

Сверточное перемежение

Сверточное перемежение. Итерация 0.

Кодовая комбинация N	C_{N1}	C_{N2}	C_{N3}	C_{N4}	C_{N5}	C_{N6}	C_{N7}
.....
Кодовая комбинация 8	$C_{81}=...$	$C_{82}=...$	$C_{83}=...$	$C_{84}=...$	$C_{85}=...$	$C_{86}=...$	$C_{87}=...$
Кодовая комбинация 7	$C_{71}=1$	$C_{72}=1$	$C_{73}=1$	$C_{74}=0$	$C_{75}=1$	$C_{76}=0$	$C_{77}=0$
Кодовая комбинация 6	$C_{61}=1$	$C_{62}=0$	$C_{63}=1$	$C_{64}=0$	$C_{65}=0$	$C_{66}=1$	$C_{67}=1$
Кодовая комбинация 5	$C_{51}=0$	$C_{52}=1$	$C_{53}=1$	$C_{54}=1$	$C_{55}=0$	$C_{56}=1$	$C_{57}=0$
Кодовая комбинация 4	$C_{41}=0$	$C_{42}=1$	$C_{43}=0$	$C_{44}=1$	$C_{45}=1$	$C_{46}=0$	$C_{47}=0$
Кодовая комбинация 3	$C_{31}=0$	$C_{32}=0$	$C_{33}=1$	$C_{34}=0$	$C_{35}=1$	$C_{36}=1$	$C_{37}=0$
Кодовая комбинация 2	$C_{21}=1$	$C_{22}=1$	$C_{23}=0$	$C_{24}=0$	$C_{25}=0$	$C_{26}=1$	$C_{27}=0$
Кодовая комбинация 1	$C_{11}=1$	$C_{12}=0$	$C_{13}=0$	$C_{14}=1$	$C_{15}=1$	$C_{16}=1$	$C_{17}=0$

PC1, m=1	PC2, m=2	PC3, m=3	PC4, m=4	PC5, m=5	PC6, m=6	PC7, m=7
Выход 1	Выход 2	Выход 3	Выход 4	Выход 5	Выход 6	Выход 7

устройство опроса выходов регистров сдвига



Сверточное перемежение. Итерация 1.

C_{N1}	C_{N2}	C_{N3}	C_{N4}	C_{N5}	C_{N6}	C_{N7}
...
$C_{91}=...$	$C_{92}=...$	$C_{93}=...$	$C_{94}=...$	$C_{95}=...$	$C_{96}=...$	$C_{97}=...$
$C_{81}=...$	$C_{82}=...$	$C_{83}=...$	$C_{84}=...$	$C_{85}=...$	$C_{86}=...$	$C_{87}=...$
$C_{71}=1$	$C_{72}=1$	$C_{73}=1$	$C_{74}=0$	$C_{75}=1$	$C_{76}=0$	$C_{77}=0$
$C_{61}=1$	$C_{62}=0$	$C_{63}=1$	$C_{64}=0$	$C_{65}=0$	$C_{66}=1$	$C_{67}=1$
$C_{51}=0$	$C_{52}=1$	$C_{53}=1$	$C_{54}=1$	$C_{55}=0$	$C_{56}=1$	$C_{57}=0$
$C_{41}=0$	$C_{42}=1$	$C_{43}=0$	$C_{44}=1$	$C_{45}=1$	$C_{46}=0$	$C_{47}=0$
$C_{31}=0$	$C_{32}=0$	$C_{33}=1$	$C_{34}=0$	$C_{35}=1$	$C_{36}=1$	$C_{37}=0$
$C_{21}=1$	$C_{22}=1$	$C_{23}=0$	$C_{24}=0$	$C_{25}=0$	$C_{26}=1$	$C_{27}=0$
$C_{11}=1$	$C_{12}=0$	$C_{13}=0$	$C_{14}=1$	$C_{15}=1$	$C_{16}=1$	$C_{17}=0$

Выход 1	Выход 2	Выход 3	Выход 4	Выход 5	Выход 6	Выход 7
---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------

устройство опроса выходов регистров сдвига



Сверточное перемещение. Итерация 4.

