

AI Assignment: Wild Card Genetic Algorithm

Learning Abstract: This assignment is a very simple example of evolutionary computing by which a genetic algorithm is created. The genetic algorithm presented in this paper consists of a population of notes in the A major scale as well as a simple melody. The fitness metrics of this algorithm will determine different harmonies for the melody. In addition to this, mutation and crossover concepts will be explored.

About the GA

This genetic algorithm's goal is to produce various harmonies that coincide with a simple melody. In order to produce these harmonies, two different fitness metrics will be used to determine the most fit. The first fitness metric will be consonant harmonies, ones that sound pleasant to the ears, and that are 2, 4, 6, etc. notes away from each note in the melody. The second fitness metric will be dissonant harmonies, ones that sound as though they clash with the original melody, and sound jarring to the listener. A good portion of the work in this genetic algorithm is modeled after the RBG GA code, however the fitness metrics will be quite different.

The Tasks

Task 1: Note-String

Code:

```
( setf *limit* 24 )

; 3 after note indicates a dotted half note, the rest are quarter notes
; in A major key
( setf *melody* '( A E E A E E E3 E3 A E E A E E E3 E3 A E E A E E E3 E3 ) )
( setf *scale* '( A B C# D E F# G# A A3 B3 C#3 D3 E3 F#3 G#3 A3 ) )

; returns a random note from the *scale* list
( defmethod get-note ()
  ( setf notes *scale* )
  ( nth ( random ( length notes ) ) notes )
)

; returns a list of random notes from *scale* of length 24
( defmethod note-string ()
  ( note-string-creator *limit* )
)

; method to go along with the above method
( defmethod note-string-creator ( limit )
  ( cond
    ( ( = limit 0 )
      '()
    )
    ( t
      ( cons ( get-note ) ( note-string-creator ( - limit 1 ) ) )
    )
  )
)
```

```

[1]> ( load "harmonies.l" )
;; Loading file harmonies.l ...
;; Loaded file harmonies.l
#P"/Users/alaina/Desktop/School/CSC416/harmonies.l"
[2]> *limit*
24
[3]> ( get-note )
E3
[4]> ( get-note )
C#
[5]> ( list ( get-note )( get-note )( get-note )( get-note )( get-note ) )
(A A3 A G#3 F#)
[6]> ( list ( get-note )( get-note )( get-note )( get-note )( get-note ) )
(A3 B3 F#3 A3 D)
[7]> ( note-string )
(C#3 A A3 A3 D G# D D3 E A A C#3 F#3 B3 F# B A F#3 B A B3 B A B)
[8]> ( note-string )
(G# G#3 E3 E3 E3 B3 A3 F# F# D G# D A3 D3 A B3 G# B3 A G# A3 D D3 A)
[9]> ( note-string )
(F#3 C#3 A3 C# G# E3 D3 D3 E3 C# G# B G#3 B E A A D3 G# G#3 E3 F#3 A3 A)
[10]> ( note-string )
(A A D E B C#3 E3 G# C#3 E3 B G#3 B E A G#3 B3 D3 C# A A3 G# C#3 D)

```

Task 2: Mutation

Code:

```

; method to mutate a list of notes
( defmethod mutation ( ( note-str list ) &aux position symbol )
  ( setf position ( random ( length note-str ) ) )
  ( setf symbol ( others *scale* ( nth position note-str ) ) )
  ( change note-str ( pick symbol ) position )
)

; returns a list where the note/tone at the random position will be removed from the initial list
( defmethod others ( ( l list ) tone )
  ( cond
    ( ( = ( length l ) 0 )
      '()
    )
    ( ( equal ( car l ) tone )
      ( others ( cdr l ) tone )
    )
    ( t
      ( cons ( car l ) ( others ( cdr l ) tone ) )
    )
  )
)

; returns a list with the picked note/tone placed in a random position
( defmethod change ( ( tone-str list ) new-note position )
  ( cond
    ( ( = position 0 )
      ( cons ( list new-note ) ( cdr tone-str ) )
    )
    ( t
      ( cons ( car tone-str ) ( change ( cdr tone-str ) new-note ( - position 1 ) ) )
    )
  )
)

; picks a random note/tone from the given list
( defmethod pick ( ( sym list ) )
  ( nth ( random ( length sym ) ) sym )
)

```

```

[1]> ( load "harmonies.l" )
;; Loading file harmonies.l ...
;; Loaded file harmonies.l
#P"/Users/alaina/Desktop/School/CSC416/harmonies.l"
[2]> ( setf note-string '( A3 D3 A D E C# ) )
(A3 D3 A D E C#)
[3]> ( mutation note-string )
((F#3) D3 A D E C#)
[4]> note-string
(A3 D3 A D E C#)
[5]> ( mutation note-string )
(A3 D3 (A3) D E C#)
[6]> note-string
(A3 D3 A D E C#)
[7]> ( mutation note-string )
(A3 D3 A D E (A3))
[8]> note-string
(A3 D3 A D E C#)
[9]> ( setf s '( E F# D A B A3 G# ) )
(E F# D A B A3 G#)
[10]> ( setf s ( mutation s ) )
(E F# D A B A3 (B3))
[11]> ( setf s ( mutation s ) )
(E F# D A B A3 (F#3))
[12]> ( setf s ( mutation s ) )
(E F# D A (F#) A3 (F#3))
[13]> ( setf s ( mutation s ) )
(E F# D A (A) A3 (F#3))
[14]> ( setf x ( note-string ) )
(A3 A3 D G# D D3 E A A C#3 F#3 B3 F# B A F#3 B A B3 B A B G# G#3)
[15]> ( setf x ( mutation x ) )
(A3 A3 D G# (G#3) D3 E A A C#3 F#3 B3 F# B A F#3 B A B3 B A B G# G#3)
[16]> ( setf x ( mutation x ) )
(A3 A3 D G# (G#3) D3 E A A C#3 F#3 B3 (G#3) B A F#3 B A B3 B A B G# G#3)

```

Task 3: Crossover

Code:

```
; returns an appended list containing elements from the mother and father lists
( defmethod crossover ( ( m list ) ( f list ) &aux pos )
  ( setf pos ( + 1 ( random ( length m ) ) ) )
  ( append ( first-n m pos ) ( rest-n f pos ) )
)

; returns a list containing the first n elements of the m list
( defun first-n ( ( m list ) pos )
  ( cond
    ( ( = pos 0 )
      '()
    )
    ( t
      ( cons ( car m ) ( first-n ( cdr m ) ( - pos 1 ) ) )
    )
  )
)

; returns a list containing the last (*length* - n) elements of the f list
( defun rest-n ( ( f list ) pos )
  ( cond
    ( ( = pos 0 )
      f
    )
    ( t
      ( rest-n ( cdr f ) ( - pos 1 ) )
    )
  )
)
```

Demo:

```
[1]> ( load "harmonies.l" )
;; Loading file harmonies.l ...
;; Loaded file harmonies.l
#P"/Users/alaina/Desktop/School/CSC416/harmonies.l"
[2]> ( setf m '( A B C# D E F# G# A ) )
(A B C# D E F# G# A)
[3]> ( setf f '( A3 B3 C#3 D3 E3 F#3 G#3 A3 ) )
(A3 B3 C#3 D3 E3 F#3 G#3 A3)
[4]> ( crossover m f )
(A B C# D E F#3 G#3 A3)
[5]> ( crossover m f )
(A B C# D3 E3 F#3 G#3 A3)
[6]> ( crossover m f )
(A B3 C#3 D3 E3 F#3 G#3 A3)
[7]> ( crossover m f )
(A B C# D E F# G# A)
[8]> m
(A B C# D E F# G# A)
[9]> f
(A3 B3 C#3 D3 E3 F#3 G#3 A3)
```

```

[12]> ( setf m ( note-string ) )
(F# A3 B3 F#3 A3 D C#3 A A3 A3 D G# D D3 E A A C#3 F#3 B3 F# B A F#3)
[13]> ( setf f ( note-string ) )
(B A B3 B A B G# G#3 E3 E3 E3 B3 A3 F# F# D G# D A3 D3 A B3 G# B3)
[14]> ( crossover m f )
(F# A3 B3 F#3 A3 D C#3 A A3 A3 D G# D D3 E A A D A3 D3 A B3 G# B3)
[15]> ( crossover m f )
(F# A3 B3 F#3 A3 D C#3 A A3 A3 D G# D D3 E D G# D A3 D3 A B3 G# B3)
[16]> ( crossover m f )
(F# A3 B3 F#3 A3 D C#3 A E3 E3 E3 B3 A3 F# F# D G# D A3 D3 A B3 G# B3)
[17]> m
(F# A3 B3 F#3 A3 D C#3 A A3 A3 D G# D D3 E A A C#3 F#3 B3 F# B A F#3)
[18]> f
(B A B3 B A B G# G#3 E3 E3 E3 B3 A3 F# F# D G# D A3 D3 A B3 G# B3)

```

Task 4: Demos for Mutation and Crossover

Code:

```

( defmethod mutation-demo (&aux s m)
  ( setf s ( note-string ) )
  ( dotimes ( i 10 )
    ( format t "s = ~A~%" s )
    ( setf m ( mutation s ) )
    ( format t "m = ~A~%" m )
  )
)

( defmethod crossover-demo (&aux m f x)
  ( setf m ( note-string ) )
  ( setf f ( note-string ) )
  ( dotimes ( i 10 )
    ( format t "m = ~A~%" m )
    ( setf x ( crossover m f ) )
    ( format t "x = ~A~%" x )
    ( format t "f = ~A~%" f )
  )
)

```

Demo:

```
[1]> ( load "harmonies.l" )
;; Loading file harmonies.l ...
;; Loaded file harmonies.l
#P"/Users/alaina/Desktop/School/CSC416/harmonies.l"
[2]> ( mutation-demo )
s = (F# A3 B3 F#3 A3 D C#3 A A3 A3 D G# D D3 E A A C#3 F#3 B3 F# B A F#3)
m = (F# A3 B3 F#3 A3 D C#3 A A3 A3 D G# D D3 E A A (E) F#3 B3 F# B A F#3)

s = (F# A3 B3 F#3 A3 D C#3 A A3 A3 D G# D D3 E A A C#3 F#3 B3 F# B A F#3)
m = (F# (F#) B3 F#3 A3 D C#3 A A3 A3 D G# D D3 E A A C#3 F#3 B3 F# B A F#3)

s = (F# A3 B3 F#3 A3 D C#3 A A3 A3 D G# D D3 E A A C#3 F#3 B3 F# B A F#3)
m = (F# A3 B3 F#3 A3 D C#3 A A3 A3 D G# D D3 E A (A3) C#3 F#3 B3 F# B A F#3)

s = (F# A3 B3 F#3 A3 D C#3 A A3 A3 D G# D D3 E A A C#3 F#3 B3 F# B A F#3)
m = (F# A3 B3 F#3 A3 D (D3) A A3 A3 D G# D D3 E A A C#3 F#3 B3 F# B A F#3)

s = (F# A3 B3 F#3 A3 D C#3 A A3 A3 D G# D D3 E A A C#3 F#3 B3 F# B A F#3)
m = (F# A3 B3 F#3 (D3) D C#3 A A3 A3 D G# D D3 E A A C#3 F#3 B3 F# B A F#3)

s = (F# A3 B3 F#3 A3 D C#3 A A3 A3 D G# D D3 E A A C#3 F#3 B3 F# B A F#3)
m = (F# A3 B3 F#3 A3 D C#3 A A3 A3 D G# (G#3) D3 E A A C#3 F#3 B3 F# B A F#3)

s = (F# A3 B3 F#3 A3 D C#3 A A3 A3 D G# D D3 E A A C#3 F#3 B3 F# B A F#3)
m = (F# A3 B3 F#3 A3 D C#3 A A3 A3 D G# D D3 E A (G#) C#3 F#3 B3 F# B A F#3)

s = (F# A3 B3 F#3 A3 D C#3 A A3 A3 D G# D D3 E A A C#3 F#3 B3 F# B A F#3)
m = (F# A3 B3 F#3 A3 (B) C#3 A A3 A3 D G# D D3 E A A C#3 F#3 B3 F# B A F#3)

s = (F# A3 B3 F#3 A3 D C#3 A A3 A3 D G# D D3 E A A C#3 F#3 B3 F# B A F#3)
m = (F# A3 B3 F#3 A3 D (A3) A A3 A3 D G# D D3 E A A C#3 F#3 B3 F# B A F#3)

s = (F# A3 B3 F#3 A3 D C#3 A A3 A3 D G# D D3 E A A C#3 F#3 B3 F# B A F#3)
m = (F# A3 B3 F#3 A3 D C#3 A A3 A3 D G# D D3 E A (B3) C#3 F#3 B3 F# B A F#3)

NIL

[3]> ( crossover-demo )
m = (A B3 G# B3 A G# A3 D D3 A F#3 C#3 A3 C# G# E3 D3 D3 E3 C# G# B G#3 B)
x = (A A A D3 G# G#3 E3 F#3 A3 A A A D E B C#3 E3 G# C#3 E3 B G#3 B E)
f = (E A A D3 G# G#3 E3 F#3 A3 A A A D E B C#3 E3 G# C#3 E3 B G#3 B E)

m = (A B3 G# B3 A G# A3 D D3 A F#3 C#3 A3 C# G# E3 D3 D3 E3 C# G# B G#3 B)
x = (A B3 G# B3 A G# A3 D D3 A F#3 C#3 A3 C# G# E3 D3 D3 E3 C# G# B G#3 E)
f = (E A A D3 G# G#3 E3 F#3 A3 A A A D E B C#3 E3 G# C#3 E3 B G#3 B E)

m = (A B3 G# B3 A G# A3 D D3 A F#3 C#3 A3 C# G# E3 D3 D3 E3 C# G# B G#3 B)
x = (A B3 A D3 G# G#3 E3 F#3 A3 A A A D E B C#3 E3 G# C#3 E3 B G#3 B E)
f = (E A A D3 G# G#3 E3 F#3 A3 A A A D E B C#3 E3 G# C#3 E3 B G#3 B E)

m = (A B3 G# B3 A G# A3 D D3 A F#3 C#3 A3 C# G# E3 D3 D3 E3 C# G# B G#3 B)
x = (A B3 G# B3 A G# A3 D D3 A F#3 C#3 D E B C#3 E3 G# C#3 E3 B G#3 B E)
f = (E A A D3 G# G#3 E3 F#3 A3 A A A D E B C#3 E3 G# C#3 E3 B G#3 B E)

m = (A B3 G# B3 A G# A3 D D3 A F#3 C#3 A3 C# G# E3 D3 D3 E3 C# G# B G#3 B)
x = (A B3 G# B3 A G# A3 D D3 A F#3 A D E B C#3 E3 G# C#3 E3 B G#3 B E)
f = (E A A D3 G# G#3 E3 F#3 A3 A A A D E B C#3 E3 G# C#3 E3 B G#3 B E)

m = (A B3 G# B3 A G# A3 D D3 A F#3 C#3 A3 C# G# E3 D3 D3 E3 C# G# B G#3 B)
x = (A B3 G# B3 A G# A3 D D3 A F#3 C#3 A3 C# G# E3 E3 G# C#3 E3 B G#3 B E)
f = (E A A D3 G# G#3 E3 F#3 A3 A A A D E B C#3 E3 G# C#3 E3 B G#3 B E)

m = (A B3 G# B3 A G# A3 D D3 A F#3 C#3 A3 C# G# E3 D3 D3 E3 C# G# B G#3 B)
x = (A B3 G# B3 A G# A3 D D3 A F#3 C#3 A3 C# G# E3 E3 G# C#3 E3 B G#3 B E)
f = (E A A D3 G# G#3 E3 F#3 A3 A A A D E B C#3 E3 G# C#3 E3 B G#3 B E)

m = (A B3 G# B3 A G# A3 D D3 A F#3 C#3 A3 C# G# E3 D3 D3 E3 C# G# B G#3 B)
x = (A B3 G# D3 G# G#3 E3 F#3 A3 A A A D E B C#3 E3 G# C#3 E3 B G#3 B E)
f = (E A A D3 G# G#3 E3 F#3 A3 A A A D E B C#3 E3 G# C#3 E3 B G#3 B E)

m = (A B3 G# B3 A G# A3 D D3 A F#3 C#3 A3 C# G# E3 D3 D3 E3 C# G# B G#3 B)
x = (A B3 G# B3 A G# A3 D D3 A F#3 C#3 A3 C# G# E3 D3 D3 E3 C# B G#3 B E)
f = (E A A D3 G# G#3 E3 F#3 A3 A A A D E B C#3 E3 G# C#3 E3 B G#3 B E)
```

NIL

Task 5: The Fitness Metric

Code:

```
; Fitness metric for notes that are in consonant harmony with the melody notes (2, 4, or 6 notes away)
( defmethod fitness-consonant ( ( har list ) )
  ( fitness-consonant-extra har *melody* )
)

; Fitness metric for notes that are in consonant harmony with the melody notes (2, 4, or 6 notes away)
( defmethod fitness-consonant-extra ( ( har list ) ( mel list ) )
  ( setf mel *melody* )
  ( cond
    ; if the harmony list is null, it has a fitness of zero
    ( ( null har )
      0
    )
    ; else check if the car of the melody is consonant with the car harmony
    ( ( equal ( car mel ) 'A )
      ( cond
        ( ( OR ( equal ( car har ) 'C# ) ( equal ( car har ) 'E ) ( equal ( car har ) 'G# ) )
          ( + 1 ( fitness-consonant-extra ( cdr har ) ( cdr mel ) ) )
        )
        ( t
          ( fitness-consonant-extra ( cdr har ) ( cdr mel ) )
        )
      )
    )
    ( ( equal ( car mel ) 'E )
      ( cond
        ( ( OR ( equal ( car har ) 'G# ) ( equal ( car har ) 'C# ) ( equal ( car har ) 'A ) )
          ( + 1 ( fitness-consonant-extra ( cdr har ) ( cdr mel ) ) )
        )
        ( t
          ( fitness-consonant-extra ( cdr har ) ( cdr mel ) )
        )
      )
    )
    ( ( equal ( car mel ) 'E3 )
      ( cond
        ( ( OR ( equal ( car har ) 'G#3 ) ( equal ( car har ) 'C#3 ) ( equal ( car har ) 'A3 ) )
          ( + 1 ( fitness-consonant-extra ( cdr har ) ( cdr mel ) ) )
        )
        ( t
          ( fitness-consonant-extra ( cdr har ) ( cdr mel ) )
        )
      )
    )
  )
)
```

```

; ( defmethod fitness-dissonant ( ( har list ) ( mel list ) )
;   ( cond
;     ; if the harmony list is null, it has a fitness of zero
;     ( ( null har )
;       0
;     )
;     ( ( equal ( car mel ) 'A )
;       ( cond
;         ( ( not ( and ( equal ( car har ) 'A ) ( equal ( car har ) 'C# ) ( equal ( car har ) 'E ) ( equal ( car har ) 'G# ) ) )
;           ( + 1 ( fitness-dissonant ( cdr har ) ( cdr mel ) ) )
;         )
;         ( t
;           ( fitness-dissonant ( cdr har ) ( cdr mel ) )
;         )
;       )
;     )
;     ( ( equal ( car mel ) 'E )
;       ( cond
;         ( ( not ( and ( equal ( car har ) 'E ) ( equal ( car har ) 'G# ) ( equal ( car har ) 'C# ) ( equal ( car har ) 'A ) ) )
;           ( + 1 ( fitness-dissonant ( cdr har ) ( cdr mel ) ) )
;         )
;         ( t
;           ( fitness-dissonant ( cdr har ) ( cdr mel ) )
;         )
;       )
;     )
;     ( ( equal ( car mel ) 'E3 )
;       ( cond
;         ( ( not ( and ( equal ( car har ) 'E3 ) ( equal ( car har ) 'G#3 ) ( equal ( car har ) 'C#3 ) ( equal ( car har ) 'A3 ) ) )
;           ( + 1 ( fitness-dissonant ( cdr har ) ( cdr mel ) ) )
;         )
;         ( t
;           ( fitness-dissonant ( cdr har ) ( cdr mel ) )
;         )
;       )
;     )
;   )
; )

```

Demo:

```

[1]> ( load "harmonies.l" )
;; Loading file harmonies.l ...
;; Loaded file harmonies.l
#P"/Users/alaina/Desktop/School/CSC416/harmonies.l"
[2]> ( setf x ( note-string ) )
(F#3 A3 D C#3 A A3 A3 D G# D D3 E A A C#3 F#3 B3 F# B A F#3 B A B3)
[3]> ( fitness-consonant x *melody* )
7
[4]> ( setf x ( note-string ) )
(B A B G# G#3 E3 E3 E3 B3 A3 F# F# D G# D A3 D3 A B3 G# B3 A G# A3)
[5]> ( fitness-consonant x *melody* )
8
[6]> ( setf x ( note-string ) )
(D D3 A F#3 C#3 A3 C# G# E3 D3 D3 E3 C# G# B G#3 B E A A D3 G# G#3 E3)
[7]> ( fitness-consonant x *melody* )
7
[8]> ( setf fitness #'fitness-consonant )
#<STANDARD-GENERIC-FUNCTION FITNESS-CONSONANT>

[11]> ( funcall fitness x *melody* )
7

```


Code:

```
( defmethod fitness-demo (&aux x fitness)
  ( setf x (note-string) )
  ( format t "x = ~A~%" x )
  ( format t "Directly applying the fitness metrics ...~%" )
  ( format t "fitness-consonant = ~A~%" ( fitness-consonant x ) )
;   ( format t "fitness-dissonant = ~A~%" ( fitness-dissonant x ) )
  ( format t "Indirectly applying the fitness metrics ...~%" )
  ( setf fitness #'fitness-consonant )
  ( format t "fitness-consonant = ~A~%" ( funcall fitness x ) )
;   ( setf fitness #'fitness-dissonant )
;   ( format t "fitness-dissonant = ~A~%" ( funcall fitness x ) )
)
```

Demo:

```
[1]> ( load "harmonies.l" )
;; Loading file harmonies.l ...
;; Loaded file harmonies.l
#P"/Users/alaina/Desktop/School/CSC416/harmonies.l"
[2]> ( fitness-demo )
x = (F#3 A3 D C#3 A A3 A3 D G# D D3 E A A C#3 F#3 B3 F# B A F#3 B A B3)
Directly applying the fitness metrics ...
fitness-consonant = 7
Indirectly applying the fitness metrics ...
fitness-consonant = 7
NIL
```

Task 6: The Individual Class

Code:

```
( defclass individual ()
  (
    ( note-string :accessor individual-note-string :initarg :note-string )
    ( fitness :accessor individual-fitness :initarg :fitness )
    ( number :accessor individual-number :initarg :number )
  )
)

( defmethod random-individual (&aux note)
  ( setf note ( note-string ) )
  ( make-instance 'individual
    :note-string note
    :fitness ( funcall *fitness* note )
    :number 0
  )
)

( defmethod new-individual ( ( nr number ) ( notes list ) )
  ( make-instance 'individual
    :note-string notes
    :fitness ( funcall *fitness* notes )
    :number nr
  )
)
```

```

( defmethod display ( ( i individual ) )
  ( display-nnl i ) ( terpri )
)

( defmethod display-nnl ( ( i individual ) )
  ( prin1 ( individual-number i ) )
  ( princ ( filler ( individual-number i ) ) )
  ( prin1 ( individual-note-string i ) )
  ( princ " " )
  ( prin1 ( individual-fitness i ) )
  ( princ ( filler ( individual-fitness i ) ) )
)

( defmethod filler ( ( n number ) )
  ( cond
    ( ( < n 10 ) "      " )
    ( ( < n 100 ) "    " )
    ( ( < n 1000 ) "   " )
    ( ( < n 10000 ) "  " )
    ( ( < n 100000 ) " " )
  )
)

( defmethod fitness-consonant ( ( i individual ) )
  ( fitness-consonant ( individual-note-string i ) )
)

; ( defmethod fitness-dissonant ( ( i individual ) )
;   ( fitness-dissonant ( individual-note-string i ) )
; )

