

# Solutions to Exercise 3

LPD, EPFL

October 17, 2017

# The Splitter Object

- Only one operation: *splitter*
- Returns: *stop*, *left* or *right*
- If a **single** process executes *splitter*, then this process gets *stop*.
- If **two or more** processes invoke *splitter*, then not all get the same output.
- At most one process gets *stop*.

# An Implementation of a Splitter

We use two registers:

- $P$  (multi-valued), and
- $S$  (binary, initialized to *false*)

upon *splitter* <sub>$i$</sub>

```
 $P \leftarrow i;$ 
```

```
if  $S$  then return "right";
```

```
;
```

```
 $S \leftarrow \text{true};$ 
```

```
if  $P = i$  then return "stop";
```

```
;
```

```
return "left";
```

# An Implementation of a Splitter

We use two registers:

- $P$  (multi-valued), and
- $S$  (binary, initialized to *false*)

**upon** *splitter* <sub>$i$</sub>

$P \leftarrow i$ ;

**if**  $S$  **then return** *"right"*;

;

$S \leftarrow \text{true}$ ;

**if**  $P = i$  **then return** *"stop"*;

;

**return** *"left"*;

# Non-adaptive Snapshot

**upon** *scan*<sub>*i*</sub>

$t_1 \leftarrow \text{collect}(), t_2 \leftarrow t_1;$

**while** *true* **do**

$t_3 \leftarrow \text{collect}();$

**if**  $t_3 = t_2$  **then** **return**  $\langle t_3[1].val, \dots, t_3[N].val \rangle;$

;

**for**  $k \leftarrow 1$  **to**  $N$  **do**

**if**  $t_3[k].ts \geq t_1[k].ts + 2$  **then** **return**  $t_3[k].snapshot;$

;

