

## 0.- Introduzione

I generatori di segnali sono strumenti utilizzati per studiare e verificare il comportamento delle apparecchiature elettroniche, fornendo al loro ingresso tensioni o livelli di opportuna frequenza e forma, che simulano in pratica l'effettivo segnale con dovranno lavorare.

Spesso, nelle attività didattiche, sorge la necessità di avere a disposizione dei circuiti in grado di fornire forme d'onda sinusoidali, triangolari, quadre e impulsive.

Il dispositivo che fornisce tali forme d'onda è il **generatore di funzione**.

Esistono circuiti integrati in grado di funzionare da generatore di funzione con l'aggiunta di pochi componenti esterni. Uno di essi è l'XR-2206, prodotto dalla EXAR, circuito integrato a media scala di integrazione (MSI).

## 1.- Circuito integrato generatore di funzione XR-2206

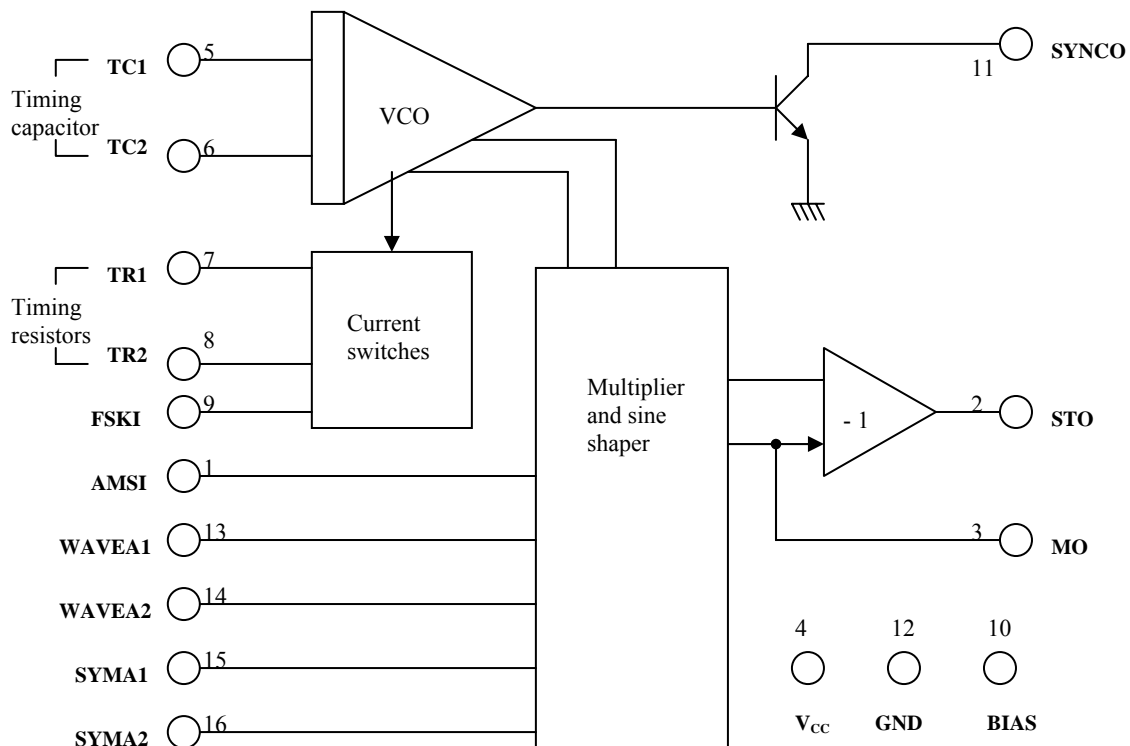
### 1.1. - Generalità

Questo circuito integrato è in grado di produrre forme d'onda sinusoidali, triangolari, quadre ed impulsive di alta qualità, stabilità ed esattezza.

Le uscite possono essere modulate sia in frequenza che in ampiezza da una tensione esterna con un ridottissimo effetto di distorsione.

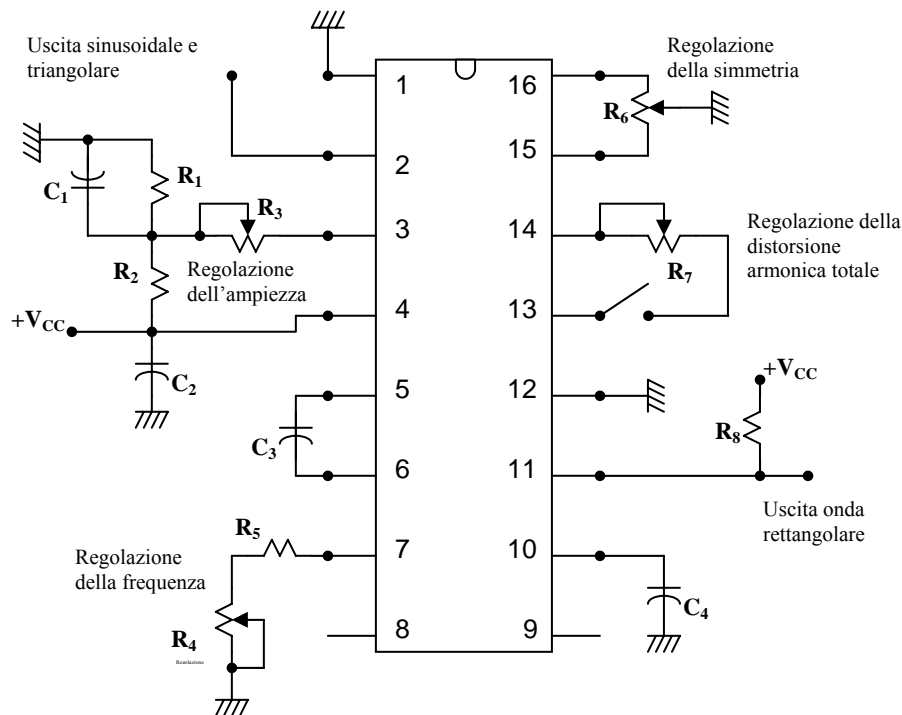
È possibile realizzare tutto ciò solo aggiungendo pochi componenti esterni. La frequenza di funzionamento può essere regolata esternamente su un range che va da 0.01Hz a più di 1MHz.

L'XR 2206 è particolarmente adatto per impieghi nelle comunicazioni, nella strumentazione, come generatore di funzioni, applicazioni che richiedono la generazione di segnali sinusoidali, AM, FM o FSK. Tale componente ha un'eccellente stabilità per quanto riguarda la temperatura (20ppm/°C), una ampia gamma di frequenze ed una bassa sensibilità alle variazioni della tensione di alimentazione (0,01%/V); lavora con una tensione di alimentazione massima di 26V o con tensioni duali di  $\pm 13V$ ; ha una dissipazione di potenza massima di 750mW e la corrente di alimentazione è, al massimo, di 20mA.



