

Tuomas Keinänen

## **ECIO-POKERIPELIKONE**

Sulautetut laitteet -kurssin harjoitustyö

# SISÄLLYSLUETTELO

KANSILEHTI.....	1
SISÄLLYSLUETTELO.....	2
1 PROJEKTIN TAUSTA.....	3
2 PROJEKTIN TOTEUTUS.....	4
2.1 Laitteisto.....	4
2.2 Laitteiston hyödyntäminen.....	4
2.3 Ohjelmointi.....	5
3 KOMMENTIT.....	9
4 OHJELMAN RIISUTTU VUOKAAVIOMALLI.....	12
5 KYTKENNÄN PIIRIKAAVIO.....	13
6 LCD-NÄYTÖN TILAT.....	14
6.1 Ennen ensimmäistä jakoa, kun pelimerkkejä ei ole.....	14
6.2 Ennen ensimmäistä jakoa, kun useita pelimerkkejä on syötetty.	14
6.3 Ensimmäisen käden jaon jälkeen, kun kortteja on lukittu.....	15
6.4 Toisen käden jaon jälkeen, kun ei voittoa.....	16
6.5 Toisen käden jaon jälkeen, kun voitto.....	17
6.6 Voiton jälkeen, kun voitonmaksupainiketta on painettu.....	18
6.7 Voiton jälkeen, kun tuplauspainiketta on painettu.....	18
6.8 Voitollisen tuplauksen jälkeen.....	19
6.9 Hävityn tuplauksen jälkeen.....	19
LÄHTEET.....	20
LIITTEET.....	21

## **1 PROJEKTIN TAUSTA**

Ajatus omasta Flowcode-projektista heräsi tarkastellessani sulautettujen laitteiden kurssin kurssitehtäviä, jotka olivat ohjelmoinnin osalta haastavuudeltaan vaativat. Erilaisia ECIO:n ympärille sopivia E-Blocks-lisäpalikoita tutkiessani sain ajatuksen pokeripelikoneesta, jonka toiminnallisena esikuvana olisi muun muassa kauppaliikkeiden auloistakin tuttu RAY:n videopokeripelialtomaatti. Valintaan vaikutti 28-pinnisen ECIO:n käytettävissä olevien porttien määrä, joka näytti alustavasti riittävän projektin tyydyttävään toteutukseen.

## 2 PROJEKTIN TOTEUTUS

### 2.1 Laitteisto

Rautapuolella projekti ei tarjonneet suuria haasteita valmiiden E-Blocks-levyjen käyttäjäystävällisyydestä johtuen. Peliautomaatin toiminnalliseen simulointiin valitsin ECIO Base Boardiin kytkettävät E-Blocks LCD Board-, E-Blocks LED Board- ja E-Blocks Switch Board -lisälevyt. Levyjen kytkeminen oli kunkin levyn tarvitseman syöttösignaalimääärän huomioiden yksiselitteinen toimenpide. Projektin vaati kytkinlevyltä käyttöön kaikki kahdeksan kytkintä, joten ECIO:n kahdeksan I/O:n B-portti oli ainoa mahdollinen vaihtoehto. LCD-näyttö tarvitsi kuusi lähtöä, mikä pakotti käyttämään tarkoitukseen ECIO:n kuusipinnistä A-porttia. Ledilevyä varten jäi ECIO:n C-portti, joka tarjosii viidellä ulostulolla projektin toteutuksen vaatiman minimimääärän. Ledilevyä varten jouduin tekemään oman DB9-välikaapelin, jolla C-portin ulostulot sai ohjattua levyn vierekkäisiin ledeihin (Ks. kohta 5). Käytin välikaapelia myös kytkinlevyn kanssa saadakseen kytkimet kohdakkain suoraan A-porttiin kytkeytyn LCD-näytön kanssa (Ks. liite 1).