$t_2 \leftarrow t_3;$

**procedure** *collect*<sub>*i*</sub><sub>*j*</sub><sub>*k*</sub><sub>*l*</sub><sub>*m*</sub><sub>*n*</sub><sub>*o*</sub><sub>*p*</sub><sub>*q*</sub><sub>*r*</sub><sub>*s*</sub><sub>*t*</sub><sub>*u*</sub><sub>*v*</sub><sub>*w*</sub><sub>*x*</sub><sub>*y*</sub><sub>*z*</sub><sub>*aa*</sub><sub>*ab*</sub><sub>*ac*</sub><sub>*ad*</sub><sub>*ae*</sub><sub>*af*</sub><sub>*ag*</sub><sub>*ah*</sub><sub>*ai*</sub><sub>*aj*</sub><sub>*ak*</sub><sub>*al*</sub><sub>*am*</sub><sub>*an*</sub><sub>*ao*</sub><sub>*ap*</sub><sub>*aq*</sub><sub>*ar*</sub><sub>*as*</sub><sub>*at*</sub><sub>*au*</sub><sub>*av*</sub><sub>*aw*</sub><sub>*ax*</sub><sub>*ay*</sub><sub>*az*</sub><sub>*ba*</sub><sub>*bb*</sub><sub>*bc*</sub><sub>*bd*</sub><sub>*be*</sub><sub>*bf*</sub><sub>*bg*</sub><sub>*bh*</sub><sub>*bi*</sub><sub>*bj*</sub><sub>*bk*</sub><sub>*bl*</sub><sub>*bm*</sub><sub>*bn*</sub><sub>*bo*</sub><sub>*bp*</sub><sub>*bq*</sub><sub>*br*</sub><sub>*bs*</sub><sub>*bt*</sub><sub>*bu*</sub><sub>*bv*</sub><sub>*bw*</sub><sub>*bx*</sub><sub>*by*</sub><sub>*bz*</sub><sub>*ca*</sub><sub>*cb*</sub><sub>*cc*</sub><sub>*cd*</sub><sub>*ce*</sub><sub>*cf*</sub><sub>*cg*</sub><sub>*ch*</sub><sub>*ci*</sub><sub>*cj*</sub><sub>*ck*</sub><sub>*cl*</sub><sub>*cm*</sub><sub>*cn*</sub><sub>*co*</sub><sub>*cp*</sub><sub>*cq*</sub><sub>*cr*</sub><sub>*cs*</sub><sub>*ct*</sub><sub>*cu*</sub><sub>*cv*</sub><sub>*cw*</sub><sub>*cx*</sub><sub>*cy*</sub><sub>*cz*</sub><sub>*da*</sub><sub>*db*</sub><sub>*dc*</sub><sub>*dd*</sub><sub>*de*</sub><sub>*df*</sub><sub>*dg*</sub><sub>*dh*</sub><sub>*di*</sub><sub>*dj*</sub><sub>*dk*</sub><sub>*dl*</sub><sub>*dm*</sub><sub>*dn*</sub><sub>*do*</sub><sub>*dp*</sub><sub>*dq*</sub><sub>*dr*</sub><sub>*ds*</sub><sub>*dt*</sub><sub>*du*</sub><sub>*dv*</sub><sub>*dw*</sub><sub>*dx*</sub><sub>*dy*</sub><sub>*dz*</sub><sub>*ea*</sub><sub>*eb*</sub><sub>*ec*</sub><sub>*ed*</sub><sub>*ee*</sub><sub>*ef*</sub><sub>*eg*</sub><sub>*eh*</sub><sub>*ei*</sub><sub>*ej*</sub><sub>*ek*</sub><sub>*el*</sub><sub>*em*</sub><sub>*en*</sub><sub>*eo*</sub><sub>*ep*</sub><sub>*eq*</sub><sub>*er*</sub><sub>*es*</sub><sub>*et*</sub><sub>*eu*</sub><sub>*ev*</sub><sub>*ew*</sub><sub>*ex*</sub><sub>*ey*</sub><sub>*ez*</sub><sub>*fa*</sub><sub>*fb*</sub><sub>*fc*</sub><sub>*fd*</sub><sub>*fe*</sub><sub>*ff*</sub><sub>*fg*</sub><sub>*fh*</sub><sub>*fi*</sub><sub>*fj*</sub><sub>*fk*</sub><sub>*fl*</sub><sub>*fm*</sub><sub>*fn*</sub><sub>*fo*</sub><sub>*fp*</sub><sub>*fq*</sub><sub>*fr*</sub><sub>*fs*</sub><sub>*ft*</sub><sub>*fu*</sub><sub>*fv*</sub><sub>*fw*</sub><sub>*fx*</sub><sub>*fy*</sub><sub>*fz*</sub><sub>*ga*</sub><sub>*gb*</sub><sub>*gc*</sub><sub>*gd*</sub><sub>*ge*</sub><sub>*gf*</sub><sub>*gg*</sub><sub>*gh*</sub><sub>*gi*</sub><sub>*gj*</sub><sub>*gk*</sub><sub>*gl*</sub><sub>*gm*</sub><sub>*gn*</sub><sub>*go*</sub><sub>*gp*</sub><sub>*gq*</sub><sub>*gr*</sub><sub>*gs*</sub><sub>*gt*</sub><sub