Il circuito, nel suo interno, è diviso in quattro blocchi: un oscillatore controllato in tensione (VCO), un moltiplicatore analogico, un formatore di forma d'onda sinusoidale, un amplificatore buffer a guadagno unitario ed una serie di commutatori di corrente. Questi ultimi trasferiscono la corrente dell'oscillatore ad uno dei due resistori di temporizzazione esterni; poiché tali resistori hanno valori diversi, è possibile produrre due frequenze discrete che sono selezionate dal livello logico (0 o 1) applicato al terminale di ingresso FSK (piedino 9).

## 1.2.- Definizione della piedinatura e delle sue funzioni



### 1.2.1.- Frequenza di funzionamento

La frequenza di funzionamento ( $f_o$ ) viene determinata dal condensatore esterno di temporizzazione ( $C_3$ ), collegato ai piedini 5 e 6, e dai resistori di temporizzazione  $R_4$  ed  $R_5$  che possono essere connessi al piedino 7 o 8.  $f_o$  è data dalla relazione:

$$f_o = \frac{1}{RC}$$

Perché si abbia una stabilità ottimale in dipendenza della temperatura, è necessario che la somma dei due resistori sia compresa tra i 4KΩ e i 200KΩ. I valori consigliati del condensatore variano da 1000pF a 100μF.

La frequenza dell'oscillatore è legata alla corrente di temporizzazione dalla relazione:

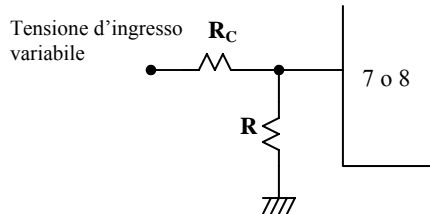
$$f_o = \frac{320I_t (\text{mA})}{C (\mu\text{F})} \text{ Hz} = \frac{0,32I_t}{C} \text{ Hz}$$

I piedini 7 e 8 sono ingressi a bassa impedenza polarizzati a +3V rispetto al piedino 12 (che è collegato a massa). La frequenza d'uscita varia linearmente con la corrente  $I_t$ , che può variare da 1μA a 3mA; pertanto, il valore minimo della somma dei due resistori di temporizzazione  $R_4$  ed  $R_5$  è dato da:

$$R_{\text{MIN}} = \frac{V}{I} = \frac{3}{3 \cdot 10^{-3}} = 1\text{K}\Omega.$$

Da notare che il resistore  $R_5$  è collegato in serie al potenziometro  $R_4$ , così, quando  $R_4$  viene regolato al minimo (zero ohm), la resistenza di  $1\text{K}\Omega$  è presente nel circuito per assicurare un corretto funzionamento.

La frequenza può essere controllata da una tensione esterna  $V_c$  applicata al piedino di temporizzazione prescelto (piedino 7 o 8), come mostrato in figura.



### 1.2.2.- Ampiezza del segnale d'uscita

Attraverso il piedino d'ingresso 3 è possibile controllare l'ampiezza del segnale d'uscita. L'ampiezza è inversamente proporzionale al valore del resistore  $R_3$  connesso al piedino 3. L'ampiezza della forma d'onda sinusoidale è di circa  $60\text{mV}$  in corrispondenza di un resistore  $R_3$  del valore di  $1\text{K}\Omega$ . L'ampiezza della forma d'onda triangolare, con lo stesso valore di  $R_3$ , è di circa  $160\text{mV}$ . Pertanto, si ottiene l'ampiezza della forma d'onda d'uscita con una semplice proporzione:

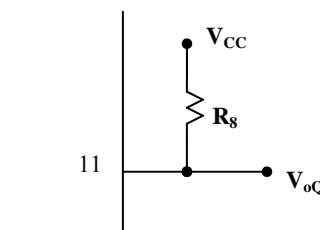
$$V_{0\text{sen}} : V_{0\text{senRif}} = R_3 : R_{3\text{Rif}} \Rightarrow V_{0\text{sen}} = \frac{V_{0\text{senRif}}}{R_{3\text{Rif}}} \cdot R_3 = \frac{60 \cdot 10^{-3}}{1 \cdot 10^3} \cdot R_3 = 60 \cdot 10^{-6} \cdot R_3$$

$$V_{0\text{tri}} : V_{0\text{triRif}} = R_3 : R_{3\text{Rif}} \Rightarrow V_{0\text{tri}} = \frac{V_{0\text{triRif}}}{R_{3\text{Rif}}} \cdot R_3 = \frac{160 \cdot 10^{-3}}{1 \cdot 10^3} \cdot R_3 = 160 \cdot 10^{-6} \cdot R_3$$

Con una resistenza  $R_3$  di  $50\text{K}\Omega$  si ha:

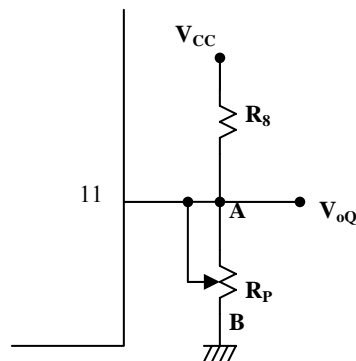
$$V_{0\text{sen}} = 60 \cdot 10^{-6} \cdot R_3 = 60 \cdot 10^{-6} \cdot 50 \cdot 10^3 = 3\text{V} \quad \text{e} \quad V_{0\text{tri}} = 160 \cdot 10^{-6} \cdot R_3 = 160 \cdot 10^{-6} \cdot 50 \cdot 10^3 = 8\text{V}$$

L'onda quadra ha, generalmente, un'ampiezza fissa. In figura si può vedere che il piedino 11 è il terminale relativo al collettore del transistor collegato tra il piedino 11 e massa.



Questo transistor commuta tra lo stato di interdizione e quello di saturazione (fungendo da interruttore analogico) comandato dal segnale proveniente dall'oscillatore sinusoidale. Quando è in saturazione, il piedino 11 risulta connesso a massa; quando è in interdizione il piedino 11, poiché è

un'uscita open collector, risulta collegato al potenziale di alimentazione attraverso il resistore  $R_8$ . Il resistore  $R_8$  viene utilizzato come limitatore di corrente, in modo da proteggere il transistor quando si trova in saturazione e nello stesso tempo evita che la tensione di alimentazione venga cortocircuitata a massa. Se si desidera un'onda quadra di ampiezza variabile, in serie al resistore  $R_8$  si mette un potenziometro di opportuno valore, come in figura.



