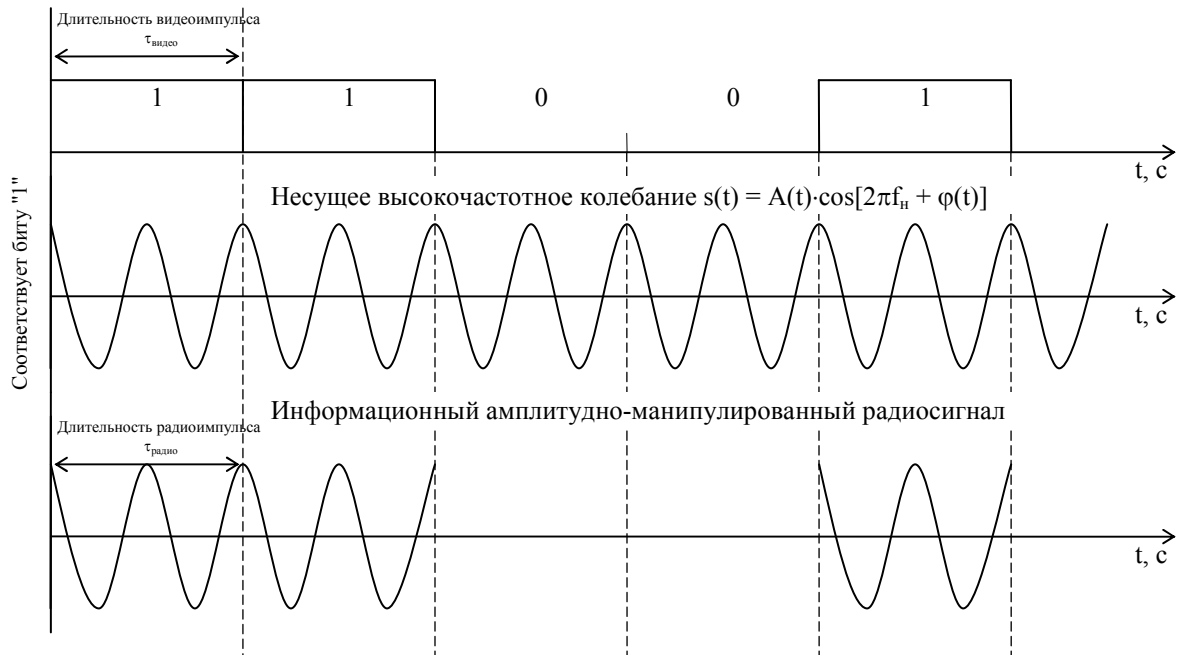


Двоичная манипуляция сигналов

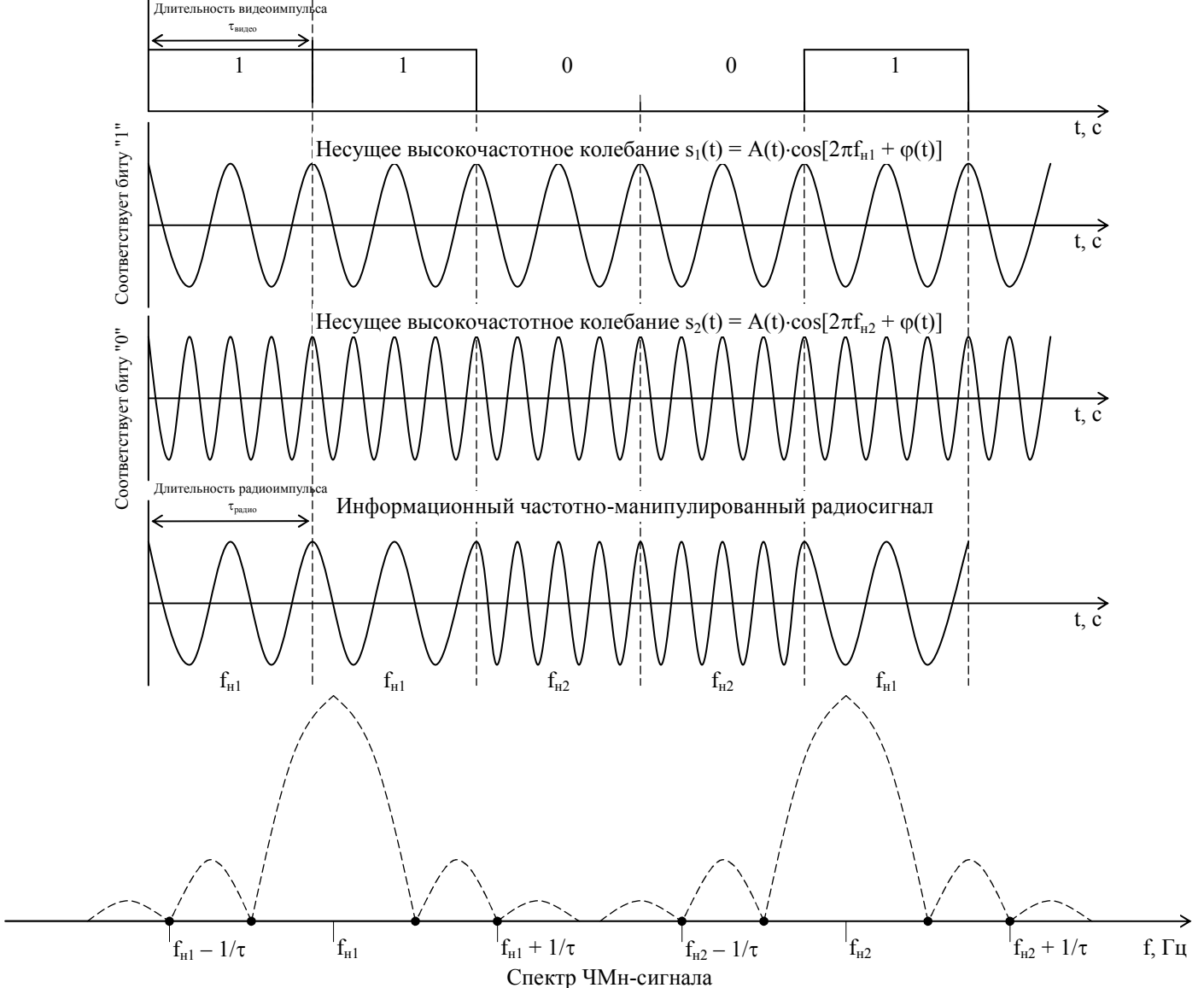
Амплитудная манипуляция (AMн, ASK)

