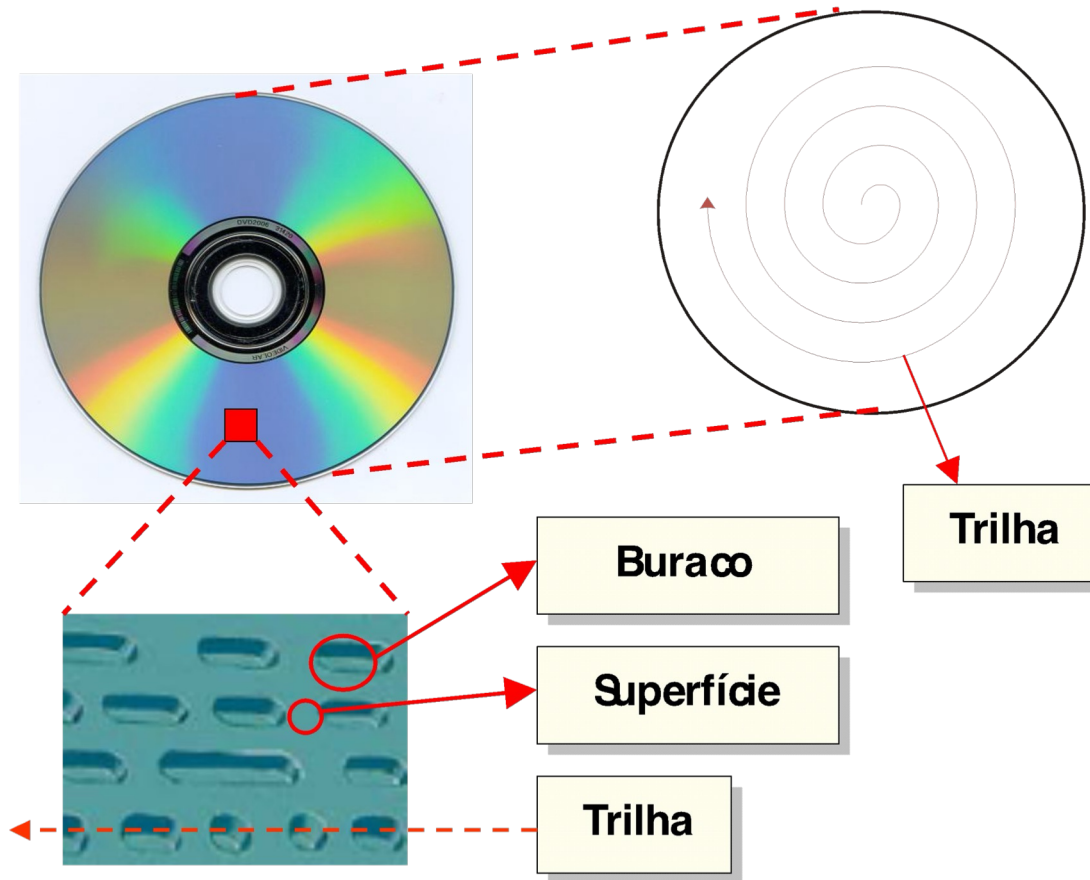
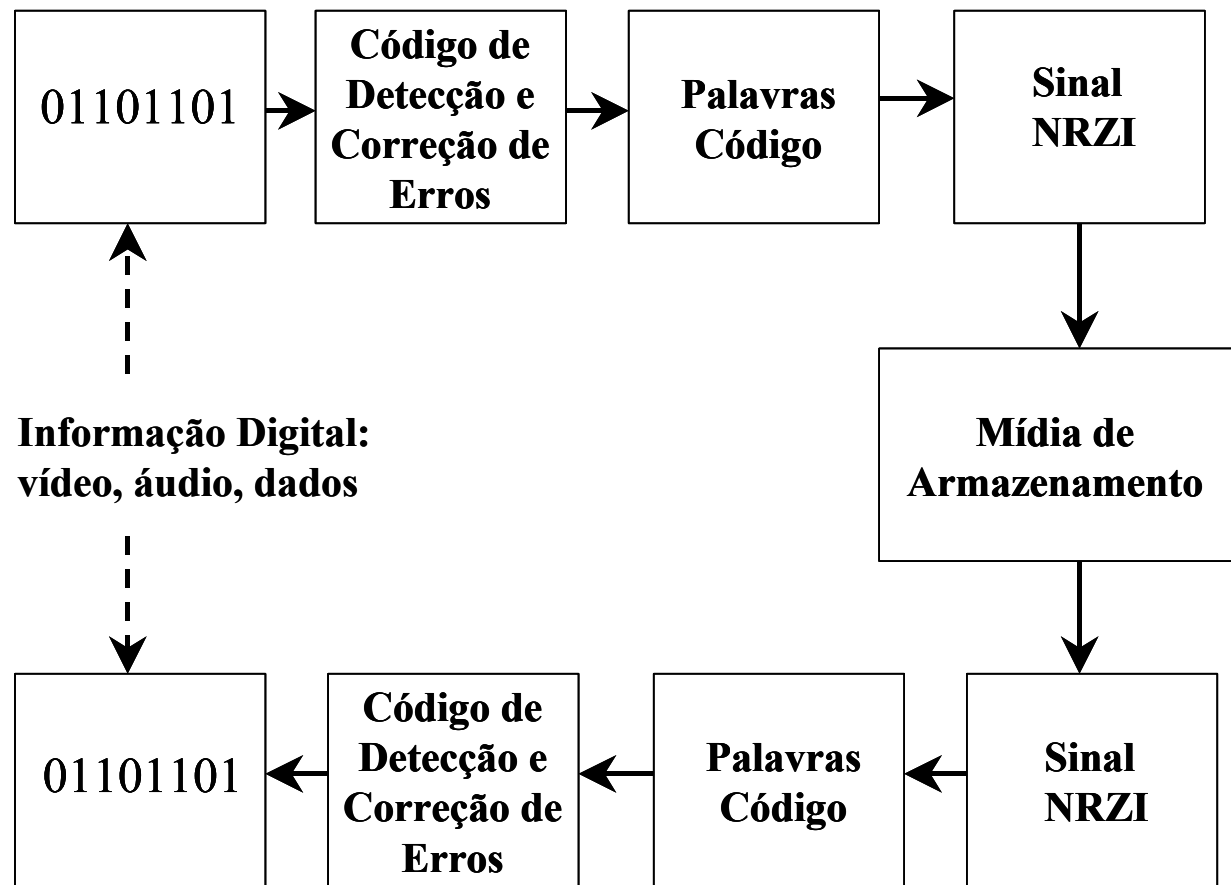


