

Tutorial: Secuencias neumáticas (II)

En esta segunda parte del tutorial veremos una aplicación práctica de una secuencia neumática y cómo resolver problemas en un circuito con ayuda de diagramas.

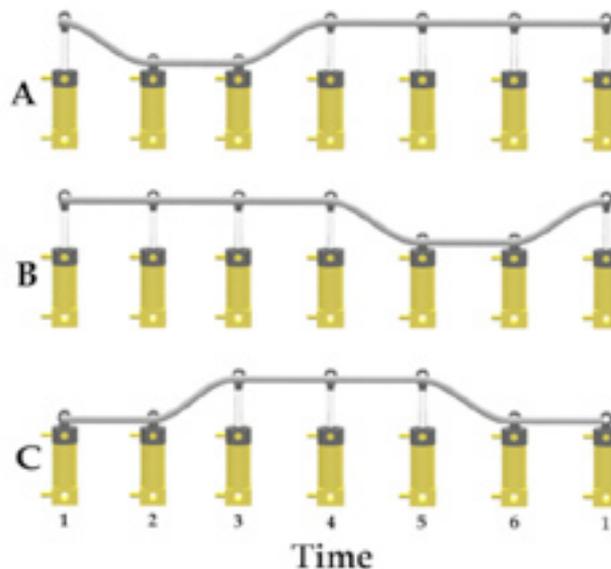
Por Kevin Clague

Adaptado por Jetro de Château

Tres pistones cinco válvulas

Quise construir un robot neumático con cuatro patas (Quad242) para mostrar una de mis creaciones, un inversor de polaridad neumático. Pensé que el inversor era la parte importante, pero de hecho hacer que el caminante recorriera el camino que yo quería, fue la parte difícil. Aprendí mucho de lo que sé sobre secuenciadores neumáticos haciendo caminar al Quad242

El Quad242 tiene 4 pies divididos en dos pares sincronizados. El pie anterior izquierdo y el posterior derecho hacen lo mismo, y el anterior derecho y el posterior izquierdo también. Quad242 camina moviendo sus pies hacia atrás, levantándolos del suelo, llevándolos hacia adelante y poniéndolos de nuevo en el suelo, una y otra vez. Quería que el Quad242 bajara el pie que está en el aire antes de comenzar a levantar el que está en el suelo, así que tendría dos pies en el suelo, luego cuatro, y luego dos (de ahí el nombre de Quad242) Para hacer que esto sucediera necesitaba un circuito neumático que recreara este diagrama de tiempos.



El Pistón A representa el movimiento vertical de las patas anterior izquierda y posterior derecha (los pistones expandidos están en contacto con el suelo). El Pistón B representa el movimiento vertical de las patas anterior derecha y posterior izquierda. Fíjate que en esta primera etapa ambos pistones A y B están expandidos. El Pistón B entonces se contrae y expande dejando ambos pistones A y B expandidos y el ciclo se repite. El Pistón C se usa para controlar los pistones A y B.

Análisis del Circuito y Derivación

El primer análisis del diagrama de tiempos indica que en el momento 1, pistón B se ha expandido, lo que hace que el pistón A se contraiga. Esto nos da la fórmula:

$$A_c = B$$

En el momento 2, el pistón A se ha contraído lo que hace que el pistón C se expanda. Esto nos da:

$$C_x = \sim A$$

En el momento 3, el pistón C completa su expansión, lo que hace que el pistón se expanda, así:

$$A_x = C$$

En el momento 4, el pistón A completa su expansión, lo que hace que el pistón B se contraiga:

$$B_c = A$$

En el momento 5, el pistón B completa su contracción, lo que hace que el pistón C se contraiga, así que:

$$C_c = \sim B$$

En el momento 6, el pistón C completa su contracción, lo que hace que el pistón B se expanda, así que:

