

Initial productions:

1. $S \rightarrow bA$
2. $S \rightarrow BC$
3. $A \rightarrow a$
4. $A \rightarrow aS$
5. $A \rightarrow bCaCa$
6. $B \rightarrow A$
7. $B \rightarrow bS$
8. $B \rightarrow bCAa$
9. $C \rightarrow -$
10. $C \rightarrow AB$
11. $D \rightarrow AB$

Eliminating epsilon productions

<ol style="list-style-type: none"> 1. $S \rightarrow bA$ 2. $S \rightarrow BC$ 3. $A \rightarrow a$ 4. $A \rightarrow aS$ 5. $A \rightarrow bCaCa$ 6. $B \rightarrow A$ 7. $B \rightarrow bS$ 8. $B \rightarrow bCAa$ 9. $C \rightarrow -$ 10. $C \rightarrow AB$ 11. $D \rightarrow AB$ 	$S \rightarrow B$ $A \rightarrow baCa$ $A \rightarrow baa$ $A \rightarrow bCaa$ $B \rightarrow bAa$
--	---

Epsilon-free productions:

1. $S \rightarrow bA$
2. $S \rightarrow BC$
3. $S \rightarrow B$
4. $A \rightarrow a$
5. $A \rightarrow aS$
6. $A \rightarrow bCaCa$
7. $A \rightarrow baCa$
8. $A \rightarrow baa$
9. $A \rightarrow bCaa$
10. $B \rightarrow A$
11. $B \rightarrow bS$
12. $B \rightarrow bCAa$
13. $B \rightarrow bAa$
14. $C \rightarrow AB$
15. $D \rightarrow AB$

Eliminating the renaming

1. $S \rightarrow bA$ 2. $S \rightarrow BC$ 3. $S \rightarrow B$ 4. $A \rightarrow a$ 5. $A \rightarrow aS$ 6. $A \rightarrow bCaCa$ 7. $A \rightarrow baCa$ 8. $A \rightarrow baa$ 9. $A \rightarrow bCaa$ 10. $B \rightarrow A$ 11. $B \rightarrow bS$ 12. $B \rightarrow bCAa$ 13. $B \rightarrow bAa$ 14. $C \rightarrow AB$ 15. $D \rightarrow AB$	$B \rightarrow a$ $B \rightarrow aS$ $B \rightarrow bCaCa$ $B \rightarrow baCa$ $B \rightarrow baa$ $B \rightarrow bCaa$
---	---

1. $S \rightarrow bA$ 2. $S \rightarrow BC$ 3. $S \rightarrow B$ 4. $A \rightarrow a$ 5. $A \rightarrow aS$ 6. $A \rightarrow bCaCa$ 7. $A \rightarrow baCa$ 8. $A \rightarrow baa$ 9. $A \rightarrow bCaa$ 11. $B \rightarrow bS$ 12. $B \rightarrow bCAa$ 13. $B \rightarrow bAa$ 15. $B \rightarrow a$ 16. $B \rightarrow aS$ 17. $B \rightarrow bCaCa$ 18. $B \rightarrow baCa$ 19. $B \rightarrow baa$ 20. $B \rightarrow bCaa$ 14. $C \rightarrow AB$ 15. $D \rightarrow AB$	$S \rightarrow bS$ $S \rightarrow bCAa$ $S \rightarrow bAa$ $S \rightarrow a$ $S \rightarrow aS$ $S \rightarrow bCaCa$ $S \rightarrow baCa$ $S \rightarrow baa$ $S \rightarrow bCaa$
---	--

Renaming-free productions:

1. $S \rightarrow bA$
2. $S \rightarrow BC$
3. $S \rightarrow bS$
4. $S \rightarrow bCAa$
5. $S \rightarrow bAa$
6. $S \rightarrow a$
7. $S \rightarrow aS$
8. $S \rightarrow bCaCa$
9. $S \rightarrow baCa$