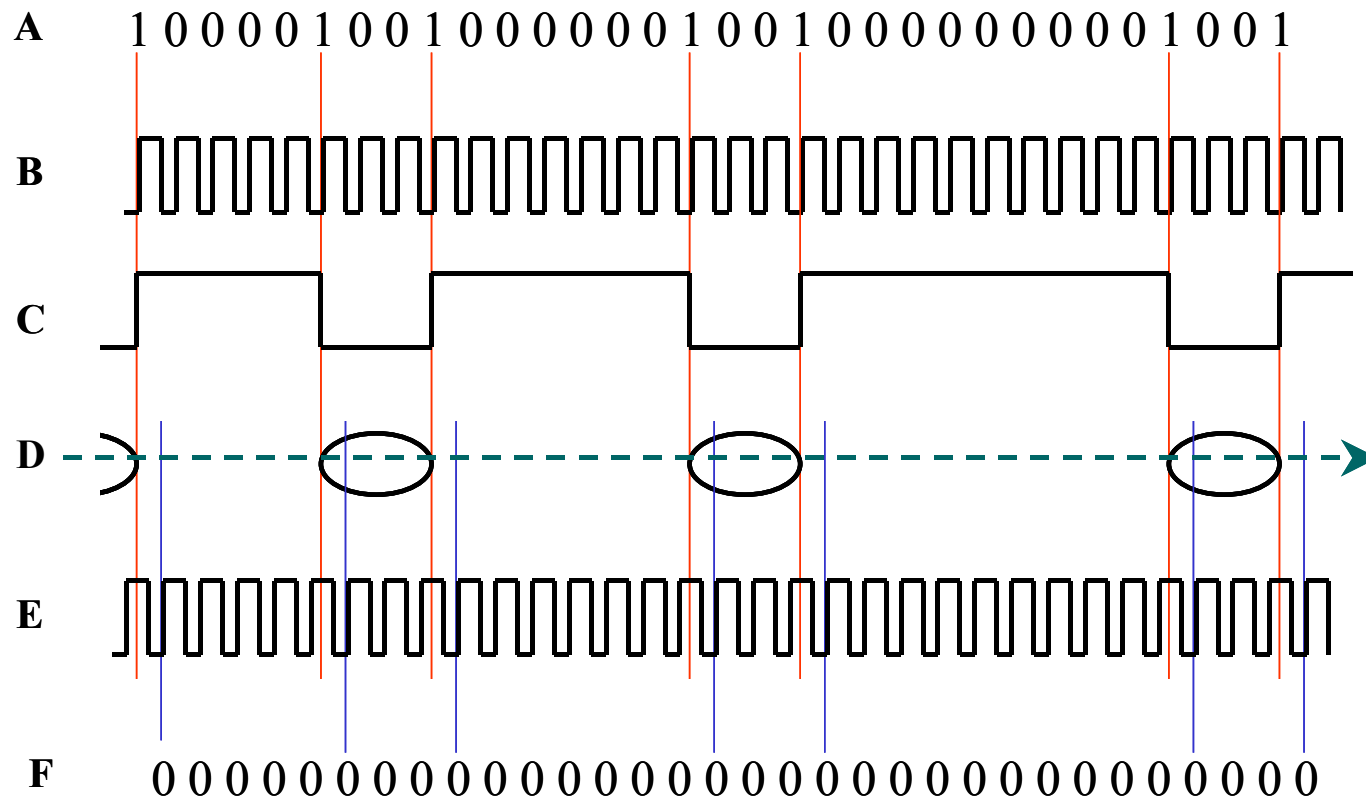
Trilha num DVD



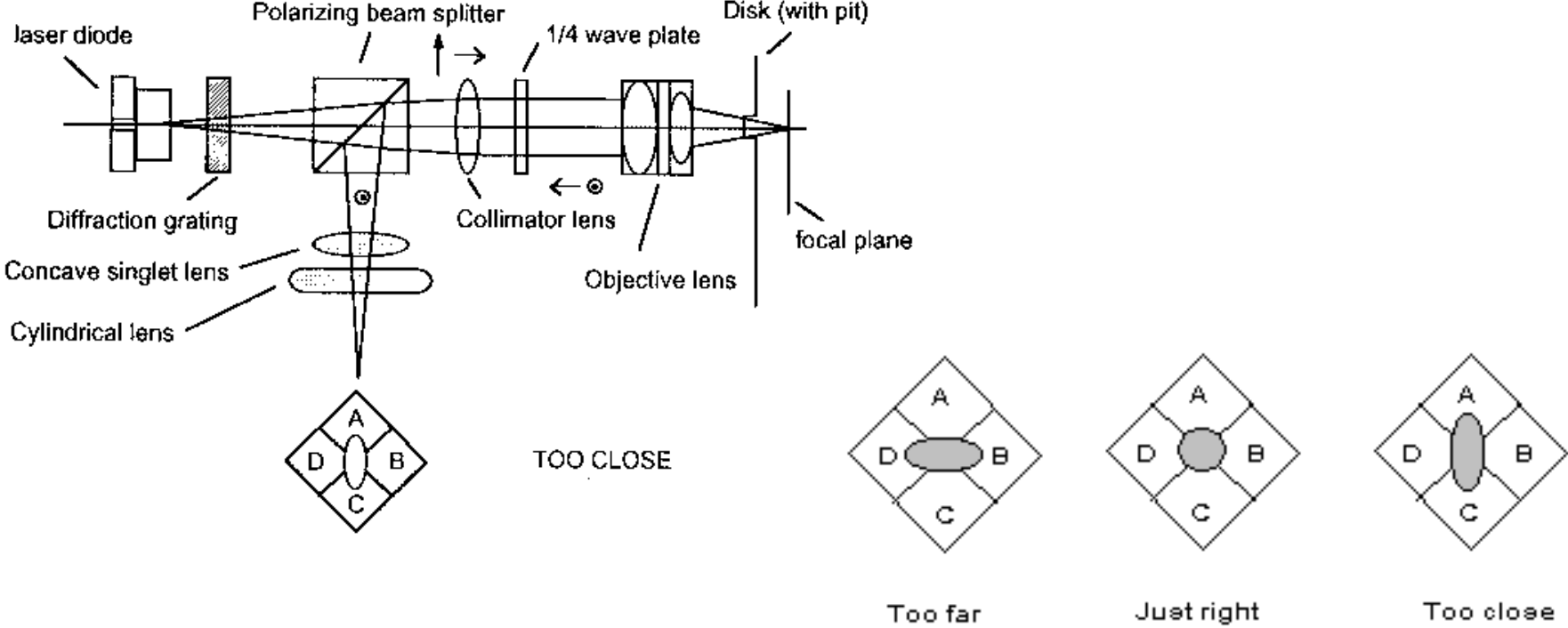
Modulação do sinal digital no DVD



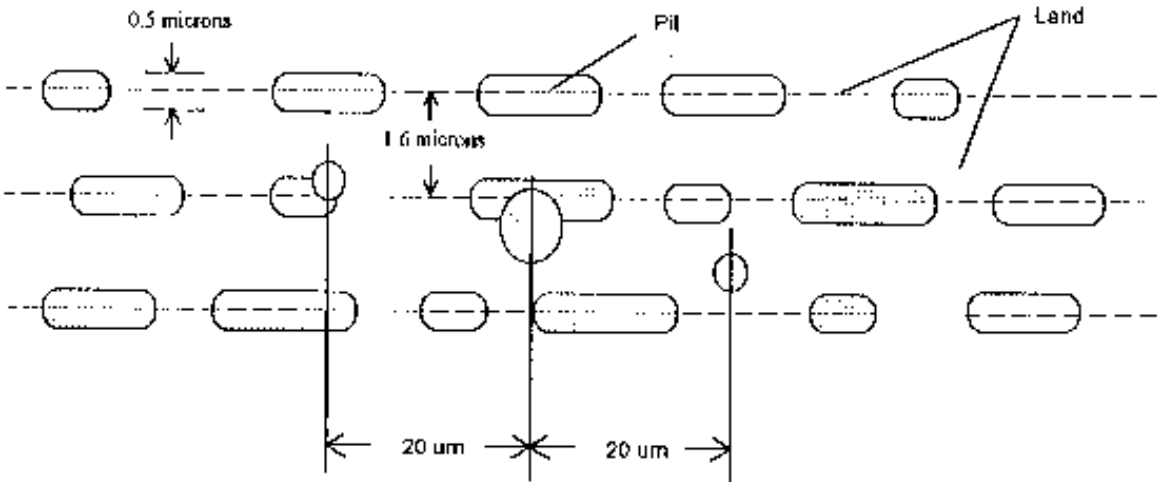
