



Màster universitari en **Formació del Professorat d'Educació Secundària
Obligatòria i Batxillerat, Formació Professional i Ensenyament d'Idiomes**

Treball de fi de màster

Títol: Elaboració de materials didàctics per a la unitat d'Electrònica Digital de 4rt d'ESO

Cognoms: Durán Díez

Nom: Pedro

Titulació: Màster en Formació del Professorat d'Educació Secundària Obligatòria i Batxillerat,
Formació Professional i Ensenyament d'Idiomes

Especialitat: Tecnologia

Director/a: Maica Sanz Gómez

Data de lectura: 26/06/2014



Índex

1.	Introducció.....	3
2.	Definició i context del problema.....	3
2.1.	Contextualització del centre.....	3
2.2.	Definició del problema	4
3.	Descripció de la solució.....	5
4.	Programació Unitat Didàctica – Electrònica Digital – Tecnologia 4rt ESO	6
5.	Programari utilitzat.....	7
5.1.	Moodle.....	7
5.2.	JClic.....	8
5.3.	Conversors binari-digital i digital-binari	9
5.4.	Joc Cisco Binary Game	10
5.5.	Joc Grow The Robot.....	11
5.6.	Simuladors de circuits electrònics	12
5.7.	Simplificadors de funcions lògiques.....	12
6.	Material didàctic realitzat	14
6.1.	Presentació Electrònica Digital	14
6.2.	Activitat de reforç JClic: Portes lògiques.....	18
6.2.1.	Activitats d'associació de símbol amb nomenclatura	18
6.2.2.	Activitats per completar taules de veritat	19
6.3.	Exercicis Electrònica Digital a PDI.....	21
6.4.	Exercici circuit digital: Sistema d'alarma d'un cotxe	23
6.5.	Exercici circuit digital: Jurat Tú Sí Que Vales	26
6.6.	Prova Final	29
7.	Resultats	30
8.	Conclusions.....	32
9.	Bibliografia i referències	33

1. Introducció

La motivació d'aquest treball final de màster parteix d'una mancança observada al centre on realitzo el Pràcticum de material didàctic digital per la unitat didàctica d'electrònica digital de Tecnologia 4rt d'ESO.

Atès a que per programació, aquesta UD es realitza a final de curs, alguns anys no la realitzen o la realitzen de manera molt ràpida sense aprofundir. Actualment s'imparteix aquesta unitat didàctica d'electrònica digital del 4rt curs d'ESO de Tecnologia utilitzant el llibre de text digital com a referència, infrautilitzant els recursos disponibles per part del centre com són la Pissarra Digital Interactiva (PDI) i els portàtils de l'alumnat. La motivació d'aquest projecte és suplir la mancança de materials didàctics adaptats a una aula amb PDI i un portàtil per alumne.

L'objectiu principal és l'elaboració de materials didàctics utilitzant recursos digitals i disseny d'exercicis basats en situacions reals, utilitzant la informàtica com a mitjà per al disseny i simulació de circuits digitals.

2. Definició i context del problema

2.1. Contextualització del centre

El centre on realitzo el Pràcticum està situat a l'àrea metropolitana de Barcelona. El centre disposa de 8 grups d'ESO i 2 grups de batxillerat (Científic-Tecnològic i Ciències Socials). Amb un nombre total de 291 alumnes, dels quals és de destacar, a l'ESO: el 20,96 % de l'alumnat és de necessitats educatives especials (NEE), 45 alumnes pateixen una situació socioeconòmica desfavorida, 16 alumnes tenen dictamen de l'Equip d'Assessorament i Orientació Psicopedagògica (EAP), amb 1 cas de trastorn greu, el 5,84 % de l'alumnat és de nova incorporació al sistema educatiu i un 11,68 % de l'alumnat és d'ètnia gitana. El 60% de l'alumnat són immigrants. (Projecte Educatiu del Centre, 2014)

Des del primer moment que vaig accedir a les classes em va sorprendre moltíssim la forta implantació de les noves tecnologies al centre. Tots els alumnes disposen d'un portàtil de la seva propietat. El centre selecciona un netbook tipus i realitza un acord amb una empresa per vendre aquest portàtil. D'aquesta manera, s'aconsegueix homogeneïtzar el màxim possible els dispositius que utilitzen els alumnes, a més de servir com a ajuda per als pares/mares que dubtin sobre el portàtil que han de comprar als seus fills.

Degut al baix nivell econòmic de les famílies dels alumnes que assisteixen al centre, hi han alumnes que no disposen de portàtil perquè el tenen espatllat i no poden comprar un altre de nou, o alumnes que porten tablets perquè són més econòmics, però que no serveixen per poder realitzar un seguiment del total de les classes degut a que no poden instal·lar el programari corresponent. Això passa a l'aula taller gran on no hi ha ordinadors disponibles. A l'aula de tecnologia petita que tenen a l'institut sí que disposen d'ordinadors.

Els alumnes han de portar de casa el portàtil carregat per a les classes de primera hora. No els permeten utilitzar els endolls de l'aula taller per carregar els seus portàtils i, per tant, si un alumne no té carregat el seu portàtil ha de treballar amb un altre company. Durant els patis, educació física i altres assignatures que no utilitzin el portàtil, l'han de deixar a la seva taquilla carregant.

En quant el material docent, l'institut fa servir diferents recursos: llibres digitals (Edicions Galera), webs especialitzades amb contingut, animacions i tests (Tecno12-18) i material confeccionat pels

professors (que el penjen al Moodle). Em va sorprendre positivament que els alumnes estan molt habituats a treballar amb l'ordinador i amb el Moodle.

Els docents fan un ús correcte de la PDI i no només la utilitzen per projectar documents o presentacions. Poques vegades he vist la típica presentació en PowerPoint, i s'utilitzen els recursos que crec que són més útils i que posa al nostre abast la PDI: congelació de pantalles, escriptura i dibuix al damunt d'apunts (amb diferents colors), animacions interactives... A més, algunes vegades els alumnes surten a la PDI per realitzar petites activitats i els agrada moltíssim.

En quant els treballs que entreguen, s'intenta que durant els primers cursos d'ESO els alumnes vagin fent dossiers en paper per a que s'acostumin a l'escriptura. A final de l'ESO ja es realitzen tots els treballs i entregues en digital. En quant els exàmens, realitzen tant exàmens escrits com en digital (de preguntes llargues o bé tipus test).

2.2. Definició del problema

Encara que el centre té tots els recursos tecnològics, per programació la unitat didàctica (UD) d'electrònica digital es realitza al finalitzar el curs. Degut a les dificultats d'aprenentatge que es troben els docents amb l'alumnat, el ritme de seguiment de la programació és lent i molts anys no arriben a donar tot el havien programat.

En aquest curs de Tecnologia de 4rt d'ESO hi assisteixen actualment 11 alumnes, i segueixen principalment el llibre de text digital d'Edicions La Galera, que té les següents unitats didàctiques:

- UD1. L'habitatge
- UD2. Estructura de l'habitatge
- UD3. Les instal·lacions d'un habitatge
- UD4. Electrònica
- UD5. Pneumàtica i hidràulica
- UD6. Les màquines eina
- UD7. Automàtica i robòtica
- UD8. Simuladors informàtics

Al començament del 3r trimestre acaben de finalitzar la UD3 de les instal·lacions d'un habitatge i comencen amb la realització d'un projecte a l'aula taller que consisteix en la realització d'una maqueta d'un habitatge amb tota la seva instal·lació elèctrica (integrant part de la UD d'electrònica analògica).

Dels 10 temes inclosos a la UD4 d'electrònica del llibre digital, només fan referència a electrònica digital els 3 últims, on realitzen una introducció molt bàsica a l'electrònica digital:

- Tema 8. Electrònica digital i àlgebra de Boole
- Tema 9. Funció lògica i circuit lògic
- Tema 10. Circuits digitals

Les explicacions incloses en aquests temes són molt curtes, sense aprofundir. A més, no s'inclou un apartat dedicat a la conversió de problemes reals en circuits lògics i a la seva implementació amb software simulador de circuits.

Aprofitant tots els recursos disponibles a l'aula (PDI, portàtil per cada alumne) es proposa la realització de material didàctic per aquesta UD, considerant que els alumnes presenten una deficiència en la competència matemàtica, fet que feia més difícil la realització i comprensió d'alguns exercicis. Per aquest motiu, el meu tutor em va recomanar evitar continguts i exercicis amb operacions matemàtiques i vam decidir suplir aquest dèficit amb la utilització de programes informàtics.

3. Descripció de la solució

La solució plantejada comença per realitzar una programació de la unitat didàctica on s'utilitzi sobretot el portàtil que disposa l'alumnat i la PDI per realitzar explicacions i tutorials.

Es presentarà a l'alumnat un Moodle per fer el seguiment de la UD i lliurament de les tasques. L'explicació de la UD es realitzarà amb exemples i utilitzant software sempre que sigui possible, ja sigui per explicacions teòriques (utilitzant el simulador de circuits Crocodile Clips, Karnaugh Map Minimizer), com per la realització d'activitats (joc Binary Game de Cisco, JClic realitzat a aquest TFM).