C_{N1}	C_{N2}	C_{N3}	C_{N4}	C_{N5}	C_{N6}	C_{N7}
...
$C_{121}=...$	$C_{122}=...$	$C_{123}=...$	$C_{124}=...$	$C_{125}=...$	$C_{126}=...$	$C_{127}=...$
$C_{111}=...$	$C_{112}=...$	$C_{113}=...$	$C_{114}=...$	$C_{115}=...$	$C_{116}=...$	$C_{117}=...$
$C_{101}=...$	$C_{102}=...$	$C_{103}=...$	$C_{104}=...$	$C_{105}=...$	$C_{106}=...$	$C_{107}=...$
$C_{91}=...$	$C_{92}=...$	$C_{93}=...$	$C_{94}=...$	$C_{95}=...$	$C_{96}=...$	$C_{97}=...$
$C_{81}=...$	$C_{82}=...$	$C_{83}=...$	$C_{84}=...$	$C_{85}=...$	$C_{86}=...$	$C_{87}=...$
$C_{71}=1$	$C_{72}=1$	$C_{73}=1$	$C_{74}=0$	$C_{75}=1$	$C_{76}=0$	$C_{77}=0$
$C_{61}=1$	$C_{62}=0$	$C_{63}=1$	$C_{64}=0$	$C_{65}=0$	$C_{66}=1$	$C_{67}=1$
$C_{51}=0$	$C_{52}=1$	$C_{53}=1$	$C_{54}=1$	$C_{55}=0$	$C_{56}=1$	$C_{57}=0$
$C_{41}=0$	$C_{42}=1$	$C_{43}=0$	$C_{44}=1$	$C_{45}=1$	$C_{46}=0$	$C_{47}=0$
Выход 1	$C_{32}=0$	$C_{33}=1$	$C_{34}=0$	$C_{35}=1$	$C_{36}=1$	$C_{37}=0$
	Выход 2	$C_{23}=0$	$C_{24}=0$	$C_{25}=0$	$C_{26}=1$	$C_{27}=0$
		Выход 3	$C_{14}=1$	$C_{15}=1$	$C_{16}=1$	$C_{17}=0$
			Выход 4			
				Выход 5		
					Выход 6	
						Выход 7



Кодовая последовательность на выходе устройства сверточного перемещения после итерации 4:

$C_{11}=1$	$C_{21}=1$	$C_{12}=0$	$C_{31}=0$	$C_{22}=1$	$C_{13}=0$
------------	------------	------------	------------	------------	------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Сверточное перемещение. Итерация 5.

C_{N1}	C_{N2}	C_{N3}	C_{N4}	C_{N5}	C_{N6}	C_{N7}
...
$C_{131}=...$	$C_{132}=...$	$C_{133}=...$	$C_{134}=...$	$C_{135}=...$	$C_{136}=...$	$C_{137}=...$
$C_{121}=...$	$C_{122}=...$	$C_{123}=...$	$C_{124}=...$	$C_{125}=...$	$C_{126}=...$	$C_{127}=...$
$C_{111}=...$	$C_{112}=...$	$C_{113}=...$	$C_{114}=...$	$C_{115}=...$	$C_{116}=...$	$C_{117}=...$
$C_{101}=...$	$C_{102}=...$	$C_{103}=...$	$C_{104}=...$	$C_{105}=...$	$C_{106}=...$	$C_{107}=...$
$C_{91}=...$	$C_{92}=...$	$C_{93}=...$	$C_{94}=...$	$C_{95}=...$	$C_{96}=...$	$C_{97}=...$
$C_{81}=...$	$C_{82}=...$	$C_{83}=...$	$C_{84}=...$	$C_{85}=...$	$C_{86}=...$	$C_{87}=...$
$C_{71}=1$	$C_{72}=1$	$C_{73}=1$	$C_{74}=0$	$C_{75}=1$	$C_{76}=0$	$C_{77}=0$
$C_{61}=1$	$C_{62}=0$	$C_{63}=1$	$C_{64}=0$	$C_{65}=0$	$C_{66}=1$	$C_{67}=1$
$C_{51}=0$	$C_{52}=1$	$C_{53}=1$	$C_{54}=1$	$C_{55}=0$	$C_{56}=1$	$C_{57}=0$
Выход 1	$C_{42}=1$	$C_{43}=0$	$C_{44}=1$	$C_{45}=1$	$C_{46}=0$	$C_{47}=0$
	Выход 2	$C_{33}=1$	$C_{34}=0$	$C_{35}=1$	$C_{36}=1$	$C_{37}=0$
		Выход 3	$C_{24}=0$	$C_{25}=0$	$C_{26}=1$	$C_{27}=0$
			Выход 4	$C_{15}=1$	$C_{16}=1$	$C_{17}=0$
				Выход 5		
					Выход 6	
						Выход 7



Кодовая последовательность на выходе устройства сверточного перемещения после итерации 5:

$C_{11}=1$	$C_{21}=1$	$C_{12}=0$	$C_{31}=0$	$C_{22}=1$	$C_{13}=0$	$C_{41}=0$	$C_{32}=0$	$C_{23}=0$	$C_{14}=1$
------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	-----	-----	-----	-----

Сверточное перемещение. Итерация 6.