La tensione massima di picco di uscita della forma d'onda rettangolare vale:

$$V_o = \frac{\alpha R_P}{R_8 + R_P} \cdot V_{CC}$$

Dove  $\alpha = 1$  se il cursore è in A

$\alpha = 0$  se il cursore è in B

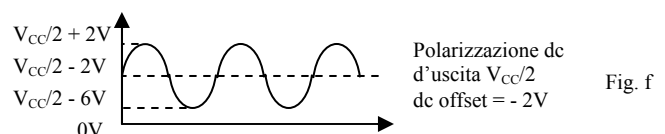
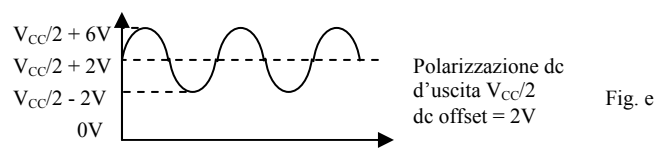
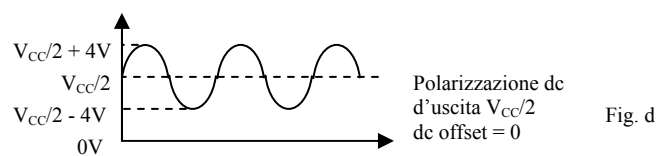
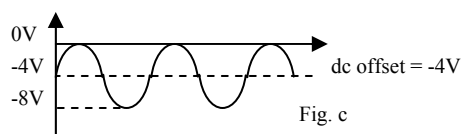
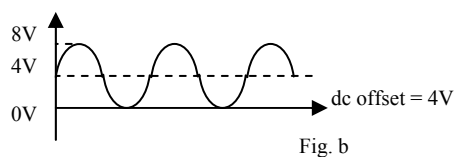
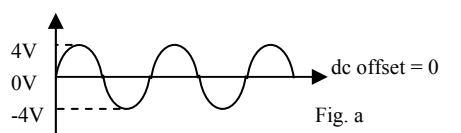
### 1.2.3.- Modulazione d'ampiezza

Col nome di modulazione si intende il fare variare un parametro caratteristico di un segnale periodico, detto segnale portante, in dipendenza di un altro segnale, detto segnale modulante, cui è associata l'informazione da trasferire nel segnale portante, risultandone un segnale detto segnale modulato. I parametri che possono essere variati in un segnale sinusoidale sono l'ampiezza, la frequenza e la fase; pertanto si ha la modulazione di ampiezza, di frequenza e di fase.

L'integrato XR-2206 permette di variare l'ampiezza del segnale d'uscita in funzione di un segnale modulante inserito al piedino 1. il campo dinamico totale della modulazione di ampiezza ottenibile è di 55dB. La resistenza interna collegata al piedino 1 ha un valore di circa  $100K\Omega$ . L'ampiezza del segnale d'uscita varia linearmente con l'ampiezza della tensione applicata per valori di tensione compresi tra  $(V_{CC}/2 - 4V)$  e  $(V_{CC}/2 + 4V)$ , dove  $V_{CC}$  è la tensione di alimentazione. Quando la tensione modulante raggiunge il valore  $V_{CC}/2$ , la fase del segnale d'uscita viene invertita e l'ampiezza del segnale si annulla. In questo modo, un segnale vocale applicato al piedino 1 determina una modulazione di ampiezza con frequenza della portante stabilita dal valore di componenti  $C_3$ ,  $R_4$  ed  $R_5$ .

### 1.2.4.- Controllo del livello continuo d'uscita

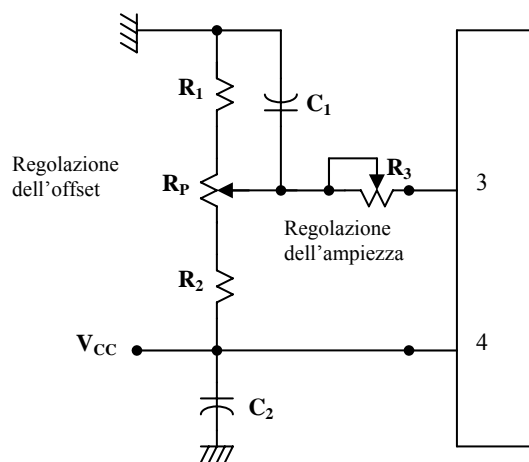
La maggior parte dei generatori di funzione permette l'inserimento di un valore medio nella forma d'onda del segnale d'uscita rispetto alla massa.



La Fig. a mostra un segnale sinusoidale privo di valore medio, ossia centrata attorno allo zero. La Fig. b mostra lo stesso segnale avente un valore medio positivo; ossia sovrapposto al segnale vi è una componente continua positiva. La Fig. c mostra il primo segnale in cui è stato inserito un valore continuo negativo, ossia è a valore medio negativo. La componente continua, o valore medio, determina uno spostamento delle forma d'onda rispetto alla linea di riferimento a tensione nulla.

Questa componente continua prende il nome di **offset**.

Se il circuito viene alimentato con singola alimentazione, bisogna produrre in uscita una tensione di polarizzazione positiva (Fig. d) in modo che il segnale possa variare, attorno ad essa, generando entrambe le semionde (il segnale d'uscita può assumere, al massimo, tutti i valori compresi nel campo definito dalle tensioni di alimentazione. Il valore della componente continua del segnale d'uscita (piedino 2) è approssimativamente uguale a quella di polarizzazione del piedino 3, ottenuta col partitore resistivo costituito dalle due resistenze di uguale valore  $R_1$ - $R_2$ . Con alimentazione singola, in uscita si ha un valore medio pari a circa  $V_{CC}/2$  e il segnale sinusoidale oscilla attorno a tale valore. Se è necessario ottenere un livello di polarizzazione variabile, è possibile utilizzare il circuito di figura, dove tra le resistenze  $R_1$  e  $R_2$  si è inserito un potenziometro ottenendo i segnali delle Fig. e ed f.



Questo circuito di polarizzazione permette di ottenere componenti continue al di sopra e al di sotto di  $V_{CC}/2$ . Non è comunque possibile variare l'offset di uscita relativo alla forma d'onda quadra a causa della tecnica utilizzata per la sua generazione.

### 1.2.5.- Generazione di forme d'onda sinusoidali e triangolari

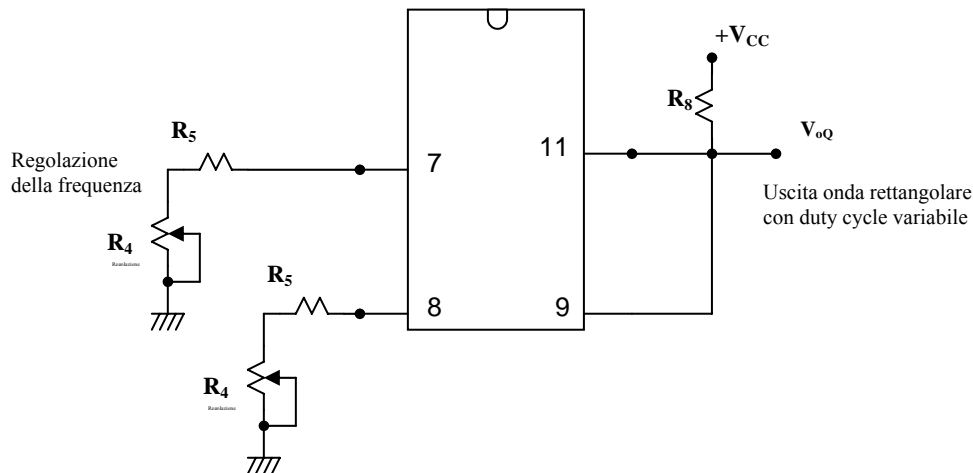
I piedini 13 e 14 sono collegati tra loro tramite un interruttore e un trimmer. Dal piedino 2 è possibile prelevare il segnale sinusoidale o il segnale triangolare a secondo che l'interruttore sul piedino 13 è chiuso (quella sinusoidale) o è aperto (quella triangolare).