Двоичный информационный видеосигнал в униполярной кодировке NRZ

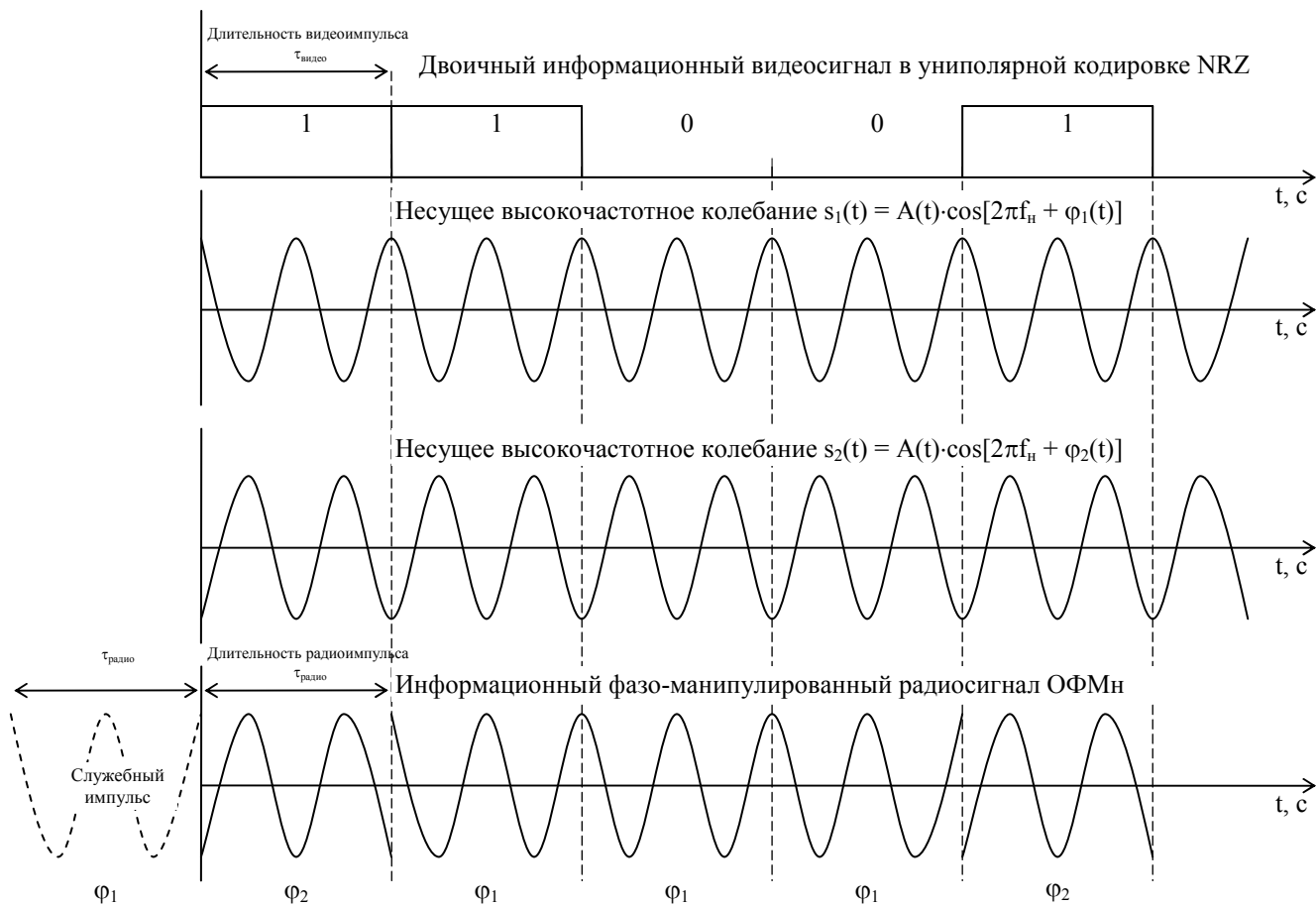
