

Universidad Central de Venezuela  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Eléctrica

# **Informe N<sup>o</sup> 1: Amplificadores discretos**

Emerson Warhman  
C.I. 25.795.480  
6 de enero de 2025

# Índice

<b>1. Introducción</b>	<b>2</b>
<b>2. Resumen</b>	<b>2</b>
<b>3. Presentación de resultados</b>	<b>3</b>
3.1. Práctica 1 . . . . .	3
3.1.1. Puntos de operación . . . . .	3
3.1.2. Modelo dinámico . . . . .	3
3.1.3. Transistor clase C . . . . .	4
3.2. Práctica 3 . . . . .	5
3.2.1. Puntos de operación amplificador multietapas desacoplado . . . . .	5
3.2.2. modelo dinámico etapa impulsora . . . . .	5
3.2.3. Puntos de operación amplificador multietapas acoplado . . . . .	6
3.2.4. modelo dinámico amplificador multietapas modo diferencial . . . . .	6
3.2.5. modelo dinámico amplificador multietapas modo común . . . . .	7
<b>4. Análisis de resultados</b>	<b>8</b>
<b>5. Conclusiones</b>	<b>8</b>
<b>6. Anexos</b>	<b>8</b>

**1. Introducción**

**2. Resumen**

### 3. Presentación de resultados

#### 3.1. Práctica 1

##### 3.1.1. Puntos de operación

En el cuadro 1 se muestran las mediciones DC de las transistores Q4, Q5 y Q6 necesarios para obtener los puntos de operación en la etapa de potencia.

Transistor	Vc()	$\Delta Vc()$	Vb()	$\Delta Vb()$	Ve()	$\Delta Ve()$	Ve2	$\Delta Ve2$	Re	$\Delta Re2$
Q4	0.7	0.01	0	0.01	-0.6	0.004	5000	500	20	1
Q5	10	1	0.7	0.1	0.05	0.01	0.02	0.004	20	1
Q6	-10	1	-0.56	0.04	0.02	0.004	0.05	0.01	20	1

Cuadro 1: Mediciones DC etapa de potencia

Usando las mediciones del cuadro 1 se calculan los puntos de operación en la etapa de potencia representados en los cuadros 2 y 3.

Transistor	Teórico	Medición	Incertidumbre	Error Absoluto	Error Relativo
Q4	$302,36 \times 10^{-6}$	$120 \times 10^{-6}$	$12,1918 \times 10^{-6}$	$182,36 \times 10^{-6}$	60 %
Q5	$350 \times 10^{-6}$	$1,50 \times 10^{-3}$	$543,714 \times 10^{-6}$	$1,150 \times 10^{-3}$	329 %
Q6	$350 \times 10^{-6}$	$-1,50 \times 10^{-3}$	$543,714 \times 10^{-6}$	$1,850 \times 10^{-3}$	529 %

Cuadro 2: Corrientes colector práctica 1

Transistor	$V_{ce}[V]$	Medición	Incertidumbre	Error Absoluto	Error Relativo
Q4	1.24	1.3000000000000000	0.01077033	0.06000000	4.84 %
Q5	9.99	9.9500000000000000	1.000049999	0.04000000	0.40 %
Q6	-9.99	-10.0200000000000000	1.000008	0.03000000	-0.30 %

Cuadro 3: Voltajes  $V_{ce}$  de la etapa de potencia

##### 3.1.2. Modelo dinámico

El cuadro 4 muestra los datos para calcular la impedancia de entrada en la etapa de potencia.

$V_g[V]$	$\Delta V_g[V]$	$V_i[V]$	$\Delta V_i[V]$	$R_p[\Omega]$	$\Delta R_p[\Omega]$
0.52	0.04	0.26	0.02	10000	100

Cuadro 4: Mediciones para calcular impedancia de entrada en la etapa de potencia

El cuadro 5 muestra los datos para calcular la impedancia de salida en la etapa de potencia.

$V_{osc}[V]$	$\Delta V_{osc}[V]$	$V_{oc}[V]$	$\Delta V_{oc}[V]$	$R_p[\Omega]$	$\Delta R_p[\Omega]$
0.52	0.05	0.24	0.02	10	1

Cuadro 5: Mediciones para calcular la impedancia de salida en la etapa de potencia

El cuadro 6 muestra los datos de voltaje de entrada y salida en la etapa de potencia.

