

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА В КОДЕ ВЫЧЕТОВ

Г. К. Кладов, Е. М. Ляховицкий, А. Я. Шпильберг

Харьков

В последние годы значительное внимание уделяется изучению вычислительных устройств, работающих в коде вычетов. Высокое быстродействие, потенциально присущее таким устройствам, делает перспективным их применение для целей управления, в связи с чем представляется актуальным рассмотрение преобразователей для связи цифрового устройства с объектом управления.

В статье рассматриваются два устройства: для преобразования из кода вычетов в напряжение (ток) и из напряжения — в код вычетов. Упрощение первого устройства и ускорение преобразования, так или иначе связанного с восстановлением числа по коду, достигается применением специальной модификации кода вычетов.

Будем обозначать $[a_i]$ многоразрядный код вычетов числа A по основаниям p_i , в котором a_i удовлетворяет сравнению

$$a_i \equiv A \pmod{p_i}, \quad (1)$$

$[a_i]^*$ — модифицированный код вычетов. Определим с помощью чисел C_{ki} , удовлетворяющих сравнению,

$$C_{ki} p \equiv 1 \pmod{p_i}. \quad (2)$$

Тогда

$$a_i^* = a_i \prod_{k=1}^{i-1} C_{ki}. \quad (3)$$

Модифицированный код вычетов оказывается удобным для преобразования в полиномиальный код. Пусть

$$A = x_1 + p_1 x_2 + p_1 p_2 \cdot x_3 + \dots + \prod_{i=1}^{n-1} p_i x_n, \quad (4)$$

тогда

$$x_1 \equiv A \pmod{p_1};$$

$$x_2 \equiv (A - x_1) C_{12} \pmod{p_2};$$

$$\dots \dots \dots$$

$$x_i \equiv (\dots ((A - x_1) C_{1i} - x_2) C_{2i} - \dots - x_{i-1}) C_{i-1, i} \pmod{p_i};$$

$$\dots \dots \dots$$

$$x_n \equiv (\dots ((A - x_1) \cdot C_{1n} - x_2) \cdot C_{2n} - \dots - x_{n-1}) C_{n-1, n} \pmod{p_n}.$$

Легко видеть, что

$$x_i = a_i^* - x_1 \prod_{k=1}^{i-1} C_{ki} - x_2 \cdot \prod_{k=2}^{i-1} C_{ki} - \dots - x_{i-1} C_{k-1, i}$$

Алгоритм, следующий из этого уравнения, поясним примером. Выберем код с основаниями $p_1 = 2$; $p_2 = 3$; $p_3 = 5$. Из (2) находим $C_{12} = 2$; $C_{13} = 3$; $C_{23} = 2$.

Тогда

$$a_1^* \equiv A \pmod{2}$$

$$a_2^* \equiv C_{12}A \pmod{p_2} \equiv 2A \pmod{3}$$

$$a_3^* \equiv C_{13}C_{23} \cdot A \pmod{p_3} \equiv 2 \cdot 3A \pmod{5} \equiv A \pmod{5}.$$

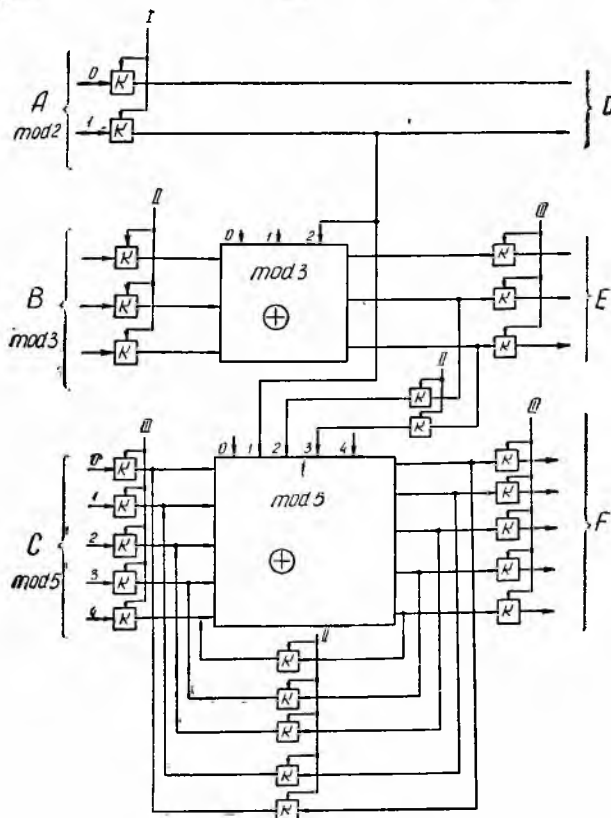


Рис. 1.

