

```

proc esSeñal (in s: seq(Z), in prof: Z, in freq: Z, out result: Bool) {
  Pre { |s| > 0 ∧ prof > 0 ∧ freq > 0 }
  Post {
    result = esSeñalAux(s, prof, freq)
  }
}

pred esSeñalAux (s: seq(Z), prof: Z, freq: Z) {
  |s| ≥ 0 ∧
  frecuenciaEnRango(freq) ∧
  profundidadCorrecta(s) ∧
  duraMasDeUnSegundo(s, freq) ∧
  ningunaMuestraSuperaLaProfundidad(s, prof)
}

pred frecuenciaEnRango (freq: Z) { freq ∈ [8, 32] }
pred profundidadCorrecta (prof: Z) { freq ∈ [8, 16, 32] }
pred duraMasDeUnSegundo (s: seq(Z), freq: Z) {  $\frac{|s|}{(freq-1000)} > 1$  }
pred ningunaMuestraSuperaLaProfundidad (s: seq(Z), p: Z) {
  (∀ i : Z) 0 ≤ i < |s|
  →L (-2)p-1 ≤ s[i] ≤ 2p-1 - 1
}

proc seEnojó? (in s: señal, in umbral: Z, in prof: Z, in freq: Z, out result: Bool) {
  Pre { umbral > 0 ∧ esSeñalAux(s, prof, freq) }
  Post {
    result = umbralEnRango(umbral, prof) ∧
    existeUnaSubsecuenciaQueSuperaUmbral(s, freq, umbral)
  }
}

pred umbralEnRango (umbral: Z, p: Z) { umbral ≥ 2p-1 - 1 }
pred existeUnaSubsecuenciaQueSuperaUmbral (s: señal, freq: Z, u: Z) {
  (∃ d, h : Z) 0 ≤ d, h < |s| + 1 ∧ (h > (d + freq * 1000 * 5)) ∧L (
  (∀ i : Z) 0 ≤ i < |subseq(s, d, h)| →L abs(subseq(s, d, h)[i]) > umbral)
}
fun abs (x: Z) : Z = if x > 0 then x else -x fi;

proc esReuniónVálida? (in r: reunion, in prof: Z, in freq: Z, out result: Bool) {
  Pre { |r| > 0 ∧ prof > 0 ∧ freq > 0 }
  Post { result = esReuniónVálidaAux(r, prof, freq) }
}

pred esReuniónVálidaAux (r: reunion, prof: Z, freq: Z) {
  contieneSeñalesValidas(r, prof, freq) ∧
  lasLongitudesDeSeñalSonIguales(r) ∧
  todosHablantesDistintos(r) ∧
  losHablantesEstanEnRangosDe0ANMenos1(r)
}
pred contieneSeñalesValidas (r: reunion, prof: Z, freq: Z) { (∀ i : Z) 0 ≤ i < |r| →L esSeñalAux(r[i]0, prof, freq) }
pred lasLongitudesDeSeñalSonIguales (r: reunion) { (∀ i, j : Z) 0 ≤ i, j < |r| ∧ i ≠ j →L (|r[i]0| = |r[j]0|) }
pred todosHablantesDistintos (r: reunion) { (∀ i, j : Z) 0 ≤ i, j < |r| ∧ i ≠ j →L (r[i]1 ≠ r[j]1) }
pred losHablantesEstanEnRangosDe0ANMenos1 (r: reunion) { (∀ i : Z) 0 ≤ i < |r| →L 0 ≤ r[i]1 < |r| }

proc acelerar (inout r: reunion, in prof: Z, in freq: Z) {
  Pre { esReuniónVálidaAux(r, prof, freq) ∧ r0 = r }
  Post {
    esReuniónVálidaAux(r, prof, freq) ∧L
    |r| = |r0| ∧L
    lasSeñalesTieneLaMitadDeMuestras(r, r0) ∧L
    losImpares(r, r0)
  }
}

pred lasSeñalesTieneLaMitadDeMuestras (r: reunion, r0 : reunion) {
