

**IPSIA MORETTO**

**Via Apollonio 21**

**25128 Brescia**

**Relazione di misure elettroniche:**

# **generatore di funzioni**

**(Con l'utilizzo dell'integrato XR-2206)**

**Di:**

**Ferrari Davide**

**Filippini Fabio**

**Marcolini Maurizio**

**Errigo Stefano**

## **Sommario**

DEFINIZIONE.....	PAG.3
DESCRIZIONE FUNZIONAMENTO IN-OUT .....	PAG.4
DESCRIZIONE DELL'INTEGRATO XR-2206.....	PAG.4
FREQUENZA DI FUNZIONAMENTO.....	PAG.5
AMPIEZZA DI USCITA.....	PAG.6
MODULAZIONE D'AMPIEZZA.....	PAG.7
CONTROLLO DEL LIVELLO DI USCITA.....	PAG.7
GENERAZIONE DI FORME D'ONDA SINUSOIDALI.....	PAG.8
GENERAZIONE DI FORME D'ONDA TRIANGOLARI.....	PAG.9
GENERAZIONE DI IMPULSI.....	PAG.9
FSK.....	PAG.9
TARATURA.....	PAG.10
PARAMETRI CARATTERISTICI DEL XR-2206.....	PAG.12
CARATTERISTICHE MASSIME.....	PAG.14

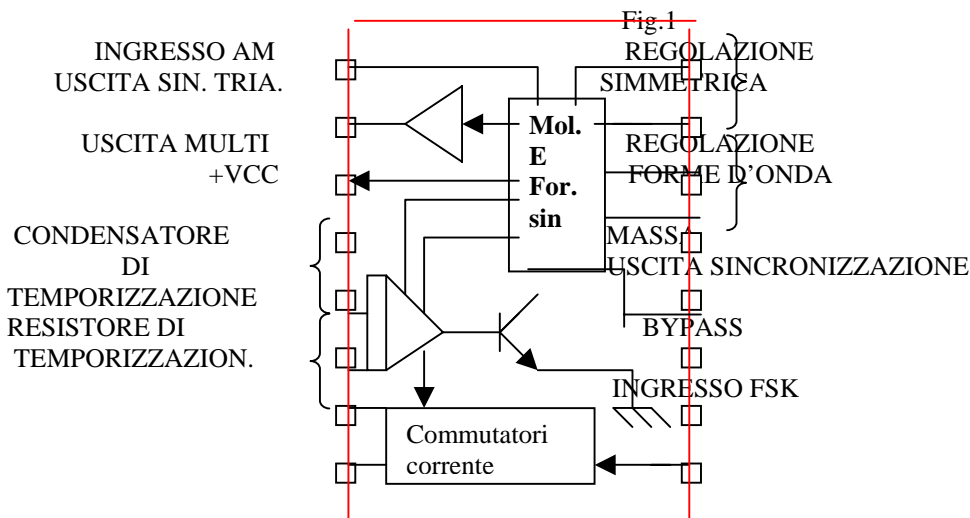
## Definizione

Il generatore di funzioni è un dispositivo che genera segnali alternati di forma d'onda diversa (normalmente sinusoidali, triangolari, a dente di sega e rettangolari) e a frequenza variabile. E' usato in laboratorio per prestabilite esperienze o in fase progettuale di determinate apparecchiature; fornisce dei segnali di prova che consentono di attuare misure fornendo segnali a qualsiasi dispositivo.

In passato per creare un generatore di funzioni che fornissero tipi di onde diverse era necessario utilizzare circuiti appositi per ogni tipo di segnale che si voleva ottenere.

Questo problema è stato superato con la tecnologia integrata che attraverso un circuito integrato è riuscito a far avere tutte le forme d'onda attraverso un unico circuito.

Nel nostro caso l'integrato utilizzato è lo XR-2206 (monolithic function generator) di cui forniamo lo schema a blocchi in fig.1.



Schema a blocchi del generatore di funzioni XR-2206

Questo circuito integrato può produrre forme d'onda sinusoidali, triangolari e rettangolari che sono i segnali fondamentali dell'elettronica. Le uscite possono essere modulate sia in frequenza sia in ampiezza da una tensione esterna. Nella tabella 1, riportata qui di seguito sono riportati i piedini dell'integrato con la spiegazione del loro funzionamento.

