

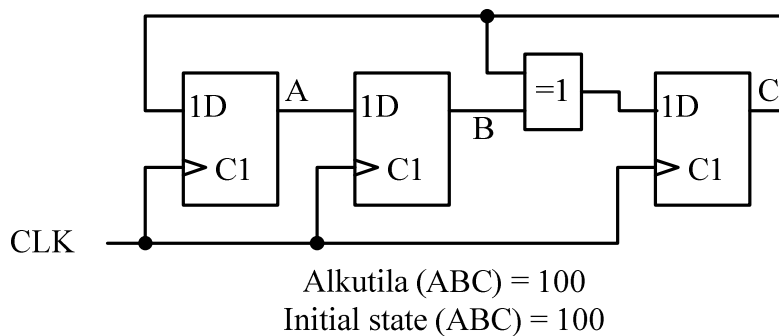


1. (5 p.) Tarkastellaan digitaalista lämpömittaria. Mitattava lämpötila-alue on  $-32 \dots +31 \text{ }^\circ\text{C}$ . Lämpötila-anturi muuntaa tämän lämpötila-alueen jännitteeksi välillä  $0 \text{ V} \dots 6.4 \text{ V}$ , missä noin  $0 \text{ V}$  vastaa lämpötilaa  $-32 \text{ }^\circ\text{C}$ , noin  $3.2 \text{ V}$  vastaa  $0 \text{ }^\circ\text{C}$  ja noin  $6.4 \text{ V}$  vastaa lämpötilaa  $+31 \text{ }^\circ\text{C}$ . Analogia/digitaali-muunnin (AD-muunnin) muuntaa anturin lähtöjännitteen etumerkittömäksi binääriluvuksi välillä  $0 \dots 2^n-1$ , missä  $n$  on bittien lukumäärä, ja lähtösana  $0$  vastaa lämpötilaa  $-32 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $2^{n/2}$  vastaa lämpötilaa  $0 \text{ }^\circ\text{C}$  ja  $2^n-1$  lämpötilaa  $+31 \text{ }^\circ\text{C}$ . Jotta negatiiviset ja positiiviset mittaustulokset erottuisivat helposti toisistaan, AD-muuntimen tulokset muunnetaan kahden komplementti -muotoon, jossa lämpötilaa  $0 \text{ }^\circ\text{C}$  vastaa digitaaliluku, jossa on  $n$  kpl nollia. Koska mittaustulokset halutaan esittää 7-segmentti-näytöllä, pitää tulokset vielä tarvittaessa muuntaa etumerkki-itseisarvo-muotoon, jossa etumerkillä (vasemman puoleinen bitti) voidaan ohjata näytön etumerkkisegmenttiä, ja muilla biteillä (tuloksen itseisarvo) ohjataan lämpötilan itseisarvoa osoittavia 7-segmentti-näyttöjä sopivien koodimuunnosten jälkeen.
- a) kuinka monta bittiä tarvitaan esittämään yllä esitetyn lämpömittarin mittaustulos digitaalilukuna  $0.5 \text{ }^\circ\text{C}$  erottelutarkkuudella?
- b) miten tässä tapauksessa muunnetaan analogia/digitaali-muuntimen lähdön  $n$ -bittinen etumerkitön binääriluku kahden komplementti -muotoon, jossa lämpötilaa  $0 \text{ }^\circ\text{C}$  vastaa digitaaliluku, jossa on  $n$  kpl nollia?
- c) mitä positiivista lämpötilaa esittäville AD-muuntimen lähdön etumerkittömille binääriluvuille pitää tehdä, jotta mittaustulos näkyy oikein näytössä?
- d) mitä negatiivista lämpötilaa esittäville AD-muuntimen lähdön etumerkittömille binääriluvuille pitää tehdä, jotta mittaustulos näkyy oikein näytössä?
- e) mitä koodimuunnoksia tarvitaan etumerkki-itseisarvo-muotoisten tulosten esittämiseksi 7-segmentti-näytössä kymmenjärjestelmän lukuina?
2. (5 p.) Täydennä oheinen tehtävän 1 lämpömittarin signaalien arvoja esittävä taulukko, kun lähtötietona on annettu yksi esitysmuoto, ja AD-muuntimen lähtö on 6-bittinen, eli  $n = 6$ . Huomaa origon paikka!

