

Nomi e Cognomi:

☐ MAR ☐ MER ☐ GIO

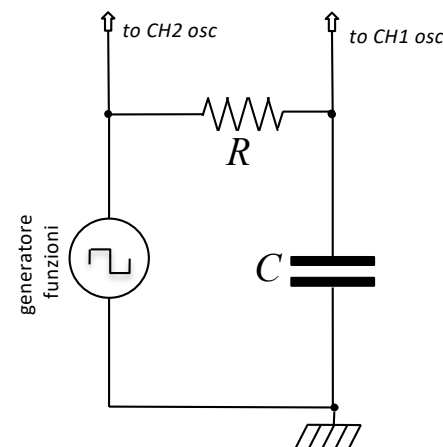
Data:

6

### Pinne di squalo e integratore/derivatore RC

Questa esercitazione è divisa in due parti. Nella prima parte dovete praticamente ripetere quanto fatto nella precedente esercitazione pratica, cioè costruire un integratore collegato a un generatore di forme d'onda quadre e acquisire con Arduino i segnali in uscita in funzione della frequenza. Lo scopo di questa parte dell'esercitazione è preparare un po' di record di segnali, e acquisire un po' di dati anche senza Arduino, che dovete poi ricostruire numericamente in un esercizio/relazione (obbligatoria) da fare durante le vacanze di Natale. La seconda parte, invece, riguarda la costruzione e l'analisi di un integratore/derivatore in cascata.

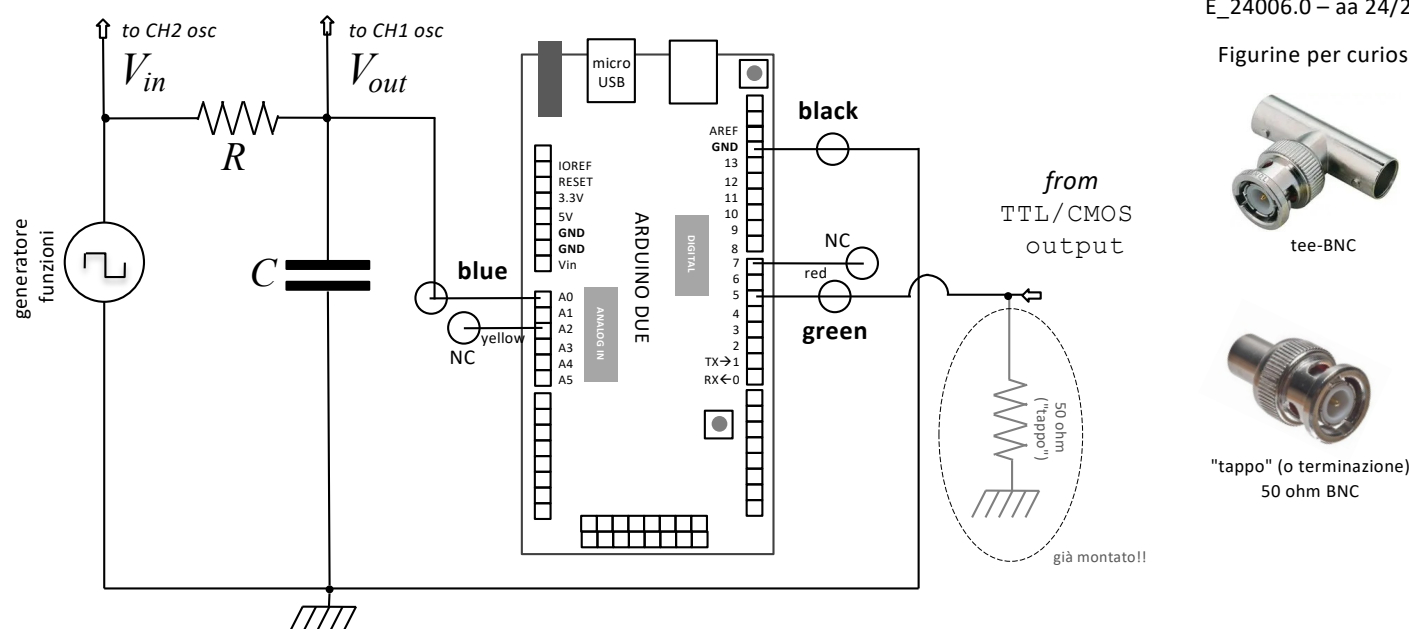
1. Come prima fase, costruite il circuito di figura e usatelo per ragionare sul dimensionamento di  $R$  e  $C$ , tenendo conto che dovete poi utilizzare Arduino (Due) per acquisire diversi (diciamo oltre cinque) segnali a frequenze differenti, tali che per le frequenze più basse la forma sia simile alla quadra e per quelle più alte diventi praticamente triangolare (e fortemente attenuata). In questa fase esplorativa, usate anche forme d'onda diverse (cioè triangolari e sinusoidali), osservando le forme che si ottengono in uscita (cioè il segnale ai capi del condensatore) e verificando sperimentalmente come cambiano, a ogni data frequenza, le ampiezze dei segnali in uscita in funzione della forma d'onda (l'ampiezza del segnale in ingresso *dovrebbe* rimanere inalterata), facendo una specie di classifica delle ampiezze in uscita. Come nella scorsa esercitazione, potete anche usare, almeno per qualche frequenza, la modalità X-Y dell'oscilloscopio con le varie forme d'onda. Riportate tutti i commenti e le osservazioni nel riquadro!