  (∀ i : Z) 0 ≤ i < |r| →L if esPar(|r[0]0|) then |r[i]0| =  $\frac{|r[0]_0|}{2}$  else |r[i]0| =  $\frac{|r[0]_0|-1}{2}$  fi
}
pred losImpares (r: reunion, r0 : reunion) { (∀ i : Z) 0 ≤ i < |r| →L (
  (∃ j : Z) 0 ≤ j < |r| ∧L (r[i]1 = r[j]1) ∧L (

```

```

 $(\forall q : \mathbb{Z}) 0 \leq q < |r_0[i]_0| \wedge (\neg esPar(q)) \longrightarrow_L (r_0[i]_0[q] = r[j]_0[\frac{q-1}{2}]))\}$ 
proc ralentizar (inout r: reunion, in prof:  $\mathbb{Z}$ , in freq:  $\mathbb{Z}$ ) {
  Pre {esReuniónVálidaAux(r, prof, freq)  $\wedge$   $r_0 = r$ }
  Post {
    esReuniónVálidaAux(r, prof, freq)  $\wedge_L$ 
     $|r| = |r_0| \wedge_L$ 
    lasSeñalesTienenElDobleDeMuestras(r,  $r_0$ )  $\wedge_L$ 
    promedioEntrePares(r,  $r_0$ )
  }
}

pred lasSeñalesTienenElDobleDeMuestras (r: reunion,  $r_v : reunion$ ) {
 $(\forall i : \mathbb{Z}) 0 \leq i < |r_v| \longrightarrow_L (2 \cdot |r_v[i]_0| = (|r[i]_0| + 1))$ 
}
pred promedioEntrePares (r: reunion,  $r_v : reunion$ ) {
 $(\forall i : \mathbb{Z}) 0 \leq i < |r| \longrightarrow_L ($ 
 $(\exists j : \mathbb{Z}) 0 \leq j < |r_0| \wedge_L (r[i]_1 = r_v[j]_1) \wedge_L ($ 
 $(\forall q : \mathbb{Z}) 0 \leq q < |r[i]_0| \longrightarrow_L$ 
  if esPar(q) then  $r[j]_0[q] = r_v[i]_0[\frac{q}{2}]$  else  $r[j]_0[q] = \frac{r_v[i]_0[\frac{q-1}{2}] + r_v[i]_0[\frac{q+1}{2}]}{2}$  fi ) ) }
}

proc tonosDeVozElevados (inout r: reunion, in freq:  $\mathbb{Z}$ , in prof:  $\mathbb{Z}$ , out hablantes: seq(hablante)) {
  Pre {esReuniónVálidaAux(r, prof, freq)}
  Post {
    siPertenecenAHablantesElPromedioDeAmplitudEsMasGrandeOIgualQueElResto(r, hablantes)  $\wedge_L$ 
    losHablantesPertenecenALaReunión(r, hablantes)  $\wedge_L$ 
    losHablantesNoSeRepiten(hablantes)
  }
}

pred siPertenecenAHablantesElPromedioDeAmplitudEsMasGrandeOIgualQueElResto (r: reunion, hs: seq(hablante)) {
 $(\forall i : \mathbb{Z}) 0 \leq i < |hs| \longrightarrow_L$ 
 $(r[i]_1 \in hs \wedge elPromedioDeAmplitudEsMasGrandeOIgualQueElResto(r, r[i]_0))$ 
 $\vee$ 
 $(r[i]_1 \notin hs \wedge \neg elPromedioDeAmplitudEsMasGrandeOIgualQueElResto(r, r[i]_0))$ 
}
pred losHablantesPertenecenALaReunión (r: reunion, hs: seq(hablante)) {
 $(\forall i : \mathbb{Z}) 0 \leq i < |hs| \longrightarrow_L ((\exists j : \mathbb{Z}) 0 \leq j < |r| \wedge_L (hs[i] = r[j]_1))$ 
}
pred losHablantesNoSeRepiten (r: reunion, hs: seq(hablante)) {