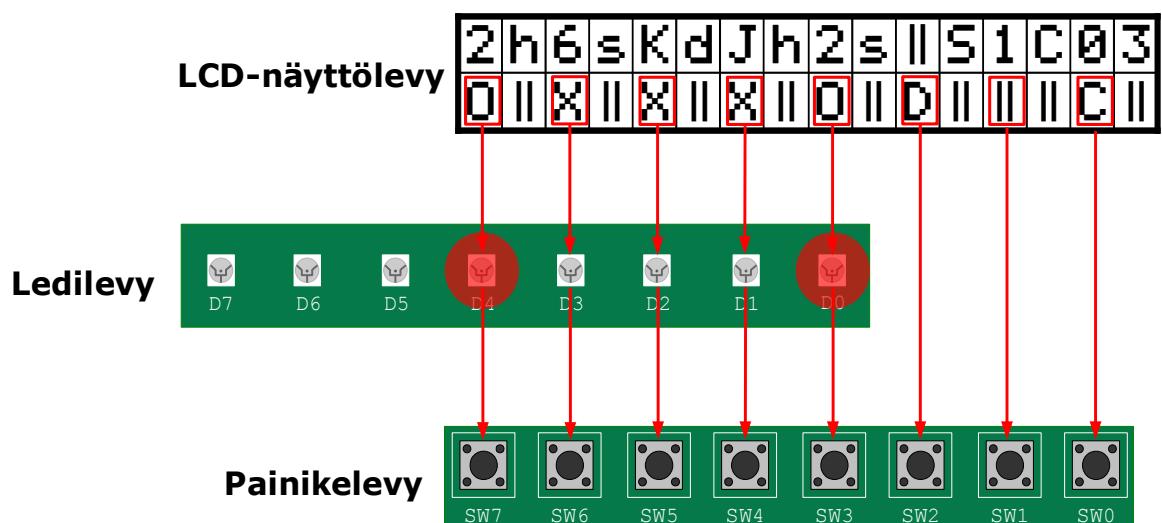
### 2.2 Laitteiston hyödyntäminen

LCD-näytön vaativaton näytökapasiteetti – kaksi riviä, joista kummallakin 16 merkkipaikkaa – asetti omat rajoituksensa informaation välittämisenä pelaajalle. Jaoin näytön neljään päätösioon niin, että 10 reunimaista merkkiä ylärivin vasemmalta puolelta olivat pelikorttitunnusten käytössä (Ks. kohta 6.3). Ylärivin oikea laita oli varattu panoksen ja jäljellä olevien pelimerkkien näytämistä varten. Alarivin yhdeksän vasemmanpuolimmaista merkkipaikkaa ilmaisivat korttien lukituksen tilan sekä informoivat pelaajaa kunkin pelikerroksen päätyttyä mahdollisesta

voitosta. Alarivin oikea laita näytti kullakin hetkellä käytettäväissä olevien pelin peruspainikkeiden, kuten jako, panoksen muutos, pelimerkkien lisääminen ja tuplaus, kirjainlyhenteet. Painikelevyn kahdeksan painiketta vastasivat sijainniltaan LCD-näytön alarivin toimintosijoittelua.

Ledi-E-Blocks-levyä käytin 1. ja 2. jakokierroksen välillä korttien luktustilan visuaaliseen korostukseen. Lisäksi pelikone ilmaisee voitoista välkyttämällä ledejä hieman eri tavoin voiton tyypistä riippuen.

**Kuvio 1** LCD-näytön, ledilevyn ja painikelevyn sijaintivastaavuudet.



## 2.3 Ohjelointi

Ohjelmoinnin suhteen pyrin toteuttamaan muistinvaraisesti tutun kolikkopokeripelikoneen toiminnan. Ohjelmarunko koostuu perusohjelmasta, jonka ikisilmukka toistaa pelikierrosia yhä uudelleen (Ks. kohta 4). Yhtenäiset suuret kokonaisuudet pyrin siirtämään omiin makroihinsa, joita perusohjelma kutsuu.

Pelikorttien määritykseen käytin kokonaislukumuuttujia perustuvaa viisisoluista taulukkoa niin, että jokeri sekä kunkin korttimaan 13 korttia saivat vierekkäiset kokonaislukuarvot eri maiden sijoittuessa arvoiltaan peräkkäin.