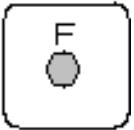
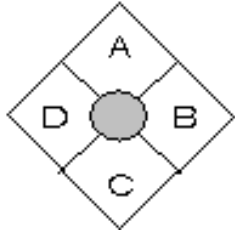
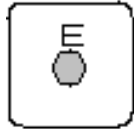
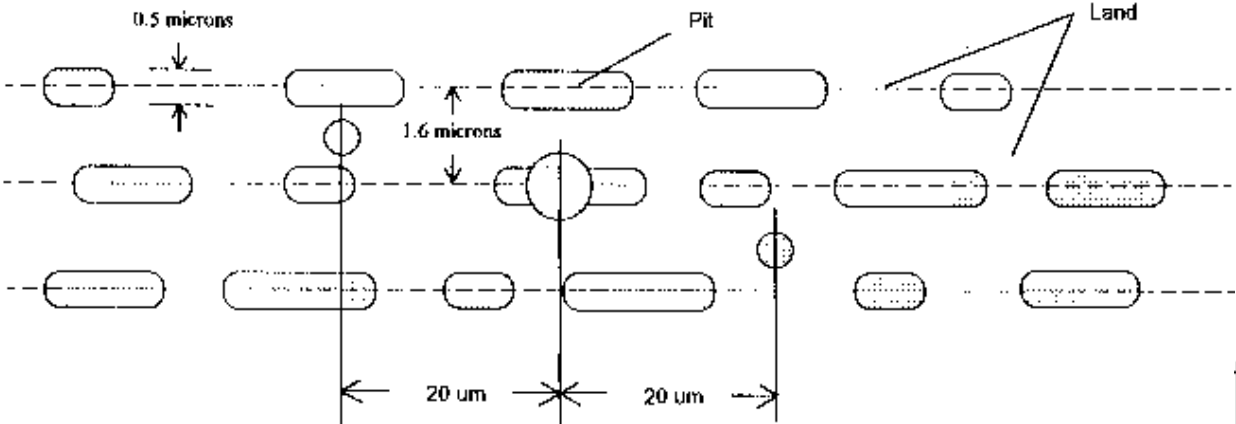
Sinal síncrono