Il contenuto armonico dell'uscita sinusoidale può essere ridotto a circa lo 0,5% tramite una regolazione da effettuare sui trimmer  $R_6$  ed  $R_7$ . Il trimmer  $R_7$  modifica la rete resistiva di formazione dell'onda sinusoidale; il trimmer  $R_6$  regola in maniera fine la simmetria dell'onda generata. Queste regolazioni vengono effettuate ponendo dapprima il trimmer  $R_6$  col cursore nella sua posizione centrale e regolando il trimmer  $R_7$  in modo da ottenere la minima distorsione; successivamente, si regola  $R_6$  in modo da ottenere la minima distorsione possibile.

### 1.2.6.- Circuito per generare forme d'onda impulsive

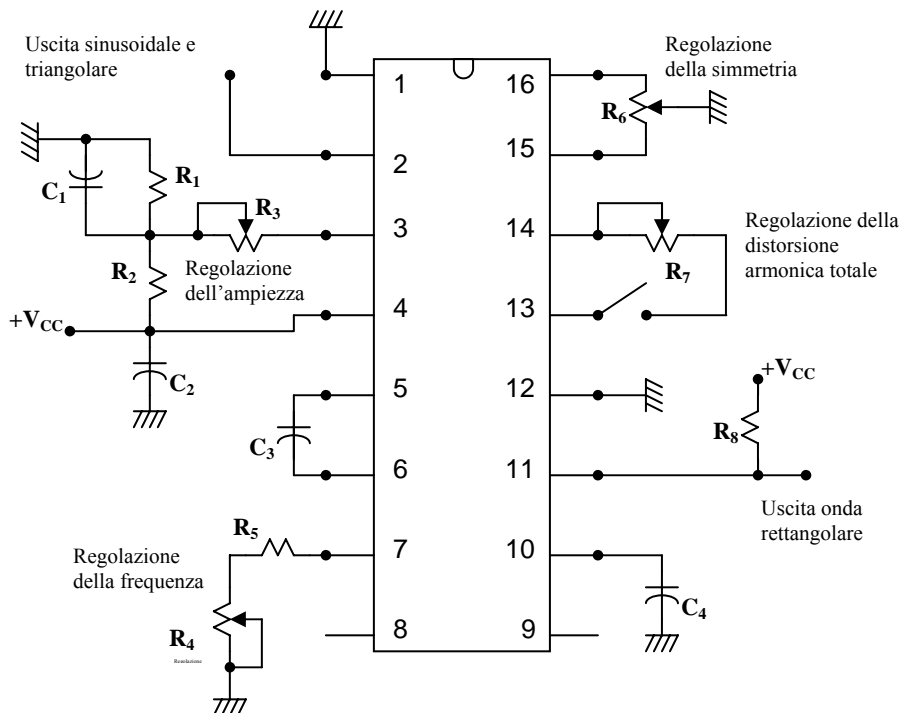
Col circuito visto inizialmente si hanno onde rettangolari con duty cycle del 50%, ossia onde quadre. Il transistor interno di commutazione viene interdetto e saturato dal segnale proveniente

dell'oscillatore sinusoidale/triangolare. È, comunque, possibile modificare il duty cycle della forma d'onda d'uscita utilizzando l'ingresso FSK. Nella figura i piedini 9 e 11 sono stati cortocircuitati. La forma d'onda rettangolare, in uscita dal piedino 11, determina una commutazione interna della corrente in modo che per un intervallo di tempo venga selezionato il piedino 7 come ingresso per la determinazione della frequenza di oscillazione e nell'intervallo di tempo successivo il piedino 8. con questo collegamento l'integrato XR-2206 commuta automaticamente la scelta delle due frequenze durante gli intervalli di tempo in cui la forma d'onda d'uscita è a livello alto e a livello basso. La larghezza degli impulsi ed il duty cycle possono essere regolati da 1% al 99% tramite i valori dei resistori  $R_1$  ed  $R_2$ . i valori dei resistori  $R_1$  ed  $R_2$  devono essere compresi tra  $1K\Omega$  e  $2M\Omega$ .



## 2.- Parte sperimentale

### 2.1.- Primo circuito di prova



### 2.1.1.- Dimensionamento dei componenti

La frequenza di funzionamento è data dalla relazione:

$$f_o = \frac{1}{(R_4 + R_5) \cdot C_3}$$

Dai grafici del data sheet, si determina il campo di variazione della resistenza e della capacità. Il campo di variazione della resistenza sul piedino 7 (e analogamente sul piedino 8) va da  $1K\Omega$  a  $1M\Omega$ . Il campo di variazione della capacità di temporizzazione va da  $1000pF$  a  $100\mu F$ .

Si assumono i seguenti valori:

$$R_4 = 1M\Omega \quad ; \quad R_5 = 1K\Omega \quad ; \quad C_3 = 10nF.$$

$R_4$  è un potenziometro il cui valore definisce la frequenza di funzionamento. Il resistore  $R_5$  è un resistore di protezione, evitando di cortocircuitare a massa il piedino 7 (o 8) quando il valore di  $R_4$  viene ridotto a zero. Il campo di variazione della frequenza sarà:

$$f_{MIN} = \frac{1}{(R_4 + R_5) \cdot C_3} = \frac{1}{(1 \cdot 10^6 + 1 \cdot 10^3) \cdot 10 \cdot 10^{-9}} = 99,9Hz \cong 100Hz$$

$$f_{MAX} = \frac{1}{R_5 \cdot C_3} = \frac{1}{1 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 10^{-9}} = 100KHz$$

Sempre dai grafici del data sheet si nota che, al variare del resistore  $R_3$ , si ha una diversa ampiezza del segnale d'uscita sinusoidale e triangolare; e i valori entro i quali  $R_3$  può variare vanno da 0 a  $100K\Omega$ . Scegliendo un'ampiezza di 3V per il segnale sinusoidale e sapendo che l'ampiezza d'uscita per i segnali sinusoidali è di 60mV per  $K\Omega$  di resistenza  $R_3$ , si ha:

$$R_3 = \frac{V_{osen}}{60 \cdot 10^{-3}} = 50KHz$$

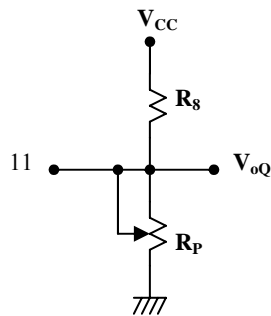
Con tale valore, sapendo che l'ampiezza d'uscita per i segnali triangolari è di 160mV per  $K\Omega$  di resistenza  $R_3$ , si ottiene una ampiezza del segnale triangolare di

$$V_{otri} = \frac{R_3}{160 \cdot 10^{-3}} = \frac{50 \cdot 10^3}{160 \cdot 10^{-3}} = 8V$$

