



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS  
FACULTAD DE CIENCIAS EN FÍSICA Y MATEMÁTICAS

---

ANÁLISIS DE SERIES DE TIEMPO

FÍSICA COMPUTACIONAL

TAREA 2

JOSÉ DE JESÚS VILLALOBOS RIVAS

LICENCIATURA EN FÍSICA



TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS

2 DE MAYO DE 2025

## Introducción

En este trabajo se presenta una implementación de la Transformada Rápida de Fourier (FFT) en lenguaje Fortran, aplicada al análisis de una serie de tiempo generada artificialmente. La señal en cuestión combina una envolvente gaussiana con una oscilación armónica, representando así un ejemplo típico de fenómeno temporal con componentes tanto transitorias como periódicas.

La FFT permite descomponer esta señal en sus componentes de frecuencia, lo que resulta fundamental para el estudio de su estructura espectral. El procesamiento se realiza mediante un conjunto de subrutinas especializadas que permiten calcular la transformada para distintos tamaños de muestra.

Finalmente, se obtiene el módulo de la transformada es decir, el espectro de frecuencias y se representa gráficamente con Gnuplot, facilitando la visualización e interpretación del contenido frecuencial de la serie de tiempo.

## Implementación numérica en Fortran

```

      common /time/ f
      complex f(0:10000), ai, q, g(0:127), c, c2
      pi = acos(-1.0)
      ai = (0.0, 1.0)
      n = 128
      delta = 0.4
      q = cos(2.0 * pi/n) + ai * sin(2.0 * pi/n)
      w = (2.0 * pi/n) / delta

      do j = 1, n
         t = (j - n/2) * delta
         th1 = j * pi * (real(n - 1)/real(n))
         c = cos(th1) + ai * sin(th1)
         f(j) = c * (exp(-4.0 * t**2.0) + 0.1 * cos(5.0 * t))
      enddo

      if (n .eq. 4) then
         call four(q, g, 1, 0)
      else if (n .eq. 8) then
         call eight(q, g, 1, 0)
      else if (n .eq. 16) then
         call sixteen(q, g, 1, 0)
      else if (n .eq. 32) then

```

```

        call thirtytwo(q, g, 1, 0)
        else if (n .eq. 64) then
            call sixtyfour(q, g, 1, 0)
            else if (n .eq. 128) then
                call onetwentyeight(q, g, 1, 0)
            else
                print *, 'Valor de n no soportado.'
                stop
            endif
        do j = 0, n-1
            th2 = (j + 1) * pi * (real(n - 1)/real(n))
            c2 = cos(th2) + ai * sin(th2)
            g(j) = g(j) * c2
            print *, j, w * (j - n/2), abs(g(j))
        enddo

        stop
    end

    subroutine four(t, x, k, i)
        common /time/ f
        complex t, f(0:10000), x(0:3), s1, s2, s3, s4
        s1 = f(i) + f(i + 2*k)
        s2 = f(i + k) + f(i + 3*k)
        s3 = f(i) - f(i + 2*k)
        s4 = f(i + k) - f(i + 3*k)
        x(0) = s1 + s2
        x(1) = s3 + t * s4
        x(2) = s1 - s2
        x(3) = s3 - t * s4
        return
    end

    subroutine eight(q, g, k, i)
        common /time/ f
        complex q, g(0:7), x(0:3), y(0:3), t, f(0:10000)
        call four(q**2, x, 2*k, i)
        call four(q**2, y, 2*k, i + k)
        t = 1.0
        do j = 0, 3
            g(j) = x(j) + t * y(j)
        enddo
    end

```

```

        g(j + 4) = x(j) - t * y(j)
        t = t * q
        enddo
        return
    end

    subroutine sixteen(q, g, k, i)
        common /time/ f
    complex q, g(0:15), x(0:7), y(0:7), t, f(0:10000)
        call eight(q**2, x, 2*k, i)
        call eight(q**2, y, 2*k, i + k)
        t = 1.0
        do j = 0, 7
            g(j) = x(j) + t * y(j)
            g(j + 8) = x(j) - t * y(j)
            t = t * q
        enddo
        return
    end

    subroutine thirtytwo(q, g, k, i)
        common /time/ f
    complex q, g(0:31), x(0:15), y(0:15), t, f(0:10000)
        call sixteen(q**2, x, 2*k, i)
        call sixteen(q**2, y, 2*k, i + k)
        t = 1.0
        do j = 0, 15
            g(j) = x(j) + t * y(j)
            g(j + 16) = x(j) - t * y(j)
            t = t * q
        enddo
        return
    end

    subroutine sixtyfour(q, g, k, i)
        common /time/ f
    complex q, g(0:63), x(0:31), y(0:31), t, f(0:10000)
        call thirtytwo(q**2, x, 2*k, i)
        call thirtytwo(q**2, y, 2*k, i + k)
        t = 1.0
        do j = 0, 31
            g(j) = x(j) + t * y(j)