Controle de altura do leitor ótico



Controle de tracking sobre a trilha



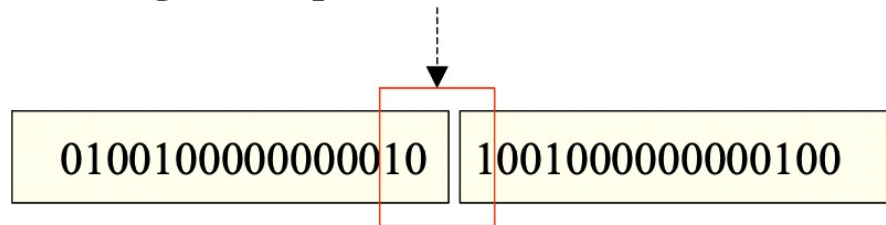
Restrição dk

Durante o desenvolvimento do CD, verificou-se que o sinal modulado resultante deveria obedecer à chamada restrição dk (sinal com uma quantidade mínima de d e máxima de k bits 0 entre dois bits 1), com $d=2$ e $k=10$

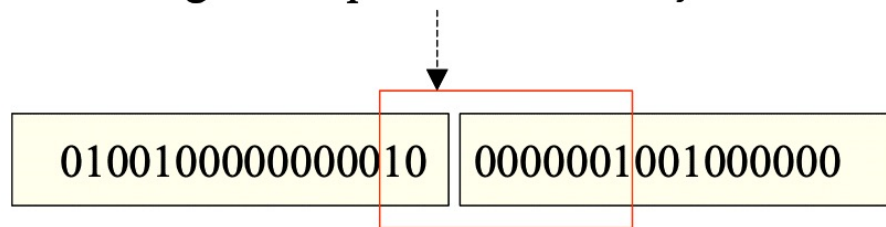
Existem 256 palavras de informação distintas de 8 bits (00000000, 00000001, ... até 11111111) que devem ser mapeadas para palavras códigos válidas de acordo com a restrição $d=2$ e $k=10$. Uma análise combinatória mostra a necessidade de se utilizar pelo menos 14 bits para haver palavras códigos em quantidade suficiente para representar as 256 palavras de informação. Com 14 bits é possível ter 267 palavras código que satisfazem a restrição dk. Algumas palavras código excedentes foram selecionadas dentre aquelas que criariam dificuldades na junção de duas palavras código e outras foram escolhidas aleatoriamente. O dicionário de conversão das palavras de informação para palavras código foi criado a partir de análises de otimização por computador, de tal forma que o processo de conversão possa ser feito com o circuito mais simples possível (circuito com a menor quantidade de portas lógicas).