C_{N1}	C_{N2}	C_{N3}	C_{N4}	C_{N5}	C_{N6}	C_{N7}
...
$C_{141}=...$	$C_{142}=...$	$C_{143}=...$	$C_{144}=...$	$C_{145}=...$	$C_{146}=...$	$C_{147}=...$
$C_{131}=...$	$C_{132}=...$	$C_{133}=...$	$C_{134}=...$	$C_{135}=...$	$C_{136}=...$	$C_{137}=...$
$C_{121}=...$	$C_{122}=...$	$C_{123}=...$	$C_{124}=...$	$C_{125}=...$	$C_{126}=...$	$C_{127}=...$
$C_{111}=...$	$C_{112}=...$	$C_{113}=...$	$C_{114}=...$	$C_{115}=...$	$C_{116}=...$	$C_{117}=...$
$C_{101}=...$	$C_{102}=...$	$C_{103}=...$	$C_{104}=...$	$C_{105}=...$	$C_{106}=...$	$C_{107}=...$
$C_{91}=...$	$C_{92}=...$	$C_{93}=...$	$C_{94}=...$	$C_{95}=...$	$C_{96}=...$	$C_{97}=...$
$C_{81}=...$	$C_{82}=...$	$C_{83}=...$	$C_{84}=...$	$C_{85}=...$	$C_{86}=...$	$C_{87}=...$
$C_{71}=1$	$C_{72}=1$	$C_{73}=1$	$C_{74}=0$	$C_{75}=1$	$C_{76}=0$	$C_{77}=0$
$C_{61}=1$	$C_{62}=0$	$C_{63}=1$	$C_{64}=0$	$C_{65}=0$	$C_{66}=1$	$C_{67}=1$
Выход 1	$C_{52}=1$	$C_{53}=1$	$C_{54}=1$	$C_{55}=0$	$C_{56}=1$	$C_{57}=0$
	Выход 2	$C_{43}=0$	$C_{44}=1$	$C_{45}=1$	$C_{46}=0$	$C_{47}=0$
		Выход 3	$C_{34}=0$	$C_{35}=1$	$C_{36}=1$	$C_{37}=0$
			Выход 4	$C_{25}=0$	$C_{26}=1$	$C_{27}=0$
				Выход 5	$C_{16}=1$	$C_{17}=0$
					Выход 6	
						Выход 7



Кодовая последовательность на выходе устройства сверточного перемещения после итерации 6:

$C_{11}=1$	$C_{21}=1$	$C_{12}=0$	$C_{31}=0$	$C_{22}=1$	$C_{13}=0$	$C_{41}=0$	$C_{32}=0$	$C_{23}=0$	$C_{14}=1$	$C_{51}=0$	$C_{42}=1$	$C_{33}=1$	$C_{24}=0$	$C_{15}=1$...
------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	------------	-----

Сверточное перемещение. Итерация 7.

C_{N1}	C_{N2}	C_{N3}	C_{N4}	C_{N5}	C_{N6}	C_{N7}
...
$C_{151}=...$	$C_{152}=...$	$C_{153}=...$	$C_{154}=...$	$C_{155}=...$	$C_{156}=...$	$C_{157}=...$
$C_{141}=...$	$C_{142}=...$	$C_{143}=...$	$C_{144}=...$	$C_{145}=...$	$C_{146}=...$	$C_{147}=...$
$C_{131}=...$	$C_{132}=...$	$C_{133}=...$	$C_{134}=...$	$C_{135}=...$	$C_{136}=...$	$C_{137}=...$
$C_{121}=...$	$C_{122}=...$	$C_{123}=...$	$C_{124}=...$	$C_{125}=...$	$C_{126}=...$	$C_{127}=...$
$C_{111}=...$	$C_{112}=...$	$C_{113}=...$	$C_{114}=...$	$C_{115}=...$	$C_{116}=...$	$C_{117}=...$
$C_{101}=...$	$C_{102}=...$	$C_{103}=...$	$C_{104}=...$	$C_{105}=...$	$C_{106}=...$	$C_{107}=...$
$C_{91}=...$	$C_{92}=...$	$C_{93}=...$	$C_{94}=...$	$C_{95}=...$	$C_{96}=...$	$C_{97}=...$
$C_{81}=...$	$C_{82}=...$	$C_{83}=...$	$C_{84}=...$	$C_{85}=...$	$C_{86}=...$	$C_{87}=...$
$C_{71}=1$	$C_{72}=1$	$C_{73}=1$	$C_{74}=0$	$C_{75}=1$	$C_{76}=0$	$C_{77}=0$
Выход 1	$C_{62}=0$	$C_{63}=1$	$C_{64}=0$	$C_{65}=0$	$C_{66}=1$	$C_{67}=1$
	Выход 2	$C_{53}=1$	$C_{54}=1$	$C_{55}=0$	$C_{56}=1$	$C_{57}=0$
		Выход 3	$C_{44}=1$	$C_{45}=1$	$C_{46}=0$	$C_{47}=0$
			Выход 4	$C_{35}=1$	$C_{36}=1$	$C_{37}=0$
				Выход 5	$C_{26}=1$	$C_{27}=0$
					Выход 6	$C_{17}=0$
						Выход 7