10. $S \rightarrow baa$
11. $S \rightarrow bCaa$
12. $B \rightarrow bS$
13. $B \rightarrow bCAa$
14. $B \rightarrow bAa$
15. $B \rightarrow a$
16. $B \rightarrow aS$
17. $B \rightarrow bCaCa$
18. $B \rightarrow baCa$
19. $B \rightarrow baa$
20. $B \rightarrow bCaa$
21. $A \rightarrow a$
22. $A \rightarrow aS$
23. $A \rightarrow bCaCa$
24. $A \rightarrow baCa$
25. $A \rightarrow baa$
26. $A \rightarrow bCaa$
27. $C \rightarrow AB$
28. $D \rightarrow AB$

Eliminating unproductive symbols

<ol style="list-style-type: none"> 1. $S \rightarrow bA$ 2. $S \rightarrow BC$ 3. $S \rightarrow bS$ 4. $S \rightarrow bCAa$ 5. $S \rightarrow bAa$ 6. $S \rightarrow a$ 7. $S \rightarrow aS$ 8. $S \rightarrow bCaCa$ 9. $S \rightarrow baCa$ 10. $S \rightarrow baa$ 11. $S \rightarrow bCaa$ 12. $B \rightarrow bS$ 13. $B \rightarrow bCAa$ 14. $B \rightarrow bAa$ 15. $B \rightarrow a$ 16. $B \rightarrow aS$ 17. $B \rightarrow bCaCa$ 18. $B \rightarrow baCa$ 19. $B \rightarrow baa$ 20. $B \rightarrow bCaa$ 21. $A \rightarrow a$ 22. $A \rightarrow aS$ 23. $A \rightarrow bCaCa$ 24. $A \rightarrow baCa$ 25. $A \rightarrow baa$ 26. $A \rightarrow bCaa$ 	
--	--

27. C->AB 28. D->AB	
------------------------	--

There are **no unproductive symbols**. Result:

1. S->bA
2. S->BC
3. S->bS
4. S->bCAa
5. S->bAa
6. S->a
7. S->aS
8. S->bCaCa
9. S->baCa
10. S->baa
11. S->bCaa
12. B->bS
13. B->bCAa
14. B->bAa
15. B->a
16. B->aS
17. B->bCaCa
18. B->baCa
19. B->baa
20. B->bCaa
21. A->a
22. A->aS
23. A->bCaCa
24. A->baCa
25. A->baa
26. A->bCaa
27. C->AB
28. D->AB

Eliminating inaccessible productions

- | | |
|--|--|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. S->bA 2. S->BC 3. S->bS 4. S->bCAa 5. S->bAa 6. S->a 7. S->aS 8. S->bCaCa 9. S->baCa 10. S->baa 11. S->bCaa 12. B->bS 13. B->bCAa 14. B->bAa | |
|--|--|

15. $B \rightarrow a$ 16. $B \rightarrow aS$ 17. $B \rightarrow bCaCa$ 18. $B \rightarrow baCa$ 19. $B \rightarrow baa$ 20. $B \rightarrow bCaa$ 21. $A \rightarrow a$ 22. $A \rightarrow aS$ 23. $A \rightarrow bCaCa$ 24. $A \rightarrow baCa$ 25. $A \rightarrow baa$ 26. $A \rightarrow bCaa$ 27. $C \rightarrow AB$ 28. $D \rightarrow AB$	
--	--

Inaccessible productions eliminated:

1. $S \rightarrow bA$
2. $S \rightarrow BC$
3. $S \rightarrow bS$
4. $S \rightarrow bCAa$
5. $S \rightarrow bAa$
6. $S \rightarrow a$
7. $S \rightarrow aS$
8. $S \rightarrow bCaCa$
9. $S \rightarrow baCa$
10. $S \rightarrow baa$
11. $S \rightarrow bCaa$
12. $B \rightarrow bS$
13. $B \rightarrow bCAa$
14. $B \rightarrow bAa$
15. $B \rightarrow a$
16. $B \rightarrow aS$
17. $B \rightarrow bCaCa$
18. $B \rightarrow baCa$
19. $B \rightarrow baa$
20. $B \rightarrow bCaa$
21. $A \rightarrow a$
22. $A \rightarrow aS$
23. $A \rightarrow bCaCa$
24. $A \rightarrow baCa$
25. $A \rightarrow baa$
26. $A \rightarrow bCaa$
27. $C \rightarrow AB$

Following the CNF rules:

1. $S \rightarrow BC$ 2. $S \rightarrow a$ 3. $S \rightarrow X1A$ 4. $S \rightarrow X1S$ 5. $S \rightarrow X0S$ 6. $S \rightarrow Z1X0$ 7. $S \rightarrow Z2X0$ 8. $S \rightarrow Z8X0$ 9. $S \rightarrow Z5Z6$ 10. $S \rightarrow Z5X0$ 11. $S \rightarrow Z3Z7$ 12. $B \rightarrow a$ 13. $B \rightarrow X1S$ 14. $B \rightarrow X0S$ 15. $B \rightarrow Z1X0$ 16. $B \rightarrow Z2X0$ 17. $B \rightarrow Z8X0$ 18. $B \rightarrow Z5Z6$ 19. $B \rightarrow Z5X0$ 20. $B \rightarrow Z3Z7$ 21. $A \rightarrow a$ 22. $A \rightarrow X0S$ 23. $A \rightarrow Z8X0$ 24. $A \rightarrow Z5Z6$ 25. $A \rightarrow Z5X0$ 26. $A \rightarrow Z3Z7$ 27. $C \rightarrow AB$	28. $X0 \rightarrow a$ 29. $X1 \rightarrow b$	30. $Y0 \rightarrow CA$	31. $Z1 \rightarrow X1Y0$ 32. $Z2 \rightarrow X1A$ 33. $Z3 \rightarrow X1C$ 34. $Z4 \rightarrow X0C$ 35. $Z5 \rightarrow X1X0$ 36. $Z6 \rightarrow CX0$ 37. $Z7 \rightarrow X0X0$ 38. $Z8 \rightarrow Z3Z4$
--	--	-------------------------	--

CNF:

1. $S \rightarrow BC$
2. $S \rightarrow a$
3. $S \rightarrow X1A$
4. $S \rightarrow X1S$
5. $S \rightarrow X0S$
6. $S \rightarrow Z1X0$
7. $S \rightarrow Z2X0$
8. $S \rightarrow Z8X0$
9. $S \rightarrow Z5Z6$
10. $S \rightarrow Z5X0$
11. $S \rightarrow Z3Z7$
12. $B \rightarrow a$
13. $B \rightarrow X1S$
14. $B \rightarrow X0S$
15. $B \rightarrow Z1X0$
16. $B \rightarrow Z2X0$
17. $B \rightarrow Z8X0$
18. $B \rightarrow Z5Z6$

19. $B \rightarrow Z5X0$
20. $B \rightarrow Z3Z7$
21. $A \rightarrow a$
22. $A \rightarrow X0S$
23. $A \rightarrow Z8X0$
24. $A \rightarrow Z5Z6$
25. $A \rightarrow Z5X0$
26. $A \rightarrow Z3Z7$
27. $C \rightarrow AB$
28. $X0 \rightarrow a$
29. $X1 \rightarrow b$
30. $Y0 \rightarrow CA$
31. $Z1 \rightarrow X1Y0$
32. $Z2 \rightarrow X1A$
33. $Z3 \rightarrow X1C$
34. $Z4 \rightarrow X0C$
35. $Z5 \rightarrow X1X0$
36. $Z6 \rightarrow CX0$
37. $Z7 \rightarrow X0X0$
38. $Z8 \rightarrow Z3Z4$