>*gu*</sub><sub>*gv*</sub><sub>*gw*</sub><sub>*gx*</sub><sub>*gy*</sub><sub>*gz*</sub><sub>*ha*</sub><sub>*hb*</sub><sub>*hc*</sub><sub>*hd*</sub><sub>*he*</sub><sub>*hf*</sub><sub>*hg*</sub><sub>*hi*</sub><sub>*hj*</sub><sub>*hk*</sub><sub>*hl*</sub><sub>*hm*</sub><sub>*hn*</sub><sub>*ho*</sub><sub>*hp*</sub><sub>*hq*</sub><sub>*hr*</sub><sub>*hs*</sub><sub>*ht*</sub><sub>*hu*</sub><sub>*hv*</sub><sub>*hw*</sub><sub>*hx*</sub><sub>*hy*</sub><sub>*hz*</sub><sub>*ia*</sub><sub>*ib*</sub><sub>*ic*</sub><sub>*id*</sub><sub>*ie*</sub><sub>*if*</sub><sub>*ig*</sub><sub>*ih*</sub><sub>*ii*</sub><sub>*ij*</sub><sub>*ik*</sub><sub>*il*</sub><sub>*im*</sub><sub>*in*</sub><sub>*io*</sub><sub>*ip*</sub><sub>*iq*</sub><sub>*ir*</sub><sub>*is*</sub><sub>*it*</sub><sub>*iu*</sub><sub>*iv*</sub><sub>*iw*</sub><sub>*ix*</sub><sub>*iy*</sub><sub>*iz*</sub><sub>*ja*</sub><sub>*jb*</sub><sub>*jc*</sub><sub>*jd*</sub><sub>*je*</sub><sub>*jf*</sub><sub>*jj*</sub><sub>*jk*</sub><sub>*jl*</sub><sub>*jm*</sub><sub>*jn*</sub><sub>*jo*</sub><sub>*jp*</sub><sub>*jq*</sub><sub>*jr*</sub><sub>*js*</sub><sub>*jt*</sub><sub>*ju*</sub><sub>*jv*</sub><sub>*jw*</sub><sub>*jx*</sub><sub>*ja*</sub><sub>*jb*</sub><sub>*jc*</sub><sub>*jd*</sub><sub>*je*</sub><sub>*jf*</sub><sub>*jj*</sub><sub>*jk*</sub><sub>*jl*</sub><sub>*jm*</sub><sub>*jn*</sub><sub>*jo*</sub><sub>*jp*</sub><sub>*jq*</sub><sub>*jr*</sub><sub>*js*</sub><sub>*jt*</sub><sub>*ju*</sub><sub>*jv*</sub><sub>*jw*</sub><sub>*jx*</sub><sub>*ja*</sub><sub>*jb*</sub><sub>*jc*</sub><sub>*jd*</sub><sub>*je*</sub><sub>*jf*</sub><sub>*jj*</sub><sub>*jk*</sub><sub>*jl*</sub><sub>*jm*</sub><sub>*jn*</sub><sub>*jo*</sub><sub>*jp*</sub><sub>*jq*</sub><sub>*jr*</sub><sub>*js*</sub><sub>*jt*</sub><sub>*ju*</sub><sub>*jv*</sub><sub>*jw*</sub><sub>*jx*</sub><sub>*ja*</sub><sub>*jb*</sub><sub>*jc*</sub><sub>*jd*</sub><sub>*je*</sub><sub>*jf*</sub><sub>*jj*</sub><sub>*jk*</sub><sub>*jl*</sub><sub>*jm*</sub><sub>*jn*</sub><sub>*jo*</sub><sub>*jp*</sub><sub>*jq*</sub><sub>*jr*</sub><sub>*js*</sub><sub>*jt*</sub><sub>*ju*</sub><sub>*jv*</sub><sub>*jw*</sub><sub>*jx*</sub><sub>*ja*</sub><sub>*jb*</sub><sub>*jc*</sub><sub>*jd*</sub><sub>*je*</sub><sub>*jf*</sub><sub>*jj*</sub><sub>*jk*</sub><sub>*jl*</sub><sub>*jm*</sub><sub>*jn*</sub><sub>*jo*</sub><sub>*jp*</sub><sub>*jq*</sub><sub>*jr*</sub><sub>*js*</sub><sub>*jt*</sub><sub>*ju*</sub><sub>*jv*</sub><sub>*jw*</sub><sub>*jx*</sub><sub>*ja*</sub><sub>*jb*</sub><sub>*jc*</sub><sub>*jd*</sub><sub>*je*</sub><sub>*jf*</sub><sub>*jj*</sub><sub>*jk*</sub><sub>*jl*</sub><sub>*jm*</sub><sub>*jn*</sub><sub>*jo*</sub><sub>*jp*</sub><sub>*jq*</sub><sub>*jr*</sub><sub>*js*</sub><sub>*jt*</sub><sub>*ju*</sub><sub>*jv*</sub><sub>*jw*</sub><sub>*jx*</sub><sub>*ja*</sub><sub>*jb*</sub><sub>*jc*</sub><sub>*jd*</sub><sub>*je*</sub><sub>*jf*</sub><sub>*jj*</sub><sub>*jk*</sub><sub>*jl*</sub><sub>*jm*</sub><sub>*jn*</sub><sub>*jo*</sub><sub>*jp*</sub><sub>*jq*</sub><sub>*jr*</sub><sub>*js*</sub><sub>*jt*</sub><sub>*ju*</sub><sub>*jv*</sub><sub>*jw*</sub><sub>*jx*</sub><sub>*ja*</sub><sub>*jb*</sub><sub>*jc*</sub><sub>*jd*</sub><sub>*je*</sub><sub>*jf*</sub><sub>*jj*</sub><sub>*jk*</sub><sub>*jl*</sub><sub>*jm*</sub><sub>*jn*</sub><sub>*jo*</sub><sub>*jp*</sub><sub>*jq*</sub><sub>*jr*</sub><sub>*js*</sub><sub>*jt*</sub><sub>*ju*</sub><sub>*jv*</sub><sub>*jw*</sub><sub>*jx*</sub><sub>*ja*</sub><sub>*jb*</sub><sub>*jc*</sub><sub>*jd*</sub><sub>*je*</sub><sub>*jf*</sub><sub>*jj*</sub><sub>*jk*</sub><sub>*jl*</sub><sub>*jm*</sub><sub>*jn*</sub><sub>*jo*</sub><sub>*jp*</sub><sub>*jq*</sub><sub>*jr*</sub><sub>*js*</sub><sub>*jt*</sub><sub>*ju*</sub><sub>*jv*</sub><sub>*jw*</sub><sub>*jx*</sub><sub>*ja*</sub><sub>*jb*</sub><sub>*jc*</sub><sub>*jd*</sub><sub>*je*</sub><sub>*jf*</sub><sub>*jj*</sub><sub>*jk*</sub><sub>*jl*</sub><sub>*jm*</sub><sub>*jn*</sub><sub>*jo*</sub><sub>*jp*</sub><sub>*jq*</sub><sub>*jr*</sub><sub>*js*</sub><sub>*jt*</sub><sub>*ju*</sub><sub>*jv*</sub><sub>*jw*</sub><sub>*jx*</sub><sub>*ja*</sub><sub>*jb*</sub><sub>*jc*</sub><sub>*jd*</sub><sub>*je*</sub><sub>*jf*</sub><sub>*jj*</sub><sub>*jk*</sub><sub>*jl*</sub><sub>*jm*</sub><sub>*jn*</sub><sub>*jo*</sub><sub>*jp*</sub><sub>*jq*</sub><sub>*jr*</sub><sub>*js*</sub><sub>*jt*</sub><sub>*ju*</sub><sub>*jv*</sub><sub>*jw*</sub><sub>*jx*</sub><sub>*ja*</sub><sub>*jb*</sub><sub>*jc*</sub><sub>*jd*</sub><sub>*je*</sub><sub>*jf*</sub><sub>*jj*</sub><sub>*jk*</sub><sub>*jl*</sub><sub>*jm*</sub><sub>*jn*</sub><sub>*jo*</sub><sub>*jp*</sub><sub>*jq*</sub><sub>*jr*</sub><sub>*js*</sub><sub>*jt*</sub><sub>*ju*</sub><sub>*jv*</sub><sub>*jw*</sub><sub>*jx*</sub><sub>*ja*</sub><sub>*jb*</sub><sub>*jc*</sub><sub>*jd*</sub><sub>*je*</sub><sub>*jf*</sub><sub>*jj*</sub><sub>*jk*</sub><sub>*jl*</sub><sub>*jm*</sub><sub>*jn*</sub><sub>*jo*</sub><sub>*jp*</sub><sub>*jq*</sub><sub>*jr*</sub><sub>*js*</sub><sub>*jt*</sub><sub>*ju*</sub><sub>*jv*</sub><sub>*jw*</sub><sub>*jx*</sub><sub>*ja*</sub><sub>*jb*</sub><sub>*jc*</sub><sub>*jd*</sub><sub>*je*</sub><sub>*jf*</sub><sub>*jj*</sub><sub>*jk*</sub><sub>*jl*</sub><sub>*jm*</sub><sub>*jn*</sub><sub>*jo*</sub><sub>*jp*</sub><sub>*jq*</sub><sub>*jr*</sub><sub>*js*</sub><sub>*jt*</sub><sub>*ju*</sub><sub>*jv*</sub><sub>*jw*</sub><sub>*jx*</sub><sub>*ja*</sub><sub>*jb*</sub><sub>*jc*</sub><sub>*jd*</sub><sub>*je*</sub><sub>*jf*</sub><sub>*jj*</sub><sub>*jk*</sub><sub>*jl*</sub><sub>*jm*</sub><sub>*jn*</sub><sub>*jo*</sub><sub>*jp*</sub><sub>*jq*</sub><sub>*jr*</sub><sub>*js*</sub><sub>*jt*</sub><sub>*ju*</sub><sub>*jv*</sub><sub>*jw*</sub><sub>*jx*</sub><sub>*ja*</sub><sub>*jb*</sub><sub>*jc*</sub><sub>*jd*</sub><sub>*je*</sub><sub>*jf*</sub><sub>*jj*</sub><sub>*jk*</sub><sub>*jl*</sub><sub>*jm*</sub><sub>*jn*</sub><sub>*jo*</sub><sub>*jp*</sub><sub>*jq*</sub><sub>*jr*</sub><sub>*js*</sub><sub>*jt*</sub><sub>*ju*</sub><sub>*jv*</sub><sub>*jw*</sub><sub>*jx*</