 $(\forall i : \mathbb{Z}) 0 \leq i < |hs| \longrightarrow_L (\#apariciones(hs, hs[i]) = 1)$ 
}
pred elPromedioDeAmplitudEsMasGrandeOIgualQueElResto (r: reunion, s: señal) {
 $(\forall i : \mathbb{Z}) 0 \leq i < |r| \longrightarrow_L (tonoDeVoz(s) \geq tonoDeVoz(r[i]_0))$ 
}
fun tonoDeVoz (s: señal) :  $\mathbb{Z} = sumaDelValorAbsolutoDeAmplitudes(s) \div |s|$ ;
fun sumaDelValorAbsolutoDeAmplitudes (s: señal) :  $\mathbb{Z} = \sum_{i=0}^{|s|} abs(s[i])$ ;

proc ordenar (inout r: reunion, in freq:  $\mathbb{Z}$ , in prof:  $\mathbb{Z}$ ) {
  Pre {esReuniónVálidaAux(r, prof, freq)  $\wedge$   $r_0 = r$ }
  Post {
    esReuniónVálidaAux(r, prof, freq)  $\wedge_L$ 
    ordenadaDeMayorAMenorPorTonoDeVoz(r)  $\wedge_L$ 
    esUnaPermutación( $r_0$ , r)
  }
}

pred ordenadaDeMayorAMenorPorTonoDeVoz (r: reunion) {
 $(\forall i : \mathbb{Z}) 1 \leq i < |r| \longrightarrow_L tonoDeVoz(r[i-1]_0) \geq tonoDeVoz(r[i]_0)$ 
}
pred esUnaPermutación (x: reunion, y: reunion) {
 $|x| = |y| \wedge_L$ 
 $(\forall i : \mathbb{Z}) 0 \leq i < |x| \longrightarrow_L ($ 
 $(\exists j : \mathbb{Z}) 0 \leq j < |y| \wedge_L (x[i]_1 = y[j]_1) \wedge_L (x[i]_0 = y[j]_0))$ 
}
fun tonoDeVoz (s: señal) :  $\mathbb{Z} = sumaDelValorAbsolutoDeAmplitudes(s) \div |s|$ ;
fun sumaDelValorAbsolutoDeAmplitudes (s: señal) :  $\mathbb{Z} = \sum_{i=0}^{|s|} abs(s[i])$ ;

proc silencios (in s: señal, in freq:  $\mathbb{Z}$ , in prof:  $\mathbb{Z}$ , out intervalos: seq(intervalo)) {
  Pre {esSeñalAux(s, prof, freq)  $\wedge$  (umbral > 0)}
  Post {

```

```

noHayIntervalosRepetidos(intervalos)  $\wedge_L$ 
  ( $\forall i : \mathbb{Z}$ )  $0 \leq i < |\text{intervalos}| \rightarrow_L$  (
    esSilencio( $s$ ,  $\text{umbral}$ ,  $\text{freq}$ ,  $\text{intervalos}[i]$ ))
}

pred noHayIntervalosRepetidos (ins: seq<intervalo>) {( $\forall i : \mathbb{Z}$ )  $0 \leq i < |\text{ins}| \rightarrow_L$  ( $\#apariciones(\text{ins}, e) = 1$ )}
```

```

pred finEsMayorQueInicio (inicio:  $\mathbb{Z}$ , fin:  $\mathbb{Z}$ ) { $\text{fin} > \text{inicio}$ }
pred estaDentroDeLaSeñal (s: señal, inicio:  $\mathbb{Z}$ , fin:  $\mathbb{Z}$ ,) {( $\text{inicio} \geq 0$ )  $\wedge$  ( $\text{fin} < |s|$ )}
```

```

pred esAlMenosUnDecimoDeSegundo (freq:  $\mathbb{Z}$ , inicio:  $\mathbb{Z}$ , fin:  $\mathbb{Z}$ ,) {( $(\text{fin} - \text{inicio} + 1) \geq (\text{frecuencia} * 100)$ )}
```

```

pred losAdyacentesSuperanElUmbral (s: señal, umbral:  $\mathbb{Z}$ , inicio:  $\mathbb{Z}$ , fin:  $\mathbb{Z}$ ) {
