

Radares de velocidad

El Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT) ha recibido repetidas apelaciones de partes. Los conductores reclaman que ellos conducían a la velocidad permitida pero el oficial de tránsito los amonestó por infringir los límites de velocidad. El MOPT quiere descartar que los radares medidores de velocidad que usan los oficiales de tránsito sean la causa, por estar mal calibrados o defectuosos.

Supóngase que usted está a cargo, y solicita que se hagan pruebas a todos los radares. La prueba consiste en lo siguiente. Un vehículo se acelera desde el reposo hasta al menos los 120 km/h, mientras el radar que está siendo probado va reportando la velocidad del vehículo. Cada vez que el vehículo alcanza una de las velocidades límite tradicionales (v_v), es decir, al menos 40 km/h, 60 km/h, 90 km/h, y 120 km/h, un dispositivo instalado en el vehículo registra la frecuencia recibida del radar, es decir, la *frecuencia emitida* por el radar (f_e). Otro dispositivo situado en el radar, registra la velocidad del vehículo reportada por el radar (v_r).



Un radar dispone de un circuito que emite ondas a una frecuencia f_e que colisionan con el vehículo y regresan al radar. La velocidad del vehículo afecta la frecuencia de las *ondas reflejadas* (f_r), y el radar utiliza la siguiente relación para determinar la velocidad del vehículo:

$$v_r = c \left(\frac{f_r - f_e}{f_r + f_e} \right)$$

donde c es la velocidad de la luz y equivale a 1.08e9 km/h. El radar tiene un circuito receptor, que lee las ondas reflejadas en el vehículo a una frecuencia de recepción (f_r). El circuito receptor no informa esta frecuencia en la pantalla, pero se puede obtener por la ecuación anterior. Asuma que los dispositivos utilizados para las mediciones funcionan adecuadamente y que sus errores de precisión pueden despreciarse, de tal manera que las diferencias en las mediciones se deban únicamente al radar que está siendo probado.

Dado que son cientos de radares que dispone el Ministerio, un programa de computadora le ayudaría a obtener un veredicto más rápido y menos propenso a errores para cada uno de ellos. El programa recibiría en la primera línea de la entrada la frecuencia de emisión que el fabricante dice que el radar debe emitir (f_i) y el porcentaje máximo de error permitido sobre las frecuencias.

En las subsecuentes líneas vienen varios registros hechos cuando el vehículo alcanza los límites de velocidad estudiados (40, 60, 90, y 120 km/h, aunque pueden ser más). Cada línea se compone de la velocidad "real" del vehículo reportada por el dispositivo instalado en el vehículo (v_v) en km/h, la frecuencia emitida por el radar reportada por el dispositivo instalado en el vehículo (f_e) en Hz, y la velocidad del vehículo reportada por el radar (v_r) en km/h.

Ejemplo de entrada 1:

```
2000000000 0.000001
40.01 19999999891 41.12
60.03 20000000032 64.89
90.11 20000000150 99.53
119.99 20000001387 138.01
```

Ejemplo de salida 1:

```
40.01 pass
60.03 pass
90.11 fail
119.99 fail
```

Se cree que los circuitos de emisión y recepción son las principales causas de fallo de los radares. El programa debe verificar que el error debido a la frecuencia emitida por el radar, y el error debido a la frecuencia recibida por el mismo, se encuentren dentro del rango de error permitido para ambas. Si el porcentaje de error de ambas frecuencias es inferior o igual al máximo porcentaje de error permitido se debe imprimir el veredicto `pass` que indica que el radar pasó la prueba de velocidad. De lo contrario, se debe imprimir el texto `fail` para indicar que falló la prueba. El porcentaje de error de un valor cualquiera respecto a un valor ideal se calcula:

$$error = 100 \left(\frac{valor - ideal}{ideal} \right)$$

Ejemplo a 90 km/h

Por ejemplo cuando el vehículo va a 90.11 km/h en la tercera línea, el radar falla por alguno o los dos errores. El *error de emisión* se calcula comparando la frecuencia emitida por el circuito de emisión (20003789977) contra la frecuencia que el fabricante indica debería el dispositivo emitir (20000000000) y equivale a:

$$e_1 = 100 \left(\frac{20000000150 - 20000000000}{20000000000} \right) = 0.00000075$$

El error de emisión (0.00000075) es inferior al error máximo permitido (0.000001), por tanto, a 90.11 km/h el circuito de emisión no es quien está provocando el fallo.

Para calcular el error de recepción se debe calcular la frecuencia que el circuito de recepción del radar (f_{r2}) está reportando. Esta frecuencia no está dada en los datos, pero se puede inferir a partir de la velocidad reportada por el radar ($v_r = 99.53$) y la frecuencia en el aire ($f_e = 20000000150$):

$$f_{r2} = 20000003836.2966$$

Esta frecuencia se debe comparar contra una frecuencia que reportaría el circuito de recepción de un radar en buenas condiciones (f_{r1}). Esta frecuencia "ideal" tampoco está en los datos, pero se puede calcular a partir de la velocidad "real" del vehículo ($v_r = 90.11$) y la frecuencia en el aire ($f_e = 20000000150$):

$$f_{r1} = 20000003487.4076$$

Por tanto, el error del circuito de recepción resulta de comparar la frecuencia recibida del radar en prueba contra la frecuencia recibida del radar "ideal":

$$e_2 = 100 \left(\frac{f_{r2} - f_{r1}}{f_{r1}} \right) = 100 \left(\frac{20000003836.2966 - 20000003487.4076}{20000003487.4076} \right) = 0.00000174$$

El error de recepción (0.00000174) es mayor al error máximo permitido (0.000001), por tanto, a 90.11 km/h el circuito de recepción es quien está provocando el fallo y haciendo al radar reportar 99.53 km/h (9 km/h más de lo real).

El siguiente ejemplo hipotético de entrada permite ver cómo el circuito de emisión también puede hacer fallar a los radares. Todas las velocidades reportadas por el radar se mantuvieron exactas, pero el dispositivo emite frecuencias que no son las indicadas por el fabricante y podrían interferir con ondas de otras comunicaciones en el ambiente.

Ejemplo de entrada 2:

```
25000000000 1
40.00 17500000000 40.00
60.00 20000000000 60.00
90.00 22500000000 90.00
120.00 25000000000 120.00
150.00 27500000000 150.00
```

Ejemplo de salida 2:

```
40.00 fail
60.00 fail
90.00 fail
120.00 pass
150.00 fail
```

Evaluación

1. [40%] Diseña una solución correcta y completa (algoritmo).
2. [40%] Implementa una solución correcta y completa (código Java).
3. [20%] Aplica buenas prácticas de programación como indentación (sangría) e identificadores significativos.
4. [5% *extra*] Divide la solución en subrutinas, al menos para las fórmulas matemáticas.
5. [10% *extra*] Documenta (algoritmo) e implementa una solución correcta y completa en HackerRank.