**Taulukko 1** Pelikorttilistaus suhteessa korttimuuttujan lukuarvoon.

Korttimaa	Hertta													Ruutu													
Korttiarvo	JX	Ah	2h	3h	4h	5h	6h	7h	8h	9h	Th	Jh	Qh	Kh	Ad	2d	3d	4d	5d	6d	7d	8d	9d	Td	Jd	Qd	Kd
Lukuarvo	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26

Korttimaa	Pata	Risti
Korttiarvo	Ac 2c 3c 4c 5c 6c 7c 8c 9c Tc Jc Qc Kc	As 2s 3s 4s 5s 6s 7s 8s 9s Ts Js Qs Ks
Lukuarvo	27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39	40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52

JX	=	jokeri		
A	=	ässä	h	= hertta ( <b>heart</b> )
T	=	10	d	= ruutu ( <b>diamond</b> )
J	=	sotilas	c	= pata ( <b>club</b> )
Q	=	kuningatar	s	= risti ( <b>spade</b> )
K	=	kuningas		

Identtiseen korttiarvoon perustuvien voittojen tarkistuksessa tämä luku-  
asettelu toimi hyvin, koska saman korttiarvon sai korttimaasta riippu-  
matta ottamalla kortin lukuarvosta jakojäännöksen kolmellatoista.

**Taulukko 2** Voitontarkistusesimerkki, kolme samaa.

Järjestysnumero	1. kortti	2. kortti	3. kortti	4. kortti	5. kortti
Korttiarvo	Ah	3d	Ac	7c	As
Lukuarvo	1	16	27	33	40
Lukuarvo % 13	1	3	1	7	1
	Kolme samaa				

Suoran ja värisuoran tarkistuksessa auttoi korttien lukuarvojen jakojäännösten kolmellatoista siirtäminen suuruusjärjestyksessä omaan viisisoluiseen taulukkoonsa.

**Taulukko 3** Voitontarkistusesimerkki, suora.

Järjestysnumero	1. kortti	2. kortti	3. kortti	4. kortti	5. kortti
Korttiarvo	Ah	4h	5d	3c	2s
Lukuarvo	1	4	18	29	41
Lukuarvo % 13	1	4	5	3	2

Lukuarvo % 13 suuruusjärjestyksessä	1	2	3	4	5
Suora					

Pelikorttien arvonnassa käytettävä satunnaislukugeneraattori pohjautuu C-koodikuvakeessa suoritettaviin satunnaislukufunktioihin `srand()` ja `rand()` (Tandy 2008). Generaattorin toteutuksessa hyödynsin keskeytystä TMR0. Heti ohjelman alussa käynnistyvä keskeytys kierrättää taajuudella 183 Hz generaattorin siemenlukumuuttujan arvoa välillä 1-32767. Keskeytyksen ripeä ajotaajuus yhdistettynä ihmispelaajan valintoihinsa käyttämän ajan kanssa tuottaa pelin toiminnan kannalta riittävän satunnaisia siemenlukuja. Siemenluvun perusteella satunnaislukufunktiot muodostavat yhden 32767:stä mahdollisesta satunnaislukusarjasta, jonka kustakin luvusta jakojäännöksen 53:lla ottamalla pelikorttien lukuarvot välillä 0-52 muodostuvat. Korttien arvontamekanismi muistaa saman pelikerroksen aikana aiemmin jaetut kortit ja pyytää päällekkäistapauksissa `rand()`-funktiolta uuden satunnaisluvun.

Muita huomionarvoisia ohjelman osia olivat TMR0-keskeytyksen ohella TMR2-keskeytys ledien vilkutukseen voiton merkiksi ja tuplaushetken aikana sekä erilaiset painikekeskeytykset. TMR2-keskeytyksen käytön etuna oli se, että pääohjelman suoritus ei keskeydy ledien vilkkumisen ajaksi. Tällöin pelaajalla säilyy kokemus pelin etenemisen jouhevuudesta ylimääriäisten odottelutaukojen jäädessä pois. Flowcodessa valmiina olevia painikekeskeytyksiä RB0, RB1 ja RB2 käytin pelikoneen perustoinnopainikkeiden painallusten havaitsemiseen ja pelitilan mukaisesti niihin reagoimiseen.

Ohjelman toiminnan muut yksityiskohdat kävät selville ohessa toimitettun Flowcode-projektin koodin kommenteista.

### 3 KOMMENTIT

Ohjelointityö osoittautui monipuoliseksi ja ennalta ajateltua pidempi-kestoiseksi. Ohjelmoinnin aikana tuli esiin monenlaisia haasteita, joista kuitenkin selvisin hyvin.