Кодовая последовательность на выходе устройства сверточного перемещения после итерации 7:

$C_{11}=1$	$C_{21}=1$	$C_{12}=0$	$C_{31}=0$	$C_{22}=1$	$C_{13}=0$	$C_{41}=0$	$C_{32}=0$	$C_{23}=0$	$C_{14}=1$	$C_{51}=0$	$C_{42}=1$	$C_{33}=1$	→
→	$C_{24}=0$	$C_{15}=1$	$C_{61}=1$	$C_{52}=1$	$C_{43}=0$	$C_{34}=0$	$C_{25}=0$	$C_{16}=1$...				

Сверточное перемежение. Итерация 8.

C_{N1}	C_{N2}	C_{N3}	C_{N4}	C_{N5}	C_{N6}	C_{N7}
...
$C_{161}=\dots$	$C_{162}=\dots$	$C_{163}=\dots$	$C_{164}=\dots$	$C_{165}=\dots$	$C_{166}=\dots$	$C_{167}=\dots$
$C_{151}=\dots$	$C_{152}=\dots$	$C_{153}=\dots$	$C_{154}=\dots$	$C_{155}=\dots$	$C_{156}=\dots$	$C_{157}=\dots$
$C_{141}=\dots$	$C_{142}=\dots$	$C_{143}=\dots$	$C_{144}=\dots$	$C_{145}=\dots$	$C_{146}=\dots$	$C_{147}=\dots$
$C_{131}=\dots$	$C_{132}=\dots$	$C_{133}=\dots$	$C_{134}=\dots$	$C_{135}=\dots$	$C_{136}=\dots$	$C_{137}=\dots$
$C_{121}=\dots$	$C_{122}=\dots$	$C_{123}=\dots$	$C_{124}=\dots$	$C_{125}=\dots$	$C_{126}=\dots$	$C_{127}=\dots$
$C_{111}=\dots$	$C_{112}=\dots$	$C_{113}=\dots$	$C_{114}=\dots$	$C_{115}=\dots$	$C_{116}=\dots$	$C_{117}=\dots$
$C_{101}=\dots$	$C_{102}=\dots$	$C_{103}=\dots$	$C_{104}=\dots$	$C_{105}=\dots$	$C_{106}=\dots$	$C_{107}=\dots$
$C_{91}=\dots$	$C_{92}=\dots$	$C_{93}=\dots$	$C_{94}=\dots$	$C_{95}=\dots$	$C_{96}=\dots$	$C_{97}=\dots$
$C_{81}=\dots$	$C_{82}=\dots$	$C_{83}=\dots$	$C_{84}=\dots$	$C_{85}=\dots$	$C_{86}=\dots$	$C_{87}=\dots$
Выход 1	$C_{72}=1$	$C_{73}=1$	$C_{74}=0$	$C_{75}=1$	$C_{76}=0$	$C_{77}=0$
	Выход 2	$C_{63}=1$	$C_{64}=0$	$C_{65}=0$	$C_{66}=1$	$C_{67}=1$
		Выход 3	$C_{54}=1$	$C_{55}=0$	$C_{56}=1$	$C_{57}=0$
			Выход 4	$C_{45}=1$	$C_{46}=0$	$C_{47}=0$
				Выход 5	$C_{36}=1$	$C_{37}=0$
					Выход 6	$C_{27}=0$
						Выход 7



Кодовая последовательность на выходе устройства сверточного перемежения после итерации 8:

$C_{11}=1$	$C_{21}=1$	$C_{12}=0$	$C_{31}=0$	$C_{22}=1$	$C_{13}=0$	$C_{41}=0$	$C_{32}=0$	$C_{23}=0$	$C_{14}=1$	$C_{51}=0$	$C_{42}=1$	$C_{33}=1$	$C_{24}=0$	$C_{15}=1$	→
→	$C_{61}=1$	$C_{52}=1$	$C_{43}=0$	$C_{34}=0$	$C_{25}=0$	$C_{16}=1$	$C_{71}=1$	$C_{62}=0$	$C_{53}=1$	$C_{44}=1$	$C_{35}=1$	$C_{26}=1$	$C_{17}=0$...	