```

Demo:

```

[1]> ( load "harmonies.l" )
;; Loading file harmonies.l ...
;; Loaded file harmonies.l
#P"/Users/alaina/Desktop/School/CSC416/harmonies.l"
[2]> ( setf note ( note-string ) )
(B G# G#3 E3 E3 E3 B3 A3 F# F# D G# D A3 D3 A B3 G# B3 A G# A3 D D3)
[3]> note
(B G# G#3 E3 E3 E3 B3 A3 F# F# D G# D A3 D3 A B3 G# B3 A G# A3 D D3)
[4]> ( setf *fitness* #'fitness-consonant )
#<STANDARD-GENERIC-FUNCTION FITNESS-CONSONANT>
[5]> ( setf note-i ( new-individual 1 note ) )
#<INDIVIDUAL #x00000000000033ED8>
[6]> ( individual-number note-i )
1
[7]> ( individual-note-string note-i )
(B G# G#3 E3 E3 E3 B3 A3 F# F# D G# D A3 D3 A B3 G# B3 A G# A3 D D3)
[8]> ( display note-i )
1      (B G# G#3 E3 E3 E3 B3 A3 F# F# D G# D A3 D3 A B3 G# B3 A G# A3 D D3) 4
NIL
[9]> ( funcall *fitness* note )
4
[10]> ( setf r ( random-individual ) )
#<INDIVIDUAL #x00000000000033F08>
[11]> ( display r )
0      (A F#3 C#3 A3 C# G# E3 D3 D3 E3 C# G# B G#3 B E A A D3 G# G#3 E3 F#3 A3) 6
NIL
[12]> ( setf r ( random-individual ) )
#<INDIVIDUAL #x00000000000033F38>
[13]> ( display r )
0      (A A A D E B C#3 E3 G# C#3 E3 B G#3 B E A G#3 B3 D3 C# A A3 G# C#3) 5
NIL

```

Code:

```
( defmethod individual-demo (&aux i0 i1 i2 i3 one two three)
  ( setf *fitness* #'fitness-consonant )
  ( setf i0 ( random-individual ) )
  ( display i0 )
  ( setf one ( note-string ) )
  ( setf i1 ( new-individual 1 one ) )
  ( display i1 )
  ( setf two ( note-string ) )
  ( setf i2 ( new-individual 2 two ) )
  ( display i2 )
  ( setf three ( note-string ) )
  ( setf i3 ( new-individual 3 three ) )
  ( display i3 )
  ( format t "Fitness of i0 = ~A~%" ( funcall *fitness* i0 ) )
  ( format t "Fitness of i1 = ~A~%" ( funcall *fitness* i1 ) )
  ( format t "Fitness of i2 = ~A~%" ( funcall *fitness* i2 ) )
  ( format t "Fitness of i3 = ~A~%" ( funcall *fitness* i3 ) )
  nil
)
```

Demo:

```
[14]> ( individual-demo )
0      (D A3 A B3 C#3 G#3 D3 D3 A3 A D3 B3 C# B G#3 A G#3 G#3 D G# C#3 D3 B3 B) 2
1      (C#3 E3 B3 B F#3 A3 A3 D3 A3 G#3 A3 A3 A A G# B3 A3 G# E3 C# B A G#3 G#3) 3
2      (G#3 A3 A3 F#3 A E D3 E3 A3 G# E3 D F# F#3 A A E E G#3 A E A G#3 B) 5
3      (B3 E B F#3 B G#3 D3 A3 A3 B3 A3 A F# D3 B3 C# E3 A D A3 F#3 C#3 C# F#3) 3
Fitness of i0 = 2
Fitness of i1 = 3
Fitness of i2 = 5
Fitness of i3 = 3
NIL
```

Task 7: The Population Class

Code:

```
( defclass population ()
  (
    ( individuals :accessor population-individuals :initarg :individuals )
    ( generation :accessor population-generation :initform 0 )
  )
)

( defmethod size ( ( p population ) )
  ( length ( population-individuals p ) )
)

( defmethod display ( ( p population ) )
  ( terpri ) ( terpri )
  ( princ "Generation " )
  ( prin1 ( population-generation p ) )
  ( princ " population ..." )
  ( terpri ) ( terpri )
  ( do-list ( i ( population-individuals p ) )
    ( display i )
  )
  ( terpri )
)
```

Demo:

```
[1]> (load "harmonies.l")
;; Loading file harmonies.l ...
;; Loaded file harmonies.l
#P"/Users/alaina/Desktop/School/CSC416/harmonies.l"
[2]> ( setf p ( initial-population ) )
#<POPULATION #x0000000000035978>
[3]> ( display p )
```

Generation 0 population ...

```
1 (D D3 A F#3 C#3 A3 C# G# E3 D3 D3 E3 C# G# B G#3 B E A A D3 G# G#3 E3) 6
2 (F#3 A3 A A A D E B C#3 E3 G# C#3 E3 B G#3 B E A G#3 B3 D3 C# A A3) 4
3 (G# C#3 D A3 A B3 C#3 G#3 D3 D3 A3 A D3 B3 C# B G#3 A G#3 G#3 D G# C#3 D3) 3
4 (B3 B C#3 E3 B3 B F#3 A3 A3 D3 A3 G#3 A3 A3 A A G# B3 A3 G# E3 C# B A) 3
5 (G#3 G#3 G#3 A3 A3 F#3 A E D3 E3 A3 G# E3 D F# F#3 A A E E G#3 A E A) 5
6 (G#3 B B3 E B F#3 B G#3 D3 A3 A3 B3 A3 A F# D3 B3 C# E3 A D A3 F#3 C#3) 2
7 (C# F#3 C# A B3 D C# A3 D F# C# A3 D3 D3 B D3 F# C#3 C#3 B E D E C#) 7
8 (E C# D A3 A3 A3 G# G# D3 G#3 A3 E A3 B B E3 E C# F# D B3 E3 C# G#) 9
9 (E3 B F# A F#3 D D A E3 F#3 C# F#3 A B3 A3 B A C#3 A G#3 E3 C# B B3) 2
10 (C# D3 A F# E3 A3 E A A3 C# A3 F# E3 F# D C#3 A D B3 C# G# G# B3 D3) 6
11 (B B A3 G#3 F# F# C# E F#3 G#3 E F#3 E F# A B3 A3 A3 E B A3 C#3 E F#3) 6
12 (C# E C#3 G#3 A G# F# D A D A G# C# D3 D G#3 F# F#3 B E3 B G#3 C#3 A) 5
13 (E3 F# B3 E A C# G# G#3 A A D A A3 A3 A C#3 D3 A3 B3 E F# F# F# G#) 5
14 (B3 G# A C# D C#3 A3 A G# A A G#3 E E3 A3 G#3 C#3 G# F# C#3 D F#3 F#3 A3) 5
15 (D G# D3 B3 E3 A A3 G#3 D3 B3 F# A3 B3 B3 D E3 E3 D G#3 G#3 F# B3 D3 F#3) 1
16 (C# A A C#3 E3 F# C#3 E A3 A3 G# F# A3 A3 D3 E B3 A3 E3 C# E C#3 B3 A3) 6
17 (A3 C#3 F#3 F# D3 B3 A3 C#3 G# D D B B3 A A3 A B3 E C#3 A A3 A A3 A3) 2
18 (D B E3 F#3 E G#3 A C# A3 E3 F# D G# E3 E G# A B3 A3 G#3 D3 F#3 A B3) 5
19 (A3 D3 G# B G#3 E E E3 D3 F# F# G#3 A3 F# A D D3 B3 G# A3 G# B B3 B) 5
20 (F# D3 E D C# F#3 A B3 D F#3 D3 B A3 D3 C#3 G#3 A3 D G# F# B G#3 A3 D) 3
21 (F# A A3 D C#3 C#3 A3 D3 A A C# G#3 G#3 A A B3 C#3 C#3 B3 A G# F# B A) 2
22 (A F#3 A E A3 D3 A C# D3 C# C# F# E F# G# E A G#3 B3 A3 G#3 G# A3 A) 8
23 (A3 B A F# C#3 B A3 A3 F#3 B D B3 C# C#3 B A G#3 A3 F#3 G#3 C# C# G#3 D3) 3
24 (D3 A3 A3 A3 D G#3 C#3 E A E A3 B3 C# A A G#3 A3 A A3 F# C#3 D3 D3 E3) 3
25 (F#3 A A G#3 E D G# B E3 D3 A A F#3 B3 E3 A G#3 B A3 E A3 C# B3 D3) 4
26 (A3 B3 D A3 G# A G# A C#3 B3 F#3 E E3 G# A3 G# B3 C# A F#3 E3 A A C#3) 6
27 (B3 A3 A3 G# B G# C# A3 D G#3 A B A A C# B D G# C# B A3 E3 B3 B3) 6
28 (E E C#3 C#3 A3 A3 E D A D3 C# A3 A3 G#3 E3 C# E F#3 G# B F#3 B G#3 B3) 7
29 (B3 G#3 A F# B3 E E D3 D3 B E3 G#3 A D3 B3 D3 E A3 E G#3 D A3 A E3) 4
30 (B A E A3 A G#3 D3 B D3 B A A A3 A A3 E3 G#3 A3 A A3 E B G#3 C#) 3
31 (F# A A E D F# D E D3 E3 E3 G# G# F#3 B3 A D3 G#3 A B B3 G#3 D3 E3) 4
32 (A3 C#3 D3 B3 G# C#3 E A D D E B A3 E A D3 C# D3 E3 C#3 C#3 A A3 E3) 5
33 (A G# A3 C#3 A3 A3 A3 D3 E3 A A B E3 G# D3 D3 G#3 A A E C# A F#3 B) 4
34 (G# F# F# G# D F# A A3 A B3 A A3 E3 D G# A3 G# G#3 E3 A A E D G#3) 5
35 (F# A3 G# G#3 A E3 D3 G# G# C#3 G# A3 B E3 A B F# A C#3 G#3 F# B3 E E) 6
36 (F#3 B C#3 F# A F# E3 A B3 D3 E A3 D D C#3 B3 D C#3 B A D A A3 C#) 2
37 (A3 A3 E3 C# C# C# D A3 B G#3 B B E3 B3 F# B C#3 B3 D3 A D3 G#3 B3 D3) 2
38 (F#3 E E A C#3 E C#3 C# A C# A G#3 F# G#3 D A3 B F# B E F# A A3 A) 6
39 (A C# C#3 G# A D3 B3 E3 E B3 A G# G# E E3 B D A D3 A D3 F#3 E A) 7
40 (G#3 A3 B3 G#3 D B3 C#3 G#3 B F# D D3 B3 D3 C#3 E3 A B3 E D G# A A G#3) 2
41 (D3 A3 A3 A3 A G#3 F# A A3 F# C#3 G#3 G# F# G# C#3 A3 D E A A3 G#3 E3 C#3) 3
42 (A E C# A E3 E3 E C#3 A E3 G#3 A A3 D A F#3 G#3 F#3 D F# G#3 E C# G#) 6
43 (E3 D3 G#3 C#3 C#3 E A3 A E B3 A3 B G# F# A3 F# D C#3 E3 G#3 F#3 C#3 C#3 B) 3
44 (C# A G# D C#3 G# A3 A E3 A3 A D B3 E3 C# D G#3 B3 G# C# E A G#3 A3) 7
45 (B D D D A D G#3 F# C# G#3 B A D3 C#3 F#3 B3 C#3 F#3 E3 E G#3 A G# G#3) 3
46 (E E G#3 C#3 A3 F#3 E A F#3 G# D G#3 F# A C# A G#3 G# F# D B B D3 A) 6
47 (E G# A D3 A F# D3 A A3 C#3 G#3 B3 A G#3 D3 G#3 F# F# D3 B B3 A3 A A) 2
48 (A3 B3 C# F# E3 D3 D3 A C#3 C#3 F#3 A3 E G# A A3 A3 C#3 A G#3 F#3 B D E) 4
49 (D3 G#3 F#3 C#3 B B F#3 A G#3 A A G#3 D3 A3 D3 E3 G#3 A3 D F#3 A B3 G# G#) 2
50 (E G# B3 D3 A3 A D3 A3 E3 C# A C#3 G#3 G# E F# B A3 F# F#3 A A D3 A) 5
51 (G#3 C# B A3 G#3 A3 F#3 E3 G#3 E3 E F#3 F# A E E3 D3 A B3 A A F#3 D3 C#) 4
52 (B D E3 D A3 B3 F#3 D D3 G# A3 C#3 C#3 A3 F# A E E3 A A B D3 G#3 G#3) 2
53 (G# C#3 F# G#3 G# A D G#3 G#3 B E3 B G# G#3 A3 E F# E A3 D D3 D G#3 D) 5
54 (A A3 D A3 B C#3 B3 G#3 G#3 G#3 B3 C# B E E3 A3 B3 F# E A3 G# C#) 6
55 (D3 G#3 B C# B C# A F# G# G#3 A3 A3 F# D3 E G#3 D E3 G# F#3 B E G# C#) 8
56 (F#3 F#3 G# A3 A A G# D G#3 C# C# B3 D3 D B G# D A3 G# F#3 A3 G#3 A E3) 6
57 (F# G# E3 G#3 G# G# A C#3 A D3 A A D3 F#3 D3 B G#3 B E3 G# C#3 G# D3 F#) 5
58 (E3 C#3 E3 C# F#3 F# F#3 B3 D C#3 D3 A A3 D3 D3 A A3 E D A3 E3 F#3 A F#3) 2
```

```

59 (D3 D3 A3 B3 G#3 F#3 A D C# B D3 F#3 A G#3 D3 F# G#3 C#3 C# G# G#3 D A G#) 4
60 (E3 A3 G#3 A B A G# A3 F# A3 D3 E A G# D A F# C# D A3 A3 C#3 B3 A) 4
61 (G# D C# E3 B G#3 E C#3 F# G# C# F#3 E3 F# F#3 C# D3 G#3 A3 F# E C# A E3) 8
62 (E G#3 E A3 E B3 B3 B3 D3 A3 D3 A3 A3 D3 B F#3 C#3 A A3 B3 C#3 F#3 E D3) 4
63 (G#3 A3 E3 F#3 G# B G#3 G# A E F#3 A3 G# C#3 B3 B E3 A E3 E3 F# E3 A3 A3) 4
64 (F#3 E F# E3 G#3 A3 F#3 D G#3 F#3 C# E3 F#3 D E3 A3 B3 G# A3 G#3 E3 A3 B3 A3) 3
65 (C#3 B G# G# G# A3 G#3 A3 E3 D D G# A G# G# B3 C#3 E3 B C# A3 A E3 A) 7
66 (A3 C# C#3 D3 G# G# D3 F#3 F# G# B3 A E3 E G#3 G#3 A3 E3 D3 A E G# A G#3) 7
67 (D A A3 G#3 B3 G#3 E3 G#3 B B3 F#3 A3 G# A3 F#3 C# F#3 G# F# G#3 A F#3 G#3 E3) 3
68 (B A D3 G#3 G# B3 C#3 B B3 E3 A3 B G#3 A3 E3 D A D3 C#3 C#3 C#3 E3 A F#) 1
69 (B A C#3 F#3 G# A3 A3 B3 A A3 D E3 E3 A3 G# E E3 D3 B D3 A3 F# G#3 A) 3
70 (E3 A A3 E3 D D3 D G# C# F# A C# C#3 G# B F# B3 B3 F# B A3 A3 C# F#) 5
71 (E3 G# D D3 G# E A C#3 F# G#3 F#3 E B F#3 A3 A A F# F#3 G#3 D A E A3) 5
72 (A3 G#3 A3 E3 A3 D G#3 F# A3 D3 F#3 C# B3 G# D E3 C#3 A D D E C# F#3 G#) 5
73 (D3 A E3 B B C#3 A A3 E F#3 C# A3 F#3 B E3 D B D3 A A C# D3 A E3) 3
74 (E3 F#3 D A3 D3 B3 D E C# F# D C#3 D A D3 A E3 A G#3 A3 G# C# C#3 B) 4
75 (G# G# E3 F# G#3 C# D3 D3 D3 E D3 F# A E C#3 B G# F# E C#3 D3 B3 A G#) 8
76 (C# E3 C# A3 F# G# B3 F#3 B3 D3 B B A F#3 B B3 A G# E3 A3 A3 B B F#3) 4
77 (A A F#3 B A F# G# D3 E D3 A3 G#3 A3 E3 B3 A3 A3 D3 G#3 D G# C#3 A G#) 4
78 (A3 D F# C# F#3 A B3 A F# G# G#3 A3 A D E3 A3 C# G# F# E3 A F# C#3 C#) 5
79 (E G# F# E3 B C#3 F#3 B F# D3 A D A D C# A A3 G# B3 D F#3 E D C#) 6
80 (G#3 D3 E A E3 B D3 C#3 F#3 E3 D E3 B E3 F# D3 A F#3 D C#3 G# A3 E3 A3) 2
81 (G# B E3 G#3 A A3 D3 E G# D3 D3 D3 G#3 A F#3 B C# F#3 D3 C# G# B F#3 E) 7
82 (F# C#3 G# A3 C#3 A G# G#3 C#3 A A3 A G# A3 E E D3 F# E3 E3 E B A A) 6
83 (F# A3 E3 A A3 B3 G# D3 B C# D F#3 D D3 C# E C#3 A F#3 B3 C#3 B3 F#3 D) 4
84 (F#3 C#3 F# E A3 F# D E3 E G#3 F# E F#3 E A C# B3 F# A3 B3 A A3 F#3 A3) 5
85 (A3 D D3 A3 C# F# A B E3 C#3 G# E G#3 E3 A3 A3 A3 A G#3 A C# C#3 A) 4
86 (G#3 C# G# E3 C# B3 C#3 D3 C# B3 B G#3 A3 E C# F#3 A F# B B3 D G# F#3 B) 7
87 (A3 C#3 B A A3 C# G# D3 A3 D3 F#3 F# B3 E3 A3 E3 B3 C#3 A D3 B F# G#3 A3) 2
88 (A3 D3 E G# E3 C# D C# F#3 A F# A3 E F# C# F#3 G#3 F#3 F#3 F# E B G# E3) 8
89 (E3 F# A3 A3 A3 C#3 C#3 C# E D3 A B3 C#3 B B3 C# A3 B B A F# D3 G#3 A3) 3
90 (B3 D3 F# D3 E C#3 F# D3 F#3 E3 A3 B3 D B A D3 F# G# F# D E3 D A B) 2
91 (G#3 F#3 G# F#3 D3 E E3 A3 B E G# B3 B3 F# E B3 C#3 F#3 B C#3 D D3 F# D) 5
92 (E E3 C# E E A3 A3 G#3 B3 D D B3 F# A3 C#3 G#3 G# A A F#3 D D F# G#) 6
93 (E B3 D C# A3 A3 E B3 A3 E3 A3 E3 A A3 B C#3 B F# C#3 F#3 F# F#3 B3 D3) 3
94 (A F# D A3 C# E G# B C#3 A3 G#3 B C# A D G#3 G# A3 A C#3 B B3 D3 E) 6
95 (G# B B3 A B3 G#3 B3 A3 F# F#3 G#3 C#3 F# A A3 D3 G#3 B C# G# B B3 D B) 3
96 (D3 G#3 A3 A3 G# G# F# G#3 A3 A B A C# B B3 D A B C# C# F#3 G#3 D3 E) 6
97 (G#3 F#3 G#3 C# E G#3 E E E3 G#3 A3 D3 B G# A G# A B3 B A3 A3 A3 D3 F#3) 6
98 (A3 A3 A3 B C#3 A G#3 D3 D3 E D F# E3 G# G# F# C#3 C#3 B3 G#3 A A3 E3 F#3) 3
99 (C# F# D3 F#3 B B F#3 F# E3 A3 F# A D3 C# C# C# E F# B A3 A3 A A3 F#) 5
100 (F# A D3 A E F#3 B3 C# C#3 E3 F#3 C# B3 F#3 A3 F#3 F#3 D3 D E C# B A A) 5

[4]> ( average p )
4.53
[5]> ( select-individual p )
#<INDIVIDUAL #x00000000000034808>
[6]> ( display ( select-individual p ) )
66 (A3 C# C#3 D3 G# G# D3 F#3 F# G# B3 A E3 E G#3 G#3 A3 E3 D3 A E G# A G#3) 7
NIL
[7]> ( display ( select-individual p ) )
61 (G# D C# E3 B G#3 E C#3 F# G# C# F#3 E3 F# F#3 C# D3 G#3 A3 F# E C# A E3) 8
NIL
[8]> ( display ( select-individual p ) )
39 (A C# C#3 G# A D3 B3 E3 E B3 A G# G# E E3 B D A D3 A D3 F#3 E A) 7
NIL
[9]> ( setf *select-demo* t )
T
[10]> ( display ( select-individual p ) )
the sample of individuals ...
82 (F# C#3 G# A3 C#3 A G# G#3 C#3 A A3 A G# A3 E E D3 F# E3 E3 E B A A) 6
96 (D3 G#3 A3 A3 G# G# F# G#3 A3 A B A C# B B3 D A B C# C# F#3 G#3 D3 E) 6
58 (E3 C#3 E3 C# F#3 F# F#3 B3 D C#3 D3 A A3 D3 D3 A A3 E D A3 E3 F#3 A F#3) 2
25 (F#3 A A G#3 E D G# B E3 D3 A A F#3 B3 E3 A G#3 B A3 E A3 C# B3 D3) 4
91 (G#3 F#3 G# F#3 D3 E E3 A3 B E G# B3 B3 F# E B3 C#3 F#3 B C#3 D D3 F# D) 5
96 (D3 G#3 A3 A3 G# G# F# G#3 A3 A B A C# B B3 D A B C# C# F#3 G#3 D3 E) 6
2 (F#3 A3 A A A D E B C#3 E3 G# C#3 E3 B G#3 B E A G#3 B3 D3 C# A A3) 4
75 (G# G# E3 F# G#3 C# D3 D3 D3 E D3 F# A E C#3 B G# F# E C#3 D3 B3 A G#) 8

the most fit of the sample ...
75 (G# G# E3 F# G#3 C# D3 D3 D3 E D3 F# A E C#3 B G# F# E C#3 D3 B3 A G#) 8

75 (G# G# E3 F# G#3 C# D3 D3 D3 E D3 F# A E C#3 B G# F# E C#3 D3 B3 A G#) 8
NIL