Restrição dk entre duas palavras código

Segmento que não atende à restrição dk



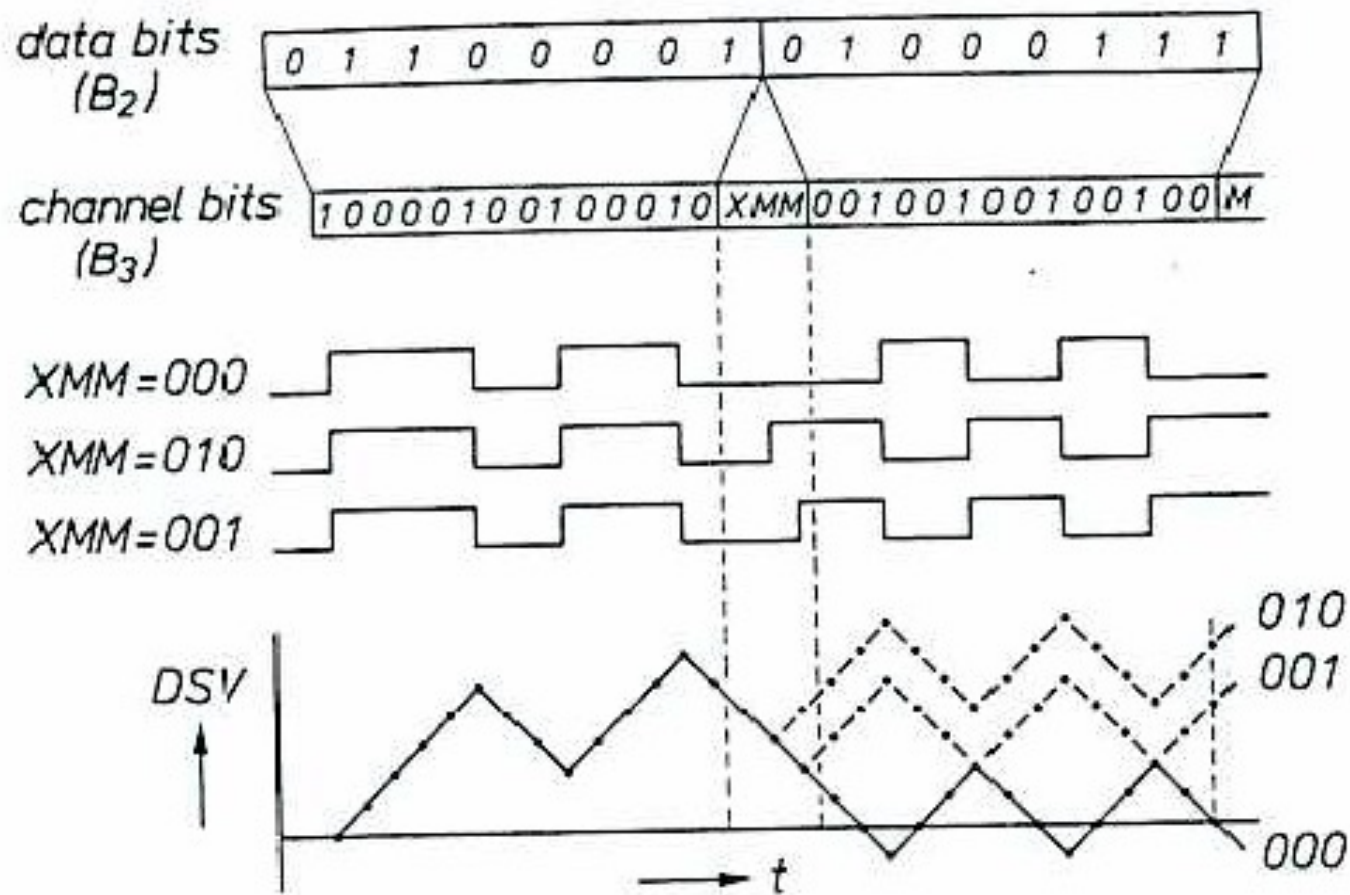
Segmento que atende à restrição dk



Para evitar esta violação, foi proposto a inserção de bits de junção (*merging* bits) entre duas palavras código. Dois bits seriam suficientes para satisfazer a restrição dk , mas foi previsto um terceiro bit para dar liberdade suficiente para a supressão efetiva dos componentes de baixa frequência no sinal modulado resultante.

Como resultado final, apesar de $14 + 2 = 16$ bits serem suficientes para atender à restrição dk , inclusive nas junções das palavras código, na modulação utilizada no CD cada palavra de informação de 8 bits é representada por 17 bits.

Minimização do DSV (Digital Sum)

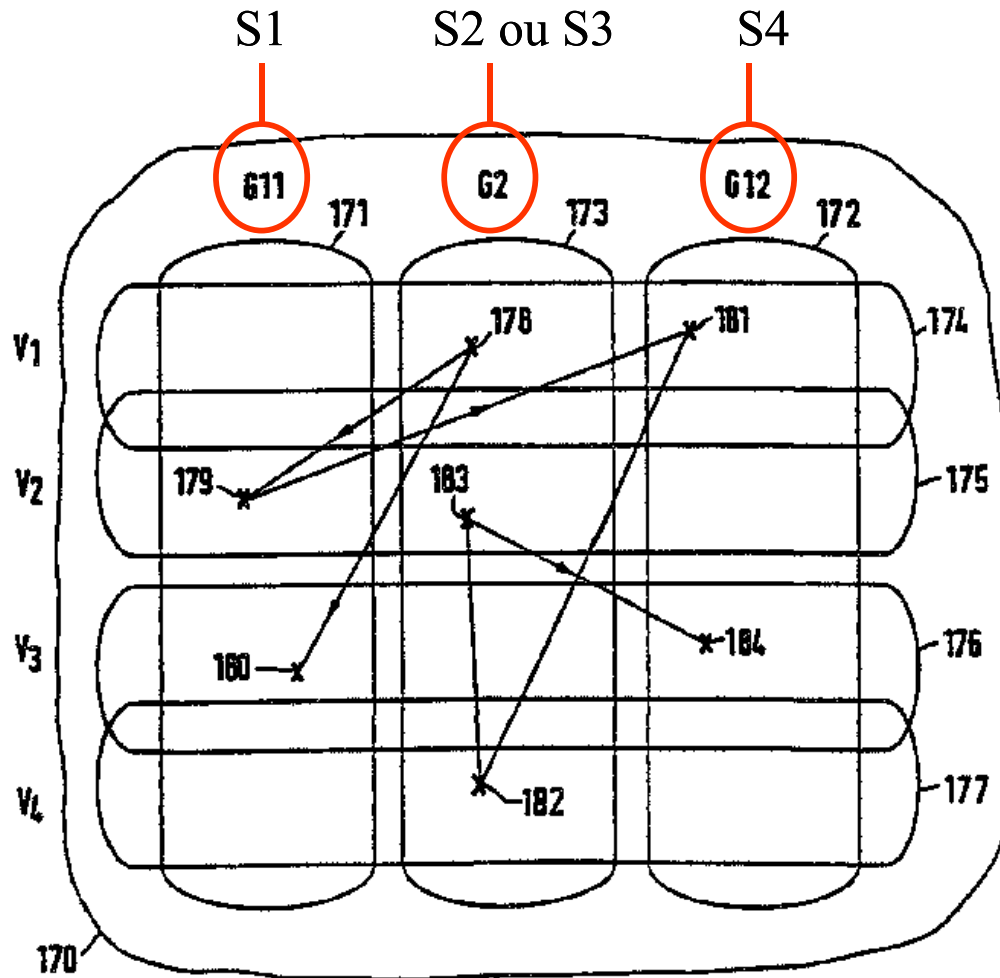


Modulação EFM+

CD - O método de conversão resultante é conhecido hoje como modulação EFM (Eight-to-Fourteen Modulation). A palavra código resultante é membro de uma família de códigos que representam sinais sem componentes de baixa frequência, denominada RLL(d,k) (dc-free runlength-limited codes)

DVD - Na modulação EFM, uma palavra de informação de 8 bits é convertida para uma palavra código de 14 bits. Entretanto, no processo de concatenação de duas palavras código são inseridos 3 bits com o objetivo de garantir a restrição dk e a supressão dos componentes de baixa frequência, o que resulta no final em 17 bits. No DVD é utilizado um método diferente, conhecido como modulação EFM+ (Eight-to-Fourteen Modulation Plus), que converte uma palavra de informação de 8 bits em uma palavra código de 16 bits. Entretanto, na modulação EFM+ não há necessidade da utilização de bits de junção.

