

Pràctica 1. Teoria de Circuits

Shift registers and resistors deliver multiphase sine waves

Jordi Bonet i Dalmau

Rosa Giralt Mas

Maig de 2026

ATENCIÓ: Els paràgrafs com aquest indiquen treball que heu de fer com a estudi previ individual. Podeu comentar-lo amb companys, però tothom ha d'entendre completament el previ.

No es poden utilitzar eines d'IA per resoldre els exercicis. Només es permet el seu ús per fer consultes concretes, càlculs puntuals o per contrastar resultats.

En aquests casos, cal adjuntar la captura de pantalla corresponent.

És obligatori que el desenvolupament dels exercicis inclogui:

- Els circuits dibuixats a cada pas, mostrant clarament les transformacions realitzades, si s'escau.
- La indicació explícita de les polaritats de les tensions i els sentits dels corrents.
- Una resolució ordenada i justificada, de manera que es pugui seguir el raonament.

Recordeu que, per poder accedir al laboratori i realitzar la pràctica, és imprescindible haver lliurat l'informe previ a Atenea abans de la sessió. A l'inici de la pràctica **es demanarà una justificació oral del previ**, que es tindrà en compte per a la seva avaluació.

Finalment, recordeu portar el material de pràctiques i assegurar-vos que es troba en bon estat.

En aquesta pràctica utilitzarem una idea de disseny apareguda l'abril del 2006 a la revista EDN per a combinar coneixements d'*Introducció als Sistemes Digitals* (ISD) i de *Teoria de Circuits* (TC). Aquesta idea consisteix en usar registres de desplaçament, resistències i un inversor per a generar, si bé amb certes restriccions, formes d'ona al gust del consumidor, com per exemple un senyal sinusoidal. L'article dona els valors de les resistències a usar per a un cas concret amb registres de desplaçament de 12 bits, però no dona detalls sobre com calcular aquests valors. Així, us correspondrà a vosaltres utilitzar els coneixements de TC per a calcular els valors de les resistències amb les quals generar una forma d'ona determinada en el cas d'usar un registre de desplaçament de 8 bits. A més, haureu d'usar els mateixos registres de desplaçament i inversors que vau fer servir a ISD per proposar una concreció del circuit a construir al laboratori.

1 Lectura del document

En primer lloc heu de llegir i comprendre en línies generals la primera part de l'article.

Previ 1. Baixeu-vos la secció de *Design Ideas* de la revista EDN i llegiu l'article titulat *Shift registers and resistors deliver multiphase sine waves* (també el trobareu a Atenea). Només cal que us centreu en els dos primers paràgrafs i la Figure 1. Després feu un breu resum.

2 Modificació per a un sol registre de 8 bits

A continuació adaptarem la idea de disseny anterior per tal d'usar un sol registre de desplaçament i treballar amb 8 bits enlloc de 12.

Previ 2. Considereu un disseny similar al de l'article amb un registre de desplaçament de 8 bits. Al laboratori usarem els integrats 74HCT164 i 74HCT04 per al registre de desplaçament i per a l'inversor respectivament. Dibuixeu de forma esquemàtica la disposició d'aquests integrats sobre la *protoboard* amb tots els components i cablejat necessari per al seu funcionament: alimentació, *clock*... Disposeu dels *datasheets* d'aquests integrats a ocw.itic.cat i també a Atenea.

Tasca 1. Realitzeu el muntatge del disseny del *Previ 2* a excepció de les resistències. Utilitzeu una alimentació de 5V. Com a *clock* podeu usar la sortida TTL del generador de funcions d'una freqüència, per exemple, d'1kHz.

3 La seqüència generada

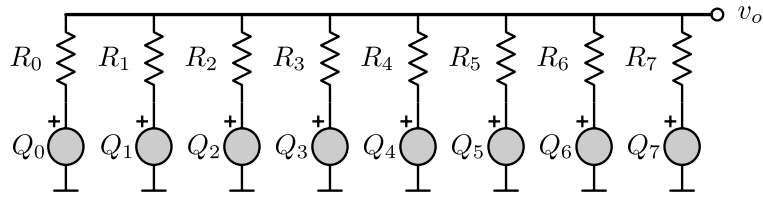
En aquesta secció estudiarem la seqüència de valors formada pels 8 bits del registre de desplaçament, Q_0 a Q_7 generada pel circuit que estem estudiant.

Previ 3. Inicialment considereu $Q_{0..7} = 00000000$. Amb el primer *clock*, l'estat dels registres passa a ser $Q_{0..7} = 10000000$. Completeu la seqüència de valors que pren el registre de desplaçament. Observeu que aquesta seqüència es repeteix cada 16 *clocks* i, per tant, el seu període és 16 cops el període de *clock*.

Tasca 2. Verifiqueu que qualsevol de les sortides del registre de desplaçament Q_0 a Q_7 canvia el seu valor cada 8 *clocks* i, per tant, es repeteix cada 16 *clocks*. Observeu que els valors lògics 0 i 1 corresponen a tensions 0 i 5V.