Koska projekti hyödynsi ECIO:n kaikkia portteja, LCD-näyttö oli välttämättä kytkettävä A-porttiin. Tällöin yritykset kirjoittaa näytölle johtivat siihen, että näytölle ilmestyvä teksti oli täysin korruptoitunutta eikä vastannut lainkaan lähetettyä dataa. Matrix Multimedian internetsivuston keskustelupalstalta löytyi tieto, jonka mukaan ECIO:n sydämenä toimivan PIC18F2455-piirin sisäistä, A-portin A/D-muunnosmoduulin tilan määrittävää adcon0-rekisteriparametria täytyy muokata, että A-porttia voi käyttää kokonaisuudessaan digitaalisena lähtönä (Bouchier 2010). PIC-piirin datakirja vahvisti tiedon (Microchip Technology Inc 2009, 265). Rekisteriin pääsi Flowcodessa käskiksi suoraan C-koodikuvakkeen välityksellä käyttämällä yksinkertaisesti rekisterinimeä sijoituslausekkeen vasemmalla puolella. Näyttö alkoi toimia toivotulla tavalla rekisterin parametrimuutoksen jälkeen.

ECIO:n C-porttiin kytkettyjen ledien välkytystä yritin toteuttaa ensin käyttämällä TMR1-keskeytystä. Kului hyvä tovi ihmetellessä, miksi tietyt ledilähdöt eivät enää kytkeytyneet päälle ja C-portti lamaantui niin, ettei ECIO toipunut takaisin normaalitilaan ilman jännitesyötön katkaisua. Lopulta tulin koettaneeksi keskeytyksen muuttamista TMR2-tyyppiseksi, mikä poisti ongelman. PIC18F2455-piirin datakirjasta löytyi ilmiölle selitys: C-portin pinnien C0 ja C1 tilat pakotetaan sisääntuloiksi Timer1-moduulin aktivoinnin myötä (Microchip Technology Inc 2009, 132).

Satunnaislukugeneraattorin kanssa ilmeni ongelma: generaattorin luomien lukujen jakojäännös 53:lla tuotti yllättäen suuruudeltaan yli 52 meneviä lukuarvoja. Lopulta selvisi kyseessä olevan Flowcoden versiossa 4 oleva, sisäisistä tyyppimuunnoksista johtuva ilmiö, joka oli kierrettävissä rajaamalla satunnaislukufunktion paluuarvo kahdeksaan vähiten merkittävään bittiin ennen jakojäännöksen ottamista (JonnyW 2011).

Painikekeskeytysten käytössä aiheutti hetkisen hämmennystä vääräksi osoittautunut lähtöolettamus, että tietyn keskeytyksen voisi eri sallimiskertoina määrittää ajamaan halutessaan eri makroa. Keskeytykset kuitenkin ”kiinnittyvät” kiinteästi siihen makroon, jota ne ensimmäisellä sallimiskerralla määritetään suorittamaan. Tämä rajoitus oli helppo ohittaa käyttämällä globaaleja lippumuuttujia, joiden arvon perusteella keskeytysmakro päätää, mikä toiminto kullakin suorituskerralla on vuorossa.

Projektin kokonaisuudesta vaikein yksittäinen osio oli voitontarkistusosan koodaaminen. Toteutin tarkistuksen kokonaisuudessaan C-koodina, koska ohjelma olisi paisunut Flowcodessa vuokaaviosymbolleita käyttämällä valtavaksi. Voitontarkistuksesta teki monimutkaista useat tarkistuslogiikaltaan erityyppiset voitot yhdistettyinä siihen, että jokeri voi korvata mistä tahansa yhdistelmästä puuttuvan yksittäisen kortin. Suoran ja värisuoran osalta myös ässän kaksoisarvot, pienin (1) tai suurin (14), lisäsivät tarkistustyön määrää.