Пусть $A = 29$, соответствующий код вычетов $[4, 2, 1]$. Модифицированный код этого числа $[4, 1, 1]^*$. Отсюда непосредственно $x_1 = 1$. Вычитаем код $[C_{13}C_{23} \cdot 1, C_{12} \cdot 1, 1]^* = [1, 2, 1]^*$

$$[4, 1, 1]^* - [1, 2, 1]^* = [3, 2, 0]^*.$$

Следовательно $x_2 = 2$. Отбрасываем младший разряд и вычитаем код $[C_{23} \cdot 2, 2]^* = [4, 2]^*$:

$$[3, 2]^* [4, 2]^* = [4, 0]^*.$$

Таким образом, $x_3 = 4$. Проверим результат:

$$4 \cdot 3 \cdot 2 + 2 \cdot 2 + 1 = 29 = A.$$

Необходимо заметить, что умножение на постоянные C_{ik} может быть выполнено простой перекодировкой шин (соответствующий этому модифицированный код приведен в табл. 1) в арифметическом устройстве, поэтому реализация указанного алгоритма требует лишь устройства для выполнения операции сложения (вычитания) по модулю. На рис. 1 приве-

дена структурная схема преобразователя из модифицированного кода вычетов с основаниями $p_1 = 2$; $p_2 = 3$; $p_3 = 5$ в полиномиальный код. Схема содержит устройства для сложения по модулю 3 и 5, а также ряд ключей (K), обеспечивающих выполнение преобразования в три такта. Подлежащий преобразованию код поступает на группы шин A , B , C , соответствующие модулям 2, 3 и 5. По группам выходных шин D , E , F полученные в результате преобразования коэффициенты полинома поступают на преобразователь из полиномиального кода в напряжение (ток), выполненный по любому известному принципу.

Число	Код	Число	Код	Число	Код
0	000	10	020	20	010
1	121	11	111	21	101
2	210	12	200	22	220
3	301	13	321	23	311
4	420	14	410	24	400
5	011	15	001	25	021
6	100	16	120	26	110
7	221	17	211	27	201
8	310	18	300	28	320
9	401	19	421	29	411

Данный алгоритм может быть обращен и использован для построения преобразователя из напряжения в код вычетов с промежуточным преобразованием из напряжения в полиномиальный код. Ниже предлагается другой вариант преобразователя из напряжения в код вычетов с ускоренной обработкой.

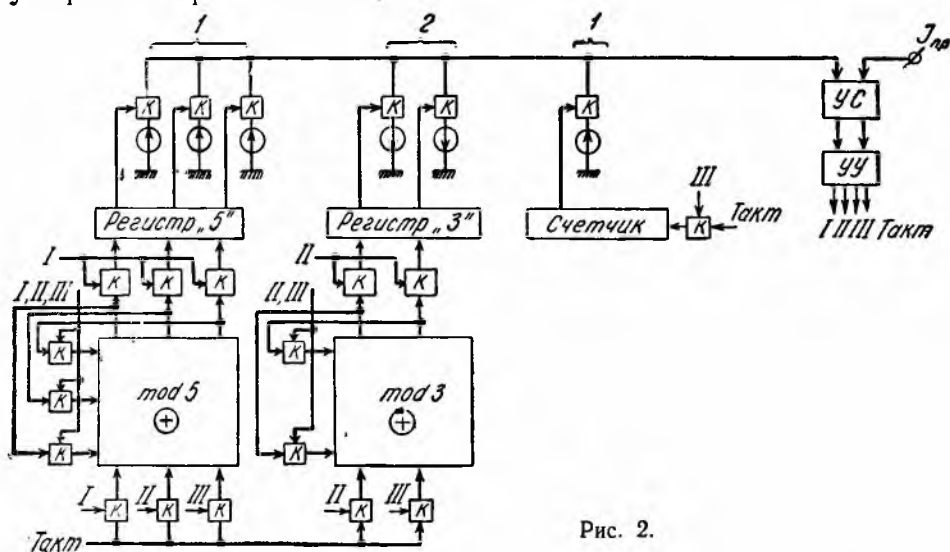


Рис. 2.

Из (4) непосредственно следует, что любое число в диапазоне от 0 до $\prod_i p_i - 1$ можно получить алгебраическим суммированием не более

$\sum_i p_i - 1$ чисел вида p_i ; $p_1 \cdot p_2, \dots, \prod_{i=1}^{n-1} p_i$. Это использовано в преобразователе неотрицательного напряжения в код вычетов с модулем 2, 3 и 5, структурная схема которого приведена на рис. 2. Устройство содержит

сумматоры по всем модулям, два регистра, управляющие группами ключей K ; ключи коммутируют эталонные источники тока на входе устройства сравнения $УС$. В исходном состоянии оба регистра и счетчик сброшены и, следовательно, все ключи закрыты. На первом этапе преобразования производится последовательное сложение числа $p_1 \cdot p_2 = 6$. При этом местное устройство управления $УУ$ сигналом I обеспечивает внесение накопленного результата по модулю 5 в регистр 5, соответствующие ключи открываются, и на вход устройства сравнения поступает ток, пропорциональный накопленному результату. Первый этап преобразования заканчивается по превышении этим током преобразуемого тока $I_{пр}$. На втором этапе преобразования (сигнал $IIУУ$) происходит накопление числа $p_1 p_2 - p_1$, что эквивалентно вычитанию числа p_1 по модулю $p_1 \cdot p_2$; соответствующая группа эталонов содержит источники тока противоположного по отношению к первой и третьей группам направления. Накоплением единиц на третьем этапе преобразования заканчивается работа устройства. Из сумматора по модулю 3 и модулю 5 и счетчика извлекается результат преобразования.
