

The Instrument Training Project release 1.3.1a

M. Parvis

Settembre 2004

Indice

1	Legalese					
2	Inst	Instrument Training Project				
3	Revisioni					
4	Not	e oper	rative per l'uso	7		
	4.1	Install	l <mark>azione</mark>	. 7		
			File di configurazione			
	4.2	Requis	siti di sistema	. 8		
	4.3		sui sistemi operativi			
		4.3.1	Problemi legati al SecurityManager	. 10		
		4.3.2				
		4.3.3				
		4.3.4	Scheda di interconnessione			
		4.3.5	Regolazioni preliminari	. 15		
	4.4	Panne	elli virtuali			
		4.4.1	BenchManager			
		4.4.2	JFrameDebug			
		4.4.3	JFrameFunctionGenerator			
		4.4.4	JPanelScope			
		4.4.5	JFrameDmm			
		4.4.6	JFrameSpectrum			
5	Mes	ssa in j	punto del sistema di generazione ed acquisizione	28		
6	Prestazioni del sistema					
-			derazioni generali	30 . 30		

	6.2	Incertezze strumentali intra-strumento	31			
	6.3	Incertezze strumentali inter-strumento	32			
7	Per	Percorso Formativo Oscilloscopio				
8	Per	corso Formativo per l'uso dei voltmetri	37			
	8.1	La taratura dei voltmetri in valore efficace	40			
	8.2	Effetto delle componenti continue sulle misure dei voltmetri .	40			
9	Gen	Generazione dei segnali				
10	Licenza GPL in Italiano					
		10.0.1 Preambolo	46			
	10.1	LICENZA PUBBLICA GENERICA GNU TERMINI E CON-				
		DIZIONI PER LA				
		COPIA, LA DISTRIBUZIONE E LA				
		MODIFICA	47			
	10.2	Appendice: come applicare questi termini a nuovi programmi .	53			
11	Licenza GPL originale in inglese					
	11.1	Preamble	55			
	11.2	TERMS AND CONDITIONS FOR				
		COPYING, DISTRIBUTION AND				
		MODIFICATION	56			
	11.3	How to Apply These Terms to Your New Programs	62			

Legalese

Il software ed ogni altra opera dell'ingegno citate in questo documento ed sia il codice sia le schede di interconnessione impiegate per svolgere gli esercizi descritti in questo documento sono proprietà del Politecnico di Torino. Il software è reso disponibile con licenza GPL. Potete trovare la una copia della licenza originale in inglese al termine di questo documento insieme ad una traduzione in italiano.

Per tutti i dettagli **dovete** leggere la licenza, ma GPL in parole povere significa che voi:

- 1. POTETE usare il codice senza dover pagare alcunhcé, ma l'uso è a vostro rischio senza alcuna possibilità di rivalervi sull'autore o sul Politecnico di Torino qualunque cosa vi accada, incluso il danneggiamento del vostro computer, a causa del software stesso o del suo uso.
- 2. POTETE Modificare il codice per espanderlo e migliorarlo, ma con due vincoli:
 - (a) Dovete citare la fonte e l'autore
 - (b) Dovete distribuire il codice modificato secondo le stesse regole riportate nella licenza
- 3. NON POTETE far pagare, sotto qualsiasi forma o in qualsiasi modo, questo codice (o codice derivato da questo vedi punto precedente) salvo che per rimborso spese del supporto su cui lo distribuite.
- 4. NON POTETE includere questo codice in tutto o in parte in prodotti commerciali comunque confezionati e distribuiti

Il software è stato interamente sviluppato con strumenti free, in particolare Java e NetBeans 3.5, disponibili all'indirizzo http://java.sun.com.

Questo documento è stato scritto in Latex e convertito in formato pdf impiegando la distribuzione MikTex disponibile all'indirizzo http://www.miktex.org.

Instrument Training Project

Questo è Instrument Training Project (ITP) del Politecnico di Torino.

ITP è stato concepito consentire agli studenti di familiarizzare con la strumentazione di base senza la necessità di recarsi presso i laboratori del Politecnico.

Il progetto parte dall'idea di impiegare la scheda audio di un qualsiasi PC per generare ed acquisire dati, che sono poi visualizzati su pannelli virtuali appositi.

E' stata quindi sviluppata una serie di esercitazioni concepite per consentire agli studenti di verificare potenzialità e peculiarità di diversi tipi di strumenti per i quali sono stati sviluppati appositi pannelli virtuali.

Le esercitazioni prevedono l'impiego della scheda audio come generatore di segnali. E' quindi stato creato un pannello virtuale per un generatore di funzioni in grado di produrre segnali sinusoidali, triangolari e quadri nonché segnali di forma arbitraria contenuti in file di tipo .wav.

Prima di cominciare ad usare il programma siete caldamente invitati a leggere le note operative per l'uso e le note sui sistemi operativi

anche

se siete profondi conoscitori del PC e sapete tutto quello che serve per far funzionare qualsiasi programma su qualsiasi PC La lettura richiede solo alcuni secondi e può risparmiarvi arrabbiature e amare sorprese.

Revisioni

- 1.0 (maggio 2002) versione iniziale
- 1.1 (maggio 2003) aggiunto supporto per sistemi operativi che richiedo un doppio thread
- 1.2 (settembre 2003) aggiunto supporto per la rimozione dell'offset dei convertitori AD
- 1.3 (ottobre 2003) aggiunto supporto per interpolazione delle tracce nell'oscilloscopio
- 1.3.1 (dicembre 2003) aggiunta possibilità di forzare la frequenza apparente di campionamento come workaround di un baco javasound
- 1.3.1a (settembre 2004) aggiornamento file di help per includere le istruzioni per Fedora Core 2 i mixer OSS

Note operative per l'uso

4.1 Installazione

Non è necessaria una specifica procedura d installazione. E' sufficiente copiare l'archivio JavaMeas.jar in una qualsiasi directory e eseguire il file con il comando, valido sia in ambiente windows sia in ambiente Linux:

java -jar JavaMeas.jar [opzioni] configFile.bcm

dove **configFile.bcm** è il file di configurazione che determina il caricamento dei pannelli virtuali.

Le opzioni disponibili sono:

- -h : stampa un breve help
- -d forza l'uso di due processi separati per i canali di ingresso ed uscita
- -s forza l'uso di un singolo processo separati per i canali di ingresso ed uscita
- -f (frequenza) indica al programma di richiedere al sottosistema javasound una linea di campionamento alla frequenza scelta. Questa opzione è stata aggiunta come workaround di un baco del sistema javasound, che in alcuni casi calcola in modo errato la frequenza di campionamento.

Per una discussione sui comandi -s e -d e -f si veda la sezione note sui sistemi operativi

Prima di iniziare le esercitazioni è necessario procedere ad una regolazione preliminare del volume in modo da generare segnali di ampiezza sufficiente, ma non distorti come indicato sella sezione regolazioni preliminari

4.1.1 File di configurazione

I file di configurazione sono impiegati per indicare al BenchManager quali pannelli virtuali impiegare. Il file di configurazione è un file di testo nel formato:

package.classePannello,identificativo

In questo momento il package è JavaScope e l'identificativo è una stringa (che può comprendere spazi) impiegata dal BenchManager per memorizzare i valori di default di quel pannello quando il programma viene chiuso e ricaricarli al successivo avviamento.

Un esempio di file di configurazione che carica tutti i pannelli attualmente presenti è

```
JavaScope.JFrameDebug,Debug Window
JavaScope.JFrameFunctionGenerator,Function Generator
JavaScope.JPanelScope,Scope
JavaScope.JFrameDmm,DMM
JavaScope.JFrameSpectrum,Spectrum
```

Nota: un stesso pannello può essere caricato più volte con identificativi diversi

4.2 Requisiti di sistema

L'hardware richiesto è

- un processore in grado di eseguire correttamente la Java Virtual Machine
- una scheda audio stereofonica con capacità di funzionamento full duplex, ingresso line ed uscita line, frequenza di campionamento di almeno 44100Hz e risoluzione 16 bit. ITP funziona anche con schede che hanno banda passante che non comprende la componente continua.
- se il mixer interno alla scheda audio non consente una connessione diretta tra l'uscita audio e l'ingresso, è richiesto un cavo pass-through, o in alternativa la scheda di interconnessione e taratura

• se si desidera eseguire misurazioni riferibili in ampiezza è necessaria la scheda di interconnessione e taratura ovvero una strumentazione equivalente.

Il software di ITP richiede un calcolatore dotato di:

- una Java Virtual Machine correttamente installata e funzionante. Il software funziona con una versione 1.4.0 o superiore. La JVM può essere scaricata dal sito Sun http://java.sun.com
- un programma di gestione del mixer incluso nella scheda audio

Il software è stato verificato in ambiente windows (Win 2000) e Linux Red-Hat7.2.

4.3 Note sui sistemi operativi

In questa sezione sono discussi alcuni problemi che si possono incontrare nell'uso di ITP in diversi contesti.

- In ambiente windows esistono molte versioni di driver di schede audio. Benché praticamente tutte le schede audio esistenti oggi in commercio supportino la modalità full-duplex e posseggano un mixer di ingresso molto versatile, le funzioni effettivamente disponibili per l'utente dipendono da ciò che il produttore del driver ha deciso di programmare. Diversi driver quindi possono mettere a disposizione diverse proprietà. Conviene quindi impiegare il driver più recente e verificare quali prestazioni abbia. In particolare conviene verificare che:
 - eventuali opzioni multimediali (espansori di suono, riverbero, equalizzatori) siano disabilitate.
 - il mixer consenta di abilitare selettivamente l'ingresso 'line' e l'ingresso wav. Abilitando l'ingresso wav è possibile eseguire le esercitazioni senza impiegare cavi d connessione, viceversa, impiegando l'ingresso line è necessario utilizzare anche la scheda esterna o un cavo 'pass-through'.
 - Infine, prima di iniziare ad usare il sistema è necessario aver eseguito i passi descritti nelle regolazioni preliminari

- In ambiente Linux sono stati riscontrati problemi legati all'implementazione dei driver. Per questa ragione esiste uno specifico strumento virtuale, denominato DebugWindow, che può essere impiegato per identificare gli eventuali problemi. Inoltre, in talune situazioni il sistema rifiuta di operare contemporaneamente sui canali di ingresso ed uscita e quindi o genera suono oppure acquisisce i dati ma non esegue le due cose contemporanemente. La ragione di questo comportamento non è ancora stata scoperta, ma è stato trovato un 'workaround' consistente nel far eseguire il pannello virtuale del generatore di segnali in un processo Java separato. Per questa ragione ITP verifica il sistema operativo e automaticamente attiva la modalità con processi separati quando opera in ambiente non Windows. I due comandi -s e -d consentono di scegliere manualmente la modalità. Si noti che in modalità a due processi il pannello del generatore, che opera separatamente, non ha accesso alle preferenze e quindi per esso non sono usate (e aggiornate) posizione, dimensione e directory. In aggiunta, in ambiente Linux possono verificarsi problemi legati alla configurazione del SecurityManager¹
- sia in ambiente Windows sia in ambiente Linux si riscontra talvolta un problema legato ad un baco di javasound, che riporta l'impossibilità di aprire una linea alla frequenza di 44100Hz, anche se tale linea esiste e può essere impiegata a altri programmi audio. Nella maggior parte dei casi, esiste un workaround a questo problema grazie all'impiego del pannello virtuale JFrameDebug. Quando il problema precedentemente citato si verifica, osservando questo pannello si nota la presenza di modalità con frequenze strane, ma vicine al valore corretto di 44100Hz. Per risolvere il problema è in genere sufficiente annotarsi tale valore e far ripartire il programma aggiungendo l'opzione -f seguita dal valore di frequenza annotato. Si noti che in ogni caso il valore di frequenza reale non è quello impostato, ma il valore atteso di 44100Hz.