  ( ( $\text{inicio} = 0$ )  $\vee_L$  (( $\text{inicio} - 1 \geq 0$ )  $\wedge_L$  ( $s[\text{inicio} - 1] \geq \text{umbral}$ )))  $\wedge$  (
    ( $\text{fin} = |s| - 1$ )  $\vee_L$  (( $\text{fin} + 1 < |s|$ )  $\wedge_L$  ( $s[\text{fin} + 1] \geq \text{umbral}$ )))}
```

```

pred entreIndicesNoPasaCiertaUmbral (s: señal, umbral:  $\mathbb{Z}$ , inicio:  $\mathbb{Z}$ , fin:  $\mathbb{Z}$ ) {
  ( $\forall i : \mathbb{Z}$ )  $\text{inicio} \leq i < \text{fin} + 1 \rightarrow_L (\text{abs}(s[i]) \leq \text{umbral})$ }
```

```

pred esSilencio (s: señal, umbral:  $\mathbb{Z}$ , freq:  $\mathbb{Z}$ , in: intervalo) {
  finEsMayorQueInicio( $\text{in}_0$ ,  $\text{in}_1$ )  $\wedge_L$ 
  estaDentroDeLaSeñal( $s$ ,  $\text{in}_0$ ,  $\text{in}_1$ )  $\wedge_L$ 
  esAlMenosUnDecimoDeSegundo( $\text{freq}$ ,  $\text{in}_0$ ,  $\text{in}_1$ )  $\wedge_L$ 
  entreIndicesNoPasaCiertaUmbral( $s$ ,  $\text{umbral}$ ,  $\text{in}_0$ ,  $\text{in}_1$ )  $\wedge_L$ 
  losAdyacentesSuperanElUmbral( $s$ ,  $\text{umbral}$ ,  $\text{in}_0$ ,  $\text{in}_1$ )}
```

```

proc hablantesSuperpuestos (in r: reunion, in prof:  $\mathbb{Z}$ , in freq:  $\mathbb{Z}$ , in umbral:  $\mathbb{Z}$ , out result: Bool) {
  Pre {esReuniónVálidaAux( $r$ ,  $\text{prof}$ ,  $\text{freq}$ )}
```

```

  Post {result =  $\neg \text{noHayHablantesSuperpuestos}(r, \text{freq}, \text{umbral})$ }
```

```

}

pred haySilencio (s: señal, umbral:  $\mathbb{Z}$ , freq:  $\mathbb{Z}$ ) {( $\exists i, j : \mathbb{Z}$ )  $0 \leq i, j < |s| \wedge (i < j) \wedge_L \text{esSilencio}(s, \text{umbral}, (i, j))$ }
```

```

pred noHayHablantesSuperpuestos (r: reunion, freq:  $\mathbb{Z}$ , umbral:  $\mathbb{Z}$ ) {
  ( $\forall i, j : \mathbb{Z}$ )  $0 \leq i, j < |r| \wedge (i \neq j) \rightarrow_L$ 
  ( $\forall k, l : \mathbb{Z}$ )  $0 \leq k, l < |r[i]_0| \wedge k < l \rightarrow_L$ 
   $\neg \text{haySilencio}(\text{subseq}(r[i]_0, k, l), \text{umbral}, \text{freq}) \rightarrow_L \text{esSilencio}(r[j]_0, \text{umbral}, \text{freq}, (k, l))$ }
```

```

proc reconstruir (in s: señal, in prof:  $\mathbb{Z}$ , in freq:  $\mathbb{Z}$ , out señal: Bool) {
  Pre {esSeñalAux( $s$ ,  $\text{prof}$ ,  $\text{freq}$ )}
```

```

  Post {esSeñalAux(result)  $\wedge_L$ 
     $|s| = |\text{result}| \wedge_L$ 
    enDondeNoSeaCeroDebenCoincidir( $s$ , result)  $\wedge_L$ 
