

# Solution for Exercise 3

LPD, EPFL

October 14, 2014

# 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"

$S \leftarrow true$

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**  $splitter_i$

$P \leftarrow i$

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

$S \leftarrow true$

**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**  $\langle t_3[1].\text{val}, \dots, t_3[N].\text{val} \rangle$

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

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

$t_2 \leftarrow t_3$

**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>*hh*</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>*jh*</sub><sub>*ji*</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>*ky*</sub><sub>*kz*</sub><sub>*la*</sub><sub>*lb*</sub><sub>*lc*</sub><sub>*ld*</sub><sub>*le*</sub><sub>*lf*</sub><sub>*lg*</sub><sub>*lh*</sub><sub>*li*</sub><sub>*lj*</sub><sub>*lk*</sub><sub>*ll*</sub><sub>*lm*</sub><sub>*ln*</sub><sub>*lo*</sub><sub>*lp*</sub><sub>*lq*</sub><sub>*lr*</sub><sub>*ls*</sub><sub>*lt*</sub><sub>*lu*</sub><sub>*lv*</sub><sub>*lw*</sub><sub>*lx*</sub><sub>*ly*</sub><sub>*lz*</sub><sub>*ma*</sub><sub>*mb*</sub><sub>*mc*</sub><sub>*md*</sub><sub>*me*</sub><sub>*mf*</sub><sub>*mg*</sub><sub>*mh*</sub><sub>*mi*</sub><sub>*mj*</sub><sub>*mk*</sub><sub>*ml*</sub><sub>*mm*</sub><sub>*mn*</sub><sub>*mo*</sub><sub>*mp*</sub><sub>*mq*</sub><sub>*mr*</sub><sub>*ms*</sub><sub>*mt*</sub><sub>*mu*</sub><sub>*mv*</sub><sub>*mw*</sub><sub>*mx*</sub><sub>*my*</sub><sub>*mz*</sub><sub>*na*</sub><sub>*nb*</sub><sub>*nc*</sub><sub>*nd*</sub><sub>*ne*</sub><sub>*nf*</sub><sub>*ng*</sub><sub>*nh*</sub><sub>*ni*</sub><sub>*nj*</sub><sub>*nk*</sub><sub>*nl*</sub><sub>*nm*</sub><sub>*nn*</sub><sub>*no*</sub><sub>*np*</sub><sub>*nq*</sub><sub>*nr*</sub><sub>*ns*</sub><sub>*nt*</sub><sub>*nu*</sub><sub>*nv*</sub><sub>*nw*</sub><sub>*nx*</sub><sub>*ny*</sub><sub>*nz*</sub><sub>*oa*</sub><sub>*ob*</sub><sub>*oc*</sub><sub>*od*</sub><sub>*oe*</sub><sub>*of*</sub><sub>*og*</sub><sub>*oh*</sub><sub>*oi*</sub><sub>*oj*</sub><sub>*ok*</sub><sub>*ol*</sub><sub>*om*</sub><sub>*on*</sub><sub>*oo*</sub><sub>*op*</sub><sub>*oq*</sub><sub>*or*</sub><sub>*os*</sub><sub>*ot*</sub><sub>*ou*</sub><sub>*ov*</sub><sub>*ow*</sub><sub>*ox*</sub><sub>*oy*</sub><sub>*oz*</sub><sub>*pa*</sub><sub>*pb*</sub><sub>*pc*</sub><sub>*pd*</sub><sub>*pe*</sub><sub>*pf*</sub><sub>*pg*</sub><sub>*ph*</sub><sub>*pi*</sub><sub>*pj*</sub><sub>*pk*</sub><sub>*pl*</sub><sub>*pm*</sub><sub>*pn*</sub><sub>*po*</sub><sub>*pp*</sub><sub>*pq*</sub><sub>*pr*</sub><sub>*ps*</sub><sub>*pt*</sub><sub>*pu*</sub><sub>*pv*</sub><sub>*pw*</sub><sub>*px*</sub><sub>*py*</sub><sub>*pz*