

## **CODICI A SINGOLA COMMUTAZIONE PER PASSO - CODES CHARACTERIZED BY A SINGLE CHANGE EACH**

### **1) CODICE GRAY**

È un codice a singola commutazione per passo (monostropicco) ed è sempre e soltanto uno il bit (canale, pista di un disco, ecc.) che commuta di stato durante il passaggio da un numero al numero successivo, da TRASPARENTE a OPACO, da OFF a ON, da 0 a 1, o viceversa.  
Se in un disco ottico il margine dei campi chiari/scuri delle singole piste (Bit) non è esatto, o se il sistema di lettura non è perfettamente allineato, ne consegue un errore angolare ma ciò non provocherà assolutamente errori di interpretazione.  
Il codice GRAY è detto anche codice riflesso. Si può notare infatti nella Fig. 5 che la seconda parte dei numeri 8-15 ha la stessa sequenza dei numeri 0-7 ma riflessa. Fa eccezione il Bit 4 (Bit più significativo o MSB) che divide esattamente in due parti la codifica. Queste caratteristiche fanno sì che il codice GRAY sia applicabile solo a numeri decimali di valore espresso come potenza di 2 (esempio: 2, 4, 8, 16, 32 ...)

### **CODICE GRAY - 4 BITS - GRAY CODE - 4 BITS**

|                                  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |  |  |  |  |
|----------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|--|--|--|--|
|                                  | 4 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |  |  |  |  |
| Bit                              |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |  |  |  |  |
| 3                                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |  |  |  |  |
| 2                                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |  |  |  |  |
| 1                                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |  |  |  |  |
| Valore decimale<br>Decimal value | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |  |  |  |  |

#### **Particolarità di un codice riflesso**

È possibile ottenere una variazione di conteggio effettuando una semplice inversione del bit più significativo (Bit 4 di Fig. 5).  
In fase di elaborazione del codice Gray si è quindi in grado di stabilire l'eventuale incremento o decremento di valore in funzione del senso di rotazione (orario o antiorario) dell'encoder.

#### **2) CODICE GRAY TRONCATO SIMMETRICAMENTE O CODICE GRAY ECCESSO...**

Con questo codice è possibile portare su disco valori non binari, senza peraltro rinunciare alla caratteristica della commutazione singola per passo. Alle combinazioni dei bit vengono attribuiti nuovi valori di tabella per la conversione da Gray a BCD, da Gray a Binario, ecc. Il valore decimale viene corretto con un coefficiente di correzione "K" (eccesso...). Esempio: Il valore di correzione K viene determinato come segue: n = numero dei Bit occorrenti per rappresentare in Binario il valore massimo delle divisioni desiderato P = numero delle divisioni o passi (0 + 19 = 20)

$$K = \frac{2^n - P}{2} = \frac{2^5 - 20}{2} = \frac{32 - 20}{2} = 6 = \text{GRAY ECCESSO } 6 - \text{GRAY EXC. } 6$$

Ovvero: il codice decimale "20" viene rappresentato con un codice Gray di 5 bit con eccesso "6". Il valore dell'eccesso determina inoltre, il punto di partenza del codice (Fig. 6).  
Ne consegue che il valore zero assumerà il valore 6 in codice Gray.  
Questo è il metodo più comune per la produzione di codifiche per encoder con suddivisioni per 360° oppure di qualsiasi altro valore purché pari.

#### **3) CODICE GRAY TRONCATO AL CENTRO ><**

Si differenzia dal precedente in quanto la parte da troncare viene eliminata simmetricamente al centro. Per qualsiasi numero di divisioni il codice della prima posizione sarà sempre "zero" ed immediatamente riconoscibile (Fig.6). La parte da troncare è identificabile con un criterio analogo al precedente:  
esempio  $K = 2^5 - P = 2^5 - 20 = 12$ . Inizio troncatura =  $20/2 = 10$  ovvero: vengono troncati 12 bit a partire dal bit 10 fino al bit 21 compreso.