```

```

        g(j + 32) = x(j) - t * y(j)
        t = t * q
        enddo
        return
    end

    subroutine onetwentyeight(q, g, k, i)
        common /time/ f
    complex q, g(0:127), x(0:63), y(0:63), t, f(0:10000)
        call sixtyfour(q**2, x, 2*k, i)
        call sixtyfour(q**2, y, 2*k, i + k)
        t = 1.0
        do j = 0, 63
            g(j) = x(j) + t * y(j)
            g(j + 64) = x(j) - t * y(j)
            t = t * q
        enddo
        return
    end

    set title 'Espectro'
    set xlabel 'w [Hz]'
    set ylabel 'F(w) [Hz]'
    set yrange[0:3]
    set yrange[-1:10]
    plot 'data.txt' using 2:3 with lines

```

Index	Valor 1	Valor 2
0	-7.85398197	9.68566015E-02
1	-7.73126364	9.68520641E-02
2	-7.60854483	8.63548443E-02
3	-7.48582649	0.112222075
4	-7.36310816	8.02608728E-02
5	-7.24038982	0.133014560
6	-7.11767101	7.81609938E-02
7	-6.99495268	0.159976795
8	-6.87223434	7.95545578E-02
9	-6.74951553	0.194102168
10	-6.62679720	8.37250352E-02
11	-6.50407887	0.236953318
12	-6.38136053	8.93865302E-02
13	-6.25864172	0.290877044
14	-6.13592339	9.41522121E-02
15	-6.01320505	0.360140562
16	-5.89048672	9.27696228E-02
17	-5.76776791	0.453490853
18	-5.64504957	7.23850727E-02
19	-5.52233124	0.593696237
20	-5.39961243	8.13186355E-03
21	-5.27689409	0.868452549
22	-5.15417576	0.378536761
23	-5.03145742	2.28940105
24	-4.90873861	6.28331041
25	-4.78602028	0.637709975
26	-4.66330194	1.19227600
27	-4.54058313	0.143828332
28	-4.41786480	0.976188004
29	-4.29514647	0.398846060
30	-4.17242813	0.957380235
31	-4.04970932	0.569211483
32	-3.92699099	0.997116506
33	-3.80427241	0.713880360
34	-3.68155408	1.06443357
35	-3.55883551	0.849214554
36	-3.43611717	1.14794207
37	-3.31339860	0.981031895
38	-3.19068027	1.24191630
39	-3.06796169	1.11133802
40	-2.94524336	1.34266400
41	-2.82252479	1.24041522
42	-2.69980621	1.44730306
43	-2.57708788	1.36765146

Index	Valor 1	Valor 2
44	-2.45436931	1.55334353
45	-2.33165097	1.49190402
46	-2.20893240	1.65838480
47	-2.08621407	1.61167717
48	-1.96349549	1.76013136
49	-1.84077704	1.72527051
50	-1.71805859	1.85634637
51	-1.59534013	1.83092797
52	-1.47262168	1.94489717
53	-1.34990311	1.92684591
54	-1.22718465	2.02374458
55	-1.10446620	2.01132631
56	-0.981747746	2.09101963
57	-0.859029293	2.08283901
58	-0.736310840	2.14510655
59	-0.613592327	2.13997340
60	-0.490873873	2.18464899
61	-0.368155420	2.18172193
62	-0.245436937	2.20858288
63	-0.122718468	2.20727301
64	0.00000000	2.21624660
65	0.122718468	2.21624804
66	0.245436937	2.20727468
67	0.368155420	2.20860243
68	0.490873873	2.18170786
69	0.613592327	2.18464422
70	0.736310840	2.13999200
71	0.859029293	2.14510202
72	0.981747746	2.08283401
73	1.10446620	2.09101391
74	1.22718465	2.01135445
75	1.34990311	2.02373457
76	1.47262168	1.92686856
77	1.59534013	1.94491172
78	1.71805859	1.83094001
79	1.84077704	1.85637116
80	1.96349549	1.72528422
81	2.08621407	1.76014686
82	2.20893240	1.61168385
83	2.33165097	1.65838253
84	2.45436931	1.49192131
85	2.57708788	1.55334020
86	2.69980621	1.36767268
87	2.82252479	1.44731987