</sub><sub>*qa*</sub><sub>*qb*</sub><sub>*qc*</sub><sub>*qd*</sub><sub>*qe*</sub><sub>*qf*</sub><sub>*qg*</sub><sub>*qh*</sub><sub>*qi*</sub><sub>*qj*</sub><sub>*qk*</sub><sub>*ql*</sub><sub>*qm*</sub><sub>*qn*</sub><sub>*qo*</sub><sub>*qp*</sub><sub>*qq*</sub><sub>*qr*</sub><sub>*qs*</sub><sub>*qt*</sub><sub>*qu*</sub><sub>*qv*</sub><sub>*qw*</sub><sub>*qx*</sub><sub>*qy*</sub><sub>*qz*</sub><sub>*ra*</sub><sub>*rb*</sub><sub>*rc*</sub><sub>*rd*</sub><sub>*re*</sub><sub>*rf*</sub><sub>*rg*</sub><sub>*rh*</sub><sub>*ri*</sub><sub>*rj*</sub><sub>*rk*</sub><sub>*rl*</sub><sub>*rm*</sub><sub>*rn*</sub><sub>*ro*</sub><sub>*rp*</sub><sub>*rq*</sub><sub>*rr*</sub><sub>*rs*</sub><sub>*rt*</sub><sub>*ru*</sub><sub>*rv*</sub><sub>*rw*</sub><sub>*rx*</sub><sub>*ry*</sub><sub>*rz*</sub><sub>*sa*</sub><sub>*sb*</sub><sub>*sc*</sub><sub>*sd*</sub><sub>*se*</sub><sub>*sf*</sub><sub>*sg*</sub><sub>*sh*</sub><sub>*si*</sub><sub>*sj*</sub><sub>*sk*</sub><sub>*sl*</sub><sub>*sm*</sub><sub>*sn*</sub><sub>*so*</sub><sub>*sp*</sub><sub>*sq*</sub><sub>*sr*</sub><sub>*ss*</sub><sub>*st*</sub><sub>*su*</sub><sub>*sv*</sub><sub>*sw*</sub><sub>*sx*</sub><sub>*sy*</sub><sub>*sz*</sub><sub>*ta*</sub><sub>*tb*</sub><sub>*tc*</sub><sub>*td*</sub><sub>*te*</sub><sub>*tf*</sub><sub>*tg*</sub><sub>*th*</sub><sub>*ti*</sub><sub>*tj*</sub><sub>*tk*</sub><sub>*tl*</sub><sub>*tm*</sub><sub>*tn*</sub><sub>*to*</sub><sub>*tp*</sub><sub>*tq*</sub><sub>*tr*</sub><sub>*ts*</sub><sub>*tt*</sub><sub>*tu*</sub><sub>*tv*</sub><sub>*tw*</sub><sub>*tx*</sub><sub>*ty*</sub><sub>*tz*</sub><sub>*ua*</sub><sub>*ub*</sub><sub>*uc*</sub><sub>*ud*</sub><sub>*ue*</sub><sub>*uf*</sub><sub>*ug*</sub><sub>*uh*</sub><sub>*ui*</sub><sub>*uj*</sub><sub>*uk*</sub><sub>*ul*</sub><sub>*um*</sub><sub>*un*</sub><sub>*uo*</sub><sub>*up*</sub><sub>*uq*</sub><sub>*ur*</sub><sub>*us*</sub><sub>*ut*</sub><sub>*uu*</sub><sub>*uv*</sub><sub>*uw*</sub><sub>*ux*</sub><sub>*uy*</sub><sub>*uz*</sub><sub>*va*</sub><sub>*vb*</sub><sub>*vc*</sub><sub>*vd*</sub><sub>*ve*</sub><sub>*vf*</sub><sub>*vg*</sub><sub>*vh*</sub><sub>*vi*</sub><sub>*vj*</sub><sub>*vk*</sub><sub>*vl*</sub><sub>*vm*</sub><sub>*vn*</sub><sub>*vo*</sub><sub>*vp*</sub><sub>*vq*</sub><sub>*vr*</sub><sub>*vs*</sub><sub>*vt*</sub><sub>*vu*</sub><sub>*vv*</sub><sub>*vw*</sub><sub>*vx*</sub><sub>*vy*</sub><sub>*vz*</sub><sub>*wa*</sub><sub>*wb*</sub><sub>*wc*</sub><sub>*wd*</sub><sub>*we*</sub><sub>*wf*</sub><sub>*wg*</sub><sub>*wh*</sub><sub>*wi*</sub><sub>*wj*</sub><sub>*wk*</sub><sub>*wl*</sub><sub>*wm*</sub><sub>*wn*</sub><sub>*wo*</sub><sub>*wp*</sub><sub>*wq*</sub><sub>*wr*</sub><sub>*ws*</sub><sub>*wt*</sub><sub>*wu*</sub><sub>*wv*</sub><sub>*ww*</sub><sub>*wx*</sub><sub>*wy*</