El material que he preparat per a la meua intervenció és el següent (adjuntat als annexes):

- **Programació de la UD. Avaluació i rúbriques (material a l'annex 1)**
- **Creació de la UD en el Moodle de l'institut (Moodle a l'annex 2)**
- **Contingut teòric de la UD (material a l'annex 3)**
PowerPoint. Estan intercalades transparències amb circuits que els alumnes han de replicar en el simulador de circuits digitals que s'instal·len cadascú al seu portàtil.
- **Exercicis Electrònica Digital (material a l'annex 4)**
PowerPoint. 13 exercicis ja preparats per a que surtin els alumnes a la PDI i vagin resolent l'exercici, amb la posterior avaluació segons una rúbrica. Les transparències ja estan preparades amb un àrea en blanc per a que els alumnes puguin posar el resultat directament.
- **Exercici del disseny del circuit digital d'una alarma d'un cotxe (material a l'annex 5)**
PowerPoint. És un exemple explicat pas a pas, introduint nous conceptes i programari.
- **Exercici Jurat 'Tú Sí Que Vales' (material a l'annex 6)**
PowerPoint. Exercici que consisteix en el sistema de votacions simplificat del programa 'Tú Sí Que Vales'.
- **Fitxers de referència per al professorat de tots els circuits que estan a les explicacions de la UD i als exercicis (material inclòs al Moodle)**
- **Creació d'una activitat JClic de reforç per practicar les portes lògiques (material a l'annex 7)**
- **Prova Final i solucionari (material a l'annex 8 i 9)**

4. Programació Unitat Didàctica – Electrònica Digital – Tecnologia 4rt ESO

Inicialment vaig planificar una programació didàctica atenent a les dificultats en la competència matemàtica i al que havia previst que trigaria per realitzar cada part. Però al realitzar la meua intervenció al Pràcticum vaig haver d'anar canviant lleugerament la programació introduint novetats i modificant diferents apartats:

1. Encara que inicialment estava planificat no realitzar una explicació del funcionament del sistema binari i la seva conversió en decimal, vaig haver d'introduir-lo amb una adaptació per tal de que les taules de veritat tinguin sentit i estiguin ordenades.
2. S'han introduït diferents resums de situació per tal d'obtenir feedback de l'alumnat. És important saber si els alumnes estan entenent les teves explicacions i saber on tenen més dificultats per poder actuar.

La programació didàctica està inclosa a l'annex 1. Les adaptacions d'atenció a la diversitat realitzades (tant per l'alumnat que no arriba a un nivell mínim com per l'alumnat que van més avançats) estan marcades en color verd i les diferents avaluacions en color groc. Per poder avaluar a l'alumnat en els diferents lliuraments i els exercicis que es realitzen a la PDI, s'utilitzen les rúbriques incloses a l'annex 1.

El diferent material preparat té els següents objectius:

- Moodle: ens permet tenir una visió estructurada de la programació de la UD: continguts, activitats d'ampliació, de reforç i d'avaluació. L'estructuració està més detallada a l'apartat 5.1. Programari utilitzat – Moodle i a l'annex 2 està inclòs el Moodle complet implantat a l'institut.
- Presentació Electrònica Digital: inclou el contingut teòric pràctic de les 3 primeres sessions, consistent en una introducció, explicació del concepte de taula de veritat, de les portes lògiques (els diferents tipus amb exemples d'aplicacions), un últim punt referent a la conversió de tota la part teòrica a la real (circuit integrats digitals comercials) i un resum final.
- Exercicis Electrònica Digital: permet aprofundir en el funcionament de les portes lògiques, les taules de veritat, l'anàlisi del funcionament de circuits que inclouen portes lògiques i la implementació d'una funció lògica utilitzant portes lògiques.
- Exercici del disseny del circuit digital d'una alarma d'un cotxe: pràctica guiada que ens permet realitzar el plantejament digital de problemes tecnològics i la traducció dels problemes tecnològics al llenguatge de la lògica digital. Els alumnes aprendran a utilitzar software per simplificar funcions lògiques amb el mètode de Karnaugh i a utilitzar un software de simulació de circuits elèctrics digitals per implementar la solució al problema.
- Exercici Jurat 'Tú Sí Que Vales': ens permetrà avaluar els coneixements adquirits per l'alumnat en la realització de l'exercici del disseny del circuit digital d'una alarma d'un cotxe.
- Creació d'una activitat JClic de reforç per practicar les portes lògiques: amb aquesta activitat JClic els alumnes poden practicar la identificació de les diferents portes lògiques (símbols i noms) i les seves taules de veritat.
- Prova Final i solucionari: ens permet realitzar una última avaluació a l'alumnat d'alguns criteris d'avaluació que anteriorment ja s'havien avaluat en les diferents activitats.

5. Programari utilitzat

5.1. Moodle



Moodle (acrònim de Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment) és un programari de codi lliure per crear entorns virtuals d'ensenyament i aprenentatge.

Les seves principals característiques són:

- Les classes estan disponibles en línia.
- Disposa d'una interfície senzilla, lleugera, intuïtiva i personalitzable amb temes.
- És instal·lable en qualsevol plataforma que suporti PHP (és necessària una base de dades).
- Inclou diversos mòduls per a implementar tallers, fòrums, consultes, xats, etc.
- Està traduït a molts idiomes, entre ells el català, castellà i anglès.
- Es poden configurar diferents cursos i existeix la possibilitat d'entrar-hi com a usuari convidat, amb contrasenya o bé alumnes matriculats.

(Moodle - Viquipèdia, l'enciclopèdia lliure, 2014)

El centre disposa de Moodle gràcies al projecte Àgora, que és un projecte del Departament d'Ensenyament de la Generalitat de Catalunya que ofereix als centres els serveis Moodle i IntraWeb. (XTEC - Àgora - Què és Àgora?, 2014)

The screenshot shows a Moodle course page for 'Tecnologia 4t ESO'. The page header includes the XTEC logo and the text 'Heu entrat com Practicum UPC (Sortida)'. The course title 'Tecnologia 4t ESO' is prominently displayed. The main content area features a banner with the text 'Un món en constant canvi' and a box containing a list of documents: 'Fòrum de notícies', 'Documents generals', 'Sabies que...', and 'La Galera Text - Tecnologia'. Below this is a 'box' section titled 'LLibre Tecnologia 4t ESO' which displays a grid of PDF documents for 'Tema 1 - De...', 'Tema 10 - Si...', 'Tema 2 - La...', 'Tema 3 - Inst...', 'Tema 4 - Dis...', and 'Tema 5 - Ele...'. The left sidebar contains navigation links such as 'Missatges', 'Navegació', and 'Links'. The right sidebar includes a calendar for April 2014 and a video player.

Al Moodle de l'institut, he afegit tot el contingut de la UD com a un nou tema. En el moment d'iniciar la UD no hi ha res visible per l'alumnat i a mesura que es va realitzant la UD, es van activant la visibilitat del diferent contingut del Moodle per l'alumnat.

El Moodle generat s'ha estructurat de la següent manera:

- Presentació Electrònica Digital
- Vídeos finals de la presentació
- Exercicis d'Electrònica Digital per realitzar a la PDI
- Sistemes de numeració:
 - Activitat de reforç Conversor online binari / decimal / hexadecimal
 - Activitat d'ampliació Joc binari decimal Cisco Binary Game
- Portes lògiques
 - Activitat de reforç JClic
 - Activitat d'ampliació Joc Portes Lògiques Grow The Robot
 - Circuits equivalents implementats en Crocodile pel professorat
 - Diferents lliuraments del circuits equivalents de les portes lògiques
- Circuits digitals
 - Presentació Exercici Sistema Alarma d'un Cotxe
 - Presentació Exercici Jurat Tú Sí Que Vales
 - Circuits dels exercicis implementats en Crocodile pel professorat
 - Lliuraments dels exercicis
- Prova Final
 - Enunciat i solucionari de la prova final
- Programari a utilitzar:
 - Simulador de circuits digitals Crocodile Clips 3.5
 - Software de simplificació de funcions lògiques Karnaugh Map Minimizer

La implementació del Moodle a l'institut està inclosa a l'annex 2.

5.2. JClic



El JClic és un entorn per a la creació, realització i avaluació d'activitats educatives multimèdia, desenvolupat en la plataforma Java. És una aplicació de programari lliure que funciona en diferents sistemes operatius: Linux, Mac OS X, Windows i Solaris. (XTEC - zonaClic - Què és el Jclic?, 2014). El grup d'investigació SUSHITOS del UPC Barcelona Tech ha creat el projecte droidclic (<https://code.google.com/p/droidclic/>), que estan adaptant el programari JClic a la plataforma Android.

Amb el JClic es poden realitzar diversos tipus d'activitats educatives: trencaclosques, associacions, exercicis de text, mots encreuats...

Les activitats s'acostumen a presentar empaquetades en projectes. Un projecte està format per un conjunt d'activitats i una o més seqüències, que indiquen l'ordre en què s'han de mostrar les activitats.

Per a crear aquestes activitats, des de la mateixa web oficial del JClic disposem de l'aplicatiu JClic Author i per reportar les dades dels estudiants disposem de l'aplicatiu JClic Reports.

JClic Reports



Aquest mòdul permet gestionar una base de dades on es recullen els resultats obtinguts pels alumnes en realitzar les activitats dels projectes JClic. El programa treballa en xarxa i ofereix també la possibilitat de generar informes estadístics dels resultats. (XTEC - zonaClic - Descàrrega i instal·lació del JClic, 2014)

En aquest TFM no s'ha implementat el mòdul JClic Reports a l'institut. Seria una possible millora futura.

JClic author



Aquesta eina permet crear i modificar projectes JClic, en un entorn visual molt intuïtiu. També ofereix la possibilitat de publicació de les activitats dins d'una pàgina web o la creació d'instal·ladors de projectes. (XTEC - zonaClic - Descàrrega i instal·lació del JClic, 2014). Aquesta ha estat l'eina utilitzada per generar l'activitat JClic de reforç.

