`DP`).

Lausnar aðferðir

- Lausnir okkar má flokka í fjóra flokka:
  - Ad hoc.
  - Gráðugar lausnir.
  - Deila og drottna (`D&C`).
  - Kvik bestun (`DP`).
- Þessi skipting er ekki fullkomin, en það er þó gott að hafa hana í huga.

Lausnar aðferðir

- Lausnir okkar má flokka í fjóra flokka:
  - Ad hoc.
  - Gráðugar lausnir.
  - Deila og drottna (`D&C`).
  - Kvik bestun (`DP`).
- Þessi skipting er ekki fullkomin, en það er þó gott að hafa hana í huga.
- Til dæmis má færa rök fyrir því að gráðugar lausnir og `D&C` séu sértilfelli af kvikri bestun.

Lausnar aðferðir

- Lausnir okkar má flokka í fjóra flokka:
  - Ad hoc.
  - Gráðugar lausnir.
  - Deila og drottna (D&C).
  - Kvik bestun (DP).
- Þessi skipting er ekki fullkomin, en það er þó gott að hafa hana í huga.
- Til dæmis má færa rök fyrir því að gráðugar lausnir og D&C séu sértilfelli af kvikri bestun.
- Við munum byrja á því að fjalla almennt um þessar aðferðir og fara svo í sértækara efni.

Lausnar aðferðir

- Lausnir okkar má flokka í fjóra flokka:
  - Ad hoc.
  - Gráðugar lausnir.
  - Deila og drottna (`D&C`).
  - Kvik bestun (`DP`).
- Þessi skipting er ekki fullkomin, en það er þó gott að hafa hana í huga.
- Til dæmis má færa rök fyrir því að gráðugar lausnir og `D&C` séu sértilfelli af kvikri bestun.
- Við munum byrja á því að fjalla almennt um þessar aðferðir og fara svo í sértækara efni.
- Þá er oft gott að hafa í huga hvernig flokka megi reikniritin.

Ad hoc

- Ef lausn dæmisins byggir ekki á sérþekkingu flokkast dæmið sem *Ad hoc*.

Ad hoc

- Ef lausn dæmisins byggir ekki á sérþekkingu flokkast dæmið sem *Ad hoc*.
- Þessi dæmi eru stundum flokkuð undir “implementation”, eða sem *útfærsludæmi*.

Ad hoc

- Ef lausn dæmisins byggir ekki á sérþekkingu flokkast dæmið sem *Ad hoc*.
- Þessi dæmi eru stundum flokkuð undir “implementation”, eða sem *útfærsludæmi*.
- Þetta er gert því flest Ad hoc dæmi snúast um að fylgja beint leiðbeiningum.

Ad hoc

- Ef lausn dæmisins byggir ekki á sérþekkingu flokkast dæmið sem *Ad hoc*.
- Þessi dæmi eru stundum flokkuð undir "implementation", eða sem *útfærsludæmi*.
- Þetta er gert því flest Ad hoc dæmi snúast um að fylgja beint leiðbeiningum.
- Það eru þó undantekningar.

Ad hoc

- Ef lausn dæmisins byggir ekki á sérþekkingu flokkast dæmið sem *Ad hoc*.
- Þessi dæmi eru stundum flokkuð undir “implementation”, eða sem *útfærsludæmi*.
- Þetta er gert því flest Ad hoc dæmi snúast um að fylgja beint leiðbeiningum.
- Það eru þó undantekningar.
- Í NCPC 2020 var Ad hoc dæmi sem mætti ekki flokkast sem útfærsludæmi.

Ad hoc

- Ef lausn dæmisins byggir ekki á sérþekkingu flokkast dæmið sem *Ad hoc*.
- Þessi dæmi eru stundum flokkuð undir “implementation”, eða sem *útfærsludæmi*.
- Þetta er gert því flest Ad hoc dæmi snúast um að fylgja beint leiðbeiningum.
- Það eru þó undantekningar.
- Í NCPC 2020 var Ad hoc dæmi sem mætti ekki flokkast sem útfærsludæmi.
- Ad hoc dæmi flokkast oft til léttari dæma í keppnum.