Grupos e Estados de Codificação



Caracterização dos grupos

O conjunto G11 é composto por palavras código que terminam com uma quantidade de 0 ou 1 bit com valor lógico 0. Um exemplo de palavra código que pertence ao conjunto G11 é a palavra 1000100010000001.

O conjunto G12 é composto por palavras código que terminam com uma quantidade maior ou igual a 6 e menor ou igual a 9 bits com valor lógico 0. Um exemplo de palavra código que pertence ao conjunto G12 é a palavra 0100010010000000.

O conjunto G2 é formado por palavras código que terminam com uma quantidade maior ou igual a 2 e menor ou igual a 5 bits com valor lógico 0, e que estabelecem um estado de codificação que depende do conjunto a que pertencem e também da própria palavra código.

Exemplos de palavras código

Palavra código do grupo G2

Palavra código do grupo G12

	V ₁		V ₂		V ₃		V ₄	
0	001000000001001	1	0100000000100100	2	0010000000001001	1	0100000000100100	2
1	0010000000010010	1	0010000000010010	1	1000000000100100	3	1000000000100100	3
2	00100000000100100	2	00100000000100100	2	1000000000010010	1	100000000010010	1
3	001000000001001000	2	0100010010000000	4	0010000001001000	2	0100010010000000	4
4	0010000010010000	2	0010000010010000	2	1000000000100100	2	1000000000100100	2
5	0010000100100000	2	0010000100100000	2	1000010010000000	4	1000010010000000	4
6	0010000000100100	3	0010000000100100	3	1000100100000000	4	1000100100000000	4
7	00100000001001000	3	0100000000010010	1	0010000001001000	3	0100000000010010	1
8	0010000010010000	3	0010000010010000	3	1001001000000000	4	1001001000000000	4
9	0010000100100000	3	0010000100100000	3	1000000000010001	1	1000000000010001	1
10	0010001001000000	4	0010001001000000	4	1000000000100010	1	1000000000100010	1
11	0010010010000000	4	0010010010000000	4	0100000001001000	3	0100000001001000	3
12	0000010000000001	1	0000010000000001	1	0100000001001000	2	0100000001001000	2
13	0000100000000010	1	0000100000000010	1	1000010010000001	1	1000010010000001	1
14	0001000000001001	1	0100000000100100	3	0001000000001001	1	0100000000100100	3
15	00010000000010010	1	00010000000010010	1	1000100100000001	1	1000100100000001	1
16	0010000000010001	1	0010000000010001	1	1001001000000001	1	1001001000000001	1
17	00100000000100010	1	00100000000100010	1	1000010001000000	4	1000010001000000	4
18	00100000001001001	1	0100000010010000	2	0010000001001001	1	0100000010010000	2
19	00100000001001001	1	00100000001001001	1	1000100010000000	4	1000100010000000	4
20	0010000100100001	1	0010000100100001	1	1001000100000000	4	1001000100000000	4
21	0010001001000001	1	0010001001000001	1	0100000001001001	1	0100000001001001	1
22	0010010010000001	1	0010010010000001	1	1000000000100001	1	1000000000100001	1
23	0001000000000100	2	0001000000000100	2	0100000010001000	2	0100000010001000	2
24	0001000000010010	2	0001000000010010	2	0100000010001000	3	0100000010001000	3
25	00010000000100100	2	0100000100100000	2	0001000001001000	2	0100000100100000	2
26	00010000010010000	2	00010000010010000	2	1000010001000001	1	1000010001000001	1
27	0001000100100000	2	0001000100100000	2	1000010010000010	1	1000010010000010	1
28	0010000000001000	2	0100000010010000	3	0010000000001000	2	0100000010010000	3
29	00100000001000100	2	00100000001000100	2	1000100010000001	1	1000100010000001	1
30	00100000010001000	2	01000000100100000	3	0010000000001000	2	01000000100100000	3

FIG. 2A

Palavra código do grupo G11

Caracterização dos conjuntos V1,V2,V3 e V4

O conjunto V1 é composto por palavras código que se iniciam com uma quantidade maior ou igual a 2 ou menor ou igual a 9 de bits com valor lógico 0;

O conjunto V2 é composto por palavras código que se iniciam com uma quantidade maior ou igual a 1 ou menor ou igual a 5 bits com valor lógico 0, e tal que $b_1b_{13} = 00$;