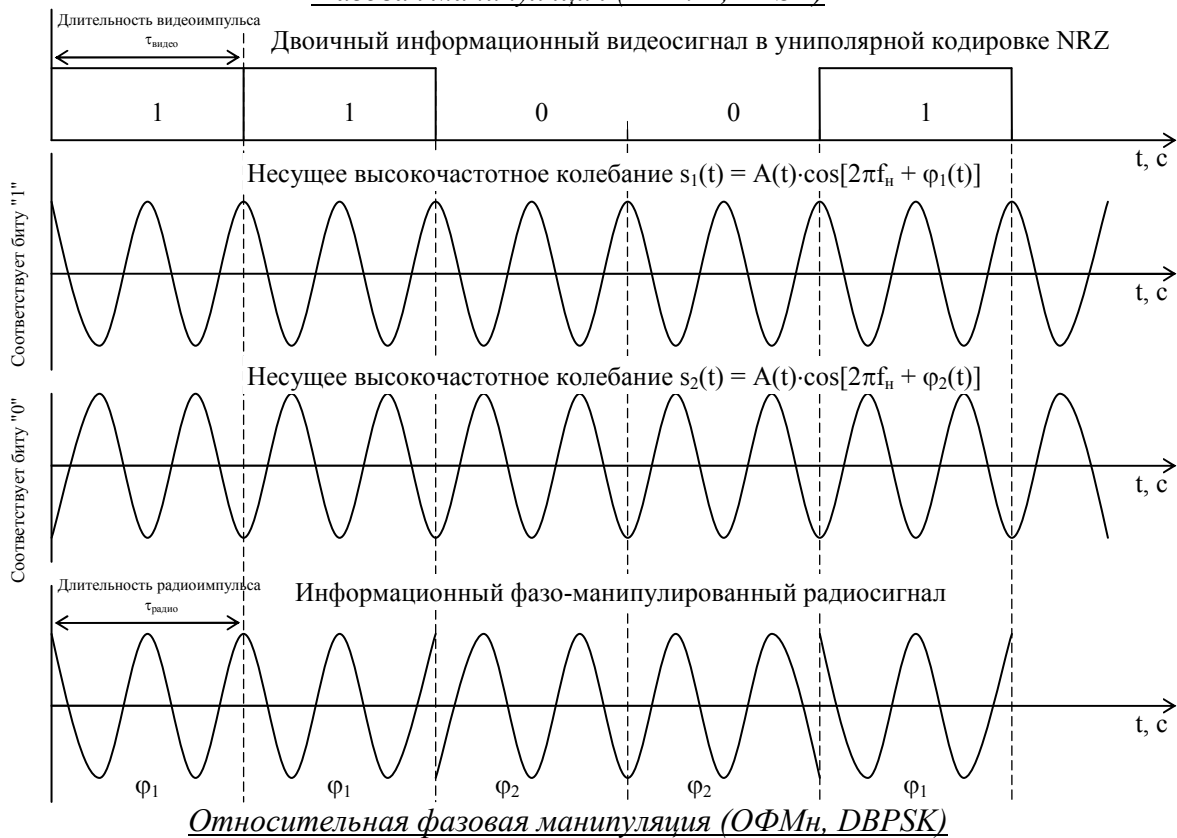


Частотная манипуляция (ЧМн, FSK)