Commenti:

2. A questo punto preoccupatevi dell'ampiezza del segnale ai capi del condensatore, che manderete ad Arduino per il campionamento e la digitalizzazione. Come ben sapete, questo segnale deve sempre (cioè per ogni scelta di frequenza) essere positivo e minore di circa 3.2 V. Agite su OFFSET e AMPL del generatore in modo da soddisfare questo requisito. Segnate  $R$  e  $C$  qui a fianco (bastano i valori nominali). Lo sketch `ardp2.ino`, che impiegherete per le acquisizioni, dovrebbe essere già caricato in Arduino Due. Ricordatevi di collegare la scheda al PC (tramite USB) prima di effettuare i collegamenti con il circuito!

$R =$	nominale [    ]
$C =$	nominale [    ]



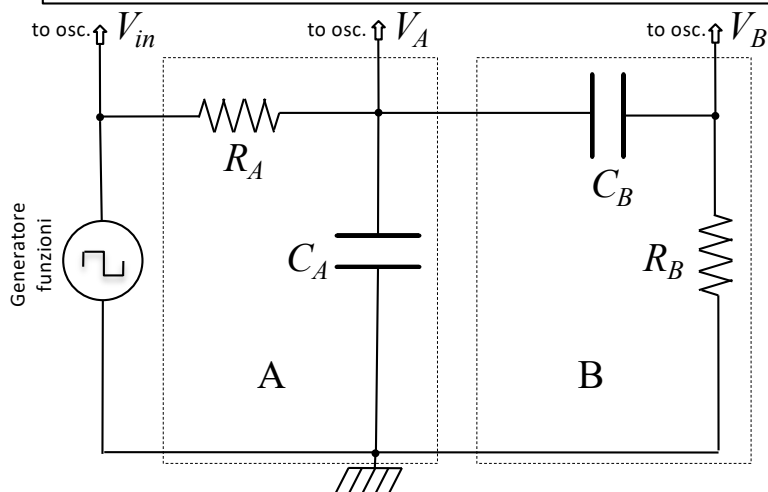
3. Solo quando sarete sicuri che il requisito sull'ampiezza è soddisfatto, potrete collegare Arduino realizzando il circuito nella figura qui sopra (identico a quello della scorsa esercitazione!). È consigliabile che le acquisizioni siano sincronizzate e a tale scopo dovete utilizzare il segnale TTL/CMOS output proveniente dal generatore. In linea di massima, non serve registrare acquisizioni mediate (dubito che servirà conoscere l'incertezza) e la lunghezza del record potrà essere non troppo lunga (diciamo che 256 punti vanno bene). Smanettate sulla durata dell'intervallo di campionamento in modo da avere, per ogni frequenza scelta, qualche periodo (diciamo 3-5).
4. Facoltativo, ma carino: usando le stesse frequenze, ripetete le acquisizioni usando una forma d'onda triangolare in ingresso (la sinusoidale non è troppo interessante in questo contesto).
5. Quando sarete soddisfatti delle acquisizioni, scollegate Arduino dal circuito, ma non cambiate R e C (per ora!). Ora dovete fare delle misure con l'oscilloscopio finalizzate a determinare il guadagno  $G = V_{out}/V_{in}$  ( $V_{out}$  e  $V_{in}$  ampiezze picco-picco, i segnali corrispondenti sono quelli che visualizzate su CH1 e CH2 dell'oscilloscopio, ovviamente) in funzione della frequenza su un vasto intervallo di frequenze  $f$  (diciamo almeno un paio di decenni, forse anche di più), che partono dalle frequenze in cui il segnale in uscita è molto simile a quello in ingresso (forme d'onda quadre) e finiscono alle frequenze dove si vede una bella forma triangolare in uscita. Il numero di misure dovrebbe essere dell'ordine della decina e, dato che dovete coprire un vasto intervallo, scegliete uno scaling logaritmico delle frequenze, che sapete cosa vuol dire! Tenete conto che, avendo scollegato Arduino, non c'è più alcun requisito sull'ampiezza, per cui siete consigliati di togliere l'offset e usare ampiezze grandi, che favoriscono la lettura. Salvate i dati in un posto sicuro, che poi vi serviranno a Natale!