4.3.1 Problemi legati al SecurityManager

Il programma per funzionare deve accedere alla scheda audio, ma la scheda audio è considerata un elemento sensibile dall'interprete Java. Questo non

¹NOTA: apparentemente il problema non si riscontra con Fedora Core 2 e kernel 2.6.8; in questo caso conviene impiegare la modalità -s

dovrebbe essere un problema in molti casi dato che in una installazione normale gli applicativi (non le *applet*) hanno accesso al sistema audio sia in 'play' sia in 'record'. Se però è installato un un gestore di sicurezza è necessario accertarsi che il file di 'policy' contenga linee del tipo

```
grant {
  permission java.io.FilePermission
  "<<ALL FILES>>", "read, write, execute";
   };

grant {
  permission javax.sound.sampled.AudioPermission "play";
  permission javax.sound.sampled.AudioPermission "record";
};
```

dove ALL FILES deve comprendere la directory in cui si trova il programma. Nel caso sia necessario far partire la JavaVirtualMachine con un gestore di sicurezza si può utilizzare la linea

```
java -Djava.security.manager -Djava.security.policy=XXXXXXX -jar
javameas.jar FullBenchEx.bcm
```

dove XXXXXXX è il file di policy (completo di percorso)

4.3.2 Uso del mixer interno

La stragrande maggioranza delle schede audio oggigiorno disponibili include un mixer audio con cui è possibile scegliere tra diverse sorgenti di segnale da registrare e/o riprodurre. L'aspetto dei pannelli virtuali dei mixer dipende dal sistema operativo e anche dal tipo di scheda installata, ciononostante tutti i pannelli devono mettere a disposizione i comandi base che servono per un corretto uso di questo programma. L'accesso ai pannelli virtuali avviene in modalità diverse a seconda dei sistemi operativi e nel caso di Linux in base al desktop manager impiegato.

In windows 2000 ad esempio si accede al mixer tramite la sequenza di comandi: Start-Settings-ControlPanel-Sounds e Multimedia-Audio-Preferred device-Volume, oppure avviando sndvol32.exe.

In genere, in ambiente windows, i controlli del mixer sono separati per i canali di ingresso e di uscita e la scelta avviene tramite un opportuno pannello del tipo riportato in fig. 4.1. Lo stesso pannello consente di ottenere la visualizzazione dei diversi controlli.



Figura 4.1: Esempio di pannello di controllo del mixer (ambiente Windows)

In ambiente Linux, con desktop manager gnome o kde, il mixer se non è presente il nuovo driver Open Sound System (di base in Fedora) è in genere unico per ingresso ed uscita ed assume un aspetto del tipo indicato in fig. 4.4. Il pannello si attiva dal menù Audio.

Se è presente il driver OSS in genere il mixer ha due tab che consentono l'accesso al mixer in due modalità (fig: 4.5 e fig: 4.6). In questo caso possono generarsi conflitti tra i due pannelli, ma la soluzione può essere facilmente trovata con alcuni tentativi. I comandi nel caso del tab OSS sono sui cursori Volume e In-gain; nel caso del tab ALSA su Capture.

Per eseguire le regolazioni preliminari è necessario che siano attivati:

- nel pannello di controllo delle uscite (fig: 4.2), il controllo di generazione audio, in genere indicato con Wave balance
- nel pannello di controllo degli ingressi (fig: 4.3) i controlli del canale di ingresso line, in genere indicato come Line In, oppure, se questo manca, il controllo dell'ingresso Microphone e il controllo di registrazione diretta del segnale generato, in genere indicato come Wave o Stereo Mix o, in ambiente linux come iGain (o Capture o In-gain)

Pre regolare l'ampiezza del segnale generato, agire sul pannello di controllo impiegando il comando Wave balance; dopodiché:

 Nel caso si desideri sviluppare l'esercitazione impiegando la modalità senza cavi e schede di interconnessione è necessario attivare, sul pannello di controllo degli ingressi, il canale Wave o Stereo Mixer o iGain;

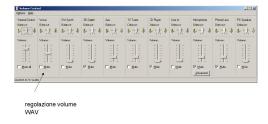


Figura 4.2: Esempio di pannello di controllo del canale di uscita della scheda audio (ambiente Windows)

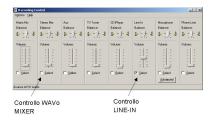


Figura 4.3: Esempio di pannello di controllo del canale di ingresso della scheda audio (ambiente Windows)

tutti gli altri controlli sono ininfluenti, ma sovente la loro disattivazione (volume a zero o mute) riduce la presenza di rumore. In molti mixer impiegando questa modalità il volume di uscita può essere regolato liberamente senza influenzare il funzionamento così da ridurre il fastidio prodotto dal fischio dei segnali sinusoidali.

• nel caso si desideri impiegare la modalità con cavo pass-through o scheda di interconnessione si deve azzerare o disabilitare l'ingresso Wave o Stereo Mixer o iGain e attivare l'ingresso Line In. In questo caso il volume di uscita gioca un ruolo fondamentale e deve essere regolato di conseguenza

4.3.3 Cavo pass-through

Il Cavo pass-through si può usare per connettere direttamente le uscite della scheda audio e gli ingressi quando la modalità mixer non da risultati soddisfacenti. Il cavo deve essere terminato con i connettori in uso sulla vostra



Figura 4.4: Esempio di pannello di controllo della scheda audio (ambiente Linux gnome) senza driver OSS

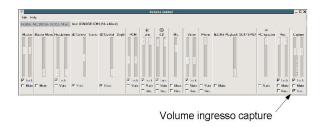


Figura 4.5: Esempio di pannello di controllo della scheda audio (ambiente Linux gnome) con driver OSS tab ALSA

scheda audio, in genere due Jack diametro 3.5 mm. Per costruirlo, oltre ai due connettori è necessario uno spezzone di cavo schermato bipolare.

ATTENZIONE gli ingressi e le uscite delle schede audio NON SONO PROTETTE da sovratensioni. BADATE A CIO' CHE FATE.

4.3.4 Scheda di interconnessione

La scheda di interconnessione è prevista per estendere le funzionalità del sistema e di essa sarà reso disponibile sia lo schema elettrico sia il layout stampato. In questa fase la scheda non è ancora disponibile.

ATTENZIONE gli ingressi e le uscite delle schede audio NON SONO PROTETTE da sovratensioni. BADATE A CIO' CHE FATE.

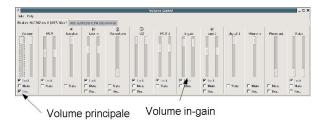


Figura 4.6: Esempio di pannello di controllo della scheda audio (ambiente Linux gnome) con driver OSS tab OSS

4.3.5 Regolazioni preliminari

Prima di iniziare le esercitazioni, e prima di procedere alla eventuale messa a punto, è necessario procedere ad alcune operazioni preliminari che mettano il sistema audio in grado di generare segnali non distorti e di ragionevole dinamica. L'operazione consta di due passi:

- Eseguire benchManager con la lista strumenti indicata in oscillo.bcm; appariranno i pannelli virtuali di generatore di funzioni e oscilloscopio.
- Attivare, secondo il proprio sistema operativo, il sistema per la gestione del mixer ed individuare i controlli di volume dei canali di uscita (generalmente canale Wav) e dei canali di ingresso (generalmente Line In se si usa la scheda di interconnessione o il cavo pass-through oppure Mixer se si usa il mixer interno)
- impostare il generatore di funzioni per onda sinusoidale a circa 1 kHz con ampiezza 32000.
- regolare il volume di ingresso ad un valore basso, che porti a visualizzare una traccia di 1-2 quadretti.
- regolare il volume di uscita per ottenere la massima ampiezza di segnale senza che appaiano distorsioni visibili. Dal punto in cui appaiono distorsioni ridurre l'ampiezza di 10-15 %.
- regolare il volume di ingresso per ottenere una traccia che occupi circa l'intero schermo (quattro quadretti)

• verificare con la seconda traccia che i livelli siano uguali (cioè che i controlli di bilanciamento siano al centro)

4.4 Pannelli virtuali

I pannelli attualmente disponibili sono:

4.4.1 BenchManager

BenchManager è il pannello di gestione del sistema, che si incarica della gestione della messa a punto e del caricamento dinamico degli altri pannelli. BenchManager mette a disposizione un bottone nella toolbar che consente il

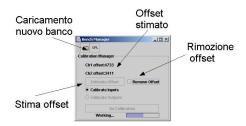


Figura 4.7: Il pannello di BenchManager

caricamento di un file di configurazione (e dei relativi pannelli) più i comandi per eseguire la messa a punto dei canali di ingresso ed uscita. Nella versione attuale questi comandi non sono operativi. In aggiunta, il pannello mette a disposizione un comando per la stima dell'offset dei convertitori di ingresso. Questo offset può essere notevole, specialmente in convertitori di calcolatori portatili. L'attivazione della rimozione dell'offset agisce a livello di driver di acquisizione e quindi si propaga a tutti i pannelli virtuali.

4.4.2 JFrameDebug

JFrameDebug è' un pannello con una finestra in cui vengono elencate tutte le modalità supportate dalla scheda audio. Questo pannello non ha comandi.



Figura 4.8: Il pannello di Debug

4.4.3 JFrameFunctionGenerator

JFrameFunctionGenerator è un pannello che emula un generatore di funzioni in grado di produrre sia segnali sinusoidali, triangolari e quadri sia segnali particolari, specificamente previsti per evidenziare particolari comportamenti della strumentazione.

Nel caso di funzionamento come generatore di funzioni è possibile imposta-

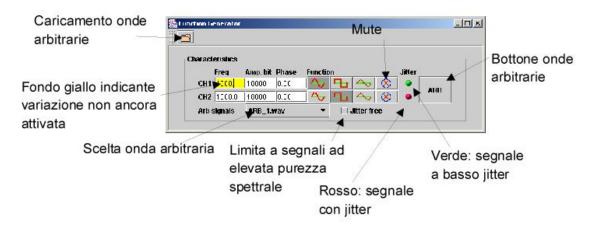


Figura 4.9: Il pannello di FunctionGenerator

re indipendentemente ampiezza, frequenza e fase dei due canali con alcuni vincoli sulla coppia di frequenze impostabili. Essendo i due canali generati contemporaneamente a partire dalla stessa base tempi ed essendo il segnale di uscita ottenuto ripetendo una stessa sequenza di campioni, è necessario che le due frequenze scelte corrispondano ad un numero intero di periodi per entrambi i canali. Il generatore seleziona il canale 1 come primario e cerca la frequenza, compatibile con il sistema, più vicina a quella desiderata. L'operazione viene ripetuta con il secondo canale, calcolando la nuova frequenza compatibile.

L'algoritmo di calcolo impiegato mette a disposizione una notevole varietà di frequenza, ma, come sottoprodotto, può generare segnali in cui il singolo periodo non corrisponde ad un numero intero di campioni. Questo può provocare problemi di *jittere* quindi è previsto un diverso algoritmo, che

evita questo problema a spese di una minor flessibilità nelle frequenze realizzabili. Maggiori dettagli sugli algoritmi si trovano nel capitolo generazione dei segnali.