$V_i[V]$	$\Delta V_i[V]$	$V_o[V]$	$\Delta V_o[V]$
0.52	0.04	0.48	0.04

Cuadro 6: Datos de voltaje de entrada y salida etapa de potencia

Usando los datos medidos en los cuadros 6, 4 y 5 se calculan los valores de los parámetros del modelo dinámico de la etapa de potencia representados en el cuadro 7.

Parámetro	Valor Teórico	Medición	Incertidumbre	Error Absoluto	Error Relativo
$Z_i[O]$	10770	10000	2178.010058	770.00000000	7.15 %
$Z_o[O]$	132	11.66666667	2.993563053	120.33333333	91.16 %
$A$	0.96	0.923076923	0.104685243	0.03692308	3.85 %

Cuadro 7: Mediciones modelo dinámico etapa de potencia

### 3.1.3. Transistor clase C

En el cuadro 8 se muestran las mediciones DC de operación en la etapa de potencia conectado como amplificador clase C.

Transistor	$V_c[V]$	$\Delta V_c[V]$	$V_b[V]$	$\Delta V_b[V]$	$V_e[V]$	$\Delta V_e[V]$	$R_e[\Omega]$	$\Delta R_e[\Omega]$
Q4	0.7	0.01	0	0.01	-0.6	0.004	5000	500
Q5	10	1	0.4	0.0004	-0.04	0.02	20	1
Q6	-10	1	-0.34	0.02	-0.026	0.004	20	1

Cuadro 8: Mediciones DC etapa de potencia clase C

Con el cuadro 8 se muestran los puntos de operación en la etapa de potencia conectado como amplificador clase C de la figura 9.

Transistor	Parámetro	Valor Teórico	Medición	Incertidumbre	Error Absoluto	Error Relativo
Q4	$I_c[A]$	3.02E-04	0.00012	1.21918E-05	0.00018236	60.31 %
Q5	$I_c[A]$	3.50E-04	-0.0007	0.001020404	0.00105000	300.00 %
Q6	$I_c[A]$	3.50E-04	0.0007	0.001020404	0.00035000	100.00 %
Q4	$V_{ce}[V]$	1.24	1.3	0.01077033	0.06000000	4.84 %
Q5	$V_{ce}[V]$	9.99	10.04	1.00019998	0.05000000	0.50 %
Q6	$V_{ce}[V]$	-9.99	-9.974	1.000008	0.01600000	-0.16 %

Cuadro 9: Voltajes  $V_{ce}$  de la etapa de potencia

En la figura 1 se muestra el efecto crossover del amplificador clase C de la etapa de potencia.