Двоичный информационный видеосигнал в униполярной кодировке NRZ

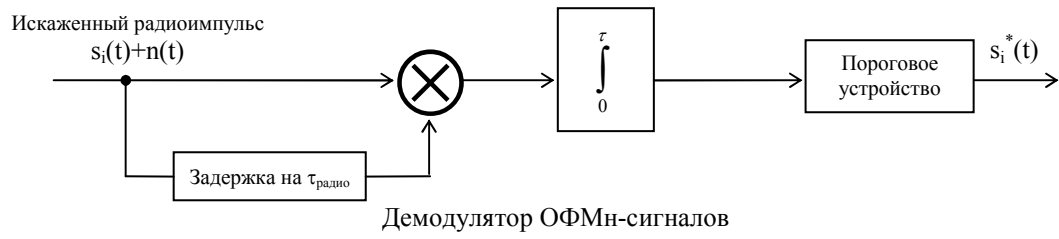
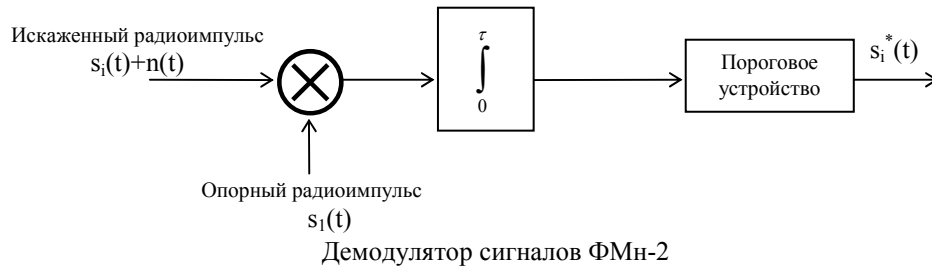


Фазовая манипуляция (ФМн-2, BPSK)

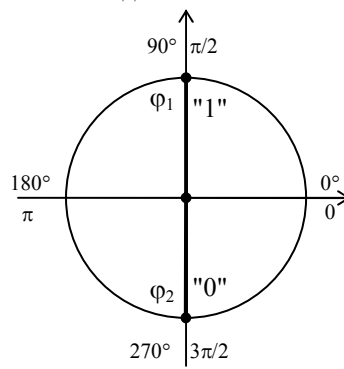


Правило формирования ОФМн-сигнала

Двоичный символ	"0"	"1"
Значение фазы	$\varphi_i = \varphi_{i-1}$	$\varphi_i = \varphi_{i-1} + 180^\circ$

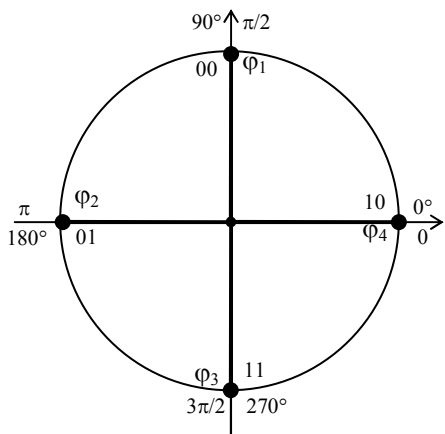
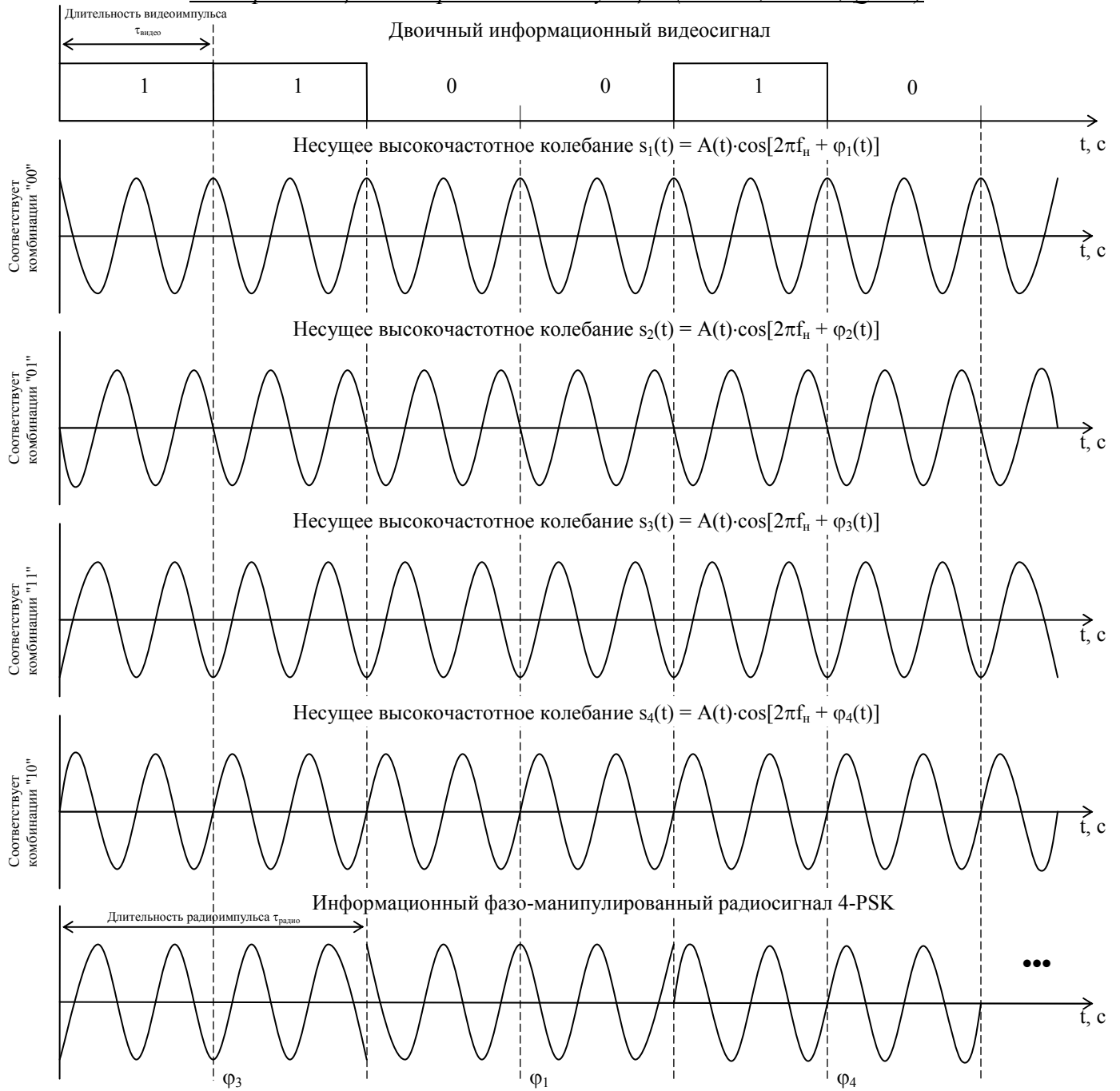