Quando è selezionato l'algoritmo che può dare origine a jitter, appaiono sul pannello due indicatori, che sono verdi o rossi a seconda che la frequenza e la forma d'onda selezionata possa o meno dare origine a jitter.

Una volta che il generatore è attivato eventuali modifiche impostate ad ampiezza frequenza o fase diventano operative solo quando viene selezionato una forma d'onda tramite uno dei bottoni del generatore. Per indicare la necessità di questa operazione lo sfondo dei parametri modificati ma non ancora resi operativi diventa giallo.

Prima di impiegare segnali arbitrari è necessario indicare al generatore dove si trovano i file. La ricerca avviene con il bottone in alto a sinistra: è sufficiente selezionare un file .wav ed il generatore carica l'intera lista di file .wav contenuti nella directory. L'attivazione dei segnali arbitrari avviene con il tasto Arb. Premendo nuovamente il tasto si torna al funzionamento come generatore di funzioni. IN modalità Arb non è possibile controllare ampiezza e fase dei segnali.

4.4.4 JPanelScope

JPanelScope mette a disposizione un pannello che emula il funzionamento di un oscilloscopio. Si tratta di un oscilloscopio che si comporta come un generico strumento analogico a due canali e contiene i principali comandi relativi a trigger, canale verticale e base tempi, incluso il comando di delay e la possibilità di impiegare un secondo trigger.

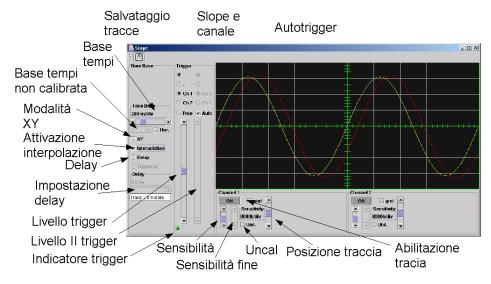


Figura 4.10: Il pannello di JPanelScope

Il pannello è diviso in quattro sezioni principali:

- A sinistra la sezione della base tempi che comprende:
 - il comando di selezione della base tempi impostabile tra $50\mu s/div$ e 200ms/div.
 - il selettore per l'attivazione della modalità non calibrata e il relativo cursore. Il cursore consente di espandere la traccia con continuità fino al valore corrispondente alla base tempi calibrata successiva (NOTA: molti oscilloscopi analogici hanno un comportamento opposto e la regolazione fine corrisponde a diminuzioni della velocità di scansione)

- il bottone per la scelta della modalità XY
- il bottone per l'attivazione del delayed il relativo cursore
- il bottone per l'attivazione della modalità delay triggered. Il bottone è attivo solo se è stato precedentemente attivato il tasto delay
- un selettore per l'attivazione della modalità di visualizzazione con interpolazione. Questa funzione consente di ottenere tracce di miglior qualità quando la visualizzazione viene fatta con pochi campioni. La realizzazione di questa funzione è sperimentale e attiva solo sulla base tempi $50\mu s/div$. L'interpolazione 16x viene ottenuta con la tecnica della trasformata di Fourier e dello 'zero padding'. Il risultato è una curva interpolata come se venisse impiegato un filtro passa-basso ideale, con alcuni problemi di bordo. Il codice che esegue l'interpolazione non è assolutamente ottimizzato ed è abbastanza oneroso dal punto di vista computazionale.
- una finestra di stato
- Segue la sezione relativa al trigger che comprende
 - Il cursore del trigger principale con relativi tasti di scelta della pendenza e del canale
 - Il cursore del trigger secondario con relativi tasti di scelta del trigger e del canale, che si attiva solo se è selezionata la modalità delay triggered
 - un tasto di free-runche disabilita il trigger
 - il tasto di attivazione della modalità autotrigger
 - l'indicatore di trigger. Questo indicatore assume colore verde se il segnale è correttamente triggerato, verde lampeggiante se il segnale viene visualizzato in conseguenza dell'autotrigger, blu se il segnale è triggerato, ma la traccia non è ancora aggiornata a causa di un base tempi lenta, rosso se la traccia non è triggerata e non può essere aggiornata (solo nella modalità non autotrigger), giallo se è selezionata la modalità XY
- in basso i due pannelli di selezione dei canali verticali dell'oscilloscopio che contengono ciascuno

- il cursore di selezione della sensibilità
- il tasto di attivazione della modalià non calibrata ed il relativo cursore. Il cursore consente di espandere la traccia con continuità fino al valore simile alla sensibilità corrispondente al valore calibrato successivo (NOTA: molti oscilloscopi analogici hanno un comportamento opposto e la regolazione fine corrisponde a diminuzioni della sensibilità)
- il tasto di attivazione del canale
- il tasto di qnd
- il cursore per il posizionamento verticale della traccia
- in alto a destra lo schermo dell'oscilloscopio, che si ridimesiona automaticamente quando viene modificata la dimensione della finestra

Nella versione attuale il comando di salvataggio tracce non è operativo

4.4.5 JFrameDmm

JFrameDmm. Si tratta di un pannello composito che mette a disposizione uno strumento in grado di effettuare misure con modalità a vero valore efficace, a valor medio e di picco. Tutti i voltmetri sono tarati in valore efficace.

Il voltmetro è concepito come un sistema a due stadi: il primo stadio corrisponde ad un convertitore alternata/continua (AC/DC), il secondo stadio corrisponde ad un convertitore analogico/digitale a doppia rampa,

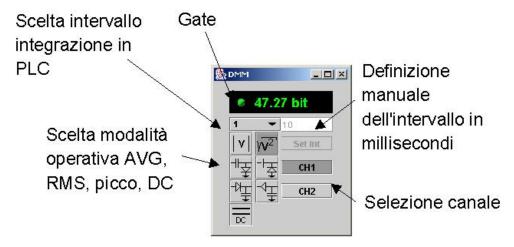


Figura 4.11: Il pannello di JFRameDmm

Per quanto riguarda il primo stadio di conversione alternata/condinua, il pannello mette a disposizione sette modalità operative:

• Valor medio (in inglese AVG da average). La modalità corrisponde ad un raddrizzatore a doppia semionda, che opera secondo l'equazione:

$$V = \frac{1}{T} \int_0^T |v(t)| \, dt \tag{4.1}$$

• (vero) Valore efficace (in inglese TRMS da true root mean square). La modalità corrisponde al funzionamento dei convertitori elettrotermici o a stato solido, che operano secondo l'equazione:

$$V = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T v^2(t)dt} \tag{4.2}$$

- di picco (in inglese PEAK). Questa modalità è a sua volta suddivisa in quattro possibilità, che corrispondono alle configurazioni circuitali indicate sui tasti. Dall'alto a sinistra troviamo:
 - fissatore a zero negativo. Il circuito trasforma il segnale in ingresso in:

$$v_p(t) = -(max(v(t)) - v(t))$$
 (4.3)

Dopo il circuito quindi il segnale ha un valore medio diverso da zero. Nel caso di segnale simmetrico, come nel caso di segnali sinusoidali, il valor medio corrisponde al valore di picco del segnale. Il successivo circuito di conversione analogico/digitale fornisce un'uscita proporzionale al valore medio e quindi al valore di picco del segnale di ingresso.

 fissatore a zero positivo. Il circuito trasforma il segnale in ingresso in:

$$v_p(t) = v(t) + \min(v(t)) \tag{4.4}$$

Dopo il circuito quindi il segnale ha un valore medio diverso da zero. Nel caso di segnale simmetrico, come nel caso di segnali sinusoidali, il valor medio corrisponde al valore di picco del segnale. Il successivo circuito di conversione analogico/digitale fornisce un'uscita proporzionale al valore medio e quindi al valore di picco del segnale di ingresso.

- raddrizzatore di picco positivo. Il circuito basato su diodo e condensatore fornisce in uscita il valore di picco positivo del segnale:

$$v_p(t) = \max(v(t)) \tag{4.5}$$

 raddrizzatore di picco negativo. Il circuito basato su diodo e condensatore fornisce in uscita il valore di picco negativo del segnale:

$$v_p(t) = -\min(v(t)) \tag{4.6}$$

– nessun raddrizzatore (DC). In questa modalità il segnale di ingresso viene inviato direttamente al convertitore analogico/digitale, che quindi determina il valor medio (non raddrizzato!) o componente continua del segnale:

$$V = \frac{1}{T} \int_0^T v(t)dt \tag{4.7}$$

L'uscita dello stadio è infine moltiplicata per un opportuno coefficiente correttivo per ottenere una indicazione in valore efficace.

In tutti i casi i diodi sono realizzati con circuiti attivi, cioè sono da considerare ideali, e la costante di tempo di scarica dei rivelatori di picco è fissata a 1s. Dato che, a causa della scarica del condensatore, il rivelatore di picco tende ad indicare sempre un valore inferiore al vero picco, il sistema incorpora una costante di correzione tarata per la frequenza di 1000 Hz.

Il secondo stadio di conversione analogico digitale si comporta come un convertitore a doppia rampa, in cui è possibile selezionare l'intervallo di integrazione. I valori impostabili, concordemente con quanto presente sui dispositivi commerciali, sono espressi in multipli del periodo della frequenza di rete (PLC) cioè in multipli di 20ms. Le possibilià sono spot, corrispondente ad un intervallo di integrazione di circa $25\mu s$, 0.01,0.1,1,10,100 PLC. E' prevista inoltre la possibilità di impostare manualmente il periodo di integrazione in millisecondi.

IL pannello contiene anche un indicatore di funzionamento che lampeggia quando una nuova misura è disponibile. L'indicatore è particolarmente utile quando sono impostati intervalli di integrazione elevati (nota: 100 PLC corrispondono a 2s).

4.4.6 JFrameSpectrum

JFrameSpectrum. Si tratta di un analizzatore di spettro del tipo FFT.

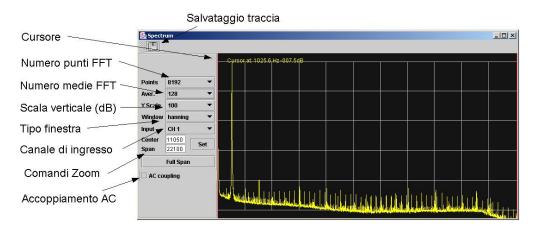


Figura 4.12: Il pannello di JFrameSpectrum

Questo pannello è ancora in fase di $\alpha test$ e quindi si forniscono per esso solo indicazioni generali. I comandi disponibili sono:

- la selezione del numero di punti su cui eseguire la FFT tra 1024 e 8192
- \bullet i numero di medie da impiegare nella visualizzazione del modulo dell'FFT (1-128)
- la scala verticale selezionabile tra 20 e 120 db. Il pannello esegue una funzione di *autoscale*portando il picco al valore 0 db
- la finestra di pesatura da impiegare, selezionabile tra rettangolare, hanning e hamming.
- il canale su cui eseguire la FFT
- una serie di comandi per lo zoom. L'utente deve selezionare la frequenza centrale di visualizzazione e l'estensione di visualizzazione. Il comando 'set' attiva ala funzione, Il comando 'full span' riporta l'analizzatore in modalità a visualizzazione intera.