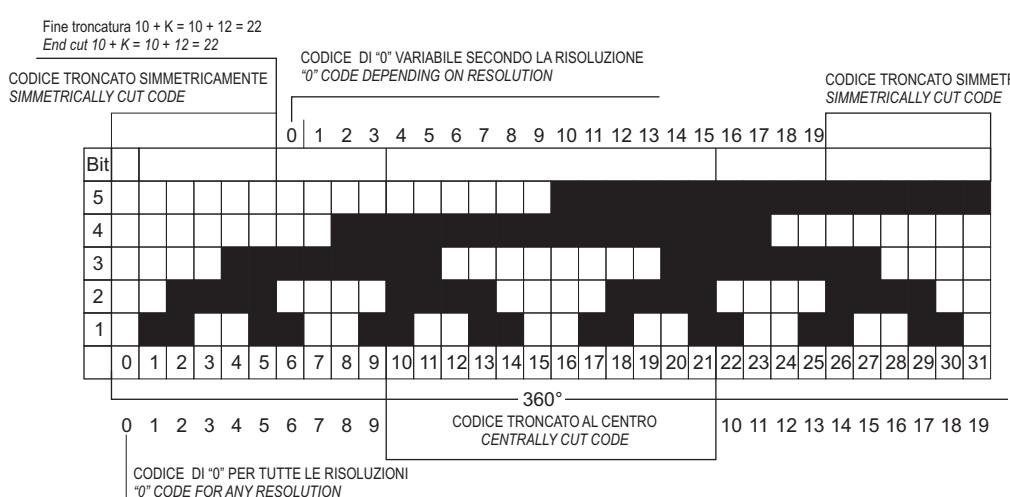


Fig. 5

#### **Particular characteristics of a reflected code**

It is possible to change the counting by inverting the most significant bit (see Fig. 5, Bit 4). This way it is possible to establish if the Gray code must increase in case of CW rotation and decrease in case of CCW rotation.

#### **2) GRAY CODE SIMMETRICALLY CUT OTHERWISE CALLED GRAY EXCESS...**

This code allows the translation of a non-binary value onto disc without renouncing to any of the single switching features. New values are assigned to bits sequences for converting them from Gray to BCD, from Gray to Binary, etc. The decimal value is corrected with a "K" value (Excess...). Example: the value "K" is calculated as follows:  
 $n$  = number of bits necessary to represent in Binary the maximum wished value of division;  
 $p$  = number of division or steps ( $0 + 19 = 20$ )

So, the zero value will be the number 6 in Gray code.

This is the most common method for calculating code for encoders with divisions on 360° or any other even value

#### **3) GRAY CODE CENTRALLY CUT ><**

The difference is that the part to be cut is the central part of the code. Therefore, for any number of divisions, the code of the first division will be always zero and will be immediately identified (Fig. 6). The part to be cut is identifiable with a similar criteria as previous one:  
Example  $K = 2^5 - P = 2^5 - 20 = 12$ . Cut start =  $20/2 = 10$  that means: 12 bit are cut starting from the bit 10 and up to the bit 21 included.

Fig. 6

La TEKEL Instruments S.r.l. al fine di migliorare i propri prodotti si riserva di modificarne le caratteristiche senza preavviso.  
To improve one's products The TEKEL Instruments S.r.l. reserves a right to modify the characteristics of them without notice.

TEKEL Instruments S.r.l. takes no responsibility for typographical errors

Edizione 01/2006

#### 4) CODICE GRAY AD ECCESSO 3

Si tratta di una codifica decimale del tutto simile al codice GRAY ECCESSO...  
Come nel codice BCD le cifre sono codificate da 0 a 9, quindi occorrono 4 bit per ogni cifra decimale.  
Si differenzia dal codice BCD per la sua struttura a commutazione singola per passo e, come il codice Gray, non direttamente valorizzabile (Fig. 7).

#### 4) GRAY CODE EXC 3

*It is a decimal code that follows the a.m. rule of code Gray Excess..  
As in BCD code, the digits are coded from 0 to 9, therefore 4 Bits are necessary to constitute each decimal digit.  
The code structure is: a single change per step and, like the Gray code, it cannot be directly evaluated (Fig. 7).*