sub><sub>*ja*</sub><sub>*jb*</sub><sub>*jc*</sub><sub>*jd*</sub><sub>*je*</sub><sub>*jf*</sub><sub>*jj*</sub><sub>*jk*</sub><sub>*jl*</sub><sub>*jm*</sub><sub>*jn*</sub><sub>*jo*</sub><sub>*jp*</sub><sub>*jq*</sub><sub>*jr*</sub><sub>*js*</sub><sub>*jt*</sub><sub>*ju*</sub><sub>*jv*</sub><sub>*jw*</sub><sub>*jx*</sub><sub>*ja*</sub><sub>*jb*</sub><sub>*jc*</sub><sub>*jd*</sub><sub>*je*</sub><sub>*jf*</sub><sub>*jj*</sub><sub>*jk*</sub><sub>*jl*</sub><sub>*jm*</sub><sub>*jn*</sub><sub>*jo*</sub><sub>*jp*</sub><sub>*jq*</sub><sub>*jr*</sub><sub>*js*</sub><sub>*jt*</sub><sub>*ju*</sub><sub>*jv*</sub><sub>*jw*</sub><sub>*jx*</sub><sub>*ja*</sub><sub>*jb*</sub><sub>*jc*</sub><sub>*jd*</sub><sub>*je*</sub><sub>*jf*</sub><sub>*jj*</sub><sub>*jk*</sub><sub>*jl*</sub><sub>*jm*</sub><sub>*jn*</sub><sub>*jo*</sub><sub>*jp*</sub><sub>*jq*</sub><sub>*jr*</sub><sub>*js*</sub><sub>*jt*</sub><sub>*ju*</sub><sub>*jv*</sub><sub>*jw*</sub><sub>*jx*</sub><sub>*ja*</sub><sub>*jb*</sub><sub>*jc*</sub><sub>*jd*</sub><sub>*je*</sub><sub>*jf*</sub><sub>*jj*</sub><sub>*jk*</sub><sub>*jl*</sub><sub>*jm*</sub><sub>*jn*</sub><sub>*jo*</sub><sub>*jp*</sub><sub>*jq*</sub><sub>*jr*</sub><sub>*js*</sub><sub>*jt*</sub><sub>*ju*</sub><sub>*jv*</sub><sub>*jw*</sub><sub>*jx*</sub><sub>*ja*</sub><sub>*jb*</sub><sub>*jc*</sub><sub>*jd*</sub><sub>*je*</sub><sub>*jf*</sub><sub>*jj*</sub><sub>*jk*</sub><sub>*jl*</sub><sub>*jm*</sub><sub>*jn*</sub><sub>*jo*</sub><sub>*jp*</sub><sub>*jq*</sub><sub>*jr*</sub><sub>*js*</sub><sub>*jt*</sub><sub>*ju*</sub><sub>*jv*</sub><sub>*jw*</sub><sub>*jx*</sub><sub>*ja*</sub><sub>*jb*</sub><sub>*jc*</sub><sub>*jd*</sub><sub>*je*</sub><sub>*jf*</sub><sub>*jj*</sub><sub>*jk*</sub><sub>*jl*</sub><sub>*jm*</sub><sub>*jn*</sub><sub>*jo*</sub><sub>*jp*</sub><sub>*jq*</sub><sub>*jr*</sub><sub>*js*</sub><sub>*jt*</sub><sub>*ju*</sub><sub>*jv*</sub><sub>*jw*</sub><sub>*jx*</sub><sub>*ja*</sub><sub>*jb*</sub><sub>*jc*</sub><sub>*jd*</sub><sub>*je*</sub><sub>*jf*</sub><sub>*jj*</sub><sub>*jk*</sub><sub>*jl*</sub><sub>*jm*</sub><sub>*jn*</sub><sub>*jo*</sub><sub>*jp*</sub><sub>*jq*</sub><sub>*jr*</sub><sub>*js*</sub><sub>*jt*</sub><sub>*ju*</sub><sub>*jv*</sub><sub>*jw*</sub><sub>*jx*</sub><sub>*ja*</sub><sub>*jb*</sub><sub>*jc*</sub><sub>*jd*</sub><sub>*je*</sub><sub>*jf*</sub><sub>*jj*</sub><sub>*jk*</sub><sub>*jl*</sub><sub>*jm*</sub><sub>*jn*</sub><sub>*jo*</sub><sub>*jp*</sub><sub>*jq*</sub><sub>*jr*</sub><sub>*js*</sub><sub>*jt*</sub><sub>*ju*</sub><sub>*jv*</sub><sub>*jw*</sub><sub>*jx*</sub><sub>*ja*</sub><sub>*jb*</sub><sub>*jc*</sub><sub>*jd*</sub><sub>*je*</sub><sub>*jf*</sub><sub>*jj*</sub><sub>*jk*</sub><sub>*jl*</sub><sub>*jm*</sub><sub>*jn*</sub><sub>*jo*</sub><sub>*jp*</sub><sub>*jq*</sub><sub>*jr*</sub><sub>*js*</sub><sub>*jt*</sub><sub>*ju*</sub><sub>*jv*</sub><sub>*jw*</sub><sub>*jx*</sub><sub>*ja*</sub><sub>*jb*</sub><sub>*jc*</sub><sub>*jd*</sub><sub>*je*</sub><sub>*jf*</sub><sub>*jj*</sub><sub>*jk*</sub><sub>*jl*</sub><sub>*jm*</sub><sub>*jn*</sub><sub>*jo*</sub><sub>*jp*</sub><sub>*jq*</sub><sub>*jr*</sub><sub>*js*</sub><sub>*jt*</sub><sub>*ju*</sub><sub>*jv*</sub><sub>*jw*</sub><sub>*jx*</sub><sub>*ja*</sub><sub>*jb*</sub><sub>*jc*</sub><sub>*jd*</sub><sub>*je*</sub><sub>*jf*</sub><sub>*jj*</sub><sub>*jk*</sub><sub>*jl*</sub><sub>*jm*</sub><sub>*jn*</sub><sub>*jo*</sub><sub>*jp*</sub><sub>*jq*</sub><sub>*jr*</sub><sub>*js*</sub><sub>*jt*</sub><sub>*ju*</sub><sub>*jv*</sub><sub>*jw*</sub><sub>*jx*</sub><sub>*ja*</sub><sub>*jb*</sub><sub>*jc*</sub><sub>*jd*</sub><sub>*je*</sub><sub>*jf*</sub><sub>*jj*</sub><sub>*jk*</sub><sub>*jl*</sub><sub>*jm*</sub><sub>*jn*</sub><sub>*jo*</sub><sub>*jp*</sub><sub>*jq*</sub><sub>*jr*</sub><sub>*js*</sub><sub>*jt*</sub><sub>*ju*</sub><sub>*jv*</sub><sub>*jw*</sub><sub>*jx*</sub><sub>*ja*</sub><sub>*jb*</sub><sub>*jc*</sub><sub>*jd*</sub><sub>*je*</sub><sub>*jf*</sub><sub>*jj*</sub><sub>*jk*</sub><sub>*jl*</sub><sub>*jm*</sub><sub>*jn*</sub><sub>*jo*</sub><sub>*jp*</sub><sub>*jq*</sub><sub>*jr*</sub><sub>*js*</sub><sub>*jt*</sub><sub>*ju*</sub><sub>*jv*</sub><sub>*jw*</sub><sub>*jx*</sub><sub>*ja*</sub><sub>*jb*</sub><sub>*jc*</sub><sub>*jd*</sub><sub>*je*</sub><sub>*jf*</sub><sub>*jj*</sub><sub>*jk*</sub><sub>*jl*</sub><sub>*jm*</sub><sub>*jn*</sub><sub>*jo*</sub><sub>*jp*</sub><sub>*jq*</sub><sub>*jr*</sub><sub>*js*</sub><sub>*jt*</sub><sub>*ju*</sub><sub>*jv*</sub><sub>*jw*</sub><sub>*jx*</sub><sub>*ja*</sub><sub>*jb*</sub><sub>*jc*</sub><sub>*jd*</sub><sub>*je*</sub><sub>*jf*</sub><sub>*jj*</sub><sub>*jk*</sub><sub>*jl*</sub><sub>*jm*</sub><sub>*jn*</sub><sub>*jo*</sub><sub>*jp*</sub><sub>*jq*</sub><sub>*jr*</sub><sub>*js*</sub><sub>*jt*</sub><sub>*ju*</sub><sub>*jv*</sub><sub>*jw*</sub><sub>*jx*</sub><sub>*ja*</sub><sub>*jb*</sub><sub>*jc*</sub><sub>*jd*</sub><sub>*je*</sub><sub>*jf*</sub><sub>*jj*</sub><sub>*jk*</sub><sub>*jl*</sub><sub>*jm*</sub><sub>*jn*</sub><sub>*jo*</sub><sub>*jp*</sub><sub>*jq*</sub><sub>*jr*</sub><sub>*js*</sub><sub>*jt*</sub><sub>*ju*</sub><sub>*jv*</sub><sub>*jw*</sub><sub>*jx*</sub><sub>*ja*</sub><sub>*jb*</sub><sub>*jc*</sub><sub>*jd*</sub><sub>*je*</sub><sub>*jf*</sub><sub>*jj*</sub><sub>*jk*</sub><sub>*jl*</sub><sub>*jm*</sub><sub>*jn*</sub><sub>*jo*</sub><sub>*jp*</sub><sub>*jq*</sub><sub>*jr*</sub><sub>*js*</sub><sub>*jt*</sub><sub>*ju*</sub><sub>*jv*</sub><sub>*jw*</sub><sub>*jx*</sub><sub>*ja*</sub><sub>*jb*</sub><sub>*jc*</sub><sub>*jd*</sub><sub>*je*</sub><sub>*jf*</sub><sub>*jj*</sub><sub>*jk*</sub><sub>*jl*</sub><sub>*jm*</sub><sub>*jn*</sub><sub>*jo*</sub><sub>*jp*</sub><sub>*jq*</sub><sub>*jr*</sub><sub>*js*</sub><sub>*jt*</sub><sub>*ju*</sub><sub>*jv*</sub><sub>*jw*</sub><sub>*jx*</sub><sub>*ja*</sub><sub>*jb*</sub><sub>*jc*</sub><sub>*jd*</sub><sub>*je*</sub><sub>*jf*</sub><sub>*jj*</sub><sub>*jk*</sub><sub>*jl*</sub><sub>*jm*</sub><sub>*jn*</sub><sub>*jo*</sub><sub>*jp*</sub><sub>*jq*</sub