- un comando di accoppiamento AC che rimuove il valor medio del segnale prima di eseguire l'FFT. Questo comando può essere particolarmente utile se non è stata attivata la rimozione dell'offset nel pannello Bench Manager.
- un tasto per il salvataggio della traccia FFT per ulteriori analisi (non ancora attivo nella versione attuale)

Il pannello dispone di una funzione cursore automatica che si attiva quando il mouse si trova sulla finestra di visualizzazione ed indica il valore di ampiezza e frequenza del cursore.

Messa in punto del sistema di generazione ed acquisizione

Le schede audio dispongono in generale di controlli di volume, che modificano sensibilità e ampiezza dei segnali generati. Le misure ottenute dipendono quindi dai valori impostati per le ampiezze. Per ottenere una misura assoluta è necessario procedere ad un'operazione di messa a punto che consenta di determinare:

- 1. la corrispondenza tra le tensioni applicate all'ingresso ed i codici generati dal campionatore (messa a punto dell'AD)
- 2. la corrispondenza tra valori impostati ed effettiva tensione di uscita generata dalla scheda (messa a punto del DA)

L'operazione di messa in punto quindi richiede, in linea di principio:

- un misuratore tarato di ampiezze, per la messa in punto del canale di uscita.
- ed un generatore campione di tensione, per la messa in punto dei canali di ingresso.

Uno dei due riferimenti può essere evitato tarando uno dei due canali (AD oppure DA) ed impiegandolo come riferimento per la successiva taratura dell'altro canale secondo quanto indicato in figura.

La scheda progettata per ITP contiene un generatore di tensione campione e quindi consente la messa in punto dell'intero sistema secondo la sequenza: canale di ingresso (AD), impiegando il campione su scheda, canale di uscita (DA) impiegando il canale di ingresso come strumento tarato.

L'intera gestione del processo di messa in punto è ottenuta con il pannello BenchManager.

Prima di procedere alla messa a punto è necessario aver eseguito i passi descritti nelle regolazioni preliminari

Prestazioni del sistema

6.1 Considerazioni generali

Le prestazioni del sistema di misura in termini di incertezza dipendono dalla qualità del sistema di conversione e non possono essere generalizzate. Ciononostante, è possibile comunque indicare alcune informazioni generali:

- Se si impiega il generatore interno per creare i segnali e li si misura con gli strumenti virtuali, tutti i dispositivi operano a partire dalla stessa base tempi, che quindi appare con un sistema privo di incertezza in quanto autoreferenziale.
- Se la generazione o la misurazione avvengono con strumenti diversi, l'incertezza della base tempi si può stimare in 0.01%.
- Se il sistema non viene tarato con strumentazione esterna, non ha senso parlare di incertezza assoluta delle ampiezze, ciononostante il guadagno di AD e DA varia nel tempo e con la temperatura con valori che si possono stimare dell'ordine dello 0.1%.
- Se si confrontano tra loro le indicazioni dei diversi pannelli, anche le variazioni di guadagno degli stadi di ingresso sono ininfluenti dato che tutti i pannelli operano con gli stessi dati.
- \bullet La linearità dei convertitori è in genere molto elevata, migliore dello 0.01% e questo consente di generare forme d'onda molto accurate, con distorsioni fino a -100 dB

• La risposta in frequenza del sistema si estende nominalmente tra 20 Hz e 20000 Hz, ma con un comportamento particolare, legato alla presenza dei filtri anti-aliasing. La figure 6.1 mostra un esempio di funzione di trasferimento, determinata su una scheda commerciale, dove si notano sia il decadimento alle basse frequenze, dovuto al disaccoppiamento in continua degli stadi di ingresso, sia le oscillazioni ad alta frequenza dovute ai filtri anti-aliasing. Vale la penda di notare che in questa scheda la variazione in ampiezza corrisponde a circa il 15% nella gamma di frequenze citata; altre schede hanno dimostrato di possedere risposte in frequenza molto più piatte.

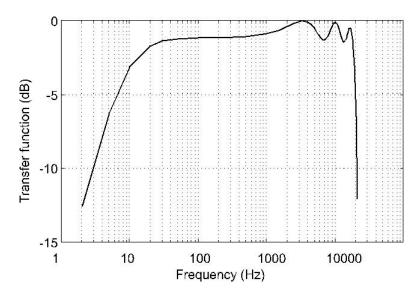


Figura 6.1: Esempio di funzione di trasferimento del canale di ingresso di una scheda audio

6.2 Incertezze strumentali intra-strumento

I valori riportati in questa tabella si riferiscono a misurazioni in cui vengono messi a confronto i risultati dei diversi pannelli virtuali e quindi non tengono conto delle incertezze indotte dalla banda passate e delle incertezze indotte da variazioni di guadagno degli stadi di ingresso. Ai valori riportati deve sempre essere aggiunto il contributo di incertezza dovuto alla lettura, ove

applicabile (come ad esempio nel caso dell'oscilloscopio, e alla ripetibilità della lettura, ove applicabile (come ad esempio nel caso dei voltmetri.

Oscilloscopio: scala y 0.02% scala x trascurabile errore lettura banda passante NA dmm veff scala 0.02% avg 0.05% peak 1kHz 0.05% 100Hz-18000Hz 0.1% 20Hz-100 Hz 0.2%

6.3 Incertezze strumentali inter-strumento

I valori riportati in questa tabella si riferiscono a misurazioni in cui i risultati dei diversi pannelli sono confrontati con quelli ottenuti da strumentazione esterna e quindi dopo aver eseguito la messa a punto secondo le procedure indicate in . A meno di un fattore di scala (e quindi perdendo la effettiva riferibilità) i dati possono anche essere applicati a a misurazioni rispetto a strumentazione esterna senza aver eseguito la messa a punto¹ vengono messi a confronto i risultati dei diversi pannelli virtuali e quindi non tengono conto delle incertezze indotte dalla banda passate e delle incertezze indotte da variazioni di guadagno degli stadi di ingresso. Ai valori riportati deve sempre essere aggiunto il contributo di incertezza dovuto alla lettura, ove applicabile (come ad esempio nel caso dell'oscilloscopio, e alla ripetibilità della lettura, ove applicabile (come ad esempio nel caso dei voltmetri.

Oscilloscopio: linearità 0.02% + errore taratura scala x 0.01 banda passante 2db 20-18000 (corrispondente ad una incertezza del 20%) dmm veff linearità 0.02% +errore taratura avg 0.05% peak 1kHz 0.05% 100Hz-18000Hz 0.1% 20Hz-100 Hz 0.2% banda passante 2db 20-18000 (corrispondente ad una incertezza del 20%)

¹La situazione che si ha se si cerca di usare il sistema ad esempio per determinare proprietà (spettro,...) di un segnale acquisito dalla scheda di conversione

Percorso Formativo Oscilloscopio

Il percorso formativo per l'apprendimento dell'uso dell'oscilloscopio si propone di portare l'allievo ad impiegare i diversi comandi dell'oscilloscopio e a saper scegliere l'impostazione più adatta a ciascuna misurazione

Il percorso si divide in sezioni legate all'uso di

- uso elementare del trigger
- misurazioni di ampiezza, periodo
- misurazioni di fase
- uso avanzato del trigger
- problemi legati al campionamento

Il percorso richiede l'impiego del pannello del generatore di funzioni e del pannello dell'oscilloscopio. E' inoltre necessaria la presenza dei segnali di stimolo .wav. I punti possono essere eseguiti anche in assenza della scheda di taratura impiegando il cavo pass-through o la connessione mixer interna. Se non si impiega la scheda esterna e non si procede alla messa in punto le misure di ampiezza non sono riferibili.

Prima di eseguire i passi successivi è necessario aver eseguito i passi descritti nelle regolazioni preliminari ed, opzionalmente, quelli indicati nella sezione messa a punto

1. Nozioni Preliminare sul Trigger.

- (a) Impostare il segnale SIN_1 attivando il solo canale 1. verificare l'effetto sulla traccia della variazione del livello di trigger e della pendenza.
- (b) Impostare il segnale ARB_1 attivando solo il canale 1. Impostare il livello di trigger a zero, il segnale visualizzato non appare stabile, perché? Trovare il livello di trigger che rende stabile il segnale e spiegare il motivo.
- (c) Impostare il segnale SIN_3 attivando entrambe le tracce. Verificare l'effetto dell'impostazione del trigger su canale 1 e canale 2 e spiegare per quale motivo in uno dei due casi la traccia non è stabile. Impostare l'oscilloscopio in modo XY e spiegare la forma della traccia.
- (d) Impostare il segnale SIN_4 attivando entrambe le tracce. Verificare l'effetto dell'impostazione del trigger su canale 1 e canale 2 e spiegare per quale motivo le tracce non sono stabili. Impostare l'oscilloscopio in modo XY e spiegare la forma della traccia
- (e) Il pannello virtuale non dispone dei comandi hf-rej, lf-rej, tv-v, tv-h e fix per il trigger, nonché del comando di hold-off. Spiegare a cosa servono in vista dell'esercitazione in laboratorio
- 2. Misurazioni fondamentali di ampiezza, periodo e ritardo.
 - (a) Misurare frequenza e ampiezza del segnale SIN_1 (valore ed incertezza!) Spiegare se convenga misurare il valore di picco o il valore picco-picco.
 - (b)) Misurare il valore di duty cycle (parte in alta/periodo) del segnale SQ_1 (Attenzione alla propagazione delle incertezze nelle misure indirette!) Conviene fare la misura sul segnale del canale 1 oppure del canale 2? Conviene fare la misura impiegando due basi tempi diverse per periodo e parte alta? Conviene impiegare il comando uncal?
 - (c) Ripetere con il segnale SQ_2 e confrontare i risultati con quelli ottenuti al punto precedente.
 - (d) Impostare il segnale ARB₋1 e determinare l'intervallo di tempo tra il fronte di salita più ampio e la fine del burst sinusoidale.

- (e) Ripetere con il segnale ARB_3 e confrontare i risultati con quelli ottenuti al punto precedente.
- 3. Misure di fase. Questi punti possono essere eseguiti anche in assenza di messa a punto e senza scheda esterna.
 - (a) Impostare il segnale SIN_2 ed attivare entrambi i canali. Scegliere un valore 'opportuno di base tempi' e misurare lo sfasamento tra i due canali. E' utile impiegare il comando uncal? E' utile misurare lo sfasamento effettuando due letture con due valori impostati per la base tempi?
 - (b) Ripetere con il segnale SIN_1 e confrontare le incertezze dei diversi metodi rispetto ai risultati del punto precedente.
 - (c) Quale incertezza si ottiene nei due casi misurando lo sfasamento tramite le figure di Lissajoux (attenzione alla propagazione delle incertezze!) ?
- 4. Uso avanzato del trigger e del delay.
 - (a) Impostare il segnale ARB_1 e determinare l'intervallo di tempo tra il fronte di salita più ampio e la fine del burst sinusoidale. Impiegando il comando delay, confrontare il risultato con il valore (e l'incertezza!) ottenuto in 2d. Le due misure sono compatibili
 - (b) Ripetere con il segnale ARB_3 e confrontare con i risultati del punto precedente e del punto 2e
 - (c) Impostare il segnale ARB_1 e misurare lo sfasamento tra i burst sinusoidali dei due canali attivando la seconda base tempi ed impostando un opportuno valore di delay.
 - (d) Impostare il segnale ARB_2. Che tipo di segnale è?. Come si deve impostare impostare il trigger per misurare lo sfasamento tra i due burst sinusoidali.
- 5. Problemi legati al campionamento
 - (a) Impostare un segnale sinusoidale con frequenza 10 kHz con l'impostazione *Jitter Free* Osservare il segnale sull'oscilloscopio con base tempi veloce ad esempio 50 μ s/div e spiegare la ragione della

- forma d'onda. Provare ad attivare il comando di interpolazione. Provate a far ripartire il generatore di segnali, premendo il bottone del segnale sinusoidale e spiegare la ragione della forma d'onda visualizzata. Ripetere con altre frequenze ed osservare gli effetti.
- (b) Disabilitare il comando *Jitter Free* del generatore di segnale e reimpostare una frequenza di 10 kHz (che questa volta non sarà modificata dal sistema). Ripetere i passi precedenti e spiegare le differenze rispetto al punto precedente.