**CODICE GRAY ECCESSO 3  
PER 100 DIVISIONI (0÷99)**

**GRAY CODE EXC 3  
FOR 100 DIVISION (0÷99)**

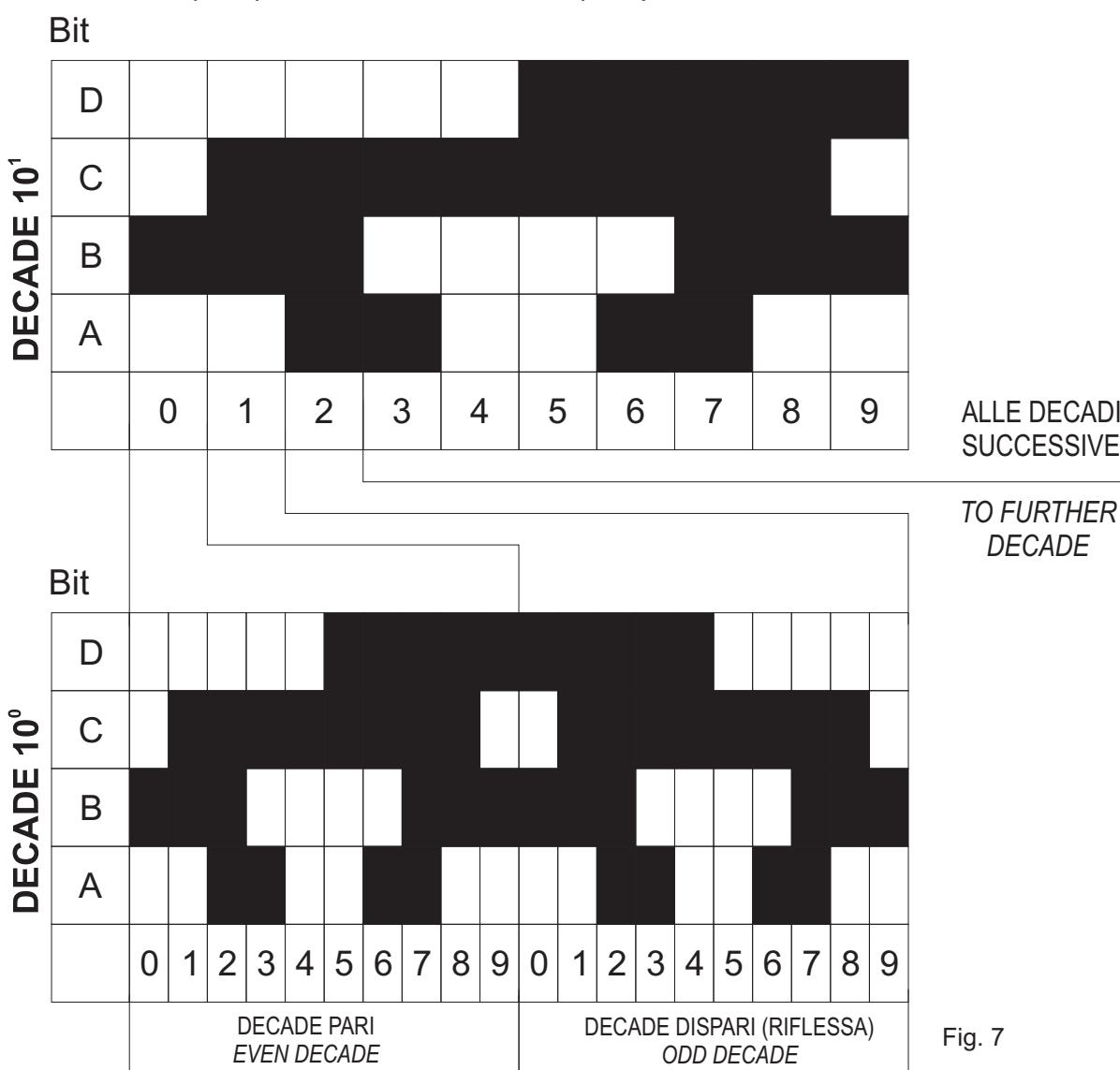


Fig. 7

La sequenza si ripete per 5 volte  
*The sequence is repeated for 5 times*  
(20÷29; 30÷39; 40÷49; 50÷59; ect.)