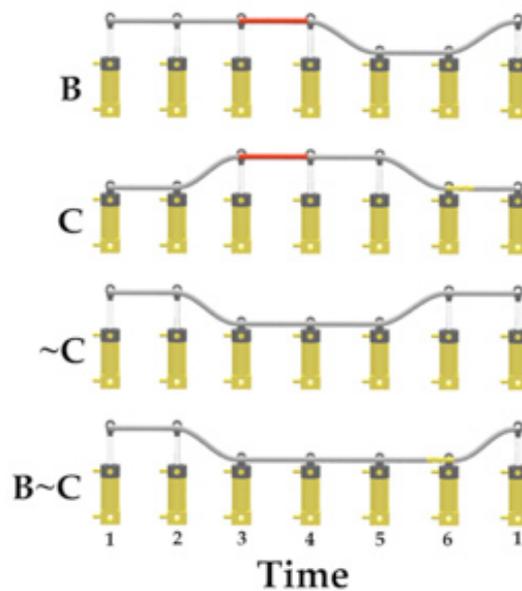
$$B_x = \sim C$$

Ahora tenemos que examinar las fórmulas para la presurización del pistón A

$$A_x = C$$

$$A_c = B$$

Si se presurizan ambos puertos de un pistón neumático al mismo tiempo, el comportamiento del pistón es impredecible. El secuenciador neumático probablemente se bloqueará y parará la secuencia. Para asegurarse de que esto no suceda en nuestro circuito, necesitamos examinar las entradas a cada pistón en función del tiempo. Este diagrama temporal representa las presiones entrantes en el pistón A desde los puertos de las válvulas B y C a lo largo del tiempo.



Fíjate en que tanto B como C están proporcionando presión al pistón A en el momento 3 (indicado por la manguera roja). Para evitarlo tenemos que modificar una de las dos fórmulas. C comienza a proporcionar presión a A_x en el momento adecuado, y B comienza a proporcionar presión a A_c en el momento adecuado, pero la presión desde B se mantiene y se superpone sobre la presión desde C. Podemos modificar la presión en A_c usando una puerta "y" añadiendo otra válvula al pistón B. Como la presión A_x se está comportando correctamente y la presión A_c se está comportando incorrectamente, necesitamos modificar la fórmula de A_c . Si hacemos un "y" $\sim C$ (porque $A_x=C$) con B, haciendo pasar B a través de la nueva válvula en el pistón C, conseguimos un nuevo A_c que no se superpone con A_x pero todavía contrae el pistón A en el momento adecuado.

Este análisis nos lleva a estas fórmulas para el pistón A:

$$A_x = C$$

$$A_c = B \sim C$$

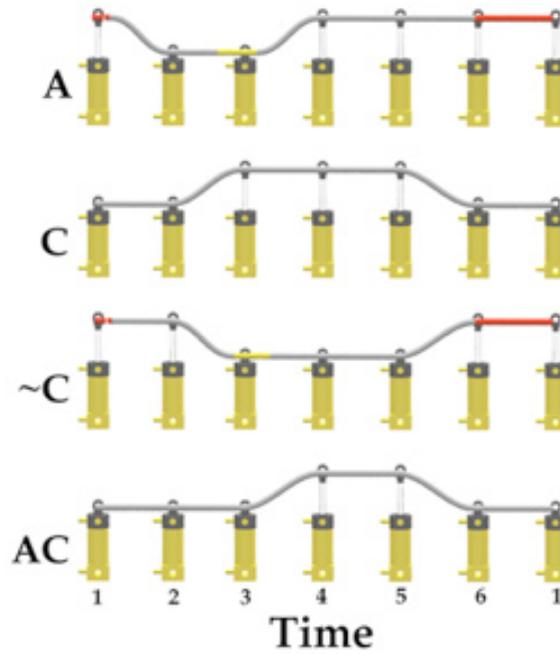
Fíjate que en el momento 6, el pistón 6 está despresurizado indicado por la manguera amarilla.

Las fórmulas de la expansión y contracción inicial del pistón B son:

$$Bx = \sim C$$

$$Bc = A$$

Examinando gráficamente la presión en los puertos en el pistón B se revela otro punto de doble presión en el ciclo en el momento 6, y momento 1. La presión Bc permanece demasiado tiempo, así que necesitamos modificar la fórmula de Bc. Podemos resolver el problema de la doble presión en el pistón B añadiendo otra válvula al pistón C, y haciendo pasar A a través de ella creando la fórmula Bc=AC. AC presuriza el pistón B en el momento adecuado, pero no se superpone con $\sim C$. Fíjate que el pistón B no está presurizado en ningún puerto durante el momento 3.