Capitolo 8

Percorso Formativo per l'uso dei voltmetri

Il percorso formativo per l'apprendimento dell'uso dei voltmetri si propone di mettere in evidenza i diversi comportamenti dei voltmetri realizzati con diverse tecnologie quando i segnali misurati hanno forma diversa da quella sinusoidale.

Le domande che fanno parte del percorso formativo non hanno in genere una risposta numerica, che viene già fornita dal voltmetro stesso, ma richiedono allo studente di essere in grado di spiegare il 'perché' di una certa misurazione. Per la valutazione dell'incertezza delle diverse misurazioni è necessario fare riferimento ai valori di incertezza riportati nella tabella Incertezze

ITP mette a disposizione un pannello virtuale in cui è possibile selezionare il funzionamento come:

- voltmetro a vero valore efficace (TRMS)
- voltmetro a valor medio raddrizzato (AVG)
- voltmetro di picco in configurazione diodo serie positivo e negativo
- voltmetro di picco in configurazione condensatore serie (fissatore a zero) positivo e negativo
- voltmetro a valor medio NON raddrizzato (DC)

Tutti i voltmetri di ITP sono basati su convertitore AC/DC più voltmetro DC ad integrazione con funzionamento analogo ad un convertitore a doppia rampa. Nel caso di voltmetro DC il segnale di ingresso viene inviato direttamente al convertitore. Il pannello consente la scelta del periodo di integrazione in multipli della frequenza di rete (50Hz) e ad un valore arbitrario in millisecondi.

Tutti i voltmetri sono tarati in valore efficace

Prima di eseguire i passi successivi è necessario aver eseguito i passi descritti nelle regolazioni preliminari ed, opzionalmente, quelli indicati nella sezione messa a punto

- 1. Uso dei fattori di conversione. Per questi punti impostare il DMM su 100 PLC.
 - (a) Impostare un segnale sinusoidale con frequenza 1000 Hz e ampiezza 30000 e determinare il valore efficace della tensione (valore ed incertezza!) con l'oscilloscopio e con i diversi voltmetri.
 - (b) Ripetere con onda triangolare con frequenza 1000 Hz e ampiezza 30000 collegando i voltmetri sul canale e determinare il valore efficace della tensione (valore ed incertezza!) con l'oscilloscopio e con i diversi voltmetri. Le diverse misure non corrispondono: detararei voltmetri e calcolare il valore efficace applicando i fattori di conversione opportuni.
 - (c) Ripetere con onda quadra con frequenza 1000 Hz e ampiezza 30000 collegando i voltmetri sul canale e determinare il valore efficace della tensione (valore ed incertezza!) con l'oscilloscopio e con i diversi voltmetri. Le diverse misure non corrispondono: detararei voltmetri e calcolare il valore efficace applicando i fattori di conversione opportuni. Le onde quadre generate dal sistema contengono delle oscillazioni in corrispondenza dei fronti. Spiegare come queste oscillazioni influenzino i risultati.
 - (d) Impostare il segnale SQ_1 collegando i voltmetri sul canale 1 determinare il valore efficace della tensione (valore ed incertezza!) con l'oscilloscopio e con i tre voltmetri applicando, ove necessario, le conversioni richieste. Spiegare le indicazioni dei diversi voltmetri di picco alla luce del segnale visualizzato sull'oscilloscopio.
 - (e) IL segnale SQ_1 canale 1 è un'onda rettangolare con duty cycle diverso da 0.5. Misurare il duty cycle con l'oscilloscopio e quindi

- studiare un procedimento per determinare il duty cycle a partire dalle letture di dei voltmetri a valore efficace e a valore medio. Confrontare le incertezze.
- (f) Impostare il segnale SQ_1 collegando i voltmetri sul canale 2 determinare il valore efficace della tensione (valore ed incertezza!) con l'oscilloscopio e con i tre voltmetri applicando, ove necessario, le conversioni richieste. Spiegare le indicazioni dei diversi voltmetri di picco alla luce del segnale visualizzato sull'oscilloscopio.
- (g) E' possibile calcolare il duty cycle del segnale triangolare sub canale 2 a partire da misure con i voltmetri?
- 2. effetto del periodo di integrazione e delle costanti di tempo sull'indicazione dei voltmetri
 - (a) Impostare il segnale SIN_4 e misurare il valore efficace. Impostare manualmente il periodo di integrazione in modo da ottenere letture stabili sia nelle misure del canale 1 sia in quelle del canale 2. Spiegare
 - (b) Impostare un segnale sinusoidale a 50 Hz e ampiezza 30000. Misurare il valore efficace impiegando i voltmetri di picco. Confrontare i risultati con quelli del punto 1a: perché i valori sono inferiori?
 - (c) Sempre con il segnale sinusoidale a 50 Hz e ampiezza 30000, impostare il voltmetro per misurare la componente continua (DC). Idealmente questa componente dovrebbe essere nulla, a meno di offset interni del sistema di conversione; osservare l'effetto del periodo di integrazione sul risultato.

8.1 La taratura dei voltmetri in valore efficace

I voltmetri per grandezze alternate si propongono generalmente di fornire una informazione relativa ad un parametro caratteristico rappresentativo dell'ampiezza del segnale stesso. Questo parametro rappresentativo viene individuato come funzionale del segnale di ingresso.

Tra i funzionali quello che storicamente ha riscosso il maggior favore è il valore efficace, cui sono facilmente associabili considerazioni di tipo energetico. Sfortunatamente la misurazione del valore efficace di un segnale non è in generale agevole (ed economica) e quindi la maggior parte dei voltmetri disponibili in commercio operano con tecniche di misurazione più semplici basate sulla rilevazione ad esempio del valor medio o del valore di picco del segnale e poi calcolanoil valore efficace applicando un opportuno coefficiente correttivo.

Ovviamente il coefficiente correttivo dipende dalla forma d'onda del segnale misurato e quindi il risultato è corretto solo se il segnale ha la forma d'onda per cui lo strumento è stato tarato. Dato che in passato (ed anche oggi) la forma d'onda di gran lunga prevalente è quella sinusoidale per cui valgono le seguenti relazioni:

$$V_m = \frac{2V_p}{\pi}$$

$$V_{eff} = \frac{V_p}{\sqrt{2}}$$

8.2 Effetto delle componenti continue sulle misure dei voltmetri

Dato che le schede audio sono di norma disaccoppiate in continua, il sistema di conversione dovrebbe operare su segnali a valor medio nullo e questa assunzione viene impiegata durante i percorsi formativi. Può però accadere che, a causa di offset degli amplificatori di ingresso, sia presente una componente continua, che altera le misure fornite dai diversi voltmetri. Per

questa ragione, nel pannello dei voltmetri è stato inserito un tasto per stimare l'ammontare di questa componente (misure DC).

Capitolo 9

Generazione dei segnali

La versione più flessibile dell'algoritmo calcola il numero di campioni (anche frazionari) necessari per un periodo del segnale

```
double nExactSamplesPerPeriod=44100/freq1;
```

Quindi cerca il numero di periodi che stanno nello spazio allocato per il buffer circolare

```
int nPeriods=(int)Math.floor
    (MAX_BUFFER_SIZE/nExactSamplesPerPeriod);
```

Infine cerca il numero di campioni che corrisponde ai periodi selezionati e lo rende pari

```
int nSamples=(int)(nPeriods*nExactSamplesPerPeriod);
if ((nSamples%2)!=0) nSamples+=1;
```

L'operazione è ripetuta per il secondo canale, ma in questo caso il vincolo è dato dal numero di campioni già determinato

```
double nExactSamplesPerPeriod2=44100/freq2;
int nPeriods2=(int)
    Math.round((nSamples/nExactSamplesPerPeriod2));
```

Ovviamente le due frequenze generate avranno il valore

```
act_freq1=44100.0*nPeriods/nSamples;
act_freq2=44100.0*nPeriods2/nSamples;
```

Risulta evidente che con questo algoritmo il numero di campioni che corrisponde ad un periodo di uno dei due segnali non necessariamente è intero. Questo può determinare problemi con segnali ad elevata pendenza come quelli quadri, nei quali i periodi avrebbero lunghezze non sempre eguali e dunque che apparirebbero come modulati.

E' stato quindi concepito un altro algoritmo, che si attiva quando viene selezionata l'opzione 'limita a numero intero di campioni' che opera nel seguente modo

Inizialmente si calcola il numero intero e pari di campioni più vicino a quello necessario

```
int nSamplesPerPeriod1=(int)Math.round(44100/freq1);
if (nSamplesPerPeriod1%2!=0) nSamplesPerPeriod1+=1;
int nSamplesPerPeriod2=(int)Math.round(44100/freq2);
if (nSamplesPerPeriod2%2!=0) nSamplesPerPeriod2+=1;
```

Quindi si cerca il più piccolo buffer che contiene un numero intero di periodi di entrambi i segnali cioè si determina il minimo comune multiplo dei due valori

```
int ts=mcm(nSamplesPerPeriod1,nSamplesPerPeriod2);
```

Se il valore trovato eccede la dimensione del buffer inizia una ricerca di valori accettabili variando in più ed in meno di due unità il numero di campioni per periodo fino a trovare una soluzione soddisfacente

```
}
        ts=mcm(nSamplesPerPeriod1,nSamplesPerPeriod2-2*i);
        if (ts<MAX_BUFFER_SIZE){</pre>
                 nSamplesPerPeriod1+=2*j;
                 nSamplesPerPeriod2-=2*i;
                 break;
        }
        ts=mcm(nSamplesPerPeriod1-2*j,nSamplesPerPeriod2+2*i);
        if (ts<MAX_BUFFER_SIZE){</pre>
                 nSamplesPerPeriod1-=2*j;
                 nSamplesPerPeriod2+=2*i;
                 break;
        }
        ts=mcm(nSamplesPerPeriod1,nSamplesPerPeriod2-2*i);
        if (ts<MAX_BUFFER_SIZE){</pre>
                 nSamplesPerPeriod1-=2*j;
                 nSamplesPerPeriod2-=2*i;
                 break;
        }
    }
}
```

Capitolo 10

Licenza GPL in Italiano

Questa traduzione è stata prelevata dal sito http://www.softwarelibero.it/gnudoc/gpl.it.txt

Questa è una traduzione italiana non ufficiale della Licenza Pubblica Generica GNU. Non è pubblicata dalla Free Software Foundation e non ha valore legale nell'esprimere i termini di distribuzione del software che usa la licenza GPL. Solo la versione originale in inglese della licenza ha valore legale. Ad ogni modo, speriamo che questa traduzione aiuti le persone di lingua italiana a capire meglio il significato della licenza GPL.