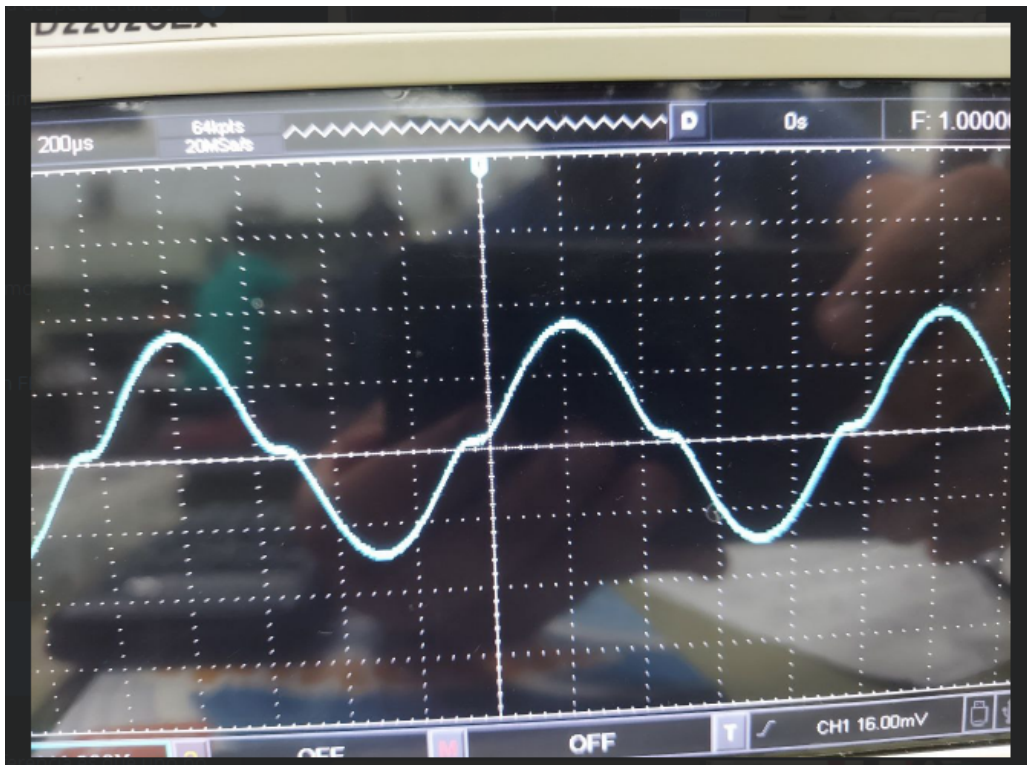


Figura 1: Efecto crossover amplificador clase C de la etapa de potencia

### 3.2. Práctica 3

#### 3.2.1. Puntos de operación amplificador multietapas desacoplado

Transistor	$V_c[V]$	$\Delta V_c[V]$	$V_b[V]$	$\Delta V_b[V]$	$V_e[V]$	$\Delta V_e[V]$	$R_e[\Omega]$	$\Delta R_e[\Omega]$
Q1	7.2	0.4	-0.04	0.002	-0.6	0.04	4700	470
Q2	7.6	0.4	-0.068	0.004	-0.64	0.04	4700	470
Q3	8	0.4	8	1	7.4	0.4	6800	680
Q4	0.68	0.04	-0.6	0.04	-0.6	0.04	5000	500
Q5	10	1	0.68	0.04	0.2	0.01	20	1
Q6	-10	1	-0.56	0.04	-0.2	0.01	20	1

Cuadro 10: Mediciones voltaje DC de los transistores en el multietapas desacoplado

Parámetro	Transistor	Valor Teórico	Medición	Incertidumbre	Error Absoluto	Error Relativo
$I_c$	Q1	0.00062	0.000595745	0.000236773	0.00002426	3.91 %
$I_c$	Q2	0.00062	0.000510638	0.000234776	0.00010936	17.64 %
$I_c$	Q3	-0.00237	-0.002647059	0.000308473	0.00027706	11.69 %
$I_c$	Q4	$0,30 \times 10^{-04}$	0	1.13137E-05	0.00030236	100.00 %
$I_c$	Q5	$0,35 \times 10^{-03}$	0.02	0.001224745	0.01965000	5614.29 %
$I_c$	Q6	$0,35 \times 10^{-03}$	-0.02	0.001224745	0.02035000	5814.29 %
$V_{ce}$	Q1	7.79	7.8	0.401995025	0.01000000	0.13 %
$V_{ce}$	Q2	7.79	8.24	0.401995025	0.45000000	5.78 %
$V_{ce}$	Q3	2.27	0.6	0.565685425	1.67000000	73.57 %
$V_{ce}$	Q4	1.24	1.28	0.056568542	0.04000000	3.23 %
$V_{ce}$	Q5	9.99	9.8	1.000049999	0.19000000	1.90 %
$V_{ce}$	Q6	-9.99	-9.8	1.000049999	0.19000000	1.90 %

Cuadro 11: Puntos estáticos de operación transistor multietapas desacoplado

#### 3.2.2. modelo dinámico etapa impulsora

$V_i[V]$	$\Delta V_i[V]$	$V_o[V]$	$\Delta V_o[V]$
0.48	0.04	10	1

Cuadro 12: Ganancia etapa impulsora

Parámetro	Valor	Medición	Incertidumbre	Error Absoluto	Error Relativo
$[Z]_i$	2310				
$[Z]_o$	6800				
$[A]$	619.9	20.8333333333333	2.711892249	599.0666667	96.64 %

Cuadro 13: Modelo dinámico etapa impulsora

### 3.2.3. Puntos de operación amplificador multietapas acoplado

Transistor	$V_c[V]$	$\Delta V_c[V]$	$V_b[V]$	$\Delta V_b[V]$	$V_e[V]$	$\Delta V_e[V]$	$R_e[\Omega]$	$\Delta R_e[\Omega]$
Q1	7.2	0.4	-0.02	0.01	-0.8	0.04	4700	235
Q2	7.6	0.4	-0.06	0.01	-0.64	0.04	4700	235
Q3	8	1	8	1	9	1	6800	340
Q4	10	1	2	0.2	3.6	0.4	5000	500
Q5	10	1	3.6	0.4	2.6	0.2	20	1
Q6	-10	1	2	0.2	-2	0.2	20	1