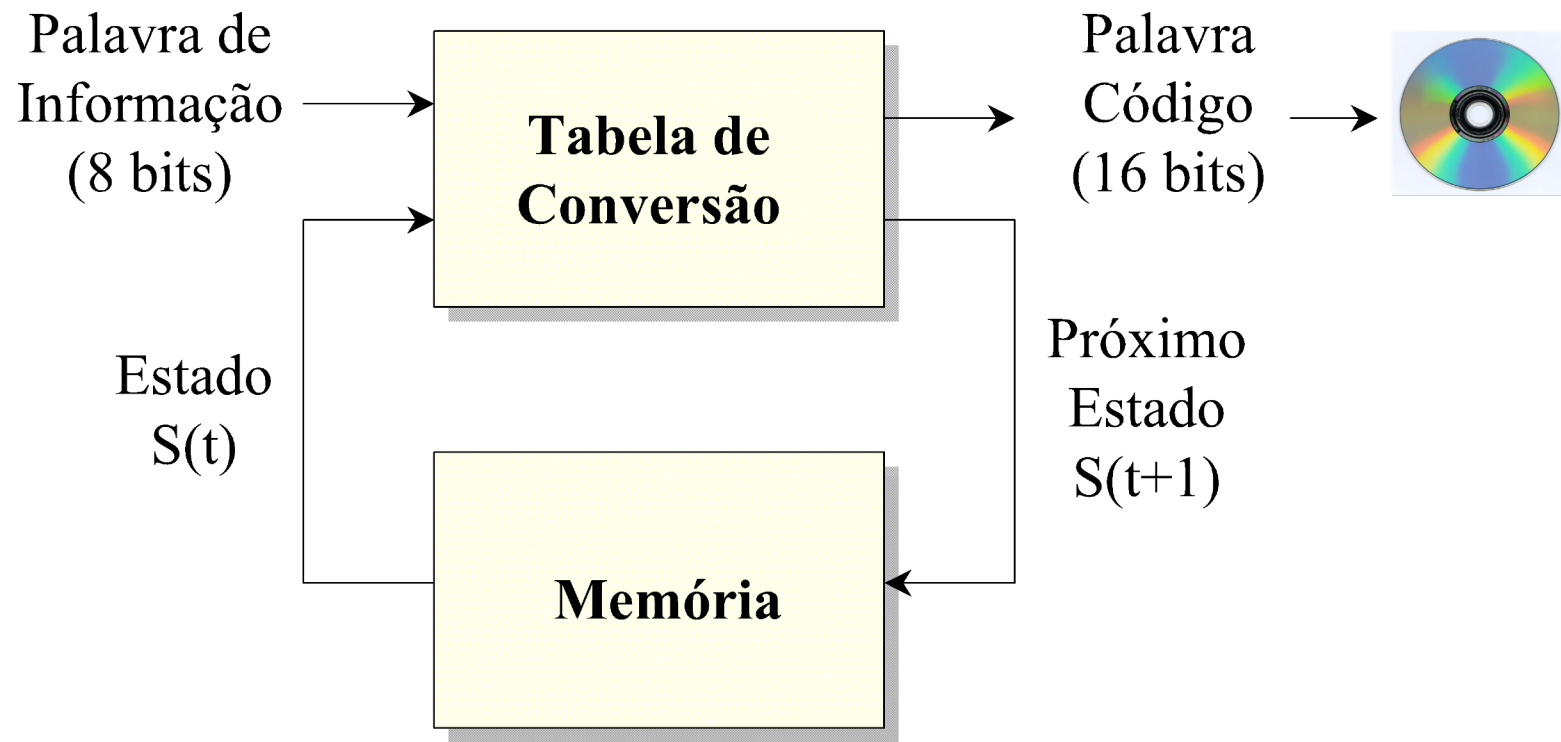
O conjunto V3 é composto por palavras código que se iniciam com uma quantidade maior ou igual a 0 ou menor ou igual a 5 bits com valor lógico 0, e tal que $b_1b_{13} \neq 00$;

O conjunto V4 é composto por palavras código que se iniciam com 0 ou 1 bit com valor lógico 0.

Atendimento à restrição dk

Para que a restrição dk seja atendida também na junção de duas palavras código, o método da modulação EFM+ estabelece que palavras código que pertencem ao grupo G11 serão sempre concatenadas com uma palavra código pertencente ao grupo V1. Pelo mesmo motivo, palavras código que pertencem ao grupo G12 serão concatenados com uma palavra código pertencente ao grupo V4 e palavras código que pertencem ao grupo G2 serão concatenados com uma palavra código que pertence ao grupo V2 ou ao grupo V3.