## **Descrizione funzionamento ingresso-uscita dell'XR-2206**

Tab.1

PIN#	SIMBOLO	TIPO	DESCRIZIONE
1	AMSI	INGRESSO	SEGNALE D'INGRESSO PER MODULAZIONE D'AMPIEZZA
2	STO	USCITA	USCITA TRIANGOLARE O SINUSOIDALE
3	MO	USCITA	USCITA MULTIPLA
4	VCC		ALIMENTAZIONE
5	TC1	INGRESSO	CONDENSATORE DI TEMPORIZZAZIONE IN INGRESSO
6	TC2	INGRESSO	CONDENSATORE DI TEMPORIZZAZIONE IN INGRESSO
7	TR1	USCITA	RESISTENZA DI TEMPORIZZAZIONE IN USCITA
8	TR2	USCITA	RESISTENZA DI TEMPORIZZAZIONE IN USCITA
9	FSKI	INGRESSO	INGRESSO
10	BIAS	USCITA	VOLTAGGIO INTERNO DI RIFERIMENTO
11	SYNCO	USCITA	USCITA DI SINCRISMO
12	GND		MASSA
13	WAVEA1	INGRESSO	1° INGRESSO DI REGOLAZIONE DELLA FORMA D'ONDA
14	WAVEA2	INGRESSO	2° INGRESSO DI REGOLAZIONE DELLA FORMA D'ONDA
15	SYMA1	INGRESSO	1° REGOLAZIONE DI SIMMETRIA
16	SYMA2	INGRESSO	2° REGOLAZIONE DI SIMMETRIA

### **Descrizione dell'integrato XR-2206**

La fig.1 mostra, lo schema a blocchi del generatore di funzioni integrato XR-2206. Questo circuito integrato può produrre forme d'onda sinusoidali, triangolari e rettangolari. Le uscite possono essere modulate sia in frequenza sia in ampiezza da una tensione esterna. La frequenza di funzionamento può essere regolata esternamente da 0,01 Hz fino a più di 1 Mhz. Sono necessari solo pochi componenti esterni per permettere al circuito integrato di generare tutta la gamma delle possibili uscite. Il circuito è ideale per applicazioni nel campo delle comunicazioni, strumentazioni e generatore di funzione che richiede un tono sinusoidale, AM, FM o generazione di FSK. Tale componente ha un'eccellente stabilità per quanto riguarda la temperatura avendo una deriva tipica di 20ppm/°C. La frequenza d'oscillazione può avere una portata lineare superiore a 2000: 1 per il campo di frequenza con un controllo esterno di tensione la quale mantiene un livello basso di distorsione. Questo circuito lavora con tensioni di alimentazione che vanno da 10V a 26V oppure con tensioni duali da  $\pm 13V$ . La corrente di alimentazione è, al massimo, di 20mA e la potenza dissipata dal dispositivo è di 625mW. Il circuito è costituito da quattro blocchi funzionali (vedi fig.1): un oscillatore controllato di tensione (VCO), un moltiplicatore analogico, un formatore di forme

d'onda sinusoidali, un amplificatore buffer a guadagno unitario ed una serie di commutatori di corrente.

**VCO:** il VCO produce un'uscita in frequenza proporzionale alla corrente d'ingresso, la qual è settata da una resistenza dal terminale di temporizzazione a terra. Con due piedini di temporizzazione, due discrete uscite di frequenza possono essere prodotte indipendentemente per applicazioni di generazioni FSK usando i piedini di controllo d'ingresso per FSK.

**COMMOTATORI DI CORRENTE:** trasferiscono la corrente dell'oscillatore ad uno dei due resistori esterni di temporizzazione. Poiché i due resistori di temporizzazione hanno valori differenti, è possibile selezionare, attraverso il livello logico (0 od 1) sull'ingresso del piedino 9 del circuito di selezione della frequenza (FSK), due frequenze discrete dell'oscilloscopio. Essa converte i livelli digitali in toni per effettuare la registrazione dei dati o per la loro trasmissione su linee telefoniche.