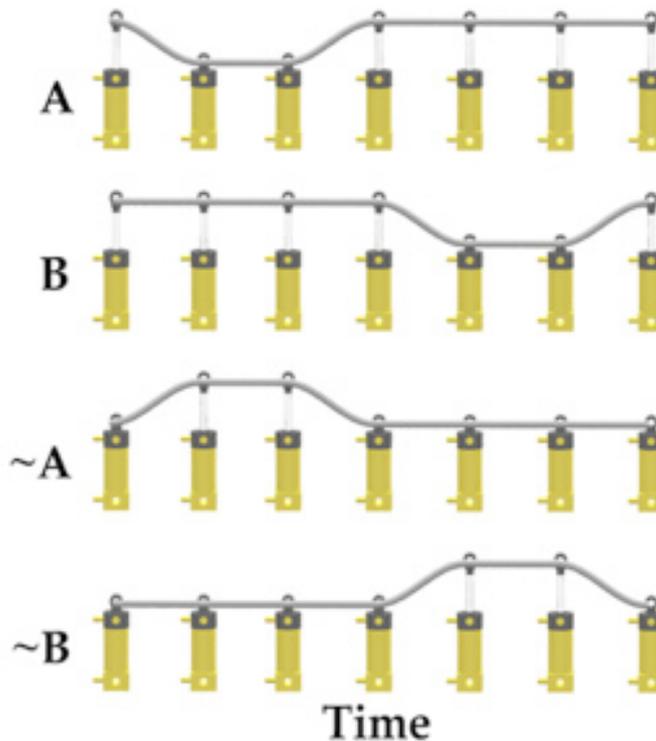


Las fórmulas finales para el pistón B son:

$$Bx = \sim C$$

$$Bc = AC$$

El pistón C es expandido por $\sim A$ y contraído por $\sim B$. Estudiando este diagrama de tiempos se ve que el pistón C no tiene conflictos de presiones, así que las fórmulas iniciales permanecen sin cambios. Toma nota de que el pistón C está despresurizado en dos puntos del ciclo.



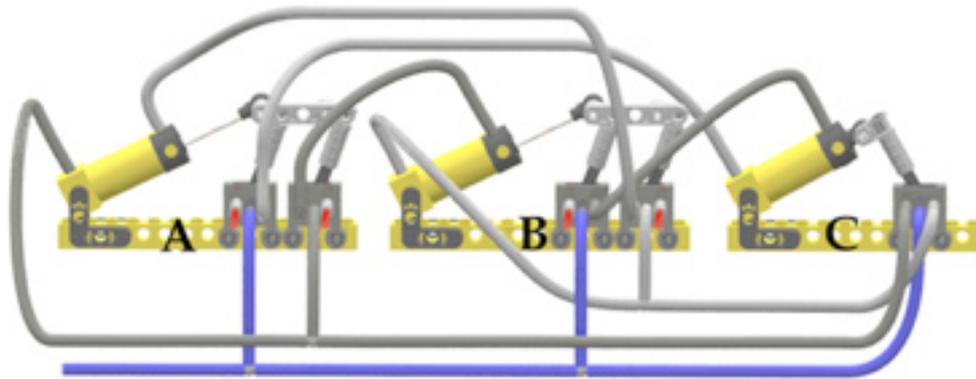
Tras el análisis de la presión simultánea y cómo evitarlo, terminamos con estas ecuaciones describiendo el circuito:

$$A_x = C$$
$$A_c = B \sim C$$

$$B_x = \sim C$$
$$B_c = AC$$

$$C_x = \sim A$$
$$C_c = \sim B$$

Este es el diagrama del circuito 7:



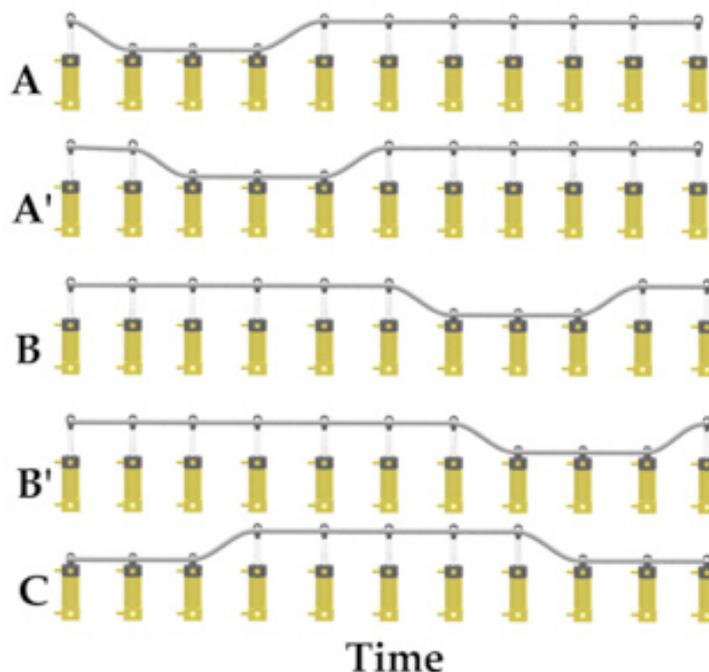
Fuerzas Externas

El circuito 7 es la base del circuito usado en mi andador de 4 patas llamado Quad242. Un par de pies está controlado por el pistón A, y el otro por el pistón B. El pistón C controla cuando las patas avanzan o retroceden.

