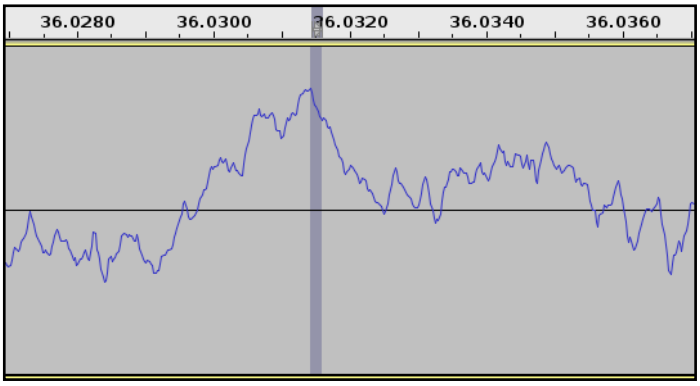
НАЦИОНАЛЕН ПРОЛЕТЕН ТУРНИР ПО ИНФОРМАТИКА
Пловдив, 10 – 12 юни 2016 г.
Група В, 9 – 10 клас

Задача В1. АУДИО КОМПРЕСИЯ

Автор: Веселин Георгиев



Суровият вид на цифровото аудио обикновено е серия числа (тук ще приемем, че са 16-битови), които кодират моментната амплитуда на звуковите вълни, с десетки хиляди отчета в секунда. В картинката горе се вижда визуализация на част от звук, а данните за порцията в тъмната ивица може да изглеждат така:
21581, 21338, 21073, 20815, 20555, 20282, …

Кодирането на тези числа изисква по 16 бита на отчет (поддържа се обхватът от – 32768 до + 32767), но лесно се вижда, че реално стойностите не се изменят много драстично и една техника за компресирането на тези данни без загуба, се нарича *delta encoding*. Вместо самите стойности, ще записваме разликите (наречени „***делти***“) между последователните отчети, като ще си представим, че в началото сме поставили фиктивен отчет със стойност 0:
+ 21581, – 243, – 265, – 258, – 260, – 273, …

Като изключим началната стойност, всички останали *делти* могат да бъдат описани само в 10 бита, вместо в 16 (10-битовите числа със знак имат обхват от – 512 до + 511). Примерният компресиран *bitstream* може да изглежда така:

№	Тип	Стойност	Битов код	Дължина
1	Делта стойност	+ 21581	0101 0100 0100 1101	16
2	Смяна на ширината	→10 бита	1000 0000 0000 0000 1001	20
3	Делта стойност	– 243	10 1111 0011	10
4	Делта стойност	– 265	11 0000 1001	10
5	Делта стойност	– 258	11 0000 0010	10
6	Делта стойност	– 260	11 0000 0100	10
7	Делта стойност	– 273	11 0001 0001	10
			Общо:	**86**

Така трансформираните данни заемат само 86 бита, вместо 6×16 = 96. На практика, за по-дълги файлове компресията е значително по-голяма.

Специалният код за смяна на ширината (СШ) се образува от кода на минималното число за текущата ширина (в случая $1000\ 0000\ 0000\ 0000_2 = -32768_{10}$), следвано от 4-битов код за новата ширина (подчертан в примера). Тя може да бъде между 1 и 17 бита, по хитрата схема за „прескачане“ на текущата ширина, например:

№	Текуща ширина	Код	Нова ширина
1	8	0000	1
2	8	0001	2
3	8	0110	7
4	8	0111	9
5	8	1111	17
6	10	0111	8

Идеята тук е, че ако в момента сме със ширина 8 бита, няма смисъл да излъчим смяна към … отново 8 бита. Като премахнем („прескочим“) този вариант, 16-те възможни 4-битови кода могат да укажат всяко число от 1 до 17, без текущото. Забележете как едни и същи кодове (в редове 4 и 6) означават различни нови ширини, в зависимост от контекста.

НАЦИОНАЛЕН ПРОЛЕТЕН ТУРНИР ПО ИНФОРМАТИКА
Пловдив, 10 – 12 юни 2016 г.
Група В, 9 – 10 клас

Може би се чудите за какво са ни 17-битовите числа. Възможно е делтата между две 16-битови числа да не може да се запише в 16 бита. Освен това, ако първият отчет във файла беше – 32768 (валидно 16-битово число), трябва да го кодираме с делта -32768, което пък съвпада с 16-битовия маркер за СШ. Затова трябва да поддържаме 17-битови кодове и делти (които на практика се налагат много рядко). Освен това, в действителност компресията на файла започва с ширина 17 бита (по подразбиране) с цел да се избегнат проблеми като гореописаните. В такъв смисъл, примерният битстрийм е леко грешен – реално позиции 1 и 2 изискват, респективно, 17 и 21 бита и цената е 88 бита общо (в тестове по-долу това наистина е така).

В резюме, *delta encoding* компресирането изглежда така:

1. Започваме с предходен отчет (фиктивен) = 0 и ширина $W = 17$.
2. За всеки отчет във файла емитираме делтата спрямо предходния, като разрешеният обхват делти е в интервала $[-(2^{W-1}-1), +(2^{W-1}-1)]$. Цената на една делта е W бита.
3. Смяната на ширината ($W_{old} \rightarrow W_{new}$) е разрешена по всяко време и коства $W_{old} + 4$ бита.

Разбира се, разположението на маркерите за СШ е ключово. В примера горе наблюдателните от вас сигурно са забелязали, че делтата – 243 можеше да се кодира само в 9 бита. Битстриймът можеше да бъде [+ 21581, СШ→9, – 243, СШ→10, –265, …] – но тук цената на допълнителната СШ напълно би заличила спестения бит. Целта на задачата **`impulse`** е да намерите оптимално разположение на СШ – трябва да компресирате даден входен файл с минимален брой битове, като от вас се изисква да изчислите само броя им – самият битстрийм или позициите на СШ не са необходими.

Вход

От стандартния вход се въвежда един ред с числото N – броя на отчетите във входа. Следват N реда с по едно цяло число, всяко в интервала [– 32768, + 32767], задаващи самите отчети.

Изход

Програмата трябва да извежда на стандартния изход едно единствено число – минималния брой битове, който е достатъчен за кодиране отчетите, зададени на входа, чрез описания алгоритъм *data encoding*.

Примери

Вход 1	Изход 1	Вход 2	Изход 2
6 21581 21338 21073 20815 20555 20282	88	9 42 42 42 42 42 42 48 32767 -32768	94
***Пояснение**: Това е примерът от условието, с корекцията за 17-битовите числа в началото*		***Пояснение**: Битстриймът е* [*+42, СШ→1, +0, +0, +0, +0, +0, СШ→4, +6, СШ→17, +32719, -65535*]. *Цената на първата СШ е 21 бита, втората коства 5 бита, а третата – 8.*	

НАЦИОНАЛЕН ПРОЛЕТЕН ТУРНИР ПО ИНФОРМАТИКА
Пловдив, 10 – 12 юни 2016 г.
Група В, 9 – 10 клас

Ограничения

$1 \leq N \leq 10^6$

В поне 50% от тестовете N няма да надвишава 1000.

Ограничение за използваната памет – 1 MB.

Забележка

В примерите е използван стандартният т. нар. „допълнителен код“ за двоично кодиране на отрицателни числа. Тъй като в задачата не е необходимо да определяте самия битстрийм-изход, конкретните двоични кодирания на отрицателните стойности са дадени само за изясняване на проблема и задоволяване на любопитството ви и нямат отношение към крайното решение.