### ***Frequenza di funzionamento del generatore di funzioni***

La frequenza di funzionamento  $F_0$ , è determinata dal condensatore esterno di temporizzazione C3 collegato ai capi dei piedini 5 e 6 e dai resistori di temporizzazione R4 e R5 connessi ai piedini 7 od 8. La frequenza di funzionamento è data dalla relazione:

$$F_0 = 1/RC.$$

E può essere variata modificato il valore del resistore R o del condensatore C. Nel circuito di figura 2 è utilizzato il massimo valore del resistore di temporizzazione. La stabilità ottimale della frequenza in funzione della temperatura di funzionamento si ottiene quando la somma dei resistori R4 e R5 varia da 4 a 200 k $\Omega$  i valori consigliati del condensatore C variano da 1000pF a 100 $\mu$ F. La frequenza dell'oscillatore è determinata dalla corrente di temporizzazione  $I_t$  prelevata dal piedino 7 o 8 come stabilito dalla relazione:

$$F = 320I_t/C$$

Dove la corrente  $I_t$  è espressa in milliampere ed è il valore del condensatore C in microfarad. I piedini 7 e 8 sono ingressi a bassa impedenza polarizzati a +3V dalla circuiteria interna rispetto al piedino 12. La frequenza d'uscita varia linearmente con la corrente  $I_t$  da 1 $\mu$ A a 3mA. Quindi il valore minimo della somma dei resistori R4 e R5 è dato da:

$$R_1 = V/I = 3/0.003 = 1k\Omega$$

Bisogna notare che il resistore R5 è collegato in serie al resistore R4, così, quando R4 è regolato al minimo, la resistenza di  $1k\Omega$  è presente nel circuito per assicurare un funzionamento corretto. La frequenza può essere controllata applicando una tensione di controllo  $V_c$  al piedino di temporizzazione prescelto come mostrato in fig.3.

### **Ampiezza di uscita**

Attraverso l'ingresso relativo al piedino 3 è possibile controllare l'ampiezza del segnale di uscita dell'integrato XR-2206. L'ampiezza è direttamente proporzionale al valore del resistore R3. L'ampiezza della forma d'onda sinusoidale è di circa 60mV in corrispondenza di un resistore R3 di valore  $1k\Omega$ . L'ampiezza della forma d'onda triangolare è di circa 160mV con un resistore R3 di valore  $1k\Omega$ . Quindi, quando  $R3=50k\Omega$ , come mostrato in fig.2, l'ampiezza della forma d'onda sinusoidale d'uscita vale:

$$V_{out}=0.060(50)=3V$$

E l'ampiezza della forma d'onda triangolare:

$$V_{out}=0.160(50)=8V$$

L'onda quadra ha, generalmente, un'ampiezza fissa. In fig.1 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 d'interdizione(cioè il minimo valore di tensione sotto la quale il dispositivo si blocca riducendo la corrente di collettore praticamente a zero. E' detto anche stato di OFF in quanto in questa condizione operativa il dispositivo si comporta come un interruttore aperto) e quello di saturazione(cui corrisponde un elevato valore di corrente di collettore ed una tensione collettore-emettitore praticamente nulla. E' detta anche zona di ON perché in essa il transistor si comporta come un interruttore chiuso, lasciando passare la corrente). Quando è in saturazione il piedino 11 risulta connesso a massa, invece quando è interdizione risulta collegato al potenziale d'alimentazione attraverso il resistore R8 come mostrato in fig.2. Il resistore R8 è utilizzato come limitatore di corrente, in modo da proteggere il transistor quando si trova nello stato di saturazione. Se si desidera un'onda quadra d'ampiezza variabile, il circuito di fig.4 può essere sostituito dal resistore R8 di fig.2.

## **Modulazione di ampiezza**

Il circuito XR-2206 permette di variare l'ampiezza del segnale di uscita attraverso un segnale modulante inviato al piedino 1. Il campo dinamico totale della modulazione di ampiezza così 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 la tensione applicata al piedino 1, per valori della polarizzazione compresi tra  $V/2-4$  e  $V/2+4$  volt. Quando la tensione modulante raggiunge il valore  $+V/2$ , la fase del segnale di 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 dei componenti C3,R4 e R5.