Lämpötila [ $^\circ\text{C}$ ]	Anturin jännite [V]	AD-muuntimen lähtö etumerkittömänä binäärilukuna	kahden komplementtina, kun $0 \text{ }^\circ\text{C} \rightarrow 0$ n-bittisenä binäärilukuna	yhden komplementtina	etumerkki-itseisarvona
9					
	2.3				
		110100			
			101110		
					001111



3. (4 p.) Suunnittele kombinaatiologiikka, joka muuntaa 3-bittisen kahden komplementti -muotoisen binääriluvun 3-bittiseen etumerkki-itseisarvo-muotoon. Merkitään tuloja symboleilla A, B, C ja lähtöjä V, X, Y. Mikäli binääriluvun ABC itseisarvo ylittää 3-bittisen etumerkki-itseisarvo-lähdön lukualueen, logiikka ei tee luvulle mitään muunnosta, eli  $VXY=ABC$ . Esitä:
- totuustaulu
  - lähtöjen V, X ja Y Karnaugh'n kartat
  - lähtöjen V, X ja Y minimoidut loogiset funktiot tulojen summina
  - lähtöjen V, X ja Y logiikkakaaviot, kun käytössä on 2- ja 3-tuloisia AND- ja OR-portteja ja NOT-portteja.
4. (3 p.) Analysoi oheisen synkronisen tilakoneen toiminta. Aluksi  $ABC=100$ .
- kuinka monta sallittua tilaa tilakoneella on normaalitilanteessa?
  - esitä logiikan toiminta kymmenen kellojakson ajalta ajoituskaaviona tai taulukkona
  - mitä tapahtuu, jos tilakone joutuu tilaan  $ABC = 000$ ?





5. (3 p.) Toteuta oheisia digitaalilohkoja käyttäen taajuuslaskuri, joka mittaa tulevan signaalin in taajuuden  $f_{in}$  välillä 1...9999 Hz. Lähdön out yksikkö on Hz. Kaikkia kiikkuja kellottavan pääkellon clk taajuus  $f_{clk}$  on 32768 Hz. Suunnitelman toiminnan on oltava synkroninen, eli power-up-resetiä (alkunollaus signaalilla reset, kun laitteeseen kytketään käyttöjännite) lukuun ottamatta kaikki kiikkujen tilojen muutokset tapahtuvat kellon clk synkronisesti. Esim. merkintä  $CT=0$  tarkoittaa lähdössä sitä, että kyseinen lähtösignaali on 1, kun laskuri on tilassa 0. Tulosta signaalin yhteydessä  $CT=0$  nollaa laskurin/rekisterin sisällön. Merkinnässä  $> 1, \bar{2} + /2CT = 0$  symboli  $>$  tarkoittaa kellotulosta, joka reagoi kellosignaalin nousevaan reunaan, ja  $1, \bar{2} +$  tarkoittaa, että ohjaussignaalin G1 ollessa 1 ja G2 ollessa 0 laskurin tilaa kasvatetaan yhdellä, ja merkintä  $2CT = 0$  tarkoittaa, että ohjaussignaali G2:n ollessa 1 laskurin sisältö ( $CT = Content$ ) nollataan synkronisesti kellon seuraavalla nousevalla reunalla. Rekisterin merkintä  $>1C2$  tarkoittaa sitä, että rekisteriin ladataan kellosignaalin nousevalla reunalla uusi arvo datatulosta 2D, jos ohjaustulo G1 on looginen ykkönen. Siirtorekisterin SREG3 merkintä  $C1/\rightarrow$  tarkoittaa sitä, että kellon nousevalla ensimmäiseen rekisteriin (D-kiikku) ladataan tulosta signaali ( $1D = in$ ) ja muut rekisterit (D-kiikut) saavat sisällökseen edellisen rekisterin sisällön, eli bittejä siirretään rekisterissä.
- a) kytke lohkot toisiinsa yksittäisillä johtimilla ja väylillä (useita johtimia loogisena kokonaisuutena) siten, että logiikka toteuttaa esitetyn taajuuslaskurin
- b) piirrä lohkon SREG3 (3-bittinen siirtorekisteri) jälkeisen AND-portin aaltomuoto viiden kellojakson ajalta, kun  $f_{in}$  on paljon pienempi kuin  $f_{clk}$  ja signaali in vaihtuu nollassa ykköseksi ensimmäisen kellojakson aikana
- c) määritä parametrit m,n,p ja r. Perustelee, ole hyvä!