This is an unofficial translation of the GNU General Public License into Italian. It was not published by the Free Software Foundation, and does not legally state the distribution terms for software that uses the GNU GPL—only the original English text of the GNU GPL does that. However, we hope that this translation will help Italian speakers understand the GNU GPL better.

LICENZA PUBBLICA GENERICA (GPL) DEL PROGETTO GNU Versione 2, Giugno 1991

Copyright (C) 1989, 1991 Free Software Foundation, Inc. 59 Temple Place, Suite 330, Boston, MA 02111-1307 USA

Traduzione curata da gruppo Pluto, da ILS e dal gruppo italiano di traduzione GNU. Ultimo aggiornamento 19 aprile 2000.

Chiunque può copiare e distribuire copie letterali di questo documento di licenza, ma non ne è permessa la modifica.

10.0.1 Preambolo

Le licenze della maggior parte dei programmi hanno lo scopo di togliere all'utente la libertà di condividere e modificare il programma stesso. Viceversa, la Licenza Pubblica Generica GNU è intesa a garantire la libertà di condividere e modificare il software libero, al fine di assicurare che i programmi siano liberi per tutti i loro utenti. Questa Licenza si applica alla maggioranza dei programmi della Free Software Foundation e ad ogni altro programma i cui autori hanno deciso di usare questa Licenza. Alcuni altri programmi della Free Software Foundation sono invece coperti dalla Licenza Pubblica Generica Minore. Chiunque può usare questa Licenza per i propri programmi.

Quando si parla di software libero (free software), ci si riferisce alla libertà, non al prezzo. Le nostre Licenze (la GPL e la LGPL) sono progettate per assicurarsi che ciascuno abbia la libertà di distribuire copie del software libero (e farsi pagare per questo, se vuole), che ciascuno riceva il codice sorgente o che lo possa ottenere se lo desidera, che ciascuno possa modificare il programma o usarne delle parti in nuovi programmi liberi e che ciascuno sappia di potere fare queste cose.

Per proteggere i diritti dell'utente, abbiamo bisogno di creare delle restrizioni che vietino a chiunque di negare questi diritti o di chiedere di rinunciarvi. Queste restrizioni si traducono in certe responsabilità per chi distribuisce copie del software e per chi lo modifica.

Per esempio, chi distribuisce copie di un programma coperto da GPL, sia gratis sia in cambio di un compenso, deve concedere ai destinatari tutti i diritti che ha ricevuto. Deve anche assicurarsi che i destinatari ricevano o possano ottenere il codice sorgente. E deve mostrar loro queste condizioni di licenza, in modo che essi conoscano i propri diritti.

Proteggiamo i diritti dell'utente in due modi: (1) proteggendo il software con un copyright, e (2) offrendo una licenza che dia il permesso legale di copiare, distribuire e modificare il Programma.

Inoltre, per proteggere ogni autore e noi stessi, vogliamo assicurarci che ognuno capisca che non ci sono garanzie per i programmi coperti da GPL. Se il programma viene modificato da qualcun altro e ridistribuito, vogliamo che gli acquirenti sappiano che ciò che hanno non è l'originale, in modo che ogni problema introdotto da altri non si rifletta sulla reputazione degli autori originari.

Infine, ogni programma libero è costantemente minacciato dai brevetti sui

programmi. Vogliamo evitare il pericolo che chi ridistribuisce un programma libero ottenga la proprietà di brevetti, rendendo in pratica il programma cosa di sua proprietà. Per prevenire questa evenienza, abbiamo chiarito che ogni brevetto debba essere concesso in licenza d'uso a chiunque, o non avere alcuna restrizione di licenza d'uso.

Seguono i termini e le condizioni precisi per la copia, la distribuzione e la modifica.

10.1 LICENZA PUBBLICA GENERICA GNU TERMINI E CONDIZIONI PER LA COPIA, LA DISTRIBUZIONE E LA MODIFICA

0. Questa Licenza si applica a ogni programma o altra opera che contenga una nota da parte del detentore del copyright che dica che tale opera può distribuita sotto i termini di questa Licenza Pubblica Generica. Il termine Programma nel seguito si riferisce ad ogni programma o opera così definita, e l'espressione opera basata sul Programma indica sia il Programma sia ogni opera considerata derivata in base alla legge sul copyright; in altre parole, un'opera contenente il Programma o una porzione di esso, sia letteralmente sia modificato o tradotto in un'altra lingua. Da qui in avanti, la traduzione è in ogni caso considerata una modifica. Vengono ora elencati i diritti dei beneficiari della licenza.

Attività diverse dalla copiatura, distribuzione e modifica non sono coperte da questa Licenza e sono al di fuori della sua influenza. L'atto di eseguire il Programma non viene limitato, e l'output del programma è coperto da questa Licenza solo se il suo contenuto costituisce un'opera basata sul Programma (indipendentemente dal fatto che sia stato creato eseguendo il Programma). In base alla natura del Programma il suo output può essere o meno coperto da questa Licenza.

1. È lecito copiare e distribuire copie letterali del codice sorgente del Programma così come viene ricevuto, con qualsiasi mezzo, a condizione che venga riprodotta chiaramente su ogni copia una appropriata nota di copyright e di assenza di garanzia; che si mantengano intatti tutti i riferimenti a questa Licenza e all'assenza di ogni garanzia; che si dia

a ogni altro destinatario del Programma una copia di questa Licenza insieme al Programma.

È possibile richiedere un pagamento per il trasferimento fisico di una copia del Programma, è anche possibile a propria discrezione richiedere un pagamento in cambio di una copertura assicurativa.

- 2. È lecito modificare la propria copia o copie del Programma, o parte di esso, creando perciò un'opera basata sul Programma, e copiare o distribuire tali modifiche o tale opera secondo i termini del precedente comma 1, a patto che siano soddisfatte tutte le condizioni che seguono:
 - a) Bisogna indicare chiaramente nei file che si tratta di copie modificate e la data di ogni modifica.
 - b) Bisogna fare in modo che ogni opera distribuita o pubblicata, che in parte o nella sua totalità derivi dal Programma o da parti di esso, sia concessa in licenza gratuita nella sua interezza ad ogni terza parte, secondo i termini di questa Licenza.
 - c) Se normalmente il programma modificato legge comandi interattivamente quando viene eseguito, bisogna fare in modo che all'inizio dell'esecuzione interattiva usuale, esso stampi un messaggio contenente una appropriata nota di copyright e di assenza di garanzia (oppure che specifichi il tipo di garanzia che si offre). Il messaggio deve inoltre specificare che chiunque può ridistribuire il programma alle condizioni qui descritte e deve indicare come reperire questa Licenza. Se però il programma di partenza è interattivo ma normalmente non stampa tale messaggio, non occorre che un'opera basata sul Programma lo stampi.

Questi requisiti si applicano all'opera modificata nel suo complesso. Se sussistono parti identificabili dell'opera modificata che non siano derivate dal Programma e che possono essere ragionevolmente considerate lavori indipendenti, allora questa Licenza e i suoi termini non si applicano a queste parti quando queste vengono distribuite separatamente. Se però queste parti vengono distribuite all'interno di un prodotto che è un'opera basata sul Programma, la distribuzione di quest'opera nella sua interezza deve avvenire nei termini di questa Licenza, le cui norme nei confronti di altri utenti si estendono all'opera nella sua interezza, e quindi ad ogni sua parte, chiunque ne sia l'autore.

Quindi, non è nelle intenzioni di questa sezione accampare diritti, né contestare diritti su opere scritte interamente da altri; l'intento è piuttosto quello di esercitare il diritto di controllare la distribuzione di opere derivati dal Programma o che lo contengano.

Inoltre, la semplice aggregazione di un'opera non derivata dal Programma col Programma o con un'opera da esso derivata su di un mezzo di memorizzazione o di distribuzione, non è sufficiente a includere l'opera non derivata nell'ambito di questa Licenza.

- 3. È lecito copiare e distribuire il Programma (o un'opera basata su di esso, come espresso al comma 2) sotto forma di codice oggetto o eseguibile secondo i termini dei precedenti commi 1 e 2, a patto che si applichi una delle seguenti condizioni:
 - a) Il Programma sia corredato del codice sorgente completo, in una forma leggibile da calcolatore, e tale sorgente sia fornito secondo le regole dei precedenti commi 1 e 2 su di un mezzo comunemente usato per lo scambio di programmi.
 - b) Il Programma sia accompagnato da un'offerta scritta, valida per almeno tre anni, di fornire a chiunque ne faccia richiesta una copia completa del codice sorgente, in una forma leggibile da calcolatore, in cambio di un compenso non superiore al costo del trasferimento fisico di tale copia, che deve essere fornita secondo le regole dei precedenti commi 1 e 2 su di un mezzo comunemente usato per lo scambio di programmi.
 - c) Il Programma sia accompagnato dalle informazioni che sono state ricevute riguardo alla possibilità di ottenere il codice sorgente. Questa alternativa è permessa solo in caso di distribuzioni non commerciali e solo se il programma è stato ottenuto sotto forma di codice oggetto o eseguibile in accordo al precedente comma B.

Per codice sorgente completo di un'opera si intende la forma preferenziale usata per modificare un'opera. Per un programma eseguibile, codice sorgente completo significa tutto il codice sorgente di tutti i moduli in esso contenuti, più ogni file associato che definisca le interfacce esterne del programma, più gli script usati per controllare la compilazione e l'installazione dell'eseguibile. In ogni caso non è necessario che il codice sorgente fornito includa nulla che sia normalmente distribuito

(in forma sorgente o in formato binario) con i principali componenti del sistema operativo sotto cui viene eseguito il Programma (compilatore, kernel, e così via), a meno che tali componenti accompagnino l'eseguibile.

Se la distribuzione dell'eseguibile o del codice oggetto è effettuata indicando un luogo dal quale sia possibile copiarlo, permettere la copia del codice sorgente dallo stesso luogo è considerata una valida forma di distribuzione del codice sorgente, anche se copiare il sorgente è facoltativo per l'acquirente.

- 4. Non è lecito copiare, modificare, sublicenziare, o distribuire il Programma in modi diversi da quelli espressamente previsti da questa Licenza. Ogni tentativo di copiare, modificare, sublicenziare o distribuire il Programma non è autorizzato, e farà terminare automaticamente i diritti garantiti da questa Licenza. D'altra parte ogni acquirente che abbia ricevuto copie, o diritti, coperti da questa Licenza da parte di persone che violano la Licenza come qui indicato non vedranno invalidata la loro Licenza, purché si comportino conformemente ad essa.
- 5. L'acquirente non è tenuto ad accettare questa Licenza, poiché non l'ha firmata. D'altra parte nessun altro documento garantisce il permesso di modificare o distribuire il Programma o i lavori derivati da esso. Queste azioni sono proibite dalla legge per chi non accetta questa Licenza; perciò, modificando o distribuendo il Programma o un'opera basata sul programma, si indica nel fare ciò l'accettazione di questa Licenza e quindi di tutti i suoi termini e le condizioni poste sulla copia, la distribuzione e la modifica del Programma o di lavori basati su di esso.
- 6. Ogni volta che il Programma o un'opera basata su di esso vengono distribuiti, l'acquirente riceve automaticamente una licenza d'uso da parte del licenziatario originale. Tale licenza regola la copia, la distribuzione e la modifica del Programma secondo questi termini e queste condizioni. Non è lecito imporre restrizioni ulteriori all'acquirente nel suo esercizio dei diritti qui garantiti. Chi distribuisce programmi coperti da questa Licenza non e' comunque tenuto a imporre il rispetto di questa Licenza a terzi.
- 7. Se, come conseguenza del giudizio di un tribunale, o di una imputazione per la violazione di un brevetto o per ogni altra ragione (non

limitatamente a questioni di brevetti), vengono imposte condizioni che contraddicono le condizioni di questa licenza, che queste condizioni siano dettate dalla corte, da accordi tra le parti o altro, queste condizioni non esimono nessuno dall'osservazione di questa Licenza. Se non è possibile distribuire un prodotto in un modo che soddisfi simultaneamente gli obblighi dettati da questa Licenza e altri obblighi pertinenti, il prodotto non può essere affatto distribuito. Per esempio, se un brevetto non permettesse a tutti quelli che lo ricevono di ridistribuire il Programma senza obbligare al pagamento di diritti, allora l'unico modo per soddisfare contemporaneamente il brevetto e questa Licenza e' di non distribuire affatto il Programma.

