



UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

UIT-T

SECTOR DE NORMALIZACIÓN
DE LAS TELECOMUNICACIONES
DE LA UIT

G.711

**ASPECTOS GENERALES DE LOS SISTEMAS
DE TRANSMISIÓN DIGITAL**

EQUIPOS TERMINALES

**MODULACIÓN POR IMPULSOS CODIFICADOS
(MIC) DE FRECUENCIAS VOCALES**

Recomendación UIT-T G.711

(Extracto del *Libro Azul*)

NOTAS

1 La Recomendación UIT-T G.711 se publicó en el fascículo III.4 del Libro Azul. Este fichero es un extracto del Libro Azul. Aunque la presentación y disposición del texto son ligeramente diferentes de la versión del Libro Azul, el contenido del fichero es idéntico a la citada versión y los derechos de autor siguen siendo los mismos (Véase a continuación).

2 Por razones de concisión, el término «Administración» se utiliza en la presente Recomendación para designar a una administración de telecomunicaciones y a una empresa de explotación reconocida.

© UIT 1988, 1993

Reservados todos los derechos. No podrá reproducirse o utilizarse la presente Recomendación ni parte de la misma de cualquier forma ni por cualquier procedimiento, electrónico o mecánico, comprendidas la fotocopia y la grabación en micropelícula, sin autorización escrita de la UIT.

Recomendación G.711

MODULACIÓN POR IMPULSOS CODIFICADOS (MIC) DE FRECUENCIAS VOCALES

(Ginebra, 1972; modificada posteriormente)

1 Consideraciones generales

Se recomienda el empleo de las siguientes características para la codificación de señales de frecuencias vocales.

2 Velocidad de muestreo

El valor nominal recomendado es de 8000 muestras por segundo con una tolerancia de ± 50 partes por millón (ppm).

3 Ley de codificación

3.1 Para los circuitos internacionales deben utilizarse ocho dígitos binarios por muestra.

3.2 Se recomiendan dos leyes de codificación, designadas ley A y ley μ . Las definiciones de estas leyes se encuentran en los cuadros 1a/G.711 y 1b/G.711, y en los cuadros 2a/G.711 y 2b/G.711, respectivamente.

Si se utiliza la ley μ en redes que requieran la supresión de la señal de carácter “todos 0”, la señal de carácter correspondiente a valores de entrada negativos comprendidos entre valores de decisión 127 y 128, será 00000010, y el valor a la salida del decodificador será -7519 . Al valor de salida del decodificador corresponde el número 125.

3.3 El número de valores cuantificados viene dado por la ley de codificación.

3.4 Los trayectos digitales entre países que hayan adoptado leyes de codificación diferentes deberán efectuar la transmisión con señales codificadas según la ley A. Cuando los dos países hayan adoptado la misma ley, deberá utilizarse esa ley en los trayectos digitales entre los mismos. Incumbirá a los países que utilicen la ley μ efectuar toda conversión necesaria.

3.5 Las reglas para la conversión se dan en los cuadros 3/G.711 y 4/G.711.

3.6 *Conversión a MIC uniforme y a partir de ella*

Cada “valor de decisión” y “valor cuantificado” de ley A (o μ) debe asociarse a un “valor MIC uniforme”. (Véase la definición de “valor de decisión” y “valor cuantificado” en la Recomendación G.701 y en particular en la figura 2/G.701.) Esto requiere la aplicación de un código MIC uniforme con 13 (14) bits. En los cuadros 1/G.711 y 2/G.711 se indica la transformación del MIC de ley A y del MIC de ley μ , respectivamente, a MIC uniforme. La conversión de los valores de ley A o ley μ a partir de los valores de MIC uniforme correspondientes a los valores de decisión figurará en las especificaciones de cada equipo. En el § 4.2.8 de la Recomendación G.721, subbloque COMPRESS, se describe una opción.

4 Transmisión de señales de carácter

Cuando se transmiten en serie las señales de carácter, esto es, consecutivamente en un medio físico, el bit 1 (bit de polaridad) se transmite en primer lugar y el bit 8 (el bit menos significativo) en último lugar.

5 Relación entre las leyes de codificación y el nivel de la señal de frecuencias vocales

La relación entre las leyes de codificación de los cuadros 1/G.711 y 2/G.711 y el nivel de la señal de frecuencias vocales se define como sigue:

En una salida de frecuencias vocales cualquiera del multiplexor MIC debe haber una señal sinusoidal de 1 kHz con un nivel nominal de 0 dBm0 al aplicarse a la entrada del decodificador la secuencia periódica de señales de carácter del cuadro 5/G.711 para la ley A y del cuadro 6/G.711 para la ley μ .