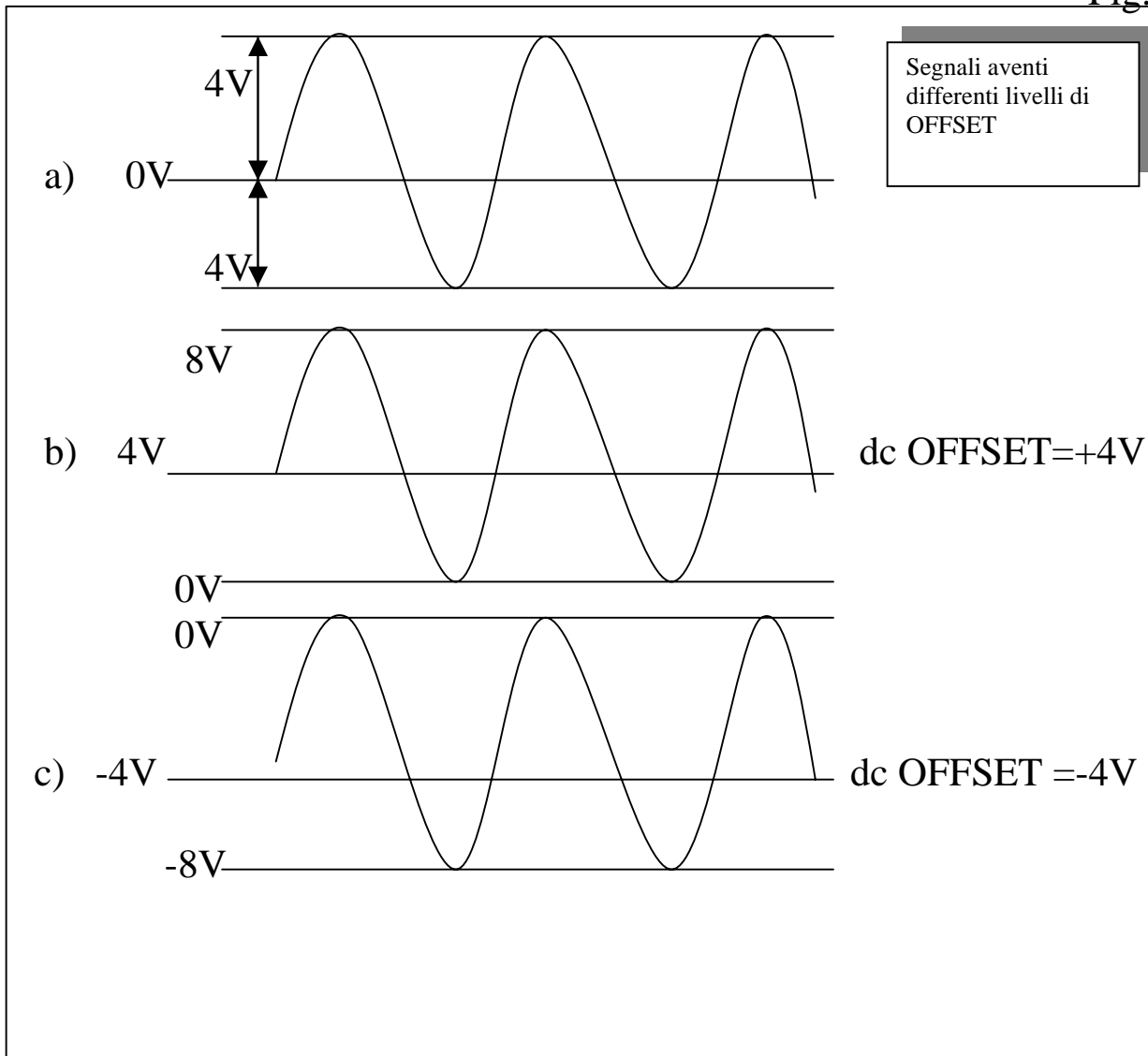
Ampiezza massima in uscita è inversamente proporzionale al resistore esterno R3 connesso con il piedino 3 (vedi figura 3). Per uscite sinusoidali, l'ampiezza è approssimativamente di 60mV di picco (per K $\Omega$  di R3). Per onde triangolari l'ampiezza di picco è approssimativamente di 160mV di picco (per K $\Omega$  di R3). Così, per esempio, R3= 50K $\Omega$  dovrebbe produrre approssimativamente 13V sinusoidali di amplitudine di uscita.