Se una qualunque parte di questo comma è ritenuta non valida o non applicabile in una qualunque circostanza, deve comunque essere applicata l'idea espressa da questo comma; in ogni altra circostanza invece deve essere applicato questo comma nel suo complesso.

Non è nelle finalità di questo comma indurre gli utenti ad infrangere alcun brevetto né ogni altra rivendicazione di diritti di proprietà, né di contestare la validità di alcuna di queste rivendicazioni; lo scopo di questo comma è unicamente quello di proteggere l'integrità del sistema di distribuzione dei programmi liberi, che viene realizzato tramite l'uso di licenze pubbliche. Molte persone hanno contribuito generosamente alla vasta gamma di programmi distribuiti attraverso questo sistema, basandosi sull'applicazione fedele di tale sistema. L'autore/donatore può decidere di sua volontà se preferisce distribuire il software avvalendosi di altri sistemi, e l'acquirente non può imporre la scelta del sistema di distribuzione.

Questo comma serve a rendere il più chiaro possibile ciò che crediamo sia una conseguenza del resto di questa Licenza.

8. Se in alcuni paesi la distribuzione o l'uso del Programma sono limitati da brevetto o dall'uso di interfacce coperte da copyright, il detentore del copyright originale che pone il Programma sotto questa Licenza può aggiungere limiti geografici espliciti alla distribuzione, per escludere questi paesi dalla distribuzione stessa, in modo che il programma possa essere distribuito solo nei paesi non esclusi da questa regola. In questo caso i limiti geografici sono inclusi in questa Licenza e ne fanno parte a tutti gli effetti.

- 9. All'occorrenza la Free Software Foundation può pubblicare revisioni o nuove versioni di questa Licenza Pubblica Generica. Tali nuove versioni saranno simili a questa nello spirito, ma potranno differire nei dettagli al fine di coprire nuovi problemi e nuove situazioni.
 - Ad ogni versione viene dato un numero identificativo. Se il Programma asserisce di essere coperto da una particolare versione di questa Licenza e da ogni versione successiva, l'acquirente può scegliere se seguire le condizioni della versione specificata o di una successiva. Se il Programma non specifica quale versione di questa Licenza deve applicarsi, l'acquirente può scegliere una qualsiasi versione tra quelle pubblicate dalla Free Software Foundation.
- 10. Se si desidera incorporare parti del Programma in altri programmi liberi le cui condizioni di distribuzione differiscano da queste, è possibile scrivere all'autore del Programma per chiederne l'autorizzazione. Per il software il cui copyright è detenuto dalla Free Software Foundation, si scriva alla Free Software Foundation; talvolta facciamo eccezioni alle regole di questa Licenza. La nostra decisione sarà guidata da due finalità: preservare la libertà di tutti i prodotti derivati dal nostro software libero e promuovere la condivisione e il riutilizzo del software in generale.

NON C'È GARANZIA

POICHÉ IL PROGRAMMA È CONCESSO IN USO GRATUITA-MENTE, NON C'È GARANZIA PER IL PROGRAMMA, NEI LI-MITI PERMESSI DALLE VIGENTI LEGGI. SE NON INDICATO DIVERSAMENTE PER ISCRITTO, IL DETENTORE DEL COPYRIGHT E LE ALTRE PARTI FORNISCONO IL PROGRAMMA COSÌ COM'È, SENZA ALCUN TIPO DI GARANZIA, NÉ ESPLICITA NÉ IMPLICITA; CIÒ COMPRENDE, SENZA LIMITARSI A QUESTO, LA GARANZIA IMPLICITA DI COMMERCIABILITÀ E UTILIZZABILITÀ PER UN PARTICOLARE SCOPO. L'INTERO RISCHIO CONCERNENTE LA QUALITÀ E LE PRESTAZIONI DEL PROGRAMMA È DELL'ACQUIRENTE. SE IL PROGRAMMA DOVESSE RIVELARSI DIFETTOSO, L'ACQUIRENTE SI ASSUME IL COSTO DI OGNI MANUTENZIONE, RIPARAZIONE O CORREZIONE NECESSARIA.

12. NÉ IL DETENTORE DEL COPYRIGHT NÉ ALTRE PARTI CHE POSSONO MODIFICARE O RIDISTRIBUIRE IL PROGRAMMA COME PERMESSO IN QUESTA LICENZA SONO RESPONSABILI PER DANNI NEI CONFRONTI DELL'ACQUIRENTE, A MENO CHE QUESTO NON SIA RICHIESTO DALLE LEGGI VIGENTI O APPAIA IN UN ACCORDO SCRITTO. SONO INCLUSI DANNI GENERICI, SPECIALI O INCIDENTALI, COME PURE I DANNI CHE CONSEGUONO DALL'USO O DALL'IMPOSSIBILITÀ DI USARE IL PROGRAMMA; CIÒ COMPRENDE, SENZA LIMITARSI A QUESTO, LA PERDITA DI DATI, LA CORRUZIONE DEI DATI, LE PERDITE SOSTENUTE DALL'ACQUIRENTE O DA TERZI E L'INCAPACITÀ DEL PROGRAMMA A INTERAGIRE CON ALTRI PROGRAMMI, ANCHE SE IL DETENTORE O ALTRE PARTI SONO STATE AVVISATE DELLA POSSIBILITÀ DI QUESTI DANNI.

FINE DEI TERMINI E DELLE CONDIZIONI

10.2 Appendice: come applicare questi termini a nuovi programmi

Se si sviluppa un nuovo programma e lo si vuole rendere della maggiore utilità possibile per il pubblico, la cosa migliore da fare è rendere tale programma libero, cosicché ciascuno possa ridistribuirlo e modificarlo sotto questi termini.

Per fare questo, si inserisca nel programma la seguente nota. La cosa migliore da fare è mettere la nota all'inizio di ogni file sorgente, per chiarire nel modo più efficiente possibile l'assenza di garanzia; ogni file dovrebbe contenere almeno la nota di copyright e l'indicazione di dove trovare l'intera nota.

juna riga per dire in breve il nome del programma e cosa fa¿ Copyright (C) janno¿ jnome dell'autore¿

Questo programma è software libero; è lecito redistribuirlo o modificarlo secondo i termini della Licenza Pubblica Generica GNU come è pubblicata

dalla Free Software Foundation; o la versione 2 della licenza o (a propria scelta) una versione successiva.

Questo programma è distribuito nella speranza che sia utile, ma SENZA ALCUNA GARANZIA; senza neppure la garanzia implicita di NEGOZIA-BILITÀ o di APPLICABILITÀ PER UN PARTICOLARE SCOPO. Si veda la Licenza Pubblica Generica GNU per avere maggiori dettagli.

Questo programma deve essere distribuito assieme ad una copia della Licenza Pubblica Generica GNU; in caso contrario, se ne può ottenere una scrivendo alla Free Software Foundation, Inc., 59 Temple Place, Suite 330, Boston, MA 02111-1307 USA

Si aggiungano anche informazioni su come si può essere contattati tramite posta elettronica e cartacea.

Se il programma è interattivo, si faccia in modo che stampi una breve nota simile a questa quando viene usato interattivamente:

Orcaloca versione 69, Copyright (C) anno nome dell'autore Orcaloca non ha ALCUNA GARANZIA; per dettagli usare il comando 'show g'. Questo è software libero, e ognuno è libero di ridistribuirlo secondo certe condizioni; usare il comando 'show c' per i dettagli.

Gli ipotetici comandi show g e show c mostreranno le parti appropriate della Licenza Pubblica Generica. Chiaramente, i comandi usati possono essere chiamati diversamente da show g e show c e possono anche essere selezionati con il mouse o attraverso un menù, o comunque sia pertinente al programma.

Se necessario, si deve anche far firmare al proprio datore di lavoro (per chi lavora come programmatore) o alla propria scuola, per chi è studente, una rinuncia al copyright per il programma. Ecco un esempio con nomi fittizi:

Yoyodinamica SPA rinuncia con questo documento ad ogni diritto sul copyright del programma 'Orcaloca' (che svolge dei passi di compilazione) scritto da Giovanni Smanettone.

¡firma di Primo Tizio¿, 1 April 3000 Primo Tizio, Presidente

I programmi coperti da questa Licenza Pubblica Generica non possono essere incorporati all'interno di programmi proprietari. Se il proprio programma è una libreria di funzioni, può essere più utile permettere di collegare applicazioni proprietarie alla libreria. Se si ha questa intenzione consigliamo di usare la Licenza Pubblica Generica Minore GNU (LGPL) invece di questa Licenza.

Capitolo 11

Licenza GPL originale in inglese

Questa è la licenza d'uso GPL originale in inglese

The GNU General Public License (GPL) Version 2, June 1991 Copyright (C) 1989, 1991 Free Software Foundation, Inc. 59 Temple Place, Suite 330, Boston, MA 02111-1307 USA

Everyone is permitted to copy and distribute verbatim copies of this license document, but changing it is not allowed.

11.1 Preamble

The licenses for most software are designed to take away your freedom to share and change it. By contrast, the GNU General Public License is intended to guarantee your freedom to share and change free software—to make sure the software is free for all its users. This General Public License applies to most of the Free Software Foundation's software and to any other program whose authors commit to using it. (Some other Free Software Foundation software is covered by the GNU Library General Public License instead.) You can apply it to your programs, too.

When we speak of free software, we are referring to freedom, not price. Our General Public Licenses are designed to make sure that you have the freedom to distribute copies of free software (and charge for this service if you wish), that you receive source code or can get it if you want it, that you

can change the software or use pieces of it in new free programs; and that you know you can do these things.

To protect your rights, we need to make restrictions that forbid anyone to deny you these rights or to ask you to surrender the rights. These restrictions translate to certain responsibilities for you if you distribute copies of the software, or if you modify it.

For example, if you distribute copies of such a program, whether gratis or for a fee, you must give the recipients all the rights that you have. You must make sure that they, too, receive or can get the source code. And you must show them these terms so they know their rights.

We protect your rights with two steps: (1) copyright the software, and (2) offer you this license which gives you legal permission to copy, distribute and/or modify the software.

Also, for each author's protection and ours, we want to make certain that everyone understands that there is no warranty for this free software. If the software is modified by someone else and passed on, we want its recipients to know that what they have is not the original, so that any problems introduced by others will not reflect on the original authors' reputations.

Finally, any free program is threatened constantly by software patents. We wish to avoid the danger that redistributors of a free program will individually obtain patent licenses, in effect making the program proprietary. To prevent this, we have made it clear that any patent must be licensed for everyone's free use or not licensed at all.