Cuando diseñé por primera vez el Quad242, usé el circuito 7 para controlarlo. Añadí dos pistones sincronizados para el pistón A y el pistón B, de modo que hubiera cuatro pistones verticales sincronizados, uno para cada pata. También añadí tres copias más del pistón C (uno para cada pata), que estaban sincronizados con el pistón C. El circuito no funcionó como deseaba, porque los pistones A y B están despresurizados durante la secuencia de seis etapas. Esto hacía que el cuerpo del Quad242 se cayera al suelo dos veces por ciclo debido a la gravedad tirando del cuerpo hacia el suelo. Intenté varios modos de hacer que el pistón A estuviera presurizado en todos los puntos de la secuencia, con cada intento acabando en fracaso.

Finalmente decidí que el pistón A no podía ser el que soportara el peso. Me di cuenta de que podía crear una copia de A siempre presurizada y una copia de B siempre presurizada haciendo estas simples adiciones al circuito.

El diagrama de tiempos del circuito sería este:



El pistón A' (A prima) está controlado por la válvula del pistón A, así que A' hace lo que hace A, solo que retrasado en el tiempo. El pistón B' está controlado por la válvula del pistón B, así que B' hace lo que hace B, excepto que retrasado en el tiempo. La salida del pistón A' se usa para controlar el resto de pistones, en vez de A, y de forma similar para B' y B. Esto significa que A' y B' están sincronizados con el circuito, pero están siempre presurizados (lo que significa que pueden soportar el peso).

Las fórmulas que describen el circuito 8 son:

$$A_x = C$$

$$A_c = B' \sim C$$

$$A'_x = A$$

$$A'_c = \sim A$$

$$B_x = \sim C$$

$$B_c = A'C$$

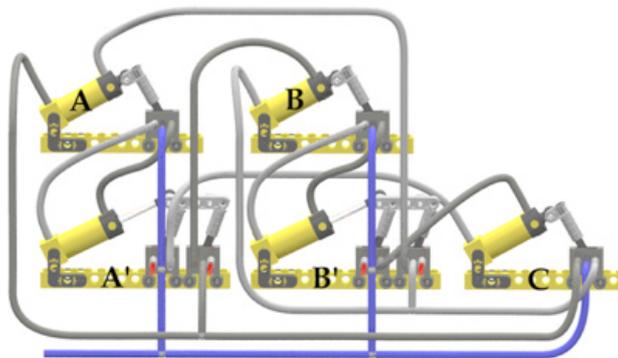
$$B'_x = B$$

$$B'_c = \sim B$$

$$C_x = \sim A'$$

$$C_c = \sim B'$$

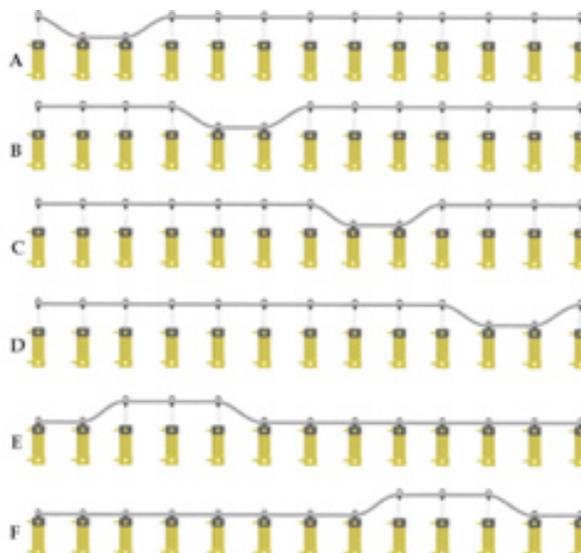
Esto nos da este diagrama del circuito:



El pistón C no es un pistón que soporte peso, así que no necesitamos añadir una versión extra siempre presurizada del pistón C