    enDondeEsCeroDebeSerElPromedioDeSusVecinosNoNulos( $s$ , result) }
```

```

}

pred enDondeNoSeaCeroDebenCoincidir (original: señal, reconstruida: señal) {
  ( $\forall i : \mathbb{Z}$ )  $0 \leq i < |\text{original}| \rightarrow_L$ 
  ( $\text{original}[i] \neq 0$ )  $\wedge_L$ 
  ( $\text{original}[i] = \text{reconstruida}[i]$ ) }
```

```

pred enDondeEsCeroDebeSerElPromedioDeSusVecinosNoNulos (original: señal, reconstruida: señal) {
  ( $\forall i : \mathbb{Z}$ )  $0 \leq i < |\text{original}| \rightarrow_L$ 
  ( $\text{original}[i] = 0$ )  $\wedge_L$ 
   $\text{reconstruida}[i] = \text{promedioDeVecinosNoNulos}(\text{original}[i], \text{reconstruida}[i])$  }
```

```

fun promedioDeVecinosNoNulos (s: señal, i:  $\mathbb{Z}$ ) :  $\mathbb{Z} = \frac{(s[\text{elIndiceNoNuloMasCercano}(s, i)] + s[\text{el2doIndiceNoNuloMasCercano}(s, i)])}{2}$  ;
```

```

fun elIndiceNoNuloMasCercano (s: señal, i:  $\mathbb{Z}$ ) :  $\mathbb{Z} =$ 
  if  $\text{dist}(i, \text{indiceSiguienteNoNulo}(s, i)) < \text{dist}(i, \text{indiceAnteriorNoNulo}(s, i))$  then
     $\text{indiceSiguienteNoNulo}(s, i)$  else
  if  $\text{dist}(i, \text{indiceSiguienteNoNulo}(s, i)) > \text{dist}(i, \text{indiceAnteriorNoNulo}(s, i))$  then
     $\text{indiceAnteriorNoNulo}(s, i)$  else
   $\text{indiceAnteriorNoNulo}(s, i) \vee \text{indiceSiguienteNoNulo}(s, i)$  fi fi ;
```

```

fun dist (x:  $\mathbb{Z}$ , y:  $\mathbb{Z}$ ) :  $\mathbb{Z} = \text{abs}(x - y)$  ;
```

```

fun el2doIndiceNoNuloMasCercano (s: señal, i:  $\mathbb{Z}$ ) :  $\mathbb{Z} =$ 
   $\text{elIndiceNoNuloMasCercano}(\text{setAt}(s, \text{elIndiceNoNuloMasCercano}(s, i), 0))$  ;
```

```

fun indiceAnteriorNoNulo (s: señal, i:  $\mathbb{Z}$ ) :  $\mathbb{Z} = \sum_{p=0}^{i-1}$  if  $\text{esElPrimerAnteriorNoNulo}(s, i, p)$  then  $p$  else 0 fi ;
```

```

pred esElPrimerAnteriorNoNulo (s: señal, i:  $\mathbb{Z}$ , p:  $\mathbb{Z}$ ) {( $\forall j : \mathbb{Z}$ )  $p \leq j < i \rightarrow_L (s[j] = 0) \wedge_L (s[p] \neq 0)$ }
```

```

fun indiceSiguienteNoNulo (s: señal, i:  $\mathbb{Z}$ ) :  $\mathbb{Z} = \sum_{p=i+1}^{|s|-1}$  if  $\text{esElPrimerSiguienteNoNulo}(s, i, p)$  then  $p$  else 0 fi ;
```

```

pred esElPrimerSiguienteNoNulo (s: señal, i:  $\mathbb{Z}$ , p:  $\mathbb{Z}$ ) {( $\forall j : \mathbb{Z}$ )  $i \leq j < p \rightarrow_L (s[j] = 0) \wedge_L (s[p] \neq 0)$ }
```