Сигнальное созвездие сигнала ФМн-2, ОФМн

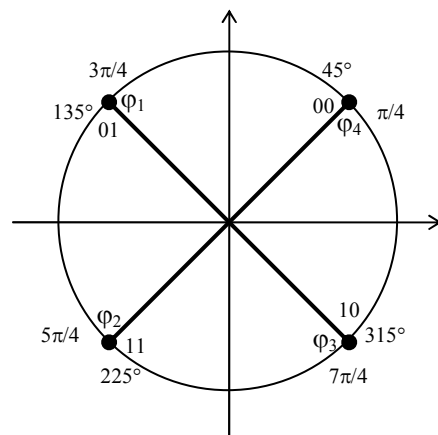


Многопозиционная манипуляция сигналами

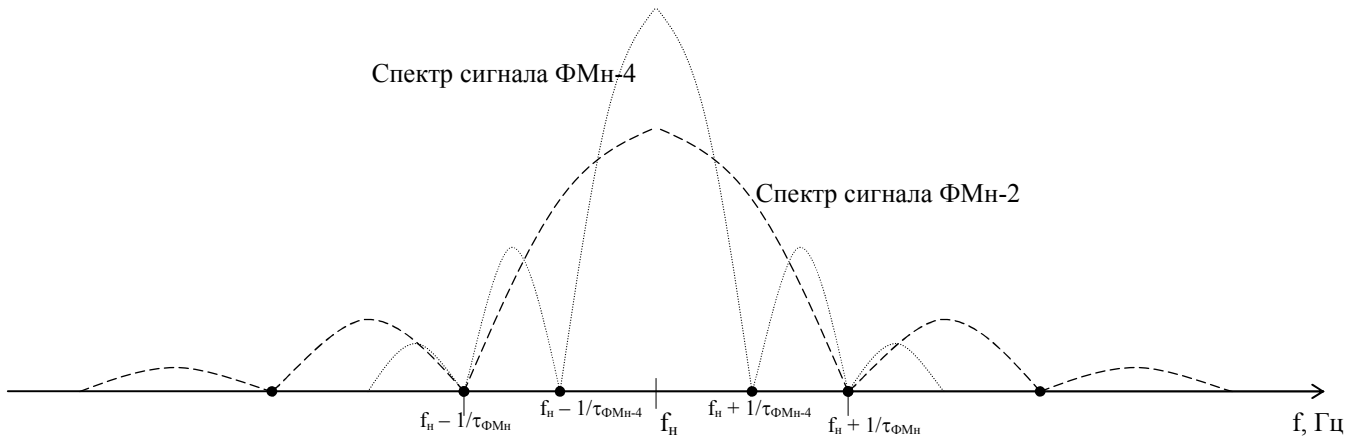
Четырехпозиционная фазовая манипуляция (ФМн-4, 4-PSK, QPSK)