><sub>*jr*</sub><sub>*js*</sub><sub>*jt*</sub><sub>*ju*</sub><sub>*jv*</sub><sub>*jw*</sub><sub>*jx*</sub><sub>*ja*</sub><sub>*jb*</sub><sub>*jc*</sub><sub>*jd*</sub><sub>*je*</sub><sub>*jf*</sub><sub>*jj*</sub><sub>*jk*</sub><sub>*jl*</sub><sub>*jm*</sub><sub>*jn*</sub><sub>*jo*</sub><sub>*jp*</sub><sub>*jq*</sub><sub>*jr*</sub><sub>*js*</sub><sub>*jt*</sub><sub>*ju*</sub><sub>*jv*</sub><sub>*jw*</sub><sub>*jx*</sub><sub>*ja*</sub><sub>*jb*</sub><sub>*jc*</sub><sub>*jd*</sub><sub>*je*</sub><sub>*jf*</sub><sub>*jj*</sub><sub>*jk*</sub><sub>*jl*</sub><sub>*jm*</sub><sub>*jn*</sub><sub>*jo*</sub><sub>*jp*</sub><sub>*jq*</sub><sub>*jr*</sub><sub>*js*</sub><sub>*jt*</sub><sub>*ju*</sub><sub>*jv*</sub><sub>*jw*</sub><sub>*jx*</sub><sub>*ja*</sub><sub>*jb*</sub><sub>*jc*</sub><sub>*jd*</sub><sub>*je*</sub><sub>*jf*</sub><sub>*jj*</sub><sub>*jk*</sub><sub>*jl*</sub><sub>*jm*</sub><sub>*jn*</sub><sub>*jo*</sub><sub>*jp*</sub><sub>*jq*</sub><sub>*jr*</sub><sub>*js*</sub><sub>*jt*</sub><sub>*ju*</sub><sub>*jv*</sub><sub>*jw*</sub><sub>*jx*</sub><sub>*ja*</sub><sub>*jb*</sub><sub>*jc*</sub><sub>*jd*</sub><sub>*je*</sub><sub>*jf*</sub><sub>*jj*</sub><sub>*jk*</sub><sub>*jl*</sub><sub>*jm*</sub><sub>*jn*</sub><sub>*jo*</sub><sub>*jp*</sub><sub>*jq*</sub><sub>*jr*</sub><sub>*js*</sub><sub>*jt*</sub><sub>*ju*</sub><sub>*jv*</sub><sub>*jw*</sub><sub>*jx*</sub><sub>*ja*</sub><sub>*jb*</sub><sub>*jc*</sub><sub>*jd*</sub><sub>*je*</sub><sub>*jf*</sub><sub>*jj*</sub><sub>*jk*</sub><sub>*jl*</sub><sub>*jm*</sub><sub>*jn*</sub><sub>*jo*</sub><sub>*jp*</sub><sub>*jq*</sub><sub>*jr*</sub><sub>*js*</sub><sub>*jt*</sub><sub>*ju*</sub><sub>*jv*</sub><sub>*jw*</sub><sub>*jx*</sub><sub>*ja*</sub><sub>*jb*</sub><sub>*jc*</sub><sub>*jd*</sub><sub>*je*</sub><sub>*jf*</sub><sub>*jj*</sub><sub>*jk*</sub><sub>*jl*</sub><sub>*jm*</sub><sub>*jn*</sub><sub>*jo*</sub><sub>*jp*</sub><sub>*jq*</sub><sub>*jr*</sub><sub>*js*</sub><sub>*jt*</sub><sub>*ju*</sub><sub>*jv*</sub><sub>*jw*</sub><sub>*jx*</sub><sub>*ja*</sub><sub>*jb*</sub><sub>*jc*</sub><sub>*jd*</sub><sub>*je*</sub><sub>*jf*</sub><sub>*jj*</sub><sub>*jk*</sub><sub>*jl*</sub><sub>*jm*</sub><sub>*jn*</sub><sub>*jo*</sub><sub>*jp*</sub><sub>*jq*</sub><sub>*jr*</sub><sub>*js*</sub><sub>*jt*</sub><sub>*ju*</sub><sub>*jv*</sub><sub>*jw*</sub><sub>*jx*</sub><sub>*ja*</sub><sub>*jb*</sub><sub>*jc*</sub><sub>*jd*</sub><sub>*je*</sub><sub>*jf*</sub><sub>*jj*</sub><sub>*jk*</sub><sub>*jl*</sub><sub>*jm*</sub><sub>*jn*</sub><sub>*jo*</sub><sub>*jp*</sub><sub>*jq*</sub><sub>*jr*</sub><sub>*js*</sub><sub>*jt*</sub><sub>*ju*</sub><sub>*jv*</sub><sub>*jw*</sub><sub>*jx*</sub><sub>*ja*</sub><sub>*jb*</sub><sub>*jc*</sub><sub>*jd*</sub><sub>*je*</sub><sub>*jf*</sub><sub>*jj*</sub><sub>*jk*</sub><sub>*jl*</sub><sub>*jm*</sub><sub>*jn*</sub><sub>*jo*</sub><sub>*jp*</sub><sub>*jq*</sub><sub>*jr*</sub><sub>*js*</sub><sub>*jt*</sub><sub>*ju*</sub><sub>*jv*</sub><sub>*jw*</sub><sub>*jx*</sub>

