

## PRIMER PARCIAL

### ARQUITECTURA DE COMPUTADORES /INTERFACES Y ARQUITECTURA HARDWARE

<b>Nombre:</b>	<b>Fecha: 15 marzo 2024 v1</b>
<b>Código:</b>	<b>Duración: 1.5 Horas</b>

*No se permite el uso ningún elemento electrónico de almacenamiento de datos ni de comunicación, Smartphone o computador durante el examen ni tampoco ningún tipo de dispositivos de audio.*

*Si usa la calculadora de su smartphone por favor, ponga su dispositivo en modo avión*

1.0 (100%)

## Patriot Missile Software Problem

El problema del misil Patriot es un ejemplo clásico de cómo la precisión limitada de los números en punto flotante puede conducir a consecuencias catastróficas en sistemas críticos. Suponga que en el caso específico del misil Patriot, el sistema de control utilizaba números de punto fijo para representar el tiempo transcurrido en décimas de segundos desde un punto de referencia.

El sistema de control del misil Patriot, tenía que realizar cálculos para predecir la posición futura del objetivo y dirigir el misil para interceptarlo. Sin embargo, debido a la precisión limitada de los números en punto flotante los cálculos acumulaban pequeños errores de redondeo con el tiempo.

En el caso específico que condujo al accidente, el sistema había estado funcionando continuamente durante 100 horas aproximadamente antes del evento. Durante este tiempo, los errores acumulados en los cálculos de tiempo resultaron en una desviación significativa en la posición esperada del objetivo. Cuando el sistema intentó realizar la corrección necesaria para interceptar el objetivo, esta desviación no fue correctamente calculada, lo que llevó a que el sistema Patriot no logró rastrear y destruir un misil Scud lanzado por Irak hacia una base militar en Arabia Saudita el 25 de febrero de 1991. El misil Scud impactó en la base, causando la muerte de 28 soldados estadounidenses y heridas a otros cientos.

A las 100 horas de funcionamiento el error acumulado del temporizador (variable Time) fue de 0.3433 segundos aproximadamente, y como la velocidad del misil SCUD es de 1676 m/s, generó un error en la distancia de detección de 687 metros ( $d=v*t$ ), pero el sistema solo acepta máximo errores de 100 m.

Se sabe que el error del formato punto fijo usado era de  $2^{-20}$ , dando que  $(2^{-20}) \times 100 \text{ horas} = (2^{-20}) \times 3600000 = 0.3433 \text{ segundos}$

- Si el sistema debió operar 100 horas seguidas con un error acumulado de 0.3433, indique que formato de punto fijo usaron los ingenieros del Patriot en 1991. [15%]
- Suponga que usted viajara en el tiempo al año 1991, y le propone a los ingenieros del proyecto Patriot que en lugar de usar el formato de punto fijo usara el formato de punto flotante IEEE 754 de 32 bits, y propone el siguiente código:

```

#include <iostream>
float Temporizador = 0;
float deltaTime = 0.10;
float TimeEnd = 360000;
int counter = 0;
int iteracionesTotales = int(TimeEnd /deltaTime);
float distance;
int main()
{
    while (Temporizador< TimeEnd){

        Temporizador = Temporizador + deltaTime;
    }

    std::cout<<"Temporizador final = " <<Temporizador <<" \n";
    std::cout<<"error = " <<TimeEnd-Temporizador<<" \n";
    return 0;
}

```

Calcule el valor final de Temporizador a las 100 horas y el error acumulado, sabiendo que a las 10 horas de funcionamiento (`TimeEnd = 360000`) el error acumulado es de `-0.0898438`

Su propuesta de usar el formato de simple precisión sería mejor al de punto fijo usado en 1991? De cuantos metros de error de detección del misil habría a las 100 horas.