```

```

[11]> ( display ( select-individual p ) )
the sample of individuals ...
51 (G#3 C# B A3 G#3 A3 F#3 E3 G#3 E3 E F#3 F# A E E3 D3 A B3 A A F#3 D3 C#) 4
93 (E B3 D C# A3 A3 E B3 A3 E3 A3 E3 A A3 B C#3 B F# C#3 F#3 F# F#3 B3 D3) 3
89 (E3 F# A3 A3 A3 C#3 C#3 C# E D3 A B3 C#3 B B3 C# A3 B B A F# D3 G#3 A3) 3
19 (A3 D3 G# B G#3 E E E3 D3 F# F# G#3 A3 F# A D D3 B3 G# A3 G# B B3 B) 5
79 (E G# F# E3 B C#3 F#3 B F# D3 A D A D C# A A3 G# B3 D F#3 E D C#) 6
94 (A F# D A3 C# E G# B C#3 A3 G#3 B C# A D G#3 G# A3 A C#3 B B3 D3 E) 6
66 (A3 C# C#3 D3 G# G# D3 F#3 F# G# B3 A E3 E G#3 G#3 A3 E3 D3 A E G# A G#3) 7
26 (A3 B3 D A3 G# A G# A C#3 B3 F#3 E E3 G# A3 G# B3 C# A F#3 E3 A A C#3) 6

the most fit of the sample ...
66 (A3 C# C#3 D3 G# G# D3 F#3 F# G# B3 A E3 E G#3 G#3 A3 E3 D3 A E G# A G#3) 7

66 (A3 C# C#3 D3 G# G# D3 F#3 F# G# B3 A E3 E G#3 G#3 A3 E3 D3 A E G# A G#3) 7
NIL
[12]> ( display ( select-individual p ) )
the sample of individuals ...
41 (D3 A3 A3 A3 A G#3 F# A A3 F# C#3 G#3 G# F# G# C#3 A3 D E A A3 G#3 E3 C#3) 3
96 (D3 G#3 A3 A3 G# G# F# G#3 A3 A B A C# B B3 D A B C# C# F#3 G#3 D3 E) 6
97 (G#3 F#3 G#3 C# E G#3 E E E3 G#3 A3 D3 B G# A G# A B3 B A3 A3 A3 D3 F#3) 6
74 (E3 F#3 D A3 D3 B3 D E C# F# D C#3 D A D3 A E3 A G#3 A3 G# C# C#3 B) 4
98 (A3 A3 A3 B C#3 A G#3 D3 D3 E D F# E3 G# G# F# C#3 C#3 B3 G#3 A A3 E3 F#3) 3
33 (A G# A3 C#3 A3 A3 A3 D3 E3 A A B E3 G# D3 D3 G#3 A A E C# A F#3 B) 4
19 (A3 D3 G# B G#3 E E E3 D3 F# F# G#3 A3 F# A D D3 B3 G# A3 G# B B3 B) 5
81 (G# B E3 G#3 A A3 D3 E G# D3 D3 D3 G#3 A F#3 B C# F#3 D3 C# G# B F#3 E) 7

the most fit of the sample ...
81 (G# B E3 G#3 A A3 D3 E G# D3 D3 D3 G#3 A F#3 B C# F#3 D3 C# G# B F#3 E) 7
NIL
[13]> ( display ( select-individual p ) )
the sample of individuals ...
74 (E3 F#3 D A3 D3 B3 D E C# F# D C#3 D A D3 A E3 A G#3 A3 G# C# C#3 B) 4
56 (F#3 F#3 G# A3 A A G# D G#3 C# C# B3 D3 D B G# D A3 G# F#3 A3 G#3 A E3) 6
31 (F# A A E D F# D E D3 E3 E3 G# G# F#3 B3 A D3 G#3 A B B3 G#3 D3 E3) 4
93 (E B3 D C# A3 A3 E B3 A3 E3 A3 E3 A A3 B C#3 B F# C#3 F#3 F# F#3 B3 D3) 3
87 (A3 C#3 B A A3 C# G# D3 A3 D3 F#3 F# B3 E3 A3 E3 B3 C#3 A D3 B F# G#3 A3) 2
51 (G#3 C# B A3 G#3 A3 F#3 E3 G#3 E3 E F#3 F# A E E3 D3 A B3 A A F#3 D3 C#) 4
40 (G#3 A3 B3 G#3 D B3 C#3 G#3 B F# D D3 B3 D3 C#3 E3 A B3 E D G# A A G#3) 2
27 (B3 A3 A3 G# B G# C# A3 D G#3 A B A A C# B D G# C# B A3 E3 B3 B3) 6

the most fit of the sample ...
56 (F#3 F#3 G# A3 A A G# D G#3 C# C# B3 D3 D B G# D A3 G# F#3 A3 G#3 A E3) 6

56 (F#3 F#3 G# A3 A A G# D G#3 C# C# B3 D3 D B G# D A3 G# F#3 A3 G#3 A E3) 6
NIL

```

Code:

```

( defmethod population-demo (&aux p)
  ( setf p ( initial-population ) )
  ( display p )
  ( format t "Average fitness = ~A~%" ( average p ) )
  ( setf *select-demo* t )
  ( format t "Sampling ...~%" )
  ( select-individual p ) ( terpri)
  ( format t "Sampling ...~%" )
  ( select-individual p ) ( terpri)
  ( format t "Sampling ...~%" )
  ( select-individual p ) ( terpri)
)

```


Demo:

```
[1]> (load "harmonies.l")
;; Loading file harmonies.l ...
;; Loaded file harmonies.l
#P"/Users/alaina/Desktop/School/CSC416/harmonies.l"
[2]> ( population-demo )
```

Generation 0 population ...

```
1 (C#3 A3 C# G# E3 D3 D3 E3 C# G# B G#3 B E A A D3 G# G#3 E3 F#3 A3 A A) 6
2 (A D E B C#3 E3 G# C#3 E3 B G#3 B E A G#3 B3 D3 C# A A3 G# C#3 D A3) 5
3 (A B3 C#3 G#3 D3 D3 A3 A D3 B3 C# B G#3 A G#3 G#3 D G# C#3 D3 B3 B C#3 E3) 2
4 (B3 B F#3 A3 A3 D3 A3 G#3 A3 A3 A A G# B3 A3 G# E3 C# B A G#3 G#3 G#3 A3) 3
5 (A3 F#3 A E D3 E3 A3 G# E3 D F# F#3 A A E E G#3 A E A G#3 B B3 E) 6
6 (B F#3 B G#3 D3 A3 A3 B3 A3 A F# D3 B3 C# E3 A D A3 F#3 C#3 C# F#3 C# A) 3
7 (B3 D C# A3 D F# C# A3 D3 D3 B D3 F# C#3 C#3 B E D E C# E C# D A3) 7
8 (A3 A3 G# G# D3 G#3 A3 E A3 B B E3 E C# F# D B3 E3 C# G# E3 B F# A) 7
9 (F#3 D D A E3 F#3 C# F#3 A B3 A3 B A C#3 A G#3 E3 C# B B3 C# D3 A F#) 3
10 (E3 A3 E A A3 C# A3 F# E3 F# D C#3 A D B3 C# G# G# B3 D3 B B A3 G#3) 5
11 (F# F# C# E F#3 G#3 E F#3 E F# A B3 A3 A3 E B A3 C#3 E F#3 C# E C#3 G#3) 8
12 (A G# F# D A D A G# C# D3 D G#3 F# F#3 B E3 B G#3 C#3 A E3 F# B3 E) 4
13 (A C# G# G#3 A A D A A3 A3 A C#3 D3 A3 B3 E F# F# F# G# B3 G# A C#) 6
14 (D C#3 A3 A G# A A G#3 E E3 A3 G#3 C#3 G# F# C#3 D F#3 F#3 A3 D G# D3 B3) 4
15 (E3 A A3 G#3 D3 B3 F# A3 B3 B3 D E3 E3 D G#3 G#3 F# B3 D3 F#3 C# A A C#3) 1
16 (E3 F# C#3 E A3 A3 G# F# A3 A3 D3 E B3 A3 E3 C# E C#3 B3 A3 A3 C#3 F#3 F#) 5
17 (D3 B3 A3 C#3 G# D D B B3 A A3 A B3 E C#3 A A3 A A3 A3 D B E3 F#3) 2
18 (E G#3 A C# A3 E3 F# D G# E3 E G# A B3 A3 G#3 D3 F#3 A B3 A3 D3 G# B) 6
19 (G#3 E E E3 D3 F# F# G#3 A3 F# A D D3 B3 G# A3 G# B B3 B F# D3 E D) 5
20 (C# F#3 A B3 D F#3 D3 B A3 D3 C#3 G#3 A3 D G# F# B G#3 A3 D F# A A3 D) 2
21 (C#3 C#3 A3 D3 A A C# G#3 G#3 A A B3 C#3 C#3 B3 A G# F# B A A F#3 A E) 3
22 (A3 D3 A C# D3 C# C# F# E F# G# E A G#3 B3 A3 G#3 G# A3 A A3 B A F#) 7
23 (C#3 B A3 A3 F#3 B D B3 C# C#3 B A G#3 A3 F#3 G#3 C# C# G#3 D3 D3 A3 A3) 3
24 (D G#3 C#3 E A E A3 B3 C# A A G#3 A3 A A3 F# C#3 D3 D3 E3 F#3 A A G#3) 3
25 (E D G# B E3 D3 A A F#3 B3 E3 A G#3 B A3 E A3 C# B3 D3 A3 B3 D A3) 4
26 (G# A G# A C#3 B3 F#3 E E3 G# A3 G# B3 C# A F#3 E3 A A C#3 B3 A3 A3 G#) 7
27 (B G# C# A3 D G#3 A B A A C# B D G# C# B A3 E3 B3 B3 E E C#3 C#3) 7
28 (A3 A3 E D A D3 C# A3 A3 G#3 E3 C# E F#3 G# B F#3 B G#3 B3 B3 G#3 A F#) 5
29 (B3 E E D3 D3 B E3 G#3 A D3 B3 D3 E A3 E G#3 D A3 A E3 B A E A3) 5
30 (A G#3 D3 B D3 B A A A3 A A3 E3 G#3 A3 A A3 E B G#3 C# F# A A E) 3
31 (D F# D E D3 E3 E3 G# G# F#3 B3 A D3 G#3 A B B3 G#3 D3 E3 A3 C#3 D3 B3) 3
32 (G# C#3 E A D D E B A3 E A D3 C# D3 E3 C#3 C#3 A A3 E3 A G# A3 C#3) 6
33 (A3 A3 D3 E3 A A B E3 G# D3 D3 G#3 A A E C# A F#3 B G# F# F# G#) 5
34 (D F# A A3 A B3 A A3 E3 D G# A3 G# G#3 E3 A A E D G#3 F# A3 G# G#3) 4
35 (A E3 D3 G# G# C#3 G# A3 B E3 A B F# A C#3 G#3 F# B3 E E F#3 B C#3 F#) 5
36 (A F# E3 A B3 D3 E A3 D D C#3 B3 D C#3 B A D A A3 C# A3 A3 E3 C#3) 2
37 (C# C# D A3 B G#3 B B E3 B3 F# B C#3 B3 D3 A D3 G#3 B3 D3 F#3 E E A) 4
38 (C#3 E C#3 C# A C# A G#3 F# G#3 D A3 B F# B E F# A A3 A A C# C#3 G#) 6
39 (A D3 B3 E3 E B3 A G# G# E E3 B D A D3 A D3 F#3 E A G#3 A3 B3 G#3) 5
40 (D B3 C#3 G#3 B F# D D3 B3 D3 C#3 E3 A B3 E D G# A A G#3 D3 A3 A3) 2
41 (A G#3 F# A A3 F# C#3 G#3 G# F# G# C#3 A3 D E A A3 G#3 E3 C#3 A E C# A) 5
42 (E3 E3 E C#3 A E3 G#3 A A3 D A F#3 G#3 F#3 D F# G#3 E C# G# E3 D3 G#3 C#3) 4
43 (C#3 E A3 A E B3 A3 B G# F# A3 F# D C#3 E3 G#3 F#3 C#3 C#3 B C# A G# D) 5
44 (C#3 G# A3 A E3 A3 A D B3 E3 C# D G#3 B3 G# C# E A G#3 A3 B D D D) 5
45 (A D G#3 F# C# G#3 B A D3 C#3 F#3 B3 C#3 F#3 E3 E G#3 A G# G#3 E E G#3 C#3) 5
46 (A3 F#3 E A F#3 G# D G#3 F# A C# A G#3 G# F# D B B D3 A E G# A D3) 6
47 (A F# D3 A A3 C#3 G#3 B3 A G#3 D3 G#3 F# F# D3 B B3 A3 A A A3 B3 C# F#) 1
48 (E3 D3 D3 A C#3 C#3 F#3 A3 E G# A A3 A3 C#3 A G#3 F#3 B D E D3 G#3 F#3 C#3) 3
49 (B B F#3 A G#3 A A G#3 D3 A3 D3 E3 G#3 A3 D F#3 A B3 G# G# E G# B3 D3) 4
50 (A3 A D3 A3 E3 C# A C#3 G#3 G# E F# B A3 F# F#3 A A D3 A G#3 C# B A3) 4
51 (G#3 A3 F#3 E3 G#3 E3 E F#3 F# A E E3 D3 A B3 A A F#3 D3 C# B D E3 D) 3
52 (A3 B3 F#3 D D3 G# A3 C#3 C#3 A3 F# A E E3 A A B D3 G#3 G#3 G# C#3 F# G#3) 3
53 (G# A D G#3 G#3 B E3 B G# G#3 A3 E F# E A3 D D3 D G#3 D A A3 D A3) 4
54 (B C#3 B3 G#3 G#3 G#3 B3 C# B E E3 A3 A B3 F# E A3 G# C# E D3 G#3 B C#) 7
55 (B C# A F# G# G#3 A3 A3 F# D3 E G#3 D E3 G# F#3 B E G# C# F#3 F#3 G# A3) 8
56 (A A G# D G#3 C# C# B3 D3 D B G# D A3 G# F#3 A3 G#3 A E3 F# G# E3 G#3) 6
57 (G# G# A C#3 A D3 A A D3 F#3 D3 B G#3 B E3 G# C#3 G# D3 F# E3 C#3 E3 C#) 5
58 (F#3 F# F#3 B3 D C#3 D3 A A3 D3 D3 A A3 E D A3 E3 F#3 A F#3 D3 D3 A3 B3) 1
59 (G#3 F#3 A D C# B D3 F#3 A G#3 D3 F# G#3 C#3 C# G# G#3 D A G# E3 A3 G#3 A) 4
60 (B A G# A3 F# A3 D3 E A G# D A F# C# D A3 A3 C#3 B3 A G# D C# E3) 6
```

61 (B G#3 E C#3 F# G# C# F#3 E3 F# F#3 C# D3 G#3 A3 F# E C# A E3 E G#3 E A3) 8
62 (E B3 B3 B3 D3 A3 D3 A3 A3 D3 B F#3 C#3 A A3 B3 C#3 F#3 E D3 G#3 A3 E3 F#3) 2
63 (G# B G#3 G# A E F#3 A3 G# C#3 B3 B E3 A E3 E3 F# E3 A3 A3 F#3 E F# E3) 5
64 (G#3 A3 F#3 D G#3 F#3 C# E3 F#3 D E3 A3 B3 G# A3 G#3 E3 A3 B3 A3 C#3 B G# G#) 4
65 (G# A3 G#3 A3 E3 D D G# A G# G# B3 C#3 E3 B C# A3 A E3 A A3 C# C#3 D3) 6
66 (G# G# D3 F#3 F# G# B3 A E3 E G#3 G#3 A3 E3 D3 A E G# A G#3 D A A3 G#3) 6
67 (B3 G#3 E3 G#3 B B3 F#3 A3 G# A3 F#3 C# F#3 G# F# G#3 A F#3 G#3 E3 B A D3 G#3) 3
68 (G# B3 C#3 B B3 E3 A3 B G#3 A3 E3 D A D3 C#3 C#3 C#3 E3 A F# B A C#3 F#3) 1
69 (G# A3 A3 B3 A A3 D E3 E3 A3 G# E E3 D3 B D3 A3 F# G#3 A E3 A A3 E3) 3
70 (D D3 D G# C# F# A C# C#3 G# B F# B3 B3 F# B A3 A3 C# F# E3 G# D D3) 6
71 (G# E A C#3 F# G#3 F#3 E B F#3 A3 A A F# F#3 G#3 D A E A3 A3 G#3 A3 E3) 4
72 (A3 D G#3 F# A3 D3 F#3 C# B3 G# D E3 C#3 A D D E C# F#3 G# D3 A E3 B) 5
73 (B C#3 A A3 E F#3 C# A3 F#3 B E3 D B D3 A A C# D3 A E3 E3 F#3 D A3) 3
74 (D3 B3 D E C# F# D C#3 D A D3 A E3 A G#3 A3 G# C# C#3 B G# G# E3 F#) 6
75 (G#3 C# D3 D3 D3 E D3 F# A E C#3 B G# F# E C#3 D3 B3 A G# C# E3 C# A3) 8
76 (F# G# B3 F#3 B3 D3 B B A F#3 B B3 A G# E3 A3 A3 B B F#3 A A F#3 B) 2
77 (A F# G# D3 E D3 A3 G#3 A3 E3 B3 A3 A3 D3 G#3 D G# C#3 A G# A3 D F# C#) 5
78 (F#3 A B3 A F# G# G#3 A3 A D E3 A3 C# G# F# E3 A F# C#3 C# E G# F# E3) 6
79 (B C#3 F#3 B F# D3 A D A D C# A A3 G# B3 D F#3 E D C# G#3 D3 E A) 5
80 (E3 B D3 C#3 F#3 E3 D E3 B E3 F# D3 A F#3 D C#3 G# A3 E3 A3 G# B E3 G#3) 2
81 (A A3 D3 E G# D3 D3 D3 G#3 A F#3 B C# F#3 D3 C# G# B F#3 E F# C#3 G# A3) 7
82 (C#3 A G# G#3 C#3 A A3 A G# A3 E E D3 F# E3 E3 E B A A F# A3 E3 A) 5
83 (A3 B3 G# D3 B C# D F#3 D D3 C# E C#3 A F#3 B3 C#3 B3 F#3 D F#3 C#3 F# E) 5
84 (A3 F# D E3 E G#3 F# E F#3 E A C# B3 F# A3 B3 A A3 F#3 A3 A3 D D3 A3) 4
85 (C# F# A B E3 C#3 G# E G#3 E3 A3 A3 A3 A3 A G#3 A C# C#3 A G#3 C# G# E3) 6
86 (C# B3 C#3 D3 C# B3 B G#3 A3 E C# F#3 A F# B B3 D G# F#3 B A3 C#3 B A) 5
87 (A3 C# G# D3 A3 D3 F#3 F# B3 E3 A3 E3 B3 C#3 A D3 B F# G#3 A3 A3 D3 E G#) 4
88 (E3 C# D C# F#3 A F# A3 E F# C# F#3 G#3 F#3 F#3 F# E B G# E3 E3 F# A3 A3) 6
89 (A3 C#3 C#3 C# E D3 A B3 C#3 B B3 C# A3 B B A F# D3 G#3 A3 B3 D3 F# D3) 3
90 (E C#3 F# D3 F#3 E3 A3 B3 D B A D3 F# G# F# D E3 D A B G#3 F#3 G# F#3) 3
91 (D3 E E3 A3 B E G# B3 B3 F# E B3 C#3 F#3 B C#3 D D3 F# D E E3 C# E) 7
92 (E A3 A3 G#3 B3 D D B3 F# A3 C#3 G#3 G# A A F#3 D D F# G# E B3 D C#) 5
93 (A3 A3 E B3 A3 E3 A3 E3 A A3 B C#3 B F# C#3 F#3 F# F#3 B3 D3 A F# D A3) 1
94 (C# E G# B C#3 A3 G#3 B C# A D G#3 G# A3 A C#3 B B3 D3 E G# B B3 A) 7
95 (B3 G#3 B3 A3 F# F#3 G#3 C#3 F# A A3 D3 G#3 B C# G# B B3 D B D3 G#3 A3 A3) 2
96 (G# G# F# G#3 A3 A B A C# B B3 D A B C# C# F#3 G#3 D3 E G#3 F#3 G#3 C#) 7
97 (E G#3 E E E3 G#3 A3 D3 B G# A G# A B3 B A3 A3 A3 D3 F#3 A3 A3 A3 B) 5
98 (C#3 A G#3 D3 D3 E D F# E3 G# F# C#3 C#3 B3 G#3 A A3 E3 F#3 C# F# D3 F#3) 4
99 (B B F#3 F# E3 A3 F# A D3 C# C# C# E F# B A3 A3 A A3 F# F# A D3 A) 4
100 (E F#3 B3 C# C#3 E3 F#3 C# B3 F#3 A3 F#3 F#3 D3 D E C# B A A D3 C# A A3) 6

Average fitness = 4.54

Sampling ...

the sample of individuals ...

40 (D B3 C#3 G#3 B F# D D3 B3 D3 C#3 E3 A B3 E D G# A A G#3 D3 A3 A3 A3) 2
14 (D C#3 A3 A G# A A G#3 E E3 A3 G#3 C#3 G# F# C#3 D F#3 F#3 A3 D G# D3 B3) 4
66 (G# G# D3 F#3 F# G# B3 A E3 E G#3 G#3 A3 E3 D3 A E G# A G#3 D A A3 G#3) 6
74 (D3 B3 D E C# F# D C#3 D A D3 A E3 A G#3 A3 G# C# C#3 B G# G# E3 F#) 6
65 (G# A3 G#3 A3 E3 D D G# A G# G# B3 C#3 E3 B C# A3 A E3 A A3 C# C#3 D3) 6
60 (B A G# A3 F# A3 D3 E A G# D A F# C# D A3 A3 C#3 B3 A G# D C# E3) 6
18 (E G#3 A C# A3 E3 F# D G# E3 E G# A B3 A3 G#3 D3 F#3 A B3 A3 D3 G# B) 6
23 (C#3 B A3 A3 F#3 B D B3 C# C#3 B A G#3 A3 F#3 G#3 C# C# G#3 D3 D3 A3 A3 A3) 3

the most fit of the sample ...

66 (G# G# D3 F#3 F# G# B3 A E3 E G#3 G#3 A3 E3 D3 A E G# A G#3 D A A3 G#3) 6

Sampling ...

the sample of individuals ...

47 (A F# D3 A A3 C#3 G#3 B3 A G#3 D3 G#3 F# F# D3 B B3 A3 A A A3 B3 C# F#) 1
73 (B C#3 A A3 E F#3 C# A3 F#3 B E3 D B D3 A A C# D3 A E3 E3 F#3 D A3) 3
27 (B G# C# A3 D G#3 A B A A C# B D G# C# B A3 E3 B3 B3 E E C#3 C#3) 7
28 (A3 A3 E D A D3 C# A3 A3 G#3 E3 C# E F#3 G# B F#3 B G#3 B3 B3 G#3 A F#) 5
92 (E A3 A3 G#3 B3 D D B3 F# A3 C#3 G#3 G# A A F#3 D D F# G# E B3 D C#) 5
31 (D F# D E D3 E3 E3 G# G# F#3 B3 A D3 G#3 A B B3 G#3 D3 E3 A3 C#3 D3 B3) 3
46 (A3 F#3 E A F#3 G# D G#3 F# A C# A G#3 G# F# D B B D3 A E G# A D3) 6
33 (A3 A3 A3 D3 E3 A A B E3 G# D3 D3 G#3 A A E C# A F#3 B G# F# F# G#) 5

the most fit of the sample ...