sub><sub>*wz*</sub><sub>*xa*</sub><sub>*xb*</sub><sub>*xc*</sub><sub>*xd*</sub><sub>*xe*</sub><sub>*xf*</sub><sub>*xg*</sub><sub>*xh*</sub><sub>*xi*</sub><sub>*xj*</sub><sub>*xk*</sub><sub>*xl*</sub><sub>*xm*</sub><sub>*xn*</sub><sub>*xo*</sub><sub>*xp*</sub><sub>*xq*</sub><sub>*xr*</sub><sub>*xs*</sub><sub>*xt*</sub><sub>*xu*</sub><sub>*xv*</sub><sub>*xw*</sub><sub>*xx*</sub><sub>*xy*</sub><sub>*xz*</sub><sub>*ya*</sub><sub>*yb*</sub><sub>*yc*</sub><sub>*yd*</sub><sub>*ye*</sub><sub>*yf*</sub><sub>*yg*</sub><sub>*yh*</sub><sub>*yi*</sub><sub>*yj*</sub><sub>*yk*</sub><sub>*yl*</sub><sub>*ym*</sub><sub>*yn*</sub><sub>*yo*</sub><sub>*yp*</sub><sub>*yq*</sub><sub>*yr*</sub><sub>*ys*</sub><sub>*yt*</sub><sub>*yu*</sub><sub>*yv*</sub><sub>*yw*</sub><sub>*yx*</sub><sub>*yy*</sub><sub>*yz*</sub><sub>*za*</sub><sub>*zb*</sub><sub>*zc*</sub><sub>*zd*</sub><sub>*ze*</sub><sub>*zf*</sub><sub>*zg*</sub><sub>*zh*</sub><sub>*zi*</sub><sub>*zj*</sub><sub>*zk*</sub><sub>*zl*</sub><sub>*zm*</sub><sub>*zn*</sub><sub>*zo*</sub><sub>*zp*</sub><sub>*zq*</sub><sub>*zr*</sub><sub>*zs*</sub><sub>*zt*</sub><sub>*zu*</sub><sub>*zv*</sub><sub>*zw*</sub><sub>*zx*</sub><sub>*zy*</sub><sub>*zz*</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>*hh*</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>*jh*</sub><sub>*ji*</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>*ky*</sub><sub>*kz*</sub><sub>*la*</sub><sub>*lb*</sub><sub>*lc*</sub><sub>*ld*</sub><sub>*le*</sub><sub>*lf*</sub><sub>*lg*</sub><sub>*lh*</sub><sub>*li*</sub><sub>*lj*</sub><sub>*lk*</sub><sub>*ll*</sub><sub>*lm*</sub><sub>*ln*</sub><sub>*lo*</sub><sub>*lp*</sub><sub>*lq*</sub><sub>*lr*</sub><sub>*ls*</sub><sub>*lt*</sub><sub>*lu*</sub><sub>*lv*</sub><sub>*lw*</sub><sub>*lx*</sub><sub>*ly*</sub><sub>*lz*</sub><sub>*ma*</sub><sub>*mb*</sub><sub>*mc*</sub><sub>*md*</sub><sub>*me*</sub><sub>*mf*</sub><sub>*mg*</sub><sub>*mh*</sub><sub>*mi*</sub><sub>*mj*</sub><sub>*mk*</sub><sub>*ml*</sub><sub>*mm*</sub><sub>*mn*</sub><sub>*mo*</sub><sub>*mp*</sub><sub>*mq*</sub><sub>*mr*</sub><sub>*ms*</sub><sub>*mt*</sub><sub>*mu*</sub><sub>*mv*</sub><sub>*mw*</sub><sub>*mx*</sub><sub>*my*</sub><sub>*mz*</sub><sub>*na*</sub><sub>*nb*</sub><sub>*nc*</sub><sub>*nd*</sub><sub>*ne*</sub><sub>*nf*</sub><sub>*ng*</sub><sub>*nh*</sub><sub>*ni*</sub><sub>*nj*</sub><sub>*nk*</sub><sub>*nl*</sub><sub>*nm*</sub><sub>*nn*</sub><sub>*no*</sub><sub>*np*</sub><sub>*nq*</sub><sub>*nr*</sub><sub>*ns*</sub><sub>*nt*</sub><sub>*nu*</sub><sub>*nv*</sub><sub>*nw*</sub><sub>*nx*</sub><sub>*ny*</sub><sub>*nz*</sub><sub>*oa*</sub><sub>*ob*</sub><sub>*oc*</sub><sub>*od*</sub><sub>*oe*</sub><sub>*of*</sub><sub>*og*</sub><sub>*oh*</sub><sub>*oi*</sub><sub>*oj*</sub><sub>*ok*</sub><sub>*ol*</sub><sub>*om*</sub><sub>*on*</sub><sub>*oo*</sub><sub>*op*</sub><sub>*oq*</sub><sub>*or*</sub><sub>*os*</sub><sub>*ot*</sub><sub>*ou*</sub><sub>*ov*</sub><sub>*ow*</sub><sub>*ox*</sub><sub>*oy*</sub><sub>*oz*</sub><sub>*pa*</sub><sub>*pb*</sub><sub>*pc*</sub><sub>*pd*</sub><sub>*pe*</sub><sub>*pf*</sub><sub>*pg*</sub><sub>*ph*</sub><sub>*pi*</sub><sub>*pj*</sub><sub>*pk*</sub><sub>*pl*</sub><sub>*pm*</sub><sub>*pn*</sub><sub>*po*</sub><sub>*pp*</sub><sub>*pq*</sub><sub>*pr*</sub><sub>*ps*</sub><sub>*pt*</sub><sub>*pu*</sub><sub>*pv*</sub><sub>*pw*</sub><sub>*px*</sub><sub>*py*</sub><sub>*pz*</sub><sub>*qa*</sub><sub>*qb*</sub><sub>*qc*</sub><sub>*qd*</sub><sub>*qe*</sub><sub>*qf*</sub><sub>*qg*</sub><sub>*qh*</sub><sub>*qi*</sub><sub>*qj*</sub><sub>*qk*</sub><sub>*ql*</sub><sub>*qm*</sub><sub>*qn*</sub><sub>*qo*</sub><sub>*qp*</sub><sub>*qq*</sub><sub>*qr*</sub><sub>*qs*</sub><sub>*qt*</sub><sub>*qu*</sub><sub>*qv*</sub><sub>*qw*</sub><sub>*qx*</sub><sub>*qy*</sub><sub>*qz*</sub><sub>*ra*</sub><sub>*rb*</sub><sub>*rc*</sub><sub>*rd*</sub><sub>*re*</sub><sub>*rf*</sub><sub>*rg*</sub><sub>*rh*</sub><sub>*ri*</sub><sub>*rj*</sub><sub>*rk*</sub><sub>*rl*</sub><sub>*rm*</sub><sub>*rn*</sub><sub>*ro*</sub><sub>*rp*</sub><sub>*rq*</sub><sub>*rr*</sub><sub>*rs*</sub><sub>*rt*</sub><sub>*ru*</sub><sub>*rv*</sub><sub>*rw*</sub><sub>*rx*</sub><sub>*ry*</sub><sub>*rz*</sub><sub>*sa*</sub><sub>*sb*</sub><sub>*sc*</sub><sub>*sd*</sub><sub>*se*</sub><sub>*sf*</sub><sub>*sg*</sub><sub>*sh*</sub><sub>*si*</sub><sub>*sj*</sub><sub>*sk*</sub><sub>*sl*</sub><sub>*sm*</sub><sub>*sn*</sub><sub>*so*</sub><sub>*sp*</sub><sub>*sq*</sub><sub>*sr*</sub><sub>*ss*</sub><sub>*st*</sub><sub>*su*</sub><sub>*sv*</sub><sub>*sw*</sub><sub>*sx*</sub><sub>*sy*</sub><sub>*sz*</sub><sub>*ta*</sub><sub>*tb*</sub><sub>*tc*</sub><sub>*td*</sub><sub>*te*</sub><sub>*tf*</sub><sub>*tg*</sub><sub>*th*</sub><sub>*ti*</sub><sub>*tj*</sub><sub>*tk*</sub><sub>*tl*</sub><sub>*tm*</sub><sub>*tn*</sub><sub>*to*</sub><sub>*tp*</sub><sub>*tq*</sub><sub>*tr*</sub><sub>*ts*</sub><sub>*tt*</sub><sub>*tu*</sub><sub>*tv*</sub><sub>*tw*</sub><sub>*tx*</sub><sub>*ty*</sub><sub>*tz*</sub><sub>*ua*</sub><sub>*ub*</sub><sub>*uc*</sub><sub>*ud*</sub><sub>*ue*</sub><sub>*uf*</sub><sub>*ug*</sub><sub>*uh*</sub><sub>*ui*</sub><sub>*uj*</sub><sub>*uk*</sub><sub>*ul*</sub><sub>*um*</sub><sub>*un*</sub><sub>*uo*</sub><sub>*up*</sub><sub>*uq*</sub>

## Non-adaptive Snapshot (2)

**procedure** *update<sub>i</sub>*(*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
```

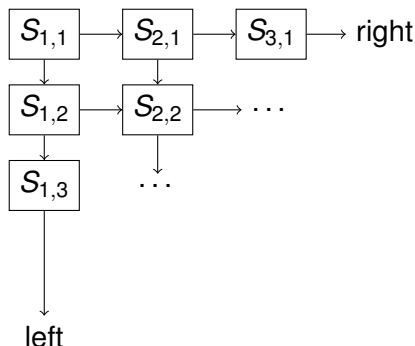
But we can use **only registers!**

# 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**  $C$