## Non-adaptive Snapshot (2)

**procedure**  $update_i(v)$

$ts \leftarrow ts + 1;$

$snapshot \leftarrow scan();$

$R[i] \leftarrow \langle ts, v, snapshot \rangle;$

# Adaptive Update

```
procedure update(v)  
  if myreg =  $\perp$  then  
    myreg  $\leftarrow$  obtain();  
  
  ts  $\leftarrow$  ts + 1;  
  snapshot  $\leftarrow$  scan();  
  R[myreg]  $\leftarrow$   $\langle$  ts, v, snapshot  $\rangle$ ;
```

# Adaptive Scan

**upon** *scan*<sub>*i*</sub>

$t_1 \leftarrow \text{collect}(), t_2 \leftarrow t_1;$

**while** *true* **do**

$t_3 \leftarrow \text{collect}();$

**if**  $t_3 = t_2$  **then** **return**  $\langle t_3[1].\text{val}, \dots, t_3[t_3.\text{length}].\text{val} \rangle ;$

;

**for**  $k \leftarrow 1$  **to**  $t_3.\text{length}$  **do**

**if**  $t_3[k].\text{ts} \geq t_1[k].\text{ts} + 2$  **then** **return**  $t_3[k].\text{snapshot};$

;

$t_2 \leftarrow t_3;$



# A Disallowed Solution

```
procedure obtain()  
└ myreg  $\leftarrow$  C.fetch&inc();  
  
procedure collect()  
└ for k  $\leftarrow$  1 to C.read() do  
  └ x[k]  $\leftarrow$  R[k];  
└ return x;
```

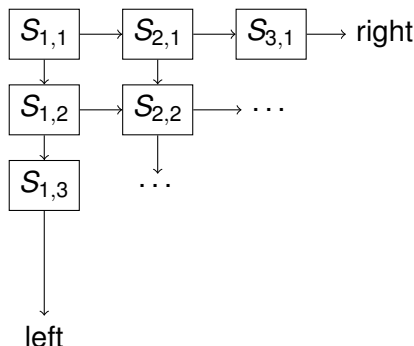
But we can use **only registers!**

# The Splitter Object

- One operation: *splitter*
- Returns: *stop*, *left* or *right*
- If a **single** process executes *splitter*, then *stop* is returned.
- If **two or more** processes invoke *splitter*, then not all get the same output.
- At most one process gets *stop*.

# Main Idea of Adaptive Snapshot

- Matrix of **registers** and **splitters**
- To obtain a register, a process must find a splitter that returns *stop*.
- Process starts from left top corner and follows the output of splitters.



# The Obtain Operation

```
procedure obtain()  
   $x \leftarrow 1, y \leftarrow 1$ ;  
  while true do  
     $s \leftarrow S[x, y].\text{splitter}()$ ;  
    if  $s = \text{"stop"}$  then  $\text{myreg} \leftarrow \langle x, y \rangle$ ;  
    ;  
    else if  $s = \text{"left"}$  then  $y \leftarrow y + 1$ ;  
    ;  
    else  $x \leftarrow x + 1$ ;  
    ;
```

# The Collect Operation

**procedure** *collect*

$C \leftarrow \langle \rangle;$

$d \leftarrow 1;$

**while** *diagonal  $d$  has a splitter*  
*that has been traversed* **do**

$C \leftarrow C \cdot \langle$  values of all  
non- $\perp$  registers on  
diagonal  $d$   $\rangle;$

$d \leftarrow d + 1;$

**return**  $C;$

