

## D. Laser Strike

Ime naloge	Laser Strike (Laser Strike)
Omejitev časa	3 sekunde
Omejitev spomina	1 gigabyte

Ann in njena prijateljica Kathrin sta pred kratkim odkrili novo družabno igro, ki je postala njuna najljubša: Laser Strike. V tej igri igralca sodelujeta, da bi s plošče odstranila  $N$  figuric. Igra poteka v dveh fazah. Zanka je v tem, da Kathrin ne bo imela popolnih informacij o igri. Da bi zmagali v igri, morata Ann in Kathrin sodelovati in se pri tem čim manj pogovarjati.

Na plošči je  $N$  edinstvenih figur, oštevilčenih od 0 do  $N - 1$ . Oba igralca lahko vidita te figure. Med pari kosov obstaja tudi  $N - 1$  povezav, tako da je mogoče doseči kateri koli kos iz katerega koli drugega kosa, če sledimo tem povezavam. Z drugimi besedami, te povezave tvorijo drevo.

**Samo Ann lahko vidi te povezave; Kathrin jih ne pozna.**

V prvi fazi igre se Ana odloči za vrstni red  $\ell_0, \ell_1, \dots, \ell_{N-2}$  v katerem naj se odstranijo figure, dokler ne ostane samo še ena. Ta ukaz bo Kathrin skrit. Če ga bo lahko ponovila, bosta zmagali. Odstranjevanje kosov mora izpolnjevati naslednje pravilo: vsak kos, ki je odstranjen, mora biti povezan z natanko enim preostalim kosom. Z drugimi besedami, odstranjeni del mora biti list drevesa, ki ga tvorijo preostali deli in on sam. (Ko je odstranjenih  $N - 1$  figuric, se zadnja figurica samodejno odstrani in igralci zmagajo.) Ana mora izbrati vrstni red, ki ustreza zgornjemu pravilu.

Ann bo Kathrin napisala tudi sporočilo v obliki binarnega niza. Ana lahko izbere, kako dolgo naj bo to sporočilo – krajše kot je, več točk dobi.

Po tem se začne druga faza igre. Cilj igre je, da Kathrin s plošče odstrani  $N - 1$  figur v vrstnem redu  $\ell_0, \ell_1, \dots, \ell_{N-2}$ . Naredila bo  $N - 1$  potez. Pred potezo  $i$  Ana pove Kathrin par celih števil  $a, b$  z naslednjimi lastnostmi:

- $a < b$ ;
- še vedno obstaja par neposredno povezanih kosov s številčkama  $a$  in  $b$ ; in
- bodisi  $a$  bodisi  $b$  je pravilna figura  $\ell_i$ , ki jo je treba v tej potezi odstraniti.

Upoštevaj, da je za Ann povezava  $(a, b)$  enolično določena z listom  $\ell_i$  v trenutnem drevesu.

Kathrin nato s plošče odstrani bodisi  $a$  bodisi  $b$ . Če je bil to prava figura – torej  $\ell_i$  – igrata naprej. Sicer igro izgubita.

Tvoja naloga je, da razviješ tako Annino kot Kathrinino strategijo, da zmagata v igri.

Tvoj program bo ocenjen glede na dolžino sporočila, ki ga Ana napiše v prvi fazi igre.

## Implementacija

To je naloga z večkratnim izvajanjem, kar pomeni, da se bo tvoj program izvedel dvakrat. Ob prvem zagonu mora izvesti Annino strategijo za prvo fazo igre. Po tem pa mora udeležiti Kathrinino strategijo za drugo fazo igre.

Prva vrstica vhodnih podatkov vsebuje dve celi števili,  $P$  in  $N$ , kjer je  $P$  bodisi 1 bodisi 2 (prva ali druga faza), in  $N$  je število kosov.

Naslednji vhod je odvisen od faze:

### Faza 1: Ann

Po prvi vrstici (opisani zgoraj) naslednjih  $N - 1$  vrstic vhodnih podatkov opisuje drevo. Vsaka vrstica vsebuje dve števili,  $a$  in  $b$  ( $0 \leq a < b \leq N - 1$ ), ki označujeta povezavo med kosoma  $a$  in  $b$ .

Tvoj program naj začne z izpisom binarnega niza z največ 1 000 znaki, vsak 0 ali 1, to je sporočilo, ki ga je napisala Ann. Upoštevaj, da mora za generiranje niza dolžine 0 izpisati prazno vrstico.

Po tem naj bi tvoj program izpisal  $N - 1$  celih števil  $\ell_0, \ell_1, \dots, \ell_{N-2}$  v ločenih vrsticah, ki označujejo vrstni red, v katerem želi Ana odstraniti liste drevesa. Vrstni red mora biti takšen, da če se koščki iz drevesa odstranijo enega za drugim v tem vrstnem redu, mora biti odstranjeni košček vedno list, tj. drevo mora vedno ostati povezano.