Cuadro 14: Mediciones de voltaje DC transistores en amplificador multietapas acoplado

Parámetro	Transistor	Valor Teórico	Medición	Incertidumbre	Error Absoluto	Error Relativo
$I_c$	Q1	0.00062	0.000595745	0.000231084	0.00002426	3.91 %
$I_c$	Q2	0.00062	0.000510638	0.000230574	0.00010936	17.64 %
$I_c$	Q3	-0.00237	-0.002647059	0.000246516	0.00027706	11.69 %
$I_c$	Q4	3.02E-04	0.00032	9.49947E-05	0.00001764	5.83 %
$I_c$	Q5	3.50E-04	0.23	0.018227726	0.22965000	65614.29 %
$I_c$	Q6	3.50E-04	0.23	0.018227726	0.22965000	65614.29 %
$V_{ce}$	Q1	7.79	8	0.401995025	0.21000000	2.70 %
$V_{ce}$	Q2	7.79	8.24	0.401995025	0.45000000	5.78 %
$V_{ce}$	Q3	2.27	1	1.414213562	1.27000000	55.95 %
$V_{ce}$	Q4	1.24	6.4	1.077032961	5.16000000	416.13 %
$V_{ce}$	Q5	9.99	7.4	1.019803903	2.59000000	25.93 %
$V_{ce}$	Q6	-9.99	-8	1.019803903	1.99000000	19.92 %

Cuadro 15: Puntos estáticos de operación transistor multietapas acoplado

### 3.2.4. modelo dinámico amplificador multietapas modo diferencial

$V_g[V]$	$\Delta V_g[V]$	$V_i[V]$	$\Delta V_i[V]$	$R_p[\Omega]$	$\Delta R_p[\Omega]$
0.52	0.01	0.17	0.01	42000	4200

Cuadro 16: Mediciones impedancias de entrada circuito multietapas modo diferencial

$V_{o_{sc}}[V]$	$\Delta V_{o_{sc}}[V]$	$V_{o_{cc}}[V]$	$\Delta V_{o_{cc}}[V]$	$R_p[\Omega]$	$\Delta R_p[\Omega]$
0.52	0.04	0.32	0.02	100	5

Cuadro 17: Mediciones impedancia de salida amplificador multietapa

$V_i[V]$	$\Delta V_i[V]$	$V_o[V]$	$\Delta V_o[V]$
0.0036	0.0002	0.52	0.04

Cuadro 18: Ganancia amplificador multietapas modo diferencial

Parámetro	Valor	Medición	Incertidumbre	Error Absoluto	Error Relativo
$[Z]_d$	43,990	20400	2771.263618	23590	53.63 %
$[Z]_o$	132	62.5	16.40625	69.5	52.65 %
$[A]$	379.22	144.444444444444	13.70592797	234.7755556	61.91 %

Cuadro 19: Modelo dinámico amplificador multietapas modo diferencial

### 3.2.5. modelo dinámico amplificador multietapas modo común

$V_g[V]$	$\Delta V_g[V]$	$V_i[V]$	$\Delta V_i[V]$	$R_p[\Omega]$	$\Delta R_p[\Omega]$
0.032	0.004	0.008	0.0004	20000	1000

Cuadro 20: Impedancia de entrada amplificador multietapas modo común

$V_i[V]$	$\Delta V_i[V]$	$V_o[V]$	$\Delta V_o[V]$
0.024	0.002	0.38	0.02

Cuadro 21: Ganancia amplificador multietapas modo común

Parámetro	Valor	Medición	Incertidumbre	Error Absoluto	Error Relativo
$[Z]_d$	49000	41142.85714	5974.907966	7857.142857	16.03 %
$[Z]_o$	132	62.5	602.0083575	69.5	52.65 %
$[A]$	40.05	15.83333333	1.560569795	24.21666667	60.47 %

Cuadro 22: Modelo dinámico amplificador multietapas modo común



- 4. Análisis de resultados**
- 5. Conclusiones**
- 6. Anexos**