El nivel de sobrecarga teórica resultante ($T_{\text{máx}}$) es de +3,14 dBm0 para la ley A y de +3,17 dBm0 para la ley μ .

Nota – Es aceptable la utilización de otra secuencia periódica digital que representa una frecuencia de referencia nominal de 1020 Hz con un nivel nominal de -10 dBm0 (valor preferido, véase la Recomendación O.6) ó 0 dBm0, a condición de que la precisión teórica de esa secuencia no difiera más de $\pm 0,03$ dB con respecto a un nivel de -10 dBm0 ó 0 dBm0, respectivamente. De conformidad con la Recomendación O.6, la tolerancia de frecuencia especificada debe ir de 1020 Hz $- 7$ Hz a 1020 Hz $+ 2$ Hz.

Si se utiliza una secuencia que representa un nivel de -10 dBm0, el nivel nominal en las salidas de frecuencias vocales debe ser de -10 dBm0.

CUADRO 1a/G.711

Ley A: valores de entrada positivos

1	2	3	4	5	6	7	8
Número de los segmentos	Número de intervalos × dimensión de los intervalos	Valor en los extremos de los segmentos	Número de los valores de decisión n	Valor de decisión x_n (véase la nota 1)	Señal de carácter antes de la inversión de los bits pares	Valor cuantificado (valor a la salida del decodificador) y_n	Número de los valores a la salida del decodificador
					Número de los bits 1 2 3 4 5 6 7 8		
		4096	(128)	(4096)	-----		
7	16 × 128		127	3968	1 1 1 1 1 1 1 1	4032	128
					(véase la nota 2)		
6	16 × 64	2048	113	2176	1 1 1 1 0 0 0 0	2112	113
			112	2048	(véase la nota 2)		
5	16 × 32	1024	97	1088	1 1 1 0 0 0 0 0	1056	97
			96	1024	(véase la nota 2)		
4	16 × 16	512	81	544	1 1 0 1 0 0 0 0	528	81
			80	512	(véase la nota 2)		
3	16 × 8	256	65	272	1 1 0 0 0 0 0 0	264	65
			64	256	(véase la nota 2)		
2	16 × 4	128	49	136	1 0 1 1 0 0 0 0	132	49
			48	128	(véase la nota 2)		
1	32 × 2	64	33	68	1 0 1 0 0 0 0 0	66	33
			32	64	(véase la nota 2)		
			1	2			
			0	0	1 0 0 0 0 0 0 0	1	1

Nota 1 - 4096 unidades de valor normalizado corresponden a $T_{m\acute{a}x} = 3,14 \text{ dBm0}$.

Nota 2 - Las señales de carácter se obtienen invirtiendo los bits pares de las señales de la columna 6. Antes de esta inversión, la señal de carácter correspondiente a los valores de entrada positivos comprendidos entre dos valores de decisión sucesivos n y $n+1$ (véase la columna 4) es $(128 + n)$ expresado como un número binario.

Nota 3 - El valor a la salida del decodificador es $y_n = \frac{x_n - 1 + x_{n+1}}{2}$ para $n = 1, \dots, 127, 128$.

Nota 4 - x_{128} es un valor virtual de decisión.

Nota 5 - En los cuadros 1/G.711 y 2/G.711, los valores de la codificación uniforme figuran en las columnas 3, 5 y 7.

CUADRO 1b/G.711
Ley A: valores de entrada negativos

1	2	3	4	5	6	7	8
Número de los segmentos	Número de intervalos × dimensión de los intervalos	Valor en los extremos de los segmentos	Número de los valores de decisión n	Valor de decisión x_n (véase la nota 1)	Señal de carácter antes de la inversión de los bits pares	Valor cuantificado (valor a la salida del decodificador) y_n	Número de los valores a la salida del decodificador
					Número de los bits 1 2 3 4 5 6 7 8		
1	32 × 2	-64	0	0	0 0 0 0 0 0 0 0	-1	1
			1	-2	(véase la nota 2)		
2	16 × 4	-128	32	-64	0 0 1 0 0 0 0 0	-66	33
			33	-68	(véase la nota 2)		
3	16 × 8	-256	48	-128	0 0 1 1 0 0 0 0	-132	49
			49	-136	(véase la nota 2)		
4	16 × 16	-512	64	-256	0 1 0 0 0 0 0 0	-264	65
			65	-272	(véase la nota 2)		
5	16 × 32	-1024	80	-512	0 1 0 1 0 0 0 0	-528	81
			81	-544	(véase la nota 2)		
6	16 × 64	-2048	96	-1024	0 1 1 0 0 0 0 0	-1056	97
			97	-1088	(véase la nota 2)		
7	16 × 128	-4096	112	-2048	0 1 1 1 0 0 0 0	-2112	113
			113	-2176	(véase la nota 2)		
			127	-3968	0 1 1 1 1 1 1 1	-4032	128
			(128)	(-4096)	-----		

Nota 1 - 4096 unidades de valor normalizado corresponden a $T_{\text{máx.}} = 3,14 \text{ dBm0}$.