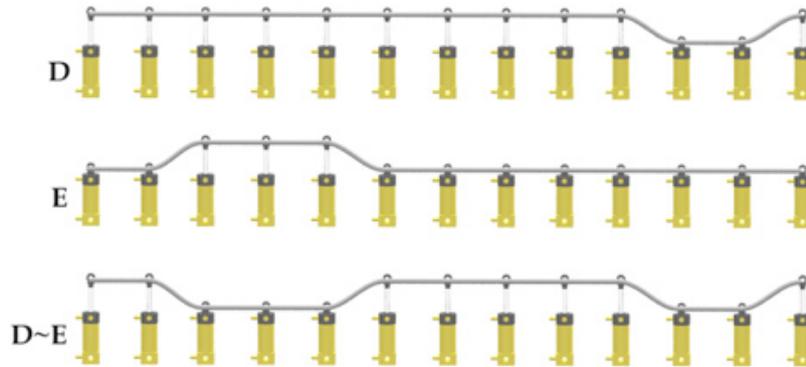
Secuencias inalcanzables

Uno de mis próximos proyectos es un robot caminante de cuatro patas que siempre tenga al menos tres patas en el suelo. Cuando transfiriera el peso tendría las cuatro patas en el suelo. Se llamará probablemente Quad343. He intentado crear esta secuencia para el Quad343



¡Es mucha secuencia!

Comencé haciendo un análisis para que el pistón A se contraiga cuando D expanda, y expanda cuando E expanda, dando este diagrama de presión:



El primer problema es que D y E están ambos presurizando A al mismo tiempo. Intentando el truco estándar de aplicar “y” al que está demasiado tiempo con el “no” del descartado, no funciona. La última fila del diagrama muestra el resultado. El problema es que D~E presuriza A en dos puntos diferentes del ciclo. No es bueno porque el pistón A se expandirá/contraerá dos veces en el mismo ciclo violando el objetivo original de A. El resultado es que no podemos crear un circuito para generar el ciclo como se propuso. Tendré que crear una nueva secuencia para el Quad343 (Ya la tengo ideada :^)

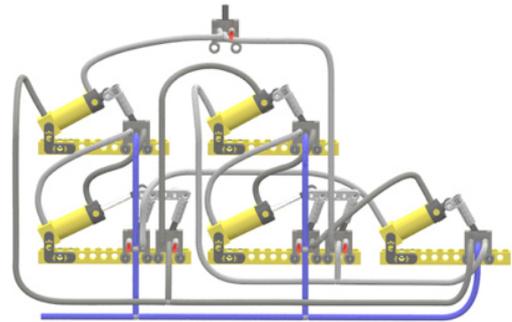
Parando y Arrancando

Es posible hacer que tu secuenciador pare y arranque bajo control externo. Si desconectas un puerto de presión a un pistón, haces correr la presión a través de una válvula independiente, y llevas la salida de la válvula de nuevo al pistón, puedes hacer que arranque y pare. Evitando que la presión llegue al pistón, evitas que se expanda y se contraiga (dependiendo del puerto que modifiques). Evitando que el pistón cambie evitas que el circuito avance. Este es el circuito 8 con una válvula que puede congelar el secuenciador al comienzo de la secuencia.

Si tu secuenciador es parte de una atracción de feria que cambia de forma a lo largo del tiempo, puede que quieras que el viaje se pare y arranque de forma que tus minifigs se puedan subir y bajar. Un RCX que controle una válvula neumática motorizada puede controlar que el secuenciador se pare al final del viaje.

Tu modelo completo puede muy bien contener dos secuenciadores que interactúan y permanecen coordinados controlando cada uno el avance del otro.

Puedes poner más de una válvula de punto de parada en tu secuenciador para así poder parar en diferentes puntos del ciclo.



Cada una de estas válvulas de punto de parada actúa como una puerta “y” que controla el progreso de avance.

Adónde ir desde aquí

Hay muchos lugares posibles donde usar secuencias neumáticas complejas:

- Criaturas animadas que caminen o con apéndices móviles
- Atracciones de feria que cambian de forma a lo largo del tiempo
- Simulaciones de procesos de fabricación (un uso común de neumática en la vida real)
- Dispositivos neumáticos de computación

Resumen

Este tutorial ha explicado cómo crear circuitos neumáticos que usan secuencias repetidas de expansión y contracción de pistones neumáticos. Ha explicado cómo coordinar (sincronizar) múltiples pistones aunque los propios pistones se expanden o contraen a diferente ritmo. Ha explicado cómo comenzar desde la descripción de la secuencia deseada y ver si un circuito puede ser creado para ella. Este capítulo introdujo los conceptos de la lógica Booleana, como se implementa en LEGO® Pneumatics, y como puede ser usada para crear secuenciadores neumáticos.

Los secuenciadores neumáticos pueden ser usados para crear modelos LEGO® autoactuados complicados y avanzados sin la necesidad de motores o RCX.

#