27 (B G# C# A3 D G#3 A B A A C# B D G# C# B A3 E3 B3 B3 E E C#3 C#3) 7

Sampling ...

the sample of individuals ...

```
13 (A C# G# G#3 A A D A A3 A3 A C#3 D3 A3 B3 E F# F# F# G# B3 G# A C#) 6
39 (A D3 B3 E3 E B3 A G# G# E E3 B D A D3 A D3 F#3 E A G#3 A3 B3 G#3) 5
39 (A D3 B3 E3 E B3 A G# G# E E3 B D A D3 A D3 F#3 E A G#3 A3 B3 G#3) 5
80 (E3 B D3 C#3 F#3 E3 D E3 B E3 F# D3 A F#3 D C#3 G# A3 E3 A3 G# B E3 G#3) 2
96 (G# G# F# G#3 A3 A B A C# B B3 D A B C# C# F#3 G#3 D3 E G#3 F#3 G#3 C#) 7
40 (D B3 C#3 G#3 B F# D D3 B3 D3 C#3 E3 A B3 E D G# A A G#3 D3 A3 A3 A3) 2
20 (C# F#3 A B3 D F#3 D3 B A3 D3 C#3 G#3 A3 D G# F# B G#3 A3 D F# A A3 D) 2
61 (B G#3 E C#3 F# G# C# F#3 E3 F# F#3 C# D3 G#3 A3 F# E C# A E3 E G#3 E A3) 8
```

the most fit of the sample ...

```
61 (B G#3 E C#3 F# G# C# F#3 E3 F# F#3 C# D3 G#3 A3 F# E C# A E3 E G#3 E A3) 8
```

NIL

Task 8: Incorporating Mutation

Code:

```
( defmethod mutate ( ( i individual ) &aux mutation )
  ( setf mutation ( mutation ( individual-note-string i ) ) )
  ( make-instance 'individual
    :number ( individual-number i )
    :note-string mutation
    :fitness ( funcall *fitness* mutation )
  )
)

( defconstant *pc-m* 50 )

( defmethod maybe-mutate ( ( i individual ) )
  ( if ( <= ( + 1 ( random 100 ) ) *pc-m* )
    ( mutate i )
    i
  )
)
```

Demo:

```
[1]> ( load "harmonies.l" )
;; Loading file harmonies.l ...
;; Loaded file harmonies.l
#P"/Users/alaina/Desktop/School/CSC416/harmonies.l"
[2]> (setf i ( random-individual ) )
#<INDIVIDUAL #x00000000000034808>
[3]> ( display i )
0 (G# E3 D3 D3 E3 C# G# B G#3 B E A A D3 G# G#3 E3 F#3 A3 A A A D E) 6
NIL
[4]> ( display ( mutate i ) )
0 (G# E3 D3 D3 E3 C# G# B G#3 B E A A D3 G# G#3 E3 (B3) A3 A A A D E) 6
NIL
[5]> ( display i )
0 (G# E3 D3 D3 E3 C# G# B G#3 B E A A D3 G# G#3 E3 F#3 A3 A A A D E) 6
NIL
[6]> ( display ( mutate i ) )
0 (G# E3 D3 D3 (C#3) C# G# B G#3 B E A A D3 G# G#3 E3 F#3 A3 A A A D E) 6
NIL
[7]> ( display ( maybe-mutate i ) )
0 (G# E3 D3 D3 E3 C# G# B G#3 B E A A D3 G# G#3 E3 F#3 A3 A A A D E) 6
NIL
[8]> ( display ( maybe-mutate i ) )
0 (G# E3 D3 D3 E3 C# G# B G#3 B E A A D3 G# G#3 E3 (D) A3 A A A D E) 6
NIL
[9]> ( display ( maybe-mutate i ) )
0 (G# E3 D3 D3 E3 C# G# B G#3 B E A A D3 G# G#3 E3 F#3 A3 A (B) A D E) 6
NIL
[10]> ( display ( maybe-mutate i ) )
0 (G# E3 D3 D3 E3 C# G# B G#3 B E A A D3 G# G#3 E3 F#3 A3 A A A D E) 6
NIL
[11]> ( display ( maybe-mutate i ) )
0 (G# E3 D3 D3 E3 C# G# B G#3 B E A A D3 G# G#3 E3 F#3 A3 A A A D E) 6
NIL
[12]> ( display ( maybe-mutate i ) )
0 (G# E3 D3 D3 E3 C# G# B G#3 B (F#3) A A D3 G# G#3 E3 F#3 A3 A A A D E) 5
NIL
```

Code:

```
( defmethod mutate-demo ()
  ( setf i ( random-individual ) )
  ( display i )
  ( dotimes ( x 20 )
    ( setf i ( mutate i ) )
    ( display i )
  )
)

( defmethod maybe-mutate-demo ()
  ( setf i ( random-individual ) )
  ( display i )
  ( dotimes ( x 20 )
    ( setf n ( maybe-mutate i ) )
    ( display-nnl n )
    ( if ( not ( equal n i ) ) ( princ " *" ) )
    ( terpri )
    ( setf i n )
  )
)
```

Demo:

```
[1]> ( load "harmonies.l" )
;; Loading file harmonies.l ...
;; Loaded file harmonies.l
#P"/Users/alaina/Desktop/School/CSC416/harmonies.l"
[2]> ( mutate-demo )
0 (D3 E3 C# G# B G#3 B E A A D3 G# G#3 E3 F#3 A3 A A A D E B C#3 E3) 5
0 (D3 E3 C# G# B G#3 B E A A D3 G# G#3 E3 F#3 A3 A A A D E B (D) E3) 5
0 (D3 E3 C# G# B G#3 B E A A D3 G# (A3) E3 F#3 A3 A A A D E B (D) E3) 5
0 (D3 E3 C# G# B G#3 (F#) E A A D3 G# (A3) E3 F#3 A3 A A A D E B (D) E3) 5
0 (D3 E3 C# G# B G#3 (F#) E A A D3 G# (A3) E3 F#3 A3 A A A D (D) B (D) E3) 4
0 (D3 E3 C# G# B G#3 (F#) E A A D3 G# (A3) E3 F#3 A3 A A A D (D) B (B3) E3) 4
0 (D3 E3 C# G# B G#3 (F#) E A A D3 (B) (A3) E3 F#3 A3 A A A D (D) B (B3) E3) 3
0 (D3 E3 C# G# B G#3 (F#) E A A D3 (B) (A3) E3 F#3 (D) A A A D (D) B (B3) E3) 3
0 (D3 E3 C# G# B G#3 (C#3) E A A D3 (B) (A3) E3 F#3 (D) A A A D (D) B (B3) E3) 3
0 (D3 E3 C# G# B G#3 (C#3) E A A D3 (B) (A3) E3 F#3 (D) A A A (B3) (D) B (B3) E3) 3
0 (D3 E3 C# G# B G#3 (C#3) (D3) A A D3 (B) (A3) E3 F#3 (D) A A A (B3) (D) B (B3) E3) 2
0 (D3 E3 C# G# B G#3 (C#3) (D3) A A (E) (B) (A3) E3 F#3 (D) A A A (B3) (D) B (B3) E3) 2
0 (D3 E3 C# G# B G#3 (C#3) (D3) A A (E) (B) (A3) E3 F#3 (D) A A A (D3) (D) B (B3) E3) 2
0 (D3 E3 C# G# B G#3 (C#3) (D3) A A (E) (B) (A3) E3 F#3 (A) A A A (D3) (D) B (B3) E3) 2
0 (D3 E3 C# (B3) B G#3 (C#3) (D3) A A (E) (B) (A3) E3 F#3 (A) A A A (D3) (D) B (B3) E3) 1
0 (D3 E3 C# (B3) B G#3 (C#3) (D3) A A (B) (B) (A3) E3 F#3 (A) A A A (D3) (D) B (B3) E3) 1
0 (D3 E3 C# (B3) B G#3 (C#3) (D3) A A (B) (B) (A3) E3 F#3 (A) A A A (D3) (D) B (A) E3) 1
0 (D3 E3 C# (B3) B G#3 (C#3) (D3) A A (B) (B) (A3) E3 (A3) (A) A A A (D3) (D) B (A) E3) 1
0 (D3 E3 C# (B3) B G#3 (C#3) (D3) A A (B) (B) (A3) E3 (A3) (A) A A A (G#) (D) B (A) E3) 1
0 (D3 E3 (B3) (B3) B G#3 (C#3) (D3) A A (B) (B) (A3) E3 (A3) (A) A A A (G#) (D) B (A) E3) 0
0 (D3 (B3) (B3) (B3) B G#3 (C#3) (D3) A A (B) (B) (A3) E3 (A3) (A) A A A (G#) (D) B (A) E3) 0
NIL

[3]> ( maybe-mutate-demo )
0 (C#3 E3 B3 B F#3 A3 A3 D3 A3 G#3 A3 A3 A A G# B3 A3 G# E3 C# B A G#3 G#3) 3
0 (C#3 E3 B3 B F#3 A3 A3 D3 (D) G#3 A3 A3 A A G# B3 A3 G# E3 C# B A G#3 G#3) 3 *
0 (C#3 E3 B3 B F#3 A3 A3 D3 (D) G#3 A3 A3 A A G# B3 A3 G# E3 C# B A G#3 (D3)) 3 *
0 (C#3 E3 B3 B F#3 A3 A3 D3 (D) G#3 A3 A3 A A G# B3 A3 G# E3 C# B A G#3 (D3)) 3
0 (C#3 E3 B3 B F#3 A3 A3 D3 (D) G#3 A3 A3 A A G# B3 A3 G# E3 C# B A (A) (D3)) 3 *
0 (C#3 E3 B3 B F#3 A3 A3 D3 (D) G#3 A3 A3 A A G# B3 A3 G# E3 C# B A (A) (D3)) 3
0 (C#3 E3 B3 B F#3 A3 A3 D3 (D) G#3 A3 A3 A A G# B3 A3 G# E3 C# B (C#) (A) (D3)) 3 *
0 (C#3 E3 B3 B (F#) A3 A3 D3 (D) G#3 A3 A3 A A G# B3 A3 G# E3 C# B (C#) (A) (D3)) 3 *
0 (C#3 E3 B3 B (F#) A3 A3 D3 (D) G#3 A3 A3 A A G# B3 A3 G# E3 C# B (C#) (A) (D3)) 3
0 (C#3 E3 B3 B (F#) A3 A3 D3 (D) G#3 A3 A3 A A G# B3 A3 G# E3 C# B (C#) (A) (D3)) 3
0 (C#3 E3 B3 B (F#) A3 A3 D3 (D) G#3 A3 A3 A A G# B3 A3 G# E3 C# B (C#) (A) (D3)) 3
0 (C#3 E3 B3 B (F#) A3 A3 D3 (D) G#3 A3 A3 A A (B) B3 A3 G# E3 C# B (C#) (A) (D3)) 2 *
0 (C#3 E3 B3 B (F#) A3 A3 D3 (D) (B3) A3 A3 A A (B) B3 A3 G# E3 C# B (C#) (A) (D3)) 2 *
0 (C#3 E3 B3 B (F#) A3 A3 D3 (D) (B3) A3 A3 A A (B) B3 A3 G# E3 C# B (C#) (D3) (D3)) 2 *
0 (C#3 E3 B3 B (F#) A3 A3 D3 (B3) (B3) A3 A3 A A (B) B3 A3 G# E3 C# B (C#) (D3) (D3)) 2 *
0 (C#3 E3 B3 B (F#) A3 A3 D3 (B3) (B3) A3 A3 A A (B) B3 A3 G# E3 C# B (C#) (D3) (F#)) 2 *
0 (C#3 E3 B3 B (F#) A3 A3 D3 (B3) (B3) A3 A3 A A (B) B3 A3 G# E3 C# B (C#) (D3) (F#)) 2
0 (C#3 E3 B3 B (F#) A3 A3 D3 (B3) (B3) A3 A3 A A (B) B3 A3 G# (F#3) C# B (C#) (D3) (F#)) 2 *
0 (C#3 E3 B3 B (F#) A3 A3 D3 (B3) (B3) A3 A3 A A (B) B3 A3 G# (F#3) C# B (C#) (D3) (F#)) 2
NIL
```

Task 9: Copy

Code:

```
( setf *copy-demo* nil )

( defconstant *pc-c* 40 )

( defmethod perform-copies ( ( cp population ) ( np population ) )
  ( dotimes ( i ( nr-copies ) )
    ( perform-one-copy cp np )
  )
)

( defmethod nr-copies ( )
  ( * ( / *pc-c* 100 ) *population-size* )
)

( defmethod perform-one-copy ( ( cp population ) ( np population )
  &aux x m mm new-i )
  ( setf m ( select-individual cp ) )
  ( if *copy-demo* ( format t "Selected individual = ~%" ) )
  ( if *copy-demo* ( display m ) )
  ( setf mm ( maybe-mutate m ) )
  ( if *copy-demo* ( format t "Possibly muted individual = ~&" ) )
  ( if *copy-demo* ( display mm ) )
  ( setf ( individual-number mm ) ( + 1 ( size np ) ) )
  ( if *copy-demo* ( format t "Renumbered individual = ~&" ) )
  ( if *copy-demo* ( display mm ) )
  ( setf new-i ( new-individual ( + 1 ( size np ) ) ( individual-note-string mm ) ) )
  ( setf
    ( population-individuals np )
    ( append ( population-individuals np ) ( list new-i ) )
  )
  nil
)

( defmethod empty-population ( ( cp population ) &aux np )
  ( setf np ( make-instance 'population ) )
  ( setf ( population-individuals np ) ( ) )
  ( setf ( population-generation np ) ( + 1 ( population-generation cp ) ) )
  np
)
```

```
( defmethod perform-copies-demo ( &aux cp np )
  ( setf cp ( initial-population ) )
  ( setf np ( empty-population cp ) )
  ( format t "-----" )
  ( display np )
  ( format t "~%~%-----" )
  ( setf *select-demo* t )
  ( setf *copy-demo* t )
  ( dotimes ( i 10 )
    ( perform-one-copy cp np )
    ( format t "-----" )
    ( display np )
    ( format t "~%~%-----" )
  )
  ( setf *select-demo* nil )
  ( setf *copy-demo* nil )
  nil
)
```

Demo:

```
[1]> ( load "harmonies.l" )
;; Loading file harmonies.l ...
;; Loaded file harmonies.l
#P"/Users/alaina/Desktop/School/CSC416/harmonies.l"
[2]> ( perform-copies-demo )
```

Generation 1 population ...

```
-----the sample of individuals ...
39 (A D3 F#3 E A G#3 A3 B3 G#3 D B3 C#3 G#3 B F# D D3 B3 D3 C#3 E3 A B3 E) 2
39 (A D3 F#3 E A G#3 A3 B3 G#3 D B3 C#3 G#3 B F# D D3 B3 D3 C#3 E3 A B3 E) 2
80 (C#3 G# A3 E3 A3 G# B E3 G#3 A A3 D3 E G# D3 D3 D3 G#3 A F#3 B C# F#3 D3) 5
96 (C# F#3 G#3 D3 E G#3 F#3 G#3 C# E G#3 E E E3 G#3 A3 D3 B G# A G# A B3 B) 8
40 (D G# A A G#3 D3 A3 A3 A3 A G#3 F# A A3 F# C#3 G#3 G# F# G# C#3 A3 D E) 4
20 (F# B G#3 A3 D F# A A3 D C#3 C#3 A3 D3 A A C# G#3 G#3 A A B3 C#3 C#3 B3) 1
61 (F# E C# A E3 E G#3 E A3 E B3 B3 B3 D3 A3 D3 A3 A3 D3 B F#3 C#3 A A3) 5
47 (B B3 A3 A A A3 B3 C# F# E3 D3 D3 A C#3 C#3 F#3 A3 E G# A A3 A3 C#3 A) 3
```

the most fit of the sample ...

```
96 (C# F#3 G#3 D3 E G#3 F#3 G#3 C# E G#3 E E E3 G#3 A3 D3 B G# A G# A B3 B) 8
```

Selected individual =

```
96 (C# F#3 G#3 D3 E G#3 F#3 G#3 C# E G#3 E E E3 G#3 A3 D3 B G# A G# A B3 B) 8
```

Possibly muted individual =

```
96 (C# F#3 G#3 D3 E G#3 F#3 G#3 C# E G#3 E E (A) G#3 A3 D3 B G# A G# A B3 B) 8
```

Renumbered individual =

```
1 (C# F#3 G#3 D3 E G#3 F#3 G#3 C# E G#3 E E (A) G#3 A3 D3 B G# A G# A B3 B) 8
```

Generation 1 population ...

```
1 (C# F#3 G#3 D3 E G#3 F#3 G#3 C# E G#3 E E (A) G#3 A3 D3 B G# A G# A B3 B) 8
```

```
-----the sample of individuals ...
58 (A3 E3 F#3 A F#3 D3 D3 A3 B3 G#3 F#3 A D C# B D3 F#3 A G#3 D3 F# G#3 C#3 C#) 2
25 (E A3 C# B3 D3 A3 B3 D A3 G# A G# A C#3 B3 F#3 E E3 G# A3 G# B3 C# A) 8
91 (C#3 D D3 F# D E E3 C# E E A3 A3 G#3 B3 D D B3 F# A3 C#3 G#3 G# A A) 5
96 (C# F#3 G#3 D3 E G#3 F#3 G#3 C# E G#3 E E E3 G#3 A3 D3 B G# A G# A B3 B) 8
2 (B3 D3 C# A A3 G# C#3 D A3 A B3 C#3 G#3 D3 D3 A3 A D3 B3 C# B G#3 A G#3) 3
75 (C#3 D3 B3 A G# C# E3 C# A3 F# G# B3 F#3 B3 D3 B B A F#3 B B3 A G# E3) 5
100 (E C# B A A D3 C# A A3 C#3 F#3 D3 E F#3 B F# A E3 F# G# A A3 G#3 A3) 5
```

74 (A3 G# C# C#3 B G# G# E3 F# G#3 C# D3 D3 D3 E D3 F# A E C#3 B G# F# E) 9

the most fit of the sample ...

74 (A3 G# C# C#3 B G# G# E3 F# G#3 C# D3 D3 D3 E D3 F# A E C#3 B G# F# E) 9

Selected individual =

74 (A3 G# C# C#3 B G# G# E3 F# G#3 C# D3 D3 D3 E D3 F# A E C#3 B G# F# E) 9

Possibly muted individual =

74 (A3 G# C# C#3 B G# G# E3 F# G#3 C# D3 D3 D3 E D3 F# A E C#3 B G# F# E) 9

Renumbered individual =

2 (A3 G# C# C#3 B G# G# E3 F# G#3 C# D3 D3 D3 E D3 F# A E C#3 B G# F# E) 9

Generation 1 population ...

1 (C# F#3 G#3 D3 E G#3 F#3 G#3 C# E G#3 E E (A) G#3 A3 D3 B G# A G# A B3 B) 8

2 (A3 G# C# C#3 B G# G# E3 F# G#3 C# D3 D3 D3 E D3 F# A E C#3 B G# F# E) 9

-----the sample of individuals ...

93 (F#3 F# F#3 B3 D3 A F# D A3 C# E G# B C#3 A3 G#3 B C# A D G#3 G# A3 A) 5

89 (A F# D3 G#3 A3 B3 D3 F# D3 E C#3 F# D3 F#3 E3 A3 B3 D B A D3 F# G# F#) 2

19 (A3 G# B B3 B F# D3 E D C# F#3 A B3 D F#3 D3 B A3 D3 C#3 G#3 A3 D G#) 4

79 (D F#3 E D C# G#3 D3 E A E3 B D3 C#3 F#3 E3 D E3 B E3 F# D3 A F#3 D) 3

94 (C#3 B B3 D3 E G# B B3 A B3 G#3 B3 A3 F# F#3 G#3 C#3 F# A A3 D3 G#3 B C#) 3

66 (A E G# A G#3 D A A3 G#3 B3 G#3 E3 G#3 B B3 F#3 A3 G# A3 F#3 C# F#3 G# F#) 5

26 (F#3 E3 A A C#3 B3 A3 A3 G# B G# C# A3 D G#3 A B A A C# B D G# C#) 6

82 (E3 E B A A F# A3 E3 A A3 B3 G# D3 B C# D F#3 D D3 C# E C#3 A F#3) 5

the most fit of the sample ...

26 (F#3 E3 A A C#3 B3 A3 A3 G# B G# C# A3 D G#3 A B A A C# B D G# C#) 6

Selected individual =

26 (F#3 E3 A A C#3 B3 A3 A3 G# B G# C# A3 D G#3 A B A A C# B D G# C#) 6

Possibly muted individual =

26 (F#3 E3 A A C#3 B3 A3 A3 G# B G# C# A3 D G#3 A B A A C# B D G# C#) 6

Renumbered individual =

3 (F#3 E3 A A C#3 B3 A3 A3 G# B G# C# A3 D G#3 A B A A C# B D G# C#) 6

Generation 1 population ...

1 (C# F#3 G#3 D3 E G#3 F#3 G#3 C# E G#3 E E (A) G#3 A3 D3 B G# A G# A B3 B) 8

2 (A3 G# C# C#3 B G# G# E3 F# G#3 C# D3 D3 D3 E D3 F# A E C#3 B G# F# E) 9

3 (F#3 E3 A A C#3 B3 A3 A3 G# B G# C# A3 D G#3 A B A A C# B D G# C#) 6

-----the sample of individuals ...

41 (A A3 G#3 E3 C#3 A E C# A E3 E3 E C#3 A E3 G#3 A A3 D A F#3 G#3 F#3 D) 3

96 (C# F#3 G#3 D3 E G#3 F#3 G#3 C# E G#3 E E E3 G#3 A3 D3 B G# A G# A B3 B) 8

97 (A3 A3 A3 D3 F#3 A3 A3 A3 B C#3 A G#3 D3 D3 E D F# E3 G# G# F# C#3 C#3 B3) 3

2 (A3 G# C# C#3 B G# G# E3 F# G#3 C# D3 D3 E D3 F# A E C#3 B G# F# E) 9

98 (G#3 A A3 E3 F#3 C# F# D3 F#3 B B F#3 F# E3 A3 F# A D3 C# C# C# E F# B) 5

33 (E C# A F#3 B G# F# F# G# D F# A A3 A B3 A A3 E3 D G# A3 G# G#3 E3) 6

19 (A3 G# B B3 B F# D3 E D C# F#3 A B3 D F#3 D3 B A3 D3 C#3 G#3 A3 D G#) 4

81 (C# G# B F#3 E F# C#3 G# A3 C#3 A G# G#3 C#3 A A3 A G# A3 E E D3 F# E3) 8

the most fit of the sample ...

2 (A3 G# C# C#3 B G# G# E3 F# G#3 C# D3 D3 D3 E D3 F# A E C#3 B G# F# E) 9

Selected individual =

2 (A3 G# C# C#3 B G# G# E3 F# G#3 C# D3 D3 D3 E D3 F# A E C#3 B G# F# E) 9

Possibly muted individual =

2 (A3 G# C# C#3 B G# G# E3 F# G#3 C# D3 D3 D3 E D3 F# A E (D3) B G# F# E) 9

Renumbered individual =

4 (A3 G# C# C#3 B G# G# E3 F# G#3 C# D3 D3 D3 E D3 F# A E (D3) B G# F# E) 9

Generation 1 population ...

```
1 (C# F#3 G#3 D3 E G#3 F#3 G#3 C# E G#3 E E (A) G#3 A3 D3 B G# A G# A B3 B) 8
2 (A3 G# C# C#3 B G# G# E3 F# G#3 C# D3 D3 D3 E D3 F# A E C#3 B G# F# E) 9
3 (F#3 E3 A A C#3 B3 A3 A3 G# B G# C# A3 D G#3 A B A A C# B D G# C#) 6
4 (A3 G# C# C#3 B G# G# E3 F# G#3 C# D3 D3 D3 E D3 F# A E (D3) B G# F# E) 9
```

-----the sample of individuals ...

```
56 (F#3 A3 G#3 A E3 F# G# E3 G#3 G# G# A C#3 A D3 A A D3 F#3 D3 B G#3 B E3) 3
51 (A A F#3 D3 C# B D E3 D A3 B3 F#3 D D3 G# A3 C#3 C#3 A3 F# A E E3 A) 3
19 (A3 G# B B3 B F# D3 E D C# F#3 A B3 D F#3 D3 B A3 D3 C#3 G#3 A3 D G#) 4
2 (A3 G# C# C#3 B G# G# E3 F# G#3 C# D3 D3 D3 E D3 F# A E C#3 B G# F# E) 9
56 (F#3 A3 G#3 A E3 F# G# E3 G#3 G# G# A C#3 A D3 A A D3 F#3 D3 B G#3 B E3) 3
31 (B B3 G#3 D3 E3 A3 C#3 D3 B3 G# C#3 E A D D E B A3 E A D3 C# D3 E3) 5
93 (F#3 F# F#3 B3 D3 A F# D A3 C# E G# B C#3 A3 G#3 B C# A D G#3 G# A3 A) 5
87 (D3 B F# G#3 A3 A3 D3 E G# E3 C# D C# F#3 A F# A3 E F# C# F#3 G#3 F#3 F#3) 6
```

the most fit of the sample ...

```
2 (A3 G# C# C#3 B G# G# E3 F# G#3 C# D3 D3 D3 E D3 F# A E C#3 B G# F# E) 9
```

Selected individual =

```
2 (A3 G# C# C#3 B G# G# E3 F# G#3 C# D3 D3 D3 E D3 F# A E C#3 B G# F# E) 9
```

Possibly muted individual =

```
2 (A3 G# C# C#3 B G# G# E3 F# G#3 C# D3 D3 D3 E D3 F# A E C#3 B G# F# E) 9
```

Renumbered individual =

```
5 (A3 G# C# C#3 B G# G# E3 F# G#3 C# D3 D3 D3 E D3 F# A E C#3 B G# F# E) 9
```