Nota 2 - Las señales de carácter se obtienen invirtiendo los bits pares de las señales de la columna 6. Antes de esta inversión, la señal de carácter correspondiente a los valores de entrada negativos comprendidos entre dos valores de decisión sucesivos n y $n+1$ (véase la columna 4) es n expresado como un número binario.

Nota 3 - El valor a la salida del decodificador es $y_n = \frac{x_n - 1 + x_{n+1}}{2}$ para $n = 1, \dots, 127, 128$.

Nota 4 - x_{128} es un valor virtual de decisión.

Nota 5 - En los cuadros 1/G.711 y 2/G.711, los valores de la codificación uniforme figuran en las columnas 3, 5 y 7.

CUADRO 2a / G.711

Ley μ : valores de entrada positivos

1	2	3	4	5	6	7	8
Número de los segmentos	Número de intervalos \times dimensión de los intervalos	Valor en los extremos de los segmentos	Número de los valores de decisión n	Valor de decisión x_n (véase la nota 1)	Señal de carácter	Valor cuantificado (valor a la salida del decodificador) y_n	Número de los valores a la salida del decodificador
					Número de los bits 1 2 3 4 5 6 7 8		
8	16 \times 256	8159	(128)	(8159)	-----	8031	127
			127	7903	1 0 0 0 0 0 0 0		
7	16 \times 128	4063	113	4319	(véase la nota 2)	4191	112
			112	4063	1 0 0 0 1 1 1 1		
6	16 \times 64	2015	97	2143	(véase la nota 2)	2079	96
			96	2015	1 0 0 1 1 1 1 1		
5	16 \times 32	991	81	1055	(véase la nota 2)	1023	80
			80	991	1 0 1 0 1 1 1 1		
4	16 \times 16	479	65	511	(véase la nota 2)	495	64
			64	479	1 0 1 1 1 1 1 1		
3	16 \times 8	223	49	239	(véase la nota 2)	231	48
			48	223	1 1 0 0 1 1 1 1		
2	16 \times 4	95	33	103	(véase la nota 2)	99	32
			32	95	1 1 0 1 1 1 1 1		
1	15 \times 2	31	17	35	(véase la nota 2)	33	16
			16	31	1 1 1 0 1 1 1 1		
↓	1 \times 1	0	2	3	(véase la nota 2)	2	1
			1	1	1 1 1 1 1 1 1 0		
			0	0	1 1 1 1 1 1 1 1	0	0

Nota 1 - 8159 unidades de valor normalizado corresponden a $T_{\text{máx}} = 3,17$ dBm0.

Nota 2 - La señal de carácter correspondiente a los valores de entrada positivos comprendidos entre dos valores de decisión sucesivos n y $n+1$ (véase la columna 4) es $(255 - n)$ expresado como un número binario.

Nota 3 - El valor a la salida del decodificador es $y_0 = x_0 = 0$ para $n = 0$ e $y_n = \frac{x_n + x_{n+1}}{2}$ para $n = 1, 2, \dots, 127$.

Nota 4 - x_{128} es un valor virtual de decisión.

Nota 5 - En los cuadros 1/G.711 y 2/G.711, los valores de la codificación uniforme figuran en las columnas 3, 5 y 7.