Index	Valor 1	Valor 2
88	2.94524336	1.24042916
89	3.06796169	1.34266222
90	3.19068027	1.11134505
91	3.31339860	1.24192786
92	3.43611717	0.981043398
93	3.55883551	1.14796317
94	3.68155408	0.849227846
95	3.80427241	1.06444371
96	3.92699099	0.713882983
97	4.04970932	0.997118413
98	4.17242813	0.569232345
99	4.29514647	0.957377672
100	4.41786480	0.398866475
101	4.54058313	0.976201117
102	4.66330194	0.143839240
103	4.78602028	1.19228256
104	4.90873861	0.637688577
105	5.03145742	6.28333998
106	5.15417576	2.28938937
107	5.27689409	0.378503174
108	5.39961243	0.868455708
109	5.52233124	8.10957141E-03
110	5.64504957	0.593693376
111	5.76776791	7.23969340E-02
112	5.89048672	0.453494191
113	6.01320505	9.27865505E-02
114	6.13592339	0.360154599
115	6.25864172	9.41429138E-02
116	6.38136053	0.290896267
117	6.50407887	8.93971249E-02
118	6.62679720	0.236957490
119	6.74951553	8.37188959E-02
120	6.87223434	0.194121361
121	6.99495268	7.95744732E-02
122	7.11767101	0.159960747
123	7.24038982	7.81757832E-02
124	7.36310816	0.133017063
125	7.48582649	8.02773237E-02
126	7.60854483	0.112228982
127	7.73126364	8.63629580E-02

Tabla 1: Tabla de valores



Con estos datos obtenidos, ahora graficamos con ayuda de Python, siendo el resultado la siguiente figura:

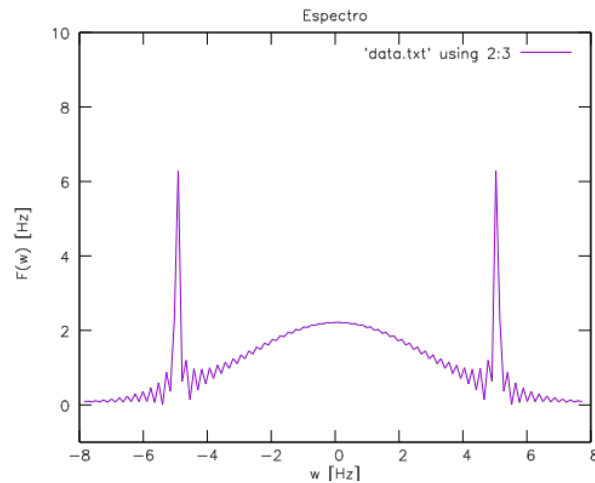


Figura 1: Resultado

## Análisis de resultados

La gráfica muestra el espectro de frecuencias de una señal obtenida mediante la Transformada Rápida de Fourier. Se observan dos picos simétricos que indican la presencia de componentes periódicas en la señal original, y una forma suave en el centro que refleja la influencia de una envolvente gaussiana. Además, las pequeñas oscilaciones alrededor del espectro se deben a efectos propios del análisis en una ventana de tiempo limitada. En conjunto, el espectro confirma que la señal original contiene tanto una parte transitoria como una componente periódica bien definida.

## Conclusión

Este trabajo mostró cómo se puede aplicar la Transformada Rápida de Fourier para analizar series de tiempo y estudiar sus frecuencias internas. A través de un código en Fortran, se generó una señal y se descompuso en sus componentes de frecuencia. Esto permitió observar cómo se distribuyen las frecuencias en la señal original, lo cual es útil en muchos campos, como la física, la ingeniería o el procesamiento de señales. Además, el uso de herramientas como Gnuplot facilita la interpretación visual de los resultados obtenidos.

## Bibliografía

[https://es.wikipedia.org/wiki/Serie<sub>t</sub>emporal](https://es.wikipedia.org/wiki/Serie_temporal)  
*https : //www.cepal.org/sites/default/files/courses/files/01<sub>1c</sub>onociendo<sub>u</sub>na<sub>s</sub>erie<sub>d</sub>e<sub>t</sub>tiempo.pdf*