Il resistore  $R_8$  viene utilizzato, essendo l'uscita del piedino 11 open collector, per ottenere un livello alto d'uscita e limitare la corrente nel transistor quando è saturo. Si dimensiona il valore di  $R_8$  imponendo la corrente di saturazione nel transistor durante il livello basso d'uscita. Con una alimentazione  $V_{CC}$  di 15V si impone una corrente di 1,5mA. Applicando la legge di Ohm ai capi di  $R_8$  e trascurando la tensione  $V_{CESAT}$  del transistor, si ha:

$$R_8 = \frac{V_{CC}}{I_{CSAT}} = \frac{15}{1,5 \cdot 10^{-3}} = 10KHz$$

Volendo per l'onda quadra un'ampiezza d'uscita regolabile tra un minimo e un massimo, si può aggiungere in serie alla resistenza  $R_8$  un potenziometro  $R_p$ , come mostrato in figura. Fissando il valore del potenziometro a  $50K\Omega$ , si ha:



$$V_o = \frac{\alpha R_p}{R_8 + R_p} \cdot V_{CC} = \begin{cases} V_{oMAX} = \frac{1 \cdot R_p}{R_8 + R_p} \cdot V_{CC} = \frac{5 \cdot 10^3}{10 \cdot 10^3 + 50 \cdot 10^3} \cdot 15 = 12,5V \\ V_o = \frac{0 \cdot R_p}{R_8 + R_p} \cdot V_{CC} = 0 \end{cases}$$

I resistori  $R_1$  e  $R_2$  regolano il livello di tensione d'offset d'uscita. L'ampiezza della componente continua di polarizzazione d'uscita è circa uguale a quella di polarizzazione applicata al piedino 3. Realizzando il partitore  $R_1$ - $R_2$  con valori di resistenza uguali si avrà una tensione di polarizzazione d'uscita di  $V_{CC}/2$ , con risultante offset nullo. Si utilizza il valore  $4,7K\Omega$ .

I condensatori  $C_1$ ,  $C_2$  e  $C_4$  sono inserite per cortocircuitare a massa eventuali disturbi.

$R_6$  è un trimmer di  $20K\Omega$  che consente di regolare la simmetria del segnale d'uscita.

$R_7$  è un trimmer di  $500\Omega$  che consente di regolare la distorsione armonica totale.

### 2.1.2.- Verifica del primo circuito

Una volta montato il circuito, secondo lo schema sopra illustrato, si procede alla sua verifica di funzionamento. Gli strumenti adoperati sono: oscilloscopio doppia traccia, frequenzimetro digitale. Si collega il primo canale dell'oscilloscopio all'uscita triangolare-sinusoidale (piedino 2) e il secondo canale all'uscita quadra (piedino 11), per visualizzare contemporaneamente i segnali presenti sulle due uscite.

Viene utilizzata una tensione di alimentazione singola di 15V.

Si predispongono l'uscita triangolare (interruttore sul piedino 13 aperto). Sull'oscilloscopio si visualizza una forma d'onda triangolare distorta con frequenza di circa 1,5KHz.

Regolando il trimmer di simmetria si riesce ad ottenere un'onda pressoché triangolare di ampiezza 0,8V; la frequenza è di 2,6KHz.

Si chiude il tasto sul piedino 13 per ottenere l'uscita sinusoidale. Inizialmente la forma d'onda d'uscita risulta quasi triangolare. Regolando il trimmer della distorsione armonica totale si rende l'uscita pressoché sinusoidale. Quindi, tarando il trimmer di regolazione della simmetria, si ottengono due semionde perfettamente simmetriche.

L'uscita sul piedino 11, ovvero l'onda quadra, ha ampiezza 15V e frequenza 2,9KHz.

Agendo sul potenziometro per la regolazione dell'ampiezza si sono determinati i massimi valori dell'ampiezza del segnale triangolare e sinusoidale. I valori ottenuti sono:



- onda sinusoidale: Valore minimo  $V_{MIN} = 10mV$  ; Valore massimo  $V_{MAX} = 6V$

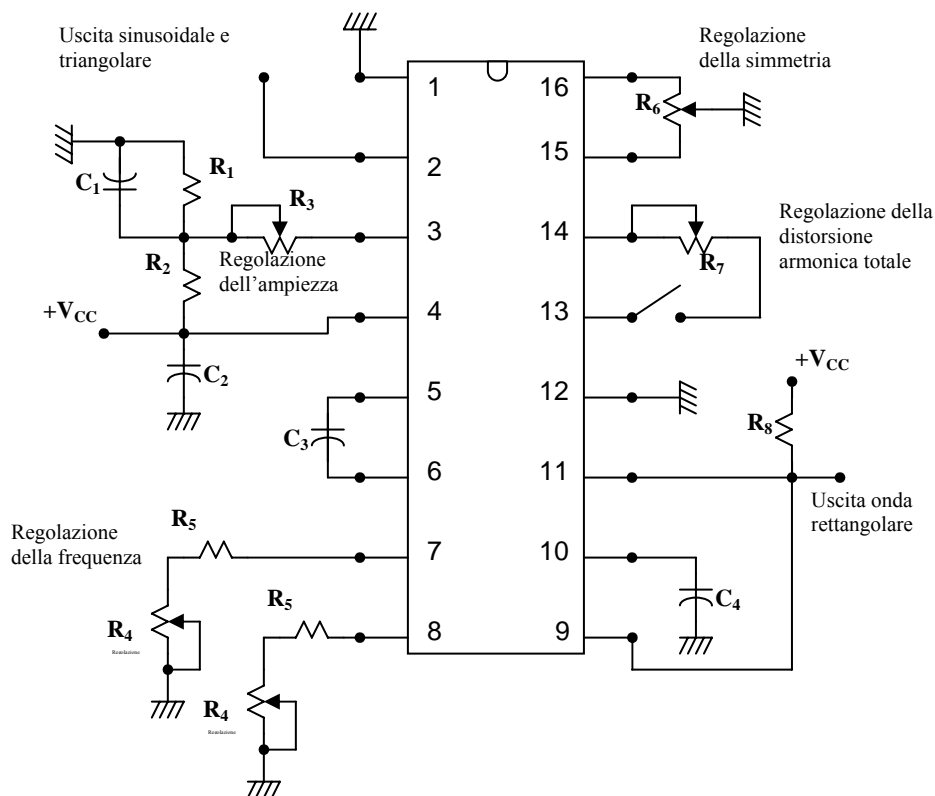
- onda triangolare: Valore minimo  $V_{MIN} = 10mV$  ; Valore massimo  $V_{MAX} = 10V$

- onda quadra:  $V_{MAX} = 15V$

Per quanto riguarda la frequenza, regolando il trimmer sul piedino 7, si ottiene:

$$f_{MIN} \cong 33Hz \quad ; \quad f_{MAX} \cong 17,2KHz$$

Cortocircuitando il piedino 9 con l'11 e inserendo anche sul piedino 8 un trimmer di  $1M\Omega$  e una resistenza di  $1K\Omega$ , è possibile ottenere un'uscita quadra con duty cycle variabile. Agendo sul piedino 7 si modifica la durata del livello alto; agendo sul piedino 8 si modifica la durata di quello basso. In uscita si ottiene una forma d'onda impulsiva.