CUADRO 2b / G.711

Ley μ : valores de entrada negativos

1	2	3	4	5	6	7	8
Número de los segmentos	Número de intervalos \times dimensión de los intervalos	Valor en los extremos de los segmentos	Número de los valores de decisión n	Valor de decisión x_n (véase la nota 1)	Señal de carácter	Valor cuantificado (valor a la salida del decodificador) y_n	Número de los valores a la salida del decodificador
					Número de los bits 1 2 3 4 5 6 7 8		
1	1 \times 1	-31	0	0		0	0
	15 \times 2		1	-1	0 1 1 1 1 1 1 1	-2	1
16 \times 4		2	-3	0 1 1 1 1 1 1 0	-33		
	16 \times 8	16	-31	(véase la nota 2)		-99	32
16 \times 16		17	-35	0 1 1 0 1 1 1 1	-231		
	16 \times 32	32	-95	(véase la nota 2)		-1023	80
16 \times 64		33	-103	0 1 0 1 1 1 1 1	-2079		
	16 \times 128	48	-223	(véase la nota 2)		-4191	112
16 \times 256		49	-239	0 1 0 0 1 1 1 1	-7775		
	126	64	-479	(véase la nota 2)		-8031	127
127		65	-511	0 0 1 1 1 1 1 1			
	(128)	80	-991	(véase la nota 2)			
		81	-1055	0 0 1 0 1 1 1 1			
	96	-2015	(véase la nota 2)				
	97	-2143	0 0 0 1 1 1 1 1				
	112	-4063	(véase la nota 2)				
	113	-4319	0 0 0 0 1 1 1 1				
	126	-7647	(véase la nota 2)				
	127	-7903	0 0 0 0 0 0 0 1				
	-8159	(-8159)	0 0 0 0 0 0 0 0				

Nota 1 - 8159 unidades de valor normalizado corresponden a $T_{\text{máx}} = 3,17 \text{ dBm0}$.

Nota 2 - La señal de carácter correspondiente a los valores de entrada negativos comprendidos entre dos valores de decisión sucesivos n y $n+1$ (véase la columna 4) es $(127-n)$ expresado como un número binario, para $n = 1, 2, \dots, 127$.

Nota 3 - El valor a la salida del decodificador es $y_0 = x_0 = 0$ para $n = 0$ e $y_n = \frac{x_n + x_{n+1}}{2}$ para $n = 1, 2, \dots, 127$.

Nota 4 - x_{128} es un valor virtual de decisión.

Nota 5 - En los cuadros 1/G.711 y 2/G.711, los valores de la codificación uniforme figuran en las columnas 3, 5 y 7.

CUADRO 3/G.711

Conversión de ley μ a ley A

<i>Ley μ</i> Número del valor a la salida del decodificador	<i>Ley μ A</i> Número del valor a la salida del decodificador	<i>Ley μ</i> Número del valor a la salida del decodificador	<i>Ley A</i> Número del valor a la salida del decodificador
0	1	44	41
1	1	45	42
2	2	46	43
3	2	47	44
4	3	48	46
5	3	49	48
6	4	50	49
7	4	51	50
8	5	52	51
9	5	53	52
10	6	54	53
11	6	55	54
12	7	56	55
13	7	57	56
14	8	58	57
15	8	59	58
16	9	60	59
17	10	61	60
18	11	62	61
19	12	63	62
20	13	64	64
21	14	65	65
22	15	66	66
23	16	67	67
24	17	68	68
25	18	69	69
26	19	70	70
27	20	71	71
28	21	72	72
29	22	73	73
30	23	74	74
31	24	75	75
32	25	76	76
33	27	77	77
34	29	78	78
35	31	79	79
36	33	80	81
37	34	81	82
38	35	82	83
39	36	83	84
40	37	84	85
41	38	85	86
42	39	86	87
43	40	87	88
		.	.
		.	.
		.	.
		127	128

Notas relativas al cuadro 3/G.711

Nota 1 – Las señales de entrada a un decodificador de ley A incluirán normalmente la inversión de los bits pares, como se indica en la nota 2 del cuadro 1a/G.711. Por consiguiente, las señales de salida procedentes de un convertidor de ley μ a ley A deberán presentar una inversión de los bits pares.

Nota 2 – Si la conversión μ -A va seguida de una conversión A- μ , la mayoría de los octetos vuelven a sus valores originales. Sólo quedan modificados los octetos que corresponden a los números 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14 del valor de salida del codificador de ley μ (los números aumentan en 1). Además, en esos octetos cambia solamente el bit 8 (bit menos significativo en MIC). En consecuencia, la doble conversión μ -A- μ es transparente a los bits 1 a 7.

De forma similar, si una conversión A- μ va seguida de una conversión μ -A, se modifican solamente los octetos correspondientes a los números 26, 28, 30, 32, 45, 47, 63 y 80 del valor de salida del decodificador de ley A. También en este caso cambia solamente el bit 8, o sea que la doble conversión A- μ -A es también transparente a los bit 1 a 7.