## **Controllo del livello di uscita in corrente continua**

La maggior parte dei generatori di funzione permette di posizionare il valore medio della forma d'onda del segnale d'uscita ad un qualsiasi valore di tensione rispetto a massa. La seguente figura(fig.5) mostra una forma d'onda sinusoidale centrata attorno a 0V. La fig.5b mostra lo stesso segnale sinusoidale avente però, un differente livello di tensione continua (la minima tensione raggiunta dalla forma d'onda, in questo caso, è 0V. la fig.5c mostra nuovamente la stessa forma d'onda sinusoidale, avente però un livello di tensione continua negativo. In ciascuno di questi segnali, la componente continua, o valor medio, determina uno spostamento della forma d'onda rispetto alla linea di riferimento a tensione nulla. Questa componente continua prende il nome di OFFSET. L'ampiezza della componente continua del segnale di uscita(piedino 2)è approssimativamente uguale a quella di polarizzazione presente sul piedino 3. Nella fig.2, la polarizzazione del piedino 3 è ottenuta attraverso il partitore resistivo costituito dai due resistori di egual valore R1 ed R2. Questo porta ad ottenere un segnale di uscita simile a quello mostrato nella fig.5a. Se è necessario ottenere un livello di polarizzazione variabile, è possibile utilizzare il circuito di fig.6 al posto dei resistori R1 ed R2.

Questo circuito di polarizzazione permette di ottenere componenti continue sia positive sia negative. Con il circuito XR-2206 non è comunque possibile variare l'OFFSET d'uscita relativo alle forme d'onda di tipo rettangolare, a causa della tecnica utilizzata per la generazione di dette forme d'onda.

Fig.5



### **Generazione di forme d'onda sinusoidali**

Il contenuto armonico del segnale d'uscita sinusoidale del circuito XR-2206 può essere reso prossimo al valore 0,5%, attraverso una regolazione effettuata sui resistori R6 e R7. Il resistore R7 modifica la rete resistiva di formazione dell'onda sinusoidale, mentre R6 regola in maniera fine la simmetria dell'onda generata. Queste regolazioni sono effettuate ponendo dapprima il resistore R6 nella posizione centrale regolando il resistore R7 in modo da ottenere la minima distorsione; successivamente, si regola il resistore R6 in modo da ottenere la minima distorsione possibile.

## **Generazione di forme d'onda triangolari**

Come mostrato in fig.2, è presente un interruttore fra i piedini 13 ed 14. Questo interruttore determina il tipo di forma d'onda presente al piedino 2 (sinusoidale o triangolare). Quando l'interruttore è aperto in uscita abbiamo una forma d'onda triangolare; quando l'interruttore è chiuso, in uscita è generata una forma d'onda sinusoidale.

## **Generatore di impulsi**

Quando si utilizza la connessione mostrata in fig.2, la forma d'onda rettangolare che si ottiene in uscita ha un duty cycle del 50%, in quanto il transistore interno di commutazione è interdetto e saturato dal segnale proveniente dall'oscillatore sinusoidale/triangolare. Tuttavia, è possibile modificare il duty cycle della forma d'onda d'uscita utilizzando l'ingresso FSK. La fig7 mostra i piedini 11 e 9 cortocircuitati. La forma d'onda rettangolare, presente sul piedino 11, determinata dalla commutazione interna della corrente in modo che, per un intervallo di tempo, venga selezionato il piedino 7 come ingresso per la determinazione della frequenza e nell'intervallo di tempo successivo il piedino 8. Con questo collegamento, il circuito XR-2206 commuta automaticamente la scelta delle due frequenze durante gli intervalli di tempo in cui la forma d'onda d'uscita è positiva e negativa. La larghezza degli impulsi ed il duty cycle possono essere regolati da 1 a 99 percento attraverso i valori dei resistori R1 e R2. I valori dei resistori R1 ed R2 devono essere compresi fra 1k $\Omega$  e 2k $\Omega$ .