С выхода устройства перемежения поступает непрерывный поток двоичных символов, который для рассмотренного случая будет иметь следующий вид:

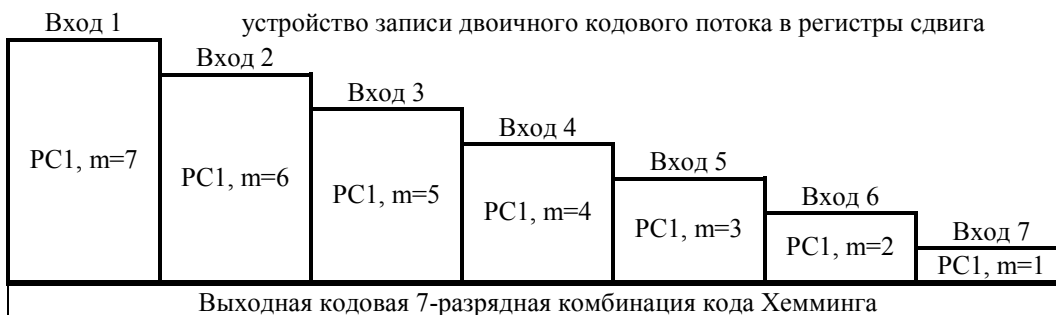
1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0	...
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	-----

Предположим, в процессе передачи информации по каналу связи возник пакет ошибок P длиной 7 бит:

1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	...
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	-----

Двоичный поток, принятый из канала связи, поступает на устройство сверточного деперемежения, имеющее следующую структуру:

Входной кодовый поток



Рассмотрим более подробно несколько начальных итераций процедуры деперемежения кодового потока, принятого из канала связи с возникшей пакетной ошибкой.

Сверточное деперемежение. Итерация 1.

Поскольку для записи на первой итерации открыт только регистр сдвига 1, то в него записывается один двоичный символ из принятого кодового потока.

Входной кодовый поток



Сверточное деперемежение. Итерация 2.

Для записи на второй итерации открыты входы PC1 и PC2, именно в них и записывается последовательно два текущих символа кодового потока.

Входной кодовый поток



Сверточное деперемежение. Итерация 3.

Для записи на второй итерации открыты входы PC1, PC2 и PC3. В них и записывается последовательно три текущих символа кодового потока, заставляя символы, поступившие в регистры сдвига на предыдущих итерациях, двигаться к выходу.

Входной кодовый поток



Видно, что в PC1 копятся символы, находившиеся на первой позиции в каждой из кодовых комбинаций кода Хемминга, в PC2 – символы, находившиеся на второй позиции и т.д., т.е. происходит обратная перестановка символов, при которой пакеты ошибок преобразуются в независимые ошибки. Рассмотрим это на примере.



устройство записи двоичного кодового потока в регистры сдвига

Вход 1						
0 (C ₇₁)	Вход 2					
1 (C ₆₁)	1 (C ₆₂)	Вход 3				
0 (C ₅₁)	1 (C ₅₂)	0 (C ₅₃)	Вход 4			
0 (C ₄₁)	1 (C ₄₂)	0 (C ₄₃)	0 (C ₄₄)	Вход 5		
0 (C ₃₁)	0 (C ₃₂)	1 (C ₃₃)	0 (C ₃₄)	0 (C ₃₅)	Вход 6	
1 (C ₂₁)	1 (C ₂₂)	0 (C ₂₃)	0 (C ₂₄)	0 (C ₂₅)	0 (C ₂₆)	Вход 7
1 (C ₁₁)	0 (C ₁₂)	0 (C ₁₃)	1 (C ₁₄)	1 (C ₁₅)	1 (C ₁₆)	1 (C ₁₇)
Выходная кодовая 7-разрядная комбинация кода Хемминга						

Хорошо видно, что пакет ошибок после деперемежения принадлежит разным кодовым комбинациям, в каждой из которых, таким образом, произошла ошибка первой кратности, которую исправит декодер Хемминга.