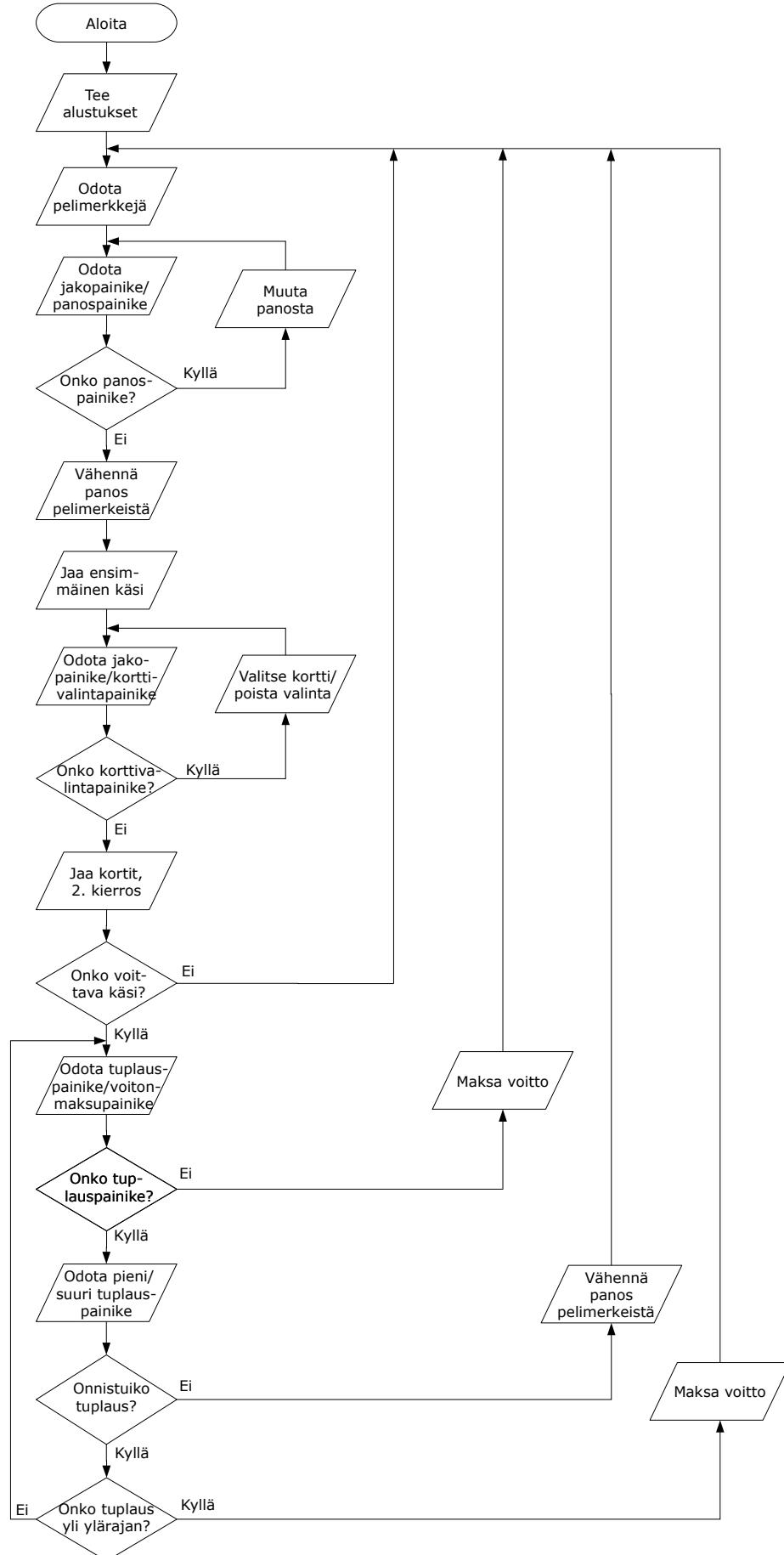
Erityisesti voitontarkistusosion koodauksen yhteydessä iso hidastava tekijä oli debuggauksen vaivalloisuus: C-koodikuvakkeissa olevaa koodia ei ajeta projektin simulaatiossa. Näin ollen ohjelma tuli siirtää toistuvasti ECIO:oon, mikä oli toivottoman hidasta testaustarpeen ollessa jatkuvaa. Päädyin käyttämään voitontarkistuslogiikan luomiseen ja testauk-

seen nopeammin ajettavissa olevaa Autohotkey-skriptauskieltä, jonka avulla odotteluun ei enää hukkaantunut aikaa.