Generation 1 population ...

```
1 (C# F#3 G#3 D3 E G#3 F#3 G#3 C# E G#3 E E (A) G#3 A3 D3 B G# A G# A B3 B) 8
2 (A3 G# C# C#3 B G# G# E3 F# G#3 C# D3 D3 D3 E D3 F# A E C#3 B G# F# E) 9
3 (F#3 E3 A A C#3 B3 A3 A3 G# B G# C# A3 D G#3 A B A A C# B D G# C#) 6
4 (A3 G# C# C#3 B G# G# E3 F# G#3 C# D3 D3 D3 E D3 F# A E (D3) B G# F# E) 9
5 (A3 G# C# C#3 B G# G# E3 F# G#3 C# D3 D3 D3 E D3 F# A E C#3 B G# F# E) 9
```

-----the sample of individuals ...

```
36 (A D A A3 C# A3 A3 E3 C#3 C# C# D A3 B G#3 B B E3 B3 F# B C#3 B3 D3) 3
22 (A3 G#3 G# A3 A A3 B A F# C#3 B A3 A3 F#3 B D B3 C# C#3 B A G#3 A3 F#3) 2
53 (D D3 D G#3 D A A3 D A3 B C#3 B3 G#3 G#3 G#3 B3 C# B E E3 A3 A B3 F#) 2
3 (G#3 D G# C#3 D3 B3 B C#3 E3 B3 B F#3 A3 A3 D3 A3 G#3 A3 A3 A A G# B3 A3) 2
11 (B A3 C#3 E F#3 C# E C#3 G#3 A G# F# D A D A G# C# D3 D G#3 F# F#3 B) 6
76 (A3 A3 B B F#3 A A F#3 B A F# G# D3 E D3 A3 G#3 A3 E3 B3 A3 A3 D3 G#3) 2
65 (C# A3 A E3 A A3 C# C#3 D3 G# G# D3 F#3 F# G# B3 A E3 E G#3 G#3 A3 E3 D3) 6
```

```
32 (C#3 C#3 A A3 E3 A G# A3 C#3 A3 A3 A3 D3 E3 A A B E3 G# D3 D3 G#3 A A) 2
```

the most fit of the sample ...

```
11 (B A3 C#3 E F#3 C# E C#3 G#3 A G# F# D A D A G# C# D3 D G#3 F# F#3 B) 6
```

Selected individual =

```
11 (B A3 C#3 E F#3 C# E C#3 G#3 A G# F# D A D A G# C# D3 D G#3 F# F#3 B) 6
```

Possibly muted individual =

```
11 (B A3 C#3 E F#3 C# E C#3 G#3 A G# F# D (A3) D A G# C# D3 D G#3 F# F#3 B) 6
```

Renumbered individual =

```
6 (B A3 C#3 E F#3 C# E C#3 G#3 A G# F# D (A3) D A G# C# D3 D G#3 F# F#3 B) 6
```

Generation 1 population ...

```
1 (C# F#3 G#3 D3 E G#3 F#3 G#3 C# E G#3 E E (A) G#3 A3 D3 B G# A G# A B3 B) 8
2 (A3 G# C# C#3 B G# G# E3 F# G#3 C# D3 D3 D3 E D3 F# A E C#3 B G# F# E) 9
3 (F#3 E3 A A C#3 B3 A3 A3 G# B G# C# A3 D G#3 A B A A C# B D G# C#) 6
4 (A3 G# C# C#3 B G# G# E3 F# G#3 C# D3 D3 D3 E D3 F# A E (D3) B G# F# E) 9
5 (A3 G# C# C#3 B G# G# E3 F# G#3 C# D3 D3 D3 E D3 F# A E C#3 B G# F# E) 9
6 (B A3 C#3 E F#3 C# E C#3 G#3 A G# F# D (A3) D A G# C# D3 D G#3 F# F#3 B) 6
```

-----the sample of individuals ...

```
21 (A G# F# B A A F#3 A E A3 D3 A C# D3 C# C# F# E F# G# E A G#3 B3) 8
70 (B A3 A3 C# F# E3 G# D D3 G# E A C#3 F# G#3 F#3 E B F#3 A3 A A F# F#3) 5
51 (A A F#3 D3 C# B D E3 D A3 B3 F#3 D D3 G# A3 C#3 C#3 A3 F# A E E3 A) 3
99 (A3 A3 A A3 F# F# A D3 A E F#3 B3 C# C#3 E3 F#3 C# B3 F#3 A3 F#3 F#3 D3 D) 3
89 (A F# D3 G#3 A3 B3 D3 F# D3 E C#3 F# D3 F#3 E3 A3 B3 D B A D3 F# G# F#) 2
94 (C#3 B B3 D3 E G# B B3 A B3 G#3 B3 A3 F# F#3 G#3 C#3 F# A A3 D3 G#3 B C#) 3
43 (G#3 F#3 C#3 C#3 B C# A G# D C#3 G# A3 A E3 A3 A D B3 E3 C# D G#3 B3 G#) 5
85 (G#3 A C# C#3 A G#3 C# G# E3 C# B3 C#3 D3 C# B3 B G#3 A3 E C# F#3 A F# B) 7
```

the most fit of the sample ...

```
21 (A G# F# B A A F#3 A E A3 D3 A C# D3 C# C# F# E F# G# E A G#3 B3) 8
```

Selected individual =

```
21 (A G# F# B A A F#3 A E A3 D3 A C# D3 C# C# F# E F# G# E A G#3 B3) 8
```

Possibly muted individual =

```
21 (A G# F# B A A F#3 A E A3 D3 A C# D3 C# C# F# E F# G# E A G#3 B3) 8
```

Renumbered individual =

```
7 (A G# F# B A A F#3 A E A3 D3 A C# D3 C# C# F# E F# G# E A G#3 B3) 8
```

Generation 1 population ...

```
1 (C# F#3 G#3 D3 E G#3 F#3 G#3 C# E G#3 E E (A) G#3 A3 D3 B G# A G# A B3 B) 8
2 (A3 G# C# C#3 B G# G# E3 F# G#3 C# D3 D3 D3 E D3 F# A E C#3 B G# F# E) 9
3 (F#3 E3 A A C#3 B3 A3 A3 G# B G# C# A3 D G#3 A B A A C# B D G# C#) 6
4 (A3 G# C# C#3 B G# G# E3 F# G#3 C# D3 D3 D3 E D3 F# A E (D3) B G# F# E) 9
5 (A3 G# C# C#3 B G# G# E3 F# G#3 C# D3 D3 D3 E D3 F# A E C#3 B G# F# E) 9
6 (B A3 C#3 E F#3 C# E C#3 G#3 A G# F# D (A3) D A G# C# D3 D G#3 F# F#3 B) 6
7 (A G# F# B A A F#3 A E A3 D3 A C# D3 C# C# F# E F# G# E A G#3 B3) 8
```

-----the sample of individuals ...

```
59 (G# G#3 D A G# E3 A3 G#3 A B A G# A3 F# A3 D3 E A G# D A F# C# D) 6
7 (B E D E C# E C# D A3 A3 A3 G# G# D3 G#3 A3 E A3 B B E3 E C# F#) 10
46 (D B B D3 A E G# A D3 A F# D3 A A3 C#3 G#3 B3 A G#3 D3 G#3 F# F# D3) 2

38 (E F# A A3 A A C# C#3 G# A D3 B3 E3 E B3 A G# G# E E3 B D A D3) 7
84 (B3 A A3 F#3 A3 A3 D D3 A3 C# F# A B E3 C#3 G# E G#3 E3 A3 A3 A3 A) 3
3 (G#3 D G# C#3 D3 B3 B C#3 E3 B3 B F#3 A3 A3 D3 A3 G#3 A3 A3 A A G# B3 A3) 2
56 (F#3 A3 G#3 A E3 F# G# E3 G#3 G# G# A C#3 A D3 A A D3 F#3 D3 B G#3 B E3) 3
54 (E A3 G# C# E D3 G#3 B C# B C# A F# G# G#3 A3 A3 F# D3 E G#3 D E3 G#) 9
```

the most fit of the sample ...

```
7 (B E D E C# E C# D A3 A3 A3 G# G# D3 G#3 A3 E A3 B B E3 E C# F#) 10
```

Selected individual =

```
7 (B E D E C# E C# D A3 A3 A3 G# G# D3 G#3 A3 E A3 B B E3 E C# F#) 10
```

Possibly muted individual =

```
7 (B E D E C# E C# D A3 A3 A3 G# G# D3 G#3 A3 E A3 B B E3 E C# F#) 10
```

Renumbered individual =

```
8 (B E D E C# E C# D A3 A3 A3 G# G# D3 G#3 A3 E A3 B B E3 E C# F#) 10
```


Generation 1 population ...

```
1 (C# F#3 G#3 D3 E G#3 F#3 G#3 C# E G#3 E E (A) G#3 A3 D3 B G# A G# A B3 B) 8
2 (A3 G# C# C#3 B G# G# E3 F# G#3 C# D3 D3 D3 E D3 F# A E C#3 B G# F# E) 9
3 (F#3 E3 A A C#3 B3 A3 A3 G# B G# C# A3 D G#3 A B A A C# B D G# C#) 6
4 (A3 G# C# C#3 B G# G# E3 F# G#3 C# D3 D3 D3 E D3 F# A E (D3) B G# F# E) 9
5 (A3 G# C# C#3 B G# G# E3 F# G#3 C# D3 D3 D3 E D3 F# A E C#3 B G# F# E) 9
6 (B A3 C#3 E F#3 C# E C#3 G#3 A G# F# D (A3) D A G# C# D3 D G#3 F# F#3 B) 6
7 (A G# F# B A A F#3 A E A3 D3 A C# D3 C# C# F# E F# G# E A G#3 B3) 8
8 (B E D E C# E C# D A3 A3 A3 G# G# D3 G#3 A3 E A3 B B E3 E C# F#) 10
```

-----the sample of individuals ...

```
65 (C# A3 A E3 A A3 C# C#3 D3 G# G# D3 F#3 F# G# B3 A E3 E G#3 G#3 A3 E3 D3) 6
58 (A3 E3 F#3 A F#3 D3 D3 A3 B3 G#3 F#3 A D C# B D3 F#3 A G#3 D3 F# G#3 C#3 C#) 2
34 (A A E D G#3 F# A3 G# G#3 A E3 D3 G# G# C#3 G# A3 B E3 A B F# A C#3) 5
87 (D3 B F# G#3 A3 A3 D3 E G# E3 C# D C# F#3 A F# A3 E F# C# F#3 G#3 F#3 F#3) 6
4 (G# E3 C# B A G#3 G#3 G#3 A3 A3 F#3 A E D3 E3 A3 G# E3 D F# F#3 A A E) 5
98 (G#3 A A3 E3 F#3 C# F# D3 F#3 B B F#3 F# E3 A3 F# A D3 C# C# C# E F# B) 5
88 (F# E B G# E3 E3 F# A3 A3 C#3 C#3 C# E D3 A B3 C#3 B B3 C# A3 B B) 5
60 (A3 A3 C#3 B3 A G# D C# E3 B G#3 E C#3 F# G# C# F#3 E3 F# F#3 C# D3 G#3 A3) 6
```

the most fit of the sample ...

```
65 (C# A3 A E3 A A3 C# C#3 D3 G# G# D3 F#3 F# G# B3 A E3 E G#3 G#3 A3 E3 D3) 6
```

Selected individual =

```
65 (C# A3 A E3 A A3 C# C#3 D3 G# G# D3 F#3 F# G# B3 A E3 E G#3 G#3 A3 E3 D3) 6
```

Possibly muted individual =

```
65 (C# A3 A E3 A A3 C# C#3 D3 G# G# D3 F#3 F# G# B3 A E3 E G#3 G#3 A3 E3 D3) 6
```

Renumbered individual =

```
9 (C# A3 A E3 A A3 C# C#3 D3 G# G# D3 F#3 F# G# B3 A E3 E G#3 G#3 A3 E3 D3) 6
```

Generation 1 population ...

```
1 (C# F#3 G#3 D3 E G#3 F#3 G#3 C# E G#3 E E (A) G#3 A3 D3 B G# A G# A B3 B) 8
2 (A3 G# C# C#3 B G# G# E3 F# G#3 C# D3 D3 D3 E D3 F# A E C#3 B G# F# E) 9
3 (F#3 E3 A A C#3 B3 A3 A3 G# B G# C# A3 D G#3 A B A A C# B D G# C#) 6
4 (A3 G# C# C#3 B G# G# E3 F# G#3 C# D3 D3 D3 E D3 F# A E (D3) B G# F# E) 9
5 (A3 G# C# C#3 B G# G# E3 F# G#3 C# D3 D3 D3 E D3 F# A E C#3 B G# F# E) 9
6 (B A3 C#3 E F#3 C# E C#3 G#3 A G# F# D (A3) D A G# C# D3 D G#3 F# F#3 B) 6
7 (A G# F# B A A F#3 A E A3 D3 A C# D3 C# C# F# E F# G# E A G#3 B3) 8
8 (B E D E C# E C# D A3 A3 A3 G# G# D3 G#3 A3 E A3 B B E3 E C# F#) 10
9 (C# A3 A E3 A A3 C# C#3 D3 G# G# D3 F#3 F# G# B3 A E3 E G#3 G#3 A3 E3 D3) 6
```

-----the sample of individuals ...

```
36 (A D A A3 C# A3 A3 E3 C#3 C# C# D A3 B G#3 B B E3 B3 F# B C#3 B3 D3) 3
6 (A D A3 F#3 C#3 C# F#3 C# A B3 D C# A3 D F# C# A3 D3 B D3 F# C#3 C#3) 4
66 (A E G# A G#3 D A A3 G#3 B3 G#3 E3 G#3 B B3 F#3 A3 G# A3 F#3 C# F#3 G# F#) 5
39 (A D3 F#3 E A G#3 A3 B3 G#3 D B3 C#3 G#3 B F# D D3 B3 D3 C#3 E3 A B3 E) 2
90 (D E3 D A B G#3 F#3 G# F#3 D3 E E3 A3 B E G# B3 B3 F# E B3 C#3 F#3 B) 5
52 (A B D3 G#3 G#3 G# C#3 F# G#3 G# A D G#3 G#3 B E3 B G# G#3 A3 E F# E A3) 5
45 (E G#3 A G# G#3 E E G#3 C#3 A3 F#3 E A F#3 G# D G#3 F# A C# A G#3 G# F#) 8
79 (D F#3 E D C# G#3 D3 E A E3 B D3 C#3 F#3 E3 D E3 B E3 F# D3 A F#3 D) 3
```

the most fit of the sample ...

```
45 (E G#3 A G# G#3 E E G#3 C#3 A3 F#3 E A F#3 G# D G#3 F# A C# A G#3 G# F#) 8
```

Selected individual =

```
45 (E G#3 A G# G#3 E E G#3 C#3 A3 F#3 E A F#3 G# D G#3 F# A C# A G#3 G# F#) 8
```

Possibly muted individual =

```
45 (E G#3 A G# G#3 E E G#3 C#3 A3 F#3 E A F#3 G# D G#3 F# A C# A G#3 G# F#) 8
```

Renumbered individual =

```
10 (E G#3 A G# G#3 E E G#3 C#3 A3 F#3 E A F#3 G# D G#3 F# A C# A G#3 G# F#) 8
```

Generation 1 population ...

```
1 (C# F#3 G#3 D3 E G#3 F#3 G#3 C# E G#3 E E (A) G#3 A3 D3 B G# A G# A B3 B) 8
2 (A3 G# C# C#3 B G# G# E3 F# G#3 C# D3 D3 D3 E D3 F# A E C#3 B G# F# E) 9
3 (F#3 E3 A A C#3 B3 A3 A3 G# B G# C# A3 D G#3 A B A A C# B D G# C#) 6
4 (A3 G# C# C#3 B G# G# E3 F# G#3 C# D3 D3 D3 E D3 F# A E (D3) B G# F# E) 9
5 (A3 G# C# C#3 B G# G# E3 F# G#3 C# D3 D3 D3 E D3 F# A E C#3 B G# F# E) 9
6 (B A3 C#3 E F#3 C# E C#3 G#3 A G# F# D (A3) D A G# C# D3 D G#3 F# F#3 B) 6
7 (A G# F# B A A F#3 A E A3 D3 A C# D3 C# C# F# E F# G# E A G#3 B3) 8
8 (B E D E C# E C# D A3 A3 A3 G# G# D3 G#3 A3 E A3 B B E3 E C# F#) 10
9 (C# A3 A E3 A A3 C# C#3 D3 G# G# D3 F#3 F# G# B3 A E3 E G#3 G#3 A3 E3 D3) 6
10 (E G#3 A G# G#3 E E G#3 C#3 A3 F#3 E A F#3 G# D G#3 F# A C# A G#3 G# F#) 8
```

Task 10: Crossover

Code:

```
( setf *crossover-demo* nil )

( defconstant *pc-x* 60 )

( defmethod perform-crossovers ( ( cp population ) ( np population ) )
  ( dotimes ( i ( nr-crossovers ) )
    ( perform-one-crossover cp np )
  )
)

( defmethod nr-crossovers ()
  ( * ( / *pc-x* 100 ) *population-size* )
)

( defmethod perform-one-crossover ( ( cp population ) ( np population ) )
  ( let ( x m mm mother father new-i )
    ( setf mother ( select-individual cp ) )
    ( setf father ( select-individual cp ) )
    ( if *crossover-demo* ( format t "Selected mother = ~%" ) )
    ( if *crossover-demo* ( display mother ) )
    ( if *crossover-demo* ( format t "Selected father = ~%" ) )
    ( if *crossover-demo* ( display father ) )
    ( setf m ( crossover mother father ) )
    ( if *crossover-demo* ( format t "the crossover = ~%" ) )
    ( if *crossover-demo* ( display m ) )
    ( setf mm ( maybe-mutate m ) )
    ( if *crossover-demo* ( format t "the possibly mutated individual = ~%" ) )
    ( if *crossover-demo* ( display mm ) )
    ( setf ( individual-number mm ) ( + 1 ( size np ) ) )
    ( if *crossover-demo* ( format t "the renumbered individual = ~%" ) )
    ( if *crossover-demo* ( display mm ) )
    ( setf new-i ( new-individual ( + 1 ( size np ) ) ( individual-note-string mm ) )
      ( setf
        ( population-individuals np )
        ( append ( population-individuals np ) ( list new-i ) )
      )
    )
    nil
  )
)

( defmethod crossover ( ( mother individual ) ( father individual )
  &aux mi fi x i )
  ( setf mi ( individual-note-string mother ) )
  ( setf fi ( individual-note-string father ) )
  ( setf x ( crossover mi fi ) )
  ( setf i ( new-individual 0 x ) )
  i
)
```

```
( defmethod perform-crossovers-demo ( &aux cp np )
  ( setf cp ( initial-population ) )
  ( setf np ( empty-population cp ) )
  ( format t "-----" )
  ( display np )
  ( format t "~%~%" )
  ( setf *select-demo* t )
  ( setf *crossover-demo* t )
  ( dotimes ( i 10 )
    ( perform-one-crossover cp np )
    ( format t "-----" )
    ( display np )
    ( format t "~%~%" )
  )
  ( setf *select-demo* nil )
  ( setf *crossover-demo* nil )
  nil
)
```

Demo:

```
[1]>
( load "harmonies.l" )
;; Loading file harmonies.l ...
;; Loaded file harmonies.l
#P"/Users/alaina/Desktop/School/CSC416/harmonies.l"
[2]> ( perform-crossovers-demo )
```

Generation 1 population ...

```
-----the sample of individuals ...
2   (D A3 A B3 C#3 G#3 D3 D3 A3 A D3 B3 C# B G#3 A G#3 G#3 D G# C#3 D3 B3 B) 2
75  (C# A3 F# G# B3 F#3 B3 D3 B B A F#3 B B3 A G# E3 A3 A3 B B F#3 A A) 3
100 (A A3 C#3 F#3 D3 E F#3 B F# A E3 F# G# A A3 G#3 A3 G#3 E D3 D D D3 C#3) 3
74  (E3 F# G#3 C# D3 D3 D3 E D3 F# A E C#3 B G# F# E C#3 D3 B3 A G# C# E3) 7
3   (C#3 E3 B3 B F#3 A3 A3 D3 A3 G#3 A3 A3 A A G# B3 A3 G# E3 C# B A G#3 G#3) 3
50  (B A3 G#3 A3 F#3 E3 G#3 E3 E F#3 F# A E E3 D3 A B3 A A F#3 D3 C# B D) 3
13  (A C# D C#3 A3 A G# A A G#3 E E3 A3 G#3 C#3 G# F# C#3 D F#3 F#3 A3 D G#) 5
39  (B3 G#3 D B3 C#3 G#3 B F# D D3 B3 D3 C#3 E3 A B3 E D G# A A G#3 D3 A3) 2
```

the most fit of the sample ...

```
74  (E3 F# G#3 C# D3 D3 D3 E D3 F# A E C#3 B G# F# E C#3 D3 B3 A G# C# E3) 7
```

the sample of individuals ...

```
66  (A3 G#3 B3 G#3 E3 G#3 B B3 F#3 A3 G# A3 F#3 C# F#3 G# F# G#3 A F#3 G#3 E3 B A) 3
26  (A3 G# B G# C# A3 D G#3 A B A A C# B D G# C# B A3 E3 B3 B3 E E) 8
82  (E3 A A3 B3 G# D3 B C# D F#3 D D3 C# E C#3 A F#3 B3 C#3 B3 F#3 D F#3 C#3) 4
96  (G#3 C# E G#3 E E E3 G#3 A3 D3 B G# A G# A B3 B A3 A3 A3 D3 F#3 A3 A3) 6
58  (A3 B3 G#3 F#3 A D C# B D3 F#3 A G#3 D3 F# G#3 C#3 C# G# G#3 D A G# E3 A3) 4
25  (D A3 G# A G# A C#3 B3 F#3 E E3 G# A3 G# B3 C# A F#3 E3 A A C#3 B3 A3) 6
91  (C# E E A3 A3 G#3 B3 D D B3 F# A3 C#3 G#3 G# A A F#3 D D F# G# E B3) 6
96  (G#3 C# E G#3 E E E3 G#3 A3 D3 B G# A G# A B3 B A3 A3 A3 D3 F#3 A3 A3) 6
```

the most fit of the sample ...

```
26  (A3 G# B G# C# A3 D G#3 A B A A C# B D G# C# B A3 E3 B3 B3 E E) 8
```

Selected mother =

```
74  (E3 F# G#3 C# D3 D3 D3 E D3 F# A E C#3 B G# F# E C#3 D3 B3 A G# C# E3) 7
```

Selected father =

```
26  (A3 G# B G# C# A3 D G#3 A B A A C# B D G# C# B A3 E3 B3 B3 E E) 8
```

the crossover =

```
0   (E3 F# B G# C# A3 D G#3 A B A A C# B D G# C# B A3 E3 B3 B3 E E) 7
```

the possibly mutated individual =

```
0   (E3 F# B G# C# A3 D G#3 A B A A C# B D G# C# B A3 E3 B3 B3 E E) 7
```

the renumbered individual =

```
1   (E3 F# B G# C# A3 D G#3 A B A A C# B D G# C# B A3 E3 B3 B3 E E) 7
```

Generation 1 population ...

1 (E3 F# B G# C# A3 D G#3 A B A A C# B D G# C# B A3 E3 B3 B3 E E) 7

-----the sample of individuals ...

98 (D3 F#3 B B F#3 F# E3 A3 F# A D3 C# C# C# E F# B A3 A3 A3 F# F# A) 4
33 (F# G# D F# A A3 A B3 A A3 E3 D G# A3 G# G#3 E3 A A E D G#3 F# A3) 4
19 (E D C# F#3 A B3 D F#3 D3 B A3 D3 C#3 G#3 A3 D G# F# B G#3 A3 D F# A) 3
81 (G# A3 C#3 A G# G#3 C#3 A A3 A G# A3 E E D3 F# E3 E3 E B A A F# A3) 6
51 (E3 D A3 B3 F#3 D D3 G# A3 C#3 C#3 A3 F# A E E3 A A B D3 G#3 G#3 G# C#3) 3
93 (D A3 C# E G# B C#3 A3 G#3 B C# A D G#3 G# A3 A C#3 B B3 D3 E G# B) 7
89 (F# D3 E C#3 F# D3 F#3 E3 A3 B3 D B A D3 F# G# F# D E3 D A B G#3 F#3) 2
19 (E D C# F#3 A B3 D F#3 D3 B A3 D3 C#3 G#3 A3 D G# F# B G#3 A3 D F# A) 3

the most fit of the sample ...