5.3. Conversors binari-digital i digital-binari

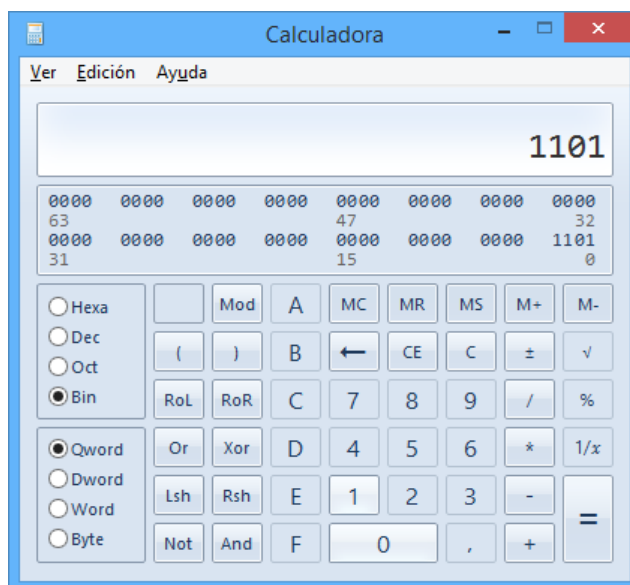
Com a activitat de reforç, podem utilitzar aquestes dues opcions per conèixer els sistemes de numeració decimal i binari:

- **Conversors online:** existeixen moltes pàgines web amb diferents conversors, com pot ser la web: <http://www.disfrutalasmaticas.com/numeros/binario-decimal-hexadecimal-conversor.html> (Conversor binario/decimal/hexadecimal, 2014)

Binary:	1101
Decimal:	13
Hexadecimal:	D

MathsIsFun.com

- **Conversor amb la calculadora del sistema operatiu:** tant Windows com Linkat disposen de calculadores en el programari bàsic del sistema operatiu. En el cas de Windows, canviant la calculadora del format estàndard al format programador, podrem realitzar conversions entre números decimals, binaris, octals i hexadecimals.



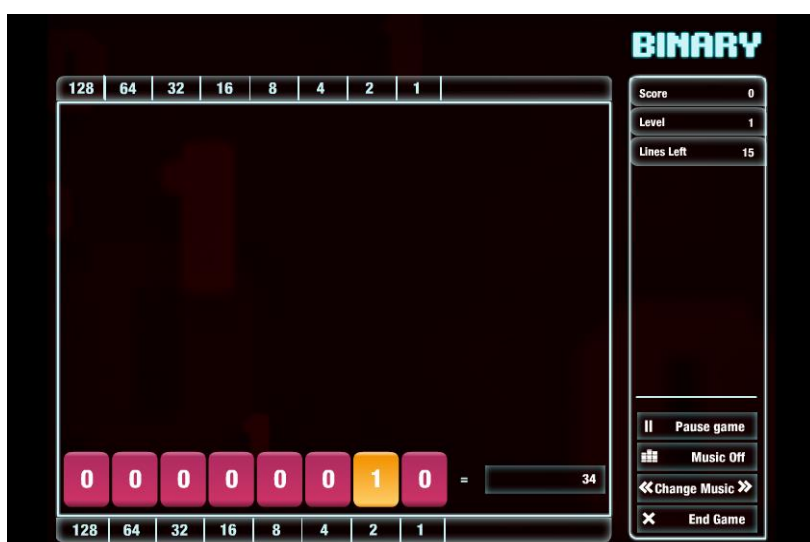
5.4. Joc Cisco Binary Game

Amb aquest joc, realitzat per Cisco i implementat en Flash (adreça web: http://forums.cisco.com/CertCom/game/binary_game.swf) (Cisco Binary Game, 2014), l'alumnat pot practicar els seus coneixements del codi binari així com millorar la seva habilitat de càlcul d'una manera senzilla. El joc funciona de la mateixa manera que el joc Tetris: s'ha d'anar completant les diferents files per tal de poder anar augmentant el nivell i aconseguint punts. Si es triga molt en contestar, se'n van acumulant les files fins que tota la pantalla ja està plena de files i no caben més.

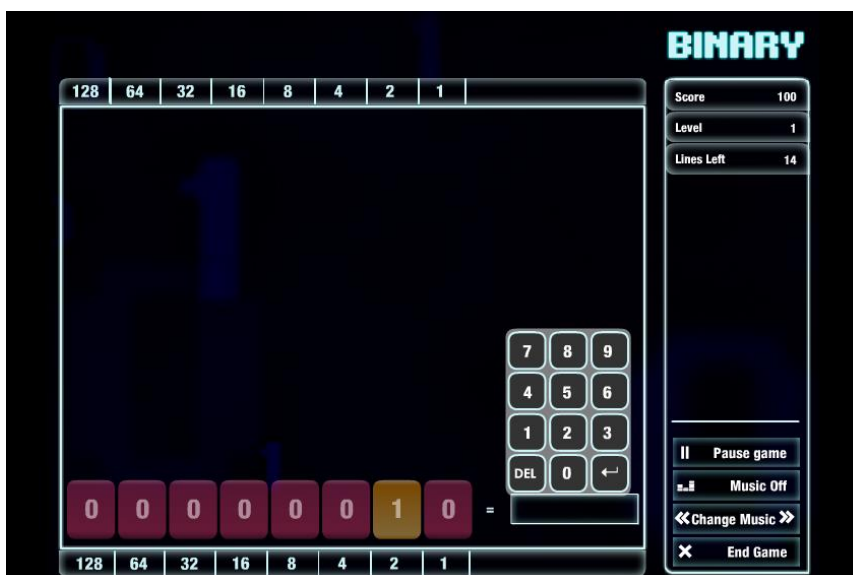
És una activitat d'ampliació que serveix per ampliar i posar a prova els coneixements referents a la conversió de números binari-decimal.

Existeixen 2 tipus d'operacions al joc:

1. Es presenta una fila de 8 bits i s'han d'anar encenent o apagant per tal d'aconseguir el número decimal que se'ns indica:



2. Es presenta una fila de 8 bits i s'ha de calcular la seva conversió en decimal. Apareix un teclat numèric per tal d'introduir el número resultant:



Per tal d'avaluar a l'alumnat, un cop tancada l'activitat es farà una classificació amb els resultats amb la següent assignació de punts:

Millor puntuació: 15 punts
2n classificat: 10 punts
3r classificat: 8 punts
4rt classificat: 6 punts
5è classificat: 5 punts

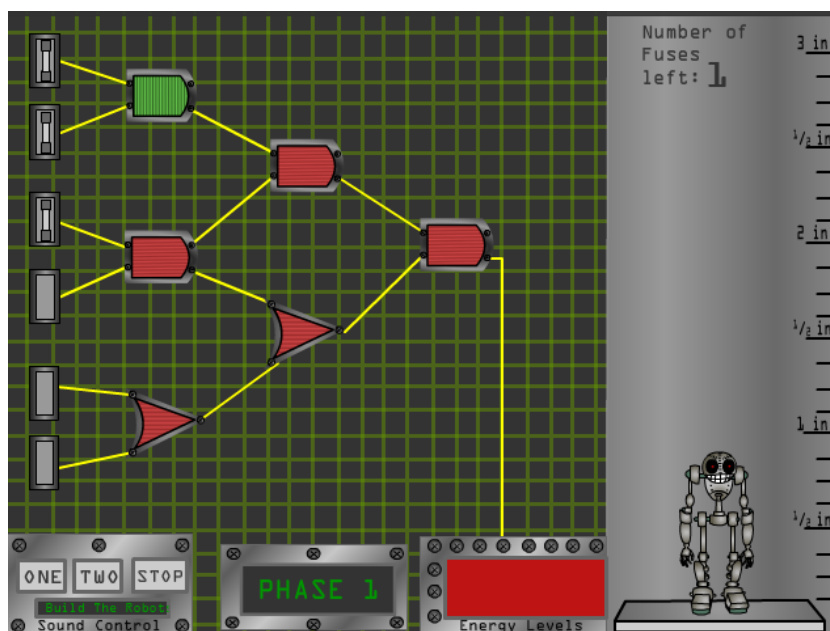
Per la resta dos punts si se superen els 8.000 punts de joc.

5.5. Joc Grow The Robot

Amb aquest joc, realitzat en Flash i disponible al següent enllaç web (<http://jayisgames.com/cqdc2/?puzzleID=10>) (JayisGames - Grow The Robot by Starkraven Madz, 2014), es pot practicar el funcionament de les portes lògiques AND i OR.

Disposem d'un número limitat de fusibles que s'han d'anar col·locant a les entrades de les portes lògiques per tal d'aconseguir que li arribi energia al robot i que "creixi". Degut a que existeix un número limitat de fusibles, no totes les solucions possibles són exitoses.

Quan s'aconsegueix, el nivell augmenta, però malauradament no està realitzat per anar augmentant d'una manera progressiva i quan s'arriba al nivell 4 ja és molt complicat. Per tant, aquesta activitat és difícil de valorar.



5.6. Simuladors de circuits electrònics

A la UD s'han de realitzar diferents simulacions amb un programari informàtic. Al centre on realitzo el Practicum disposen d'una llicència del programari Crocodile Clips 3.5, i l'aprofitarem per tal de realitzar la part pràctica d'aquesta UD.

Actualment la versió 3.5 de Crocodile Clips està desactualitzada i no té suport per part del fabricant actual que és Yenka. Yenka comercialitza actualment el programari Yenka Technology, que permet dissenyar i provar circuits analògics i digitals, convertir-los en plaques PCB, i programar microcontroladors PIC o PICAXE. El preu d'una llicència per a un professor i 40 estudiants és de £180. (Yenka Technology, 2014)

Existeixen altres programaris lliures que es poden utilitzar com a alternativa, com poden ser els següents:

- **CEDAR Logic Simulator** (<http://sourceforge.net/projects/cedarlogic/>). Software educatiu per al sistema operatiu Windows amb llicència BSD per al disseny i simulació de circuits digitals simples. (CEDAR Logic Simulator, 2014)
- **Logisim** (<http://ozark.hendrix.edu/~burch/logisim/>). Software educatiu multiplataforma amb llicència GPL per al disseny i simulació de circuits lògics digitals. El seu programador està treballant en un altre programari amb més possibilitats (Torves). (Logisim, 2014)

També existeixen variants més simples de programari online sense la necessitat d'instal·lació en un ordinador:

- **logic.ly** (<http://logic.ly/>): la seva versió de prova per a navegadors ens deixa dissenyar i simular circuits digitals simples, però no podem desar el nostre projecte. (Logic.ly - A logic circuit simulator, 2014)

5.7. Simplificadors de funcions lògiques

Existeixen diferents mètodes per a la simplificació de funcions lògiques:

- Mitjançant l'Àlgebra de Boole: aquest mètode implica l'explicació de la base matemàtica referent a l'àlgebra de Boole. Degut a les dificultats en competència matemàtica de l'alumnat, s'ha optat per no explicar-ho.
- Mitjançant el mapa de Karnaugh: aquest mètode consisteix en una representació bidimensional de la taula de veritat per tal de realitzar agrupacions i aconseguir una funció minimitzada.

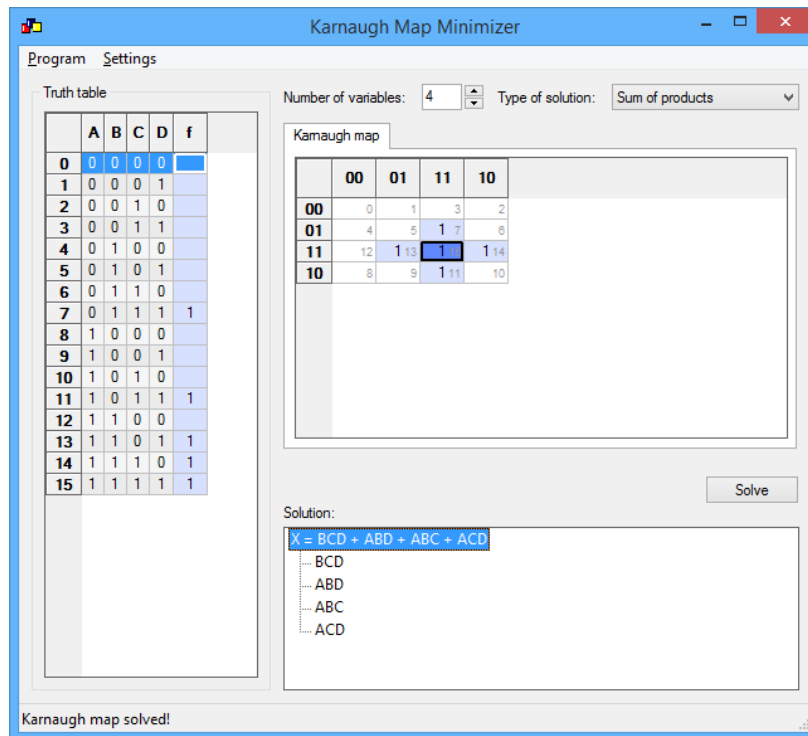
Encara que la realització del mètode de simplificació de Karnaugh no es molt complicat, conjuntament amb el tutor del centre hem decidit no explicar-ho, degut a que l'objectiu no és que els alumnes aprenguin a realitzar el mètode, sinó que siguin conscients de la importància de l'aportació de la informàtica al disseny de circuits digitals. Per això, s'utilitzaran eines software per tal de realitzar aquestes simplificacions.

Dues de les eines escollides per poder realitzar aquesta simplificació són les següents:

- Karnaugh Map Explorer 2.0: web que ens permet realitzar la simplificació per minterms de sistemes de 2 a 4 variables. (Karnaugh Map Explorer - Cal Poly Electrical Engineering Department, 2014)
Adreça web: http://www.ee.calpoly.edu/media/uploads/resources/KarnaughExplorer_1.html

- Karnaugh Map Minimizer 0.4: software gratuït i lliure per a la simplificació de funcions utilitzant mapes de Karnaugh. Ens permet realitzar la simplificació per minterms i maxterms. Existeixen binaris per a Windows i Linux. (Karnaugh Map Minimizer - Robert Kovačević, 2014)

Adreça web: <http://k-map.sourceforge.net/>



6. Material didàctic realitzat

6.1. Presentació Electrònica Digital

La presentació principal de la UD consisteix en un PowerPoint en el que s'ha adaptat el contingut al grup classe. Tota la presentació està inclosa a l'annex 3.

La presentació està realitzada en un format tipus fitxes per tal de que sigui el més senzill possible i segueix una mateixa estructura.

La presentació comença amb una imatge d'un cotxe i es realitza amb l'alumnat un brainstorming per tal d'identificar els diferents circuits digitals que poden existir en un cotxe. S'enllaça aquesta explicació amb l'electrònica digital.


A continuació, es realitza una introducció a les portes lògiques i a la taula de veritat.

INTRODUCCIÓ PORTES LÒGIQUES


Porta lògica
Dispositiu electrònic que genera un senyal digital al terminal de sortida a partir dels senyals digitals aplicats als terminals d'entrada.

Característiques

- Realitzen operacions lògiques bàsiques.
- La sortida depèn de les entrades seguint unes regles (**taula de veritat**)
- **Entrades:** 1 ó més. **Sortides:** només 1.
- Treballen en sistema binari (0: apagat/fals, 1: encès/veritat)
- 2 tipus de representacions:



Símbol ANSI porta AND
American National Standards Institute



Símbol IEC porta AND
International Electrotechnical Commission

Presentació Electrònica Digital - Pàgina 3: Introducció a les portes lògiques

L'explicació de les diferents portes lògiques segueix la següent estructura:

- **Presentació de la porta lògica**
 - S'utilitzen diferents colors per ressaltar conceptes importants.
 - El títol és verd si la porta lògica no realitza una inversió i en vermell si la porta lògica és la inversa.
 - A la taula de veritat de la porta lògica, es marquen amb verd les combinacions que determina el funcionament de la porta i en vermell les altres.
 - Encara que als objectius no es parla de l'Àlgebra de Boole, s'introdueix en aquestes fitxes l'operació lògica que realitza cadascuna de les portes.

PORTA LÒGICA AND

Porta lògica AND (I)

- **Funció:** la sortida s'activa quan s'activen totes les entrades
- Realitza l'operació de producte lògic (\cdot), és a dir, $S=A \cdot B$



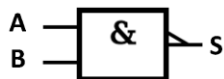
A	B	$S=A \cdot B$
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Presentació Electrònica Digital - Pàgina 7: Porta Lògica AND

PORTA LÒGICA NAND

Porta lògica NAND (NOT AND)

- **Funció:** la sortida s'activa sempre que no s'activen totes les entrades
- Realitza l'operació inversa del producte lògic, és a dir, $S=\overline{A \cdot B}$
- És una **porta universal** (es pot dissenyar un circuit només amb NAND)



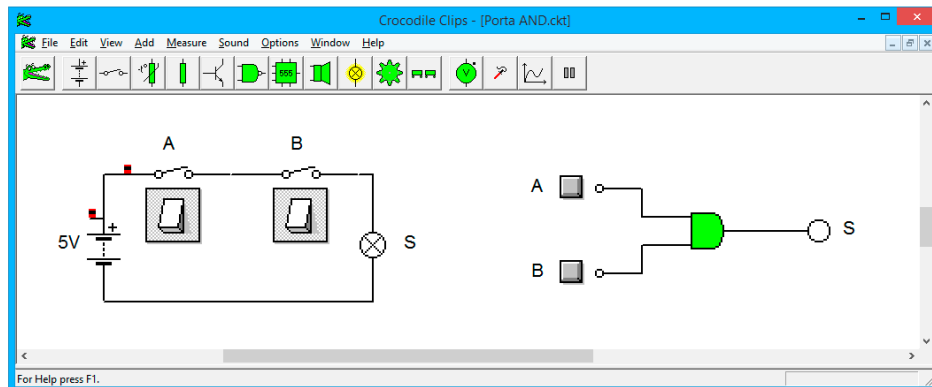
A	B	$S=\overline{A \cdot B}$
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Presentació Electrònica Digital - Pàgina 10: Porta Lògica NAND

- Circuit equivalent

- Es presenta el circuit equivalent del funcionament de la porta lògica.
- Es presenta la implementació de la porta lògica.

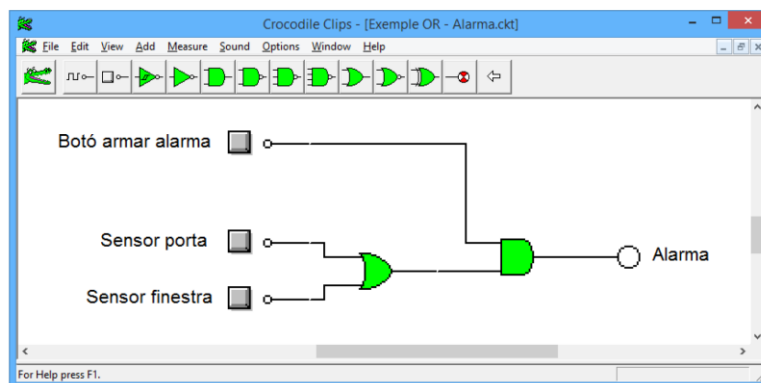
PORTA LÒGICA AND



Presentació Electrònica Digital - Pàgina 8: Circuit Equivalent Porta Lògica AND

- **Exemple d'utilització real de la porta lògica**
 - o Es comença amb un exemple senzill d'utilització real i el nivell de complexitat va augmentant amb el mateix exemple.

PORTA LÒGICA OR

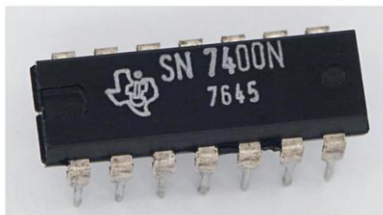
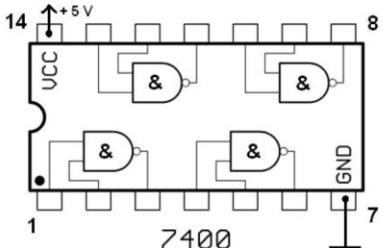


Presentació Electrònica Digital - Pàgina 14: Circuit Equivalent Porta Lògica AND

Per finalitzar la presentació, es presenta la implementació real d'aquestes portes lògiques i es realitza un resum final.








CIRCUITS INTEGRATS DIGITALS COMERCIALS

- El més habitual és utilitzar **circuits integrats especialitzats** com a portes lògiques.
- Tenen **una o més portes lògiques al seu interior**.
- Exemple: circuit integrat digital sèrie 7400 de Texas Instruments, que conté 4 portes NAND



Presentació Electrònica Digital - Pàgina 21: Circuits Integrats Digitals Comercials

RESUM PORTES LÒGIQUES

 AND	 NOT
 OR	 NAND
 XOR	 NOR
	 XNOR

Presentació Electrònica Digital - Pàgina 22: Resum Final de les Portes Lògiques

6.2. Activitat de reforç JClic: Portes lògiques

Aquest JClic consisteix en un conjunt d'onze activitats que tenen per objectiu reforçar la identificació i coneixement de les taules de veritat de les diferents portes lògiques.

Amb aquesta activitat JClic de reforç aconseguirem avaluar els següents criteris d'avaluació:

- Identificar la porta lògica segons el seu símbol ANSI i DIN.
- Conèixer les taules de veritat de les portes lògiques.

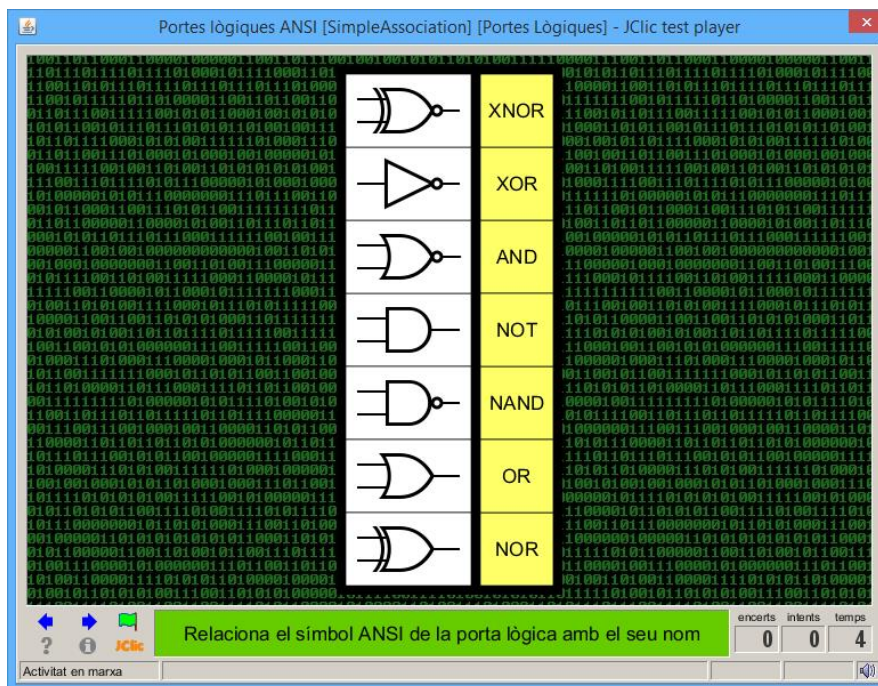
A l'annex 7 s'inclouen les onze activitats de l'activitat JClic.

6.2.1. Activitats d'associació de símbol amb nomenclatura

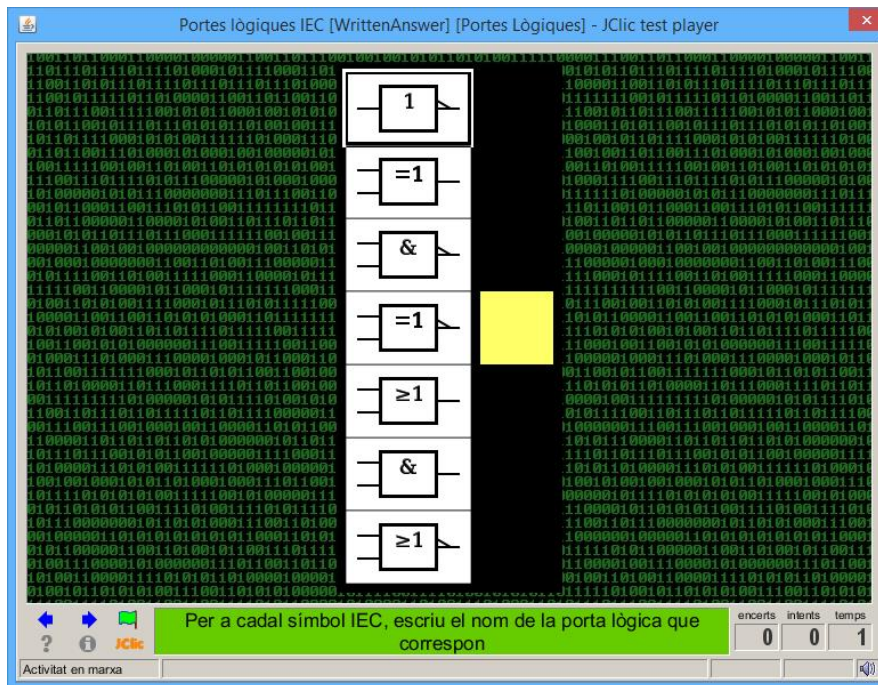
En les següents activitats es presenten diferents símbols de portes lògiques i l'alumne ha de relacionar-los amb la seva nomenclatura.

Existeixen 4 activitats, 2 per cadascuna de les simbologies utilitzades:

- Relacionar el símbol ANSI de la porta lògica amb el seu nom
- Relacionar el símbol DIN de la porta lògica amb el seu nom
- Escriure el nom de la porta lògica que correspon al símbol ANSI de la porta lògica mostrada
- Escriure el nom de la porta lògica que correspon al símbol DIN de la porta lògica mostrada



Activitat JClic – Exemple – Relacionar símbol ANSI amb porta lògica corresponent



Activitat JClíc – Exemple – Escriure el nom de la porta lògica corresponent al símbol DIN

6.2.2. Activitats per completar taules de veritat

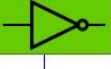
En les següents activitats es presenta una taula de veritat incompleta. L'alumne ha d'identificar el símbol ANSI de la porta lògica de la sortida i completar la taula.

Existeixen 7 activitats diferents, 1 per cadascuna de les portes lògiques explicades:

1. Taula de veritat de la Porta lògica NOT
2. Taula de veritat de la Porta lògica AND
3. Taula de veritat de la Porta lògica NAND
4. Taula de veritat de la Porta lògica OR
5. Taula de veritat de la Porta lògica NOR
6. Taula de veritat de la Porta lògica XOR
7. Taula de veritat de la Porta lògica XNOR

Taula Porta lògica 7 [FillInBlanks] [Portes Lògiques] - JClíc test player

A	
0	
1	



Completa la sortida de la taula de veritat per la porta lògica corresponent


encerts: 0 intents: 0 temps: 3

Activitat en marxa

Activitat JClíc – Exemple - Taula de veritat Porta lògica NOT

Taula Porta lògica 2 [FillInBlanks] [Portes Lògiques] - JClíc test player

A	B	
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	



Completa la sortida de la taula de veritat per la porta lògica corresponent

encerts: 0 intents: 0 temps: 1


Activitat en marxa

Activitat JClíc – Exemple - Taula de veritat Porta lògica NAND

Per obtenir l'avaluació d'aquesta activitat, es demanarà a l'alumnat que faci clic sobre la icona JClíc i enganxi en un document els resultats:

Quant a...

Quant a... Sistema Projecte Informes



Resultats de la sessió actual

Inici de sessió: 14/04/14 15:49:34
 Sistema d'informes: L'informe no s'està enregistrant en cap base de dades
 Seqüències: 3
 Activitats realitzades: 6
 Activitats correctes: 5 (83%)
 Puntuació global: 78%
 Temps total en activitats: 2'12"
 Accions fetes: 51

Seqüència	Activitat	Correcta	Accions	Puntuació	Temps	
Identificació Portes lògiques	Portes lògiques ANSI [SimpleAssociation]	Si	8	87%	18"	
	Portes lògiques IEC [SimpleAssociation]	Si	10	70%	26"	
	Portes lògiques ANSI [WrittenAnswer]	Si	8	87%	22"	
	Portes lògiques IEC [WrittenAnswer]	No	17	30%	49"	
Taula Portes lògiques	Taula Porta lògica 1 [FillInBlanks]	Si	4	100%	7"	
	Taula Porta lògica 2 [FillInBlanks]	Si	4	100%	8"	
Identificació Portes lògiques	Portes lògiques ANSI [SimpleAssociation]	Activitat encara no acabada				
Totals:		6	5 (83%)	51	78%	2'12"

Torna

6.3. Exercicis Electrònica Digital a PDI

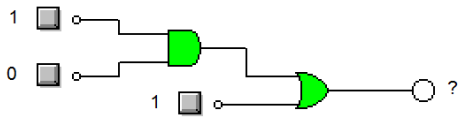
Aquest material consisteix en una presentació de PowerPoint amb exercicis per tal de que l'alumnat surti a la PDI i els realitzi. Els 13 exercicis estan inclosos a l'annex 4.

Es va guiant a l'alumnat del mètode resolució dels exercicis i a cada pàgina es deixa un espai en blanc per tal de que l'alumnat pugui escriure els resultats utilitzant la PDI.

Hi ha 2 tipus d'exercicis diferents:

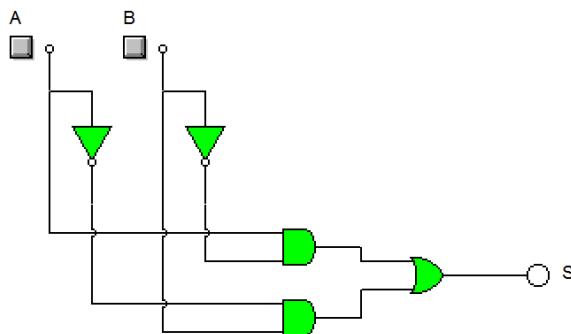
- Exercicis del 1 al 7: consisteixen en l'anàlisi d'un circuit proposat. L'alumnat haurà d'identificar les entrades, sortides i les diferents portes lògiques que s'estan utilitzant. Realitzarà la taula de veritat de cadascuna de les portes i identificarà quina és la situació que s'està produint.

EX1: COMPLETA ELS VALORS QUE FALTEN



Presentació Exercicis Electrònica Digital - Pàgina 1: Completa els valors que falten

EX7: TAULA DE VERITAT I PORTA EQUIVALENT



Presentació Exercicis Electrònica Digital - Pàgina 7: Taula de veritat i porta equivalent

- Exercicis del 8 al 13: consisteixen la implantació d'un circuit digital amb portes lògiques a partir d'una funció lògica. L'alumnat haurà d'identificar les operacions lògiques, associar cada operació amb la seva porta lògica i implementar el circuit.

EX13: DIBUIXA EL CIRCUIT

$$S=(A+\bar{B})\cdot(C+D)$$

Presentació Exercicis Electrònica Digital - Pàgina 13: Dibuixa el circuit

Per poder avaluar aquests exercicis, s'utilitzaran les rúbriques corresponents a l'apartat 3.1.Programació Unitat Didàctica – Electrònica Digital – Tecnologia 4rt ESO

6.4. Exercici circuit digital: Sistema d'alarma d'un cotxe

En aquest exercici s'anirà alternat entre una presentació de PowerPoint i la realització del mateix a la PDI i a la vegada l'alumnat amb els diferents programaris que es requereixen per cadascun dels passos. La presentació d'aquest exercici guiat està inclosa a l'annex 5.

El plantejament consisteix en la realització d'un circuit digital que implementi una alarma d'un cotxe, per tal de que si l'alarma està encesa i es detecta una obertura de portes, maleter o trencament dels vidres, l'alarma s'activa.

Es presenta l'exercici i s'explica el seu funcionament esperat amb aquestes dues diapositives:

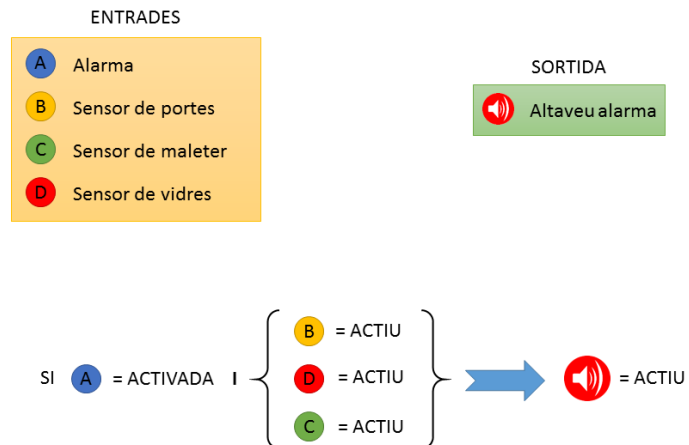
SISTEMA D'ALARMA D'UN COTXE



Imatge cotxe: RevistaCoche.com - SEAT Leon SC 2014
<http://revistacoche.blogspot.com.es/2013/02/nuevo-seat-leon-sc-2014.html>

Imatge altaveu: OpenClipArt

FUNCIONAMENT



A continuació, es construeix la taula de veritat manualment a la PDI amb la intervenció de l'alumnat. Es presenta el resultat un cop l'alumnat ha construït la taula de veritat:

TAULA DE VERITAT

ENTRADES		Alarma	Sensor de portes	Sensor de maleter	Sensor de vidres	Altaveu Alarma
A	Alarma	0	0	0	0	0
B	Sensor de portes	0	0	0	1	0
C	Sensor de maleter	0	0	1	0	0
D	Sensor de vidres	0	0	1	1	0
		0	1	0	0	0
		0	1	0	1	0
		0	1	1	0	0
		0	1	1	1	0
		1	0	0	0	0
		1	0	0	1	1
		1	0	1	0	1
		1	0	1	1	1
		1	1	0	0	1
		1	1	0	1	1
		1	1	1	0	1
		1	1	1	1	1

Amb la taula de veritat, s'utilitza a la PDI el programa Karnaugh Map Minimizer per simplificar la funció lògica. Es facilita aquest programari lliure a l'alumnat a través del Moodle i s'explica el seu funcionament.

En aquest punt es realitza una altra adaptació del contingut. No es realitza l'obtenció de la funció lògica utilitzant minterms o maxterms, sinó que s'utilitza un programari que al introduir la taula de veritat, ens calcula directament la funció simplificada segons el tipus de solució que s'escull (suma de productes o productes de sumes). Per tal de simplificar aquest punt, s'explica a l'alumnat que s'utilitzarà l'opció que ens doni com a resultat el mínim de portes necessàries per implementar el circuit.

Es presenta el resultat:

SIMPLIFICACIÓ FUNCIO LÒGICA

ENTRADES

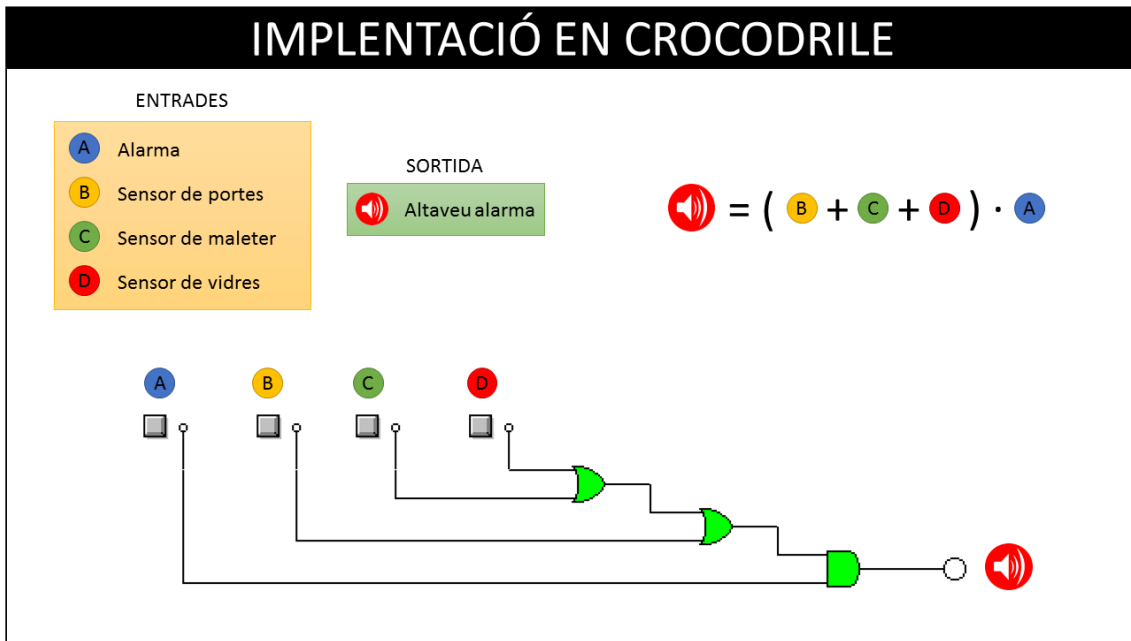
- A Alarma
- B Sensor de portes
- C Sensor de maleter
- D Sensor de vidres

SORTIDA

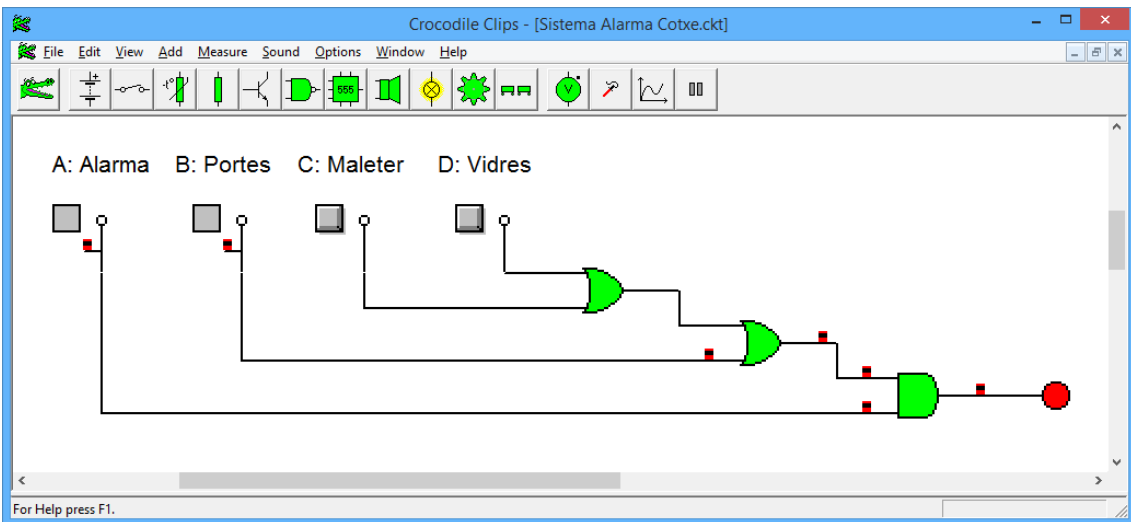
- ▶ Altaveu alarma

$$\text{▶} = (\text{●} + \text{●} + \text{●}) \cdot \text{●}$$

S'explica a la PDI mitjançant la utilització del simulador Crocodile la implementació del circuit. Es presenta el següent resultat per aclarir.



El circuit digital del sistema d'alarma d'un cotxe implementat a Crocodile Clips és el següent:



6.5. Exercici circuit digital: Jurat Tú Sí Que Vales

En aquest exercici s'anirà alternat entre una presentació de PowerPoint i la realització del mateix a la PDI i a la vegada l'alumnat amb els diferents programaris que es requereixen per cadascun dels passos. La presentació d'aquest exercici està inclosa a l'annex 6.

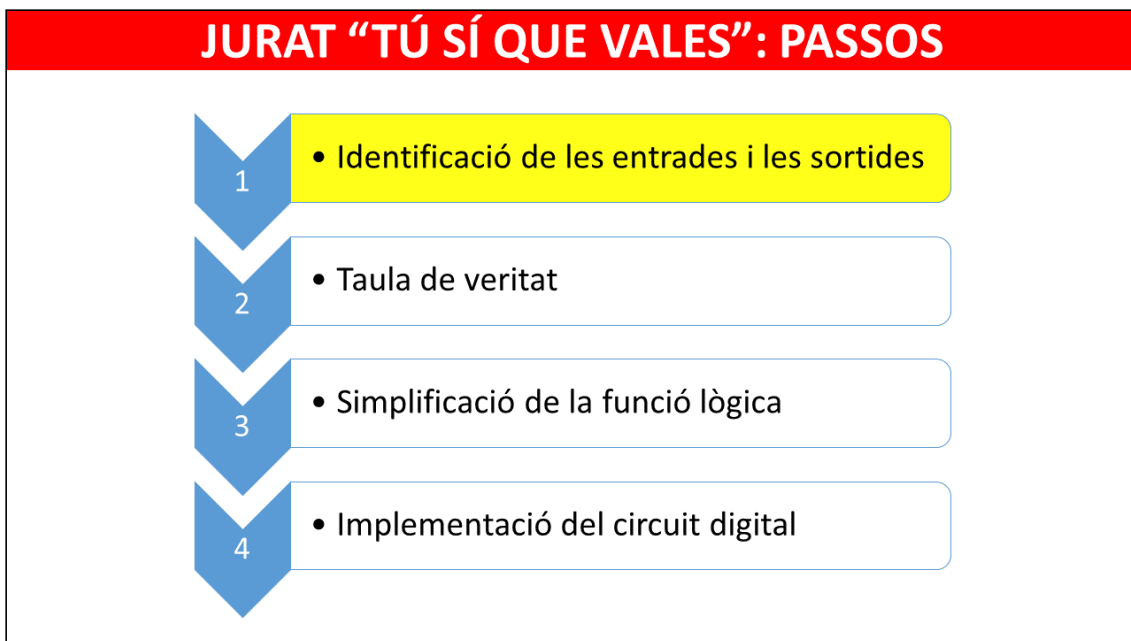
El plantejament consisteix en la realització d'un circuit digital que implementi el sistema de votacions del programa de televisió 'Tú Sí Que Vales', en aquest cas simplificat. Consistirà en 3 jurats que poden votar si el concursant passa a la següent fase, i passarà si voten de manera positiva 2 o 3 jurats.

Es presenta l'exercici i s'explica el seu funcionament amb la següent diapositiva:



Imatge: Telecinco - <http://www.telecinco.es/tusiquevales/>

Per tal de realitzar aquesta pràctica guiada, s'utilitzen diferents diapositives amb l'esquema següent per a que vegin en el pas que estem i el que han de realitzar:



L'alumnat anirà fent la pràctica fins al final i realitzarà el lliurament al Moodle.

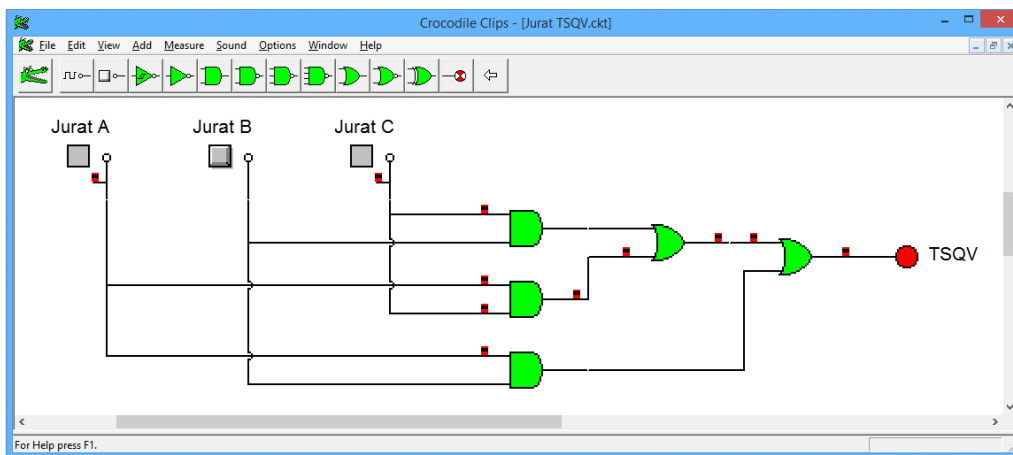
S'ha preparat el solucionari mitjançant diapositives per a que sigui més fàcil per a l'alumnat.

JURAT "TÚ SÍ QUE VALES": TAULA DE VERITAT

Jurat A	Jurat B	Jurat C	TSQV
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

Presentació Exercici Jurat Tú Sí Que Vales – Pàgina 5 – Taula de veritat

JURAT "TÚ SÍ QUE VALES": IMPLEMENTACIÓ



Presentació Exercici Jurat Tú Sí Que Vales – Pàgina 9 – Implementació

6.6. Prova Final

Encara que tota la realització de la UD es realitza en format digital, seguint els consells i l'experiència del meu tutor del Pràcticum a l'institut, vaig realitzar la prova final en format paper.

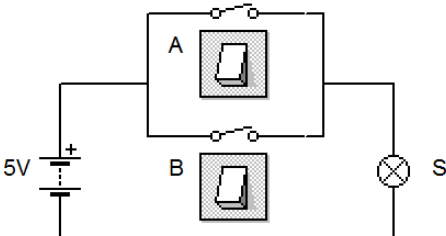
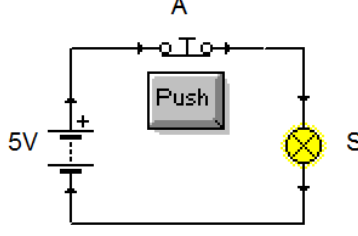
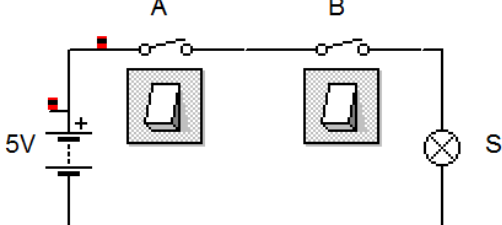
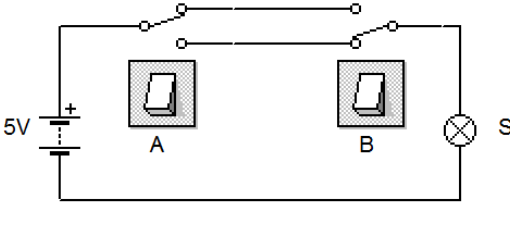
Realitzar la prova final en format digital pot tenir molts inconvenients:

1. Al tractar-se d'un centre Educat 2.0, cada alumne disposa del seu portàtil i per tant, poden haver-hi diferents problemes que dificultin la realització de la prova final:
 - a. Poca bateria del portàtil de l'alumnat.
 - b. Poca cobertura WiFi per poder descarregar o accedir a la prova final.
 - c. Altres problemes tècnics que puguin sorgir.
2. A més, cada alumne disposa en el seu portàtil de connexió al Moodle de l'institut o disposen d'accés en local a les presentacions realitzades durant la UD i, per tant, és difícil controlar que els alumnes no estiguin consultant els apunts.

El disseny de la prova final s'ha realitzat en format de caixes i l'alumnat ja disposa de l'espai necessari per poder contestar a cada pregunta. A la part dreta de l'enunciat, s'indica d'una manera ben visible la puntuació de cadascuna de les preguntes. Una vegada realitzada la correcció de la prova final, s'activa la visibilitat per a l'alumnat del solucionari de la prova final.

Exemple de diferents preguntes de la prova final (prova i solucionari inclosos als annexos 8 i 9):

1	Què és una porta lògica?	1 punt

4	A quina porta lògica corresponen els següents circuits equivalents?	1 punt
 <p style="text-align: center;">Porta lògica: _____</p>	 <p style="text-align: center;">(Nota: la bombeta està encesa)</p> <p style="text-align: center;">Porta lògica: _____</p>	
 <p style="text-align: center;">Porta lògica: _____</p>	 <p style="text-align: center;">Porta lògica: _____</p>	

7. Resultats

Els resultats obtinguts en l'aplicació de la programació i el material didàctic en una situació real al Pràcticum (classe Tecnologia 4rt ESO, 11 estudiants) han estat satisfactoris, perquè gran part de l'alumnat ha aconseguit els objectius plantejats inicialment a la UD.

Quan vaig iniciar la UD, no volia que la meua intervenció estigués afectada per l'etiquetatge que s'havia realitzat a l'alumnat per part del professorat. Vaig partir d'una situació inicial de 0, però tenint en compte les dificultats de cadascun dels alumnes i els seus punts forts.

Tot i així, a mesura que anava realitzant la UD, alguns dels alumnes em van sorprendre:

- L'alumne 1 està etiquetat com a alumne llest però molt gandul, i degut a això atenia molt poc a les classes. Va entendre els conceptes a la primera i al meu tutor i a mi ens va sorprendre a la pràctica d'ampliació final (d'una dificultat que mai pensava que pogués solucionar), realitzant-la de manera totalment correcta. Ens va deixar bocabadats.
- L'alumne 7 és considerat el més aplicat i el que més bones notes treu. Degut a que algun exercici no ho va solucionar correctament a la prova final, vaig parlar amb l'alumne i la raó que em donava era que el tema de la lògica no ho portava molt bé, que li costava molt entendre-ho.
- L'alumne 8 està etiquetat com un alumne gairebé de 'no recuperable', és a dir, un alumne que havien intentat de tot però no aconseguien canviar la seva tendència. Sí que es veritat que el primer dia que vaig donar la sessió inicial es va adormir, i tenir por de continuar progressant en les explicacions i que l'alumne no ho entengués. Però a mesura que va anar progressant la UD.
- L'alumne 9 és considerat el segon més aplicat de classe, i em va sorprendre la baixa puntuació que va obtenir (del que es podia esperar). L'explicació és que és un alumne que ho memoritza tot, però en temes de pensament lògic no ho porta tant bé (com l'alumne 7).
- L'alumne 10 no assisteix a totes les classes, i degut a que té una adaptació curricular, el conjunt del professorat en decidirà com realitzar la seva avaluació.

Vaig estar molt sorprès perquè anava amb molta cura de les explicacions que els hi donava i sobretot estava molt preocupat per que no ho entenguessin i finalment, vaig aconseguir el meu objectiu: que tothom aconseguís bona part dels objectius de la UD.

A través de diferents entrevistes amb el meu tutor del Pràcticum, vam analitzar la millora en els resultats d'alguns alumnes i em vam extreure diferents conclusions.

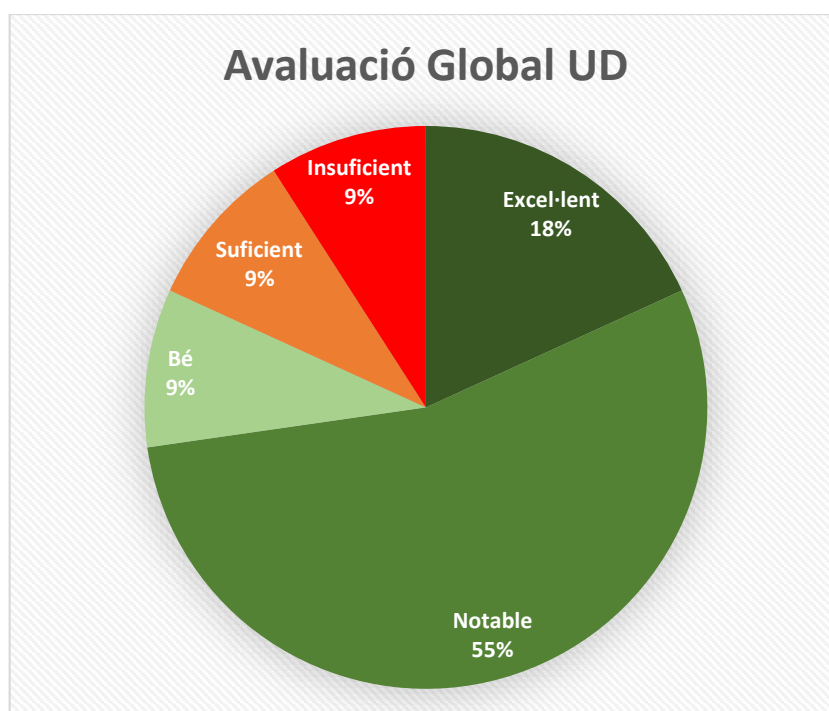
En primer lloc, els materials desenvolupats i aplicats en aquest TFM han resultat més atractius per als alumnes degut a la contextualització del material, la varietat i la interacció, fet que ens demostra que els materials desenvolupats han tingut un efecte directe en la millora dels resultats acadèmics.

En segon lloc, es tracta d'una unitat d'aprenentatge més significatiu, en la que no cal memoritzar molt i la lògica juga un paper molt important i, per tant, si l'alumnat ho entén, millora el seu resultat. De manera que, l'objectiu dels materials treballats ha estat aprofitar la capacitat lògica dels alumnes i ajudar-los a aprendre a través de diferents exercicis més propers a la seva realitat i als seus interessos.

Finalment, també vam considerar la possibilitat de que un canvi en el professorat tingués un cert impacte en l'alumnat, donant-se a ells mateixos l'oportunitat de començar de zero amb un nou professor i una dinàmica diferent.

L'avaluació global de la UD impartida és la següent:

Alumne	Puntuació Global UD	Avaluació Global UD
Alumne 1	9,10	Excel·lent
Alumne 2	7,79	Notable
Alumne 3	6,34	Bé
Alumne 4	8,38	Notable
Alumne 5	5,88	Suficient
Alumne 6	7,94	Notable
Alumne 7	7,78	Notable
Alumne 8	9,02	Excel·lent
Alumne 9	7,20	Notable
Alumne 10	4,74	Insuficient
Alumne 11	7,82	Notable



8. Conclusions

Realitzar material didàctic és molt més complicat del que havia pensat inicialment, i més quan s'ha de realitzar una adaptació d'aquest material per a alumnes amb dificultats d'aprenentatge en alguna de les competències bàsiques, com és el cas de la competència matemàtica.

Seleccionar el contingut, què expliques i què no expliques, com ho expliques i en quin ordre té la seva dificultat, però quan s'ha de realitzar una adaptació et trobes amb dificultats no previstes que et suposen un repte personal. Avui dia en trobes moltíssima informació a diferents llocs, com per exemple a biblioteques i a Internet, i aquesta informació està contextualitzada i per tant, no és directament adaptable a la teva classe.

Per mi és molt important que l'alumne assoleixi les competències bàsiques mitjançant el treball d'un contingut que mantingui un cert sentit, coherència i aplicació pràctica. Treballant amb l'alumne el perquè s'està explicant el que s'està explicant, per a què serveix, els seus usos a la nostra societat, etc. Evitant la realització mecànica d'un seguit d'exercicis o la memorització de diferents continguts sense entendre'ls, ja que d'aquesta manera l'alumne no integrarà aquests coneixements de forma permanent al seu aprenentatge i, per tant les competències bàsiques no estaran realment assolides. A més a més, considero que els continguts han de ser clarificadors i senzills, amb missatges directes per tal de no desviar l'atenció de l'alumnat sobre aspectes molt específics. No hem de perdre de vista els objectius que volem que aconseguixin els nostres alumnes. Per altra banda, no només s'han d'apropar els exemples al seu context educatiu, sinó que també s'han d'apropar al seu context social. Un exemple o exercici ben plantejat pot ser més efectiu que una explicació.

Avui dia hem d'aprofitar els recursos que el centre educatiu i l'entorn posa al nostre abast, i si cada alumne disposa d'un portàtil, hauríem d'intentar realitzar activitats amb ells per tal de potenciar la competència TIC. El portàtil no s'hauria de veure només com a una eina per lliurar documents de text al professor, sinó que hem d'aprofitar el seu potencial per apropar els continguts a un alumnat cada vegada més digital. És cert que sóc bastant anti paper i bastant pro digital, però crec que hem d'utilitzar cadascun d'aquests medis segons els nostres objectius i els seus avantatges i inconvenients, tot pensant en cada activitat que plantegem.

Donada l'experiència, els resultats dels estudiants i la valoració conjunta amb el tutor, podem concloure que l'elaboració d'un material didàctic adaptat i contextualitzat, utilitzant diferents programari com per exemple Moodle, JClic i un software simulador de circuits elèctrics digitals, ha facilitat i millorat els processos d'ensenyament-aprenentatge per a aquest grup.

9. Bibliografia i referències

CEDAR Logic Simulator. (Juny / 2014). Recollit de <http://sourceforge.net/projects/cedarlogic/>

Cisco Binary Game. (Juny / 2014). Recollit de http://forums.cisco.com/CertCom/game/binary_game.swf

Conversor binario/decimal/hexadecimal. (Juny / 2014). Recollit de <http://www.disfrutalasmatematicas.com/numeros/binario-decimal-hexadecimal-conversor.html>

JayisGames - Grow The Robot by Starkraven Madz. (Juny / 2014). Recollit de <http://jayisgames.com/cgdc2/?puzzleID=10>

Karnaugh Map Explorer - Cal Poly Electrical Engineering Department. (Juny / 2014). Recollit de http://www.ee.calpoly.edu/media/uploads/resources/KarnaughExplorer_1.html

Karnaugh Map Minimizer - Robert Kovačević. (Juny / 2014). Recollit de <http://k-map.sourceforge.net/>

Logic.ly - A logic circuit simulator. (Juny / 2014). Recollit de <http://logic.ly/>

Logisim. (Juny / 2014). Recollit de <http://ozark.hendrix.edu/~burch/logisim/>

Moodle - Viquipèdia, l'enciclopèdia lliure. (Juny / 2014). Recollit de <http://ca.wikipedia.org/wiki/Moodle>

Projecte Educatiu del Centre. (Juny / 2014). Recollit de ocult

XTEC - Àgora - Què és Àgora? (Juny / 2014). Recollit de <http://agora.xtec.cat/moodle/moodle/mod/page/view.php?id=441>

XTEC - zonaClic - Descàrrega i instal·lació del Jclic. (Juny / 2014). Recollit de <http://clic.xtec.cat/ca/jclic/download.htm>

XTEC - zonaClic - Què és el Jclic? (Juny / 2014). Recollit de <http://clic.xtec.cat/ca/jclic/howto.htm>

Yenka Technology. (Juny / 2014). Recollit de http://www.yenka.com/en/Yenka_Technology/