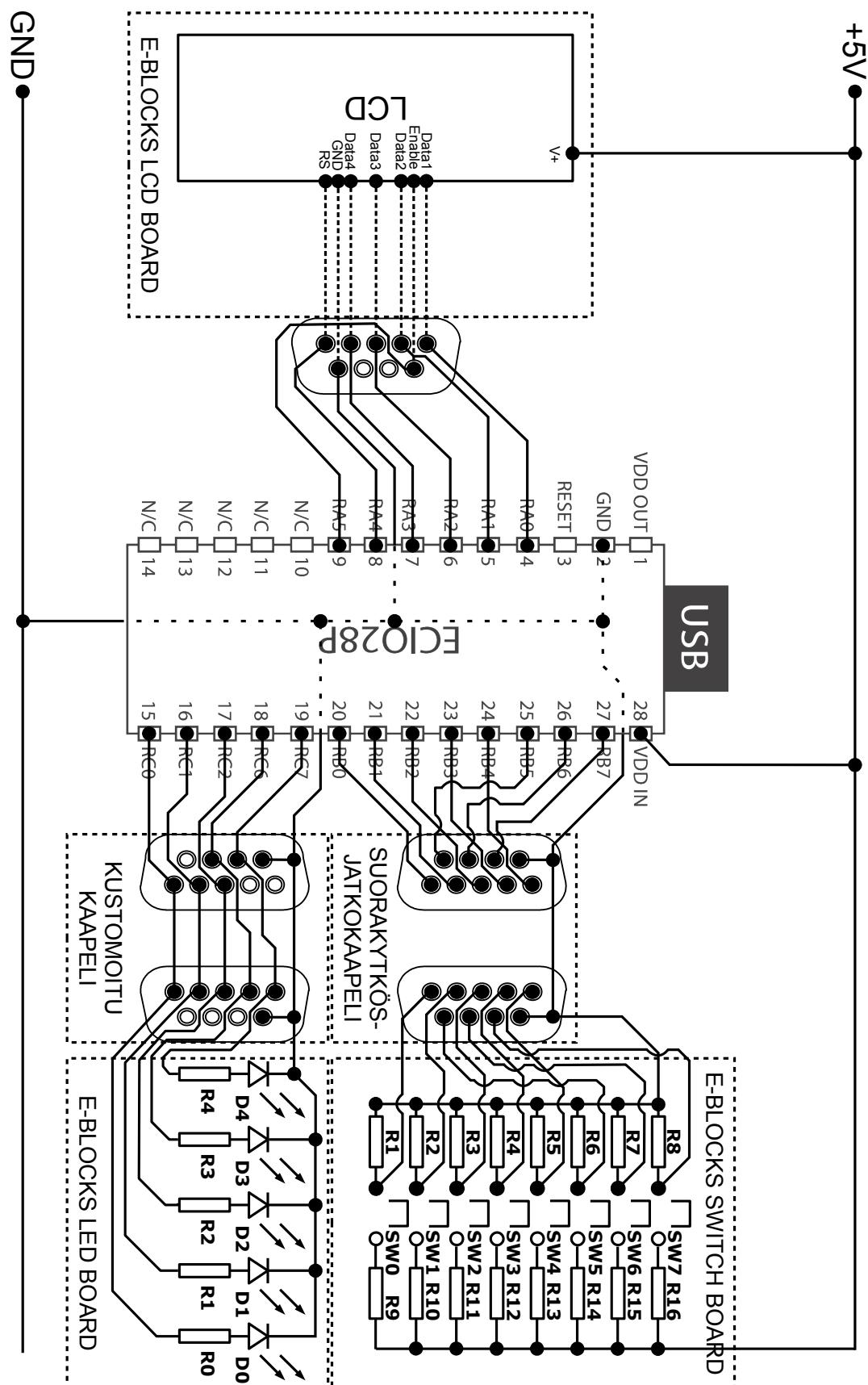
Pientä hiottavaakin projektin jää: pääohjelman ja keskeytysten kutsumat LCD-näytön ohjauskäskyt voivat potentiaalisesti osua päällekkäin niin, että tulostus näytölle saattaa häiriintyä. Flowcode varoitettaakin tästä projektia prosessorille käännettäessä. Näin käy käytännössä kuitenkin äärimmäisen harvoin, vaikka asiasta tietävä tieteen tahtoen yrittäisi saada painikekeskeytyksen LCD-tulostusfunktion osumaan pääohjelman kanssa päällekkäin. Ilmiö osui omalle kohdalle yhden kerran koko projektiin aikana, mistä syystä en katsonut tarpeelliseksi tehdä asialle mitään.