Una consecuencia de esta propiedad es que, en la mayor parte de la gama de la señal analógica de frecuencias vocales, la distorsión de cuantificación adicional causada por una conversión μ -A- μ o A- μ -A es considerablemente menor que la causada por una conversión μ -A o A- μ (véase la Recomendación G.113).

La transparencia en una conversión A- μ -A para los bits 1 a 7 se logró modificando ligeramente el cuadro respecto a la conversión óptima en el sentido de que μ -80 se convierte en A-81 en lugar de A-80, y A-80 se convierte en μ -79 lugar de μ -80. Esto tiene un efecto insignificante sobre la distorsión de cuantificación.

CUADRO 4/G.711

Conversión de ley A a ley μ

<i>Ley A</i> Número del valor a la salida del decodificador	<i>Ley μ</i> Número del valor a la salida del decodificador	<i>Ley A</i> Número del valor a la salida del decodificador	<i>Ley μ</i> Número del valor a la salida del decodificador
1	1	51	52
2	3	52	53
3	5	53	54
4	7	54	55
5	9	55	56
6	11	56	57
7	13	57	58
8	15	58	59
9	16	59	60
10	17	60	61
11	18	61	62
12	19	62	63
13	20	63	64
14	21	64	64
15	22	65	65
16	23	66	66
17	24	67	67
18	25	68	68
19	26	69	69
20	27	70	70
21	28	71	71
22	29	72	72
23	30	73	73
24	31	74	74
25	32	75	75
26	32	76	76
27	33	77	77
28	33	78	78
29	34	79	79
30	34	80	79
31	35	81	80
32	35	82	81
33	36	83	82
34	37	84	83
35	38	85	84
36	39	86	85
37	40	87	86
38	41	88	87
39	42	89	88
40	43	90	89
41	44	91	90
42	45	92	91
43	46	93	92
44	47	94	93
45	48	95	94
46	48	96	95
47	49	97	96
48	49	98	97
49	50	.	.
50	51	.	.
		.	.
		128	127

Notas relativas al cuadro 4/G.711

Nota 1 – Las señales de salida de un codificador de ley A presentarán una inversión de los bits pares, aplicada dentro del codificador como se indica en la nota 2 del cuadro 1a/G.711. Por consiguiente, las señales de entrada a un convertidor de la ley A a ley μ estarán ya en dicho estado, de manera que el convertidor debe asegurar la eliminación de la inversión de los bits pares.

Nota 2 – Si la conversión μ -A va seguida de una conversión A- μ , la mayoría de los octetos vuelven a sus valores originales. Sólo quedan modificados los octetos que corresponden a los números 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14 del valor de salida de codificador de ley μ (los números aumentan en 1). Además, en esos octetos cambia solamente el bit 8 (bit menos significativo en MIC). En consecuencia, la doble conversión μ -A- μ es transparente a los bits 1 a 7.

De forma similar, si una conversión A- μ va seguida de una conversión μ -A, se modifican solamente los octetos correspondientes a los números 26, 28, 30, 32, 45, 47, 63 y 80 del valor de salida de decodificador de ley A. También en este caso cambia solamente el bit 8, o sea que la doble conversión A- μ -A es también transparente a los bits 1 a 7.

Una consecuencia de esta propiedad es que, en la mayor parte de la gama de la señal analógica de frecuencias vocales, la distorsión de cuantificación adicional causada por una conversión μ -A- μ o A- μ -A es considerablemente menor que la causada por una conversión μ -A o A- μ (véase la Recomendación G.113).

La transparencia en una conversión A- μ -A para los bits 1 a 7 se logró modificando ligeramente el cuadro respecto a la conversión óptima en el sentido de que μ -80 se convierte en A-81 en lugar de A-80, y A-80 se convierte en μ -79 en lugar de μ -80. Esto tiene un efecto insignificante sobre la distorsión de cuantificación.

CUADRO 5/G.711

Ley A							
1	2	3	4	5	6	7	8
0	0	1	1	0	1	0	0
0	0	1	0	0	0	0	1
0	0	1	0	0	0	0	1
0	0	1	1	0	1	0	0
1	0	1	1	0	1	0	0
1	0	1	0	0	0	0	1
1	0	1	0	0	0	0	1
1	0	1	1	0	1	0	0

CUADRO 6/G.711

Ley μ							
1	2	3	4	5	6	7	8
0	0	0	1	1	1	1	0
0	0	0	0	1	0	1	1
0	0	0	0	1	0	1	1
0	0	0	1	1	1	1	0
1	0	0	1	1	1	1	0
1	0	0	0	1	0	1	1
1	0	0	0	1	0	1	1
1	0	0	1	1	1	1	0