### 3.- Traduzione del data sheet

#### 3.1.- Generatore di funzioni monolitico

L'XR-2206 è un circuito integrato monolitico generatore di funzioni capace di produrre forme d'onda sinusoidali, quadre, triangolari, rampe e impulsive di alta qualità, stabilità ed esattezza. Le forme d'onda d'uscita possono essere modulate sia in ampiezza che in frequenza da una tensione esterna. La frequenza di funzionamento può essere selezionata esternamente da 0,01Hz fino a più di 1MHz.

L'XR-2206 è particolarmente adatto per comunicazioni, strumentazione e generatori di funzioni, e applicazioni che richiedono segnali sinusoidali modulati AM, FM, FKS. Ha uno spostamento tipico dichiarato di 20ppm/°C. La frequenza dell'oscillatore può essere scippata su un intervallo di frequenza di 2000:1 mediante una tensione di controllo esterna con un ridottissimo effetto di distorsione.

Come mostrato in Fog. 1, il circuito monolitico è diviso in quattro blocchi funzionali: un oscillatore controllato in tensione (VCO); un moltiplicatore analogico e formatore sinusoidale; un amplificatore buffer a guadagno unitario; una serie di interruttori che commutano la corrente. Gli switches di corrente interni trasferiscono la corrente di oscillazione ad uno dei due resistori esterni di temporizzazione per produrre due frequenze discrete selezionabili dal livello logico al terminale di ingresso FSK (pin 9).

#### 3.2.- Caratteristiche

- Bassa distorsione dell'onda sinusoidale (THD 5%) - insensibile al segnale di sweep
- Eccellente stabilità (20ppm/°C, tipica)
- Grande intervallo di sweep (2000:1, tipica)
- Bassa sensibilità all'alimentazione (0,01%/V, tipica)
- Modulazione di ampiezza lineare
- Duty cycle regolabile (da 1% al 99%)
- Controllo FSK compatibile TTL
- Grande intervallo della tensione di alimentazione (da 10V a 26V)

#### 3.3.- Valori massimi assoluti

- |  |                  |
|--|------------------|
| - Alimentazione                                      | 26V              |
| - Dissipazione di potenza                            | 750mW            |
| - Variazione sopra i 25°C                            | 5mW/°C           |
| - Corrente complessiva di temporizzazione            | 6mA              |
| - Temperatura di funzionamento e di immagazzinamento | - 65°C a + 150°C |

#### 3.4.- Applicazioni

- Generazione di forme d'onda sinusoidali, triangolari, quadre, impulsive
- Generazione di sweep
- Generazioni di AM e FM
- Generazione di FSK e PSK
- Conversione tensione/frequenza
- Generazione di tono
- Anello ad aggancio di fase

### 3.4.- Tipi disponibili

| Numero di parte | Tipi di involucro | intervallo di temperatura di funzionamento |
|-----------------|-------------------|--|
| XR-2206M        | ceramica          | - 55°C a + 125°C                           |
| XR-2206N        | ceramica          | 0°C a + 75°C                               |
| XR-2206P        | plastica          | 0°C a + 75°C                               |
| XR-2206CN       | ceramica          | 0°C a + 75°C                               |
| XR-2206CP       | plastica          | 0°C a + 75°C                               |

### 3.5.- Caratteristiche elettriche

**Condizioni di prova:** circuito di prova di Fig. 2,  $V^+ = 12V$ ,  $T_A = 0 \text{ a } 25^\circ C$ ,  $C = 0,01\mu F$ ,  $R_1 = 100K\Omega$ ,  $R_2 = 10K\Omega$ ,  $R_3 = 25K\Omega$  salvodiverse specifiche,  $S_1$  aperto per l'ondatriangolare, chiuso per quella sinusoidale.