Сигнальное созвездие сигнала ФМн-4 (QPSK), вариант 1

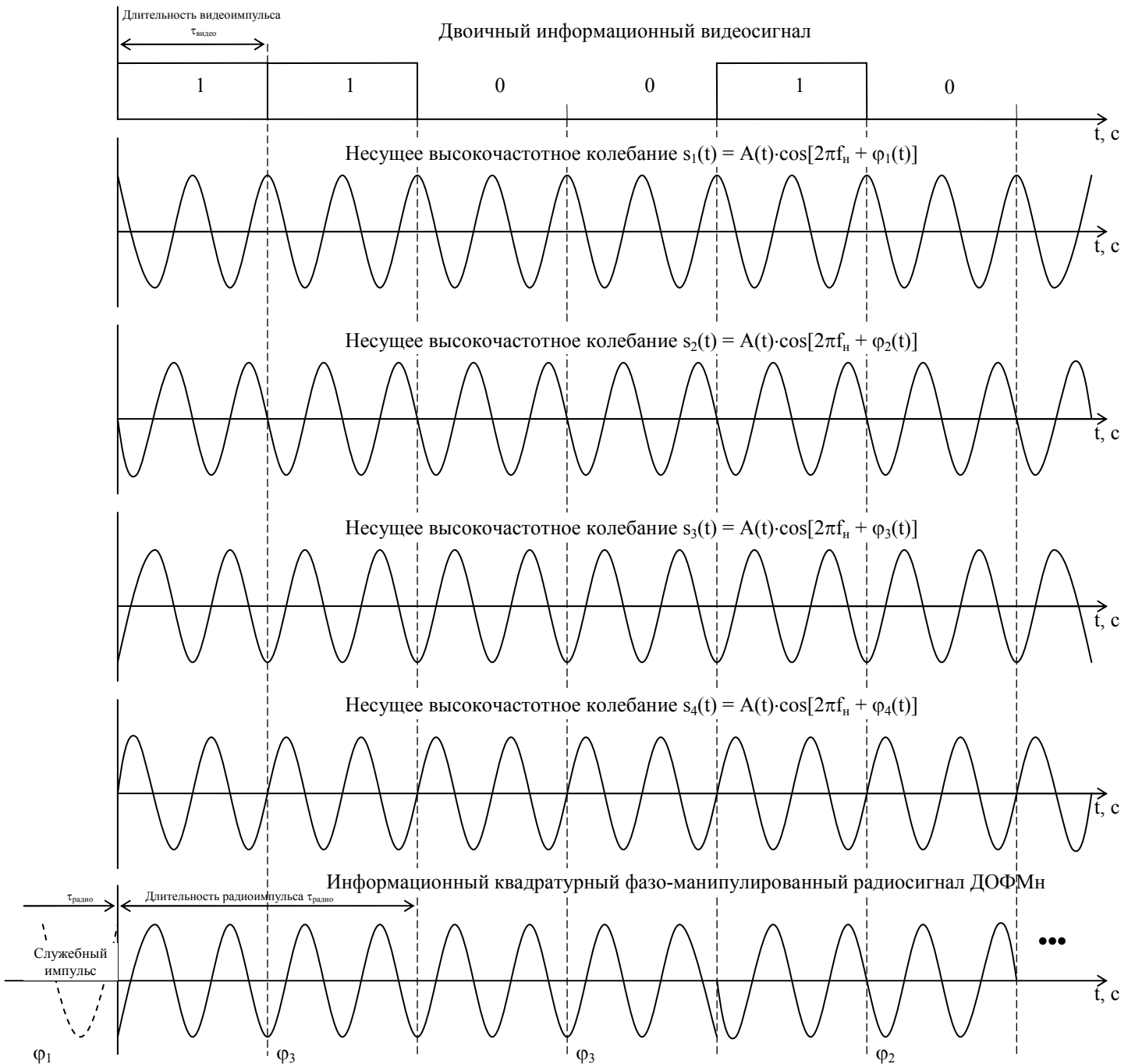


Сигнальное созвездие сигнала ФМн-4 (QPSK), вариант 2



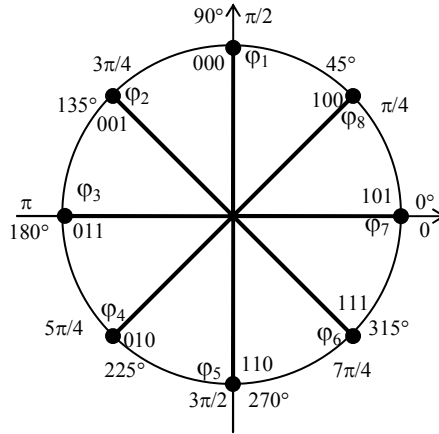
Сравнение спектров сигналов ФМн-2 и ФМн-4

Двукратная относительная фазовая манипуляция (ДОФМн) (DQPSK, D4-PSK)