93 (D A3 C# E G# B C#3 A3 G#3 B C# A D G#3 G# A3 A C#3 B B3 D3 E G# B) 7

the sample of individuals ...

87 (E G# E3 C# D C# F#3 A F# A3 E F# C# F#3 G#3 F#3 F#3 F# E B G# E3 E3 F#) 8
51 (E3 D A3 B3 F#3 D D3 G# A3 C#3 C#3 A3 F# A E E3 A A B D3 G#3 G#3 G# C#3) 3
40 (A3 A3 A G#3 F# A A3 F# C#3 G#3 G# F# G# C#3 A3 D E A A3 G#3 E3 C#3 A E) 4
27 (C#3 C#3 A3 A3 E D A D3 C# A3 A3 G#3 E3 C# E F#3 G# B F#3 B G#3 B3 B3 G#3) 5
41 (C# A E3 E3 E C#3 A E3 G#3 A A3 D A F#3 G#3 F#3 D F# G#3 E C# G# E3 D3) 5
96 (G#3 C# E G#3 E E E3 G#3 A3 D3 B G# A G# A B3 B A3 A3 A3 D3 F#3 A3 A3) 6
97 (A3 B C#3 A G#3 D3 D3 E D F# E3 G# G# F# C#3 C#3 B3 G#3 A A3 E3 F#3 C# F#) 4
74 (E3 F# G#3 C# D3 D3 E3 D3 F# A E C#3 B G# F# E C#3 D3 B3 A G# C# E3) 7

the most fit of the sample ...

87 (E G# E3 C# D C# F#3 A F# A3 E F# C# F#3 G#3 F#3 F#3 F# E B G# E3 E3 F#) 8

Selected mother =

93 (D A3 C# E G# B C#3 A3 G#3 B C# A D G#3 G# A3 A C#3 B B3 D3 E G# B) 7

Selected father =

87 (E G# E3 C# D C# F#3 A F# A3 E F# C# F#3 G#3 F#3 F#3 F# E B G# E3 E3 F#) 8

the crossover =

0 (D A3 C# E G# B C#3 A3 G#3 B C# A D F#3 G#3 F#3 F#3 F# E B G# E3 E3 F#) 6

the possibly mutated individual =

0 (D A3 C# E G# B C#3 A3 G#3 B C# A D F#3 G#3 F#3 F#3 F# E (E) G# E3 E3 F#) 6

the renumbered individual =

2 (D A3 C# E G# B C#3 A3 G#3 B C# A D F#3 G#3 F#3 F#3 F# E (E) G# E3 E3 F#) 6

Generation 1 population ...

1 (E3 F# B G# C# A3 D G#3 A B A A C# B D G# C# B A3 E3 B3 B3 E E) 7
2 (D A3 C# E G# B C#3 A3 G#3 B C# A D F#3 G#3 F#3 F#3 F# E (E) G# E3 E3 F#) 6

-----the sample of individuals ...

11 (C#3 G#3 A G# F# D A D A G# C# D3 D G#3 F# F#3 B E3 B G#3 C#3 A E3 F#) 3
76 (F#3 B A F# G# D3 E D3 A3 G#3 A3 E3 B3 A3 A3 D3 G#3 D G# C#3 A G# A3 D) 4
65 (C#3 D3 G# G# D3 F#3 F# G# B3 A E3 E G#3 G#3 A3 E3 D3 A E G# A G#3 D A) 6
32 (A3 C#3 A3 A3 A3 D3 E3 A A B E3 G# D3 D3 G#3 A A E C# A F#3 B G# F#) 4
53 (D A3 B C#3 B3 G#3 G#3 G#3 B3 C# B E E3 A3 A B3 F# E A3 G# C# E D3 G#3) 6
56 (E3 G#3 G# G# A C#3 A D3 A A D3 F#3 D3 B G#3 B E3 G# C#3 G# D3 F# E3 C#3) 4
51 (E3 D A3 B3 F#3 D D3 G# A3 C#3 C#3 A3 F# A E E3 A A B D3 G#3 G#3 G# C#3) 3
19 (E D C# F#3 A B3 D F#3 D3 B A3 D3 C#3 G#3 A3 D G# F# B G#3 A3 D F# A) 3

the most fit of the sample ...

65 (C#3 D3 G# G# D3 F#3 F# G# B3 A E3 E G#3 G#3 A3 E3 D3 A E G# A G#3 D A) 6

the sample of individuals ...

85 (G# E3 C# B3 C#3 D3 C# B3 B G#3 A3 E C# F#3 A F# B B3 D G# F#3 B A3 C#3) 6
24 (A G#3 E D G# B E3 D3 A A F#3 B3 E3 A G#3 B A3 E A3 C# B3 D3 A3 B3) 4
34 (G# G#3 A E3 D3 G# G# C#3 G# A3 B E3 A B F# A C#3 G#3 F# B3 E E F#3 B) 6
45 (G#3 C#3 A3 F#3 E A F#3 G# D G#3 F# A C# A G#3 G# F# D B B D3 A E G#) 6
36 (E3 C#3 C# C# D A3 B G#3 B B E3 B3 F# B C#3 B3 D3 A D3 G#3 B3 D3 F#3 E) 3
22 (A F# C#3 B A3 A3 F#3 B D B3 C# C#3 B A G#3 A3 F#3 G#3 C# C# G#3 D3 D3 A3) 3
53 (D A3 B C#3 B3 G#3 G#3 G#3 B3 C# B E E3 A3 A B3 F# E A3 G# C# E D3 G#3) 6
3 (C#3 E3 B3 B F#3 A3 A3 D3 A3 G#3 A3 A A G# B3 A3 G# E3 C# B A G#3 G#3) 3

the most fit of the sample ...

85 (G# E3 C# B3 C#3 D3 C# B3 B G#3 A3 E C# F#3 A F# B B3 D G# F#3 B A3 C#3) 6

Selected mother =

65 (C#3 D3 G# G# D3 F#3 F# G# B3 A E3 E G#3 G#3 A3 E3 D3 A E G# A G#3 D A) 6

Selected father =

85 (G# E3 C# B3 C#3 D3 C# B3 B G#3 A3 E C# F#3 A F# B B3 D G# F#3 B A3 C#3) 6

the crossover =

0 (C#3 D3 G# G# D3 F#3 F# G# B3 A E3 E G#3 G#3 A3 E3 D3 A E G# A G#3 D C#3) 6

the possibly mutated individual =

0 (C#3 D3 G# G# D3 F#3 F# G# B3 A E3 E G#3 G#3 A3 E3 D3 A E G# A G#3 D C#3) 6

the renumbered individual =

3 (C#3 D3 G# G# D3 F#3 F# G# B3 A E3 E G#3 G#3 A3 E3 D3 A E G# A G#3 D C#3) 6

Generation 1 population ...

```
1 (E3 F# B G# C# A3 D G#3 A B A A C# B D G# C# B A3 E3 B3 B3 E E) 7
2 (D A3 C# E G# B C#3 A3 G#3 B C# A D F#3 G#3 F#3 F# F# E (E) G# E3 E3 F#) 6
3 (C#3 D3 G# G# D3 F#3 F# G# B3 A E3 E G#3 G#3 A3 E3 D3 A E G# A G#3 D C#3) 6
```

-----the sample of individuals ...

```
56 (E3 G#3 G# G# A C#3 A D3 A A D3 F#3 D3 B G#3 B E3 G# C#3 G# D3 F# E3 C#3) 4
54 (B C# B C# A F# G# G#3 A3 A3 F# D3 E G#3 D E3 G# F#3 B E G# C# F#3 F#3) 8
68 (C#3 F#3 G# A3 A3 B3 A A3 D E3 E3 A3 G# E E3 D3 B D3 A3 F# G#3 A E3 A) 3
21 (A E A3 D3 A C# D3 C# C# F# E F# G# E A G#3 B3 A3 G#3 G# A3 A A3 B) 8
70 (D D3 G# E A C#3 F# G#3 F#3 E B F#3 A3 A A F# F#3 G#3 D A E A3 A3 G#3) 4
51 (E3 D A3 B3 F#3 D D3 G# A3 C#3 C#3 A3 F# A E E3 A A B D3 G#3 G#3 G# C#3) 3
99 (D3 A E F#3 B3 C# C#3 E3 F#3 C# B3 F#3 A3 F#3 F#3 D3 D E C# B A A D3 C#) 6
89 (F# D3 E C#3 F# D3 F#3 E3 A3 B3 D B A D3 F# G# F# D E3 D A B G#3 F#3) 2
```

the most fit of the sample ...

```
54 (B C# B C# A F# G# G#3 A3 A3 F# D3 E G#3 D E3 G# F#3 B E G# C# F#3 F#3) 8
```

the sample of individuals ...

```
60 (C# E3 B G#3 E C#3 F# G# C# F#3 E3 F# F#3 C# D3 G#3 A3 F# E C# A E3 E G#3) 8
59 (G#3 A B A G# A3 F# A3 D3 E A G# D A F# C# D A3 A3 C#3 B3 A G# D) 5
59 (G#3 A B A G# A3 F# A3 D3 E A G# D A F# C# D A3 A3 C#3 B3 A G# D) 5
7 (D A3 A3 A3 G# G# D3 G#3 A3 E A3 B B E3 E C# F# D B3 E3 C# G# E3 B) 7
46 (A D3 A F# D3 A A3 C#3 G#3 B3 A G#3 D3 G#3 F# F# D3 B B3 A3 A A3 B3) 0
38 (C#3 G# A D3 B3 E3 E B3 A G# G# E E3 B D A D3 A D3 F#3 E A G#3 A3) 6
84 (D3 A3 C# F# A B E3 C#3 G# E G#3 E3 A3 A3 A3 A3 A G#3 A C# C#3 A G#3 C#) 5
3 (C#3 E3 B3 B F#3 A3 A3 D3 A3 G#3 A3 A A G# B3 A3 G# E3 C# B A G#3 G#3) 3
```

the most fit of the sample ...

```
60 (C# E3 B G#3 E C#3 F# G# C# F#3 E3 F# F#3 C# D3 G#3 A3 F# E C# A E3 E G#3) 8
```

Selected mother =

```
54 (B C# B C# A F# G# G#3 A3 A3 F# D3 E G#3 D E3 G# F#3 B E G# C# F#3 F#3) 8
```

Selected father =

```
60 (C# E3 B G#3 E C#3 F# G# C# F#3 E3 F# F#3 C# D3 G#3 A3 F# E C# A E3 E G#3) 8
```

the crossover =

```
0 (B C# B C# A F# G# G#3 A3 A3 F# D3 E G#3 D E3 A3 F# E C# A E3 E G#3) 7
```

the possibly mutated individual =

```
0 (B C# B C# A F# G# G#3 A3 A3 F# D3 E G#3 D E3 A3 F# E C# A E3 E G#3) 7
```

the renumbered individual =

```
4 (B C# B C# A F# G# G#3 A3 A3 F# D3 E G#3 D E3 A3 F# E C# A E3 E G#3) 7
```

Generation 1 population ...

```
1 (E3 F# B G# C# A3 D G#3 A B A A C# B D G# C# B A3 E3 B3 B3 E E) 7
2 (D A3 C# E G# B C#3 A3 G#3 B C# A D F#3 G#3 F#3 F# F# E (E) G# E3 E3 F#) 6
3 (C#3 D3 G# G# D3 F#3 F# G# B3 A E3 E G#3 G#3 A3 E3 D3 A E G# A G#3 D C#3) 6
4 (B C# B C# A F# G# G#3 A3 A3 F# D3 E G#3 D E3 A3 F# E C# A E3 E G#3) 7
```

-----the sample of individuals ...

```
45 (G#3 C#3 A3 F#3 E A F#3 G# D G#3 F# A C# A G#3 G# F# D B B D3 A E G#) 6
79 (E A E3 B D3 C#3 F#3 E3 D E3 B E3 F# D3 A F#3 D C#3 G# A3 E3 A3 G# B) 3
66 (A3 G#3 B3 G#3 E3 G#3 B B3 F#3 A3 G# A3 F#3 C# F#3 G# F# G#3 A F#3 G#3 E3 B A) 3
65 (C#3 D3 G# G# D3 F#3 F# G# B3 A E3 E G#3 G#3 A3 E3 D3 A E G# A G#3 D A) 6
58 (A3 B3 G#3 F#3 A D C# B D3 F#3 A G#3 D3 F# G#3 C#3 C# G# G#3 D A G# E3 A3) 4
34 (G# G#3 A E3 D3 G# G# C#3 G#3 A3 B E3 A B F# A C#3 G#3 F# B3 E E F#3 B) 6
87 (E G# E3 C# D C# F#3 A F# A3 E F# C# F#3 G#3 F#3 F#3 F# E B G# E3 E3 F#) 8
4 (G#3 A3 A3 F#3 A E D3 E3 A3 G# E3 D F# F#3 A A E E G#3 A E A G#3 B) 5
```

the most fit of the sample ...

```
87 (E G# E3 C# D C# F#3 A F# A3 E F# C# F#3 G#3 F#3 F#3 F# E B G# E3 E3 F#) 8
```

the sample of individuals ...

```
51 (E3 D A3 B3 F#3 D D3 G# A3 C#3 C#3 A3 F# A E E3 A A B D3 G#3 G#3 G# C#3) 3
98 (D3 F#3 B B F#3 F# E3 A3 F# A D3 C# C# C# E F# B A3 A3 A3 F# F# A) 4
36 (E3 C#3 C# C# D A3 B G#3 B B E3 B3 F# B C#3 B3 D3 A D3 G#3 B3 D3 F#3) 3
6 (C# A B3 D C# A3 D F# C# A3 D3 D3 B D3 F# C#3 C#3 B E D E C# E C#) 8
66 (A3 G#3 B3 G#3 E3 G#3 B B3 F#3 A3 G# A3 F#3 C# F#3 G# F# G#3 A F#3 G#3 E3 B A) 3
39 (B3 G#3 D B3 C#3 G#3 B F# D D3 B3 D3 C#3 E3 A B3 E D G# A A G#3 D3 A3) 2
90 (G# F#3 D3 E E3 A3 B E G# B3 B3 F# E B3 C#3 F#3 B C#3 D D3 F# D E E3) 6
52 (F# G#3 G# A D G#3 G#3 B E3 B G# G#3 A3 E F# E A3 D D3 D G#3 D A A3) 4
```

the most fit of the sample ...

```
6 (C# A B3 D C# A3 D F# C# A3 D3 D3 B D3 F# C#3 C#3 B E D E C# E C#) 8
```

Selected mother =

```
87 (E G# E3 C# D C# F#3 A F# A3 E F# C# F#3 G#3 F#3 F#3 F# E B G# E3 E3 F#) 8
```

Selected father =

```
6 (C# A B3 D C# A3 D F# C# A3 D3 D3 B D3 F# C#3 C#3 B E D E C# E C#) 8
```

the crossover =

```
0 (E G# E3 C# D C# F#3 A F# A3 E F# C# F#3 G#3 F#3 F#3 F# E B G# C# E C#) 11
```

the possibly mutated individual =

```
0 (E G# E3 C# D C# F#3 A F# A3 (F#) F# C# F#3 G#3 F#3 F#3 F# E B G# C# E C#) 10
```

the renumbered individual =

```
5 (E G# E3 C# D C# F#3 A F# A3 (F#) F# C# F#3 G#3 F#3 F#3 F# E B G# C# E C#) 10
```

Generation 1 population ...

```
1 (E3 F# B G# C# A3 D G#3 A B A A C# B D G# C# B A3 E3 B3 B3 E E) 7
2 (D A3 C# E G# B C#3 A3 G#3 B C# A D F#3 G#3 F#3 F# F# E (E) G# E3 E3 F#) 6
3 (C#3 D3 G# G# D3 F#3 F# G# B3 A E3 E G#3 G#3 A3 E3 D3 A E G# A G#3 D C#3) 6
4 (B C# B C# A F# G# G#3 A3 A3 F# D3 E G#3 D E3 A3 F# E C# A E3 E G#3) 7
5 (E G# E3 C# D C# F#3 A F# A3 (F#) F# C# F#3 G#3 F#3 F#3 F# E B G# C# E C#) 10
```

-----the sample of individuals ...

```
56 (E3 G#3 G# G# A C#3 A D3 A A D3 F#3 D3 B G#3 B E3 G# C#3 G# D3 F# E3 C#3) 4
63 (F# E3 G#3 A3 F#3 D G#3 F#3 C# E3 F#3 D E3 A3 B3 G# A3 G#3 E3 A3 B3 A3 C#3 B) 2
51 (E3 D A3 B3 F#3 D D3 G# A3 C#3 C#3 A3 F# A E E3 A A B D3 G#3 G#3 G# C#3) 3
7 (D A3 A3 A3 G# G# D3 G#3 A3 E A3 B B E3 E C# F# D B3 E3 C# G# E3 B) 7
99 (D3 A E F#3 B3 C# C#3 E3 F#3 C# B3 F#3 A3 F#3 F#3 D3 D E C# B A A D3 C#) 6
69 (A3 E3 D D3 D G# C# F# A C# C#3 G# B F# B3 B3 F# B A3 A3 C# F# E3 G#) 6
35 (C#3 F# A F# E3 A B3 D3 E A3 D D C#3 B3 D C#3 B A D A A3 C# A3 A3) 2
42 (G#3 C#3 C#3 E A3 A E B3 A3 B G# F# A3 F# D C#3 E3 G#3 F#3 C#3 C#3 B C# A) 4
```

the most fit of the sample ...

```
7 (D A3 A3 A3 G# G# D3 G#3 A3 E A3 B B E3 E C# F# D B3 E3 C# G# E3 B) 7
```

the sample of individuals ...

```
19 (E D C# F#3 A B3 D F#3 D3 B A3 D3 C#3 G#3 A3 D G# F# B G#3 A3 D F# A) 3
12 (B3 E A C# G# G#3 A A D A A3 A3 A C#3 D3 A3 B3 E F# F# F# G# B3 G#) 6
3 (C#3 E3 B3 B F#3 A3 A3 D3 A3 G#3 A3 A3 A A G# B3 A3 G# E3 C# B A G#3 G#3) 3
24 (A G#3 E D G# B E3 D3 A A F#3 B3 E3 A G#3 B A3 E A3 C# B3 D3 A3 B3) 4
17 (E3 F#3 E G#3 A C# A3 E3 F# D G# E3 E G# A B3 A3 G#3 D3 F#3 A B3 A3 D3) 5
74 (E3 F# G#3 C# D3 D3 D3 E D3 F# A E C#3 B G# F# E C#3 D3 B3 A G# C# E3) 7
59 (G#3 A B A G# A3 F# A3 D3 E A G# D A F# C# D A3 A3 C#3 B3 A G# D) 5
20 (A3 D C#3 C#3 A3 D3 A C# G#3 G#3 A A B3 C#3 C#3 B3 A G# F# B A A F#3) 2
```

the most fit of the sample ...

```
74 (E3 F# G#3 C# D3 D3 D3 E D3 F# A E C#3 B G# F# E C#3 D3 B3 A G# C# E3) 7
```

Selected mother =

```
7 (D A3 A3 A3 G# G# D3 G#3 A3 E A3 B B E3 E C# F# D B3 E3 C# G# E3 B) 7
```

Selected father =

```
74 (E3 F# G#3 C# D3 D3 D3 E D3 F# A E C#3 B G# F# E C#3 D3 B3 A G# C# E3) 7
```

the crossover =

```
0 (D A3 A3 A3 G# G# D3 G#3 A3 E A3 E C#3 B G# F# E C#3 D3 B3 A G# C# E3) 8
```

the possibly mutated individual =

```
0 (D A3 A3 A3 G# G# D3 G#3 A3 E A3 E C#3 B G# F# E C#3 D3 B3 A G# C# E3) 8
```

the renumbered individual =

```
6 (D A3 A3 A3 G# G# D3 G#3 A3 E A3 E C#3 B G# F# E C#3 D3 B3 A G# C# E3) 8
```

Generation 1 population ...

```
1 (E3 F# B G# C# A3 D G#3 A B A A C# B D G# C# B A3 E3 B3 B3 E E) 7
2 (D A3 C# E G# B C#3 A3 G#3 B C# A D F#3 G#3 F#3 F#3 F# E (E) G# E3 E3 F#) 6
3 (C#3 D3 G# G# D3 F#3 F# G# B3 A E3 E G#3 G#3 A3 E3 D3 A E G# A G#3 D C#3) 6
4 (B C# B C# A F# G# G#3 A3 A3 F# D3 E G#3 D E3 A3 F# E C# A E3 E G#3) 7
5 (E G# E3 C# D C# F#3 A F# A3 (F#) F# C# F#3 G#3 F#3 F#3 F# E B G# C# E C#) 10
6 (D A3 A3 A3 G# G# D3 G#3 A3 E A3 E C#3 B G# F# E C#3 D3 B3 A G# C# E3) 8
```

-----the sample of individuals ...

```
13 (A C# D C#3 A3 A G# A A G#3 E E3 A3 G#3 C#3 G# F# C#3 D F#3 F#3 A3 D G#) 5
50 (B A3 G#3 A3 F#3 E3 G#3 E3 E F#3 F# A E E3 D3 A B3 A A F#3 D3 C# B D) 3
41 (C# A E3 E3 E C#3 A E3 G#3 A A3 D A F#3 G#3 F#3 D F# G#3 E C# G# E3 D3) 5
88 (A3 A3 C#3 C#3 C# E D3 A B3 C#3 B B3 C# A3 B B A F# D3 G#3 A3 B3 D3) 3
9 (A F# E3 A3 E A A3 C# A3 F# E3 F# D C#3 A D B3 C# G# G# B3 D3 B B) 5
71 (A3 E3 A3 D G#3 F# A3 D3 F#3 C# B3 G# D E3 C#3 A D D E C# F#3 G# D3 A) 5
68 (C#3 F#3 G# A3 A3 B3 A A3 D E3 E3 A3 G# E E3 D3 B D3 A3 F# G#3 A E3 A) 3
73 (D A3 D3 B3 D E C# F# D C#3 D A D3 A E3 A G#3 A3 G# C# C#3 B G# G#) 6
```

the most fit of the sample ...

```
73 (D A3 D3 B3 D E C# F# D C#3 D A D3 A E3 A G#3 A3 G# C# C#3 B G# G#) 6
```

the sample of individuals ...

```
68 (C#3 F#3 G# A3 A3 B3 A A3 D E3 E3 A3 G# E E3 D3 B D3 A3 F# G#3 A E3 A) 3
87 (E G# E3 C# D C# F#3 A F# A3 E F# C# F#3 G#3 F#3 F#3 F# E B G# E3 E3 F#) 8
68 (C#3 F#3 G# A3 A3 B3 A A3 D E3 E3 A3 G# E E3 D3 B D3 A3 F# G#3 A E3 A) 3
89 (F# D3 E C#3 F# D3 F#3 E3 A3 B3 D B A D3 F# G# F# D E3 D A B G#3 F#3) 2
42 (G#3 C#3 C#3 E A3 A E B3 A3 B G# F# A3 F# D C#3 E3 G#3 F#3 C#3 C#3 B C# A) 4
20 (A3 D C#3 C#3 A3 D3 A A C# G#3 G#3 A A B3 C#3 C#3 B3 A G# F# B A A F#3) 2
30 (A E D F# D E D3 E3 E3 G# G# F#3 B3 A D3 G#3 A B B3 G#3 D3 E3 A3 C#3) 4
28 (A F# B3 E E D3 D3 B E3 G#3 A D3 B3 D3 E A3 E G#3 D A3 A E3 B A) 4
```

the most fit of the sample ...

```
87 (E G# E3 C# D C# F#3 A F# A3 E F# C# F#3 G#3 F#3 F#3 F# E B G# E3 E3 F#) 8
```

Selected mother =

```
73 (D A3 D3 B3 D E C# F# D C#3 D A D3 A E3 A G#3 A3 G# C# C#3 B G# G#) 6
```