### Faza 2: Kathrin

Po prvi vrstici (opisani zgoraj) naslednja vrstica vnosa vsebuje binarni niz (Annino sporočilo) iz 1. faze.

Po tem bo sledilo  $N - 1$  krogov interakcije, po ena za vsako Kathrinino potezo.

V  $i$ -ti potezi, naj tvoj program najprej prebere dve števili,  $a$  in  $b$  ( $0 \leq a < b \leq N - 1$ ). Eden od teh kosov je list  $\ell_i$  v Anninem vrstnem redu, drugi kos pa je edini preostali kos, povezan z  $\ell_i$ . Nato mora tvoj program izpisati  $\ell_i$ , kar pomeni, da je Kathrin odstranila ta list. Če tvoj program ne izpiše pravilnega lista  $\ell_i$ , dekleti izgubita igro in tvoj odgovor bo v tem testnem primeru ocenjen kot napačen.

## Podrobnosti

Če vsota časov obeh ločenih izvedb vašega programa preseže časovno omejitev, bo tvoja oddaja ocenjena kot prekoračen čas.

Po izpisu vsake vrstice se prepričaj, da si izpraznila standardni izhod, sicer se lahko zgodi, da je tvoj program prekoračil časovno omejitev. V Pythonu se to zgodi samodejno, če za branje vrstic uporabiš `input()`. V C++ `cout << endl;` poleg izpisa nove vrstice tudi izprazni standardni izhod; če uporabljaš `printf`, uporabi `fflush(stdout);`.

Upoštevaj, da je lahko pravilno branje praznega niza težavno. Predložene predloge ta primer pravilno obravnavajo.

## Omejitve in točkovanje

- $N = 1\,000$ .
- $0 \leq a < b \leq N - 1$  za vse povezave.

Tvoja rešitev bo preizkušena na nizu testnih skupin, od katerih je vsaka vredna določeno število točk. Vsaka testna skupina vsebuje niz testnih primerov. Da bi dobila točke za testno skupino, mora tvoj program pravilno rešiti vse testne primere v testni skupini.

Skupina	Maksimalne točke	Omejitve
1	8	Drevo je zvezda. To pomeni, da so vsa vozlišča razen enega listi.
2	9	Drevo je črta. To pomeni, da imajo vsa vozlišča razen dveh listnih vozlišč natanko dve sosednji vozlišči.
3	21	Drevo je zvezda, iz katere izhajajo črte. To pomeni, da imajo vsa vozlišča eno ali dve sosednji vozlišči, razen enega, ki ima več kot dve sosednji vozlišči.
4	36	Razdalja med katerima koli dvema vozliščema je največ 10.
5	26	Brez dodatnih omejitev.

Za vsako testno skupino, ki jo tvoj program pravilno reši, boš prejela oceno na podlagi naslednje formule:

$$\text{score} = S_g \cdot (1 - 0.3 \cdot \log_{10} \max(K, 1)),$$

kjer so  $S_g$  maksimalne točke za testno skupino,  $K$  pa največja potrebna dolžina Aninega sporočila, za kateri koli testni primer v testni skupini. **Tvoj rezultat za vsako testno skupino bo zaokrožen na najbližje celo število.**

Spodnja tabela prikazuje število točk za nekaj vrednosti  $K$ , ki jih bo vaš program dobil, če bo rešil vse testne skupine s tem  $K$ . Torej, da doseže 100 točk, moraj tvoja rešitev rešiti vsak testni primer s  $K \leq 1$ .

K	1	5	10	50	100	500	1000
Točke	100	79	70	49	39	20	11

## Orodje za testiranje

Za lažje testiranje tvoje rešitve imaš na voljo preprosto orodje, ki ga lahko preneš. Glej »priloge« na dnu strani s težavo Kattis. Uporaba orodja je neobvezna. Upoštevaj, da se uradni program za ocenjevanje na Kattisu razlikuje od orodja za testiranje.

Za uporabo orodja ustvari vhodno datoteko, na primer »sample1.in«, ki se mora začeti s številko  $N$  ki ji sledi  $N - 1$  vrstic, ki opisujejo drevo, v enaki obliki kot v 1. fazi. Na primer, za spodnji vzorec:

```
7
0 1
1 2
2 3
0 4
0 6
1 5
```

Program v Pythonu, recimo `solution.py` (običajno se zažene kot `pypy3 solution.py`), zaženi z:

```
python3 orodje_za_testing.py pypy3 rešitev.py < vzorec1.in
```

Program v C++ jih najprej prevedi (npr. `g++ -g -O2 -std=gnu++23 -static solution.cpp -o solution.out`) in nato zaženi z:

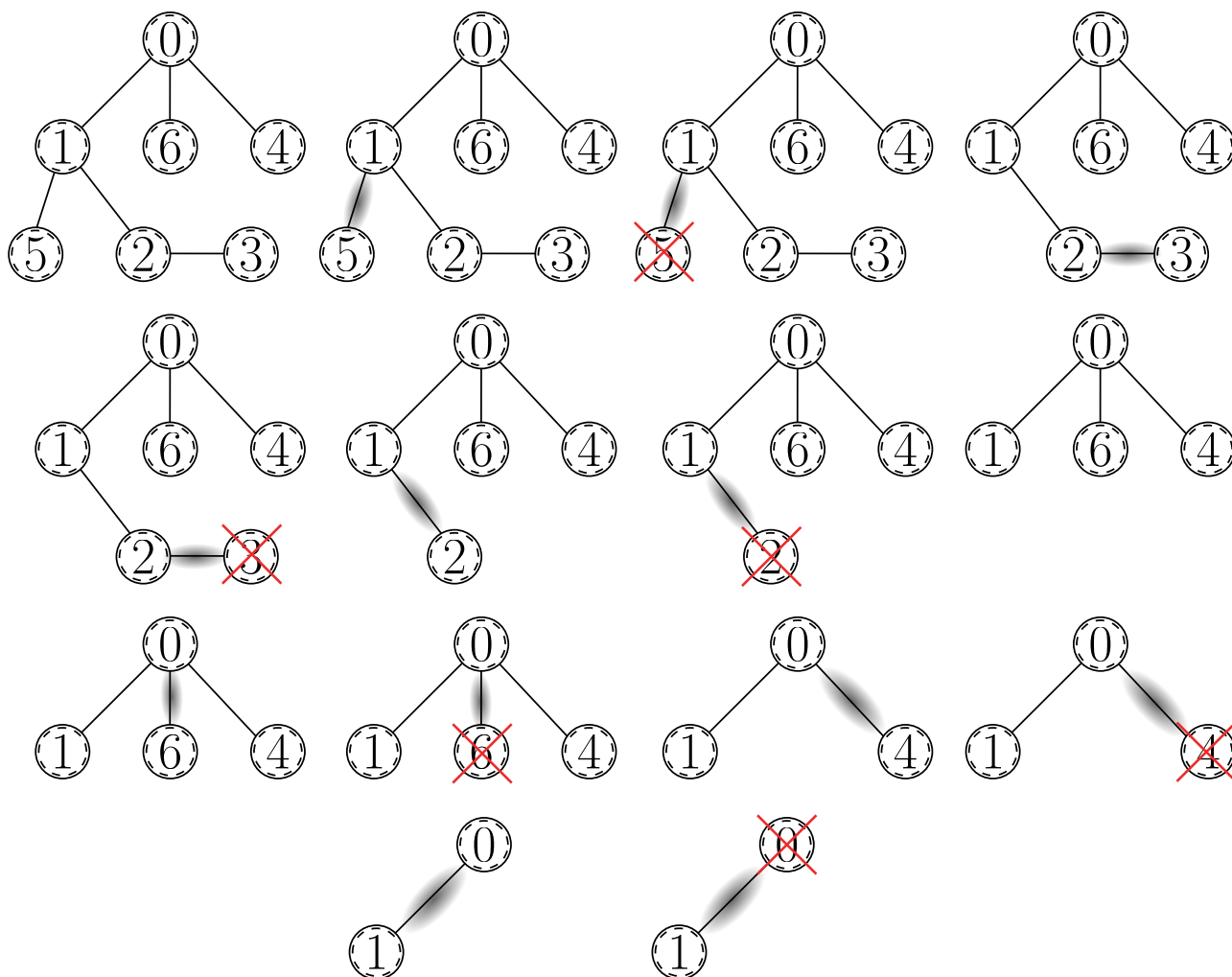
```
python3 testing_tool.py ./solution.out < sample1.in
```

## Primer

Upoštevaj, da ima vzorec v tem razdelku zaradi poenostavitve  $N = 7$  in zato ni veljaven testni primer. Ni pričakovati, da bo tvoj program sposoben rešiti ta primer. Vsi testni primeri na ocenjevalniku bodo imeli  $N = 1\,000$ .

V primeru je Ann podano naslednje drevo. V prvi fazi Ann prebere drevo, izbere binarni niz "0110", ki ga pošlje Kathrin, in izbere tudi vrstni red  $[\ell_0, \ell_1, \dots, \ell_{N-2}] = [5, 3, 2, 6, 4, 0]$  v katerem naj bodo

koščki odstranjeni iz drevesa. V drugi fazi Kathrin prejme niz "0110", ki je bil poslan v prvi fazi. Nato prejme par (1,5) in se odloči odstraniti oglišče 5, ki je dejansko list. Za naslednjo potezo prejme par (2,3) in odstrani list 3 in tako naprej. Naslednje slike prikazujejo interakcije:



izhod ocenjevalnika	tvoj izhod
1 7	
0 1	
1 2	
2 3	
0 4	
0 6	
1 5	
	0110
	5
	3
	2
	6
	4
	0

izhod ocenjevalnika	tvoj izhod
2 7	
0110	
1 5	
	5
2 3	
	3
1 2	
	2
0 6	
	6
0 4	
	4
0 1	
	0