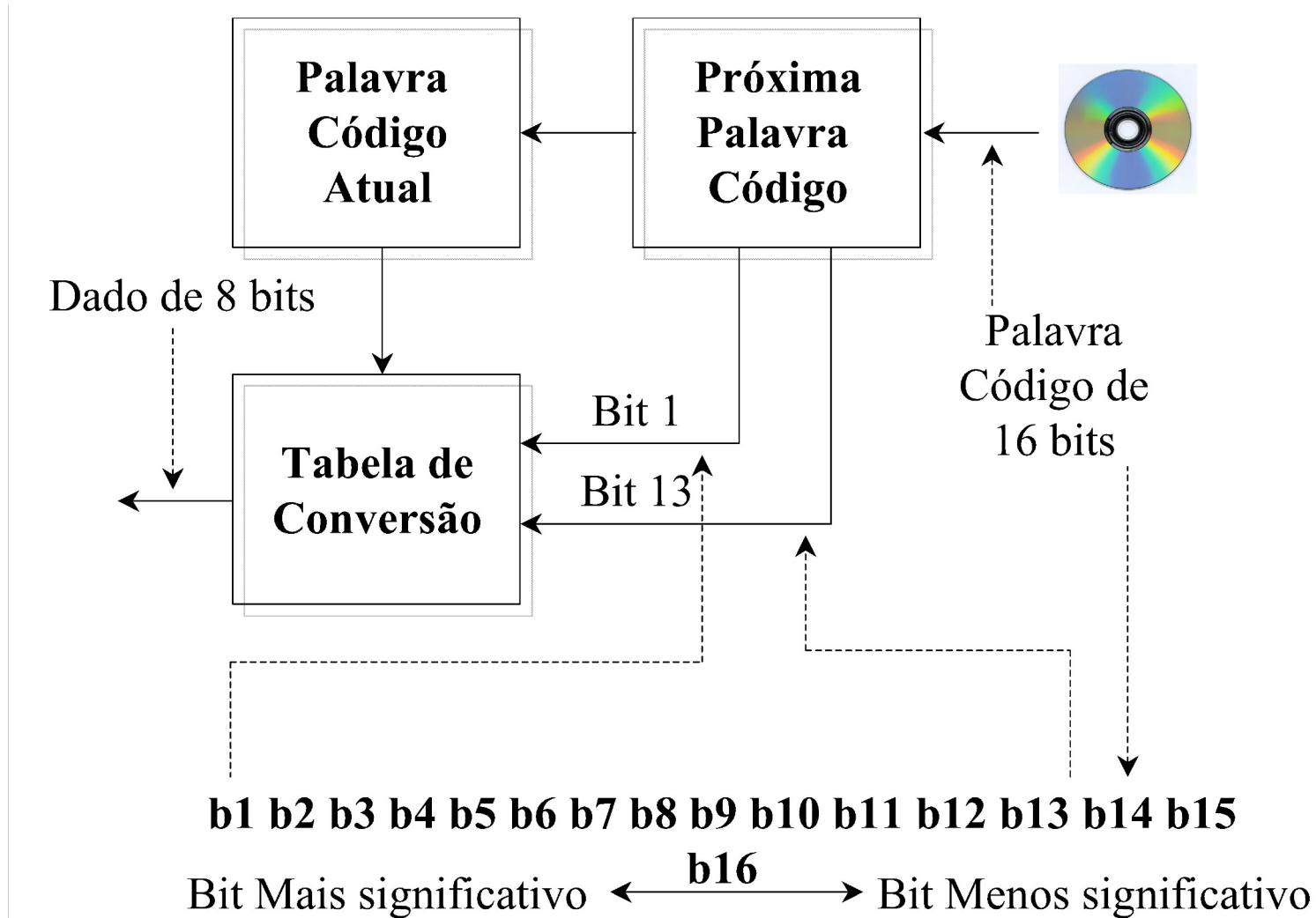
Codificador EFM+



Exemplo de codificação

8 bit code		State 1			State 2			State 3			State 4		
Binary	Decimal	Code Word		Next	Code Word		Next	Code Word		Next	Code Word		Next
		msb	lsb	State	msb	lsb	State	msb	lsb	State	msb	lsb	State
0000 0000	0	0010000000001001		1	0100000100100000		2	0010000000001001		1	0100000100100000		2
0000 0001	1	0010000000010010		1	0010000000010010		1	1000000100100000		3	1000000100100000		3
0000 0010	2	0010000100100000		2	0010000100100000		2	1000000000010010		1	1000000000010010		1
0000 0011	3	0010000001001000		2	0100010010000000		4	0010000001001000		2	0100010010000000		4
0000 0100	4	0010000010010000		2	0010000010010000		2	1000000100100000		2	1000000100100000		2
0000 0101	5	0010000000100100		2	0010000000100100		2	1001001000000000		4	1001001000000000		4
0000 0110	6	0010000000100100		3	0010000000100100		3	1000100100000000		4	1000100100000000		4
0000 0111	7	0010000001001000		3	0100000000010010		1	0010000001001000		3	0100000000010010		1
0000 1000	8	0010000010010000		3	0010000010010000		3	1000010010000000		4	1000010010000000		4
0000 1001	9	0010000100100000		3	0010000100100000		3	1001001000000001		1	1001001000000001		1
0000 1010	10	0010010010000000		4	0010010010000000		4	1000100100000001		1	1000100100000001		1
0000 1011	11	0010001001000000		4	0010001001000000		4	1000000010010000		3	1000000010010000		3
0000 1100	12	0010010010000001		1	0010010010000001		1	1000000010010000		2	1000000010010000		2
0000 1101	13	0010001001000001		1	0010001001000001		1	1000010010000001		1	1000010010000001		1
0000 1110	14	0010000001001001		1	0100000000100100		3	0010000001001001		1	0100000000100100		3
0000 1111	15	0010000100100001		1	0010000100100001		1	1000001001000001		1	1000001001000001		1
0001 0000	16	0010000010010001		1	0010000010010001		1	1000000100100001		1	1000000100100001		1
0001 0001	17	0010000000100010		1	0010000000100010		1	1000001001000000		4	1000001001000000		4
0001 0010	18	0001000000001001		1	0100000010010000		2	0001000000001001		1	0100000010010000		2
0001 0011	19	0010000000010001		1	0010000000010001		1	1001000100000000		4	1001000100000000		4
0001 0100	20	0001000000010010		1	0001000000010010		1	1000100010000000		4	1000100010000000		4

Decodificador EFM+



Minimização do DSV no EFM+

IW	SW	LB	D S V	C W	CS	dDSV	DSVN	L B N	SWN
"2"	S1	H	0	0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 *	- 6	- 6	1	S2	
				0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 *	+ 10	+ 10	0	S4	
"8"	S2	L	- 6	0 0 1 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 0 0 *	- 6	- 0	1	S3	
				0 1 0 0 1 0 0 0 1 0 0 1 0 0 0 0 *	+ 12	- 18	0	S3	
"100"	S3	H	0	1 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 1 0 0 0 1 *	- 2	- 2	0	S1	
"230"	S1	H	- 2	0 0 1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 *	+ 2	0	0	S4	
"0"	S4	H	0	0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0	- 8	- 8	1	S2	
				1 0 0 1 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 0 *	+ 4	+ 4	0	S2	
"61"	S2	H	+ 4	0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 0 1 *	- 2	+ 2	0	S1	
				0 0 1 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0	+ 3	+ 7	1	S2	
"255"	S1	H	+ 2	0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 1 0 0 *	+ 4	+ 6	1	S1	