The precise terms and conditions for copying, distribution and modification follow.

11.2 TERMS AND CONDITIONS FOR COPYING, DISTRIBUTION AND MODIFICATION

0. This License applies to any program or other work which contains a notice placed by the copyright holder saying it may be distributed under the terms of this General Public License. The Program, below, refers to any such program or work, and a work based on the Program means either the Program or any derivative work under copyright law: that is to say, a work containing the Program or a portion of it, either

verbatim or with modifications and/or translated into another language. (Hereinafter, translation is included without limitation in the term modification.) Each licensee is addressed as you.

Activities other than copying, distribution and modification are not covered by this License; they are outside its scope. The act of running the Program is not restricted, and the output from the Program is covered only if its contents constitute a work based on the Program (independent of having been made by running the Program). Whether that is true depends on what the Program does.

- 1. You may copy and distribute verbatim copies of the Program's source code as you receive it, in any medium, provided that you conspicuously and appropriately publish on each copy an appropriate copyright notice and disclaimer of warranty; keep intact all the notices that refer to this License and to the absence of any warranty; and give any other recipients of the Program a copy of this License along with the Program.
 - You may charge a fee for the physical act of transferring a copy, and you may at your option offer warranty protection in exchange for a fee.
- 2. You may modify your copy or copies of the Program or any portion of it, thus forming a work based on the Program, and copy and distribute such modifications or work under the terms of Section 1 above, provided that you also meet all of these conditions:
 - a) You must cause the modified files to carry prominent notices stating that you changed the files and the date of any change.
 - b) You must cause any work that you distribute or publish, that in whole or in part contains or is derived from the Program or any part thereof, to be licensed as a whole at no charge to all third parties under the terms of this License.
 - c) If the modified program normally reads commands interactively when run, you must cause it, when started running for such interactive use in the most ordinary way, to print or display an announcement including an appropriate copyright notice and a notice that there is no warranty (or else, saying that you provide a warranty) and that users may redistribute the program under these conditions, and telling the user how to view a copy of this

License. (Exception: if the Program itself is interactive but does not normally print such an announcement, your work based on the Program is not required to print an announcement.)

These requirements apply to the modified work as a whole. If identifiable sections of that work are not derived from the Program, and can be reasonably considered independent and separate works in themselves, then this License, and its terms, do not apply to those sections when you distribute them as separate works. But when you distribute the same sections as part of a whole which is a work based on the Program, the distribution of the whole must be on the terms of this License, whose permissions for other licensees extend to the entire whole, and thus to each and every part regardless of who wrote it.

Thus, it is not the intent of this section to claim rights or contest your rights to work written entirely by you; rather, the intent is to exercise the right to control the distribution of derivative or collective works based on the Program.

In addition, mere aggregation of another work not based on the Program with the Program (or with a work based on the Program) on a volume of a storage or distribution medium does not bring the other work under the scope of this License.

- 3. You may copy and distribute the Program (or a work based on it, under Section 2) in object code or executable form under the terms of Sections 1 and 2 above provided that you also do one of the following:
 - a) Accompany it with the complete corresponding machine-readable source code, which must be distributed under the terms of Sections 1 and 2 above on a medium customarily used for software interchange; or,
 - b) Accompany it with a written offer, valid for at least three years, to give any third party, for a charge no more than your cost of physically performing source distribution, a complete machine-readable copy of the corresponding source code, to be distributed under the terms of Sections 1 and 2 above on a medium customarily used for software interchange; or,
 - c) Accompany it with the information you received as to the offer to distribute corresponding source code. (This alternative is allowed

only for noncommercial distribution and only if you received the program in object code or executable form with such an offer, in accord with Subsection b above.)

The source code for a work means the preferred form of the work for making modifications to it. For an executable work, complete source code means all the source code for all modules it contains, plus any associated interface definition files, plus the scripts used to control compilation and installation of the executable. However, as a special exception, the source code distributed need not include anything that is normally distributed (in either source or binary form) with the major components (compiler, kernel, and so on) of the operating system on which the executable runs, unless that component itself accompanies the executable.

If distribution of executable or object code is made by offering access to copy from a designated place, then offering equivalent access to copy the source code from the same place counts as distribution of the source code, even though third parties are not compelled to copy the source along with the object code.

- 4. You may not copy, modify, sublicense, or distribute the Program except as expressly provided under this License. Any attempt otherwise to copy, modify, sublicense or distribute the Program is void, and will automatically terminate your rights under this License. However, parties who have received copies, or rights, from you under this License will not have their licenses terminated so long as such parties remain in full compliance.
- 5. You are not required to accept this License, since you have not signed it. However, nothing else grants you permission to modify or distribute the Program or its derivative works. These actions are prohibited by law if you do not accept this License. Therefore, by modifying or distributing the Program (or any work based on the Program), you indicate your acceptance of this License to do so, and all its terms and conditions for copying, distributing or modifying the Program or works based on it.
- 6. Each time you redistribute the Program (or any work based on the Program), the recipient automatically receives a license from the original licensor to copy, distribute or modify the Program subject to these

terms and conditions. You may not impose any further restrictions on the recipients' exercise of the rights granted herein. You are not responsible for enforcing compliance by third parties to this License.

7. If, as a consequence of a court judgment or allegation of patent infringement or for any other reason (not limited to patent issues), conditions are imposed on you (whether by court order, agreement or otherwise) that contradict the conditions of this License, they do not excuse you from the conditions of this License. If you cannot distribute so as to satisfy simultaneously your obligations under this License and any other pertinent obligations, then as a consequence you may not distribute the Program at all. For example, if a patent license would not permit royalty-free redistribution of the Program by all those who receive copies directly or indirectly through you, then the only way you could satisfy both it and this License would be to refrain entirely from distribution of the Program.

If any portion of this section is held invalid or unenforceable under any particular circumstance, the balance of the section is intended to apply and the section as a whole is intended to apply in other circumstances.

It is not the purpose of this section to induce you to infringe any patents or other property right claims or to contest validity of any such claims; this section has the sole purpose of protecting the integrity of the free software distribution system, which is implemented by public license practices. Many people have made generous contributions to the wide range of software distributed through that system in reliance on consistent application of that system; it is up to the author/donor to decide if he or she is willing to distribute software through any other system and a licensee cannot impose that choice.

This section is intended to make thoroughly clear what is believed to be a consequence of the rest of this License.

8. If the distribution and/or use of the Program is restricted in certain countries either by patents or by copyrighted interfaces, the original copyright holder who places the Program under this License may add an explicit geographical distribution limitation excluding those countries, so that distribution is permitted only in or among countries not thus excluded. In such case, this License incorporates the limitation as if written in the body of this License.

- 9. The Free Software Foundation may publish revised and/or new versions of the General Public License from time to time. Such new versions will be similar in spirit to the present version, but may differ in detail to address new problems or concerns.
 - Each version is given a distinguishing version number. If the Program specifies a version number of this License which applies to it and any later version, you have the option of following the terms and conditions either of that version or of any later version published by the Free Software Foundation. If the Program does not specify a version number of this License, you may choose any version ever published by the Free Software Foundation.
- 10. If you wish to incorporate parts of the Program into other free programs whose distribution conditions are different, write to the author to ask for permission. For software which is copyrighted by the Free Software Foundation, write to the Free Software Foundation; we sometimes make exceptions for this. Our decision will be guided by the two goals of preserving the free status of all derivatives of our free software and of promoting the sharing and reuse of software generally.

NO WARRANTY

- 11. BECAUSE THE PROGRAM IS LICENSED FREE OF CHARGE, THERE IS NO WARRANTY FOR THE PROGRAM, TO THE EXTENT PERMITTED BY APPLICABLE LAW. EXCEPT WHEN OTHERWISE STATED IN WRITING THE COPYRIGHT HOLDERS AND/OR OTHER PARTIES PROVIDE THE PROGRAM AS IS WITHOUT WARRANTY OF ANY KIND, EITHER EXPRESSED OR IMPLIED, INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO, THE IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY AND FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE. THE ENTIRE RISK AS TO THE QUALITY AND PERFORMANCE OF THE PROGRAM IS WITH YOU. SHOULD THE PROGRAM PROVE DEFECTIVE, YOU ASSUME THE COST OF ALL NECESSARY SERVICING, REPAIR OR CORRECTION.
- 12. IN NO EVENT UNLESS REQUIRED BY APPLICABLE LAW OR AGREED TO IN WRITING WILL ANY COPYRIGHT HOLDER,

OR ANY OTHER PARTY WHO MAY MODIFY AND/OR REDISTRIBUTE THE PROGRAM AS PERMITTED ABOVE, BE LIABLE TO YOU FOR DAMAGES, INCLUDING ANY GENERAL, SPECIAL, INCIDENTAL OR CONSEQUENTIAL DAMAGES ARISING OUT OF THE USE OR INABILITY TO USE THE PROGRAM (INCLUDING BUT NOT LIMITED TO LOSS OF DATA OR DATA BEING RENDERED INACCURATE OR LOSSES SUSTAINED BY YOU OR THIRD PARTIES OR A FAILURE OF THE PROGRAM TO OPERATE WITH ANY OTHER PROGRAMS), EVEN IF SUCH HOLDER OR OTHER PARTY HAS BEEN ADVISED OF THE POSSIBILITY OF SUCH DAMAGES.

END OF TERMS AND CONDITIONS

11.3 How to Apply These Terms to Your New Programs

If you develop a new program, and you want it to be of the greatest possible use to the public, the best way to achieve this is to make it free software which everyone can redistribute and change under these terms.

To do so, attach the following notices to the program. It is safest to attach them to the start of each source file to most effectively convey the exclusion of warranty; and each file should have at least the copyright line and a pointer to where the full notice is found.

one line to give the program's name and a brief idea of what it does. Copyright (C)

This program is free software; you can redistribute it and/or modify it under the terms of the GNU General Public License as published by the Free Software Foundation; either version 2 of the License, or (at your option) any later version.

This program is distributed in the hope that it will be useful, but WI-THOUT ANY WARRANTY; without even the implied warranty of MER-CHANTABILITY or FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE. See the GNU General Public License for more details.

You should have received a copy of the GNU General Public License along with this program; if not, write to the Free Software Foundation, Inc., 59 Temple Place, Suite 330, Boston, MA 02111-1307 USA

Also add information on how to contact you by electronic and paper mail. If the program is interactive, make it output a short notice like this when it starts in an interactive mode:

Gnomovision version 69, Copyright (C) year name of author Gnomovision comes with ABSOLUTELY NO WARRANTY; for details type 'show w'. This is free software, and you are welcome to redistribute it under certain conditions; type 'show c' for details.

The hypothetical commands 'show w' and 'show c' should show the appropriate parts of the General Public License. Of course, the commands you use may be called something other than 'show w' and 'show c'; they could even be mouse-clicks or menu items—whatever suits your program.

You should also get your employer (if you work as a programmer) or your school, if any, to sign a copyright disclaimer for the program, if necessary. Here is a sample; alter the names:

Yoyodyne, Inc., hereby disclaims all copyright interest in the program 'Gnomovision' (which makes passes at compilers) written by James Hacker. signature of Ty Coon, 1 April 1989 Ty Coon, President of Vice

This General Public License does not permit incorporating your program into proprietary programs. If your program is a subroutine library, you may consider it more useful to permit linking proprietary applications with the library. If this is what you want to do, use the GNU Library General Public License instead of this License.