6. Parzialmente facoltativo: in linea di principio, sarebbe carino se, per le stesse frequenze, misuraste anche le ampiezze picco-picco in corrispondenza di forme d'onda sinusoidali e triangolari. Osservate che, a meno di dimensionamenti un po' estremi e trascurando il drift in ampiezza tipico dei nostri generatori,  $V_{in}$  dovrebbe rimanere pressoché inalterata con le frequenze, per cui può essere che la mole di lavoro non sia eccessiva. In ogni caso, se non lo avete già fatto al punto 1, almeno per qualche frequenza verificate come cambia il guadagno se modificate la forma d'onda, facendo una classifica delle tre forme d'onda (questa misura è poco interessante alle basse frequenze, dove l'integratore non integra).
7. Ora siete pronti per la seconda parte dell'esercitazione, priva di strascichi futuri. In questa parte dovete costruire un circuito con integratore e derivatore a cascata secondo lo schema a pagina seguente. Dovete dimensionare per bene gli elementi  $R_A$ ,  $C_A$ ,  $R_B$ ,  $C_B$  (da scrivere in tabella) in modo tale che, a una frequenza  $f$  di vostra scelta, il sotto-circuito A si comporti da integratore e B da derivatore. La verifica dovrà essere fatta esaminando le forme d'onda in uscita dai sotto-circuiti ( $V_A$  e  $V_B$ ) che dovranno risultare affette da distorsione in modo trascurabile (la forma d'onda triangolare dovrà risultare triangolare e la quadra quadra, con fronti di salita e discesa quanto più ripidi possibile): quando sarete pronti, dovrete chiamarci al banco per avere conferma che i segnali appaiono in accordo con le aspettative (nostre!). Ovviamente, avendo a disposizione un oscilloscopio a due soli canali, per vedere i tre segnali dovrete spostare di volta in volta le banane: si consiglia di tenere sempre su un canale  $V_{in}$  e scambiare le altre due uscite sull'altro canale. Naturalmente siete invitati a esaminare preventivamente il comportamento dei due sotto-circuiti separati, attraverso prove che dovete progettare e realizzare dandone conto nei commenti e anche a verificare sperimentalmente che essi si comportano in modo ragionevolmente indipendente tra loro. Tenete conto che è molto facile avere la forma d'onda attesa all'uscita  $V_A$ , molto più difficile ottenere il risultato richiesto all'uscita  $V_B$ : il consiglio spassionato è quello di guardare per prima  $V_B$  ed eventualmente ritoccare il dimensionamento finché il risultato non è quello richiesto! Commentate a pagina seguente sul dimensionamento, determinando i tempi caratteristici attesi  $\tau_A$  e  $\tau_B$  dei due sotto-circuiti (considerati indipendenti, in prima approssimazione) e stabilendo la relazione tra questi e il periodo  $T = 1/f$  della forma d'onda quadra in ingresso. Ci sarebbe anche una condizione sulle capacità  $C_A$  e  $C_B$  utile per considerare indipendenti i due sotto-circuiti: vediamo se riuscite a trovarla!