Ad hoc

- Ef lausn dæmisins byggir ekki á sérþekkingu flokkast dæmið sem *Ad hoc*.
- Þessi dæmi eru stundum flokkuð undir “implementation”, eða sem *útfærsludæmi*.
- Þetta er gert því flest Ad hoc dæmi snúast um að fylgja beint leiðbeiningum.
- Það eru þó undantekningar.
- Í NCPC 2020 var Ad hoc dæmi sem mætti ekki flokkast sem útfærsludæmi.
- Ad hoc dæmi flokkast oft til léttari dæma í keppnum.
- Áðurnefnt NCPC dæmi er þó aftur undanteking, því engin keppandi náði að leysa það dæmi.

Ad hoc

- Ef lausn dæmisins byggir ekki á sérþekkingu flokkast dæmið sem *Ad hoc*.
- Þessi dæmi eru stundum flokkuð undir "implementation", eða sem *útfærsludæmi*.
- Þetta er gert því flest Ad hoc dæmi snúast um að fylgja beint leiðbeiningum.
- Það eru þó undantekningar.
- Í NCPC 2020 var Ad hoc dæmi sem mætti ekki flokkast sem útfærsludæmi.
- Ad hoc dæmi flokkast oft til léttari dæma í keppnum.
- Áðurnefnt NCPC dæmi er þó aftur undanteking, því engin keppandi náði að leysa það dæmi.
- Samkvæmt skilgreiningu getum við ekki rætt Ad hoc dæmi ítarlega. Tökum því nokkur dæmi.

Blandað brot

- Þú átt að breyta almennu broti í blandað brot.

Blandað brot

- Þú átt að breyta almennu broti í blandað brot.
- Munið að almenna brotið p/q, og blandaða brotið $a\ b/c$ tákna sömu töluna ef $p/q = a + b/c$.

Blandað brot

- Þú átt að breyta almennu broti í blandað brot.
- Munið að almenna brotið p/q, og blandaða brotið $a\ b/c$ tákna sömu töluna ef $p/q = a + b/c$.
- Munið einnig að ef $a\ b/c$ er almennt brot þá gildir $b < c$.

Blandað brot

- Þú átt að breyta almennu broti í blandað brot.
- Munið að almenna brotið p/q, og blandaða brotið $a\ b/c$ tákna sömu töluna ef $p/q = a + b/c$.
- Munið einnig að ef $a\ b/c$ er almennt brot þá gildir $b < c$.
- Blandaða brotið ykkar á að hafa sama nefnara og upprunarlega brotið.

Blandað brot

- Þú átt að breyta almennu broti í blandað brot.
- Munið að almenna brotið p/q, og blandaða brotið $a\ b/c$ tákna sömu töluna ef $p/q = a + b/c$.
- Munið einnig að ef $a\ b/c$ er almennt brot þá gildir $b < c$.
- Blandaða brotið ykkar á að hafa sama nefnara og upprunarlega brotið.
- Inntakið inniheldur tvær heiltölur $1 \leq p, q \leq 10^9$.

Blandað brot

- Þú átt að breyta almennu broti í blandað brot.
- Munið að almenna brotið p/q, og blandaða brotið $a\ b/c$ tákna sömu töluna ef $p/q = a + b/c$.
- Munið einnig að ef $a\ b/c$ er almennt brot þá gildir $b < c$.
- Blandaða brotið ykkar á að hafa sama nefnara og upprunarlega brotið.
- Inntakið inniheldur tvær heiltölur $1 \leq p, q \leq 10^9$.
- Úttakið skal innihalda blandaða brotið sem svarar til p/q.

Blandað brot

- Þú átt að breyta almennu broti í blandað brot.
- Munið að almenna brotið p/q, og blandaða brotið $a\ b/c$ tákna sömu töluna ef $p/q = a + b/c$.
- Munið einnig að ef $a\ b/c$ er almennt brot þá gildir $b < c$.
- Blandaða brotið ykkar á að hafa sama nefnara og upprunarlega brotið.
- Inntakið inniheldur tvær heiltölur $1 \leq p, q \leq 10^9$.
- Úttakið skal innihalda blandaða brotið sem svarar til p/q.
-

	Inntak	Úttak
Sýnidæmi 1	27 12	2 3 / 12
Sýnidæmi 2	2460000 98400	25 0 / 98400
Sýnidæmi 3	3 4000	0 3 / 4000

Test