**ESEMPIO CODICI: Gray - Binario naturale - BCD - Gray Eccesso 3**  
**CODES EXAMPLE: Natural binary BCD Gray Excess 3**

| Numero<br>Decimale<br><i>Decimal<br/>Number</i> | GRAY      |         | BINARY      |         | BINARY DECIMAL (BCD) |           |           |           | GRAY EXC 3 |           |           |           |
|---|-----------|---------|-------------|---------|----------------------|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|
|   |           |         |             |         | CODE                 |           | PATTERN   |           | CODE       |           | PATTERN   |           |
|   | CODE      | PATTERN | CODE        | PATTERN | 2° decade            | 1° decade | 2° decade | 1° decade | 2° decade  | 1° decade | 2° decade | 1° decade |
| 4   | 3 2 1 0   | 4 3 2 1 | 0 32 16     | 8 4 2 1 | 32 16                | 8 4 2 1   | 8 4 2 1   | 8 4 2 1   | 3 2 1 0    | 3 2 1 0   | 8 4 2 1   | 8 4 2 1   |
| 0   | 0 0 0 0   |         | 0 0 0 0     |         |                      | 0 0 0 0   | 0 0 0 0   | 0 0 0 0   | 0 0 1 0    | 0 0 0 1   | 0 0 0 1   | 0 0 0 1   |
| 1   | 0 0 0 1   |         | 0 0 0 0     | 1       |                      | 0 0 0 0   | 0 0 0 1   | 0 0 0 0   | 0 0 1 0    | 0 0 0 1   | 0 0 0 1   | 0 0 0 1   |
| 2   | 0 0 1 1   |         | 0 0 0 1     | 0       |                      | 0 0 0 0   | 0 0 1 0   | 0 0 0 0   | 0 0 1 0    | 0 0 0 1   | 0 0 0 1   | 0 0 0 1   |
| 3   | 0 0 1 0   |         | 0 0 0 1     | 1       |                      | 0 0 0 0   | 0 0 1 1   | 0 0 0 0   | 0 0 1 0    | 0 0 0 1   | 0 0 0 1   | 0 0 0 1   |
| 4   | 0 0 1 1 0 |         | 0 0 0 1 0   | 0       |                      | 0 0 0 0   | 0 1 0 0   | 0 0 0 0   | 0 1 0 1    | 0 0 1 1   | 0 0 1 1   | 0 0 1 1   |
| 5   | 0 0 1 1 1 |         | 0 0 0 1 0 1 |         |                      | 0 0 0 0   | 0 1 0 1   | 0 0 0 0   | 0 1 1 0    | 0 0 1 1   | 0 0 1 1   | 0 0 1 1   |
| 6   | 0 0 1 0 1 |         | 0 0 0 1 1 0 |         |                      | 0 0 0 0   | 0 1 1 0   | 0 0 0 0   | 0 1 1 1    | 0 0 1 1   | 0 0 1 1   | 0 0 1 1   |
| 7   | 0 0 1 0 0 |         | 0 0 0 1 1 1 |         |                      | 0 0 0 0   | 0 1 1 1   | 0 0 0 0   | 0 1 1 1    | 0 0 1 0   | 0 0 1 1   | 0 0 1 1   |
| 8   | 0 1 1 0 0 |         | 0 0 1 0 0 0 |         |                      | 0 0 0 0   | 1 0 0 0   | 0 0 0 0   | 1 0 0 0    | 0 0 1 0   | 0 1 1 1   | 0 0 1 1   |
| 9   | 0 1 1 0 1 |         | 0 0 1 0 0 1 |         |                      | 0 0 0 0   | 1 0 0 1   | 0 0 0 0   | 1 0 0 1    | 0 0 1 0   | 0 1 0 1   | 0 0 1 0   |
| 10  | 0 1 1 1 1 |         | 0 0 1 0 1 0 |         |                      | 0 0 0 1   | 0 0 0 0   | 0 0 0 1   | 0 0 1 0    | 0 1 1 0   | 0 1 0 1   | 0 1 0 1   |
| 11  | 0 1 1 1 0 |         | 0 0 1 0 1 1 |         |                      | 0 0 0 1   | 0 0 0 1   | 0 0 0 1   | 0 0 1 1    | 0 1 1 0   | 0 1 0 1   | 0 1 1 0   |
| 12  | 0 1 0 1 0 |         | 0 0 1 1 0 0 |         |                      | 0 0 0 1   | 0 0 1 0   | 0 0 0 1   | 0 0 1 1    | 0 1 1 0   | 0 1 0 1   | 0 1 1 1   |
| 13  | 0 1 0 1 1 |         | 0 0 1 1 0 1 |         |                      | 0 0 0 1   | 0 0 1 1   | 0 0 0 1   | 0 0 1 1    | 0 1 1 0   | 0 1 0 1   | 0 1 1 0   |
| 14  | 0 1 0 0 1 |         | 0 0 1 1 1 0 |         |                      | 0 0 0 1   | 0 1 0 0   | 0 0 0 1   | 0 1 0 0    | 0 1 1 0   | 0 1 0 1   | 0 1 1 0   |
| 15  | 0 1 0 0 0 |         | 0 0 1 1 1 1 |         |                      | 0 0 0 1   | 0 1 0 1   | 0 0 0 1   | 0 1 0 1    | 0 1 1 0   | 0 1 0 0   | 0 1 0 0   |
| 16  | 1 1 0 0 0 |         | 0 1 0 0 0 0 |         |                      | 0 0 0 1   | 0 1 1 0   | 0 0 0 1   | 0 1 1 0    | 0 1 1 0   | 0 1 0 0   | 0 1 0 1   |
| 17  | 1 1 0 0 1 |         | 0 1 0 0 0 1 |         |                      | 0 0 0 1   | 0 1 1 1   | 0 0 0 1   | 0 1 1 1    | 0 1 1 0   | 0 1 0 0   | 0 1 1 1   |
| 18  | 1 1 0 1 1 |         | 0 1 0 0 1 0 |         |                      | 0 0 0 1   | 1 0 0 0   | 0 0 0 1   | 1 0 0 0    | 0 1 1 0   | 0 1 0 0   | 0 1 1 0   |
| 19  | 1 1 0 1 0 |         | 0 1 0 0 1 1 |         |                      | 0 0 0 1   | 1 0 0 1   | 0 0 0 1   | 1 0 0 1    | 0 1 1 0   | 0 1 0 0   | 0 1 1 0   |
| 20  | 1 1 1 1 0 |         | 0 1 0 1 0 0 |         |                      | 0 0 1 0   | 0 0 0 0   | 0 0 1 0   | 0 0 0 0    | 0 1 1 1   | 0 0 0 1   | 0 1 1 1   |

Fig. 8

Gli ENCODER ASSOLUTI si dividono in due grandi famiglie:

**MONOGIRO:** hanno una capacità di risoluzione eguale al numero di passi per giro (es. 2048)  
**MULTIGIRO:** hanno una capacità di risoluzione eguale al numero di passi per un singolo giro moltiplicato il numero dei giri (es. 8192x4096)

#### APPLICAZIONI TIPICHE

- Posizionamento torrette utensili
- Posizionamento assi X-Y-Z dei plotter
- Posizionamenti tavole rotanti a dividere
- Misure di livello
- Misure di lunghezza per macchine lavorazione del legno e dei metalli
- Sincronismi per macchine da stampa
- Posizionamento antenne radar
- Posizionamento telescopi
- Robotica
- Controllo e fasatura delle prese
- Controlli di velocità
- Comandi numerici per macchine utensili
- Controllo e posizionamento carri ponte
- Controllo e memoria di posizionamenti di cilindri
- Programmatore ciclici speciali
- Posizionamento e controllo a distanza di valvole e paratoie
- Comandi in centrali elettriche
- Comando e controllo di catene di produzione; per esempio settore auto

#### CONVENZIONI GENERALI

- Codice e senso di rotazione  
Il valore del codice incrementa per senso di rotazione orario dell'albero guardando l'encoder dal lato dell'albero stesso.
- Logica:
  - logica positiva (o codice):
    - logica "1" = tensione di uscita a livello "ALTO"
    - logica "0" = tensione di uscita a livello "BASSO"
  - logica negativa (o codice):
    - logica "1" = tensione di uscita a livello "BASSO"
    - logica "0" = tensione di uscita a livello "ALTO"

ABSOLUTE ENCODERS are divided in two major groups:

**SINGLE TURN:** absolute encoders with a capacity equal to the resolution (i.e. 2048)

**MULTI TURN:** absolute encoders with a capacity equal to the single turn resolution multiplied by the number of turns (i.e. 8192x4096)

#### TYPICAL APPLICATIONS

- Turrets positioning
- Plotter axis X-Y-Z positioning
- Rotary tables positioning
- Level measurements
- Length measurements for wood and metal processing
- Printing machines synchronism
- Radar antennas positioning
- Telescopes positioning
- Industrial robotics
- Timing and pressing machines control
- Speed control
- Numerically-controlled machine tools
- Crane control and positioning
- Cylinder memory control
- Automating computing scales
- Electronic cams and valves
- Nuclear-hydraulic power plants control
- Production and assembling lines (ex. car industry)

#### GENERAL CONVENTIONS

- Code and sense of rotation  
The value of code increases with CW of shaft as viewed from encoder shaft end.
- Logic
  - positive logic (or code):
    - Logic "1" = "HIGH" output voltage level
    - Logic "0" = "LOW" output voltage level
  - negative logic (or code)
    - Logic "1" = "LOW" output voltage level
    - Logic "0" = "HIGH" output voltage level

## Note - Notes

La TEKEL Instruments S.r.l. al fine di migliorare i propri prodotti si riserva di modificarne le caratteristiche senza preavviso.  
To improve one's products The TEKEL Instruments S.r.l. reserves a right to modify the characteristics of them without notice.