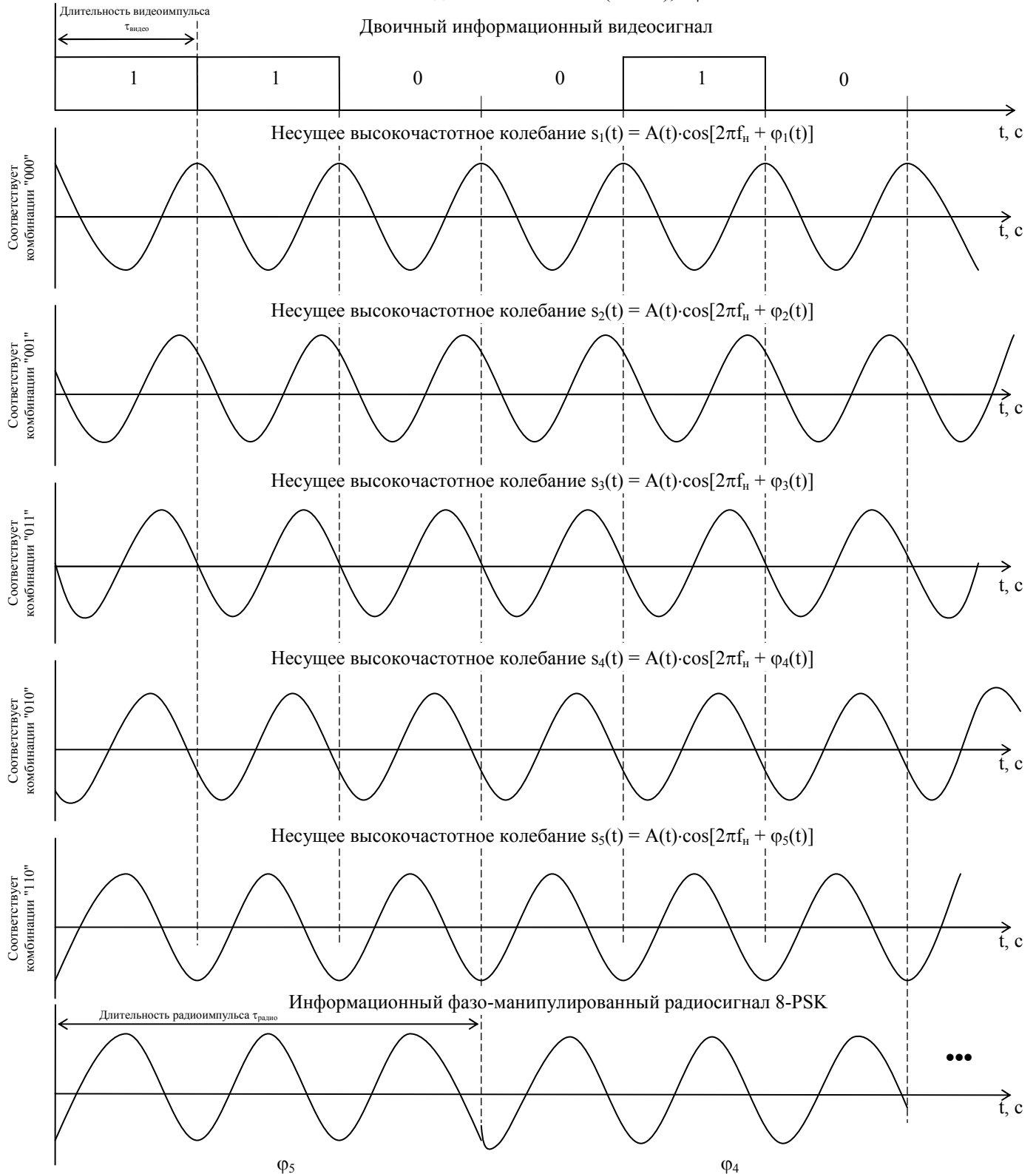


Двоичная комбинация	"00"	"01"	"11"
Значение фазы	$\varphi_i = \varphi_{i-1}$	$\varphi_i = \varphi_{i-1} + 90^\circ$	$\varphi_i = \varphi_{i-1} + 180^\circ$

Восьмипозиционная фазовая манипуляция (ФМн-8, 8-PSK)



Сигнальное созвездие сигнала ФМн-8 (8-PSK), $\Delta\varphi = 45^\circ$



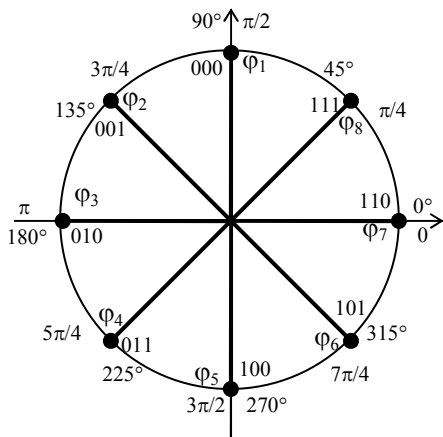
Использование кодов Грея при формировании сигнальных созвездий многопозиционных типов фазовых манипуляций.

Код Грея – система счисления, в которой два соседних значения отличаются только в одном разряде.