Selected father =

```
87 (E G# E3 C# D C# F#3 A F# A3 E F# C# F#3 G#3 F#3 F#3 F# E B G# E3 E3 F#) 8
```

the crossover =

```
0 (D A3 D3 B3 D E C# A F# A3 E F# C# F#3 G#3 F#3 F#3 F# E B G# E3 E3 F#) 6
```

the possibly mutated individual =

```
0 (D A3 D3 B3 D E C# A F# A3 E F# C# F#3 G#3 F#3 F#3 F# E B G# E3 E3 F#) 6
```

the renumbered individual =

```
7 (D A3 D3 B3 D E C# A F# A3 E F# C# F#3 G#3 F#3 F#3 F# E B G# E3 E3 F#) 6
```

Generation 1 population ...

```
1 (E3 F# B G# C# A3 D G#3 A B A A C# B D G# C# B A3 E3 B3 B3 E E) 7
2 (D A3 C# E G# B C#3 A3 G#3 B C# A D F#3 G#3 F#3 F# F# E (E) G# E3 E3 F#) 6
3 (C#3 D3 G# G# D3 F#3 F# G# B3 A E3 E G#3 G#3 A3 E3 D3 A E G# A G#3 D C#3) 6
4 (B C# B C# A F# G# G#3 A3 A3 F# D3 E G#3 D E3 A3 F# E C# A E3 E G#3) 7
5 (E G# E3 C# D C# F#3 A F# A3 (F#) F# C# F#3 G#3 F#3 F#3 F# E B G# C# E C#) 10
6 (D A3 A3 G# G# D3 G#3 A3 E A3 E C#3 B G# F# E C#3 D3 B3 A G# C# E3) 8
7 (D A3 D3 B3 D E C# A F# A3 E F# C# F#3 G#3 F#3 F#3 F# E B G# E3 E3 F#) 6
```

-----the sample of individuals ...

```
16 (F#3 F# D3 B3 A3 C#3 G# D D B B3 A A3 A B3 E C#3 A A3 A A3 D B) 2
24 (A G#3 E D G# B E3 D3 A A F#3 B3 E3 A G#3 B A3 E A3 C# B3 D3 A3 B3) 4
89 (F# D3 E C#3 F# D3 F#3 E3 A3 B3 D B A D3 F# G# F# D E3 D A B G#3 F#3) 2
23 (A3 A3 D G#3 C#3 E A E A3 B3 C# A A G#3 A3 A A3 F# C#3 D3 D3 E3 F#3 A) 3
86 (B A A3 C# G# D3 A3 D3 F#3 F# B3 E3 A3 E3 B3 C#3 A D3 B F# G#3 A3 A3 D3) 2
60 (C# E3 B G#3 E C#3 F# G# C# F#3 E3 F# F#3 C# D3 G#3 A3 F# E C# A E3 E G#3) 8
32 (A3 C#3 A3 A3 A3 D3 E3 A A B E3 G# D3 D3 G#3 A A E C# A F#3 B G# F#) 4
5 (B3 E B F#3 B G#3 D3 A3 A3 B3 A3 A F# D3 B3 C# E3 A D A3 F#3 C#3 C# F#3) 3
```

the most fit of the sample ...

```
60 (C# E3 B G#3 E C#3 F# G# C# F#3 E3 F# F#3 C# D3 G#3 A3 F# E C# A E3 E G#3) 8
```

the sample of individuals ...

```
50 (B A3 G#3 A3 F#3 E3 G#3 E3 E F#3 F# A E E3 D3 A B3 A A F#3 D3 C# B D) 3
31 (D3 B3 G# C#3 E A D D E B A3 E A D3 C# D3 E3 C#3 C#3 A A3 E3 A G#) 6
61 (E A3 E B3 B3 B3 D3 A3 D3 A3 A3 D3 B F#3 C#3 A A3 B3 C#3 F#3 E D3 G#3 A3) 3
39 (B3 G#3 D B3 C#3 G#3 B F# D D3 B3 D3 C#3 E3 A B3 E D G# A A G#3 D3 A3) 2
76 (F#3 B A F# G# D3 E D3 A3 G#3 A3 E3 B3 A3 A3 D3 G#3 D G# C#3 A G# A3 D) 4
59 (G#3 A B A G# A3 F# A3 D3 E A G# D A F# C# D A3 A3 C#3 B3 A G# D) 5
66 (A3 G#3 B3 G#3 E3 G#3 B B3 F#3 A3 G# A3 F#3 C# F#3 G# F# G#3 A F#3 G#3 E3 B A) 3
89 (F# D3 E C#3 F# D3 F#3 E3 A3 B3 D B A D3 F# G# F# D E3 D A B G#3 F#3) 2
```

the most fit of the sample ...

```
31 (D3 B3 G# C#3 E A D D E B A3 E A D3 C# D3 E3 C#3 C#3 A A3 E3 A G#) 6
```

Selected mother =

```
60 (C# E3 B G#3 E C#3 F# G# C# F#3 E3 F# F#3 C# D3 G#3 A3 F# E C# A E3 E G#3) 8
```

Selected father =

```
31 (D3 B3 G# C#3 E A D D E B A3 E A D3 C# D3 E3 C#3 C#3 A A3 E3 A G#) 6
```

the crossover =

```
0 (C# E3 B G#3 E C#3 F# G# C# F#3 E3 F# F#3 C# D3 G#3 E3 C#3 C#3 A A3 E3 A G#) 6
```

the possibly mutated individual =

```
0 (C# E3 B G#3 E C#3 F# G# C# F#3 E3 F# F#3 C# D3 G#3 E3 C#3 C#3 A A3 E3 A G#) 6
```

the renumbered individual =

```
8 (C# E3 B G#3 E C#3 F# G# C# F#3 E3 F# F#3 C# D3 G#3 E3 C#3 C#3 A A3 E3 A G#) 6
```

Generation 1 population ...

```
1 (E3 F# B G# C# A3 D G#3 A B A A C# B D G# C# B A3 E3 B3 B3 E E) 7
2 (D A3 C# E G# B C#3 A3 G#3 B C# A D F#3 G#3 F#3 F#3 F# E (E) G# E3 E3 F#) 6
3 (C#3 D3 G# G# D3 F#3 F# G# B3 A E3 E G#3 G#3 A3 E3 D3 A E G# A G#3 D C#3) 6
4 (B C# B C# A F# G# G#3 A3 A3 F# D3 E G#3 D E3 A3 F# E C# A E3 E G#3) 7
5 (E G# E3 C# D C# F#3 A F# A3 (F#) F# C# F#3 G#3 F#3 F#3 F# E B G# C# E C#) 10
6 (D A3 A3 G# G# D3 G#3 A3 E A3 E C#3 B G# F# E C#3 D3 B3 A G# C# E3) 8
7 (D A3 D3 B3 D E C# A F# A3 E F# C# F#3 G#3 F#3 F#3 F# E B G# E3 E3 F#) 6
8 (C# E3 B G#3 E C#3 F# G# C# F#3 E3 F# F#3 C# D3 G#3 E3 C#3 C#3 A A3 E3 A G#) 6
```

-----the sample of individuals ...

```
34 (G# G#3 A E3 D3 G# G# C#3 G# A3 B E3 A B F# A C#3 G#3 F# B3 E E F#3 B) 6
12 (B3 E A C# G# G#3 A A D A A3 A3 A C#3 D3 A3 B3 E F# F# F# G# B3 G#) 6
51 (E3 D A3 B3 F#3 D D3 G# A3 C#3 C#3 A3 F# A E E3 A A B D3 G#3 G#3 G# C#3) 3
11 (C#3 G#3 A G# F# D A D A G# C# D3 D G#3 F# F#3 B E3 B G#3 C#3 A E3 F#) 3
81 (G# A3 C#3 A G# G#3 C#3 A A3 A G# A3 E E D3 F# E3 E3 E B A A F# A3) 6
38 (C#3 G# A D3 B3 E3 E B3 A G# G# E E3 B D A D3 A3 F#3 E A G#3 A3) 6
19 (E D C# F#3 A B3 D F#3 D3 B A3 D3 C#3 G#3 A3 D G# F# B G#3 A3 D F# A) 3
45 (G#3 C#3 A3 F#3 E A F#3 G# D G#3 F# A C# A G#3 G# F# D B B D3 A E G#) 6
```

the most fit of the sample ...

```
34 (G# G#3 A E3 D3 G# G# C#3 G# A3 B E3 A B F# A C#3 G#3 F# B3 E E F#3 B) 6
```

the sample of individuals ...

```
39 (B3 G#3 D B3 C#3 G#3 B F# D D3 B3 D3 C#3 E3 A B3 E D G# A A G#3 D3 A3) 2
40 (A3 A3 A G#3 F# A A3 F# C#3 G#3 G# F# G# C#3 A3 D E A A3 G#3 E3 C#3 A E) 4
19 (E D C# F#3 A B3 D F#3 D3 B A3 D3 C#3 G#3 A3 D G# F# B G#3 A3 D F# A) 3
34 (G# G#3 A E3 D3 G# G# C#3 G# A3 B E3 A B F# A C#3 G#3 F# B3 E E F#3 B) 6
48 (F#3 C#3 B B F#3 A G#3 A A G#3 D3 A3 D3 E3 G#3 A3 D F#3 A B3 G# G# E G#) 4
97 (A3 B C#3 A G#3 D3 D3 E D F# E3 G# G# F# C#3 C#3 B3 G#3 A A3 E3 F#3 C# F#) 4
20 (A3 D C#3 C#3 A3 D3 A A C# G#3 G#3 A A B3 C#3 C#3 B3 A G# F# B A A F#3) 2
81 (G# A3 C#3 A G# G#3 C#3 A A3 A G# A3 E E D3 F# E3 E3 E B A A F# A3) 6
```

the most fit of the sample ...

```
34 (G# G#3 A E3 D3 G# G# C#3 G# A3 B E3 A B F# A C#3 G#3 F# B3 E E F#3 B) 6
```

Selected mother =

```
34 (G# G#3 A E3 D3 G# G# C#3 G# A3 B E3 A B F# A C#3 G#3 F# B3 E E F#3 B) 6
```

Selected father =

```
34 (G# G#3 A E3 D3 G# G# C#3 G# A3 B E3 A B F# A C#3 G#3 F# B3 E E F#3 B) 6
```

the crossover =

```
0 (G# G#3 A E3 D3 G# G# C#3 G# A3 B E3 A B F# A C#3 G#3 F# B3 E E F#3 B) 6
```

the possibly mutated individual =

```
0 (G# G#3 A E3 D3 G# G# C#3 G# A3 B E3 A B F# A C#3 G#3 F# B3 (A3) E F#3 B) 5
```

the renumbered individual =

```
9 (G# G#3 A E3 D3 G# G# C#3 G# A3 B E3 A B F# A C#3 G#3 F# B3 (A3) E F#3 B) 5
```

Generation 1 population ...

```
1 (E3 F# B G# C# A3 D G#3 A B A A C# B D G# C# B A3 E3 B3 B3 E E) 7
2 (D A3 C# E G# B C#3 A3 G#3 B C# A D F#3 G#3 F#3 F# E (E) G# E3 E3 F#) 6
3 (C#3 D3 G# G# D3 F#3 F# G# B3 A E3 E G#3 G#3 A3 E3 D3 A E G# A G#3 D C#3) 6
4 (B C# B C# A F# G# G#3 A3 A3 F# D3 E G#3 D E3 A3 F# E C# A E3 E G#3) 7
5 (E G# E3 C# D C# F#3 A F# A3 (F#) F# C# F#3 G#3 F#3 F#3 F# E B G# C# E C#) 10
6 (D A3 A3 A3 G# G# D3 G#3 A3 E A3 E C#3 B G# F# E C#3 D3 B3 A G# C# E3) 8
7 (D A3 D3 B3 D E C# A F# A3 E F# C# F#3 G#3 F#3 F#3 F# E B G# E3 E3 F#) 6
8 (C# E3 B G#3 E C#3 F# G# C# F#3 E3 F# F#3 C# D3 G#3 E3 C#3 C#3 A A3 E3 A G#) 6
9 (G# G#3 A E3 D3 G# G# C#3 G# A3 B E3 A B F# A C#3 G#3 F# B3 (A3) E F#3 B) 5
```

-----the sample of individuals ...

```
34 (G# G#3 A E3 D3 G# G# C#3 G# A3 B E3 A B F# A C#3 G#3 F# B3 E E F#3 B) 6
59 (G#3 A B A G# A3 F# A3 D3 E A G# D A F# C# D A3 A3 C#3 B3 A G# D) 5
31 (D3 B3 G# C#3 E A D D E B A3 E A D3 C# D3 E3 C#3 C#3 A A3 E3 A G#) 6
14 (D3 B3 E3 A A3 G#3 D3 B3 F# A3 B3 B3 D E3 E3 D G#3 G#3 F# B3 D3 F#3 C# A) 1
23 (A3 A3 D G#3 C#3 E A E A3 B3 C# A A G#3 A3 A A3 F# C#3 D3 D3 E3 F#3 A) 3
23 (A3 A3 D G#3 C#3 E A E A3 B3 C# A A G#3 A3 A A3 F# C#3 D3 D3 E3 F#3 A) 3
16 (F#3 F# D3 B3 A3 C#3 G# D D B B3 A A3 A B3 E C#3 A A3 A A3 D B) 2
91 (C# E E A3 A3 G#3 B3 D D B3 F# A3 C#3 G#3 G# A A F#3 D D F# G# E B3) 6
```

the most fit of the sample ...

```
34 (G# G#3 A E3 D3 G# G# C#3 G# A3 B E3 A B F# A C#3 G#3 F# B3 E E F#3 B) 6
```

the sample of individuals ...

```
35 (C#3 F# A F# E3 A B3 D3 E A3 D D C#3 B3 D C#3 B A D A A3 C# A3 A3) 2
4 (G#3 A3 A3 F#3 A E D3 E3 A3 G# E3 D F# F#3 A A E E G#3 A E A G#3 B) 5
96 (G#3 C# E G#3 E E E3 G#3 A3 D3 B G# A G# A B3 B A3 A3 A3 D3 F#3 A3 A3) 6
78 (F# E3 B C#3 F#3 B F# D3 A D A D C# A A3 G# B3 D F#3 E D C# G#3 D3) 4
19 (E D C# F#3 A B3 D F#3 D3 B A3 D3 C#3 G#3 A3 D G# F# B G#3 A3 D F# A) 3
45 (G#3 C#3 A3 F#3 E A F#3 G# D G#3 F# A C# A G#3 G# F# D B B D3 A E G#) 6
34 (G# G#3 A E3 D3 G# G# C#3 G# A3 B E3 A B F# A C#3 G#3 F# B3 E E F#3 B) 6
66 (A3 G#3 B3 G#3 E3 G#3 B B3 F#3 A3 G# A3 F#3 C# F#3 G# F# G#3 A F#3 G#3 E3 B A) 3
```

the most fit of the sample ...

```
96 (G#3 C# E G#3 E E E3 G#3 A3 D3 B G# A G# A B3 B A3 A3 A3 D3 F#3 A3 A3) 6
```

Selected mother =

```
34 (G# G#3 A E3 D3 G# G# C#3 G# A3 B E3 A B F# A C#3 G#3 F# B3 E E F#3 B) 6
```

Selected father =

```
96 (G#3 C# E G#3 E E E3 G#3 A3 D3 B G# A G# A B3 B A3 A3 A3 D3 F#3 A3 A3) 6
```

the crossover =

```
0 (G# G#3 E G#3 E E E3 G#3 A3 D3 B G# A G# A B3 B A3 A3 A3 D3 F#3 A3 A3) 6
```

the possibly mutated individual =

```
0 (G# G#3 E G#3 E E E3 G#3 A3 D3 B G# A G# A B3 B A3 A3 A3 D3 F#3 A3 A3) 6
```

the renumbered individual =

```
10 (G# G#3 E G#3 E E E3 G#3 A3 D3 B G# A G# A B3 B A3 A3 A3 D3 F#3 A3 A3) 6
```

Generation 1 population ...

```
1 (E3 F# B G# C# A3 D G#3 A B A A C# B D G# C# B A3 E3 B3 B3 E E) 7
2 (D A3 C# E G# B C#3 A3 G#3 B C# A D F#3 G#3 F#3 F#3 F# E (E) G# E3 E3 F#) 6
3 (C#3 D3 G# G# D3 F#3 F# G# B3 A E3 E G#3 G#3 A3 E3 D3 A E G# A G#3 D C#3) 6
4 (B C# B C# A F# G# G#3 A3 A3 F# D3 E G#3 D E3 A3 F# E C# A E3 E G#3) 7
5 (E G# E3 C# D C# F#3 A F# A3 (F#) F# C# F#3 G#3 F#3 F#3 F# E B G# C# E C#) 10
6 (D A3 A3 A3 G# G# D3 G#3 A3 E A3 E C#3 B G# F# E C#3 D3 B3 A G# C# E3) 8
7 (D A3 D3 B3 D E C# A F# A3 E F# C# F#3 G#3 F#3 F#3 F# E B G# E3 E3 F#) 6
8 (C# E3 B G#3 E C#3 F# G# C# F#3 E3 F# F#3 C# D3 G#3 E3 C#3 C#3 A A3 E3 A G#) 6
9 (G# G#3 A E3 D3 G# G# C#3 G# A3 B E3 A B F# A C#3 G#3 F# B3 (A3) E F#3 B) 5
10 (G# G#3 E G#3 E E E3 G#3 A3 D3 B G# A G# A B3 B A3 A3 A3 D3 F#3 A3 A3) 6
```


Task 11: GA

Code:

```
;; THE NEXT GENERATION METHOD FOR THE GA

( defmethod next-generation ( ( cp population ) &aux np )
  ( setf np ( empty-population cp ) )
  ( perform-copies cp np )
  ( perform-crossovers cp np )
  np
)

;; THE GA!
( defconstant *nr-generations* 25 )

( defmethod ga ( &aux p )
  ( format t "THE WORLD IS HARMONIOUS ~%~%" )
  ( setf *fitness* #'fitness-consonant )
  ( setf p ( initial-population ) )
  ( terpri )
  ( summarize p )
  ( dotimes ( i *nr-generations* )
    ( setf p ( next-generation p ) )
    ( check-average p )
  )
)

;; METHODS TO PROVIDE INFORMATION ON "PROGRESS"

( defmethod summarize ( ( p population ) )
  ( display p )
  ( check-average p )
  ( terpri )
)

( defmethod check-average ( ( p population ) )
  ( format t "average fitness of populatioon ~A = ~A~%"
    ( population-generation p )
    ( average p )
  )
)
```

Demo:

```
[1]> ( load "harmonies.l" )  
;; Loading file harmonies.l ...  
;; Loaded file harmonies.l  
#P"/Users/alaina/Desktop/School/CSC416/harmonies.l"  
[2]> ( ga )  
THE WORLD IS HARMONIOUS
```

Generation 0 population ...

```
1      (C#3 E3 B G#3 B E A G#3 B3 D3 C# A A3 G# C#3 D A3 A B3 C#3  
G#3 D3 D3 A3) 3  
2      (A D3 B3 C# B G#3 A G#3 G#3 D G# C#3 D3 B3 B C#3 E3 B3 B  
F#3 A3 A3 D3 A3) 2  
3      (G#3 A3 A3 A A G# B3 A3 G# E3 C# B A G#3 G#3 G#3 A3 A3 F#3  
A E D3 E3 A3) 4  
4      (G# E3 D F# F#3 A A E E G#3 A E A G#3 B B3 E B F#3 B G#3  
D3 A3 A3) 5  
5      (B3 A3 A F# D3 B3 C# E3 A D A3 F#3 C#3 C# F#3 C# A B3 D C#  
A3 D F# C#) 5  
6      (A3 D3 D3 B D3 F# C#3 C#3 B E D E C# E C# D A3 A3 A3 G# G#  
D3 G#3 A3) 7  
7      (E A3 B B E3 E C# F# D B3 E3 C# G# E3 B F# A F#3 D D A E3  
F#3 C#) 6  
8      (F#3 A B3 A3 B A C#3 A G#3 E3 C# B B3 C# D3 A F# E3 A3 E A  
A3 C# A3) 4  
9      (F# E3 F# D C#3 A D B3 C# G# G# B3 D3 B B A3 G#3 F# F# C#  
E F#3 G#3 E) 6
```