4 Transformació de la seqüència en una tensió

Cadascuna de les sortides del registre de desplaçament es pot modelar com una font de tensió ideal. Aquesta font de tensió només pot prendre valors lògics 0 i 1, o valors físics 0 i 5V. Connectant cada font de tensió a una resistència de la forma indicada a la figura següent podem aconseguir una tensió v_o que es trobi entre 0 i 5V.



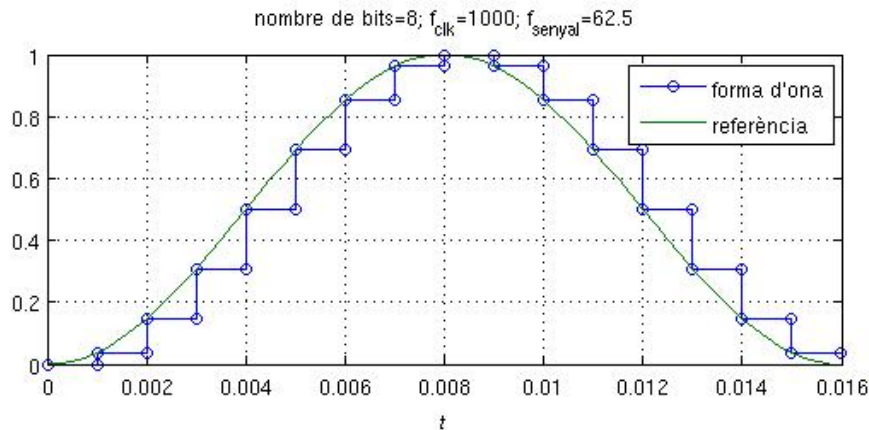
Previ 4. Analitzeu el circuit de la figura anterior i determineu v_o en funció de Q_0 a Q_7 considerant que totes les resistències són iguals. A continuació calculeu el valor de v_o per a cada un dels 16 valors de la seqüència calculada al *Previ 3*. Observeu que inicialment, quan $Q_{0\dots7} = 00000000$, $v_o = 0$ i que quan $Q_{0\dots7} = 11111111$, $v_o = 1$ o, amb valors físics, que quan $Q_{0\dots7} = 55555555$, $v_o = 5V$. Feu una representació gràfica de v_o . **Suggeriment:** Per analitzar el circuit, utilitzeu transformació de fonts.

Tasca 3. Completeu el circuit del *Previ 2* amb totes les resistències de valor $10k\Omega$ i verifiqueu que v_o visualitzada a l'oscil·loscopi té la forma d'ona esperada.

Tasca 4. Experimenteu amb l'efecte de substituir una de les resistències de $10k\Omega$ per una de valor doble o meitat. Podem generar qualsevol forma d'ona? Amb quines restriccions?

5 Obtenció d'un senyal sinusoidal

Jugant adequadament amb el valor de les resistències R_0 a R_7 podem obtenir una gran varietat de formes d'ona, entre elles la sinusoidal que es mostra a continuació. Com que al gràfic no hi ha tots els valors numèrics, considereu els següents valors en els diferents trams: $v_{t0} = 0$, $v_{t1} = 0.04$, $v_{t2} = 0.15$, $v_{t3} = 0.3$, $v_{t4} = 0.5$, $v_{t5} = 0.7$, $v_{t6} = 0.85$, $v_{t7} = 0.96$ i $v_{t8} = 1$. Com que hi ha simetria, pel tram de baixada els valors són els mateixos.

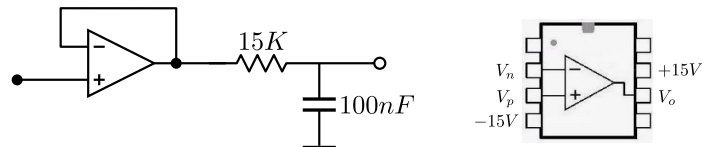


Previ 5. Repetiu l'anàlisi del circuit de la figura del *Previ 4* i determineu v_o en funció de Q_0 a Q_7 , però ara considerant totes les resistències R_0 a R_7 diferents. A continuació busqueu l'expressió de v_o per cada seqüència calculada al *Previ 3* i igualeu-la al valor corresponent que pren el sinus de la figura anterior. Heu d'arribar a tenir prou equacions per determinar el valor de les resistències. Afegiu

la restricció que totes les resistències siguin majors que $100k\Omega$ i menors que $1M\Omega$. Aquest marge ens permetria trobar diversos valors que farien que el circuit funcionés tal com volem. Nosaltres imposarem, a més, que la resistència més petita valgui $100k\Omega$.

Tasca 5. Substituiu les resistències de $10k\Omega$ per les de valor adequat per a obtenir un senyal sinusoidal.

Tasca 6. Seguint les instruccions que s'us donaran al laboratori, utilitzeu un filtre RC com el de la figura següent. Encara no podeu saber com funciona, però s'utilitza per a transformar el senyal blau de la gràfica anterior en un senyal similar al verd.



Tasca 7. Seguint les instruccions que s'us donaran al laboratori, useu els muntatges de dos grups per tal de generar dos senyals sinusoidals amb desfasament variable. La idea seria posar la mateixa alimentació i el mateix clock als dos muntatges. Un serà el principal i es quedarà com estava. Una de les seves sortides que no sigui Q_7 l'entrarem invertida a l'altre.