## **FSK(Frequency-shift keying)**

L'XR-2206 può operare con due resistenze di temporizzazione separate R1 e R2 connesse ai piedini di temporizzazione 7 e 8. Dipendendo dalla polarità del segnale logico sul piedino 9, l'una e l'altra di queste resistenze sono attivate. Se il piedino 9 è un circuito aperto o connesso ad una tensione di polarizzazione  $\geq 2V$ , solo R1 è attiva. Similmente se il livello di voltaggio sul piedino 9 è  $\leq 1$  solo R2 è attiva. Perciò la frequenza di output può essere settata tra due livelli f1 e f2 come:

$$f1 = 1/R1C \quad e \quad f2 = 1/R2C$$

## **Taratura**

Per poter far la taratura del generatore di funzioni dobbiamo collegare l'alimentazione, che viene ottenuta da un altro circuito da noi realizzato che ci fornisce le tensioni di cui abbiamo bisogno (vale a dire: -15V, -12V, MASSA, +5V, +12V), e l'uscita la colleghiamo ad un oscilloscopio in modo da poter visualizzare i segnali. Prima di poter effettuare le rilevazioni dei vari parametri bisogna effettuare la taratura delle onde. Questa viene fatta facilmente dato che ci sono quattro resistenze di regolazione (R29, R15, R31, R33) che permettono di ottenere un'uscita corretta secondo i parametri voluti. La taratura viene eseguita in vari punti:

- 1-scegliere l'onda triangolare (pulsante S5b) e vedere se questa si trova perfettamente al centro dello schermo. Se si trova più in basso, significa che la semionda negativa ha un'ampiezza maggiore rispetto a quella positiva, se si trova più in alto sarà la semionda positiva ad essere d'ampiezza maggiore rispetto a quella negativa.

- 2-ruotando il trimmer R29 si modifica la polarizzazione del piedino 3 dell'XR-2206 e quindi si cerca la perfetta centratura dell'onda triangolare. In questo modo otteniamo che anche le onde sinusoidali avranno un massimo positivo di 5V rispetto a massa ed un massimo negativo di 5V, sempre rispetto a massa.

A questo punto la posizione dell'onda dovrebbe essere giusta e quindi bisogna controllare la simmetria e la distorsione dell'onda sinusoidale.

- 3-per prima cosa bisogna selezionare la funzione di onda sinusoidale attraverso il pulsante S5a.

- 4-sull'oscilloscopio dovrebbe comparire un'onda triangolare con le creste superiori o quelle inferiori smussate

- 5-con il trimmer R15, posto tra i piedini 15-16 dell'XR-2206, otteniamo la regolazione delle due semionde per renderle perfettamente regolari. Dato che il trimmer agisce su due piedini dell'integrato si modificano contemporaneamente le due semionde, pertanto sarà necessario variare la resistenza in modo da ottenere due semionde il più possibile uguale tra loro.

- 6-dopo aver reso simmetrici i due picchi superiori delle due semionde sinusoidali, bisogna agire sul trimmer R31, posto tra i piedini 13-14, in modo da arrotondare i due picchi superiori, affinché si ottenga una vera sinusoide. Se non regolato perfettamente questo trimmer introduce una distorsione dell'1% circa, mentre se regolato con maggiore precisione si ottiene una distorsione minore (normalmente risulta del 0.3% circa).

7-controllare con l'oscilloscopio, prelevando magari un'altra sinusoide dal secondario di un trasformatore con tensione di 5-12V alternata a 50Hz, se le due semionde sono uguali, altrimenti bisogna agire ancora sui trimmer R15 e R31.

8-terminata questa taratura , lasciando il generatore in onde sinusoidali, bisogna ruotare il potenziometro di uscita R49 per ottenere la massima ampiezza del segnale e quindi, agendo sul trimmer R33, si regola l'ampiezza del segnale di uscita a 10Vpp, cioè 5V positivi rispetto a massa e 5 V negativi sempre rispetto a massa.

9-pigiando ora sul pulsante per le onde quadre (S5c) otteniamo sull'oscilloscopio un onda quadra perfettamente simmetrica, cioè con un duty-cycle del 50% e con le due semionde , negativa e positiva, perfettamente centrate sullo 0 di massa.

10-agendo sul commutatore high-low (pulsante S7) si potrà constatare che il segnale subirà una diminuzione di 10 volte, che si potrà attenuare maggiormente agendo sul trimmer di uscita R49. Questo vale anche per le altre forme d'onda.

### ***Parametri caratteristici dell'integrato XR-2206***

<b><u>Parametri</u></b>	<b><u>Min.</u></b>	<b><u>Tip.</u></b>	<b><u>Max.</u></b>	<b><u>Unità</u></b>	<b><u>Condizioni</u></b>
<i>Caratteristiche Generali</i>					
Tensione di alimentazione	10		26	V	
Tensione di alimen. duale	±5		±13	V	
Corrente di alimentazione		12	17	mA	
<i>Sezione oscillatore</i>					
Max frequenza di oscillazione	0.5	1		MHz	C=1nF, R1=1kΩ
Frequenza di accuratezza		1±	±4	% per f0	C=50μF

					R1=2MΩ
Temperatura di stabilità		±10	±50	ppm/°C	0°C≤ta≤70°C R1=R2=20kΩ
Stabilità dell'ampiezza nell'onda sin.*		4800		ppm/°C	
Sensibilità di alimentazione		0.01	0.1	%/V	Vlov=10V Vhigh=20V
Campo di spazzolamento	1000:1	2000:1		fH=fL	fH R1=1kΩ fL R2=2MΩ
<i>Linearità di spazzolamento</i>					
Spaz. 10:1		2		%	fL=1kHz fH=1kHz
Spaz. 1000:1		8		%	fL=100Hz fH=100Hz
Distorsione FM		0.1		%	Deviazione ±10%

<b>Parametri</b>	<b>Min.</b>	<b>Tip.</b>	<b>Max.</b>	<b>Unità</b>	<b>Condizioni</b>
<i>Comp. di raccomandati</i>	<i>temp.</i>				
Condensatore di temp.	0.001		100	μF	
Resistenze di temp. R1&R2	1		2000	kΩ	
<i>Uscita onda triang. e sinu. **</i>					
Ampiezza triangolare		160		mV/kΩ	
Ampiezza sinusoidale	40	60	80	mV/kΩ	
Max uscita oscillante		6		Vp-p	
Impedenza		600		Ω	

d'uscita					
Linearità triangolare		1		%	
Stabilità d'ampiezza		0.5		dB	Per1000:1 spazz.
<i>Distorsione sinusoidale</i>	<i>onda</i>				
Senza regolazione		2.5		%	R1=30kΩ
Con regolazione		0.4	1.0	%	
<i>Modulazione d'ampiezza</i>					
Impedenza d'ingresso	50	100		kΩ	
Campo di modulazione		100		%	
Soppressione di portante		55		dB	
linearità		2		%	Per 95% mod.

<b>Parametri</b>	<b>Min.</b>	<b>Tip.</b>	<b>Max.</b>	<b>Unità</b>	<b>Condizioni</b>
<i>Uscita onda quadra</i>					
Ampiezza		12		Vp-p	Misurate al piedino 11
Tempo di salita		250		ns	Cl=10Pf
Tempo di discesa		50		ns	Cl=10pF
Tensione di saturazione		0.2	0.4	V	Ii=2mA
Livello dell'FSK	0.8	1.4	2.4	V	Piedino 9
Bypass di rif. al voltaggio	2.9	3.1	3.3	V	Misurata al piedino 10

**NOTE:**

\*Per la massima stabilità d'ampiezza, R3 deve essere una resistenza PTC (positive temperature coefficient).

\*\*L'amplitudine d'uscita è direttamente proporzionale alla resistenza R3 collegata al piedino 3

### ***Caratteristiche massime***

Alimentazione.....26V

Potenza dissipata.....750mW

Corrente totale di temporizzazione.....6mA

Mantenimento di temperatura.....-65°C a + 150°C