Kokonaisuutena projektin onnistui ennakkoonnistusten mukaisesti. Pelikone toimii halutulla tavalla, ja kaikki kohtuullisessa testauksessa ilmi tulleet bugit tulivat korjatuiksi. Kaupallista käyttöä silmällä pitäen vastavaa ohjelmaa tulisi luonnollisesti testata huomattavasti enemmän.

## 4 OHJELMAN RIISUTTU VUOKAAVIOMALLI



## 5 KYTKENNÄN PIIRIKAAVIO



## 6 LCD-NÄYTÖN TILAT

### 6.1 Ennen ensimmäistä jakoa, kun pelimerkkejä ei ole

X	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Y												S	1	C	0	0
Y														C		

Ylärivi:

**S1** = Yksinkertainen panos (**Stake 1**)

**C00** = Pelimerkkien määrä (**Coins x 0**)

Alarivi:

**C** = Lisää pelimerkki (Insert **Coin**)

|| = Erotinmerkki

### 6.2 Ennen ensimmäistä jakoa, kun useita pelimerkkejä on syöttetty

X	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Y												S	1	C	0	4
Y											D		S		C	

Ylärivi:

**S1** = Yksinkertainen panos (**Stake 1**)

**C04** = Pelimerkkien määrä (**Coins x 4**)

Alarivi:

**D** = Jaa käsi (**Deal**)

**S** = Muuta panosta (Change **Stake**)

**C** = Lisää pelimerkki (Insert **Coin**)

|| = Erotinmerkki

### 6.3 Ensimmäisen käden jaon jälkeen, kun kortteja on lukittu

	X	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Y		2h	6s	Kd	Jh	2s		S1	C03								
0	O		X		X		X		O		D				C		
1																	

**Ylärivi:**

2h = Hertta 2 (2 of hearts)

6s = Pata 6 (6 of spades)

Kd = Ruutukuningas (King of diamonds)

Jh = Herttasotilas (Jack of hearts)

2s = Pata 2 (2 of spades)

S1 = Yksinkertainen panos (Stake 1)

C03 = Pelimerkkien määrä (Coins x 3)

**Alarivi:**

O = Kortti lukittu

X = Kortti ei lukittu

D = Jaa käsi (Deal)

C = Lisää pelimerkki (Insert Coin)

|| = Erotinmerkki

#### 6.4 Toisen käden jaon jälkeen, kun ei voittoa

	X	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Y		2h	Qh	8c	Kh	2s		S	1C	03							
														C			
		2h	Qh	8c	Kh	2s		S	1C	03							
		NO	WIN											C			
											D		S		C		
		2h	Qh	8c	Kh	2s		S	1C	03							

**Ylärivi:**

- 2h = Hertta 2 (2 of hearts)
- Qh = Herttakuningatar (Queen of hearts)
- 8c = Risti 8 (8 of clubs)
- Kh = Herttakuningas (King of hearts)
- 2s = Pata 2 (2 of spades)
- S1 = Yksinkertainen panos (Stake 1)
- C03 = Pelimerkkien määrä (Coins x 3)

**Alarivi:**

- NO WIN = Ei voittoa
- D = Jaa käsi (Deal)
- S = Muuta panosta (Change Stake)
- C = Lisää pelimerkki (Insert Coin)

|| = Erotinmerkki

## 6.5 Toisen käden jaon jälkeen, kun voitto

The diagram illustrates a 16x2 grid representing a game board. The first row contains labels for the columns: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15. The second row shows the state of the board after the second hand's draw. The third row shows the final winning state.