10 (F#3 E F# A B3 A3 A3 E B A3 C#3 E F#3 C# E C#3 G#3 A G# F#
D A D A) 6

11 (G# C# D3 D G#3 F# F#3 B E3 B G#3 C#3 A E3 F# B3 E A C# G#
G#3 A A D) 5

12 (A A3 A3 A C#3 D3 A3 B3 E F# F# F# G# B3 G# A C# D C#3 A3
A G# A A) 5

13 (G#3 E E3 A3 G#3 C#3 G# F# C#3 D F#3 F#3 A3 D G# D3 B3 E3
A A3 G#3 D3 B3 F#) 3

14 (A3 B3 B3 D E3 E3 D G#3 G#3 F# B3 D3 F#3 C# A A C#3 E3 F#
C#3 E A3 A3 G#) 3

15 (F# A3 A3 D3 E B3 A3 E3 C# E C#3 B3 A3 A3 C#3 F#3 F# D3 B3
A3 C#3 G# D D) 4

16 (B B3 A A3 A B3 E C#3 A A3 A A3 A3 D B E3 F#3 E G#3 A C#
A3 E3 F#) 3

17 (D G# E3 E G# A B3 A3 G#3 D3 F#3 A B3 A3 D3 G# B G#3 E E
E3 D3 F# F#) 6

18 (G#3 A3 F# A D D3 B3 G# A3 G# B B3 B F# D3 E D C# F#3 A B3
D F#3 D3) 4

19 (B A3 D3 C#3 G#3 A3 D G# F# B G#3 A3 D F# A A3 D C#3 C#3
A3 D3 A A C#) 2

20 (G#3 G#3 A A B3 C#3 C#3 B3 A G# F# B A A F#3 A E A3 D3 A
C# D3 C# C#) 5

21 (F# E F# G# E A G#3 B3 A3 G#3 G# A3 A A3 B A F# C#3 B A3
A3 F#3 B D) 4

22 (B3 C# C#3 B A G#3 A3 F#3 G#3 C# C# G#3 D3 D3 A3 A3 A3 D
G#3 C#3 E A E A3) 5

23 (B3 C# A A G#3 A3 A A3 F# C#3 D3 D3 E3 F#3 A A G#3 E D G#
B E3 D3 A) 3

24 (A F#3 B3 E3 A G#3 B A3 E A3 C# B3 D3 A3 B3 D A3 G# A G# A
C#3 B3 F#3) 4

25 (E E3 G# A3 G# B3 C# A F#3 E3 A A C#3 B3 A3 A3 G# B G# C#
A3 D G#3 A) 7

26 (B A A C# B D G# C# B A3 E3 B3 B3 E E C#3 C#3 A3 A3 E D A
D3 C#) 7

27 (A3 A3 G#3 E3 C# E F#3 G# B F#3 B G#3 B3 B3 G#3 A F# B3 E
E D3 D3 B E3) 5

28 (G#3 A D3 B3 D3 E A3 E G#3 D A3 A E3 B A E A3 A G#3 D3 B
D3 B A) 3

29 (A A3 A A3 E3 G#3 A3 A A3 E B G#3 C# F# A A E D F# D E D3
E3 E3) 4

30 (G# G# F#3 B3 A D3 G#3 A B B3 G#3 D3 E3 A3 C#3 D3 B3 G#
C#3 E A D D E) 5

31 (B A3 E A D3 C# D3 E3 C#3 C#3 A A3 E3 A G# A3 C#3 A3 A3 A3
D3 E3 A A) 3

32 (B E3 G# D3 D3 G#3 A A E C# A F#3 B G# F# F# G# D F# A A3
A B3 A) 5

33 (A3 E3 D G# A3 G# G#3 E3 A A E D G#3 F# A3 G# G#3 A E3 D3
G# G# C#3 G#) 7

34 (A3 B E3 A B F# A C#3 G#3 F# B3 E E F#3 B C#3 F# A F# E3 A
B3 D3 E) 3

35 (A3 D D C#3 B3 D C#3 B A D A A3 C# A3 A3 E3 C#3 C# C# D A3
B G#3 B) 3

36 (B E3 B3 F# B C#3 B3 D3 A D3 G#3 B3 D3 F#3 E E A C#3 E C#3
C# A C# A) 5

37 (G#3 F# G#3 D A3 B F# B E F# A A3 A A C# C#3 G# A D3 B3 E3
E B3 A) 4

38 (G# G# E E3 B D A D3 A D3 F#3 E A G#3 A3 B3 G#3 D B3 C#3
G#3 B F# D) 4

39 (D3 B3 D3 C#3 E3 A B3 E D G# A A G#3 D3 A3 A3 A3 A G#3 F#
A A3 F# C#3) 2

40 (G#3 G# F# G# C#3 A3 D E A A3 G#3 E3 C#3 A E C# A E3 E3 E
C#3 A E3 G#3) 6

41 (A A3 D A F#3 G#3 F#3 D F# G#3 E C# G# E3 D3 G#3 C#3 C#3 E
A3 A E B3 A3) 5

42 (B G# F# A3 F# D C#3 E3 G#3 F#3 C#3 C#3 B C# A G# D C#3 G#
A3 A E3 A3 A) 4

43 (D B3 E3 C# D G#3 B3 G# C# E A G#3 A3 B D D D A D G#3 F#
C# G#3 B) 5

44 (A D3 C#3 F#3 B3 C#3 F#3 E3 E G#3 A G# G#3 E E G#3 C#3 A3
F#3 E A F#3 G# D) 6

45 (G#3 F# A C# A G#3 G# F# D B B D3 A E G# A D3 A F# D3 A A3
C#3 G#3) 4

46 (B3 A G#3 D3 G#3 F# F# D3 B B3 A3 A A A3 B3 C# F# E3 D3 D3
A C#3 C#3 F#3) 1

47 (A3 E G# A A3 A3 C#3 A G#3 F#3 B D E D3 G#3 F#3 C#3 B B
F#3 A G#3 A A) 3

48 (G#3 D3 A3 D3 E3 G#3 A3 D F#3 A B3 G# G# E G# B3 D3 A3 A
D3 A3 E3 C# A) 5

49 (C#3 G#3 G# E F# B A3 F# F#3 A A D3 A G#3 C# B A3 G#3 A3
F#3 E3 G#3 E3 E) 4

50 (F#3 F# A E E3 D3 A B3 A A F#3 D3 C# B D E3 D A3 B3 F#3 D
D3 G# A3) 3

51 (C#3 C#3 A3 F# A E E3 A A B D3 G#3 G#3 G# C#3 F# G#3 G# A
D G#3 G#3 B E3) 3

52 (B G# G#3 A3 E F# E A3 D D3 D G#3 D A A3 D A3 B C#3 B3 G#3
G#3 G#3 B3) 3

53 (C# B E E3 A3 A B3 F# E A3 G# C# E D3 G#3 B C# B C# A F#
G# G#3 A3) 9

54 (A3 F# D3 E G#3 D E3 G# F#3 B E G# C# F#3 F#3 G# A3 A A G#
D G#3 C# C#) 9

55 (B3 D3 D B G# D A3 G# F#3 A3 G#3 A E3 F# G# E3 G#3 G# G# A
C#3 A D3 A) 5

56 (A D3 F#3 D3 B G#3 B E3 G# C#3 G# D3 F# E3 C#3 E3 C# F#3
F# F#3 B3 D C#3 D3) 3

57 (A A3 D3 D3 A A3 E D A3 E3 F#3 A F#3 D3 D3 A3 B3 G#3 F#3 A
D C# B D3) 2

58 (F#3 A G#3 D3 F# G#3 C#3 C# G# G#3 D A G# E3 A3 G#3 A B A
G# A3 F# A3 D3) 4

59 (E A G# D A F# C# D A3 A3 C#3 B3 A G# D C# E3 B G#3 E C#3
F# G# C#) 8

60 (F#3 E3 F# F#3 C# D3 G#3 A3 F# E C# A E3 E G#3 E A3 E B3
B3 B3 D3 A3 D3) 6

61 (A3 A3 D3 B F#3 C#3 A A3 B3 C#3 F#3 E D3 G#3 A3 E3 F#3 G#
B G#3 G# A E F#3) 4

62 (A3 G# C#3 B3 B E3 A E3 E3 F# E3 A3 A3 F#3 E F# E3 G#3 A3
F#3 D G#3 F#3 C#) 3

63 (E3 F#3 D E3 A3 B3 G# A3 G#3 E3 A3 B3 A3 C#3 B G# G# G# A3
G#3 A3 E3 D D) 4

64 (G# A G# G# B3 C#3 E3 B C# A3 A E3 A A3 C# C#3 D3 G# G# D3
F#3 F# G# B3) 8

65 (A E3 E G#3 G#3 A3 E3 D3 A E G# A G#3 D A A3 G#3 B3 G#3 E3
G#3 B B3 F#3) 3

66 (A3 G# A3 F#3 C# F#3 G# F# G#3 A F#3 G#3 E3 B A D3 G#3 G#
B3 C#3 B B3 E3 A3) 4

67 (B G#3 A3 E3 D A D3 C#3 C#3 C#3 E3 A F# B A C#3 F#3 G# A3
A3 B3 A A3 D) 1

68 (E3 E3 A3 G# E E3 D3 B D3 A3 F# G#3 A E3 A A3 E3 D D3 D G#
C# F# A) 4

69 (C# C#3 G# B F# B3 B3 F# B A3 A3 C# F# E3 G# D D3 G# E A
C#3 F# G#3 F#3) 6

70 (E B F#3 A3 A A F# F#3 G#3 D A E A3 A3 G#3 A3 E3 A3 D G#3
F# A3 D3 F#3) 2

71 (C# B3 G# D E3 C#3 A D D E C# F#3 G# D3 A E3 B B C#3 A A3
E F#3 C#) 7

72 (A3 F#3 B E3 D B D3 A A C# D3 A E3 E3 F#3 D A3 D3 B3 D E
C# F# D) 3

73 (C#3 D A D3 A E3 A G#3 A3 G# C# C#3 B G# G# E3 F# G#3 C#
D3 D3 D3 E D3) 6

74 (F# A E C#3 B G# F# E C#3 D3 B3 A G# C# E3 C# A3 F# G# B3
F#3 B3 D3 B) 7

75 (B A F#3 B B3 A G# E3 A3 A3 B B F#3 A A F#3 B A F# G# D3 E
D3 A3) 3

76 (G#3 A3 E3 B3 A3 A3 D3 G#3 D G# C#3 A G# A3 D F# C# F#3 A
B3 A F# G# G#3) 4

77 (A3 A D E3 A3 C# G# F# E3 A F# C#3 C# E G# F# E3 B C#3 F#3
B F# D3 A) 5

78 (D A D C# A A3 G# B3 D F#3 E D C# G#3 D3 E A E3 B D3 C#3
F#3 E3 D) 5

79 (E3 B E3 F# D3 A F#3 D C#3 G# A3 E3 A3 G# B E3 G#3 A A3 D3
E G# D3 D3) 4

80 (D3 G#3 A F#3 B C# F#3 D3 C# G# B F#3 E F# C#3 G# A3 C#3 A
G# G#3 C#3 A A3) 6

81 (A G# A3 E E D3 F# E3 E3 E B A A F# A3 E3 A A3 B3 G# D3 B
C# D) 6

82 (F#3 D D3 C# E C#3 A F#3 B3 C#3 B3 F#3 D F#3 C#3 F# E A3
F# D E3 E G#3 F#) 4

83 (E F#3 E A C# B3 F# A3 B3 A A3 F#3 A3 A3 D D3 A3 C# F# A B
E3 C#3 G#) 5

84 (E G#3 E3 A3 A3 A3 A3 A G#3 A C# C#3 A G#3 C# G# E3 C# B3
C#3 D3 C# B3 B) 6

85 (G#3 A3 E C# F#3 A F# B B3 D G# F#3 B A3 C#3 B A A3 C# G#
D3 A3 D3 F#3) 5

86 (F# B3 E3 A3 E3 B3 C#3 A D3 B F# G#3 A3 A3 D3 E G# E3 C# D
C# F#3 A F#) 4

87 (A3 E F# C# F#3 G#3 F#3 F#3 F# E B G# E3 E3 F# A3 A3 A3
C#3 C#3 C# E D3 A) 6

88 (B3 C#3 B B3 C# A3 B B A F# D3 G#3 A3 B3 D3 F# D3 E C#3 F#
D3 F#3 E3 A3) 2

89 (B3 D B A D3 F# G# F# D E3 D A B G#3 F#3 G# F#3 D3 E E3 A3
B E G#) 5

90 (B3 B3 F# E B3 C#3 F#3 B C#3 D D3 F# D E E3 C# E E A3 A3
G#3 B3 D D) 5

91 (B3 F# A3 C#3 G#3 G# A A F#3 D D F# G# E B3 D C# A3 A3 E
B3 A3 E3 A3) 5

92 (E3 A A3 B C#3 B F# C#3 F#3 F# F#3 B3 D3 A F# D A3 C# E G#
B C#3 A3 G#3) 3

93 (B C# A D G#3 G# A3 A C#3 B B3 D3 E G# B B3 A B3 G#3 B3 A3
F# F#3 G#3) 4

94 (C#3 F# A A3 D3 G#3 B C# G# B B3 D B D3 G#3 A3 A3 G# G# F#
G#3 A3 A B) 4

95 (A C# B B3 D A B C# C# F#3 G#3 D3 E G#3 F#3 G#3 C# E G#3 E
E E3 G#3 A3) 8

96 (D3 B G# A G# A B3 B A3 A3 A3 D3 F#3 A3 A3 A3 B C#3 A G#3
D3 D3 E D) 3

97 (F# E3 G# G# F# C#3 C#3 B3 G#3 A A3 E3 F#3 C# F# D3 F#3 B
B F#3 F# E3 A3 F#) 3

98 (A D3 C# C# C# E F# B A3 A3 A A3 F# F# A D3 A E F#3 B3 C#
C#3 E3 F#3) 6

99 (C# B3 F#3 A3 F#3 F#3 D3 D E C# B A A D3 C# A A3 C#3 F#3
D3 E F#3 B F#) 5

100 (A E3 F# G# A A3 G#3 A3 G#3 E D3 D D D3 C#3 C#3 A3 F#3 C#
F#3 D3 G#3 B3 A) 3

average fitness of populatioon 0 = 4.5

average fitness of populatioon 1 = 6.9

average fitness of populatioon 2 = 8.79

average fitness of populatioon 3 = 10.22

average fitness of populatioon 4 = 11.19

average fitness of populatioon 5 = 12.25

average fitness of populatioon 6 = 13.45

average fitness of populatioon 7 = 14.86

average fitness of populatioon 8 = 15.67
 average fitness of populatioon 9 = 16.06
 average fitness of populatioon 10 = 16.75
 average fitness of populatioon 11 = 17.63
 average fitness of populatioon 12 = 18.36
 average fitness of populatioon 13 = 18.98
 average fitness of populatioon 14 = 19.63
 average fitness of populatioon 15 = 20.19
 average fitness of populatioon 16 = 20.77
 average fitness of populatioon 17 = 21.16
 average fitness of populatioon 18 = 21.63
 average fitness of populatioon 19 = 22.23
 average fitness of populatioon 20 = 22.47
 average fitness of populatioon 21 = 22.65
 average fitness of populatioon 22 = 22.91
 average fitness of populatioon 23 = 23.37
 average fitness of populatioon 24 = 23.62
 average fitness of populatioon 25 = 23.58

Generation 25 population ...

1 (E G# G# G# E E C# G# C# C# G# G# C# E E G# C# G# E E E C#
 C# C#) 24
 2 (E G# G# G# E E C# G# C# C# G# C# C# E G# G# C# E E E E C#
 C# C#) 24
 3 (E G# G# F# E E C# G# C# C# G# G# C# E E G# C# G# E E E C#
 C# C#) 23
 4 (E G# G# C# E E C# G# C# C# G# G# C# E G# G# C# E E E A3
 C# C# C#) 23

5 (E G# G# C# E E C# G# C# C# G# G# C# E G# G# C# E E E E C#
C# C#) 24

6 (E G# G# G# E E C# G# C# C# G# C# C# G# E G# C# E E E E C#
C# C#) 24

7 (E G# G# G# E E C# G# C# C# G# C# C# G# E G# C# E E E E G#
C# C#) 24

8 (E G# G# G# E E C# G# C# C# G# G#3 C# G# E G# C# E E E E
C# C# C#) 23

9 (E G# G# G# E E C# G# C# C# G# G# C# E E G# C# G# E E E C#
C# C#) 24

10 (E G# G# G# E E C# G# C# C# G# G# C# E G# G# C# E E E E C#
C# G#) 24

11 (E G# G# G# E E C# A C# C# G# G# C# E G# G# C# E E E E C#
C# C#) 23

12 (E G# G# C# E E C# G# C# C# G# D C# E G# G# C# E E E E C#
C# C#) 23

13 (E G# G# C# E E C# G# C# C# G# G# F# E G# C# C# E E E E C#
C# C#) 23

14 (E G# G# C# E E C# G# C# C# G# G# C# E G# G# C# E E E E C#
C# C#) 24

15 (E G# G# G# E E C# G# C# C# G# G# C# E E G# C# E E E E C#
C# C#) 24

16 (E G# G# G# E E C# G# C# C# G# C# C# G# E G# C# E E E E C#
C# C#) 24

17 (E G# G# C# E E C# G# C# C# G# G# C# E G# G# C# E E E E C#
C# C#) 24

18 (E G# G# A3 G# E C# G# C# C# G# G# C# E G# G# C# E E E E
C# C# C#) 23

19 (E G# E G# E E C# G# C# C# G# C# C# G# E G# G# E E E E C#
C# F#) 23

20 (E G# G# G# E E C# G# C# C# G# C# A G# E G# G# E E E E C#
C# C#) 23

21 (E G# G# G# C# E C# G# C# C# G# G# C# E G# G# C# E E E E
C# C# C#) 24

22 (C# G# G# G# E E C# G# C# C# G# G# C# A3 G# G# C# E E E E
C# C# C#) 23

23 (E G# G# G# E E C# G# C# C# G# G# C# E E G# C# G# E E E C#
C# A) 23

24 (E G# G# G# E E C# G# C# C# G# G# C# E G# G# C# E E E E C#
C# C#) 24

25 (E G# G# C# E D3 C# G# C# C# G# G# C# C# G# G# C# E E E E
C# C# C#) 23

26 (E G# G# C# E E C# G# C# C# G# C# C# G# E G# G# E E E E C#
C# C#) 24

27 (E G# G# C# E E C# G# C# C# G# G# C# E G# G# C# E E E E C#
C# C#) 24

28 (E G# G# G# E E C# G# C# C# G# G# C# E G# G# C# E E E E C#
C# C#) 24

29 (E G# G# G# E E C# G# B3 C# G# C# C# G# E G# C# E E E E C#
C# C#) 23

30 (E G# G# C# G# E C# G# C# C# G# G# C# E G# G# C# E E A E
C# C# C#) 23

31 (E G# G# G# E E C# G# C# C# G# G# C# E G# G# A3 E E E E C#
C# C#) 23

32 (E G# G# C# E E C# G# C# C# G# G# C# E G# G# C# E E E E C#
C# C#) 24

33 (E G# G# G# E E C# G# C# C# G# G# C# E G# G# A E E E E C#
C# C#) 23

34 (E G# G# G# E E C# G# C# C# G# G# C# E E G# C# G# E E E C#
C# C#) 24

35 (E G# G# G# E E C# G# C# C# G# G# C# E E G# C# G# E E E C#
C# C#) 24

36 (E G# G# G# E E C# G# C# C# G# C# C# E G# G# C# E E E E C#
C# C#) 24

37 (E G# G# G# E E C# G# C# C# G# C# C# E E G# C# G# E E E C#
C# C#) 24

38 (E G# G# C# E E C# G# C# C# G# G# C# E G# G# C# E E E E C#
C# C#) 24

39 (E G# G# G# E E D3 G# C# C# G# G# C# E E G# C# E E E E C#
C# C#) 23

40 (E G# G# C# E E C# G# C# C# G# G# C# E G# E3 C# E E E E C#
C# C#) 23

41 (E G# G# G# E E C# G# C# C# G# C# C# G# E G# C# E E E E C#
C# C#) 24

42 (E G# G# G# E E C# G# C# C# G# G# C# E G# G# C# E E E E C#
C# C#) 24

43 (E G# G# G# E E C# G# C# C# G# C# C# D3 E G# C# E E E E C#
C# C#) 23

44 (E G# G# C# E E C# G# C# C# G# G# C# E G# G# C# E E B E C#
C# C#) 23

45 (E G# G# G# E E C# D3 C# C# G# C# C# G# E G# C# E E E E C#
C# C#) 23

46 (E G# G# G# E E C# G# C# C# G# C# C# E G# G# C# E E E E C#
C# C#) 24

47 (E G# G# G# E E C# G# C# C# G# G# C# E G# G# C# G# E E E
C# C# C#) 24

48 (E G# G# G# E E C# G# C# C# G# G# C# E G# G# C# E E E E C#
C# C#) 24

49 (E G# E G# E E C# G# C# C# G# C# C# C# G# G# C# E B E E C#
C# C#) 23

50 (E G# G# G# E E C# G# C# C# G# C# C# E E G# C# G# E E E C#
C# C#) 24

51 (E G# G# C# E E E3 G# C# C# G# C# C# G# E G# C# E E E E E
C# C#) 23

52 (E G# G# C# E E C# G# C# C# G# G# C# E E G# C# G# E E E C#
C# C#) 24

53 (E G# G# G# E E C# G# C# C# G# G# C# E G# G# C# E E E E C#
C# C#) 24

54 (E G# G# C# E E C# C# C# C# G# G# C# G# E G# G# E E E E C#
C# C#) 24

55 (E G# G# G# E E C# G# C# C# G# G# C# E G# G# C# E E E E C#
C# C#) 24

56 (E G# G# G# E E C# G# C# C# G# G# C# E E G# C# G# E E E C#
C# C#) 24

57 (E G# G# G# E E C# G# C# C# G# C# C# G# E G# C# E E E E C#
C# C#) 24

58 (F# G# G# G# E E C# G# C# C# G# G# C# E G# G# C# E E E E
C# C# C#) 23

59 (E G# G# G# E E C# E C# C# G# C# C# G# E G# C# E E E E C#
C# C#) 24

60 (E G# G# G# E E C# G# C# C# G# G# C# E E G# C# E E E G#3
C# C# C#) 23

61 (E G# G# G# E E C# G# C# C# G# C# C# G# E G# C# E E E E E
C# C#) 24

62 (E G# G# G# E E C# G# C# C# G# C# C# G# E G# C# E E E E C#
C# C#) 24

63 (E G# G# G# E E C# G# C# F#3 G# G# C# E G# G# C# E E E E
C# C# C#) 23

64 (E G# G# G# E E C# G# C# C# G# G# C# E G# G# C# E E E E C#
C# C#) 24

65 (E G# G# G# E E C# G# C# C# G# G# C# E E G# C# G# E E C#3
C# C# C#) 23

66 (E G# G# C# E E C# G# C# C# G# G# C# E G#3 G# C# E E E E
C# C# C#) 23

67 (E G# G# C# E E C# G# C# C# G# G# C# E G# G# C# E E E E C#
C# C#) 24

68 (E G# G# G# E E C# G# C# C# G# C# C# G# E G# E E E E E C#
C# C#) 24

69 (E G# G# G# E C# C# G# C# C# G# G# C# E G# G# C# E E E E
C# C# C#) 24

70 (E G# G# G# E E C# G# C# C# G# C# C# E E G# C# G# E E E C#
C# C#) 24

71 (E G# G# G# E E C# G# C# C# G# G# C# G# E G# C# E E E E C#
C# C#) 24

72 (E G# G# C# E E C# G# C# C# G# C# C# G# E G# G# E E E E C#
C# C#) 24

73 (E G# G# G# E E C# G# C# C# G# G# C# E G# G# C# E E E E C#
C# C#) 24

74 (E G# G# G# E E C# E3 C# C# G# G# C# E G# G# C# E E E E C#
C# C#) 23

75 (E G# G# G# E E C# G# C# C# G# C# D G# E G# G# E E E E C#
C# C#) 23

76 (E G# G# G# E E C# G# C# C# G# G# C# E G# G# C# E E E E C#
C# C#) 24

77 (E G# G# G# E E C# G# C# C# G# G# C# E G# G# C# E E E E C#
C# C#) 24

78 (E G# G# G# E E C# G# C# C# G# C# C# G# E G# C# E E E E C#
C# C#) 24

79 (E G# A C# E E C# G# C# C# G# G# C# E G# G# C# E E E E C#
C# C#) 23

80 (E G# G# G# E E C# G# C# C# G# C# C# G# G# G# C# E E E E
C# C# C#) 24

81 (E G# G# G# E E C# G# C# C# G# G# C# E G# G# C# E E E E C#
C# C#) 24

82 (E G# G# G# E E C# G# C# C# G# G# C# G# E G# C# E E E E C#
C# C#) 24

83 (E G# G# C# E E C# G# C# C# G# G# C# G# E G# C# E A3 E E
C# C# C#) 23

84 (E G# G# G# E E C# G# C# C# G# G# C# E G# G# C# E E E E C#
C# C#) 24

85 (E G# G#3 G# E E C# G# C# C# G# G# C# E E G# C# E E E E C#
C# C#) 23

86 (E G# G# G# E E C# G# C# C# G# C# C# G# E G# C# E E E E C#
C# C#) 24

87 (E G# G# G# E E C# G# C# E G# C# G# G# E G# C# E E E E C#
C# C#) 24

88 (E G# G# G# E E C# G# C# C# G# G# C# G# E G# C# E E E E C#
C# C#) 24

89 (E G# G# G# E E C# G# C# C# G# C# C# G# E G# C# A3 E E E E
C# C#) 23

90 (E G# E G# E E C# G# C# C# G# C# C# G# E G# G# E E E E C#
C# C#) 24

91 (E G# G# G# E E C# G# C# C# G# C# C# G# E G# C# F# E E E
C# C# G#) 23

92 (E G# G# G# E E C# G# C# C# G# G# C# E G# G# C# E E E E C#
C# C#) 24

93 (E G# G# C# E E C# G# C# C# G# G# C# E G# G# C# E E E F#
C# C# C#) 23

94 (E G# G# C# E E C# G# C# C# G# G# C# E G# G# C# E E E E C#
C# C#) 24

95 (E G# G# G# E E C# G# C# C# G# C# C# E G# G# C# E E E A C#
C# C#) 23

96 (E G# G# C# E E C# G# C# C# G# C# C# E3 E G# G# E E E E C#
C# C#) 23

97 (E G# G# D3 E E C# G# C# C# G# G# C# E E G# C# G# E E E C#
C# C#) 23

98 (E G# G# G# E E C# G# C# C# G# C# C# E G# G# C# E E E E C#
C#3 C#) 23

99 (E G# G# A E E C# G# C# C# G# G# C# E E G# C# E E E E C#
C# C#) 23

100 (E G# G# C# E E C# G# C# C# G# G# C# E G# G# C# E E E A3
C# C# C#) 23

average fitness of populatioon 25 = 23.58

NIL

I derived my melody from sheet music by Lisa Witt: <https://www.pianote.com/blog/3-beautiful-melodies/>

Behavior of the GA

I think that my GA for harmonies was fairly successful, with the average fitness of the 25th population being 23.58, which is very close to the set limit of 24. A good portion of the individual fitness scores in the 25th population ended up being 24, which is seemingly a success. Since I only had one fitness metric, my GA was simpler than others. However I enjoy the harmony that was created as a result. ↓

https://drive.google.com/file/d/1P4z8NnCHSmg1ktiZuW6VYDTs80qCc2cB/view?usp=share_link

If I had given myself more time, I would have liked to fix my dissonant fitness metric so that it worked. However, I was unable to figure out what the bug was in the time that I had left.