| CARATTERISTICHE                             | XR-2206M; XR-2206 |       |      | XR-2206C |       |      | UNITÀ       | CONDIZIONI  |
|---|-------------------|-------|------|----------|-------|------|-------------|---|
|   | MIN               | TYP   | MAX  | MIN      | TYP   | MAX  |             |   |
| Tensione di alimentazione                   |                   |       |      |          |       |      |             |   |
| Alimentazione singola                       | 10                |       | 26   | 10       |       | 26   | V           |   |
| Alimentazione duale                         | ±5                |       | ±13  | ±5       |       | ±13  | V           |   |
| Corrente di alimentazione                   |                   | 12    | 17   |          | 14    | 20   | mA          | $R_1 \geq 10K\Omega$  |
| Stadio oscillatore                          |                   |       |      |          |       |      |             |   |
| Max frequenza di funzionamento              | 0,5               | 1     |      | 0,5      | 1     |      | MHz         | $C = 1000pF$ ; $R_1 = 1K\Omega$                                 |
| Min frequenza di funzionamento              |                   | 0,01  |      |          | 0,01  |      | Hz          | $C = 50\mu F$ ; $R_1 = 2M\Omega$                                |
| Precisione della frequenza                  |                   | ±1    | ±4   |          | ±2    |      | % di $f_0$  | $F_0 = 1/R_1C$  |
| Stabilità in temperatura                    |                   | ±10   | ±50  |          | ±20   |      | Ppm/°C      | $0^\circ C \leq T_A \leq 75^\circ C$ , $R_1 = R_2 = 20K\Omega$  |
| Sensibilità all'alimentazione               |                   | 0,01  | 0,1  |          | 0,01  |      | %           | $V_{LOW} = 10V$ , $V_{HIGH} = 20V$ ,<br>$R_1 = R_2 = 20K\Omega$ |
| Intervallo di sweep                         | 1000:             | 2000: |      |          | 2000: |      | $f_H = f_L$ | $f_H @ R_1 = 1K\Omega$  |
|   | 1                 | 1     |      |          | 1     |      |             | $f_L @ R_1 = 1M\Omega$  |
| Linearità dello sweep                       |                   |       |      |          |       |      |             |   |
| Sweep 10 : 1                                |                   | 2     |      |          | 2     |      | %           | $f_L = 1KHz$ , $f_H = 10KHz$                                    |
| Sweep 1000 : 1                              |                   | 8     |      |          | 8     |      | %           | $f_L = 100KHz$ , $f_H = 100KHz$                                 |
| Distorsione FM                              |                   | 0,1   |      |          | 0,1   |      | %           | Variazione di ±10%  |
| Componenti di temporizzazione Consigliati   |                   |       |      |          |       |      |             |   |
| Capacità di temporizzazione C               | 0,001             |       | 100  | 0,001    |       | 100  | μF          | Vedere Fig. 5   |
| Resistenze di temporizzazione $R_1$ e $R_2$ | 1                 |       | 2000 | 1        |       | 2000 | KΩ          |   |
| Uscita triangolare/sinusoidale              |                   |       |      |          |       |      |             | Vedere nota 1 Fig. 2  |
| Uscita triangolare                          |                   | 160   |      |          | 160   |      | mV/KΩ       | Fig. 2 $S_1$ open   |
| Uscita sinusoidale                          | 40                | 60    | 80   |          | 60    |      | mV/KΩ       | Fig. 2 $S_1$ closed   |
| Max variazione d'uscita                     |                   | 6     |      |          | 6     |      | $V_{PP}$    |   |
| Impedenza d'uscita                          |                   | 600   |      |          | 600   |      | Ω           |   |
| Linearità della triangolare                 |                   | 1     |      |          | 1     |      | %           |   |
| Stabilità dell'ampiezza                     |                   | 0,5   |      |          | 0,5   |      | dB          |   |
| Distorsione onda sinusoidale                |                   |       |      |          |       |      |             | $R_1 = 30K\Omega$   |
| Con regolazione                             |                   | 2,5   |      |          | 2,5   |      | %           | Vedere Fig. 11  |
| Senza regolazione                           |                   | 0,4   | 1,0  |          | 0,5   | 1,5  | %           | Vedere Fig. 12  |
| Modulazione di ampiezza                     |                   |       |      |          |       |      |             |   |
| Impedenza d'ingresso                        | 50                | 100   |      | 50       | 100   |      | KΩ          |   |
| Intervallo di modulazione                   |                   | 100   |      |          | 100   |      | %           |   |
| Soppressione della portante                 |                   | 55    |      |          | 55    |      | dB          |   |
| Linearità                                   |                   | 2     |      |          | 2     |      | %           | Per modulazione del 95%   |
| Uscita onda quadra                          |                   |       |      |          |       |      |             | Misurati al pin 11  |
| Ampiezza                                    |                   | 12    |      |          | 12    |      | $V_{PP}$    |   |
| Tempo di salita                             |                   | 250   |      |          | 250   |      | ηsec        | $C_L = 10pF$  |
| Tempo di discesa                            |                   | 50    |      |          | 50    |      | ηsec        | $C_L = 10pF$  |
| Tensione di saturazione                     |                   | 0,2   | 0,4  |          | 0,2   | 0,4  | V           | $I_L = 2mA$   |
| Corrente di dispersione                     |                   | 0,1   | 20   |          | 0,1   |      | μA          | $V_{I1} = 12V$  |
| Livello di spostamento FSK (pin 9)          | 0,8               | 1,4   | 2,4  | 0,8      | 1,4   | 2,4  | V           | Vedere sezione controlli circuito                               |
| Tensione di riferimento di by-pass          | 2,9               | 3,1   | 3,3  | 2,5      | 3     | 3,5  | V           | Misurata la pin 10  |

Nota 1: l'ampiezza d'uscita è inversamente proporzionale alla resistenza  $R_3$  sul piedino 3. vedere Fig. 3.

### 3.6.- Descrizione dei controlli del circuito

#### 3.6.1.- Frequenza di funzionamento

La frequenza di funzionamento,  $f_o$ , è determinata dalla capacità di temporizzazione esterna collegata ai pin 5 e 6, e dalle resistenze R di temporizzazione connesse sul pin 7 o sul pin 8. la frequenza è data da:

$$f_o = \frac{1}{RC}$$

e può essere modificata variando sia R che C. i valori raccomandati di R per un intervallo di frequenza prefissato sono mostrati in Fig. 5. la stabilità in temperatura è ottima per  $4K\Omega \leq R \leq 200K\Omega$ . I valori consigliati per C vanno da 1000pF a 100μF.

#### 3.6.2.- Frequenza di sweep e di modulazione

La frequenza di oscillazione è proporzionale alla corrente totale  $I_t$  di temporizzazione al pin 7 o 8:

$$f = \frac{320I_t(\text{mA})}{C(\mu\text{F})} \text{Hz} = \frac{0,32I_t}{C} \text{Hz}$$

I terminali di temporizzazione (pin 7 e 8) sono punti di bassa impedenza e sono internamente polarizzati con a +3V, rispetto a massa (pin 12). La frequenza varia linearmente con  $I_t$  su un ampio intervallo di valori di corrente, da 1μA a 3mA. La frequenza può essere controllata applicando una tensione di controllo,  $V_C$ , al piedino di temporizzazione attivato come mostrato in Fig. 10. La frequenza di oscillazione è legata a  $V_C$  nel seguente modo:

$$f = \frac{1}{RC} \cdot \left[ 1 + \frac{R}{R_c} \left( 1 - \frac{V_C}{3} \right) \right] \text{Hz}$$

dove  $V_C$  è in volt. Il guadagno della conversione tensione/frequenza, K, è dato da:

$$K = \frac{\delta f}{\delta V_C} = - \frac{0,32 \text{ Hz}}{R_c C \text{ V}}$$

Nota: per un normale funzionamento del circuito  $I_t$  dovrebbe essere  $\leq 3\text{mA}$ .

### 3.7.- Caratteristiche d'uscita

#### 3.7.1.- ampiezza dell'uscita

L'ampiezza dell'uscita è inversamente proporzionale alla resistenza  $R_3$  collegata al pin 3 (Fig. 3). Per uscita sinusoidale, l'ampiezza è approssimativamente 60mV di picco per  $K\Omega$  di  $R_3$ ; per uscita triangolare, la massima ampiezza è approssimativamente uguale a 160mV per  $K\Omega$  di  $R_3$ . così, per esempio,  $R_3 = 50K\Omega$  produrrà approssimativamente  $\pm 3\text{V}$  di ampiezza di uscita sinusoidale.

#### 3.7.2.- Modulazione di ampiezza

L'ampiezza d'uscita può essere modulata applicando una polarizzazione dc e un segnale modulante al pin 1. L'impedenza interna al pin 1 è approssimativamente 200KΩ. L'ampiezza dell'uscita varia linearmente con la tensione applicata al piedino 1, per valori di polarizzazione dc a questo piedino compresi tra  $(V^+/2 - 4V)$  e  $(V^+/2 + 4V)$ , come mostrato in Fig. 6. Quando questo livello di polarizzazione uguaglia  $V^+/2$ , la fase del segnale d'uscita viene invertita e l'ampiezza va a zero. Questa proprietà è utile per codifica a spostamento di fase (PSK) e generazione della portante AM soppressa. L'intervallo dinamico totale della modulazione di ampiezza è approssimativamente 55dB.

Nota: il controllo AM deve essere usato con una alimentazione ben stabilizzata poiché l'ampiezza d'uscita è unzione di  $V^+$ .