Nomi e Cognomi:

☐ MAR ☐ MER ☐ GIO

Data:

6'



$R_A$ [    ]	$C_A$ [    ]
$R_B$ [    ]	$C_B$ [    ]

Commenti (tutti quelli richiesti e messi per benino e in forma comprensibile! Scrivete anche la frequenza di lavoro prescelta):

8. Quando sarete e saremo soddisfatti del risultato, misurate le ampiezze (o ampiezze picco-picco)  $V_{in}$ ,  $V_A$ ,  $V_B$  e determinate i guadagni (o attenuazioni)  $G_A = V_A/V_{in}$  e  $G_B = V_B/V_{in}$ , sia come rapporto che nella scala [dB]. Dovete anche misurare lo sfasamento  $\Delta\phi$  tra  $V_{A,B}$  e  $V_{in}$ , usando un modo corretto (l'unico possibile!) per determinare lo sfasamento tra forme d'onda diverse. Commentate brevemente i risultati, in particolare se forme d'onda e, soprattutto, attenuazioni sono in accordo con le vostre attese, spiegando anche quali sono le vostre attese. Per l'espressione del guadagno in dB non serve l'incertezza, che invece è strettamente indispensabile per tutte le altre misure, sfasamenti compresi!

Pedice	Forma d'onda osservata	$V$	$G$	$G$ [dB] = $20\text{Log}_{10}(G)$	$\Delta\phi$ [ $\pi$ rad]
$in$		[    ]	1	0	0
$A$		[    ]			
$B$		[    ]			

Commenti (in particolare se i guadagni  $G$  sono in accordo con le vostre aspettative – raccontate quali sono queste aspettative!):

9. Se avete dimensionato bene il circuito, dovrete osservare che il segnale “in uscita” da B è e una forma d'onda quadra fortemente attenuata rispetto a quella in ingresso e con tratti di salita e discesa molto ripidi. Poiché per osservare questo segnale dovrete alzare per quanto possibile la sensibilità dell'oscilloscopio, è possibile (anzi, auspicabile) che esso risulti poco intelligibile a causa dell'effetto di un cospicuo “rumore ad alta frequenza”. La misura può “migliorare” usando il dispositivo, costituito da una tee-BNC e un connettore BNC con saldato un condensatore ceramico (forse da 1 nF), che trovate sul banco. Debitamente collegato, questo dispositivo pone il condensatore fra ingresso dell'oscilloscopio e massa, cioè “in parallelo” con il segnale. Quantificate l'effetto di riduzione del rumore stimando il signal to noise ratio (S/N) come rapporto tra l'ampiezza del segnale e quello della “banda di rumore” e valutandolo senza e con il dispositivo collegato. Spiegate grossolanamente che effetto fa la presenza di questo ulteriore condensatore.

Stima S/N senza e con il condensatore e spiegazione grossolana del suo effetto: