

Curs per a l'ús didàctic de l'equip d'entrenador autòmat programable BTT01 i les sondes BTT02

Joan Busquets Tendero
Joan Carol Tarrús
Francesc Delis Ramos
Pere García Janeras
Francesc Garófano Montoro
Jaume Garravé Berengué
Pròsper Gomis Torres
Miquel Graboleda Matamala
Jordi M. Jordan Arias
Miquel Manén Comas
Feliu Muniente Navales
Albert Pérez Monfort
Pere Piñol Tarragona
Jordi Sebastià Galí
Josep Villacampa Bofill

Curs 2002-2003



Gràfic de comandament etapa-transició (GRAF CET)1

per Albert Pérez

1. Introducció

En qualsevol sistema automàtic poden distingir dues parts ben diferenciades:

- ?? El conjunt d'actuadors que realitzen les accions per les quals han estat incorporats al sistema i que conformen la **part operativa** del sistema.
- ?? El sistema de control, on el controlador analitza les variables d'entrada provinents de sensors, activadors, valors de consigna... i dóna les ordres pertinents per activar les sortides que accionen els actuadors, segons el programa de funcionament establert. Aquesta és la **part de comandament**.

A la part de comandament cal definir les instruccions i consignes per tal de fer funcionar el sistema, segons ens interressi. Per fer-ho possible, cal establir un llenguatge entre la persona i la màquina que puguin entendre ambdues parts. Aquest llenguatge ens ha de permetre programar el sistema. El controlador, per altra banda, informa a l'usuari de l'estat del sistema per mitjà de visualitzadors.

A l'hora de fer el disseny d'un sistema de control cal tenir en compte els següents aspectes:

- ?? Descripció del funcionament i el comportament del sistema.
- ?? Interacció del sistema de control amb l'entorn.
- ?? Condicions d'ús.
- ?? Senyals d'entrada i sensors.
- ?? Senyals de sortida i actuadors.
- ?? Limitacions d'us.
- ?? Diagrama del funcionament del sistema genèric per a qualsevol autòmat programable, com per exemple, el grafcet.
- ?? Especificacions tècniques del sistema.
- ?? Integració del sistema de control al lloc on ha d'anar ubicat.

2. Què és el grafcet?

El Grafcet és un mètode senzill per descriure gràficament un sistema automàtic. La descripció del sistema es fa de forma seqüencial i es pot descompondre en etapes o estats on les magnituds físiques són fixes. Entre dues etapes hi ha una transició on una o varies magnituds modifiquen el seu valor. Una característica interessant d'aquest mètode és que la descripció del sistema és independent de la tecnologia utilitzada per resoldre'l.

1 Norma Europea CEI848.
Norma Francesa NF-C03-190.
Norma Alemanya DIN 497-1916.



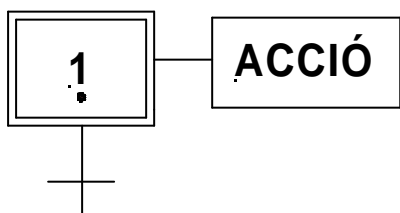
3. Etapes o estats

Com ja s'ha comentat, a cadascun des estat estables al que arriba el sistema i on les magnituds físiques són fixes, és a dir, les variables d'entrada i de sortida del sistema es mantenen sense canvis, se'ls anomena ETAPA o ESTAT. Representem les etapes amb quadrats. A la primera etapa se l'anomena ETAPA INICIAL i la representem amb un quadre doble.

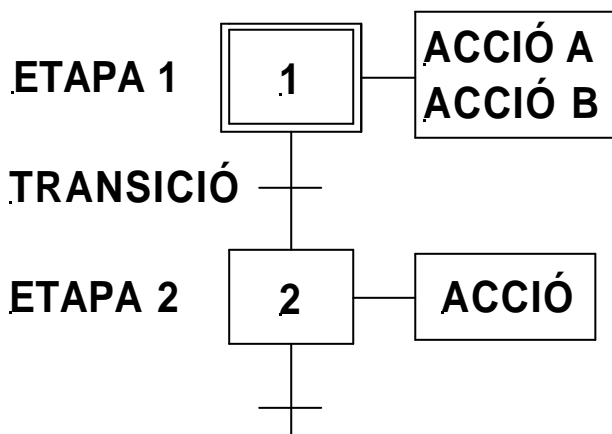


Sovint és convenient triar com a etapa inicial aquella en què el sistema es troba la major part del temps. Per exemple, en un sistema de control d'una porta automàtica, podríem triar com a etapa inicial quan la porta està tancada i el sistema inactiu. Les etapes cal numerar-les de forma cronològica.

Les etapes poden estar actives o inactives. En el primer cas cal indicar-ho posant un punt a la part inferior del símbol, just sota del número de l'etapa.



Entre dues etapes des sistema sempre hi ha, per força, una transició.



A la dreta de les etapes cal anotar, dins d'un rectangle, l'acció o accions associades a aquella etapa. L'absència d'aquest rectangle significa que l'etapa no té accions associades. Això pot ser degut que en aquella etapa s'espera la modificació d'una variable externa, hi ha una temporització activa...



Les accions associades a una etapa tant poden ser molt simples com poden ser molt complexes. Alguns exemples d'accions poden ser:

- Pujada d'un ascensor
- Desplaçament d'una porta corredissa
- Encesa d'un llum
- Inici d'un temps d'espera
- Comprovar l'estat d'un sensor
- ...

4. Transicions

Com s'ha comentat una transició sempre es troba entre dues etapes consecutives. Cal tenir molt present que no és possible posar dues transicions seguides. Així mateix, tampoc podem posar dues etapes seguides sense una transició entre elles.

Les transicions tenen associada una condició. Només es produirà l'avanç d'una etapa a la següent si se satisfà la condició associada a la transició que hi ha entre ambdues.

Alguns exemples de condicions associades a una transició poden ser:

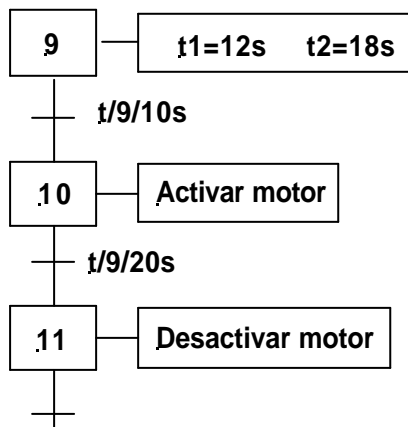
- el pulsador c està obert
- el comptador ha arribat a 200
- la temperatura és inferior a 25°C
- s'ha superat el temps d'espera de 2 minuts
- ...

Normalment associem les condicions de les transicions a variables, per exemple:

- $C=0$
- $i \geq 200$
- $t < 25^\circ\text{C}$
- $T > 2$ minuts

Observeu que les condicions són de tipus binari malgrat es regeixin per variables de tipus analògic.

Quan la condició associada a una transició és de temps, parlem d'una Temporització en la transició. Aleshores, cal especificar l'origen de l'activació d'aquest temps que, per força haurà d'estar en alguna etapa anterior a la transició, malgrat que no ha de ser necessàriament la immediatament anterior. Observeu l'esquema:



A l'exemple anterior a l'etapa 9 s'activen els temporitzadors t1 i t2. Als 10s d'activar-se l'etapa 9 es posa en marxa el motor i, al cap de 10s més, es torna a parar. Quan, passat el temps programat s'activa l'etapa següent, es desactiva l'etapa anterior.

5. Les accions

Com ja s'ha comentat les accions estan associades a les etapes. Indiquen que ha de fer el sistema mentre l'etapa està activa. Tenim dos tipus diferents d'accions:

- les externes que s'utilitzen per fer actuar els actuadors del sistema (motors, llums...)
- les internes per controlar les funcions de l'automatisme

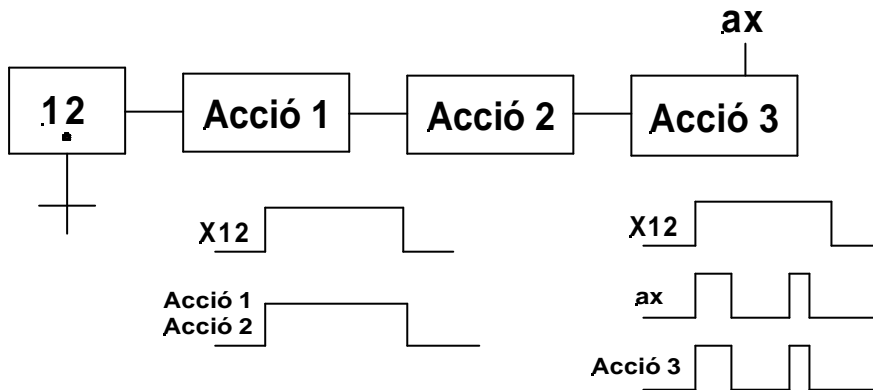
Dins aquest dos tipus d'accions les podem classificar segons la forma d'actuar:

- Acció contínua

L'acció dura mentre està activada l'etapa a la que està associada.

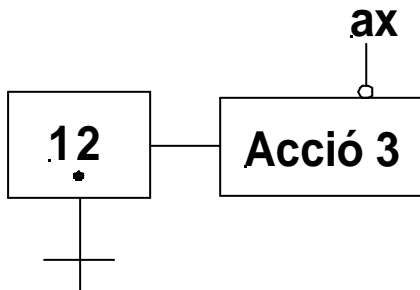
- Acció condicionada

Generalment, s'interpreta que les accions associades a una etapa activa estan portant-se a terme mentre aquesta etapa es manté en activitat. Tot i així hi ha accions condicionades que només s'esdevenen en una determinada etapa si se satisfan unes determinades condicions de les variables del sistema.



Les accions 1 i 2 associades a aquesta etapa es portaran a terme en el moment que aquesta etapa sigui activa. No obstant, l'acció 3 només es portarà a terme, bo i ser l'etapa 2 activa, si se satisfà la condició ax.

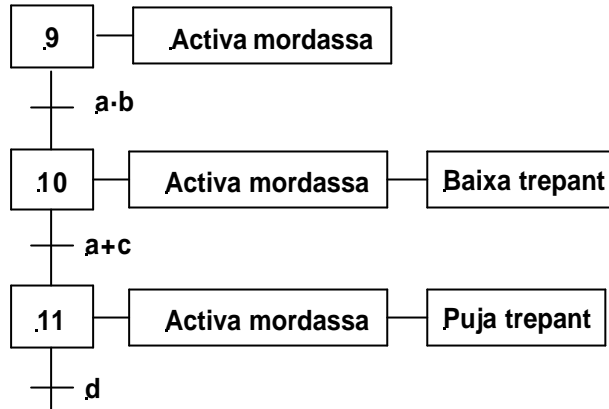
La condició negada s'expressa posant un petit cercle com s'il·lustra en el dibuix.



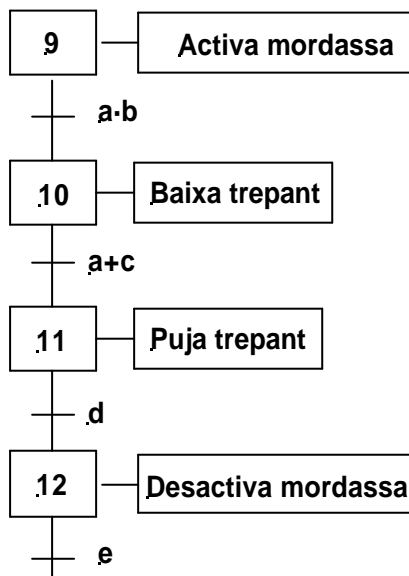
- Acció mantinguda



Si fem que una acció quedi mantinguda al llarg de diverses etapes parlem de l'efecte mantingut. Per representar aquest fet en el diagrama podem repetir l'acció en totes les etapes que aquesta acció es manté. Veieu l'exemple:



També és possible representar l'efecte mantingut mitjançant memorització:



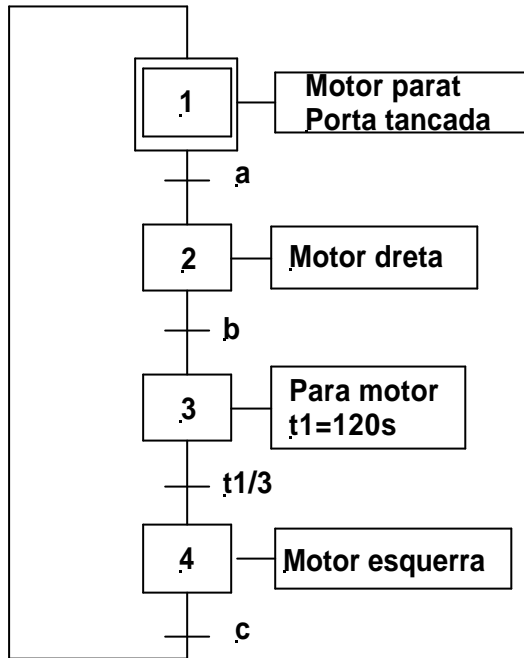
En l'exemple anterior la mordassa es manté activada durant les accions 10 i 11.

- Acció temporitzada

Són aquelles accions que el temps hi intervé com una condició lògica. Es tracta d'un cas particular de l'acció condicionada.

6. Un primer exemple senzill

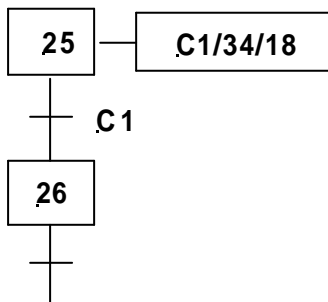
Exemple del GRAFCET d'una porta de garatge que s'obre quan es prem un comandament a distància i es tanca al cap de 2 minuts.



a --> Receptor del comandament a distància
 b --> Final de cursa d'obertura de la porta
 c --> Final de cursa de tancament de la porta




7. Transposició amb comptador

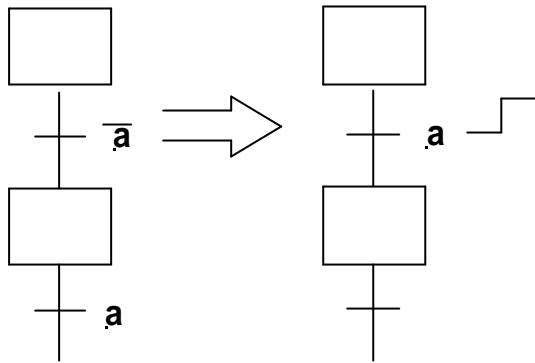
Podem establir com a condició associada a una transició que s'hagi acabat el comptatge d'un cert nombre d'impulsos o maniobres. La posada en marxa d'aquest comptador es realitza com acció associada a l'etapa precedent.



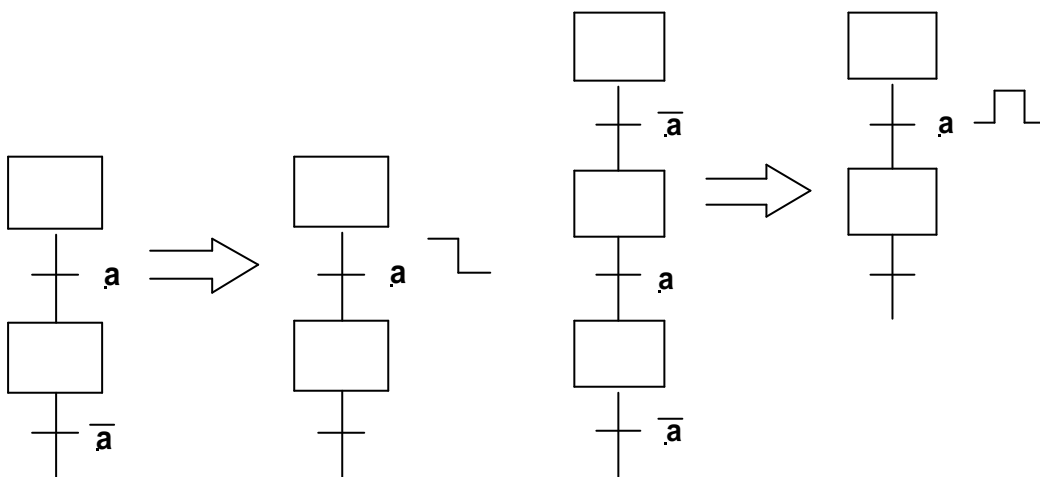
L'evolució de l'etapa 25 a la 26 només es produirà si el comptador C1 ha comptat o ha descomptat 18 impulsos.

8. Detecció de flacs en la transició

La receptivitat associada a la transició serà vàlida a partir d'un canvi del nivell lògic d'una variable de 0 a 1  o bé de 1 a 0  segons el flac sigui ascendent o descendent. També és possible que sigui necessari un impuls complet  per tal que la receptivitat associada sigui vàlida. Per exemple, un flanc ascendent, pas de 0 a 1, el podem representar com teniu tot seguit:



Les representacions pel flanc descendent, pas de 1 a 0 i per l'impuls complet serien:

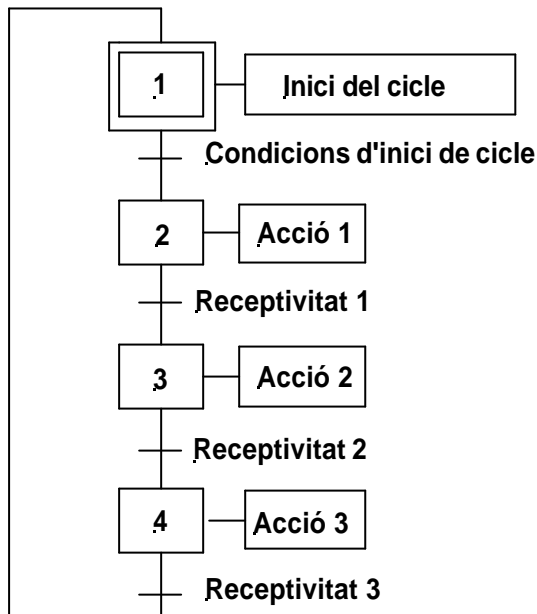




9. Estructures del GRAFCET

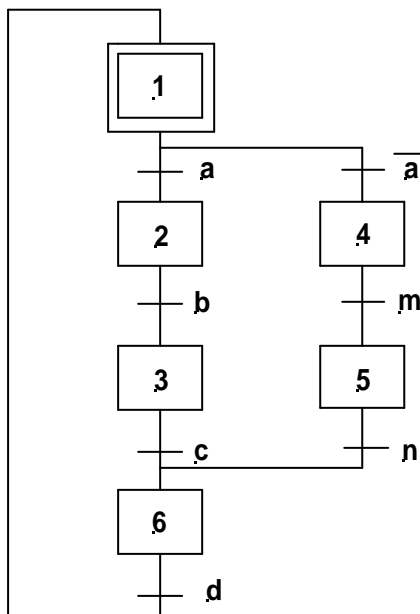
Seqüència única

És la seqüència formada per un conjunt d'etapes que s'activen una després de l'altra. Cada etapa és seguida per una única transició i cada transició és validada a partir d'una única etapa.



Selecció de seqüència. Bifurcació en O

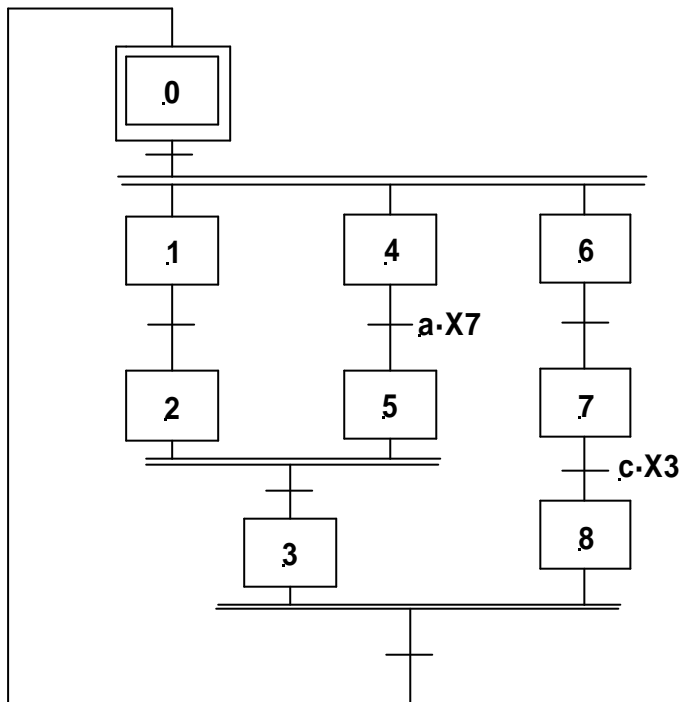
En l'evolució d'un sistema es pot arribar a un estat a partir del qual es pugui seguir un camí o un altre en funció d'unes condicions. Cal triar un camí exclusivament.



Seqüències simultànies. Bifurcació en Y

En l'evolució del sistema, es pot arribar a un punt on s'inicien dos o més seqüències que han de ser simultànies. Més endavant es tornaran a unir les dues seqüències. La representació es fa per mitjà d'una línia horitzontal doble.

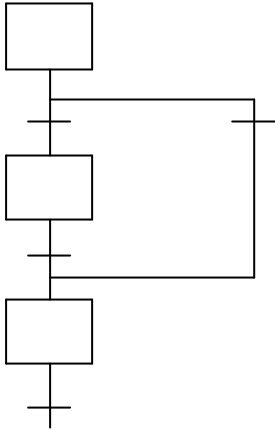
Quan s'arriba al punt de divergència i en complir-se la condició lògica, totes les seqüències comencen a evolucionar a la vegada i l'evolució de les etapes actives, una per a cada seqüència, és independent de les altres. Per sincronitzar l'evolució d'una etapa d'una seqüència respecte a etapes de l'altra o les altres seqüències es pot introduir a les expressions de la receptivitat associada a l'etapa en qüestió el fet que l'etapa sincronitzadora sigui activa. Observeu el següent exemple genèric d'un GRAFCET.



Observeu que l'etapa 5 està sincronitzada a l'activació de l'etapa 7 i l'etapa 8 a l'etapa 3.

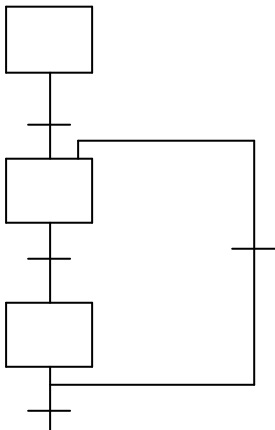
Salt d'etapes

El salt d'etapes pot ser tractat com un cas particular de la selecció en O, on en dels camins no té cap etapa, sinó que senzillament el que fa és "saltar" per sobre d'unes etapes que no es realitzaran a causa del compliment d'unes certes condicions.



Repetició de seqüència

La repetició de seqüència també és un cas particular de la selecció en O, però on el salt és en direcció contrària al sentit convencional del GRAFCET, és a dir, cap enrera.



En aquest tipus de representació es corre el perill que s'entri en un llaç sense sortida i, per tant, cal anar amb molt de compte i sempre que sigui possible evitar-la.



10. Regles d'evolució del GRAFCET

S'entén per regles del GRAFCET aquelles normes que regeixen l'avanç del diagrama.

Regla número 1 - Situació inicial

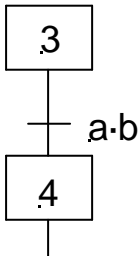
L'etapa inicial del GRAFCET correspon a la que està activa en el moment de la iniciació del sistema. Acostuma a tractar-se d'una situació de repòs (a l'espera de rebre senyals d'entrada), que es representa amb dos quadrats concèntrics.

Pot donar-se el cas que en llançar l'execució d'un GRAFCET, aquest no estigui situat a l'etapa inicial. Alguns tipus d'autòmats requereixen forçosament que el seu programa s'executi des del començament, per la qual cosa el sistema ha de comptar amb recursos que portin el GRAFCET a aquesta situació inicial (la documentació addicional ha d'especificar com). De no ser així, s'ha d'incloure un polsador d'inicialització o esborrat general que garanteixi que sols la primera etapa estigui activa inicialment.

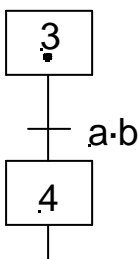
Regla número 2 – Franqueig d'una transició

Quan en trobem en una etapa activa, suposem en la número 9, el sistema no evolucionarà fins a l'etapa següent, la número 10, fins que no es verifiqui la condició associada a la transició que hi ha entre elles. Quan això succeeixi l'etapa 9 deixarà de ser activa i ho passarà a ser l'etapa 10. En aquesta evolució de l'automatisme hi ha hagut una verificació de la transició que hi ha entre les etapes 9 i 10. A partir d'aquest moment el sistema quedarà a l'espera que es verifiqui la transició següent per tornar a evolucionar.

En la següent figura veiem com la transició no està validada, ja que l'etapa 3 no està activa. Per tant, valgui el que valgui el producte lògic $a \cdot b$ no es produirà el pas de 3 a 4.

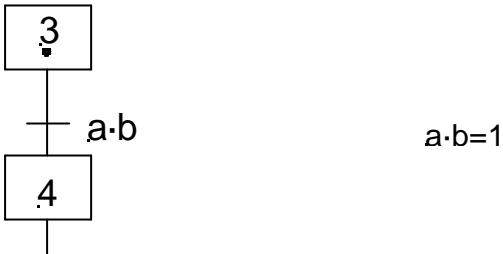


En aquesta altra imatge veiem el mateix cas, però amb l'etapa núm. 3 activa. Ara la transició està validada, però el fet de ser franquejada dependrà que la condició booleana $a \cdot b$ sigui vertadera o falsa.

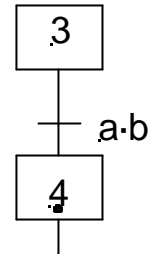


Regla número 3 – Evolució de les etapes actives

Quan es passa d'una transició a la següent s'activen les etapes immediatament següents i es desactiven les etapes immediatament posteriors. El pas de l'etapa 3 a la 4 es produirà si es verifica el producte $a \cdot b$.

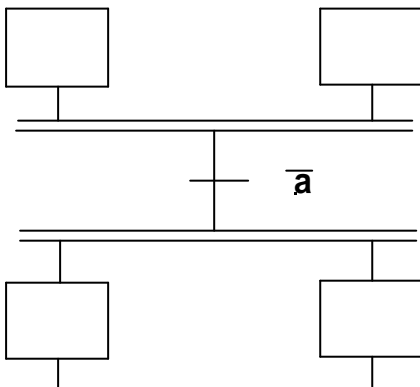


L'etapa 3 és activa i la 4 no ho és. Es compleix el producte $a \cdot b$.



L'etapa 3 deixa de ser activa i s'activa l'etapa 4.

En cas d'activar-se més d'una transició de forma simultània, totes elles són passades al mateix temps. Aquest fet dona la possibilitat d'interconnectar diferents parts d'un mateix GRAFCET.



Regla número 4 – Activació i desactivació simultània d'etapes

Si una etapa és activada i desactivada de forma simultània, aquesta segueix activa.