### 3.7.3.- Codifica a spostamento di frequenza

L'XR-2206 può essere usato con due distinte resistenze di temporizzazione,  $R_1$  e  $R_2$ , connesse ai piedini di temporizzazione 7 e 8, rispettivamente, come mostrato in Fig. 13. Dipendendo dalla polarità del segnale logico al piedino 9, viene attivata l'una o l'altra di queste resistenze di temporizzazione. Se il piedino 9 è scollegato o è collegato ad una tensione di polarizzazione  $\geq 2V$  viene attivata solo  $R_1$ . Similmente, se il livello della tensione al piedino 9 è  $\leq 1V$ , è attivata solo  $R_2$ . Così, la frequenza d'uscita può essere codificata tra due livelli,  $f_1$  ed  $f_2$ , come:

$$f_1 = \frac{1}{R_1 C} \quad \text{e} \quad f_2 = \frac{1}{R_2 C}$$

Per funzionamento con alimentazione duale la tensione di codifica al piedino 9 è riferita a  $V^-$ .

### 3.7.4.- Controllo del livello d'uscita dc

Il livello d'uscita dc (piedino 2) è approssimativamente lo stesso della polarizzazione dc al piedino 3. nelle Fig. 11, 12 e 13, il piedino 3 è polarizzato ad un valore equidistante da  $V^+$  e massa, per fornire un livello d'uscita dc di  $V^+/2$ .

## 3.8.- Informazioni sulle applicazioni

### 3.8.1.- Generazione di onda sinusoidale

#### a) Senza taratura esterna

La Fig. 2 mostra la connessione circuitale dell'XR-2206 per generare un'uscita sinusoidale. Il potenziometro  $R_1$  al piedino 7 consente la selezione della frequenza desiderata. La massima variazione dell'uscita è sempre maggiore di  $V^+/2$  e la distorsione tipica (THD) è minore del 2,5%. Se si vuole una distorsione della sinusoide minore devono essere previste tarature aggiuntive come descritto nella sezione seguente.

Il circuito di Fig. 11 funzionante con singola alimentazione può essere convertito con alimentazione duale semplicemente sostituendo tutti i collegamenti a massa con  $V^-$ . Per funzionamento con alimentazione duale,  $R_3$  può essere direttamente collegata alla massa.

#### b) Con calibratura esterna

Il contenuto armonico dell'uscita sinusoidale può essere ridotto a circa 0,5% mediante taratura addizionale come mostrato in Fig. 12. il potenziometro  $R_B$  calibra la resistenza che forma il segnale sinusoidale e consente una calibrazione fine della simmetria delle forme d'onda. La procedura di calibrazione è come segue:

1. si pone  $R_B$  a metà e si calibra  $R_A$  per la distorsione minima:

2. con  $R_A$  settata come sopra, si calibra  $R_B$  per migliorare la riduzione della distorsione.

### **3.8.2.- Generazione di onda triangolare**

I circuiti delle Fig. 11 e 12 possono essere modificati per generare onde triangolari semplicemente aprendo i piedini 11 e 12 (es.  $S_1$  aperto). L'ampiezza triangolare è approssimativamente doppia dell'uscita sinusoidale.

### **3.8.3.- Generazione di FSK**

La Fig. 13 mostra le connessioni circuitali per la generazione di un segnale sinusoidale FSK. Le frequenze di marcatura e di spazio possono essere indipendentemente regolate dalla scelta delle resistenze di temporizzazione  $R_1$  e  $R_2$ ; e l'uscita viene sfasata con continuità durante le transizioni. Il segnale di codifica è applicato al piedino 9. il circuito può essere modificato per funzionamento con doppia alimentazione semplicemente sostituendo la massa con  $V^-$ .

### **3.8.4.- Generazione di una rampa e di impulsi**

La Fig. 14 mostra il circuito per la generazione di forme d'onda a rampa e a impulsi. In questo modo di funzionamento, il terminale di codifica FSK (pin 9) è cortocircuitato all'uscita dell'onda quadra (pin 11); ed il circuito stesso codifica automaticamente lo spostamento di frequenza fra due frequenze diverse durante gli intervalli di tempo in cui la forma d'onda d'uscita è positiva e negativa. La larghezza dell'impulso ed il duty cycle possono essere regolati dall'1% al 99% dalla opportuna scelta di  $R_1$  e  $R_2$ . i valori di  $R_1$  e  $R_2$  devono essere compresi tra  $1K\Omega$  e  $2M\Omega$ .

## INDICE

|   |           |
|---|-----------|
| <b>0.- INTRODUZIONE</b>   | <b>1</b>  |
| <b>1.- CIRCUITO INTEGRATO GENERATORE DI FUNZIONE XR-2206</b>    | <b>1</b>  |
| <b>1.1. - Generalità</b>  | <b>1</b>  |
| <b>1.2.- Definizione della piedinatura e delle sue funzioni</b> | <b>2</b>  |
| 1.2.1.- Frequenza di funzionamento                              | 2         |
| 1.2.2.- Ampiezza del segnale d'uscita                           | 3         |
| 1.2.3.- Modulazione d'ampiezza                                  | 4         |
| 1.2.4.- Controllo del livello continuo d'uscita                 | 4         |
| 1.2.5.- Generazione di forme d'onda sinusoidali e triangolari   | 5         |
| 1.2.6.- Circuito per generare forme d'onda impulsive            | 5         |
| <b>2.- PARTE SPERIMENTALE</b>                                   | <b>6</b>  |
| <b>2.1.- Primo circuito di prova</b>                            | <b>6</b>  |
| 2.1.1.- Dimensionamento dei componenti                          | 7         |
| 2.1.2.- Verifica del primo circuito                             | 8         |
| <b>3.- TRADUZIONE DEL DATA SHEET</b>                            | <b>10</b> |
| <b>3.1.- Generatore di funzioni monolitico</b>                  | <b>10</b> |
| <b>3.2.- Caratteristiche</b>                                    | <b>10</b> |
| <b>3.3.- Valori massimi assoluti</b>                            | <b>10</b> |
| <b>3.4.- Applicazioni</b>                                       | <b>10</b> |
| <b>3.4.- Tipi disponibili</b>                                   | <b>11</b> |
| <b>3.5.- Caratteristiche elettriche</b>                         | <b>11</b> |
| <b>3.6.- Descrizione dei controlli del circuito</b>             | <b>12</b> |
| 3.6.1.- Frequenza di funzionamento                              | 12        |
| 3.6.2.- Frequenza di sweep e di modulazione                     | 12        |
| <b>3.7.- Caratteristiche d'uscita</b>                           | <b>12</b> |
| 3.7.1.- ampiezza dell'uscita                                    | 12        |
| 3.7.2.- Modulazione di ampiezza                                 | 12        |
| 3.7.3.- Codifica a spostamento di frequenza                     | 13        |
| 3.7.4.- Controllo del livello d'uscita dc                       | 13        |
| <b>3.8.- Informazioni sulle applicazioni</b>                    | <b>13</b> |
| 3.8.1.- Generazione di onda sinusoidale                         | 13        |
| 3.8.2.- Generazione di onda triangolare                         | 14        |
| 3.8.3.- Generazione di FSK                                      | 14        |
| 3.8.4.- Generazione di una rampa e di impulsi                   | 14        |