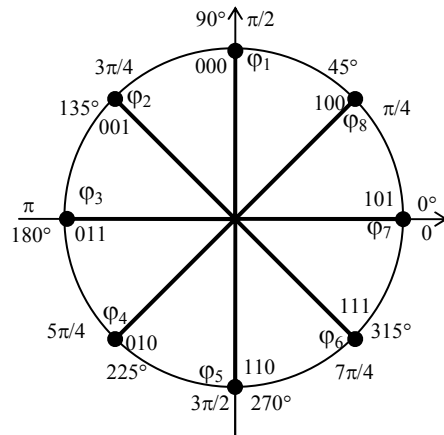
Двоичный код, m=2	Код Грея, m=2	Двоичный код, m=3	Код Грея, m=3	Двоичный код, m=4	Код Грея, m=4
00	00	000	000	0000	0000
01	01	001	001	0001	0001
10	11	010	011	0010	0011
11	10	011	010	0011	0010
		100	110	0100	0110
		101	111	0101	0111
		110	101	0110	0101
		111	100	0111	0100
				1000	1100
				1001	1101
				1010	1111
				1011	1110
				1100	1010
				1101	1011
				1110	1001
				1111	1000

Формирование кода Грея из двоичного позиционного кода и обратное преобразование

Двоичный код				Код Грея			
$N_{дв}$	...	$i_{дв}+1$	$i_{дв}$	$N_{Г}$	...	$i_{Г}+1$	$i_{Г}$
$N_{дв} = N_{Г}$	...	$i_{дв}+1=(i_{Г}+1) \oplus \dots \oplus N_{Г}$	$i_{дв}=(i_{Г} \oplus (i_{Г}+1)) \oplus \dots \oplus N_{Г}$	$N_{Г} = N_{дв}$	...	$i_{Г}+1=(i_{дв}+1) \oplus (i_{дв}+2)$	$i_{Г}=i_{дв} \oplus (i_{дв}+1)$
1	1	1	0	1	0	0	1



Сигнальное созвездие сигнала ФМн-8 (8-PSK) без использования кода Грея



Сигнальное созвездие сигнала ФМн-8 (8-PSK) с использованием кода Грея

Квадратурное представление сигналов в фазовой манипуляции.

Квадратурное представление гармонического сигнала, описываемого выражением

$$S(t) = A(t) \cdot \cos[2\pi f_n t + \varphi(t)]$$

следует из тригонометрического тождества:

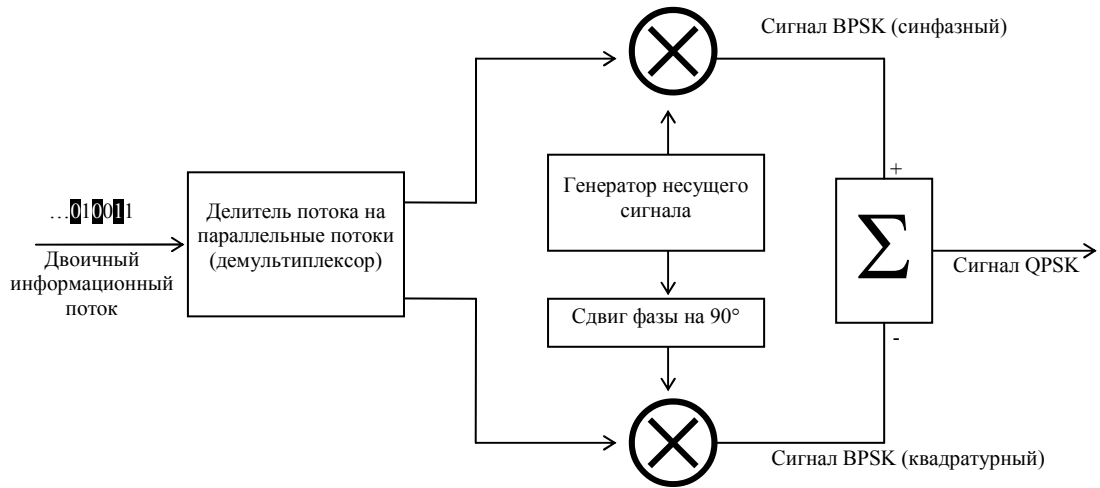
$$\cos(A+B) = \cos A \cos B - \sin A \sin B,$$

которое в нашем случае принимает следующий вид:

$$\cos[2\pi f_n t + \varphi(t)] = \underbrace{\cos 2\pi f_n t \cos \varphi(t)}_{\text{синфазный компонент } I(t)} - \underbrace{\sin 2\pi f_n t \sin \varphi(t)}_{\text{квадратурный компонент } Q(t)}$$

синфазный компонент $I(t)$ квадратурный компонент $Q(t)$

Модулятор сигналов QPSK.



Формирование сигнала QPSK в соответствии с квадратурным представлением