	X	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Y		2h	Qh	2c	Kh	2s		S1	C03								
0																	
1	3	OF	KIND											C			

	X	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Y		2h	Qh	2c	Kh	2s		S1	C03								
0	W	I	N	:	2					D		P		C			
1	WIN:2									D		P		C			

**Yläri:**

- 2h = Hertta 2 (2 of hearts)
- Qh = Herttakuningatar (Queen of hearts)
- 2c = Risti 2 (2 of clubs)
- Kh = Herttakuningas (King of hearts)
- 2s = Pata 2 (2 of spades)
- S1 = Yksinkertainen panos (Stake 1)
- C03 = Pelimerkkien määrä (Coins x 3)

**Alarivi:**

- 3 OF KIND = Kolme samaa
- WIN:2 = 2 pelimerkkiä voitettu
- D = Tuplaus (Double)
- P = Voitonmaksu (Pay)
- C = Lisää pelimerkki (Insert Coin)

|| = Erotnmerkki

## 6.6 Voiton jälkeen, kun voitonmaksupainiketta on painettu

	X	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Y		2	h	Q	h	2	c	K	h	2	s		S	1	C	0	5
0												D		S		C	
1																	

**Ylärivi:**

2h = Hertta 2 (**2 of hearts**)

Qh = Herttakuningatar (**Queen of hearts**)

2c = Risti 2 (**2 of clubs**)

Kh = Herttakuningas (**King of hearts**)

2s= Pata 2 (**2 of spades**)

S1 = Yksinkertainen panos (**Stake 1**)

C05 = Pelimerkkien määrä (**Coins x 5**)

**Alarivi:**

D = Jaa käsi (**Deal**)

S = Muuta panosta (Change **Stake**)

C = Lisää pelimerkki (Insert **Coin**)

|| = Erotenmerkki

## 6.7 Voiton jälkeen, kun tuplauspainiketta on painettu

	X	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Y		W	I	N	:	2	?	?					S	1	C	0	3	
0													S		B		C	
1																		

**Ylärivi:**

?? = Arvattavan tuplauskortin symboli

S1 = Yksinkertainen panos (**Stake 1**)

C03 = Pelimerkkien määrä (**Coins x 3**)

**Alarivi:**

WIN:2 = 2 pelimerkkiä voitettu

S = Pieni, A-6 (**Small**)

B = Suuri, 8-K (**Big**)

C = Lisää pelimerkki (Insert **Coin**)

|| = Erotenmerkki

## 6.8 Voitollisen tuplauksen jälkeen

	X	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Y																	
0																	
1	W	I	N	:	4								D		P		C

**Yläri:**

5d = Arvattavan tuplauskortti, ruutu 5 (**5 of diamonds**)

S1 = Yksinkertainen panos (**Stake 1**)

C03 = Pelimerkkien määrä (**Coins x 3**)

**Alarivi:**

WIN:4 = 4 pelimerkkiä voitettu

D = Tuplaus (**Double**)

P = Voitonmaksu (**Pay**)

C = Lisää pelimerkki (**Insert Coin**)

|| = Erotnmerkki

## 6.9 Hävityn tuplauksen jälkeen

	X	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Y																	
0																	
1											D		S		C		

**Yläri:**

5d = Arvattavan tuplauskortti, ruutu 5 (**5 of diamonds**)

S1 = Yksinkertainen panos (**Stake 1**)

C03 = Pelimerkkien määrä (**Coins x 3**)

**Alarivi:**

D = Jaa käsi (**Deal**)

S = Muuta panosta (**Change Stake**)

C = Lisää pelimerkki (**Insert Coin**)

|| = Erotnmerkki

## LÄHTEET

Tandy, Steve. 14.3.2008. Re: Random number generator. Keskustelupalsta. <http://www.matrixmultimedia.com/mmforums/viewtopic.php?f=5&t=4549&p=8006#p8041>. 23.2.2013 21.40.

JonnyW. 18.7.2011. Lottery Numbers Generator (Flowcode V4). Keskustelupalsta. <http://www.matrixmultimedia.com/mmforums/viewtopic.php?f=26&t=8025#p25937>. 23.2.2013 21.40.

Bouchier, Dominique. 11.10.2010. ECIO+LCDportA+Analoge+pull-up. Keskustelupalsta. <http://www.matrixmultimedia.com/mmforums/viewtopic.php?f=6&t=7880&p=21264#p21264>. 23.2.2013 21.40.

Microchip Technology Inc. 2009. PIC18F2455/2550/4455/4550 Data Sheet. <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39632e.pdf>. 23.2.2013 21.40.

## LIITTEET

**Liite 1** Kuva pokeripelikoneesta toiminnassa.

